

플러그묘 자동이식기의 묘 자동공급 및 이식기구에 관한 연구

Automatic Feeding and Transplanting Mechanism for Plug Seedling Transplanter

민 영 봉	문 성 등
정 회 원	정 회 원
Y. B. Min	S. D. Moon

ABSTRACT

An automatic seedling transplanter, employed an innovative plug-seedling feeder was developed by improving the problems of conversational feeding and transplanting mechanisms. With conventional methods, missing and damage rates of seedling were high for long seedlings over 20cm and also breaking seed-bed was frequently observed. Thus, a pushout-bucket slide-hopper type transplanter was devised and tested.

Test results of picking and transferring accuracies of the developed transplanter are as follows : A prototype transplanter performed with 1.5% of missing rate. The deviations of horizontal feed ranged from -0.3mm to 2.8mm and averaged 0.673mm for the 128-hoe test tray ; and ranged from -1mm to +3mm and averaged 0.785mm for the 200-hole test tray. The deviations could decrease with precise manufacturing and lightening the mechanism. The maximum and deviations of vertical feed were -2.3mm and +1mm, respectively, for the 128-hole test tray ; and were +3mm and +2.5mm, respectively, for the 200-hole test tray.

The missing rate, seeding bruise rate and seed-bed damage rate were estimate to be 1.3%, 0.4% and 3.5%, respectively, with the developed automatic transplanter.

주요용어(Key Words): 자동(Automatic), 이식기(Transplanting), 플러그(Plug), 트레이(Tray)

1. 서 론

전작 및 시설 농업과 관련한 농작업 가운데 상대적으로 많은 노동력을 필요로 하는 이식작업의 기계화 및 자동화는 당장 시급한 실정이나 관련 분야의 연구 개발은 상당히 미진한 상태이다.

외국에서 개발되어 사용되고 있는 이식기는 트랙터 부착식과 전용기로 구분된다. 또한 묘를 심는 방법에 따라 골을 파고 복토하는 형식과 비닐을 덮은 땅에 구멍을 내고 심는 형식의 두 가지로 구분된다. 이 밖에 또 묘의 공급방법에 따라 육묘상자로부터 직접 묘를 추출하는 형식과 개개의 묘를 끈이나 테

이프로 연결한 형식 등으로 구분된다.

이들 이식기들은 탑재한 육묘상자의 공급과 육묘상자로부터 묘를 취출하여 이식부에 공급하는 작업에 있어서 수작업을 요하며 고가의 대형 이식기 이외의 이식기에는 탑재할 수 있는 육묘상자의 갯수가 제한되어 있다.

공정육묘 기술에 관한 외국의 연구 결과는 상당히 많으나, 우리나라에서는 시작 단계로서 계속적으로 연구가 진행되고 있다. 공정육묘의 기계화, 자동화 및 이식기 개발 등에 관련된 주요 연구보고는 다음과 같다.

원예용 육묘자재·장치이용(日施園 : 1994)의 안

내에서는 플러그모 트레이 셀의 크기를 작물 재배시험을 통하여 상품화에 적용되는 정식기별 각 회사별 트레이의 특징을 나열하고 자동정식의 방향을 제시하였다. 사용 가능한 트레이는 작물에 따라 50~512공으로서 365mm × 625mm 규격의 트레이로 제작되었다. 셀의 깊이는 22mm에서 57mm로서 보편적으로 사용되는 128공과 200공 트레이에서의 셀의 깊이는 45mm와 46mm로 나타났다.

채소재배의 이식작업용 기계(山本 : 1994)에서는 묘 이식기의 기능별 분류에 따른 특징과 농업노동력 부족과 저가격 농산물의 생산을 위한 전자동이식기 보급의 필요성과 최근 전자동이식기의 보급이 증가하고 있음을 시사하면서 전자동이식기중 플러그모 보급이 묘의 자동육묘와 적합하다고 하였다.

플러그모 자동이식기는 1트레이당 128 (30mm × 30mm × 45mm (깊이))주와 200(24mm × 24mm × 45mm (깊이))주 겸용으로 하되, 주간 20~50cm, 주간 40~50cm로 조절할 수 있으며, 표준 작업능률은 2.5~3.5 h/10a 정도이다. 링크식 이식기 기구(井河 : 1975)의 연구에서 4절 기구의 중동절 대우점의 궤적, 속도 및 가속도를 구동절의 미소회전에 대한 중동절 대우점의 위치변화를 근사적으로 구하여 해석적으로 구한 값과 비교한 결과 근사법을 이용해도 실질적으로 문제가 없다고 하였다. 이식기의 식부기구 동특성(梅田 : 1980, a)에서 4절 링크기구로 된 이식기에 대한 이식부의 크랭크축 토크와 회전각 변위, 이식부의 수직, 수평방향의 가속도를 측정하여 운동방정식의 수치계산에서 얻어진 크랭크축 토크 변동값 등과 비교·검토하였고, 측정된 크랭크축 토크와 가속도에 대한 주파수를 분석하여, 크랭크축 토크 변동 및 이식부의 진동에 영향을 미치는 요인과 효과를 구명하였다.

梅田(1980, b)는 4절 링크기구로 된 이식기의 이식 기구에 관한 동특성 연구에서 이식부의 크랭크축 토크 변동 및 이식부의 진동 특성을 구명하고, 4절 링크기구에 관한 운동방정식을 구하였으며, 수치계산의 결과에서 이식부의 크랭크축 토크 변동과 이식부에 있어서의 불균형한 힘 등에 관하여 보고하였다.

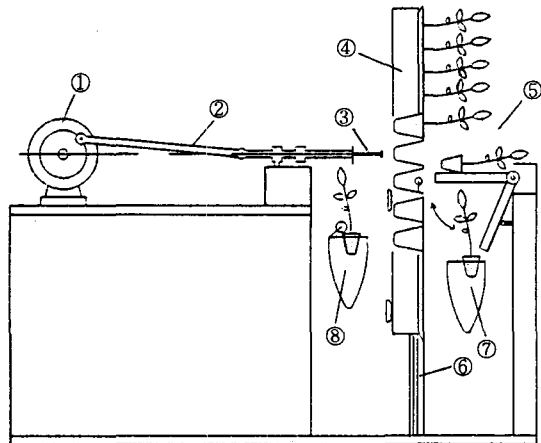
본 연구에서는 묘의 공급장치에 대한 기초 실험을 토대로 하여 자동공급장치를 설계 및 제작하였다. 또한 묘의 자동공급장치가 부착된 자동이식기의 시

작기를 제작하여 성능을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 묘의 자동공급장치 연구

기존의 이식기에 대한 묘 손상정도, 이식률 및 문제점을 분석하기 위하여 실험장치를 제작하였다. 그림 1은 묘취출-이송-이식부로 구성된 묘 공급의 자동화 실험장치를 나타낸 것이다. 이 장치는 감속 모터의 회전축에 크랭크 왕복기구를 이용하여 밀어내기 또는 꽃아 빼기 이송 묘 취출장치를 위한 벨트 장치 및 버킷슬라이드로 구성하여 기존의 방법을 모두 실험할 수 있는 구조로 제작하였다. 공시 작물로서 고추와 배추의 플러그묘를 사용하였으며, 육묘용기는 고추의 경우 표준트레이 128공, 배추는 200공을 사용하였고, 배지로서 전용상토가 사용되었다. 이식기의 이식실험에 사용된 공시묘는 고추와 배추가 각각 45일, 20일 동안 육묘된 것이다.



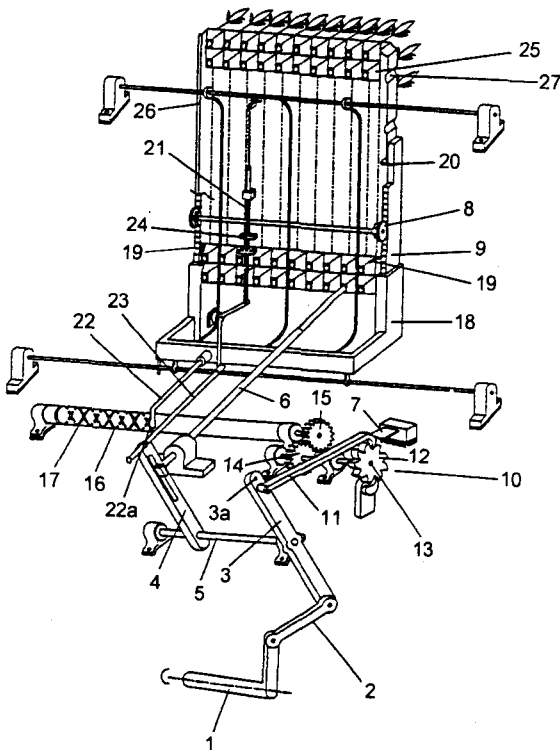
- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| ① Motor | ② Reciprocating crank mechanism |
| ③ Push rod | ④ Tray |
| ⑤ Bucket slide or slide drop down | ⑥ Tray Guide |
| ⑦ Slide drop down-Transplant Hopper | |
| ⑧ Pickup-Transplant Hopper | |

Fig. 1 Schematic of the experimental apparatus.

나. 묘 공급 및 이송장치

1) 묘 자동 공급장치

그림 2는 묘 자동공급장치를 나타낸 것이다. 원동기에서 동력을 전달받은 크랭크(1)가 회전하면 링크(2)에 의하여 링크(3)와 (4)가 동시에 요동하게 되고, 링크(3)의 상단 끝에 연결된 래칫(11)을 당기면 래칫휠(12)이 회전하게 되고, 평기어에 의하여 리드스크류(14)가 회전하게 된다. 이때 가로이송용 가이드(22)에 의하여 표준트레이 지지판(18) 전체가 가로로



- | | |
|----------------------------------|------------------|
| 1. Reciprocating crank mechanism | 2~4. Link |
| 5. Shaft | 6. Push rod |
| 7. Bracket | 8~9. Pinion rack |
| 10. Stopper | 11. Ratchet |
| 12. Ratchet wheel | 13. Pin |
| 14~15. Spur gear | 16. Lead screw |
| 17. Shaft | 18. Supporter |
| 19. Pin | 20. Bracket |
| 21. Shaft | 22. Guide |
| 23. Shaft | 24. Bracket |
| 25. Tray cell | 26. Tray guide |
| 27. Tray | |

Fig. 2 Automatic seedling pickup equipment.

이송하게 된다. 한편 래칫(11)이 래칫휠(12)을 당기기 위하여 전진할 때는 가로 이송장치가 움직이지 않으므로 링크(4)에 달려있는 푸시로드(6)은 트레이 셀의 구멍으로 들어간다. 이 과정에서 표준 트레이에 실려 있는 묘는 우방향에서 좌방향으로 한 셀씩 밀려 뿔어나게 되고 한 줄이 모두 밀려 뿔히게 되는 양끝 지점에 도달되면 레버(4)의 끝단에 연결된 레버기구에 의해 브레킷(24)이 내려오면서 핀(19)을 내리게 되어 피니언랙(8, 9)이 아래로 이동하고 래칫(20)에 의해 표준 트레이를 한 피치만큼 밀어서 끌어내린다. 이와 같은 일련의 과정을 반복하여 표준 트레이(27)에 심겨진 묘를 자동 취출하여 아래에 있는 버킷슬라이드에 묘를 넣어 주면 호퍼에 의하여 묘가 이식된다.

2) 가로 이송장치

표 1은 자동이식기에 사용된 트레이의 사양을 나타낸 것이다. 가로 이송장치는 새로 제작한 공시트레이 128공, 200공을 모두 사용할 수 있도록 설계하였고, 공시트레이 128공은 가로 이송량의 한 피치가 35mm 일 때 전체의 가로 이송량은 245(37 × 7)mm 이다. 공시트레이 200공은 가로 이송량의 한 피치가 28mm이므로 전체 가로 이송량은 252(28 × 9)mm 이다.

그림 3은 자동이식기의 가로 이송장치를 나타낸 것이다. 그림에서 P는 리드스크류의 피치를 나타낸 것이며, ℓ은 가로의 전체이송량, t₁은 128공과 200공

Table 1 Specifications of the automatic transplanter

Tray (30 cm × 58 cm)	128 holes	200 holes
Pitch (P/2)	35 mm	28 mm
Revolution rate	1.25	1
Conveying distance in horizontal direction (mm)	35 × 7 = 245 mm	28 × 9 = 252 mm
Number of gear teeth	A = 10, B = 60, C = 48 (ratchet gear)	
Number of ratchet tooth for traverse feed	5	4

공시트레이를 동시에 사용하기 위한 래칫휠 회전차이에 해당하는 여유분이고, t_2 는 래칫휠을 회전하여 리드스크류 1/2피치만큼 가로 이송을 할 수 있는 잇수(회전량)를 나타낸 것이다. e 는 128공과 200공의 전체 가로이송량의 차이를 나타낸 것이다. 공시 트레이 200공의 사용시는 가로이송래칫(C) 잇수 4개를 회전하면 리드 스크류의 전체 가로이송량이 252(28 × 9)mm가 되도록 하였다. 공시 트레이 128공을 사용할 때는 가로이송 래칫(C) 잇수 5개를 회전하면 회전비에 의하여 리드스크류의 전체 가로이송량이 245(35 × 7)mm가 되도록 하였다. 공시 트레이 128공을 작동하면 200공에 비해 가로이송량이 7mm가 남는다. 가로이송량 7mm를 보정하기 위하여 처음 시작할 때 리드스크류의 끝지점에서 3.5mm(e) 들어간 지점으로부터 시작하면 상대지점에서도 3.5mm(e) 점에서 회전하도록 타이밍차트를 구성하여 작동하도록 하였다. 회전비를 이용하여 2종류의 공시 트레이를 사용할 수 있도록 설계 제작하였고, 자동이식기의 가로이송량 실험을 실시하기 위하여 공시 트레이에는 식물 대신 종이를 부착하고, 푸시로드의 끝에는 가는 침을 부착하여 작동할 때마다 공시 트레이에 부착된 종이에 구멍을 내도록 하여 구멍과 구멍 사이의 길이를 측정하였다.

3) 세로이송장치

그림 4는 세로이송장치를 나타낸 것이다. 그림에서 b_1 은 128공 공시 트레이의 세로이송을 위한 돌출부를 나타낸 것이며, b_2 는 200공 공시 트레이의 세로이송을 위한 돌출부, P_1 은 128공 공시 트레이의 세로이송의 피치, P_2 는 200공 공시 트레이의 세로이송의

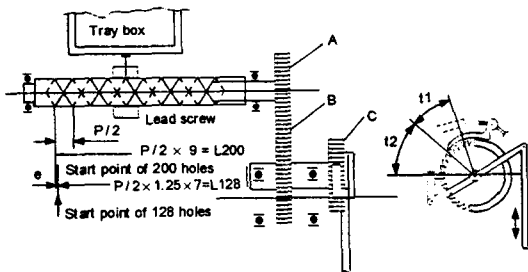


Fig. 3 Details of horizontal feeding mechanism of automatic transplanter.

피치, L 은 128공과 200공이 동시에 세로이송을 할 수 있는 길이를 나타낸 것이다. 공시 트레이 128, 200 공이 세로이송량을 동시에 사용할 수 있도록 조건 $2P_2 > L > P_1$ 과 $b_1 = b_2 + (P_1 - P_2)$ 를 만족하도록 세로이송장치를 제작하였다. 세로이송량의 측정은 가로이송량 실험에서와 같은 방법으로 실시하였고, 자동이식기의 공시 트레이 128공을 사용할 때는 가로이송을 8번 하면 양끝 지점에서 세로로 이송하도록 하였고, 또 공시 트레이 200공을 사용할 때는 가로이송을 10번 하고 세로로 이송하도록 제작하여 세로이송량을 측정하였다.

4) 자동이식기에 사용한 공시 트레이

그림 5는 자동이식기에 사용하기 위하여 제작한 공시 트레이의 도면이고, 사진 1은 제작된 공시 트레이이다. 이식기의 공시 트레이를 제작하기 위하여 기존의 공시 트레이의 재료를 밀링으로 셀 구멍을 내고 셀 부분은 기존의 공시 트레이를 잘라서 접착제와 실리콘으로 부착하였다. 공시 트레이의 세로이송을 측정하기 위하여 공시 트레이의 뒷면에 세로부분으로 세로이송 안내장치의 두께만큼 아크릴 판으로 세로이송량 조건의 $2P_2 > L > P_1$ 과 $b_1 = b_2 + (P_1 - P_2)$ 이 만족하도록 절단하여 하나씩 접착제로 부착하였다.

다. 시작기

사진 2는 앞에서 언급한 묘 자동공급장치를 반자동이식기에 부착하여 제작한 자동이식기를 나타낸

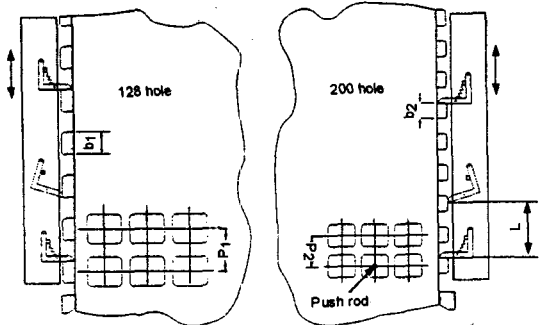


Fig. 4 Details of vertical feeding mechanism of automatic transplanter.

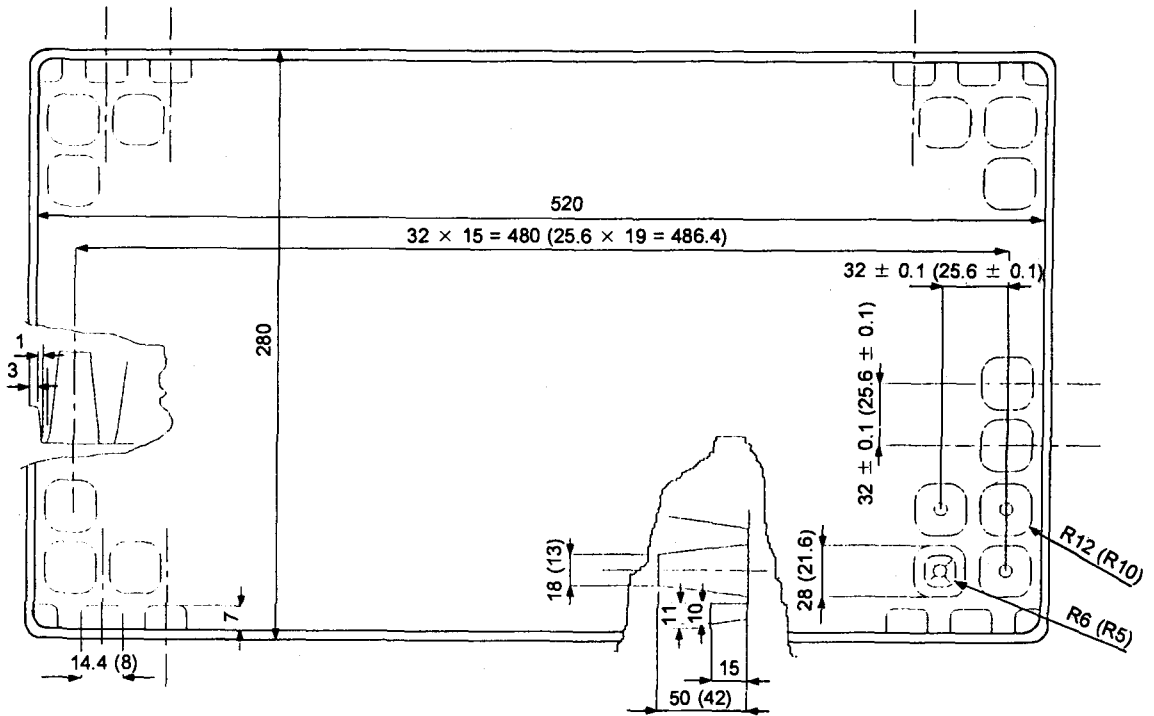


Fig. 5 Details of the tray used in the automatic transplanter of plug seedling.

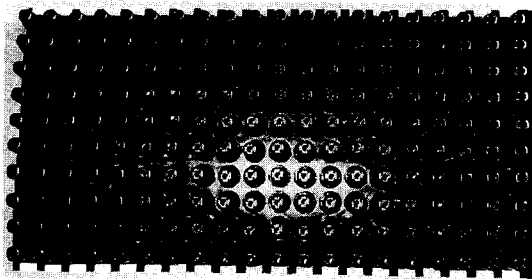


Photo. 1 Prototype tray.

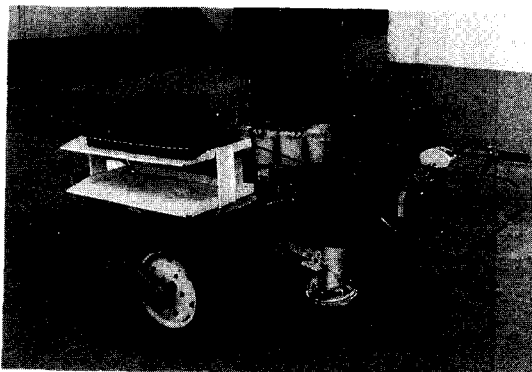


Photo. 2 Prototype of the automatic transplanter.

것이다.

시작기의 성능 실험을 위한 육묘용기로서 128공과 200공의 공시 트레이가 사용되었고, 공시 트레이 128공에는 고추를 공시 트레이 200공에는 배추를 파종하여 각각 45일, 20일 묘령에서 이식 성능시험이 실시되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 자동이식기에 채용된 묘 자동공급장치 종류별 조사 결과

표 2는 외국에서 사용하고 있는 자동이식기의 묘 취출방식과 사용 트레이, 이송·이식방식과 관련된 장단점을 조사 정리한 것이다. 先端技術(1992), 新技術(1991), 日施園(1994)은 트레이의 재료로서 페이퍼나 펄프몰드를 사용할 때에는 절단 및 집어내기묘를 취출하였으며, 이식은 평거에 의해 수행하였다. 이들의 단점은 트레이 가격이 비싸고, 묘 취출방식에서 페이퍼나 펄프몰드를 절단할 때 잎이나 줄기가 손상을 입으며 집어내기를 할 때 평거가 식물의 줄기에 손상을 줄 수 있다는 것이다. 장점으로는 식

Table 2 Comparison of the modes of seedling extract, traveling and transplanting adopted in automatic pull traveling or transplanting mode

Tray material	Seedling extract mode	Feeding mode	Transplanting mode	Remarks
Paper Pulp mold	Cut or Pickup	By finger	Finger	Expensive tray graft-take rate increase
Plastic	Pickup	By gimlet feeding	Transplanting Hopper	Seedling length of 10 cm or less than
	Push out	By bucket belt	Transplanting Hopper	Feed of feeding belt high missing plant rate Seedling length of 20 cm and under
		By flat belt (Horizontal + vertical)	Disk	Feed of feeding belt high missing plant rate Seedling length of 20 cm and under, Onion plant

부시 뿌리부분의 손상이 적기 때문에 활착률이 증가한다.

플라스틱 트레이 사용시의 묘 공급방식으로서 꽃아내기 및 밀어내기 방식이 있으며 꽃아내기 방식은 핀을 묘 플러그에 꽃을 때 묘 플러그 파손과 묘 손상을 줄 위험이 높으며, 밀어내기 방식을 할 경우에는 묘 플러그의 파손과 묘 손상이 적은 대신에 묘 이송장치가 추가되는 단점이 있다. 따라서 묘 손상이 없는 밀어내기 방식을 선택하고 묘 플러그의 파손을 줄이기 위하여 플라스틱 트레이를 약간 활처럼 휘게 하여 셀을 밀어내면 묘 플러그가 파손되지 않는 묘 공급방식이 고안되었다.

이송방식에는 송곳 이송과 버킷벨트 및 평벨트(수평 + 수직) 방식이 있다. 송곳 이송방식은 묘 플러그의 파손이 많으며, 버킷벨트 및 평벨트 이송방식에서는 이송도중 벨트상에서 형틀어짐이 있어 결주율이 많고 주간 간격이 일정하지 않은 문제점들이 나타났다. 그러므로 묘 플러그의 파손도 되지 않고 결주율이 없는 다른 방식의 고안이 필요하다고 생각된다.

조사된 식부방식은 이식방식의 이식호퍼 방식과 디스크 방식이 있었다. 이식호퍼 방식은 초장이 28cm로 제한되므로 이식 후 45일 이내에 이식해야 하는 단점이 있으며, 디스크 방식은 수평과 수직이송이 다르므로 결주율이 높고 주간 간격이 일정하지 않으며 묘 플러그가 파손되므로 활착률이 떨어지고 지상부 및 지하부 이식각도가 좋지 않았다. 따라서 새로운 이식방식으로 이식호퍼 방식을 선택하고 기존의 기종과 같이 호퍼길이를 160cm로 하고, 이식 후 호퍼를 닫는 시기를 상단부에서 닫도록 하여 이식묘의 초장 길이를 최대한 길게 할 수 있었다.

그림 6 a), b), c)는 각각 기존의 자동 묘뽑기, 이송 방식 및 이식방식을 나타낸 것이고, 그림 6 d)는 새로 고안한 방식의 설명을 위한 작동도이다. a), b), c)는 이미 언급한 바와 같은 결점이 있기 때문에 d)의 방식을 창안한 것이며, d) 방식은 밀어내기에 의해 묘 손상과 묘 플러그의 파손을 줄이고 결주의 원인이 되는 이송벨트 대신에 버킷슬라이드를 사용한 방식이다.

나. 묘 자동공급 및 이식방식에 따른 묘 손상, 묘 플러그의 파손 실험

식별 묘 손상, 묘 플러그의 파손정도를 나타낸 것이다. 묘 손상은 밀어내기 방식이 0.3%로서 꽃아내기 방식의 3.2% 보다 낮게 나타났다. 묘 공급 실패율은 밀어내기 방식이 1.2%로서 꽃아내기 방식의 2.6%보

표 3은 그림 1과 같은 모형 실험장치에 의해 각 방

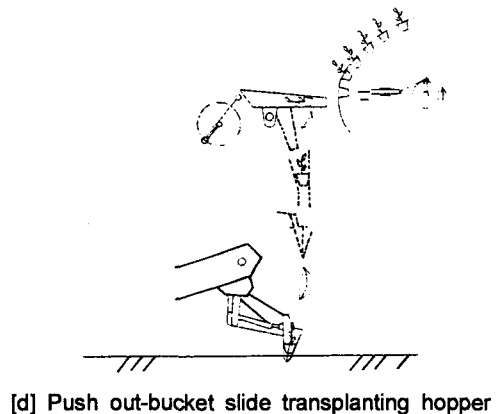
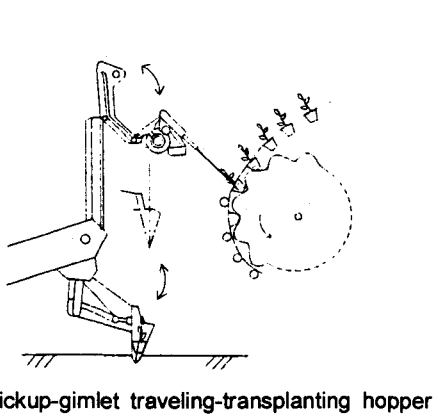
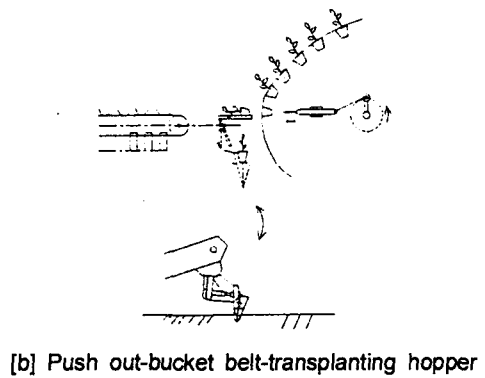
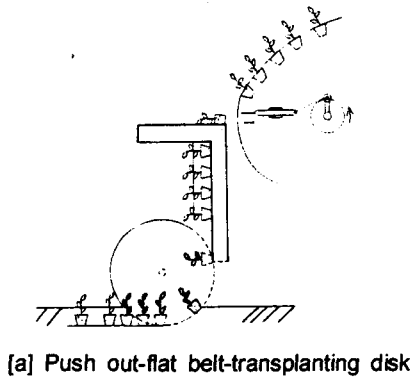


Fig. 6 Automatic seedling extract modes ; conventional ones {[a], [b], [c]} and newly designed devices one[d].

Table 3 Result of experiment (128, 45 days seedling of pepper)

Troubles	Modes	Seedling extract mode		Feeding mode		
		Push out mode	Pickup mode	Bucket slide	Bucket belt	Flat belt (horizontal + vertical)
Bruised seedling (%)		0.3	3.2	—	—	—
Seedling extract missing rate (%)		1.2	2.6	—	—	—
Plug break rate (1/3) (%)		3.4	5.7	0.6	1.8	2.2
Feeding missing rate (%)		—	—	0.3	1.5	5.2

다 1.4% 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 꽃아내기 방식의 경우 묘 플러그에 두 개의 핀을 직선으로 꽂을 때 묘 플러그가 파손되고 느슨한 상태로 되어 묘 플러그가 잘 뽑혀 나오지 않기 때문이라고 생각된다. 두 개의 핀이 묘 플러그에 꽂고 나올 때는 두 개의 핀이 묘 플러그가 파손되지 않을 정도로 약간 핀을 모아서 나오면 묘 공급 실패율이 낮아지리라 사료되지만 묘 손상은 있을 것으로 판단된다. 1/3 이상의 묘 플러그가 파손된 비율 즉 묘 플러그 파손율은 밀어내기 방식이 3.4%로서 꽃아내기 방식의 5.7%보다 2.3% 낮게 나타났다. 밀어내기 방식은 셀 구멍 뒤에서 밀어내기 때문에 묘 플러그 파손이 되는 힘보다 밀려나가는 힘이 적기 때문에 묘 플러그 파손율이 낮고, 꽃아내기 방식은 핀이 들어갈 때 묘 플러그에 금이 가기 때문에 파손율이 높게 나타나는 것으로 생각된다. 이송방식에 따른 묘 플러그 파손율은 버킷슬라이드 0.6%, 버킷벨트 1.8%, 평벨트(수직 + 수평) 2.2%로 나타났으며, 버킷슬라이드 방식이 버킷벨트 방식보다 묘 플러그 파손율은 1.2% 낮게 나타났고, 평벨트(수직 + 수평)보다는 1.6% 낮게 나타났다. 이송 실패율은 버킷슬라이드 0.3%, 버킷벨트 1.5%, 평벨트(수직 + 수평) 5.2%로 나타나 버킷슬라이드 방식이 평벨트 이송보다 4.9%, 버킷벨트 이송 방식보다 1.2% 낮게 나타났다.

위의 결과를 종합하면 묘 취출방식은 밀어내기 방식으로 이송방식은 버킷슬라이드 방식으로 하는 것이 이식정밀도를 높일 수 있을 것이다.

표 4는 모형실험에 의한 묘 취출 실패율과 이송 실패율을 합하여 결주율로 가정하고 각 이식기에 대한 결주율을 나타낸 것이다. 기존 이식기에서 묘 취출방식은 밀어내기, 이송방식은 버킷벨트, 이식방식은 이식호퍼 방식으로 하였을 경우 결주율이 2.7%로 가장 작게 나타났고 반자동 이식기 효율성 분석의 실험성적인 반자동 이식기의 2.0% 보다 높게 나타났다. 개발 예정 이식기는 묘 취출 방식에서 성공률이 좋은 밀어내기 방식을 취하고 이송방식은 한 개의 플러그 묘를 차례로 이송하여 묘의 형클어짐이 없도록 한 버킷슬라이드방식, 이식방식은 이식호퍼로 했을 때 1.5%의 결주가 예상된다. 이 방식으로 고안된 이식기는 기존 이식기보다 45~77% 정도 결주율이 낮게 나타났고, 반자동 포트묘 이식기보다 결주율이 25% 낮게 나타날 것으로 예상된다.

다. 시작기의 작동 성능실험

1) 가로이송 작동 성능실험

표 5는 이식기를 100회 작동하여 평균한 128공 공시 트레이의 가로이송량을 나타낸 것으로 이식기의

Table 4 Mechanical missing plant rate of transplantation in the model experiment

Transplanter	Seedling extract mode	Feeding mode	Transplanting mode	Missing plant rate (%)
Conventional transplanter	Push out	Bucket belt	Transplanting hopper	2.7
	Push out	Flat belt	Transplanting disk	6.4
	Pickup	Gimlet traveling	Transplanting hopper	3.2
Manuall - fed pot seedling transplanter	Manually handled (Including missing transplanted one)	Seedling catch cylinder	Transplanting hopper	2.0
Developed automatic transplanter	Push out	Bucket slide	Transplanting hopper	1.5

엔진부분을 좌측으로 하고 핸들쪽을 우측으로 하여 가로이송량을 측정하였다. 최대편차는 우에서 좌로 이송할 때 4번 구멍에서 5번 구멍 사이에 +2.8mm으로 나타났고, 최소편차는 좌 7번 구멍에서 우 6번 구멍으로 이동할 때 -0.3mm로 나타났다. 가로이송량의 전체 평균편차는 0.673mm로 나타났다. 가로이송편차가 우에서 좌로 이송시 정(+)편차를 나타낸 것과 좌에서 우로 이송시 부(-)편차를 나타낸 것은 묘 자동취출장치의 부속품이 무겁게 제작되었고, 좌우 이동시 수평하게 움직이지 않아서 편차가 생긴 것으로 사료되며, 묘 취출장치를 소형 및 경량으로 정밀하게 가공하면 이 편차가 줄어들 것으로 판단된다.

그러나 이들 편차는 공시 트레이 제작시 공시 트레이 셀 부분의 밑면을 십자형으로 잘라 놓았기 때

문에 푸시로드가 셀 밑면의 구멍에 들어가서 표준 플러그트레이 셀 부분에 있는 플러그를 밀어내는 데에 최대 편차시에도 지장이 없었다.

표 6은 공시 트레이 200공을 이용하여 128공과 같이 실험을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 최대편차는 우에서 좌로 이송할 때 6번 구멍과 7번 구멍 사이에서 +3mm으로 나타났고, 최소편차는 ± 1mm로 나타났다. 가로이송량의 전체 평균편차는 0.785mm로 나타났다. 가로이송 편차의 발생 원인과 그 처방은 세로이송장치의 경우에서와 같은 것으로 판단된다.

그러나 이들 편차는 128공과 같은 조건으로 제작하였기 때문에 푸시로드가 셀 밑면 구멍에 들어가서 표준 플러그트레이 셀 부분에 있는 플러그를 밀어내는 데에 최대 편차는 지장이 없었다.

Table 5 Horizontal feeding accuracy of 128-hole tray

Hole number	Feeding from right to left							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Actual distance on the tray (mm)	31	66	101	136	171	206	241	276
Measured distance during operation (mm)	31.5	66.9	102	136.5	172	207.3	242	277.3
Maximum deviation (mm)	+2.3	+1	+2.2	+1.4	+2.8	+1.4	+2.1	+2.4
Average deviation (mm)	+0.5	+0.9	+1	+0.5	+1	+1.3	+1	+1.3
	Feeding from left to right							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Maximum deviation (mm)	-2.1	-0.5	-1.4	-1	-1	-1.3	-1.1	-0.8
Average deviation (mm)	-0.5	-0.8	-0.4	-0.3	-0.5	-0.3	-0.5	-0.7

Table 6 Horizontal feeding accuracy of 200-hole tray

Hole number	Feeding from right to left									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Actual distance (mm)	24	52	80	108	136	164	192	220	248	276
Measured distance during operation (mm)	25	53	80.8	108.7	137	165	193.5	221	249.2	277.5
Maximum deviation (mm)	+2	+2	+1	+1	+2	+2	+3	+1	+2	+1
Average deviation (mm)	+1	+1	+0.8	+0.7	+1	+1	+1.5	+1	+1.2	+1.5
	Traveling from left to right									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maximum deviation (mm)	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1.2	-2	-2
Average deviation (mm)	-0.7	-0.7	-0.2	-0.5	-0.2	-0.4	-0.3	-0.7	-0.7	-0.8

2) 세로 이송작동 성능실험

표 7은 이식기를 100회 작동하여 평균을 한 128공 공시 트레이의 세로이송량을 나타낸 것이다. 최대 편차는 세로 이송실거리 140~175mm에서 -2.3mm로 가장 크게 나타났고, 평균편차가 가장 큰 것은 공시 트레이 이송실거리 105~140mm에서 이송할 때 +1mm로 나타났다. 트레이의 세로이송량의 +, - 편차는 이식기 작동시 진동에 의한 것으로 사료되며, 스프링 스톱퍼를 사용하면 이 편차가 없으리라 사료된다.

따라서 이들 편차는 가로 이송작동 실험과 같은 조건으로 제작하였기 때문에 푸시로드가 셀 밑면 구멍에 들어가서 표준 플러그트레이 셀 부분에 있는 플러그를 밀어내는 데에 최대 편차의 경우에도 지장이 없었다.

표 8은 이식기를 100회 작동하여 평균치한 200공 공시 트레이의 세로이송량을 나타낸 것이다. 최대편차와 평균편차가 가장 큰 것은 공시 트레이 이송실거리 168~196mm에서 이송할 때 각각 +3mm과 +2.5mm로 나타났다. 공시 트레이의 세로 이송량의 +, - 편차는 이식기 작동시 진동에 의한 것으로 사료되며, 스프링 스톱퍼를 사용하면 이 편차가 줄어들 것으로 사료된다. 이들 편차는 128공과 같은 조건으로 제작하였기 때문에 푸시로드가 셀 밑면 구멍에 들어가서 공시 트레이 셀 부분에 있는 플러그를 밀어내는 데에 최대 편차의 경우에도 지장이 없었다.

3) 이식 성능실험

표 9 자동취출 및 식부 성능을 나타낸 것이다. 식부 성능의 정확도를 높이기 위하여 고추와 배추를

Table 7 Vertical feeding accuracy of 128-hole tray

Actual distance (mm)	35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	385	420
Measured distance during operation (mm)	35.3 (left)	70.5 (right)	105.6	141	174.5	210.7	245.3	280.6	314.6	350.2	385.5	419.2
Maximum deviation (mm)	+1.7	+1.4	+1	+1	-2.3	+1.5	+1	+1	-2	+1	+2	-2
Average deviation (mm)	+0.3	+0.5	+0.6	+1.0	-0.5	+0.7	+0.5	+0.6	-0.4	+0.2	+0.5	-0.8

Table 8 Vertical feeding accuracy of 200-hole tray

Actual distance (mm)	28	56	84	112	140	168	196	224	252	280	308	336
Measured distance during operation (mm)	28.4 (left)	54.5 (right)	84.4	112.1	142	167.2	198.3	223.8	252.2	280.3	309.2	334.0
Maximum deviation (mm)	+1	-2	+1	+1	+2.5	-1	+3	-1	+1	+2	+2	-3
Average deviation (mm)	+0.4	-1.5	+0.4	+0.1	+1.5	-0.7	+2.5	-0.2	+0.2	+0.4	+1.2	-1.3

Table 9 Capacity of automatic feeding and transplanting of seedlings (200 holes cabbage seedling 20 days, 128 holes pepper seedling 45 days)

Classification	Missing feeding	Bruised or injured	Plug break	Transplanting
Percent (%)	1.3	0.4	3.5	94.8

각각 500주씩 성능실험을 실시하여 미취출, 묘 손상, 묘 플러그 파손, 이식율을 백분율로 나타낸 것이다. 미취출은 1.3%로 나타났고, 묘 손상은 0.4%, 묘 플러그 파손은 3.5%, 식부는 94.8로 나타나 표 4의 모형 실험과 거의 동일하여 일본에서 사용중인 꽃아내기 방식보다 우수한 성능을 나타냈다. 묘 플러그 파손의 원인은 묘 플러그의 수분 함량에 영향이 있었다고 사료되며 이식하기 전에 묘 플러그의 수분은 13%가 적당하다고 사료된다. 배추 묘는 초장이 짧기 때문에 미취출이 적었고, 고추의 경우 초장이 길기 때문에 공시 트레이 셀에서 밀어내지고 난 다음 자중에 의해 식부호퍼에 떨어져 내리지 않는 문제가 있었다. 이의 개선을 위해 묘를 공시 트레이로부터 밀어내기 후 묘를 집어서 이식호퍼에 넣어주는 기구의 부착이 필요한 것으로 판단되었다.

4. 결론 및 요약

외국의 문헌과 일본 방문 조사를 통하여 기존의 방법과 문제점을 조사 분석하고 새로운 플러그 묘 자동취출 이송장치를 부착한 자동이식기를 개발하여 육묘 트레이에서의 묘 뽑기와 가로세로 이송의 정확도를 측정한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 기존 이식기의 묘 자동분송 방식은 꽃아내기-송곳이송-이식호퍼, 밀어내기-버킷벨트-이식 디스크, 밀어내기-평벨트-이식 디스크로 조사되었으며 모형실험에 의한 기계적 결주율은 각각 3.2%, 2.7%, 6.4%로 나타났다.

나. 기존 묘 자동분송 방식은 초장 20cm 이상의 플러그 묘는 이식이 불가능하고 기계적 결주율이 크며, 묘 손상 및 묘 플러그의 파손이 많아서, 밀어내기-버킷슬라이드-이식 호퍼 구조로 자동묘발 이식방식을 창안하고 모형실험을 실시한 결과 기계적 결주율 1.5%로 예측되었다.

다. 자동이식기에 부착한 묘 자동취출장치의 공시 트레이 128공을 사용할 때 가로이송량 최대 편차는 +2.8mm으로 나타났고, 최소 편차는 -0.3mm로 나타났다. 전체 평균 편차는 0.673mm로 나타났다. 공시 트레이 200공을 사용할 때의 가로 이송량 최대

편차는 +3mm으로 나타났고, 최소 편차는 ±1mm로 나타났다. 전체 평균편차는 0.785mm로 나타났다. 묘 취출장치를 경량화와 정밀 가공한다면 이 편차는 줄어 들 것으로 판단된다.

라. 자동이식기에 부착한 묘 자동취출장치의 128공 플러그트레이 세로이송량의 최대 편차와 최대 평균편차가 각각 -2.3mm과 +1mm로 나타났다. 플러그트레이 200공의 세로이송량의 최대 편차와 최대 평균편차가 각각 +3mm과 +2.5mm로 나타났다. 이 편차는 이식기 작동시 진동에 의한 것으로 추정되므로, 스프링 스톱퍼를 사용하면 편차가 줄어들 것으로 사료된다.

마. 자동이식기의 미취출은 1.3%로 나타났고, 묘상해는 0.4%, 플러그 파손은 3.5%으로 나타났고 미취출 비율을 줄이려면 공시 트레이로부터 묘를 밀어내기 한 후 묘를 집어서 식부호퍼에 넣어주는 기구의 부착이 필요한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 金景旭, 鄭昌柱. 1977. An analytical method for kinematic analysis of the planting mechanism of a rice transplanter. 韓國農業機械學會誌 12(2).
2. 민영봉, 박중춘, 정병룡, 김광용. 1994. 공정묘 기계이식 적응성 검토. 경상대시설 원예연(1):203~212.
3. 박중춘, 박상근, 민영봉, 서원명, 김영복, 정병룡, 강호중, 김광용. 1994. 공정육묘 자동화를 위한 부대장치 및 기기 개발. 慶尙大施設園藝 研究 1:261~331.
4. 並河清. 1975. 링크式田植機植付け機構の解析. 日本農業機械學會誌 37(3):295~299.
5. 並河清. 1975. 링크式田植機植付け機構の總合. 日本農業機械學會誌 37(4):533~538.
6. 日本施設園藝協會. 1994. 新園藝育苗システム. 養賢堂, 東京.
7. 小西達也, 堀尾光廣, 吉田清一, 山影征男. 1989. 高速田植機の開發. 日本農業機械學會誌 51(6): 89~95.

8. 先端技術等導入調査委員會. 1992. 野菜生産省力化技術實用化促進事業. 平成 4年食料品等流通對策推進事業實績報告書, 東京.
9. 新技術實用化促進委員會. 1991. 園藝用育苗資材・裝置利用の手引. 日本施設園藝協會, 東京.
10. 梅田重夫, 穂波信雄, チャウ・ビン・ダック. 1980a. 田植機の植付け機構の動特性(第 1報) -4節リンク植付け機構の理論解析-. 日本農業機械學會誌 42(1):51~55.
11. 梅田重夫, 穂波信雄, チャウ・ビン・ダック. 1980b. 田植機の植付け機構の動特性(第2報) -植付け部のクランク軸トルクおよび振動に影響する要因とその効果-. 日本農業機械學會誌 42(2):229~235.