

마늘파종기용 배종장치 개발

Development of a Metering Device for the Garlic Planter

최덕규	조성찬	이채식	박석호	김학진	강태경	김충길	곽태용
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
D. K. Choi	S. C. Cho	C. S. Lee	S. H. Park	H. J. Kim	T. K. Kang	C. K. Kim	T. Y. Kwak

SUMMARY

Garlic clove planting is one of the most laborious operations in Korean farming. The garlic planting has been done manually; therefore, it requires tremendous amounts of human labor resulting in the increase of production cost. This problem necessitated the development of a garlic clove metering device for the planter.

The device was fabricated to meter a single garlic clove with a scooping bucket(29mm in diameter and 8mm in depth) designed after the image of clove's bottom shape. The tilt angle of the metering plate and the magnitude of vibration were also affected the metering performance. The angle clove metering rates ranged 95.4~96.7% with the missing rate of 0.0~1.3% at the 80~85 degrees of the tilt angle and vibration level 2(1.985 m/s²).

Keywords : Metering device, Metering rate, Vibration, Center of gravity, Centroid.

1. 서 론

마늘은 고추와 더불어 우리나라 농가의 주요소득원인 조미채소로서 국내 마늘재배면적이 중국, 인도 다음으로 세계 3위를 차지하고 있으며, 생산량은 1999년도에 38만톤으로 세계 마늘생산량의 4.2%를 차지하고 있다(FAO, 2000). 재배면적은 1990년도에는 49천ha에서 1994년에는 36천ha까지 감소하였으나, 1998년부터 점차 증가하는 경향을 보이고 있다.

1인당 마늘소비량은 10kg/년에 달하여 실질적인 농가소득을 높이기 위하여 마늘재배의 생력기계화가 필연적이거나 농가 호당 재배면적이 약 0.3ha로 영세하고 파종, 비료살포, 비닐피복 및 비닐뽑기, 쟁쟁기 등의 관리작업 및 수확작업 등을 거의 인력에 의존하고 있는 실정이다. 그동안 농촌노임

상승으로 마늘의 국내가격은 국제가격의 2~3배에 달해 국제 경쟁력이 낮기 때문에 마늘재배의 기계화가 절실히 필요하다(마늘시험장, 2000).

마늘재배에 소요되는 총 노동투하시간은 종자준비에서 운반 및 저장까지 178.9~217.3시간/10a으로 주곡인 벼의 40.8시간/10a과 비교하면 약 5배가 된다. 이중 파종작업은 손으로 한개씩 일일이 심기 때문에 소요시간은 26.2~33.6시간/10a에 달하여 전체 노동투하시간의 14.6~15.5%를 차지하고 있다(농촌진흥청, 1996).

신(1998)은 종자정렬형 정밀 마늘파종기 개발에서 컨베이어식, 드럼형 및 케도형 종자 배출장치를 연구한 바 있으며 드럼형의 경우 원활한 배종을 하기 위해서는 드럼곡면의 편평도를 높일 필요가 있음을 보고한 바 있다.

본 연구에서는 형상이 불균일하고 크기의 차이

This article was submitted for publication in August 2001; reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in October 2001. The authors are D. K. Choi, C. S. Lee, S. H. Park, H. J. Kim, T. K. Kang, C. K. Kim, T. Y. Kwak, Researcher, Div. of Bioproduction Machinery, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Suhdun-dong, Kwonsun-ku, Suwon 441-100, Korea, S. C. Cho, professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 361-769, Korea, The corresponding author is D. K. Choi, Researcher, Div. of Bioproduction Machinery, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Suhdun-dong, Kwonsun-ku, Suwon 441-100, Korea. E-mail : <chdukk@rda.go.kr>.

가 큰 인편의 외형을 분석하여 버킷을 설계하고, 배중에 영향을 주는 주요 요인을 설정하고 시험을 통하여 인편의 배중에 가장 적합한 배중장치를 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 인편의 크기 및 외형분석

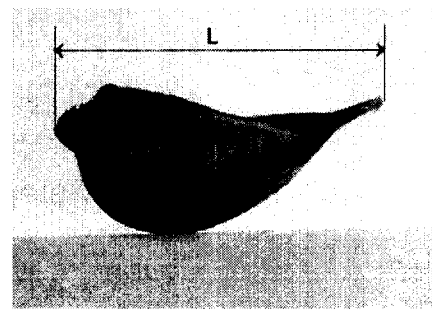
인편(鱗片)은 꽃대를 중심으로 성장하며 대표적 한지형 마늘인 서산, 의성, 단양종은 마늘통에 인편이 6~8쪽이며 난지형 마늘인 제주, 해남, 남도, 대서종의 경우 6~13쪽으로 한지형에 비해 쪽수가 많다. 본 연구에서는 우리나라의 대표적 재래종인 의성종을 사용하였다.

인편을 한 개씩 배중할 수 있는 버킷의 제원을 설정하여 배중장치를 설계하기 위한 기초자료를 얻고자 1998년에 농가에서 생산된 마늘 중 종구용으로 사용하는 마늘 30점을 구입하여 쪽분리를 한 후 무작위로 117개의 인편에 대하여 보호엽(겉질)이 있는 상태에서 길이(L), 너비(W), 두께(H), 무게를 측정하였다(그림 1).

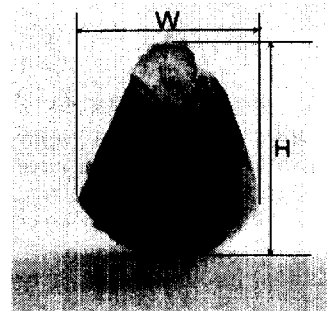
인편은 꽃대를 중심으로 구모양의 마늘통을 이루므로 인편끼리 접하는 부분은 편편하고 마늘통의 표면을 형성하는 부분은 호의 형상을 하고 있다. 파종에 사용하는 마늘은 인편으로 분리하여 사용하기 때문에 배중장치를 설계하기 위해서는 종자용 인편의 형상특성을 구명하여야 하므로 각각의 인편을 영상처리하여 특성을 분석하였다.

인편의 기하학적 형상을 분석하기 위한 영상분석장치는 CCD카메라(Fotovix II x-r, Tamron, Japan)와 영상분석프로그램(Inspector 2.2, Matrox, Canada)으로 각각의 인편의 측면을 투영하여 인편의 외곽선이 나타나도록 영상처리하여 좌표화하였다. 인편의 자세는 평평한 판 위에 인편을 길이방향으로 놓아 곡면부분이 바닥과 접촉하여 자세를 잡은 상태로 117개의 인편에 대하여 분석하였다.

인편 중에서 평균무게인 4.3g과 일치하는 인편을 표본으로 하여 무게중심을 구하여 도심과 어느 정도의 차이가 있는가를 살펴보고 버킷설계의 기준으로 설정한 인편의 등근밀면에 대한 분석의 타당성과 인편을 등근형상의 버킷에 담았을 때 안정적일 수 있는지를 판단하였다.



(a) Front view



(b) Side view

Fig. 1 Dimensional measurement of a garlic.

그림 2-a)는 CCD카메라로 찍은 인편의 외형이며 2-b)는 인편의 외형을 이미지화하여 외곽선을 구성하는 점을 x, y 좌표로 나타낸 것으로 인편의 등근 밀면이 바닥면과 접촉하는 위치를 x, y축의 중심으로 하였다. 2-c)는 보호엽을 제거한 상태의 인편이다. 인편은 식용으로 하는 알맹이인 저장엽이 보호엽(겉질)으로 덮여 있고, 씩이 나는 부위인 발아부는 긴 꼬투리로 싸여 있다.

인편의 도심을 구하기 위한 외곽선 이미지는 보호엽에 대한 이미지라고 할 수 있으며 도심을 구하는데 있어서 오차를 최소화하기 위하여 그 꼬투리를 제거할 필요가 있었다. 이러한 목적으로 인편의 이미지 중에서 실제(그림 2-c)의 저장엽과 유사하게 하기 위하여 그림 2-b)의 우측에 발아부 쪽으로 연장선을 그리고 외곽선과 만나는 꼬투리부를 제거하였다.

인편단면의 도심(X_c , Y_c)은 식(1)을 이용하여 구하였다.

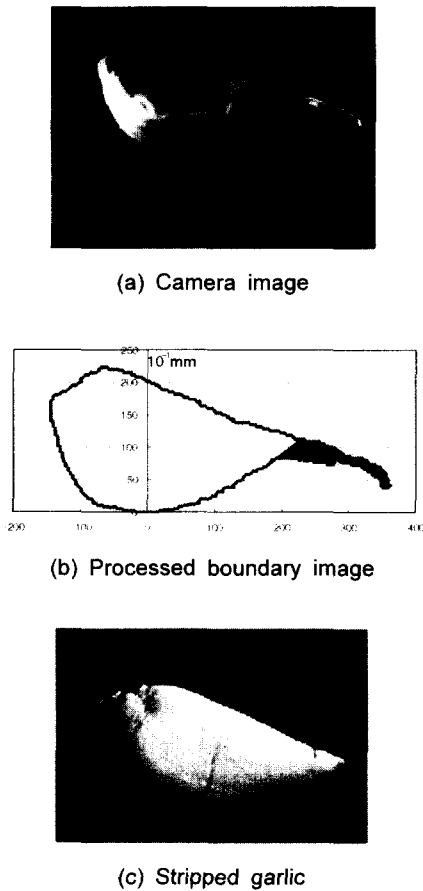
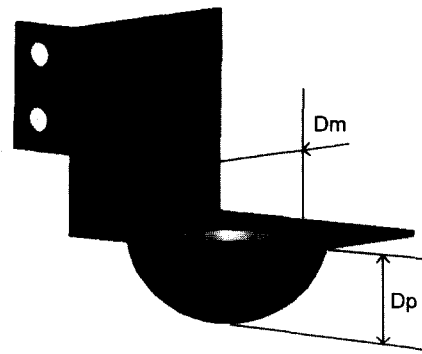


Fig. 2 Measuring and analysing of a garlic clove.

$$X_c = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n x_i A_i, \quad Y_c = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n y_i A_i \quad \dots (1)$$

- 여기서 x_i : 투영된 인편의 x좌표
- y_i : 투영된 인편의 y좌표
- A_i : 투영된 인편의 부분면적
- A : 투영된 인편의 전체면적

실제 인편의 무게중심은 영상처리한 이미지에서 인편이 바닥면과 닿은 위치의 수직선상에 위치할 것이므로 그래프상에서 $x=0$ 인 y 축상에 있어야 한다. 또한 표본 인편의 무게중심을 구하기 위하여 보호엽을 제거한 인편을 3차원으로 모델링하였으며 모델링한 인편내부의 밀도는 일정하다고 가정



D_m : Diameter of bucket
 D_p : Depth of bucket

Fig. 3 Dimensional diagram of the bucket.

하고 설계프로그램(Ideas 8.0, SDRC, U.S.A)상에서 쉽게 인편의 무게중심을 구하였다.

인편을 한 개씩 배종하기 위한 버킷설계의 기초 자료를 얻고자 인편의 등근밀면의 형상특성을 분석하였다. 인편의 등근 밀면이 바닥면과 닿은 점을 원점으로 하여 좌표를 설정하고 그림 2-b)와 같이 $y = 20(2mm), 40(4mm), 60(6mm), 80(8mm)$ 인 x 축선이 이미지의 테두리와 접하는 두 교점을 측정하였다.

두 교점간의 길이인 2개의 x 좌표값을 117개의 인편에 대하여 측정하였는데 밀면에서 y 축으로 2, 4, 6, 8mm에 해당하는 x 좌표를 데이터로 하되 y 값에 해당하는 2개의 x 값 중 한 개 이상이 인편의 등근면에 위치하지 않는다면 데이터에서 제외하였다.

나. 버킷설계

버킷의 모양은 인편의 형상분석결과 인편의 등근면을 담아 안정되게 배종할 수 있도록 국자형상의 반구로 하였으며(그림 3), 반구의 크기는 인편의 등근밀면에서부터의 거리별(2, 4, 6, 8mm)로 길이를 분석하여 얻은 결과로 반구의 직경을 설정하였다. 분석결과 거리 6mm일 때의 평균값을 기준으로 하였으며 버킷은 등근 반구의 직경과 깊이에 따라 A, B, C의 3가지로 설계하였고, 표 1에 버킷의 종류에 따른 제원을 나타내었다.

Table 1 Size of the bucket

Types of buckets	Dimensions(mm)	
	Diameter(Dm)	Depth(Dp)
A	23	7
B	29	8
C	29	5

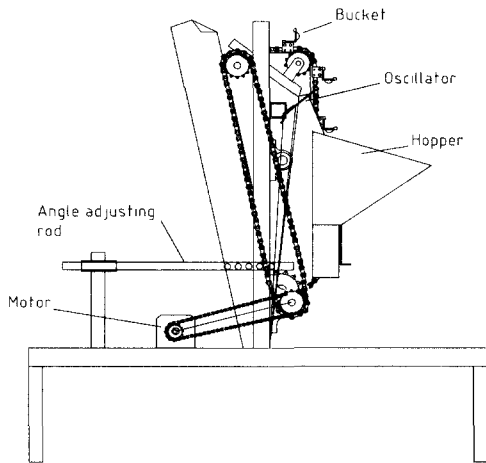


Fig. 4 An experimental chain bucket vibration type clove metering device.

다. 마늘배종장치

그림 4에 인편 배종실험장치를 나타내었다. 배종장치의 구동은 DC모터(4GN3K, OM, Japan)를 사용하였으며 배종장치의 경사각도별 배종상태를 실험하기 위하여 각도 조절장치로서 각도를 조절할 수 있도록 하였다. 또한 체인이 회전하는 앞부분의 프레임에 막대를 설치하여 버킷이 부착된 체인의 롤러에 막대가 부딪히는 양을 조절할 수 있도록 함으로서 진동의 크기를 조절하여 진동크기에 따른 인편의 배종상태를 실험할 수 있도록 하였다. 인편은 종자통에 담겨져 있다가 동력원인 모터에 연결된 체인이 일정하게 회전하면서 체인에 부착된 버킷에 의해 배종되도록 하였다.

버킷의 속도는 50마력 트랙터가 저속 1단으로 작업할 때의 속도 0.22m/s로 하였으며, 이때 구동 스프로킷의 피치반경이 40.6mm이므로 스프로킷의

회전수는 26rpm으로 고정하여 실험하였다.

라. 실험방법

(1) 실험인자 결정

종자통에 담겨있는 인편 중에서 한 개만을 배종하기 위한 적절한 요인을 구명하기 위해서 가장 중요한 배종요인을 설정하여 실험하고자 하였다. 따라서 본 배종요인실험은 버킷의 크기별로 3가지, 배종판경사각도 70~100° 사이를 5° 간격으로 7가지, 버킷의 진동은 체인이 회전하면서 발생하는 자체진동과 진동발생막대와 체인롤러와의 접촉거리를 3단계(1, 1.5, 2mm)로 변화시켜 4수준으로 설정하였다. 마늘을 배종하는 버킷의 홈은 체인의 이송방향과 수평하므로 배종판 경사각도는 종자통 안에서 버킷이 부착된 체인이 지면과 수직일 때를 90°로 하였다.

(2) 진동 측정

배종실험장치의 진동발생막대에 의해 발생하는 진동의 크기에 따른 인편의 배종상태를 구명하기 위하여 배종장치의 버킷에 발생하는 진동의 크기를 측정하였다. 진동의 크기는 체인 자체의 진동과 진동발생막대가 체인의 롤러에 1, 1.5, 2mm로 접촉하도록 하여 진동크기를 조절하였다. 진동의 측정위치는 체인에 부착된 버킷이 종자통을 통과하면서 진동발생막대에 체인의 롤러가 접촉하는 위치였으며, 인편의 배종률에 가장 큰 영향을 주는 버킷의 수평방향으로의 진동크기를 레이저진동 측정기(OFV 303, Polytec, USA)를 사용하여 측정하였다.

(3) 배종률의 정의와 실험방법

인편의 배종실험에서 1립배종률과 결주율을 다음과 같이 정의하였다.

1립배종률(single clove metering rate)

$$= \frac{\text{single clove metering occurrence}}{\text{total trials}} \times 100\%$$

결주률(missing rate)

$$= \frac{\text{missing clove metering occurrence}}{\text{total trials}} \times 100\%$$

배종실험은 각 실험인자(버킷크기, 배종판경사 각도, 버킷진동)의 수준별(3×7×4) 84조합에 대하여 3반복 실험하였고 1회에 사용한 마늘의 개수는 100개였다. 배종상태는 3반복 실험한 배종률의 평균치를 취하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 인편의 형상특성 분석

(1) 크기

표 2는 인편의 크기를 측정된 결과를 나타내었다. 인편의 크기와 무게는 같은 구(bulb)에서 분리되었더라도 차이가 크며, 넓은 범위로 분포한다. 따라서 버킷설계의 기준을 설정하기가 어려우므로 인편의 표준모델을 설정하여 버킷설계에 기준으로 삼을 필요가 있다.

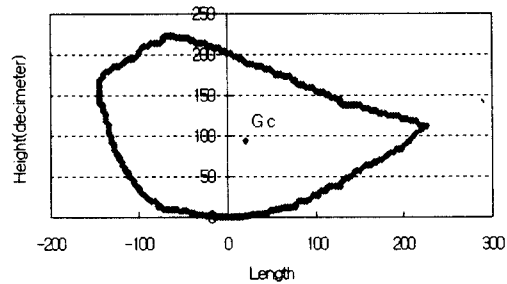
(2) 도심과 무게중심

그림 5에서 G_c 점은 식(1)을 이용하여 구한 인편의 도심이며, 위치는 $x=3.58\text{mm}$, $y=9.02\text{mm}$ 로 나타났고 3차원으로 모델링한 마늘의 무게중심 G_g 는 $x=0$ 인 축에 일치하며 $y=8.50\text{mm}$ 인 점에 위치하였다. 실제의 무게중심과는 x 축으로 3.58mm , y 축으로 0.52mm 의 차이가 있었다. 이러한 결과는 두께, 너비 및 길이를 가진 인편의 원래형상과 측면의 형상만을 가지고 측정된 도심과의 차이이나 실제 인편의 도심과 무게중심과는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 인편의 형상은 인편끼리 접하는 편편한 두 개의 면과 구를 형성하는 둥근면으로 구성된다. 따라서 인편의 형상을 모형으로 한 배종장치를 개발하여 각각의 인편을 한 개씩 분리하여 배종하기에는 인편의 도심 위치로 볼 때 둥근밀면이 유리하며 둥근밀면이 무게중심을 기준으로 대

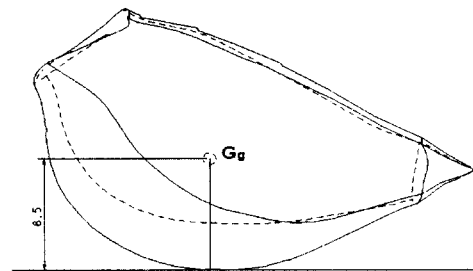
칭을 이루지는 않지만 반구형의 형상이 인편분리에 적합한 배종방법으로 판단하였다.

(3) 둥근 밀면 분석

공시재료인 인편을 그림 5-a)와 같이 투시하고 그림 2-b)에서 보는 바와 같이 y 방향으로 2, 4, 6, 8mm일 때의 외곽선을 잇는 x 방향의 길이를 측정 한 결과는 표 3과 같다. 길이의 최대값과 최소값의 차이가 8.0~10.6mm로 인편마다 차이가 큰 것을 알 수 있다.



(a) Centroid of the garlic image



(b) Center of gravity determined from the 3-D garlic model

Fig. 5 Centroid and center of gravity of the garlic.

Table 2 Dimensional properties of the experimental garlics(N=117)

Length(mm)				Width(mm)				Thickness(mm)				Weight(g)			
Min	Max	Ave	S.D	Min	Max	Ave	S.D	Min	Max	Ave	S.D	Min	Max	Ave	S.D
28.0	52.0	41.2	4.6	9.0	27.0	16.3	3.6	11.0	24.0	17.8	3.0	2.4	6.5	4.3	1.0

Table 3 Horizontal lengths at the vertical locations from the base of the garlic

Statistics of the length		Vertical location(mm)			
		2	4	6	8
Length	Min	16.3	21.7	24.6	28.8
	Max	24.3	30.7	35.2	37.1
	Avg	20.0	25.9	29.6	32.4
	Std	20.1	22.6	26.3	24.2

그림 6은 등근 밑면을 2mm 간격으로 측정한 인편의 평균 수평너비를 $y=0$ 인 축을 중심으로 나타낸 것으로 각각의 점을 연결하면 인편의 등근밑면의 형상이며 버킷의 반구 설계기준으로 하였다.

나. 배중요인실험

(1) 진동크기

그림 7은 체인자체의 진동을 측정한 결과를 나타낸 것이며, 버킷에 발생한 진동의 크기를 주파수에 대한 가속도의 제곱평균(rms) 값으로 나타내었다. 진동의 크기는 $0.584m/sec^2$ 으로서 전주파수대에 걸쳐 피크가 거의 없이 가속도가 낮은 수준으로 일정하게 나타났다.

그림 8, 9, 10은 진동발생막대에 의해 발생한 버킷의 진동크기를 나타내었다. 진동발생막대와 체인의 롤러와의 접촉길이가 1, 1.5, 2mm로 커질수록 진동의 크기는 $0.870, 1.085$ 및 $1.186m/sec^2$ 으로 점차 증가했으며 이에 따라서 넓은 주파수 범위에서 피크점이 발생하는 것을 알 수 있다.

$2.0m/sec^2$ 이상의 진동크기가 진동 1수준에서는 11.0, 22.2, 33.2, 44.8hz에서 보였고 22.2hz에서 최대 $3.39m/sec^2$ 이었으며 진동 2수준에서는 11.2, 22.4, 33.4, 44.6, 56.0, 66.0, 76.0, 90.0hz에서 나타났고 33.4hz에서 최대 $4.12m/sec^2$ 로 나타났다. 또한 진동 3수준에서는 거의 전주파수대에서 나타났으며 특히 22.0hz에서 $4.27m/sec^2$ 의 최대 피크점이 발생했다.

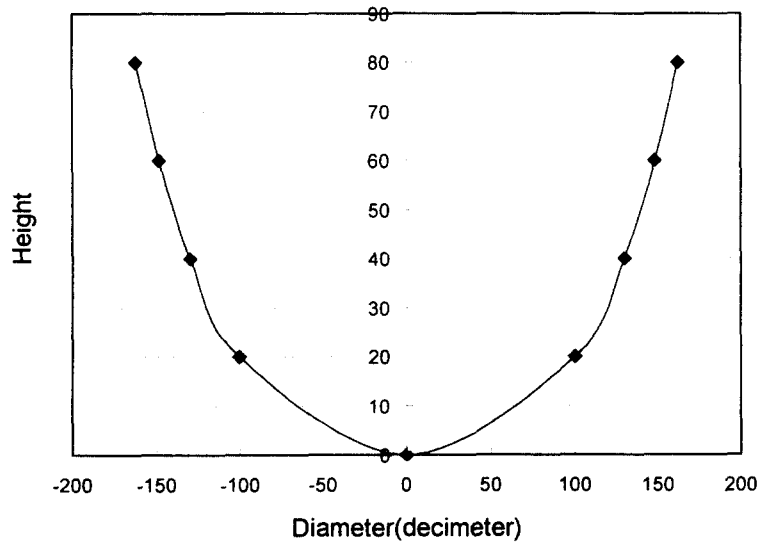


Fig. 6 Bottom curvature of a typical garlic clove.

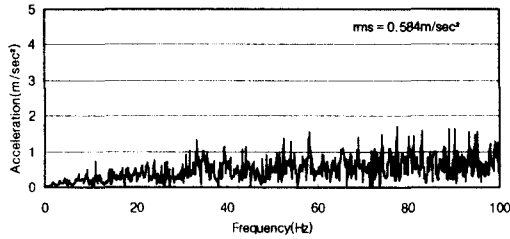


Fig. 7 Acceleration of chain vs. frequency without additional vibration.

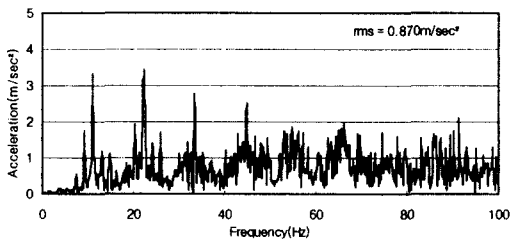


Fig. 8 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level #1.

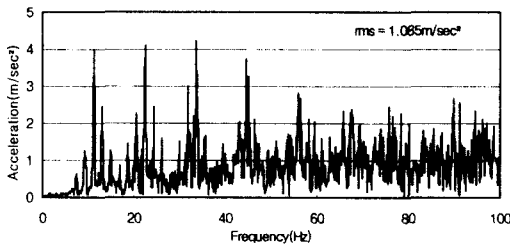


Fig. 9 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level #2.

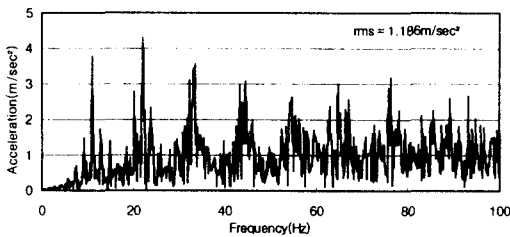


Fig. 10 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level #3.

일정하고 낮은 가속도의 진동일 때 불안정한 자세로 버킷에 담겨있던 인편은 인편의 무게중심이 위치하는 둥근밑면이 버킷의 둥근반구쪽으로 이동하면서 안정된 자세를 유지할 것으로 예상되었다. 그러나 피크점의 가속도에서는 버킷에 두개이상 담겨있던 인편중에서 한개만이 버킷의 반구에 자세를 잡거나, 두개 모두 옆으로 떨어져 결주가 발생하는 요인으로 판단하였다. 따라서 진동의 피크 값이 배종률에 커다란 영향을 준다고 할 수 있다.

(2) 버킷별 배종상태

인편의 배종률은 버킷종류별, 배종판경사각도 및 진동의 크기에 따라 큰 차이가 있었다. 가장 이상적인 배종상태는 결주율이 적고 1립배종률이 높은 것이며 실제의 포장에서 작업한다고 가정하면 포장의 경사도에 관계없이 배종상태는 일정해야 한다. 따라서 배종판경사각도에 따른 배종실험에서는 넓은 경사각도 범위에서 배종상태가 우수한 버킷 및 진동크기를 찾고자 하였다.

(가) A형 버킷

그림 11은 A형 버킷(직경 23, 깊이 7mm)에 있어서 각각의 진동수준에 대한 인편의 1립배종상태를 배종판경사각도별로 나타낸 것이다. 체인자체의 진동($rms = 0.584m/sec^2$)에 대한 실험에서 배종판 경사각도가 80° 이하에서는 인편이 2개이상 배종되는 비율이 높아 실험이 불가능하였으므로 $85^\circ \sim 100^\circ$ 범위에서 실험결과를 나타내었다. 이 경

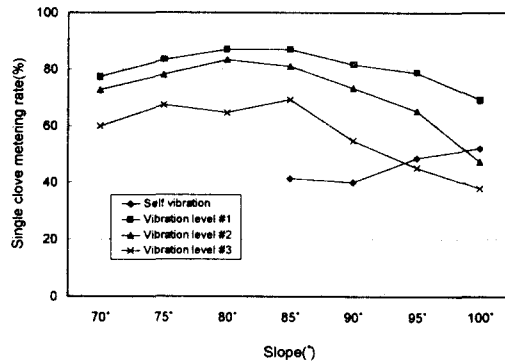


Fig. 11 Single clove metering rate with the A-type bucket at the various slopes of metering device for the four vibration levels.

우 1립배종률은 40% 이하로 낮았으며 2립배종률이 36% 이상으로 높았다. 이러한 결과는 진동의 크기 측정에서 나타난 바와 같이 피크점이 없는 일정하고 낮은 수준의 진동으로 인하여 두개 이상 담겨있던 인편중에서 버킷안에 한 개만을 남기고 나머지는 떨어뜨리지 못했기 때문이며 따라서 결주율은 2% 이하로 낮았다.

진동발생막대에 의해 발생하는 진동 1수준(0.870m/sec²)에서의 1립배종률은 배종판경사각이 80°~85° 범위에서 87%로 높았으나 서서히 감소하였고 배종판경사각이 90° 부터 결주율이 14.6% 이상으로 급격히 증가하였다. 따라서 배종판 경사각도가 90° 이상에서는 1립배종률이 감소되는 비율만큼 결주율이 증가하므로 배종판 경사각도를 증가시키지 않는 것이 유리한 것으로 판단하였다.

진동 2수준(1.085m/sec²)에서의 실험결과는 배종판경사각이 80° 일 때 1립배종률은 83.3%로 가장 높았으나 배종판경사각도의 변화에 따라서 결주율의 증가폭이 커서 경사각도가 큰 우리나라의 포장으로 볼 때 아주 불량한 배종요인이라고 판단하였다.

진동 3수준(1.186m/sec²)으로 실험한 결과로 2립배종률은 0.7% 이하로 낮았으나 1립배종률과 결주율이 38.0~69.3%, 30.7~62.0%로 배종상태가 불량하였다. 이러한 결과는 배종장치에 가해진 진동의 크기가 상대적으로 크기 때문에 버킷에 담겨있던 인편이 연속적으로 발생하는 가속도의 피크로 인하여 버킷에서 이탈하는 비율이 많았다.

(나) B형 버킷

그림 12는 B형버킷(직경 29, 깊이 8mm)을 배종판경사각도별로 배종실험한 결과이다. 체인자체진동(0.584m/sec²)으로 실험한 결과 전체 배종판경사각도에서 1립배종률이 64% 이하로 낮게 나타났다.

진동 1수준(0.870m/sec²)으로 실험한 결과는 다른 조건의 실험과는 다르게 나타났는데 1립배종률이 배종판경사각도 70° 에서 96%로 높다가 경사각도가 증가함에 따라 85° 에서 83%까지 낮아지다가 다시 서서히 높아지는 경향으로 나타났다.

진동 2수준(1.085m/sec²)일 때의 실험결과는 배종판경사각도 진구간에 걸쳐 안정된 1립배종률을 보였으며 특히 80~85° 일 때 결주율 0.0~1.3%, 1립배종률 95.4~96.7%로서 아주 양호한 배종상태

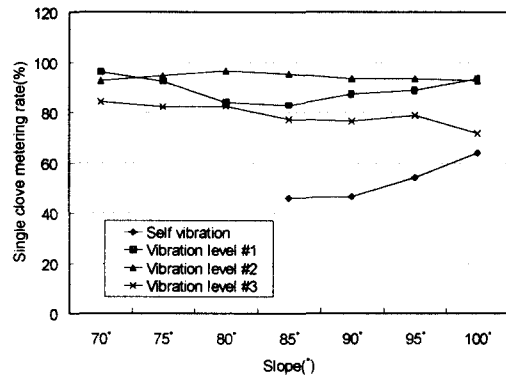


Fig. 12 Single clove metering rate with the B-type bucket at the various slopes of metering device for the four vibration levels.

임을 알 수 있다. 배종률은 배종판경사각도에 의하여 영향을 받지 않았고 버킷과 진동의 크기에 의하여 영향을 받았다. 가장 이상적인 배종장치는 배종판경사각도의 변화에도 배종률이 일정해야 하는데 B형 버킷으로 진동 2수준은 이러한 요건에 만족하는 가장 적당한 배종요인인 것으로 판단하였다.

진동 3수준(1.186m/sec²)에서 1립배종률은 배종판경사각도가 증가함에 따라 84.3~71.7%로 서서히 감소하는 경향이었으며, 반대로 결주율이 15.7~28.3%로 증가하였다. 이러한 원인은 버킷이 L자 모양으로 한쪽에 인편을 담아 올리는 반구가 있어 배종판경사각도가 증가할수록 버킷반구의 단면적이 작아지므로 인편이 반구안에서 자세를 잡기 어려워지며 상대적으로 과도한 진동으로 인편이 버킷에서 자세를 잡지 못하고 이탈되어 결주율이 증가하였다.

(다) C형 버킷

그림 13은 어태치먼트체인에 부착된 C형버킷(직경 29, 깊이 5mm)을 배종실험한 결과이다. 체인자체진동만으로 실험한 결과 인편의 배종상태는 대체로 1립배종률이 65.3% 이하로 낮았다. C형 버킷의 실험에서도 A형이나 B형 버킷과 마찬가지로 체인 자체진동에 의한 배종실험에서는 결주는 거의 없었고 1립배종률과 2립배종률이 배종판 경사각도에 따라 크게 반비례하는 것을 알 수 있었다. 즉, 미소한 진동으로 버킷에 두 개이상의 인편이 담겨있다가 두 개가 모두 배종되는 비율이 높았다

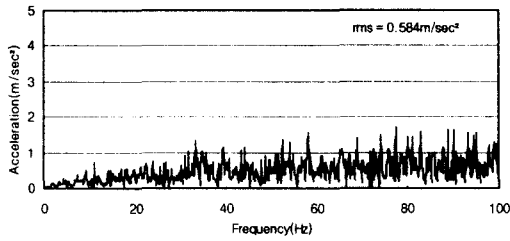


Fig. 7 Acceleration of chain vs. frequency without additional vibration.

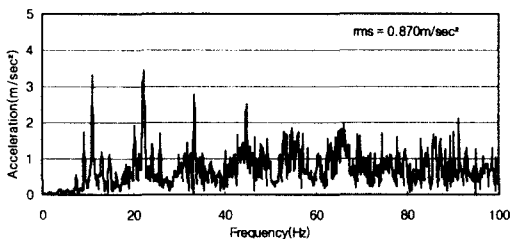


Fig. 8 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level # 1.

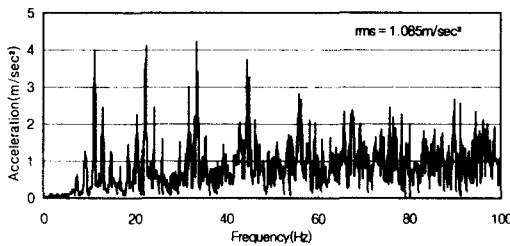


Fig. 9 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level # 2.

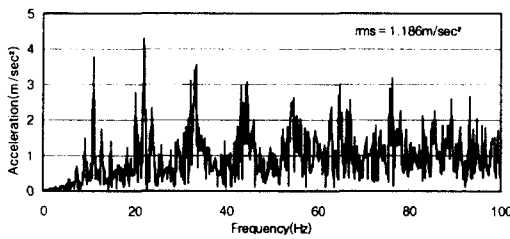


Fig. 10 Acceleration of chain vs. frequency with additional vibration level # 3.

일정하고 낮은 가속도의 진동일 때 불안정한 자세로 버킷에 담겨있던 인편은 인편의 무게중심이 위치하는 등근밀면이 버킷의 등근반구쪽으로 이동하면서 안정된 자세를 유지할 것으로 예상되었다. 그러나 피크점의 가속도에서는 버킷에 두개이상 담겨있던 인편중에서 한개만이 버킷의 반구에 자세를 잡거나, 두개 모두 옆으로 떨어져 결주가 발생하는 요인으로 판단하였다. 따라서 진동의 피크값이 배종률에 커다란 영향을 준다고 할 수 있다.

(2) 버킷별 배종상태

인편의 배종률은 버킷종류별, 배종판경사각도 및 진동의 크기에 따라 큰 차이가 있었다. 가장 이상적인 배종상태는 결주율이 적고 1립배종률이 높은 것이며 실제의 포장에서 작업한다고 가정하면 포장의 경사도에 관계없이 배종상태는 일정해야 한다. 따라서 배종판경사각도에 따른 배종실험에서는 넓은 경사각도 범위에서 배종상태가 우수한 버킷 및 진동크기를 찾고자 하였다.

(가) A형 버킷

그림 11은 A형 버킷(직경 23, 깊이 7mm)에 있어서 각각의 진동수준에 대한 인편의 1립배종상태를 배종판경사각도별로 나타낸 것이다. 체인자체의 진동($rms = 0.584m/sec^2$)에 대한 실험에서 배종판 경사각도가 80° 이하에서는 인편이 2개이상 배종되는 비율이 높아 실험이 불가능하였으므로 $85^\circ \sim 100^\circ$ 범위에서 실험결과를 나타내었다. 이 경

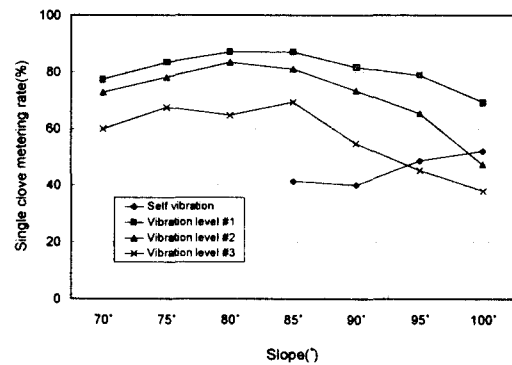


Fig. 11 Single clove metering rate with the A-type bucket at the various slopes of metering device for the four vibration levels.

우 1립배종률은 40% 이하로 낮았으며 2립배종률이 36% 이상으로 높았다. 이러한 결과는 진동의 크기 측정에서 나타난 바와 같이 피크점이 없는 일정하고 낮은 수준의 진동으로 인하여 두개 이상 담겨있던 인편중에서 버킷안에 한 개만을 남기고 나머지는 떨어뜨리지 못했기 때문이며 따라서 결주율은 2% 이하로 낮았다.

진동발생막대에 의해 발생하는 진동 1수준(0.870m/sec²)에서의 1립배종률은 배종판경사각이 80°~85° 범위에서 87%로 높았으나 서서히 감소하였고 배종판경사각이 90° 부터 결주율이 14.6% 이상으로 급격히 증가하였다. 따라서 배종판 경사각도가 90° 이상에서는 1립배종률이 감소되는 비율만큼 결주율이 증가하므로 배종판 경사각도를 증가시키지 않는 것이 유리한 것으로 판단하였다.

진동 2수준(1.085m/sec²)에서의 실험결과는 배종판경사각이 80° 일 때 1립배종률은 83.3%로 가장 높았으나 배종판경사각도의 변화에 따라서 결주율의 증가폭이 커서 경사각도가 큰 우리나라의 포장으로 볼 때 아주 불량한 배종요인이라고 판단하였다.

진동 3수준(1.186m/sec²)으로 실험한 결과로 2립 배종률은 0.7% 이하로 낮았으나 1립배종률과 결주율이 38.0~69.3%, 30.7~62.0%로 배종상태가 불량하였다. 이러한 결과는 배종장치에 가해진 진동의 크기가 상대적으로 크기 때문에 버킷에 담겨있던 인편이 연속적으로 발생하는 가속도의 피크로 인하여 버킷에서 이탈하는 비율이 많았다.

(나) B형 버킷

그림 12는 B형버킷(직경 29, 길이 8mm)을 배종판경사각도별로 배종실험한 결과이다. 체인자체진동(0.584m/sec²)으로 실험한 결과 전체 배종판경사각도에서 1립배종률이 64% 이하로 낮게 나타났다.

진동 1수준(0.870m/sec²)으로 실험한 결과는 다른 조건의 실험과는 다르게 나타났는데 1립배종률이 배종판경사각도 70° 에서 96%로 높다가 경사각도가 증가함에 따라 85° 에서 83%까지 낮아지다가 다시 서서히 높아지는 경향으로 나타났다.

진동 2수준(1.085m/sec²)일 때의 실험결과는 배종판경사각도 전구간에 걸쳐 안정된 1립배종률을 보였으며 특히 80~85° 일 때 결주율 0.0~1.3%, 1립배종률 95.4~96.7%로서 아주 양호한 배종상태

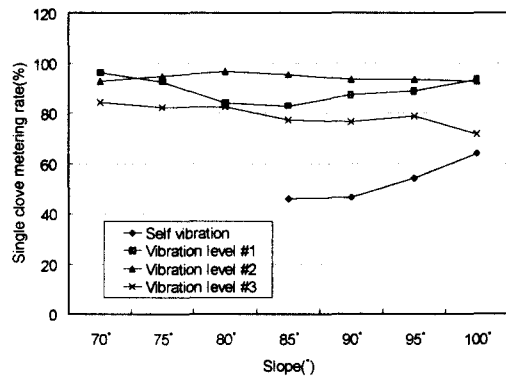


Fig. 12 Single clove metering rate with the B-type bucket at the various slopes of metering device for the four vibration levels.

임을 알 수 있다. 배종률은 배종판경사각도에 의하여 영향을 받지 않았고 버킷과 진동의 크기에 의하여 영향을 받았다. 가장 이상적인 배종장치는 배종판경사각도의 변화에도 배종률이 일정해야 하는데 B형 버킷으로 진동 2수준은 이러한 요건에 만족하는 가장 적당한 배종요인인 것으로 판단하였다.

진동 3수준(1.186m/sec²)에서 1립배종률은 배종판경사각도가 증가함에 따라 84.3~71.7%로 서서히 감소하는 경향이였으며, 반대로 결주율이 15.7~28.3%로 증가하였다. 이러한 원인은 버킷이 L자 모양으로 한쪽에 인편을 담아 올리는 반구가 있어 배종판경사각도가 증가할수록 버킷반구의 단면적이 작아지므로 인편이 반구안에서 자세를 잡기 어려워지며 상대적으로 과도한 진동으로 인편이 버킷에서 자세를 잡지 못하고 이탈되어 결주율이 증가하였다.

(다) C형 버킷

그림 13은 어태치먼트체인에 부착된 C형버킷(직경 29, 길이 5mm)을 배종실험한 결과이다. 체인자체진동만으로 실험한 결과 인편의 배종상태는 대체로 1립배종률이 65.3% 이하로 낮았다. C형 버킷의 실험에서도 A형이나 B형 버킷과 마찬가지로 체인 자체진동에 의한 배종실험에서는 결주는 거의 없었고 1립배종률과 2립배종률이 배종판 경사각도에 따라 크게 반비례하는 것을 알 수 있었다. 즉, 미소한 진동으로 버킷에 두 개이상의 인편이 담겨있다가 두 개가 모두 배종되는 비율이 높았다

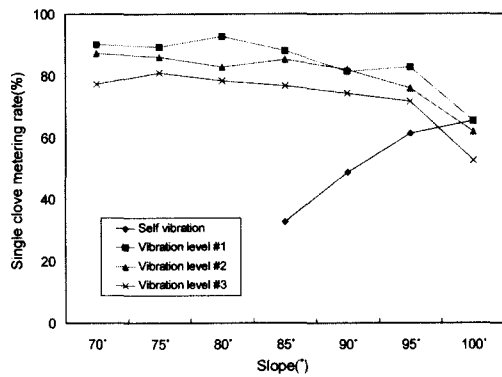


Fig. 13 Single clove metering rate with the C-type bucket at the various slopes of metering device for the four vibration levels.

가 배종판 경사각도가 증가할수록 2립중 1립만이 남아 배종되는 비율이 높아지는 것을 알 수 있었다.

진동 1, 2, 3수준의 실험에서는 2립배종률이 4% 이하로 낮았으며 배종판 경사각도에 따른 1립배종률과 결주율의 변화가 크게 반비례하는 것으로 나타났다. A형 버킷이나 B형 버킷에 비해 C형 버킷은 반구의 깊이가 낮아 배종률이 진동의 영향을 크게 받기 때문이다.

진동 1수준($0.870m/sec^2$)에서의 배종상태는 배종판 경사각도 전범위에서 2립배종률은 1.3% 이하로 일정하였으며 배종판 경사각도에 따른 변화가 없었으며 버킷에 담긴 인편은 한 개만이 남거나 결주가 되는 것으로 나타났다.

진동 2수준($1.085m/sec^2$)일 때 배종상태는 결주율이 10.7% 이상으로 비교적 높은 편이며 배종판 경사각도가 증가함에 따라 1립배종률이 87.3% 이하로 서서히 낮아지는 것을 알 수 있었다. 특히 배종판 경사각도 90° 에서는 결주율이 크게 증가하였는데 이러한 원인은 반구의 깊이가 낮은 버킷과 상대적으로 크게 작용하는 진동과 배종판 경사각도가 증가하여 인편이 버킷안에서 자세를 잡지 못하고 낙하되어 결주율이 높아지는 결과로 나타났다.

진동 3수준($1.186m/sec^2$)에서의 1립배종률은 95° 까지 81.0~71.7%로 서서히 감소하였으며 결주율

은 21.0% 이상으로 상당히 높았다. 이것은 진동의 크기가 상대적으로 너무 커서 버킷에서 이탈되는 인편의 비율이 많기 때문으로 판단하였다.

4. 요약 및 결론

마늘재배에 있어서 가장 노동집약적 작업중의 하나인 파종작업을 기계화하기 위한 마늘파종기를 개발함에 있어 선행되어야 할 가장 기본적인 기술인 인편을 한개씩 공급하는 배종장치를 개발하였다. 인편을 배종하는 방법으로 버킷을 사용하였으며 버킷형상을 결정하기 위하여 인편의 형상을 CCD카메라로 화상분석하였다. 인편의 등근 밑면의 형상을 분석한 결과를 버킷설계의 기준으로 하여 3가지를 제작하였고, 배종에 영향을 주는 배종판 경사각도와 진동의 크기별로 실험을 수행하였다.

본 연구의 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

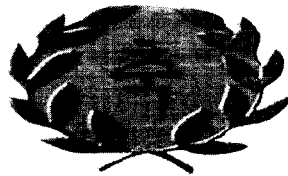
- 1) 인편을 측정된 결과 길이는 28.0~52.0mm, 너비는 9.0~27.0mm, 두께는 11.0~24.0mm이며 무게는 2.4~6.5g으로 같은 구(bulb)에서 분리되었더라도 차이가 크며, 넓은 범위로 분포하였다.
- 2) 인편의 도심과 무게중심을 측정된 결과 도심은 수평면에 접촉한 위치를 기준으로 $x=3.58$, $y=9.02mm$ 에 위치하였고 무게중심은 $x=0$, $y=8.50mm$ 에 위치하여 도심과는 y축으로 0.52mm의 오차가 있었다. 따라서 인편의 형상으로 볼 때 배종장치로 각각의 인편을 버킷에 한 개씩 담을 수 있는 부위는 등근 밑면으로 판단된다.
- 3) 인편의 등근밑면을 y축으로 2mm 간격으로 2~8mm를 측정하여 분석한 결과 평균길이는 2mm일 때 20.0mm, 4mm일 때 25.9mm, 6mm일 때 29.6mm, 8mm일 때 32.4mm로 나타났으며 버킷설계의 기준으로 삼았으며 인편의 등근밑면을 담을 수 있는 버킷을 3종류 설계하여 실험에 사용하였다.
- 4) 진동발생막대와 체인의 롤러와의 접촉길이가 1, 1.5, 2mm로 커질수록 진동의 크기는 0.870, 1.085 및 $1.186m/sec^2$ 으로 점차 증가했으며 이에 따라서 넓은 주파수 범위에서 피크점이 발생하는 것을 알 수 있다.

5) A, B, C의 버킷으로 진동과 배종판 경사각도를 조절하여 인편의 배종상태를 실험한 결과 B형 버킷을 사용할 때 배종상태가 가장 양호하였으며 최적 운전조건은 진동 2수준(1.085m/sec²) 및 배종판 경사각도 80~85° 범위에서였다. 이때 결주율 0.0~1.3%, 1립배종률이 95.4~96.7%로 나타났다.

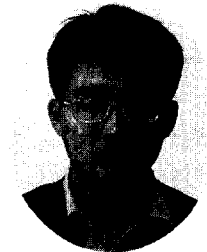
6) 본 연구를 통하여 마늘파종기의 가장 기본적인 배종장치를 개발함으로써 마늘파종작업의 기계화를 이룩할 수 있는 기틀을 마련하였으며 차후에 마늘을 세워서 심을 수 있는 마늘직립파종기 개발의 기초연구가 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청. 1996. 작목별 작업단계별 노동력투하시간, p419-425.
2. 단양마늘시험장. 2000. 마늘산업의 경쟁력 제고 방안, 심포지엄 자료.
3. 신익환. 1998. 종자정렬형 정밀 마늘파종기 개발, 성균관대석사논문.
4. FAO. 2000. FAOSTAT database.
5. 金基鐵. 1993. 砂丘畑における機械化榮農システムの最適化ラツキヨウと植付に作業機械化に關する研究, 博士論文.
6. Awatif, E. 1981. Precision drum seeder for uniform spacing, Transactions of the ASAE, p879-883.



학 위 취 득



성 명 : 최 동 수
 생 년 월 일 : 1966년 1월 14일
 취 득 학 위 명 : 공 학 박 사
 학 위 수 여 대 학 : 충 남 대 학 교
 학 위 취 득 년 월 일 : 2001년 2월 24일
 학 위 논 문 : 음과특성을 이용한 수박의 비파괴 내부품질 판정기술 개발