

마늘파종기 개발(I) - 배종장치 개발

Development of Garlic Planter(I)

- Development of Metering Device

최덕규* 박석호* 김진영*
D. G. Choi S. H. Park J. Y. Kim

1. 서론

우리나라의 마늘재배면적은 42천ha이며 생산량은 45만여톤('96)으로서 발작물로는 고추와 더불어 농가소득의 주요작물이다. 양념채소로서 뿐만 아니라 건강식품이나 의약품의 원료로 이용되는 마늘은 앞으로 소비가 늘어날 것으로 전망되지만 노동투하량이 많은 파종, 수확작업등을 인력에 의존하므로써 농가의 마늘재배는 영세하다.

마늘의 재배단계는 종자준비→기비시용→경운정지→파종→피복복토→추비시용→비닐뽑기→방제→제초→종뽑기→관수→수확 순으로 진행된다. 그러나 재배단계중 기계화된 작업은 경운정지, 피복복토, 방제 등 일부작업이며 대부분의 작업은 인력에 의존하고 있는 실정이다. 전체투하노동시간은 178.9~217.3시간/10a이며 그중 파종작업노력은 26.2~33.6시간/10a으로 14.7~15.5%를 차지하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 인력에 의존하고 있는 마늘파종작업을 생력기계화할 수 있는 마늘파종기를 개발하기 위하여 선행되어야 할 배종장치를 개발하는 데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 시험장치제작

마늘을 1립씩 배종할 수 있는 배종장치개발을 목표로 회전원판식, 체인버킷식, 체인버킷진동식의 배종장치와 각각의 배종장치에 대하여 3~5가지의 버킷을 제작하여 시험함으로써 적정 배종장치 설계요인을 구하였다. 마늘의 외형상특징은 두면이 평평하고 한면이 곡면이며 무게중심이 둥근면쪽으로 치우쳐 있어 마늘의 둥근면쪽을 버킷에 담아야만 안정되게 마늘을 퍼올릴 수 있으므로 버킷의 크기 및 형상은 마늘의 형상특성을 고려하여 제작하였다.

(1) 회전원판식 배종장치

원판에 부착된 버킷이 종자통을 통과할 때 마늘이 버킷에 담겨 올라가는 구조이며 버킷에 담긴 종자는 마늘배출구로 낙하하도록 하였다. 직경이 345mm로 8개의 버킷을 부착한 회전원판은 경사각도를 조절할 수 있도록 각도조절장치를 부착하여 70~90° 범위에서 10° 단위로 시험할 수 있도록 하였으며 동력원은 DC모터(40W)로 하였다. 버킷의 모양은 마늘배출구 쪽

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

으로 경사지게 설계하여 종자통을 지난 버킷이 마늘배출구를 지날 때 마늘은 자중에 의하여 낙하하도록 제작하였다.

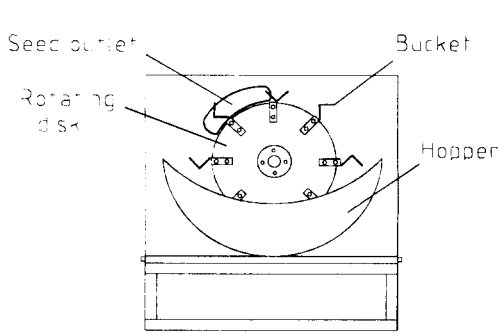


Fig. 1. Figure of rotating disk type seed metering

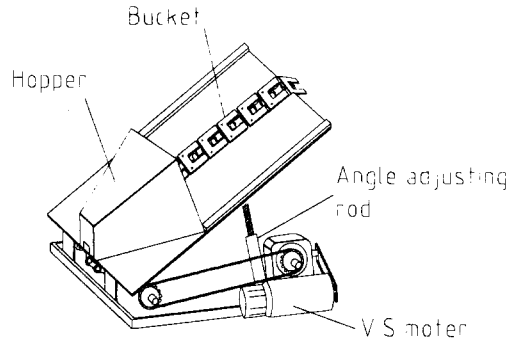


Fig. 2. Figure of chainbucket type seed metering

(2) 체인버킷식

체인버킷식은 80번 어태치먼트체인에 체인의 홈과 모양이 유사한 띠자형 버킷을 부착하여 버킷이 종자통을 통과할 때 체인의 홈과 버킷의 홈에 마늘이 담겨져 올라가는 방식이며 체인의 홈을 이용하여 마늘이 버킷안에서 1립만이 안정된 자세를 유지하도록 하였다. 체인의 구동은 VS모터를 사용하였으며 회전수는 10rpm으로 하였다. 배종시험은 경사각도를 조절할 수 있는 각도조절장치를 부착하여 40~70° 범위에서 10° 단위로 시험할 수 있도록 제작하였다.

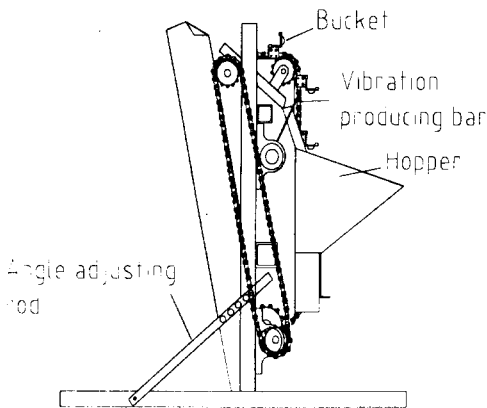


Fig. 3. Figure of chainbucket-vibration type seed metering

(3) 체인버킷진동식

체인버킷진동식은 40번 어태치먼트체인에 반구형 홈이 직각방향으로 각각 제작된 버킷을 부착하였으며, 마늘이 수직이동하다가 90° 회전하여 직각방향의 앞쪽버킷에 담길때 2립이상 퍼 올리면 마늘은 종자통으로 낙하되어 재차배종 되도록 제작하였다. 진동크기별 배종상태의 영향을 시험하기 위하여 체인버킷이 종자통을 통과하여 위로 이동할 때 체인에 진동을 발생하도록 하기 위하여 프레임부분에 쇠파대를 고정하여 체인의 롤러가 일정하게 부딪히도록 하였다. 진동의 크기는 쇠파대에 연결된 축을 회전하게함으로써 조절할 수 있다. 체인버킷은 상승하며 이동하다가 90° 회전하여 수평이동하도록 제작하였다.

나. 공시재료

시험에 사용된 마늘의 물성은 표1과 같다.

Table 1. Physical properties of the garlic

Dimension	Maximum	Minimum	Average
Length(mm)	36.0	22.0	28.9
Width(mm)	21.0	11.0	16.3
Thickness(mm)	25.0	15.0	19.9
Weight(g)	6.6	2.8	4.6

다. 시험방법

회전원판식 배종장치의 버킷은 스푼형 2종과 L형 2종으로 네가지를 설정하여 배종판 경사 각을 70°, 80°, 90°로 변화시켜 시험을 하였다. 체인버킷식은 버킷크기 5수준, 배종판 경사각 4수준으로 시험하였다. 체인버킷진동식의 배종성능요인 시험은 체인버킷의 경사각 4수준, 버킷종류 3가지, 진동의 크기 4수준으로 시험을 실시하였다. 그리고 마늘이 2립이상 담긴 체인버킷이 위로 이동하다가 스프로킷을 통과하여 90°수평방향으로 격기면서 이동할때 종자가 담긴 버킷이 바뀌는 과정에서 종자의 이송상태를 조사하였다. 진동은 각각의 진동특성을 규명하기 위하여 레이저진동측정기를 사용하여 체인버킷의 수직방향에 대한 진동을 측정하였다.

배종시험장치의 시험속도는 트랙터의 속도를 기준으로 하여 설정하였는데 작업속도 0.22m/sec로 작업한다고 가정하여 모터의 속도를 고정하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 회전원판식 배종장치

회전원판식 배종장치의 배종시험결과는 표2와 같다.

Table 2. Test results of rotating disk type seed metering

Type of bucket	Size of bucket (mm)	Slope (°)	No. of seed in the bucket (%)		
			Single	Double	None
Spoon type(I)	39×23×22	90	61	31	8
		80	84	12	4
		70	60	39	1
Spoon type(II)	36×17×19	90	74	8	18
		80	73	14	13
		70	71	24	5
L-type(I)	20×20×19	85	75	3	22
		80	70	9	21
		75	61	34	5
L-type(II)	22×22×20	85	78	16	6
		80	74	20	6
		75	59	40	1

배종시험결과는 배종판 경사각이 증가할수록 결립률이 증가하고 경사각이 낮을수록 결립률은 줄어들지만 2립이상 배종상태가 증가하는 경향이였다. 스푼(I)형의 경우 배종판 경사각이 80° 일 때 1립과 결립의 비율이 비교적 양호하였으나 2립배종률이 비교적 많았다. 그리고 회전원판이 회전할때 버킷에 담긴 마늘이 버킷과 바닥판 사이에서 췌기작용을 하여 원판의 회전을 방해하는 등의 문제가 발생하였다.

나. 체인버킷식

체인버킷식의 배종요인시험결과는 표 3과 같으며 경사각이 증가할수록 결립률은 증가하는 경향이였고 A형 버킷을 제외한 모든 버킷에서 경사각도가 50° 일 때가 배종률이 좋았으며 특히 D형버킷일 때 1립이 92%, 2립 6%, 결립 2%로 나타났다.

Table 3. Test results of chainbucket type seed metering

Type of bucket	Size of bucket (mm)	Slope(°)	No. of seed in the bucket (%)		
			Single	Double	None
A	30×27×0	40	75	14	11
		50	70	5	25
		60	44	0	56
		70	32	0	68
B	30×27×2	40	69	29	2
		50	87	10	3
		60	77	2	21
		70	53	2	45
C	30×27×4	40	72	27	1
		50	84	10	6
		60	79	5	16
		70	68	1	31
D	30×27×6	40	80	20	0
		50	92	6	2
		60	82	3	15
		70	63	2	35
E	30×27×8	40	67	33	0
		50	91	6	3
		60	88	5	7
		70	84	2	14

다. 체인버킷진동식

그림 4는 진동을 가하지 않은 체인자체에서 발생한 진동의 크기를 주파수에 따른 가속도의 값으로 나타낸 것으로 rms=0.584로서 전주파수대에 걸쳐 거의 일정한 진동수준으로 나타났다. 그림 5, 6, 7은 진동발생장치에 의해 단계별로 발생한 진동의 크기를 주파수에 따른 가속도의 값으로 나타낸 것으로 수준이 증가할수록 rms값이 0.870~1.186으로 증가하며 넓은 주파수 범위에서 피크상태를 보임을 알 수 있다.

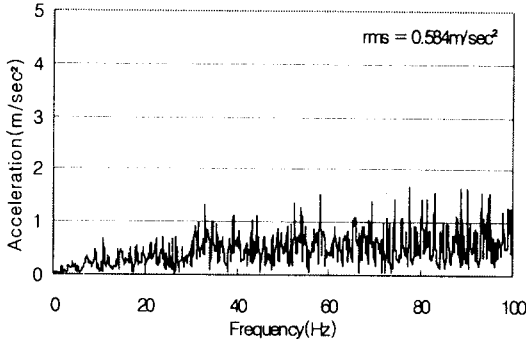


Fig. 4 Vibration of the bucket with no vibration bar(rms=0.584)

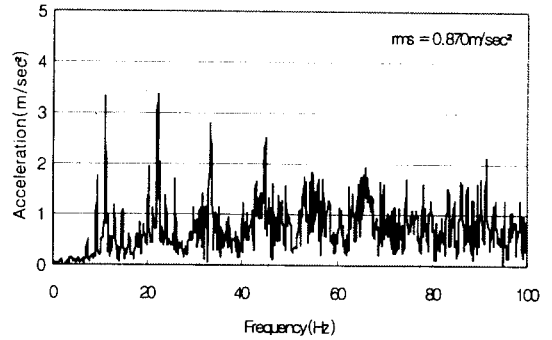


Fig. 5 Vibration pattern of the bucket affected by the bar level 1(rms=0.870)

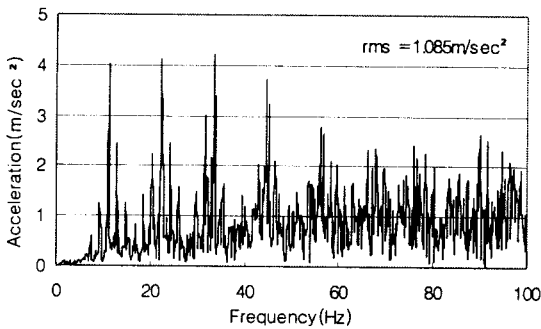


Fig. 6 Vibration pattern of the bucket affected by the bar level 2(rms=1.085)

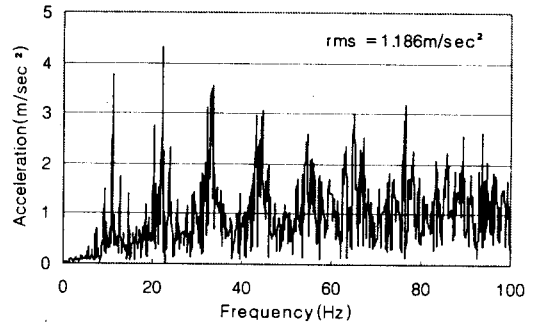


Fig. 7 Vibration pattern of the bucket affected by the bar level 3(rms=1.186)

진동의 크기에 따른 배종상태는 표 4, 5, 6, 7과 같으며 진동의 크기에 따라 큰 차이가 있었는데 체인의 자체진동만으로 시험을 한 경우는 진동발생장치에 의해 진동을 주었을 경우에 비해 결립배종률은 비교적 적지만 2립배종률이 높은 것을 알수 있다. 이러한 결과로 체인버킷진동식에 있어서 진동발생장치에 의해 발생된 진동은 1립배종률을 높이는데 중요한 역할을 하며 버킷의 형상에 맞는 적당한 진동을 발생하여 주는 것이 가장 중요함을 알수 있다. 이와같이 여러가지 진동의 크기와 버킷과의 관계를 시험한 결과 진동의 크기와 버킷에 종류에 따라서 배종률은 각도별로 차이가 있었는데 진동의 크기가 1수준인 경우 A형 버킷은 1립배종률이 69~87%로 낮은 수준이었다. B형 버킷의 경우는 배종판 경사각이 70° 일 때 1립배종률이 96%로 높았으며 결립률과 2립배종률은 모두 우수하였다. C형 버킷의 경우 2립배종률이 0% 이었으나 결립률이 비교적 많았다.

Table 4. Test results of chainbucket with no vibration bar

Type of bucket	Size of bucket (mm)	Slope (°)	No. of seed in the bucket (%)		
			Single	Double	None
A	Diameter: 23 Depth : 7	85	41.3	56.7	2.0
		90	40.0	58.0	2.0
		95	48.0	49.3	2.0
		100	52.0	36.0	12.0
B	Diameter: 29 Depth : 8	85	46.0	54.0	0.0
		90	46.6	52.7	0.7
		95	54.0	45.3	0.7
		100	64.0	33.3	2.7
C	Diameter: 29 Depth : 5	85	32.7	65.3	2.0
		90	48.7	50.0	1.3
		95	61.3	32.7	6.0
		100	65.3	14.7	20.0

Table 5 . Test results of chainbucket affected by the bar level 1

Type of bucket	Slope (°)	No. of seed in the bucket (%)		
		Single	Double	None
A	70	77.3	14.0	8.7
	80	87.0	5.0	8.0
	90	81.7	3.7	14.6
	100	69.0	0.3	30.3
B	70	96.0	3.0	1.0
	80	84.0	12.3	3.7
	90	87.3	10.7	2.0
	100	93.0	2.7	4.0
C	70	90.0	0.0	10.0
	80	92.7	0.0	7.3
	90	81.3	0.0	18.7
	100	65.0	0.0	34.7

진동2수준인 경우의 배종률은 3종류의 버킷 모두 2립배종률이 5% 이내로 적었으나 A형 버킷의 경우 각각의 배종판 경사도 시험에서 결립률이 14%이상이었다. B형 버킷의 경우는 결립률 및 2립배종률이 모두 우수하였는데 특히 배종판 경사각이 80° 일때 1립 배종률이 96.7%로 가장우수하였으며 버킷의 형상 및 크기에 가장 적당한 진동크기인 것으로 판단된다. C형의 경우는 2립배종률이 1.3%이하였지만 결립 배종률이 21%이상으로 높았다.

Table 6. Test results of chainbucket affected by the bar level 2

Type of bucket	Slope (°)	No. of seed in the bucket (%)		
		Single	Double	None
A	70	72.7	2.0	25.3
	80	83.3	2.3	14.4
	90	73.3	0.0	26.7
	100	47.0	0.0	52.7
B	70	92.7	3.3	4.0
	80	96.7	3.3	0.0
	90	93.3	4.7	2.0
	100	92.7	0.7	6.6
C	70	77.4	1.3	21.3
	80	78.3	0.7	21.0
	90	74.3	0.3	25.4
	100	53.0	0.3	47.0

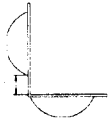
Table 7. Test results of chainbucket affected by the bar level 3

Type of bucket	Slope (°)	No. of seed in the bucket (%)		
		Single	Double	None
A	70	60.0	2.7	37.3
	80	64.7	0.0	35.3
	90	54.7	0.0	45.3
	100	38.0	0.0	62.0
B	70	84.3	0.0	15.7
	80	82.4	0.3	17.3
	90	76.4	1.3	22.3
	100	72.0	0.0	28.3
C	70	77.4	1.3	21.3
	80	78.3	0.7	21.0
	90	74.3	0.3	25.4
	100	53.0	0.3	47.0

진동3수준인 경우는 대체로 2립배종률은 3% 이내로 작았지만 결립률이 높았다. 이것은 버킷에 담긴 마늘이 진동발생장치부근에서 상대적으로 큰 진동에 의해 모두 떨어지는 경우가 많았기 때문이다.

2개 이상의 마늘이 담긴 체인버킷이 상승하다가 90° 회전하여 수평이동한 후의 배종상태를 표8 에 나타내었다. 버킷은 3종류로 하였는데 L자로 꺾인 부분에서부터 반구형의 홈까지의 거리(L)를 다르게 한 것으로서 길이가 증가할수록 2립배종률은 적어지지만 체인버킷이 스프로킷을 타고 회전할 때 버킷의 한쪽홈에 위치하던 마늘이 다른쪽홈으로 위치가 바뀌게 될 때 자세가 불안정한 마늘은 옆으로 굴러 떨어지게 되어 반구형홈까지의 거리(L)가 길수록 결주율이 증가하는 것으로 나타났다.

Table 8. Seed metering status of the finished rotation of 90° and moved horizontally

Type of bucket		Length of L (mm)	No. of seed in the bucket (%)		
			Single	Double	None
	D	6	56.0	42.7	1.3
	E	10	64.7	26.7	8.6
	F	15	71.3	20.7	18.0

4. 요약 및 결론

마늘파종기를 개발하기 위하여 3가지의 배종장치를 제작하여 최적의 배종관 경사도와 버킷 형태를 구명코자 시험을 실시하였다.

- 가. 배종시험장치는 회전원판식, 체인버킷식, 체인버킷진동식등 3가지이고 각각 버킷의 종류별, 경사각도별 배종시험을 실시하였고 체인버킷진동식에서는 진동의 크기 및 이동 방향의 변화에 따른 배종상태를 시험하였는데 버킷의 종류와 경사각도 및 진동의 크기는 우수한 배종상태를 얻기 위하여 중요한 요인인 것으로 판단하였다.
- 나. 회전원판식 배종장치에서는 스푼(I)형의 경우 배종관 경사각이 80° 일 때 1립배종률과 결립의 비율이 비교적 양호하였으나 2립배종률이 비교적 많았고 버킷과 바닥판 사이에 마늘이 끼어 회전원판의 회전을 방해하는 문제가 발생하여 회전원판식의 구조적 개선이 필요한 것으로 판단하였다.
- 다. 체인버킷식의 배종시험에서는 A형을 제외한 모든 버킷에서 배종관 경사각 50° 일 때 배종률이 좋았으며 특히 D형버킷일 때 1립배종률이 92%, 2립 6%, 결립 2%로 나타났다.
- 라. 진동2수준(rms=1.085)일 경우에 B형 버킷에서 배종관경사각이 80° 에서 1립배종률이 96.7%로 나타나 배종장치의 설계요인으로 가장 적당한 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 이용국, 오영진, 이대원. 1996. 관리기용 다목적 파종기 개발. 한국농업기계학회지 21(1)
2. 최창현, 노광모, 이규창, 김재민. 종합공동육묘장의 설비 자동화에 관한 연구. 한국농업기

계학회지 21(2)

3. 이규승, 정창주, 신익환, 노광모. 1997. 마늘파종기 개발을 위한 기초 연구. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집
4. 충청북도농촌진흥원. 1996. 마늘무병종구 대량증식체계 확립 및 생력기계화 방안
5. 岡村俊民, 高畑英彦, 伊藤道秋, 外館隆二. 傾斜回轉目皿式排種装置の ヒート種子排出性能について. 일본농업기계학회지 28(2)