

보행형 배추정식기 개발

박석호 김진영 최덕규 김충길 곽태용 조성찬

Development of Walking Type Chinese Cabbage Transplanter

S. H. Park J. Y. Kim D. K. Choi C. K. Kim T. Y. Kwak S. C. Cho

Abstract

Manual transplanting Chinese cabbage needs 184 hours per ha in Korea. Mechanization of Chinese cabbage transplanting operation has been highly required because it needs highly intensive labor during peak season. This study was conducted to developed walking-type Chinese cabbage transplanter. In order to find out design factor of the transplanter, a kinematic analysis software, RecurDyn, was used. The prototype was tested in the circular soil bin and its operating motion was captured and analyzed using high speed camera system.

Prototype was one row type which utilized original parts of engine, transmission and etc. from walking-type rice transplanter in order to save the manufacturing cost. Success ratio of pick-up device of hole-pin type and latch type were 96.0% and 99.2%, respectively. which was highly affected by feeding accuracy of feeding device of seedling. Transplanting device of the prototype produced a elliptic loci which were coincident with those produced by the computer simulation. Prototype proved good performance in transplanting with mulching and without mulching operation, either. Working performance of prototype was 22 hours per ha and operation cost of the prototype was 961,757 won per ha. So, it would reduce 88% of the labor and 29% of operation cost.

Keywords : Agricultural machinery, Transplanter, Vegetable transplanter, Chinese cabbage transplanter

1. 서론

배추정식작업은 인력에 의존하고 있으며, 노동투하시간은 18.4시간/10a이 소요되어 전체노동시간의 18.7%를 차지하고 있다(농촌진흥청, 2003). 배추정식작업은 허리를 깊게 구부린 상태로 계속적인 반복 작업을 하여야 하고 단기일에 고도 집약적인 노동력을 필요로 하기 때문에 일찍부터 기계화의 필요성이 강조되어 왔다. 또한 농업인구의 급격한 감소로 농촌 노임이 상승되어 생산비 절감을 위해서는 정식작업의 기계화가 더욱 절실한 실정이다.

미국이나 유럽의 대규모 채소 재배지역에서의 정식작업은 주로 트랙터 부착형 또는 자주형 반자동 채소정식기를 사용하고 있다. 이 작업기는 사람이 기계에 탑승하여 직접 모종을 모 공급장치에 분배하는 대형 작업기이기 때문에 규모가 작은 우리나라 영농여건에 적합하지 않다(민영봉 등, 1998).

일본에서는 양배추, 배추, 양상추 등의 플러그모를 자동으로 1시간에 10a를 심을 수 있는 승용관리기 부착형이나 자주식의 채소정식기와 폐지를 육묘용 포트에 재활용한 종이포트 모 채소정식기 등 다양한 방식의 채소정식기가 보급되고 있다(芳賀 泰典, 1997). 그러나 일본의 채소정식기에 채택되어

The article was submitted for publication in February 2005, reviewed in March 2005, and approved for publication by the editorial board of KSAM in April 2005. The authors are Seok Ho Park, Researcher, Jin Young Kim, Senior researcher, Duck Kyu Choi, Researcher, Chung Kil Kim, Researcher, Tae Yong Kwak, Senior engineer, National Institute of Agricultural Engineering, Rural Development Administration, Suwon, Korea, and Sung Chan Cho, Professor, Dept. of Biosystem Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, Korea. The corresponding author is S. H. Park, Researcher, Div. of Production Machinery Engineering, National Institute of Agricultural Engineering, 249, Seodun-dong, Kwonsun-ku, Suwon City, 441-100, Korea; Fax : +82-31-290-1900; E-mail : <shpark@rda.go.kr>

있는 핵심장치들은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술 도입이 용이치 않으며, 이 기술을 수입할 경우 기술도입료를 지불해야 한다(박홍제, 2000). 일본 기계를 도입할 경우 기술도입료 지불이 불가피하고, 이는 기계가격 상승으로 이어져 결국 농가경쟁력을 떨어뜨리는 요인으로 작용하게 될 것이다.

국내에서는 농업공학연구소에서 승용관리기 부착형 2조식 전자동 채소정식기를 비롯한 두둑성형기, 중경제초기, 방제기, 배추수확기, 운반적재기를 개발하여 영농현장에 보급한 바 있다(NAMRI, 2001). 그러나 아직 기계가격이 비싸고 연간수요량이 적어 생산업체에서 생산을 미루고 있는 실정이다. 승용관리기 부착형 채소정식기는 기술적으로 포장의 양쪽 끝 부분에서 채소정식기가 회전할 때 생기는 개자리가 많이 발생하기 때문에 구획정리가 되어 있지 않은 밭에서는 이용하기 어려운 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 인력에 의존하고 있는 배추정식작업의 생력기계화를 촉진하기 위하여 보행형 배추정식기를 개발하고자 수행하였다. 3차원 동역학해석프로그램을 이용하여 각부장치의 작동상태와 운동을 분석하고, 핵심장치의 성능을 검증한 후 시작기를 설계 제작하여 포장시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 각부장치 운동분석

배추정식기의 핵심장치인 모 취출장치와 식부장치의 운동분석은 동역학해석 프로그램(RecurDyn Version 5.24, Function Bay Inc., Korea)을 이용하였다. 운동분석에 이용한 모 취출장치는 링크와 슬라이더를 조합한 방식이다. 운동분석방법은

모 취출장치와 식부장치를 3차원 설계프로그램(IDEAS Ver. 11)으로 설계하여 UG파일로 변환시킨 다음, RecurDyn프로그램의 Para Solid로 변환시켰다. 강체로 정의된 각각의 파트를 Joint, Contact, Force등의 명령을 입력하여 운동분석을 실시하였다. 분석된 결과는 궤적, 변위, 속도, 가속도로 출력이 가능하지만, 본 연구에서는 시작기를 제작하기 전에 기계장치가 의도한 대로 작동하는지 확인하고자 모 취출장치는 취출궤적과 속도를 분석하였으며, 식부장치는 배추정식기가 정지상태에서와 주행할 때의 식부궤적과 속도를 분석하였다.

나. 각부장치 운동검증

1) 모 취출장치

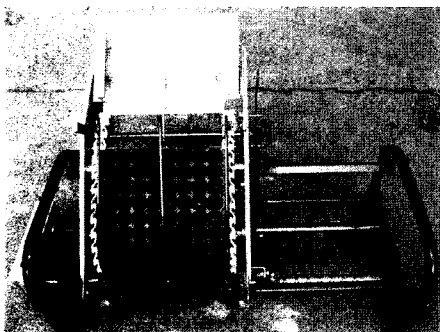
모 취출장치의 성능검증은 이송장치에 따른 모 취출률을 조사하여 성능을 검증하였다. 모 이송장치는 그림 1과 같이 핀을 육묘트레이에 밑에 삽입하여 이송하는 홑핀 체인이송방식과 육묘트레이 양쪽 테두리의 구멍을 이용하여 래치로 이송하는 래치이송방식을 비교하여 모 취출률을 조사하였다. 성능시험에 사용한 묘는 파종후 20~25일 기른 묘가 정식하기에 가장 적합하다고 보고된 바 있어(GNU, 1995) 표 1과 같이 노란자배추로 육묘일수가 23일, 초장이 5~8 cm, 주당엽수가 5~6개인 묘를 사용하였다.

2) 식부장치

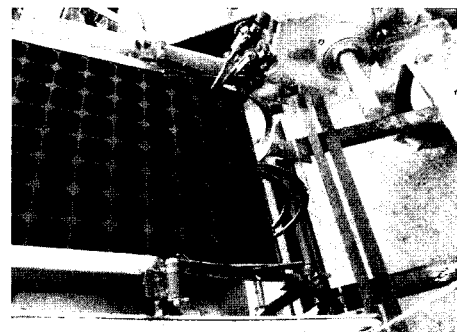
식부장치의 성능검증은 그림 2와 같이 복합 4절 링크방식의 식부장치를 제작하여 원형 회전토조에서 성능시험을 실시하였다. 고속카메라로 측정된 결과는 동영상해석 프로그램(Motion Plus)을 이용하여 식부궤적, 속도를 분석하였다.

Table 1 Seedling status of Chinese cabbage.

| Variety | Seedling days (days) | Plant height (mm) | Number of leaves (No./hill) |
|---------|----------------------|-------------------|-----------------------------|
| NORANJA | 23 | 50~80 | 5~6 |



(a) Hole pin chain type



(b) Latch feeding type

Fig. 1 Experimental device of seedling feeding.

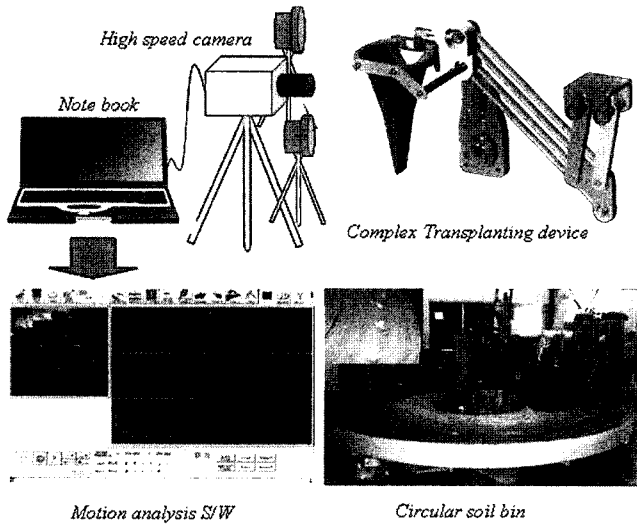


Fig. 2 Experimental device of transplanting device.

분석한 결과는 동역학해석 프로그램(RecurDyn)을 이용하여 분석한 결과와 비교하여 식부장치의 성능을 검증하였으며, 배추묘를 식부호퍼에 투입하여 배추묘의 식부자세도 조사하였다.

다. 시작기 설계

시작기는 필지규모가 작은 농가에서도 이용이 가능하도록 보행형으로 설계하여 배추정식기가 회전할 때 생기는 개자리를 없앨 수 있도록 하였다. 실용화 단계에서 생산비를 줄이기 위해 시작기의 동력원은 국제종합기계에서 보급하고 있는 보행이양기(모델명:PR-4)의 엔진, 미션, 주행장치를 이용할 수 있도록 설계하였다. 이양기에 채택된 기체수평 자동제어방식을 이용하여 두둑중앙에 일정한 깊이로 모를 심을 수 있도록 설계하였다.

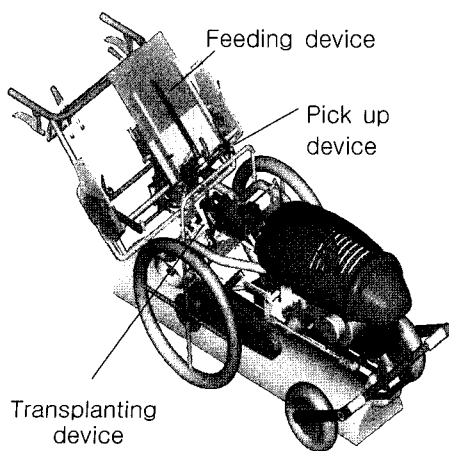


Fig. 3 Picture of the prototype.

Table 2 Specification of the prototype.

| Items | Specification |
|-------------------------------|--------------------|
| Size (L×W×H, mm) | 2,100×812×1,000 |
| Weight (kg) | 220 |
| Row space (mm) | 600, 700, 800, 900 |
| Wheel diameter (mm) | 600 |
| Ground clearance (mm) | 100/300 |
| Inclination control range (°) | ±5 |
| Hill space (mm) | 300, 350, 400, 450 |
| Working speed (m/sec) | 0.2~0.3 |

시작기는 조간 600 mm, 주간 300~400 mm의 둥근두둑 1 열재배로 설정된 표준재배양식을 기준으로 설계하였다(오인식 등, 1999). 시작기는 그림 3과 같이 모 이송장치, 모 취출장치, 식부장치, 복토진압장치, 동력전달장치 등으로 구성된다. 시작기는 128공 플러그 육묘트레이를 이용하여 모 취출, 식부, 복토진압 작업이 일괄작업 될 수 있도록 설계하였다. 시작기의 주요 제원은 표 2와 같다.

1) 모 이송 및 취출장치

모 이송장치는 그림 4와 같이 128공 플러그 육묘트레이를 가로로 8칸 이송시킨 다음 세로로 한 칸씩 자동으로 이송시켜 모 취출장치가 모를 하나씩 뽑을 수 있도록 설계하였다. 가로이송은 스크루 이송방식으로 피치는 31.75 mm이다. 세로이송은 플러그 육묘트레이 좌우 테두리의 홈을 래치로 끌어당기는 방식으로 피치는 31.75 mm이다. 모 취출장치가 육묘트레이에서 모를 뽑아내는 순간에 육묘트레이가 정지할 수 있도록 하기위하여 간헐회전기어를 사용하였다(Martin, 1985). 모 취출장치는 육묘트레이에서 모를 뽑아서 식부장치로 전달

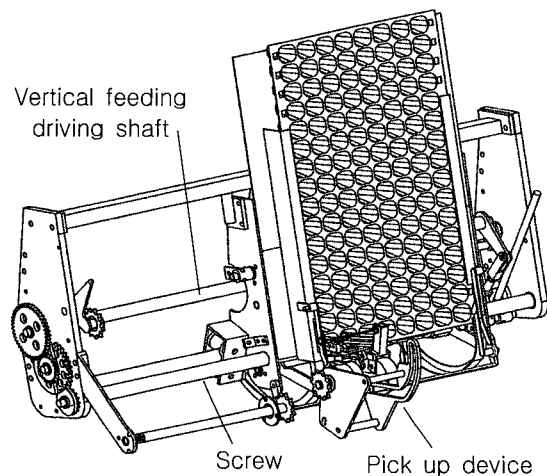


Fig. 4 Isometric view of feeding and pick up device.

하는 장치이다. 취출장치는 집계의 끝을 오므려 모를 잡고 직선으로 뽑아서 식부호퍼에 근접해서 집계를 벌리면서 식부호퍼로 모를 밀어내는 주기적인 작동을 할 수 있도록 설계하였다. 취출장치가 직선으로 움직이는 구간은 링크가 서로 반대방향으로 회전할 때 생기는 궤적을 이용하였으며, 곡선으로 움직이는 구간은 곡선슬라이더에 의해 궤적이 형성되도록 설계하였다.

2) 식부장치

식부장치는 취출장치로부터 모를 받아 땅속에 정식하는 장치이다. 식부장치는 배추정식기가 주행하면서 모를 심기 때문에 땅속에서 식부호퍼가 끌리지 않도록 식부궤적이 형성되어야 한다(박석호 등, 2004). 식부장치는 그림 5와 같이 4절 링크를 조합한 복합 4절 링크방식으로 설계하였다. 식부궤적은 서로 길이가 다른 링크 A, B를 서로 반대방향으로 회전시켜 타원형이 되도록 설계하였으며, 타원형의 단경은 두 링크 길이차의 2배가 된다. 작동원리는 링크 A를 시계방향으로 회전시키면 링크 B가 반대방향으로 회전하여 타원형의 궤적이 형성되며, 링크 C와 D는 각각의 링크와 평행하도록 링크를 조합시켜 식부호퍼가 항상 지면과 수평을 유지하게 된다. 식부호퍼는 원추홀더방식으로 설계하여 비닐피복에서도 정식이 가능하도록 하였다. 작동원리는 링크 A를 시계방향으로 회전시키면 링크식부호퍼는 캠구동에 의해 개폐되도록 설계하였다. 식부호퍼의 변위는 세로방향이 336 mm, 가로방향이 154mm를 형성하도록 되어있다.

라. 시작기 성능시험

시작기의 성능시험은 표 3과 같이 농업공학연구소 입북동 시험포장에서 실시하였다. 시험포장의 토성은 식양토이었으며, 20 mm 미만의 흙덩이의 무게를 기준으로 측정된 쇄토율은 61.2%로 쇄토율이 좋지 않았으며, 함수율은 23.2%로 건조한 상태였다. 트랙터부착형 두둑성형기로 두둑을 조간 600 mm, 두둑높이를 150 mm이하로 만들고 비닐을 피복한 상태와 무피복상태를 비교하여 성능시험을 실시하였다. 시작기 성능시험에 사용한 묘는 표 1과 같이 노란배추로 육묘일수가 23일, 초장이 50~80mm, 주당 엽수가 5~6개인 묘를 사용하였다.

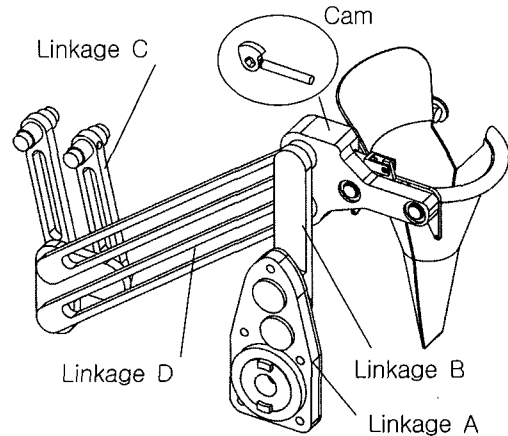


Fig. 5 Isometric view of transplanting device.

3. 결과 및 고찰

가. 모 취출장치 성능시험

1) 모 취출장치 운동분석

그림 6과 7은 동역학해석 프로그램을 이용하여 분석된 모 취출장치의 궤적과 집계선단의 속도를 나타낸 것이다. 취출 궤적은 육묘트레이에서 모를 뽑아내는 구간에서는 직선슬라이더에 의하여 55 mm 직선운동을 한 다음 곡선슬라이더에 유도되어 취출장치가 아랫방향으로 자세를 회전하면서 곡선 궤적을 형성하였다. 캠의 형상은 시뮬레이션을 통하여 모 취출시에 집계를 오므리고 모 공급시 벌리는 작동과 포시로드를 전후로 작동시킬 수 있도록 설계변경 하였다. 그림 7은 취출장치가 1회전할 때의 집계선단의 X(수평), Y(수직), Z(축방향) 및 X+Y+Z방향의 속도를 나타낸 것이다. 상토로 삽입되는 순간의 집계의 삽입속도는 0.4 m/s에서 서서히 감소하였으며, 묘를 집는 속도는 0.3 m/sec에서 서서히 감소하였다. 0.3초 이후에는 집계가 아랫방향으로 바뀌어 최대 1.7 m/sec 까지 증가했다가 다시 감소하는 것으로 나타났다.

2) 모 취출장치 성능시험

표 4는 모 공급장치별 모 취출장치의 모취출 실패개수 및 취출 성공률을 나타낸 것이다. 모 취출률은 취출시 삽입위치에 따라 성능에 크게 좌우되는 것으로 나타났다(최원철 등, 2001). 홑핀체인 이송방식은 육묘트레이 밑에 핀을 삽입하여 이송시키면서 육묘트레이를 둥글게 말아 뒤쪽으로 배출하는

Table 3 Condition of experimental field.

| Field | Soil texture | Soil breaking ratio | Soil moisture percentage | Remarks |
|-------------------------|--------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| NIAE experimental field | Clay loam | 61.2 (%) | 23.2% | Mulching, No mulching |

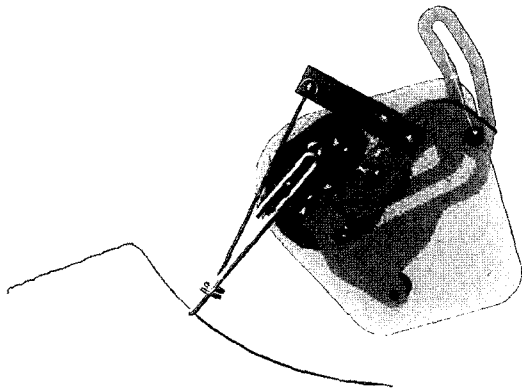


Fig. 6 Loci of pick up device.

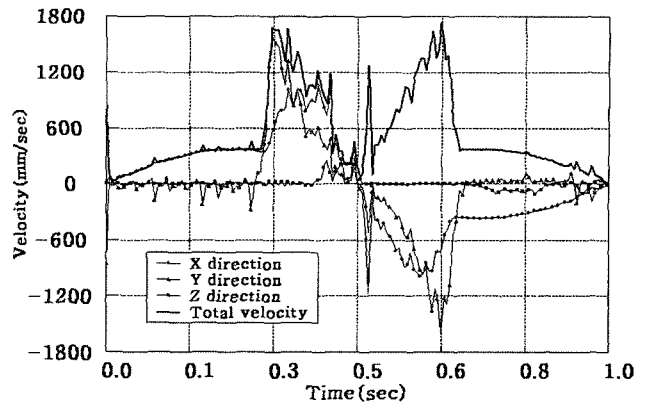


Fig. 7 Velocity of pick up device.

Table 4 Seedling pick-up performance of Chinese cabbage.

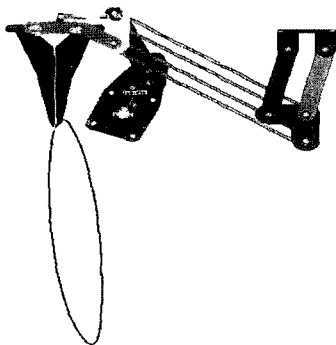
| Feeding type | No. of picking up (hill) | Number of failure (No.) | | Success ratio of picking up (%) |
|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------|---------------------------------|
| | | soil brakeage | leaf damage | |
| Hole pin chain | 128 | 5 | 2 | 96.0 |
| Latch | 128 | - | 2 | 99.2 |

방식이다. 이 방식의 이송장치는 육묘트레이의 첫줄과 마지막줄까지의 이송오차가 5 mm가 발생되어 모 취출장치의 삽입위치가 육묘트레이의 첫줄에서는 상토중양에 있다가 마지막줄에서는 상토의 상부를 집어 모를 취출하기 때문에 모 취출률이 96.0%로 다소 낮게 나타났다. 반면에 래치이송방식은 육묘트레이의 양쪽테두리에 있는 홈을 래치로 당겨 이송하기 때문에 이송오차가 발생되지 않았기 때문에 모취출률이 99.2%로 높게 나타났고 상토가 파손되는 경우도 없는 것으로 나타났다. 모 취출시 집게로 인하여 앞에 구멍이 생기는 일 손상은 배추생육에 영향을 미치지 않는 것으로 보고된바 있다(NAMRI, 2001).

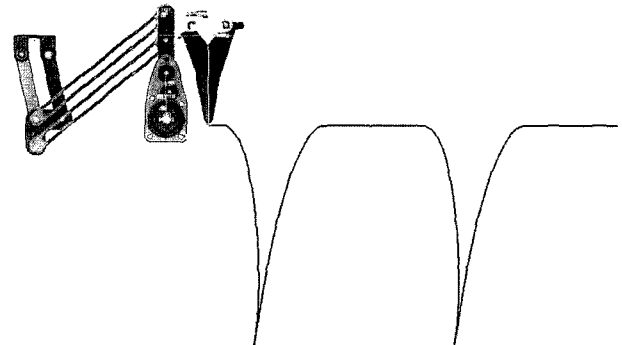
나. 식부장치 운동분석 및 성능검증

1) 식부장치 운동분석

그림 8은 동역학해석 프로그램을 이용하여 식부장치가 제자리에서 회전할 때와 주행할때의 식부궤적을 나타낸 것이다. 정지시의 식부궤적은 타원형의 식부궤적을 형성하는 것으로 나타났으며, 이 궤적의 장변의 길이는 링크 A와 링크 B의 길이를 합친 340 mm, 단변의 길이는 링크 A와 링크 B의 길이 차의 2배인 50 mm로 나타났다. 그림 8(b)는 배추정식기가 0.3 m/sec로 주행하는 것으로 가정하여 식부장치의 운동을 분석했을 때의 식부궤적을 나타낸 것이다. 직선궤적은 취출장치로부터 모를 공급받기 위하여 식부장치가 0.5초 동안 회전하지 않는 구간이며, 곡선으로 나타난 구간은 타원형의 궤



(a) Traveling speed=0.0 m/sec



(b) Traveling speed=0.3 m/sec

Fig. 8 Loci of transplanting device.

적으로 회전하는 구간을 나타낸 것이다. 식부호퍼가 토양속으로 삽입된 상태인 궤적의 하단부에서는 식부궤적이 중첩되어 나타났기 때문에 식부호퍼가 토양속에서 끌리거나 밀리지 않을 것으로 판단된다.

2) 식부장치 성능검증

그림 9는 원형 회전토조에 식부장치를 부착하고 고속카메라로 측정된 식부속도와 동역학해석 프로그램으로 운동분석한 식부속도를 비교한 그림이다. 식부장치의 속도는 모를 취출장치로부터 공급받는 동안인 0.5초까지는 식부장치가 정지하고 있다가 나머지 0.5초 동안 1회전하여 최대 2.1 m/sec의 속도로 회전하는 것으로 나타났다. 식부호퍼가 토양속으로 삽입되는 순간은 1.0 m/sec의 속도로 나타났다. 원형회전토조에서 측정된 식부속도와 동역학해석 프로그램으로 분석한 식부속도는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 식부호퍼가 토양속에서 모를 놓는 순간에서는 식부속도가 0.4 m/sec로 작아져 모를 안정적으로 심을 수 있을 것으로 생각된다. 모의 식부상태는 식부호퍼가 토양속에서 밀리거나 끌리지 않았기 때문에 그림 10과 같이 식부호퍼의 잔공이 넓어지는 현상은 발생하지 않았으며, 구멍안에 모가 정확하게 심겨지는 것으로

나타났다. 다만 식부호퍼의 부피만큼 토양에 잔공이 생겼으나 이 잔공은 배추정식기의 복토장치에 의해 구멍이 오므라지면서 모가 똑바로 설수 있을 것으로 생각된다.

다. 포장시험

시작기의 작업성능은 표 5와 같이 2.2시간/10a로 나타났다. 시작기는 보행 이양기의 작업속도인 0.25 m/sec에서 작업하였으며, 작업소요시간은 정식시간 1.2시간/10a, 선회시간은 0.4시간/10a, 모 공급시간은 0.6시간/10a이 소요되는 것으로 나타났다. 시작기는 보행이양기의 변속기가 식부 1단으로 설계되어 있기 때문에 주행속도의 변화에 따른 성능시험은 실시하지 않았다.

시작기의 작업상태는 비닐을 피복하지 않은 경우와 비닐을 피복한 경우에 대하여 조사하였다. 모의 식부자세는 무피복과 비닐피복의 경우에 85~95°로 거의 수직으로 심겨진 것으로 나타났다. 배추모의 결주의 기준은 상토가 토양속으로 삽입되지 않고 두둑위로 올라온 것을 결주로 간주했다. 시작기의 결주율은 무피복인 경우 3.0%, 비닐피복인 경우 2.2%로 나타났으나 이 차이는 비닐피복과 무피복의 차이로 발생한 것이 아니라 육묘트레이에서 모의 뿌리발육상태가 좋지 않은

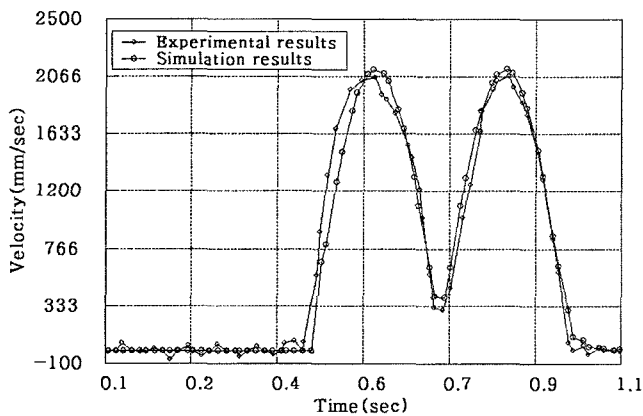


Fig. 9 Velocity of transplanting device.

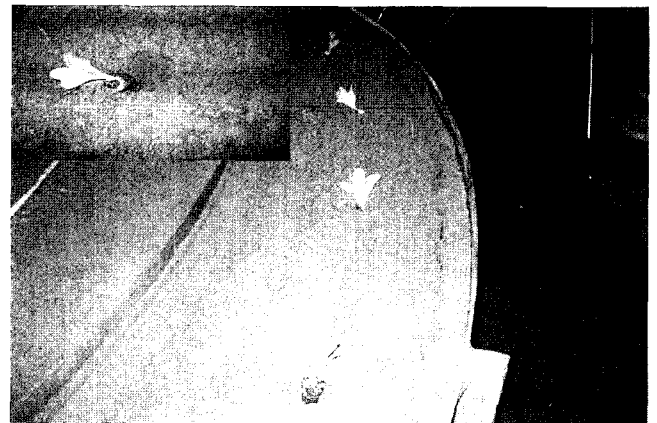


Fig. 10 Transplanting status of seedling.

Table 5 Working performance of prototype.

| Working speed (m/sec) | Transplanting time (hr/10a) | Turning time (hr/10a) | Time of exchanging seedling tray (hr/10a) | Total working time (hr/10a) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---|-----------------------------|
| 0.25 | 1.2 | 0.4 | 0.6 | 2.2 |

Table 6 Working status of prototype.

| Item | Hill spacing (cm) | Transplanting posture (°) | Missing rate (%) |
|----------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| No mulching | 35 | 85~95 | 3.0 |
| Vinyl mulching | 35 | 85~95 | 2.2 |

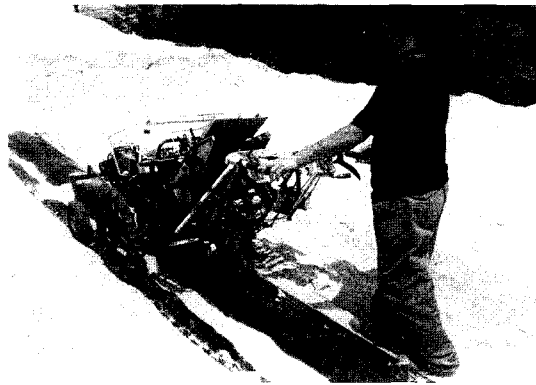


Fig. 11 Picture of field testing.

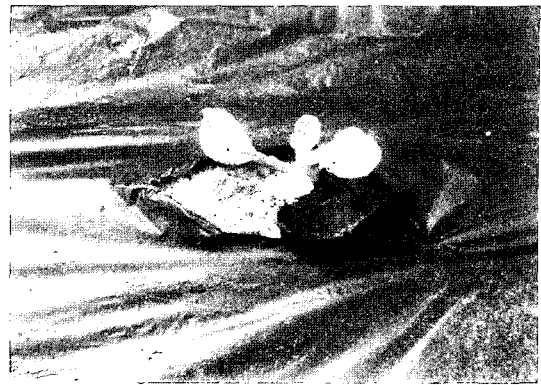


Fig. 12 Transplanting posture of seedling.

경우에 발생된 것으로 나타났다. 모의 뿌리발육이 좋지 않은 경우는 취출장치로 모를 뽑을 때 뽑히지 않거나 모가 가벼워 식부호퍼에 투입되었을 때 식부호퍼 속으로 깊게 들어가지 못하기 때문에 모가 두둑위로 다시 올라오는 경우가 발생하였다. 결주율을 줄이기 위해서는 기계정식용 육묘기술 개발에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

라. 경제성분석

시작기의 소요비용은 962천원/ha으로 관행의 1,310천원/ha에 비하여 29% 절감할 수 있는 것으로 분석되었다. 작업성능은 22시간/ha으로 관행 인력의 184시간/ha에 비하여 88% 절감이 가능한 것으로 분석되었다. 표 7에 나타난 자료를 기준으로 손익분기규모는 4.4 ha로 나타났지만 채소정식기가 300대 이상 대량생산될 경우 기계가격이 4,500천원으로 낮아지기 때문에 손익분기규모는 2.8 ha로 낮아질 것으로 예상된다.

Table 7 Economical analysis of the prototype.

| Item | | Prototype | Manual |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Purchasing price (won) | | 7,000,000 | - |
| Durable time(year) | | 5 | - |
| Annual using time (hr/year) | | 80 | - |
| Fixed cost (won/year) | Depreciation cost | 1,400,000 | - |
| | Repair cost | 420,000 | - |
| | Interest | 183,750 | - |
| | sum | 2,003,750 | - |
| Fixed cost per hour(won/hr) | | 25,047 | - |
| Variable cost (won/hr) | labor cost | 17,084 | - |
| | Fuel cost | 1,585 | - |
| | sum | 18,669 | - |
| Cost per hour (won/hr) | | 43,716 | 1,179 |
| Working performance (hr/ha) | | 22 | 184 |
| Total cost (won/ha) | | 961,757 | 1,309,804 |

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 인력에 의존하고 있는 배추정식작업의 생력 기계화를 촉진하기 위하여 보행형 배추정식기를 개발하고자 수행하였다. 3차원 동역학해석프로그램을 이용하여 각부장치의 작동상태와 운동을 분석하고, 핵심장치의 성능을 검증한 후 시작기를 설계 제작하여 포장시험을 실시하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 2.4마력의 보행 이양기의 기본구조를 이용하여 보행 1조식 배추정식기를 개발하였다.
- (2) 묘 취출장치의 성능은 묘이송장치의 오차에 따라 좌우되는 것으로 나타났으며, 취출성공률은 홑핀체인 이송방식을 이용할 경우 96.0%, 래치이송방식에서 99.2%로 나타나 래치이송방식으로 시작기를 제작하였다.
- (3) 식부장치는 복합 4절 링크방식으로 타원형의 식부궤적을 형성되었으며, 토양속에서 식부호퍼가 끌리거나 밀리는 현상이 없고 모의 식부상태도 좋게 나타났다.
- (4) 시작기의 작업상태는 비닐피복 및 무피복 상태에서 작업이 가능한 것으로 나타났으며, 결주율은 2.2~3.0%로 나타났으며, 작업성능은 2.2시간/10이며, 비용은 961,757원/ha로 관행에 비하여 노력은 88%, 비용은 29% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

참고 문헌

1. 오인식, 주경노, 이용복, 강창호, 김병갑. 1999. 원예작물의 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구. 농업기계화연구소 시험연구사업보고서:63-71.
2. 농촌진흥청. 2003. 작업별 단계별 노동투하시간.

3. 芳賀 泰典. 1997. チェーンポット式汎用移植機の開発. 機械化農業 Vol. 5:7-9.
4. 津賀幸之介. 1997. 野菜全自動移植機. 農業機械學會志 59(2): 109~110.
5. Choi, W. C., D. C. Kim and K. U. Kim. 2001. Development of a Pick-up Device for Plug-Seedlings. Journal of the KSAM. 26(5):415-422. (In Korean)
6. Martin, G. H. 1985. Kinematic and Dynamics of machines. 2nd. McGraw-Hill, New York : 100-300.
7. Gyeongsang National University. 1995. Development of a System for the Mass Production of Uniform Seedling for Horticulture. Rural Development Administration:26-34. (In Korean)
8. Min, Y. B and S. D. Moon. 1998. Automatic Feeding and Transplanting Mechanism for Plug Seedling Transplanter. Journal of the KSAM 23(3):259-270. (In Korean)
9. National Agricultural Mechanization Research Institute. 2001. Development of Integrated Mechanization System for Chinese Cabbage Cultivation. Ministry of Agriculture & Forestry:7-56. (In Korean)
10. Park, H. J., Y. J. Park and K. U. Kim. 2000. Development of A Cam Type High-speed Transplanting Mechanism. Journal of the KSAM 25(6):445-456. (In Korean)
11. Park, S. H., S. C. Cho, J. Y. Kim, D. K. Choi, C. K. Kim and T. Y. Kwak. 2004. Motion Analysis for 4bar Link Type of Transplanting Device. Proceeding of the KSAM 2004 Summer conference 9(2):155-159. (in Korean)