

자동정식기용 식부장치 개발

Development of Transplanting Device 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

인력으로 모를 공급하는 반자동정식기에 이용되는 식부장치는 4절 링크를 조합한 방식이 주로 이용되고 있다. 4절링크식의 식부장치는 원하는 궤적을 쉽게 구현할 수 있지만, 식부장치의 구조상 진동이 커서 0.4m/s이상의 고속작업이 어렵다. 또한 식부장치의 크기가 커서 다조식의 정식기에 사용하기가 곤란하다.

일본에서는 4절 링크식 식부장치의 단점을 보완하기 위하여 기어를 이용한 로터리 방식의 식부장치에 관한 연구를 수행하여 실용화하였다. 이러한 기술 등은 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 용이치 않으며, 기술 도입료의 부담 등으로 국내에서 정식기를 개발하기 위해서는 독자적인 기술개발이 요청되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 기계동작해석프로그램인 ADAMS 및 3차원 기계설계프로그램인 IDEAS를 이용하여 4절 링크방식의 식부장치의 구조를 분석하고, 이를 기초로 하여 다조식 정식기에 적용할 수 있는 로터리식 식부장치를 개발하여 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 4절 링크방식의 식부장치 구조분석

4절 링크방식의 식부장치구조는 그림 1과 같이 4개의 4절 링크를 조합한 링크기구로 구성되어있다. 그림 1에서 링크 1은 회전구동력을 왕복운동으로 전환시키고, 링크 2는 식부호퍼를 상하로 운동시키며, 링크 3은 식부호퍼의 방향을 일정한 방향으로 잡아주고, 링크 4는 식부호퍼를 개폐하는 역할을 한다.

그림 2는 정식기가 정지시에 식부장치의 식부궤적에 따른 변위, 속도 및 가속도의 변화를 나타낸 그림이다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과

** 농촌진흥청 원예연구소

† 이 연구는 농림기술개발사업으로 수행되었음

식부호퍼가 모를 심고 상승하면서 속도가 점점 늦어져 식부호퍼에 모를 공급할 때 최저속

도가 되며, 식부호퍼가 하강시에는 점점 빨라져서 모를 심을 때 최대속도가 되는 것으로 나타났다. 4절 링크방식의 식부호퍼의 최대속도는 0.4m/s이며, 이때의 가속도는 16m/s²이었다.

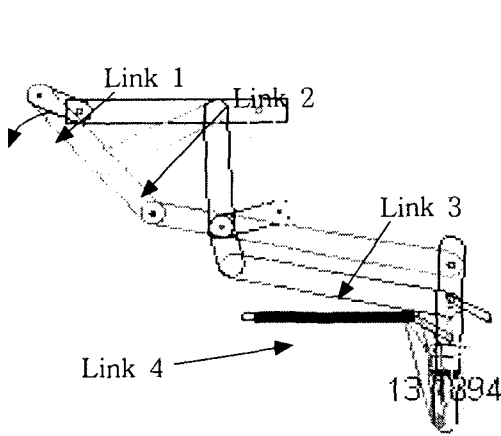


Fig. 1 Simulation model of four bar linkage

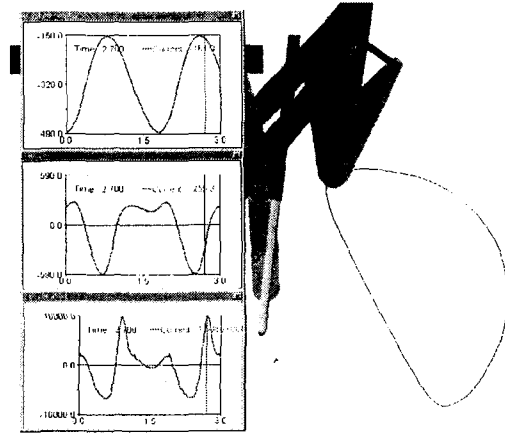


Fig. 2 Transplanting loci on a stop traveling

그림 3은 정식기가 모를 심으면서 주행할 때의 식부궤적을 나타낸 것이다. 정식기가 주행함에 따라 모를 심고 수직으로 상승한 후에 완만한 곡선궤적으로 움직이며, 모가 심겨지는 부분에서 식부호퍼가 끌리지 않음을 알 수 있다. 그러나 4절 링크의 구조적 특성상 크기가 커서 2조 이상의 정식기에 사용하기 어렵고 진동이 커서 고속작업이 어려운 단점이 있다.

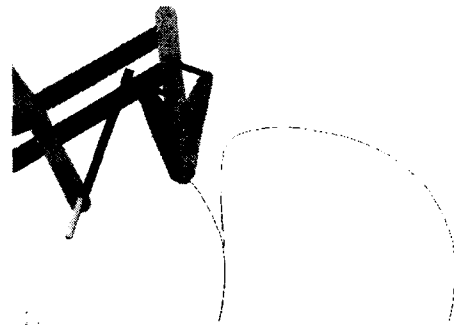


Fig. 3 Transplanting loci on a traveling

나. 로타리 식부장치 설계 및 제작

로타리 식부장치는 그림 4와 같이 식부호퍼가 항상 똑바로 서 있도록 고정하는 기어조합과 식부궤적을 만들어주는 기어조합으로 구성된다.

식부호퍼를 고정하는 기어조합은 그림 5의 1~4번의 스프로켓이 정식기 자체에 커플링조합으로 회전이 구속되어 일정한 방향으로 자세를 잡아주고, 식부궤적을 형성하는 기어조합은 그림 5의 5~7의 기어에 의해 구동력을 2배로 증속시켜 타원형의 식부궤적을 형성하게 된다. 식부호퍼의 개폐는

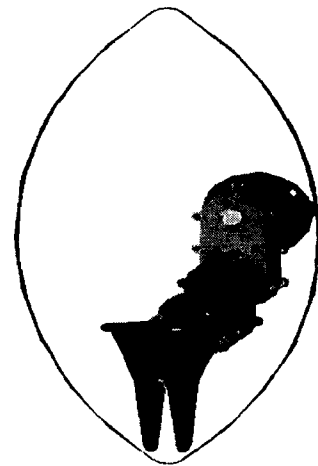


Fig. 4 Rotary type transplanting device

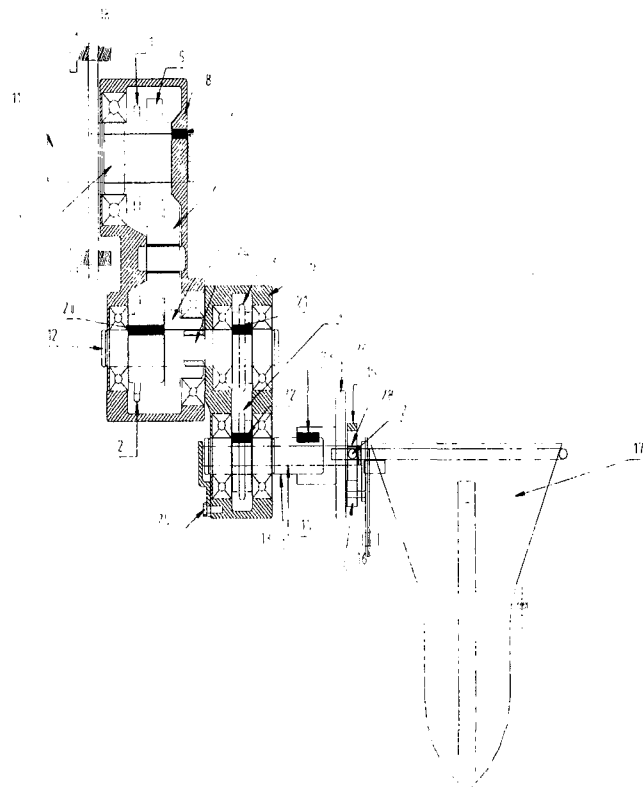
기어케이스에 25번의 고정볼트로 회전이 구속된 캠에 의해 작동되도록 설계 제작하였다.

다. 성능시험

로타리방식의 식부장치는 배추 정식기에 적용하고자 개발하였으며, 성능시험은 배추정식기를 개발한 후에 포장시험을 통해 정식 자세, 결주율 등을 조사하였다. 결주율은 이식공에 모가 없거나 뽑혀있는 모는 결주로 간주하였다.

(1) 공시품종

배추모는 표 1과 같이 고랭지여름배추와 조생가락배추를 사용하였다. 고랭지여름배추의 육묘는 주간에는 20~25℃, 야간에는 18~20℃를 유지하다가 육묘 후반기에 온도를 낮추고 순화시켰으며, 관수는 오전에 1회 실시하고, 시비는 작물상태에 따라 비왕(1,000배액)을 엽면살포하였다. 배추모는 육묘일수가 20일로 초장이 7~7.5cm로 정식하기에는 어린 상태로 뿌리발육이 잘 안되어 매트형성이 좋지 않았으며, 조생가락배추는 24일 육묘하여 초장이 9~11cm로 뿌리매트형성이 정식하기에 알맞게 형성된 상태였다.



1~4 : Sprocket, 5 : Gear, 6 : Idle Gear, 7:Gear, 8, 9 : Gearbox, 10 : coupling, 11 : Driving shaft, 12, 13 : Shaft, 14 : Dual shaft, 15 : Cam, 16 : Follower, 17 : Transplanting hopper, 18 : Bolt, 19~23 : Key, 24:Coupling, 25:Bolt, 26:Plate of transplanting hopper, 27:Hole of Transplanting hopper, 28:Key

Fig. 5 Cross-sectional view of transplanting device

Table 1 Experimental condition of seedling

Field	Variety	Transplanting date	Age(days)	length of seedling(cm)	No. of leaves(ea/hill)
NAAES	Gorangji summer	28. july	20	7.0 ~ 7.5	4 ~ 4.5
N H R I	Josang karak	6. Sep.	24	9~11	4~6

(2) 시험포장

시험포장은 승용관리기 부착형 4조식 두둑성형기로 두둑을 만들었기 때문에 두둑높이가 일정하고, 두둑사이의 간격도 60cm로 일정하며, 두둑진압상태도 양호한 상태였다.

고령지농업시험장 시험포장은 표 2와 같이 3~5°의 경사지와 평야지가 혼재된 상태였다. 퇴비 및 요소, 용과린 및 염화加里 시비 후 로터리 경운한 포장으로 쇠토율이 100%로 정식하기에 좋은 상태였다. 고령지시험장 포장은 옥수수를 재배한 포장으로 풀 및 옥수수짚 등의 협잡물이 많아, 두둑성형시 약간씩 흩이 끌리는 현상이 발생하였다. 원예연구소 시험포장은 쇠토율이 100%로 협잡물이 없어 정식하기에 좋았다.

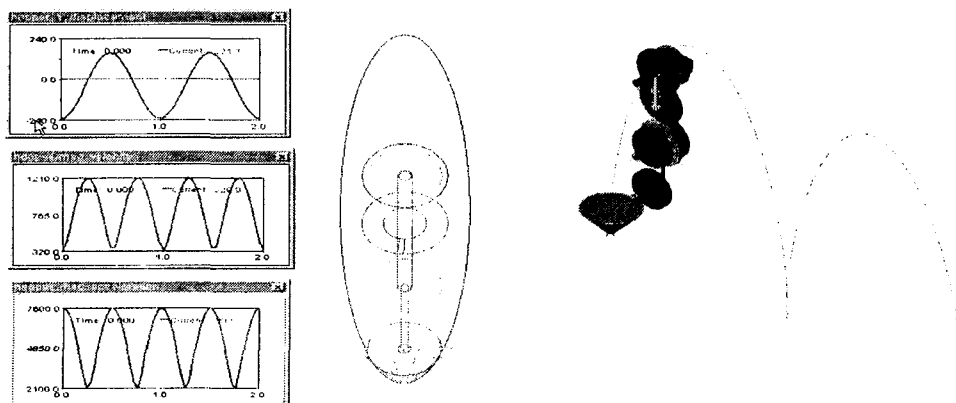
Table 2 Experimental field condition

Field	Field area	Field angle	Soil	ratio of soil breakage(%)	by-product
NAAES	4,263m ²	3~4.4°	Sandy loam	100	much
N H R I	1,320m ²	0°	Sandy loam	100	much

3. 결과 및 고찰

가. 로터리 식부장치의 시뮬레이션결과

로터리 식부장치의 식부궤적은 타원형의 식부궤적을 형성하는 것으로 나타났다. 그림 6(a)는 정식기가 정지상태일 경우 식부호퍼궤적과 호퍼운동에 따른 변위, 속도 및 가속도의 변화를 나타낸 그림이다. 식부호퍼의 속도는 식부호퍼에 모가 투입되는 지점인 상단과 모를 정식하는 하단에 위치해 있을 때 가장 느리게 나타나 모공급 및 정식 타이밍이 적당한 것으로 나타났다. 그림 6의 (b)는 정식기가 주행할 경우의 식부궤적을 나타낸 것으로 정식기가 0.3m/s로 주행함에 따라 식부궤적이 반타원형의 궤적을 서로 겹쳐 놓은 형태로 식부호퍼가 끌리는 현상이 없는 것으로 나타났다.



(a) Transplanting loci on a stop traveling (b) Transplanting loci on a traveling

Fig. 6 Transplanting loci of rotary transplanting device

나. 로터리 식부장치의 포장시험결과

시작기의 포장시험결과 시뮬레이션에서 설정한 0.3m/s 이외의 다른 작업속도에서는 식부호퍼가 끌리는 현상이 발생하였다. 이는 정식기 본체로 사용한 승용관리기의 PTO 회전수가 627rpm, 779rpm으로 작업단수에 상관없이 일정하게 회전하기 때문에 작업속도가 달라질 경우 식부레적이 작업속도와 맞지 않아서 생긴 결과이다. 따라서, 정식기 등 관리작업기의 본체로 활용하기 위한 승용관리기에는 작업단수에 따라 PTO회전수가 변동되도록 하는 Ground-pto가 필요할 것으로 판단된다.

식부호퍼가 끌리는 현상을 해결하기 위해서 식부호퍼의 동력입력라인에 간헐회전기어를 삽입하였다. 이 간헐회전기어는 구동축이 180 ° 회전할 동안은 중동축이 정지하고 있다가, 나머지 180 °회전시에 2배로 빨리 돌면서 동력을 전달하는 장치로서, 모를 투입할때는 식부호퍼가 정지하여 안정적으로 모를 투입할 수 있으며, 모를 심을 때는 2배로 빨리 회전하여 식부호퍼가 땅에 끌리지 않는다.

고령지농업시험장 시험포장의 실험에서는 식부호퍼 동력입력라인에 간헐기어를 삽입하지 않았기 때문에 표 3에서와 같이 정식자세가 30~40 °로 뉘어져 심겨지고 복토상태가 좋지 않아 결주율이 7.8%로 높았다. 반면에 간헐기어를 삽입하고 시험한 원예연구소 시험포장에서는 정식자세가 90 °로 똑바로 심겨졌고 복토상태가 양호하였으며, 결주율도 1.0%로 낮게 나타났다. 정식기의 작업속도는 0.2~0.5m/s(1단 저속, 1단 고속, 2단 저속) 범위에서 실시하였으며, 작업속도에 따른 결주율의 차이는 없었다.

Table 3 Working state of vegetable transplanter

Field	Hill spacing (cm)	Transplanting angle (°)	Missing seedling ratio on a plug tray (%)	Ratio of vacant hill (%)	Others
NAAES	37 ~ 41	30~40	3.5	7.8	Slip of transplanting hopper
N H R I	35	90	2.5	1.0	Non-silp of transplanting hopper

4. 요약 및 결론

로터리식 식부장치를 개발하여 성능시험을 실시하였다.

가. 로터리식 식부장치는 정식에, 적합한 일정한 궤적을 형성하며, 기존의 4절링크식 식부장치에 비해 소형이고 진동이 적어 고속작업이 가능하며, 다조식 정식기에 이용이 가능하다.

나. 로터리식 식부장치의 성능시험결과 정식자세가 90 °로 똑바로 심겨졌고 복토상태가 양호하여 결주율이 1.0%로 낮게 나타났다.

5. 참고문헌

1. 국제종합기계(주). 1998. 노동 생력화 전자동 야채 이식기 연구개발.
2. 박홍제. 1993. 고속 식부기구 설계를 위한 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 개발. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원.
3. 주경노, 김진영, 박석호, 최덕규, 조성규. 1997. 배추자동정식기 개발. 농업기계화연구소 시험연구사업보고서 : 114~119.
4. ADAMS User's Kit. 1998. Mechanical Dynamics, Inc., USA
5. Brewer, H. L. 1994. Conceptual modeling automated seeding transfer from growing trays to shipping modulus. Transactions of ASAE 37(4): 1043-1051
6. Hassan, A. E. and W. H. Haddock. 1991. Packing of pine seedlings using soil failure criteria. Transactions of ASAE 34(2): 695-698.
7. 鈴木 尚俊. 1999. 長野縣の野菜栽培における機械化の現状. 機械化農業 (5): 4~8
8. 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
9. 中西 幸峰. 1998. ツツジ類のセル苗機械移植. 機械化農業 (12): 16~18