

KAERI/RR-3073/2009

카폭섬유를 이용한 산업용 부직포 및
농업용 상토 개발

The development of nonwoven fabric and agricultural
bed soil using kapok fiber for industrial usages

KAERI

한국원자력연구원

제 출 문

한국원자력연구원장 귀하

본 보고서를 2009 연도 “카폭섬유를 이용한 산업용 부직포 및 농업용 상토 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2010. 01.

과 제 명 : 카폭섬유를
이용한 산업용
부직포 및 농업용
상토 개발

과제책임자 : 정 병 엽

참 여 자 : 김 진 홍
이 승 식

요 약 문

I. 제 목

카폭섬유를 이용한 산업용 부직포 및 농업용 상토 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

천연섬유인 카폭섬유에 합성섬유를 혼용하여 산업용 부직포의 제조 기술을 개발하고 카폭섬유를 활용한 신개념 육묘용 상토 제조 기술 개발

III. 연구개발의 내용 및 범위

1. 카폭섬유를 이용한 카폭상토개발

- 1-1. 상토에 혼합되는 카폭섬유의 최적함량 조사
- 1-2. 카폭섬유가 혼합된 상토의 물리화학적 특성 조사
- 1-3. 카폭섬유가 혼합된 상토를 활용한 작물 재배
- 1-4. 카폭섬유가 혼합된 상토개발

2. 카폭섬유를 이용한 카폭부직포 개발

- 2-1. 산업용 부직포 개발을 위한 최적 합성섬유 함량 조사
- 2-2. 카폭섬유에 합성섬유 가교를 위한 최적 방사선 선원 및 선량 조건 확립
- 2-3. 개발된 카폭부직포의 인장강도 측정
- 2-4. 다양한 형태의 카폭부직포 개발
- 2-5. 개발된 카폭부직포 실증실험

IV. 연구개발결과

- 카폭섬유의 물리화학적 특성 조사(보수력, 용적밀도, 수분곡선, 점탄성 등)(보비력, 필수원소분석, 양, 음이온 측정 등)
- 카폭상토의 물리화학적 특성 평가
- 카폭상토를 이용한 작물재배 실증실험
- 산업용 부직포 개발을 위한 최적 합성섬유 함량 조사
- 카폭섬유에 합성섬유 가교를 위한 최적 방사선 선원 및 선량 조건 확립

V. 연구개발결과의 활용계획 및 건의사항

- 개발된 카폭부직포는 기름 및 유기용매 흡유제, 기름방제 선박의 오일필터 재료, 겨울철 비닐하우스 보온덮개, 기타 산업용으로 활용 가능
- 개발된 카폭상토는 기술이전을 통해 즉시 판매 예정
- 개발된 카폭부직포는 위에서 열거한 바와 같이 다양한 산업적 활용이 가능함으로 관련 산업체의 매출 및 고용효과를 촉진하고 친환경 천연섬유 소재를 이용하기 때문에 일반 합성섬유가 가져오는 2차 환경오염을 최소한으로 줄일 수 있음
- 본 연구과제의 결과물인 카폭상토는 기존의 상토와 차별되는 기능을 가지고 있어 국내뿐만 아니라 외국수출에도 크게 기여할 것으로 예상되어 신속한 기술이전을 통한 관련 산업체의 매출증대를 유도할 수 있고 농촌에서의 애로사항을 효과적으로 해결할 수 있을 것으로 기대함

SUMMARY

I . Project Title

The development of nonwoven fabric and agricultural bed soil using kapok fiber for industrial usages

II. Objective and Importance of the Project

The development of nonwoven fabric using natural kapok fiber and synthetic fiber for industrial usages and the development of manufacturing techniques for nursery bed soil using kapok fiber

III. Scope and Contents of Project

1. The development of agricultural bed soil using kapok fiber
 - 1-1. The optimum content of kapok fiber for manufacturing a kapok bed soil
 - 1-2. The physico-chemical characterization of kapok bed soil
 - 1-3. Culture of crops using kapok bed soil
 - 1-4. The development of agricultural bed soil using kapok fiber
2. The development of nonwoven fabric using kapok fiber
 - 2-1. The optimum content of kapok fiber and synthetic fiber for nonwoven fabric
 - 2-2. Establishment of the optimum radiation dose for manufacturing kapok nonwoven fabric
 - 2-3. The tensile strength measurement of differential kapok nonwoven fabric
 - 2-4. The development of various nonwoven fabric using kapok fiber
 - 2-5. The evidence experiment of kapok nonwoven fabric

IV. Result of Project

- The physico-chemical characterization of kapok fiber (water holding capacity, bulk density, water retention curve, viscoelastic measurement, oil adsorption capacity, analysis of essential elements, measurement of anion and cation, etc)
- The physico-chemical characterization of kapok bed soil
- The evidence experiment of kapok bed soil
- The optimum content of kapok fiber and synthetic fiber for nonwoven fabric
- Establishment of the optimum radiation dose for manufacturing kapok nonwoven fabric

V. Proposal for Applications

- Kapok nonwoven fabric is available various materials for absorption of oil and organic solvent, oil filter for oil spill skimmer, heat insulation cover for vinyl greenhouse in winter and other industrial application.
- Throughout technology transfer, kapok bed soil is scheduled to sell immediately
- Kapok nonwoven fabric can apply to industrial application as well as promote sales and employment effects with related industries and employment effects and minimizes the secondary environmental pollution caused by the general synthetic fiber because of using an environment-friendly natural fiber
- Kapok bed soil, which have will do much to increase export because of having a special function compared with commercial bed soil and induce a promoting sales of related industries by technology transfer, and also we

are expected that kapok bed soil can solve hold-up problems in agriculture effectively



CONTENTS

Chapter 1. Introduction.....	1
Chapter 2. State of arts	5
Chapter 3. The contents and results of the research	7
Section 1. Research contents	7
Section 2. Results and disscussions.....	7
Chapter 4. Objective of R & D and possible contribution.....	44
Chapter 5. Application	45
Chapter 6. References	46

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	5
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	7
제 1 절 연구내용	7
제 2 절 연구결과 및 고찰	7
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도	44
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	45
제 6 장 참고문헌	46

제 1 장 서론

제 1절. 연구개발의 목적

- 천연섬유인 카폭섬유에 합성섬유를 혼용하여 산업용 부직포의 제조 기술을 개발하고 카폭섬유를 활용한 신개념 육묘용 상토 제조 기술 개발

제 2절. 연구개발의 필요성

- 우리나라 국민소득 향상으로 웰빙 인구가 증가되면서 계절에 관계없이 신선 채소 소비량이 증가되고 있어 이런 추세에 부응하기 위하여 농업인은 안전하고 값싼 신선채소를 안정적으로 공급하기 위하여 모든 기술을 도입하여 활용하고 있다. 특히 겨울철에는 시설에서만 재배가 가능하기 때문에 시설면적이 52,000 ha로 확대되었고 가온면적도 13,000 ha로 확대되었다. 우리나라 연간 채소생산량은 총 959만톤인데 시설에서 33.6%인 322만톤을 생산하고 있으며, 해가 갈수록 점유비율이 높아지는 경향을 보이고 있다. 겨울철 시설원예는 대부분 난방이 필요하며, 난방연료의 95%가 유류를 사용하고 있으며, 시설원예 생산비 중에서 연료비가 차지하는 비중이 30-40% 차지하고 있으므로 난방용 기름 값이 많이 오르면 시설농업의 경쟁력이 떨어지게 된다. 최근 배럴당 100 달러를 넘나드는 초고속 유가 상승은 시설작물 경영비의 경우 25% 상승하고 소득은 22% 감소할 것으로 예상된다. 이러한 높은 유가는 시설원예를 중심으로 에너지 절감을 위한 포괄적인 대응방안들이 활용되고 있는데 가장 궁극적인 최소의 경비로 최대의 시설 보온력을 높여야 한다는 목표를 이루기 위해서는 1차적으로 난방기를 최소한으로 가동하기 위한 단열 및 보온 효과가 우수한 보온 자재의 활용이 가장 기본적이고 핵심적인 방법이다.
- 상토(床土)란 작물의 육묘를 목적으로 하는 배지류를 말하는 것으로 좋은 묘를 제때에 짧은 기간에 안전하고 손쉽게 길러내야 하며 육묘비용절감 효과를 가져야 한다. 농업기술의 발달로 인하여 농작물의 주년 재배가 가능해짐에 따라 상대적으로 상토의 사용량도 매년 증가하고 있다. 초기시절 재배방법 및 육묘이식방법이 보급될 때에는 생산량 제고에 목적을 두었으나, 현재의 영농방법은 상업농으로 발달함으로써 상토의 중요성을 재인식하게 되었고 육묘방

법도 개선되어 왔다. 육묘는 대부분 인위적이 환경하의 좁은 공간에서 밀식된 상태로 진행되는 바 작물개체간의 수분, 광, 양분의 경합이 필연적으로 발생하여 작물의 지하부를 구성하는 상토의 우량여부가 육묘의 성패를 결정한다. 현재 국내 상토시장은 크게 수도용과 원예용으로 구분되는데 수도용은 약 700억원, 원예용은 약 500억원의 국내 시장을 형성하고 있으며 매년 10-15% 정도 꾸준히 시장이 증가되고 있다. 국내에서 시판되는 대부분의 상토의 경우는 작물 생육에 초점을 맞추어 생산되기 때문에 여러 가지 부가적인 문제점에 효과적으로 대처하지 못하고 있다. 일례로 기존의 상토로 육묘를 할 경우 식물의 종자에서 발아과정을 거쳐 육묘로 성장하는데 있어 작물의 뿌리 생성으로 인해 작물의 뿌리와 육묘 포트 사이에 물리적 결합이 발생하여 육묘의 분담 이식시에 육묘의 분리가 어렵고 노동력의 소비가 많아지는 단점을 가지고 있다. 따라서 일반적인 상토가 가져야 되는 보습력, 보비력, 산소 및 이산화탄소 등의 가스 교환기능, 작물체를 지지하는 힘 등을 유지하면서 육묘를 포트에서 손쉽게 분리할 수 있는 제품개발은 실제 작물재배를 하는 농민들에게 상당한 파급효과가 있을 것으로 기대된다.

제 3절. 연구개발의 경제·사회·기술적 중요성

1. 기술적 측면

- 현재, 가축을 키우는 축사나 식물을 재배하기 위한 비닐하우스는 동식물이 자라기 적당한 온도를 유지하기 위해서 난방장치를 이용하게 된다. 그러나 축사에 쓰이는 부직포는 주로 폐기되는 헌 의류를 잘게 분쇄한 형겔조각을 소재로 하여 제조된 것이 사용되는데 이는 비교적 단열 및 보온력은 어느 정도 우수한 반면에, 무게가 무겁고 방수가 잘 되지 않는 단점이 있고 비닐하우스 내부 피복에 일반적으로 사용되는 부직포는 보온력이 크지 않는 단점이 있고 최근에 사용되어지는 다겹 보온커튼의 경우는 기존의 부직포에 비해 약 30-40%정도 난방비 절감효과가 나타내고 단열 및 보온 효과는 우수하나 월등히 높은 설치비와 2차 환경오염을 일으키는 원인으로 경제성이 현저히 떨어지는 단점이 있다. 이에 따라 좀 더 효과적인 난방용 부직포의 개발이 시급한 과제로 대두되고 있다. 한편, 본 개발에 사용된 카폭섬유는 자바, 수마트라, 인도, 태국, 필리핀, 미얀마, 인도네시아 등에서 생산되며, 높이 10-15 m에 달하는 교목의 아래에서 채취한 섬유이다. 이 섬유의 길이는 약 10-30 mm 정도이고 58%의 셀룰로오스, 20%의 리그닌 및 20%의 펜토산으로 이루어져

있고 섬유내외부에 지용성 성분들이 분포되어있어 방수효과가 탁월하다. 게다가 섬유 각각은 독립적으로 10 μm 의 얇은 관을 형성하고 있어 공기차단 효과가 뛰어나 다른 부직포 재질에 비해 월등한 보온효과를 나타내게 된다. 그러나 이러한 보온효과의 뛰어난 우수성을 가진 카폭섬유는 섬유자체로 부직포를 제작하기에는 섬유강도가 너무 약하여 제작생산이 거의 불가능한 실정 이지만 최소한의 합성섬유(PE)를 혼용 사용하면 부직포 생산이 가능함을 선 행연구결과를 통해 입증되었고 혼용에 사용되는 PE는 방사선조사에 의해 인 장강도가 증가되는 일반적인 성질을 가지고 있어 본 연구의 기술적 성공가능 성은 매우 높다고 말할 수 있다. 아울러 매년 카폭나무로부터 생산되는 이점 으로 자원고갈의 위험이 없고 가격이 상대적으로 저렴하므로 경제적인 면에 서도 경쟁력이 있다.

- 대부분의 육묘용 상토는 상토의 기본적인 구비조건인 보습력, 보비력, 산소 및 이산화탄소 등의 가스 교환기능, 작물체를 지지하는 힘 등에 초점을 맞추어 생산되고 있다. 육묘를 생산하는 현장에서는 육묘의 본답 이식시에 발생 하는 식물포트와 육묘와의 분리가 어려운 문제점을 호소하고 있으나 현재까 지 이러한 문제점을 효과적으로 대처하는 상토는 국내외를 막론하고 전혀 제품개발이 이루어지고 있지 않다. 따라서 이러한 문제점을 해결하는 핵심기 술은 지용성 물질을 상토와 혼재하여 생산하면 가능한데 본 연구에 사용되 는 카폭섬유의 지용성 성질을 활용하여 섬유를 분쇄한 후 기존 상토와 혼용 하면 상기의 문제점을 효과적으로 해결할 수 있다.

2. 경제·산업적 측면

- 현재 합성섬유 부직포로 많이 사용되고 있는 원료는 PP, PS등의 플라스틱 수 지를 이용하고 있는데 이들 원료들은 100% 수입에 의존하고 있기 때문에 배 려당 100 달러에 육박하는 요즘과 같은 고유가 시대에서 수입원자재 가격의 상승으로 인한 플라스틱 부직포 생산비를 상승시키는 요인이 되고 있다. 또 한, 겨울철 시설원예의 난방연료는 95%가 유류를 사용하고 있으며, 시설원예 생산비 중에서 연료비가 차지하는 비중이 30-40% 차지하고 있으므로 난방용 기를 값이 많이 오르면 시설농업의 경쟁력이 떨어지게 된다. 실제로 최근의 초고속 유가 상승은 시설작물 경영비의 경우 25% 상승하고 소득은 22% 감소 할 것으로 예상되고 있어 효과적인 에너지 절감방안이 절실히 요구되고 있다.

- 국내에서 생산되는 대부분의 상토는 다른 외국국가들에서 생산되는 상토와 비교하여 특별한 기능적인 차이가 없어 국제 상토시장 진입이 사실상 어려운게 현실이다. 그러나 본 연구가 성공적으로 수행되면 국내 상토시장 뿐만 아니라 국제 상토시장으로 그 영역을 넓혀 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것이다.

3. 사회·문화적 측면

- 위에서 언급한 바와 같이 고유가로 인한 시설원예농가 및 기타 관련 산업의 경쟁력 약화가 날이 갈수록 심화되고 있다. 비닐하우스 부직포 시장의 경우에만 국내 약 1000억원 정도의 시장이 형성되어 있는데 대부분의 기업들이 영세성을 면치 못하고 있어 시설원예산업의 붕괴는 시설원예 농업관련 기업의 경영악화를 초래할 수 있다. 따라서 최소경비를 이용한 최대보온효과를 나타내는 보온단열재의 개발은 국내 시설원예산업의 붕괴를 막을 수 있는 하나의 대안이 될 수 있다.
- 본 연구에 사용되는 카폭섬유는 천연섬유의 일종으로 상토에 첨가되어 사용한 후에 폐기되어도 2차 토양오염을 야기하지 않는 친환경 상토 재료로 환경오염 측면에서 유리하고 선진국을 대상으로 상토 수출을 활발하게 이끌어 낼 수 있어 관련 산업체의 매출 증가를 유도할 수 있다. 또한, 최근 심각하게 부각되는 농촌의 일손 부족 문제에 효과적으로 대처할 수 있는 하나의 대안이 될 수 있다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

○ 지금까지의 연구개발 실적

- 카복섬유는 내부가 약 10 μm 직경의 텅빈 중공구조를 가지고 있으며 당과 리그닌이 각각 57%와 20%로 주요한 성분이며 리그닌의 대부분이 syringaldehyde로 구성되어 있고 당 잔기에 acetyl group이 약 13% 정도 함유되어 있다. 상기와 같은 카복섬유의 기본적인 물리 화학적 성질에 대한 기초연구가 완료되었고 합성섬유에 대한 방사선 기술은 이미 본 연구소에서 기반기술을 확보한 상태임.

○ 현기술상태의 취약성

- 산업용 부직포 국내·외 세부기술 수준 비교표

기술분야	국내	세계일류수준	선진국대비(%)
산업용 부직포 제작기술	PP, PS 및합성섬유를 이용한 부직포 생산기술 활발하나 천연섬유 부직포 생산기술 미흡	합성섬유 및 천연재료를 이용한 부직포 연구 활발	70%
육묘용 상토 제품개발	다양한 천연재료를 활용한 초기 제품개발 단계	친환경 육묘상토 연구개발이 활발하게 진행 중	60%

○ 앞으로의 전망

- 향후 지속적인 화석연료의 고갈로 인한 고유가 시대가 당분간 지속적으로 유지될 예정이고 이로 인한 합성섬유 원자재의 가격상승으로 인한 관련 산업의 경쟁력 약화가 초래되고 이로 인해 시설하우스 관련 산업의 대대적인 변화가 초래된다. 따라서 이러한 시대적 상황을 고려하면 값싼 천연 재료를 활용한 천연 부직포의 개발은 단순히 2차 환경오염을 예방을 뛰어 넘어 새로운 개념의 부직포 생산이 가능하고 외국자원을 선점하여 국가경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이다.
- 또한 이를 이용하여 비닐하우스용 부직포 뿐만 아니라 축사용 및 잡초제거용 부직포 개발 및 건축, 전자제품, 자동차 등의 다양한 분야에 활용 가능한

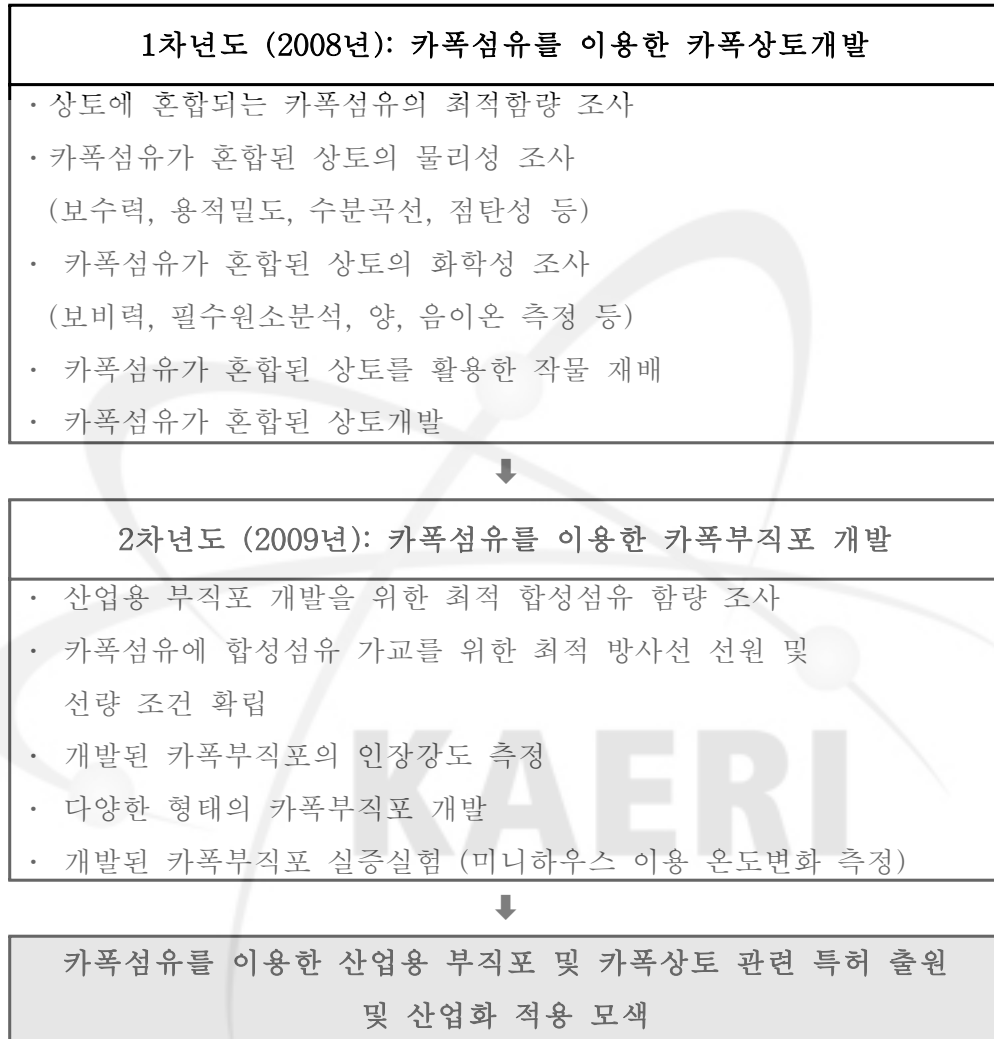
산업용 제품 개발 기술로 확대 발전시킬 수 있을 것이다. 국내외 상토 개발의 방향이 친환경적이면서 기능성이 부가되는 상토 제품이 주를 이루고 있어 선진국을 대상으로 하는 개발되는 상토의 수출이 가능할 것으로 예상되고 육묘시 소요되는 노동력 절감효과가 뛰어날 것으로 예상된다.

- 아울러 신속한 기술이전이 가능하여 관련 산업체의 고용창출을 유도할 수 있고 제조기술의 노하우를 이전하여 새로운 수출 아이템으로 성장시켜 갈수 있을 것이다.



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절. 연구내용



제 2절. 연구결과 및 고찰

1. 카폭섬유의 물리화학적 특성 조사

- 카폭섬유는 동남아시아 열대 지역에서 광범위하게 자라는 Kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., Family Bombacaceae] 나무의 열매로서 베개나 옷의 보온 재료 및 구멍조끼 등에 광범위하게 사용되고 있다(Fig. 1). 이런 카폭섬유의 물리화학적 특성을 살펴보면 Fig. 2에서 예시하는 바와 같이 섬유의 내부가 약 10 μm 직경의 텅빈 중공구조를 가지고 있으며 당과 리그닌이 각각

57%와 20%로 주요한 성분이며 리그닌의 대부분이 syringaldehyde로 구성되어 있고 당 잔기에 acetyl group이 약 13% 정도 함유되어 있다. 이러한 특성들은 카복섬유가 친유성의 성질을 가지는 화학적 특성이다. 따라서 이러한 카복섬유의 물리화학적 특성을 기반으로 기존 상토에 적당량 혼합하여 상토의 통기성 및 기타 물리화학적 특성을 변화시켜 새로운 상토개발을 시도하였다.





Fig. 1. A, Kapok tree B, Kapok pod & section through kapok pod showing kapok fiber; C, Kapok fibers.

KAERI

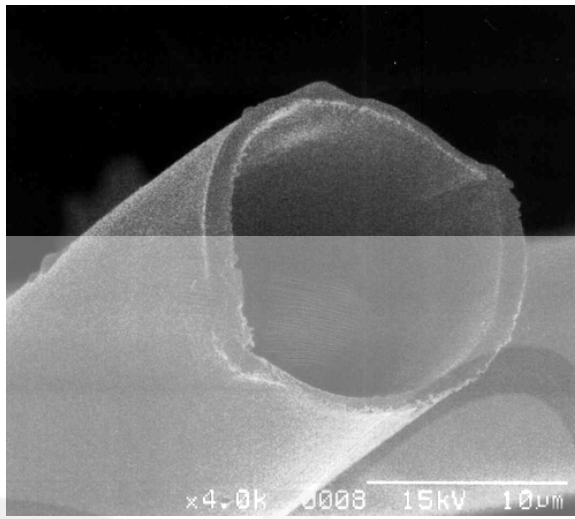


Fig. 2. SEM photo of kapok fiber.

KAERI

2. 카복상토의 물리화학적 특성 평가

가. 연구개발 수행 방법

(1) 수분함량

평량병의 무게를 측정한 후 일정량(30 g정도)의 상토시료를 평량한다. 건조기에 상토를 넣어 105°C에서 24시간 건조시킨 후 데시케이터에서 상온으로 식힌 후 무게를 측정하여 수분함량을 구하였다.

○ 수분함량(%W/W)

$$= \text{젖은시료무게} - \text{건조시료무게} / \text{젖은시료무게} \times 100$$

$$= \frac{\text{젖은시료와 용기의무게} - \text{건조시료와 용기의무게}}{\text{젖은시료와 용기의무게} - \text{용기의무게}} \times 100$$

(2) 유기물 함량

평량병의 무게를 측정한 후 일정량(30 g정도)의 상토시료를 평량한다. 건조기에 상토를 넣어 105°C에서 16시간 건조시킨 후 중량을 측정한다. 수분함량을 측정한 시료를 600±5°C 전기로에서 연기를 날린 후 17시간 회화시킨다. 건조된 시료의 무게를 평량병에 담은 그대로 중량을 측정한다. 데시케이터에 옮겨 식힌 후 평량하면 순수 무기물만 남는다.

$$\text{회분(Ash)} = \text{회화 후 시료무게}$$

$$\text{유기물무게} = \text{건조시료무게} - \text{회화 후 시료무게}$$

$$\text{유기물비율(\%)} = \frac{\text{유기물무게}}{\text{건조시료무게}} \times 100$$

(3) 총 질소 함량

토양 전질소 분석법(Kjeldahl증류법)으로 한다. 풍건토양시료 5 g을 Kjeldahl flask에 평량한다. 황산염 혼합분말 5 g과 Conc. H₂SO₄ 25ml를 넣은 후 분해실에서 분해한다. (촉매제로 인해 토양의 색은 무색으로 되나 시료는 옅은 청색을 띤) 분해온도는 360~410°C에서 처음 10~30분은 낮은 온도로 가열하고 탄화가 완료된 후 고열로 가열한다. 시료가 무색이 된 후 30~60분간 더 분해한다. 가끔씩 분해 촉진제(황산염 혼합 분말)를 넣어준다. 분해된 시료를 매스플라스크로 정용한다. 회석액을 20 ml씩 시험관에 담아 적정한다. 2% 붕산용액을 20 ml씩 삼각플라스크에 취한 후 분해된 시료를 증류장치에 넣고

45% NaOH 15 ml를 넣은 후 붕산용액에 질소를 약 75 ml정도 받아낸다. 0.01 N, 0.02 N 또는 0.05 N-H₂SO₄ 용액으로 적정한다. [청색에서 Pink색 (2% 붕산용액과 같은 색)을 종말점으로 함]

$$\begin{aligned} \text{○ 총 질소 함량(\%)} &= (T-B) \times f \times \text{적정액의 Normality} \times \text{N분자량} \\ &\times 100/5,000(\text{시료무게}) \times 100(\text{전분석용 시료액량})/20(\text{취한 분석용 시료액량}) \\ &= (T-B) \times f \times \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 농도} \times 14 \times 0.02 \times 5 \\ &= (T-B) \times f \times \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 농도} \times 1.4 \end{aligned}$$

(T: 시료적정액의 양, B: Blank 적정액의 양, f: 황산표준용액 보정치)

(4) 유효인산

시료 20 cc, 침출액량 40 ml으로 하여 토양 유효인산 분석법(Lancaster법)으로 한다. 풍건시료 5 g을 100 ml 삼각플라스크에 평량한 후 인산 침출액 20 ml를 넣어 10분간 진탕 뒤 No. 2 여과지로 여과한다. 여과된 시료액과 0, 5, 10, 15, 20, 25 ml/kg 인산 Standard 용액을 각각 3 ml씩 시험관에 취한다. Ammonium paramolybdate 희석혼합용액(조작액)을 6 ml씩 취한 후 1-amino-2-naphtol-4-sulfonic acid 용액을 0.4 ml씩 가하여 잘 혼합한다. 30 °C 항온기에서 30분간 발색시킨다음 비색계로 720 nm에서 측정한다.

$$\begin{aligned} \text{P}_2\text{O}_5 \text{ (mg/kg)} &= \text{기울기} \times \text{침출액량(ml)}/\text{상토무게(g)} \times 2.29 \times \text{측정치} \\ &= \text{기울기} \times \text{측정치} \times 9.16 \end{aligned}$$

[기울기 = Standard mg/kg의 합 / Standard용액 각 측정치의 합]

(5) 치환성 양이온(Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺)

시료 20 cc, 침출액량 50 ml로 하여 토양 치환성 양이온 분석법(원자흡광분광분석법)에 준한다(1.13. CEC).

(6) 중금속(Cd, Pb, Zn, Cu)

시료 10 g을 삼각플라스크에 넣고 0.1 M-HCl 50 ml를 넣은 다음 1시간동안 진탕한 후 여과한 다음 Atomic Absorption Spectroscopy 또는 ICP를 이용하여 분석한다.

계산) 검량선에서의 농도가 2.72 ppm이었을 때,
 $2.72 \mu\text{g/ml} \times 50 \text{ ml} = 136 \mu\text{g} = 0.136\text{mg}$

(7) 용적밀도

분석용 상토를 105°C로 조절된 건조기에 넣고 16시간 건조시켜 상토 중에 있는 수분을 완전 제거한다. 건조기의 전원을 차단하고 자연스럽게 식힌 후 실린더의 무게를 평량한다. 압력이 가해지지 않도록 주의하면서 105°C로 건조된 상토를 실린더 깃이 결합된 금속 실린더에 상토를 채운다. 500 g 추를 상토에 올려놓고 3분간 방치한 후 제거한다. 실린더 깃을 분리해 내고 스페츨러(spatular)로 실린더 위쪽에 쌓여 있는 상토를 평평하게 제거한 후 상토가 들어있는 실린더의 무게를 평량한 후 용적밀도를 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{용적밀도} &= (\text{실린더+건조시료의무게(g)} - \text{실린더의무게(g)}) / \text{실린더의부피}(\text{cm}^3) \\ &= \text{건조상의무게(g)} / \text{실린더의부피}(\text{cm}^3) \end{aligned}$$

(8) 보수력

상토 시료를 105°C로 조절된 건조기에서 16시간 건조시켜 수분을 완전 제거한 후 실린더의 수분을 제거한 후 무게를 측정한다. 급수밸브를 열어 튜브와 다공질판을 포화시킨 후 밸브를 닫는다. 금속실린더(2" core)의 아래쪽을 스타킹으로 막은 후 다공질 판에 올려놓고 압력이 가해지지 않도록 주의하면서 상토를 채운다. 금속실린더의 절반 높이까지 물을 채우고 48시간 침적, 포화 시킨다. 포화가 잘 되지 않을 경우 금속실린더 상단에서 1 cm 아래까지 물을 채워 다시 48시간 침적한다. 이 때 상단부 수분증발이 문제가 되므로 뚜껑(유리, 유리랩 등)을 닫는데 약간의 통기가 필요하다. 수두 유지장치를 -1kPa(10 cm 수두차)에 놓고 1일간 방치한 후 실린더 의로 팽창한 시료를 스페츨러(spatular)를 사용하여 제거한 후 물을 채우고 다시 24시간 포화시킨다. -0.5 kPa에서 2일간 방치한다. 실린더 표면에 묻은 물을 잘 닦고 시료가 담긴 채로 무게를 측정한다(2일 후에도 평형에 도달하지 않아 계속 배수될 경우 평형에 이를 때까지 계속 방치함). -1, -3, -5, -7, -10 kPa에서 반복한 후 습윤시료가 담긴 실린더에서 105°C로 조절된 건조기에서 건조한 후 무게를 측정한다. 수분보유곡선과 EAW(Easily Available Water: 작물이 쉽게 이용할 수 있는 수분), WBC(Water Buffering Capacity: 수분완충능력),

OMP(Optimal Matric Potential: 전체 공극중 기상과 수분의 부피가 1:1일 때의 수분장력)를 계산한다.

용적밀도= 건조상태의 질량(g)/실린더의 부피(cm³)

중량수분함량= [(습윤시료무게-건조시료무게)/건조시료무게] × 100

용적수분함량= 중량수분함량 × 용적밀도

EAW= -1 kPa의 수분함량 - (-5 kPa의 수분함량)

WBC= -5 kPa의 수분함량 - (-10 kPa 수분함량)

수분보유곡선: 수분포텐셜을 x축, 수분함량을 y축으로 놓고 Log함수로 Fitting한다.

공극률 = [1-(용적밀도/입자밀도)] × 100

OMP: 수분보유곡선에서 기상과 액상이 1:1, 즉, 수분함량이 공극률의 1/2인 수분포텐셜을 계산한다.

(9) pH

pH 4.00, 7.00 standard buffer solution 으로 pH meter를 보정한 후 풍건상태 20 ml를 증류수 100 ml에 넣어 1시간 진탕 후 pH 전극법으로 측정하였다.

(10) EC

풍건상태 20 ml를 증류수 100 ml에 넣어 1시간 진탕 후 EC-meter로 측정하였다.

(11) Ammonia-N 함량

시료 10 g을 삼각플라스크에 넣고 10% KCl 50 ml를 가하여 30분간 진탕하여 여과한다. 여과과정에서 침출액 50 ml가 거의 대부분 옮겨지도록 한다. 이 중에서 25 ml를 Semimicro kjeldahl flask에 넣고 0.2 g정도의 MgO를 가하고 증류한다. 0.01 N-HCl으로 적정한다.

(계산 예)

0.01 N-HCl(F) = 1.004

Blank 소비량 = 0.9, 적정소비량 1.6 ml

0.01N × 1.004(F) × (1.6-0.9 ml) = 0.0070me

$$0.0070 \text{ me} \times 14 = 0.0980 \text{ mg}$$

$$0.0980 \times 50/25 \text{ (50 ml중에서 25 ml를 취함)} = 0.1960 \text{ mg}$$

$$0.1960 \text{ mg}/10,000 \text{ mg(10 gram)} \times 100 = 0.00196\% = 19.61 \text{ mg/kg}$$

(12) Nitrate-N 함량

NH₄ -N 정량을 위해 침출한 여액 5 ml를 50 ml 비이커에 취하고 Brucine-Sulfanilic acid 1.0 ml를 가한 다음 2~3분 경화 후 50 ml 비이커에 10 ml의 황산용액을 가하여 잘 혼합한 다음 어두운 곳에서 10분간 방치한다. 여기에 다시 증류수를 넣어 25 ml 용량을 조정한 다음 잘 혼합 후 어두운 곳에서 약 20분간 방치한 후 410 nm에서 흡광도를 측정한다.

(계산 예)

검량선에서 나온 질소의 함량이 1 ppm이라고 하면

$$\begin{aligned} 1 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml(흡광도를 측정하기 전 최종부피)} &= 25 \mu\text{g/ml} \times 10 \\ &= 250 \mu\text{g/ml} \\ &= 0.250 \text{ mg} \end{aligned}$$

(NH₄ -N의 침출여액 전체 50 ml에서 5 ml를 취했으므로 50/5 = 10)

$$0.250 \text{ mg}/10,000 \text{ mg(시료 10.0 g)} \times 100 = 0.0025\% = 25 \text{ ppm} = 25 \text{ mg/kg}$$

(13) CEC

토양시료 5.0 g 정도를 정확히 칭량하여 삼각플라스크에 넣고 1 M-NH₄ OAC(pH 7.0) 25 ml를 넣고 30분간 진탕한 다음 여과한다. 여과가 완료된 시료는 약 5 ml 정도를 vial에 담아서 냉장고에 보관한다.

(계산 예)

예를 들어 K의 함량을 분석하려고 할 때 검량선에서 나타난 농도가 1.71 ppm이라고 하면

$$1.71 \mu\text{g/ml} \times 25 \text{ ml} = 85.5 \mu\text{g} = 0.0855 \text{ mg}$$

$$0.0855 \text{ mg}/10,000 \text{ mg (sample 10 g)} \times 100 = 0.000855\%$$

$$= 8.55 \text{ mg/kg} = 8.55 \text{ ppm}$$

$$8.55 \text{ ppm} = 8.55 \mu\text{g/g} = 0.00855 \text{ mg/g} = 0.855/100 \text{ g}$$

$$= 0.855 \text{ mg}/39.10 = 0.02187 \text{ me}/100 \text{ g}$$

(14) 통기성 측정

작물의 성장을 위해 보수력뿐만 아니라 통기성의 확보 역시 중요하다. 통기성은 쉽게 말해 상토 중 기상율이라고 할 수 있다. 굳이 기상율을 측정하지 않더라도 용적밀도 값을 응용하여 사용할 수 있다. 용적밀도 값을 편하게 기상율로 사용할 수 있다.

나. 연구결과 및 고찰

- 원예용상토의 수분이 과다하게 높을 경우 운송비용이 증가할 뿐만 아니라 상토의 물리성이 크게 악화될 수 있다. 반대로 너무 낮은 경우 상토의 걸마름이 진행될 수 있고 딱딱하게 굳어버릴 수도 있다. 현재 시판되는 원예용상토의 수분함량은 자율보증항목이지만(Table 1) 일반적으로 30% 수준이 가장 적합한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 대조구는 30.9%의 수분함량을 나타내어 매우 바람직한 결과를 나타내었다. 카폭섬유 처리량 0.5%에서는 대조구와 유사한 30.2%의 수분함량을 나타내어 매우 유용한 결과를 나타내었으나(Table 2), 1.0%이상의 카폭섬유 처리구부터 수분함량이 24.4~22.8%로 감소한 것으로 나타났다. 원예용상토의 수분함량 측면에서 고찰할 경우 상토내 카폭섬유의 처리량은 0.5%가 적합한 것으로 나타났다.
- 보수력은 매질이 수분을 보유 및 유지할 수 있는 능력을 말한다. 토양의 경우 적합한 물 관리를 수행하기 위해 보수력을 측정하지만 상토는 제품으로서 대상작물의 종류와 생육시기에 알맞은 수분을 공급할 수 있도록 제품의 보수력을 맞추어야 한다는 점에서 보수력에 대한 접근 방식이 서로 다르다. 토양에서는 포화수분함량에서 포장용수량 사이의 수분을 중력수 혹은 자유수라 하여 투수에 의해 손실되는 수분으로 판단하며, 포장용수량에서 위조계수 사이의 수분을 유효수분이라고 정의하지만, 상토의 경우 주로 연약한 묘종을 대상작물로 하며 관수빈도가 잦기 때문에 중력수 역시 묘에 쉽게 흡수될 수 있는 유용한 수분으로 고려한다. 수도용 상토는 벼 종자의 파종 및 육묘를 위해 사용되므로 그에 적합한 보수력을 갖고 있어야 하는데 이는 원예용 상토 역시 마찬가지이다. 수도용 상토는 주로 무기재료로 구성되어 있으며, 입도의 분포는 조립질의 사질토양과 유사하다. 따라서 -10 kPa 또는 -30 kPa의 보수력이 수도용 상토의 보수력의 기본적인 잣대이며 위조계수인 -1500 kPa의 보수력이 참고자료로 사용될 수 있다. 현재 시판되는 원예용상토의 경우 보수력(water holding capacity)이 자율보증항목이지만(Table 1) 어느 정

도 품질관리가 필요하다. 본 연구에서 대조구의 보수력은 49.2%로 나타났으며, 카폭섬유의 처리량이 증가될수록 보수력이 감소하는 경향이였다(Table 2). 이는 어느 정도 예상된 결과로서 카폭섬유 자체가 친유성이다 보니 카폭 처리량 1%에서부터 급격히 보수력이 41%수준으로 감소하였다. 보수력을 기준으로 상토제조시 첨가하는 카폭섬유의 양은 0.5% 정도가 타당할 것으로 판단된다.

- 용적밀도(bulk density)는 작물생육과 관련된 상토의 여러 가지 물리적 성질 (배지의 안정성과 압착정도, 공극율 등)을 평가하기 위한 기본인자로 매우 중요하다. 현재 시판되는 원예용상토의 경우 용적밀도는 자율보증항목이지만 (Table 1) 상토의 물리적 성질을 지배하는 주요 인자이므로 중요하게 관리되어야 한다. 본 연구에서 대조구의 용적밀도는 0.35 Mg/m^3 으로 나타났으며, 카폭섬유의 처리량이 증가될수록 용적밀도가 감소하는 경향이였다(Table 2). 용적밀도를 기준으로 상토제조시 첨가하는 카폭섬유의 양은 0.5%~1.0%가 타당할 것으로 판단된다.
- 현재 시판되는 원예용상토의 pH는 5.5~7.0으로 기준이 설정되어 있다 (Table 1). 본 연구에서 대조구와 카폭섬유의 처리량이 0.5~2.0%까지 증가된 경우에도 pH가 6.42~6.51로 적정하게 나타난 것으로 판단되어 카폭섬유의 처리량이 상토의 pH에 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다(Table 3).
- 전기전도도(EC, electrical conductivity)는 상토내에 함유되어 있는 이온성물질의 총합으로 표현될 수 있다. 현재 시판되는 원예용 상토의 전기전도도는 1.2 dS/m 이하로 기준이 설정되어 있다(Table 1). 본 연구에서 대조구는 전기전도도가 0.44 dS/m로 나타난 반면 카폭섬유의 처리에 따라 0.28~0.29 dS/m로 감소한 것으로 나타났다(Table 3). 이는 카폭섬유가 처리됨에 따라 이온성물질의 흡착이 약간 감소하였기 때문인 것으로 판단된다.
- 암모니아태질소와 질산태질소는 기본적으로 상토내에 함유되어 있는 질소의 이온성물질을 가리키고 있다. 현재 시판되는 원예용상토의 암모니아태질소와 질산태질소는 자율보증항목이지만 일반적으로 암모니아태질소 200~300 mg/kg, 질산태질소 100~200 mg/kg 수준으로 함유될 경우 유묘의 생장에 도움을 줄 수 있다(Table 1). 대조구와 카폭섬유 처리구 모두에서 암모니아태

질소 290~300 mg/kg 그리고 질산태질소 180~200 mg/kg으로 나타나 적정수준인 것으로 판단된다(Table 3).

- 유효인산(Avail.-P)은 상토내에 함유되어 있어 즉시 식물이 이용 가능한 인산양분을 가르킨다. 현재 시판되는 원예용상토의 유효인산은 자율보증항목이지만(Table 1) 초기 유묘의 정상적인 생육측면에서 보면 200~300 mg/kg 수준이 적합한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 대조구와 카폭섬유 처리구 모두가 기준치를 충족하고 있는 것으로 나타났다(Table 3).
- 양이온교환용량(CEC, cation exchangeable capacity)은 상토가 외부에서 유입되는 식물양분 가운데 양하전을 띠는 물질을 흡착, 보유할 수 있는 능력을 가리키는 지표로 토양과 상토 모두에서 매우 중요한 지표이다. CEC가 높다는 것은 그 만큼 식물양분을 지속적으로 보유할 수 있다는 의미에서 가능하면 높은 것이 바람직하다. 현재 시판되는 원예용상토의 유효인산은 자율보증항목이지만(Table 1), 어느 정도 이상의 CEC가 유지되어야 상토의 화학성이 개선될 수 있다. 본 연구에서는 대조구의 CEC가 14 cmol/kg인 반면 카폭섬유의 처리량이 증가함에 따라 CEC가 증가한 것으로 나타나 카폭섬유의 처리가 원예용상토의 화학성을 효율적으로 개선시킨 것으로 나타났다(Table 3).
- 양이온성분 가운데 Ca, Mg, K는 식물생육에 필수적인 다량원소들이다. 현재 원예용 상토에서는 이들 양이온에 대해 특별한 기준을 마련하지 않은 상태이지만 이들 성분은 필수다량성분으로 Ca와 Mg의 경우 1 cmol/kg, K의 경우에는 1.5 cmol/kg이 적합한 것으로 알려져 있다(Table 1). 본 연구에서는 대조구와 카폭섬유 처리구 모두에서 이 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다(Table 2).
- 현재 원예용 상토에서 규제하고 있는 유해성분은 중금속오염물질 As 6 mg/kg, Cd 1.5 mg/kg, Hg 4 mg/kg, Pb 100 mg/kg, 6가Cr 4 mg/kg 그리고 Cu 50 mg/kg이다(Table 1). 본 연구에서는 Cd, Pb, Zn 구리고 Cu를 대상으로 중금속오염물질의 함량을 조사하였는데 그 결과 모두 기준치를 만족하고 있는 것으로 나타났으며 카폭섬유의 처리량에 따라 큰 차이를 나타내

지 않았다(Table 2). 결론적으로 상토의 물리성 측면에서 보면, 카폭섬유 처리량 0.5%가 가장 바람직하다.



Table 1. Standard parameters of agricultural bed-soil.

구 분	항 목	분석단위	보증범위
물리성	수분함량	%	자율보증
	보수력	%	자율보증
	용적밀도	Mg m ⁻³	자율보증
화학적	pH(1:5,v/v)	-	5.5 ~ 7.0
	EC(1:5,v/v)	dSm ⁻¹	1.2 이하
	암모니아태질소(NH ₄ -N)	mg ℓ ⁻¹	자율보증
	질산태질소(NO ₃ -N)	mg ℓ ⁻¹	자율보증
	유효인산(P ₂ O ₅)	mg ℓ ⁻¹	자율보증
	CEC	cmol ⁺ kg ⁻¹	자율보증
유해성분	비소, 카드뮴, 수은, 납, 크롬, 구리	mg kg ⁻¹	비소 6, 카드뮴 1.5, 수은 4, 납 100, 크롬(6가) 4, 구리 50 이하
	제초제성분	-	불검출
생물성	병원균(역병, 시들음병, 꽃마름병, 선충)	-	없음

Table 2. The physioco-chemical characterization of kapok bed-soil.

품질기준	수분	유기물	총질소	Ca	Mg	Na	K	Cd	Pb	Zn	Cu
단위	(%)			(cmol/kg)				(mg/kg)			
대조구	30.9	45.7	1.62	0.89	1.02	0.67	1.85	불검출	Tr	10.14	0.05
카폭0.5 %	30.2	49.8	1.25	0.92	1.02	0.38	1.88	불검출	Tr	10.02	0.03
카폭1.0 %	24.4	62.2	1.14	1.02	1.01	0.12	1.90	불검출	Tr	9.22	0.02
카폭2.0 %	22.8	63.1	1.56	0.82	0.77	0.31	1.65	불검출	Tr	9.06	0.02



KAERI

Table 3. The physico-chemical characterization of kapok bed-soil.

품질기준	용적밀도	pH	EC	Ammonia-N	Nitrate-N	Av.-P ₂ O ₅	CEC	보수력
단위	(Mg/m ³)	(1:5)	(dS/m)	(mg/kg)			(cmol/kg)	(%)
대조구	0.35	6.34	0.44	300.1	178.9	280.1	13.9	49.2
카폭0.5%	0.33	6.42	0.29	290.5	192.2	279.1	18.1	47.5
카폭1.0%	0.31	6.50	0.28	292.6	198.5	264.1	19.9	40.9
카폭2.0%	0.28	6.51	0.29	294.7	200.2	234.6	18.2	39.4

KAERI

3. 카폭상토를 이용한 작물재배 실증실험

가. 카폭상토의 물리화학적 특성을 기준으로 오이를 대상으로 재배실증을 실시하였다. 시판되는 바이오상토를 이용하여 카폭섬유를 0~2% (w/w)까지 첨가한 후 잘 혼합하여 플라스틱 유묘포트에 넣고 오이종자를 파종하여 오이 유묘를 얻었다. 파종 후 30 일째 오이유묘 5개를 3반복하여 오이 생육을 측정하였다. 그림 3-4에서 보는 바와 같이 카폭섬유를 0.5% 첨가하였을 때 오이 생육이 가장 좋았고 1~2% 카폭섬유 첨가의 경우는 대조구와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 뿌리생육은 2% 카폭섬유 첨가시 가장 좋게 나타나 차기년도에 좀 더 연구를 진행할 필요가 있다. 아울러 카폭섬유를 3% 첨가한 경우는 오이생육이 현저하게 낮아져 모든 실험에서 제외시켰다. 이러한 오이생육의 차이로 5개의 오이 유묘의 지상부 무게를 3반복 측정한 결과 대조구는 12.5 g을 나타낸 반면 0.5% 첨가한 경우는 23.0 g을 나타내어 현저한 차이를 보였으나 1~2% 첨가한 경우는 약 14.0 g을 나타내어 대조구에 비해 유의적인 차이를 보이지 않았다(Fig. 5). 이러한 차이를 비율적으로 환산하면 0.5% 첨가의 경우가 대조구에 비해 약 2배 정도의 생육차이를 보였다(Fig. 6).

KAERI



Fig. 3. Phenotype of cucumber.

KAERI



Fig. 4. Phenotype of cucumber roots.

KAERI

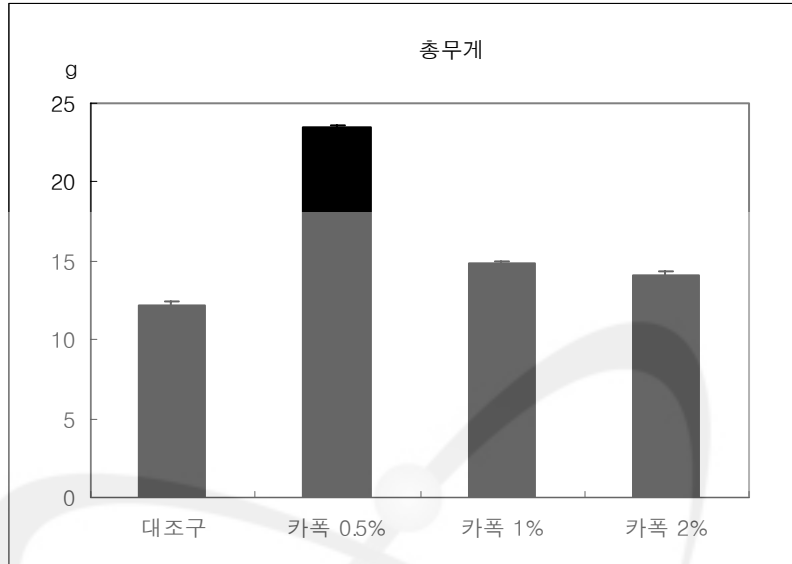


Fig. 5. Weight change of cucumber upper-part.

KAERI

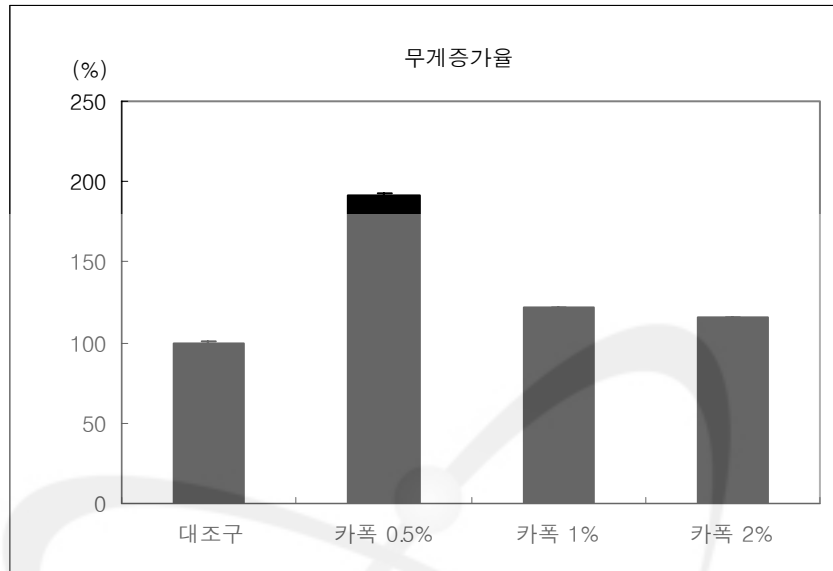


Fig. 6. The ratio of weight change of cucumber upper-part.

KAERI

4. 산업용 부직포 개발을 위한 최적 합성섬유 함량 조사

가. 카폭섬유의 물리화학적 특성을 살펴보면 Fig. 7에서 예시 하는 바와 같이 섬유의 내부가 약 10 μm 직경의 텅 빈 중공구조를 가지고 있으며 리그닌의 대부분이 syringaldehyde로 구성되어 있고 당 잔기에 acetyl group이 약 13% 정도 함유되어 있다. 이러한 특성들은 카폭섬유가 친유성의 성질을 가지는 화학적 특성이다. 따라서 이러한 카폭섬유의 물리화학적 특성을 기반으로 기존 합성 부직포에 적당량 혼합하여 부직포의 보온성 및 기타 물리적 특성을 변화시켜 새로운 부직포개발을 시도하였다.

나. 기존 합성부직포에 사용하는 폴리에틸렌섬유는 1980년대 후반에 개발된 합성섬유로 내구성과 인장력이 높아 전자, 자동차, 섬유, 건설 등 전방산업에 널리 사용되는 기초수지원료이며, 가격이 비싸고, 외국 의존도가 높아 폴리에틸렌 섬유의 국산화, 가공단계의 기술 경쟁력 확보 또는 대체 재료의 개발이 시급하다. 따라서, 보온력과 인장강도가 향상된 카폭-폴리에틸렌 부직포의 개발을 위해 먼저 최적의 카폭섬유 함량을 조사 하였다. 일반 폴리에틸렌 섬유에 카폭섬유를 0, 30, 50, 60, 70, 100%의 다양한 비율로 혼방하여 카폭-폴리에틸렌 부직포 직물을 제조하였다 (Fig. 8).

다. Fig. 9의 결과는 대표적인 부직포의 형태적 특징을 보여주고 있으며, 0% 카폭부직포는 얇고 뾰족한 모양으로 제작되어졌으며 (Fig. 9A), 50% 카폭섬유가 포함된 카폭-폴리에틸렌 부직포는 0% 카폭부직포와 비슷한 두께를 보이고 매우 부드러워 접고 펴짐이 용이 하였다 (Fig. 9B). 마지막으로 100% 카폭부직포는 두께가 매우 두텁고 부드러우나 섬유간의 조밀도가 떨어지고 쉽게 형태가 망가졌다 (Fig. 9C).

라. 제조된 카폭-폴리에틸렌 혼방 직물의 인장강도는 폴리에틸렌의 혼방 비율에 따라 달라질 수 있으므로 혼방 비율에 따른 인장강도를 측정 하기위해 각각의 비율로 혼방된 직물의 시편을 가로 5 cm, 세로 10 cm로 잘라서 인장강도 측정기(Instron 4443)의 로드셀 클립에 시편을 물리고 크로스헤드 속도 (Crosshead speed)를 50 mm/min으로 하고 로드셀 (Load Cell)을 100 kgf로 하여 인장강도를 측정하였다 (Fig. 10). 인장강도 측정 결과는 아래 Table 4에 정리 하였다.

마. 인장강도는 폴리에틸렌의 혼방비율이 높을수록 증가하는 경향을 보였고, 반대로 카복섬유의 혼방비율이 증가 할수록 인장강도가 현저하게 감소하였다 (Table 4). 산업용 부직포로 사용하기 위해서는 일정범위의 인장강도가 요구되어진다 (Table 4. black box).



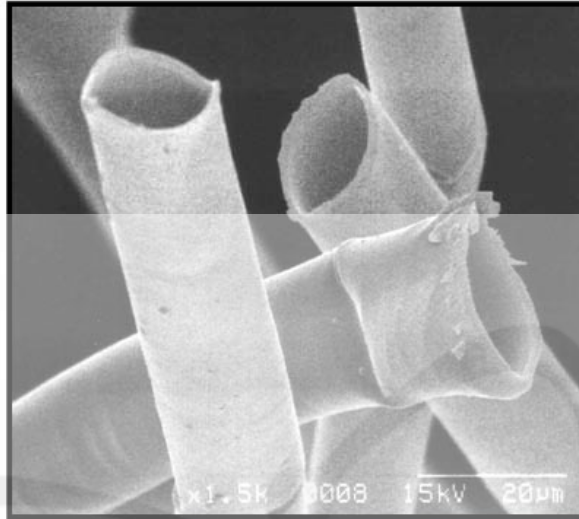


Fig. 7. SEM photo of kapok fiber.

KAERI



Fig. 8. The weaving process of kapok nonwoven fabric.

KAERI

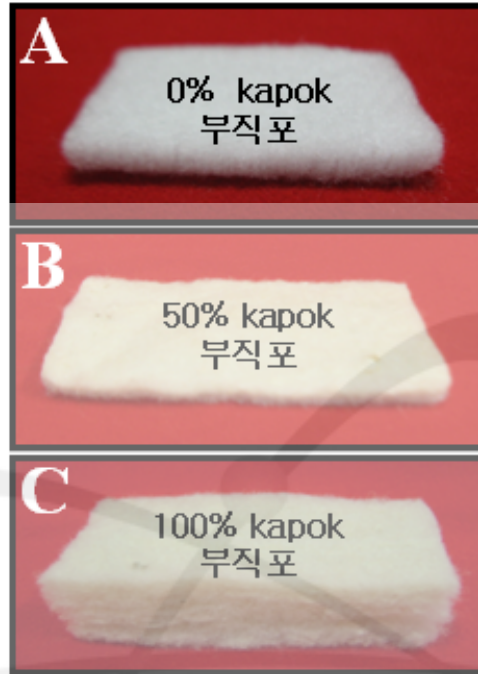


Fig. 9. The development of nonwoven fabric with differential kapok contents.

KAERI



Fig. 10. The tensile strength measurement of differential kapok contents using Instron 4443 (Instron corporation).

Table 4. The tensile strength of differential kapok contents.

카폭:폴리 에틸렌 = 0:100	카폭:폴리 에틸렌 = 30:70	카폭:폴리 에틸렌 = 50:50	카폭:폴리 에틸렌 = 60:40	카폭:폴리 에틸렌 = 70:30	카폭:폴리 에틸렌 = 100:0
공기	공기	공기	공기	공기	공기
42.6±0.82	26.8±0.62	12.3±0.57	8.12±0.75	7.56±0.95	5.23±1.25



KAERI

5. 카폭섬유에 합성섬유 가교를 위한 최적 방사선 선원 및 선량 조건 확립

가. 방사선에 의한 고분자의 가교는 1950년대 Charlesby에 의하여 폴리에틸렌이 방사선에 의해 불용성 겔을 형성하는 현상에 기초하였다. 면, 양모 등의 천연섬유와 폴리에스테르 등의 합성 섬유는 흡습성, 염색성, 강도 면에서 서로 대칭적인 성질을 가지고 있다. 예를 들면, 폴리에스테르 섬유는 강도는 높지만 흡습성에서는 천연 섬유보다 약하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 폴리에스테르 섬유에 acrylic acid, polyethyleneglycol acrylate 등의 친수성 단량체를 방사선을 이용해 그래프트하여 흡습성, 염색성 등을 향상시키는 연구가 활발히 진행 중이다. 또한, 방사선에 의한 가교는 공기 중에 존재하는 산소에 의해 방사선을 조사하는 동안 고분자가 산화되는 원인이 된다. 산업용 부직포에 적합한 인장강도 및 물리적 특성을 부여하기 위해 0, 5, 10, 15, 20, 40 kGy의 다양한 세기의 방사선을 일반 공기와 질소(N₂)로 충전된 카폭-폴리에틸렌 혼방 부직포에 조사하고, 각각의 인장강도를 측정하였다 (Table 5).

나. 감마선 세기가 15 kGy까지는 감마선 세기가 증가할수록 인장강도가 향상되는 것을 확인할 수 있으며, 감마선 세기가 15 kGy일 때, 최대 인장강도를 나타내었다. 감마선 세기가 15 kGy를 초과하면 오히려 감마선 세기가 증가할수록 인장강도가 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 감마선 세기가 15 kGy 이하일 경우에는 공기에서보다 질소 충전 상태에서 감마선 조사한 부직포가 보다 향상된 인장강도를 나타내었다. 또한, 카폭섬유와 폴리에틸렌의 혼방비율에 있어서, 카폭섬유:폴리에틸렌=30:70인 경우에 감마선을 조사하지 않았을 때 인장강도가 높게 나타났으며, 뿐만 아니라 감마선 조사시에도 인장강도의 증가율이 다른 비율 (50:50, 60:40)보다 높게 나타나는 것으로 확인되었다 (Fig. 11-13).

Table 5. The tensile strength of differential kapok contents after gamma irradiation.

방사선세기 (kGy)	카폭:폴리에틸렌=30:70		카폭:폴리에틸렌=50:50		카폭:폴리에틸렌=60:40	
	공기	질소	공기	질소	공기	질소
0	26.8±0.62	27.3±0.75	12.3±0.57	12.4±0.66	8.12±0.75	8.22±0.79
5	28.22±0.98	29.01±1.2	12.49±0.7	12.94±0.9	8.52±0.8	8.83±0.9
10	29.45±1.3	30.4±1.1	13.3±0.8	13.85±1	9.33±0.92	9.88±0.98
15	32.4±1.5	34.9±1.8	13.74±0.8	14.38±0.6	9.87±0.73	10.35±0.78
20	27±1.7	27.9±1.9	12.89±1.2	13.05±1.3	9.19±1.13	9.24±1.2
40	13.9±1.6	12.7±1.2	7.18±1.2	6.98±1.5	6.52±1.25	6.01±1.33



KAERI

카폭섬유:폴리에틸렌 = 30:70

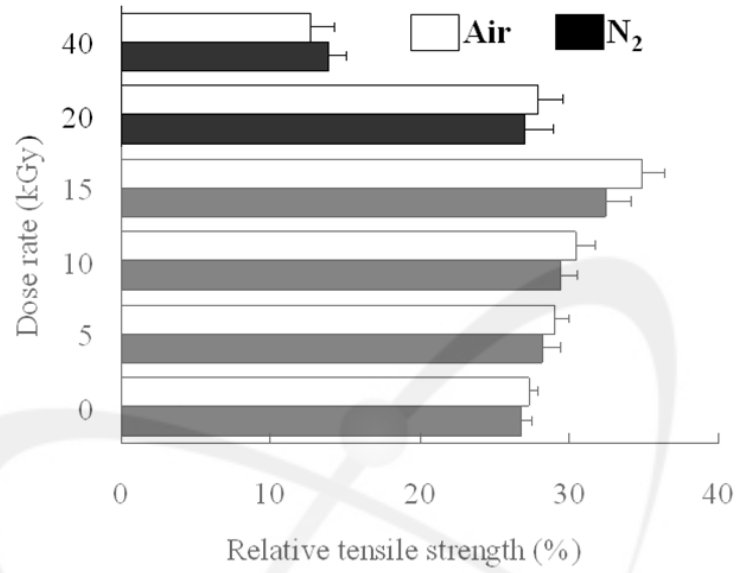


Fig. 11. The tensile strength of 30% kapok nonwoven fabric after gamma irradiation.

KAERI

카폭섬유:폴리에틸렌 = 50:50

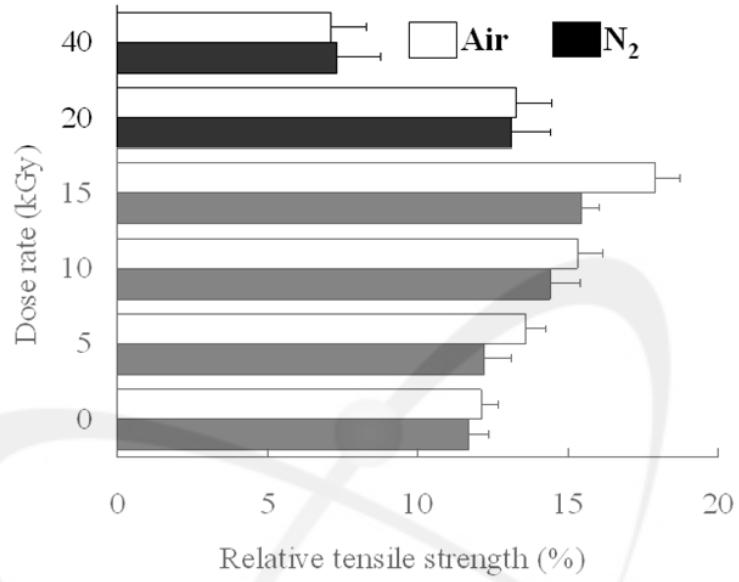


Fig. 12. The tensile strength of 50% kapok nonwoven fabric after gamma irradiation.

KAERI

카폭섬유:폴리에틸렌 = 60:40

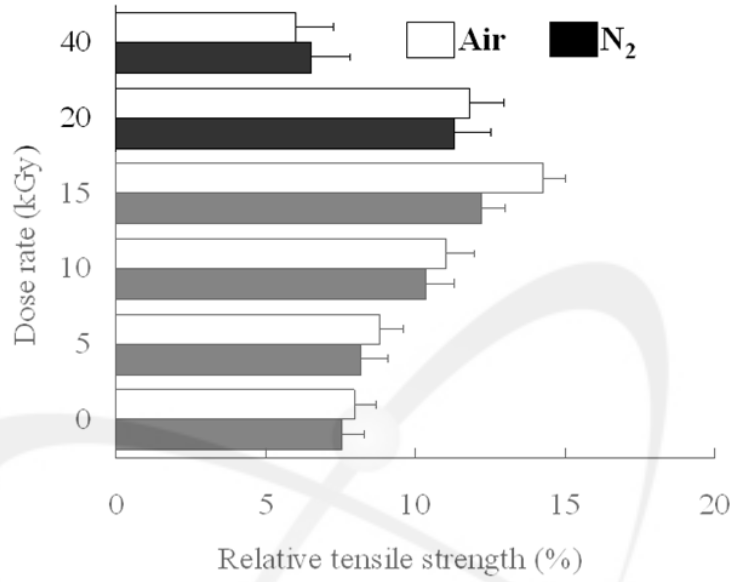


Fig. 13. The tensile strength of 60% kapok nonwoven fabric after gamma irradiation.

KAERI

6. 개발된 카폭부직포 실증실험 (미니하우스 이용한 온도변화 측정)

가. 시중에 판매되는 합성부직포(Fig. 14A)와 카폭-폴리에틸렌의 혼방비율이 50:50(Fig. 14B)인 부직포의 보온성을 확인 하기위해 노지에서 가로 1 m, 세로 5 m의 미니 하우스를 제작하고 비닐만 덮은 것과 카폭부직포와 비닐을 덮은 것과 합성부직포와 비닐을 덮은 미니하우스를 설치하였다 (Fig. 14C).

나. 2009년 1월 9일부터 2009년 1월 23일까지 2주일간의 각각의 미니하우스의 최저온도와 최고온도 변화를 측정하였다(Table 6). 카폭부직포의 보온력은 합성부직포에 비교해보면 평균 2~3°C 정도의 보온효과가 뛰어난 것을 확인 하였다.

The logo for KAERI (Korea Atomic Energy Research Institute) is centered on the page. It features a stylized atomic symbol with three elliptical orbits and three spheres representing protons and neutrons. Below the symbol, the word "KAERI" is written in a bold, sans-serif font.

KAERI

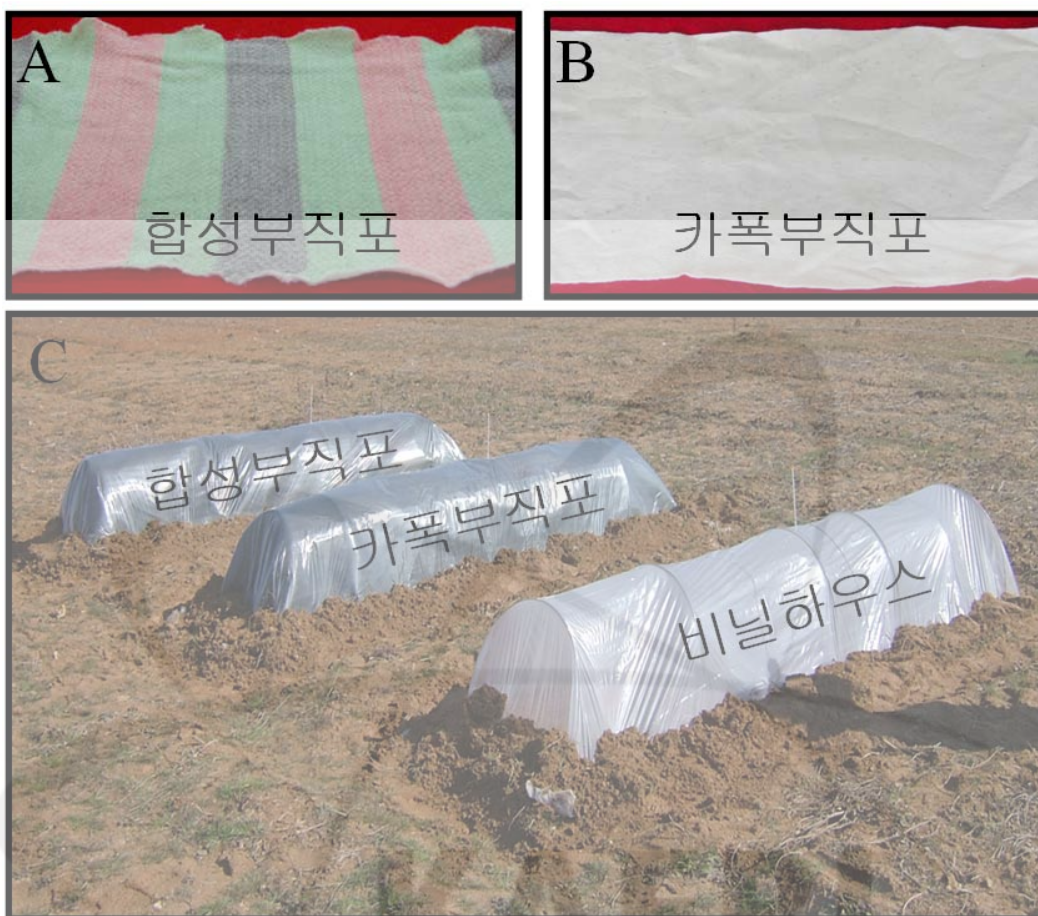


Fig. 14. The evidence experiment of kapok nonwoven fabric for heat insulation.

Table 6. Measurement of temperature change.

날짜 종류	비닐하우스		카폭부직포		합성부직포	
	최저온도(°C)	최고온도(°C)	최저온도(°C)	최고온도(°C)	최저온도(°C)	최고온도(°C)
2009. 01. 09	-17	22	-14	25	-16	22
2009. 01. 12	-10	23	-10	23	-12	19
2009. 01. 13	-12	12	-11	12	-10	12
2009. 01. 14	-11	19	-10	12	-11	11
2009. 01. 15	-15	13	-15	-4	-15	13
2009. 01. 16	-14	28	-10	33	-14	29
2009. 01. 19	-13	30	-10	34	-13	32
2009. 01. 20	-17	32	-11	35	-15	32
2009. 01. 21	-14	29	-10	33	-14	30
2009. 01.22	-15	33	-12	36	-16	33
2009. 01. 23	-17	26	-14	32	-17	28

7. 파급효과 및 기대효과

- 본 연구과제인 카폭섬유 부직포 및 흡음재 개발이 성공적으로 수행되면 향후 지속적인 고유가 시대로 인한 합성섬유 원자재의 가격상승으로 인한 관련 산업의 경쟁력 약화를 방지할 수 있는 새로운 제품개발에 응용할 수 있다. 천연 재료를 활용한 천연 부직포의 개발은 단순히 2차 환경오염을 예방을 뛰어 넘어 새로운 개념의 부직포 생산이 가능하고 외국자원을 선점하여 국가경쟁력 확보에 기여할 수 있으며 이를 활용하여 비닐하우스용 부직포뿐만 아니라 축사용 및 잡초제거용 부직포 개발 및 건축, 전자제품, 자동차 등의 다양한 분야에 활용 가능한 산업용 흡음재 개발 기술로 확대 발전시킬 수 있을 것이다. 아울러 신속한 기술이전이 가능하여 관련 산업체의 고용창출을 유도할 수 있고 제조기술의 노하우를 이전하여 새로운 수출 아이템으로 성장시켜 갈 수 있을 것이다.
- 본 연구과제의 결과물인 카폭상토는 기존의 상토와 차별되는 기능을 가지고 있어 국내뿐만 아니라 외국수출에도 크게 기여할 것으로 예상되어 신속한 기술이전을 통한 관련 산업체의 매출증대를 유도할 수 있고 농촌에서의 애로사항을 효과적으로 해결할 수 있을 것이다.

KAERI

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

연구목표	연구결과	달성도(%)
카폭섬유를 이용한 카폭상토개발 (1차년도)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상토에 혼합되는 카폭섬유의 최적함량 조사 ○ 카폭섬유가 혼합된 상토의 물리성 조사 (보수력, 용적밀도, 수분곡선, 점탄성 등) ○ 카폭섬유가 혼합된 상토의 화학성 조사 (보비력, 필수원소분석, 양, 음이온 측정 등) ○ 카폭섬유가 혼합된 상토를 활용한 작물 재배 ○ 카폭섬유가 혼합된 상토개발 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>
카폭섬유를 이용한 카폭부직포 개발 (2차년도)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산업용 부직포 개발을 위한 최적 합성섬유 함량 조사 ○ 카폭섬유에 합성섬유 가교를 위한 최적 방사선 선원 및 선량 조건 확립 ○ 개발된 카폭부직포의 인장강도 측정 ○ 다양한 형태의 카폭부직포 개발 ○ 개발된 카폭부직포 실증실험 (미니하우스 이용한 온도변화 측정) 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

산업적 활용	후속연구 연계	기 타
<input type="checkbox"/> 사업화추진 (○) <input type="checkbox"/> 기술이전 및 지도 추진(○) <input type="checkbox"/> 산업적 활용 가능(○)	<input type="checkbox"/> 결과물(관련 DB등)제공() <input type="checkbox"/> 후속연구추진() <input type="checkbox"/> 교육 및 연구목적으로 활용()	<input type="checkbox"/> 기타 () <input type="checkbox"/> 활용계획 없음()
향후 연구개발 결과의 활용계획(현재 ~ 과제 종료후 5년까지)		
가. 활용개요	카폭섬유를 이용한 산업용 부직포 및 카폭상토의 산업화 적용	
나. 활용일정	○ 2009년 말까지 개발된 카폭섬유 부직포 및 카폭상토 특허출원을 활용하여 관련 산업계에 기술이전을 실시하고 국내 판매 및 국외 수출 아이템으로 활용할 예정임	
다. 활용방법	○ 카폭섬유와 합성섬유를 혼방한 후 방사선 처리를 통해 인장강도가 획기적으로 증가되는 부직포를 개발하여 발명특허 출원을 통하여 기술선점과 보호에 주력할 예정임 ○ 카폭상토를 특허출원하여 관련 산업계에 기술이전을 실시하고 국내 판매 및 국외 수출 아이템으로 활용할 예정임	
라. 기대효과	○ 본 연구과제인 카폭섬유 부직포 개발이 성공적으로 수행되면 향후 지속적인 고유가 시대로 인한 합성섬유 원자재의 가격상승으로 인한 관련 산업의 경쟁력 약화를 방지할 수 있는 새로운 제품개발에 응용할 수 있다. 천연 재료를 활용한 천연 부직포의 개발은 단순히 2차 환경오염을 예방을 뛰어 넘어 새로운 개념의 부직포 생산이 가능하고 외국자원을 선점하여 국가경쟁력 확보에 기여할 수 있으며 이를 활용하여 비닐하우스용 부직포뿐만 아니라 축사용 및 잡초제거용 부직포 개발 및 건축, 전자제품, 자동차 등의 다양한 분야에 활용 가능한 산업용 흡음재 개발 기술로 확대 발전시킬 수 있을 것이다. 아울러 신속한 기술이전이 가능하여 관련 산업체의 고용창출을 유도할 수 있고 제조기술의 노하우를 이전하여 새로운 수출 아이템으로 성장시켜 갈수 있을 것이다. ○ 본 연구과제의 결과물인 카폭상토는 기존의 상토와 차별되는 기능을 가지고 있어 국내뿐만 아니라 외국수출에도 크게 기여할 것으로 예상되어 신속한 기술이전을 통한관련 산업체의 매출증대를 유도할 수 있고 농촌에서의 애로사항을 효과적으로 해결할 수 있을 것임	
마. 기타	○ 사업화 추진계획 - 카폭섬유 부직포 및 카폭상토 특허출원을 활용하여 (주)신화에 기술이전을 추진할 계획임	

제 6 장 참고문헌

1. Chung, B.Y. and Iiyama, K. 2003. Differences in chemical constituents between vascular bundles and nonvascular bundles of cacao (*Theobroma cacao* L.) hull. J. Wood Sci. 49: 176-180.
2. Iiyama, K. and Wallis, A.F.A. 1990. Determination of lignin in herbaceous plants by an improved acetyl bromide procedure. J. Sci. Food Agric. 51: 145-161.
3. Jin, Z., Akiyama, T., Chung, B.Y., Matsumoto, K., Iiyama, K. and Watanabe, S. 2003. Changes in lignin content of leaf litters during mulching. Phytochemistry 64: 1023-1031.
4. Hori, K., Flavier, M.E., Kuga, S., Lam, T.B.T., Iiyama, K. 2000. Excellent oil absorbent kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.] fiber: fiber structure, chemical characteristics, and application. J. Wood Sci. 46: 401-404.
5. Lam, T.B.T. and Iiyama, K. 2000. Characteristics of senescent straw cell walls of dwarf, semidwarf, and normal strains of rice (*Oryza sativa*) plants. J. Wood Sci. 46: 376-380.

서 지 정 보 양 식

서 지 정 보 양 식					
수행기관보고서번호		위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드	
KAERI/RR-3073/2009					
제목 / 부제		카폭섬유를 이용한 산업용 부직포 및 농업용 상토 개발			
연구책임자 및 부서명		정병엽 (방사선생명공학연구부)			
연구자 및 부서명		김진홍, 이승식 (방사선생명공학연구부)			
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구원	발행년	2010
페이지	56 p.	도표	있음(○), 없음()	크기	21 × 29.7 Cm.
참고사항	없음				
공개여부	공개(○), 비공개()		보고서종류	연구보고서	
비밀여부	대외비 (), _ 급비밀				
연구위탁기관			계약번호		
초록 (15-20줄내외)	<p>본 연구는 천연섬유인 카폭섬유에 합성섬유를 혼용하여 산업용 부직포의 제조 기술을 개발하고 카폭섬유를 활용한 신개념 육묘용 상토 제조 기술 개발을 목표로 한다. 이를 위한 연구개발 범위는 카폭섬유를 이용한 카폭상토개발과 카폭섬유를 이용한 카폭부직포 개발을 포함한다. 본 연구의 주요결과는 다음과 같다. 카폭섬유의 물리화학적 특성 조사(보수력, 용적밀도, 수분곡선, 점탄성, 보비력, 필수원소분석, 양, 음이온 측정 등); 카폭상토의 물리화학적 특성 평가; 카폭상토를 이용한 작물재배 실증실험; 산업용 부직포 개발을 위한 최적 합성섬유 함량 조사; 카폭섬유에 합성섬유 가교를 위한 최적 방사선 선원 및 선량 조건 확립</p>				
주제명키워드 (10단어내외)	카폭, 카폭섬유, 부직포, 상토, 인장강도, 방사선				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.	Sponsoring Org. Report No.	Standard No.	Report	INIS Code	Subject
KAERI/RR-3073/2009					
Title / Subtitle	The development of nonwoven fabric and agricultural bed soil using kapok fiber for industrial usages				
Project Manager and Department	Byung Yeoup Chung (Radiation Research Division for Biotechnology)				
Researcher and Department	Jin-Hong Kim, Seung Sik Lee (Radiation Research Division for Biotechnology)				
Publication Place	Daejeon	Publisher	KAERI	Publication Date	2010
Page	56 p.	Ill. & Tab.	Yes(<input type="radio"/>), No (<input type="radio"/>)	Size	21 × 29.7 Cm.
Note					
Open	Open(<input type="radio"/>), Closed(<input type="radio"/>)		Report Type	Research Report	
Classified	Restricted(<input type="checkbox"/>), <input type="checkbox"/> Class Document				
Sponsoring Org.			Contract No.		
Abstract (15-20 Lines)	<p>The purpose of this project is the development of nonwoven fabric using natural kapok fiber and synthetic fiber for industrial usages and the development of manufacturing techniques for nursery bed soil using kapok fiber. Research scopes include the development of agricultural bed soil using kapok fiber and nonwoven fabric using kapok fiber. Main results are as follow: the physico-chemical characterization of kapok fiber (water holding capacity, bulk density, water retention curve, viscoelastic measurement, oil adsorption capacity, analysis of essential elements, measurement of anion and cation); the physico-chemical characterization of kapok bed soil; the evidence experiment of kapok bed soil; the optimum content of kapok fiber and synthetic fiber for nonwoven fabric; establishment of the optimum radiation dose for manufacturing kapok nonwoven fabric</p>				
Subject Keywords (About 10 words)	kapok, kapok fiber, nonwoven fabric, bed soil, tensile strength, radiation				