

박과 종자용 진공노즐식 파종기 개발(I)

- 대립종자의 진공파종을 위한 요인구명 -

Development of Vacuum Nozzle Seeder for Cucuribitaceous Seeds(I)

- Design factors for vacuum seeding large sized seeds -

김동익	장유섭	김승희	이공인
정희원	정희원	정희원	정희원
D. E. Kim	Y. S. Chang	S. H. Kim	G. I. Lee

ABSTRACT

This study was carried out to develop a vacuum nozzle seeder for the automation of large seeds sowing of fruit vegetables and rootstocks. Moreover, the seeding efficiency was examined to find the optimum operating condition considering high precision seeding.

The important operating factors for high seeding rate were typically nozzle diameter and absorbing vacuum pressure. The optimum nozzle diameters were found 1.5, 1.5 and 2.0mm for Chambak, Tuktozwa and Hukjong while the optimum vacuum pressures were 8.0kPa, 10.6kPa and 5.3kPa, respectively. Under the optimum operating condition, the results indicated that the maximum seeding rates were 97.6%, 98.8% and 97.6% respectively for Chambak, Tuktozwa and Hukjong. The vibrating acceleration of the hopper did not make any significant effects on the seeding rate when the vacuum pressure reached 8.0kPa and the sowing rate became higher with lighter seed.

As the seed became heavier, the larger diameter of nozzle was recommended 1.5mm of the nozzle diameter was found to be applied for the experimental seeds. The vacuum pressure was also found 8.0kPa - 13.3kPa at that time.

Keywords : Seeder, Raising plug seedlings.

1. 서 론

공정육묘장 면적은 '92년 3ha에서 '01년말 현재 51.5ha로 증가하였으며, 개소수도 4개소에서 122개소로 크게 증가하였다. 이들 공정육묘장에서는 오이, 토마토, 고추, 가지, 배추, 참외, 수박묘 등이 재배되고 있으며, 수박, 오이, 참외묘 대부분은 점목재배되고 있다.

이들 점목묘의 대목으로 사용하는 종자는 대립종으로 대부분 손으로 파종하거나 반자동파종기를 이용하여 파종하고 있다.

주사바늘을 가공 제작한 진공노즐식 자동파종기로는 수박종자까지 파종이 가능하다. 그러나 이같은 자

동파종기로는 수박 종자보다 큰 호박종자와 같은 대립종의 파종에는 부적합하므로 대립종자를 기계파종하기 위한 진공노즐식 자동파종기에 대한 연구가 필요하다.

민 등(2000)은 상품화된 진공노즐식 파종기에서 고추, 오이, 무 종자의 파종성능을 높이기 위해 종자바닥판 진동에 의한 종자의 최적 진동높이, 노즐 구경, 종자 흡착부압 등 최대파종률을 얻을 수 있는 작동조건을 구명한 바 있다.

본 연구는 대립종자 파종작업의 자동화를 위하여 박과 종자용 진공노즐식 파종기를 개발하고 박과 종자의 최대파종률을 얻을 수 있는 작동조건을 구명하고자 노즐직경, 종자흡착부압, 종자호퍼 진동가속도 세기를 요인으로 하여 파종성능을 시험하였다.

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, S. H. Kim and G. I. 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, Suwoncity, 441-100 Korea. E-mail : <kde1206@rda.go.kr>

2. 재료 및 방법

가. 공시파종기

이 연구에서는 대립종자 파종에 적합하도록 진공노즐식 파종형식을 채택하였고, 설계제작한 파종기의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 파종기는 트레이를 이송하는 컨베이어, 종자가 담기는 종자호퍼, 종자호퍼를 진동시키는 가진장치, 파종노즐과 노즐대, 노즐대를 전후진시키는 공압실린더, 그리고 장치를 작동 제어하는 PLC로 구성하였다.

종자호퍼 가진장치는 종자호퍼를 진동시키기 위하여 공기압에 의해 회전하는 로터의 회전축에 편심추를 부착하여 로터가 회전할때 편심추에 의해 종자호퍼에 진동이 발생되도록 제작하였다.

호퍼의 진동가속도는 공압레귤레이터로 로터에 공급되는 공기의 압력을 변화시켜 조절하였다. 진공노즐식 파종기의 제원은 Table 1과 같다.

파종기의 작동은 자동운전을 시작하면 컨베이어에 투입된 육묘트레이가 컨베이어에 의해 이송된다. 트레이의 셀이 포토센서에 감지되면 트레이가 정지하고 동시에 진공밸브가 열리고 파종노즐내 진공이 형성된다. 파종노즐은 실린더에 의해 전진하고 진동하는 종자호퍼 위에 위치하게 된다. 파종노즐은 전진이 완료된 상태에서 종자를 공기압으로 흡착한 후 설정한 시간이 지나면 후퇴한다. 파종노즐의 후퇴가 완료되면 진공이 해제되고 종자는 낙하한다. Fig. 2는 파종기의 작동순서도를 나타낸 것이다.

민 등(2000)이 실험한 상품화된 진공노즐식 파종기는 파종노즐로 주사바늘을 이용한 것으로 무종자 파종실험에 사용한 주사바늘의 최대 직경이 0.65mm이

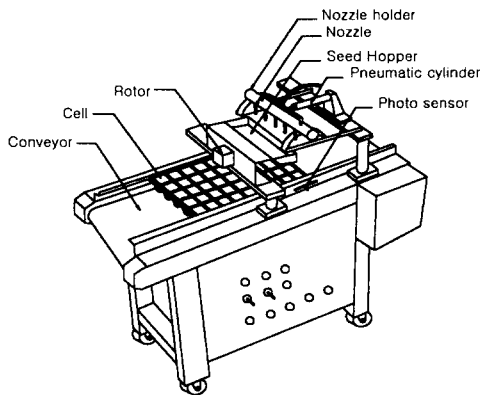


Fig. 1 Schematic diagram of vacuum nozzle seeder.

Table 1 Specification of vacuum nozzle seeder

Item(unit)	Specification
Overall size(mm)	550(W)×750(H)×900(L)
Hopper size(mm)	70(W)×19(H)×240(L)
Conveyor speed(m/min)	1.0~5.5
Pneumatic cylinder size (Stroke×diameter, mm)	75×20
Rotator size(mm)	40(W)×40(H)×50(L)
Vacuum ejector(ℓ/min)	105

었다. 본 실험에서는 대립종자의 파종에 적합한 파종노즐의 직경을 구하기 위하여 노즐과 노즐대를 가공 제작하였다.

파종노즐이 부착되는 노즐대는 길이 280mm, 내경 25mm의 스테인레스 파이프의 양끝을 밀봉 제작하였다.

노즐대는 길이방향으로 트레이 셀의 간격에 맞추어 구멍을 뚫고 텀핑하였다. 파종노즐은 내경을 1, 1.5, 2mm로 제작하였다. 파종노즐 및 노즐대의 형상과 규격은 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

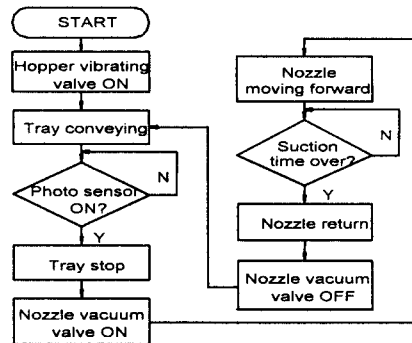


Fig. 2 Flowchart of the algorithm for operating vacuum nozzle seeder.

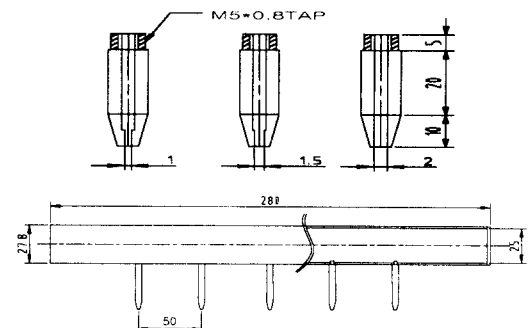


Fig. 3 Schematic diagram of sowing nozzle and nozzle holder.

나. 시험종자

시험용 종자로는 수박의 대목으로 사용되는 참박, 참외의 대목으로 사용되는 특토좌, 그리고 오이의 대목으로 사용되는 흑종호박을 사용하였다. 각 종자의 크기와 1,000립 무게는 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2 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

다. 시험방법

실험은 흡착부압별 노즐직경, 종자호퍼 진동가속도, 트레이 종류 등이 파종성능에 미치는 영향을 구명하기 위하여 Table 3에서 보는 바와 같이 노즐직경별 4수준, 종자호퍼 진동가속도별 3수준, 트레이 종류별 2수준으로 하고, 흡착부압을 5단계로 실험하였다.

흡착부압은 진공발생기와 파종노즐대가 연결되는 호스의 중간에 진공압력계를 설치하여 종자를 흡착하지 않은 상태에서의 진공압을 측정하였으며, 진동가속도는 진동분석시스템(Dolch PAC PII)을 이용하여 측정하였다. 파종률은 각 처리당 5반복하여 조사하였고, 이들의 평균치를 사용하였다. 각 요인시험별 처리내용은 Table 3에서 보는 바와 같다.

Table 3 Treatment contents for sowing test

Item(unit)	Treatment
Nozzle Diameter(mm)	0.65, 1, 1.5, 2
Vibration Acceleration(m/s ²)	39.3, 53.2, 60.3
Tray Type(No. of cell)	50, 162
Vacuum Pressure(kPa)	2.7, 5.3, 8, 10.6, 13.3

3. 결과 및 고찰

가. 노즐직경별 파종률

박과 종자용 진공노즐식 파종기의 파종노즐로 주사바늘이 적용가능한지 조사하기 위하여 기존 파종기에 채택하고 있는 주사바늘 중 노즐직경이 가장 큰 0.65mm 크기의 주사바늘을 사용하여 파종실험을 실시하였다.

노즐직경 0.65mm의 주사바늘을 사용한 경우, 특토좌 종자의 1립 파종률은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 흡착부압이 증가함에 따라 증가하였으나, 흡착부압 49.2kPa에서도 52.4%에 지나지 않아 대립종자의 파종에는 적합하지 않은 것으로 판단되었고, 따라서 노즐 직경을 크게 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

파종노즐 직경별 파종시험은 노즐직경 1, 1.5, 2mm 별로 진공압력을 변화시켜가며, 참박, 특토좌, 흑종호박에 대하여 종자의 흡착부압에 따른 파종률을 조사하였다.

Fig. 5는 참박종자의 흡착부압에 따른 노즐직경별 파종률의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 노즐직경이 1mm일 경우에는 흡착부압이 증가함에 따라 1립 파종률은 본 실험구간에서 계속 증가하였으나 전체적으로 70% 이하로 낮았다. 노즐직경이 1.5mm일 경우에는 흡착부압이 증가함에 따라 1립 파종률은 증가하다가 흡착부압 8.0kPa 이상부터 감소하는 경향을 나타내었다. 한편 노즐직경이 2mm일 경우에는 흡착부압이 증가함에 따라 1립 파종률은 증가하다가 흡착부압 2.7kPa 이상에서는 오히려 감소하는 경향으로 나타났다. 최대 파종률은 직경별로 각각 1mm에서는 64.4%, 1.5mm에서는 97.6%, 2mm에서는 95.2%로 나타났다.

따라서, 참박종자의 적정한 노즐 직경은 1.5mm, 흡착부압은 8.0kPa이 적정할 것으로 판단된다.

Fig. 6은 특토좌 종자의 흡착부압에 따른 노즐직경별 파종률의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 노즐직경별 1립 파종률은 흡착부압이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 노즐 직경이 1mm일 경우에는 참박종자에서와 마찬가지로 낮은 파종률을 나타냈고 노즐 직경이 1.5mm일 경우, 흡착부압이 8.0kPa, 10.6kPa일 때 각각 95.6%, 98.8%의 높은 파종률을 보였다. 노즐 직경이 2mm일 경우에는 흡착부압이 5.3kPa, 8.0kPa일 때 98.8%, 96.8%의 높은 파종률을 보였다.

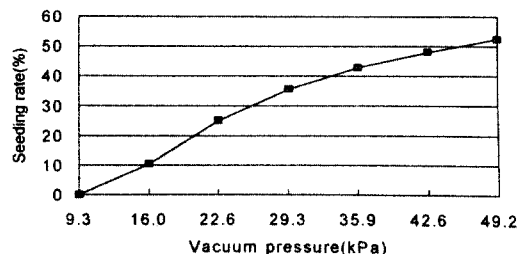
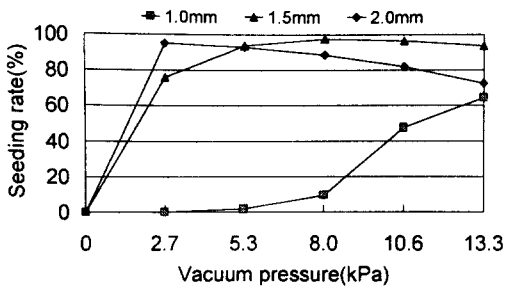
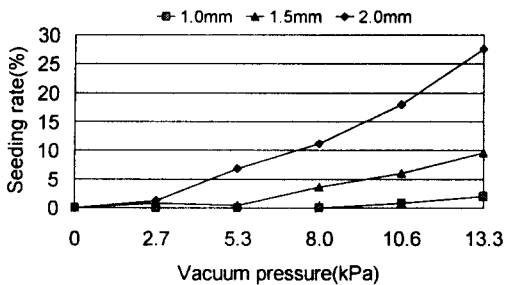


Fig. 4 The change of seeding rate on the vacuum pressure in injection syringe needle of 0.65mm diameter.

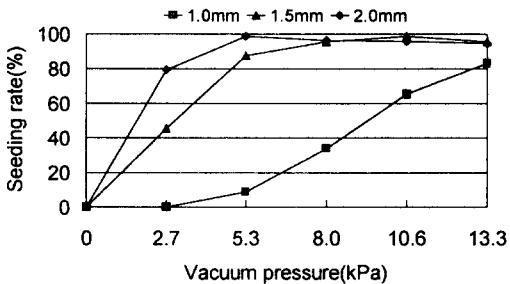


a. One seed seeding

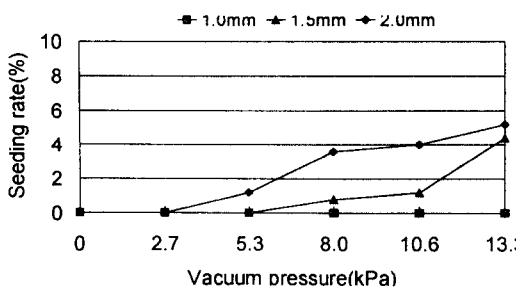


b. Two seeds seeding

Fig. 5 Seeding rate of 'Chambak' seed on the vacuum pressure by nozzle diameter.



a. One seed seeding

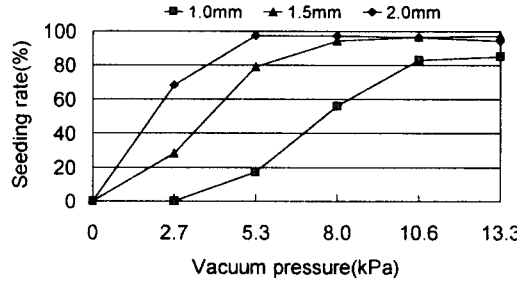


b. Two seeds seeding

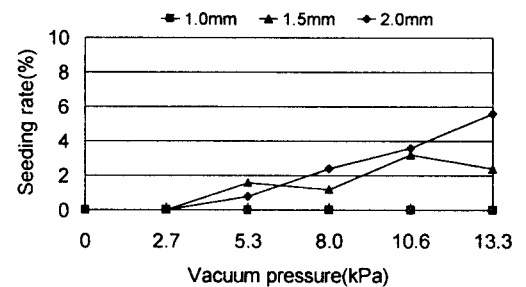
Fig. 6 Seeding rate of 'Tuktozwa' seed on the vacuum pressure by nozzle diameter.

따라서, 특토좌의 경우 노즐직경이 1.5mm일 경우 흡착부압은 8.0~10.6kPa이 적정하며, 노즐직경이 2mm일 경우 흡착부압은 5.3~8.0kPa이 적정할 것으로 판단된다.

Fig. 7은 흑종호박 종자의 흡착부압에 따른 노즐직경별 파종률의 변화를 나타낸 것이다. 흡착부압이 증가함에 따라 1립 파종률은 증가하였으며, 노즐 직경 1.5mm와 2mm에서 파종이 양호하였다.



a. One seed seeding



b. Two seeds seeding

Fig. 7 Seeding rate of 'Hukjong' seed on the vacuum pressure by nozzle diameter.

1립 파종률은 노즐직경이 1.5mm일 경우에는 흡착부압이 10.6kPa, 13.3kPa일 때 각각 96.8%, 97.2%로 나타났고, 노즐직경이 2mm일 경우에는 흡착부압이 5.3kPa, 8.0kPa일 때 각각 97.6%, 97.2%로 나타났다.

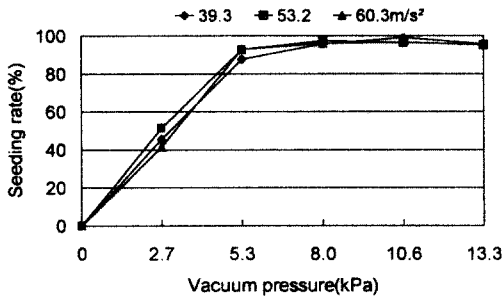
파종실험결과 파종노즐의 직경은 1.5~2mm가 적당한 것으로 나타났으며, 종자가 커지고 무거워짐에 따라 노즐의 직경이 큰 것이 유리하며, 실험에 사용된 종자에 한해서는 1.5mm 노즐이 적용가능하고 이때 적당한 흡착부압은 8.0~13.3kPa 범위로 나타났다.

나. 종자호퍼 진동가속도별 파종률

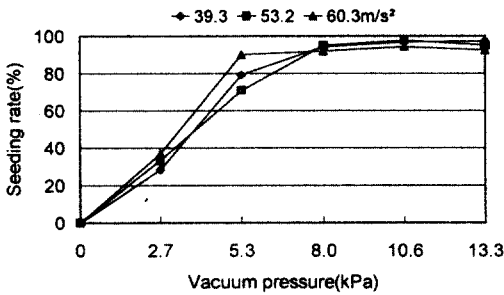
노즐 직경 1.5mm에서 흡착부압에 따른 진동가속도별 1립 파종률의 변화는 Fig. 8에서 보는 바와 같다.

종자호퍼의 진동가속도 세기에 따른 파종률은 종자의 종류에 관계없이 흡착부압 8.0kPa 이상에서는 차이가 미미하였으며, 상대적으로 가벼운 토괴종자가 더 높은 파종률을 보였다. 그러나 5.3kPa 이하에서는 진동 가속도 세기별로 차이가 나타났고 그 차이도 흑종종자에서 더 높게 나타났다.

진동가속도 세기에 따른 1립 파종률은 흑종호박의 경우 5.3kPa 이하에서는 차이가 있었으나 8.0kPa 이상에서는 차이가 미미하였다.



a. 'Tuktozwa' seed



b. 'Hukjong' seed

Fig. 8 One seed seeding rate on the vacuum pressure by the acceleration of vibration.

따라서 1립 파종률은 진동가속도의 세기보다 흡착부압의 영향이 더 큰 것으로 판단된다.

다. 트레이종류별 파종률

공정육묘장에서 많이 사용되는 트레이는 40공, 50공, 128공, 162공이며(1999, 농기계연), 접목묘의 대목과 접수목용으로 40, 50공과 162공 트레이가 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 50공과 162공 트레이에 적용되는 162공용 노즐과 50공용 노즐에 대하여 실험한 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

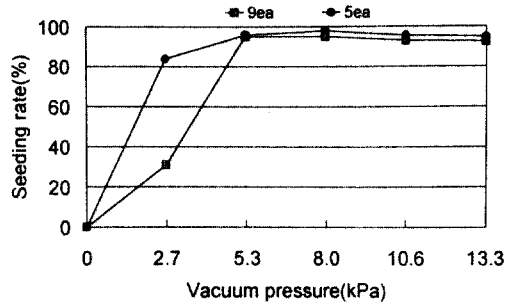


Fig. 10 One seed Seeding rate on the vacuum pressure by nozzle number on tray.

Fig. 10은 참박종자의 162공 트레이용인 노즐수 9개일 때와 50공 트레이용인 노즐수 5개일 때의 1립 파종률의 변화를 나타낸 것이다. 흡착부압이 낮은 경우에는 노즐수 9개일 때가 노즐수 5개일 때보다 파종률이 낮았으나, 5.3kPa 이상에서는 비슷한 경향으로 나타났다.

라. 최적 작동조건

Table 4는 종자별, 흡착부압별, 노즐직경별 파종률을 나타낸 것이다.

Table 4 Optimum operating conditions for the vacuum nozzle seeding

Seeds	Diameter of nozzle (mm)	Vacuum pressure (kPa)	Seeding rate (%)
Chambak	1.5	8.0	97.6
Tuktozwa	1.5	10.6	98.8
	2.0	5.3	98.8
Hukjong	1.5	13.3	97.2
	2.0	5.3	97.6

4. 요약 및 결론

본 연구는 박과 등 대립 종자용의 진공노즐식 파종기 개발하였고 박과채소의 대목으로 사용되고 있는 참박, 특토좌, 흑종호박 종자에 대하여 최대파종률을 얻기 위한 요인시험을 실시하였다.

1) 종자별 적정 노즐직경과 흡착부압은 참박 종자의 경우 1.5mm, 8.0kPa이고 특토좌 종자의 경우 1.5mm, 10.6kPa과 2.0mm, 5.3kPa, 흑종호박 종자의 경우 1.5mm, 13.3kPa과 2.0mm, 5.3kPa로 나타났다.

2) 최적 작동조건에서 참박종자, 특토좌종자 및 흑종호박 종자의 최대 파종률은 97.6%, 98.8% 및 97.6%로 나타났다.

3) 종자가 커지고 무거워짐에 따라 노즐의 직경이 큰 것이 유리한 것으로 나타났으며, 시험에서 사용된 종자에 한해서는 1.5mm의 노즐이 범용으로 사용가능하다고 판단된다.

4) 162공용 노즐과 50공용 노즐의 경우 노즐개수에 따라 흡착부압이 낮을 경우에는 파종률에 차이가 있었으나 흡착부압이 높아짐에 따라 파종률의 차이는 근소하였다.

참 고 문 헌

1. 농업기계화연구소. 1999. 농업기계화 시험연구보고서. pp. 18-36.
2. 농촌진흥청. 2001. 2001 공정육묘장현황.
3. 민영봉, 김성태, 정태상. 2000. 진공노즐식 파종기의 최적 작동조건. 한국농업기계학회지 25(6) : 463-470.
4. 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.
5. 伊藤道秋 등. 1977. 吸引式播種裝置に關する研究. 日本農業機械學會誌 37(4) : 526-532.