

최      중  
연구보고서

마늘의 생산성 향상을 위한  
주아채집장치 개발

Development of Garlic Bulbils Collecting System for  
Improvement of Garlic Productivity

연구기관  
밀양대학교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “마늘의 생산성 향상을 위한 주아채집장치 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 7 월 일

주관연구기관명 : 밀양대학교

총괄연구책임자 : 권 순 홍

세부연구책임자 : 권 순 홍

연 구 원 : 박 종 민

연 구 원 : 도 종 민

위탁연구기관명 : 전주대학교

위탁연구책임자 : 서 정 덕



주아채집장치 시작기

# 요 약 문

## I. 제 목

마늘의 생산성 향상을 위한 주아채집장치 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

마늘(*Allium sativum* L.)은 꽃가루 이상으로 교잡에 의한 우수한 새 품종을 만들 수 없고, 재배 중 연작장애와 병해충 피해 및 생리적 장애가 발생하여 생산력이 떨어지고 저장 중 감모율이 저하되는 등 품질 경쟁력도 떨어지고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 조직배양을 이용한 보급이나 외국종들을 도입하여 보급하였으나 생산비의 과다 소요와 외래 병해충의 발생 등 문제점이 일어나 뚜렷한 대책을 마련하지 못하였다. 더군다나 최근 값싼 중국산 마늘 수입 증가 우려 및 노동력 부족으로 농가의 휴경 면적 증가와 작목 전환 의향으로 해가 갈수록 계속해서 마늘 재배면적이 감소하고 마늘 산업의 시장 경쟁력이 감소하고 있는 형편이다.

마늘의 주아재배는 십수년전부터 이미 사용하였던 방법으로 재배를 하면서 좀더 개선된 방향으로 발전되어 왔다. 마늘의 주아는 식물학적으로 인편보다 양분저장능력이 높으며 조직이 치밀하며 Alliin 함량이 높고 공중에 착생하여 뿌리응애, 선충 등 토양 전염성 병해충의 감염이 없을 뿐만 아니라 바이러스의 감염경로 상 최종 위치에 있어 감염도가 낮아 주아세대가 경과될수록 바이러스 감염이 적어져 우량종구 생산이 유리할 뿐만 아니라 일반종구에 비해 상품성이 높은 마늘이 증수(10 ~ 30%)되고 생육이 왕성해 잎마름병, 흑색썩음균핵병 등 병해 저항성이 높은 것으로 나타났다 (김, 2004). 마늘의 주아는 증체율이 높으며(20 - 70배), 한 개의 총포 당 8 ~ 20개의 주아가 있어 증식률이 인편(마늘쪽)보다 2배 정도 빠르다. 또한 주아재배로 생산되는 종구는 일반 인편에 비하여 10 ~ 30% 증식된다.

마늘의 주아재배에 의한 10a 당 수량은 1,400kg으로 일반재배 1,064kg에 비하여 32% 증수가 가능하며, 주아재배를 할 경우 생산비는 1,101원/kg으로 일반재배 1,523

원/kg보다 28% 절감 가능한 것으로 보고되고 있다.

따라서, 마늘 재배농가에서는 씨마늘을 생산하기 위한 주아재배를 확대하여 병 없는 씨마늘 생산으로 종자 구입비를 줄일 수 있고, 파종 시 일반 씨마늘에 비해 생산성도 증가하여 농가소득 증대를 꾀하고 있는 실정이다.

마늘쫑에서 나온 주아를 이용한 마늘 재배법이 마늘농가 소득향상에 도움을 주고 있다는 사실이 여러 문헌이나 보도에 의해 나타나고 있으며, 특히 의성지역 마늘농가에서 시범 재배한 주아를 이용한 마늘재배법의 성과를 분석한 결과 300평 당 수확량이 1400 kg으로 쪽마늘을 심었을 때 보다 수확량이 50% 가까이 증가한 것으로 나타났으며, 바이러스 감염율도 크게 줄어 씨마늘 생산비 추가부담을 감안하더라도 소득이 34% 이상 늘어난 것으로 나타났다(경북농업기술원, 2004).

또한, 마늘 총 재배면적 대비 마늘 주아재배 면적이 2002년 6% 수준에서 2003년 14%로 해마다 증가하는 것으로 나타났으며(한국농촌경제연구원), 마늘의 주아재배 기술을 대대적으로 확산하여 우량 종구 생산 및 품질의 고급화를 위해 마늘 단위 작목반이나 단위 지자체별로 노력을 기울이고 있고, 특히, 주아재배를 이용해 2년이 걸리던 씨마늘 생산 기간을 큰 주아(0.5g 이상)를 선별해 파종하여 단년에 씨마늘을 생산할 수 있는 기술이 개발되어 농가에 보급되고 있다.

그러나, 마늘 주아 생산에 있어서 가장 중요한 주아 수확은 농가에서 손으로 채취하고 있어 노동력 투하와 인건비 면에서 생산비 절감의 장애요인으로 지적되고 있다. 따라서 농가에서 노동력 투하 절감을 위한 기계적 주아 채집 장치를 개발하여 농가에 보급함으로써 생산비를 절감하는 효과를 꾀할 수 있다.

마늘 주아채집장치의 개발은 마늘 주아재배 기계화의 일환으로 농번기의 마늘주아재배농가에서 일손을 구하는데 어려움을 겪고 있고, 또한 농산물 수입에 따른 마늘의 가격경쟁력의 약화에 따른 국내 마늘 산업의 경쟁력 제고를 위한 하나의 수단으로 마늘의 생산 단가를 낮추어 농가 수익을 창출하는데 마늘 주아채집장치 개발의 필요성이 있다.

본 연구는 기계적 마늘 주아채집장치의 개발에 영향을 미치는 요인을 분석하며 기계적 주아채집에 적합한 모델을 선정 분석한 후 마늘 주아채집장치를 개발하고자 하였다. 마늘 주아채집장치 개발에 있어서 주아채취시기 및 주아재배방법(점뿌림, 줄뿌림, 흩어뿌림), 재식간격 등이 마늘의 주아채집장치를 개발하는데 크게 영향을 미치고 있

어 이들의 영향 요인을 분석하였고 마늘 주아재배농가에서 손쉽고 편리하게 사용할 수 있는 마늘주아채집장치 시작기를 개발하기 위해 주요 구성원인 예취부, 이송부, 채집부, 주행부, 제어부 및 동력부 별로 설계 제작하고 이들을 조합하여 마늘의 주아채집 장치를 개발하고자 하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구과제에서는 마늘의 주아 수확 시기에 마늘쫑의 길이 및 무게, 마늘쫑의 굽힘 정도 및 위치 분포 (e. g., 재식간격), 그리고 마늘쫑의 전단력, 굽힘력, 탄성계수, 절단력 등 마늘쫑의 역학적 특성에 대해 분석하였으며, 주아의 위치, 무게 및 부피 등 마늘 주아의 생육 특성을 조사 분석하였다.

#### ◆ 마늘쫑의 생육 특성

##### • 마늘쫑의 길이 및 무게

한지형 마늘의 마늘쫑 길이(총포부에서 화경 선단부까지의 길이) 및 무게를 측정하였으며, 마늘쫑의 길이는 평균 20cm 내외였고 무게는 약 6.4g로 조사되었다.

##### • 마늘쫑의 굽힘정도 및 위치분포

마늘쫑의 위치분포는 마늘의 파종 시 파종방법 및 재식간격에 따라 각기 다르게 나타났다. 일반적으로 대주아를 파종하는 경우가 가장 많았으며 이 경우 재식간격은 10 × 10cm이었고, 마늘쫑의 위치분포 역시 이 재식간격과 크게 다르지 않았다. 마늘쫑의 굽힘 상태는 주아가 매달린 선단부에서 약간 처지는 경향을 나타냈고 360도 구부러지는 것은 찾아보기 힘들 정도로 많지 않았다.

#### ◆ 마늘쫑의 역학적 특성

##### • 마늘쫑의 전단력

마늘쫑의 전단력 시험은 50개의 시료를 사용하여 3번 반복 실시하였고, 단순 지지보 (Simply-supported beam)로 가정하여 지지대 사이의 간격을 90mm로 하고, Universal Testing Machine(UTM)을 이용하여 수직 아래 방향으로 속도 100 mm/min,

거리 25.6 mm를 이동하면서 하중을 가하는 방법을 사용하였으며, 이 때 나타나는 최대하중의 절반을 전단력으로 하였다.

마늘쫑의 전단력은 마늘쫑의 굵기가 증가하면서 전단력 역시 증가하는 경향을 보였고, 마늘쫑의 평균 전단력의 범위는 0.574 ~ 0.762N으로 나타났고, 최소 및 최대 평균전단력은 각각 0.200 ~ 0.350N 및 1.300 ~ 1.650N으로 나타났으며, 3번 반복 평균 시험치 간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

- 마늘쫑의 굽힘력

마늘쫑의 굽힘력은 전단력 시험과 동일한 방법으로 50개의 시료를 사용하여 UTM을 이용하여 3번 반복 시험을 실시하였다. 굽힘력 시험조건 역시 전단력 시험과 동일하게 설정한 후 하중을 가할 때의 속도를 기준 속도인 100mm/min으로 하여 시험을 실시하였다. 마늘쫑의 굽힘력은 마늘쫑의 굵기가 증가하면서 굽힘력도 증가하는 경향을 보였다. 평균 굽힘력의 범위는 1.148 ~ 1.524 N이었으며, 최소 및 최대 평균 굽힘력은 각각 0.4 N 및 3.3 N으로 나타났다. 한편, 시료의 평균 굵기의 범위는 4.822 ~ 5.924 mm로 나타났으며 최소 및 최대 평균 마늘쫑의 굵기는 각각 3.550 및 6.750 mm 로 나타났다.

- 마늘쫑의 탄성계수

마늘쫑의 탄성계수는 굽힘력 시험을 3번 반복 시험한 후 탄성계수를 산출하였다. 마늘쫑의 탄성계수는 마늘쫑의 굵기와 상관없이 시험치가 전반적으로 산재한 분포 형태를 나타냈으며, 평균 탄성계수는 약  $2.40 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>로 나타났고, 탄성계수의 범위는 약  $1.2 \times 10^7$  ~  $4.84 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>로 나타났다.

- 마늘쫑의 절단력(Cutting force)

마늘쫑의 절단력은 시료를 수평으로 고정할 수 있는 지그를 제작하여 UTM 베이스에 고정한 후, 두께 0.2mm의 탄소강 날(Microtome blade)을 이용하여 수직방향으로 시료를 절단하면서 나타나는 최대 하중을 측정하였다. 칼날의 하강 속도에 따른 절단력의 변화를 관찰하기 위해 칼날의 하강 속도를 60, 120, 및 180 mm/min으로 설정하였으며, 마늘쫑의 상단 및 하단의 절단력의 차이를 관찰하기 위해 상단 및 하단의 절단력을 시험하였다. 본 시험에 사용한 전체 시료는 150개로 50개씩 사용하여 3번 반

복 시험을 실시하였다.

마늘쫘의 절단력은 마늘쫘의 굵기와는 상관관계 없이 절단력이 고루 산재하였으며, 설정한 칼날의 하강 속도가 증가해도 절단력에는 큰 차이가 없는 것으로 조사되었다. 한편, 마늘쫘 상단의 절단력이 하단보다 작게 나타났다.

#### ◆ 마늘주아의 생육특성

주아의 채취 시기, 주아의 재배방법(점뿌림, 줄뿌림, 흠어뿌림, 총포심기, 모아심기) 등에 따른 마늘 주아의 생육 특성을 분석하였으며, 주아의 지상부 및 지하부 생육은 2003년도에 수확하여 건조 후 보관하고 있는 한지형(재래종) 및 난지형(수입종) 마늘의 주아에서 1,000개의 시료를 무작위로 채취하여 조사 분석 하였고, 마늘 주아의 채취시기 및 채취 방법은 현장 방문 및 문헌고찰을 하여 조사 하였다.

##### ● 마늘 주아의 지상부 생육

마늘 주아의 지상부 생육은 성장조절제, 저온처리, 관행 등의 재배방법에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 조사 되었고, 출현율은 약 72%, 초장은 약 37cm, 엽수는 약 4.1개로 조사되었다.

##### ● 마늘 주아의 지하부 생육 및 수량

마늘 주아의 지하부 생육 역시 성장조절제, 저온처리, 관행 등의 재배방법에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 조사 되었고, 마늘 지하부는 지상부의 영향을 받는 것으로 조사되었으며, 지하부 중의 구경, 구고, 구중 및 수량은 각각 1.7 ~ 2.1cm, 1.6 ~ 1.9cm, 1.9 ~ 6.7g, 및 171.0 ~ 884.4kg/10a 로 조사되었다.

##### ● 마늘 주아의 위치

마늘 주아의 위치는 추대의 위치에 의존하고, 추대의 위치는 재식거리에 따르는 것으로 일반재배, 총포제 파종 및 모아심기에 따른 주아의 위치는 각각 6 × 3cm, 15 × 10 혹은 12 × 10cm 및 15 × 10 혹은 10 × 10 cm로 조사되었다. 하지만, 이와 같이 재식거리는 지방에 따라 각기 다르게 나타났고, 충남 서산이나 태안 지방의 대부분 재배 농가의 경우 위와 같은 재식거리를 유지하지 않고 다만 골만 일정한 간격(약 15cm)을 유지하고 있었다.



- 마늘 주아 총포 당 주아 수

마늘 주아의 출현 시기는 난지형의 경우 4월 하순부터 5월 상순경이며, 한지형의 경우 한 달 정도 늦은 5월 하순부터 6월 상순경으로 조사 되었고, 마늘 주아의 총포 당 주아 수는 품종에 따라 크게 차이가 나타나 3 - 4개부터 100 - 200개까지 다양한 것으로 조사되었다.

- 생태별 주아 크기 및 주아 수

마늘 주아의 크기는 생태형에 따라 다르게 나타났으며, 한지형의 경우 난지형에 비해 상대적으로 주아 수가 적은 것으로 조사되었다. 주아의 무게 별 분포를 보면 한지형의 경우 0.2g을 중심으로 비교적 균일한 것이 많은 반면 난지형의 경우 주아 수가 많고 0.1 - 0.2g 크기의 작은 주아 분포율이 많으나 전체적으로 불균일하게 분포 되어 있는 것으로 조사 되었다.

- ◆ 마늘 주아채집장치 시작기 설계 및 제작

주아채집장치의 시작기(1825(L) × 570(W) × 1362(H) mm) 및 시작기의 각 구성원인 1) 예취부, 2)이송부, 3) 채집부, 4) 동력부, 5) 주행부 및 6) 제어부를 설계 및 제작하였다.

- 예취부

주아채집장치 시작기의 예취부는 두 개의 원형 톱( $\phi$ 265 mm)을 약 1 mm 정도의 간격을 두고 톱날이 수평을 이루면서 회전하여 마늘종을 지상으로부터 높이 약 13 cm에서 예취하도록 하였다. 이 들 두 개의 원형 톱은 각각 3000 rpm, 24 V(2.5 Amp) 직류 모터(DKM CO., LTD, Model 8DCS24-40-30)에 의해 동시에 회전하도록 하였다.

- 이송부

주아채집장치 시작기의 이송부는 예취된 마늘종을 2개 1쌍(상, 하단)으로 구성된 구동 풀리 사이에 장착된 2개 1조로 된 V벨트에 의해 이송되도록 하였다. 구동 풀리는 1개의 DC모터(24V, 60W), 인버터 및 체인구동의 1개의 주 스프라켓과 2개의 피동 스프라켓에 의해 회전하도록 제작하였다. 예취 직 후 수직 상태의 마늘종은 V벨트에 의

해 이송되는데, 하단 이송 폴리에서 약 30도의 경사 높이를 180도 트위스트(Twist) 되면서 이송되면서 마늘쭀이 상단에서 수평상태가 되도록 설계 제작된 V벨트에 의해 이송된다. 하단 및 상단 폴리에 연결된 V벨트는 서로 밀착되면서 텐션(Tension)을 유지하도록 설계되어 예취된 후 마늘쭀이 V벨트사이에 밀착되어 떨어지지 않게 설계 제작하였다. 상단 폴리 쪽으로 이송된 마늘쭀이는 자연낙하에 의해 주아채집장치 시작기의 조향대(Steering bar) 밑에 설치된 채집상자에서 채집되도록 하였다.

- 채집부

주아채집장치 시작기의 채집부(565(W) × 600(L))는 상단 폴리 아래에 약 15도 정도 아래 방향으로 경사지게 설치하여 이송부의 V벨트에 의해 이송되어 자연 낙하 된 마늘쭀이들이 자연스럽게 가지런히 한쪽 방향으로 모아지게 설치하였으며, 일정량이 모아지면 포장에 내려놓도록 설계 제작 하였다.

- 동력부

주아채집장치 시작기의 동력부는 두 개의 산업용 충전기(Delkor, Model Hi-Cal50)로 선택하였으며, 이들을 직렬 연결하여 24V의 직류모터(DKM CO., LTD, Model 8DCS24-60-30)를 회전시켜 주행부, 이송부, 예취부에 동력을 전달하도록 하였다. 두 개의 충전기는 조향대 및 후륜 사이에 위치하도록 하여 공간을 최대한 이용하였으며, 시작기 사용 후 방전 시 충전을 용이하도록 설계 제작 하였다.

- 주행부

주아채집장치 시작기의 주행부는 포장에서의 구동 및 견인력을 증가시키기 위해 전륜 및 후륜 모두 관리기용 2열 광폭타이어를 장착하였으며, 2개의 후륜 구동으로 주행 능력을 강화했다. 후륜 구동은 타이어의 폭 110mm 직경 420mm인 두 개의 타이어를 서로 부착하여 포장에서 접지 면적을 높여 견인력을 증가시키고 미끄럼발생을 최소화 하였다. 주행부는 기어 및 체인을 이용하여 동력을 전달받으며, 기어비를 설정하여 주행 속도를 100 mm/sec로 설계 제작하여 최대한 작업자의 보행 속도 및 작업속도를 감안한 작업의 편리성을 도모하였다. 또한, 주행부는 전진 및 후진을 할 수 있도록 하였으며 전진 및 후진 속도가 동일하도록 하였다.

- 제어부

주아채집장치 시작기의 제어부는 주행, 예취, 이송 등을 편리하게 조작 할 수 있도록 on/off 스위치를 사용하였으며, 주전원 스위치를 두어 안전사고 발생 시 신속하게 대응 할 수 있도록 하였으며, 제어부를 조향대 바로 앞에 두어 작업 및 운전의 편리성을 도모 하였다. 또한, 전기 회로 박스를 충전기 바로 뒤인 후면에 위치하도록 하여 비상 시 혹은 고장 시 접근을 용이하게 하여 수리하는데 편리 하도록 하였으며, 우천 시 물이 스며들지 않도록 방수처리를 하였고 시작기의 무게를 고려하여 플라스틱 제제를 사용하였으며, 개폐 조작 시 공구가 필요 없이 손으로 간편하게 여닫을 수 있도록 플라스틱 볼트를 적용하였다.

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

- ◆ 연구개발결과

본 연구에서는 마늘의 주아 및 마늘쭀의 생육 특성 및 역학적 특성들을 현지답사, 문헌조사, 시험 등을 통해 조사 분석하였고 이들의 조사 분석 결과를 이용하여 기계적 마늘의 주아채집장치 시작기를 개발하였다. 주아채집장치 시작기의 크기는 1825(L) × 570(W) × 1362(H) mm으로 하였고, 예취부, 이송부, 채집부, 동력부, 주행부 및 제어부로 구성되어있다.

본 연구에서 개발된 마늘의 주아채집장치 시작기의 성능 평가는 충남 서산의 마늘 집산단지의 포장에서 실시하였다. 성능 평가 결과 주아채집장치 시작기의 예취부, 이송부 및 채집부의 성능은 전반적으로 만족할 만한 결과를 얻었다. 다만 아래에 서술한 내용에 대해서는 본 연구 결과의 문제점으로 지적되고 있어 이들을 개선하였거나 혹은 추후 개선이 필요한 부분이다.

- 이송

마늘쭀이 이송하는데 있어서 예취된 마늘쭀의 생육 저하로 인해 길이가 약 15 cm이하인 마늘쭀은 이송 도중 V벨트를 타고 이송되지 못하고 예취 후 바로 포장으로 떨어지거나 이송 중 떨어지는 경우가 발생하여 마늘 주아채집장치의 프레임(Frame)을 최대한 낮추어 보완 하였다.

- 주행

마늘 주아채집장치 시작기의 주행은 포장에서 전반적으로 양호하였으나 포장의 요철이 심한 곳이나 고랑에 빠질 경우 주행하는데 문제점이 발생하였고, 일반적으로 마늘 포장의 이랑 끝은 제대로 포장 관리가 되지 않거나 배수를 용이하게 하기 위해 깊게 고랑을 만들어 놓아 이랑의 끝에서 회전하는데 다소 운전상의 어려움이 있었으나 이는 포장관리 시 보완 할 수 있을 것으로 판단된다.

- 방향전환

주아채집장치 시작기의 방향 전환은 대체로 곧게 만들어진 이랑에서 실제 작업 시 그리 많이 요구되는 것은 아니나 포장으로 진입하기 전 방향 전환이 필요할 경우 신속하게 방향전환을 할 수 없는 것이 단점으로 나타났다.

- U-턴(U-Turn)

주아채집장치 시작기의 주행 중 U-turn을 할 경우 시작기의 전장 및 무게 그리고 조향장치 상의 미흡에 의한 문제점으로 나타났다.

- ◆ 활용에 대한 건의

본 연구에서 도출한 마늘종의 생육 및 역학적 특성에 대한 분석 결과는 이와 관련된 연구 수행 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 본 연구와 더불어 마늘의 추대(Bolting)에 대한 생육 및 역학적 특성에 대한 분석이 따를 경우 마늘종을 예취하여 마늘의 주아를 채취하는데 좀 더 정확하고 유용한 자료를 추구할 수 있을 것으로 판단된다.

지역별로 마늘주아재배의 파종방법이나 재식간격이 다르고 서산의 경우 마늘 파종 시 횡 방향으로는 일정한 간격을 이루도록 되어있으나 종 방향으로는 일정한 간격 없이 줄뿌림으로 하여 주아채집장치 시작기의 운용 면에서 어려운 점이 있었다. 주아채집의 기계화를 위한 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 농가에서 자발적으로 기계화의 중요성 및 필요성을 인식하고 재식거리의 규격화를 이루어야 한다.

또한, 마늘생산의 일관 기계화를 위해 마늘파종기, 마늘수확기 등 재배현장에서 필요한 기계들이 대부분 트랙터 혹은 경운기의 부착형 작업기로 개발 보급하여 농가에서 사용하고 있으나, 이들 작업기의 규격 또한 일정하지 않아 이러한 마늘의 생산 체계에

서는 단독 기종인 주아채집장치 시작기를 이용하여 마늘의 주아를 채집하기 위해서는  
고랑이나 이랑의 배열을 규격화하거나 마늘 생산에 필요한 작업기 혹은 기계들의 규격  
표준화가 선행 되어야 할 것이다.

# SUMMARY

## (영문요약문)

### I. TITLE

Development of Garlic Bulbils Collecting System for Improvement of Garlic Productivity

### II. OBJECTIVES AND NECESSITIES OF RESEARCH AND DEVELOPEMENT

Garlic (*Allium sativum* L.) are cannot be made new high-quality varieties by hybridization due to pollen aberration, and its productivity decreases during cultivation due to repeated-cultivation problems, diseases and pest problem, and physiologic problem, and the quality competitiveness of garlic decreases due to the trimming loss of garlic during storage. Thus, various varieties of garlic were supplied to farmers by using the tissue culture or imported foreign garlic to overcome such problems on garlic production stated above. However, these efforts were not succeeded due to over requirement of production cost and foreign diseases and pests. In addition to that, the total area of garlic cultivation area and the market competitiveness of garlic industry decreases continuously due to increasing abandoned crop field area and cultivating crop transfer because of fear of increase of import of low-price garlic from China and dwindling labor.

The cultivation of garlic bulbils already carried out since more than 10 years and is improved more by cultivation. Garlic bulbils have higher capability to store nutrients than garlic clove, and its tissue is denser than clove, and its content of alliin is high. Also, garlic bulbils have no infection by soil born disease and insect pest such as the bulb mite (*Rhizoglyphus* SP) and the bulb and stem nematode (*Ditylenchus dipsaci*) since bulbils are set at the air, and its virus infections are very low since bulbils are located at the end of path of virus infection. Thus, the virus infection of garlic decreases in generation after

generation, consequently it allows production of high-quality seed-garlic, increases garlic production with high market quality, and high disease resistance against the leaf blight and white rot with vigorous growth.

This research project analyzed affecting factors for mechanical garlic bulbils collection, selected a proper model of mechanical garlic bulbils collection, and developed a mechanical garlic bulbils collection system. For development of a garlic bulbils collection system, this research analyzed garlic bulbils collection time, garlic bulbils culture method, and planting distance that were major concerning factors, and developed a convenient and easy to use garlic bulbils collecting system.

Bulbils of garlic have a high gain rate (20 - 70 times higher than garlic clove) and a high reproductive rate since with 8 - 20 bulbils per bulb (2 times higher than garlic clove). Also, the seed garlic produced by garlic bulbils proliferated 10 - 30% more with respect to garlic cloves.

The amount of the total production of garlic cultivated by the bulbils is around 1400 kg/ 10a and which is 32% more production compare to the production of garlic of 1064 kg/10a cultivated with general garlic clove. The production cost of \1101/kg with garlic bulbils was 28% less compared to the production cost of \1523/kg with garlic clove cultivation.

Thus, garlic cultivation farmers expand bulbils cultivation for seed garlic production such that reduced the purchase cost of disease-free seed garlic and increase income with higher garlic productivity.

The fact that garlic cultivation with bulbils as seed garlic increased the income improvement for farmers reported in research articles and broadcast, especially, the results of the garlic cultivation practice with bulbils as seed garlic at farms located in Uiseong, Gyeongbuk showed that the total production of garlic was 1400 kg from 300 Pyeong and it was 50% more production compare to current general garlic cultivation, and the virus infection also reduced greatly such that

the income increased more than 34% even though the additional-production cost of seed garlic took into account.

Also, the ratio of the total cultivation area of garlic bulbils was 6% from the total cultivation area of garlic at 2002 and it was around 14% at 2003, and continuously increased at every year. The technology of garlic bulbils cultivation was greatly expanded by crop units and local government to product high-quality seed garlic and high valuable quality garlic at markets. Typically, technologies, which can product seed garlic using large size bulbils (over 0.5 g) at the same year, was developed and expanded to farms. Meanwhile, the production period of seed garlic using bulbils was usually 2 years.

The harvesting of garlic bulbils, however, which was one of the most important processing of garlic production, was carried out by hand at farms, and it was a major barrier for reducing the production cost of garlic associated with the labor cost. Thus, the garlic production cost would be reduced by supplying a mechanical garlic bulbils collecting system to farms to substitute the dwindling labor.

Development of a garlic bulbils collecting system, which was one of the mechanization of garlic cultivation, was necessary to promote the competitiveness of domestic garlic industries against the imported garlic by reducing the production cost and to manage the dwindling labor at the busiest farming season.

This research analyzed factors that affecting on design and structure of mechanical garlic bulbils collecting system to be developed, selected a proper model for mechanical garlic bulbils collection, and developed a prototype garlic bulbils collecting system. Garlic bulbils collecting season, cultivation (sowing) methods, planting distance, and etc were analyzed that could affect on design of a prototype garlic bulbils collecting system, based on analyzed data, major units such as cut, convey, collection, drive, control, and power units were designed, manufactured, and assembled with several modification



### III. CONTENTS AND EXTEND OF RESEARCH AND DEVELOPMENT

Growth characteristics of garlic stalks such as length and bending, distribution location (e.g., planting distance), and mechanical characteristics such as bending force, shear force, elastic modulus, and cutting force was analyzed at a harvesting season. Also, growth characteristics of garlic bulbils such as height, weight, and volume of were analyzed.

#### ◆ Growth characteristics of garlic stalks

- Length and weight of garlic stalks

The length (from involucre to top of stalk) and weight of garlic stalks of cool season garlic were measured. The average length was around 20 the weight was around 6.4 g.

- Bend and location of garlic stalks

The location distribution of garlic stalks varied based on the sowing type and planting distance. The large-size bulbils (0.5 g and over) were generally sowed and its planting distance was 10 x 10 cm in current practice. The location distribution of garlic stalks were related the planting distance and were considered as the same as the planting distance. The garlic stalks were bended at the top portion of the stalks which was bulbils set and there were no stalks bended to form a circle at the top.

#### ◆ Mechanical characteristics of garlic stalks

- Shear force of garlic stalks

The shear force of the garlic stalks was tested with sample of 150 stalks and replicated 3 times with randomly selected 50 samples. The stalks were tested with assumption of a simply-supported beam and the distance between supports was 90 mm. Load was applied to sample using a universal testing machine (UTM) with a vertical displacement of 25.6 mm and quasi-static speed of 100 mm/min. The shear force was considered as one-half of the maximum load while a sample was loaded and bended to the predetermined lowest position.

The shear forces of garlic stalks increased as the diameter of the garlic stalks

increased and ranged 0.574 – 0.762 N. The minimum and maximum shear force ranged 0.200 – 0.350 N and 1.300 – 1.650 N, respectively. There was no average significance among replications.

- Bending force of garlic stalks

The test of the bending force of the garlic stalks was carried out with sample of 150 stalks and replicated 3 times with randomly selected 50 samples and as the same condition and equipment as the test of the shear force.

The bending force of the garlic stalks increased as the diameter of stalks increased. The average bending force ranged 1.148 – 1.524 N and the minimum and maximum bending force was 0.4 N and 3.3 N, respectively. Meanwhile, the average diameter of samples ranged 4.822 – 5.924 mm and the minimum and maximum diameter was 3.550 and 6.750 mm, respectively.

- Modulus elasticity of garlic stalks

The modulus of elasticity of the garlic stalks was calculated using a standard formula after the bending force of garlic stalks was tested as the same condition and methods discussed above. There was no correlation between the modulus of elasticity and the diameter of the garlic stalks. The average of the modulus of elasticity was  $2.40 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>, and ranged  $1.2 \times 10^7$  –  $4.84 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>.

- Cutting force of garlic stalks

The cutting force of the garlic stalks was tested using a custom-made jig which was attached to the base of UTM to hold a sample horizontally and a microtome blade (thickness = 0.2 mm). The cutting force was considered as the maximum load when the blade was applied to a sample and cut a sample while it moved to downward with the right angle with a sample. The downward speed of the blade varied as 60, 120, and 180 mm/min to observe the variation of the cutting with different blade speed, and the cutting force at the lower and upper portion of the garlic stalks was tested. The total number of samples on this test was 150 stalks and replicated 3 times with randomly selected 50 samples.

The cutting force of the garlic stalks widely distributed within the range of diameter of stalks tested, and had no significant difference among the various

speeds of the blade. Meanwhile, the cutting force at the lower portion of the garlic stalks was higher than the upper portion of the garlic stalks.

#### ◆ Growth characteristics of garlic bulbils

The growth characteristics of garlic bulbils were analyzed based on collecting season, cultivation (i.e., sowing) methods. The growth of aerial and underground part of garlic bulbils was analyzed using 10,000 samples obtained from the cool (native) and warm (imported) season crops at 2003. The collecting season and methods of garlic bulbils were analyzed by visiting farms and published articles.

##### • Growth of aerial part of garlic bulbils

The growth of aerial part of garlic bulbils showed a slight difference according to cultivation methods or treatments such as growth regulators, low temperature, and current traditional practice. The appearance rate of the garlic bulbils was around 72%, plant height was around 37 cm, and the number of leaves was about 4.1.

##### • Growth and amount of underground part of garlic bulbils

The growth of the underground part of garlic bulbils also showed a slight difference according to cultivation methods or treatments such as growth regulators, low temperature, and current traditional practice, and affected by the aerial part. The diameter, height, and weight of clove ranged 1.7–2.1 cm, 1.6–1.9 cm, and 1.9–6.7 g, respectively. The amount of production of the underground part ranged 171.0–884.4 kg/10a.

##### • Location of garlic bulbils

The locations of the garlic bulbils depended on bolting and the location of bolting determined by the planting distance. The planting distance of the current traditional, bulb sowing, and bulk sowing cultivation practice was 6 x 3 cm, 15 x 10 or 12 x 10 cm, and 15 x 10 or 10 x 10 cm, respectively. These planting distances, however, varied with each garlic cultivation region. Specially, in local area such as Taean or Seosan, Chungnam, there was no planting distance in current garlic cultivation discussed above, but only a certain row distance of

about 15 cm was kept in garlic field.

- Number of bulbils per garlic involucre

The appearance season of the garlic bulbils of warm season crops was from the end of April to early of May and of cool season crop was at the end of May to early of June. The number bulbils per involucre of bulbils varied greatly depend on varieties, and it ranged 3 4 to 100 200.

- Size and number of bulbils according to crop varieties

The size of bulbils varied greatly with different crops. The number of bulbils of the cool season crops was small relative to the warm season crops. The distribution of weight of bulbils was uniform at 0.2 g comparatively in the cool season crops. But, the warm season crops showed large number of bulbils and large distribution of small size bulbils of 0.1 0.2 g but showed non-uniformed distribution in general.

- ◆ Design and manufacturing of prototype garlic bulbils collecting system

The prototype garlic bulbils collecting system (1825 (L) × 570 (W) × 1362 (H) mm) and its major components, reaping unit, conveying unit, collection unit, power source unit, traveling unit, and control unit were designed and manufactured.

- Reaping unit

The reaping unit of the prototype garlic bulbils collecting system was consisted of two circular saws ( $\phi 265$  mm), two DC motors (3,000 rpm, 24 V, 2.5 amp; DKM CO, Model 8DCS24-40-30), and each circular saw was powered by a motor at the same time. The two circular saws aligned as horizontal and apart about 2 mm each other. The rotating power from a DC motor was transferred to a saw by a spring rod which was shield by a pipe. This reaping unit reaped garlic stalks at 13 cm above the ground.

- Conveying unit

The conveying unit consisted of four V-belts, four pulleys (two driving pulleys

and two passive pulleys), three sprocket (a main sprocket and two other sprockets), and a DC motor (24 V, 60W), and conveyed reaped garlic stalks to the collection unit. The reaped garlic stalks were pushed to the back by the centrifugal force of saws and the rotating V-belt conveyor, two V-belts connected between lower and upper pulleys were faced each other, gathered and gripped garlic stalks and conveying to the collection box. The V-belts were twisted 180 degree between the lower and upper pulleys and runs 30 degree upward from the lower to upper pulley, and these V-belts were maintained tension and contact by faced V-belt and kept reaped garlic stalks in position. By this conveying unit, reaped garlic stalks were laid horizontally on a collection box located below the steering bar.

- Collection unit

The collection unit which was flat square box (565 (W) x 600 (L) mm) was installed under the steering bar with a slope 15 degree downward such that it allowed that conveyed garlic bulbils slide downward and gathered with one direction. Then, gathered garlic stalks were laid on the ground once a filled the collecting box.

- Power source unit

The power source of the prototype garlic stalks collection system was selected as directly connected two batteries (Delkor. Model Hi-Cal50). These batteries supplied electric power to DC motor (24 V; DKM Co., LTD, Model 8DCS24-60-30) to power the traveling unit, conveying unit, and reaping unit. The two batteries were designed to locate between the steering bar and rear wheel for compact layout and space utilization. Also, these batteries were easy to charge.

- Traveling unit

The traveling unit of rear and front tire were selected as double wide-rug-tires for 5 - 6.5 hp cultivator tires to increase driving and traction forces of the prototype garlic stalks collection system. The rear two-wheel drive traveling unit was employed to strength the traveling capacity. The rear-wheel-drive double-tire, size of a tire was width of 110 mm and diameter of 420 mm, increased the

contact area and traction power and minimized the slip on the field. The traveling speed was selected as 100 mm/sec considering the easy of operation such as the speed of operator and garlic stalks collecting operation. The traveling speed of forward and backward was set as the same.

- Control unit

The control unit of the prototype garlic stalks collection system controlled the traveling, reaping, and conveying units using on/off switches, and a main switch was employed for easy and fast corresponding of emergency. The light-weight plastic water-tight electric circuit box of the control unit was located at the rear of the batteries for easy of maintenance, and its open/close operation was designed for convenience without using tools.

#### IV. RESULTS AND SUGGESTIONS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT

- ◆ Results of Research and Development

- Results

This research analyzed the growth characteristics of garlic stalks and bulbils through research articles and field survey as a preliminary, and designed and manufactured prototype garlic stalks collecting system. The overall size of the prototype garlic stalks collecting system was 1825 (L) x 570 (W) x 1362 (H) mm, and consisted of reaping, conveying, collection, power source, traveling, and control unit.

Performance of the prototype garlic stalks collecting system was evaluated at field of crop reception and distribution complex located at Seosan City, Chungnam, Korea. Results of evaluation of reaping, conveying, and collection units were generally satisfying. Following discussions, however, is found to be considered to improve the prototype garlic stalks collecting system for better performance or some modifications to improve the system during research.

**Conveying:** The conveying unit showed some problems with short garlic stalks during conveying. Since the reaping unit of the prototype garlic stalks collecting system was designed as a fixed reaping position, short garlic stalks (shorter

than 15 cm) were not well conveyed or dropped due the short length or slanted position right after reaped by the circular saw. This problem was improved by reducing the height of the circular saw from the ground about 5 cm.

**Traveling:** The traveling of the prototype garlic stalks collecting system was fairly well at the crop field, but it showed some problem when it traveled on fairly uneven field or on furrow, also there was problem while the system traveling or turning at the end of ridge and furrow where existed a deep furrow for irrigation or where not well managed abandoned area. This problem, however, could be solved by fine management of crop field.

**Directional turn:** The directional turn of the prototype garlic bulbils collecting system was not required a lot while traveling ridge and furrow to reap garlic stalks. However, the system had problem for speedy turn at the place required turn such as at entrance of the crop field.

**U-turn:** The U-turn was a major problem on the prototype garlic bulbils collecting system due to weight, length, and steering unit of the system.

- Suggestions

Deduced results of this research such as the characteristics of growth of garlic stalks or mechanical properties should be applied as useful materials when researching related field. Also, researches on characteristics of garlic bolting followed by this research could pursuit more accurate and useful material for collecting garlic bulbils mechanically.

The planting distance was varied region to region or according to sowing methods in garlic cultivation. In Seosan, as an example, the spacing of row of the sowing was fixed, but there was no column of the sowing. For mechanization of garlic bulbils collection these kind problems have to be solved by standardization of the planting distance by farmers or by education or public relation between farmers and government personnel.

The prototype garlic bulbils collecting system could be practiced at the garlic cultivation after slightly modified and improved the traveling and steering units.

# CONTENTS

Submission Form .....	1
Summary(Korean) .....	5
Summary(English) .....	15
Contents(English) .....	25
Contents(Korean) .....	26
Summary of Research and Development Subject .....	27
Objectives of Research and Development .....	27
Necessities of Research and Development .....	27
Technological Aspect .....	29
Economical and Industrial Aspect .....	29
Social and Cultural Aspect .....	31
Status of Technology Development in Domestic and Foreign .....	32
Methods of Research and Development .....	33
Analysis of Physical and Mechanical Characteristics of Garlic Stalks .....	33
Analysis of Growth Characteristics of Garlic bulbils .....	33
Selection of Model and Manufacturing of Prototype Garlic Bulbils Collecting System .....	38
Results of Research and Development .....	42
Analysis of Physical and Mechanical Characteristics of Garlic Stalks .....	42
Analysis of Growth Characteristics of Garlic bulbils .....	59
Selection of Model and Manufacturing of Prototype Garlic Bulbils Collecting System .....	63
Achievement of Objectives and Contribution to Related Area .....	82
Application Plan of Results of Research and Development .....	84
Foreign Science and Technology Information Collected During Research and Development .....	85
References .....	86



# 목 차

제출문	1
요약문	5
SUMMARY	15
CONTENTS	25
목차	26
제 1 장 연구개발과제의 개요	27
제 1 절 연구개발의 목적	27
제 2 절 연구개발의 필요성	27
1. 기술적 측면	29
2. 경제·산업적 측면	29
3. 사회·문화적 측면	31
제 2 장 국내외 기술개발 현황	32
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	33
제 1 절 연구수행 방법	33
1. 마늘종외 물리·역학적 특성 분석	33
2. 주아의 생육 특성 분석	38
3. 주아채집기 시작기 모델 선정 및 제작	38
제 2 절 연구수행 결과	42
1. 마늘종외 물리·역학적 특성 분석	42
2. 주아의 생육 특성 분석	59
3. 주아채집장치 시작기 모델 선정 및 제작	63
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	82
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	84
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	85
제 7 장 참고문헌	86

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

### 제 1 절 연구개발의 목적

본 연구과제는 기계적 마늘주아채집에 영향을 미치는 요인을 분석하고 기계적 주아채집에 적합한 모델을 선정 및 분석한 후 마늘의 주아채집장치를 개발하고자 하였다. 마늘의 주아채집장치 개발에 있어서 주아채취시기 및 주아재배방법(점뿌림, 줄뿌림, 흩어뿌림) 등이 마늘종이 생육에 영향을 크게 미치고, 마늘종의 생육상태는 마늘 주아채집장치를 개발하는데 영향을 크게 미치고 있어 마늘종의 역학적 특성 등을 파악하고, 사용자의 편리성을 추구한 마늘의 주아채집장치를 개발하고자 하였다.

### 제 2 절 연구개발의 필요성

마늘(*Allium sativum* L.)은 꽃가루 이상으로 교잡에 의한 우수한 새 품종을 만들 수 없고, 재배 중 연작장해와 병해충 피해 및 생리적 장애가 발생하여 생산력이 떨어지고 저장 중 감모율이 저하되는 등 품질 경쟁력도 떨어지고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 조직배양을 이용한 보급이나 외국종들을 도입하여 보급하였으나 생산비의 과다 소요와 외래 병해충의 발생 등 문제점이 일어나 뚜렷한 대책을 마련하지 못하였다. 더군다나 최근 값싼 중국산 마늘 수입 증가 우려 및 노동력 부족으로 농가의 휴경 면적 증가와 작목 전환 의향으로 해가 갈수록 계속해서 마늘 재배면적이 감소하고 마늘 산업의 시장 경쟁력이 감소하고 있는 형편이다.

마늘의 주아재배는 십수년 전부터 이미 사용하였던 방법으로 재배를 하면서 좀더 개선된 방향으로 발전되어 왔다. 마늘의 주아는 식물학적으로 인편보다 양분저장능력이 높으며 조직이 치밀하며 Alliin 함량이 높고 공중에 착생하여 뿌리응애, 선충 등 토양 전염성 병해충의 감염이 없을 뿐만 아니라 바이러스의 감염경로 상 최종 위치에 있어 감염도가 낮아 주아세대가 경과될수록 바이러스 감염이 적어져 우량종구 생산이 유리할 뿐만 아니라 일반종구에 비해 상품성이 높은 마늘이 증수(10 ~ 30%)되고 생육이 왕성해 잎마름병, 흑색썩음균핵병 등 병해 저항성이 높은 것으로 나타났다 (김, 2004).

마늘의 주아는 증체율이 높으며(20 ~ 70배), 한 개의 총포 당 8 ~ 20개의 주아가 있어 증식률이 인편(마늘쪽)보다 2배 정도 빠르다. 또한 주아재배로 생산되는 종구는 일반 인편에 비하여 10 ~ 30% 증식된다.

마늘의 주아재배에 의한 10a 당 수량은 1,400kg으로 일반재배 1,064kg에 비하여 32% 증수가 가능하며, 주아재배를 할 경우 생산비는 1,101원/kg으로 일반재배 1,523원/kg 보다 28% 절감 가능한 것으로 보고되고 있다(제주농업기술원, 2003)(아래 표 참조).

마늘의 일반재배 및 주아재배에 의한 생산비 비교(단위: 천원)

재배방법		수량 (kg/10a)	종구비	비료 농약	재료비	노력비	직접 생산비	광열비	기타	kg당 생산비
단지 마늘	주아 재배	1400	257	149	25	1068	1541	17	25	1101
	일반 재배	1064	356	224	28	930	1623	9	76	1523

따라서, 마늘 재배농가에서는 씨마늘을 생산하기 위한 주아재배를 확대하여 병 없는 씨마늘 생산으로 종자 구입비를 줄일 수 있고, 파종 시 일반 씨마늘에 비해 생산성도 증가하여 농가소득 증대를 꾀하고 있는 실정이다.

마늘쫑에서 나온 주아를 이용한 마늘 재배법이 마늘농가 소득향상에 도움을 주고 있다는 사실이 여러 문헌이나 보도에 의해 나타나고 있으며, 특히 의성지역 마늘농가에서 시범 재배한 주아를 이용한 마늘재배법의 성과를 분석한 결과 300평 당 수확량이 1400 kg으로 쪽마늘을 심었을 때 보다 수확량이 50% 가까이 증가한 것으로 나타났으며, 바이러스 감염율도 크게 줄어 씨마늘 생산비 추가부담을 감안하더라도 소득이 34% 이상 늘어난 것으로 나타났다(경북농업기술원, 2003).

또한, 마늘 총 재배면적 대비 마늘 주아재배 면적이 2002년 6% 수준에서 2003년 14%로 해마다 증가하는 것으로 나타났으며(한국농촌경제연구원), 마늘의 주아재배 기술을 대대적으로 확산하여 우량 종구 생산 및 품질의 고급화를 위해 마늘 단위 작목반이나 단위 지자체별로 노력을 기울이고 있고, 특히, 주아재배를 이용해 2년이 걸리던 씨마늘 생산 기간을 큰 주아(0.5g 이상)를 선별해 파종하여 당해연도에 씨마늘을 생산할 수 있는 기술이 개발되어 농가에 보급되고 있다.

그러나, 마늘 주아 생산에 있어서 가장 중요한 주아 수확은 농가에서 손으로 채취하고 있어 노동력 투하와 인건비 면에서 생산비 절감의 장애요인으로 지적되고 있다. 따라서 농가에서 노동력 투하 절감을 위한 기계적 주아 채집 장치를 개발하여 농가에 보급함으로써 생산비를 절감하는 효과를 꾀할 수 있다.

마늘 주아채집장치의 개발은 마늘 주아재배 기계화의 일환으로 농번기의 마늘주아재배농가에서 일손을 구하는데 어려움을 겪고 있고, 또한 농산물 수입에 따른 마늘의 가격경쟁력의 약화에 따른 국내 마늘 산업의 경쟁력 제고를 위한 하나의 수단으로 마늘의 생산 단가를 낮추어 농가 수익을 창출하는데 마늘 주아채집장치 개발의 필요성이 있다.

## 1. 기술적 측면

현재 농가에서 마늘 주아는 마늘 수확 전 혹은 후 호미를 이용하여 수확한 후 화경을 길게 자른 후 매달아서 후숙시킨 후 화경의 기부를 잘라 총포 상태로 망사에 담아 통풍이 잘되고 서늘한 곳에 보관해 두었다가 씨마늘로 사용하고 있다.

이와 같은 주아 수확방법은 노동력이 많이 요구되고 작업하기가 매우 힘이 드는 작업이며, 씨마늘 수확에 소요되는 노동력은 10a당 14시간이며, 이는 주아재배의 전체 노동 투하시간의 14%를 차지하고 있다.

노동집약형 수확작업은 현재 농가에서 겪고 있는 노동력의 노령화 및 부녀화로 더욱 농촌 노동력의 양적 저하와 급격한 노임 상승을 유발해 마늘재배농가의 생산성을 저하시키고 있는 실정이다. 따라서 수작업 체계의 주아채취 방법을 보다 사용하기 편한 기계적 채취방법으로 대체함으로써 마늘 생산의 경제성 및 노동생산성을 향상시킬 수 있다.

## 2. 경제·산업적 측면

우리나라의 마늘 산업은 최근에 심각한 위기를 겪고 있는데, 국내적으로는 농업인구의 감소 및 노령화로 인하여 노동인구를 구하기 어렵고, 마늘 생산비 역시 상승하고 있으며, 국제적으로 중국이 WTO에 가입하면서 전략적 수출상품으로 마늘을

재배하면서 값싼 인건비를 기반으로 우리나라의 마늘산업에 막대한 지장을 주고 있는 실정이다.

따라서 우리나라의 마늘 산업을 중국과 같은 외국 마늘 산업과의 가격경쟁력을 높이기 위해서는 생산비를 낮추어야하고, 이를 위해서는 마늘 산업의 구조조정과 기술개발을 통한 생산비 절감이 시급한 실정에 있다. 생산비 절감의 방안의 하나로 주

Table 1. Garlic bulbils cultivation status (Unit: ha, No. of farms)

Regions	1999		2000		2001		2002	
	Area	No. of farms	Area	No. of farms	Area	No. of farms	Area	No. of farms
Total	63.3	1,994	481.2	3,835	1,390.9	8,754	2001	13,799
Kyeonggi	2.0	165	2.3	136	10.3	295	14.6	348
Kangwon	3.1	609	15.4	291	7.5	1,167	27.9	1,455
Chungbuk	0.1	4	1.8	34	7.0	69	14.9	188
Chungnam	3.6	94	5.6	113	32.7	652	164.0	1,461
Jeonbuk	0.01	1	0.1	3	2.1	19	9.5	106
Jeonnam	21.5	240	82.0	448	349.0	1,053	207.6	2,488
Kyeongbuk	31.0	850	308.6	1,900	603.8	3,660	815.7	4,469
Kyeonnam	3.0	31	64.9	905	375.2	1,827	707.7	3,088
Jeju	-	-	0.5	5	3.2	11	37.4	184
Daegu	-	-	-	-	0.1	1	0.8	4
Ulsan	-	-	-	-	-	-	2.0	8

※ Data: Rural Development Administration

아재배를 통한 마늘 종구를 생산하여 씨마늘을 공급케 함으로써 가격 경쟁력을 갖 추고자 노력하고 있다. 우리나라 주아재배 현황은 표 1에 나타난 바와 같이 매년 재배면적이 증가하고 있는데 이는 일반 인편분화 마늘 재배보다 경쟁성이 높고, 또한 무병 종구로 마늘 농가에서 인식을 달리하고 있기 때문이다. 따라서 종구 생산을 위한 주아재배에서 전체 노동 투하 시간의 14%를 차지하고 있는 마늘주아수확 작업 체계를 간편하고 노동력 소모가 적은 기계적인 방법으로 대처하여 주아재배

농가의 생산성을 고취시키고, 추후 우리나라 마늘산업을 대외 경쟁력이 있는 산업으로 발전시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 사회·문화적 측면

우리나라는 경제 발전에 따른 급격한 사회구조의 변화로 인하여 지역 간 성장 격차가 심화되고 있고, 농촌의 경우 급격한 도시로의 인구이동과 노동인구의 고령화·부녀화로 인하여 노동력의 양적 저하 및 질적 저하로 노임의 급격한 상승이 지속되어 왔다.

우리나라 농가 인구는 1990년 6,661,322명에서 2000년 4,031,065명으로 감소되었고, 60세에서 64세 사이의 노동인구가 가장 많고 앞으로도 이러한 현상은 지속될 전망에 있어 농작업의 기계화를 통한 노동생산성 향상은 시급히 해결해야 할 과제이다.

마늘 재배 농가의 노동생산성 및 경제성을 감안할 때 국내 미늘주아생산 증대를 가져오고 수입 마늘에 대한 가격경쟁력을 극복하기 위해서는 순수 노동인력에만 의존하고 있는 주아수확체계의 기계화를 통한 노동생산성을 향상시키는 것이 시급한 과제이다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

국내에서는 경운기 부착형의 회전발식 및 진동 굴취식 마늘 수확기, 트랙터 부착형 마늘 수확기가 개발되어 농가에서 보급단계에 있으나 이는 마늘종대에 매달려 있는 마늘주아 수확에 적용하여 사용할 수는 없다. 또한 마늘 생산에 있어서 기계기술을 적용하고자 마늘 파종기, 마늘 수확기, 마늘 줄기 및 마늘 뿌리 절단기, 마늘 선별기, 마늘 쪽분리기 및 선별기 등이 개발 보급 단계에 있으나, 마늘 종구생산을 위한 마늘주아채집기 혹은 수확기는 아직 개발되지 않고 있다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 연구수행 방법

#### 1. 마늘쫑의 물리·역학적 특성 분석

##### 가. 마늘쫑의 물리적 특성

마늘쫑의 물리적 특성은 한지형 마늘의 마늘쫑 길이(총포부에서 화경 선단부까지의 길이) 및 이들의 무게를 측정하였다.

##### 나. 마늘쫑의 위치분포

마늘쫑의 위치분포는 재배 농가의 관행 재배 방법에 따른 마늘 주아 파종 시 재식 간격으로 마늘쫑의 위치 분포를 조사하였다.

##### 다. 마늘쫑의 전단력

마늘쫑의 전단력 실험은 단순지지보(Simply-Supported beam)(그림 1)로 가정하여 실시하였으며 지지대 사이의 간격은 90 mm로 하였고, 마늘쫑에 가하는 하중은 UTM(그림 2)의 이동 초기 지점에서 최저점까지의 약 25.6 mm 수직 이동하면서 나타나는 최대 하중으로 설정하였다.

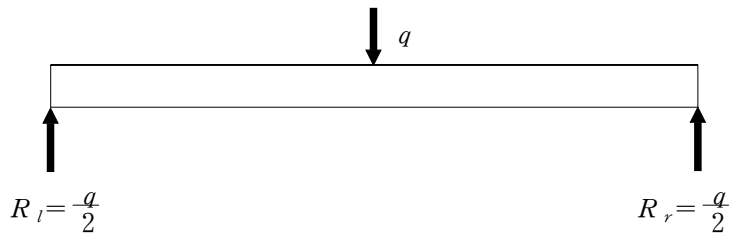


Figure 3. Diagram of the simply supported beam.



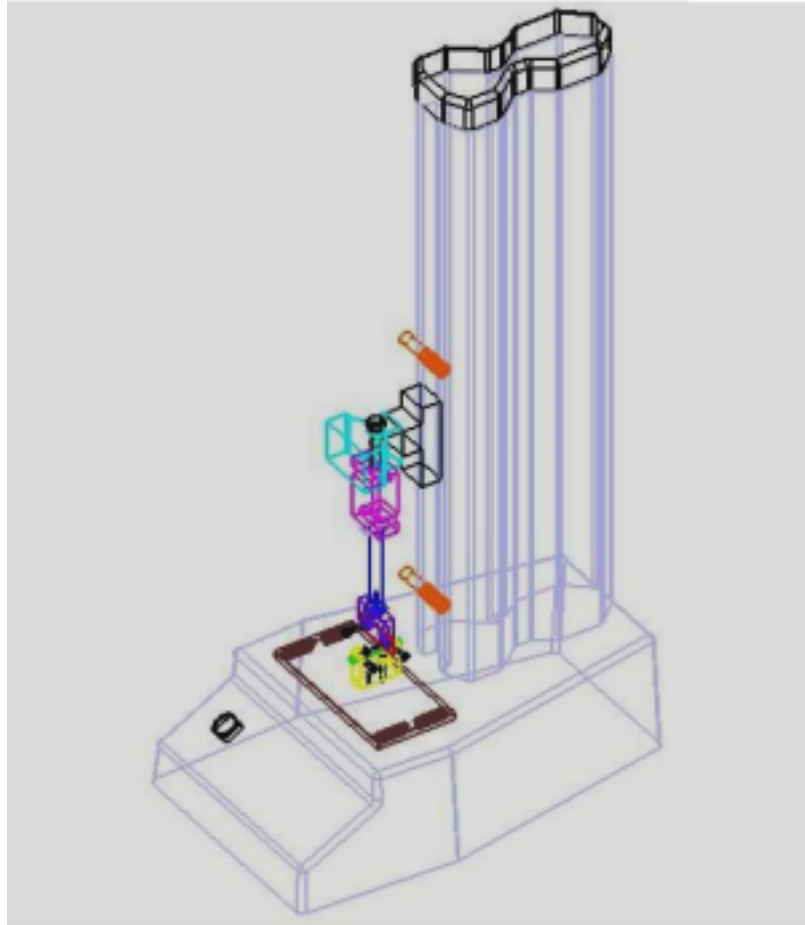


Figure 4. Universal testing machine used for mechanical characteristics of garlic stalks.

전단력은 양쪽 지지대 사이에서 나타나는 응력과 수직 하중이 동일하고 보의 임의의 지점에서의 전단응력은 아래 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$F(x) = q/2 \quad (1)$$

#### 라. 마늘줄의 굽힘력

마늘줄의 굽힘력 시험은 UTM에 지그를 제작하여 부착한 후 50개의 시료를 사용하여 3번의 반복 실험을 실시하였다. 이 실험에서 UTM의 하강속도

는 100 mm/min 으로 설정하였고, 지지대의 폭은 90 mm 로 설정하였으며, 변위 길이는 25.57 mm 로 설정하였다(그림 3).

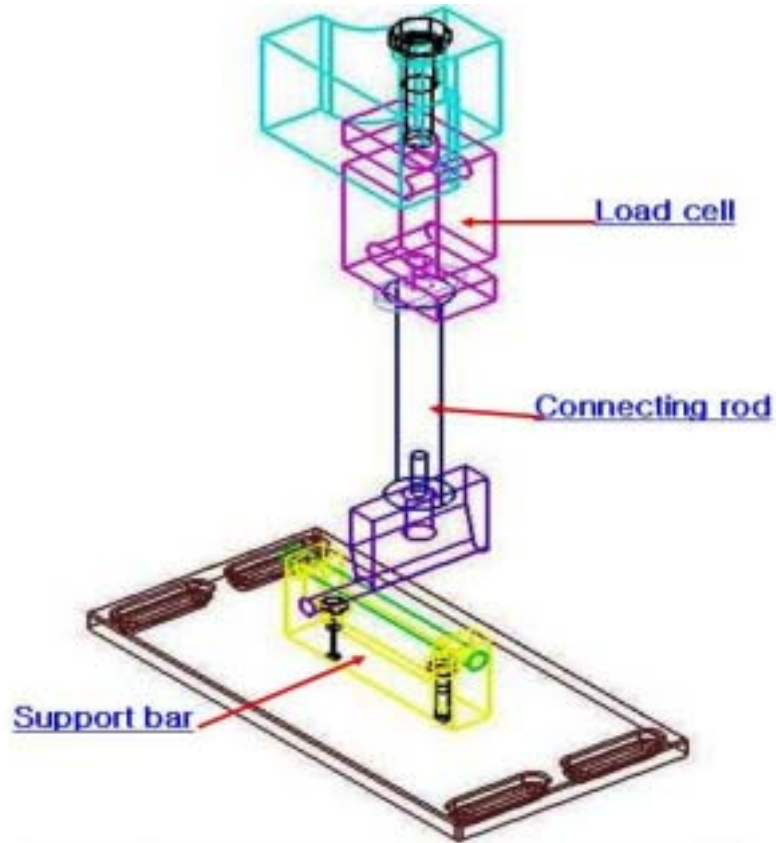


Figure 5. Testing apparatus of bending force measurement of garlic stalks.

마. 마늘줄의 탄성계수 (Modulus of Elasticity)

마늘줄의 탄성계수는 UTM (Universal Testing Machine)을 사용하여 (그림 2참조) 벤딩(Bending) 시험을 한 후 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$E = \frac{PL^3}{48Y_c I} \quad (2)$$

where  $E$  = Modulus of elasticity

$P$  = Applied load at the center

$L$  = Distance between the supports

$Y_c$  = Center deflection

$I$  = Area moment of inertia of the beam cross-section

탄성계수 측정에 사용한 시료는 시장에 나와 있는 마늘종을 구입한 후 마늘종이 건조되는 것을 방지하기 위하여 밀폐비닐 팩에 넣어 냉장고에 보관하면서 1회 당 시료 50개씩을 사용하여 3번 반복 실험을 실시하였다. 이 실험의 UTM 하강속도는 100 mm/min으로 설정하였고, UTM 지지대의 폭은 7 cm로 설정하였다.

#### 바. 마늘종의 절단력 (Cutting force)

마늘종의 절단력(Cutting force)을 측정하기 위하여 UTM(그림 3)에 마늘종을 고정할 수 있도록 지그를 그림 4와 같이 제작한 후 UTM의 베이스에 고정하고 마늘종이 칼날과 수직을 이루도록 하였다. 마늘종의 절단력 시험에 사용한 칼날은 탄소강의 microtome blade로, 칼날의 두께 및 폭은 각각 0.2 mm 및 3 cm로 하였고, 칼날의 하강 속도는 60, 120, 180 mm/min으로 하였다. 또한, 마늘종의 부위에 따른 절단력의 차이를 파악하고자 마늘종의 상단 및 하단에 대해 절단력을 측정하였고 시료 50개씩 3번 반복하여 시험을 실시하였다.

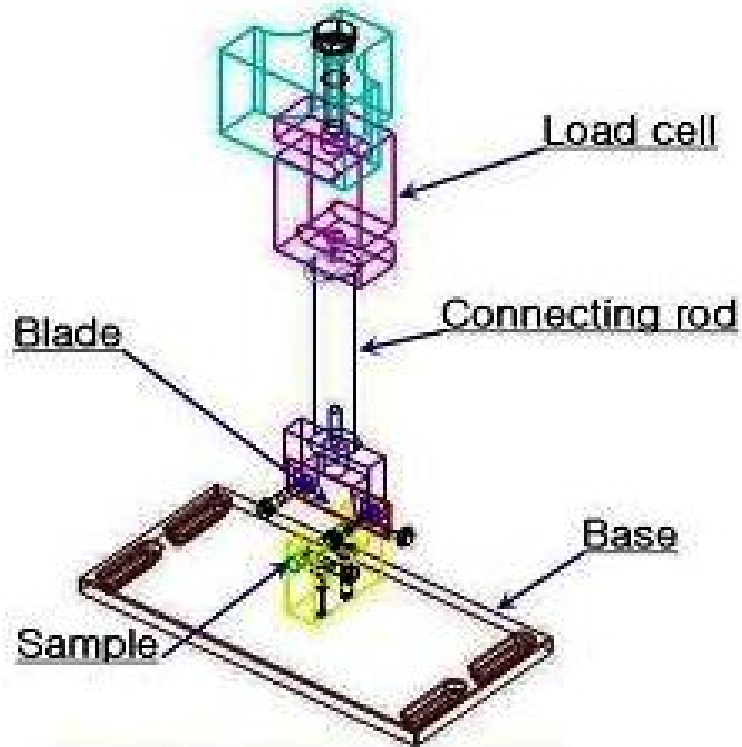


Figure 4. Assembled zig of cutting force measurement of garlic stalks.

사. 함수율 측정

마늘쫑의 함수율 측정은 Dry oven (동양 과학, 모델 0560)을 이용하여 105℃에서 72시간 건조한 후 건량 기준 함수율로 아래 식 (3)과 같이 측정하였다.

$$mc \% = (G_{wt} - OD_{wt}) \times 100 \div G_{wt} \quad (3)$$

where mc % = % moisture content

$G_{wt}$  = green weight of garlic stalks

$OD_{wt}$  = oven dry weight of garlic stalks

## 2. 주아의 생육 특성 분석

### 가. 주아의 위치

주아의 위치는 일반재배, 총포제파종, 모아심기 등 재배농가의 관행 재배 방법에 따른 주아 파종시 재식거리로 주아의 위치를 조사 분석하였다.

### 나. 주아의 크기 및 무게

주아의 크기 및 무게 그리고 주아수는 2003년도에 수확하여 건조 보관하고 있는 한지형 및 난지형 마늘의 주아에서 1000개의 시료를 무작위로 채취하여 조사 분석하였다. 주아수는 총포당 주아의 개수이다.

한편, 주아의 채취시기 및 주아채취방법은 마늘 재배농가에서 관행으로 실시하고 있는 특성을 현장방문 및 문헌고찰을 하여 조사 분석하였다.

## 3. 주아채집기 시작기 모델 선정 및 제작

### 가. 예취부

#### 1) 1차설계

1차년도 초기 예취부는 2조 예취 방법을 채택하였으며 관행 마늘 재배농가에서 가장 많이 사용하는 마늘 주아의 재식 간격 10×10 cm를 예취부의 기본 설계 요인으로 설정하였다. 그 후 2조 예취방법의 예취부 예취날을 표준형의 씨클 날(serrated sickle blade)을 선정하고, 예취부의 폭을 60cm로 선정하였으며, 예취부 프레임에 이송체인 및 러그를 부착하여 예취된 마늘줄을 모으면서 한쪽 방향으로 이동시켜 채집되도록 설계하였다. 설계 후 예취부의 제작 검토 과정에서 씨클 날을 이용한 예취부는 제작과정이 복잡하고 제작단가가 높고 장치 무게가 있어 본 연구과제에서 추구

하고자 하는 주아채집장치의 경량 및 사용 편의성에 적합하지 않아 예취부의 설계를 2개의 원형 톱을 평행하면서 거의 맞닿을 정도로 근접하게 장착한 예취부로 변경하였다.

## 2) 2차 설계

변경한 예취부의 원형톱은 각각 직류 모터에 의해 서로 반대 방향으로 회전(3000rpm)하도록 하여 절단된 마늘대 혹은 마늘종이 두 개의 원형톱의 원심력에 의해 이송부 방향으로 쉽게 이동할 수 있도록 하였다. 원형톱의 예취 높이는 지상으로부터 약 10 cm 로 하여 마늘의 마늘종을 절단하도록 하였다.

또한, 예취날 전면에 2 개의 안내 가이드(guide)를 서로 마주보게 장착하여 주아채집장치가 주행하면서 폭 50cm이내의 마늘종을 동시에 예취할 수 있도록 하였다.

## 나. 이송부 및 채집부

### 1) 1차 설계

마늘종을 예취 후 지상에서 채집하는 방식인 독립형은 이중으로 인력이 소모되고 작업능률이 떨어지는 결과를 초래하여 예취작업 중 채집할 수 있는 채집기 일체형을 선정하여 예취된 마늘종이 모아지면서 한쪽 방향으로 이송되어 일정 시간이 경과하면 결속 장치가 마늘종을 다발로 결속하도록 설계하였다.

예취 후 이송은 2개의 구동 풀리와 예취날 상단에 위치한 2개의 피동 풀리 사이를 한 쌍 2개씩 총 4개의 V벨트에 의해 절단된 마늘종을 이송되도록 하였으며 초기 직립상태의 마늘종이 V벨트사이로 이송되면서 180도 회전하여 채집상자에 다다르면서 수평으로 놓여지게 설계하였다.

## 2) 2차 설계

1차 설계 시 예취된 마늘종을 결속하도록 결속장치를 설계하고자 하였으나 결속장치의 복잡성과 고장 발생 시 수리의 문제점 등을 고려하여 결속장치는 제외하고 예취 후 채집상자로 이송하여 일정 양이 모여지면 손으로 결속 혹은 바닥에 내려놓는 방법을 채택하였다.

## 다. 동력부

### 1) 1차 설계

주아 채집장치의 동력은 5.5 Ps 공랭식 4 사이클 단기통 휘발유 엔진을 사용하고자 계획하였다.

### 2) 2차 설계

2차 설계 시 주아채집장치의 동력부는 DC 12 V 축전지 2개를 직렬로 연결하여 DC 24 V로 사용하였으며 이 동력원은 채집장치의 구동과 예취날의 구동에 필요한 동력을 전달하도록 하였다.

## 라. 주행부

### 1) 1차 설계

마늘 주아 파종 시 재식간격을 분석한 후 지방 및 농가 간 차이점을 감안하여 주행 폭을 조절할 수 있는 차축으로 설계하고 주아채집 작업을 하는 과정에서 땅속에 있는 마늘이 손상되지 않도록 초저압 광폭 타이어(폭 = 7 cm, 직경 = 25 cm)를 선정하였다.

주행부의 구동은 후륜에 두었으며 한쪽 바퀴에만 구동되도록 하였으며,

전륜은 직경 15 cm, 폭 5 cm인 자유륜을 사용하였다.

주행부의 속도는 작업속도 및 포장 조건을 감안하여 360 m/hr로 설정하였으며 전진 및 후진 속도를 같게 설계 제작하였다. 주행 속도는 직류모터의 회전속도에 대하여 기어비를 설정한 후 체인을 이용하여 동력이 전달 되도록 하였다.

## 2) 2차 설계

1차 설계 및 제작 후 포장에서 실험 결과 구동륜과 전륜이 포장에서 빠지며 조향의 문제점이 발견되어 후륜 구동륜을 2개 1조로 하여 폭을 넓혔으며 전륜 역시 2개 1조의 바퀴로 대체 하였다.

## 마. 제어부

제어부는 주아채집장치의 주전원 주행 (전진 및 후진), 예취부 전원, 이송부 전원 스위치로 구성되어있으며 단순 조작으로 사용하기 편리하게 설계 제작하였으며 주아채집장치의 손잡이 바로 위에 설치하였다.



## 제 2 절 연구수행 결과

### 1. 마늘쫑의 물리·역학적 특성 분석

#### 가. 마늘쫑의 물리적 특성

한지형 마늘의 4가지 품종(의성, 연천, 용인, 정선)의 경우 마늘쫑의 길이는 평균 약 20 cm 내외였고, 마늘쫑의 무게의 평균은 약 6.4g 이었다.

#### 나. 마늘쫑의 위치분포

마늘쫑의 위치분포는 일반 재배, 총포제 파종, 모아심기 등 주아 파종 시 재식 간격에 따라 각기 다르게 나타났으며, 본 연구 조사에서 재식 거리는 지역마다 약간씩 다르며 일반적으로 대주아를 파종할 경우 재식 거리를 10×10 cm 로 하는 재배 방법을 가장 많이 사용하는 것으로 조사되었다.

#### 다. 마늘쫑의 전단력

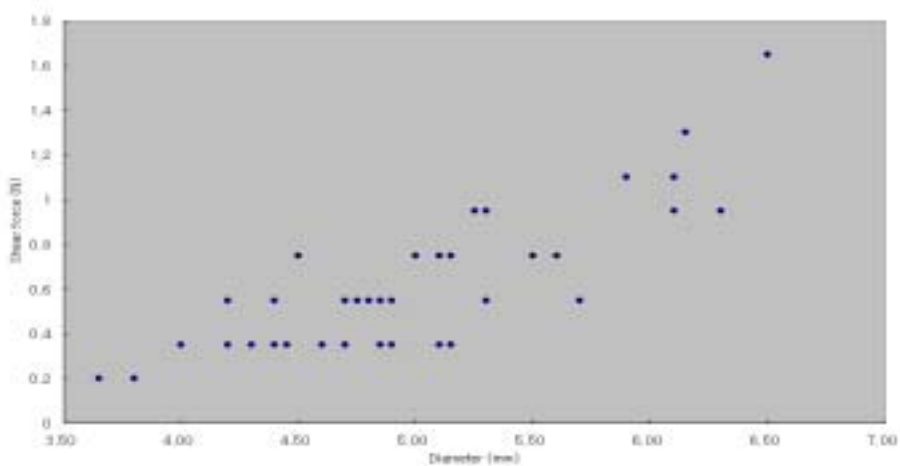


Figure 5. Shear force of garlic stalks respect to diameter.

마늘쫑의 전단력은 전반적으로 마늘쫑의 굵기가 증가하면서 전단력도 증가

하는 경향을 나타내고 있다. 그림 5는 마늘쫑의 직경과 전단력간의 결과 중 3번째 실험 결과를 나타내고 있다.

표 2는 3번 반복 실험의 전단력 측정 결과를 나타낸 것으로 평균 전단력의 범위는 0.574 ~ 0.762 N 으로 나타났고, 최소 및 최대 평균 전단력은 각각 0.200 ~ 0.350 N 및 1.300 ~ 1.650 N 으로 나타났다. 전단응력 측정을 위한 3번의 반복 실험결과 평균 전단응력의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Shear force of garlic stalks with respect to diameter.

Trial	Diameter (mm)			Shear force (N)		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
1 <sup>st</sup>	5.294	4.150	6.700	0.762	0.350	1.300
2 <sup>nd</sup>	4.822	3.550	6.750	0.574	0.200	1.300
3 <sup>rd</sup>	4.933	3.650	6.500	0.591	0.200	1.650

#### 라. 마늘쫑의 굽힘력 (Bending force)

그림 6은 마늘쫑의 굽기와 굽힘력과의 관계를 나타낸 것으로 마늘쫑의 굽기가 증가하면서 굽힘력도 일반적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 한편, 굽힘력이 증가하는 경향이 선형적으로 증가하는 것이 아니라 약간 산재해 있는 것으로 나타났는데 이는 마늘쫑 내부 섬유조직의 특성이라 판단된다. 그림 6에서 굽힘력의 어느 한 값에서 X 축과 수평으로 나타났는데 이는 본 실험에 사용한 UTM의 force gauge 특성상 소수점 이하 3자리 이상은 나타내지 못하는 이유에서 그러한 결과가 나온 것이다.

Figure 6. Bending force of garlic stalks respect to diameter.

표 3에서 평균 굽힘력 범위는 1.148 ~ 1.524 N 으로 조사되었고, 3번 반복 실험 결과 서로 간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편, 최소 및 최대 평균 굽힘력은 각각 0.4 N 및 3.3 N 으로 나타났다. 한편, 시료의 평균 굽기 범위는 4.822 ~ 5.294 mm 로 조사되었으며, 최소 및 최대 평균 마늘 종의 굽기는 각각 3.550 및 6.750 mm 로 나타났다.

Table 3. Bending force of garlic stalks.

Trial	Diameter (mm)			Bending force (N)		
	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
1 <sup>st</sup>	5.294	4.150	6.700	1.524	0.700	2.600
2 <sup>nd</sup>	4.822	3.550	6.750	1.148	0.400	2.600
3 <sup>rd</sup>	4.933	3.650	6.500	1.182	0.400	3.300

마. 마늘쫑의 탄성계수 (Modulus of Elasticity)

마늘쫑의 굵기에 따른 1, 2, 및 3차 실험의 탄성계수는 각각 그림 7, 8, 및 9에 나타난 것과 같이 전반적으로 산재해 있고 마늘쫑 굵기에 따른 뚜렷한 증가 혹은 감소의 경향을 나타내지 않았다. 한편, 평균 탄성계수는 약  $2.40 \times 10^7$  (N/m<sup>2</sup>) 이고, 범위는 약  $1.2 \times 10^7 \sim 4.84 \times 10^7$  (N/m<sup>2</sup>)로 조사되었다. 표 4, 5, 6은 마늘쫑의 탄성계수 실험 데이터를 표기하였다.

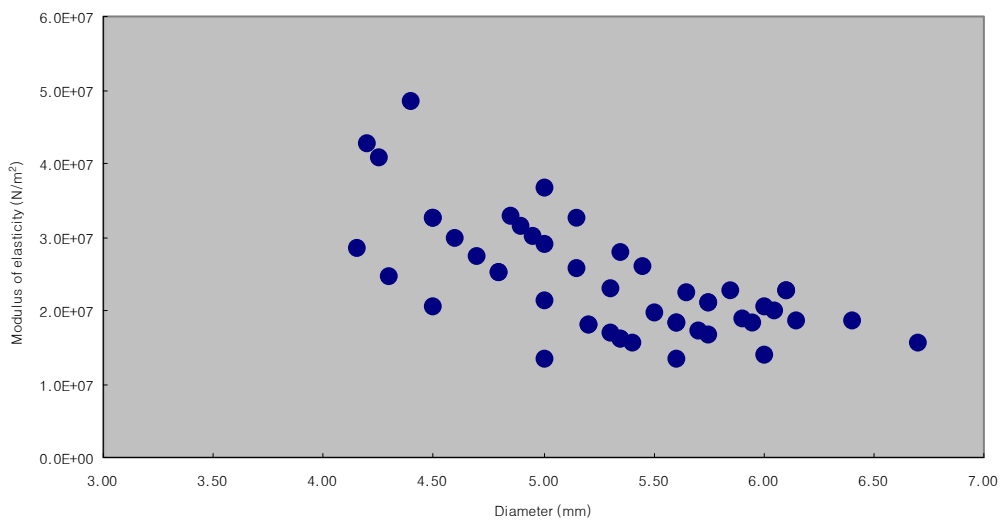


Figure 7. Modulus of elasticity of garlic stalks with respect to diameter (1<sup>st</sup> trial).

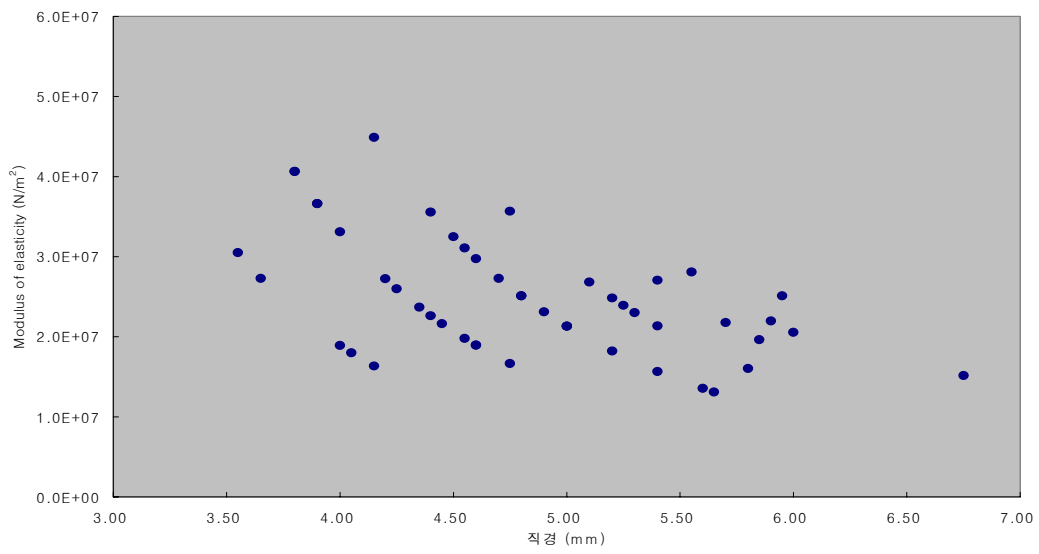


Figure 8. Modulus of elasticity of garlic stalks with respect to diameter (2<sup>nd</sup> trial).

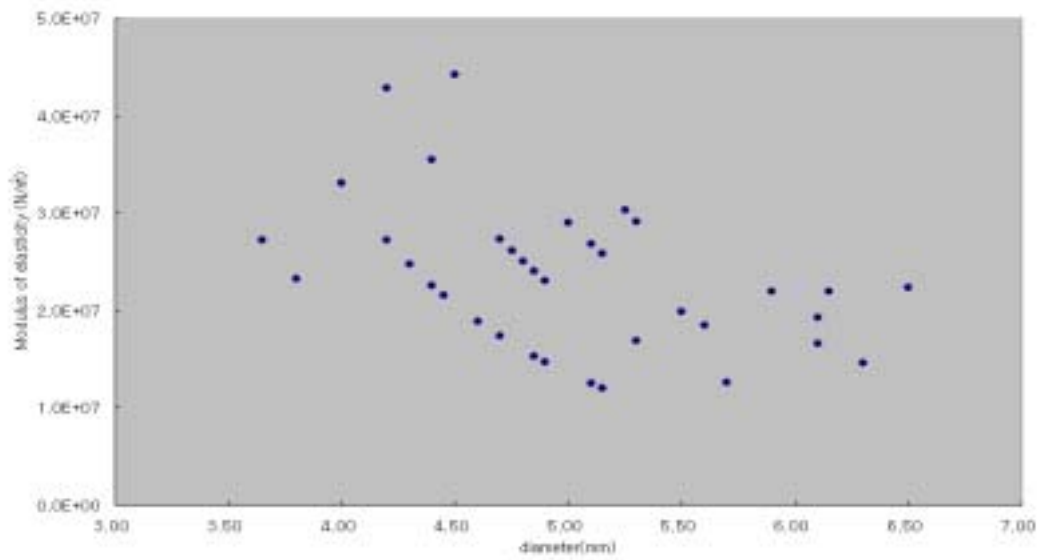


Figure 9. Modulus of elasticity of garlic stalks with respect to diameter (3<sup>rd</sup> trial).

Table 4. Modulus of elasticity of the garlic stalks (1st trial).

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
1	5.35	1.90	28076590.105	90.00	0.95	
2	5.85	2.20	22740766.835	90.00	1.1	
3	5.60	1.50	18464818.362	90.00	0.75	
4	5.20	1.10	18213155.665	90.00	0.55	
5	4.85	1.50	32819366.477	90.00	0.75	
6	5.60	1.10	13540866.799	90.00	0.55	
7	5.15	1.50	25814768.319	90.00	0.75	
8	5.40	1.10	15661145.871	90.00	0.55	
9	5.75	1.50	16612147.138	90.00	0.75	
10	5.75	1.90	21042053.042	90.00	0.95	
11	5.60	1.50	18464818.362	90.00	0.75	
12	6.00	1.50	14011742.463	90.00	0.75	
13	5.00	1.10	21306816.059	90.00	0.55	
14	6.70	2.60	15619963.906	90.00	1.3	
15	5.95	1.90	18352347.623	90.00	0.95	
16	5.00	0.70	13558882.947	90.00	0.35	
17	5.70	1.50	17202743.948	90.00	0.75	
18	5.35	1.10	16254867.955	90.00	0.55	
19	5.15	1.90	32698706.537	90.00	0.95	
20	4.70	1.10	27290226.629	90.00	0.55	
21	5.20	1.10	18213155.665	90.00	0.55	
22	5.90	1.90	18982414.098	90.00	0.95	
23	6.40	2.60	18761145.037	90.00	1.3	
24	6.05	2.20	19879573.880	90.00	1.1	
25	6.10	2.60	22733164.615	90.00	1.3	
26	6.10	2.60	22733164.615	90.00	1.3	
27	4.80	1.10	25086127.456	90.00	0.55	
28	5.00	1.50	29054749.171	90.00	0.75	
29	5.35	1.10	16254867.955	90.00	0.55	
30	5.75	1.90	21042053.042	90.00	0.95	
31	6.15	2.20	18617789.108	90.00	1.1	
32	5.50	1.50	19844784.626	90.00	0.75	
33	6.00	2.20	20550555.612	90.00	1.1	
34	5.45	1.90	26071947.964	90.00	0.95	
35	4.40	1.50	48449181.216	90.00	0.75	
36	5.65	1.90	22571774.273	90.00	0.95	
37	4.60	1.10	29741799.890	90.00	0.55	

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
38	5.00	1.90	36802682.283	90.00	0.95	
39	4.80	1.10	25086127.456	90.00	0.55	
40	4.50	1.10	32474952.079	90.00	0.55	
41	4.30	0.70	24787350.424	90.00	0.35	
42	4.15	0.70	28570085.626	90.00	0.35	
43	4.20	1.10	42795825.931	90.00	0.55	
44	4.50	1.10	32474952.079	90.00	0.55	
45	5.30	1.10	16876993.984	90.00	0.55	
46	5.30	1.50	23014082.705	90.00	0.75	
47	4.95	1.50	30246585.316	90.00	0.75	
48	4.90	1.50	31500164.935	90.00	0.75	
49	4.50	0.70	20665878.596	90.00	0.35	
50	4.25	1.10	40817166.574	90.00	0.55	
Mean	5.294	1.524	23848957.825		0.762	
Min	4.150	0.700	13540866.799		0.350	
max	6.700	2.600	48449181.216		1.300	

Table 5. Modulus of elasticity of the garlic stalks (2nd trial).

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
1	5.40	1.50	21356108.006	90.00	0.75	
2	4.45	0.70	21610453.708	90.00	0.35	
3	5.00	1.10	21306816.059	90.00	0.55	
4	4.40	1.10	35529399.559	90.00	0.55	
5	5.90	2.20	21979637.376	90.00	1.1	
6	6.75	2.60	15162267.188	90.00	1.3	
7	4.55	1.10	31070839.484	90.00	0.55	
8	4.15	1.10	44895848.841	90.00	0.55	
9	5.85	1.90	19639753.176	90.00	0.95	
10	5.40	1.10	15661145.871	90.00	0.55	
11	5.00	1.10	21306816.059	90.00	0.55	
12	5.80	1.50	16046679.318	90.00	0.75	
13	4.60	1.10	29741799.890	90.00	0.55	
14	5.30	1.50	23014082.705	90.00	0.75	
15	4.75	1.50	35671609.851	90.00	0.75	
16	4.05	0.40	17998892.674	90.00	0.2	
17	4.15	0.40	16325763.215	90.00	0.2	

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
18	3.90	0.70	36630723.851	90.00	0.35	
19	5.60	1.10	13540866.799	90.00	0.55	
20	4.00	0.70	33102741.569	90.00	0.35	
21	5.10	1.50	26842097.126	90.00	0.75	
22	4.20	0.70	27233707.411	90.00	0.35	
23	4.80	1.10	25086127.456	90.00	0.55	
24	5.20	1.50	24836121.361	90.00	0.75	
25	3.90	0.70	36630723.851	90.00	0.35	
26	5.70	1.90	21790142.334	90.00	0.95	
27	3.65	0.40	27283144.447	90.00	0.2	
28	5.40	1.90	27051070.141	90.00	0.95	
29	3.55	0.40	30489652.032	90.00	0.2	
30	5.25	1.50	23903414.048	90.00	0.75	
31	5.55	2.20	28070919.397	90.00	1.1	
32	4.35	0.70	23667201.102	90.00	0.35	
33	5.00	1.10	21306816.059	90.00	0.55	
34	4.60	0.70	18926599.930	90.00	0.35	
35	4.50	1.10	32474952.079	90.00	0.55	
36	3.80	0.70	40641482.578	90.00	0.35	
37	4.40	0.70	22609617.901	90.00	0.35	
38	4.00	0.40	18915852.325	90.00	0.2	
39	4.80	1.10	25086127.456	90.00	0.55	
40	4.70	1.10	27290226.629	90.00	0.55	
41	5.65	1.10	13067869.316	90.00	0.55	
42	4.75	0.70	16646751.264	90.00	0.35	
43	3.80	0.70	40641482.578	90.00	0.35	
44	5.20	1.10	18213155.665	90.00	0.55	
45	4.55	0.70	19772352.399	90.00	0.35	
46	6.00	2.20	20550555.612	90.00	1.1	
47	5.95	2.60	25113738.852	90.00	1.3	
48	4.60	0.70	18926599.930	90.00	0.35	
49	4.25	0.70	25974560.547	90.00	0.35	
50	4.90	1.10	23100120.953	90.00	0.55	
Mean	4.822	1.148	24874708.559		0.574	
Min	3.550	0.400	13067869.316		0.200	
Max	6.750	2.600	44895848.841		1.300	



Table 6. Modulus of elasticity of the garlic stalks (3rd trial).

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
1	5.25	1.90	30277657.794	90.00	0.95	
2	6.50	3.30	22380325.681	90.00	1.65	
3	5.10	0.70	12526311.992	90.00	0.35	
4	4.45	0.70	21610453.708	90.00	0.35	
5	4.75	1.10	26159180.557	90.00	0.55	
6	5.15	1.50	25814768.319	90.00	0.75	
7	5.30	1.90	29151171.427	90.00	0.95	
8	6.30	1.90	14601493.921	90.00	0.95	
9	4.90	1.10	23100120.953	90.00	0.55	
10	4.85	1.10	24067535.417	90.00	0.55	
11	4.00	0.70	33102741.569	90.00	0.35	
12	5.90	2.20	21979637.376	90.00	1.1	
13	4.20	1.10	42795825.931	90.00	0.55	
14	5.10	1.50	26842097.126	90.00	0.75	
15	4.70	1.10	27290226.629	90.00	0.55	
16	4.00	0.70	33102741.569	90.00	0.35	
17	4.40	1.10	35529399.559	90.00	0.55	
18	4.60	0.70	18926599.930	90.00	0.35	
19	5.70	1.10	12615345.562	90.00	0.55	
20	4.90	0.70	14700076.970	90.00	0.35	
21	3.80	0.40	23223704.330	90.00	0.2	
22	4.45	0.70	21610453.708	90.00	0.35	
23	4.90	0.70	14700076.970	90.00	0.35	
24	4.90	1.10	23100120.953	90.00	0.55	
25	5.60	1.50	18464818.362	90.00	0.75	
26	4.60	0.70	18926599.930	90.00	0.35	
27	4.30	0.70	24787350.424	90.00	0.35	
28	4.90	1.10	23100120.953	90.00	0.55	
29	5.15	0.70	12046891.882	90.00	0.35	
30	4.70	0.70	17366507.855	90.00	0.35	
31	4.90	1.10	23100120.953	90.00	0.55	
32	6.15	2.60	22002841.673	90.00	1.3	
33	5.50	1.50	19844784.626	90.00	0.75	
34	5.30	1.10	16876993.984	90.00	0.55	
35	5.15	1.50	25814768.319	90.00	0.75	
36	5.00	1.50	29054749.171	90.00	0.75	
37	4.70	0.70	17366507.855	90.00	0.35	

No.	Diameter (mm)	Force (N)	Modulus of elasticity (N/m <sup>2</sup> )	Span (mm)	Shear force (N)	
38	4.30	0.70	24787350.424	90.00	0.35	
39	6.10	1.90	16612697.219	90.00	0.95	
40	3.65	0.40	27283144.447	90.00	0.2	
41	4.40	0.70	22609617.901	90.00	0.35	
42	4.40	1.10	35529399.559	90.00	0.55	
43	5.50	1.50	19844784.626	90.00	0.75	
44	5.10	1.50	26842097.126	90.00	0.75	
45	4.50	1.50	44284025.562	90.00	0.75	
46	4.85	0.70	15315704.356	90.00	0.35	
47	4.70	0.70	17366507.855	90.00	0.35	
48	6.10	2.20	19235754.674	90.00	1.1	
49	4.20	0.70	27233707.411	90.00	0.35	
50	4.80	1.10	25086127.456	90.00	0.55	
Mean	4.933	1.182	23399840.851		0.591	
Min	3.650	0.400	12046891.882		0.200	
max	6.500	3.300	44284025.562		1.650	

바. 마늘쫑의 절단력

그림 10과 11은 마늘쫑의 상단 및 하단의 절단력의 한 예를 나타낸 것으로 3차례 시험 모두 비슷한 경향을 나타냈으며, 마늘쫑의 절단력의 분포가 고루 산재해 있어 마늘쫑의 굵기와 절단력과는 상관관계가 없는 것으로 판단된다.

Figure 10. Cutting force of upper part of garlic stalks with respect to diameter.

Figure 11. Cutting force of lower part of garlic stalks with respect to diameter.

표 7에서 나타난 바와 같이 UTM에 장착된 칼날의 하강 속도가 미세하나마 증가 되어도 절단력의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 한편, 시험에 사용

한 시료는 마늘종이 갈변하기 훨씬 이전의 상태로서 마늘종이 갈변하기 시작하는 5월 하순부터 6월 상순경에 시료를 채취하여 시험을 실시할 경우 절단력은 증가되리라 판단된다. 한편, 본 시험에 사용한 시료의 하단이 상단보다 약간 굵은 반면 절단력이 작게 나타난 것은 마늘종의 하단 조직이 상단 조직보다 연한 것으로 판단된다.

주아를 채취할 때 마늘종을 될 수 있는 대로 길게 잘라 건조시키는 관행의 수확 방법을 고려할 때 마늘종을 기계로 수확을 할 경우에도 절단력이 작게 나타나는 마늘종의 하단을 절단하여 수확하는 것이 칼날의 마모나 동력 소모 등을 고려할 때 바람직한 것으로 판단된다. 표 8, 9, 10은 마늘종의 절단력 실험 데이터를 표기하였다.

Table 7. Summary of the cutting force of garlic stalks.

Downward speed of UTM	Upper part						Lower part					
	Diameter			Cutting force			Diameter			Cutting force		
	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max	Avg	Min	Max
60 mm/min	4.20	3.15	5.55	4.93	3.30	6.60	4.93	3.30	6.60	4.04	1.90	10.00
120 mm/min	4.25	3.25	5.30	4.29	2.60	8.90	4.84	4.00	5.75	3.88	2.60	5.60
180 mm/min	4.06	3.20	5.30	4.89	3.00	7.10	4.84	3.80	6.55	4.01	2.60	6.70

Table 8. Cutting force of the garlic stalks with the downward speed of 60 mm/sec.

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 60mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 60mm/min		
Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)
1	4.70	6.30	1	4.40	4.10
2	5.00	5.20	2	6.60	5.60
3	3.25	3.70	3	5.80	6.00
4	3.70	6.00	4	5.70	4.10
5	3.25	5.20	5	5.00	4.10
6	3.20	4.80	6	6.15	4.80
7	4.25	5.20	7	5.95	4.50
8	3.80	3.30	8	4.20	3.30
9	3.55	8.60	9	5.00	3.70
10	3.55	3.30	10	4.50	4.50
11	4.00	4.80	11	5.25	4.50
12	3.30	7.40	12	6.00	4.10
13	3.20	4.50	13	4.30	2.60
14	4.10	4.80	14	4.45	6.30
15	3.30	5.60	15	4.35	3.30
16	3.90	6.00	16	4.75	3.30
17	5.15	4.50	17	4.40	3.00
18	5.30	4.80	18	5.45	3.30
19	5.20	4.50	19	5.10	3.70
20	3.65	3.70	20	5.15	3.70
21	5.00	4.10	21	4.55	3.30
22	5.00	5.20	22	5.30	3.30
23	4.40	7.10	23	4.50	3.70
24	3.85	3.00	24	4.35	3.00
25	5.55	5.20	25	5.10	3.70
26	3.80	3.70	26	4.20	2.60
27	5.15	4.80	27	4.45	3.30
28	3.80	3.90	28	5.65	3.30
29	4.50	7.40	29	5.45	4.10
30	3.80	3.30	30	5.05	3.00
31	4.15	3.30	31	4.40	2.60
32	5.45	4.80	32	4.30	3.00
33	5.15	4.80	33	5.05	2.60

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 60mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 60mm/min		
Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)
34	4.10	4.80	34	4.35	6.30
35	4.15	4.50	35	4.55	10.00
36	4.30	4.10	36	3.85	2.60
37	5.15	4.10	37	3.95	3.30
38	4.75	3.30	38	4.60	4.80
39	4.90	4.50	39	4.70	3.00
40	4.85	6.00	40	3.30	1.90
41	4.15	3.70	41	4.85	6.70
42	3.15	3.00	42	4.60	3.00
43	3.80	3.00	43	5.40	3.30
44	4.00	7.80	44	4.75	3.30
45	4.00	2.60	45	5.35	4.10
46	3.50	3.70	46	5.65	3.70
47	4.30	3.70	47	5.40	4.10
48	3.95	6.30	48	5.35	3.30
49	3.70	3.70	49	4.65	7.10
50	4.40	3.70	50	6.10	7.40
Mean	4.20	4.71	Mean	4.93	4.04
Min	3.15	2.60	Min	3.30	1.90
Max	5.55	8.60	Max	6.60	10.00

Table 9. Cutting force of the garlic stalks with the downward speed of 120 mm/sec.

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min		
Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)
1	4.20	4.50	1	5.25	4.10
2	5.25	6.00	2	4.55	3.70
3	4.00	3.70	3	5.20	4.10
4	4.45	4.50	4	4.70	3.30
5	4.40	4.50	5	5.00	4.50
6	4.50	4.50	6	5.20	4.10
7	4.00	3.30	7	4.40	3.70
8	4.50	3.70	8	4.55	3.70

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min		
Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)
9	4.60	4.80	9	4.50	3.00
10	4.10	4.50	10	5.20	4.50
11	5.00	4.80	11	5.25	4.50
12	4.20	3.00	12	5.05	4.80
13	3.70	2.60	13	4.75	3.70
14	4.35	3.70	14	4.90	4.50
15	4.35	8.90	15	5.10	4.50
16	4.15	3.00	16	5.45	5.20
17	4.40	4.10	17	4.85	4.10
18	5.30	4.50	18	5.50	4.80
19	4.35	4.50	19	5.60	4.80
20	3.90	3.70	20	5.75	4.50
21	4.50	4.50	21	5.05	4.10
22	3.95	3.00	22	4.40	3.30
23	3.75	4.10	23	5.10	3.70
24	3.55	3.70	24	4.60	3.00
25	4.55	4.10	25	4.80	4.10
26	3.80	4.50	26	4.30	3.30
27	3.25	6.30	27	5.00	4.50
28	4.05	4.10	28	4.90	4.10
29	4.10	4.10	29	4.35	2.60
30	4.15	4.10	30	4.65	3.30
31	3.60	3.70	31	4.50	3.30
32	4.75	4.80	32	4.65	3.70
33	4.30	4.10	33	4.65	3.70
34	3.75	6.00	34	5.20	3.70
35	4.90	4.10	35	4.00	5.60
36	4.30	4.50	36	4.70	3.00
37	4.55	4.50	37	4.75	3.30
38	4.25	3.30	38	5.15	4.10
39	4.60	4.50	39	4.50	3.30
40	4.15	3.00	40	4.65	3.70
41	4.30	4.80	41	4.65	3.30
42	4.00	4.50	42	4.20	3.30
43	3.95	3.70	43	4.60	3.70
44	4.35	4.80	44	4.80	3.00

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min		
Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)
45	4.10	4.50	45	5.20	4.80
46	4.75	4.50	46	5.35	4.50
47	4.85	4.50	47	4.35	3.30
48	3.80	4.50	48	4.75	3.70
49	4.00	2.60	49	4.85	4.10
50	3.80	4.10	50	4.40	3.00
Mean	4.25	4.29	Mean	4.84	3.88
Min	3.25	2.60	Min	4.00	2.60
Max	5.30	8.90	Max	5.75	5.60

Table 10. Cutting force of the garlic stalks with the downward speed of 180 mm/sec.

Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 180 mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min		
Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No.	Diameter (mm)	Cutting force (N)
1	4.80	6.00	1	5.00	6.00
2	4.50	6.00	2	5.00	4.10
3	4.40	6.00	3	5.45	6.00
4	4.25	5.20	4	4.30	3.70
5	4.30	4.10	5	4.20	3.00
6	4.30	4.50	6	5.75	5.60
7	4.30	5.60	7	4.90	4.80
8	4.25	6.00	8	4.90	3.70
9	4.35	4.80	9	6.55	6.70
10	3.80	4.80	10	4.60	3.30
11	4.30	5.20	11	5.20	6.00
12	4.35	5.60	12	5.10	4.50
13	4.05	5.60	13	4.90	4.50
14	3.90	4.50	14	4.00	3.70
15	4.25	5.20	15	3.80	3.00
16	4.30	6.70	16	4.70	3.00



Upper part of garlic stalks Down Downward speed: 180 mm/min			Lower part of garlic stalks Down Downward speed: 120 mm/min		
Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)	Sample No	Diameter (mm)	Cutting force (N)
17	3.80	4.50	17	4.70	4.10
18	5.30	7.10	18	5.00	4.10
19	3.85	4.10	19	4.80	3.70
20	4.15	5.20	20	4.10	3.00
21	3.85	5.60	21	4.95	3.70
22	4.00	5.60	22	4.40	4.10
23	3.80	4.10	23	4.75	3.70
24	4.15	4.10	24	4.70	3.70
25	3.75	4.50	25	5.00	3.30
26	3.75	4.10	26	5.15	3.70
27	3.75	4.50	27	5.00	5.20
28	4.05	3.70	28	4.00	5.20
29	5.15	5.20	29	5.50	4.10
30	5.25	6.30	30	5.00	4.80
31	4.00	6.00	31	4.90	3.70
32	4.60	4.80	32	4.40	3.70
33	4.20	5.60	33	4.40	3.00
34	4.20	4.80	34	5.00	4.50
35	3.55	4.10	35	5.00	4.10
36	3.75	3.70	36	5.25	3.30
37	4.20	6.00	37	4.50	2.60
38	3.90	4.50	38	4.50	2.60
39	3.90	4.80	39	5.20	3.00
40	3.65	4.10	40	5.20	4.50
41	3.60	4.50	41	4.65	4.10
42	4.15	5.20	42	5.00	3.00
43	3.85	5.60	43	4.90	3.00
44	3.80	4.10	44	4.70	4.10
45	3.70	3.70	45	5.50	4.50
46	3.35	3.70	46	4.60	4.10
47	3.50	3.70	47	5.00	3.70
48	3.40	5.20	48	5.10	4.50
49	3.50	3.00	49	4.30	3.00
50	3.20	3.00	50	4.65	3.30
Mean	4.06	4.89	Mean	4.84	4.01
Min	3.20	3.00	Min	3.80	2.60
Max	5.30	7.10	Max	6.55	6.70

#### 사. 마늘종외 함수율

마늘종외 함수율은 84.8%로 조사되었다.

### 2. 주아의 생육 특성 분석

주아 채취시기, 주아 재배방법 즉 점뿌림, 줄뿌림, 흩어뿌림 혹은 총포심기, 모아심기 등에 따른 마늘 주아의 생육 특성을 분석한 결과는 다음과 같다. 마늘 생산에 있어서 주아 재배 이용 기술은 종구비 절감, 종자 갱신의 효과 때문에 주아재배 농가가 증가하는 추세이다. 현재 주아재배기술에서 일정크기(0.1~0.3g 정도)의 주아를 재배하면 다음 해는 대부분 통마늘이 되고, 이를 다시 일 년 더 재배하면 보통 마늘과 같은 크기의 인편 마늘이 된다.

마늘 주아의 꽃 분화율은 품종에 따라 다르지만 남도 대주아(보통 0.4g 이상)의 경우는 12.7%, 중주아(0.4g 정도)와 소주아(0.2g 정도)의 경우는 거의 대부분 분화하지 않는 통 마늘이 된다. 파종된 주아의 추대율도 대주아는 3.3% 정도가 분화되며, 분화된 인편수도 평균 3.4개 정도 된다. 그리고 이러한 인편을 파종했을 때 품종과 재배 조건에 따라 다르지만 0.2~0.4g의 주아가 대부분 생산된다.

#### 가. 주아의 지상부 생육

마늘주아 재배 시 지상부 생육은 성장조절제, 저온처리, 관행 등에 따라 약 간씩 차이가 있으나 대체로 양호하고 출현율은 약 72%, 초장은 약 37cm, 엽수는 약 4.1 정도로 조사되었다. (표5 참조)

Table 5. Growth of aerial part of garlic bulbils

Treatments	Appearance time (Month, date)	Appearance rate (%)	Plant height (cm)	No. of leaves
Growth regulators (GA <sub>3</sub> , Kinetin, etc)	3. 14	70.2	36.9	4.2
Low temperature	3. 2	88	57.9	5.8
Traditional practice	3. 14	60	32.3	3.9

나. 주아의 지하부 생육 및 수량

지하부의 생육은 지상부 생육의 영향을 받으며, 지하부 중의 구경, 구고, 구중 및 수량을 표 6에 나타냈으며, 지하부의 생육은 구경, 구고, 구중, 수량 모두 저온처리에서 가장 크게 나타나는 것으로 조사되었다.

Table 6. Growth and amount of underground part of garlic bulbils

Treatments	Clove diameter (cm)	Clove height (cm)	Clove weight (g)	Amount (kg/10a)
Growth regulators (GA <sub>3</sub> , Kinetin, etc)	2.1	1.9	3.0	315.8
Low temperature	2.8	2.3	6.7	884.4
Traditional practice	1.7	1.6	1.9	171.0

다. 주아의 위치

주아의 위치는 주아 파종 시 재식 거리로 일반 재배, 총포제 파종, 모아 심기에 따라 표 7과 같이 일반재배는 6 × 3 cm, 총포제 파종은 15 × 10 cm 및 12 × 10 cm, 모아심기는 15 × 10 cm 및 10 × 10 cm로 조사 되었다.

Table 7. Planting distance of garlic.

Cultural practice	Planting distance (cm)	Remark
General practice	6 × 3	Spot sowing
Bulb sowing	15 × 10 12 × 10	Large bulb Mid size bulb
Bulk sowing	15 × 10 10 × 10	Large clove (bulbils) Mid and small clove

한편, 전남 고흥 지역에서는 주아 점파 파종 시 주아의 크기에 따라 달리하며, 대주아인 경우 10 × 10 cm, 중주아의 경우 10 × 5 cm, 소주아의 경우 5 × 5 cm 로 재식 간격을 채택하고 있다. 한편, 본 연구의 조사에서 재식거리

는 지역마다 약간씩 다르게 나타났으나, 일반적으로 대주아를 파종할 경우 재식거리를 10×10 cm 로 하는 경우가 가장 많은 것으로 조사되었다.

라. 주아 총포 당 주아 수

주아가 매달린 마늘쫑의 출현 시기는 대략적으로 난지형 경우 4월 하순부터 5월 상순경이며, 한지형 경우 한 달 정도 늦은 5월 하순부터 6월 상순경으로 조사되었다.

우리나라에서 재배되고 있는 마늘은 대부분 완전추대종으로 5월~ 6월경에 화경이 혼생하며, 생육이 진전됨에 따라 꽃은 퇴화되고 주아는 형태학적으로 인편(마늘쪽)과 같은 구조로 되어 있고, 총포 당 주아 수는 품종에 따라 3개 ~ 4 개부터 100개 ~ 200 개까지 다양하다. 표 8은 마늘의 품종별 주아 수 및 특성을 나타낸 것이다.

주아 채취 시기는 한지형의 경우 주아 통(총포)이 출현하기 시작하여 20일 되는 시기부터 충실한 주아 수확이 가능하며 이때 수확하는 것이 실용 주아량을 가장 많이 얻을 수 있는 것으로 조사 되었다.

Table 8. Number of bulbils and characteristics of varieties of garlics.

Varieties	Ecological type	Maturing	No. of bulbils	Dormancy
Eueseong	Cool season	Mid-to-late	12-15	Strong
Seosan	Cool season	Mid-to-late	12-15	Strong
Danyang	Cool season	Mid-to-late	12-15	Strong
Namdomanul	Warm season	Early	30-40	Weak
Singangmanul	Cool season	Far late	150-180	Strong

마. 생태별 주아 크기 및 주아 수

Table 9. Characteristics of garlic bulbils of the northern and southern types of local garlic cultivar.

Varieties	No. of bulbils per plant	Weight (g/clove)	Distribution of bulbils weight (%)				
			Less than 0.05 g	0.1g	0.2g	0.3g	Over 0.4g
Cool season (Danyang)	12.2	0.02~0.7	10.6	28.7	29.5	22.1	9.0
Warm season (Nandomanul)	29.0	0.02~2	11.8	31.2	28.5	13.5	15.1

주아 크기는 마늘 생태형에 따라서 다르며, 단양 마늘(한지형) 주아는 남도 마늘(난지형)에 비해 상대적으로 주아 수가 적고, 주아 무게별 분포를 보면 0.2g을 중심으로 비교적 균일한 것이 많은 반면, 난지형(남도마늘)은 주아 수가 많고 0.1~0.2g 크기의 작은 주아 분포율이 많으나 전체적으로 불균일하게 분포되어있는 것으로 조사 되었다. (표 9)

#### 바. 주아 채취 시기

남도 마늘의 경우 마늘종 출현은 4월 하순~5월 상순에 시작되고, 이때 총포의 외피 색은 연노랑색을 띠고 내부에 생성된 주아는 육안 식별이 어렵다. 5월 중순경 총포 안에 주아가 생성됨과 동시에 총포가 비대해지면서 마늘 수확기인 5월 하순까지 주아가 생성되고 까락이 갈색으로 변하면서 총포 껍질이 벌어지며 주아는 성숙된다. 6월 중순 총포 색이 갈변되면서 총포 껍질이 대부분 벌어지고 주아가 밖으로 노출되는 것이 많다.

한편, 주아의 성숙기는 종 출현 시기별로 채취한 총포를 후숙시켜 총포 직경과 주아수를 분석한 결과 마늘보다 10일 정도 늦은 것으로 조사 되었다.

#### 사. 주아 채취

주아 채취 시기는 남도 마늘의 경우 일반적으로 관행의 종 제거시기에 종대를 최대한 길게 잘라서 창고에 후숙 시키거나 마늘 밭의 노지에 예취한 상태

로 그대로 두어 자연 후숙 시키는 방법을 농가에서 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

한편, 주아 채취는 주아 성숙기인 마늘 수확 10일 후에 종 길이를 최대한 길게 하여 종대가 갈변될 때까지 후숙 시키는 방법이 일반적으로 널리 쓰이고 있었다.

### 3. 주아채집장치 시작기 모델 선정 및 제작

#### 가. 예취부

##### 1) 1차 설계

1차 설계 시 예취부는 프레임(Frame)의 폭을 60cm , 높이 50 cm로 하였으며, 분초판(divider), 픽업휠(star pick up wheel), 반송 폴리, 안내봉 등으로 구성하였다. 또한, 예취부는 작업 능률(수확효율), 경제성 등을 고려하여 2조 예취(double cutting)를 선택하였다. 주아 채집기의 주아 채취는 예취부의 높이를 지상에서 40 mm - 100 mm사이에서 조절하도록 설정하여 예취날이 마늘종의 하단을 예취하도록 설계하였다.

##### 2) 2차 설계

2차 예취부 설계는 2개의 원형 톱을 거의 맞닿을 정도이면서 서로 약간 어긋나게 수평으로 설치하여 두개의 원형 톱이 서로 반대 방향으로 회전하면서 마늘종대를 절단하면서 원심력에 의해 마늘종대를 밀어내도록 설계하였다. 원형톱의 회전 속도는 2000 rpm으로 선정하였고 절단 높이는 지면에서 약 20 cm로 하였다. 각각의 원형 톱은 24V DC 모터에 의해 구동된다.

그림 12와 13은 각각 주아채집장치의 예취부의 사진 및 예취부의 설계도면을 나타내고 있다.



Figure 16. Photograph of circular saws of reaping unit of garlic bulbils collecting system.

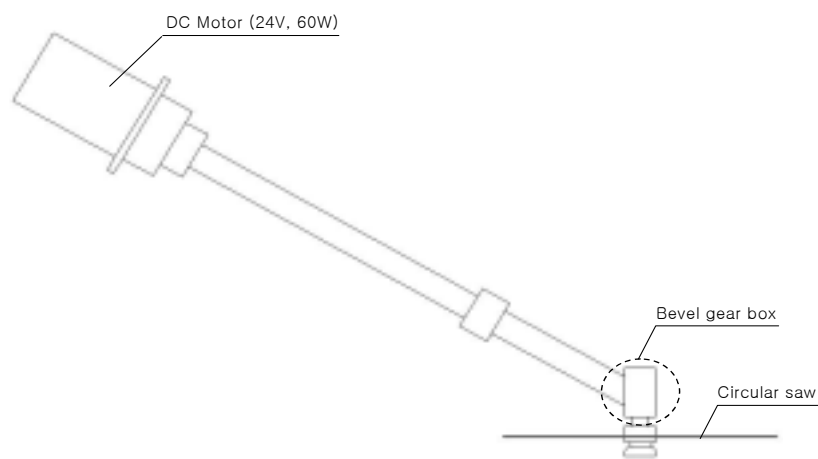


Figure 17. Design sheet of the reaping unit.

## 나. 채집부 및 이송부

### 1) 1차 설계

절단된 마늘쭉을 수집하기 위한 채집부는 예취부 좌측 상단에 결속장치를 장착하여 예취부의 반송장치에 의해 반송된 마늘쭉들을 일정 시간 간격으로 결속한 후 지상에 낙하시키는 방법으로 설계하였다(그림 14).

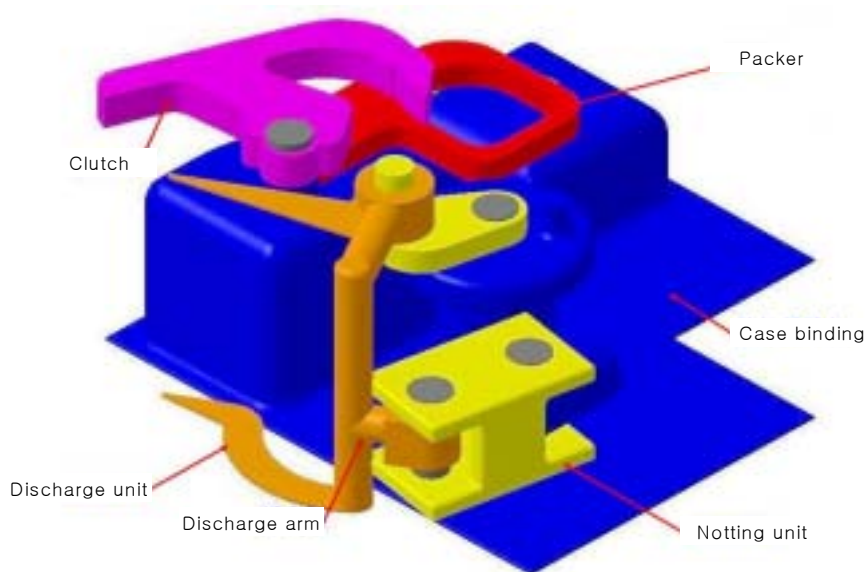


Figure 18. Sketch of fastening unit

### 2) 2차 설계

채집부 및 이송부의 2차 설계는 아래 그림 15와 같이 설계 제작하였다. 예취부의 원형 톱에 의해 절단된 마늘쭉은 예취부에 수직으로 설치된 2개의 폴리( $\phi 160$  mm) (그림 17)에 연결된 V벨트에 의해 수직 상태에서 수평상태로 35도 가량 경사지게 이송되어 채집상자(그림 왼쪽 위)에 낙하하도록 설계 제작하였다. V벨트는 예취부에 수직으로 부착된 폴리과 채집부에 수평으로 부착된 폴리 사이를 회전하면서 180도 트위스



트 되도록 하여 절단된 마늘쭉이 이송하면서 자동적으로 수평방향으로 향하게 하였다.

이송부의 2개의 풀리는 각각 24V DC 모터(DKM CO., LTD, Model 9DCW 24-60-30, 3000 rpm, 60 W, 3.5 Amp), 기어 헤드(DKM CO., LTD, Model 9WD30BR) 그리고 체인 및 기어에 의해 동시에 독립적으로 회전되도록 하였다(그림 15 왼쪽의 기어 및 체인 부분. 그림 16).

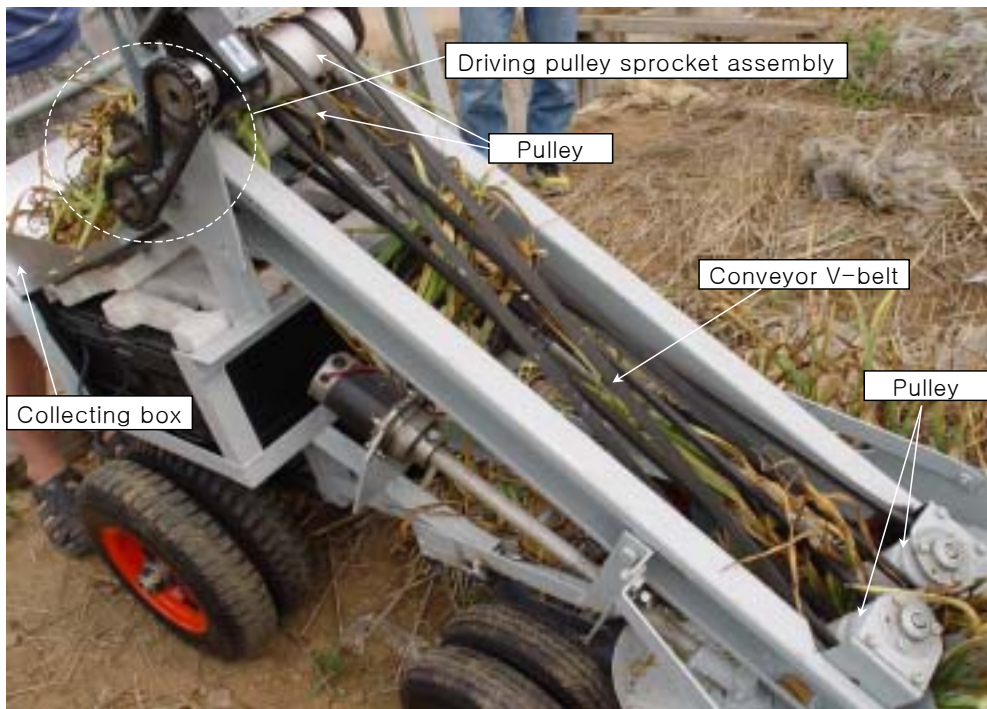


Figure 19. Photograph of conveying and collecting unit

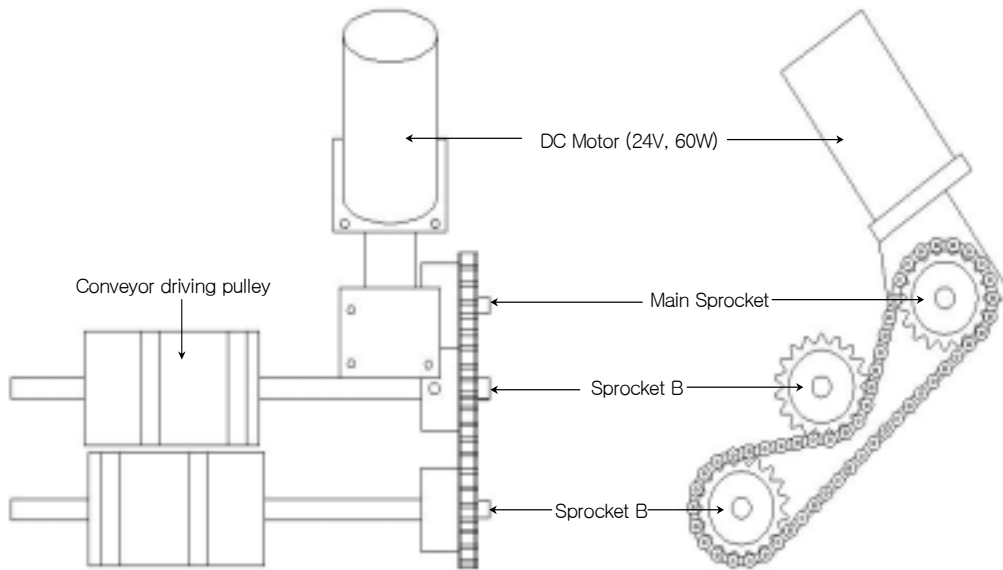


Figure 20. Design sheet of assembly of sprockets of driving pulley

Figure 21. Design sheet of driving pulley.

다. 동력부

1) 1차 설계

주야 채집장치의 동력원은 시중에 나와 있는 소형 관리기 (5.5 Hp)의 본기를 사용하고자 하였다. 소형관리기 엔진의 배기량은 267cc 이고 공냉 4

싸이클 직립 단기통 가솔린 엔진이며, 중량은 102 kg이고 주아채집장치의 전장, 전고, 전폭은 각각 1490 mm, 820 mm, 680 mm 으로 하고자 설계 하였으나 엔진의 무게 및 가격 면에서 주아채집장치로서 적당하지 않아 설계를 변경하였다.

## 2) 2차 설계

주아채집장치의 동력원은 2차 설계 시 산업용 축전지(12V) 2개를 직렬로 연결하여 24V를 동력원으로 사용하였다. 축전지 가격 면에서 위에 설명한 엔진보다 저렴하고 사용하기에 간편하여 채택하여 모든 단위 구동원에 전원을 공급하였다.

## 라. 주행부

### 1) 1차 설계

주아채집장치의 1차 설계 시 주행부는 그림 18 및 19에서와 같이 후륜은 직경 25cm 폭 7cm의 관리기 타이어와 전륜은 직경 15cm 폭 5cm의 소형 자유륜을 사용하고 체인을 이용하여 한쪽 바퀴만을 구동하였으나 포장에서 주행 시 바퀴가 빠지거나 미끄러지는 등 문제점이 있어 아래 2차 설계와 같이 수정 보완 하였다.

그림 19는 1차 설계 제작한 구동륜에 동력을 전달하는 직류 모터, 체인 및 기어 구조를 보여주고 있다. 주행부의 동력은 24V 직류 모터(60 W)를 이용하였으며 주행 속도는 작업자의 도보 속도를 감안 하여 360 m/hr로 설정하였다.



Figure 22. Photograph of the first designed traveling unit of the prototype garlic bulbils collecting system.

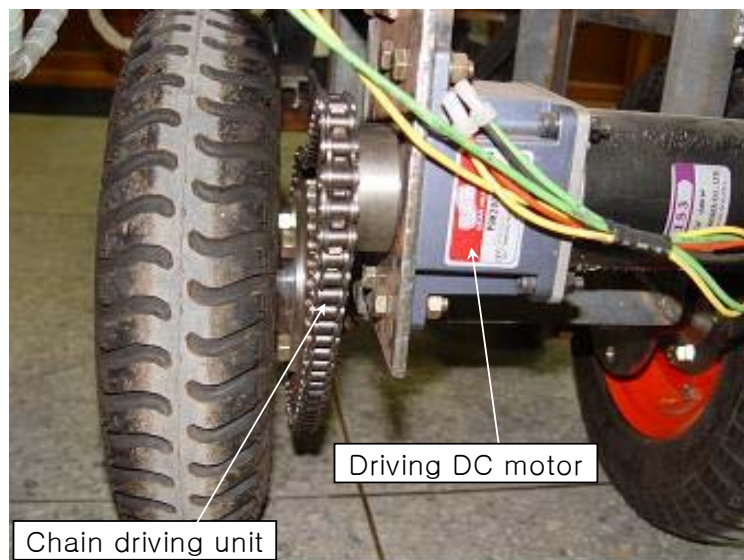


Figure 23. Photograph of the power transmission unit of the prototype garlic bulbils collecting system.

## 2) 2차 설계

2차 설계 제작한 주행부는 1차 설계 시 문제점을 보완하고자 후륜 및 전륜 모두 2개의 이중 광폭 타이어를 사용하였으며 또한 주행 능력을 높이하고자 2륜구동으로 변경하여 설계 제작하였다. 그림 20 및 21은 각각 2차 설계 제작한 주행부의 전륜 및 후륜을 보여주고 있다. 그림 22는 후륜부의 설계 도면을 나타내고 있다.

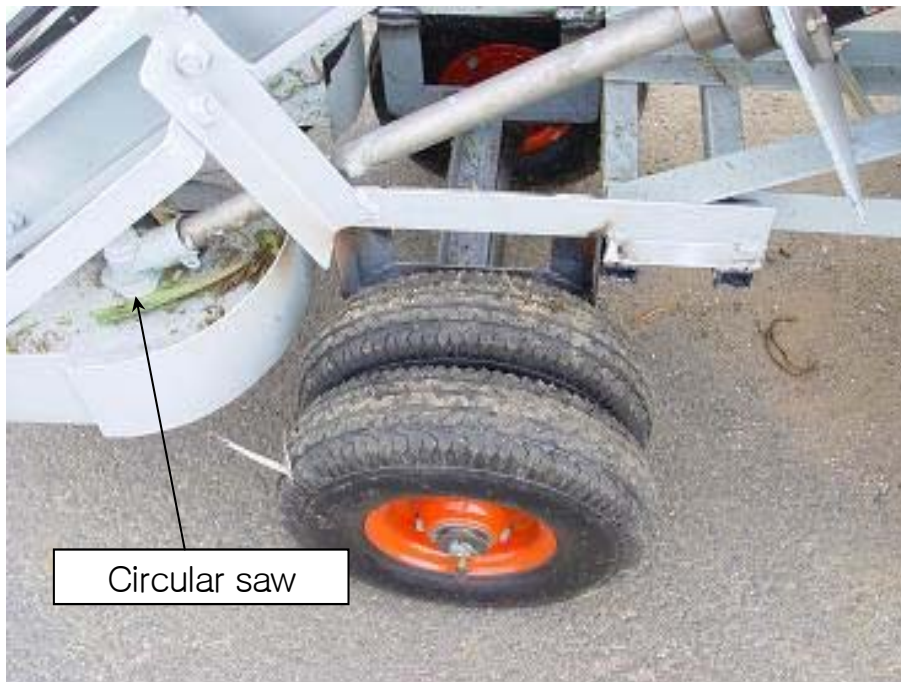


Figure 24. Photograph of the modified front wheel of the prototype garlic bulbils collecting system.

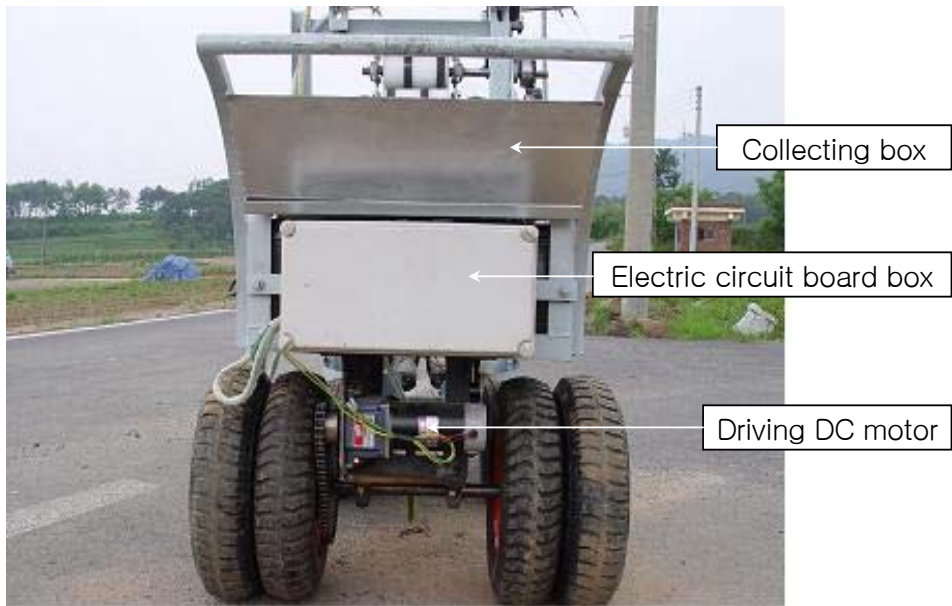


Figure 25. Photograph of the modified rear wheel of the prototype garlic bulbils collecting system.

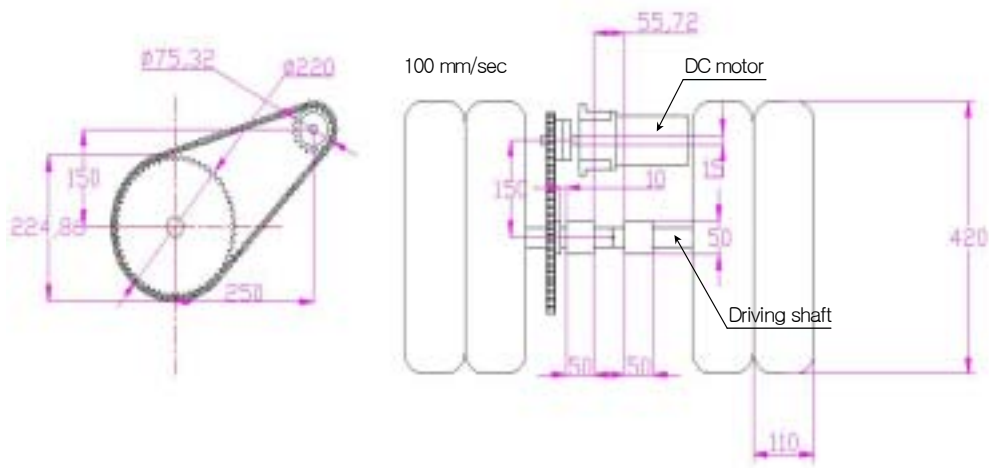


Figure 26. Design sheet of the rear wheel driving assembly.



마. 제어부

마늘 주아채집장치 시작기의 제어부는 그림 23의 윗부분과 같이 제작하였고, 그림 24는 제어부의 전기배선 및 부품들을 나타내고 있으며, 그림 25는 제어부 구조 설계도면을 나타내고 있다.

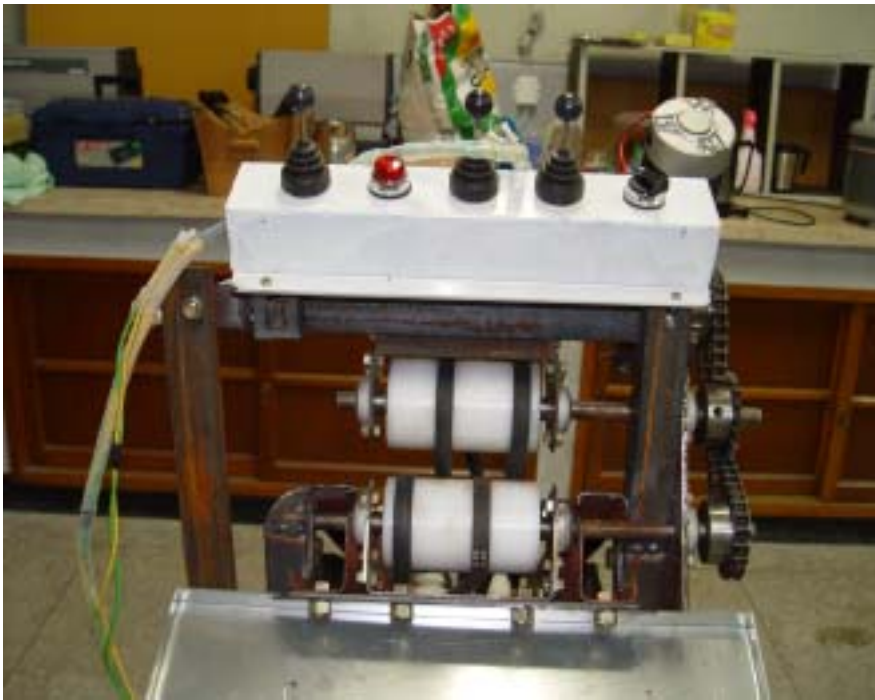


Figure 27. Photograph of the control unit of the prototype garlic bulbils collecting machine.



Figure 28. Photograph of the electric circuit of the control unit.

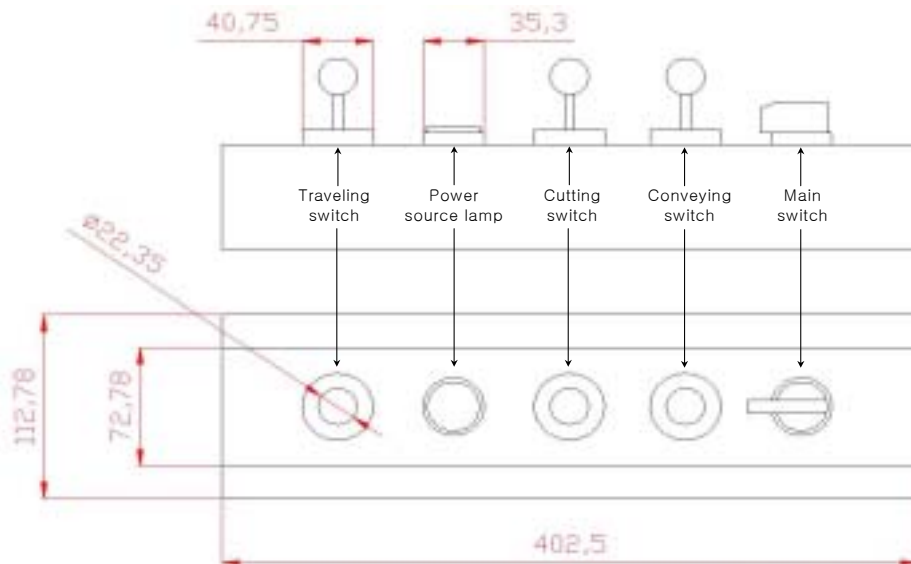


Figure 29. Design sheet of the control unit.



## 바. 시작기 설계 및 제작

### 1) 1차 설계

마늘 주아채집장치 시작기의 설계를 아래 그림26과 같이 완성하여 예취부, 채집부, 동력부 및 주행부 등 개별적으로 제작 검토를 한 결과 본 연구과제에서 추구하고자하는 사용의 편리성 및 경량화에 미치지 못하여 위에서 설명한 바와 같이 설계 변경을 하였다.

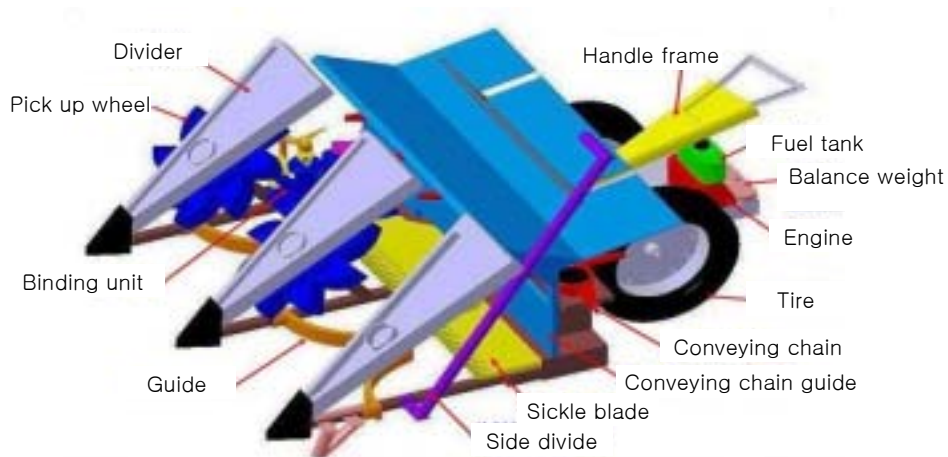


Figure 30. Overall 3D sketch of the prototype garlic bulbils collecting system.

### 2) 2차 설계 및 제작

2차 설계에 의한 마늘 주아채집장치 시작기(1825 × 570 × 1362 mm)는 예취부, 이송부, 채집부, 동력부, 주행부 및 제어부 등으로 구성되어 있다(그림 27, 28). 예취부는 2개의 직류 모터(24V)로 각각 구동되는 2개의 원형톱 및 안내판으로 구성되어있고, 이송부는 1개의 직류 모터로 2개의 풀리를 동시에 구동시켜 풀리들 사이를 연결한 V벨트들이 절단된 마늘줄을 이송하도록 하였다. 채집부는 V벨트에 의해 이송된 마늘줄들이 낙하하면서 수평 상태로 모아지도록 벨트의 끝 부분의

조향대 밑에 설치하였다. 주행부는 광폭 2중 타이어를 사용하여 2륜 후륜 구동을 하도록 하여 주행 능력을 강화하면서 미끄럼을 방지 하였다. 제어부는 메인 스위치, 주행(전진 및 후진), 예취, 이송 스위치 등으로 구성하여 조작하기 편하게 설계 제작하였다.



Figure 31. Photograph of the prototype garlic bulb harvesting machine.

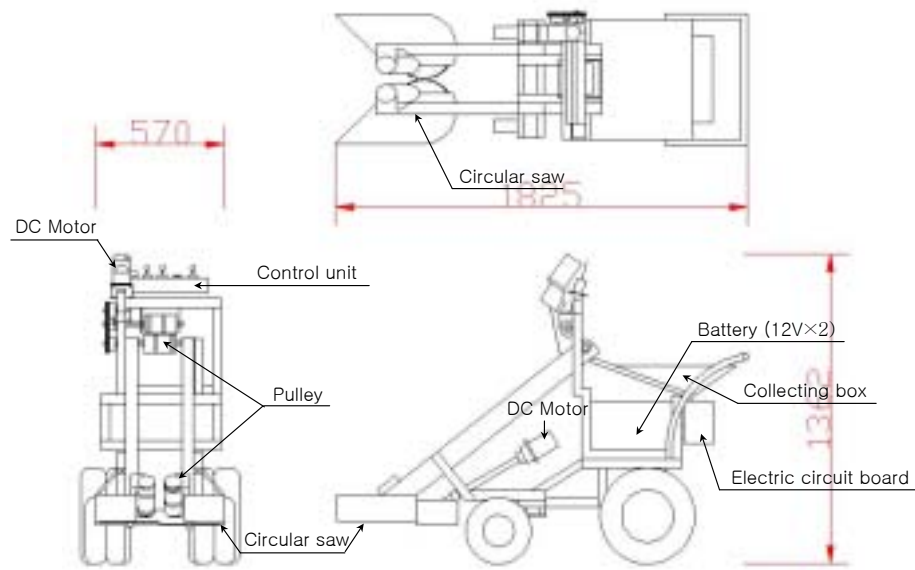


Figure 32. Design sheet of the prototype garlic bulbils collecting system.

### 3) 성능 시험

#### 가) 1차 성능 시험

본 연구에서 설계 제작된 주아채집장치의 시작기는 충남 서산시 일진면 화신리 마늘 집단 재배 농가에서 성능시험을 실시하였다. 1차로 설계 제작된 주아채집장치 시작기는 구동 장애, 미끄럼 발생 및 전복 등으로 인해 성능 시험을 거의 할 수 없었다. 그림 29는 성능 시험 시 마늘주아채집장치 시작기가 고랑에 전복된 사진을 보여 주고 있다. 그림 30은 1차 설계 제작된 마늘 주아채집장치 시작기의 설계 도면이다.



Figure 33. Photograph of overturned prototype garlic bulbils collecting system before modified.

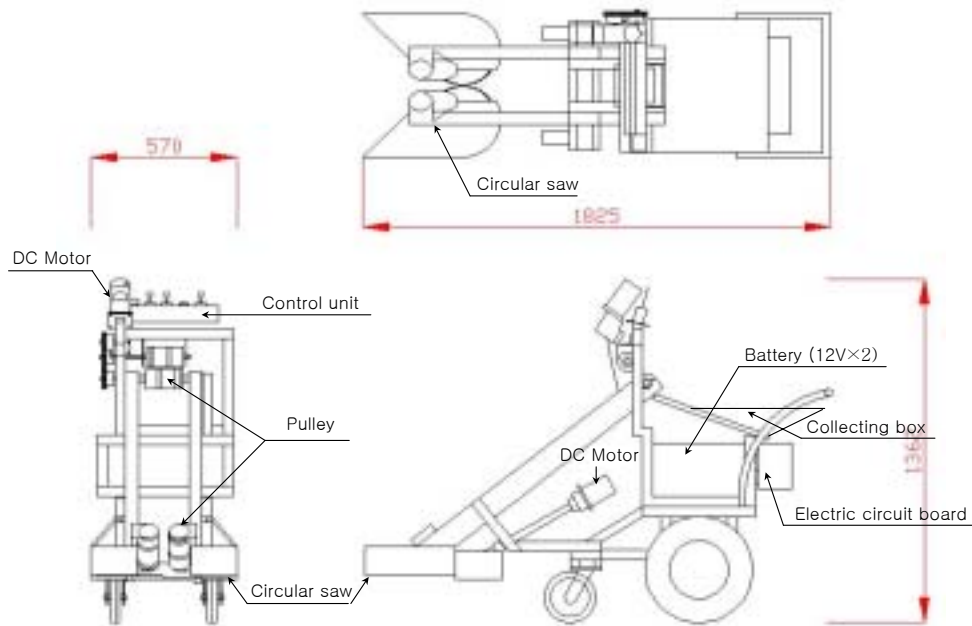


Figure 34 Design sheet of the 1st trial of the prototype garlic bulbils collecting system.

#### 나) 2차 성능 시험

주아채집장치의 1차 성능 시험에서 발생되었던 구동, 주행상의 문제를 해결하기 위해 바퀴의 폭을 넓히고 후륜 및 전륜 모두 2중의 광폭 타이어로 교체하여 시험 한 결과 주아채집장치 시작기의 구동 및 주행의 문제가 더 이상 발생하지 않았다.

#### 다) 마늘쫑의 절단

마늘쫑의 절단은 지상에서 약 20cm의 높이에서 절단하도록 하였으며, 대부분의 마늘쫑이 절단되는 양호한 성능을 보였으나, 시작기의 바퀴가 고랑에 들어가야 하는 경우에는 마늘쫑이 절단은 되나 절단된 마늘쫑의 길이가 짧아 이송하는데 문제가 발생하였다.

#### 라) 마늘쫑의 이송

마늘쫑이 고르게 잘 자란 포장에서 예취 후 마늘쫑의 이송은 순조롭게 이루어졌으나 마늘의 성장이 좋지 않고 키가 크지 않은 마늘쫑은 예취 후 절단된 마늘쫑의 길이가 짧아 이송이 되지 않고 그대로 땅에 떨어지는 문제점이 발생하였다. 이 문제는 예취날의 높이를 낮게 하여 마늘쫑을 지상에서 더 가까운 지점에서 예취할 수 있도록 원형 톱날의 높이를 약 10cm 아래로 수정 보완 하였다.

### 4) 성능 평가

#### 가) 채집효율

그림 31은 주아채집장치 시작기의 포장시험을 하는 과정을 보여주고 그림 32는 마늘쫑이 예취 후 채집상자에 모아진 그림을 보여주고 있다. 마늘 주아채집장치 시작기에 의해 예취 후 마늘쫑의 채집효율은

약 60%로 기대에 못 미치는 결과를 얻었으나 이는 일정하지 못한 재식방법이나 재식간격으로 인해 주아채집장치 시작기가 수확 기계로서 제 기능을 발휘하지 못한 결과이다. 추후 재배 농가에서 수확체계 기계화의 필요성을 인식하여 마늘 주아 재배의 기계화 영농 방법으로 개선하면 채집효율은 크게 달라지리라 판단된다.



Figure 35. Photograph o