

채소정식기용 로터리 식부장치 개발

박석호 조성찬 김진영 최덕규 김충길 곽태용

Development of Rotary Type Transplanting Device for Vegetable Transplanter

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

Abstract

Vegetable transplanting operation has been wholly depended on human labor that needs 18.4 hrs per 10 acres in Korea. Since periods of vegetable transplanting operations are limited, their mechanization has been strongly demanded. This study was conducted to develop a transplanting device that was the core technology for vegetable transplanter. In order to find out transplanting track and velocity of transplanting device, a kinematic analysis software was employed. Evaluation of prototype was carried out in the circular soil bin with high speed camera.

Rotary type transplanting device produced an elliptic loci when two links of different lengths were moving to the opposite direction. The length of two links was 75 mm and 44 mm, respectively. Maximum displacement of rotary type transplanting device was 238 mm. It seemed that the transplanting elliptic loci of transplanting device were identical between the simulation output generated by kinematic analysis software and the circular soil bin test result with a high speed camera. The rotary type transplanting device can be suitable for transplanting short height vegetable, less than 20 cm length vegetables such as Chinese cabbage and cabbage, etc.

Keywords : Vegetable transplanter, Transplanting device, Rotary transplanting device

1. 서론

채소재배는 경운 및 방제 작업을 제외하면 대부분 인력에 의존하고 있는 실정이다. 그중 정식작업은 허리를 깊게 구부린 상태로 지속적인 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 절실하다.

식부장치는 전자동 또는 반자동 채소정식기에 꼭 필요한 핵심장치로 이용된다. 미국이나 유럽의 대규모 채소 재배지

역에서의 정식작업은 사람이 기계에 탑승하여 직접 모종을 모 공급장치에 분배하는 반자동식인 대형 작업기이다. 유럽에서 사용하고 있는 채소정식기의 식부기구는 여러 줄을 한 번에 심을 수 있도록 고안된 디스크방식의 식부기구가 주로 이용되고 있다. 이러한 디스크방식의 식부기구는 구절기로 골을 낸 다음 회전하는 디스크 사이에 삽입된 모를 골 안에 이식하는 식부장치이기 때문에 우리나라와 같이 비닐멀칭을 많이 하는 재배양식에는 적용하기 어렵다.

일본에서는 모를 인력으로 공급하는 방식의 보행 1조식 채소정식기를 주로 이용하고 있다. 최근에는 양배추, 배추, 양상추 등의 플러그모를 자동으로 1시간에 10a를 심을 수 있는

The article was submitted for publication in March 2005, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 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>

승용관리기 부착형이나 자주식의 채소정식기와 폐지를 육묘용 포트에 재활용한 종이포트로 채소정식기 등 다양한 방식의 채소정식기가 보급되고 있다(NAMBU, 1993). 그러나 일본의 채소정식기에 채택되어 있는 식부기구 등의 핵심장치들은 모두 특허로 보호되어 있기 때문에 기술도입이 용이치 않으며 이 기술을 수입할 경우 기술도입료를 지불해야 한다. 일본의 기계를 도입하면서 지불한 기술도입료는 기계가격에 부가되므로 결국 농가경쟁력을 떨어뜨리는 요인으로 작용하게 될 것이다.

우리나라의 채소정식작업의 기계화수준은 초보단계에 머물러 있다. 1990년 중반에 인력으로 모를 공급하는 반자동 채소정식기가 보급된 바 있으나 모를 공급하는 사람과 기계를 운전하는 사람이 필요하기 때문에 작업능률이 떨어져 거의 이용되지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 채소정식기의 핵심장치인 식부장치를 개발하고자 연구를 수행하였다. 동역학해석 프로그램을 이용하여 식부장치의 운동해석을 통하여 식부장치 최적설계변수를 도출하고, 도출된 자료를 기초로 식부장치를 설계·제작하여 원형 회전토조에 설치하여 고속카메라를 이용하여 식부장치의 운동을 검증하였다.

2. 재료 및 방법

가. 식부장치 설계기준 설정

배추, 양배추, 결구상추, 양파, 고추, 토마토, 가지, 참외, 수박, 오이, 딸기, 파, 양파 등의 작물은 종자를 파종하여 온실에서 일정기간동안 기른 후에 본밭에 정식을 한다(농촌진흥청, 1996). 채소정식기는 모의 물성이나 형상, 재배양식 등에 따라 다른 방식의 식부장치가 이용된다. 채소정식기의 식부장치를 설계하는데 고려해야 할 주요변수로는 적용하는 작물의 주간거리, 정식깊이 및 작물의 초장 등이 있다. 주간거리는 식부기구의 구동축의 회전수와 채소정식기의 작업속도를 설

계하는데 기준이 되며, 정식깊이와 작물의 엽수는 식부호퍼의 길이 및 직경을 설계하는데 기준이 되며, 작물의 초장은 식부기구의 링크길이를 결정하는데 기준이 된다.

표 1은 작물의 재배양식과 물성을 나타낸 것이다(Gyeongsang National University, 1995). 배추, 양배추, 상추 등과 같은 잎채소는 같은 식부장치로 정식이 가능하며, 고추, 토마토 등의 열매채소는 잎채소 정식용 식부장치 보다 긴 행정을 가지도록 설계하여야 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 식부장치는 배추, 양배추, 상추 등과 같이 작물의 최대 초장이 20 cm 미만인 작물에 적용시키기 위하여 표준재배양식(오인식 등, 1999)을 기준으로 정식깊이는 4.5 cm, 식부자세는 90°, 주간간격은 30~40 cm로 설계하였다. 작업속도는 본체로 사용되는 승용관리기의 정식작업속가 0.2~0.4 m/sec이므로 최대속도인 0.4 m/sec에서 작업이 가능하도록 0.4 m/sec를 기준으로 식부장치를 설계하였다.

나. 식부궤적 형성원리

길이가 다른 두개의 링크를 서로 반대방향으로 회전시켜 타원형의 식부궤적을 얻을 수 있다. 그림 1에서 구동링크 a는 원

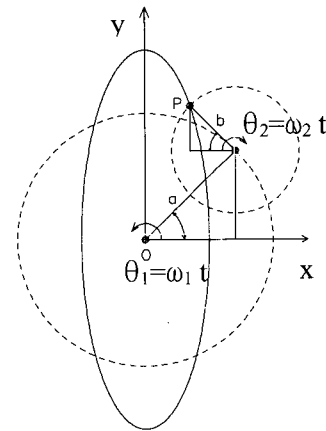


Fig. 1 Principle of making locus of rotary type transplanting device.

Table 1 Transplanting patterns of various vegetable.

Vegetable	Row space (cm)	Hill space (cm)	Transplanting epth (cm)	Plant height (cm)	No. of leaves (Unit)
Chinese cabbage	60	30~40	4.0~5.0	5~20 (15.1)	3~9 (6.0)
Cabbage	54~75	36~69	4.0~5.0	15~20 (19.7)	3~9 (5.6)
Lettuce	45~54	30~50	4.0~5.0	5~14 (8.8)	3~9 (6.3)
Red pepper	70~90	20~40	6.0	25~40 (33.0)	7~18 (13.1)
Tomato	90	40~50	4.0~5.0	25~40 (34.8)	7~12 (8.8)
Melon	150~250	35~90	4.0~5.0	5~40 (18.6)	3~6 (5.2)
Cucumber	150~180	35~40	4.0~5.0	5~30 (25.4)	3~6 (4.1)

※ () : Average

형의 궤적을 형성하며, 종동링크 b는 타원형의 궤적을 형성하게 된다. 그림 1과 반대로 링크 b의 길이가 링크 a의 길이보다 긴 경우는 타원형의 궤적을 형성하지만 점 P가 그림 1과 반대 방향으로 회전하면서 궤적을 형성하게 된다. 링크 a, b의 길이가 같을 경우는 직선의 궤적을 형성하게 된다. 이러한 식부궤적은 채소정식기가 주행할 때 식부호퍼가 토양속에서 정식기가 주행하는 거리만큼 식부호퍼가 뒤로 이동할 수 있어야만 식부호퍼가 땅속에서 끌리지 않기 때문에 채소정식기의 주행 속도에 맞도록 링크의 길이를 적절하게 설계하여야 한다.

링크 a가 반시계방향으로 ω_1 의 속도로, 링크 b가 시계방향으로 ω_2 속도로 회전할 때 식부호퍼에 해당하는 점 P의 변위 S, 속도 V 및 가속도 A는 식 (1)~(3)과 같이 나타낼 수 있다. 식에서 $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$, $\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60}$ 이며, n_1 과 n_2 는 분당회전수 (rpm)이다.

$$S_x = a \cos \omega_1 t - b \cos \omega_2 t, S_y = a \sin \omega_1 t + b \sin \omega_2 t \quad (1)$$

$$V_x = \frac{dS}{dt} = -a\omega_1 \sin \omega_1 t + b\omega_2 \sin \omega_2 t,$$

$$V_y = \frac{dS}{dt} = a\omega_1 \cos \omega_1 t + b\omega_2 \cos \omega_2 t \quad (2)$$

$$A_x = \frac{dV}{dt} = -a\omega_1^2 \cos \omega_1 t + b\omega_2^2 \cos \omega_2 t,$$

$$A_y = \frac{dV}{dt} = -a\omega_1^2 \sin \omega_1 t - b\omega_2^2 \sin \omega_2 t \quad (3)$$

다. 식부장치 운동해석

로터리 식부장치의 운동해석은 식부장치가 일정한 속도로 제자리에서 회전할 때와 주행할 때의 식부호퍼 끝단의 궤적과 식부속도를 분석하였다. 식부장치의 운동해석을 위하여 3차원 설계프로그램(IDEAS Ver. 10)을 이용하여 식부장치를 설계한 후 3차원 해석프로그램으로 불러와 식부장치의 운동을 해석하였다. 식부장치의 각각의 part는 joint, force, contact 명령을 이용하여 모델링 하였다. 링크 a가 반시계방향으로 초당 1회전하는 운동식은 $-2\pi \times \text{time}$, 링크 b가 링크 a와 반대방향으로 2배의 속도로 회전하는 운동식은 $4\pi \times \text{time}$ 을 입력하였다. 식부호퍼가 초당 1회전하면서 0.4 m/sec의 속도로 주행하는 경우는 translational joint 명령을 사용하여 식부장치가 ground를 평행 이동하는 것으로 가정하여 운동식은 $400 \times \text{time}$ 을 입력하였다. 식부장치가 모 취출장치로부터 모를 공급받는 동안 일시 정지했다가 회전하는 동작은 간헐기어(Geneva gear)에 의해 작동되도록 설계하였다(Chironis, 1991). 운동해석프로그램에서 이 간헐기어의 운동식은 시간변화에 따른 회전수로 정의하였다. 식 (4)는 구동축이 60 rpm 회전하는 경우를 나타낸 것으로 0.5초 동안 일시 정지했다가 0.5초 동안 1회전하도록

정의한 것이다.

$$\begin{aligned} & \text{IF}(\text{TIME}-0.5:0,0, \\ & \text{IF}(\text{TIME}-0.75:4*\text{PI}*(\text{TIME}-0.5),\text{PI}, \\ & \text{IF}(\text{TIME}-1.25:\text{PI},\text{PI}, \\ & \text{IF}(\text{TIME}-1.75:\text{PI}+4*\text{PI}*(\text{TIME}-1.25),3*\text{PI}, \\ & \text{IF}(\text{TIME}-2.25:3*\text{PI},3*\text{PI}, \\ & \text{IF}(\text{TIME}-2.75:3*\text{PI}+4*\text{PI}*(\text{TIME}-2.25),5*\text{PI},5*\text{PI})))))) \quad (4) \end{aligned}$$

라. 식부장치 설계

링크 a, b를 서로 반대방향으로 회전시키면서 링크 b의 끝단에 부착된 식부호퍼를 주기적으로 개폐하기 위해서 그림 2와 같이 식부장치를 구성하였다. 서로 반대방향으로 링크를 회전시키는 원리는 고정축을 본체에 고정시키고 구동축을 구동시키면 기어케이스 1이 회전함으로써 기어케이스 1 내부에 있는 기어들이 반대방향으로 회전하게 된다. 기어 1, 2, 3을 거쳐 2배로 증속된 동력이 기어 4와 커플링조합으로 연결된 기어케이스 2를 반대방향으로 회전되도록 설계하였다. 만약 기어 1, 2, 3, 4를 거치는 동력이 1 : 1로 회전한다면 기어케이스 2는 회전하지 않게 된다.

타원형 식부궤적을 위한 기어케이스내의 기어비는 식 (5)와 같이 1 : 2로 증속되도록 설계하였다. 식부호퍼를 고정하

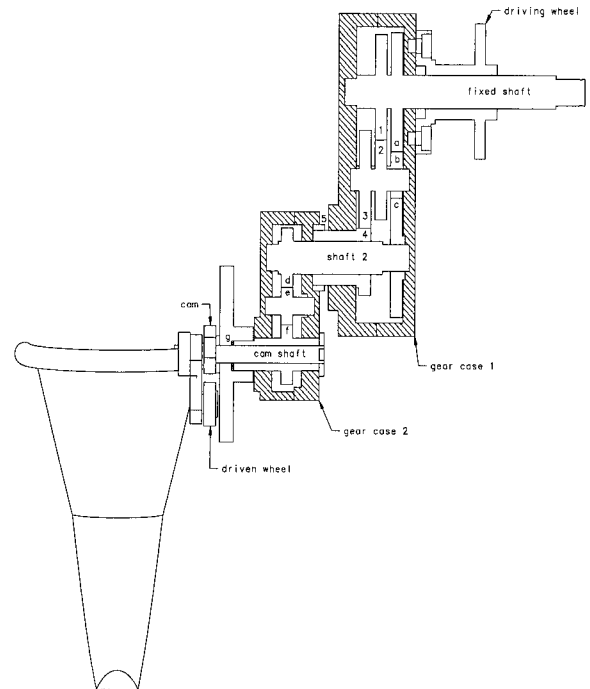


Fig. 2 Schematic diagram of power transmission view of rotary type transplanting device.7

Table 2 Dimension of rotary type transplanting device.

Length of gear case (mm)		Transplanting hopper (mm)	
Gear case 1	Gear case 2	Length	Diameter
75	44	153	φ100

Table 3 Specifications of experimental instrument.

Circular soil bin	High speed camera	Motion analysis S/W
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diameter : 5 m ▪ Width of bin : 0.45 m ▪ Depth of soil : 0.2 m ▪ RPM of bin : max. 5 ▪ Driving : hydraulic motor 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Image Resolution : 752×1,128 pixels ▪ Frame rate : up to 100,000 fps ▪ Weight : 1.9 kg 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Read : avi, tiff, bmp, jpeg, bayer, cine ▪ Images : Up to 9 Image windows ▪ Auto point tracking

기 위한 기어케이스내의 기어비는 식 (6)과 같다.

식부호퍼가 지면과 수직하도록 자세를 유지하는 원리는 본체에 고정된 고정축에 기어 a, b, c, d, e, f를 연결시키고, 기어 f를 식부호퍼 부착판 g와 커플링조합으로 연결시키게 되면 식부호퍼는 항상 지면과 수직하게 자세를 유지한다. 식부호퍼의 개폐원리는 회전하는 기어케이스 2에 캠축의 끝단을 고정하여 회전동력을 취출하였으며, 캠이 회전하면서 종동휠을 주기적으로 눌러주면서 식부호퍼를 개폐하도록 설계하였다. 로터리 식부장치의 체원은 표 2에 나타내었다. 기어케이스 1과 기어케이스 2의 축간 길이는 각각 75 mm 및 44 mm로 설계하여 최대변위가 237.8 mm가 되도록 설계하였으며, 식부호퍼의 길이는 153 mm, 식부호퍼의 상단부의 직경은 φ 100 mm로 설계하였다.

$$i = \frac{N_B}{N_A} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{33 \times 28}{22 \times 21} = \frac{2}{1} \quad (5)$$

i = gear ratio, N_A = Revolution of driving wheel(rpm),
 N_B = Revolution of gear 4(rpm)

$$i = \frac{N_B}{N_A} = \frac{Z_a \cdot Z_b \cdot Z_d \cdot Z_e}{Z_b \cdot Z_c \cdot Z_e \cdot Z_f} = \frac{34 \times 22 \times 16 \times 15}{22 \times 34 \times 15 \times 16} = \frac{1}{1} \quad (6)$$

i = gear ratio, N_A = Revolution of driving wheel(rpm),
 N_B = Revolution of gear 4(rpm), Z_b, Z_c = Idle gear

마. 시작기 성능시험

식부장치의 성능검증은 그림 3과 같이 원형 회전토조에서 실시하였다. 원형 회전토조는 원형토조, 받침장치, 토양다짐롤러, 작업기 부착장치 등으로 구성된다.

고속영상촬영시스템(motion xtra HG-LE)은 고속카메라, 노트북, 운동해석 소프트웨어, 조명 등으로 구성된다. 본 시험에

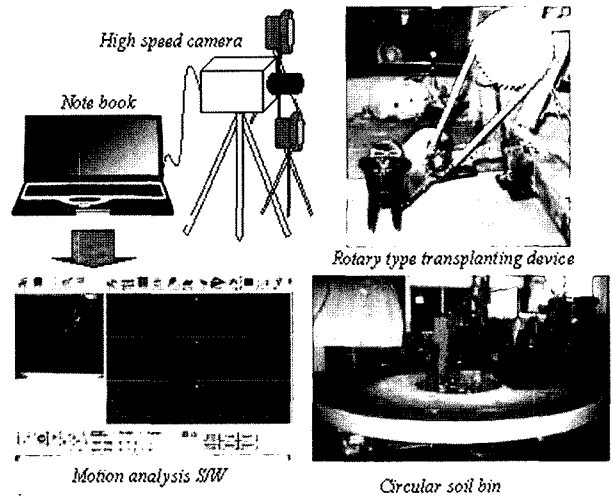


Fig. 3 Experimental device of transplanting device.

사용한 고속카메라의 셔터속도는 초당 500 frame으로도 충분한 결과를 얻을 수 있었다. 고속카메라로 찍은 영상은 jpg파일로 노트북에 저장한 후 motion해석 소프트웨어(MotionPlus Pro S/W)를 이용하여 식부호퍼의 변위, 궤적, 속도를 분석하였다. 분석된 결과는 동역학해석 프로그램으로 해석한 결과와 비교분석하였다. 본 연구에 사용한 원형회전토조, 고속카메라, motion 해석 소프트웨어의 사양은 표 3과 같다.

3. 결과 및 고찰

가. 식부궤적

그림 4는 식부장치가 제자리에서 회전할 때 동역학해석 프로그램을 이용하여 식부장치의 식부궤적을 분석한 결과이다. 식부궤적은 타원형의 궤적으로 나타났으며, 식부호퍼가 상사점에서 하사점으로 내려가는 구간과 올라올 때에 식부궤적이 약간의 차이가 발생하였다. 이러한 차이는 내려갈 때는 식부호퍼가 닫힌 상태인 반면 올라올 때는 식부호퍼가 열렸다가

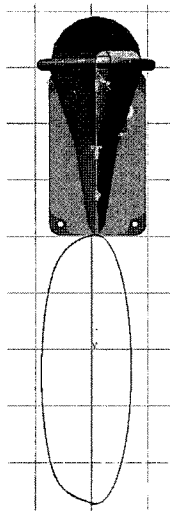


Fig. 4 Loci of rotary type transplanting hopper.

달리기 때문에 나타난 현상이다.

그림 5는 채소정식기가 주행하면서 식부장치가 45 rpm으로 구동될 때의 식부궤적을 나타낸 것이다. 식부궤적이 직선으로 나타나는 구간은 식부호퍼가 상사점에서 정지하고 있는 구간이며 식부궤적이 곡선으로 나타난 구간은 식부호퍼가 회전할 때 나타나는 궤적이다. 채소정식기가 0.3 m/sec로 주행할 경우 그림 5의 (a)와 같이 주간거리가 45 cm로 나타났다(1셀=10×10 cm). 식부호퍼가 토양에 삽입된 상태에서 식부호퍼가 10 mm 정도 뒤로 밀리는 현상이 발생하였다. 주행속도 0.4 m/sec일 경우는 그림 5의 (b)와 같이 주간거리가 넓어지면서 식부호퍼가 토양속에서 끌리는 현상을 방지할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 로터리 식부장치는 식부장치의 구동회전수를 45 rpm으로 하면서 0.4 m/sec로 주행할 때 모를 이식할 수 있는 이상적인 궤적이 형성되는 것으로 나타났다. 그림 6은 고속카메라를 이용하여 로터리 식부장치의 식부궤적을 구하

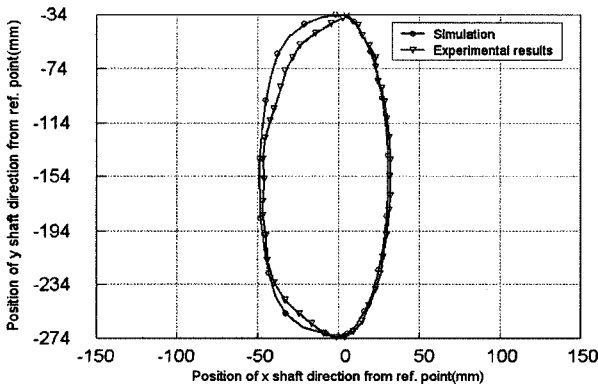
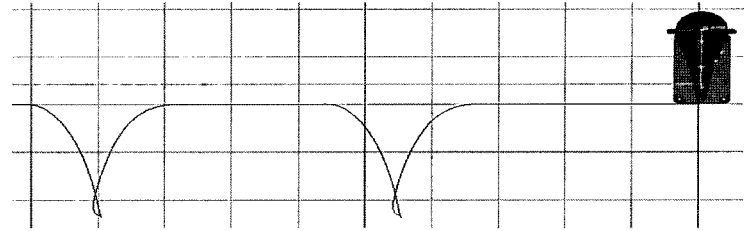
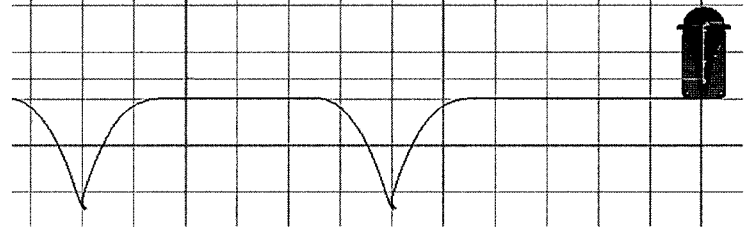


Fig. 6 Experimental and simulated locus of rotary type transplanting hopper.



(a) Traveling speed = 0.3 m/sec



(b) Traveling speed = 0.4 m/sec

Fig. 5 Locus of rotary type transplanting hopper.

고 그 결과를 동역학해석 프로그램으로 시뮬레이션 한 결과와 비교한 그림이다. 식부궤적은 타원형의 형상으로 고속카메라로 측정된 결과와 시뮬레이션 결과가 유사하게 나타났다. 그림 6에서 식부궤적의 우측은 식부호퍼가 내려갈 때, 좌측은 올라갈 때 생기는 궤적을 나타낸 것이다. 우측의 궤적은 식부호퍼가 닫힌 상태로 내려가므로 실험결과와 시뮬레이션 한 결과가 같게 나타났지만, 좌측의 궤적은 식부호퍼가 캠으로 구동되어 열렸다가 닫히면서 상승하는 구간이므로 캠의 형상차이에 의해 약간 다른 궤적이 나타난 결과이다. 세로방향의 최대변위는 238 mm로 그림 1에서 설명한 이론적인 결과와 같게 나타났다. 가로방향의 변위는 75 mm로 나타났다.

나. 식부호퍼의 속도

그림 7은 고속카메라를 이용하여 로터리 식부장치가 1회전했을 때의 식부속도를 구하고 그 결과를 시뮬레이션 한 결과와 비교한 그림이다. 실험데이터에서 식부호퍼의 식부속도는 상사점에서 하사점으로 내려갈 때가 하사점에서 상사점으로 올라올 때보다 빠르게 나타났다. 실험결과에서 식부호퍼가 내려갈 때의 최대식부속도는 2.9초에서 1.23 m/sec로 나타났으며, 올라갈 때의 최대식부속도는 3.4초에서 0.79 m/sec로 큰 속도차가 발생하였다. 그러나 시뮬레이션에서의 최대속도는 0.75 m/sec로 상승시와 하강시에 같게 나타났다. 반면에 실험결과에서는 식부호퍼가 상사점에서 하사점으로 내려갈 때는 자중에 의하여 빨리 회전하고 반대로 상사점으로 올라올 때는 체인의 장력이 증가할 때까지 기다렸다가 식부호퍼가 회전했기 때문에 나타난 결과이다. 체인의 유격과 기어의 백래시로 인한 속도차는 사용시간이 경과할수록 커지기 때문

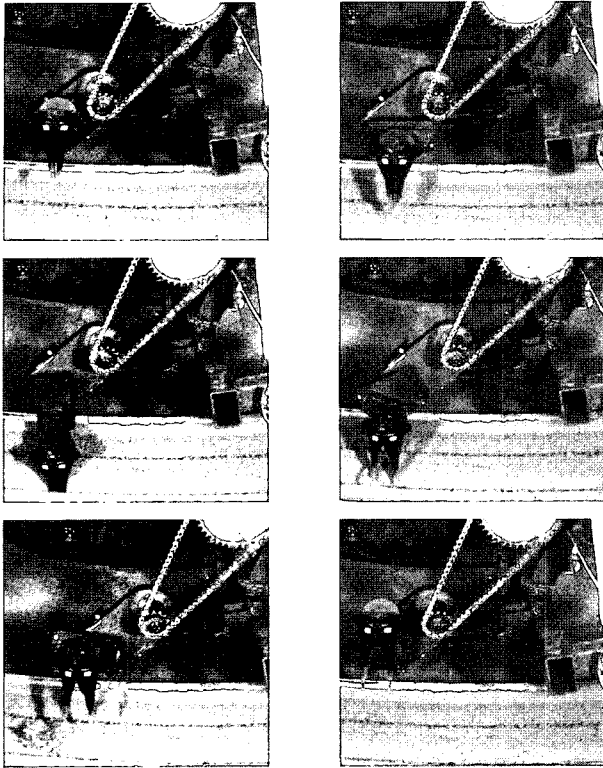


Fig. 8 Transplanting state of rotary type transplanting device.

에 모의 식부자세가 불량해지고 식부장치의 내구성을 떨어뜨릴 우려가 있으므로 채소정식기를 설계할 때 기어 및 체인에서 발생하는 유격을 최소화 할 수 있도록 동력전달장치를 설계해야 될 것으로 생각된다.

다. 식부상태

그림 8은 로터리 식부장치가 45 rpm으로 구동되고 원형 회전토조를 0.4 m/sec로 회전시켰을 때 모 식부상태를 나타낸 그림이다. 식부호퍼가 토양에서 끌리거나 밀리는 현상은 발생하지 않았다. 다만, 식부호퍼가 토양에서 빠져 나올 때 식부호퍼가 열리면서 흙을 뒤쪽으로 밀어내서 토양에 구멍이 넓어져 모가 쓰러지는 현상이 발생하였다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 식부호퍼가 한꺼번에 크게 열리지 않고 서서히 열리면서 토양에 잔공을 줄이면서 모의 자세를 똑바로 세울 수 있는 캠과 식부호퍼의 형상에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 식부호퍼가 좌우로 개폐되는 경우는 모가 좌우로 쓰러지기 때문에 복토장치에 모가 밟히는 경우가 발생할 우려가 있을 것으로 생각된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 채소정식기의 핵심장치인 식부장치를 개발

하고자 연구를 수행하였다. 동역학해석 프로그램을 이용하여 식부장치의 운동해석을 통하여 식부장치 최적설계변수를 도출하고, 도출된 자료를 기초로 식부장치를 설계·제작하여 원형회전토조에 설치하여 고속카메라를 이용하여 식부장치의 운동을 검증하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 서로 길이가 다른 링크를 반대방향으로 회전시킬 때 생기는 타원형의 궤적이 형성되는 원리를 이용하여 로터리방식의 식부장치를 개발하였다.
- (2) 식부장치의 식부궤적은 원형토조에서 검증한 결과 동역학해석 프로그램을 이용한 운동해석결과와 같이 타원형의 식부궤적을 형성하는 것으로 나타났다.
- (3) 로터리 식부장치의 식부속도는 상사점에서 하사점으로 내려갈 때는 1.23 m/sec, 반대로 올라갈 경우는 0.79 m/sec로 속도차가 발생했으나 동역학해석 결과에서는 체인과 기어를 모델링할 때 속도비만 입력해서 해석했기 때문에 식부장치의 상승 및 하강시에 속도차가 나타나지 않았다. 체인의 유격과 기어의 백래시는 사용시간이 경과 할수록 더욱 커져 식부궤적을 변형시켜 모의 식부자세가 불량해지는 원인이 될 뿐만 아니라 기계수명을 단축시키는 중요한 요인이 될 수 있으므로 채소정식기를 설계할 때 체인과 유격을 감소할 수 있는 대책이 필요할 것으로 판단된다.
- (4) 본 연구에서 개발한 로터리 식부장치는 작물의 초장이 20 cm이하인 배추와 양배추 등의 엽채소정식기의 식부장치로 이용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 농촌진흥청. 1996. 채소재배(표준영농교본). pp. 35-182
2. 오인식, 주경노, 이용복, 강창호, 김병갑. 1999. 원예작물의 기계화를 위한 재배양식 표준화 연구. 농업기계화연구소 시험연구사업보고서. pp. 63-71.
3. Chironis, Nicholas P. 1991. Mechanism & Mechanical Devices Sourcebook. pp. 78-82
4. Gyeongsang National University. 1995. Development of a System for the Mass Production of Uniform Seedling for Horticulture. Rural. Development Administration. pp. 26-34. (In Korean)
5. NAMBU Tetsuo and Keiji MIYAMOTO. 1993. Studies of Automatic Transplanter Using Chain Pot (Part 4) - Drop Chute Type Transplanting Mechanism and Soil Flow by Furrow Opener. Journal of the JSAM 55(4):129-135. (In Japanese)
6. National Agricultural Mechanization Research Institute. 2001. Development of Integrated Mechanization System for Chinese Cabbage Cultivation. Ministry of Agriculture & Forestry : 7-56. (In Korean)