

경운기 부착형 점파식 마늘파종기 개발

최덕규 박석호 강태경 곽태용 이채식 조성찬 김영주

Development of a Garlic Clove Planter Attached to Power Tiller

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

Abstract

The garlic, along with the red pepper, is one of the major seasoning vegetables in Korea. Garlic clove planting is one of the most laborious operations. Labor cost is the main source of high production cost of the garlic. Because of the geometrical uniqueness and irregularity of garlic cloves, mechanization of garlic clove planting is very difficult. To overcome price competition against the imported garlic, however, there has been a need of development of a clove metering device and a planting device for the garlic clove planter.

Computer simulation, laboratory tests and field tests were conducted to develop a garlic clove planter. This research was conducted to drop garlic cloves into a soil holes through a drum bucket metering system and a rotary type planting system. Followings are the major achievements from this study.

1. The metering device consisted of a drum, a guide, a bucket and a bucket cover. Opening positions of the metering hopper were evaluated at different positions and trajectories of planting hoppers. The simulation showed that the optimum positions of hopper was -15~0 mm in the x direction.
2. When the planter was tested under different soil textures and water contents, the best performances were obtained in a upland field with 29.1% water content and a paddy field with 18.3% water content where single clove metering and missing rate were 88.4% and 1.3%, and 90.7% and 2.0%, respectively.

Keywords : Garlic, Garlic planter, Metering device, Planting device, Planting rate

1. 서론

마늘은 우리나라 주요 양념채소로 2007년도 재배면적이 27,000 ha, 생산량 347.5천톤으로 채소류 중 고추, 배추, 무 다음으로 많이 재배되는 주요 소득 작물이지만 생산비 증가와 값싼 중국산 마늘의 수입에 따른 가격하락, 인력 수급의 불안정 등으로 재배 면적은 2000년을 정점으로 점차 감소 추세에 있다(MIFAFF, 2007). 마늘은 생산비가 658천원/10a로 중국에 비해 5배 정도로 높아 값싼 중국산 수입 마늘에 대한

가격 경쟁력이 낮은 실정이다. 마늘 생산비 중에서 노력비는 46%의 높은 비율을 차지하며 가격 경쟁력을 높이기 위해서는 이러한 노력비를 절감할 수 있는 기계기술 개발이 필요하다. 특히 마늘 재배 중에서 파종작업은 노동 강도가 커 기계화할 필요성이 대두되고 있다.

파종기 개발에 관한 선행 연구를 살펴보면 Lee et al.(1994)은 자동제어식 파종조절장치를 개발하여 파종조절 실험을 수행하여 오차율이 3.5% 이하의 값을 보인다고 제시하였고, Park and Kim(1993)은 고속 식부 기구를 설계를 위하여 시

The article was submitted for publication on 2008-09-30, reviewed on 2008-12-23, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-04-29. The authors are Duck Kyu Choi, KSAM member, Researcher, Seok Ho Park, KSAM member, Senior Researcher, Tae Gyoung Kang, KSAM member, Researcher, Tae Yong Kwak, KSAM member, Researcher, Chai Shik Lee, KSAM member, Senior Researcher, National Academy of Agricultural Science, RDA, Sung Chan Cho, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, and Young Joo Kim, Researcher, KSAM member, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University. Corresponding author: Y. J. Kim, Researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea; E-mail: <ojoo2848@hotmail.com>.

플레이션을 통하여 식부 껍질과 운동을 분석하는 프로그램을 개발하였다. 또한 Park et al.(2000)은 시물레이션을 이용하여 캄식 고속 식부장치를 개발하여 기존의 로터리식 고속 식부장치와 비교 결과를 보고하였다. 기존의 마늘 파종 메커니즘에 대한 연구는 디스크식, 진공식, 드럼식 등 다양하게 수행되었으며 마늘을 한 개씩 분리하는 배종장치로 자유 낙하하여 포장에 줄뿌림하는 것이었다(Lee et al., 1997). 그러나 고품질의 마늘을 생산하기 위한 기술로서 일정한 간격으로 마늘을 점파종할 수 있는 정밀 파종기계 기술 개발이 필요하다.

본 연구는 마늘을 일정한 간격으로 점파종할 수 있는 경운기 부착형 마늘파종기를 개발하고자 하였다. 개발하고자 하는 마늘파종기의 메커니즘은 크게 세단계로 구분할 수 있는데 첫째로 배종장치에서 마늘을 한 개씩 분리하고, 둘째는 배종장치에서 배출된 마늘을 파종장치에 일정한 타이밍으로 공급하여 마지막 단계에서 포장에 일정한 간격으로 정확하게 파종하는 것이다.

2. 재료 및 방법

종자는 크기가 13 cm인 야자부터 길이가 0.07 cm 이하인 담배까지 다양하여 형상도 구형이나 타원형 등 형상이 다양하다(Rhee et al., 2000). 마늘의 평균 길이는 3.0 cm로 다른 종자와 비교하여 크기가 크며 형상은 두개의 평면과 둥근면이 복합된 불규칙한 모양이다. 한 개의 혈공된 토양에 한 개의 마늘을 심었을 때 대구율이 좋고 종구의 사용량의 줄여 경영비가 적게 소비된다. 따라서 마늘 재배는 일정한 간격으로 한 개씩 분리하여 심기 위해서는 정밀한 배종 및 파종 메커니즘 개발이 요구된다. 본 연구에서는 동력경운기 후방에 부착하여 동력경운기의 주행과 작업기의 진행방향을 일치하도록 하였으며 또한 마늘의 파종 상태를 육안으로 확인이 가능하도록 파종기는 경운기 본체와 운전자 사이의 공간에 부착되어야 하기 때문에 비교적 크기가 작고 파종장치가 다열로 부착되는 구조의 메커니즘으로 설계하고자 하였다.

가. 배종장치 설계

배종장치는 종자의 분리 및 배출이 원활하도록 드럼의 원주에 일정한 각도로 버킷을 부착한 구조로 설계하였다. 배종장치는 작업속도 0.2 m/s에서 주간 14 cm 간격으로 파종한다고 가정하여 마늘이 초당 1.2개가 배종되도록 3D 설계 프로그램(IDEAS 10.0, EDS, USA)을 이용하여 배종장치의 적정회전수 결정하고 형상 등을 설계하였다.

그림 1은 마늘 배종장치의 모습으로 드럼, 버킷, 버킷 덮개, 가이드 및 종자통으로 구성되었다. 앞선 3D 설계 프로그램의 시물레이션을 실시하여 배종장치는 직경 260 mm의 드럼에

버킷을 60° 간격으로 설계하여 부착하였으며, 버킷은 드럼이 회전함에 따라 종자통을 통과하면서 버킷과 덮개가 마늘을 한 개씩 물어 이송하다가 드럼 하단에서 덮개가 열리면서 마늘을 가이드호퍼에 낙하하여 배출하는 구조로 설계하였다. 버킷은 마늘을 종자통에서 한 개씩 분리할 수 있는 구조로 형상은 마늘의 둥근 밑면을 담을 수 있도록 반구형으로 제작하였다. 버킷은 덮개와 스프링의 조합으로 덮개와 가이드의 접촉 및 스프링의 상호 작용으로 개폐되도록 설계하였는데, 파종 작업 중 돌 등의 장애물에 의한 파종기의 충격에 의해 배종되는 마늘이 이탈되는 것을 방지할 수 있도록 하였다. 배종 드럼의 내측에 부착된 가이드는 버킷 덮개를 개폐하여 파종 타이밍을 일정하게 하여 마늘을 정확하고 원활하게 배종되도록 하였다. 공시재료는 난지형인 남도마늘을 쪽 분리한 후, 쪽 선별기로 선별하여 작은 종자와 큰 종자를 제외한 고른 종자를 사용하였다. 표 1은 공시재료인 마늘의 물리적 특성을 나타낸 것이다.

Table 1 Physical properties of the garlic variety used for the field tests

Length(mm)	Width(mm)	Height(mm)	Mass(g)
25.1~35.1(9.8)	12.5~26.0(16.9)	17.1~27.5(10.3)	2.3~10.1(29.8)

※ Numbers in parentheses are coefficients of variation(C.V.)

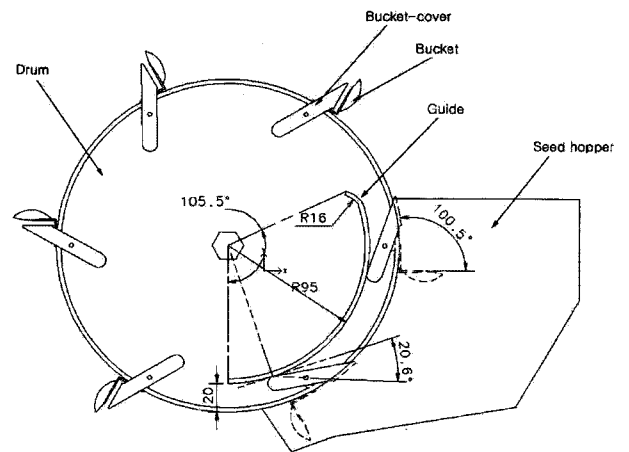


Fig. 1 Schematic diagram of the designed metering device(unit: mm).

배종장치에서 배출되는 마늘은 드럼 회전속도, 버킷에 물린 마늘의 자세, 위치 및 크기 등에 따라 낙하를 시작하는 위치가 다르기 때문에 회전하는 파종호퍼에 정확하게 공급하기는 쉽지 않다. 따라서 배종장치와 파종호퍼 중간에 마늘의 뿌리 부분이 토양 쪽으로 향하도록 도와주는 가이드호퍼를 설치하였으며, 배종장치에서 배출된 마늘은 가이드호퍼에서 파종호퍼에 배종되어 파종 타이밍과 주간거리를 일정하게 유지되도록 하였다.

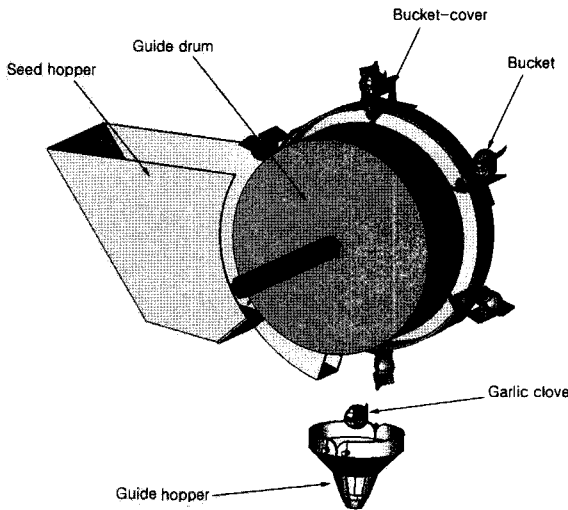


Fig. 2 Modeled garlic metering device.

나. 파종장치 설계

그림 3과 같이 파종호퍼는 마늘을 담아 파종 구멍을 뚫으면서 점파종하도록 파종호퍼의 끝단은 원뿔 형상이며 마늘이 파종구멍에 정확하게 낙하되도록 파종호퍼가 양쪽으로 벌어지는 구조로 설계하였다. 파종호퍼는 기어케이스에 3조가 부착되어 있으며 내측의 유성기어와 연결되어 항상 지면을 향하도록 설계하였다. 또한 파종호퍼는 좌우 대칭으로 1조를 구성하며 스프링에 의해 닫혀 있다가 파종호퍼의 링크부 롤러가 캠과 접촉하면서 열리도록 하였다.

마늘의 최대 길이인 35.1 mm와 마늘이 안전하게 토양에 파종이 가능한 토양 혈공 크기를 고려하여 파종장치를 설계하고자 캠 베어링이 캠과 접촉하면서 힌지를 기준으로 개폐가 가능하며 최대 벌림 각도는 34°, 파종호퍼 끝단이 최대로 벌

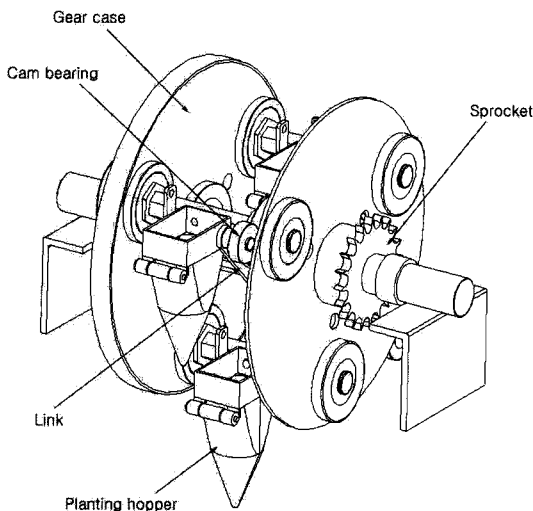


Fig. 3 Structure of the planting mechanism.

어지는 길이는 52.4 mm로 설계하였다. 파종호퍼는 중심축을 기준으로 120° 각도로 육각축에 부착되었으며 파종호퍼의 회전운동은 파종기 이동 방향에 대해 정회전이며 낙하하는 마늘의 위치와 방향을 고려하여 육각축의 앞쪽에 부착하였다.

다. 파종장치의 호퍼 열림량 및 파종 궤적 분석

파종호퍼는 입구가 직사각형 형상으로 기어케이스에 부착되어 회전하면서 가이드호퍼의 하부 돌기와 접촉하면서 가이드호퍼를 열게 된다. 이때 가이드호퍼에 담겨있던 마늘은 파종호퍼로 낙하되기 때문에 작업속도가 불규칙하게 변하여도 정확하게 배종할 수 있다는 장점이 있다. 가이드호퍼의 열림량은 파종호퍼와의 이동 궤적상의 접촉위치에 따라 변화가 크며 마늘을 파종호퍼에 공급하는 순간에만 열렸다가 닫혀야 한다. 따라서 가이드호퍼는 마늘이 충분히 낙하할 만큼만 열렸다가 즉시 닫히는 구조이어야 원활한 배종이 되기 때문에 정밀배종을 하기 위하여 가이드호퍼의 위치에 따른 열림량을 구명하고 적정 열림량을 규정하고자 하였다. 가이드호퍼 열림량 및 궤적 분석은 설계한 기구를 동역학 해석프로그램 (RecurDyn 5.1, FunctionBay, Korea)으로 시뮬레이션을 수행하였다.

파종호퍼의 열림량은 기어로 연계된 가이드호퍼가 힌지를 기준점으로 벌어지는 길이이며, 파종호퍼가 가이드호퍼의 돌기와 접촉하면서 열리게 된다. 가이드호퍼의 열림량은 최하단이 벌어지는 x축 방향으로의 길이를 측정하였다.

마늘은 가이드호퍼에 낙하하면서 다양한 자세로 안착되며, 이때 옆으로 누웠을 경우가 다른 자세에 비해 가이드호퍼가 가장 크게 벌어져야 원활한 배출이 되므로 가이드호퍼의 적정 열림량은 마늘의 길이를 기준으로 정하였다. 따라서 가이드호퍼의 적정 열림량은 마늘의 물성조사 결과에서 길이의 최대값인 35.1 mm 이상으로 설정하였다.

파종호퍼는 그림 4와 같은 궤적으로 이동하므로, 가이드호퍼의 열림량을 예측하기 위하여 x축과 y축의 기준점은 가이드호퍼의 돌기 하단에서 5 mm 지점을 궤적의 최상단과 일치시킨 지점으로 하였다. 열림량은 가이드호퍼의 위치를 x축 상에서 5 mm씩 이동하면서 시뮬레이션을 하여 예측하고자 하였으며, -X축과 -Y축의 방향은 그림과 같이 기준점을 정하였다.

라. 파종 성능 실험

시작기의 파종 성능시험은 경기도 화성시 농가 포장에서 마늘재배 지역의 토양 조건을 고려하여 토양 조성이 식양토인 논과 사질양토인 밭인 두 곳에서 토양함수율별로 파종시험을 실시하였다. 작업속도는 경운기를 저속 1단에서 회전수

를 낮추어 0.2 m/s로 파종하였으며 50개의 마늘을 5회 반복 시험하였다.

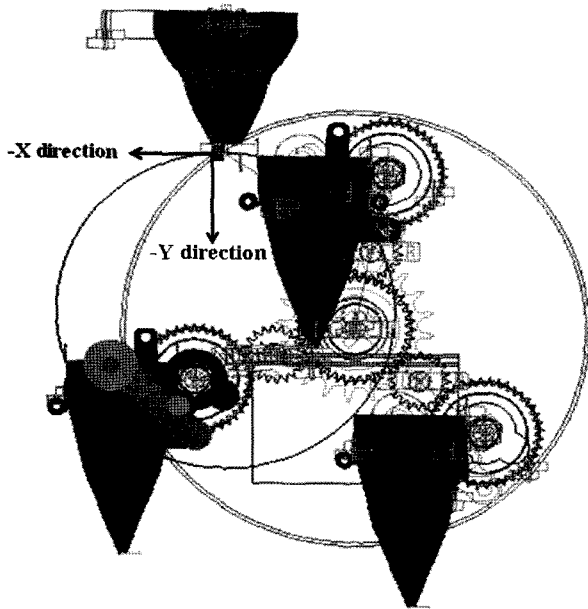


Fig. 4 Rotating track of a planting hopper.

3. 결과 및 고찰

가. 파종호퍼의 궤적 시뮬레이션 분석

그림 5는 파종호퍼의 회전궤적으로서 직경 181.0 mm의 원을 그리면서 이동하고 회전중심은 기어케이스 센터에서 x축 방향 -69.1 mm, y축 방향으로 +10.0 mm에 위치하였다. 파종호퍼가 궤적의 최상단에 위치했을 때 x, y축 방향의 위치는 각각 -69.1, +100.5 mm으로 이때의 위치를 파종호퍼 열림 측정의 기준점으로 하였다. 파종호퍼 상단은 원을 그리면서 회전하므로 궤적의 상사점을 향하여 파종호퍼는 상승하면서 가이드호퍼의 돌기를 밀어 올리다가 상사점에서부터는 하강하면서 밀어내리는 운동을 하게 되므로 가이드호퍼의 열림량에 영향을 미치게 되는 것으로 나타났다. 따라서 파종호퍼 이동 궤적상의 위치에 따라 가이드호퍼의 열리는 양은 변화가 크게 된다.

시뮬레이션 결과, 파종호퍼는 -y축 방향으로 최대 0.072 mm 까지 떨어지다가 상승하는 궤적을 그리는 것으로 나타났다.

그림 6은 가이드호퍼의 위치가 기준점으로부터 x축 상에서 -25~30 mm를 이동하는 경우에 끝단이 벌어지면서 그리는 최대 궤적을 5 mm 간격으로 나타낸 것이다. 그래프에서 x축 방향으로 -6 mm에서 6 mm까지의 수평선은 가이드호퍼의 하부에 직경 12 mm의 구멍이 뚫려 있기 때문에 기본적으로 12 mm 벌어져 있는 것을 나타낸 것이다. 가이드호퍼가 x축

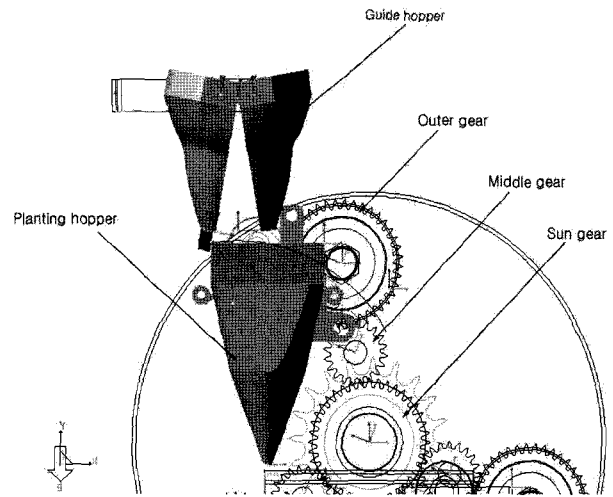


Fig. 5 Opening displacement of a guide hopper.

방향의 -25 mm에 위치했을 때, 가이드호퍼 끝단의 x축 방향의 위치는 각각 -9.2, 9.1 mm로 최대 18.3 mm가 벌어지는 것을 알 수 있었으며, 가이드호퍼 위치 0, 30 mm에서도 최대 52.7, 72.1 mm가 벌어지는 것으로 나타났다.

가이드호퍼의 최대 열림량은 돌기 하단의 기준점에서 -X축 방향으로 5 mm씩 이동할수록 52.7 mm에서 18.3 mm로 최대 열림량 차이가 5.0 mm에서 8.3 mm로 점점 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 또한 -30 mm 이후에는 가이드호퍼 돌기와 입구가 접촉하지 않아 열림량이 없는 것으로 나타났다. 기준점에서 +X축 방향으로 이동할수록 가이드호퍼가 상승하는 궤도상에 있기 때문에 접촉시간이 길어지면서 열림량이 증가하였으나, 증가폭은 5.0 mm에서 1.8 mm로 점차로 적어지는 경향이였다.

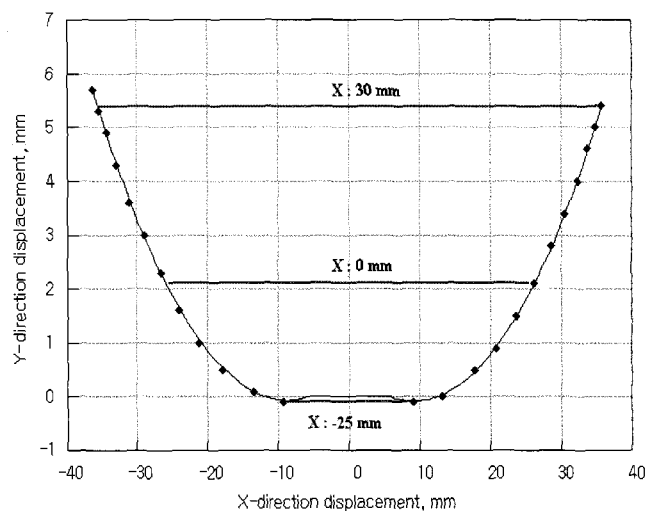


Fig. 6 Opening displacement of the guide hopper at different positions.

가이드호퍼는 배종장치에서 마늘을 받아 파종호퍼로 전달하는 장치이며, 열림량은 마늘이 충분히 파종장치로 낙하할 수 있도록 고려하여야 하며 이때 열림량은 마늘이 가이드호퍼에 안착된 자세에서 벌어지면서 낙하할 때 영향을 미친다.

시뮬레이션 결과에 대해 마늘 길이를 기준으로 보면, 가이드호퍼의 열림량은 위치가 x방향 -15 mm에서 X축 방향으로 위치하여야 한다. 그러나 가이드호퍼의 열림량이 너무 많아도 마늘의 배종 및 파종 타이밍으로 볼 때 적당하지 않았다. 따라서 적정 가이드호퍼의 위치는 -15~0 mm 범위가 가장 적당할 것으로 판단하였다.

파종호퍼는 outer gear에 결합되는 축에 부착되고 sun gear를 중심으로 middle gear와 물려 회전한다. 파종호퍼의 입구는 outer gear의 중심을 기준으로 하면 X축 방향으로 -69.1 mm, Y축 방향으로 10.0 mm에 위치하며 직경 181.0 mm의 원을 그리며 회전한다. 궤적의 중심은 기어케이스의 sun gear 중심에서 x방향으로 -69.1 mm, Y축 방향으로 10.0 mm 좌상단에 위치하였다.

그림 7은 시뮬레이션 모델로 파종호퍼 끝단이 회전하면서 그리는 궤적을 예측한 결과이다. 파종호퍼 끝단이 이동하는 궤적은 직경 181.0 mm의 원이며, 원의 중심은 기어케이스 중심축을 기준으로 X축 방향으로 -38.9 mm, Y축 방향으로 -100.4 mm에 위치하여 중심축에서 107.5 mm 왼쪽 하단에 위치하는 것으로 나타났다.

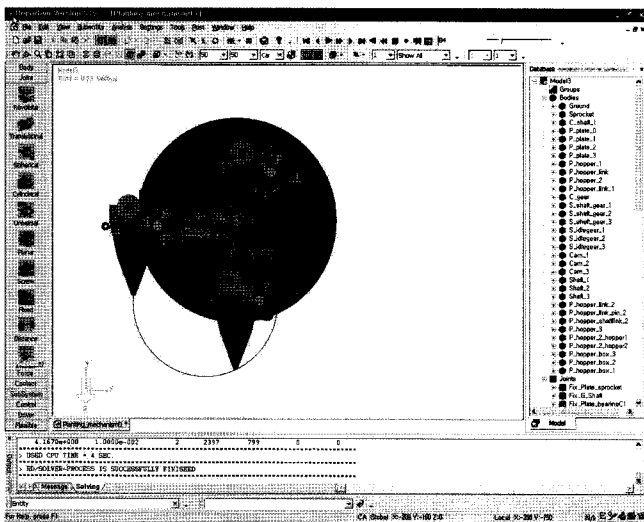


Fig. 7 Simulated trajectory of an opening end of a planting hopper.

그림 8은 마늘파종기가 0.2 m/s의 속도로 이동하면서 파종한다고 가정하였을 때, 각각의 파종호퍼 끝단이 이동하는 궤적을 나타낸 것이다. Sun gear의 중심을 원점으로 하였을 때, 파종호퍼 끝단의 위치는 상사점 -9.8 mm였고, 하사점은 -190.8 mm로 상하 이동행정은 181.0 mm였다. 파종호퍼는 작업 시 x방향으로의 1행정 길이는 420 mm로 마늘 파종의

주간거리를 140 mm로 설정하였을 때 3회의 파종 거리와 일치하여 파종장치 메커니즘 설계가 적정한 것으로 판단하였다.

그림 9는 파종호퍼가 일정한 속도로 회전할 때 각각의 파종호퍼 끝단의 이동속도를 나타낸 것이며, 기어 케이스 중심에 대한 파종호퍼의 끝단 위치를 기준으로 하였다. 파종호퍼 1, 2, 3의 속도 곡선은 120°의 위상차를 가지고 있으며, 파종호퍼 1을 보면 0°에서 속도는 0.47 m/s였고, 180°에 위치했을 때 0.07 m/s로 나타났으며, 180° 전후에서 속도의 변화가 크게 나타났다.

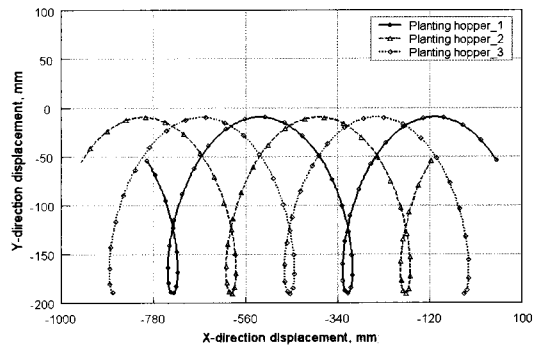


Fig. 8 Simulated trajectories of planting hopper.

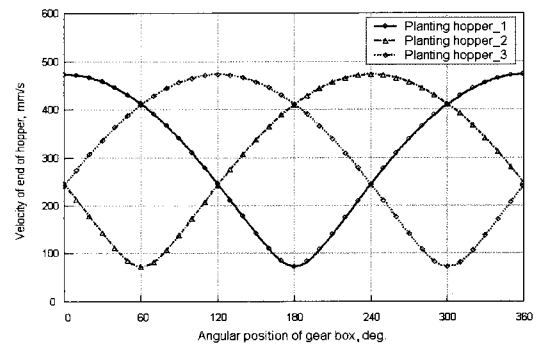


Fig. 9 Simulated changes in velocity at opening ends of planting hopper.

나. 경운기 부착형 점파식 마늘파종기 제작과 제원

시작기의 기본 구성은 그림 10과 같이 배종장치와 연계하여 파종장치를 하부에 부착하였으며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 가이드호퍼는 파종호퍼의 이동궤적 최상단을 기준으로 X축 방향으로 10 mm 위치에 부착하였다.

그림 10과 같이 배종장치와 가이드호퍼와 파종장치를 결합한 모습으로, 마늘이 파종되는 파종호퍼 끝단을 기준으로 조건 12 cm의 일정한 간격으로 다섯 조를 배열하여 제작하였다. 파종기의 동력은 경운기의 동력(PTO)을 파종기에 전달하여 PTO 회전수와 파종기의 작업속도에 비례되게 하여 주간 간격이 14 cm가 되도록 제작하였다. 파종장치는 배종

장치와의 타이밍을 일치시키기 위하여 배종장치의 동력을 1/2로 감속하였다.

마늘의 파종 깊이는 한지형 재배지역은 깊게 파종하나, 대부분의 난지형 재배지역은 마늘이 반쯤 묻히는 정도로 얇게 파종하므로 파종 깊이를 조절할 수 있도록 하였다. 따라서 파종 깊이는 파종기 후방에 미륵을 부착하여 깊이를 조절할 수 있도록 제작하였다.

그림 11과 같이 시작기는 배종시험을 통해 개발한 드럼버킷식 배종장치와 로터리식 파종장치를 결합하여 동력경운기 후방에 5조로 하여 부착하였으며, 주요 제원은 표 2와 같다.

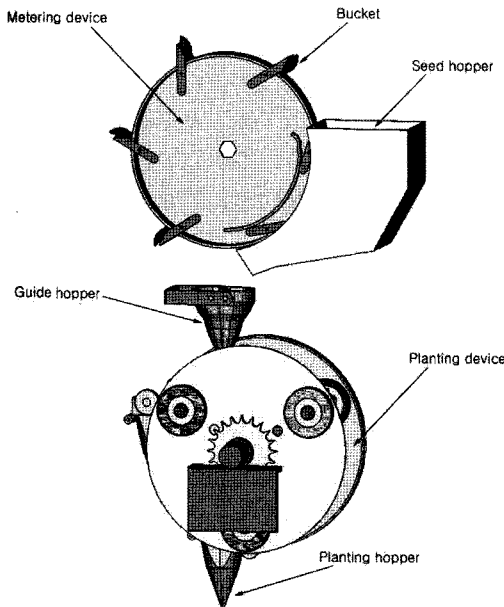


Fig. 10 Schematic diagram of the designed garlic planting system.

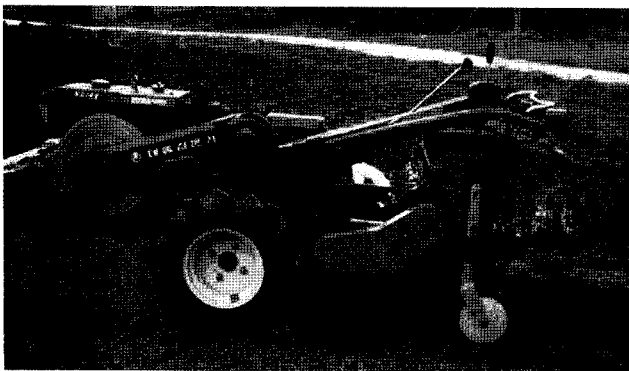


Fig. 11 Prototype of a working type garlic clove planter.

다. 파종성능 분석

개발한 마늘파종기는 파종호퍼가 회전하면서 토양에 혈공 하면서 조간 12 cm, 주간 14 cm의 일정한 간격으로 마늘을 점파가 가능하였다.

그림 12는 사질양토인 밭에서 파종성능 결과로, 혈공 된 토양에 평균 1립이 파종되는 파종율은 토양함수율 18.2%일 때 85.0%였고, 토양함수율 29.1%과 39.6%에서는 각각 88.4%와 87.7%로 함수율 18.2%의 경우보다 2.7~3.4% 높게 나타났다. 한 개의 구멍에 2개 이상 파종된 비율은 토양함수율이 각각 29.1%와 39.6%에서는 파종율은 8.4%와 8.3%로 함수율 18.2%의 10.7% 보다 1.7%이상 낮게 나타났다. 결주율은 토양함수율이 18.2%일 때 4.3%였고, 토양함수율이 29.1%와 39.6%에서는 각각 3.1%와 4.0%로 낮게 나타났다. 전체적으로 토양함수율에 따른 파종성능은 큰 차이는 없었으나, 토양함수율 29.1%에서 가장 양호하게 파종되는 것으로 나타나 적당하게 수분이 있는 경우가 파종성능이 좋을 것으로 판단되었다.

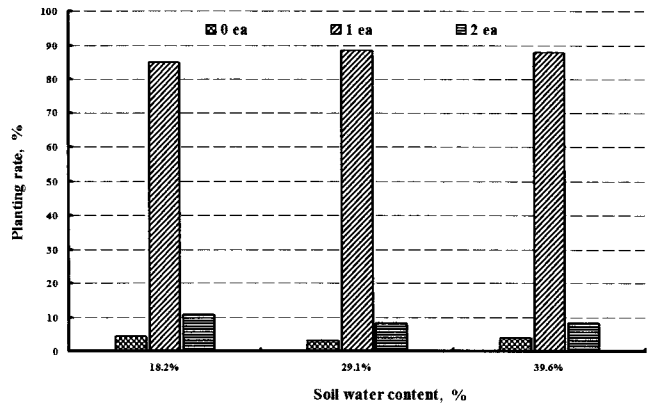


Fig. 12 Planting rate by soil moisture contents in upland field.

그림 13은 식양토인 논에서 토양함수율에 따른 마늘의 파종성능을 결과를 나타낸 것으로, 결주율은 토양함수율이 18.3%에서 2.0%로 가장 적게 나타났으며, 토양함수율 27.9%와 35.8%일 때는 각각 2.3%, 3.6%로 0.3~1.6%의 미소한 차이가 보였다. 혈공 토양에 마늘이 1립이 파종되는 파종율은 토양함수율이 27.9%, 35.8%에서는 각각 89.0%와 87.2%였고, 토양함수율 18.3%에서 90.7%의 파종율로 가장 좋게 나타났다. 2립 이상 파종된 파종율도 토양함수율 18.3%일 때

Table 2 Specifications of the prototype of a working type garlic clove planter

	Size(L×W×H, cm)	Metering device	Planting device	Row spacing × hill spacing(cm)
For attachment power tiller(5 rows)	130×110×89	Drum bucket type	Rotary planting hopper type	12 × 14

7.3%였고, 토양함수율 27.9, 35.8%에서는 각각 8.7%와 9.2%로 1.4~1.9% 적은 차이를 보였다. 파종상태는 토양함수율에 따라 미미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 토양함수율 중에서 18.3%에서 파종성능이 가장 좋아 토양함수율이 낮은 상태에서 파종작업을 수행하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

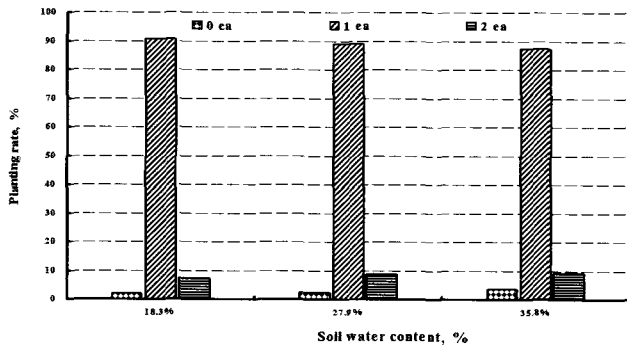


Fig. 13 Planting rate by soil moisture contents in paddy field.

4. 요약 및 결론

본 연구는 마늘을 일정한 간격으로 점파종할 수 있는 경운기 부착형 마늘파종기를 개발하고자 하였고 포장시험을 실시하여 파종성능을 분석하였다.

- (1) 위치에 따른 가이드호퍼의 개폐량은 기준점에서부터 -25~30 mm를 5 mm간격으로 시뮬레이션 결과, 가이드호퍼의 열림량은 돌기 하단의 기준점에서 -X축 방향으로 5 mm씩 이동할수록 열림량이 52.7~18.3 mm로 열림량 감소폭이 5.0 mm에서 8.3 mm로 증가하여 -30 mm 이후에는 열림량이 없는 것으로 나타났다. 따라서 마늘의 물성 등을 고려해 볼 때 가이드호퍼의 적정 위치는 -15~0 mm 범위가 가장 적당한 것으로 판단되었다.
- (2) 사질양토인 밭과 식양토인 논에서 파종 시험에서 밭의 경우, 함수율별(18.2, 29.1, 39.6%)로 시험한 결과 함수

율 29.1%일 때 1립 파종율 88.4%, 결주율 3.1%로 가장 파종상태가 우수하였으나 함수율별로 1립 파종율 2.7~3.4%, 결주율 0.9~1.2%의 편차가 있는 것으로 나타나 함수율별 파종상태는 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

- (3) 논(식양토)의 경우는 함수율별(18.3, 27.9, 35.8%)로 시험한 결과 함수율 18.3%일 때 결주율 2.0%, 1립 파종율 90.7%로 가장 좋게 나타났으나 함수율별 파종율의 차이는 1립 파종율 1.7~3.5%, 결주율 0.3~1.6%로 작게 나타났다.

참고 문헌

1. Lee, K. S., C. J. Chung, E. H. Shin and K. M. Noh. 1997. A fundamental study for development of garlic planter. Proceeding of the KSAM 1997 Winter Conference 2(1):106-112. (In Korean)
2. Lee, Y. K., D. W. Lee and Y. Z. Oh. 1994. Development of automatic seed metering device. Journal of the Korean Society for Agricultural machinery 19(2):91-98. (In Korean)
3. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2007. Agricultural and Forestry Statistical Yearbook. Gwacheon, Korea. (In Korean)
4. Park, H. J. and K. U. Kim. 1993. Development of a computer simulation program for the design of high speed transplanting mechanism(I) -planting loci and motion analysis- Journal of the Korean Society for Agricultural machinery 18(2):91-99. (In Korean)
5. Park, H. J., Y. J. Park and K. U. Kim. 2000. Development of a cam type high-speed transplanting mechanism. Journal of the Korean Society for Agricultural machinery 25(6):445-456. (In Korean)
6. Rhee, J. Y., J. S. Hwang, C. J. Chung and H. J. Kim. 2000. Morphological analysis of seed for seeder design. Proceeding of the KSAM 2000 Winter Conference 5(1):101-106. (In Korean)