

플러그묘 취출장치 개발

Development of a Pick-up Device for Plug-Seedlings

최원철	김대철	김경욱
정회원	정회원	정회원
W. C. Choi	D. C. Kim	K. U. Kim

SUMMARY

A seedling pick-up device for vegetable transplanters was developed and its work performance was evaluated at the laboratory. The pick-up device extracts seedlings from a 200-cell tray of seedlings and transfers them to the place where they are to be transplanted into the soil. The device consists of a path generator, pick-up pins and a pin driver. The path generator is a five-bar mechanism comprised of a fixed link, a driving link, a driven link, a connecting link and a slider. The slider is constrained to move along the driven link and a fixed slot of combined straight-line and circular paths. The connecting link joins the driving link and the slider. When the slider moves along the straight-line path of the slot it takes seedlings out from the cell and transfers them to the transplanting hopper when moving along the circular path. A proto-type of the pick-up device was built and tested under the various operational conditions such as age of seedling, approach direction and penetration depth of pins to the cell, holding method of seedling and extracting velocity. The device extracted 30 seedlings per minute with the maximum success ratio of 97% using the seedlings of 23 days old. Some design details were also discussed and suggested to enhance the performance of the device.

Keywords : Vegetable transplanter, Seedling pick-up device.

1. 서 론

배추 생산은 경운 및 방제 작업을 제외하면 아직까지 대부분 인력에 의존하고 있다. 배추 생산에 필요한 노동 투입량은 가을 배추 기준으로 10a 당 약 105.6시간으로서(농진청, 1999), 이 중 정식 작업과 수확 작업이 차지하는 비율은 각각 15.0%, 19.6% 정도이다(정, 1998). 또한 정식 작업과 수확 작업은 노동 강도가 매우 높기 때문에 일찍부터 기계화의 필요성이 강조되어 왔다. 최근 농업기계화연구소에서는 배추 재배 일관기계화 시스템 개

발 과제를 추진하면서, 배추 정식기에 사용될 묘 취출장치를 개발하기로 하였다. 본 연구는 이 과제 의 일부분으로서 플러그묘용 묘 취출장치를 개발하기 위하여 수행되었다.

현재 일본과 유럽에는 채소 정식기가 개발되어 널리 사용되고 있으나, 유럽에서 재배되고 있는 배추는 국내 배추와 다른 결구배추이기 때문에 유럽식 배추 정식기를 국내에 바로 적용하기는 어렵다. 국내의 배추 재배 양식과 유사한 일본의 경우에도 플러그묘의 크기가 국내 것보다 크기 때문에 이를 도입할 경우에는 플러그 묘판을 전면 수정하

This study was conducted by the research fund supported by the National Agricultural Mechanization Research Institute and the article was submitted for publication in April 2001, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in May 2001. The authors are W. C. Choi, D. C. Kim, Graduate Students and K. U. Kim Professor, Seoul National University. The corresponding author is W. C. Choi, Seoul National University, Kwonsun-ku, Suwon city, 441-744 Korea. E-mail: <kingwc1@snu.ac.kr>.

지 않으면 안된다.

안마사에서 개발된 취출장치는 회전 기어열과 작동부 뒷부분에 연결된 슬라이드를 이용하여 묘 취출핀의 궤적을 구현하였으며, 취출핀이 묘판의 가운데를 중심으로 아래쪽으로 들어가서 윗쪽으로 나오는 형태를 취하였다. 구조가 비교적 간단하다는 장점이 있다. 구보다사에서 개발된 취출장치는 슬라이드, 캠, 링크로 구성되어 있으며, 캠에 의해 부분적으로 구동되는 구조로 안마식보다는 복잡한 형태이다. 취출핀의 운동이 연속적이지 못하고 부분적으로 단속되는 단점이 있다.

2. 설계 조건

취출장치가 사용될 배추 정식기는 김장 배추를 대상으로 하였으며, 목표 제원으로는 정식 속도와 정식 농도를 각각 0.2~0.3 m/s, 60분/10a으로 하였다. 이러한 목표 제원을 구현하기 위한 취출장치의 기본 설계 조건을 다음과 같이 설정하였다.

- (1) 취출 속도: 0.5~0.7 sec/주
- (2) 플러그 묘판
 - 구멍수: 200 (10 × 20)
 - 구멍의 형상: 표면: 23 × 23 mm
 - 밑면: 9.5 × 9.5 mm
 - 구멍의 높이: 4.4 mm
 - 구멍의 간격: 25 mm
- (3) 플러그묘
 - 연령: 18~23일
 - 엽장: 35~45 mm
 - 엽폭: 20~30 mm

3. 기구 설계

취출장치의 기능은 첫째, 묘를 취출하기 위한 취출핀을 취출 위치에서 배출 위치까지 원활하게 이동시킬 수 있는 적절한 궤적을 구현하여야 하며 둘째, 취출핀은 취출 위치에서 묘를 취출하고 배출 위치에서 정확히 배출하여야 한다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 취출장치를 궤적 구현부, 취출핀 구동부, 취출핀 3가지 장치로 구성하였다.

가. 궤적 구현부

취출핀의 궤적은 취출 성능을 결정할 뿐만 아니라 취출장치 전체의 구조와 크기를 결정하는 중요

한 부분이다. 묘를 취출할 때 취출핀은 묘판에 직각인 방향으로 직선 운동을 하여야 하며, 배출할 때는 하향으로 이동한 후 묘의 관성을 고려하여 연직선에 이르기 전에 배출하여야 한다. 이러한 점을 고려하여 궤적 구현부의 설계 조건을 다음과 같이 설정하였다.

- (1) 취출핀이 묘의 뿌리혹에 충분히 삽입될 수 있도록 취출핀의 궤적은 최소한 44 mm 이상의 직선 구간을 가져야 한다.
- (2) 묘의 배출 위치는 수평선을 기준으로 하향으로 75° 인 지점으로 한다.
- (3) 구조와 제작이 간단하여야 한다.

1차 설계에서 기어열과 4절 기구를 이용한 기구를 고안하였으나 큰 구동 토크가 요구되어 2차 설계에서 그림 1에서와 같이 5절 기구를 이용하여 설계하였다. 5절 기구는 구동링크, 피동링크, 고정링크, 슬라이드, 구동링크와 슬라이드를 연결하는 연결링크로 구성하였으며, 슬라이드는 피동링크 상에서 직선과 원호를 결합한 고정 슬롯을 따라 제한 운동을 하도록 하였다. 직선 슬롯을 따라 슬라이드가 직선 운동을 하기 때문에 취출장치에서 요구되는 직선 궤적을 구현할 수 있으며, 취출핀 구동부와 적절한 길이의 취출핀을 결합하여 슬라이드를 대체할 수 있도록 하였다.

그림 1에서와 같이 슬라이드가 오른쪽으로 직선 슬롯을 따라 이동하면 취출핀은 묘의 뿌리혹으로 삽입되며 서서히 압력을 가하며 묘를 잡는다. 반대로 슬라이드가 직선 슬롯을 따라 왼쪽으로 이동하면 취출핀은 묘판에서 묘를 잡고 나온다. 슬라이드가 직선 슬롯의 끝에서 중심이 피동링크의 회전 중심과 같은 원호 슬롯을 따라 계속 이동하면

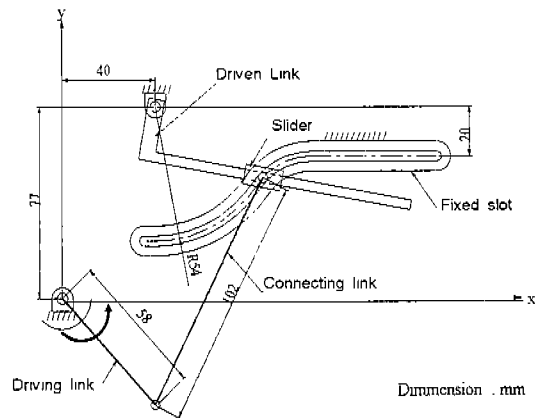


Fig. 1 Pick-up mechanism.

취출핀은 묘를 배출하는 위치에 도달한다. 취출핀이 묘를 배출하면 슬라이드는 한 사이클의 공정이 완료되어 다시 직선 궤적부로 돌아가 같은 공정을 반복한다.

나. 취출핀 구동부

취출핀 구동부는 취출핀이 묘판에서 묘를 분리하여 배출 위치까지 이송하고, 정확한 위치에서 묘가 배출될 수 있도록 취출핀을 구동하는 장치이다. 따라서, 취출핀 구동부는 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

- (1) 정확한 위치에서 묘의 취출과 배출이 이루어져야 한다.
- (2) 취출 위치에서 배출 위치까지 묘를 이송하여야 한다.
- (3) 취출과 배출 과정에서 묘의 뿌리흙이 파손되지 않아야 한다.

몇 차례의 시도 끝에 그림 2(a)와 같이 취출핀이 부착된 2개의 안내판과 플런저로 구성된 취출핀 구동부를 고안하였다. 플런저는 안내판 사이를 왕복할 수 있도록 하였으며, 안내판의 피봇점은 플런저 머리의 위치에 따라 취출핀이 열리고 닫힐 수 있도록 설치하였다. 취출핀이 열린 상태에서도 묘가 배출되지 않는 경우를 고려하여 플런저에 연결된 배출링으로써 묘가 완전히 배출될 수 있도록 하였다.

취출핀 구동부의 작동 과정은 다음과 같다. 그림 2(a)에서와 같이 플런저가 정지한 상태에서 안내판 조립이 전진하면 취출핀은 묘에 삽입되며 입구가 닫힌다. 안내판 조립은 그림 2(b)에서와 같은 상태에 이를 될 때까지 전진한다. 이 상태에서 묘를 취한 후 안내판 조립과 플런저 전체는 일체가 되어 그림 2(c)에서와 같이 후진한다. 배출 위치에서는 플런저가 그림 2(d)에서와 같이 전진하여 취출핀이 열리게 된다. 이 때 플런저에 연결된 배출링도 함께 이동하여 묘를 취출핀에서 완전히 밀어

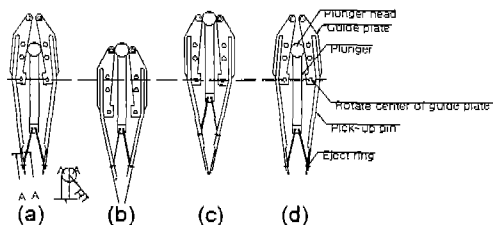


Fig. 2 Pick-up process.

낸다. 이 과정이 끝나면 안내판 조립이 다시 전진하여 같은 과정을 반복한다.

안내판은 묘판에 접근하는 취출핀의 궤적을 결정하며, 플런저 머리는 안내판의 회전각을 결정한다. 따라서 안내판과 플런저를 이용한 취출핀의 자세 조정은, 취출핀의 궤적을 용이하게 변경할 수 있기 때문에, 플러그묘의 형상이 다른 경우에도 안내판과 플런저의 형상을 변경하여 묘를 쉽게 분리할 수 있다.

다. 취출핀

취출핀은 직접 묘를 취출하고 배출 위치까지 이송하는 역할을 한다. 취출핀은 상토 즉, 묘의 뿌리흙에 삽입되는 부분이므로 직경이 굵은 경우에는 흙이 파손될 수 있다. 취출핀의 설계 조건은 다음과 같이 설정하였다.

- (1) 상토에 삽입될 때 상토가 파괴되지 않아야 한다.
- (2) 묘를 이송할 때 묘가 빠지지 않아야 한다.

취출핀은 상토가 파괴되지 않도록 끝부분을 납작하게 설계하였으며 탄성이 큰 스프링강을 사용하였다. 예비 실험에서 직경이 4 mm인 핀을 사용하였을 때 상토가 파괴되었다. 따라서, 직경을 3 mm로 줄이고, 상토에 삽입되는 부분은 두께가 1 mm가 되도록 가공하였다.

그림 3은 묘를 취출할 때와 배출할 때 취출핀의 작동 상태를 나타낸 것이다.

4. 기구 분석

ADAMS를 이용하여 이상에서 설계한 취출장치

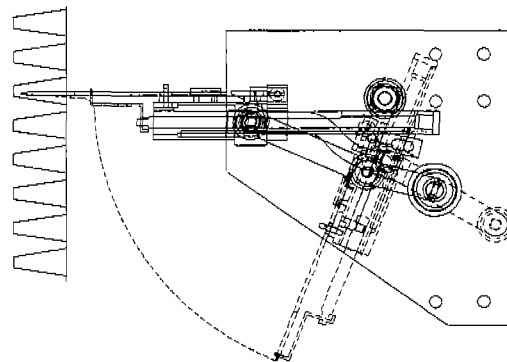


Fig. 3 Pick-up trace.

의 속도, 가속도, 구동 토크를 분석하였다. 모델링은 취출 작업을 하지 않는 상태에서 수행하였다. 구동 토크의 경우 취출에 소요되는 토크보다 순수 구동에 소요되는 토크가 크기 때문에 무부하 상태에서 분석하였으며, 본 연구에서는 구동 방향에 따른 경향을 알아보기 위하여 토크 분석을 수행하였다. 구동 링크가 시계 방향으로 회전할 경우 취출-배출과 배출-취출 구간에 대한 구동 링크의 회전각변위는 각각 189°와 171°이었으며, 취출 및 배출은 각각 35°와 250°에서 이루어진다. 속도와 가속도는 각각 그림 4와 그림 5에서와 같이 분석되었다. 소요 토크는 구동 링크의 회전 방향에 따라 차이가 있었다. 시계 방향인 경우에는 소요 토크의 최대값이 약 5 Nm이었으며, 반시계 방향인 경우에는, 약 2.4 Nm이었다. 이는 시계방향으로 구동할 경우 슬라이더의 운동방향이 링크에서의 동력전달방향과 거의 수직이 되는 구간이 나타나기 때문으로 판단된다. 따라서 구동링크의 회전 방향을 반시계 방향으로 결정하였다. 그림 6은 구동 링크의 각 변위에 따른 소요 토크를 나타낸 것이다.

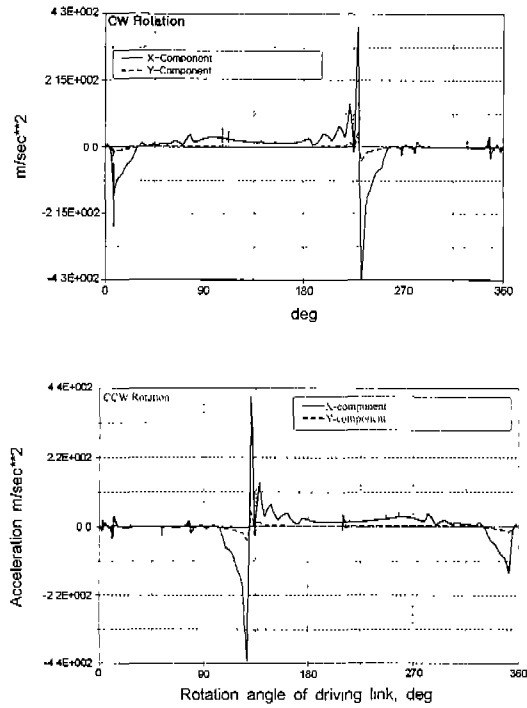


Fig. 5 Acceleration of pick-up pins.

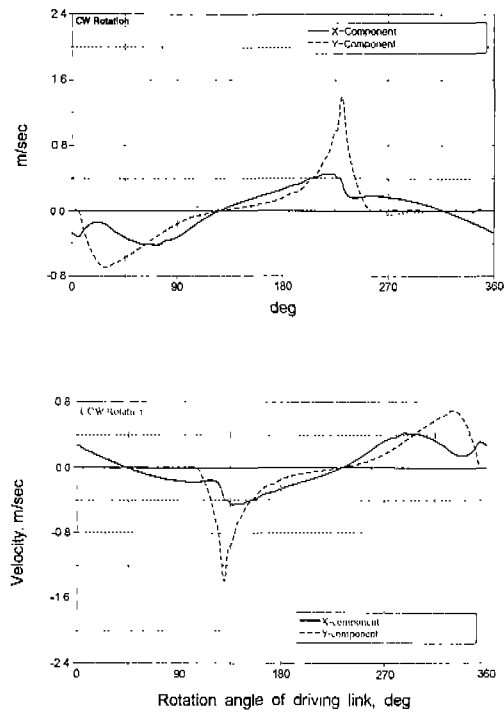


Fig. 4 Velocity of pick-up pins.

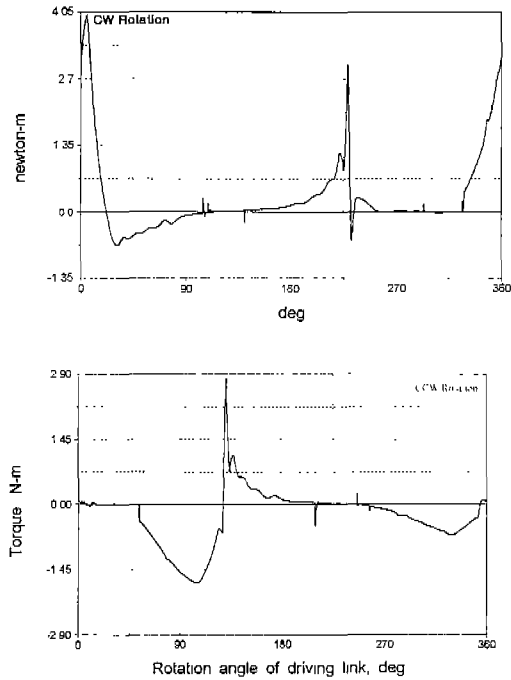


Fig. 6 Driving torque.

시계 방향 구동과 반시계 방향 구동에서 속도, 가속도는 서로 대칭이 되며, 크기에서 큰 차이를 보이지 않았다. 반시계 방향 구동에서 약 130°에서 속도와 가속도의 피크값이 나타났다. 이는 슬롯의 곡선 부분이 시작되는 곳에서 방향이 바뀌며 기구가 아래로 쳐지며 발생하는 것으로 판단된다. 반시계 방향으로 구동했을 때 음의 토크가 나타나는 것은 기구의 자중에 의한 영향이다.

5. 시작기 평가와 수정

설계한 취출장치의 기능과 성능을 평가하기 위하여 그림 7에서와 같이 시작기를 제작하였다. 시작기 평가 시험에서는 플런저의 지름을 15 mm로 하였으며, 구동 링크의 회전 속도는 30 rpm으로 하였다.

시작기 평가 시험에서는 취출핀이 묘판으로부터 묘를 취출하지 못할 때, 취출핀이 묘 뿌리혹을 1/4 이상 파괴할 때, 취출핀이 묘의 잎을 심하게 찢을 때, 이송 도중 묘가 취출핀에서 떨어지거나 뿌리혹이 부서질 때는 취출장치의 기능이 실패한 것으로 평가하였다. 평가 결과 기능이 실패한 경우는 발생되지 않았으나 몇 가지 문제점이 발생되어 다음과 같이 수정하였다.

(1) 묘의 잎이 엉키고, 배출링 지지대의 길이가 짧아 취출핀으로부터 묘가 잘 분리되지 않는 경우가 발생하였으나 배출링의 길이를 5 mm 정도 길게 하여 이 문제를 해결하였다.

(2) 취출핀의 간격이 커서 셀의 모서리와 충돌

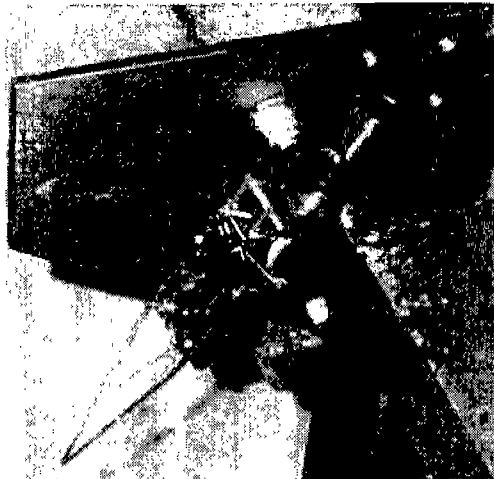


Fig. 7 Prototype of seedling pick-up device.

하는 경우가 발생하였다. 이는 플런저 지름을 15 mm에서 14 mm로 줄여 취출핀이 뿌리혹으로 진입하였을 때의 간격을 18 mm, 완전히 묘를 취하였을 때의 간격을 2.5 mm로 하여 해결하였다. 취출핀이 열렸을 때의 적절한 간격은 묘판의 셀 폭보다 2~3 mm 적어야 될 것으로 판단되었다.

(3) 묘를 취출하였을 때 취출핀과 뿌리혹의 접촉 길이는 진입할 때보다 약 5~6 mm 감소되었으므로 취출핀의 길이를 가능한한 길게 하여 취출핀과 뿌리혹의 접촉길이를 길게 하였다.

(4) 취출핀의 끝부분을 편편하게 하여 둥글 때보다 묘를 잡는 면적을 크게 함으로써 보다 안전하게 묘를 잡을 수 있도록 하였다.

(5) 그림 8에서와 같이 안내판에 1 mm 높이의 계단을 두어 취출할 때 묘를 잡는 취출핀의 파지 효과를 높였다.

전반적으로 취출장치 시작기의 작동 상태와 취출 및 배출 기능은 우수한 것으로 평가되었다. 그러나 구동 링크의 회전 속도를 40 rpm으로 증가시켰을 때는 취출핀의 가속도가 최대인 지점에서 묘가 취출핀에서 빠지는 문제가 발생하였다. 이 문제를 해결하기 위하여 시뮬레이션 방법으로 묘의 취출과 배출 위치를 변경하지 않고 구동 링크의 회전 중심을 연직 방향으로 20 mm 이동하여 구동 링크의 회전 속도가 40 rpm일 때 취출핀의 최대 가속도를 30 rpm일 때의 약 77% 수준으로 감소시켰다.

6. 성능 시험

수정된 시작기를 이용하여 실험실에서 성능 시험을 실시하였다. 성능 시험을 위하여 전동기로 구동되는 묘판 공급장치를 제작하였으며, 취출기

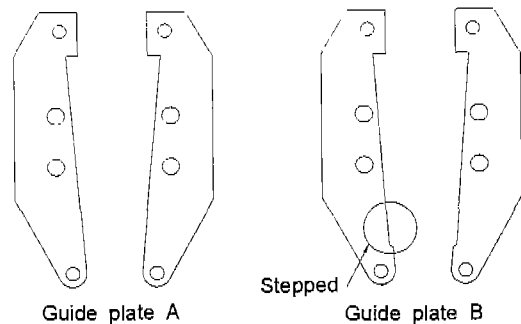


Fig. 8 Guide plate with a step of 1 mm.

Table 1 Characteristics of plug seedlings

Age of seedlings	18 days	23 days
Leaf area(cm ²)	15.4	28.5
No. of leaves	3.4	4.2
Leaf length with leafstalk(mm)	48.2	73.6
Leaf length without leafstalk(mm)	35.5	47.3
Leaf width(mm)	21.1	28.4

구와 묘판 사이의 간격은 임의로 조정할 수 있도록 하였다. 묘판은 취출편에 대하여 수직으로 이송되며, 묘판의 이송 속도와 묘 취출기구의 구동 속도는 취출 시간에 맞도록 동기화하였다.

성능 시험에 사용된 묘는 육묘공장에서 생산된 18일 플러그묘와 23일 플러그묘 두 종류를 사용하였다. 표 1은 시험에 사용된 18일 묘와 23일 묘를 각각 10개씩 임의로 선정하여 측정 한 엽면적, 엽수, 엽장 등을 나타낸 것이다.

본 연구에서 대상으로 한 플러그묘는 가을 배추로서 떡잎을 포함한 본엽이 5~6매 정도일 때 이식하는 것이 바람직하다. 시험에 사용된 18일 묘는 정식에는 문제가 없었으나 일반적으로, 정식하기에는 약간 이른 상태이었다. 묘는 시험하기 1일 전에 관수하였으며, 시험할 때의 함수율은 습량 기준으로 18일 묘가 75.8%, 23일 묘가 75.4% 이었다.

실험은 2차의 예비 실험을 통하여 의미가 있다고 판단된 조건에 대하여 수행하였다. 표 2에서와 같이 묘의 나이, 안내판의 형식, 취출편의 묘 접근 방향, 취출편의 뿌리흙 관입 깊이, 구동 링크의 회전 속도에 따라 7가지 조건을 설정하여 수행하였다. 묘의 나이는 18일 묘와 23일 묘 2종류를 사용하였으며, 안내판의 형식은 1 mm 높이의 계단을 주지 않는 경우(A)와 주는 경우(B), 취출편의 묘 접근 방향은 셀의 상부(U), 중앙(M), 하부(L) 3방향으로, 취출편의 관입 깊이는 38 mm와 41 mm로, 구동 링크의 회전 속도는 30 rpm과 40 rpm으로 구분하였다. 각 조건에서 취출장치는 최소한 68 내지 136개의 묘를 취출하였으며, 그 결과를 이용하여 성능을 평가하였다.

시작기 평가에서와 같이 취출 실패와 뿌리흙의 파괴는 취출장치의 기능이 실패한 것으로 하였으며, 뿌리흙의 파괴는 파괴 정도에 따라 하부 흙의 1/4 이하가 파괴된 경우를 하부 파괴, 상부 흙의 1/4 이하가 파괴된 경우를 상부 파괴, 뿌리흙 전체

Table 2 Operational conditions for performance test

Condition No.	1	2	3	4	5	6	7
Seedling age (days)	23	23	23	23	18	23	23
Guide plate type	B	A	B	B	B	B	B
Approach direction	L	L	M	M	M	U	M
Penetration depth (mm)	41	41	41	41	41	41	38
Driving velocity (rpm)	30	30	30	40	30	30	30

의 1/4 이상이 파괴된 경우를 전체 파괴로 구분하였다. 취출편에 의하여 잎이 찢어진 경우도 기능의 실패로 간주하였으나, 예비 시험 결과에 의하면 이는 정식후 배추 성장에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판명되었다. 이러한 점을 고려하여 취출 기구의 성공률을 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{성공률}(\%) = \frac{\text{공급된 묘의 총수} - \text{기능 실패 수}}{\text{공급된 묘의 총수}} \times 100$$

$$\text{기능 실패 수} = \text{취출 실패 수} + \text{뿌리흙 파괴 수} + \text{잎의 손상 수}$$

묘판의 셀에 묘가 없는 경우는 공급된 묘의 총수에 포함하지 않았다. 성공률은 취출장치가 얼마나 성공적으로 취출, 이송, 배출 기능을 수행하였는가를 나타낸 것이라고 할 수 있다.

7. 결과 및 고찰

성능 시험의 결과는 표 3에서와 같이 나타났다. 대부분 기능 실패는 취출 실패로 나타났으며, 뿌리흙은 주로 하부쪽에서 파괴되었다. 전체 뿌리흙의 1/4 이상이 파괴된 경우도 있었으나, 잎이 손상된 경우는 거의 나타나지 않았다.

취출 실패가 많았던 경우는 안내판에 계단을 두지 않고 취출편의 묘 접근 방향이 아래쪽인 경우와 18일 묘를 사용한 경우로 나타났다. 이 때의 성공률은 각각 82.4%와 80.0%로서 가장 낮았다. 뿌리흙의 파괴가 가장 많았던 경우는 취출편의 묘 접근 방향이 윗쪽인 경우이었으며, 성공률은 86.6%이었다. 취출 실패와 뿌리흙 전체의 파괴만을 고려하면 위의 성공률은 각각 87.5%, 83.1%, 86.6%로 증가되었다. 다른 조건의 경우에는 89.6~94.4%의 성공률을 나타내었으며, 취출 실패와 뿌리흙 전체의 파괴만을 고려하였을 때는 94.0~96.8%로 증가되었다. 성능 시험의 결과를 요약하면 상대적으로 우수한 성능은 다음과 같은 조건에서

Table 3 Results of performance test

Condition No.	1	2	3	4	5	6	7
No. of seedling cells feed	136	136	136	136	68	68	68
No. of missing seedlings	1	0	12	5	3	1	1
No. of extraction failures	3	16	1	2	6	2	0
Soil breakage							
Lower	8	7	3	4	2	0	2
Upper	0	0	0	0	0	0	2
Whole	2	1	3	4	5	7	2
Leaf damage	1	0	0	0	0	0	0
Success ratio*	89.6	82.4	94.4	92.4	80.0	86.6	91.0
Success ratio†	96.3	87.5	96.8	95.4	83.1	86.6	94.0

* Extration failure, soil breakage and leaf damages were all counted.

† Only extraction failure and whole soil breakage were counted.

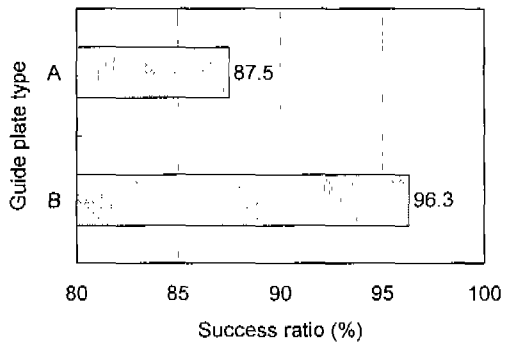


Fig. 9 Success ratio by type of guide plate.

나타났다.

- (1) 안내판에 1 mm의 계단을 만들었을 때
- (2) 취출편의 접근 방향이 중앙일 때
- (3) 구동 링크의 회전 속도가 30 rpm이고 반시계 방향일 때
- (4) 23일 묘를 사용하였을 때
- (5) 취출편의 관입 깊이가 41 mm일 때

그림 9~그림 13는 각각 안내판의 형식, 취출편의 묘 접근 방향, 구동 링크의 회전 속도, 묘의 나이, 취출편의 뿌리흡 관입 깊이에 따른 취출장치의 성공률을 나타낸 것이다. 그림 8에서와 같이 안내판에 계단을 주는 경우의 성공률은 96.3%로서 주지 않는 경우보다 8.8% 높았다. 안내판에 계단을 주는 것은 취출편이 서서히 단으며 묘의 뿌리흡을 잡는 방식으로서, 삽입되어 잡는 방식 즉,

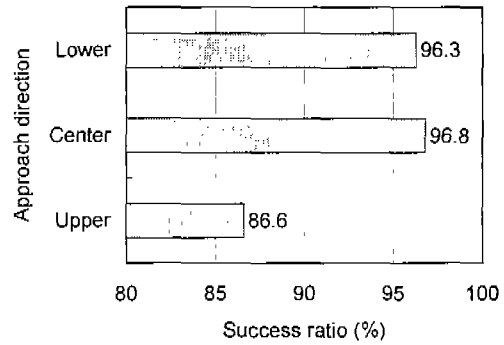


Fig. 10 Success ratio by approaching direction of pins.

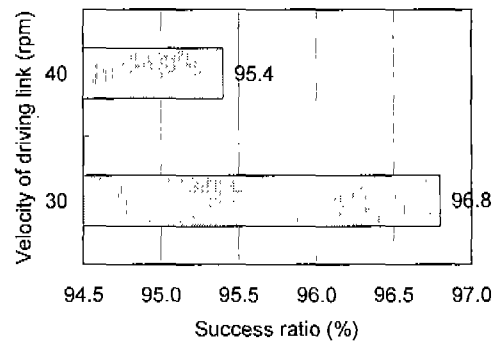


Fig. 11 Success ratio by velocity of driving link.

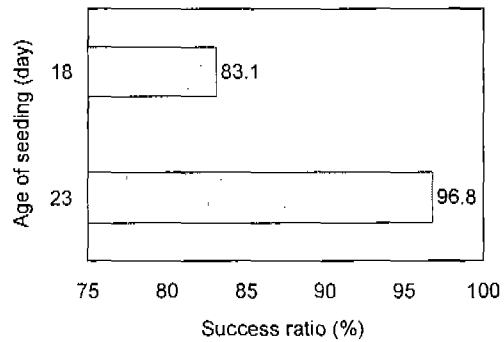


Fig. 12 Success ratio by age of seedling.

계단을 주지 않는 경우보다 취출 성능이 우수하기 때문인 것으로 판단된다. 취출편의 묘 접근 방향은 셀의 중앙을 기준으로 위쪽과 아래쪽으로 각각 3.5 mm 이동한 방향을 상부와 하부로 하였을 때, 상부로 접근할 때의 성공률이 가장 낮았으며 중간

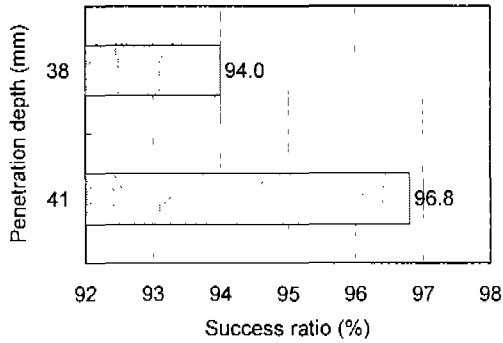


Fig. 13 Success ratio by penetration depth of pins.

과 하부로 접근하였을 때의 성공률은 96% 이상이였다. 그러나 상부와 하부로 접근하였을 때는 취출핀이 뿌리혹 밖으로 노출되는 경우가 있었으며 상부로 접근하였을 때는 묘판의 윗줄에 있는 묘의 잎을 손상시키는 경우도 발생하였다. 구동링크의 회전 속도에서는 그림 10에서와 같이 30 rpm일 때의 성공률이 96.8%로서 40 rpm일 때보다 1.4% 높았다. 23일 생육한 묘와 18일 생육한 묘의 성공률은 각각 96.8%와 83.1%로서 다른 경우에 비해 현저한 차이를 보였다. 즉, 취출장치의 성공률은 묘의 생육 상태에 따라서도 큰 영향을 받는 것으로 판단된다. 취출핀의 뿌리혹 관입 깊이는 41 mm일 때의 성공률이 96.8%로서 38 mm일 때보다 2.8% 높았다.

8. 요약 및 결론

배추 정식기에 사용될 플러그묘의 취출장치를 개발하여 성능 실험을 실시하였다. 취출장치는 200공 묘판에서 묘를 취출하여 정식기구로 이송하며, 배출위치에서 배출하는 기능을 수행한다. 개발된 취출장치는 5절 기구로서, 구동링크, 피동링크, 연결링크, 슬라이드, 고정링크로 구성하였다. 연결링크는 구동링크와 슬라이드를 연결하며, 슬라이드가 피동링크와 고정된 직선 및 곡선 슬롯을 따라 제한 운동을 하여 필요한 궤적을 구현하도록 하였다. 슬라이드는 후후 취출핀과 취출핀 구동장치로 대체하였다.

개발된 취출장치의 시작기를 제작하여, 묘의 나이, 안내판의 형식, 취출핀의 묘 접근 방향, 취출핀의 뿌리혹 관입 깊이, 구동 링크의 회전 속도에 따라 7가지 조건에서 성능 시험을 실시하였다. 취출장치의 성능은 취출핀이 뿌리혹에 삽입되는 깊이가 깊을수록, 취출핀의 묘 접근 방향이 셀의 중앙을 향할수록, 안내판에 계단을 주어 취출핀이 뿌리혹을 서서히 잡으면서 취출할수록, 충분히 생육된 23일 묘를 사용할수록 높았으며, 취출 실패와 뿌리혹의 완전 파괴만을 고려하였을 때 최대 성공률은 96.8%로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Park, H. J. 1993. Development of a computer simulation program for the design of a high speed transplanting mechanism. Unpublished Master thesis, Seoul National University.
2. Chung, C. J., W. S. Kang, K. U. Kim, M. S. Kim, K. H. Ryu, H. K. Song, S. K. Lee, Y. R. Lec and J. H. Lee. 1998. Study on the direction of mechanization for low land crops, horticultural crops and livestock productions. Korean Society for Agricultural Machinery.
3. Rural Development Administration. 1999. Mid- and long-term research and development plans for globalization for agricultural science and technology (draft). p28.
4. Choi, W. C. 2000. Development of a automatic pick-up mechanism for plugseedlings. Unpublished Master thesis. Seoul National University.
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.
7. Hassan, A. E. and W. H. Haddock. 1991. Packing of pine seedlings using soil failure criteria. Transactions of ASAE 34(2):695-698.