바이오시스템공학 (J. of Biosystems Eng.)
Vol. 33, No. 4, pp. 217~223 (2008. 8)

필름 멀칭 적응형 마늘 파종기 개발(I)
-토양 혈공 형상 및 마늘의 파종자세 분석-

최덕규 박석호 강태경 곽태용 김영주

Development of a Garlic Clove Planter for Film Mulching (I)
- Analysis of Shape of Planted Soil Holes and Planted Positions of a Garlic -

D. K. Choi S. H. Park T. K. Kang T. Y. Kwak Y. J. Kim

Abstract

In this study, a garlic clove planter which is capable of planting holes in soil and planting a clove at the same time was designed and tested for film mulched beds.

Planting characteristics of the planter were measured through field experiment. Some characteristics were analyzed with multibody dynamic simulation software. Simulation was performed on opening time of the planting hopper. Measured characteristics were position, angle, and reposition amount of garlic in sowing hole.

Experiment results showed that the planted position of garlic in planting was 23.0 mm from the hole wall. The reposition amount of garlic was varied with its position and angle when the planted garlic was pressed by an angled compaction wheel. In case of type II position, the position movement of garlic was larger than type I. Average position movement of type II was 11.5 mm at 20° of compaction wheel angle. These data suggest that cutting diameter of film opening must be larger than 33 mm to provide enough space for garlic sprouting. Also, simulation results showed that the maximum opening time of the planting hopper was 0.26 second.

Keywords : Planting device, Metering device, Planter, Garlic planter, Film mulching

1. 서 론

마늘은 예부터 우리의 식생활에서 필수적인 중요한 조미채소이며 뛰어난 원기 식품으로 각광받고 있다. 마늘은 재배면적이 27천ha, 생산량 347.5천톤(농림부, 2007)로 채소류 중 고추, 배추, 무 다음으로 많이 재배되는 주요 소득 작물이나 생산비 증가와 값싼 중국산 마늘의 수입에 따른 가격하락, 인력 수급의 불안정 등의 인해 재배 면적은 2000년을 정점으로 점차 감소 추세에 있다.

마늘 재배 작업 중 노동력이 가장 많이 투입되는 파종작업은 농촌 인구의 고령화와 인력부족으로 인하여 어려움이 증가하는 실정이다. 마늘파종기의 개발은 마늘 산업의 농가 경쟁력을 높이기 위해서는 필수적이다. 마늘 생산 일관작업기계화에 대한 정부의 지원과 노력으로 한지형 재배지역에서는 파종기, 수확기, 쪽분리기 등의 보급으로 기계화율이 증가하고 있다. 그러나 마늘 재배의 81% 이상을 차지하는 난지형 마늘은 유공 필름을 사용하여 재배를 하기 때문에 대부분 인력에 의존하고 있는 실정이다.

Park 등(2001, 2002)은 마늘 파종기 개발을 위해 기초 연구로 한지형과 난지형의 마늘의 파종실태와 물리적 특성을 조사하였고, 마늘 파종기의 설계요인의 구명시험으로 배종 및 직립 파종장치를 제작하여 설계요인별 최적조건을 도출하여

The article was submitted for publication on 2008-7-8, reviewed on 2008-7-25, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-8-5. 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, Researcher, and Young Joo Kim, KSAM member, Post-Doctoral Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, Suwon, Korea. Corresponding author: Y. J. Kim, Researcher, National Institute of Agricultural Engineering, Seodun-dong, Kwonsun-gu, Suwon, 441-100, Korea; E-mail: <ojoo2848@hotmail.com>.

보고하였다. Lee 등(1996)은 관리기용 다목적 파종기를 개발하기 위하여 파종조절장치의 성능 분석시험과 시스템 작동 검증시험을 실시하여 종자별로 최적의 이송벨트 상태를 파악하였고 광전센서를 이용하여 파종작업에서 거리 측정 방법에 적용하였다고 보고하였다. Lee 등(2003)은 묘삼 직파 겸용 인삼파종기 3가지 모델을 개발하였으며 파종기의 1립 파종 성공률이 95% 이상이며 슬립률 10%미만으로 신뢰성이 높고 배종부의 조정에 의해 파종 간격이 큰 직파 파종에도 겸용으로 사용 가능하며, 진공 흡입식 파종기는 종자 1립을 부착시켜 작업속도 5 m/min에서 인력의 24.5배의 능률이 가능하다고 제시하였다.

마늘의 파종작업 기계화 과정은 배종장치에서 분리된 마늘이 파종장치로 이동하고 파종호퍼가 필름 및 포장을 혈공하며 파종 작업이 이루어지며 파종 과정에서 마늘의 위치 및 자세가 변하면서 파종홈에 낙하하게 된다. 파종된 마늘은 발아부에서 싹이 발아하면서 토양을 뚫고 혈공된 필름 공간으로 돌출되어야만 인력에 의한 줄기 유인작업을 생략할 수 있다. 필름 재배는 토양의 보온, 보습 및 잡초발생 억제 효과가 있으므로 마늘이 발아하여 줄기가 성장할 수 있는 최소한의 면적만이 뚫는 것이 가장 이상적이다. Kazuhiro 등(2004)은 토양의 혈공 크기에 대한 연구로 콩 점파종기의 파종속도(0.35~0.6 m/s)에 따라 혈공의 길이가 5.1~5.3 cm, 폭 3.5~4.3 cm로 크게 나타나지 않았는데, 이는 콩 파종용으로 파종 혈공장치가 구형으로 작기 때문이라고 보고하였다.

마늘의 유공 필름 기계화 측면을 고려하면 마늘은 밀식 재배하는 마늘은 싹의 돌출을 위한 최적의 혈공 크기 구명이 필요하다. 필름의 혈공 크기는 파종된 종자의 위치에 따라 범위가 결정되어야 하며 일정한 위치에서 크게 벗어나지 않도록 하는 것이 혈공 크기를 최소화할 수 있다. 파종된 종자의 위치 변화에 대한 연구로 Momoko 등(2002)은 파종 후 진압에 의한 종자의 위치변화를 알아보기 위하여 파종위치(6, 8, 11 mm)와 진압장치 각도(0~45°)에 따른 종자의 진압 후 변화를 연구한 결과, 진압각도 35°에서 보정효과가 가장 좋은 것으로 나타난다고 보고하였다.

현재 국내에 개발된 마늘파종기(park, 2002)는 한지형과 난지형 재배지역에 사용되고 있으며, 마늘 중 무공필름을 사용하는 지역에 일부 공급되고 있어 필름에 구멍을 뚫으면서 마늘을 파종하는 멀칭 적응형 기계기술 개발이 필요하다.

본 연구는 줄기 유인작업을 생략할 수 있도록 점파종장치로 무공 필름을 뚫으면서 파종하여 유공 필름 재배와 유사한 멀칭 적응형 점파종기를 개발하고자 수행하였다. 그 첫 단계로, 인공 원형 토조에서 파종장치의 파종호퍼에 의한 토양 혈공 특성을 분석하여 기존 유공 필름 멀칭파종과 유사한 형태의 파종에 대한 가능성을 타진하고자 연구를 수행하였다. 또한 파종 시 마늘의 낙하위치와 진압륜의 각도 변화에 따른 진압후의 마늘의 위치변화를 분석하여 마늘의 멀칭 재배 시 적절한 필름의 혈공 크기를 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 파종장치 설계

마늘재배는 대부분이 점파로 재배하고 있으며, 파종기는 종자통에서 마늘을 한 개씩 배출하는 배종장치와 포장에 점파로 파종하는 파종장치와의 유기적인 연결 관계가 가장 중요하다. 한 개씩 배종된 마늘을 파종장치로 보내는 데는 간단하면서도 정확성이 요구된다. 이때 마늘을 배종하는 버킷과 파종호퍼와의 접촉 시간을 최대한 지속시키는 것이 정확한 배종에 가장 중요한 요인이다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 기존에 개발된 드럼버킷식 배종장치(Park 등, 2002)에 점파종이 가능하도록 디스크식 파종장치를 설계 제작하였다. 점파종장치는 배종장치에 대해 역회전함으로써 배종장치의 버킷과 파종장치의 파종호퍼가 일치하여 회전하기 때문에 접촉시간이 길어져서 마늘을 파종호퍼에 안정되게 공급하게 된다. 마늘의 파종속도는 초당 1.5개로 설정하였으며 관행 주간거리 170 mm를 고려하였을 때 작업속도는 0.25 m/s가 되도록 설정하였다.

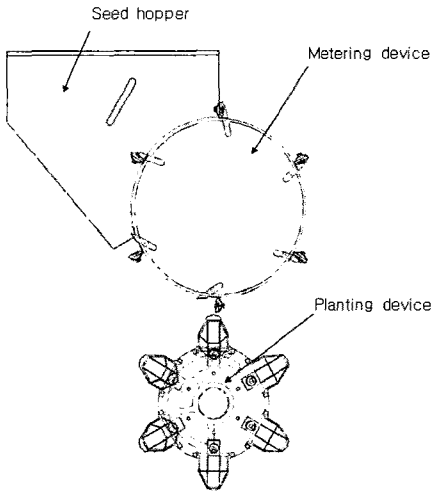


Fig. 1 View of metering device and planting device.

파종장치는 그림 2와 같이 6개의 파종호퍼가 부착된 구조이며 파종호퍼는 링크 연결식으로 스프링과 호퍼돌기의 캠 접촉으로 호퍼의 이동부가 개폐되는 점파식이다. 파종장치의 호퍼 열림 정도를 결정하는 캠의 구조는 그림 3과 같이 외경이 185 mm이며 파종호퍼가 일정한 각도(140°)의 범위에서는 닫히도록 한 형태이다. 이런 캠의 구조는 파종호퍼가 최상단

에 위치할 때 열린 상태에서 배종장치로부터 포물선을 그리며 낙하하는 마늘을 공급받아 최상단을 기준으로 40°부터 닫혀져 140°를 회전하여 토양을 혈공하면서 최하단에서 마늘을 파종 후, 다시 파종호퍼가 열려 배종장치로부터 마늘을 공급받을 준비를 하는 과정의 그림과 같은 방향으로 회전운동을 반복하도록 제작하였다.

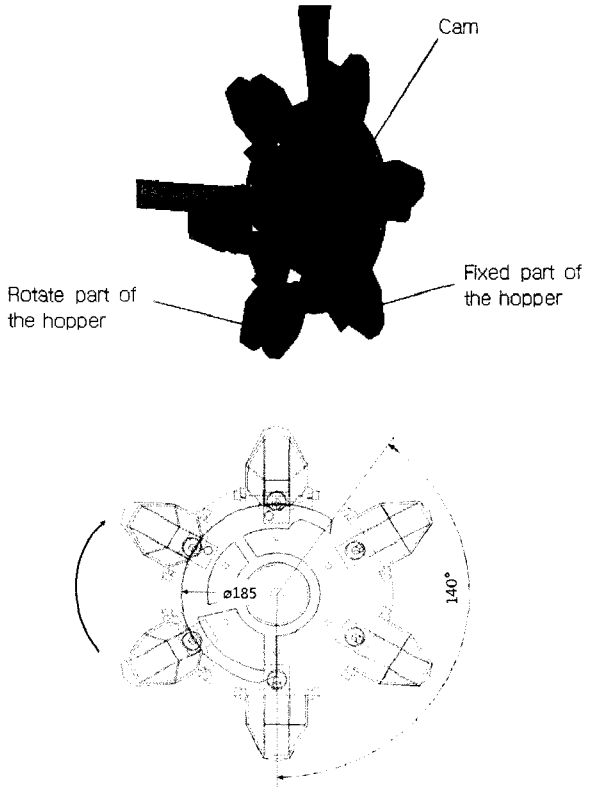


Fig. 2 Schematic of planting device (isometric view, top; side view, bottom).

나. 마늘 파종장치의 토양 혈공 특성 실험

마늘 파종장치의 혈공 실험은 필름 멀칭 파종 시 필름의 개공 크기를 결정하고자 파종호퍼 열림부의 열림과 토양의 혈공 형상 특성을 분석하였다. 토양의 혈공 형상은 파종호퍼의 열림 특성과 작업속도에 의해 특징지어지므로 인공포장의 원형 토조에서 실험하였다.

그림 3은 캠의 형상에 의한 파종호퍼 회전부의 열림특성을 분석한 것으로 호퍼 끝단의 궤적을 상용프로그램인 RecurDyn 6.3(FunctionBay Inc., Korea)을 사용하여 시뮬레이션으로 예측하였다. 파종호퍼 회전부 끝단의 최대 열림 길이는 마늘이 호퍼에서 충분히 배출되도록 마늘 형상을 고려하여 40 mm로 설정하였다. 마늘 파종 시 토양의 혈공상태 및 마늘 파종자세를 분석하기 위해 그림 4와 같이 인공포장인 원형 토조에 시험장치를 설치하여 작업속도별, 파종깊이별로 실험하였다.

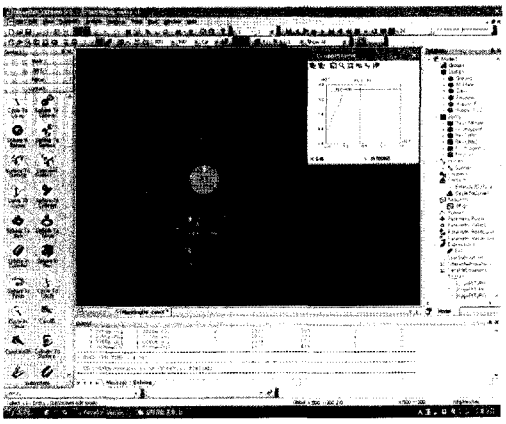


Fig. 3 Simulation of planting hopper.

Fig. 4 Planting equipment in artificial field.

원형 토조의 작업속도는 0.22~0.30 m/s의 6수준, 혈공 깊이는 20~40 mm까지 5 mm 간격으로 5수준으로 하여 토양의 혈공 특성을 분석하였다.

파종호퍼는 파종장치 디스크의 돌출부와 링크구조로 연결된 호퍼부로 구성되어 있으며 토양의 혈공은 호퍼 고정부와 이동부에 의해서 혈공 형상이 결정된다. 파종호퍼는 구조적으로 주행방향에 대해 우측 횡으로 열리기 때문에 토양 혈공 형상의 분석은 그림 5와 같이 토양 혈공 크기를 측정하였다. 혈공 폭(W)은 50 mm로 마늘의 최대 길이를 고려하여 설정하였으며, 파종호퍼 회전부에 의한 토양 혈공 길이 L_1과 고정부에 의한 길이 L_2를 실험 조건별로 분석하였다.

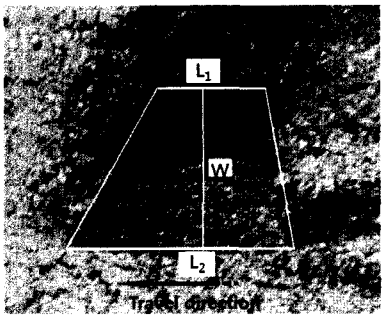


Fig. 5 View of shape of planted hole.

다. 마늘의 파종 자세 분석

마늘의 파종자세 실험은 인공 토조에 설치한 혈공 및 파종 실험장치로 실시하였으며 파종홈에 낙하된 마늘은 누워져서 파종되기 때문에 위치(L_g: 맹아부와 발아부를 이은선에서 마늘의 중심까지의 거리)와 각도(A)를 조사하였다. 마늘의 위치는 발근부와 발아부 사이의 중심점을 기준으로 하였고 각도는 발근부와 발아부를 지나는 연장선과 혈공된 토양의 측면과의 각도를 조사하였다. 마늘의 파종 자세 실험조건은 인공토조 속도 0.23 m/s, 마늘의 관행 파종 깊이를 고려하여 혈공 깊이 30 mm, 파종장치 회전속도 15 rpm로 실험하였으며 마늘을 30개씩 3회 반복하여 조사하였다. 공시재료는 남도종으로 남해에서 생산된 마늘을 분리 선별하여 사용하였으며 100개의 마늘을 조사한 물성은 표 1과 같다.

Table 1 Property of a garlic

Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	weight (g)
26.7~38.7 (32.0)	12.2~21.5 (16.2)	13.4~23.3 (20.1)	2.8~5.6 (3.9)

※ ( )는 평균

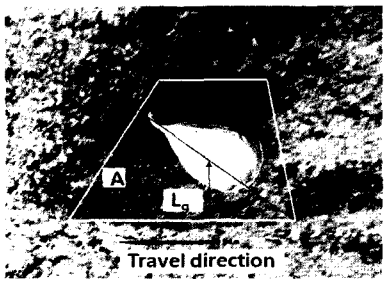
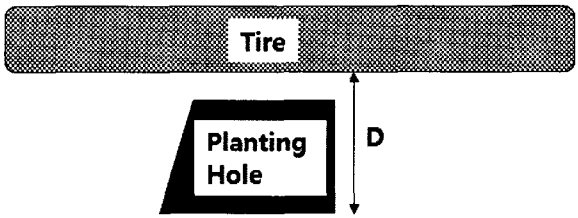


Fig. 6 View of planted positions of a garlic.

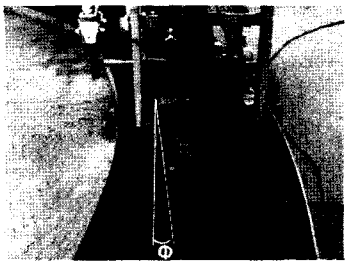
라. 진압륜에 각도에 따른 마늘의 복토 및 파종자세 분석

마늘은 파종 시 복토와 진압과정에서 토양의 밀리는 현상으로 인해 토양속에 있는 마늘의 위치 및 자세는 변하게 된다. 이러한 현상은 필름멀칭 파종 시 파종된 마늘의 최종 위치에 따라 마늘의 싹이 절단된 필름의 구멍으로 돌출될 수 있는가 없는가를 결정하는 중요한 변수가 된다. 혈공 및 파종장치에 의한 필름의 혈공은 호퍼 고정부에 의해 필름이 절단되고 호퍼 이동부가 회전하면서 절개되므로 토양의 절단 측면을 기준으로 필름이 절개된 형상을 하게 된다. 따라서 본 실험은 진압륜으로 마늘의 복토와 동시에 위치를 이동시켜 마늘싹의 유인에 유리하도록 조건을 구명하고 이러한 결과로 필름의 적정한 혈공 크기를 결정하고자 한다.

복토장치는 그림 7과 같이 진압륜 직경 200 mm, 폭 40 mm의 고무륜를 사용하여, 혈공 된 토양의 측면에서 거리(D) 35 mm, 진압깊이 10 mm로 고정하고, 인공 토조 속도 0.25 m/s의 조건에서 진압 후 마늘의 파종자세 변화를 분석하였다. 마늘의 자세는 그림 8과 같이 발아부의 각도에 따른 방향을 고려하여 I, II형으로 구분하였고, 혈공 된 토양 측면으로부터 마늘의 중심(L_g)의 거리는 마늘의 파종위치 연구 결과를 바탕으로 23 mm에 위치시켰다. 진압륜의 진행 후의 마늘의 파종자세 변화를 알아보기 위하여 마늘 각도(A)는 0, 45, 90°로 3수준, 진압륜의 각도(ϕ)는 0, 10, 15, 20°로 4수준별로 마늘의 파종자세 변화를 분석하였다. 인공 토조의 토양 함수율은 9.9% (d.b.)로 사질토 조건에서 실험하였다.

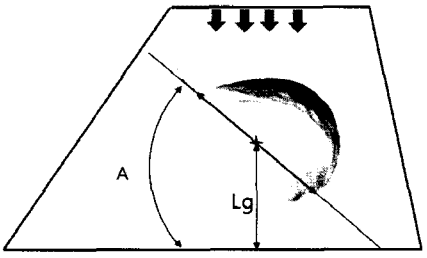


(a) Position of packing wheel

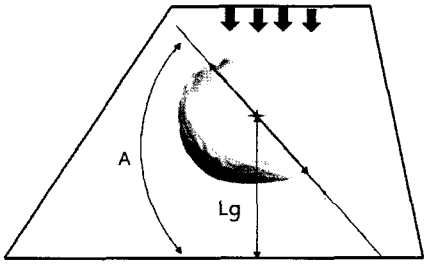


(b) Angle of packing wheel

Fig. 7 View of packing wheel.



(a) Type-I



(b) Type-II

Fig. 8 Measured positions of a garlic.

3. 결과 및 고찰

가. 파종장치의 파종호퍼의 열림 특성

동역학해석 프로그램인 RecurDyn를 사용하여 파종장치의 열림 특성을 시뮬레이션 한 결과는 그림 9와 같이 나타났다. 캠과 파종호퍼 끝단이 접촉하면서 벌어지는 최대 열림(벌림) 거리는 39.8 mm로 설계 시 고려한 40 mm에 근접하게 나타났으며, 그림 3과 같이 파종호퍼가 최하단에 위치하여 마늘 파종작업을 마침과 동시에 캠과 접촉하기 시작하여 파종호퍼가 최대로 열리기까지 0.26초가 소요되었으며, 이후에는 열린 상태로 회전하여 배종장치로부터 마늘을 공급받도록 하였다.

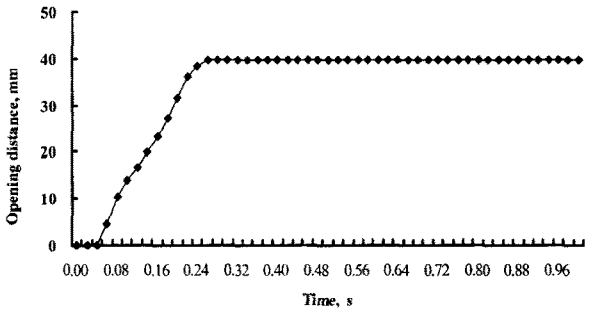


Fig. 9 Opening time of a planting hopper.

나. 토양의 혈공 형상 분석

그림 10은 파종 깊이별로 토양 혈공 특성을 분석한 결과를 나타낸 것으로, 파종 깊이별 혈공길이 L_1은 파종깊이 20 mm에서 38.5 mm였고, 35 mm에서 43.8 mm로 5.3 mm의 미소한 차이가 나타남을 알 수 있었다. 그러나 혈공길이 L_2는 파종깊이 변화에 따라 점점 증가하는 경향을 보였는데 파종 깊이 20 mm에서 56.4 mm였고, 40 mm일 때 99.9 mm로 43.5 mm의 큰 차이가 나타났다.

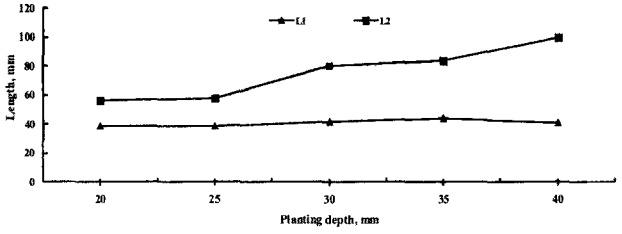


Fig. 10 Shape of planted soil holes by planting depth.

그림 11은 작업속도별 토양 혈공 특성을 나타낸 것으로, 작업속도에 따라 혈공길이 L_1은 35.6~42.8 mm 범위에서 평균 40.1 mm로 속도변화에 거의 변화가 없었다. 혈공길이 L_2의 경우는 작업속도에 따라 61.1~119.1 mm의 범위에서 증가하였는데, 속도 증가에 따라 혈공길이가 계속해서 증가하는 것을 알 수 있었고, 특히 작업속도 0.25 m/s에서 0.27 m/s로 증가할 때 17.7 mm로 증가폭이 가장 크게 나타났다.

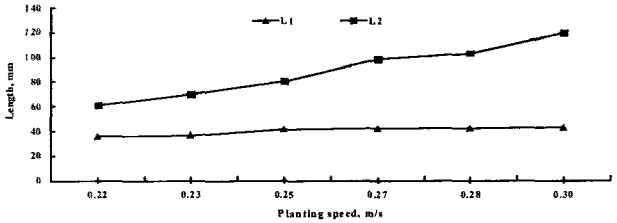


Fig. 11 Shape of planted soil holes by planting speed.

다. 마늘의 파종자세 특성 분석

필름의 혈공 및 진압륜의 복토 방법을 고려하기 위하여 마늘의 파종자세 실험 결과, 파종호퍼에 의해 토양에 파종된 마늘의 위치는 그림 12와 같이 나타났으며, 전반적으로 작업기 진행방향에 대해서 혈공 토양의 측면(L_2)을 기준으로 13.0~31.5 mm 범위에 분포되었으며, 평균적으로 23.0 mm 거리에 파종되는 것을 알 수 있었다.

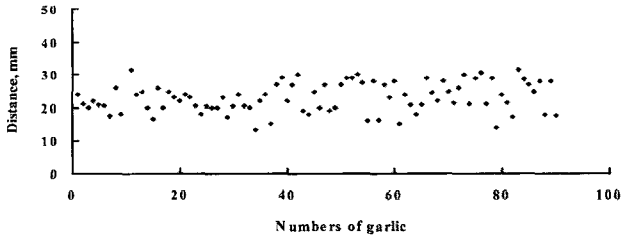


Fig. 12 Positions of planted garlics.

그림 13은 혈공 토양의 측면(L_2)을 기준으로 파종된 마늘의 각도 분포를 나타낸 것으로, 0.5~88.5° 범위에 분포함을 알 수 있었다. 평균적으로 마늘의 각도는 42.2°였고, 30~50°의 범위가 34.8%로 가장 많이 분포하였고, 10°이하와 80° 이상에서 가장 적게 분포했으나 특이한 경향은 보이지 않았다.

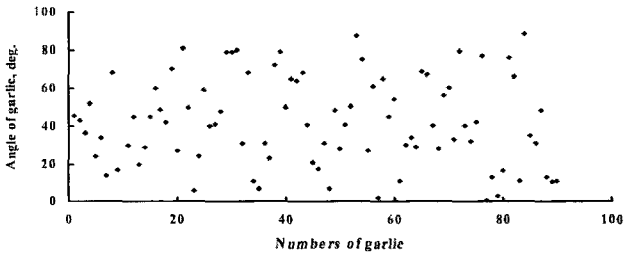


Fig. 13 Angle of planted garlics.

그림 14는 파종장치의 작업속도별로 혈공 된 토양에 파종되는 마늘의 개수를 분석한 결과를 나타낸 것이다. 혈공 된 토양에 파종된 마늘은 작업속도 0.26 m/s에서 1립 97.3%, 결주율도 1.3%로 가장 좋은 파종 결과를 보였고, 작업속도에 따라 한 개의 혈공 토양에 1립의 마늘이 파종되는 비율은 90% 이상을 보였다. 마늘이 배종호퍼에서 파종호퍼로의 이송 시 탈락되는 비율은 0.26 m/s 작업속도에서 3.3%, 0.24 m/s에서 6.7%로 나타났다. 초기 설정 작업속도는 주간거리 170 mm를 유지하며 초당 1.5개를 파종한다고 가정하여 0.25 m/s로 설정하였으나, 작업능률을 고려한다면 작업속도를 높여야 한다. 그러나 작업속도를 높이면 파종성능이 달라지거나 주간거리를 일정하게 유지하기 위해서는 파종호퍼의 회전수도 변경되어야 하며 결주율도 다르게 나타난다. 따라서 설정 작업속도 보다 높이면서도 파종성능이나 작업효율을 좋은지 여부를 분석한 결과, 작업속도가 0.26 m/s에서 파종성능이 가장 좋게 나타남을 알 수 있었고, 0.30 m/s에서도 1립 파종율이 91.3%로, 작업속도를 설정치 보다 높여도 파종성능은 90% 이상을 유지하며 작업효율도 좋아질 것으로 판단된다.

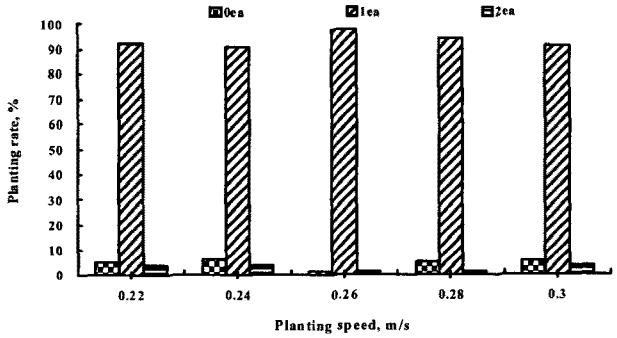


Fig. 14 Planting rate by planting speed.

라. 진압시 마늘의 자세 변화

그림 15는 고무 진압륜에 의한 복토 후 마늘의 자세 변화를 나타낸 것으로 자세 I형의 경우, 진압륜 각도가 15°일 때 초기 위치인 23 mm로부터 마늘의 위치 변동이 가장 크게 나타났는데 평균 11.4 mm가 이동되었으며 복토 상태도 양호하여 복토장치로 가장 합하였다. 진압륜 각도별 이동거리는 0, 10, 20°일 때 각각 평균 5.9, 7.8, 8.5 mm의 위치 변동이 발생함을 알 수 있었다. II형의 경우는 그림 16과 같이 진압륜 각도가 20°일 때의 이동이 가장 크게 나타났는데 평균적으로 11.5 mm가 이동하였다. 진압륜 각도별로는 0, 10, 15°일 때 평균 5.9, 7.1 9.0 mm 이동하는 것으로 나타났으며, 각도 증가에 따라 1.2~2.5 mm의 증가폭이 있음을 알 수 있었다.

복토에 의한 마늘의 각도 변화는 표 2에 나타났으며, 초기 각도 0° 일 때는 마늘의 형상에 의해 자세 I형이 11.8°가 변화하여 II형보다 훨씬 크게 위치 변화가 나타났고, 마늘의 초기 각도가 90°의 경우는 마늘의 자세 II형이 I형에 비해 4.8°가 더 크게 변하였다. 결국 마늘의 각도 변화는 초기 자세별로 차이가 있었는데 마늘의 자세 I형의 경우는 초기 각도 0°, II형의 경우는 45°일 때 위치 변화가 큼을 알 수 있었다.

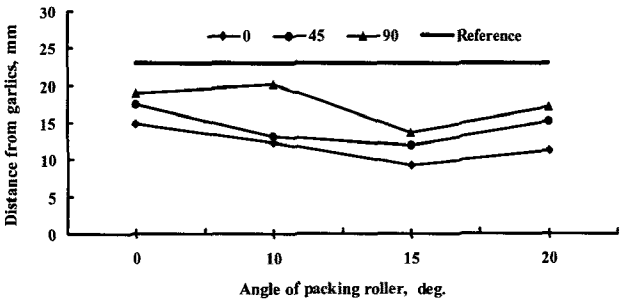


Fig. 15 Positions of planted garlics by angle of packing roller (type I).

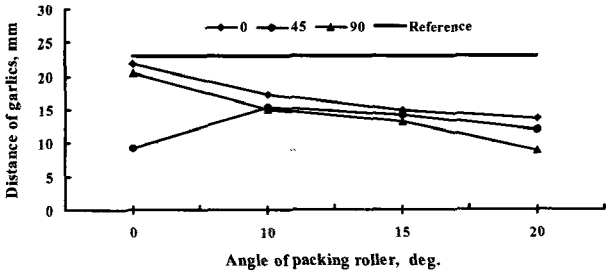


Fig. 16 Positions of planted garlics by angle of packing roller (type II).

Table 2 Angle of a garlic after compaction

		Angle of a garlic (°)		
		0	45	90
Change of angle (°)	Type I	11.8	4.3	0.5
	Type II	5.0	9.7	5.3

마늘의 파종 및 진압 시험결과, 마늘이 파종된 자세에 따라 진압 후 자세 변화의 차이가 나타났는데 진압과정에서 진압륜에 의해 흙이 밀리면서 마늘을 복토할 때 마늘의 접촉면에 따라 이동거리에 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 마늘 자세 II형의 경우는 발아부가 필름의 개공이 시작되는 혈공 토양의 측면을 향하므로 발아 후 유인에 적합하나, 자세 I형의 경우는 발아부가 반대에 위치하여 발아 위치 이상의 필름 혈공 폭이 필요하며 혈공 크기를 결정하는 요인이 되었다. 혈공 파종 시 필름 절단 크기는 진압 시 마늘 이동 효과가 가장 좋은 진압륜 각도 15°와 마늘 자세 II보다 넓은 혈공 폭이 필요한 I형의 90°를 고려하면 진압 후 각도 변화가 0.5°로 작고 위치는 13.6 mm이다. 따라서 복토 후 마늘의 파종자세 특성 분석 결과와 마늘의 최대 길이 38.7 mm를 고려하면 필름의 횡

방향 절단길이가 33.0 mm 이상이 되어야 마늘이 발아 후 생장 시 싹이 절개된 필름 밖으로 유인될 것으로 판단하였다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 무공 필름을 뚫으면서 마늘을 파종하는 멀칭 적응형 점파종기를 개발하기 위하여 파종장치의 파종호퍼에 의한 토양 혈공 크기를 분석하였고, 파종 시 마늘의 자세위치와 진압륜에 의한 마늘의 위치 변화를 분석한 결과는 다음과 같이 요약하였다.

(1) 동역학해석 프로그램인 RecurDyn를 사용하여 파종장치의 파종 버킷 끝단의 최대 열림 시간을 시뮬레이션한 결과, 최대로 열리기까지의 0.26초가 소요되었다.

(2) 파종 깊이별로 마늘 파종장치의 토양 혈공 특성을 분석한 결과, 혈공길이 L_1은 파종깊이에 따라 38.5~43.8 mm로 거의 일정한 길이를 나타났고, 혈공길이 L_2는 56.4~99.9 mm로 큰 차이가 나타남을 알 수 있었다. 또한 작업속도에 따라서 혈공길이 L_1은 35.6~42.8 mm로 평균적으로 40.1 mm를 보였고, 혈공길이 L_2는 61.1~119.1 mm로 작업속도가 증가할수록 혈공길이도 증가함을 알 수 있었다.

(3) 파종된 마늘의 자세 특성을 분석한 결과, 혈공 토양의 측면(L_2)을 기준으로 13.0~31.5 mm 범위에 분포하였고 평균적으로 23.0 mm의 위치에 파종되었다. 파종된 마늘의 각도 분포는 0.5~88.5° 범위에 분포하였고, 평균적으로 마늘의 각도는 42.2°로 마늘의 각도가 30~50°의 범위에서 34.8%로 가장 많이 분포하였다.

(4) 작업속도 0.26 m/s에서 각각의 혈공된 토양에 마늘 1립이 파종되는 파종률은 97.3%였고 결주율은 1.3%였다. 또한 마늘은 배종호퍼에서 파종호퍼로의 이송 시 탈락되는 결주율은 0.26m/s 작업속도에서 3.3%, 0.24 m/s에서 6.7%의 결주가 발생하였다.

(5) 진압 시 마늘의 자세 변화는 자세 I형에서 평균 11.4 mm가 이동된 것으로 나타났으며 복토 상태도 양호하였고, 자세 II형의 경우는 진압륜 각도가 20° 일 때의 이동이 가장 크게 나타났는데 평균적으로 11.5 mm가 이동하였다. 또한 마늘의 각도변화는 초기 각도 0° 일 때는 마늘의 형상에 의해 의한 저항으로 11.8° 변화하였고, 초기 각도가 90°의 경우 마늘의 자세 II형이 I형에 비해 4.8° 더 크게 나타났다.

(6) 마늘의 파종 및 진압 시 마늘의 자세 변화 결과를 바탕으로 발아부가 자세 I형 90°의 경우에 진압 후 각도 변화가 거의 없으며 중심위치가 13.6 mm에 위치하는 것을 고려하면 필름의 횡방향 절단 길이는 33 mm 이상 되어야 마늘이 발아 후 생장 시 싹이 절개된 필름 밖으로 유인될 것으로 판단하였다.

참 고 문 헌

1. Kazuhiro, M., S. Masahiko and I. Toyoaki. 2004. Development of no-tillage dibber planter for soybean (Part 1). Journal of JSAM 66(1):90-97.
2. Lee, K. M., K. S. Park, C. S. Kim, J. Y. Kim and J. H. Kim. 2003. Development of ginseng seeders for the dual-use in seedling and direct planting. Journal of Biosystems Engineering 28(5):395-402. (In Korean)
3. Lee, Y. K., Y. Z. Oh and D. W. Lee. 1996. Development of multi-purpose seeder for cultivator. Journal of Biosystems Engineering 21(1):3-9. (In Korean)
4. Momoko, M. and K. Ken. 2002. Examination of accuracy for in-line seeding by seed repression before and after seeding. Journal of JSAM 65(3):143-145.
5. Park, W. K., D. K. Choi and Y. K. Kim. 2001. Development of a garlic clove planter (I)-survey for planting condition and physical properties of garlic clove-. Journal of Biosystems Engineering 26(6):495-502. (In Korean)
6. Park, W. K., D. K. Choi and Y. K. Kim. 2002. Development of a garlic clove planter (II)-design factors a garlic clove planter-. Journal of Biosystems Engineering 27(6):547-556. (In Korean)
7. 농림부. 2007. 농업통계.