

# 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    비회원  
 D.K.Choi   S.C.Cho   C.S.Lee   S.H.Park   H.J.Kim   T.K.Kang   C.K.Kim   T.Y.Kwak

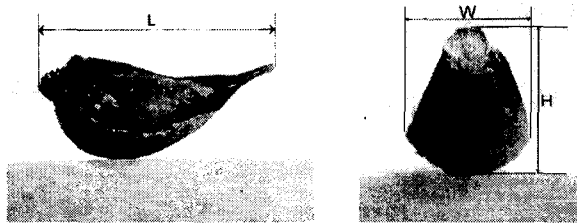
### 1. 서 론

마늘의 파종작업은 손으로 한개씩 일일이 심기 때문에 소요시간은 26.2~33.6hr/10a에 달하여 마늘재배 전체노동투하시간의 14.6~15.5%를 차지하고 있다. 본 연구에서 시간과 노력이 많이 소요되는 마늘파종작업을 기계화하는 핵심적 주요기술인 마늘쪽(인편)을 한개씩 배종할 수 있는 배종장치 개발에 관하여 연구를 수행하였다. 인편은 형상이 불균일하고 각각의 크기의 차이가 크므로 외형을 분석하여 버킷을 설계하고, 배종에 영향을 주는 주요 요인을 설정하여 시험을 통하여 인편의 배종에 가장 적합한 배종장치를 개발하고자 하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 인편의 크기 및 외형분석

배종장치를 설계하고 인편을 한개씩 배종할 수 있는 버킷의 제원을 설정하기 위한 기초자료를 얻고자 의성에 있는 농가에서 종구용으로 사용하는 마늘을 구입하여 쪽분리를 한후 무작위로 선정한 117개의 인편에 대하여 보호엽(껍질)이 있는 상태에서 그림 1과 같이 길이(L), 너비(W), 두께(H), 무게를 측정하였다.



a) Front view

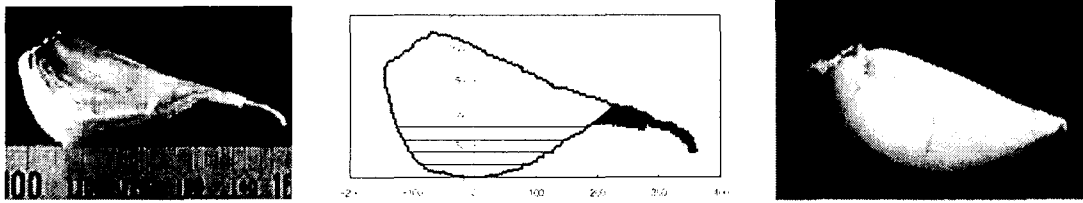
b) Side view

Fig. 1. Typical views of a garlic

인편은 꽃대를 중심으로 구모양의 마늘통을 이루므로 인편끼리 접하는 부분은 편편하고 마늘통의 표면을 형성하는 부분은 호의 형상을 하고 있다. 배종장치를 설계하기 위해서는 종자용 인편의 형상특성을 구명하여야 하므로 각각의 인편을 영상처리하여 특성을 분석하였다.

\* 농업기계화연구소

\*\* 충북대학교 농업기계공학과



a) View of a garlic                      b) Shape of garlic image                      C) Stripped garlic

Fig. 2. Measuring and analysing of the garlic seed

인편의 기하학적 형상분석에는 형상분석장치로 CCD카메라(Fotovix II x-r, Tamron, Japan)와 형상분석프로그램(Inspector)을 사용하였으며 인편의 외곽선만이 디스플레이 되도록 영상처리하여 좌표화하였다. 도심과 무게중심은 평균무게인 4.3g과 일치한 인편을 모델로 하여 구하였다. 그림 2의 a)는 CCD카메라로 찍은 인편의 외형이며 b)는 인편의 외형을 이미지화하여 외곽선을 x, y좌표로 나타낸 것이다. c)는 보호엽(껍질)을 제거한 상태의 인편이다.

**이미지에서 보호엽과 저장엽(알맹이)사이의 공간을 제거하면 인편의 도심을 구하는데 있어서 오차를 최소화하기 때문에 그림 2의 b)와 같이 발아부쪽으로 연장선을 그리고 외곽선과 만나는 이미지의 우측을 제거하였다.**

인편의 이미지에서 발아부의 공간을 제거한 후에 인편단면의 도심은 식(1)로 구하였다.

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

여기서  $x_i$  : 투영된 인편의 x좌표 ,  $y_i$  : 투영된 인편의 y좌표

$A_i$  : 투영된 인편의 부분면적,  $A$  : 투영된 인편의 전체면적

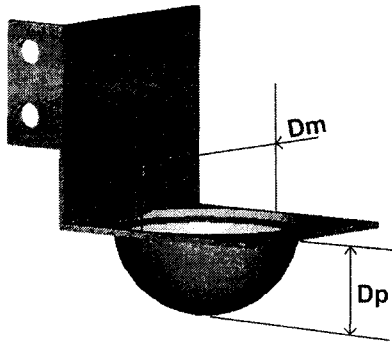
표본 인편의 무게중심을 구하기 위하여 보호엽을 제거한 인편을 3차원으로 모델링하여 무게중심을 구하고 이미지의 도심과 실제의 무게중심과의 차이를 알아보려고 하였다.

인편을 한 개씩 배종하는 버킷을 설계하기 위하여 인편의 둥근밀면의 형상특성을 분석하여 기초자료를 얻었다. 그림2의 b)와 같이 인편의 둥근밀면이 바닥면과 닿은 점을 기준으로 하여 평행선과 인편이미지의 테두리와 접하는 두점을 측정하였다. y축으로 2~8mm까지 2mm간격으로 117개의 인편의 x축 좌표값을 측정하였다.

나. 버킷설계

Table 1. Size of the bucket

Type of bucket		A	B	C
Size of bucket(mm)	Diameter(Dm)	23	29	29
	Depth(Dp)	7	8	5



Dm : Diameter of bucket  
 Dp : Depth of bucket  
 Fig. 3. Dimensional diagram of the bucket

버킷의 모양은 인편의 형상분석결과 인편의 등근면을 담아 안정되게 배종할 수 있도록 그림 3과 같이 반구형상의 홈으로 하였으며, 홈의 크기는 인편의 등근밀면에서부터의 거리별(2mm, 4mm, 6mm, 8mm)로 길이를 측정하여 얻은 결과로 홈의 크기를 설정하였다. 홈의 직경은 인편의 등근 밀면의 평균크기를 기준으로 하여 등근홈의 직경과 깊이에 따라 표 1과 같이 A, B, C의 3가지로 설계하였다.

다. 마늘배종장치

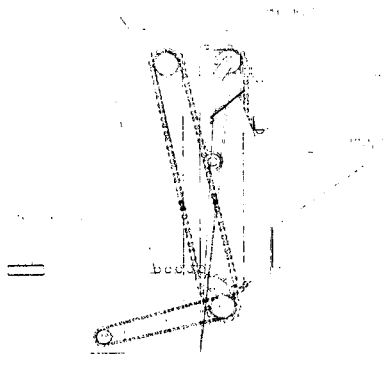


Fig. 4. View of the chain bucket-vibration type seed metering device

그림 4는 인편 배종실험장치를 나타낸 것이다. 배종장치의 구동은 DC모터(4GN3K, OM, Japan)를 사용하였으며 배종장치의 경사각도별 배종상태를 실험하였다.

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 고찰하였다.

버킷의 속도는 50마력 트랙터가 저속1단으로 작업할 때의 속도 0.22m/s로 가정하여 실험하였다.

라. 실험방법

인편을 한개만 배종하기 위한 적정한 요인을 구명하기 위해서 배종요인을 설정하여 실험하였는데 버킷종류는 3가지, 배종판경사각도는 70~100° 사이를 5° 간격으로 7가지, 버킷의 진동은 체인이 회전하면서 발생하는 자체진동과 진동발생막대로 발생하는 진동을 3수준으로 하였다. 이러한 배종요인으로 각각의 버킷에 대하여 배종판 경사각도와 진동의 크기를 수준별로 실험하였으며 실험한 마늘의 개수는 100개씩 3반복하였다.

배종실험장치의 진동발생막대에 의해 발생하는 진동의 크기에 따른 인편의 배종상태를 구

명하기 위하여 체인자체의 진동과 진동발생막대가 체인의 롤러에 1mm, 1.5mm, 2mm로 접촉하여 버킷에 수평방향으로 발생하는 각각의 진동의 크기를 측정하였다. 진동의 크기측정은 레이저진동측정기(OFV 303, Polytec, USA)를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 인편의 형상특성 분석

표 2는 인편의 크기를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 인편의 크기와 무게는 같은 구에서 분리되었다라든가 차이가 큰것을 알 수 있다.

Table 2. Physical properties of a garlic

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

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 그림 6과 같이 3차원으로 모델링한 마늘의 무게중심  $G_g$ 는  $x=0$ ,  $y=8.50\text{mm}$ 인 점에 위치하며 도심과 실제의 무게중심은 x축으로 3.6mm, y축으로 0.5mm의 차이가 있었다.

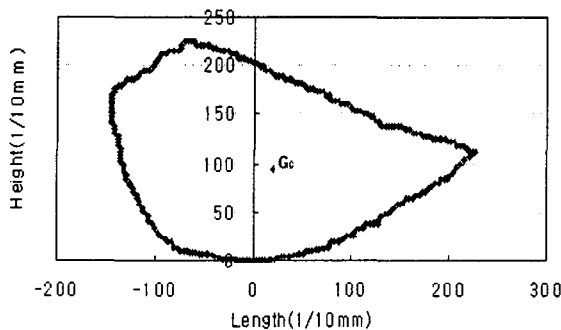


Fig. 5. Centroid of the garlic image

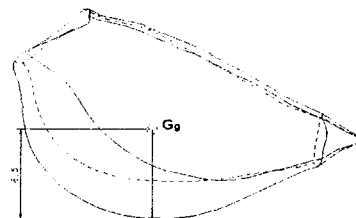


Fig. 6. Center of gravity of the garlic model

이러한 결과는 두께, 너비 및 길이를 가진 인편의 원래형상을 측면의 형상만 측정하여 도심을 구하였기 때문에 나타난 오차이지만 도심과 무게중심과는 큰 차이가 없음을 나타내고 있다. 인편의 형상은 편편한 두개의 면과 한 개의 둥근면으로 구성된다. 인편의 형상으로 볼 때 각각의 인편을 한 개씩 분리하여 배중하기에 인편의 둥근밀면이 유리하며 둥근밀면이 무게중심을 기준으로 대칭하지는 않지만 반구형상이 인편분리에 적합한 배중방법으로 판단하였다.

**Table 3. Horizontal lengths in each points vertically directed from the base of the garlic**

	Length(mm)			
	2mm	4mm	6mm	8mm
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

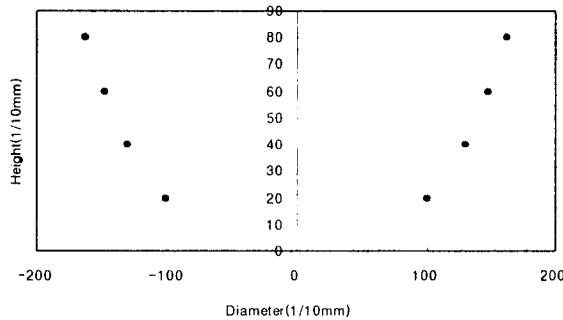


Fig. 7. Height vs. diameter for the garlic

공시재료인 인편을 측면방향으로 무시하고 y값이 2mm, 4mm, 6mm, 8mm일 때의 x방향의 길이를 측정 한 결과는 표 3과 같다. 길이의 최대값과 최소값의 차이가 8.0~10.6mm로 인편마다 차이가 큰 것을 알 수 있다.

그림7 은 등근 밀면을 2mm 간격으로 측정한 인편의 평균 수평비율을 y=0인 축을 중심으로 나타낸 것으로 각각의 점을 연결하면 인편의 등근밀면의 형상이며 버킷의 흠 설계기준으로 하였다.

#### 나. 배종요인실험

##### (1) 진동크기

체인자체의 회전에 의해 발생하는 진동의 크기는  $rms=0.584m/sec^2$  으로서 전주파수대에서 피크가 거의 없이 가속도가 낮은 수준으로 일정하게 나타났다. 진동발생막대와 체인롤러와 접촉이 많을수록 rms값이 점차 증가하며 진동 1수준일 때  $rms=0.870m/sec^2$ , 진동 2수준에서는  $rms=1.085m/sec^2$ , 진동3수준에서  $rms=1.186m/sec^2$  로 나타났다. 진동발생막대의 접촉량이 많아질수록 피크점이 넓은 주파수 범위에서 발생하는 것을 알 수 있었다.

##### (2) 버킷별 배종상태

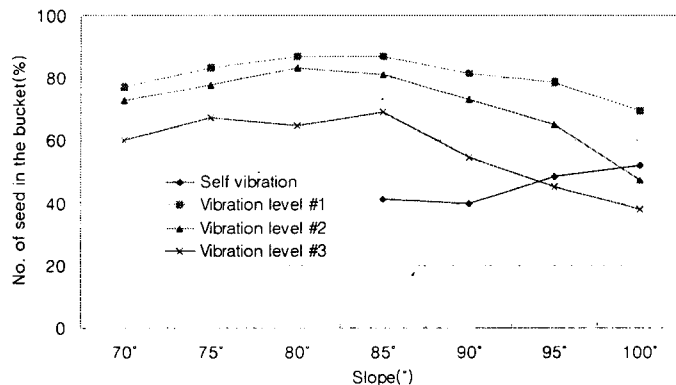


Fig. 8. Metering rate for the chain with vibration vs. slopes with bucket A

그림 8은 A형 버킷(직경 23mm, 깊이 7mm)으로 각각의 진동수준에 대한 인편의 1립배종률을 배종환경사각도별로 나타낸 것이다. 체인자체진동( $rms=0.584m/sec^2$ )에서는 배종환경사각도가 80° 이하에서는 인편이 2개이상 배종되는 비율이 높아 실험이 불가능하였으므로 85° ~ 100° 범위에서 실험하였다. 실험결과 1립배종률은 40%이하로 낮았다.

진동 1수준( $rms=0.870m/sec^2$ )에서는 1립배종률은 배종판경사각이  $80^\circ \sim 85^\circ$  일때 87%로 높았으나 서서히 감소하였고  $90^\circ$  부터 결주율이 14.6%이상으로 증가하여 1립배종률이 감소되는 비율만큼 결주율이 증가하였다. 진동2수준( $rms=1.085m/sec^2$ )에서는 배종판경사각이  $80^\circ$  일 때 1립배종률은 83.3%로 가장 높았으나, 배종판경사각도의 변화에 따라서 결주율의 증가폭이 크게 나타났다. 진동 3수준( $rms=1.186m/sec^2$ )의 경우 1립배종률이 38.0~69.3%로 낮았다.

그림 9는 B형버킷(직경 29mm, 깊이 8mm)을 배종실험한 결과이다. 체인자체진동으로 실험한 결과 전체 배종판경사각도에서 1립배종률이 64%이하로 낮게 나타났다.

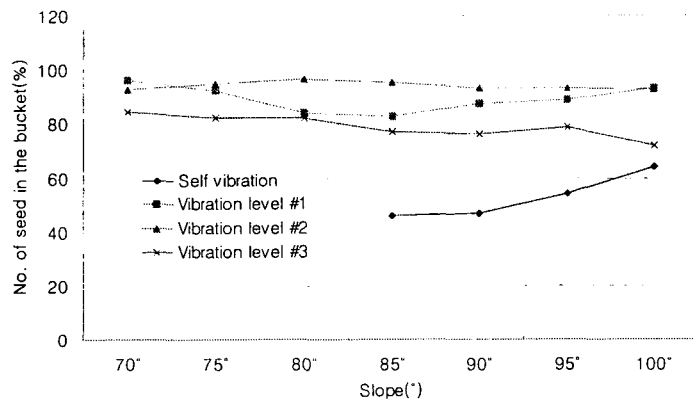


Fig. 9. Metering rate for the chain with vibration vs. slopes with bucket B

진동1수준으로 실험한 결과는 다른 조건의 실험과는 다르게 1립배종률이 배종판경사각도  $70^\circ$  에서 96%로 높았으며 경사각도가 증가함에 따라  $85^\circ$  에서 83%까지 낮아지다가 다시 서서히 높아지는 경향으로 나타났다. 진동2수준의 경우 배종판경사각도 전구간에 걸쳐 안정된 1립배종률을 보였으며,

특히  $80 \sim 85^\circ$  일 때 1립배종률이 95.4~96.7%로서 우수 하였다. 가장 이상적인 배종장치는 배종판 경사각도의 변화에도 배종률이 일정해야 하는데, B형 버킷으로 진동2수준은 이러한 요건에 만족하는 가장 적당한 배종요인인 것으로 판단하였다. 진동3수준으로 실험한 결과 1립배종률은 배종판경사각도가 증가함에 따라 84.3~71.7%로 서서히 감소하는 경향이였으며 반대로 결주율이 15.7~28.3%로 증가하였다.

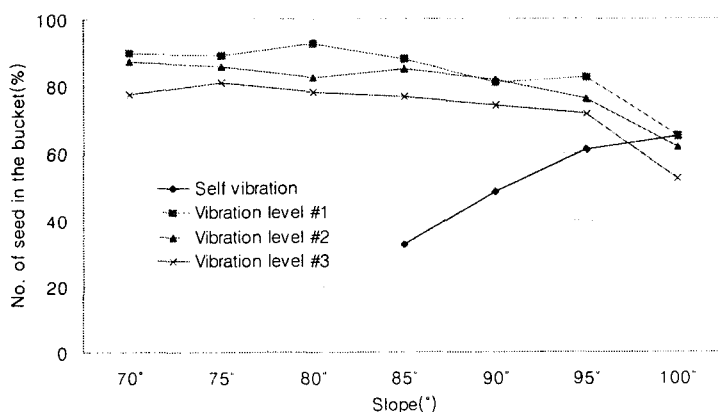


Fig. 10. Metering rate for the chain with vibration vs. slopes with bucket C

그림 10은 C형버킷(직경 29mm, 깊이 5mm)을 배종실험한 결과이다. 체인자체진동만으로 실험한 결과 인편의 배종상태는 1립배종률이 65.3%이하로 낮았다. A형 버킷이나 B형 버킷과 마찬가지로 체인자체진동에 의한 배종실험에서는 결주는 거의 없었고 1립배종률과 2립배종률이 배종판경사각도에 따라 크게 반비례하는 것을 알 수

있었다. 진동1수준으로 시험하였을 때의 배종상태는 배종판경사각도 전체구간에서 2립배종

률은 1.3%이하로 일정하여 인편은 한 개만이 남거나 결주가 되는 것으로 나타났다. 배종판 경사각도에 따른 1립배종률과 결주율의 변화가 크게 반비례하는 것으로 나타났는데, A형 버킷이나 B형버킷에 비해 C형 버킷은 홈의 깊이가 낮아 배종률이 진동의 영향을 크게 받기 때문이다. 진동 2수준일때는 배종판 경사각도가 증가함에 따라 1립배종률이 87.3%이하로 서서히 낮아지는 것을 알 수 있다. 진동3수준일때 경사각도가 95° 까지 1립배종률은 81.0~71.7%로 서서히 감소하였으며 결주율은 21.0% 이상으로 상당히 높았다. 이것은 진동의 크기가 상대적으로 너무 커서 버킷에서 이탈되는 인편의 비율이 많기 때문으로 판단하였다.

#### 4. 요약 및 결론

마늘파종기용 배종장치를 개발하기 위하여 인편의 형상을 CCD카메라로 찍어 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. 인편의 크기를 조사한 결과 길이는 28.0~52.0mm, 너비는 9.0~27.0mm, 두께는 11.0~24.0mm이며 무게는 2.4~6.5g이었다. 인편의 도심은 수평면에 접촉한 위치에서 수평방향으로 3.58mm 우측, 수직방향으로 9.02mm 위쪽에 위치하였고 무게중심은  $x=0$ ,  $y=8.50$ mm에 위치하여 도심과는  $y$ 축으로 0.5mm의 오차가 있었다.
  3. 인편의 등근밑면을  $y$ 축으로 2mm간격으로 2~8mm를 측정하여 분석한 결과 평균길이는 2mm일 때 20.0mm, 4mm일 때 25.9mm, 6mm일 때 29.6mm, 8mm일 때 32.4mm로 나타났으며 이를 버킷설계의 기준으로 삼았다.
  4. 체인의 회전에 의해서 발생하는 진동의 크기는  $rms=0.584m/sec^2$ 로서 전체의 주파수대에서 일정한 것으로 나타났다. 체인의 롤러와 진동발생막대와의 접촉길이가 1mm( $rms=0.870m/sec^2$ )일 때 50Hz이하, 1.5mm( $rms=1.085m/sec^2$ )일 때 57Hz이하, 2mm( $rms=1.186m/sec^2$ )에서는 전주파수 범위에서 피크가 발생하였다.
- 5. 배종상태가 가장 양호한 경우는 B형 버킷, 진동 2수준( $rms=1.085m/sec^2$ ), 배종판경사각도 70°~90° 이었다. 특히 80~85° 일 때 결주율 0.0~1.3%, 1립배종률 95.4~96.7%로 가장 우수하였다.**

#### 5. 참고문헌

1. 신익환. 1998. 종자정렬형 정밀 마늘파종기 개발. 성균관대석사논문.
2. 이규승 외 3인. 1997. 마늘파종기 개발을 위한 기초 연구. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 2(1) : 106~112.
3. 이중용 외 2인. 1998. 미맥수확동시보리파종기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 3(1) : 56~61.
4. 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る.
5. 西村. 1997. 多條型簡易ニンニワ植付け機の開發. 機械化農業. 11月 : 21~23.