

최 중  
연구보고서

폐지를 이용한 기능성 육묘지의 제조 기술 개발  
Development of Multipurpose Seed Paper from  
Waste Paper

연구기관  
경북대학교

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “폐지를 이용한 기능성 육묘지의 제조 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002년 7월 31일

주관연구기관명 : 경북대학교

총괄연구책임자 : 엄 태 진

세부연구책임자 : 김 장 역

연 구 원 : 박 성 배

연 구 조 원 : 강 석 현

연 구 조 원 : 송 석 호

# 요 약 문

## I. 제 목

폐지를 이용한 기능성 육묘지의 제조 기술 개발  
(Development of Multipurpose Seed Paper from Waste Paper)

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구는 폐자원인 폐지로부터 농업용 다목적 기능성 육묘지 제조 기술을 개발하는 것으로 연구의 기본 개념은 기존의 소재를 대체하는 것과 여기에 기존 제품이 가지지 못한 새로운 기능성을 부여한 독특한 개념의 제품 개발로 양분할 수 있다. 현재 일본에서 개발되어 시판되고 있는 육묘지는 부직포로 되어 있어 토양 중 생분해성이 나쁘고 섬유자체에 흡수성이 없어 약제 등의 흡수가 불가능하여 기능성을 부여 할 수 없다. 본 연구에서 개발하고자 하는 것은 이러한 기존의 육묘지를 대체하면서 기능성을 부여하여 보다 농가에서 손쉽게 사용할 수 있고 제품의 사용 영역을 농업 이외에 임업에도 적용할 수 있도록 유도하기 위한 것이다. 또한 부가적으로 생산된 폐지의 활용을 통하여 자원의 유효이용을 도모하고자 하는 것이 연구의 목적이다.

최근의 농업환경은 생산자 측에서는 기계화, 자동화 및 대량생산화가 급속히 진행되고 있으며, 소비자의 입장에서는 농산물의 고품질화 및 규격화에 대한 요구도가 높아지고 있는 것이 특징이다. 현재 심각해지고 있는 농업인구의 노령화는 이러한 농업생산형태의 변화를 유도하는 촉매적 역할을 수행하였다. 다른 한편으로 생산제품의 고급화 및 규격화에 대한 요구는 전업·전문농가를 양산하는 체제를 구축하게 되었다.

이러한 농가현실의 변화에 대응한 농업기자재의 변화 또한 현격하였으나 아직 농가의 요

구에 만족할만한 수준에는 도달하지 못하고 있는 실정이다. 더불어 서두에서 언급한 바와 같이 생산제품의 고급화 및 규격화는 경제발전에 따른 소비자로부터의 필수적인 요구사항으로 이미 선진국에서는 일반화 되어있다. 규격화된 농산품의 생산을 위하여 기존의 제품에 대한 개량 보안 및 관련 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

이러한 규격화되고 고급화된 농산품, 특히 과채류의 생산에 있어 씨앗의 파종이 미치는 영향은 실로 대단히 높다. 그리고 파종 및 파종 후 관리에 있어서 노동력의 절감과 약제 살포량의 감소를 통한 생산비 절감에 있어서도 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 때문에 친환경적인 면에서도 효율적인 육묘기술의 개발은 시급한 과제이다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 폐자원인 폐지로부터 농업용 다목적 기능성 육묘지 제조 기술을 개발하는 것으로 연구의 기본 개념은 기존의 소재를 대체하는 것과 여기에 기존 제품이 가지지 못한 새로운 기능성을 부여한 독특한 개념의 제품 개발로 양분할 수 있다.

연구 개발의 기본 원칙은 다음과 같다.

- 1) 폐자원을 적극 활용하여 기본 원료로 사용 할 것.
- 2) 제품의 품질이 양호하며 기능성이 우수하고 사용이 편리할 것.
- 3) 농촌의 심각한 노동력 부족을 감안하여 일손을 덜 수 있을 것.
- 4) 농업의 기계화, 자동화 및 대량생산 체제에 적합할 것.
- 5) 토양에서 생분해되며 환경 친화적일 것.
- 6) 기존 제품보다 뛰어난 기능성을 가질 것.
- 7) 개발품은 기존제품보다 가격경쟁력 및 경제성을 가질 것.

상기와 같은 연구원칙을 요약하면 개발제품의 실용성과 경제성을 최우선 순위로 하는 것이다. 이러한 연구원칙 하에서 심도 있는 연구를 수행 하였으며 이에 수반되어 진행되는 연구개발에 포함되는 기본적인 내용은 다음과 같다.

1. 폐지 처리 기술 및 폐지섬유의 개질
2. 폐지 섬유를 이용한 육묘원지의 초지 기술 개발
3. 육묘원지의 병충해 및 제초용 농약제 등 기능성 약제의 함침 기술 개발
4. 친환경적인 수용성 접착제의 개발
5. 육묘지를 이용한 종묘 발아율 및 성장률 평가
6. 폐지를 이용한 육묘지 제조장치 및 공정설계

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 폐지 섬유의 처리 및 개질 기술 개발

폐지의 분류 및 이물질의 적절한 제거는 폐지를 재생자원으로 사용함에 있어 대단히 중요한 공정이다. 일단의 제지 공장에 있어서는 pulper로 섬유를 해리하기 전단계로 점착성 이물질로 가장 많은 trouble의 원인 물질이 되는 바인더 부분을 제거하고 이때 수집 중에 함께 혼합되어 들어온 협잡물의 일부를 제거하며, 지중은 수집상으로부터 일부 분리되어 들어 오기는 하나 pulper에 들어가지 전에 다시 분리·확인하는 것이 일반적인 사실이다. 이러한 조작들은 인부들에 의하여 일일이 수작업으로 실시되고 있다. 이러한 조업공정은 현재 우리나라의 폐지 회수에 대한 일반 user들의 인식의 부족 및 회수 과정의 다단계화 등의 영향으로 금후 자원의 재활용 및 재이용율의 증대를 위하여서는 반드시 개선되어야 할 중요한 사항이라 생각된다.

폐지의 사용에 있어 효소의 이용은 섬유의 재사용에 따른 각질화를 방지하여 섬유의 유연성을 증대시켜 종이의 건조강도는 증대시키나 습윤강도는 저하시키며, 목재섬유의 수분 함수량을 증대시키기 때문에 육묘지의 원지가 자려야 할 물성을 상당히 개선시킬 수 있었다. 고농도 해리 후 각각의 시료들을 탈수, 세척, 부유부상의 세가지 방법으로 지료를 준비하여, 각각의 시료에 있어 미세분의 영향을 검토하고 본바 미세분의 적절한 제거가 육묘지 원지의 물성을 상당히 개선된 것으로 확인되었다.

##### 2. 육묘원지의 제조기술

육묘원지의 제조를 위하여 효소 처리한 것과 처리하지 않은 것을 비교하였고 육묘원지로 만든 것과 비교하기 위하여 복사용지와 신문용지 원지 그리고 화장지를 사용하였다. 이들 종이에서의 발아율, 뿌리 투과율 및 토양 중 분해성을 비교한 결과 복사용지와 신문지용 원지는 대단히 좋지 않은 것으로 나타났다. 그리고 초지한 육묘용 원지의 경우는 화장지에는 미치지 못하나 상당히 양호한 것으로 나타났다. 특히 효소 처리 한 것이 하지 않은 것에 비하여 뛰어난 것으로 나타났으며 탈수<세척<부유부상의 순으로 높게 나타나 원지의 제조에 있어 섬유의 개질을 유도에 의한 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 현재의 원지 제조 방법으로도 육묘지 원지로서의 적용이 가능하다고 판단된다.

금후 화장지 보다 우수한 강도적 성질을 가지면서 종자의 발아 및 뿌리의 투과성을 높일 수 있도록 하기 위하여서는 육묘용 원지에 대한 2차 가공 처리도 하나의 idea가 될 수 있다고 생각된다. 적절한 가공처리로는 원지에 대한 엠보싱 처리라 생각된다. 이러한 2차 가공처리는 보다 양호한 뿌리 침투성과 토양 중 분해를 높일 수 있을 것으로 생각된다.

### 3. 육묘원지의 물성

육묘 원지의 물성은 건조강도와 습윤강도로 나누어 생각 할 수 있다. 종자 파종 작업의 원활한 진행과 작업의 편리성을 위하여서 건조강도가 필요하며, 파종 후 종자의 뿌리투과, 발아의 원활성 및 토양 부식성의 증대를 위하여서는 습윤강도가 낮을 필요가 있다.

육묘용 원지는 충분한 강도를 가지고 있으나 효소 처리한 지료로 초지한 원지가 처리하지 않은 원지에 비하여 보다 낮은 건조강도를 가지고 있는 것으로 나타났으며 습윤강도는 반대의 경향을 보여 대단히 양호하다고 생각된다. 또한 섬유의 처리방법에 따른 차이 또한 충분히 확인되었다. 가장 적절하다고 생각되는 것은 고농도 펄핑시 효소를 실시 처리하고 세척 방법으로 지료 중의 미세분을 줄이는 것이 효과적이라 판단된다.

### 4. 기능성 약제의 선발 및 부여기술

기능성 약제로는 크게 제초제, 살균제 및 살충제로 나누어 선별하였다. 기능성 약제는 천연추출물과 합성약제를 고려하였으나 천연추출물의 경우는 그 기작이 불분명한 점이 많고 생산량의 불안정 등이 고려되어 화학합성 약품을 선택하였다. 그리고 가장 일반적으로 사용되는 약제의 원제를 사용하는 것이 효과적이라 판단되었다. 이들 약제의 주성분은 일반 시중에 상품화되어 통용되고 있는 것이다. 각각의 주성분은 Imidacloprid, Tricyclazole 및 Dithiopyr이다.

폐지의 처리 방법에 따른 약제의 함침량에 차이가 있었다. 효소를 처리하는 것이 목재 섬유 열화(각질화)를 방지하여 보다 약제의 함침율이 높았으며 지료 중에 포함된 잉크와 미세분을 적절히 제거하는 것이 약제의 함침율을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

## 5. 육묘원지의 제조 및 적용 시험

폐자원을 이용한 경제적이며 기능성이 보완된 그리고 육묘지로서의 기능을 충분히 가진 원지를 제조하기 위하여 제조된 원지와 가공처리한 원지를 비교하여 실험하였다. 원지를 ONP와 MOW를 사용하여 각각의 처리 방법으로 준비한 지료를 사용하였다. 지료의 처리는 해리 후 탈수와 해리 후 세척 그리고 flotation 처리하는 3종류의 처리 방법을 채택하였으며, 보다 친환경적인 지료를 제조하기 위하여 일반적으로 폐지의 해섭에 사용되는 알칼리성 약품을 대신하여 효소를 사용하여 물만으로 처리한 것과의 비교를 통하여 보다 육묘 원지로서의 적합성을 높이고자 하였다. 상기와 같이 준비된 12종류의 육묘지 원지를 사용하여 적용 시험을 실시하였다.

적용시험에 있어 육묘원지로서 갖추어야 할 기능성으로서 종자의 부착성능을 보장하기 위하여 원지에 embossing 처리를 실시하였다. embossing 처리를 실시할 경우 육묘용 원지의 강도는 다소 저하되나 embossing 처리에 의하여 토양과의 접촉 면적이 넓어지므로 생분해성이 향상될 것으로 생각되며, 종자의 부착성능이 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 부피가 큰 종자의 경우 접착제만으로는 충분한 접착이 불가능하다는 것을 확인하고 embossing 처리된 원지 위에 종자를 부착시키고 종자와 원지 상단에 화장지 원지를 덮어 종자의 탈락을

방지하고자 하였다. 이상의 방법으로 종자의 탈락은 완전히 방지할 수 있었다. 그리고 embossing 처리로 인하여 보수성, 유연성, 신축성, 밀착성 및 물 품렴성이 개선되는 효과가 확인되어 초지 된 원지 보다 2차 가공처리를 통하여 원지의 물성을 보다 개선시킬 수 있었다.

일반적으로 사용되는 채소 종자 중에서 가장 큰 것이 호박이라 생각되어 호박 종자와 중간 크기의 것으로 열무우 그리고 작은 종자로 배추 종자를 사용하였다. 그리고 상기에 언급한 가공 원지와 무가공 원지 그리고 화장지를 덧씌운 원지를 사용하여 발아율 시험과 성장률 시험을 실시하였다. 실험 결과 발아율과 성장률에 미치는 영향은 전혀 없는 것으로 나타났다. 따라서 임업에 응용하고자 한다면 호박보다 작지만 무거운 잣 등과 같은 종자의 육묘지로도 사용 가능하다는 것을 알았다.

농약의 사용량이 높을 경우 종자의 발아에 미치는 영향을 확인하기 위하여 사용된 약제인 제초제, 살균제, 살충제를 원지에 0.1% 및 0.01% 처리하여 실험한 결과 약제를 0.01% 이상 처리할 경우 종자의 발아에 영향을 미친다는 것을 확인하였으며 향후 제품화되었을 경우 과다한 약제 처리는 피하는 것이 바람직하다고 생각된다.

약효의 지속성은 실험실 예비 실험(수중용출실험)의 결과와 매우 유사한 결과를 얻었다. 이러한 결과는 약제가 가지는 물에 대한 용해도와 매우 밀접한 관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었으며, 약제의 비 용해성 개선을 통하여 약제의 지속성을 보완할 수 있다고 생각된다.

## 6. 종자 접착용 접착제 제조

실험에 사용된 접착제는 천연고분자계 접착제로 전분계 접착제 3종류와 변성 전분계 접착제를 사용하였으며, 합성 고분자계 접착제로는 초산비닐계 접착제와 스테렌 부타디엔 접착제 및 요소접착제를 사용하여 실험하였다. 실험 결과 초산비닐계와 요소접착제는 건조시간이 길과 건조 후 발아율이 다른 접착제에 비하여 낮아지는 경향을 나타내었다. 전분계 접착제는 발아에 미치는 영향이 전혀 없는 것으로 판단되나 접착 후의 건조 시간과 접착 후 접



착면이 쉽게 파괴되어 부착된 종자의 탈락이 발생이 많은 것으로 판단되었다. 스테렌 부타디엔 접착제도 유사한 경향을 나타내었다. embossing 처리한 원지에서의 접착은 embossing 처리하지 않은 것에 비하여 종자의 탈락이 낮아지며 embossing 처리 후 화장지 원지를 부착한 경우는 탈락을 완전히 방지할 수 있었다. 또한 접착제의 건조시간에서 차이를 제외하면 어떠한 접착제의 사용도 무방하므로 화장지 원지를 상단부에 도포하는 공정을 통한 육묘지 생산이 가장 안정적인 방법으로 생각된다.

## 7. 육묘지의 생분해성 시험 및 토양에 미치는 영향 조사

토양 중 육묘 원지의 생분해도 시험에서 지종 및 처리 방법에 관계없이 모두 생분해가 가능한 것으로 나타났다. 그리고 대조구로 사용된 신문지 원지나 화장지의 경우도 생분해성을 확인하였다. 생분해성은 flotation한 것이 대체로 우수한 것으로 나타나므로 나타나 폐지 중의 미세분 특히 미세분 제거로 감소된 무기물의 영향을 받은 것으로 판단된다. 하지만 이들 지종 간 차이는 미미한 것으로 판단되었다.

토양 실험 및 페트리디쉬 실험에서 폐지 중의 잔존 잉크 및 중금속의 영향은 나타나지 않았으며 처리한 농약의 농도가 높을 경우 약해의 피해를 받는 것으로 나타났다. 그리고 약제의 종류에 상당한 차이를 나타내었다. 제초제로 사용한 dithiopyr의 경우 약해의 피해가 가장 심각하게 나타났으며 처리한 농도는 0.1% 용액을 육묘 원지에 처리한 것이었다. 따라서 약제 처리에 있어 약제의 농도를 0.01% 이하 용액으로 함침 처리하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각되며 이러한 결과는 field test와 페트리디쉬 시험에서 확인되었다.

생분해된 육묘 원지로 인하여 입도 분포는 변화가 없었으나 보수성은 다소 증가되는 경향을 보였으나 그 정도는 대단히 미미하였다. 이러한 결과는 유기물질의 양에도 영향을 미쳤다고 보여진다.

## 8. 현장적용을 위한 종합 field test

육묘 원지는 제조 방법에 따른 지중 별 field test 결과를 바탕으로 하여 보면 원지를 2차 가공하여 embossing 처리하는 것이 가장 바람직한 방법으로 생각된다. 이러한 embossing 처리를 통하여 토양 중 생분해성뿐만 아니라 원지의 신축성이 개선되었으며 종자의 발아 후 뿌리 투과율의 증대를 가져왔다. 또한 종자의 접착성이 향상되었으며, 육묘지 원지에 화장지를 덧씌울 경우 종자의 탈락을 근본적으로 방지하면서 발아에는 어떠한 영향도 미치지 않는 것을 확인하였다.

이러한 일련의 결과는 임업에서 사용할 수 있는 가능성뿐만 아니라 어떠한 종자의 발아용 육묘지로도 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다. 다만 현재 시중에서 판매 유통되고 있는 육묘용 포트는 개발된 육묘지를 사용하기에 부적합한 것으로 생각된다. 육묘 포트에 흙을 채우고 난 후 육묘지를 덮고 상토를 할 경우 상토 부분이 포트의 상단에 있어 관수시 상토가 쓸려 내려가는 현상이 있어 개발의 필요성이 있는 것으로 생각된다. 이에 비하여 육묘장에 사용할 경우는 아무런 문제를 발견할 수 없었다. 일부 실험에서 포트를 사용하여 포트의 정 중앙에 육묘되는 것을 확인하였으며 이러한 결과를 금후 종이 몰드형 포트를 사용할 경우 대단히 작업성의 개선 및 공정의 간편화를 통하여 농가의 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 9. 육묘지의 특성 분석과 시장성 평가 및 상품화 기초 연구

일본의 육묘지는 물로 인하여 쉽게 분리되는 특성을 가지나 두께가 두껍은 부직포로 되어 있으나 금번 본 연구에서 개발된 육묘지는 비교적 두께가 얇고 강도적 성질 또한 육묘지로 적당하며 생분해성을 가지며 폐자원의 이용이라는 측면에서 가지는 이점이 대단히 많다고 생각된다. 육묘지가 가지는 작업성의 간편성 및 효율성은 비슷한 것으로 판단되지만 토양에 미치는 영향을 감소시키며 폐자원의 고부가가치를 위하여 대단히 고무적인 개발이라 판단된다.

육묘지의 제조는 원지 제조 후 2차 가공 중 간단한 embossing 처리를 통하여 매우 만족스러운 결과를 얻을 수 있을 것을 판단되며, 화장지의 덧씌움 작업은 이러한 육묘지의 기능을 배가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

육묘지 제조 공정에서 2차 가공 처리된 원지에 일정량의 접착제를 도포하고 이어 종자를 일정 위치에 위치시키고 이어 화장지 원지를 덧씌움 하여 건조하는 공정을 통하여 목표로 하는 결과를 얻을 수 있었다. 사용하는 접착제는 전분계 접착제로도 충분한 접합강도를 나타내기 때문에 저가의 육묘지 생산이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 방법을 채용한다면 사용할 수 있는 종자에 대한 제한은 없을 것으로 판단된다. 현재 과채류 생산농가에서 규격 모종을 선호하고 있는 경향이 있어 이러한 규격 육묘지의 사용은 대단히 효과적일 것으로 생각된다.

## 10. 경제성 평가

효소처리에 따른 기능의 현격한 증가가 확인되지 않아 아직은 값비싼 효소를 사용하지 않고도 충분히 기능성을 발휘하며, 수집된 폐지의 종류에 무관한 육묘지를 생산할 수 있을 것으로 판단된다. 육묘지를 사용할 경우 묘장에서 잡초의 억제효과가 나타나 약제로 인한 일단의 효과가 검증되었다.

폐지는 우리 생활 쓰레기 중 28% 이상, 사무실 쓰레기 중 60%에 달하는 막대한 양을 점하고 있다. 이러한 버려지는 자원을 보다 효율적이며 친환경적인 소재로 사용할 수 있어 경제적인 가치 외에 상당히 많은 기여를 할 수 있을 것을 판단된다.

기능성을 부여하기 위한 약제의 처리에서 약제의 원제를 활용할 수 있는 농약회사에서 본 연구의 결과를 이용하여 제품을 생산한다면 대단히 효과적이며 저렴한 비용으로 기능성 육묘지를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

# Summary

## I . Title of Research Project

Development of Multipurpose Seed Paper from Waste-paper.

## II. Target of Project

The circumstance of agricultural cultivation in Korea was changed dramatically. Since the labours of farm and forest are getting more older, the resources and the materials for cultivation need to be more light and/or more simple. And also, Korean agriculture could not avoid to automatize and mass-produce in crop cultivation for keeping competitive price with that of foreign. The standardization of the resources and materials for crop cultivation have to process for the automation of crop cultivation systems.

The seedling is very important working of crop, especially fruit and vegetable cultivation, because most of all crops cultivations are start to seedling. Recently, the seed paper which were attached seed very regularly were started to use in field for a sound young plant with comparatively less labour. The most of all seed paper (that are made in mainly Japan) are made of synthetic non-woven sheet. Therefore, it is very difficult to bio-degrade in soil. And also, It is very hard to have any special function, for example keeping herbicide and insecticide activity, because of its lack of chemical acceptability.

The target of this research project is manufacture of seedling paper which have a function of herbicide and insecticide activity from wast paper and is composed

with two conception, one is substitution of synthetic non-woven sheet to woody paper that is very environmental friendly material and the other is introduction of biological activity to woody paper.

### **III. Content of the project.**

The basic principle for this project can be summarized as fellow,

- a. have to use waste paper as a seed paper sources.
- b. be easy to handling for old labours.
- c. have to accept to automatization and mass-production.
- d. have to degrade quickly in soil.
- e. have to keep competitive price.
- f. so on.

Under the above basic principle, this project have been progressed very actively.

The main content of this research project also can be summarized as fellow,

- a. fiber modification and improvement of physical properties.
- b. paper making development of raw paper for seedling paper.
- c. introduction of biological activity as herbicide and insecticide.
- d. development of water soluble adhesive for seed attachment.
- e. valuation of rate of a plant generating and growth.
- f. lay out of manufacture process.

#### **IV. Results and application of the project**

The properties of raw pulp from wast paper was improved remarkably with removal of fine fellowed with washing and/or flotation. The paper making ability for seed paper was enhanced with enzyme treatment of raw pulp. The paper for seedling have a good bio-degradation ability in numerous kind of soils. The rate of chemical instillment like as imidachloprid, tricyclazole and dithiopyr was increased remarkably with a cellulase complex enzyme treatment.

The embossing treatment of raw paper was very effective for seed attachment and retention of chemical. And also, It did not show any trouble in the penetration of young root through embossing paper. The bi-layer embossed seed paper was quite newly developed for crop cultivation. This method is on trying to issued for patent.

The newly developed seed paper on this project can solve the problem of Korean crop cultivation like as un-regulation of seedling which obstruct the automatization and mass-production of young plant and incessant spry of herbicide and insecticide which can make many trouble for human and environmental.

# Contents

Cover paper -----	1
Summary -----	2
I . title -----	2
II . target of project -----	2
III . content of project -----	3
IV . results and application of the project -----	4
1. outline of project -----	18
2. status of technology in domestic and aboard -----	22
3. content and result -----	24
4. contribution to related industry -----	127
5. application -----	131
6. technical information from aboard during the research -----	132
7. reference -----	135

# 목 차

제출문	1
요약문	2
I. 제목	2
II. 연구개발의 목적 및 중요성	2
III. 연구개발 내용 및 범위	3
IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의	4
제 1 장 연구개발 과제의 개요	18
제 2 장 국내외 기술 개발 현황	22
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	24
제 1 절 서 설	25
제 2 절 폐지 섬유 처리 및 개질 기술 개발	25
1 항 폐지의 수집	25
2 항 섬유의 개질	25
제 3 절 육묘용 원지의 제조	31
제 4 절 육묘원지의 물성	33
1 항 육묘용 원지의 밀도와 비용적	33
2 항 육묘원지의 흡수도 측정	35
3 항 Sheet의 강도적 성질	39
1. 인장강도 및 파열강도	40



2. 습인장강도 -----	43
4 항 Sheet의 광학적 성질 -----	44
1. 불투명도 -----	44
2. 백색도 -----	46
<b>제 5 절 기능성 약제의 선발 및 부여기술 -----</b>	<b>49</b>
1 항 기능성 약제의 선발 -----	49
2 항 기능성 부여 기술 개발 -----	49
1. 약제의 함침량 측정 -----	51
3 항 약제의 수중 용탈 시험 -----	54
1. 검량선 작성 및 약제의 안정성 -----	54
2. Tricyclazole의 수중용탈 실험 -----	57
3. Imidacloprid의 수중용탈 실험 -----	60
4. Dithiopyr의 수중용탈 실험 -----	62
<b>제 6 절 발아율 및 적용시험 -----</b>	<b>65</b>
1 항 육묘원지 적용 시험 -----	65
1. 발아시험 -----	65
2 항 육묘원지의 물성 및 제반 성질 개선 -----	68
1. embossing 처리 원지의 강도적 성질 -----	68
2. embossing 처리 원지의 발아율 및 뿌리 투과율 -----	69
<b>제 7 절 종자 접착용 접착제 제조시험 -----</b>	<b>73</b>
<b>제 8 절 육묘지의 생분해성 시험 및 토양에 미치는 영향 조사 -----</b>	<b>78</b>
1 항 육묘지의 생분해성 -----	78
2 항. 토양에 미치는 영향 -----	79
1. 실험목적 -----	79
2. 실험재료 -----	79
3. 실험방법 -----	81

4. 추출 및 분석 -----	82
5. 실험 결과 -----	83
3 항. 육묘지 중의 증금속 함량 -----	88
<b>제 9 절 현장적용을 위한 종합 Field Test -----</b>	<b>92</b>
1 항. 현장적용을 위한 예비 시험 -----	92
1. 토양 중 종자 부착상태에 따른 발아 시험 -----	92
2. 현장적용을 위한 토양 중 예비 시험 -----	92
3. 발아율과 뿌리 투과율 -----	96
2 항. 현장적용을 위한 종합 field test -----	100
1. 육묘상자를 이용한 적용시험 -----	100
2. 현장적용 시험 -----	104
<b>제 10절 결론 -----</b>	<b>120</b>
<b>제 4장 목표 달성도 및 관련 분야에서의 기여도 -----</b>	<b>127</b>
<b>제 5 장 연구개발 결과의 활용계획 -----</b>	<b>131</b>
<b>제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 -----</b>	<b>132</b>
<b>제 7 장 참고문헌 -----</b>	<b>135</b>

## 제 1 장 연구개발과제의 개요

최근의 농업환경은 생산자 측에서는 기계화, 자동화 및 대량생산화가 급속히 진행되고 있으며, 소비자의 입장에서는 농산물의 고품질화 및 규격화에 대한 요구도가 높아지고 있는 것이 특징이다. 현재 심각해지고 있는 농업인구의 노령화는 이러한 농업생산형태의 변화를 유도하는 촉매 역할을 수행하였다. 다른 한편으로 생산제품의 고급화 및 규격화에 대한 요구는 전업·전문농가를 양산하는 체제를 구축하게 되었다.

이러한 농가현실의 변화에 대응한 농업기자재의 변화 또한 현격하였으나 아직 농가의 요구에 만족할만한 수준에는 도달하지 못하고 있는 실정이다. 더불어 서두에서 언급한 바와 같이 생산제품의 고급화 및 규격화는 경제발전에 따른 소비자로부터의 필수적인 요구사항으로 이미 선진국에서는 일반화 되어있다. 규격화된 농산품의 생산을 위하여 기존의 제품에 대한 개량 보안 및 관련 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

이러한 규격화되고 고급화된 농산품, 특히 과채류의 생산에 있어 씨앗의 파종이 미치는 영향은 실로 대단히 높다. 그리고 파종 및 파종 후 관리에 있어서 노동력의 절감과 약제 살포량의 감소를 통한 생산비 절감에 있어서도 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 때문에 친환경적인 면에서도 효율적인 육묘기술의 개발은 시급한 과제이다.

현재 상업화된 Seed-felt는 부직포를 주원료로 한 것이 일본에서 시판되고 있으며, 이러한 Seed-felt용 부직포는 화학섬유 중 재생섬유에 속하는 레이온섬유에 수용성 접착제를 사용하여 제조되고 있다. 이렇게 제조된 부직포의 표면에 파종할 씨앗을 수용성 접착제를 사용하여 고정시킨 후 일정한 크기의 육묘상 또는 파종하고자 하는 장소에 놓고 물 뿌리기를 함으로써 간단히 파종을 완료할 수 있게 되어있으며, 파종에 사용되는 부직포는 수용성 접착제로 제조되었기 때문에 묘상에서 물만으로 간단히 분리되어 발아와 성장에 영향을 주지 않을 뿐만 아니라 무해·무공해 한 것이 특징이다. 그러나 이러한 부직포의 제조에 사용되는 레이온섬유는 자연상태에서 분해가 어렵기 때문에 경작횟수가 증가함에 따라 토양중의 함유량이 높아 2차 적인 부작용의 원인으로 작용할 수 있다. 그러므로 화학비료와 농약의 사용량 증가로 악화일로에 있는 우리나라 토양의 문제점과 현재 사용되고 있는 레이온 섬유를

대신하여 자연상태에서 쉽게 분해되어 유기질 비료로도 작용할 수 있어 토양에 유익하며 환경 친화적인 소재의 개발은 대단히 중요한 연구과제라 할 수 있다.

따라서 폐지를 재활용하여 육묘지를 제조할 경우 앞서 언급한 바와 같이 토양 중에서 부식되어 유기질 비료로 작용할 수 있다. 또한 Virgin pulp의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 실정을 감안한다면 폐지의 재활용은 쓰레기 문제 이전에 자원 재활용·자원의 유효이용 및 외화 절약의 측면에 있어서도 대단히 중요한 연구과제라고 할 수 있으며, 이러한 폐지의 재활용 기술은 산업적·경제적인 파급효과가 있을 것으로 기대 된다.

이러한 폐지를 사용하여 육묘지를 제조하였을 경우 부직포의 원료가 되는 재생섬유 유래의 레이온 계통이나 합성섬유가 가지지 못하는 보수성을 이용하여 종자의 발아에 유익한 조건으로 적당한 습도의 조절작용을 가질 수 있다. 또한 종자의 발아 후 생장촉진제로서 비료와 제초제를 적당량 함침 시킴으로써 화학섬유가 가지지 못하는 뛰어난 기능성을 가진 육묘지를 제조할 수 있을 것으로 기대 된다.

경제성장과 더불어 생활쓰레기의 배출량은 급격하게 증가하고 있으며, 쓰레기 종량제 이후 일시적으로 쓰레기 배출량은 감소하였으나, 쓰레기의 분리 및 효율적인 이용방안이 구체적으로 제시되지 못한 관계로 쓰레기 배출량은 다시 증가하고 있는 추세에 있다. 현재 생활쓰레기의 대부분은 소각 및 매립에 의해 처리되고 있으며, 소각 및 매립 처리할 경우 다이옥신의 발생, 침출수의 발생 및 매립지 확보에 따른 지역주민간의 마찰 등 많은 사회적 문제점을 야기 시키고 있는 실정에 있다. 또한 쓰레기 처리 시 톤당 수집 및 운반비용이 9~10만원 정도 소요되며, 여기에 실제 쓰레기 처리비용이 부가된다면 실로 막대한 정부 예산이 소요되고 있다고 말할 수 있다. 한편 현재 발생되고 있는 쓰레기 중 종이류가 차지하는 비율은 26%를 넘고 있는 실정에 있으며, 이러한 미 이용 폐지의 용도 개발 및 기능성화에 따른 고부가가치화는 실로 시급한 연구과제라 할 수 있다.

한편 우리나라의 경우 폐지 회수률이 50%이상으로 세계적 수준이며, 제지공정에 있어 폐지의 배합비율은 70%이상으로 세계제일의 수준을 보이고 있다. 사용되고 있는 이들 폐지는 투입비율만 다를 뿐 복사용지등 대부분의 지류에 혼입 된다. 이들 중에서 폐지의 투입률이 가장 높은 지류는 판지와 화장지로 이들 지류의 사용량 또한 증가하고 있는 추세이나 특수

한 가능성을 가지지 못하기 때문에 비교적 부가가치가 낮은 것이 문제점으로 발생하고 있다.

또한 현재 Seed-felt용 부직포의 생산에 사용되고 있는 레이온섬유는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 측면들을 생각해 볼 때 가능성을 가진 지류의 개발은 지류 제조업계에 있어서 고부가가치 제품 생산, 국가 기술력 확보 및 외화절감 측면에서 대단히 중요하다 할 수 있다. 현재 농가의 농업형태를 보면 기계화, 자동화 및 대량생산화 추세로 이러한 현상은 인건비의 증가, 농업인구의 감소에 따른 필수적인 변화 경향이라 할 수 있다. 이러한 농가현실과 소비자의 요구도를 비교하여 보면 상당한 괴리가 있음을 알 수 있으며, 더불어 농산물의 수입량 증가는 이중삼중으로 농가를 압박하는 요인으로 작용하고 있다. 현재보다 높은 가격과 품질 면에서의 경쟁력을 확보하지 못하면 우리나라 농가 파괴속도는 점차 가속화 되어갈 것은 자명한 사실이므로 현재 진행되고 있는 자동화, 기계화 및 대량생산화를 뒷받침 할 수 있는 새로운 기술의 개발은 필연적이다.

폐지를 이용한 육묘지는 종자의 파종을 능률적으로 수행할 수 있을 뿐만 아니라 발아 후 중간속기작업이 필요 없고 제초제의 살포횟수를 줄일 수 있어 농가의 생산비 절감에 대한 기여도가 높은 것으로 기대되기 때문에 반드시 해결되어야 할 시급한 과제이다. 한편 폐지를 이용한 육묘지의 개발은 폐지를 원료로 사용하기 때문에 쓰레기 처리비용의 절감 및 전량 수입에 의존하고 있는 레이온 섬유 수입대체 효과 등 상당한 경제적인 이익이 추구될 수 있다.

농업은 타산업과 달리 자연의 영향을 비교적 많이 받기 때문에 그 지역의 기후, 토양 등 자연조건에 따라 제각기 상이한 농업형태로 발달하는 다양성을 갖고 있다. 일정한 제품을 세계 어디서나 대량생산 및 공급할 수 있는 공업과는 근본적으로 다르기 때문에 지역적인 특성을 잘 살린다면 오히려 경쟁력과 자생력 회복이 더 용이한 측면도 있으므로 한국 농업의 특수성이라는 차원에서 그 대안을 찾아 볼 수 있을 것이다.

우리나라의 농업은 1960년대 이후 공업중심의 일관된 경제성장 정책으로 인하여 농업기반의 분과가 가속화되어 왔다. 이러한 정책의 결과로 이농현상으로 인한 농촌인구의 감소와 농촌인구의 고령화 및 농촌의 도시화로 농업기반의 해체를 종용하는 지경에까지 이르게 되었

다. 이러한 경제 성장은 소비자의 기호 변화에 영향을 미쳤으며 농산물의 소비량 증가와 다양한 농산물에 대한 요구는 농산물의 수입량을 급격하게 증가시키는 현상을 초래하게 되었다.

보다 고급화되어 가는 우리의 식탁문화와 수입농산물에 대한 경쟁력의 확보를 위하여 생산비의 절감과 규격화된 양질의 제품생산은 필수적으로 해결하여야 할 문제이다. 이러한 문제 중 생산비의 절감을 위하여 기계화, 자동화 및 대량생산이라는 3요소를 만족시킬 필요가 있다. 기능성 육묘지는 종래의 육묘 방법에 비하여 육묘의 규격화와 제초제 등 농약제 사용량의 절감을 꾀하고 육묘를 위한 노동력을 감소시킬 수 있는 방법이다. 한편 본 연구과제의 경우 원료로써 폐지를 사용하기 때문에 생활쓰레기 처리 시 발생하는 사회적 및 환경 문제 해소에 기여할 것으로 판단된다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

우리나라와 농업환경이 비슷한 일본의 경우 부직포로 만들어진 Seed-felt가 제조되어 농가에서 사용되고 있다. 그리고 우리나라의 일부 업체에서는 일본 업체를 대행하여 부직포에 잔디 종자를 접착시켜 미국 등지에 수출하고 있는 실정에 있다. 하지만 부직포의 제조 원료가 되는 화학섬유는 토양에서 생분해성이 대단히 낮고 자연섬유가 가지는 보수성과 공기투과성을 가지지 못하는 단점을 가지고 있다. 그러나 화학섬유로 만들어진 부직포의 경우 제조상의 용이성 때문에 다른 재료에 비하여 채용이 용이하다. 따라서 이러한 화학섬유를 원료로 사용한 육묘지(seed-felt)의 사용이 증가할수록 우리나라의 토양은 날로 황폐해질 것으로 판단되며, 과도한 화학비료와 농약의 사용으로 날로 산성화 되어가고 있는 실정에 있다.

본 연구에서 목표로 하고 있는 폐지를 이용한 기능성 육묘지는 토양 중에서 생분해되어 유기질비료로 작용을 함과 동시에 제초제 등 농약제를 함침 시킴으로서 농약사용량을 획기적으로 줄이고 보다 건실한 종묘의 생산비 절감을 유도 할 수 있는 효율적인 방법으로 판단된다.

금후 WTO 체제 하에서 우리나라의 농업이 발전하기 위해서는 농업에 대한 새로운 인식과 더불어 지속적인 연구개발·투자 및 새로운 기술개발이 필요하며 또한 폐자원을 이용한 환경친화형 기능성 농업소재의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 최근 세계 각 국에서 환경규제의 강화와 세계자원의 편중 및 세계 각 국이 자국자원의 보호정책등 세계정세가 급변함에 따라 자국의 풍토와 기후 환경에 적합한 영농기술을 개발하지 않으면 농업경쟁력을 확보 할 수 없다.

우리나라에서 막대한 양의 폐지가 회수되어 재 사용율은 높으나 낮은 부가가치의 제품생산에 사용되고 있는 폐지를 활용한 농업용 다목적 기능성 육묘지의 개발은 농업의 기계화, 자동화, 대량생산 및 제초제 등의 농약의 사용량 감소와 화학비료의 사용량절감을 통하여 농업경쟁력을 높이고 규격화된 고품질의 농산물을 생산할 수 있는 획기적인 방안이다. 더불

어 악화일로에 있는 토양의 산성화 및 지력 저하를 방지하며 쾌적한 농업 활동을 유지 발전하게 한다. 또한 토목공사 후의 초지 조성, 사방공사 및 정원의 잔디밭 조성 등 대단히 폭넓게 활용될 것으로 전망된다.

산업분류상 1차 산업에 속하는 농업은 지역적인 영향 즉 기후와 토양과 같은 자연조건에 영향을 받아 제각기 상이한 기술과 농업기자재에 의해 다양한 농업형태로 발전되는 속성을 가지고 있다. 우리나라에서도 부직포를 이용한 Seed-felt가 생산되어 수출되고 있으나 일본으로부터의 OEM방식에 의한 것으로 이들 기술에 대한 연구는 전무한 상태이다. 또한 폐지를 이용한 육묘지의 제조에 대한 연구는 세계적으로도 그 예를 찾아볼 수 없기 때문에 기술도입은 현실적으로 불가능한 실정이다. 폐지를 이용한 육묘지의 제조기술의 확립은 우리나라 토양의 산성화 방지 및 지력증강에 기여함과 동시에 고품질의 농산물생산 및 천연자원의 재활용과 고부가가치의 농업용 부자재 공급에 크게 기여할 수 있다.



## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 서 설

사무실에서 주로 사용 후 버려지는 종이-office waste paper(MOW)-의 경우 1 kg을 생산하는 데는 활엽수 1.8 kg과 5~10 kg의 증기가 소요되고 0.7~1.2 Kw·h의 전력을 필요로 하는 대단히 생산 에너지 집약적이며 장치산업이다. 그리고 종이 1 kg 생산에 소요되는 물의 양은 펄핑에 100~250 l, 초지에 40~130 l로 막대한 양의 수자원을 사용하고 있는 종이 가 현재, 도시 쓰레기를 기준으로 하여 보았을 때 사용 후 폐기되는 자원 중 47% 정도를 종이류가 차지하고 있다. 이렇게 폐기되는 자원의 절대량은 재사용 및 활용이 가능한 것으로 보고되고 있으며 특히 자원의 빈국인 우리나라의 경우 폐기되고 있는 자원의 효율적인 이용은 대단히 중요한 과제이자 해결하여야 할 중요한 문제 중의 하나이다.

현재 농촌 구조는 급격한 이농현상으로 인하여 노동인구의 고령화 현상이 대두되고 있는 반면 농산물의 수입은 상대적으로 자유로와 짐으로 해서 부가가치가 높은 작물로의 변화와 인건비 절감을 통한 농기자재의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

이러한 두 가지의 대표적인 문제점의 작은 해결 중의 하나로 폐자원인 폐지를 이용하여 농기자재 중의 하나인 육묘지의 개발하여 노동력의 절감과 자원의 효과적인 이용에 기여하고자 한다. 개발에 필요한 요소로서 토양에 미치는 영향을 줄이기 위하여 생분해성이 필요하며 노동력의 절감을 위하여 기존의 육묘지가 가지지 못하는 기능성을 부여하는 것은 대단히 중요하다고 생각된다.

본 연구에서는 이러한 일련의 상황에 주안점을 두고 폐지를 이용한 기능성 육묘지를 개발하고자 하며 일차적으로 농가의 생산비 절감을 통하여 농가 소득 증대에 이바지할 수 있을 것으로 생각되며, 폐기되는 자원을 효과적으로 활용함으로써 해서 자원 빈국이 가지는 문제점 해결의 한 요소로 작용할 수 있을 것으로 생각된다.

## 제 2 절 폐지 섬유 처리 및 개질 기술 개발

### 1 항. 폐지의 수집

폐지를 이용한 기능성 육묘지의 개발에 있어 원지의 물성은 육묘지의 기능 발현에 있어 가장 근본적으로 영향을 미치는 중요한 인자이다. 폐지는 판지와 일반 종이 정도로 분리되기는 하나 회수 경로에 문제를 안고 있어 지중 별로 완전히 분리되어 수집되기는 어려운 상황이다. 이렇게 수집된 폐지에는 여러 가지 이물질이 혼합된 상태로 수집되고 있는 실정이다.

폐지의 분류 및 이물질의 적절한 제거는 폐지를 재생자원으로 사용함에 있어 대단히 중요한 공정이다. 일단의 제지 공장에 있어서는 pulper로 섬유를 해리 하기 전 단계에 점착성 이물질로 가장 많은 trouble의 원인 물질이 되는 바인더 부분을 제거하고 이때 수집 중에 함께 혼합되어 들어온 협잡물의 일부를 제거하며, 지중은 수집상으로부터 일부 분리되어 들어오기는 하나 pulper에 들어가지 전에 다시 분리·확인하는 것이 일반적인 사실이다. 이러한 조작들은 인부들에 의하여 일일이 수작업으로 실시되고 있다. 이러한 조업공정은 현재 우리나라의 폐지 회수에 대한 일반 user들의 인식 부족 및 회수 과정의 다 단계화 등의 영향으로 금후 자원의 재활용 및 재 이용률의 증대를 위하여서는 반드시 개선되어야 할 중요한 사항이라 생각된다.

본 연구에 사용된 공시재료로는 ONP(Old News Paper)와 MOW(Mixed Office Waste)를 사용하였다. ONP는 공시재료로 사용하기 위하여 대구 Y신문사의 동일 신문지만을 수집하여 사용하였다. 그리고 MOW는 동일한 내용을 복사용지에 복사하여 복사 잉크의 양을 동일하게 하여 사용하였으며 반복실험에서 오는 실험 오차를 줄이고자 하였다.

### 2 항. 섬유의 개질

폐지는 목질 섬유가(pulp)가 본래의 사용목적에 맞게 가공되며 그 공정 중에 여러 가지 화학약품의 처리, 물성의 변화 등을 초래하게되고 또 유통과정을 통하여 pulp 섬유의 물성에 저하를 동반하게 되므로 해섬된 폐지 슬러리를 그대로 초지 하기란 매우 곤란하며 초지되어도 종이로서의 제반 물성이 현저히 저하되므로 적절한 개질을 통하여 물성을 up grade 시킬 필요가 있다. 본 연구개발에 있어서는 폐지 섬유의 물성을 up grade 시키기 위하여 효소를 사용하였으며, 공시재료에서 언급한 대구지역의 Y사 신문을 사용하였다. 일반적으로 제지공장에서 폐지의 효과적인 해리를 위하여 화학적인 방법으로는 NaOH를 사용하는 것이 일반적인 일이다. 이러한 방법 이외에 구매된 폐지의 상태에 따라 펄프에서 물만을 사용하는 경우가 있으나 이럴 경우 방수 및 내수성 지종이 혼입 되었을 경우 쉽게 해리 되지 않기 때문에 해리에 상당한 시간을 요하거나 펄프의 조성과정 중에 회수되는 지료의 수율이 높아져 생산량 감소 및 폐기물 처리에 상당한 부담을 가지게된다. 본 연구에서 사용된 공시재료는 일반적으로 습윤지력증강제를 사용하지 않는 신문용지와 사무실에서 사용하는 복사용지이기 때문에 고농도 펄프를 사용하고 물로서 해리하고 해리 적성을 높이기 위하여 효소를 투입하여 비교하였다. 사용된 효소는 상품으로 판매 사용되고 있는 NOVO사의 상업용 Cellulase인 Denimax BT를 사용하였다. 사용된 효소의 선별은 현재 사용되고 있는 많은 종류의 효소 중 활성, 가격, 사용에 있어서의 편리성 등을 고려하여 입자상으로 공급되는 Denimax BT를 선정하였다. 사용된 효소 Denimax BT는 최적 pH 6~8, 최적활성온도 50~60℃를 가지며 제지 이외에 섬유공업 등에서 폭넓게 사용되고 있는 효소로 안정성이 입증된 것이다.

준비된 공시재료는 고농도 펄프에 의하여 해리 하였다. 해리 조건은 ONP는 지료농도 9%에서 950rpm 조건에서, MOW의 경우는 13%의 지료 농도와 950 rpm에서 10분간 해리 하였다. 극히 낮은 농도의 지료를 비이커에 넣고 섬유의 해리 상태를 관찰하고 다음의 실험을 위하여 시료를 냉장고에 넣어 보관하였다. 준비된 지료에서 섬유 중에 포함된 미세분과 잉크를 제거하는 수준을 달리하기 위하여 탈수, 세척 및 부유부상법으로 지료를 처리하여 각각을 준비하였으며 이렇게 준비된 지료를 사용하여 육묘지 원지 제조 실험에 사용하였다. 지료 처리에서 탈수의 경우는 고농도 펄핑 후 함수율을 낮추기 위하여 손으로 압착하여 탈수를 실시하였다. 그리고 세척 처리의 경우는 200 mesh 망을 사용하여 미세분을 제거하였고, 부유부상법의 경우는 보다 미세분과 잉크를 강력하게 제거하기 위하여 일차적으로 부유부상을 실시하고 2차 적으로 세척법을 통하여 섬유 이외의 물질을 제거하고 지료로 사용하였다. 상기의 방법으로 ONP 및 MOW에 효소 처리한 것과 하지 않은 것 각각의 시료를 준

비하였고 준비된 지료의 부후 및 변질을 방지하기 위하여 냉장보관 하였다.

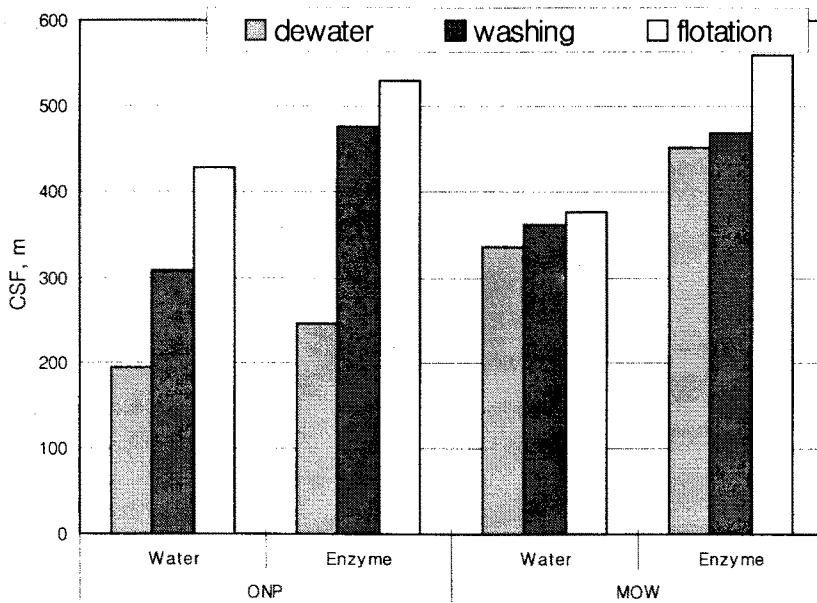


그림. 1. ONP pulp와 MOW pulp의 여수도

준비된 시료의 해리 후 여수도를 그림 1에 나타내었다. 효소를 투입하여 해리 할 경우 섬유의 빠른 팽윤으로 인하여 해리 동력을 감소시킬 수 있어 효과적인 방법이라 생각된다. 그리고 해리 시 재생 펄프의 단섬유와 또는 미세분 발생을 억제할 수 있어 효소를 첨가하지 않은 시료에 비하여 여수도가 높게 나타났다. 때문에 효소를 처리하여 해리 된 지료로 초지할 경우 효소 미처리 지료에 비하여 종이의 강도가 높을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 이미 많은 학자들에 의하여 밝혀진 사실로 재생펄프의 경우 수분에 의한 팽윤과 건조에 의한 수축의 반복 작용으로 인하여 Cellulose fiber의 결정화 영역이 증가하는 각질화 현상의 증가로 인하여 섬유의 유연성 감소 및 수분 함수율의 감소가 발생하며 이러한 지료로 제조된 종이의 경우 종이의 강도가 감소하는 것으로 보고되고 있는데 여수도 측정 결과는 이러한 연구결과와 일치하는 경향을 보였다.

그림 1에서 부유부상법으로 처리한 시료의 여수도가 가장 높은 것으로 나타나 미세분 및 잉크 입자의 용이한 제거 가능성을 시사하고 있다. 또한 효소 처리한 시료의 여수도가 높은

것으로 보아 위에서 언급한 각질화 방지로 인한 팽윤성의 증가로 인한 미세분 또는 단섬유의 발생이 억제되었기 때문으로 생각된다. 재생 펄프를 MOW에 비하여 많이 사용하는 ONP의 여수도가 낮게 나타났으며 효소에 의한 개선 효과는 MOW에서 더 높게 나타났는데 이는 지료 중에 포함된 목재 구성물질 즉 Lignin의 영향으로 생각된다. 이러한 사실은 효소에 의하여 Cellulose fiber의 Cellulose 부분이 더 많은 영향을 받았음을 시사하고 있으며 또한 이것은 사용된 Denmax BT의 구성 효소 성질과도 일치하는 결과이다.

섬유의 분급을 평가하기 위한 지표로 섬유 중의 미세분인 fine fraction을 측정하였다. fine fraction의 측정은 Tappi 261 pm-79에 준하여 실험하였으며, 그 결과를 그림 2에 나타내었다. 효소를 사용할 경우 지료 중의 미세분의 일부가 효소에 의하여 가수분해되거나 외벽의 식해로 인한 목재 섬유의 유연성 증대로 인하여 섬유의 절단 및 피브릴화가 적게 발생하였기 때문에 fine fraction이 낮은 것으로 생각된다. 미세분의 함량 차이는 원지의 강도에 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 그림 1의 결과는 일치하는 경향을 나타내고 있으며 효소를 사용하였을 경우가 사용하지 않았을 경우에 비하여 미세분의 발생이 억제되었음을 확인 할 수 있었다. ASH 함량 또한 미세분의 제거율에 비례하여 감소하는 현상을 보였다(그림3).

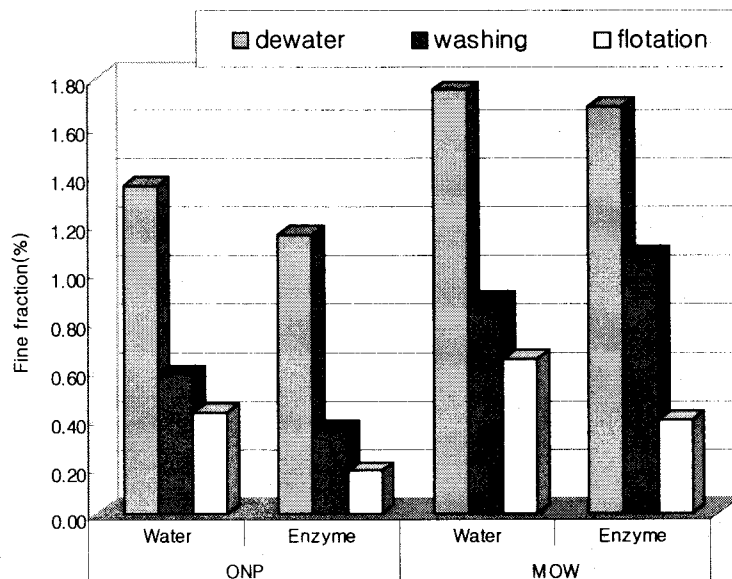


그림. 2. ONP pulp와 MOW pulp의 미세분 함량

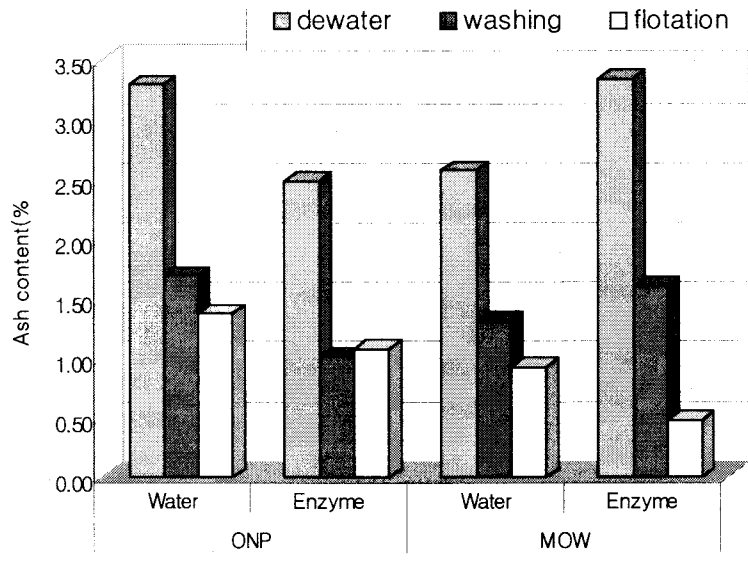


그림. 3. ONP pulp와 MOW pulp의 회분 함량

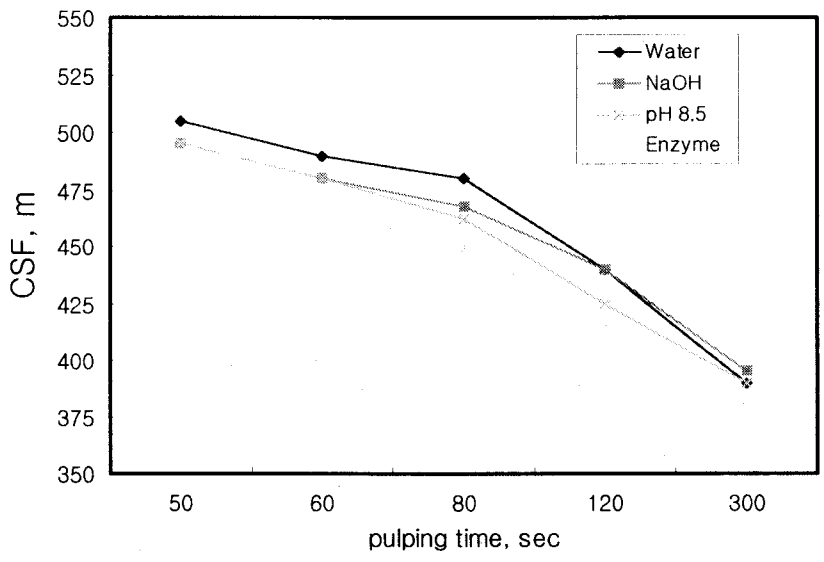


그림. 4. 펄핑조건에 따른 여수도의 변화

다음은 고농도 pulping시 효소의 효과를 알아보기 위하여 해리 시간별 여수도를 측정한 결

과이다. 그림 4에서와 같이 효소를 사용하는 것이 다른 약품이나 물을 사용하여 해리하는 것보다 효과적인 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 효소에 의하여 섬유가 보다 빠르게 물에 의하여 팽윤되는데 이것은 Cellulase에 의한 섬유의 팽윤성 촉진과 섬유외벽의 부분적인 식해로 인한 수분의 침투가 용이하였기 때문인 것을 생각된다.

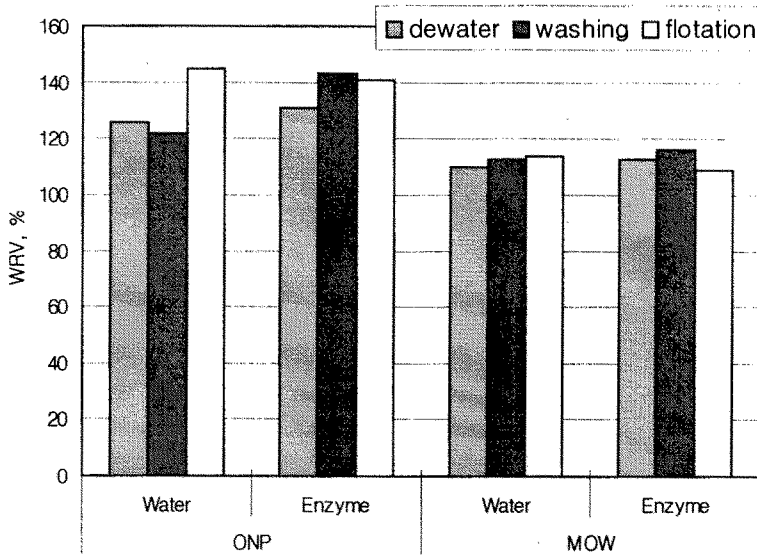


그림. 5. ONP pulp와 MOW pulp의 보수도

섬유의 개질 정도를 측정하기 위하여 처리 방법에 따른 섬유의 water retention value(WRV)를 측정하였다(그림 5). WRV는 처리 방법에 따라 해리된 목섬유의 수분 함유 정도를 나타내는 것으로 섬유의 포수성에 미치는 효소의 효과를 명확히 하고 있다. 효소 사용에 의한 목재 섬유의 개질로 인한 포수성의 증대는 약제의 함침량을 증대시킬 수 있고 약효의 지속성을 증대시킬 수 있다. 또한 수분의 흡수량 증가는 섬유간에 형성된 수소결합의 효과적인 파괴로 인한 습윤 강도의 감소를 유도하여 토양 중 부식성을 증대시킬 수 있다. 더불어 종자 발아 후 뿌리의 투과성을 증대시킬 수 있어 육묘용 원지의 성질로는 대단히 중요한 성질을 개선시킬 수 있다고 판단되며 효소를 사용하는 것이 육묘원지를 제조하는데 유리한 것으로 판단되었다.

### 제 3 절 육묘용 원지의 제조

Table 1. 기능성 육묘지의 종류 및 재질 특성

재 원	처리방법	제 조 방 법	육묘지 종류
ONP*		탈수 - 종이 해리 후 물 탈수	A
	무처리	세척 - 미세섬유, 잉크입자제거 (제거율 中)	B
		Flotation - 미세섬유, 잉크입자제거 (제거율 高)	C
		탈 수	D
	효소처리	세 척	E
		Flotation	F
MOW**		탈 수	G
	무처리	세 척	H
		Flotation	I
		탈 수	J
	효소처리	세 척	K
		Flotation	L
계 속			



	탈	수	가
무처리	세	척	나
	Flotation		다
MIXED***	탈	수	라
효소처리	세	척	마
	Flotation		바

\* ONP (Old News Paper) : 신문 폐지

\*\* MOW (Mixed Office Waste) : 사무용 폐지

\*\*\* MIXED : 신문(50%) + 폐지사무용 폐지(50%)

제 2 절에서 준비된 지료를 사용하여 KS M 7030에 준하여 원형 및 사각 수초지를 초지 하였다. 초지시 원지의 밀도를 낮추고 비용적용을 높이기 위하여 압착 탈수 시간을 3분으로 하여 초지 하였다. 이러한 초지 방법의 변형은 육묘원지 유연성을 증대시키고 종자의 발아와 발아 후 뿌리의 침투성을 증대시키기 위하여 수초지 sheet의 비용적용을 높이고자 하였기 때문이다.

MOW가 ONP보다 가격대가 높은 것이 현실적인 문제이므로 육묘지 원지의 경제적인 면을 고려하고 각각의 펄프와 이들을 혼합하였을 때 원지의 물성을 검토하였다. ONP와 MOW로부터 만들어진 탈목펄프가 가지는 색상은 각각의 탈목펄프가 함유하고 있는 목재 성분의 차이에 의하여 상당한 차이가 있고 이러한 특징 때문에 펄프의 수율에 차이가 발생하며 가격에도 영향을 미치게 된다. 육묘지의 경제성과 겉보기 미관을 고려하여 색상이 다르고 가격차이가 있는 두 종류의 펄프를 혼합하여 초지 하고 각각의 물성을 측정하였다. 각각의 지료는 MOW에 ONP를 30, 50, 70% 혼합하여 수초지를 초지 하여 물성측정의 공시재료로 사용하였다.

## 제 4 절 육묘용 원지의 물성 측정

### 1 항. 육묘용 원지의 밀도와 비용적

비용적은 섬유의 밀도에 대비되는 개념으로 sheet가 가지는 bulky성을 나타낸다. 처리 방법에 따른 sheet의 비용적을 조사하기 위하여 sheet의 밀도를 측정하고 비용적을 계산하여 나타내었다(표 2, 3).

ONP와 MOW의 밀도를 비교하면 MOW가 ONP 보다 높은 것으로 나타났으며 상대적으로 bulky성은 낮은 것으로 나타났다. 지료의 처리 방법에 따른 밀도의 차이는 미세분이 제거됨에 따라 밀도가 다소 낮아지는 경향을 보였는데 MOW에서 이러한 경향이 보다 뚜렷하였다.

sheet의 비용적은 밀도와 반대로 ONP가 MOW 보다 높은 것으로 나타났다. ONP에서 효소처리하지 않은 시료의 경우는 미세분 제거와 관계하여 비용적의 변화는 거의 없었으나 효소처리 하였을 경우는 상대적으로 높은 비용적을 나타내었다. 특히 효소 처리하여 washing 처리한 시료의 비용적이 상대적으로 높게 나타났다. MOW에서의 비용적 변화율을 살펴보면 효소처리하지 않은 시료의 변화율이 보다 높은 것으로 나타났으며, 효소처리 하였을 경우 flotation처리 시료의 비용적은 처리하지 않은 것에 비하여 높게 나타났다.

이러한 현상은 효소처리를 하는 것이 미세분의 용이한 제거와 섬유의 유연성 증가 및 섬유의 함수성 증가에 의하여 비용적이 증가한 것으로 생각된다. 각각의 처리방법에 따른 sheet의 비용적은 washing과 flotation에 의하여 잉크 입자와 미세한 목섬유 조각을 제거하였을 경우 높아지는 경향을 보였으나, ONP의 경우 washing에서 더 높은 것으로 나타난 것은 과도한 미세분이 적당량 제거되었기 때문인 것으로 판단된다. MOW가 ONP에 비하여 bulky도가 높게 나타난 것은 재생폐지의 사용량이 높은 ONP의 경우는 미세분의 양보다는 단섬유의 함유량이 많았기 때문인 것으로 생각되며, 이에 비하여 비교적 폐지의 사용률이 낮은 MOW의 경우는 초지 과정 중 refiner에 의한 beating중 피브릴의 발생량이 많았기 때

문인 것으로 생각된다.

표 2. Paper sheet의 밀도

	ONP		MOW	
	Water	Enzyme	Water	Enzyme
dewater	0.42	0.43	0.53	0.52
washing	0.43	0.36	0.53	0.53
flotation	0.41	0.41	0.49	0.48

표 3. Paper sheet의 비용적.

	ONP		MOW	
	Water	Enzyme	Water	Enzyme
dewater	2.43	2.35	1.87	1.93
washing	2.34	2.78	1.90	1.89
flotation	2.43	2.46	2.04	2.07

MOW와 ONP를 혼합하여 초지 하였을 경우 ONP를 혼입하는 함량이 증가함에 따라 비용적이 높아지는 것을 볼 수 있었으며, 효소 처리 시료를 혼합한 것이 효소 처리하지 않은 것에 비하여 비용적이 더 낮은 것으로 나타났다(표 4). 특이한 것은 효소 처리하여 flotation

처리를 행한 시료의 비용적이 가장 높은 것으로 나타나 효소에 의한 재생 목재 섬유질의 개질을 확인할 수 있었다. 혼합 지료에 의한 비용적의 변화는 비용적율이 높은 ONP에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이는 ONP가 가지는 섬유장 분포의 특성에 영향을 받은 것으로 생각된다. 본 연구에서는 경제적인 면과 원지의 재색을 고려하여 각 처리별 MOW와 ONP로 초지한 sheet, 그리고 MOW와 ONP가 50:50으로 혼합된 것을 육묘용 원지의 소재로 사용하고자 하였다.

표 4. 혼합시료 sheet의 비용적.

MOW:ONP	water			Enzyme		
	dewater	washing	flotation	dewater	washing	flotation
30:70	2.23	2.18	2.27	1.93	2.05	2.33
50:50	2.03	2.00	2.08	1.91	1.98	2.14
70:30	1.91	1.98	2.03	1.84	1.90	2.10

## 2 항. 육묘원지의 흡수도 측정

원지의 제조에 기능성을 부여하기 위한 것 중의 하나가 sheet의 흡수도 측정이다. 현재 개발되어 일본에서 시판되고 있는 육묘지의 경우 소재가 부직포이기 때문에 기능성을 부여하기 위한 약제의 탑재 등이 불가능한 특징을 가지고 있어 본 연구에서는 이러한 성질을 개선하기 위하여 목재섬유를 이용한 육묘지를 개발하고자 하였다. 흡수도는 효소의 처리 유무에 상당히 많은 영향을 받는 것으로 생각되며 이러한 성질은 앞의 비용적과 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각된다.

각각의 방법으로 준비된 지료를 사용하여 콤팩법(KS M 7054) 클렘법(KS M 7094)으로 흡수도를 측정하였다. 콤팩법의 경우는 단위 면적당 일정시간동안 sheet에 수분이 얼마나 흡수되어 있는가를 측정하는데 비하여, 클렘법은 수조에 담긴 물에 sheet를 수면에 수직으로 접촉시켜 일정 시간동안 수직으로 세워진 종이에서 수분이 얼마나 전이되어 가는가를 측정하는 것이다.

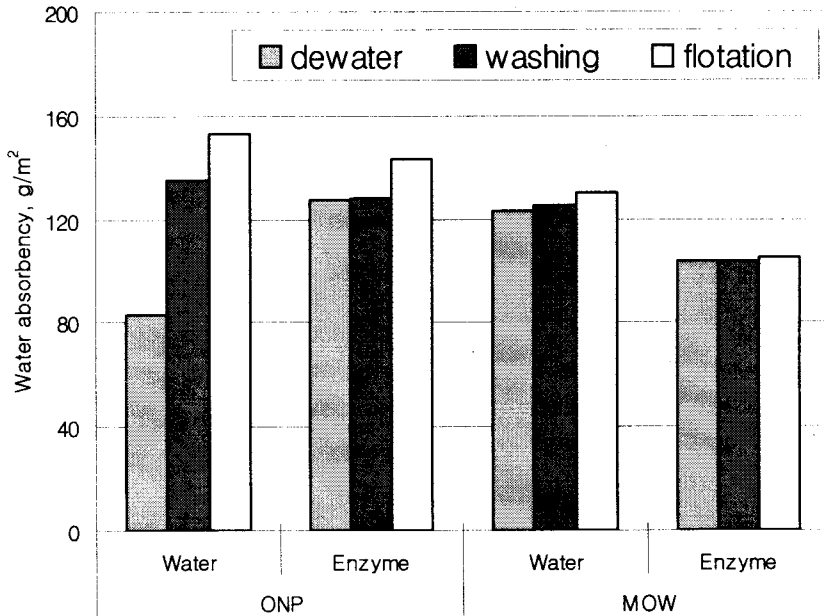


그림 6. Cobbs test에 의한 흡수도

콤팩 test에서는 미세분의 제거가 흡수도와 상관관계를 가지는 것으로 관찰되었다. ONP에서는 효소처리에 의하여 흡수도가 증가하는 경향을 보이나 MOW에서는 반대로 흡수도가 감소하는 것으로 나타났으며, 미세분의 제거율이 높아짐에 따라 흡수도가 증가하는 현상을 나타내었다(그림 6). ONP는 장섬유 보다 단섬유가 많고 미세분이 많아 이들을 제거함에 따라 급격하게 흡수도가 높아진 것으로 생각되며, 이러한 현상은 효소처리를 하지 않은 시료에서 해리 중에 발생된 다량의 미세분이 제거되면서 그 증가율이 높았다. 효소처리를 행하였을 경우는 탈수와 세척 처리에서는 흡수도에 차이가 그의 없었는데 이는 효소에 의한 섬유유의 팽윤 및 섬유 내부의 열화현상 감소에 의한 것으로 생각된다. MOW에서는 비교적 미

세분 및 fine fraction의 함유량이 적어 효소처리하지 않은 시료에서는 ONP에 비하여 흡수도의 증가는 낮았으나 전체적으로 흡수도는 효소 처리한 ONP의 수준으로 높게 나타났다. 효소 처리한 MOW의 경우는 섬유유연성이 증대되고 해리 중에 발생하는 생성된 미세분의 함유량이 낮는데, 이렇게 생성된 미세분이 효소에 의하여 분해됨으로써 흡수도가 낮아졌다고 생각된다.

혼합 초지한 sheet의 경우는 ONP와 MOW의 중간 정도의 흡수도를 나타내었으며, 효소를 처리하지 않은 시료를 washing 처리한 ONP와 MOW 혼합 시료의 흡수도가 가장 높게 나타났다(그림 7). 이러한 현상은 효소 처리한 시료에서도 비슷한 경향을 나타내었는데 이는 시료 중에 포함된 적당량의 미세분에 의한 것으로 생각된다.

이상의 콕 test에 의한 흡수도 실험 결과에서 시료 중에 포함된 단섬유와 적당량의 미세분이 흡수도에 높은 영향을 미치는 것으로 생각되면 이러한 현상은 종이의 강도에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다.

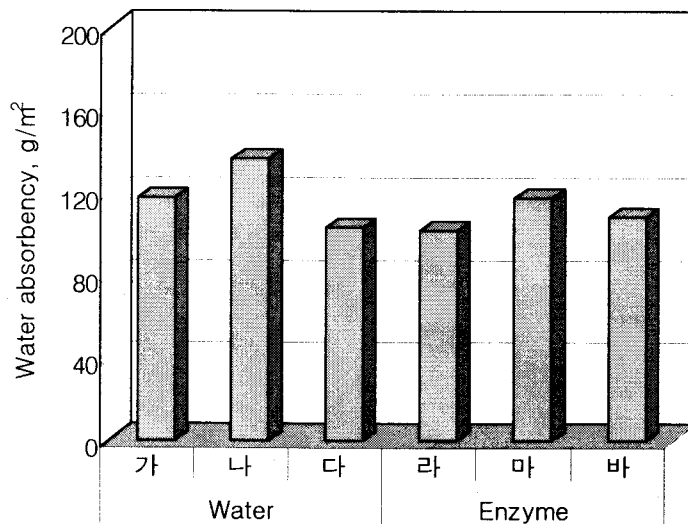


그림 7. Cobbs test에 의한 흡수도(혼합 pulp)  
 가, 라 : dewater, 나, 마 : washing, 다, 바 : flotation

클렘법에서는 콤팩트와 다르게 지료에 효소를 처리하고, 미세분의 제거율이 높을수록 수분의 전이도가 높은 것으로 나타났으며, MOW가 ONP에 비하여 높은 전이성을 나타내었다(그림 8). 이러한 결과는 원지의 비용적과 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각되며 미세분의 함량이 낮은 지료로 초지된 비용적이 높은 지종 일 수록 수분 전이 정도가 높은 것으로 나타났다. 하지만 이러한 수분 전이 정도는 종이가가지는 수분 함유도와는 차이가 있다. 따라서 좋은 육묘 원지가 갖추어야 할 성질로는 수분의 높은 함유량과 빠른 수분의 전이성이라 양쪽 모두를 요구한다고 볼 수 있다. 수분의 전이성은 양호한 수분의 이동을 가져와 종자 발아 후 물 뿌리기 작업으로 인한 복토 상층의 과습을 방지하여 종자의 부식을 방지하기 때문에 육묘지의 성질 중 대단히 중요한 성질이라 볼 수 있다.

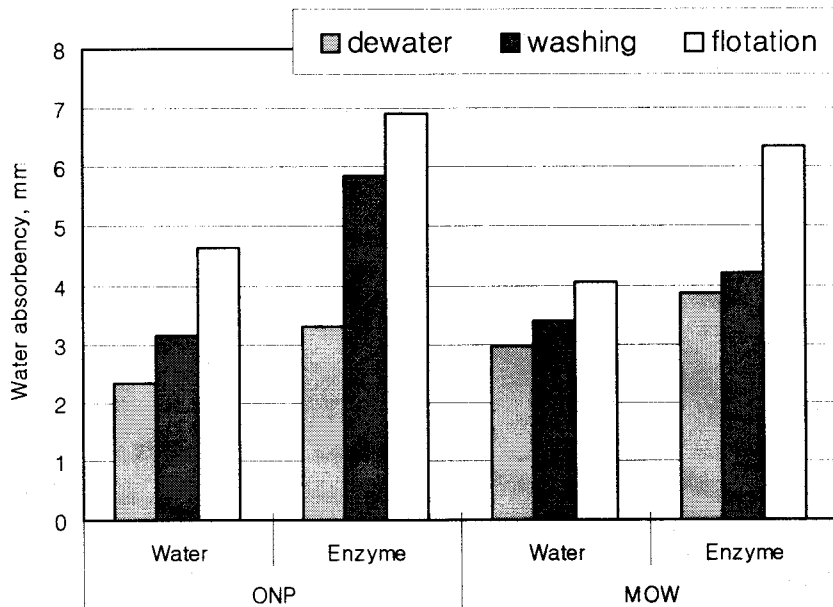


그림 8. Klemm's method에 의한 흡수도 측정

혼합 초지 하였을 경우 효소처리 하였을 때가 효소를 처리하지 않았을 경우에 비하여 높은 전이성을 나타내었으며, ONP에 비하여 MOW가 상대적으로 높은 전이성을 가지므로 이러한 전이성은 효소 처리한 MOW의 전이성에 많은 영향을 받는 것으로 생각된다(그림 9).

지금까지 흡수도 및 수분의 전이도 측정 결과에서 폐지의 해리에 있어 효소를 사용하는 것이 육묘지에 기능성을 부여하고 육묘지 원지라 가져야할 물성을 충족시킬 수 있는 용이한 방법이라 생각된다. 콥 test의 경우는 ONP에서와 같이 섬유질의 개질 정도에 즉 섬유 내부의 열화 정도에 영향을 받는 것으로 생각되며, 클렘법에서 수분의 전이 정도는 효소 처리에 의한 미세분의 효과와 섬유의 개질 정도에 영향을 받아 종이의 내부 구조 즉 적층 구조가 더 많은 영향을 미친 것으로 생각된다.

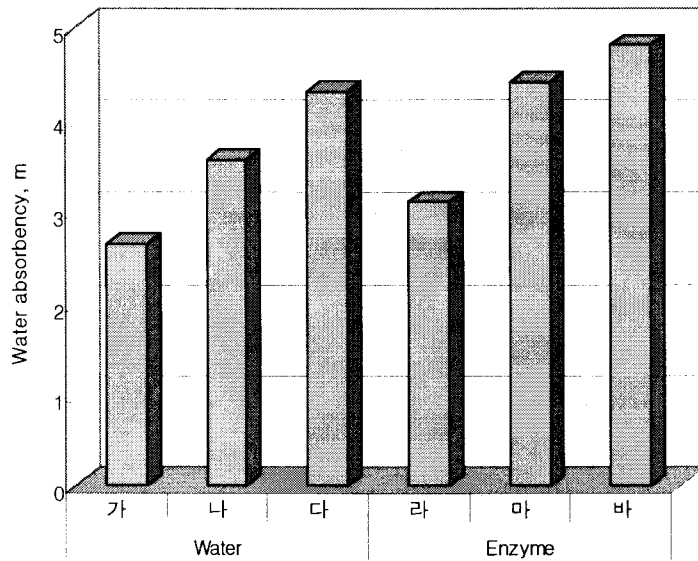


그림 9. Klemm's method에 의한 흡수도 측정(혼합 pulp)  
 가, 라 : dewater, 나, 마 : washing, 다, 바 : flotation

### 3 항. Sheet의 강도적 성질

초지한 수초지는 KS M 7012에 준한 시험 용지의 전처리를 실시하고 동일한 조건에서 KS M 7014 및 7017에 의한 인장강도와 파열강도를 측정하였다. 인장강도는 상호 결과치의 비교를 용이하게 하기 위하여 인장강도에 평량을 보정해준 열단장(km)로 나타내었으며, 파열강도 역시 평량으로 보정한 비파열강도로 나타내었다. 그리고 습윤 인장강도는 KS M



7027에 준하여 실험하여 열단장으로 나타내었다.

### 1. 인장강도 및 파열강도

인장강도와 파열강도 실험결과를 그림 10~13에 나타내었다. ONP와 MOW 및 혼합지료의 경우에도 인장강도와 파열강도 모두에서 효소를 처리하여 해리 하였을 경우 강도적 성질의 저하 현상을 나타내었는데 이는 효소처리에 의하여 미세분의 과다한 제거 때문인 것으로 생각된다. 각각의 처리 시료에 있어 dewater의 경우는 미세분이 과다하게 많아 강도가 낮은 경향을 보이고 flotation의 경우는 과다한 미세분의 제거로 인하여 washing 처리보다 강도가 낮아지는 경향을 보였다. 이러한 강도적 성질은 열단장과 비파열강도 모두에서 유사한 경향을 보였다. 또한 ONP와 MOW를 혼합하여 초지한 시료의 경우도 효소 처리로 인하여 효소처리하지 않은 것에 비하여 인장강도와 파열강도가 낮게 나타났는데 이러한 현상은 지료 조성에서 미세분의 높은 제거율과 관계가 있는 것으로 생각된다. 인장강도는 ONP에 비하여 MOW가 높게 나타났으나 파열강도의 경우는 그의 대등하거나 약간 높은 경향을 나타내었다.

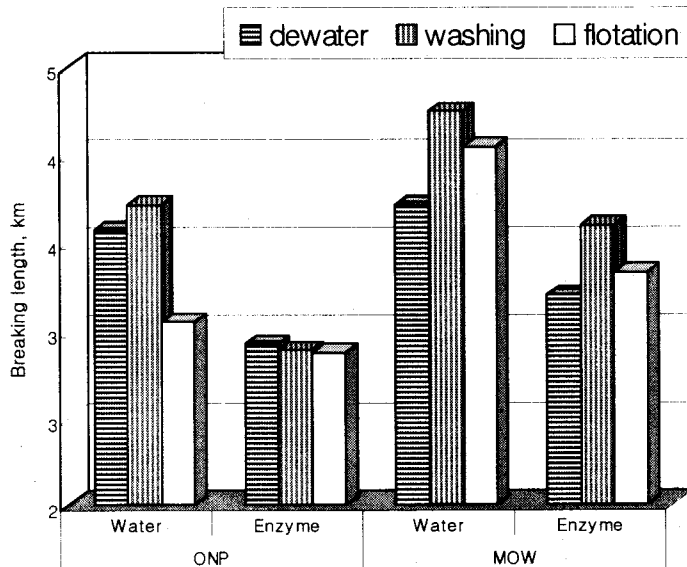


그림 10. ONP와 MOW의 열단장

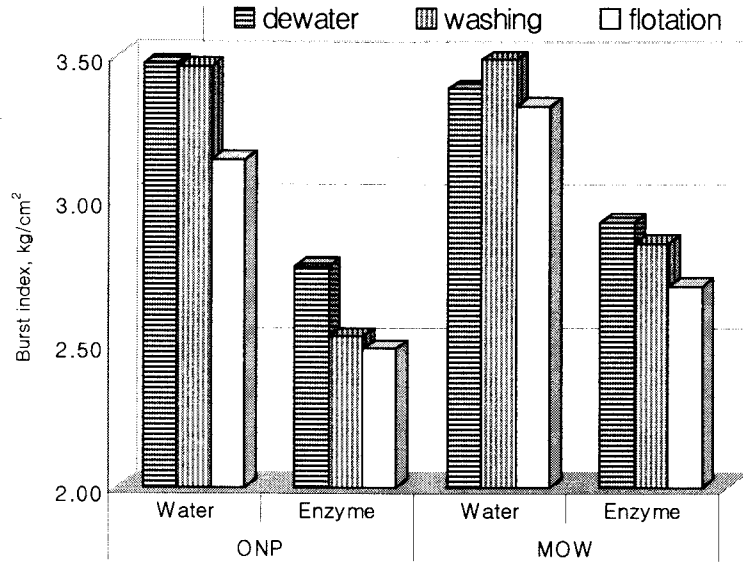


그림 11. ONP와 MOW의 비파열도

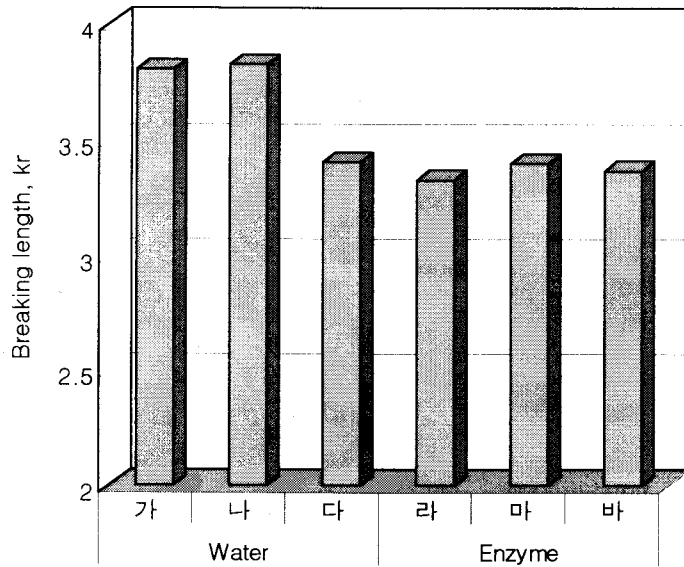


그림 12. 혼합시료의 열단장(ONP:MOW=50:50)

종이를 구성하고 있는 섬유장과 섬유간 결합력이 인장강도에 많은 영향을 미치게되는데 ONP에서는 많은 양의 미세분에 의하여 섬유간 결합력이 약화되었고 구성하고 있는 섬유장

이 짧았기 때문인 것으로 판단된다. 이에 비하여 상대적으로 미세분의 함량이 낮고 장섬유를 다수 함유한 MOW의 경우는 효소처리에 의한 강도의 감소가 ONP에 비하여 낮은 경향을 나타내었다. 그리고 혼합 초지한 시료의 경우에도 상기에 언급한 것과 같이 미세분과 단섬유간의 관계로 인하여 효소처리를 실시한 시료에서의 보다 낮은 강도적 특성을 나타내었다. 하지만 시험편의 강도는 육묘지 원지로서 충분하다고 생각되기 때문에 건조지력 증강제 등의 처리는 불필요한 것으로 생각된다.

혼합초지의 경우 인장강도는 ONP와 MOW의 중간정도의 값을 나타내며 물로서 해리하여 washing 처리한 sheet의 인장강도가 가장 높게 나타났다. 가장 낮은 것은 효소처리 후 지료를 dewater하여 sheet를 만든 것이었으며, 이러한 정도의 강도적 성질은 육묘용 원지로서 충분히 가능하며, 강도적으로 열쇠인 ONP에 MOW를 혼합하여 초지 할 경우 강도적 성질의 개선 및 원지의 색상을 보다 부드럽게 만들 수 있어 구매의욕의 상승효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 부가적으로 virgin pulp를 사용하는 것에 비하여 생산비를 절감할 수 있어 가격 경쟁력의 재고에 도움이 되리라 생각한다.

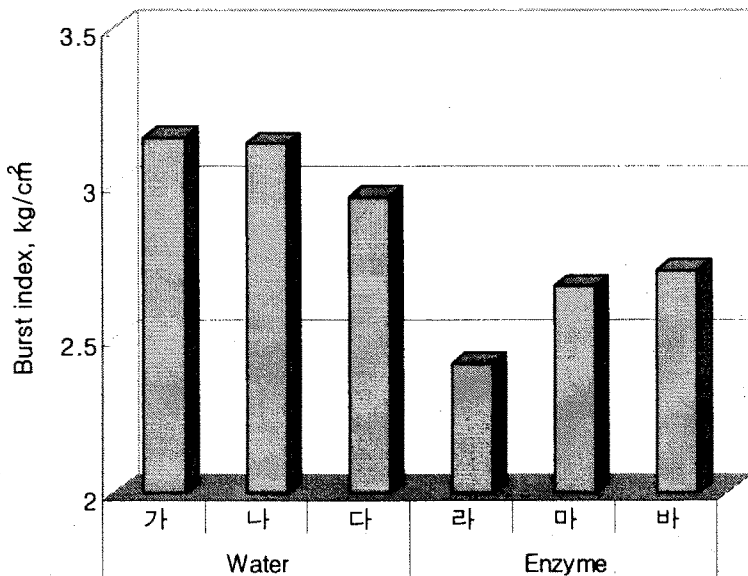


그림 13. 혼합시료의 비파열도(ONP:MOW=50:50)

## 2. 습인장강도

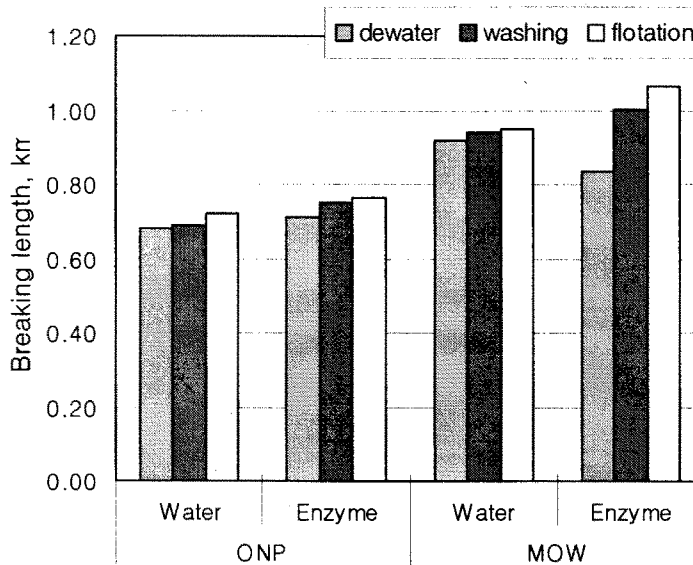


그림 14. ONP와 MOW의 습인장강도

습윤강도의 결과를 그림 14, 15에 나타내었다. 전체적으로 미세분의 함량과 강도는 반비례하는 것으로 건조강도와 유사한 경향을 나타내었다. ONP와 MOW를 비교에서는 ONP에 비하여 MOW의 강도가 높은 것으로 나타났다. 미미하지만 효소 처리를 실시한 시료의 강도가 높은 것으로 나타났다. 혼합 초지에서도 유사한 경향을 보이고 ONP를 dewater한 시료의 강도가 특이하게 높게 나타났다. 이는 ONP중에 함유되어 있는 잉크 입자의 소수성과 미세분 그리고 펄프 지료 속에 공존하는 낮은 양의 lignin이 처리 과정 중에 제거되지 못하고 지료 속에 함유되어 있기 때문이라 생각된다. 미세분을 제거함으로써 습윤강도가 높아진 것은 미세분이 제거되면서 섬유간 억힘 현상에 의한 입체적인 구조가 보다 많아졌고, 습윤 상태에서 섬유간에 윤활 작용을 할 수 있는 미세분의 양이 낮아 강도가 높아진 것으로 생각된다.

그리고 습인장 강도는 제 2 항에서 실험한 흡수도와 매우 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각할 수 있으나 시료를 비이커 상의 증유수에 24시간 방치 후 측정했기 때문에 상기의 흡수정도나 전이정도와는 무관하다고 생각된다. 다만 짧은 시간에 습인장강도를 측정하였다면 이들 시료의 흡수도에 다소나마 영향을 받을 수 있을 것으로 생각된다.

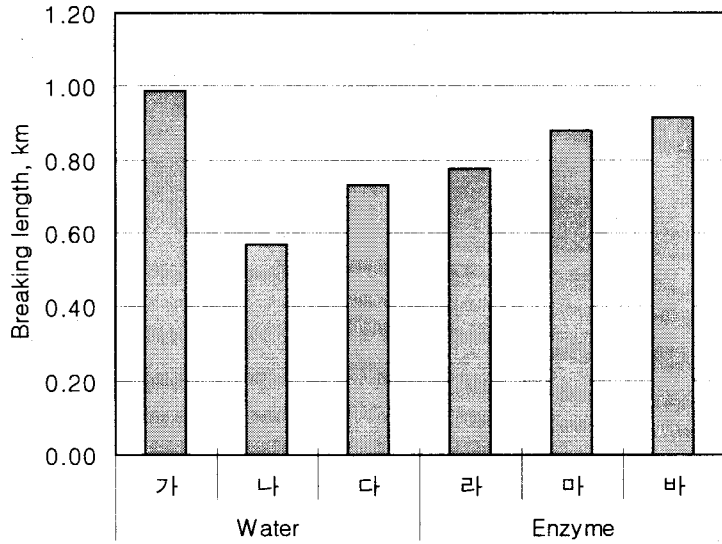


그림 15. 혼합시료의 습인장강도

#### 4 항. Sheet의 광학적 성질

##### 1. 불투명도

본 연구에서 sheet의 광학적 성질 측정에서 불투명도는 KS M 7038, 백색도는 KS M 7026에 준하여 실험하였다.

육묘용 원지에 있어 원지의 색상은 그다지 중요하지 않으나 부착시킬 종자의 색상과 육묘 원지의 색상이 유사할 경우 종자의 부착 유무 및 식별이 곤란한 점이 예상된다. 본 연구에서는 user의 구매 결정에 도움을 주고 상기의 번거러움을 방지하기 위하여 광학적 성질 중 먼저 sheet의 불투명도를 측정하였다.

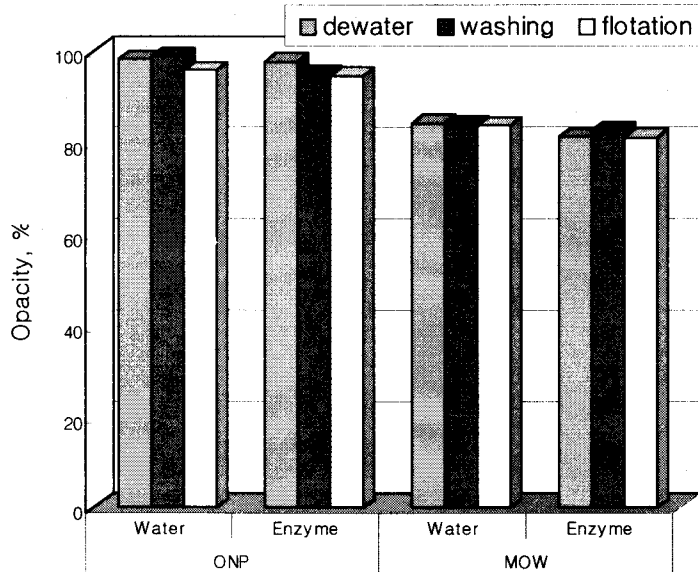


그림 16. ONP와 MOW의 불투명도

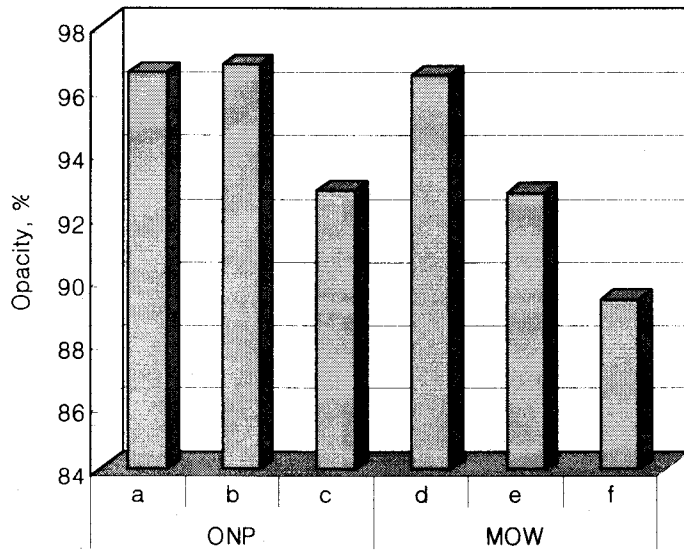


그림 17. 혼합시료의 불투명도(ONP:MOW=50:50)

불투명도(그림 16, 17)는 미세분의 양이 낮아지면 빛의 산란 또는 흡수율이 낮아져 불투명도 또한 낮아지는 것이 일반적인 현상으로 본 연구에서도 유사한 경향을 보였으며, 효소에

의한 영향은 대단히 미미하나 보다 적극적으로 미세분이 제거되어 효소처리 하지 않은 것에 비하여 불투명도가 낮아지는 경향을 보였다. 효소에 의한 이러한 현상은 미세분 이외에 목재섬유에 잔존하는 fibril의 영향과 초지된 원지의 밀도와 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각된다.

ONP에 함유된 미세분과 목재섬유 이외의 이물질의 양이 많았기 때문에 MOW에 비하여 불투명도가 높게 나타났다고 생각되며 처리 순서에 따라 불투명도가 낮아지는 현상은 미세분의 제거와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다고 보여진다. ONP에 잔존하는 이물질로는 크게 인쇄시의 잔존 잉크와 펄프 내에 잔존하는 lignin을 들 수 있다. 지료에서 이들 미세분과 섬유소 이외의 미세분이 적극적으로 제거될수록 섬유의 계면과 공기의 계면을 통과하는 빛의 산란이 적어져 불투명도가 낮아지는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 초지 공정에서 충진제 등을 사용하지 않았기 때문에 순수한 미세분의 영향에 따른 불투명도의 변화로 생각되어진다.

## 2. 백색도

효소를 첨가하여 해리 하였을 경우가 효소를 첨가하지 않고 해리 하였을 경우에 비하여 백색도의 변화를 그림 18, 19에 나타내었다. 탈수 조작 후 세척 및 부유부상으로 처리 공정이 옮겨갈수록 백색도가 높아지는 경향을 나타내었는데 이는 미세분이 washing과 flotation 공정 중 상당량의 잉크 및 ONP 중의 lignin 잔사 등이 제거되었기 때문으로 생각되며 효소처리에 의하여 이러한 목재 섬유 이외의 이물질의 제거가 보다 용이하였기 때문인 것으로 생각된다. ONP와 MOW에서 ONP에서의 백색도 증가율이 보다 높게 나타났다. MOW의 경우는 잔존 lignin이 그의 존재하지 않기 때문에 백색도의 증가는 잉크 입자의 제거에 의한 것이라 생각할 수 있다. 이상의 결과에서 효소는 펄프 섬유에 잔존하는 lignin의 탈리를 촉진시키고 지면에 인쇄된 잉크의 탈리를 용이하게 하는 효과가 있는 것으로 생각된다. 또한 탈리된 잉크 입자는 세척이나 부상부유법으로 제거하기 용이한 크기의 입자상을 가지는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 이미 선행된 연구자들의 연구 결과와도 일치되는 견해이다.

혼합초지의 경우를 살펴보면 효소처리에 의한 효과를 명확히 관찰할 수 있다. 이는 위에

서 언급한 바와 같이 효소에 의하여 목재 섬유외벽에 부착되어 있는 잉크입자가 보다 쉽게 분리되었고 계 중에 잔존하던 lignin 등의 이물질이 용이하게 계 외로 배출되었기 때문인 것으로 판단된다.

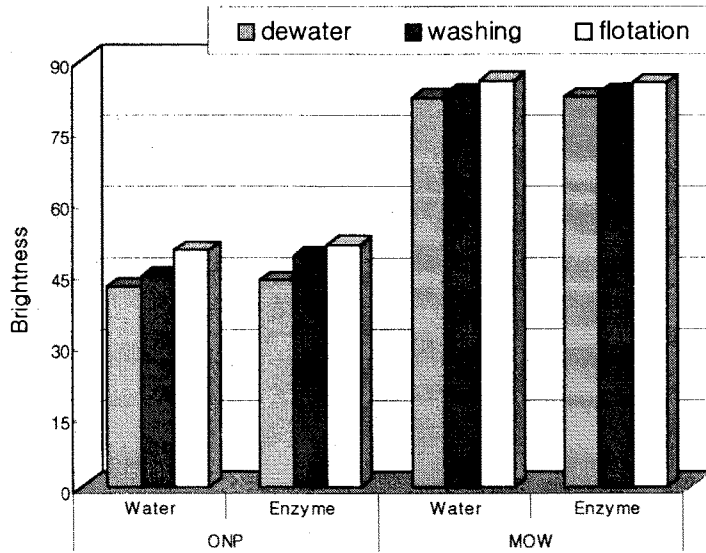


그림 18. ONP와 MOW의 백색도

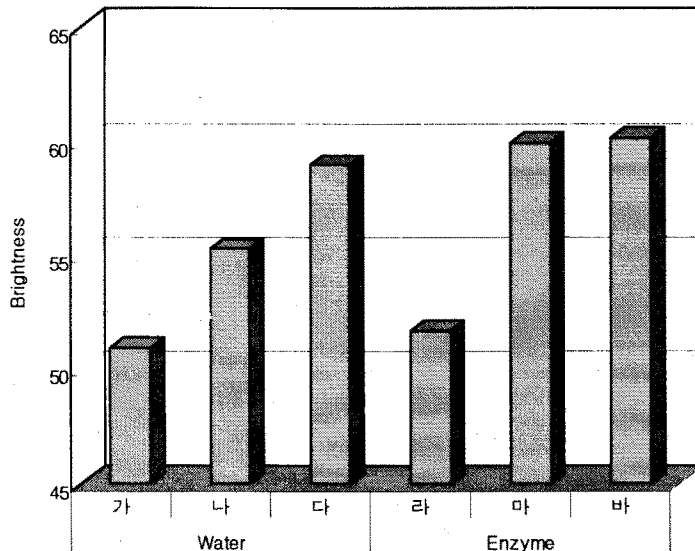


그림 19. 혼합시료의 백색도(ONP:MOW=50:50)



현대는 상품의 기능성이 중요하게 인식되기는 하나 제품의 외관에 의하여 구매가 결정되는 경우가 많아 가능한 육묘지의 색상을 신문지 폐지의 색상보다는 다소의 MOW를 혼용하여 사용하는 것이 제품의 외관을 미려하게 하여 구매 욕구를 충족시킬 수 있다고 보여진다.

## 제 4 절 기능성 약제의 선발 및 부여기술

### 제 1 항. 기능성 약제의 선발

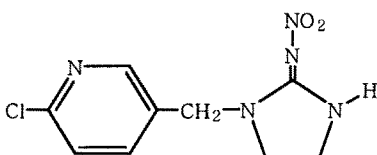
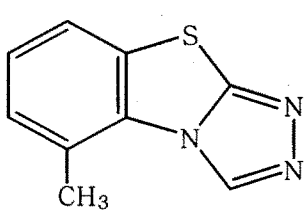
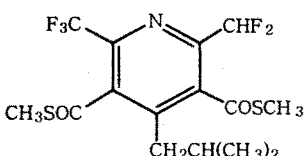
일반 농가에서 종자 파종 후 관리에 소요되는 농약과 노동력의 절감을 위하여 기능성 약제로 제초제, 살균제 및 살충제를 선발하였다. 선발된 약제는 시중에서 유통되고 있는 약제의 원제들로 본 연구에서는 (주)경농으로 부터 불하받은 농약 원제를 실험에 사용하였다. 일반 약제를 사용할 경우 보조제 등의 영향으로 인하여 약효의 검증과 약제의 지속성 등에 대한 결과를 검토하기 곤란한 점이 있기 때문이다. (주)경농으로 부터 불하받아 연구에 사용된 약품으로, 제초제로는 Dithiopyr과 살충제로는 Imidacloprid를 살균제로는 Tricyclazole 원제를 사용하여 실험하였다. 표 2에 본 연구에 사용된 약제와 분자 구조를 나타내었다.

### 제 2 항. 기능성 부여 기술 개발

원지에 기능성을 부여하기 위하여 각각의 약제를 0.1% 농도로 용제에 녹여 원지에 함침시켰다. 함침은 흡수도 측정법 중 클램프 법을 modify하여 실시하였다. 약제는 물에 대한 용해도가 대단히 낮기 때문에 용제에 용해시켜 사용하였다. 사용된 용제는 (주)경농으로 부터 불하받은 원제 용해용 solvent인 k-100과 NMP를 80:20으로 혼합하여 사용하였다.

약제 함침 후 함침량의 측정을 위하여 Imidacloprid의 분석은 HPLC(column : ODS type)로 Dithiopyr은 GC(column 충전물 10% silicone DC 200 Gaschrom  $\Omega$ (60/80) ID 3mm×1m) Tricyclazole은 GC(column 충전물 5% Dexil 300/chromosorb W(HP) (80/100) ID 3mm×1m)를 사용하여 정량분석을 실시하였다. 표 5에는 사용한 약제의 분자구조와 함께 약제의 간단한 특징을 나타내었다.

Table 5. 공시약제의 물리·화학적 특성

<p>Chemical structure</p> 	<p>Common name</p> <p>IUPAC name</p> <p>Solubility</p> <p>Stability</p> <p>Uses</p>	<p>Imidacloprid</p> <p>:</p> <p>: 1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine</p> <p>: In water at 20°C, 0.61 g/l, in dichloromethane 55, isopropanol 1.2, toluene 0.68, n-hexane &lt;0.1</p> <p>: Stable to hydrolysis at pH 5-11</p> <p>: Control of sucking insects, including ricehoppers, aphids, thrips and whiteflies</p>
<p>Chemical structure</p> 	<p>Common name</p> <p>IUPAC name</p> <p>Solubility</p> <p>Stability</p> <p>Uses</p>	<p>: Tricyclazole</p> <p>: 5-methyl-1,2,4-triazole[3,4-b][1,3]benzothiazole</p> <p>: In water at 25°C, 1.6 g/l. In acetone 10.4, methanol 25, (all in g/l, 25°C)</p> <p>: Stable at 52°C (highest storage temperature tested) Relatively stable to u.v. light</p> <p>: Control of rice blase (pyricularia oryzae) in transplanted and direct-seeded rice can be applied as a flat drench, transplant root soak, or foliar application</p>
<p>Chemical structure</p> 	<p>Common name</p> <p>IUPAC name</p> <p>Solubility</p> <p>Uses</p>	<p>: Dithiopyr</p> <p>: S,S'-dimethyl 2-difluoromethyl-4-isobutyl-6-trifluoromethylpyridine-3,5-dicarbothioate</p> <p>: In water at 25°C, 1.4 mg/l</p> <p>: Pre-emergence and early post-emergence control annual grass and broad-leaved weeds in truf at 0.25 to 1.01b/a, and of annual grasses in rice</p>

## 1. 약제의 함침량 측정

약제의 함침량 측정 결과를 그림 20~25에 나타내었다. 모든 약제에서 비슷한 양의 약제가 함침되었고 미세분의 제거율에 비례하여 함침량이 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 육묘지 원지 제조에 있어 처리된 지료의 특성과 일치하는 것으로 대단히 고무적인 결과를 얻었다. 이것으로 육묘지 원지의 처리로는 효소를 적용하는 것이 상당히 효과적임이 확인되었다.

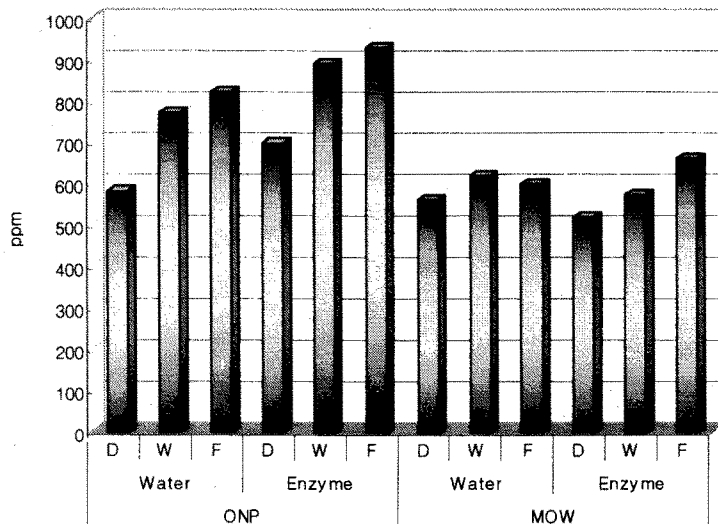


그림 20. 육묘원지 중의 Imidacloprid의 농도

ONP와 MOW를 비교하면 ONP에 함침된 약제의 함량이 MOW에 비하여 높은 것을 알 수 있으며 혼합초지 시료의 함침량은 효소처리 시료의 것이 효소 처리하지 않은 시료에 비하여 상대적으로 높은 것으로 나타났다. ONP의 함침량이 MOW에 비하여 높게 나타난 것은 ONP를 이루는 조성이 MOW와 다르기 때문으로 생각된다. ONP는 MOW 조성분과는 달리 비교적 많은 양의 미세섬유를 가지고 있다. 미세섬유는 일반적으로 거대한 목재섬유에 비하여 높은 팽윤과 수분의 흡수성이 있는 것으로 알려져 있어 이러한 특성이 충분히 반영된 것이라 생각되며, 비교적 높은 비율의 재생 펄프를 사용하는 신문용지의 경우 단섬유화의 진척으로 인한 약제의 접근 및 수용이 용이하였다고 생각된다. 그리고 분자구조상 모든 약제가 방향핵을 가지고 있어 리그닌의 방향핵과 친화력이 있어 비교적 조성분에 잔존

lignin 함량이 낮은 MOW에 비하여 ONP는 높은 약제 함침량을 나타낸 것으로 생각된다

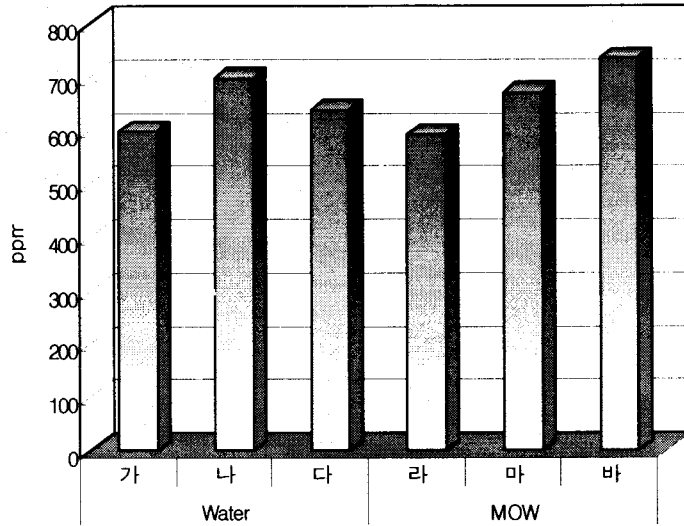


그림 21. 혼합시료 육묘원지 중의 Imidacloprid의 농도

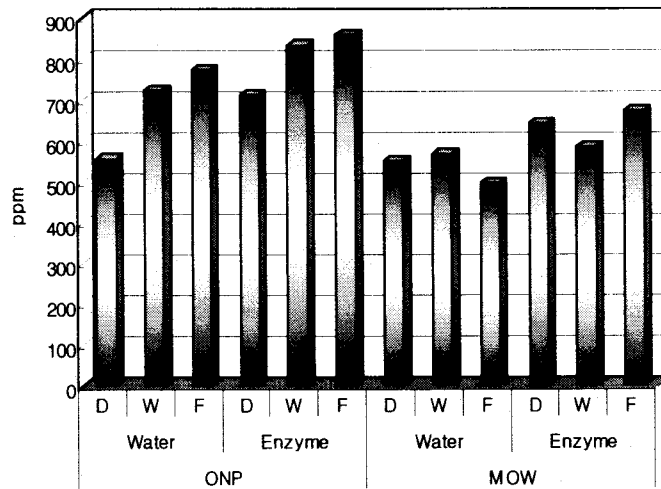


그림 22. 육묘원지 중의 dithiopyr의 농도

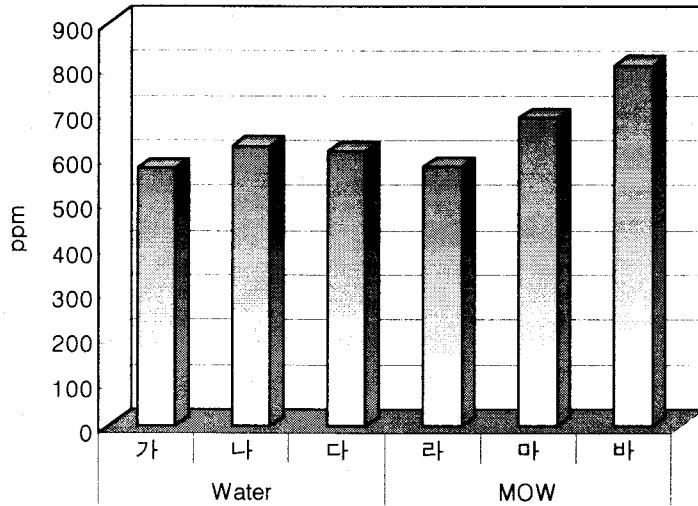


그림 23. 혼합시료 육묘원지 중의 dithiopyr의 농도

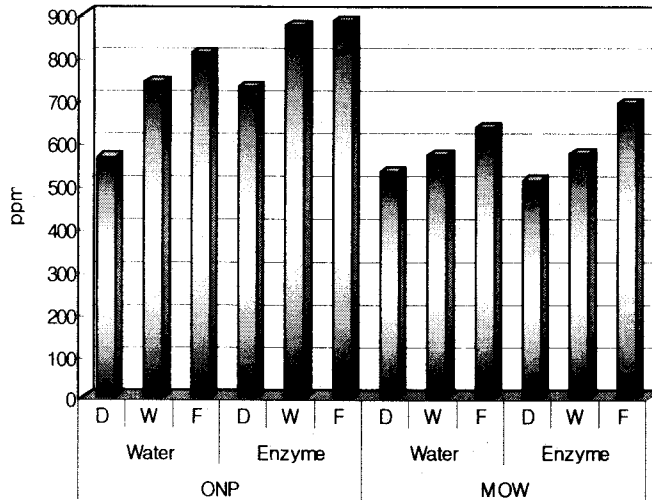


그림 24. 육묘원지 중의 tricyclazole의 농도

혼합 초지 시료에서의 함침 특성은 함침율이 높은 효소처리 시료의 의존하는 경향을 뚜렷이 나타내었다. 효소 처리한 ONP와 MOW를 혼합 초지한 시료의 함침량이 가장 높게 나타났으며 함침량은 ONP와 MOW의 중간 정도의 값을 나타내고 있다.

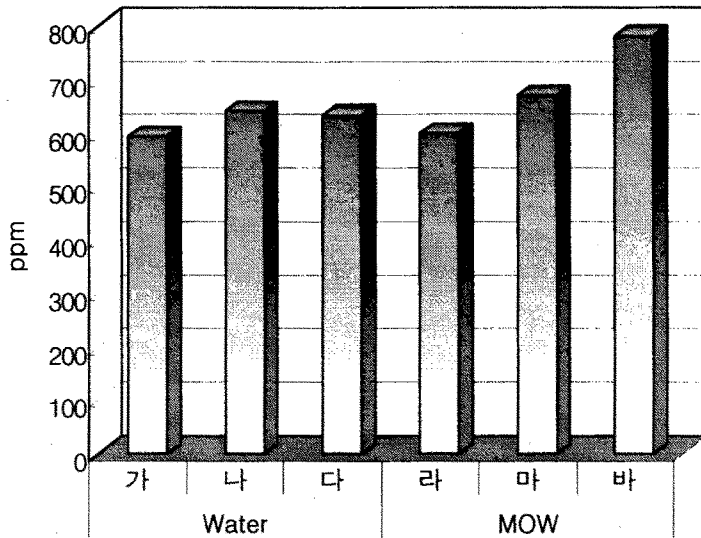


그림 25. 혼합시료 육묘원지 중의 tricyclazole의 농도

이상의 결과에서 약제의 함침량은 효소 처리한 시료 중 ONP에서 가장 높게 나타나 효소 처리에 의하여 섬유질 각질화가 어느 정도 방지되었으며 해리 도중 섬유의 단섬유화의 방지와 미세섬유의 적절한 제거로 인한 섬유 개질 효과를 명확히 확인할 수 있었다.

## 2 항. 약제의 수중 용탈 시험

### 1. 검량선 작성 및 약제의 안정성

약제가 원지에 가지는 친화력에 따른 용출속도를 알아보고 약효의 지속성을 측정하기 위하여 수중 용탈 실험을 실시하였다. 실험은 일정량의 약제를 함침시킨 원지를 증류수에 넣어 시간별로 용탈되는 약제의 양을 측정하였으며, 약제의 양은 HPLC와 GC를 사용하여 측정하였다.

Imidacloprid의 수중 용탈 실험에서는 HPLC를 사용하여 측정하였으며 검량선을 작성하고 이를 바탕으로 용출량과 속도를 각각 측정하였다(그림 26). Tricyclazole과 Dithiopyr에서도 각각 양호한 검량선을 작성할 수 있었다. 검출한도를 측정하기 위한 실험에서 0.001 ppm까지 정량적으로 검출이 가능한 것을 확인하여 검출량의 변화를 HPLC를 사용할 경우 보다 명확히 확인할 수 있는 것으로 판단되며 결과를 그림 27에 나타내었다. 또한 검출에 따른 Dithiopyr과 Tricyclazole의 안정성을 확인하기 위하여 일정량의 약제를 증류수에 주입하고 시간의 경과에 따른 약효의 변화 추이를 검토하여 그림 28, 29에 나타내었다. 그림 28, 29에 나타난 것과 같이 Dithiopyr는 실험 시작 8일 후 까지 97% 이상의 약효를 유지하는 것으로 나타났으며 13일 정도에는 약효가 80%대로 낮아지는 것을 시작으로 급격한 분해로 인한 약효의 감소현상을 확인할 수 있었다. Tricyclazole의 경우는 실험 개시 10시간 후에 약효가 95% 정도로 낮아지며, 25 시간까지는 급속히 약효가 감소하고 이후부터는 약효의 감소율이 다소 늦어지는 것을 확인할 수 있었다. Imidacloprid의 경우는 앞의 두 약제의 중간 정도의 분해 수준을 보였는데 이러한 자연분해 수준은 약제가 물에 대하여 가지는 용해도와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 이러한 성질을 가진 약제를 자연계에서 사용할 경우 미생물 등에 의하여 보다 빠르게 약제가 분해되어 약효의 지속성이 낮아질 것으로 판단되며 이러한 지속성은 농산품의 농약 잔류량에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

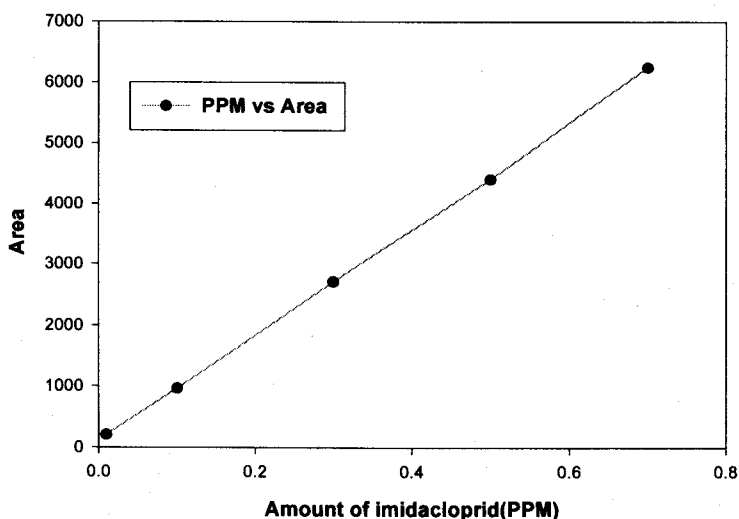


그림 26. Imidacloprid의 검량선



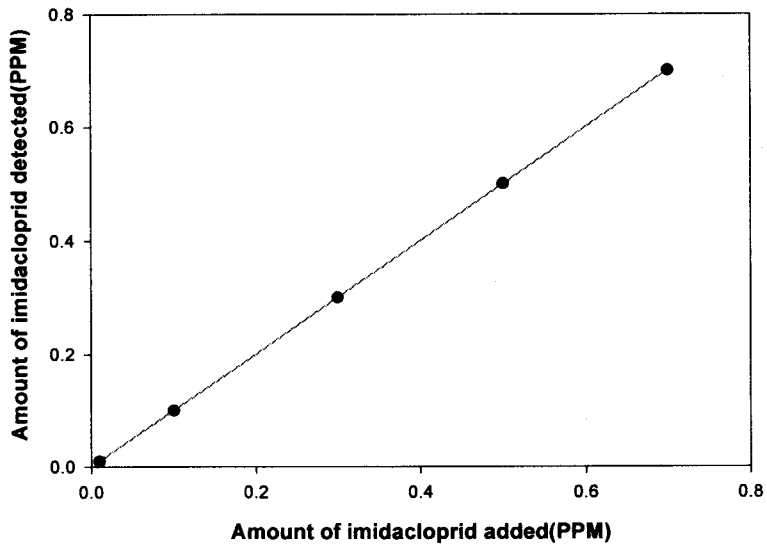


그림 27. HPLC에 의한 Imidacloprid의 검출한계.

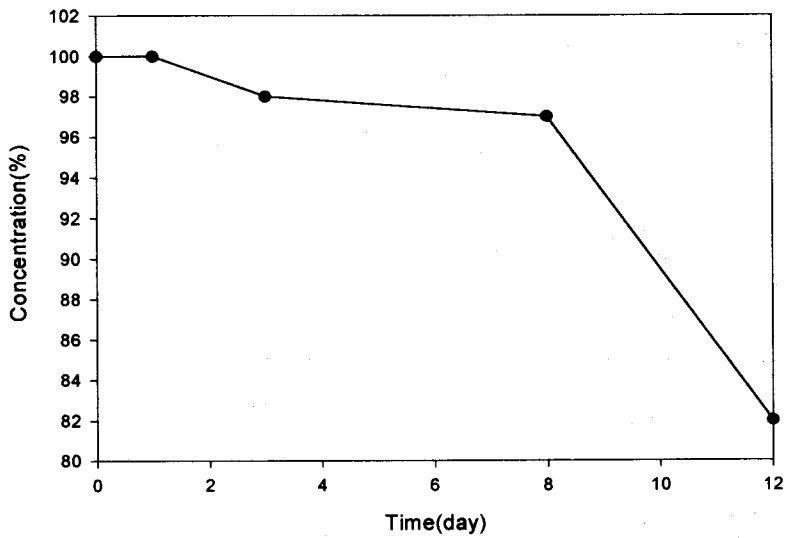


그림 28. Dithiopyr의 수중 안정성

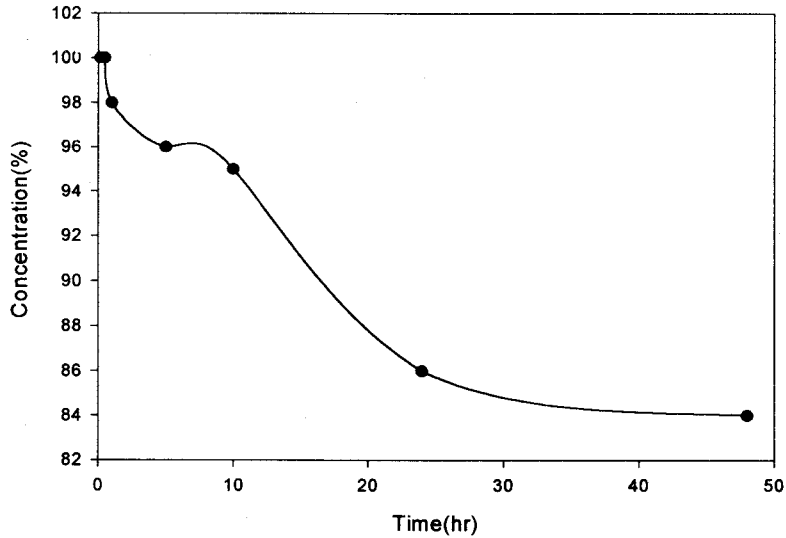


그림 29. Tricyclazole의 수중 안정성

## 2. Tricyclazole의 수중용탈 실험

그림 30~32에 Tricyclazole의 수중용탈 실험 결과를 나타내었다. ONP에서는 효소 처리하여 부상부유 처리한 시료에서 용탈량이 가장 높은 것으로 나타났으며, 이를 제외한 다른 시료에서는 유사한 결과를 보였다. 용탈실험 개시 8시간 후의 용탈량이 85~91%범위를 보였으며, 이시간대의 분해률을 살펴보면 5% 정도가 분해된 것을 그림 18에서 확인할 수 있다. 이러한 용출량과 분해율을 계산한다면 용탈실험 8시간 후에는 95% 이상의 약제가 용탈되거나 분해되어 원지에 잔존하지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 용탈 시간이 경과함에 따라 용탈량이 감소하는 것으로 나타나는데 이는 약제의 분해에 의한 것으로 생각된다.

ONP의 경우 MOW에 비하여 비교적 빠른 용출 속도를 보여 용탈 실험 개시 5시간 후 90% 이상의 용탈량을 보였으며, 효소 처리하여 부유부상법으로 처리한 시료의 용탈량이 가장 낮게 나타나 ONP와는 대조적인 현상을 보였다. ONP에서 이러한 경향을 나타낸 것은

ONP에 잔존하는 lignin과의 관계에 유래하는 것으로 생각된다. 사용된 약제는 방향핵을 가지고 있으며 잔존 lignin 역시 방향핵을 가지고 있어 상호 유사한 구조를 취하고 있어 잔존율이 높아진 것으로 생각된다. 이에 비하여 ONP의 다른 시료들은 목재 섬유 표면에 잔존하는 많은 잉크 입자에 의하여 이러한 친화성이 저해를 받아 잔존율이 낮아진 것으로 생각된다.

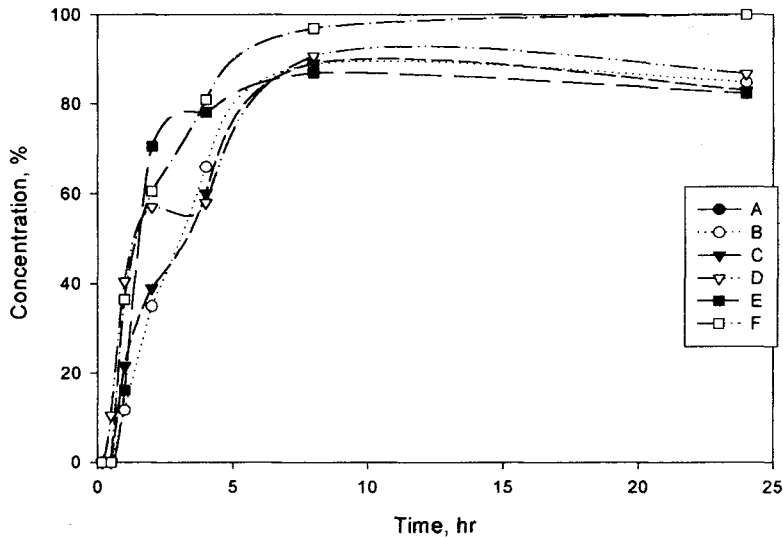


그림 30. Tricyclazole의 수중용탈실험(MOW)

ONP와 MOW 혼합시료의 경우 효소 처리하여 부유부상으로 준비한 시료에서 가장 낮은 용탈량을 보였으며, 재생 섬유의 해리 시 효소처리를 하지 않고 탈수만으로 준비된 지료로 초지한 원지의 용탈량이 가장 높은 것으로 나타나 상당한 대조를 보였다. 이러한 대조현상은 위에서 언급한 바와 같이 ONP를 구성하는 섬유에 잔존하는 lignin과 약제간의 친화력에 의한 것으로 생각되는데, 목재를 구성하는 성분 중의 하나인 lignin의 구조와 비슷한 방향핵을 가지는 약제가 목재성분의 일부와 유사하게 작용하여 섬유구조에 보다 친밀한 형태로 잔존하기 때문인 것으로 생각된다. 섬유표면 상태와 관련되어 효소 처리한 시료의 잔존율이 보다 높은 것을 알 수 있으며 이러한 결과는 그림 32에서 보다 명확히 관찰되었다.

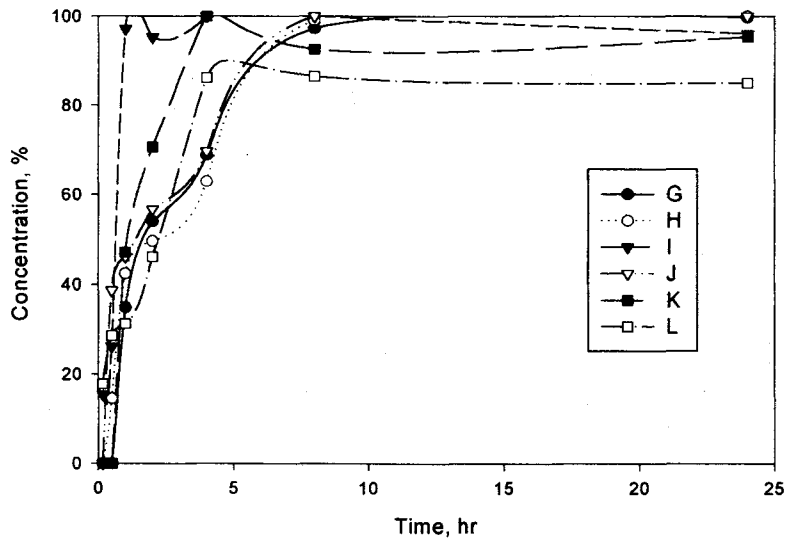


그림 31. Tricyclazole의 수중용탈실험(ONP)

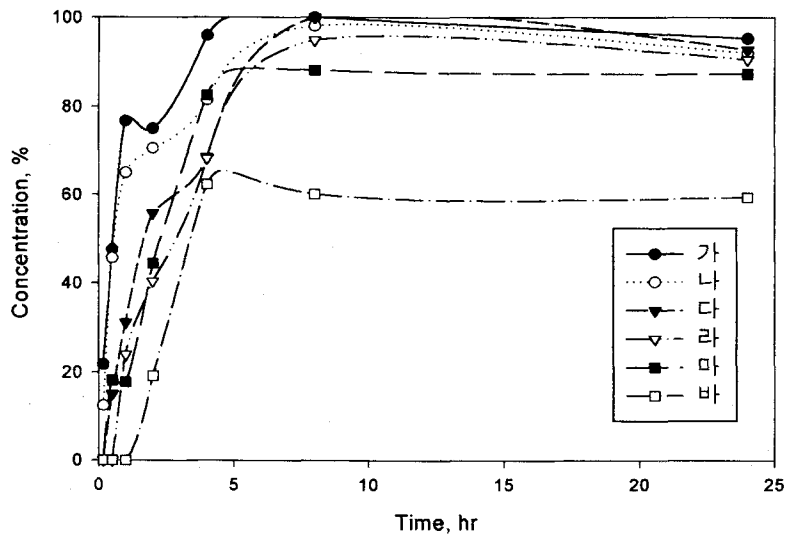


그림 32. Tricyclazole의 수중용탈실험(ONP:MOW=50:50)

### 3. Imidacloprid의 수중용탈 실험

Imidacloprid의 수중용탈 실험 결과를 그림 33~35에 나타내었다. ONP에 처리하여 용탈 실험을 실시하였을 경우 효소 처리 부유부상 시료에서 가장 높은 용탈량을 나타내었으며 무처리 탈수 시료의 용탈량이 가장 낮은 것으로 나타나 Tricyclazole과는 상반되는 현상을 보였다. Tricyclazole은 Imidacloprid에 비하여 10배, Dithiopyr에 비하여 1000배 이상의 높은 용해도를 가지고 있어 이러한 용해도가 용탈에 미치는 영향이 있을 것으로 생각되며, 용탈성은 각각의 약제가 가지는 기능과 관련되어 있다고 보여진다. 살충제인 Imidacloprid는 식물에 대한 친화성보다는 층에 대한 친화성이 더 요구되기 때문에 용탈 실험 개시 30분 이내에 목재 섬유로부터 90% 정도가 용탈되는 것으로 나타나 다른 약제와 비교하였을 때 상당히 빠른 용탈 속도를 보였다. 특이하게 ONP에서는 무처리 탈수 시료에서 용탈량이 가장 낮은 것으로 나타났는데 이는 흡수된 약제가 섬유표면의 이물질 등의 기타 성분에 의하여 용탈을 방해받았기 때문인 것으로 생각된다. 이에 비하여 비교적 표면이 깨끗하게 정리된 효소처리 부유부상 시료의 경우는 높은 용탈성을 나타내었다.

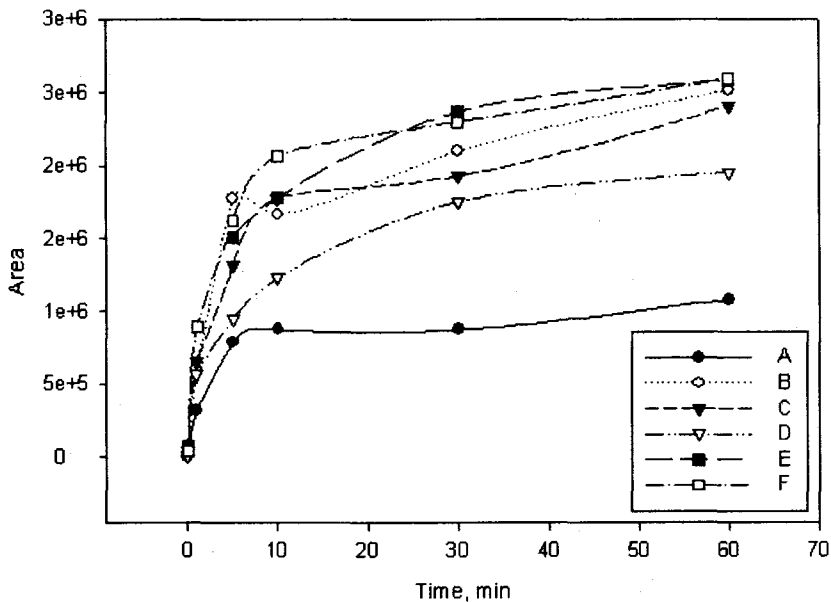


그림 33. Imidacloprid의 수중용탈실험(ONP)

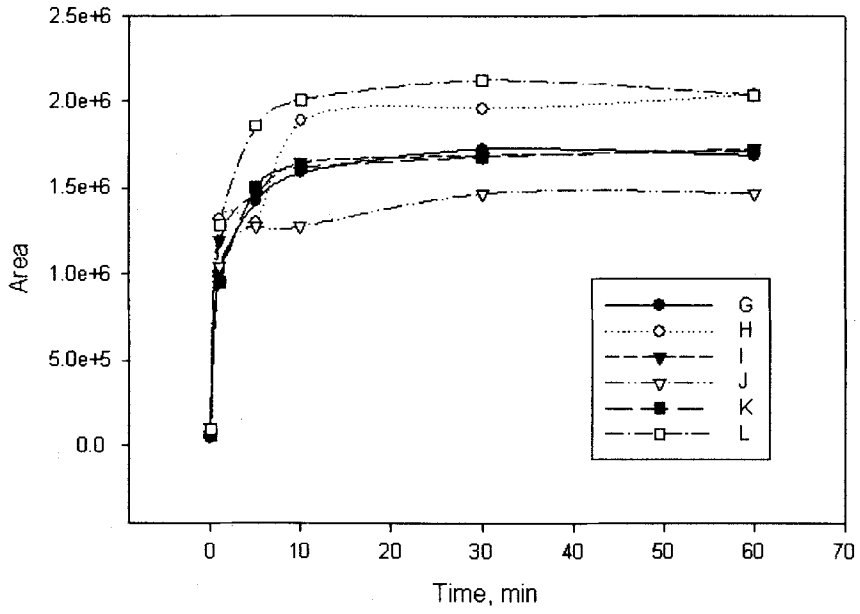


그림 34. Imidacloprid의 수중용탈실험(MOW)

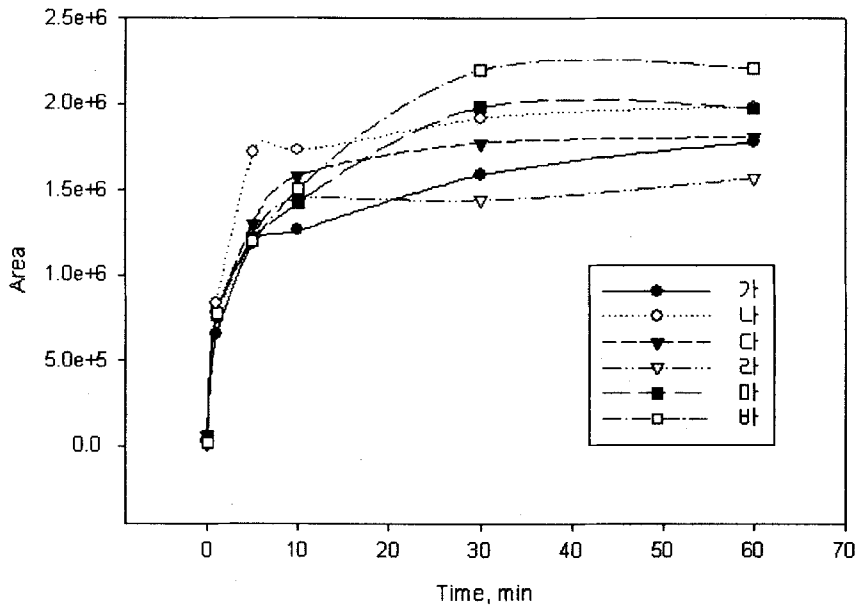


그림 35. Imidacloprid의 수중용탈실험(ONP:MOW=50:50)

MOW에서는 효소처리 탈수 시료의 용탈성이 가장 낮고, 효소처리 부유부상시료의 용탈성이 가장 높은 것으로 나타났다. 시료를 혼합한 것에서는 ONP의 용출 형태 보다 MOW의 용출 형태에 보다 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. Imidacloprid는 약간의 미세분을 가지며 효소에 의하여 개질화된 섬유가 가장 높은 보류도를 가지는 효소처리 탈수처리 ONP와 MOW를 혼합한 시료가 가장 높게 나타났다. 이상의 결과로 보아 효소에 의하여 미세 섬유가 제거되어 지료의 조성에 영향을 받기 쉬운 MOW가 ONP 보다 폭넓고 빠른 용탈 특성을 보이는 것으로 나타났다.

#### 4. Dithiopyr의 수중용탈 실험

Dithiopyr의 수중 용탈 실험 결과를 다음의 그림 36~38에 나타내었다. Dithiopyr은 위에서 언급한 두 종류의 약제에 비하여 월등히 낮은 물에 대한 용해도를 가진다. 이러한 낮은 용해도는 용탈성에도 많은 영향을 미치는 것으로, ONP를 효소처리하지 않고 부상부유 처리한 시료의 경우 상당히 낮은 용탈성을 보인데 비하여 효소로 처리하고 부상부유로 준비된 시료는 가장 높은 용탈성을 나타내었다. 용탈실험 개시 8일 후 상기의 두 시료의 용탈량을 비교해 보면 85% 정도의 용탈량 차이를 나타내고 있는데 사용된 약제 중 가장 높은 차이를 나타내고 있다. ONP에 효소처리 하였을 경우가 하지 않았을 경우에 비하여 높은 용탈율을 나타내며 용탈 실험 8일 이후는 급격하게 약제가 분해될 것으로 보여진다.

MOW의 경우도 ONP와 유사한 경향을 나타내고 있다. 효소처리 시료의 용출량이 높고 미세분의 제거율이 높을수록 빠른 용출속도를 가지는 것으로 생각된다. MOW는 ONP에 비하여 보다 높은 용출량을 가지고 있으며 용출실험 시간이 경과하면서 검출되는 양이 감소하는 곡선을 보이는데 이는 약제의 분해에 따른 것으로 생각되며, 이러한 현상은 ONP와 MOW의 혼합 초지 시료에서도 나타났다. MOW의 시료 상태에 따른 용출량의 차이가 ONP에 비하여 대단히 높게 나타났는데 이는 섬유의 개질 정도와 깊은 관계를 가지는 것으로 생각된다. 혼합초지에서는 확연한 감소현상을 보이는 것으로 보아 Dithiopyr의 용출량은 MOW의 지료 상태에 지배적인 영향을 받는 것으로 생각된다. 이는 비교적 섬유에로의 약제 접근과 이동이 어려운 ONP의 경우 용탈에 많은 장애로 인하여 용탈량이 낮았던 것으로 생각된다. 제초제의 원료로 사용되는 Dithiopyr은 원지에서 상당시간 잔존할 경우 상당히 효

과적으로 제초에 기능을 발현할 것으로 생각된다.

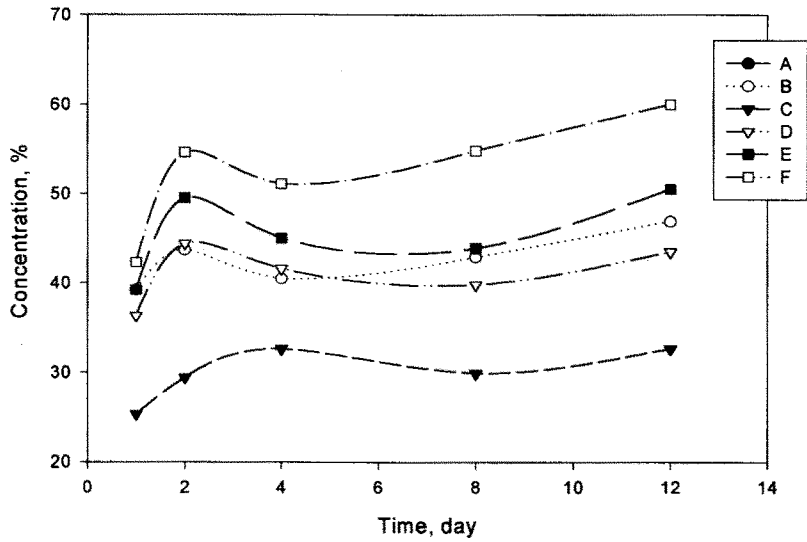


그림 36. Dithiopyr의 수중용탈실험(ONP)

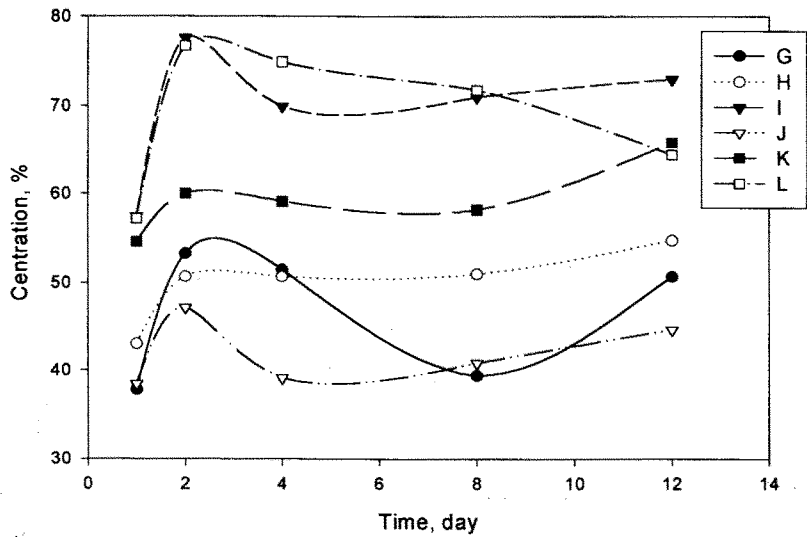


그림 37. Dithiopyr의 수중용탈실험(MOW)



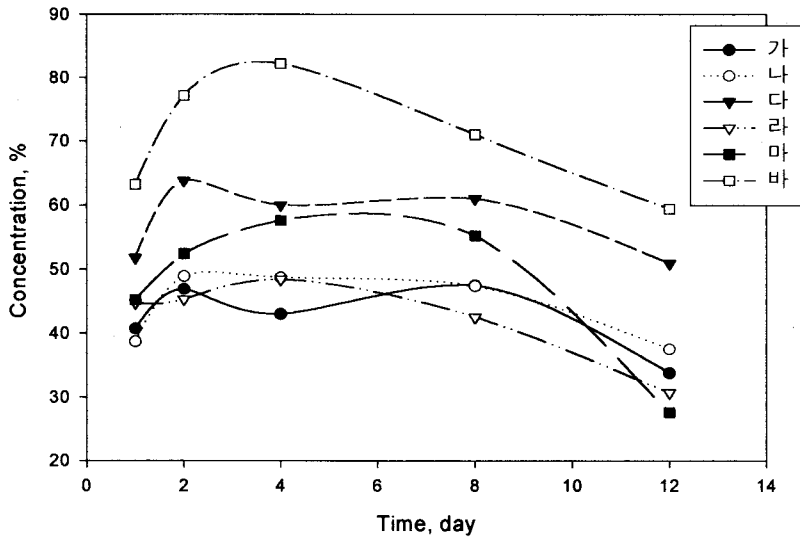


그림 38. Dithiopyr의 수중용탈실험(ONP:MOW=50:50)

## 제 5 절 발아율 및 적용시험

### 1 항. 육묘원지 적용 시험

#### 1. 발아시험

육묘원지를 제조하기 위하여 표 1에 나타난 바와 같이 재생자원인 폐지를 사용하여 육묘용 원지를 제조하였다. lab. scale 시험에서 발아율과 발아에 미치는 육묘 원지의 상태 및 약제 양이 발아에 미치는 영향을 검토하기 위하여 약제의 농도를 달리하여 발아 실험을 페트리디쉬를 사용하여 35℃(항온기) 조건에서 실시하였다. 종자를 접합시키기 위한 접착제로는 접분계 접착제를 사용하였다.

각각의 원지에 제초와 병충해 방제 및 살충효과를 부여하기 위하여 표 5의 약제를 0.01%와 0.1% 농도로 용액을 제조하여 육묘 원지에 함침법으로 약제를 도입하고 약제의 농도가 발아율에 미치는 영향을 검토하기 위하여 약제를 도입하지 않을 것과 비교 분석하였다. 각각 준비된 원지에 무, 배추 그리고 호박 종자를 부착시킨 후 페트리 디쉬에서 깔고 일정량의 증류수를 부어 실험하였다(사진 1). 종자를 부착시킨 원지 아래에는 보습성이 뛰어난 화장지를 깔아 항온기 중에서 건조를 방지하였다.

발아 시험 7일 후 약제를 도입하지 않은 페트리 디쉬에서 발아가 시작되는 것을 확인할 수 있었다. 각각의 동일 농도의 약제를 도입한 시료에서 약제의 종류가 발아에 미치는 영향 검토에서 0.01% 약제 처리한 시료에서는 약제의 종류에 관계없는 것으로 나타났다. 0.01% 약제를 처리하였을 때 약제 처리하지 않은 시료에 비하여 발아가 1일 정도 발아가 늦어졌다. 하지만 0.1% 농도의 약제를 처리한 시료의 경우는 무처리에 비하여 3일 정도 발아가 늦어지는 경향을 보였다. 0.1% 약제 처리 시료 중 제초제인 dithiopyr 처리의 발아율이 다른 종류의 약제에 비하여 상대적으로 나쁜 것이 확인되었는데 제초제 성분의 용탈로 인하여 페트리 디쉬 중의 약제 농도가 높아져 종자의 발아억제를 유도하였다고 생각된다. 또한 발아

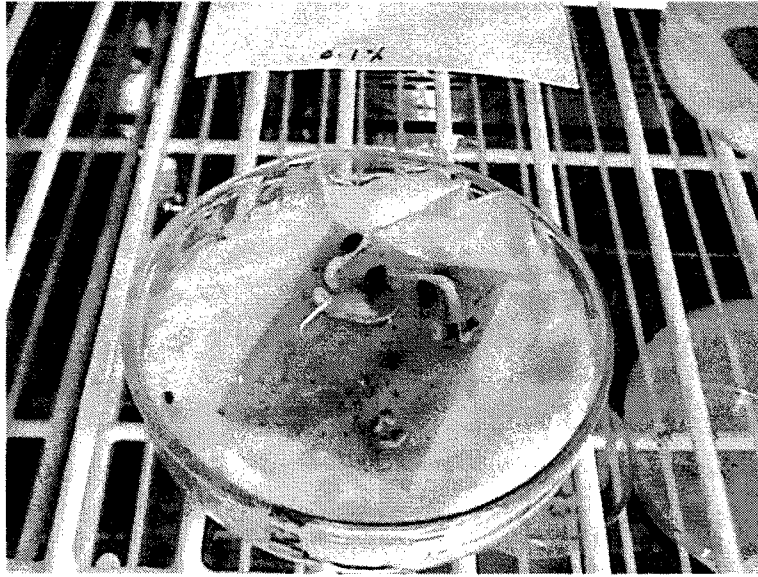
된 종자의 생육 상태도 약제의 농도가 높아짐에 따라 저조한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 페트리디쉬에 가한 물에 의하여 원지 중의 약제 성분이 외부로 용출되어 발아 및 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다. 약제의 수중 용탈 실험 결과에서 본 바와 같이 약제



a(약제 처리하지 않은 시료)



b(약제 0.01% 처리시료)



c(약제 0.1% 처리 시료)

사진 1. 약제의 농도가 발아에 미치는 영향

의 용탈성은 약제 각각의 물에 대한 용해도와 밀접한 관계를 가지는 것으로 나타났다. 물의 온도가 높아짐에 따라 용해도가 높아지기 때문에 원지 중의 약제 양에 관계없이 종자가 발아하기 전에 약제가 용탈 되고 페트리 디쉬 중의 약제 농도가 높아져 발아가 억제되었다고 생각된다.

실험에서 종자의 발아상태를 관찰하였을 때 처리된 약제의 종류나 농도가 발아 상태에 미치는 영향을 확인하였고 종자에서 발생된 뿌리가 육묘원지를 투과하는 현상이 관찰되지 않아 육묘원지의 제반 물성의 개선이 필요하다는 것을 알았다. 이러한 현상이 토양 중에서도 발생할 경우 뿌리가 지표면에 집중되어 한발 피해를 입기 쉽고 바람에 의한 피해를 받기 쉬운 등 많은 문제점이 있다고 판단된다. 또한 뿌리가 상호간에 얽혀 있어 종자를 이식할 때 작업 부담이 증가하고 뿌리의 인위적인 뿌리의 과다 절단으로 인하여 종자의 수세가 감소되어 건설한 육묘를 얻기 어렵다고 생각된다. 이상의 현상을 주지할 때 육묘지에 2차 적인 가공을 통하여 뿌리의 투과율을 높이는 것이 대단히 중요한 문제로 인식되었다. 따라서 본 연구에서는 육묘원지에 2차 가공을 검토한 결과 육묘지에 embossing 처리를 실시할 경우 보

다 양호한 뿌리 투과율을 얻을 수 있을 것으로 판단되어 육묘원지에 인위적으로 embossing 처리를 실시하고 이를 이용한 물성과 종자의 발아 상태를 확인하고자 다음의 실험을 실시하였다.

## 2 항. 육묘원지의 물성 및 제반 성질 개선

육묘지의 제반 성질을 개선하기 위하여 1항에서 실험 결과를 바탕으로 하여 육묘원지에 embossing 처리를 실시하였다. embossing 처리한 원지의 물성 중 강도적 성질을 측정하고 각각의 뿌리 투과율과 발아율을 측정하였다.

### 1. embossing 처리 원지의 강도적 성질

상기의 실험에서 검토된 바와 같이 embossing 처리 육묘원지의 인장강도를 비교하였다 (표 6). 인장강도의 비교는 건조 상태의 원지에 embossing 처리한 것과 습윤 상태의 원지에 embossing 처리한 것 비교하였으며, embossing 처리 정도에 따른 차이를 알아보기 위하여 embossing에 소요되는 압축 강도를 달리하여 각각을 비교하였다. embossing 처리에 가하여진 압력은 5, 10 kg/cm<sup>2</sup>로 하여 각각의 시료를 준비하였다.

습윤 상태에서 embossing 처리하는 것이 건조상태에서 행하는 것보다 인장강도가 낮게 나타났으나 육묘원지로서 갖추어야할 강도로 충분하다고 생각된다. 건조된 상태에서 원지를 embossing 처리할 경우 돌출된 부분의 일부가 찢어지는 현상을 보이며 강도가 감소하였다고 생각된다. 이에 비하여 습윤 상태에서의 처리는 원지 전체에 상당한 물리적 힘을 가하는 상태가 되기 때문에 건조상태에서 행하는 것보다 강도의 저하가 심하였다고 생각된다. 그리고 원지를 습윤상태에서 embossing 처리를 행하게 되면 종자 접합 전 단계에서 원지의 건조 공정이 필요하게되어 육묘용 원지의 가격 상승 부담을 유발시키므로 건조 상태에서 처리하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

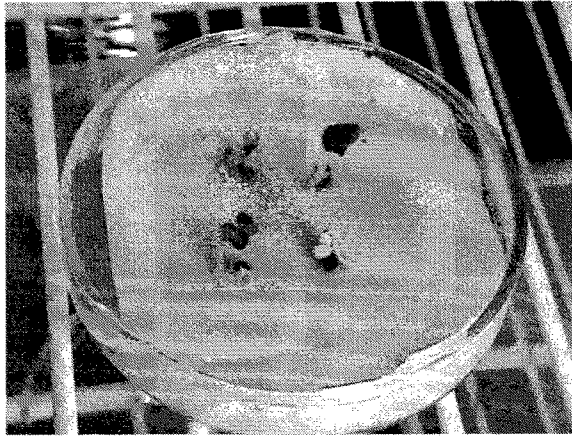
표 6. embossing 처리 육묘원지의 강도적 성질(ONP 효소 처리하지 않은 탈수시료)

	embossing 무처리지	건조 (5kg/cm <sup>2</sup> )	건조 (10kg/cm <sup>2</sup> )	습윤 (5kg/cm <sup>2</sup> )	습윤 (10kg/cm <sup>2</sup> )
열단장 (km)	3.57	1.71	1.01	1.53	0.86

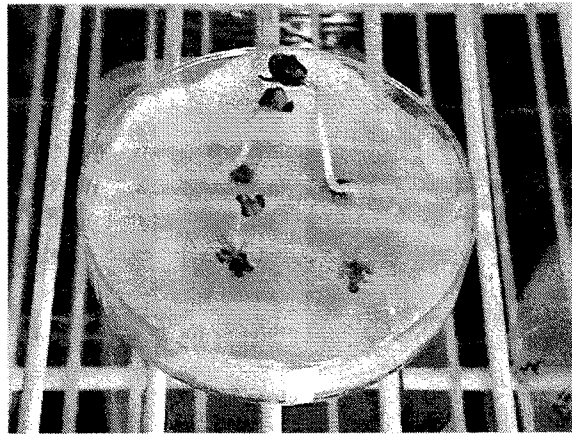
## 2. embossing 처리 원지의 발아율 및 뿌리 투과율

육묘지로서의 적성을 높이기 위하여 육묘지에 embossing 처리한 것과 비교 실험하였다. 먼저 육묘원지의 2차 가공방법 중 가장 간단하며 저렴한 비용으로 처리할 수 있는 embossing 처리한 것과 처리하지 않은 것의 발아율 시험에서 embossing 처리가 발아율에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났으며, 발아는 공기와 물 그리고 온도에 의한 것이기 때문에 발아율에 미치는 영향은 없었던 것으로 판단된다(사진 2). 위에서도 언급된 바와 같이 발아율도 중요하지만 실제로 육묘장에 있어 충실한 종묘의 생산을 위하여서는 육묘지로부터 종묘의 뿌리 투과율이 대단히 중요한 요소로 작용할 수 있다는 것을 확인하였다. lab. scale 의 페트리디쉬 실험에서 embossing 처리한 원지의 경우는 처리하지 않은 것에 비하여 대단히 뿌리의 투과성이 높게 나타났다(사진 3).

embossing 처리할 경우 육묘원지의 표면에 미세한 상처를 만들어 종자의 뿌리가 보다 쉽게 투과할 수 있도록 하였기 때문이라 생각된다. 이러한 효과는 발아 시 제공되는 물에 의하여 습윤도가 낮아져 그 효과는 보다 배가되는 것으로 생각된다.



a(embossing 무처리)



b(약한 embossing 처리)



c(강한 embossing 처리)

사진 2. embossing 처리에 따른 종자의 발아 상태



a(fig. 3. a의 뒷면)



b(fig. 3. b의 뒷면)



c(fig. 3. c의 뒷면)

사진 3. embossing 처리에 따른 종자의 뿌리 투과 상태



embossing 처리에 있어 원지를 건조상태에서 처리하는 것과 습윤 상태에서 처리하는 것을 비교하였을 때 발아와 뿌리의 투과율에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 embossing 처리 시 습윤 후 건조를 유도하는 것 보다 제조 시간과 제조 경비의 절약을 위하여 건조 상태에서 제조하는 것이 보다 바람직한 방법으로 생각된다.

## 제 7 절 종자 접착용 접착제 제조시험

육묘지의 제조에서 가장 중요한 문제 중의 하나가 육묘지에 부착된 종자의 탈락을 방지하는 것이다. 실험에 사용된 접착제는 천연고분자계 접착제로 전분계 접착제 3종류와 변성 전분계 접착제를 사용하였으며, 합성 고분자계 접착제로는 초산비닐계 접착제와 스테렌 부타디엔 접착제 및 요소접착제를 사용하여 실험하였다. 실험에 사용된 원지는 embossing 처리 원지와 처리하지 않은 원지를 각각 비교하였다.

실험 결과 초산비닐계와 요소접착제는 건조시간이 전분계 접착제에 비하여 길고 건조 후 발아율이 다른 접착제에 비하여 상대적으로 많이 낮아지는 경향을 나타내었다. 전분계 접착제는 발아에 미치는 영향이 전혀 없는 것으로 판단되나 접착 후의 건조 시간이 길고, 접착 후 접착면의 경도가 높아 원지를 움직일 경우나 구부릴 경우 접착면이 쉽게 파괴되어 부착된 종자의 탈락 발생이 많은 것으로 나타났다. 스테렌 부타디엔 접착제는 초기 건조시간은 다른 접착제에 비하여 빠른 것으로 나타났으나 접착제 도포면이 상당기간 미건조된 상태를 유지하면서 다른 원지와 접착되는 현상을 뚜렷이 보였으며, 종자의 탈락 현상은 다른 접착제와 유사한 경향을 나타내었다.

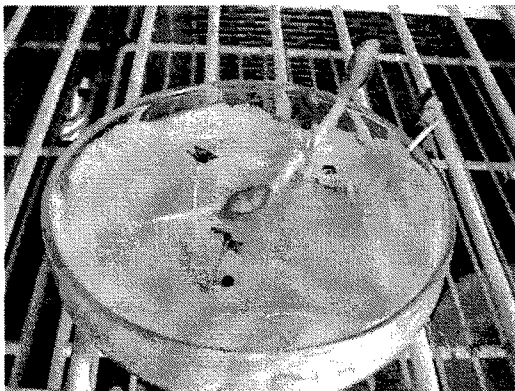
본 연구에서는 접착제의 단점을 보완하고 접착 종자의 모양이나 크기에서의 영향을 줄이기 위하여 원지의 가공을 대안으로 제안하였다. 원지의 2차 가공시 고려하여야 할 사항으로는 일정한 원지의 물성을 유지하면서 종자의 접합성능을 개선할 수 있는 방법이어야 한다. 간단하면서 효과적인 방법으로 embossing 처리 기술을 들 수 있다. 일반적으로 embossing은 화장지에 적용되어 화장지의 물풀림성, 흡수성 및 softness를 개선하는 효과를 얻고 있어 육묘원지에 적용할 경우 원지의 표면에 요철을 주어 종자의 부착면적을 확대시킴으로써 종자의 부착성능을 증대시키고 원지의 물 흡수성을 개선시킬 수 있다고 생각된다. 뿐만 아니라 확대된 비표면적은 미생물에 의한 생분해성을 높여 생분해도의 증가를 유도하여 토양의 2차적 부담을 감소시킬 수 있는 효과적인 방법이라 생각된다.

embossing 처리 원지에서의 접착은 embossing 처리하지 않은 것에 비하여 종자의 탈락

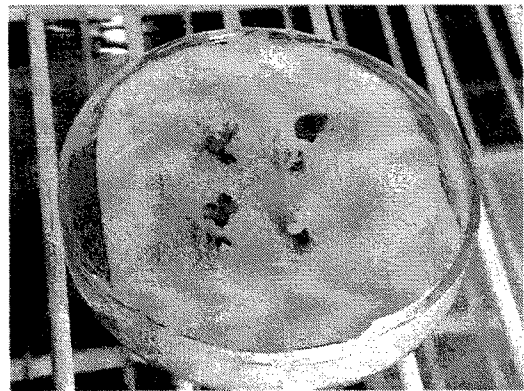
이 낮았으나 종자의 탈락은 현장에서는 상당한 문제점으로 작용할 수 있다고 생각되어진다. 본 연구에서는 이러한 현장 적응성을 높이고 작업의 편이성을 도모하기 위하여 embossing 처리 원지에 화장지와 같은 얇고 분해가 쉬운 얇은 종이를 덧씌우는 방법을 채택하여 적용 시험을 행하였다.

embossing 처리 후 화장지 원지를 부착한 경우 종자의 탈락을 완전히 방지할 수 있었다. 또한 접착제의 건조시간에서 차이를 제외하면 어떠한 접착제의 사용도 무방하므로 화장지 원지를 상단부에 도포하는 공정을 통한 육묘지 생산이 가장 안정적인 방법으로 생각된다.

이러한 결론에는 또 다른 매우 유용한 결과가 있었다. embossing 처리를 하지 않은 시료의 경우 뿌리의 침투성이 매우 나쁜 것으로 나타났다. 하지만 화장지를 위에 씌웠을 경우는 발아 시간에 명확한 차이 없이 사진 4과 5에서 나타낸 바와 같이 뿌리의 투과성이 좋아지는 것을 발견할 수 있었다. 이러한 특성은 상부에 부착된 화장지 원지를 아래의 육묘 원지와 결합된 상태이기 때문에 발생한 뿌리에 대하여 흠에 의한 압축과 유사한 현상을 일으켜 뿌리를 지구 중력에 평행한 방향으로 자라도록 유도하였다고 생각된다. 화장지 원지를 사용하지 않았을 경우는 사진 5의 f에서 보는 바와 같이 지구 중력에 대하여 수직인 방향으로 뿌리가 발달하는 것을 볼 수 있는데 이는 뿌리 상부에서 작용하는 압력 또는 압축에 의한 것이라 생각된다.

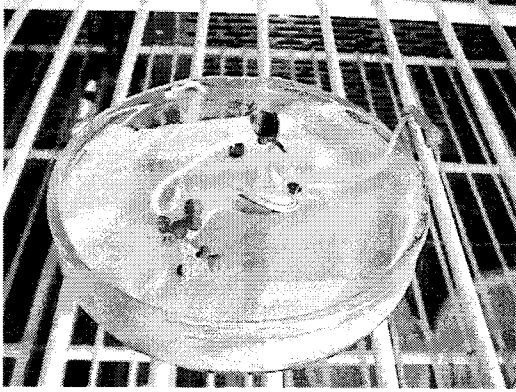


a. 덧씌우지 않은 것

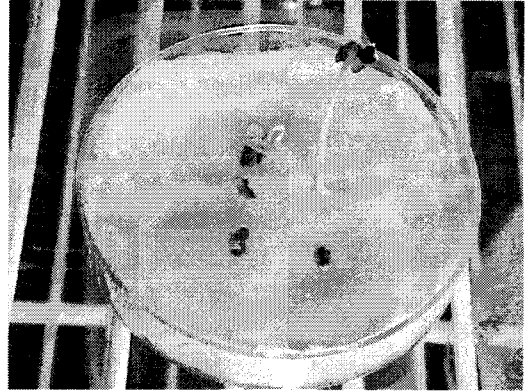


b. 덧씌운 것

embossing 무처리

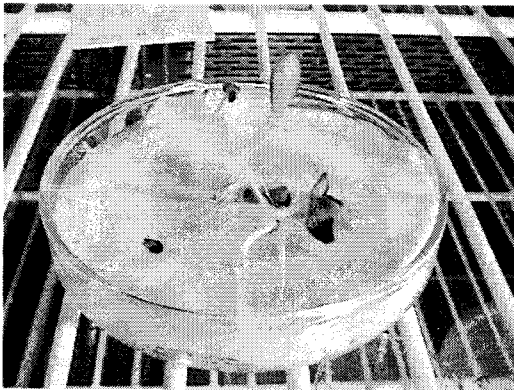


c. 덧씩우지 않은 것

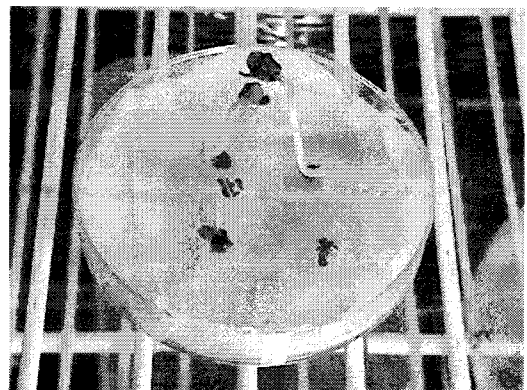


d. 덧씩운 것

embossing 처리(5 kg)



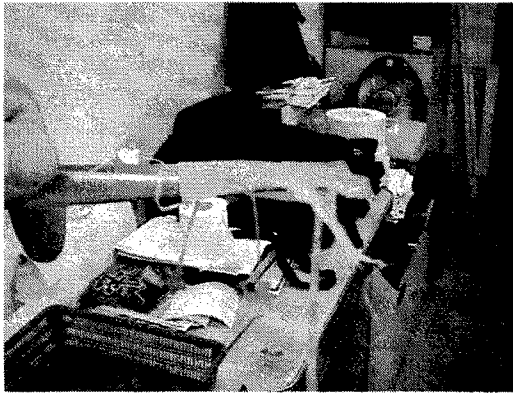
e. 덧씩우지 않은 것



f. 덧씩운 것

embossing 처리(10 kg)

사진 4. 덧씩움이 발아에 미치는 영향

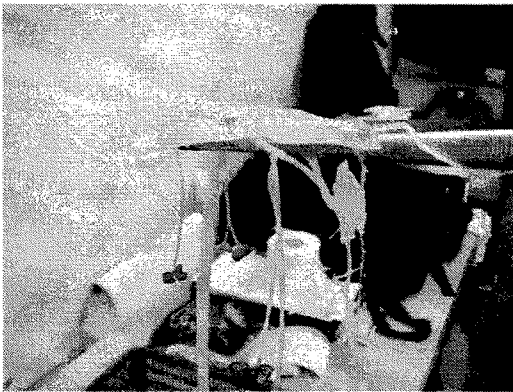


a. 덧씩우지 않은 것



b. 덧씩운 것

embossing 무치리

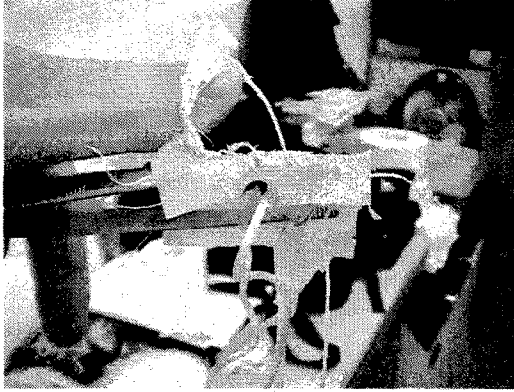


c. 덧씩우지 않은 것



d. 덧씩운 것

embossing 처리(5 kg)



e. 덧씌우지 않은 것



f. 덧씌운 것

embossing 처리(10 kg)

사진 5. 덧씌움이 뿌리의 투과율에 미치는 영향

육묘지의 제조 공정은 원지를 건조 상태에서 embossing 처리하고 이어 접착제를 분무한 후 종자를 일정 위치에 놓고 다음 단계에서 화장지 원지를 덧씌우는 과정으로 설계되는 것이 가장 바람직한 방안으로 생각된다. 그리고 분무된 접착제의 건조는 일반적으로 사용되는 가열 로울러를 사용하는 것은 불가능하므로 열풍 건조를 채택하여 건조하는 것이 바람직하다고 생각된다.

육묘지에 사용할 수 있는 종자의 저가의 채소류 보다는 특화된 작물을 선정하는 것이 바람직하다고 생각된다. 그리고 종이로 만든 포트를 이용하거나 옮겨심기 없이 재배할 수 있는 작물인 경우 노동력의 적극적인 절감을 통하여 농가의 수익성을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다.

## 제 8 절 육묘지의 생분해성 시험 및 토양에 미치는 영향 조사

### 1 항. 육묘지의 생분해성

생분해성은 현재 일부 시판되고 있는 육묘지가 부직포로 만들어져 있어 토양 중 생분해능력의 저하로 인한 토양에로의 2차 부담을 줄이고자하는 목적으로 실시하였다. 실험에 사용된 시료는 육묘 원지용으로 초지한 시료 12종을 사용하였다. 생분해 실험에 있어 개발된 육묘원지의 성능을 비교 평가하기 위하여 대조구로 신문원지, 복사용지와 화장지 2종을 사용하여 실험하였다.

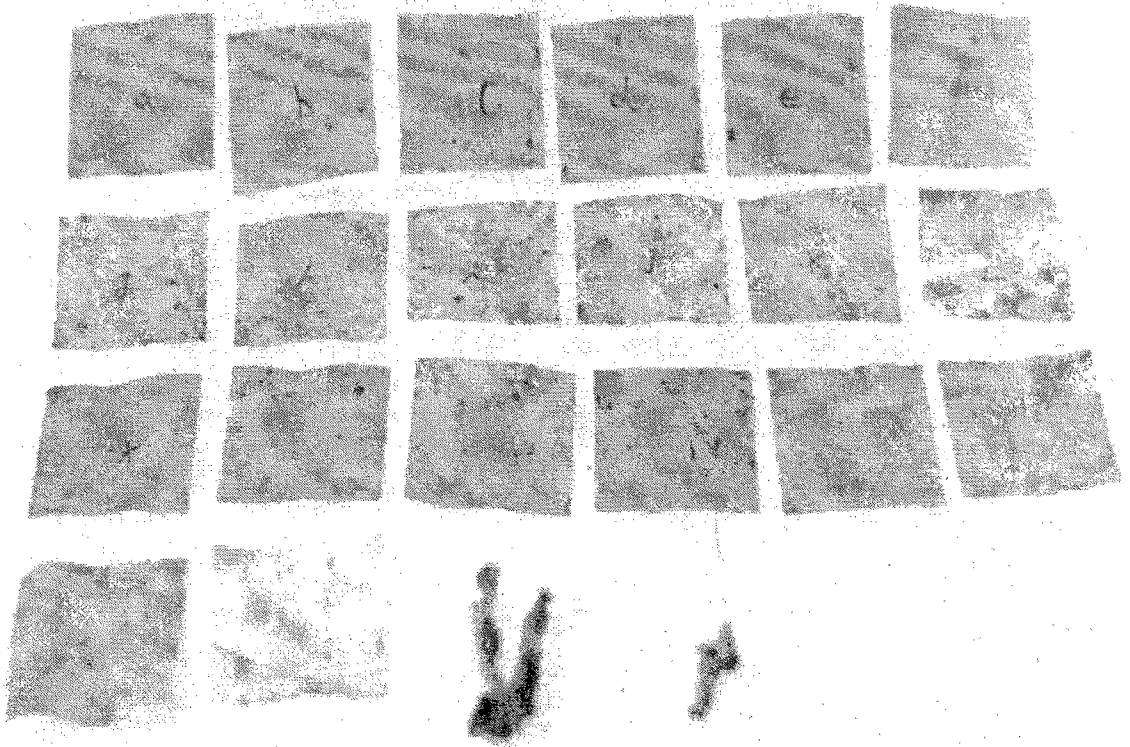


사진 6. 토양 중 육묘지의 분해 실험(7일 후)

생분해실험의 결과를 사진 6에 나타내었다. 3일째에는 생분해도에 크다란 차이가 없었으나 7일이 경과되면서 부분적으로 분해되기 시작하여 시료를 회수하는데 상당한 어려움이 수반되었으며 화장지(하3단 좌에서 3, 4번)의 경우는 그의 분해되는 현상을 보였다. 육묘용 원지로 초지한 지종의 경우 실험 개시 15일 후에는 생분해도의 진전으로 인하여 회수가 불가능하였으나, 신문용지와 복사용지는 생분해도가 매우 낮은 것으로 나타났으며 특히 복사용지의 경우 거의 분해가 일어나지 않은 것을 확인할 수 있었다. 개발된 육묘원지의 경우 전체적으로 보아 효소를 처리한 것이 처리하지 않은 것을 비교하였을 때 효소 처리한 것이 보다 분해율이 높은 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 육묘 원지용으로 개발된 지종 중 토양 중 생분해도가 가장 높은 것은 MOW를 효소 처리하여 부유부상 처리한 것이 가장 높은 것으로 나타났다. 이러한 처리에 의하여 준비된 시료는 다른 시료에 비하여 미세분의 함량이 적고 종이 중에 방부 및 방충성을 가지는 리그닌의 함량이 낮기 때문에 토양 중 미생물에 의하여 쉽게 분해되었다고 생각된다. 대조구로 사용된 신문용지나 백상지인 복사용지의 경우 실험실적으로 초지한 종이에 비하여 분해도가 낮은 것이 확인되었으며, 화장지의 경우는 초지 공정과 embossing 처리에 의한 강도의 저하 및 토양 미생물과의 접촉면적 확대에 의하여 쉽게 분해되는 현상을 나타내었다. 이러한 현상은 상절에서 언급한 바와 같이 원지를 2차 가공에서 embossing 처리할 경우 종자의 접합성 뿐만 아니라 원지의 분해성도 개선될 것으로 생각된다.

## 2 항. 토양에 미치는 영향

### 1. 실험목적

여러 종류의 폐지를 활용하여 농약이 함침된 기능성 육묘지를 제조하여, 토양 환경 중에서 농약의 용출 정도를 조사하는 데 있다.

### 2. 실험재료

#### 1) 공시약제



기능성 육묘지에 함침시킨 농약은 살충제 imidacloprid (원제, purity 98.5%), 살균제 tricyclazole (원제, purity 94.5%), 그리고 제초제 dithiopyr (원제, purity 96.0%)로서 (주)경농으로부터 분양받아 사용하였다. 원제는 methanol에 용해시켜 stock solution을 조제하고 냉동고 (-20℃)에 보관하면서 필요한 농도로 희석하여 working solution으로 사용하였다. 기능성 육묘지에 함침된 약제의 물리·화학적 특성은 표 5와 같다.

### 2) 기능성 육묘지의 종류 및 특성

본 연구에 사용된 기능성 육묘지는 경북대학교 임산공학과에서 폐자원인 폐지로부터 제조한 것을 사용하였으며, 기능성 육묘지의 종류 및 재질 특성은 표 1과 같다.

### 3) 공시토양

본 연구에 사용된 토양 시료는 경북대학교 농과대학 실습 포장인 칠곡지역의 토양을 채취하여 풍건한 다음 2.0 mm 체를 통과시켜 공시 토양으로 사용하였다. 토양의 물리·화학적 특성은 표 7과 같다.

표 7. 토양의 물리·화학적 특성

Texture	Particle size dist.(%)			pH (1:5)**	O.M (%)	C.E.C (me/100g)
	Clay	Silt	Sand			
	(%)	(%)	(%)			
SiCL*	16.0	56.9	27.1	6.0	2.1	5.7

\* SiCL : Silty clay loam

\*\* Soil : H2O

### 3. 실험방법

#### 1) 기능성 육묘지에 함침된 농약의 토양 중 용출실험

토양 20 g을 시료병에 넣고 그 위에 그림 39과 같이 농약이 함침된 기능성 육묘지 (3.0 × 3.0 cm)를 얹고, 다시 토양 5.0 g을 첨가시킨 후 포장용수량의 100% (0.32 ml/g)로 수분을 첨가하여, 12일 동안 보관하면서 날짜별로 기능성 육묘지를 토양에서 분리하여 건조시킨 다음, 육묘지에 남아 있는 농약의 잔류량을 GC 또는 HPLC로 분석하였다.

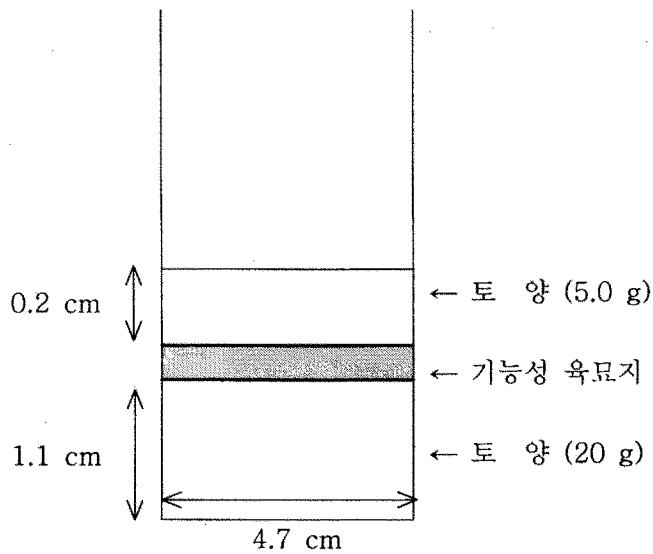


그림 39. 기능성 육묘지의 토양 용출 실험 모식도

#### 2) 공시 약제의 토양 흡착 실험

기능성 육묘지로부터 용출된 약제의 토양 중 행동양상을 알아보기 위하여 각 약제의 흡착정도를 OECD guideline의 흡착실험에 준하여 조사하였다. Imidacloprid, tricyclazole의 경우 25.0 mg/l, dithiopyr의 경우 0.5 mg/l의 약제가 용해된 0.01M CaCl<sub>2</sub>용액을 공시토양과 1:10의 비율로 하여, water bath에서 90 rpm으로 24시간 동안 진탕시킨 후 8000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 흡착량은 상정액 중의 농약을 정량하고 첨가 농도와 차이를

계산하여 농약의 흡착량을 계산하였다.

#### 4. 추출 및 분석

살충제 imidacloprid, 살균제 tricyclazole을 함유한 기능성 육묘지의 잔류분석은 methanol : water (8:2 v/v)를 추출 용매로 하여 진탕 추출하여 0.45 $\mu$ m nylon filter로 여과한 후, 여과액 20  $\mu$ l를 주입하여 HPLC로 정량 분석하였다. 이때 HPLC의 분석 조건은 표 8과 같다.

표 8. 살충제 imidacloprid 및 살균제 tricyclazole의 HPLC 분석조건

Model	Shimazu LC-10
Detector	UV 270 nm (Imidacloprid) 254 nm (Tricyclazole)
Column	4.0 mm $\times$ 15 cm reversed phase column (Inertsil phenyl-3, 5 $\mu$ m, metachem)
Flow rate	1.0 ml/min
Mobile phase	MeOH : H <sub>2</sub> O 63:37 (Imidacloprid) 70:30 (Tricyclazole)

제초제 dithiopyr를 함유한 기능성 육묘지의 잔류 분석은 acetone : water (8:2 v/v)를 추출용매로 하여 진탕 추출 후 여과하고, 여과액을 분액여두에 옮겨 hexane으로 분리·추출하였다. Hexane층을 anhydrous sodium sulfate층에 통과시켜 탈수한 다음 40 $^{\circ}$ C의 수욕상에서 감압 농축하고, N<sub>2</sub> gas로 건조한 후 acetone 5.0 ml로 재 용해시켜 GC로 분석하였다. 이때의 GC 분석조건은 표 9와 같다.

표 9. 제초제 dithiopyr의 GC 분석조건

Model	Varian-STAR 3400CX (USA) <sup>63</sup> Ni-ECD(Electron Capture Detector)	
		250 °C
	Injector	300 °C
Temp.	Detector	Initial temp - 190 °C, hold time - 2 min
	Column	Rate( °C/min ) - 6
		Final temp - 250 °C, hold time - 3 min
Column	Rtx-5[5% diphenyl - 95% dimethyl polysiloxane] 30 m, 0.25 mm id, 0.25 μm df	
Injection volume	1.0 μl	

## 5. 실험결과

약제가 함침된 기능성 육묘지의 토양 환경 중 용출 실험을 통하여, 토양 중으로의 용출 가능성을 확인하게 되었고, 기능성 육묘지의 재질에 따라 함침된 농약의 용출성에 차이가 있음을 확인하였다.

Imidacloprid의 용출실험 결과는 표 10과 같다. ONP재원 중 효소처리를 하지 않은 기능성 육묘지 A, B 그리고 C에서 1일 후 함침 된 농약의 용출률은 각각 76.2%, 75.2% 그리고 85.4%로 나타났고, 효소처리를 한 D와 F는 각각 86.3%와 86.7%로 나타나 효소처리를 하지 않은 기능성 육묘지에서 용출률이 낮았다. 또한 MOW중 효소처리를 하지 않은 G, H 그리고 I의 1일 후 용출률은 각각 96.0%, 95.9% 그리고 97.3%로 나타났으며, 효소처리를 한 J와 L은 각각 97.2%와 97.5%로 나타나 효소처리 유무에 관계없이 비슷한 양상을 나타내었다. 전반적으로 1일 이내에 함침된 약제의 75%이상이 용출되었으며, ONP재원이 MOW재원보

표 10. 기능성 육묘지로부터 imidacloprid의 토양 용출률

육묘지 종 류	육묘지 초기농도 (mg/ℓ)	육묘지 잔류농도(mg/ℓ)				용출률(%)*			
		1일	3일	6일	12일	1일	3일	6일	12일
A	681.8	162.0	81.4	53.3	19.6	76.2	88.1	92.2	97.1
B	471.6	117.1	54.6	25.5	2.2	75.2	88.4	94.6	99.5
C	656.1	96.1	102.7	42.0	15.5	85.4	84.4	93.6	97.6
D	658.5	90.4	65.6	31.7	8.0	86.3	90.0	95.2	98.8
F	655.4	87.2	41.8	53.2	28.4	86.7	93.6	91.9	95.7
G	576.4	23.1	20.5	7.0	2.5	96.0	96.4	98.8	99.6
H	661.6	27.0	12.6	11.1	6.8	95.9	98.1	98.3	99.0
I	564.1	15.2	14.3	14.1	13.8	97.3	97.5	97.5	97.6
J	580.2	16.2	15.6	14.7	13.9	97.2	97.3	97.5	97.6
L	583.8	14.7	15.0	14.3	13.6	97.5	97.4	97.5	97.7

$$* \text{용출률} (\%) = \left[ \frac{\text{육묘지 잔류 농도 (ppm)}}{\text{육묘지 초기 농도 (ppm)}} \right] \times 100 (\%)$$

표 11. 기능성 육묘지로부터 tricyclazole의 토양 용출률

육 묘 지	육 묘 지 초기농도 (mg/ℓ)	육묘지 잔류농도(mg/ℓ)				용 출 률(%)*			
		1일	3일	6일	12일	1일	3일	6일	12일
A	634.0	100.4	61.5	31.2	21.4	84.2	90.3	95.1	96.6
B	547.1	52.5	32.8	30.6	0.0	90.4	94.0	94.4	100.0
C	694.4	75.4	57.0	49.2	22.4	89.1	91.8	92.9	96.8
D	585.6	73.4	37.7	26.1	12.7	87.5	93.6	95.5	97.8
F	744.6	54.1	24.4	22.2	18.9	92.7	96.7	97.0	97.5
G	705.4	25.2	0.0	0.0	0.0	96.4	100.0	100.0	100.0
H	439.2	28.4	0.0	0.0	0.0	93.5	100.0	100.0	100.0
I	471.6	43.6	15.5	0.0	0.0	90.8	96.7	100.0	100.0
J	497.3	41.0	26.1	14.3	0.0	91.8	94.7	97.1	100.0
L	584.9	30.4	17.2	12.6	0.0	94.8	97.1	97.8	100.0

$$* \text{용출률 (\%)} = \left( \frac{\text{육묘지 잔류 농도 (mg/ℓ)}}{\text{육묘지 초기 농도 (mg/ℓ)}} \right) \times 100 (\%)$$

표 12. 기능성 육묘지로부터 dithiopyr의 토양 용출률

육묘지	육묘지 초기농도 (mg/ℓ)	육묘지 잔류농도(mg/ℓ)				용출률(%)*			
		1일	3일	6일	12일	1일	3일	6일	12일
A	290.7	33.3	18.9	20.3	6.8	88.5	93.5	93.0	97.7
B	276.2	11.2	19.8	9.5	8.2	96.0	92.8	96.6	97.0
C	250.0	6.0	5.4	10.5	3.9	97.6	97.8	95.8	98.4
D	666.9	28.4	38.7	36.4	27.2	95.7	94.2	94.6	95.9
F	447.1	31.6	15.0	0.1	0.0	92.9	96.6	100.0	100.0
G	171.3	0.8	0.0	3.1	0.0	99.5	100.0	98.2	100.0
H	206.0	0.0	1.7	1.3	0.0	100.0	99.2	99.4	100.0
I	220.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0
J	431.8	8.1	11.1	6.8	5.6	98.1	97.4	98.4	98.7
L	199.4	4.4	1.4	0.0	0.0	97.8	99.3	100.0	100.0

$$* \text{용출률} (\%) = \left( \frac{\text{육묘지 잔류 농도 (mg/ℓ)}}{\text{육묘지 초기 농도 (mg/ℓ)}} \right) \times 100 (\%)$$

다는 용출률이 낮았다. 특히 효소처리를 하지 않은 기능성 육묘지 A와 B에서 상대적으로 낮은 용출률을 보였다.

Tricyclazole의 용출실험 결과는 표 11과 같다. ONP재원 중 효소처리를 하지 않은 기능성 육묘지 A, B 그리고 C에 함침된 농약의 1일 후 용출률이 각각 84.2%, 90.4% 그리고 89.1%로 나타났고, 효소처리를 한 D와 F는 각각 87.5%와 92.7%로 나타나 효소처리의 유무에 상관없이 비슷한 용출률을 보였다. 또한 MOW재원 중 효소처리를 하지 않은 G, H 그리고 I의 1일후 용출률은 96.4%, 93.5% 그리고 90.8%로 나타났고, 효소처리를 한 J와 L은 각각 91.8%와 94.8%로 나타났다. 전반적으로 1일 이내에 함침된 약제의 84.2%이상 용출되었으며, 효소처리의 유무에 따른 ONP와 MOW재원의 용출률은 미미하였으나 재원간의 용출률은 ONP에서 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 특히 육묘지 A에서 그 경향이 뚜렷하게 나타났다.

Dithiopyr의 용출실험 결과는 표 12와 같다. 기능성 육묘지의 재질 특성에 큰 영향을 받지 않고 전반적으로 용출률이 높았다. ONP재원 중 효소처리를 하지 않은 기능성 육묘지 A, B 그리고 C에 함침된 농약의 1일후 용출률이 88.5%, 96.0% 그리고 97.6%로 나타났고, 효소처리를 한 D와 F는 각각 95.7%와 92.9%로 비슷한 용출률을 나타내었다. 또한 MOW재원 중 효소처리를 하지 않은 G, H 그리고 I의 용출률은 모두 95.5%이상으로 나타났고, 효소처리를 한 J와 L은 각각 98.1%와 97.8%로 나타났다. 전반적으로 1일 이내에 함침된 약제의 90%이상 용출되었으며 ONP재원과 MOW재원간의 차이는 미미하였다.

기능성 육묘지에 함침된 농약이 토양 환경 중으로 용출 되었을 때의 행동양상을 알아보기 위해, pH 7.0인 일반적인 토양 환경조건에서 공시토양과의 흡착실험을 수행한 결과, imidacloprid (non-ionic polar compound), tricyclazole (ionic basic compound) 그리고 dithiopyr (hydrophobic compound)는 초기 농도의 각각 10%, 55% 그리고 38%가 흡착하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, imidacloprid와 tricyclazole는 기능성 육묘지 중 효소처리를 하지 않은 ONP재원이 MOW재원보다 기능성 육묘지에 함침된 농약의 용출률이 비교적 낮게 나타났으며, dithiopyr는 ONP재원과 MOW재원간의 차이가 거의 나지 않았다. 또한 전체



적으로 약제별 1일후 용출률은 dithiopyr > tricyclazole > imidacloprid 순으로 나타났다.

### 3 항. 육묘지 중의 중금속 함량

일반적으로 사용되고 있는 잉크에 있어서 일정량의 중금속이 포함되어 있다. 이러한 중금속은 특히 활판 인쇄용 잉크에 있어서는 상당량 함유되어 수집한 폐지를 이용하는데 있어서도 상당한 부담의 한 요인으로 작용하였으나 현재는 활판인쇄에서 오프셋인쇄 및 전사식의 인쇄방식으로 전환되어 중금속에 의한 피해가 감소될 수 있을 것으로 사료되나 폐지를 직접 육묘용 원지로 사용할 경우 식물의 뿌리에 의하여 직접적으로 흡수되므로 중금속이 문제시될 수 있다.

표 13. 신문용 잉크의 조성

	활판인쇄	오프셋인쇄
안료	12~13 %	17~25%
합성수지	3~5%	11~18%
건성유	미량	13~18%
광물유	~85%	45~55%
보조제	-	유

인쇄용 잉크 중 현재 가장 폭넓게 많이 사용되고 있는 잉크는 오프셋 잉크로 안료, 점착제 및 보조제로 구성되어 있는 것이 일반적이다. 안료는 잉크의 색상을 결정 지우며 카본블랙과 유기안료가 주를 이루고 있으며, 점착제는 색상을 가지는 소재와 종이 사이에 점착성을 부여하거나 종이 내부로 잉크 액을 이송시켜 흡수시키는 역할을 담당하고 있으며 수지와 용제 및 식물성 기름으로 구성 되어있다. 그리고 보조제는 인쇄적성을 개선시키기 위하여 사용되는 것으로 인쇄적성개선제, 유동성보조제, 건조성보조제 및 인쇄경화보조제 등으로 구성되어 있다. 신문 인쇄시 주로 사용되었던 활판인쇄의 경우 광물유가 가장 높은 비율을 차지

하고 합성수지와 건성유의 사용량은 대단히 미미하였으나 읍셋인쇄 방식으로 전환되면서 합성수지와 건성유의 사용량이 증가되는 현상을 나타내고 있다(표 13).

육묘용 원지 중의 중금속 함량을 측정하기 위하여 각각의 시료 1 g을 산 가수분해 하여 ICP(Inductively Coupled Plasma-mass Spectrometer)를 사용하여 잉크 중에 함유되었다고 생각되는 중금속 중 인체에 영향을 미치는 5종의 중금속 함량을 측정하였다. 본 연구에서는 시료 중의 Cd, Cr, Cu, Hg 및 Pd 함량 분석을 실시하였다. 실험 결과를 표 14에 나타내었다.

아래의 표 14, 15에는 농산물 재배에 있어 오염 기준과 WHO/FAO의 금속류의 식품 중 허용량과 섭취 허용량을 나타내었다. 토양 중 오염기준에서 구리 및 그 화합물의 경우는 토양 중 125 mg/kg이 기준으로 되어 있으나 실험실적으로 초지된 육묘지 중의 구리 화합물의 함량은 낮은 것은 0.43 ppm이며, 높은 것은 2.54 ppm으로 나타나 토양에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 생각된다(표 16). 그리고 식품중의 허용량은 식품 kg당 0.1~50 mg이고, 섭취 허용량은 체중 1kg당 0.05~0.5/일로 알려져 있어 육묘지에 함유된 구리 화합물의 양에서 본다면 대단히 높은 수치로 폐지를 사용한 육묘 원지를 사용하여 농작물을 재배하더라도 중금속에 의한 피해는 전혀 없을 것으로 생각된다.

표 14. 농산물 재배 등을 제한할 수 있는 오염 기준

구분	특정 수질 유해물질의 종류	오염 기준
	카드뮴 및 그 화합물	생산된 현미 중 1 mg/kg
농산물(논)	구리 및 그 화합물	토양 중 125 mg/kg
	비소 및 그 화합물	토양 중 15 mg/kg

육묘원지 중의 중금속 함유량 측정 실험에서 구리 화합물과 납화합물의 함량이 다른 중금속 화합물에 비하여 높게 나타났으며, 카드뮴의 경우는 이미 일본에서 그 피해의 위험성이

검정되어 중금속의 피해에 대한 인식이 상대적으로 상당히 높은 것이나 육묘지 원지에서는 0.0013~0.0036 ppm이 검출되어 중금속으로부터의 위험성은 없는 것으로 생각된다. 인쇄용지를 사용하였기 때문에 인쇄 잉크에서 유래하는 납의 경우 가장 높은 함유율을 보이거나 수 ppm 정도로 기준치의 1/1,000 이하의 매우 낮은 수치를 나타내었다.

표 15. WHO/FAO의 금속류의 식품 중 허용량과 섭취 허용량

금속	식품 중의 허용량(mg/kg, 식품)	섭취 허용량(mg/kg, 체중)
비소	1.0	2/일
구리	0.1-50	0.05-0.5/일
주석	150-250	20/일
아연	5.0	0.3-1.0/일
철	1.5-50	0.8/일
카드뮴	미정	0.0067-0.0083/주
납	0.1-2.0	0.05/주
수은	미정	총 수은 0.005/주 메틸수은 0.0033/주

이상의 실험 결과에서 폐지를 이용한 육묘 원지에 함유된 중금속은 기준치의 1/1,000 이하로 인쇄 잉크 중의 중금속에 의한 피해는 없을 것으로 사료된다. 원지에 효소를 이용하여 처리하였을 경우가 처리하지 않았을 경우에 비하여 상대적으로 낮은 중금속 보유율을 나타내었는데 이는 효소에 의하여 인쇄 잉크의 박리성이 높아진 것과, 인쇄 잉크의 제거율과 관계가 있다고 생각된다. 이러한 결과는 원지의 백색도 증가와 일치하는 것으로 효소에 의한

효과가 인정되는 결과이며, 지료 중의 미세분 제거율을 높일수록 제거되는 잉크의 함량 또한 높기 때문에 미세분의 제거율과도 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다.

표 16. 육묘원지 중의 중금속 함유량

	sample	Cd(ppm)	Cr(ppm)	Cu(ppm)	Hg(ppm)	Pd(ppm)
O N P	a(untreat)	0.0035	0.1089	1.9810	0.1989	1.3210
	d(treat)	0.0036	0.1107	2.5360	0.0094	0.8630
M O W	g(untreat)	0.0013	0.0824	0.4904	0.0345	4.2920
	j(treat)	0.0028	0.3460	0.4297	0.0567	3.2090
M I X	가(untreat)	0.0033	0.1330	1.7080	0.0578	2.2740
	라(treat)	0.0034	0.1131	1.5170	0.0647	1.3340

## 제 9 절 현장적용을 위한 종합 Field Test

### 1 항. 현장적용을 위한 예비 시험

#### 1. 토양 중 종자 부착상태에 따른 발아 시험

예비실험에서 앞서, 원지에 종자를 부착시켜 파종할 때 원지를 기준으로 종자를 아래쪽에 두는 것과 위쪽에 두는 두 가지 방법으로 발아과정을 사전에 실험하고 그 결과를 관찰하였다. 종자의 위치에 따른 발아율은 확연한 차이를 나타내었는데 먼저 종자를 육묘지의 상단에 부착하였을 때는 발아가 순조롭게 이루어지는데 반하여, 종자를 육묘지의 하단에 두고 발아를 실험을 하였을 경우 종자는 발아가 되지만 발아된 잎이 육묘지를 투과하지 못하고 육묘지 아래에서 발아되어 시간이 경과함에 따라 고사하거나 부패하는 현상을 보였다. 결과적으로 육묘지의 하단에 씨앗을 부착시켜 발아시키고자 하였을 때 단 하나의 잎도 육묘지 원지를 투과하지 못하는 결과를 보여 육묘지를 현장 적용시키기 위하여서는 육묘지의 상단에 씨앗을 부착시켜야 한다는 것을 확인하였다.

#### 2. 현장적용을 위한 토양 중 예비 시험

예비 실험에 사용된 원지는 표 2와 3에서 나타난 원지를 사용하여 실험하였고 대조구로 신문지와 복사용지 및 화장지를 사용하였다. 실험에 사용한 접착제는 변성 전분을 사용하여 실험하였으며 다른 합성 접착제는 발아율의 저하 현상을 보여 예비 실험에는 적용하지 않았다. 예비실험은 실온에서 실시하였으며 각각의 종자를 원지에 20개씩 부착시켜 실험하였다. 실험에 사용된 종자는 무, 배추 및 호박 씨앗을 사용하였다.

실험은 먼저 육묘원지에 종자를 부착하고 종자 상자에 토양을 채운 후 종자가 부착된 원지를 위에 놓고 그 위에 다시 상토를 덮기를 실시하였다. 상토 덮기 후 물 뿌리기를 실시하

여 종자의 발아에 필요한 수분을 공급하고 경시적으로 종자의 발아상태를 확인하였다

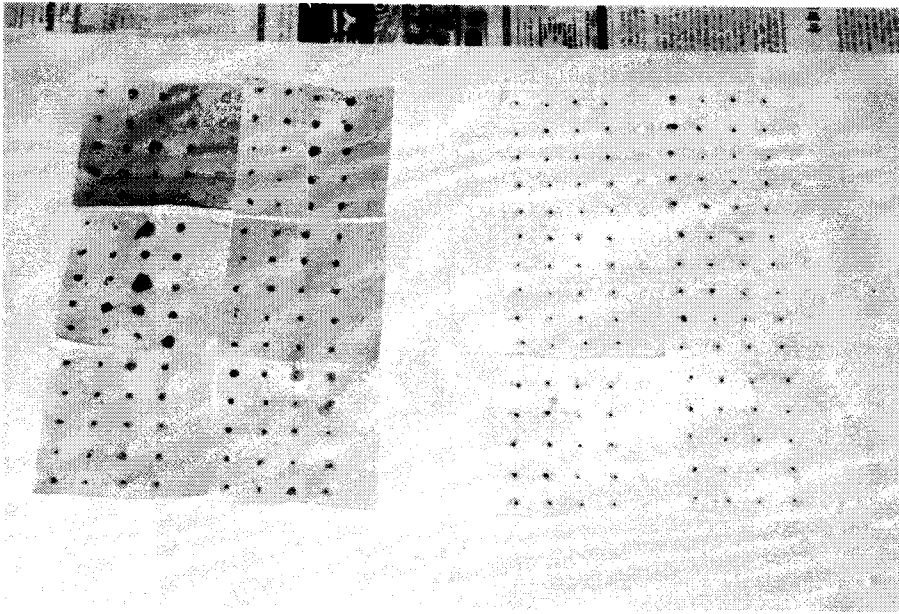


사진 7. 종자의 부착



사진 8. 종자의 파종



사진 9. 파종 3일 후



사진 10. 파종 7일 후

사진 7~10에는 두 종자를 육묘지 원지에 부착 후 파종 3일 후 종자의 발아가 시작되는 것을 관찰할 수 있었으며, 7일 후에 종자의 발육 상태가 양호할 경우 4~5 cm까지 성장하는 것을 관찰할 수 있었다. 종자의 종류에 따른 발아시기에는 명확한 차이가 없었다.

사진 11에는 육묘지를 투과한 종자의 뿌리를 나타낸 것이다. 육묘지의 종류에 따른 종자의 발아율에 차이를 보였다. 일반적으로 판매되고 있는 종자의 발아율은 80%를 기준으로 하고 있으며 본 연구에서는 이러한 평균치에 달하는 발아율을 나타내었고, 뿌리 투과율은 육묘지의 종류에 따라 많은 차이를 나타내었다. 종자의 발아율이 높은 지중도 있으나 뿌리 투과율이 낮은 경우는 성장시간의 경과에 따라 묘종이 부실해 지거나 한해를 입는 경우가 나타나기 쉬웠다. 이러한 경우 현장에 있어서는 뿌리가 토양의 상토 층에 국한되기 때문에 바람이나 비의 피해를 받기 쉬울 뿐만 아니라 실험실 규모에서도 확인된 한해의 피해는 대단히 우려되는 사항이다.

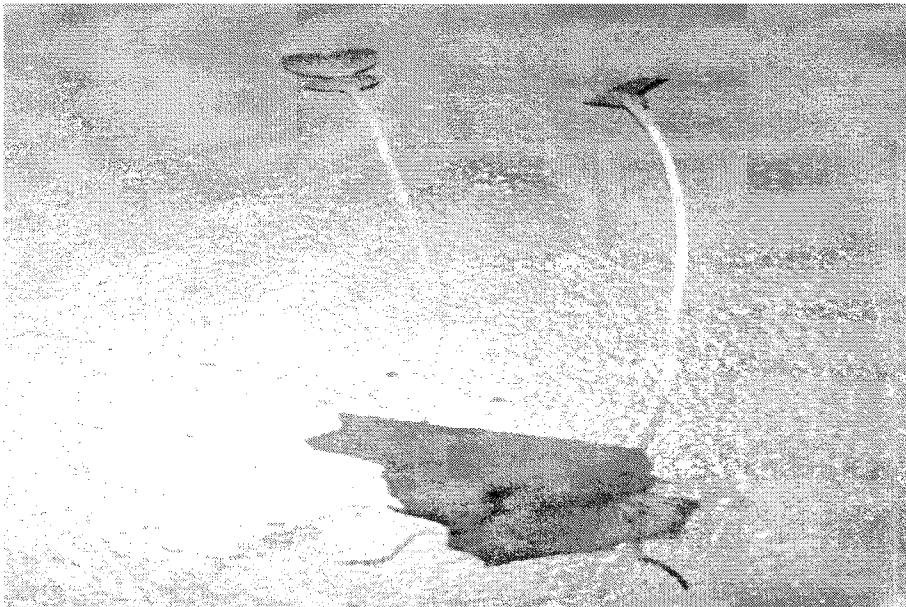


사진 11. 육묘 원지를 투과한 종자의 뿌리

이상의 결과로 보아 종자의 발아율도 중요하나 가장 중요한 것은 육묘지상에서 발아한 종자의 뿌리 투과율이라는 결론을 얻었다. 위에서 언급한 2차 가공에 의한 뿌리 투과율을 높



기는 공정은 대단히 중요하다고 생각된다.

### 3. 발아율과 뿌리 투과율

이상에서 확인한 실험 방법을 토대로 표 2와 3에서 준비된 육묘원지 각각 5 매에 종자를 10개씩을 부착하여 종자의 발아율과 발아된 종자에 의한 뿌리 투과율을 측정하였다(사진 2). 발아 후 뿌리의 투과율은 종자의 생육에 지대한 영향을 미치게 되는데 먼저 육묘 중 묘판의 건조에 대한 저항성을 잃게 되며 두 번째로는 뿌리가 전후좌우로만 발달되면서 종자의 이식 시 뿌리의 과도한 손실로 인하여 건설한 종묘를 얻기가 힘들어지는 단점이 발생할 수 있다.

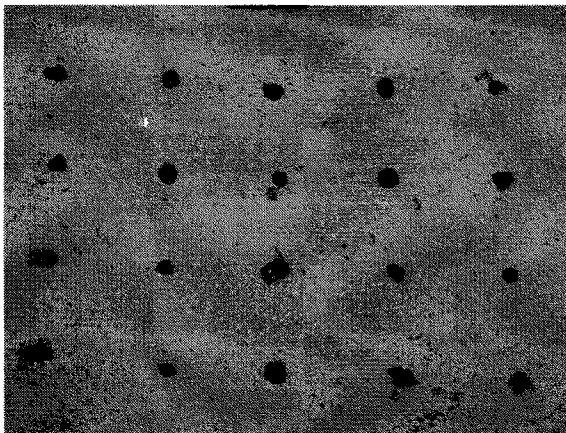
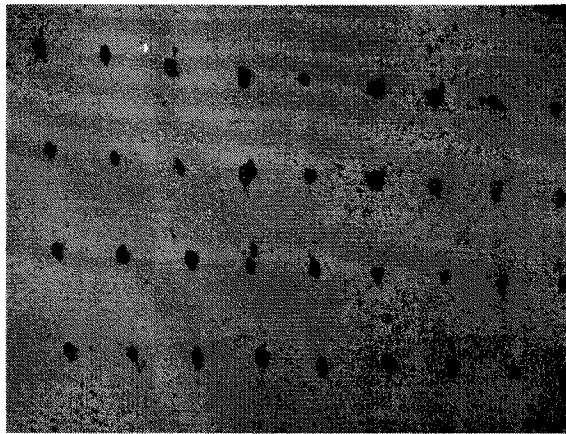




사진 12. 발아율 시험 시료(상:배추, 중:열무, 하:호박)

그림 40과 41에는 종자의 발아율에 대한 뿌리의 투과율을 알아보기 위하여 약제를 처리하지 않은 시료를 사용하여 실험한 결과를 나타내었다. ONP에 있어서는 효소처리하지 않고 탈수하여 준비한 시료의 경우 대단히 낮은 뿌리 투과율을 나타내었으며, MOW에서는 의외로 효소 처리하여 탈수한 시료의 뿌리 투과율이 낮은 것으로 나타났다. 전체적으로 보아 ONP 보다는 MOW의 뿌리 투과율이 높은 것으로 보여지며, 평균적으로 ONP에서는 효소 처리한 것이 MOW에서는 효소처리하지 않은 시료의 뿌리 투과율이 높은 것으로 나타났다. MOW를 효소 처리하여 부상부유로 준비된 시료가, ONP에서는 효소 처리하지 않고 부상부유로 준비된 시료의 뿌리 투과율이 가장 높은 것으로 나타났으며 가장 낮은 것 또한 위의 시료 중 탈수 시료였다.

발아 후 발생된 종묘의 뿌리 투과율에 영향을 미치는 것은 원지의 지료 조성에서 비롯된 원지의 물성에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 원지의 종류나 처리 상태에 따른 종자의 발아율은 차이가 없었으며, ONP에 비하여 비교적 높은 bulk도를 가지는 MOW의 투과율이 높게 나타났다(표 17).

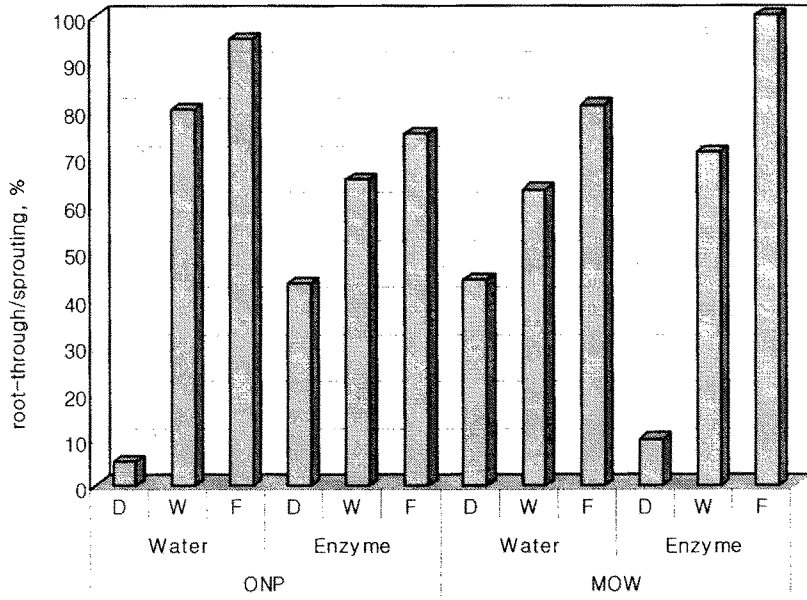


그림 40. 종자 발아율에 대한 뿌리 투과율

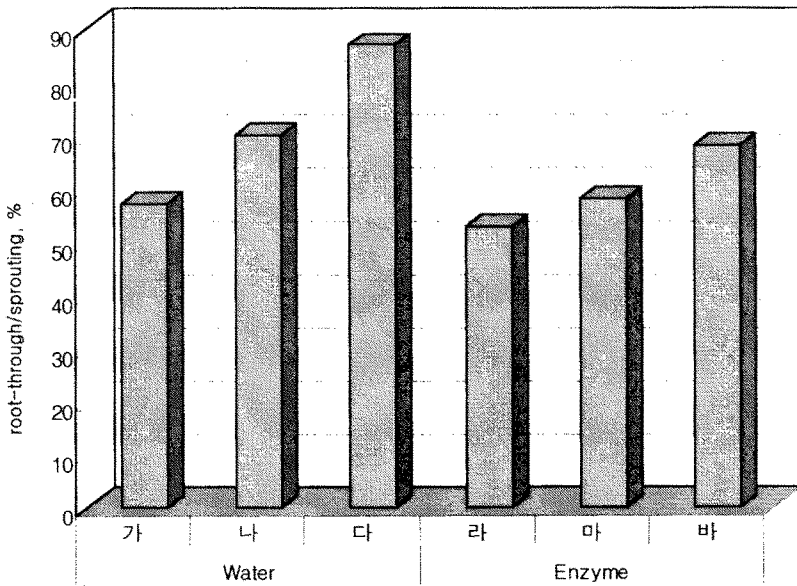


그림 41. 혼합시료에서의 종자 발아율에 대한 뿌리 투과율

표 17. 육묘원지의 발아율과 뿌리 투과율

	ONP						MOW					
	water			enzyme			water			enzyme		
	D	W	F	D	W	F	D	W	F	D	W	F
sprouting(%)	100	75	100	70	100	100	80	80	80	100	75	50
root-through(%)	5	80	95	43	65	75	44	63	81	10	71	100

표 18. 혼합시료와 대조구의 발아율과 뿌리 투과율

kinds	sprouting(%)	root-through(%)
copy paper	40	5
news paper	15	0
tissue paper 1	90	90
tissue paper 2	100	100

지료를 혼합하여 초지한 시료의 경우 효소처리하지 않은 부상부유 시료의 뿌리 투과율이 가장 높은 것으로 나타났으며 MOW 혼합시료 보다 ONP 혼합시료의 뿌리투과율이 높은 것으로 나타나 여기에 비교하여 복사용지, 신문용지 및 화장지를 사용하여 발아율과 뿌리의 투과율을 비교 실험하여 다음의 표 18에 나타내었다.

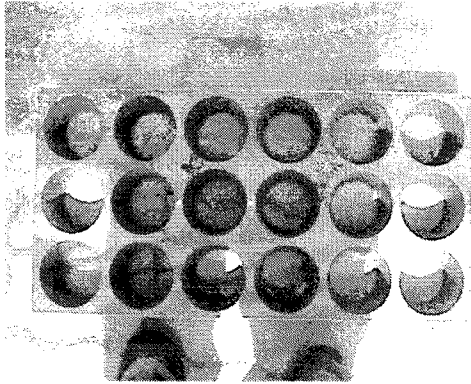
지금까지의 실험 결과 원지는 2차 embossing 가공을 통하여 종자의 뿌리 투과율을 개선할 수 있었다. 이에 비하여 변성전분을 사용하여 종자를 육묘원지에 부착시켰을 경우 종자의 탈락 현상을 방지하는 것이 대단히 중요한 요소라 생각되었다. 일차적으로 embossing 처리를 실시하였을 경우 종자의 탈락이 어느 정도는 방지되었으나 완전히 종자의 탈락을 방지하기는 어려웠다. 차후 보다 부가가치가 높은 작목을 선택하여 종자의 모양과 크기에 따른 부착 방법에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

## 2 항. 현장적용을 위한 종합 field test

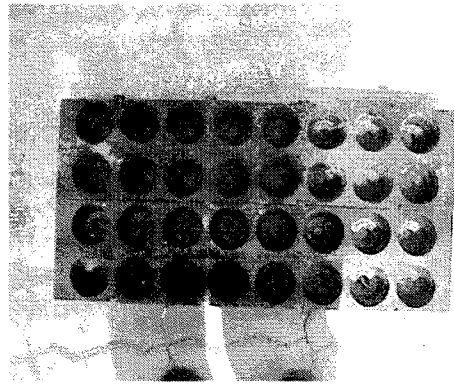
Lab. scale 실험으로 얻어진 정보와 개발된 육묘 원지를 현장에 적용하기 위하여 경북대학교 부설 농장에서 현장적용 시험을 실시하였다. 현장적용 시험에서는 약제의 양에 따른 발아와 생육상태 및 약제의 효과 검정, embossing 처리 지종의 성능 평가를 실시하기였다. 더불어 육묘지에 덧씌우기를 실시한 지종의 효과를 검정하기 위한 실험도 병행하여 실시하였다.

### 1. 육묘상자를 이용한 적용시험

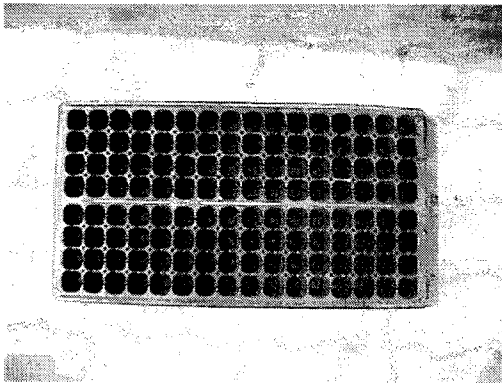
먼저 육묘상자를 이용하여 적용 시험을 실시하였다. 다음의 사진 13은 일반적으로 사용되고 있는 묘상자를 나타낸 것이다. 육묘상자는 묘종의 크기에 따라 3종류가 사용되고 있으며, 육묘상자를 이용한 적용시험은 field test와 동일한 수순으로 작업하였다. 육묘상자에는 작업성을 높이기 위하여 아래에 육묘상자용 밀판을 깔고 위에 육묘상자를 설치한 후 흙으로 육묘상자 만큼 채운 후 종자를 부착한 육묘지를 설치하고 다시 위에 상토를 적토 하였다. 사용된 육묘지는 원지에 화장지를 덧씌운 것과 덧씌우지 않은 각각의 것을 사용하였다.



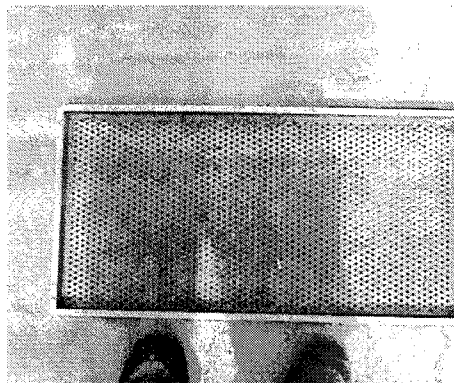
a. 육묘상자 大



b. 육묘상자 중



c. 육묘상자 小

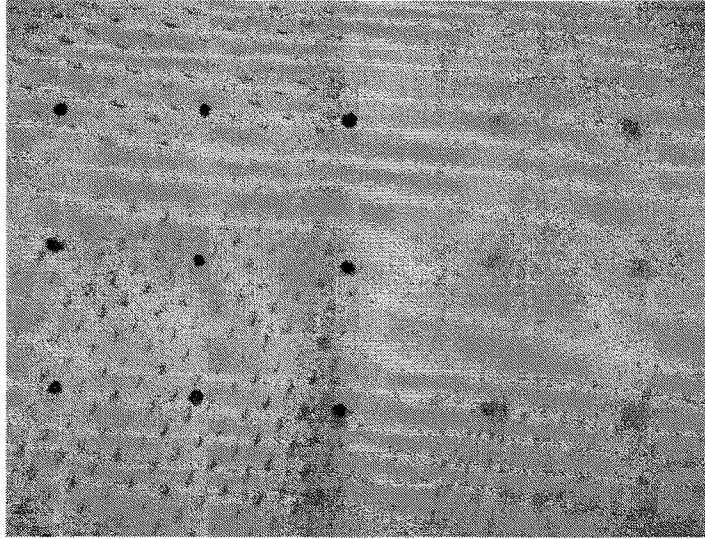


d. 육묘상자 밑판

사진 13. 육묘상자와 밑판

사진 14에는 육묘상자에 적용하기 위하여 제작된 원지의 샘플을 나타낸 것이다. 원지의 절반은 덧씌우기를 실시하고 나머지 절반은 종자를 부착만 한 것으로 제작하여 상호 비교를 원활히 하고자 하였다. 사진 15에는 흙채우기와 육묘지 놓기 및 상토 과정을 나타내었다. 상토 후 충분히 물을 뿌리기를 실시하였다.

3 종류의 육묘상자에서 양호한 발아와 뿌리 투과현상을 확인할 수 있었으며, 화장지 덧씌우기에 의한 차이는 뿌리 투과율에서 명확한 차이를 나타내 현장 field 적용시험에서 사용하고자 하였다.

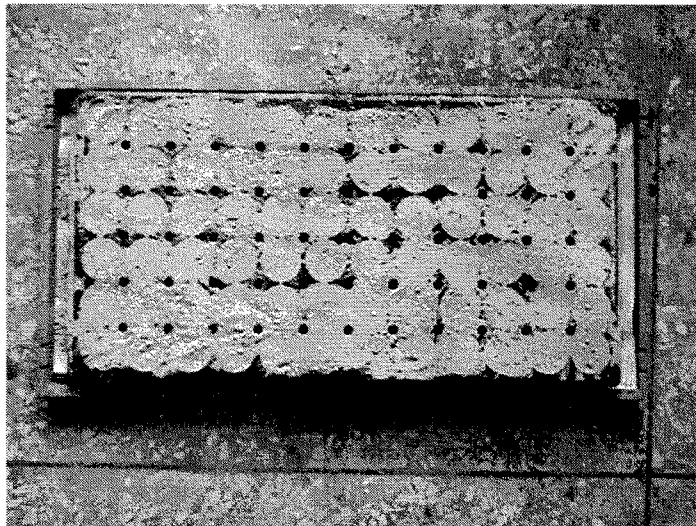


뒤틀리지 않은 면

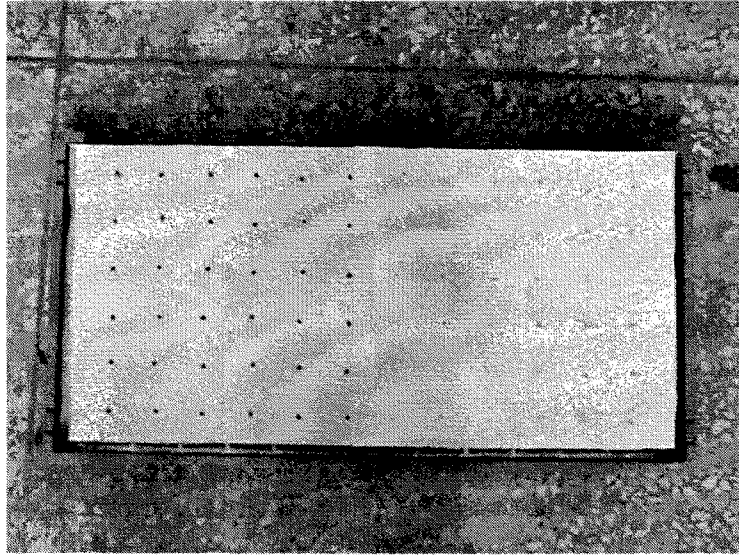
뒤틀린면

사진 14. 화장지 뒤틀리기 시료 예

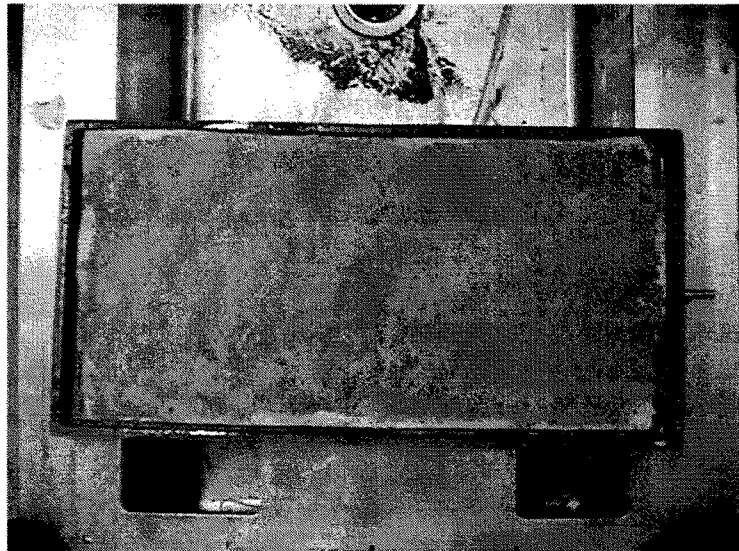
육묘상자를 이용함에 있어 개선점이 발견되었는데 현재 사용되고 있는 육묘상자는 육묘지 사용을 염두에 두고 설계된 것이 아니어서 흙 채우기 실시 후 육묘지를 놓고 상토를 할 경우 상토가 흘러내리는 문제가 발생하는 것이 확인되었다.



a. 흙채우기



b. 육묘지 놓기



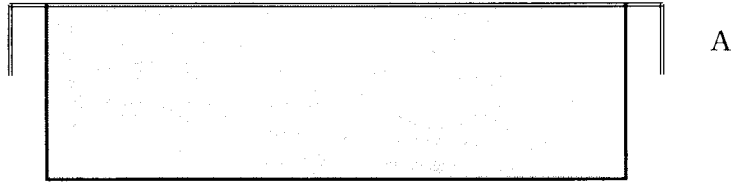
c. 상토

사진 15. 육묘상자를 이용한 적용시험

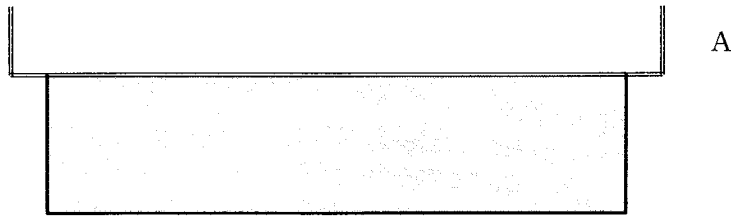
본 연구에서 개발된 육묘지를 이용하기 위하여서는 그림 42와 같은 육묘상자의 개선이 필요하다고 생각된다. 특히 A 부분의 위치를 아래쪽이 아닌 위쪽으로 만들 경우 원활한 상토



작업이 가능하다고 생각되며 개선된 모형의 육묘상자 A 부분의 높이를 2 cm 정도로 조절하여 제작한다면 작업의 능률은 상당히 개선될 것으로 생각된다. 이러한 개선은 농자재 개발에 있어 필수적으로 선행되어야 할 문제라 생각된다.



a. 기존의 육묘상자 단면도



b. 개선된 육묘상자의 단면도

그림 42. 육묘상자의 개선안 단면도

## 2. 현장적용 시험

사진 16에는 농장에서의 현장 적용 시험 광경과 복토 후의 물주기 작업을 나타내었다. 시험은 약제 처리 농도별 발아상태를 관찰하기 위하여 3 종류의 약제를 0.01% 및 0.1% 농도로 처리한 원지를 사용하였으며, embossing 처리에 따른 발아율과 뿌리 투과율을 검토하기 위하여 처리지와 미처리지 각각 사용하였다. 그리고 화장지를 덧씌운 원지와 덧씌우지 않은 원지를 사용하여 현장에서의 발아상태를 관찰하기 위하여 각각의 시료를 사용하였으며 대조구로서 신문지와 복사용지 및 화장지를 사용하여 발아 및 뿌리 투과율에 대하여 검토하였다. 현장 실험을 위하여 매일 아침 일출과 동시에 충분히 물주기 작업을 실시하였다.



사진 16. 현장적용 시험(종자 파종)

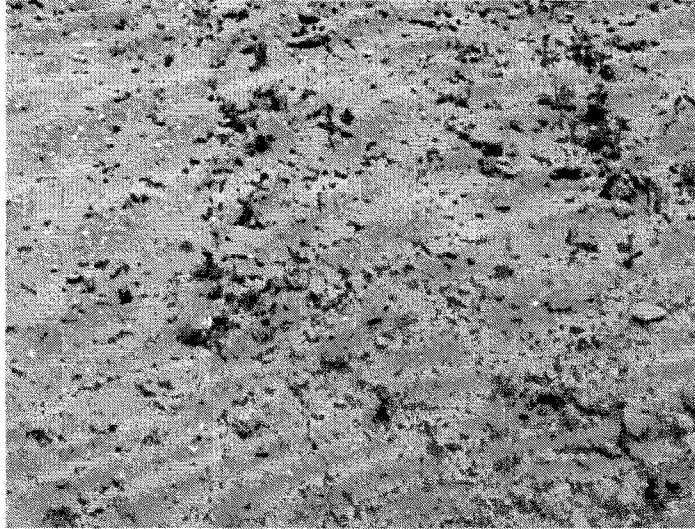
사진 17과 18에는 파종 후 6일 제 약제 농도별 차이를 나타내었다. 종자의 발아 상태를 보면 약제 처리 농도가 낮을수록 발아가 빠른 것으로 나타났으며, 특히 제초제(Dithiopyr)를 처리하였을 경우 0.01%에서는 다른 약제인 살충제(Imidacloprid), 살균제(Tricyclazole)와 별다른 차이가 없었으나 약제 농도를 0.1%로 처리한 시험 구에서는 파종 후 6일째에는 그의 발아되지 않았다. 이러한 결과는 Lab. 실험에서 이미 검토된 것으로 토양에서도 동일한 현상을 보여 처리 약제의 농도가 발아율에 미치는 영향을 확인할 수 있었다.



a. Imidacloprid(살충제)-0.01%처리



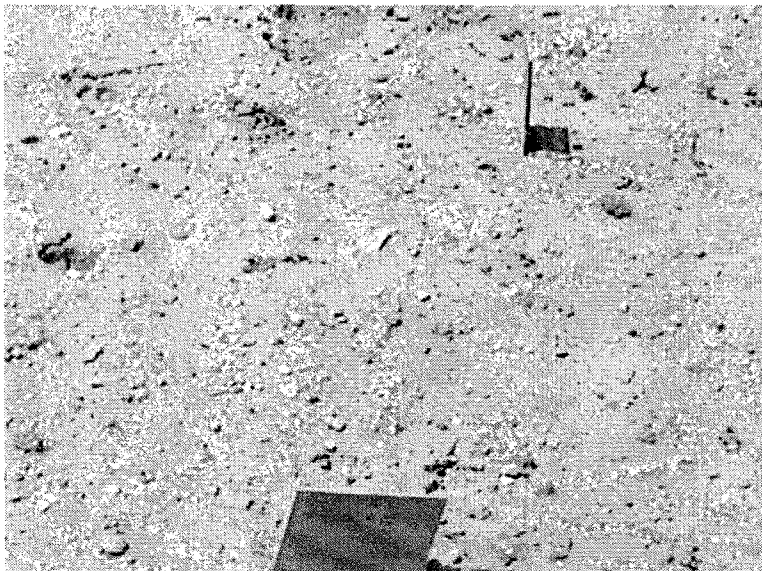
b. dithiopyr(제초제)-0.01%처리



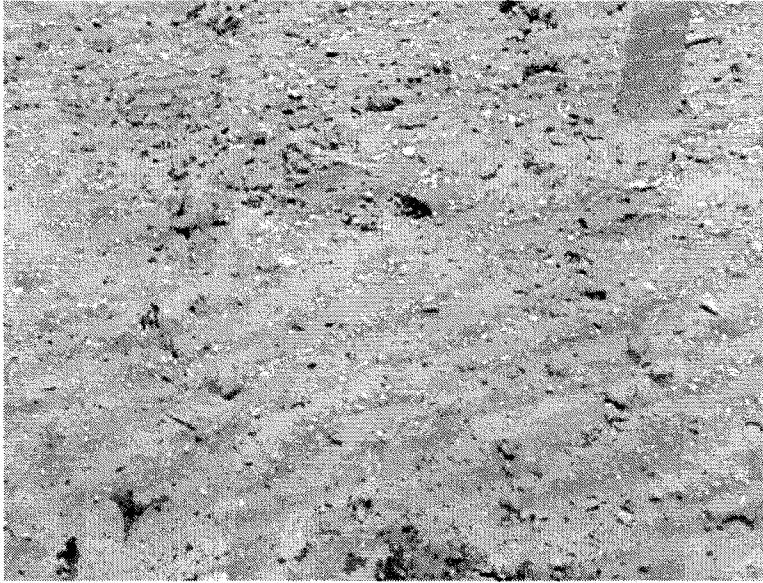
c. tricyclazole(살균제)-0.01%처리

사진 17. 약제농도 0.01%(파종 6일째)

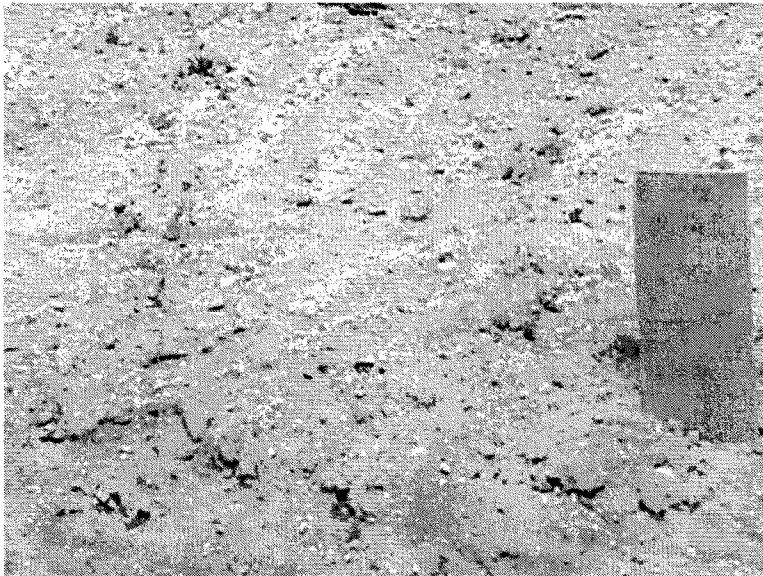
상기에 언급된 현상을 보다 명확히 확인하기 위하여 생육상태를 지속적으로 관찰하고 이를 사진 19와 20에 파종 후 12일과 18일째의 사진 중 제초제(dithiopyr) 처리 구의 발육상태를 나타내었다. 사진에서 보는 바와 같이 처리 약제농도가 높을 경우 파종 후 18일이 경과



a. Imidacloprid(살충제)-0.1%처리



b. dithiopyr(제초제)-0.1%처리



c. tricyclazole(살균제)-0.1%처리

사진 18. 약제농도 0.1%(과종 6일째)

하여도 묘종의 발육 상태가 대단히 불량하며 배추와 열무우의 종자는 그의 발아되지 않는 것으로 관찰되었으며, 이에 비하여 호박의 경우는 발아는 하지만 대단히 그 수세가 약하여

향후 성장장애가 예상되었다.

살충제와 살균제의 경우는 Lab. scale 실험에서와 다른 결과를 나타내었는데 이는 토양 중에서 약제가 종자에 미치는 영향이 적었음을 암시하는 것으로, 페트리디쉬에서의 제한적인 용적에서 실험하였을 경우는 첨가된 약제가 제한된 공간에서 작용하기 때문에 발아에 막대한 영향을 주었다고 생각되나, 현장실험에서는 토양 중으로 용출된 약제가 확산되면서 종자의 발아에는 많은 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다. 또한 토양 중 미생물에 의하여 상당량의 약제 성분이 분해되거나 토양이 용출된 약제를 흡수하였기 때문에 살충제와 살균제에 의한 종자의 발아율에 미치는 영향은 없었던 것으로 생각된다. 더불어 Lsb. 실험 보다 장시간에 걸친 현장 실험으로 용출된 약제에 의한 영향을 줄일 수 있었던 것으로 예견되어 지는데 이는 약제 성분이 가지는 물에 대한 용해도와 밀접한 관계를 가지는 것으로도 생각할 수 있다. 살충제인 Imidacloprid의 경우 물 1ℓ에 610 mg이 용해되고, 살균제인 Tricyclazole는 물 1ℓ에 1600 mg이 용해되는 반면 제초제인 Dithiopyr은 물 1ℓ에 1.4 mg만 용해되기 때문에 경시적으로 제초제는 지속적으로 발아에 영향을 주는데 비하여 용해도가 높은 살충, 살균제는 단시간에 용출되기 때문에 발아에 미치는 영향이 적었다고 생각된다.



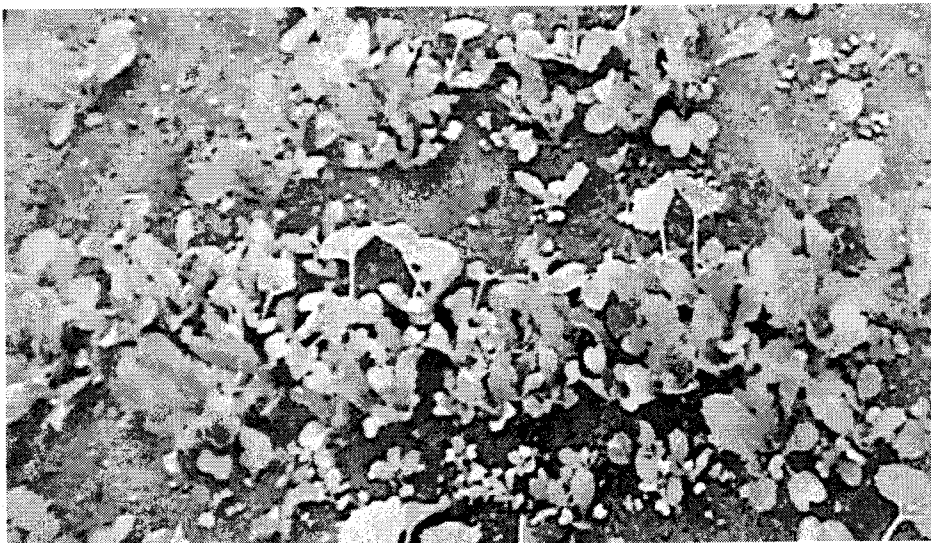
a. 약제 처리 농도 : 0.01%



b. 약제 처리 농도 : 0.1%

사진 19. 제초제 처리 시험 구(과종 12일째)

이러한 약제의 용해도는 현장에서 약효의 발현과 매우 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 토양 중의 균이나 충은 종자 심기 작업이 끝난 후 곳 종자를 오염시키거나 토양 중에 충이 발생하여 발아하는 종묘에 치명적인 영향을 미치는데 비하여 제초제의 경우는 낮은 양이 지



a. 약제 처리 농도 : 0.01%



b. 약제 처리 농도 : 0.1%

사진 20. 제초제 처리 시험 구(파종 18일째)

속적으로 묘포장의 토양에 작용하여 다른 잡초의 발생을 억제하는 역할이 필요하기 때문이다. 이러한 약제의 작용기구와 용해도로부터 제초제에 의한 효과가 예견되어지며 이러한 결과에 부합되는 현상을 관찰할 수 있었다.

사진 21에는 파종 후 18일째이 전체적인 상황을 나타내고 있다. 사진에서 보는 바와 같이 약제 농도를 0.1%로 처리한 구에서는 제초제에 의한 영향으로 인하여 다른 약제 처리구에 비하여 상당히 낮은 발아율을 보이며 부분적으로 발아된 종자의 성장률도 상대적으로 낮은 것을 보이고 있다. 사진의 중간에 묘종이 없거나 생육이 부진한 부분이 제초제가 처리된 구간이다. 이에 비하여 0.01% 농도로 약제를 처리한 원지를 사용하였을 경우는 약제간에 어떠한 관계없이 매우 왕성한 발아와 성장상태를 나타내고 있어 약제에 의한 피해는 없는 것으로 나타났다. 그리고 파종한 종자간에도 발아 및 생육에 차이를 확인할 수 없었다. 사진 상단에는 하단과 달리 모든 부분에 균일하게 발아되어 생육되고 있는 것을 확인할 수 있다.





a. 0.01% 처리 구



b. 0.1% 처리 구

사진 21. 파종 18일째 묘포장의 전경

사진 22에는 약제 처리 조건에 따른 잡초의 발생 상황을 나타내었다. 먼저 육묘지를 사용한 경우(a)와 육묘지를 사용하지 않은 대조구(d)를 비교하였을 때 육묘지를 사용할 경우 약

제를 처리하지 않아도 상당한 제초효과가 있음을 확인할 수 있었다. 일반농가에서는 작물이 자라는 부분 이외에서의 잡초발생을 억제하기 위하여 멀칭비닐을 사용하고 있는데 육묘지와 유사한 작용을 한 것으로 관찰되었다. 일반 멀칭지는 토양의 표층부를 덮어 잡초의 발생을 억제하나 육묘지의 경우는 땅속으로부터 발생하는 잡초의 발생을 상당량 억제하는데 주지의 사실과 같이 토양 표층부에서 발생한 잡초는 토양의 건조와 더불어 쉽게 말라죽기 때문에 어느 정도 깊이에 감추어진 잡초의 씨앗이 발아하는 것으로 생각되는데 육묘지는 이러한 잡초의 발아를 효과적으로 억제하는 것으로 생각된다.

현재 일반농가에서 사용되고 있는 비닐하우스용 비닐과 함께 보편적으로 널리 사용되는 멀칭용 폐비닐에 의한 농업환경의 오염은 실로 큰 문제라 아니할 수 없는 실정이다. 이러한 현 상황을 고려한다면 환경 오염이 없으면서 멀칭비닐에 필적하는 성능을 가지며 토양에서 분해되어 유기질 비료로 작용하는 육묘지의 이용은 대단히 효과적인 농업 방식이라 생각된다.



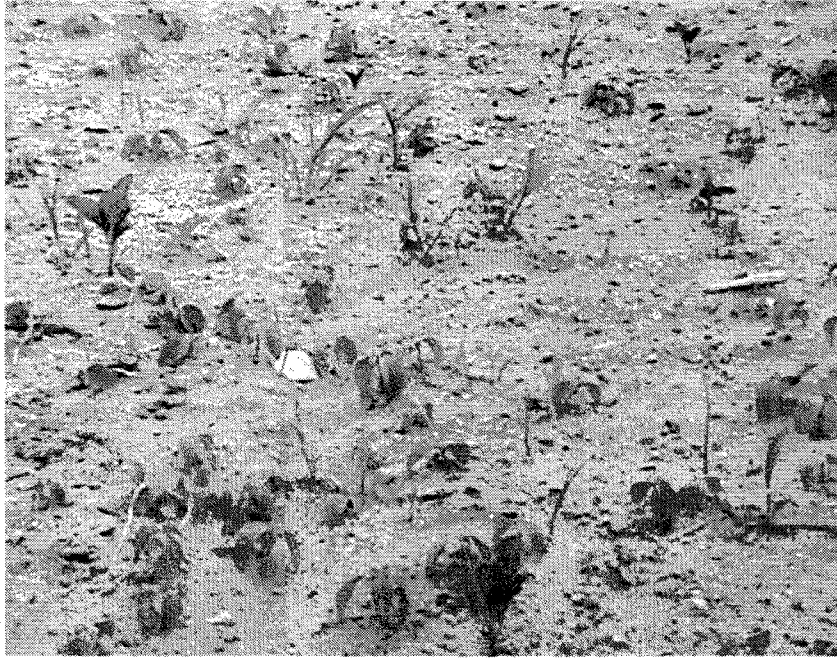
a. 제초제 처리하지 않은 육묘지



b. 제초제 0.01% 처리 육묘지 구



c. 제초제 0.1% 처리 육묘지 구



d. 대조 구

사진 22. 파종 18일 후의 잡초 발생 상황

약제 처리 농도에 따른 차이를 살펴보면 약제를 0.1%농도로 처리하였을 경우 상당히 높은 잡초 방제 효과가 확인되었으며, 발생하는 잡초의 개체수의 감소와 함께 발생하는 잡초의 수세가 대단히 미약함을 관찰할 수 있었다.

사진 22의 d에서 나타난 것과 같이 대조구의 경우는 전체적으로 잡초가 무성하며 각 개체가 모두 건실한데 비하여 약제를 처리하였을 경우는 발생하는 개체수가 적은 것을 확인할 수 있어 육묘지에 처리된 약제의 효과를 확인할 수 있었다.

살충제와 살균제의 효과는 위에서 언급한 바와 같이 용해도가 높아 초기에 토양을 소독하는 효과를 발현한다고 생각된다. 묘포장에 약제를 처리한 육묘지를 식재 후 지속적으로 충의 발생과 병에 감염되었는지를 관찰하였으나 충이나 균에 의한 피해는 없는 것으로 확인되었다. 따라서 육묘지에 처리된 약제에 의한 충과 균에 의한 피해가 예방되었다고 생각되어진다.



a. 미가공지(embossing 처리하지 않은 것)



b. 가공지(embossing 처리한 것)

사진 23. embossing 처리지와 미처리지 비교

embossing 처리지와 embossing미처리지의 비교실험 결과를 사진 23에 나타내었다. Lab. 실험에서는 embossing 처리지의 뿌리 투과율이 높은 것으로 나타났으나 현장 적용시험에서는 실험 기간이 길어 이러한 현상을 확연하게 확인하기는 어려웠으며, 사진에서 보는 바와 같이 embossing 처리를 실시한 시료의 경우 매우 균일하게 종자가 발아하며 성장도 순조로운 것으로 평가되었다. 이는 발생된 뿌리가 육묘 원지를 뿌리가 보다 쉽게 투과하였기 때문인 것으로 생각된다.

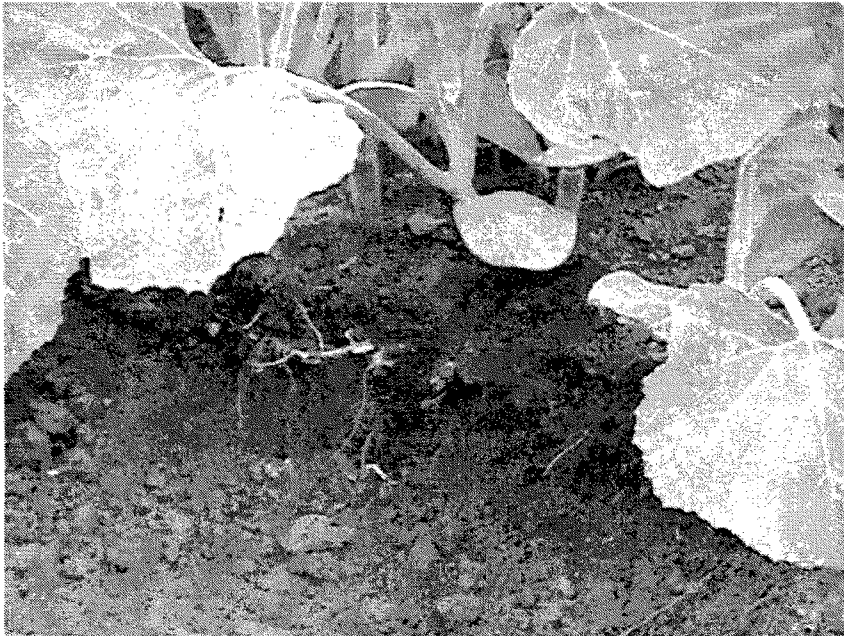


사진 24. embossing 처리 복사지의 호박종자의 뿌리 투과

또한 미처리지의 경우는 지중간에 성장에 따른 차이가 작지만 확인되었는데 비하여 처리지의 경우는 이러한 성장률에 따른 차이가 없는 것으로 보아 embossing 처리하는 것이 현장에서 뿌리의 발아 및 성장에 보다 효과적인 것이라 생각된다. 이러한 결과는 사진 24에서와 같이 embossing 처리한 복사용지의 경우도 대단히 양호한 뿌리 투과율을 나타내는 것으로 이를 뒷받침할 수 있다.

화장지를 덧씌운 시료와 덧씌우지 않은 시료의 비교 실험에서 화장지를 덧씌운 시료의 경

우는 종자 탈락은 전혀 없었으나 화장지를 덧씌우지 않은 시료에서는 상당한 종자의 탈락이 나타났다. 화장지를 덧씌우기 한 시료에 대한 현장 적용시험에서의 결과는 Lab. 실험 결과와 마찬가지로 매우 양호한 발아와 발육상태를 보여 화장지를 덧씌우기를 행함으로써 종자의 발아 및 뿌리의 생육에 효과적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각되며 이를 사진 25에 나타내었다. 이렇게 화장지를 덧씌운 육묘지를 생산·보급할 경우 종자의 탈락을 근본적으로 방지할 수 있어 육묘지의 이송 및 보관시 매우 효과적으로 작업을 수행할 수 있을 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 종자의 모양이나 크기에 관계없이 어떠한 상황에서도 양호한 발아와 생육을 유도할 수 있을 것으로 생각된다.

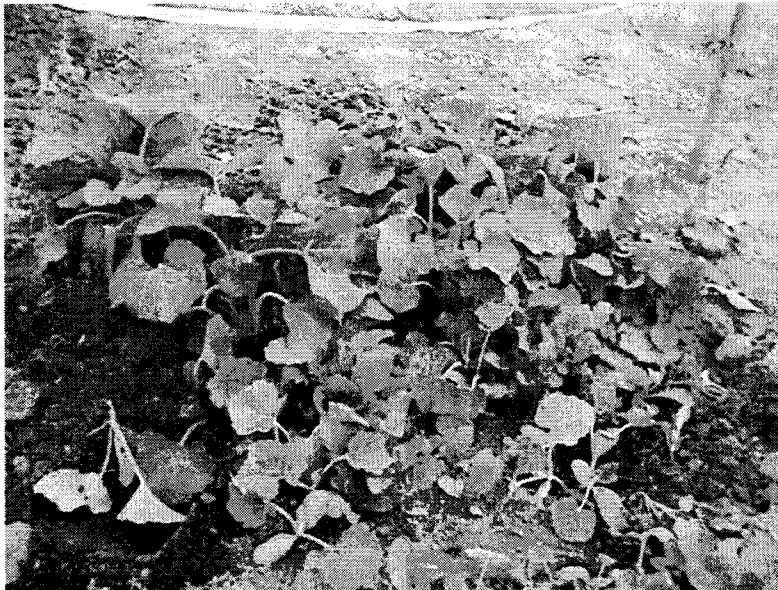


사진 25. 화장지 덧씌운 시료의 성장 상태

이상의 실험 결과를 종합하면 육묘지는 어떠한 종류의 폐지로도 제조가 가능하며 육묘지의 발아와 투과율을 높이기 위하여서는 embossing 처리하는 것이 적합한 것으로 생각된다. 그리고 사용되는 접착제의 제한을 없애고 육묘지에 부착된 종자의 탈락을 방지하기 위하여 화장지 원지를 종자 위에 덧씌우는 것이 대단히 효과적임을 알 수 있다. 이러한 덧씌우기 공법은 채소류의 종자에 비하여 비교적 무게가 무겁고 종자의 껍질이 두꺼우며 표면에 큐티킨질로 도포되어 있어 접착이 어려운 수목의 종자의 파종에도 적합할 것으로 생각된다. 사

용하는 약제의 농도는 제초제의 경우는 원제 농도 0.01% 이하의 농도로 처리하는 것이 바람직하며, 살충제와 살균제의 경우는 약제의 농도에 크다란 영향은 받지 않는 것을 나타냈다.



## 제 10 절 결론

폐지를 이용한 기능성 육묘지의 개발에 있어 원지의 물성은 육묘지의 기능 발현에 있어 가장 근본적으로 영향을 미치는 중요한 인자이다. 폐지는 판지와 일반 종이 정도로 분리되기는 하나 회수 경로의 문제를 안고 있어 지중 별로 완전히 분리되어 수집되기는 어려운 상황이다. 이렇게 수집된 폐지에는 여러 가지 이물질이 혼합된 상태로 수집되고 있는 실정이다.

폐지의 분류 및 이물질의 적절한 제거는 폐지를 재생자원으로 사용함에 있어 대단히 중요한 공정이다. 일단의 제지 공장에 있어서는 pulper로 섬유를 해리하기 전단계로 점착성 이물질로 가장 많은 trouble의 원인 물질이 되는 바인더 부분을 제거하고 이때 수집 중에 함께 혼합되어 들어온 협잡물의 일부를 제거하며, 지중은 수집상으로부터 일부 분리되어 들어오기는 하나 pulper에 들어가지 전에 다시 분리·확인하는 것이 일반적인 사실이다. 이러한 조작들은 인부들에 의하여 일일이 수작업으로 실시되고 있다. 이러한 조업공정은 현재 우리나라의 폐지 회수에 대한 일반 user들의 인식의 부족 및 회수 과정의 다단계화 등의 영향으로 금후 자원의 재활용 및 재이용율의 증대를 위하여서는 반드시 개선되어야 할 중요한 사항이라 생각된다.

폐지의 사용에 있어 효소의 이용은 섬유의 재사용에 따른 각질화를 방지하여 섬유의 유연성을 증대시켜 종이의 건조강도는 증대시키나 습윤강도는 저하시키며, 목재섬유의 수분 함유량을 증대시키기 때문에 육묘지의 원지가 자려야 할 물성을 상당히 개선시킬 수 있었다. 고농도 해리 후 각각의 시료들을 탈수, 세척, 부유부상의 세 가지 방법으로 지료를 준비하여, 각각의 시료에 있어 미세분의 영향을 검토하고 본바 미세분의 적절한 제거가 육묘지 원지의 물성을 상당히 개선된 것으로 확인되었다.

육묘원지의 제조를 위하여 효소 처리한 것과 처리하지 않은 것을 비교하였고 육묘원지로 만든 것과 비교하기 위하여 복사용지와 신문용지 원지 그리고 화장지를 사용하였다. 이들

종이에서의 발아율, 뿌리 투과율 및 토양 중 분해성을 비교한 결과 복사용지와 신문지용 원지는 대단히 좋지 않은 것으로 나타났다. 그리고 초지한 육묘용 원지의 경우는 화장지에는 미치지 못하나 상당히 양호한 것으로 나타났다. 특히 효소 처리 한 것이 하지 않은 것에 비하여 뛰어난 것으로 나타났으며 탈수<세척<부유부상의 순으로 높게 나타나 원지의 제조에 있어 섬유의 개질을 유도에 의한 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 현재의 원지 제조 방법으로도 육묘지 원지로서의 적용이 가능하다고 판단된다.

금후 화장지 보다 우수한 강도적 성질을 가지면서 종자의 발아 및 뿌리의 투과성을 높일 수 있도록 하기 위하여서는 육묘용 원지에 대한 2차 가공 처리도 하나의 idea가 될 수 있다고 생각된다. 적절한 가공처리로는 원지에 대한 엠보싱 처리라 생각된다. 이러한 2차 가공처리는 보다 양호한 뿌리 침투성과 토양 중 분해율을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

육묘 원지의 물성은 건조강도와 습윤강도로 나누어 생각 할 수 있다. 종자 파종 작업의 원활한 진행과 작업의 편리성을 위하여서 건조강도가 필요하며, 파종 후 종자의 뿌리투과, 발아의 원활성 및 토양 부식성의 증대를 위하여서는 습윤강도가 낮을 필요가 있다.

건조강도는 열단장과 비파열도로 비교하였으며, 습윤강도는 습윤 인장강도를 측정하여 건조 인장강도에 대한 백분율로 비교하였다.

육묘용 원지는 충분한 강도를 가지고 있으나 효소 처리한 지료로 초지한 원지가 처리하지 않은 원지에 비하여 보다 낮은 건조강도를 가지고 있는 것으로 나타났으며 습윤강도는 반대의 경향을 보여 대단히 양호하다고 생각된다. 또한 섬유의 처리방법에 따른 차이 또한 충분히 확인되었다. 가장 적절하다고 생각되는 것은 고농도 펄핑시 효소를 실시 처리하고 세척법으로 지료 중의 미세분을 줄이는 것이 효과적이라 판단된다.

기능성 약제로는 크게 제초제, 살균제 및 살충제로 나누어 선발하였다. 기능성 약제는 천연추출물과 합성약제를 고려하였으나 천연추출물의 경우는 그 기작이 불분명한 점이 많고 생산량의 불안정 등이 고려되어 화학합성 약품을 선택하였다. 그리고 가장 일반적으로 사용

되는 약제의 원제를 사용하는 것이 효과적이라 판단 되었다. 이들 약제의 주성분은 일반 시중에 상품화되어 통용되고 있는 것이다. 각각의 주성분은 Imidacloprid, Tricyclazole 및 Dithiopyr로 (주)경농으로부터 원제를 불하받아 사용하였다.

이들 약제의 함침방법으로 내침과 외침법이 있다. 내침법의 경우 초지공정에서 발생하는 백수의 오염이 심각하여 곤란한 것이 현실적인 문제이고 두 번째로 농약원제들의 물에 대한 용해도가 낮은 것이 문제가 되어 외침법으로 약제를 보류시켰다. 본 연구에서는 종이의 흡수를 측정하는 방법의 하나인 클램프법을 modify하여 실시하였다. 이러한 방법 외에도 약제를 희석하여 스프레이 하는 방법도 있으나 이럴 경우 실험실 규모에서는 약제의 균일한 도포가 어려웠다.

폐지의 처리 방법에 따른 약제의 함침량에 차이가 있었다. 효소를 처리하는 것이 목재 섬유 열화(각질화)를 방지하여 보다 약제의 함침율이 높았으며 지료 중에 포함된 잉크와 미세분을 적절히 제거하는 것이 약제의 함침율을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

폐자원을 이용한 경제적이며 기능성이 보완된 그리고 육묘지로서의 기능을 충분히 가진 원지를 제조하기 위하여 제조된 원지와 가공 처리한 원지를 비교하여 실험하였다. 원지를 ONP와 MOW를 사용하여 각각의 처리 방법으로 준비한 지료를 사용하였다. 지료의 처리는 해리 후 탈수와 해리 후 세척 그리고 flotation 처리하는 3종류의 처리 방법을 채택하였으며, 보다 친환경적인 지료를 제조하기 위하여 일반적으로 폐지의 해섬에 사용되는 알칼리성 약품을 대신하여 효소를 사용하여 물만으로 처리한 것과의 비교를 통하여 보다 육묘 원지로서의 적합성을 높이고자 하였다. 상기와 같이 준비된 12종류의 육묘지 원지를 사용하여 적용 시험을 실시하였다.

적용시험에 있어 육묘원지로서 갖추어야 할 기능성으로서 종자의 부착성능을 보강하기 위하여 원지에 embossing 처리를 실시하였다. embossing 처리를 실시할 경우 육묘용 원지의 강도는 다소 저하되나 embossing 처리에 의하여 토양과의 접촉 면적이 넓어지므로 생분해성이 향상될 것으로 생각되며, 종자의 부착성능이 증가되는 것을 확인 할 수 있었다. 부피가 큰 종자의 경우 접촉제만으로는 충분한 접착이 불가능하다는 것을 확인하고 embossing 처

리된 원지 위에 종자를 부착시키고 종자와 원지 상단에 화장지 원지를 덮어 종자의 탈락을 방지하고자 하였다. 이상의 방법으로 종자의 탈락은 완전히 방지할 수 있었다. 그리고 embossing 처리로 인하여 보수성, 유연성, 신축성, 밀착성 및 물 품림성이 개선되는 효과가 확인되어 초지 된 원지 보다 2차 가공처리를 통하여 원지의 물성을 보다 개선시킬 수 있었다.

일반적으로 사용되는 채소 종자 중에서 가장 큰 것이 호박이라 생각되어 호박 종자와 중간 크기의 것으로 열무우 그리고 작은 종자로 배추 종자를 사용하였다. 그리고 상기에 언급한 가공 원지와 무가공 원지 그리고 화장지를 덧씌운 원지를 사용하여 발아율 시험과 성장률 시험을 실시하였다. 실험 결과 발아율과 성장률에 미치는 영향은 전혀 없는 것으로 나타났다. 따라서 임업에 응용하고자 한다면 호박보다 작지만 무거운 잣 등과 같은 종자의 육묘지로도 사용 가능하다는 것을 알았다.

농약의 사용량이 높을 경우 종자의 발아에 미치는 영향을 확인하기 위하여 사용된 약제인 제초제, 살균제, 살충제를 원지에 0.1% 및 0.01% 처리하여 실험한 결과 약제를 0.01% 이상 처리할 경우 종자의 발아에 영향을 미친다는 것을 확인하였으며 향후 제품화되었을 경우 과다한 약제 처리는 피하는 것이 바람직하다고 생각된다.

약효의 지속성은 실험실 예비 실험(수중용출실험)의 결과와 매우 유사한 결과를 얻었다. 이러한 결과는 약제가 가지는 물에 대한 용해도와 매우 밀접한 관계를 가지고 있음을 확인할 수 있었으며, 약제의 비 용해성 개선을 통하여 약제의 지속성을 보완할 수 있다고 생각된다.

실험에 사용된 접착제는 천연고분자계 접착제로 전분계 접착제 3종류와 변성 전분계 접착제를 사용하였으며, 합성 고분자계 접착제로는 초산비닐계 접착제와 스테렌 부타디엔 접착제 및 요소접착제를 사용하여 실험하였다. 실험 결과 초산비닐계와 요소접착제는 건조시간이 길과 건조 후 발아율이 다른 접착제에 비하여 낮아지는 경향을 나타내었다. 전분계 접착제는 발아에 미치는 영향이 전혀 없는 것으로 판단되나 접착 후의 건조 시간과 접착 후 접착면이 쉽게 파괴되어 부착된 종자의 탈락이 발생이 많은 것으로 판단되었다. 스테렌 부타

디엔 접착제도 유사한 경향을 나타내었다. embossing 처리한 원지에서의 접착은 embossing 처리하지 않은 것에 비하여 종자의 탈락이 낮아지며 embossing 처리 후 화장지 원지를 부착한 경우는 탈락을 완전히 방지할 수 있었다. 또한 접착제의 건조시간에서 차이를 제외하면 어떠한 접착제의 사용도 무방하므로 화장지 원지를 상단부에 도포하는 공정을 통한 육묘지 생산이 가장 안정적인 방법으로 생각된다.

토양 중 육묘 원지의 생분해도 시험에서 지중 및 처리 방법에 관계없이 모두 생분해가 가능한 것으로 나타났다. 그리고 대조구로 사용된 신문지 원지나 화장지의 경우도 생분해성을 확인하였다. 생분해성은 flotation한 것이 대체로 우수한 것으로 나타나 폐지 중의 미세분 특히 미세분 제거로 감소된 무기물의 영향을 받은 것으로 판단된다. 하지만 이들 지중 간 차이는 미미한 것으로 판단되었다.

토양 실험 및 페트리디쉬 실험에서 폐지 중의 잔존 잉크 및 중금속의 영향은 나타나지 않았으며 처리한 농약의 농도가 높을 경우 약해의 피해를 받는 것으로 나타났다. 그리고 약제의 종류에 상당한 차이를 나타내었다. 제초제로 사용한 dithiopyr의 경우 약해의 피해가 가장 심각하게 나타났으며 처리한 농도는 0.1% 용액을 육묘 원지에 처리한 것이었다. 따라서 약제 처리에 있어 약제의 농도를 0.01% 이하 용액으로 함침 처리하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각되며 이러한 결과는 field test와 페트리디쉬 시험에서 확인되었다.

생분해된 육묘 원지로 인하여 입도 분포는 변화가 없었으나 보수성은 다소 증가되는 경향을 보였으나 그 정도는 대단히 미미하였다. 이러한 결과는 유기물질의 양에도 영향을 미쳤다고 보여진다.

육묘 원지는 제조 방법에 따른 지중 별 field test 결과를 바탕으로 하여 보면 원지를 2차 가공하여 embossing 처리하는 것이 가장 바람직한 방법으로 생각된다. 이러한 embossing 처리를 통하여 토양 중 생분해성뿐만 아니라 원지의 신축성이 개선되었으며 종자의 발아 후 뿌리 투과율의 증대를 가져왔다. 또한 종자의 접착성이 향상되었으며, 육묘지 원지에 화장지를 덧씌울 경우 종자의 탈락을 근본적으로 방지하면서 발아에는 어떠한 영향도 미치지 않는

것을 확인하였다.

이러한 일련의 결과는 임업에서 사용할 수 있는 가능성뿐만 아니라 어떠한 종자의 발아용 육묘지로도 사용할 수 있는 가능성을 제시하였다. 다만 현재 시중에서 판매 유통되고 있는 육묘용 포트는 개발된 육묘지를 사용하기에 부적합한 것으로 생각된다. 육묘 포트에 흙을 채우고 난 후 육묘지를 덮고 상토를 할 경우 상토 부분이 포트의 상단에 있어 관수시 상토가 쏠려 내려가는 현상이 있어 개발의 필요성이 있는 것으로 생각된다. 이에 비하여 육묘장에 사용할 경우는 아무런 문제를 발견할 수 없었다. 일부 실험에서 포트를 사용하여 포트의 정 중앙에 육묘되는 것을 확인하였으며 이러한 결과를 금후 종이 몰드형 포트를 사용할 경우 대단히 작업성의 개선 및 공정의 간편화를 통하여 농가의 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

일본의 육묘지는 물로 인하여 쉽게 분리되는 특성을 가지나 두께가 두꺼운 부직포로 되어 있으나 금번 본 연구에서 개발된 육묘지는 비교적 두께가 얇고 강도적 성질 또한 육묘지로 적합하며 생분해성을 가지며 폐자원의 이용이라는 측면에서 가지는 이점이 대단히 많다고 생각된다. 육묘지가 가지는 작업성의 간편성 및 효율성은 비슷한 것으로 판단되지만 토양에 미치는 영향을 감소시키며 폐자원의 고부가가치를 위하여 대단히 고무적인 개발이라 판단된다.

육묘지의 제조는 원지 제조 후 2차 가공 중 간단한 embossing 처리를 통하여 매우 만족스러운 결과를 얻을 수 있을 것을 판단되며, 화장지의 덧씌움 작업은 이러한 육묘지의 기능을 배가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

육묘지 제조 공정에서 2차 가공 처리된 원지에 일정량의 접착제를 도포하고 이어 종자를 일정 위치에 위치시키고 이어 화장지 원지를 덧씌움 하여 건조하는 공정을 통하여 목표로 하는 결과를 얻을 수 있었다. 사용하는 접착제는 전분계 접착제로도 충분한 접합강도를 나타내기 때문에 저가의 육묘지 생산이 가능할 것으로 판단된다. 이러한 방법을 채용한다면 사용할 수 있는 종자에 대한 제한은 없을 것으로 판단된다. 현재 과채류 생산농가에서 규격 모종을 선호하고 있는 경향이 있어 이러한 규격 육묘지의 사용은 대단히 효과적일 것으로

생각된다.

효소처리에 따른 기능의 현격한 증가가 확인되지 않아 아직은 값비싼 효소를 사용하지 않고도 충분히 기능성을 발휘하며, 수집된 폐지의 종류에 무관한 육묘지를 생산할 수 있을 것으로 판단된다. 육묘지를 사용할 경우 묘장에서 잡초의 억제효과가 나타나 약제로 인한 일단의 효과가 검증되었다.

폐지는 우리 생활 쓰레기 중 28% 이상, 사무실 쓰레기 중 60%에 달하는 막대한 양을 점하고 있다. 이러한 버려지는 자원을 보다 효율적이며 친환경적인 소재로 사용할 수 있어 경제적인 가치 외에 상당히 많은 기여를 할 수 있을 것을 판단된다. 현재 시판되고 있는 육묘지는 부직포로 되어 있어 제조 공정에서 발생하는 환경영향과 사용 후 토양에서의 난 분해성 그리고 기능성 부여 부적합성 등의 성질을 폐지를 이용한 육묘지와 비교한다면 상당한 경제적 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한 임업에서도 적극적으로 기능성 육묘지를 활용한다면 노동력의 절감과 사용 약제의 절감을 통한 부가적인 이익을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### - 폐지 전처리 및 개질 기술

일반 생활쓰레기의 28%, 사무실 쓰레기의 60%이상을 점하는 폐지의 재활용 방안으로 제시된 기능성 육묘지(seed-felt)의 개발에 있어 원료가 되는 폐지의 전처리는 개발하고자 하는 육묘지의 물성에 중대한 영향을 미친다. 따라서 폐지의 전처리에 의한 폐 목재 자원의 개질은 대단히 중요한 요소이다. 본 연구에서는 이러한 폐지의 전처리 기술로 효소를 이용하여 해섬하는 기술을 적용하여 목재 섬유재의 재생에서 발생하는 목재 섬유의 단섬유화, 미세분의 증가, 백색도 저하 및 섬유의 유연성 감소를 개선하였다. 이러한 개선 효과는 목재 성분 중 hemicellulose와 lignin이 제거된 MOW에서 보다 명확한 효과가 나타내었으며 이러한 처리 기술은 급후 폐지 활용에 중요한 개질 기술로 확대 보급될 것이라 생각된다. 효소를 이용한 개질은 수자원의 오염을 감소시켜 환경오염 방지의 한가지 방안으로 강구되고 있으며 자원의 유효 이용 및 고부가가치에 기여할 것으로 생각된다.

### - 육묘원지의 제조기술

현재 개발 시판되고 있는 육묘지는 부직포로 제조된 것으로 이들은 물에 의한 분해성 이외의 어떠한 기능도 가지지 못하며 생분해성이 문제가 되어 2차 적으로 토양에 부담을 주는 요소가 있다고 생각된다. 그리고 종자의 발아와 생육에 필요한 영양분 및 약제의 사용이 통상 사용되고 있는 재배 방법과 별반 차이가 없는 것이 현실이다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고 농가의 노동력 절감과 농약사용량의 감소를 유도하여 농산물의 생산비 절감을 유도하고자 하였다. 개발된 육묘지는 약제의 수용이 용이하며 토양 중 생분해성이 가지고 있어 묘종 생산에 적합하다고 생각된다. 폐지는 일반적으로 인쇄된 것이 많아 인쇄 잉크 중의 중금속에 의한 피해가 우려되었으나 제조된 육묘원지 중의 중금속 분석결과 대단히 낮은 양의 중금속이 검출되어 중금속에 의한 우려는 없는 것으로 판단되었다. 육묘지의 개발에 있어 가장 중요한 것 중의 하나가 종자 발아 후 뿌리의 투과율이다. 종자의 뿌리 투과율



을 높이기 위하여 원지에 embossing 처리를 실시한 결과 대단히 양호한 뿌리 투과성과 생 분해성이 확인되었다.

#### - 육묘원지의 물성

원지의 물성은 강도적 성질과 광학적 성질을 측정하였다. 강도적 성질은 embossing 처리지와 미처리지 각각을 분석 측정하였다. 측정 결과 embossing 처리지는 미처리지에 비하여 강도가 저하되는 특성을 나타내었으나 육묘지로서 충분히 사용할 수 있는 강도적 성질을 가진 것으로 평가되었다. 원지의 강도적 성질은 미세분의 제거율에 크게 의존하고 있는 것으로 나타났으며, 폐지의 해섬 시 개질제로 투입된 효소를 사용하는 것이 보다 높은 강도를 나타내어 섬유유 개질 효과를 검증하였다. 광학적 성질에서도 효소를 사용할 경우 보다 높은 백색도를 나타내는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 보아 개질제를 투입할 경우 목재 섬유유에 인쇄된 잉크의 제거가 보다 용이하며 섬유유의 팽윤성 증가 및 미세분의 적절한 조절로 인하여 보다 높은 강도적 성질 및 광학적 성질을 나타내었다.

#### - 기능성 약제의 선발 및 부여 기술

기존의 육묘지에 적용이 곤란하였던 기능성을 부여하기 위하여 제초제와 살균제 및 살충제를 육묘지에 도입하는 기술을 개발하고자 하였다. 이들 약제는 농가에서 가장 일반적으로 대량 사용되고 있으며 그 사용량 또한 대단히 많은 것이 현실이며, 이들 약제가 토양에 미치는 영향이 문제시되고 있어 약제의 사용량을 줄이고자 하였으며 부가적으로 이를 통하여 원자재비의 절감을 달성하고자 하였다. 목재섬유유는 부직포가 가지지 못하는 흡수 및 흡착성을 가지고 있어 이를 활용하여, 침지법으로 초지된 육묘지 원지에 기능성 약제를 도입하였다. 도입된 약제는 경농에서 제공된 원제를 사용하였다. 약제의 농도에 따라 도입량을 결정할 수 있었으며, 토양 및 수중 용탈 실험에서 이들 약제가 가지는 용해도가 매우 밀접한 관계를 가지며 약제의 기능을 발현하기 위하여 약제의 용해도가 매우 중요한 역할을 담당하고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

## - 발아 및 생육 시험

Lab. 스케일 실험에서 육묘지에서의 발아는 대단히 만족스러운 결과를 나타내었으며, 약제를 처리한 육묘지에서는 약제의 종류와 농도에 따른 차이가 명확히 발현되었다. 특히 제초제의 경우 발아에 영향을 미치며, 약제의 농도가 높을수록 영향을 미치는 것이 확인되었다. 육묘원지의 상단과 하단에 각각 종자를 부착하여 발아시험을 실시하여 본 결과 육묘지의 하단에 종자를 부착할 경우 발아 후 잎이 육묘지 아래에서 고사하거나 부패하는 현상이 관찰되어 종자는 육묘지의 상단에 부착하고 발아 후 종자에서 발생된 뿌리가 육묘지를 관통하는 투과성의 중요성 확인하였다. 묘상의 건조 및 바람에 의한 피해를 받기 쉽기 때문에 이러한 뿌리의 투과성은 생육에 있어서도 많은 영향을 미치는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 이러한 제반 필요성에 대한 인식을 제고하여 육묘용 원지에 embossing 처리를 실시하여 발아 및 생육에 필요한 요소를 충족시킬 수 있었다.

## - 종자접착용 접착제의 선정

육묘지는 육묘원지에 접착제를 사용하여 종자를 접착시켜 포장 또는 묘상자에서 일정한 간격으로 발아 및 생육하기 때문에 접착제의 채용은 중요한 문제이다. 실험에서는 합성고분자수지와 천연고분자수지를 사용하여 접착 실험을 실시하였으나, 합성고분자수지의 경우 경화시간의 지연, 발아율에 미치는 악영향이 확인되었다. 이에 비하여 천연고분자수지에서 이러한 악영향은 없었으나 접착면이 경화된 후 육묘지를 움직이면 접착제의 경도가 높아 접착층이 부서지거나 접착면이 떨어지면서 종자가 탈락되는 현상이 발생하였다. 본 연구에서는 접착제에 요구되는 속건성 및 경고한 접착성을 얻기 위하여 육묘 원지위에 화장지를 덧씌우는 방법을 채택하였다. 이러한 방법으로 접착제를 부착시킬 경우 접착제의 절감으로 합성고분자수지의 활용이 가능하였으며 천연고분자수지인 전분을 이용한 종자의 부착도 가능하게 되었다. 화장지를 덧씌울 경우 우려되었던 종자의 발아 및 뿌리 투과율은 화장지를 덧씌우지 않은 것에 비하여 보다 양호한 결과를 나타내었다.

## - 현장적용 시험

이상에서 검토된 embossing 처리, 화장지 덧씌운 시료 및 약제의 농도에 따른 장해 그리고 초지된 지종간의 차이를 현장에 적용하여 발아율과 뿌리 투과율 및 생육상태를 관찰하였다. 먼저 약제 농도에서 보면 제초제의 경우 0.1% 농도로 원지에 처리할 경우 종자의 발아율이 현저히 저하되는 현상을 확인하였다. 제초제의 경우 장시간 토양 중에 머물며 발생하는 잡초를 억제하기 위하여 바람직한 현상이라 생각되며, 살충제와 살균제는 토양의 소독효과를 발휘하기 위하여 단시간에 토양 중 용출되기 때문에 발아 및 생육에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 현장에서 발생한 잡초의 개체 수와 수세를 보면 제초제에 의한 효과가 확연히 확인되었으며, 약제를 처리하지 않은 구에서도 제초 효과가 나타나는 것으로 보아 토양 중에서 육묘지가 멀칭지와 유사한 역할을 하였기 때문인 것으로 보여져 금후 활용 방안의 확대가 가능하다고 생각된다. embossing 처리지와 미처리지의 비교에서 처리지의 경우가 발육이 보다 양호한 것으로 평가되어 embossing 처리에 의하여 뿌리의 투과가 보다 양호하게 이루어 졌기 때문인 것으로 생각된다. 또한 발아 초기 묘장이 건조시켰을 때 생육상태를 보면 embossing 처리지 시험구의 생육 상태가 양호한 것으로 보아 뿌리 투과율에 많은 영향을 미쳤음을 알 수 있었으며, 표면적의 증가로 인하여 미생물에 의한 생분해도 또한 증가될 것으로 생각된다. 화장지를 덧씌운 시료와 덧씌우지 않은 시료를 비교하였을 때 두 시료간에 뚜렷한 차이는 나타나지 않는 것으로 보아 덧씌운 화장지가 토양 중에서 종자의 발아에 미치는 영향은 없는 것으로 생각된다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

폐자원의 재활용은 자원빈국인 우리나라의 입지에서 본다면 대단히 중요한 문제로 기술적인 개발의 필요성은 더 이상 언급의 여지가 없다. 지금까지 폐지는 화장지와 골판지 생산에 사용될 정도로 대단히 그 사용처가 미미하였고 부가가치 또한 그렇게 높지 않았던 것이 사실이다. 본 연구에서 개발된 기능성 옥묘지는 이러한 폐자원의 활용도와 부가가치의 증대 및 농가의 생산성 증대와 더불어 수입 증대를 목표로 하고 있다.

본 연구에서 재생 목재섬유를 이용한 옥묘원지의 활용은 채소류에 국한되어 있으나, 연구 개발된 embossing 처리 기술 및 화장지 덧씌움 기술을 활용한다면 어떠한 모양, 어떠한 크기의 종자도 옥묘지에 부착이 가능하며 탈락이 그의 없는 상태로 운송 및 파종이 가능하다고 생각된다. 더불어 처리하는 약제의 종류를 다양화할 수 있기 때문에 작물의 종류에 따라 십분 대응할 수 있는 장점을 가지고 있다고 생각된다. 따라서 농업뿐만 아니라 임업에도 충분히 사용될 수 있으며 사방공사 등의 토목공사에도 활용이 가능하다고 생각된다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제지 산업은 다른 산업에 비하여 막대한 물을 사용하기 때문에 작금의 환경문제와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 특히 제지산업에 원료를 공급하고 있는 펄프의 경우는 더욱 심각한 환경문제를 유발시키기 때문에 현재 많은 선진국에서는 자국에서 펄프를 생산하기 보다 비교적 환경 규제가 덜한 개발도상국으로 공장을 이전시키고 있는 실정이며, 펄프화 자원의 부족으로 인하여 양질의 침엽수에서 질이 덜한 활수엽를 이용하여 펄프화하는 경향이 증가하고 있는 실정이다. 펄프화하는 공정에서 발생하는 막대한 양의 폐수는 주로 목재 중의 리그닌에 유래하는 것으로 독성이 있고, 폐수가 색을 띄고 있어 처리에 상당한 어려움을 따른다. 유럽 국가 중 제지산업에서 선진국인 스웨덴과 핀란드 등에서는 이러한 환경적인 문제 때문에 펄프화에 효소를 이용하는 방법이 적극적으로 검토되고 있으며 이들 나라와 북미의 몇몇 회사에서는 이러한 방법이 실제로 산업화되어 활용되고 있는 실정이다. 하지만 이러한 방법은 화학적인 방법에 비하여 생산비가 많이 소용되는데 이는 생산시설의 확충에 따른 것으로 저장조의 증설이 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 보고되고 있다. 한편 일부 선진국에서는 펄프화 후 배출되는 폐수의 정화를 위하여 상당한 넓이의 저수지를 활용하는데 이 경우 저수지에 식물을 심어 자연 정화를 유도하고 있는 실정이다. 하지만 우리나라의 경우 이러한 시설을 설치하기 어려운 실정이며, 화학펄프공장이 국내에 하나뿐이어서 비교적 적은 부담을 안고 있다. 하지만 제지산업의 경우 종이 1톤을 생산하기 위하여서는 200톤 정도의 물이 필요한데 이는 펄프를 물에 해리 시켜 초지하기 때문으로 물의 소비량을 줄일 수 있는 기술은 아직 개발되어 있지 않은 실정이다. 때문에 현재 많은 제지공장에서는 백수 시스템의 폐쇄화(closed化)에 많은 기술적인 노력을 경주하고 있으나 실상 어려운 문제가 산적해 있는 실정이다. 백수 시스템의 폐쇄화란 초지 공정에 사용된 물을 회수하여 다시 사용하는 것으로 청수(공정에 투입되는 사용하지 않은 물)의 사용량을 줄이고 폐수 배출량을 줄이는 것이 목적이나, 회수된 백수 중의 미세분 함량의 증가, 백수 중의 염류 증가로 인한 약품의 투입량 증가와 투입량 결정의 어려움 등 많은 문제를 안고 있다. 우리나라의 경우 화장지와 골판지 제조에는 대부분이 원료로 폐지가 사용되고 있는 실정으로 이렇게 폐지를 이용하여 초지할 경우 위에서 언급한 문제는 보다 심각하게 작용하게되는데 이는 종이를 제조할 때 투입된 약품의 종류와 양이 지종에 따른 전혀 다르기 때문으로 특히 골판지의

경우는 매우 심각한 문제를 안고 있는 실정이다. 이에 비하여 화장지의 경우는 비교적 양질의 폐지로 우유팩지 등을 사용하기 때문에 덜한 실정이다. 제지산업에서 효소의 사용은 폐지의 탈묵적성을 높이고자하는 목적에서 사용되기 시작하여 지금은 공정의 어느 부위에 첨가하느냐에 따라 그 목적을 달리하고 있다. 폐지 해리 시에 첨가할 경우 해리 적성을 높여 소요동력을 절감할 수 있는 반면 고해직전에 투입하게 되면 종이의 강도를 증가시키는 효과를 얻을 수 있는 것이 현재까지의 연구결과이다. 하지만 이러한 현상에 대한 이견이 아직 많이 남아 있는 실정이고 보면 미생물을 이용하는 것이 그리 간단하지는 않은 듯하다. 현재까지 본 연구의 연구자들의 경험으로 보아 어떠한 효소를 어디에 얼마나 어떻게 투입하느냐에 따라 펄프의 표면상태가 달라지기 때문에 이러한 많은 이견이 생겨난 것으로 보여진다. 금후 효소를 폐지에 활용하기 위하여서는 효소의 정제와 투입량 및 투입 위치 및 반응시간에 따른 종이의 물성에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

농가의 고령화에 대한 대안으로 농자재의 적극적인 개발 보급이 무엇 보다 중요하다고 생각된다. 현재 우리나라의 경우도 상당한 농자재의 기계화가 진행되어 있는 실정이라는 하나 현실적으로 국가의 보호가 없이는 불가능한 일이었으며 금후 WTO 체제에서는 이 또한 불가능하게 되었다. 따라서 보다 사용이 용이하며, 현재의 재배방법에 크게 반하지 않는 농자재의 개발은 농가 보호 및 육성에 있어 대단히 중요한 요소라 생각된다. 본 연구에서도 이러한 농가의 현실과 우리나라 제지산업 현실을 참구하여 폐지를 이용한 기능성 육묘지라는 새로운 농자재를 개발하게 되었다. 본 연구로 개발된 기능성 육묘지는 폐지로 생산되었기 때문에 저가이며, embossing 처리 및 화장지 덧씌움 기술의 적용으로 인하여 육묘지의 저장, 운송 및 취급이 용이하다고 생각된다. 그리고 종자의 발아 및 뿌리의 투과율이 높고 토양 중 생분해성을 가지기 때문에 토양에 미치는 2차 적인 부담을 줄일 수 있을 것으로 보여진다. 일본에서 최근 부직포 이외에 목재 섬유와 화학 섬유를 적당한 비율로 혼합하여 제조한 육묘용지가 개발되었다. 하지만 이 경우 육묘용지의 강도적 성질의 저하 및 고분자합성수지의 이용 등 아직 해결해야할 문제가 상당히 많은 것으로 보여진다. 이에 비하여 본 연구에서 개발된 육묘지는 이러한 문제를 극복한 친환경적인 소재로 그 사용처의 확대 및 보급이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

폐지를 이용한 기능성 육묘지는 이러한 제지산업 환경과 농가의 생산환경 변화에 적극적으로 대처하기 위한 방법으로 생각되며 금후 농가의 채소류, 화훼류 및 임업에서의 중요생

산 등에 적극적으로 활용될 경우 노동력 절감과 농약사용량 절감 및 영양물질의 탑재 등을 통하여 생산비를 절감하고 농·임업 종사자의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 방법중의 하나로 평가할 수 있다.

## 제 7 장 참고문헌

1. (株)テックタイムス, "技術アニュアル1986", 1986
2. (株)テックタイムス, "技術アニュアル1988", 1988
3. 尾鍋史彦, 紙バ技術タイムス, 29(7), p.8-17, 1986
4. Tappi CA Report NO.60(Chemical Additives Committe, Tappi 1975)
5. J. P. Casey, "Pulp and Paper", Vol.3, 1447-1474, 1981
6. 日本植物防疫協會 : 農藥製劑ガイド. 14-16, 1997
7. 오병렬, 박영선, 심재완, 강창식, 이형래 : 제제방법별 혼합입제 농약의 특성과 약효, 한국농화학회지, 29(1), 90-95, 1986
8. 이희동, 박승순, 오병렬, 김윤정, 김장억 : 수도용 농약과 요소비료 복합제의 제제 및 생물효과, 농약과학회지, 1, 23-27, 1997
9. 김진화, 오병렬, 오경석, 김성기, 김미혜, 김영구 : 방출조절형 살충성 농약제제의 특성과 약효에 관한 연구, 한국환경농학회지, 14(3), 289-295, 1995
10. 김진화, 오병렬, 허노열, 박영선 : 천연고분자 화합물을 이용한 방출조절제 농약개발 연구, 농시연보, 34(2), 1992
11. J. D. W. Weston & D. A. Guest : Paper Technol. Ind., Vol. 11, 309-311, 1985



12. S. Katz, N. Liebergott & A. M. Scallan : Tappi, Vol. 64(7), 97-109, 1981
13. F. A. Abadie-Maumert & N. Soteland : Ozone Sci. Eng., Vol. 7, 229-237, 1985
14. K. Ward Jr. : "Chemical Modification of Papermaking Fibers", Mareel Dekker Inc., New York (1973) p. 21
15. C. D. S. Tomlin : The pesticide Manual 11th, British Crop Protection Council
16. 韓國펄프·종이工業會(製紙技術者研修教育). 「古紙리사이클링」. 1992.
17. 펄프·廢紙統計年報. 「韓國製紙工業聯合會」. 1993.
18. 古紙再生促進センタ. 「美國古紙事情調査報告書」(資料 No. 88-V). 1989.
19. 古紙再生促進センタ. 「美國古紙事情調査報告書」(資料 No. 88-V). 1990.
20. 古紙再生促進センタ. 「美國古紙事情調査報告書」(資料 No. 88-V). 1990.
21. 古紙再生促進センタ. 「美國古紙事情調査報告書」(資料 No. 88-V). 1990.
22. 古紙再生促進センタ. 「美國古紙事情調査報告書」(資料 No. 88-V). 1990.
23. 古紙再生促進センタ. 「世界の古紙の將來展望」. 1990
24. 「古紙再生促進センタ」. 古紙ハンドブック. 1992.
25. 株式會社紙業タイムス社. 古紙はどう使われていくのか. 1994

26. 紙業タイムス社. 「街の資源"古紙"一紙のリサイクルと再生紙」.1990
27. 大江禮三浪. 「資源問題からみた古紙利用」. 1993.
28. Takura Araoka. 「古紙リサイクル再資源化の新開発」. 紙バルブ技術タイムス, pp. 7~10, 1993.
29. Alig, J. T. *Recycling and Wastepaper; Legislative Trends*. 1993 TAPPI Recycling Symposium Course Notes, p. 95
30. American Paper Institute. *State and Local Procurement for Recycled Products*. 1990.
31. Babb, C. and Harris Group Inc. *Recycling Fiber Processing in the year 2000*. 1993 Recycling Symposium, 1993.
32. Clean Japan Center. *Recycling '87 Turning waste into Resources.*, 1987
33. Focus '95" Landmark Paper Recycling Symposium. TAPPI Press, 1991
34. Jaake Pöyry ·Franklin Associates. *Recycled Fiber in America*. New York : Jaake Pöyry Consulting, Inc., 1992.
35. Mjöberg, Johan Staffner, Sven and Ullman, peter. "Environmental Problems in Coonnection with Recycling of Fibers." *Paper Technology*, 34 (6) : 26 - 37, 1993
36. "Recycling Symposium. " TAPPI Course Notes, TAPPI Press, 1993.
37. Thurner, C. and D. Ashley. "Developing recycling markets and industries." National Conference of State Legislature, July, 1990.