

# 다수의 그리퍼를 이용한 육묘용 로봇이식기 개발\*

## Development of a Robotic Transplanter for Bedding Plants Using Multiple Grippers

류관희*	김기영*	한재성*	류찬석*
정회원	정회원		
K. H. Ryu	G. Y. Kim	J. S. Han	C. S. Ryu

### 1. 서론

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. 하지만, 이식작업은 작업 대상이 어린 식물이라는 점에서 섬세한 작업이 필요하고, 일반공장에서의 작업과는 달리 작업대상이 표준화되어 있지 않기 때문에 각각의 대상 작물에 대한 작업조건이 달라진다. 따라서, 자동화된 이식 시스템을 도입함으로써 시설재배의 장점인 연중재배에 필요한 모종을 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 연구로는 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 운동계도에 대한 연구와 정전용량성 근접센서를 이용한 그리퍼 개발, Tillet 등(1992)의 8조의 나선형의 철사모양을 한 그리퍼를 이용하여 모종의 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 일본 M식수경연구소의 우레탄 배지를 정식하는 정식기, 삼릉전기주식회사의 수직다관절로봇을 이용한 트레이 모종 정식기 등이 있다.

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

---

\* 이 논문은 1996년 농림부 첨단과제 연구비에 의하여 연구되었음

\* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부 농업기계전공

## 2. 재료 및 방법

### 가. 그리퍼

그리퍼는 이식대상인 묘를 직접 다루는 장치로 육묘용 트레이 셀에서 묘를 잡고, 원하는 트레이로 이동하여 묘를 심어주는 역할을 한다. 묘를 잡고 이식해 주는 일련의 과정은 공압 시스템을 이용하여 구성하였다.

그리퍼의 구성요소는 직접적으로 모종을 잡고 이식해 주는 핑거와 트레이 셀의 크기에 따라 그리퍼간의 간격을 조절할 수 있도록 그리퍼 주간 조절장치를 구성하였으며, 모종을 잡고 이동하는데 트레이 셀에 남아있는 모종과 이식하는 모종에 상해를 주지 않도록 상하 운동을 위한 공압 실린더와 그리퍼의 전·후진을 위한 공압 실린더로 구성하였다.

핑거의 작동은 공압실린더의 왕복운동을 4절 링크를 이용하여 핑거 끝단을 좌우 병진운동을 하여 트레이에서 모종을 잡을 수 있도록 하였다. 또한, 작업의 효율성을 위하여 5개의 그리퍼로 구성하여 1회 이식시 5개의 모종을 동시에 이식할 수 있도록 구성하였다. 제작된 그리퍼의 형상을 다음 그림 1에 나타내었다.

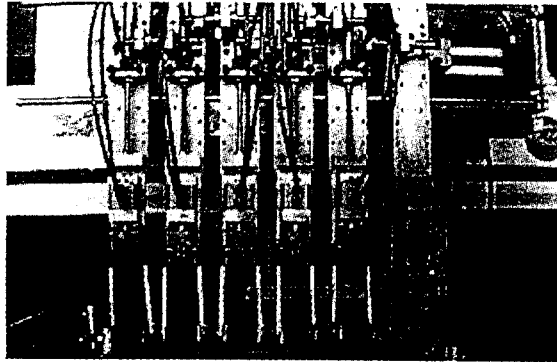


Fig 1. Shape of the gripper developed.

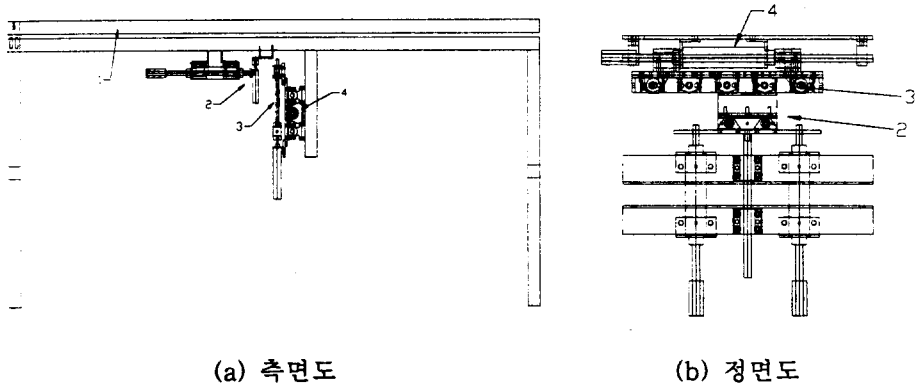
### 나. 묘 자동공급장치

묘 자동공급장치는 육묘트레이를 초기 위치로 이동 및 초기 위치 지정을 하며, 이식 작업중에는 육묘트레이 이송을 위한 장치이다. 자동공급장치의 구성은 어린 육묘가 들어 있는 트레이에는 지지대 및 트레이 이송장치와 모종을 트레이에서 분리하기 위하여 Push-out rod, Push-out rod 이동장치로 구성되었으며, 이식할 트레이에는 지지대와 트레이 이송장치로 구성하였다. 이들 장치들은 모두 공압 실린더를 이용하여 구성하였다.

육묘 트레이의 이송은 트레이 이송을 위한 공압실린더와 트레이를 잡기 위한 공압실린더 2종류로 구성하였다 트레이를 잡기 위한 공압 실린더에는 멈추개를 부착하여 육묘트레이의 초기위치를 지정하고 또한, 육묘 트레이 하단 부의 홈에 이 멈추개가 끼면서 육묘트레이를 전진시킨다. 육묘 트레이의 이송과정은 멈추개를 이용하여 육묘판의 초기위치를 잡고 멈추개 하강, 멈추개 후퇴, 멈추개 상승과 동시에 육묘판을 잡고 멈추개가 전진하면서 육묘판을 차례로 한 줄씩 이송하는 일련의 과정을 통해서 육묘트레이를 전진시킨다. 이식할 육묘가 들어오는 이송부에는 육묘판의 무게로 인하여 마찰력이 증대되어 육묘트레이 이송장치의 공압 실린더만으로는 전진이송이 제대로 이루어지지 않아 마찰력을 최소화하기 위하여 유입단에 경사(15° 정도)를 주어 육묘판을 반입시

켰다.

육묘트레이에서 육묘를 분리시키는 방법은 Push-out rod를 이용하여 수행하였다. Push-out rod가 위로 진행하면서 넓혀진 트레이 하단 부 측, 물 빠지는 구멍부분(약 지름 12mm 정도)에 Push-rod가 들어가면서 모종을 밀어내어 트레이에서 모종을 배출한다. 이대 그리퍼는 배출된 모종을 잡아 이식할 수 있도록 제작하였다. 또한, 그리퍼는 크기 제약에 의해 하나 건너 띄어 하나 씩 잡을 수 있도록 제작하여 Push-out rod의 위치가 200공에서 50공으로 이식할 때 2부분의 위치로 이동할 수 있어야 하므로 Push-out rod 이동장치를 이용하여 핀이 좌우로 이동할 수 있도록 하였다. 제작된 묘 자동공급장치의 구성을 다음 그림 2에 나타내었다.



- |                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| 1. Frame        | 2. Air cylinder of the tray transfer |
| 3. Push-out rod | 4. Device of the push rod movement   |

Fig 2. Automatic seeding push-out equipment.

다. 제어기

시작기를 작동하기 위해서 모터 구동을 위한 모터 구동제어기와 공압 실린더를 구동하기 위한 I/O 인터페이스 보드를 제작하였다. 또한, 이들 전체를 구동하기 위하여 주 프로그램을 제작하였다. 제작된 제어기의 흐름 및 시스템의 구성은 다음 그림 3과 같다.

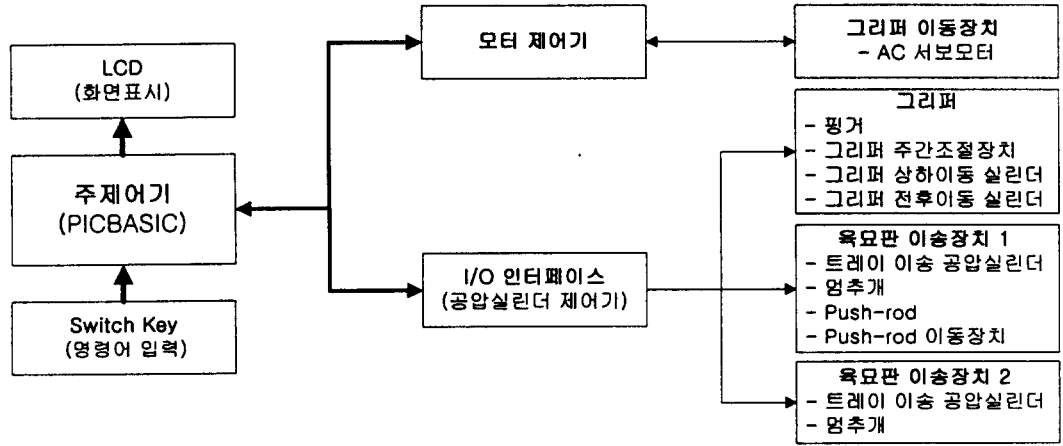


Fig 3. Schematic diagram of the robotic transplanter.

## 라. 시작기

앞에서 언급한 그리퍼 및 모 자동공급장치와 그리퍼를 육묘트레이와 이식할 트레이로 이동시키기 위한 그리퍼 이동장치 및 이를 구동하기 위한 제어기를 이용하여 시작기를 제작하였다. 제작된 시작기는 200공 트레이에서 50공 트레이로 모종을 이식하는 형태를 기본 모델로 삼았으며, 다른 크기의 트레이도 적용될 수 있도록 제작하였다. 제작된 시스템의 외형을 다음 그림 4에 나타내었다.

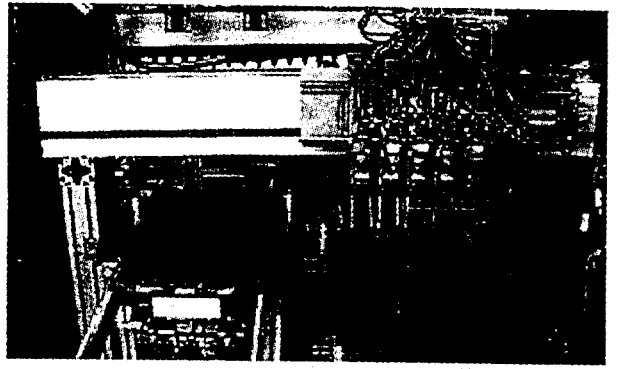


Fig 4. Photograph of the robotic transplanter for bedding plants.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 트레이묘 이식 시스템의 비교

일반적으로 이식기에 사용되는 그리퍼의 형태는 크게 위에서 모종을 잡는 방법과 push-out rod를 이용하여 밑에서 모종을 밀어내어 그리퍼가 모종을 잡는 방법 2종류로 분류할 수 있다. 주로 push-out rod를 이용하여 모종을 잡는 경우는 다수의 그리퍼를 이용하여 모종을 이식할 때 많이 사용하는 방법이며, 위에서 모종을 잡는 방법은 모종 하나씩 이식하는 경우에 많이 사용하고 있다. 특히, 후자의 경우에는 영상처리 장치와 합쳐서 모종의 보식을 목적으로 하는 경우가 많다. 각각의 장단점에 대해 아래 표 1에 나타내었다.

Table 1. Comparison of the transplanting method.

	위에서 잡는 방법	Push-out rod를 이용하는 방법
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제작이 간편하다</li> <li>• 트레이를 개조 할 필요가 없다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 뿌리 발육에 덜 민감하다.</li> <li>• 모종을 트레이에서 분리하기 쉽다.</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모종이 옆으로 자란 경우 모종에 상해가 많다.</li> <li>• 뿌리 발육이 이식성능에 큰 영향을 준다.</li> <li>• 모종을 트레이에서 분리하기 위한 그리퍼 파지력의 증대 및 분리시 트레이를 잡아 주어야 한다.</li> <li>• 모종을 다른 트레이로 이식할 때 잎이 걸리는 문제를 보완하여야 한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 트레이를 개조하여야 한다.</li> <li>• 장치가 복잡해진다.</li> <li>• push-out rod를 이용하여 묘를 밀 때 모종이 쓰러지기 쉽고, 배지가 부서질 수 있다.</li> </ul>

### 나. 이식기의 작업순서

시작기를 이용하여 이식작업을 수행하였다. 이식작업의 순서는 아래 그림 5와 같이 (a)에서 (f)까지 하나의 주기로 이루어진다. 먼저, 그리퍼를 하강한 후 전진하여 핑거를 모종에 접근시킨다 (a). 핑거가 모종에 접근하면 push-out rod를 위로 밀어 모종을 트레이에서 분리한 후 핑거로 모종을 잡는다(b). push-out rod가 아래로 내려가고 그리퍼가 상승하면서 모종을 들어올린다(c). 또

한, push-out rod가 하강한 후 push-out rod의 위치를 옮긴다. 그리퍼이동장치를 이동하여 이식할 트레이 쪽으로 그리퍼를 옮긴 후(d), 그리퍼를 하강하고(f), 핑거가 모종을 놓고 그리퍼가 후퇴하면서(g) 모종을 이식한다. 그리퍼를 상승하고 다음 이식할 모종의 위치로 이동하면 1회 작업이 끝난다. 이 때 유묘가 있는 트레이는 (d)-(f)작업 사이에 이식할 트레이는 (a)-(c)작업 사이에 이동한다.

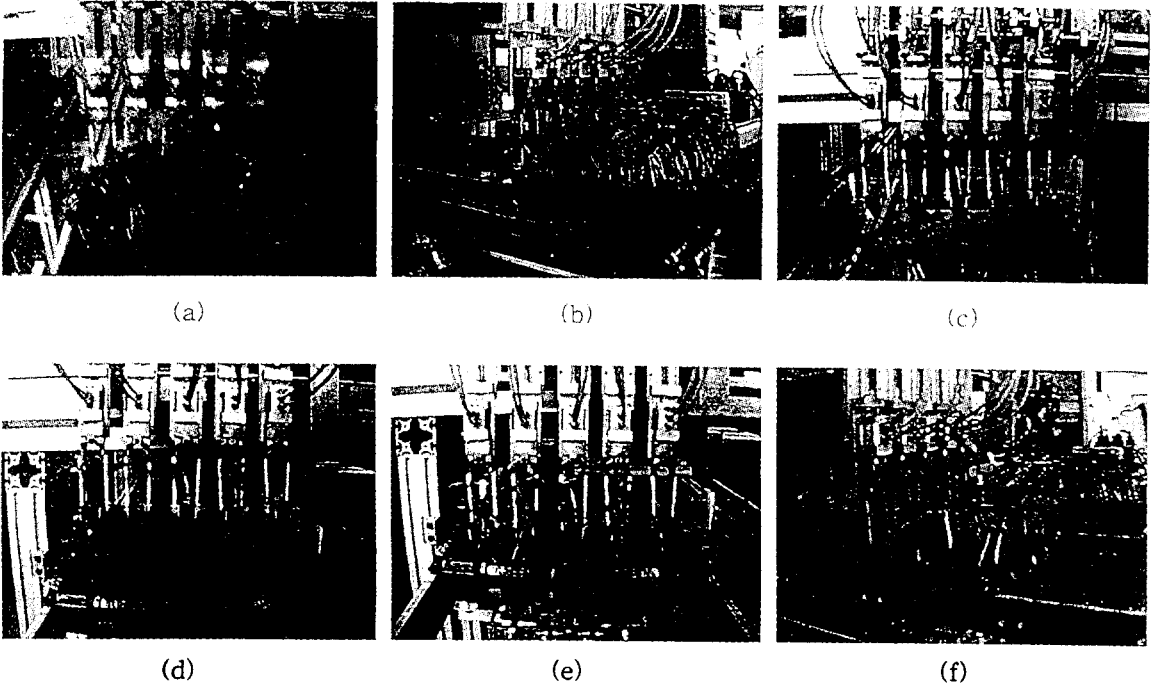


Fig 5. Photograph of the robotic transplanter operation.

#### 다. 이식성능시험

이식기의 성능평가를 위하여 육묘기간 14일 전후인 오이모종을 대상으로 실험하였으며, 육묘는 200공 트레이, 이식할 트레이는 50공 트레이를 이용하였다. 그리퍼는 5개를 1조로 하여 동시에 5개의 모종을 이식할 수 있도록 하여 실험을 수행하였다. 또한, 핑거의 형상을 5종류로 하여 실험을 수행하였으며, 사용된 핑거의 형상은 아래 그림 6과 같다.

처음 제작한 핑거(그림 6-(a))는 Push-out rod를 이용하지 않고 위에서 모종을 집는 방법을 이용한 것으로 그리퍼의 하강과 핑거가 집는 2개의 동작을 동시에 수행하여 작업하였으며, 모판의 이송은 컨베이어를 사용하였다.

Push-out rod를 이용할 때 모종을 트레이에서 분리할 때 rod가 상승하면서 모종을 밀어올림과 동시에 위쪽에 있는 무게중심으로 인하여 모종이 쓰러지는 현상이 발생하여 모종이 쓰러지는 현상이 발생하여 이를 방지하기 위하여 핑거 주위에 ㄷ자형의 가이드(그림 6-(b))를 부착하였다. 이 핑거는 주위의 모종을 잡는 문제와 모종을 분리할 때도 가이드에 얹어 달라붙어 제대로 분리가 안되었다. 이 문제를 해결하기 위해 그리퍼가 앞뒤로 이동할 수 있도록 하였고, 핑거를 ㄱ자 형태

로 다시 제작(그림 6-(c))하였다. 이 경우 모종이 분리되지 않는 문제는 해결하였으나, 핑거의 턱에 걸려 모종이 밖으로 밀려 나와 그리퍼가 못 잡는 경우가 발생하여 그리퍼가 전진할 때 모종을 밖으로 밀어내지 않도록 핑거를 다시 제작(그림 6-(d))실험하였다. 이 경우 이식은 잘 되었으나 핑거 끝단에 모종의 줄기가 끼는 현상이 발생하여 그림 6-(e)과 같은 핑거를 제작하였다. 이들 핑거를 이용한 모종 이식실험 결과는 아래 표 2와 같다.

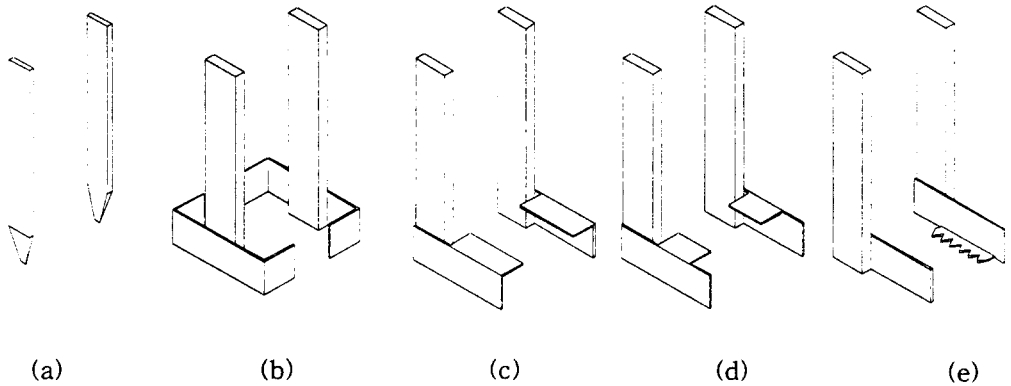


Fig 6. Shape of the finger.

Table 2. Transplanting performance of the grippers.

	핑거 (B)		핑거 (C)		핑거 (D)		핑거 (E)	
전체 모종수	194		50		28		298	
모종 트레이에서 분리	194	100.0%	50	100.0%	28	100.0%	298	100.0%
그리퍼가 모종을 못 잡음	0	0.0%	13	26.0%	1	3.6%	11	3.7%
모종이 따라 올라옴	25	12.8%	1	2.0%	1	3.6%	5	1.7%
모종이 분리 안됨	68	34.9%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
이식성공	101	52.3%	36	72.0%	26	92.8%	275	94.6%

#### 4. 요약 및 결론

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

- 1) 이식 방법을 위에서 모종을 뽑아내는 방식 대신 push-out rod를 이용하여 모종을 밀어내는 방식을 이용하여 로봇이식기를 제작하였다.
- 2) 다수의 그리퍼를 이용하여 모종을 이식할 수 있도록 그리퍼를 제작하였으며, 트레이 이동장치를 공압시스템을 이용하여 제작하였다.
- 3) 여러 가지 핑거에 대하여 이식 실험을 수행하였으며, 이식 실험결과 94.6%의 이식 성공률을 보였다.

## 5. 참고문헌

1. 경상대학교. 1996. 농업기계화의 장기전망과 기계화기술 개발전략에 관한 연구. 농림수산부 연구보고서.
2. 류관희, 이희환, 김기영, 한재성. 1998. 육묘용 로봇 이식기의 개발(Ⅲ) - 로봇 이식기의 개발 -. 한국농업기계학회 1997년 하계 학술대회 논문집.
3. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식 성능평가. 한국농업기계학회지 23권 3호 : 271-276.
4. 민영봉, 문성동. 1998. 플러그묘 자동이식기의 묘 자동공급 및 이식기구에 관한 연구. 한국농업기계학회지 23권 3호 : 259-270.
5. 민영봉, 정병룡, 박중춘, 문성동, 정한택. 1994. 공정묘 자동정식기의 개발(Ⅰ) - 반자동 정식기의 효율성 분석. 경상대시설원예연구 1 : 213-224.
6. 정순주, 장흥기. 1998. 차세대 식물생산 시스템. 전남대학교 출판부.
7. 高辻 正基, 1997. Transplanting robot. Handbook of plant factory :123-128.
8. 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. vol.1 : 157-163.
9. Kutz L. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz. 1987. Robotic transplanting of bedding plants. Transactions of the ASAE vol.30(3) : 586-590.
10. Sakaue O. 1995. Development of automated seedling production system -Tray handling devices and evaluation of the robotic system-. 일본 농업기계학회지 57(3) : 111-119.
11. Tillet, 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 vol.53 : 289-303
12. 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 vol.33(3) : 1013-1017.