

# 자동정식기용 모 자동공급장치 개발

## Development of Automatic Feeding and Pick-up System for Automatic Vegetable Transplanter

박석호\*   곽태용\*   박원규\*   김학진\*   이채식\*   김진영\*\*   최덕규\*   강태경\*   김충길\*  
정회원   비회원   정회원   정회원   정회원   정회원   정회원   정회원   정회원  
S.H.Park T.Y.Kwak W.K.Park H.J.Kim C.S.Lee J.Y.Kim D.K.Choi T.K.Kang C.K.Kim

### 1. 서 론

현재 국내에 보급되고 있는 인력 모 공급방식의 채소정식기는 모공급과 기계운전에 두사람 이상의 노력이 소요되고 식부깊이를 수동으로 조절하기 때문에 작업능률이 떨어져 정식작업에 거의 이용되지 않고 있는 실정으로 새로운 고성능의 자동정식기의 개발보급이 요청되고 있는 실정이다.

미국이나 유럽 등 대규모 채소 재배지역의 정식작업은 주로 트랙터 부착형 및 자주형 반자동 정식기가 사용되고 있으며, 작업자가 기계에 탑승하여 모종을 모 공급장치에 분배하면서 심는 반자동식이 주로 이용되고 있다.

일본에서는 모를 인력으로 공급하는 보행형 1조식 채소정식기가 주로 이용되고 있으며, 최근에는 양배추, 배추, 양상추 등 플러그모를 1시간에 10a를 자동으로 심을 수 있는 승용관리기 부착형 및 자주식 채소 정식기를 개발하여 실용화하였으며, 폐지를 육묘용 연결포트로 재활용하여 채소 정식에 사용하는 종이포트모 정식기가 보급되고 있다. 일본의 경우 배추 재배 양식이 국내와 유사하지만 플러그모 트레이의 크기가 국내 것보다 크기 때문에 이를 도입할 경우에는 플러그 모판을 전면 수정하지 않으면 안된다. 또한 일본 정식기에 채택되어 있는 모 자동공급 장치들은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 용이치 않으며, 기술 도입료의 부담 등으로 국내에서 자동정식기를 개발하기 위해서는 모자동공급 장치를 독자적으로 개발하여야 한다.

본 연구에서는 우리나라 실정에 맞는 배추자동정식기를 개발하기 위하여 플러그모 자동공급장치를 개발하고 성능시험을 실시하였다.

---

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 농촌진흥청 원예연구소

† 이 연구는 농림기술과제연구비로 수행되었음

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시작기 설계조건

모자동공급장치는 플러그모를 탑재하고 가로 또는 세로방향으로 한칸씩 이송시키는 모이송장치와 모를 하나씩 집어내는 모취출장치로 구성된다.

모이송장치는 여러 가지 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있는 구조가 되어야 하며, 모취출장치가 모를 하나씩 정확하게 뽑아낼 수 있도록 이송오차가 없어야 하며, 하나 이상의 육묘트레이를 연속적으로 투입하여 작업할 수 있어야 한다.

모취출장치는 핀셋으로 모를 집어내는 방식과 육묘트레이 뒤에서 봉으로 모를 밀어내는 방식이 주로 이용되고 있다.

모를 밀어내는 방식은 사다리꼴 모양으로 생긴 플러그 트레이에 육묘된 모를 트레이 밑의 작은 구멍으로 밀어낼 경우 상토가 파손되거나 배추잎이 서로 엉겨 있기 때문에 이송도중 헝클어지는 현상이 발생하여 결주가 많은 단점이 있다. 반면에 모를 집어내는 방식은 플러그모에 핀셋을 꽂을 때 상토의 파손과 배추잎에 손상을 주는 문제점이 있지만 육묘된 배추잎은 생육에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보고되고 있다. 이러한 이유로 외국에서 실용화된 채소정식기의 대부분이 집어내는 방식을 채택하고 있으며, 본 연구에서도 집어내는 방식으로 모취출장치를 개발하였다.

모취출장치는 모의 생육에 지장을 주지 않도록 모의 상토파손이 없어야 하며, 모의 호트러짐이 없이 정확하게 모를 집어내어 식부장치로 전달할 수 있어야 하고, 뽑아내고자 하는 모 이외의 주위의 다른 모에 영향을 주지 말아야 한다. 또한 고속작업이 가능하여야 하며, 2조 이상의 정식기에 사용할 수 있도록 크기가 작아야 하고, 가장 많이 작동하는 부분이므로 내구성 있게 설계되어야 한다.

### 나. 시작기 설계 및 제작

시작기는 기계동작해석프로그램인 ADAMS를 이용하여 기구적 작동과 궤적을 시뮬레이션하였으며, 3차원 기계설계프로그램인 IDEAS를 이용하여 시작기를 설계하고 각각의 부품간의 간섭을 체크한 후에 제작하였다.

#### (1) 모이송장치

모이송장치는 플러그 육묘트레이에 육묘된 모를 모취출장치가 하나씩 취출할 수 있도록 모를 탑재하여 일정피치 만큼 가로 또는 세로방향으로 자동 이송시키는 장치이다. 모이송장치는 기어변환에 의해 128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 설계 제작하였다.

128공과 200공 육묘트레이를 겸용으로 사용하기 위해서는 누적공차가 없도록 육묘트레이를 규격화해야 한다. 육묘트레이는 현재 사용중인 육묘트레이, 육묘과종기, 육묘시설 등을 그대로 사용할 수 있도록 육묘트레이의 전체크기는 같고, 육묘트레이 테두리의 힘살을 제거해서 트레이가 휘어지도록 규격을 설정하였다. 육묘트레이의 셀배치는 셀피치를 200공은 25.4mm, 128공은 31.75mm로 배치하여 육묘트레이의 전체크기를 540×280mm로 관행의 육

묘트레이와 같다.

식 1과 그림 1과 같이 200공은 5번째 셀에, 128공은 4번째 셀에  $\phi 4\text{mm}$ 의 환봉을 삽입하여 육묘트레이가 세로로 이송될 수 있도록 하였으며, 가로이송은 식 2와 같이 기어비를 1 : 1.25로 하여 누적공차가 없도록 기어변환장치를 설계제작하였다.

$$\text{세로이송 핀간격} = 25.4\text{mm} (200\text{공}) \times 5\text{셀} = 31.75\text{mm} (128\text{공}) \times 4\text{셀} = 127\text{mm} \dots (1)$$

$$\text{기어비} = 31.75\text{mm} / 25.4\text{mm} = 1.25 \dots (2)$$

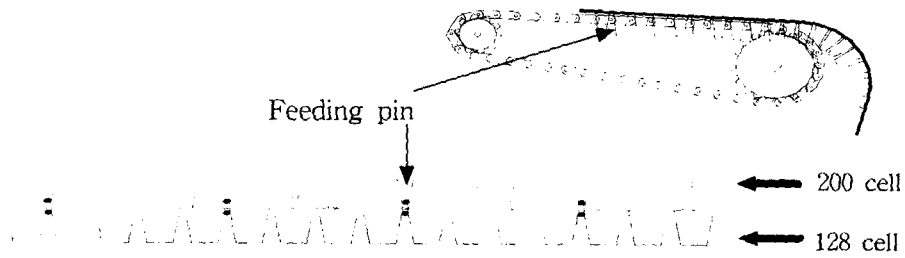


Fig. 1 Schematic diagram of vertical feeding for plug tray

모이송장치는 그림 2와 같이 모탑재대, 모탑재대를 가로방향으로 이송시키는 가로이송 스크루, 모 취출시 모탑재대를 일시 정지시키는 제네바기어장치, 128공과 200공 육묘트레이를 가로방향으로 이송시키기 위해 기어비를 조절하는 가로이송기어변환장치, 모탑재대를 세로방향으로 이송시키는 레칫기어장치, 128공과 200공 육묘트레이를 세로방향으로 이송시키는 세로이송기어변환장치, 128공과 200공 육묘트레이를 세로방향으로 이송시키는 이송체인으로 구성하였다.

모이송장치는 육묘트레이를 가로로 한 칸씩 이송시켜 모취출장치가 모를 집어낼 동안 정지하였다가 모를 집어낸 후 옆으로 한 칸씩 이송시킨다. 가로방향의 끝까지 이송한 후에는 세로이송 레칫기어에 의해 세로로 한 칸 이송되도록 설계하였다.

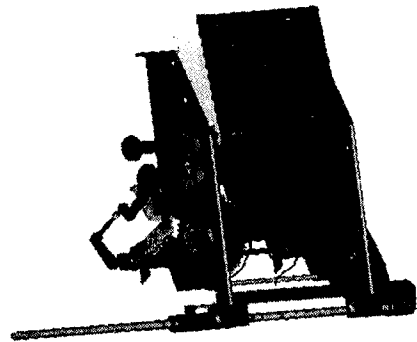


Fig. 2 Feeding device of seedling

(2) 모취출장치

모취출장치는 그림 3과 같이 링크와 직선슬라이드를 조합하여 설계 제작하였다. 모취출장치의 작동원리는 구동력을 전달받아 링크가 반시계 방향으로 회전하여 직선슬라이더에 의해 직선궤적을 형성하면서 핀셋이 트레이에 삽입되어 모를 집게 된다. 링크가 계속 회전함에 따라 핀셋이 반대방향으로 직선운동을 하면서 나오다가 스톱퍼에 의해 직선운동이 멈춰지게 되면 핀셋은 곡선운동을 하게되어 아래로 숙이게 된다. 핀셋이 제일 아래방향에 위치했을 때 집게가 벌어지면서 모를 식부호퍼로 떨어뜨린다. 핀셋은 모를 집을 때는 오므라지고 모

를 떨어뜨릴 때는 벌어지게 되며, 이때 핀셋만 벌리면 모가 떨어지지 않으므로 핀셋을 벌리는 동시에 모를 밀어내는 배출링을 핀셋에 부착하였다. 모취출장치의 궤적은 그림 4와 같이 육묘트레이에 삽입되어 모를 집어낼 때는 60mm 직선운동을 하다가 모를 다 뽑아낸 후에는 아랫방향으로 85° 숙여지게 되어 식부호퍼로 모를 투입할 수 있도록 설계제작하였다.

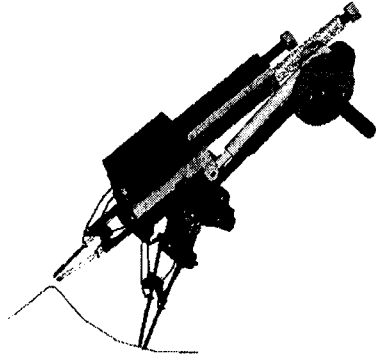


Fig. 3 Pick-up device of seedling

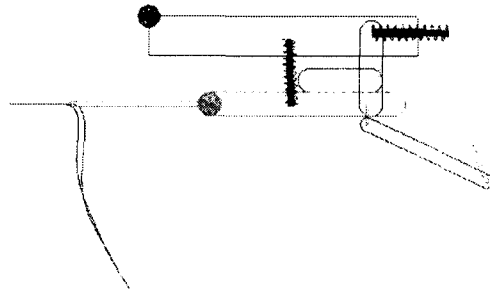


Fig. 4 Pick-up loci of pick-up device

#### 다. 시작기의 성능시험

##### (1) 배추모의 생육상태

모자동 공급장치의 성능시험에 사용된 배추모의 생육상태는 표 1과 같다. 엽수는 2.3~5.9 개/주, 엽장은 3.84~8.92cm, 엽폭은 1.81~3.49cm, 엽면적은 25.89~140.73cm<sup>2</sup>/주, 생체중은 지상부가 1.78~7.23g/주, 지하부가 0.47~1.01g/주, 지상부의 건물중은 0.14~0.48g/주, 지하부의 건물중은 0.03~0.06g/주로서 육묘일수가 증가할수록 생육상태가 좋아지는 경향으로 나타났다. 상토함수율에 따른 모취출 시험에서 류 등(1998)은 상토함수율이 28~48%일 때 모취출개수가 146개, 상토함수율이 44~59%일 때 모취출개수가 129개, 상토함수율이 55~66%일 때 모취출개수가 74개로 상토함수율이 낮을수록 모취출률이 낮은 것으로 보고하였다. 따라서 본 과제에서는 모취출시험 1시간 전에 물을 충분하게 주고 시험하였으며 이때의 상토함수율은 습량기준으로 70~75%범위이다.

Table 1 Seedling conditions

Age (days)	No. of leaves (EA/hill)	Leaf length (cm)	leaf width (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /hill)	Fresh weight(g/hill)		Dry weight (g/hill)	
					Shoot	Root	Shoot	Root
15	2.3	3.84	1.81	25.89	1.78	0.47	0.14	0.03
20	3.1	5.43	2.51	49.25	2.69	0.63	0.24	0.05
25	5.1	8.92	3.45	136.21	7.22	0.95	0.50	0.07
30	5.9	8.53	3.49	140.73	7.23	1.01	0.48	0.06

(2) 시험방법

모취출장치의 모취출시험은 표 2와 같이 핀셋의 삽입위치를 하단, 중단, 상단으로 삽입하여, 육묘일수별로 모취출개수, 실패개수, 상토파손개수, 왼손상개수를 조사하고 모취출률과 성공률을 기준으로 비교 분석하였다.

모취출률은 식 3과 같이 육묘트레이로부터 배추모가 잘 빠지는 정도를 나타낸 것이며, 식 4의 성공률은 육묘트레이로부터 배추모가 잘 빠지는 정도와 상토파손정도를 나타낸 것이다.

상토파손은 상토의 아랫부분의 1/4이 부서진 경우, 상토의 윗부분의 1/4이 부서진 경우, 상토전체가 부서진 경우 등 3가지로 구분해서 나타내었다. 상토파손은 배추생육시험결과 상토의 전체가 파손된 경우를 제외한 상토의 위 또는 아래가 부서진 경우는 배추생육에 큰 지장을 주지 않는 것으로 나타났다.

모취출장치의 핀셋에 의해서 배추잎에 구멍이 뚫리거나 찢기는 경우가 생기는데 배추생육 시험결과 배추의 생육에 큰 지장을 주지 않는 것으로 나타났다.

따라서 모취출장치의 성능은 상토파손이나 왼손상을 고려하지 않은 모취출률로 평가하는 것이 타당하다고 판단된다.

$$\text{모취출률(\%)} = \frac{(\text{모취출개수} - \text{실패개수})}{\text{모취출개수}} \times 100 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{성공률(\%)} = \frac{(\text{모취출개수} - (\text{실패개수} + \text{상토파손개수}))}{\text{모취출개수}} \times 100 \quad \dots \dots (4)$$

3. 결과 및 고찰

모이송장치는 작동시험결과 128공과 200공 육묘트레이 모두 누적공차는 없었으나 이송스크루와 이송장치를 따라 움직이는 종동캠과의 유격에 의해 좌우 ±1mm의 오차가 발생하였다. 그러나 ±1mm의 가로이송 유격은 모취출에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

모 취출장치의 구조 및 작동을 분석한 결과 구조가 간단하여 제작변경이 용이하고 소요동력이 적지만, 0.6m/s이상의 고속작업시에 진동이 다소 많은 문제점이 있는 것으로 나타났다.

배추정식기의 모취출성능은 표 2에서와 같이 육묘일수가 20일이고 취출장치의 삽입위치가 중간인 경우에 모취출률이 99.5%로 가장 양호한 것으로 나타났다.

육묘일수가 15일인 경우는 엽수, 생체중 등이 떨어지고 뿌리부분의 매트형성이 잘 안되어 트레이로부터 모가 잘 빠지지 않고, 빠진 배추모의 상토파손이 많은 것으로 나타났다. 그러나 왼손상은 엽수, 엽장 및 엽폭 등이 작기 때문에 손상률이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

육묘일수가 20일 이상인 경우는 엽수, 엽면적, 상토의 생체중 및 건물중이 정식하기에 적합한 수준으로 모취출률이 98.5%이상으로 양호하게 나타났다. 육묘일수가 길수록 상토파손 등을 고려한 성공률이 97.5%에서 98.5%로 높게 나타났다. 이는 배추의 뿌리가 상토의 표면을 감고있기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 육묘일수가 길수록 배추잎의 크기가 크고 배

추잎이 서로 엉키는 현상이 발생하여 모취출률이 99.5%에서 98.5%로 떨어졌다. 따라서 배추정식기에 육묘일수가 20일정도 된 모를 사용하는 것이 가장 좋을 것이라고 판단된다.

모취출장치의 핀셋의 삽입위치에 따른 모취출률은 핀셋의 위치가 셀의 밑부분으로 삽입되는 경우가 98.5%, 중간이 99.5%, 윗부분으로 삽입되는 경우가 97.5%로 나타나 셀의 중앙으로 핀셋을 삽입하도록 하였다.

Table 2 Experimental results of automatic feeding system

Age (days)	Pick-up position	No. of extracting seedling (Ea)	Extraction failure (Ea)	Soil brakage(Ea)			Leaf damage (Ea)	Extracting ratio (%)	Success ratio (%)
				Lower	Upper	Whole			
15	Lower	200	7	9	1	5	1	96.5	89.0
	Center	200	6	5	0	3	2	97.0	93.0
	Upper	200	8	10	1	7	2	96.0	87.0
20	Lower	200	3	8	0	2	2	98.5	93.5
	Center	200	1	3	0	1	1	99.5	97.5
	Upper	200	5	9	0	5	3	97.5	90.5
25	Lower	200	4	6	0	3	3	98.0	93.5
	Center	200	2	2	0	0	4	99.0	98.0
	Upper	200	6	7	1	1	4	97.0	92.5
30	Lower	200	5	5	0	0	2	97.5	95.0
	Center	200	3	0	0	0	6	98.5	98.5
	Upper	200	7	4	0	0	6	96.5	94.5

#### 4. 요약 및 결론

가. 자동정식기용 128공과 200공 플러그 육묘트레이와 모 자동공급장치를 개발하였다.

나. 모공급장치의 성능은 모취출률이 99.5%로 양호하게 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 경상대학교 농과대학. 1995. 원예작물 일관생산 체계를 위한 공정육묘 시스템개발.
2. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식성능평가. 한국농업기계학회 23(3) : 271~276.
3. 민영봉, 문성동. 1998. 플러그모 자동이식기의 모 자동공급 및 이식기구에 관한 연구. 한국농업기계학회 23(3) : 259~270.
4. 최원철. 2000. 플러그모 자동 모 취출장치 개발. 석사학위논문. 서울대학교.
5. ADAMS User's Kit. 1998. Mechanical Dynamics, Inc., USA
6. Brewer, H. L. 1994. Conceptual modeling automated seeding transfer from growing trays to shipping modulus. Transactions of ASAE 37(4): 1043-1051