

최 중
연구보고서

느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 개발

Development of Loading and Unloading Machine System of
Sub-rate Material for Oyster Mushroom Production

연구기관
경북대학교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 개발”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 7월

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 김 태 한

연 구 원 : 임 학 규

연 구 원 : 이 정 택

연 구 원 : 이 경 진

연 구 원 : 김 효 연

요 약 문

I. 제 목

느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

느타리버섯은 주요 생산국이 한국, 일본, 중국, 미국, 서독 등 40여 개국이고 소비 국가는 70여 개국에 달하며 버섯 주요 수출국은 중국, 한국, 대만, 네덜란드 등이고 수입국은 영국, 서독, 미국, 일본, 캐나다 등의 국가이다. 92년도에 일본의 느타리버섯 생산량은 28,100톤으로 최대생산량을 보였으나 95년도 이후 생산량이 줄어 2000년도에는 8,546톤으로 급속히 감소하여 버섯 수입국으로 전환 하였는데 반해 중국의 경우 89년도 생산량이 800,800톤으로 그 후 매년 증가하고 있어 수출이 증대되고 있는 실정이므로 우리나라 최대의 버섯수출 경쟁 국가이다.

국내 느타리버섯 재배농가의 수·출입현황을 보면 2000년에는 약 4톤 정도를 미국으로 수출하였고 2001년에는 절반으로 줄어든 약2톤을, 2002년과 2003년에는 약 162톤(483,000\$)의 수출 실적을 기록하였다. 한편, 느타리버섯의 자급율은 국내생산량으로 100% 충족시키고 있으나 세계무역기구(WTO) 체제 출범으로 2001년부터 쌀을 제외한 모든 농산물 수입이 개방되어 2001년에 중국으로부터 1톤을 수입하였고 2002년과 2003년도에 18톤(13,000\$)을 국내 느타리버섯 가격의 25% 수준으로 수입하였으므로 장기적으로 국내 느타리버섯 재배 농가에 큰 타격을 줄 것으로 예상된다.

현재 100평의 느타리버섯 재배사를 운영할 경우 시간당 노동생산성이 시간당 4,760원, 소요인력이 992시간으로 많은 인력이 필요한데 비해 재배환경 기계화

율은 11%에 지나지 않아 재배를 포기하는 농가 수가 재배를 시작하는 농가수에 비해 점차 증가하고 있는 실정이다.

본 연구는 느타리 버섯재배 작업단계에서 고도의 노동 강도와 비교적 많은 노동투하시간을 필요로 하는 버섯 배지의 입상과 폐상작업을 기계화하여 버섯재배농가의 노동력 절감에 의한 수익 증대를 꾀 하고자 하는데 목적이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 개발을 위한 버섯재배용 배지의 종류 별 입도, 함수율 등 물성 조사
2. 배지 입·폐상 장치의 외형 설계
3. 배지 흡입·배출용 송풍기 개발을 위한 배지의 송출량, 흡입량 계산
4. 배지 흡입·방출관 개발을 위한 관의 재질, 직경, 길이 등 계산
5. 배지 방출량 조절 장치 개발
6. 배지 입·폐상 장치 시제품 제작
7. 시제품 현장 적응 시험 및 미비점 보완
8. 기계의 각부 설계 시 성능에 영향을 미치는 각각의 인자 고려
9. 제작된 시제품을 FIELD TEST를 통한 성능 시험 및 보완
10. 배지 입·폐상 장치 완제품 제작

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사 및 배지의 물성 시험

느타리버섯 배지 입상 및 폐상장치 개발을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사와 배지의 물리적인 특성을 시험한 결과는 아래와 같았다.

- 1) 전체 버섯재배농가의 60.4%를 차지하는 부업 형 농가에서는 버섯 재배사의 형태가 7.55평(17.8m×1.4m) 정도의 균상을 수평으로 2단, 수직으로 4단으로 설치하여 60.4평의 균상을 마련하였다.
- 2) 재배사의 바닥은 콘크리트로 처리하였고 직경6cm, 8cm 파이프를 수직, 수평 균상 뼈대를 만들고 노끈과 고강도 비닐을 이용해 균상판을 제작하였으며 통로의 폭은 1.2~1.8m로 나타났다.
- 3) 버섯재배 농가의 순수익은 60평 재배사 5동인 10a 면적을 1회 재배 시 2,400~3,300만원으로 나타났으며 2004년 우리나라의 전체 느타리버섯 생산 면적(1,821,030평)을 농가호수(7,946호)로 나눈 농가당 느타리버섯 평균 재배 규모는 229.2평으로 60평 재배사 3~4동을 평균적으로 재배하는 것으로 나타났다.
- 4) 60평 재배사 1동을 부부 2인이 입상하는데 소요되는 시간은 이동식 작업 사다리와 쇼핑용 바구니를 이용하는 작업체계의 경우에는 약48시간이 소요되었고 트랙터와 트럭을 이용하는 작업체계의 경우 약12시간이 소요되었으나 여전히 최종 입상은 인력으로 이루어지고 있었다.

5) 수입되는 방울 솜의 솜 대 깎지 비는 60:40, 70:30, 80:20으로 버섯재배용으로 70:30인 지닝 방울 솜을 주로 사용하는 것으로 나타났고, 함수율은 각각 69%, 70%, 71%(RH)로 나타났으며 비중량은 각각 26.35kg/m³, 26.14kg/m³, 25.92kg/m³를 나타내어 송풍기 회전 차 설계에서 26kg/m³의 값을 사용하였다.

나. 송풍기, 사이클론, 흡입관 및 배출장치 설계요인 구명 시험

느타리버섯 입·폐상 장치의 설계요인 구명 시험을 통해 송풍기, 사이클론, 흡·배출장치에 관해 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 60평 재배사 1동을 기준으로 할 경우 함수율 70%(w.b)인 배지가 12,000kg 소요되므로 입상에 소요되는 시간을 4시간으로 볼 때 송풍기는 시간당 3,000kg이상의 배지를 흡입할 수 있는 성능을 가져야 하는 것으로 나타났다.
- 2) 송풍기의 적정 회전속도는 3,200rpm정도이고, 회전차와 보스부 간격에 따른 실험에서 축연결 보강부인 보스 취부면과 송풍기 케이스내면과의 간격(δ)을 25mm로 하는 것이 20kg 배지를 흡입하는데 걸리는 시간 20초, 입상시간 36초로 가장 우수하게 나타났다.
- 3) 흡입관은 고체성질에 가까운 유체가 관로에서 정체 없이 유동할 수 있는 최소 직경과 성인 작업자가 1시간 연속작업 시 피로감을 최소로 느낄 수 있는 무게감의 최대값을 만족하는 수치로 흡입관의 길이는 15m로 하였고, 배출관은 5m로 하였다.
- 4) 배출장치의 설계요인 구명 시험에서 방향제어가 자유로운 주름관과 출구확대 파이프를 이용한 배출장치(A), 벨트컨베이어와 호퍼를 이용한 배출장치(B), 벨트컨베이어와 슈트를 장착한 배출장치(C)의 3가지 형태의 배출장치

에서 배지가 배출되는 양, 작업의 질적인 측면, 작업속도의 관점에서 C형태의 배출장치가 가장 우수한 것으로 나타났다.

다. 배지 입·폐상 장치 시작기의 성능 및 경제성 분석

느타리버섯 배지 입·폐상 장치의 시작기를 제작하여 성능평가를 실시하고 개발된 시작기로 농가에서 실증테스트를 통한 경제성 분석을 한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 최종배출장치부의 이송속도에 따른 입상성능은 이송속도가 빠를수록 입상시간이 짧아지지만, 이송각도가 클 때는 배지를 던져버려 낙하수직거리에 대한 수평거리가 멀어지는 경향을 보였고 0.37m/s이하의 이송속도에서는 배지 흡입, 송풍기, 사이클론의 작업이 끝난 후에도 배지이송을 기다려야하는 상황이 되어 0.61m/s에서 비교적 안정된 이송상태를 보였다. 또한, 이송각도 S2(22°)와 S3(28°)에서는 큰 영향을 받지 않고 비슷한 입상시간을 보였다.
- 2) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 29.6초, 28초, 32.2초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,679kg, 2,571kg, 2,236kg으로 나타났다.
- 3) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 1/2정도 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 28.2초, 27.5초, 30초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,553kg, 2,618kg, 2,400kg으로 나타났다.
- 4) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 닫아 놓은 상태가 완전히 열어 놓거나 1/2열어 놓은 경우보다 우수하였으며 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm

에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 27.3초, 26.7초, 29.7초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,637kg, 2,697kg, 2,424kg으로서 송풍기의 최적회전수는 3,183rpm으로 나타났다.

- 5) 시작기의 경제성 평가 결과 관행적인 방법 중 이동식 사다리와 인력에 의존 (A)하는 경우와 비교해 불 때 손익분기점은 버섯재배면적이 2.38a 일 때, 인력 및 기계이용에 따른 소요비용 1,608,992원으로 나타났고 트랙터와 1톤 트럭 및 인력을 이용(B) 한 경우와 비교해 불 때 손익분기점은 버섯재배면적이 4.97a 일 때, 소요비용이 1,962,800원으로 나타났다.

라. 연구 결과를 기초로 시제품을 제작하였다.

2. 연구결과 활용 계획

- 1) 본 연구 과제 수행을 통해 취득한 각종 기술에 대한 국내 및 국제 특허를 취득하여 대량 생산 기술의 기반 확대에 주력하고, 참여업체에 기술이전과 동시에 개발된 제품에 대한 상용화를 수행한다.
- 2) 개발된 상품을 언론을 통해 홍보하고, 전시회에 출품한다.
- 3) 본 연구 과제 수행을 통해 취득한 각종 기술을 버섯 배지 입·폐상기 개발에 활용한다.

SUMMARY

I . Title

Development of Loading and Unloading Machine System of Sub-rate Material for Oyster Mushroom Production

II . Purpose and Importance of Research

Recently home and abroad consumption of mushroom has been increasing and moreover especially, Oyster mushroom is the first one taking 33.3 percentage as it's production rate in all kind of mushroom.

In the process of Oyster mushroom production loading and unloading work of sub-rate materials need 9.1 percentage severe labor power in all kind of work process. Therefore, developing machine with loading and unloading system is necessary to reduce the manpower and cost.

Nevertheless, there has been few researches on developing machine with loading and unloading system effectively so far. So the main objective of this study is to develop the loading and unloading machine of sub-rate materials which is suitable for domestic circumstances.

III. The contents and Scopes of Research

1. Design and manufacture of the experimental devices
2. Physical properties and cultivation environment
 - 1) Experiment of physical properties
 - ① The moisture contents at each included rate of cotton and skin

- ② The specific gravity at each included rate of cotton and skin
- 2) Investigation of cultivation environment for Oyster mushroom production farmhouse
 - ① Required total sub-rate materials in 200m² facility
- 3. Investigation test for the design of loading and unloading machine
 - 1) The effects of blower shaft speed, boss gap(δ), geometric shape of cyclone and suction system on loading performance.
 - 2) The effects of final loading system on loading performance.
 - ① The method using flexible pipe(A type)
 - ② The method using belt conveyor and hopper(B type)
 - ③ Combined method using belt conveyor and suit(C type)
- 4. Performance test of the developed loading machine system
 - 1) The optimal revolution of blower shaft
 - 2) The optimal gap(δ) between inner side of blower case and attached fan boss of blower
 - 3) The optimal transporting velocity of belt conveyor as change of transporting angle
- 5. Economic estimation test of the developed loading machine
The optimal cultivation area for the break even point(BEP)
- 6. Manufacture of prototype for the loading machine
- 7. Field test and complementary measures
- 8. Manufacture of improved prototype

IV. Result and Recommendation for Application

1. Result of research and development

The results are summarized as follows:

- 1) The types of mushroom cultivating farmhouse which is occupied 60.4% as a side business among the all mushroom cultivating farmhouse are consist of 24.92m³(17.8m×1.4m) shelf with four stairs in vertically and a double line in horizontally, result in about 200m² as mushroom cultivating place for 1 facility.
- 2) Required time loading on the shelves of sub-rate materials with a married couple, 2 person is 48 hours in the case of using movable ladder and shopping basket and 12 hours in the case of using tractor and 1-ton truck. Nevertheless, the final loading work made up by the severe manpower with a basket.
- 3) The most popularly used sub-rate materials in Oyster mushroom cultivating farmhouse is 70:30(cotton : skin) cotton ball compare to 60:40, 80:20 which is imported from the pakistan. Moreover, the moisture contents is 70%, 69%, 71%(w.b) and specific gravity is 26.14kg/m³, 26.35kg/m³, 25.92kg/m³ at each, selected for the blower design as value of 70%(w.b), 26kg/m³.
- 4) Required total sub-rate materials in 200m² mushroom cultivating

farmhouse for 1 facility are 12,000kg cotton ball and the machine satisfy over 3,000kg/hr processing ability at least for the 70% wetted case.

- 5) The optimal revolution of blower shaft is investigated as 3,200rpm and the 25mm gap(δ) between inner side of blower case and attached fan boss of blower show the superiority at the capacity test as value of 20sec on suction, 36sec on loading in the test of suction ability and wind pressure as vary of blower speed
- 6) Combined method using belt conveyor and suit(C type) show the superiority at the capacity test with quantity of output, quality and speed of work process compare to the method using flexible pipe(A type) or method using belt conveyor and hopper(B type) in the investigation test of designing factor for the final loading system.
- 7) The optimal transporting velocity of belt conveyor as change of transporting angle is 0.61m/s at the closed condition of air flow control disk of cyclone in the loading capacity test of transporting angle, transporting velocity and air flow rate for the final loading system.
- 8) If the developed loading machine system of sub-rate material for Oyster mushroom would be used in our farmhouse, the optimal cultivation area for the break even point(BEP) is more than 2.38a at least shown as the most efficient in the method of using movable ladder and 4.97a is shown as the most efficient in the method of using loader attached

tractor and 1-ton truck in the field test and the economic estimation.

9) We manufactured the loading machine on the basis of this study.

2. The plane of utilizing of this study

1) We transfer the technology of developed loading machine to some industries.

2) We advertise the developed loading machine through the mass media and exhibit it at an exhibition.

3) we use the technology acquired by this study to develop and improve the loading machine

CONTENTS

Chapter 1. Overview of research	22
Section 1. Necessity of study	22
1. Technical aspects	22
2. Economical and industrial aspects	22
3. Social and cultural aspects	23
Section 2. The objective and contents of study	26
1. The objective of study	26
2. The contents of study	26
가. Investigation of physical properties of the materials	26
나. Design of loading and unloading machine for materials	26
다. Development of blower for suction and discharging of materials	26
라. Development of suction and discharging system	26
마. Design and manufacture of cyclone	26
바. Development of control system for material discharging quantity	26
사. Manufacture of prototype	26
아. Integration of system	26
자. Field test and complementary measures	26
차. Manufacture of improved prototype	26
Chapter 2. Current situation of domestic and foreign research	28
Section 1. Current situation of research	28
1. Current situation of domestic research	28
2. Current situation of foreign research	30
Section 2. Prospect of research	30

Chapter 3. Contents and results of research	31
Section 1. Investigation of farmhouse for cultivation Environment and of physical properties of the materials	31
1. Preface	31
2. Investigation of farmhouse for cultivation Environment	32
가. Investigation object	32
나. Investigation method	32
다. Result of study	32
1) Structural survey for the cultivation farmhouse	32
2) Sequence of works	35
가) Manpower delivery with movable ladder	35
나) Manpower delivery with tractor and truck	36
3. Investigation of physical properties of the materials	40
가. Investigation materials	40
나. Investigation method	40
다. Result of study	41
1) Moisture contents and physical properties of each materials	41
2) Specific gravity test of materials	45
4. Conclusion	46
Section 2. Investigation of design factor for the development of blower, cyclone, suction and discharging system	47
1. Preface	47
2. Theory consideration	48
가. Blower	48
나. Cyclone	50
다. Suction and discharging system	52

3. Investigation materials and methods	54
가. Blower	54
나. Cyclone	56
다. Suction system	56
라. Discharging system	56
4. Result of study	59
가. Blower	59
1) Calculation of required materials for suction and discharging	59
2) Wind pressure and suction ability as vary of blower rpm	60
3) Capacity analysis as vary of gap(δ) between fan boss and inner side of case	63
나. Cyclone	64
1) Capacity analysis as vary of air flow control disk	64
다. Suction system	65
1) Suction ability as vary of blower speed	65
2) Physical properties	66
라. Discharging system	67
1) Capacity analysis as vary of discharging system	67
5. Conclusion	69
 Section 3. Performance of prototype and economic estimation	 70
1. Preface	71
2. Prototype manufacture	72
가. Design	72
1) Design of prototype	72
2) Design of improved prototype	75
나. Suction system	78

다. Blower	79
1) Blower of improved prototype	79
라. Cyclone	84
1) Cyclone of improved prototype	85
마. Final discharging system	87
1) Final discharging system of improved prototype	88
바. Power transmission and control system	90
3. Investigation materials and method	96
가. Investigation materials	96
1) Content rate of cotton vs skin	96
2) Moisture contents	96
나. Investigation method	97
4. Result of study	101
가. Loading capacity of materials	101
1) Loading capacity as vary of transporting angle	101
2) Loading capacity as vary of transporting speed	106
나. Economic estimation with field test	118
5. Conclusion	127
 Section 4. Synthetic conclusion	 129
 Chapter 4. Objective achievement and contribution of the related research	 132
1. Objective achievement of research	132
2. Contribution of the related research	133
가. Technical aspects	133
나. Economical and Industrial aspects	133

Chapter 5. Recommendation for application	135
Chapter 6. References	136
Appendix	140

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	22
제 1 절 연구개발의 필요성	22
1. 기술적 측면	22
2. 경제·산업적 측면	22
3. 사회·문화적 측면	23
제 2 절 연구개발의 목표와 내용	26
1. 연구개발의 목표	26
2. 연구개발 내용	26
가. 버섯 재배용 배지의 종류별 물성 조사	26
나. 배지 입·폐상 장치의 외형설계	26
다. 배지 흡입 배출용 송풍기 개발	26
라. 배지 흡입 배출관 개발	26
마. 사이클론 설계 및 제작	26
바. 배지 배출량 조절 장치 개발	26
사. 시제품 제작	26
아. 시스템 통합	26
자. 현장 적응 시험 및 미비점 보완작업	26
차. 완제품 제작	26
제 2 장 국내외 기술개발 현황	28
제 1 절 국내외 관련 기술의 현황	28
1. 국내 현황	28
2. 국외 현황	30
제 2 절 연구 전망	30

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과	31
제 1 절 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사 및 배지의 물성 시험	31
1. 서언	31
2. 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사	32
가. 조사대상	32
나. 조사방법	32
다. 결과 및 고찰	32
1) 재배사 형태	32
2) 작업체계	35
가) 이동식 작업 사다리와 인력 운반	35
나) 트랙터와 트럭을 이용한 인력 운반	36
3. 배지의 물성 시험	40
가. 공시 재료	40
나. 시험 방법	40
다. 결과 및 고찰	41
1) 배지의 종류별 입도 및 함수율	41
2) 배지종류에 따른 비중량 시험	45
4. 결론	46
제 2 절 송풍기, 사이클론, 흡입관 및 배출 장치 설계요인 구명시험	47
1. 서언	47
2. 이론적 고찰	48
가. 송풍기	48
나. 사이클론	50
다. 흡입관 및 배출 장치	52

3. 실험 장치 및 방법	54
가. 송풍기	54
나. 사이클론	56
다. 흡입관	56
라. 배출장치	56
4. 결과 및 고찰	59
가. 송풍기	59
1) 소요 배지 흡입량 및 송출량 계산	59
2) 송풍기 토출부 압력	60
3) 회전차와 보스부 간격에 따른 성능 분석	63
나. 사이클론	64
1) 공기배출장치의 개구비에 따른 성능	64
다. 흡입관	65
1) 회전속도에 따른 배지 흡입력	65
2) 흡입관의 형상	66
라. 배출 장치	67
1) 배출부 방식에 따른 배출성능 시험	67
5. 결론	69
제 3 절 배지 입 · 폐상장치 시작기의 성능 및 경제성 분석	70
1. 서언	71
2. 배지 입 · 폐상장치 시작기 제작	72
가. 외형설계	72
1) 시작기 외형설계	72

2) 시작기 외형설계 개량	75
나. 흡입부	78
다. 송풍기	79
1) 시작 송풍기 개량	79
라. 사이클론	84
1) 시작 사이클론 개량	85
마. 최종 배출 장치부	87
1) 배출량 조절이 가능한 개선 시작기 최종 배출 장치부	88
바. 동력전달 및 제어부	90
3. 공시재료 및 시험방법	96
가. 공시재료	96
1) 슝, 깍지 혼합비	96
2) 합수율	96
나. 시험방법	97
4. 결과 및 고찰	101
가. 배지 입상성능	101
1) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능	101
2) 최종배출장치부의 이송속도, 공기배출량에 따른 입상성능	106
나. 농가 실증사용에 따른 경제성 분석	118
5. 결론	127
제 4 절 종합 결론	129
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	132

1. 연구개발목표의 달성도	132
2. 관련분야의 기술발전예의 기여도	133
가. 기술적 측면	133
나. 경제·산업적 측면	133
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	135
제 6 장 참고문헌	136
< 부록 > 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 구조도	140

제 1장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

현재 100평의 느타리버섯 재배사를 운영할 경우 시간당 노동생산성이 시간당 4,760원, 소요인력이 992시간으로 많은 인력이 필요한데 비해 재배환경 기계화율은 11%에 지나지 않아 재배를 포기하는 농가 수가 재배를 시작하는 농가수에 비해 점차 증가하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 버섯 재배를 위한 배지 입·폐상 작업은 버섯 재배 작업 가운데 가장 중노동이나 최종 입상작업은 거의 대부분 인력에 의존하고 있으며 이와 같은 작업을 연간 3~4회 반복하게 된다. 따라서 느타리버섯 재배 단계 중 높은 노동 강도가 요구되는 배지의 입상과 폐상과정을 기계화한다면 버섯재배 농가의 생산성 향상과 노동 강도 절감을 할 수 있을 것이다.

본 연구는 느타리 버섯재배 작업단계에서 고도의 노동 강도와 비교적 많은 노동투하시간을 필요로 하는 버섯 배지의 입상과 폐상작업을 기계화하여 버섯재배농가의 노동력 절감에 의한 수익 증대를 꾀 하고자 하는데 목적이 있다.

2. 경제·산업적 측면

느타리버섯은 주요 생산국이 한국, 일본, 중국, 미국, 서독 등 40여 개국이고 소비 국가는 70여 개국에 달하며 버섯 주요 수출국은 중국, 한국, 대만, 네덜란드 등이고 수입국은 영국, 서독, 미국, 일본, 캐나다 등의 국가이다. 92년도에 일본의 느타리버섯 생산량은 28,100톤으로 최대생산량을 보였으나 95년도 이후 생산량이 줄어 2000년도에는 8,546톤으로 급속히 감소하여 버섯 수입국으로 전환하였는데 반해 중국의 경우 89년도 생산량이 800,800톤으로 그 후 매년 증가하고 있어 수출이 증대되고 있는 실정이므로 우리나라 최대의 버섯수출 경쟁 국가이다.

국내 느타리버섯 재배농가의 수·출입현황을 보면 2000년에는 약 4톤 정도를 미국으로 수출하였고 2001년에는 절반으로 줄어든 약 2톤을, 2002년과 2003년에는 약 162톤(483,000\$)의 수출 실적을 기록하였다. 한편, 느타리버섯의 자급율은 국내생산량으로 100% 충족시키고 있으나 세계무역기구(WTO) 체제 출범으로 2001년부터 쌀을 제외한 모든 농산물 수입이 개방되어 2001년에 중국으로부터 1톤을 수입하였고 2002년과 2003년도에 18톤(13,000\$)을 국내 느타리버섯 가격의 25% 수준으로 수입하였으므로 장기적으로 국내 느타리버섯 재배 농가에 큰 타격을 줄 것으로 예상된다.

3. 사회·문화적 측면

인간이 버섯을 인공재배(人工栽培)한 것은 기록상으로 볼 때 약 1,400년 전인 AD600년경 중국에서 목이(*Auricularia auricula*)를 재배한 것이 최초이고 우리나라에 가장 잘 알려져 있는 느타리버섯은 1900년 미국에서 최초로 인공재배된 이래 1958년부터 1981년에 이르기까지 약 27년간 6종의 느타리버섯류가 인공재배 되었는데 이들 6종은 대부분 인도에서 처음 재배되었다. 이들 중 국내에서 중고온성 품종으로 유일하게 사용되어 온 여름느타리버섯은 1974년에 개발된 품종으로 70년대 초반에 원목재배법이 개발되었고, 중반에 벗짚다발재배법이 개발되어 농가에 크게 기여하였으며, '80년대 후반에 산업부산물인 폐면(廢綿)을 이용한 재배법이 개발되어 농가에 보급됨으로서 점차 재배면적이 확산되기 시작하여 지금은 국내에서 가장 많이 재배되는 버섯으로 정착하였다. 또한, 느타리버섯은 그 모양과 맛에 따라 구미지역에서는 굴과 비슷하다 하여 굴 버섯(Oyster mushroom)이라고 부르며 일본에서는 평평한 부채꼴을 하고 있어 “히라다께(ひらだけ)”, “부용(平茸)” 또는 “인공 시메지(人工しめじ)라고 부르고 있다.

표 1은 국내 주요 버섯의 2004년도 생산농가호수, 재배면적, 생산량을 비교한 것으로서 우리나라 버섯 총재배면적은 1,338.2ha이며 그중 느타리버섯은 총 재배면적의 45%인 602.2ha를 차지하고 있으며 생산량도 52,211톤으로 전체 버섯 생산량의 33.3%를 차지하고 있다. 그 다음으로 팽이버섯 생산량이 전체 버섯생

산량의 21%인 32,796톤으로 총 재배면적의 6.4%를, 새송이버섯 생산량이 32,736톤으로 총 재배면적의 13.8%를 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 느타리버섯 재배 비율이 높은 것은 대중소비에 근거한 폭넓은 유통시장과 다른 버섯에 비하여 간단한 시설에서 큰 자본을 들이지 않고 연중재배가 가능하며 배지로 사용되는 폐 방울 솜도 비교적 값이 싸기 때문이다.

Table1 The present state of domestic cultivation for mushroom(in 2004)

Kinds of Mushroom	Number of farmhouse (house)	Area of cultivation (3.3m ²)	Amount of production (M/T)	Rate of production (%)
Pleurotus ostreatus (Oyster mushroom)	7,946	1,802,887	52,211	33.3
Flammulian velutipes	1,013	588,255	24,053	15.4
Agaricus bisporus	327	336,771	3,680	2.3
Ganoderma lucidum	173	258,095	32,796	21.0
Phellinus linteus	452	269,056	2,643	1.7
Agaricus blazei Murill	78	42,945	6,594	4.2
New Tricholoma matsutake	959	554,742	32,736	20.9
etc.	319	161,873	1,886	1.2
TOTAL	11,267	4,014,624	156,599	100

표 2는 우리나라에서 생산되는 전체 식용버섯에 대한 느타리버섯의 최근 15년간 생산농가호수, 재배면적, 생산량의 변화추이를 비교한 것으로서 97년까지 증가하다가 98년부터 감소되는 추세로서 2003년에는 97년도와 비교하여 생산농가구수가 9,259호에서 6,842가구로 26% 감소하였고, 재배면적은 700ha에서 622.6ha로 11% 감소하였으며, 버섯의 생산량도 83,606M/T에서 61,965M/T으로 26% 감소한 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 2004년도에는 재배 농가수가 7,946호로 2003년도에 비해 19.5%정도 증가하였으나 재배면적은 601ha로 3.6%정도 감소하였고 생산량도 52,211M/T으로 18.7% 감소한 것을 알 수 있다. 이는 농촌노동인구의 감소와 노령화로 인한 생산성 저하, 느타리버섯 재배용 배지의 입·폐상과 같이 고된 노동 강도의 상승으로 인해 재배기피현상과 무관하지 않

으며 98년 이후의 경우 몇 년간은 재배 농가수가 감소하나 재배면적은 증가하는 추세를 보이는데 이는 농가당 재배규모가 점차 확대되고 전업화 되어 간다는 것을 보여준다. 그러나 2000년 이후 전체적으로 생산농가구수, 재배면적, 생산량이 꾸준히 감소하는 것을 알 수 있는데 이는 농촌 인구의 감소 및 노동 인력의 노령화 및 부녀화에 따라 노동 효율이 저하되고 있는 실정을 잘 반영하고 있다. 그러므로 노동력 부족 현상의 타개, 노동 질의 향상, 버섯 재배의 생력화 달성을 위해 노동 강도가 높은 배지의 입·폐상 작업의 기계화가 시급히 요구되고 있는 실정이다.

Table 2 Trend of Oyster mushroom cultivation data for the total mushroom cultivating farmhouse, area and production

Year Sort	'90	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
Number of farmhouse	6,266	9,259	9,024	8,662	8,309	7,791	7,088	6,842	7,946
TOTAL(house)			10,898	10,522	10,502	9,574	9,085	9,281	11,267
Area of cultivation	368	700	706	787	731	741.2	709.8	622.6	601
TOTAL(ha)			1201.3	1,182.7	1,093.4	1,118.4	1,214.7	1,245.1	1,338
Amount of production	43,732	83,606	75,684	76,849	70,759	70,529	72,348	61,965	52,211
TOTAL(M/T)			113,594	123,771	117,614	129,646	141,625	145,312	156,599

제 2 절 연구개발의 목표와 내용

1. 연구개발의 목표

본 연구에서 개발하고자 하는 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상 장치는 송풍기, 사이클론, 흡입 및 배출부, 최종 배출 장치부, 동력전달 및 제어부로 구성된다.

느타리버섯 재배용 입·폐상 장치의 송풍기는 배지를 흡입하여 사이클론까지 압송해주는 역할을 하고, 사이클론 장치는 압송된 배지와 공기를 분리하여 배지가 안전하게 최종배출장치를 통해 균상에 입상이 가능하도록 구성한다. 또, 최종배출 장치부는 반고체 상태에 가까운 배지를 막힘 현상, 퇴적 등의 현상이 발생하지 않도록 설계요인 구명시험을 통해 개발한다. 이러한 일련의 과정을 거친 결과를 통합하여 현지 버섯재배 농가에 활용 가능한 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상 장치를 개발한다.

2. 연구개발 내용

본 연구의 내용을 요약 정리하면 아래와 같다.

- 가. 버섯 재배용 배지의 종류별 물성 조사
- 나. 배지 입·폐상 장치의 외형설계
- 다. 배지 흡입 배출용 송풍기 개발
- 라. 배지 흡입 배출관 개발
- 마. 사이클론 설계 및 제작
- 바. 배지 배출량 조절 장치 개발
- 사. 시제품 제작
- 아. 시스템 통합
- 자. 현장 적용 시험 및 미비점 보완작업
- 차. 완제품 제작

첫째, 느타리버섯 재배 농가의 재배 실태를 조사하고 재배사의 형태와 배지 입·폐상장치의 외형설계를 위한 자료 조사를 실시하여 개발방향 설정에 필요한 기초 자료를 도출함과 동시에 작동유체가 되는 배지의 종류별 함수율, 비중량, 구성 성분 등 물리적인 특성을 구명한다.

둘째, 배지흡입용 송풍기 장치 설계요인 구명 시험을 위해 송풍기 날개 차형상에 따른 성능분석과 회전 차와 보스 간격, 날개 차 회전수에 따른 배지의 흡입과 이송 능력 등을 분석하여 송풍기 장치의 최적설계요인을 구명한다.

셋째, 사이클론, 흡입관 및 배출 장치 설계요인 구명 시험을 위해 흡입관의 형상결정과 사이클론 공기배출장치의 개구비에 따른 성능분석, 사이클론 규격에 따른 영향을 분석하고 최종배출장치인 배출장치의 회전속도, 배출방식에 따른 성능을 평가하여 최적설계요인을 구명한다. 또한, 배출부의 방식을 압송 식으로 할 경우와 배출 컨베이어 식으로 할 경우의 배출 결과를 비교한다.

넷째, 배지재료의 물성, 송풍기, 사이클론, 흡입관 및 배출장치의 설계요인 구명 시험으로 얻은 결과를 바탕으로 하여 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상 장치 시작기를 개발 제작하고 농가 실증 시험을 실시하며 성능분석과 경제성 분석을 통하여 균상재배 형태의 느타리버섯 재배 농가에 대한 모델을 제시한다.

다섯째, 구명된 설계요인과 조사결과를 분석해 시스템 통합으로 최적화 한다.

여섯째, 시작기 성능시험 및 성능보완작업을 한다.

일곱째, 완제품을 제작한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 관련 기술의 현황

1. 국내 현황

버섯재배에 대한 기계화 연구로서는 폐면 침수·세탁기 개발, 배지 제조기 개발 등에 관한 연구가 수행 되었으나 중노동 작업인 배지의 입·폐상 작업의 기계화에 관한 연구는 미비한 실정이다. 뿐만 아니라 버섯재배에 대한 자동화 연구로서 재배환경 자동화에 관한 연구는 수행 되었으나 그 외의 연구는 미비한 실정이다. 즉, 전반적으로 버섯재배에 대한 기계화, 자동화 연구와 수확 후의 저장, 가공, 유통 등에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이라 할 수 있으며 국내 기술 현황을 보면 아래와 같다.

최(2000)등은 균상높이가 3단 2m, 4단 2.6m인 버섯재배사에 입상작업 시 보조 작업대 또는 사다리 등이 필요하며 느타리버섯 재배 시 입상작업은 손으로 운반(51.3%), 던져 올림(33.9%), 사다리 이용(11.4%)로 1톤의 벗짚 운반 시 각각 15.2인, 11.1인, 11.3인이 소요되고 문제점으로는 노력과다(74.4%), 작업불편(10.6%), 인건비과다(9.7%)인 것으로 나타났으며 배지입상 시 소요인력은 60평 버섯 재배사를 기준으로 할 때 남자 8~10명 정도가 되어야 생력화 할 수 있기에 배지입상기 개발이 절실히 요구되고 있다고 밝혔다. 또한, 배지투입구, 스크루, 원동 관, 스크루 축, 기어, 동력전달 축, 점검 창, 가로지지대, 이송대, 제어부, 리미트 스위치로 구성된 배지입상기는 단상220V, 1.5Kw 동력용전동기와 단상220V, 0.75Kw 승강높이조절용전동기에 의해 작동되며 승강높이 3,800mm, 중량 250kg으로 배지 운송성능은 승강속도 0.8m/sec, 운송량은 25.0kg/min 로 관행의 수작업에 비해 2.3배 향상, 컨베이어 사용 시 보다 1.5배의 작업 성능 향상, 작업소요인원은 관행의 여자 9명에 비해 7명이 소요되므로 2명 절감, 작업시간은 균상면적 60평에 대해 여자 7명을 기준으로 수작업에 비해 2.5시간, 컨베이어 작업에 비해 1시간 단축을 가져오며, 65%의 작업효율이 기대되는 배

지입상기 개발을 하였으나 운송능력, 작업소요인원, 작업시간에서 획기적인 변화를 가져오지 못하였고 버섯재배사 균상의 상단인 3, 4단에서는 작업이 용이하나 하단인 1, 2단에서는 수작업에 비해 작업효율이 떨어져 배지투입구 확장과 배지출구에 동력모터를 이용한 강제 배출이 필요하다고 하였다.

박(1999)등은 경운기 동력취출축(PTO)으로 유압펌프를 구동하여 유압동력을 얻는 구조로 버섯배지 퇴적작업 성능이 시간당 3.2톤으로 인력에 비해 9배 능률적이고, 작업비용도 62% 절감되며, 버섯배지 입상작업성능이 시간당 2.4톤인 인력에 비해 6.8배 능률적이고 작업비용도 69% 절감할 수 있는 경운기부착용 버섯배지 퇴적 겸 배지 입상기를 개발하였다.

최(2002)등은 폐면 버섯퇴비 입상작업 생력화를 위한 적정 작업기종이 없어 인력 의존으로 작업노동력이 과중한 실정이고 폐면 버섯퇴비 입상작업은 균상의 수직 작업공간이 좁아 작업이 불편하고 시간이 많이 소요되며 버섯퇴비 입상작업이 종전에는 주로 작목반 공동으로 하였으나 최근에는 가족단위 작업으로 전환되어 부녀자와 어린이의 작업 참여도가 높아지고 있다고 밝혔다. 또한, 폐 방울 슝 배지 입상노력을 200m³ 버섯재배사 1동에 대해 관행의 50시간을 72%절감한 14시간으로 폐 방울 슝 배지 입상비용을 관행의 323천원에서 57% 절감한 137천원으로 줄일 수 있는 반 밀폐 식 느타리버섯 재배 일관작업기계 기술을 개발하였으며 폐면 공급 장치의 공급성능과 기체진동, 폐면 부착량 등의 작업상태를 고려할 때 캠 행정 16mm, 회전수 550rpm 수준이 적당하다고 밝혔다.

그러나 버섯재배에 대한 기계화 연구로서는 폐면 침수·세탁기 개발, 배지 제조기 개발 등에 관한 연구가 수행되었으나 중노동 작업인 배지의 입·폐상작업의 기계화에 관한 연구는 미비한 실정이고 기존의 개발된 기술은 농가에서 실질적으로 작업 성능 면에서 도움을 못 받고 있는 상황이다. 또한, 버섯재배에 대한 자동화 연구로서 재배환경 자동화에 관한 연구는 수행되었으나 그 외의 연구는 미비한 실정이다. 전반적으로 버섯재배에 대한 기계화, 자동화 연구와 수확 후의 저장, 가공, 유통 등에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정

이고 특히, 배지를 입상하는 기계에 관한 핵심연구는 미비한 실정이다.

2. 국외 현황

외국에서도 벼싯재배에 대한 기계화, 자동화에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

제 2 절 연구 전망

벼싯은 우리나라에서 오래전부터 귀한 음식으로 이용되어 왔으며 지방함량과 칼로리가 낮고, 섬유소와 단백질, 미네랄이 풍부하여 몸에 유익한 성분이 많은 기능성 건강식품으로 알려져 있으며 최근에는 식품산업의 발달과 건강한 삶에 대한 관심이 고조되면서 날로 벼싯의 국내소비가 증가되는 추세에 있다. 또한, 경제수준이 높아지고 삶의 질이 향상되면서 먹거리에도 건강과 기능성을 고려하여 선택하는 경향이 높아지고 있어 앞으로도 벼싯의 소비는 꾸준히 증가될 것으로 예상된다. 특히, 국내에서 재배되고 있는 벼싯 중 표고벼싯, 양송이버섯과 함께 3대 벼싯으로 뽑히는 느타리벼싯은 2000년도에 국내에서 생산되는 전체 벼싯 생산량 117,614톤 중 60%인 70,759톤을 차지해 가장 큰 비중을 차지하였으며 2004년에는 총수요량이 86,000톤에 이르렀다. 고소득 작물로 인식되고 있는 느타리벼싯의 재배에 있어서 가장 많은 노동력과 노동 강도를 요구하는 배지의 입상 및 폐상작업이다. 따라서 배지의 입상 작업을 기계화 하고자 하는 연구는 계속 수행되고 선진화 되어 갈 것으로 전망된다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사 및 배지의 물성 시험

1. 서언

우리나라의 느타리버섯 재배 면적은 버섯 총재배면적은 2004년 기준으로 볼 때 1,338ha 중의 45%인 601ha를 차지하고 있으며 생산량도 52,211M/T 으로 전체 버섯생산량 156,599M/T의 33.5%를 차지하고 있어 버섯농가에서 가장 큰 소득원으로 자리매김하고 있다. 느타리버섯 재배기술의 변화를 보면 원목재배 → 벗짚 다발 발효재배 → 폐면 재배 → 환경자동조절재배로 점차 발전해 가고 있으며 현재 느타리버섯의 재배는 폐면을 이용한 균상재배 방법이 널리 이용되고 있다. 느타리버섯 생산을 위한 재배공정을 보면 폐면 준비 → 폐면 수분 조절과 야외 발효 → 입상 → 살균 및 발효 → 종균 접종 및 균사배양 → 버섯발생 및 성장 → 수확 및 포장 → 폐상의 단계로 이루어지며 이러한 작업체계를 1년에 3~4회 실시하게 되며 폐면의 원료는 1평(3.3m²)당 여름에는 55kg, 겨울에는 65kg으로 평균 60kg정도 소요되며 60평 재배사의 경우 3,600kg의 폐면을 필요로 하게 된다. 특히, 입상 전 폐면의 수분 조절과 야외 발효과정에서 물추기기 작업에 의해 수분 65~75%를 함유하게 되어 평균 함수율 70%가 되어 실제 작업에서는 12톤 양의 폐면을 입상작업 하게 되어 생산농가의 어려움이 크며 이 작업단계의 기계화 요구가 절실한 상태이다.

따라서 본 연구의 목적은 현재 부부의 자가 노동력 내지 고용노동력에 의존하고 있는 입상작업의 기계화를 촉진하고자 배지입상기 개발에 관한 기초 연구로서 느타리버섯의 재배양식과 재배사의 형태, 재배 조건 등을 조사하고 배지의 종류별 구성 물질, 형상, 무게, 함수율, 비중량 등의 물리적 특성(이하 물성)

을 측정 분석하여 느타리버섯 배지 입·폐상기 설계 시 고려하여야 할 기초 설계 자료를 도출하고 개발 방향을 제시함에 있다.

2. 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사

가. 조사대상

느타리버섯 재배용 배지 입·폐상기 개발에 관련된 설계요인과 개발 방향 설정에 필요한 객관적인 자료도출을 위하여 경북 칠곡군 동명면과 군위군의 느타리버섯 재배 농가를 직접 방문하여 재배양식, 재배사의 물리적인 환경 등을 조사하였다.

나. 조사방법

문헌 자료 조사를 토대로 현장방문 조사를 통해 느타리버섯의 재배과정에 따른 작업 단계별 소요설비, 소요장비를 디지털카메라로 촬영하고 입상작업과정을 동영상으로 녹화하여 기계화 방안에 관해 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 재배사 형태

버섯은 봄과 가을에만 재배하는 것이 아니고 연중재배 할 수 있어야 하며 배지 제조 작업이나 배지의 입·폐상 작업과 거리를 고려하여 시설하여야 한다. 특히, 재배사는 매일 균상관리를 하여야 하므로 관리가 편리한 장소이어야 하고 버섯의 품질, 발생량, 수확작업의 편리성, 건축비용, 환경관리 및 유지, 경영규모, 병해충의 예방과 방제, 태양열등을 고려하여 결정하게 되는데 우리나라에서 재배되고 있는 버섯재배사의 크기는 재배사 1동당 40~200평으로 생산능가마다 크기가 일정하지 않다. 재배규모를 결정짓는 주요 요인은 노동력 동원과

느타리 수요한계, 용수공급량, 배지재료 구입에 따라서 결정된다.

특히, 느타리버섯 재배에 있어서 인력 투입은 주로 입상까지 일시적으로 집중 투입되고 있는 실정이므로 재배면적 1평당 대개 0.7~0.8인이 소요되므로 재배사의 크기는 1일에 인력동원 능력과 작업량을 고려하여 결정하게 된다.

그림 1은 느타리버섯 재배시설의 대략적인 구조를 평면도로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 약 34평(19.8m×5.6m=110.88m²)의 재배사 전체 대지위에 7.55평(17.8m×1.4m=24.92m²) 정도의 균상을 수평으로 2단, 수직으로 4단을 설치하여 60.4평의 균상 8단을 마련한 것을 알 수 있다. 우리나라에서 느타리버섯 재배는 부업 형이 64.3%이며 전업농가형은 35.7%이기 때문에 경영형태에 따라서 재배사의 크기가 상이하지만 부업 형일 경우에는 1동당 재배사 크기가 균상면적으로 60~64평이 관리하기에 적당한 것으로 나타났다.

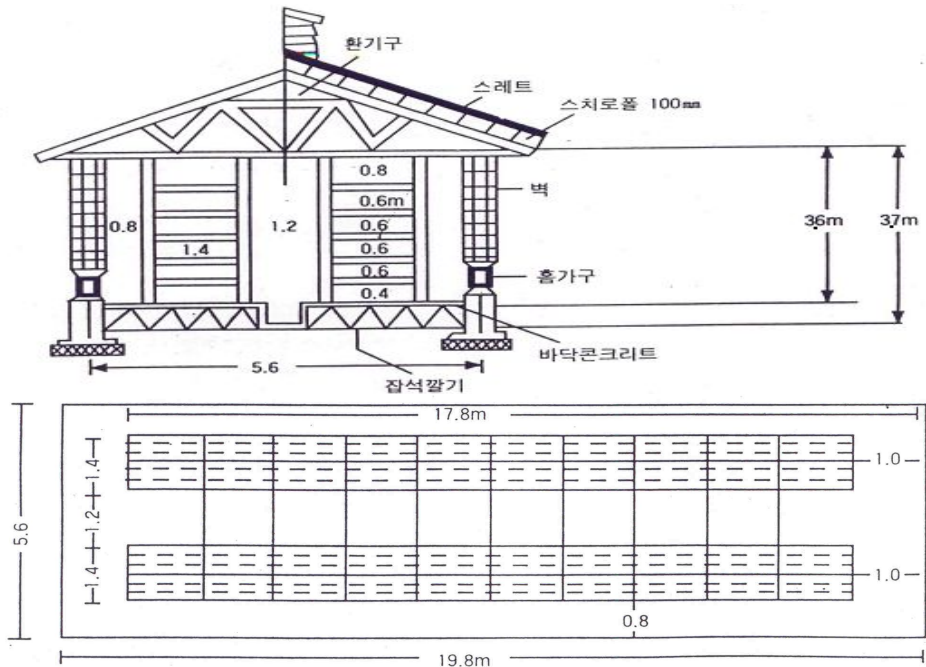


Fig. 1 Schematic structure of facility for Oyster mushroom cultivation

재배사 1동의 크기가 80평 이상 일 때는 인력에 비해 작업량이 많아 작업이 지연되고 따라서 고온 기에는 작업 중 배지가 변질 될 가능성이 높으며 살균 시에는 보일러 용량에 비해 살균 면적이 과다하여 배지의 살균이 불충분하게 되고 배지제조와 살균과정이 잘 이루어 저도 균상 관리 시 적정온도 유지가 곤란하고 환기가 알맞지 않아 재배에 실패 가능성이 높은 것으로 나타났다.

그림 2는 느타리버섯 재배사의 내부모습을 보여주는 것으로 비닐과 부직포로 지어진 간이 재배사는 바닥을 콘크리트로 처리하였고 직경 6cm, 8cm 파이프로 수직, 수평 균상 뼈대를 만들고 노끈과 고강도 비닐을 이용해 균상 판을 제작하였으며 통로의 폭은 1.2m~1.8m 정도였다.



Fig. 2 The inner part of facility for Oyster mushroom cultivation

버섯재배 농가의 순수익은 60평 재배사 5동인 10a 면적을 1회 재배시 2,400~3,300만원으로 나타났으며 2004년 우리나라의 전체 느타리버섯 생산면적(1,821,030평)을 농가호수(7,946호)로 나눈 농가당 느타리버섯 평균 재배규모는 229.2평으로 60평 재배사 3~4동을 평균적으로 재배하는 것으로 나타났다.

2) 작업체계

균상에 입상을 하는 방법과 수확 후 폐상을 하는 방법에는 현장 조사한 농가마다 차이가 있었으며 버섯재배 농가의 생산 환경과 재배사의 형태, 설비의 준비 정도에 따라 작업체계가 달리 이루어지고 있었다. 대표적인 방법으로는 넓은 작업대에 바퀴를 부착한 이동식 작업 사다리와 인력을 이용한 운반법과 트랙터의 전부장치인 로더를 이용해 트럭에 1차적으로 배지를 싣고 재배사로 트랙터를 들여와 인력을 이용한 운반법으로 결국 균상에 배지를 입상하는 것은 인력에 의해 쇼핑바구니로 부리는 방법이었다.

가) 이동식 작업 사다리와 인력 운반

느타리버섯 재배를 위한 작업단계중에 본 연구에서 관심을 가지는 부분은 입상과 폐상 작업 단계의 과정으로 현장 방문하여 조사한 농가의 경우 그림 3에서 보는 바와 같이 쇼핑용 바구니에 배지를 담아 인력으로 입상을 실시하고 있었다.

균상의 2단에서부터는 작업 노동 강도를 줄이기 위해 사다리 형태의 이동식 작업대를 자체 제작하여 4단까지 입상하였는데 60평 재배사 1동을 부부가 인력으로 할 경우 약 48시간으로 작업시간을 1일 8시간 기준으로 볼 때 3~4일이 소요되었으며 1일간 고용노동력을 이용할 경우 1동을 1회 입상 시 마다 외부 인건비로 2004년 12월 현재 1일 농업노동임금 남자 59,015원, 여자 39,265원을

지출하여 재배사 5동 입상 작업 시 약 300,000원에서 400,000원을 사용하고 있었다.



Fig. 3 Loading by manpower with shopping basket and movable ladder

나) 트랙터와 트럭을 이용한 인력 운반

그림 4는 이동식 사다리 대신 트럭을 이용하여 입상하는 모습을 나타낸 것으로 트럭에 쇼핑용 바구니를 나열한 후 전부장치인 로더를 장착한 트랙터로 야외발효가 끝난 배지를 트럭에 부리고 쇼핑용 바구니를 다시 나열하여 배지를 트럭에 부리는 것을 반복하여 2단에서 3단 정도 쌓아 트랙터를 재배사 내로 진입시켜 1차적으로 트럭에 배지를 부리는 것의 역순으로 쇼핑용 바구니를 하나씩 들어내어 균상에 쏟아 붓는 방식이다. 60평 재배사 1동을 부부가 입상 할 경우 약12시간으로 작업시간은 1일이 소요되었으며 고용노동력은 2~3인이 필요한 것으로 나타났다. 이동식 사다리와 인력으로 운반하는 방식에 비해 60%정도 시간절약을 꾀할 수 있었으나 여전히 최종적으로 균상에 배지를 입상하는 것은 인력으로 이루어져 작업자의 노동 강도가 컸으며 로더가 장착된 트랙터, 트럭의 장비마련과 운전능력이 요구되는 단점이 있었다.



Fig. 4 Loading by manpower with truck, loader and shopping basket

그림 5는 느타리버섯 재배사에서 야외수분조절과 슝 털기 및 야외발효 과정을 거친 배지가 입상을 기다리고 있는 모습을 보여주는 것이다.



Fig. 5 Sub-rate materials for loading

그림 6은 재배사내의 균상에 배지가 입상되어진 모습을 나타낸 것으로 배지의 수분은 65~75%정도가 되어야 하고 입상 시 배지의 두께는 봄, 가을 재배 시에는 20~25cm, 여름 재배 시에는 15~20cm정도가 적당하다.



Fig. 6 Loading from 1st rack to 4th rack

그림 7은 버섯의 수확이 끝난 후 재배사의 모습을 보여주는 것으로 3~4개월이 소요되는 1회 재배가 끝나면 배지의 수분이 빠져 시루떡과 같이 딱딱하게 굳게 되어 무게 면에서는 가벼워져 입상 때 소요시간 74.1시간보다는 50%정도 적은 36.8시간으로 작업이 가능하다. 또한, 폐상 된 배지는 버섯의 생육은 불가능하나 각종 영양소와 유익한 균사체가 함유되어 있어 가축의 사료나 농업용 비료로 활용이 가능하다.



Fig. 7 Sub-rate material finished harvest ready for unloading

3. 배지의 물성 시험

가. 공시재료

본 연구에서 사용된 배지의 종류는 파키스탄에서 수입해서 사용하는 방울 솜으로 폐 솜의 일종이나 깎지 솜, 백삼과는 약간 차이가 있다. 폐 솜은 원래 원면을 가공할 때 부산물로 나와서 폐기되는 솜의 일종이다. 그러므로 이를 구분하는데 명확한 정의가 없다. 그러나 대개의 경우 폐 솜에 함유된 솜털의 양에 따라서 구분하기도 하고 그 속에 포함되어 나오는 목화씨의 형태와 함유량에 따라서 구별하는 경우가 많이 있다.

또한, 실용적으로는 국내산 폐 솜과 수입 폐 솜으로 나눌 수 있으며 외국에서는 솜 공장에서 솜의 원단을 절단할 때 생기는 것으로 단섬유가 많은 단섬유와 솜의 일정크기와 두께로 가공할 때 떨어지는 낙면 상태의 장섬유로 구분하기도 한다.

농가에서는 실용적인 면에서 깎지 솜, 방울 솜(스카치), 백삼으로 구분하여 사용하고 있으며 이중 방울 솜의 사용 비중이 가장 큰데 그 이유는 중국으로부터 수입되는 깎지 솜에는 씨껍질이 80%이상 함유되어 있어 각종 양분, 지방질이 부족하여 배지영양원으로는 적당하지 못한 단점이 있는 반면 방울 솜에는 깎지 솜 보다는 함유된 솜의 양이 많아 탄소와 질소의 함량비가 높고 그 외 다량의 섬유소가 함유되어 있어 버섯 재배 시에는 솜 송이의 크기가 중간정도인 방울 솜을 사용하며 물리성, 작업성이 우수한 장점이 있다.

나. 시험 방법

방울 솜의 비중량 측정을 위하여 규격상자와 정밀저울을 사용하였고, 함수율 측정을 위하여 적외선수분측정기(FD-240, USA)를 이용하였다.

다. 결과 및 고찰

1) 배지의 종류별 입도 및 함유율

우리나라 느타리머섯 재배농가에서 사용하는 배지의 종류에는 방울 솜 배지, 벗짚배지, 면실박배지를 이용한 균상재배법이 사용되고 있다. 이용률을 보면 폐 면이라고 불리는 방울 솜 사용률이 약 60~70%, 벗짚 사용률이 약 30~40%정도 이용되고 있는 실정으로 대부분 방울 솜을 농가에서 사용 중이라고 봐야 할 것이다. 이러한 이유는 벗짚을 비롯한 타 배지보다 방울 솜 배지가 결속작업 및 침수, 입상, 중간 접종 작업 등에 노동력이 비교적 적게 투입되므로 재배농가에서 선호하고 있다. 그러나 파키스탄 등지로부터 거의 100% 수입에 의존하고 있는 방울 솜은 IMF이후 가격인상이라는 단점을 가지고 있다.

또한, 방울 솜 배지에는 지닝 방울 솜과 스피닝 방울 솜이 있다. 지닝 방울 솜은 목화밭에서 목화를 수확하고 난후 원면을 가공하는 과정에서 생기는 부산물을 말하는 것이고, 스피닝 방울 솜은 스피닝 공장에서 원면을 이용하여 원사를 뽑는 과정에서 생성되는 부산물을 뜻한다.

본 연구에서는 방울 솜 배지만을 다루기로 하며 주로 이용되는 방울 솜은 파키스탄에서 수입되는 것으로 방울 솜 대 깎지의 비가 70:30(솜 : 깎지 비)인 지닝 방울 솜을 주로 사용하고 있었으며 수입되는 당해 제품의 품질에 따라 10% 정도의 오차를 가지고 있었다.

그림 8에서 그림 10은 시중에서 유통되는 수입 방울 솜으로서 깎지 함유비가 클수록 조직이 거칠고 색상이 짙어짐을 알 수 있다.



Fig. 8 Cotton waste I (cotton : skin = 80 : 20)



Fig. 9 Cotton waste II (cotton : skin = 70 : 30)



Fig. 10 Cotton waste III (cotton : skin = 60 : 40)

그림 11은 배지의 함수율 측정을 위하여 적외선수분측정기(FD-240, USA)를 이용하여 샘플을 채취한 후 측정하는 모습을 나타내는 것으로 같은 공시재료에 대하여 5회의 시험을 통한 값의 평균값을 취하였으며 그림 12는 사용된 공시재료의 형상을 보여주는 것이다.



Fig. 11 Analyzing of moisture content by infrared light equipment



Fig. 12 Wetted sub-rate materials (cotton : skin = 70 : 30)

그림 13은 각각 적외선 수분 측정기를 이용하여 습량기준함수율(Wet Base Moisture Contents) 측정법으로 시료50g씩을 채취하여 실험을 하는 모습을 나타낸 것으로 a는 측정 전 공시재료를 보여주는 것이고, b는 적외선을 쬐어 공시재료의 수분을 증발시키는 모습이며, c는 수분증발이 완전히 이루어진 후의 상태로 전후 무게비로 수분함량을 구하였다.

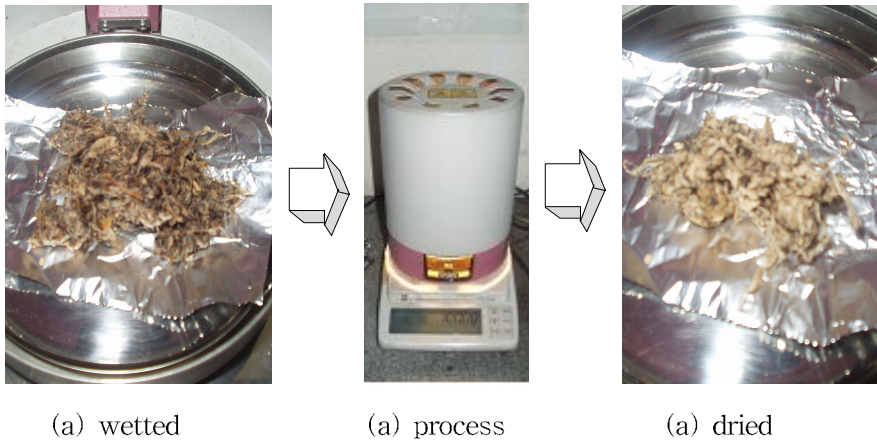


Fig. 13 Test procedure of moisture content for wetted sub-rate materials

표 3은 측정과정을 통해 얻어진 배지재료의 물리적 특성을 나타낸 것으로 표 1에서와 같이 배지로 사용되는 방울 솜은 약 일주간의 물 추가기, 뒤집기 과정을 거쳐서 재배사에 입상될 때 69~71%정도의 수분을 함유하게 되었다.

Table 3 Comparison chart of moisture content for sub-rate materials

sub-rate materials	moisture content (w.b %, RH)
cotton : skin = 80 : 20	71
cotton : skin = 70 : 30	70
cotton : skin = 60 : 40	69

2) 배지종류에 따른 비중량 시험

표 4는 배지종류에 따른 비중량 시험을 한 결과를 나타낸 것으로 방울 슴의 비중량 측정에서는 가로×세로×높이가 10×14×4.5(cm³)인 규격 상자 안에 공시 재료를 채워서 단위 체적 당 무게를 10회 정도 측정해 본 결과의 평균값으로 약 25.92~26.35kg/m³으로 나타났으며 송풍기 날개 차 설계에서 26kg/m³의 값을 사용하였다.

Table 4 Comparison chart of density for sub-rate materials

sub-rate materials	density (kg/m ³)
cotton : skin = 80 : 20	25.92
cotton : skin = 70 : 30	26.14
cotton : skin = 60 : 40	26.35

4. 결론

느타리버섯 배지 입상 및 폐상장치 개발을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사와 배지의 물리적인 특성을 시험한 결과는 아래와 같았다.

1. 전체 버섯재배농가의 60.4%를 차지하는 부업 형 농가에서는 버섯 재배사의 형태가 7.55평(17.8m×1.4m) 정도의 균상을 수평으로 2단, 수직으로 4단으로 설치하여 60.4평의 균상을 마련하였다.
2. 재배사의 바닥은 콘크리트로 처리하였고 직경6cm, 8cm 파이프를 수직, 수평 균상 뼈대를 만들고 노끈과 고강도 비닐을 이용해 균상판을 제작하였으며 통로의 폭은 1.2~1.8m로 나타났다.
3. 버섯재배 농가의 순수익은 60평 재배사 5동인 10a 면적을 1회 재배 시 2,400~3,300만원으로 나타났으며 2004년 우리나라의 전체 느타리버섯 생산면적(1,821,030평)을 농가호수(7,946호)로 나눈 농가당 느타리버섯 평균 재배규모는 229.2평으로 60평 재배사 3~4동을 평균적으로 재배하는 것으로 나타났다.
4. 60평 재배사 1동을 부부 2인이 입상하는데 소요되는 시간은 이동식 작업 사다리와 쇼핑용 바구니를 이용하는 작업체계의 경우에는 약48시간이 소요되었고 트랙터와 트럭을 이용하는 작업체계의 경우 약12시간이 소요되었으나 여전히 최종 입상은 인력으로 이루어지고 있었다.
5. 수입되는 방울 숲의 습 대 각지 비는 60:40, 70:30, 80:20으로 버섯재배용으로는 70:30인 지닝 방울 숲을 주로 사용하는 것으로 나타났고, 함수율은 각각 69%, 70%, 71%(RH)로 나타났으며 비중량은 각각 26.35kg/m³, 26.14kg/m³, 25.92kg/m³를 나타내어 송풍기 회전 차 설계에서 26kg/m³의 값을 사용하였다.

제 2 절 송풍기, 사이클론, 흡입관 및 배출장치 설계요인 구명 시험

1. 서언

느타리버섯을 재배하는 농가에서는 배지를 야외에 쌓아두고 발효 후 재배사로 들이게 되는데 관행의 작업으로는 인력, 로더 부착 형 트랙터, 1톤 트럭 등을 이용해 실시해 오고 있다. 이러한 작업체계는 반복적으로 이루어져 작업자의 피로를 누적하고 노동생산성을 떨어뜨리는 경향이 있으므로 본 연구에서 개발하고자 하는 버섯배지 입·폐상기의 흡입관은 진공청소기와 같이 배지를 빨아들여 재료를 운반하므로 많은 인력이 감소되고 작업체계도 간소화된다.

또한, 흡입된 배지는 송풍기의 날개 차에 의해 1차적으로 세절·연화되고 강관을 따라 사이클론으로 들어온 배지는 한 번 더 2차 세절·연화 과정을 거치게 되고 공기배출장치로는 공기가 빠져나가게 되어 배지만 사이클론의 토출부로 회전·자연낙화하게 된다. 사이클론의 규격은 2가지 형태로 시작기가 제작되었다. 뿐만 아니라, 사이클론을 통해 배출된 배지는 최종적으로 재배사의 균상에 배지의 날림 현상 없이 입상을 하는 것이 중요한데 굴절성이 좋은 주름형 고무관을 이용한 압송식 방법과 사이클론의 최종배출장치를 통해 낙하된 배지를 컨베이어를 이용해 균상에 운반해주는 배출 컨베이어방식으로 2가지 형태로 시작기가 제작되었다.

따라서 본 세부 연구는 버섯배지 입·폐상기의 송풍기, 사이클론, 흡입관 및 배출장치를 설계하는데 중요한 인자인 흡입관, 연결과, 배출장치의 재질, 직경 길이와 구경에 관해 해석하고, 사이클론의 직경규격과 공기배출장치의 개·폐량에 따른 흡입성능을 분석하여 최종적으로는 본 연구의 목표인 배지 입·폐상기를 제작하는데 주요한 설계요인 및 최적조건을 구명함에 있다.

2. 이론적 고찰

가. 송풍기

건조 상태의 배지의 경우 시간당 900kg, 함수율 70%(wb)로 물먹이기 작업을 거친 배지의 경우 3,000kg의 흡입량과 송출량을 얻기 위해서는 강력한 송풍팬을 필요로 하는데 이러한 송풍팬의 성능을 결정하는 인자에는 무게, 크기, 날개의 모양, 날개의 개수, 날개 끝이 팬 중심축과 이루는 각도, 송풍팬 내에서 날개판과의 거리등이 큰 변수로 작용하게 되며 흡입량과 송출량을 결정짓는데 매우 중요한 요소이다.

송풍기 회전차의 설계에서 레이디얼 팬의 회전수가 3500rpm, 송풍기 전압을 900mmAq, 흡입 및 송출량을 1.9m³/min을 내는 레이디얼 팬을 설계하여보면,

$$(1) \text{ 비속도 } n_s = N \frac{Q^{1/2}}{(p_t/r)^{3/4}} = 3500 \times \frac{1.9^{1/2}}{(900/26)^{3/4}} = 338$$

(2) 송풍기의 종류, 전압효율을 고려하여 비속도 $n_s=338$ 에 대한 것으로 전압효율 $n_t=65\%$ 인 레이디얼 팬을 선정한다.

(3) 회전차의 바깥지름

$$D_2 = \frac{60K_u \sqrt{2gp_t/\gamma}}{\pi N} = \frac{60 \times 4 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 900/26}}{\pi \times 3500} = 0.569[m] = 56.9[cm]$$

입상기의 공시재료의 유체성질은 기체와 액체와 다른 고체성분에 가까운 것으로서 비속도 $n_s=338$ 에 대한 $K_u=4.0$ 값을 대입하면 회전차의 바깥지름은 56.9cm로 약 57cm가 되고 시작기 제작 시 적용 값은 60cm로 한다.

(4) 회전차의 안지름

또한, 회전차의 안지름은 24cm로 계산되어 제작 시 23cm로 하였다.

D_1 : 비속도 $n_s=338$ 에 대하여 $D_1/D_2=0.89$ 에서

$$D_1 = 0.40 \times 0.60 = 0.24[m] = 24[cm]$$

(5) 회전차의 출구폭 b_2 와 입구폭 b_1

비속도 $n_s = 338$ 에 대하여 계산식에 대입하여 보면

$$\frac{b_2}{D_2} = 0.01 : b_2 = 0.01D_2 = 0.01 \times 0.6 = 0.006[m] = 60[mm]$$

$$\frac{b_1}{D_2} = 0.009 : b_2 = 0.009D_2 = 0.009 \times 0.6 = 0.0054[m] = 54[mm]$$

(6) 갯수

$$z = 2.35 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} = 2.35 \frac{600 + 230}{600 - 230} = 5.3[\text{개}]$$

그림 14는 이론적인 고찰을 통해서 얻어진 인자를 바탕으로 설계되어진 송풍기 날개 차의 형상을 나타낸 것으로 60° 간격으로 6개의 날개를 배열하였고 날개의 고정은 볼트를 이용하여 뒷면에서 체결하였다.

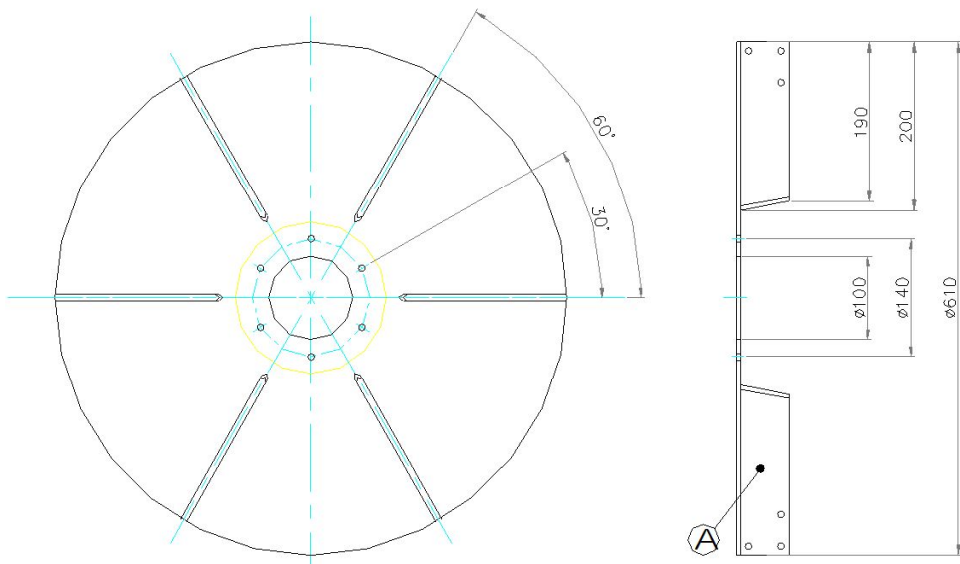


Fig. 14 Schematic diagram of designed radial fan

나. 사이클론

원심력을 이용한 집진기 또는 사이클론 집진기들은 공기나 배출가스로부터 분진을 회수 및 분리하는데 폭넓게 사용된다. 사이클론의 일반적 구조는 매우 간단하며, 다른 집진기에 비해 비용이 적게 든다. 사이클론이 광범위하게 사용되는 주된 이유는 가격 면에서 경제적이고, 구조가 간단하며, 운전조건이 나쁘더라도 구조적으로 튼튼하기 때문이다.

그림 15는 전형적 사이클론의 모형을 나타내는 것으로, 분진을 함유한 가스는 사이클론의 상단부에서 접선으로 유입된다. 단지 가스의 접선유입 형태와 사이클론의 구조자체 때문에 가스는 아래쪽으로 나선형의 힘을 받는다. 반면, 축상유입식과 같은 사이클론은 나선형 흐름을 인위적으로 만들어 위해 날개가 설치되고 축상으로 유입된다. 분진은 원심력과 관성력에 의해 아래로 이동되고, 사이클론 내벽에 충돌하여 하단의 분진 퇴적함으로 미끄러져 떨어진다.

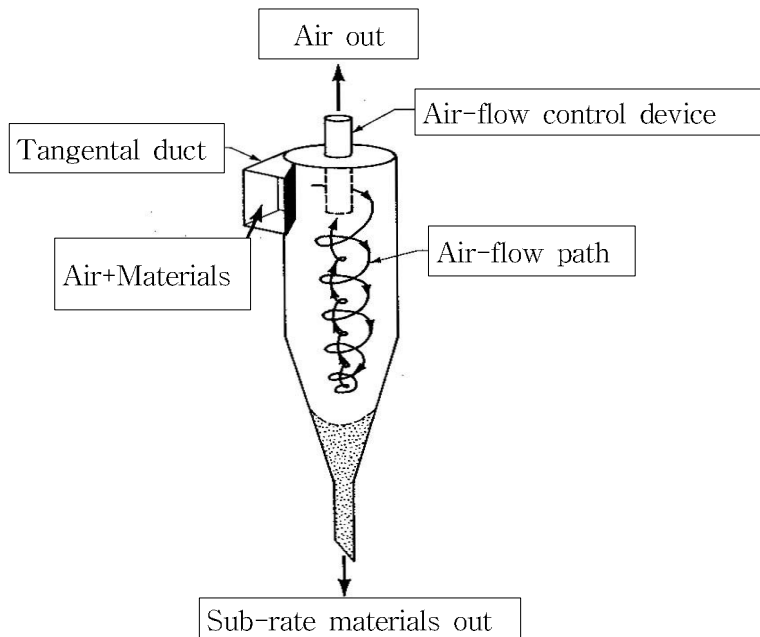


Fig. 15 Schematic diagram and work process of cyclone

사이클론 하단부에서는 하향하던 가스의 나선형 흐름의 방향이 바뀌어 안쪽에 역류로 상승하는 나선흐름을 만든다. 흡입관에 함께 들어온 공기는 “성회류 출구”를 통해 위로 배출되고, 배지는 사이클론의 밑쪽으로 빠져나온다. 소각로나 대형 건설현장에 집진 및 2가지 이상 유체를 분리하는데 사용되는 서징탱크를 이용하면 관로내의 압력을 조절해 주므로 배지 방출량을 일정하게 유지할 수 있다.

표 5는 사이클론 설계를 위해 필요한 설계치수비를 보여주는 것으로 본 연구에서 개발하고자하는 배지 입·폐상기는 송풍기에서 보내진 배지를 자연 낙하시켜 주면 되는 것으로 중간 정도 효율을 요하는 사이클론 설계에 기초를 하였다.

Table 5 Dimension rate chart of cyclone design for each part

Symbol	Meaning	High efficiency cyclone	Middle efficiency cyclone	factory use
Do	body scale	1.0	1.0	1.0
H	inlet height	0.5	0.75	0.5 (Do/4)
W	inlet width	0.2	0.875	0.25 (Do/4)
S	outlet length	0.5	0.875	0.625
De	diameter of outlet	0.5	0.75	0.5 (Do/2)
L1	body length	1.5	1.5	2.0 (2Do)
L2	radian length	2.5	2.5	2.0 (2Do)

사이클론의 외형설계는 직경 800mm 원기둥 형태를 이루며 상단에는 베벨기어의 조합으로 이루어진 직경 250mm인 원판형태의 공기 배출구가 있어 0°에서 90°까지 회전하면서 서징탱크내의 부하 압력을 조절하므로 흡입압력과 송출압력을 자연스럽게 조절해주는 역할을 하게 된다.

또한, 사이클론의 입구(Inlet)는 선회류 형성에 중요한 역할을 하고 난류형성을 방지하기 위하여 접선유입구, 반사깃(deflection vane), 나선형 유입구(Helical entry), 돌출형 유입구등 여러 가지 형태가 사용되는데 본 배지 입·폐상기에는 돌출형 유입구와 접선유입구를 접목하여 적용하여 난류형성으로 인한

배지날림을 최소화 하였다. 뿐만 아니라 몸체와 원추부(Body and Cone)의 길이가 길어지면 선회류 수가 증가하여 효율이 증가하나 버섯 배지 재배사의 입구높이를 고려하여 2m이하로 설계하였고 출구(Outlet)는 공기의 난류현상에 깊은 관계가 있는데 직류낙하장치 형태를 사용하였다.

다. 흡입관 및 배출장치

배지 입·폐상 작업은 버섯재배사의 입구에 배지를 쌓아두고 입상기는 재배사 작업 통로 내를 이동시키면서 작업하는 방식을 선택하여 입·폐상을 위한 흡입관, 연결관, 송출관의 적정 직경계산을 위해 유량계수 Φ 는 0.7로 하였고, 유속 $v=3[m/sec]=180[m/min]$ 로 하였으며, 유량 $Q=1.9m^3/min$ 의 값을 사용할 때 관 직경은 아래 식과 같이 계산 할 수 있었다.

$Q=\Phi Av [m^3/min]$ 에서

$$D=\sqrt{\frac{4Q}{\pi v\Phi}}=\sqrt{\frac{4\times 1.9}{\pi\times 180\times 0.7}}=0.139 [m]=13.9 [cm]$$

따라서, 관 직경이 13.9cm로 계산되어 제작 시에는 배지흐름의 안전율을 고려하여 150mm를 적용하였다.

흡입관의 길이는 버섯재배사의 입구에 배지를 쌓아두고 입상기는 재배사 작업 통로 내를 이동시키면서 작업할 경우 균상길이가 17.8m인 재배사의 구조에 의하면 15m가 필요하다. 이 때 관의 마찰손실은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

흡입관의 마찰저항

$$h_L=f\frac{L}{d}\frac{vV^2}{2G}=0.109\frac{15}{0.15}\frac{26}{2\times 9.8}=130 [mmAq]$$

토출관의 마찰저항

$$h_L = f \frac{L}{d} \frac{\gamma V^2}{2G} = 0.109 \frac{5}{0.15} \frac{263^2}{2 \times 9.8} = 43.42 [mmAq]$$

레이놀드수는 다음 식에 의해 계산한 결과 587로 나타났다.

$$R_e = \frac{Vd}{\nu} = \frac{1.79 \times 0.15}{4.57 \times 10^{-4}} = 587$$

따라서 레이놀드수가 2100보다 적은 값을 가지므로 층류구역으로 분류된다. 또한 관 마찰계수는 다음 식에 의해 계산한 결과 0.109로 나타났다.

$$f = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{587} = 0.109$$

이상의 결과에 의하면 관내에 배지를 유동시키는 따른 관 마찰저항이 대단히 크게 나타나 관경계산에서 유량계수를 0.7로 설정하였으며 송풍기 회전차 설계 시 이를 고려하여야 할 것으로 판단되며 이상의 계산에 의해 배지 흡입·토출관의 제원을 결정할 수 있었다.

3. 실험 장치 및 방법

가. 송풍기

송풍기의 설계요인 구명시험을 위해서 시작기에서는 전동기 축과 송풍기 축 간 회전 비를 1:2로 하여 최대 속도 3,712rpm에서 약 10분간 구동하여 배지의 흡입 및 송출성능을 시험하였다. 또한, 개선 시작기에서는 송풍기 회전 시 발생하는 풍압측정을 위하여 3,712rpm, 3,200rpm, 2,880rpm로 회전수를 변화시키고 이때 발생하는 풍압을 스트레인앰프(KYOWA YB-503A, Japan)를 이용하여 측정하였다. 압력계는 그림에서와 같이 송풍기 케이스의 토출구에 장착하였다. 표 6은 사용된 압력게이지(PHB-A-1MP, Japan)의 교정 값을 나타내며 그림 16은 송풍기내 풍압측정을 위한 시험 장치를 보여주는 것이다.

Table 6 Calibration data of pressure gauge

<CALIBRATION DATA>			
Model	PHB-A-1MP	Serial No	EW74700001(KYOWA)
Rated Capacity	1MPa(10.20kgf/cm ²)	Temp	23℃
		Humidity	50%RH
Rated output	2047 μ V/V		
	4093×10 ⁻⁶ Strain		
Nonlinearity	0.13%RO		
Hysteresis	0.05%RO		
Calibration constant	0.0004886MPa(0.004984kgf/cm ²) / 1 μ V/V		
	0.0002443MPa(0.002492 Strain) / 1.0×10 ⁻⁶ Strain		
Input & Output Resistance	Input	346.4 Ω	
	Output	349.5 Ω	



Fig. 16 Measuring of pressure in the fan as change rpm of shaft

또한, 그림 17은 인버터로 제어되는 팬의 회전수 변화에 따라 압력측정기로부터 증폭기, 컴퓨터를 통해 자료가 저장되어지는 모습을 나타낸 것으로 그림에서 보는바와 같이 3상 동력을 사용하는 전동기의 안전한 작동을 위해 마그네틱스위치로 ON/OFF작동을 하며 송풍기의 팬은 인버터(HYUNDAI VH-16LF, Korea)를 이용해 3단계로 회전수를 조정하고 설정 회전수가 되었을 때 압력측정기에서 풍압이 체크되고 이는 스트레인 증폭기(Strain Amplifier)를 거쳐 PC로 자료가 저장되게 된다.



Magnetic switch → Inverter → pressure gauge → Strain Amplifier → PC

Fig. 17 Schematic diagram of pressure measuring process for the fan

나. 사이클론

그림 18은 사이클론 장치 중 공기배출조절 장치를 나타낸 것으로 베벨기어를 이용해 완전히 열림(Full open), 완전히 닫힘(Closed), 1/2 열림(1/2 Open)으로 3단계 구분하였고 이에 따른 사이클론의 풍압 등의 성능을 시험하였다.



(A) Full open

(B) Closed

(C) 1/2 Open

Fig. 18 Schematic Figure of an air-flow control disk

또한, 사이클론의 규격을 2가지 형태로 제작하여 시작기에 관한 배지의 이송 상태와 성능을 비교 시험 하였다.

다. 흡입관

흡입관은 합석으로 제작되어진 직경 150mm의 원형 관을 1m 규격으로 제작하여 이동성과 작업성이 용이하도록 손잡이를 부착하였다. 송풍기 축의 회전수가 2,880rpm에서 3,712rpm으로 변화할 때 흡입정도와 배지투입량에 따른 흡입정도를 시험하였다.

라. 배출장치

배지 입·폐상기에서 흡입관에서 송풍기의 흡입력으로 빨려 들어온 배지는 송풍기를 통해 사이클론으로 보내어지게 되는데 이러한 과정을 통해 배지는 연

화·세절 되게 된다. 또한, 최종적으로는 균상에 살포되게 되는데 사이클론 이후의 작업체계는 송출관을 통해 이루어지게 되므로 매우 중요한 부분이다.

시작기에 적용된 송출관의 형태는 자유자재로 움직임이 가능한 5m의 주름관식 연결관과 0.5m의 방출관을 혼합하여 송풍기 축의 회전으로 발생하는 압력을 이용한 압송식 형태를 사용하였는데 2,880rpm에서 3,712rpm으로 변화할 때 송출정도와 배지투입량에 따른 송출정도를 육안으로 검사하였다.

개선 시작기에 적용한 배지 이송장치는 그림 19와 같이 벨트 컨베이어 식으로 배지가 이송 중 미끄러지지 않도록 핀을 장착한 벨트컨베이어를 이송부로 하고 최종적으로 균상에 입상시키기 위한 최종배출장치부로 이루어졌다. 또한, 최종배출 장치부는 주름관 형태와 스키더형태 두 가지에 관해 회전수변화와 배지투입량 변화에 따른 송출정도를 육안으로 검사하였다.

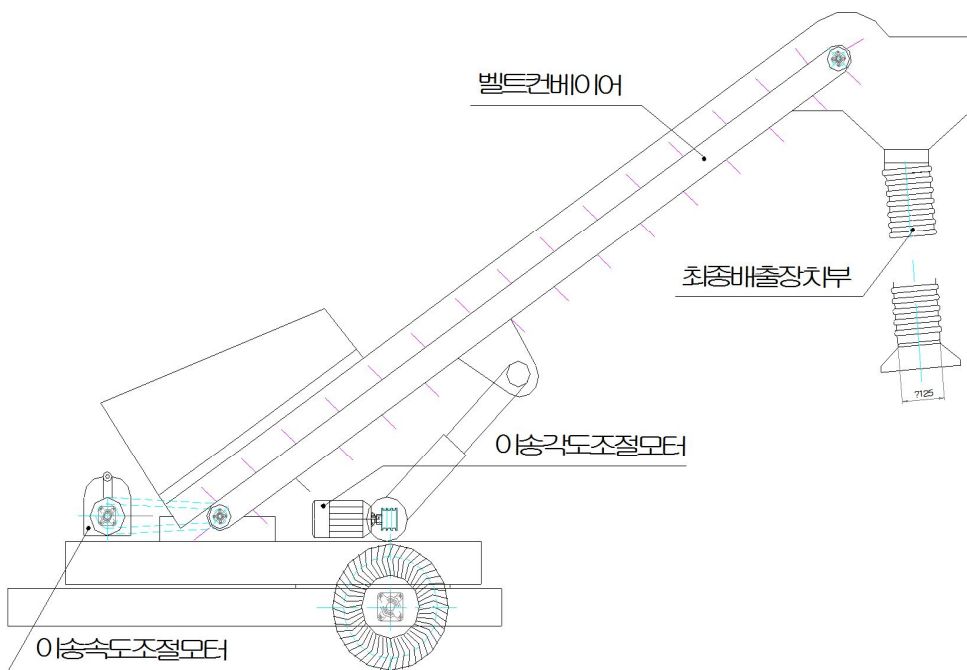


Fig. 19 Schematic diagram of designed loading system

또한 기어내장형 전동기를 구동하여 벨트컨베이어의 이송각도를 6수준(10°, 15°, 22°, 28°, 35°, 40°)으로 조절할 수 있게 제작하였다. 이러한 이송각도는 버섯 채배사에서 배지를 입상할 때 입상높이와 관련된 것으로 1단계인 15°에서는 지면으로부터 입상높이는 1.5m로 균상 2단에 입상하는 높이가 된다.

표 7은 벨트컨베이어의 이송각도에 따른 배지 이송 높이를 나타낸 것으로 최고 3.5m는 균상 4단위에 배지를 투하 할 수 있는 각도이다.

Table 7 The angle step data of Belt conveyor Transporting

Belt conveyor	Transporting angle	Step	Drop angle	Drop height(m)
		Max.	40°	3.5
S 4	35°	3		
S 3	28°	2.5		
S 2	22°	2		
S 1	15°	1.5		
Min.	10°	1		

4. 결과 및 고찰

가. 송풍기

1) 소요 배지 흡입량 및 송출량 계산

버섯농가의 균상 판은 폭1.5m 기준으로 하여 길이방향으로 20m내외로 4단 2열로 하우스재배가 이루어지고 있다. 균상 판에서 소출이 일어나지 않는 가장자리부분을 제외하면 버섯 재배사 1동의 경우 약 60평을 기준으로 하고 입상작업을 위해 물 추기기 전 상태의 방울 슴을 약 3톤에서 4톤을 사용한다.

그림 20은 기존의 느타리 버섯재배 농가에서 입상작업을 위해서 작업을 하는 모습으로 기계를 사용하지 않고 인력으로 배지 입상을 하는 농가의 경우 부부 2인이 한조가 되어 물 추기기, 소독작업을 제외하고 배지를 입상하는 당일 트랙터의 로터리 후부장치를 이용해 뒤집기, 로더 전부장치를 이용한 상차 및 1톤 트럭을 이용한 입상작업을 통해 60평 버섯 재배사 한 동을 입상 완료하는데 약 10~12시간 정도의 노동시간을 필요로 하였다.



Fig.. 20 Schematic diagram of loader attached tractor and 1 ton truck working in the mushroom cultivating farmhouse

이러한 작업 순서를 고려해 흡입 및 배출용 송풍기 개발을 위한 배지의 흡입량과 송출량을 계산해 보면 아래의 표 8과 같이 버섯 재배사 입상 시 70% 함유율을 가지는 배지의 소요량은 재배사 규모 60평에 총 소요 배지소요량이 12,000kg으로 입상에 소요되는 시간을 4시간으로 볼 때 흡입·송출량은 3,000kg/h의 결과를 얻을 수 있다. 또한, 입상 시 배지 투입량(Q)을 체적으로 보면, 시간당 115.4m³으로 분당 1.9m³의 배지가 투입되고 배출되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 배지 입·폐상 장치는 적어도 시간당 3,000kg 이상을 흡입할 수 있어야 할 것이다.

Table 8. Calculated data for the loading time and quantity when by man-labor and by developed device with wetted materials

	House size	Required materials	Required time(hour)	Quantity of intake	Quantity of discharge
man-labor	200m ²	12,000kg	10~12	.	.
developed device	200m ²	12,000kg	4	3,000kg/h	

2) 송풍기 토출부 압력

그림 21은 송풍기의 회전수가 증감함에 따른 송풍기내 압력의 변화를 나타내는 그래프를 보여주는 것이다. 표에서 보는바와 같이 송풍기 회전수가 증가할수록 압력 값도 증가하는 하지만 회전수의 변화에 따른 큰 압력 변화는 보이지 않았다. 예를 들면, 사이클론의 공기량조절장치를 완전히 열었을 때와 1/2 열었을 때를 비교해보면 2,880rpm과 3,200rpm에서 차이가 없이 -0.0004309MPa, -0.0004314MPa

값을 나타내었다. 또한, 사이클론의 공기량조절장치를 닫아 빠져나가는 공기량을 줄일수록 송풍기내에서 발생하는 풍압이 2,880rpm에서 3,712rpm으로 갈수록 -0.0004309MPa에서 -0.000429MPa로 더 커짐을 알 수 있다.

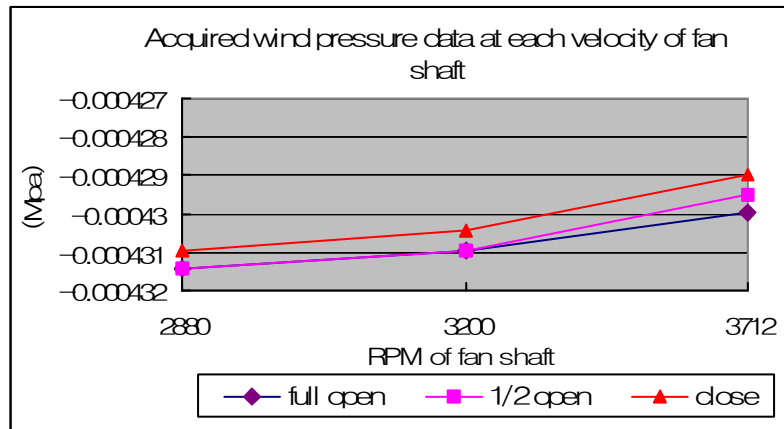


Fig. 21 Comparison of acquired wind pressuredata at each velocity of fan shaft

표 9에서 표 11까지는 송풍기의 회전수에 따른 송풍기내의 풍압을 나타낸 것으로 공기량배출조절장치는 완전 열림, 1/2열림, 완전히 닫힘 3단계로 구분 되었고, 회전수도 2,880rpm, 3,200rpm, 3,712rpm으로 3단계로 분류하여 시험하였으며 전동기를 가동하지 않고 스트레인앰프를 압력측정기에 연결하지 않았을 때는 전압 값이 0.070V값으로 모두 일정하게 나타났으나 연결하였을 때는 -0.885V에서 -0.888V로 약간의 전압 값 변화를 보였는데 이는 결선에 따른 노이즈(Noise)현상으로 오차 값 이내에 포함되어 무시하였다.

Table 9 Acquired wind pressure data at 3,712rpm of fan shaft

(Unit: MPa)




Shaft rpm	0	AMPLIFIER		Shaft rpm	3,712	Airflow control disk		
						full open	1/2 open	closed
Condition		Unlink	Link	Intake pipe				
						90°	45°	0°
Meter Mode	DC	3.4×10^{-5}	0.0004324	Connected		-0.0004300	-0.0004295	-0.0004290
Range	1K			Unconnected				
L.P.F(Hz)	1K							

Table 10 Acquired wind pressure data at 3,200rpm of fan shaft

(Unit: MPa)







Shaft rpm	0	AMPLIFIER		Shaft rpm	3,200	Airflow control disk		
						full open	1/2 open	closed
Condition		Unlink	Link	Intake pipe				
						90°	45°	0°
Meter Mode	DC	3.4×10^{-5}	-0.0004334	Connected		-0.0004309	-0.0004309	-0.0004305
Range	1K			Unconnected				
L.P.F(Hz)	1K							

Table 11 Acquired wind pressure data at 2,880rpm of fan shaft

(Unit: MPa)

Shaft rpm	0	AMPLIFIER		Shaft rpm	2,880	Airflow control disk		
						full open	1/2 open	closed
Condition		Unlink	Link	Intake pipe				
						90°	45°	0°
Meter Mode	DC	3.4×10^{-5}	-0.0004338	Connected		-0.0004314	-0.0004314	-0.0004309
Range	1K			Unconnected				
L.P.F(Hz)	1K							

3) 회전차와 보스부 간격에 따른 성능 분석

그림 22는 팬의 축연결 보강부인 보스 취부면과 송풍기 케이스내면과의 간격에 따른 성능 분석결과를 도표로 나타낸 것으로 간격 δ 값을 10, 15, 20, 25, 30mm 5단계로 변화시키면서 배지 20kg을 모두 흡입하는데 걸리는 소요시간과 배출 하는데 걸리는 소요시간을 측정하였다. 그리고 본 성능분석에서는 송풍기 축의 회전수는 3,712rpm으로 하였고, 사이클론의 공기배출조절장치는 1/2열린 상태에서 실시하였으며 벨트컨베이어 이송속도는 0.61m/s, 이송각도는 단계1인 15°로 지면으로부터 배지 낙하높이를 1.5m로 하였다.

그림에서 보는 바와 같이 흡입 시 보스부 간격이 10mm일 때 흡입시간은 40초로 가장 느리게 나타났고, 입상시간은 58초로 나타났다. 또한, 보스부 간격이 25mm일 때는 흡입시간 20초, 입상시간 36초로 가장 우수함을 보였으며 20mm일 때도 흡입시간 21초, 입상시간 37초로 비슷한 성능을 보였다.

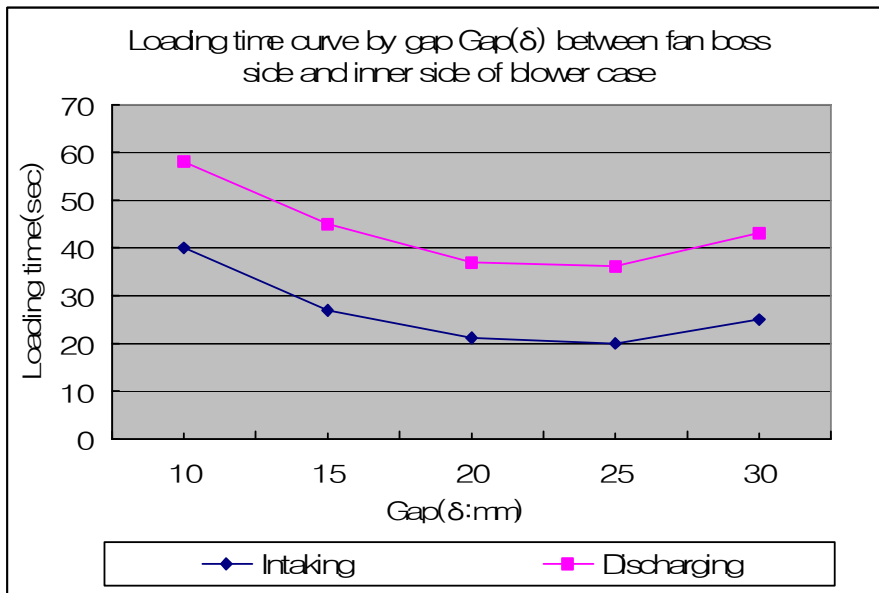


Fig. 22 Loading time curve by Gap(δ) between fan boss side and inner side of blowercase

그림 23은 팬의 축연결 보장부인 보스 취부면과 송풍기 케이스내면과의 간격을 나타낸 것이다.

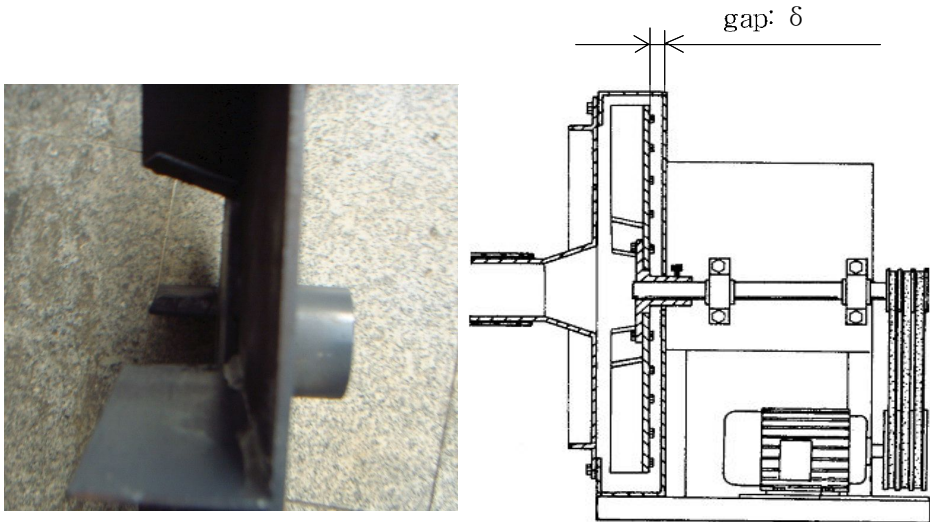


Fig. 23 Gap(δ) between fan boss side and inner side of blower case

나. 사이클론

1) 공기배출장치의 개구비에 따른 성능

그림 24는 공기배출장치의 개구비에 따른 송풍기내 압력의 변화를 각 회전수별로 나타내는 그래프이다. 표에서 보는바와 같이 공기배출장치를 많이 닫을수록 압력 값이 증가함을 알 수 있다. 예를 들면, 사이클론의 공기량조절장치를 완전히 열었을 때와 완전히 닫았을 때를 비교해보면 2,880rpm에서 각각 -0.0004314MPa 와 -0.0004309MPa 를 나타냈고, 3,200rpm에서 각각 -0.0004309MPa 와 -0.0004305MPa 를 나타냈으며 3,712rpm에서 각각 -0.00043MPa 와 -0.000429MPa 값을 나타내어 공기배출장치를 닫을수록 송풍기내의 압력은 상승함을 알 수 있다.

또한, 공기배출장치를 닫은 상태에서 송풍기의 회전속도를 3,712rpm으로 할 경우 사이클론의 토출구로 빠져나오는 배지의 비산이 심하여 배지의 손실과 작

업 진행에 불편함이 있었는데 이와 같은 현상의 원인은 공기배출장치로 빠져나가지 못한 바람이 배지 토출구로 가압되면서 바람의 양이 많아지기 때문인 것으로 나타났다.

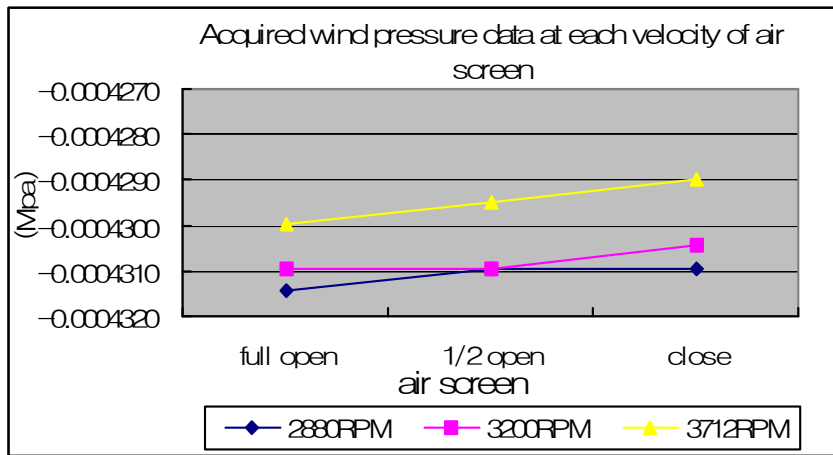


Fig. 24 Comparison of acquired wind pressure data at each rate of air flow

다. 흡입관

1) 회전속도에 따른 배지 흡입력

공시재료의 흡입은 모터에 의해 구동되는 송풍팬을 통해서 이루어지며 작업자가 직접 재배사 앞마당에서 적재해둔 배지더미에 흡입관을 연결시켜 흡입시키는 방법과 재배사 앞마당에 구덩이를 만든 후 매몰되어 있는 배지를 양수기처럼 끌어 올리는 방법이 있다. 전자의 경우 작업자 2명이 한조가 되어 한명은 흡입관 쪽에서 재료의 투입을 조절하고 한명은 배출관 쪽에서 재료의 토출을 관리해야하는 불편함이 있는 반면 작업이 확실하며, 후자의 경우 흡입관을 연결시킨 후 작업자 1인이 배출관 쪽만을 관리하면 되는 장점이 있는 반면 작업

이 불확실할 수 있는 단점이 있어 재배사의 환경에 따라 선택적으로 이용하면 될 것으로 생각된다.

2) 흡입관의 형상

그림 25는 흡입관의 개략적인 모습을 보여주는 것으로 흡입관의 직경 125mm, 길이 1m의 합석관 재질의 원기둥 통에 위치 이동 작업이 용이하게 손잡이를 부착한 형태로 flexible hose line에 연결되어 있다.



Fig. 25 Shape of a suction pipe

표 12는 버섯재배용 배지의 입도, 함수율 등의 물성을 고려하여 흡입관, 연결관, 방출관의 재질, 직경, 길이를 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 고체성질에 가까운 유체가 관로에서 정체 없이 유동할 수 있는 최소 직경과 성인 작업자가 1시간 연속작업 시 피로감을 최소로 느낄 수 있는 무게감의 최대값을 만족하는 수치로 결정하였다. 그리고 흡입관 및 배출장치의 이론적 고찰에서 연속방정식으로 얻을 수 있는 적정관로의 단면적과 이에 따른 관의 직경을 참고하여 결정하였으며 가장 중요한 결정요소는 배지가 송풍팬을 통해 관로를 유동할 수 있는 최소 직경 값으로 하였다. 또한, 연결관의 길이는 배지가 퇴적되어 있는 곳에서 흡입을 위해 15m로 하였고, 배출관은 5m로 하였다.

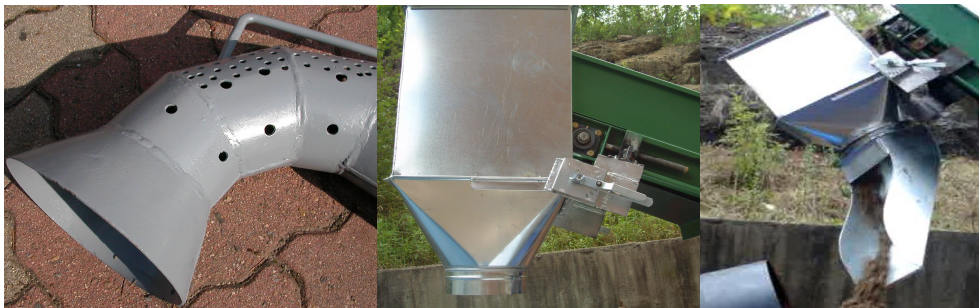
Table 12 Calculated value of the suction pipe, coupling device and the discharge pipe for the diameter, quality of material and length

	Quality of the material	Diameter	Length
Suction pipe	galvanized iron	150mm	1m
Coupling device	flexible rubber tube	150mm	15m(suction side)
			5m(discharge side)
Discharge pipe	steel pipe	150mm	0.5m
Working place	indoor of a cultivation farmhouse		

라. 배출장치

1) 배출부 방식에 따른 배출성능 시험

본 연구에서 송출관 형상 결정을 위한 구멍시험은 그림 26에서 보는 것과 같이 직경 125mm인 강관으로 관 중심으로부터 반지름 30cm의 곡률과 끝단에는 깔때기 형상을 하고, 방출관에 직경 8mm 구멍 100개와 15mm 구멍10개 정도를 드릴링 한 것과 벨트컨베이어를 타고 온 배지를 호퍼와 주름관을 통해 입상시킬 수 있도록 제작되어진 것과 호퍼에서 자연스럽게 낙하할 수 있도록 슈트를 장착한 형태에 관해 배지의 배출 상태를 시험하였다.



(a) flexible hose+pipe (b) belt conveyor+hopper (c) belt conveyor+suit

Fig. 26 Shape of a discharge device

방향제어가 자유로운 주름관과 파이프를 이용한 배출장치(A)에서는 최종 배출구가 막히는 현상이 발생하였는데 파이프 주변에 구멍을 뚫어 배지와 함께 토출되는 바람을 빠져 나가게 하여도 결국에는 배지가 구멍을 막아 배관 내에 서나 최종 배출구에서 막힘 현상이 발생하였다. 또한, 벨트컨베이어와 호퍼를 이용한 배출장치(B)에서는 컨베이어를 타고 온 배지가 최종배출장치(이하 호퍼)에서 미끄러져 토출되지 못하고 쌓이는 현상이 간혹 발생되고 특히, 균상 1 단 입상을 위해 컨베이어 각도를 최대로 낮추었을 때는 자연 낙하각도가 생기지 않아 주름관으로는 입상이 어려운 것으로 나타났다. 반면, 벨트컨베이어와 슈트를 장착한 배출장치(C)에서는 컨베이어를 타고 온 배지가 슈트를 타고 자연스럽게 균상에 입상이 이루어져 배지의 퇴적이나 막힘 현상이 없어 작업 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 또한, 사이클론 토출부 풍량으로 인해 컨베이어 상의 배지가 날리는 현상이 발생하였는데 이러한 문제점의 해결로는 망으로 된 커버를 이용하면 될 것으로 나타났다.

표 13은 3가지 형태의 배출장치에 대한 육안으로 작업정도에 대한 성능시험을 한 결과를 표로서 나타낸 것으로 배지가 배출되는 양, 작업의 질적인 측면, 작업속도에서 벨트컨베이어와 슈트를 혼합한 C 형태의 배출장치가 가장 우수한 것으로 나타났다.

Table 13 Comparison of output mechanism for the sub-rate materials

Output	A type	B type	C type
	flexible hose+pipe	belt conveyor+hopper	belt conveyor+suit
Quantity	+	++	+++
Quality	+	++	+++
Velocity	+	++	+++
Scattering Resistance	+++	+	++

* performance; +: inferior, ++: average, +++: superior

5. 결론

느타리버섯 입·폐상 장치의 설계요인 구명 시험을 통해 송풍기, 사이클론, 흡·배출장치에 관해 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 60평 재배사 1동을 기준으로 할 경우 함수율 70%(w.b)인 배지가 12,000kg 소요되므로 입상에 소요되는 시간을 4시간으로 볼 때 송풍기는 시간당 3,000kg이상의 배지를 흡입할 수 있는 성능을 가져야 하는 것으로 나타났다.
2. 송풍기의 회전속도에 따른 흡입력과 풍압실험을 통해서 송풍기의 적정 회전속도는 3,200rpm정도이고, 회전차와 보스부 간격에 따른 실험에서 축연결 보강부인 보스 취부면과 송풍기 케이스내면과의 간격(δ)을 25mm로 하는 것이 20kg 배지를 흡입하는데 걸리는 시간 20초, 입상시간 36초로 가장 우수하게 나타났다.
3. 사이클론의 공기배출장치의 개구비에 따른 실험에서 공기량조절장치를 완전히 열었을 때와 완전히 닫았을 때를 비교해보면 3,200rpm에서 각각 -0.0004309MPa 와 -0.0004305MPa 를 나타내어 공기배출장치를 닫을수록 송풍기내의 풍압은 상승함을 알 수 있다.
4. 흡입관은 고체성질에 가까운 유체가 관로에서 정체 없이 유동할 수 있는 최소 직경과 성인 작업자가 1시간 연속작업 시 피로감을 최소로 느낄 수 있는 무게감의 최대값을 만족하는 수치로 흡입관의 길이는 15m로 하였고, 배출관은 5m로 하였다.
5. 배출장치의 설계요인 구명 시험에서 방향제어가 자유로운 주름관과 출구확대 파이프를 이용한 배출장치(A), 벨트컨베이어와 호퍼를 이용한 배출장치(B), 벨트컨베이어와 슈트를 장착한 배출장치(C)의 3가지 형태의 배출장치에서 배지가 배출되는 양, 작업의 질적인 측면, 작업속도에서 C 형태의 배출장치가 가장 우수한 것으로 나타났다.

제 3 절 배지 입 · 폐상 장치 시작기 제작 및 경제성 분석

1. 서언

현재까지 식용 버섯의 재배는 원목, 톱밥, 폐면, 볏 집 등의 다양한 부산물이 배지로서 이용되고 있으며 재배방식에 있어서도 균상재배, 상자재배, 병 재배 등이 이용되어지고 있다. 최근에는 재배사의 온도, 습도, 환기 등의 재배환경을 기계화 및 자동화하는 재배법이 날로 증가되고 있는 추세에 있다. 그러나 상자재배와 병 재배 방법에 관해서는 일부 기계화 연구가 실시되었으나 균상재배 형태의 버섯재배 농가를 위한 기계화는 2001년 11%수준으로 미흡한 상태이다.

또한, 버섯재배에 대한 기계화 연구로서는 폐면, 침수·세탁기 개발, 배지 제조기 개발 등에 관한 연구가 수행되었으나 중노동 작업인 배지의 입·폐상작업의 기계화에 관한 연구는 미흡한 실정이고 버섯재배에 대한 자동화 연구로서는 버섯재배사의 온도, 습도, 광등의 재배환경 자동화에 관한 연구는 수행되었으나 그 외의 연구는 전무한 상태로 전반적으로 버섯재배에 대한 기계화, 자동화 연구와 수확 후의 저장, 가공, 유통 등에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

새로운 방식의 버섯 재배용 배지 입·폐상 기술은 노동투하시간 감소로 버섯 생산비 절감 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 이러한 연구 결과는 다양한 버섯재배에도 응용이 가능하고 그로 인한 효율적인 버섯재배가 가능해 진다. 특히, 버섯재배용 배지로 이용되는 폐면은 물추기기 과정을 거치면 60평 재배사 1동을 입상할 경우 12톤의 배지를 야외에서 실내 균상에 이동해야하므로 작업 노동 강도가 매우 과중한 현실이다.

또한, 축산 농가의 우사, 돈사내의 분뇨를 수거하기 위하여 톱밥을 이용하는 데 톱밥을 축사의 바닥에 깔아 놓으면 가축의 분뇨가 톱밥위에 떨어져 톱밥과 혼합이 된다. 이 혼합된 톱밥을 수거함으로써 축사의 분뇨를 처리하고 있다. 그러나 이 작업 또한 인력에 의존하므로 많은 노동력이 소요되고 있는 현실이다.

따라서 본 연구에서 개발된 버섯 재배용 배지 살포 및 수집 장치를 이용하면 축사의 톱밥 살포 및 분뇨와 혼합된 톱밥 수거에도 이용 가능 하리라 예상된다. 뿐만 아니라 본 연구에서 개발된 입·폐상기는 일부 작업체계와 부품의 교환으로 타 산업용도로도 응용이 가능하여 다목적으로 활용이 기대되는 바이다.

편리함과 손쉽게 이윤을 추구하는 21세기 현대사회에서 우리나라 버섯재배 농가의 영농현장은 기계화가 미비할 뿐만 아니라 생산을 담당하는 농민들이 노령화, 고령화 되어가는 추세로 버섯재배농가의 생산성 제고와 고품질의 버섯생산에 일조를 함과 더불어 국민의 식생활과 건강증진에 일조를 할 수 있다.

이에 본 세부연구는 배지재료의 물성, 송풍기, 흡입관, 사이클론, 송출관의 장치 설계요인 구명 시험으로 얻은 결과를 바탕으로 하여 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상 장치를 개발 제작하고 농가 실증 시험을 실시하여 수정·보완하여 성능분석과 경제성 분석을 통하여 균상재배 형태의 느타리버섯 재배 농가에 대한 모델을 제시하고자 한다.

2. 배지 입·폐상 장치 시작기 제작

가. 외형 설계

1) 시작기 외형 설계

그림 27과 28은 시작기의 배지 입·폐상 장치 외형도와 작업 체계를 나타내는 것으로 7.5kw 전동기를 동력원으로 하고 흡입관, 송풍기, 사이클론, 배출장치로 구성되어 있다. 그리고 배지 입·폐상장치의 전체 기대의 크기는 느타리버섯 재배 농가의 재배사 입구 크기에 준하여 가로×세로×높이가 1000×1200×2000(mm)로 설계되었다. 그림에서 보는바와 같이 배지는 흡입관을 통해 빨려 들어오게 되어 송풍기 팬을 거쳐 사이클론으로 보내진 후 최종적으로 배출장치를 통해 재배사의 균상에 입상되도록 되어 있다.

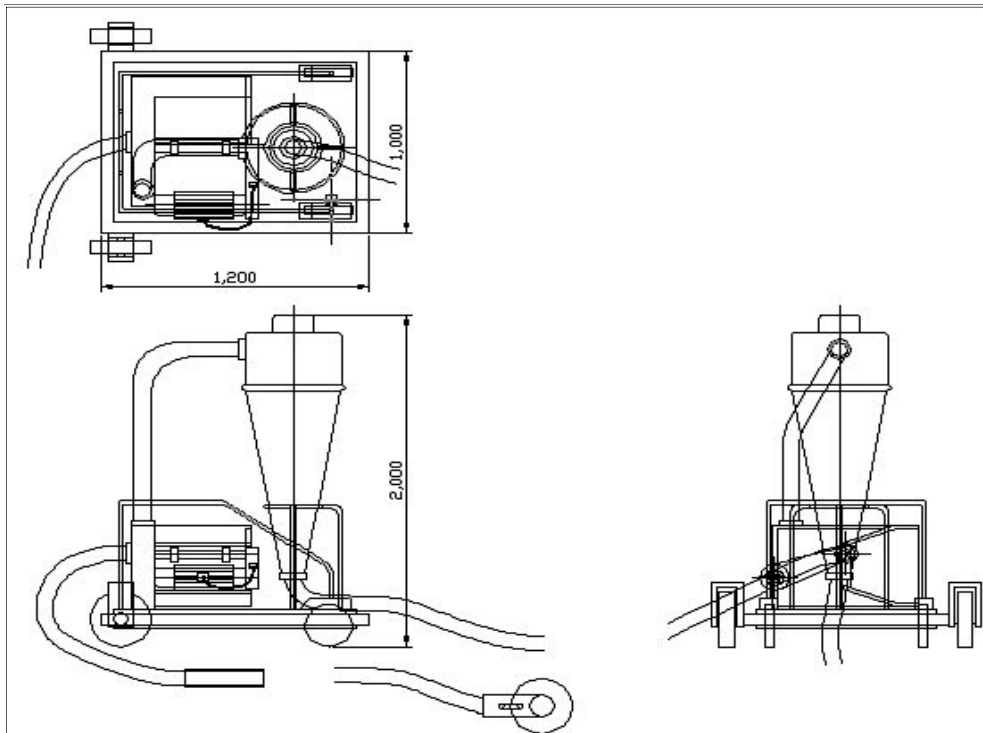


Fig. 27 Schematic mechanism and work process of the sub-rate materials loading & unloading device on prototype

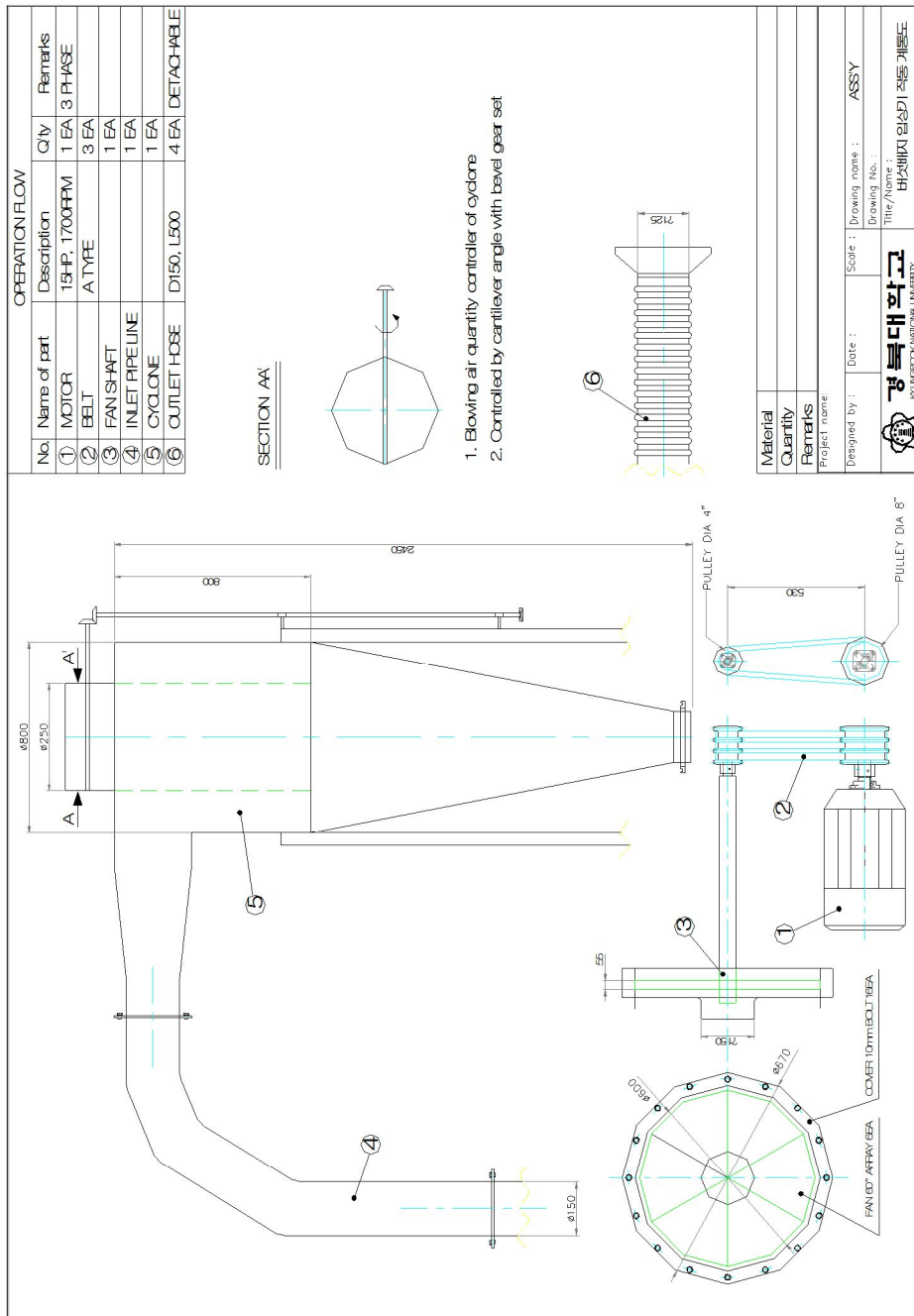


Fig. 28 Schematic diagram of the sub-rate materials loading & unloading device on prototype

그림 29는 송풍기설계요인 구명시험, 흡입관, 사이클론, 방출관 설계 인자 해석을 통해 얻어진 인자를 토대로 하여 제작된 실험 장치의 전체모습을 보여주는 것으로 기대크기는 1200(L)×1000(W)×2000(H)로 하였고 바닥에는 바퀴를 4개 설치하여 이동이 가능하도록 하였다. 그림에서 보는바와 같이 흡입관, 배출관은 자유로이 방향을 바꿀 수 있는 주름형태의 고무관으로 이루어져 있고 공기배출조절장치를 가지는 사이클론은 하단에 베벨기어를 부착해 공기배출량을 조절할 수 있도록 되어 있다.

그러나 본 시작기의 성능시험에서 흡입관을 통해 흡입되어진 배지가 송풍기와 사이클론을 거쳐서 토출이 이루어질 때 사이클론의 끝단에서 배지의 막힘 현상이 발생하고 토출관의 끝에서도 배지의 배출이 원활하게 이루어지지 않는 단점을 보여 시스템 개선의 필요성을 보였다.



Fig. 29 Schematic picture and 3D animation of the sub-rate materials loading & unloading device on prototype

2) 시작기 외형 설계 개량

그림 30과 31은 개량한 시작기의 배지 입·폐상 장치 외형도와 작업체계를 나타내는 것으로 7.5kw모터, 팬 구동축, 송풍팬, 사이클론, 흡입관, 벨트 컨베이어로 구성되어 있다. 벨트 컨베이어는 이송각도와 이송속도를 조절할 수 있어 입상높이와 입상시간을 제어할 수 있도록 되어 있다. 그림에서 보는바와 같이 배지는 흡입관을 통해 빨려 들어오게 되어 송풍팬을 거쳐 사이클론으로 보내진 후 최종적으로 이송 컨베이어를 타고 재배사의 균상 1~4단에 이송각도를 조절하여 입상되도록 만들어져 있다. 이는 시작기에 비해 배지의 날림현상과 막힘 현상 없이 이송되도록 개선한 것이다.

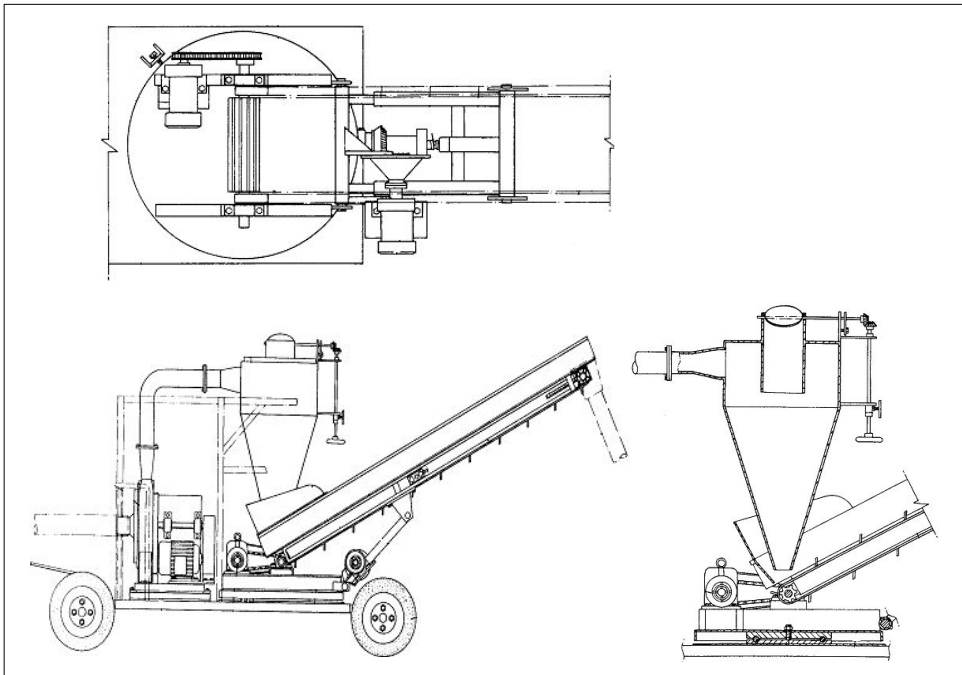


Fig. 30 Schematic mechanism and work process of the sub-rate materials loading & unloading device on improved prototype

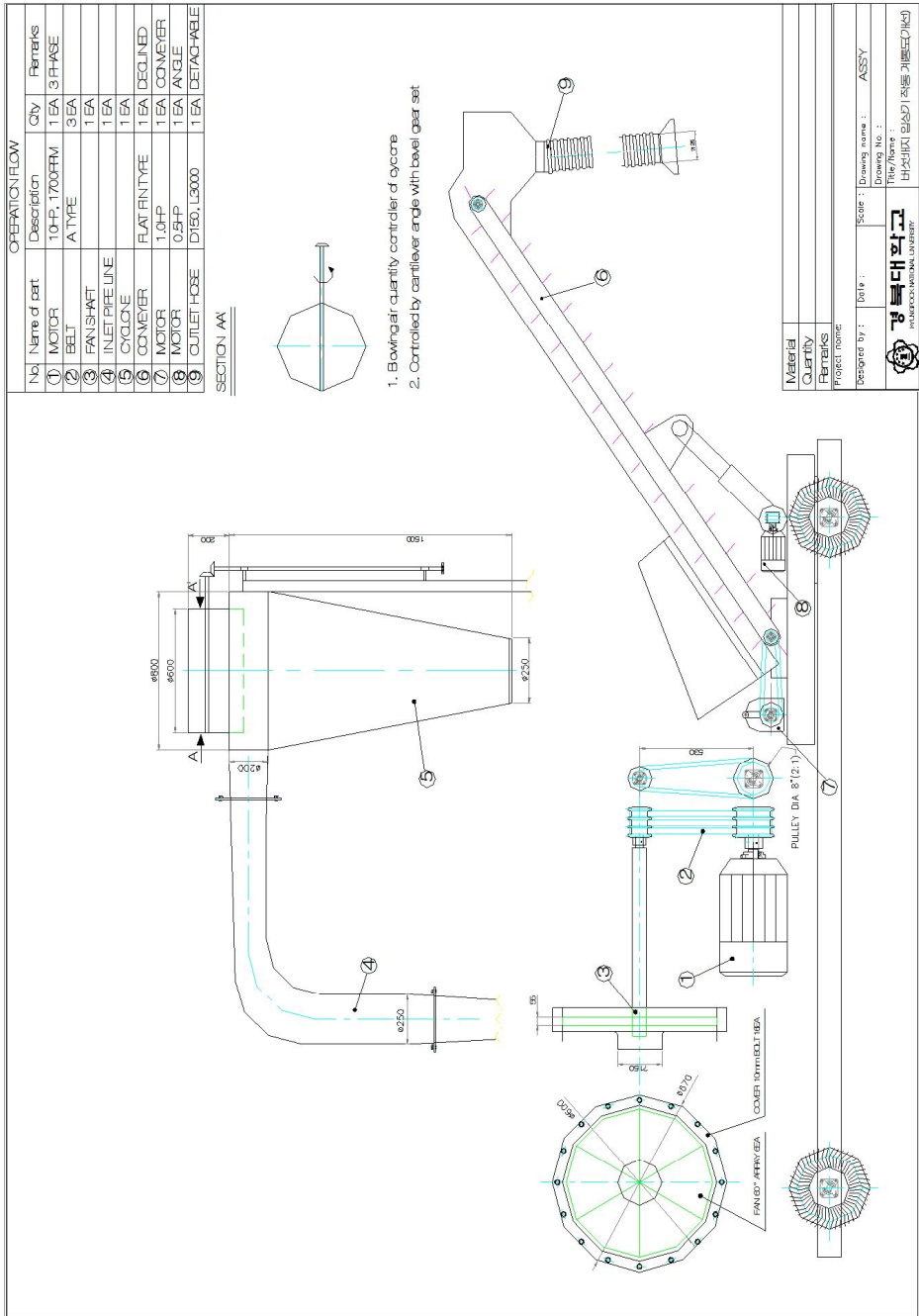


Fig. 31 Schematic diagram of the sub-rate materials loading & unloading device on improved prototype

그림 32는 개량한 시작기의 모습을 나타내는 것으로 그림에서 보는바와 같이 흡입부는 초기 시작기의 모습과 동일하나 송풍기의 내부, 사이클론, 최종배지 이송장치 및 토출장치는 변화 되어졌다.

송풍기는 기존의 탄소강 팬을 알루미늄 재질로 변화시켜 중량 감소와 회전 날개에 보조 핀을 장착해 배지퇴적을 예방하는 기능을 두었다. 사이클론은 크기를 축소하여 농가의 버섯 재배사 입구에서 사용하기에 편리하게 하는 동시에 풍압을 감소시켰다. 또한, 최종이송장치는 주름형태의관이 아니라 벨트 컨베이어를 설치하여 사이클론에서 떨어지는 배지를 이송하여 컨베이어의 높이와 회전방향을 조정하여 원하는 입상높이와 장소에 배출할 수 있도록 하였다.



Fig. 32 Schematic picture of the sub-rate materials loading & unloading device on improved prototype

나. 흡입부

제작된 시작기 흡입부의 관은 합석으로 제작하였으며 손잡이를 부착하여 이동성을 좋게 하였다. 그림 33은 배지의 흡입 장면을 나타내는 것으로 배지의 흡입은 원활하게 이루어짐을 알 수 있다.



Fig. 33 Situation picture of suction of sample materials

그림 34는 개선 시작기 흡입부의 운송부를 나타낸 것으로 운송부는 주름관을 이용해서 흡입 된 배지를 사이클론까지 흡입 운송 시켜 주는 역할과 개선 전 시작기에서는 사이클론에서 배출된 배지를 가압된 풍압을 이용해서 최종 배출까지 강제로 압송하는 형태로 제작되어졌다.



Fig. 34 Shape of a coupling device

다. 송풍기

송풍기는 배지 입·폐상장치의 핵심부로 배지를 흡입하고 송출하는 중요한 역할을 한다. 송풍기 장치 설계요인 구인시험을 통해 얻어진 자료를 토대로 송풍기 날개차를 제작하였으나 유체인 배지의 특성상 시행착오를 거듭해 개선된 송풍기 날개차를 완성할 수 있었는데 먼저, 표 14는 시작기에서 제작되어진 송풍기의 사양을 나타내는 것으로 날개차는 두께 6mm 탄소강으로 제작되었으며 그림 35는 제작 되어진 시작기 송풍기를 보여주는 것이다.

Table 14 Designed value for the fan of blower on prototype

Sort	Contents	Sort	Contents
fan diameter 2(D2)	600mm	fan diameter 1(D1)	240mm
outlet width 2(b2)	60mm	outlet width 1(b1)	54mm
number of wing (Z)	6EA	outlet angle (β_2)	90°
arrayed gap of wing	60°	quality of the material	steel casting(SC40)



Fig. 35 Schematic shape of the fan for the prototype with 600mm diameter, 6EA wings(60° array)

1) 시작 송풍기 개량

표 15는 개량한 시작기의 날개차 사양을 나타낸 것이고 그림 36은 개량 제작한 송풍기를 보여주는 것으로 시작기에서 사용된 탄소강 날개차를 알루미늄

재질로 제작하여 무게를 대폭 감량함으로써 원활한 회전을 유도하고 전동기 소요동력을 감소시켰다.

Table 15 Designed value for the fan of blower on improved prototype

Sort	Contents	Sort	Contents
fan diameter 2(D2)	600mm	fan diameter 1(D1)	240mm
outlet width 2(b2)	60mm	outlet width 1(b1)	54mm
number of wing (Z)	6EA	outlet angle (β 2)	90°
arrayed gap of wing	60°	quality of the material	Aluminum

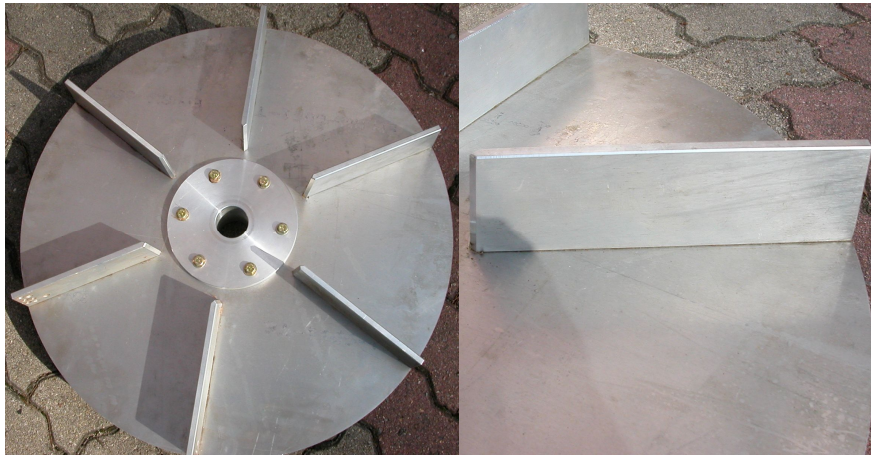


Fig. 36 Schematic shape of the fan for the improved prototype with 600mm diameter, 6EA wings(60° array)

표 16은 구형 팬과 개선 팬의 비교한 것으로 개선 시작기의 날개차는 시작기에 비해 무게가 6.42kg으로 약 60% 가량 무게감소가 이루어져 보다 원활한 회전과 부드러운 작동을 할 수 있었다. 또한, 전동기 작동 시 구동축의 부하에 의한 소요 전류량을 측정된 결과 시작기는 시동 시 100A로 매우 전류량이 높게 나타났으나 개선 시작기에서는 60A로 약 40% 감소 할 수 있었고 배지를 투입하여 작업 시에는

시작기에서는 40A의 전류량이 측정되었고 개선 시작기에서는 21~30A의 전류 값을 나타내 약 50%에서 25%의 소요 전류량을 감소시킬 수 있었으며 공회전시에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 표에서 보는바와 같이 전체적으로 전동기 쪽에 흐르는 정격 전류 값이 구형 팬을 장착했을 때 보다 공시재료(배지)투입 시 값이 많이 떨어졌고 흡입력도 더 증가하였다.

Table 16 Comparison of fan between Prototype and Improved Prototype

		Prototype	Improved Prototype
Materials		steel carbon (SC)	aluminum (AL)
Total weight		16.20KG	6.42KG
Number of wing		6EA	6EA
Shape of wing		curved fin	no curved fin
Drive current	Start	100A	60A
	Idle	20A	24A
	Work	40A	21A~30A

그림 37은 개량한 시작기의 송풍기에서 발생된 문제점을 보여주는 것으로 배지의 경화현상, 날개 체결 볼트의 접촉으로 마모현상, 배지 재료의 퇴적현상 등을 나타내어 구조개선을 필요로 하였다.



(A) Material hardening (B) Bolts abrasion (C) Material accumulation

Fig. 37 Problem occurred on the fan of the improved prototype

그림에서 보는 것과 같은 현상이 발생한 것은 전동기를 가동한 후 송풍기 축의 최고 회전수인 3,712rpm으로 배지를 흡입한 시간이 10분정도 지났을 때 송풍기 내부에서 금속성의 소리와 함께 전원이 차단되는 현상이 발생하였다. 송풍기 커버를 분리하고 그 원인을 분석한 결과 송풍기 바닥 면에 퇴적된 배지가 사이클론으로 불어나가지 못하고 쌓인 후 날개 차의 모서리에 수차례 다져져서 결국 돌덩이처럼 배지가 굳어져 있었다. 이는 결과적으로 송풍기 축의 보스부에 열화 현상을 초래하여 송풍기 내벽과 송풍기 팬 볼트 면이 부딪히게 되어 마모로 인해 금속성 소음을 발생시켰고 끝으로는 과부하 상태가 되어 전동기의 전원을 차단시키게 된 것이다.

이에 문제점 해결을 위해 송풍기 바닥에 배지가 누적되지 않게 하는 보조 장치가 필요하게 되었고 그림 38은 날개 차 끝단에 장착되어 누적된 배지를 매 회전마다 긁어 올리는 역할을 하게 되는 송풍기 날개 차 보조 핀을 보여주는 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 두께 8mm인 철판을 이용해 88mm×58mm(가로×세로)로 절단해 길이 30mm, 폭 10mm인 돌기를 중앙에 돌출 되도록 가공하도록 하였다.

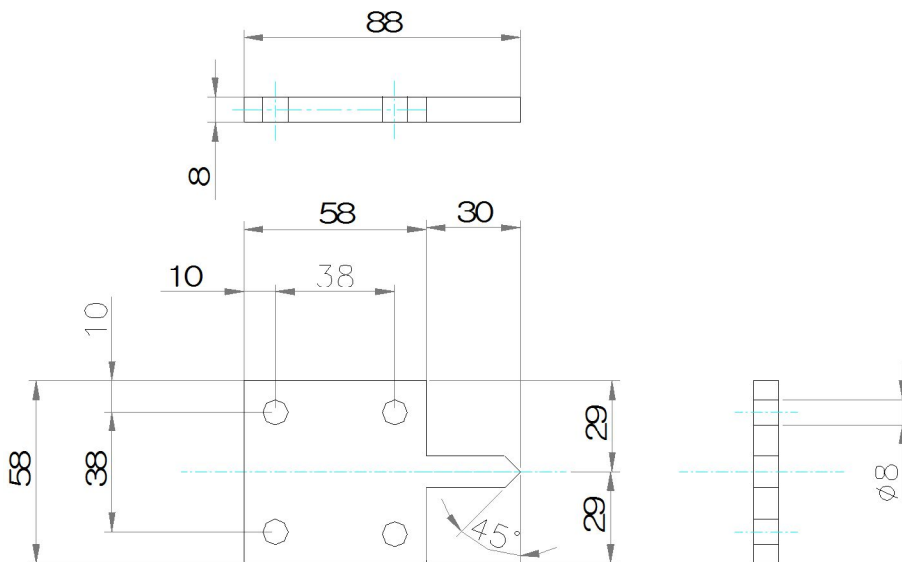


Fig. 38 Schematic diagram of supplemental pin for the fan of blower

그림 39는 설계 되어진 송풍기 보조 핀을 제작한 모습으로 센터에 돌기가 있는 보조 핀 2개, 가장자리에 돌기가 있는 보조 핀 4개를 가공하여 송풍기 날개 6개에 8mm 볼트로 체결하였다.

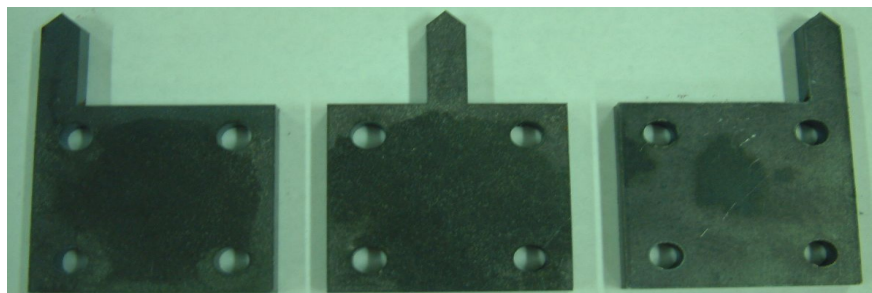


Fig. 39 Schematic picture of supplemental pin for the fan of blower

그림 40은 송풍기 날개에 체결된 모습을 보여주는 것으로 좌측, 중앙, 우측으로 엇갈리게 배열하여 배지의 누적을 최소화 하였다.



Fig. 40 Supplemental pin attached scene for the fan (60° gap array)

라. 사이클론(Cyclone)

표 17은 사이클론의 대략적인 사양에 대한 것을 나타낸 것으로 사이클론은 입구, 원통, 원추, 공기량 조절장치, 출구로 구성되어 진다. 공기량 조절레버를 완전히 개방하여 열게 되면 저장탱크내의 공기는 상단 공기 배출구로 빠져 나가게 되고 공기량 조절레버를 닫을수록 사이클론내의 압력은 상승하게 된다. 또한, 그림 41은 시작기의 외형모습을 간략하게 나타낸 것이다.

Table 17 Details of cyclone for the prototype (Unit: mm)

Sort	Contents
inlet	φ150
body scale	φ800×400(h)
cone	12° angle, 1,600(h)
outlet	φ120
air flow control disk	φ300
air flow control	bevel gear set(0°~90°)

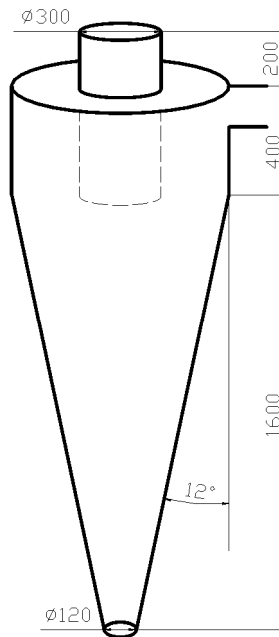


Fig. 41 Schematic diagram for the cyclone of prototype

그림 42는 제작한 사이클론을 나타내는 것으로 그림에서 보는바와 같이 바디와 콘으로 이루어진 사이클론의 상부에는 송풍기에서 보내어진 배지와 공기양을 조절하여 배출 시킬 수 있는 공기배출조절장치가 있으며 이는 작업자가 직접 베벨기어 핸들을 회전시켜서 열고 닫고 할 수 있다. 공기 배출 조절 장치는 베벨기어를 이용해 원하는 각도로 조절할 수 있으며 완전히 열림(Full open), 완전히 닫힘(Closed), 1/2 열림(1/2 Open)으로 3단계 등으로 구분하여 작동을 할 수 있다.



Fig. 42 Picture of a cyclone and a bevel gear set for air flow control

1) 시작 사이클론 개량

표 18은 개량한 시작 사이클론의 제원을 나타내는 것으로서 1차 시작한 사이클론의 단점을 보완하였는데 토출 쪽의 구경을 2배인 240mm로 크게 하여 배지의 배출을 용이하게 하였고 사이클론 콘 부분의 각도를 6°정도 증가시켜 18°로 해 줌으로 소용돌이 공기의 가속성을 줄여주어 배지 배출시 날림현상을 감소 시켜 주었다. 또한, 그림 43은 개량한 사이클론의 외형모습을 간략하게 나타

낸 것이다.

Table 18 Details of cyclone for the improved prototype (Unit: mm)

Sort	Contents
inlet	$\phi 150$
body scale	$\phi 800 \times 400(h)$
cone angle	18° angle, 850(h)
outlet	$\phi 240$
air flow control disk	$\phi 300$
air flow control	bevel gear set($0^\circ \sim 90^\circ$)

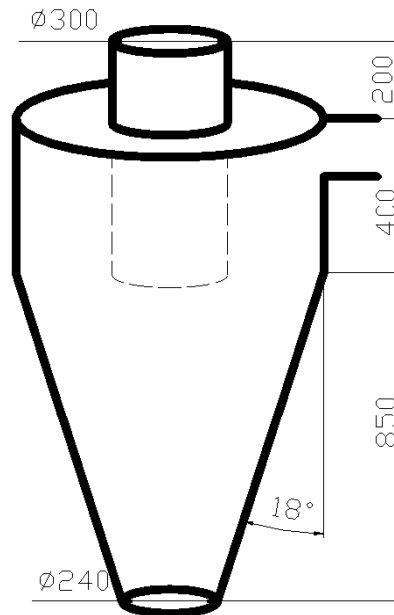


Fig. 43 Schematic diagram for the cyclone of improved prototype

마. 최종 배출 장치부

그림 44와 45는 배출장치를 나타내는 것으로 직경 125mm인 강관으로 관 중심으로부터 반지름 30cm의 곡률과 끝단에는 칼때기 형상을 하여 작업자가 편리하게 관리할 수 있도록 하였고, 배출장치에 직경 8mm 구멍 100개와 15mm 구멍10개 정도를 드릴링 하여 방출시 송풍압을 떨어뜨려 배지의 원활한 배출을 유도하였으나 실제 사용에서 10여분이 지나자 배지가 구멍을 막고 배지의 배출이 불안정하게 되어서 배출장치의 개선이 요구되었다.



Fig. 44 Shape of a discharge pipe and Discharging scene of materials



Fig. 45 Problems occurred at the outlet of cyclone on prototype

1) 배출량 조절이 가능한 개선 시작기 배출장치

표 19는 시작기에서 적용한 흡입관, 연결관, 방출관의 단점을 보완하기 위해서 연결 관과 배출 관을 개선한 방식으로 컨베이어 속도의 변화로 배출량을 조절할 수 있는 벨트컨베이어식의 사양을 나타낸 것이다.

Table 19 Contents of selected belt conveyor for the final discharge on the improved prototype

	Contents		Etc.
Motor	belt conveyor driving	• 0.75kw • 60Hz(1,690rpm)	• 1/15 gear ratio • 3PH induction
	transporting angle controlling	• 0.4kw • 60Hz(1,685rpm)	
Chain sprocket	Motor side	RS #60 19T	
	Driven side	RS #60 32T	
Belt	Speed	35m/min	1,590mm distance between shaft
	Length	5,000mm	
	Width	300mm	
Guide carrier	Pitch	300mm	
	Width	200mm	
Discharge height	Maximum	3,500mm	
	Minimum	1,000mm	
Rotation angle	Righthand	95°	190° Rotatable
	Lefthand	95°	
Working place	indoor of a cultivation farmhouse		

표에서 보는바와 같이 벨트컨베이어의 구동을 위해서는 0.75kw, 1:15 기어비를 가진 모터를 사용하였고, 4단으로 이루어진 버섯재배사의 균상에 높이에 따라 입상이 가능하도록 이송각도를 조절해주기 위해서는 0.4kw, 1:15 기어비를 가진 모터를 베벨기어와 함께 사용하였다. 또한, 이송벨트의 폭, 너비는 각각 300mm, 5,000mm로 하여 축간거리는 1,590mm가 되었고 이송최대속도는 초당 35m로 설계되었다.

그림 46은 개선된 배출장치에서 최종 배출부인 주름관에서 배지가 퇴적되어 막히는 현상을 나타낸 것으로 벨트 컨베이어를 타고 온 배지가 주름관 내부의 홈에 연속적으로 걸리게 되어 결국에는 관 전체가 막히는 현상을 초래하여 최종 배출방식의 개선이 요구되었다.



Fig. 46 Problem occurred on the final loading with improved prototype

그림 47은 배출장치부의 최종배출장치를 함석을 이용한 슈트 형태로 제작하여 좌, 우 방향으로 회전가능 하도록 제작한 것으로 벨트 컨베이어를 타고 온 배지가 안내관 위를 미끄러지면서 낙하하여 균상에 살포되도록 설계되어졌다.



Fig. 47 The final loading system with rotatable suit type on improved prototype

바. 동력전달 및 제어부

표 20은 송풍기 팬축으로부터 원하는 회전수를 얻기 위해서 모터와 송풍기 팬축 간의 폴리직경, 축간거리(550mm)로부터 각 회전수별 폴리과 소요벨트의 관계를 나타낸 것이다. 폴리의 선택은 자체 제작이 곤란한 관계로 시중에 판매되는 0.5인치 간격별 폴리를 적용하였고, 벨트는 아래 식에 의거하여 계산되어진 값을 기준으로 하여 상용되는 B형 벨트 59~65까지 적용하였다.

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad [mm]$$

Table 20 Calculated data for the diameter of pulley, the belt and the key type at each fan shaft rpm

rpm (fan shaft)	Dia of pulley		Belt type	Dia of pulley		Belt type	Key type
	Motor	Fan		Fan	Motor		
4200	8"	3.5"	B61	4"	8.5	B62	Rectangle
3712		4"	B62		8	B62	
3200		4.5"	B63		7	B60	
2880		5"	B63		6.5	B60	
2400		6"	B65		6	B59	

표 21은 배지 입·폐상 장치에서 송풍기 팬축을 회전시키기 위해 사용된 동력원인 전동기의 사양을 나타낸 것으로 7.5kw, 3상 유도 전동기를 이용하였으며 최대회전수는 1,750rpm이다. 본 연구에서는 전동기 쪽의 폴리 직경을 8"로 고정하고 송풍기 팬의 구동축 폴리를 4", 4.5", 5"로 변화시키면서 원하는 회전수인 3,712rpm, 3,200rpm, 2,880rpm을 얻을 수 있었다.

Table 21 Contents of selected motor for driving of the fan shaft

	Contents			
Motor	<ul style="list-style-type: none"> • 7.5kw(10HP) • 60Hz(1,750rpm) • 3PH induction • TE-132M type 			
Pulley	Motor side	8"	8"	8"
	Driven side	4"	4.5"	5"
Belt	B-Type 59~65			

표 22는 전동기 적정 부하량 제어를 위해 전동기축과 송풍기팬축을 회전시킬 때 송풍기축에 연결된 부하량에 따른 전동기의 소요동력을 측정하기 위한 것으로 팬을 장착하지 않고 전동기축과 송풍기팬축만 3,712rpm으로 공회전 시켰을 때 부하량은 7.6A로 나타났고 팬을 장착 후 공회전을 시켰을 때는 76A로 부하량이 가장 높게 나타났다. 이러한 과부하의 원인은 공기흡입량으로 많은 공기를 흡입하면 팬의 날개에서 강한 저항력이 발생하여(Max 76A) 이로 인해 전동기 축에 흐르는 전류값이 상승하는 것으로 송풍기 커버를 부착하고 배지를 투입함으로써 부하량은 감소하는 경향을 보였다.

Table 22 Comparison of current value for motor at each driving condition

Drive condition	Current(A)	Etc.
without fan	7.6A	
with fan	76A	Peak current
with fan and cover	30A	
with fan, cover and intake pipe	24A	
with fan, cover, intake pipe and materials	21A	full materials
	24A	without materials
	30A	half materials

그림 48은 송풍기 축 회전을 위해 사용된 10마력 3상 유도전동기를 보여주는 것으로 전동기 축에 풀리를 연결해 3개의 벨트로써 동력을 전달하였다.



Fig. 48 Motor for control of fan rpm

그림 49는 주행모터를 나타내는 것으로 약 800kg 중량을 갖는 배지 입·폐상기의 원활한 이동을 위하여 앞바퀴에 주행 모터를 장착하여 전진, 후진이 가능하도록 하였다.



Fig. 49 Motor for control of drive forward and backward

그림 50은 벨트컨베이어 이송속도 조절용 모터를 나타내는 것으로 사이클론 으로부터 낙하 되어 나오는 배지를 재배사 내의 균상에 안전하게 이송시켜 줄 수 있도록 벨트컨베이어의 이송속도를 제어하여 입상 되는 배지의 양을 조절 할 수 있도록 되어 있다.



Fig. 50 Motor for control of belt conveyor rpm

그림 51은 이송각도조절용 모터를 나타내는 것으로서 벨트컨베이어를 따라 운반 된 버섯 배지를 재배사 내 균상의 1단에서 4단 까지 배지를 지면으로부터 높이에 따라 운반하게 된다.



Fig. 51 Motor for control of transporting angle

표 23은 송풍기축에 팬, 커버 와 흡입호스를 장착하고 배지를 투입하지 않는 조건하에서 사이클론의 공기배출조절장치의 공기흡입량 따른 부하량을 비교한 것이다. 표에서 보는바와 같이 공기량 조절 레버를 완전히 열었을 때 전동기에 발생하는 전류 값은 29A로 최대값을 나타냈으며 공기량 조절 레버를 완전히 닫았을 때 18A로 최소값을 보였다. 이러한 결과를 보면 오히려 공기량조절장치를 완전히 닫았을 때 저항 값이 작게 나타나는데 이는 사이클론 내에 체류하는 공기량이 많아지자 흡입하는 공기량도 적어서 저항 값은 작게 나타나는 것으로 사이클론 개폐부로 빠져나가는 공기량이 많아지면 흡입하는 공기량이 늘어나기 때문에 전동기축에는 더 많은 부하가 생성되게 된다.

Table 23 Comparison of current value for motor by air-flow control disk

Air-flow control disk	Current(A)
close	18A
1/2 open	28A
full open	29A

그림 52는 개선된 시작기로 실험실에서 입상 성능 시험을 하는 장면을 나타낸 것이다.



Fig. 52 Loading test on the workplace with improved prototype

그림 53은 배지 입·폐상기의 벨트컨베이어와 최종 배출장치를 이용해 버섯 배지를 1톤 트럭에 상차하는 모습을 나타낸 것으로 270°까지 회전 가능한 컨베이어 장치를 이용하면 슥털기 작업을 하면서 배지의 운반이 가능하고 역으로, 상차된 배지를 하역 할 때도 이용하면 작업에 소요되는 노동력과 노동 강도를 감소시킬 수 있는 장점이 있는 것으로 나타났다.



Fig. 53 Loading on the cargo section with improved prototype

3. 공시재료 및 시험방법

가. 공시재료

1) 솜, 깎지 혼합비

본 연구를 위해 사용한 배지는 농가에서 가장 많이 이용되는 방울솜으로서 솜과 깎지의 비가 70:30인 배지를 사용하였다. 배지를 입상하기 전에 필요한 작업으로는 솜털기, 야외쌓기 및 후발효등의 과정을 거쳐야 하기에 경북칠곡군 동명면에 위치한 느타리버섯 재배 농가의 도움을 받아 야외수분조질, 솜털기, 야외 쌓기 및 후발효 과정을 실시하였다. 사용된 폐면은 파키스탄에서 수입한 것으로 국내 방울솜 유통회사를 통해 구입하여 실험재료로 사용하였다.

2) 함수율

그림 54는 재배사에서 야외 수분 조절하는 모습을 나타낸 것으로 공시재료의 수분 함량은 현장에서 간이측정법으로는 한쪽 손바닥에 물먹은 폐솜을 쥐고서 짤 때 물이 2~3방울 떨어질 정도면 된다. 또한, 전건법으로 시료채취를 통해 건조 전·후의 무게 측정으로도 가능하며 국내산 폐솜은 72~74%, 씨겉질이 많은 외국산 깎지 솜의 경우에는 75%정도의 함수율을 추천하지만 통상적으로 함수비율은 70%(wet basis)로 수분조질 후 공시재료로 사용되었다.



Fig. 54 Moisture Control of materials at the outdoor field

나. 시험방법

그림 55는 실험 장치를 보여주는 것으로 제작되어진 장치에 3상 380V의 전원을 연결하고 마그네틱스위치로 전원을 단속하여 성능시험을 하였다. 송풍기의 회전수 조절은 인버터를 이용했다.



Fig. 55 Capability test for the loading machine of the prototype

또한, 개선 시작기에서는 송풍기를 거쳐 사이클론으로 배출된 배지를 최종적으로 균상에 입상시키기 위한 벨트컨베이어의 이송속도를 제어하여 최적의 이송속도를 도출하였다.

그림 56은 인버터에서 감속기어모터를 거쳐 최종적으로 벨트컨베이어의 이송속도를 제어하기 위한 제어곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 인버터의 제어 값이 50Hz, 1500rpm일 때 감속기어모터는 100rpm으로 1:15의 감속비를 나타내었고 벨트컨베이어는 82rpm으로 나타나 감속기어모터와 벨트컨베이어는 1:0.82의 감속비를 보였다. 또한, 인버터 제어속도에 대한 벨트컨베이어의 이송속도는 1,000rpm에서 54rpm, 3,000rpm에서 200rpm을 나타내어 $Y=0.053X$ 의 관계로 증가하였다.

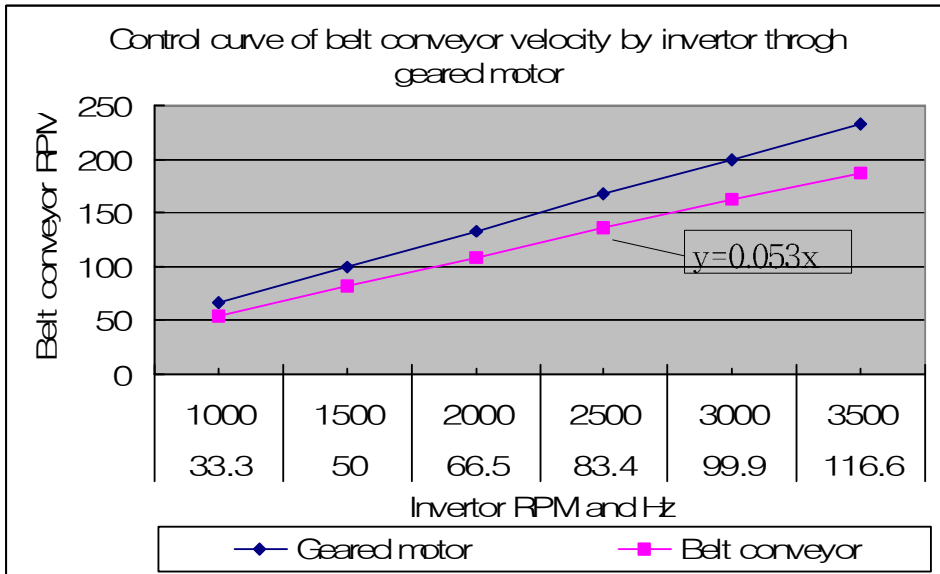


Fig. 56 Control curve of belt conveyor velocity by transistor inverter through geared motor on the improved prototype

그림 57은 인버터로 이송속도 조절모터의 회전수를 조절하고 모터에는 기어가 부착되어 있어 회전수를 1:15로 감속 제어하게 되고 이는 다시 스프로킷 체인을 통해 벨트컨베이어의 풀리로 연결되어 0.37m/s, 0.49m/s, 0.61m/s, 0.75m/s, 0.87m/s 5단계로 벨트컨베이어의 이송속도를 자유롭게 제어 할 수 있도록 되어 있다.

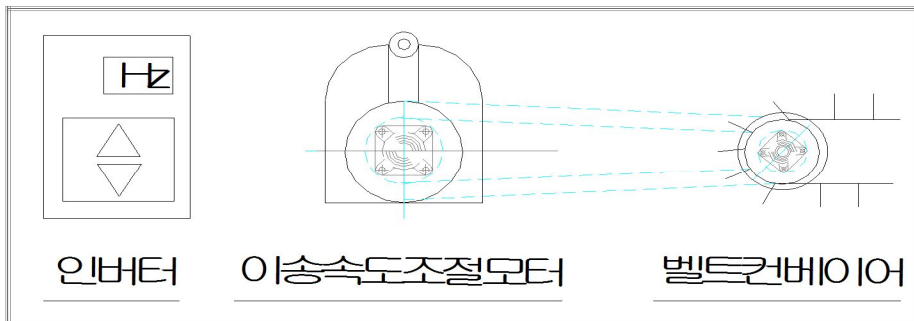


Fig. 57 Schematic diagram for the control of belt conveyor velocity by transistor inverter with the improved prototype

그림 58은 인버터와 1:15의 감속비를 갖는 감속기어를 내장한 전동기와 전원 연결 회로도를 나타낸 것으로 정회전, 역회전이 가능하도록 되어 있다.

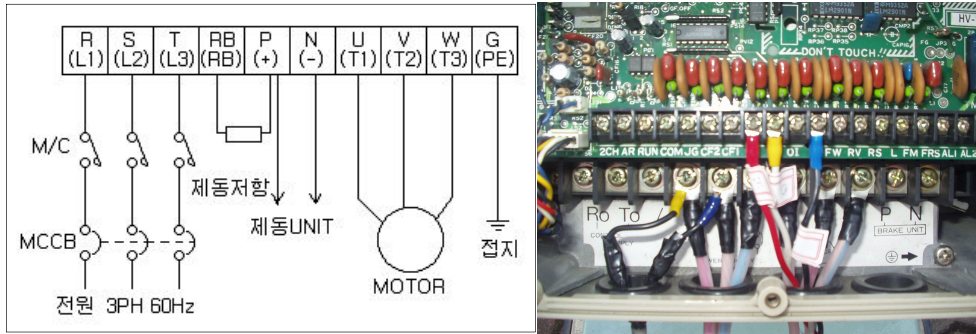


Fig. 58 Schematic diagram and picture for the transistor inverter link

그림 59는 개선된 시작기로 야외에서 실험하는 장치에 대한 전체모습을 보여주는 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 흡입관, 송풍기, 사이클론부, 운송부, 최종배출장치부로 이루어져 있다.



Fig. 59 Capability test for the loading machine of the improved prototype

그림 60과 61은 1회 시험을 위해 샘플로 사용된 20kg의 배지를 흡입관으로 흡입을 한 후 입상기로 입상이 이루어져 균상 바닥에 착지할 때까지 모습을 나타낸 것으로 실험에서는 20kg 배지를 모두 흡입하는 데 걸리는 총 흡입시간, 송출이 완전히 이루어질 때 까지 배지의 소요시간과 입상 후 배지 량을 측정하였다.



Fig. 60 Situation picture of suction and loading of sample materials



Fig. 61 Situation picture loading of sample materials with improved prototype

4. 결과 및 고찰

가. 배지 입상성능

1) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능

표 24는 송풍기 회전수 3,712rpm하에서 이송각도가 최소값 10°로 지면으로부터 높이 1m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 20kg의 배지를 흡입하는데 걸리는 시간은 15초 정도로 나타나 연속 시간당 흡입능력이 4,800kg으로 나타났으나 실제 현장에서는 이보다 작은 수치를 나타냈다. 이는 실험 시 연속적인 배지 공급을 위한 전용 투입구를 사용하였기에 실제 농가에서 배지를 쌓아둔 상태로 흡입 시 이동시간과 흡입결손이 발생하기 때문인 것으로 해석된다. 또한, 입상 시간은 이송속도가 0.87m/s에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 21초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 0.37m/s에서 공기배출조절장치를 완전히 개방했을 때 30초로 가장 느리게 나타났다. 뿐만 아니라 흡입 시 20kg이었던 배지가 연화·세질과정에서 관 내부 부착, 탈수현상 등으로 입상 후 19.5~19.8kg로 중량변화가 발생하였다.

Table 24 The acquired Intake & loading ability at minimum(10°) transporting angle of Belt conveyor for the 3,712rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)




Condition		Airflow control disk												
		full open				1/2 open				closed				
														
Shaft rpm	3712	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading		
Belt conveyor	Transport angle (10°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	
	m/s	0.87	20	15	19.6	25	20	15	19.7	23	20	15	19.5	21
		0.75	20		19.7	25	20		19.5	24	20		19.6	21
		0.61	20		19.5	25	20		19.8	25	20		19.6	21
		0.49	20		19.8	25	20		19.6	24	20		19.8	22
		0.37	20		19.8	30	20		19.5	28	20		19.7	25

표 25는 송풍기 회전수 3,712rpm하에서 이송각도가 최대값 40°로 지면으로부터 높이 3.5m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 입상 시간은 이송속도가 0.87m/s에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 30초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 0.37m/s에서 공기배출조절장치를 완전히 개방했을 때 39초로 가장 느리게 나타났다. 또한, 이송각도가 최소 10°일 때는 이송속도 0.61m/s에 대해 공기배출조절장치의 개폐에 따른 평균 입상시간이 23.7초였으나 이송각도가 최대 40°일 때는 34초로 나타나 이송각도가 커질수록 배지를 흡입하여 입상하는데 까지 걸리는 시간이 31%정도 느려짐을 알 수 있다.

Table 25 The acquired Intake & loading ability at maximum(40°) transporting angle of Belt conveyor for the 3,712rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)




Condition		Airflow control disk												
		full open				1/2 open				closed				
														
Shaft rpm	3712	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading		
Belt conv eyor	Transport angle	max (40°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time
	m/s	0.87	20	15	19.5	33	20	15	19.5	31	20	15	19.7	30
		0.75	20		19.8	34	20		19.6	32	20		19.5	32
		0.61	20		19.5	35	20		19.4	34	20		19.4	33
		0.49	20		19.7	37	20		19.8	36	20		19.6	35
		0.37	20		19.6	39	20		19.9	38	20		19.7	37

표 26은 송풍기 회전수 3,183rpm하에서 이송각도가 최소값 10°로 지면으로부터 높이 1m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 입상 시간은 이송속도가 140rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 21초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 60rpm에서 공기배출조절장치를 완전히

개방했을 때 32초로 가장 느리게 나타났다. 뿐만 아니라 흡입 시 20kg이었던 배지가 연화·세절과정에서 관 내부 부착, 탈수현상 등으로 입상 후 19.4~19.8kg로 중량변화가 발생하였다.

Table 26 The acquired Intake & loading ability at minimum(10°) transporting angle of Belt conveyor for the 3,183rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)




Condition		Airflow control disk												
		full open				1/2 open				closed				
														
Shaft rpm	3183	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading		
Belt conveyor	Transport angle	min (10°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time
		0.87	20	15	19.6	25	20	15	19.9	22	20	15	19.8	21
		0.75	20		19.7	25	20		19.8	24	20		19.6	22
	m/s	0.61	20		19.5	25	20		19.6	24	20		19.4	22
		0.49	20		19.6	26	20		19.6	25	20		19.5	22
		0.37	20		19.8	32	20		19.4	29	20		19.6	26

표 27은 송풍기 회전수 3,183rpm하에서 이송각도가 최대값 40°로 지면으로부터 높이 3.5m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 입상 시간은 이송속도가 140rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 29초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 60rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 개방했을 때 37초로 가장 느리게 나타났다. 또한, 이송각도가 최소 10°일 때는 이송속도 0.61m/s에 대해 공기배출조절장치의 개폐에 따른 평균 입상시간이 23.7초였으나 이송각도가 최대 40°일 때는 31초로 나타나 이송각도가 커질수록 배지를 흡입하여 입상하는데 까지 걸리는 시간이 24%정도 느려짐을 알 수 있다.

뿐만 아니라 같은 조건에서 송풍기 회전수 3,712rpm일 때와 비교해 보면, 0.61m/s에 대해 공기배출조절장치의 개폐에 따른 평균 입상시간이 23.7초로 입상시간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 27. The acquired Intake & loading ability at maximum(40°) transporting angle of Belt conveyor for the 3,183rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)




Condition		Airflow control disk																	
		full open				1/2 open				closed									
																			
		90°		45°		0°													
Shaft rpm	3183	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading							
Belt conveyor	Transport angle	maxi (40°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time					
		0.87	20	15	19.8	31	20	15	19.8	30	20	15	19.8	29					
		0.75	20		19.6	32	20		19.7	32	20		19.6	30					
	m/s	0.61	20		19.4	32	20		19.7	31	20		19.4	30					
		0.49	20		19.5	34	20		19.6	33	20		19.5	32					
		0.37	20		19.6	37	20		19.8	37	20		19.8	35					

표 28은 송풍기 회전수 2,880rpm하에서 이송각도가 최소값 10°로 지면으로부터 높이 1m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 입상 시간은 이송속도가 140rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 23초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 60rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 개방했을 때 33초로 가장 느리게 나타났다. 뿐만 아니라 흡입 시 20kg이었던 배지가 연화·세절과정에서 관 내부 부착, 탈수현상 등으로 입상 후 19.4~19.8kg로 중량변화가 발생하였다.

Table 28. The acquired Intake & loading ability at minimum(10°) transporting angle of Belt conveyor for the 2,880rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)




Condition		Airflow control disk												
		full open				1/2 open				closed				
														
Shaft rpm	2880	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading		
Belt conveyor	Transport angle	min (10°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time
		m/s	0.87	20	15	19.8	27	20	15	19.5	25	20	15	19.7
		0.75	20	19.8		27	20	19.6		25	20	19.8		24
		0.61	20	19.6		28	20	19.8		25	20	19.6		24
		0.49	20	19.7		28	20	19.4		27	20	19.4		25
		0.37	20	19.4		33	20	19.8		31	20	19.8		28




표 29는 송풍기 회전수 2,880rpm하에서 이송각도가 최대값 40°로 지면으로부터 높이 3.5m에서 배지를 배출할 때 공기배출조절장치의 개폐에 따른 20kg 배지의 흡입시간, 입상중량, 입상시간을 나타낸 것이다. 표에서 보는바와 같이 입상 시간은 이송속도가 140rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 35초로 가장 빠르게 나타났고 이송속도가 60rpm에서 공기배출조절장치를 완전히 개방했을 때 44초로 가장 느리게 나타났다. 또한, 이송각도가 최소 10°일 때는 이송속도 0.61m/s에 대해 공기배출조절장치의 개폐에 따른 평균 입상시간이 25.7초였으나 이송각도가 최대 40°일 때는 37.3초로 나타나 이송각도가 커질수록 배지를 흡입하여 입상하는데 까지 걸리는 시간이 32%정도 느려짐을 알 수 있다.

뿐만 아니라 같은 조건에서 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm일 때와 비교해 보면, 0.61m/s에 대해 공기배출조절장치의 개폐에 따른 평균 입상시간이 25.7초로 상대적으로 길게 나타나 적정송풍기 회전수는 3,183rpm으로 하는 것

이 경제성에서 우수한 것으로 나타났다.

Table 29. The acquired Intake & loading ability at maximum(40°) transporting angle of Belt conveyor for the 2,880rpm of fan shaft

(Unit: kg, sec)

Condition		Airflow control disk												
		full open				1/2 open				closed				
		 90°				 45°				 0°				
Shaft rpm	2880	Intake		loading		Intake		loading		Intake		loading		
Belt conv eyor	Transport angle	max (°)	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time	Qty,	Time
Belt conv eyor	m/s	0.87	20	15	19.8	37	20	15	19.7	36	20	15	19.7	35
		0.75	20		19.4	38	20		19.8	37	20		19.8	36
		0.61	20		19.8	39	20		19.8	37	20		19.6	36
		0.49	20		19.9	42	20		19.8	30	20		19.6	38
		0.37	20		19.6	44	20		19.6	42	20		19.5	40

2) 최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능

그림 62는 송풍기 회전속도가 3,712rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 모두 열었을 때 컨베이어의 이송속도와 이송각도 변화에 따른 20kg의 배지를 입상하는데 소요되는 시간을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 컨베이어의 이송속도가 빠르면 배지의 입상소요시간이 감소함을 알 수 있다. 0.87m/s일 때 입상소요시간이 25초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상소요시간이 39초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도가 빠를수록 입상시간이 짧아지지만, 이송각도가 클 때 배지를 던져버려 수직낙하거리에 대한 수평거리가 멀어지는 경향을 보였고 0.37m/s이하의 이송속도에서는 배지흡입, 송풍기, 사이클론의 작업이 끝난 후에도 배지이송을 기다려야하는 상황이 되어 0.61m/s에서 비교적 안정된 이송상태를 보였다. 또한, 이송각도 S2(22°)와 S3(28°)에서는 큰 영향을 받지 않고 비슷한 입상시간을 보였다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	30	34	35	35	37	39
0.49m/s	25	31	31	32	35	37
0.61m/s	25	27	28	29	34	35
0.75m/s	25	26	26	27	32	34
0.87m/s	25	25	25	26	31	33

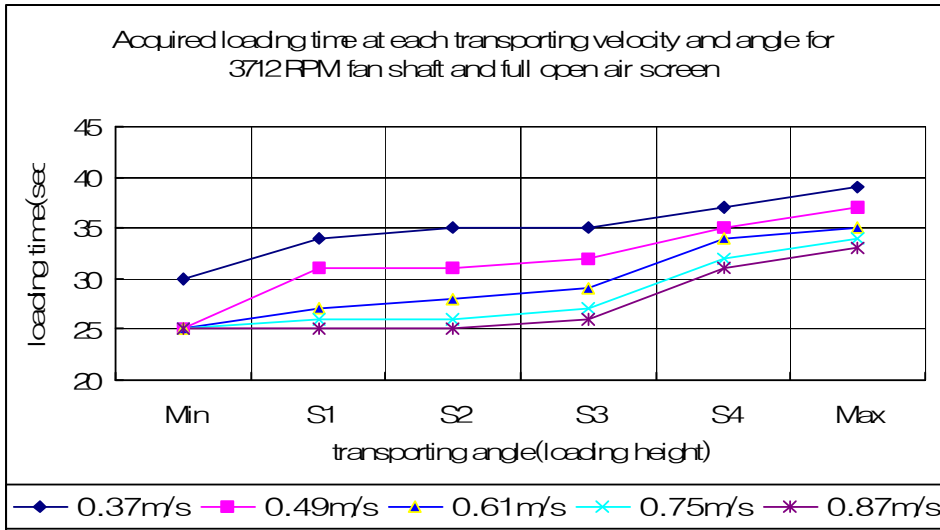


Fig. 62 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3712rpm,air screen:full open)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 29.6초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,679kg으로 나타났다.

그림 63은 송풍기 회전속도가 3,712rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 1/2 열었을 때 컨베이어의 이송속도와 이송각도 변화에 따른 20kg의 배지를 입상하는데 소요되는 시간을 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 23초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 38초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질

수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 28.2초로 시간당 입상능력은 2,553kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	28	33	33	32	35	38
0.49m/s	24	30	30	29	33	36
0.61m/s	23	26	28	27	31	34
0.75m/s	24	24	25	25	31	32
0.87m/s	23	23	24	24	29	31

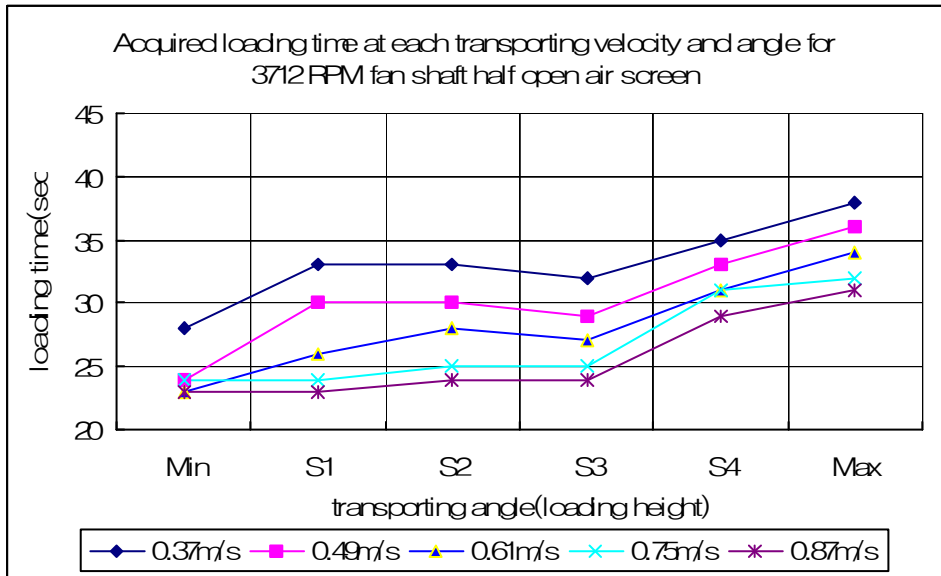


Fig. 63 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3712rpm,air screen:1/2OPEN)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 1/2정도 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 28.2초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,553kg으로 나타났다.

그림 64는 송풍기 회전속도가 3,712rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 컨베이어의 이송속도와 이송각도 변화에 따른 20kg의 배지를 입상하는데 소요되는 시간을 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 21초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 37초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 27.3초로 시간당 입상능력은 2,637kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	25	31	32	31	34	37
0.49m/s	22	29	29	28	32	35
0.61m/s	21	26	27	26	31	33
0.75m/s	21	24	25	25	29	32
0.87m/s	21	22	23	23	28	30

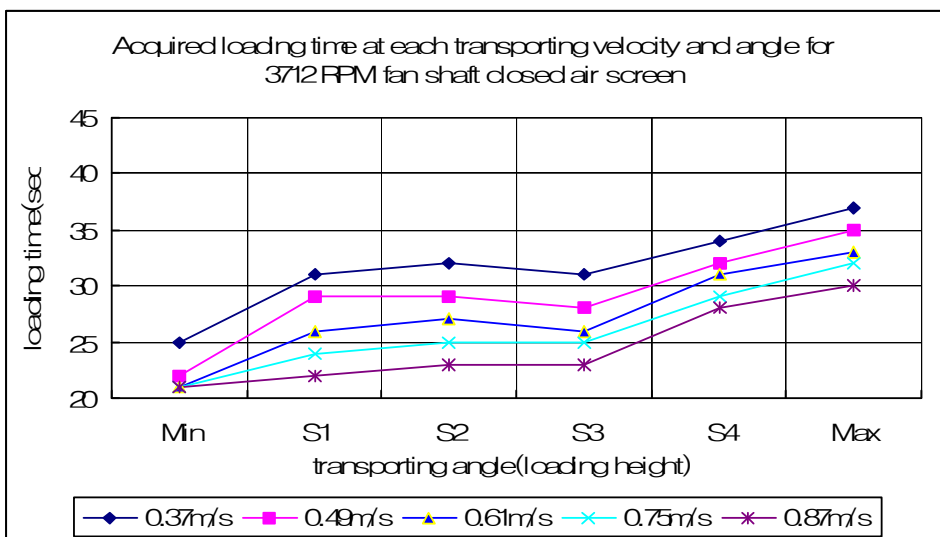


Fig. 64 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3712rpm,air screen:closed)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 27.3초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,637kg으로 나타났다.

이상 그림 62, 63, 64를 종합적으로 고찰하여 보면 벨트컨베이어 이송속도를 0.61m/s로 일정하게 할 때 배지 20kg을 입상할 때 벨트 컨베이어 이송각도 6수준에 대해 평균 소요되는 시간은 공기배출조절장치를 완전 연 상태일 때 29.6초, 1/2 연 상태일 때 28.2초, 완전히 닫은 상태일 때 27.3초로 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태일 때 입상시간이 가장 빠르게 나타났으며 이때 시간당 입상 능력은 각각 2,679kg, 2,553kg, 2,637kg으로 나타났다.

그림 65는 송풍기 회전속도가 3,183rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 열었을 때 컨베이어의 이송속도와 이송각도 변화에 따른 20kg의 배지를 입상하는데 소요되는 시간을 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 25초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 37초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 28초로 시간당 입상능력은 2,571kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	32	33	36	36	36	37
0.49m/s	26	27	30	33	32	34
0.61m/s	25	25	27	28	31	32
0.75m/s	25	25	26	27	31	32
0.87m/s	25	25	26	26	30	31

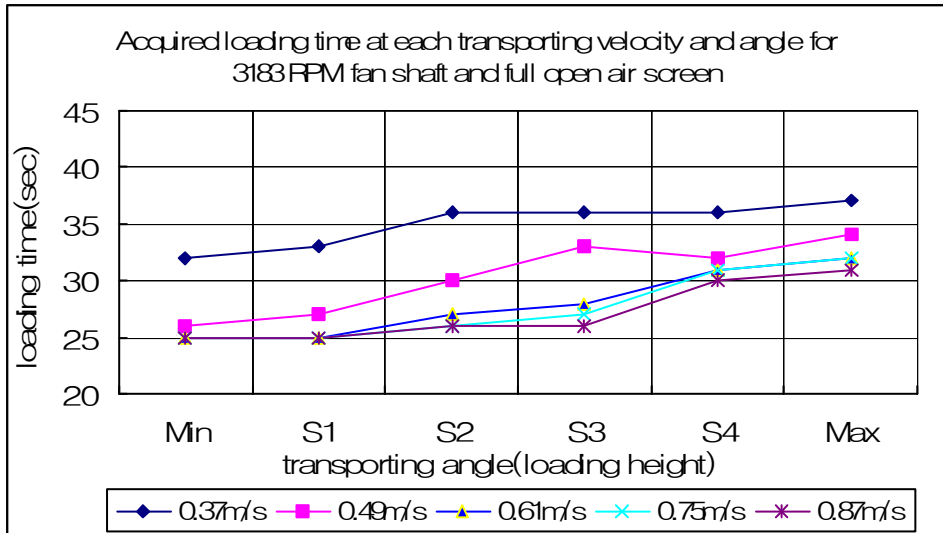


Fig. 65 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3,183rpm,air screen:full open)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,183rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 28초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,571kg으로 나타났다.

그림 66은 송풍기 회전속도가 3,183rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 1/2 열었을 때 컨베이어의 이송속도에 따른 20kg 배지의 입상시간을 이송각도에 따라 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 22초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 37초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보

였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 27.5초로 시간당 입상능력은 2,618kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	29	33	34	34	36	37
0.49m/s	25	29	31	31	33	33
0.61m/s	24	25	28	27	30	31
0.75m/s	24	23	26	26	30	32
0.87m/s	22	22	25	25	28	30

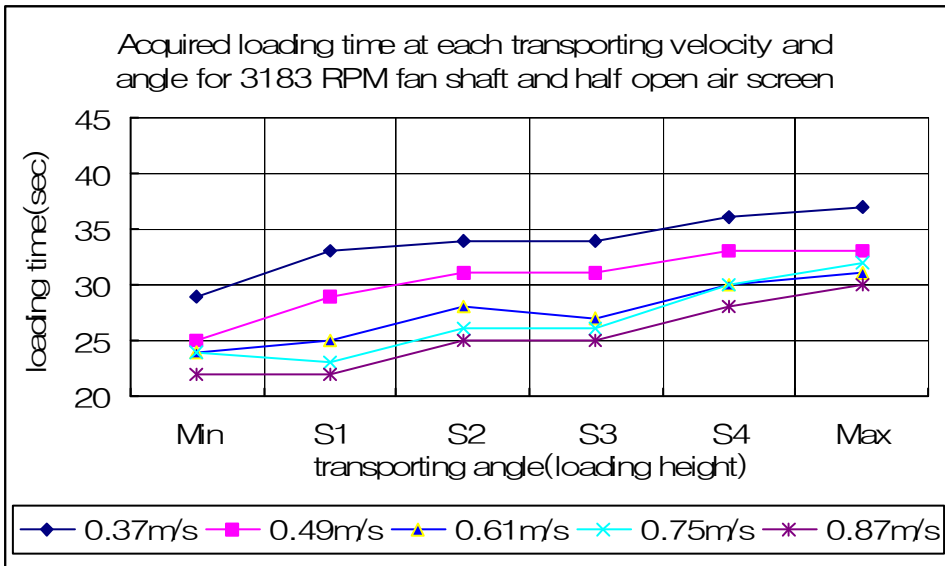


Fig. 66 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3,183rpm,air screen:1/2OPEN)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 1/2정도 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,183rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 27.5초로 나타났다고 시간당 입상능력은 2,618kg으로 나타났다.

그림 67은 송풍기 회전속도가 3,183rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 컨베이어의 이송속도에 따른 20kg 배지의 입상시간을 이송 각도에 따라 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 21초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 35초로 가장 느리게 나타났다. 이송 속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 26.7초로 시간당 입상능력은 2,697kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	26	30	33	34	34	35
0.49m/s	22	29	29	29	31	32
0.61m/s	22	26	27	26	29	30
0.75m/s	22	25	27	26	28	30
0.87m/s	21	21	24	3	27	29

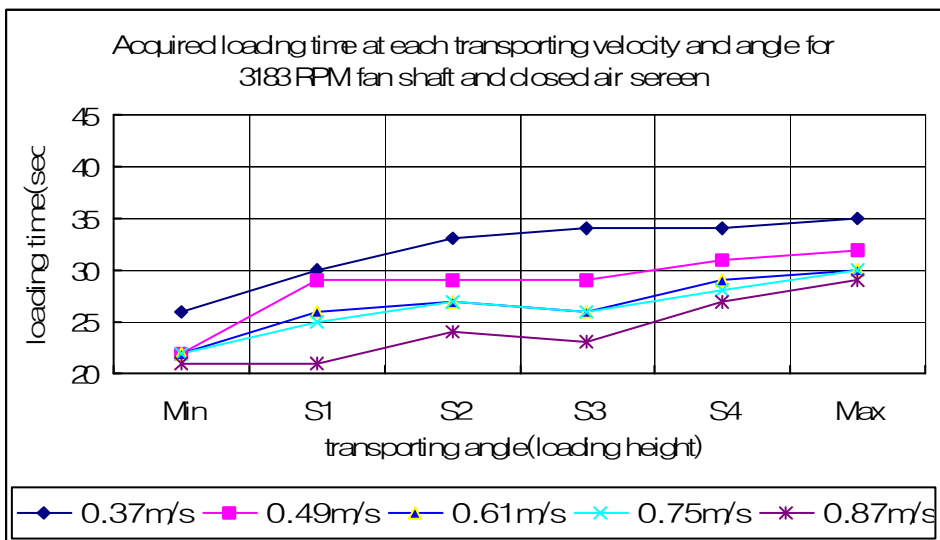


Fig. 67 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:3,183rpm,air screen:closed)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태에서 송풍기 회전수 3,183rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 26.7초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,697kg으로 나타났다.

이상 그림 65, 66, 67을 종합적으로 고찰하여 보면 벨트컨베이어 이송속도를 0.61m/s로 일정하게 할 때 배지 20kg을 입상할 때 벨트 컨베이어 이송각도 6수준에 대해 평균 소요되는 시간은 공기배출조절장치를 완전 연 상태일 때 28초, 1/2 연 상태일 때 27.5초, 완전히 닫은 상태일 때 26.7초로 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태일 때 입상시간이 가장 빠르게 나타났으며 이때 시간당 입상 능력은 각각 2,571kg, 2,618kg, 2,697kg으로 나타났다.

그림 68은 송풍기 회전속도가 2,880rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 열었을 때 컨베이어의 이송속도에 따른 20kg 배지의 입상시간을 이송각도에 따라 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 27초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 44초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 32.2초로 시간당 입상능력은 2,236kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	33	38	40	40	40	44
0.49m/s	28	31	34	38	37	42
0.61m/s	28	29	31	31	35	39
0.75m/s	27	28	30	30	35	38
0.87m/s	27	28	29	30	34	37

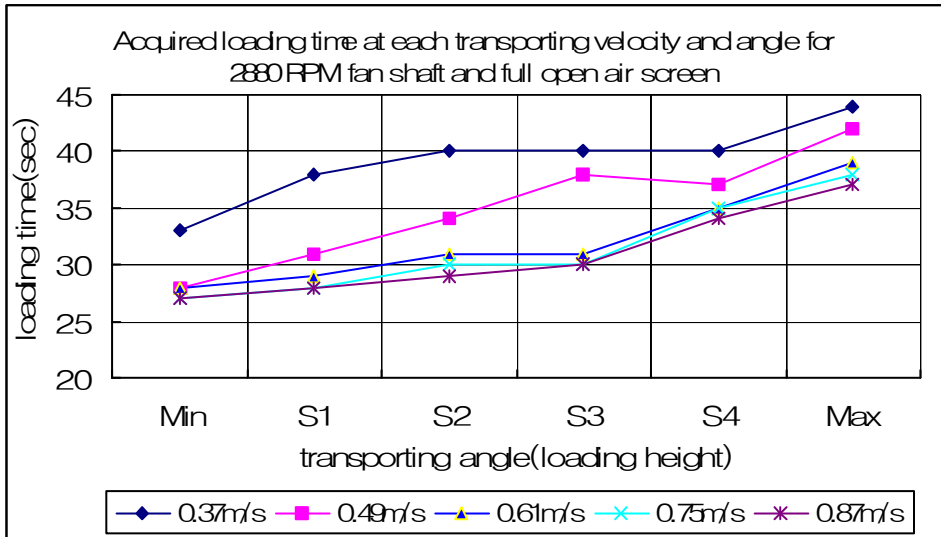


Fig. 68 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:2880rpm,air screen:full open)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 32.2초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,236kg으로 나타났다.

그림 69는 송풍기 회전속도가 2,880rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 1/2 열었을 때 컨베이어의 이송속도에 따른 20kg 배지의 입상시간을 이송각도에 따라 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 25초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 42초로 가장 느리게 나타났다. 이송속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보

였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 30초로 시간당 입상능력은 2,400kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	31	35	36	38	38	42
0.49m/s	27	31	32	34	35	40
0.61m/s	25	27	29	29	33	37
0.75m/s	25	25	27	29	33	37
0.87m/s	25	25	27	28	31	36

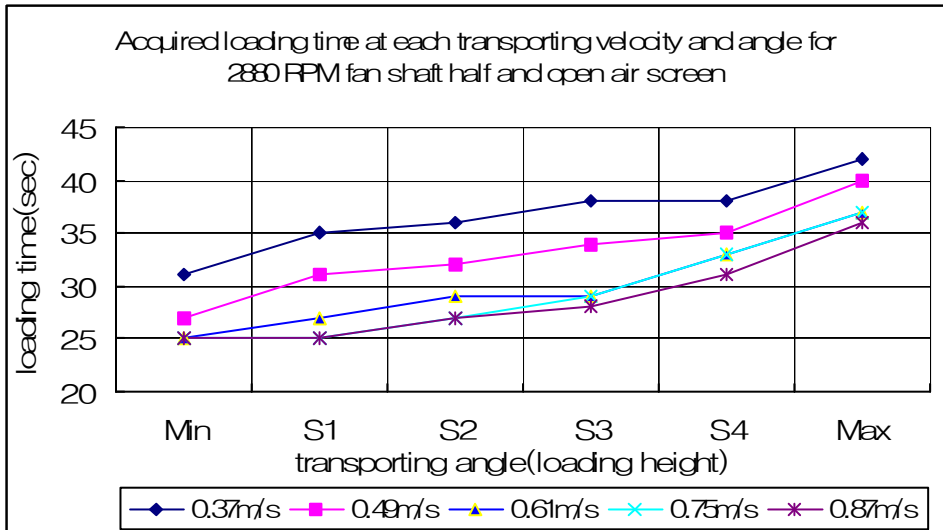


Fig. 69 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:2880rpm,air screen:1/2 open)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 1/2정도 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 30초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,400kg으로 나타났다.

그림 70은 송풍기 회전속도가 2,880rpm이고 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 닫았을 때 컨베이어의 이송속도에 따른 20kg 배지의 입상시간을 이송 각도에 따라 나타낸 것으로 이송속도가 0.87m/s일 때 입상시간이 23초로 가장 빠르게 나타났고, 0.37m/s일 때 입상시간이 40초로 가장 느리게 나타났다. 이송 속도는 입상속도와 관련된 것으로 속도가 빠를수록 입상시간은 감소하는 경향을 보였고 이송각도는 입상각도와 관련된 것으로 각도가 커질수록 사이클론 토출부와 컨베이어이송부가 만나는 부분에서 배지의 누적현상이 심하여 전체적으로 입상시간이 느리게 나타났다. 또한, 중요시되는 이송속도 0.61m/s에서 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 29.7초로 시간당 입상능력은 2,424kg으로 나타났다.

conveyor transport velocity	angle					
	Min	S1	S2	S3	S4	Max
0.37m/s	28	34	35	35	36	40
0.49m/s	25	32	32	34	34	38
0.61m/s	24	28	29	30	31	36
0.75m/s	24	27	29	30	31	36
0.87m/s	23	24	26	27	30	35

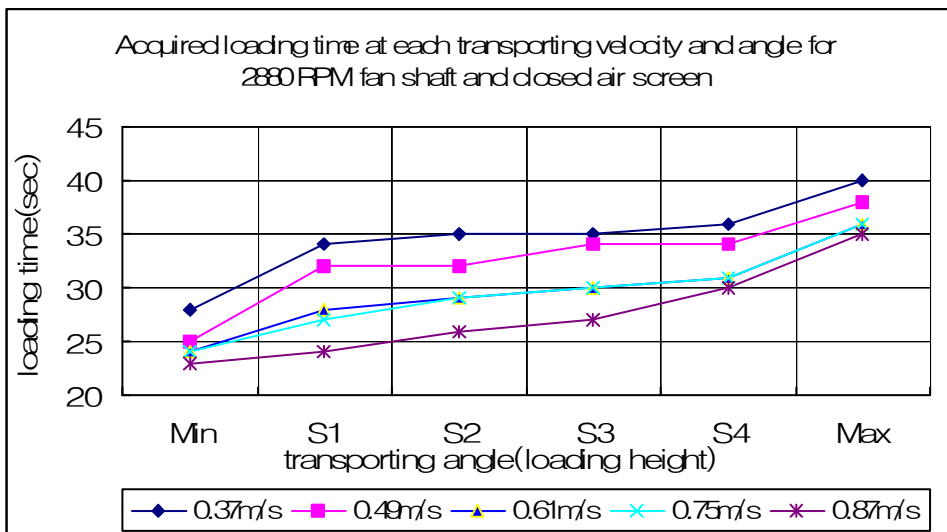


Fig. 70 Comparison graph of acquired loading time at each transporting velocity and angle (fan shaft:2880rpm,air screen:closed)

최종배출장치부의 이송속도, 이송각도에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태에서 송풍기 회전수 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 29.7초로 나타났고 시간당 입상능력은 2,424kg으로 나타났다.

이상 그림 68, 69, 70을 종합적으로 고찰하여 보면 벨트컨베이어 이송속도를 0.61m/s로 일정하게 할 때 배지 20kg을 입상할 때 벨트 컨베이어 이송각도 6수준에 대해 평균 소요되는 시간은 공기배출조절장치를 완전 연 상태일 때 32.2초, 1/2 연 상태일 때 30초, 완전히 닫은 상태일 때 29.7초로 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태일 때 입상시간이 가장 빠르게 나타났으며 이때 시간당 입상 능력은 각각 2,236kg, 2,400kg, 2,424kg으로 나타났다.

나. 농가 실증사용에 따른 경제성 분석

표 30은 우리나라의 년 간 1인당 느타리버섯 소비량을 나타낸 것으로 97년도에 1.77kg을 소비한 이후 다양한 버섯의 소비로 차츰 감소하여 2004년에는 1.08kg을 소비하여 10년간 1인당 평균 1.48kg을 꾸준히 소비한 것을 알 수 있다. 2005년 1월 현재 느타리버섯 상품 2kg의 가격은 9,750원, 중품 2kg의 가격은 6,750원, 하품 2kg의 가격은 3,250원으로 1년간 국민 1인당 느타리버섯 구입비용으로 최하 1,755원에서 최고 5,265원으로 평균 3,510원을 지출하고 있는 것이다.

Table 30 The consumption volume of oyster mushroom and total mushroom for each person in a year (unit: kg)

Year	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	
Consumption	1.59	1.51	1.77	1.59	1.60	1.47	1.45	1.48	1.29	1.08	
total mushroom								3.03	3.25		

표 31은 국내 느타리버섯 재배 농가에서 100평을 운영할 경우 각 작업단계에서 필요로 하는 노동력을 시간으로 나타낸 것으로 총 소요되는 시간 1208.8시간 중에 배지제조를 위한 폐쇄털이, 물추기기, 임시쌓기, 야외쌓기, 뒤집기, 절단작업에 145시간으로 12%를, 입상과 폐상에 각각 74.1, 36.8시간으로 6.1%, 3.0%를, 수확과 포장에 각각 286.0, 306.8시간으로 23.7%, 25.4%를 차지하였다. 이는 작업단계별로 보면 배지의 입상과 폐상작업에 소요되는 노동투하시간

110.9시간(9.1%)으로 수확단계와 선별포장단계에서 소요되는 노동투하 시간 592.8시간(49.1%)보다 적으나 수확과 선별단계에서 소요되는 노동 강도와는 비교가 되지 않는 중노동을 요하고 있다는 것에 문제점이 있다. 또한, 총 소요되는 시간 1208.8시간 중에서 자가 노동력으로는 80%정도인 964시간을 고용노동력으로 20%정도인 244.8시간을 투하하고 있는데 일용직 인부를 이용하는 고용노동력의 경우 수확과 포장작업단계에 가장 큰 비중으로 각각 61.6, 76.9시간을 차지하고 있으며 그 다음으로 입상작업에 30.3시간을 차지하여 많은 노동력이 집중적으로 필요함을 알 수 있다. 뿐만 아니라 총 소요되는 노동시간 1208.8시간 중 남성 요구 노동시간이 47%인 570.9시간이었고 여성 요구 노동시간이 53%인 637.9시간으로 수확과 선별 작업과정에 여성의 인력이 남성보다 10배 이상 고용노동력으로 활용됨을 알 수 있고 자가 노동력의 남녀 노동시간을 비교하면 각각 511.5시간, 452.2시간으로 느타리버섯 채배 농가에서는 부부가 전업농 형태로 생산함을 알 수 있다.

Table 31 Required time of manpower at each working process for oyster mushroom production (Hour/330m²)

Working Process	Self Manpower			Employed Manpower			TOTAL			RATE (%)
	Man	Female	SUM	Man	Female	SUM	Man	Female	SUM	
• Material manufacture										12.0
Softening	21.8	15.6	37.4	8.0	7.8	15.8	29.8	23.4	53.2	
Sprinkling water	16.2	13.0	29.2	2.8	2.8	5.6	19.0	15.8	34.8	
Stacking temporary	5.4	4.0	9.4	1.4	0.6	2.0	6.8	4.6	11.4	
Stacking out-door	7.3	5.2	12.5	1.8	1.1	2.9	9.1	6.3	15.4	
Reversing	9.9	6.8	16.7	2.4	2.0	4.4	12.3	8.8	21.1	
Cutting	3.6	2.5	6.1	1.7	1.3	3.0	5.3	3.8	9.1	
• Loading	23.9	19.9	43.8	13.1	17.2	30.3	37.0	37.1	74.1	6.1
• disinfection and post-ferment	19.1	11.3	30.4	1.5	1.1	2.6	20.6	12.4	33.0	2.7
• Spawn Planting	22.0	17.6	39.6	8.0	15.9	23.9	30.0	33.5	63.5	5.3
• Soil covering	0.8	0.7	1.5	0.2	0.1	0.3	1.0	0.8	1.8	0.1
• Management										15
Spawn growth	48.0	23.3	71.3	0.0	0.5	0.5	48.0	23.8	71.8	
Mushroom growth	63.4	45.3	108.7	0.0	0.4	0.4	63.4	45.7	109.1	
• Prevention	13.2	8.6	21.8	0.1	1.3	1.4	13.3	9.9	23.2	1.9
• Harvest	109.9	114.5	224.4	5.3	56.3	61.6	115.2	170.8	286.0	23.7
• Packing	97.9	132.0	229.9	6.0	70.9	76.9	103.9	202.9	306.8	25.4
• Arranging	24.6	16.8	41.4	1.9	2.3	4.2	26.5	19.1	45.6	3.8
• Unloading	18.4	10.6	29.0	4.8	3.0	7.8	23.2	13.6	36.8	3.0
• etc.	6.1	4.8	10.9	0.4	0.8	1.2	6.5	5.6	12.1	1.0
TOTAL	511.5	452.2	964	59.4	185.4	244.8	570.9	637.9	1,208.8	100

*“작목별 작업단계별 노동력 투하시간” 농업경영연구보고, 2002, 농촌진흥청

개발된 배지 입·폐상 장치의 농가실증 테스트를 위해 경북 의성군에 소재한 버섯 재배 농가를 방문하였으며 그림 71과 72는 1톤 트럭을 이용해 기계를 운반하는 모습과 로더를 장착한 트랙터를 이용해 상·하차 하는 모습을 나타낸 것이다.



Fig. 71 Transport of developed machine by 1 ton truck



Fig. 72 Loading of developed machine by the loader attached tractor

그림 73은 입상을 기다리는 배지를 야외에 쌓아둔 모습을 보여주는 것이고 그림 74는 입상을 하기 전의 느타리버섯 재배사 내부를 보여주는 것으로 4단으로 이루어진 균상이 좌우 2열로 배열이 되어 있고 각 단에는 입상작업, 폐상작업, 수확작업등의 작업관리 시 편의 제공을 위해 레일이 장착되어 이동 가능한 작업 공간이 설치되어 있는 것을 볼 수 있다.



Fig. 73 Stack of sub-rate materials waiting for loading on the field test



Fig. 74 Inner scenery of shelves and work

그림 75는 개발된 느타리버섯 배지 입·폐상장치를 이용해 야외에 쌓아 두었던 배지를 버섯 재배사 내부로 입상하는 모습을 나타낸 것으로 재배사 균상의 4단에 입상이 이루어지는 장면을 보여주는 것이다. 폭 1.4m이고 길이 17.8m인 균상 1단을 입상하는데 소요되는 시간은 평균 20분으로서 8개단을 모두 입상하는데 걸리는 순수한 입상 소요시간은 2시간 40분으로 나타났다. 또한, 그림 76은 제어 박스의 모습을 보여주는 것으로 총 8가지의 제어인자로 구성되었다.



Fig. 75 Loading of sub-rate materials on 4th shelf



Fig. 76 Control panel of sub-rate materials loading machine

느타리버섯 재배용 배지 입·폐상 장치의 경제성 분석을 위해 관행적인 방법에 의한 고정비와 변동비를 계산하고 개발된 입·폐상 장치의 연간고정비용과 기계비용을 산출하여, 입·폐상 장치의 손익분기규모를 산출하였다. 또한 입·폐상 장치 이용에 의한 소요비용의 절감효과를 평가하였다.

경제성 분석에 있어서는 기계의 감가상각비의 산정은 직선법에 의해 산출하였으며, 기계의 폐기가격은 구입가의 10%로 하였으며, 내구년수는 10년, 연간 기계수리비는 기계구입금액의 5%, 연간 이자율은 기계구입금액의 4%로 하였고, 입·폐상 장치의 사용에 따른 전기료는 기본요금 1,100원/kWh과 전력요금 37.8원/kWh으로 60평 재배사 1동을 입상하는데 소요되는 시간은 작업시간, 이동시간을 고려하면 4시간정도로 계산된 전력요금은 약4,000원으로 하였으며, 1일당 임금 은 남자 59,015원, 여자 39,265원(농협조사월보, 2004)으로 현금지급액과 급식물 평가액을 합한 것으로 산출하였다. 또한 개발된 입·폐상 장치의 구입가격은 5,000,000원으로 하여 계산하였다.

표 32는 경제성 분석결과를 나타낸 것으로 이동식 작업사다리와 인력 운반 시(A), 트랙터와 1톤 트럭을 이용한 인력 운반 시(B)의 관행적인 방법에 의한 소요비용과 개발된 장치를 이용할 경우의 경제성을 비교한 것이다.

이동식 작업사다리와 인력 운반 시(A) 자가 인력 및 동원 인력은 1회 입·폐상 작업 시 성인남자 3인, 성인여자 3인으로 1일 8시간 작업이 이루어지고 이와 같은 작업을 연간 4회 실시함으로 192시간으로 하였다. 표에서와 같이 관행적인 인력에 의한 배지의 입·폐상 작업에 소요되는 비용은 성인남자의 인건비 708,180원, 성인여자의 인건비 471,180원으로 2a당 1,179,360원이 소요되며 60평 재배사 5동을 입상할 경우 5,896,800원이 지출하게 되고, 입·폐상 장치에 의한 작업의 경우에는 기계의 감가상각비, 수리비, 이자 등을 포함하여 산출한 결과 2,945,600원의 비용이 소요되는 것으로 나타나 인력에 의한 작업에 비해 49.9%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

트랙터와 1톤 트럭을 이용한 인력 운반 시(B) 자가 인력 및 동원 인력은 1회 입·폐상 작업 시 성인남자 2인, 성인여자 2인으로 1일 8시간 작업이 이루어지

고 이와 같은 작업을 연간 4회 실시함으로 132시간으로 하였다. 표에서와 같이 관행적인 인력에 의한 배지의 입·폐상 작업에 소요되는 비용은 성인남자의 인건비 472,120원, 성인여자의 인건비 314,120원으로 2a당 786,240원이 소요되어 60평 재배사 5동을 운영할 경우 3,931,200원 지출하게 되어 입·폐상 장치에 의한 입상 시의 소요비용 2,945,600와 비교해 25.1%의 비용 상승효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 이동식 작업사다리와 인력 운반 시(A)와 비교해서는 소요 인원과 경비 면에서 우수한 것으로 보이지만 트랙터와 로더전부장치, 트럭 등의 초기 구입비용이 추가로 필요한 것으로 나타났다.

Table 32 Analysis of economic efficiency

Item		Manual		Prototype	Remark
		A*	B**		
Purchase price (won)				5,000,000	
Durable year (yr)				10	
Total utilization (hr/yr)				80	
Fixed cost (won/yr)	Depreciation			450,000	straight-line method
	Repair cost			250,000	5% annual
	Interest			200,000	4% annual
	Subtotal			900,000	
Variable cost (won/10a)	Labour	5,896,800	3,931,200	1,965,600	
	Power cost			80,000	1,100won/kwh
Performance (hr/10a)		960	660	80	4 times/yr
Total (won/10a)		5,896,800	3,931,200	2,945,600	

*Manual A: Portable ladder and human

**Manual B: Tractor, 1 ton truck and human

표 33은 느타리버섯 재배 면적이 증가함에 따라 관행적인 방법 A, B에 의해서 작업을 하는 것과 개발된 입·폐상 장치를 이용해 작업을 할 경우의 소요비용을 계산한 것으로 60평 재배사 1동을 경영할 경우에는 개발된 배지 입·폐상

기계의 구입으로 인한 소요비용이 이동식사다리와 인력을 이용할 경우(A)와 비교할 경우에는 193,760원이 더 지출되고, 트랙터와 1톤 트럭을 이용할 경우(B)와 비교할 경우에는 586,880원이 더 지출되어 2a 규모의 버섯 배사에서는 기계구입으로 작업 노동 강도의 감소는 기대 할 수 있으나 경제적인 장점은 없는 것을 알 수 있다.

Table 33 Cost analysis according to increase of cultivating area

Area(a)	Cost(won)		
	Manual A*	Manual B**	Prototype
2a	1,179,360	786,240	1,373,120
4a	2,358,720	1,572,480	1,766,240
6a	3,538,080	2,358,720	2,159,360
8a	4,717,440	3,144,960	2,552,480
10a	5,896,800	3,931,200	2,945,600
12a	7,076,160	4,717,440	3,338,720
14a	8,255,520	5,503,680	3,731,840
16a	9,434,880	6,289,920	4,124,960
18a	10,614,240	7,076,160	4,518,080
20a	11,793,600	7,862,400	4,911,200

*Manual A: Portable ladder and human

**Manual B: Tractor, 1 ton truck and human

또한 트랙터와 1톤 트럭 및 인력을 이용(B) 한 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 4.97a 일 때, 소요비용이 1,962,800원으로 기계구입에 따른 손실을 보전할 수 있는 것으로 나타났다. 즉, 버섯재배사 2동 반 정도의 규모에서 배지 입상기를 이용하면 인력에 의한 입상작업에 비해 경제적인 것임을 알 수 있어 역시 3동 이상 경영하는 농가에 권장하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

그림 77은 느타리버섯 배지 입상기의 손익분기 재배규모를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 기계의 이용비는 재배면적의 증가에 따라 초기 기계 구입 시

발생되는 고정비 외에 인건비 발생에 따른 변동비와 관련해 소폭 증가하나 관행적인 방법 중 이동식 사다리와 인력에 의존(A)하는 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 2.38a 일 때, 인력 및 기계이용에 따른 소요비용 1,608,992원으로 나타나 적어도 버섯재배사 규모를 1동 반 이상을 운영하였을 때 기계구입에 따른 손실을 보전할 수 있는 것으로 나타나 60평 버섯재배사 2동 이상 경영하는 농가에 권장하여야 인력작업에 비해 경제적인 것임을 보여주었다.

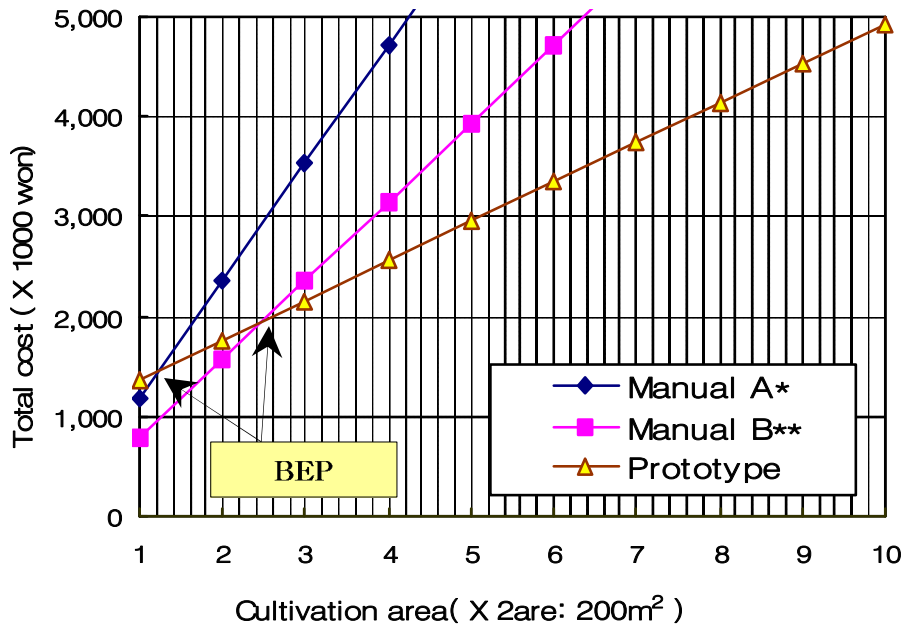


Fig. 77 Break-even point for the developed loading machine of Sub-rate Material for oyster mushroom

6. 결론

느타리버섯 배지 입·폐상 장치의 시작기를 제작하여 성능평가를 실시하고 개발된 시작기로 농가에서 실증테스트를 통한 경제성 분석을 한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 최종배출장치부의 이송속도에 따른 입상성능은 이송속도가 빠를수록 입상시간이 짧아지지만, 이송각도가 클 때는 배지를 던져버려 낙하수직거리에 대한 수평거리가 멀어지는 경향을 보였고 0.37m/s이하의 이송속도에서는 배지 흡입, 송풍기, 사이클론의 작업이 끝난 후에도 배지이송을 기다려야하는 상황이 되어 0.61m/s에서 비교적 안정된 이송상태를 보였다. 또한, 이송각도 S2(22°)와 S3(28°)에서는 큰 영향을 받지 않고 비슷한 입상시간을 보였다.
- 2) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 완전히 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 29.6초, 28초, 32.2초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,679kg, 2,571kg, 2,236kg으로 나타났다.
- 3) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 공기배출조절장치를 1/2정도 열어 놓은 상태에서 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 각각의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 28.2초, 27.5초, 30초로 나타났고 시간당 입상능

력은 각각 2,553kg, 2,618kg, 2,400kg으로 나타났다.

4) 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 사이클론의 공기배출조절장치를 완전히 닫은 상태가 완전히 열어 놓거나 1/2열어 놓은 경우보다 우수하였으며 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6단계의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 27.3초, 26.7초, 29.7초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,637kg, 2,697kg, 2,424kg으로서 송풍기의 최적회전수는 3,183rpm으로 나타났다.

5) 시작기의 경제성 평가 결과 관행적인 방법 중 이동식 사다리와 인력에 의존(A)하는 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 2.38a 일 때, 인력 및 기계이용에 따른 소요비용 1,608,992원으로 나타났고 트랙터와 1톤 트럭 및 인력을 이용(B)한 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 4.97a 일 때, 소요비용이 1,962,800원으로 나타났다.

제 4 절 종합 결론

국내외적으로 버섯에 대한 수요는 점차 증가하는 추세이며 특히, 느타리버섯은 가장 소비가 많은 버섯 중의 하나이다. 그러나 버섯을 재배하는 과정 중 배지의 입상과 폐상에 투입되는 노동시간과 작업의 노동 강도가 높아 농가에서는 이러한 작업의 기계화가 절실히 필요한 상태이다. 이에 느타리버섯 농가에서 배지의 입·폐상 작업을 기계화 할 수 있는 장치를 개발하기 위해 느타리버섯 재배사의 재배환경조사 및 배지의 물성 시험, 장치 설계 요인 구명시험, 시작기 제작 및 실증테스트를 통한 경제성 분석을 한 결과를 종합적으로 요약하면 아래와 같다.

1. 느타리버섯 배지 입상 및 폐상장치 개발을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 느타리버섯 재배사의 재배환경 조사와 배지의 물리적인 특성을 시험한 결과 전체 버섯재배농가의 60.4%를 차지하는 부업형 농가에서는 버섯 재배사의 형태가 7.55평(17.8m×1.4m) 정도의 균상을 수평으로 2단, 수직으로 4단으로 설치하여 60.4평의 균상을 마련하였다.
2. 60평 재배사 1동을 부부 2인이 입상하는데 소요되는 시간은 이동식 작업 사다리와 쇼핑용 바구니를 이용하는 작업체계의 경우에는 약32시간이 소요되었고 트랙터와 트럭을 이용하는 작업체계의 경우 약12시간이 소요되었으나 여전히 최종 입상은 인력으로 이루어지고 있었다.
3. 수입되는 방울 솜의 솜 대 깎지비는 60:40, 70:30, 80:20으로 버섯재배용으로 70:30인 지닝 방울 솜을 주로 사용하는 것으로 나타났고, 함수율은 각각 69%, 70%, 71%(RH)로 나타났으며 비중량은 각각 26.35kg/m³, 26.14kg/m³,

25.92kg/m³를 나타내어 송풍기 회전차 설계에서 26kg/m³의 값을 사용하였다.

4. 60평 재배사 1동을 기준으로 할 경우 함수율 70%(w.b)인 배지가 12,000kg 소요되므로 입상에 소요되는 시간을 4시간으로 볼 때 송풍기는 시간당 3,000kg이상의 배지를 흡입할 수 있는 성능을 가져야 하는 것으로 나타났다.
5. 송풍기의 회전속도에 따른 흡입력과 풍압실험을 통해서 송풍기의 적정 회전속도는 3,200rpm정도이고, 회전차와 보스부 간격에 따른 실험에서 축연결보장부인 보스 취부면과 송풍기 케이스내면과의 간격(δ)을 25mm로 하는 것이 20kg 배지를 흡입하는데 걸리는 시간 20초, 입상시간 36초로 가장 우수하게 나타났다.
6. 배출장치의 설계요인 구명 시험에서 방향제어가 자유로운 주름관과 파이프를 이용한 배출장치(A), 벨트컨베이어와 호퍼를 이용한 배출장치(B), 벨트컨베이어와 슈트를 장착한 배출장치(C)의 3가지 형태의 배출장치에서 배지가 배출되는 양, 작업의 질적인 측면, 작업속도에서 C 형태의 배출장치가 가장 우수한 것으로 나타났다.
7. 최종배출장치부의 이송각도, 공기배출량에 따른 입상성능은 사이클론의 공기 배출조절장치를 완전히 닫은 상태가 완전히 열어 놓거나 1/2열어 놓은 경우보다 우수하였으며 송풍기 회전수 3,712rpm, 3,183rpm, 2,880rpm에 대하여 컨베이어의 이송속도 0.61m/s일 때 6수준의 이송각도에 대한 평균입상시간이 각각 27.3초, 26.7초, 29.7초로 나타났고 시간당 입상능력은 각각 2,637kg,

2,697kg, 2,424kg으로 나타나 송풍기의 최적회전수는 3,183rpm임을 알 수 있었다.

8. 최종배출장치부의 이송속도에 따른 입상성능은 이송속도가 빠를수록 입상시간이 짧아지지만, 이송각도가 클 때는 배지를 던져버려 낙하수직거리에 대한 수평거리가 멀어지는 경향을 보였고 0.37m/s이하의 이송속도에서는 배지흡입, 송풍기, 사이클론의 작업이 끝난 후에도 배지이송을 기다려야하는 상황이 되어 0.61m/s에서 비교적 안정된 이송상태를 보였다.
9. 시작기의 경제성 평가 결과 관행적인 방법 중 이동식 사다리와 인력에 의존(A)하는 경우와 비교해 불 때 손익분기점은 버섯재배면적이 2.38a 일 때, 인력 및 기계이용에 따른 소요비용 1,608,992원으로 나타났고 트랙터와 1톤 트럭 및 인력을 이용(B)한 경우와 비교해 불 때 손익분기점은 버섯재배면적이 4.97a 일 때, 소요비용이 1,962,800원으로 나타났다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 연구개발목표의 달성도

구 분	평가의 착안점 및 척도	달성도 (%)
1차년도 (2003)	-. 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 개발을 위한 버섯재배용 배지의 종류별 입도, 함수율 등 물성 조사	100
	-. 배지 입·폐상 장치의 외형 설계	100
	-. 배지 흡입·배출용 송풍기 개발을 위한 배지의 송출량, 흡입량 계산	100
	-. 배지 흡입·방출관 개발을 위한 관의 재질, 직경, 길이 등 계산	100
	-. 배지 방출량을 일정하게 하기 위한 서징탱크 구조 개발	100
2차년도 (2004)	-. 배지 방출량 조절 장치 개발	100
	-. 시제품 현장 적용 시험 및 미비점 보완	100
	-. 배지 입·폐상 장치 완제품 제작	100
최종평가	-. 기계의 각부 설계 시 성능에 영향을 미치는 각각의 인자 고려	100
	-. 제작된 시제품을 FIELD TEST를 통한 성능 시험 및 보완	100
	-. 배지 입·폐상 장치 완제품 제작	100

2. 관련분야의 기술발전의 기여도

가. 기술적 측면

- 1) 느타리버섯 배지 입·폐상기의 개발에 의한 첨단 농기계 개발에 대한 국내 관련 기술 수준의 향상 및 노하우 기술의 축적 효과
- 2) 본 연구에서 개발한 기술은 느타리버섯 배지 입·폐상기 개발 선진화에 기여

나. 경제·산업적 측면

- 1) 표 35에서 보는 것과 같이 느타리버섯 배지 입상 작업의 기계화로 노동력의 절감에 따른 농가소득 증대와 노동 강도 감소에 크게 기여하는 것으로 나타났다.
 - 가) 관행적인 방법 중 이동식 사다리와 인력에 의존(A)하는 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 2.38a 일 때, 소요비용 1,608,992원으로 나타났고 10a 재배 시 기존 재배 방법에 비해 50%인 2,951,200원의 재배비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.
 - 나) 관행적인 방법 중 트랙터와 1톤 트럭 및 인력을 이용(B)하는 경우와 비교해 볼 때 손익분기점은 버섯재배면적이 4.97a 일 때, 소요비용이 1,962,800원으로 10a 재배 시 기존 재배 방법에 비해 25%인 985,600원의 재배비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 35. Cost analysis according to increase of cultivating area

Area(a)	Cost(won)		
	Manual A*	Manual B**	Prototype
10a	5,896,800	3,931,200	2,945,600
20a	11,793,600	7,862,400	4,911,200

*Manual A: Portable ladder and human

**Manual B: Tractor, 1 ton truck and human

- 2) 전업농의 대체작물로서 느타리버섯 재배 가능
- 3) 개발 된 제품의 수출 방안 모색으로 국가 이익 창출
- 4) 느타리버섯의 물가 상승 요인 제거로 안정적인 시장 가격 형성에 일조

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 본 연구 과제 수행을 통해 취득한 각종 기술에 대한 국내 특허를 취득하여 대량 생산 기술의 기반 확대에 주력하고, 참여업체에 기술이전과 동시에 개발된 제품에 대한 상용화를 수행한다.
2. 개발된 상품을 언론, 농기계공업협동조합 및 농협을 통해 홍보, 전시회에 출품한다.
3. 본 연구를 통해 얻은 성과는 학회지에 투고하고 박사학위 논문으로 활용한다.

제 6 장 참고문헌

1. 정환채, 김영배, 박용환. 1973. 느타리버섯 재배에 관한 시험. 시험연구보고서. 농업기술연구소 pp221~238
2. 남궁희. 1975. 양송이재배에 따른 재배상 퇴비의 성분변화에 관한 연구. 전북대학교 박사학위논문.
3. 박용환, 정환채, 김동수. 1975. 볏짚을 이용한 느타리재배. 한국균학회지
4. 홍재식. 1978. 느타리버섯의 생리화학적 성질 및 재배에 관한 연구. 한국균학회지 21(3): pp155~184
5. 차동열, 정환채, 유창현. 1987. 버섯재배. 농촌진흥청. pp35~86
6. 차동열, 유창현, 김광포. 1989. 최신버섯 재배기술. 상록사
7. 유재복. 1990. 증보 실용버섯재배. 선진문화사. p102
8. 성재모. 1991. 균이학. 강원대학교. pp66~81
9. 농촌진흥청. 1991. 농축산물 수입 개방에 따른 농업과학기술 연구개발 중장기 계획(상), pp49~63
10. 홍범식, 김세진, 송치현, 황세영, 양한철. 1992. 느타리버섯 재배를 위한 기질 및 재배방법의 개발. 한국균학회지 20(4): pp354~359
11. 홍철선의 외 4인. 1993. '92 농축산물 표준소득. 농업경영 연구보고 pp45~64
12. 유영석 외 3인. 1994. 느타리버섯 재배에 있어서 배지량이 자실체 수량에 미치는 영향. 경상북도농업기술원
13. 농촌진흥청. 1995. 작목별 기술 대응 방안
14. 농협안성교육원. 1995. 느타리버섯 교육교재
15. 이상용 외 4인. 1996. 느타리버섯 전자동 시설 재배 기술개발. 사업보고서, 농촌진흥청
16. 한국농기계공업협동조합. 1997. 한국농업기계학회, 21C 일본 농업기계화 전략
17. 임업연구원. 1997. 표고톱밥재배 기계화 및 시스템 개발, 최종보고서. 농림

부 pp35~62

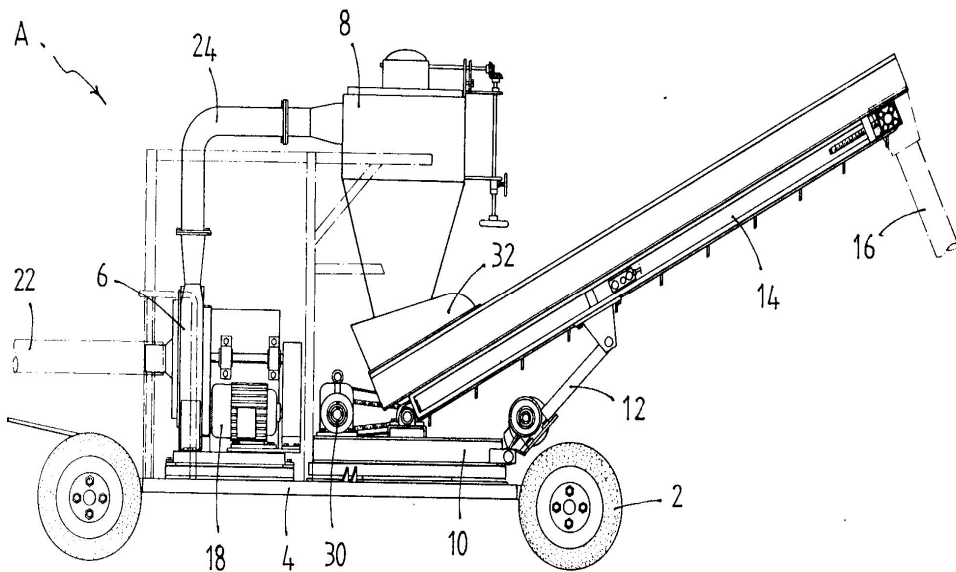
18. 조우식. 1998. 경북농업기술원 귀농인 영농기술 교육교재, 느타리버섯 입상 요령, 버섯재배의 실패원인과 대책
19. 농업기계화연구소. 1999. 정밀농업과 기계기술 개발전략, 국제세미나 발표자료
20. 박원규. 1999. 농업기계화연구소(생물생산기계과), 경운기부착용 버섯배지 퇴적 검 배지 입상기 개발
21. (주)광미실업. 1999. 고품질·다수확을 위한 느타리버섯 재배기술 통권 제4호. pp12~23
22. 금성영농테크. 2000. 버섯재배 기술과 영농 취급설명서
23. 버섯정보신문. 2000. (사)전국 버섯생산자 협회, 버섯기술교육. pp179~189
24. 최인영. 2000. 전북농업기술원, 느타리버섯 배지 입상기 제작
25. 임수길 외 7인. 2000. 부산물비료(퇴비)의 물리성 품질관리 기준설정. 최종 연구보고서, 농림부. pp78~115
26. 서범석. 2000. 양액재배용 배지의 활용실태와 문제점. p33
27. (주)대현교역 버섯재배 연구팀. 2000. 방울솜, 폐솜, 먼자각, 비트필프로 느타리버섯 재배하는 법. pp31~36
28. 농촌진흥청. 2001. 농업과학기술 중장기 연구개발 계획. pp87~92
29. 농촌진흥청. 2001. 상토의 표준분석법. pp85~86
30. (사)전국버섯생산자협회. 2201. 느타리버섯 도별 순회교육, 기술교육 교재. pp38~45
31. 농촌진흥청. 2002. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간, 농업경영연구보고
32. 한국농업기계학회. 2002. 한국농기계공업협동조합, 농업기계연감 p58, p75
33. 한국농촌경제연구원. 2002. 식품수급표
34. 최광재, 2002. 농업기계화연구소, 느타리버섯 재배 일관작업기계 기술 개발
35. 김정옥. 2003. 고품질 버섯생산 세미나자료 “느타리버섯전업농 적정 재배 규모”, 강원도농업기술센터

36. 농수산물 유통공사. 2003. 국내외 수출입통계
37. KS 총람. 2003. K 0329:01 합성 섬유 이불솜 시험 방법
38. 농림부 농산물 유통국 채소특작과. 2004. 버섯생산통계
39. 조영길 외 7인. 2004. 첨단농업연구를 위한 시험기기와 계측. p103
- 40.きのこ기술 집담회편집위원회. 1991.きのこ기초 과학と최신기술. 농촌문화사 pp94~108
41. Falck, R. 1917. Uber die Waldkultur des Austernpilzes(Pleurotus ostreatus) auf Laubholzstubben. A. Forest-Jagdwes. (49): pp159~165
42. Block, S. S., Tsao, G, and Han, L. 1958. Production of mushrooms from sawdust. J. Agric. Food. Chem. (6): pp923~927
43. Muller, F.M. 1967. Mushroom Sci. 6 : 123
44. Jandaik, C.L. 1974. Artificial cultivation of Pleurotus sajor-caju(Fr.) Singer. Mush. J. (22): p405
45. Sivaprakasam, K. and Kandaswamy, T. K. 1981. Waste materials for the cultivation of Pleurotus sajor-caju. The Mushroom Journal, 101:178~179
46. Banoz, K.S. Srivasan and S. Rajarathnam. 1982. Pleurotus mushrooms as a nutritious food. "In Tropical mushrooms", edited by Chang. S.T. and T.H. Quimio. The Chinese University Press, Hong Kong.
47. Kim, S. J. 1991. Studies on the mycelial and sporophore growth in Pleurotus Sajor-caju. Thesis for the degree of master, Korea univ.
48. Ahn, J. H. 1992. Studies on the mycelial growth and the mass Production of sporophores in Flammulina velutipes. Korea univ.
49. A. Kinrus. 1978. Different growing techniques used in mushroom growing for the United States, mushroom science X(partII), U.S.A.: pp155-156
50. Felg, P. B. 1960. Mushroom composts and composting, A review of the literature, Rep. glasshouse crops Res. Inst. 4: pp313~343
51. Greenwood. 1959. 機械設計データブック, 日刊工業新聞社
52. Gray, K. R., Sherman, K., and Biddlestone, A. J.. A review of

- composting Part I, Process Biochem. 6: pp32~35.
53. Gray, K. R., Sherman, K., and Biddlestone, A. J., 1971. A review of composting Part II: The practical process. Process Biochem.10: pp22 ~23.
 54. Hays, W. A., Composting. W. S. 1977. Maney and Sons, Leads, England. 1: pp1~5.
 55. Jacques Delamas. 1979. Mushroom science X(part2-congress), International Society for Mushroom Science.
 56. K. J. Choe. 1996. Development of mushroom spawn bottle cutter-spawn cake shredder, International Conference for agricultural Machinery Engineering VolIII: pp1031~1033
 57. Kitamoto, Y., Horikoshi, T., and Kasai, Z.. 1974. Growth of fruit bodies in *Favolus arcularius*, Bot. Ma., (Tokyo). 1: pp87~41.
 58. Kitamoto, Y., Horikoshi, T., Hosoi and Ichikawa, Y., 1975. Nutritional study of fruit body formation in *Psilocybe Panazoliformis*. Trans. Mycol. soc.(Japan). 16(3): 268-271
 59. Peter Oei. 1991. Manual on Mushroom cultivation, Tool Publications
 60. P.J.C. Vedder. 1978. Modern Mushroom Growing, Educaboek- Culemborg, Netherlands
 61. Smith, J.F. and Hays, W.A., 1972. Use of autoclaved substrates in nutritional investigations on the cultivated mushroom. Mushroom Sci.. 8 : pp355~360
 62. Van Griensven. 1988. the cultivation of Mushrooms, Mushroom Experimental Station, Netherlands

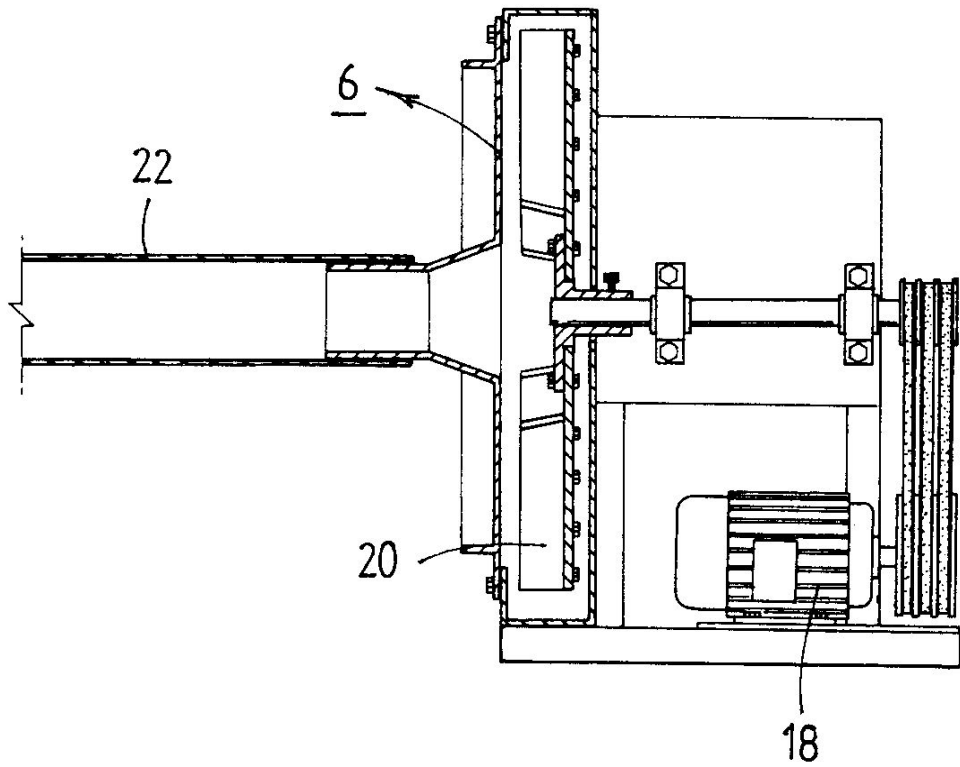
부 록

1. 느타리버섯 재배용 배지 입·폐상장치 구조도



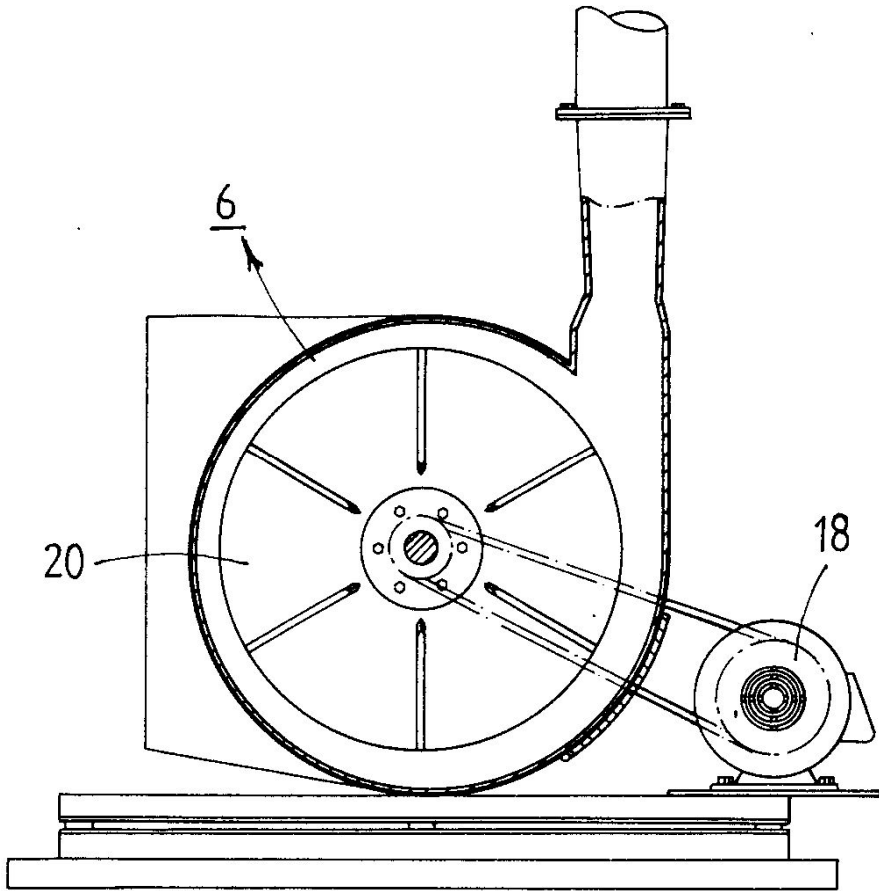
【개발된 배지 입·폐상기의 측면도】

A-배지 입·폐상장치, 2-바퀴, 4-이동체, 6-흡입기, 8-사이클론분리기, 10-회전판, 12-각도조절기, 14-이송컨베이어, 16-배출관, 18-모터, 20-날개, 22-흡입관, 24-연결관, 26-축볼트, 28-볼, 30-감속 모터, 32-호퍼



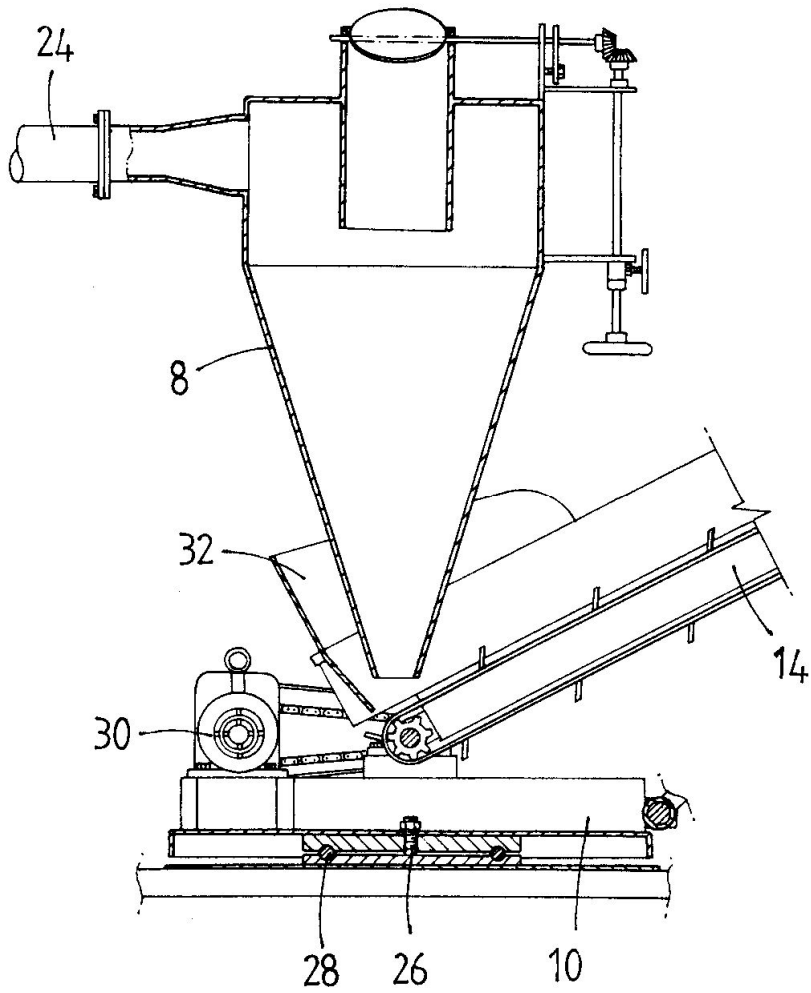
【흡입기의 단면구성도】

6-흡입기, 18-모터, 20-날개, 22-흡입관



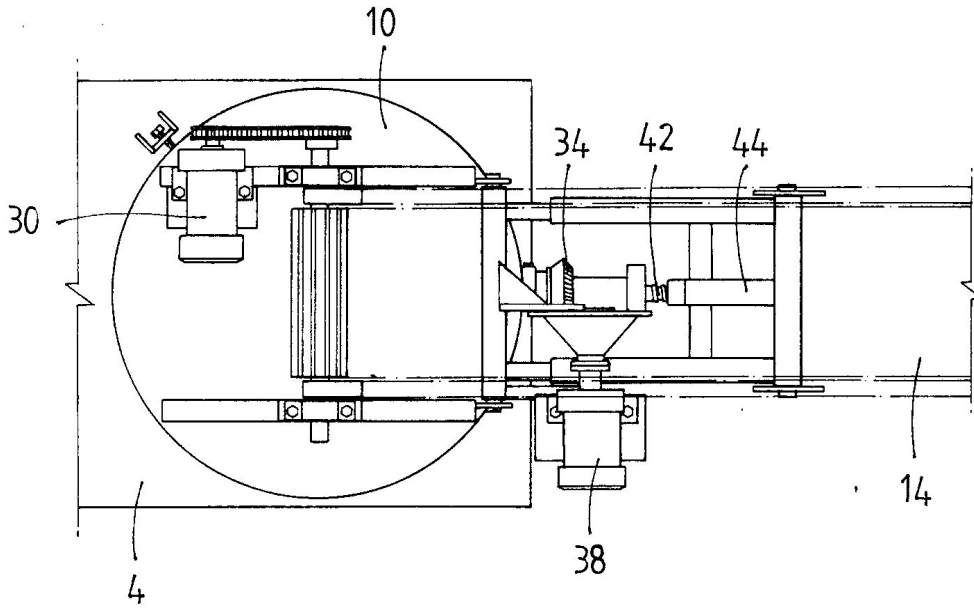
【흡입기의 측단면 구성도】

6-흡입기, 18-모터, 20-날개



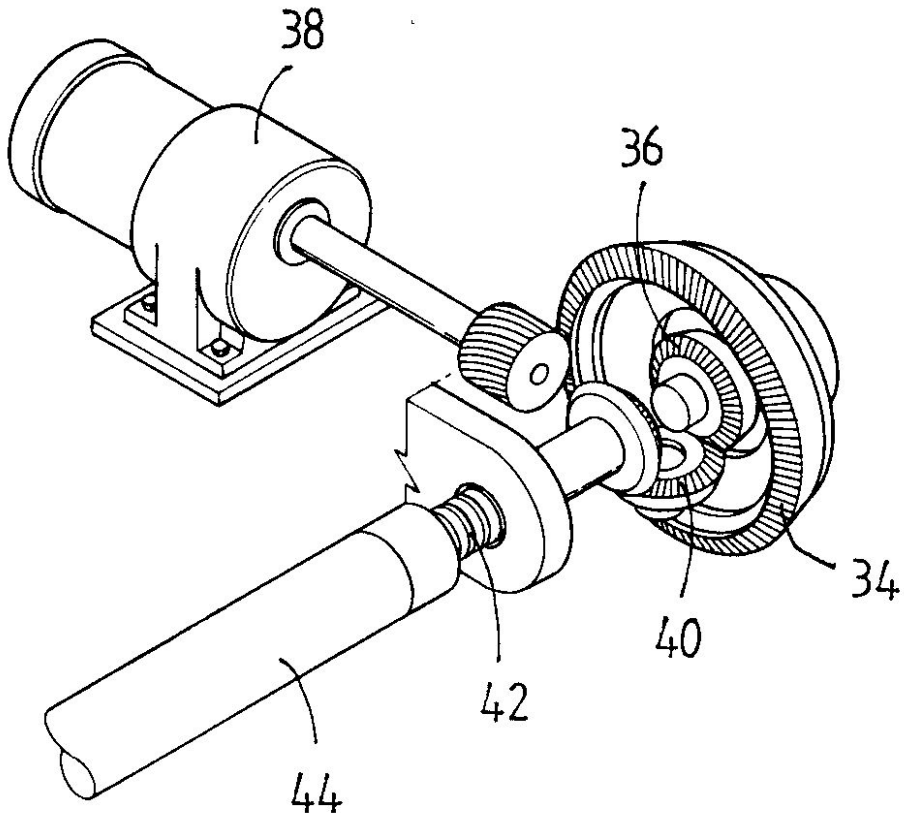
【주요부 단면구성도】

8-사이클론분리기, 10-회전판, 14-이송컨베이어, 24-연결관, 28-볼, 30-감속모터, 32-흡퍼



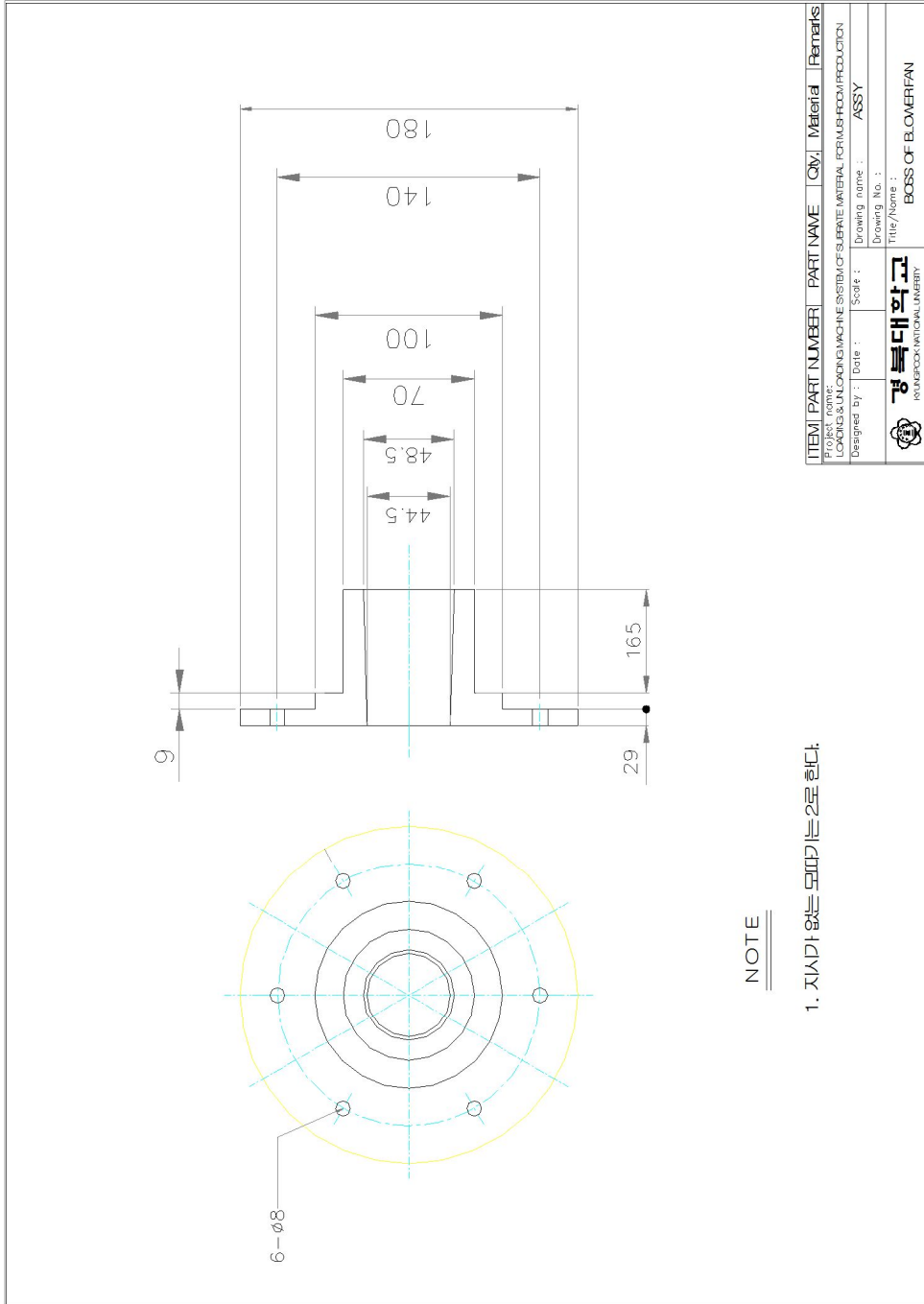
【주요부 평면구성도】

4-이동체, 10-회전판, 14-이송컨베이어, 30-감속모터, 34-큰 기어,
38-감속모터, 40-연락기어, 42-스크류, 44-안내대



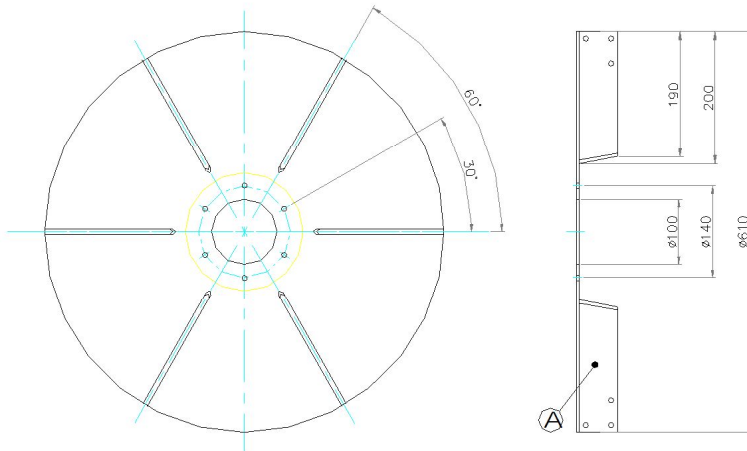
【각도조절기의 일부사시도】

34-큰 기어, 36-작은 기어, 38-감속기어, 40-연락기어, 42-스크류,
44-안내대

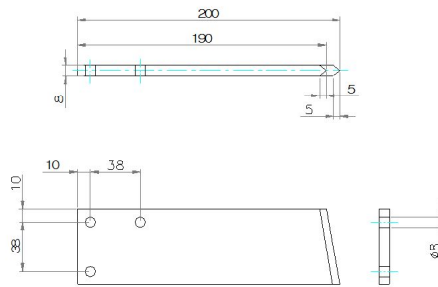


NOTE

1. 치수가 없는 모퉁이는 2R로 한다.




DETAIL A

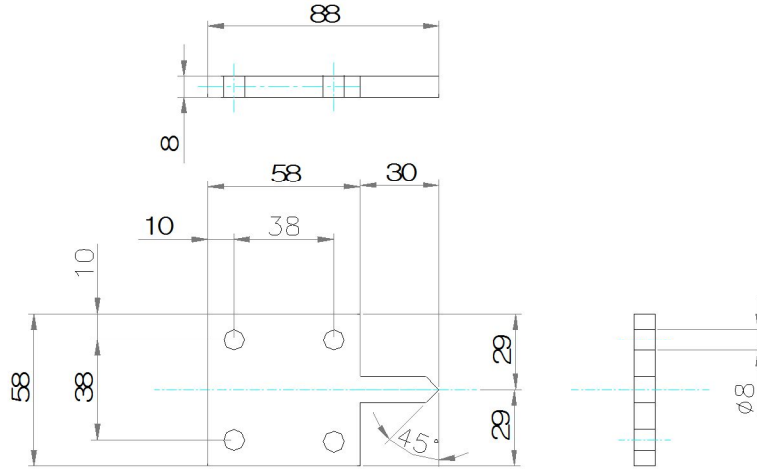


NOTE

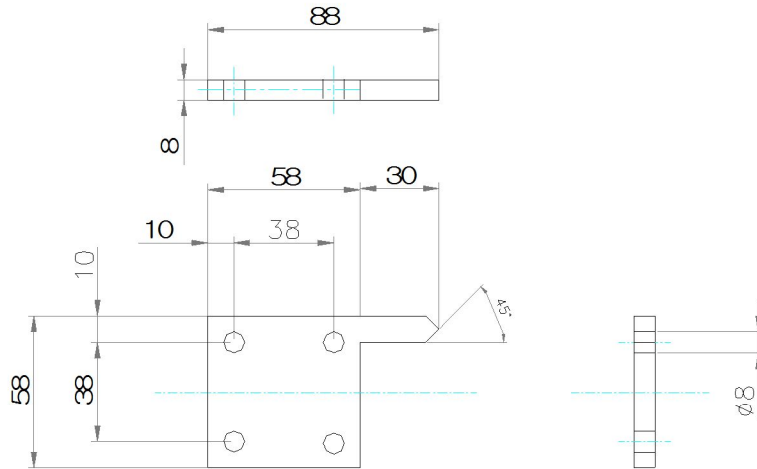
1. 지시가 없는 모따기는 2로 한다.

ITEM	PART NUMBER	PART NAME	Qty.	Material	Remarks
Project name: LOADING & UNLOADING MACHINE SYSTEM OF SUBSTRATE MATERIAL FOR MUSHROOM PRODUCTION					
Designed by :	Date :	Scale :	Drawing name : ASSY		
			Drawing No. :		
			Title/Name :		
 경북대학교 KUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY		WING OF BLOWER FAN			

TYPE A (CENTER)



TYPE B (EDGE)



NOTE

1. 치수가 없는 모퉁기는 2로 한다.

2	PART NUMBER	TYPE B	6	SC	Remarks
1	PART NUMBER	TYPE A	3	SC	Remarks
ITEM	PART NUMBER	PART NAME	Qty.	Material	Remarks
Project name: LOADING & UNLOADING MACHINE SYSTEM OF SUBSTRATE MATERIAL FOR MUB-FOOM PRODUCTION					
Designed by :	Date :	Scale :	Drawing name : ASSY		
			Drawing No. :		
			Title/Name :		
			SUPPORTING PIN OF BLOWER FAN		



경북대학교
KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.