

박과 종자용 진공노즐식 파종기 개발(II)
- 대립종자의 종자보충, 정렬 및 파종성능시험 -

Development of Vacuum Nozzle Seeder for
Cucurbitaceous Seeds(II)

- Test of Seed feeding, Arranging and Sowing performance of large seeds -

김동익 장유섭 김종구 김현환 이동현
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
D. E. Kim Y. S. Chang C. G. Kim H. H. Kim D. H. Lee

ABSTRACT

This study was carried out to develop a vacuum nozzle seeder for large seeds and performance was tested on seed feeding, arranging, and sowing performance. The results of this study were as follows:

The operation of feeding device of the seeder was programmed to operate a period of setting time after sowing 6 rows. The setting time was decided based on a discharged seed by the angular speed of feeding roller. The arranging accuracy of 'tuktozwa', 'hukjong' and 'chambak' was 96.4%, 95.2% and 89.4% respectively. The working performance was 75.6sheet/hr which was 3.8 times higher than that of manual work. An average seeding rate of 1 grain was 97.8%.

Keywords : Seeder, Raising plug seedlings.

1. 서 론

박과종자용 진공노즐식 파종기 개발을 위한 파종요인시험에서 대립종자를 파종하기에 적합한 적정노즐규격이 선정되었으며, 파종기를 가동함에 있어 설정해 주어야 될 적정 진공압, 종자호퍼의 진동세기 등을 구명하였다(김 등, 2002).

입자가 작은 종자와는 달리 입자가 큰 대립종자는 종자의 파종된 상태가 발아 후의 자엽의 전개방향에 매우 큰 영향을 미친다.

일본에서는 트레이 육묘시 자동접목기에 적용가능하도록 종자를 정렬해서 파종하는 것이 추천되고 있다(笹谷 定夫 등, 2000).

대립종자를 자동으로 파종하기 위해 박과종자용 진공노즐식 파종기를 개발하고 최적작동조건을 구명한 결과, 대목으로 사용되는 종자의 파종에 노즐직경

1.5mm가 범용으로 사용 가능하다고 하였으며, 흡착부압이 8kPa 이상일 때 만족할 만한 파종율을 나타내었으며, 최대 파종률은 97.6 ~ 98.8%로 나타났다(김 등, 2002).

본 연구에서는 부족한 종자를 자동으로 보충해주는 보충장치와 종자를 파종정렬하는 파종정렬장치 등으로 구성된 박과 종자용 진공노즐식 파종기를 설계제작하고, 그 성능시험을 실시하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험장치

파종기는 Fig. 1과 같이 종자호퍼, 종자호퍼를 진동시키는 가진장치, 카운팅방식에 의해 자동으로 종자를 보충해 주는 종자보충장치, 트레이를 이송하는

The article was submitted for publication in October 2003, reviewed and approved for publication by editorial board of KSAM in December 2003. The authors are D. E. Kim, Y. S. Chang, C. G. Kim, H. H. Kim and D. H. Lee, researcher, Y. S. Chang, senior researcher, NAMRI. The corresponding author is D. E. Kim, Researcher, Plant Production Factory Lab., National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Seodundong, Kwonsun-gu, Suwon, Korea. E-mail : <kde1206@rda.go.kr>

벨트컨베이어, 종자를 파종하고 정렬하는 파종정렬장치, 종자를 흡인하여 파종호퍼에 옮겨주는 노즐, 그리고 장치를 제어하는 PLC 등으로 구성되어 있다.

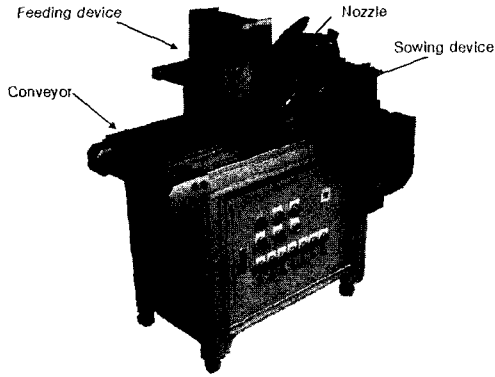


Fig. 1 View of vacuum nozzle seeder for large seeds.

가진장치는 종자호퍼를 진동하기 위한 장치로 각각의 종자호퍼 양측 면에 원형봉을 붙이고 원형봉과 편심되어 끼워져 있는 축을 커넥팅 로드로 연결하여 축이 회전할 때 편심에 의해 진동이 일어나도록 되어 있다. 축은 소형모터에 의해 회전하게 되어 있다.

공압실린더는 파종장치를 상하 작동시키는 상하 실린더와 노즐을 전후진시키는 실린더 그리고 파종호퍼를 좌우로 벌려주는 실린더로 구성된다. 진공은 솔레노이드 밸브에 의해 진공발생기로 들어가는 공기를 단속함으로써 제어한다. 실린더 작동속도와 진공의 세기는 레귤레이터와 공압실린더에 장착된 스피드컨트롤러에 의해 조절된다.

Fig. 2는 진공노즐식 파종기의 공압장치 회로도를 나타낸 것이다.

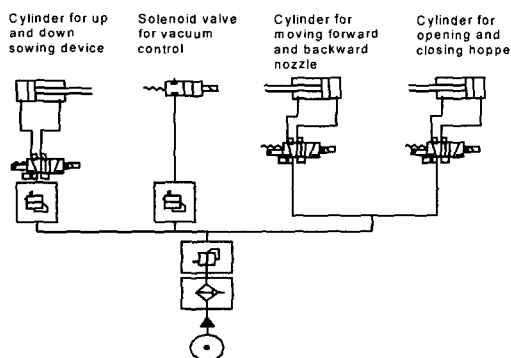


Fig. 2 Pneumatic circuit of vacuum nozzle seeder for cucurbitaceous seeds.

파종기의 작동은 컨베이어에 의해 이송되어온 육묘 트레이가 포토센서에 감지되면 컨베이어는 정지하고 진공밸브가 열리면서 파종노즐내 진공이 형성된다. 파종노즐은 전진하고 종자호퍼내 종자를 진공에 의해 흡착한 다음 후진한다. 후진이 완료되어 파종정렬호퍼 위에 위치하면 진공이 해제되고 종자는 파종정렬호퍼에 떨어진다. 파종정렬호퍼는 하강하여 육묘트레이를 혈공하고 양쪽으로 벌어져 종자가 배출된다.

Fig. 3은 파종기의 작동순서도를 나타낸 것이다.

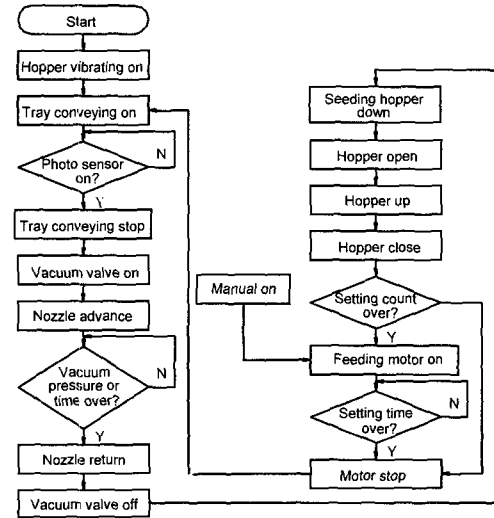


Fig. 3 Flowchart of vacuum nozzle seeder.

나. 종자보충장치

종자보충장치는 홉플러의 회전에 의해 종자를 보충해 주는 장치로 Fig. 4에서와 같이 종자호퍼의 바닥에 홉플러가 회전되면서 종자가 배출되는 구조로 되어있다.

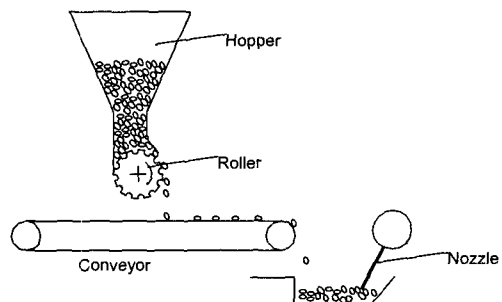


Fig. 4 The schematic diagram of feeding device.

배출구는 상부에 장식을 달아 종자 보충롤러가 정지하면 판의 자중에 의해 닫혀 있다가 롤러가 회전하면 종자가 배출되면서 열리는 구조로 되어있다.

흙롤러는 직경 60mm, 흙의 폭 7mm로 가공하였다. 종자 배출량은 흙롤러의 회전속도로 조절된다. 종자 보충장치는 자동으로 설정치에 따라 가동·정지를 반복하도록 하였으며, 오차수정을 위해 자동운전 중에도 수동으로 작동 가능하도록 하였다. 종자 보충장치의 제원은 Table 1과 같다.

Table 1 Specification of replenishing device

Item(unit)	Specification
Size(mm)	300(L) × 350(W) × 270(H)
Roller size(mm)	∅60 × 250(L)
Rotative speed of roller (rpm)	2.0 ~ 35.0
Motor output(W)	40W

다. 파종 정렬장치

파종 정렬장치는 종자가 놓일 자리의 혈공과 파종, 정렬이 동시에 이루어지는 장치로 Fig. 5와 같이 1조로 구성된 V자형 호퍼로 제작하였으며, 호퍼가 장착된 가이드가 좌우로 슬라이딩됨으로써 호퍼가 개폐되도록 되어있다. 파종장치 작동은 종자가 호퍼 안에 떨어지면 호퍼가 하강하여 트레이내의 상토에 V자형 파종 흙을 내고 호퍼가 좌우로 벌어지면 종자가 배출되고, 상승하면 호퍼는 닫히게 된다. 이와 같은 작업이 반복되면서 종자가 정렬된다.

종자정렬의 원리는 종자가 경사진 호퍼에 떨어지면 경사면을 따라 옆으로 누이게 되는 것이다.

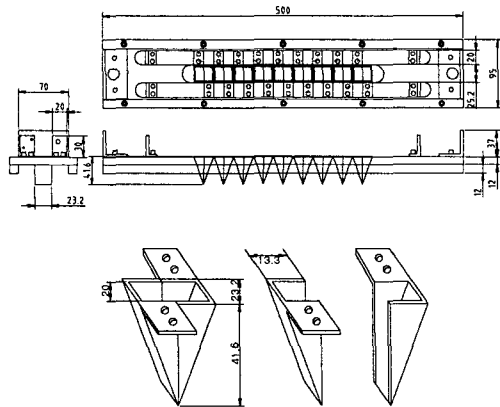


Fig. 5 The schematic diagram of sowing device.

파종 정렬장치의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Specification of sowing device

Item(unit)	Specification
Size(mm)	500(L) × 75(W) × 85(H)
Sowing hopper size(mm)	20(L) × 23(W) × 42(H)
Sowing hopper slope	78.5°
Cylinder for up and down of sowing device (Stroke×diameter, mm)	75 × 32
Cylinder for opening and closing hopper (Stroke×diameter, mm)	5 × 16

라. 실험방법

(1) 공시종자

Table 3은 시험에 사용된 종자의 크기와 무게를 나타낸 것이다.

Table 3 Properties of the used seeds

Items	Length (mm)	Width (mm)	Mass of 1,000grain(g)
Chambak	14.39 ± 1.03	6.84 ± 0.34	146.4
Tuktozwa	16.21 ± 0.75	9.37 ± 0.32	189.9
Hukjong	17.66 ± 1.28	10.78 ± 1.03	197.2

(2) 종자 보충

종자 보충장치의 종자 보충량은 참박, 특토좌, 혹은 종호박 종자를 대상으로 회전속도를 5단계로 변화시키면서 공급량을 조사하였다. 회전속도는 디지털타코메타(HT3100)를 사용하여 측정하였다.

종자 보충장치의 보충량에 근거한 적정 종자 보충 시간은 다음 식과 같다.

$$\text{종자보충시간} = \frac{\text{노즐수} \times \text{보충간격간 파종횟수}}{\text{단위시간당 보충종자수}}$$

(3) 정렬

파종호퍼에 투입된 종자는 옆으로 누인 상태에서 호퍼가 벌어질 때 배출되기 때문에 종자정렬은 배출시 호퍼의 작동시간에 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서 파종 정렬호퍼가 트레이를 혈공한 후 열리기 시작하는 시간과 열린 후 상승을 시작하는 시간이 파종과 정렬에 어떠한 영향을 주는가를 알아보기 위하여 특토좌 종자를 대상으로 트레이 혈공 후 열리

기 시작하는 시간을 0초, 0.1초, 0.2초, 0.3초, 0.5초로, 열린 후 상승을 시작하는 시간을 0초, 0.1초, 0.2초, 0.3초, 0.5초로 변화시키면서 실험하였다.

위 실험의 결과를 토대로 호퍼 개폐시기를 설정하고 참박, 특토좌, 흑종호박 3종자를 대상으로 종자 정렬성능을 실험하였다. 정렬정도는 트레이에 파종된 상태를 조사하였다. Fig. 6은 종자 정렬상태 조사방법을 도시한 것이다. 정렬정도는 트레이의 가로선에 15° 이내로 기울어진 경우를 양호로, 라인에 비스듬히 서있거나 30° 이상 벗어난 경우를 불량, 그 사이를 보통이라고 판정하였다.

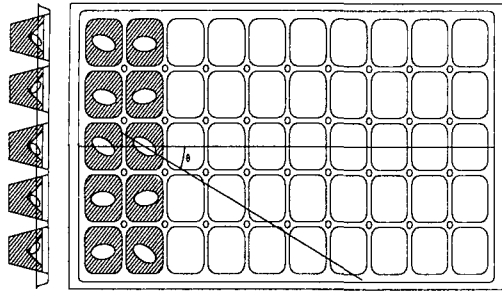


Fig. 6 The schematic diagram of standard for distinction of arraying status.

(4) 파종성능

성능시험은 특토좌 종자를 대상으로 162구 트레이에 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 종자 보충

호플러 보충방식의 파종기에서 롤러 회전속도에 따른 종자 배출량의 변화는 Fig. 7에서 보는 바와 같다. 2.4 rpm에서 참박, 특토좌, 흑종호박 종자는 각각

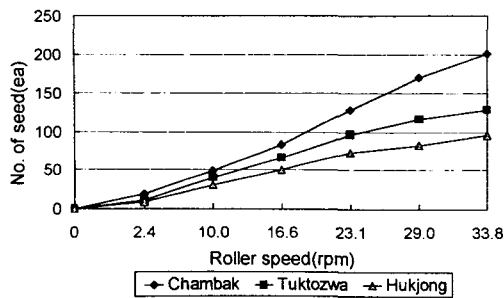


Fig. 7 The number of discharge seed of feeding device by rpm.

초당 18개, 10개, 9개 배출되었으며, 회전속도가 증가함에 따라 종자 배출량도 증가하여 33.8rpm에서 참박, 특토좌, 흑종호박 종자는 각각 초당 200개, 129개, 97개가 배출되었다.

162구 트레이의 경우 트레이셀이 9×18구이고 길이방향으로 이송되기 때문에 18열을 3등분하여 6회 파종작업 후 보충되도록 프로그램 하였으며, 호플러 회전수별 종자 배출량을 기준으로 계산한 종자 보충 시간은 Table 4에서 보는 바와 같다.

Table 4 Feeding time of seed by rotative speed of roller

Rotative speed (rpm)	Feeding time(sec)		
	Chambak	Tuktozwa	Hukjong
2.4	2.9	5.3	6.3
10	1.1	1.4	1.8
16.6	0.6	0.8	1.1

나. 정렬

파종 정렬호퍼가 트레이를 혈공한 후 열린 다음 상승을 시작하는 시간이 파종과 정렬에 미치는 영향을 Fig. 8에 나타내었다. 그림 8에서 보는 바와 같이 정렬성능면에서는 큰 차이를 보이지 않았으며, 0.2~0.3초에서 정렬상태가 약간 더 양호한 것으로 나타났다. 정렬성능에는 큰 차이는 없었으나 0초에서는 종자가 들쭉이는 현상이 나타났다.

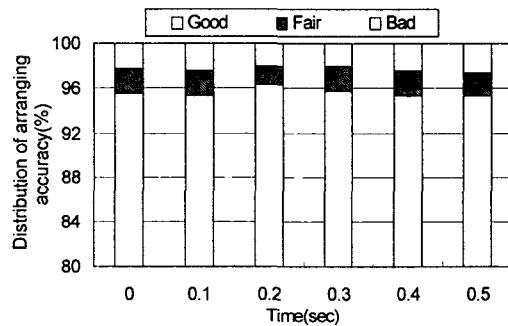


Fig. 8 The distribution of arranging accuracy on the time that hopper is rising after hopper is opened.

파종 정렬호퍼가 트레이 혈공 후 열리기 시작하는 시간이 파종과 정렬에 미치는 영향을 실험한 결과를

Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 정렬성능면에서는 큰 차이를 보이지 않았으며, 0.2초에서 정렬상태가 약간 양호한 것으로 나타났다. 정렬성능에는 큰 차이는 없었으나 0초에서는 종자가 들쭉이는 현상이 나타났다.

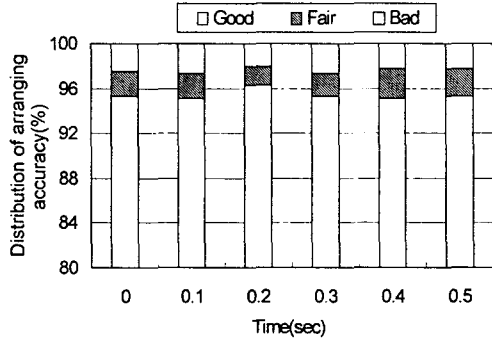


Fig. 9 The distribution of arranging accuracy on the time that hopper is opening after hopper is downed.

두 실험결과, 상승을 시작하는 시간과 열리기 시작하는 시간이 정렬성능에 미치는 영향은 크지 않았으나 시스템의 안정 측면에서 약간의 지체시간을 두는 것이 좋을 것이라고 판단되었다.

트레이 혈공 후 열리기 시작하는 시간과 열린 후 상승을 시작하는 시간을 0.2초로 설정한 상태에서 파종 후 종자의 정렬정도를 실험한 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5 Arraying rate of seeds by arraying seeding

Item	Good (%)	Fair (%)	Bad (%)
Hukjong	95.2	3.2	1.6
Tuktozwa	96.4	1.6	2.0
Chambak	89.4	5.2	5.4

Table 5에서 보는 바와 같이 종자 정렬상태가 양호한 경우는 흑종호박이 95.2%, 특토좌가 96.4%로 나타났으며, 참박이 약간 낮은 89.4%로 나타났다.

이것은 참박의 씨눈 반대쪽이 각진 형상으로 타원형인 흑종호박, 특토좌 보다 좌우로 넓지 않는 종자가 많았기 때문이다.

Fig. 10은 162구 육묘트레이에 파종된 종자의 모습을 나타낸 것이다.

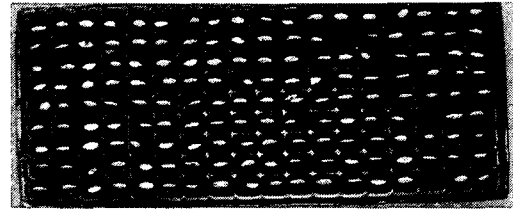


Fig. 10 Arranging status of sowed seed by seeder.

다. 파종 성능

파종기의 작업성능은 특토좌 종자를 대상으로 파종기 성능시험을 위한 각 부의 설정값은 Table 6에서 보는 같다.

Table 6에서 보는 바와 같이 각 세팅값을 설정하고 162구 트레이로 파종 실험한 결과를 Table 7에 나타내었다.

Table 6 Setting value for the operation of seeder

Item	Setting value	
	Standard	Control range
Absorbing pressure(kPa)	8.0	5.3 ~ 10.6
Nozzle size(mm)	1.5	1.0 ~ 2.0
Rotative speed of roller(rpm)	2.4	2.0 ~ 3.0
Absorbing time(sec)	0.5	0.5 ~ 1.0

작업성능은 시간당 75.6매의 파종이 가능하였는데 이것은 조사결과인 인력의 20매보다 3.8배 능률적인 것으로 나타났으며, 1립 파종률은 97.8%로 높게 나타났다.

Table 7 The working performance of the seeder

Item	Seeder	Manual work
Efficiency(sheet/hr)	75.6	20
Seeding rate(%)	1 grain	97.8
	2 grain over	2.2

4. 요약 및 결론

본 연구는 박과 종자용 진공노즐방식의 파종기 개발을 위한 연구로 종자 보충장치와 파종 정렬장치를

설계 제작하고 성능시험을 실시하였으며, 최적조건하에서 박과 종자용 진공노즐식 파종기의 작업성능을 조사하였다.

1) 종자 보충장치는 6열 파종 후 설정된 시간동안만 가동하도록 프로그래밍하였으며, 종자의 크기에 따라 배출 종자수가 달라 종자의 종류에 따라서 보충 시간을 달리할 필요가 있는 것으로 나타났다.

2) 종자의 정렬정도는 흑종호박이 95.2%, 특토좌가 96.4%가 양호한 것으로 나타났으며, 참박은 이보다 낮은 89.4%로 나타났다.

3) 특토좌 종자를 대상으로 실험한 결과 파종기의 파종능률은 162구 트레이 기준으로 시간당 75.6매의 파종이 가능하여 인력의 20매보다 3.8배 능률적이며, 1립 파종률은 97.8%로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김동역 등. 2002. 박과 종자용 진공노즐식 파종기 개발 - 진공노즐식 파종기의 최적 작동조건 -. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 7(1):236-241.
2. 이중용, 김유용, 박상래. 2000. 롤러형 파종기 구동용 직류모터의 회전속도 제어. 한국농업기계학회지 25(5):351-358.
3. Guarella, P., A. Pellerano and S. Pascuzzi. 1996. Experimental and Theoretical Performance of a Vacuum Seeder Nozzle for Vegetable Seeds. J. agric. Engng Res. 64:29-36.
4. 笹谷 定夫 등. 2000. 整列播種機における胚位置判別方法. 日本國特許廳特開 2000-23508.