

마이크로컴퓨터를 利用한 育苗用 播種裝置의 開發[†]

Development of Microcomputer-based Automatic Drum Seeder

최창현*	노광모**	이규창***	김재민*
정회원	정회원	정회원	정회원
C. H. Choi	K. M. Noh	K. C. Lee	J. M. Kim

1. 서론

우리나라의 농업은 수도작을 중심으로 발전되어 왔으며, 수도작을 위한 경운, 이앙, 수확 등의 작업에는 여러 종류의 기계가 사용되고 있으나 채소, 과수, 원예 등 밭작물의 기계화는 매우 초보적인 단계에 있다. 우리나라의 경지면적은 '94년에 약 203만 3천ha로 전체 국토의 20.5% 정도이며 이 중에 37%인 약 76만 6천ha가 전작 및 시설재배에 이용되고 있다. 따라서, 우리나라의 농업도 단순한 토지중심의 노동집약적 산업에서 자본집약적이며 첨단기술을 도입한 산업으로 개선되어야 한다.

수도작의 어린모 육묘는 물론 고추, 토마토, 채소, 화훼 등의 밭작물과 시설재배작물은 육묘를 이식하여 재배되고 있으며, 재배작물의 품질과 생산성은 육묘의 생육조건에 따라 큰 차이가 있다. 현재 우리나라 농가에서는 대부분 농민이 직접 육묘를 생산하고 있으며 극히 일부분만이 전문적인 육묘시설에서 재배된 육묘를 구입하고 있는 실정이다. 규모가 작은 농가의 경우에는 가족단위의 노동력에 의존하여 파종작업을 하며, 대단위 원예단지 및 농장이나 규모가 큰 농가에서는 부분적으로 기계를 사용하여 작업하고 있다.

전체 육묘 파종작업을 일체화하여 자동으로 수행되는 자동 파종시스템은 대부분 상토충진과정, 상토성형과정, 파종과정, 복토과정, 관수과정을 단계적으로 수행할 수 있도록 설계되어 있다. 각 작업과정에 필요한 단위 기계들은 대부분 개발되어 다른 농작업에서 이용되고 있으나, 일관화된 자동 파종작업을 위하여서는 전체 시스템에 적합한 단위 기계를 개발하여야 할 필요가 있다. 전체 파종시스템에서 가장 중요한 부분은 파종장치이다. 파종장치의 형태와 성능에 따라 전체 시스템의 성능이 결정되며 다른 작업기기의 설계사양도 결정된다. 육묘판의 각 셀에 단립 종자를 파종하기 위하여 대부분의 파종장치는 진공펌프를 이용하여 노즐 팁(tip)의 미세한 구멍에 종자를 흡착시킨 후, 압축공기를 이용하거나 자유낙하시켜 육묘판에 파종하고 있다.

육묘판의 이동속도가 변화하여도 정확한 시기에 종자가 셀에 떨어질 수 있도록 제어되어야 한다. 자동 파종시스템은 육묘판의 위치를 감지하는 센서의 신호에 의하여 종자의 흡인 및 파종작업이 이루어지고, 육묘판이 없으면 자동으로 중단되어야 하므로 마이크로컴퓨터나 PLC 등을 사용하여 제어할 수 있다.

[†] 이 연구는 한국농업기계학회 연구비 지원으로 수행된 것임.

* 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

** 건국대학교 자연과학대학 농업기계공학과

*** (주) 한광 연구개발부

현재 국내 농업기계 생산업체의 기술수준으로 육묘의 파종작업에 필요한 작업기기의 설계 및 제작은 가능하다. 상토충진기, 상토성형기, 복토기 및 관수장치의 개발에 필요한 기술은 이미 개발되어 다른 농업기계에 사용되고 있으나, 파종장치에 대한 개발연구는 초보적 단계이다. 육묘의 작업공정에 필요한 작업기기는 거의 자동화가 되어 있으나, 각 작업공정간에 연결된 컨베이어 속도의 불일치, 서로 다른 제어방법의 적용, 용량의 차이 등으로 최초의 목적과는 달리 체계적인 작업을 수행하지 못하고 있다. 파종장치의 설계 및 제어기술은 육묘용 자동 파종시스템의 개발에 핵심적인 부분으로 파종장치의 기능과 구조에 따라 다른 작업공정에 필요한 작업기기의 구성도 달라지게 된다. 국내 실정에 적합한 자동 파종시스템을 개발하기 위해서는 파종장치의 설계, 제작 및 파종장치 자체의 제어 기술이 개발되어야 한다. 본 연구의 목적은 국내실정에 적합한 파종장치를 개발하여 육묘용 파종시스템의 자동화에 필요한 기초기술을 제공하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

파종장치의 성능을 분석하기 위하여 육묘파종에 많이 이용되고 종자의 기하학적 형상이 각기 다른 배추, 들깨, 상추, 고추의 종자를 사용하였다.

육묘용 종자를 파종할 때는 종자의 기하학적 형상에 따라 드럼 흡인구멍의 크기와 종자를 흡인하는 압력도 달라지므로, 종자의 기하학적 형상은 매우 중요한 자료이다. 실험에 사용된 종자의 길이, 폭, 두께는 마이크로미터를 사용하여 각각 100회 측정하여 평균값을 구했으며, 무게는 종자 100립의 무게를 측정한 평균값으로부터 종자 1립의 무게를 환산하였다.

나. 파종장치의 구성

육묘용 진공흡인식 파종기는 형태에 따라 노즐형과 드럼형으로 구분할 수 있다. 드럼형은 육묘판을 일시 정지할 필요가 없이 연속적인 작업이 가능하므로 노즐형에 비해 작업성능은 우수한 것으로 평가되고 있다. 노즐형 파종기는 2립 이상의 종자가 노즐에 달라 붙으면 제거하기가 무척 어려운 단점도 있다. 드럼형 파종기는 육묘판의 이동속도에 비례하여 드럼의 회전속도를 조절하여야 하며, 파종이 끝나면 드럼의 회전을 종료할 수 있도록 제어되어야 한다. 본 연구에서는 파종 시작 및 종료 등을 제어하기 위하여 마이크로컴퓨터를 이용하였다.

제작된 육묘용 파종장치는 기구부, 제어부, 센서부로 구성하였다. 기구부는 컨베이어 장치, 종자동, 드럼, 드럼 흡인구멍으로 종자를 흡인할 수 있도록 진공을 유지해 주고 직접 파종하거나 흡인구멍을 세척할 수 있도록 압축공기를 연결해 주는 공기압 연결장치, 드럼을 구동시키는 스텝모터(steping motor), 드럼의 흡인구멍에 2립이상 흡착된 종자를 제거하는 공기 블로워어(air blower)로 구성하였다. 센서부는 육묘판의 존재여부를 감지할 수 있도록 광센서를 사용하였으며, 제어부는 센서의 신호를 받아 스텝 모터를 작동하는데 필요한 신호를 만드는 마이크로컴퓨터, 마이크로컴퓨터와 센서, 스텝 모터를 연결해 주는 입출력 인터페이스(I/O interface)로 구성되어 있다. 종자의 원활한 흡인 및 배출을 위하여 진공펌프(vacuum pump)와 공기압축기(air compressor)를 사용하였다.

다. 실험방법

파종장치는 기본적으로 1립파종을 원칙으로 한다. 예비 실험결과, 1립 파종에 영향을 미치는 주요 인자로서는 드럼의 회전속도와 공기블로워어의 유무로 판단되었다.

따라서, 파종장치의 성능실험은 드럼을 각각 5 rpm, 10 rpm, 15 rpm으로 즉, 컨베이어 벨트의 이송속도를 1.5cm/s, 3.1cm/s, 4.6cm/s로 조정하여 공기 블로우어를 동작시켰을 때와 동작시키지 않았을 때의 파종효율을 비교하기 위해서 각각의 종자에 대해서 4회 반복하여 실험하였다. 드럼의 회전속도를 증가시키면, 스테핑 모터의 토크가 작아 탈조하는 현상이 발생하여, 드럼을 저속으로 회전하며 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

종자의 흡착에 필요한 적정흡인압력은 파종 종자에 따라서 다르게 나타나며, 최소흡인압력으로 작동할 때 공기 블로우어를 동작시키지 않으면 아무런 문제가 발생하지 않는다. 그러나, 공기 블로우어에서 종자를 불어내는 압력이 흡착압력보다 크면, 드럼의 흡인구멍에 종자가 흡착하지 않은 경우가 발생하게 된다. 그러므로, 본 실험에서는 진공펌프의 성능을 고려하여 진공펌프의 흡인압력은 57 cmHg로, 공기압축기의 압력은 52.5 cmHg (0.7 bar)를 유지하며 실험을 수행하였다.

가. 종자별 적정 흡인압력

진공펌프에서 직접 흡인하는 진공압력과 드럼의 흡인구멍에서 흡인하는 흡인압력과는 큰 차이가 있으며 각 종자가 드럼의 흡인구멍에 흡착되는 적정한 흡인압력을 조사하기 위해, 본 실험에 사용된 0.7mm의 직경을 가지는 파종드럼을 사용하여 흡인압력을 변화시켜 가면서 종자별 적정 최소 흡인압력을 실험하였다.

적정한 흡인압력은 종자의 무게에 따라 큰 차이가 있었으며, 종자별 최소흡인압력은 상추는 4.4mmHg, 들깨는 5.0mmHg, 배추는 5.2mmHg, 고추는 12.2mmHg로 나타났다. 종자의 무게가 증가할수록 종자를 흡착하기에 필요한 흡인압력은 증가되었다.

나. 파종효율

배추의 파종효율을 검증하기 위하여 드럼에 흡인구멍의 직경을 0.7cm로 뚫었다. 배추종자는 공기 블로우어를 작동에 관계없이 결과율이 거의 없는 것으로 나타났다. 공기 블로우어를 작동하면 불필요한 종자의 흡착을 방지하여 단립 파종율은 약 98%로 향상되었으나, 공기 블로우어가 완벽하게 불필요한 종자를 제거하지 못하였다. 드럼의 회전속도는 파종효율에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났지만, 드럼의 회전속도가 저속이므로 파종율에 미세한 영향을 주었을 것으로 판단되었다.

들깨는 배추보다 가벼우나 파종효율이 떨어지는 것으로 나타났다. 결과율은 2% 미만으로 배추보다 높으나 비교적 양호한 성능을 보여주고 있다. 공기 블로우어 작동시켰을 때의 단립 파종율은 약 95%의 높은 효율을 보여주고 있으나, 공기 블로우어를 동작시키지 않았을 때에는 약 87%의 낮은 파종효율을 나타내었다(표 3). 종자의 형태가 비슷함에도 불구하고 배추의 파종효율이 높은 이유는 배추의 형상이 들깨의 형상보다 구형에 가깝고, 표면이 들깨보다는 부드럽기 때문으로 판단되었다.

상추는 파이프를 이용하여 흡인구멍의 직경을 0.6mm, 0.7mm, 0.8mm로 하여 실험한 결과 흡인구멍의 직경과 흡인압력이 낮을수록 단립 파종율이 증가함을 알 수 있었다. 흡인구멍의 직경이 0.6mm, 흡인압력이 4.4mmHg일때의 단립 파종율은 62.5%로 나타났으며, 흡인구멍의 직경 0.7mm, 흡인압력 5.9mmHg 이하에서는 단립파종율이 57.5%로 나타났다. 상추의 파종효율을 70%이상으로 높이기 위해서는 공기 블로우어의 역할이 중요함을 알 수 있었다. 따라서, 상추는 흡인압력을 낮추고 공기 블로우어의 압력을 미세하게 조절하여 실험을 하여야 하나, 본 연구에 사용

된 공기 압축기는 일정한 압력의 유지 및 압력의 미세한 조절이 어려운 관계로 흡인압력 23.2mmHg, 공기 블로워의 압력 65~280mmHg로 높게 설정하여 실험을 수행하였다.

상추의 단립 파종율은 공기 블로워의 압력이 235mmHg~280mmHg일 때 70% 정도로 나타났다. 공기 블로워의 압력을 증가시키면 결과율은 증가하나 다립 파종율은 감소하였으며, 단립 파종율은 공기 블로워의 압력이 147mmHg 이상일 때, 대체적으로 만족할만한 성능 향상을 나타내었다. 공기 블로워가 작동하지 않을 때, 상추의 단립 파종율은 흡인구멍의 직경과 흡인압력이 작을수록 증가하였다. 그러나 전체적으로 결과율을 줄이고 단립 파종효율을 더욱 향상시키기 위해서는, 흡인압력과 흡인구멍의 직경 차이보다는 공기 블로워의 역할이 중요함을 알 수 있었고, 공기 블로워의 압력을 미세하게 조절하고 일정하게 유지할 수 있으면, 더욱 높은 파종효율을 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

고추는 흡인구멍의 직경이 1.0mm, 흡인압력이 2.94mmHg일때 단립 파종율이 가장 높았다. 전체적으로 직경이 크고 흡인압력이 클수록 결과율은 적었으나 단립 파종율만을 고려할 때, 직경이 1.0mm 보다 클때는 다립 파종율이 급격하게 증가하였다. 직경 0.7mm에서도 흡인압력이 증가하면 결과율은 감소하고 단립 파종율도 증가하나 흡인압력이 51.49mmHg 이상일때는 결과율은 거의 없는 반면에 단립 파종효율은 다소 감소하였다(표 5).

본 연구에서 사용된 진공펌프의 성능은 최대 진공압력이 약 570mmHg이고, 실제로 드럼에 적용할 때 흡인구멍에서의 흡인압력은 23.17mmHg가 최대이므로, 흡인압력을 높이기 위해서 드럼의 4개의 진공 라인중 3개의 진공 라인을 봉하여 흡인압력을 50.24mmHg로 높혀 3회 반복 실험하였다. 파이프를 이용한 실험에서 흡인압력이 최소 51.49mmHg 이상일 때 결과율이 없었으므로 이 이상의 흡인압력으로 흡인하면서 공기 블로워를 작동시켜 실험을 하여야 하나, 50.24mmHg가 최대 흡인압력이므로 공기 블로워를 작동시키지 않고 실험을 하였다. 흡인압력을 증가시킨 결과, 결과율은 20%정도로 나타났으며, 단립파종효율도 56%정도로 나타났다. 따라서, 고추의 경우도 흡인압력을 더욱 크게 하면 결과율을 줄일 수 있고, 공기 블로워를 작동시키면 단립 파종율을 더 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 마이크로컴퓨터를 이용하여 국내 실정에 적합한 자동 파종시스템을 개발하기 위하여 수행되었다.

육묘용 파종장치는 기구부, 제어부, 센서부로 구성하였다. 기구부는 컨베이어 장치, 종자통, 드럼, 드럼 흡인구멍으로 종자를 흡인할 수 있도록 진공을 유지해 주고 직접 파종하거나 흡인구멍을 세척할 수 있도록 압축공기를 연결해 주는 공기압 연결장치, 드럼을 구동시키는 스텝핑 모터 (stepping motor), 드럼의 흡인구멍부에 2립이상 흡착된 종자를 제거하는 공기 블로워(air blower)로 구성하였다. 센서부에서는 육묘판의 존재 여부를 감지하도록 하였다. 제어부는 센서의 신호를 받아 스텝핑 모터를 작동하는데 필요한 신호를 만드는 마이크로컴퓨터, 마이크로컴퓨터와 센서, 스텝핑 모터를 연결해 주는 입출력 인터페이스(I/O interface)로 구성되었으며, 부가적으로 종자의 흡인 및 배출을 위해 드럼부에 연결된 진공펌프(vacuum pump)와 공기압축기(air compressor)로 구성되었다. 제어프로그램은 센서의 신호를 받아들이고 입력된 회전수와 속도로 드럼을 구동할 수 있도록 C 언어로 작성하였다.

종자의 기하학적 특성을 조사하기 위해서 종자의 길이, 폭, 두께, 무게 등을 측정하였으며, 각 종자가 드럼에 흡착되는데 필요한 최소흡인압력을 측정하였다. 파종기의 성능분석을 위하여 드럼을 각각 5 rpm, 10 rpm, 15 rpm으로 구동하여 공기 블로워를 동작시켰을 때와 동작시키지 않

있을 때 각각의 종자에 대하여 파종효율을 측정하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 광센서를 이용하여 육묘판의 존재여부를 감지하고, 이것을 기준으로 드럼의 회전수와 회전속도를 조절하는 제어 프로그램은 C 언어로 작성되었으며, 다른 종류의 파종기 제어에도 적용될 수 있을 것으로 판단된다.
2. 종자를 흡인하고 배출할 수 있도록 드럼내의 진공을 유지하거나 차단하며 압축공기를 연결할 수 있는 공기압 연결장치는 드럼식 파종장치에서 중요한 부품으로 만족한 성능을 보여주었다.
3. 종자가 드럼의 흡인구멍에 흡착되는 적정한 흡인압력은 종자의 무게가 증가할수록 증가되었으며, 작물별 최소흡인압력은 상추는 24 cmHg, 들깨는 37.5 cmHg, 배추는 46 cmHg, 고추는 57 cmHg로 나타났다.
4. 배추와 들깨와 같이 형상이 구형인 종자는 결과율이 낮았으며, 단립 파종효율은 97% 이상으로 나타나는 우수한 파종효율을 보여 주었다.
5. 상추와 같이 무게가 가볍고 끝이 가느다란 종자는 결과율은 낮았으나, 드럼의 흡인구멍에 3~4립 이상씩 붙는 경우가 많이 발생하였다. 따라서, 드럼 흡인구멍의 직경을 작게 하고, 공기 블로우어의 압력을 증가시키므로써 흡인구멍에 달라붙는 종자의 갯수를 최대한 줄여야 한다.
6. 고추와 같이 납작한 형태의 종자는 형상의 불균일 때문에 결과율이 매우 높았다. 그러므로 드럼 흡인구멍의 직경을 증가시키고, 흡인구멍과 종자의 접촉면적을 높일 수 있도록 파종 드럼을 개선하여야 한다.
7. 파종기의 작업성능을 향상시키기 위하여 종자의 형태와 무게에 적절한 드럼 흡인구멍의 크기와 흡인압력을 조정하고 공기 블로우어의 개선 및 스테핑모터를 DC 모터로 교환하여야 할 것으로 판단되었다. 드럼의 재질은 정전기 등을 방지할 수 있도록 플라스틱보다는 스테인레스 등을 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 김진영, 주경노, 정성근. 1989. 경운기용 진공식 파종기 개발연구. 농사시험연구논문집 (농기편·농경편) 31(3):20-27.
2. 박상근. 1994. 공정육묘 시스템의 도입 필요성과 전망. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발. p1-12.
3. 박중춘 외 16인. 1994. 공정육묘 자동화를 위한 부대장치 및 기기의 개발. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발. p261-331.
4. 서전규. 1994. 경남의 공정묘 수요 예측. 공정육묘 온실의 자동화시스템 개발. p233-247.
5. 장진택, 이채식, 김충길, 강태경, 삼정(주). 1993. 채소육묘용 간이파종기 개발. 시험연구보고서. 농촌진흥청 농업기계화연구소. p234-237.
6. Ghate, S. R., S. C. Phatak and C. A. Jaworski. 1981. Seeding pre-germinated vegetable seeds in plots. Transactions of the ASAE 24(5):1099-1102, 1107.

7. Giannini, G. R., W. J. Chancellor and R. E. Garrett. 1967. Precision planter using vacuum for seed pickup. Transactions of the ASAE 10(5):607-610, 614.
8. Hassan, A. E. 1981. Precision drum seeder for uniform spacing. Transactions of the ASAE 24(4):879-883.
9. Moden, Jr., W. L., R. S. Jacobson and F. H. Pitkin. 1974. Planter for nursery seedbeds. Transactions of the ASAE 17(5):805-807, 813.
10. Sial, F. S. and S. P. Persson. 1979. Optimun design of vacuum planter metering mechanisms. ASAE Paper No. 76-1075. ASAE, St. Joseph, MI 49085.
11. Upadhyaya, S. K., L. D. Gautz and R. E. Garrett. 1987. Retrofitting vegetable planters to seed gel-encapsulated propagules. Applied Engineering in Agriculture 3(2):211-214.
12. Wilkins, D. E. and D. H. Lenker. 1981. A microprocessor-controlled planter. Transactions of the ASAE 24(1):2-4, 8.
13. Zulin, Z., S. K. Upadhyaya, S. Shafii and R. E. Garrett. 1991. A hydropneumatic seeder for primed seed. Transactions of the ASAE 34(1):21-26.
14. 伊藤道秋, 端 俊一, 岡村俊民. 1975. 吸引式播種装置に関する研究. 農業機械學會誌 37(4):526-532.
15. 坂上 修. 1991. 野菜育苗・移植作業の自動化技術の開発. 機械化農業 1991. 9. p33-38.