

경운기 부착형 마늘 파종기 개발을 위한 기초연구

임학규·김태한*

*삼화기계, **경북대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

A Basic Study on the Development of Garlic Seeder

Hack-Kyoo Lim*, Tae-Han Kim**

**Sam Hwa Machinery Co., Taegu, Korea.*

***Department of Bio-industrial Machinery Engineering
College of Agriculture and Life sciences, Kyungpook National University
Daegu, 702-701, Korea*

Abstract

Cultivation area of garlics is 9% of all cultivation area of vegetables. The amount of annual demand is increased in 1,000~1,500ton. Also, the amount of demand per person has a tendency to increase as above 10kg. So, garlics has become important crops in agriculture. The purpose of this study is to acquire the basic information to design the garlic seeder attached power tiller. We used Working Model 3D program to design an automatic aligning device which is the most important part of the garlic seeder. The results are as follows;

1. The optimum depth of garlics seeding was shown as 3cm.
2. The garlic seed has to be discharged from the garlic seeder at intervals of 0.75sec in order to seed at intervals of seeds of 15cm
3. The optimum design factors of the automatic aligning device were shown as cylinder diameter of 4cm, cylinder gap of 1cm, revolution of 36rpm and inclined angle of cylinder of 8.4°.

Key words : garlic seeder, automatic aligning device, simulation.

서 언

마늘 총 재배면적은 약 39천 ha정도로 우리나라

라 채소재배면적의 약 9%를 점유하고 있으며, 최근 육류 소비량이 늘어나고 국민 식생활의 변화와 인스턴트식품 개발 등으로 마늘의 연간 수

요량도 1,000~1,500톤 정도씩 늘어가는 추세이다. 또한 연간 국민 일인당 소비량도 약 10kg 내외로 매년 증가추세이므로 농가에서는 중요한 소득 작목으로 자리 잡고 있다.(농림부, 2003)

그러나 마늘을 재배할 때, 종구 준비에서 파종에 이르기까지의 소요노동력은 전체 노동력의 25%를 차지하므로(농진청, 1990) 이 작업의 생력화에 의해 경쟁력을 향상 시킬 필요가 있다.

즉 국내산 마늘 가격이 1kg당 1,600원 초과시 경쟁력이 떨어진다.(남해군,1999) 그러므로 생산비를 절감할 수 있는 방안이 제시되어야 할 것이다.

현재 국내외에서 개발되고 있는 마늘 파종기는 대형이고 고가의 기계로서 농가에서 구입이 용이하지 않다(박원규, 2000). 따라서 농가에서 구입이 용이하고 농가에 많이 보급된 관리기나 경운기 부착형 자동 파종기 개발이 요구된다.

여러 개의 특허를 조사한 결과 모두 마늘을 일정한 간격으로 자유 낙하시키기 위해 정렬장치를 사용하였지만 마늘의 다양한 형상과 뿌리, 껍질로 인해 일정한 간격으로 자유 낙하시키는 것은 불가능한 구조였다. 따라서 본 연구는 경운기 부착형 마늘 자동 파종기 개발을 목표로 설계인자 구멍을 위하여 마늘의 파종작업과정 및 방법, 종구 자유 낙하시의 착지 자세, 적정 파종깊이, 재식 방향을 조사 분석하고 마늘파종기의 가장 핵심 부품인 종구 자동정렬장치개발을 위해 기초 실험을 하였다.

재료 및 방법

마늘 파종기 개발에 필요한 설계인자 구멍을 위하여 파종 작업과정, 파종방법, 마늘 종구의 파종깊이와 파종자세에 따른 생육 상태를 조사하였고 마늘의 크기와 무게를 측정하였다. 또한 마늘 인편을 자유낙하시켰을 경우의 인편의 착지자세

를 조사하였다. 또한 마늘 배종장치 개발을 위해 그림1과 같은 마늘 자동정렬장치의 3D Modelling을 하였다. 자동정렬장치는 그림과 같이 2개의 원통을 일정 간격으로 경사를 두고 서로 반대방향으로 회전시켜 마늘을 1개씩 배출하는 구조로 설계하기 위하여 원통의 지름(D), 원통사이의 거리(d), 원통의 기울어진 각도(θ), 원통의 회전수(rpm)를 변화시켜 마늘이 자동정렬기의 한단에서 길이L을 따라 타단까지 도달하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 다만 원통의 길이는 제작비용과 설계상의 이유로 30cm로 설정하였다.

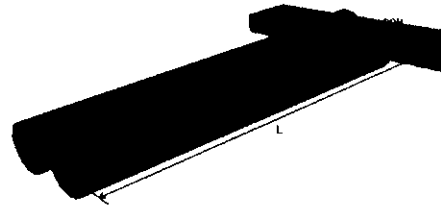


Fig. 1 3D Modelling of automatic aligning device

또한 마늘이 2개의 원통사이에서 정렬되는 자세를 그림2와 같이 분류하여 조사하였다. 그림에서와 같이 마늘이 자동정렬기 위에서 정렬될 때 파종시 뿌리가 나는 부위(흰 반점으로 표시된 부위)가 아래로 놓이는 경우를 형식 1(Type I), 반대로 위로 놓이는 경우를 형식2(Type II), 옆으로 놓이는 경우를 형식3(Type III)으로 구분하였다.

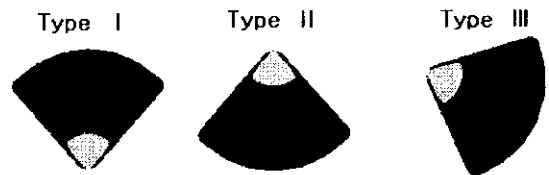


Fig.2 Aligning posture of garlic on the automatic aligning device

본 연구에 사용된 프로그램은 Working Model 3D와 Solid Edge로서 Solid Edge는 마늘과 같은 임의의 형상을 쉽게 3D로 구성할 수 있게 해주며 Working Model은 3D로 표현된 물체에 대해 시뮬레이션을 할 수 있는 프로그램이다.

PC상에서 Working Model을 이용한 시뮬레이션을 하기 위해서는 대상물의 마찰력을 알아야 한다. 따라서 그림3 같이 알루미늄재질의 경사면에 마늘을 올려놓고 경사각(θ)을 변화시켜서 마늘의 마찰력을 측정·계산하였다.

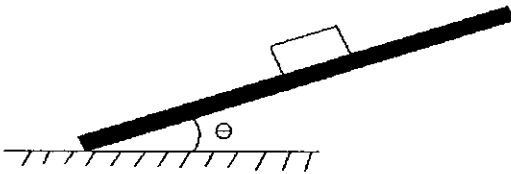


Fig.3 Measuring apparatus of friction force garlic clove

결과 및 고찰

1. 파종 작업과정

여러 지역을 대상으로 마늘의 파종작업과정을 분석한 결과 무안지역을 제외하고는 다음과 같은 과정을 거치는 것을 알 수 있었다.

통마늘 → 쪽마늘 분리 → 종구선별 → 소독 → 두둑만들기 → 구절 → 파종 → 복토 → 멀칭

무안지역에서는 천공비닐을 멀칭한 후에 종구를 파종하고 있으나, 천공비닐을 사용하지 않고 파종한 마늘이 발아하여 새순이 돋았을 때 멀칭비닐에 천공을 하는 다른 지역과 비교하였을 때 생육에는 영향이 없는 것으로 밝혀졌다.

마늘 파종작업을 기계화하기 위해 각 작업 단계마다 별도로 기계화·자동화장치를 개발한다

는 것은 많은 난제가 있으므로 구절과 파종, 복토작업이 일괄적으로 이루어지는 시스템이 바람직할 것이다. 또한 작업의 능률을 향상시키기 위해서는 여러 줄의 이랑에 동시에 파종작업을 하는 메카니즘이 바람직할 것으로 생각된다.

2. 파종방법

마늘의 파종작업과정은 마늘의 생산비중에서 가장 많은 노동력을 차지하고 있다. 따라서 마늘의 파종방법을 다음과 같이 두둑 만드는 방법과 종구의 접지 자세로 나누어 검토하였다.

1) 두둑 만드는 방법

두둑을 만드는 방법에 있어서 작업 관습과 작업능률의 제고에 의해 각 지방마다 이랑을 만드는 방법, 이랑폭, 이랑높이, 제식방법 등에 차이가 있었다. 그러나 어떤 방법을 사용해도 생육과 생산량에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

2) 종구의 접지 자세

마늘의 경우 다른 종류의 씨앗과 같이 흠뿌림을 하지 않는다. 왜냐하면 지금까지의 연구결과나 경험에 의하면 마늘의 파종은 다른 종자와는 달리 마늘의 뿌리가 대지를 수직으로 향하게 하는 것이 성장이나 품질면에서 가장 좋기 때문이다. 그림4는 파종 시 마늘이 지면에 놓이는 자세를 나타낸 것이다. 그림에서 (a)의 경우가 가장 바람직하고 (c)의 경우는 발아율이 높지 않은 경우이다. 특히 (c)의 경우는 한 알이 발아되지 않을 경우 주위의 다른 마늘까지 영향을 미쳐 주위 마늘에 결주가 발생하므로 전체 수확량에 영향을 미친다. (b)의 경우는 (a)경우에 비해 수량이 약 4.6%정도 떨어지지만 마늘의 자유 낙하시 이자세로 지면에 접하게 되는 경우가 대부분이다.

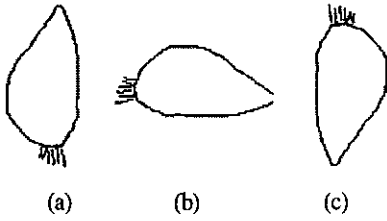


Fig. 4 Touchdown posture of garlic

3) 종구간 거리

파종시 종구간의 간격이 좁을 경우 성장시 영양분의 부족과 서로의 간섭에 의해 나쁜 영향을 미치게 된다. 따라서 종구간의 간격은 지방마다 약간의 차이가 있지만 평균적으로 약12cm~15cm를 취하는 것으로 조사되었다. 따라서 파종기의 배종 장치도 이 간격을 유지할 수 있는 구조가 되어야 한다고 판단하였다. 따라서 마늘을 15cm의 일정한 간격으로 파종하기 위해서는 파종기의 이동속도가 대략 0.2m/s이므로 종구는 약 0.75초마다 하나씩 파종기에서 배종되어야 한다.

3. 종구의 물성

파종기 개발을 위해서는 종구의 물성 조사가 필수적이므로 이를 조사한 결과를 그림5에 나타내었다. 그림5(a)는 남해, 무안 지역에서 재배하고 있는 종구형상이다. 반달형이며, 중심선을 기준으로 머리부분과 뿌리 부분이 대칭형이다.

그림5(b)는 의성 지역이나 중부지역에서 재배하고 있는 종구 형상이다. 반달형이며 중심선을 기준으로 머리부분이 약간 폭이 좁으며 그림5(a)보다는 길이에 비해 폭이 좁은 편이다.

그림5(c)는 우리나라 재래 마늘 종구 형상이다. 뿌리부분과 머리부분의 형상이 뚜렷하게 다른 형상을 나타낸다.

그림의 세 가지 형상 중 파종기 개발에 가장 이상적인 형상은 재래종 (c)형상이지만 현재 사용하는 종구는 수입종으로서 (a),(b)와 같은 형상

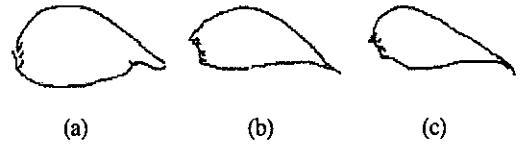


Fig. 5 Shape of garlic

이 대표적이다. 또한 같은 지역, 같은 종이라도 그 크기 및 형상이 각각 다르게 나타났으나 대체적으로 종구는 일정한 특징을 가지는 것을 알 수 있었다. 현재 많이 재배하고 있는 마늘의 크기를 측정한 결과 평균 폭 3cm, 두께 3cm 길이 4cm로 나타났다. 또한 마늘의 무게를 측정한 결과 의해 평균 4g정도였다.

4. 마늘 종구의 파종 깊이와 접지자세에 따른 생육 상태

마늘을 기계로 파종할 경우 일정한 깊이로 이랑을 만들고 마늘을 낙하하게 된다. 그렇게 할 경우 파종 깊이와 파종시 종구의 접지 자세가 마늘의 발아율 및 수량에 어떤 영향을 미치는가를 파악해야 할 필요가 있다. 표2는 이에 대한 결과를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 파종 깊이를 3cm로 했을 경우 수량은 평균 896g으로 나타났고 파종깊이를 5cm, 7cm로 했을 경우에는 수량이 각각 864, 827g으로 감소하여 파종 깊이는 3cm가 적정함을 알 수 있다. 그러나 파종 깊이에 따른 발아율의 차이는 크지 않음을 알 수 있다.

종구의 착지자세에 따른 발아율은 그림4(b)의 옆으로(Side)형태가 바로(Up)형태보다 다소 높게 나타났으나 수량은 반대로 나타났다. 또한 착지 자세가 거꾸로 된 경우에는 발아율과 수량이 현저히 낮았다. 따라서 종구의 착지자세는 수량 증대를 위하여 마늘이 바로 놓이게 기계장치를 개발하는 것이 바람직하다고 할 수 있으나 마늘이 바로 놓이도록 할 경우 지나치게 기계 비용이

높아질 것으로 예상된다. 따라서 표에서와 같이 종구가 옆으로 놓여도 수량감소나 상품의 질이 낮아지는 비율이 그리 많지 않으므로 파종 깊이와 파종간격만 정확히 유지될 수 있도록 기계가 개발되어도 문제가 없을 것으로 판단되었다.

원통사이의 거리를 0.5cm씩 변화시키면서 원통 위에서의 마늘의 정렬 자세, 원통의 한쪽 단에서 다른 단까지의 도달시간에 관해 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것이다. 그 결과 원통사이의 거리 파종 깊이와 파종 간격만 정확히 유지될 수 있도록 기계가 개발되어도 될 것으로 판단되었다.

Table 2 Yields difference in seeding depth and touchdown posture of garlics

Depth	position	Germination(%)	Sheath length	Sheath dia(cm)	No. of leaf	Bulb wt(g)	Yield
3 cm	up	91.0	25.0	1.23	7.57	30.7	1049
	side	95.7	25.0	1.17	7.33	27.0	968
	down	74	20.0	1.09	7.10	24.0	671
	mean	86.9	23.4	1.16	7.33	27.2	896
5 cm	up	89.3	24.5	1.19	7.20	27.0	904
	side	89.3	22.3	1.15	7.17	26.3	882
	down	76.7	20.5	1.09	7.07	28.0	804
	mean	85.1	22.4	1.14	7.14	27.1	864
7 cm	up	89.4	23.4	1.10	6.90	25.3	848
	side	92.7	21.4	1.15	7.20	24.0	837
	down	78.3	20.6	1.16	7.23	27.3	798
	mean	86.8	21.4	1.14	7.11	25.6	827

5. 마늘 종자 배출 장치 개발을 위한 시뮬레이션

현재 많이 재배하고 있는 마늘의 크기를 측정 한 결과 평균 폭 3cm, 두께 3cm 길이 4cm로 나타났으므로 이를 마늘의 3D Modelling에 반영하였다. 그리고 마늘의 무게는 측정결과에 의해 평균 4g으로 설정하여 실험하였다. 또한 마늘의 마찰력을 측정 계산한 결과 0.22 로 나타났으므로 이를 모델링에 반영하였다.

1) 원통 사이의 거리에 따른 결과

일단 마늘이 원통사이로 빠지지 않게 하기 위해서는 마늘의 평균크기에 의해 원통사이의 거리가 최소한 2cm보다는 적어야한다. 표3, 4는 원통의 회전수를 36rpm으로 일정하게 하고 각각 원통의 경사각을 6°, 8°로 다르게 한 상태에서

결과를 나타낸 것이다. 그 결과 원통사이의 거리가 커질수록 마늘의 도달시간이 약간 길어졌다. 그 이유는 마늘의 접촉면이 원통사이의 거리가 커질수록 더 넓어지기 때문이다. 그러나 마늘의 다양한 형상으로 인해 원통사이로 빠질 수 있는 마늘의 크기를 고려하면 원통사이 거리는 1cm가 적당한 것으로 생각된다. 마늘의 자세별 도달시간은 형태3

Table 3. Simulation of automatic aligning device (D=3cm, $\Theta=6^\circ$, rpm=36)

gap of cylinder(d)	aligning posture of garlic	time(sec)
0.5cm	Type I	1.01
	Type II	0.962
	Type III	1.15
1cm	Type I	1.07
	Type II	0.96
	Type III	1.23
1.5cm	Type I	1.12
	Type II	1.02
	Type III	1.34

이 소요시간이 가장 길고 그 다음이 형태1, 형태2의 순이나 근소한 차이를 알 수 있고 원통사이의 거리 변화에도 별 차이가 없음을 알 수 있다.

Table 4. Simulation of automatic aligning device(D=3cm, $\Theta=8^\circ$, rpm=36)

gap of cylinder(d)	aligning posture of garlic	time(sec)
0.5cm	Type I	0.895
	Type II	0.778
	Type III	0.928
1cm	Type I	0.970
	Type II	0.858
	Type III	0.899
1.5cm	Type I	1.060
	Type II	0.990
	Type III	1.140

2) 원통 지름에 따른 결과

표 5, 6은 원통의 회전수를 36rpm, 원통사이의 간격을 1cm로 일정하게 하고 원통의 경사각을 6°, 8°로 각각 일정하게 한 상태에서 원통의 지름을 변화시키면서 원통 위에서의 마늘의 정렬 자세, 원통의 한쪽 단에서 다른 단까지의 도달시간에 관해 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 마늘의 낙하시간은 원통의 지름에 영향을 거의 받지 않았다. 이는 원통의 지름을 변화시킨다고 해도 마늘의 접촉면적이 거의 변화하지 않기 때문으로 생각된다. 그러나 마늘이 원통 위를 지나갈 때 원통에 의해 바깥으로 밀려나가거나 원통의 끝 부분에서 정체를 일으키게 되어 서로 겹치게 된다면 배중에 문제가 발생하게 됨으로 원통의 지름은 4cm가 적당할 것으로 생각된다.

마늘의 자세별 도달시간은 표3,4에서와 같은 경향이냐, 경사각이 6°에서 8°도로 증가함에 따라

모든 자세에 대해 도달시간이 짧아지는 것으로 나타나 원통의 경사각을 조절하여 도달시간을 목표치에 맞출 수 있을 것으로 생각한다. 또한 원통의 직경 변화에 따른 도달시간차는 거의 없음을 알 수 있다.

Table 5. Simulation of automatic aligning device(d=1cm, $\Theta=6^\circ$, rpm=36)

cylinder dia.(D)	aligning posture of garlic	time(sec)
2 cm	Type I	1.08
	Type II	0.978
	Type III	1.23
3 cm	Type I	1.07
	Type II	0.96
	Type III	1.23
4 cm	Type I	1.07
	Type II	0.98
	Type III	1.12

Table 6. Simulation of automatic aligning device(d=1cm, $\Theta=8^\circ$, rpm=36)

cylinder dia.(D)	aligning posture of garlic	time(sec)
2 cm	Type I	0.85
	Type II	0.75
	Type III	0.91
3 cm	Type I	0.83
	Type II	0.786
	Type III	0.897
4 cm	Type I	0.85
	Type II	0.76
	Type III	0.90

3) 원통의 RPM에 따른 실험 결과

표 7, 8은 원통사이의 간격을 1cm로 일정하게 하고 원통의 경사각을 6°, 8°로 각각 일정하게 한 상태에서 회전수를 33, 36, 39rpm으로 변화시키면서 원통 위에서의 마늘의 정렬 자세, 원통의 한쪽 단에서 다른 단까지의 도달시간에 관해 시

물레이션 한 결과를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 원통의 경사각이 6°일 경우 회전수 변화에 따른 마늘의 각 자세별 도달시간은 별로 차이가 없으나 원통의 경사각이 8°일 때는 회전수의 증가에 따라 도달시간이 감소함을 알 수 있다.

Table 7. Simulation of automatic aligning device(D=3cm, d=1cm, $\Theta=6^\circ$)

revolution(rpm)	aligning posture of garlic	time(sec)
33	Type I	1.04
	Type II	1.01
	Type III	1.28
36	Type I	1.07
	Type II	0.96
	Type III	1.23
39	Type I	1.08
	Type II	0.99
	Type III	1.23

Table 8. Simulation of automatic aligning device(D=3cm, d=1cm, $\Theta=8^\circ$)

revolution(rpm)	aligning posture of garlic	time(sec)
33	Type I	0.895
	Type II	0.778
	Type III	0.928
36	Type I	0.83
	Type II	0.786
	Type III	0.897
39	Type I	0.74
	Type II	0.76
	Type III	0.83

표9는 원통의 최적 경사각을 구하기 위하여 원통의 지름을 3cm, 원통사이의 간격을 1cm, 회전수를 36rpm으로 일정하게 하고 원통의 경사

각을 8°, 8.4°, 8.8°로 변화시키면서 원통 위에서의 마늘의 정렬 자세, 원통의 한쪽 단에서 다른 단까지의 도달시간에 관해 시뮬레이션 한 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 원통의 경사각이 8.4°일 경우 마늘이 자동정렬장치를 통과하는데 소요되는 시간이 목표치인 0.75sec대를 기록함을 알 수 있었다.

Table 9. Simulation of automatic aligning device(D=3cm, d=1cm, rpm=36)

angle of inclination(Θ)	aligning posture of garlic	time(sec)
8°	Type I	0.83
	Type II	0.78
	Type III	0.89
8.4°	Type I	0.76
	Type II	0.74
	Type III	0.81
8.8°	Type I	0.71
	Type II	0.72
	Type III	0.78

이상의 시뮬레이션 결과를 종합하면 자동정렬 장치의 설계 조건은 원통의 지름(D) 4cm, 원통사이의 거리(d) 1cm, 회전수 36rpm, 원통의 경사각(Θ) 8.4°가 가장 적당한 것으로 확인되었다.

6. 마늘 인편의 자유낙하 시 착지자세

마늘 파종기의 배종장치 개발을 위해서 마늘 정렬장치를 통과한 종구가 땅에 떨어질 때 착지 자세에 대한 자료가 필요하다. 왜냐하면 이 자료를 토대로 배종장치 메카니즘이 결정되기 때문이다. 표10은 마늘 파종 시 낙하높이나 낙하 시 인편의 자세와 무게에 따라서 종구가 파종골에서 어떤 자세를 유지할 것인가에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다. 표에서 종구낙하 시 높이, 자세, 무게별로 착지된 인편의 방향을 그림4(a) 형태는 바로(Up), (b)형태는 옆(Side), (c)형태는 거꾸로(Down)로 구분하여 나타내었다.

Table 10 Touchdown posture of garlic under free drop condition

Result (Position)	Dropped Height(cm)			Dropped Posture			Clove Weight(g)		
	10	30	50	Up	Down	Side	3	4	5
Up	11	8.9	7.1	11.2	7.6	6.1	4.3	10.3	8.3
Down	3.8	6.3	6.8	4.6	5.4	4.2	7.7	5.6	5.1
Side	85.2	84.8	86.1	84.2	87	89.7	88	84.1	86.6

표에서와 같이 낙하 높이가 낮을수록 바로 착지되는 확률이 거꾸로 착지되는 경우보다 다소 높게 나타났으나 85% 이상이 옆으로 누워서 착지되는 것으로 나타났으며, 수량에 나쁜 영향을 미치게 되는 거꾸로 착지되는 경우는 3~8% 정도에 지나지 않았다.

또한 낙하시 인편을 바로 세운 상태에서 낙하시키게 되면 착지 시 인편이 바로 서는 비율이 11.2%로서 옆이나 거꾸로 한 상태로 낙하할 때보다 다소 높게 나타났다. 그러나 인편을 바로 세우거나, 옆 혹은 거꾸로 낙하시켜도 인편이 착지할 때는 85~90%가 옆으로 낙하됨을 알 수 있다. 따라서 마늘파종기의 배종장치는 배종 전 종구의 자세를 고려하지 않고 자유 낙하시키는 메카니즘으로 하여도 큰 문제가 없을 것으로 생각된다.

그리고 인편의 무게별로 낙하시킨 결과에서는 인편의 무게가 4g일 때 바로 착지되는 비율이 가장 높게 나타났으며 이보다 더 가볍거나 무거우면 바르게 착지하는 비율이 감소하여 4g이 최적임을 알 수 있다.

적 요

마늘 총 재배면적은 우리나라 채소재배면적의 약 9%를 점유하고 있으며, 연간 수요량도 1,00

0~1,500톤 정도씩 늘어가는 추세이다. 또한 개인 소비량도 약 10kg 내외로 매년 증가추세이므로 농가에서는 중요한 소득 작물로 자리 잡고 있다.

본 연구는 경운기 부착형 마늘 자동 파종기 개발에 필요한 설계인자 구명을 위하여 파종 작업과정, 파종방법, 마늘 종구의 파종깊이와 파종 자세에 따른 생육상태를 조사하였고 마늘의 크기와 무게를 측정하였다. 또한 마늘 인편을 자유 낙하시켰을 경우의 인편의 착지자세를 조사하였다. 또한 가장 핵심 부분인 마늘 배종 장치의 자동정렬장치 개발을 위해 Working Model 3D Program를 이용하여 설계요소를 파악하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

1. 마늘의 크기를 측정한 결과 평균 폭 3cm, 높이가 3cm 길이 4cm로 나타났다.
2. 마늘의 무게는 평균 4g정도였다.
3. 마늘 파종 깊이는 3cm가 적정함을 알 수 있었다.
4. 마늘 배종장치는 마늘을 자유 낙하시키는 장치로 개발한다.
5. 마늘을 15cm의 일정한 간격으로 파종하기 위해서 종구는 약 0.75초마다 하나씩 파종기에서 배종되어야 한다.
6. 마늘 자동정렬장치의 설계인자는 원통의 지름(D) 4cm, 원통사이의 거리(d) 1cm, 회전수 36rpm, 원통의 경사각(θ) 8.4°가 가장 적당한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 농림부, 2003. 주요통계자료.
2. 농촌진흥청, 1990. 작목별 작업단계별 노동력 투하 시간. p.41
3. 영농설계교육 . 1998. 의성군 농촌지도소.

4. 마늘 재배. 1999. 남해군 농업기술센터.
5. 박원규. 2000, 마늘 파종기 개발에 관한 연구.
경북대학교 학위논문
6. 이우승. 이하윤. 김탁. 1993. 마늘 기계파종을
위한 재배법 연구.
7. 황재문. 1996. 마늘 기계파종을 위한 기초 연구.