배추자동정식기 개발

Development of 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

배추재배는 경운 및 방제 작업을 제외하면 아직까지 대부분 인력에 의존하고 있는 실정으로 총 노동투하량은 105.6hr/10a(농진청, 1999) 소요되고 있다. 이 중 정식작업은 15.8시간으로 전체의 15%를 차지하고 있다. 정식은 작업자세 중에서 고통지수가 가장 높은 허리를 깊게 구부린 상태로 계속적인 반복작업을 하여야 하기 때문에 일찍부터 기계화의 필요성이 강조되어 왔다. 또한 농업인구의 급격한 감소로 농촌노임이 상승되고 정식작업은 단 기일에 고도 집약적인 노동력이 필요하기 때문에 생산비 절감을 위해서는 정식작업의 기계화가 더욱 절실하다.

현재 국내에 보급되고 있는 인력 모 공급방식의 채소정식기는 기계구조상 배추 정식작업에는 적응성이 떨어지고 작업능률이 높지 않아 거의 이용되지 않고 있어 우리 실정에 맞는 고성능의 배추정식기의 개발보급이 요청되고 있는 실정이다.

미국이나 유럽 등의 대규모 채소 재배지역에서의 정식작업은 주로 트랙터 부착형 및 자주형 반자동 정식기를 사용하고 있다. 작업방법은 사람이 기계에 탑승하여 직접 모종을 모 공급장치에 분배하는 반자동이고 대형이며, 우리나라 재배양식과 맞지 않기 때문에 유럽식 배추정식기를 국내에 바로 적용하기는 어렵다고 판단된다.

일본에서는 모를 인력으로 공급하는 방식의 보행형 1조식 채소정식기가 주로 이용되고 있다. 최근에는 양배추, 배추, 양상추 등 플러그모를 자동으로 1시간에 10a를 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 공급 및 식부장치들은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 용이치 않으며, 기술 도입료의 부담 등으로 국내에서 배추정식기를 개발하기 위해서는 배추정식기를 구성하는 관련장치들을 독자적으로 개발하여야 한다.

---

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과
** 원예연구소
† 이 연구는 농림기술개발사업으로 수행되었음

본 연구에서는 우리나라 실정에 맞는 플러그모용 배추자동정식기를 개발하고 성능시험을 통해 시작기의 성능을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기의 구조 및 제원

배추정식기는 승용관리기에 부착하여 2줄씩 모를 심을 수 있도록 제작하였다. 배추정식기는 모이송, 모취출, 모심기 작업과 식부깊이 및 두둑추종 작동이 자동으로 수행되는 전자동 방식이다.

배추정식기의 구조는 그림 1과 같이 육묘트레이를 탑재하고 가로 또는 세로방향으로 한 칸씩 이송시키는 모이송장치, 모를 하나씩 집어내서 식부호퍼로 떨어트리는 모취출장치, 취출장치로부터 모를 받아 타원형의 궤적을 형성하면서 두둑 위에 모를 심는 식부장치, 두둑 중앙에 모를 일정한 깊이로 심을 수 있는 식부깊이 및 두둑추종 자동조절장치, 각각의 장치로 동력을 전달하고 주간을 조절하는 동력전달장치 등으로 구성된다.

배추정식기의 본체는 표 1과 같이 20마력 공랭 4사이클 가솔린엔진을 탑재한 아세아 승용관리기를 이용하였다. 주행속도는 전진 8단, 후진 4단이며, 0.23~3.58m/s의 속도범위에서 주행할 수 있으며, 배추정식작업에 적합한 작업단수는 2단 저속으로 작업속도는 0.5m/s이다. 승용관리기의 PTO구동시스템은 엔진 회전수가 3,000rpm일 때 PTO회전수는 저속에서 627rpm, 고속에서 779rpm이며, PTO회전수가 작업단수에 관계없이 독립적으로 회전하기 때문에 규정된 작업단수에서 정식작업을 해야 한다.

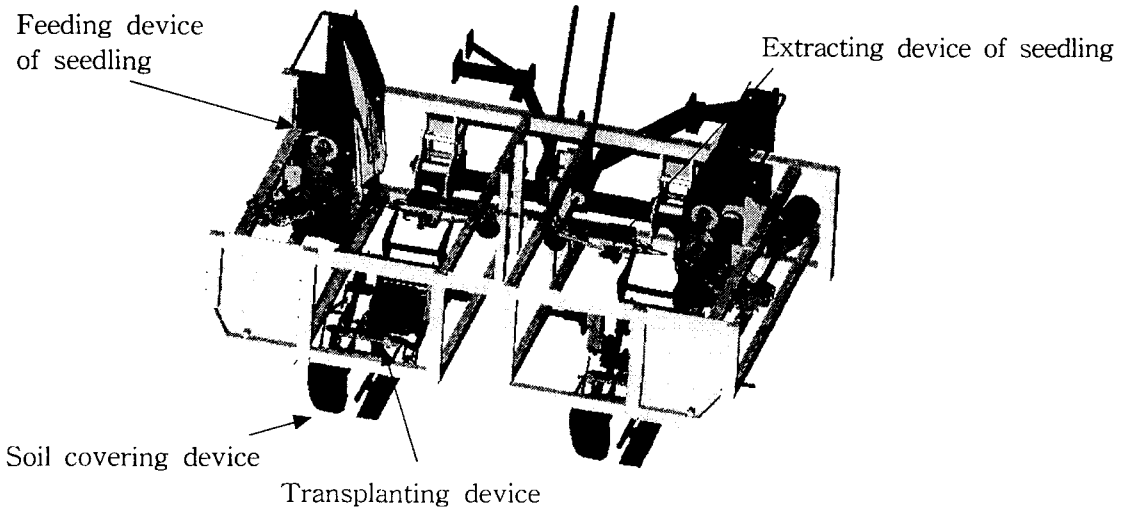

Fig. 1 Structure of vegetable transplanter

배추정식기는 기계의 이용효율을 높이기 위해 배추 뿐 만 아니라 상추, 양상추, 양배추 등 엽채류의 정식작업에 활용할 수 있도록 조간 및 주간을 조절할 수 있으며, 128공과 200공

육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있도록 설계 제작하였다.

식부조간 조절범위는 45~65cm 범위에서 조절이 가능하다. 식부주간은 승용관리기와 정식기 사이의 동력전달장치에 연결된 무단변속풀리를 이용하여 조정하며, 주간거리 조절범위는 25~50cm이다.

작업능률을 높이기 위하여 12개의 예비모탑재대를 승용관리기의 전륜위쪽에 설치하였으며 이는 또한 정식기 쪽으로 쏠리는 무게중심을 앞쪽으로 분산시키는 효과가 있다.

배추가 두둑중앙에 심겨질 수 있도록 자동으로 조절되는 두둑추종 조절범위는 ±75mm이고, 정식깊이는 0~6cm 범위로 조절이 가능하다.

Table 1 Specifications of vegetable transplanter

Name		Vegetable transplanter
Name of model		VTP-1200
Ridding type cultivator	Engine	Air-cool 4cycle gasoline
	Max. output(ps/rpm)	20/3600
	Changing gear	forward 8, Backward 4 (transplanting works : low speed 2)
	Wheel width	1,200
	Min. ground clearance	560
	Min. turning radius	2.0
Transplanter	Length (mm)	1,850
	Width (mm)	1,690
	Height (mm)	1,280
Parts of transplanting	No. of rows (rows)	2
	Transplanting type	Cone holder
	Row spacing (cm)	45~65
	Hill spacing (cm)	25~50
	No of spare seedling loading(Ea)	12
Application crops		Chinese cabbage, lettuce, cabbage
Application seedling tray		128 cell, 200cell plug tray
Control length of back furrow following (mm)		±75
Control length of transplanting depth (cm)		0~6

나. 시험방법

(1) 공시품종

배추모는 표 2와 같이 고랭지여름배추와 조생가락배추를 사용하였다. 고랭지 여름배추의 육묘는 주간에는 20~25℃, 야간에는 18~20℃를 유지하였으며, 육묘 후반기에는 온도를 낮추고 순화시켰고, 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 9~11cm

로 뿌리매트형성이 정식하기에 알맞게 형성된 상태였다.

Table 2 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) 공시포장

정식포장은 표 3과 같이 3~5° 의 경사지와 평야지가 혼재된 포장에서 시험하였다. 퇴비 및 요소, 용과린 및 염화가리 시비 후 로터리 경운한 포장으로 쇄토율이 100%로 정식하기에 좋은 상태였다. 고령지시험장 포장은 옥수수를 재배한 포장으로 풀 및 옥수수짚 등의 협잡물이 많아, 두둑성형시 흙이 끌리는 현상이 약간씩 발생하였다. 원예연구소 시험포장은 쇄토율이 100%로 협잡물이 없어 정식하기에 좋았다. 두둑성형은 본 과제의 2차 년도에 개발한 승용관리기 부착형 4조식을 사용하였다.

Table 3 Experimental field condition

Field	**Field area**	Field angle	Soil	ratio of soil breakage(%)	by-product
NAAES	4,263㎡	3~4.4°	Sandy loam	100	much
N H R I	1,320㎡	0°	Sandy loam	100	much

3. 결과 및 고찰

가. 성능시험

배추정식기는 본체인 승용관리기의 작업단수를 2단 저속에서 작업하도록 설계제작 되었으며 표 4와 같이 작업속도가 0.5m/s로 작업한다. 이때 10a당 소요되는 작업시간은 0.5시간, 선회시간은 0.1시간, 모공급시간은 0.2시간, 휴식시간은 0.2시간으로 총 1.0시간이 소요된다. 모를 한번 공급하면 120~160m의 작업이 가능하다.

Table 4 Performance of vegetable transplanter

Working speed (m/s)	Working time (hour/10a)	Turing time (hour/10a)	Feeding time of seedling (hour/10a)	Rest time (hour/10a)	Total working time (hour/10a)
0.5	0.5	0.1	0.2	0.2	1.0

나. 작업상태

고령지농업시험장 시험포장에서는 표 5에서와 같이 정식자세가 30~40° 기울어져 모가

심겨졌으며, 모가 이식공에 없거나 두둑위에 쓰러져 있는 상태인 정식기 결주율이 7.8%로 높게 나타났다. 이런 결과는 작업속도에 비해 식부호퍼가 느리게 움직임으로써 식부호퍼 땅에 끌려서 생기는 현상이다. 이 문제를 해결하기 위해 식부호퍼가 끌리는 현상을 해결하기 위해서 식부호퍼의 동력입력라인에 간헐회전기어를 삽입하였다. 이 간헐회전기어는 구동축이 180 ° 회전할 동안은 종동축이 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.

Table 5 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

원예연구소 시험포장의 실험에서는 식부호퍼로 전달되는 동력라인에 간헐기어를 삽입하였기 때문에 모가 90° 로 바로 심겨졌고 정식기의 기계적인 결주율도 1%미만으로 양호하게 나타났다. 1%에 해당하는 결주도 모가 정상적으로 자라지 않거나 1셀에 2개씩 심겨졌을 경우에 발생하므로 육묘기술을 보완한다면 1%의 결주도 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

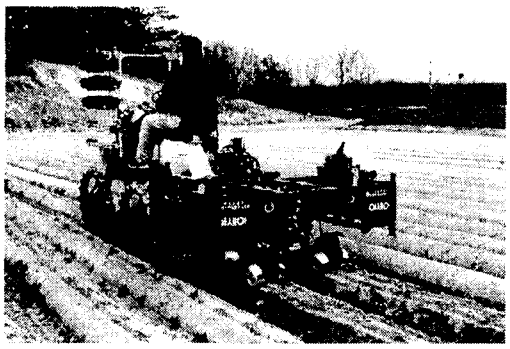

Fig. 2 Working view of vegetable transplanter

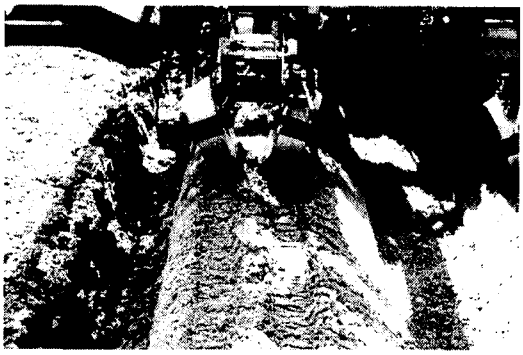

Fig. 3 Transplanting and soil covering state

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 배추정식기를 개발하여 성능시험을 실시하였다. 배추정식기는 승용관리기 부착형 2조식의 전자동방식으로 설계 제작하다.

가. 배추정식기는 모취출, 모이송, 식부작동이 완전자동으로 이루어지며, 두둑중앙에 일정한 깊이로 배추모를 심을 수 있도록 식부깊이 및 두둑추종 자동조절장치를 부착하였다.

나. 배추정식기는 128공과 200공 플러그 육묘트레이를 겸용으로 사용할 수 있고, 조간은 45~65cm, 주간은 25~50cm 범위로 조절되도록 하여 배추뿐만 아니라 상추, 양배추 등 타 작목의 정식작업에도 이용할 수 있도록 하여 배추정식기의 이용효율을 높였다.

다. 배추정식기의 작업성능은 10a당 1시간이 소요되어 인력에 비해 16배 능률적이었다. 결주율은 1%로 양호하며, 배추모도 90 °로 똑바로 심겨지고, 복토상태도 양호하여 손으로 심은 것과 같은 작업정도를 보였다.

5. 참고문헌

1. 경상대학교 농과대학. 1995. 원예작물 일관생산 체계를 위한 공정육묘 시스템개발.
2. 국제종합기계(주). 1998. 노동 생력화 전자동 야채 이식기 연구개발.
3. 농촌진흥청. 1995. 농업과학기술의 세계화를 위한 중장기연구개발계획(안). p89
4. 류관희, 김기영, 박정인. 1998. 육묘용 로봇이식기 그리퍼의 개발 및 이식성능평가. 한국농업기계학회 23(3) : 271~276.
5. 민영봉, 문성동. 1998. 플러그모 자동이식기의 모 자동공급 및 이식기구에 관한 연구. 한국농업기계학회 23(3) : 259~270.
6. 오인식, 주경노, 이용복, 강창호, 김병갑. 1999. 원예작물의 기계화를 위한 재배양식 표
10. 주경노, 김진영, 박석호, 최덕규, 조성규. 1997. 배추자동정식기 개발. 농업기계화연구소 시험연구사업보고서 : 114~119.
7. 최원철. 2000. 플러그모 자동 모 취출장치 개발. 석사학위논문. 서울대학교.
8. ADAMS User's Kit. 1998. Mechanical Dynamics, Inc., USA
9. Brewer, H. L. 1994. Conceptual modeling automated seeding transfer from growing trays to shipping modulus. Transactions of ASAE 37(4): 1043-1051
10. Hassan, A. E. and W. H. Haddock. 1991. Packing of pine seedlings using soil failure criteria. Transactions of ASAE 34(2): 695-698.
11. 鈴木 尙俊. 1999. 長野縣の野菜栽培における機械化の現狀. 機械化農業 (5): 4~8
12. 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
13. 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
14. 野澤 智裕. 1999. 露地メロン移植の機械化技術. 機械化農業 (5): 9~13
15. 横山 雅機. 1997. セル成型苗を利用したシロネギの機械移植技術. 機械化農業 (5): 10~14