

최 중
연구보고서

느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발
Development of Integrated Cultivation Machinery
and Technology for Oyster Mushroom

연구기관

주관연구기관 농업기계화연구소
협동연구기관 한국농업전문학교

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 년 8 월

주관연구기관명 : 농업기계화연구소

총괄연구책임자 : 최 광 재

연 구 원 : 오 권 영

연 구 원 : 유 병 기

연 구 원 : 이 성 현

연 구 원 : 박 환 중

연 구 원 : 김 장 열

협동연구기관명 : 한국농업전문학교

협동연구책임자 : 장 현 유

연 구 원 : 이 영 석

연 구 원 : 노 문 기

참 여 기 업 명 : 임마누엘기계

참여기업 대 표 : 장 만 규

요 약 문

I. 제 목

느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

버섯재배산업은 기술, 자본, 노동의 삼요소가 효율적으로 투입되어야 소정의 목표를 이룰 수 있으며, 버섯재배는 넓은 토지가 요구되지는 않으나 버섯균에 대한 충분한 지식과 버섯 재배를 뒷받침 할 수 있는 일관작업 기계화 시설 및 장비가 뒷받침되어야 한다. 1970년대 중반부터 느타리버섯 벗짚 다발재배기술이 널리 보급되기 시작하여 80년대까지는 대부분 농가가 버섯재배에 적합한 봄, 가을 재배에 의한 부업형으로 재배되었으나, 90년대 중반부터는 냉방시설을 갖추고 전업형으로 사계절 버섯을 재배하는 농가가 증가하면서 재배시설이 현대화 발전하기 시작하였다.

느타리버섯 재배농가는 2000년 현재 8,662농가이며 재배면적은 787ha, 버섯생산량은 76,849M/T으로 재배면적 및 생산량이 점차 증가하는 추세이다. 배지를 만들기 위하여는 균상면적 330m²(100평)당 318시간이 요구되므로 재배의 노동집약도가 대단히 크다. 버섯 재배규모는 증가하고 있는데 비해 농촌의 노동력은 고령화되고 있으며, 주요 작업은 아직까지 인력에 의존하고 있어 앞으로 버섯재배 농작업이 기계화하지 않으면 버섯산업의 발전을 기대하기 어렵다.

느타리버섯 재배에 있어서 배지재료를 침수, 발효시키는 배지 제조작업은 버섯농사의 성과를 좌우할 만큼 매우 중요하다. 버섯재배 기간작업은 배지재료의 침수, 발효, 살균 입상 환경관리 수확작업 등이며 느타리버섯 배지를 만드는 재료는 다발벗짚, 폐면, 벗짚퇴비 등 여러가지 방법이 있으나, 현재 주로 실행되고 있는 기술은 모두 야외에서 침수 발효작업이 이루어지므로 주변환경이 불결하게 되며 잡균에 오염되기 쉽다.

한편 배지제조 재료는 대부분 해외에서 수입하는 폐면을 사용하므로 농가의 재료비 구입비용 부담이 크며, 버섯배지 재료로 사용하는 벗짚의 수집결속작업의 경우 인력에 의존하고 있어 벗짚의 수집 결속작업이 생력화되면 버섯 배지재료로 벗짚의 활용도를 높일 수가 있다.

균상재배 배지재료의 야외발효 후 버섯 재배사에 입상하여 살균, 종균접종, 균사배양하는 종래의 기술은 작업노력이 과중하며 재배사, 배지재료의 살균 및 균사배양에 소모되는 연료비도 많이 소요된다.

본 연구에서는 버섯 배지제조 작업과정을 폐면의 세탁, 혼합배지 제조기술, 버섯 종균접종 상자배양 기술 등 버섯배지 일관제조기술 개발, 그리고 벚짚의 수집 압축·절단장치에 대한 다발벚짚 제조 기계기술을 개발하며, 이에 따른 버섯재배 기간기술을 확립하고, 버섯 배지재료의 종류별 균의 밀도 생육상황 등 적합 배지재료의 혼합비율을 구명하여 버섯 일관기계화 시스템 설계에 활용하고자 수행하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 폐면 침수·세탁기 개발

버섯 배지원료로 사용하는 폐면의 침수, 폐면털기 작업을 생력화하고 동시에 폐면에 혼합되어 있는 흙, 오물, 유해물질을 제거하여 버섯의 생육을 촉진시키며 버섯재배 성공률을 크게 높일 수 있는 폐면 침수·세탁 기계기술 개발

2. 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발

버섯 배지원료로서 벚짚, 왕겨, 폐면 등 여러 종류의 배지재료를 혼합 사용하고, 배지재료의 침수, 발효·살균작업을 생력화할 수 있는 반밀폐식 발효조 개발 및 이용을 위한 버섯배지 일관제조기계 기술개발

3. 버섯배지 종균접종·성형작업시스템 개발

발효된 버섯의 배지재료에 종균을 혼합하고, 비닐을 피복한 다음 배양하여 성형배지를 만드는 시스템으로 버섯재배 균상에서 사용할 성형배지를 생산하며 배지의 입폐상작업 생력체계 기술개발.

4. 다발재배용 벚짚 수집, 압축·절단기 개발

느타리버섯 다발재배용 마른벚짚을 직접 논에서 능률적으로 수집, 압축, 절단 하므로써 다발재배용 벚짚의 수집, 절단작업을 생력화하는 기계개발.

5. 느타리버섯 재배 일관기계 설계요인 제공을 위한 버섯재배 기술개발

위와 같은 버섯재배 기계기술 개발 설계요인을 제공하기 위하여 배지재료별 균의 밀도, 세탁수준별 균의 밀도, 오존의 살세균 효과, 버섯의 생육 및 수량성 등 버섯재배 기술개발.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 폐면 침수·세탁기 개발

버섯 배지원료로 사용하는 폐면의 침수, 폐면털기 작업을 생력화하고 동시에 폐면에 혼합되어 있는 흙, 오물, 유해물질을 세탁하여 버섯의 생육을 촉진시키며 버섯재배 성공률을 크게 높일 수 있는 느타리버섯 재배용 폐면세탁기를 개발하였다.

- 시작기는 느타리버섯 폐면 배지재료를 침수, 세탁할 수 있는 돌기 붙이 수직 회전드럼 교반봉을 구비하고 세탁조 내를 전후좌우로 이동하며 작업할 수 있으며, 마루 하부의 배수공을 통하여 탈수되는 구조이다.
- 시작기의 구동은 트랙터 PTO 동력으로 유압펌프를 구동하고 와이어 드럼구동으로 수직교반장치를 전후 이동시키며, 스피들 회전에 의해 수직 교반봉을 회전시키면서 전후 좌우로 이동시키는 구조이고, 수직 교반장치는 유압모터에 의해 40rpm 수준의 저속으로 회전한다.
- 침수조 배지재료 세탁용량은 건폐면 1500kg을 수용할 수 있고 침수 6시간, 배수 1시간이 소요되며 2회 침수·세탁에 14시간 소요되어 관행(인력) 침수, 세탁 작업 28시간에 비해 작업노력을 50% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

나. 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발

버섯 배지원료를 볏짚, 왕겨, 폐면 등 여러 종류의 배지재료를 혼합 사용하여 배지재료의 침수, 발효 살균작업을 생력화할 수 있는 버섯배지제조 일관작업 기종을 개발하였다. 버섯의 배지재료를 왕겨, 볏짚, 폐면을 각각 30%내외 혼합하여 반밀폐식 버섯배지일관제조기의 발효조 내에서 배지를 제조하며, 1회에 표준 버섯재배사 1동에 소요되는 3톤의 배지재료를 발효조에 투입하여 우량배지를 12일 내외의 단기간에 제조할 수 있다.

플라스틱온실이나 간이식 버섯재배사 내에 기계를 설치하여 이용하는 것으로 배지재료를 반밀폐식 발효조내에서 발효, 살균시킬 수 있어 관행작업에 비해 작업이 매우 편리하다.

이 개발기술은 2003년 생산업체에 기술 이전하여 농가에 보급할 계획이다.

- 반밀폐식 발효조와 스크류 교반·발효장치를 개발하였으며, 표준재배사 1동에 소요되는 3톤의 버섯 배지재료를 발효조에 투입하여 왕겨, 볏짚, 폐면 등의 배지재료를 30~40% 혼합하여 배지 제조하는 기계기술을 개발하였다.

- 시작기 발효조 내부의 발효열을 이용할 수 있어 살균·발효 가열 연료소비량을 동당 관행 550ℓ를 200ℓ로 절감할 수 있어 연료소모량을 63%를 절약할 수 있었다.
- 시험장치 교반·발효작업시 입력축의 토오크는 1.0~2.0kg-m 범위이었으며 벗짚 투입 초기에 토오크가 일시적으로 높아졌으나 재료의 량, 재료의 종류에 따라 큰 차이는 나타나지 않았으며 시간이 경과함에 따라 토오크가 감소되는 경향을 보였다.
- 버섯배지용 원자재로 사용되는 수입 폐면을 왕겨, 벗짚 등 국내산 부존자원으로 대체함으로써 배지재료인 폐면의 사용량을 30% 내외로 줄이며, 왕겨, 벗짚으로 대체할 수 있어 배지제조 원료비를 약 40% 절감할 수 있었다.
- 버섯배지 제조를 위한 침수, 세탁, 발효, 살균 등 전과정을 반밀폐식 발효조에서 일괄 제조하므로 작업이 용이하고 동당 관행 78.0시간에 비해 시작기는 25.5시간으로 절감할 수 있고 버섯재배용 배지 생산 전과정의 생력 기계화가 가능한 것으로 판단된다.
- 시작기를 이용하여 제조한 혼합배지의 버섯 생산성은 관행 폐면 배지에 비해 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

다. 버섯배지 종균접종·성형작업 기계시스템 개발

발효하여 살균한 버섯 배지재료에 종균을 혼합하고 상자에 담는 동시에 비닐을 피복하고 배양하여 성형배지를 만드는 시스템으로, 버섯재배용 상자재배시스템에 의해 버섯재배 작업노력과 경비를 절감할 수 있는 기술을 개발하였다. 이 작업기술은 발효 살균한 버섯배지 재료를 벨트컨베이어로 배출하고 배지분쇄기로 버섯배지재료 덩이를 분쇄하며 버섯종균을 혼합 접종하여 상자에 담아 군사배양실에서 배양한다.

군사배양된 버섯배지는 상자를 분리하여 균상에 입상하여 버섯을 발육시키는 작업 시스템으로 종전 인력 작업체계의 농작업이 중노동인데 비해 이 작업은 경노동이며 관행 입상-종균접종-폐상 작업체계에 비해 능률적이다.

이 시스템은 반밀폐식 버섯배지일관제조기와 함께 2003년 농가에 기술을 보급할 계획이다.

- 종균 혼합장치는 경사식 벨트컨베이어, 배지덩이 분쇄장치, 종균 공급장치, 배지담는 플라스틱박스 이송용 벨트컨베이어로 구성 된다.
- 표면 종균접종장치는 배지상자가 이송 중 광전스위치에 의해 표면살포 접종되며 구동모터의 회전수 조절에 의하여 종균 접종량을 조절할 수 있었다.
- 1차 종균혼합장치에 의한 종균혼합정도는 비교적 불균일 하였으며 2차 표면

종균집중장치는 종균집중상태가 균일하였다.

- 종전 작업체계에 비해 경노동이며, 관행 입상-종균집중-폐상작업이 표준 재배사의 버섯배지 입상노력은 관행 84시간에 비해 27시간으로 3.3배 능률적이며, 폐상작업의 경우도 관행 16.5시간에 비해 새로 개발한 작업기술은 3.8시간으로 77%를 절감할 수 있었다.
- 작업 경비면에서도 관행 작업이 표준재배사의 입상-종균집중-폐상에 동당 544천원 소요되는데 비해 개발시스템은 174천원으로 작업경비를 69% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

라. 다발재배용 벗짚 수집, 압축·절단기 개발

느타리버섯 다발재배용 벗짚은 줄기를 일방향으로 정렬하여 압축-결속-절단하여야 하므로 작업노력이 대단히 많이 요구되어 점차 벗짚 다발재배농가가 감소추세에 있다.

느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발의 일환으로 느타리버섯 다발재배용의 벗짚을 논에서 직접 수집하면서 현장에서 압축결속 및 절단작업을 일관작업으로 수행하기 위한 벗짚수집 압축절단기를 개발하였다.

이 장치는 논에서 벗짚을 수집하는 노력을 절감하기 위한 벗짚수집장치와, 일정량을 계량하여 벗짚을 줄기의 가로방향으로 압축하고 다시 벼줄기의 세로방향으로 압축시켜 배출구로 압출된 벗짚을 유압식 칼 절단장치로 구성된다. 벗짚의 수집, 압축, 결속, 절단 작업노력을 절감하여 국내산 벗짚의 활용도를 높일 수 있다.

이 기종은 기체가 크고 구조가 복잡하여 제작비용이 고가이어서 현재는 농가보급이 어려울 것으로 판단되나, 추후 다발벗짚을 사용하는 버섯재배에 이용하기 위하여 농가수요가 있을 경우 개발기술을 제작업체에 기술이전 할 계획이다.

- 콤팩트인오 벼 수확 후 지면에 깔아말린 건조 벗짚을 자주식으로 수집할 수 있도록 벗짚수집폭 1.2m의 픽업장치를 구비하고 논에서 작업할 수 있는 무한궤도 주행장치를 설계 제작하였으며, 시작기의 변속장치는 전진 3단 후진3단으로 구성되고 작업속도는 전진속도 0.25~1.3m/s 범위에서, 후진속도 0.25~1.5m/s 범위에서 작업할 수 있었다.
- 지면에서 수집된 벗짚을 벗짚 압축실로 반송하기 위한 벗짚반송 벨트콘베이어 이송속도는 0.62~1.62m/s 범위로 사용할 수 있으나 적정 이송속도는 0.9m/s 수준인 것으로 판단된다.
- 벗짚 계량을 위한 벗짚압축실 덮개의 작동속도는 여는속도 0.27~0.32m/s, 닫는속도 0.33~0.52m/s 범위이었으나 기계의 진동 등을 고려한 적정 작업

속도는 여는속도 0.3m/s, 닫는속도 0.4m/s수준인 것으로 관찰되었으며, 1회 압축결속하는 벚짚의 중량 18~20kg수준일 때 벚짚의 가로방향 압축속도는 0.13~0.16m/s범위이고 후진속도는 0.17~0.25m/s 범위이었고, 기계 작동상태를 고려한 적정 압축 및 후진속도는 각각 0.15m/s, 0.23m/s로 판단된다.

- 세로방향 압축에 의한 벚짚 압출속도는 0.17~0.22m/s, 후진속도는 0.17~0.32m/s 범위이었고 벚짚의 압축과 동시 절단작업공정을 고려한 적정 압축벚짚의 압출속도는 0.2m/s, 후진속도 0.3m/s수준인 것으로 관찰되었으며, 벚짚 절단칼의 절단(하강)속도는 0.23~0.38m/s이고 후퇴(상승)속도는 0.33~0.55m/s 이었으나, 작업의 정속성과 절단칼의 절단부하를 고려한 적정 절단속도는 0.3m/s 수준으로 판단된다.
- 벚짚 절단결속 작업능률은 적정 작업속도에 의한 연속작업공정 한 사이클에 2.2분 소요되며 시간당 벚짚의 수집 및 압축절단 작업성능은 489kg/h 이었다.

마. 느타리버섯 재배 설계요인 구명

버섯재배 배지의 최적배합 비율이 버섯재배에 성공의 열쇠라는 내용의 배지에 관한 연구 결과가 많이 발표된바 있다. 면실피 등 여러 가지 배지재료의 배합비율에 따라 자실체 수량 향상에 도움이 되는 군사생장과 밀도의 최적조건 구명을 위하여 혼합배지 발효·살균기의 배합 비율에 대해 연구를 수행하여 버섯재배 일관작업기계 설계요인을 제공하였다.

- 느타리버섯 군사 배양을 위한 버섯배지의 주재료인 면실피 : 톱밥 : 벚짚의 최적 혼합비는 6 : 3 : 1 (V/V,%)이었으며 각각 부재료의 최적 혼합비는 제올라이트 1%, 옥수수강 3%, 탈지강 5%, 백습 1%, 이분 1%, 왕겨 7%의 순으로 군사생장과 밀도가 양호하였다.
- 주재료에 부재료 두 종류씩 혼합하였을 때 최적 혼합비는 제올라이트:옥수수강의 경우 2 : 2(V/V,%), 탈지강과 백습의 경우 3 : 2(V/V,%), 이분과 왕겨의 경우 1 : 3(V/V,%)이었다. 다시 주재료와 부재료 모두를 함께 혼합할 경우 면실피 : 톱밥 : 벚짚 : 제올라이트 : 옥수수강 : 탈지강 : 백습 : 이분 : 왕겨 : 피이트를 43.0 : 17.2 : 25.8 : 2.0 : 2.0 : 3.0 : 2.0 : 1.0 : 3.0 : 1.0 (V/V,%)로 혼합하였을 때 군사생장과 밀도가 모두 양호하였다.
- 버섯배지일관제조기는 왕겨를 전체량의 40%까지 혼합하여도 오히려 군사생장과 군사밀도가 가장 좋았으며, 발효 배지 혼합에 따른 표고, 영지 군사생장은 각 배지마다 왕겨를 혼합하였을 경우 군사생장과 군사밀도를 고려할 때 유리하였다.

- 버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균 효과는 오존의 양이 많을수록 살세균 효과가 좋았으며, 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균 효과는 *P. tolaasii*, *P. agarici* 두 균 모두 사멸효과가 매우 높았다. 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균 효과는 액상오존이 살세균력과 안전성, 경제성을 비교할 때 가장 효율적이었으며, 클론70, 목초액, 항생제는 비슷한 양상을 나타내었다.
- 버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성은 관행에 비하여 배지제조기를 사용시 초발이 소요일수는 약간 길었고 대길이는 약간 짧으며 대 직경은 굵고 갓 직경도 약간 큰 편이며 버섯수량은 29% 정도 증수되었다.

2. 활용에 대한 건의

본 연구로 개발한 “버섯배지 일관제조기”를 2003년 생산업체에 기술 이전하여 농가에 보급할 계획이며, 아울러 “버섯배지 종균접종·성형작업 기계시스템”을 버섯배지 일관제조기와 함께 버섯재배 일관작업체계의 기술을 2003년 농가에 보급할 계획이다.

3. 현재까지 본 과제와 관련된 발표실적

가. 산업재산권

- 특허출원명칭: 버섯 배지재료의 침수 혼합 발효 살균장치
(특허출원번호: 10-2002-00483333)

나. 학술회의발표

- 한국농업기계학회 2002년 하계학술발표회
- 발표제목 : 반밀폐형 스크류교반식 버섯배지 일관제조기 개발
- 한국국제농업개발학회 2002년 추계학술발표회
- 발표제목 : 반밀폐형 스크류교반식 버섯배지 일관제조기 개발

다. 대외홍보

- 농촌진흥청발간 “연구와지도” 기술잡지 2002년 9월호 게재
- 제목 : 버섯배지 일관제조기 및 상자재배시스템 개발
- 월간 농업인잡지 “새농사” 2002년 12월호 게재
- 제목 : 반밀폐식 버섯배지일관제조기 및 상자재배시스템 개발

SUMMARY

I. TITLE

Development of Integrated Cultivation Machinery and Technology for Oyster Mushroom

II. OBJECTIVES AND CONSEQUENCE

The cultivation area of oyster mushroom has been gradually expended since the rice straw bundle cultivation system was established by Rural Development Administration in the 1975.

Nowaday, the oyster mushroom has the largest cultivation area in the country. The cultivation area of oyster mushroom was 737ha in the 2000, and it occupied 66.8% of total mushroom growing area.

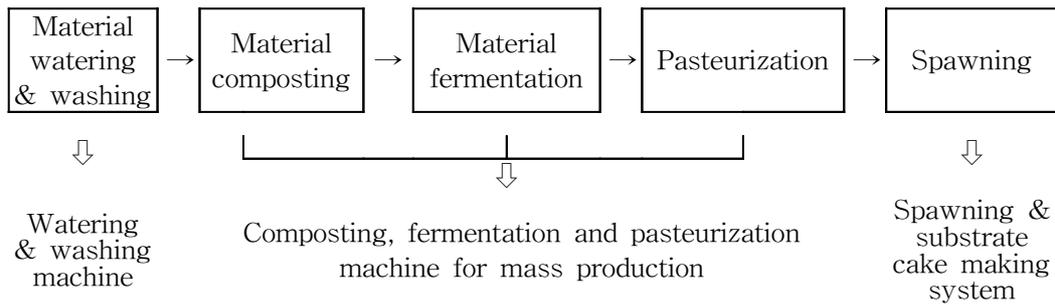
Though the oyster mushroom regarded as one of the most promising income generation source for farmers, however, the most of farm operations for mushroom growing rely on man power. The mushroom growing farm operations are labor intensive tasks such as the composting of substrate materials, the loading of substrate material to mushroom growing beds, spawning and harvesting operation etc.

To reduce the requirement of labor and production cost in the mushroom growing, the development of integrated cultivation machinery and technology for oyster mushroom is very important towards the technology development in the mushroom growing sector.

This study aimed to develop a mechanized mushroom growing system for the substrate materials watering and mixing, materials composting, fermentation, pasteurization and spawning through the design of integrated cultivation machinery and technology for oyster mushroom. In addition, the study was conducted the development of self-propelled rice straw collection and bundle making machine for the rice straw bundle use oyster mushroom growing farmers.

The details of the study is as following ;

○ Mechanized oyster mushroom cultivation system



III. RESULTS

1. Development of waste cotton watering and washing machine.

To ease the watering and washing of cotton waste for making oyster mushroom substrate, a prototype was designed and assembled. The machine consists of hydraulic pump, hydraulic motor, cotton tear-off shaft and its driving power train etc. The prototype machine can occupy 1,500kg of cotton waste in the fermentation container and the watering, washing and drain of water for one batch of the machine needed 6 hours. The machine can be saved the farm labor for watering and washing of cotton waste for fermentation.

2. Development of integrated substrate production machine for oyster mushroom.

The machine can adopt different materials such as rice husk, cut rice straw and cotton waste to process the substrate of oyster mushroom.

The main structure of the machine consists of fermentation container, screw conveyor, exhaust blower etc. The optimum level of material mixture ratio was observed as 40% of rice husk, 30% of rice straw and 30% of cotton waste. The maximum input material in the fermentation container was 3,000kg for one batch, and the material mixing watering, fermentation, pasteurization could be achieved within 12 days.

The machine can be saved the requirement of heating fuel by 63%, the input labor can be reduced by 67%, and the machine can also be saved the material cost by 44%. It is envisaged that the machine can effectively be used for large scale mushroom growing farms or joint use mushroom growing

group-farmers in a village.

3. Development of substrate spawning and substrate cake handling machine system.

The prototype spawning and substrate cake handling machine system is consist of incline belt-conveyer, substrate material shredder, 1st. step sawdust spawn supply screw-conveyer, horizontal belt-conveyer and 2nd. step spawning machine.

The lumps of pasteurized substrate material is transported to the shredder by incline belt-conveyer, and the shredder processing the lumps of delivered substrate material. Simultaneously, sawdust spawn is delivers to spawn mixture hopper by screw-conveyer, and the 1st. step spawn inoculated substrate material is drop in the plastic boxes on the horizontal belt-conveyer. The 2nd. step spawn inoculation machine is treating the surface spawning, and the spawn inoculated substrate material is wrapped by PVC film to avoid the contamination from germ of disease.

The machine and plastic boxes use spawning and substrate cake handling machine system can change from its heavy duty work to light duty work, and it can also be reduced the labor requirement of spawning and substrate loading to mushroom growing bed by 68% and substrate unloading from mushroom growing bed by 77%.

4. Development of rice straw bundle making machine

Rice straw bundle use mushroom growing system is adopted around 20% of farmers in total oyster mushroom growing farmers. The prototype rice straw collection and bundle making machine is consist of rice straw pick up device, rice straw pressing device, rice straw pushing and cutting device.

The power driven system adopted full hydraulic power, and the travelling device is crawler type. The rice straw pick up device is adopted cover-reel pick up system and the picked straw is transported to compression chamber by the incline flat belt-conveyer. The compression chamber can occupy around 20kg of dried rice straw and the collected straw is pressed by hydraulic cylinder. The pressed straw is pushed by hydraulic cylinder and the straw moves forward to cutting

knife. The rice straw bundle extruded is banding together with ready made plastic ring band by expansion of pressed straw. The working capacity of rice straw collection and bundle making machine was 489kg per hour and it was 7 times more higher than that of manual operation.

5. Design factors in cultivation of oyster mushroom

The optimal mixture ratio for the mycelial culture of the *Pleurotus ostreatus* was identified. The chief cultural media in the study were cotton hull, sawdust rice straw, and the supplemental media were zeolite, corn cob, defatted rice bran, white cotton, tobacco trash powder, rice husk and peat.

The results of the optimal mixture ratio of the chief cultural media was effective in 6 : 3 : 1(V/V, %), and the mycelial growth and density in the supplemental media were considerably enhanced in 1% of zeolite, 3% of corn cob, 5% of defatted rice bran, 1% of white cotton, 1% of tobacco trash powder, 7% of rice husk in good order. The optimal mixture ratio to be the mixed supplemental media in the chief cultural media was 2 : 2(V/V, %) at the conditions of mixed zeolite and corn cob; 3 : 2(V/V, %) at the conditions of mixed defatted rice bran and white cotton; 1 : 3(V/V, %) at the conditions of mixed tobacco trash powder and rice husk.

At the conditions of the whole cultural media mixed, the mycelial growth and density were in good conditions; cotton hull, sawdust, rice straw, zeolite, corn cob, defatted rice bran, white cotton, tobacco trash powder, rice husk and peat mixture were 43.0 : 17.2 : 25.8 : 2.0 : 2.0 : 3.0 : 2.0 : 1.0 : 3.0 : 1.0 (V/V, %).

Contents

Chapter 1. Introduction.....	1
Section 1. Objectives.....	1
Section 2. Background.....	1
1. Technical aspects.....	1
2. Economical and industrial aspects.....	2
3. Social and cultural aspects.....	2
Section 3. Area in the technology development.....	3
Chapter 2. Status of technology development.....	6
Section 1. Status of technology development in local and overseas.....	6
Section 2. Impact of the results in the technology development.....	6
Chapter 3. Results and conclusion of technology development.....	8
Section 1. Development of cotton waste watering & washing machine.....	8
1. Preface.....	8
2. Materials and methods.....	9
3. Results and discussion.....	20
4. Conclusion.....	33
Section 2. Development of integrate substrate production machine.....	34
1. Preface	34
2. Materials and methods.....	35
3. Results and discussion.....	40
4. Conclusion.....	59
Section 3. Development of substrate spawning & handling machine system.....	60
1. Preface.....	60
2. Materials and methods.....	60
3. Results and discussion.....	63
4. Conclusion.....	77
Section 4. Development of rice straw bundle making machine.....	78
1. Preface.....	78
2. Materials and methods.....	78
3. Results and discussion.....	80
4. Conclusion.....	92

Section 5. Design factors in cultivation of oyster mushroom.....	93
1. Preface.....	93
2. Design factor in cultivation of mushroom.....	93
3. Materials and methods.....	96
4. Results and discussion.....	97
5. Conclusion.....	108
Chapter 4. Achievement and devotion level in the related area.....	109
Chapter 5. Utilization of the results developed.....	110
Chapter 6. Reference.....	111

차 례

제 1 장	연구개발과제의 개요.....	1
제 1 절	연구개발의 목적.....	1
제 2 절	연구개발의 필요성.....	1
1.	기술적 측면.....	1
2.	경제·산업적 측면.....	2
3.	사회·문화적 측면.....	2
제 3 절	연구개발의 범위.....	3
제 2 장	국내외 기술개발 현황.....	6
제 1 절	국내·외 관련기술의 현황.....	6
제 2 절	연구결과가 국내·외 기술개발 현황에서 차지하는 위치.....	6
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과.....	8
제 1 절	폐면 침수·세탁기 개발	8
1.	서언.....	8
2.	재료 및 방법.....	9
가.	시험장치 설계.....	9
나.	시작기 설계 및 검토.....	14
다.	시험장치의 현장적합성 검토.....	19
라.	시험방법.....	19
3.	결과 및 고찰.....	20
가.	수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기.....	20
나.	쌍스크류식 폐면 침수·세탁기.....	27
4.	적 요.....	33
제 2 절	반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발.....	34
1.	서언.....	34
2.	재료 및 방법.....	35
가.	시작기 설계.....	35
나.	재료 및 방법.....	39
3.	결과 및 고찰.....	40
가.	[시험1] V-형 발효조 3축스크류 버섯배지 일관제조기 제작시험.....	40
나.	[시험2] W-형 발효조 수평2축스크류 버섯배지 일관제조기 제작시험.....	45
4.	적 요.....	59
제 3 절	버섯배지 중균접종·성형 작업시스템 개발.....	60
1.	서 언.....	60
2.	재료 및 방법.....	60

가. 상자발효시스템 이용체계.....	60
나. 시작기 설계	61
다. 공시재료.....	62
라. 시험방법.....	62
3. 결과 및 고찰.....	63
가. 상자발효시스템 이용체계.....	63
나. 버섯배지 종균접종·성형작업 시작기 제작.....	66
다. 시작기 작업성능	70
4. 적 요	77
제 4 절 버섯벗짚 수집 압축·절단기 개발.....	78
1. 서언	78
2. 시험재료 및 방법.....	78
가. 시작기 설계	78
나. 시험방법.....	79
3. 결과 및 고찰.....	80
가. 시작기 제작시험.....	80
나. 시작기의 작업시스템.....	83
다. 시작기 작업성능.....	87
4. 적 요.....	92
제 5 절. 느타리버섯 재배 설계요인 구명.....	93
1. 서언.....	93
2. 버섯의 재배적인 설계요소.....	93
가. 느타리버섯의 재배적 일반 성질.....	93
나. 느타리버섯의 생육환경과 재배시설.....	94
3. 재료 및 방법.....	96
가. 공시균주 및 재료.....	96
나. 처리내용.....	96
4. 결과 및 고찰.....	97
가. 느타리버섯 주재료의 배합 비율에 따른 균사생장도 밀도.....	97
나. 느타리버섯 주재료와 각 부재료의 혼합비율에 따른 균사생장.....	97
다. 버섯배지에 대한 오존의 살세균효과.....	106
5. 적 요.....	108
제 4 장. 목표달성도 및 관련분야 기여도.....	109
제 5 장. 연구개발 결과의 활용계획.....	110
제 6 장. 참고문헌.....	111

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

버섯 배지원료로 사용하는 폐면의 털기, 침수, 세탁작업을 생력화할 수 있는 폐면 침수·세탁기를 개발하고, 벧짚, 왕겨, 폐면 등 여러 종류의 배지재료를 혼합 사용하여 배지재료의 발효 살균작업을 생력화할 수 있는 버섯배지제조 일관작업 기계기술을 개발하고, 살균배지에 종균을 접종하여 배양할 수 있는 시스템을 개발하며, 다발재배용 벧짚을 논에서 능률적으로 수집, 압축, 절단 할 수 있는 기계를 개발하여 다발재배용 벧짚의 수집, 결속작업을 생력화하는 기계기술을 개발.

또한 버섯재배 기계기술의 개발을 뒷받침할 수 있는 배지재료별 균의 밀도, 세탁수준별 균의 밀도 및 생육 등 느타리버섯 재배의 기계설계요인에 관한 기술을 개발.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

느타리버섯재배의 작업노력은 배지원료의 전처리로부터 종균 접종작업까지 100평당 320.4시간 소요되며 일시에 작업하여야 하므로 많은 고용인력이 확보되어야 한다. 느타리버섯재배 주요 작업은 벧짚의 수집, 압축, 결속, 절단, 종균접종 등 단기간 내에 처리해야 하는 작업으로 노동강도가 대단히 크므로 주요 작업을 기계화하여 생력화하지 못하면 버섯 재배기술이 발전하기 어렵다. 현재 우리 나라 농가의 느타리버섯재배의 주요작업은 대부분 인력에 의존하고 있어 버섯재배 기술발전은 답보상태에 있는 실정이다.

느타리버섯 배지를 만드는 재료는 다발벧짚, 폐면, 벧짚퇴비 등 여러가지 방법이 있으나, 현재 주로 실행되고 있는 기술은 야외에서 침수 발효작업이 이루어지므로 주변환경이 불결하게 되며, 느타리버섯 배지를 만들기 위하여 배지재료를 침수, 발효시키는 작업은 버섯농사의 성패를 좌우할 만큼 매우 중요하다. 느타리버섯 배지원료로 가장 많이 사용하는 수입 폐면은 흙 등 불순물이 많이 혼합되어 있어 이로 인하여 버섯의 발육에 지장을 초래할 수가 있다.

느타리버섯 재배 주요 농작업의 특성은 다음과 같다.

- 배지의 야외퇴적 발효작업은 물이 많고 섬유질이어서 인력도구로 작업시 중노동이며 작업능률이 낮다.
- 예비발효과정은 배지재료에 관수, 파쇄, 분리 및 퇴적과 뒤집기를 반복하는 작업으로 중노동이다.

- 버섯배지에 종균을 혼합하고 균사를 배양하여 재배하면 농작업 생력화가 가능하다. 이와 같은 다단계 버섯재배작업을 통합 일관 기계화하여 생력화해야 하나 아직까지 국내에서 이 분야의 기계 및 시설이 개발 보급되고 있지 않아 농가에서 버섯재배에 어려움이 많은 실정이다.

2. 경제·산업적 측면

버섯 폐면 배지원료를 세탁하여 불순물을 제거하면 종균의 활착율이 매우 높고 버섯의 품질과 수량을 높일 수 있는 것으로 보고되고 있어 이에 대한 세탁장비의 개발 및 농가보급이 필요하다. 대부분 인력에 의존하는 버섯재배의 야외발효~입상, 종균 접종작업을 기계화하면 버섯재배 노동력을 크게 절감할 수 있어 버섯재배의 경영비를 크게 낮출 수 있다.

버섯재배 배지용 볏짚의 활용도를 높이므로서 폐면 원료 수입대체효과가 있으며, 느타리버섯 볏짚 다발재배용 볏짚을 기계로 수집하면 해외로부터 수입해오는 상당량의 폐면 배지원료를 대체할 수 있다. 또한 배지원료를 1회 버섯재배에 투입해야하는 배지원료의 양은 건물기준으로 3톤 가량 투입해야 하므로 버섯재배 농가의 배지원료의 구입비용 부담도 적지 않은 실정이다.

버섯재배 농가의 배지 제조작업이 기계화되면 연중 버섯재배가 가능하며 이에 따른 버섯재배 농가의 소득증대에 기여할 수 있으며, 느타리버섯 재배의 전업화 규모화로 버섯재배 산업의 국제경쟁력을 높일 수 있다.

3. 사회·문화적 측면

느타리버섯은 한국의 총 버섯재배 규모중 농가수의 67%, 생산량의 83%로 차지하고 있으며 버섯재배 농작업에 중노동이 요구되는 주요작업이 기계화되면 노약자나 부녀자의 버섯재배 농작업 참여도를 높일 수 있게 되고 아울러 중노동 없는 버섯재배가 가능해지므로 농촌의 전업 및 부업형으로 더욱 발전할 수 있다.

또한 소비자의 측면에서 볼 때 버섯산업이 기계화되면 버섯재배 생산비를 절감할 수 있고 이에 따라 느타리버섯 가격이 적정 수준으로 안정되어 고급식품의 일종인 느타리버섯의 소비가 증가하게 될 것이다.

우리 나라의 느타리버섯 재배는 70년대 중반 농촌진흥청에서 볏짚 다발재배기술을 개발 보급하면서 느타리버섯 재배기술이 보편화하였으나 80년대 후반부터 점차 노동력을 절감 할 수 있는 폐면 배지재료를 이용한 버섯 재배방법으로 변화되었다. 그런데

이 폐면 재배방법은 해외에서 폐면을 대량 수입하여 사용하고 있으므로 외화낭비는 물론 각종 식물병균, 곤충, 잡초 등이 함께 반입될 우려가 크다.

제 3 절 연구개발의 범위

1. 폐면 침수·세탁기 개발

버섯 배지원료로 사용하는 폐면의 침수, 폐면털기 작업을 생력화하고 동시에 폐면에 혼합되어 있는 흙, 오물, 유해물질을 제거하여 버섯의 생육을 촉진시키며 버섯재배 성공률을 높일 수 있는 기계기술 개발

2. 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발

버섯 배지원료를 볏짚, 왕겨, 폐면 등 여러 종류의 배지재료를 혼합 사용하여 배지재료의 침수, 발효 살균작업을 생력화할 수 있는 반밀폐식 발효조방식의 배지 침수, 발효, 살균 과정의 버섯 혼합배지제조 일관작업기계 기술개발

3. 버섯배지 종균접종·성형작업시스템 개발

발효된 버섯의 배지재료에 종균을 혼합하고, 비닐을 피복한 다음 배양하여 성형 배지를 만드는 시스템으로 버섯재배 균상에 성형배지를 재배할 수 있는 상자재배 기술개발.

4. 다발재배용 볏짚수집, 압축·절단기 개발

느타리버섯 다발재배용 볏짚을 논에서 능률적으로 수집, 압축, 절단 할 수 있는 기계를 개발하여 다발재배용 볏짚의 수집, 절단작업을 생력화하는 기술개발.

5. 느타리버섯의 재배 설계요인에 관한 기술개발

위와 같은 버섯재배 기계 설계요인을 구명하기 위하여 배지재료별 균의 밀도, 세탁 수준별 균의 밀도, 오존의 살세균 수준, 버섯의 생육 및 수량성 등을 구명.

○ 년차별 연구개발 내용

세부과제 : 느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발		
시험 내용	<p>시험1. 폐면 침수·세탁기개발</p> <p>시험2. 반밀폐식 버섯배지 일관 제조기 개발</p> <p>시험3. 버섯배지 종균접종 성형 작업시스템 개발</p>	
목적	<p>폐면 배지재료의 침수 작업 능력향상 및 유해 물질 제거 기술개발</p> <p>배지재료의 혼합배지로 사용하는 기술 및 발효, 살균작업 기술개발</p> <p>살균배지를 분쇄하여, 종균접종하고 상자에 배양 성형하는 기술개발</p>	
연구 개발 내용	<p>○ 폐면침수 세탁기 개발 - 세탁조 제작 - 교반장치 제작 · 수평교반봉식 · 수직교반봉식 · 쌍스크류식</p> <p>○ 성능시험</p> <p>○ 버섯배지 일관제조기 개발 - 혼합·교반장치 제작</p> <p>○ 성능시험</p> <p>○ 배지종균접종·성형작업 시스템 개발 - 발효 배지재료 파쇄장치 제작 - 종균 혼합장치 제작 - 배지 이송장치 제작</p> <p>○ 성능시험</p>	
연 차 별 연 구 목 표	1차년도	<p>○ 폐면침수 세탁기제작 - 세탁조 제작 - 수평교반봉 설치 - 수직교반봉 설치</p> <p>○ 배지재료 침수 혼합 발효장치 제작 - 2~3축스크류 교반</p> <p>○ 자료조사 ○ 시험장치설계</p>
	2차년도	<p>○ 폐면침수세탁기 개량 - 쌍스크류교반장치 설치</p> <p>○ 성능시험</p> <p>○ 배지재료 침수 혼합 발효장치 보완 - 2축 스크류 교반</p> <p>○ 성능시험</p> <p>○ 배지 종균접종·성형 작업장치 제작 - 발효 배지재료 파쇄장치 - 종균혼합장치 - 배지재료 이송장치</p> <p>○ 성능시험</p>

구 분	세부과제 : 느타리버섯 재배 일관작업 기계 기술개발	협동과제 : 느타리버섯 재배 설계요인 구명 시험	
시험 내용	시험 4. 다발재배용 벗짚 수집, 압축·절단기 개발	시험 5. 느타리버섯 재배 설계요인 구명	
목적	다발재배용 벗짚을 논에서 쉽게 수집, 압축, 절단하여 작업노력을 절감	느타리버섯 배지재료의 세탁효과 및 배지 재료 밀도에 따른 균의 성장 및 버섯의 생육	
연구 개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 벗짚 수집, 압축 절단기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 벗짚수집, 이송장치 제작 - 벗짚압축장치 제작 - 벗짚절단장치 제작 ○ 성능시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 느타리버섯 재배 설계요인 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 폐면세탁 수준별 균의 생육 - 배지재료 밀도별 균의 생육 - 버섯의 생육, 수량 - 병충해 발생수준 	
연 차 별 연 구 목 표	1차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자료조사 ○ 시험장치설계 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 느타리버섯의 재배적인 설계요소 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 폐면 세탁수준별 균의 생육 - 벗짚 밀도별 균의 생육 - 배지 압축, 성형밀도별 균의 생육
	2차 년 도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 벗짚 수집, 압축, 절단기 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 벗짚수집, 이송 - 가로방향 벗짚압축, 세로방향 압출장치 제작 - 벗짚절단장치 ○ 성능시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 느타리버섯 재배기술 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 폐면 세탁수준별 균의 생육 - 벗짚 밀도별 균의 생육 - 배지 압축, 성형밀도별 균의 생육 ○ 버섯 균의 성장 ○ 버섯의 생육, 수량 등

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 관련기술의 현황

개발대상기술	국내기술현황	국외기술현황
○ 폐면 털이와 함께 침수 및 흙 등 불순물을 세탁하는 기계개발	트랙터 로타리나 폐면털이기로 털기하여 사용	양송이 야외 퇴비 제조기 사용
○ 혼합배지재료의 발효, 살균 작업을 편리하게 할 수 있는 기계개발	트랙터 로타리나 폐면털이기로 털기, 쌓기, 되쌓기하여 사용	양송이퇴비 야외 퇴적장치 있음
○ 폐면 등의 살균배지에 종균을 혼합하고 균사배양하여 일정 크기로 성형되도록 하는 기계개발	인력에 의존하며, 폐면 전체에 종균을 혼합하여 접종. 벗짚은 배지 다발사이와 표면에 접종	봉지재배 기술 이용
○ 논외의 벗짚을 수집하여 일정한 크기로 압축하고 묶어서 절단하는 기계 개발	국내에서는 벗짚을 손으로 묶어서 동력작두로 절단하여 사용함	없음
○ 느타리버섯 재배용 배지재료에 따른 균의 성장	벗짚, 폐면 등의 단일 배지재료에 대하여는 연구되었으나, 왕겨혼합 배지의 특성에 대하여는 기술자료가 없음	각국실정에 맞는 배지제조기술 있음

제 2 절 연구결과가 국내·외 기술개발 현황에서 차지하는 위치

버섯재배 일관작업 기계화 기술개발은 버섯 재배의 생력화, 품질의 고급화를 촉진시킬 수 있다. 버섯재배의 기계화수준이 매우 빈약한 우리나라 버섯생산의 국제 경쟁력은 노동자 임금이 낮은 중국에 비해 매우 불리한 여건에 있으며 자본, 시설 및 기술로 무장한 일본, 화란 등에 비하여도 경쟁력이 극히 낮은 실정이다.

최근 일부 버섯재배 농가에서는 외국인 근로자를 고용하여 농촌의 인력부족을 임시로 메우고 있으나 국가 경쟁력을 높이기 위하여는 버섯재배 전 작업공정을 기계화 자동화하여 버섯의 생산성을 높여야 한다.

버섯재배 농작업을 생력 기계화하지 않을 경우 농가의 버섯재배는 조만간 크게 위축될 수밖에 없으며 버섯 수입국으로 전락하게 될 우려가 크므로 느타리버섯 재배

일관작업기계화에 관한 기술을 개발하여 과중한 작업노력을 대폭 절감시켜야 버섯재배 산업의 발전을 촉진시킬 수가 있다.

우리나라의 버섯 총 재배면적은 2000년 기준 1,102ha이며 그중 느타리버섯은 총 재배면적의 67%인 737ha를 차지하고 있으며 생산량도 70,759톤으로 전체 버섯 생산량의 60%를 차지하는 대표적인 버섯이라 할 수 있다.

느타리버섯 재배가 많은 이유는 소비시장이 가장 크고, 다른 종류의 식용버섯에 비하여 비교적 초기 시설투자비가 적어도 되고 큰 자본을 들이지 않고 재배할 수 있으며, 배지 재료도 비교적 값이 싼 볏짚, 폐면 등을 이용하여 연중 재배가 가능하고, 자본 회전이 빠른 이점이 있기 때문이다.

느타리버섯은 재배 면적과 생산량이 해마다 꾸준히 증가하고 있으나 재배 농가수는 '98년까지 증가하다가 '99년부터 증가하지는 않고 있다. 그 이유는 전업농의 재배규모가 점차 확대되고 전업화 되기 때문인 것으로 볼 수 있다.

본 연구를 통하여 개발된 새로운 기계기술이 농가의 버섯재배 일관작업 기계로 정착 활용되면 우리나라 느타리버섯 재배농가의 버섯재배 농작업 생력기계화에 일조할 수 있게 될 것으로 전망된다.

표1. 국내 주요버섯의 재배 현황(2000년)

버섯종류	농가호수(호)	재배면적(ha)	생산량(M/T)	생산비율(%)
느 타 리	8,309	737	70,759	60
양 송 이	979	163	21,813	19
영 지	385	110	653	0.5
팽 이	176	67	23,837	20
기 타	203	25	552	0.5
계	10,502	1,102	117,614	100

표2. 연도별 느타리버섯 재배면적과 생산량

구 분	'90	'95	'96	'97	'98	'99	'2000
농가수(호)	6,266	8,126	8,420	9,259	9,024	8,662	8,662
면 적(ha)	368	596	644	700	706	787	787
생산량(M/T)	43,732	72,801	70,554	83,606	75,684	76,849	76,849

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 폐면 침수·세탁기 개발

1. 서언

국내 느타리버섯 재배농가의 약 80%가 배지 재료로 폐면을 사용하고 있다. 이 폐면은 국내 면방업계의 면사생산 부산물이 극히 일부 공급되고 있으나 대부분은 면화생산국인 인도, 파키스탄, 호주, 중국 등 여러 나라로부터 수입되는 폐면이 공급되고 있다.

버섯 배지재료인 폐면은 면사를 추출하고 남은 면화의 부산물이며 이 폐면의 종류는 방울솜, 까지솜, 백솜 등으로 나뉘어 지는데 방울솜은 솜의 함량이 많으며 둥글둥글한 방울모양의 솜 송이가 많이 함유되어 있다. 까지솜은 솜에 씨겉질이 80%이상 함유된 것으로 솜털이 적다. 백솜은 솜털이 가장 많이 붙어있는 것으로 버섯 재배에는 적합하나 폐면털이 기계가 없으면 작업이 곤란한 점이 있다.

폐면을 사용한 느타리버섯 재배방법은 볏짚재배와 유사한 과정을 거친다. 우선 야외에서 건조폐솜에 수분을 흡수시키고 1~2주일간 야외에서 발효시켜 살균한 다음 균상에 입상하거나, 야외 발효한 배지를 버섯 재배사에 입상하여 60℃를 상회하는 온도에서 10시간 이상의 저온 살균을 거친다. 살균이 끝난 배지에 버섯종균을 접종하고 약 3주간의 균사배양 후 버섯을 발생시키면서 버섯이 성장하도록 관리하여 수확한다.

버섯의 배지원료 폐면은 면화의 수확, 가공과정에서 흙먼지 등이 일부 혼입되고, 검역을 위해 살균 소독하는 과정을 거치게되므로 유해성분이 일부 잔존될 수도 있다.

버섯재배 농가에서는 폐면을 침수, 발효시켜 버섯 배지재료로 사용하고 있으나, 현행 작업방법으로는 폐면에 혼합된 오물을 제거하기 어렵다.

또한 폐면 침수 세탁과정은 지면에 폐면을 쌓아 작업하게 되므로 재료의 병균오염 우려가 있고 주변경관을 해친다. 그리고 야외발효과정은 장시간 소요되며 일부 혐기 발효가 이루어지기 쉽고 겨울철에는 발효에 적합한 온도로 일정하게 유지하기 곤란하다.

본 연구를 통하여 느타리버섯 배지재료용 폐면을 침수, 세탁하므로서 작업노력을 절감하고, 폐면에 혼합되어 있는 흙, 먼지, 병균 등 오물을 제거하여 느타리버섯 재배 작황의 안정을 도모하고자 수행하였다

2. 재료 및 방법

가. 시험장치 설계

1) 폐면 침수·세탁장치

가) 관행 폐면털이, 침수방법

현행 느타리버섯 재배농가의 폐면 침수 및 털이 방법은 폐면털이 침수기, 트랙터 로터베이터, 굴삭기 등의 세가지 방법이 이용된다. 폐면털이 침수기는 투입식탈곡기와 구조가 유사하며, 폐면 투입구에 급수관이 설치되어 폐면을 조금씩 타면하면서 물을 혼합하는 구조이며, 80년대에 주로 이용하던 기종이며 소규모 농가에서 적용될 수 있는 방법이다.

근래에 트랙터 로터베이터를 사용하여 폐면털이 및 침수하는 작업방법으로 콘크리트로 포장된 지면에 폐면을 깔아놓고 살수하면서 로타리작업을 하여 타면과 동시에 수분이 침투되게 하는 방법이다. 이 방법은 일정한 시간을 두고 여러번 반복하므로써 타면과 침수 목적을 달성할 수 있다. 이 트랙터를 이용하는 작업방법은 퍼담고 옮겨 되쌓는 작업은 트랙터의 프론트로더를 이용하면 편리하여 느타리버섯 재배 전업농가에서 가장 많이 이용하는 작업방법이다.

극히 일부 느타리버섯 재배 전업농가는 버킷용량 0.15~0.2m³ 규모의 소형 굴삭기로 콘크리트로 포장된 지면에 폐면을 쌓고 되쌓기하여 침수, 타면, 야외 발효작업을 하고 있다.

나) 폐면털이 메카니즘 설계

○ 붐·포크방식

그림 1-1과 같이 유압으로 작동되는 붐의 끝에 포크를 부착하여 폐면덩이를 헤쳐서 털기

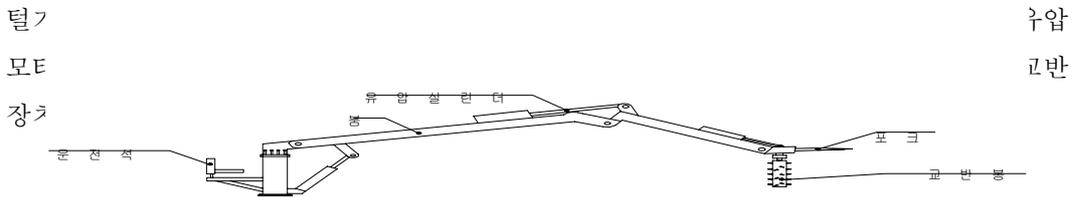


그림 1-1. 붐·포크 작업기

○ 수평회전드럼 방식

그림 1-2와 같이 수평회전축에 돌기붙이 회전드럼을 설치하고 유압모터로 회전시킨다. 이 돌기붙이 수평회전 드럼은 스피들의 회전에 의해 구동시키고 이동레일로 수평 이동하며, 동시에 유압실린더의 수직 신축작용으로 폐면틸이 드럼을 상하로 승강하면서 세탁

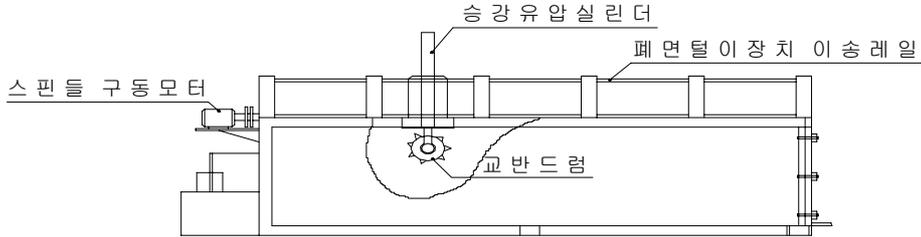


그림 1-2. 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁장치(측면도)

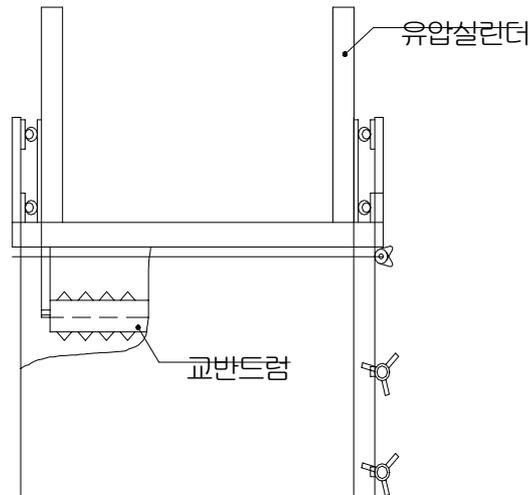


그림 1-3. 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁장치(정면도)

○ 수직 회전드럼 방식

수직축에 회전드럼을 설치하여 유압모터에 의해 이 수직축이 폐면의 침수를 돕고 세탁조 내를 전후 좌우로 이동하며 세탁조 내에서 폐면을 터는 방법이며, 축이 수직으로 설치된 돌기불이 수직 회전드럼의 회전에 의해 폐면을 타면하는 구조로 설계하였다.

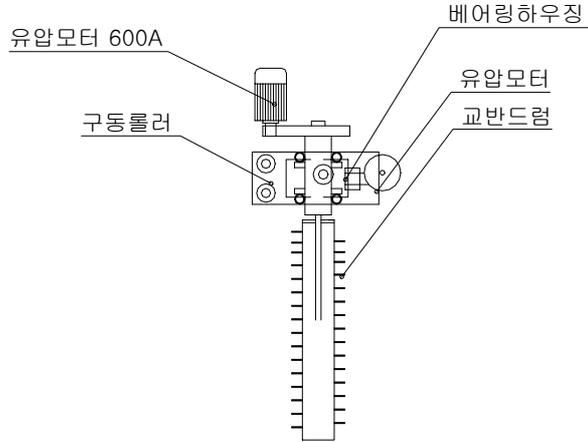


그림1-4. 수직회전드럼 폐면털이장치

○ 쌍스크류 수직 회전드럼

돌기불이 수직회전드럼과 유사하며 쌍스크류를 부착하여 유압모터가 각각 바깥쪽 반대방향으로 회전하여 스크류를 회전시키게 되고 스크류가 회전하면서 하부의 폐면을 상부로 이동시키므로써 밑부분과 중간 및 상부의 배지재료를 균일하게 혼합 할 수 있는 장치로 설계하였다.



그림 1-5. 쌍스크류 수직회전 폐면교반장치

2) 침수·세탁조

세탁조는 폐면을 넣고 물을 넣어 폐면털기 작업을 한 다음 배수하여 살균과 발효종균 혼합작업을 하는 장치로서 폐면과 물을 담았을 때 압력에 견딜 수 있도록 측판과 뒷문을 ㄷ형강으로 보강하였고 누수가 발생하지 않도록 뒤쪽 세탁조의 뚜껑에는 고무를 부착하여 밀봉하였다.

침수·세탁조의 구조는 제작이 용이한 네모 상자형으로 하였으며, 세탁 탈수를 위하여 구멍뚫린 마루를 설치한 이층형 구조로 설계하였다. 상부 뚜껑은 없으나 발효작업시 덮을 수 있게 하였으며, 세탁조 용량은 버섯재배용 폐면의 투입량을 고려하여 근상면적 30평형(100㎡) 규모로 설계하였다.

버섯재배사 부근에서 사용하여야 하므로 8.25 - 16, 18PR 규격의 차륜을 설치하여 공차 일때 트랙터 또는 차량으로 견인하여 작업장소를 이동하며 작업할 수 있도록 본체 앞쪽에 견인봉을 설치하였다.

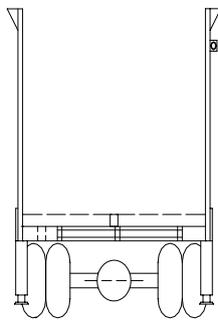


그림 1-6. 이동식 상자형 폐면세탁조

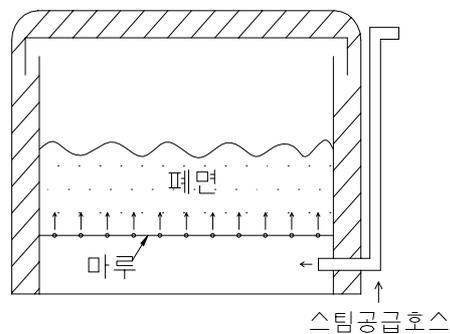


그림 1-7. 세탁조 스팀 살균모형

탈수장치는 이층 통 세탁조의 마루에 직경 $\varnothing 10\text{mm}$ 의 구멍을 10cm간격으로 천공하여 폐면을 침수한 오수가 마루의 배수구멍을 통하여 중력으로 마루 하부로 배수되게 하였고, 배수용 밸브를 통하여 세척된 오수가 배수되도록 설계하였다.

3) 발효장치

버섯살균장치는 세탁이 끝난 폐면을 스팀보일러를 이용하여 침수·세탁조 마루바닥 구멍을 통하여 스팀을 공급하여 가열하므로써 발효온도를 유지할 수 있게 하였다. 이때 세탁조 벽체를 피복재로 보온하여 가온 열 에너지손실을 최소화 할 수 있게 설계하였다.

4) 폐면 털이장치 구동시스템

○ 붐굴절 포크 및 회전드럼형

붐을 굴절하여 포크로 건폐면 덩어리를 해체한 다음 유압모터에 의해 돌기붙이 드럼을 회전시켜 침수되어있는 폐면 털기작업을 하는 구조로 설계하였다. 이 방법은 굴절붐을 이용하여 190kg 내외인 폐면덩이를 세탁조에 투입하기 편리한 점이 있으나 작업 중에는 작업자가 항시 유압레버를 조작하여 붐을 움직이고 교반봉을 회전시키면서 수동으로 작업해야 한다.

○ 폐면털이 드럼의 스피들구동식 전후진 수평이동

스피들 회전으로 장치를 수평이동(전후방향)하고, 폐면드럼의 축을 승강시킬 때는 양측에 수직으로 부착된 유압실린더를 작동시켜 승강 이동할 수 있게 설계하였다. 폐면털기 축은 침수한 폐면 세탁조 내에서 작업해야 하므로 충분한 방수구조로 제작되어야 한다. 이 장치는 전자동으로 운전할 수 있도록 제작하여 운전의 편이를 도모할 수가 있다.

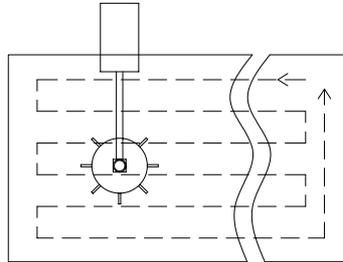


그림 1-8. 드럼의 수직방향 승강이동 작업경로

○ 폐면털이 수직드럼 및 스크류의 수평이동

폐면털기 드럼을 세탁조내에서 수평방향 전후이동은 와이어로프-드럼을 구동하여 이동시켜 폐면털이 작업이 될 수 있는 구조로 설계하였다. 세탁드럼은 세탁조 내부 깊이 1.2m로부터 최상부 까지 수평방향으로 이동하며 작업할 수가 있다. 폐면털기 수평드럼의 이동경로는 세탁드럼 직경만큼씩 전진하며 횡 방향으로 이동하면서 폐면을 교반하는 구조로 설계하였고, 자동으로 운전할 수 있다.

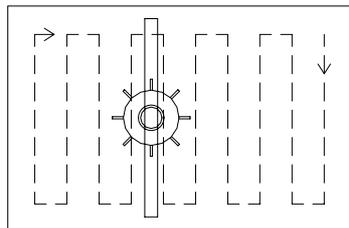


그림 1-9. 수직 드럼의 수평이동 작업경로

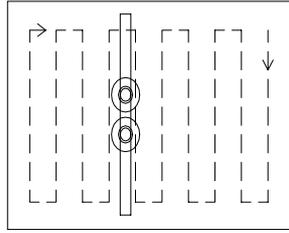


그림 1-10. 수직 스크류의 수평이동 작업경로

나. 시작기 설계 및 검토

1) 붐 · 포크식 폐면 침수 · 세탁기

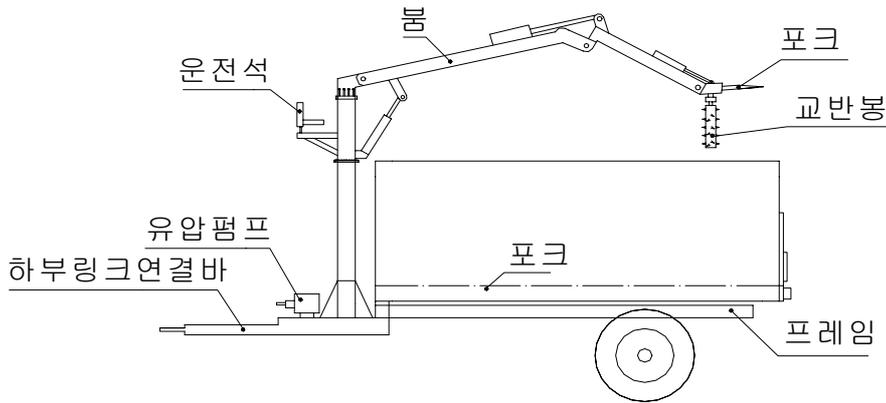


그림 1-11. 붐 · 포크식 폐면털이 · 세탁기

유압실린더를 사용하여 3관절 붐 · 포크식에 의해 폐면 풀기, 폐면털기 작업을 하는 기계로 제작하였다. 포크를 붐에서 분리해 내고 회전드럼을 붐 끝에 설치하여 폐면털이 작업을 할 수 있으므로 작업자는 육안으로 작업상태를 관찰하면서 작업할 수 있어 편리하다.

아울러 붐 작업기를 이용하여 폐면털이의 상차에 활용할 수 있어 편리한 점이 있으나 자동으로 운전하기 곤란한 점이 있으며, 차체가 고무타이어로 되어있어 붐이 움직임에 따라 운전석이 흔들리기 때문에 장시간 운전이 어렵다. 따라서 붐 · 포크 방식의 폐면털이 세탁방식은 회전드럼이 전후 좌우로 이동하며 폐면털기를 할 수 있는 구조가 적합하다고 판단된다.



그림 1-12. 붐-포크식 폐면 침수·세탁기



그림 1-13. 붐-회전드럼식 폐면 침수·세탁기

2) 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁기

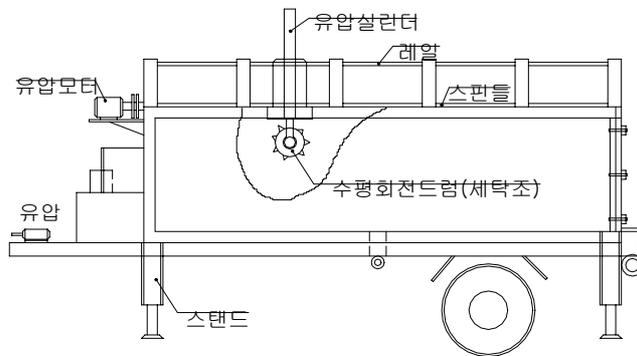


그림 1-14. 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁기

유압모터로 스펀들을 구동하여 회전드럼을 수평이동하면서 승강 유압실린더로 회전드럼을 수직으로 이동하며 폐면털이 작업을 할 수 있다. 수평회전드럼은 세탁조

가로방향 1.6m 폭 내에서 좌우로 이동하며 작업하며, 좌우로 이동하면서 전후진하며 작업한다. 폐면덩이의 상차를 위하여 세탁조 뒤쪽 문을 열고 트랙터 프론트로더를 이용하여 상차하기 편리하다.

이 장치는 이송스핀들의 길이가 길어지게 되어 스펀들과 레일이 외측으로 휨이 발생하기 쉽다. 휨이 발생하면 회전드럼형 폐면 타면장치 레일 위에서 이송이 원활하지 않았다.



그림 1-15. 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁기의 내부

또한 수평회전 드럼이 수직방향 아래위를 이동하면서 작업해야 하는데 상부에서 작업할 때는 작업이 원활하지만 밑부분으로 이동하며 작업할수록 타면작용을 하기 위해 드럼의 토크가 크게 증가하였다.

회전드럼의 타면작용을 원활히 하기 위하여는 드럼의 직경과 길이를 작게 해야 하지만 수평드럼 방식에서는 드럼의 크기를 다소 작게 할 수는 있으나 길이를 작게 하기는 어렵다. 그러므로 이와 같은 단점을 개선하기 위하여는 수직형 회전드럼 방식을 채용하는 방안이 적합할 것으로 판단된다.



그림 1-16. 수평회전드럼식 폐면 침수·세탁기



그림 1-17. 시작기의 폐면 침수·세탁 작업

3) 수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기

이 장치는 수직 회전드럼을 세탁조 내에서 이동하면서 폐면털이 작업을 하는 구조이다. 유압모터로 구동하여 수직회전드럼 장치를 와이어로 이동시켜서 수평으로 전후진 이동시키는 한편 유압실린더로 스피들을 구동시켜서 수직회전드럼을 수평으로 좌우방향 이동시킨다.

수직회전드럼은 세탁조 가로방향 1.6m 폭 내에서 좌우로 이동하면서 전후진하며 작업한다. 폐면 덩이의 상차를 위하여 세탁조 뒤쪽 문을 열고 트랙터 프론트로더를 이용하여 상차 할 수가 있다.

이 장치는 세탁조 위에 H빔을 설치하여 전후진 이동하는 수직회전드럼 장치를 와이어로 구동하므로 세탁조 벽체에 변형이 생기지 않으므로 전후진 이송이 원활하다.

또한 수직회전 드럼은 수직방향으로 설치되어 있으므로 교반봉이 아래위로 이동하면서 작업하지 않아도 되므로 세탁조의 어느 위치에서나 회전드럼의 토오크는 일정하게 된다.

다만 침수된 폐면배지를 세탁조 내에서 전후 좌우방향으로 이송되는 기능은 약하지만 폐면 재료의 타면작용은 원활한 구조이다. 침수된 폐면배지를 상하간 원활한 혼합을 위하여는 수직형 스크류방식이 적합한 구조일 것으로 보인다.

4) 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기

쌍스크류 회전에 의한 배지 이송 및 폐면털이는 수직회전 드럼방식에 비하여 폐면털기 기능이 다소 낮을 가능성이 있으나 폐면 배지의 상하간 교반 및 이송작용을 높일 수 있으므로 배지의 발효작업에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

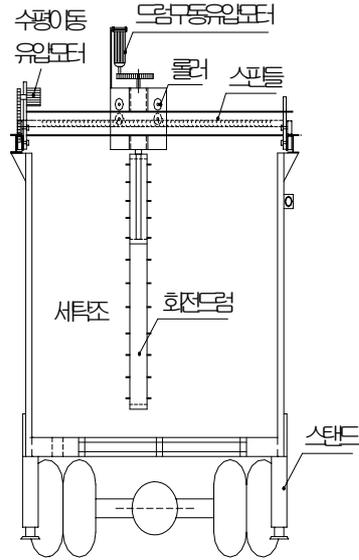


그림 1-18. 폐면 침수·세탁기 교반봉 설치도

폐면배지의 상하간 이송작용을 통하여 균일한 폐면배지를 얻을 수가 있고 세탁조 마루 하부에 스팀을 공급하여 가온할 경우 세탁조 내부의 배지온도를 균일하게 할 수 있으므로 폐면배지의 발효가 가능하다.

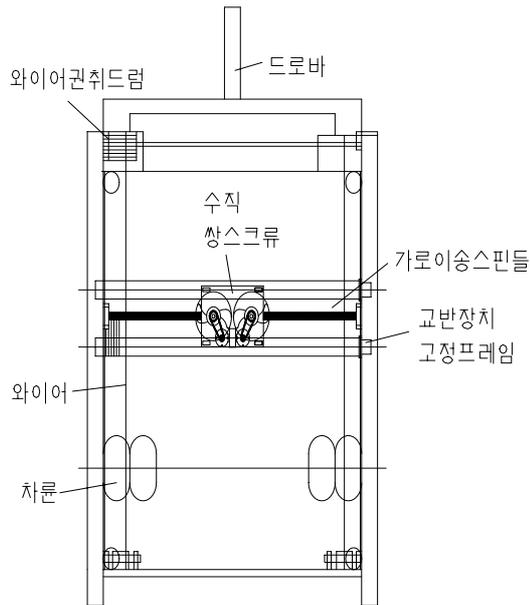


그림 1-19. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기의 교반스크류 설치도

다. 시험장치의 현장적합성 검토

표1-1. 시험장치 특성 및 적합성

장치의 종류	특 성	적 합 성
○ 붐·포크식	○ 특징 - 구조 간단, 제작비용 저렴 - 운전자 관찰하며 작업 - 폐면 상차작업 편리 ○ 단점 - 작업자 피로도 큼 - 작업중 기계진동 큼	○ 작업자 피로도 크고 자동화가 곤란하여 실용성 높지 않을 것으로 판단됨.
○ 수평회전 드럼식	○ 특징 - 구조 간단, 제작비용 보통 - 유압구동형으로 자동화 가능 - 중, 횡방향 기계작동 미흡 ○ 단점 - 폐면털이 작업 토오크가 큼 - 밑부분의 폐면 털이 미흡	○ 폐면 털이작업 불균일 및 작업의 토오크 커서 실용화 곤란
○ 수직회전 드럼식	○ 특징 - 제작가격 비교적 저렴 - 폐면털이 교반작업 소요동력이 낮은 수준임 - 자동 무인작업 가능	○ 폐면털이 침수 세탁작업 실용화 가능성 있음
○ 수직회전 쌍스크류식	○ 특징 - 제작가격 비교적 저렴 - 폐면털이 상하 재료의 교반이 용이하며 소요동력이 낮은 수준임 - 자동 무인작업 가능	○ 폐면털이 침수 세탁 발효 작업에 실용화 가능성 있음

라. 시험방법

- 1) 공시재료 : 방울솜 1,500kg
- 2) 시작기 : 트랙터 견인이동 및 트랙터 PTO동력 이용형
 - 가) 수직회전 드럼식 폐면침수·세탁기
 - 나) 수직 쌍스크류식 폐면침수·세탁기
- 3) 시작기 작업시스템

버섯폐면의 세탁을 위하여 건폐면 털기 → 침수후 폐면털기→침수후 폐면 교반·세탁 일관작업 시작기를 제작하여 폐면교반 기계작동 상태를 시험.
- 4) 대상작업 : 건폐면 털기, 침수, 침수 후 폐면털기, 폐면 교반·세탁, 탈수

3. 결과 및 고찰

가. 수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기

1) 시작기 구조 및 제원

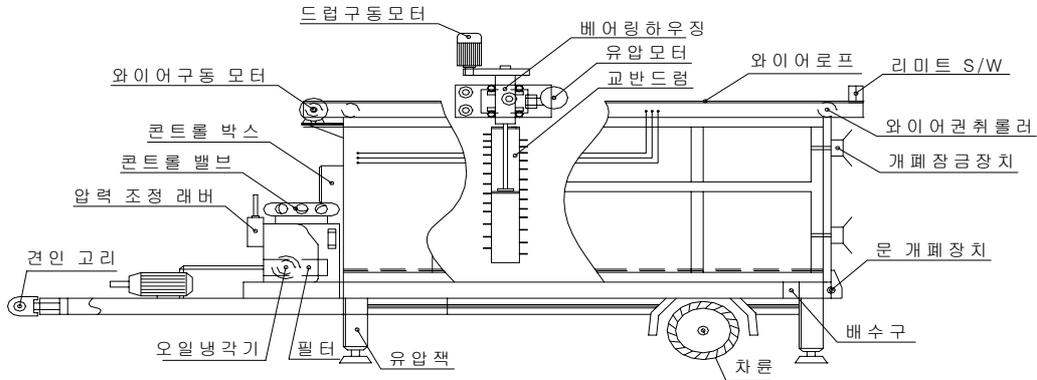


그림 1-20. 폐면 침수·세탁장치 시작기



그림 1-21. 폐면 침수·세탁 시작기

표1-2. 시작기 제원

구 분		제 원
본 체	형식 크기(L×W×H) 작업기 부착	폐면침수, 폐면털기, 세탁 일관작업형 5460×1760×1220mm 트랙터 견인식
침수세탁조	크기(L×W×H) 용량 하부 마루공간 지면고정스탠드	4260×1760×1220mm 9.15m ³ 1.5m ³ 유압실린더
교반장치	교반드럼 크기(D×H) 교반드럼 이동 교반드럼 회전 제어장치 동력원	Φ200×1050mm 유압모터-스핀들회전, 드럼-와이어로프 권취 유압모터-교반드럼 회전 시퀀스-유압밸브제어 트랙터PTO-유압펌프 (60A)

시작기 유압펌프에 의해 발생한 유압동력은 수직 회전드럼을 수평으로 이동하는 장치와 수직회전 드럼을 회전시켜 폐면털기 장치를 구동하도록 되어있다. 유압모터로 구동하여 수직회전드럼을 와이어로 이동시켜서 수평으로 전 후진 이동시키는 한편 유압실린더로 스핀들을 구동시켜서 수직회전드럼이 나사에 의해 수평으로 좌우방향으로 이동되게 한다. 수직회전드럼의 와이어에 의한 전 후진 이동은 원활하였으며 장기간 반복 작동에도 별 이상이 없었다

○ 시작기 구동시스템

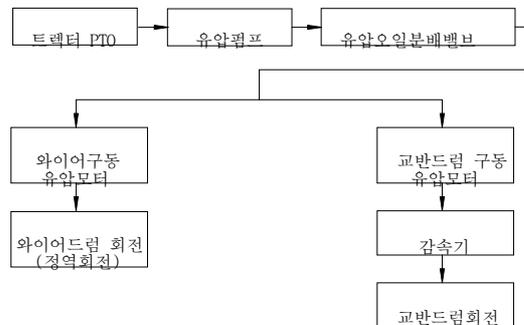


그림 1-22. 폐면 침수·세탁기 유압동력시스템

또한 세탁조 가로방향 1.6m 폭 내의 스피들 회전에 의한 수직회전드럼의 좌우방향 이동 역시 원활하였다. 이 장치는 침수조 위에 H빔을 설치하여 전후진 이동하는 수직회전드럼 장치를 와이어로 구동하므로 세탁조 벽체에 변형이 생기지 않으므로 회전드럼 장치의 전 후진 이송이 원활하였다.

또한 수직회전 드럼은 수직방향으로 설치되어 세탁조의 어느 위치에서도 회전드럼의 회전력은 일정하여 폐면털기 작업이 원활하였다. 다만 침수된 폐면배지를 세탁조 내에서 전후 좌우방향으로 이송되는 기능은 낮았으나 폐면털기 작용은 원활하였다.



그림 1-23. 수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기 구동장치

○ 유압시스템 제어회로

장치의 유압회로는 3개의 유압모터에 의해 각각 폐면털기드럼 구동, 전후방향 와이어드럼 구동, 좌우방향 스피들 구동이 이루어지며, 세탁조에 약 12톤의 정하중이 걸리므로 스탠드 유압실린더 4개를 작동시켜 세탁조를 지면에 지지시켜 폐면 침수 및 폐면털기 작업을 하기에 충분하였다. 유압장치의 작동은 수직회전 드럼을 자동으로 작동할 수 있게 하였으며 스피들구동 유압모터가 회전하여 수직회전 드럼이 좌측 또는 우측면에 도달하면 와이어 드럼이 작동하여 전방으로 또는 후방으로 이동한 다음 다시 횡 방향으로 이동하며 작업할 수 있다.

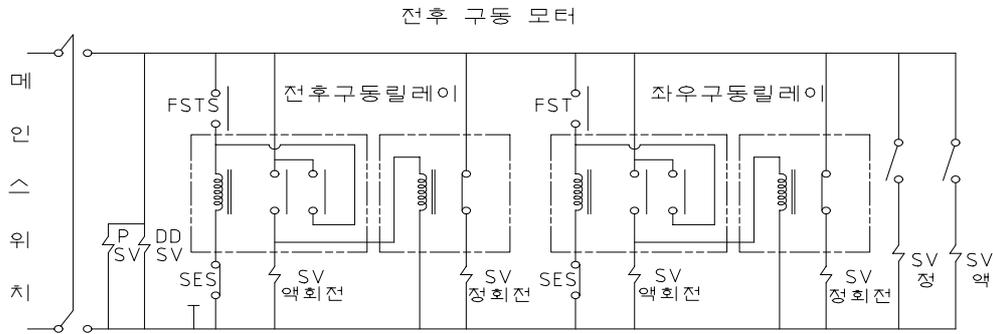
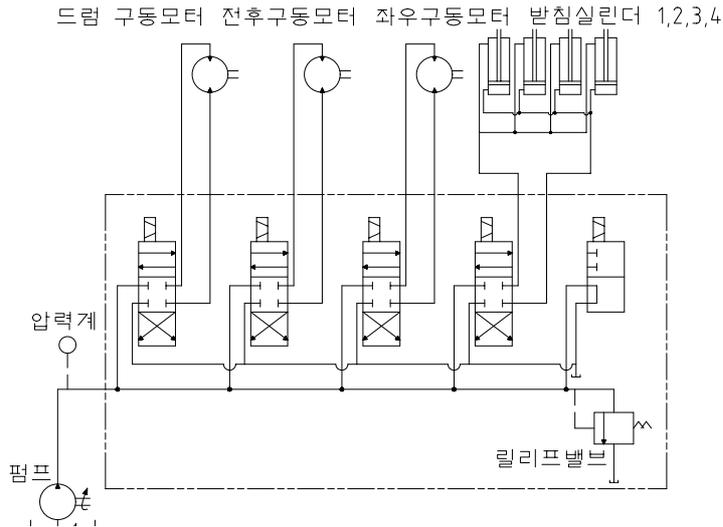


그림 1-25. 폐면 침수·세탁기의 유압장치 자동제어회로도

이 유압동력의 작동은 다음 그림과 같이 유압펌프, 유압제어밸브 등을 구성하고 있으며 자동으로 유압 자동제어장치에 의해 작동된다. 침수·세탁시스템의 작동은 설계된 제어시스템에 따라 작동되었으며 작업기능에 이상이 없었다.



그림 1-26. 유압동력 제어밸브 그림 1-27. 유압 자동제어장치

2) 시작기 작업성능

가) 폐면털이·세탁 시스템

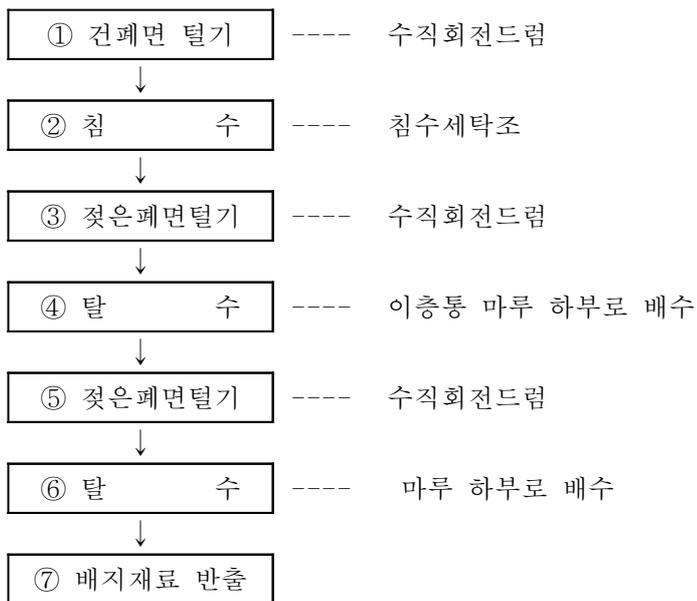


그림 1-28. 폐면 침수·세탁 작업과정

폐면털이 세탁시스템은 우선 건폐면 털기한 다음 침수하여 침수상태에서 폐면에 수분이 침투되도록 젖은 폐면털기 작업을 한다. 젖은 폐면털기 작업을 반복하여 상당시간이 경과하여 폐면에 혼합되어있는 오물이 솜으로부터 분리되면 폐면털기 작업을 하면서 배수하여 폐수를 배출시킨다.

1차 세척 후 세탁조에 급수하여 2차 젖은폐면 털기작업을 계속하였을 때 폐면의 침수상태가 충분하고 폐면의 세탁이 끝나면 2차로 배수하여 배지재료를 반출하고 새로운 폐면을 세탁조에 투입하여 폐면 배지재료 침수 및 세척작업을 계속할 수 있었다.

나) 시작기 이용 폐면털이 · 세탁 특성

유압모터에 의해 와이어로프-드럼을 구동하여 회전드럼장치를 길이방향으로 수평 이동하며 횡방향 수평이동은 유압모터-스핀들을 이용하여 가로 1.7m 폭을 왕복 이동한다. 수직회전드럼이 세탁조 수직방향 1.05m 높이로 설치되어 있으므로 폐면털기는 세탁조 내에서 종횡으로 이동하며 상하부의 폐면을 털며 교반하면서 작업할 수 있었다.



그림 1-29. 폐면 침수 · 세탁기 교반드럼의 세탁

건 폐면털기의 경우 폐면몽치에 결속된 강대 또는 철선을 제거하면 폐면털기 회전드럼이 폐면을 잘게 부숴줄 수 있는 것으로 관찰되었다. 세탁조내에 급수하면 폐면은 대부분 수면위로 부상하였으나 폐면털기 드럼의 타면작용에 의해 시간이 경과함에 따라 폐면 섬유내에 서서히 수분이 침투하여 3시간 후부터는 세탁조에 급수한 물이 폐면에 흡수되었으며 일부 과잉수분은 바닥부근에 고여있었다.

폐면의 탈수과정은 2층으로 되어있는 마루 철판에 100×100mm간격으로 직경 10mm 크기로 설치되어있는 퇴수 구멍을 통하여 외부로 배출된다. 이때 2차 배수된 폐면 세척수는 갈색의 색상을 띄고있는 것으로 보아 유기물이 일부 혐기 발효되어 색깔이 변화된 것으로 추정된다. 그러므로 2차 세척한 물의 배수시기는 1.5일을 넘지 않게 해야할 것으로 생각된다. 그리고 이 폐면세척한 퇴수는 양수하여 농경지 관개용수로 이용할 수 있다.



그림 1-30. 작업 후 오수의 배수

다) 폐면 털이성능

폐면 교반장치의 교반봉 회전속도는 40rpm, 1회 작업폭은 100mm이었으며, 1회 교반작업시 좌우방향으로 왕복 13회 이동할 수 있었으며 왕복 소요시간은 약 8분이 소요된다.

폐면 털기 작업과정으로 볼 때 회전식 교반드럼에 돌기가 부착되어 폐면의 털기 작업이 충분하였으며, 이 회전드럼의 회전속도가 낮아 기계에 과부하가 걸리지 않고 폐면털기를 할 수 있었다. 그리고 방울솜의 경우 건폐면이나 침수한 폐면의 경우에도 회전드럼에 폐면의 면사가 부착되는 현상은 발견되지 않았으며 폐면털기 기능이 충분한 점을 고려해 볼 때 돌기부착 회전드럼은 폐면털기 작업에 적합한 것으로 평가되었다.

시작기의 폐면 침수 폐면털기 가능량은 190kg규격 폐면 원면덩이를 8개 수용할 수 있었으며 중량은 약 1500kg 정도이다. 건 폐면을 털기하여 침수한 다음 젖은폐면을 털기하여 폐면에 수분이 1차 완전침투 되기까지 경과시간은 3시간이 소요되어 세탁에

필요한 시간이 약 6시간인 것으로 볼 수 있다. 또한 침수후 폐면 세척작업한 후 탈수에 소요된 전체시간은 1시간이었다.

폐면의 침수를 1~2차 각 6시간 하여 완전탈수 탈수 1시간씩 2회로 할 경우 14시간이 소요되므로 1일 내에 침수와 세척을 끝낼 수가 있다. 실제 침수 및 탈수시간은 계절이나 재배자의 버섯재배 여건에 따라 폐면의 침수와 세척을 1일간 한 다음 재배사에 입상할 수가 있고 계속하여 1~3주간 야외 발효시킨 후 입상할 수도 있다.

표 1-3. 시작기 작업능력

구 분	내 용
침수조	건폐면 침수가능량 침수소요시간 탈수소요시간
교반기	교반기 회전속도 교반기 폭 1회 작업폭 왕복소요시간
주행장치	견인장치 차륜

나. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기

1) 시작기 구조 및 제원

○ 구조

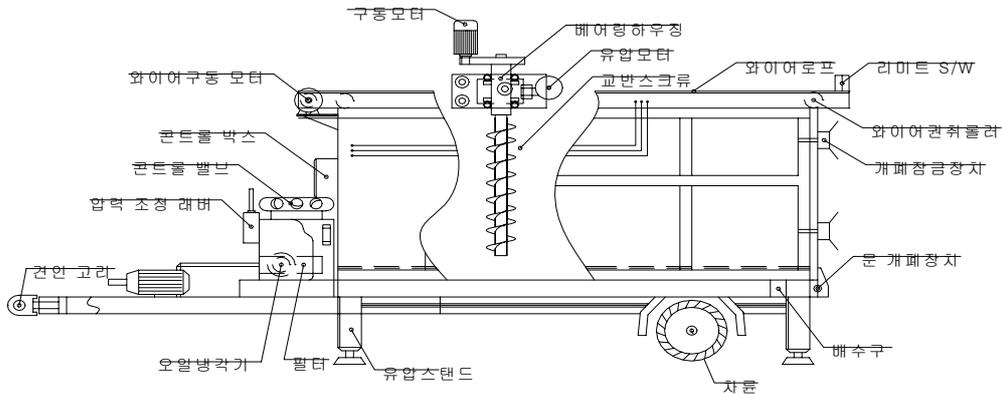


그림 1-31. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기(측면도)

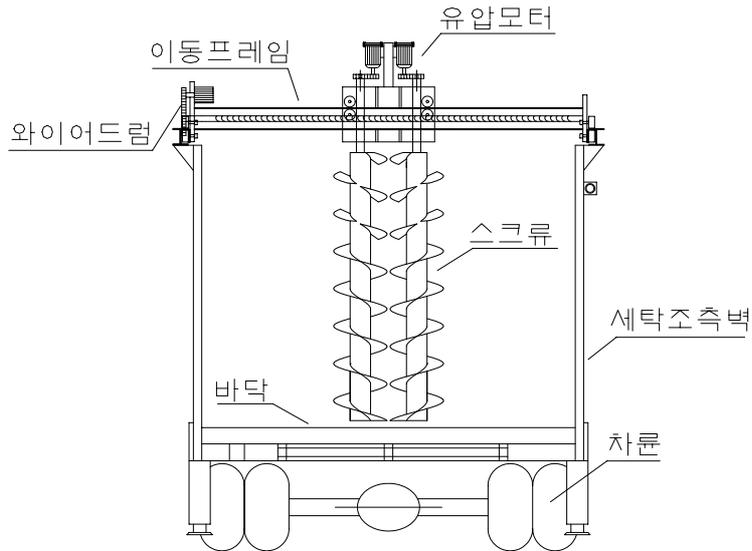


그림 1-32. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기(정면도)

본 시험장치는 느타리버섯 폐면털이·세탁기의 기능을 버섯배지의 발효작업으로 확대 발전시키기 위하여 수직드럼식 폐면 침수·세탁기의 교반장치만을 변경시켜 쌍스크류식 폐면털이·세탁 발효장치의 개발을 시도하였다. 이 장치는 쌍스크류 방식이 수직회전 드럼방식에 비하여 폐면털기 기능은 낮으나 폐면 배지의 상하층간 교반 및 이송작용을 높일 수 있어 버섯 배지재료의 침수, 세탁은 물론 배지재료의 발효작업이 가능할 것으로 보인다.

표1-4. 제 원

구 분		제 원
본 체	형식	폐면침수, 폐면털기, 세탁 일관 작업
	크기(L×W×H) 작업기 부착	5460×1760×1220mm 트랙터 견인식
침수·발효조	크기(L×W×H)	4260×1760×1220mm
	용량	9.15m ³
	하부 마루 공간 지면고정스탠드	1.5m ³ 유압실린더
세척교반장치	교반스크류 크기(D×H)	Φ200×1050mm 2조
	교반스크류 이동	유압모터-스핀들회전, 드럼-와이어로프 권취
	교반스크류 회전	유압모터-스크류회전
	제어장치	시퀀스-유압밸브제어
	동력원	트랙터PTO-유압펌프

쌍스크류식 폐면털이 세탁 발효기는 폐면배지의 상하간 교반작용을 통하여 배지재료에 균일한 공기 접촉을 도모하여 배지재료에서 발생한 발효가스가 배출될 수 있도록 하였다. 그리고 세탁조 하부 마루를 통하여 버섯배지재료에 수증기로 가열할 경우 세탁조 내부 배지온도를 일정하게 유지시킬 수 있어 폐면 배지재료를 발효시킬 수 있다.

버섯재배 작목반에서 공동으로 이용할 수 있도록 트랙터 견인형으로 제작하였으며 구동 동력은 트랙터 PTO동력을 이용할 수 있게 하였다.



그림 1-33. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기 내부구조

○ 폐면털이·세척, 발효 시스템

느타리버섯 폐면재배의 생력화를 위한 폐면의 침수, 세탁 일관기계화 작업체계로 설계하였다. 시작기의 폐면털이, 세탁 시스템은 우선 건 폐면을 투입하고 세탁조에 침수하여 폐면이 젖은 상태에서 폐면털기 하기에 적합하다.

침수 및 폐면털기를 끝낸 후 배수하여 폐면의 수분함량을 70% 내외에서 쌍스크류를 회전시켜 폐면 버섯배지를 교반하는 동시에 마루하부를 통하여 보일러의 스팀을 공급하여 가열한다. 버섯배지의 온도가 50℃ 수준으로 유지시키면서 약 1주일 내외 배지를 발효한 다음 버섯 재배사에 입상하여 살균한다.

○ 시작기 구동시스템

시작기는 수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기와 동일한 구조이며 유압펌프에 의해 발생한 유압동력은 수직 회전스크류를 수평으로 이동하는 장치와, 수직회전 스크류를

회전시켜 폐면 털기하는 장치를 구동하도록 되어있다. 유압모터를 구동하여 수직회전 스크류를 와이어로 이동시켜서 수평으로 전 후진 이동시키는 한편 유압실린더로 스펀들을 구동시켜서 수직회전스크류를 수평으로 좌우방향 이동되게 한다. 수직회전 스크류의 와이어에 의한 전 후진 이동이 원활하고 장시간 반복 작동에 이상이 없었으며 세탁·발효조 가로방향 1.6m 폭의 스펀들 회전에 의한 수직회전 스크류의 좌우방향 이동은 원활하였다.

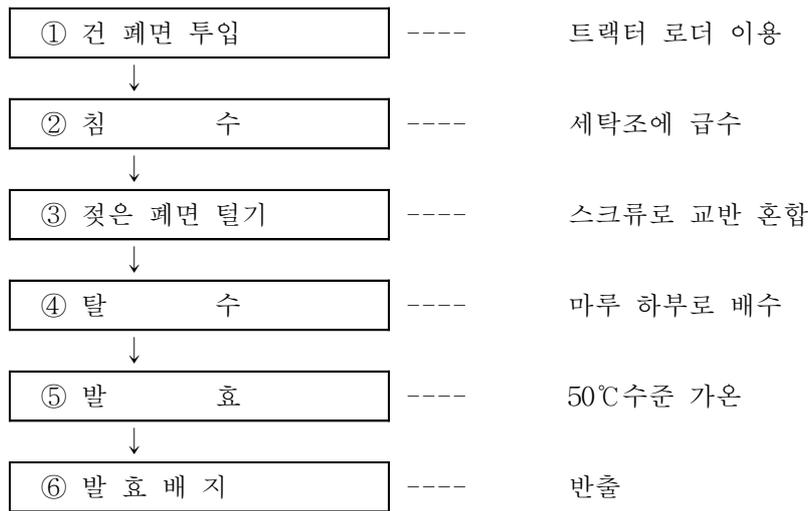


그림 1-34. 쌍스크류식 폐면침수·세탁기의 작업체계

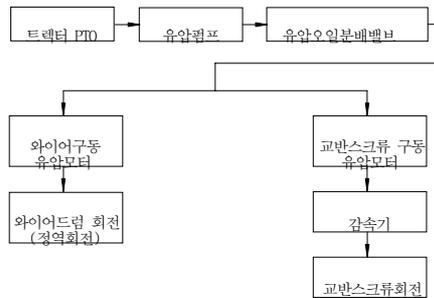


그림 1-35. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기 유압동력시스템

이 장치는 침수조 위에 H빔을 설치하여 전 후진 이동하는 수직회전스크류 장치를 와이어로 구동하므로 세탁조 벽체에 변형이 생기지 않아 회전스크류 장치의 전 후진 이송이 원활하였다. 또한 수직회전 스크류는 수직방향으로 설치되어 세탁조의 어느 위치에서도 회전스크류의 토오크는 일정할 것으로 생각되며 폐면털기 및 교반에 무리가 없었다.

○ 유압시스템 제어회로

유압회로는 수직회전드럼식 폐면 침수·세탁기와 동일하며 3개의 유압모터에 의해 각각 폐면교반스크류 구동, 전후방향 와이어드럼 구동, 좌우방향 스펀들 구동이 이루어지는 구조이다.

유압시스템은 다음 그림과 같이 유압펌프, 유압제어밸브 등을 구성하고 있으며 자동으로 유압자동제어장치에 의해 작동된다. 스펀들 회전 유압모터가 회전하여 수직회전스크류가 좌측 또는 우측면에 도달하면 와이어 드럼이 작동하여 전 후방으로 이동하여 다시 횡방향의 좌우로 이동한다.

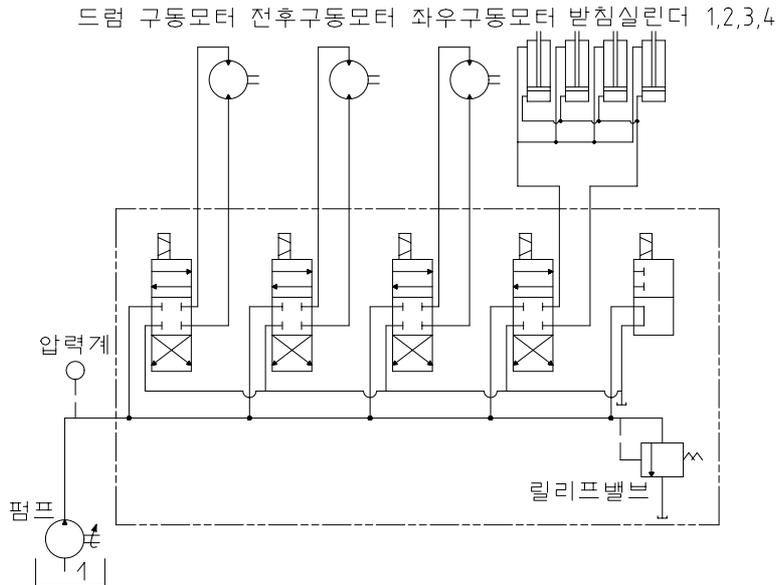


그림 1-36. 쌍스크류식 폐면 침수·세탁기의 유압회로도

2) 시작기의 작업특성

○ 시작기 작업방법

폐면 세척 발효시스템은 우선 건 폐면을 투입하고 침수하여 침수상태에서 폐면에 수분이 침투되도록 수 시간 기다린 다음 젖은 폐면털기 작업을 한다. 젖은 폐면털기 시간이 경과하여 폐면에 혼합되어있는 오물이 솜으로부터 분리되면 폐면털기 작업을 하면서 오수를 배출시키는 장치이다.

1차 세척 후 세탁조에 급수하고 2차 젖은 폐면 털기작업을 계속하여 폐면의 침수 상태가 충분하고 폐면의 오물이 분리되면 2차로 배수하여 보일러에서 스팀을 공급하여 배지재료를 발효온도로 상승시킨다.

○ 시작기의 작동

수직회전스크류가 세탁·발효조 수직방향 1.05m 높이로 설치되어 있으며 세탁조 내에서 종횡으로 이동하며 회전 작동하는 작용은 충분하였다.

폐면의 탈수과정은 2층으로 되어있는 마루 철판에 100×100mm간격으로 직경 10mm 규격으로 설치되어있는 유공철판 하부 구멍을 통하여 외부로 배출된다.

폐면 교반스크류의 회전속도는 40rpm, 1회 작업폭은 300mm이며, 1회 교반작업시 좌우방향으로 왕복 13회 이동할 수 있었으며 왕복 소요시간은 약 8분이 소요된다.

표 1-5. 폐면 침수·세탁장치의 특성

수직회전드럼 교반방식	수직회전 쌍스크류식
○ spike tooth 붙이 회전드럼	○ 쌍스크류 회전
○ 타면기능 원활	○ 타면기능 보통
○ 재료교반 보통	○ 재료교반 원활
○ 폐면털이 소요동력이 낮음	○ 폐면털이 소요동력 낮음
○ 자동 무인작업	○ 자동 무인작업

본 시작기는 성능시험 중 자동제어시스템의 일부 고장으로 인하여 폐면을 사용한 침수, 세탁 발효시험을 수행하지 못하였다. 그러나 이 수직회전 쌍스크류 교반장치는 수직회전 교반방식 교반장치에 비해 상하간 배지재료의 교반 능력이 높을 것으로 예상되며 배지재료의 침수 세탁은 물론 발효작업에도 적용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 본 시작기가 이동식이므로 세탁조 크기를 증대시키기에 제약을 받지만 고정식으로 세탁조 용량을 2~3배 크게 제작할 경우 버섯재배사 1동 규모를 1회에 재료를 투입하여 세탁할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 적 요

버섯 배지원료로 사용하는 폐면의 침수, 폐면털기 작업을 생력화하고 동시에 폐면에 혼합되어 있는 흙, 오물, 유해물질을 세탁하여 버섯의 생육을 촉진시키며 버섯재배 성공률을 크게 높일 수 있는 느타리버섯 재배용 폐면세탁기를 개발하고자 수행하였다.

가. 수직드럼형 폐면 침수·세탁기

- 1) 시작기는 느타리버섯 폐면 배지재료를 침수, 세탁할 수 있는 돌기 붙이 수직회전드럼 교반봉을 구비하고 세탁조 내를 전후좌우로 이동하며 작업할 수 있으며, 마루 하부의 배수공을 통하여 탈수되는 구조이다.
- 2) 시작기의 구동은 트랙터 PTO 동력으로 유압펌프를 구동하고 와이어 드럼구동으로 수직교반장치를 전후 이동시키며, 스피들 회전에 의해 수직 교반봉을 회전시키면서 전후좌우로 이동시키는 구조이고, 수직 교반장치는 유압모터에 의해 40rpm 수준의 저속으로 회전한다.
- 3) 침수조 배지재료 세탁용량은 건폐면 1500kg을 수용할 수 있고 침수 6시간, 배수 1시간이 소요되며 2회 침수·세탁에 14시간 소요되어 관행(인력) 침수, 세탁 작업 28시간에 비해 작업노력을 50% 절감할 수 있었다.

나. 쌍스크류형 폐면 침수·세탁기

- 1) 느타리 재배 배지원료 폐면의 침수 세탁장치로서 수직회전드럼 장치의 기능을 확대시키고자 쌍스크류 교반방식의 시험장치를 설계하여 구조 및 특성을 검토하였다.
- 2) 시작기의 쌍스크류식 교반장치의 구조는 스크류의 회전 교반드럼에 의해 침수조내에서 이동하며 침수조 폐면의 상하부위 교반기능을 갖추어 세탁 및 발효작업에 이용할 수 있도록 설계 제작하였다.
- 3) 시작기의 작동시험한 결과로 볼 때 폐면 배지재료의 침수, 세탁이 가능하고 발효작업에도 확대 이용할 수 있을 것으로 예상된다.
- 4) 본 시작기는 고정식으로 변경하고 세탁조의 용량을 크게 하여 제작할 경우 대용량의 침수, 세탁이 가능할 것으로 판단된다.

제 2 절 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발

1. 서언

우리 나라의 느타리버섯 재배는 75년 농촌진흥청에서 벗짚다발 재배기술을 개발 보급하면서 느타리버섯 재배기술이 보편화하였으나 80년대 후반부터 점차 노동력을 절감 할 수 있는 폐면을 이용한 재배 방법으로 변화되었다. 그런데 이 폐면재배 방법은 해외에서 폐면을 대량 수입하여 사용하고 있으므로 외화낭비는 물론 식물병균, 곤충, 잡초씨 등이 반입될 우려도 있다.

느타리버섯 배지를 만들기 위하여 배지재료를 침수, 발효시키는 작업은 버섯농사의 성패를 좌우할 만큼 매우 중요하다. 느타리버섯 배지를 만드는 재료는 다발벗짚, 폐면, 벗짚퇴비 등 여러가지 방법이 있으나, 현재 주로 실행되고 있는 기술은 야외에서 침수 발효작업이 이루어지므로 주변환경이 불결하게 된다.

또한 배지원료를 물에 침수하여 발효하는 작업은 노동력이 많이 요구되며, 1회 버섯재배에 투입해야하는 배지원료의 양은 건물기준으로 3톤 가량 투입해야 하므로 배지원료의 구입비용 부담도 적지 않은 실정이다.

한편 일부에서는 중국 등 해외로부터 발효·살균한 버섯배지를 수입하는 사례도 있어 느타리버섯 생력 기계화재배와 우량배지 생산기술의 향상은 시급히 해결되어야 할 과제로 늘 지적되어 왔다.

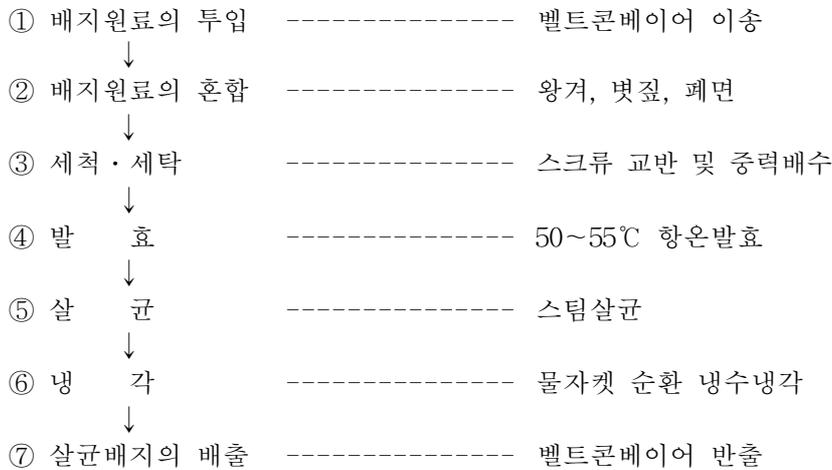
현재 배지원료는 현재 주로 해외에서 수입한 폐면을 이용해 왔으나 국내의 부존 자원을 최대한 이용하는 동시에 가격이 저렴하며 전국 어디에서나 구입이 용이한 왕겨와 벗짚을 주로 사용하고 폐면의 장점도 이용할 수 있도록 3가지 배지원료를 혼합하여 사용하는 기술을 개발하고자 하였다.

본 연구는 느타리버섯의 배지 제조를 위한 침수, 세탁, 발효, 살균 등 퇴비제조 전과정을 발효조 내부의 기계적인 작용에 의해 일관작업으로 처리할 수 있는 기계와, 살균배지를 상자에 넣어 종균접종하고 고밀도 배양실에서 배양하여 배지생산 노력을 줄일 수 있는 새로운 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 및 상자배지시스템을 개발하고, 퇴비제조작업의 생력화와 혼합배지 제조성능을 평가하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 설계

1) 배지재료 생산 일관작업체계 설계



2) 설계 착안사항

실수요자는 버섯재배 작목반이 공동으로 이용하거나 버섯재배 규모가 큰 전업농 또는 버섯배지 분양센터에서 이용할 수 있는 규모를 목표로 하였다. 대상작업은 버섯배지의 혼합, 침수·세탁, 살균, 발효 작업 일관기계화를 목표로 설계하였으며, 배지재료는 왕겨 볏짚 폐면 등 여러 종류의 버섯 배지재료를 혼합하여 사용하기 적합한 구조로 하였다. 스크류콘베이어는 구조가 간단하여 산업기계 및 농업기계에 널리 사용되고 있는 장치이다. 농업기계분야에서는 일반적으로 트러푸 또는 파이프내에서 곡물 또는 사료를 이송하는데 널리 사용되기도 하지만 사료혼합장치 및 TMR 사료혼합장치에도 이용된다.

3) 배지원료 혼합장치 설계

발효조의 형상은 V-형, W-형에 대해 스크류콘베이어를 사용하여 여러가지 농산 부산물의 배지재료를 혼합하여 사용할 수 있도록 다음과 같은 모형의 배지혼합장치를 비교 검토하였다.

가) V - 형 혼합조 스크류방식의 메카니즘 검토

○ 1축식 V형 혼합교반기

하부 스크류 콘베이어는 하부 180°원주 부분이 막힌 트러푸내에 설치하고, 하부 스크류콘베이어의 중앙에 이송된 배지원료를 상부로 이송하는 구조이며, 상부의 혼합재료가

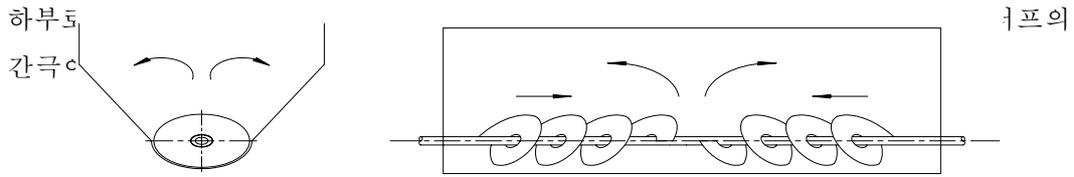


그림 2-1. 1축식 V-형 혼합조 교반방식

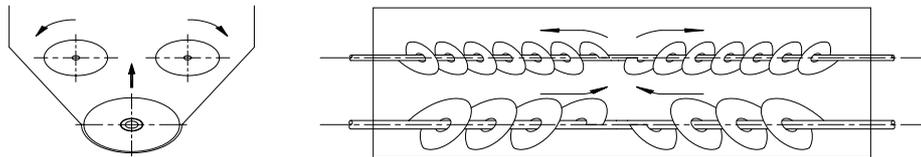
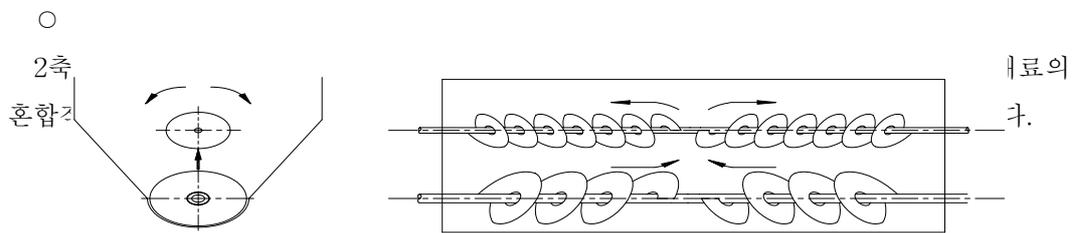


그림 2-3. 3축식 V-형 혼합조 교반방식

나) W - 형 혼합조 수평스크류식의 메카니즘 검토

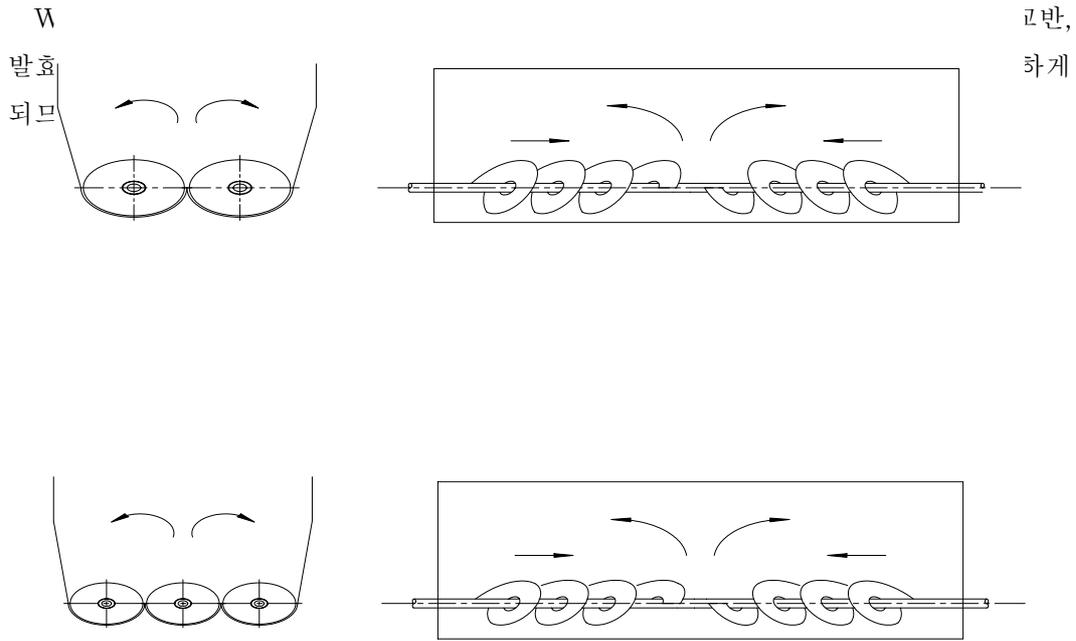


그림 2-5. 수평3축식 W-형 혼합조 교반방식

4) 탈수장치

버섯배지원료에 수분을 가하여 재료에 혼합된 이물질, 오물을 제거하기 위하여 탈수가 필요하며, 배지의 살균, 발효에 적합한 수분함량을 유지하기 위하여 원활한 탈수장치가 요구된다.

재료에 혼합된 이물질, 오물을 제거하기 위하여 중력에 의하여 혼합·발효조 하부 구멍으로 배수시킬 수 있게 한다. 특히 탈수과정에 스크류를 회전시킬 경우 재료의 압축으로 탈수를 촉진시킬 수 있다. 재료의 고형물을 남기고 오물을 세척할 수 있도록 탈수에 필요한 구멍의 크기는 직경 10mm, 종·횡방향 구멍간격 10cm이면 적절할 것으로 판단된다.

5) 살균장치

스팀보일러의 고압수증기를 발효조 내로 공급하되 발효조 하부 및 상부 2개소에 공급하며, 살균작업시 스크류 컨베이어를 구동하여 재료를 교반한다. 이와 같이 재료를 교반 혼합함으로써 배지재료를 균일하게 가온할 수 있고 발효조내 재료의 일정한 온도유지가 가능할 것으로 판단된다.

6) 재료의 공기공급

재료의 침수, 살균 후 50~55℃ 온도로 발효하는 기간 중 재료 내부의 산소공급이 불충분하게 되면 혐기발효를 일으키게 되므로 발효기간 중 원료의 교반작업 과정에 공기의 공급이 요구된다.

이와 같이 교반작업 중 재료에 공기를 공급하기 위하여 스크류컨베이어 강관의 축내부를 통하여 압축공기를 공급하는 장치를 갖추어 호기성 발효를 촉진시킬 수 있다.

7) 배지원료의 발효조 투입 및 배출

배지원료 투입구는 높이 2.8m인 세탁·살균 발효조의 상부에 있으며, 배출장치는 바닥면에서 30cm의 높이에 설치되어 있으므로 반출된 재료는 손쉽게 담을 수 있는 장치가 요구된다. 따라서 장치의 상·하부에 쉽게 재료로 투입 또는 반출할 수 있는 장치는 벨트컨베이어의 이용이 적합할 것으로 판단된다.

파이프 내에 설치된 스크류 컨베이어의 반송능력은 일반적으로 다음 식으로 계산된다.

$$Q = 60n \cdot \Phi \cdot p \cdot r \cdot \frac{\phi}{4} (D^2 - d^2)$$

여기서, Q = 반송능력(톤/시간)

n = 스크류 회전수(rpm)

Φ = 충전효율

p = 스크류 간격(m)

r = 반송물의 산물밀도 (톤/m³)

D = 스크류 외경(m)

d = 스크류 축 외경(m)

곡물의 경우 충전 효율은 0.45정도이며, 스크류 회전수는 직경이 클 경우 대략 45D 1/2에 해당된다. 한편, 스크류컨베이어의 소요동력은 다음과 같이 표시된다.

$$L = c \cdot l \cdot Q$$

여기서, L = 소요동력(ps)

c = 계 수

l = 스크류 컨베이어의 길이(m)

Q= 반송능력(톤/시간)

스크류컨베이어 시험장치의 구조는 하부에 트러프(Trough)를 구성하고 있으나 상부에는 버섯 배지재료에 접촉되고 있으므로 위의 계산식은 본 장치에 적용하기 곤란하므로 토오크메터를 입력축에 설치하여 소요동력을 측정기로 하였다.

나. 재료 및 방법

공시재료는 건물 총량 2,000kg로 하였으며 배지재료의 원료는 왕겨40%, 볏짚은 혼합하기 쉽도록 볏짚절단기에 투입하여 4~5cm 크기로 절단한 볏짚을 30% 사용하였으며, 방울숨 30%를 투입하였다. 시작기의 스크류 회전수는 0.9 rpm이었고, 초기에 왕겨, 볏짚, 폐면 등의 원료를 투입한 후에는 2-3시간 이상 연속 가동하였으나 발효작업 기간 중에는 12시간 간격으로 1시간씩 가동하였으며 살균작업 중에는 매 20분마다 간헐적으로 가동하였다.

보일러 규격은 50,000kcal/h 인 스팀보일러를 이용하였으며, 발효조에 온도센서를 설치하여 온도조절기에 의해 발효기간 중에 $50\pm 2^{\circ}\text{C}$ 내외로, 살균작업에는 $65\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 조절되게 하였다. 시작기의 시험시기는 2001. 10-11월 이었으며 충북 보은소재 느타리 버섯재배 전업농가에 설치하여 시험하였다.

시작기의 교반, 발효작업과정에서 소요동력 측정은 토오크메터(Onosokki SS-102, 0~100kg-m)를 사용하였으며, 트랙터의 PTO축과 시작기의 입력축 사이에 설치하여 측정하였다. 또한 토크메터의 계측정밀도를 검정하기 위하여 연구소 보유 트랙터 PTO동력측정용 다이내모메터를 이용하여 토크메터의 토오크를 캘리브레이션 하였다.

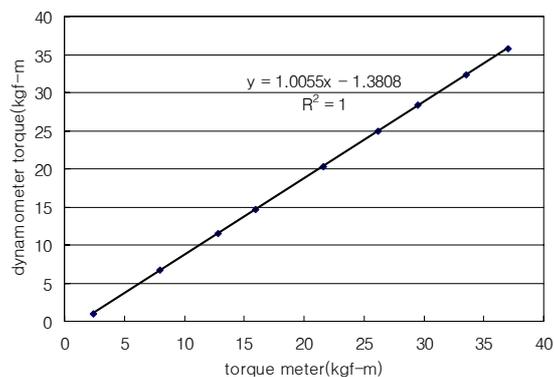


그림 2-6. 토크메터의 토오크캘리브레이션

3. 결과 및 고찰

가. [시험1] V-형 발효조 3축스크류 버섯배지 일관제조기 제작시험

1) 시작기 제작

가) 구조 및 제원

○ 구조

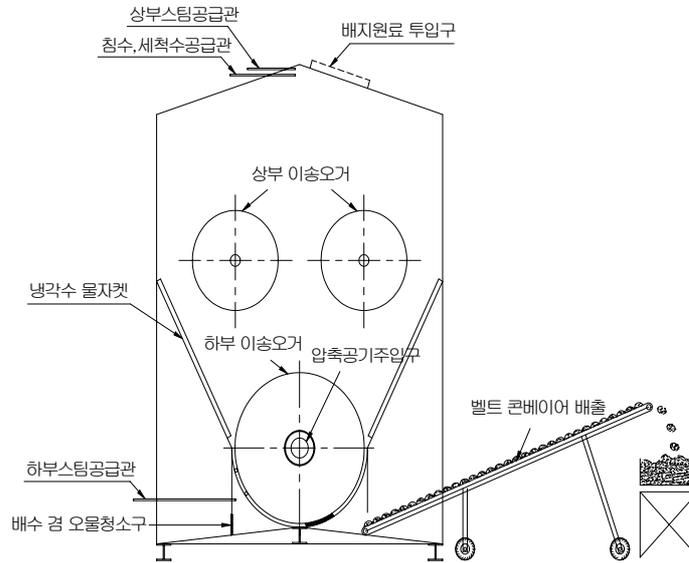


그림 2-7. 시작기의 V-형 발효조 3축스크류 구조

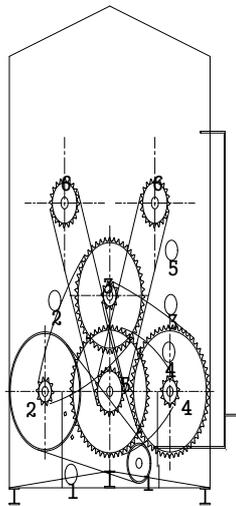


그림 2-8. 시작기의 동력전달 체계도

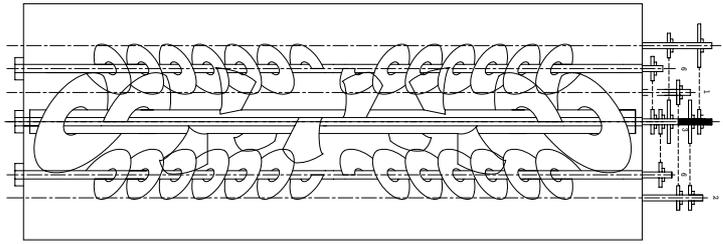


그림 2-9. 시작기의 재료 교환 스크류 평면도

표 2-1 제 원

구 분		사 양
본 체	형식	배지재료 혼합·발효·살균 일관작업형
	크기(L×W×H) 중량	4,770×2,000×2,875mm 6,970kg
세탁· 살균· 발효	크기(L×W×H)	4,000×2,000×2,875mm
	내용적 탈수장치	20.4m ³ 발효조 하부배수구
교환장치	하부오거(D×L)	905×4,000mm
	상부오거(D×L)	600×4,000mm
살균장치	스팀주입구	하부 스크류실 및 발효조 상부
공기공급	하부스크류오거축	압축공기 공급 138m ³ /분
	동력전달	V벨트 → 체인 및 스프로킷

나) 시작기 구동시스템

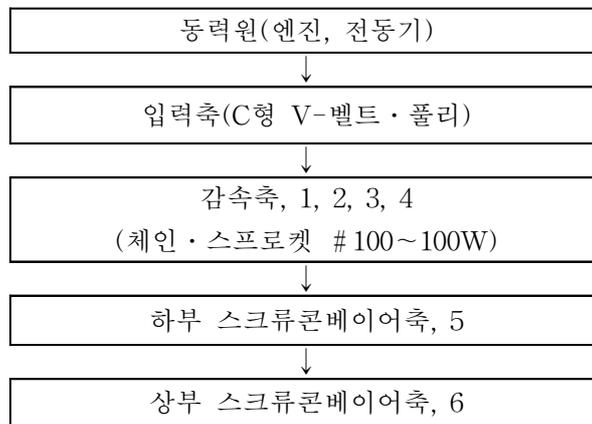


그림 2-10. 시작기 동력전달체계

2) 시작기 작업성능

가) 작업공정

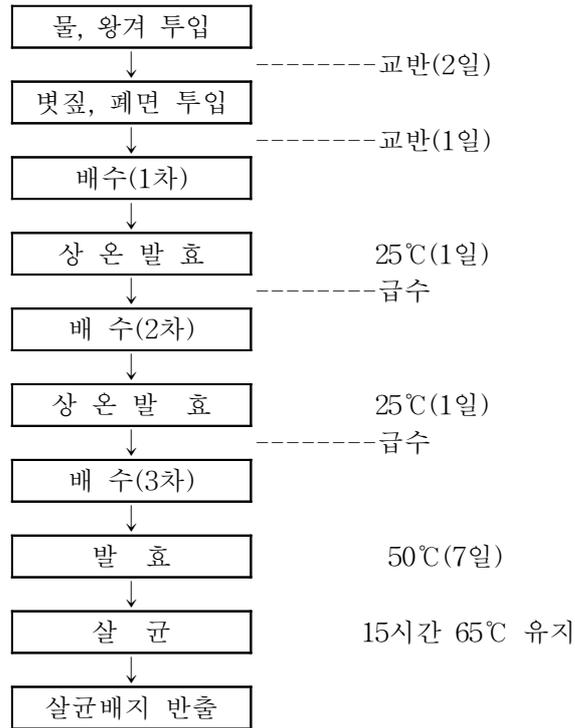


그림 2-11. 버섯배지제조 작업공정

나) 배지 세탁후 배출수의 색깔 변화(달관조사)

표 2-2 세탁 배출수의 색깔

1차배수	2차배수	3차배수
흑색	흑갈색	갈색

다) 발효배지의 물리성 변화

○ 배지의 부피 변화

배지원료 투입하여 침수 후 초기에는 배지재료의 수분흡수로 부피가 증가하였다. 그러나 발효가 진전되면서 볏짚 줄기속의 공기가 없어지며 부피가 급격히 감소되기 시작하였다. 세탁, 살균, 발효 8일경에는 처음 투입당시에 비해 부피는 약 25%로 감소하였다.

○ 배지재료 발효에 의한 왕겨의 물리적 변화

왕겨의 유기물은 리그닌, 셀룰로스 등 각질화된 유기물이어서 쉽게 분해되지 않는 특성이 있으나, 교반 발효과정에 의하여 왕겨의 조직이 연화되어 버섯균의 영양소로 이용될 수 있는 것으로 판단된다. 특히 왕겨를 배지재료에 혼합시키므로써 폐면배지의 공급을 확보하여 주므로 발생가스가 빠져나가기 쉬워 균사배양을 촉진시키는 역할을 할 수 있는 것으로 생각된다.

라) 관행작업과의 비교

○ 물의 침투기간

폐면배지원료의 경우 봄, 가을 계절의 경우 3일간 물 축이기 작업을 하면서 3회 가퇴적 하여야 수분이 충분히 침투 될 수 있으나 본 시작기로 강제 교반 혼합하므로써 5시간 내에 물이 침투하여 침수작업이 완료 될 수 있었다.

○ 연료소비량

표준 60평형 버섯재배사의 살균 및 후발효작업 가열을 위한 석유량은 650-550ℓ 소요되나 본 시작기의 살균 발효작업 가열을 위한 석유소비량은 200ℓ로서 관행의 30%수준으로 낮아 에너지 절약효과가 있는 것으로 나타났다.

○ 작업노력

버섯배지의 투입, 세탁, 살균, 발효작업, 고용노동은 배지원료 투입 및 반출 2명으로 작업할 수 있었으며 원료투입 3시간, 발표배지 반출 2시간 소요되어 관행 느타리버섯 재배 폐면털기, 가퇴적, 되쌓기 소요인력 12(4명×3일)명에 비해 노동력을 대폭 줄일 수 있었다.

마) 기계작동상태

하부스크류의 크기가 크고 스크류와 반원형케이스 간극에 재료가 압축을 받게되면 스크류의 회전시 매우 큰 토오크를 받게되어 축의 비틀림모멘트가 커지게 되고 축이 파손된다. 또한 축이 매우 큰 부하를 받게 되면 축에 힘이 발생하여 축 베어링케이스가 파손되는 경우가 있다.

배지의 제조상태는 양호하였으나 하부스크류축이 파손에 이르게 되므로 스크류축이 힘을 적게 받는 구조로 구조를 변경할 필요가 있는 것으로 나타났으며, 상부 재료분산 스크류는 중앙에 쌓인 재료를 분산하는 역할이 중요하지 않으므로 설치하지 않아도 될 것으로 판단되었다.



그림 2-12. 버섯배지 일관제조기 배지제조 시험



그림 2-13. 발효조 내부 이송스크류

나. [시험2] W-형 발효조 수평2축스크류 버섯배지 일관제조기 제작시험

1) 시작기 제작

가) 구조 및 제원

○ 구조

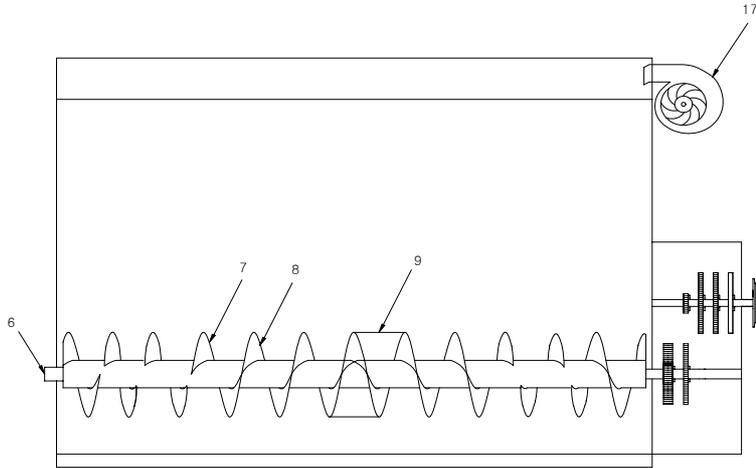


그림 2-14. 시작기 측면도

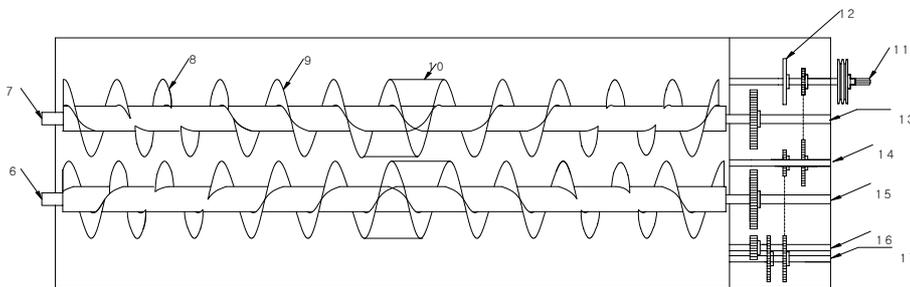


그림 2-15. 시작기의 재료교환 스크류

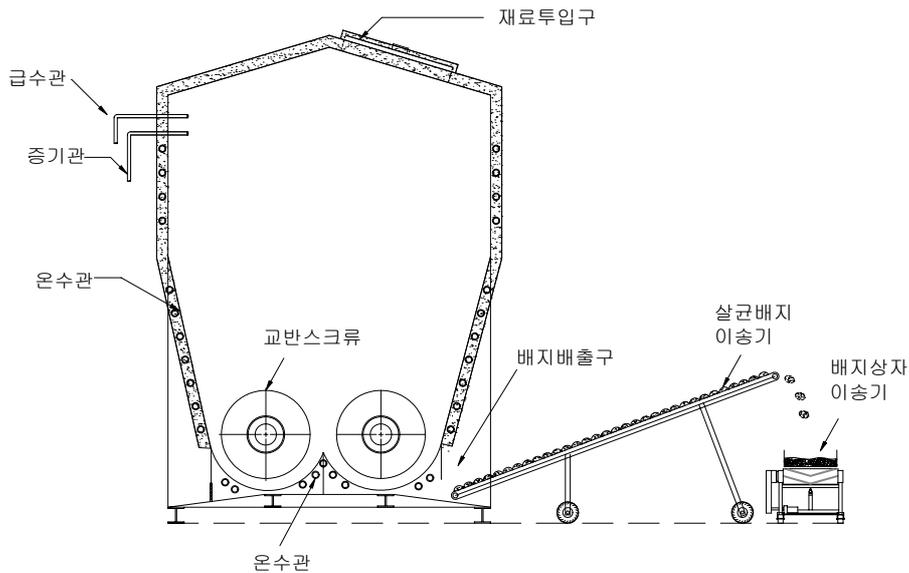


그림 2-16. W-형 발효조 수평2축 스크류 구조

버섯퇴비 발효조는 배지 재료를 담아 재료 혼합, 발효 살균할 수 있는 공간을 갖게 되며, 트랙터 피티오 또는 엔진, 전동기 등의 동력을 이용하여 평행하게 설치된 2축의 교반-이송 스크류를 구동하는 장치를 갖추고 있으며, 이 스크류는 재료가 물리지 않고 고르게 퍼지며 혼합이 잘 되도록 비연속적으로 나선이 부착된 간헐 스크류축을 구비하고 있다.

버섯퇴비 원료는 이송 벨트콘베이어를 이용하여 발효조 상부의 투입구로 공급하며, 투입된 버섯퇴비 재료는 발효조 내에 낙하하여 충전된다.

발효조 내부에 공기를 공급하는 송풍, 환기장치가 부착되어 있어 유해가스를 주기적으로 제거할 수 있게 되어있으며, 발효조 내부 재료의 발효를 촉진시킬 수 있도록 난방열 및 냉열을 공급해 주는 냉난방 배관이 설치되어 있다.

발효 또는 살균이 완료된 배지재료를 발효조에서 외부로 배출시키는 스크류축이 회전함에 따라 배지재료가 외부로 배출되도록 스크류 중앙부에 배출판이 설치되어 있다.

발효조 외부로 배출된 배지를 경사식 벨트콘베이어에 의해 수평식 벨트콘베이어에 옮겨주는 이송장치가 부대장치로 구비되어 있으며 수평식 벨트콘베이어위에 낙하된 배지재료를 상자에 담은 동시에 종균을 혼합하여 종균혼합 상자배지를 만들도록 되어 있다.

시작기의 배지 혼합방식은 왕겨, 볏짚 등의 교반에 적합한 스크류방식을 채택하여

이 장치를 반밀폐식 발효조 하부에 설치하였다. 배지원료는 상부 투입구에 공급할 수 있으며, 발효 및 살균한 배지는 하부 스크류실 옆면의 배출구로 배출된다.

발효 및 살균을 위한 열에너지 공급방식은 스크류실 하부의 공간에 증기를 공급하고 아울러 발효조 상부에도 증기를 공급하는 관을 설치하였다.

발효 살균된 버섯 배지용 퇴비를 외부에 배출할 때에는 스크류에 부착된 배출판이 회전하면 배출구의 외부로 배출된다. 외부로 배출된 버섯퇴비는 경사식 벨트콘베이어에 의해 상자담기용 수평이송 벨트콘베이어로 이송된다.

수평이송 벨트콘베이어에 낙하된 버섯배지는 상자에 담음과 동시에 버섯종균을 혼합하므로써 “종균접종된 버섯배지 담긴 상자”가 된다.

표 2-3 시작기제원

구 분		사 양
본 체	형식	배지재료 혼합·발효·살균 일관작업형
	크기:L×W×H)	6,770×2,000×2,875mm
세탁,살균 발효조	크기(L×W×H)	6,000×2,000×2,875mm
	배지재료수용량 탈수장치	3,500kg(건물) 발효조 하부 배수
교반장치	왼쪽스크류(D×L)	600×6,000mm
	오른쪽스크류(D×L)	600×6,000mm
살균장치	수증기주입 가열	하부 스크류실 및 발효조 상부
	동력전달	V-벨트 → 체인 및 스프로킷 → 스퍼기어



그림 2-17. 버섯배지일관제조기의 동력전달장치



그림 2-18. 이동형 반밀폐식 버섯배지 일관제조기

○ 시작기 구동시스템

시작기의 동력전달방식은 입력축 → V벨트 및 V-풀리 → 체인 및 스프로킷 → 스퍼기어 → 스크류축의 전동방식을 채택하여 토오크가 커짐에 따라 전동축의 크기와 체인 또는 기어의 크기를 확대하였다.

동력원은 6극 전동기를 부착하여 정격 회전수 1,200rpm인 것을 5차례 감속하여 스크류축의 회전속도는 분당 1회전 수준의 초저속으로 운전할 수 있게 하였다.

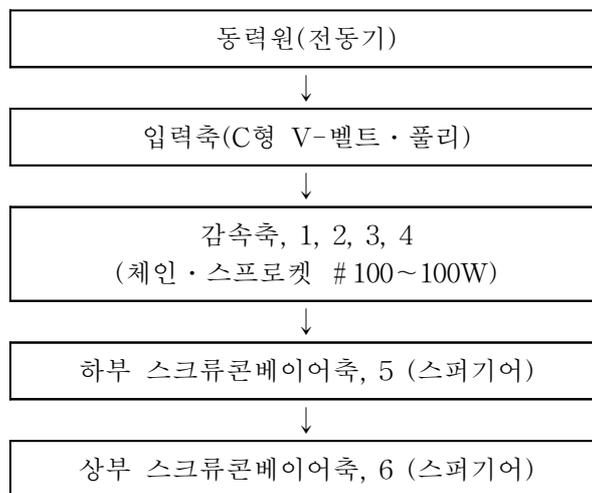


그림 2-19. 시작기 구동시스템

2) 시작기 작업성능

가) 느타리버섯 혼합배지 제조시스템 개발

시작기의 버섯배지재료 혼합, 세탁, 발효, 살균작업은 다음과 같은 순서로 하였으며 이와 같은 방법으로 우량한 배지를 제조할 수 있었다. 다만 계절이나 버섯재배 여건에 따라 발효기간의 신축은 문제가 없다.

○ 느타리버섯 배지재료 혼합, 발효, 살균공정

왕겨투입 → 급수 → 발효 5일(50℃) → 배수 → 절단벚짚 투입 → 급수 → 발효 1일(50℃) → 배수 → 폐면 투입 → 급수 → 발효 1일(50℃) → 배수 → 발효 4일(50℃) → 살균 1일(65℃) → 하온 1일(30℃) → 발효배지 반출

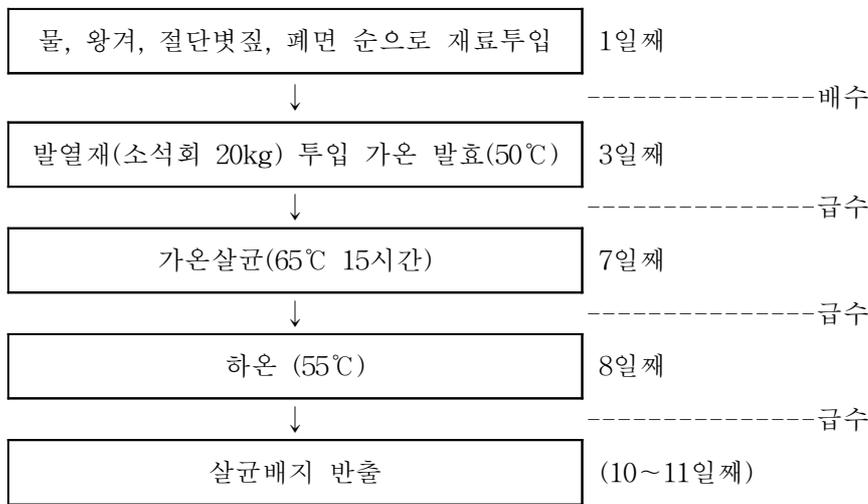


그림 2-20. 급속 배지제조 공정

왕겨는 다른 배지재료와 혼합이 용이하며 분해속도가 매우 낮은 것으로 알려져 있으나 발효 3일 후에는 배지재료간의 마찰에 의해 분쇄되어 왕겨의 형태를 알기 어렵게 변화되었다. 배지원료의 투입순서는 왕겨, 절단벚짚, 폐면의 순서가 적당하다고 판단되며, 침수 및 발효중에 발효조 내의 세탁용수를 배수 할 수 있으므로 왕겨나 폐면에 함유되어 있는 버섯균의 생장억제 물질을 제거하는 효과가 있을 것으로 생각된다.

수차 시험과정에서 달관조사 한 배지혼합 상태는 버섯배지원료의 혼합시 균일하게 혼합되는 시점은 원료투입 후 3시간 정도 경과하면 대체로 균일하게 혼합되는 경향이였다.



그림 2-21. 시작기 발효조의 내부구조



그림 2-22. 시작기의 배지재료 혼합시험

나) 발효조의 살균작업 온도변화

배지재료를 세탁 후 배수한 다음 증기보일러의 증기로 공급한바 발효조 내 배지의 온도는 거의 직선적으로 상승하였다. 이는 발효조 내 재료의 교반이 원활하게 이루어지기 때문인 것으로 보인다. 특히 발효기간 중에 배지온도는 50C°내외로 유지하다가 살균온도 60C°에 도달하는 시간은 2시간 소요되어 관행 버섯재배사의 공간 살균방법이 비해 매우 빠르고 효과적인 것으로 평가된다.

아울러 관행 버섯재배사의 공간살균 가열시에는 버섯재배사 1동에 봄, 가을의 경우 약 600ℓ 내외의 경유가 소모되는데 비해 본 시험에서는 표준버섯재배사 1동에 소요되는 10-11월기간중 배지 발효 및 살균작업 1회의에 경유 소모량은 200ℓ로서 관행 살균작업 600ℓ/회에 비해 1/3 정도로 연료소모량이 낮았다. 이와 같이 연료소모량이 낮은 원인은 발효조 구조가 지붕 뚜껑을 개방한 반밀폐식이므로 발효기간 중 버섯 균의 자체 호흡열이 발생하므로 외부에 빼앗기는 열만을 일부 보충하여도 발효에 적합한 온도로 일정하게 유지될 수 있어 열에너지 소모가 낮은 것으로 생각된다.

다) 시작기의 소요동력



그림 2-23. 다이내모메터를 이용한 토오크메터의 검정

시작기의 소요동력을 분석한 공시재료는 배지재료를 투입하기 이전의 무부하 공회전, 왕겨+벗짚 혼합재료 투입직후, 왕겨+벗짚+폐면 혼합재료 투입 직후, 그리고 혼합배지 제조 2일 후의 토오크를 측정하였다. 시작기(길이4m형)의 입력축에서 측정된 토오크는 공회전일 때 1.1kg-m 수준으로 축의 회전수에 관계없이 일정하였으며, 왕겨만을 투입했을 때에도 공회전시와 같았다. 그러나 벗짚을 추가로 투입하였을 때의 토오크는 1.2kg-m로 부터 2.0kg-m 까지 높아졌다. 이는 벗짚이 스크류와 실린더사이에 벗짚이 끼어서 일시 소요동력이 증가한 것으로 생각된다.

여기에 폐면을 추가 투입하였을 때 토오크는 1.0~1.2kg-m 으로 오히려 낮아졌다. 그후 배지제조 2일 후 입력축의 토오크 측정값은 초기 400-600rpm일 때 1.7kg-m 이었으나 기계가동 시간이 경과한 1,000rpm일 때는 1.4kg-m로 낮아졌다. 시작기 입력축의 토오크는 축의 회전수나 배지제조 혼합재료의 종류에 따라 일정한 경향을 나타내지 않았다.

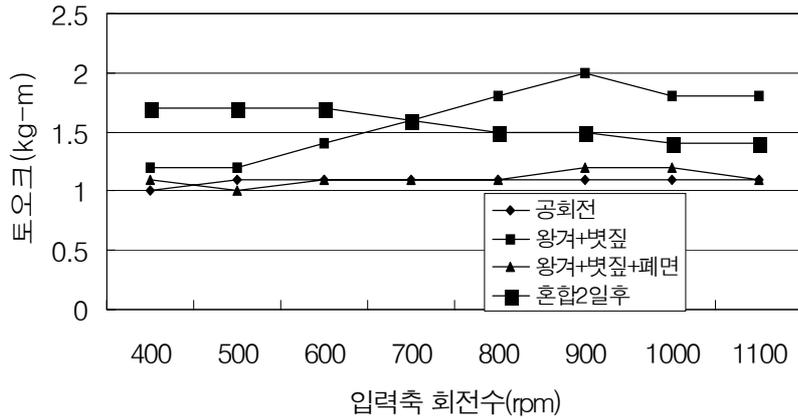


그림 2-24. 시작기 입력축의 토크

라) 시작기 생산 배지의 벚짚수확량(균상 65m², 장안3호 품종)

관행 폐면재배 방법과 왕겨, 벚짚, 폐면을 혼합한 혼합배지를 이용한 벚짚재배 방법과의 벚짚 수확량을 비교한 결과 관행 폐면재배는 벚짚 수확량이 적었으며 3주기 수확 후 갈반병이 발생하여 수확하지 못하였으나 시작기를 이용한 혼합배지는 벚짚 병의 발생이 없이 8주기까지 지속적으로 벚짚을 수확하여 시장에 출하할 수 있었다. 벚짚 재배시 병이 발생하지 않았던 이유는 시작기의 사용으로 배지의 발효가 잘 되었기 때문으로 판단되며 왕겨의 영양분을 오래 이용할 수 있어 8주기까지 장기간 수확할 수 있었던 것으로 생각된다.

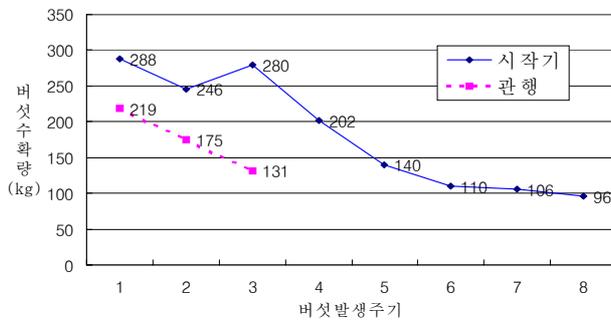


그림 2-25. 시작기를 이용한 혼합배지의 벚짚수확량 비교



그림 2-26. 말칭재배 버섯의 1주기 생육(충북 보은)



그림 2-27. 균상재배 버섯의 4주기 발육(충북 보은)

마) 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 이용기술 개발

기계의 설치는 비, 바람을 가리고 보온을 유지하기 위하여는 조립식 건물이나 비닐하우스 내에 설치해야 한다.

버섯 배지재료의 투입순서는 아래 그림과 같이 급수관을 통하여 발효조 상부로 급수하고 왕겨를 넣으면서 기계를 가동한다. 배지재료를 발효조 내에 넣을 때는 트랙터 프론트로우더 또는 벨트콘베이어 등으로 투입하면 편리하며 인력으로 투입해도 된다.

왕겨가 물에 충분히 젖으면 10cm 이내로 절단한 볏짚을 발효조에 투입하고 보일러를 가동하여 발효조의 배지재료 온도를 적정 발효온도인 50℃로 유지시킨다. 왕겨, 볏짚이

충분히 물이 젖게되면 폐면(방울솜 등)을 조금씩 떼어내어 천천히 발효조에 투입한다. 절단벚짚이나 폐면 등의 배지재료를 투입하는 기간에는 항상 기계를 연속 가동하여야만 기계에 무리가 가지 않고 배지재료를 골고루 교반, 혼합할 수 있다.



그림 2-28. 버섯배지 발효, 살균실(충북 보은)

배지재료의 혼합원료 사용은 왕겨, 벚짚, 폐면을 각각 33% 내외로 혼합하되 다소 혼합비율을 가감하여도 별 문제는 없으나 현재까지 현장에서 적용한 경험으로 볼 때 3가지 재료를 골고루 혼합하는 것이 재료의 경제성과 버섯의 수량을 충분히 유지시킬 수 있으며 폐면을 과다하게 사용할 경우 재료의 가스배출이 불충분하여 혐기발효를 일으킬 우려가 있으므로 지양해야 한다.

배지재료를 모두 투입한 다음에는 타임스위치로 가동시간을 정하여 주기적으로 기계를 가동하고 배지재료 온도가 계속 50℃내외를 유지되도록 가온 하여야 한다. 배지재료의 온도조절 방법은 보일러 온도센서를 발효조 내부에 설치하면 보일러가 가동되어 발효조 내부온도가 자동 조절된다. 발효조 내부의 배지재료 온도는 전후 상하좌우로 재료가 이동하면서 혼합되므로 발효중인 재료가 갖고있는 발효가스를 배출시키는 동시에 배지재료의 온도를 균일하게 유지시켜 줄 수 있다.

1일 2회 타임스위치로 1시간씩 기계를 가동하면 가스빠기가 이루어지며 동시에 보일러로 가온하면 늦봄~초겨울 기간에는 하루 종일 발효조 배지온도를 50℃ 부근으로 유지시킬 수 있다. 이는 배지재료가 일단 발효를 시작하면 쉽게 온도가 내려가지 않으며 반밀폐식 발효조 내에서 배지재료가 발효하면서 열을 발생시키므로 가온 연료 소모율이 매우 낮다.

3일째는 소석회를 20kg(1포) 투입하여 발열을 유도하고 그후 4일간 재료의 발효를

촉진시킨다. 교반, 발효 기간중 왕겨의 물리적 성질은 크게 변화되어 3일 혼합발효 후에는 왕겨의 형체가 구별하기 어렵고 1주일 뒤에는 완전히 분쇄된다.

7일째에 배지재료 살균을 위하여 배지온도를 65℃로 10시간 이상 유지 시켜서 살균하며, 8일째는 배지재료의 후발효를 위하여 온도를 50℃로 2일간 유지시킨 다음 10일째 발효조의 온도를 25℃ 내외로 낮추어 발효·살균된 배지재료를 발효조에서 배출시킨다.

배지재료의 배출방법은 발효조 하부에 설치된 배출구 뚜껑을 열고 기계를 가동하면 내장된 스크류의 회전에 의해 살균된 배지재료가 밖으로 밀려나온다.



그림 2-29. 발효 초기의 혼합 버섯배지



그림 2-30. 발효 후기의 혼합 버섯배지

이 기계화작업시스템은 버섯배지의 침수, 세탁, 발효, 살균작업이 반밀폐식 발효조에서

일관작업으로 처리되어 작업이 편리하고 배지의 품질이 균일하며, 반밀폐식 발효조의 교반·발효장치에 의하여 볏짚, 왕겨, 폐면을 버섯 배지재료로 혼합 사용할 수 있어 원료 구입비용을 절감할 수 있다. 또한 버섯퇴비 제조과정의 살균, 발효작업을 위한 가열 연료소모량을 대폭 절감할 수 있다

이 버섯배지 일관제조기는 1회 200㎡(60평)규모 표준재배사에 입상할 수 있는 배지재료를 생산할 수 있으며 이 기계를 부락 공동으로 연중 이용할 경우 1년에 30회 내외 살균배지를 생산할 수 있다.

사) 시작기 이용 버섯배지제조 및 배지 입·폐상 작업노력 비교

트랙터 로터베이터를 이용한 폐면재료의 타면 침수, 야외 발효방법은 78시간 소요되었으나 시작기를 이용한 버섯배지제조 작업은 25.5시간이 소요되어 작업노력을 67% 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 배지 제조재료비는 관행 폐면의 동당 비용이 900천원인데 비해 왕겨+볍짚+폐면은 501천원으로 44% 절감할 수 있었다.

따라서 배지 재료비와 배지제조 노력비를 합한 총 배지 제조비용을 비교하면 폐면 단일원료의 관행작업이 총 1,973천원인 소요되는데 비해 혼합 배지재료를 시작기로 제조할 경우 895천원이 소요되어 표준재배사 1동당 전체 배지제조 비용을 1,078천원 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

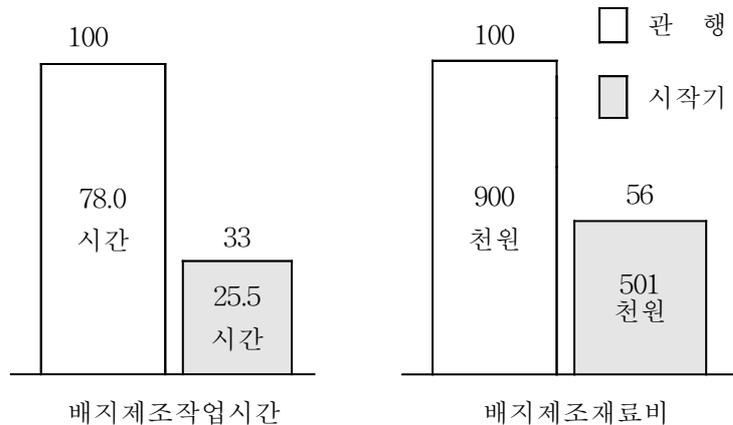


그림 2-31. 시작기체계의 작업노력 및 재료비 비교

아) 시작기 이용 효과

표 2-4 작업특성 비교(균상 200m²기준)

구 분	관 행	시 작 기
- 폐면털기	트랙터	시작기 발효조
- 예비발효	야외퇴적	시작기 발효조
- 배지원료	폐면 100%	혼합배지 (왕겨40%:볏짚30%:폐면30%)
- 배지경비	900만원	501만원
- 연료소모량	550~650 ℓ/회	200 ℓ/회
- 작업시간	78시간	25.5시간
- 작업비용	1,073천원	393천원
- 버섯수확 횟수	3~4 주기	4~5 주기

침수, 살균, 발효작업 노력을 절감할 수 있었으며, 농산 부산물을 활용할 수 있어 배지재료 비용도 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

시작기를 농작업별로 관행작업과 비교한 내용은 다음과 같다

- 침수, 살균, 발효 작업시간 절감 : 78.0 → 25.5시간/회/동
- 배지재료 경비절감 : 900 → 501천원/회/동
- 침수, 살균, 발효 작업노력비용 절감 : 1,073 → 393천원/회/동

배지재료의 살균·발효 가열 연료를 관행 550 ℓ/회/동 수준에서 200 ℓ/회/동으로 절감할 수 있는 것으로 나타났으며, 왕겨와 볏짚을 이용한 버섯배지의 버섯 생산성은 수확주기 및 수확량 면에서 관행 폐면배지에 비해 손색이 없는 것으로 나타났다.

특히 느타리버섯 재배농가에서 배지용 원자재로 주로 사용하고 있는 해외수입 폐면을 왕겨, 볏짚 등으로 60~70% 대체할 수 있어 외화를 절약할 수 있고, 배지재료의 오물 세탁을 통하여 버섯발육 억제물질을 제거한 우량배지를 생산할 수 있으며, 최근 농촌 노동력이 노령화 추세에 있어 농작업 인부 확보가 어려운 현실에 비추어 버섯배지 생산 전과정을 생력 기계화할 수 있어 안정적으로 버섯을 재배할 수가 있다.

자) 시작기(침수, 세탁, 살균, 발효 일관작업) 경제성 분석

표 2-5 버섯배지제조(침수, 세탁, 살균, 발효) 일관작업 비용

구 분	시작기		관 행(인력)			
	시작기	스팀살균기	인 력	스팀살균기	트랙터50p	
구입가격(원)	35,000,000	3,500,000	-	3,500,000	21,000,000	
내구년수(년)	8	8	-	8	8	
연간사용횟수(회)	30	30	-	6	(208.6hr)	
연간고정비 (원/년)	감가상각비	4,156,250	415,625	-	415,625	2,493,750
	수리비	1,750,000	175,000	-	175,000	1,050,000
	이자	735,000	73,500	-	73,500	882,000
	소계	6,641,250	664,125	-	664,125	4,425,750
동당1회작업고정비	221,375	22,137	-	110,687	127,296	
동당1회작업 변동비(원)	인건비	55,049	-	522,990	-	72,535
	유류비	-	78,400	-	215,600	22,242
	전력사용료	14,782	2,255	-	2,255	-
	소계	150,486			835,622	
동당 1회총작업비용 (원/동)	393,998		1,073,605			
동당 1회작업시간 (hr/동)	25.5		78			

* 수리비계수 5%/년, 이자율 4%/년, 경유 392원/ℓ (2001평균면세유가격)

* 연간사용횟수 : 30회 (5농가×2동×3회), 1회 13일 사용

* 인건비 : 남 51,811원/일(2001. 9. 농협조사월보)

* 관행 : 표준버섯재배사(200m²), 살균·발효용 유류소비량 550ℓ/회

표 2-6 버섯배지 제조재료비 및 작업비용 (원/동)

구 분	시 작 기	관 행
침수, 세탁, 살균, 발효작업	393,998	1,073,605
배지 원자재비용	501,000	900,000
합 계	894,999	1,973,605
지 수	45.3	100

4. 적 요

느타리버섯 배지를 만들기 위하여 배지재료를 침수, 발효시키는 작업은 버섯농사의 성패를 좌우할 만큼 매우 중요하다. 또한 배지원료를 물에 침수하여 발효하는 작업은 노동력이 많이 요구되며, 1회 버섯재배에 투입해야하는 배지원료의 양은 건물기준으로 3톤 가량 투입해야 하므로 배지원료의 구입비용 부담도 적지 않다.

본 연구는 느타리버섯의 배지 제조를 위한 침수, 세탁, 발효, 살균 등 퇴비제조 전과정을 발효조 내부의 기계적인 작용에 의해 일관작업으로 처리할 수 있는 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 및 기계이용기술을 개발하고, 배지제조작업의 생력화 수준을 평가하고자 하였다.

- 가. 반밀폐식 발효조와 스크류 교반·발효장치를 개발하였으며, 표준재배사 1동에 소요되는 3톤의 버섯 배지재료를 발효조에 투입하여 왕겨, 볏짚, 폐면 등의 배지재료를 30~40% 혼합하여 배지 제조하는 기계기술을 개발하였다.
- 나. 시작기 발효조 내부의 발효열을 이용할 수 있어 살균·발효 가열 연료소비량을 동당 관행 550ℓ를 200ℓ로 절감할 수 있어 연료소모량을 63%를 절약할 수 있었다. .
- 다. 시험장치 교반·발효작업시 입력축의 토오크는 1.0~2.0kg-m 범위이었으며 볏짚 투입 초기에 토오크가 일시적으로 높아졌으나 재료의 량, 재료의 종류에 따라 큰 차이는 나타나지 않았으며 시간이 경과함에 따라 토오크가 감소되는 경향을 보였다.
- 라. 버섯배지용 원자재로 사용되는 수입 폐면을 왕겨, 볏짚 등 국내산 부존자원으로 대체함으로써 배지재료인 폐면의 사용량을 30% 내외로 줄이며, 왕겨, 볏짚으로 대체할 수 있어 배지제조 원료비를 약 40% 절감할 수 있었다.
- 마. 버섯배지 제조를 위한 침수, 세탁, 발효, 살균 등 전과정을 반밀폐식 발효조에서 일관 제조하므로 작업이 용이하고 동당 관행 78.0시간에 비해 25.5시간으로 절감할 수 있고 버섯재배용 배지 생산 전과정의 생력기계화가 가능한 것으로 판단된다.
- 바. 시작기를 이용하여 제조한 혼합배지의 버섯 생산성은 관행 폐면 배지에 비해 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

제 3 절 버섯배지 종균접종 · 성형 작업시스템 개발

1. 서 언

느타리버섯 균상재배 방법에 있어 배지제조 작업공정은 일반적으로 침수, 야외발효 과정이 끝난 후 버섯 재배사의 균상에 입상하여 살균한 다음 살균배지를 25℃ 내외로 하온시켜 버섯종균을 접종하게 된다. 그리고 종균을 접종한 버섯배지를 외부의 잡균이 오염되지 않도록 PVC필름으로 피복하여 적정 종균배양온도로 3주 가량 유지하게 되면 버섯을 발생시킬 수 있게된다.

그러나 현행 작업체계는 작업과정이 번거롭고 작업노력이 많이 소요되므로 작업 방법을 일관작업공정으로 처리하는 것이 유리하며, 중노동을 가벼운 농작업으로 개선할 필요가 있다. 병버섯을 생산하는 버섯종균 배양소에서는 이와 같이 버섯배지를 일관 작업공정에 의해 대량생산할 수 있는 시스템을 갖추고 있으나, 일반 느타리버섯 재배는 톱밥배지와 병 재배로 하지 않고 있으므로 농가에서 채용하기에는 적합하지 않다.

그러므로 이 작업시스템에서는 현재 이용되고있는 박스재배 방법을 개선하여 종균 배양기간에만 박스에 담아서 종균을 배양하여 버섯배지가 성형되도록 하고 덩어리로 성형된 배지를 균상에 입상하여 버섯을 발육시키는 기간에는 박스를 사용하지 않는 새로운 버섯재배 작업기술 개발이 요구된다.

본 연구는 느타리버섯 균상재배용 살균배지의 파쇄, 상자담기, 종균접종을 일관작업으로 처리할 수 있는 느타리버섯 종균접종 · 성형작업시스템을 개발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 상자발효시스템 이용체계

상자발효시스템의 작업체계를 다음과 같이 설정하여 반밀폐식 버섯배지제조기와 연계된 작업기술을 시험하였다.

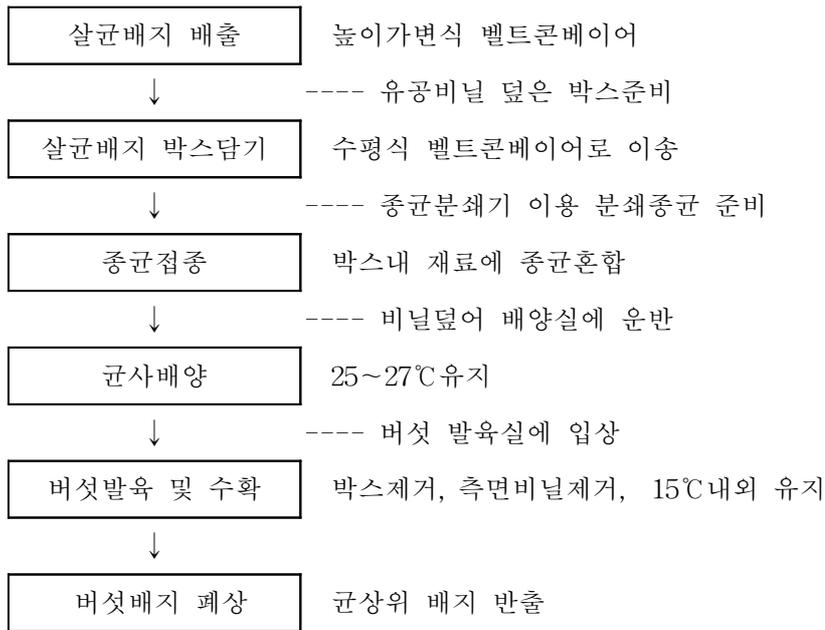


그림 3-1. 상자발효시스템

나. 시작기 설계

1) 작업공정설계

살균이 완성된 혼합배지는 반밀폐식 버섯배지제조기로부터 벨트컨베이어에 의해 이송되면 분쇄장치에 의해 살균배지를 분쇄시킨다. 버섯종균을 상부의 살균배지 분쇄장치에 접종할 전체종균의 50%를 공급하여 살균배지와 혼합 접종되도록 한다. 살균배지와 종균이 접종된 배지가 하부에 대기시킨 PVC필름 피복 플라스틱상자에 낙하된다. 종균이 1차 접종된 버섯배지의 표면을 손으로 균평작업한 다음 2차 종균접종 장치에 의해 나머지 50%가 표면 종균접종이 되게 한다. 종균접종된 상자배지는 수평벨트컨베이어 위에서 끝으로 이송되면 종균접종 상자를 임시로 쌓아둔다.

종균접종한 버섯배지는 배양기간 박스에 담겨져 배양실에서 버섯배지가 성형되도록 하고 덩어리로 성형된 배지를 균상에 입상하여 버섯을 발육시킨다. 이와 같이 느타리 버섯 균상재배용 살균배지의 분쇄, 상자담기, 종균접종하여 성형배지를 일관작업으로 생산한다.

2) 배지재료 공급장치

버섯 혼합배지 발효살균장치에서 배출된 살균배지를 폭 35mm규격의 경사식 벨트 컨베이어에 의해 버섯배지 분쇄장치에 살균배지를 공급되도록 하였다.

3) 배지재료 파쇄장치

버섯배지 파쇄장치에 공급된 살균배지 덩이를 1차로 수평회전 쌍축 로터가 분쇄하고 분쇄된 배지재료를 수직회전스크류에 의해 하부로 천천히 낙하시켜 공급되도록 설계하였다.

4) 종균공급장치

종균공급장치는 스크류 공급장치를 사용하여 분쇄한 톱밥종균을 이송하는 구조이며 이송 스크류는 수평 이송하여 수직 이송되는 두 개의 스크류로 설계하였다.

5) 종균접종장치

분쇄한 종균을 균일하게 혼합하여 접종하기 곤란하므로 1차 배지분쇄장치에 종균을 공급하여 혼합되게 하고, 2차로 배지표면에 종균을 살포하여 접종하는 방법으로 하였다.

6) 종균접종 배지의 반출장치

플라스틱상자 내부에 PVC필름을 깔고 종균 접종한 버섯배지를 담아 수평 벨트컨베이어로 이송하는 장치를 구성하였다. 벨트컨베이어에 의해 이송된 버섯배지는 배양실로 옮겨서 버섯배지에 균사를 배양시킨다.

7) 배지의 성형

플라스틱상자에 종균 접종한 배지를 담아 배양실에서 균사 배양시켜 버섯배지를 두부모양의 반고체상태로 성형되게 한다. 균사배양에 의해 덩어리로 성형되면 이 완성배지를 균상에 입상하여 버섯을 발육시킨다

다. 공시재료

- 1) 배지재료 : 버섯배지 일관제조기에서 왕겨, 볏짚, 폐면재료를 4 : 3 : 3의 비율로 침수, 혼합하여 10일간 발효한 배지재료를 사용하였다.
- 2) 버섯종균 : 배지와 혼합상태를 육안으로 관찰할 수 있도록 느타리버섯 종균 대응으로 황백색의 포플러톱밥을 사용하였다.
- 3) 공 시 기 : 버섯배지 반출, 파쇄, 종균혼합장치로 구성된 종균접종시스템으로 시험하였다.

라. 시험방법

종균접종은 버섯배지 총량의 6%를 접종하되, 버섯배지 분쇄기에 종균을 공급하여 총량의 50%를 1차 혼합하고 버섯배지 상자위에 총량의 50%를 2차 혼합하여 접종하는 방법으로 시험하였다. 작업능률은 살균배지 재료를 공급하여 배지의 파쇄, 종균공급 및 접종, 배지상자의 반출하는 작업시간을 측정하였다. 작업정도는 버섯배지에 종균이 혼합된 상태를 달관으로 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 상자발효시스템 이용체계

1) 상자발효시스템의 작업상태

반밀폐식 혼합배지제조기에서 배출시킨 발효, 살균한 혼합배지는 곧바로 가변식 벨트콘베이어를 통하여 이송되며 배지를 수평식 벨트콘베이어 위에 비닐 썬 상자를 대기시킨다.

살균배지재료가 상자 위에 담겨지면 종균분쇄기를 사용하여 미리 준비한 버섯종균을 살균배지에 혼합한다. 종균을 접종한 상자배지를 배양실로 운반하여 고밀도 상태로 상자적재 하여 적정 배양온도로 3주 내외 유지시켜 균사배양시킨다. 균사배양이 종료되면 성형된 버섯배지를 버섯 발육실로 옮겨 입상하여 균상에 치상한 배지 표면에 피복한 비닐을 가위로 잘라낸다. 이 배지는 기존의 상자재배 배지와는 달라서 버섯 배양기간에만 상자를 사용하고 배양후 버섯발육기간에는 상자를 회수하여 재사용하므로 상자 사용량이 적어도 되며, 버섯의 상품성도 관행 균사재배에 비해 손색이 없다.

버섯 발육실에서 버섯의 수확을 모두 끝낸 다음 버섯배지를 폐상 할 때는 바닥과 옆면에 유공비닐필름이 부착되어 있으므로 버섯배지가 균상으로 부터 손쉽게 분리되어 작업시간이 단축되며, 특히 버섯배지 부스러기가 발생하지 않아 뒷처리가 간편하다



그림 3-2. 발효배지 배출장치



그림 3-3. 살균배지 상자담기 및 종균집중 작업(충북 보은)

2) 상자발효시스템과 연계한 배지제조 및 배지 입·폐상 작업

버섯배지를 상자에 담아 고밀도배양실에서 배양하여 입상하여 재배하고 폐상하는 작업까지 포함한 작업체계를 시험한 바 버섯배지 입상노력을 관행 84시간에서 27시간으로 노력을 68% 줄일 수 있었으며, 폐상작업의 경우도 관행 16.5시간에 비해 새로 개발한 작업기술은 3.8시간으로 77%를 절감할 수 있었다.



그림 3-4. 버섯배지 배양실(충북 보은) >



그림 3-5. 성형 버섯배지 재배버섯의 5주기 발육(충북 보은)

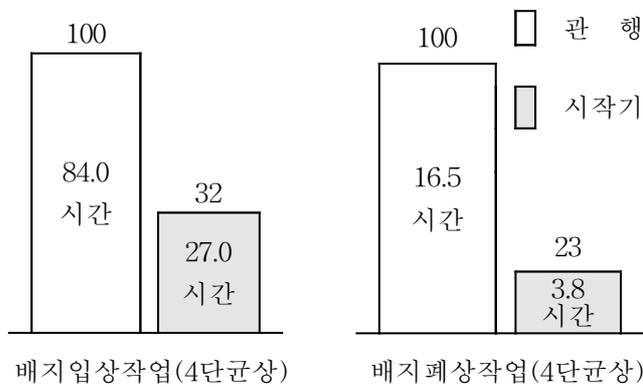


그림 3-6. 혼합배지제조기와 연계한 시작기 체계의 작업노력 비교

3) 상자발효시스템 이용효과

이 시스템을 이용하여 관행작업과 비교한 내용은 아래와 같이 버섯재배용 배지 전처리 전과정을 생력 기계화할 수 있는 이점이 있다.

즉 상자배지발효시스템은 1박스당 무게가 10~15kg 으로 가벼워 취급하기 편리하여 운반, 배양실 적재 및 상자 입상작업에 부녀자가 작업하기에 적합하다. 또한 버섯재배에 병이 발생하였을 경우 1박스만 들어 낼 수 있고 폐상작업에도 배지의 밑면과 측면이 플라스틱필름으로 싸여져 있어 균상 바닥에서 비닐피복된 배지재료를 들어내면 청소할 필요도 없이 폐기할 배지를 깨끗하게 처리할 수 있다.

표 3-1. 혼합배지제조기와 연계한 시스템의 작업비용

구 분		시작기 체계	관행 체계
작업비용 (원/동)	입상, 종균접종작업	174,603	544,015
	폐상작업	24,610	106,730
	합 계	199,213	650,745
	지 수	30.6	100
작업시간 (시간/동)	입상 및 종균접종작업	27.0	84.0
	폐상작업	3.8	16.5
	합 계	30.8	100.5
	지 수	30.6	100

나. 버섯배지 종균접종·성형작업 시작기 제작

1) 시작기 구조 및 제원

○ 구조

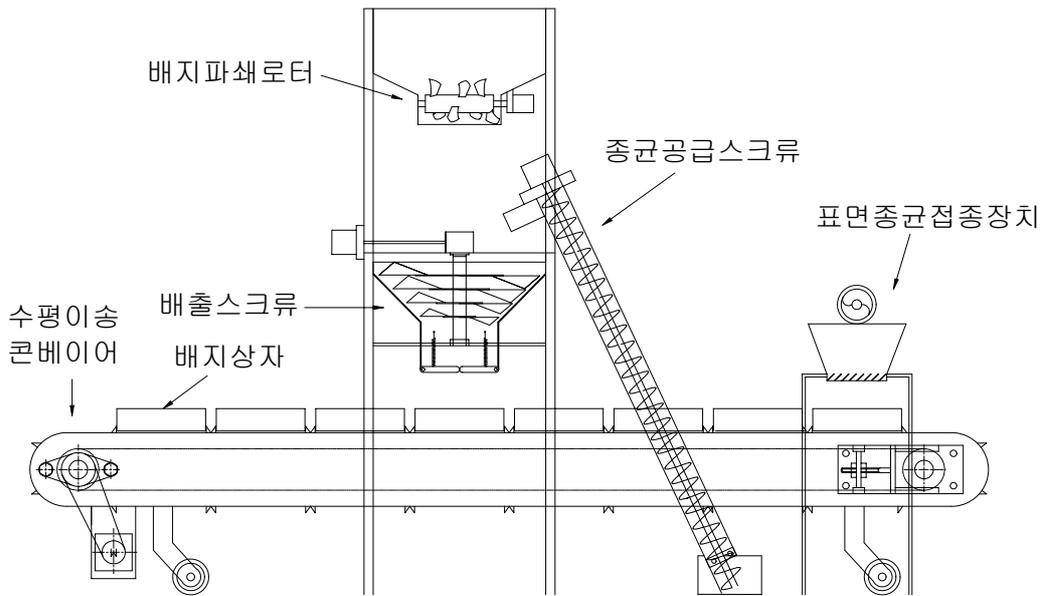


그림 3-7. 버섯배지재료 분쇄·종균접종 시작기(정면도)

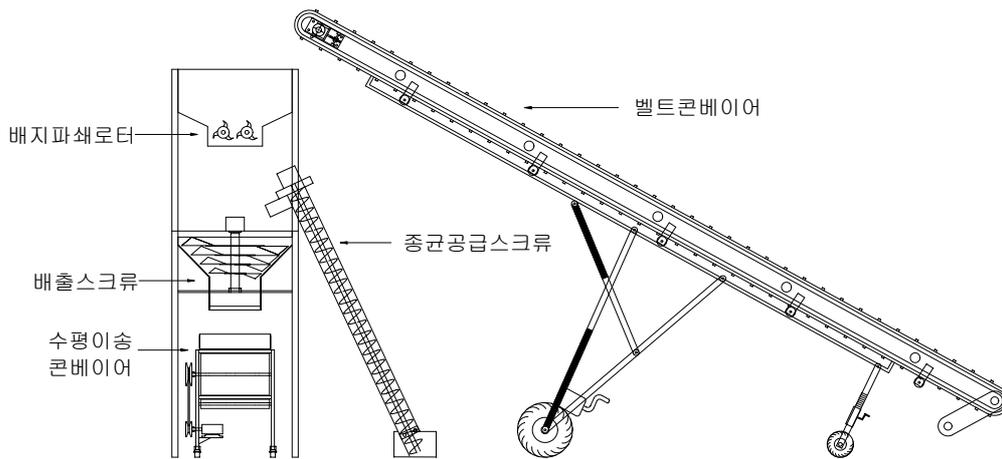


그림 3-8. 버섯배지재료 분쇄·중균집중 시작기(측면도)

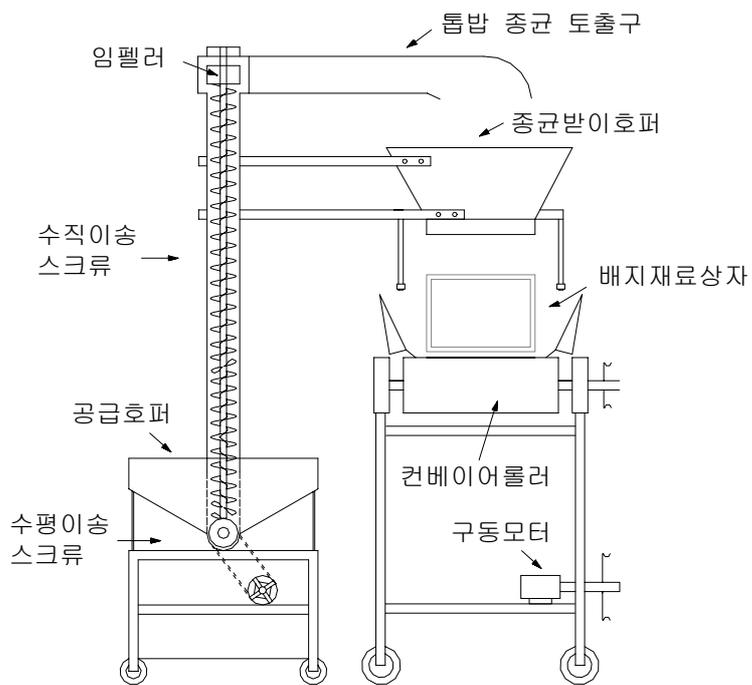


그림 3-9. 표면 중균집중장치

표 3-2. 시작기 제원

구 분		제 원
재료분쇄 종균혼합 장 치	형식 크기(L×W×H, mm) 동력원 종균공급장치	이송 파쇄 종균접종 상자담기 일관 2,000×2,000×3,240 전동기 1.5kw 스크류컨베이어
승 강 식 반송장치	크기(L×W×H, mm) 조정높이(m) 반송기폭(m),속도(m/s)	7,000×1,000×1,230 최대4.0, 최소0.6 폭350, 속도 0.42
재료수평 이송장치	크기(L×W×H, mm) 반송기 폭(mm) 이송속도(m/s) 동력원	4,100×720×960 350 0.42 전동기, 0.75kw
종균표면 접종장치	크기(L×W×H, mm) 종균공급 호퍼용량(ℓ) 종균공급장치 동력원	1,100×750×1600 50 이송스크류 전동기, 1.5kw

시작기는 그림과 같이 살균배지 공급 벨트컨베이어, 로터리 모양의 회전로터가 부착된 종균 분쇄장치와 종균공급 스크류, 1차 종균공급된 버섯배지와 종균을 혼합시켜 천천히 낙하시키는 장치를 갖추었다. 또한 1차 종균이 혼합된 버섯배지는 수평벨트컨베이어에 의해 한쪽 끝으로 반송되면서 표면종균접종장치에 의해 2차로 종균을 접종하는 구조이다.

○ 시작기의 작동

버섯 혼합배지 발효살균장치에서 배출된 살균배지를 경사식 벨트컨베이어에 의해 버섯배지를 파쇄장치의 호퍼에 공급하는 시스템은 매우 빠르므로 작업자의 신속한 기계이용 작업기술이 요구되었다.

버섯배지 파쇄장치에 공급된 살균배지 덩이를 쌍축로터가 분쇄해주므로 배지발효기 내에서 압축된 배지는 분쇄된 배지재료를 수직회전스크류에 의해 하부로 천천히 낙하시켜

공급되므로 배지 상자담기 작업에 어려움이 없었다. 또한 종균공급장치의 이송 스크류는 버섯종균을 수평 이송하여 수직 이송하는 두 개의 스크류로 종균을 공급하는 시스템으로 균일한 공급이 가능하였다.

배지분쇄장치에 1차 종균을 공급하고 혼합하는 기능은 배지공급량과 종균공급량이 균일하지는 않았으나 수직스크류를 통하여 낙하하면서 버섯종균이 상당수준 혼합되었기 때문에 손으로 혼합하면 충분한 것으로 생각된다.

배지 수평이동 및 종균접종시스템은 플라스틱상자 내부에 PVC필름을 깔고 종균 접종한 버섯배지를 담아 수평 벨트컨베이어로 이송되는 시스템으로 구성되었다.

배지표면에 2차 종균을 살포하는 장치는 공급된 종균이 상자배지 위에 살포되는 시스템이며 1차 살균배지 종균혼합장치에서 충분한 종균접종이 이루어지면 2차 표면접종 장치는 작동시킬 필요가 없으나, 1차 종균접종이 불균일한 특징이 있으므로 1, 2차 종균접종을 하거나 또는 1회만 표면접종을 할 수도 있다.



그림 3-10. 버섯배지 분쇄 및 종균혼합장치의 구성

다. 시작기 작업성능

1) 버섯배지의 분당 배출량



그림 3-11. 버섯배지 파쇄 및 종균혼합 시험광경

버섯배지의 배출량은 내부의 스크류 크기와 피치에 의해 1차 결정되고 스크류의 회전 속도에 의해 변화되며 스크류축의 회전속도가 커 질수록 분당 배출량은 증가하게 된다. 본 시작기의 동력 입력축 회전수를 800rpm으로 부터 1100rpm으로 증가시켰을 때 살균 버섯배지의 배출량은 분당 800rpm일 때 25kg에서 1,100rpm일 때는 35kg으로 거의 직선적으로 증가하였다.



그림 3-12. 버섯배지의 배출량 시험

버섯배지의 배출은 초기에 비교적 균일하게 배출되었으나 배지의 잔존량이 적어지면 교반스크류가 밀어내는 배출압력이 낮아져 배출량이 적어지고, 불 균일하게 되는 경향이 있다. 또한 살균배지의 배출속도가 완만할 경우는 2~3명 정도의 적은 인원으로 작업을 할 수 있지만 배출속도가 빠르면 3~4명의 작업인원이 확보되어야 한다.

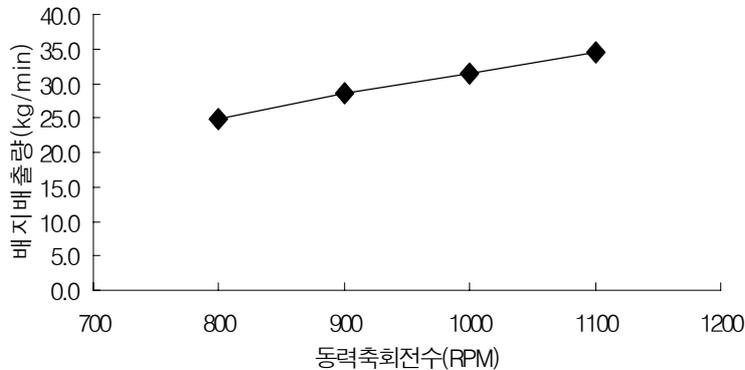


그림 3-13. 혼합배지제조기의 버섯배지 배출량 변화

본 시험으로 볼 때 800~900rpm 수준에서는 이 기계작업에 익숙하지 않은 작업자 3명 정도가 요구되었으며 1,000~1100rpm 수준에서는 작업자가 어느 정도 익숙해야 원활한 작업이 가능할 것으로 판단된다.

2) 배지재료의 분당 공급량

버섯 혼합배지 제조기에서 배출시킨 살균배지를 버섯배지 파쇄장치에 공급하는 경사식 벨트컨베이어의 폭은 0.35m이며 벨트이동속도는 0.42m/s이다. 컨베이어의 벨트에 탑재하는 배지재료의 시간당 이송량이 약 2,100kg/hr 수준이었다. 벨트컨베이어의 벨트에 탑재하는 배지재료의 이송은 배지재료의 수분함량이 65~70%이므로 벨트컨베이어의 수평면과 이루는 경사도가 약 50°까지는 배지재료의 미끄러짐에 의한 제약은 받지 않을 것으로 판단된다.

본 벨트컨베이어의 배지 반송능력은 혼합배지제조기의 배지재료 최대 배출능력을 수용할 수 있어야 하며, 버섯배지 배출량은 후속 작업인 배지 상자담기, 종균접종, 종균 접종된 배지재료 반출 등의 작업에 의해 제약되므로 전체적인 작업공정을 수용할 수 있는 수준이어야 한다. 그러나 작업인원이 적을 때는 벨트컨베이어 및 버섯배지 일관제조기의 구동을 발스위치(Foot s/w)로 조절하며 작업할 수 있다.



그림 3-14. 버섯배지재료의 이송작업

3) 배지덩이 분쇄장치의 배지재료 분쇄 및 공급성능

살균배지의 분쇄작업은 종균접종시 배지에 고루 접종시킬 수 있으며 배지의 호흡을 증진시켜 균사배양을 촉진시킬 수 있게된다. 살균배지 덩이 분쇄장치의 배지덩이 분쇄능력은 수평회전 쌍축 로터가 배지덩이를 분쇄시킬 수 있어야 하는데 살균배지의 압축된 경도는 낮아서 손으로 분쇄할 수 있을 정도이므로 회전축 1개당 요구되는 동력은 1ps 수준으로 생각된다. 본 시험의 시작기에 2ps전동기를 사용하였을 때 충분한 것으로 나타났다.

배지재료 분쇄에 회전력을 제공하면서 정숙한 운전을 위한 축의 회전수는 700rpm 수준이 적합할 것으로 관찰되었다. 장치의 버섯배지 분쇄능력은 배지의 공급량을 충분히 소화할 수 있어야 하는데 본 시작기의 쌍축 회전로터의 작업폭 500mm, 로터 날의 회전직경 220mm 규격으로 무리 없이 처리할 수 있었다.

배지재료를 하부로 천천히 낙하시켜 공급되도록 설계된 수직회전스크류는 불균일하게 배출되는 배지재료의 낙하를 비교적 균일하게 공급하여 버섯종균 접종작업을 용이하게 할 목적으로 부착하였으나, 시험 결과 수직반송 스크류의 역할이 꼭 필요치 않을 것으로 보이며 수직반송스크류 없이 배지재료를 낙하시켜도 무방할 것으로 판단된다.



그림 3-15. 분쇄장치의 배지덩이 분쇄시험

버섯 배지덩이 분쇄장치는 시험용으로 사용하기에는 별지장은 없으나, 무게가 육중하고 높이가 높아 이동이 불편하고 제작비용이 높아지므로 추후 농가 보급형으로 제작시에는 수직이송 스크류를 설치하지 않고 부대장치 설치높이를 70% 수준으로 축소시켜야 할 것으로 판단된다.



그림 3-16. 수직이송 스크류 반송시험



그림 3-17. 배지덩이 분쇄장치 현장설치 예비시험

4) 종균공급

수평 이송하여 수직 이송되는 두 개의 스크류 공급장치에 의해 분쇄한 톱밥종균을 이송하는 종균공급기는 수평이송장치 보다 수직이송장치의 회전속도를 높여 이송능력을 다소 높게 설계하여 수평 이송하여 공급된 종균을 정체됨이 없이 전량 수직으로 공급할 수 있었다. 버섯종균의 공급량은 버섯 품종에 따라 균사배양 능력이 다르며, 재배자의 의지에 따라 달라져야 하므로 종균공급량을 조절하여 사용할 수 있어야 한다. 이와 같이, 제작된 스크류 공급장치의 구동은 감속speed control 모터에 의해 40~60rpm 수준에서 조절함으로써 분당 종균공급량은 1.5~2.2kg 범위에서 조절할 수 있었다. 이는 배지의 분당공급량이 25~35kg이므로 적정 종균접종량을 배지재료의 6%수준으로 할 때 종균의 공급량은 1.5~2.1kg/분 정도 이다.



그림 3-18. 종균혼합 접종시험

5) 종균접종 작업상태

배지덩이 분쇄장치에 버섯 톱밥종균을 공급하여 종균이 배지재료에 혼합 접종되는 1차 종균 혼합장치의 작업정도는 다소 불균일한 것으로 평가되었다. 그러나 2차 종균접종 작업을 손으로 종균 혼합하여 불충분한 종균 접종을 해결할 수 있었다.

2차 종균접종작업은 1차 종균접종작업 후, 2차 종균접종장치를 거쳐 종균접종작업을 할 수가 있으나, 작업시간이 다소 여유가 있을 경우 인력으로 종균을 혼합 접종하는 방안이 고려될 수도 있다.

한편 2차 종균접종장치를 사용하여 표면에 종균을 살포 접종할 경우에는 배지표면에 균일하게 종균을 피복시킬 수 있어 버섯 균사배양 조건을 충족시킬 수 있었다.

종균접종작업은 1차 종균혼합접종이 다소 불균일한 점을 고려하여 1차 종균접종장치를 사용하지 않고 2차 종균접종장치 1회만 사용해도 비교적 균일한 종균접종이 이루어질 수도 있다. 다만 종균을 배지재료에 표면접종 할 경우 배지 전체에 종균을 접종하는 방법에 비해 균사배양기간이 다소 길어지게 된다.



그림 3-19. 표면종균접종 장치

버섯배지 표면종균접종장치는 배지상자의 표면에 종균을 살포 접종할 수 있으며 광진 스위치(Photo sensor)에 의해 배지상자가 통과시에 자동으로 종균이 공급되어 표면살포 접종될 수 있었다. 이장치는 회전속도 조절형 감속모터에 의해 종균공급이 조절된다.



그림 3-20. 종균혼합에 의한 종균집중

6) 종균집중 배지의 반출

종균 집중한 버섯배지 상자는 수평 벨트컨베이어에서 한쪽으로 반출되어 배지상자를 쌓아두고 바퀴가 부착된 2륜 운반기로 버섯배지 배양실에 옮겨서 버섯배지에 균사를 배양시킨다.

수평벨트컨베이어의 이송속도는 초속 0.42m이며 버섯배지 상자를 분당 44개 이송할 수 있으나 혼합배지제조기의 버섯배지재료의 배출량은 분당 3상자 수준이므로 버섯배지 상자의 분당이송 필요 수량은 3개이다. 실제 살균 버섯배지의 상자담기 처리량은 분당 2~3개 수준이었으며, 작업인원 및 숙련도에 따라 종균집중 배지상자 처리량에 차이가 있다.



그림 3-21. 종균집중 및 버섯배지 반출작업

7) 배지의 성형

종균 접종한 배지재료를 플라스틱상자에 담아 배양실에 옮겨서 적정 배양온도인 25~27℃ 수준으로 유지되게 하여 균사 배양시키면 2~3주 후에 버섯배지가 두부모양의 반고체상태로 성형된다. 균사배양에 의해 덩어리로 성형되면 이 완성배지를 균상에 입상하여 버섯을 발육시킨다

이와 같이 성형된 버섯배지는 상자를 제거하여도 두부모 처럼 반고체상태로 유지되므로 운반, 입상, 폐상 작업에 매우 편리하여 일반 균사재배 방법에 비하여 작업노력을 대폭 절감할 수가 있으며, 여유가 있을 때는 성형 버섯배지를 재배농가에 분양할 수도 있다.



그림 3-22. 균사배양된 성형 버섯배지

4. 적 요

- 가. 종균 혼합장치는 경사식 벨트콘베이어, 배지덩이 분쇄장치, 종균 공급장치, 배지담는 플라스틱박스 이송용 벨트콘베이어로 구성 된다.
- 나. 표면 종균접종장치는 배지상자가 이송 중 광전스위치에 의해 표면살포 접종되며 구동모터의 회전수 조절에 의하여 종균 접종량을 조절할 수 있었다.
- 다. 1차 종균혼합장치에 의한 종균혼합정도는 비교적 불균일 하였으며 2차 표면 종균접종장치는 종균접종상태가 균일하였다.
- 라. 종전 작업체계에 비해 경노동이며, 관행 입상-종균접종-폐상작업이 표준 재배사의 버섯배지 입상노력은 관행 84시간에 비해 27시간으로 3.3배 능률적이며, 폐상 작업의 경우도 관행 16.5시간에 비해 새로 개발한 작업기술은 3.8시간으로 77%를 절감할 수 있었다.
- 바. 작업 경비면에서도 관행 작업이 표준재배사의 입상-종균접종-폐상에 동당 544천원 소요되는데 비해 개발시스템은 174천원으로 작업경비를 69% 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

제 4 절 버섯벚짚 수집 압축·절단기 개발

1. 서언

우리나라에서 느타리버섯 재배가 시작된 것은 활엽수 원목재배 방법이었지만 일반 농가에서 부업 또는 전업으로 확대 재배되기 시작한 것은 1973년 농촌진흥청 농업 기술연구소에서 벚짚 다발재배기술이 개발되면서부터이다.

벚짚은 우리나라 농촌 어느곳에서나 구하기 쉽고 가격도 저렴하여 1990년대 폐면 재배기술이 일반화되기 이전에 느타리버섯 재배용 배지재료로 널리 사용된 재료이다.

현재 벚짚 다발재배를 사용하는 느타리버섯 재배농가의 비율이 약 20% 수준일 것으로 추정되고 있으며, 버섯 배지재료로 폐면을 가장 많이 이용하고있기는 하나 벚짚을 사용하는 버섯재배 농민은 벚짚 다발재배방법이 수확량이 많고, 재배관리가 비교적 용이하며 작황이 안정적이라는 인식을 갖고있어 벚짚을 선호하는 경우가 있다.

종전에 벚짚을 배지재료로 활용해오다 폐면배지로 전환하게 된 주요 이유는 벚짚을 논에서 수집해야 하고 벚단을 추려서 묶고 절단하는 작업에 대단히 노동력이 많이 소요되기 때문이었다. 또한 벚짚을 자작 논에서 직접 수집할 경우 배지재료 구입 비용이 무료이므로 버섯재배 농가에게는 버섯생산비를 절약할 수 있고 국가적으로는 폐면의 대량 해외수입에 따른 막대한 외화낭비를 줄일 수가 있다.

본 연구를 통하여 지금까지 느타리버섯 재배용 벚짚을 인력으로 수집 결속하여 작업노력이 과중한 벚짚의 수집 결속작업을 벚 수확한 논에서 자주식으로 주행하며 벚짚을 수집, 압축, 절단하는 벚짚수집 압축·절단기를 개발하여 농산 부존자원의 활용도를 높이고 버섯재배농가의 소득향상에 기여하고자 하였다.

2. 시험재료 및 방법

가. 시작기 설계

벼를 수확한 논에서 느타리버섯 다발재배용으로 이용할 마른 벚짚을 가지런히 수집 하면서 연속작업으로 벚짚을 압축, 절단할 수 있는 기종으로 설계하였다.

- 1) 주행장치 : 벚를 수확한 논에서 수집해야 하므로 습답에서도 작업할 수 있도록 무한궤도형 주행장치로 설계하였다.
- 2) 벚짚 수집 및 반송 : 시작기의 수집장치는 베일러의 목초 픽업장치를 응용한 핑거-릴에 의해 지면의 벚짚을 건어지게 하였으며, 수집된 벚짚은 벨트콘베이어로 압축실로 반송되도록 설계하였다.

- 3) **볍짚계량** : 이송된 볅짚은 압축실 위에 설치된 계량관 위로 모여지게 되고 볅짚이 15~20kg의 목표하는 무게를 전자저울이 계량하여 압축실로 낙하되게 하였다.
- 4) **볍짚압축** : 압축실로 투입된 볅짚은 가로방향 수평압축 유압실린더에 의해 볅짚을 압축되도록 하였다.
- 5) **압축볍짚 배출** : 가로방향 압축행정이 끝나면 세로방향의 압축 실린더에 의해 압축된 볅짚이 세로방향으로 배출되도록 하였다. 배출작용은 볅짚의 절단 희망길이 18cm내외로 유압실린더가 전진 이동할 때 18~20cm 거리마다 리미트스위치를 접촉하면서 세로방향 배출작동을 일단 정지시키도록 하였다.
- 6) **볍짚절단** : 볅짚 절단칼날을 하강시키는 유압실린더에 의해 배출되는 볅짚을 절단되도록 하였다. 다음 동작으로 세로방향 압축실린더가 작동되면 절단된 볅짚이 밖으로 밀려나오도록 하였다.
- 7) **볍짚결속** : 절단된 볅짚이 배출구로 밀려나오면 배출구에서 플라스틱 밴드를 배출되는 압축 절단된 볅짚에 삽입하여 볅짚다발이 형성되도록 설계하였다.
- 8) **시스템제어** : 주행장치는 V-벨트와 기어트레이너로, 볅짚의 수집, 반송, 계량관 개폐, 압축실린더 작동, 배출실린더 전후진, 절단실린더 등 볅짚 처리 장치는 유압동력으로 작동되며, 자동 및 수동 겸용으로 작동되게 하였다.

나. 시험방법

시작기의 볅짚 수집, 압축절단 작업 1차 시험은 2002. 9. 월순 농업기계화연구소 구내에서 시험하였고 본 시험은 2002. 10월 농업기계화연구소의 입북동 시험포장에서 콤바인으로 벼수확 후 논에서 깎아 말린 볅짚을 공시하였다.

- 1) **시작기 주행속도** : 평지 도로 10m거리에 전진 및 후진 주행에 소요되는 시간을 측정하였다. 전·후진 1, 2, 3속별로 1300~2100rpm범위의 엔진회전수에 따른 주행속도를 m/s로 나타내었다.
- 2) **볍짚계량관 개폐속도** : 엔진회전수 1300~2100rpm범위에서 압축실 10개의 전체 이동거리를 압축실 10개 여는 시간과 닫는 시간으로 측정하여 m/s로 나타내었다.
- 3) **볍짚 압축속도** : 엔진회전수 1300~2100rpm범위에서 가로방향 압축실린더 전체 이동거리를 압축실린더 여는시간과 닫는시간으로 측정하여 m/s로 나타내었다.
- 4) **압축볍짚 배출속도** : 엔진회전수 1300~2100rpm범위에서 세로방향 압축실린더의 전체 이동거리를 압축실린더 전진시간과 후진시간으로 측정하여 m/s로 나타내었다.

- 5) 절단속도 : 엔진회전수 1300~2100rpm범위에서 벚짚 절단 날의 전체 행정을 벚짚절단 유압실린더의 상승 및 하강시간으로 측정하여 m/s로 나타내었다.
- 6) 작업능력 : 콤바인으로 예취 탈곡된 벚짚을 절단하지 않고 일렬로 지면에 낙하시켜 가지런히 정리된 벚짚을 천일 건조하여 1시간 동안 포장에서 수집, 압축 절단한 벚짚의 무게를 작업시간으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 시작기 제작시험

1) 구조

논에서 주행하며 작업할 수 있도록 무한궤도형 주행장치로 채용하였다. 새시와 주행장치, 고무궤도가 장착된 4조 콤바인 HL5050 기성제품을 사용하였다. 벚짚 처리 장치의 구동동력은 엔진으로부터 동력 취출하여 유압펌프를 장착하고 전유압동력 제어시스템을 구성하였다. 운전부에는 기체의 전후진 각 3단으로 되어 있으므로 이 변속장치를 그대로 활용하였다.

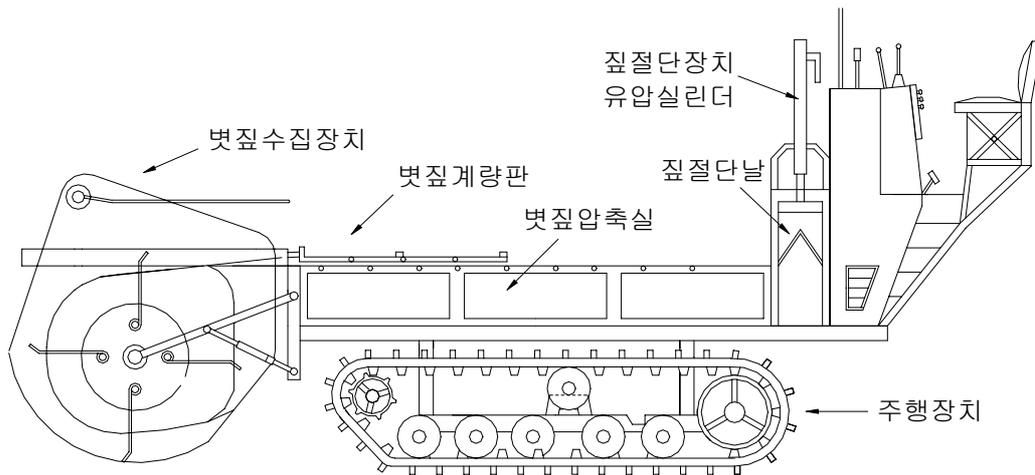


그림 4-1. 시작기 측면구조

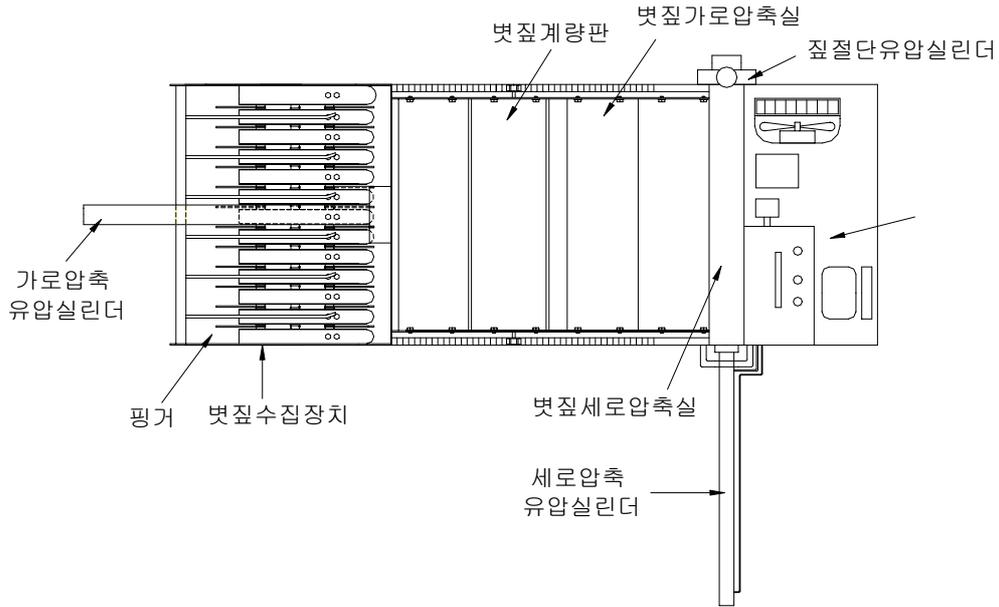


그림 4-2. 시작기 평면구조

2) 제 원

표 4-1 시작기 제 원

구 분		제 원
본체	형식 크기(L×W×H, mm)	무한궤도 차주식 4,100×2,500×2,300
벚짚수집이송장치	픽업방식 수집작업폭(mm) 벨트콘베이어크기(L×W, mm)	핑거-릴식 1,250 7,400×1,200
벚짚압축장치	계량판행정(mm) 압축실크기(L×W×H, mm) 압축실린더행정(mm)	1,400 1,400×1,400×250 1,400
벚짚압축절단장치	압축실린더행정(mm) 압축실크기(L×W×H, mm) 절단 칼 행정(mm) 절단길이 조절방식 벚짚다발 결속방식	1,400 1,400×230×250 500 리미트스위치 접촉 압축벚짚다발 끈 끼움

유압동력 취출 및 동력전달장치는 엔진에서 V-벨트로 전달된 동력으로 유압펌프를 작동시켜 벚짚수집장치의 유압모터를 구동하며 벚짚압축장치와 벚짚절단장치에 유압실린더를 작동하는 유압동력을 전달한다.

나. 시작기의 작업시스템

1) 볏짚 수집, 계량 : 수집장치의 픽업핑거-릴에 의해 지면에서 건어 수집한 볏짚을 벨트콘베이어로 볏짚을 압축실로 반송한다. 압축실 위에 설치한 계량판에서 설정한 볏짚중량이 15~20kg 내외의 목표중량에 도달하면 전자저울의 볏짚 중량 계측시스템에 의해 계량판이 후진하여 볏짚은 압축실로 낙하된다.



그림 4-5. 볏짚이송 장치



그림 4-6. 볏짚 압축실린더



그림 4-7. 볏짚무게의 계량



그림 4-8. 볏짚 압축실린더에 볏짚의 적재

2) 볏짚압축 및 배출 : 압축실로 투입된 볏짚은 가로방향 압축 유압실린더에 의해 볏짚을 압축하며, 이어서 세로방향의 압축 실린더에 의해 압축된 볏짚이 세로방향으로 압출된다. 압출작용은 볏짚의 절단 희망길이 18cm내외로 유압실린더가 전진하며 이동할 때 일정거리(18cm내외) 마다 유압실린더와 연동으로 설치된 측정봉의 돌기가 리미트스위치를 접촉하여 세로방향 배출작동을 일단 정지시킨다. 볏짚 압출 유압실린더가 정지된 후 볏짚절단날 승강 유압실린더가 하강하면서 볏짚다발을 절단하게 되고 볏짚절단날이 상승하면 볏짚압출 유압실린더가 다시 전진 작동한다. 이는 재래식 작두에 볏짚을 삽입하고 칼날이 절단하는 동작과 같다.

3) 벚짚절단 및 결속 : 벚짚 절단칼날을 하강시키는 유압실린더에 의해 배출되는 벚짚을 절단하면 다음 동작으로 세로방향 벚짚 압출실린더가 작동하여 절단된 벚짚이 밖으로 밀려나온다. 절단 벚짚이 배출구로 밀려나오면 배출구에서 압축 절단된 배출벚짚에 미리 준비된 플라스틱 밴드를 삽입하면 단단하게 결속된 절단벚짚 다발이 형성된다.

압축실의 폭은 벚짚길이를 고려하여 140cm로 되어있고, 1회 압축 절단하는 다발의 단면이 23×25cm이고 이같은 단면으로 고밀도 압축을 위하여 필요한 벚짚의 중량은 약 18~20kg 수준이다. 벚짚을 압축하여 절단하는 회수는 절단길이가 18cm이면 수직절단 횟수는 7회 정도이다.



그림 4-9. 압출벚짚의 끈삽입 결속



그림 4-10. 세로압축 벚짚의 절단단면



그림 4-11. 압축·절단, 결속된 볏짚다발

4) 제어시스템 : 볏짚의 수집, 반송, 무게계량관 개폐, 압축실린더 작동, 배출실린더 전후진, 절단실린더 등의 볏짚 처리장치는 유압시스템을 시퀀스제어로 자동 작동된다. 운전석에는 유압제어 레버가 설치되어 있어 계량관 겸용 및 압축실 세로압축실린더의 전·후진, 수직절단날 상승·하강작동을 수동 겸용으로도 작동된다.

또한 유압실린더 이외에 볏짚수집장치 구동 유압모터와, 볏짚운반용 벨트콘베이어 구동 유압모터 및 볏짚수집장치 높이조절 유압레버가 운전석에 설치되어 있어 운전자가 관찰하며 운전할 수 있다.



그림 4-12. 시작기의 포장시험

다. 시작기 작업성능

1) 시작기 주행

시작기의 주행장치는 주변속 3단, 부변속 2단의 변속장치를 구비하고 있으며 전진 및 후진 각 3단으로 운전할 수 있다. 주행속도는 엔진의 회전수가 높아짐에 따라 빨라지므로 일반적으로 사용되는 엔진의 회전수 1300~2100rpm 범위에서 전진 및 후진 작업속도를 측정하였다.

시작기의 전진 1단일 때 엔진회전수가 1300rpm에서는 0.25m/s이었으며 2100rpm으로 증가하였을 때는 0.4m/s이었다. 전진 2단일 때 회전수1300rpm 에서 0.4m/s이었고 2100rpm으로 증가하였을 때는 0.7m/s이었으며, 전진 3단에서는 1300rpm에서 0.75m/s 이었고 2100rpm으로 증가시키면 1.3m/s로 빨라졌다.

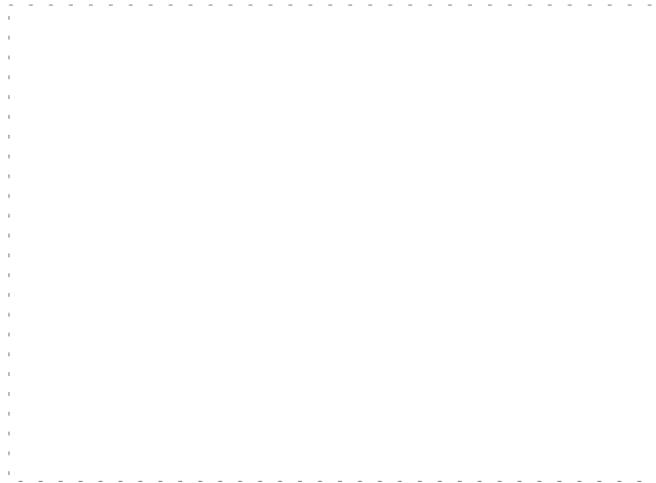


그림4-13. 시작기의 주행시험

또한 후진 1단일 때 엔진회전수 1300rpm에서는 0.25m/s이었으며 회전수2100rpm으로 증가하였을 때는 0.4m/s이었다. 후진 2단일 때 1300rpm에서는 0.5m/s이었고 2100rpm으로 증가하였을 때는 0.8m/s이었으며, 후진 3단에서는 1300rpm에서 0.75m/s이었고 2100rpm으로 증가시키면 1.5m/s로 빨라졌다.

본 시작기는 콤파인의 후진기어를 전진기어로 이용하고 있어 후진속도에 비해 전진속도가 다소 빠르며 운전자는 포장작업조건에 따라 주행속도를 조절하여 운전할 수 있다.

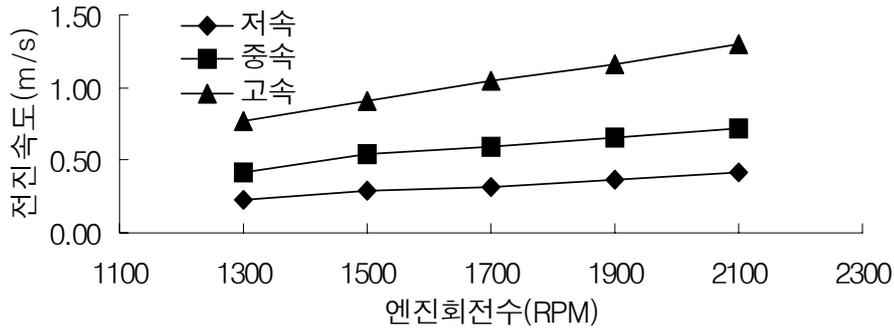


그림 4-14. 전진주행속도

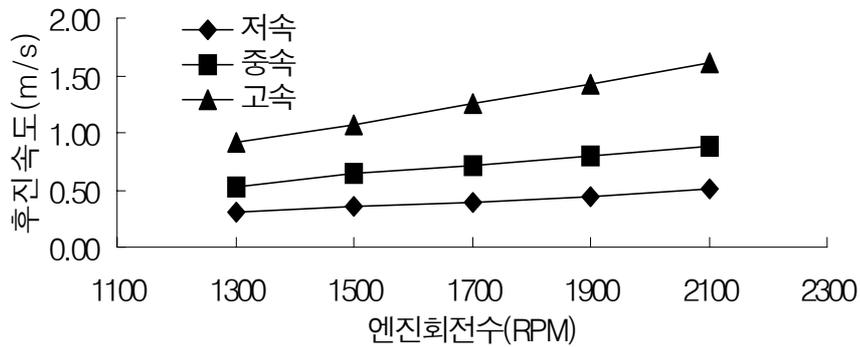


그림 4-15. 후진주행속도

2) 벚짚의 벨트콘베이어 이송

픽업장치에 의해 지면의 벚짚을 수집하여 벚짚공급 벨트콘베이어가 짚을 이송할 때의 속도는 유량조절밸브의 열림정도와 엔진의 회전속도에 따라 변화되었으며 벚짚을 반송할 수 있는 이송속도의 조절범위는 저속 0.62m/s로부터 최고 1.62m/s까지 가능하였다. 대체로 지면의 벚짚을 반송하기에 적합한 벨트콘베이어의 이송속도는 0.95m/s 수준인 것으로 생각된다.

표4-2. 벚짚공급 벨트콘베이어의 이송속도(m/s)

저속	중속	고속	최고속
0.62	0.95	1.28	1.62

3) 벚짚 압축실 덮개의 개폐

벚짚 압축실 덮개는 벚짚의 무게를 일정량 만큼씩 계량하여 벚짚압축실로 공급한다. 그러므로 압축실 덮개의 개폐 작동은 기계적인 무리가 가지 않는 범위에서 벚짚의 무게가 계량되면 신속히 열어야 하고 또한 벚짚의 압축행정 전에 신속히 닫아야한다. 압축실 덮개의 작동속도는 엔진회전수 1,300rpm일 때 0.27m/s이었으며, 2,100rpm일 때에 0.32m/s 수준이었다. 압축실 덮개의 여는 속도는 엔진회전수 1,300rpm일 때 0.33m/s이었으며, 2,100rpm일 때 0.52m/s 수준으로 빨라진다. 기계의 진동을 고려할 때 압축실 덮개의 작동이 무리 없이 여는 속도는 0.3m/s내외, 닫는 속도는 0.4m/s 수준으로 보인다.

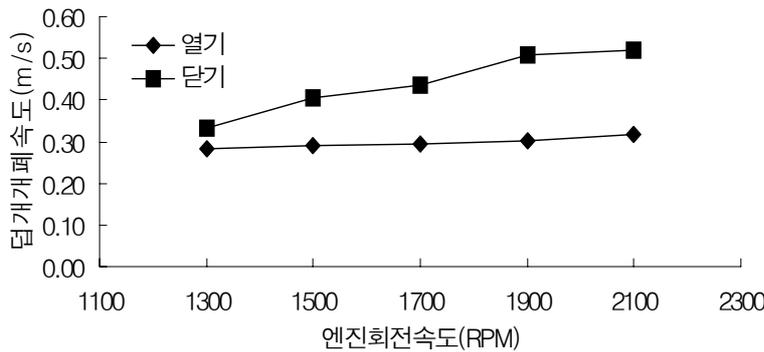


그림 4-16. 압축실덮개 개폐속도

4) 벚짚의 압축

압축실린더에 의한 벚짚의 수평압축속도는 기계에 진동이 발생하지 않는 범위에서 신속한 작동이 요구된다. 벚짚 압축행정 초기에는 가볍게 작동되나 압축후기에는 벚짚이 받는 압축이 증가하므로 기계작동이 다소 무거워지는 특징이 있다.

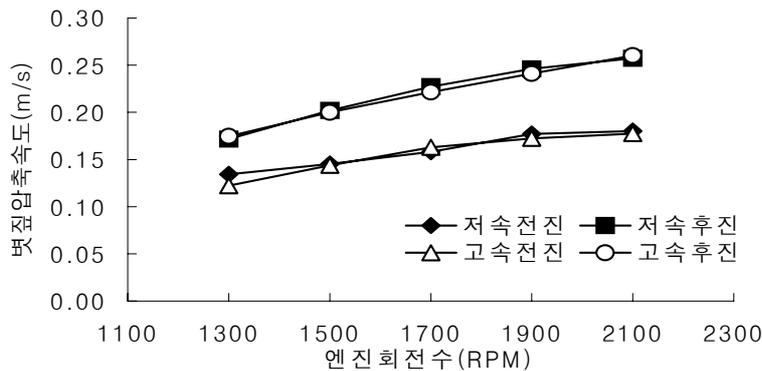


그림 4-17. 압축실린더 작동속도

압축실린더의 작동속도는 압축행정과 후진행정 모두 저속이나 고속에서 별 차이가 없었다. 압축실린더의 압축속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.13m/s이었으며 2100rpm일 때는 0.16m/s로 증가하였다. 압축실린더의 후진속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.17m/s이었으며 2100rpm일 때는 0.25m/s로 압축 행정의 속도에 비해 빨라지는 경향이였다. 기계 작동상태로 볼 때 수평압축 유압실린더의 압축속도는 0.15m/s, 후진속도는 0.23m/s 수준이 적당한 것으로 생각된다.

5) 압축벚짚의 압출

압출실린더의 길이방향 압출동작은 벚짚의 수직절단작업과 연계된다. 기계작동은 1차 압출후 1차 벚짚이 절단되며 2차 압출후 2차 벚짚이 절단된다. 벚짚 압출행정 초기에는 다소 무겁게 작동되나 압축후기에는 벚짚의 마찰력이 점차로 감소되므로 기계작동이 가벼워진다. 그러므로 압축실린더의 작동속도는 압출행정에서 느리며 후진행정에서는 빠르게 작동된다.

압출실린더의 압출속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.17m/s이었으며 2100rpm일 때는 0.22m/s로 다소 증가하였다. 압출실린더의 후진속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.17m/s이었으며 회전수 2100rpm일 때는 0.32m/s로 속도가 증가하였다. 작업능률과 작업의 정숙성 등을 고려할 때 길이방향 압출 유압실린더의 압출속도는 0.2m/s, 후진속도는 0.3m/s 수준이 적당한 것으로 보인다.

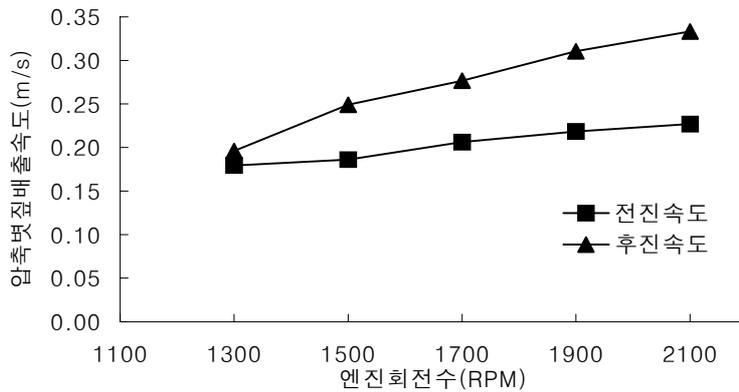


그림 4-18. 압출실린더 작업속도

6) 벚짚의 절단

벚짚절단 유압실린더의 수직방향 절단동작은 벚짚의 길이방향 압출작업과 연계된다. 기계작동은 1차압출 후 1차 벚짚이 절단되며 2차압출 후 2차 벚짚이 절단된다.

벗짚절단을 위한 칼날의 하강행정은 기계가 부하를 받으므로 속도가 늦고 상승행정은 기계가 부하를 받지 않으므로 빠르게 작동한다.

벗짚절단 칼날의 절단 하강속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.23m/s이었으며 2100rpm일 때는 0.38m/s로 증가하였다. 벗짚 절단칼날의 상승속도는 엔진회전수가 1300rpm일 때 0.33m/s이었으며 회전수 2100rpm일 때는 0.55m/s로 속도가 증가하였다. 작업능률과 작업의 정숙성 등을 고려할 때 길이방향 압축 유압실린더의 절단속도는 0.3m/s 수준, 후진속도는 0.4/s 수준이 적당한 것으로 보인다.

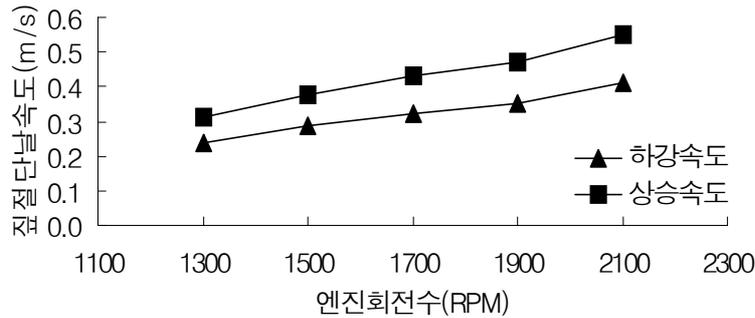


그림4-19. 절단칼날승하강속도

7) 벗짚절단 작업성능

우선 시작기의 벗짚을 눈에서 수집하여 벨트컨베이어로 벗짚압축실 덮개 위에 낙하시킨다. 벗짚압축실 덮개에서 전자저울에 의하여 벗짚의 중량을 계량하여 압축실 내에 투입하면 수평압축 유압실린더로 벗짚을 압축한다. 수평 압축된 벗짚은 세로압축 유압실린더에 의해 배출되면서 설정된 일정 길이마다 벗짚 절단을 위해 상승, 하강하는 절단칼날에 의해 벗짚이 절단된다. 이 벗짚을 배출구에 미리 준비한 플라스틱의 고리를 압축절단 벗짚에 끼워서 압축절단 다발벗짚이 형성된다.

이와 같은 15~20kg의 벗짚을 제조하기 위한 벗짚절단 적정 작업속도에 의한 연속 작업공정 한 사이클의 소요시간은 2.2분이며, 1시간당 27.2회 작동되어 1회 평균 18kg의 벗짚이 다발로 압축·결속 처리될 때 시간당 작업성능은 489kg로 나타났다.

표4-3 벗짚절단 작업성능

시스템 1사이클 소요시간(분/cycle)	시간당 처리cycle 횟수(회/cycle)	시간당 작업성능 (kg/시간)
2.2	27.2	489

4. 적 요

본 연구에서는 느타리버섯 재배 일관작업기계 기술개발의 일환으로 느타리버섯 다발재배용의 볏짚을 논에서 직접 수집하면서 현장에서 압축결속 및 절단작업을 일관작업으로 수행하기 위한 볏짚수집 압축절단기를 개발하고자 수행하였다.

이 장치는 논에서 볏짚을 수집하는 노력을 절감하기 위한 볏짚수집장치와, 일정량을 계량하여 볏짚을 줄기의 가로방향으로 압축하고 다시 벼줄기의 세로방향으로 압축시켜 배출구로 압출된 볏짚을 유압식 절단칼에 의해 절단하는 절단장치로 구성된다. 볏짚의 수집, 압축, 결속, 절단 작업노력을 절감하여 국내산 볏짚의 활용도를 높이고자 수행한 결과는 다음과 같다.

- 가. 콤바인으로 벼 수확 후 지면에 깔아말린 건조 볏짚을 자주식으로 수집할 수 있도록 볏짚수집폭 1.2m의 픽업장치를 구비하고 논에서 작업할 수 있는 무한궤도 주행장치를 설계 제작하였으며, 시작기의 변속장치는 전진 3단 후진3단으로 구성되고 작업속도는 전진속도 0.25~1.3m/s 범위에서, 후진속도 0.25~1.5m/s 범위에서 작업할 수 있었다.
- 나. 지면에서 수집된 볏짚을 볏짚 압축실로 반송하기 위한 볏짚반송 벨트콘베이어 이송속도는 0.62~1.62m/s 범위로 사용할 수 있으나 적정 이송속도는 0.9m/s 수준인 것으로 판단된다.
- 다. 볏짚 계량을 위한 볏짚압축실 덮개의 작동속도는 여는속도 0.27~0.32m/s, 닫는속도 0.33~0.52m/s 범위이었으나 기계의 진동 등을 고려한 적정 작업속도는 여는속도 0.3m/s, 닫는속도 0.4m/s수준인 것으로 관찰되었으며, 1회 압축결속하는 볏짚의 중량 18~20kg수준일 때 볏짚의 가로방향 압축속도는 0.13~0.16m/s범위이고 후진속도는 0.17~0.25m/s 범위이었고, 기계 작동상태를 고려한 적정 압축 및 후진속도는 각각 0.15m/s, 0.23m/s로 판단된다.
- 라. 세로방향 압축에 의한 볏짚 압출속도는 0.17~0.22m/s, 후진속도는 0.17~0.32m/s 범위이었고 볏짚의 압축과 동시 절단작업공정을 고려한 적정 압축볶짚의 압출속도는 0.2m/s, 후진속도 0.3m/s수준인 것으로 관찰되었으며, 볏짚 절단칼의 절단(하강)속도는 0.23~0.38m/s이고 후퇴(상승)속도는 0.33~0.55m/s 이었으나, 작업의 정숙성과 절단칼의 절단부하를 고려한 적정 절단속도는 0.3m/s 수준으로 판단된다.
- 마. 작업능률은 적정 작업속도에 의한 연속작업공정 한 사이클에 2.2분 소요되며, 시간당 볏짚의 수집 및 압축절단 작업성능은 489kg/h 이었다.

제 5 절 느타리버섯 재배 설계요인 구명

1. 서언

느타리버섯재배를 하기 위해서 여러 가지 배지를 사용하는데 원래의 기주체(Host)는 활엽수인 미류나무(*Populus deltoides* Marsh)나 포플러류(*Populus canadensis* Moench) 등이다. 그러나 근래의 느타리버섯 배지는 폐송이나 벗짚 등을 주재료로 하여 여러가지 첨가재료를 혼합하여 재배하는데 그 중 한가지가 이들 재료를 혼합 압축한 압축배지이다. 버섯재배 기질은 lignocellulose를 함유한 재료를 이용하며 이것은 버섯의 균사생장, 자실체 형성 등에 영향을 미친다. 버섯 배지재료는 C/N ratio가 중요한 역할을 하는데 특히 벗짚은 C/N ratio가 높아 일시적인 질소 결핍증상이 나타나 수량감소의 원인이 되기도 한다. 버섯배지 내에서의 화학성, 물리성, 미생물상 등의 변화에 유의해야 하는데 만약 질소가 단백질로 변하지 않고 질산염으로 변한다면 버섯균이 이용할 수 없어 좋지 않다. 그리고 균생장시 독소를 분비하는 물질이 형성되지 않도록 해야 하고 물리성도 양호한 압축배지가 되어야 한다. 이러한 조건을 유지시키기 위해서 산소공급이 원활하고 과습이 되지 않아야 하며 적당한 pH유지와 적당한 미생물군을 함유하고 있어야 하며 박테리아나 곰팡이 등 수많은 미생물들로 포화되어 있어야 한다. 버섯재배 배지의 최적배합 비율이 버섯재배에 성공의 열쇠라는 내용의 배지에 관한 연구 결과가 많이 나와 있다(Flegg, 1960 ; Gray등, 1971 ; Hays, 1977). 이러한 관점에서 면실피 등 여러 가지 배지 배합 비율에 따라 자실체 수량 제고에 도움이 되는 균사생장과 밀도의 최적조건 구명을 위하여 혼합배지 발효·살균기의 배합 비율에 대한 결과를 보고 하고자 한다.

2. 버섯의 재배적인 설계요소

가. 느타리버섯의 재배적 일반 성질

느타리버섯은 연한, 활엽수의 죽은 나무나 자른 그루터기에 발생하는 식용버섯으로서 서구에서는 oyster mushroom, 일본에서는 시메지라 한다. 느타리버섯은 맛과 향기가 좋고 영양가가 높으며 항암, 혈압강하등의 약효성분을 함유하고 있는 건강식품으로써 전세계적으로 생산과 소비가 계속 증가되고 있다. 특히 한국에서는 1975년 벗짚재배 기술의 보급으로 생산과 소비가 급격히 증가하여 주요한 농가 소득 작목으로 성장하였다. 벗짚재배가 보급되고 약 12년후 폐면재배 기술이 보급되어 버섯재배 농작업 노력을 절감할 수 있게 되었으나 아직도 농작업 노력이 많이 요구되어 본 느타리버섯 재배를 일관작업 기계기술 개발 과제를 수행하게 되었다.

느타리버섯은 송이버섯목(Agaricales), 느타리버섯속(*Pleurotus*)에 속하는 버섯으로서

농가에서 재배되고 있는 것은 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*)이며 사철느타리버섯(*P. florida*) 및 그들 두 품종간의 교배종인 원형느타리, 여름느타리(*P. sajor-caju*), 노랑느타리(*P. cornucopiae*), 조개느타리버섯(*P. pulmonarius*), 맛느타리버섯(*P. sapidus*), 참느타리버섯(*P. spodoleucus*)등 수십종이 기록되어 있다. 균사는 2핵성이고 협구(clamp connection)를 가지고 있으며 자실체는 나실(gymnocarpous)이다.

나. 느타리버섯의 생육환경과 재배시설

1) 재배환경

균사생장과 자실체 형성에 있어서 온도, 습도, 광, 환기가 중요한 환경요인이다. 느타리버섯재배는 이 환경요인들이 알맞은 장소 및 시기에 가능하다.

가) 온도

느타리버섯균이 생육할 수 있는 온도는 5~35°C 범위이고 최적온도는 25°C내외이다. 자실체 형성은 품종에 따라 큰 차이가 있으나 15°C 정도 일때가 알맞다.

느타리버섯균은 낮은 온도에서는 강하여 아주 낮은 온도에서도 생존하나 높은 온도에서는 비교적 약하여 쉽게 노화하고 40°C 이상이면 죽는다. 특히 자실체는 온도에 민감하여 균사보다 생존온도 범위가 훨씬 좁다. 자실체 형성의 발이에 알맞는 온도를 일정한 온도로 유지 할 때 보다는 온도를 달리 할 때가 잘 되므로 재배사는 온도를 다르게 교차하는 것이 좋다.

나) 습도

느타리버섯을 재배할 때 균사생장기와 수확기의 습도요구에 차이가 있다. 느타리버섯 벗집재배는 배지를 쌓아 놓게 되므로 실내습도는 직접 영향은 없으나 과도한 건조나 과습은 영향을 미칠 수 있다.

버섯이 발생할 때에는 실내습도를 90%내외로 조절해야 발생이 균일하고 생장이 양호하다. 그러나 95% 이상의 과습조건하에서는 버섯표면의 수분증발이 감소하여 자실체의 생장이 늦고 세균성 갈반병 등 병해충의 발생이 증가한다. 실내습도가 80% 이하로 건조해지면 버섯발생량이 감소하고 품질이 저하된다. 배지의 수분함량은 65-70%가 알맞다.

다) 광

느타리버섯균의 균사생장은 광조건하에서는 억제를 받아 생장이 지연되나 영양생장에서 생식생장으로 전환되고, 자실체가 생육하는 동안에는 40 lux 이상의 광을 요구하며 광량이 120 lux 이상 밝을수록 좋다. 광량이 많을 수록 건실해지고 색택이 짙어진다. 암 조건 하에서는 자실체가 형성되지 않는다. 직사일광은 버섯의 생장을 억제하며 간접 광이라도 과도하면 버섯 생장이 지연되고 대가 짧아지며 갓의 색이 너무 짙어져서 품질이 저하된다.

라) 환기

느타리버섯균은 벚짚의 리그닌과 셀룰로오스를 분해하여 CO₂를 내면서 양분을 얻고 호흡에 의하여도 많은 CO₂를 방출하고 산소를 소모하므로 재배사에서는 CO₂의 축적이 심하고 기타 유해물질도 많이 배출된다. 균사의 생장은 어느정도 CO₂가 존재할때 촉진되지만 버섯이 형성될 때부터는 CO₂가 매우 유해하며 발아의 지연 혹은 어린 버섯의 사멸을 가져온다.

농기 201호, 2-1등은 CO₂에 특히 민감하여 많은 량의 환기를 요구한다. 버섯의 수량과 품질은 환기량과 깊은 관계가 있다. 환기가 부족하여 CO₂가 0.08%이상이면, 대가 길어지고 갓이 적어지며 심할 때는 위에 자라는 버섯이 전부 죽기도 한다. 재배사의 CO₂ 농도가 버섯을 죽게하는 현상을 보이기 시작하는 0.1% 이상이 되지 않도록 환기를 많이 해야 한다.

마) 재배시기

느타리버섯은 기온이 8-17°C인 9월 부터 10월 사이에 자연 발생하나 인공재배의 경우에는 버섯발생 온도가 다른 여러 가지 품종이 개발되어 8-27°C의 범위에서 년중 어느 때나 발생시킬 수 있게 되었다. 느타리버섯은 일반적으로 1년 2회 재배하는데 봄재배는 1월 하순-2월 초순에 재배를 시작하여 3월중순부터 수확하고 가을재배는 9월 초순에 종균을 접종하여 10월 중순부터 수확할 수 있다. 여름 느타리버섯 (*P. sajor-caju*)을 재배하면 봄재배 후 가을재배 사이 재배하여 년 3회 재배도 가능하다.

재배시기는 품종에 따라 조절이 가능하므로 재배 여건이나 버섯가격등을 고려하여 유리한 시기에 알맞은 품종을 재배하는 것이 좋다.

봄재배의 경우, 저온성(2-1호)은 2월 초순, 중온성(농기201호)은 2월 중하순, 중고온성(농기202호, 사철느타리)은 3월 상중순까지는 종균을 접종해야 하며 가을재배의

경우에 있어서는 중고온성 품종은 8월 중하순, 중온성품종은 8월 하순, 9월 상순이 좋고 저온성품종은 9월상순에 중균을 집중할 수 있다. 여름 느타리버섯은 봄재배가 끝난 바로 시작하여 5월 중하순에 중균을 집중한다.

3. 재료 및 방법

가. 공시균주 및 재료

공시균주는 농촌진흥청 농업과학기술원에서 분양 받은 춘추느타리 2호를 사용하였다. 주재료는 면실피, 볏짚, 톱밥으로 하고 부재료는 제올라이트, 왕겨, 탈지강, 이분, 슝, 피트, 옥수수수강(corn cob)로 하였다.

나. 처리내용

시험1은 주재료인 면실피:볏짚:톱밥에 대한 적정 혼합비율(V/V)을 각각 6:3:1, 6:2:2, 6:1:3, 5:4:1, 5:3:2, 5:2:3, 5:1:4으로 하여 유리칼럼(직경18mm, 길이 15cm)에 충전 (무게 50g, 부피 70cc)하여 5일 간격으로 균사생장 속도와 균사밀도를 조사하였다. 시험2는 시험1에서 적정혼합비에 대한 부재료 각각의 적정비율을 구명하기 위하여 주재료 함량을 99, 97, 95, 93%로 하고 부재료인 왕겨 외 6종을 각각 유리칼럼에 충전, 시험1과 동일하게 조사하였다. 시험 3은 시험2의 성적에서 상위 1,2번째, 3,4번째, 5,6번째 부재료의 혼합에 따른 균사생장과 밀도 시험을 하였으며, 시험 4는 시험3, 4, 5에서 선발된 혼합비율과 시험1에서 주재료의 최적 혼합비율에 따른 균사생장과 밀도가 우수한 순위에 따라 주재료와 부재료 간의 조합을 이루어 최적 배합비율을 구하였다.

버섯 균사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합에 따른 느타리버섯 균사생장의 영향, 발효 배지 혼합에 따른 표고 균사생장과 밀도의 영향, 왕겨 혼합에 따른 영지 균사생장의 영향은 버섯 균사배지 제조기 배지에 왕겨를 0, 30, 40, 50%씩 혼합한후 톱밥, 폐면, 볏짚별로 처리하여 균사생장과 밀도를 조사하였다.

버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균효과는 *P. tolaasii*, *P. agarici*, *P. gingeri*에 대한 물의 부피를 1, 10, 100 ℓ로 하여 살균효과를 조사하였다.

버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균 효과는 *P. tolaasii*, *P. agarici*에 대한 현탁액 혼합비율을 1:1, 1:9, 9:1로 하여 사멸효과를 조사하였다.

버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균 효과 비교는 액상오존, 클론70, 목초액, 항생제를 사용하였다.

버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성을 조사하기 위하여 배지제조기와 관행법으로 초발이 소요일수, 대길이, 대직경, 갓직경, 색택, 수량(kg/3.3m²)을 조사하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 느타리버섯 주재료의 배합 비율에 따른 균사생장과 밀도

느타리버섯의 압축배지 재료 배합의 최적 비율을 알기 위하여 주재료를 폐면(면실피), 톱밥, 볏짚을 주재료로 하여 배합비율별로 처리한 결과 폐면:톱밥:볍짚을 6 : 3 : 1 (V/V,%)로 혼합하였을 때 116mm/15일로 균사 생장과 균사 밀도가 대조구 92mm, 106mm/15일보다 균사생장과 밀도가 현저히 좋았다 (표 5-1).

표 5-1. 느타리버섯 주재료에 따른 균사생장과 균사밀도의 영향 (mm/5,10,15일)

혼합비율(V/V,%)			균 사 생 장			균사밀도**
CH	SA	RS*	5	10	15	
6	3	1	27	58	116	++
6	2	2	26	58	104	++
6	1	3	23	53	95	++
5	4	1	23	56	104	++
5	3	2	26	56	101	++
5	2	3	26	58	112	++
5	1	4	24	55	100	++
대조구 1***			21	46	92	++
대조구 2****			25	49	106	++

* CH : 면자각 , SA : 톱밥 , RS : 볏짚

** 균사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

*** 대조구 1 : 폐면

**** 대조구 2 : 톱밥 : 미강 (8 : 2)

나. 느타리버섯 주재료와 각 부재료의 혼합비율에 따른 균사생장

1) 제올라이트(Zeolite)

주재료를 6 : 3 : 1(V/V,%)로 혼합한 것에 제올라이트를 비율 별로 첨가하였더니 균사접종 5일째부터 62mm 성장율을 보임으로서 제올라이트를 첨가하지 않은 다른 처리구의 균사접종 10일째 58mm보다 우수한 결과를 보면 초기 균사생장에 현저한 효과가 있음을 알 수 있다. 제올라이트 함량별로 보면 1% 혼합하였을 때 7% 혼합한 것보다 배양 초기 생육이 현저하게 좋았으며 배양 후기에는 차이가 점차 적어지는

경향을 나타내었다(표 5-2). 제올라이트가 이렇게 배양 초기 균사생육을 촉진하는 것은 염기치환용량이 비교적 높아 배지내의 미량요소 흡수 이용에 촉진 작용을 한 것으로 추정된다. 즉 주재료에 혼합할 때 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 제올라이트 비율을 환산하면 59.4 : 29.7 : 9.9 : 1(V/V,%)이 양호한 결과를 나타내었다.

표 5-2. 느타리버섯 주재료와 부재료 제올라이트의 혼합비율에 따른 균사생장과 밀도의 영향 (mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	균 사 생 장			균사밀도*
		5	10	15	
제올라이트	1	62	91	130	+++
	3	53	86	130	++
	5	49	87	125	++
	7	50	68	125	+++

* 균사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

2) 옥수수강(Corn cob)

선발된 주재료에 옥수수강을 3%를 첨가하였을 때 균사생장이 125mm/15일로서 가장 좋았다. 옥수수강을 10% 보다 많거나 적게 첨가하면 균사생장이 점차 약화되는 경향이 있었으며 균사밀도에는 도움을 주지 않았다(표 5-3). 옥수수강은 주요한 탄소원으로서 균사생장에 유익한 역할을 하며 일반적으로도 헥소스(hexoses)는 균사생장에 다당류보다 양호하지만 버섯생산량에는 반대작용을 하였다(Kitamoto 등, 1974; 1975). 즉 주재료에 옥수수강을 혼합할 때는 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 옥수수강 비율을 환산하면 58.2 : 29.1 : 9.7 : 3.0(V/V,%)이 적정하였다.

표 5-3. 느타리버섯 주재료와 옥수수강의 혼합비율에 따른 균사생장과 밀도의 영향 (mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	균 사 생 장			균사밀도*
		5	10	15	
옥수수강	1	33	59	119	++
	3	36	73	125	++
	5	31	58	118	++
	7	32	69	120	++

* 균사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

3) 탈지강(Defatted rice bran)

선발된 주재료에 탈지강을 비율 별로 첨가한 결과, 5%를 첨가하였을 때 128mm/15일로 군사생장과 밀도가 양호한 경향을 나타내었다(표 5-4). 탈지강 배지의 질소함량이 낮은 기질에서 잘 자란 이유는 느타리버섯이 원목에서 잘 생육할 수 있으며 원목에 리그닌 함량은 높으나 다른 부산물에 비해 질소함량이 매우 낮아 0.03~1.0%이며 대부분의 C/N비는 350~500:1로서 낮은 질소 함량에 잘 자란 특징이 있기 때문으로 추정된다(Smith, 1972). 즉 주재료에 탈지강을 혼합할 때는 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 탈지강의 비율을 환산하면 57 : 28.5 : 9.5 : 5(V/V,%)가 적정하였다.

표 5-4. 느타리버섯 주재료와 탈지강의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	군사생장			군사밀도*
		5	10	15	
탈지강	1	33	63	119	++
	3	32	62	123	++
	5	36	68	128	+++
	7	28	58	122	+++

* 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

4) 백숨(White cotton)

선발된 주재료에 백숨을 비율별로 첨가한 결과 5%를 첨가하였을 때 118mm/15일로 밀도와 속도가 감소하는 경향을 나타내었다(표 5-5). 느타리버섯의 군사생장에 필요 군사생장과 밀도가 양호한 경향을 나타내었고 5%이상 많은 양을 첨가할수록 군사한 영양원은 백숨 등에 있는 기질의 리그닌, 셀룰로즈, 헤미셀룰로즈를 분해하여 이용하는데 군사는 지질(백숨)에 효소를 분비하고, 이 효소는 비가용성 물질을 가용성 물질로 분해시키며, 분해된 물질이나 분자들을 흡수하여 군사생장에 필요한 영양원으로 이용한다. 주재료에 백숨을 첨가할 때는 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 백숨의 비율을 환산하면 59.4 : 29.7 : 9.9 : 1 (V/V,%)이 적정하였다.

표 5-5. 느타리버섯 주재료와 백숙의 혼합비율에 따른 균사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	균 사 생 장			균사밀도*
		5	10	15	
백숙	1	36	58	118	++
	3	34	57	118	++
	5	33	51	111	+
	7	30	42	102	+

* 균사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

5) 이분(Tobacco trash powder)

선발된 주재료에 이분을 비율별로 첨가한 결과, 3% 첨가하였을 때 125mm/15일로 균사생장이 가장 양호하였으며 3%이상 첨가하면 오히려 균사생장이 저해하는 경향을 나타내며 균사밀도에는 영향을 미치지 않았다. 배양 5일째 33mm, 10일째에 77mm로서 초기 균사 생육이 왕성한 특징이 있는 것으로 볼 때 이분에 함유된 탄소원과 질소원에 버섯균사는 세포의 효소의 작용에 의해 비가용성 물질을 다당류와 같은 가용성 물질로 분해하고 유기물이 세포 내로 흡수되면 단당류, 다당류, 단백질, 지방, 푸린, 피리미딘, 비타민 등으로 분해되어 균사의 생명 활동과 세포의 구성물질로 사용된다. 주재료에 이분을 혼합할 때는 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 이분의 비율을 환산하면 58.2 : 29.1 : 9.7 : 3.0 (V/V,%)이 적정하였다.

표 5-6. 느타리버섯 주재료와 이분의 혼합비율에 따른 균사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	균 사 생 장			균사밀도*
		5	10	15	
이분	1	28	59	119	++
	3	33	77	125	+++
	5	28	52	112	++
	7	28	47	107	++

* 균사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

6) 왕겨 (Rice hull)

선발된 주재료에 왕겨를 비율별로 첨가한 결과, 3% 첨가하였을 때 118mm/15일로 군사생장과 밀도가 가장 양호하였으며 3%보다 많거나 적을 때는 군사생장과 밀도가 저해되는 경향이였다. 특히 군사배양 초기인 5일째나 10일째까지는 왕겨함량에 따른 차이가 별로 없었으나 15일째에 차이가 나타났다(표 5-7). 왕겨는 질소원보다는 탄소원을 더 많이 함유한 재료로서 군사세포의 구조와 에너지원으로 사용될 수 있지만 실제 효소분비가 충분치 못하여 왕겨의 성분을 느타리버섯균사가 미처 분해를 하지 못한 것으로 추정된다. 일반적으로 탄소의 농도는 매우 중요한 고려 사항으로 순수 함유율이 2%가 넘지 않아야 하지만 실제 재배사의 정확한 탄소농도는 잘 알려지지 않고 있다. 그러나 종에 따라 탄소의 농도는 차이가 있을 수 있는데 효모같은 종은 느타리버섯보다 10배 정도의 고농도를 요구하는 것이 있다. 탄소(왕겨)는 특히 모든 유기물 합성에 기본적인 역할을 하여 에너지원과 영양원으로 이용된다. 즉 주재료에 왕겨를 혼합할 때 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 왕겨의 비율을 환산하면 58.2 : 29.1 : 9.7 : 3.0(V/V,%)비율이 적정하였다.

표 5-7. 느타리버섯 주재료와 왕겨의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	군사생장			군사밀도*
		5	10	15	
왕겨	1	30	45	105	+
	3	32	59	118	++
	5	32	52	112	+
	7	32	45	105	+

* 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

7) 피이트(Peat)

선발된 주재료에 피이트를 비율별로 첨가한 결과, 1% 첨가하였을 때 104mm/15일로 첨가하지 않았을 때 116mm/15일 보다 군사생장과 밀도가 오히려 저해되는 경향이 있었으며, 피이트 첨가량이 증가할수록 군사생장과 밀도가 저해되었으며 배양초기에는 비교적 군사생장이 잘되나 후기에 갈수록 군사생장이 완만해지는 특징이 있었다(표 5-8). 피이트 혼합을 하지 않았을 경우가 오히려 군사생장과 밀도가 좋았기 때문에 부재료로서 부적합한 것으로 생각된다.

표 5-8. 느타리버섯 주재료와 피이트의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료	혼합비(%)	군사생장			군사밀도*
		5	10	15	
피이트	1	30	44	104	+
	3	32	40	100	+
	5	28	39	99	+
	7	26	37	97	+

* 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

주재료의 배합 비율에서 선발된 폐면 : 톱밥 : 볏짚이 6 : 3 : 1(V/V)을 기본으로 하여 왕겨, 탈지강, 백숨, 피트, 제올라이트, 이분, 옥수수강을 각각 5, 10, 15, 20%씩 혼합하여 군사생장과 밀도를 조사한 결과 제올라이트 1%, 옥수수강 3%, 탈지강 5%, 백숨 1%, 이분 1%, 왕겨 7%의 순으로 좋았다.

8) 제올라이트(Zeolite)와 옥수수강(Corn cob)의 혼합비율

폐면 : 톱밥 : 볏짚을 6 : 3 : 1(V/V,%)로 혼합한 것을 주재료로 하여 제올라이트 1%, 옥수수강 3%를 혼합한 처리에서 군사생장과 밀도가 좋은 결과(표 5-2, 5-3)가 나타남에 따라 이를 제올라이트 : 옥수수강을 1:3, 2:2, 3:1(V/V,%)로 처리한 결과, 이 두 가지를 혼용할 때는 제올라이트와 옥수수강을 2:2(V/V,%)로 혼합 처리한 구에서 130mm/15일로 가장 양호하였다(표 5-9). 따라서 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 제올라이트 : 옥수수강의 비율을 환산하면 57.6 : 28.8 : 9.6 : 2.0 : 2.0(V/V,%)의 혼합비를 구할 수 있다.

표 5-9. 느타리버섯 주재료와 제올라이트, 옥수수강의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향
(mm/5,10,15 일)

부재료 비율(V/V,%)	군사생장			군사밀도**
	5	10	15	
ZE : CC*				
1 : 3	63	91	127	+++
2 : 2	66	98	130	+++
3 : 1	63	93	127	+++

* ZE : 제올라이트 CC : 콘코브

** 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

9) 탈지강과 백숨의 혼합비율

폐면 : 톱밥 : 볏짚을 6 : 3 : 1(V/V,%)로 혼합한 것을 주재료로 하여 탈지강 5%, 백숨 1%를 혼합처리에서 군사생장과 밀도가 좋은 결과(표 5-4, 5-5)가 나타남에 따라 탈지강 : 백숨을 5:1, 3:2, 1:5(V/V, %)로 혼합한 결과 두가지를 혼용할 때는 3 : 2 (탈지강 : 백숨, V/V,%)에서 배양 5일째에도 62mm로서 비교적 우수한 군사생장을 나타내었으며 15일째 127mm로서 가장 양호하였다(표 5-10). 따라서 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 탈지강 : 백숨비율을 환산하면 57.0 : 28.5 : 9.5 : 3 : 2(V/V, %)로 혼합비를 구할 수 있다.

표 5-10. 주재료와 탈지강, 백숨의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향 (mm/5,10,15 일)

부재료 비율(V/V,%) RB : WC*	군사생장			군사밀도**
	5	10	15	
5 : 1	58	87	125	+++
3 : 2	62	90	127	+++
1 : 5	54	81	120	+++

* RB : 탈지강 WC : 백숨

* 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

10) 이분과 왕겨의 혼합비율

폐면 : 톱밥 : 볏짚을 6 : 3 : 1(V/V,%)로 혼합한 것을 주재료로 하여 이분 3%, 왕겨 3%를 혼합한 처리에서 군사생장과 밀도가 비교적 좋은 결과(표 5-6, 5-7)가 나타남에 따라 이분 : 왕겨를 3 : 3, 3 : 1, 1 : 3(V/V, %)으로 혼합 처리한 구 중 1 : 3으로 처리한 것이 125mm/15일로 비교적 양호하였다(표 5-11). 따라서 폐면 : 톱밥 : 볏짚 : 이분 : 왕겨비율을 환산하면 57.6 : 28.8 : 9.6 : 1 : 3 (V/V,%)의 혼합비를 구할 수 있다.

표 5-11. 느타리버섯 주재료와 이분, 왕겨의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향 (mm/5,10,15 일)

부재료 비율(V/V,%) TP : RH*	군사생장			군사밀도**
	5	10	15	
3 : 3	50	79	119	+++
1 : 3	58	86	125	+++
3 : 1	52	76	117	+++

* TP : 이분, RH : 왕겨

** 군사밀도 : + : 약 , ++ : 보통 , +++ : 양호

11) 주재료와 모든 부재료의 최적 혼합비율

처리 I 은 주재료의 최적 혼합비율인 6 : 3 : 1 (V/V, %)과 선발된 부재료의 최적 혼합비율로 처리하였고 처리 II는 2번째로 군사생장이 좋은 주재료 혼합비율인 5 : 2 : 3 (V/V,%), 처리 III은 3번째로 군사 생장이 좋은 주재료 혼합비율(표 5-1)을 기초로 각 부재료를 조합하였을 때 군사생장, 밀도를 조사한 결과, 면실피 : 톱밥 : 제올라이트 : 옥수수강 : 탈지강 : 백습 : 이분 : 왕겨 : 피이트를 43.0 : 17.2 : 25.8 : 2.0 : 2.0 : 3.0 : 2.0 : 1.0 : 3.0 : 1.0 (V/V,%)로 혼합하였을 때 98mm/10일에 비하여(표 5-9) 현저히 군사생장이 양호하였으며 대조구에 비해서도 현저히 군사생장이 촉진 됨에 따라 처리 II인 43.0 : 17.2 : 25.8 : 2.0 : 2.0 : 3.0 : 2.0 : 1.0 : 3.0 : 1.0의 혼합비율을 재료의 최적 혼합비로 선발하였다(표 5-12).

표 5-12. 느타리버섯 주재료와 첨가재료의 혼합비율에 따른 군사생장과 밀도의 영향

처리	첨가재료 혼합비율(%)										군사밀도 (mm/15일)	군사밀도
	CH*	SA	RS	ZE	CC	RB	WC	TP	RH	PT		
I **	52.3	26.1	8.7	2	2	3	2	1	3	0	105	+++
II	43.0	17.2	25.8	2	2	3	2	1	3	1	108	+++
III	51.6	17.2	17.2	2	2	3	2	1	3	1	103	+++
무처리***	45	13	17.5	6	0	0	3	3	5	4.5	98	+++

* CH : 면자각, SA : 톱밥, RS : 미강, ZE : 제올라이트, CC : 옥수수강, RB : 미강
WC : 백습 , TP : 이분 , RH : 왕겨 , PT : 피이트

** I: 6 : 3 : 1, II: 5 : 2 : 3, III: 6 : 2 : 2 는 주재료인 면자각 : 톱밥 : 볏짚의 비율임

*** 무처리는 느타리버섯의 기본재료임

12) 버섯 군사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합

버섯군사의 생장과 밀도는 배지의 종류에 따라 다르다. 왕겨는 기존 관행재배에서는 발효가 일어나지 않아 사용하지 못하였다. 그러나 본 연구과제에서 개발한 버섯배지 일관제조기는 왕겨를 전체량의 40%까지 혼합하여도 오히려 군사생장과 군사밀도가 가장 좋았다. 왕겨를 버섯재배 배지로 40%까지 혼합할 수 있는 것은 이 기계가 만들어졌기 때문이다.

표 5-13. 벚꽃 군사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합에 따른 느타리버섯 군사생장의 영향
(mm/10일)

왕겨 (%)	군사생장과 밀도							
	툽 밥		툽밥 : 미강 (8 : 2)		폐 면		벗 짚	
	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도
0	101	+	84	++	99	++	92	+
30	97	++	86	+++	102	++	93	++
40	99	++	88	+++	103	++	93	++
50	95	++	86	+++	102	++	92	++

* 군사밀도 : +; 약 ++; 보통 +++; 우수

13) 발효 배지 혼합에 따른 표고 군사생장과 밀도

발효 배지 혼합에 따른 표고 군사생장은 툽밥의 경우 왕겨를 혼합하지 않았을 때 군사생장은 조금 빨랐으나 군사밀도가 낮기 때문에 오히려 왕겨를 50%까지 혼합하였을 때 군사밀도가 더 높기 때문에 왕겨를 혼합하는 것이 군사생장과 군사밀도를 고려할 때 유리하였다. 여도 별로 차이가 나지 않았다. 폐면, 벗짚, 툽밥과 미강을 혼합한 경우도 동일한 경향을 나타내었다.

표 5-14. 발효 배지 혼합에 따른 표고 군사생장과 밀도의 영향
(mm/10일)

왕겨 (%)	군사생장과 밀도							
	툽 밥		툽밥 : 미강 (8 : 2)		폐 면		벗 짚	
	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도	군사생장	군사밀도
0	81	+	73	++	75	++	76	+
30	74	++	75	++	79	++	78	+
40	78	++	74	+++	77	++	77	++
50	78	++	74	+++	76	++	77	++

* 군사밀도 : +; 약 ++; 보통 +++; 우수

14) 버섯균사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합에 따른 영지균사생장

버섯 균사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합에 따른 영지 균사생장과 밀도의 영향은 표 5-14에서 표고의 경우보다 영지버섯이 왕겨를 이용하는 데는 더욱 효과적이었다.

표 5-15. 버섯 균사배지 제조기 배지에 왕겨 혼합에 따른 영지 균사생장.

(mm/10일)

왕겨 (%)	균사생장과 밀도							
	톱 밥		톱밥 : 미강 (8 : 2)		폐 면		벗 짚	
	균사생장	균사밀도	균사생장	균사밀도	균사생장	균사밀도	균사생장	균사밀도
0	93	+	89	++	92	+	94	+
30	94	++	91	+++	89	++	94	++
40	98	++	98	+++	94	++	92	++
50	99	++	98	+++	93	+++	93	++

다. 버섯배지에 대한 오존의 살세균효과

1) 버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균효과

버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균효과는 오존의 양이 많을수록 살세균 효과가 좋았다. *P. tolaasii*균이 오존에 의한 살균효과가 컸다. 다음이 *P. agarici* *P. gingeri* 순이었다.

표 5-16. 버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균효과

세균의 종류	물의 부피별 살균효과		
	1 ℓ	10 ℓ	100 ℓ
<i>P. tolaasii</i>	+++	+++	++
<i>P. agarici</i>	+++	++	++
<i>P. gingeri</i>	++	++	+

2) 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균효과

버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균 효과는 *P. tolaasii*, *P. agarici* 두 균 모두 사멸효과가 매우 높았다.

표 5-17. 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균 효과

세균	현탁액 혼합비율에 의한 사멸효과(%)		
	1:1	1:9	9:1
<i>P. tolaasii</i>	100	100	100
<i>P. agarici</i>	99	100	100

3) 버섯균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균효과

버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균 효과는 액상오존이 살세균력과 안전성, 경제성을 비교할 때 가장 효율적이었으며, 클론70, 목초액, 항생제는 비슷한 양상을 나타내었다.

표 5-18. 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균 효과 비교

소독제	살세균력	안전성	경제성	비고
액상오존	+++	+++	+++	
클론70	++	+++	++	
목초액	++	+++	+++	
항생제	++	++	++	

4) 버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성

버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성은 관행에 비하여 배지제조기를 사용시 초발이 소요일수는 약간 길었고 대길이는 약간 짧으며 대직경은 굵고 갓직경도 약간 큰편이다. 결과적으로 수량은 29% 정도 증수되는 효과가 있었다.

표 5-19. 버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성

처리방법	느타리버섯 품질 및 수량						
	초발이 소요일수 (일)	대길이 (mm)	대직경 (mm)	갓직경 (mm)	색택	수량 (kg/3.3m ²)	수량 지수 (%)
배지 제조기	31	74	18	34	흑회색	59.4	129
관행 (대조구)	28	81	15	31	흑회색	46.1	100

5. 적 요

- 가. 느타리버섯 균사 배양에 배지의 최적 혼합비를 구하기 위해 주재료인 면실피, 톱밥, 볏짚과 부재료인 제올라이트, 옥수수강, 탈지강, 백습, 이분, 왕겨, 피이트를 사용하였다. 주재료인 면실피 : 톱밥 : 볏짚의 최적 혼합비는 6 : 3 : 1 (V/V,%) 이었으며 각각 부재료의 최적 혼합비는 제올라이트 1%, 옥수수강 3%, 탈지강 5%, 백습 1%, 이분 1%, 왕겨 7%의 순으로 균사생장과 밀도가 양호하였다.
- 나. 주재료에 부재료 두 종류씩 혼합하였을 때 최적 혼합비는 제올라이트:옥수수강의 경우 2 : 2(V/V,%), 탈지강과 백습의 경우 3 : 2(V/V,%), 이분과 왕겨의 경우 1 : 3(V/V,%)이었다.
- 다. 다시 주재료와 부재료 모두를 함께 혼합할 경우 면실피 : 톱밥 : 볏짚 : 제올라이트 : 옥수수강 : 탈지강 : 백습 : 이분 : 왕겨 : 피이트를 43.0 : 17.2 : 25.8 : 2.0 : 2.0 : 3.0 : 2.0 : 1.0 : 3.0 : 1.0 (V/V,%)로 혼합하였을 때 균사생장과 밀도가 모두 양호하였다.
- 라. 버섯배지일관제조기는 왕겨를 전체량의 40%까지 혼합하여도 오히려 균사생장과 균사밀도가 가장 좋았다. 발효 배지 혼합에 따른 표고, 영지 균사생장은 각 배지마다 왕겨를 혼합하였을 경우 균사생장과 균사밀도를 고려할 때 유리하였다.
- 마. 버섯 균사배지 제조기 배지에 기상오존의 살세균 효과는 오존의 양이 많을수록 살세균 효과가 좋았다. 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존의 살세균 효과는 *P. tolaasii*, *P. agarici* 두 균 모두 사멸효과가 매우 높았다.
- 바. 버섯 균사배지 제조기 배지에 액상오존과 염소계 소독제의 살세균 효과는 액상오존이 살세균력과 안전성, 경제성을 비교할 때 가장 효율적이었으며, 클론70, 목초액, 항생제는 비슷한 양상을 나타내었다.
- 사. 버섯 균사배지 제조기 배지의 느타리버섯 수량성은 관행에 비하여 배지제조기를 사용시 초발이 소요일수는 약간 길었고 대길이는 약간 짧으며 대 직경은 굵고 갓 직경도 약간 큰 편이며 버섯수량은 29% 정도 증수되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

연도별	연구목표	연구개발 목표달성도	관련분야 기여도
1년차 (2000 /2001)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면 침수·세탁기 제작 ○ 버섯배지 일관제조기 제작시험 ○ 버섯종균 혼합 압축 성형 작업시스템 설계 ○ 다발재배용 벗짚수집 압축절단기 설계 ○ 느타리버섯 재배적인 설계요인 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면 세탁장치 제작(100%) - 세탁조, 수평교반장치, 수직교반장치를 구성 ○ 배지일관제조기 제작(100%) - 3축스크류식 제작, 성능시험 ○ 버섯종균 혼합 압축성형 작업 시스템 설계(100%) - 종균혼합장치 ○ 다발재배용 벗짚수집 압축절단기 설계(100%) ○ 버섯재배설계요인 구명(100%) - 배지 액상오존 살균효과 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면세탁기술 개척 ○ 반밀폐식 발효 살균기술 개척 - - ○ 액상오존 살균 기술자료 제공
2년차 (2001/ 2002)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면 침수·세탁기 개량 ○ 버섯배지 일관제조기 개발 ○ 버섯종균 혼합 압축 성형 작업시스템 개발 ○ 다발재배용 벗짚수집 압축절단기 개발 ○ 느타리버섯 재배기술 구명 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면배지 세탁장치 개량(100%) - 쌍스크류장치 제작시험 ○ 배지일관제조기 개발(100%) - 2축 스크류식 제작, 성능시험 ○ 살균배지 종균접종 성형 작업 시스템 개발(100%) - 경사, 수평이송 장치제작 - 종균접종장치 제작시험 ○ 다발재배용 벗짚수집, 압축·절단기 개발(100%) - 수집 반송기, 압출·절단장치 제작 및 성능시험 ○ 버섯 재배기술 구명(100%) - 재료별 배지 균의 밀도 및 수량시험 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 폐면침수, 세탁기술 발전 ○ 반밀폐식 재료 발효·살균기술 실용화 ○ 배지 일관제조 작업 생력화 ○ 벗짚수집압축 작업노력 절감 ○ 배지재료 종류별 적합성 기술자료 제공

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 추가연구의 필요성

본 연구로 수행 5항목의 시험에 대해 단기간 내에 농가보급 타당성이 있는 기종 및 기계이용 시스템에 대하여는 2003년 농가현장에서 실용화를 위한 기계이용기술 확립시험을 실시하여 개발기술의 농가보급을 추진하고, 현 단계에서 농가보급 가능성이 확인되지 않은 기종에 대하여는 연구소 자체로 시험 검토해 나갈 계획이다.

가. 폐면 침수·세탁기 개발

침수·세탁장치는 본 연구에서 개발한 상위 기술인 반밀폐식 버섯배지일관제조기가 개발되어 농가보급 필요성이 낮아졌음. 2003 자체시험 후 기업화 가능성 검토

나. 반밀폐식 버섯배지 일관제조기 개발

2001년 농가시험결과 버섯배지 제조 작업능률이 높고 배지제조 재료비를 절감할 수 있으며 우량배지 생산이 가능한 것으로 확인되었다. 2003년 생산업체 기술이전 할 계획임. 시작기를 이용한 배지제조 과정에서 혼합배지 제조에는 별 문제가 없었으나 폐면을 사용하는 단일재료 배지를 사용한 경우 배지재료의 발효가 불충분하다는 농가 반응이 나타나 2002. 12. ~2003. 11. 기간에 농가 현장적응시험을 실시하여 배지제조기 실용화 이용기술을 확립할 계획임.

다. 버섯배지 종균접종·성형작업시스템 개발

반밀폐식 버섯배지일관제조기를 이용한 배지제조작업 후 종균 접종하여 상자 배지를 이용하는 시스템이므로 반밀폐식 버섯배지일관제조기 농가현장시험과 연계하여 기계이용 상자재배시스템의 생력화기술을 발전시켜 농가에 기술보급 할 계획임

라. 다발재배용 벗짚 수집·압축·절단기 개발

개발한 벗짚수집·압축·절단 시작기는 기계구조가 복잡하고 기계 제작가격이 높아 현 단계로는 농가보급이 어려움. 추후 벗짚 다발재배에 대한 수요가 확대되면 생산업체에 기술 이전하여 농가 보급토록 할 계획임.

2. 기업화 추진방안

개발 기종 및 기계작업시스템	기업화 방안
1. 폐면 배지재료 침수·세탁기	- 2003 자체시험 후 기업화 가능성 검토
2. 버섯배지 일관제조기	- 2003 농가적응시험 후 기업체 기술이전 하여 농가에 보급
3. 살균배지 종균접종·성형시스템	- 느타리버섯 재배 일관작업시스템 기술보급.
4. 다발재배용 벗짚수집·압축절단기	- 기계 제작가격이 높아 현재는 산업화 곤란

제 6 장 참고문헌

1. 김영록 : 1990, 시이퀸스제어활용자유자재, 성안당
2. 농촌진흥청 : 2002, 느타리(2002농협영농지도요원교육교재) : 39-84
3. 박용환, 고승주 : 1976, 벗짚을 이용한 느타리버섯 재배시험, 농업기술연구소 연구 보고서: 113-144
4. 박용환, 고승주, 차동열 : 1978, 사철 느타리버섯 재배법 개발, 농업기술연구소 보고서 : 129-147
5. 성재모외 : 1993, 수출버섯 품목 다변화 연구, 농촌진흥청
6. 신범수 : 1994, 최신버섯재배기술과 경영, 오성출판사
7. 신철우, 차동열, 전창성 외 : 1992, 환경조절 재배사를 이용한 느타리 버섯재배 농가실증시험, 농업기술연구소 연구보고서 : 831-836
8. 이지열 : 1991, 균학·버섯재배, 대광문화사
9. 이용하, 이은관 : 1983, 벗짚을 이용한 식용버섯의 속성재배법, 오성출판사
10. 유재복 : 1991, 실용버섯재배, 279. 선진문화사
11. 정선모 : 1976, 기계설계문제 및 해설, 정우사
12. 정환채 : 1979, 잠실을 이용한 팽이버섯 및 느타리버섯 병재배, 시험. 농업기술연구소 연구보고서 : 145-152
13. 차동열, 류창현, 김광포 : 1991, 최신 버섯재배기술, 농진회
14. 최광재 외 : 1990, 느타리버섯 재배 기계화실태조사연구, 농업기계화연구소 시험연구보고서
15. 최광재 외 : 1996, 버섯재배사 환경조절시스템 개발, 농업기계화연구소 시험연구보고서
16. 최광재 외 : 2000, 버섯재배 자동송풍·관수장치 개발, 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 제9권 2호 : 120-123
17. 홍범식 외: 1992, 느타리버섯 재배를 위한 기질 및 재배방법의 개발, 한국균학 20(4) : 354-359
18. 古川久彦 : 1992, きのご學, 共立出版株式會社
19. 機械工學ポケットブック編輯委員會 : 1971, 機械工學ポケットブック, オーム社
20. 農作業試驗法編輯委員會 : 1987, 農作業試驗法, 農業技術協會
21. 農業機械學會 : 1996, 生物生産機械ハンドブック : コロナ社
22. 眞島卯太郎 : 1971, ベルト・コンベヤ, 理工圖書株式會社
23. 衣川堅二郎 外 : 1986, 類種栽培種子菌の 子實體形成に 對する 高濃度二酸化炭素の 影響 , Trans. Mycol. Soc., Japan 27 : 327-340

24. A. Kinrus : 1978, Different growing techniques used in mushroom growing for the United States, mushroom science X(partII), U.S.A. : 155-156
25. Flegg, P. B. 1960. Mushroom composts and composting: A review of the literature, Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 4: 313-343.
26. Greenwood :1959 機械設計データブック, 日刊工業新聞社
27. Gray, K. R., Sherman, K., and Biddlestone, A. J., 1971. A review of composting Part I, Process Biochem. 6: 32 -35.
28. Gray, K. R., Sherman, K., and Biddlestone, A. J, 1971. A review of composting Part II: The practical process. Process Biochem.10 : 22 -23.
29. Hays, W. A., Composting. W. S. 1977. Maney and Sons, Leeds, England. 1: 1-5.
30. Jacques Delamas : 1979 , Mushroom science X(part2-congress), International Society for Mushroom Science.
31. K. J. Choe : 1996 Development of mushroom spawn bottle cutter-spawn cake shredder, International Conference for agricultural Machinery Engineering Vol III: 1031~1033
32. Kitamoto, Y., Horikoshi, T., and Kasai, Z.. 1974. Growth of fruitbodies in *Favolus arcularius*, Bot. Ma., (Tokyo). 1: 87- 41.
33. Kitamoto, Y., Horikoshi, T., Hosoi and Ichikawa, Y., 1975. Nutritional study of fruitbody formation in *Psilocybe panazoliformis*. Trans. Mycol. Soc.(Japan). 16(3): 268-271.
34. Peter Oei : 1991, Manual on mushroom cultivation, Tool Publications
35. P.J.C. Vedder : 1978, Modern Mushroom Growing, Educaboek- Culemborg, Netherlands
36. Smith, J. F. and Hays, W.A., 1972. Use of autoclaved substrates in nutritional investigations on the cultivated mushroom. Mushroom Sci.. 8 : 355- 360.
37. Van Griensven : 1988, The Cultivation of Mushrooms, Mushroom Experimental Station, Netherlands

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술 개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개 하여서는 아니됩니다.