

최      증  
연구보고서

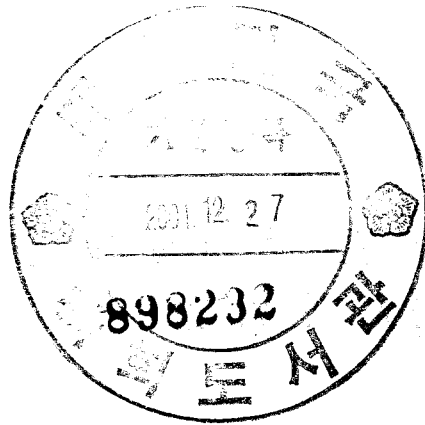
# 원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구 분열 작업기계 개발

Development of Rotating Cone Type  
Seed Garlic Separator

연구기관

안동정보대학

농림부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “원주 회전판을 이용한 씨마늘의 종구 분열  
작업기계 개발” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2001년 11월 19일

주관연구기관명 : 안동정보대학

총괄연구책임자 : 이 종 수

세부연구책임자 : 이 진 현

연 구 원 : 김 덕 현

김 기 복

이 정 삼

협동연구기관명 : 안동시 농업기술센터

협동연구책임자 : 황 기 섭

협 동 연 구 원 : 이 수 응

엄 태 영

# 제1장 서론

여 백

# 요 약 문

## I. 제 목

원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구 분열 작업기계 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

한국인에게 조미 채소로서 높은 비중을 차지하고 있는 마늘은 최근 가공식품의 수요 증대 및 육류소비의 증가에 따라 그 수요가 계속 증가되고 있는 추세이다. 그러나 우리 나라의 마늘 생산비는 중국산에 비해 비교 열위에 있기 때문에 경쟁력을 갖추기 위해서는 생산비 절감이 절실히 요구되고 있다. 특히 대규모의 마늘 파종작업을 효율적으로 생력기계화 하기 위해서는 마늘 쪽분리 작업의 생력 기계화를 통해 단기간에 대량의 씨마늘을 준비하는 것이 필요하다.

쪽분리 작업은 다른 농작업에 비하여 작업의 피로도가 높고 작업환경이 열악한 힘든 작업이기 때문에 기계화에 대한 농민들의 요구도가 매우 큰 작업이다. 또한 농업 노동력의 수급측면에서도 마늘 파종기는 벼 수확시기와 겹쳐지기 때문에 마늘 파종기의 노동력 집중도는 매우 높아 파종 작업의 노동력 절감 기술이 요구되고 있는 실정이다. 마늘의 파종 작업에서 쪽분리 작업은 기계화가 이루어지지 않아 많은 노동력이 소요되고 있으며 이 작업에 대한 기계화 파종 작업 노동력 절감에 필수적이다.

기존의 다단 롤러방식에서 쪽 분리된 마늘의 손상율을 줄이고, 쪽분리율을

높이기 위해서는 롤러의 단수와 간격 및 롤러의 회전속도 차이를 적절하게 설정해 주어야 할 것으로 생각된다. 또한 롤러방식 분리기는 마늘의 이송을 위한 벨트를 채용함으로써 별도의 구동부가 필요하게 되며 이에 따른 기계제작 비용이 증가하게 될 것으로 사료된다. 그러므로 저비용 고효율의 분리를 개발하기 위해서는 별도의 마늘 이송 장치 없이도 쪽을 분리할 수 있는 간단한 방법이 확립되어야 한다고 판단된다.

따라서 본 연구는 마늘 쪽분리 작업을 생략화하기 위해, 회전 원추원리를 이용한 저가격 고효율의 씨마늘쪽분리기를 개발하기 위해 수행되었으며 연구의 세부 목적은 다음과 같다.

- 가. 회전원추 원리의 요인별 성능평가 실증 실험을 통한 최적 조건 구명
- 나. 회전 원추원리를 이용하여 씨마늘쪽분리 작업기계 개발
- 다. 저가격 고효율의 농가 보급형의 회전 원추형 씨마늘 쪽분리 작업기계의 농가 보급.
- 라. 표준 설계에 의한 마늘쪽분리 작업기계를 마늘주산지역 중소농기계 제조업체에 기술이전.
- 마. 마늘 재배 현장에 쪽분리기의 실용화 보급이 촉진될 수 있도록 생산보급 유지체계 구축.

### III. 연구개발 내용 및 범위

회전 원추 원리를 이용한 씨마늘 쪽분리 작업기계의 개발은 과정은 대별하면, 회전원추의 원리 검증에 위한 요인별 실증실험 단계와 이 실증 실험에서 구명된 적정 조건으로 설계 제작된 시작기로서의 마늘쪽분리기의 성능평가와 기능 개선 단계이다. 성능 평가와 최적 조건에 의하여 설계 제작된 공급기의 마늘 재배 농가에 저가에 보급을 위한 기술이전과 표준화된 설계 제작 도면의 구비이다. 그러므로 이러한 연구개발을 위해서 요구되는 연구개발 내용 및 범

위는 다음과 같다.

1. 회전원추에서 최적 조건을 나타내는 원추의 회전속도, 원추의 높이, 원추 투입부와 배출부의 간극 등을 실증실험을 통하여 구명.
2. 시간당 마늘의 쪽분리 작업에 따른 1쪽 분리 성능 및 손상율을 정량적으로 구명
3. 기계 분열시 종구의 외관상 및 현미경에 의한 손상 정도 비교
4. 투입호퍼, 선풍장치의 최적 설계 제작.
5. 쪽분리율은 극대화, 손상율은 극소화되는 농가보급용 작업기계 제작완성
7. 개발 기계의 유지 보수가 용이하도록 설계제작 도면을 작성 구비.
8. 개발기계인 마늘쪽분리기의 보급이 촉진되도록 중소농기계 제조업체에 기술이전
9. 회전원추를 이용한 씨마늘 쪽분리기의 원리는 발명 특허를 출원하고, 개발기계인 “씨마늘 쪽분리기”는 실용신안 출원
10. 인력 작업과 기계작업에 따른 마늘쪽분리 작업 능력 비교
11. 포장에서 기계분열 종자와 수작업 분열 종자와의 발아 생육 비교
12. 마늘 재배에서 마늘쪽분리 작업 기계화에 따른 경영비 절감 효과 비교

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구 개발 과정에서 도출되어 발생하는 결과로서

1. 회전 원추를 이용한 씨마늘의 종구분열 작업기계 개발은 우리 나라 마늘 재배 실정에 맞는 작업기계의 개발이라는 측면에서 마늘 재배 농업 현장에서의 애로 사항이 해결되었다. 회전 원추 원리를 이용한 작업 기계에서 최적 조건을 나타내는 요인별 검증 실험이 수행되어 비교 검토 분석 결과가 도출되었기 때문에 이 원리를 타 농작물의 작업기계 개발에도 활용이 가능하다. 특히 2000년도 발생한 한국과 중국과의 통상 마찰로서 마늘 분쟁 이후, 정부에서는 “마



늘 산업 경쟁력 강화 추진 계획”의 성과 결과의 정책 자료로도 활용이 가능하게 되었다.

2. 씨마늘 쪽분리 작업 기계 설계 제작 과정에서 제작도면이 KS 규격에 따라 구비되어 있기 때문에 개발기계는 어떤 업체에서도 제작이 가능하고, 설계가 단순하여 생산원가가 저렴하므로 실제 마늘 재배 농가에 저가격으로 보급이 가능하게 되었다. 또한 제작 도면의 구비로 보급기계의 사후 봉사 시에 유지정비 보수가 용이하게 되었다.

3. 씨마늘쪽분리기 개발 과정에서 회전원추 원리는 발명특허출원(출원번호 제1999-003456호)되었으며, 개발된 보급용의 공급기는 실용신안(등록 제 0249179)이 등록되었다.

4. 요인별 실증 실험을 수행하고, 공급기를 제작하여 주관연구 기관에서 마늘재배 농민, 관련 업체 전문가, 언론취재기자 등을 초대하여 개발 기계인 마늘쪽분리의 시연회 및 성능평가회를 개최하였다. 이 행사에 참여한농민은 분리 성능에 매우 만족하여 최종 시작기는 안동 일직면 마늘 재배 농가에 무상 임대되어 금년도 마늘쪽분리에 활용되어 현장 적응성을 마쳤다.

5. 성능 평가회 및 시연회 개최에 참석하였던 몇 개의 농기계 제조업체 중에서 (주)한서정공에서는 개발기계의 기술 이전을 요청함에 따라 주관연구기관에서는 면밀한 검토를 거쳐서 (주)한서정공에 기술이전 가계약이 체결되어 최종 보급기와 표준 설계도면은 기술이전업체에 이관되어 농가에 보급체계를 갖추게 되었다.

이러한 기술 이전 결과 이후에 회전 원추 원리를 이용한 기술은 남미의 칠레와 페루에 기술 및 제품의 수출을 준비하고 있는 상태이다.

6. 마늘 재배 농가 입장에서는 저가의 고효율의 마늘쪽분리기가 공급되므로 마늘 재배 생산원가 절감효과와 함께 농가 소득 증대에 기여하게 되었으며, 마늘 파종 시기에 쪽분리 작업의 기계화에 따라서 필요 인력을 타 농 작업에 노동력을 공급하여 원활한 영농이 기대된다.

## SUMMARY

### I Title of the Research

Development of rotating cone type garlic separator

### II. Objective and Significance of the Research

The garlic, one of valuable condiment vegetable, has been increasing on demand with the increase of processed food and meat consumptions. The production cost of garlic in Korea is much higher than that in China, so it is required to reduce the production cost for improving competitiveness. In special, it is essential for the prompt bulb separation to mechanize the seeding operation in large-scaled farming. Therefore, it is necessary for the development of high-performance garlic separator to prepare bulb promptly right before seeding.

Compared with other farm operation, the garlic separation is very hard and suffering work and has the with deteriorating working condition as well. Therefore, it is highly needed to develop the separator to save the labor force. Furthermore, garlic seeding has to be operated during rice harvesting period, and then in this period labor intensiveness is so high that labor-saving method has to be established. The mechanization of garlic separation has to be first accomplished to save the seeding labor force because garlic separation is the main labor-requiring work among seeding operation,

To improve separation performance of the existing separator by

continuous roller , it is considered that roller gap and rotating speed were properly modified. Moreover, it requires additional driver due to adapting belt conveyer system, which should increase manufacturing cost of the separator. Thus, in order to develop the separator with low cost and high performance, it is need to be established novel separation method.

This research was conducted to develop the high-performance garlic separator using by the principle of rotating cone with a low cost. Objectives of this research in detail were as follows:

- 1) Elucidation of optimum condition of principles of rotating cone by factorial performance test
- 2) Development of rotating cone garlic separator
- 3) Supply garlic farmers with low-cost and high-efficient garlic separator
- 4) Transferring manufacturing technique of the separator to smaller manufacturer which is located on chief producing district of garlic.
- 5) Establishment of production, distribution and maintenance systems which were able to promote the practical use of the developed separator.

### III. Contents and Scope of the Research

Developing procedures of garlic separator using the principle of rotating cone consisted of optimization of design parameters and test and improvement of the separator's performance. On the basis of determined optimal design parameters and improved performance, we manufactured the suppling garlic separator with working drawing by Korean industrial standards) and transferred the technique and the drawing to supply garlic farmers with a low-cost and high-efficient garlic separator.

Detailed contents and scope of this research were as follows;

1. Determining optimal condition of the design parameters such as height and angle of the inner and outer cones, rotating speed of inner cone to maximize the separating performance.
2. Investigating the separating capacity of the separator and quantification of damaged bulb.
3. Comparison of the separator operation with manual operation for bulb damage degree observed with the naked eye and microscope.
4. Designing and manufacturing of input hopper and blower.
5. Manufacturing low-cost garlic separator with high separation performance for practical use of garlic farmers.

7. Drawing and equipment of standardized working drawing for easy maintenance and repair.
8. Transferring the manufacturing technique and working drawing to the firm for the efficient supply of developed separator to the farmers.
9. Registering the principle of the separating and the separator in patented invention and in utility model, respectively.
10. Comparison of the separator operation with manual operation for separation performance.
11. Comparison of the separator operation with manual operation for field performance of the bulb.
12. Cutting the managing cost of garlic farming through the mechanization of garlic separation.

#### IV. Results of the Research and Suggestions for the Application

1. In this research we developed rotating cone type garlic separator which is suitable to field application. we elucidated the optimal conditions of several factors that affect the efficiency of rotating cone. So this results can be applied to development of other agricultural machinery.

2. This garlic separator can be manufactured by any manufacturer because it equipped KS(Korean Standards) working drawing and be supplied with the farmers at a low price due to low production cost. In addition, the equipment of working drawing make it easy to maintain the supplied separator.

3. We elucidated the principle of rotating cone which was registered patented invention(no.1999-003456) and manufactured supplying garlic separator which was registered utility model(no. 0249179).

4. After manufacturing the separator we gave a trial performance in public. Farmers, agriculture expertises, reporters and machinery makers were attended in this trial. The farmers had rated the separator's performance very highly, so we borrowed the separator to farmers and finished the adaption test on the field.

5. We transferred the technique to Hanseo engineering co. which is one of

attendants at the trial performance, so production and distribution systems of the separator were established.

6. With the supplying of this separator to garlic farmers, they were able to reduce production cost and to increase farm profitability. And the labor force saved by the mechanization of garlic separation was able to be used into other farm operation.

## CONTENTS

SUMMARY .....	7
CONTENTS .....	13
Chapter 1 Introduction .....	19
Section 1. Changes in domestic and international environments ...	19
Section 2. Necessity of the research .....	22
Section 3. Objectives of the research .....	24
Section 4. Characteristic of garlic farming .....	25
Chapter 2. Design and manufacture of garlic separator .....	35
Section 1. Basic principle of rotating cone type garlic separator	37
Section 2. Basic strategy of design and manufacture of the separator .....	38
Section 3. Design and manufacture of prototype #1 .....	39
Section 4. Design and manufacture of prototype #2 .....	48
Section 5. Design and manufacture of prototype #3 .....	59
Section 6. Design and manufacture of prototype #4 .....	62
Section 7. Final prototype .....	77
Chapter 3. Performance test of developed garlic separator .....	83
Section 1. Introduction .....	85
Section 2. Performance test of prototype .....	97
Section 3. Results and Discussion of prototype #1 .....	98
Section 4. Performance test results and Discussion of prototype #2 .....	131
Section 5. Performance test results and Discussion of prototype #3	



.....	134
Section 6. Performance test results and Discussion of prototype #4 .....	140
Section 7. Performance test results and Discussion of prototype #5 .....	144
Section 8. Capacity of separation of human beings and a prototype machine .....	145
Section 9. Summary and conclusions .....	147
 Chapter 4. Performance evaluation of developed garlic separator and technology transfer .....	151
Section 1. Performance evaluation ceremony of developed garlic separator .....	151
Section 2. technology transfer ceremony .....	154
Reference .....	157
 Chapter 5. Field performance test of seed garlic separated by rotating cone type garlic separator and labor-saving effects induced by mechanization of garlic separation .....	159
Section 1. Introduction .....	161
Section 2. Materials and methode .....	162
Section 3. Results and discussion .....	163
Section 4. Conclusions .....	163
Reference .....	168
Appendix	

# 목 차

제출문 .....	1
요약문 .....	3
SUMMARY .....	7
CONTENTS .....	13
목차 .....	15
제 1 장 서론 .....	19
제 1 절 국내의 환경 변화 .....	19
제 2 절 연구 개발의 필요성 .....	22
1. 경제·산업적 측면 .....	22
2. 사회·문화적 측면 .....	22
3. 기술적 측면 .....	23
제 3 절 연구 개발의 목적 .....	24
제 4 절 마늘 재배 특성 .....	25
1. 마늘의 품종 .....	25
2. 파 종 .....	28
3. 수확 및 저장 .....	28
4. 마늘 재배 기계화 .....	30
제 2 장 씨마늘 쪽분리 작업기계의 설계제작 .....	35
제 1 절 회전원추형 씨마늘 쪽분리 작업기계의 기본 원리 .....	37
제 2 절 설계제작의 기본 방향 .....	38
제 3 절 시작기(1호기) 설계 제작 .....	39
1. 전동기 부하 설계 및 선정 .....	39
2. 회전원추 축의 회전속도 설정 .....	40

3. 내·외원추 설계 제작 .....	42
4. 1호 시작기의 형상과 구성 .....	44
제 4 절 2호 시작기 설계·제작 .....	48
1. 마늘 공급부 설계 제작 .....	48
2. 풍선장치 설계 .....	53
3. 2호 시작기 최종 제작 .....	56
제 5 절 3호 시작기 설계·제작 .....	59
1. 설계 기준 .....	59
제 6 절 4호 시작기 설계 제작 .....	60
1. 설계 배경 .....	62
2. 4호 시작기의 주요부 .....	62
제 7 절 최종 시제품 (5호기) 완성 .....	77
1. 4호기에서 보완 설계 사항 .....	77
2. 최종 시제품의 주요부 .....	77
제 3 장 씨마늘 분열 작업기계의 성능 평가 실험 .....	83
제 1 절 서론 .....	85
제 2 절 시작기 성능 평가 실험 .....	87
1. 성능 평가용 시작기 개요 .....	87
2. 시작기 성능분석을 위한 재료 및 방법 .....	90
제 3 절 1호 시작기 결과 및 고찰 .....	98
1. 마늘 투입부와 배출부 간극이 일정한 조건 .....	98
2. 원추의 배출부 간극 변화에 따른 쪽분리 성능 분석 .....	114
제 4 절 2호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰 .....	131
제 5 절 3호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰 .....	134
제 6 절 4호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰 .....	140

제 7 절 5호 시작기(최종 공급기) 성능시험 결과 및 고찰 .....	144
제 8 절 인력작업과 기계작업과의 비교 .....	145
제 9 절 요약 및 결론 .....	147
참고문헌 .....	149
제 4 장 마늘쪽분리기 성능평가 시연회 및 기술이전 .....	151
제 1 절 성능평가 및 시연회 .....	151
제 2 절 기술이전 사업설명회 .....	154
참고문헌 .....	157
제 5 장 인력과 마늘 쪽분리기 작업으로 씨마늘의 포장 생육 비교 및 기계 분리에 따른 농가 노동력 절감 효과 .....	159
제 1 절 서론 .....	161
제 2 절 재료 및 방법 .....	162
1. 인력과 기계작업 씨마늘의 포장 생육 및 수량 비교 시험 .....	162
2. 수작업 쪽분리의 기계화에 따른 노동력 절감 효과 시험 .....	162
제 3 절 결과 및 고찰 .....	163
1. 인력과 기계작업 씨마늘의 포장 생육 및 수량 비교 .....	163
2. 수작업 쪽분리의 기계화에 따른 노동력 절감 효과 .....	165
제 4 절 결론 .....	167
참고문헌 .....	168
부록	

여 백

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 국내외 환경 변화

최근 중국산 마늘에 대한 긴급 수입 제한 조치(Safe-guard)로 촉발된 한국과 중국사이의 통상마찰인 “한-중 마늘 분쟁”은 국내 마늘 재배의 생력 기계화를 촉진시키는 큰 계기가 되었다. 현재 한-중 마늘 협상은 다른 공산품에 대한 중국과의 통상 마찰을 우려하여 관세율을 낮추는 방향으로 합의가 됨에 따라, 국내산 마늘의 경쟁력이 약화되고 있으며 특히, 2001년 11월 현재 중국의 세계무역기구(WTO) 가입과 뉴라운드 협상 타결에 따라 2004년 이후에는 수입 농산물에 관세 인하 압력과 국내 농산물 시장의 개방 확대, 보조금 제도 폐지, 향후 3년 후 긴급관세부과 조치가 종료되는 등의 환경 변화에 의하여 국내 농업 생산 여건 특히, 국내의 마늘재배 여건이 더욱 어려워 질 것으로 전망된다. 이러한 한·중 마늘분쟁과 세계무역환경 변화 등으로 말미암아 국내 마늘의 가격경쟁력의 상실 등으로 인하여 마늘재배 면적의 현저한 감소가 예상되며 대체 작목으로서 한지형 마늘의 경우 양파, 난지형 마늘의 경우 감자 및 감귤 등으로 작목이 전환될 것으로 전망된다. 따라서 이들 대체 작목의 과잉생산으로 인하여 이들 작목까지 가격이 폭락할 가능성이 높을 것으로 생각된다.

마늘은 국내 양념채소의 전체 재배면적(95년 17만 3,000ha) 중에서 23%(4만 ha), 전체 생산량(185만 5000톤) 중에서는 25%(46만 2000톤)를 점유하고 있는 중요한 작목 중의 하나이다. 마늘 재배면적은 표1-1에서와 같이 99년 현재 약 42,000 ha를 차지하고 있으며 가공식품의 발달, 육류소비의 증가와 함께 그 수요는 계속 증가 하고있는 추세이다. 10a당 수량도 80년대 초반의 682kg에서 90년대 후반에는 1055kg 이상으로 상당한 증가를 보이고 있으나, 농산물의 수입

개방으로 말미암아 중국과의 경쟁이 불가피할 것으로 예상된다.

지역별 재배면적은 99년 현재 충남 3,634 ha, 경북 4,964 ha, 경남 6,292 ha, 전남 20,349 ha의 순서로 마늘 재배면적의 85%가 4 개 도에 집중되어 있으며, 시·군별로는 전남 무안·신안·해남·고흥, 경남 남해, 경북 의성, 충남 태안 지역 등이 주산지이다.

Table 1-1 Planted area and yield of garlic. (1999-2001, Agricultural Machinery Year Book, ROK)

Year	Planted area(ha)	Yield per 10a (kg/10a)	Yield (M/T)
1980	37,080	682	252,768
1985	39,015	657	256,201
1990	43,643	955	416,774
1995	39,636	1,165	461,735
1999	42,416	1,055	393,903

생산량은 재배면적의 증감에 따라 다소 차이는 있지만 그림 1-1과 같이 연간 30~50만톤 정도 생산되고 있다. 최근에는 멀칭 재배 기술의 도입, 난지형 마늘 재배 면적의 확대, 관수 시설의 보급 등으로 10a당 수량이 657kg(85년 기준)정도에서 최근에는 약 1,055kg(99년)정도로 증가하여 단위 면적당 생산량이 크게 증가하였다.

마늘의 출하 동향은 잎마늘의 경우 11월부터 북제주와 남제주, 통영, 무안, 서천지역에서 이듬해 5월 하순까지 출하되며, 조숙 재배 마늘의 경우 서귀포와 고흥 지역에서 5월 상순부터 5월 하순까지 출하된다. 보통 난지형 재배 마늘은 고흥지역에서 5월 상순에 처음 출하되며, 6월경에는 해남 무안·신안 지역에서 산지수집상이나 반출상 등에 의하여 집중 출하된다. 반면 한지형 마늘은 6월

초순부터 서산과 의성 지역에서 일부 출하를 시작하지만 대부분의 농가에서 간  
이저장 된 후 산지시장이거나 수집상을 통하여 연중 출하되고 있다.

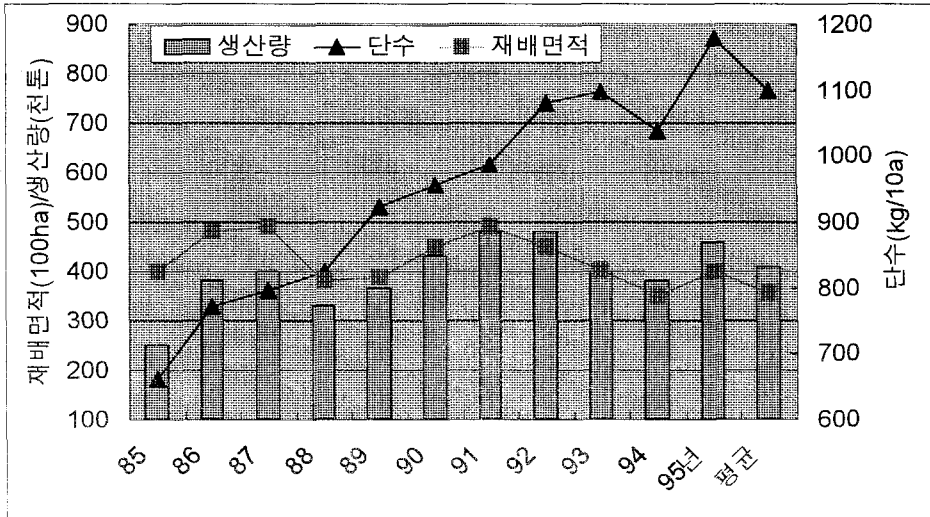


Fig. 1-1 Planted area and yield of garlic

중국산 마늘 수입에 대한 정부의 수입제한 조치나 수입에 따른 생산 농가의 보조금 지원 정책은 세계무역기구(WTO)의 규정에 위배되지만 국내의 농업기반 여건을 고려할 경우 이러한 조치는 불가피하다. 쌀 다음으로 중요한 농작물인 마늘에 대하여 생산비 절감을 통한 경쟁력 증대를 위하여 정부에서는 “마늘 산 업 경쟁력 제고를 위한 세부 추진계획”을 발표하여 추진하고 있다. 이러한 마 늘산업 경쟁력 제고를 위해 세부 추진 계획에 따라 주산 단지별로 2003년까지 연차별 마늘생산 기계화 추진 계획이 수립되어 시행되며, 기계화 촉진을 위한 자금이 지원될 예정이다. 또한 지역특화사업과 물류 표준화 사업이 추진되고 있으며 지역특화사업의 경우 마늘 쪽분리기가 농기계 지원 기종으로 포함되어 있다.



## 제 2 절 연구 개발의 필요성

### 1. 경제·산업적 측면

마늘은 재배 면적의 경우 80년대부터 큰 증감 없이 대체적으로 40,000 ha 내외 정도이며 전체 농업생산량이 약 25%를 점유하고 있는 농가의 주 소득원이다. 최근 농산물 수입자유화 협약에 따른 저가의 중국산 마늘의 무분별한 수입으로 인하여 국내 마늘 재배 농가의 큰 타격을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 국내 생산농가의 기반이 흔들릴 경우 농업분야 뿐만 아니라 산업 전반에 미치는 파장이 클 것으로 생각된다. 따라서 마늘 재배와 관련한 생력 기계화가 반드시 필요하며 마늘 파종 전 반드시 필요한 인편 분리작업은 과도한 노동력이 요구될 뿐만 아니라 전체적으로 마늘의 생산비를 증가시키는 요인이 된다. 따라서 이러한 인편 분리작업을 효율적으로 수행할 수 있는 마늘 쪽분리 작업을 기계화함으로써 마늘 재배 생산비 절감을 통한 국제 경쟁력 확보와 재배농가의 소득증대에 기여할 수 있게 된다.

### 2. 사회·문화적 측면

한국인에게 조미 채소로서 높은 비중을 차지하고 있는 마늘은 최근 가공식품의 수요 증대와 더불어 육류 소비의 증가에 따른 식생활 문화의 변화에 따라 그 수요가 계속 증가하고 있는 추세이다. 마늘 재배는 그 재배 주기가 다른 농작물 특히 벼 재배 주기와 거의 반대이기 때문에 마늘의 파종과 수확시기는 벼의 수확과 파종시기와 겹쳐진다. 따라서 노동력 부족 현상에 따라 과도한 인력작업이 요구되는 인편 분리 작업에 대한 농민들의 기계화 요구가 매우 높은 실정이다. 인편 분리 작업은 다른 농작업에 비하여 작업의 피로도가 높을 뿐만 아니라 먼지가 많이 발생하는 열악한 작업환경이다. 특히, 장시간의 작업으로 물집이 발생하거나 마늘 특유의 향 때문에 눈이 쉽게 피로해지는 기피 작업이다. 또한 마늘 파종 전 단기간에 작업을 해야 하므로 피로가 누적되어 농민의

건강에도 영향을 미칠 뿐만 아니라 심야 작업으로 인한 피로의 누적으로 인하여 익일의 벼 수확이나 파종작업에 지장을 초래할 수 있다. 따라서 마늘 쪽 분리기를 개발하여 보급한다면 농민들의 작업환경 개선과 아울러 마늘 재배의 생력 기계화를 구현할 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 기술적 측면

관행의 씨마늘 준비작업은 기계화가 미진하여 상당부분 인력에 의존하고 있는 실정으로서, 전체 마늘 작업체계를 검토해 볼 때 마늘 쪽 분리기의 기계화율이 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타났다. 지금까지 개발된 마늘 쪽분리기를 살펴보면 다단 롤러를 이용하여 롤러의 회전속도 차이에 의해 발생하는 전단력과 마찰력을 이용하여 쪽 분리하는 고무 돌기 드럼회전 방식(농업기계화연구소, 1994, 1995)이 개발되어 있으며 다단 롤러 방법을 수정 보완한 방법으로서 회전 롤러에 마늘의 이송을 도와주는 판 벨트가 장착된 판 벨트 방식이 있는 것으로 조사되었다. 또한 공기 압축방법을 이용한 쪽분리기도 개발되어 보급되고 있는 것으로 나타났다. 그 외 쪽분리된 마늘에 대한 박피기 개발에 관련된 연구가 수행되었다

기존의 다단 롤러방식은 쪽 분리된 마늘의 손상율을 줄이고 쪽 분리율을 높이기 위해서는 롤러의 단수와 간격을 적절하게 조절해 주어야 하며 롤러의 회전속도 차이를 적절하게 설정해 주어야 할 것으로 생각된다. 또한 마늘의 이송을 위한 벨트를 채용함으로써 별도의 구동부가 필요하게 되며 이에 따른 기계 제작 비용이 증가하게 될 것으로 사료된다.

본 과제에서 개발된 회전 원추를 이용한 마늘 쪽분리기는 별도의 마늘 이송 장치가 필요 없으며 구조가 간단함과 동시에 쪽 분리율을 높이고 손상율을 감소시킬 수 있다. 즉, 회전 원추를 이용한 쪽분리 방법은 원추판의 회전에 의한 원심력과 비틀림 작용을 이용하여 마늘을 씨마늘로 분열하게 되며 분리된 쪽마늘은 자중에 의하여 낙하하는 원리이므로 기존의 강제 압입 방식에 비하여 마

늘의 손상이 극소화될 수 있다. 또한 기계적인 마찰부가 적어 작동시 소음이 감소될 뿐만 아니라 구동에 필요한 동력이 절감되며 기계의 공간 점유율을 감소할 수 있다.

### 제 3 절 연구 개발의 목적

“회전 원추 원리”를 이용한 시제품에서 원추의 회전속도, 원추의 투입부와 배출부 간극 원추의 높이 등 요인별 성능평가실증실험을 수행하여 쪽분리율을 극대화하고, 손상율을 극소화하는 최적 조건을 구명한다.

요인별 최적의 조건을 구명하여 최적 조건에 의한 안정성이 강화된 저비용 고효율 능가 보급형 회전 원추형 씨마늘 분리 작업기계(쪽분리기)의 개발 보급한다. 개발 작업기계(쪽분리기)는 표준 설계에 의한 마늘주산지역 중소농기계 제조업체에 기술이전을 실시하여 마늘 재배현장에 쪽분리기의 실용화 보급이 촉진될 수 있도록 생산 보급 유지 체계 구축함을 개발 목표로 한다.

이러한 연구개발을 수행함에 있어서 세부적인 연구 내용은 다음과 같다.

- 투입호퍼, 선풍장치의 최적 설계 제작.
- 쪽분리율을 극대화(손상율을 극소화)하는 보급용 작업기계 제작 완성
- 보급기의 최적 작업 효과를 나타내는 요인 검증 실증실험에 따른 성능 평가 실증실험.
- 작업기계의 시간당 쪽분리 성능 및 손상율의 정량적 측정.
- 인력작업과 기계작업의 단위 노동 투하시간, 경영비, 소득 비교 분석.
- 쪽분리기의 보급을 촉진시키고, 유지정비가 용이한 표준 설계 제작도 구비 및 기술 이전.

## 제 4 절 마늘 재배 특성

### 1. 마늘의 품종

마늘은 종자가 형성되지 않으므로 적극적인 육종이 이루어지지 않아 품종의 수는 적으나 세계 각 지역마다 그 지방의 기후에 적응된 여러 지방종이 분화되어 있다. 국내의 재래종은 생태적으로 비교적 겨울이 따뜻한 남부지역에 적응되었던 난지형 마늘과 상대적으로 추운 중부지방에 적응된 한지형 마늘로 표 1-2와 같이 구분된다.

Table 1-2 Comparison of two garlic classic in Korea

난 지 형	한 지 형
동절기 온난 지역에서 재배되고 있는 재래 품종군.	내륙 및 중부지방의 한냉지역에서 재배되고 있는 재래 품종군
제주종, 해남종, 고흥종, 남해종 등	서산종, 의성종, 단양종, 삼척종
외국 품종으로 남도마늘이 해당	외국에서 도입된 품종은 거의 없음

마늘의 생리적 특성으로서 난지형 마늘은 남해연안과 도서지역 및 제주도과 같이 겨울이 따뜻한 지역에 적응된 품종으로서 표1-3에서 보듯이 한지형에 비하여 휴면이 짧아 8월 하순~9월 초순에 뿌리내림이 시작되며, 파종 후 곧 움이 트고 생장이 계속되어 연내에 상당히 자란 상태에서 월동하게 된다. 화서 및 마늘 쪽의 분화도 빠르고 숙기도 빨라 대부분이 조생종에 속한다. 마늘쪽은 10~12쪽 정도이며, 한지형에 비하여 매운맛이 적고 저장성이 약하다.

Table 1-3 Biological characteristics of garlic

구분	난지형	한지형
휴면기간	8월 하순~9월 초순으로 발근이 시작됨. 파종 후 곧 맹아가 출현함	난지형 보다 길어 파종 후에 발근. 맹아는 월동 후에 출현함
인편분화에 필요한 저온요구기간	짧고 일장에는 민감	길고 일장에는 둔감
인편분화개시기	3월 상순부터 중순경임	3월 하순부터 4월 상순경임
구형성 비대기	4월 하순~ 5월 상순경	5월 중· 하순경임
인편수	10~12쪽	6~8쪽
매운맛	약함	강함
저장성	약함	좋음

그러나 난지형 중에서 재래 품종은 조속·다수성인 남도마늘의 도입으로 인하여 현재는 제주종, 해남종, 고흥종, 남해종 등 일부를 제외하고는 거의 재배가 되지 않고 있는 실정이다. 현재 재배되고 있는 난지형 마늘은 남도마늘이 80% 이상을 점유하고 있으며, 남도마늘이 5%, 그리고 자봉마늘이 제주도에 소량 재배되고 나머지 재래종의 재배면적은 10% 내외로 추정된다.

한지형 마늘은 난지형에 비하여 숙기가 늦은 만생종 계통으로서 마늘쪽의 수는 6~8개 정도이고 매운 맛이 강하며 저장성이 좋다. 한지형 마늘은 내륙 및 중부지방의 한냉지에 적응된 품종으로서 난지형에 비하여 휴면기간이 길고 뿌리내림이나 움도 매우 늦다. 파종 후 뿌리는 내리지만 월동전에는 움이 트지 못하고, 월동 후 해동기부터 움이 터서 성장하게 된다.

Table 1-4 Bitanical properties of various garlic classes according to planting area

생태형	품종명	파종기	수확기	인편수	구무게(g)	원산지
한지형	서산종	10중하	6하	6~8	30~35	재래종
	의성종	10중하	6하	6~8	30~35	재래종
	단양종	10중하	6하~7상	6~8	25~30	재래종
난지형	고흥종	8하	6상	9~10	30~35	재래종
	제주종	8하	6상	9~10	35~40	재래종
	남도마늘	9하	6상·중	7~8	40~45	중국산
극난지형	자봉마늘	8하	4중	10~11	20~25	인니산
	남도마늘	9중	5중	12~13	50~60	스페인

현재 국내에서 재배되는 마늘의 주요 품종은 표 1-4와 같으며 행동기까지 저장이 가능하여 작형의 분화가 다양하게 이루어지지 않았다. 그러나 최근 수요가 급증함에 따라 조숙 재배, 잎마늘 재배가 제주도 및 남부 해안지방에서 확대되고 있는 실정이다. 조숙 재배의 경우 인공적인 광처리를 함으로써 단일 조건하에서도 종구의 비대가 잘 이루어지고 또한 종구에 저온처리를 함으로써 생육을 촉진시킬 수 있다. 또한 최근에는 마늘의 주아를 이용하여 겨울에 풋마늘을 생산할 수 있는 작형이 개발되었다. 가을의 재배면적이 부족하거나 월동기간 중 기상재해 등으로 인하여 생산량이 부족하다고 예상될 경우 저장성이 강한 한지형 마늘을 봄에 파종하면 가을 파종 수량의 70% 정도를 생산할 수 있다.

## 2. 파 종

마늘에서 발생하는 대부분의 병해충은 종구를 통하여 감염되므로 종구소독을 철저히 하는 것이 중요하다. 마늘의 뿌리는 곧고 깊게 자라므로 뿌리가 쉽게 뽑을 수 있도록 깊이 갈아주어야 하며, 파종 1~2주일 전에 퇴비와 석회를 골고루 뿌린 다음 깊이 갈이를 한다. 파종 1~2일 전에 화학비료 및 토양 살충제를 고루 뿌리고 땅을 고른다. 이때 큰 흙덩이가 없도록 고루 잘게 부숴야 하며, 특히 배수가 나쁜 땅은 배수로를 철저히 내야 한다.

마늘의 줄기는 곧게 자라므로 밀식에 견디는 힘이 강하다. 조밀하게 심을수록 단위 면적당 수량은 증가하나 작은 마늘통이 많이 생겨 상품가치가 떨어진다. 재식거리는 마늘쪽의 크기에 따라 다소 다르나 5~7g 씨마늘의 경우 줄 간격은 20cm에 포기 간격은 10cm가 적당하며, 120cm의 이랑 폭에 골 폭을 30cm로 하면 10a당 40,000개의 마늘쪽을, 40cm인 경우는 37,500개의 마늘쪽을 파종할 수 있다. 이때 마늘을 파종할 골은 6~7cm 깊이로 파주어야 하며 뿌리부분이 밑으로 가도록 파종한다. 옆으로 비스듬히 심거나 거꾸로 심으면 전체적인 마늘통의 모양이 비뚤어져 상품가치가 떨어진다.

## 3. 수확 및 저장

마늘은 고온기에 접어드는 6월 이후 종구의 비대가 완료되면서 잎과 줄기가 마르기 시작한다. 수확시기는 잎이 1/2~2/3 정도 말랐을 때이며, 수확시기가 늦을 경우 남도마늘의 잎이 누렇게 변하는 황화 현상이 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

수확시기가 빠르면 종구의 비대가 불충실해지고, 수분함량이 높아서 감모율이 증가할 뿐만 아니라 저장 중에 부패하는 경우가 많아진다. 또한 수확시기가 너무 늦게 되면 마늘통이 갈라지는 열구 현상이 심하여 상품성이 떨어진다. 수

확작업은 일조량이 풍부한 시기를 택하여 수확 후 포장에서 2~3일간 노지에서 충분히 건조하여 저장하는 것이 병원균 및 부패성 미생물의 발생을 억제하여 부패를 방지 할 수 있다.

마늘저장에서 가장 중요한 요인은 수분함량으로서 6~7월초에 수확 직후의 마늘의 수분함량은 약 80% 정도이며, 장기저장을 위해서는 수분 함량을 65%이하가 되도록 건조시켜야 한다. 대개의 경우 수확 후 통풍이 잘되는 장소에서 2~3개월간 건조시키면 수분함량이 65%정도가 되며, 40~50℃의 열풍건조를 하면 2~3일 정도에 완전히 건조시킬 수 있다.

대체로 휴면이 짧은 난지형 마늘은 조기에 움이 트기 때문에 저장기간이 길어 질 수 있으며 이에 따라 감모 및 부패가 많이 발생하게 되므로 가급적 수확 후 빠른 시일 내에 출하하는 것이 바람직하다. 휴면이 긴 한지형 마늘은 움이 늦게 트기 때문에 이듬해 봄까지 장기저장이 가능하다. 특히 최근 재배면적이 확대되고 있는 남도마늘은 저장력이 매우 약하기 때문에 늦어도 여름철까지는 출하하는 것이 경제적이다.

계절별 감모율은 가을, 겨울, 봄 순으로 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였으며 포장방법에 따른 감모율은 망사 포장된 저장방법이 감모율이 가장 높다. 저온에서는 대체적으로 감모율이 낮은 반면 고온에서는 높게 나타난다. 망사 포장된 저장 방법의 경우 -3℃에서 부패율은 13% 정도로서 매우 낮게 나타났는데 이는 마늘의 동결점(-2.7℃)부근에서 저장함으로써 마늘의 호흡과 생리작용을 억제하게 되어 저장효과가 양호하게 되는 것으로 보고되고 있으며 상온인 5℃ 이상에서는 부패율이 심하여 장기 저장이 곤란하다.

마늘 저장중 수분함량을 보면 온도별로 큰 차이가 없지만 비닐밀봉이 다소 높은 경향을 나타낸다. 또한 마늘의 경도는 포장방법에 따라서 큰 차이는 없으나 온도 차이에 따라 저온으로 갈수록 경도가 높아지는 경향을 나타내는데 이러한 온도 변화는 감모율 및 부패율과 관계가 있다.



#### 4. 마늘 재배 기계화

마늘의 재배는 전남, 경남, 경북, 충남의 순서로 4개 도에 집중되어 있으며, 따뜻한 남해안을 중심으로 난지형 마늘이, 상대적으로 추운 지역인 중부내륙지역에서는 한지형의 마늘이 재배되고 있으며, 시군 별로는 무안, 신안, 해남, 고흥, 남해, 의성, 태안 지역 등이 주산지를 이루고 있다.

마늘은 저장성이 강하여 장기간 수송을 통한 수출입이 용이한 작목으로서 매년 많은 양이 중국으로부터 수입되고 있다. 국내 마늘의 생산비는 중국산 마늘에 비하여 2배 정도로 비교 열위에 있는 작목이다. 따라서 마늘 생산원가를 절감하여 마늘의 국제 경쟁력을 확보하기 위하여 기계화 재배로 영농경비를 절감할 수 있는 기계화가 절실하다. 현재 중국산 수입 마늘가격은 국내가격의 약 70% 정도이지만, 최근 뉴라운드 협약에 따라 관세가 철폐되면 마늘의 국내 유통가격 중국산이 800원/kg, 국내산이 3,500원/kg으로 추산되어 경쟁의 여지가 없을 뿐만 아니라 국내 마늘 농가의 피해가 막심하게 될 것으로 판단된다. 따라서 마늘 생산에 필요한 저비용의 작업기계 개발이 반드시 필요하다.

마늘재배는 본포 준비 후 파종작업을 실시함으로써 시작된다. 파종 작업은 씨마늘용으로 건조·저장된 통마늘의 인편분리, 소독, 파종, 복토, 멀칭 작업의 순서로 진행된다. 파종 후 발아 생육된 마늘은 수확, 집속, 건조, 저장의 과정을 거쳐 최종적으로 소비자에게 전달된다. 이러한 마늘의 재배 및 수확후 처리, 유통의 전체 과정에서 본포 준비 등에서 기계화 정도는 동력경운기 또는 트랙터로 정도이다. 파종작업에서는 마늘파종기, 멀칭복토기가 이용되고 있으며, 생육시 본포관리는 방제기, 퇴비살포기 등에 의한 기계화가 진행되어 있다. 또한 수확 시에는 마늘 굴취수확기, 뿌리 및 줄기절단기 등에 의한 기계화가 가능하며 건조저장에는 농산물건조기, 저온저장고 등이 이용되고 있다.

그러나 이러한 마늘의 재배, 수확 및 수확후 처리와 관련한 과정에서 각 작업별 기계화의 진행 정도에 비하여, 씨마늘용의 통마늘을 분리하여 종구를 준

비하는 과정은 기계화가 전무하여 모든 작업이 인력에 전적으로 의존하고 있는 실정이다. 따라서 마늘재배 및 수확후 처리과정 과정 전반에서 볼 때 유일하게 작업기계의 개발이 이루어지지 않고 있다. 국내외에서 씨마늘용 종구를 분열하는 작업기계의 개발은 아주 미흡한 상태로서 조미 채소인 마늘을 식용으로 하는 나라는 주로 한국, 중국, 인도 등 일부 국가로 국한되기 때문에, 작업기계의 기술수준과 개발에 대한 관심이 매우 미약한 것이 주된 이유이다.

Table 1-5 Mechanization progress for garlic cultivation.

작업 구분		기계화 진행 정도	작업기계
본포 준비, 관리		완료 단계	동력경운기, 동력분무기
파종 작업	인편분리	본 연구 개발	씨마늘분열기
	파 종	실용화단계	마늘파종기
	복토멀칭	완료 단계	멀칭기
수확(굴취)		완료 단계	마늘수확기
줄기절단		실용화단계	마늘·양파 줄기절단기
결 속		완 료	결속기
저 장		완 료	건조기, 저온창고

한편 마늘의 파종시기는 한지형의 경우 종자예조, 경운·정지, 파종 작업이 집중적으로 이루어지는 9월 하순부터 10월 하순이며 난지형은 9월 중순~ 10월 하순에 이루어지기 때문에 벼농사의 수확작업 시기와 겹치게 된다. 또한, 수확 작업은 한지형 마늘의 경우 5월 하순부터 6월 하순, 난지형의 경우 5월 상순~ 5월 하순까지 집중적으로 이루어지기 때문에 이 시기에 노동력 투입이 최고조에 이를 뿐만 아니라 벼농사의 이앙작업 시기와 겹치게 된다. 따라서 이러한

작업들이 겹쳐짐에 따라 마늘재배에 어려움이 있을 뿐만 아니라 종구비와 인건비가 마늘 생산비의 64%를 차지하고 있어서 작업체계개선을 통한 노동시간 및 생산비 절감 노력이 요구된다.

근년 계속 상승하는 인건비와 저가의 수입 마늘의 가격 경쟁력에 대응하기 위해서는 마늘 작업의 생력화 기계의 도입에 의한 규모 확대를 통하여 생산비를 절감하는 것이 요구된다.

따라서 표 1-5에 나타난 바와 같이 기계화 진행 정도에서, 마늘 파종작업의 작업효율을 향상시키고 노동력을 절감하기 위해서는 짧은 시일에 다량의 씨마늘을 준비해야 한다. 그러나 인력 작업으로는 기계 파종 작업에 필요한 다량의 종구를 준비하기에 매우 미흡하다. 따라서 마늘 파종기가 현재 실용화 및 생산 단계에 있으므로, 씨마늘 분리 작업기계가 병행되어 개발된다면 마늘 파종작업 전반에 기계화가 가능해질 것으로 판단된다. 현재 마늘 재배와 관련된 기계화 현황을 살펴보면 다음과 같다.

#### 가. 마늘 파종기

마늘 파종기는 몇 가지 종류가 개발이 완료 또는 진행 중에 있다. 현재 농업기계화연구소와 영동농기계(주)가 공동 개발한 마늘 파종기는 농가에 많이 보급된 경운기 부착형으로서, 경운기의 트레일러 연결방식으로 간단하게 핀 하나로 탈 부착이 가능하다. 파종작업과 파종되는 마늘을 눈으로 직접 확인하면서 동시에 복토, 진압 작업의 순서로 한번에 파종작업이 이루어지므로 후 작업이 필요 없다. 5조식을 이용하여 일일 8시간 작업할 경우 약 1,300~1,500평 정도를 파종할 수 있다.

#### 나. 마늘 굴취기

마늘의 재배작업에서 노동 투입량이 가장 큰 작업이 파종, 수확, 집속, 건조 작업이다. 농업기계화연구소에서 트랙터 부착용 진동굴취날형 수확기가 개

발되어 굴취, 흙분리, 집속의 일관작업 체계가 단일화되어 관행작업에 비하여 25~30시간/10a의 노동력 절감효과를 가져오고 있다.

마늘 굴취기는 지역별로 재배방법에 차이가 있기 때문에 몇 가지 종류가 보급되고 있다. 비닐 멀칭 재배의 경우는 수확기 개발이 어렵고, 굴취 작업만 하는 한 가지 기능으로는 작업 능률을 크게 향상시킬 수 없다. 마늘 재배지역에 따른 재배방법의 차이로 인해 한 가지의 기계를 여러 곳에서 다용도로 사용할 수 없기 때문에 작업기계의 개발 및 보급이 어려운 실정이다.

마늘 굴취기 작업 능률은 표 1-6과 같으며, 그 종류로는 관리기용 굴취기와 트랙터용 굴취기로 나눌 수 있으며 마늘 이외에도 감자, 고구마, 약초 등에 대한 다목적 굴취기로도 이용되고 있다. 관리기 부착 작업기는 굴취날진동방식이며 굴취날 뒤에 쇠랑 같은 봉이 부착되어 있어서 굴취날과 함께 진동하여 흙을 분리시키며 마늘 외에도 고구마, 감자 등의 굴취에도 사용된다.

농업기계화연구소에서 개발한 관리기용 마늘 굴취기는 2단 체인컨베이어를 이용하여 흙 분리를 하며, 굴취된 마늘을 한쪽으로 모아서 드문드문 떨어뜨려 놓는다. 트랙터 부착형 굴취기의 경우 굴취날이 고정되어 있으며 회전하는 체인컨베이어에 의하여 흙이 분리된다. 체인컨베이어를 진동시키기 위한 교반기라는 진동 캠의 유무에 따라 2종류가 있으며, 마늘 외에 고구마, 감자, 인삼 등을 굴취 하는데 사용된다. 경북 의성 지방에서는 농민이 개발한 굴취기도 있으며, 굴취 폭이 2.2m로서 다른 마늘 수확기의 1.2m에 비하여 넓은 편이다.

Table 1-6 Performance of garlic digger

구 분	굴취시간(시간/10a)	수집시간(시간. 인/10a)
관리기용 마늘굴취기	0.8 ~ 1.2	6 ~ 7
트랙터용 마늘굴취기	0.3 ~ 0.5	6 ~ 7

#### 다. 줄기 절단기

종래에는 마늘을 접마늘 단위로 공영 도매시장이나 농산물 시장에 출하하였으나 최근 농산물 쓰레기의 감소와 환경문제로 인해 마늘의 줄기를 절단하여 반입하도록 법령이 개정되었으며 이에 따라 마늘 재배 및 수확후 처리 작업에 영향을 주게 되었다. 안동시 농업기술센터와 안동정보대학에서 농림부의 농업인 개발과제로 지원받아 마늘의 줄기절단 기계를 개발하게 되었다.

마늘 줄기절단기는 경운기에 부착하여 이동할 수 있으며 절단할 줄기의 길이를 작업자가 임의로 조절할 수 있도록 설계되었다. 또한 줄기가 절단된 마늘은 자동으로 선별되어 포장되도록 고안되었다.

마늘 줄기절단기는 동력경운기의 동력을 이용하여 주축을 구동하고 구동축과 연결된 콤파인용 절단날을 왕복운동 시켜 줄기를 절단시키게 된다. 또한 줄기가 일정한 길이로 절단된 마늘은 3단 교반방식을 이용한 선별기에서 대·중·소의 3등급으로 선별·포장된다. 이때 선별기는 주축의 동력을 벨트와 플리에 의하여 전달받아 선별체를 상하로 교반시키게 된다.

## 제 2 장 씨마늘 쪽분리 작업기계의 설계 제작

연 구 기 관 : 안동정보대학 기계과

연구책임자 : 이종수(안동정보대학 기계과 부교수)

연 구 원 : 김덕현(안동정보대학 전기과 조교수)

연 구 원 : 김기복(한국표준연구소 연구원)

# 여 백

## 제 2 장 씨마늘 쪽분리 작업기계의 설계 제작

### 제 1 절 회전원추형 씨마늘쪽분리 작업기계의 기본 원리

회전원추를 이용한 씨마늘의 쪽분리 작업은 두 개의 직절두형 회전 원추의 상부와 하부에 간극을 두고서, 이 간극 사이에 마늘을 투입하여 원추의 회전에 의한 원심력과 마늘 자중에 의한 이송에 의하여 종구로 분리되며 전체 개념도는 그림 2-1과 같다.

그림 2-1에서 투입부인 호퍼에 마늘이 투입되면 제어부에 의해 순차적으로 마늘 분열부(회전 원추)로 공급된 다음, 회전 원추에서 쪽 분리되어 정선부를 지나 씨마늘 집하부에 투입되어 집적된다.

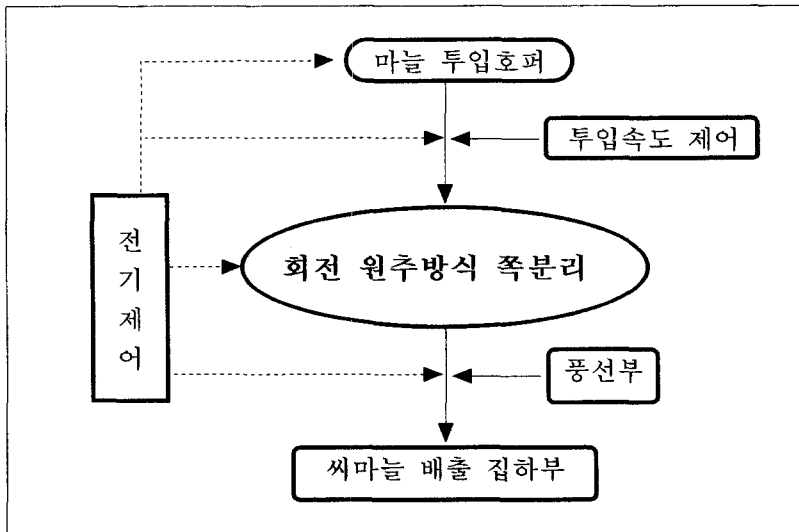


Fig. 2-1 Conceptual diagram of garlic seed separating process



상하 회전 원추형에서 씨마늘 분리 작업기계의 핵심 부분인 내외측 원추의 작업 원리는 다단 회전 로울러 방식과는 달리 마늘 투입부에 마늘이 투입되며, 투입된 공간의 상하 원추의 간격이 마늘의 종구 폭에 해당하므로, 하부의 씨마늘 배출부에서 상하 원추의 간격을 씨마늘 폭 만큼의 간격을 두면 회전 원추면의 나선을 따라 자동으로 급송되어 마늘의 분리 작업이 수행된다. 투입된 마늘이 원추의 회전에 의한 원심력으로 나선을 따라 급송된 다음 마늘 자중에 의하여 낙하하는 원리이므로 마늘의 손상을 극소화할 수 있고, 회전 원추를 사용함으로써 기계의 공간 점유율을 감소시킬 수 있다.

## 제 2 절 설계제작의 기본 방향

1. 현재 마늘 쪽분리 관련 주변기술로는 1차 가공용 마늘 박피기가 공급되어 있으므로 기존 박피기에서의 문제점을 해소하는 방법으로 설계한다.

2. 건식 방법의 공기 압축식, 다단로울러 방식 등 1차 마늘 가공기계는 고가격, 기계의 가공방식에 따른 종구의 손상 정도, 대규모 설치 공간 필요, 고중량, 3상 380V의 동력용 전원 사용, 기계적 운동부가 많아서 심각한 소음 진동 등의 문제점이 있으므로, 이의 단점을 보완하는 방향으로 설계 제작한다.

3. 본 연구 개발의 씨마늘 쪽분리기는 실용화 보급이라는 전제조건을 바탕으로 저가격 및 소규모이며, 동시에 종구의 손상을 극소화하기 위한 설계의 기본 방향을 설정하였으며, 이를 바탕으로 하여 연구개발을 진행한다.

4. 개발기계는 특히 안전성과 내구력, 그리고 유지 및 정비보수의 용이성을 고려한다.

5. 개발 작업기계는 기계 개발 과정에서 필요한 구성 부품을 KS 규격품으로 설계하고, 중소 농기계 제조업체에서 부품 구입이 용이하도록 생산원가를 줄이고, 고장 발생시 부품의 원활한 구입이 이루어지도록 설계한다.

이상과 같은 설계제작의 기본 방향에 따라서 시작기의 제작은 1호기에서 5호기까지 제작되어 실증실험과 성능이 평가되었다. 즉 1호 시작기는 회전원추의 요인별 실증 실험에 의한 적정 요인의 조건이 구명되었으며, 2호기 부터는 공급기를 염두에 두고서 설계 제작되었다. 2호기에서는 버킷-엘리베이터와 작업기계 전체의 시스템의 구성에 중점을 두었으며, 3호기와 4호기 시작기는 외원추의 가변형에 의한 배출부의 간극 설계에 중점을 두었다. 마지막으로 5호 시작기는 현장 보급용으로서 1호기에서 4호기까지 실증 실험에서 구명된 제인자의 요건을 충분히 갖춘것으로서, 현장실증실험, 성능평가, 기술이전 등의 검토를 받은 제작이었다.

### 제 3 절 시작기(1호기) 설계 제작

본 연구개발에서 회전 원추 원리를 이용한 마늘 쪽분리기는 우선적으로 마늘 쪽분리를 위한 원추의 최적 설계조건을 구명하는 것이 필요하다. 따라서 회전 원추에서 마늘의 쪽분리에 관계되는 설계 인자인 원추의 회전속도, 원추의 높이 변화에 따른 원추각 그리고 내·외 원추 쌍에서 마늘이 투입되는 투입구와 쪽분리된 인편이 배출되는 배출부 간극 등의 최적 설계조건이 구명되어야 한다.

#### 1. 전동기 부하 설계 및 선정

회전 원추 원리에서 마늘의 쪽분리에 관계하는 요인별 인자의 최적 조건을 구명하는 실증실험용으로서의 1호기인 시작기에서는 회전 원추축의 회전속도를 제어하기 위하여 전동축을 구동하는 유도전동기의 속도제어를 위하여 V-S 모터에 의한 유도전동기 제어 방식을 채택하였으며 V-S 모터의 제원은 표 2-1과 같다.

Table 2-1 Specification of the V-S motor

구 동 전동기	3상 유도 전동기
	정격출력 1HP(0.75kW)
	전류 3상 220/380V 4극
	전류 2.5/2 A
	주파수 60Hz
	과부하율 1.0
	효율 72%
	회전수 1710rpm
가변속도범위	150~1500RPM

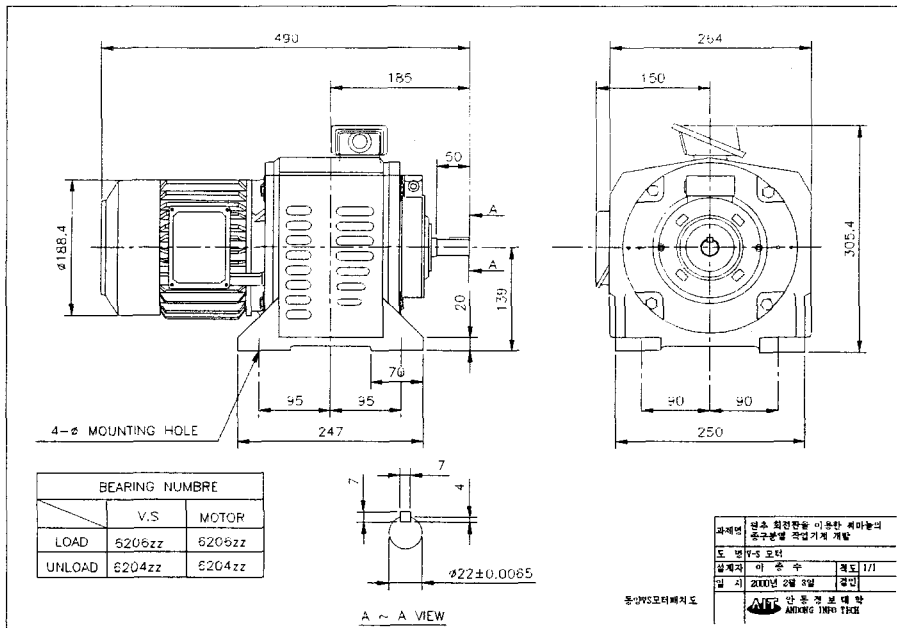


Fig. 2-2 Front and side views of the V-S motor

2. 회전원추 축의 회전속도 설정

시작기(1호기)에서 전동축과 종동축 간의 축간 거리를 800mm로 설계하였으며, 이러한 축간 거리는 기어 전동에는 부적절하여 체인 스프로킷 휠을 채택하여 구동부로 설계·제작하였다. 전동용 체인에는 블록체인, 로울러 체인, 사일런트 체인이 있으나 고속회전에서의 소음과 진동을 고려하여 로울러 체인 #40을 사용하였다.

① 전동축의 스프로킷 휠 설계

[설계 조건]

기어 잇수  $N=18$

로울러 체인 #40의 지름  $R=7.94$

체인피치  $P=12.70$

[설계 결과]

$$\text{피치원 지름 } D_{pi} = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{N}} = \frac{12.70}{\sin \frac{180^\circ}{18}} = 73.14 \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{스프로킷 휠의 바깥지름 } D_{oi} = D_{pi} + R = 73.14 + 7.94 = 81.09 \text{----- (4)}$$

② 회전 원추축 스프로킷 휠 설계

[설계 조건]

기어 잇수  $N=45$

로울러 체인 #40의 지름  $R=7.94$

[설계 결과]

$$\text{피치원 지름 } D_{p2} = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{N}} = \frac{12.70}{\sin \frac{180^\circ}{45}} = 182.06 [\text{mm}] \quad \text{----- (5)}$$

$$\text{스프로킷 휠의 바깥지름 } D_{o2} = D_{p2} + R = 182.06 + 7.94 = 190 \quad \text{--- -- (6)}$$

$$\text{속도비 } n = \frac{\text{종동축회전수}(n_2)}{\text{전동축회전수}(n_1)} = \frac{D_{p1}}{D_{p2}} = \frac{73}{182} = \frac{1}{2.5} \quad \text{----- (7)}$$

전동축의 스프로킷 휠 설계방법 ①과 회전원추 축의 스프로킷 휠 설계방법 ②의 결과 최종적으로 전동축의 회전수[rpm]은 종동축(원추축) 회전수의 2.5배로 설계하였다. 식(7)를 이용하여 원추 회전축의 최적 회전속도를 구하기 위한 실증실험을 수행하였으며 설정된 회전속도 범위는 표 2-2와 같다.

Table 2-2 Rotating speed ratio of prototype #1 for performance test.

구분	스프로킷 휠 잇수	속도비	전동축 회전수(RPM)						
			250	375	500	625	750	875	1000
전동축	18	기준	250	375	500	625	750	875	1000
회전원추축	45	2.5:1	100	150	200	250	300	350	400

### 3. 내·외 원추 설계 제작

마늘은 품종에 따라 표 2-3과 같이 크기가 특대, 대, 중, 소로 구분되며, 쪽분리기의 경우 투입부 간극과 배출부의 간극에 따라 분리율과 손상율에 큰 영향을 미치고 있다. 파종용 씨마늘의 중구는 5~7g 정도가 적당하므로 본 연구개발의 시제품에서는 씨마늘의 적당한 크기인 대 및 중 크기를 고려하여 투입부의 간극을 50mm, 배출부의 간극은 30mm로 하였으며 이때 적용된 내외 원추의 규격은 표 2-4와 같다. 따라서 분리율을 극대화시킴과 동시에 손상율이 최

소가 되는 내외 회전원추의 간극을 실험적으로 구명하였다.

Table 2-3 Grades of garlic by sizing

구분	종구의 크기 (지름, cm)			
	특대	대	중	소
한지형	5.0이상	4.0~5.0	3.0~4.0	2.0~3.0
난지형	5.5이상	4.5~5.5	4.0~4.5	3.5~4.0

Table 2-4 Specifications of rotating inner and outer cones

원추형태 \ 규격	원추높이 (H)[mm]	원추각 (Ai)[deg]	투입부간극 (Ci)[mm]	배출부간극 (Co)[mm]
원추 A	700	79	50	30
원추 B	550	80	50	30
원추 C	400	81	50	30

표 2-4에서 나타낸 바와 같이 원추는 A, B, C의 3개 형태로 구성하여 실증 실험을 수행하였다. 이 때 투입부와 배출부의 간극은 같지만 원추의 높이는 다르게 설정하였으며, 기하학적 형상은 그림 2-3과 같다. 내원추의 외측면, 외원추의 내측면에는 마늘의 손상을 극소화하기 위하여 shore 경도 35, 두께 15mm인 충격 흡수용 발포 고무를 부착하였다.

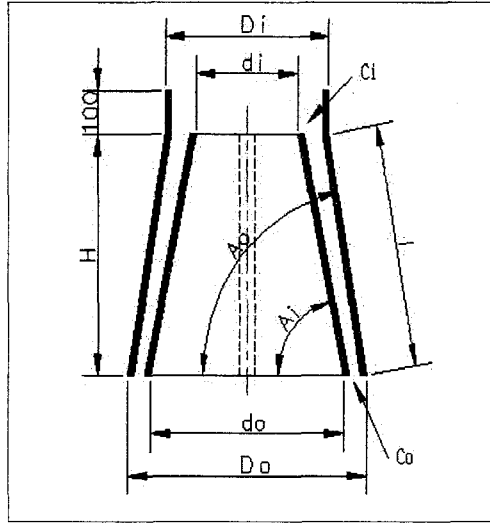


Fig 2-3 Sectional view of rotating inner and fixed outer cones

#### 4. 1호 시작기의 형상과 구성

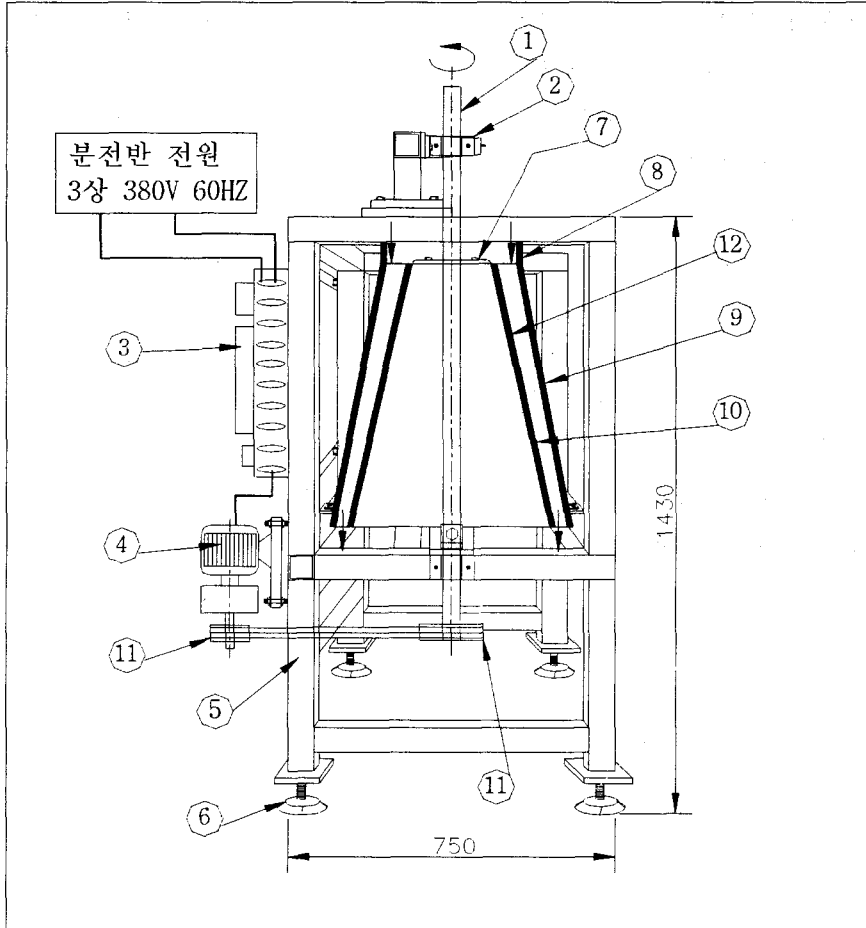
개발된 시작기(1호기)는 그림 2-4와 같이 4각 파이프(60×60×2t) 구조물 (⑤)을 사용하여 제작하였으며, 하부에 수평을 조절하기 위한 나사 받침(⑥)을 두었다. 원추 외측은 프레임에 고정하되, 고정판의 직경을 크게 하여 외원추의 편심에 대응하도록 적절한 유격을 두었다. 또한 프레임의 상부와 하부에는 내원추의 축(①)을 고정하는 플러그 블록(②)을 프레임에 고정하여 레이디얼 볼 베어링으로 축이음을 하였으며 축과 베어링, 축과 스프로킷 휠은 키 홈을 가공하여 축 이음을 하였다.

개발된 시작기(1호기)의 특징은 고정된 외측 직철두 원추의 내측에 동심의 내측 직철두 회전 원추에 일정한 간극을 두고서, 이 간극 사이에 마늘을 투입하여 원추의 회전에 의한 원심력과 마늘 자중에 의한 이송작용으로 통마늘이 씨마늘로 분리되는 구조이다. 실물 사진은 그림 2-5와 같다.

상부의 투입부에 마늘이 투입되면 회전 원추의 간극이 넓은 상부의 고정원추와 회전원추의 간극 사이에서 비틀림 작용에 의해 마늘이 분열된 후 분리된 마늘은 원추 하부를 지나면서 최종적으로 하나의 쪽마늘로 각각 분리되어 배출되는 시스템이다. 여기서 투입부는 표 2-4에서 나타낸 바와 같이 원추 사이의 간극이 50mm로 일정하게 설계되었기 때문에 통마늘의 폭과 높이에 대하여 간극이 충분히 확보되어 마늘의 투입이 원활하게 된다. 배출부에서의 간극은 30mm로 고정하여 설계하였기 때문에 시작기(1호기)에서는 인편의 크기에 따른 손상이 예상되었으며 이러한 문제를 해결하기 위해서는 보급용 작업기의 경우 쪽마늘의 기하학적 크기에 따라 배출부의 출구 간극을 조절할 수 있는 방법의 개선이 필요하여 본 연구의 2차년도에 설계 변경하였다.

종구분열에 적절한 원추 회전속도를 구명하기 위하여 그림 2-6에서 보는 바와 같이 V-S 모터 제어판을 구성하여 주축 모터의 회전수를 조절하여 전동축과 원추축의 회전수를 2.5 : 1로 설정하여 회전원추 속도를 100~400rpm으로 가변할 수 있도록 하였으며 V-S 모터의 제어 구성도는 그림 2-7과 같다.





- ① Following shaft
- ② Plug block and bearing
- ③ VS motor control panel
- ④ VS motor
- ⑤ Frame
- ⑥ Horizontal support
- ⑦ Upper flange
- ⑧ Inlet guide
- ⑨ Fixed outer corn
- ⑩ Shock absorbing rubber
- ⑪ Sprocket
- ⑫ Rotating inner corn

Fig. 2-4 Prototype #1 of the rotating cone type garlic separator

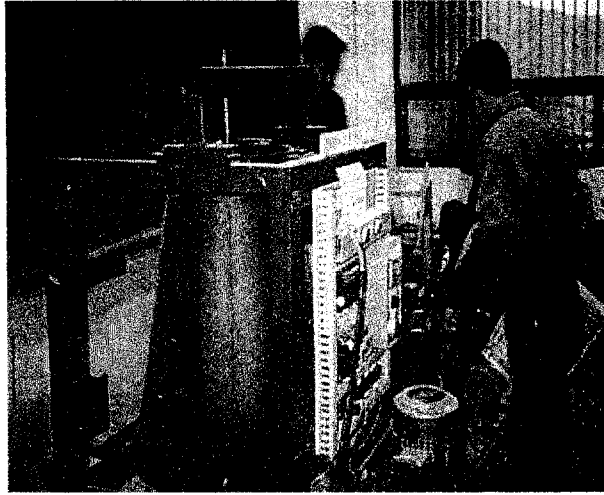


Fig. 2-5 Photograph of garlic separator prototype #1



Fig. 2-6 Photograph of V-S motor and control unit

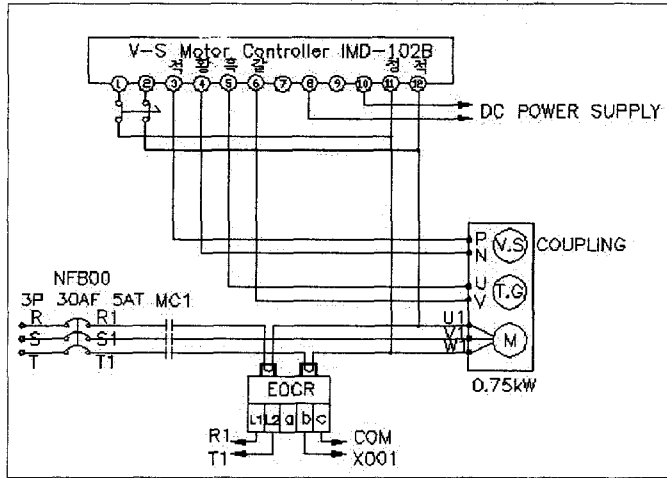


Fig. 2-7. Diagram of V-S motor control circuit

## 제 4 절 2호 시작기 설계 · 제작

개발된 1호 시작기의 작동 및 성능분석 결과 마늘공급을 위한 투입부와 쪽 분리된 마늘과 부산물을 분리하기 위한 풍선편장치가 필요한 것으로 나타났으며 설계 · 제작된 시작기(2호기)의 설계 내용 및 주요부는 다음과 같다.

### 1. 마늘 공급부 설계 제작

작업기계의 성능에 영향을 미치는 제반 인자에 대한 시작기(1호기)의 실증 실험 결과를 근거로 하여 보다 개선된 시작기(2호기)를 설계 · 제작하였다. 시작기(2호기)는 각 부의 역할에 따라 투입부, 쪽분리부, 배출부, 전기 제어부로 구성되었다.

투입부의 호퍼를 설계·제작하기 위하여 회전원추의 상부에 호퍼를 설치하는 회전 스크루 방법과 회전 날개방법 그리고 하부에 설치하는 엘리베이터 버킷방식의 3가지 방법을 각각 설계·제작하여 각 방법에 대하여 검토하였다.

그림 2-8~그림 2-10의 회전 스크루 방식이나 회전 날개 방식에 대한 실증 실험 결과 마늘이 실제 쪽분리되는 회전원추에서 분리되기 전에 투입호퍼의 스크루나 회전 날개 사이에서 마늘이 부서지거나 심한 물리적 손상이 발생하는 것으로 나타났다. 반면 버킷 엘리베이터 방식은 구조가 좀 더 복잡하여 분리기의 제작비용이 증가할 것으로 생각되지만 작동원리상 회전원추의 상부가 아닌 측면부에 설치되므로 시작기의 전체 높이를 낮출 수 있으며 호퍼의 용량을 증가시킴에 따라 한번에 투입할 수 있는 마늘의 양을 증가시킬 수 있다. 또한 엘리베이터의 회전속도, 버킷의 크기와 개수에 따라 마늘 투입속도를 쉽게 조절할 수 있다.

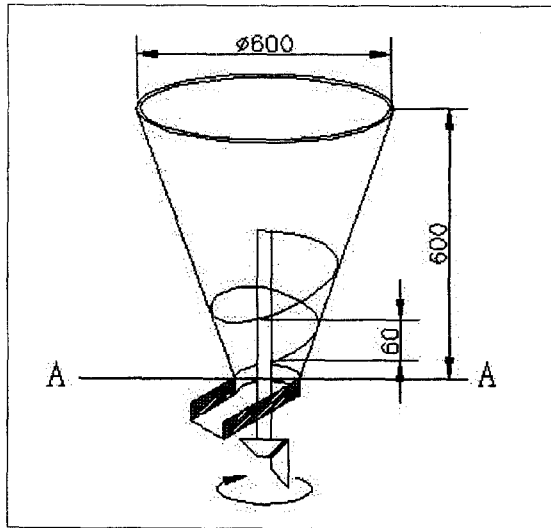


Fig. 2-8. Screw type hopper

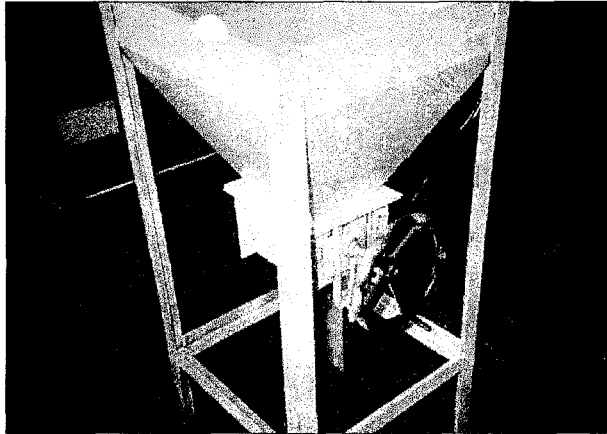


Fig. 2-9 Photograph of hopper

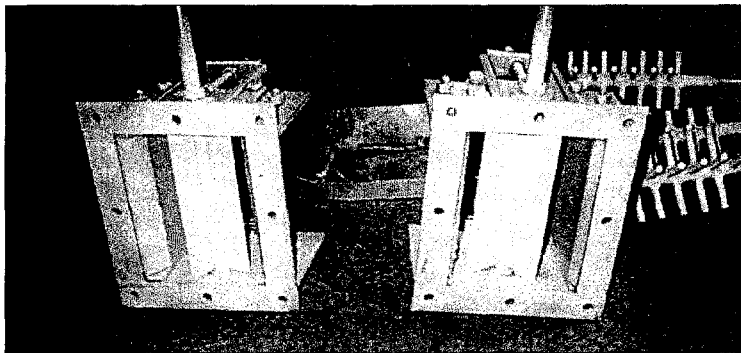


Fig. 2-10. Photograph of impeller type hopper

이상과 같은 결과에 기초하여 그림 2-11과 같은 버킷 엘리베이터를 설계·제작하여 마늘 투입부로 제작하였으며 실증 실험 과정은 그림 2-12~그림 2-13과 같다.

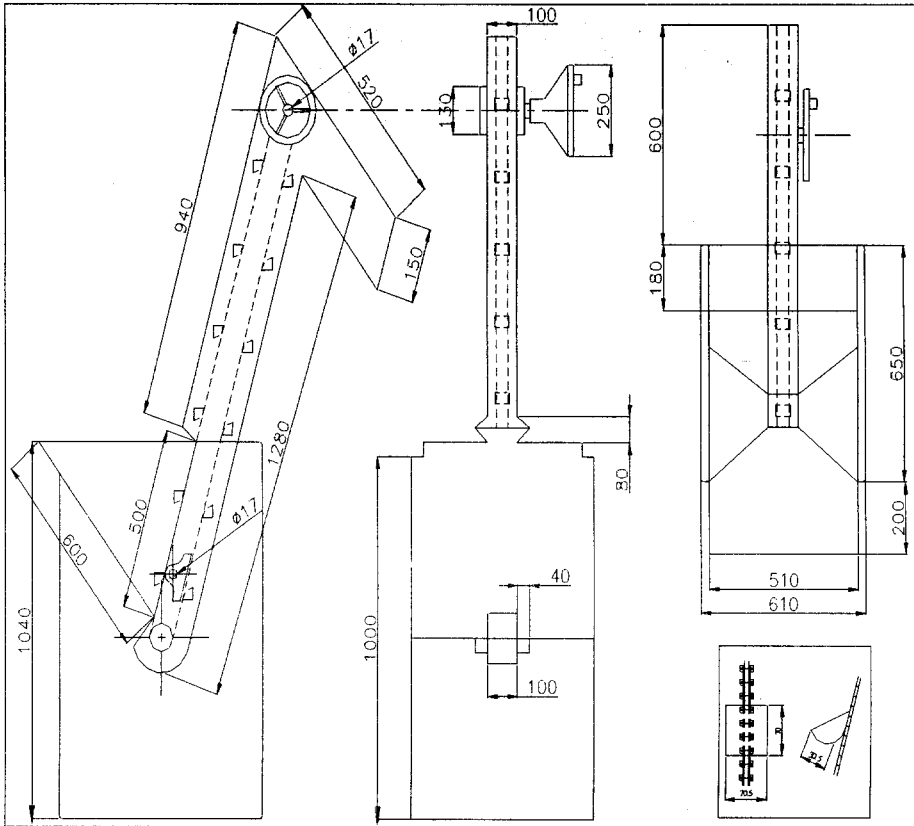


Fig. 2-11 Design drawing of bucket elevator

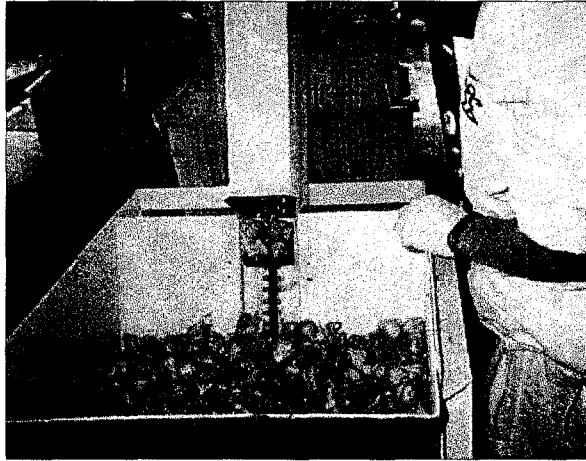


Fig. 2-12 Photograph of hopper with bucket elevator



Fig. 2-13 Photograph of performance testing for bucket elevator

Table 2-5 Design parameters of bucket elevator type hopper

품 명	규격	설계 값
버킷 엘리베이터	도면 참조	버킷 수 12
	체인벨트와 스프로킷휠 회전비	1회전 : 25회전
	버킷 1개당	투입 통마늘 개수: 4.3개(실증)
	체인벨트1회전 당	투입 통마늘 개수 : 46개(실증) (버킷기준 $12 \times 4.3 = 61.6$ 통)
	1분당 투입량(1점)	100통에 체인벨트 2회전 소요
전 동 스프로킷휠	50rpm	체인벨트 2회전 × 스프로킷 휠 25회전
	원추축과 스프로킷휠 회전속도비	감속기 사용 $400\text{rpm} : 50\text{rpm} = 8 : 1$

## 2. 풍선장치 설계

원추 분리부에서 쪽분리된 마늘은 외피, 줄기, 뿌리, 기타 먼지 등으로 혼합되어 있다. 따라서 마늘쪽과 다른 부분을 분리하기 위하여 먼저 쪽분리된 마늘은 수직으로 배출되어 플라스틱 팔레트에 집하되고, 나머지 부분은 기류에 의해 수평으로 이송되어 배출시킬 수 있는 풍선장치를 설계·제작하였다. 즉 씨마늘과 나머지 부분이 서로 직교하여 이송되는 구조로서 그림 2-15~그림 2-16에서 보는 바와 같다.



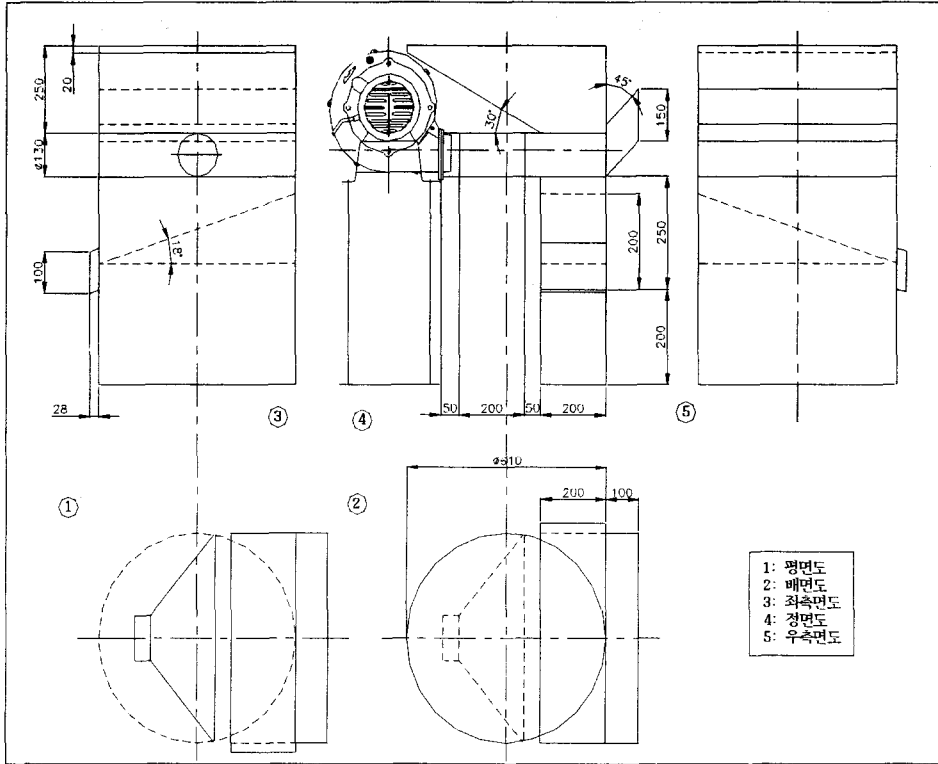


Fig. 2-14. Design drawing of blower.

풍선장치의 송풍기는 원심식 송풍기를 사용하였으며, 작업소음을 줄이기 위해서는 시로코형으로도 교체하여 사용할 수 있다.

최종 농가 보급용으로 설계·제작된 마늘 쪽분리기의 경우 버킷-엘리베이터에 의해 일정한 공급율로 마늘이 원추 분리부에 투입되면 나선회전에 의한 마찰력에 의하여 쪽분리된 다음 풍선부에서 뿌리, 줄기, 피 등과 분리되어 풍선부의 출구를 통하여 플라스틱 상자로 배출된다.

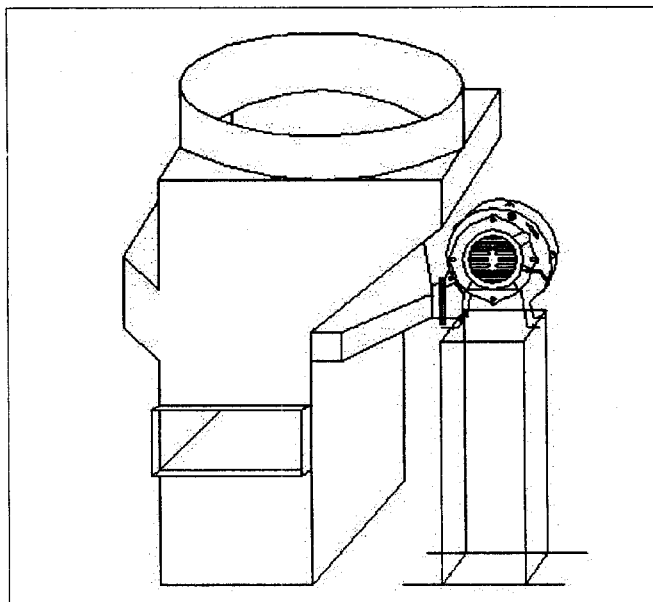


Fig. 2-15. Blower with turbo fan.

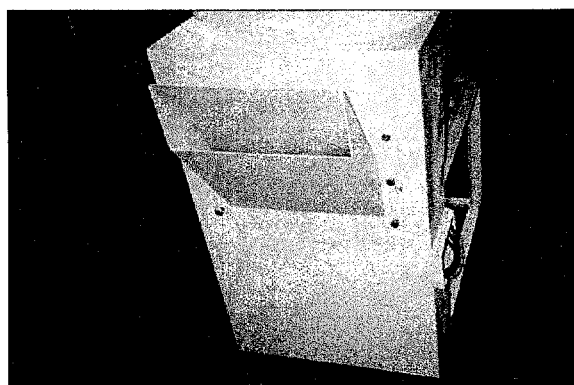


Fig. 2-16. Photograph of blower in prototype #2 of garlic separator

### 3. 2호 시작기 최종 제작

이상의 설계 사양 등을 추가하여 제작된 시작기(2호기)의 주요 구조는 그림 2-17에서 보는바와 같다.

#### 가. 마늘 투입 호퍼

회전원추의 작업능률을 고려하여 적정 수량의 마늘이 투입되도록 설계하였으며, 컨테이너, 회전 공급 스크류, 주축과 전동연결장치 등으로 구성하였다.

#### 나. 회전 원추 분리부

외측 원추와 내측 원추로 구성되며, 실증실험에 의하여 원추높이와 원추 회전속도가 결정되었다. 마늘이 투입되면 내외원추의 간극사이에서 회전 이송되어, 회전력에 의한 비틀림 작용에 의하여 쪽분리되는 원리로서 마늘의 손상을 극소화하기 시작기(1호기)와 마찬가지로 내원추의 외측, 외측원추의 내측에 두께 20, 쇼아경도 35인 충격 흡수용 고무를 부착하였다. 또한 마늘의 투입부와 배출부의 간극이 마늘 분리율과 손상에 영향을 미치기 때문에 외측원추를 상하로 이동하여 마늘의 기하학적 형상 및 크기에 따라 내외 원추 간극을 조절할 수 있도록 하였다.

Table 2-6 Specifications of rotating cones in prototype #2

시제품 번호	원추 높이	투입부			배출부		
		내원추 외경	외원추 내경	투입부 간극	내원추 외경	외원추 내경	배출부 간극
2호기	700	340	230	55	530	590	30

#### 다. 전기 제어반

마늘 농가에 실용화 보급을 고려하여 가정용 단상 220V의 전원으로 작동되며, 안전차단장치 등을 포함하도록 하였다. 또한 원추의 회전속도(rpm) 조절을 위하여 속도조절 장치를 부착하였다.

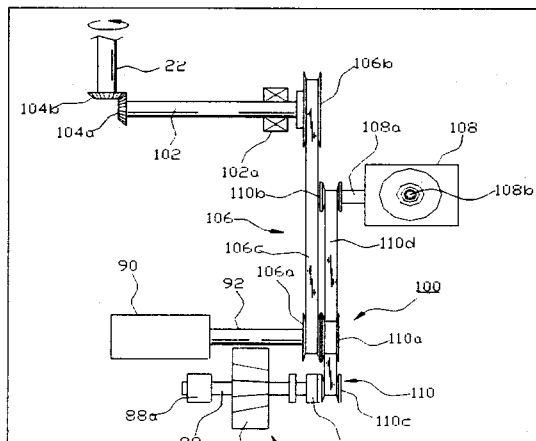
#### 라. 동력전달 장치

동력 전달 장치는 그림 2-17(a)와 같으며, 동력전달장치는 마늘쪽 분리장치의 회전축에 대하여 직교하도록 배치되어 있는 중간축과, 회전축과 중간축을 전동 연결하는 원동 베벨기어 및 종동 베벨기어로 구성되어 있다. 또한 모터의 구동축과 중간축은 벨트전동에 의한다. 중간축은 베어링의 개재에 의하여 프레임에 지지되어 있다. 벨트전동기구에는 모터의 구동축에 장착되는 원동폴리와, 중간축에 장착되는 종동폴리로 구성되어 있다.

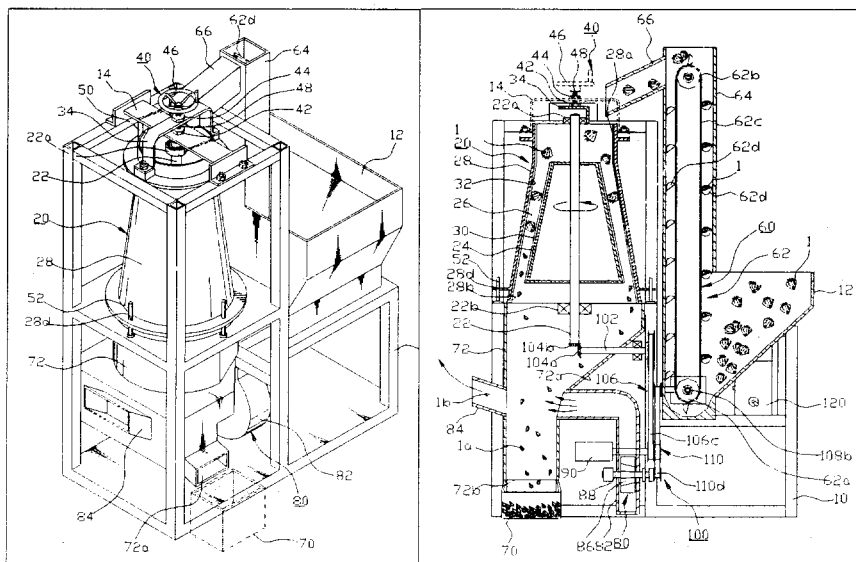
또한, 동력전달장치는 모터의 구동축과 버킷엘리베이터의 원동스프로킷휠과 연결되는 입력축과 출력축을 갖는 감속기로 구성되어 있다. 풍선장치의 회전축은 모터의 구동축과 벨트에 의하여 전동된다. 전동모터의 동력을 회전원추에 전달하기 위하여 체인 스프로킷 휠을 이용하였다. 이때 전동축과 종동축간의 회전 속도비는 2.5 : 1로 설계하였으며 전동모터의 회전속도 범위는 500~160rpm이며, 변속 후의 회전원추의 속도 범위는 100~500rpm 범위로 변속이 가능하도록 하였다.

#### 마. 프레임

쪽분리기의 전체 프레임은 사각 파이프로 구성하였으며, 작업 농민의 안정성과 편의성을 고려하여 시작기의 최대 높이는 2m 이내로 제한하여 설계하였다. 투입호퍼, 원추분리부, 풍선부는 추후 정비·보수를 고려하여 쉽게 분리가 가능하도록 설계하였다.(그림 2-17)



(a) Transmission gear



(b) Isometric drawing (c) Sectional view

Fig. 2-17 Prototype #2 of garlic separator

## 제 5 절 3호 시작기 설계·제작

### 1. 설계 기준

2호 시작기는 마늘 쪽분리 작업기계의 전체적인 조합에 중점을 맞춘 설계·제작으로서 마늘 투입부, 회전 원추에 의한 분리부, 풍선부, 전기제어부, 동력 전달 장치 그리고 프레임 등을 종합하여 그 동작 및 성능을 파악하는데 중점을 두었으며 평가 결과 나타난 문제점을 다음과 같이 개선하여 시작기(3호기)를 제작하였다.

#### 가. 3호 시작기의 높이 조절

2호 시작기의 경우 기계의 높이가 너무 높아 실내외를 쉽게 반입 및 반출하기가 용이하지 않았으므로 시작기(3호기)의 경우 마늘 배출부의 집하통의 용적과 높이를 고려하여 높이를 낮추어 제작하였다.

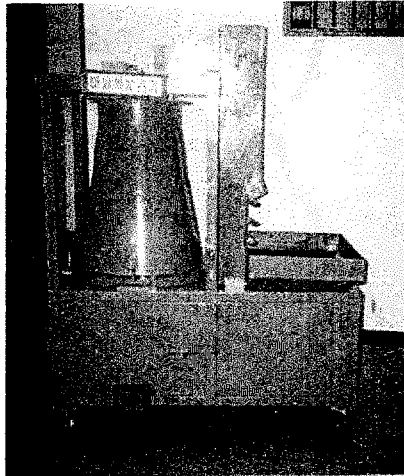


Fig. 2-18. Photograph of prototype #3.

나. 외원추 이송장치

1호 시작기에서 내외 원추 높이와 원추의 투입부와 배출부 간극이 마늘의 쪽분리율과 손상율에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 따라서 1호 시작기에서 고정되었던 외측 원추를 상하로 이송시켜 투입부와 배출부의 간극을 조절할 수 있는 외원추 가변 조절 장치를 개발하였다. 또한 시작기(2호기)에서는 버킷-엘리베이터 배출부 전방의 원추 상부에 외원추를 상하 이송하는 장치를 부착하였으나, 작동상의 문제점이 나타나 외원추 하부의 측면에 이송 장치를 부착하여 개선하였다. (그림 2-19)

Table 2-7 Specifications of improved rotating cones in prototype #3

시제품 번호	원추 높이	투 입 부			배 출 부		
		내원추 외경	외원추 내경	투입부 간극	내원추 외경	외원추 내경	배출부 간극
3호기	730	340	230	55	530	600	35

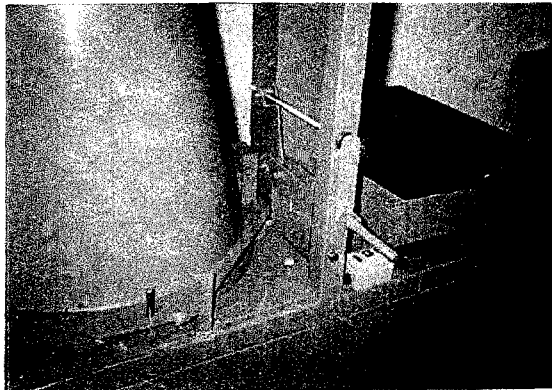


Fig. 2-19 Moving device of fixed outer cone

다. 동력전달 장치 개선

2호 시작기의 경우 전동 모터의 동력을 회전원추와 풍선장치 그리고 버킷-엘리베이터에 전달하기 위하여, 전동축과 원추축간은 체인 스프로킷 휠, 전동축과 풍선장치에는 벨트풀리전동을 그리고 전동축과 버킷-엘리베이터 사이에 20 : 1의 감속기를 사용하였으나 시작기(3호기)에서는 워엄기어를 이용한 전동 방식으로 개선하여 쪽 분리기의 제작비용을 절감할 수 있도록 하였다.

라. 프레임 개선

기계의 반출이 출입문을 기준으로 쉽게 이동시킬 수 있도록 높이를 낮추고, 동력전달 장치 부분에서 발생하는 소음과 진동을 차단함과 동시에, 작업자의 안전을 고려하여 기계 하부에 방음 판을 부착하였다.

이상의 설계변경 및 개선노력에 따른 쪽분리기 시작기(3호기)의 사양은 표 2-8과 같다.

Table 2-8 Specifications of improved garlic separator prototype #3

	동력모터	송풍기	중간축	워엄기어 엘리베이터축	원추 중간축	원추 회전축
	단상 220V 1790rpm	2536rpm	868rpm	85rpm	865rpm	430rpm
버킷	버킷 수			26개		
엘리베이터	엘리베이터			1회전 → 14~15초 4 rpm		
버킷	난지형			한지형		
엘리베이터	대	중	소	대	중	소
공급율(마	182	210	501	192	277	312
늘수/min)	180	198	467	195	246	351
평균투입율	181	204	484	193	261	331



## 제 6 절 4호 시작기 설계 제작

### 1. 설계 배경

지금까지 개발된 1호~3호 시작기의 설계·제작과 성능시험에서 나타난 문제점을 수정 보완하여, 제작하였다. 즉, 1호 시작기에서 회전원추 원리를 이용한 마늘쪽분리에 관한 제반적인 설계 인자들을 실증실험을 통하여 구명하였으며, 2호 시작기는 실용화를 목적으로 하여 마늘 투입장치, 분리 및 정선을 풍선장치, 그리고 전기 제어 등 마늘 쪽분리 작업기계의 전체적인 조합 및 그 구성에 중점을 두었다. 그 결과 버킷 엘리베이터를 채택한 마늘 투입부, 회전 원추 원리를 이용한 분리부, 피와 마늘쪽을 분리 선별하는 풍선부, 그리고 전기 제어부와 동력전달 장치로 구성되었다. 특히 3호 시작기 원추 이송장치, 호퍼의 크기와 엘리베이터 내 버킷 간격, 원추의 회전속도 조절 장치 등이 개선되었다.

### 2. 4호 시작기의 주요부

4호기의 주요부를 설명하면 다음과 같다. 마늘쪽 분리기 시제품의 크기는 가로 1400mm, 세로, 750mm, 높이, 1700mm로서 자세한 실물 및 설계도는 그림 2-20~그림 2-22에서 보는 바와 같다.



Fig. 2-20 Photograph of developed garlic separator

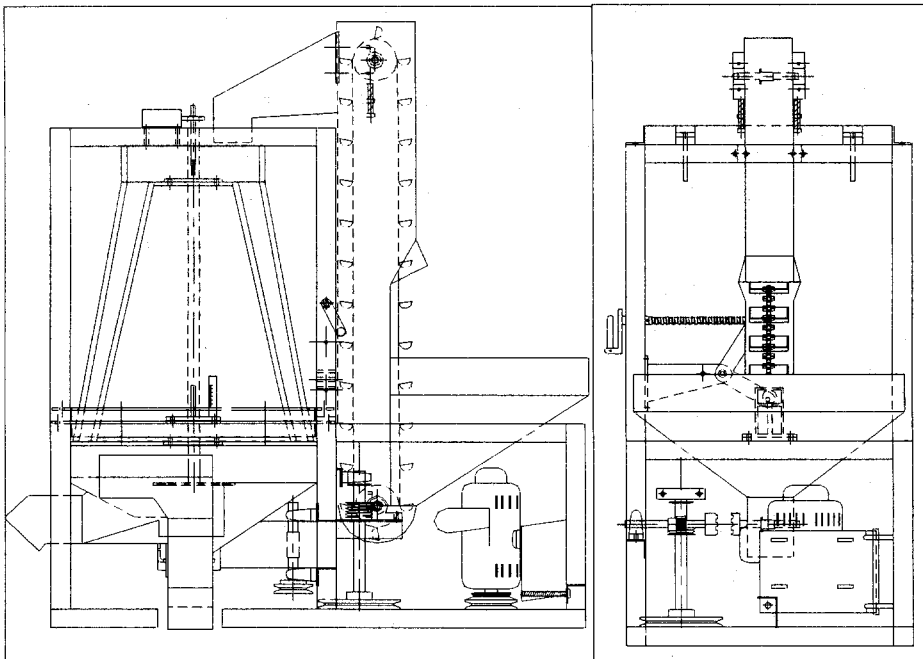


Fig. 2-21 Front and side views of developed garlic separator

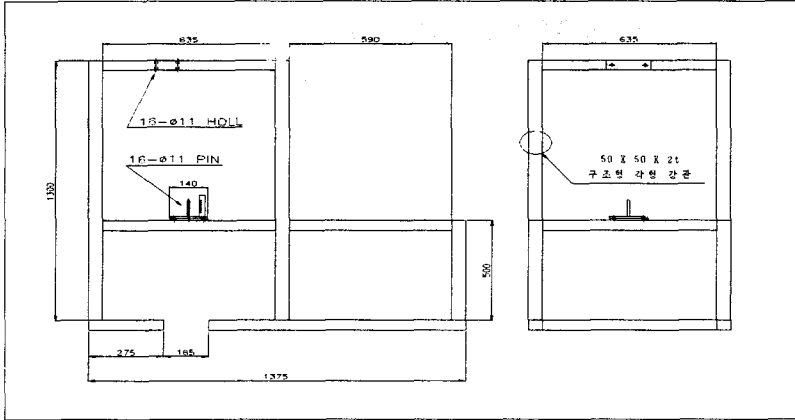


Fig. 2-22 Frame of developed garlic separator

4호 시작기에서는 그림 2-23과 같이 외원추를 하부로 최대한 하강시키면 배출부 간극이 19mm로 되고 반대로 기준 위치에서 상부로 최대한 이송시키면 배출부 간격이 넓어져서 31mm로 된다. 따라서 외원추를 기준 위치에서 아래로 30mm, 위로 30mm까지 이송이 가능하며, 이 범위에서 배출부의 간격은 19mm~30mm의 범위까지 변화가 가능하기 때문에 마늘의 기하학적 크기에 따라 적절하게 간극의 조절이 가능하기 때문에 효율적인 쪽 분리작업을 수행할 수 있다. 이 때 외원추의 이송 장치는 원추의 하부 측면에 날개 조정용 이송 장치를 부착하여 개선하였다.

또한 4호기에서는 원추 분리부에 대한 배출부의 간극과 투입부의 간극의 영향을 고찰하기 위하여 5 종류의 원추를 설계·제작하여 성능시험을 수행하였으며, 설계·제작된 원추의 규격은 표 2-9와 같다.

그림 2-24는 원추 분리부에서 내원추 축을 프레임에 고정하기 위한 부품이며, 상부와 하부 핀은 외원추를 상하로 이송할 때 편심이 발생하지 않도록 안내 역할을 하는 지지봉이다.

Table 2-9. Specifications of rotating cones of developed garlic separator

시제품 번호	원추 높이	투 입 부			배 출 부		
		내원추 외경	외원추 내경	투입부 간극	내원추 외경	외원추 내경	배출부 간극
4 호 기 (공급기)	730	360	230	65	530	580	25
	730	360	230	65		600	35
	730	380	230	75		600	35
	740	340	230	55		580	25
	740	340	230	55		590	30
	740	340	230	55		600	35

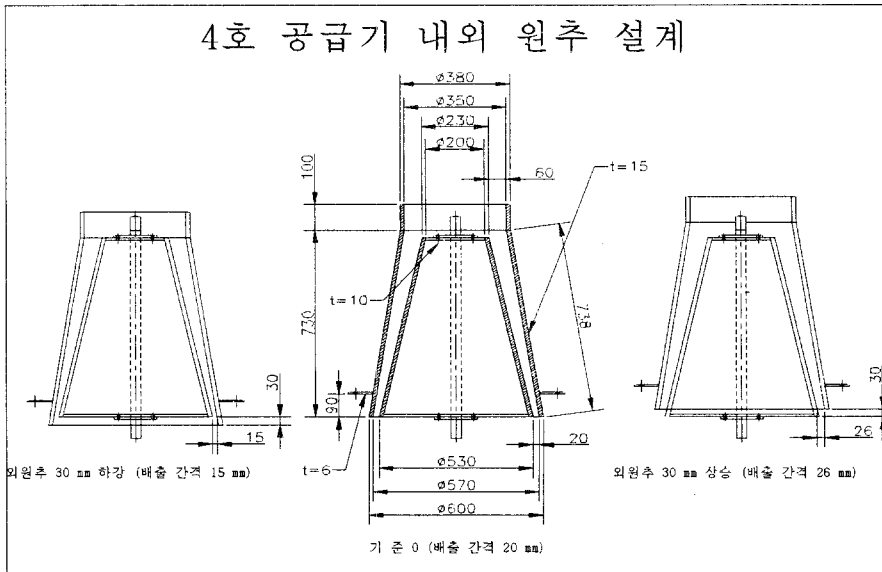


Fig. 2-23 Design drawing of rotating cones for developed garlic separator

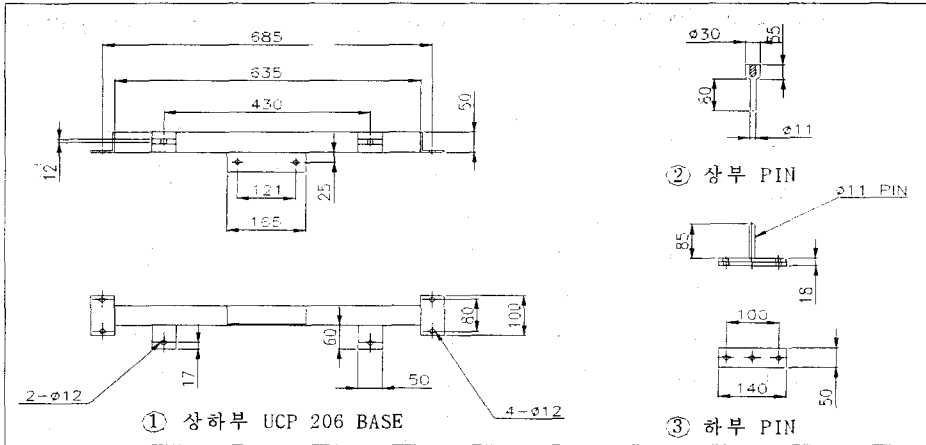


Fig. 2-24 Upper and lower base and upper and lower pin

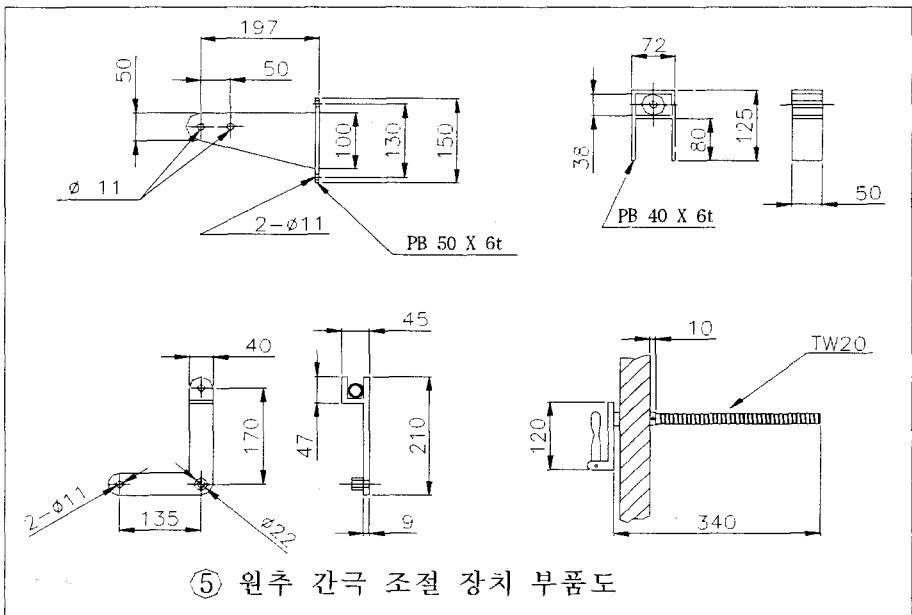


Fig. 2-25 Part of device for gap size between inner and outer cones

그림 2-25는 원추 이송을 위한 부품으로서 원추 간극 조절 장치 부품도이다. 이송 조절 장치는 외원추 하부 프레임에 꺾쇠형 날개가 부착되고 이 날개부는 사다리꼴 이송나사의 리드에 의하여 날개가 좌우로 회전하면서 회전원추를 상하로 움직일 수 있는 구조이다.

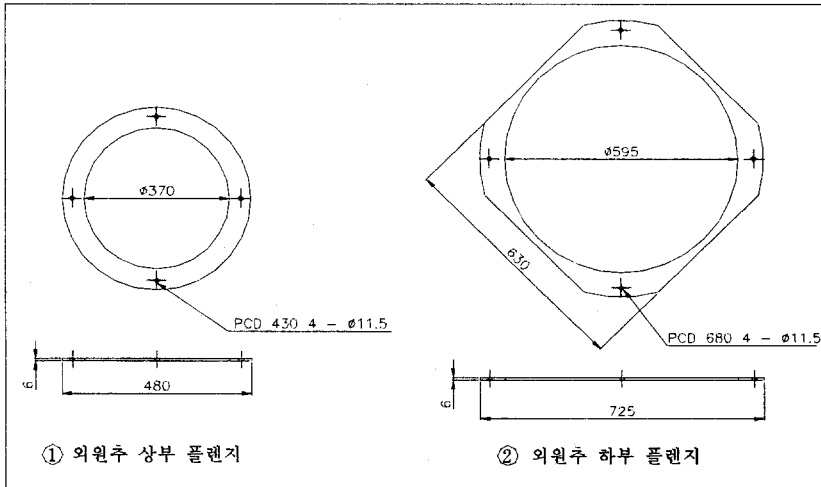


Fig. 2-26 Upper and lower flanges of outer cone

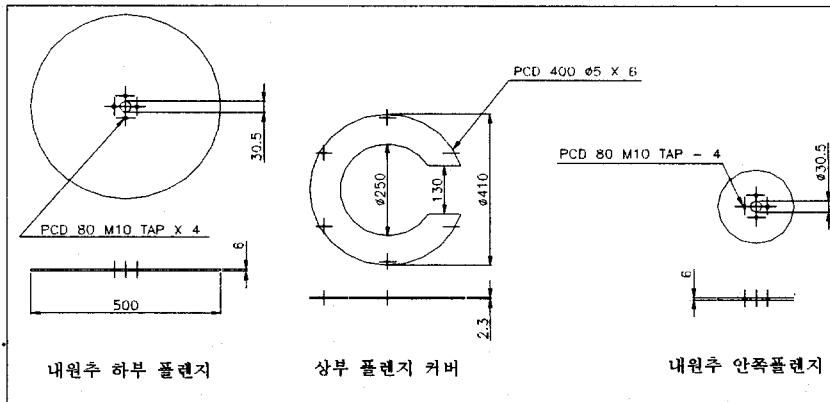


Fig. 2-27 Upper and lower flange of inner cone and flange cover

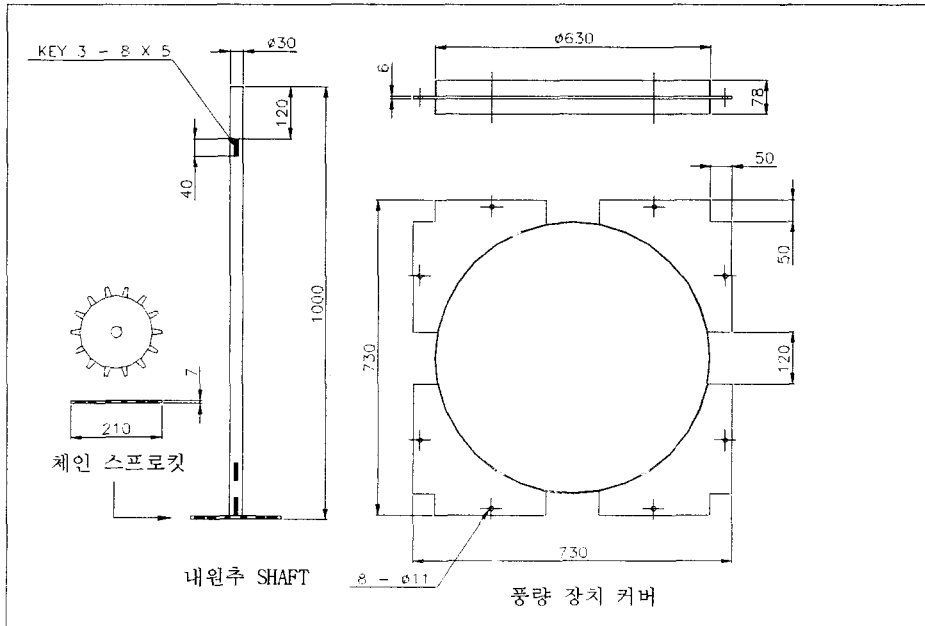


Fig. 2-28 Shaft of inner and outer cones and blower cover

그림 2-26은 외원추를 프레임에 고정된 고정 핀에 안내되어 상하로 이송 되도록 지지하는 프레임이며 그림 2-27은 내원추의 상부와 하부 플랜지이며 상부 플랜지 커버의 기능은 내외 원추의 상부 마늘 투입부가 개방되어 있기 때문에 마늘 쪽분리 작업시에 하부 풍선 장치의 기류가 상부로 유입되면서 쪽 분리된 마늘 외에 외피, 껍질 등이 상부로 역류하여 작업의 지장을 초래하기 때문에 원추의 상부에서 이러한 마늘 외피나 껍질 등의 역류를 차단한다.

그림 2-28은 내원추 하부의 동력 전달에 의해 원추를 회전시키는 축으로서 상하부는 플러머블릭 베어링에 의해 프레임에 지지되고, 베어링 하부는 체인 스프로킷으로 동력을 전달받는다. 또한 축의 상하부에는 키홈을 만들어 축을 고정하였다.

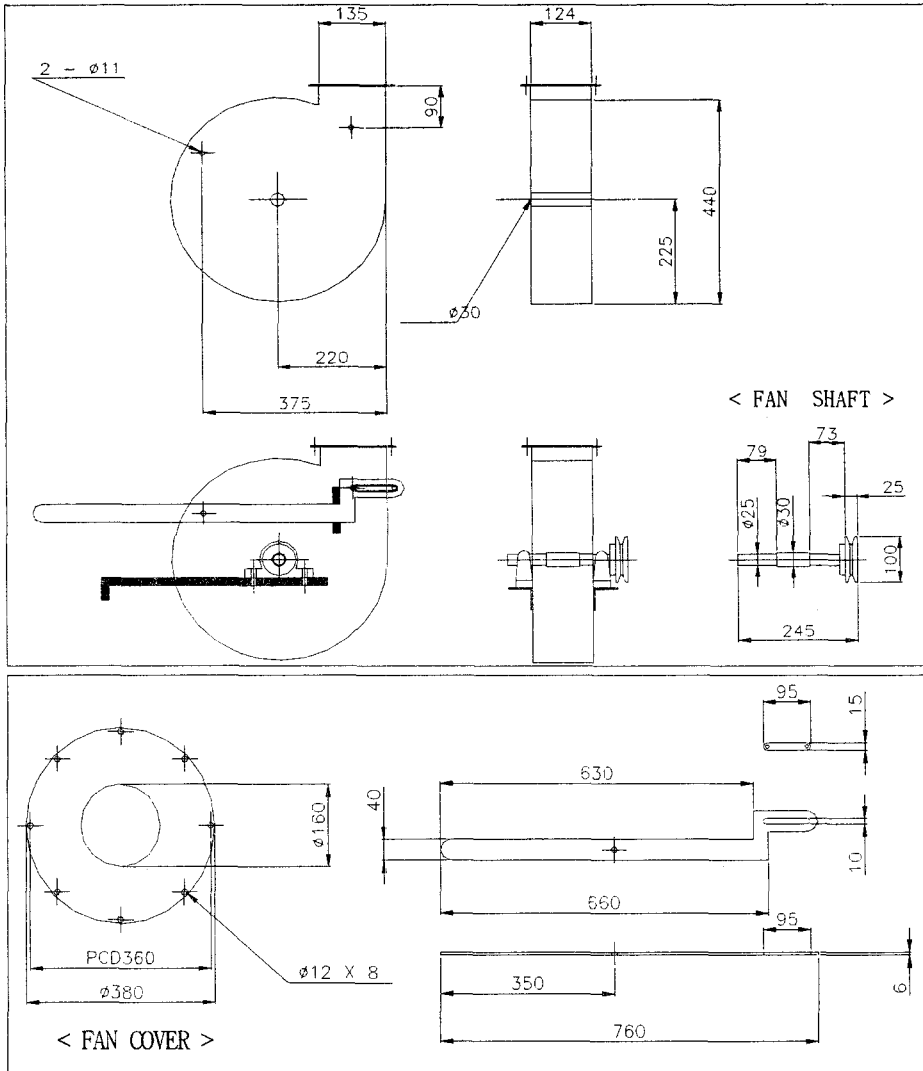


Fig. 2-29 Design drawing of blower in developed garlic separator



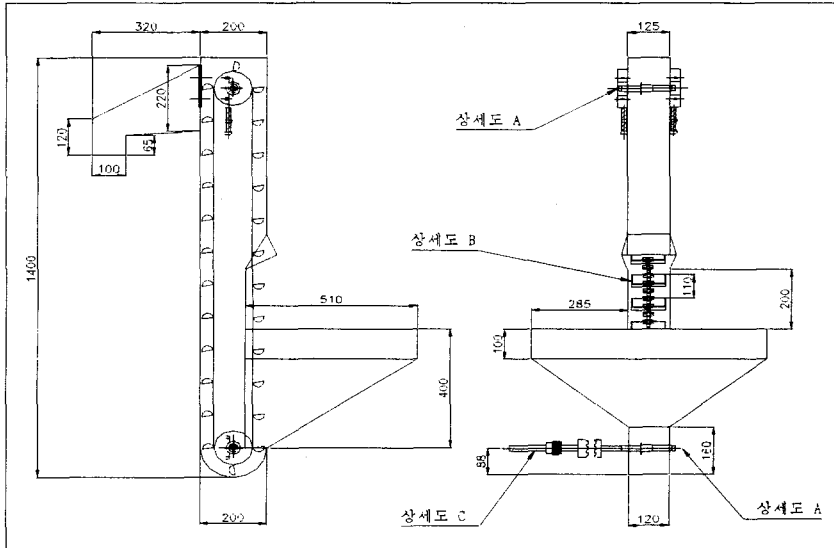


Fig. 2-30 Design drawing of bucket elevator in developed garlic separator.

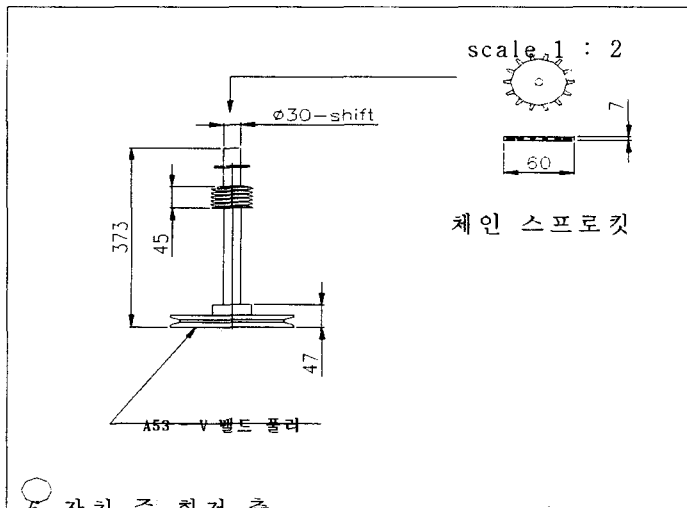


Fig. 2-31 Shaft of bucket elevator in developed garlic separator

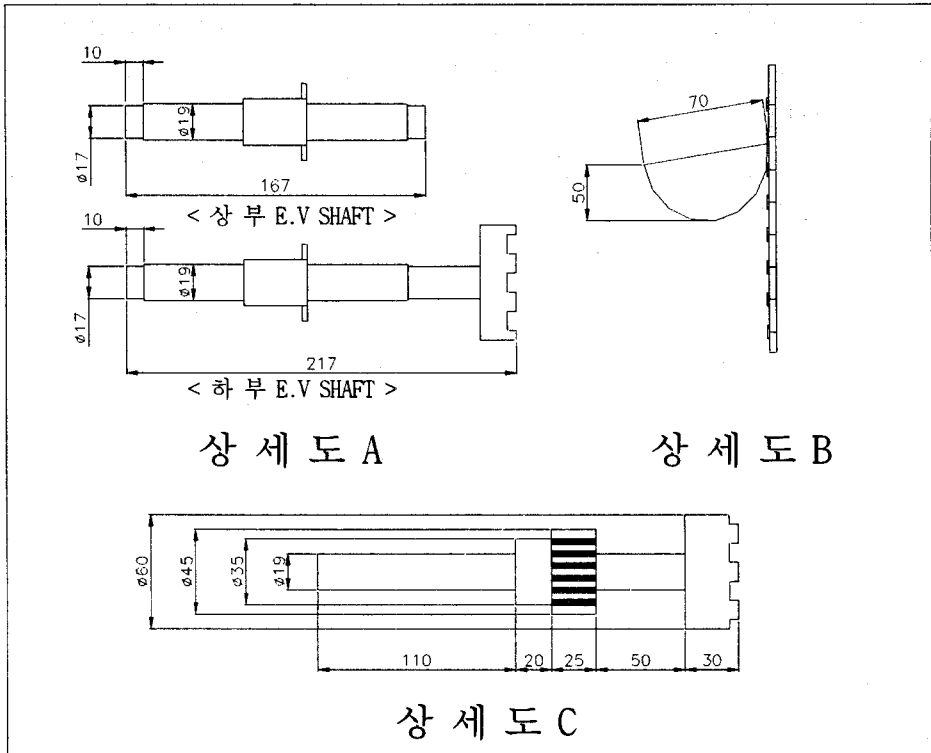


Fig. 2-32 Detail drawings of bucket elevator in developed garlic separator.

한편, 그림 2-28의 풍선장치 커버는 외원추 하부에서 외원추와 프레임 사이에 적당한 간격을 두어 외원추가 상하로 이송할 때 유격을 주었다. 하부 풍선 장치의 기류가 상승하기 때문에 기류에 의한 마늘 피나 껍질의 비산을 막고 안전한 작업을 하기 위하여 필요한 부품이다. 그림 2-29는 송풍기의 설계 도면으로서, 별도의 송풍기를 장착하지 않고, 송풍기의 날개부분만 자체 설계·제작하였다. 송풍기에 필요한 동력은 주동력 모터로부터 전동되도록 설계함으로써 제작비용을 절감하도록 하였다. 또한 마늘 쪽분리 작업량, 마늘 크기, 마늘의

피, 뿌리, 줄기 등과 같은 부산물의 양 및 무게에 따라 풍량을 조절할 수 있도록 송풍기 출구에 풍량 조절 댐퍼를 설계한 다음 부착하였으며 댐퍼 개폐용 레버를 부착하였다.

그림 2-31은 호퍼에 투입된 마늘을 회전 원추 분리부의 상부까지 수송시키는 완전 배출형 버킷 엘리베이터이며 여기서 마늘이 투입되어 반입되는 반입부(호퍼), 체인과 버킷을 일정한 간격으로 부착하여 트런킹(trunking)을 통하여 연속으로 마늘을 버킷에 담아서 수송하는 상승부, 그리고 원추분리부의 상부에서 마늘을 원추 간극사이로 배출하는 배출부분으로 구성되었다.

동력은 하부축 베어링을 통하여 엘리베이터에 전달되며, 전달동력은 그림 2-32에서 처럼 상세도 A, C와 같이 조 클러치를 이용하여 동력을 단속하도록 설계·제작하였다. 원추분리부 회전과 엘리베이터 회전을 독립적으로 하여, 마늘 쪽분리 작업이 수행되는 동안은 조 클러치에 연결된 동력으로 버킷 엘리베이터가 작동되어 연속적으로 마늘이 공급된다. 마늘 쪽분리 작업이 중지될 때는 원추 분리부와 버킷-엘리베이터가 동시에 정지되면 원추 분리부의 투입부와 배출부 사이에 이미 공급되어 있던 마늘이 배출되지 않고 그대로 남아 있게 된다. 따라서 다음 작업시에 기존의 잔존 마늘에 의해 내외 원추사이에서 간극이 막히게 되어 회전을 위한 원추간극을 확보하지 못하게 되어 전동모터에 매우 큰 작동 부하로 작용하게 되어 전동 모터에 과부하가 걸리거나 장치의 작동 불능 상태가 되는 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 작업 종료시에는 일차적으로 조 클러치로 버킷 엘리베이터에 동력을 차단하여 마늘 공급을 중단하고, 회전 원추부는 계속 작동시켜, 원추사이에 남아 있던 마늘이 완전히 쪽 분리 배출된 이후에 주 전원 모터의 동력을 차단할 수 있는 조 클러치를 설계하였다.

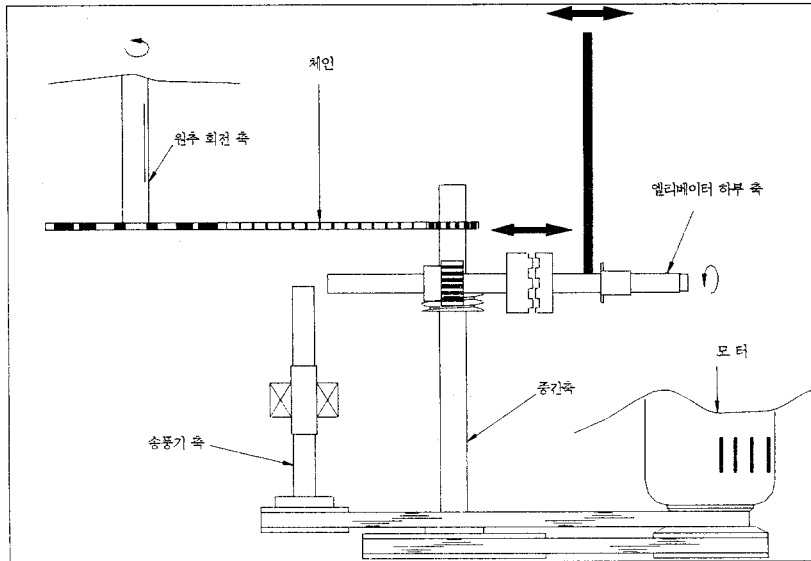


Fig. 2-33 Schematic diagram of power transmission for developed garlic separator

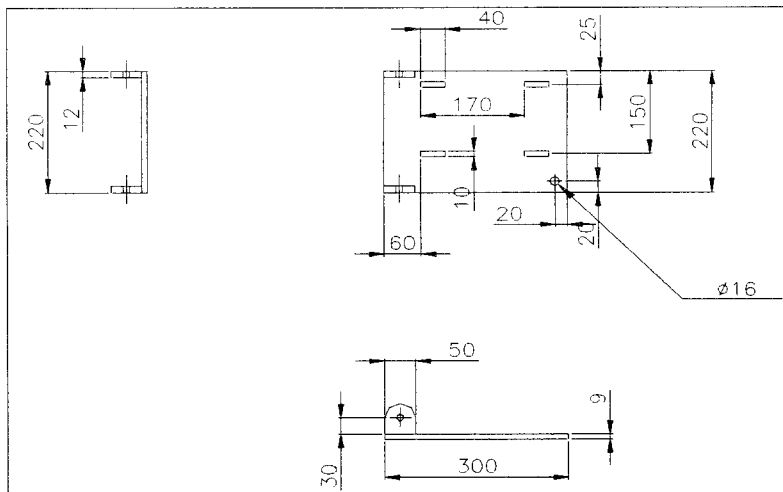


Fig. 2-34 Drawing of motor base

그림 2-33은 동력전달장치의 체계도를 나타낸다. 단상 220V 3HP의 주동력 모터는 그림 2-34와 같은 모터 베이스에 의하여 프레임에 단단히 고정된다. 모터 베이스는 모터 축과 다른 축 사이의 폴리 연결시 장력을 조정할 수 있도록 설계하였다. 그림 2-33에서 모터 축의 2열 폴리의 1 열은 송풍기 축으로 전동되고 다른 1 열은 회전원추 축에 연결되는 중간축으로 전동된다. 모터의 회전 속도에 비하여 회전원추와 버킷 엘리베이터의 회전속도가 낮기 때문에 먼저 모터의 회전수를 낮춘 다음 체인 스프로킷 전동을 이용하여 회전원추 축에 동력을 전달하게 되며 이 경우 회전 원추축은 200rpm으로 전동된다. 버킷 엘리베이터의 경우원추 축과 버킷 엘리베이터 하부 축의 회전 방향이 서로 직교하고 있기 때문에 중간축에 원과 원기어에 의하여 동력전달 방향을 바꾸어서 버킷 엘리베이터에 전동되도록 설계하였으며, 중간축으로부터의 동력전달을 단속하기 위하여 원기어와 버킷엘리베이터 하부축 사이에 쇼 크러치를 설치하였다.

그림 2-35와 그림 2-36은 풍선장치와 풍량 조절을 위한 댐퍼의 설계도이다. 풍선장치는 송풍기로부터의 풍량을 적절히 가감하여 분리된 마늘쪽과 부산물(피, 뿌리, 줄기, 기타)을 기류를 이용하여 선별하도록 설계하였다. 풍량 조절 장치의 댐퍼에 의하여 풍량이 조절된 기류는 마늘쪽을 분리하는 배출부 집하 통로와 부산물을 토출시키는 토출관으로 배분되도록 설계하였다. 이 경우 댐퍼로부터 전체 풍량은 25%는 마늘쪽 배출 관으로, 15%는 부산물 배출관으로 유동되고 나머지 60%는 손실되는 풍량으로서 회전원추부의 상부 하부의 개구부로 유동된다. 따라서 가능하면 개구부에서의 풍량 손실을 줄여야 부산물이 배출관 이외의 부분으로 배출되어 비산되는 먼지를 줄일 수 있게 된다.

이상과 같은 설계 조건에 의하여 설계 제작된 최종 마늘 쪽분리기 시제품의 작업 사진은 그림 2-37과 같으며, 성능 및 특징을 요약하면 표 2-10과 같다.

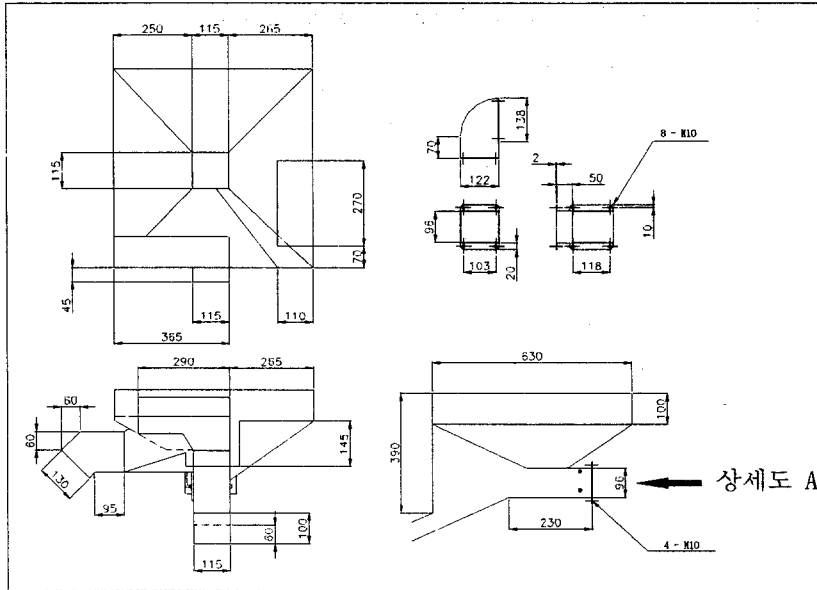


Fig. 2-35 Blower of developed garlic separator

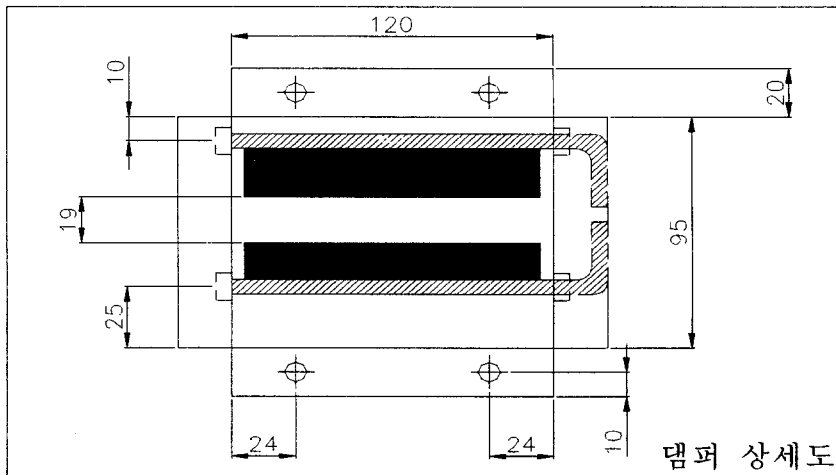


Fig. 2-36 Detail drawing of damper in the blower of developed garlic separator.

Table 2-10. Specifications and performance test results of developed garlic separator

구분	성능 및 특징	비고
사용 전원	단상 220V(가정 및 농용 전원 사용)	
동력 모터	단상 220V, 3마력	
크기	가로1400mm×세로750mm×높이1700mm	
기계 구성	버킷-엘리베이터, 원추분리부, 풍선부, 전기제어부	
적용	한지형 및 난지형 품종의 대중소 크기별 쪽분리	외원추 가변
회전원추 속도	100~400rpm	생산시 조정
버킷-엘리베이터	버킷수 20개, 2rpm	생산시 조정
공급율	100~200개/분( 1~2접/분)	생산시 조정
쪽분리율	90~95%	
기타	저소음, 저가격, 이동식 정치 설치	



Fig. 2-37 Photograph of performance testing for developed garlic separator

## 제 7 절 최종 시제품(5호기) 완성

### 1. 4호기에서 보완 설계 사항

지금까지 개발된 1호~3호의 시작기의 설계·제작과 성능시험에서 나타난 문제점을 수정 보완하여, 농가 보급 및 산업체 기술이전을 위한 최종적인 시제품을 설계·제작하였다. 즉, 시작기(1호기)는 1차년도 연구에서 제안한 회전원추 원리를 이용한 마늘 쪽분리 가능성과 제반 설계 인자들을 실험을 통하여 구명하기 위하여 개발되었다. 2호 시작기의 경우 실용화를 목적으로 하여 마늘 투입장치, 분리 및 정선을 풍선장치, 그리고 전기 제어 등 마늘 쪽분리 작업기계의 전체적인 조합 및 그 구성에 중점을 두었다. 그 결과 버킷 엘리베이터를 채택한 마늘 투입부, 회전 원추 원리를 이용한 분리부, 피와 마늘쪽을 분리 선별하는 풍선부, 그리고 전기제어부와 동력전달 장가 구성되었다. 특히 3호 시작기는 원추 이송장치, 호퍼의 크기와 엘리베이터 내 버킷 간격, 원추의 회전 속도 조절 장치 등이 개선되었다. 따라서 현재까지의 개량 및 개선 결과를 토대로 하여 최종적으로 다음과 같은 마늘 쪽 분리기 시제품이 완성되었다.

### 2. 최종 시제품의 주요부

표준화 설계에 기반하여 제작된 최종 시제품의 주요부를 설명하면 다음과 같다. 최종 공급기 5호기는 4호기와 같은 조건으로 설계 제작되었으며, 단지 외원추의 치수를 변경하여 배출부 간극을 조정하였으므로, 4호기와 상이한 부분은 외원추이며, 외원추의 단면도는 그림 2-38과 같다. 그림 2-38은 외원추를 상하로 이동하여 마늘의 품종과 대 중 소의 모든 크기에 대하여 쪽분리 작업이 가능하도록 원추 배출부의 직경을 15~26mm까지 가변되도록 설계하였다. 이때 배출부 간극은 실증실험에서 입증된 데이터에 근거하여 제안된 치수이다. 이러한 최종의 외원추 치수를 기준으로 제작된 마늘쪽 분리기 시제품의 크기는 가



로 1400mm, 세로, 750mm, 높이, 1700mm로서 손쉬운 장치 이동을 위하여 프레임 하부에 이동용 바퀴를 부착하였으며 자세한 실물 및 설계도는 그림 2-38~그림 2-41에서 보는 바와 같다.

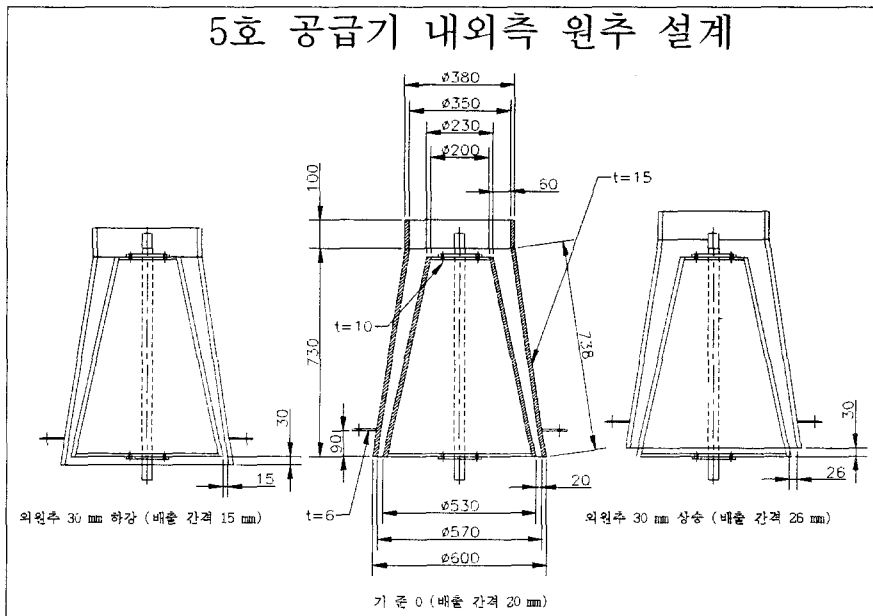
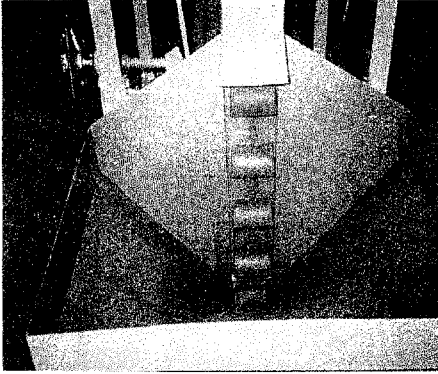
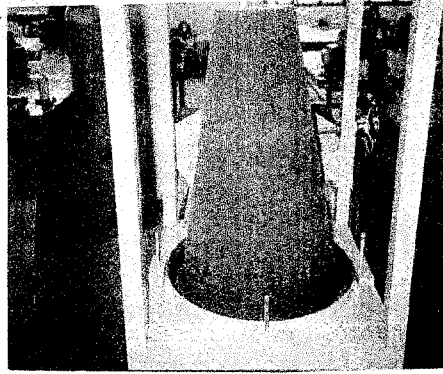


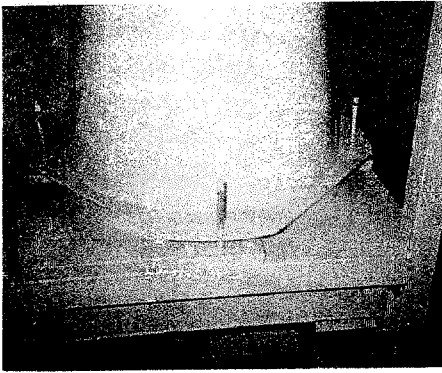
Fig.2-38 Sectional view of outer cone



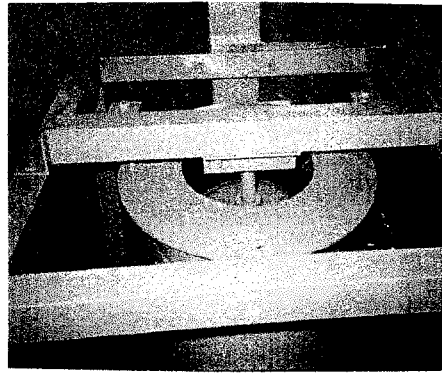
(a) Hopper



(b) Inner rotating cone



(c) Lower guide pin of outer cone

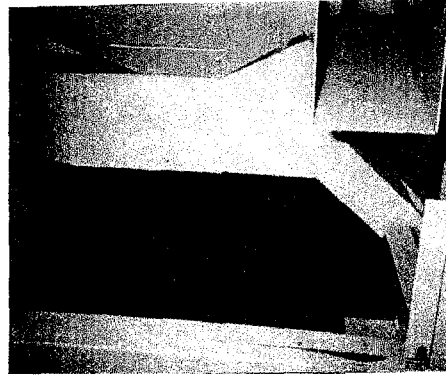


(d) Upper guide pin of outer cone

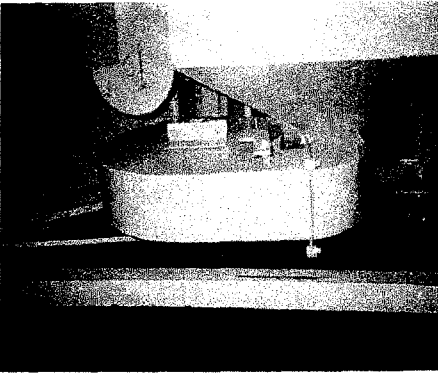
Fig. 2-39 Photo. of prototype #5



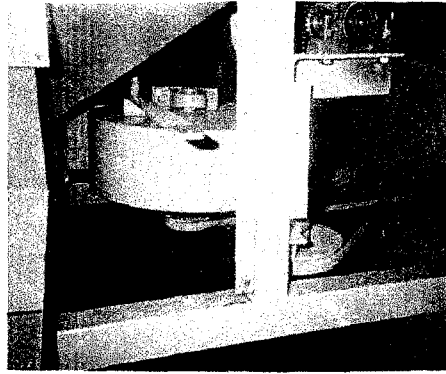
(a) Outlet of garlic



(b) Outlet by-products

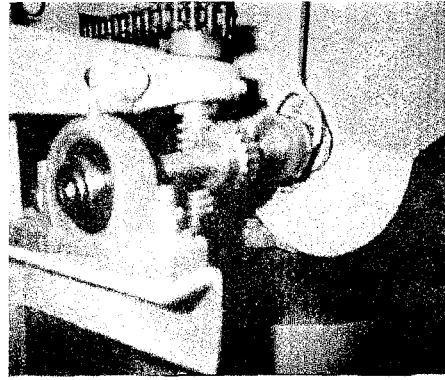
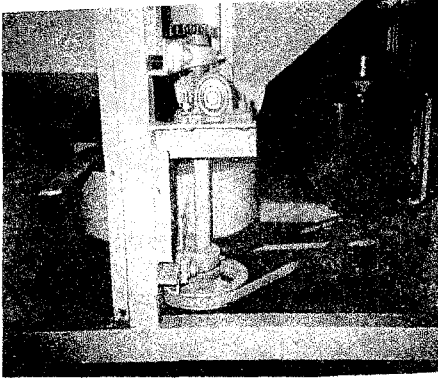


(c) Blower

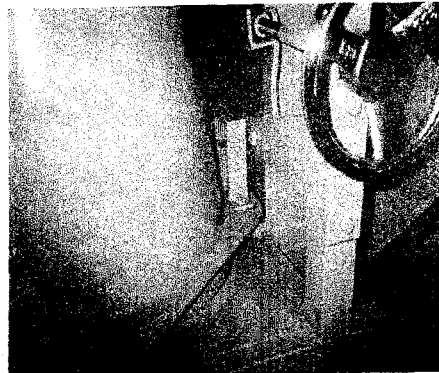
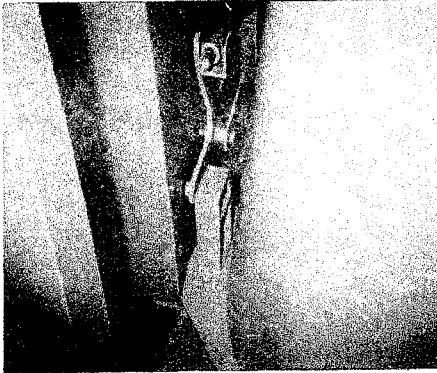


(d) Damper controller

Fig. 2-40 Photo. of prototype #5



(a) Motor & transmission gear      (b) Worm gear pair



(c) Feed gear of outlet cone      (d) Feed gear and handle

Fig. 2-41 Photo. of prototype #5

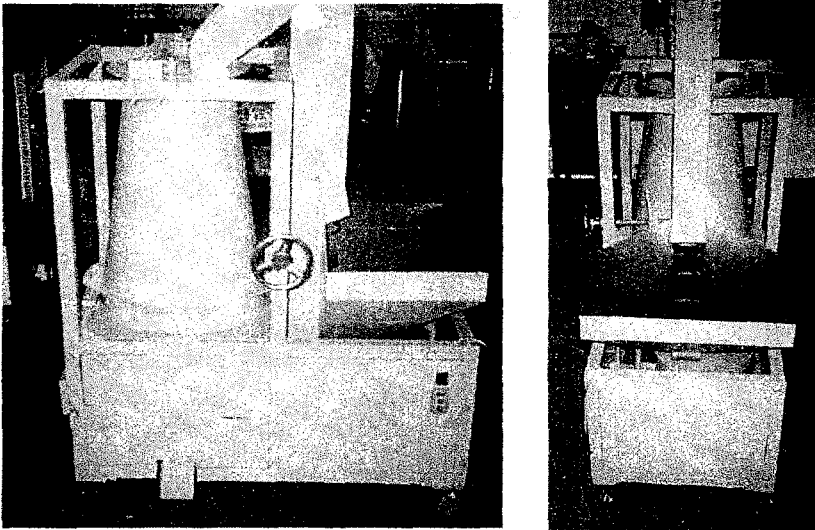


Fig.2-42 Front and side view of prototype #5

### 제 3 장 씨마늘 분열 작업기계의 성능 평가 실험

연 구 기 관 : 안동정보대학 기계과

연구책임자 : 이진현(안동정보대학 기계과 조교수)

연 구 원 : 이정삼(서울대학교 대학원 농학과)

여 백

## 제 3 장 씨마늘 분열 작업기계의 성능 평가 실험

### 제1절 서론

한국인에게 조미 채소로서 높은 비중을 차지하고 있는 마늘은 최근 가공식품의 수요 증대와 더불어 육류소비의 증가에 따른 식생활 문화의 변화에 따라 수요가 계속 증가되고 있는 추세이다.

마늘 생산비는 중국산에 비해 비교 열위에 있는 채소로서, 최근 중국산 마늘에 대한 긴급 수입 제한 조치(Safe-guard)로 인하여 한·중 통상마찰이 발생하였다. “한·중 마늘 분쟁” 대책의 일환으로서 마늘 재배 농가의 생산비 절감을 통한 경쟁력 증대와 지원을 위하여 정부는 “마늘 산업 경쟁력 제고를 위한 세부 추진계획”을 발표한 바 있다. 이러한 계획에 따라 2003년까지 마늘 주산단지별로 연차별 기계화 추진계획을 수립하였으며 지역특화 사업과 물류 표준화 사업이 수행되고 있다. 이에 따라 지역특화 사업으로서 마늘 쪽분리기가 포함되어 있어 마늘 재배의 기계화 및 생력화를 촉진시키는 계기가 되었다.

마늘 재배 및 수확 작업체계는 본포준비 후 파종작업(인편분리, 파종, 복토, 멀칭 등), 수확(굴취), 줄기절단, 결속, 건조·저장, 출하 순서로 이루어진다. 이때 본포준비 후 파종작업을 수행하기 위해서는 먼저 씨마늘 용으로 건조·저장된 쪽분리된 마늘이 필요하다. 이러한 마늘의 전체 작업체계에서 본포준비, 파종, 수확, 뿌리 및 줄기절단, 건조·저장 등의 작업 단계에서는 상당부분 기계화가 완료되었거나 진행되고 있다. 특히 효율적인 마늘파종작업 기계화를 위해서는 단기간에 대량의 씨마늘이 준비되어야 하기 때문에 마늘 쪽분리기의 개발이 반드시 필요하다.

씨마늘은 마늘 수확 후 즉시 쪽분리하여 파종작업 전까지 장기간 보관할 경



우 부패의 위험성이 있기 때문에 파종작업 직전에 씨마늘로 쪽분리 하여야 한다. 씨마늘용 마늘로 분리하기 위한 작업기계의 개발에서 고려해야 할 점은 기계작업시 마늘의 물리적인 손상이 발생할 수 있으며 이러한 손상된 씨마늘은 파종 후 포장에서 발아가 되기 전에 부패하거나 발아가 되더라도 생육 부진으로 인하여 수확량이 감소될 가능성이 있다는 점이다. 따라서 마늘 쪽분리기를 이용한 종구분별 작업시 분별된 씨마늘의 손상을 최소화 함과 동시에 파종 직전에 분별하여 곧 바로 파종해야 하는 기술적인 어려움이 있다

그러나 관행의 씨마늘 준비작업은 기계화가 미진하여 상당부분 인력에 의존하고 있는 실정으로서, 전체 마늘 작업체계를 검토해볼 때 마늘 쪽분리기의 기계화율이 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타났다. 지금까지 개발된 마늘 쪽분리기를 살펴보면 다단 롤러를 이용하여 롤러의 회전속도 차이에 의해 발생하는 전단력과 마찰력을 이용하여 쪽 분리하는 고무 돌기 드럼회전 방식(농업기계화연구소, 1994, 1995)이 개발되어 있으며, 다단 롤러 방법을 수정 보완한 방법으로서 회전 롤러에 마늘의 이송을 도와주는 판 벨트가 장착된 판 벨트 방식(1999, 최석태)이 있는 것으로 조사되었다. 또한 공기 압축방법을 이용한 쪽분리기도 개발되어 보급되고 있는 것으로 나타났다. 그 외 쪽분리된 마늘에 대한 박피기 개발에 관련된 연구가 수행되었으며(조용진과 김철진 1993; 박재복 1998), 마늘 수확기 개발에 관련된 연구(전현중 등, 1997; 노광모 등, 1997)가 일부 수행되었다.

기존의 다단 롤러방식은 쪽 분리된 마늘의 손상율을 줄이고 쪽 분리율을 높이기 위해서는 롤러의 단수와 간격을 적절하게 조절 해주어야 하며 롤러의 회전속도 차이를 적절하게 설정해 주어야 할 것으로 생각된다. 또한 마늘의 이송을 위한 벨트를 채용함으로써 별도의 구동부가 필요하게 되며 이에 따른 기계 제작 비용이 증가하게 될 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 별도의 마늘 이송 장치가 필요 없으며 구조가 간단함과 동시에 쪽 분리율을 높이고 손상율을 감소시키기 위한 방법으로서 회전 원추를

이용한 마늘 쪽분리 방법을 제안하고자 수행되었다.

회전 원추를 이용한 쪽분리 방법은 원추판의 회전에 의한 원심력과 비틀림 작용을 이용하여 마늘을 씨마늘로 종구 분열하게 되며 분리된 쪽마늘은 자중에 의하여 낙하하는 원리이므로 기존의 강제 압입 방식에 비하여 마늘의 손상이 극소화될 것으로 생각된다. 또한 기계적인 마찰부가 적어 작동시 소음이 감소될뿐만 아니라 구동에 필요한 동력이 절감되며 기계의 공간 점유율이 감소될 것으로 기대된다.

본 연구는 회전 원추형 마늘 쪽 분리기 개발 연구에서 1호기 시제품에서는 마늘의 쪽 분리 성능에 영향을 미치는 원추의 크기 및 각도, 회전속도 등의 제반 설계요인들을 고찰하였으며, 2호기, 3호기, 4호기에서는 마늘쪽분리기에 대한 제반 기본 여건 조사 및 버킷-엘리베이터 투입을 그리고 분리 성능에 대하여 연구 개발을 수행하였다.

## 제 2 절 시작기 성능 평가 실험

### 1. 성능 평가용 시작기 개요

회전 원추 원리를 이용한 마늘쪽분리기는 모터와 구동축이 직절두형의 원추 프레임에 연결되며, 자중 또는 호퍼 방식에 의해 투입되는 마늘이 내외 회전 원추간격 사이로 급송되어 쪽으로 분리된다. 이러한 원리의 핵심 부분은 내외 축의 직절두형 원추사이에서 쪽분리가 일어나는 것으로서 작업원리가 기존의 다단의 회전 롤러 방식과는 다르다는 점이다. 회전 원추의 경우는 투입부에 마늘이 투입되면 투입된 공간 즉, 내외 원추의 상부 간격은 투입되는 마늘의 최대 크기를 갖는 구폭에 해당하고, 하부 간격은 분열된 씨마늘 배출부가 되는 구조로서 쪽분리된 씨마늘의 폭과 높이 정도의 간격을 두면 된다. 따라서 투입 마늘은 원추의 회전체에 의하여 자동으로 급송되어, 마늘은 상부의 넓은 공간

에서 하부의 좁은 공간으로 나선회전을 하면서 이동되어 쪽분리되는 구조이다.

마늘은 기하학적 형상과 크기에 따라 특대, 대, 중, 소로 구분된다. 이에 따라 쪽분리기의 경우 내외 회전 원추의 간극 즉, 투입부 간극과 배출부의 간극에 따라 쪽분리율과 씨마늘의 손상율에 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. 따라서 파종용 씨마늘은 10g이상의 너무 큰 마늘쪽을 심으면 벌마늘이 생기기 쉬우므로, 쪽마늘의 크기는 5~7g정도가 적당할 것으로 판단된다.

본 연구개발에서는 성능 평가용으로 4대의 시작기를 제작한 후, 각각의 시작기에 대하여 성능평가 실증 실험을 수행하였다.

1호기 시작기에서는 회전원추의 원리 검증 차원의 실증 실험용으로 시작기를 제작되었다. 1호 시작기에서는 1차적으로 씨마늘로서 적당한 크기인 대 및 중 크기의 쪽분리를 기준으로 하여 씨마늘의 폭과 높이에 여유율을 감안하여 투입부의 간극을 50mm, 배출부의 간극은 30mm로 일정하게 하였다. 또한 원추의 크기와 각도에 따라 쪽분리율이 달라질 것으로 사료되어 표 1에서 보는 바와 같이 투입 및 배출의 내외 회전 원추의 간격은 일정하게 유지하면서 높이와 원추각도를 다르게 하여 설계한 A(700mm), B(550mm), C(400mm)의 3가지 형태로 회전 원추를 설계·제작하여 실증 실험을 수행하였다. 1호 시작기에 의한 1단계 요인별 실증 실험을 거친 후, 2단계에서는 1단계의 결과를 토대로 원추의 투입부 간극은 일정하게 하고, 배출부의 간극을 변화시키는 방법으로 표2와 같이 외원추에서 하부 원추 직경을 달리한 5개의 외원추를 제작하여 배출부의 간극이 마늘의 분리 성능에 미치는 요인 실증실험을 수행하였다.

2호기에서는 원추 높이를 700, 투입부 간극과 배출부 간극을 각각 55mm와 30mm로 하였다. 3호기에서는 원추 높이를 730, 투입부 간극과 배출부 간극을 각각 55mm와 35mm로 설계하였다.

그러나 4호기에서는 표 2에서와 같이 배출부의 간극 뿐만 아니라 투입부의 영향을 고찰하기 위하여 투입부의 간극은 55~75mm, 배출부 간극은 25~35mm 범위로 원추를 설계 후 외원추를 가변형으로 하여 상하로 이송에 의한 투입과

배출부의 간극을 조절하였다.

실증 실험에 사용된 시작기에서 공통적으로 내원추의 외측면과 외원추의 내측면에는 쇼어경도 35, 두께 15mm인 충격 흡수용 발포 고무를 부착하여 쪽분리 작업시 마늘의 손상을 극소화하도록 시작기를 제작하였다.

Table 3-1 Specification of inner and outer cones

시제품 번호	실증실험 목적	원추 높이	투입부			배출부		
			외원추	내원추	투입부	내원추	외원추	배출부
			외경	내경	간극	외경	내경	간극
1호기	원추 높이 영향	700	330	230	50	530	290	30
		550	294	394	50			
		400	358	458	50			
	배출부 간극영향	700	340	230	55	530	580	25
							586	28
							592	31
598							34	
2호기		700	340	230	55	530	590	30
3호기		730	340	230	55	530	600	35
4호기	투입부와 배출부영향	730	360	230	65	530	580	25
		730	360	230	65		600	35
		730	380	230	75		600	35
		740	340	230	55		580	25
		740	340	230	55		590	30
		740	340	230	55		600	35
5호기	공급기	730	340	230	60	530	570	20

또한 시작기에서 회전 원추의 속도 조절 방법으로서, 1호 시작기에서 마늘 쪽분리를 위한 회전 원추의 적정 회전수를 구명하기 위하여 VS 모터에 의한 유

도전동기 제어방식을 채택하여 전동축의 속도를 제어하였다.

이 때 회전 원추축의 최대 회전수를 400rpm으로 하여 설계하여, 모터 회전 수 범위가 150~1500rpm, 모터 출력이 1 PS인 VS 모터를 선정하였다. 또한 전동축과 회전 원추축 즉, 종동축 사이의 축간 거리는 800mm로 하였으며 이러한 축간 거리는 기어를 이용한 전동에는 부적절할 뿐만 아니라 고속 회전시 소음과 진동이 문제가 될 수 있으므로 구동방식으로서 롤러 체인 #40을 사용하여 체인 스프로킷 휠을 구동부로 하였다. 전동축의 회전수는 종동축(원추축) 회전수의 2.5배로 설계하여 회전원추의 속도가 마늘의 분리 성능에 미치는 요인을 검증하여 최적의 원추 회전속도를 결정하도록 하였다.

2호기, 3호기, 4호기에서는 각각의 시제품에서 원추의 크기와 회전속도 그리고 버킷 엘리베이터의 회전속도 투입율을 일정한 조건에서 실증실험을 수행하였다.

## 2. 시작기 성능분석을 위한 재료 및 방법

### 가. 공시재료

공시재료로서 난지형인 남도마늘과 한지형인 의성 마늘을 선택하여 시작기의 성능분석에 사용하였다. 여기서 통마늘의 높이(H)는 뿌리부에서 마늘의 끝단까지 수직 높이를, 구폭(W)은 통마늘의 최대 둘레부의 직경을 나타낸다. 또한 쪽마늘의 높이(h)는 발근부에서부터 수직높이를 그리고 폭(w)은 둘레 직경을 측정된 값이다. 이러한 공시 마늘의 물성 실험에 사용하기 전에 충분히 천일 건조한 후 측정하였다.

공시재료로서 1호 시작기에 사용된 마늘의 물성은 표3-2와 같으며, 2호, 3호, 4호 시작기에 사용된 마늘의 물성은 표3-3과 같다.

Table 3-2 Physical properties of Namdo & Uisung garlics used prototype #1

Variety	Garlic bulb			Separated garlic		
	Weight (g)	Width (mm)	Height (mm)	Weight (g)	Width (mm)	Height (mm)
Namdo	47.2	54.77	38.17	5.10	21.67	30.27
Uisung	40.15	49.16	37.76	5.17	19.86	31.84

Table 3-3 Physical properties of Namdo and Uisung garlics used in prototype #2 ~ #4

품종	품질	마늘				쪽마늘(인편)			
		무게 (g)	구폭 (mm)	구고 (mm)	인편수 (EA)	인편무게 (m)	직경 (mm)	높이 (mm)	피·줄기 무게(mm)
난지형	대	39.20	54.7	33.4	7.5	4.7	18.8	26.7	4.40
	중	28.08	47.1	25.8	6.5	3.9	17.1	23.6	3.16
	소	20.63	42.0	22.1	6.8	2.8	15.1	21.9	2.20
한지형	대	45.97	50.5	36.6	9.0	4.9	18.5	32.2	3.28
	중	25.61	42.1	31.7	8.1	3.1	16.0	27.5	1.84
	소	16.51	34.4	28.4	6.5	2.5	14.1	24.4	1.28
전체 평균		30.34	45.5	30.2	7.5	3.7	16.8	26.4	2.74

나. 성능시험 방법

1) 1호 시작기에 의한 성능시험

회전 원추의 원리를 이용한 씨마늘 쪽분리 작업기계의 개발에서는 쪽분리율이 높고, 씨마늘의 손상을 최소화함과 동시에 단위시간당 작업 효율을 최대화할 수 있는 최적의 운전 조건 구명이 필수적이므로 표 4에서 보는바와 같은 요인별 실험 변수들을 선정하기 위하여 최적 작동 조건 구명을 위한 실험을 수행하였다.

Table 3-4 Experimental working conditions of garlic separator (prototype #1)

구 분	실험 조건
품종	난지형, 한지형
내원추 회전속도(rpm)	100, 150, 200, 250, 300, 350, 400
마늘 투입속도 ( 개/분)	40, 60, 80, 100, 120, 140
원추형태	A, B, C

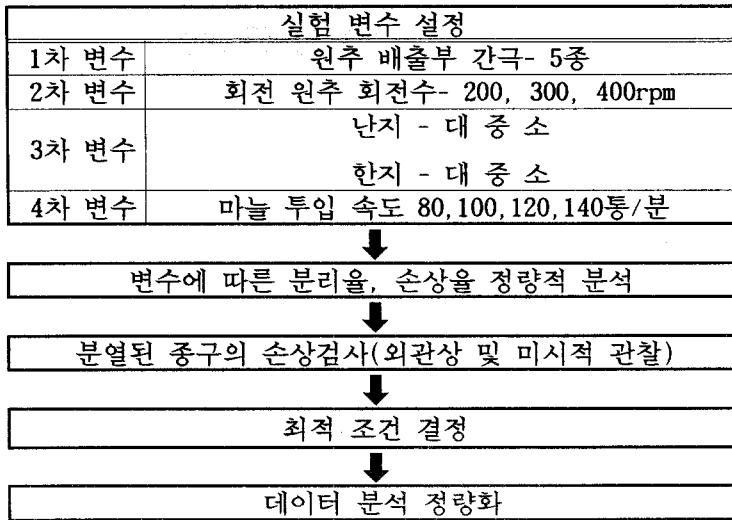
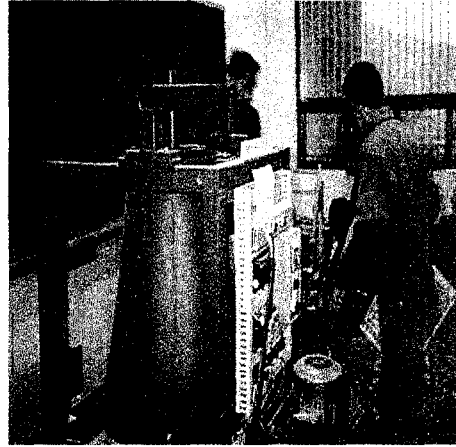
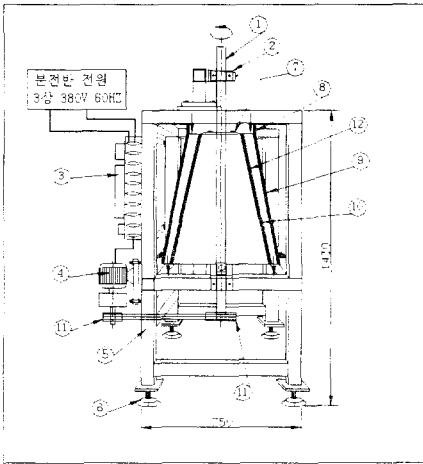


Fig.3-1 Flow Chart of performance test for garlic separator

회전 원추형 마늘 쪽분리기 개발의 1호 시작기 그림 2에서 보는 바와 같다. 시작기의 프레임은 4각 파이프(60×60×2t) 구조물(⑤)을 사용하여 제작하였으며, 시작기 하부는 수평을 맞추기 위한 나사 받침(⑥)을 두었다. 원추의 외측은 기계프레임에 고정하되, 고정판의 직경을 크게 하여 외원추의 편심에 대응하도록 적절한 유격을 두었다. 프레임의 상부와 하부에는 내원추의 축(①)을 고정하는 플러그 블록(②)을 프레임에 고정하여 레이디얼 볼 베어링으로 축이음을 하였다. 고정된 외측 원추의 안쪽에 동심의 내축 회전 원추를 일정한 간극으로 설치하였으며 이 간극 사이에 마늘이 투입되어 원추의 회전에 의한 원심력과 비틀림 작용에 의해 씨마늘로 쪽분리된 마늘이 자중에 의해 하부로 이송되어 배출되는 구조이다.





- ① Following shaft ② Plug block & bearing ③ VS motor control panel
- ④ VS motor ⑤ Frame ⑥ Horizontal support ⑦ Upper flange
- ⑧ Inlet guide ⑨ Fixed outer cone ⑩ Shock absorbing rubber
- ⑪ Sprocket ⑫ Rotating inner cone

Fig.3-2 A rotating cone type garlic separator (prototype #1)

상부의 투입부에 마늘이 투입되면 내외 회전 원추의 간극이 넓은 상부의 고정 원추(외부 원추)와 회전 원추(내부 원추)의 간극 사이에서 비틀림 작업에 의해 분열되어 분리된 마늘은 원추 하부를 지나면서 최종적으로 하나의 쪽마늘로 각각 분리되어 배출된다. 여기서 투입부는 표2-4에서 나타낸 바와 같이 원추 사이의 간극이 50mm로 일정하게 설계되었기 때문에 마늘의 폭과 높이에 대하여 간극이 충분히 확보되어 마늘의 투입이 원활하게 된다. 개발된 시작기에서 씨마늘의 분리에 적합한 적정 원추 회전속도를 구명하기 위하여 회전원추의 속도를 100~400rpm으로 가변할 수 있도록 하였다.

실증실험에서 회전 원추축의 적정 속도를 설정하기 위해서는 전동축과 원추축의 회전수를 회전속도계(Shimpo DT-105)로 각각 측정하였으며, 회전 원추축

의 속도를 설정한 다음 투입부에서 마늘의 분당 투입속도별로 각각 40, 60, 80, 100, 120, 140[개/분]으로 투입하여 실증 실험을 수행하였다.

회전 원추에 투입된 마늘이 회전 원추에서 나선운동에 의한 이송에 의하여 쪽분리되어 배출부로 배출되면, 집하부에 분리된 쪽마늘과 피, 뿌리 등이 혼합되어 있으므로 풍선용 팬을 이용하여 피, 뿌리, 줄기 등을 풍선한 후, 1쪽 및 2쪽으로 쪽 분리된 마늘과 이문 것, 갈라진 것, 상처난 것 등을 손상 마늘로 분류하여 손상구로 판정하여 마늘을 분리한 다음 각각 계수하여 분리율과 손상율을 구하였으며 기존의 인력에 의한 관행 작업 결과와 비교하였다.

## 2) 2호~4호 시작기에 의한 성능실험

1호 시작기와는 달리 그림3-3의 2호 시작기, 그림 3-4의 3호 시작기 그리고 그림 3-5의 4호 시작기는 마늘쪽분리기로서 공급기의 형태를 갖는 작업기이다. 따라서 2호 시작기부터는 작업기계의 성능에 관여하는 인자는 1호기 성능평가 실험을 근거로 하여 제작된 것이므로 요인별 인자는 고정된 상태에서 버킷 엘리베이터의 설계 조건에 따라서 개발기계의 성능이 결정된다.

즉 2~4호 시작기는 각각 원추의 크기는 고정된 상태이므로 단지 투입부와 배출부 간극이 외원추의 상하 이송에 의하여 결정된다. 원추의 회전 속도는 일정하며, 마늘의 투입 속도는 버킷 엘리베이터의 공급율에 의하여 결정된다. 2~4호기의 종합적인 실증실험 조건은 표 3과 같다.

Table 3-5 Experimental working conditions of garlic separator  
(prototype #2~#4)

시작기 번호	원추 높이	투입부 간극	배출부 기준간극	원추이송(-30~ +30)에 따른 간극		원추회 전속도	버킷-에리베이터	
				투입부	배출부		회전속도	버킷수
2호기	700	55	30	55~60	24~35	400rpm	3.5rpm	12개
3호기	730	55	35	55~60	24~35	400rpm	4rpm	26개
4호기	730	65	25	55~65	19~31	225rpm	2rpm	21개

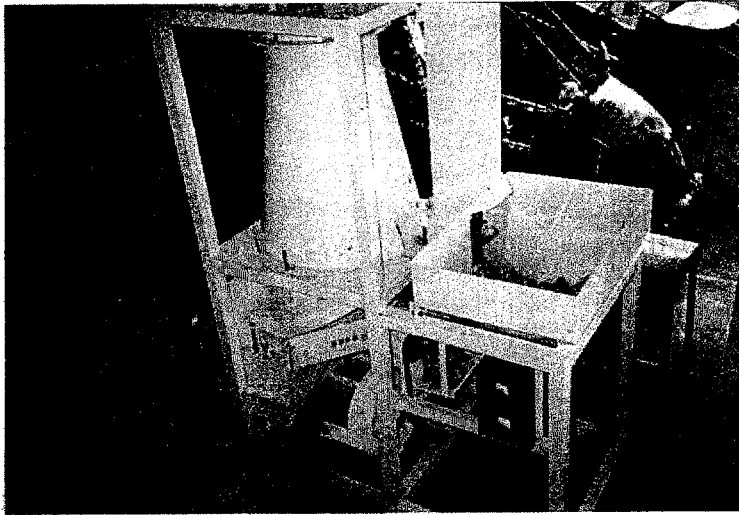


Fig. 3-3 Prototype #2 of garlic separator

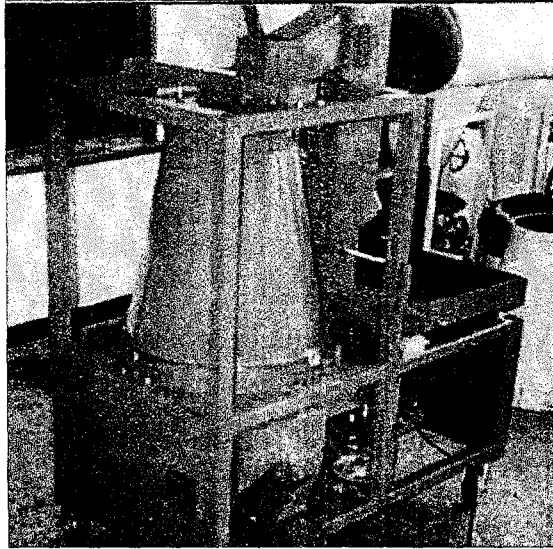


Fig. 3-4 Prototype #3 of garlic separator

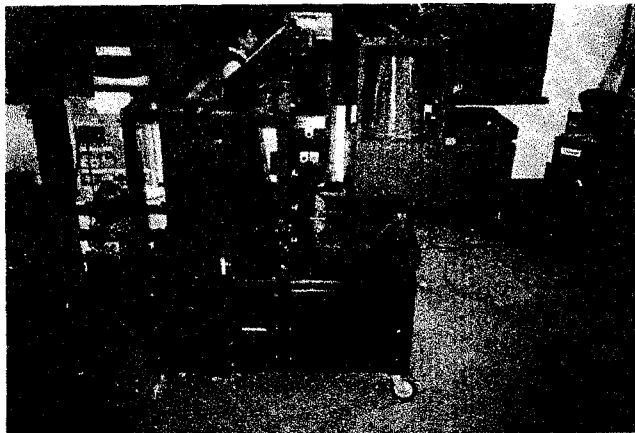


Fig. 3-5 Prototype #4 of garlic separator

### 제3절. 1호 시작기 결과 및 고찰

#### 1. 마늘 투입부와 배출부 간극이 일정한 조건

##### 가. 마늘 투입속도에 따른 분리성능

마늘쪽분리기에 의하여 마늘을 쪽분리 하였을 때의 경우는 1쪽으로 분리, 2쪽으로 분리, 3쪽 이상인 상태로 분리되며, 분리되더라도 쪽분리된 마늘이 손상되는 경우가 있다. 따라서 마늘쪽분리기의 성능이란 1쪽으로의 분리율이 높고, 상대적으로 손상을 줄여야 한다.

본 연구개발에서는 쪽분리 작업기계의 성능평가 지표로서 다음과 같은 분리율을 정의하여 시작기의 성능을 분석하였다.

$$\text{1쪽 분리율(\%)} = \frac{\text{분리된 1쪽 마늘의 수}}{\text{투입 마늘의 전체 쪽수}} \times 100 \quad (1)$$

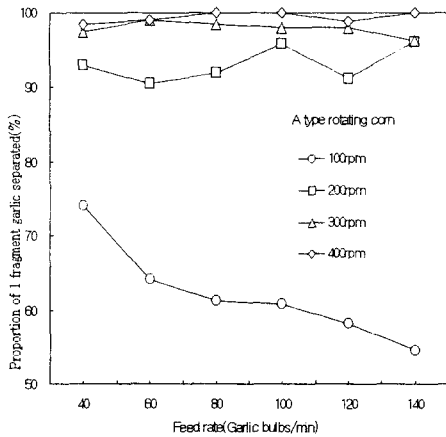
$$\text{2쪽 이상 분리율(\%)} = \frac{\text{2쪽 이상 마늘의 개수}}{\text{투입 마늘의 전체 쪽수}} \times 100 \quad (2)$$

한편 파종용 씨마늘의 경우 발근부가 손상되거나 파손에 의하여 갈라져서 배아가 손상되면 손상구가 되어 발아되지 않지만, 본 쪽분리 기계작업에서는 손상의 기준을 강화하여 분리된 마늘의 육안 선별을 통하여 이문 것, 갈라진 것, 상처난 것 등은 손상 마늘로 분류하였으며, 실제 실증실험에서는 발근부의 손상은 거의 희박하였으며, 손상구의 대부분은 마찰에 의한 이물거나 또는 끝단부의 뾰족한 부분이 상처 나는 정도였다. 따라서 쪽분리 작업에서 발생하는 손상구의 정량성을 검토하기 위하여 다음 식과 같이 손상율을 정의하였다.

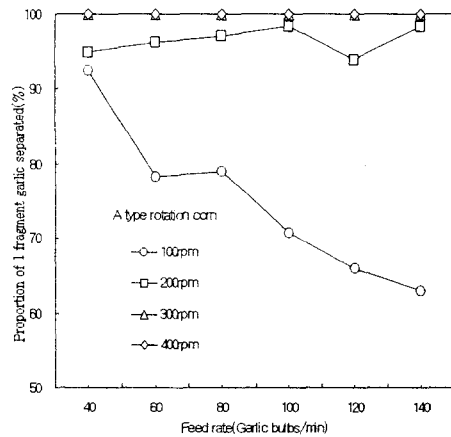
$$\text{손상율(\%)} = \frac{\text{손상된 마늘의 쪽수}}{\text{투입 마늘의 전체 쪽수}} \times 100 \quad (3)$$

원추형태가 원추 높이가 700mm, 원추각도 79°에 대하여, 1호 시작기의 1쪽 분리 성능은 그림 3-6에서 보는 바와 같이 난지 및 한지형 모두 동일한 투입 속

도(마늘 개수/분)에서 원추속도가 증가할수록 분리율이 높게 나타나고 있으며, 특히 원추 회전속도가 300 및 400rpm에서 분리율이 거의 100% 정도로 높게 나타났다. 그림 3-7의 B형 원추와 그림 3-8의 C형 원추의 경우에서도 유사한 결과를 나타내는 것으로 분석되었다. 한편 마늘의 분당 투입 개수를 고려해보면 동일한 원추 회전속도에서 투입속도가 증가할 때 원추 회전속도가 가장 낮은 경우인 100rpm에서는 분리율이 현저하게 감소하는 경향을 나타내었지만, 원추 회전속도가 증가할수록 투입속도의 영향은 작아지기 때문에 전반적으로 거의 일정한 1쪽 분리율을 나타내는 것으로 분석되었다.

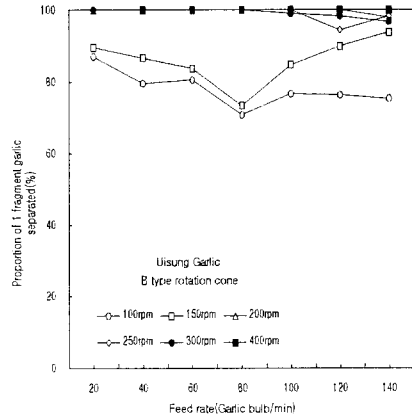
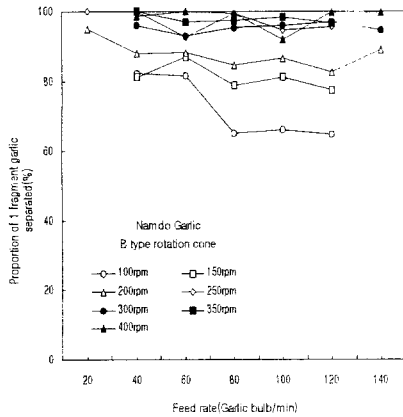


(a) Namdo garlic



(b) Uisung garlic

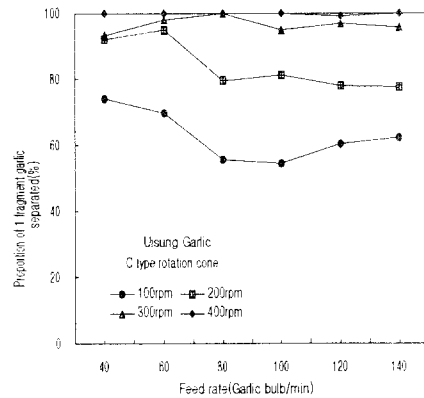
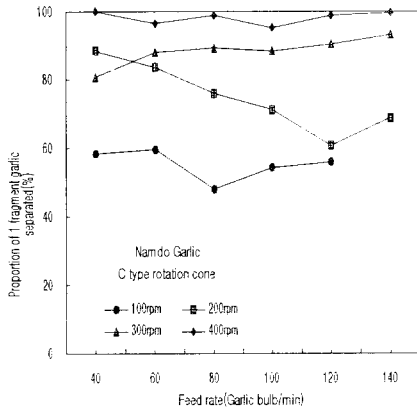
Fig. 3-6 Separability of garlic bulbs with feed rate and shaft speed for A type



(a) Namdo garlic

(b) Uisung garlic

Fig. 3-7 Separability of garlic bulbs with feed rate and shaft speed for B type

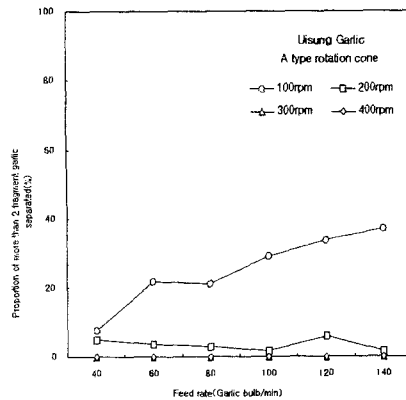
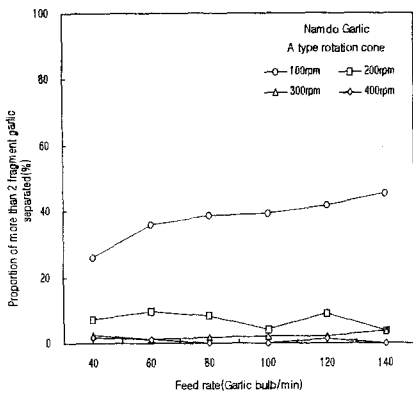


(a) Namdo garlic

(b) Uisung garlic

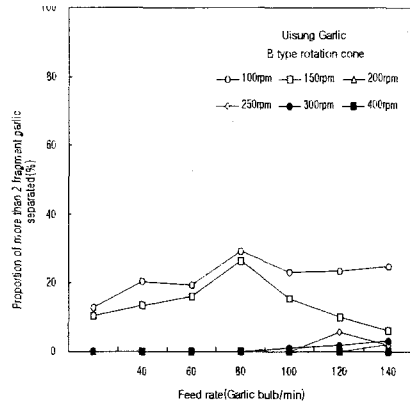
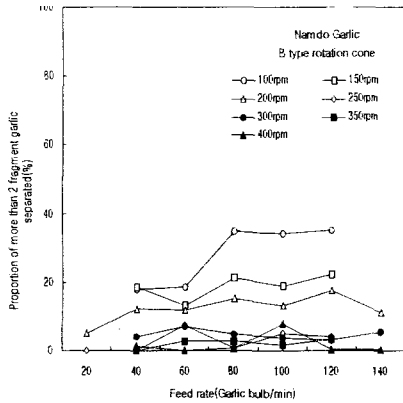
Fig. 3-8 Separability of garlic bulbs with feed rate and shaft speed for C type

그림 3-9는 2쪽분리율을 나타내고 있다. 실제 마늘쪽분리기는 2쪽분리율은 적어야만 성능이 우수하다고 할 수 있다. A, B, C 3 개의 원추 형태 중에서 동일한 투입 속도에서 원추의 속도가 빠를수록 2쪽으로 분리되는 경우가 적어지며, 또한 저속 영역에서는 분당 투입되는 마늘의 량에 따라서 투입속도의 영향이 현저하게 나타나지만 회전원추의 속도가 증가할수록 투입속도의 영향은 작아지고 있다.

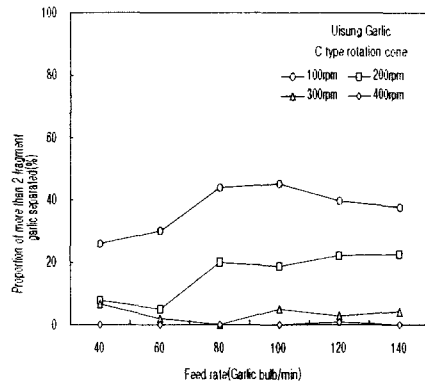
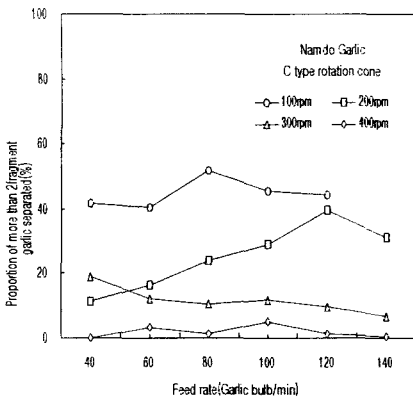


(a) A type cone



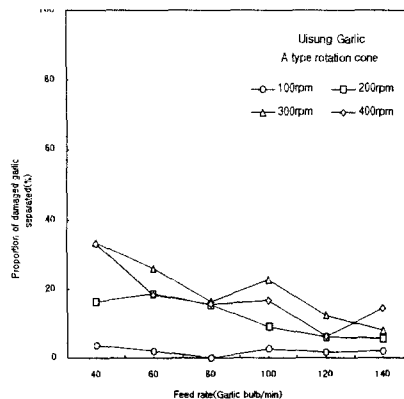
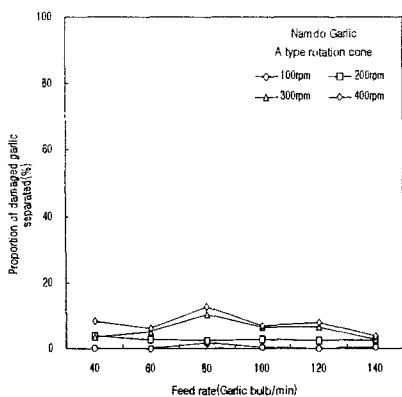


(b) B type cone

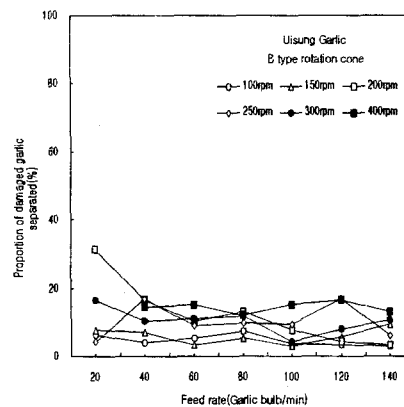
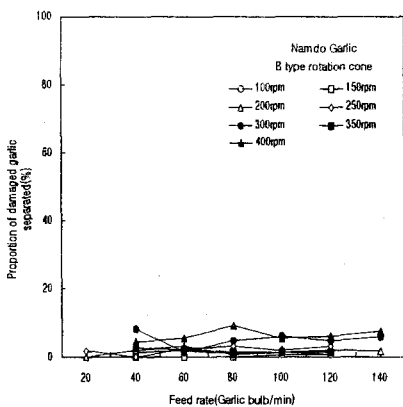


(c) C type cone

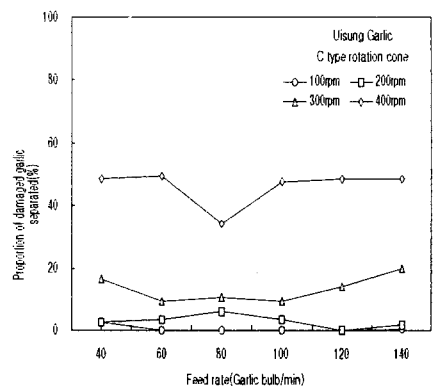
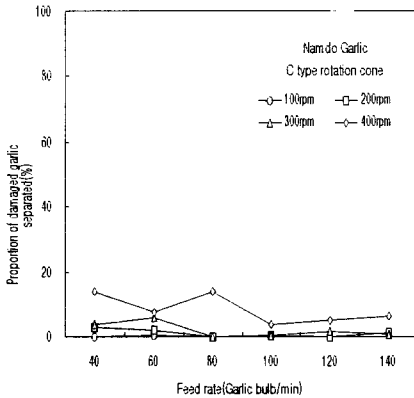
Fig. 3-9 Separability of 2 fragment garlic bulbs with feed rate and shaft speed



(a) A type rotation cone



(b) B type rotation cone



(c) C type rotation cone

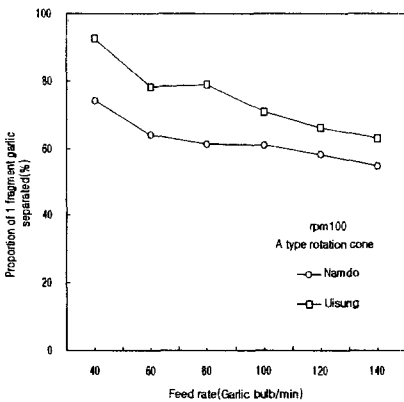
Fig. 3-10 Proportion of damaged garlic bulbs with feed rate and shaft speed

그림 3-10은 원추의 회전속도에 따른 마늘의 손상율을 나타내고 있다. 그림에서 (a)는 원추의 높이가 700mm인 A형 원추의 경우에 손상율을 나타낸다. 이 그림에서 난지형 품종이 한지형 품종에 비하여 마늘 투입속도 전반에 걸쳐서 손상율이 낮게 나타나고 있다. 난지형의 경우 원추속도가 400rpm, 마늘 투입속도가 80인 경우가 15% 정도로 가장 높게 나타나고, 그 이외는 10% 미만으로 낮게 나타났다. 한지형의 경우는 원추 회전 속도가 낮고, 투입속도가 40 근방에는 35% 정도로 매우 높게 나타났지만 원추회전 속도가 높아짐에 따라 손상율이 저하되는 경향을 보이고 있다.

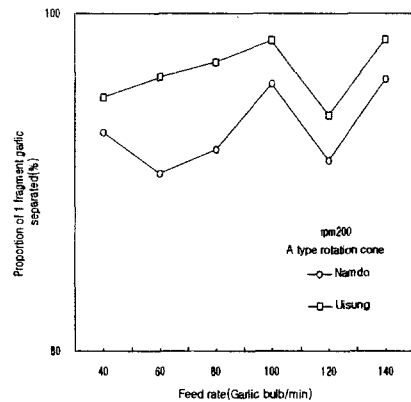
원추의 높이가 550mm인 B형, 400mm인 C형의 경우도 난지형 마늘이 한지형 마늘에 비하여 손상율이 낮고, 반대로 한지형이 손상이 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

특히 C형 원추에서 원추 회전속도가 400rpm 조건에서는 손상율이 50% 정도로 높게 나타났다. 이는 투입 마늘이 원추의 높이가 다른 A,B형에 비하여 낮기 때문에 원추의 나선 이동 과정에서 마늘과 마늘과의 서로 충돌에 의한 현상 때문에 손상율이 증가된 것으로 추론된다. 따라서 회전원추는 적절한 원추의 높이가 필요하다.

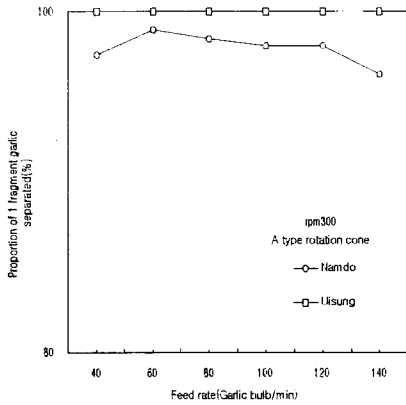
그림 3-11은 원추의 높이가 같고, 동일한 원추의 회전 속도에서 마늘의 품종에 따른 1쪽분리 성능을 비교한 것이다. 모든 원추속도 조건에서 한지형 마늘이 난지형 마늘에 비하여 분리 성능이 우수하게 나타났다. 원추 회전 속도가 높아짐에 따라 품종에 따른 분리 성능이 비슷하게 나타나고 있다. 그림 3-12의 B형 원추와 그림 3-13의 C형 원추에서도 A형과 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.



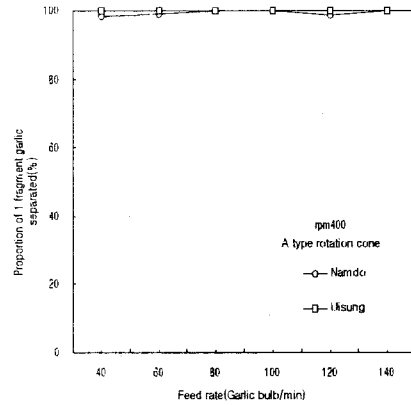
(a) 100rpm



(b) 200rpm

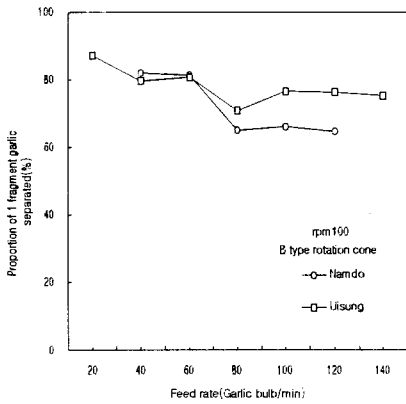


(c) 300rpm

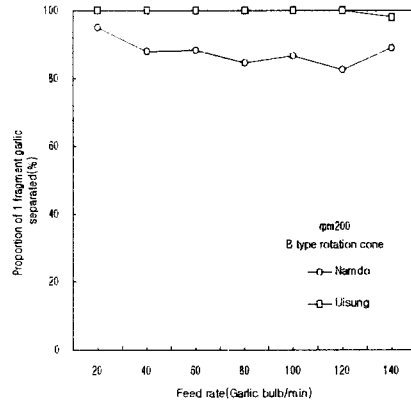


(d) 400rpm

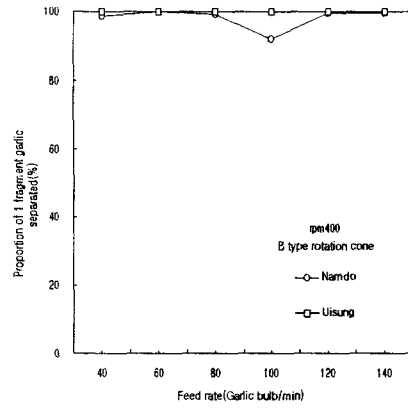
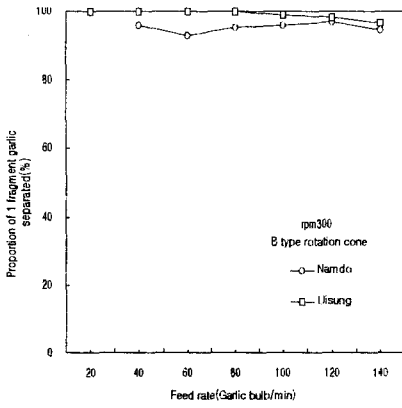
Fig. 3-11 Separability of 2 fragment garlic bulbs with feed rate and shaft speed for various rotation speed of A type cone



(a) 100rpm



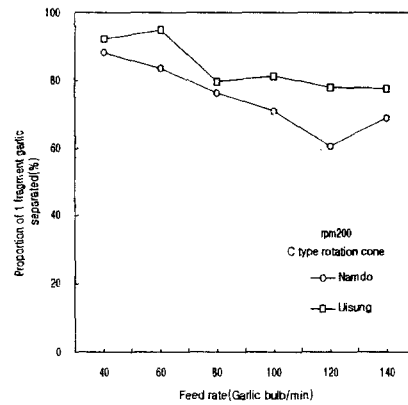
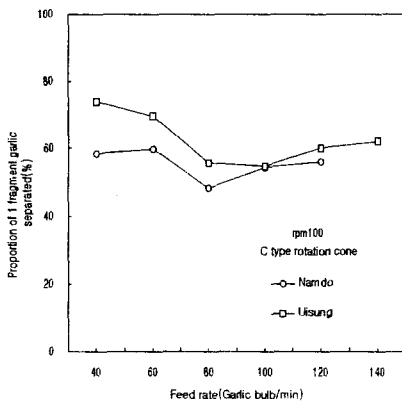
(b) 200rpm



(c) 300rpm

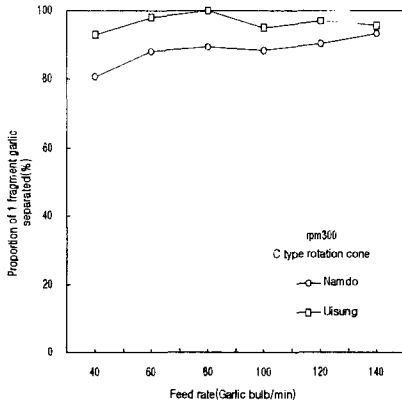
(d) 400rpm

Fig. 3-12 Separability of 2 fragment garlic bulbs with feed rate and shaft speed for various rotation speed of B type cone

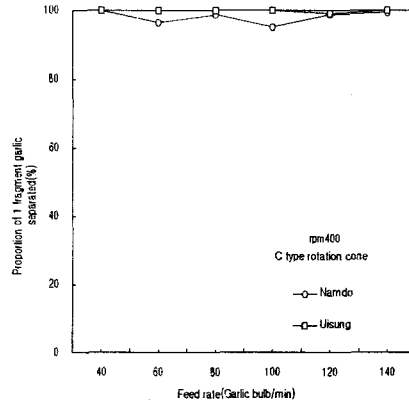


(a) 300rpm

(b) 400rpm

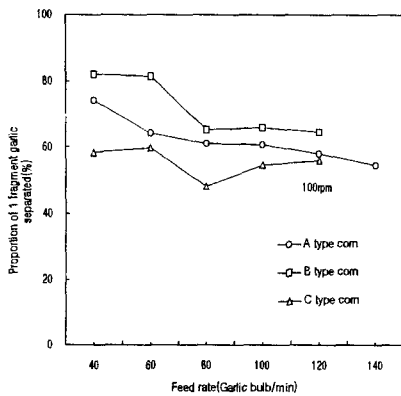


(c) 300rpm

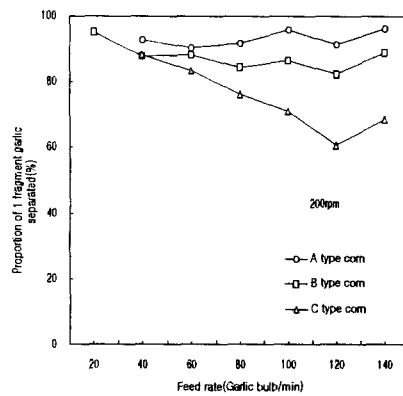


(d) 400rpm

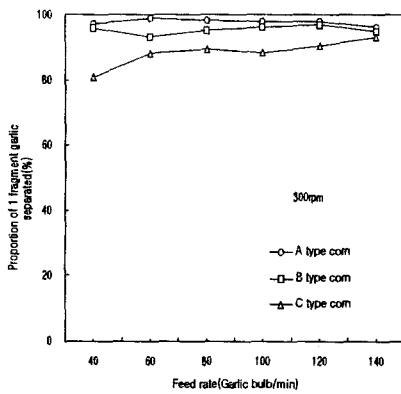
Fig. 3-13 Separability of 2 fragment garlic bulbs with feed rate and shaft speed for various rotation speed of C type cone



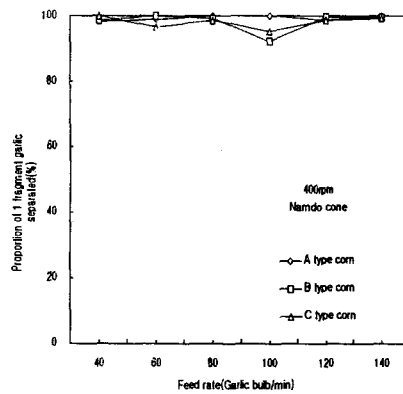
(a) 100rpm



(b) 200rpm



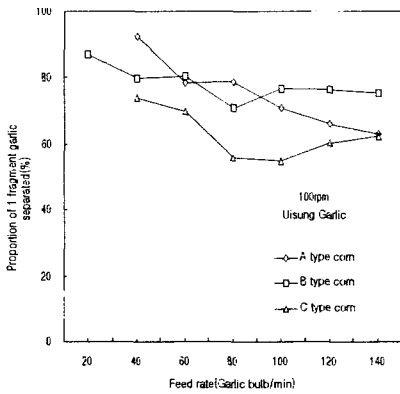
(c) 100rpm



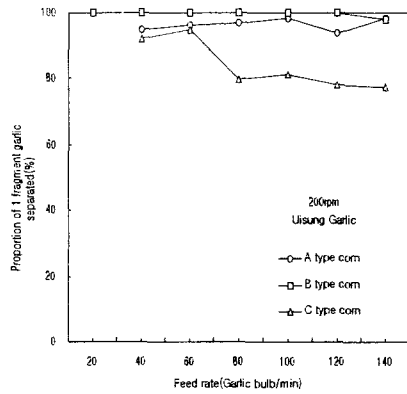
(d) 200rpm

Fig.3-14 Separability of garlic bulbs with corn type and shaft speed for Namdo garlic.

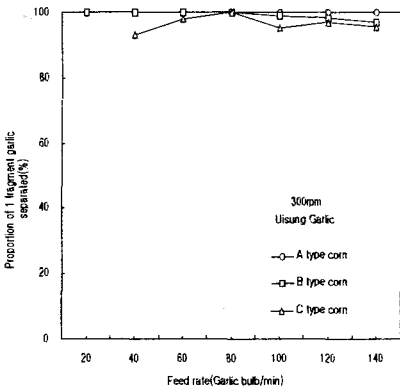




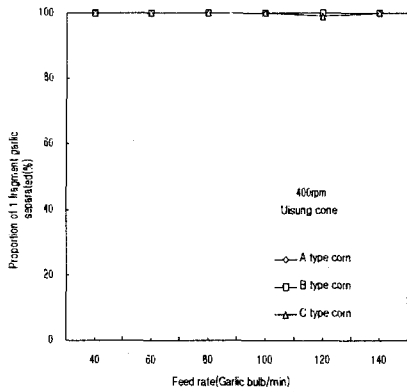
(a) 100rpm



(b) 200rpm



(c) 300rpm



(d) 400rpm

Fig.3-15 Separability of garlic bulbs with corn type and shaft speed for Uisung garlic

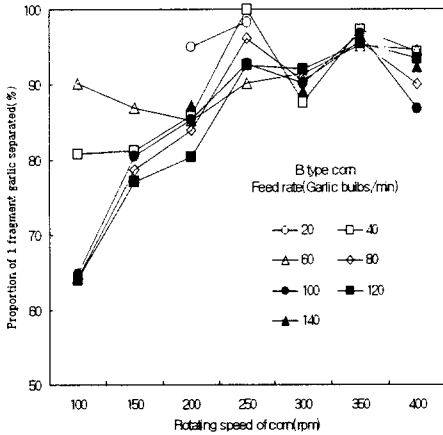
그림 3-14는 난지형 마늘의 경우에 저속의 원속도에서는 원추의 형태에 따른 성능의 우열이 명확히 나타나지만, 원추의 회전속도가 증가하면 원추의 속도에 대한 영향은 미약해지면서 원추 회전속도가 400rpm 조건에서는 3개 원추 모두 매우 높은 분리성능을 나타내고 있다. 그림의 (a), (b), (c), (d) 조건에서 가장 낮은 원추속도인 그림(a)에서만 B형 원추가 분리 성능이 높게 나타나고, 그 이외의 조건 모두에서는 마늘의 1쪽 분리 성능이 A형이 가장 높고, B형, C형 순서로 나타났다. 즉 1호 시작기로 볼 때, 원추의 높이가 높을수록 투입 마늘이 배출될 때까지 나선회전수가 많아지기 때문에 분리율이 높아지고 있다.

그러나 그림 3-15의 의성종 마늘의 경우에는 저속의 100rpm과 200rpm, 300rpm의 경우에는 B형 원추가 가장 높은 1쪽 분리 성능을 나타내고, 400rpm에서만 A형 원추가 가장 높게 분리성능을 나타내고 있다.

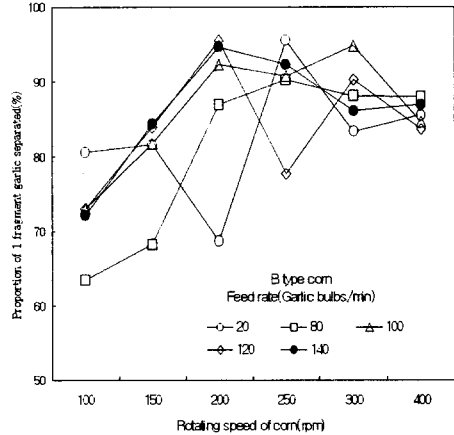
#### 나. 원추 회전 속도에 따른 분리성능

원추의 회전속도에 따른 마늘의 분리율을 그림 3-16 및 3-17에 나타내었다. 그림 3-16은 B형 원추에 대한 결과로서 동일한 투입속도에 대해서는 전반적으로 저속의 원추속도 범위인 200rpm 이하에 비하여 상대적으로 고속 영역인 250rpm 이상에서 1쪽 분리율이 높게 나타나고 있다. 따라서 쪽 분리기의 성능을 고려하여 볼 때, 회전 원추에 걸리는 부하가 해결될 경우 투입속도를 증가시키는 것이 작업 능률을 향상시키는데 효율적인 것으로 분석되었다.

그림 3-17은 2쪽 또는 3쪽으로 분리되는 마늘의 분리율을 나타낸 것으로서, 2쪽으로 분리되는 경우가 간혹 나타나지만, 3쪽 또는 4쪽 상태로 분리되는 경우는 한지형에서는 거의 없는 것으로 나타났으며, 난지형의 경우 마늘이 열구인 경우에 드문 경우지만 가끔 발생하였다.

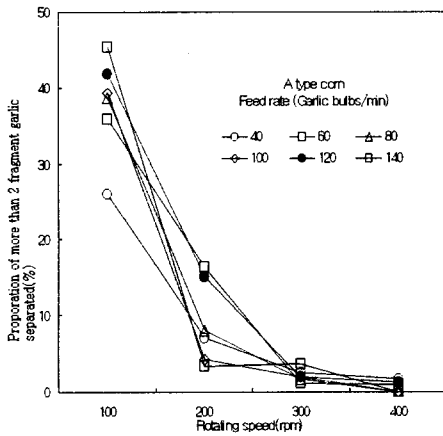


(a) Namdo garlic

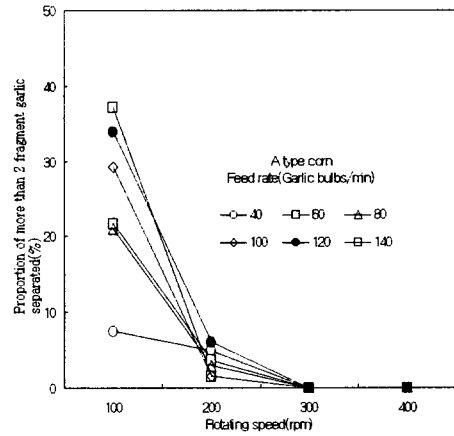


(b) Uisung garlic

Fig. 3-16 Separability of garlic bulbs with feed rate and shaft speed for B type



(a) Namdo garlic



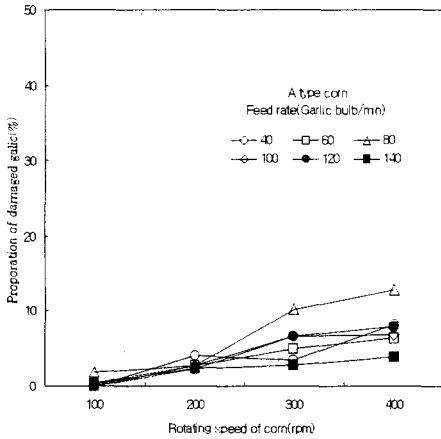
(b) Uisung garlic

Fig. 3-17 Proportion of incomplete separation of garlic bulbs with feed rate and shaft speed for type A

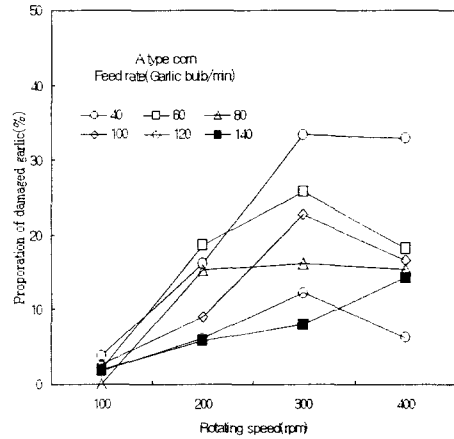
그림 3-16에서 난지형 및 한지형 모두 원추의 회전속도가 저속(100rpm)에서 고속으로 증가함에 따라 2쪽 이상의 분리율이 급격히 감소하여 300rpm 이상에서는 난지형의 경우 5% 정도이며 한지형의 경우 거의 0%에 근접하는 것으로 나타났다. 따라서 원추의 회전속도를 300rpm 이상으로 할 경우 쪽 분리 성능이 아주 우수하게 될 것으로 판단된다.

그림 3-18에서 보는 바와 같이 난지형의 경우는 원추 속도가 100rpm에서는 2%미만, 200rpm에서는 손상율이 4%미만으로 나타났다. 원추 회전속도가 증가함에 따라 손상율이 증가하였으며, 전반적으로 10%정도의 손상율을 나타내는 것으로 분석되었다. 그러나 한지형이 대체적으로 난지형에 비하여 전체 속도 범위에 대하여 손상율이 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 원추회전 속도 100rpm에서는 손상율이 아주 작은 0~3% 정도이지만, 원추 회전속도가 증가할 때, 투입속도가 낮은 경우를 제외하면 10~30% 정도의 손상율을 나타내고 있다. 이러한 손상율은 근본적으로 낫출 수가 있을 것으로 판단되는데 왜냐하면 본 연구의 실험에서는 마늘의 크기에 따른 변수로서 원추의 배출 간극을 표 3-1에서와 같이 일정하게 유지하였기 때문에 원추의 간극 30mm를 기준으로 분석해 보면 분리된 쪽의 폭과 높이가 30mm 이상에서는 쪽의 기하학적 크기에 비하여 간극이 좁아서 손상을 입을 확률이 높은 반면에 30mm 이하에서는 손상을 입지 않지만, 크기가 너무 작으면 2쪽으로 분리되어 배출될 가능성이 많은 것으로 나타나기 때문이다.

따라서 본 연구는 마늘의 기하학적 크기에 따른 정량적인 폭과 높이의 영향을 고려하여 배출구의 간극 조절에 대한 추후 보완 연구가 필요하며, 또한 실험에 사용된 마늘이 난지형에 비하여 한지형의 경우 기하학적 형상 및 크기에 대한 편차가 심하여 손상율이 높게 나타나는 것으로 사료된다.



(a) Namdo garlic



(b) Uisung garlic

Fig. 3-18 Proportion of damaged garlics with feed rate and shaft speed for A type corn

## 2. 원추의 배출부 간극 변화에 따른 쪽분리 성능 분석

전절에서는 원추의 배출부 간극이 일정한 조건에서 원추의 회전속도, 원추의 높이 변화에 대한 마늘의 쪽분리 성능을 분석 검증하여 왔다. 실제 마늘의 쪽분리 성능에서 배출부의 간극이 마늘의 쪽분리 성능 특히 손상에 매우 큰 영향을 미치고 있다.

따라서 실증실험용 1호 시작기에서 원추의 높이는 실증실험을 통하여 구명된 바와 같이 최적 높이가 700mm이며, 원추의 회전속도는 저속보다는 높은 속도에서 분리 성능이 높으므로 원추속도 범위는 200, 300, 400rpm으로 하였다. 또한 회전 원추에 투입되는 마늘의 분당 투입속도는 80, 100, 120, 140[개/분] 조건으로 하였다. 이 때 배출부의 간격은 최소 25mm에서 37mm까지 3mm간격으로

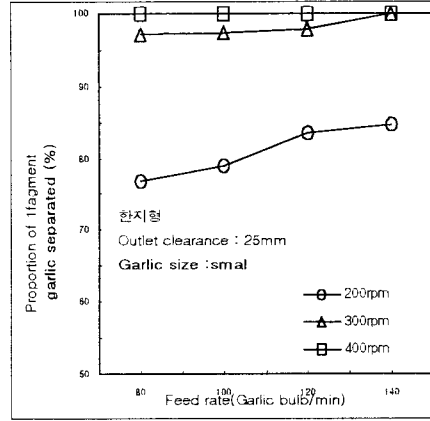
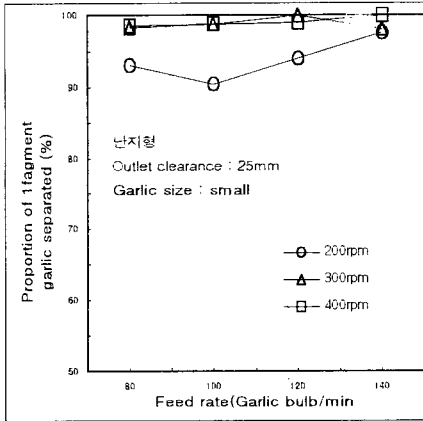
증가 시켜서 5개의 배출부 간극을 갖도록 원추를 설계 제작하여 실증실험에 사용하였다. 원추의 상세한 규격과 크기는 표3-1과 같다.

실증실험에서는 품종별 난지형 및 한지형에 대하여 대, 중, 소 크기에 따라서 구분하여 실증 실험을 수행하였으며, 마늘의 품종별 크기에 따른 배출부의 최적 조건을 구명하여 최종 공급기의 설계시에 적정한 원추의 투입부와 배출부의 간극을 설정하는데 유용한 설계자료로서 활용하고자 함에 있다.

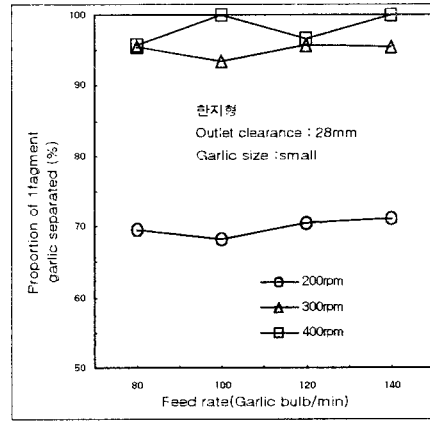
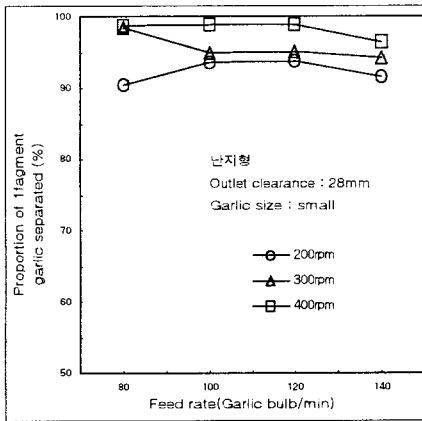
그림 3-19의 (a)~(e)는 배출부 간극이 25mm에서 37mm까지의 경우를 나타낸 그림이다. 각각의 그림에서 소 크기 조건의 시료용 마늘을 사용하여 배출부의 영향을 구명한 결과를 나타내고 있으며, 이 그림에서 좌측 그림은 난지형 품종을, 우측 그림은 한지형 품종을 각각 나타내고 있다.

그림에서 난지형 마늘의 경우 배출부 간극이 25mm인 경우는 원추속도가 200rpm 조건을 제외하면, 300, 400rpm에서 마늘의 1쪽 분리율은 95% 이상 나타나고 있지만, 배출부 간극이 점진적으로 넓어지는 (b)에서 (e)쪽으로 갈수록 급격히 나아져서 배출부 간극이 37mm인 조건에서는 회전 원추의 속도가 400rpm인 경우를 제외하면 80% 이하로 나타났다. 따라서 난지형 품종의 소 크기 마늘을 쪽분리하는 경우는 최적의 마늘배출부 간극이 25mm가 가장 높은 쪽분리율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

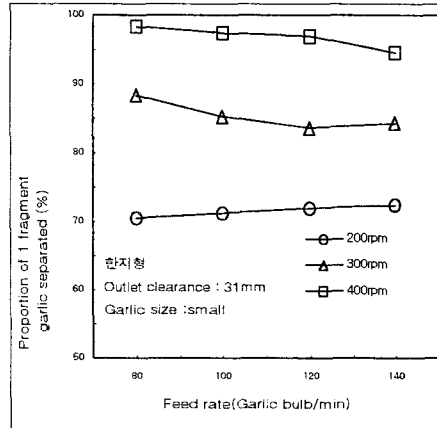
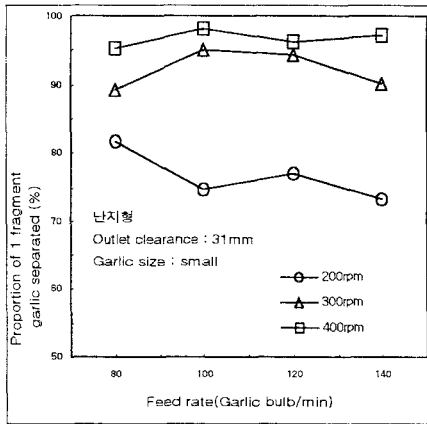
그림의 우측 한지형 마늘의 경우도 마찬가지로 배출부 간극이 25mm인 경우에 200rpm 조건을 제외하면, 마늘의 1쪽 분리율은 95% 이상 나타나고 있지만, 배출부 간극이 점진적으로 넓어지면서 마찬가지로 1쪽분리율이 감소하여 배출부 간극이 37mm인 경우는 원추속도가 200rpm일 경우 마늘의 투입속도에 관계 없이 30% 정도까지 매우 낮은 분리 성능을 나타내고 있음이 검증되었다.



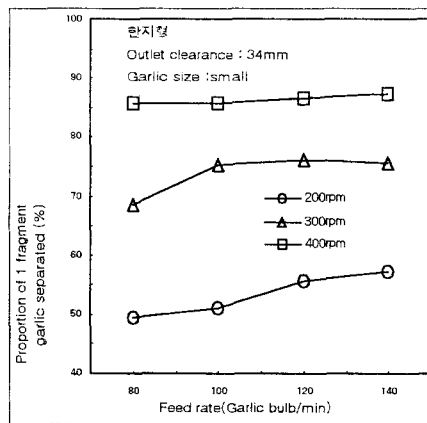
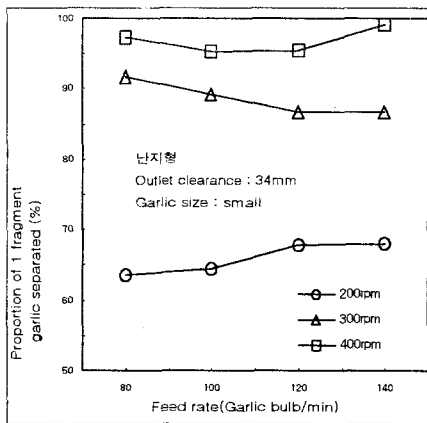
(a) outlet clearance 25mm



(b) outlet clearance 28mm

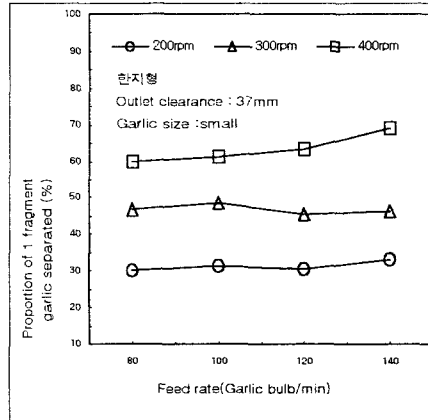
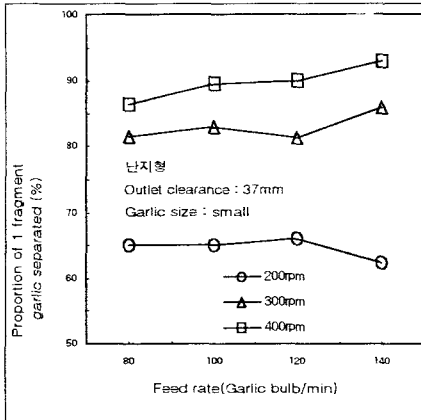


(c) outlet clearance 31mm



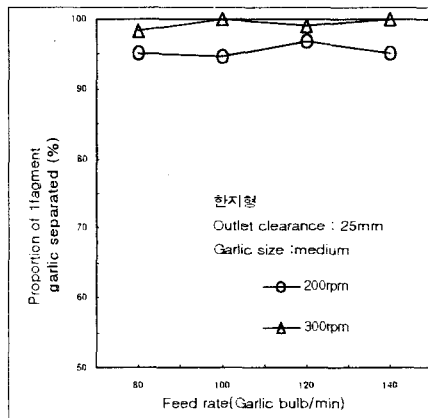
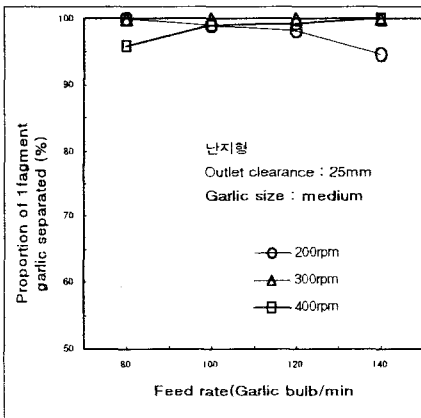
(d) outlet clearance 34mm



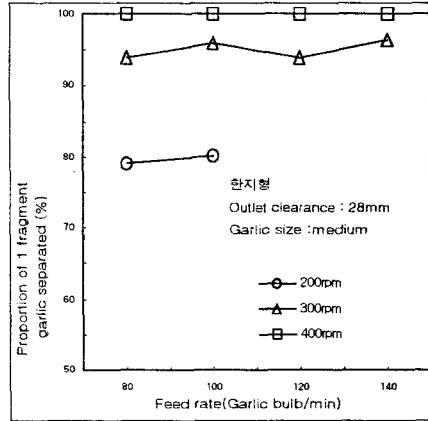
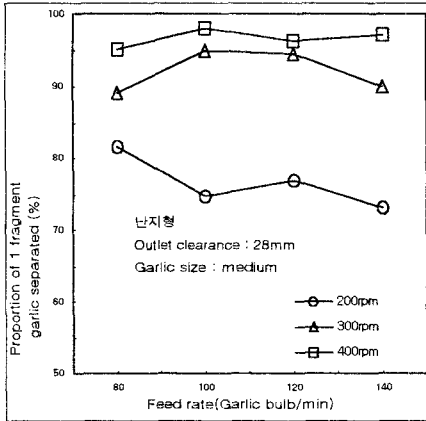


(e) outlet clearance 37mm

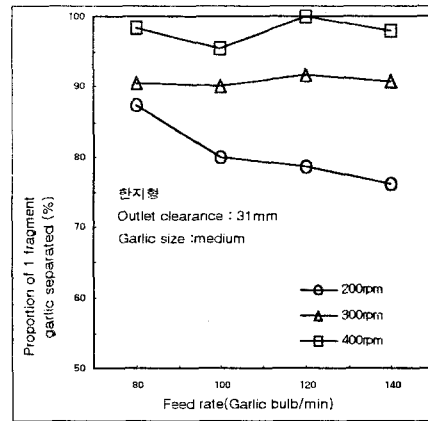
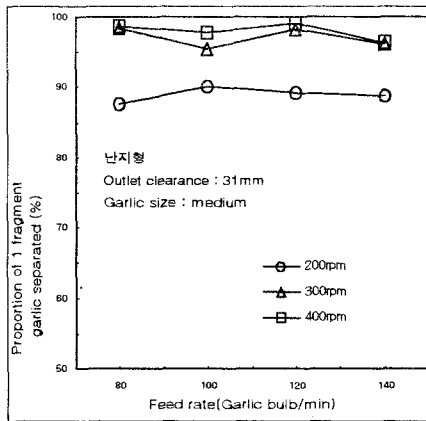
Fig.3-19 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for small size garlic.



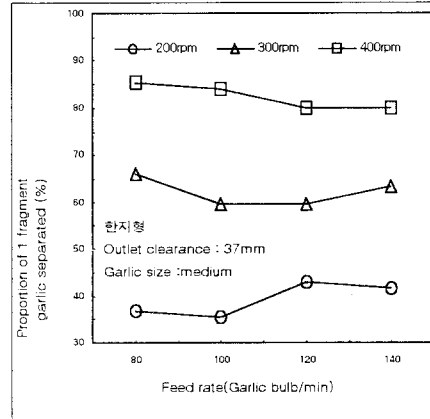
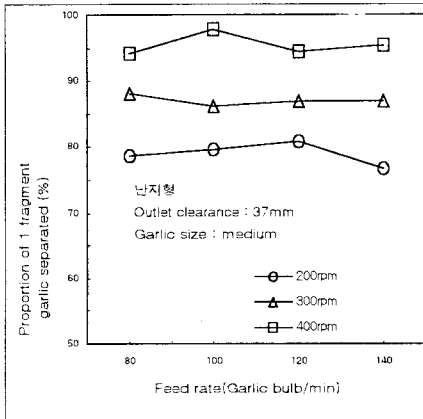
(a) outlet clearance 25mm



(b) outlet clearance 28mm



(c) outlet clearance 31mm



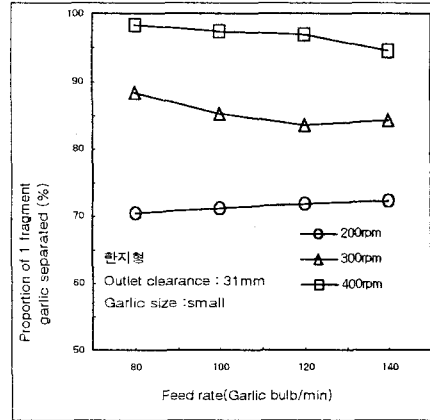
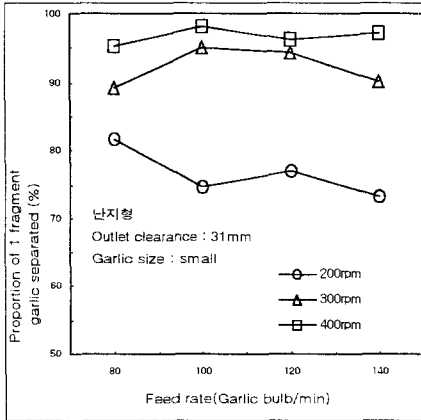
(d) outlet clearance 37mm

Fig. 3-20 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for medium size garlic.

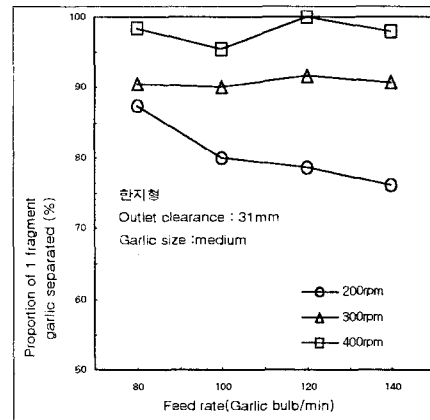
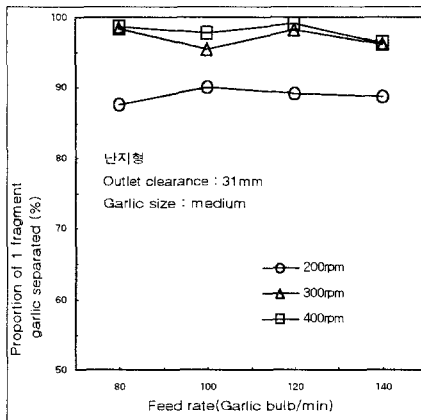
그림 3-20의 (a)~(d)는 배출부 간극이 25, 28, 31, 37mm인 배출부 간극에서, 중 크기 조건의 시료용 마늘에 대한 배출부의 영향을 나타내고 있다. 소 크기 조건에서와 마찬가지로 배출부 간극이 25mm인 조건에서 난지형과 한지형 품종 모두에서 가장 높은 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 이 그림에서 중 크기 마늘의 경우는 그림 3-19에서 저속인 200rpm 조건에서 보다는 저속에서도 높은 속도 범위와 마찬가지로 쪽분리율이 더욱 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 3-20(d)에서는 동일한 원추 속도 조건에서 난지형이 한지형에 비하여 투입속도 조건 전반에서 쪽분리율이 높게 나타나고 있다.

그림 3-21의 (a)~(c)는 배출부 간극이 31, 34, 37mm인 배출부 간극에서, 대 크기 조건의 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 이 조건에서는 난지형에서는 배출부 간극이 34, 한지형에서는 배출부 간극이 34, 37mm인 조건에서 최적 조

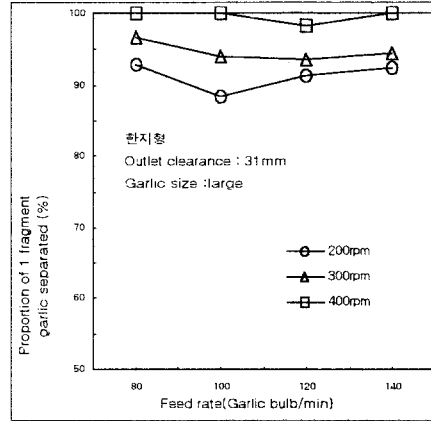
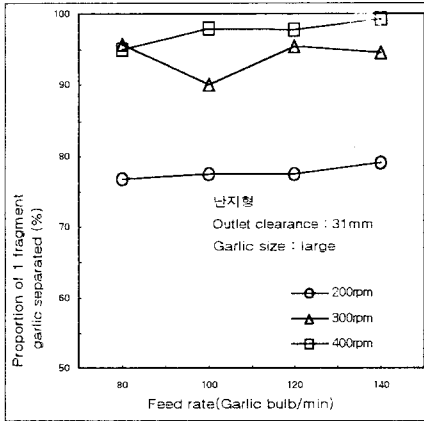
건을 나타내고 있다.



(a) outlet clearance 31mm

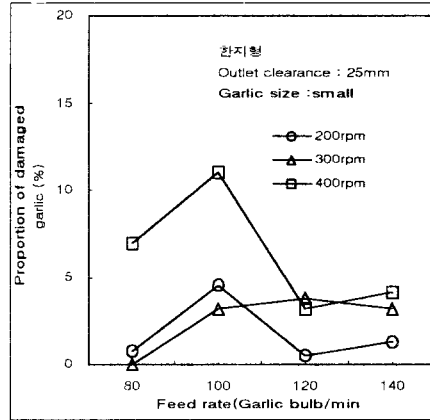
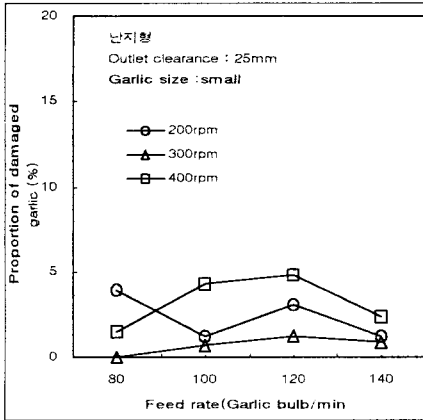


(b) outlet clearance 34mm

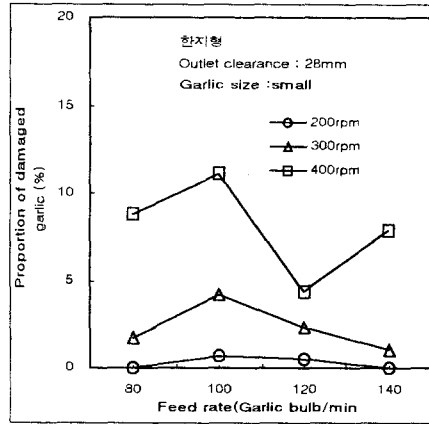
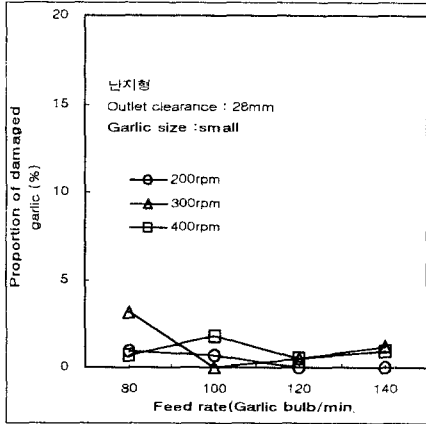


(c) outlet clearance 37mm

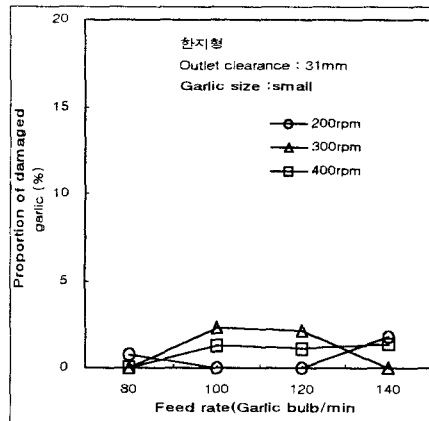
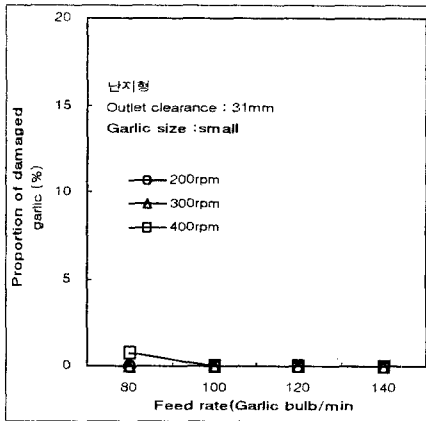
Fig.3-21 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for large size garlic.



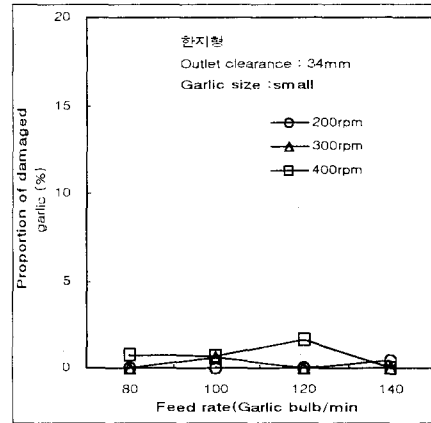
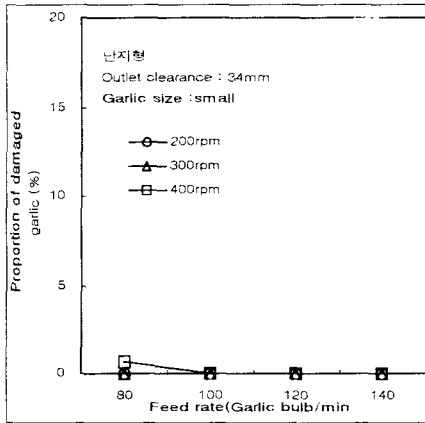
(a) outlet clearance 25mm



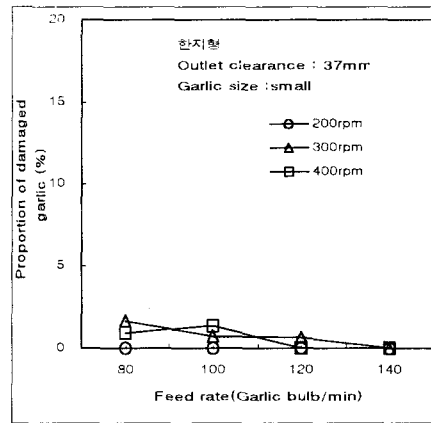
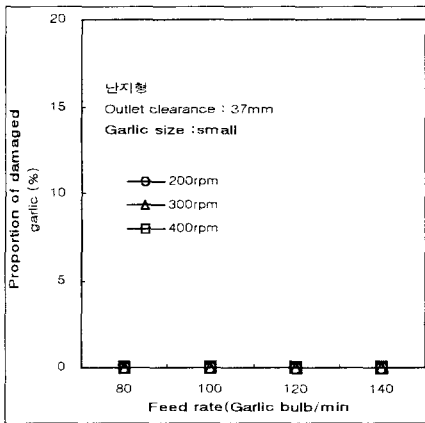
(b) outlet clearance 28mm



(c) outlet clearance 31mm



(d) outlet clearance 34mm



(e) outlet clearance 37mm

Fig. 3-22 Proportion of damaged garlics with outlet clearance for small size garlic

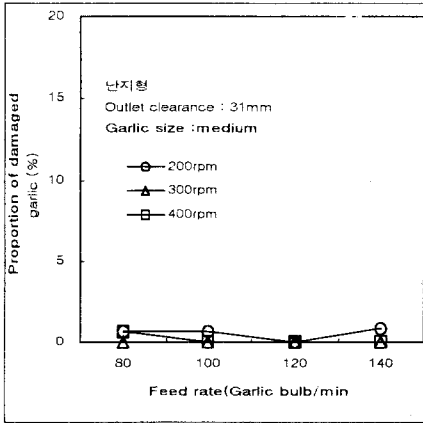
그림 3-22의 (a)~(e)는 배출부 간극이 25mm에서부터 37mm인 각 경우에 소 크기의 시료용 마늘에 의한 실증 실험에서 배출부의 간극 변화에 대한 마늘의 손상율을 나타내고 있다. 그림에서 배출부 간극이 25mm인 (a)에서는 원추속도 변화에 대하여 5% 미만의 매우 낮은 마늘쪽의 손상율을 나타내고 있다. 배출부 간극이 증가하여 (b)의 28mm인 조건에서는 0~3%의 손상율을 보이며, 간극이 더욱 증가하여 (c)의 31mm인 조건 이상에서는 0%의 손상율을 보이고 있다. 이 로 볼 때, 임계 간극이라고 할 수 있는 28mm이상의 간극이 되면 마늘이 회전원 추를 통하여 분리되는 것보다는, 마늘이 분리되지 않고, 통마늘 그대로 배출부 를 통하여 통과하는 조건이 되므로 실제 마늘쪽분리기의 설계에서 난지형의 소 크기 마늘을 쪽분리 하기 위해서는 배출부 간극이 28mm 이하 이하여야 한다.

마찬가지로 한지형 마늘의 경우는 원추의 부출부 간극이 그림 3-22(a), (b) 에서와 같이 모든 마늘 투입속도 그리고 원추회전속도 조건에서 5% 전후의 손 상율을 나타내고, 배출부간극이 31mm인 그림 3-22(c)에서는 3% 미만율, 그 이 상의 배출부 간극에서는 0~3% 정도의 손상율을 나타내고 있다.

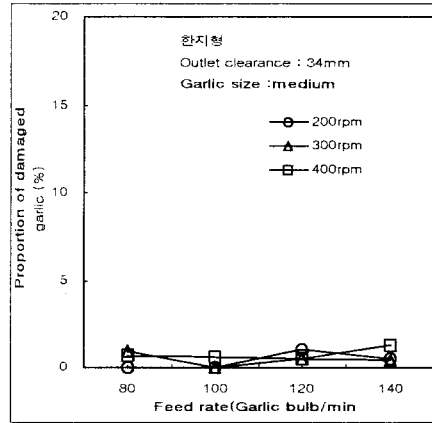
그림 3-23과 그림 3-24는 마늘의 쪽분리 작업이 이루어지면서 손상이 최소 하 되는 임계 조건의 배출부 간극을 나타내고 있다. 그림 3-22 (a)의 난지형 마늘 품종의 중 크기의 시료에서는 배출부 간극이 31mm, (b)의 한지형의 중 크 기에서는 배출부 간극이 34mm가 임계 배출부 간격이다. 실제 이 조건 이상의 배출부 간극을 갖는 경우는 마늘의 쪽분리 작업이 이루어지기보다는 오히려 통 마늘 그대로 배출되면서 2쪽 이상의 쪽분리율이 대단히 높게 나타나게 된다.

쪽분리용 시료가 대 크기인 조건의 그림 3-24에도 마찬가지로 임계 조건의 배출부 간극은 (a)의 난지형은 배출부 간극이 31mm, (b)의 한지형은 34mm가 임 계 배출부 간격으로 실증되었다.



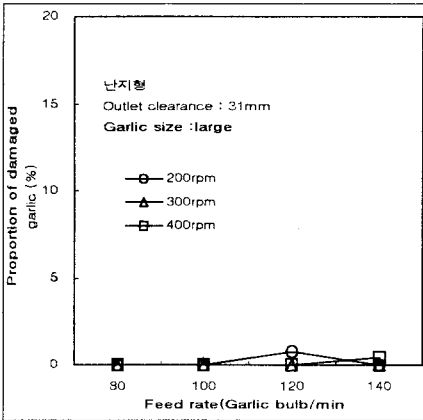


(a) Namdo

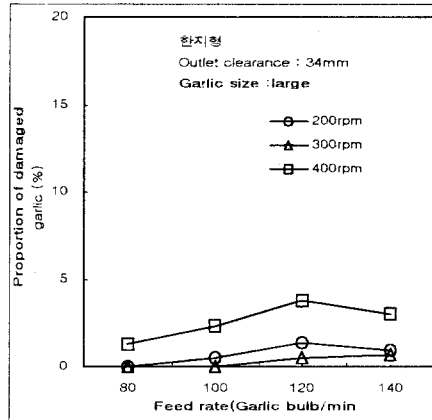


(b) Uisung

Fig. 3-23 Proportion of damaged garlics with outlet clearance for medium size garlic.



(a) Namdo



(b) Uisung

Fig. 3-24 Proportion of damaged garlics with outlet clearance for large size garlic.

그림 3-25의 (a)~(c)는 마늘의 품종 그리고 크기에 따른 최적 조건의 배출부 간극을 구명하기 위하여 배출부 간극 조건에 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 그림 3-25의 (a)는 원추속도 200rpm, 소크기의 난지형과 한지형의 조건이다. 난지형 품종의 경우 배출부 간극이 25~28mm인 경우에는 90% 이상의 쪽 분리율을 나타내고 있으므로 반대로 2쪽 이상으로 분리되는 경우는 10% 미만이므로 분리 성능이 매우 우수하다고 사료되며, 추후 실제 공급기에서는 배출부 간극이 25mm 정도도의 원추의 배출부를 세트된 상태에서 마늘쪽분리 작업이 수행되도록 할 필요가 있다.

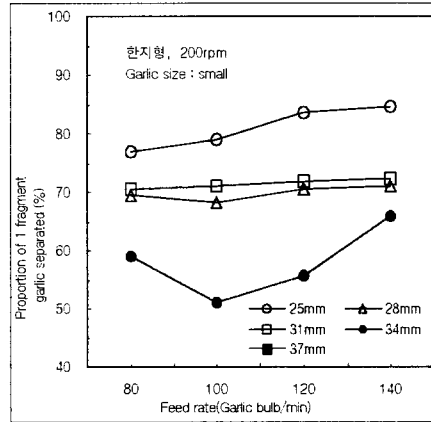
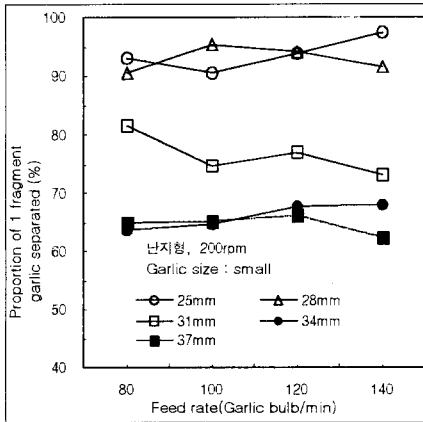
그러나 그림에서 한지형의 형우는 배출부 간극이 25mm에서 쪽분리율이 가장 높지만 분리성능이 80% 정도이므로, 성능을 향상시키는 조건으로 원추의 회전 속도를 증가시키거나 원추의 배출부 간극을 25mm 이하의 조건 상태로 하여 간극을 더욱 작게하여 분리실험이 수행되어야 할 것이다.

Table 3-6 Optimal outlet clearance

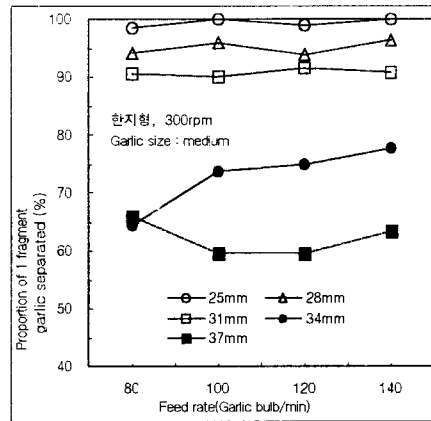
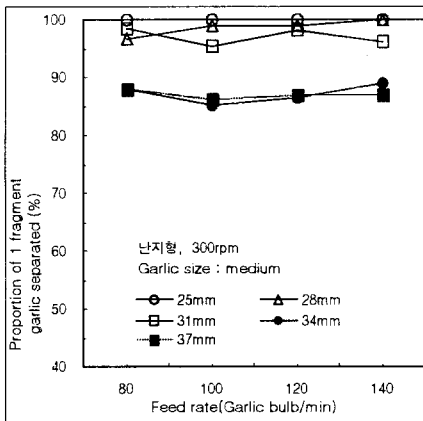
품종	크기	원추회전 속도	최 적 배출부간극	최대 1쪽 분리 성능	투입부 간극 55mm 기준
난지형 마늘	대	200rpm	28~34mm	95% 이상	
	중	300rpm	25~28mm	95% 이상	
	소	200rpm	25~28mm	90% 이상	
한지형 마늘	대	200rpm	28~34mm	90% 이상	
	중	300rpm	25~31mm	90% 이상	
	소	200rpm	25mm	85% 수준	25mm이하 최적 조건

그림 3-25의 (b)는 원추속도 300rpm, 중 크기의 난지형과 한지형의 조건으로서 난지형과 한지형 공히 배출부 간극 조건이 25~28mm에서 분리 성능이 95% 이상 높게 나타났다. 그러나 그림 3-25의 (c)는 원추속도가 가장 높은 400rpm인 경우에 대 크기의 마늘은 28~34mm의 배출부 간극에서 난지형은 95% 이상, 한지형은 90% 이상의 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다.

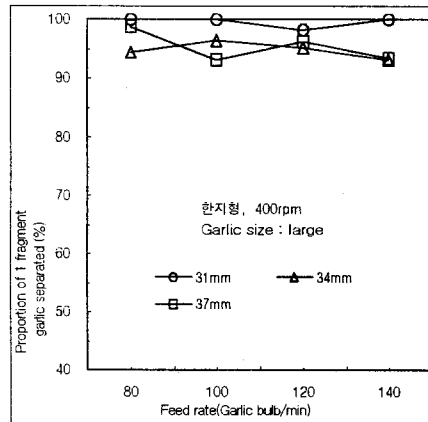
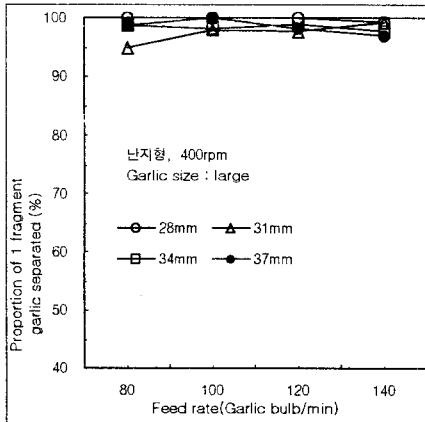
이러한 배출부 간극에 따른 비교에서 분리 성능이 최대로 되는 조건은 표 3-6과 같다.



(a) 200rpm

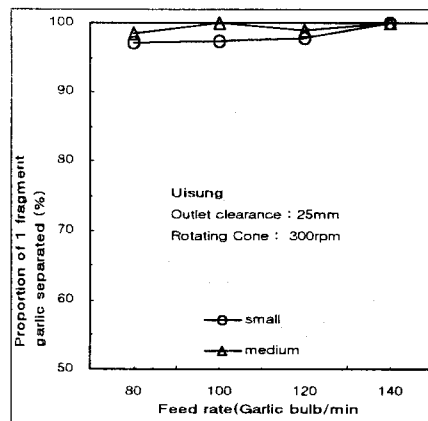
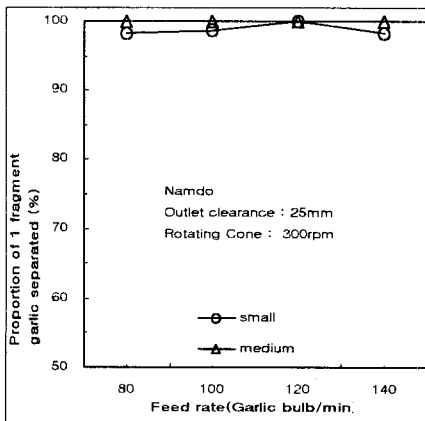


(b) 300rpm

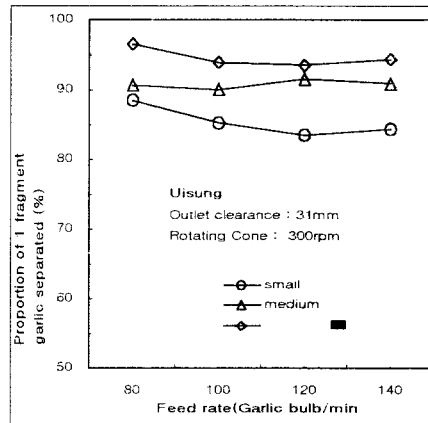
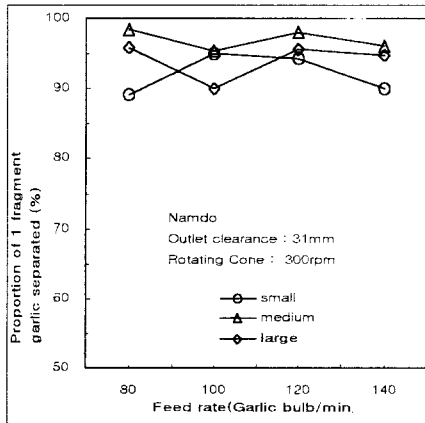


(c) 400rpm

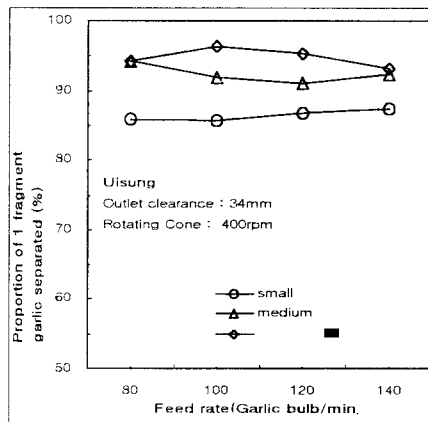
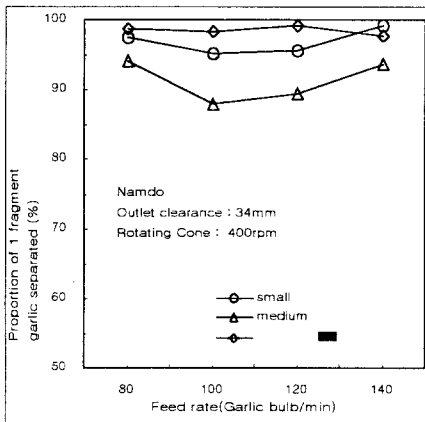
Fig.3-25 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for various rotating speed of inner cone.



(a) outlet cleance 25mm



(b) outlet cleance 31mm



(c) outlet cleance 34mm

Fig.3-26 Separability of garlic bulbs with garlic size for various rotating speed of inner cone.

그림 3-25의 (a)~(c)는 품종과 원추속도를 동일한 조건으로 한 경우에 마늘의 투입 속도에 따른 1호 시작기에서 1쪽분리 성능을 나타내고 있다. 그림 3-25의 (a)는 원추속도 300rpm, 배출부 간극 25mm에서는 소 중 크기의 난지형과 한지형 조건 모두 95% 이상의 쪽분리율을 나타내지만 배출부 간극 31mm인 그림(b)와 배출부 간극 34mm인 (c) 그림에서는 1쪽분리 성능이 85% 정도까지 낮아지고 있기 때문에 실제 공급기의 설계 제작에서는 30mm 이상이 되면 1분리 성능이 매우 낮아지고, 2쪽 이상으로 분리율 높아지고 있기 때문에 실제 공급의 설계에서는 배출부의 간극에 주의를 요한다.

그러나 배출부의 간격에 연동하여 원추의 회전속도와 마늘 투입부의 간극이 서로 상관 관계를 갖고 있기 때문에 이점에 유의하여 원추의 설계가 필요하다고 사료된다.

#### 제 4 절. 2호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰

1호 시작기는 회전 원추의 원리 검증 차원에서 설계되어 마늘의 투입속도, 원추의 회전속도, 마늘 투입부와 배출부의 간극 그리고 원추 높이 등의 상관관계에서 제인자에 의한 요인별 실증실험용으로 제작되어 마늘의 품종별, 크기별에 따른 적절한 조건 구명이 이루어졌다.

2호 시작기는 이러한 1호 시작기에서 구명된 적정 조건을 기준으로 설계 제작되었으며 전체적인 사양은 표 3-8과 같다.

풍선 장치에서는 풍량조절 댐퍼에 의하여 댐퍼의 개구 면적에 의하여 풍량을 조절하도록 2호기부터는 설계 되었다. 따라서 마늘 쪽분리 작업시에는 마늘의 품종 품질별 상태 조건에 따라 풍량조절 레버의 조작에 의하여 댐퍼를 개폐하여 풍량을 조절한다. 이러한 댐퍼에 의한 풍량조절에서 송풍기 출구로부터 토출되는 풍량은 1차적으로 댐퍼에서 풍량이 조절된후 마늘 배출부와 피배출구 그리고 마늘쪽분리기 전체의 열려있는 공간으로 손실이 발생된다. 이 때 댐퍼

조절에 따른 풍량은 표 3-8과 같다.

Table 3-7 Specifications of garlic separator (prototype #2)

품 명		규 격	
단상유도 전동기		단상 220V, 60Hz, 4P, 2HP(1.5kW), 1800(1500)rpm	
풍선분리장치		원심식, 설계 풍량 범위 = 20m <sup>3</sup> /min	
원 추 분리부	내외원추	충격흡수발포고무 : t=15mm Hs=35	
	내원추 회전속도	재질 HSS t=1.5, 투입부 간극 55, 배출부 간극 30 전동축과 내원추축 회전속도 비 1600rpm:400rpm =4:1(400rpm 고정)	
마늘공급 장 치	버 킷 엘리베이터	버킷 수	12개
		체인벨트와 스프로킷휠 회전비	1회전 : 25회전
		체인벨트1회전 당 투입마늘 개수	46개(실증)
	전 동	체인벨트 2회전×스프로킷휠 25회전	50rpm
	스프로킷휠	원추축 : 스프로킷휠 회전속도비	8 : 1
		마늘 공급율[개/분]	115개(2.28kg)

Table 3-8 Wind flow rate by damper regulation

구 분	댐퍼 조절 레버 이동 거리							
	0mm	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm	12mm	14mm
마늘 배출구 (120W × 50H) 풍량 (m <sup>3</sup> /min)	1.0	0.9	2.0	3.0	4.8	5.6	6.8	7.0
피 배출구 102W X 1150H 풍량 (m <sup>3</sup> /min)	1.7	1.3	1.9	2.0	3.6	4.5	4.7	4.5
댐퍼 출구 125W X 1250H 풍량 (m <sup>3</sup> /min)	5.4	6.8	9.4	14.6	19.4	19.6	20.6	21.9

2호기에 의한 작업에서 기계의 전체적인 구성에서 시스템의 점검 차원이므로 마늘의 쪽분리 성능은 가능하다는 판적이 되었으며 전반적인 기계의 구성과 수정을 요하기 때문에 상세하고 세부적인 실증 실험은 수행하지 못하였으며, 실제 요인별 상세한 실증 실험은 3호기 이후에 수행되었다.



2호 시작기에서는 마늘의 대중소 크기에 관계없이 마늘을 46리터 상자 단위로 버킷 엘리베이터의 호퍼에 투입하여 작업에 필요한 소요시간을 측정하였다. 큰상자 1박스(20.5kg)는 1,034개로서 호퍼에서 버킷엘리베이터에 의하여 원추분리부의 상부에 투입되어 전부 쪽분리되는 소요시간은 10분 27초가 소요되었다. 따라서 버킷-엘리베이터 투입 방법에 의한 마늘 쪽분리 실증실험에서 1분당 100개 즉 1점이 쪽분리되는 분리 능력으로 제작되었다. 쪽분리된 결과는 표 3-9와 같으며, 전체 쪽분리된 인편의 수 6,797개 중에서 1쪽 분리 성능이 93%로 매우 높게 나타나고 있으며, 2쪽 이상으로 분리율이 1.8% 그리고 손상율이 5.25%로 나타났다.

Table 3-9 Separability of the prototype #2

구분	1쪽	2쪽	2쪽 이상	손상쪽	쪽 합계 (1상자 1034개)
쪽수[개]	6,326	41	12개	353개	6,797쪽
분리율[%]	93%	1.3%	0.5%	5.25	100%

### 제 5 절. 3호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰

2호 시작기에서는 마늘쪽분리기의 전체적인 시스템의 통합화 차원에서 설계 제작되어 실증실험이 수행되었다. 기계의 구성에서 볼 때, 버킷-엘리베이터에 의한 마늘 투입과 엘리베이터 배출관에서 투입된 마늘이 일정한 투입율로 내외 원추분리부의 상부 투입구로 투입되면 회전원추부의 나선회전이동에 의한 마찰과 비틀림에 의하여 쪽분리된 마늘이 원추부의 하부 풍선장치에서 마늘과 피·

뿌리·줄기는 각각 마늘배출구와 피배출구로 토출된다. 이러한 2호 시작기에 비하여 성능 개선과 문제점 해결로서 버킷-엘리베이터 부분과 외원추의 이송을 위한 가변 장치 그리고 전반적인 기계의 전고와 동력전달 장치 부분이 수정 설계 제작되었다. 특히 2호 시작기에서는 마늘의 크기에 따른 실증실험이 어려웠으나, 금번의 3호 시작기에서는 외원추의 이송을 위한 가변 장치가 획기적으로 개선되었다. 이러한 3호 시작기의 사영은 표 3-10과 같다.

Table 3-10 Specifications of garlic separator (prototype #3)

구 분	사 양	
동력 전달 장치	동력 모터	1790 rpm
	송풍기	2400 rpm
	엘리베이터축	85 rpm
	원추회전축	430 rpm
버킷 엘리베이터	버킷 수	26 개
	엘리베이터	4 rpm

따라서 외원추 가변에 의하여 배출부의 간극이 조절 가능함에 따라서 버킷-엘리베이터 호퍼에 투입되는 마늘의 량을 정량적으로 분석 측정하고 분석하기 위하여 표 3-11과 같이 마늘 운반 상자에 대하여 품종별 품질별 입량을 산정하였다. 46리터 운반상자에는 난지형의 경우 평균 크기에 대하여 46리터 운반상자에는 20kg이 입량되고 소 크기는 13점, 중 크기는 7점이 들어간다. 반면 한지형은 평균 크기에 대하여 24kg이 입량되며, 소 크기 12점 중 크기 8점, 대 크기 6점이 입량되는 것으로 산출되었다.

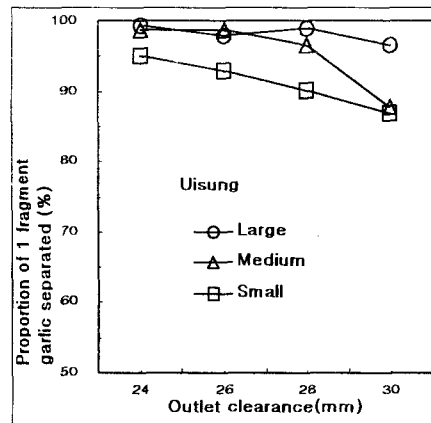
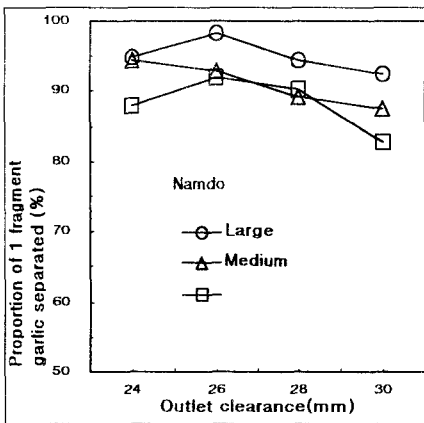
Table 3-11 Total weight and contained number of garlics per carrying box

품종	품질	큰 운반상자(46리터)		작은 운반상자(21리터)	
		320W×480L×300H		320W×480L×16H	
		[kg/box]	[마늘 개/box]	[kg/box]	[마늘 개/box]
난지형	소	21.2	1,299	12.2	733
	중	19.3	681	11.1	403
	대	21.3	435	12.8	266
	특대	21.3	345	12.2	195
난지마늘 평균		20.6	-	12.08	-
한지형	소	24.1	1,221	14.1	706
	중	24.8	831	14.0	471
	대	24.3	629	14.2	368
한지마늘 평균		23.6	-	14.1	-

Table 3-12 Incoming rate of garlics to bucket-elevator for prototype #3  
unit : weight[kg/min], quantity[EA/min]

		1회		2회		3회		4회		평균	
품종	품질	무게	수량	무게	수량	무게	수량	무게	수량	무게	수량
난지	대	2.0	50	1.86	46	2.18	51	1.95	48	2.00	48
	중	2.39	85	2.29	74	2.25	78	2.34	81	2.32	80
	소	2.20	106	2.11	104	2.06	97	2.35	98	2.18	101
한지	대	2.57	65	2.65	69	2.45	58	2.34	58	2.50	63
	중	1.98	67	2.46	80	2.15	71	1.81	58	2.10	69
	소	2.47	122	2.28	110	2.21	108	2.15	107	2.28	112

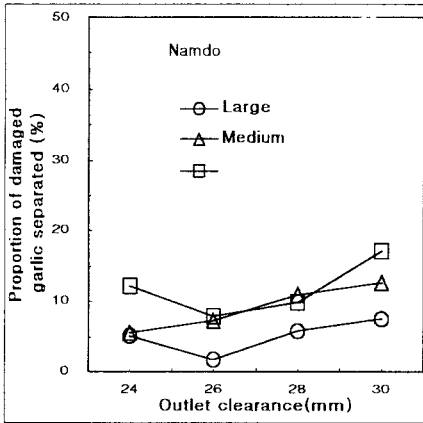
3호기의 경우에는 버킷-엘리베이터와 외원추의 이송장치가 정교하게 수정 설계 제작되었다. 따라서 3호 시작기의 회전원추분리 부분의 상부에 투입되는 마늘의 분당 투입속도[개/분]는 버킷-엘리베이터로부터 공급되는 마늘 공급량에 의하여 결정된다. 따라서 투입되는 마늘의 정확한 량을 측정하기 위하여 표 3-12와 같이 버킷으로부터 공급되는 마늘의 수량을 측정하였다. 즉 버킷-엘리베이터 성능실험에서 분당 투입율(공급율)이 난지형 품종은 대 48개, 중 80개, 소 101개이며, 한지형의 경우는 대 63개, 중 63개, 소 112개로 정량적 측정되었다. 이를 근거로 3호 시작기는 표 3-1과 같이 3호기 원추 설계 조건으로 하였을 경우에, 외원추는 상하로 30mm씩 이송이 가능하여 원추의 배출부 간극은 24, 26mm, 28mm, 30mm으로 변화시키면서 마늘의 품종별 품질별로 실증실험에 의한 성능 평가를 실시하였다.



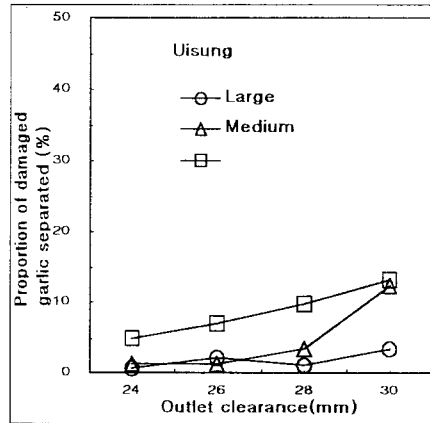
(a) Namdo

(b) Uisung

Fig. 3-27 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for prototype #3

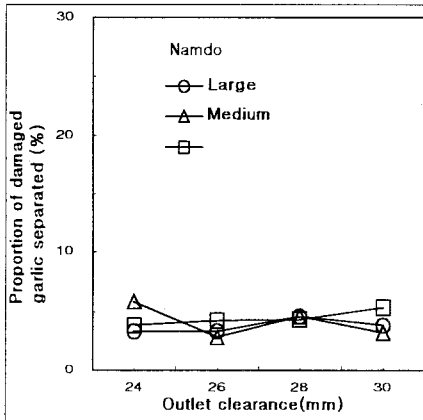


(a) Namdo

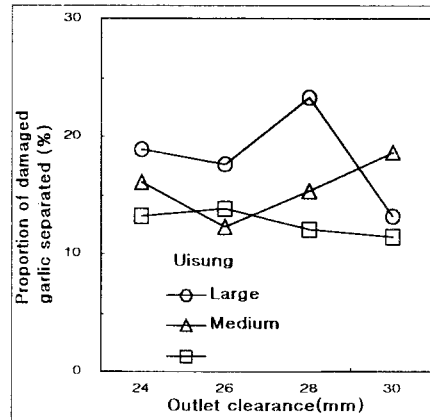


(b) Uisung

Fig. 3-28 Separability of 2 fragment garlic bulbs with outlet clearance for prototype #3



(a) Namdo



(b) Uisung

Fig. 3-29 Proportion of damaged garlics with outlet clearance for prototype #3

그림 3-27 (a)에서 난지형 마늘 대 품질의 경우는 배출부 간극이 26mm인 근방에서 1쪽으로 분리성능이 95% 이상이며, 중과 소 크기 마늘은 24~26mm 영역에서 90%의 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 반면 그림(b)의 한지형 마늘의 경우는 대와 중 품질 마늘의 경우는 배출부 간극이 24~28mm 영역에서 95% 정도의 쪽분리 성능을 나타내고 있지만 소 품질의 경우 배출부 간극이 24mm 근방부터 배출부 간극이 증가함에 따라서 1쪽 분리율이 감소하고 있으므로 배출부 간극이 24mm 보다 작은 배출부 간극에서 최적 조건의 쪽분리율이 나타날 것으로 추론된다.

그림 3-28은 (a)와 (b)는 2쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 이는 기계의 성능한 1쪽 분리율이 크고, 2쪽분리율이 작아야하므로 설계상의 배출부 간격을 넓히거나 좁게하여 분리 성능을 향상 시킬수 있다. 따라서 외원추의 가변에 의한 적절한 분리 성능을 구명하기 위해서는 2쪽분리율 보다는 손상율이 적고 1쪽 분리율이 높은 배출부 간극에서 외원추를 셋트시켜서 작업이 이루어 주어야 한다.

그림 3-29의 (a)와 (b)는 쪽분리 작업에서 손상구의 비율을 나타내고 있다. 난지형은 대중소 품질의 마늘에 대하여 평균 5% 정도 손상율을 나타내지만 한지형은 10~20%의 손상율을 나타내고 특히 대 품종의 마늘은 25%까지 손상율이 높게 나타나고 있어서, 난지형이 한지형에 비하여 전반적으로 손상율이 적다.

이는 마늘의 품종 특징에서 난지형은 한지형에 비하여 마늘 피의 두께가 얇고 가벼워서 건조가 양호한 경우에 피가 인편에 붙어 있어서 쪽분리 작업에서 박피가 잘되지 않는 특징으로 손상이 적은 반면에 한지형의 경우 마늘 피가 두껍기 때문에 마늘이 건조되면서 인편과 마늘 껍질 사이가 벌어져 있는 상태에서 회전원추가 400rpm으로 회전하면서 박피된 인편이 회전원추와의 마찰과 분리된 마늘과 마늘사이의 충돌에 의한 손상이 증가되는 것이 원인으로 되고 있다.

따라서 한지형의 경우에는 마늘쪽분리기의 설계 과정에서 회전 원추의 속도

와 마늘 투입량을 줄여서 마찰력에 의한 손상과 마늘과의 충돌에 의한 손상을 줄이도록 설계하여야 한다.

## 제 6 절 4호 시작기 성능 시험 결과 및 고찰

4호 시작기는 3호 시작기의 성능 평가 실증시험에서 개선이 필요 되었던 버킷엘리베이터와 외원추와 원추 이송 장치 부분을 보완한 시제품이다. 주로 보완이 되었던 부분은 원추 회전축의 회전속도를 3호기의 400rpm에서 225rpm으로 줄여서 한지형 마늘의 손상을 줄이는 부분에 초점을 맞추었다. 또한 마늘의 투입량을 줄이기 위하여 버킷 엘리베이터의 버킷수를 26개에서 21개로 줄이면서 버킷 1개당의 용적도 30% 줄였다. 또한 버킷 엘리베이터의 회전수도 2rpm으로 낮추었다. 외원추의 이송장치도 사다리꼴나사의 리이드를 크게 하면서 외원추의 상하 이송에 대하여 배출부의 간극이 19mm에서 31mm 까지 변화가 가능하도록 설계 제작되었다.

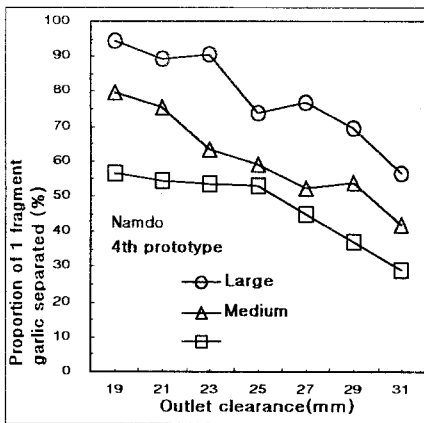
Table 3-14 specifications of garlic separator (prototype #4)

구 분	사 양	
기계 크기	1375(L)×735(W)×1638(H)	
동력전달장치	동력 모터 회전수	1765rpm
	원추회전축 회전수	225rpm
	송풍기축 회전수	2444rpm
	엘리베이터축 회전수	80rpm
버킷- 엘리베이터	버킷 수	21개
	엘리베이터 속도	2rpm
풍 선 장 치	풍 량	6~22 [m <sup>3</sup> /min]

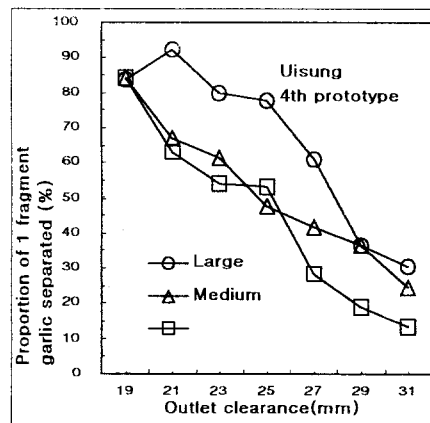
이러한 4호 시작기의 사양은 표 3-14와 같으며, 마늘의 시간당 공급율(작업율)은 표 3-15와 같이 난지형은 대 309접, 중 228접, 소 130 그리고 한지형은 대 293접, 중 2344접, 소 228로 실증실험에 의하여 측정되었다.

Table 3- 15 Incoming rate of garlics to separator

품 종		난지형			한지형		
품 질		대	중	소	대	중	소
시간당 투입율	[개/hr]	6,180	7,860	11,160	7,320	10,800	11,400
	[kg/hr]	309	228	190	293	224	228



(a) Namdo



(b) Uisung

Fig. 3-30 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for prototype #4



그림 3-30(a), (b)는 1쪽 분리 성능을 그리고 그림 3-31은 2쪽분리율을 나타냈다. 그림 3-29(a), (b)에서 난지형과 한지형 모두 배출부의 간극이 증가 하면서 분리 성능이 급격히 떨어지고 있음을 알 수 있다. 그림 (a)의 1쪽분리율은 대 크기의 마늘은 1쪽분리율이 95% 이상이고, 2쪽 분리율은 5% 미만으로서 매우 만족스러운 성능을 나타내고 있다. 배출부 간극이 19~31mm 사이에서 중과 소 크기의 마늘은 최대 분리 성능을 나타내는 배출부 간극이 19mm에서 1쪽 분리율이 각각 80%와 58% 정도이고 반대로 그림 3-30(a)에서 20%와 40%를 나타내고 있기 때문에 중과 소 크기의 마늘은 분리 성능을 향상시키기 위해서는 현재의 4호기 설계 조건에서 원추의 배출부 간극을 더욱 작은 조건으로 설정이 가능하도록 설계되어야 한다.

난지형의 경우는 그림 3-30(a)와 그림 3-31(b)에서 볼 때 배출부 간극이 19 부근에서 중과 소 크기는 1쪽분리 성능이 85% 이상을 상회하고 있으며, 2쪽분리율은 15% 미만이어서 현재의 조건이면 만족 할만하지만, 현재의 배출부 간극보다 다소 간극이 좁은 상태에서 쪽분리하면 성능이 향상 될거라고 생각된다. 그러나 대 크기의 조건에서는 배출부 간극이 21mm 부근에서 90% 이상의 분리 성능을 만족하므로 최적 조건이라고 생각된다.

따라서 대중소 크기의 난지와 한지 마늘에 대하여 유연적 대처를 위하여는 현재의 설계 조건에서 배출부의 간극을 조건으로 설정이 가능하도록 하기 위해서는 실제적으로 적정 조건 밖의 범위인 25mm 이상은 불필요한 간극이며, 19mm 이하의 조건으로 하기 위해서는 외원추의 하부 직경을 5mm 이상 작게 설계할 필요가 있다. 그림 3-32는 손상율을 나타낸다. 실제 1쪽 분리율이 높으면서 손상율이 낮아야한다는 공통 조건에서 본다면 난지형과 한지형의 경우 공히 4호기에서는 가장 높은 1쪽분리율을 나타내는 배출부 간극이 19~21mm로 본다면, 23mm이상의 경우에 중 및 소 크기의 마늘에서 손상율이 5% 미만으로 매우 낮은 것은 공히 배출부 간극이 너무 넓어서 2쪽 이상으로 쪽분리되어 배출부로 쪽분리되지 않고 그대로 통과되는 상태의 마늘이 많다는 의미이다.

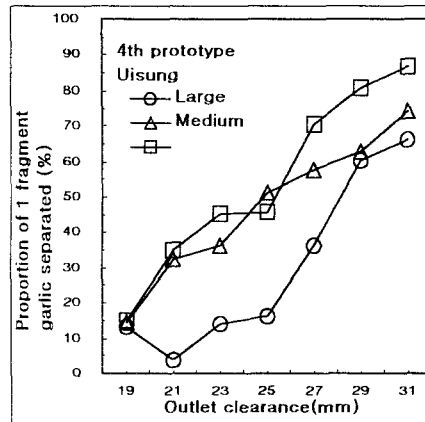
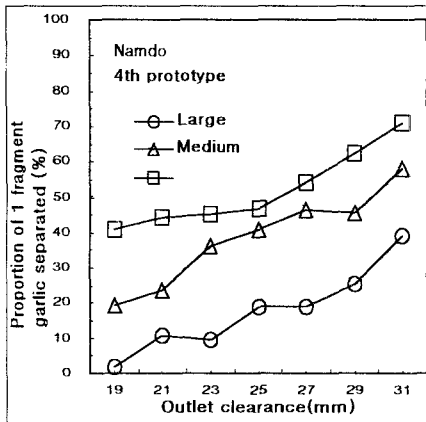


Fig. 3-31 Separability of 2 fragment garlic bulbs with outlet clearance for prototype #4

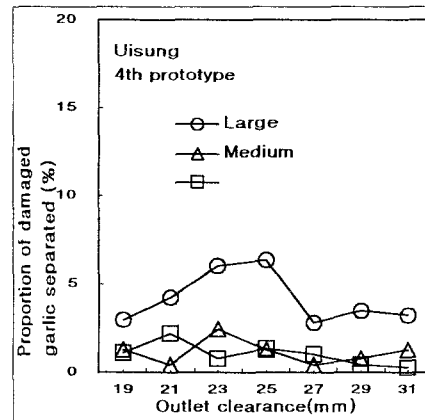
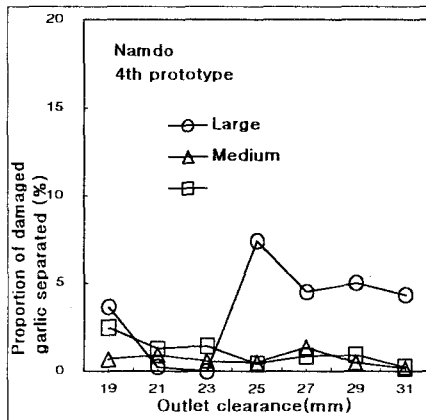


Fig. 3-32 Proportion of damaged garlics with outlet clearance for prototype #4

따라서 4호기의 경우에 난지 한지형 마늘에서 배출부 간극이 21mm 이하의 유효간극에서 본다면 5% 미만의 손상이 발생됨을 알 수 있다.

### 제7절. 5호 시작기(최종 공급기) 성능시험 결과 및 고찰

5호 공급기는 최종 공급기로서 1호기에서 4호기까지의 실증실험을 수행하는 과정에서 원추의 회전속도, 버킷엘리베이터 투입율의 상관관계가 검증되고, 또한 1쪽 분리율이 최대로 나타나는 배출부의 간극은 일단 25mm 이상은 불필요하며, 19mm 근방에서 가장 높기 때문에 19mm 이하의 배출부 간극도 조절이 가능하도록 배출부 간극을 그림 3-33과 같이 외원추를 설계하였다.

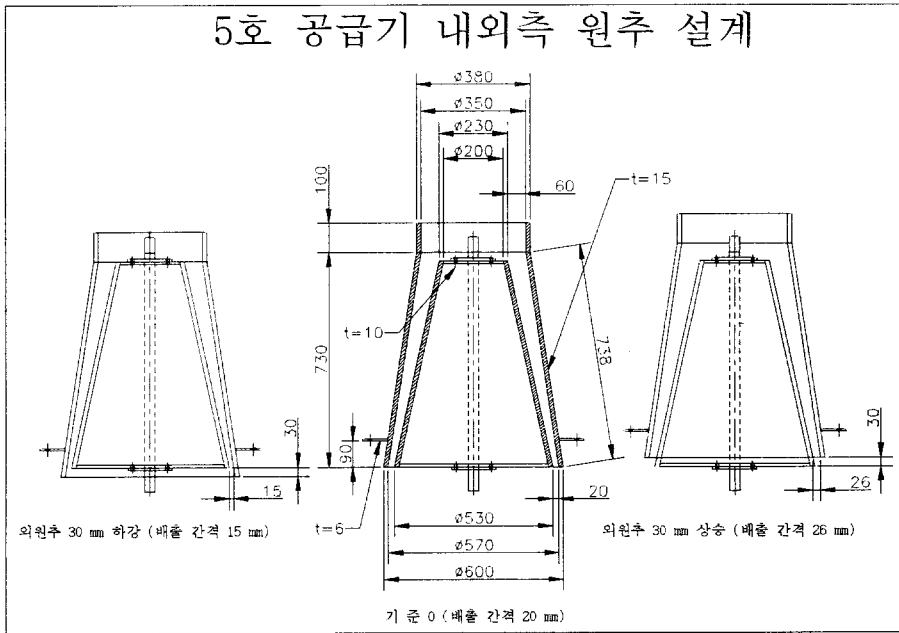


Fig. 3-33 Sectional view of inner and outer cone

## 제 8 절. 인력작업과 기계작업과의 비교

본 연구에서 개발된 최종 공급기(5호기)에 의한 기계 작업과 관행의 인력 작업과의 씨마늘 쪽분리 능률을 비교하기 하면 표 3-16과 같다. 씨마늘용 중 크기의 인력에 의한 쪽분리작업에서 한지형의 경우 시간당 10.5kg, 난지형의 경우 14.9kg이 분리되었다. 한지형은 3.22접, 난지형은 3.64접을 분리하는<sup>√</sup>으로 나타났다. 한지형에 비하여 작업 능률이 높게 나타났다.

Table 3- 16 Capacity of separation of human beings and a prototype machine

작업방법		한지형			난지형		
		대	중	소	대	중	소
인력 작업 (A)	시간당분리율 [kg/hr (접)]	12.15 (2.40)	10.50 (3.22)	7.20 (3.19)	15.82 (3.58)	14.90 (3.64)	14.67 (4.65)
	일 분리율 [kg/Day (접)]	77.76 (15.34)	67.2 (20.61)	46.08 (20.57)	101.28 (22.91)	95.36 (23.31)	93.92 (29.82)
기계 작업 (B)	최종기(5호기) [kg/hr 접]	371.86 (7,320)	355.2 (10,800)	257.4 (11,400)	273.0 (6,180)	321.6 (7,860)	351.6 (11,160)
인력대비 기계작업 (B)/(A)		30.6	33.8	35.75	24.42	40.97	47.84
기계작업 시간		2시간 8분			2시간 22분		
1ha 소요 인력		37명			33명		
1ha 인건비		1,110,000			990,000		

- ※ 일 8시간 작업, 작업효율 80% 기준 : kg/hr×8hr×0.8
- ※ 씨마늘 소요량 760접/ha (실증실험기준)
- ※ 쪽분리 1일 소요 임금 : 30,000 (임금 25000+ 식비 간식)
- ※ 씨마늘 중 크기 기준

표 3-16에서 나타난 바와 같이 마늘의 압축강도를 비교하여 볼 때, 남도마늘이 20.5~3.49N/㎡, 의성마늘이 3.47~4.86N/㎡로서, 남도마늘이 의성마늘보다 압축강도가 작아 분리가 용이하였다.

본 연구 개발에서 최종기로 개발된 5호기의 버킷-엘리베이터 투입율을 기준으로 인력작업과 비교하면 기계작업은 인력작업에 비하여 품종 및 마늘 크기에 따라 31배~48배로 나타났으며, 이 작업 능력은 원추 회전속도와 버킷-엘리베이터의 조정에 의하여 능력을 더욱 확대가 가능하다.

표 3-16에서 재배면적을 1ha 기준으로 하여, 파종용 씨마늘 준비에 필요한 작업시간은 인력 작업의 경우 한지형 37명, 난지형 33명 소요되지만, 본 연구에서 개발된 시작기의 경우, 한지형 2시간 8분, 난지형 2시간 22분 소요되어, 인력 대비 한지형 33배, 난지형은 41배의 생력 기계화 효과가 나타났다.

## 제 9 절 요약 및 결론

근년 식생활의 변천에 따라 마늘의 소비는 촉진되고 있지만, 저가의 중국산 마늘의 수입으로 국내 마늘산업은 위축되고 있는 실정이다. 2000년 한국과 중국과의 통상마찰로 발생한 마늘 분쟁은 마늘 재배의 기계화를 촉진시키는 계기가 되었다.

마늘재배 과정에서 파종전 종구의 준비로서 마늘의 쪽분리 작업은 많은 노동력을 필요로 하고, 특히 씨마늘 분리작업을 작업환경이 열악하여 더욱이 농작업 환경 개선 차원에서 마늘쪽 분리기의 개발이 시급한 실정이다. 씨마늘 분열 작업기계를 이용하면 마늘 파종시기에 농가의 일시적 노동집중에 따른 인력 해소로 필요인력을 타 농작업 분야로 활용되어 원활한 영농이 가능하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 시작기로서 1호기에서 3호기까지의 시작기의 설계·제작과 성능시험에서 나타난 문제점을 수정 보완하여, 농가 보급 및 산업체 기술이전을 위한 최종적인 시제품을 설계·제작하였다. 이러한 작업기계 개발과정에서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 1호 시작기는 회전원추 원리를 이용한 마늘 쪽분리 가능성과 제반 설계 인자들을 실험을 통하여 구명하기 위하여 개발되었으며, 1호 시작기를 이용하여 회전 원추 원리를 씨마늘 쪽분리기에 적용 가능성을 확인하여, 회전 원추의 최적 조건을 구명할 수 있었다.

2. 2호 시작기는 실용화를 목적으로 하여 회전 원추 분리 장치 외에 마늘 투입장치, 분리 및 정선을 풍선장치, 그리고 전기 제어 등 마늘 쪽분리 작업기계의 전체적인 조합 및 그 구성에 중점을 두고 설계되었다. 그 결과 버킷 엘리베이터를 채택한 마늘 투입부, 회전 원추 원리를 이용한 분리부, 피와 마늘쪽을 분리 선별하는 풍선부, 그리고 전기 제어부와 동력전달 장치가 구성되었다

3. 3호 시작기는 원추 이송장치, 호퍼의 크기와 엘리베이터 내 버킷 간격, 원추의 회전속도 조절 장치 등을 개선하였다.

4. 4호 시작기는 표준화 설계에 기반하여 제작된 시제품으로서 풍량 조절 장치와 원추 회전속도 그리고 버킷-엘리베이터에 의한 마늘의 공급율(투입율)을 현실화하여 쪽분리율을 극대화하면서 손상율을 극소화할 수 있는 적정 조건을 수용한 동력전달 장치의 변수를 최적화 하였다.

5. 최종 마늘쪽 분리기 시제품인 5호 시작기는 그 크기는 가로 1400mm, 세로, 750mm, 높이, 1700mm로서 손쉬운 장치 이동을 위하여 프레임 하부에 이동용 바퀴를 부착하였으며, 외원추 이송장치에 의한 배출부 간극을 15~26mm로 가변할 수 있도록 수정 설계하여 국내산 마늘의 품종별 품질별에 관계없이 유연적 대처에 의한 작업이 가능하게 되었다.

6. 씨마늘 쪽분리 작업 기계 설계 제작 과정에서 제작도면이 KS 규격에 따라 구비되어 있기 때문에 개발기계는 어떤 업체에서도 제작이 가능하고, 설계가 단순하여 생산원가가 저렴하므로 실제 마늘 재배 농가에 저가격으로 보급이 가능하게 되었다. 또한 제작 도면의 구비로 보급기계의 사후 봉사 시에 유지정비 보수가 용이하게 되었다.

7. 씨마늘쪽분리기 개발 과정에서 회전원추 원리는 발명특허출원(출원번호 제1999-003456호)되었으며, 개발된 보급용의 공급기는 실용신안(등록 제 0249179)이 등록되었다.

8. 성능 평가회 및 시연회 개최 결과에 의하여 중소농기계 제조업체에 개발 기계의 기술이전 가계약을 체결하여 최종 보급기와 표준 설계도면은 기술이전 업체에 이관되어 농가에 보급체계를 갖추게 되었다.

## 참고문헌

1. 김영상, 기계설계제도 KS 핸드북, 도서출판 황하, 2000.
2. 노광모, 박준걸, 정창주, 장영창. 1997. 마늘 수확기 개발을 위한 기초 연구(1)-수확기 생육 마늘의 물성 -. 한국농업기계학회 동계학술대회논문집, Vol. 1. 33~39.
3. 농업기계학회, 1984, 신판 농업기계핸드북
4. 농업기계협동조합, 21C 일본 농업기계화 전략, 1997.
5. 농업기계협동조합, 농업기계연감, 1997.
6. 농업진흥청, 표준영농교본-마늘편, 1990.
7. 송인규, 이철희, 박재호, 황세구, 윤종선, 조진태. 1995. 마늘생산비 절감을 위한 생력기계화재배 일관체계화 연구. 충북농촌진흥원 '95시험연구보고서. 송춘중, 채소 수확후 기계화 유형 개발, 농촌진흥청 보고서, 1995.
8. 이국환, 이경원, 입체도면의 이해, 기전연구사, 199.
9. 이종수, 1999. 경북 지역 전작 농업 기계화 방향에 관한 연구. 경상북도.
10. 이종수, 김기복, 이정삼, “회전 원추형 마늘 쪽분리기 개발에 관한 연구 (I)+- 시작기개발 및 성능시험,” 한국농업기계학회, 게재예정. 2001.
11. 이종수. 2001. 마늘쪽분리기, 특허청. 실용신안 등록번호 제0249179.
12. 이종수. 1999. 마늘쪽분리기, 특허청. 출원번호 제1999-0034560호
13. 정선모, 한동철, 표준 기계설계학, 동명사, 1999.
14. 조용진, 김철진. 1993. 공기식 마늘 박피기 적정 설계를 위한 요인별 영향 분석. 한국농업기계학회지 18(4). 351~357.
15. 최덕규, 이채식, 김영민, 김진영, 이상민, 이식파종용기계에 관한 연구:마늘파종기 개발, 농업기계화 시험 연구보고서, 1996.
27. 최석태. 1999. 마늘의 분리 박피 선별장치. 특허청. 출원번호 제



1999-0011080호.

16. 표현구. 1973. 수확후의 마늘의 생리생태에 관한 기초연구. 한국원예학회지 25.
17. 한국농업기계학회, 농업기계 핸드북, 문운당, 1998.
18. 현대기전(주), 쪽마늘 분리기 사용 설명서, 1995.
19. 황재문, 마늘 파종기 개발을 위한 기초연구, 1994

## 제4장 마늘쪽분리기 성능평가 시연회 및 기술이전

## 제 4 장 마늘쪽분리기 성능평가 시연회 및

### 기술이전

#### 제 1 절 성능평가 및 시연회

회전원추를 이용한 씨마늘 쪽분리기는 발명특허 출원과 개발기계에 대하여 실용신안을 등록하였다. 따라서 연구개발 목적 및 계획에 의거하여 일차적으로 마늘 재배 농민과, 기술이전을 위한 산업체 기술보유 담당자들에게 개발기계의 성능을 평가 받고, 문제점 및 개선점을 파악할 필요성이 있기 때문에 성능평가회와 시연회를 개최하였다.

성능평가 및 시연회는 2001년 9월 26일 안동정보대학의 대회의실 및 기계과 실습실에서 마늘 재배 농민, 농촌지도직 공무원, 농기계제조업체임직원을 초빙하여 실시하였다. 시연회에 참석한 한지형 마늘 재배 농민의 경우 개발기계의 성능에서 쪽분리율이 기존 기계에 비하여 매우 높고, 손상율은 아주 극소하다는 평가를 받았다. 그러나 한지형의 경우가 난지형에 비하여 박피에 의한 쪽분리율이 높아서 관행의 마늘 재배는 마늘피가 있는 상태에서 파종한다는 관념 때문에 박피에 대한 문제점을 제기 받았다. 그러나 실제 마늘 파종은 마늘의 껍질을 벗긴 후 소독하여 파종한다는 재배이론에 입각한다면 오히려 박피가 되어 쪽이 분리된다는 현상은 좋은 점으로 해석할 필요성이 있다. 그러나 박피가 된 마늘쪽은 피가 있는 경우에 비하여 쪽분리 작업시에 마찰력에 의한 표면의 손상이 생길 우려는 있지만 이는 파종에는 지장이 없음을 재배 실증을 통하여 입증된 바 있다.



Fig. 4-1 Photograph of ceremony for the performance evaluation of developed garlic separator



Fig. 4-2. photograph of rest operator for the performance evaluation

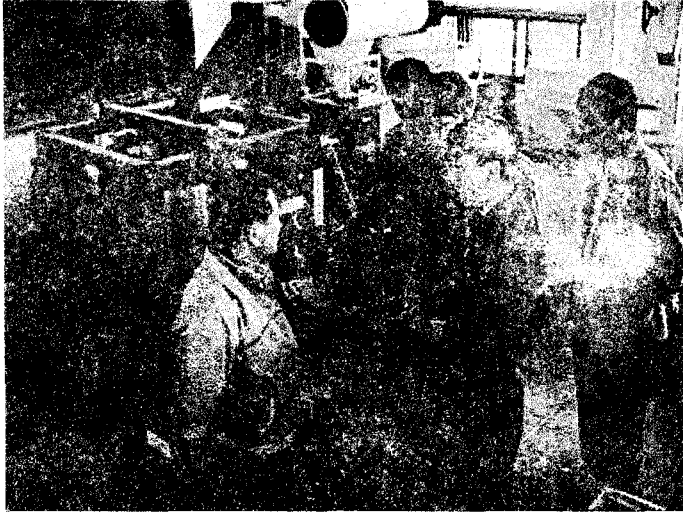


Fig. 4-3 Photograph of test operation for the technical agreement with machine manufacturer



Fig. 4-4 Screen capture of An-dong MBC TV News describing technology transfer ceremony

이러한 행사에 참여한 농민들은 시연회에서 사용된 시제품을 요청에 의하여 현재 안동시 일직면 농가에 무상 대여하여 파종용 씨마늘 준비 현장에 투입되어 활용되고 있다.

또한 시연회 상황 및 개발 개요는 MBC, KBS 등의 라디오와 TV 매체의 뉴스 시간에 25일, 26일에 전국 또는 지방에 방영되었으며, 농기계신문, 농민신문, 기타 지방 언론 지에 보도되었다.

## 제 2 절 기술이전 사업설명회

개발된 마늘쪽분리기 성능평가 및 시연회가 2001년 9월 26일 주관 연구기관인 안동정보대학에서 마늘 재배 농민, 농촌지도직 공무원, 농기계제조 관련자 등을 초빙하여 시연회 및 성능 평가회를 개최한 바 있다.



Fig. 4-6 Screen capture of An-dong MBC TV News describing technology transfer ceremony

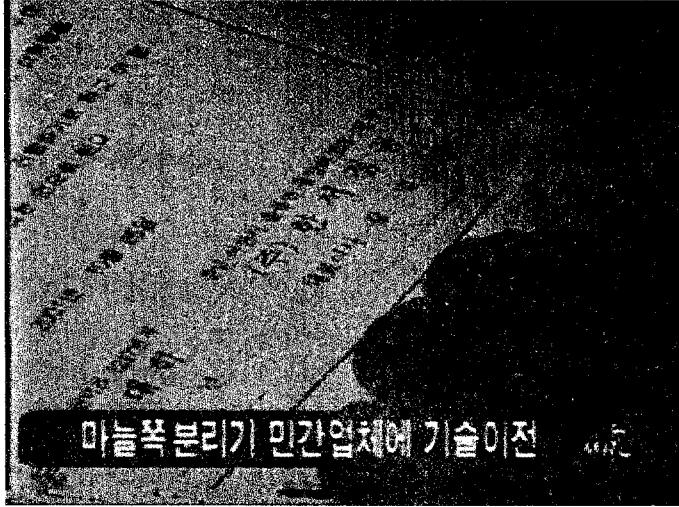


Fig. 4-6. Screen capture of An-dong MBC TV News describing technology transfer ceremony



Fig. 4-7 Screen capture of An-dong MBC TV News describing technology transfer ceremony

또한 시연회의 상황 및 마늘쪽분리기에 관한 내용이 MBC, KBS 등의 라디오와 TV 매체를 통하여 경북권 뉴스로 전국에 방영되었다. 또한 지방 언론사의 신문과 농업관련 농기계신문, 농민신문, 기타 등의 매체를 통하여 마늘재배 농민과 농기계 제조업체에 널리 알려지고 홍보가 되면서 기술과 판매에 대한 문의와 요청에 의하여 기술이전 대상업체를 공모하게 되었으며, 이에 요청업체로부터 엄정 평가와 심사를 거쳐서 (주)한서정공에 기술이전을 위한 계약절차가 진행되어 농림부에 기술감면 요청과 함께 기술이전을 실시하게 되었다.



## 참고문헌

1. KBS News, 마늘쪽분리기 시연회 및 성능평가회, 2001년 9월 25일
2. MBC News, 마늘쪽분리기 시연회 및 성능평가회, 2001년 9월 25일
3. MBC News, 기술이전조인식, 2001년 10월 26일.
4. 경북매일. 2001년 9월 28일, 10월 26일.
5. 농축유통신문, 2001년 10월 11일.
6. 매일신문. 2001년 10월 26일.
7. 대구신문. 2001년 9월 25일, 10월 26일.
8. 영남일보, 2001년 9월 25일.
9. 한국농기계신문, 2001년 9월 29일.

여 백

제 5 장 인력과 마늘쪽분리기 작업으로 씨마늘의  
포장 생육 비교 및 기계분리에 따른 농가  
노동력 절감 효과

연구기관 : 안동시 농업기술센터

연구책임자 : 황기섭 ( 소 장 )

연구원 : 이수웅 ( 과 장 )

엄태영 ( 지도사 )

여 백

## 제 5 장 인력과 마늘쪽분리기 작업으로 씨마늘의 포장 생육 비교 및 기계분리에 따른 농가 노동력 절감 효과

### 제1절 서론

마늘과 관련된 기계개발 현황을 살펴보면 쪽분리용 작업기, 파종기, 수확기가 개발되어 생력화와 적기영농 및 경영비 절감에 기여하고 있지만 기존의 쪽분리기의 경우 마늘 표피에 손상이 심하고, 기계부피가 커서 이동작업이 불편할 뿐 아니라 설치면적이 필요하여 농가보다는 단지중심으로 구입이 이루어지고 있다. 그러나 일반 농가에서는 소형이면서 작업효율이 높고, 상처발생이 최소화되는 작업기계의 개발을 요구하고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 회전원추원리를 응용하여 저비용의 쪽분리기를 개발하였으며 개발 기계의 쪽분리 효율은 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 본 실험에서는 개발 기계에 의해 분리된 씨마늘과 수작업에 분리된 마늘의 포장에서의 생육 및 수량을 비교 검토하였으며, 이와 동시에 쪽분리의 기계화에 따른 경영비 절감효과를 조사하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 인력과 기계작업 씨마늘의 포장 생육 및 수량 비교 시험

마늘의 현지실증시험을 위해 재배 주산지역인 안동시 남후면 검암리 농가는 300평을 임차하였다. 실험재료는 의성종(한지형)과 대서종(난지형)종을 공시하여 각각의 품종에 대해 씨마늘의 크기에 따라 대, 중, 소로 분류하여 실험을 수행하였다. 대, 중, 소의 분류는 접당 무게가 한지형은 5kg, 3kg, 2kg대였으며 난지형은 6kg, 4.5kg, 4kg대로 선발하였다. 실험구는 2요인 난괴법 3반복으로 배치하였다. 시험용으로 사용할 마늘은 벌크 건조기를 이용하여 35℃에서 6일간 건조하여 관행의 28일 건조와 같은 조건을 부여하여 쪽 분리작업을 실시하였으며 분리된 마늘을 포장에 이식하였다. 재식거리는 20×10cm였고 씨마늘은 파종 1일전 물 한말에 베노람수화제 40g+디메토 유제 20ml를 혼용하여 1시간 동안 침지 후 음지에서 건조하여 파종하였다. 비료는 웃거름으로 요소 17kg과 황산가리 9kg를 2001년 3월 17일날 1회 살포하였으며, 2차는 2001년 4월 17일에 시비하였다. 가뭄이 심해 4~5월에는 10일 간격으로 스프링 클러를 이용하여 관수작업을 실시하였으며 일회에 30mm 이상 관수하였으며, 기타 일반적인 관리는 농촌진흥청 마늘재배 교본에 의거 실시하였다. 조사항목으로는 발아율과 시기별 생육이었으며 생육 조사는 2000년 11월에서 2001년 6월까지 8개월간 10일 간격으로 수행하였다.

### 2. 수작업 쪽분리의 기계화에 따른 노동력 절감 효과 시험

쪽분리 작업의 기계화에 따른 경영비 절감효과를 평가하기 위해, 기존 수작업의 쪽분리 효율을 평가하였다. 쪽분리 시험에 참여한 작업자는 주산지역의 농가 중 마늘재배를 하고 있는 영농주를 중심으로 실시하였고 남녀별로 40대와 50대를 대상을 조사하였다. 실험에 사용된 마늘은 한지형으로는 의성종, 난지형으로는 남도마늘을 이용하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 인력과 기계작업 씨마늘의 포장 생육 및 수량 비교

##### 1) 발아율

개발 기계에 의해 분리된 씨마늘의 발아율은 품종의 종류 및 씨마늘에 크기에 관계없이 90%이상을 보였고 수작업에 의해 분리된 씨마늘의 발아율과 차이가 없었다. 이러한 결과로 볼 때 기계분리에 의해 발생하는 상처는 발아율을 저하시키지 않을 정도의 미미한 것으로 판단되었다.

표 5-1 수작업 분리 씨마늘과 기계분리 씨마늘의 포장 발아율

구 분	한지형(시험구)						난지형					
	인력작업			기계작업			인력작업			기계작업		
	대	중	소	대	중	소	대	중	소	대	중	소
조사 포기수	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
부 패(A)	1	2	2	1	2	3	2	3	3	2	3	4
생육 포기수(B)	29	28	28	29	28	27	28	27	27	28	27	26
비율(%)	97	93	93	97	93	90	93	90	90	93	90	86

##### 2) 생육 및 수량

생육면에서 있어서도 씨마늘에 크기에 따른 차이를 보였을 뿐, 기계 분리와

수작업 씨마늘 간의 차이는 없었다. 월동후 초기생육은 양호한 편이었으나 후기 가뭄으로 평년 및 전년에 비해 생육이 부진하여 수량이 평년작이하로 감소하였고 기계작업구의 한지형 수량은 922kg/10a였으며 수작업구의 수량은 927kg/10a으로 나타나 수량이 비등하였다. 수확한 마늘의 품질면에서도 처리구 간 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 5-2 한지형 마늘에서 수작업 분리 씨마늘과 기계분리 씨마늘의 생육

구분	한지형 시험구(의성종)											
	기계작업 쪽분리						인력작업 쪽분리					
	대		중		소		대		중		소	
	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수
월일												
3. 1	6.2	2.7	5.5	2.5	5.3	2.3	6.1	2.7	5.4	2.5	5.2	2.2
3.31	26.7	5.5	23.9	5.4	22.0	5.2	26.9	5.6	23.7	5.3	21.7	5.2
4.30	58.3	7.4	55.7	6.9	48.5	6.7	58.5	7.4	55.4	6.6	49.3	6.0
5.18	68.8	6.9	64.4	6.9	54.2	6.2	68.7	6.8	63.7	6.6	55.5	6.2

표 5-3 난지형 마늘에서 수작업 분리 씨마늘과 기계분리 씨마늘의 생육

구분	난지형 시험구(스페인산)											
	기계작업 쪽분리						인력작업 쪽분리					
	대		중		소		대		중		소	
	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수	초장	엽수
월일												
3. 1	24.6	5.0	20.7	4.8	18.8	4.5	25.2	5.2	21.6	4.9	19.7	4.6
3.31	31.2	6.4	25.5	6.2	22.9	5.9	32.5	6.6	28.6	6.4	23.5	6.2
4.30	64.7	7.5	63.5	7.2	59.8	6.8	65.8	7.6	62.3	7.3	58.2	6.9
5.18	78.6	6.5	72.4	6.0	68.9	5.7	79.1	6.7	72.5	6.5	69.1	6.2



표 5-4 수작업 분리 씨마늘과 기계분리 씨마늘의 수량

(a) 한지형 실증시험포 시험구별 마늘 수량(단위 : kg)

구 분	한지형시험구(기계)			한지형시험구(인력)			한지형대비구(인력)		
	대	중	소	대	중	소	대	중	소
1번 조사구	0.312	0.245	0.195	0.315	0.245	0.185	0.325	0.246	0.193
2번 조사구	0.324	0.249	0.194	0.324	0.255	0.195	0.327	0.243	0.187
3번 조사구	0.323	0.253	0.183	0.331	0.251	0.194	0.319	0.261	0.195
합 계	0.959	0.747	0.572	0.970	0.751	0.574	0.971	0.750	0.575
평균(10포기)	0.319	0.249	0.190	0.323	0.250	0.191	0.323	0.250	0.191
포기당 중량	0.031	0.025	0.019	0.032	0.025	0.019	0.032	0.025	0.019
10a당 예상수량	1,184	922	706	1,198	927	709	1,199	926	710

(b) 난지형 실증시험포 시험구별 마늘 수량(단위 : kg)

구 분	난지형(기계작업)			난지형(인력작업)		
	대	중	소	대	중	소
1번 조사구	0.362	0.310	0.235	0.368	0.305	0.219
2번 조사구	0.359	0.302	0.275	0.363	0.297	0.298
3번 조사구	0.374	0.314	0.274	0.374	0.327	0.268
합계	1.095	0.926	0.784	1.105	0.929	0.785
평균(10포기)	0.365	0.308	0.261	0.368	0.309	0.262
포기당 중량	0.036	0.030	0.026	0.036	0.030	0.026
10a당 예상수량	1,281	1,083	917	1,293	1,086	918

※ 마늘 수확 : 2001년 5월 28일 실시

※ 수량 산출방법 : 평당 × 300평 × 발아율 (한지형 95%, 난지형 90% 기준)

## 2. 수작업 쪽분리의 기계화에 따른 노동력 절감 효과

쪽분리 작업의 기계화에 따른 노동력 및 경영비의 절감효과에 대한 자료를 얻기 위해 관행 수작업의 쪽분리 효율에 대하여 조사하였다. 쪽분리 실증실험은 지역 농가 중 마늘재배를 하고 있는 영농주와 임작업을 하는 농민으로 실시

하였으며 한지형은 의성종, 난지형은 남도마늘을 이용하여 인력에 의한 쪽 분리시험을 수행하였다.

표 5-5 한지형 및 난지형 마늘의 수작업에 의한 쪽분리 속도

구분	한지형			난지형		
	대	중	소	대	중	소
	-----kg/ha(접)-----					
40대 여(갑)	12.6	12.0	8.4	16.4	16.8	15.5
50대 여(을)	13.8	11.4	8.4	16.8	17.6	15.3
40대 남(병)	10.8	9.0	5.4	6.8	11.8	13.4
50대 남(정)	11.4	9.6	6.6	7.0	13.4	14.4
평균 분리율	12.15	10.50	7.20	11.18	7.85	7.35
분리율(kg/hr ×8hr×0.8)	77.76 (15.34)	67.2 (20.61)	46.08 (20.57)	101.28 (22.91)	95.36 (23.31)	93.92 (29.82)

[ 보조 자료 : 실증실험에 사용된 마늘의 중량 (단위 : kg) ]

구분	한지형			난지형			
	대	중	소	특대	대	중	소
5접 무게	26.65	16.60	11.20	28.25	22.25	19.95	15.25
	25.60	16.50	11.15	31.05	21.80	20.40	15.37
	25.40	15.95	11.50	29.45	22.25	20.45	16.45
	24.75	16.10	11.05	28.60	22.30	21.00	15.24
	24.55	16.40	11.35	30.70	21.80	20.50	16.60
	25.35	17.25	11.45	29.45	22.30	20.40	15.70
합 계	151.3	98.8	67.7	177.5	132.7	122.7	94.61
5접 평균무게	25.38	16.47	11.28	29.58	22.12	20.45	15.77
접 당 무게	5.08	3.29	2.26	5.92	4.42	4.09	3.15

40-50 대의 남녀의 평균 쪽분리율은 마늘의 종류와 크기에 따라 7-12kg 정도를 보였으며 크기가 커짐에 따라 분리량이 커지는 것으로 나타났다. 이러한 분리작업을 기계작업으로 대체함에 따라 10a 당 노동력은 얼마 정도 절감할 수 있었으며 경영비는 5만원/10a 정도 절감할 수 있는 것으로 조사되었다.

## 제 4절 결론

본 연구에서 개발한 회전원추형 분리기로 분리한 씨마늘에 대해 농가 포장  
을 임차하여 관행의 수작업 분리 씨마늘과 생육 및 수량을 비교하는 실증시험  
을 수행하였다.

수작업에 의해 분리한 씨마늘과 기계 분리한 씨마늘의 발아율, 생육 및 수  
량은 차이가 없어 기계 작업으로 쪽분리를 해도 마늘의 수량을 저하시키지 않  
는 것으로 나타났다.

쪽분리 작업을 기계화함에 따라 마늘 파종기에 쪽분리 작업에 소요되는 노  
동력을 크게 절감할 수 있었으며, 이로 인해 10a당 5만원 정도의 경영비 절감  
효과를 거둘 수 있었다.

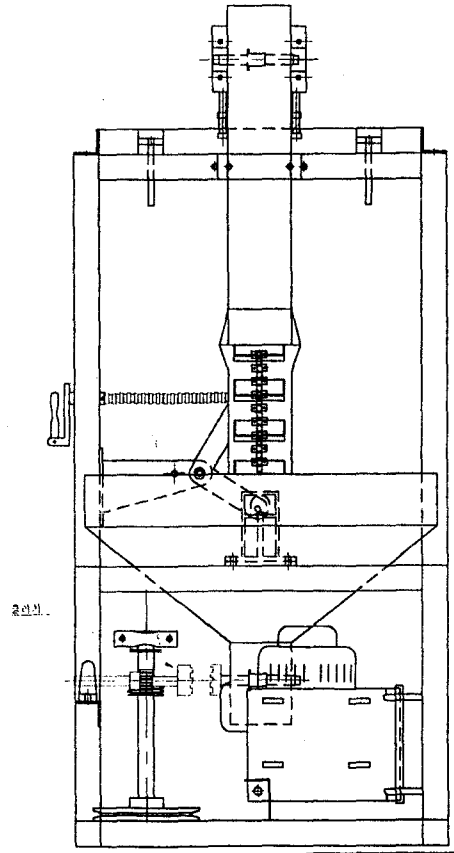
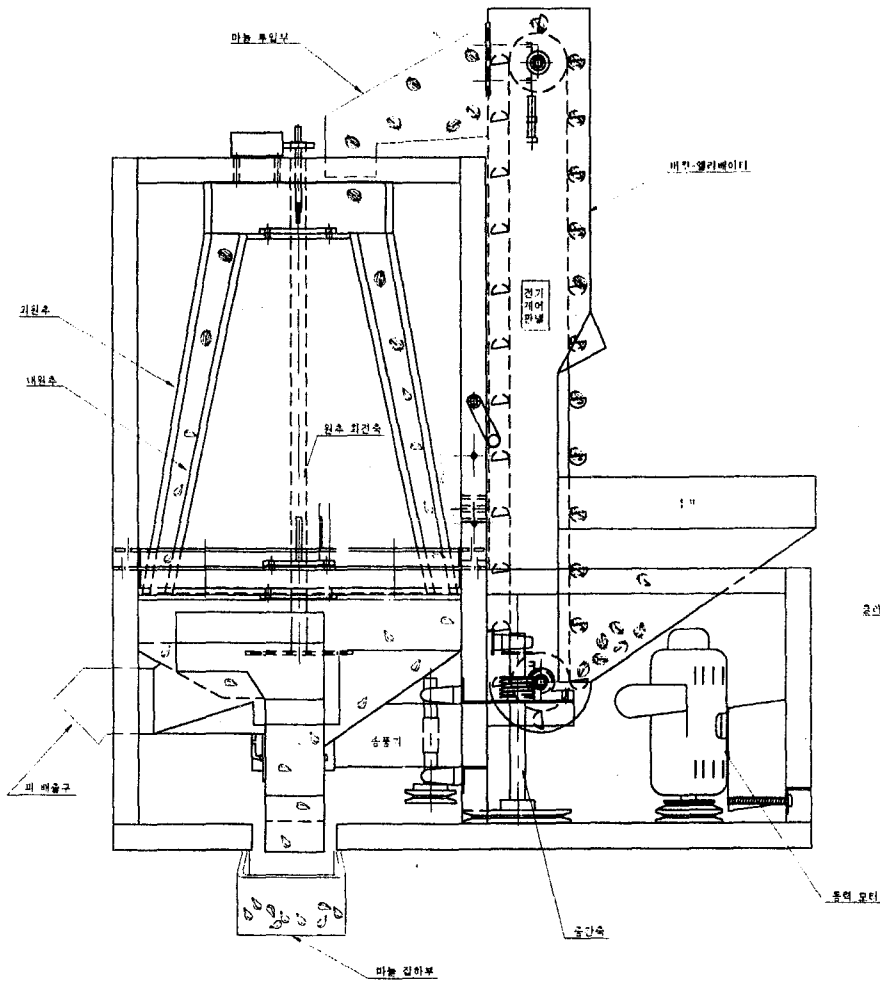
## 참고문헌

1. 표현구의 외 1인. 1973. "한국산 마늘의 생리, 생태에 관한 기초 연구." 한국원예학회지.
2. 정희돈외 2인. 1973. "수확후 마늘의 생리, 생태에 관한 기초연구." 한국원예학회지.
3. 장규성외 2인. 1974. "고추와 마늘의 건조 및 포장시험." 농업과학논문집.
4. 이우승외 2인. 1983. "마늘의 수확직후의 열풍건조 효과." 경북대학교 논문집
5. 농촌진흥청. 1990. "채소재배(비늘줄기 채소류)." 농촌진흥청
6. 박용봉외 2인. 1992. "종구의 저장온도가 마늘의 저장중 품질과 파종후 생육에 미치는 영향." 한국원예학회지.
7. 이우승외 2인. 1993. "마늘 기계파종을 위한 기초연구." 농업과학논문집.
8. 농민신문사 1999. "마늘다수확 재배기술"
9. 단양군. 2000. "생산자와 소비자를 위한 단양마늘 길라잡이". 단양군농업기술센터

부 록 :

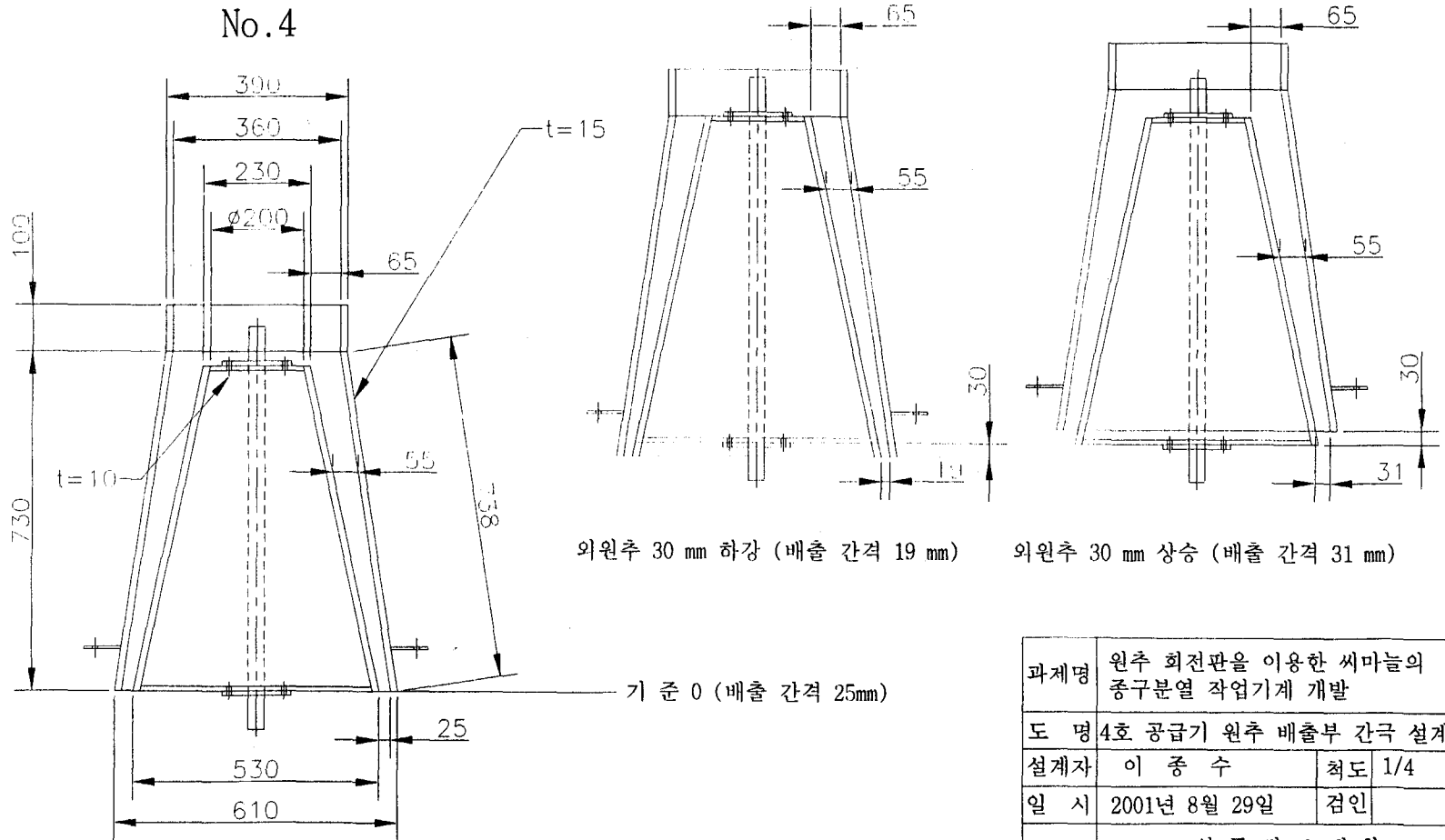
## 회전전추형 씨마늘 쪽분리기 제작도

1. 조립도
2. 버킷-엘리베이터 및 클러치 장치
3. 풍선장치 부품도
4. 원추부품 및 풍량장치 커버
5. 원추조절장치 및 모터 베이스
6. 내외 원추
7. 기계 프레임
8. 풍선장치

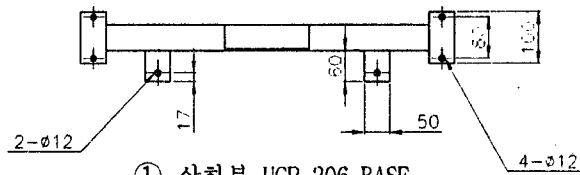
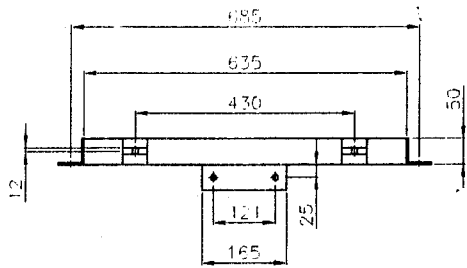


과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분열 작업기계 개발		
도 명	조립도		
설계자	이 종 수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
안동 정보 대학 ANDONG INFO TECH			

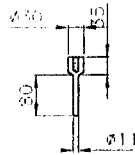
# 내외 원추 및 간극 설계



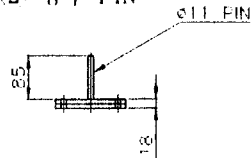
과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분열 작업기계 개발	
도 명	4호 공급기 원추 배출부 간극 설계	
설계자	이 종 수	척도 1/4
일 시	2001년 8월 29일	검인
 안 동 정보 대 학 ANDONG INFO TECH		



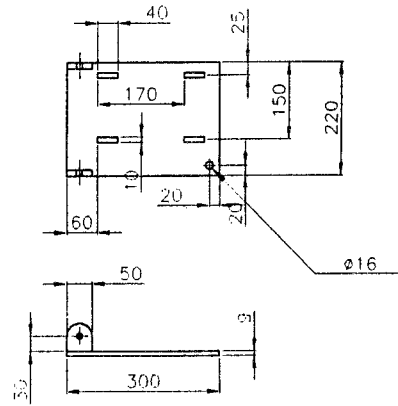
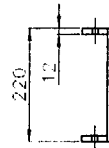
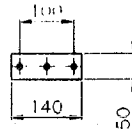
① 상하부 UCP 206 BASE



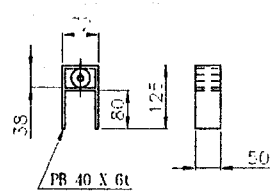
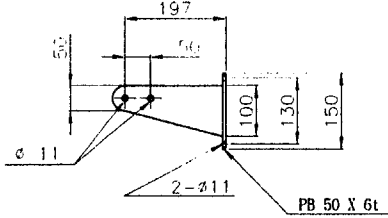
(2) 상부 PIN



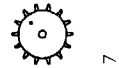
③ 하부 PIN



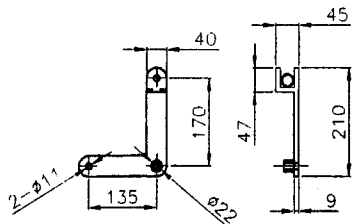
④ MOTOR BASE



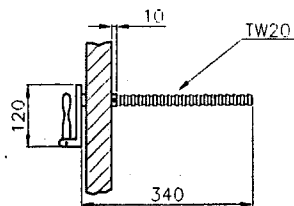
scale 1 : 2



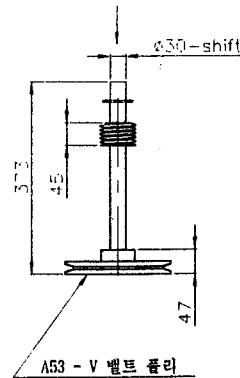
체인 스프로킷




⑤ 원추 간극 조절 장치 부품도

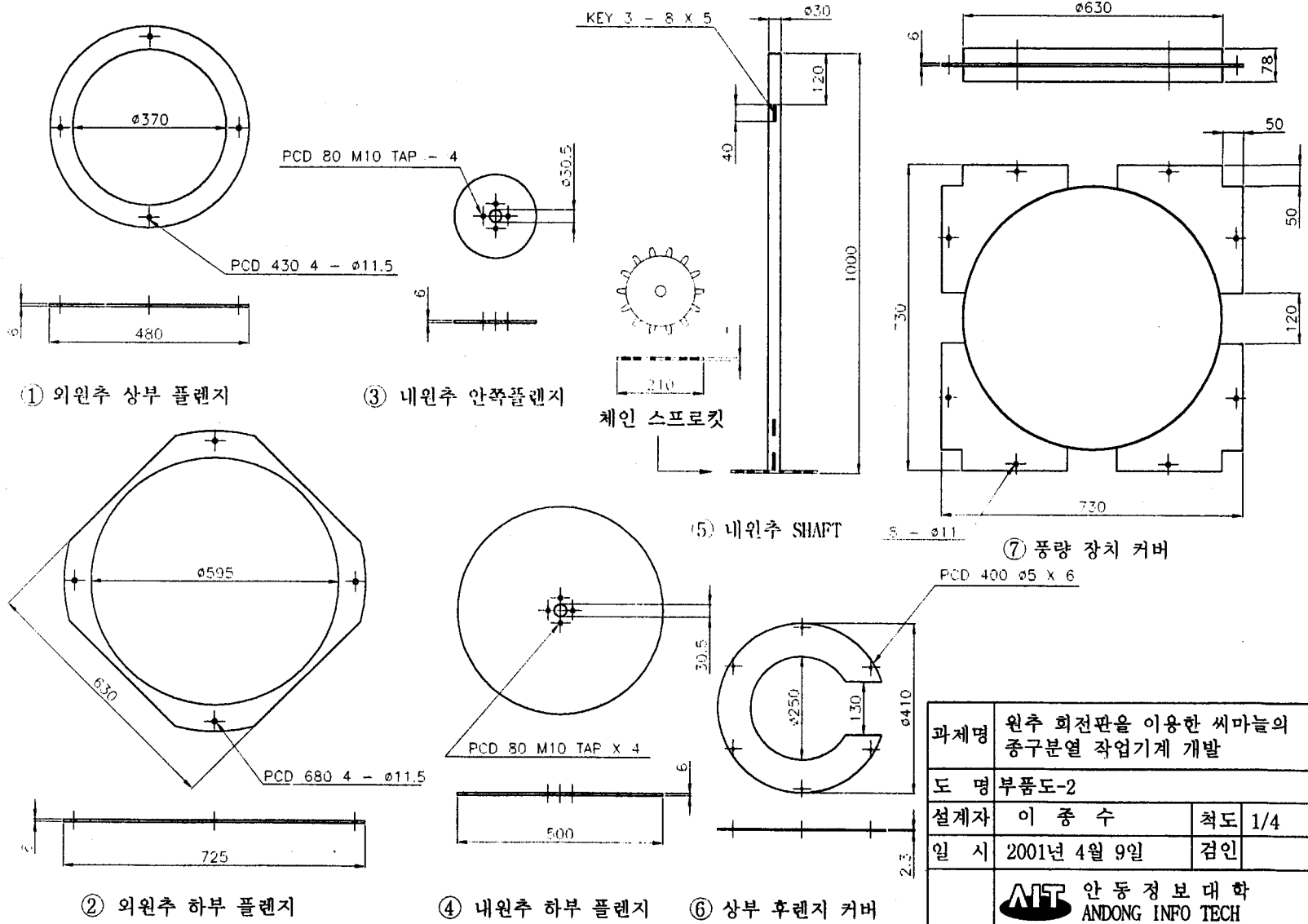


⑥ 장치 주 회전 축

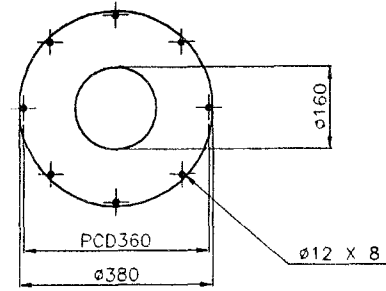
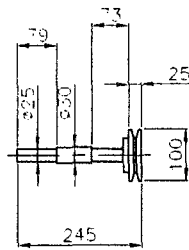
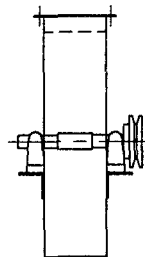
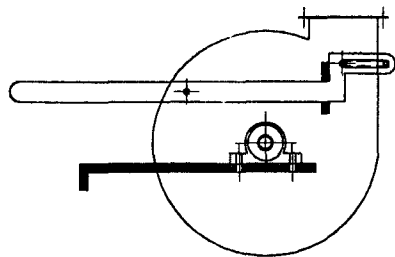
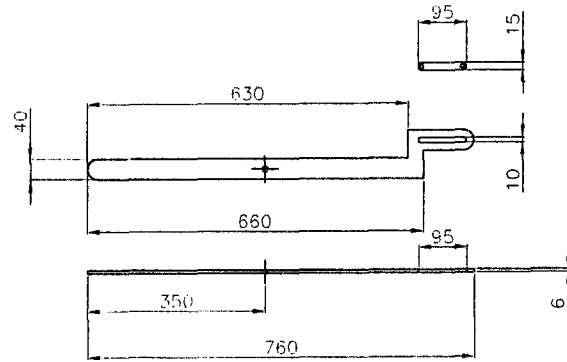
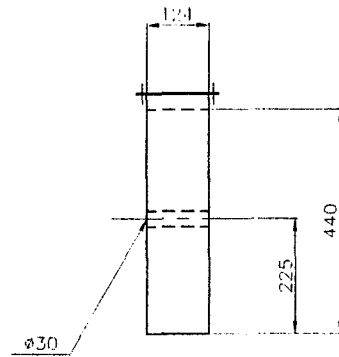
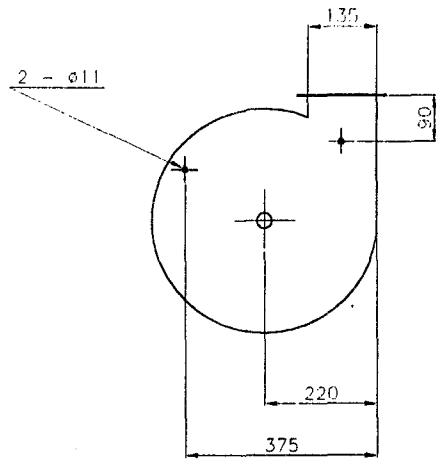


과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분별 작업기계 개발		
도 명	부품도-1		
설계자	이종수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
 안동정보대학 ANDONG INFO TECH			





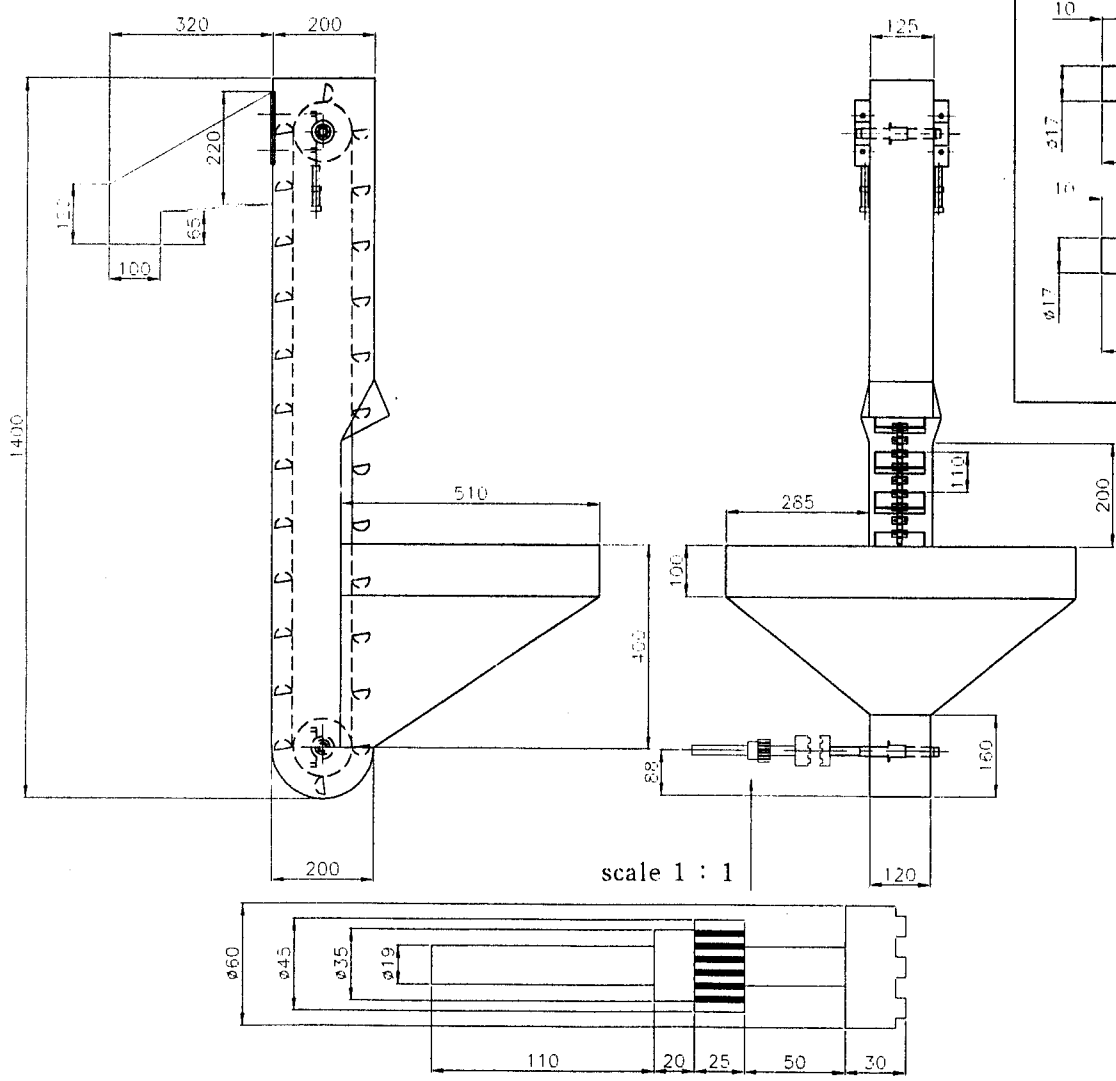
과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분별 작업기계 개발		
도 명	부품도-2		
설계자	이 종 수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
	안동정보대학 ANDONG INFO TECH		



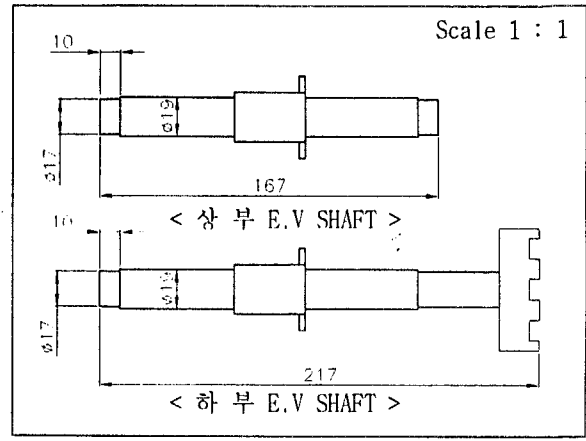
< FAN COVER >

< FAN SHAFT >

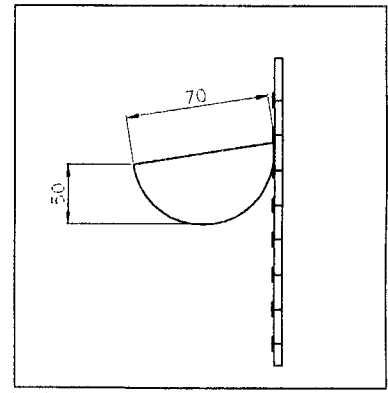
과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분열 작업기계 개발		
도 명	송풍장치		
설계자	이 종 수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
안동정보대학 ANDONG INFO TECH			




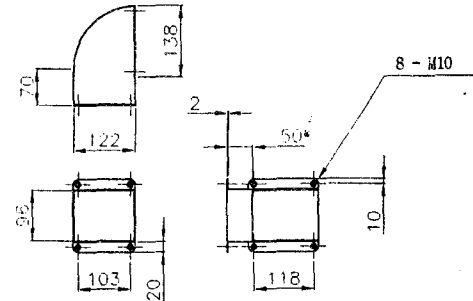
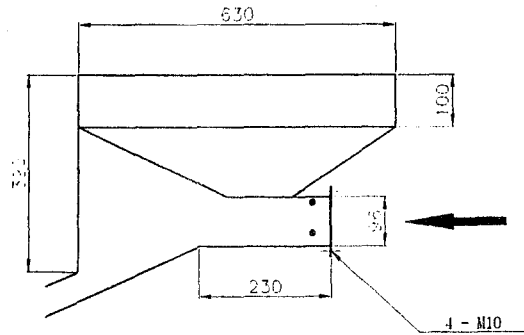
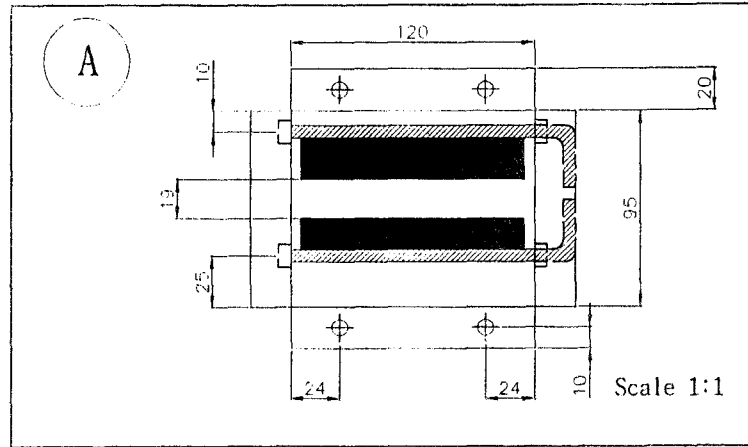
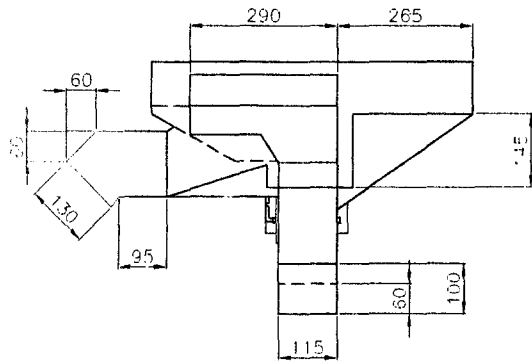
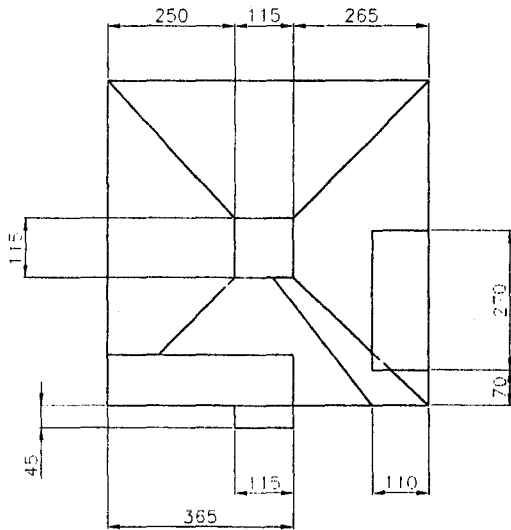
scale 1 : 1




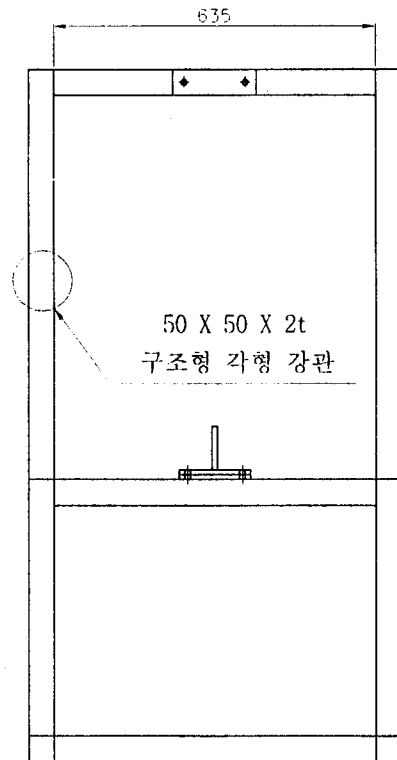
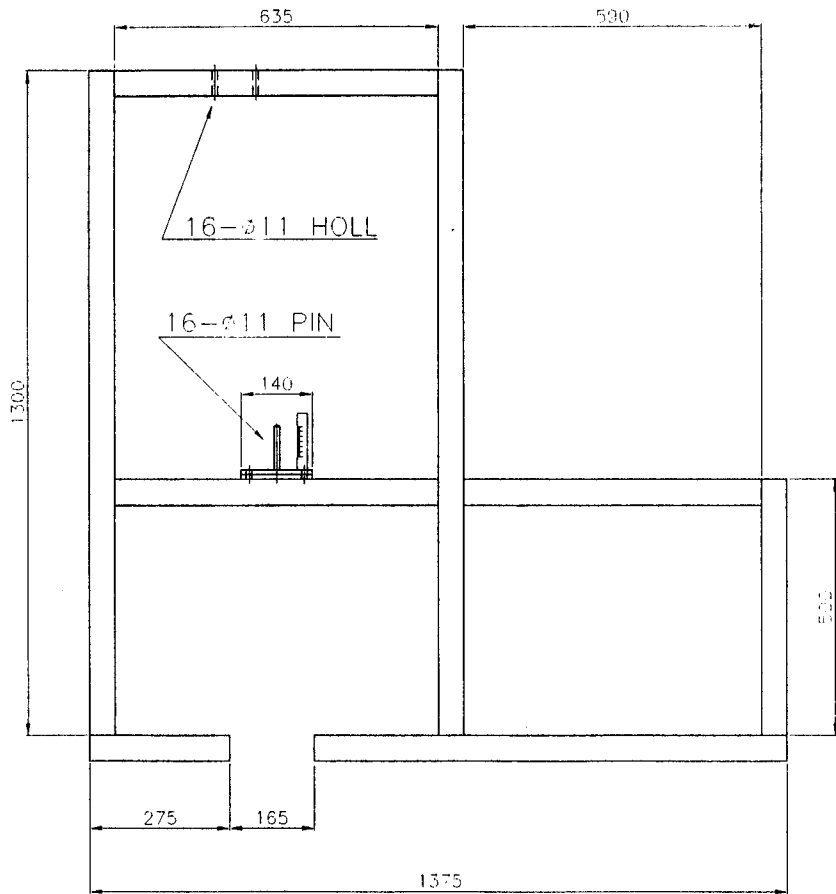
Scale 1 : 1




과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 중구분열 작업기계 개발		
도명	엘리베이터 장치		
설계자	이종수	척도	1/4
일시	2001년 4월 9일	검인	
 <b>안동정보대학</b> ANDONG INFO TECH			



과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 중구분열 작업기계 개발		
도 명	풍선 장치		
설계자	이 종 수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
 <b>안 동 정보 대학</b> <b>ANDONG INFO TECH</b>			



과제명	원추 회전판을 이용한 씨마늘의 종구분열 작업기계 개발		
도 명	프레임		
설계자	이 중 수	척도	1/4
일 시	2001년 4월 9일	검인	
	 안 동 정보 대 학 ANDONG INFO TECH		