

최 종
연구보고서

양액재배 폐암면과 목재 부산물의 원예용 배지
재활용 기술개발

Development of Horticultural Media Reusing Waste
Hydroponic Rockwool Slabs and Wood

연구기관

경상대학교

농림부행정자료실



0005415

농 림 부

GOVP1200101782

631.585

L 2936

[별지 제7호 서식]

최 종 보 고 서

1998년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 얇액재배 폐암면과 목재 부산물의
원이용 배지 재활용 기술개발에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

첨부 : 1. 최종보고서 10부

2. 최종보고서 디스켓 1매

2000. 10. .

주관연구기관 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 정 병 룡 (인)

주관연구기관장 : 총장 박 충 생

직 인

농림부장관 귀하



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “양액재배 폐암면과 목재 부산물의 원예용 배지 재활용 기술개발
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10. 27.

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 정병룡

연 구 원 : 변희섭, 이영주

연 구 보 조 원 : 황승재, 임미영, 정종윤, 김오임,
황연현, 안철근, 안동춘, 강황수,
문호환, 김경희, 조지영, 김태영,
임동희, 이균필, 심종현, 박봉성

요 약 문

I. 제목

양액재배 폐암면과 목재 부산물의 원예용 배지 재활용 기술개발

II. 연구개발의 목적과 중요성

1. 연구개발의 목적

가. 폐암면과 목재 부산물 등을 이용한 혼합배지 개발과 재배효과 실증 실험

- (1) 입자 폐암면과 목재 부산물의 배지혼합비율 연구
- (2) 혼합배지의 물리화학적 특성조사
- (3) 혼합배지를 이용한 공정묘 재배효과 실증 실험
- (4) 혼합배지를 이용한 분화류 재배효과 실증 실험
- (5) 혼합배지를 이용한 절화류 양액재배 기술개발

나. 목재 부산물을 이용한 원예용 배지재료 개발

- (1) 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄기술 개발
- (2) 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발

다. 양액재배 폐암면과 입자화 파쇄 및 이물질 영향 억제기술 개발

- (1) 양액재배에 사용된 슬래브형 폐암면의 입자화 파쇄기술 개발
- (2) 폐암면의 파쇄과정에서의 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물의 처리 기술 개발

2. 연구개발의 중요성

가. 기술적 측면

- (1) 원예용 배지는 양분저장, 수분 보유와 공급, 가스유통 및 식물체 지지 기능을 필요로 함

- (2) 현재 사용하고 있는 배지재료로는 버미큘라이트, 바크, 펄라이트, 폴리스타이렌, 압면, 피트모스 등이 있으나 대부분의 재료가 위의 4가지 기능을 동시에 다 만족시키지 못하므로 한가지 이상의 물질을 섞은 혼합배지가 이용되고 있음
- (3) 양액재배 배지종류의 제한과 수입 의존성
 - (가) 국내에는 피트모스 등의 온실식물 재배용 천연배지재료가 없어서 수입에 의존하고 있으며, 1차 가공을 통한 인공배지재료도 이용되고 있음
 - (나) 1997년 1월말 현재 양액재배 면적 중 압면 85.7ha, 펄라이트 115.7ha 차지
 - (다) 펄라이트는 국내에서 생산공급하고 있으며 장기재배가 가능하나 시간의 경과에 따라 물리 화학성이 저하됨
 - (라) 압면은 국산과 수입품이 공히 널리 사용되고 있음
- (4) 양액재배용 배지의 국산화 필요성과 양액재배 폐암면을 재활용한 배지 개발 가능성
 - (가) 양액재배에 사용된 압면은 입상형으로의 재가공을 통하여 양액재배용 또는 분이나 플러그용 배지로 개발할 수 있음
 - (나) 파쇄 목재를 압면과 혼합하면 우수한 원예용 배지가 될 것으로 기대됨
- (5) 입자 압면과의 혼합 가능한 입산자원 풍부
 - (가) 전국토의 67% 정도가 산으로 구성된 우리 나라에는 소나무를 비롯한 수목이 많이 있어 이를 가공 이용시 및 수입목재를 가공시 많은 부산물이 생성되는데 일부만이 톱밥제조나 화목용으로 이용되고 있어 그 외의 부산물을 배지재료로 이용 가능
 - (나) 해방이후 산림녹화 사업의 일환으로 경제림을 조성할 목적으로 밤나무를 조림하였으나 유실수로서의 수령인 25-30년이 지나 수목갱신이 필요(1994년 현재 전국 밤나무 조림면적은 215,915ha)함
 - (다) 밤나무 등의 수목갱신, 경제림 조성용 수종갱신 및 간벌로 얻어지는 목재를 배지재료로 이용할 수 있음

나. 경제·산업적 측면

- (1) 국내 온실 설치면적 급진적 증가
 - (가) 1995년말 시설채소류 81,604 ha: 1990년 대비 1995년은 2.04배 증가

- (나) 시설화훼류 3,054 ha: 1990년 대비 1995년은 1.74배 증가
- (다) 유리온실을 비롯한 고정식 온실면적과 양액재배 면적의 급속한 증가
 - 1) 고정식 영구온실의 설치로 토양내 염류집적과 연작장해의 회피가 필수적 과제
 - 2) 1994년말 59.7 ha, 1995년 10월말 106.5 ha, 1997년 1월말 273.8 ha
- (라) 양액재배 주작물의 제한: 장미, 토마토, 방울토마토, 오이 및 고추가 1997년 1월말 현재 717,101평으로 전체의 87.3% 차지
- (마) 1997년 1월말 우리 나라의 양액재배용 압면의 연간 사용량은 11,600m³ 또는 20억원어치 정도로 추산되고 부수적인 폐암면의 발생량도 이와 유사할 것으로 추정됨
- (바) 국내에 1997년초 현재 1,500평 규모의 공정육묘 온실이 60여개가 있고 원예작물 묘 수요가 150억주나 되는데 대부분의 공정육묘용 상토는 외국에서 수입한 재료에 의존하고 있음. 이 중 5%가 공정묘로 공급된다고 가정할 경우 공정육묘용 상토 필요량은 연간 1만 5천m³ 정도로 추정되며 이는 상토 리터당 100원에 거래된다고 볼때 15억원어치에 상당함
- (사) 1995년말 현재 국내의 분화류 생산량은 연간 1억 3천만개이고 국민소득의 증대로 분화류의 소비가 급증할 것으로 예상되고 있음. 그러나 국내에서 생산되는 대부분의 분화류는 천연토양을 위주로한 배지를 사용하고 있어서 후진성을 면치 못하고 있으며 이는 분화류 소비의 저해요인으로 작용하고 있음. 1억 3천만개의 분화류를 각각 1리터 화분에 재배한다고 가정할 경우의 상토 소요량은 연간 13만 m³이고 이는 상토 리터당 100원에 거래된다고 볼때 130억원어치 상당의 잠재 시장이 있음을 의미함
- (아) 공정육묘와 분화류 생산에 소요되는 배지의 고급화와 국산화에 폐암면이 재활용될 수 있음

다. 사회·문화적 측면

- (1) 농업용 배지의 수입도 우리의 무역수지 악화에 기여하고 있고 이는 재배기술의 외국 의존으로 이어짐
- (2) 양액재배 압면의 폐기 문제가 매우 심각함

- (가) 압면은 국내에서 한국UR압면(주)이 생산공급하고 있고 네덜란드와 프랑스 등지에서 수입되기도 함
- (나) 압면을 이용한 고품질 청정 원예산물의 생산기술은 이미 정착 단계에 있고, 폐압면의 재활용으로 고품질 청정 원예산물의 생산을 더욱 증가시킬 수 있음
- (다) 압면은 고가로서 온실작물의 장기재배에 사용될 수 있으나 연작으로 인한 수량감소와 품질저하가 심하고 재사용시 배지로서의 안정성이 낮으므로 양액재배농가가 재사용을 제한하고 꺼리고 있음
- (라) 양액재배에 사용되는 압면은 주로 압면 fiber를 압착시킨 슬래브형인데 부피가 크고 연소되거나 부패되지 않으며 인체에 암을 유발할 수 있다는 일반인의 오해로 인해 양액재배에 사용한 후 폐기에 심각한 문제점이 오래 전부터 제기되고 있으나 아직도 해결책이 없음

라. 국내의 관련기술의 현황과 문제점

(1) 지금까지의 연구개발 실적

(가) 국내

- 1) 육묘용, 분식물용 및 양액재배용 배지의 국산화를 위하여 많은 시도를 하고 있으나 천연자원 부족으로 외국의 제품에 대적할 만한 우수한 연구개발 제품은 아직 없음
- 2) 압면은 국내의 회사에서 제품화 생산되고 있으나 이의 폐기문제는 아직 해결되지 않고 있음

(나) 국외

- 1) 시설원에 선진국을 비롯하여 천연자원이 풍부한 국가에서는 육묘용, 분식물용 및 양액재배용 배지의 차별화와 상품화가 이미 오래 전에 이루어짐
- 2) 압면의 농업 재활용에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있으나 필요한 경우에는 언제든지 기술을 개발할 수 있다고 판단되고 연구개발된 경우라도 상품화로 인하여 그 기술이 노출되지 않음
- 3) 미국에서는 1986년도에 입상압면과 피트모스 등의 천연재료의 혼합상토가 개발되어 매우 우수한 제품으로 인식되고 시판되고 있음

(2) 현 기술상태의 취약성

- (가) 지금까지의 국내의 원예작물 재배용 배지개발연구 결과를 바탕으로 실용화를 위한 실험을 할 경우 어려운 점은 없음
- (나) 양액재배 사용배지와 목재 부산물의 파쇄기술개발과 파쇄된 입자의 특성파악, 함유된 유기물과 미생물의 제거 또는 영향을 억제할 수 있는 처리기술의 개발 및 입자들의 타재료와의 혼합비율 등에 대한 연구가 요구됨

마. 앞으로 전망

- (1) 공정육묘에 필요한 배지재료의 50% 정도를 폐암면으로 대체 가능(1997년초 현재 전국의 60여개 공정육묘장에서만 필요로 하는 상토의 양은 260,000리터 정도로 추산됨)
- (2) 분화용 배지재료의 50% 정도를 폐암면으로 대체 가능(1995년말 현재의 생산량을 기준으로 개당 1리터씩의 배지가 필요하다고 가정할 경우 1억 3천만 리터의 배지가 필요하다고 추산됨)
- (3) 공정육묘와 분화류의 생산에 필요한 배지 원재료의 가격은 리터당 50원을 기준으로 할 때 약 65억원 정도임
- (4) 정부가 시설자금지원을 하고 있는 시설원에 설치사업에 활용가능
- (5) 첨단시설 및 첨단기술보급으로 선진농가육성가능
- (6) 배지의 개발과 국산화율의 현저한 증가 및 상품화(특허출원) 가능
- (7) 공정육묘와 분식물 생산기술의 발달

바. 기술도입의 타당성

- (1) 도입 가능성은 있으나 도입 필요성 없음
- (2) 기술료 수준 - 국내에서 연구개발할 경우 100% 국산화가 가능하므로 기술료 부담은 없음

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

연구개발목표	현 황	연구개발내용
1. 입자화 암면과 목재 부산물 등을 이용한 양액 재배, 공정육묘 및 분식물 재배를 위한 혼합배지의 개발과 재배효과 실증실험	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 국내 연구개발 없고 외국의 연구 사례는 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 입자화된 폐암면의 타배지 재료와의 적정 혼합비율 연구 및 경제성 검토 ◦ 혼합배지의 물리화학적 특성조사 및 상품화 개발 ◦ 혼합배지를 이용한 공정묘의 재배효과 실증시험 ◦ 혼합배지를 이용한 분화류의 재배효과 실증시험 ◦ 혼합배지를 이용한 절화류의 양액재배 기술개발
2. 목재 부산물을 이용한 원예용 배지재료 개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 체계화된 분쇄 및 가공기술이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 목재 부산물의 적정 입자화 및 파쇄기술 개발 ◦ 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발
3. 양액재배 폐암면의 입자화 분쇄 및 이물질 영향 억제기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 체계화된 분쇄 기술이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사용암면 폐기시 나타나는 문제점 조사 ◦ 양액재배에 사용된 슬래브형 폐암면의 입자화 파쇄기술 개발 ◦ 폐암면의 파쇄과정에서의 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물의 조사 및 열처리 기술 개발 ◦ 지역별 제조공장 설립의 가능성 검토

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과 요약

가. 폐암면과 목재 부산물 등을 이용한 혼합배지 개발과 재배효과 실증 실험

(1) 입자 폐암면과 목재 부산물의 배지혼합비율 연구

배지의 기능으로서는 양분의 저장, 수분의 보유와 공급, 가스유통 및 식물체의 지지 등이 있다. 좋은 배지의 조건은 유기물의 안정성, C/N율, 가비중, 공극의 조성, 양이온 치환능력 및 pH등 다양한 조건들이 적합 해야한다. 파쇄된 폐암면과 혼합하여 쓸 수 있는 재료는 피트모스, 펄라이트, 코이어 등이 있다. 폐암면과 이러한 재료들을 혼합 할 경우 배지의 보수성과 통기성을 증진시킬 수 있다. 본 연구에서는 파쇄 암면, 목재 부산물 입자 및 타재료와의 혼합비율등 다양한 방법으로 혼합 배지를 만들고 그 효과를 알아보았다. 육묘실험에서 1차 실험은 폐암면 입자를 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 밤나무와 소나무 입자와 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100의 부피비율로 혼합하였다. 2차 실험에서는 폐암면 입자에 밤나무 입자, 소나무 입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트를 조합하고 대조구를 포함 하여 20가지 혼합배지를 이용하였다. 분화용 혼합배지 실험에서 장미와 벤자민은 폐암면 입자와 밤나무 입자, 펄라이트 및 피트모스 등을 혼합하였고 역시 대조구를 포함 20가지 조합으로 실험을 하였다. 질화 양액재배 실험에서 국화의 경우 폐암면 입자에 소나무 입자와 밤나무 입자, 펄라이트, 코이어 및 피트모스를 조합하여 총 27가지 혼합 배지를 조제하였다. 미니장미 '산시루'는 폐암면 입자와 밤나무 입자, 소나무 입자, 훈탄, 왕겨 및 피트모스를 혼합하여 43가지 혼합을 하였다. 미니장미 '마니쉬'는 폐암면 입자와 소나무 입자 0개월, 3개월, 6개월 후숙 및 밤나무 입자 0개월, 3개월, 6개월 후숙한 것을 각각 혼합하여 대조구 암면 슬래브를 비롯한 총 38개 혼합배지를 연구하였다.

(2) 혼합배지의 물리화학적 특성조사

실험에 사용한 다양한 혼합배지들의 물리화학적 특성 조사에 앞서서 화학성 측정 및 분석을 위한 전처리가 필요하다. 모든 실험에 사용된 혼합배지들은 모두 시료와 증류수의 부피가 1:5가 되도록 혼합하여 24시간 $100\text{rpm} \cdot \text{min}^{-1}$ 으로 shaking하여 얻

은 현탁액을 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 측정하였다. 또한 각 혼합배지의 무기 이온 농도 측정은 위와 같은 방법으로 얻은 현탁액을 이온 크로마토그래피로 분석하였다. 공정육묘용 혼합배지, 분화 미니장미, 화분 벤자민, 양액재배 절화 국화, 절화 미니장미 '산시루', 절화 미니장미 '마니쉬' 실험 등에서 모두 비슷한 결과를 보였다. 재배 전 pH는 목재 입자에서 가장 낮았고, 대조구인 새암면이 가장 높은 pH값을 나타냈으나 재배후기로 갈수록 안정화되어 무토양 배지의 적정 pH인 5.0~6.0범위를 유지하였다. 폐암면 조합 비율이 많아질수록 pH가 안정적인 수준이었다. EC의 변화는 목재 입자를 조합한 처리구에서 다소 높은 경향이었고 대조구 토실이상토에서 가장 높았으나 재배후 낮아졌다. 전체적인 EC 수준은 장애를 유발하는 수준은 아니었다. 무기 이온 농도는 폐암면과 코이어를 혼합한 처리구에서 Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 이온 농도가 타처리구에 비해 가장 높은 수치로 검출되었다. 밤나무와 폐암면 혼합 배지의 처리구에서는 NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} 의 이온 농도가 재배후기에서 타 처리구에 비해서 높은 수치로 검출되었다. 물리성의 경우 폐암면 100%와 밤나무 100%, 밤나무1:폐암면1, 밤나무1:폐암면2, 밤나무2:폐암면1의 5처리의 배지 중에서 특히 폐암면100%에서 재배전의 용기용수량, 진 비중, 그리고 잔존 수분함량이 가장 유의성 있게 높았으며, 재배후기에서도 역시 위와 같았다. 밤나무 100%에서 재배전 총공극율, 공극율이 가장 높았으며 재배후기에도 공극율이 가장 높았다. 폐암면의 비율이 높아질수록 총 공극율이 낮아졌으며 용기용수량과 잔존 수분함량은 폐암면의 비율이 높아질수록 정비례하였다.

(3) 혼합배지를 이용한 공정묘 재배효과 실증 실험

양액재배에 사용된 암면은 입상형으로의 재가공을 통하여 양액재배용 또는 분이나 플러그 식물용 배지로 개발이 가능하다. 이에 양액재배용 배지의 국산화 필요성과 양액재배 폐암면을 재활용한 배지의 개발을 위하여 폐암면 파쇄입자와 밤나무 파쇄입자의 혼합배지에서 고추와 페튜니아 플러그묘를 재배하여 배지로서의 효과를 알아보고자 본 실험을 수행하였다. 1차 실험은 증기소독한 폐암면 입자와 파쇄기로 파쇄한 후 6개월 동안 후숙한 뒤 2.8mm와 5.6mm 체로 친 밤나무 입자를 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100 비율로 혼합한 배지에서 고추와 페튜니아 플러그묘를 재배하여 생육을 조사하였다. 그리고 2차 실험은 소독한 폐암면에 4mm 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스, 그리고 펄라이트(소립)를 조합하여 20가지 혼합상토를 조제하여 공시식물의 생육을 조사하였다. 고추와 페튜니아 플러그묘의 생

육을 조사한 결과 고추의 초장은 폐암면에 코이어를 혼합하거나 코이어와 피트모스에 폐암면을 혼합한 처리구에서 높게 나타났고 페튜니아는 코이어와 피트모스에 폐암면을 혼합한 처리구가 높게 나타났다. 생체중과 건물중도 폐암면에 피트모스를 혼합한 처리구가 대조구보다 높은 결과를 보였다. 다음으로 피트모스나 코이어를 단일 또는 혼합하여 폐암면과 조합했을 경우가 좋았으나 밤나무 또는 밤나무와 소나무를 폐암면과 혼합했을 경우는 생육이 저조하였다.

(4) 혼합배지를 이용한 분화류 재배효과 실증 실험

(가) 폐암면과 밤나무입자를 이용한 분화용 장미 'Silk Red'의 매트저면관수용 혼합배지 개발

본 실험은 폐암면과 목재부산물로된 혼합배지에서 생장한 분화용 미니장미 'Silk Red'의 생장을 비교하여 이용가능성을 살펴보고, 'Silk Red'의 양액재배 매트저면관수에 알맞은 혼합배지를 선별하기 위해 수행하였다. 양액재배 후 폐기된 암면을 파쇄하여 소독하고, 수령이 다하여 생산력을 상실한 밤나무를 벌목후 분쇄하여 4개월 후숙시킨후 펄라이트, 피트모스와 다양한 부피비로 혼합한 20가지배지에서 3반복 난괴법으로 배치하여 재배하였다. 초장, 가지수, 수폭, 꽃수, 지상부 생체중, 지상부 건물중, 그리고 지상부대 지하부의 비율에서 처리에 따라 매우 높은 유의성이 있었고, 지하부 생체중과 지하부 건물중에서는 유의성이 있었다. 그러나 가장 긴 신초의 마디수와 엽록소 함량, 건물율은 유의성이 없었다. 전체적인 생육조사에서 폐암면과 펄라이트 그리고 피트모스를 2:1:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 'Silk Red'의 생육이 가장 좋았으며, 지하부 생체중을 제외한 모든 생육조사 항목에서 폐암면 100%의 처리가 대조구인 토실이상토 처리보다 좋았다. 이로서 폐암면 재사용 가능성을 입증하였으며 'Silk Red'의 양액재배 매트저면관수에 알맞은 혼합배지로서 폐암면 단독보다는 펄라이트, 피트모스를 2:1:1의 부피비율로 혼합한 배지가 가장 효과적이었다.

(나) *Ficus benjamina* 'King'의 폐암면과 밤나무 혼합배지를 이용한 양액재배 양액재배를 통한 화훼작물의 생산이 급속히 증가함에 따라 화훼류의 양액재배 기술체계의 구축과 양액재배에 사용 후 폐기되는 자원에 대한 재활용이 연구되고 있다. 본 실험에서는 양액재배용 배지로서 농업부산물인 폐암면과 밤나무입자의 사용 가능성을 알아보고 이를 이용한 *Ficus benjamina* 'King'의 양액재배용 배지개발을 복

표로 수행되었다. 배트저면관수로 급액하였고 폐암면과 밤나무 입자, 펄라이트 그리고 피트모스를 다양한 부피비로 혼합한 20가지 배지를 3반복 난피법으로 배치하여 재배하였다. 배지의 pH는 산성인 밤나무입자가 많이 함유 될수록 낮아지나 폐암면을 첨가할수록 중성에 가까워졌다. 재배전 보다 재배후 pH는 모든 배지에서 상승하였다. 대조구인 토질이상토의 EC가 가장 높았으나 재배후 유일하게 EC가 낮아졌으며, 폐암면의 경우 재배전과 재배후의 EC변화가 거의 없는 것으로 보아 실험전의 재배로부터 비료성분이 잔류했기 때문으로 생각된다. 근장과 총엽록소농도를 제외한 모든 생육조사항목에서 폐암면 100%의 처리가 대조구인 토질이상토보다 생육이 좋음으로 보아 폐암면의 재활용가능성이 입증되었고, 폐암면과 피트모스를 1:3의 부피비로 혼합한 처리에서 가장 생육이 좋았다.

(5) 혼합배지를 이용한 절화류 양액재배 기술개발

(가) 폐암면과 목재부산물을 이용한 혼합배지가 국화의 생육과 개화에 미치는 영향
본 연구는 양액재배용 배지로서 이미 사용되어진 암면과 목재부산물을 이용한 혼합배지가 국화 양액재배용 배지로서 이용가능한지를 알아보고자 수행하였다. 공시재료는 하국 '백광'이었으며, 양액은 화란 국화전용양액 1배액을 사용하였다. 폐암면을 기본으로 소나무와 밤나무 입자, 펄라이트, 코이어 그리고 피트모스를 각각 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1의 부피비율로 혼합한 27종의 배지를 이용해 2000년 2월 12일부터 2000년 9월 6일까지 208일간 연속 재배하였다. 1차 수확은 2000년 6월 5일부터 7일 간격으로 3회에 걸쳐 실시하였고, 2000년 8월 25일부터 6일 간격으로 3회에 걸쳐 2차 수확을 하였다. 폐암면과 코이어가 1:3으로 조합된 처리구에서 분지율, 경경, 엽면적 그리고 총 엽록소 함량이 가장 우수하였고, 폐암면과 피트모스, 그리고 폐암면과 코이어가 혼합된 모든 처리구에서 다른 처리구에 비해 높았다. 마디수는 폐암면과 소나무, 그리고 폐암면과 밤나무가 조합된 처리구에서 많았다. 폐암면과 코이어가 조합된 처리구에서 90%이상의 개화율을 나타냈으며, 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구는 80%이상의 개화율을 보였다. 생체중과 건물중 역시 폐암면과 코이어, 그리고 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구에서 높게 나타났다. 폐암면과 소나무, 그리고 폐암면과 밤나무가 조합된 처리구에서는 생육이 저조했으며, 개화율 역시 낮았다.

(나) 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배
밤나무, 소나무 및 폐암면 파쇄입자, 코이어, 훈탄, 왕겨, 그리고 피트모스를 각각

1:1, 1:2, 2:1의 부피비율로 혼합한 43종의 배지를 이용해 미니 절화장미 산시루를 양액재배 하면서 1999년 1월 23일부터 1999년 8월 31일까지 3회에 걸쳐 채화하였다. 폐암면과 혼탄을 조합한 처리구에서 배지의 pH와 EC가 가장 안정적이었고 목재 입자를 함유한 처리에서 pH가 가장 낮았다. 절화의 평균초장은 밤나무2:폐암면1, 밤나무1:폐암면2, 그리고 폐암면1:코이어2 처리에서 가장 컸다. 채화량은 소나무1:혼탄1, 폐암면1:코이어1, 폐암면1:왕겨1, 소나무2:폐암면1, 폐암면1:코이어2, 그리고 혼탄2:왕겨1 처리구에서 가장 많았다. 생체중은 폐암면1:코이어2 처리에서 가장 컸고, 개화소요일수도 처리간에 다소 차이가 있었다. 이 연구의 초기결과는 양액재배 폐암면을 장미의 양액재배에 재활용할 수 있는 가능성을 시사한다.

(다) 양액재배 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율이 절화 미니장미 마니쉬의 생육에 미치는 영향

폐암면, 밤나무 및 소나무 파쇄입자를 다양한 비율로 혼합한 배지를 이용하여 미니 절화장미 '마니쉬'를 양액재배 하여 생산성을 조사하였다. 폐암면 입자, 후숙한 기간이 다른 밤나무 및 소나무 입자를 각각 1:1, 1:2, 2:1, 1:3, 그리고 3:1의 부피비율로 혼합하여 3반복 38처리의 배지를 난피법으로 배치하여 실험을 수행하였다. 1999년 3월 26일부터 1999년 7월 30일까지의 조사결과 모든 처리구에서 유사한 생산성을 나타냈다. 폐암면의 비율이 높아질수록 배지의 pH와 EC가 안정적이었다. 또한 채화량이 많아지고 초장과 생체중도 증가하였으며, 개화 소요일수도 상당히 단축되는 경향을 보였다. 소나무 입자는 후숙기간이 길어질수록 생산성이 높아졌다. 밤나무는 혼합비율과 후숙기간에 따른 유의성이 없었고 여타의 처리구에 비해 생육이 저조하였다.

(라) 폐암면의 재사용이 장미 '비탈'의 생육 및 수량에 미치는 영향

본 실험은 장미 'Vital'을 공시식물로 이용하여 분쇄한 폐암면 입자와 파쇄목재(밤나무, 소나무) 입자 및 버섯폐상재, 혼탄, 펠라이트를 각각 1:1로 혼합하여 양액재배용 고품 배지로 사용하였다. 폐암면은 분쇄기로 분쇄한 후 증기 소독기를 이용하여 120℃에서 15분 동안 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년된 밤나무 목재를 30마력의 목재 파쇄기로 파쇄한 후 사용하였다. 폐상재는 표고버섯 재배로 6~7년 사용한 것을 같은 방법으로 파쇄, 소독한 후 사용하였다. 혼합된 배지는 각각 압면 슬래브 자루(80cm×20cm×7.5cm)에 10.7L씩 담아서 시험에 사용하였다. 공시

식물은 4월 15일 삼복을 시작하여 5월 28일에 처리별로 혼합한 배지에 슬래브당 5주씩 정식하였고 배드 간격 160cm, 배드 높이 70cm인 철재 파이프 배드 위에 20cm 간격으로 2열씩 완전임의 3반복으로 광폭 복층온실에 배치하였다. 초기활착 및 생육은 배지의 종류에 차이가 없었고, 절화수량은 폐암면+소나무 처리구에서 10주당 30.0본으로 가장 많았으며 다음으로 대조구, 폐암면+밤나무, 폐암면+폐상재, 폐암면+훈탄이었고 폐암면 단용구와 폐암면+필라이트가 가장 낮았다. 상품율은 모든 처리구에서 91%이상으로 높았지만 처리간에는 차이가 없었다.

(마) 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 피노키오의 농가실증재배

입자화한 양액재배 폐암면의 재활용에 대한 1년간 연구결과를 토대로 경남 김해의 성환장미 농장에서 농가 실증 실험을 실시하였다. 이화학적으로 양액재배 배지를 위해 적합하게 규명된 대표적 우량배지인 입자화된 폐암면과 밤나무 파쇄입자를 1:1의 부피비율로 혼합한 처리구(식재간격 16cm×35cm)와 암면 슬래브(식재간격 14cm×35cm)를 대조구로 이용해 55cm×1700cm 규격의 1200평 비닐온실 내에 위치한 배드 2개에 미니 절화장미 피노키오를 양액재배 하였다. 1999년 10월 23일 정식하여 2000년 4월 11일까지 4차례의 생육조사를 하였다. 초장은 대조구와 비교하여 유의적 차이 없이 균일하였다. 총채화량에서는 대조구(평당 26주)에 비해 처리구(평당 28주)에서 다소 높은 경향이었고, 최대줄기 직경 역시 처리구에서 지속적으로 더 컸다. 등급별 채화수량에서 유의성은 인정되지 않았으나 대조구보다 처리구에서 다소 높은 등급의 절화장미가 채화되었다.

(바) 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용에 관한 연구

최근 폐고무의 증가에 따른 효율적 처리에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 실험에서는 폐고무를 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용 방법을 연구하였으며, 배지내의 장미 생육상태, 미량원소, 다량원소, pH 그리고 EC를 조사하였다. 생육 초기에 장미는 초기위조(incipient wilting)와 같은 증상이 관찰되었으나, 여러 주 후에 회복하였다. 개화 후 배지내의 Zn^{2+} 의 농도는 페타이어의 함량이 높을수록 증가하였으며, 장미 식재 전 배지내의 pH는 7.17~7.99로 나타났지만, 개화 후 배지내의 pH는 5.7~6.35로 식물의 성장에 적합한 상태로 안정화되는 것을 알 수 있었다. 대조구인 암면과 비교하여 폐암면과 EPDM 분말 9:3의 비율로 혼합한 배지를 제외한 모든 배지에서 장미의 초장, 가지수 그리고 생체중 큰 차이를 보이지 않았

으며, 유사한 값을 나타내는 것을 알 수 있었다.

(6) 혼합배지를 이용한 과채류 양액재배 기술개발

(가) 새암면 배지와 폐암면 배지의 토마토 수량특성 비교

공시작물은 완숙토마토 모모타로요쿠였다. 길이 90cm 폐암면 슬래브와 대조구인 새암면슬래브에 각각 3주씩 정식하였다. 표준양액은 아마자끼 토마토액이었으며 슬래브내 조건이 EC 2.0~2.5dS/m, pH 5.6~6.0의 범위를 유지하도록 공급양액을 조절하였다. 적심은 6화방의 상위 2엽을 남기고 하였고, 수확은 50% 정도 착색되었을 때 하였다. 상품수량은 정상적인 모양을 가진 100g 이상의 과실을 조사하였고 비상품 수량은 과중미달과 배꼽썩이과, 기형과, 열과 등을 구분하여 조사하였다. 폐암면 배지에서 과중이 더 무거운 경향이었고, 상품과율은 배지간 차이가 없었다. 당도와 산함량은 폐암면 배지가 새암면 배지보다 모두 높게 나타났다. 폐암면 배지는 배꼽썩이과와 열과가 전혀 발생되지 않았다. 온실내 기상환경 조건도 배꼽썩이과와 열과에 관여하지만 근권내 수분변화와 그에 따른 EC 변화와도 밀접한 관련이 있는데 폐암면 배지에서 배꼽썩이과와 열과의 발생이 전혀 없었다는 것은 폐암면 배지가 수분 및 EC 변화에 안정적이었다고 할 수 있다.

(나) 토마토 배지에 따른 생육 및 과실 수량, 품질에 미치는 영향

양액재배의 배지 재활용을 위한 폐암면과 분쇄한 나무 재료를 혼합한 새로운 배지의 이용을 위한 실증실험을 실시하였다. 공시작물은 방울토마토 뽀뽀를 사용하였다. 양액재배용 자루(60cm×100cm)에 담아 배지로 사용하였다. 처리구는 폐암면 100%, 폐암면:밤나무=1:1, 폐암면:소나무=1:1, 밤나무 100% 및 소나무 100%이었다. 대조구는 암면을 사용하였으며 시험구별 재식주수는 8주로 하였다. 정식전 초기 배지의 pH는 밤나무 100% 4.95, 소나무 100%에서 5.77로 낮았으며, EC는 소나무 100%에서 가장 낮았다. 초장을 보면 생육 초기와 후기 모두 폐암면 100%로 암면 100%에서 높은 경향이였다. 건물중 역시 폐암면 131.13g, 암면 130.38g으로 가장 높았다. 이와 반대로 밤나무, 소나무 100%에서 가장 저조하였다. 평균 과중은 암면 100%에서 11.39g으로 가장 높았고, 수확량은 폐암면 100%에서 127개로 가장 많았다. 따라서 암면과 목재의 혼합 배지에서 생육이 불량하였으며 폐암면 100%의 경우 암면 100%와 비교해서 생육에 아무런 문제가 없음을 알 수 있었다.

나. 목재 부산물을 이용한 원예용 배지재료 개발

(1) 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄 개발

15~30년생의 밤나무와 소나무를 체인톱을 이용하여 길이 약 30cm로 절단하여 체적을 측정된 후 샘플을 채취하여 파쇄기를 이용하여 시료를 제조하였다. 시료의 입자는 직경 6mm, 8mm, 및 10mm의 원형구멍을 뚫은 체를 파쇄기에 설치하여 파쇄된 시료입자가 통과되도록 함으로써 그 크기를 조절하였다. 파쇄전의 부피를 측정 후 파쇄하였으며 파쇄 후의 입자 크기별 부피는 전체 시료 중에서 메스실린더를 이용하여 5.0mm와 2.0mm 체를 통과한 각각의 체적을 측정하였다. 기건 파쇄시료는 별채 후 약 60일간 대기 중에서 건조된 상태의 재료를 이용하여 시료를 조제하였다. 파쇄 후 체적이 많이 증가하였으며 밤나무의 경우 생재 및 기건재에서 파쇄기 장착 체의 직경이 6mm 일 때 가장 많은 64.7과 70.8%를 나타내었다. 그리고 소나무 생재의 경우 파쇄기 장착 체의 직경이 6mm 일 때 2mm 통과 5mm 통과의 입자가 58.6%로 가장 많았다. 밤나무와 소나무는 생재상태에서 함수율은 각각 76.65%와 88.14%이었다. 기건 상태에서 밤나무와 소나무의 함수율은 각각 26.42%와 17.36%이었다. 제조된 시료의 입자크기에 생재 및 기건재에 따른 큰 차이가 없기 때문에 배지용 시료 제조시는 생재를 이용하여 시료를 제조하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

(2) 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발

(가) 밤나무재의 화학적 일반 성분분석

21년생 밤나무의 수피부분을 제거하지 않고 칩(10mm이하)으로 만들어진 것을 분쇄기로 미세하게 분쇄하여 자연 건조시킨 후 40~60mesh의 크기만 선별하여 실험에 사용하였다. 밤나무의 화학적 분석은 AOAC법에 의하여 수행하였다. 화학적 분석 결과 전체적으로 다른 활엽수재의 추출물 함량보다 높게 나타났으며, 특히 기존 밤나무재의 추출결과 보다 훨씬 많이 추출되는 경향을 보였다. 이는 시료의 조제 방법의 차이로 생각된다. 그래서 수피부와 목질부를 분리하여 화학적 성분분석을 실시하였다. 그 결과 수피부가 목질부보다 대략 2.5배정도 추출물의 함량이 높게 나타났다. 식물의 발아 및 생장억제 효과가 나타날 경우 그 대책으로서 수피부와 목질부를 분리

하여 시료로 사용할 수도 있는 방법이 있다. 그러나 경제성과 작업의 능률성 등이 고려되어야 할 부분이다.

(나) 처리한 밤나무 톱밥을 이용한 종자발아 및 공정육묘 실험

밤나무 톱밥을 2mm이하의 크기만 선별하여 증류수와 알코올에 침지시킨 후 1주일 후 추출하였다. 추출액과 분리 후 자연 건조시켰다. 알코올로 추출한 재료는 알코올이 완전히 휘발한 것을 확인한 다음 실험에 사용하였다. 임상암면에 각각의 시료를 25, 50, 75 및 100%로 혼합하여 페튜니아의 종자를 파종하였다. 밤나무 톱밥을 증류수에서 추출한 것과 알코올에서 추출한 시료 100%에서는 대조구 혼합 상토보다 발아율이 현저히 떨어졌으나 임상암면과 혼합함으로써 발아율이 향상되는 것을 알 수 있었다.

(다) 밤나무 억제물질 추출실험

밤나무 목재입자에는 식물종자의 발아 및 유식물체의 생장을 저해하는 어떤 물질을 내포하고 있다. 그 물질을 탄닌이라는 가설 하에 그 영향을 검증하고자 실험을 실시하였다. 순도 100%의 탄닌 분말을 가지고 1, 10, 100, 또는 1000ppm의 용액을 만들고, 페트리디쉬에 여과지를 2장씩 깔았다. 밤나무 칩 역시 페트리디쉬 바닥에 깔았다. 여과지만 깔린 페트리디쉬에 증류수, 탄닌 1, 10, 100, 또는 1000ppm을 각각 매일 5mL 공급하였다. 그리고 밤나무 칩이 깔린 페트리디쉬에는 증류수만 공급하였다. 고추, 토마토 각각 100립씩 파종하였다. 토마토의 경우 탄닌용액의 농도가 높아질수록 발아율이 현저히 떨어졌다. 밤나무 칩을 깬 처리구에서 발아율은 좋았으나 발아 후 생육이 매우 불량하였다. 또한 발아 후 탄닌의 농도가 높은 처리가 생육이 불량하였는데 이는 밤나무 칩만 깔린 처리구와 매우 유사한 경향이였다. 밤나무 칩의 배지로서 활용성을 높이려면 탄닌 추출이 우선되어야 할 것이다.

다. 양액재배 폐암면과 입자화 파쇄 및 이물질 영향 억제기술 개발

(1) 양액재배에 사용된 슬래브형 폐암면의 입자화 파쇄기술 개발

폐암면 슬래브 파쇄기 개발은 위탁연구기관인 (주)한국UR암면이 협력사와의 협조로 자체 개발제작하였다. 폐암면내 식물 잔존물 제거기술은 분급기를 제작하여 암면 파쇄후 체로 걸러서 제거하는 방법을 채용하였다. 양액재배에 사용한 폐암면 슬래브

를 적정한 크기의 입자로 분쇄하고 분급하여 입자를 가열 소독할 수 있는 설비를 개발하였다. 처리된 폐암면은 토양개량제, 상토 배합원료 및 매립폐기물로 분리할 수 있도록 설비를 개발하였다. 개발된 장치는 크게 폐암면 파쇄기, 파쇄된 암면을 증기 소독기에 주입하기 위한 블로어(blower), 파쇄된 암면의 증기소독기(steam pasteurizer) 및 증기 소독된 암면을 다른 물질과 혼합하기 위한 믹서(mixer)로 구성되어 있다. 파쇄기, 블로어 및 증기소독기는 위탁연구기관에서 제작이 완료되어 주관연구기관인 경상대학교에 이송되어 실험에 사용되었다. 처리설비의 능력은 1일 500평분의 폐암면을 처리할 수 있고, 제원을 명시하여 설계 제작되었다.

(2) 폐암면의 파쇄과정에서의 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물의 처리기술 개발

파쇄된 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물을 처리하기 위하여 증기소독기로 100℃에서 15분 또는 그 이상의 시간 동안 처리할 수 있도록 위탁연구기관인 (주)한국UR암면에서 설계하여 개발하였다.

양액재배에서 사용된 암면 슬래브의 처리방법으로는 분쇄하여 논 등의 토양에 혼합, 산업폐기물로서 처리, 또는 리사이클하는 세가지가 있을 수 있다. 본래 암면이 바위로부터 제조되었기에 구성성분이 토양과 매우 유사하기 때문에 분쇄하여 논 등의 토양에 혼합하면 토양 개량제 또는 규산질 비료원으로서 사용하는 것이 가장 용이하다. 폐암면을 재생공장에서 다시 농업용 암면이나 벽돌 등으로 재생하는 방법도 시도되고 있다. 암면 슬래브를 농업용으로 재이용시에는 증기처리가 필요하다. 또한 파쇄 작업, 수집에 필요한 노임과 수송운임 등이 요구된다. 마지막으로 염류 집적에 대한 우려도 있으나 본 연구의 실험에서는 문제점이 없었다.

2. 실적

가. 논문발표

(1) 논문투고 및 출판

- 1) 김경희, 정병룡, 2001. *Ficus benjamina* 'King' 분식물의 폐암면과 밤나무 입자 혼합매지를 이용한 재배. (투고 준비중).

- 2) 김경희, 정병룡. 2001. 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지와 매트저면관수를 이용한 분화장미 'Silk Red'의 재배. (투고 준비중).
- 3) 문호환, 정병룡. 2001. 폐암면과 목재입자를 함유한 혼합배지에서 국화의 생육과 개화. (투고 준비중).
- 4) 김오임, 조지영, 정병룡. 2001. 녹광고추 플러그묘의 생장에 미치는 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율의 영향. (투고 준비중).
- 5) 안동춘, 정병룡. 2001. 폐암면의 재사용이 장미 '비탈'의 생육 및 수량에 미치는 영향. (투고 준비중).
- 6) 황승재, 정병룡. 2001. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. (투고 준비중).
- 7) 황연현, 정병룡. 2001. 새암면 배지와 폐암면 배지의 토마토 수량특성 비교. (투고 준비중).
- 8) 강황수, 정병룡. 2001. 방울토마토 배지에 따른 생육 및 과실 수량, 품질에 미치는 영향. (투고 준비중).
- 9) 변희섭, 정병룡. 2001. 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄 및 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발 (투고 준비중).
- 10) 정병룡. 2000. 배지 재활용 기술개발의 국내 현황과 전망. 원예과학기술지 (인쇄중).
- 11) Jeong, B.R. and S.J. Hwang. 2001. Use of recycled hydroponic rockwool slabs for hydroponic production of cut roses. Acta Horticulturae (인쇄중).

- 12) 김오임, 조지영, 정병룡. 2000. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그묘의 생장에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:33-38.
- 13) 이형규, 김진국, 정병룡, 황승재. 2000. 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용에 관한 연구. J. of the Korean Institute of Resources Recycling(자원리사이클링) 9(3):46-53.
- 14) 임미영, 정병룡. 2000. 밤나무 목재입자와 입상암면의 배지내 혼합비율이 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:508-512.
- 15) 문호환, 정병룡. 2000. 폐암면과 목재부산물 등을 이용한 혼합배지에서의 국화 양액재배. 양액재배연구 4(2):110-116.
- 16) 정병룡, 김오임, 황승재, 임미영, 정중운. 1999. 수경재배 배지의 재활용 필요성과 과제. '99 춘계양액재배 심포지엄 '환경친화형 수경재배기술. 1999. 4. 30-5. 1. 경기도농업기술원. 한국양액재배연구회. pp. 17-56.
- 17) 황승재, 정병룡. 2000. 절화 미니장미의 양액재배 배지로서 폐암면의 이용. 양액재배연구 4(2):1-26.
- 18) 정병룡. 1998. 화훼류 공정묘 생산기술과 환경관리. 원예과학기술지 16:282-286.

(2) 학술논문 발표

- 1) 김정희, 어효정, 정병룡. 2000. Ficus benjamina 'King' 분식물의 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지를 이용한 재배. 원예과학기술지 18:714.
- 2) 김정희, 나애실, 예수정, 정병룡. 2000. 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지와 매트저면관수를 이용한 분화장미 'Silk Red'의 재배. 원예과학기술지 18:660.
- 3) 문호환, 남은영, 정병룡. 2000. 폐암면과 목재입자를 함유한 혼합배지에서의

국화의 생육과 개화. 원예과학기술지 18:662.

- 4) 이형규, 김진국, 황승재, 정병룡. 2000. Study on recycling of waste rubbers as medium components for hydroponic culture of rose. 한국고분자공학회 연구논문초록집 25(1):2PS-98. p. 220.
- 5) 임미영, 김미정, 김미영, 정병룡. 2000. 밤나무 목재 입자와 입상암면의 배지내 혼합 비율이 채소류 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:171.
- 6) 임미영, 정경화, 손정희, 정병룡. 2000. 밤나무 목재 입자와 입상암면의 배지내 혼합 비율이 초화류 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:222.
- 7) 정병룡. 2000. 배지 재활용 기술개발의 국내 현황과 전망. 원예과학기술지 18:650.
- 8) Jeong, B.R., M.Y. Lim, and S.J. Hwang. 2000. Advances and current limitations of plug transplant technology in Korea. Book of Abstracts, International Symposium on Transplant Production in Closed System for Solving the Global Issues on Environmental Conservation, Food, Resources and Energy. February 28 - March 3, 2000. Chiba University, Chiba, Japan.
- 9) Jeong, B.R. and S.J. Hwang. 2000. Use of recycled hydroponic rockwool slabs for hydroponic production of cut rose. Program and Abstracts of World Congress for Soilless Culture on "Agriculture in the Coming Millennium", Israel, May 14-18, 2000. p. 3.
- 10) 황승재, 김태영, 김형준, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 피노키오의 농가 실증재배. 원예과학기술지 18:224.

- 11) 황승재, 김태영, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 함유한 혼합배지에서의 절화 미니장미 마니쉬의 생육. 원예과학기술지 18:153.
- 12) 황승재, 장지은, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. 원예과학기술지 18:224.
- 13) 김오임, 임은정, 정병룡. 1999. '녹광' 고추 플러그묘의 생장에 미치는 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율의 영향. 원예과학기술지 17:626.
- 14) 이형규, 김진국, 황승재, 정병룡. 1999. 양액재배용 배지의 component로 사용된 폐고무. 사단법인 한국폐기물학회 1999년 추계학술연구발표회 요약집 pp. 27-30.
- 15) 조지영, 김오임, 정병룡. 1999. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그묘의 생장에 미치는 영향. 원예과학기술지 17:638.
- 16) 황승재, 김태영, 정병룡. 1999. 양액재배 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율이 절화 미니장미 마니쉬의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 17:682.
- 17) 황승재, 장지은, 정병룡. 1999. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. 원예과학기술지 17:682.
- 18) 정병룡. 1998. 화훼류의 공정묘 생산기술과 환경관리. 한국원예학회 1998년도 춘계학술회의 화훼분과 "고품질 규격묘 생산과 영양관리" 심포지엄. 원예과학기술지 16:61.

(3) 국내외 심포지엄 발표 및 proceedings

- 1) 정병룡. 2000. "배지 재활용 기술개발의 국내 동향과 전망" 한국원예학회 시설원예분과 "환경친화형 양액재배기술의 연구동향과 전망" 심포지엄. 10월 27일. 영남대학교.

- 2) 정병룡. 2000. 분화류용 배지 및 묘 생산기술. 한국양액재배연구회 추계 심포지엄 "과채류 및 분화류 양액재배 핵심기술". 2000년 10월 29일-30일. 연암출판사에대학. pp. 87-112.
- 3) 정병룡. 2000. 한국양액재배연구회 기술교육 강의 자료. "화훼류의 양액재배용 묘 생산기술" 서울시립대학교. pp. 104-130.
- 4) Jeong, B.R. 2000. Advances and current limitations of plug transplant technology in Korea. Transplant Production in the 21st Century. (Eds.) C. Kubota and C. Chun. Proceedings of International Symposium on Transplant Production in Closed System for Solving the Global Issues on Environmental Conservation, Food, Resources and Energy. February 28 - March 3, 2000. Chiba University, Chiba, Japan. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- 5) 정병룡. 1999. 분화류 수경재배에서 생산성과 품질향상 기술. '99추계 한국양액재배 심포지엄 "수경재배에 의한 원예작물의 우수상품 생산방안" 1999년 10월 2일, 충북대학교 농과대학. pp. 160-193.
- 6) 정병룡, 김오임, 황승재, 임미영, 정중운. 1999. 수경재배 배지의 재활용 필요성과 과제. '99 춘계양액재배 심포지엄 '환경친화형 수경재배기술. 1999. 4. 30-5. 1. 경기도농업기술원. 한국양액재배연구회. pp. 17-56.
- 7) Jeong, B. R. 1999. The use of plug transplants in Korea. Extension Bulletin 479. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei city, Republic of China. pp. 1-10.
- 8) Jeong, B. R. 1999. Production and use of plug transplants in Korea. Proceedings of the 6th International Seminar SUBSEC (Research Network for Sustainable Bioproduction Systems on

Environmental Conservation). Nov. 4, 1999, Shimane University, Japan. pp. 73-85.

- 9) Jeong, B. R. 1999. Production and use of plug transplants in Korea. International Seminar on Protective Structures for Improved Crop Production. April 12-17, 1999. Suwon, Korea. Rural Development Administration and Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. pp. VI-1 - VI-17.

(4) 농민 교육 등

- 1) 정병룡. 2000. 한국양액재배연구회 기술교육 강의 자료. "화훼류의 양액재배용 묘 생산기술" 서울시립대학교. pp. 104-130.
- 2) 정병룡. 2000. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그 묘의 생장에 미치는 영향. Recycling Magazine 5월호 pp. 114-119.
- 3) 정병룡. 2000. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. (인쇄중).
- 4) 정병룡. 2000. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 2000학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 485-523.
- 5) 정병룡. 2000. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 2000학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 179-199.
- 6) 정병룡. 1999. 절화류 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제2학기 교재. -원예기술II-. 경상대학교 농과대학. pp. 451-498.
- 7) 정병룡. 1999. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 459-495.

- 8) 정병룡. 1999. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 291-311.
- 9) 정병룡. 1999. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 69-82.
- 10) 정병룡. 1998. 원예작물 공정묘(플러그묘)의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1998학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 165-185.
- 11) 정병룡. 1998. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 17-30.
- 12) 정병룡. 1998. 화훼류 공정묘 생산기술과 환경관리. 농경과 원예 11월호 pp. 124-131.

(5) 언론 보도

- 1) 정병룡. 2000. 폐암면 양액재배 배지로 재활용. 밤나무 파쇄입자와 혼합 좋아. 농민신문 11월 20일자.
- 2) 정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 플러그 육묘. 농경과 원예. 1월호. (준비중).
- 3) 정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 분화류의 재배. 농경과 원예. 2월호. (준비중).
- 4) 정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 장미와 토마토의 양액 재배. 농경과 원예. 3월호. (준비중).

나. 사업재산권 출원 및 등록

품목	출원자	고안자	출원번호(출원일)
1) 폐암면을 이용한 식물재배용 배지	정병룡, 김오임	정병룡, 김오임	2000-23321 (2000. 5. 1)

다. 산업체 기술이전(채소, 화훼류 양액재배 및 공정묘 생산 농민교육)

- 1) 한국UR암면(위탁연구 참여업체). 1998. 양액재배 폐암면 파쇄기계 제작 기술.
- 2) 정병룡. 2000. 한국양액재배연구회 기술교육 강의 자료. “화훼류의 양액재배용 묘 생산기술” 서울시립대학교. pp. 104-130.
- 3) 정병룡. 2000. 폐암면 양액재배 배지로 재활용. 밤나무 파쇄입자와 혼합 좋아. 농민신문 11월 20일자.
- 4) 정병룡. 2000. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그 묘의 생장에 미치는 영향. Recycling Magazine 5월호 pp. 114-119.
- 5) 정병룡. 2000. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. (인쇄중).
- 6) 정병룡. 2000. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 2000학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 485-523.
- 7) 정병룡. 2000. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 2000학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 179-199.
- 8) 정병룡. 1999. 절화류 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제2학기 교재. -원예기술II-. 경상대학교 농과대학. pp. 451-498.

- 9) 정병룡. 1999. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 459-495.
- 10) 정병룡. 1999. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 291-311.
- 11) 정병룡. 1999. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 69-82.
- 12) 정병룡. 1998. 원예작물 공정묘(플러그묘)의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1998학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. pp. 165-185. 경상대학교 농과대학.
- 13) 정병룡. 1998. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 17-30.
- 14) 정병룡. 1998. 화훼류 공정묘 생산기술과 환경관리. 농경과 원예 11월호 pp. 124-131.

라. 연구개발 결과의 활용에 대한 건의(활용계획)

- 1) 폐암면과 목재 부산물을 이용한 시설원예작물(공정묘, 분식물 및 양액재배 작물)의 무토양재배 배지의 상품화 - 배지 생산회사에 기술 이전 희망
- 2) 국내 암면 양액재배 농가의 폐암면 폐기처리의 대안 제시 및 시설원예농가의 소득 극대화 - 국내에 부족한 배지를 수입에 의존하지 않고 암면을 계속 사용하여 고품질의 원예산물을 생산할 수 있다는 확신 제고
- 3) 분화재배농가에 다량으로 소요되는 배지재료로서 폐암면의 재활용으로 생산원가를 절감할 수 있으므로 농가교육에 활용 요망
- 4) 개발된 암면 파쇄기와 혼합배지 등의 특허출원

SUMMARY

Development of Horticultural Media Reusing Waste Hydroponic Rockwool Slabs and Wood

I. Introduction

This research was conducted in an effort to meet the need for domestic production of hydroponic growing media and the need for medium development using recycled hydroponic rockwool slabs and wood. Methods of breaking up waste hydroponic rockwool slabs and waste wood into particles suitable as growing medium components, a method to pasteurize used rockwool material and a method to remove plant growth suppressive materials contained in woodchips were developed. Growth response of crops in a diverse growing systems, such as plug, pot, and container or bag cultures, utilizing various growing media containing particles of waste horticultural rockwool slabs(PWHRS) and woodchips were evaluated.

II. Development of growing mixtures using waste hydroponic and wood, and study on crop growth response

1. Study on mixing ratio of PWHRS and woodchips

Horticultural growing media have four functions, storage and supply of nutrients, storage and supply of water, gas exchange, and plant support. Ideal medium needs to have stable organic materials, and proper C/N ratio, bulk density, pores, CEC, and pH. Materials which may be mixed with PWHRS include peatmoss, perlite, and coir. Mixtures of these materials are expected to have good water retention and drainage properties.

A diverse materials and their mixtures were tested at different mixing ratios for plant cultivation in plug trays, pots, bags, and other containers. In a plug experiment.

PWHRS were mixed with woodchips of either $\leq 2.8\text{mm}$ or $\leq 5.6\text{mm}$ at 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 or 0:100 volume to volume ratio (v/v). In another plug experiment, twenty mixtures containing various ratios of PWHRS, chestnut woodchips, pine woodchips, coir, peatmoss and perlite were prepared.

In pot plant experiments, twenty different mixtures including PWHRS, chestnut woodchips, peatmoss and perlite were prepared.

In cut flower experiments, twenty seven mixtures including PWHRS, chestnut woodchips, pine woodchips, coir, peatmoss and perlite were made for chrysanthemum culture. For miniature rose "Sanshiru", forty three mixtures including PWHRS, chestnut woodchips, pine woodchips, carbonized rice hulls, rice hulls, coir, and peatmoss were prepared. For miniature rose "Manish", thirty eight mixtures of PWHRS and chestnut and pine woodchips weathered for 0, 3, or 6 months were prepared.

2. Examination of physicochemical properties of the growing mixtures

To examine physicochemical properties of the growing mixtures, all mixture samples were mixed with double distilled water at 1:5 (v/v) ratio and extracted for 24 hours on a shaker at $100\text{rpm} \cdot \text{min}^{-1}$. The supernatant solutions were filtered through a layer of filter paper, and pH, EC and concentrations of ions were measured. A pH meter, a electroconductivity meter and ion chromatograph (DX 500, Dionex) were used for measurement of pH, EC and ion concentrations, respectively.

All the mixtures used for plugs, pot plants, and hydroponic container cultures showed similar results. pH before plant culture was low in media containing woodchips, high in new rockwool slabs, and stabilized in the late growth stages at 5.0~6.0, which is a suitable range for soilless media. As proportion of PWHRS increased, more stable medium pH was achieved.

Medium EC tends to be high in woodchip-containing mixtures, but not as high as in the commercial plug medium Tosilee. However, EC

did not reach to a level to cause growth disorders.

Concentrations of Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+} in the media containing both PWHRS and coir were the highest. Higher concentrations of NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , and Ca^{2+} in the media containing both PWHRS and chestnut woodchips were measured in the late growth stages.

Physical properties were determined for five mixture samples, 100% PWHRS, 100% chestnut woodchips, 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips, 33% PWHRS + 67% chestnut woodchips, and 67% PWHRS + 33% chestnut woodchips. Container capacity, particle density, and residual water before and after plant culture were significantly greater in 100% PWHRS than in other mixtures. 100% chestnut woodchips had the greatest total porosity and air space before plant culture and the greatest air space after plant culture. As the proportion of PWHRS increased, total porosity decreased. Container capacity and residual water were positively proportional to the proportion of PWHRS.

3. Growth response of plug seedlings

Two experiments were conducted to evaluate the growth of plug seedlings of petunia 'Romeo' and pepper 'Nokkwang' in various mixtures including PWHRS and woodchips. In the first experiment, seedlings were grown in plug trays filled with mixtures of steam-sterilized PWHRS and chestnut woodchips, which had been weathered for six months and screened through either 2.8mm or 5.6mm sieve, at the mixing ratio of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, or 0:100 (v/v). In the second experiment, seedlings were grown in plug trays filled with twenty different mixtures of steam-sterilized PWHRS with 4mm chestnut or pine woodchips, coir, peatmoss, or perlite.

In the first experiment seedling growth was not affected by particle size of chestnut woodchips, was superior in the control (commercial plug medium) and in 100% rockwool particles, but was suppressed as mixing ratio of chestnut woodchips increased. In the second

experiment, leaf length, and shoot fresh and dry weights were the greatest in PWHRs + peatmoss + coir treatment, followed by PWHRs + peatmoss treatment. Height of pepper and leaf length of petunia were suppressed as ratio of woodchips increased, especially of chestnut woodchips. Root development was the greatest in PWHRs + peatmoss + perlite treatment, followed by the control, and PWHRs + peatmoss + coir treatment. The growth was suppressed as the mixing ratio of PWHRs, peatmoss, or coir decreased.

4. Growth response of pot plants .

(1) Development of mixture media with PWHRs and chestnut woodchips for mat subirrigation of miniature rose 'Silk Red'

This study was conducted to examine growth response of miniature pot rose 'Silk Red' in twenty different mixtures PWHRs, woodchips weathered for four months, and perlite and peatmoss, and to select suitable mixtures for a mat subirrigation system for this crop.

Plant height, number of branches, plant width, number of flowers, shoot fresh and dry weights, and T/R ratio showed a highly significant differences, and root fresh and dry weight showed a significant differences, among different mixtures. However, number of nodes on the longest branch, chlorophyll concentration, and % dry matter were not significantly affected by treatment. The best overall growth was obtained in the mixture of 50% PWHRs + 25% perlite + 25% peatmoss. All growth parameters, except root fresh weight in 100% PWHRs, were superior to the commercial Tosilee medium. From the results the possibility of reusing PWHRs for pot rose culture was proved, and the most suitable mixture for 'Silk Red' rose in mat subirrigation system is thought to be a mixture of 50% PWHRs + 25% perlite + 25% peatmoss.

(2) Hydroponic culture of *Ficus benjamina* 'King' in mixture media of PWHRS and chestnut woodchips

This experiment was conducted to investigate the possibility of using PWHRS and chestnut woodchips as growing medium component of *Ficus benjamina* 'King'. Hydroponic nutrient solution was supplied through a subirrigation mat and twenty different medium compositions containing PWHRS, chestnut woodchips, perlite, and peatmoss were tested in a randomized block design.

Medium pH decreased with increasing proportion of chestnut woodchips, and stayed close to neutral as PWHRS content increased. pH of all mixtures used rose at the end of plant culture as compared to the initial medium pH. Although medium EC before plant culture was the highest in a commercial Tosilee medium, only Tosilee medium gave a decreased EC at the end of plant culture. The level of EC before and after plant culture in PWHRS was similar, and this was thought to be due to residual salts from previous hydroponic culture. All growth parameters measured, except root length and chlorophyll concentration in 100% PWHRS, were superior than those in the control, a commercial Tosilee medium, and this result suggests that the feasibility of reusing waste hydroponic rockwool slabs was proven. The best growth results were obtained in mixture of 25% PWHRS + 75% peatmoss.

5. Growth response of cut flowers

(1) Growth and flowering of cut chrysanthemum as affected by growing media composition containing PWHRS and woodchips

This experiment was conducted to examine if PWHRS and woodchips can be used as a component of hydroponic growing medium for cut chrysanthemum. Summer chrysanthemum 'Baekkwang' was grown for 208 days using a chrysanthemum solution developed in the Netherlands. Twenty seven growing mixtures containing PWHRS, pine woodchips, chestnut woodchips, perlite, coir and peatmoss at 1:1,

1:2, 1:3, 2:1, or 3:1 (v/v/) ratio. The three first harvests were made in June, and the second three harvests were made in August and September in 2000.

Mixture of 25% PWHRs + 75% coir gave the greatest lateral shoots, stem diameter, leaf area, and chlorophyll concentration. Mixtures of PWHRs + peatmoss, and mixtures of PWHRs + coir also gave better growth response than other mixtures. Number of nodes was the greatest in the mixture of PWHRs + pine woodchips, and PWHRs + chestnut woodchips. More than 90% in the mixture of PWHRs + coir and more than 80% in PWHRs + peatmoss of the plants flowered. Fresh and dry weights of harvested flower stems were greater in mixture of PWHRs + pine woodchips, and PWHRs + chestnut woodchips than in other mixtures. Growth and flowering in mixtures of PWHRs + pine woodchips, and PWHRs + chestnut woodchips were inferior to those in other treatments.

(2) Hydroponic culture of cut minirose 'Sanshiru' in mixtures of PWHRs

Forty three mixtures containing chestnut woodchips, pine woodchips, PWHRs, coir, carbonized rice hulls, rice hulls, and peatmoss mixed at 1:1, 1:2, or 2:1 (v/v) ratio were used to hydroponically grow miniature pot rose 'Sanshiru' from January 23 to August 31, 1999. Three harvests were made during the culture period.

Medium pH and EC were the most stable in the mixture of PWHRs + carbonized rice hulls, and pH was the lowest in woodchip-containing mixtures. Mean flower stem length was the greatest in mixtures of 67% chestnut woodchips + 33% PWHRs, 33% chestnut woodchips + 67% PWHRs, and 33% PWHRs + 67% coir. The flower stem yield was the greatest in mixtures of 50% pine woodchips + 50% carbonized rice hulls, 50% PWHRs + 50% coir, 50% PWHRs + 50% carbonized rice hulls, 67% pine woodchips + 33% PWHRs, 33% PWHRs + 67% coir, and 67% carbonized rice hulls + 33% rice hulls. Fresh weight of harvested flower stems was the greatest in the mixture of 33% PWHRs + 67% coir, and days to anthesis were also affected by medium

composition. The result suggest the possibility of reusing PWHRs for hydroponic culture of cut roses.

(3) Growth of cut minirose 'Manish' in medium containing various ratios of PWHRs and woodchips

Steam pasteurized PWHRs, which had been used for two years for hydroponic production of tomatoes in the glasshouse, were used as a growing medium for hydroponic production of cut miniature *Rosa hybrida* L. Manish. Growth and yield in new rockwool slab (control), 100% PWHRs, 100% pine woodchips, and mixtures of PWHRs and pine woodchips at 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, and 1:3 ratios were compared. Machine broken woodchips of pine were screened through 10mm round holes, and weathered for 3 months before use. All mixtures were put in 600mm x 230mm black and white plastic bags, and four 50mm long drain slit were cut at the bottom of each bag. Bags were laid on 8m x 1.25m expanded metal beds in a glasshouse in a randomized block design of three replicates.

Four 30 days old rose cuttings (90mm height, 9.2 leaves) rooted in 40mm rockwool cubes were planted in each bag on March 26, 2000 and grown for 378 days. Rooted cuttings were planted in three rows on each bed at a density of 550mm between rows and 160mm between plants. Nutrient solution (Rose nutrient solution, Aichi-ken Hort. Expt. Station, Japan) of pH 6.63 and EC 1.40mS·cm⁻¹ was supplied through a Netafim arrow dripper inserted into each cube, for five minutes each at 09:00, 10:00, 12:00, 13:00, 14:00, 16:00, and 17:00 O'clock. Fifty-three days after planting, all shoots were bent (arched) horizontally to promote development of strong basal shoots. Thereafter, stems with a diameter less than 4mm were also bent and removed of flower buds. The other flower stems were harvested between May 15, 1999, and April 18, 2000 when five flowers were open on a stem, and measured for height, fresh weight no. of branches and stem diameter. The data were analyzed for statistical significance using a SAS program.

All treatments produced cut flower stems of similar quality.

However, yield in treatments containing woodchips greater than 50% was low, while yield in other treatments was equivalent to that in the control, rockwool slab. The results obtained suggest that PWHRS can successfully be used for hydroponic production of cut rose. Recycled use of hydroponic rockwool slabs after breaking down into particles will greatly contribute to the waste management of the rockwool slabs, which are widely used in hydroponics worldwide.

(4) Growth and yield of a cut rose 'Vital' in media containing PWHRS

This experiment was conducted to investigate growth and yield responses of 'Vital' rose in various mixtures of steam pasteurized PWHRS, pine woodchips, chestnut woodchips, mushroom waste medium, carbonized rice hulls, and perlite mixed at 1:1 (v/v) ratio. Each 10.7L mixtures were put in 80cm×20cm×7.5cm plastic bags layed out at 160cm between beds and 20cm between rows on each bed. Five rooted cuttings were transplanted in each bag on May 28, 1999.

Initial taking roots into media and growth were not significantly affected by media. Cut flower yield was the greatest in PWHRS + pine woodchips, followed by the control (new rockwool slab), PWHRS + chestnut woodchips, PWHRS + mushroom medium, and PWHRS + carbonized rice hulls, and the lowest in 100% PWHRS and PWHRS + perlite. Salable yield was greater than 91% in all treatments with no significant difference among treatments.

(5) Successful use of PWHRS and woodchip mixture in a commercial hydroponic culture of cut rose 'Pinocchio'

Based on the results obtained from the previous one year lab experiments, a field trial experiment was conducted in a grower's greenhouse (Sunghwan Rose Farm) in Kimhae city. Growth and yield of cut 'Pinocchio' rose were compared in a mixture of 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips, which was proven to have a proper

physicochemical properties, and new rockwool slab. Rooted cuttings were transplanted to the mixture of 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips at 16cm×35cm, and to new rockwool slabs (control) at 14cm×35cm. Each medium had two rows of plants transplanted in a full bed of 55cm×1700cm on October 23, 1999. Practical cultivation techniques were applied and four harvests were made until April 11, 2000.

Stem length was even and was not different in both treatments. Total cut flower yield per 3.3m² and stem diameter were slightly greater in the mixture of 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips than in the control. Cut flower yield by grade was not significantly different between treatments, but the mixture of 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips gave slightly more higher grades.

(6) Study on recycling of waste hydroponic rockwool slabs and rubbers as medium components for hydroponic culture of a rose

Recently, the efficient disposal of the waste hydroponic rockwool slabs and waste rubber is necessary due to increasing amount of the wastes. In this paper, method of recycling waste rubbers and PWHRS as components of medium for a hydroponic rose culture was suggested. We investigated growth of rose, macro- and micro-elements, pH, and EC of the media amended with waste rubber and PWHRS. In the beginning of culture, stress symptoms such as thin brittle stem and incipient wilting were observed, but they disappeared in a few weeks. Concentration of Zn²⁺ in media at flowering increased in proportion to contents of waste rubber in the media. pH of media at flowering were in the range of 5.70 to 6.35. Rose growth in all media, except in PWHRS mixed with EPDM powder at 9:3 ratio, was normal and equivalent to the control in terms of stem length, number of stems harvested and fresh weight.

6. Growth response of fruit vegetables

(1) Comparison of fruit yield and quality of tomato in new rockwool slab and PWHRS

Three 'Momotaro Yoku' tomato seedlings were transplanted to 90cm long new rockwool slabs (control) and PWHRS. Yamazaki tomato nutrient solution was supplied to maintain a medium condition of EC 2.0~2.5dS/m and pH 5.6~6.0. Plants were pinched leaving two leaves above the 6th flower cluster, and fruits were harvested at 50% coloration. All normal shape fruits with $\geq 100\text{g}$ weight were counted as marketable fruit yield, and unmarketable yield included fruits with $\leq 100\text{g}$ weight, blossom end rot (BER), abnormal shape, or cracking.

Fruit weight was slightly greater in PWHRS than in the control, but with no difference in marketable fruit yield. Sugar and acid contents showed a similar trends as fruit weight. Fruits with either BER or cracking were observed in PWHRS, implicating no drastic change in water and EC in this medium.

(2) Growth, and fruit yield and quality of cherry tomato as affected by growing medium

Field trial experiment was conducted on cherry tomato 'Bbaebbae' in several media containing PWHRS. Media were put in 60cm \times 100cm bags. Media used were 100% PWHRS, 50% PWHRS + 50% chestnut woodchips, 50% PWHRS + 50% pine woodchips, 100% chestnut woodchips, 100% pine woodchips, and new rockwool slabs (control). Eight seedlings were transplanted per treatment. Initial medium pH was 4.95 in 100% chestnut woodchips and 5.77 in 100% pine woodchips, and medium EC was the lowest in 100% pine woodchips.

Plant height and dry weight were the greatest in 100% PWHRS and the control, and the lowest in 100% pine and chestnut woodchips. Mean fruit weight and total fruit yield were the greatest in 100% PWHRS and the control. Growth and fruit yield in mixtures

of PWHRS and woodchips were not as good as those in the control.

III. Development of wood materials as component of horticultural medium

1. Development of a chipping method for proper particle size woodchips

Using a chain saw, fifteen to thirty years old chestnut and pine trees were cut into about 30cm long pieces. These pieces were measured for their volume, and samples were broken down into woodchips using a chipping machine. The size of woodchip particles were adjusted by installing a sieve with a hole diameters of 6mm, 8mm, or 10mm. Volume of woodchips generated from a log pieces of known volume and passing 5mm sieve holes but not 2mm sieve holes was measured using mess cylinders. Woodchips samples were also prepared from wood air dried for sixty days.

Volume of woodchips was greatly increased as compared to that of unchipped wood. In the case of fresh and dried chestnut trees, 6mm sieve gave the highest volume increase after chipping of 64.7% and 70.8%, respectively. Fresh pine wood also gave the greatest 58.6% woodchips passing 5mm sieve holes but not 2mm sieve holes when chipped with a 6mm sieve. Water content of fresh chestnut and pine trees was 76.65% and 88.14%, respectively. Water content of dried chestnut and pine trees was 26.42% and 17.36%, respectively. It was concluded that it is desirable to chip fresh wood, since fresh and dried woods gave no difference in particle sizes.

2. Elimination of growth suppressing materials in woodchips

(1) Analysis of general chemical component of chestnut woodchips

A twenty one years old chestnut tree with bark was cut, chipped and passed through a 10mm sieve. The woodchip sample was then air dried and sieved to obtain 40~60 mesh particles. These particles

were chemically analyzed according to AOAC methods.

The analysis showed a greater extract content of general chemical component as compared to other broad-leaved trees, and even greater than previous data on chestnut wood. This result indicates that the way samples are prepared also has influence. Analysis revealed that bark contained about 2.5 time more extracted general chemical component as compared to wood. If chestnut woodchips have suppressive effect on seed germination, then elimination of bark can be considered. However, the increased cost and decreased job efficiency related to debarking also have to be considered.

(2) Seed germination and seedling growth in treated chestnut woodchips

Chestnut woodchips $\leq 2\text{mm}$ were collected and soaked for one week in either distilled water or EtOH solution. The woodchips were separated from extracted solution and then were air dried. Woodchips soaked in EtOH were used after all the EtOH was evaporated. The woodchips first soaked and then air dried were mixed with granular rockwool at 25, 50, 75 or 100% (v/v) ratio, and petunia seeds were sown.

Although water or EtOH soaked woodchips alone gave considerably low % seed germination as compared to the control, the same materials mixed with granular rockwool gave greatly improved germination percentages.

(3) Extraction of growth suppressive materials in chestnut woodchips

Chestnut woodchips are thought to contain unknown materials which are suppressive to seed germination and growth of young plants. Under the assumption that the major material are tannins, an experiment was conducted to test the hypothesis. Using pure (100%) tannin powder, tannin solutions of 1, 10, 100, and 1000ppm were prepared. In the petri dishes with two layers of filter paper,

100 seeds of pepper or tomato were sown and five mL distilled water, or 1, 10, 100, or 1000ppm tannin solution was supplied daily. In petri dishes with chestnut woodchips, only distilled water was supplied. Percent germination of tomato seeds was significantly decreased with increasing tannin concentration. In the chestnut woodchip medium, percent germination was high, but growth was very suppressed. In addition, seedling growth after germination was suppressed as tannin concentration increased, and this growth suppression was very similar as that found in woodchip medium. Therefore, to improve usability of chestnut woodchips, it is thought that extraction of tannin is necessary.

IV. Development of methods to make and pasteurize PWHRs

1. Development of a method to make PWHRs

A machine to break down waste hydroponic rockwool slabs was developed by a consignment company. Plant residues in waste rockwool slabs were removed by a grading sieve after break down. The PWHRs generated this way may be used as a soil conditioner, a medium component, or a waste material. The developed machine has a slab breaking part, a blower to load into steam pasteurizer, a steam pasteurizer, and a mixer. The machine set can handle waste rockwool slabs generated from 1,600m² greenhouse area per day.

2. Development of a method to pasteurize and remove plant residues from PWHRs

The treat plant residues and microorganisms in PWHRs, a steam pasteurization at 100°C for 15 minutes are suggested. A steam pasteurizer was developed by a consignment company. The system employs a 20-40L/hr diesel burner and can heat the PWHRs to 100°C. The PWHRs can be loaded into steam chamber by a blower attached.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	49
Chapter 2. Development of growing mixtures using waste hydroponic rockwool slabs and wood, and study on crop growth response	54
Section 1. Study on mixing ratio of PWHRs and woodchips	54
Section 2. Examination of physicochemical properties of the growing mixtures	66
Section 3. Growth response of plug seedlings	81
Section 4. Growth response of pot plants	92
Section 5. Growth response of cut flowers	111
Chapter 3. Development of wood materials as component of horticultural medium	185
Section 1. Development of a chipping method for proper particle size woodchips	185
Section 2. Elimination of growth suppressing materials in woodchips	190
Chapter 4. Development of methods to make and pasteurize PWHRs	196
Section 1. Development of a method to PWHRs	196
Section 2. Development of a method to pasteurize and remove plant residues from PWHRs	198
References	201

목 차

요약문 / 2

Summary / 28

Contents / 40

목차 / 41

표차례 / 42

그림차례 / 46

사진차례 / 47

제 1장 서론	49
제 2장 폐암면과 목재 부산물 등을 이용한 혼합배지 개발과 재배효과 실증 실험 ...	54
제 1절 입자 폐암면과 목재 부산물의 배지혼합비율 연구	54
제 2절 혼합배지의 물리화학적 특성조사	66
제 3절 혼합배지를 이용한 공정묘 재배효과 실증 실험	81
제 4절 혼합배지를 이용한 분화류 재배효과 실증 실험	92
제 5절 혼합배지를 이용한 절화류 양액재배 기술개발	111
제 3장 목재 부산물을 이용한 원예용 배지재료 개발	185
제 1절 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄 개발	185
제 2절 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발	190
제 4장 양액재배 폐암면의 입자화 파쇄 및 이물질 영향 억제기술 개발	196
제 1절 양액재배에 사용된 슬래브형 폐암면의 입자화 파쇄기술 개발	196
제 2절 폐암면의 파쇄과정에서의 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물의 처리 기술 개발	198
참고문헌	201

표 차 례

표 2.1.1.1.	지름 17cm 아젤리아분에서 용기용수량으로 관수 직후의 물리·화학적	56
표 2.1.1.2.	배지의 재료로 이용될 수 있는 물질, 성질 및 가격(o 표는 우수함)	57
표 2.1.2.1.	폐암면(U-RW)에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지 조성	60
표 2.1.2.2.	'Silk Red' 장미재배에 이용된 배지의 조성(%v/v)	61
표 2.1.2.3.	Ficus benjamina cv. King의 재배에 사용된 배지의 조성(%v/v)	62
표 2.1.2.4.	실험에 사용된 배지의 조성	63
표 2.1.2.5.	절화 산시루 장미를 혼합배지	64
표 2.1.2.6.	절화 마니쉬 장미를 재배하기 위하여 사용된 여러 가지 혼합배지	65
표 2.2.1.1.	폐암면(U-RW)과 2.8mm 또는 5.6mm 체로 친 밤나무 입자와 조합한 혼합 배지의 화학성	67
표 2.2.1.2.	폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라 이트(소립)을 조합한 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC	68
표 2.2.2.1.	재배배지의 사용전의 pH와 EC	69
표 2.2.3.1.	실험에 사용된 배지재료들의 pH와 EC	72
표 2.2.3.2.	절화 산시루 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 pH	74
표 2.2.3.3.	절화 산시루 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 EC	75
표 2.2.3.4.	절화 산시루 장미의 재배에 사용된 각종 배지의 화학적 성분	76
표 2.2.3.5.	절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 pH	78
표 2.2.3.6.	절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 EC	79
표 2.2.3.7.	절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 배지의 총 공극율(TP), 용기용수량(CC), 공극율(AS), 가비중(BD), 진비중(PD), 그리고 잔존 수분함량(RW)	80
표 2.3.1.1.	1차 및 2차 실험에 사용된 액비의 조성	82
표 2.3.1.2.	폐암면(U-RW)에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지 조성	85
표 2.3.1.3.	폐암면(U-RW)과 2.8mm 또는 5.6mm 체로 친 밤나무 입자와 조합한 혼합 배지의 화학성	86
표 2.3.1.4.	폐암면과 밤나무 입자 크기와 혼합비율에 따른 고추의 생육(1차 실험)	86
표 2.3.1.5.	폐암면 입자와 밤나무 입자의 크기와 조성에 따른 페튜니아의 생육	87
표 2.3.1.6.	폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라 이트(소립)을 조합한 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC	89

표 2.3.1.7.	폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지에서 재배한 고추의 생육	90
표 2.3.1.8.	폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지에서 재배한 고추의 생육	91
표 2.4.1.1.	'Silk Red' 장미재배에 이용된 배지의 조성(%v/v)	97
표 2.4.1.2.	'Silk Red' 장미의 양액재배에 사용된 비료와 농도	97
표 2.4.1.3.	재배배지의 사용전 및 66일 재배후의 pH와 EC	98
표 2.4.1.4.	'Silk Red' 장미의 초장 및 적심전과 적심 26일후의 마디수	99
표 2.4.1.5.	여러 가지 혼합배지에서 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 초장, 근장, 엽수, 가지수 및 엽록소농도	100
표 2.4.1.6.	여러 가지 혼합배지에서 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, T/R율, 건물율	101
표 2.4.2.1.	<i>Ficus benjamina</i> cv. King의 재배에 사용된 배지의 조성	106
표 2.4.2.2.	<i>Ficus benjamina</i> cv. King의 재배에 사용된 양액의 조성	107
표 2.4.2.3.	여러 가지 혼합배지에서 51일간 양액재배한 <i>Ficus benjamina</i> cv. King 분식물의 초장, 근장, 엽수, 가지수 및 총엽록소농도	107
표 2.4.2.4.	여러 가지 혼합배지에서 51일간 양액재배한 <i>Ficus benjamina</i> cv. King 분식물의 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, T/R율 및 건물율	108
표 2.5.1.1.	실험에 사용된 배지의 조성	118
표 2.5.1.2.	절화 백광 국화의 재배에 사용된 양액의 조성	119
표 2.5.1.3.	실험에 사용된 배지재료들의 사용전후의 pH와 EC	120
표 2.5.1.4.	제 1차재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육	121
표 2.5.1.5.	제 2차 재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육	122
표 2.5.1.6.	제 2차 재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육	123
표 2.5.2.1.	절화장미 산시루의 양액재배에 사용된 비료의 조성	125
표 2.5.2.2.	절화 산시루 장미를 306일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 pH	130
표 2.5.2.3.	절화 산시루 장미를 306일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 EC	131
표 2.5.2.4.	절화 산시루 장미를 66일간 재배한 후의 초장과 가지수	132
표 2.5.2.5.	절화 산시루 장미를 306일간 재배하면서 수확한 절화의 수량	133
표 2.5.2.6.	절화 산시루 장미를 116일간 재배후 첫수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 엽록소농도	134
표 2.5.2.7.	절화 산시루 장미를 156일간 재배후 2차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 생체중	135

표 2.5.2. 8.	절화 산시루 장미의 191일과 202일 사이에 3차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 개화소요일수.	136
표 2.5.2. 9.	절화 산시루 장미를 재배하면서 229일과 241일 사이에 4차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 개화소요일수.	137
표 2.5.2.10.	절화 산시루 장미를 재배하면서 276일과 306일 사이에 5차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 개화소요일수.	138
표 2.5.2.11.	절화 산시루 장미를 306일간 재배하면서 수확한 절화의 평균 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	139
표 2.5.2.12.	절화 산시루 장미를 306일간 재배한후의 각종 배지의 화학적 성분.	140
표 2.5.3. 1.	마니쉬 장미의 재배에 사용된 양액조성(일본 아이치현 장미처방).	142
표 2.5.3. 2.	절화 마니쉬 장미를 378일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 pH.	148
표 2.5.3. 3.	절화 마니쉬 장미를 378일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 EC.	149
표 2.5.3. 4.	절화 마니쉬 장미를 재배하면서 81일과 89일 사이에 1차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중, 건물중, 건물율 및 개화소요일수.	150
표 2.5.3. 5.	절화 마니쉬 장미를 재배하면서 117일과 126일 사이에 2차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	151
표 2.5.3. 6.	절화 마니쉬 장미를 재배하면서 195일과 207일 사이에 3차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	152
표 2.5.3. 7.	절화 마니쉬 장미를 재배하면서 228일과 176일 사이에 4차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	153
표 2.5.3. 8.	절화 마니쉬 장미를 276일간 재배하면서 수확한 절화의 평균 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	154
표 2.5.3. 9.	절화 마니쉬 장미를 276일간 재배하면서 4개체당 수확한 절화의 등급별 평균 수량과 전체수량.	155
표 2.5.3.10.	절화 마니쉬 장미를 재배하면서 313일과 378일 사이에 5차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.	156
표 2.5.3.11.	절화 마니쉬 장미를 378일간 재배하면서 4개체당 수확한 절화의 등급별 평균 수량과 전체수량.	157
표 2.5.3.12.	절화 마니쉬 장미재배에 사용된 배지의 재배전후의 화학적 성분.	157
표 2.5.3.13.	절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 배지의 총 공극율(TP), 용기용수량(CC), 공극율(AS), 가비중(BD), 진비중(PD) 그리고 잔존 수분함량(RW)	158
표 2.5.4. 1.	사용전·후 배지의 pH, EC	160

표 2.5.4.2.	초기 생육	160
표 2.5.4.3.	절화의 수량 및 상품비율	161
표 2.5.4.4.	절화의 품질	161
표 2.5.5.1.	김해의 상업농가에서 재배된 절화 미니장미 피노키오의 생육.	163
표 2.5.6.1.	실험에 사용된 8가지 배지의 혼합비율.	170
표 2.5.6.2.	절화 마니쉬 장미재배에 사용된 양액조성.	170
표 2.5.6.3.	재배전 배지내의 다량원소와 미량원소의 함량.	173
표 2.5.6.4.	개화시 배지내의 다량원소와 미량원소의 함량.	173
표 2.5.6.5.	양액재배용 암면에서 근권의 원소 허용농도8.	174
표 2.5.7.1.	배지종류별 수량 및 품질 특성	179
표 2.5.7.2.	배지종류별 과중 분포비율(%)	179
표 2.5.7.3.	배지종류별 비상품과 분포비율(%)	180
표 3.1.1.1.	밤나무 입자의 파쇄기 체의 크기에 따른 입자별 부피량	187
표 3.1.1.2.	소나무 파쇄기 체의 크기에 따른 입자별 부피량	188
표 3.1.1.3.	밤나무의 생재 및 기건 함수율	188
표 3.1.1.4.	소나무의 생재 및 건재 상태에서의 함수율	189
표 3.2.1.1.	탄닌과 밤나무 입자에 의한 종자발아 억제 실험의 처리.	191
표 3.2.1.2.	실험에 사용된 여과지와 밤나무입자 그리고 공급된 용액.	191
표 3.2.1.3.	토마토와 고추 종자의 발아율.	192
표 3.2.2.1.	밤나무재의 화학적 성분분석	193
표 3.2.2.2.	밤나무의 수피부 및 목질부의 추출물 량 비교	194
표 3.2.3.1.	밤나무 톱밥의 냉수 또는 알코올 추출에 따른 페튜니아 종자의 발아율	195
표 4.2.1.1.	폐암면 슬래브 파쇄기와 분급기의 성능과 제원	197
표 4.2.2.1.	증기소독기에 채용된 버너와 가온챔버의 선능과 제원	198

그림 차례

그림 2.2.2.1. 처리별 배지의 재배전과 후의 pH	70
그림 2.2.2.2. 처리별 배지의 재배전과 후의 EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).	71
그림 2.4.1.1. 배지종류에 따른 66일간 야액재배된 'Silk Red' 분화장미의 초장.	101
그림 2.4.1.2. 배지종류에 따른 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 지하부 생체중.	102
그림 2.4.1.3. 배지종류에 따른 66일간 야액재배 'Silk Red' 분화장미의 개화수.	102
그림 2.4.2.1. 처리별 배지의 재배전과 후의 pH.	109
그림 2.4.2.2. 처리별 배지의 재배전과 후의 EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).	109
그림 2.4.2.3. 배지종류에 따른 51일간 양액재배한 <i>Ficus benjamina</i> cv. King 분식물의 초장	110
그림 2.4.2.4. 배지종류에 따른 51일간 양액재배한 <i>Ficus benjamina</i> 지상부 생체중	110
그림 2.5.1.1. 백광 국화의 재배기간인 2000년 2월부터 9월까지의 온실내 평균기온과 상대습도.	119
그림 2.5.2.1. 절화 산시루 장미의 재배기간인 1999년 1월 23일부터 11월 24일까지의 온실내 평균기온과 상대습도.	126
그림 2.5.3.1. 절화 마니쉬 장미의 재배기간인 1999년 3월 26일부터 2000년 4월 14일까지의 온실내 평균기온과 상대습도.	143
그림 2.5.5.1. 김해시의 농가에서 172일동안 재배된 절화 미니장미 피노키오 장미의 초장, 가지수 및 경경.	164
그림 2.5.6.1. 자루배지의 크기와 배치(아칭재배).	170
그림 2.5.6.2. 절화 마니쉬 장미의 식재전과 개화시 배지의 pH 와 EC.	174
그림 2.5.6.3. 절화 마니쉬 장미의 1, 2차 생육결과.	176

사 진 차 례

사진 1.1.1. 토마토 양액재배 농가에서 사용되고 있는 암면 슬래브(좌상), 경남지역의 양액재배농가에서 사용하고 방치한 폐암면 슬래브의 모습(우상, 좌중), 경남지역에서 재배중인 밤나무(중우)와 밤나무 분쇄입자(좌하), 그리고 제재소에서 폐기되는 수입 목재류(하우) 53

사진 2.3.1. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 재활용한 여러 가지 배지조합에서 페튜니아(좌)와 고추(우)의 생육 모습 92

사진 2.4.1. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 각종 배지(좌)와 생육중의 분화장미(우)의 모습 96

사진 2.4.2. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 각종 배지에서 재배중의 분화장미(좌)와 생육조사시의 생육상태(우), 102

사진 2.4.3. 실험에 사용된 메트저면관개 베드의 모습 104

사진 2.4.4. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지에서 생육중인 벤자민고무나무(좌)와 생육조사시(우)의 모습 111

사진 2.5.1. 스티로폼 박스에 담겨진 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지와 점적관수 방식(좌상), 초기 생육모습(우상), 그리고 수확 시 서로 다른 혼합배지에서 뿌리 생육 모습(하) 115

사진 2.5.2. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 재활용한 여러 가지 혼합배지에서 절화국화 '백광'의 생육 모습 124

사진 2.5.3. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 혼합배지를 자루에 담고 장미묘를 정식한 후 관개시설을 한 모습 127

사진 2.5.4. 양액장미 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지를 이용한 장미 '비탈'의 재배광경(좌)과 자루재배 및 관수시스템(우) (창원시설화훼시험장) 161

사진 2.5.5. 양액장미 폐암면 슬래브를 입자로 분쇄하여 타재료와 혼합하고 비닐자루에 넣어 재배베드에 올려 놓고 암면규브에서 육성한 묘를 정식하는 과정(상), 폐암면 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지를 이용한 장미 '피노키오'의 재배광경(좌하) 및 수확기의 생육조사 모습(우하) (김해시 성환장미원 실증실험) 165

사진 2.6.1. 장미의 모습: (좌) 식재일로부터 1일 경과 후, (우) 개화시, 175

사진 3.1.1. 실험에 사용된 목재 파쇄기(위)과 기계톱으로 자른 밤나무와 이들을 목재 파쇄기로 파쇄한 입자(좌하) 및 비닐 포대에 담아 둔 모습(우하) ... 189

사진 3.2.1. 고추(위)와 토마토(아래) 종자를 24시간 동안 물로 추출하거나 추출하지 않은 밤나무 입자에 파종시의 발아의 차이.	192
사진 4.1.1. 위탁연구기관에 의해 개발된 폐암면 파쇄기(좌상)와 혼합기(좌하), 그리고 폐암면 슬래브를 파쇄하는 장면(우상) 및 파쇄된 폐암	197
사진 4.2.1. 위탁연구기관에서 개발한 폐암면 증기소독기(좌)와 소독한 암면입자(우)	198

제 1 장 서 론

1. 연구개발의 필요성

가. 기술적 측면

- (1) 원예용 배지는 양분저장, 수분 보유와 공급, 가스유통 및 식물체 지지 기능을 필요로 함
- (2) 현재 사용하고 있는 배지재료로는 버미큘라이트, 바크, 펄라이트, 폴리스타이렌, 압면, 피트모스 등이 있으나 대부분의 재료가 위의 4가지 기능을 동시에 다 만족시키지 못하므로 한가지 이상의 물질을 섞은 혼합배지가 이용되고 있음
- (3) 양액재배 배지종류의 제한과 수입 의존성
 - (가) 국내에는 피트모스 등의 온실식물 재배용 천연배지재료가 없어서 수입에 의존하고 있으며, 1차 가공을 통한 인공배지재료도 이용되고 있음
 - (나) 1997년 1월말 현재 양액재배 면적 중 압면 85.7ha, 펄라이트 115.7ha 차지
 - (다) 펄라이트는 국내에서 생산공급하고 있으며 장기재배가 가능하나 시간의 경과에 따라 물리 화학성이 저하됨
 - (라) 압면은 국산과 수입품이 공히 널리 사용되고 있음
- (4) 양액재배용 배지의 국산화 필요성과 양액재배 폐암면을 재활용한 배지 개발 가능성
 - (가) 양액재배에 사용된 압면은 입상형으로의 재가공을 통하여 양액재배용 또는 분이나 플러그용 배지로 개발할 수 있음
 - (나) 파쇄 목재를 압면과 혼합하면 우수한 원예용 배지가 될 것으로 기대됨
- (5) 입자 압면과의 혼합 가능한 임산자원 풍부
 - (가) 전국토의 67% 정도가 산으로 구성된 우리 나라에는 소나무를 비롯한 수목이 많이 있어 이를 가공 이용시 및 수입목재를 가공시 많은 부산물이 생성되는데 일부만이 톱밥제조나 화목용으로 이용되고 있어 그 외의 부산물을 배지재료로 이용 가능

- (나) 해방이후 산림녹화 사업의 일환으로 경제림을 조성할 목적으로 밤나무를 조림하였으나 유실수로서의 수령인 25-30년이 지나 수목갱신이 필요(1994년 현재 전국 밤나무 조림면적은 215,915ha)함
- (다) 밤나무 등의 수목갱신, 경제림 조성용 수종갱신 및 간벌로 얻어지는 목재를 배지재료로 이용할 수 있음

나. 경제·산업적 측면

(1) 국내 온실 설치면적 급진적 증가

- (가) 1995년말 시설채소류 81,604 ha: 1990년 대비 1995년은 2.04배 증가
- (나) 시설화훼류 3,054 ha: 1990년 대비 1995년은 1.74배 증가
- (다) 유리온실을 비롯한 고정식 온실면적과 양액재배 면적의 급속한 증가
 - 1) 고정식 영구온실의 설치로 토양내 염류집적과 연작장해의 회피가 필수적 과제
 - 2) 1994년말 59.7 ha, 1995년 10월말 106.5 ha, 1997년 1월말 273.8 ha
- (라) 양액재배 주작물의 제한: 장미, 토마토, 방울토마토, 오이 및 고추가 1997년 1월말 현재 717,101평으로 전체의 87.3% 차지
- (마) 1997년 1월말 우리 나라의 양액재배용 암면의 연간 사용량은 11,600m³ 또는 20억원어치 정도로 추산되고 부수적인 폐암면의 발생량도 이와 유사할 것으로 추정됨
- (바) 국내에 1997년초 현재 1,500평 규모의 공정육묘 온실이 60여개가 있고 원예작물 묘 수요가 150억주나 되는데 대부분의 공정육묘용 상토는 외국에서 수입한 재료에 의존하고 있음. 이 중 5%가 공정묘로 공급된다고 가정할 경우 공정육묘용 상토 필요량은 연간 1만 5천m³ 정도로 추정되며 이는 상토 리터당 100원에 거래된다고 볼때 15억원어치에 상당함
- (사) 1995년말 현재 국내의 분화류 생산량은 연간 1억 3천만개이고 국민소득의 증대로 분화류의 소비가 급증할 것으로 예상되고 있음. 그러나 국내에서 생산되는 대부분의 분화류는 천연토양을 위주로한 배지를 사용하고 있어서 후진성을 면치 못하고 있으며 이는 분화류 소비의 저해요인으로 작용하고 있음. 1억 3천만개의 분화류를 각각 1리터 화분에 재배한다고 가정할 경우의 상토 소요량은 연간 13만 m³이고 이는 상토

리터당 100원에 거래된다고 볼때 130억원어치 상당의 잠재 시장이 있음을 의미함

(아) 공정육묘와 분화류 생산에 소요되는 배지의 고급화와 국산화에 폐암면이 재활용될 수 있음

다. 사회·문화적 측면

(1) 농업용 배지의 수입도 우리의 무역수지 악화에 기여하고 있고 이는 재배기술의 외국 의존으로 이어짐

(2) 양액재배 암면의 폐기 문제가 매우 심각함

(가) 암면은 국내에서 한국UR암면(주)이 생산공급하고 있고 네덜란드와 프랑스 등지에서 수입되기도 함

(나) 암면을 이용한 고품질 청정 원예산물의 생산기술은 이미 정착 단계에 있고, 폐암면의 재활용으로 고품질 청정 원예산물의 생산을 더욱 증가시킬 수 있음

(다) 암면은 고가로서 온실작물의 장기재배에 사용될 수 있으나 연작으로 인한 수량감소와 품질저하가 심하고 재사용시 배지로서의 안정성이 낮으므로 양액재배농가가 재사용을 제한하고 꺼리고 있음

(라) 양액재배에 사용되는 암면은 주로 암면 fiber를 압착시킨 슬래브형인데 부피가 크고 연소되거나 부패되지 않으며 인체에 암을 유발할 수 있다는 일반인의 오해로 인해 양액재배에 사용한 후 폐기에 심각한 문제점이 오래 전부터 제기되고 있으나 아직도 해결책이 없음

라. 국내의 관련기술의 현황과 문제점

(1) 지금까지의 연구개발 실적

(가) 국내

1) 육묘용, 분식물용 및 양액재배용 배지의 국산화를 위하여 많은 시도를 하고 있으나 천연자원 부족으로 외국의 제품에 대적할 만한 우수한 연구개발 제품은 아직 없음

2) 암면은 국내의 회사에서 제품화 생산되고 있으나 이의 폐기문제는 아직 해결되지 않고 있음

(나) 국외

- 1) 시설원에 선진국을 비롯하여 천연자원이 풍부한 국가에서는 육묘용, 분식물용 및 양액재배용 배지의 차별화와 상품화가 이미 오래 전에 이루어짐
- 2) 암면의 농업 재활용에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있으나 필요한 경우에는 언제든지 기술을 개발할 수 있다고 판단되고 연구개발된 경우라도 상품화로 인하여 그 기술이 노출되지 않음
- 3) 미국에서는 1986년도에 입상암면과 피트모스 등의 천연재료의 혼합상토가 개발되어 매우 우수한 제품으로 인식되고 시판되고 있음

(2) 현 기술상태의 취약성

- (가) 지금까지의 국내외 원예작물 재배용 배지개발연구 결과를 바탕으로 실용화를 위한 실험을 할 경우 어려운 점은 없음
- (나) 양액재배 사용배지와 목재 부산물의 파쇄기술개발과 파쇄된 입자의 특성과악, 함유된 유기물과 미생물의 제거 또는 영향을 억제할 수 있는 처리기술의 개발 및 입자들의 타재료와의 혼합비율 등에 대한 연구가 요구됨

마. 앞으로 전망

- (1) 공정육묘에 필요한 배지재료의 50% 정도를 폐암면으로 대체 가능(1997년초 현재 전국의 60여개 공정육묘장에서만 필요로 하는 상토의 양은 260,000리터 정도로 추산됨)
- (2) 분화용 배지재료의 50% 정도를 폐암면으로 대체 가능(1995년말 현재의 생산량을 기준으로 개당 1리터씩의 배지가 필요하다고 가정할 경우 1억 3천만 리터의 배지가 필요하다고 추산됨)
- (3) 공정육묘와 분화류의 생산에 필요한 배지 원재료의 가격은 리터당 50원을 기준으로 할 때 약 65억원 정도임
- (4) 정부가 시설자금지원을 하고 있는 시설원에 설치사업에 활용가능
- (5) 첨단시설 및 첨단기술보급으로 선진농가육성가능
- (6) 배지의 개발과 국산화율의 현저한 증가 및 상품화(특허출원) 가능
- (7) 공정육묘와 분식물 생산기술의 발달

바. 기술도입의 타당성

(1) 도입 가능성은 있으나 도입 필요성 없음

(2) 기술료 수준 - 국내에서 연구개발할 경우 100% 국산화가 가능하므로 기술료 부담은 없음

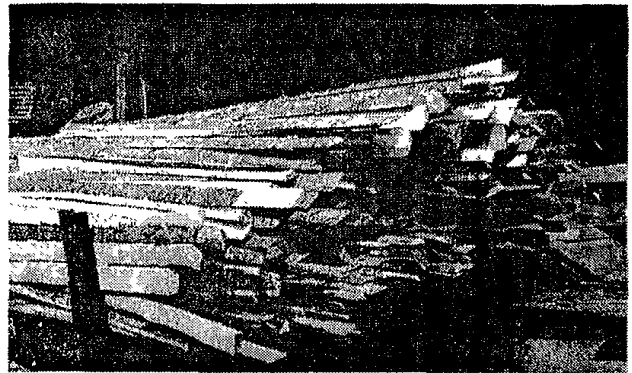
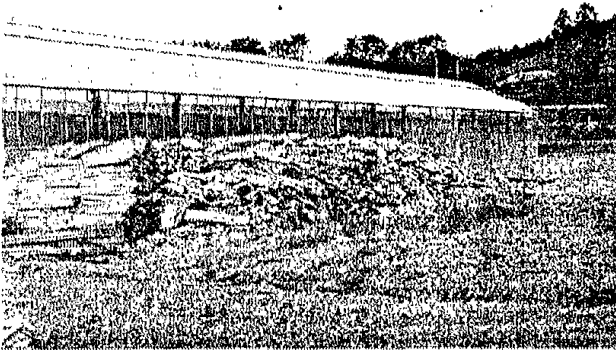


사진 1.1.1. 토마토 양액재배 농가에서 사용되고 있는 암면 슬래브(좌상), 경남지역의 양액재배농가에서 사용하고 방치한 폐암면 슬래브의 모습(우상, 좌중), 경남지역에서 재배중인 밤나무(중우)와 밤나무 분쇄입자(좌하), 그리고 제재소에서 폐기되는 수입 목재류(하우)

제 2 장 폐암면과 목재 부산물 등을 이용한 혼합 배지 개발과 재배효과 실증 실험

제 1 절 입자 폐암면과 목재 부산물의 배지혼합비율 연구

1. 문헌조사

가. 배지의 기능

배지의 기능으로서는 양분의 저장(CEC), 수분의 보유와 공급, 가스유통(CO_2 의 배출과 O_2 의 공급) 및 식물체의 지지 등이 있다. 수분보유력은 배지 구성입자의 표면에 비례(모래<점토)하고, 배지를 구성하는 입자가 클수록 O_2 를 많이 함유한다. 배지는 물질에 따라 이 4가지 기능을 다 지닌 것도 있으나 대부분은 그렇지 못하므로 한가지 이상의 물질을 섞어 혼합배지를 만들어 쓴다. 순수 수정재배시는 양분과 수분의 공급은 용이하지만 O_2 가 부족하고 지지력이 없다.

나. 용기 재배시 배지의 구비 조건 (수분과 공기조절)

배지의 배수와 수분보유력은 배지의 깊이와 밀접한 상관이 있다. 깊이가 깊을수록 배수가 잘 되고 가스의 유통이 용이하나 베드나 화분 등의 용기에 담으면 가스유통이 힘들고 배수가 어려워진다. 절화류 재배시에는 주로 깊이 18cm 정도의 베드를 이용한다. 토양의 특성을 결정하는 요소로는 질감과 구조가 있다.

(1) 질감(texture): 배지 구성물질의 입자크기의 분포인데, 물질에 따라 달라진다. 배지 내 수분은 배지입자의 표면에 달라붙어 막을 형성하여 보존되고 이용된다. 입자의 크기가 작은 물질일수록 표면적이 증가되므로 더 많은 수분을 보유한다. 질감은 배지의 수분보유력을 결정한다. 배지내의 물과 공기 함량은 배지 입자 크기를 조절하거나 배합을 달리하면 조절된다. 베드의 깊이, 즉 배지의 깊이는 배수성과 관련이 있다. 깊이가 얕을수록 배수성이 불량해지므로 더 거친(입자의 크기가 더 큰) 배지재료를 사용해야 원하는 공급 내의 수분과 공기를 모두 적정한 수준으로 유지할 수 있다.

(2) 구조(structure): 배지 내 입자들이 입단화된 정도를 나타내며 배지의 수분 보유력에 변화를 주지 않으면서 공극을 늘리는 방법이다. 예를 들면 다공성의 바크는 입자가 굵어 수분보유력은 낮으나 입자 내에 양분이나 산소를 함유할 공극이 많다. 입단구조에 따라 배지의 성질이 크게 달라진다. 배지의 입단화에는 유기물이 중요하고 구조를 거칠게 하려면 거친 재료를 섞어야 한다. 예를 들어, 고운 배지재료에 바크나 피트모스 등의 거친 재료를 첨가하면 배지가 입단 구조화되어 성질이 개선된다.

(3) 좋은 배지의 조건

(가) 유기물의 안정성: 배지 내에 첨가된 유기물은 분해속도가 더딜수록 좋다. 유기물이 분해되면 토성이 변하는데, 특히 토양부피가 줄어 공극이 감소된다. 밀짚, 벧짚, 삼나무 외의 톱밥은 너무 빨리 분해가 일어나 그에 따라 배지 내 공극이 점차 줄어들므로 화분 같은 작은 용기의 배지로는 바람직하지 못하나 베드처럼 용적이 큰 경우에는 크게 문제되지 않는다. 그러나 화훼류를 장기간 재배하는 베드 내에서도 유기물의 분해가 천천히 일어날수록 좋고 분해가 일어나면 1년에 한번 정도 유기물을 추가로 첨가해 주어야 한다.

(나) C/N율: 배지 내 유기물의 50%나 그 이상은 탄소로 구성되어 있고 이 유기물은 미생물에 의해 분해되는데 이때 미생물은 질소를 필요로 한다. 유기물은 탄소(C) 30kg당 질소(N)가 1kg(C:N율 30:1) 이상 함유되어 있어야 배지재료로 적합하다. C:N율이 30:1 이상이 되면 유기물에 함유되거나 비료로 첨가된 N을 미생물이 이용하게 되어 작물은 N부족 현상을 나타낸다. 톱밥(C:N율 1000:1정도)은 분해시 톤당 12kg의 N을 추가로 공급해야 작물에 N부족 현상이 일어나지 않는다. 바크(C:N율 300:1)에는 톤당 N을 3.5kg 공급해야 한다. 유기물의 분해속도도 중요하다. 바크는 비록 C:N율이 매우 크지만 분해가 매우 느리고 점진적이며 분해되는데 3년 정도가 소요되므로 매우 좋은 배지 재료이다. 이에 비해 톱밥은 C:N율이 바크보다 훨씬 크고 분해속도가 빨라서 추가로 첨가해 준 질소비료의 효율이 그만큼 감소되므로 바람직하지 못하다.

(다) 가비중(Bulk density): 가비중은 용기에 담겨진 상태에서의 배지의 비중이며 이는 배지의 식물지탱 능력과 관계가 있다. 가비중이 높으면 식물체를 잘 지탱해 주고 낮으면 이동, 취급 및 수송이 용이해 진다. 화분용 배지재료로서의 적당한 가비중은 총

분한 관수후 L당 640-1200g이다. 용기용수량에서의 L당 가비중은 토양 또는 모래 1600g, 폴리스타이렌(스타이로폼) 120g, 펄라이트 500g 정도이다(표 2.1.1). 베드에 이용되는 배지의 가비중은 다소 높아도 자주 이동하지 않으므로 큰 문제가 없다.

(라) 공극(물과 공기)의 조성: 관수횟수를 줄이고도 충분한 양의 물과 공기를 배지 내 유지하기 위해서는 입자의 조성이 적합해야 한다. 배지는 고형물질, 수분 및 공기로 구성되는데 입자가 작을수록 적당한 공극과 수분을 유지하는데 필요한 관수횟수를 줄일 수 있다. 공기를 잘 유통시키는 재료로는 버미큘라이트, 바크, 펄라이트, 폴리스타이렌 및 압면이 있고 공극이 작은 것으로는 피트모스와 압면이 있다. 이상적인 배지는 물과 공기의 함량이 높고 CEC가 커야 하는데 이를 위해서 혼합배지가 이용되고 있다. 압면과 피트모스를 혼합한 배지는 매우 우수한 물리화학적 성을 가진다.

입자형 압면을 이용한 배지의 개발은 미국에서 이루어져 상품화되었는데 압면과 피트모스를 부피 비로 1:1로 혼합시 아주 우수한 물리화학적 성을 가지는 배지로 판명되었다. 17cm 아젤리아분에 담긴 몇 가지 배지의 물리성은 압면과 피트모스가 1:1의 부피 비로 혼합되었을 경우 배지의 조건들을 두루 잘 갖추고 있음을 알 수 있다.

표 2.1.1.1. 지름 17cm 아젤리아분에서 용기용수량으로 관수 직후의 물리·화학적 성

배지 재료	고형물(%)	수분(%)	공기(%)	유효수분(%)	가비중(g/L)
사질점토	53.3	39.8	6.9	33.4	1698
모래	59.3	35.4	5.3	31.0	1714
스페그넘 피트모스	15.4	76.5	8.1	50.7	859
버미큘라이트	17.3	53.2	19.5	24.1	738
소나무 바크(<10mm)	20.7	58.9	20.4	28.6	809
펄라이트	36.9	38.3	24.8	18.1	514
스타이로폼 비드	64.6	10.5	24.9	9.5	120
입상 압면	8.9	65.0	26.1	60.6	870
1흙:1피트모스:1모래	45.4	48.7	5.9	40.2	1595
1피트모스:1버미큘라이트	13.1	70.3	16.6	46.2	853
3바크:1모래:1피트모스	29.5	53.4	17.0	31.9	942
1압면:1피트모스	8.3	70.9	20.8	59.6	829

(마) 양이온 치환능력(CEC): 배지의 CEC는 무기영양의 저장고의 크기이므로 CEC가 높을수록 식물재배에 유리한데 배지 100cc당 6-15me가 가장 좋다. 배지재료의 입자는 표면적이 클수록 CEC가 커지는데 입자가 작을수록 표면적이 커진다.

CEC가 높은 물질로서는 점토, 피트모스, 버미큘라이트 및 부식시킨 유기물 등이 있고 CEC가 낮은 물질로서는 펄라이트, 폴리스타이렌, 모래, 썩지 않은 유기물 및 압면 등이 있다.

(바) pH: 배지의 pH는 배지내의 영양분의 유용도를 결정 짓는다. 절화 재배용으로 천연토양이 함유된 배지는 pH가 6.2 - 6.8이 좋고 천연토양이 함유되지 않은 배지는 pH가 5.4 - 6.0이면 좋다. 피트모스와 소나무 바크는 pH가 4.0정도로 아주 산성이고 펄라이트와 모래는 pH가 7.0정도의 중성이며 버미큘라이트와 참나무 바크는 pH가 8.5, 압면은 pH가 7.0이상의 알칼리성이다. 배지의 산도를 보정하는 데에는 석회석이 주로 이용된다.

(4) 파쇄된 폐압면과 혼합하여 쓸 수 있는 재료

원예용 배지는 물질은 모래, 펄라이트, 피트모스, 바크 등 매우 다양하고 여러 가지 재료를 혼합해서 만든 혼합배지도 상업적으로 많이 개발되어 있다. 온실용 배지로서 물리화학적 성질이 우수하고 가격이 싸며 구하기 쉬운 것이 좋다.

표 2.1.1.2. 배지의 재료로 이용될 수 있는 물질, 성질 및 가격(○ 표는 우수함)

재료	수분보유력	양분보유력	통기성	무게
밭흙	○	○		
스페그넘 피트모스	○	○		
바크(<10mm)	○	○		
부숙한 톱밥	○	○		
분뇨	○	○		
버미큘라이트	○	○		○
튀긴 점토	○	○	○	
바크(10-20mm)	○	○	○	
모래			○	
펄라이트			○	○
폴리스타이렌			○	○

(가) 피트모스(Peatmoss): 피트모스는 수생식물, 이끼 또는 습윤식물이 부분적으로 분해된 것으로 생육지, 분해정도, 무기양분의 함량, 산성정도 등에 따라 그 성질에 큰 차이가 있다. 피트에는 피트모스, 셋지피트, 피트휴머스 등이 있다. 피트모스는 물이끼 등의 이끼류로부터 만들어진 것으로 분해정도가 가장 낮아 보수력이 강하여

보통 건물중의 10배의 물을 함유할 수 있으며, pH가 3.8-4.5 사이로 산성도가 강하고, 약 1.0%정도의 질소성분을 함유하고 있으나 인산이나 칼슘은 전혀 함유하고 있지 않다. 비교적 청결하고 가벼우며 보수력이 대단히 강하여 일반적으로 가늘게 잘라서 배지로 사용하면 좋다. 그러나 국내에서는 전혀 생산되지 않고 있으며 대부분이 노르웨이, 캐나다 등에서 수입하고 있으나 소련과 같은 추운 지방에서 생산되는 것이 그 질이 좋다.

(나) 펄라이트(Perlite): 펄라이트는 화산기원의 규산 화합물로서 원광을 분쇄하여 노에서 약 760℃로 가열하여 만든 것으로 버미큘라이트와 마찬가지로 세편 중에 있는 수분이 증기로 되어 세편을 팽창시켜서 스펀지 구조상으로 만든 것이다. 1당 80 - 130 g으로 매우 가볍고 처리온도가 높기 때문에 제품은 완전 무균이며 원예용으로는 보통 직경 1.6 - 2.2 mm의 입자가 사용된다. 펄라이트는 자기 무게의 약 3-4배정도 물을 함유할 수 있고 pH 6.0 - 8.0으로 중성에 가깝다. 그러나 완충능력이 없을 뿐 아니라 CEC도 아주 낮다. 무기양분도 함유되어 있지 않으며 파괴가 어렵기 때문에 배지의 통기성을 좋게 하는 데는 최적이라 할 수 있다.

(다) Coir(코어, 야자열매 중과피의 수): 최근 우리 나라에서도 원예식물 재배용 배양토의 성분으로서의 피트모스 대체용으로 야자열매껍질의 섬유질인 코어(Coir)의 이용이 대두되고 있다. 천연자원인 피트모스나 코어가 국내에서는 전혀 생산되지 않으므로 전량 수입에 의존하고 있는데 해상 수송비용이 높은(국내 판매가의 50%정도로 추산) 이유 때문에 원가절감이 매우 어렵다. 다행히도 코어는 주산지가 스리랑카이어서 북미나 유럽이 주산지인 피트모스에 비해 해상 수송비가 상당히 적게 든다. 또한 코어는 1) 피트모스와 매우 유사한 이화학적 특성을 가지고 있고, 2) 여러 가지 이유에 기인하여 피트모스의 생산이 불안정하며, 그리고 3) 코어가 피트모스보다 국내 공급가격이 저렴하기 때문에 코어의 배양토 재료로서의 이용가능성은 매우 고무적이다. 코어는 야자열매(*Cocos nucifera* L.) 과실의 중과피를 구성하고 있는 섬유질인데 주로 산업용으로 이용되고 있다. 산업용(밧줄, 매트 등을 만드는데 필요한 섬유소) 코어의 제조과정에서 나오는 코어 가루는 지금까지 폐기물로 취급되어 왔으나 최근 이의 원예식물용 배양토로서의 잠재력이 평가되었다. 코어는 외관상 피트모스와 매우 유사하고 옅은 갈색에서 진한 갈색을 띠고 있으며 길이 0.2 - 2.0 mm의 리그닌과 셀룰로스 입자들로 구성되어 있다. 코어가 원예용 배양토의 구성성분으로서 피

트모스 대체용으로 쓰일 수 있는 근거로는 다음의 여러 가지를 들 수 있다. 1) 나뭇가지, 잡초 및 병원균등의 이물질의 오염이 적다. 2) 피트모스와는 달리 친수성이므로 초기 관수시부터 수분을 쉽게 흡수한다. 3) 피트모스와 비슷하거나 그 이상으로 보수력과 배수력이 있다. 4) 피트모스보다 물리적 탄력성이 높고 분해속도가 더디다. 5) pH, CEC 및 EC가 원예식물 재배에 적절한 범위 내에 있다. 6) 한정된 자원이 고갈되어 가는 피트모스와는 달리 지속적인 생산이 가능하다. 호주와 유럽의 일부 국가에서는 무토양 매지재배에서 피트모스 대체용으로서의 코어의 사용 가능성과 생산성이 입증되어 현재 일부에서는 이용되고 있다.

2. 실험에 사용할 파쇄 압면 입자, 목재 부산물 입자 및 타재료와의 혼합비율

가. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 공정묘용 혼합배지

(1) 1차 실험

폐암면은 분쇄기(한국UR압면)로 분쇄한 후 증기소독기(120℃)로 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하여 준비하였다. 밤나무와 소나무는 수목 갱신을 목적으로 벌목한 수령이 15-30년된 것으로 경남지역에서 채취하여 파쇄기(승진정밀, 30마력)로 파쇄한 후 내장된 10mm 체를 통과한 것을 노지에서 6개월 동안 후숙시킨후 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 입자들을 이용하였다. 증기소독한 폐암면 입자와 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 밤나무와 소나무 입자를 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100의 부피비율로 혼합하였다. 대조구로는 공정육묘 전용 상토(토실이 상토, pH 5.10, EC 0.12mS · cm⁻¹, 1:5희석법, 신안그로)를 이용하였다.

(2) 2차 실험

1차 실험과는 달리 폐암면을 소독하는 과정에서 120℃되는 증기소독기 내에서 수증기와 2 기압의 압력으로 40분 동안 소독한 것을 이용하였다. 목재입자는 노지에서 10개월 동안 후숙한 것을 4mm 체로 쳐서 이용하였다. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스, 펠라이트(소립)를 표 2.3.2와 같이 조합하여 20가지 혼합상토를 조제하였다(표 2.1.2.1).

표 2.1.2.1. 폐암면(U-RW)에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지 조성

Medium number	Component					
	Used rockwool	Chestnut tree particle	Pine tree particle	Coir	Peat moss	Perlite
1	Control (Commercial plug medium, Tosilee)					
2	100	0	0	0	0	0
3	50	50	0	0	0	0
4	50	0	50	0	0	0
5	50	0	0	50	0	0
6	50	0	0	0	50	0
7	50	0	0	0	0	50
8	33	33	33	0	0	0
9	33	33	0	33	0	0
10	33	33	0	0	33	0
11	33	33	0	0	0	33
12	33	0	33	33	0	0
13	33	0	33	0	33	0
14	33	0	33	0	0	33
15	33	0	0	33	33	0
16	33	0	0	33	0	33
17	33	0	0	0	33	33
18	25	25	0	25	0	25
19	25	0	25	25	0	25
20	25	25	0	0	25	25

나. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 분화용 혼합배지

(1) 미니장미 'Silk Red'

경남 마암농장에서 수집한 토마토를 재배한 폐암면을 분쇄기(한국UR)로 분쇄한 후 증기 소독기내의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm을 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 소독한 폐암면과 후숙한 밤나무 입자를 펄라이트, 피트모스와 함께 표 2.1.2.2와 같은 비율로 혼합하였다.

표 2.1.2.2. 'Silk Red' 장미재배에 이용된 배지의 조성(%v/v).

Treatment	Components and mixing ratio (% v/v)			
	Particles of used rockwool	Chestnut woodchips	Perlite	Peat moss
1	25	25	25	25
2	25	75		
3	50	50		
4	75	25		
5	25		75	
6	50		50	
7	75		25	
8	25			75
9	50			50
10	75			25
11	33	33	33	
12	50	25	25	
13	25	50	25	
14	25	25	50	
15	33		33	33
16	50		25	25
17	25		50	25
18	25		25	50
19	100			
20		Tosilee		

(2) *Ficus benjamina* 'King'

토마토를 재배한 폐암면을 경남 마암농장에서 수거하여 분쇄기(한국UR)로 분쇄한 후 증기소독기안의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm을 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 소독한 폐암면과 후숙한 밤나무 입자, 펄라이트 그리고 피트모스를 표 2.1.2.3과 같은 비율로 혼합하였다.

표 2.1.2.3. *Ficus benjamina* cv. King의 재배에 사용된 배지의 조성(%v/v).

Components and mixing ratio (% v/v)				
Treatment	Particles of used rockwool	Chestnut woodchips	Perlite	Peat moss
1	25	25	25	25
2	25	75		
3	50	50		
4	75	25		
5	25		75	
6	50		50	
7	75		25	
8	25			75
9	50			50
10	75			25
11	33	33	33	
12	50	25	25	
13	25	50	25	
14	25	25	50	
15	33		33	33
16	50		25	25
17	25		50	25
18	25		25	50
19	100			
20				Tosilee

다. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 절화류용 혼합배지

(1) 국화

폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 120℃의 증기 소독기내에서 40분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 15-30년생 소나무와 밤나무를 경남지역 야산에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm 체를 통과한 입자를 노지에서 6개월 동안 후숙시킨 것을 사용하였다. 혼합배지는 폐암면에 소나무 파쇄입자와 밤나무 파쇄입자, 펄라이트, 코이어 그리고 피트모스를 표 2.1.2.4과 같이 조합하여 27가지 혼합 상토를 조제하였다.

표 2.1.2.4. 실험에 사용된 배지의 조성.

Medium no.	Components and mixing ratio (% v/v)					
	Particles of recycled rockwool	Pine wood chips	Chestnut wood chips	Perlite	Coir	Peat moss
1	50	50	0	0	0	0
2	50	0	50	0	0	0
3	50	0	0	50	0	0
4	50	0	0	0	50	0
5	50	0	0	0	0	50
6	33	66	0	0	0	0
7	33	0	66	0	0	0
8	33	0	0	66	0	0
9	33	0	0	0	66	0
10	33	0	0	0	0	66
11	25	75	0	0	0	0
12	25	0	75	0	0	0
13	25	0	0	75	0	0
14	25	0	0	0	75	0
15	25	0	0	0	0	75
16	66	33	0	0	0	0
17	66	0	33	0	0	0
18	66	0	0	33	0	0
19	66	0	0	0	33	0
20	66	0	0	0	0	33
21	75	25	0	0	0	0
22	75	0	25	0	0	0
23	75	0	0	25	0	0
24	75	0	0	0	25	0
25	75	0	0	0	0	25
26	100	0	0	0	0	0
27	0	0	0	100	0	0

(2) 미니장미 산시루

15-30년생 밤나무와 소나무를 경남지역 야산에서 채취하여 파쇄하여 직경 10mm의 원형 구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 경상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 4개월간 후숙한 재료를 파쇄후 양액재배 폐암면 슬래브를 분쇄(한국 UR암면)하여 고압증기 소독(120℃ 20분 2기압)한 입자와 혼합하여 43가지의 조합을 만들었다(표 2.1.2.5).

표 2.1.2.5. 절화 산시루 장미를 혼합배지

No.	Composition (v/v)	No.	Composition (v/v)
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	23	CWP 2 : RR 1
2	CWP 1 : RR ^x 1	24	CWP 2 : Coir 1
3	CWP 1 : Coir 1	25	CWP 2 : PM 1
4	CWP 1 : CRH ^w 1	26	PWP 2 : RR 1
5	CWP 1 : RH ^v 1	27	PWP 2 : Coir 1
6	CWP 1 : PM ^u 1	28	PWP 2 : PM 1
7	PWP 1 : RR 1	29	RR 2 : Coir 1
8	PWP 1 : Coir 1	30	RR 2 : PM 1
9	PWP 1 : CRH 1	31	Coir 2 : PM 1
10	PWP 1 : RH 1	32	CWP 1 : PWP 2
11	PWP 1 : PM 1	33	CWP 1 : RR 2
12	RR 1 : Coir 1	34	CWP 1 : Coir 2
13	RR 1 : RH 1	35	CWP 1 : PM 2
14	RR 1 : RH 1	36	PWP 1 : RR 2
15	RR 1 : PM 1	37	PWP 1 : Coir 2
16	Coir 1 : CRH 1	38	PWP 1 : PM 2
17	Coir 1 : RH 1	39	RR 1 : Coir 2
18	Coir 1 : PM 1	40	RR 1 : PM 2
19	CRH 1 : RH 1	41	Coir 1 : PM 2
20	CRH 1 : PM 1	42	CRH 2 : RH 1
21	RH 1 : PM 1	43	CRH 1 : RH 2
22	CWP 2 : PWP 1		

^zChestnut wood particles (CWP), ^yPine wood particles (PWP), ^xRecycled rockwool (RR), ^wCarbonized rice hull (CRH), ^vRice hull (RH), ^uPeatmoss (PM).

(3) 미니장미 마니쉬

예비실험에서 선발된 우량배지(폐암면, 밤나무, 소나무)를 이용하여 실험을 수행하였다. 경남지역에서 채취한 15-30년생 밤나무와 소나무를 파쇄(파쇄기 성능 30마력, (주)승진정밀 분쇄기 63R 723)하였는데 직경 10mm의 원형구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 경상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 6개월 및 3개월간 후숙한 재료와 후숙처리를 하지 않은 재료(0개월)를 고압증기 소독(120℃ 20분간 2기압)한 폐암면 입자와 혼합하여 실험을 수행하였다. 폐암면의 준비는 경남일대의 토마토 유리온실에서 2년간 사용후 폐기 처리한 것을 1998년 12월 24일 트럭으로 이송후 1999년 3월 22일 분쇄기((주)한국 UR암면)로 입자화시킨 후 소독하였다. 혼합배지를 만들어 길이 70cm, 폭15cm의 비닐자루에 10L의 혼

합배지를 충전해 배열하였다. 배치는 1개의 철제 베드 위에 모든 처리구가 포함되도록 난괴법을 실시하였으며, 총 38처리구를 두었다(표 2.1.2.6).

표 2.1.2.6. 절화 마니쉬 장미를 재배하기 위하여 사용된 여러 가지 혼합배지

Treatment (v/v)		Treatment (v/v)	
1	Rockwool slab 100%	20	Recycled rockwool 2 + Pine wood particles 0 month 1
2	Recycled rockwool 100%	21	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 6 month 2
3	Pine wood particles 100% 6 month	22	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 3 month 2
4	Pine wood particles 100% 3 month	23	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 0 month 2
5	Pine wood particles 100% 0 month	24	Recycled rockwool 2 + Chestnut wood particles 6 month 1
6	Chestnut wood particles 100% 6 month	25	Recycled rockwool 2 + Chestnut wood particles 3 month 1
7	Chestnut wood particles 100% 3 month	26	Recycled rockwool 2 + Chestnut wood particles 0 month 1
8	Chestnut wood particles 100% 0 month	27	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 6 month 3
9	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 6 month 1	28	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 3 month 3
10	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 3 month 1	29	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 0 month 3
11	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 0 month 1	30	Recycled rockwool 3 + Pine wood particles 6 month 1
12	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 6 month 1	31	Recycled rockwool 3 + Pine wood particles 3 month 1
13	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 3 month 1	32	Recycled rockwool 3 + Pine wood particles 0 month 1
14	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 0 month 1	33	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 6 month 3
15	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 6 month 2	34	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 3 month 3
16	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 3 month 2	35	Recycled rockwool 1 + Chestnut wood particles 0 month 3
17	Recycled rockwool 1 + Pine wood particles 0 month 2	36	Recycled rockwool 3 + Chestnut wood particles 6 month 1
18	Recycled rockwool 2 + Pine wood particles 6 month 1	37	Recycled rockwool 3 + Chestnut wood particles 3 month 1
19	Recycled rockwool 2 + Pine wood particles 3 month 1	38	Recycled rockwool 3 + Chestnut wood particles 0 month 1

제 2 절 혼합배지의 물리화학적 특성조사

1. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 공정묘용 혼합배지

가. 1차 실험

폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 증기소독기(120℃)로 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하여 준비하였다. 밤나무와 소나무는 수목 갱신을 목적으로 벌목한 수령이 15-30년된 것으로 경남지역에서 채취하여 파쇄기(승진정밀, 30마력)로 파쇄한 후 내장된 10mm 체를 통과한 것을 노지에서 6개월 동안 후숙시킨 후 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 입자들을 이용하였다. 증기소독한 폐암면 입자와 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 밤나무와 소나무 입자를 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100의 부피비율로 혼합하였다. 대조구로는 공정육묘 전용 상토(토질이 상토, pH 5.10, EC 0.12mS·cm⁻¹, 1:5희석법, 신안그로)를 이용하였다. 배지의 pH와 EC는 시료와 증류수의 부피비가 1:5가 되도록 혼합하여 얻은 현탁액을 pH/Conductivity meter(Consort C531)로 측정하였다.

나. 2차 실험

1차 실험과는 달리 폐암면을 소독하는 과정에서 120℃되는 증기소독기 내에서 수증기와 2 기압의 압력으로 40분 동안 소독한 것을 이용하였다. 목재입자는 노지에서 10개월 동안 후숙한 것을 4mm 체로 쳐서 이용하였다. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스, 펠라이트(소립)를 표 2.3.2와 같이 조합하여 20가지 혼합상토를 조제하였다. 각 혼합상토의 배지 내 무기이온 농도, pH와 EC는 1:5(시료:증류수)의 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex사)와 pH/Conductivity meter(Consort C531)로 분석하였다.

다. 결과

1차 실험의 처리별 각 배지의 pH와 EC의 분석결과는 표 2.2.1.1에 나타내었다.

대조구인 공정육묘 상토의 pH가 5.52였고 밤나무 입자의 혼합 비율이 높아질수록 pH가 낮아지는 경향이었으나 입자의 크기에 따른 차이는 나타나지 않았다. EC는 대조구에서 월등히 높았고 pH와 마찬가지로 밤나무 입자의 혼합비율이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다.

2차 실험에서 사용된 20조합의 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC를 분석한 결과는 표 2.2.1.2에 나타내었다. 대조구인 공정육묘용 상토는 NH_4^+ 를 제외한 모든 성분의 농도가 높았다. Na^+ 이온은 코이어의 혼합비율이 높아질수록 높게 나타났고 폐암면과 목재 입자를 첨가할수록 낮았다. NH_4^+ 이온은 피트모스의 혼합비율이 높은 조합에서 높았고, 12, 14, 18번 처리구에서는 검출되지 않았다. K^+ 이온은 코이어의 혼합비율이 높아질수록 높게 나타났고, Mg^{2+} 는 밤나무와 소나무 입자를 첨가할수록 높았으며 폐암면과 코이어와 펄라이트를 혼합한 처리구에서 낮았다. Ca^{2+} 이온도 Mg^{2+} 이온과 같이 목재입자를 첨가할수록 높았으나 Na^+ 와 K^+ 이온과는 대조적으로 코이어의 혼합비율이 높은 처리구에서 낮았다. Cl^- 은 코이어의 혼합비율이 높을수록 높았고 나머지 처리구에서는 검출되지 않았다. NO_3^- 이온의 농도는 공정육묘 상토에서 월등하게 높았다. PO_4^{3-} 와 SO_4^{2-} 는 코이어의 혼합비율이 높은 처리구에서 높게 나타났다.

pH는 펄라이트를 혼합한 16번과 7번 처리구에서 6.35와 6.29로 가장 높게 나타났고 다음으로 100% 폐암면 처리구와 목재입자를 혼합한 처리구에서 높게 나타났다. 공정육묘 상토와 폐암면과 소나무를 혼합한 처리구에서 낮게 나타났다.

EC는 대조구인 육묘용 상토에서 가장 높았고 다음으로 코이어의 혼합 비율이 높은 처리구에서 높게 나타났고 나머지는 유의적인 차이가 없었다.

표 2.2.1.1. 폐암면(U-RW)과 2.8mm 또는 5.6mm 체로 친 밤나무 입자와 조합한 혼합배지의 화학성

Mixing ratio (U-RW:Chestnut tree)	pH		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)	
	2.8mm	5.6mm	2.8mm	5.6mm
Control (Plug mix)	5.52		720	
100:0	7.05	7.05	132.0	132.0
75:25	6.71	6.34	79.0	103.0
50:50	6.09	6.10	80.0	91.4
25:75	5.78	6.07	67.2	61.2
0:100	4.41	4.38	55.4	48.9

표 2.2.1.2. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)을 조합한 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC

	Cation (ppm)					Anion (ppm)				pH	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻		
1	47.10	3.87	125.0	6.03	6.44	128.92	56.56	33.04	67.28	5.45	827.3
2	3.79	0.69	2.56	1.32	5.99	1.47	6.60	1.89	11.07	6.07	88.1
3	4.36	3.22	4.51	3.09	6.62	1.41	0.00	7.62	10.49	5.60	97.7
4	5.74	1.04	6.30	3.00	6.13	1.59	0.00	7.26	11.25	5.55	98.6
5	11.39	0.31	67.07	0.85	0.72	48.82	2.34	16.98	26.02	5.77	330.0
6	7.37	7.34	3.44	1.25	1.57	3.59	1.82	5.64	14.21	5.58	103.7
7	4.89	0.90	1.42	1.18	4.72	2.51	2.24	1.74	6.10	6.29	78.2
8	3.28	1.22	5.91	2.96	6.13	1.83	0.00	5.69	8.23	6.07	96.9
9	8.82	1.85	55.65	1.93	2.82	34.86	0.00	15.59	21.01	6.06	278.3
10	5.66	5.65	6.29	2.19	3.32	5.61	0.10	4.99	12.51	5.83	111.3
11	5.29	2.07	3.19	2.13	4.91	1.88	0.21	5.68	7.70	5.93	93.8
12	10.09	0.00	54.33	1.09	1.27	32.81	0.00	13.48	22.18	6.03	238.7
13	6.64	3.85	4.52	1.22	1.64	3.38	0.00	4.89	6.71	5.74	89.5
14	6.42	0.00	3.19	1.67	3.77	2.09	0.00	4.47	8.19	5.99	89.3
15	12.15	5.77	44.08	0.95	0.89	36.20	1.52	11.57	27.65	5.58	282.7
16	10.03	0.26	29.32	0.45	0.50	18.27	0.88	10.82	11.52	6.35	189.0
17	8.03	5.46	2.40	0.79	0.96	2.84	2.95	5.10	11.81	5.65	94.6
18	7.26	0.00	4.50	1.38	2.71	3.95	0.14	4.90	4.46	5.80	80.9
19	10.18	0.89	33.80	1.30	1.85	21.40	0.29	11.46	15.26	5.91	198.7
20	8.98	2.59	3.16	0.67	0.93	3.90	0.17	4.36	5.10	5.80	79.0

2. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 분화용 혼합배지

가. 분화 미니장미 'Silk Red'

경남 마암농장에서 수집한 토마토를 재배한 폐암면을 분쇄기(한국UR)로 분쇄한 후 증기 소독기내의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm을 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 배지의 화학성을 측정하기 위하여 시료대 증류수를 1:5의 부피비율로 혼합 24시간동안 100rpm·min⁻¹으로 shaking하여 얻은 현탁액을 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 측정하였다.

처리별 pH와 EC는 표 2.2.2.1과 같다. pH는 모든 처리에서 재배전 보다 상승하

었다. 목재와 피트모스가 많이 함유될수록 pH를 저하시킨 반면 폐암면의 함유가 많을수록 pH를 상승시켰다. 이는 산성인 목재와 피트모스에 pH 6.99의 중성인 폐암면 100%를 혼합함으로써 pH를 보정했기 때문이다. EC는 토질이상토를 제외하고 모든 처리에서 재배후 증가하였다. 재배전 EC는 토질이상토에서 가장 높았으나 재배 후 낮아졌다. 사용한 압면 100%는 재배전과 재배후의 EC변화가 크기 않은 것으로 보아 실험전 폐암면 입자에 공급된 무기영양분이 잔류함에 의해 재배전 EC가 높았던 것으로 추정된다.

표 2.2.2.1. 재배배지의 사용전의 pH와 EC.

Treatment	pH	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	6.59±0.03	106.3± 3.2
2	6.28±0.07	141.0± 3.8
3	6.49±0.08	170.3± 7.3
4	6.90±0.08	167.0± 8.0
5	7.12±0.02	120.0± 4.7
6	6.92±0.06	207.3± 2.2
7	6.80±0.01	211.0± 4.9
8	5.90±0.23	111.3± 1.5
9	6.23±0.11	189.3± 4.2
10	6.15±0.18	239.0± 9.6
11	6.57±0.04	110.0± 2.6
12	6.69±0.05	140.6±12.0
13	6.43±0.09	76.3±32.2
14	6.38±0.16	94.3± 7.0
15	6.31±0.08	114.0± 5.5
16	6.01±0.13	175.0±18.8
17	5.96±0.08	114.3± 9.6
18	5.80±0.14	125.6± 3.3
19	6.56±0.07	205.6± 6.3
20	5.33±0.03	636.6±16.4
F-test ^z	***	***

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

나. *Ficus benjamina* 'King'

토마토를 재배한 폐암면을 경남 마암농장에서 수거하여 분쇄기(한국UR)로 분쇄한

후 증기소독기안의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723.(주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm을 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 배지의 화학성을 측정하기 위하여 시료와 증류수를 1:5의 부피비율로 혼합 24시간동안 100rpm·min⁻¹로 shaking하여 얻은 현탁액을 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 측정하였다.

처리별 배지의 재배전과 후의 pH와 EC의 분석결과는 그림 2.2.2.1과 2.2.2.2에 각각 나타내었다. pH는 모든 처리에서 재배전보다 상승하였다. 목재와 피트모스가 많이 함유될수록 pH를 저하시킨 반면 폐암면의 함유가 많을수록 pH를 상승시켰다. 이는 산성인 목재와 피트모스에 pH 6.99의 중성인 폐암면 100%를 혼합함으로써 pH를 보정했기 때문이다. 재배전의 EC는 토질이상토 100%에서 가장 높았으나 재배후 낮아졌으며 폐암면 100%는 재배전과 재배후의 EC변화가 크지 않은 것으로 보아 실험전 폐암면 입자에 공급된 무기영양분이 잔류함에 의해 재배전 EC가 높았던 것으로 생각된다. 토질이상토와 폐암면 100%를 제외하고 모든 처리에서 재배후 EC가 증가하였다.

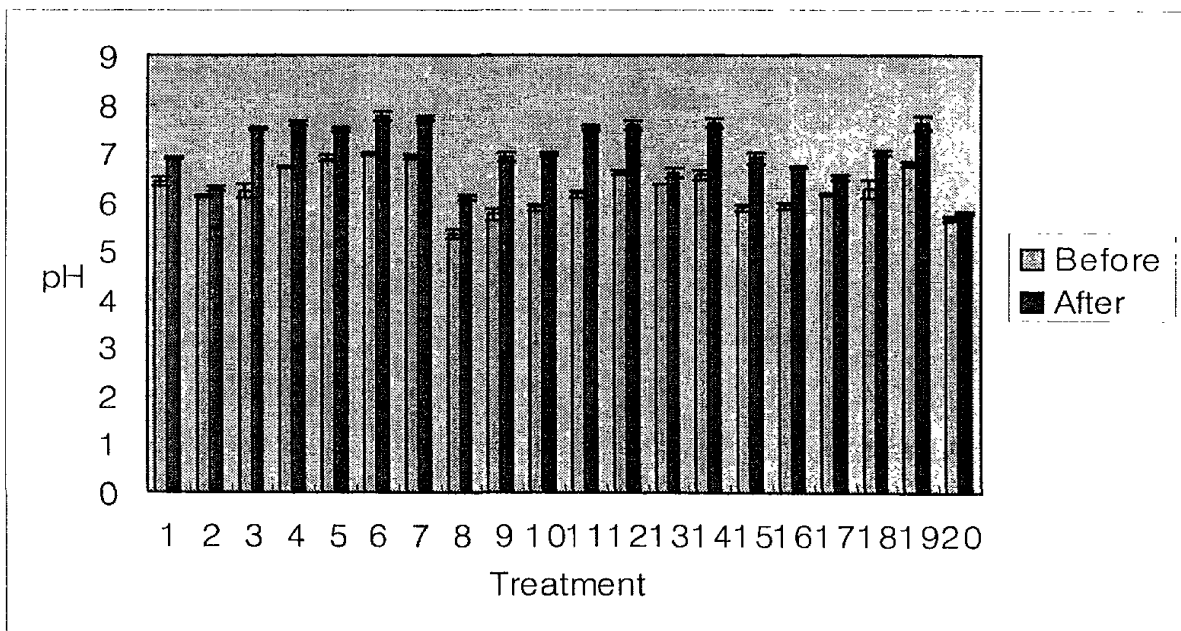


그림 2.2.2.1. 처리별 배지의 재배전과 후의 pH

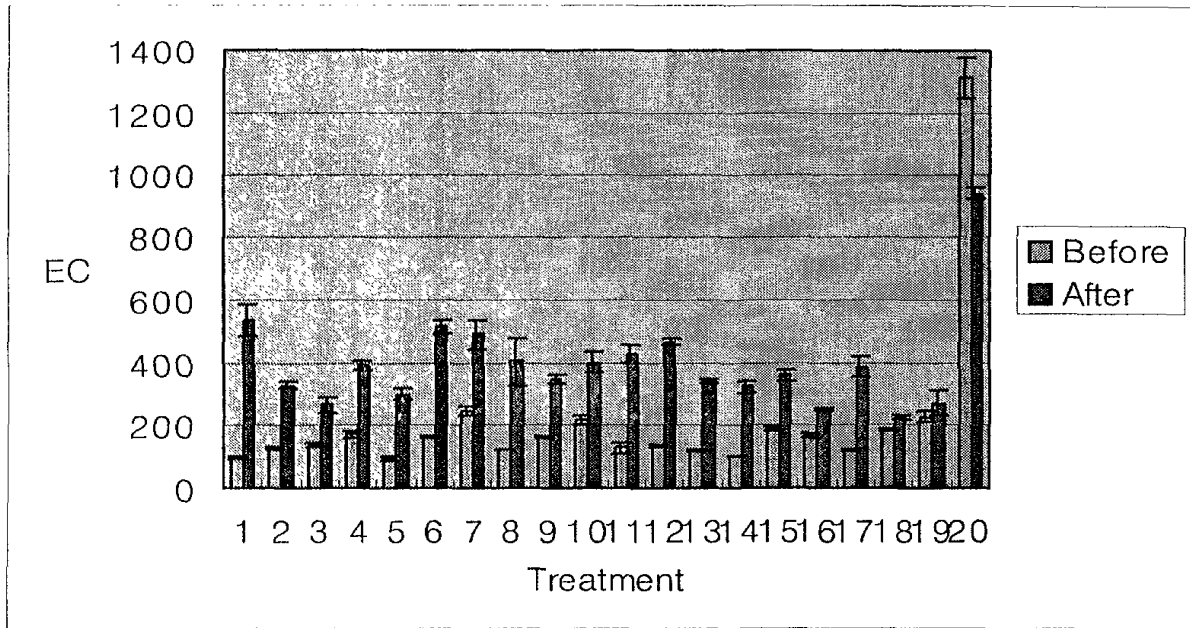


그림 2.2.2.2. 처리별 배지의 재배전과 후의 EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

3. 폐암면과 목재의 입자를 함유한 절화류용 혼합배지

가. '백광' 국화

폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 120℃의 증기 소독기내에서 40분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 15-30년생 소나무와 밤나무를 경남지역 야산에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm 체를 통과한 입자를 노지에서 6개월 동안 후숙시킨 것을 사용하였다. 혼합배지는 폐암면에 소나무 파쇄입자와 밤나무 파쇄입자, 펄라이트, 코이어 그리고 피트모스를 조합하여 27가지 혼합 상토를 조제하였다. 각 배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 시료 20mL를 2차 증류수 100mL과 1:5의 부피비율로 희석하여 24시간 동안 100rpm · min⁻¹으로 shaking하였다. 혼합용액을 3회 반복하여 거름종이에 거른 후 Expandable ion Analyzer(EA940, Orion, USA)와 pH/conductivity meter(Consort C531, 동우메디컬시스템사)로 측정하였다.

처리별 배지의 pH와 EC의 분석결과는 표 2.2.3.1에 나타내었다. 재배전 배지의 pH는 폐암면과 펄라이트가 각각의 비율로 조합된 처리구가 다른 처리구에 비해 높았

으며, 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구는 4.90에서 5.73으로 낮았다. 재배후 pH는 폐암면과 밤나무가 각각의 비율로 조합된 처리구가 6.97에서 7.41로 높게 나타났으며, 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구가 낮게 나타났다. 재배전 EC는 폐암면과 코이어가 조합된 처리구가 다른 처리구에 비해 월등히 높게 나타났으며, 재배후는 폐암면과 밤나무가 각각 1:1, 1:2, 1:3으로 조합된 처리구에서 높았다. 특히 필라이트 100% 처리구의 경우 EC가 재배전 $40.2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 에서 재배후 $825.3 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 크게 증가한 것으로 나타났다.

표 2.2.3.1. 실험에 사용된 배지재료들의 pH와 EC

Treatment no.	pH	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	5.83	94.6
2	6.10	109.6
3	6.56	89.5
4	6.03	505.6
5	5.25	137.6
6	5.72	105.0
7	5.90	131.0
8	6.66	76.3
9	5.85	590.0
10	5.73	97.6
11	5.69	116.3
12	5.84	146.0
13	6.59	62.5
14	5.83	676.0
15	4.97	96.9
16	5.47	97.0
17	5.78	102.7
18	6.39	91.2
19	6.10	284.6
20	5.15	133.6
21	5.74	112.0
22	5.95	92.9
23	6.31	101.8
24	6.32	264.3
25	4.90	147.6
26	6.02	105.5
27	6.43	40.2
F-test	***	***

*** significant at $p \leq 0.001$.

나. 절화 미니장미 '산시루'

15-30년생 밤나무와 소나무를 경남지역 야산에서 채취하여 파쇄하여 직경 10mm의 원형 구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 경상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 4개월간 후숙한 재료를 파쇄후 양액재배 폐암면 슬래브를 분쇄(한국 UR암면)하여 고압증기 소독(120℃ 20분 2기압)한 입자와 혼합하여 실험을 수행하였다.

배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 실험 초기와 후기에 처리별 배지의 시료 30mL씩을 3차 증류수 150mL와 1:5(시료:증류수)의 부피비율로 혼합하여 24시간 동안 100rpm·min⁻¹으로 교반하였다. 혼합용액을 맑은 액체가 될 때까지 2-3회 반복하여 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 동시에 측정하였다. pH와 EC측정후 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex, USA)로 무기이온의 농도를 분석하였다. 종류별 배지의 물리성(공극율, 용기용수량, 기상율, 가비중, 진비중, 잔존 수분량)과 화학성(pH, EC, 무기이온 농도)을 조사하였다.

pH의 변화는 밤나무와 피트모스를 1:1의 비율로 조합한 처리구에서 pH 4.31로 가장 낮았으며, 폐암면과 혼탄을 각각 1:1의 비율로 조합한 처리구에서 pH 8.23으로 가장 높은 경향을 나타내었다(표 2.2.3.2). 암면이나 혼탄을 조합한 처리구의 pH가 대체적으로 높은 경향을 보였고 반대로 밤나무와 소나무의 혼합 처리구에서 낮은 경향을 나타냈다. 폐암면이 조합된 처리구에서 pH가 안정적이었다. 재배 말기에 조사한 pH는 대부분의 처리에서 5.0 - 6.0의 범위에서 안정적인 경향을 나타냈다.

초기 EC는 폐암면1:코이어2에서 548 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 가장 높았으나 장애를 유발하는 수준은 아니었으며 시간이 경과할수록 염류가 집적되어 재배말기에 측정한 대부분 처리구의 EC값이 증가하였다.

절화 미니장미 '산시루'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 무기이온 농도는 코이어가 들어간 처리구에서, 그리고 코이어의 조합비율이 높아질수록 높은 함량으로 검출되었다(표 2.2.3.3). 특히 폐암면1:코이어2의 처리구에서 Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 이온농도가 타처리구에 비해 가장 높은 수치로 검출되었다. 밤나무2:폐암면1의 처리구에서는 NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} 의 이온농도가 재배후기에서 타 처리구에 비해서 높은 수치로 검출되었으며, 이로 인해 EC 또한 높게 나타났다. 폐암면2:코이어1의 처리구에서는 Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 가 높게 검출되었다.

표 2.2.3.2. 절화 산시루 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 pH

No.	Composition (v/v)	pH	No.	Composition (v/v)	pH
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	4.75	23	CWP 2 : RR 1	6.16
2	CWP 1 : RR ^x 1	7.29	24	CWP 2 : Coir 1	5.11
3	CWP 1 : Coir 1	4.95	25	CWP 2 : PM 1	4.57
4	CWP 1 : CRH ^w 1	5.60	26	PWP 2 : RR 1	6.37
5	CWP 1 : RH ^v 1	4.71	27	PWP 2 : Coir 1	5.11
6	CWP 1 : PM ^u 1	3.96	28	PWP 2 : PM 1	4.30
7	PWP 1 : RR 1	6.33	29	RR 2 : Coir 1	6.01
8	PWP 1 : Coir 1	4.86	30	RR 2 : PM 1	6.01
9	PWP 1 : CRH 1	6.08	31	Coir 2 : PM 1	5.09
10	PWP 1 : RH 1	5.75	32	CWP 1 : PWP 2	5.03
11	PWP 1 : PM 1	4.66	33	CWP 1 : RR 2	6.47
12	RR 1 : Coir 1	5.39	34	CWP 1 : Coir 2	5.95
13	RR 1 : RH 1	6.62	35	CWP 1 : PM 2	4.02
14	RR 1 : RH 1	6.55	36	PWP 1 : RR 2	6.36
15	RR 1 : PM 1	5.85	37	PWP 1 : Coir 2	5.94
16	Coir 1 : CRH 1	6.07	38	PWP 1 : PM 2	4.18
17	Coir 1 : RH 1	6.31	39	RR 1 : Coir 2	6.24
18	Coir 1 : PM 1	5.18	40	RR 1 : PM 2	5.94
19	CRH 1 : RH 1	6.61	41	Coir 1 : PM 2	4.60
20	CRH 1 : PM 1	6.67	42	CRH 2 : RH 1	7.19
21	RH 1 : PM 1	5.10	43	CRH 1 : RH 2	6.88
22	CWP 2 : PWP 1	4.89			
LSD _{0.05}		0.42			0.42

^zChestnut wood particles (CWP), ^yPine wood particles (PWP),
^xRecycled rockwool (RR), ^wCarbonized rice hull (CRH), ^vRice hull
(RH), ^uPeatmoss (PM). Thirty mL of medium sample was diluted
with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

표 2.2.3.3. 절화 산시루 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 EC

No.	Composition (v/v)	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	No.	Composition (v/v)	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	101.3	23	CWP 2 : RR 1	124.3
2	CWP 1 : RR ^x 1	161.0	24	CWP 2 : Coir 1	201.3
3	CWP 1 : Coir 1	321.0	25	CWP 2 : PM 1	114.7
4	CWP 1 : CRH ^w 1	206.7	26	PWP 2 : RR 1	65.3
5	CWP 1 : RH ^v 1	109.7	27	PWP 2 : Coir 1	233.0
6	CWP 1 : PM ^u 1	137.0	28	PWP 2 : PM 1	89.5
7	PWP 1 : RR 1	40.5	29	RR 2 : Coir 1	300.0
8	PWP 1 : Coir 1	355.3	30	RR 2 : PM 1	89.9
9	PWP 1 : CRH 1	152.7	31	Coir 2 : PM 1	373.0
10	PWP 1 : RH 1	101.8	32	CWP 1 : PWP 2	169.7
11	PWP 1 : PM 1	54.9	33	CWP 1 : RR 2	72.9
12	RR 1 : Coir 1	316.0	34	CWP 1 : Coir 2	336.7
13	RR 1 : RH 1	99.1	35	CWP 1 : PM 2	102.0
14	RR 1 : RH 1	70.4	36	PWP 1 : RR 2	54.9
15	RR 1 : PM 1	69.2	37	PWP 1 : Coir 2	430.3
16	Coir 1 : CRH 1	414.0	38	PWP 1 : PM 2	66.7
17	Coir 1 : RH 1	314.3	39	RR 1 : Coir 2	548.0
18	Coir 1 : PM 1	329.7	40	RR 1 : PM 2	56.9
19	CRH 1 : RH 1	218.7	41	Coir 1 : PM 2	254.7
20	CRH 1 : PM 1	316.0	42	CRH 2 : RH 1	293.0
21	RH 1 : PM 1	105.4	43	CRH 1 : RH 2	190.0
22	CWP 2 : PWP 1	100.2			
LSD _{0.05}		38.9			38.9

^zChestnut wood particles (CWP), ^yPine wood particles (PWP),
^xRecycled rockwool (RR), ^wCarbonized rice hull (CRH), ^vRice hull
(RH), ^uPeatmoss (PM). Thirty mL of medium sample was diluted
with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

표 2.2.3.4. 절화 산시루 장미의 재배에 사용된 각종 배지의 화학적 성분

Medium no.	Composition (v/v)	Anion (ppm)					Cation (ppm)			
		Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	10.11	-	-	2.45	11.24	-	16.15	-	-
2	PWP1 : R-RW ^x 1	3.25	2.40	2.47	2.24	4.06	14.73	6.68	-	-
3	R-RW1 : Coir ^l 1	44.28	-	-	4.52	13.82	-	103.68	-	-
4	R-RW1 : PM ^w 1	6.07	7.76	3.69	7.10	7.44	8.67	8.89	-	-
5	CWP2 : R-RW1	7.07	-	-	2.54	10.82	-	11.25	-	-
6	PWP2 : R-RW1	2.86	-	4.85	2.40	4.95	-	5.69	-	-
7	R-RW2 : Coir ^l 1	55.65	-	22.14	22.67	12.66	-	83.62	-	-
8	R-RW2 : PM ^l 1	40.31	5.94	3.71	9.36	8.60	-	31.17	-	-
9	CWP1 : R-RW2	32.11	-	10.91	-	8.48	-	27.15	-	-
10	PWP1 : R-RW2	3.28	-	2.05	2.38	5.91	-	6.39	-	-
11	R-RW1 : Coir ² 2	99.08	-	24.98	37.15	21.31	-	154.25	5.06	4.36
12	R-RW1 : PM ² 2	31.93	-	1.30	7.46	5.72	-	42.38	3.83	15.15
	LSD _{0.05}	18.53	-	6.94	7.43	3.07	-	30.30	7.40	-

^zChestnut wood particles (CWP), ^yPine wood particles (PWP), ^xRecycled rockwool (RR), ^wCarbonized rice hull (CRH), ^vRice hull (RH), ^lPeatmoss (PM). Thirty mL of medium sample was diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

다. 절화 미니장미 '마니쉬'

예비실험에서 선발된 우량배지(폐암면, 밤나무, 소나무)를 이용하여 실험을 수행하였다. 경남지역에서 채취한 15-30년생 밤나무와 소나무를 파쇄(파쇄기 성능 30마력, (주)승진정밀 분쇄기 63R 723)하였는데 직경 10mm의 원형구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 경상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 6개월 및 3개월간 후숙한 재료와 후숙처리를 하지 않은 재료(0개월)를 고압증기 소독(120℃ 20분간 2기압)한 폐암면 입자와 혼합하여 실험을 수행하였다. 폐암면의 준비는 경남일대의 토마토 유리온실에서 2년간 사용후 폐기 처리한 것을 1998년 12월 24일 트럭으로 이송후 1999년 3월 22일 분쇄기((주)한국 UR암면)로 입자화시킨 후 소독하였다.

혼합배지를 만들어 길이 70cm, 폭15cm의 비닐자루에 10L의 혼합배지를 충전해 배열하였다. 배열후 배지자루를 통일성 있게 약 10cm길이의 x자 모양으로 장미가 식재될 위치를 칼로 찢고, 자루의 측면 하부에 길이 5cm의 배수구 4개씩을 만들었다. 배지를 수돗물로 충분히 관수하고 자루당 발근된 장미 4주씩을 1999년 3월 26

일에 정식하여 2000년 4월 14일 실험을 종료하였다.

배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 종류별 배지의 시료를 각각 1L씩 채취한 후 60°C의 항온건조기에서 72시간 건조한 후, 시료 30mL을 3차 증류수 150mL와 1:5(시료:증류수)의 부피비율로 혼합하여 24시간 동안 100rpm·m⁻¹으로 교반하였다. 혼합용액을 맑은 액체가 될 때까지 2-3회 반복하여 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 동시에 측정하였다. pH와 EC측정후 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex, USA)로 무기이온의 농도를 분석하였다. 배지의 물리성(총 공극율, 용기용수량, 기상율, 가비중, 진비중, 잔존 수분량)과 화학성(pH, EC, 무기이온 농도)을 조사하였다.

pH는 밤나무, 소나무 그리고 폐암면 조합순서로 증가하는 경향을 보였으며 폐암면의 조합비율이 많아질수록 pH가 안정적인 수준으로 측정되었다(표 2.2.3.5). 재배전의 pH에서 밤나무100% 3개월 후숙한 배지에서 3.79로 가장 낮은 pH값을 나타냈고, 대조구인 새암면 슬래브에서 7.20으로 가장 높은 pH값을 나타냈으나 재배후기로 갈수록 안정화되어 무토양 배지의 적정 pH인 5.0 - 6.0범위를 나타냈다.

EC의 변화는 후숙과정을 거치지 않은 소나무와 밤나무를 조합한 처리구에서 다소 높은 경향을 나타내었다. 재배전 EC값은 새암면 슬래브 100%처리구에서 23 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 가장 낮은 값을 나타냈는데 이는 무균상태의 화학적으로 비활성 배지인 암면 슬래브의 특성을 잘 나타내주고 있다. 폐암면1:밤나무2(0개월)처리에서 초기 EC값이 140 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 가장 높았으며 후기의 EC값은 폐암면1:소나무3(3개월)처리에서 449 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 가장 높았다. 모든 처리구에서 재배후기로 갈수록 염류 및 식물에 흡수되지 않은 무기이온 등이 집적되어 EC값이 상승하였다(표 2.2.3.6).

절화 미니장미 '마니쉬'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 무기이온 농도는 폐암면과 대조구인 암면 슬래브 및 밤나무 조합을 포함한 대표적인 처리구 8처리를 선별하여 분석했다. 폐암면1:밤나무3의 처리구에서 NO₃⁻이온을 제외한 Cl⁻, PO₄³⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺이온의 농도가 타처리구에 비해 가장 높은 함량을 나타냈으며 밤나무의 비율이 높아질수록 초기 무기이온의 함량이 높은 수치로 검출되었다. 이로 인해 EC수치 또한 높게 나타났다. 밤나무 100%의 처리구에서는 K⁺, Mg²⁺이온이 타처리구에 비해 가장 유의성 있게 높았으며 새 암면 슬래브는 무균상태이며 화학적으로 비활성 배지인 특성에 맞게 초기에 이온이 거의 검출되지 않았으며, 폐암면 또한 대조구 다음으로 낮은 수치로 검출되었다.

절화 미니장미 '마니쉬'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 물리성을 측정하기 위해

대표적인 처리구 5가지를 선별하여 재배전과 재배후의 총 공극율, 용기용수량, 공극율, 가비중, 진비중, 그리고 잔존 수분함량을 측정하였다. 폐암면 100%와 밤나무 100%, 밤나무1:폐암면1, 밤나무1:폐암면2, 밤나무2:폐암면1의 5처리 배지 중에서 특히 폐암면100%에서 재배전의 용기용수량(67.81%), 진비중($2.14\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), 그리고 잔존 수분함량(235.6mL)이 가장 유의성 있게 높았으며, 재배후기에서의 측정 역시 위와 같았다. 밤나무 100%에서 재배전 총공극율(87.51%), 공극율(38.58%)이 가장 높았으며 재배후기에서 공극율(24.17%)이 가장 높았다. 폐암면의 비율이 높아질수록 총 공극율이 낮아졌으며 용기용수량과 잔존 수분함량은 폐암면의 비율이 높아질수록 정비례하였다.

표 2.2.3.5. 절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 pH

Composition (v/v)		pH	Composition (v/v)		pH
1	RWS ^z 100%	7.20	20	RR2:PWP 0 month 1	6.20
2	RR ^y 100%	7.13	21	RR1:CWP 6 month 2	6.18
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	4.85	22	RR1:CWP 3 month 2	5.90
4	PWP 100% 3 month	5.13	23	RR1:CWP 0 month 2	5.83
5	PWP 100% 0 month	4.74	24	RR2:CWP 6 month 1	6.19
6	CWP ^w 100% 6 month	4.33	25	RR2:CWP 3 month 1	6.17
7	CWP 100% 3 month	3.79	26	RR2:CWP 0 month 1	6.23
8	CWP 100% 0 month	4.03	27	RR1:PWP 6 month 3	5.99
9	RR1:PWP 6 month 1	5.89	28	RR1:PWP 3 month 3	5.94
10	RR1:PWP 3 month 1	6.11	29	RR1:PWP 0 month 3	5.62
11	RR1:PWP 0 month 1	5.94	30	RR3:PWP 6 month 1	6.01
12	RR1:CWP 6 month 1	6.22	31	RR3:PWP 3 month 1	6.66
13	RR1:CWP 3 month 1	6.25	32	RR3:PWP 0 month 1	6.37
14	RR1:CWP 0 month 1	5.76	33	RR1:CWP 6 month 3	6.14
15	RR1:PWP 6 month 2	6.12	34	RR1:CWP 3 month 3	5.84
16	RR1:PWP 3 month 2	6.11	35	RR1:CWP 0 month 3	6.07
17	RR1:PWP 0 month 2	5.95	36	RR3:CWP 6 month 1	6.20
18	RR2:PWP 6 month 1	6.12	37	RR3:CWP 3 month 1	6.25
19	RR2:PWP 3 month 1	6.37	38	RR3:CWP 0 month 1	6.13
LSD _{0.05}		0.36			0.36

^zRockwool slab (RWS), ^yRecycled rockwool (RR), ^xPine wood particles (PWP), ^wChestnut wood particles (CWP), and ^vDuration of weathering. Thirty mL media were diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

표 2.2.3.6. 절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 여러 가지 배지의 EC

Composition (v/v)		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	Composition (v/v)		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	RWS ^z 100%	23	20	RR2:PWP 0 month 1	91
2	RR ^y 100%	92	21	RR1:CWP 6 month 2	87
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	60	22	RR1:CWP 3 month 2	118
4	PWP 100% 3 month	65	23	RR1:CWP 0 month 2	140
5	PWP 100% 0 month	102	24	RR2:CWP 6 month 1	98
6	CWP ^w 100% 6 month	57	25	RR2:CWP 3 month 1	75
7	CWP 100% 3 month	164	26	RR2:CWP 0 month 1	115
8	CWP 100% 0 month	209	27	RR1:PWP 6 month 3	77
9	RR1:PWP 6 month 1	83	28	RR1:PWP 3 month 3	79
10	RR1:PWP 3 month 1	91	29	RR1:PWP 0 month 3	125
11	RR1:PWP 0 month 1	114	30	RR3:PWP 6 month 1	68
12	RR1:CWP 6 month 1	91	31	RR3:PWP 3 month 1	73
13	RR1:CWP 3 month 1	100	32	RR3:PWP 0 month 1	128
14	RR1:CWP 0 month 1	163	33	RR1:CWP 6 month 3	102
15	RR1:PWP 6 month 2	69	34	RR1:CWP 3 month 3	91
16	RR1:PWP 3 month 2	76	35	RR1:CWP 0 month 3	149
17	RR1:PWP 0 month 2	129	36	RR3:CWP 6 month 1	110
18	RR2:PWP 6 month 1	88	37	RR3:CWP 3 month 1	106
19	RR2:PWP 3 month 1	103	38	RR3:CWP 0 month 1	105
LSD _{0.05}		24			24

^zRockwool slab (RWS), ^yRecycled rockwool (RR), ^xPine wood particles (PWP), ^wChestnut wood particles (CWP), and ^vDuration of weathering. Thirty mL media were diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

표 2.2.3.7. 절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 배지의 총 공극율(TP), 용기용수량(CC), 공극율(AS), 가비중(BD), 진비중(PD), 그리고 잔존 수분함량(RW)

Medium no.	Composition (v/v)	Before						Reused after					
		TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g.m ⁻³)	PD (g.m ⁻³)	RW (mL)	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g.m ⁻³)	PD (g.m ⁻³)	RW (mL)
1	PURS ^z	68.49	67.81	19.70	0.25	2.14	235.6	82.25	76.03	11.44	0.30	0.98	78.42
2	CC ^y 100%	87.51	29.91	38.58	0.33	1.04	104.0	81.64	57.47	24.17	0.08	0.24	19.64
3	CC1:PURS1	84.12	54.90	21.83	0.28	1.79	190.8	85.83	73.05	12.26	0.12	0.36	45.14
4	CC1:PURS2	73.92	62.29	19.02	0.39	1.58	216.5	80.00	73.78	6.22	0.27	0.83	68.74
5	CC2:PURS1	79.70	52.79	26.92	0.26	1.35	183.4	82.35	70.09	12.78	0.18	0.55	29.38
	LSD _{0.05}	1.81	2.02	1.62	0.02	0.12	7.0	1.55	2.37	2.65	0.03	0.09	7.33
	F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

^zRockwool slab (RWS), ^yRecycled rockwool (RR), ^xPine wood particles (PWP), ^wChestnut wood particles (CWP), and ^vDuration of weathering. Thirty mL media were diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05.

제 3 절 혼합배지를 이용한 공정묘 재배효과 실증 실험

1. 혼합배지를 이용한 공정묘 재배효과 실증시험

가. 실험목적

국내에는 피트모스 등의 온실 식물 재배용 천연배지 재료가 없어서 수입에 의존하고 있으며 1차 가공을 통한 인공배지재료도 이용되고 있다. 1997년 1월말 현재 양액재배 면적 중 압면이 85.7ha, 펄라이트 115.7ha를 차지하고 있다.

압면은 국내에서 한국 UR압면(주) 등이 생산하여 공급하고, 네덜란드와 프랑스 등지에서 수입되기도 한다. 압면을 이용한 고품질 청정 원예산물의 생산기술은 이미 정착 단계에 있다. 한편 양액재배용 배지의 국산화 필요성과 폐압면을 재활용한 배지의 개발연구가 진행되고 있으며 앞으로 폐압면의 재활용으로 고품질 청정 원예산물의 생산을 더욱 증가시킬 수 있을 것이다. 그러나 압면은 고가로서 온실 작물의 장기재배에 사용될 수 있으나 연작으로 인한 수량감소와 품질저하가 심하고 재사용시의 안정성이 낮으므로 양액재배 농가가 재사용을 꺼리고 있는 실정이다. 양액재배에 사용된 슬래브 압면은 입상형으로의 재가공을 통하여 양액재배용 또는 분이나 플러그용 배지로 개발이 가능하리라 보인다.

전 국토의 67% 정도가 산으로 구성된 우리 나라에는 입자 압면과의 혼합 가능한 입산자원인 소나무를 비롯한 수목이 풍부하여 이를 가공 이용하거나 수입목재를 가공 이용할 때 많은 부산물이 생성되는데, 일부만이 톱밥제조나 화목용으로 이용되고 있다. 그 외의 부산물을 배지재료로 이용이 가능하다. 해방이후 산림녹화 사업의 일환으로 경제림을 조성할 목적으로 밤나무를 조림하였으나 유실수로서의 수령인 25-30년이 지나 수목갱신을 필요(1994년 현재 전국 밤나무 조림면적은 215,915ha)로 한다. 밤나무 등의 수목갱신, 경제림 조성용 수종갱신 및 간벌로 얻어지는 목재를 배지재료로 이용할 수 있다.

따라서 폐압면 입자와 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코어, 피트 그리고 펄라이트(소립)를 조합한 혼합상토에서 고추와 페튜니아 플러그묘를 재배하여 배지로서의 효과를 알아보려고 본 실험을 수행하였다.

나. 재료 및 방법

본 실험은 페튜니아와 고추를 공시식물로 이용하여 폐암면과 밤나무 목재의 입자 크기별 조합의 상호관계를 알아보는 육묘 실험과 폐암면과 밤나무, 소나무 입자를 포함한 여러 가지 시판상토를 조합한 혼합배지로 공정육묘한 실험으로 이어진다. 실험은 1998년 4월 7일부터 9월 20일까지 수행되었으며 파종후 15일부터 원예생산공학 연구실의 다용도 액비를 표 2.3.1과 같이 조제 시용하며 육묘 하였다.

표 2.3.1.1. 1차 및 2차 실험에 사용된 액비의 조성

Fertilizer formula	Concentration (mg · L ⁻¹)	Concentration (g · 100L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	708.0	70.8
MgSO ₄ · 7H ₂ O	246.0	24.6
KNO ₃	303.0	30.3
NH ₄ NO ₃	160.0	16.0
KH ₂ PO ₄	272.2	27.2
Fe-EDTA	4.00	0.400
H ₃ BO ₃	1.24	0.124
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.12	0.012
MnSO ₄ · 4H ₂ O	2.20	0.220
H ₂ MoO ₄	0.08	0.008
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1.15	0.115

(1) 1차 실험

폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 증기소독기(120℃)로 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하여 준비하였다. 밤나무와 소나무는 수목 갱신을 목적으로 벌목한 수령이 15-30년된 것으로 경남지역에서 채취하여 파쇄기(승진정밀, 30마력)로 파쇄한 후 내장된 10mm 체를 통과한 것을 노지에서 6개월 동안 후숙시킨후 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 입자들을 이용하였다. 증기소독한 폐암면 입자와 2.8mm와 5.6mm 체를 통과한 밤나무와 소나무 입자를 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100의 부피비율로 혼합하였다. 대조구로는 공정육묘 전용 상토(토질이 상토, pH 5.10, EC 0.12mS · cm⁻¹, 1:5희석법, 신안그로)를 이용하였다. 배지의 pH와 EC는 시료와 증류수의 부피비가 1:5가 되도록 혼합하여 얻은 현탁액을

pH/Conductivity meter(Consort C531)로 측정하였다.

공시식물로 고추(녹광, 흥농종묘주식회사, 1998년산)와 페튜니아[ペチュニア(マルチ) ロメオ, (株)サカタのタネ]를 이용하여 1999년 4월 7일에 128구 플러그 육묘용 트레이에 파종하여 주간과 야간 평균온도 21℃의 생육실에서 6일 동안 발아시킨 후 비닐온실의 철제 벤치에 난피법 4반복으로 배치하여 육묘 하였다. 페튜니아는 1999년 4월 8일에 228구 트레이에 파종하여 주야간 23℃의 생육실에서 4일 동안 발아시킨 후 고추와 동일하게 실험구를 배치하였다. 파종한지 43일이 되는 5월 20일에 생육을 조사하였다.

(2) 2차 실험

1차 실험과 동일하게 고추(녹광, 흥농종묘, 1998년산)와 페튜니아(ペチュニア(マルチ) ロメオ, (株)サカタのタネ)를 공시식물로 이용하였다. 1차 실험과는 달리 폐암면을 소독하는 과정에서 120℃되는 증기소독기 내에서 수증기와 2 기압의 압력으로 40분 동안 소독한 것을 이용하였다. 목재입자는 노지에서 10개월 동안 후숙한 것을 4mm 체로 쳐서 이용하였다. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스, 펄라이트(소립)를 표 2.3.2와 같이 조합하여 20가지 혼합상토를 조제하였다. 각 혼합상토의 배지 내 무기이온 농도, pH와 EC는 1:5(시료:중류수)의 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex사)와 pH/Conductivity meter(Consort C531)로 분석하였다.

고추는 1999년 7월 2일에 128구 육묘용 트레이에, 그리고 페튜니아는 7월 3일에 228구 트레이에 파종하여 접목활착실(28.5±1℃)에서 3일 동안 발아시킨 후 경상대학교 농장의 유리온실 내에 난피법 3반복으로 배치하여 육묘 하였다. 파종 이후 50일되는 8월 19일에 식물의 생육을 조사하였고, 조사된 결과는 SAS(Statistical Analysis System, V, 6.12, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 통계 분석하였다.

페튜니아 뿌리의 생육을 비교하기 위하여 뿌리의 생육정도를 5등급으로 나누어 육안으로 조사하였다. 5등급(아주 좋음)은 근권 전체로 빈틈없이 뿌리가 퍼져 있는 상태, 3등급(보통)은 근권 전체로 뿌리가 골고루 퍼져 있는 경우, 그리고 1등급(나쁨)은 뿌리가 가늘고 수가 몇 개 안되는 경우이다. 4와 2등급은 각각 5와 3, 그리고 3과 1의 중간단계이다.

다. 결과 및 고찰

(1) 1차 실험

처리별 각 배지의 pH와 EC의 분석결과는 표 2.3.3에 나타내었다. 대조구인 공정육묘 상토의 pH가 5.52였고 밤나무 입자의 혼합 비율이 높아질수록 pH가 낮아지는 경향이었으나 입자의 크기에 따른 차이는 나타나지 않았다. EC는 대조구에서 월등히 높았고 pH와 마찬가지로 밤나무 입자의 혼합비율이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다.

파종 43일 후에 조사한 고추와 페튜니아의 생육은 표 2.3.4와 2.3.5에 각각 나타낸 바와 같다. 고추와 페튜니아의 생체중, 건물중, 엽수와 엽장은 입자의 크기간에 따른 유의성은 인정되지 않았다. 두 식물 모두 폐암면과 목재 입자의 조합 비율에 따른 차이에 있어서는 대조구에서 가장 생육이 좋았고, 다음으로 100% 폐암면인 처리구에서 생육 및 초장이 높았으며 100% 목재입자 처리구에서 가장 저조하였다. 엽수에 있어서는 대조구와 100% 폐암면 처리구간에는 고추와 페튜니아 모두 차이가 없었다. 고추에 있어서 생체중은 목재 입자에 따라 유의적인 차이가 없었으나 페튜니아에서는 입경 5.6mm에서 2.8mm보다 높게 나타났다.

(2) 2차 실험

20조합의 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC를 분석한 결과는 표 2.3.6에 나타내었다. 대조구인 공정육묘용 상토는 NH_4^+ 를 제외한 모든 성분의 농도가 높았다. Na^+ 이온은 코이어의 혼합비율이 높아질수록 높게 나타났고 폐암면과 목재 입자를 첨가할수록 낮았다. NH_4^+ 이온은 피트모스의 혼합비율이 높은 조합에서 높았고, 12, 14, 18번 처리구에서는 검출되지 않았다. K^+ 이온은 코이어의 혼합비율이 높아질수록 높게 나타났고, Mg^{2+} 는 밤나무와 소나무 입자를 첨가할수록 높았으며 폐암면과 코이어와 펠라이트를 혼합한 처리구에서 낮았다. Ca^{2+} 이온도 Mg^{2+} 이온과 같이 목재입자를 첨가할수록 높았으나 Na^+ 와 K^+ 이온과는 대조적으로 코이어의 혼합비율이 높은 처리구에서 낮았다. Cl^- 은 코이어의 혼합비율이 높을수록 높았고 나머지 처리구에서는 검출되지 않았다. NO_3^- 이온의 농도는 공정육묘 상토에서 월등하게 높았다. PO_4^{3-} 와 SO_4^{2-} 는 코이어의 혼합비율이 높은 처리구에서 높게 나타났다.

pH는 펠라이트를 혼합한 16번과 7번 처리구에서 6.35와 6.29로 가장 높게 나타났고 다음으로 100% 폐암면 처리구와 목재입자를 혼합한 처리구에서 높게 나타났

다. 공정육묘 상토와 폐암면과 소나무를 혼합한 처리구에서 낮게 나타났다.

EC는 대조구인 육묘용 상토에서 가장 높았고 다음으로 코이어의 혼합 비율이 높은 처리구에서 높게 나타났고 나머지는 유의적인 차이가 없었다.

표 2.3.1.2. 폐암면(U-RW)에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지 조성

Medium number	Component					
	Used rockwool	Chestnut tree particle	Pine tree particle	Coir	Peat moss	Perlite
1	Control (Commercial plug medium, Tosilee)					
2	100	0	0	0	0	0
3	50	50	0	0	0	0
4	50	0	50	0	0	0
5	50	0	0	50	0	0
6	50	0	0	0	50	0
7	50	0	0	0	0	50
8	33	33	33	0	0	0
9	33	33	0	33	0	0
10	33	33	0	0	33	0
11	33	33	0	0	0	33
12	33	0	33	33	0	0
13	33	0	33	0	33	0
14	33	0	33	0	0	33
15	33	0	0	33	33	0
16	33	0	0	33	0	33
17	33	0	0	0	33	33
18	25	25	0	25	0	25
19	25	0	25	25	0	25
20	25	25	0	0	25	25

표 2.3.1.3. 폐암면(U-RW)과 2.8mm 또는 5.6mm 체로 친 밤나무 입자와 조합한 혼합배지의 화학성

Mixing ratio (U-RW:Chestnut tree)	pH		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$)	
	2.8mm	5.6mm	2.8mm	5.6mm
Control (Plug mix)	5.52		720	
100:0	7.05	7.05	132.0	132.0
75:25	6.71	6.34	79.0	103.0
50:50	6.09	6.10	80.0	91.4
25:75	5.78	6.07	67.2	61.2
0:100	4.41	4.38	55.4	48.9

표 2.3.1.4. 폐암면과 밤나무 입자 크기와 혼합비율에 따른 고추의 생육(1차 실험)

Treatment	Plant height (cm)	Shoot weight		Root weight		Total fresh wt. (g)	Leaf	
		Fresh (g)	Dry (mg)	Fresh (g)	Dry (mg)		Count	Length (cm)
Particle size								
2.8mm	6.3	0.89	111.1	0.52	56.1	1.41	3.8	3.0
5.6mm	6.0	0.90	116.8	0.59	60.5	1.49	3.8	2.9
LSD _{0.05}	0.37	0.10	13.0	0.08	8.6	0.17	0.22	0.17
Mixing ratio (U-RW:Chestnut tree, CT)								
Control (plug mix)	8.9	1.85	212.7	1.11	101.0	2.96	5.0	4.6
100:0	7.7	1.25	157.9	0.63	65.3	1.88	4.7	3.8
75:25	5.2	0.61	83.1	0.40	49.6	1.01	3.6	2.5
50:50	5.6	0.69	97.1	0.48	56.2	1.16	3.6	2.7
25:75	5.9	0.77	99.5	0.52	59.7	1.25	3.7	2.9
0:100	3.6	0.24	33.6	0.20	18.3	0.45	2.2	1.3
LSD _{0.05}	0.66	0.18	22.6	0.14	14.9	0.30	0.37	0.29
Particle size (a)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Mixing ratio (b)	**	**	**	**	**	**	**	**
a × b	NS	*	*	NS	NS	*	*	NS

표 2.3.1.5. 폐암면 입자와 밤나무 입자의 크기와 조성에 따른 페튜니아의 생육

Treatment	Shoot weight		Leaf		Root fresh wt. (mg)	Total fresh wt. (mg)
	Fresh (mg)	Dry (mg)	Count	Length (cm)		
Particle size						
2.8mm	283.7	22.7	4.7	1.34	124.8	408.5
5.6mm	329.5	26.9	5.2	1.52	162.6	492.1
LSD _{0.05}	68.35	5.0	0.53	0.21	49.8	78.48
Mixing ratio (U-RW:CT)						
Control (plug mix)	1048.8	81.2	8.2	2.93	492.0	1540.8
100:0	577.3	46.5	7.9	2.23	262.5	839.6
75:25	54.1	5.7	3.8	0.89	39.5	93.6
50:50	69.9	6.6	4.1	1.24	34.8	104.6
25:75	76.6	7.6	4.0	1.02	30.3	106.9
0:100	13.0	0.9	1.8	0.32	3.3	16.3
LSD _{0.05}	118.4	8.65	0.92	0.37	86.40	135.93
Particle size (a)	NS	NS	NS	NS	NS	*
Mixing ratio (b)	**	**	**	**	**	**
a×b	NS	NS	NS	NS	**	**

파종 후 50일에 조사한 고추와 페튜니아 묘의 생장을 조사한 결과는 표 2.3.7과 2.3.8과 같다. 고추는 폐암면 입자에 첨가되는 피트모스의 비율을 높일 경우 초장이 컸고 다음으로 코이어의 비율을 높일 경우도 컸다. 반면 폐암면과 밤나무와 펄라이트 조합인 11번 처리구에서 가장 낮았다. 페튜니아는 코이어와 피트모스를 혼합한 처리구에서 가장 컸고 피트모스와 코이어의 혼합비율을 높을수록 좋았으나 밤나무와 소나무를 혼합한 배지에서 저조하였고 상대적으로 폐암면이 더 많은 밤나무 입자만 혼합한 처리구에서 다음으로 낮았다.

고추의 지상부와 지하부 생체중은 피트모스의 혼합 비율이 높을수록 좋았고 다음으로 코이어의 비율을 높일수록 좋았다. 그러나 밤나무와 펄라이트를 혼합한 11번 처리구가 가장 낮았다. 페튜니아도 마찬가지로 피트모스와 코이어를 혼합한 15번 처리구가 가장 좋았고 다음으로 피트모스 단용, 코이어 단용구가 높게 나타났으며 밤나무와 소나무를 혼합한 8번 처리구에서 가장 저조하였다. 페튜니아의 건물중도 동일한 경향을 보였다.

고추의 경경은 폐암면에 피트모스와 펠라이트를 혼합한 17번 처리구에서 가장 컸고, 최대근장은 6번과 9번 처리구에서 높았으며 다음으로 소나무와 피트모스를 혼합한 처리구에서 크게 나타났다. 그러나 펠라이트의 혼합비율이 높은 처리구에서는 최대근장이 낮게 나타났다.

반면 페튜니아의 뿌리 등급은 피트모스와 펠라이트를 혼합한 처리구에서 가장 컸고 다음으로 대조구, 코이어와 피트모스를 혼합한 처리구에서 등급이 가장 높게 나타났다. 밤나무와 펠라이트 혼합구에서 가장 낮았다. 페튜니아의 엽수는 피트모스의 비율이 높을수록 많았고 다음으로 코이어를 첨가할수록 많았다. 그러나 밤나무를 혼합할수록 낮게 나타났다.

(3) 결과 요약

양액재배에 사용된 암면은 입상형으로의 재가공을 통하여 양액재배용 또는 분이나 플러그 식물용 배지로 개발이 가능하다. 이에 양액재배용 배지의 국산화 필요성과 양액재배 폐암면을 재활용한 배지의 개발을 위하여 폐암면 파쇄입자와 밤나무 파쇄입자의 혼합배지에서 고추와 페튜니아 플러그묘를 재배하여 배지로서의 효과를 알아보고자 본 실험을 수행하였다. 1차 실험은 증기소독한 폐암면 입자와 파쇄기로 파쇄한 후 6개월 동안 후숙한 뒤 2.8mm와 5.6mm 체로 친 밤나무 입자를 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 및 0:100 비율로 혼합한 배지에서 고추와 페튜니아 플러그묘를 재배하여 생육을 조사하였다. 그리고 2차 실험은 소독한 폐암면에 4mm 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스, 그리고 펠라이트(소립)를 조합하여 20가지 혼합상토를 조제하여 공시식물의 생육을 조사하였다. 고추와 페튜니아 플러그묘의 생육을 조사한 결과 고추의 초장은 폐암면에 코이어를 혼합하거나 코이어와 피트모스에 폐암면을 혼합한 처리구에서 높게 나타났고 페튜니아는 코이어와 피트모스에 폐암면을 혼합한 처리구가 높게 나타났다. 생체중과 건물중도 폐암면에 피트모스를 혼합한 처리구가 대조구보다 높은 결과를 보였다. 다음으로 피트모스나 코이어를 단일 또는 혼합하여 폐암면과 조합했을 경우가 좋았으나 밤나무 또는 밤나무와 소나무를 폐암면과 혼합했을 경우는 생육이 저조하였다.

표 2.3.1.6. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)을 조합한 혼합배지의 무기이온 농도, pH 및 EC

	Cation (ppm)					Anion (ppm)				pH	EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻		
1	47.10	3.87	125.0	6.03	6.44	128.92	56.56	33.04	67.28	5.45	827.3
2	3.79	0.69	2.56	1.32	5.99	1.47	6.60	1.89	11.07	6.07	88.1
3	4.36	3.22	4.51	3.09	6.62	1.41	0.00	7.62	10.49	5.60	97.7
4	5.74	1.04	6.30	3.00	6.13	1.59	0.00	7.26	11.25	5.55	98.6
5	11.39	0.31	67.07	0.85	0.72	48.82	2.34	16.98	26.02	5.77	330.0
6	7.37	7.34	3.44	1.25	1.57	3.59	1.82	5.64	14.21	5.58	103.7
7	4.89	0.90	1.42	1.18	4.72	2.51	2.24	1.74	6.10	6.29	78.2
8	3.28	1.22	5.91	2.96	6.13	1.83	0.00	5.69	8.23	6.07	96.9
9	8.82	1.85	55.65	1.93	2.82	34.86	0.00	15.59	21.01	6.06	278.3
10	5.66	5.65	6.29	2.19	3.32	5.61	0.10	4.99	12.51	5.83	111.3
11	5.29	2.07	3.19	2.13	4.91	1.88	0.21	5.68	7.70	5.93	93.8
12	10.09	0.00	54.33	1.09	1.27	32.81	0.00	13.48	22.18	6.03	238.7
13	6.64	3.85	4.52	1.22	1.64	3.38	0.00	4.89	6.71	5.74	89.5
14	6.42	0.00	3.19	1.67	3.77	2.09	0.00	4.47	8.19	5.99	89.3
15	12.15	5.77	44.08	0.95	0.89	36.20	1.52	11.57	27.65	5.58	282.7
16	10.03	0.26	29.32	0.45	0.50	18.27	0.88	10.82	11.52	6.35	189.0
17	8.03	5.46	2.40	0.79	0.96	2.84	2.95	5.10	11.81	5.65	94.6
18	7.26	0.00	4.50	1.38	2.71	3.95	0.14	4.90	4.46	5.80	80.9
19	10.18	0.89	33.80	1.30	1.85	21.40	0.29	11.46	15.26	5.91	198.7
20	8.98	2.59	3.16	0.67	0.93	3.90	0.17	4.36	5.10	5.80	79.0

표 2.3.1.7. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펄라이트(소립)를 조합한 혼합배지에서 재배한 고추의 생육

Treatment number	Plant height (cm)	Shoot fresh wt. (mg)	Stem diameter (cm)	Root fresh wt. (mg)	Total fresh wt. (mg)	Longest root (cm)	Leaf count
1	16.6	834.9	0.21	399.5	1234	11.5	6.9
2	20.9	1031.3	0.21	513.7	1545	10.2	7.7
3	12.1	478.0	0.17	277.6	756	11.2	6.4
4	13.7	553.3	0.17	281.3	835	10.5	6.3
5	18.6	956.9	0.21	360.3	1317	10.9	7.1
6	22.3	1210.5	0.21	581.5	1792	11.9	8.6
7	17.3	748.0	0.20	439.2	1187	9.5	7.1
8	12.8	485.2	0.16	266.8	752	10.6	6.2
9	14.9	657.3	0.17	298.3	956	11.8	6.5
10	14.3	619.6	0.20	301.1	921	10.8	6.6
11	11.0	403.9	0.18	229.6	633	10.4	6.0
12	16.5	787.9	0.17	268.0	1056	10.4	7.4
13	16.2	683.1	0.18	392.7	1076	11.5	6.6
14	15.4	645.6	0.20	358.8	1004	9.4	6.8
15	22.0	1103.3	0.22	517.6	1621	11.0	7.7
16	18.5	953.5	0.22	400.0	1353	9.9	7.2
17	20.3	998.9	0.22	512.3	1511	10.1	7.8
18	10.5	383.3	0.16	283.0	666	10.7	5.7
19	14.0	593.3	0.18	296.5	890	10.6	6.6
20	14.2	561.5	0.18	348.8	910	10.6	6.3
LSD _{0.05}	0.56	20.53	0.01	14.03	25.7	0.54	0.20

표 2.3.1.8. 폐암면에 밤나무 파쇄입자, 소나무 파쇄입자, 코이어, 피트모스 및 펠라이트(소립)를 조합한 혼합배지에서 재배한 고추의 생육

Treatment number	Plant height (cm)	Shoot		Rootball grade ²	Leaf count
		Fresh wt. (mg)	Dry wt. (mg)		
1	5.2	287	29.9	4.2	9.3
2	7.0	483	42.2	3.6	12.8
3	1.8	70	8.3	1.3	6.4
4	3.3	193	19.4	2.0	8.1
5	8.9	573	60.7	3.8	11.1
6	9.8	609	60.3	3.8	12.4
7	4.6	319	30.0	2.8	11.0
8	1.8	59	6.9	1.1	6.8
9	2.0	103	9.4	1.6	7.3
10	3.3	251	21.2	2.7	8.0
11	1.8	84	9.2	1.1	6.7
12	3.6	265	20.5	2.1	9.4
13	5.5	398	31.6	2.9	9.6
14	3.0	179	18.4	1.6	7.9
15	10.5	762	73.5	4.0	13.2
16	6.6	449	41.3	3.3	10.9
17	9.0	546	57.0	4.4	12.6
18	1.9	81	9.7	1.2	6.8
19	2.2	125	11.4	1.4	7.8
20	4.4	327	27.5	3.3	8.9
LSD _{0.05}	0.26	13.5	1.54	0.24	0.39

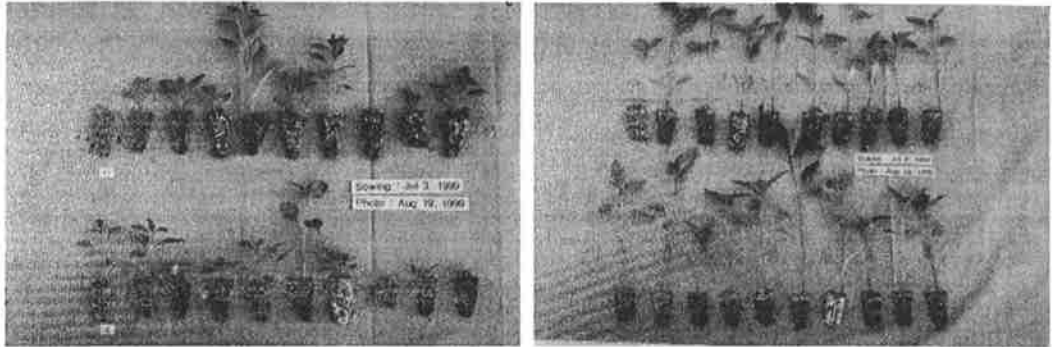


사진 2.3.1. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 재활용한 여러 가지 배지조합에서 페튜니아(좌)와 고추(우)의 생육 모습

제 4 절 혼합배지를 이용한 분화류 재배효과 실증 실험

1. 폐암면과 목재부산물을 이용한 분화용 미니장미 'Silk Red'의 매트저면관수용 혼합배지 개발

가. 서언

1990년대 UR대응작물 육성을 위하여 유리온실 등 시설현대화 사업이 지속적으로 추진되었으며 특히 화훼분야의 경우 절화류를 중심으로 한 양액재배 면적이 급속도로 증가하게 되었다. 그러나 1995년말 국내 분화류 생산량은 연간 1억 3천만개이고 분화류의 공급이 점차 증가하고 있으며 국민소득의 증대로 앞으로도 꾸준히 증가하리라 예상된다. 특히 소형분화류의 생산을 위한 생력적 관수방법이 요구되고 있으며 그중 설치방법이 용이하고 설치비용이 저렴하면서 노동력을 절감할 수 있는 매트저면관수가 연구되고 있다(Kang 등, 2000; Jung 등, 2000).

국내 양액재배의 역사는 매우 짧지만 그 면적과 연구는 급속도로 발전해 왔다. 1998년말 자료에서 비고형배지경의 경우 약 73.1ha, 고형배지경의 경우 약 1103.7ha를 차지하며 그 중 암면 배지경 163.1ha이다(Na 등, 1999). 지속적인 양액재배면적의 증가로 볼 때 대표적인 암면배지의 사용은 증가할 것이며 그에 따라 사용한 암면의 폐기가 더욱 문제될 것이다. 암면은 온실 작물의 장기재배용으로 이용

되고 있으나 연작시 초기재배 보다 수량과 품질이 저하되어 지속적인 사용을 꺼려하고 있다. 반면에 사용된 압면 슬래브의 처리방안이 구체적으로 마련되어 있지 않아 온실주변에 방치되어 위생과 미관을 해친다.

국내에서 생산되는 분화류 1억 3천만개를 1L 화분 재배시 상토 소요량이 13만 m³으로서 분화용 배지는 거대한 잠재시장이라 볼 수 있다. 따라서 본 실험은 양액재배 후 폐기된 압면과 수령이 다한 밤나무를 일정한 입자크기로 분쇄하여 분화용 미니장미 'Silk Red'의 매트저면관수에 알맞은 양액재배용 배지로서의 이용가능성을 재고해 보고 적정한 배지를 선별하고자 한다.

나. 재료 및 방법

본 실험은 *Rosa hybrida* cv. Silk Red를 공시작물로 이용하여 고양시 영훈농장에서 모주를 구입하여 신초에서 삼수를 채취 3월 11일 IBA 500ppm에 5초간 침지하여 72공 tray에 토실이상토와 펄라이트를 3:1의 부피비율로 혼합된 상토를 채운 후 삼목하였다. 번식상으로 평균온도 22℃, 평균습도 74.5%인 Mist상을 이용하였다.

경남 마암농장에서 수집한 토마토를 재배한 폐압면을 분쇄기(한국UR)로 분쇄한 후 증기 소독기내의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기{63R 723,(주)송진정밀}로 파쇄한 후 10mm를 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 소독한 폐압면과 후숙한 밤나무 입자를 펄라이트, 피트모스와 함께 표 2.4.1.1과 같은 비율로 혼합하였다. 배지의 화학성을 측정하기 위하여 시료대 증류수를 1:5의 부피비율로 혼합 24시간동안 100rpm·min⁻¹으로 shaking하여 얻은 현탁액을 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 측정하였다.

120cm×900cm의 철제베드에 물 빠짐 억제를 위한 투명비닐을 깔고 온실 보온용 보습성 mat를 그 위에 덮은 뒤 평균 20cm 간격으로 4줄의 점적테이프를 설치한 후 그 위에 유공흑색비닐을 덮었다. 1일 5회(09,11,13,15,17시)로 1회 관수시 2분간 양액이 공급되도록 하였다. 특별한 배수시설이 없이 Mat를 베드 가장자리 3cm 높이의 턱 밖으로 내놓음으로서 Mat를 적시고 남은 잉여의 물은 걸쳐놓은 Mat의 가장자리 선을 따라 방출되어 배수가 이루어지도록 설치하였다.

공시작물인 *Rosa hybrida* cv. Silk Red를 삼목한지 26일 지난 평균 초장이 3~5cm이고 세 잎이 1~2매 전개된 균일한 개체를 지름이 10cm인 화분에 정식하

여 경상대학교 공동실험실습관 옥상의 3/4유리온실의 철제베드에 화분간 간격을 2cm로 난피법 3반복으로 배치하여 재배하였다. 배지에 의한 생육차만을 고려하기 위하여 생장억제제인 왜화제는 사용하지 않았다. 재배시 평균온도는 22.7℃이고 평균상대습도는 66.98%이었다.

정식후 66일이 지난 6월 9일 초장, 수폭, 가지수, 가장 긴 신초의 마디수, 꽃수, 지상부와 지하부의 생체중·건물중, 총엽록소농도, 지상부대 지하부 비율, 건물율을 조사하였다.

총엽록소농도를 측정하기 위하여 클로로필 편치 6호로 선단부의 3번째 완전 전개한 5매엽의 엽면적을 채취하여 무게를 잰 후 test tube에 넣어 80% Aceton 5mL을 넣은 후 24시간 동안 암상태에서 보관한 후 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 사용하여 645nm과 663nm에서 측정한다. 총엽록소농도($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{fw}$)은 $\{(20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663})\} \times \text{아세톤함량(mL)} \div \text{생체중(mg)}$ 의 식에 의하여 구하였다. 통계분석은 SAS(SAS Institute, 1987)program을 이용한 Duncan 다중검정을 사용하였다. 흰가루병을 예방하기 위하여 트리후민과 더마니를 교대로 평균 2주에 1회씩 살포하였다.

다. 결과 및 고찰

처리별 pH와 EC는 표 2.4.1.3과 같다. pH는 모든 처리에서 재배전 보다 상승하였다. 목재와 피트모스가 많이 함유될수록 pH를 저하시킨 반면 폐암면의 함유가 많을수록 pH를 상승시켰다. 이는 산성인 목재와 피트모스에 pH 6.99의 중성인 폐암면 100%를 혼합함으로써 pH를 보정했기 때문이다. EC는 토실이상토를 제외하고 모든 처리에서 재배후 증가하였다. 재배전 EC는 토실이상토에서 가장 높았으나 재배후 낮아졌다. 사용한 암면 100%는 재배전과 재배후의 EC변화가 크기 않은 것으로 보아 실험전 폐암면 입자에 공급된 무기영양분이 잔류함에 의해 재배전 EC가 높았던 것으로 추정된다.

정식 26일 후 기부에서 완전 전개한 5매엽을 3개 남기고 적심 하였다. 적심 전과 적심 후의 초장과 마디수에 대한 결과는 표 2.4.1.4와 같다. 특이한 점은 적심전 초장에서 매우 높은 유의성이 인정되었으나 마디수에는 유의성이 없었다. 이는 동일한 발육을 진행시키고 있으며 단지 절간신장만이 억제되고 있음을 의미한다.

정식 66일 후 *Rosa hybrida* cv. Silk Red의 생육은 표 2.4.1.5, 2.4.1.6과

같다. 초장, 가지수, 수폭, 꽃수, 지상부 생체중, 지상부 건물중 그리고 지상부대 지하부의 비율에서 매우 높은 유의성이 있었고 지하부 생체중과 지하부 건물중에서 유의성이 있었으나 가장 긴 신초의 마디수와 엽록소 함량, 건물율은 유의성이 없었다.

초장은 폐암면과 피트모스를 3:1의 부피비로 혼합한 처리에서 가장 좋았으며 가지수는 폐암면과 피트모스를 1:1의 부피비로 혼합한 처리에서 좋았다. 수폭과 꽃수 그리고 지상부 생체중은 폐암면과 펄라이트 그리고 피트모스를 1:2:1의 부피비로 혼합한 처리에서 가장 좋았으며 지상부 건물중과 총엽록소농도는 폐암면과 피트모스를 1:1 부피비로 혼합한 처리에서 가장 좋았다. 지하부 생체중은 토실이상토에서 가장 좋았으며 지하부 건물중은 폐암면 100%에서 가장 좋았다. 지상부에 대한 지하부의 비율과 건물율은 폐암면대 펄라이트를 3:1의 부피비로 혼합한 처리에서 가장 좋았다. 그러나 지상부 생체중과 꽃수는 배지의 혼합비율보다 배지소재의 종류가 *Rosa hybrida* cv. Silk Red의 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보인다(그림 2.4.1.1, 2.4.1.2, 2.4.1.3).

적심전 초기 성장시에 폐암면대 밤나무입자를 1:3비율로 혼합한 처리와 폐암면과 밤나무입자 그리고 펄라이트가 1:1:1의 부피비로 혼합된 처리 그리고 폐암면과 밤나무입자 그리고 펄라이트를 1:2:1의 부피비율로 혼합한 밤나무가 많이 함유된 처리에서 황화현상이 관찰되었고 초장이 가장 낮았다. 그러나 황화현상은 생육이 진행될수록 극복하여 최종생육조사시에 총엽록소농도에는 유의성이 없었다. 그러나 초장, 가지수, 수폭, 꽃수, 지상부와 지하부의 각각 생체중과 건물중 그리고 지상부대 지하부의 비율은 낮았다.

적심전 생육조사와 최종 생육조사의 결과 초장은 매우 높은 유의성을 보였으나 가장 긴 신초의 마디수는 동일하였다. 이는 배지처리에 따른 절간신장이 조절되었음을 의미한다. 즉 마디수에서 유의차가 없었다는 것은 동일한 발육을 진행하고 있음을 의미하며 반면에 처리간 차이가 있는 절간신장으로 보아 성장에서만 차이가 있다는 것을 뜻한다.

실험기간동안 폐암면대 밤나무 입자를 1:3비율로 혼합한 처리와 폐암면과 밤나무입자 그리고 펄라이트가 1:1:1의 부피비로 혼합된 처리 그리고 폐암면과 밤나무입자 그리고 펄라이트를 1:2:1의 부피비율로 혼합한 밤나무 입자가 많이 함유된 처리에서 배지 표층부의 건조증세가 관찰되었다. 이는 수분 보유력이 약한 밤나무입자의 함유량이 많아 배지가 쉽게 건조해 지기 때문이거나 관수방법에 의한 영향이라고 추정할 수 있다. 반면에 밤나무 입자에 폐암면의 혼합비율을 증가시킬 때 생장이 회복되었다. 이는 폐암면의 성분이 많을수록 건조를 극복한다는 Choi 등(1998)의 실험

결과와 동일하다. 그러나 다공성이 높은 배지성분인 펄라이트가 많이 함유된 처리의 경우 이러한 생육저하를 볼 수 없다. 따라서 배지의 보수력차에 의한 생육억제 뿐만 아니라 다른 요인이 작용함을 추정할 수 있다. Kim 등(2000)의 실험에서 지하부 생체중과 총 생체중이 배지 내 폐암면의 비율이 낮아지고 밤나무 입자의 비율이 높아질수록 급격히 감소한 결과는 밤나무 입자 내에 폐튜니아 플러그묘의 생육을 저해하는 물질이 함유되어 있을 가능성을 암시한다라고 제시했다. Yu 등(1999)의 Hinoki bark을 배지소재로 사용시 근권부 병 발생을 억제하였다는 결과와 같이 목재부산물 등의 2차 대사산물 등의 원인에 의한 것으로 만일 작물의 생장을 긍정적인 수준에서 억제시킬 수 있다면 초장조절이 필요한 분화류의 재배용 배지로서의 이용가능성을 제고해 보아야 할 것이다.

전체적인 생육조사에서 폐암면과 펄라이트 그리고 피트모스를 2:1:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 *Rosa hybrida* cv. Silk Red의 생육이 가장 좋았으며 지하부 생체중을 제외한 모든 생육조사 항목에서 폐암면 100%의 처리가 토실이상토 처리보다 좋았다. 이로서 폐암면 재사용의 가능성이 입증하였으며 *Rosa hybrida* cv. Silk Red의 매트저면관수에 알맞은 양액재배용 배지로서 폐암면 단독보다는 폐암면과 펄라이트 그리고 피트모스를 각각 2:1:1의 부피비율로 혼합한 혼합상토가 적정한 배지였다.

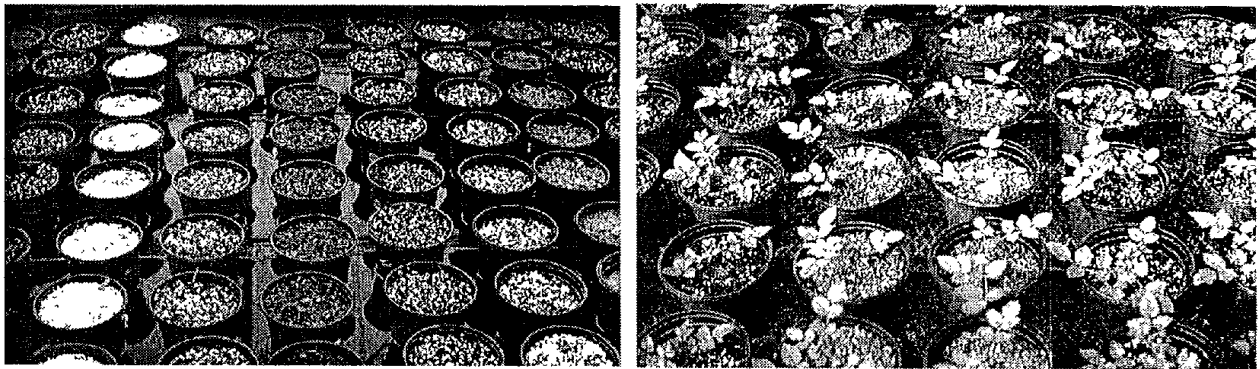


사진 2.4.1. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 각종 배지(좌)와 생육중의 분화장미(우)의 모습

표 2.4.1.1. 'Silk Red' 장미재배에 이용된 배지의 조성(%v/v).

Treatment	Components and mixing ratio (% v/v)			
	Particles of used rockwool	Chestnut wood chips	Perlite	Peat moss
1	25	25	25	25
2	25	75		
3	50	50		
4	75	25		
5	25		75	
6	50		50	
7	75		25	
8	25			75
9	50			50
10	75			25
11	33	33	33	
12	50	25	25	
13	25	50	25	
14	25	25	50	
15	33		33	33
16	50		25	25
17	25		50	25
18	25		25	50
19	100			
20				Tosilee

표 2.4.1.2. 'Silk Red' 장미의 양액재배에 사용된 비료와 농도.

Formula	mg · L ⁻¹	Formula	mg · L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	708	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.124
MgSO ₄ · 7H ₂ O	246	Fe-EDTA	4
KNO ₃	505	MnSO ₄ · 4H ₂ O	2.2
NH ₄ H ₂ PO ₄	230	H ₂ MoO ₄	0.08
H ₃ BO ₃	1.24	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1.15

표 2.4.1.3. 재배배지의 사용전 및 66일 재배후의 pH와 EC.

Treatment	pH		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	
	0 day	66 day	0 day	66 day
1	6.59±0.03	7.43±0.02	106.3± 3.2	349.3±21.3
2	6.28±0.07	6.91±0.07	141.0± 3.8	181.6± 7.0
3	6.49±0.08	7.79±0.00	170.3± 7.3	269.3±10.5
4	6.90±0.08	7.71±0.06	167.0± 8.0	283.3±28.3
5	7.12±0.02	6.91±0.01	120.0± 4.7	362.3±25.1
6	6.92±0.06	6.93±0.02	207.3± 2.2	359.3±19.5
7	6.80±0.01	6.71±0.05	211.0± 4.9	306.3±12.2
8	5.90±0.23	5.74±0.02	111.3± 1.5	385.0±37.3
9	6.23±0.11	5.88±0.01	189.3± 4.2	442.6±19.2
10	6.15±0.18	6.08±0.05	239.0± 9.6	436.3±39.8
11	6.57±0.04	7.76±0.03	110.0± 2.6	271.0±12.4
12	6.69±0.05	7.86±0.02	140.6±12.0	300.3± 7.4
13	6.43±0.09	7.59±0.03	76.3±32.2	252.0± 1.7
14	6.38±0.16	7.87±0.03	94.3± 7.0	342.3±17.6
15	6.31±0.08	6.22±0.03	114.0± 5.5	363.0± 7.6
16	6.01±0.13	6.10±0.03	175.0±18.8	355.3±15.0
17	5.96±0.08	6.09±0.02	114.3± 9.6	324.3±15.9
18	5.80±0.14	5.90±0.02	125.6± 3.3	430.0±29.8
19	6.56±0.07	6.72±0.03	205.6± 6.3	154.6± 9.4
20	5.33±0.03	5.76±0.03	636.6±16.4	409.3±29.4
F-test ^z	***	***	***	***

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

표 2.4.1.4. 'Silk Red' 장미의 초장 및 적심전과 적심 26일후의 마디수.

Treatment	Plant height before pinching (cm)	No. of nodes before pinching	Plant height after pinching (cm)
1	10.3 ± 0.27 bcde	6.2 ± 0.17 ab	2.8 ± 0.09 ab
2	8.2 ± 0.38 g	6.1 ± 0.00 b	2.7 ± 0.05 ab
3	9.3 ± 0.31 efg	6.2 ± 0.00 ab	2.8 ± 0.18 ab
4	9.6 ± 0.81 bcde	6.6 ± 0.00 ab	2.8 ± 0.07 ab
5	10.6 ± 0.15 bcde	6.5 ± 0.23 ab	2.6 ± 0.07 ab
6	10.8 ± 0.56 bcd	6.6 ± 0.17 ab	2.7 ± 0.04 ab
7	12.2 ± 0.36 a	6.6 ± 0.23 ab	2.7 ± 0.12 ab
8	10.7 ± 0.22 bcde	6.4 ± 0.28 ab	2.9 ± 0.03 ab
9	11.1 ± 0.03 abc	6.4 ± 0.05 ab	2.8 ± 0.08 ab
10	10.9 ± 0.44 abcd	6.8 ± 0.00 a	2.8 ± 0.08 ab
11	10.4 ± 0.38 bcde	6.1 ± 0.23 b	2.9 ± 0.09 ab
12	10.6 ± 0.57 bcde	6.2 ± 0.11 ab	2.9 ± 0.25 ab
13	8.9 ± 0.38 fg	6.4 ± 0.17 ab	2.6 ± 0.08 ab
14	9.5 ± 0.10 bcde	6.4 ± 0.05 ab	2.6 ± 0.10 ab
15	11.2 ± 0.25 abc	6.5 ± 0.05 ab	2.7 ± 0.20 ab
16	11.4 ± 0.55 ab	6.6 ± 0.11 ab	3.0 ± 0.09 a
17	11.2 ± 0.27 abc	6.3 ± 0.28 ab	3.1 ± 0.19 a
18	10.6 ± 0.69 bcde	6.5 ± 0.05 ab	2.5 ± 0.16 b
19	10.9 ± 0.23 abcd	6.6 ± 0.17 ab	2.6 ± 0.23 ab
20	9.9 ± 0.47 bcde	6.4 ± 0.28 ab	3.0 ± 0.06 a
F-test ^z	***	ns	ns

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

표 2.4.1.5. 여러 가지 혼합배지에서 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 초장, 근장, 엽수, 가지수 및 엽록소농도.

Treatment	Height (cm)	No.of branches	Width	No. of nodes	No. of flowers	Total chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{fw}$)
1	27.3 fgh	2.8 ab	11.6 def	6.1 b	8.8 gh	2.369 ab
2	22.7 i	2.3 d	8.4 h	6.3 b	4.3 j	2.630 a
3	26.6 hg	2.8 ab	10.1 fg	6.9 ab	6.8 hi	1.946 b
4	28.1 b-g	2.9 a	12.4 b-e	6.6 ab	10.2 fg	2.460 a
5	27.8 d-h	2.9 a	11.9 cde	6.7 ab	10.5 d-g	2.585 a
6	28.0 c-g	2.9 a	12.3 b-e	6.7 ab	10.8 c-g	2.695 a
7	28.7 a-f	2.9 a	14.2 a	6.6 ab	13.2 ab	2.754 a
8	29.6 abc	3.0 a	13.6 abc	7.1 a	13.0 abc	2.453 a
9	29.7 abc	3.0 a	13.1 a-d	6.8 ab	12.8 a-e	2.875 a
10	30.1 a	2.9 a	13.7 abc	6.8 ab	12.0 a-f	2.631 a
11	23.8 i	2.6 c	11.0 efg	6.4 ab	5.8 ij	2.499 a
12	27.7 e-h	2.9 a	12.0 cde	6.6 ab	9.3 g	2.602 a
13	26.0 h	2.7 bc	9.9 fg	6.7 ab	6.8 hi	2.684 a
14	27.5 fgh	2.9 a	11.6 def	6.4 ab	9.6 g	2.613 a
15	27.7 e-h	2.9 a	12.4 b-e	6.4 ab	10.5 efg	2.666 a
16	29.9 ab	3.0 a	13.4 abc	6.7 ab	12.9 a-d	2.703 a
17	29.6 a-d	2.9 a	14.2 a	6.5 ab	13.7 a	2.704 a
18	29.4 a-e	2.8 a	13.9 ab	6.7 ab	13.0 abc	2.458 a
19	29.4 a-e	3.0 a	13.7 abc	6.7 ab	12.5 a-f	2.491 a
20	28.3 a-g	3.0 a	12.4 b-e	6.5 ab	11.1 b-g	2.618 a
F-test ^z	***	***	***	ns	***	ns

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

표 2.4.1.6. 여러 가지 혼합배지에서 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, T/R율, 건물율.

Treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	% dry matter
	Shoot	Root	Shoot	Root		
1	15.45 def	4.18 c-f	3.61 def	0.48 bc	3.69 cd	20.89 a
2	8.19 g	3.38 f	1.98 h	0.42 c	2.43 e	20.88 a
3	13.04 f	4.08 def	3.03 fg	0.48 bc	3.21 de	20.52 a
4	18.07 cd	4.71 b-e	4.18 cde	0.55 ab	3.83 bcd	20.78 a
5	17.89 cd	4.71 b-e	4.05 cde	0.55 ab	3.79 bcd	20.31 a
6	19.27 bc	4.61 b-e	4.47 bc	0.58 ab	4.18 bcd	21.17 a
7	22.95 a	4.61 b-e	5.31 a	0.61 a	5.31 a	21.64 a
8	22.38 a	5.30 ab	5.27 a	0.57 ab	4.23 bcd	21.11 a
9	22.86 a	5.13 abc	5.37 a	0.60 a	4.45 abc	21.38 a
10	22.29 a	4.72 b-e	4.99 ab	0.57 ab	4.72 abc	20.62 a
11	13.56 f	4.23 c-f	2.93 g	0.56 ab	3.23 de	19.62 ab
12	17.26 cde	4.65 b-e	3.92 cde	0.58 ab	3.75 cd	20.56 a
13	12.47 f	3.87 ef	2.88 g	0.48 ab	3.23 de	20.60 a
14	14.63 ef	4.59 b-e	3.54 efg	0.55 ab	3.20 de	21.33 a
15	19.31 bc	5.10 a-d	4.39 bc	0.60 a	3.80 bcd	20.67 a
16	22.55 a	4.69 b-e	5.28 a	0.58 ab	4.83 ab	21.56 a
17	23.22 a	5.06 a-d	5.27 a	0.62 a	4.59 abc	20.88 a
18	22.32 a	4.76 b-e	4.99 ab	0.55 ab	4.70 abc	20.47 a
19	21.38 ab	4.93 a-d	4.97 ab	0.63 a	4.34 abc	21.31 a
20	21.59 ab	5.82 a	4.25 cd	0.54 ab	3.75 cd	17.50 b
F-test ^z	***	**	***	**	***	ns

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

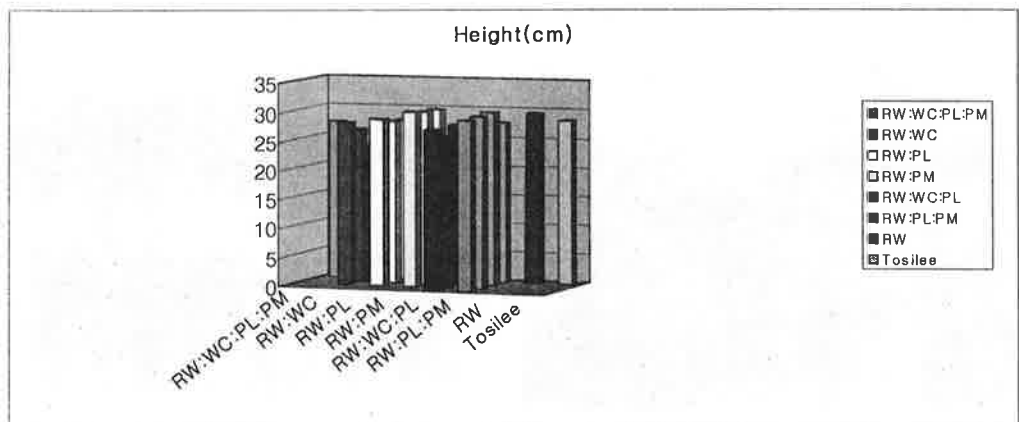


그림 2.4.1.1. 배지종류에 따른 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 초장.

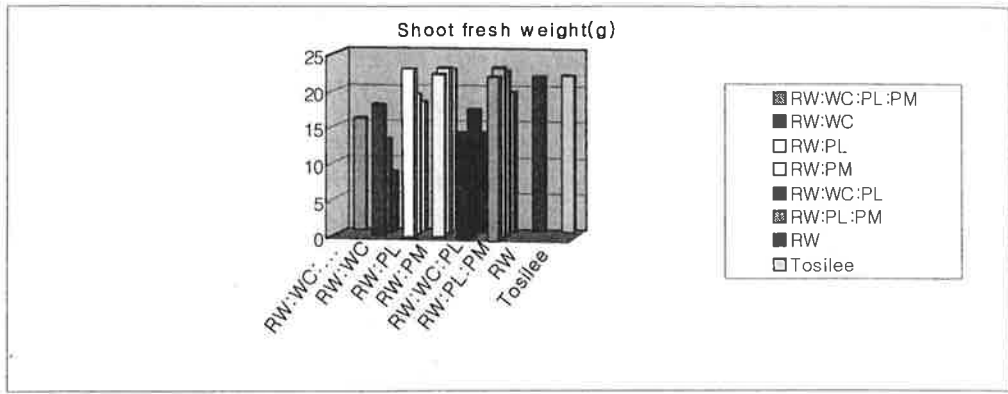


그림 2.4.1.2. 배지종류에 따른 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 지상부 생체중.

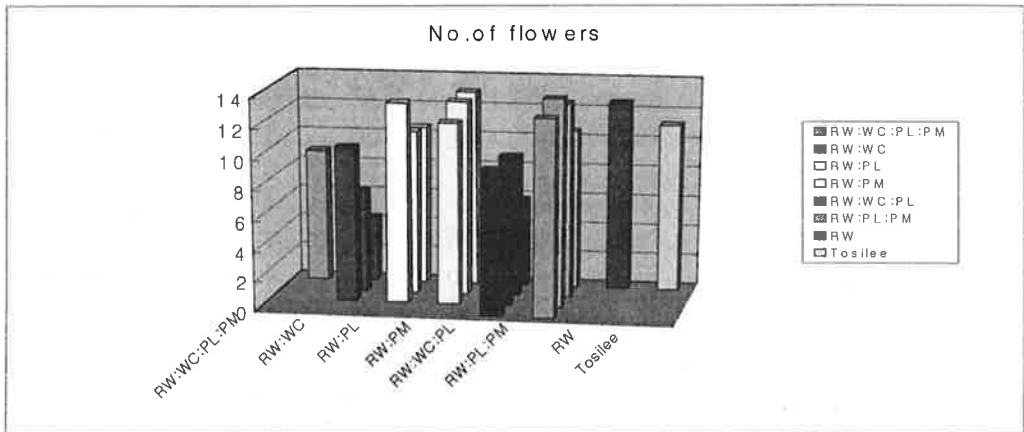


그림 2.4.1.3. 배지종류에 따른 66일간 양액재배된 'Silk Red' 분화장미의 개화수.

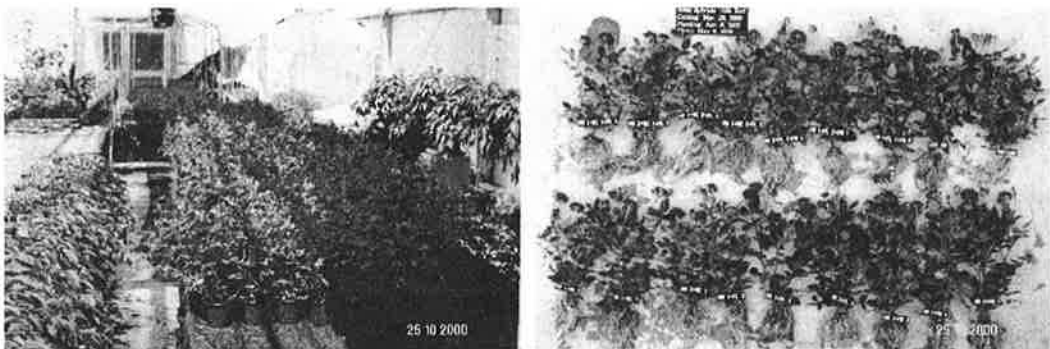


사진 2.4.2. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 각종 배지에서 재배중의 분화장미 (좌)와 생육조사시의 생육상태(우).

2. 폐암면과 밤나무입자 혼합배지가 *Ficus benjamina* 'King'의 생육에 미치는 영향

가. 서언

양액재배를 통한 화훼작물의 생산이 급속히 증가하면서 화훼류의 양액재배 기술체계의 구축과 양액재배시 사용 후 폐기되는 자원에 대한 재활용방안에 관한 연구가 증가하고 있다(Choi 등, 1998; Kim 등, 1998; Kimberly 등, 1999; Lee 등, 1998; Hwang 등, 1999; Jeong 등, 1999; Lee 등, 1999; Pieters 등, 1998; Zbigniew, 1996).

Ficus benjamina cv. King은 대표적인 관엽식물로서 그 재배방법에 관한 실험과 연구가 국내에서도 꾸준히 실행되어 왔다(Lee 등, 1998a, 1998b; Lee 등, 1999).

1998년 말기 양액재배 총면적이 553.4ha 이고 그중 암면이 163.1ha, 펠라이트 275.2ha를 차지하고 있다(Na 등, 1999). 그러나 지속적인 양액재배면적의 증가로 볼 때 앞으로 암면과 펠라이트 사용은 더욱 증가하리라 본다. 암면은 대표적인 양액재배용 배지로서 온실작물의 장기재배에 주로 이용되고 있으나 가격이 비싸고 연작시 초기재배 보다 수량과 품질이 저하되어 지속적인 사용을 꺼려하고 있으며, 토마토나 오이 같은 단기 작물에는 특히 문제가 되고 있다. 반면에 사용된 암면 슬래브의 처리 방안이 구체적으로 마련되어 있지 않아 온실주변에 방치되어 위생과 미관을 해칠 뿐 아니라 환경 및 자원 낭비의 원인이 되고 있다.

따라서 본 연구는 암면재배 후 폐기되는 암면 슬래브를 일정한 입자크기로 분쇄하여 펠라이트, 피트모스 그리고 밤나무 입자를 일정 비율로 조합한 혼합배지에서의 *Ficus benjamina* cv. King의 생육을 비교함으로써 *Ficus benjamina* cv. King의 양액재배용 배지개발과 폐암면의 재활용 가능성을 알아보고자 한다.

나. 재료 및 방법

본 실험은 *Ficus benjamina* cv. King을 공시작물로 이용하여 경남 사천에서 모주를 구입 2월 18일 삼수를 채취 IBA 500ppm에 5초간 침지하여 토질이상토와 펠라이트를 3:1 부피비율로 혼합한 상토에 삼목하였다. 평균온도 20℃, 평균습도 70%인 Mist변식상에서 3월 20일까지 변식하였다.

토마토를 재배한 폐암면을 경남 마암농장에서 수거하여 분쇄기(한국UR)로 분쇄한 후 증기소독기안의 120℃에서 15분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다.

수령 15~30년의 밤나무를 경남 진주지역에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm을 통과한 입자를 노지에서 4개월간 후숙시킨 것을 이용하였다. 소독한 폐암면과 후숙한 밤나무 입자, 펄라이트 그리고 퍼트모스를 표 2.4.2.1과 같은 비율로 혼합하였다. 배지의 화학성을 측정하기 위하여 시료와 증류수를 1:5의 부피비율로 혼합 24시간동안 100rpm·min⁻¹로 shaking하여 얻은 현탁액을 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 측정하였다.

관수방법으로 매트저면관수를 하였으며 1일 5회(09,11,13,15,17시) 1회 관수시 2분 동안 양액을 공급하였고 양액조성은 표 2.4.2.2와 같다.

공시작물인 'King'을 2000년 2월 18일 삼목한 평균 초장이 3.55 cm이며 잎이 0~1개 분화된 균일한 개체를 3월 20일 지름 10cm의 분에 정식하여 3/4온실의 철제 벤치에 난괴법 3반복으로 배치하여 평균온도 22℃, 평균습도 59%상대에서 재배하였다.

생육조사 항목은 초장, 근장, 엽수, 가지수, 지상부와 지하부의 생체중·건물중, 총 엽록소농도, 지상부대 지하부 비율, 건물율이었다. 총엽록소농도를 측정하기 위하여 코르크 보르 6호로 동일부위의 엽면적을 채취하여 무게를 잰 후 시험관에 넣어 80% 아세톤 5mL을 넣고 24시간 동안 암상태에서 보관한 후 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instrument, Italy)를 사용하여 645nm과 663nm의 흡광도를 측정하고 앞에서 사용한 식에 의하여 산출하였다. 통계분석은 SAS(SAS Institute, 1987) 프로그램을 이용한 Duncan 다중검정을 하였다.

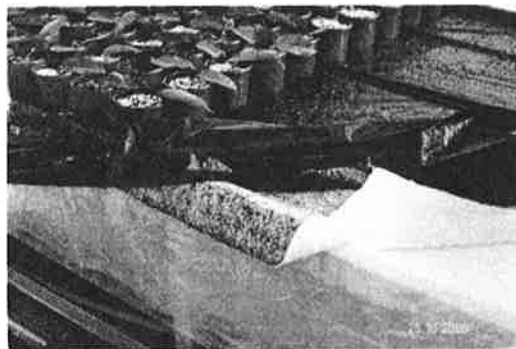


사진 2.4.3. 실험에 사용된 매트저면관개 베드의 모습

다. 결과 및 고찰

처리별 배지의 재배전과 후의 pH와 EC의 분석결과는 그림 2.4.2.1, 2.4.2.2에 각

각 나타내었다. pH는 모든 처리에서 재배전보다 상승하였다. 목재와 피트모스가 많이 함유될수록 pH를 저하시킨 반면 폐암면의 함유가 많을수록 pH를 상승시켰다. 이는 산성인 목재와 피트모스에 pH 6.99의 중성인 폐암면 100%를 혼합함으로써 pH를 보정했기 때문이다. 재배전의 EC는 토질이상토 100%에서 가장 높았으나 재배후 낮아졌으며 폐암면 100%는 재배전과 재배후의 EC변화가 크기 않은 것으로 보아 실험전 폐암면 입자에 공급된 무기영양분이 잔류함에 의해 재배전 EC가 높았던 것으로 생각된다. 토질이상토와 폐암면 100%를 제외하고 모든 처리에서 재배후 EC가 증가하였다.

정식 51일 후 *Ficus benjamina* cv. King의 생육은 표 2.4.2.3와 표 2.4.2.4에 나타낸 바와 같다. 초장, 근장, 엽수, 가지수, 총엽록소농도, 지상부 생체중, 지하부 생체중, 지상부 건물중 그리고 지상부대 지하부의 비율은 배지조성에 따른 유의성이 매우 높게 인정되었고 지하부 건물중과 건물율은 유의성이 인정되지 않았다. 초장의 경우 폐암면 100%의 처리가 가장 좋았으며 근장의 경우 폐암면과 밤나무 입자를 1:3의 부피비로 혼합한 처리에서 가장 좋았다. 엽수와 가지수에서 폐암면과 피트모스를 3:1의 부피비로 혼합한 처리에서 생육이 가장 좋았으며 총엽록소농도는 폐암면과 펠라이트 그리고 피트모스를 1:1:1의 부피비로 혼합한 배지처리에서 가장 좋은 생육을 보였다. 지하부 생체중과 건물중은 폐암면대 목재부산물을 3:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 가장 높은 생육을 보였으나 지상부 생체중과 건물중 그리고 총 생체중은 폐암면대 피트모스를 3:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 가장 높은 생육을 보였다. 초장, 엽수, 가지수, 총엽록소농도, 지상부 생체중과 건물중, 총 생체중과 같은 지상부 생장은 폐암면대 피트모스를 3:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 생육이 가장 좋았다. 근장, 지하부 생체중과 건물중과 같은 지하부 생장이 좋았던 폐암면과 밤나무 입자를 혼합한 처리에서 지상부 생장은 저조했다. 그러나 폐암면의 함량비율이 증가할수록 지상부 생장은 증가하였다.

재배시 폐암면대 밤나무 입자를 1:3의 부피비율로 혼합한 처리와 폐암면과 밤나무 입자 그리고 펠라이트를 1:2:1의 부피비율로 혼합한 처리에서 황화현상이 관찰되었으나 초기의 황화현상은 작물생육이 진전될수록 극복되었다. 그러나 총엽록소농도는 이들 처리에서 가장 낮았다. 이들 처리에서 배지 표층부가 심하게 건조되는 증세가 관찰되었다. 이는 밤나무 입자의 수분보유력이 약하기 때문으로 추정된다. 반면에 밤나무 입자에 대한 폐암면의 혼합비율이 증가할수록 생장억제가 극복되었다. Choi 등 (1999)이 보고한 바에서 폐암면의 함량이 증가할수록 생육제어를 극복한다는 실험과 일치하였으며 Kim 등(2000)의 실험에서 배지내 폐암면의 비율이 낮아지고 밤나무 입자의 비율이 높아질수록 생육이 급격히 감소하였다는 보고와도 일치한다. 또한 관

수방법에 의한 건조증세라고도 볼 수 있다. 모세관현상을 이용한 매트저면관수는 다공성이 강한 배지를 사용시 물 빨림이 약하여 분의 밑바닥까지 뿌리내림을 한 후에야 작물이 충분히 양수분을 흡수할 수 있기 때문에 그 이전의 생장은 억제된다. 그러나 같은 다공성인 펄라이트를 혼합한 배지조합의 경우 생장저하가 비교적 일어나지 않는 것으로 보아 배지의 보수력 이외의 다른 원인이 있는 것으로 추정된다.

Yu 등(1999)의 실험에서 Hinoki bark을 배지에 첨가시 토양병을 감소시켰다는 결과는 목재부산물(2차대사산물)의 생성에 의한 것으로서 이를 뒷받침한다.

근장과 총엽록소농도를 제외한 모든 생육조사항목에서 폐암면 100%의 처리가 대조구인 토실이상토보다 생육이 좋았으며 폐암면과 피트모스를 1:3의 부피비율로 혼합한 처리에서 가장 생육이 좋았다. 위와 같은 결과로 볼 때 폐암면 단독으로도 양액재배용 배지로서 재사용이 가능하며 단독사용보다는 피트모스와 펄라이트를 1:3의 부피비율로 혼합한 혼합배지가 *Ficus benjamina* cv. King의 양액재배용 배지로서 가장 효과적이었다.

표 2.4.2.1. *Ficus benjamina* cv. King의 재배에 사용된 배지의 조성

Components and mixing ratio (% , v/v)				
Treatment	Particles of used rockwool	Chestnut wood chips	Perlite	Peat moss
1	25	25	25	25
2	25	75		
3	50	50		
4	75	25		
5	25		75	
6	50		50	
7	75		25	
8	25			75
9	50			50
10	75			25
11	33	33	33	
12	50	25	25	
13	25	50	25	
14	25	25	50	
15	33		33	33
16	50		25	25
17	25		50	25
18	25		25	50
19	100			
20				

Tosilee

표 2.4.2.2. *Ficus benjamina* cv. King의 재배에 사용된 양액의 조성.

Formula	mg · L ⁻¹	Formula	g · L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	708	CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.124
MgSO ₄ · 7H ₂ O	246	Fe-EDTA	4
KNO ₃	505	MnSO ₄ · 4H ₂ O	2.2
NH ₄ H ₂ PO ₄	230	H ₂ MoO ₄	0.08
H ₃ BO ₃	1.24	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1.15

표 2.4.2.3. 여러 가지 혼합배지에서 51일간 양액재배한 *Ficus benjamina* cv. King 분식물의 초장, 근장, 엽수, 가지수 및 총엽록소농도.

Treatment	Height (cm)	Root length (cm)	No. of leaves	No. of branches	Total chlorophyll (μg · mg ⁻¹ fw)
1	34.72 bc	14.58 abc	8 cde	2.7 b-e	1.18 b-g
2	20.42 e	15.96 a	5 e	0.5 g	0.65 h
3	26.07 de	15.40 ab	6 e	1.0 fg	0.73 gh
4	30.75 cd	13.72 cde	9 b-e	3.0 a-d	1.05 c-h
5	43.46 a	11.54 fg	12 a-d	4.0 ab	1.31 a-e
6	42.04 a	11.25 g	13 a-d	3.8 abc	1.03 c-h
7	41.10 ab	12.68 d-g	13 a-d	4.1 ab	1.17 b-g
8	45.01 a	13.67 cde	14 ab	4.5 a	1.26 a-f
9	43.40 a	13.12 c-f	14 ab	4.4 a	1.25 a-f
10	45.78 a	14.39 bcd	16 a	4.7 a	1.37 a-d
11	29.92 cd	13.64 cde	7 e	1.6 d-g	1.01 d-h
12	34.91 bc	13.59 cde	8 de	2.3 c-f	0.81 e-h
13	21.70 e	14.23 b-e	5 e	0.2 g	0.85 d-h
14	26.63 de	13.62 cde	6 e	1.2 efg	0.78 fgh
15	46.22 a	13.22 cde	13 abc	4.1 ab	1.73 a
16	44.27 a	13.26 cde	14 a	4.2 ab	1.57 ab
17	46.04 a	12.60 efg	14 ab	4.1 ab	1.26 a-f
18	45.78 a	14.13 b-e	14 a	4.3 ab	1.21 b-g
19	46.38 a	13.02 c-f	14 a	4.5 a	1.03 c-h
20	41.80 a	14.35 bcd	12 a-d	3.6 abc	1.55 abc
F-test ^z	***	***	***	***	***

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

표 2.4.2.4. 여러 가지 혼합배지에서 51일간 양액재배한 *Ficus benjamina* cv. King 분식 물의 지상부와 지하부의 생체중과 건물중, T/R율 및 건물율.

Treatment	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		T/R ratio	D.M. (%)
	Shoot	Root	Shoot	Root		
1	8.09 bc	2.96 abc	1.60 bc	0.35 a	2.73 d-g	17.67 ab
2	3.35 g	2.13 e	0.68 f	0.28 a	1.59 g	17.59 ab
3	4.74 efg	2.68 b-e	0.94 def	0.35 a	1.79 fg	17.35 ab
4	7.29 cd	3.41 a	1.42 cd	0.38 a	2.13 fg	16.75 b
5	10.59 a	2.86 a-d	2.13 a	0.35 a	3.81 a-d	18.42 ab
6	10.34 ab	2.94 a-d	2.01 ab	0.34 a	3.52 b-e	17.69 ab
7	10.83 a	2.70 b-e	2.10 ab	0.35 a	4.05 abc	18.18 ab
8	12.12 a	3.26 ab	2.15 a	0.37 a	3.80 a-d	19.46 a
9	10.97 a	2.58 b-e	2.10 ab	0.29 a	4.33 ab	17.64 ab
10	12.52 a	2.88 a-d	2.41 a	0.33 a	4.36 ab	17.85 ab
11	6.18 c-f	2.56 cde	1.28 cde	0.32 a	2.41 efg	18.28 ab
12	7.18 cde	2.49 cde	1.43 cd	0.30 a	2.90 c-f	17.97 ab
13	4.12 fg	2.24 de	0.82 ef	0.28 a	1.86 fg	17.45 ab
14	5.32 d-g	2.34 cde	1.12 c-f	0.31 a	2.33 fg	18.69 ab
15	11.39 a	2.36 cde	2.24 a	0.30 a	4.88 a	18.44 ab
16	11.46 a	2.66 b-e	2.24 a	0.33 a	4.28 ab	18.25 ab
17	11.75 a	2.41 cde	2.29 a	0.29 a	4.84 a	18.17 ab
18	11.88 a	2.60 b-e	2.28 a	0.30 a	4.70 ab	17.81 ab
19	12.03 a	2.74 b-e	2.31 a	0.33 a	4.38 ab	17.93 ab
20	9.87 ab	2.57 b-e	1.93 ab	0.30 a	3.85 a-d	17.92 ab
F-test ^z	***	**	***	ns	***	ns

^z Nonsignificant or significant at P = 0.01, 0.05, or 0.001, respectively.

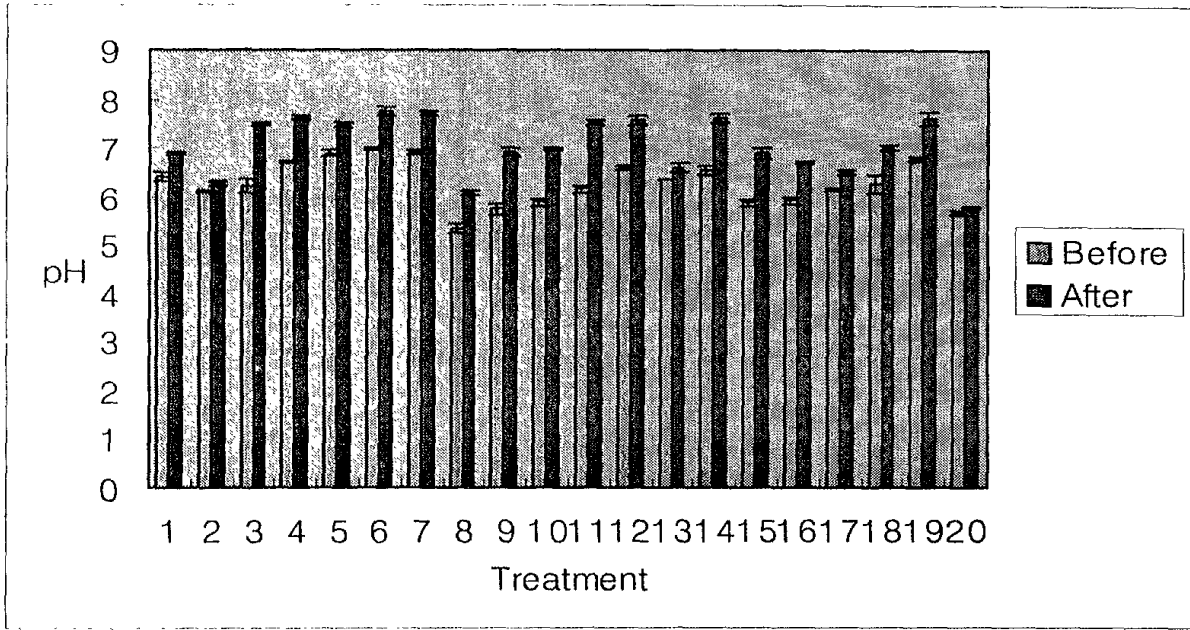


그림 2.4.2.1. 처리별 배지의 재배전과 후의 pH.

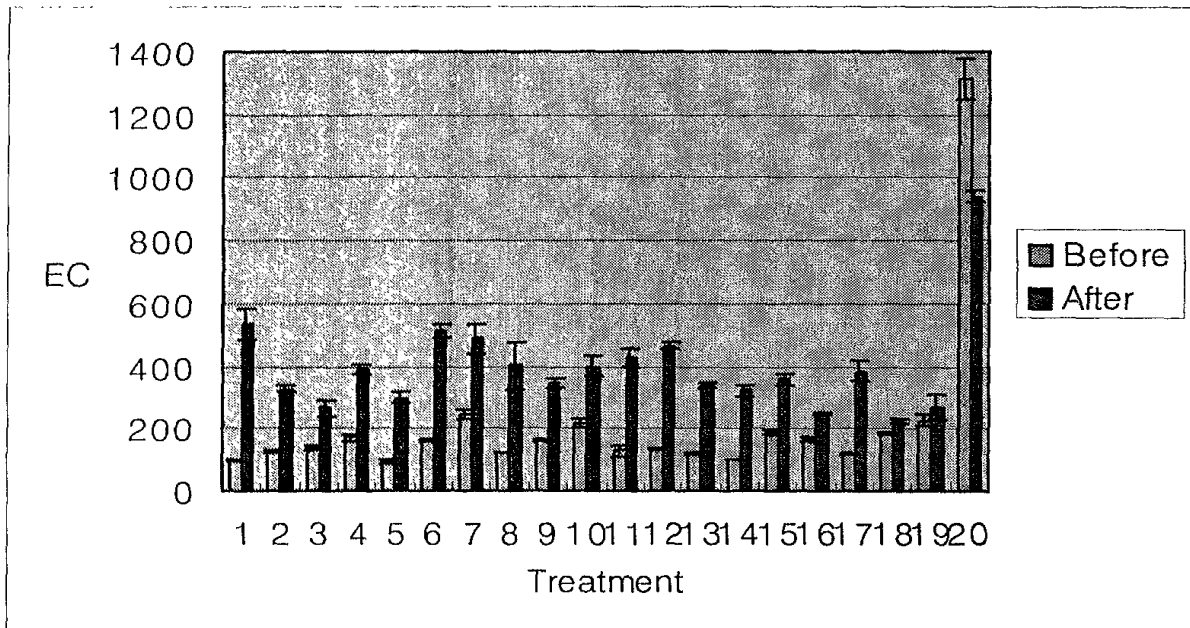


그림 2.4.2.2. 처리별 배지의 재배전과 후의 EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$).

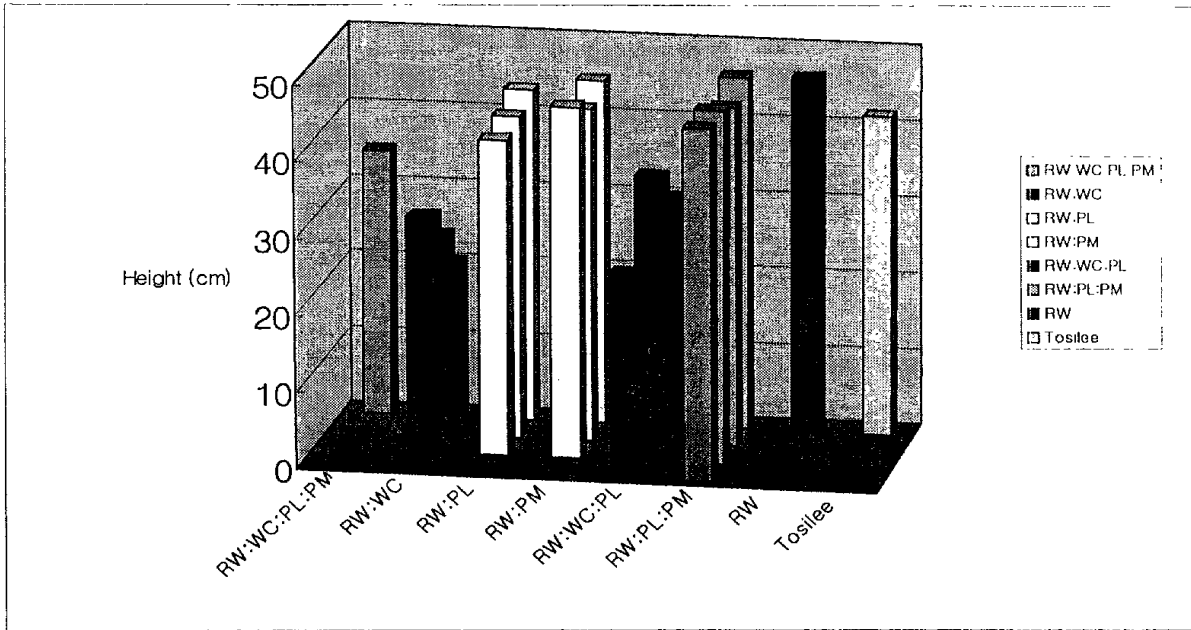


그림 2.4.2.3. 배지종류에 따른 51일간 양액재배한 *Ficus benjamina* cv. King 분식물의 초장.

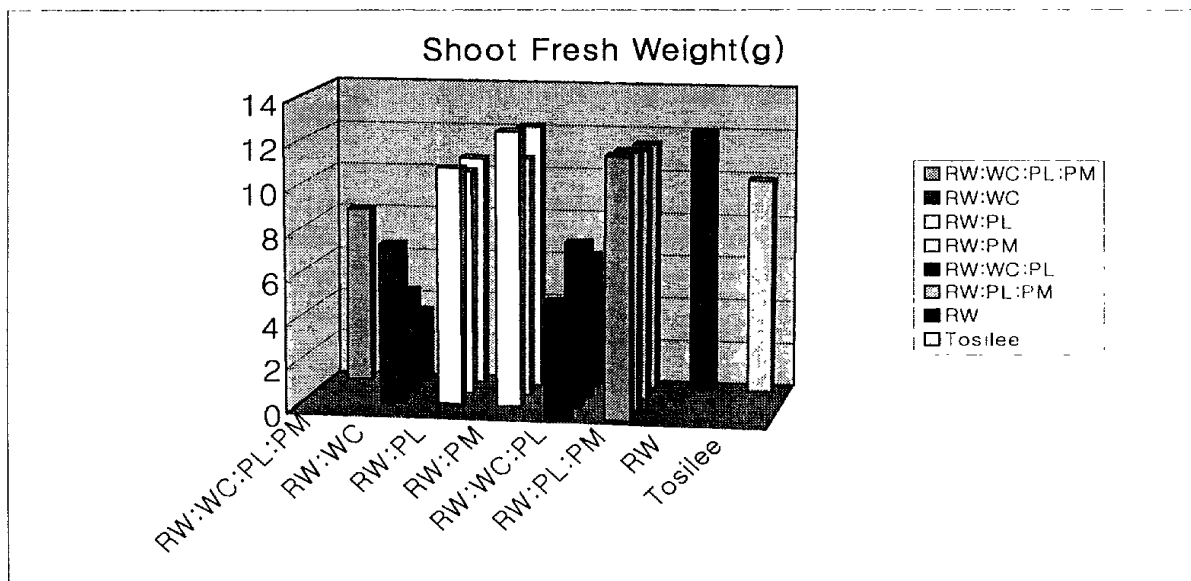


그림 2.4.2.4. 배지종류에 따른 51일간 양액재배한 *Ficus benjamina* 지상부 생체중

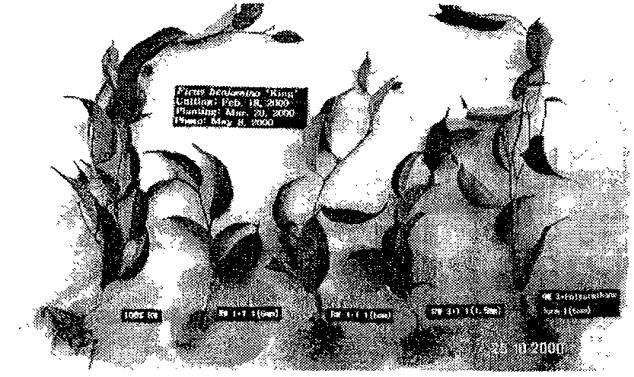


사진 2.4.4. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지에서 생육중인 벤자민고무나무(좌)와 생육조사시(우)의 모습

제 5 절 혼합배지를 이용한 절화류 양액재배 기술개발

1. 폐암면과 목재부산물을 이용한 혼합배지가 국화의 생육과 개화에 미치는 영향

가. 서언

국화(*Dendranthema grandiflorum*)는 1998년 현재 우리 나라에서 재배되고 있는 절화류 중에서 재배면적이 658.1ha로 전체 절화 재배면적 2,436ha의 27%를 차지하는 중요한 화훼작물이다(Ministry of Agriculture and Forest, 1998). 그러나 국화는 현재 대부분 토양에서 재배되기 때문에 연작으로 인한 염류집적과 토양 병원균에 의한 생육과 품질 저하, 낮은 시설 이용효율, 긴 재배기간, 시비와 제초 시 많은 노동력 소요 등의 문제점을 안고 있다. 이런 문제점들을 해결하기 위해 최근 국화의 양액재배 면적이 증가하고 있다. 국화 절화 재배에 양액재배를 도입(Ji 등, 1998)하는 때는 기술적인 문제를 제외하고도 초기 시설투자비가 많이 소요되는 문제점이 있으나 토경재배에 비해 식물의 성장속도가 빠르고 수확량이 많아 이를 극복할 수 있다(Itagi, 1996). 또한 절화의 품질면에 있어서도 설상화의 수가 많아지므로 꽃이 크고, 절화 후 수분 흡수가 용이해서 수명이 길어지게 되며, 재배기간의 단축으로 작형이 늘어나게 되어 시설의 이용효율을 극대화시킬 수 있다. 최근 들어 국화 양액재배에서 양액재배 시스템(Kang 등, 1995b; Lee 등, 1999a)과 양액 농도

(Kang 등, 1995a; Ji 등, 1998)에 대한 연구가 진행되고 있다.

양액재배 면적이 급속히 증가하면서 양액재배용 배지에 대한 연구와 개발이 이루어지고 있다(Lee 등, 1993; Buwalda 와 Frenck, 1995; Lee 등, 1999). 암면은 온실에서 작물의 장기재배에 이용될 수 있으며, 암면을 이용한 고품질 원예산물 생산 기술은 이미 정착되었다(Jeong과 Lee, 1987; Jeong 등, 1998). 그러나 암면은 가격이 비싸고 연작에 의한 물리성과 화학성의 변화로 인해 작물의 수량감소와 품질 저하가 심하며, 사용 후 폐기 곤란을 겪게 되면서 폐암면을 재활용한 배지의 개발 연구(Bilderback 과 Fonteno, 1993; Fonteno와 Nelson, 1990; Hwang 등, 1999; Kim 등, 1999)와 대체배지로서 왕겨(Lee 등, 1996), 훈탄(Oshino 등, 1981), coir dust(Lee 등, 1999b) 등에 대한 연구가 이루어지고 있다.

국내의 과채류나 화훼류 양액재배에서 사용된 엄청난 양의 암면은 처리방안이 마련되지 않아 대부분 온실주변에 방치되고 있는 실정인데, 이러한 폐암면을 소독과 입상형으로의 재가공을 통하여 공정육묘용, 분화용, 그리고 양액재배용 배지로 다시 사용하면 환경적인 면에서나 사회경제적인 면에서 많은 이득이 있을 것으로 기대된다.

한편 우리 나라는 70% 정도가 삼림지역으로 소나무, 밤나무 등 많은 삼림자원의 이용이 가능하고, 또한 수입목재의 가공시 생성되는 목재부산물 역시 배지재료로 이용 가능하다. 이들 목재 입자는 공극률이 높아 통기성이 좋은 반면 보수성이 낮은 단점을 가지고 있으나(Bilderback과 Fonteno, 1982), 암면을 일정한 비율로 혼합함으로써 통기성과 보수성을 증가시킬 수 있어(Choi 등, 1999a; Choi 등, 1999b) 양액재배용 배지로서 이용이 가능하다.

따라서 본 연구는 양액재배용 배지로서 이미 사용되어진 암면과 목재부산물을 이용한 혼합배지가 국화 양액재배용 배지로서 이용가능한지를 검토함으로써 향후 폐암면과 목재부산물 등을 이용한 양액재배의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

나. 재료 및 방법

본 실험은 경상대학교 원예생산공학 실험실 부속의 유리온실에서 수행되었다. 공시 품종은 국화 '백광'이었으며, 재배작형은 하국 반축성 연속재배였다. 2000년 1월 27일에 자연냉장 처리된 동지아를 구입(유성농장 김해)하여 토질이상토((주) 신안그로)상토를 채운 128공 플러그트레이((주) 범농)에 삼목하여 발근할 때까지 평균 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 온도와 $70 \pm 5\%$ 의 습도로 관리하였다.

폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 120℃의 증기 소독기내에서 40분 동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였다. 15-30년생 소나무와 밤나무를 경남지역 야산에서 채취하여 30마력의 파쇄기(63R 723, (주)승진정밀)로 파쇄한 후 10mm 체를 통과한 입자를 노지에서 6개월 동안 후숙시킨 것을 사용하였다. 혼합배지는 폐암면에 소나무 파쇄입자와 밤나무 파쇄입자, 펄라이트, 코이어 그리고 피트모스를 표 2.5.1.1과 같이 조합하여 27가지 혼합 상토를 조제하였다. 각 배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 시료 20mL를 2차 증류수 100mL과 1:5의 부피비율로 희석하여 24시간 동안 100rpm·min⁻¹으로 shaking하였다. 혼합용액을 3회 반복하여 거름종이에 거른 후 Expandable ion Analyzer(EA940, Orion, USA)와 pH/conductivity meter(Consort C531, 동우메디컬시스템사)로 측정하였다.

2000년 2월 12일 폐암면을 기본으로 목재부산물 등이 조합된 혼합배지 20L가 채워진 53cm×34cm×16cm의 성형스티로폼 상자에 각각 12주의 발근된 국화묘(14mg의 생체중과 21%의 건물, 그리고 평균 6매의 잎과 6.7cm의 초장)를 15cm×13cm의 재식간격으로 정식하여 난괴법 3반복으로 배치하였다.

실험에 사용된 양액은 화란의 시설원예연구소에서 개발한 국화전용양액 1배액이었으며, 양액조제는 표 2.5.1.2와 같다. 11cm간격의 점적호스로 온실 내에 설치된 2,000L의 양액 탱크에 저장된 양액이 관주되었다. 관주 횟수는 매일 09:00, 11:00, 13:00, 15:00 및 17:00시의 5회였으며, 1회 관주시간은 4분이었고, 1상자당 1일 관주량은 1,230mL이었다. 재배온실은 가온을 위한 온수 보일러와 환기를 위한 환풍기가 설치된 단동의 양지붕형 유리온실이었고, 온도는 최저 10℃, 최고 35℃를 넘지 않도록 난방과 환기를 해 주었다. 온도와 습도는 디지털 온도계측기(Thermo Recorder TR-71S, T&D Corporation, Japan)를 베드 상부에 설치하여 2월 12일부터 9월 7일까지 측정하였다(그림 2.5.1.1). 정식 후 백수병 예방을 위해 아싸(전진산업(주))와 안빌(한국삼공(주))을 교대로 주 1회씩 주기적으로 살포하였다.

1차 재배는 정식 14일 후인 2월 26일에 평균 3매의 잎을 남기고 적심하였고, 6월 5일과 12일에 각각 만개한 꽃을 수확하여 개화수, 초장, 마디수, 엽면적, 생체중을 조사하였으며, 이 시료들을 60℃의 건조기에서 72시간 건조시킨 후 건물중을 측정하였다. 6월 19일에 식물체 전부를 수확하여 분지수, 개화수, 초장, 마디수, 엽면적, 엽록소 농도, 생체중, 그리고 건물중을 조사하였다. 2차 재배는 7월 3일에 식물체당 2주의 신초를 남기고 나머지는 제거하였으며, 8월 25일과 31일에 각각 만개된 꽃을 수확하였고,

9월 6일에 식물체 전부를 수확하여 1차 재배와 동일하게 생육조사 하였다.

총엽록소농도는 각 실험 구에서 식물체 잎을 채취하여 80%(v/v) 아세톤으로 추출하고 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 이용하여 645nm와 663nm에서 흡광도를 측정 후 흡광도를 측정하고 앞에서 사용한 식에 의하여 산출하였다.

조사된 결과는 SAS(Statistical Analysis System, Ver. 6.12, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하여 통계 분석하였다.

다. 결과 및 고찰

처리별 배지의 pH와 EC의 분석결과는 표 2.5.1.3에 나타내었다. 재배전 배지의 pH는 폐암면과 펄라이트가 각각의 비율로 조합된 처리구가 다른 처리구에 비해 높았으며, 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구는 4.90에서 5.73으로 낮았다. 재배후 pH는 폐암면과 밤나무가 각각의 비율로 조합된 처리구가 6.97에서 7.41로 높게 나타났으며, 폐암면과 피트모스가 조합된 처리구가 낮게 나타났다. 재배전 EC는 폐암면과 코이어가 조합된 처리구가 다른 처리구에 비해 월등히 높게 나타났으며, 재배후는 폐암면과 밤나무가 각각 1:1, 1:2, 1:3으로 조합된 처리구에서 높았다. 특히 펄라이트 100% 처리구의 경우 EC가 재배전 $40.2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 에서 재배후 $825.3 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 크게 증가한 것으로 나타났다.

1차 재배의 결과를 보면 분지율에서는 폐암면과 피트모스가 33:66으로 조합된 처리구에서 2.1주로 가장 많았고, 폐암면과 피트모스, 그리고 코이어가 조합된 처리구에서 많았다(표 2.5.1.4). 개화율은 폐암면과 코이어가 25:75로 조합된 처리구에서 93.8%로 가장 높았으며, 폐암면과 코이어가 33:66, 66:33으로 조합된 처리구에서 90%정도의 높은 개화율을 나타냈다. 폐암면과 피트모스가 66:33, 75:25로 조합된 처리구에서는 80% 정도의 높은 개화율을 보였다. 그러나 폐암면과 소나무, 그리고 밤나무가 조합된 처리구와 펄라이트 100% 처리구에서는 개화율이 아주 낮았다. 초장은 폐암면과 피트모스가 33:66으로 조합된 처리구에서 119.0cm로 가장 컸다. 우리 나라에서 초장을 중심으로 한 절화류의 규격시안(KRDA, 1990)에 의하면 국화의 경우 초장이 80cm이상이면 1등급, 70cm이상이면 2등급, 60cm이상이면 3등급, 그리고 60cm미만은 등외로 취급하는데, 본 실험에서는 폐암면과 펄라이트, 코이어, 그리고 피트모스가 조합된 처리구에서 모두 90cm이상의 초장을 나타내 1등급의

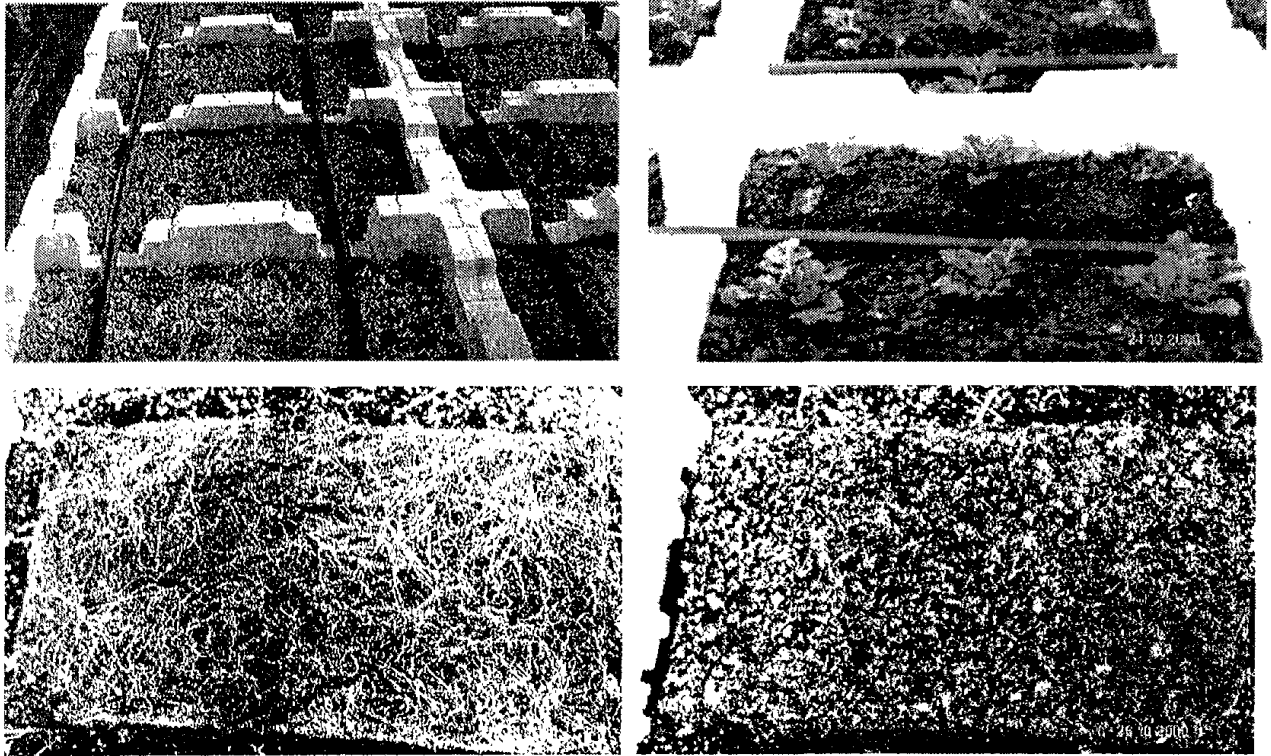


사진 2.5.1. 스티로폼 박스에 담겨진 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지와 점적관수 방식(좌상), 초기 생육모습(우상), 그리고 수확시 서로 다른 혼합배지에서의 뿌리 생육 모습(하)

질화 품질을 나타냄을 알 수 있다. 개화율 역시 이들 처리구에서 높게 나타났기 때문에 폐암면을 이용한 국화 질화재배시 1등급의 질화 생산을 위해서는 폐암면과 펠라이트, 코이어, 그리고 피트모스를 적절한 비율로 조합한 배지가 바람직 할 것으로 판단된다. 마디수는 폐암면과 소나무, 그리고 밤나무가 조합된 처리구에서 높게 나타났으나 이들 처리구는 다른 생육이 저조했기 때문에 바람직하지 못하였다. 경경과 염면적은 폐암면과 코이어가 33:66으로 조합된 처리구에서 6.5mm와 1469.2cm²로 가장 높았으며, 초장과 마찬가지로 폐암면과 코이어, 그리고 피트모스가 조합된 처리구에서 높게 나타났다. 총 염록소 함량은 폐암면과 코이어가 75:25로 조합된 처리구에서 1.9 $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{fw}$ 로 가장 높았으며, 폐암면과 펠라이트, 코이어, 그리고 피트모스가 조합된 처리구가 폐암면과 복재부산물인 조합된 처리구보다 높았다. 생체중과 건물중은 폐암면과 코이어가 33:66으로 조합된 처리구에서 각각 110.23g과 18.67g으로 가장 높았고, 앞의 결과와 동일하게 폐암면과 펠라이트, 코이어, 그리고 피트모스가

조합된 처리구에서 높았다.

2차 재배에서 분지율은 폐암면과 펠라이트가 33:66로 조합된 처리구와 폐암면과 피트모스가 66:33로 조합된 처리구에서 높았다(표 2.5.1.5). 개화율은 폐암면과 펠라이트가 33:66로 조합된 처리구에서 98.5%로 가장 높았으며, 폐암면과 펠라이트, 코이어, 그리고 피트모스가 조합된 처리구가 높은 경향이였다. 전체적으로 1차 재배에서와 비교해 개화율이 월등히 증가되었으며, 특히 폐암면과 소나무, 그리고 밤나무가 조합된 처리구는 폐암면의 비율이 높아짐에 따라 개화율이 크게 증가하였다. 폐암면 100% 처리구 역시 98.3%의 높은 개화율을 나타냈다. 초장과 마디수는 펠라이트 100% 처리구를 제외하고 처리간에 큰 차이를 나타내지는 않았다. 경경은 폐암면과 코이어가 66:33로 조합된 처리구와 폐암면과 피트모스가 75:25로 조합된 처리구에서 5.0mm로 가장 우수하였으며, 엽면적 역시 폐암면과 피트모스가 75:25로 조합된 처리구에서 875.8cm²으로 가장 컸다. 엽록소 함량은 폐암면과 펠라이트가 각각의 비율로 조합된 처리구가 다른 처리구에 비해 높은 경향을 나타냈다.

지상부 생체중과 건물중은 폐암면과 피트모스가 75:25로 조합된 처리구에서 각각 59.5g과 8.3g으로 가장 높게 나타났으며, 지하부 생체중과 건물중은 폐암면과 펠라이트가 66:33로 조합된 처리구에서 각각 15.2g과 2.4g으로 높았다(표 2.5.1.6). 생체중과 건물중 역시 폐암면과 펠라이트, 코이어, 그리고 피트모스가 각각의 비율로 조합된 처리구에서 높은 경향을 나타내었다. TR율은 폐암면과 밤나무가 25:75으로 조합된 처리구에서 가장 높게 나타났으며, 건물율은 폐암면과 코이어가 75:25로 조합된 처리구에서 15.4%로 가장 우수하였다.

폐암면 100%처리구는 1차 재배에서 79.4%와 2차 재배에서 98.3%의 높은 개화율과 초장 등의 모든 생육에서 좋은 결과를 나타내 폐암면을 입상형으로 재가공하여 소독한 후 그 자체만으로도 다시 양액재배용 배지로서 사용이 가능하다고 판단되나, 이에 앞서 폐암면은 수집되는 농가별로 재배 작물이나 사용되는 양액의 조성이 다르므로 배지에 잔류하고 있는 염의 농도와 조성이 다를 수 있어 이에 대한 대책이 있어야 할 것으로 생각된다. 펠라이트 100%처리구는 아주 낮은 생육을 보였는데, 그 이유는 정식후 재배 초기의 늦은 생육으로 인해 다른 처리구에 의해 광 등의 환경조건을 잘 받지 못한데서 기인하여 1차 재배에서의 부진한 생육의 결과가 2차 재배에까지 영향을 미친 것으로 생각된다. 폐암면과 목재부산물인 조합된 처리구의 경우 개화율뿐만 아니라 마디수를 제외한 거의 모든 생육이 부진하였는데 왜 그러하였는지는 앞으로 더 연구가 필요하다고 생각된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 폐암면과 코이어, 그리고 피트모스가 조합된 처리구가 개화율뿐만 아니라 모든 생육에서 좋은 결과를 보였다. 이러한 결과는 coir dust의 혼합으로 국화의 생육이 좋았다고 한 Lee 등(1999b)의 결과와, 그리고 안스리움의 생육이 세지 피트모스와 코이어의 혼합에 의해 좋았다고 한 Alan(1995)의 결과와 일치한다. 폐암면과 코이어가 33:66으로 조합된 처리구에서 가장 좋은 생육을 보여 국화 양액재배에서 폐암면을 재활용할 경우 폐암면과 코이어를 위의 비율로 조합한 배지를 사용함이 바람직하다고 판단된다.

표 2.5.1.1. 실험에 사용된 배지의 조성.

Medium no.	Components and mixing ratio (% v/v)					
	Particles of recycled rockwool	Pine wood chips	Chestnut wood chips	Perlite	Coir	Peat moss
1	50	50	0	0	0	0
2	50	0	50	0	0	0
3	50	0	0	50	0	0
4	50	0	0	0	50	0
5	50	0	0	0	0	50
6	33	66	0	0	0	0
7	33	0	66	0	0	0
8	33	0	0	66	0	0
9	33	0	0	0	66	0
10	33	0	0	0	0	66
11	25	75	0	0	0	0
12	25	0	75	0	0	0
13	25	0	0	75	0	0
14	25	0	0	0	75	0
15	25	0	0	0	0	75
16	66	33	0	0	0	0
17	66	0	33	0	0	0
18	66	0	0	33	0	0
19	66	0	0	0	33	0
20	66	0	0	0	0	33
21	75	25	0	0	0	0
22	75	0	25	0	0	0
23	75	0	0	25	0	0
24	75	0	0	0	25	0
25	75	0	0	0	0	25
26	100	0	0	0	0	0
27	0	0	0	100	0	0

표 2.5.1.2. 절화 백광 국화의 재배에 사용된 양액의 조성.

Ingredient	Concentration (mg · L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	531.0
KNO ₃	676.7
Fe-EDTA	25.1
KH ₂ PO ₄	136.0
MgNO ₃ · 7H ₂ O	209.1
NH ₄ NO ₃	104.0
H ₃ BO ₃	1.23
MnSO ₄ · 4H ₂ O	4.58
Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.07
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.44

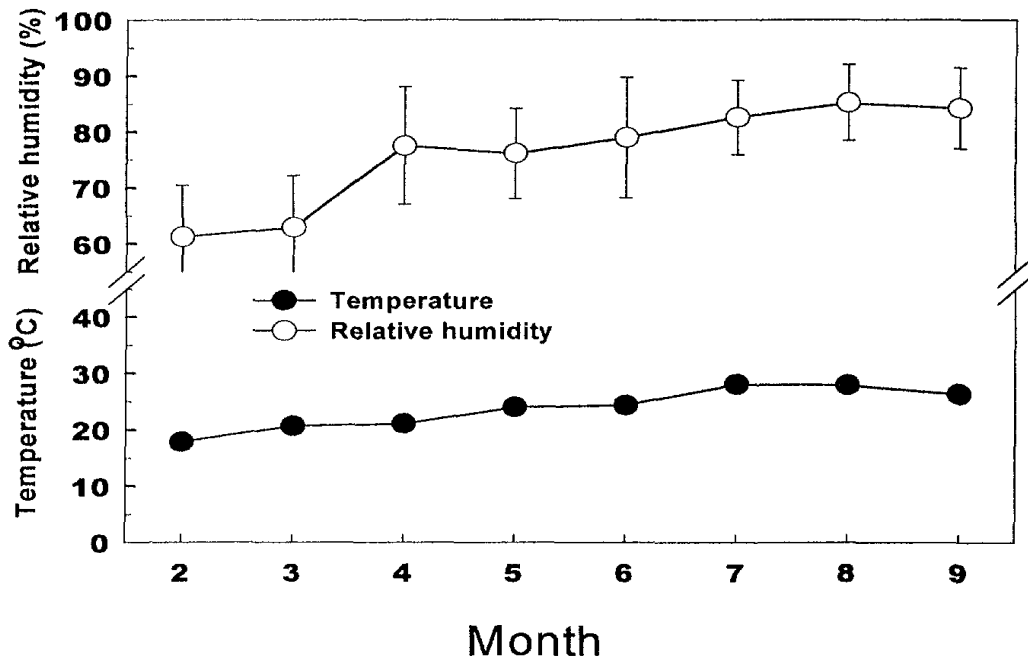


그림 2.5.1.1. 백광 국화의 재배기간인 2000년 2월부터 9월까지의 온실내 평균기온과 상대습도.

표 2.5.1.3. 실험에 사용된 배지재료들의 사용전후의 pH와 EC.

Treatment no.	pH		EC ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	
	Before	After	Before	After
1	5.83	6.76	94.6	266.0
2	6.10	7.28	109.6	591.6
3	6.56	6.79	89.5	307.0
4	6.03	6.05	505.6	204.6
5	5.25	5.78	137.6	213.0
6	5.72	6.97	105.0	547.3
7	5.90	7.41	131.0	991.6
8	6.66	6.62	76.3	514.0
9	5.85	5.98	590.0	188.3
10	5.73	5.89	97.6	247.6
11	5.69	6.75	116.3	596.6
12	5.84	7.25	146.0	756.0
13	6.59	6.50	62.5	338.3
14	5.83	6.04	676.0	262.0
15	4.97	5.71	96.9	256.6
16	5.47	6.77	97.0	292.3
17	5.78	6.97	102.7	242.3
18	6.39	6.69	91.2	129.6
19	6.10	6.31	284.6	148.6
20	5.15	6.26	133.6	139.6
21	5.74	6.68	112.0	175.0
22	5.95	7.09	92.9	211.0
23	6.31	6.89	101.8	164.3
24	6.32	6.42	264.3	125.0
25	4.90	6.29	147.6	122.6
26	6.02	6.38	105.5	101.8
27	6.43	6.47	40.2	825.3
F-test	***	***	***	***

*** Significant at $p \leq 0.001$.

표 2.5.1.4. 제 1차재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육.

Treat- ment no.	No. of new shoots	Flowering (%)	Height (cm)	No. of nodes	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ²)	Chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ fw)	Shoot weight	
								Fresh (g)	Dry (g)
1	1.8 abc ²	1.1 e	115.3 abc	55.3 a	5.7 c-g	878.7 c-f	1.4 a-e	72.0 c-g	12.5 d-h
2	2.0 a	0.0 e	83.1 ef	48.2 a-e	4.6 ij	275.3 hi	0.9 efg	31.3 ijk	5.4 ij
3	1.4 cd	10.8 cd	105.1 a-d	41.4 b-f	5.2 e-i	830.3 def	1.1 c-g	70.0 c-h	12.8 c-g
4	1.9 ab	74.6 abc	105.1 a-d	42.8 b-f	6.2 a-d	1285.1 abc	1.4 a-e	93.8 a-e	15.3 a-e
5	2.0 a	60.1 a-d	109.2 a-d	47.7 a-e	6.0 a-d	1179.8 a-e	1.6 abc	94.8 a-d	15.9 a-e
6	1.8 abc	0.0 e	104.0 a-d	52.1 ab	5.1 e-i	545.9 fgh	0.8 fg	49.1 ghi	8.3 hi
7	1.6 abc	0.0 e	82.4 ef	48.5 a-e	4.5 ij	202.7 hi	1.3 b-f	26.3 ijk	4.4 ij
8	1.8 abc	77.2 abc	95.0 cde	37.9 ef	5.1 f-i	845.9 def	1.2 c-f	67.6 e-h	12.5 d-h
9	1.9 ab	90.0 a	111.1 a-d	42.6 b-f	6.5 a	1469.2 a	1.4 a-d	110.2 a	18.6 a
10	2.1 a	53.7 bcd	119.0 a	46.3 a-f	5.5 d-h	994.6 b-e	1.1 c-g	78.0 b-f	13.8 b-f
11	1.9 a	0.0 e	79.7 ef	45.8 a-f	5.1 f-i	244.1 hi	1.0 d-g	34.0 ijk	5.8 ij
12	1.5 bcd	0.0 e	72.4 f	40.9 b-f	4.3 j	214.1 hi	1.0 c-g	23.2 jk	3.3 j
13	1.8 abc	62.8 a-d	93.5 de	35.9 f	5.0 g-i	801.8 efg	1.5 a-d	61.9 fgh	10.8 fgh
14	1.9 a	93.8 a	116.7 ab	42.4 b-f	6.0 a-d	1210.5 a-e	1.3 b-f	97.0 abc	16.3 a-d
15	1.8 abc	59.4 a-d	114.3 a-d	46.1 a-f	6.4 ab	1240.3 a-d	1.1 c-g	103.1 ab	18.2 ab
16	1.8 abc	32.1 de	110.3 a-d	51.3 abc	5.8 a-e	1023.2 b-e	1.1 c-g	85.0 a-f	15.2 a-f
17	1.8 abc	4.3 e	96.5 b-e	50.2 a-d	4.7 ij	429.8 ghi	1.0 c-g	44.8 hij	8.2 hi
18	2.0 a	88.1 ab	103.6 a-d	38.4 ef	5.7 b-f	1180.1 a-e	1.5 a-d	90.9 a-e	15.1 a-f
19	1.8 abc	89.5 a	109.1 a-d	42.1 b-f	6.3 abc	1320.8 ab	1.1 c-g	100.1 ab	17.0 abc
20	2.0 a	79.5 abc	113.9 a-d	41.4 b-f	5.6 c-h	1047.2 b-e	1.0 d-g	78.0 b-f	13.5 c-f
21	1.8 abc	63.3 a-d	112.6 a-d	42.2 b-f	5.8 a-e	1086.8 a-e	1.1 c-g	83.9 a-f	14.6 a-f
22	1.7 abc	3.3 e	105.2 a-d	52.3 ab	4.9 h-j	536.5 fgh	0.7 g	48.2 g-j	8.5 ghi
23	1.7 abc	74.3 abc	98.0 a-e	37.5 ef	5.2 e-i	926.9 b-f	1.4 a-d	73.2 c-g	12.9 c-g
24	2.0 a	72.2 abc	113.8 a-d	39.6 def	5.6 c-h	995.5 b-e	1.9 a	73.1 c-g	11.8 d-h
25	1.9 ab	86.7 ab	104.6 a-d	40.0 c-f	6.0 a-d	1223.8 a-d	1.1 c-g	95.2 a-d	15.8 a-e
26	1.9 ab	79.4 abc	93.1 de	35.3 f	5.1 e-i	887.4 c-f	1.8 ab	68.7 d-h	11.7 e-h
27	1.1 d	0.0 e	34.8 g	21.7 g	3.4 k	107.6 i	1.1 c-g	11.8 k	1.9 j

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

표 2.5.1.5. 제 2차 재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육.

Treatment no.	No. of new shoots	Flowering (%)	Height (cm)	No. of nodes	Stem diameter (mm)	Leaf area (cm ²)	Chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{fw}$)
1	2.0 ab ^z	73.9 a-d	76.7 a	26.5 a	4.2 ab	673.5 ab	1.8 a
2	1.7 abc	48.4 cde	70.1 a	26.4 a	4.0 ab	626.0 ab	1.5 ab
3	1.4 bcd	86.0 ab	69.0 a	25.0 a	4.5 ab	619.7 ab	1.8 a
4	1.9 ab	79.9 abc	67.5 a	24.9 a	4.4 ab	671.1 ab	1.7 ab
5	1.9 ab	68.1 a-d	70.5 a	28.2 a	4.6 ab	750.6 ab	1.7 ab
6	1.8 abc	61.1 b-e	69.5 a	24.7 a	4.1 ab	640.9 ab	1.8 ab
7	1.1 cd	28.9 ef	65.0 a	27.2 a	3.9 ab	601.3 b	1.7 ab
8	2.1 a	98.5 a	65.4 a	24.5 a	4.7 ab	733.8 ab	1.8 a
9	1.8 abc	92.4 ab	68.3 a	25.3 a	4.9 ab	759.6 ab	1.7 ab
10	1.8 abc	74.3 a-d	77.1 a	28.2 a	4.4 ab	762.1 ab	1.4 ab
11	1.8 abc	50.0 cde	71.5 a	26.6 a	4.1 ab	628.3 ab	1.7 ab
12	1.5 a-d	43.5 de	72.7 a	26.4 a	3.8 b	625.2 ab	1.7 ab
13	2.0 ab	87.3 ab	69.0 a	25.5 a	4.6 ab	710.2 ab	2.0 a
14	2.0 ab	95.7 ab	72.5 a	26.3 a	4.9 ab	797.2 ab	1.8 ab
15	2.0 ab	73.6 a-d	75.5 a	27.7 a	4.5 ab	737.0 ab	1.5 ab
16	1.9 ab	89.8 ab	71.0 a	25.4 a	4.7 ab	780.1 ab	1.7 ab
17	1.7 abc	51.3 cde	77.1 a	28.0 a	4.1 ab	742.6 ab	1.8 a
18	1.8 abc	94.2 ab	68.4 a	23.9 a	4.8 ab	764.2 ab	1.5 ab
19	1.8 abc	95.0 ab	65.8 a	25.2 a	5.0 a	794.5 ab	1.7 ab
20	2.1 a	82.9 abc	74.4 a	26.0 a	4.6 ab	758.9 ab	1.6 ab
21	2.0 ab	88.5 ab	71.2 a	24.5 a	4.4 ab	684.5 ab	1.6 ab
22	1.4 a-d	60.6 b-e	73.5 a	27.2 a	3.8 ab	630.2 ab	1.5 ab
23	1.6 abc	98.1 a	66.7 a	22.9 ab	4.5 ab	714.8 ab	1.6 ab
24	1.7 abc	94.6 ab	70.6 a	24.6 a	4.4 ab	690.0 ab	1.7 ab
25	2.0 ab	91.1 ab	69.5 a	25.3 a	5.0 a	875.8 a	1.5 ab
26	1.9 abc	98.3 a	65.4 a	23.4 a	4.6 ab	723.1 ab	1.7 ab
27	0.8 d	7.0 f	36.0 b	17.2 b	2.5 c	276.8 c	1.2 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

표 2.5.1.6. 제 2차 재배에서 배지재료에 따른 절화 백광 국화의 생육.

Treatment no.	Shoot weight		Root weight		T/R ratio	Dry matter (%)
	Fresh (g)	Dry (g)	Fresh (g)	Dry (g)		
1	41.5 a-e ^z	5.6 b-h	5.4 d-h	0.9 e-h	5.9 b-e	14.0 a-d
2	35.4 de	4.5 fgh	3.4 gh	0.4 h	9.8 a	12.8 d
3	40.5 b-e	5.6 b-h	6.3 d-h	1.0 d-h	6.7 bcd	14.4 a-d
4	42.1 a-e	5.5 b-h	6.8 d-h	1.2 c-h	4.5 cde	13.9 a-d
5	48.2 a-e	6.6 a-h	9.9 a-e	1.7 a-f	3.7 cde	14.4 a-d
6	36.5 cde	4.5 gh	3.8 fgh	0.6 gh	6.8 bc	12.8 d
7	33.9 e	4.3 h	4.7 e-h	0.7 gh	6.5 b-e	13.1 cd
8	50.3 a-e	7.1 a-f	9.2 b-g	1.5 a-g	4.6 cde	14.5 a-d
9	51.1 a-e	6.9 a-g	9.5 b-f	1.9 a-e	3.7 cde	14.6 a-d
10	47.0 a-e	6.4 a-h	5.2 d-h	1.0 d-h	6.3 b-e	14.2 a-d
11	37.3 b-e	5.3 c-h	5.3 d-h	0.8 fgh	6.4 b-e	14.3 a-d
12	35.2 de	4.7 e-h	3.4 gh	0.4 h	10.3 a	13.5 a-d
13	44.6 a-e	6.2 a-h	9.0 b-g	1.4 b-g	4.3 cde	14.3 a-d
14	52.2 a-d	7.3 a-d	6.6 d-h	1.2 d-h	6.1 b-e	14.6 a-d
15	45.4 a-e	6.3 a-h	9.0 b-g	1.4 b-g	5.0 b-e	14.0 a-d
16	50.2 a-e	6.7 a-h	8.2 b-h	1.4 b-g	5.0 b-e	13.9 a-d
17	42.7 a-e	5.6 b-h	5.4 d-h	0.8 fgh	8.2 ab	13.4 bcd
18	55.3 ab	8.1 ab	15.2 a	2.4 a	3.5 de	15.0 ab
19	54.5 abc	7.7 abc	12.6 abc	2.2 abc	3.7 cde	14.8 abc
20	47.4 a-e	6.3 a-h	7.8 c-h	1.3 c-h	4.8 cde	13.8 a-d
21	45.1 a-e	6.0 a-h	6.1 d-h	1.1 d-h	5.4 b-e	13.9 a-d
22	36.3 cde	5.0 d-h	8.6 b-h	1.4 b-h	5.4 b-e	14.5 a-d
23	48.9 a-e	6.6 a-h	10.9 a-d	1.7 a-f	3.7 cde	14.1 a-d
24	47.7 a-e	7.2 a-e	6.9 d-h	1.2 d-h	5.8 b-e	15.4 a
25	59.5 a	8.3 a	13.8 ab	2.3 ab	3.7 cde	14.5 a-d
26	48.9 a-e	6.4 a-h	9.7 b-e	1.9 a-d	3.3 d	14.1 a-d
27	16.0 f	2.0 i	3.1 h	0.4 h	4.5 cde	13.0 cd

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

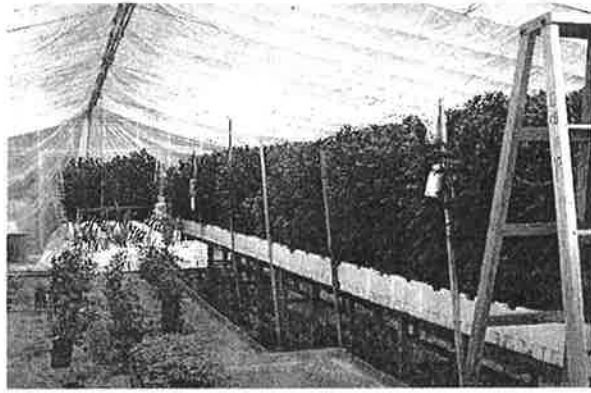


사진 2.5.2. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 재활용한 여러 가지 혼합배지에서 절화국화 '백광'의 생육 모습

2. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배

가. 재료 및 방법

15-30년생 밤나무와 소나무를 경남지역 야산에서 채취하여 파쇄하여 직경 10mm의 원형 구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 경상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 4개월간 후숙한 재료를 파쇄후 양액재배 폐암면 슬래브를 분쇄(한국 UR암면)하여 고압증기 소독(120℃ 20분 2기압)한 입자와 혼합하여 실험을 수행하였다.

1999년 1월 22일 장미를 식재할 준비를 하였다. 경상대학교 종합실험관의 옥상에 건축된 유리온실의 철제 베드 위에 혼합배지를 만들어 길이 90cm, 폭 15cm의 비닐 자루에 배지량 16L씩 담아서 배열하였다. 배열후 배지자루를 통일성 있게 약 10cm 길이의 x자 모양으로 장미가 식재될 위치를 칼로 찢고, 자루의 측면 하부에 길이 7cm의 배수구 4개씩을 만들었다. 배지를 수돗물로 충분히 세척하고 자루당 발근된 '산시루' 장미 3주씩을 1999년 1월 23일에 정식하였다. 정식후 61일째에 실험장소를 종합실험관 옥외에 위치한 양지붕형 유리온실로 이동하여 실험을 계속하였다. 완전임의배치로 '산시루' 장미 3주씩을 1자루에 심고 처리당 3포기씩 반복당 1포기씩, 총 43처리로 실험을 수행하였다.

공시품종은 1998년 12월 31일 김해시의 농가에서 2년생 모주에서 채취한 삽수를 이용하여 생산한 장미(*Rosa hybrida* L. 'Sansiru')로서 삼목후 32일 경과된 묘를 열 간격 50cm, 재식거리 20cm로 식재하였다. 정식전 장미 묘의 평균초장은 16.7cm이었으며 평균엽수는 9장이었다.

정식후 일본 아이찌현 원예시험장의 권장농도에 기준하여, 실험실내에서 수질분석한 데이터에 근거한 처방의 장미 양액재배용 양액을 조제(표 2.5.2.1)하여 점적호스와 점적관을 이용하여 매일 9:00, 10:00, 11:00, 13:00, 15:00 및 17:00시의 6회, 1회 관수시간 5분으로 조절하여 1일 식물체당 약 500mL씩 주입하였다.

표 2.5.2.1. 절화장미 산시루의 양액재배에 사용된 비료의 조성.

Formula	g · 100L ⁻¹	Formula	g · 100L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	72.0	Fe-EDTA	1.500
MgSO ₄ · 7H ₂ O	24.6	H ₃ BO ₃	0.140
KNO ₃	28.3	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.044
NH ₄ NO ₃	16.0	MnSO ₄ · 4H ₂ O	0.210
KH ₂ PO ₄	16.3	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.008
K ₂ SO ₄	4.4		

재배온실의 공기온도는 최저 10℃, 그리고 최고 40℃를 넘지 않도록 난방과 환기를 해 주었다. 온도와 습도는 디지털 온도계측기(Thermo Recorder TR-71S, T&D Corp., Japan)와 모발습도계(Thermo Hygrograph R-74, Sato Corp., Japan)를 베드상부와 측면에 각각 두어 정시적인 변화를 조사했다(그림 2.5.2.1). 1999년 1월 23일부터 1999년 11월 24일까지 온실내의 일 평균 온도는 21.7℃이었다. 단, 7월과 8월의 고온기에는 최고 40℃까지 온도가 상승하였다.

흰가루병 예방을 위하여 트리후민 10g과 더마니 10g을 20L의 물에 섞어 주 1회 살포하고 진딧물 예방을 위하여 체스 10g과 모스피란 10g을 20L에 섞어 위와 같은 방법으로 주 1회 살포하였다.

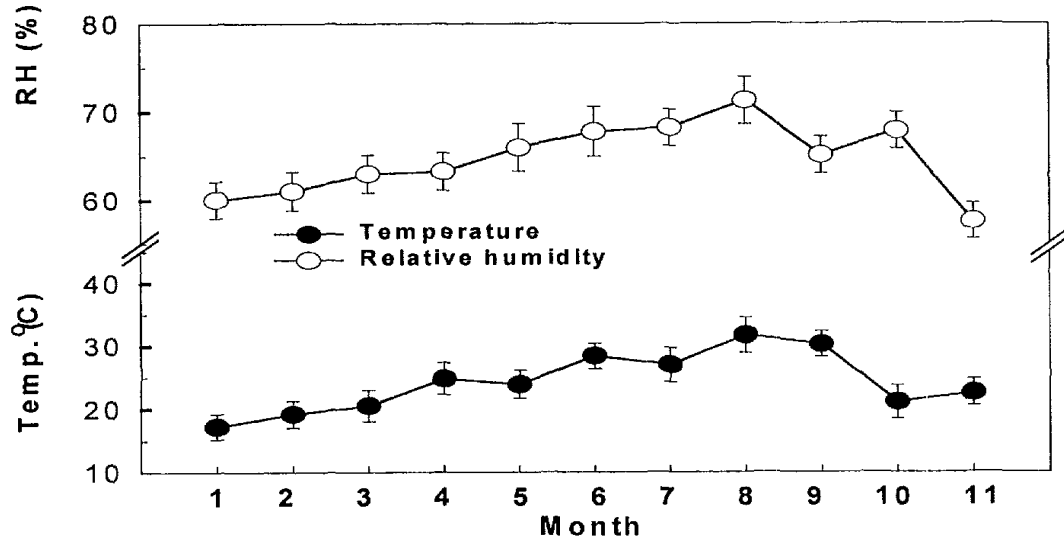


그림 2.5.2.1. 절화 산시루 장미의 재배기간인 1999년 1월 23일부터 11월 24일까지의 온실내 평균기온과 상대습도.

배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 실험 초기와 후기에 처리별 배지의 시료 30mL씩을 3차 증류수 150mL와 1:5(시료:증류수)의 부피비율로 혼합하여 24시간 동안 $100\text{rpm} \cdot \text{min}^{-1}$ 으로 교반하였다. 혼합용액을 맑은 액체가 될 때까지 2-3회 반복하여 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 동시에 측정하였다. pH와 EC측정후 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex, USA)로 무기이온의 농도를 분석하였다. 생육조사는 정식일인 1999년 1월 23일부터 실험종료 일자인 1999년 11월 24일까지 초장, 가지수, 경경, 생체중, 엽록소농도, 처리당 등급별 채화량 그리고 종류별 배지의 물리성(공극율, 용기용수량, 기상율, 가비중, 진비중, 잔존 수분량)과 화학성(pH, EC, 무기이온 농도)을 조사하였다. 미니장미 산시루의 채화는 전체적으로 5회 실시하였는데 1차로 1999년 5월 18일과 2차로 1999년 6월 29일에 일제히 채화하고, 3차로 1999년 8월 2일부터 13일까지 4차로 1999년 9월 9일부터 1999년 9월 21일까지 5차로 1999년 10월 26일부터 11월 24일까지는 모두 개화하는 대로 채화하였다. 채화기준은 줄기 최대직경 4mm이상, 봉오리가 5개 이상 전개하는 개화 2단계, 그리고 초장 40cm이상의 가지만을 선별하여 채화하였다. 엽록소 농도는 각 실험구에서 식물체의 상부 5번째 마디의 건전잎을 채취하여 80%(v/v) 아세톤으로 추출하

고 분광광도계(Uvikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 이용하여 645 nm 와 663nm에서의 흡광도를 측정하고 앞에서 사용한 식에 의하여 산출하였다.



사진 2.5.3. 양액재배 폐암면 슬래브 입자를 함유한 혼합배지를 자루에 담고 장미묘를 정식한 후 관개시설을 한 모습

다. 결과 및 고찰

(1) pH와 EC의 변화(표 2.5.2.2와 2.5.2.3)

절화 재배용으로 토양이 함유된 배지의 pH는 6.2 - 6.8이 좋고, 천연토양이 함유되지 않은 무토양 배지는 pH가 5.4-6.0 이면 가장 안정된 수준이다(Peterson, 1982). 본 처리구에서 pH의 변화는 밤나무와 피트모스를 1:1의 비율로 조합한 처리구에서 pH 4.31로 가장 낮았으며, 폐암면과 훈탄을 각각 1:1의 비율로 조합한 처리구에서 pH 8.23으로 가장 높은 경향을 나타내었다. 암면이나 훈탄을 조합한 처리구의 pH가 대체적으로 높은 경향을 보였고 반대로 밤나무와 소나무의 혼합 처리구에서 낮은 경향을 나타냈다. 폐암면이 조합된 처리구에서 pH가 안정적이었다. 재배 말기에 조사한 pH는 대부분의 처리에서 5.0 - 6.0의 범위에서 안정적인 경향을 나타냈다. 초기 EC는 폐암면1:코이어2에서 $548 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 가장 높았으나 장애를 유발하는 수준은 아니었으며 시간이 경과할수록 염류가 집적되어 재배말기에 측정된 대부분 처리구의 EC값이 증가하였다.

(2) 초장, 가지수의 변화(표 2.5.2.4)

정식후 약 2개월이 지난 3월 29일 생육상황은 처리별로 다소 차이를 나타내었다.

밤나무1:소나무1, 소나무1:폐암면1, 폐암면1:피트모스1, 훈탄1:피트모스1, 코이어2: 피트모스1, 소나무1:피트모스2, 폐암면1:코이어2, 그리고 코이어1:피트모스2의 조합에서 평균초장이 컸다. 가지수는 소나무1:코이어1, 소나무1:훈탄1, 코이어2:피트모스1, 소나무1:피트모스2, 그리고 폐암면1:코이어2에서 가장 많은 수로 조사되었다.

(3) 수량(채화량)(표 2.5.2.5)

최종 채화결과에서 주당 평균채화수는 밤나무1:소나무1, 밤나무1:코이어1, 밤나무2:폐암면1, 소나무2:폐암면1, 소나무2:폐암면1, 소나무2:피트모스1, 밤나무1:폐암면2, 그리고 소나무1:폐암면2 처리구의 조합에서 가장 많았다. 이와 같은 결과로 폐암면의 조합이 들어가고 이 비율이 높아질수록 채화량이 늘어났다.

(4) 생육(표 2.5.2.6, 2.5.2.7, 2.5.2.8, 2.5.2.9, 2.5.2.10 및 2.5.2.11)

1차 채화시 소나무1:훈탄1, 밤나무2:폐암면1, 소나무2:폐암면1, 그리고 폐암면1:코이어2로 조합한 처리구에서 초장, 가지수, 경경, 생체중이 높았다(표 2.5.2.6).

2차 채화시 폐암면2:코이어1, 밤나무1:폐암면2, 소나무1:폐암면2, 그리고 폐암면1:코이어2로 조합한 처리구에서 초장, 가지수, 경경, 생체중이 높았다(표 2.5.2.7).

3차 채화시 밤나무2:폐암면1, 밤나무1:폐암면2, 그리고 폐암면1:코이어2 조합한 처리구에서 초장, 가지수, 경경, 생체중이 높았다(표 2.5.2.8).

4차 채화시 밤나무1:피트모스1, 밤나무2:폐암면1, 밤나무2:피트모스1, 소나무2:폐암면1, 소나무1:폐암면2 그리고 폐암면1:피트모스2의 처리구에서 초장, 가지수, 경경 및 생체중이 높았으며 개화소요일수는 소나무2:피트모스1, 폐암면2:코이어1 그리고 폐암면1:코이어2의 처리에서 유의성 있게 단축되었다(표 2.5.2.9)

5차 채화에 들어가면서 초장과 경경 및 생체중의 증가가 전체적으로 두드러지게 향상되었는데 특히 밤나무1:소나무1, 폐암면2:피트모스1, 밤나무1:폐암면2 그리고 소나무1:폐암면2의 처리구에서 초장이 각각 80.2, 81.3, 80.8 그리고 81.8cm로 길었으며, 밤나무1:소나무1, 밤나무1:폐암면1, 밤나무1:훈탄1, 밤나무2:피트모스1, 폐암면2:피트모스1, 밤나무1:폐암면2의 처리구에서 생체중이 각각 44.68, 45.65, 50.68, 49.70, 45.35, 그리고 49.66g으로 높은 유의성을 나타냈다. 개화소요일수는 41일 - 57일째 사이에 모두 개화하였다(표 2.5.2.10).

1차, 2차, 3차, 4차 그리고 5차까지의 최종채화에서 각 처리당 절화의 평균초장은 소나무1:폐암면1, 밤나무2:폐암면1, 밤나무2:피트모스1, 소나무2:폐암면1, 밤나무1:

폐암면2, 소나무1:폐암면2, 폐암면1:코이어2의 처리구에서 가장 컸으며 줄기수, 경경, 생체중 또한 대체적으로 위의 처리구와 유사한 경향을 나타냈으며 폐암면이 처리에 들어가고 비율이 많아질수록 생육이 우수한 경향을 나타냈다(표 2.5.2.11).

(5) 무기이온의 농도(표 2.5.2.12)

절화 미니장미 '산시루'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 무기이온 농도는 코이어가 들어간 처리구에서, 그리고 코이어의 조합비율이 높아질수록 높은 함량으로 검출되었다. 특히 폐암면1:코이어2의 처리구에서 Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 이온농도가 타처리구에 비해 가장 높은 수치로 검출되었다. 밤나무2:폐암면1의 처리구에서는 NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} 의 이온농도가 재배후기에서 타 처리구에 비해서 높은 수치로 검출되었으며, 이로 인해 EC 또한 높게 나타났다. 폐암면2:코이어1의 처리구에서는 Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 가 높게 검출되었다.

위의 결과로 미루어 볼 때 기존에 사용하던 배지들 중 현저하게 작물의 생육을 촉진시키는 것은 찾아볼 수 없었으며 배지의 효율성을 높이면서 환경보전과 경제성을 극대화 할 수 있는 배지의 재활용 및 주위에서 쉽고 저렴하게 얻을 수 있는 배지로서 목재입자 및 폐암면의 양액재배로의 이용은 가능하며 성공적이라 사료된다.

표 2.5.2.2. 절화 산시루 장미를 306일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 pH.

No.	Composition (v/v)	pH Before (A)	pH After (B)	No.	Composition (v/v)	pH Before	pH After
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	4.75	5.08	23	CWP 2 : RR 1	6.16	5.91
2	CWP 1 : RR ^x 1	7.29	5.53	24	CWP 2 : Coir 1	5.11	4.30
3	CWP 1 : Coir 1	4.95	4.36	25	CWP 2 : PM 1	4.57	4.33
4	CWP 1 : CRH ^w 1	5.60	4.28	26	PWP 2 : RR 1	6.37	5.50
5	CWP 1 : RH ^v 1	4.71	4.63	27	PWP 2 : Coir 1	5.11	5.32
6	CWP 1 : PM ^u 1	3.96	4.45	28	PWP 2 : PM 1	4.30	4.25
7	PWP 1 : RR 1	6.33	5.91	29	RR 2 : Coir 1	6.01	5.25
8	PWP 1 : Coir 1	4.86	4.17	30	RR 2 : PM 1	6.01	5.61
9	PWP 1 : CRH 1	6.08	4.17	31	Coir 2 : PM 1	5.09	4.05
10	PWP 1 : RH 1	5.75	4.90	32	CWP 1 : PWP 2	5.03	5.34
11	PWP 1 : PM 1	4.66	4.79	33	CWP 1 : RR 2	6.47	6.21
12	RR 1 : Coir 1	5.39	5.26	34	CWP 1 : Coir 2	5.95	4.63
13	RR 1 : RH 1	6.62	6.06	35	CWP 1 : PM 2	4.02	4.27
14	RR 1 : RH 1	6.55	5.35	36	PWP 1 : RR 2	6.36	5.73
15	RR 1 : PM 1	5.85	5.56	37	PWP 1 : Coir 2	5.94	4.34
16	Coir 1 : CRH 1	6.07	4.05	38	PWP 1 : PM 2	4.18	4.65
17	Coir 1 : RH 1	6.31	4.91	39	RR 1 : Coir 2	6.24	5.34
18	Coir 1 : PM 1	5.18	3.99	40	RR 1 : PM 2	5.94	4.92
19	CRH 1 : RH 1	6.61	5.00	41	Coir 1 : PM 2	4.60	4.22
20	CRH 1 : PM 1	6.67	4.34	42	CRH 2 : RH 1	7.19	4.65
21	RH 1 : PM 1	5.10	4.97	43	CRH 1 : RH 2	6.88	4.73
22	CWP 2 : PWP 1	4.89	4.97				
LSD _{0.05}						0.42	0.27
F-test						A	**
						B	**
						A*B	**

^zChestnut wood particles (CWP), ^yPine wood particles (PWP), ^xRecycled rockwool (RR), ^wCarbonized rice hull (CRH), ^vRice hull (RH), ^uPeatmoss (PM). Thirty mL of medium sample was diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05. *, **, & NS, Significant at 5%, 1%, & nonsignificant, respectively.

표 2.5.2.3. 절화 산시루 장미를 306일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 EC.

No.	Composition (v/v)	EC Before ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) (A)	EC After ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) (B)	No.	Composition (v/v)	EC Before ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	EC After ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	101.3	327.3	23	CWP 2 : RR 1	124.3	421.7
2	CWP 1 : RR ^x 1	161.0	201.0	24	CWP 2 : Coir 1	201.3	286.7
3	CWP 1 : Coir 1	321.0	269.0	25	CWP 2 : PM 1	114.7	225.3
4	CWP 1 : CRH ^w 1	206.7	282.3	26	PWP 2 : RR 1	65.3	157.7
5	CWP 1 : RH ^v 1	109.7	207.0	27	PWP 2 : Coir 1	233.0	96.0
6	CWP 1 : PM ^u 1	137.0	378.0	28	PWP 2 : PM 1	89.5	267.3
7	PWP 1 : RR 1	40.5	168.3	29	RR 2 : Coir 1	300.0	251.7
8	PWP 1 : Coir 1	355.3	248.7	30	RR 2 : PM 1	89.9	181.7
9	PWP 1 : CRH 1	152.7	253.0	31	Coir 2 : PM 1	373.0	181.3
10	PWP 1 : RH 1	101.8	319.7	32	CWP 1 : PWP 2	169.7	193.3
11	PWP 1 : PM 1	54.9	120.0	33	CWP 1 : RR 2	72.9	217.0
12	RR 1 : Coir 1	316.0	154.3	34	CWP 1 : Coir 2	336.7	235.7
13	RR 1 : RH 1	99.1	379.7	35	CWP 1 : PM 2	102.0	330.3
14	RR 1 : RH 1	70.4	148.0	36	PWP 1 : RR 2	54.9	167.3
15	RR 1 : PM 1	69.2	243.0	37	PWP 1 : Coir 2	430.3	184.0
16	Coir 1 : CRH 1	414.0	149.3	38	PWP 1 : PM 2	66.7	177.0
17	Coir 1 : RH 1	314.3	101.5	39	RR 1 : Coir 2	548.0	509.3
18	Coir 1 : PM 1	329.7	196.0	40	RR 1 : PM 2	56.9	252.7
19	CRH 1 : RH 1	218.7	114.5	41	Coir 1 : PM 2	254.7	282.0
20	CRH 1 : PM 1	316.0	98.5	42	CRH 2 : RH 1	293.0	106.2
21	RH 1 : PM 1	105.4	275.7	43	CRH 1 : RH 2	190.0	171.3
22	CWP 2 : PWP 1	100.2	317.0				
LSD _{0.05}						38.9	28.2
F-test		A				**	
		B				**	
		A*B				**	

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.4. 절화 산시루 장미를 66일간 재배한 후의 초장과 가지수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	54.3	47	23	CWP 2 : RR 1	42.7	47
2	CWP 1 : RR ^x 1	50.7	47	24	CWP 2 : Coir 1	51.3	50
3	CWP 1 : Coir 1	45.3	36	25	CWP 2 : PM 1	44.8	33
4	CWP 1 : CRH ^w 1	46.8	34	26	PWP 2 : RR 1	41.2	51
5	CWP 1 : RH ^v 1	44.7	48	27	PWP 2 : Coir 1	48.8	42
6	CWP 1 : PM ^u 1	44.7	40	28	PWP 2 : PM 1	50.7	50
7	PWP 1 : RR 1	52.3	47	29	RR 2 : Coir 1	45.3	44
8	PWP 1 : Coir 1	50.3	57	30	RR 2 : PM 1	45.0	43
9	PWP 1 : CRH 1	51.0	59	31	Coir 2 : PM 1	48.0	57
10	PWP 1 : RH 1	44.5	48	32	CWP 1 : PWP 2	44.8	45
11	PWP 1 : PM 1	46.2	31	33	CWP 1 : RR 2	46.7	46
12	RR 1 : Coir 1	47.0	51	34	CWP 1 : Coir 2	44.7	56
13	RR 1 : RH 1	45.7	48	35	CWP 1 : PM 2	48.7	39
14	RR 1 : RH 1	46.3	48	36	PWP 1 : RR 2	51.0	45
15	RR 1 : PM 1	53.7	42	37	PWP 1 : Coir 2	52.3	53
16	Coir 1 : CRH 1	36.7	37	38	PWP 1 : PM 2	50.7	59
17	Coir 1 : RH 1	48.8	52	39	RR 1 : Coir 2	47.3	59
18	Coir 1 : PM 1	49.7	55	40	RR 1 : PM 2	50.7	44
19	CRH 1 : RH 1	45.8	46	41	Coir 1 : PM 2	57.2	53
20	CRH 1 : PM 1	55.7	45	42	CRH 2 : RH 1	47.8	42
21	RH 1 : PM 1	49.2	46	43	CRH 1 : RH 2	49.0	42
22	CWP 2 : PWP 1	50.8	37		LSD _{0.05}	8.2	17
					F-test	**	**

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.5. 절화 산시루 장미를 306일간 재배하면서 수확한 절화의 수량.

No.	Composition (v/v)	Yield by grade (cm)				Total
		≥70	69-60	59-50	49-40	
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	14	17	39	20	90
2	CWP 1 : RR ^x 1	15	19	32	14	80
3	CWP 1 : Coir 1	16	29	60	15	120
4	CWP 1 : CRH ^w 1	12	8	31	19	70
5	CWP 1 : RH ^v 1	7	7	19	24	57
6	CWP 1 : PM ^u 1	10	18	24	17	69
7	PWP 1 : RR 1	17	24	33	11	85
8	PWP 1 : Coir 1	10	6	32	17	65
9	PWP 1 : CRH 1	9	20	27	12	68
10	PWP 1 : RH 1	10	12	26	17	65
11	PWP 1 : PM 1	6	8	37	7	58
12	RR 1 : Coir 1	14	8	32	14	68
13	RR 1 : RH 1	19	8	20	22	69
14	RR 1 : RH 1	17	18	28	6	69
15	RR 1 : PM 1	11	20	37	12	80
16	Coir 1 : CRH 1	8	9	30	14	61
17	Coir 1 : RH 1	13	5	29	13	60
18	Coir 1 : PM 1	3	18	32	20	73
19	CRH 1 : RH 1	2	7	22	20	51
20	CRH 1 : PM 1	6	8	22	18	54
21	RH 1 : PM 1	9	5	29	29	72
22	CWP 2 : PWP 1	13	11	26	28	78
23	CWP 2 : RR 1	19	32	27	24	102
24	CWP 2 : Coir 1	11	20	27	33	91
25	CWP 2 : PM 1	13	18	32	21	84
26	PWP 2 : RR 1	21	23	39	27	110
27	PWP 2 : Coir 1	14	13	37	23	87
28	PWP 2 : PM 1	10	17	40	34	101
29	RR 2 : Coir 1	7	23	29	32	91
30	RR 2 : PM 1	19	11	26	23	79
31	Coir 2 : PM 1	4	3	18	15	40
32	CWP 1 : PWP 2	6	11	32	25	74
33	CWP 1 : RR 2	16	36	36	25	113
34	CWP 1 : Coir 2	11	17	25	24	77
35	CWP 1 : PM 2	9	8	34	26	77
36	PWP 1 : RR 2	22	27	23	28	100
37	PWP 1 : Coir 2	13	4	30	27	74
38	PWP 1 : PM 2	9	18	35	19	81
39	RR 1 : Coir 2	5	40	14	25	84
40	RR 1 : PM 2	11	21	37	24	93
41	Coir 1 : PM 2	10	14	29	30	83
42	CRH 2 : RH 1	8	4	18	16	46
43	CRH 1 : RH 2	2	13	29	23	67
LSD _{0.05}		2.6	3.2	3.4	4.6	5.4
F-test		*	***	**	*	***

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.6. 절화 산시루 장미를 116일간 재배후 첫수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 엽록소농도.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem diameter (cm)	Fresh wt. (g)	Chlorophyll ($\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}\text{fw}$)
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	50.1	6	0.63	32.59	2.26
2	CWP 1 : RR ^x 1	49.8	6	0.56	25.97	5.07
3	CWP 1 : Coir 1	50.6	6	0.59	37.95	2.69
4	CWP 1 : CRH ^w 1	52.1	7	0.62	32.29	6.75
5	CWP 1 : RH ^v 1	46.6	6	0.60	22.69	5.79
6	CWP 1 : PM ^u 1	44.9	5	0.58	22.82	2.58
7	PWP 1 : RR 1	55.5	6	0.67	36.72	2.43
8	PWP 1 : Coir 1	58.6	7	0.67	35.71	6.56
9	PWP 1 : CRH 1	60.3	7	0.64	39.24	6.29
10	PWP 1 : RH 1	52.4	5	0.60	26.95	6.45
11	PWP 1 : PM 1	54.1	7	0.64	45.20	2.50
12	RR 1 : Coir 1	52.3	6	0.62	32.70	6.99
13	RR 1 : RH 1	50.8	7	0.66	42.67	2.52
14	RR 1 : RH 1	52.3	6	0.56	27.21	6.40
15	RR 1 : PM 1	53.5	5	0.58	25.99	5.85
16	Coir 1 : CRH 1	55.7	7	0.64	36.92	2.45
17	Coir 1 : RH 1	53.9	6	0.66	35.63	2.25
18	Coir 1 : PM 1	53.4	5	0.60	26.94	5.39
19	CRH 1 : RH 1	50.4	5	0.57	28.26	6.24
20	CRH 1 : PM 1	56.1	7	0.63	35.75	4.80
21	RH 1 : PM 1	50.6	6	0.56	30.82	5.52
22	CWP 2 : PWP 1	48.6	6	0.61	31.63	2.70
23	CWP 2 : RR 1	60.4	7	0.63	37.60	3.40
24	CWP 2 : Coir 1	47.7	6	0.62	27.23	7.38
25	CWP 2 : PM 1	56.3	6	0.63	33.24	2.57
26	PWP 2 : RR 1	60.9	7	0.64	48.53	7.19
27	PWP 2 : Coir 1	54.5	7	0.65	34.48	6.76
28	PWP 2 : PM 1	54.8	6	0.64	33.82	6.63
29	RR 2 : Coir 1	49.6	6	0.60	31.24	4.23
30	RR 2 : PM 1	52.8	6	0.62	31.50	2.63
31	Coir 2 : PM 1	51.8	6	0.63	25.25	3.01
32	CWP 1 : PWP 2	53.7	6	0.62	35.93	6.00
33	CWP 1 : RR 2	58.1	7	0.59	33.96	5.93
34	CWP 1 : Coir 2	55.0	6	0.64	35.08	3.03
35	CWP 1 : PM 2	34.1	4	0.44	20.87	2.46
36	PWP 1 : RR 2	49.3	6	0.57	24.84	2.92
37	PWP 1 : Coir 2	28.3	5	0.34	12.77	2.35
38	PWP 1 : PM 2	56.1	6	0.63	30.77	4.93
39	RR 1 : Coir 2	61.6	8	0.67	44.63	6.45
40	RR 1 : PM 2	57.0	7	0.67	38.25	2.47
41	Coir 1 : PM 2	57.0	5	0.58	24.84	2.39
42	CRH 2 : RH 1	45.7	6	0.60	39.05	6.71
43	CRH 1 : RH 2	54.8	6	0.58	28.38	5.89
LSD _{0.05}		2.0	0.3	0.02	2.61	0.78
F-test		**	*	*	**	**

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.7. 절화 산시루 장미를 156일간 재배후 2차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 생체중.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branch	Stem diameter (cm)	Fresh Wt.(g)
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	54.8	6	0.55	26.81
2	CWP 1 : RR ^x 1	56.9	5	0.52	26.02
3	CWP 1 : Coir 1	56.0	6	0.53	24.56
4	CWP 1 : CRH ^w 1	50.0	5	0.51	23.69
5	CWP 1 : RH ^v 1	47.0	5	0.50	20.10
6	CWP 1 : PM ^u 1	56.2	6	0.55	26.32
7	PWP 1 : RR 1	57.7	6	0.52	24.71
8	PWP 1 : Coir 1	51.1	6	0.54	22.85
9	PWP 1 : CRH 1	57.9	6	0.51	24.73
10	PWP 1 : RH 1	56.5	6	0.54	26.57
11	PWP 1 : PM 1	53.7	5	0.53	25.31
12	RR 1 : Coir 1	55.9	6	0.54	27.48
13	RR 1 : RH 1	49.6	6	0.55	25.09
14	RR 1 : RH 1	58.7	6	0.54	30.60
15	RR 1 : PM 1	51.6	5	0.50	21.19
16	Coir 1 : CRH 1	50.0	5	0.49	20.27
17	Coir 1 : RH 1	52.4	6	0.52	21.13
18	Coir 1 : PM 1	52.5	5	0.53	23.31
19	CRH 1 : RH 1	48.4	5	0.47	18.60
20	CRH 1 : PM 1	54.0	6	0.57	28.52
21	RH 1 : PM 1	51.5	5	0.55	24.05
22	CWP 2 : PWP 1	51.6	5	0.52	23.45
23	CWP 2 : RR 1	59.9	6	0.52	28.21
24	CWP 2 : Coir 1	57.2	6	0.52	24.70
25	CWP 2 : PM 1	59.4	6	0.50	26.17
26	PWP 2 : RR 1	58.8	6	0.56	31.09
27	PWP 2 : Coir 1	56.6	6	0.54	25.75
28	PWP 2 : PM 1	55.4	5	0.52	24.92
29	RR 2 : Coir 1	63.3	6	0.56	30.81
30	RR 2 : PM 1	52.9	4	0.50	22.80
31	Coir 2 : PM 1	45.0	6	0.50	22.06
32	CWP 1 : PWP 2	58.7	6	0.55	31.93
33	CWP 1 : RR 2	60.3	6	0.53	26.77
34	CWP 1 : Coir 2	52.9	5	0.52	22.49
35	CWP 1 : PM 2	50.5	6	0.54	24.56
36	PWP 1 : RR 2	61.6	6	0.54	25.54
37	PWP 1 : Coir 2	55.1	6	0.56	28.28
38	PWP 1 : PM 2	52.8	6	0.52	21.39
39	RR 1 : Coir 2	65.4	6	0.54	30.25
40	RR 1 : PM 2	58.3	5	0.54	25.19
41	Coir 1 : PM 2	51.2	5	0.52	21.13
42	CRH 2 : RH 1	50.4	5	0.53	25.97
43	CRH 1 : RH 2	51.2	5	0.50	21.93
LSD _{0.05}		1.4	0.1	0.01	1.95
F-test		*	ns	ns	**

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.8. 절화 산시루 장미의 191일과 202일 사이에 3차 수확한 절화의 초장, 가지 수, 경경 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branch	Stem diameter (cm)	Fresh Wt.(g)	Days to flower
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	54.2	6	0.53	15.72	42
2	CWP 1 : RR ^x 1	56.0	7	0.54	16.84	41
3	CWP 1 : Coir 1	56.0	7	0.53	15.17	40
4	CWP 1 : CRH ^w 1	51.6	6	0.48	12.16	44
5	CWP 1 : RH ^v 1	48.2	6	0.49	13.84	41
6	CWP 1 : PM ^u 1	54.3	6	0.56	17.05	39
7	PWP 1 : RR 1	55.6	8	0.55	15.56	44
8	PWP 1 : Coir 1	52.2	6	0.54	13.59	37
9	PWP 1 : CRH 1	52.1	7	0.53	12.25	38
10	PWP 1 : RH 1	50.0	6	0.49	11.96	43
11	PWP 1 : PM 1	54.2	7	0.54	12.51	35
12	RR 1 : Coir 1	53.6	8	0.51	12.19	44
13	RR 1 : RH 1	55.9	7	0.59	17.77	38
14	RR 1 : RH 1	54.0	9	0.55	14.80	46
15	RR 1 : PM 1	57.1	8	0.56	17.82	45
16	Coir 1 : CRH 1	51.9	6	0.50	13.40	38
17	Coir 1 : RH 1	53.4	6	0.51	14.86	44
18	Coir 1 : PM 1	54.6	5	0.52	15.12	37
19	CRH 1 : RH 1	50.6	6	0.48	9.01	37
20	CRH 1 : PM 1	50.9	5	0.54	14.58	36
21	RH 1 : PM 1	51.9	6	0.52	10.21	35
22	CWP 2 : PWP 1	55.9	7	0.54	17.27	42
23	CWP 2 : RR 1 ^w	61.0	7	0.54	18.79	45
24	CWP 2 : Coir 1	55.4	6	0.50	14.61	40
25	CWP 2 : PM 1	54.9	6	0.48	14.15	35
26	PWP 2 : RR 1	53.4	7	0.54	12.31	44
27	PWP 2 : Coir 1	53.8	6	0.53	13.72	38
28	PWP 2 : PM 1	56.0	6	0.56	17.37	36
29	RR 2 : Coir 1	58.2	6	0.53	15.85	35
30	RR 2 : PM 1	56.3	7	0.57	16.59	38
31	Coir 2 : PM 1	48.5	5	0.47	13.74	35
32	CWP 1 : PWP 2	52.2	6	0.53	12.41	37
33	CWP 1 : RR 2	85.7	6	0.53	18.86	41
34	CWP 1 : Coir 2	51.3	7	0.55	13.33	39
35	CWP 1 : PM 2	49.5	6	0.52	12.17	37
36	PWP 1 : RR 2	59.0	7	0.56	17.89	44
37	PWP 1 : Coir 2	50.0	5	0.47	10.15	35
38	PWP 1 : PM 2	54.7	6	0.54	15.48	36
39	RR 1 : Coir 2	64.3	6	0.53	30.95	39
40	RR 1 : PM 2	54.9	6	0.53	15.73	45
41	Coir 1 : PM 2	55.1	7	0.56	15.60	35
42	CRH 2 : RH 1	54.9	8	0.56	16.35	45
43	CRH 1 : RH 2	51.1	6	0.53	12.77	39
LSD _{0.05}		1.8	0.3	0.01	1.06	1
F-test		**	*	ns	**	*

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.9. 절화 산시루 장미를 재배하면서 229일과 241일 사이에 4차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branch	Stem diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	53.4	6	0.49	16.48	39
2	CWP 1 : RR ^x 1	54.8	5	0.50	18.10	36
3	CWP 1 : Coir 1	56.6	6	0.50	16.19	34
4	CWP 1 : CRH ^w 1	49.3	5	0.47	13.65	36
5	CWP 1 : RH ^v 1	48.4	5	0.46	13.08	36
6	CWP 1 : PM ^u 1	61.5	7	0.56	23.43	35
7	PWP 1 : RR 1	55.0	6	0.50	16.71	36
8	PWP 1 : Coir 1	49.8	5	0.45	13.34	36
9	PWP 1 : CRH 1	49.5	6	0.46	16.09	33
10	PWP 1 : RH 1	49.3	6	0.45	13.63	40
11	PWP 1 : PM 1	50.1	6	0.51	18.34	35
12	RR 1 : Coir 1	48.1	5	0.46	13.42	38
13	RR 1 : RH 1	47.5	6	0.44	13.41	40
14	RR 1 : RH 1	54.5	6	0.48	18.80	39
15	RR 1 : PM 1	52.5	6	0.51	13.19	39
16	Coir 1 : CRH 1	54.7	6	0.51	19.46	31
17	Coir 1 : RH 1	53.8	6	0.51	18.84	35
18	Coir 1 : PM 1	53.1	5	0.49	16.33	33
19	CRH 1 : RH 1	48.0	5	0.43	13.96	32
20	CRH 1 : PM 1	49.2	4	0.50	15.40	32
21	RH 1 : PM 1	45.5	6	0.48	13.85	33
22	CWP 2 : PWP 1	55.0	6	0.49	16.68	39
23	CWP 2 : RR 1	57.5	8	0.50	18.28	38
24	CWP 2 : Coir 1	55.5	6	0.52	18.42	37
25	CWP 2 : PM 1	58.0	6	0.49	20.41	30
26	PWP 2 : RR 1	56.5	6	0.54	21.30	37
27	PWP 2 : Coir 1	55.3	5	0.51	23.99	37
28	PWP 2 : PM 1	50.0	4	0.45	15.87	29
29	RR 2 : Coir 1	52.4	4	0.45	13.16	29
30	RR 2 : PM 1	53.3	6	0.52	21.97	34
31	Coir 2 : PM 1	49.6	5	0.48	14.53	37
32	CWP 1 : PWP 2	51.8	6	0.52	20.27	32
33	CWP 1 : RR 2	55.9	6	0.51	18.12	37
34	CWP 1 : Coir 2	53.0	6	0.51	15.91	35
35	CWP 1 : PM 2	52.4	6	0.51	18.79	36
36	PWP 1 : RR 2	59.4	7	0.55	20.87	37
37	PWP 1 : Coir 2	54.3	6	0.48	19.98	32
38	PWP 1 : PM 2	53.0	5	0.48	16.11	31
39	RR 1 : Coir 2	53.5	5	0.48	19.97	28
40	RR 1 : PM 2	57.0	6	0.50	17.26	38
41	Coir 1 : PM 2	55.8	7	0.54	22.88	34
42	CRH 2 : RH 1	47.4	5	0.46	12.24	39
43	CRH 1 : RH 2	50.8	5	0.47	13.69	38
LSD _{0.05}		6.84	2	0.07	6.77	5
F-test		**	*	*	**	***

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.10. 절화 산시루 장미를 재배하면서 276일과 306일 사이에 5차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem diameter (cm)	Fresh wt. (g)	Days to flower
1	CWP ² 1 : PWP ^y 1	80.2	6	0.60	44.68	53
2	CWP 1 : RR ^x 1	76.1	6	0.63	45.65	50
3	CWP 1 : Coir 1	71.4	6	0.58	38.35	45
4	CWP 1 : CRH ^w 1	78.0	8	0.64	50.68	52
5	CWP 1 : RH ^v 1	66.3	6	0.54	28.64	50
6	CWP 1 : PM ^u 1	68.8	5	0.53	29.76	45
7	PWP 1 : RR 1	77.7	6	0.59	39.06	51
8	PWP 1 : Coir 1	74.3	6	0.61	36.64	51
9	PWP 1 : CRH 1	72.9	6	0.56	34.41	52
10	PWP 1 : RH 1	70.7	6	0.54	29.40	55
11	PWP 1 : PM 1	74.4	6	0.56	34.19	53
12	RR 1 : Coir 1	69.6	5	0.54	29.18	51
13	RR 1 : RH 1	76.3	6	0.58	38.66	52
14	RR 1 : RH 1	76.9	6	0.58	40.19	56
15	RR 1 : PM 1	71.1	5	0.59	33.24	49
16	Coir 1 : CRH 1	70.8	5	0.55	30.42	46
17	Coir 1 : RH 1	74.9	6	0.56	36.80	52
18	Coir 1 : PM 1	70.8	6	0.63	36.07	47
19	CRH 1 : RH 1	60.2	5	0.50	25.32	41
20	CRH 1 : PM 1	68.1	6	0.56	32.81	47
21	RH 1 : PM 1	66.5	5	0.54	25.49	46
22	CWP 2 : PWP 1	78.4	6	0.57	34.51	57
23	CWP 2 : RR 1	78.5	6	0.56	37.82	53
24	CWP 2 : Coir 1	77.3	6	0.62	45.44	52
25	CWP 2 : PM 1	78.8	6	0.65	49.70	48
26	PWP 2 : RR 1	74.7	6	0.60	32.83	49
27	PWP 2 : Coir 1	71.5	6	0.54	28.21	53
28	PWP 2 : PM 1	67.6	5	0.56	29.90	41
29	RR 2 : Coir 1	69.7	6	0.55	37.46	43
30	RR 2 : PM 1	81.3	6	0.60	45.35	48
31	Coir 2 : PM 1	76.8	7	0.65	43.48	53
32	CWP 1 : PWP 2	62.1	5	0.48	24.43	50
33	CWP 1 : RR 2	80.8	7	0.60	49.66	55
34	CWP 1 : Coir 2	72.5	5	0.55	28.54	51
35	CWP 1 : PM 2	70.0	5	0.59	29.68	44
36	PWP 1 : RR 2	81.8	6	0.58	38.67	52
37	PWP 1 : Coir 2	73.7	6	0.60	37.50	47
38	PWP 1 : PM 2	70.1	5	0.56	28.75	46
39	RR 1 : Coir 2	75.9	7	0.63	38.67	57
40	RR 1 : PM 2	71.2	6	0.59	39.85	56
41	Coir 1 : PM 2	75.5	5	0.62	39.38	50
42	CRH 2 : RH 1	72.9	6	0.54	36.08	52
43	CRH 1 : RH 2	66.3	6	0.53	28.79	49
LSD _{0.05}		9.3	2	0.09	15.81	8
F-test		***	**	*	*	***

²See Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.11. 절화 산시루 장미를 306일간 재배하면서 수확한 절화의 평균 초장, 가지 수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem diameter (cm)	Fresh wt. (g)	Days to flower
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	58.5	6	0.56	27.26	81
2	CWP 1 : RR ^x 1	58.7	6	0.55	26.52	80
3	CWP 1 : Coir 1	58.1	6	0.55	26.44	78
4	CWP 1 : CRH ^w 1	56.2	6	0.54	26.49	81
5	CWP 1 : RH ^v 1	51.3	6	0.52	19.67	80
6	CWP 1 : PM ^u 1	57.1	6	0.56	23.88	78
7	PWP 1 : RR 1	60.3	6	0.57	26.55	81
8	PWP 1 : Coir 1	57.2	6	0.56	24.43	79
9	PWP 1 : CRH 1	58.5	6	0.54	25.34	79
10	PWP 1 : RH 1	55.8	6	0.52	21.70	82
11	PWP 1 : PM 1	57.3	6	0.56	27.11	79
12	RR 1 : Coir 1	55.9	6	0.53	22.99	81
13	RR 1 : RH 1	56.0	6	0.56	27.52	80
14	RR 1 : RH 1	59.3	6	0.54	26.32	83
15	RR 1 : PM 1	57.2	6	0.55	22.29	81
16	Coir 1 : CRH 1	56.6	6	0.54	24.09	77
17	Coir 1 : RH 1	57.7	6	0.55	25.45	81
18	Coir 1 : PM 1	56.9	5	0.55	23.55	78
19	CRH 1 : RH 1	51.5	5	0.49	19.03	76
20	CRH 1 : PM 1	55.7	6	0.56	25.41	77
21	RH 1 : PM 1	53.2	6	0.53	20.88	77
22	CWP 2 : PWP 1	57.9	6	0.55	24.71	82
23	CWP 2 : RR 1	63.5	7	0.55	28.14	82
24	CWP 2 : Coir 1	58.6	6	0.56	26.08	80
25	CWP 2 : PM 1	61.5	6	0.55	28.73	77
26	PWP 2 : RR 1	60.9	6	0.58	29.21	80
27	PWP 2 : Coir 1	58.3	6	0.55	25.23	80
28	PWP 2 : PM 1	56.8	5	0.55	24.38	76
29	RR 2 : Coir 1	58.6	6	0.54	25.70	76
30	RR 2 : PM 1	59.3	6	0.56	27.64	78
31	Coir 2 : PM 1	54.3	6	0.55	23.81	79
32	CWP 1 : PWP 2	55.7	6	0.54	24.99	78
33	CWP 1 : RR 2	68.2	6	0.55	29.47	81
34	CWP 1 : Coir 2	56.9	6	0.55	23.07	79
35	CWP 1 : PM 2	51.3	5	0.52	21.21	78
36	PWP 1 : RR 2	62.2	6	0.56	25.56	81
37	PWP 1 : Coir 2	52.3	6	0.49	21.74	77
38	PWP 1 : PM 2	57.3	6	0.55	22.50	77
39	RR 1 : Coir 2	64.1	6	0.57	32.89	79
40	RR 1 : PM 2	59.7	6	0.57	27.26	82
41	Coir 1 : PM 2	58.9	6	0.56	24.77	78
42	CRH 2 : RH 1	54.3	6	0.54	25.94	82
43	CRH 1 : RH 2	54.8	6	0.52	21.11	80
LSD _{0.05}		5.3	1	0.05	5.91	3
F-test		**	**	**	**	**

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.12. 절화 산시루 장미를 306일간 재배한후의 각종 배지의 화학적 성분.

Medium no.	Composition (v/v)	Anion (ppm)								
		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		PO ₄ ³⁻		SO ₄ ²⁻		
		Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (A)	
1	CWP ^z 1 : PWP ^y 1	10.11	3.17	-	48.45	-	25.64	2.45	19.79	
2	PWP1 : R-RW ^x 1	3.25	2.26	2.40	49.77	2.47	19.80	2.24	15.61	
3	R-RW1 : Coir1	44.28	4.71	-	43.35	-	18.47	4.52	15.41	
4	R-RW1 : PM ^w 1	6.07	2.93	7.76	39.97	3.69	29.43	7.10	24.61	
5	CWP2 : R-RW1	7.07	6.43	-	109.80	-	141.56	2.54	45.48	
6	PWP2 : R-RW1	2.86	5.32	-	40.94	4.85	28.05	2.40	19.31	
7	R-RW2 : Coir1	55.65	3.02	-	60.33	22.14	48.78	22.67	29.56	
8	R-RW2 : PM1	40.31	2.53	5.94	41.08	3.71	28.12	9.36	20.87	
9	CWP1 : R-RW2	32.11	6.00	-	54.44	10.91	16.20	-	21.66	
10	PWP1 : R-RW2	3.28	4.03	-	43.37	2.05	24.26	2.38	21.72	
11	R-RW1 : Coir2	99.08	7.10	-	139.06	24.98	74.99	37.15	88.61	
12	R-RW1 : PM2	31.93	5.25	-	69.79	1.30	40.49	7.46	26.47	
LSD _{0.05}		18.53	1.04	-	19.85	6.94	22.57	7.43	12.95	
F-test	A	B	*	*	ns	**	**	**	*	**
	A*B		**		ns		**		**	

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

표 2.5.2.12. (계속).

Medium no.	Composition (v/v)	Cation (ppm)										
		Na ⁺		NH ₄ ⁺		K ⁺		Mg ²⁺		Ca ²⁺		
		Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	
1	CWP ^z 1:PWP ^y 1	11.24	1.65	-	4.61	16.15	32.45	-	3.84	-	14.32	
2	PWP1:R-RW ^x 1	4.06	1.54	14.73	3.26	6.68	27.36	-	4.43	-	12.20	
3	R-RW1:Coir1	13.82	1.17	-	0.73	103.68	26.82	-	4.30	-	10.26	
4	R-RW1:PM ^w 1	7.44	2.28	8.67	6.09	8.89	37.00	-	3.85	-	8.96	
5	CWP2:R-RW1	10.82	3.17	-	5.97	11.25	60.90	-	9.53	-	22.36	
6	PWP2:R-RW1	4.95	1.41	-	4.52	5.69	32.66	-	3.81	-	9.04	
7	R-RW2:Coir1	12.66	1.61	-	4.07	83.62	46.57	-	6.30	-	13.06	
8	R-RW2:PM1	8.60	1.64	-	6.03	31.17	30.28	-	4.76	-	9.51	
9	CWP1:R-RW2	8.48	1.86	-	2.67	27.15	34.48	-	5.13	-	10.82	
10	PWP1:R-RW2	5.91	1.28	-	7.67	6.39	32.96	-	4.17	-	7.92	
11	R-RW1:Coir2	21.31	3.50	-	21.28	154.25	96.56	5.06	9.62	4.36	20.79	
12	R-RW1:PM2	5.72	2.38	-	6.52	42.38	47.66	3.83	6.21	15.15	13.93	
	LSD _{0.05}	3.07	0.47	-	3.27	30.30	12.58	7.40	1.32	-	2.93	
F-test	A	B	**	**	ns	*	**	**	ns	**	ns	**
	A*B		**		ns		ns		*		**	

^zSee Table 2.5.2.2. for abbreviations.

3. 양액재배 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율이 절화 미니장미 마니쉬의 생육에 미치는 영향

가. 재료 및 방법

예비실험에서 선발된 우량배지(폐암면, 밤나무, 소나무)를 이용하여 실험을 수행하였다. 경남지역에서 채취한 15-30년생 밤나무와 소나무를 파쇄(파쇄기 성능 30마력, (주)승진정밀 분쇄기 63R 723)하였는데 직경 10mm의 원형구멍을 가진 체를 통과한 시료를 얻었다. 정상대 부속농장 온실부근의 자연광이 비치는 평지에 평탄하게 깔고 6개월 및 3개월간 후숙한 재료와 후숙처리를 하지 않은 재료(0개월)를 고압증기 소독(120℃ 20분간 2기압)한 폐암면 입자와 혼합하여 실험을 수행하였다. 폐암면의 준비는 경남일대의 토마토 유리온실에서 2년간 사용후 폐기 처리한 것을 1998년 12

월 24일 트럭으로 이송후 1999년 3월 22일 분쇄기((주)한국 UR암면)로 입자화시킨 후 소독하였다.

1999년 3월 25일 장미를 식재할 준비를 하였다. 경상대학교 종합실험관의 옥상에 건축된 유리온실 내 3개의 철제베드(길이 8m, 폭 1.25m, 높이 0.9m)위에 혼합배지를 만들어 길이 70cm, 폭15cm의 비닐자루에 10L의 혼합배지를 충전해 배열하였다. 배치는 1개의 철제 베드 위에 모든 처리구가 포함되도록 난피법을 실시하였으며, 처리당 12포기(3bag), 반복당 4포기(1bag)로 총 38처리 3반복으로 배치하였다.

배열후 배지자루를 통일성 있게 약 10cm길이의 x자 모양으로 장미가 식재될 위치를 칼로 찢고, 자루의 측면 하부에 길이 5cm의 배수구 4개씩을 만들었다. 배지를 수돗물로 충분히 관수하고 자루당 발근된 장미 4주씩을 1999년 3월 26일에 정식하여 2000년 4월 14일 실험을 종료하였다. 공시품종은 1999년 3월 11일 김해시 농가의 2년생 모주에서 채취한 삽수를 이용하여 생산한 '마니쉬'(Rosa hybrida L. 'Manish')로서 삼목 후 30일 경과된 생육상태가 균일한 우량 묘를 선발해 열 간격 55cm의 3열과 재식거리 16cm로 농가에서 관행으로 시행하는 방식에 맞추어 정식하였다..

정식전 장미 묘 10주를 표본 채취하여 측정된 평균초장은 9cm, 엽수 2매 그리고 가지수는 1.4개였다. 지상부 생체중은 1.33g이었고, 지상부 건물중은 0.33g이었다. 50공 트레이에 육묘 되었던 '마니쉬'의 큐브 크기는 가로, 세로 그리고 높이가 4cm의 정팔면체(일본 Nichias 27호 Cube) 암면 큐브에 삼목되어 있었다.

정식후 수질분석에 근거한 일본 아이찌현 원예시험장의 권장농도에 기준하여, 실험실내에서 수질분석한 데이터에 근거한 처방의 장미양액재배용 양액을 조제하여 점적호스와 점적관을 이용하여 매일 9:00, 10:00, 12:00, 13:00, 14:00, 16:00, 그리고 17:00시의 하루 7회, 1회 관수시간은 5분으로 조절하여 1일 식물체당 약 500mL씩 주입하였다. 양액조성은 표 2.5.3.1과 같다.

표 2.5.3.1. 마니쉬 장미의 재배에 사용된 양액조성(일본 아이찌현 장미처방).

Formula	g · 100L ⁻¹	Formula	g · 100L ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	72.0	Fe-EDTA	1.500
MgSO ₄ · 7H ₂ O	24.6	H ₃ BO ₃	0.140
KNO ₃	28.3	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.044
NH ₄ NO ₃	16.0	MnSO ₄ · 4H ₂ O	0.210
KH ₂ PO ₄	16.3	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	0.008
K ₂ SO ₄	4.4		

온도와 습도조사를 위해 디지털 온도계측기(Thermo Recorder TR-71S, T&D Corp., Japan)와 모발습도계(Thermo Hygrograph R-74, Sato Corp., Japan)를 베드상부와 측면에 각각 두어 경시적인 변화를 조사했다. 공기온도는 최저 10℃, 그리고 최고 40℃를 넘지 않도록 난방과 환기를 해주었다. 1999년 3월 26일부터 2000년 4월 14일까지의 온실내 일평균 온도는 22.3℃이었다. 단, 7월과 8월의 고온기에는 최고 40℃까지 온도가 상승하였다. 1999년 3월 26일부터 2000년 4월 14일까지의 월평균 온도와 습도는 그림 2.5.3.1과 같다.

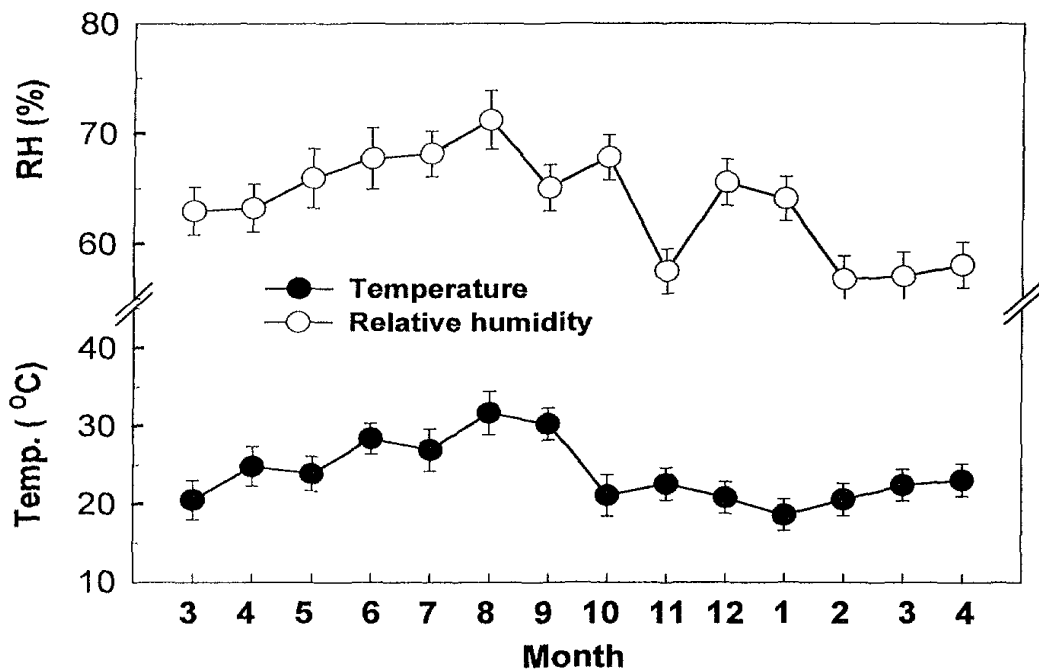


그림 2.5.3.1. 절화 마니쉬 장미의 재배기간인 1999년 3월 26일부터 2000년 4월 14일까지의 온실내 평균기온과 상대습도.

식재후 53일째 통로측 밑으로 경사지게 신초를 꺾어 휘어놓고 여기에서 광합성을 시켜 영양생장을 하고, 뿌리 윗부분에서 새로 자란 신초를 절화로 기부채화하기 위한 절곡을 실시하였다. 이후 지속적으로 4mm미만의 직경으로 자라난 줄기는 절곡을 가하여 상부로의 영양생장을 유도하였다. 최초 채화는 정식후 81일째인 6월 15일 실시하여 6월 23일 종료하였으며, 정식후 117일째, 1차 채화후 36일째인 1999년 7월

21일 - 1999년 7월 30일 사이에 2차 채화를 실시하였다. 지속적으로 3차 채화(1999년 8월 7일 - 1999년 8월 19일), 4차 채화(1999년 11월 9일 - 1999년 12월 27일) 그리고 5차 채화(2000년 2월 3일 - 2000년 4월 14일)를 끝으로 실험을 종료하였다. 단 실험 개시 10개월째인 2000년 1월 26일에는 우량배지 14처리만을 선별해 실험종료일 까지 생육상태를 조사하였다. 채화기준은 줄기 최대직경 4mm이상, 봉오리가 5개 이상 전개하는 개화 2단계, 그리고 초장 40cm이상의 절화지 만을 선별하여 채화하였다.

흰가루병 예방을 위하여 트리후민 10g과 더마니 10g을 20L의 물에 섞어 주 1회 살포하고 진딧물 예방을 위하여 체스 10g과 모스피란 10g을 20L에 섞어 위와 같은 방법으로 주 1회 살포하였다. 공급된 양액의 pH는 6.63, 그리고 EC는 $1.4\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 이었다. 배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 종류별 배지의 시료를 각각 1L씩 채취한 후 60°C 의 항온건조기에서 72시간 건조한 후, 시료 30mL을 3차 증류수 150mL와 1:5(시료:증류수)의 부피비율로 혼합하여 24시간 동안 $100\text{rpm} \cdot \text{m}^{-1}$ 으로 교반하였다. 혼합용액을 맑은 액체가 될 때까지 2-3회 반복하여 거름종이에 거른 후 pH와 EC를 동시에 측정하였다. pH와 EC측정후 현탁액을 이온 크로마토그래피(DX-500, Dionex, USA)로 무기이온의 농도를 분석하였다. 생육조사는 정식일인 1999년 3월 26일부터 실험종료 일자인 2000년 4월 14일까지 초장, 가지수, 경경, 생체중, 건물중, 처리당 등급별 채화량 그리고 배지의 물리성(총 공극율, 용기용수량, 기상율, 가비중, 진비중, 잔존 수분량)과 화학성(pH, EC, 무기이온 농도)을 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) pH와 EC의 변화(표 2.5.3.2와 2.5.3.3)

pH는 밤나무, 소나무 그리고 폐암면 조합순서로 증가하는 경향을 보였으며 폐암면의 조합비율이 많아질수록 pH가 안정적인 수준으로 측정되었다. 재배전의 pH에서 밤나무100% 3개월 후숙한 배지에서 3.79로 가장 낮은 pH값을 나타냈고, 대조구인 새암면 슬래브에서 7.20으로 가장 높은 pH값을 나타냈으나 재배후기로 갈수록 안정화되어 무토양 배지의 적정 pH인 5.0 - 6.0범위를 나타냈다(표 2.5.3.2).

EC의 변화는 후숙과정을 거치지 않은 소나무와 밤나무를 조합한 처리구에서 다소 높은 경향을 나타내었다. 재배전 EC값은 새암면 슬래브 100%처리구에서 $23 \mu\text{S} \cdot$

cm⁻¹로 가장 낮은 값을 나타냈는데 이는 무균상태의 화학적으로 비활성 배지인 암면 슬래브의 특성을 잘 나타내주고 있다. 폐암면1:밤나무2(0개월)처리에서 초기 EC값이 140 μS · cm⁻¹로 가장 높았으며 후기의 EC값은 폐암면1:소나무3(3개월)처리에서 449 μS · cm⁻¹로 가장 높았다. 모든 처리구에서 재배후기로 갈수록 염류 및 식물에 흡수되지 않은 무기이온 등이 집적되어 EC값이 상승하였다(표 2.5.3.3).

(2) 초장, 가지수, 줄기직경, 생체중, 건물중 및 개화소요일수(표 2.5.3.4, 2.5.3.5, 2.5.3.6, 2.5.3.7, 2.5.3.8 및 2.5.3.10)

1차 채화기인 정식후 81 - 89일째의 초장은 폐암면 100%, 폐암면1:소나무2(3개월), 폐암면2:소나무1(3개월), 폐암면2:소나무1(0개월), 폐암면1:밤나무2(6개월), 폐암면2:소나무1(6개월), 폐암면2:밤나무1(0개월), 폐암면1:소나무3(3개월), 폐암면3:소나무1(6개월), 폐암면3:소나무1(3개월), 폐암면3:소나무1(0개월), 폐암면3:밤나무1(3개월), 폐암면3:밤나무1(0개월)처리구에서 모두 평균 초장이 53.0cm이상이므로 타처리구에 비해 유의성을 나타냈으며, 가지수와 줄기 직경에서도 위와 비슷한 경향을 나타냈다. 생체중에서 폐암면1:소나무1(6개월), 폐암면2:밤나무1(6개월), 폐암면1:소나무3(3개월), 폐암면3:밤나무1(0개월)의 처리배지에서 44g이상으로 가장 컸으며 건물중 또한 위의 처리에서 가장 컸다. 개화소요일수는 초장과 생체중에 반비례하여 초장과 생체중이 큰 것은 개화소요일수가 길었고, 반대로 초장과 생체중이 작은 것은 짧은 경향으로 1일에서 3일정도의 차이를 보였다(표 2.5.3.4).

2차 채화기인 정식후 117일 - 126일째 초장은 밤나무 100%(6개월), 폐암면3:소나무1(6개월), 폐암면3:소나무1(0개월), 폐암면3:밤나무1(6개월)의 처리구에서 각각 57.0cm, 57.5cm, 57.2cm 그리고 56.6cm로 가장 컸으며 생체중은 소나무 100%(3개월), 폐암면1:소나무1(0개월), 폐암면3:소나무1(0개월)에서 각각 32.07g, 33.16g, 33.28g으로 가장 컸으며, 개화소요일수는 소나무 100%(6개월), 폐암면2:소나무1(3개월), 폐암면2:소나무1(0개월), 폐암면1:소나무3(3개월), 폐암면3:소나무1(6개월)에서 타처리구에 비해 2-3일정도 단축되었다(표 2.5.3.5).

3차 개화기인 정식후 195일 - 207일째 초장은 폐암면1:소나무2(6개월), 폐암면2:소나무1(0개월), 폐암면1:밤나무2(6개월), 폐암면1:소나무3(0개월), 폐암면3:소나무1(6개월), 폐암면3:소나무1(0개월), 폐암면3:밤나무1(0개월)처리구에서 각각 40.0cm, 41.5cm, 50.1cm, 40.1cm, 40.5cm, 41.6cm, 40.3cm로 가장 크게 측정되었다. 줄기 직경 역시 위의 선별처리구와 유사한 경향으로 유의성 있게 측정되었

다. 생체중은 새암면 슬래브 100%와 폐암면3:밤나무1(0개월)에서 각각 20.48g과 21.09g으로 측정되었으며 개화소요일수는 폐암면 100%처리구에서 63일로 가장 단축된 경향을 보였다(표 2.5.3.6).

4차 채화기인 정식후 228 - 276일째 초장은 5회의 채화기 중에서 가장 고품질의 절화를 생산했다. 대부분이 60cm이상의 평균 초장을 나타냈고 최대 1m이상의 절화를 생산했으며 개화소요일수도 상당기간 단축되었다. 새암면 슬래브 100%와 폐암면 1:밤나무1(0개월), 폐암면2:소나무1(0개월), 그리고 폐암면1:소나무3(0개월)의 처리구에서 초장이 각각 75.2cm, 79.7cm, 75.4cm, 그리고 85.4cm를 나타냈으며 줄기직경 역시 이와 유사한 경향을 나타냈다. 생체중은 폐암면1:밤나무1(0개월)처리구에서 103.07g으로 가장 최대값을 나타냈으며 폐암면1:소나무3(0개월), 폐암면3:소나무1(0개월)처리구에서 각각 81.80g과 82.63g으로 유의성 있게 컸다. 개화소요일수는 4-5일정도 차이를 나타냈다(표 2.5.3.7).

5차 채화는 정식후 313일 - 378일째에 실시하였고 실험개시 10개월째인 2000년 1월 26일에 우량배지 14처리만을 선별하여 지속적인 장기재배를 하여 5차 채화를 하였다. 14처리 대부분에서 대체적으로 균일한 생육상태를 나타내었는데, 특히 폐암면1:소나무1(3개월), 폐암면1:소나무3(3개월), 폐암면3:소나무1(3개월)의 처리구에서 각각 78.3cm, 75.0cm, 75.0cm로 생육이 가장 우수했으며 줄기직경 역시 위의 3처리에서 가장 유의성 있게 컸다. 생체중은 새암면 슬래브 100%에서 101.53g, 그리고 폐암면1:소나무1(3개월)에서 102.07g으로 기타 12처리에서보다 유의성 있게 컸다(표 2.5.3.10).

1차에서 4차 처리까지의 평균 초장은 소나무 100%(6개월), 소나무100%(0개월), 밤나무 100%(0개월), 폐암면1:밤나무2(6개월), 그리고 폐암면2:밤나무1(3개월)처리구를 제외한 모든 처리구에서 50 - 56cm범위에서 높은 등급의 절화지를 생산했다. 생체중은 폐암면1:밤나무1(0개월)처리구와 폐암면3:소나무1(0개월)처리에서 45.55g 및 43.70g의 높은 유의차를 보였다(표 2.5.3.8).

(3) 등급별 수량(표 2.5.3.9와 2.5.3.11)

총 5개의 등급(40-50cm, 50-60cm, 60-70cm, 70cm이상)으로 구분하여 생산된 절화지의 길이와 수량을 측정했다. 70cm이상의 초장을 가진 절화지는 새암면 슬래브 100%, 소나무 100%(0개월), 밤나무 100%(3개월), 폐암면1:소나무1(0개월), 폐암면1:소나무2(0개월), 폐암면2:소나무1(6개월), 폐암면2:소나무1(3개월), 폐암면

2:밤나무1(0개월), 폐암면1:소나무3(0개월)처리구에서 11개 이상의 절화지를 생산했다. 총수량은 폐암면2:소나무1(3개월)의 처리구에서 122개의 절화지를 생산하여 최대값을 나타냈고, 새 암면 슬래브 100%, 폐암면1:소나무2(6개월), 폐암면2:소나무1(6개월), 폐암면1:밤나무2(3개월), 폐암면2:밤나무1(3개월), 폐암면3:소나무1(6개월), 폐암면1:밤나무3(3개월), 폐암면3:밤나무1(3개월)의 처리구에서 모두 100개 이상의 절화지를 생산했다(표 2.5.3.9).

5차 채화시 산출한 등급별 수량에서 폐암면1:소나무1(3개월) 처리구에서 고품질의 절화지를 생산하였으며 총수량 역시 가장 많았다(표 2.5.3.11).

(4) 무기이온의 농도(표 2.5.3.12)

절화 미니장미 '마니쉬'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 무기이온 농도는 폐암면과 대조구인 암면 슬래브 및 밤나무 조합을 포함한 대표적인 처리구 8처리를 선별하여 분석했다. 폐암면1:밤나무3의 처리구에서 NO_3^- 이온을 제외한 Cl^- , PO_4^{3-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 이온의 농도가 타처리구에 비해 가장 높은 함량을 나타냈으며 밤나무의 비율이 높아질수록 초기 무기이온의 함량이 높은 수치로 검출되었다. 이로 인해 EC수치 또한 높게 나타났다. 밤나무 100%의 처리구에서는 K^+ , Mg^{2+} 이온이 타처리구에 비해 가장 유의성 있게 높았으며 새 암면 슬래브는 무균상태이며 화학적으로 비활성 배지인 특성에 맞게 초기에 이온이 거의 검출되지 않았으며, 폐암면 또한 대조구 다음으로 낮은 수치로 검출되었다(표 2.5.3.12).

(5) 물리성(표 2.5.3.13)

절화 미니장미 '마니쉬'의 양액재배에 이용된 혼합배지에서 물리성을 측정하기 위해 대표적인 처리구 5가지를 선별하여 재배전과 재배후의 총 공극율, 용기용수량, 공극율, 가비중, 진비중, 그리고 잔존 수분함량을 측정하였다. 폐암면 100%와 밤나무 100%, 밤나무1:폐암면1, 밤나무1:폐암면2, 밤나무2:폐암면1의 5처리의 배지 중에서 특히 폐암면100%에서 재배전의 용기용수량(67.81%), 진비중($2.14\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), 그리고 잔존 수분함량(235.6mL)이 가장 유의성 있게 높았으며, 재배후기에서의 측정 역시 위와 같았다. 밤나무 100%에서 재배전 총공극율(87.51%), 공극율(38.58%)이 가장 높았으며 재배후기에서 공극율(24.17%)이 가장 높았다. 폐암면의 비율이 높아질수록 총 공극율이 낮아졌으며 용기용수량과 잔존 수분함량은 폐암면의 비율이 높아질수록 정비례하였다(표 2.5.3.13).

위와 같은 결과로 절화 미니장미 '마니쉬'의 양액재배를 위한 폐암면의 재활용은 성공적으로 검증되었으며, 배지로서 폐암면 단용으로 사용하는 것 보다 물리성과 화학성을 보완하며 국내에서 쉽고 저렴하게 얻을 수 있는 배지로서 목재 입자를 혼합해서 사용하는 것이 재배효과가 우수한 것으로 판단된다.

표 2.5.3.2. 절화 마니쉬 장미를 378일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 pH.

Composition (v/v)		pH before (A)	pH after (B)	Composition (v/v)		pH before	pH after
1	RWS ^z 100%	7.20	5.98	20	RR2:PWP 0 month 1	6.20	5.57
2	RR ^y 100%	7.13	5.94	21	RR1:CWP 6 month 2	6.18	6.52
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	4.85	5.51	22	RR1:CWP 3 month 2	5.90	6.69
4	PWP 100% 3 month	5.13	5.50	23	RR1:CWP 0 month 2	5.83	6.83
5	PWP 100% 0 month	4.74	5.77	24	RR2:CWP 6 month 1	6.19	6.21
6	CWP ^w 100% 6 month	4.33	5.16	25	RR2:CWP 3 month 1	6.17	6.43
7	CWP 100% 3 month	3.79	5.48	26	RR2:CWP 0 month 1	6.23	6.83
8	CWP 100% 0 month	4.03	5.00	27	RR1:PWP 6 month 3	5.99	6.94
9	RR1:PWP 6 month 1	5.89	6.22	28	RR1:PWP 3 month 3	5.94	7.13
10	RR1:PWP 3 month 1	6.11	6.42	29	RR1:PWP 0 month 3	5.62	6.99
11	RR1:PWP 0 month 1	5.94	6.36	30	RR3:PWP 6 month 1	6.01	6.22
12	RR1:CWP 6 month 1	6.22	6.23	31	RR3:PWP 3 month 1	6.66	6.86
13	RR1:CWP 3 month 1	6.25	6.68	32	RR3:PWP 0 month 1	6.37	6.13
14	RR1:CWP 0 month 1	5.76	6.68	33	RR1:CWP 6 month 3	6.14	6.69
15	RR1:PWP 6 month 2	6.12	6.67	34	RR1:CWP 3 month 3	5.84	7.23
16	RR1:PWP 3 month 2	6.11	7.06	35	RR1:CWP 0 month 3	6.07	6.50
17	RR1:PWP 0 month 2	5.95	6.93	36	RR3:CWP 6 month 1	6.20	6.13
18	RR2:PWP 6 month 1	6.12	6.18	37	RR3:CWP 3 month 1	6.25	6.74
19	RR2:PWP 3 month 1	6.37	6.26	38	RR3:CWP 0 month 1	6.13	6.30
LSD _{0.05}						0.36	0.28
		A				**	
F-test		B				**	
		A*B				**	

^zRockwool slab (RWS), ^yRecycled rockwool (RR), ^xPine wood particles (PWP), ^wChestnut wood particles (CWP), ^vDuration of weathering. Thirty mL media were diluted with water at 1:5 (V/V). Least significant difference at p=0.05. *, **: Significant at 5% and 1%, respectively, ns: nonsignificant.

표 2.5.3.3. 절화 마니쉬 장미를 378일간 재배한 전후의 여러 가지 배지의 EC.

Composition (v/v)		EC before ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)(A)	EC after ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)(B)	Composition (v/v)		EC before ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	EC after ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	RWS ^z 100%	23	66	20	RR2:PWP 0 month 1	91	135
2	RR ^y 100%	92	106	21	RR1:CWP 6 month 2	87	224
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	60	223	22	RR1:CWP 3 month 2	118	419
4	PWP 100% 3 month	65	216	23	RR1:CWP 0 month 2	140	265
5	PWP 100% 0 month	102	256	24	RR2:CWP 6 month 1	98	128
6	CWP ^w 100% 6 month	57	380	25	RR2:CWP 3 month 1	75	166
7	CWP 100% 3 month	164	267	26	RR2:CWP 0 month 1	115	208
8	CWP 100% 0 month	209	217	27	RR1:PWP 6 month 3	77	285
9	RR1:PWP 6 month 1	83	175	28	RR1:PWP 3 month 3	79	449
10	RR1:PWP 3 month 1	91	183	29	RR1:PWP 0 month 3	125	327
11	RR1:PWP 0 month 1	114	180	30	RR3:PWP 6 month 1	68	92
12	RR1:CWP 6 month 1	91	150	31	RR3:PWP 3 month 1	73	154
13	RR1:CWP 3 month 1	100	270	32	RR3:PWP 0 month 1	128	167
14	RR1:CWP 0 month 1	163	197	33	RR1:CWP 6 month 3	102	190
15	RR1:PWP 6 month 2	69	243	34	RR1:CWP 3 month 3	91	214
16	RR1:PWP 3 month 2	76	359	35	RR1:CWP 0 month 3	149	300
17	RR1:PWP 0 month 2	129	199	36	RR3:CWP 6 month 1	110	178
18	RR2:PWP 6 month 1	88	109	37	RR3:CWP 3 month 1	106	215
19	RR2:PWP 3 month 1	103	231	38	RR3:CWP 0 month 1	105	145
LSD _{0.05}						24	89
		A					**
F-test		B					**
		A*B					**

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.4. 절화 마니쉬 장미를 재배하면서 81일과 89일 사이에 1차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중, 건물중, 건물율 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Dry Wt. (g)	Dry matter (%)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	51.9	6	0.54	36.12	9.30	25.75	87
2	RR ^y 100%	53.5	5	0.53	35.64	8.97	25.17	86
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	51.4	6	0.56	37.77	9.88	26.16	86
4	PWP 100% 3 month	46.7	5	0.52	30.30	7.39	24.39	88
5	PWP 100% 0 month	47.8	5	0.53	35.67	8.50	23.83	87
6	CWP ^w 100% 6 month	50.4	5	0.50	32.37	7.75	23.94	88
7	CWP 100% 3 month	51.0	5	0.54	35.43	8.56	24.16	88
8	CWP 100% 0 month	47.3	5	0.50	30.28	7.41	24.47	88
9	RR1:PWP 6 month 1	52.1	5	0.56	44.79	11.55	25.79	83
10	RR1:PWP 3 month 1	52.9	6	0.56	40.24	10.16	25.25	88
11	RR1:PWP 0 month 1	52.5	6	0.57	41.63	10.27	24.67	88
12	RR1:CWP 6 month 1	50.6	5	0.53	34.84	8.58	24.63	86
13	RR1:CWP 3 month 1	51.7	6	0.54	37.96	9.83	25.90	86
14	RR1:CWP 0 month 1	51.5	5	0.53	36.47	8.88	24.35	87
15	RR1:PWP 6 month 2	52.6	6	0.55	36.45	9.90	27.16	88
16	RR1:PWP 3 month 2	55.4	6	0.55	42.00	10.08	24.00	88
17	RR1:PWP 0 month 2	52.1	6	0.53	33.79	8.62	25.51	87
18	RR2:PWP 6 month 1	51.6	5	0.55	35.55	8.58	24.14	87
19	RR2:PWP 3 month 1	53.6	6	0.57	39.05	9.99	25.58	86
20	RR2:PWP 0 month 1	55.1	6	0.52	42.26	10.83	25.63	86
21	RR1:CWP 6 month 2	53.0	5	0.54	34.34	8.90	25.92	88
22	RR1:CWP 3 month 2	51.9	5	0.47	34.00	8.79	25.85	87
23	RR1:CWP 0 month 2	48.9	4	0.59	25.51	6.42	25.17	86
24	RR2:CWP 6 month 1	56.9	6	0.54	44.59	11.06	24.80	87
25	RR2:CWP 3 month 1	52.6	5	0.54	34.08	9.00	26.41	87
26	RR2:CWP 0 month 1	53.8	6	0.55	38.07	8.70	25.48	87
27	RR1:PWP 6 month 3	52.1	5	0.61	36.88	8.96	24.30	86
28	RR1:PWP 3 month 3	55.1	6	0.53	45.86	12.06	26.30	87
29	RR1:PWP 0 month 3	49.3	5	0.55	32.95	8.31	25.22	86
30	RR3:PWP 6 month 1	56.5	6	0.56	42.70	10.70	25.06	87
31	RR3:PWP 3 month 1	54.4	6	0.56	39.46	9.67	24.51	82
32	RR3:PWP 0 month 1	53.2	6	0.56	39.03	10.22	26.18	88
33	RR1:CWP 6 month 3	52.5	5	0.52	36.95	9.34	25.28	86
34	RR1:CWP 3 month 3	52.4	6	0.57	38.01	10.19	26.81	88
35	RR1:CWP 0 month 3	51.8	5	0.54	33.14	8.46	25.53	88
36	RR3:CWP 6 month 1	50.6	5	0.52	34.40	8.56	24.88	87
37	RR3:CWP 3 month 1	53.5	5	0.53	34.58	8.80	25.45	87
38	RR3:CWP 0 month 1	57.0	7	0.59	45.25	11.44	25.28	86
LSD _{0.05}		3.9	1	0.05	8.45	2.04	4.00	3
F-test		**	**	**	**	**	*	ns

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.5. 절화 마니쉬 장미를 재배하면서 117일과 126일 사이에 2차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	52.7	6	0.51	23.00	41
2	RR ^y 100%	54.1	7	0.50	25.45	41
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	54.1	7	0.51	26.63	39
4	PWP 100% 3 month	52.6	6	0.52	32.07	41
5	PWP 100% 0 month	50.6	7	0.50	26.81	41
6	CWP ^w 100% 6 month	57.0	7	0.55	31.91	41
7	CWP 100% 3 month	52.0	6	0.53	26.93	41
8	CWP 100% 0 month	50.3	6	0.50	26.67	41
9	RR1:PWP 6 month 1	53.3	7	0.53	24.77	41
10	RR1:PWP 3 month 1	52.8	6	0.50	24.50	41
11	RR1:PWP 0 month 1	52.9	7	0.56	33.16	41
12	RR1:CWP 6 month 1	54.4	7	0.52	28.74	41
13	RR1:CWP 3 month 1	53.3	6	0.50	26.38	41
14	RR1:CWP 0 month 1	49.3	6	0.49	24.02	41
15	RR1:PWP 6 month 2	51.4	6	0.52	23.88	41
16	RR1:PWP 3 month 2	46.3	5	0.46	19.88	41
17	RR1:PWP 0 month 2	50.5	6	0.51	24.52	41
18	RR2:PWP 6 month 1	50.7	6	0.50	24.22	41
19	RR2:PWP 3 month 1	54.7	7	0.51	27.10	39
20	RR2:PWP 0 month 1	49.8	6	0.48	23.60	38
21	RR1:CWP 6 month 2	52.0	6	0.52	24.01	41
22	RR1:CWP 3 month 2	53.1	6	0.52	24.72	42
23	RR1:CWP 0 month 2	50.0	5	0.46	21.43	41
24	RR2:CWP 6 month 1	48.6	6	0.53	22.73	41
25	RR2:CWP 3 month 1	54.6	7	0.54	27.11	43
26	RR2:CWP 0 month 1	47.2	6	0.49	21.11	42
27	RR1:PWP 6 month 3	49.6	6	0.48	20.00	43
28	RR1:PWP 3 month 3	55.3	7	0.53	28.47	39
29	RR1:PWP 0 month 3	49.6	6	0.47	21.71	41
30	RR3:PWP 6 month 1	57.5	8	0.54	29.39	39
31	RR3:PWP 3 month 1	53.8	6	0.50	22.52	42
32	RR3:PWP 0 month 1	57.2	7	0.56	33.28	41
33	RR1:CWP 6 month 3	53.3	7	0.50	23.17	41
34	RR1:CWP 3 month 3	51.4	6	0.51	25.60	42
35	RR1:CWP 0 month 3	50.8	6	0.50	26.42	41
36	RR3:CWP 6 month 1	56.6	7	0.53	29.26	41
37	RR3:CWP 3 month 1	52.8	6	0.50	21.96	41
38	RR3:CWP 0 month 1	54.5	7	0.51	23.38	41
LSD _{0.05}		5.6	1	0.05	8.14	3
F-test		**	*	*	ns	**

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.6. 절화 마니쉬 장미를 재배하면서 195일과 207일 사이에 3차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	38.6	5	0.49	20.48	76
2	RR ^y 100%	35.3	4	0.44	15.07	63
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	36.3	3	0.44	13.25	76
4	PWP 100% 3 month	37.2	4	0.47	15.21	77
5	PWP 100% 0 month	35.8	4	0.47	18.84	77
6	CWP ^w 100% 6 month	35.5	4	0.46	13.21	71
7	CWP 100% 3 month	35.7	5	0.49	19.28	71
8	CWP 100% 0 month	37.3	4	0.48	16.81	69
9	RR1:PWP 6 month 1	37.8	4	0.46	17.28	77
10	RR1:PWP 3 month 1	38.3	4	0.47	19.81	76
11	RR1:PWP 0 month 1	38.0	4	0.48	19.24	75
12	RR1:CWP 6 month 1	37.8	4	0.47	17.32	77
13	RR1:CWP 3 month 1	38.9	4	0.47	18.62	76
14	RR1:CWP 0 month 1	38.3	4	0.47	18.64	77
15	RR1:PWP 6 month 2	40.0	5	0.48	19.40	77
16	RR1:PWP 3 month 2	35.4	4	0.42	16.00	79
17	RR1:PWP 0 month 2	37.8	4	0.44	13.80	75
18	RR2:PWP 6 month 1	36.4	4	0.46	16.34	76
19	RR2:PWP 3 month 1	38.3	4	0.47	16.28	78
20	RR2:PWP 0 month 1	41.5	5	0.50	19.67	75
21	RR1:CWP 6 month 2	50.1	5	0.49	19.92	76
22	RR1:CWP 3 month 2	38.5	4	0.48	19.15	76
23	RR1:CWP 0 month 2	38.4	4	0.44	15.02	72
24	RR2:CWP 6 month 1	38.7	4	0.46	15.00	75
25	RR2:CWP 3 month 1	36.0	4	0.44	15.72	77
26	RR2:CWP 0 month 1	35.2	3	0.43	14.83	76
27	RR1:PWP 6 month 3	39.0	4	0.49	16.70	76
28	RR1:PWP 3 month 3	37.3	4	0.45	16.50	76
29	RR1:PWP 0 month 3	40.1	4	0.47	18.40	76
30	RR3:PWP 6 month 1	40.5	5	0.49	18.63	78
31	RR3:PWP 3 month 1	39.1	5	0.50	19.11	75
32	RR3:PWP 0 month 1	41.6	5	0.52	19.86	76
33	RR1:CWP 6 month 3	38.1	4	0.45	18.25	81
34	RR1:CWP 3 month 3	39.4	4	0.48	18.70	77
35	RR1:CWP 0 month 3	35.1	4	0.45	14.38	78
36	RR3:CWP 6 month 1	39.5	4	0.48	18.87	77
37	RR3:CWP 3 month 1	37.8	4	0.47	17.00	76
38	RR3:CWP 0 month 1	40.3	5	0.51	21.09	76
LSD _{0.05}		5.8	0.91	0.05	5.86	8
F-test		**	**	**	**	ns

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.7. 절화 마니쉬 장미를 재배하면서 228일과 176일 사이에 4차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	75.2	7	0.64	72.96	51
2	RR ^y 100%	72.3	6	0.56	51.25	54
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	57.1	5	0.50	42.14	45
4	PWP 100% 3 month	67.5	7	0.57	63.32	49
5	PWP 100% 0 month	63.6	7	0.57	48.88	54
6	CWP ^w 100% 6 month	70.7	6	0.56	66.12	59
7	CWP 100% 3 month	70.9	8	0.62	69.10	64
8	CWP 100% 0 month	61.0	6	0.54	52.59	45
9	RR1:PWP 6 month 1	70.8	6	0.59	59.21	64
10	RR1:PWP 3 month 1	59.6	6	0.68	50.14	50
11	RR1:PWP 0 month 1	68.4	8	0.60	62.10	52
12	RR1:CWP 6 month 1	60.1	5	0.45	33.92	55
13	RR1:CWP 3 month 1	66.0	6	0.52	44.34	47
14	RR1:CWP 0 month 1	79.7	9	0.69	103.07	61
15	RR1:PWP 6 month 2	65.9	6	0.51	43.80	60
16	RR1:PWP 3 month 2	67.3	6	0.56	57.06	51
17	RR1:PWP 0 month 2	74.7	7	0.62	76.34	50
18	RR2:PWP 6 month 1	71.3	7	0.59	65.69	54
19	RR2:PWP 3 month 1	64.8	7	0.55	53.29	59
20	RR2:PWP 0 month 1	75.4	7	0.64	74.04	56
21	RR1:CWP 6 month 2	74.7	7	0.63	66.26	60
22	RR1:CWP 3 month 2	62.1	6	0.55	48.49	58
23	RR1:CWP 0 month 2	67.7	6	0.56	50.10	60
24	RR2:CWP 6 month 1	61.5	7	0.52	46.30	47
25	RR2:CWP 3 month 1	66.4	6	0.54	54.01	56
26	RR2:CWP 0 month 1	72.4	6	0.61	76.80	62
27	RR1:PWP 6 month 3	62.0	7	0.53	47.36	50
28	RR1:PWP 3 month 3	66.2	7	0.59	64.27	40
29	RR1:PWP 0 month 3	85.4	8	0.66	81.80	60
30	RR3:PWP 6 month 1	67.2	7	0.68	54.25	47
31	RR3:PWP 3 month 1	72.2	7	0.58	58.96	49
32	RR3:PWP 0 month 1	72.3	7	0.63	82.63	55
33	RR1:CWP 6 month 3	63.1	6	0.50	48.10	45
34	RR1:CWP 3 month 3	71.0	8	0.59	58.81	60
35	RR1:CWP 0 month 3	69.0	7	0.63	66.41	60
36	RR3:CWP 6 month 1	65.9	7	0.56	54.70	51
37	RR3:CWP 3 month 1	55.3	5	0.45	37.66	51
38	RR3:CWP 0 month 1	64.6	6	0.48	44.27	43
LSD _{0.05}		8.1	1	1.84	14.28	4
F-test		**	**	ns	**	*

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.8. 절화 마니쉬 장미를 276일간 재배하면서 수확한 절화의 평균 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition(v/v)	Height (cm)	No. of branches	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	54.60	6	0.55	38.14	64
2	RR ^y 100%	53.80	6	0.51	31.85	61
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	49.73	5	0.50	29.95	62
4	PWP 100% 3 month	51.00	6	0.52	35.23	64
5	PWP 100% 0 month	49.45	6	0.52	32.55	65
6	CWP ^w 100% 6 month	53.40	6	0.52	35.90	65
7	CWP 100% 3 month	52.40	6	0.55	37.69	66
8	CWP 100% 0 month	48.98	5	0.51	31.59	61
9	RR1:PWP 6 month 1	53.50	6	0.54	36.51	66
10	RR1:PWP 3 month 1	50.90	6	0.55	33.67	64
11	RR1:PWP 0 month 1	52.95	6	0.55	39.03	64
12	RR1:CWP 6 month 1	50.73	5	0.49	28.71	65
13	RR1:CWP 3 month 1	52.48	6	0.51	31.83	63
14	RR1:CWP 0 month 1	54.70	6	0.55	45.55	67
15	RR1:PWP 6 month 2	52.48	6	0.52	30.88	67
16	RR1:PWP 3 month 2	51.10	5	0.50	33.74	65
17	RR1:PWP 0 month 2	53.78	6	0.53	37.11	63
18	RR2:PWP 6 month 1	52.50	6	0.53	35.45	65
19	RR2:PWP 3 month 1	52.85	6	0.53	33.93	66
20	RR2:PWP 0 month 1	55.45	6	0.54	39.89	64
21	RR1:CWP 6 month 2	57.45	6	0.55	36.13	66
22	RR1:CWP 3 month 2	51.40	5	0.51	31.59	66
23	RR1:CWP 0 month 2	51.25	5	0.51	28.02	65
24	RR2:CWP 6 month 1	51.43	6	0.51	32.16	63
25	RR2:CWP 3 month 1	52.40	6	0.52	32.73	66
26	RR2:CWP 0 month 1	52.15	5	0.52	37.70	67
27	RR1:PWP 6 month 3	50.68	6	0.53	30.24	64
28	RR1:PWP 3 month 3	53.48	6	0.53	38.78	61
29	RR1:PWP 0 month 3	56.10	6	0.54	38.72	66
30	RR3:PWP 6 month 1	55.43	7	0.57	36.24	63
31	RR3:PWP 3 month 1	54.88	6	0.54	35.01	62
32	RR3:PWP 0 month 1	56.08	6	0.57	43.70	65
33	RR1:CWP 6 month 3	51.75	6	0.49	31.62	63
34	RR1:CWP 3 month 3	53.55	6	0.54	35.28	67
35	RR1:CWP 0 month 3	51.68	6	0.53	35.09	67
36	RR3:CWP 6 month 1	53.15	6	0.52	34.31	64
37	RR3:CWP 3 month 1	49.85	5	0.49	27.80	64
38	RR3:CWP 0 month 1	54.10	6	0.52	33.50	62
LSD _{0.05}		5.25	1	0.05	10.71	5
F-test		ns	ns	ns	ns	ns

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.9. 절화 마니쉬 장미를 276일간 재배하면서 4개체당 수확한 절화의 등급별 평균 수량과 전체수량.

No.	Composition(v/v)	Yield by grade (cm)					Total yield
		≥70	69-60	59-50	49-40	≤40	
1	RWS ^z 100%	11	13	30	39	20	113
2	RR ^y 100%	8	11	42	17	18	96
3	PWP ^x 100% 6 month ^v	4	4	32	29	22	91
4	PWP 100% 3 month	7	8	22	29	16	81
5	PWP 100% 0 month	11	12	15	29	22	89
6	CWP ^w 100% 6 month	7	13	26	10	22	77
7	CWP 100% 3 month	12	10	22	17	9	70
8	CWP 100% 0 month	10	5	16	34	16	81
9	RR1:PWP 6 month 1	5	13	24	24	24	90
10	RR1:PWP 3 month 1	5	12	36	28	12	93
11	RR1:PWP 0 month 1	14	8	26	19	19	86
12	RR1:CWP 6 month 1	6	15	34	29	13	97
13	RR1:CWP 3 month 1	5	9	16	29	21	90
14	RR1:CWP 0 month 1	10	10	22	27	13	82
15	RR1:PWP 6 month 2	8	20	39	30	17	114
16	RR1:PWP 3 month 2	7	8	18	20	17	70
17	RR1:PWP 0 month 2	19	6	24	22	15	86
18	RR2:PWP 6 month 1	14	13	29	36	16	108
19	RR2:PWP 3 month 1	11	14	41	33	23	122
20	RR2:PWP 0 month 1	6	14	28	36	13	97
21	RR1:CWP 6 month 2	10	11	22	17	15	75
22	RR1:CWP 3 month 2	6	21	39	30	19	115
23	RR1:CWP 0 month 2	9	9	16	24	17	75
24	RR2:CWP 6 month 1	6	10	28	28	16	88
25	RR2:CWP 3 month 1	6	26	35	12	21	104
26	RR2:CWP 0 month 1	11	6	24	20	29	90
27	RR1:PWP 6 month 3	3	7	35	28	16	89
28	RR1:PWP 3 month 3	4	17	25	13	19	78
29	RR1:PWP 0 month 3	18	4	21	30	15	88
30	RR3:PWP 6 month 1	8	20	36	14	24	102
31	RR3:PWP 3 month 1	10	20	34	24	18	106
32	RR3:PWP 0 month 1	8	18	27	23	9	85
33	RR1:CWP 6 month 3	7	9	31	25	13	85
34	RR1:CWP 3 month 3	7	18	38	22	21	106
35	RR1:CWP 0 month 3	7	7	27	21	22	84
36	RR3:CWP 6 month 1	5	21	27	25	14	92
37	RR3:CWP 3 month 1	4	15	37	31	13	100
38	RR3:CWP 0 month 1	8	19	32	23	12	94
LSD _{0.05}		3	4	5	6	3	4
F-test		**	**	**	**	**	**

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.10. 절화 마니쉬 장미를 재배하면서 313일과 378일 사이에 5차 수확한 절화의 초장, 가지수, 경경, 생체중 및 개화소요일수.

No.	Composition (v/v)	Height (cm)	No. of branch	Stem Diameter (cm)	Fresh Wt. (g)	Days to flower
1	RWS ^z 100%	72.1	8	0.69	101.53	69
2	RR ^y 100%	71.3	7	0.64	79.05	55
3	PWP ^x 100%	74.0	8	0.68	95.11	69
4	CWP ^w 100%	62.9	7	0.64	88.64	64
5	RR1:PWP 1	78.3	8	0.69	102.07	60
6	RR1:CWP 1	65.6	7	0.62	66.48	66
7	RR1:PWP 2	66.1	7	0.62	69.47	72
8	RR2:PWP 1	66.0	7	0.62	80.66	63
9	RR1:CWP 2	72.9	8	0.71	99.90	67
10	RR2:CWP 1	69.2	8	0.67	82.24	60
11	RR1:PWP 3	75.0	8	0.68	87.17	55
12	RR3:PWP 1	75.0	8	0.68	84.53	55
13	RR1:CWP 3	70.8	8	0.66	92.29	73
14	RR3:CWP 1	67.3	6	0.63	74.75	57
LSD _{0.05}		6.6	1	0.06	21.40	12
F-test		***	ns	**	*	*

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.11. 절화 마니쉬 장미를 378일간 재배하면서 4개체당 수확한 절화의 등급별 평균 수량과 전체수량.

No.	Composition (v/v)	Yield by grade (cm)				Total yield
		≥70	69-60	59-50	49-40	
1	RWS ^z 100%	12	7	3	0	22
2	RR ^y 100%	10	12	1	0	23
3	PWP ^x 100%	11	14	4	1	25
4	CWP ^w 100%	5	5	5	2	17
5	RR1:PWP 1	22	0	6	0	28
6	RR1:CWP 1	8	11	3	0	22
7	RR1:PWP 2	8	9	5	0	22
8	RR2:PWP 1	6	11	5	1	23
9	RR1:CWP 2	11	11	3	1	26
10	RR2:CWP 1	9	5	2	2	18
11	RR1:PWP 3	14	7	2	0	23
12	RR3:PWP 1	13	6	3	0	22
13	RR1:CWP 3	9	8	2	0	19
14	RR3:CWP 1	5	13	3	0	21
LSD _{0.05}		3	2	1	0	2
F-test		*	*	*	ns	**

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.12. 절화 마니쉬 장미재배에 사용된 배지의 재배전후의 화학적 성분.

Medium no.	Composition (v/v)	Anion (ppm)									
		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		PO ₄ ³⁻		SO ₄ ²⁻			
		Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (A)		
1	RWS ^z (Control)	0.34	0.93	-	16.17	-	5.79	1.19	3.53		
2	RR ^y	0.83	1.27	5.50	26.95	2.25	20.18	14.14	6.39		
3	CWP ^x	2.83	1.84	16.32	0.32	16.85	1.52	10.08	0.48		
4	RR 1:CWP 1	2.24	2.30	21.12	-	24.05	10.65	11.24	5.07		
5	RR 1:CWP 2	3.43	2.09	19.81	0.21	28.24	16.62	24.20	2.69		
6	RR 2:CWP 1	2.60	2.72	30.26	0.28	22.01	43.41	13.64	-		
7	RR 1:CWP 3	5.91	3.02	8.54	0.18	39.57	27.92	20.66	-		
8	RR 3:CWP 1	2.21	1.61	30.10	0.23	16.03	45.16	9.60	-		
LSD _{0.05}		1.42	0.59	8.88	12.09	10.68	13.67	5.90	4.05		
F-test		A	B	*	*	**	**	**	**	ns	
		A*B		ns		**		**		**	

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.12. (continued).

Medium no.	Composition (v/v)	Cation (ppm)									
		Na ⁺		NH ₄ ⁺		K ⁺		Mg ²⁺		Ca ²⁺	
		Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)	Before (A)	After (B)
1	RWS ^z (Control)	1.52	1.03	-	1.07	0.34	3.88	0.28	0.90	0.86	2.71
2	RR ^y	1.10	1.30	0.73	1.30	3.58	9.38	1.38	1.57	6.17	6.58
3	CWP ^x	2.84	1.57	18.79	-	38.25	34.56	8.71	15.02	18.31	14.33
4	RR 1:CWP 1	2.25	2.83	16.35	-	21.30	16.83	4.34	8.27	19.13	19.16
5	RR 1:CWP 2	3.28	3.01	16.49	-	35.47	17.21	8.77	6.89	29.90	13.93
6	RR 2:CWP 1	2.94	2.29	8.26	0.50	28.66	11.68	5.78	3.48	23.32	6.98
7	RR 1:CWP 3	8.53	3.61	20.84	-	46.53	19.71	10.15	5.18	29.77	10.22
8	RR 3:CWP 1	1.98	1.90	5.59	0.62	15.95	7.78	3.60	2.65	15.76	6.86
	LSD _{0.05}	1.95	0.76	7.00	0.60	13.82	9.01	3.03	3.86	8.65	4.49
F-test	A B	*	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
	A*B	ns		**		**		ns		**	

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

표 2.5.3.13. 절화 마니쉬 장미의 재배에 사용된 배지의 총 공극율(TP), 용기용수량(CC), 공극율(AS), 가비중(BD), 진비중(PD) 그리고 잔존 수분함량(RW).

Medium no.	Composition (v/v)	Before						Reused after					
		TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g.m ⁻³)	PD (g.m ⁻³)	RW (mL)	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g.m ⁻³)	PD (g.m ⁻³)	RW (mL)
1	PURS ^z	68.49	67.81	19.70	0.25	2.14	235.6	82.25	76.03	11.44	0.30	0.98	78.42
2	CC ^y 100%	87.51	29.91	38.58	0.33	1.04	104.0	81.64	57.47	24.17	0.08	0.24	19.64
3	CC1:PURS1	84.12	54.90	21.83	0.28	1.79	190.8	85.83	73.05	12.26	0.12	0.36	45.14
4	CC1:PURS2	73.92	62.29	19.02	0.39	1.58	216.5	80.00	73.78	6.22	0.27	0.83	68.74
5	CC2:PURS1	79.70	52.79	26.92	0.26	1.35	183.4	82.35	70.09	12.78	0.18	0.55	29.38
	LSD _{0.05}	1.81	2.02	1.62	0.02	0.12	7.0	1.55	2.37	2.65	0.03	0.09	7.33
F-test		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

^zSee Table 2.5.3.2. for abbreviations.

4. 폐암면의 재사용이 장미 '비탈'의 생육 및 수량에 미치는 영향

가. 재료 및 방법

본 실험은 장미 'Vital'을 공시식물로 이용하여 분쇄한 폐암면 입자와 파쇄목재(밤나무, 소나무) 입자 및 버섯폐상재, 혼탄, 펄라이트를 각각 1:1로 혼합하여 양액재배

용 고품 배지로 사용하였다. 폐암면은 분쇄기(한국UR암면)로 분쇄한 후 증기 소독기 내의 120℃에서 15분동안 수증기와 2기압의 압력 하에서 소독하였고 수령 15~30년의 밤나무는 경남 진주에서 채취하여 30마력의 목재파쇄기 [63R 723, (주)승진정밀]로 파쇄한 후 사용하였다. 폐상재는 경남 산청에서 표고버섯 재배로 6~7년 사용한 것을 같은 방법으로 파쇄, 소독한 후 사용하였고, 훈탄은 왕겨를 태워 제조한 것을 사용하였다. 혼합된 배지는 각각 암면 슬래브 커버(80×20×7.5)에 10.7L씩 담아서 시험에 사용하였다.

시험은 2000년 4월 15일부터 9월 27일까지 경남농업기술원 화훼시험장 광폭복층 온실에서 수행하였으며, 공시식물은 4월 15일 삼목을 시작하여 5월 28일에 처리별로 혼합한 배지에 슬래브당 5주씩 정식하였고 베드 간격 160cm, 베드 높이 70cm인 철제 파이프 매트 위에 20cm 간격으로 2열씩 완전임의 3반복으로 배치하였다.

배양액은 加藤의 장미처방을 사용하였고, 급액량 및 급액농도는 계절 및 성장단계에 따라 조절하였고, 급액 pH는 5.8로 고정하였다. 온실온도는 26℃를 기준으로 환기하였으며 고온기인 7~9월에는 12~15시까지 일기에 따라 30%차광하였다. 7월 15일 처음 나온shoot를 일제히 절곡하였으며, 그 후에 발생하는 shoot는 측지를 모두 제거하였다.

혼합배지의 pH와 EC는 1:5(시료:증류수)추출액의 현탁액을 pH, Conductivity meter(PHM 220, CDM 210, Radiometer, Copenhagen)로 측정하였고, 절곡전정 후 16째인 7월 28에 shoot의 초기생육을 조사하였다. 9월 18일부터 채화를 시작하여 절화장, 절화중, 경경, 등급별 수량 등을 조사하였고 조사된 결과는 SAS 프로그램을 이용하여 통계분석 하였다.

나. 결과 및 고찰

처리별 배지의 사용전후 pH와 EC 는 표 2.5.4.1에 나타내었다. 사용전 대조구인 새암면의 pH는 7.08로 중성이지만 사용후에는 5.2로 낮아졌고, 폐암면을 혼합한 배지에서는 6.21~6.58로 거의 비슷하였고, 폐암면에 폐상재와 훈탄, 펄라이트를 혼합한 처리구에서는 사용전보다 pH 가 다소 떨어졌다. EC는 폐암면 단용처리구에서는 사용전 후 차이가 없었으나 폐암면을 혼합한 나머지 처리구에서는 폐암면입자에 잔류한 무기양분에 의해 사용전보다 2배정도 높았다.

절곡전정 후 16일째인 7월 28일의 장미의 생육은 표 2.5.4.2에 나타난 바와 같다. 초장, 경직경, 생체중 건물중 모두 처리간 유의성이 인정되지 않았다.

장미의 초기생장에는 폐암면 입자와의 혼합배지도 새암면 못지 않게 좋은 조건을 갖춘 것으로 생각된다. 폐암면+폐상재 처리구에서는 재배초기에 삼수의 기부와 큐브 표면에 황색의 곰팡이가 많이 발생하였지만 식물체에는 아무런 영향이 없었고 일반 살균제 처리에 의해 쉽게 방제할 수 있었다.

표 2.5.4.1. 사용전·후 배지의 pH, EC

배지	pH (v:v=1:5)		EC (v:v=1:5) (dS/m)	
	사용전	사용후	사용전	사용후
대조구	7.08	5.21	0.05	0.54
폐암면	6.56	6.93	0.52	0.56
폐암면 + 밤나무	6.58	6.16	0.25	0.72
폐암면 + 소나무	6.21	6.06	0.32	0.75
폐암면 + 폐상재	6.25	5.83	0.29	0.61
폐암면 + 혼탄	6.56	5.40	0.36	0.64
폐암면 + 펄라이트	6.53	5.26	0.16	0.73

표 2.5.4.2. 초기 생육

배지	초장 (cm)	경직경 (mm)	생체중 (g)	건물중 (g)
대조구	39.2	5.71	15.2	3.79
폐암면	36.3	5.70	13.9	3.89
폐암면 + 밤나무	39.6	5.90	16.3	3.83
폐암면 + 소나무	39.0	5.65	16.4	4.44
폐암면 + 폐상재	37.1	5.49	13.9	4.00
폐암면 + 혼탄	39.0	5.68	14.3	3.97
폐암면 + 펄라이트	39.2	5.75	15.0	4.29

절화의 수량은 표 2.5.4.3에 나타나 있는데 폐암면 + 소나무 처리구에서 10주당 30.0본으로 가장 많았으며 다음으로 대조구 폐암면+밤나무, 폐암면+폐상재, 폐암면+혼탄이었고 폐암면 단용구와 폐암면+펄라이트가 가장 낮았다. 상품율은 모든 처리구에서 91%이상으로 높았고, 등급별 수량분포는 대조구를 제외하고는 비슷한 경향을 보였다. 폐암면을 단용으로 사용하는 것보다 폐암면에 다른 유기배지들을 혼합하여 사용하면 폐암면 입자의 보수성, 통기성과 같은 배지의 물리성과 이화학성이 상호 보완성을 나타내 작물 생육에 보다 효과적일 것으로 생각된다.

절화의 품질(표 2.5.4.4)은 절화장, 절화중, 경직경 모두 처리간 차이가 없었다. 이로

볼 때 장미의 양액재배 배지로서 폐암면의 재사용이 초기생육이나 단기간의 수량 및 품질에는 효과적일 것으로 생각되며, 2년이상 장기간 재배시 활용효과도 검토 중에 있다.

표 2.5.4.3. 절화의 수량 및 상품비율

배지	등급별 수량(본/10주)					계	상품율 (%)
	~60cm	61~70	71~80	81~90	90~		
대조구	2.0	4.3	6.0	6.0	3.3	23.0bc ²	91.3
폐암면	1.3	2.7	4.7	3.7	8.0	19.5c	93.3
폐암면 + 밤나무	1.0	2.7	4.0	7.3	8.0	23.0bc	95.6
폐암면 + 소나무	2.3	3.0	6.0	8.0	10.7	30.0a	92.3
폐암면 + 폐상재	1.3	3.0	4.3	6.0	9.7	24.3b	94.7
폐암면 + 훈탄	1.3	2.3	5.3	5.7	9.0	23.9bc	94.6
폐암면 + 펄라이트	1.7	2.0	4.0	4.3	7.7	19.3c	91.2

² Means separation within column by DMRT at 5% levels, respectively.

표 2.5.4.4. 절화의 품질

배지	절화장 (cm)	경직경 (mm)	절화중 (g)
대조구	87.2	6.68	36.4
폐암면	84.2	6.50	35.2
폐암면 + 밤나무	85.6	6.70	38.5
폐암면 + 소나무	82.7	6.31	33.4
폐암면 + 폐상재	82.6	6.51	34.4
폐암면 + 훈탄	86.6	6.64	36.9
폐암면 + 펄라이트	84.4	6.50	35.0



사진 2.5.4. 양액장미 폐암면 슬래브 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지를 이용한 장미 '비탈'의 재배광경(좌)과 자루재배 및 관수시스템(우)(창원시시설화훼시험장)

라. 적요

양액재배용 배지의 국산화 필요성과 양액재배 폐암면의 재활용 방안을 강구하기 위하여 입자화된 폐암면과 목재 파쇄 입자 및 혼탄, 펠라이트를 혼합한 배지에 장미 'Vital'을 양액재배 하여 배지로서의 효과를 알아보고자 시험을 수행하였다.

초기활착 및 생육은 배지의 종류에 차이가 없었고, 절화수량은 폐암면+소나무 처리구에서 10주당 30.0분으로 가장 많았으며 다음으로 대조구 폐암면+밤나무, 폐암면+폐상재, 폐암면+혼탄이었고 폐암면 단용구와 폐암면+펠라이트가 가장 낮았다. 상품율은 모든 처리구에서 91%이상으로 높았지만 처리간에는 차이가 없었다.

5. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 피노키오의 농가실증 재배

가. 재료 및 방법

폐암면의 실제 재배효과를 알아보기 위해 경남 김해시 대동면 성환장미농장(대표: 박봉성)의 비닐온실에서 농가적용실험을 실시하였다. 공시품종으로 *Rosa hybrida* L. 'Pinocchio'를 이용하였다. 2년생 모주에서 1999년 9월중순에 삼수를 채취해 7cm×8cm×7cm의 큐브에서 30일 경과된 유묘를 1999년 10월 23일 정식하였다. 상기 실험과 동일하게 혼중 소독된 폐암면과 파쇄후 4개월간 후숙한 밤나무 파쇄입자를 1:1부피비율로 혼합하여 길이 90cm, 폭 20cm의 비닐자루에 배지량 20L에 충전하여 배열하였다. 배열후 배지자루를 통일성 있게 약 10cm길이의 x자 모양으로 장미가 식재될 위치를 칼로 찢고, 자루의 측면 하부에 길이 7cm의 배수구 4개씩을 만들었다. 배지를 원수로 충분히 세척하고 자루당 발근된 '피노키오' 장미를 6주씩 정식했다. 55cm×70cm×80cm 규격의 PVC로 제작된 베드 2개에 각각 대조구(암면 슬래브)와 폐암면1:밤나무1 혼합비율의 bag을 배열하였다. 식재간격 16cm, 큐브간격 35cm 열 간격 35cm로 배치되었다. 정식후 수질분석에 따라 처방된 일본 아이찌현 원예시험장 처방의 장미 양액재배용 양액을 점적호스와 점적관을 이용하여 일일 10회, 1회 관수시간 5분으로 조절하여 1일 식물체당 500mL씩 주입하였다. 절곡은 10월말에 시작하여 지속적으로 했다. 주간온도 25℃, 야간온도 20℃로 조절되는 1200평, 2W 표준형 비닐온실에서 재배했다. 정식시(1999년 10월 23일), 1999년 12월 14일, 2000년 2월 22일 및 4월 11일까지 4차례 생육조사를 하였다. 생육조사는 화아분화가 진행되어 채화개시전의 초장, shoot발생수 그리고 최대 경경을 조사하였다.

나. 결과

채화시기에 맞춰 총 4차례에 걸쳐 생육조사를 수행하였다. 폐암면과 밤나무 혼합배지 자체의 pH는 6.33이었으며 대조구인 새암면(New rockwool slabs)의 pH는 7.99였으나, 양액이 주입된 후 폐암면 혼합배지의 pH는 6.73 그리고 대조구의 pH는 6.90으로 오히려 대조구의 초기 pH에 비해 혼합배지는 재배시작부터 작물 생육 최적의 근권 pH를 가졌다. 양액 주입후 모든 실험처리구의 pH는 7.7 - 6.9의 범위로 안정화되었다. 재배초기에 폐암면 혼합배지의 전기전도도는 $1.38\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 이었으며, 재배기간중 $1.2 - 1.4\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 범위의 EC값을 나타내었다.

초장은 대조구(New rockwool slabs)와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않고 균일한 신장을 보였다. Shoot 발생수에서는 대조구에 비해 폐암면1:밤나무1의 처리가 다소 높은 경향을 보였다. 최대줄기 직경 역시 대조구에 비해 높은 경향을 보였다(그림 2.5.5.1). 172일 동안의 생육상에서 미니장미'피노키오'는 대조구(rockwool slab)에 비해 폐암면1:밤나무 파쇄입자1의 혼합배지는 초장, shoot발생수 그리고 줄기직경에서 균일한 생육을 나타냈으며 개개의 조사항목에서 오히려 대조구보다 다소 높은 경향을 나타냈다(그림 2.5.5.1). 폐암면의 양액재배 재활용시험은 성공적이며 상업화가 가능하리라 판단된다.

표 2.5.5.1. 김해의 상업농가에서 재배된 절화 미니장미 피노키오의 생육.

Time (A)	Medium (B)	Height (cm)	Shoot count	Diameter (cm)
Aug. 23, 1999	Control ^z	38.03	2.27	0.37
	R-RW1:CNP1 ^y	40.82	2.80	0.43
Dec. 14, 1999	Control	64.31	2.00	0.50
	R-RW1:CNP1	58.65	2.77	0.51
Feb. 22, 2000	Control	73.20	8.03	0.53
	R-RW1:CNP1	71.42	7.37	0.55
Apr. 11, 2000	Control	80.77	4.83	0.63
	R-RW1:CNP1	84.93	5.97	0.67
	A	**	**	**
	B	ns	*	*
	A*B	**	**	ns

^zRockwool slab. ^yRecycled rockwool 1:Chestnut wood particles 1 (v/v). *, **: Significant at 5% and 1%, respectively. ns: nonsignificant.

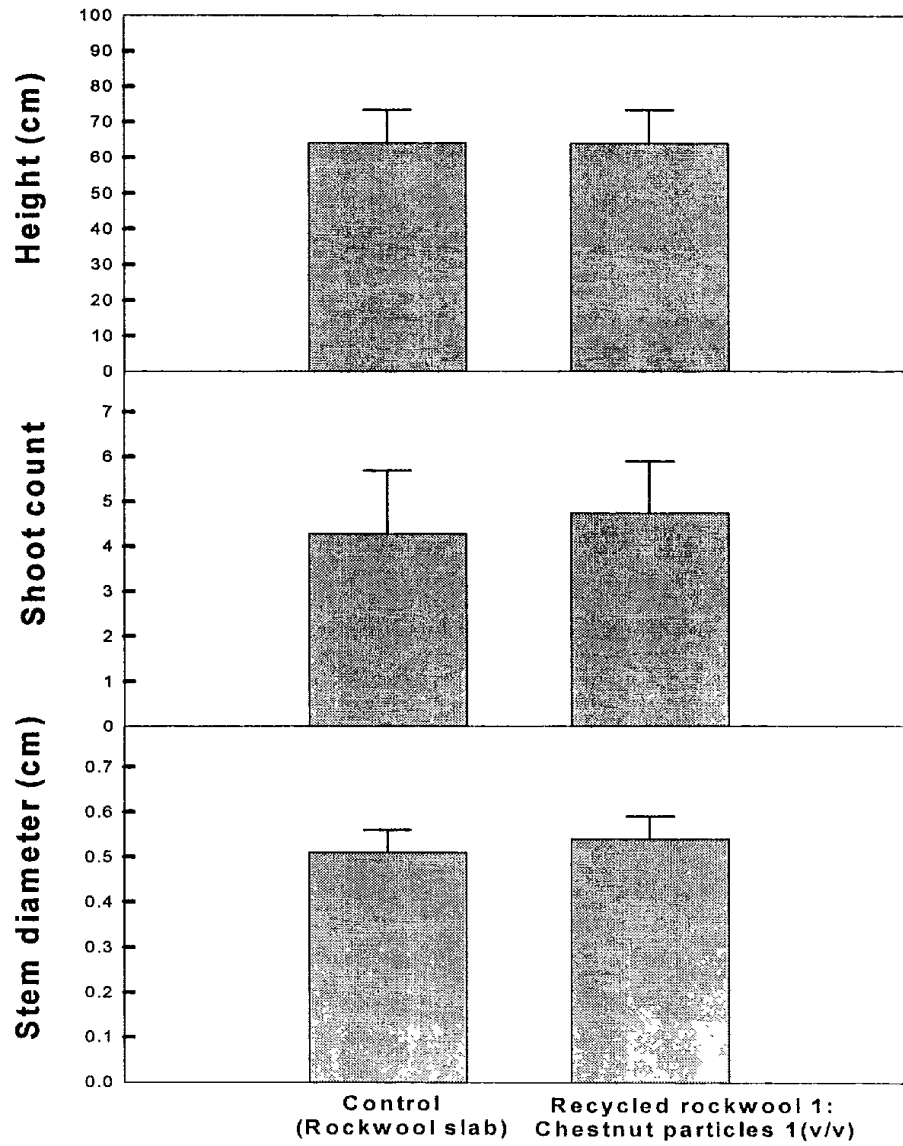


그림 2.5.5.1. 김해시의 농가에서 172일동안 재배된 절화 미니장미 피노키오 장미의 초장, 가지수 및 경경.

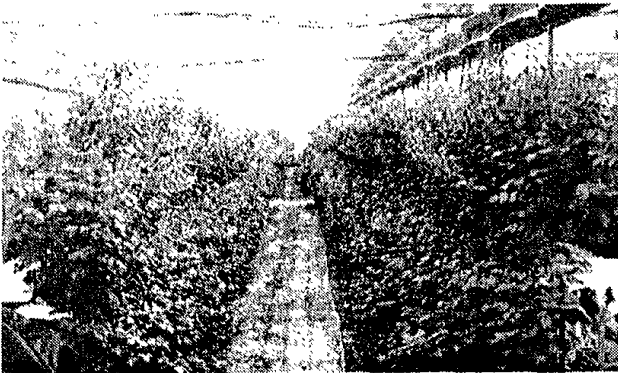


사진 2.5.5. 양액장미 폐암면 슬래브를 입자로 분쇄하여 타재료와 혼합하고 비닐자루에 넣어 재배베드에 올려 놓고 암면규브에서 육성한 묘를 정식하는 과정(상), 폐암면 입자를 함유한 여러 가지 혼합배지를 이용한 장미 ‘피노키오’의 재배광경(좌하) 및 수확기의 생육조사 모습(우하)(김해시 성환장미원 실증실험)

다. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 피노키오의 농가실증 재배에 관한 농가 실증실험 소견서 <경남 김해시 대동면 초정리 99번지 성환장미 농장 대표 박봉성씨 F. 055-335-6074, H. 019-535-6074>

- (1) 폐암면 배지의 개선점? 농가에 보급할 수 있는 상품화 절실
- (2) 폐암면 배지의 장점? 원가가 절감됨, 경제적임
- (3) 폐암면 배지의 단점? 규격화 및 상품화 미흡
- (4) 향후 배지의 교체시 폐암면의 이용여부는? 경제성만 맞는다면 언제든지 사용할 의사가 있음
- (5) 작업의 애로점? 없음
- (6) 폐암면 배지에서 생육한 장미의 품질 및 수량(기존의 새암면과 비교하여....)?

차이 없음

- (7) 병충해 발병 정도? 차이 없음
- (8) pH변화? 폐암면과 밤나무 혼합배지 자체의 pH는 6.33이었으며 대조구인 새암면(New rockwool slabs)의 pH는 7.99였으나, 양액이 주입된 후 폐암면 혼합배지의 pH는 6.73 그리고 대조구의 pH는 6.90으로 오히려 대조구의 초기 pH에 비해 혼합배지는 재배시작부터 작물 생육 최적의 근권 pH를 가졌다. 양액 주입후 모든 실험 처리구의 pH는 6.7 ~ 6.9의 범위로 안정화되었다.
- (9) EC변화? 재배를 시작할 때 폐암면 혼합배지의 전기전도도는 $1.38\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 이었고, 대조구는 $1.23\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 로 재배기간중 $1.2 \sim 1.4\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 범위의 EC수치를 나타내었다.
- (10) 양분 흡수정도? 양호
- (11) Shoot 발달정도? 양호
- (12) 초장? 초장과 Shoot발생수는 대조구(New rockwool slabs)에 비해 큰 차이 없이 균일한 신장세를 나타내었다.
- (13) 상품성? 양호
- (14) 아칭의 용이성? 양호
- (15) 기타 첨부 소견? 많은 농가에 보급하여 사용할 수 있는 충분한 근거 자료와 실험 및 홍보필요. 현재 온실의 장기재배는 암면 슬래브 자루재배방식이 아닌 스티로폴 베드를 연결시공후 암면 슬래브를 연결하여 재배하고 있다. 이런 방식은 배지의 오염과 곰팡이, 바이러스, 그리고 병해충 발생시 오염확산 및 전파의 가능성이 있으나, 암면 슬래브의 단가를 낮추고, 온실내 배치가 용이하고, 노동력이 절감되며 작업의 생력화를 실현한다. 또한 생육발달 과정에서 작물 근권부의 뿌리확산 공간을 증가시킨다. 폐암면을 이용한 혼합재배시 배지를 혼합한 후에 자루(유백색 폴리에틸렌 필름)에 담아 온실재배 벤치에 배열해야 하는 과정에서 노동력과 자루(유백색 폴리에틸렌 필름)구입 비용이 소비되지만, 이는 실제 작물 생육시 암면의 표면에 이끼류, 잡초, 병해충의 유입을 차단하고, 증발로 인한 수분 및 양분의 소모를 억제한다. 또한 근권부의 광을 차단하여 건전한 뿌리생육에 유리한 환경을 만들어 준다. 위의 두 가지 방법중 대규모 양액재배를 위해서는 전자의 방식을 이용함이 작업의 효율성과 작물생육 발달을 위해 더 좋을 듯 하다.

장미와 같은 근권부 뿌리수와 넓은 면적의 뿌리매트를 형성한 폐암면은 재사용을 위한 가공시 뿌리의 제거가 어렵고, 소독의 어려움이 있으며 이물질로서 배지의 순도를 저하시켜 이화학적 저하 및 최적의 근권환경을 위한 노력과 기술이 필요하게 된다. 그래서, 토마토와 같은 대체적으로 뿌리제거가 용이한 작물을 재배했던 폐암면을 대량으로 수거해야 하는데 이의 체계적인 수집과 수송체계가 요구된다. 폐암면을 실제 작물재배에 이용하기까지 폐암면 수거, 수집장으로 운반, 비닐제거, 분진발생 방지와 염의 제거 효과를 위해 물 살포, 분쇄기로 입자화, 증기처리(120℃, 20분, 2기압), 배지의 혼합, 자루충진, 온실내 배열, 식재구멍 천공, 정식까지 일련의 과정에서 노동력과 비용이 새암면을 구입하는 것보다 경제적이며, 작업의 단순화 및 기계화 체계화 필요가 필요하리라 생각된다.

2000년 9월 29일 소견작성자: 성환 장미농장 대표 박봉성

6. 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용에 관한 연구

가. 서론

최근 환경에 대한 관심이 증가하고, 고무공업의 발달에 따른 고무의 생산량과 소비량의 증가로 인해 폐고무의 효율적인 처리에 대한 대책이 요구되고 있다. 폐고무는 일반적인 열가소성 고무와는 달리 3차원 망상구조로 이루어져 있어 불용의 성질을 나타내므로 재활용이 어렵다. 그렇기 때문에 주로 매립이나 소각의 방법에 의해 처리되어 왔지만 이런 방법들은 매립지의 부족과 토양, 수질, 대기 오염과 같은 2차적인 환경오염 문제의 원인이 되고 있어 폐고무를 유용한 자원으로 이용하려는 연구가 활발히 진행되어 왔다.

폐고무의 재활용은 크게 열이용, 원형이용, 분말가공이용으로 분류할 수 있다. 열이용은 폐고무(특히 페타이어의 경우)의 발열량이 $9000\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ 이라는 점을 이용하여 시멘트 소성로나 건류소각에 열원으로 이용된다. 원형이용으로는 재생고무 제조, 어초, 사방공사 등에 이용되며, 분말가공이용은 분쇄한 고무분말을 이용하여 고무제품을 제조하거나 충전제로서 고무 아스팔트 등에 많이 이용된다^{1,2,3)}. 신발에서 나오는 우레탄 고무는 열이용으로 건류소각로에 이용할 수 있으며 재가공함으로써 재활용이 가능하다.

본 실험에서는 폐고무의 분말이용 방법으로 양액재배 배지의 구성요소로 사용하여 실험을 하였다. 일반적으로 양액재배는 토양을 사용하지 않고 작물 재배에 적합한 무기비료 성분을 용액으로 근권에 공급하여 작물을 기르는 방법이다. 17세기부터 유럽의 영국과 프랑스에서 시작된 이후 순수수경 재배와 모래와 자갈 같은 배지를 사용하는 양액재배 방법이 미국에서 1920년과 1930년초에 본격적으로 연구되기 시작하여 양액재배의 기초가 확립되었다. 배지를 이용한 양액재배는 초기에 모래나 자갈을 이용하다가 1960년말에 peatmoss를 이용한 peat bag culture가 이루어졌다. 그 후 덴마크의 Grodan사에서 농업용 압면을 1968년에 개발하였으며, 1970년대 말부터 유럽전역에서 양액재배용 배지로 활용되기 시작하였다.

폐고무를 원예재배에 이용하려는 연구는 1974년에 Milbocker의 rubber를 함유한 배지에서 식물의 성장에 대한 실험을 비롯하여 1994년에 Browman의 분쇄 타이어를 사용한 국화의 생장실험, 1997년에 Evans의 rubber를 함유한 배지에서 제라니움(*Pelargonium × hortorum*)과 포인세티아(*Euphorbia pulcherrima*) 생장에 관한 실험 등 많은 연구가 이루어져 왔다. 만약 분쇄한 폐고무의 화학적 성질이 원예재배에 있어서 유해하지 않다면 원예 생산용 값싼 유기 대체제의 요구와 폐고무와 관련된 많은 문제점들을 해결하는데 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

본 실험에서는 최근에 사회적으로 환경문제를 야기하는 유기폐기물인 폐고무(페타이어, polyurethane foam shoe scraps, EPDM)를 재활용하여 환경적 문제의 해결, 그리고 양액재배용 배지의 원가절감과 신배지 개발을 위한 방안으로 장미 양액재배용 배지의 component로 사용하여 식물의 생장을 관찰하였다.

나. 실험 및 방법

(1) 재료

분쇄한 폐고무를 sieve를 사용하여 size(0.1~1, 1~2, 5~7mm) 별로 구분하여 실험하였다. 분쇄한 페타이어 분말(현진화학(주))은 1~2와 5~7mm의 두 종류로 분류하였으며, polyurethane foam shoe scraps(정립 화학)는 5~7mm, 그리고 EPDM powder(대중화학)는 0.1~1mm의 것을 사용하였다. 폐압면은 경남 일대의 토마토 유리온실에서 2년간 사용 후 폐기 처리한 것을 1차 가공 및 증기소독(120℃, 30분) 처리한 후 페타이어와 적정비율로 혼합하였다. 폐압면과 폐고무의 혼합비율은 표 2.5.6.1에 나타난 바와 같이 대조구는 순수 압면을 12L충진한 배지로 하였으며,

폐고무는 폐암면과 혼합하였다. 혼합비율은 분쇄한 페타이어 분말(1~2, 5~7mm)의 경우 6:6과 9:3으로 하였으며, polyurethane foam scraps(5~7mm)는 9:3, EPDM powder(0.1~1mm)는 9:3의 비율로 혼합하여 실험을 수행하였다. 폐고무를 폐암면과 혼합한 이유는 장미 양액재배에 있어서 폐암면을 이용한 실험은 경상대학교 원예학과에서 오랜 실험을 통하여 그 가능성이 입증되어 현재 경남 김해시 농가에서 실증재배 중에 있기 때문이다. 본 실험에서는 폐고무와 폐암면의 재활용과 더불어 원가 절감 차원에서 폐고무와 폐암면을 혼합하여 실험하였다. 사용된 배지는 예비실험에서 선발된 우량배지를 이용하였다. 공시품종은 1999년 3월 11일 김해시 농가의 2년생 모주에서 채취한 삽수를 이용하여 생산한 '마니쉬'(Rosa hybrida L. 'Manish')로서 삽목후 30일이 경과된 생육상태가 균일한 우량묘를 선발해 열 간격 55cm의 3열과 재식거리 16cm로 농가에서 관행으로 시행하는 방식에 맞추어 정식하였다.

(2) 실험방법

장미를 식재할 준비를 하여 경상대학교 종합실험관 옥상에 건축된 유리온실에 3개의 철제베드(길이 9m, 폭 1.25m) 위에서 실험을 수행하였다. 혼합배지를 만들어 길이 70cm, 폭 15cm의 비닐자루에 12L씩 충전하였다. 1개의 철제베드 위에 모든 배지 처리구가 포함되도록 난피법으로 배치하였고, 하나의 시료당 3반복씩(1반복당 4포기) 총 24자루를 배치하였다.

배열 후 배지자루를 통일성 있게 약 10cm 길이의 ×자 모양으로 장미가 식재될 위치를 칼로 찢고, 자루의 측면 하부에 길이 5cm의 배수구를 4개씩 만들었다. 배지를 수돗물로 충분히 관수하고 자루당 발근된 장미 4주씩을 정식하였다. 정식 후 일본 아이찌현 원예연구소(가또치방)의 장미재배용 양액을 표 2.5.6.2에 나타낸 바와 같이 조제하여 점적호스와 점적관을 이용하여 매일 9:00, 10:00, 12:00, 13:00, 14:00, 16:00 그리고 17:00시의 7회, 1회 관수시간은 5분으로 조절하여 1일 식물체당 약 500ml씩 주입하였다. 공급된 양액의 pH는 6.63이었으며, EC(Electrical conductivity, $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) 1.40이었다.

식재후 53일째 통로측 밑으로 경사지게 신초를 꺾어 휘었다. 이후 뿌리 윗부분에서 새로이 자란 신초를 절화로 기부체화하고 지속적으로 직경 4mm미만의 줄기는 절곡하였다(그림 2.5.6.1).

표 2.5.6.1. 실험에 사용된 8가지 배지의 혼합비율.

Component	Particle size (mm)	Symbol	Formulation (L)		
			Rockwool	Waste rockwool	Waste rubber
Fresh rockwool	slab	A	12	0	0
Waste rockwool	slab	B	0	12	0
	1~2	C	0	9	3
		D	0	6	6
Ground waste tire	5~7	E	0	9	3
		F	0	6	6
		G	0	9	3
Polyurethane foam shoe scraps	5~7	G	0	9	3
EPDM powder	0.1~1	H	0	9	3

표 2.5.6.2. 절화 마니쉬 장미재배에 사용된 양액조성.

Fertilizer	Concentration (mg · L ⁻¹)
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	708.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	246.0
KNO ₃	303.0
NH ₄ NO ₃	160.0
KH ₂ PO ₄	272.2
Fe-EDTA0	4.00
H ₃ BO ₃	1.24
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.13
MnSO ₄ · 4H ₂ O	2.20
H ₂ MoO ₄	0.08
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1.15

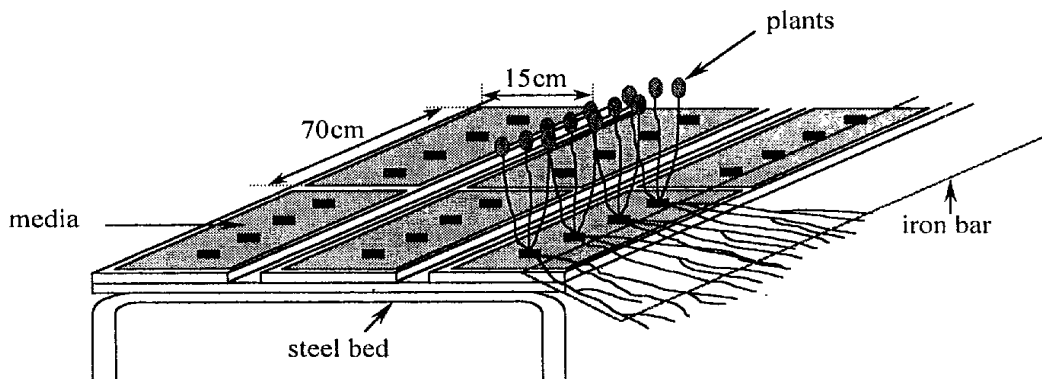


그림 2.5.6.1. 자루배지의 크기와 배치(아칭재배).

최초 채화는 정식 후 81일째인 6월 15일부터 6월 23일까지 실시하였으며, 정식 후 117일째 또는 1차 채화 후 36일째인 7월 21일부터 30일까지 2차 채화하였다. 줄기 최대직경 4mm이상, 꽃봉오리가 5개 이상 전개하는 개화 2단계, 그리고 초장 40cm 이상의 가지만을 선별하여 채화하였다. 온도와 습도의 조사를 위해 디지털 온도계측기(Thermo Recorder TR-71S, T&D Corp., Japan)와 모발습도계(Thermo Hydrograph R-74, Sato Corp., Japan)를 베드 상부와 측면에 각각 두어 경시적인 변화를 측정하였다. 공기 온도는 최저 10℃, 그리고 최고 30℃를 넘지 않도록 난방과 환기를 하였다.

배지의 pH와 EC를 측정하기 위하여 종류별 배지의 시료를 각각 1L씩 채취하여 60℃의 항온건조기에서 72시간 건조한 후, 시료 30mL을 3차 증류수 150mL(1:5, v/v)와 혼합하여 24시간 동안 100rpm으로 진탕하였다. 혼합용액을 맑은 액체가 될 때까지 2~3회 반복하여 거름종이(Whatman No. 2)에 거른 후 pH(pH meter, Orion, EA940, USA)와 EC(Conductivity meter, Consort C531, Belgium)를 측정하였다. 식물 성장에 중요한 필수원소 측정은 배지에서 시료를 채취한 후 pH와 EC 측정방법과 같은 방식으로 Ion Chromatography(DX-500, Dionex, USA)를 이용하여 측정하였다.

흰가루병을 예방하기 위하여 트리후민(전진산업(주)) 10g과 더마니(한농(주)) 10g을 20L의 물에 섞어 주 1회씩 살포하고, 진딧물 예방을 위하여 체스(노바티스아그로(주)) 10g과 모스피란(전진산업(주)) 10g을 20L에 섞어 주 1회씩 살포하였다.

다. 결과 및 고찰

(1) 다량원소 및 미량원소 함량

장미의 성장에 중요한 영향을 미치는 배지내의 미량원소 함량은 표 2.5.6.3과 2.5.6.4에 나타내었다. 표 4로부터 개화시 배지내의 원소 함량은 대조구인 암면과 비교하여 폐고무를 함유한 배지(C, D, E, F, G, H)에서 음이온(Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-})과 양이온(Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})의 농도는 높게 나타났다. 페타이어 1~2mm의 함량이 증가할수록 양이온과 음이온의 농도는 감소하였으며, 페타이어 5~7mm의 함량이 증가할수록 양이온과 음이온의 농도는 증가하는 것을 알 수 있었다. 본 실험에서 각 원소의 함량은 장미 암면 재배에 적합한 기준량(표 2.5.6.5)을 초과하지 않는 범위에 있기 때문에 장미의 성장에 저해 요인으로 작용하

지 않은 것으로 나타났다.

배지내 미량원소(중금속)의 함량은 Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} 의 농도는 대조구인 암면과 비교하여 많은 차이를 보이지 않지만, 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm)의 혼합비율이 9:3, 6:6, 그리고 폐암면과 페타이어 분말(5~7mm)의 혼합비율이 9:3, 6:6의 경우 Zn^{2+} 의 농도는 6.1, 12.2, 6.9, 10.2ppm으로 높게 나타났으며, 페타이어 분말의 비율이 증가할수록 Zn^{2+} 의 농도는 증가하였다. Milbocker과 Bowman에 의하면 분쇄한 페타이어 분말의 함량이 증가할수록 Zn^{2+} 의 농도는 증가한다고 보고하였다. 일반적으로 Zn^{2+} 의 농도가 높으면 식물은 어린잎의 엽맥 사이에 선명한 황화현상을 나타내고, 엽맥은 녹색으로 남지만 심한 경우 잎 전체가 백화하는 현상이 나타나며, 눈의 신장이 나빠지고, 줄기도 가늘어지는 증상을 나타내기도 한다. 본 실험에서 Zn^{2+} 의 농도는 장미 양액재배에 있어서 배지내의 Zn^{2+} 농도의 기준량 0.23ppm보다는 높게 나타났으나, 생육조사결과, 위에서 언급한 성장저해 현상이 나타나지 않는 것으로 보아 Zn^{2+} 의 농도가 장미의 생육에 악영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 그러나 폐고무의 혼합비율은 50%를 넘지 않는 범위로 혼합하는 것이 좋을 것으로 사료된다. Polyurethane foam shoe scraps(5~7mm)를 함유한 배지(G)와 EPDM powder(0.1~1mm)를 함유한 배지(H)에서 Zn^{2+} 의 농도는 1.5ppm으로 대조구인 암면과 비교하여 조금 높은 값을 보였다. Fe^{2+} 의 경우 기준량 1.4ppm 보다 낮은 값을 보였다. Fe^{2+} 가 부족할 경우 Zn^{2+} 과잉현상과 유사한 증상을 보이는데 본 실험에서는 이와 같은 증상은 나타나지 않았다.

(2) pH와 EC

그림 2.5.6.2는 장미 식재 전과 개화시 배지의 pH와 EC를 조사한 것이다. 작물의 생육에 적합한 pH는 6.0내외라고 보고 되어있다⁹⁾. 본 실험에서는 장미 식재 전 배지의 pH는 7.17~7.99로 약간 높은 값이 나타났으나, 개화시 배지의 pH는 5.70~6.35로 장미의 생육에 적합하였다. 장미는 NH_4^+ 를 대단히 잘 흡수하기 때문에 양액에 NH_4^+ 가 존재하면 NO_3^- 보다 우선적으로 흡수한다. 배지의 pH 변화를 보면 암모니움을 양액에 공급시에는 식물이 음이온(Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) 보다는 양이온(Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})을 더 많이 흡수하고 그 결과 뿌리로부터 H^+ 이온이 방출되어 배지내의 pH는 낮아진다⁸⁾. 또한 식물 자체의 pH와 배지내의 pH가 다를 경우 식물의 pH 완충능력에 의해 식물 뿌리로부터 H^+ 이온이 방출되어 pH는 낮아지기도 한다. 본 실험에서는 이와 같은 결과로부터 배지내의 pH는 낮아진

것으로 생각된다.

개화시 대조구인 압면과 비교하여 폐고무를 함유하였을 경우 높은 EC를 나타냈으며, 폐압면과 EPDM powder(0.1~1mm)의 혼합비율이 9:3인 배지(H)에서 $2.17\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 제일 높은 EC를 보였다. Sonneveld와 Straver¹⁰⁾에 의하면 압면 재배시 배지의 EC는 $3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 정도가 적합하다고 한다. 본 실험에서는 폐고무를 함유한 배지의 EC는 $1.36\sim 2.17\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 낮게 나타났다.

표 2.5.6.3. 재배전 배지내의 다량원소와 미량원소의 함량

	Anion (ppm)				Cation (ppm)					Micro-elements (ppm)				
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
A	0.34	-	-	1.19	1.52	0.57	0.34	0.28	0.86	^z	0.01	0.01	0.04	0.01
B	0.83	5.50	2.25	14.14	1.09	0.73	3.58	1.38	6.17	0.01	0.01	-	0.23	0.01
C	1.09	0.48	0.69	36.98	1.66	1.14	4.58	2.71	14.17	-	-	-	0.42	0.13
D	1.04	0.73	0.67	9.75	1.28	0.63	2.50	1.18	5.51	-	-	-	0.76	-
E	0.84	3.20	1.6	8.65	0.86	0.52	2.34	1.19	4.79	-	-	0.01	0.19	0.04
F	1.01	3.60	1.14	9.81	1.10	0.62	2.25	0.91	4.60	-	0.03	0.13	0.29	-
G	1.28	3.06	1.59	14.82	0.74	0.71	2.84	1.28	7.29	-	0.02	0.04	0.02	-
H	9.31	3.62	1.29	99.89	15.46	0.48	3.70	1.85	26.47	-	0.02	0.70	0.01	-

^z - represents "undetected".

표 2.5.6.4. 개화시 배지내의 다량원소와 미량원소의 함량

	Anion (ppm)				Cation (ppm)					Micro-elements (ppm)				
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
A	56.5	180.9	29.0	17.7	20.3	5.4	58.8	4.5	33.6	^z	0.1	-	0.55	0.35
B	74.0	234.8	100.9	32.0	23.0	8.4	103.8	7.9	52.9	0.5	0.1	-	0.55	0.4
C	89.7	474.9	84.0	96.0	32.4	8.4	159.6	19.7	82.3	0.1	0.1	-	6.1	0.5
D	69.0	245.5	37.3	26.8	24.0	9.2	82.1	7.4	56.9	0.15	0.05	-	12.2	0.45
E	57.0	233.1	55.5	26.0	22.4	8.3	82.7	6.1	50.2	0.1	0.1	0.1	6.9	0.5
F	79.5	348.3	66.0	44.9	25.8	8.5	127.3	12.5	78.4	0.2	0.15	1.2	10.2	0.6
G	60.0	323.8	83.3	25.9	22.2	6.8	77.5	7.1	55.5	0.05	0.1	0.6	1.5	0.1
H	57.5	255.5	55.5	26.4	21.9	5.9	96.2	5.9	51.4	0.05	0.1	1.25	1.5	0.1

^z - represents "undetected".

표 2.5.6.5. 양액재배용 암면에서 근권의 원소 허용농도⁸

	Anion (ppm)			Cation (ppm)				Micro-element (ppm)				
	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
Concentration allowed	106.5	775	144	69	9	234	24	100	1.4	0.06	0.23	0.17

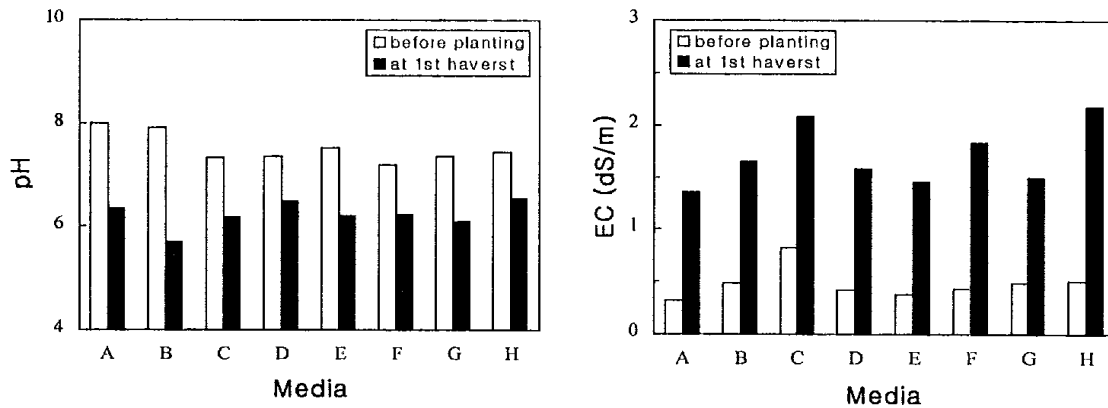


그림 2.5.6.2. 절화 마니쉬 장미의 식재전과 개화시 배지의 pH 와 EC.

(3) 생육

그림 2.5.6.3은 장미를 식재일로부터 1일 경과 후(a)와 개화 후(b) 장미의 생장 모습을 나타낸 것이다. 대조구인 암면과 비교하여 폐고무를 함유한 배지에서 장미의 생장은 생장 초기에 thin brittle stem, 초기위조(incipient wilting)와 같은 stress 증상을 보였다. 그러나 수주일 후에 식물은 stress에서 점점 회복되어 대조구인 암면과 비교하여 볼 때 차이를 보이지 않았다.



사진 2.6.1. 장미의 모습: (좌) 식재일로부터 1일 경과 후, (우) 개화시.

그림 2.5.6.3은 장미의 1, 2차 생육조사 결과를 나타낸 것이다. 1차 생육조사(채화일 80~88일) 결과, 대조구인 암면과 비교하여 장미의 초장과 가지수는 폐암면과 페타이어 분말(5~7mm) 9:3(E), 6:6(F) 그리고 polyurethane foam shoe scraps(5~7mm) 9:3(G)으로 혼합된 배지에서 높게 나타났고, EPDM powder(0.1~1mm) 9:3의 비율로 혼합한 배지(H)에서 낮게 나타났다. 경경은 EPDM powder(0.1~1mm) 9:3의 비율로 혼합한 배지(H)에서는 낮게 나타났으나, 나머지 배지에서는 유사한 값을 나타냈었다. 생체중은 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm) 6:3(D), 폐암면과 페타이어 분말(5~7mm) 9:3(E), 6:6(F) 그리고 polyurethane foam shoe scraps(5~7mm) 9:3(G)으로 혼합된 배지에서 높았으며, EPDM powder(0.1~1mm) 9:3의 비율로 혼합한 배지(H)에서 낮게 나타났다.

2차 생육조사(채화일 117~126일) 결과, 대조구인 암면과 비교하여 초장은 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm) 9:3(C), 6:6(D)으로 혼합된 배지에서 크게 나타났으며, 가지수는 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm) 9:3(C), 6:6(D), 폐암면과 polyurethane foam shoe scraps(5~7mm) 9:3(G)의 배지에서 많았다. 경경은 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm) 9:3(C), 폐암면과 polyurethane foam shoe scraps(5~7mm) 9:3(G) 그리고 폐암면과 EPDM powder(0.1~1mm) 9:3(H)의 배지에서 높게 나타났다. 또한 생체중은 폐암면과 페타이어 분말(5~7mm) 6:6(F)을 제외한 나머지 배지에서 대조구인 암면과 비교하여 높게 나타났다. 장미의 개화소요일수는 1, 2차 생육조사 결과, 암면과 비교하여 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있었다.

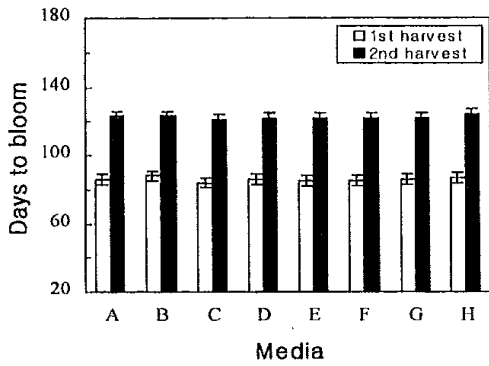
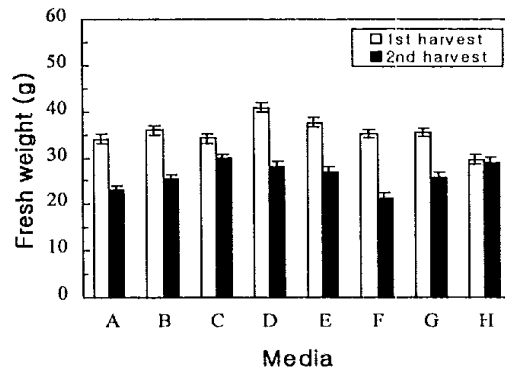
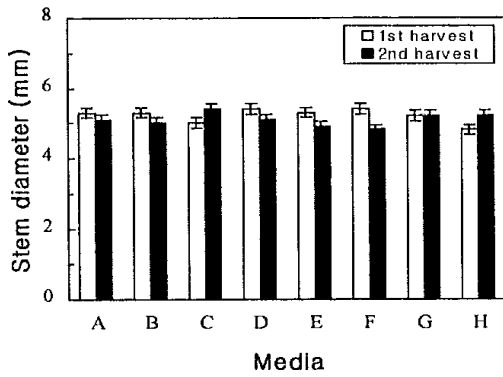
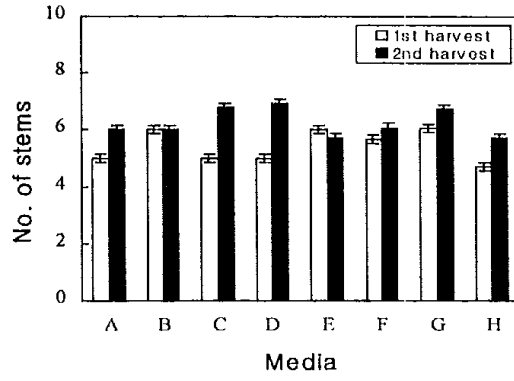
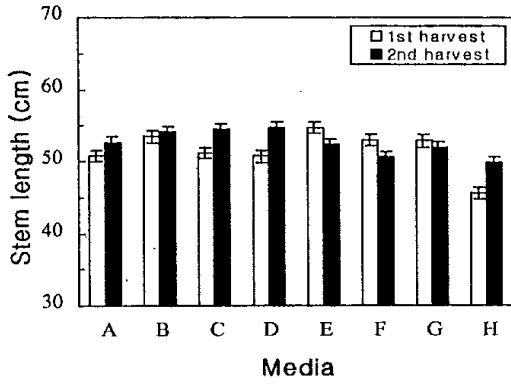


그림 2.5.6.3. 절화 마니쉬 장미의 1, 2차 생육결과.

라. 적요

폐고무를 양액재배용 배지의 구성요소로 사용하여 폐고무를 함유한 배지에서 장미의 생육에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 장미 개화 후 배지내의 미량원소의 함량측정 결과 페타이어의 함량이 증가할수록 다른 배지에 비하여 Zn^{2+} 의 농도가 증가하였으나, 식물의 생육에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판명되었다.

(2) 장미 식재 전과 비교하여 개화시 배지의 pH는 5.7~6.35로 감소하여 안정화되는 것을 알 수 있었다.

(3) 1차 생육조사 결과, 장미의 초장은 폐암면과 페타이어 분말(5~7mm) 9:3에서 54cm, 가지수는 폐암면과 polyurethane foam shoe scraps(5~7mm) 9:3에서 6.07, 그리고 경경과 생체중은 폐암면과 페타이어 분말(1~2mm) 6:6으로 혼합된 배지에서 각각 54mm, 40.83g으로 가장 높았으며, EPDM powder를 함유하였을 경우 대조구인 암면과 비교하여 초장, 가지수, 경경, 생체중 모두 낮게 나타났다. 2차 생육조사 결과, 폐암면과 페타이어(1~2mm) 6:6의 비율로 혼합된 배지에서 초장은 54.47cm, 가지수는 6.92로 가장 높았고, 폐암면과 페타이어(1~2mm) 9:3의 비율로 혼합된 배지에서 경경은 54mm, 생체중은 29.78g으로 가장 높게 나타났다. 장미의 개화소요일수는 암면과 비교하여 큰 차이를 보이지 않은 것을 알 수 있었다.

(4) 생육조사 결과, 폐고무를 함유하였을 경우 대조구인 암면과 비교하여 각 배지마다 차이를 보이지만 그 차이는 경미함을 알 수 있었다.

이상과 같은 결과로부터 폐고무를 양액재배 배지의 구성요소로 사용이 가능함을 알 수 있었다.

요약

최근 폐고무의 증가에 따른 효율적 처리에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 실험에서는 폐고무를 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용 방법을 연구하였으며, 배지내의 장미 생육상태, 미량원소, 다량원소, pH 그리고 EC를 조사하였다. 생육 초기에 장미는 초기위조(incipient wilting)와 같은 증상이 관찰되었으나, 여러 주 후에 회복하였다. 개화 후 배지내의 Zn^{2+} 의 농도는 페타이어의 함량이 높을수록 증가하였으며, 장미 식재 전 배지내의 pH는 7.17~7.99로 나타났지만, 개화 후 배지내의 pH는 5.7~6.35로 식물의 성장에 적합한 상태로 안정화되는 것을 알 수 있었다. 대조구인 암면과 비교하여 폐암면과 EPDM 분말 9:3의 비율로 혼합한 배지를 제외한 모든 배지에서 장미의 초장, 가지수 그리고 생체중 큰 차이를 보이지 않았으며, 유사한 값을 나타내는 것을 알 수 있었다.

7. 새암면 슬래브 배지와 폐암면 슬래브 입자배지에서의 토마토 수량특성 비교

가. 재료 및 방법

공시작물은 완숙토마토(모모타로요쿠)였으며 1999년 11월 24일에 EC 1.0dS/m 인 양액으로 포수시킨 암면 플러그에 파종하여 본엽이 2매 전개된 1999년 12월 18일에 EC 1.5dS/m 양액에 포수시킨 육묘용 암면큐브에 이식하였다. 육묘시 표준양액은 야마자키 토마토액이었으며, 양액공급은 파종후 떡잎이 완전히 전개되고 제1본엽이 보이기 시작할 무렵부터 시작하였으며 이식 직전까지 EC 1.3dS/m 양액을 2일 간격으로 오전 10시경에 두상관수 하였으며, 이식 후에는 EC 1.5dS/m 양액을 매일 1회씩 암면큐브에 관주하였다. 본엽이 8~9매 전개되었을 때인 2000년 1월 10일에 길이 90cm 폐암면슬래브와 대조구인 새암면슬래브에 각각 3주식 정식하였다.

정식후 양액은 육묘시와 동일하게 야마자키 토마토액을 슬래브내 EC가 2.0~2.5dS/m, pH가 5.6~6.0의 범위를 유지하도록 EC 1.5~2.0dS/m, pH 5.4~6.2의 양액을 공급하였다. 공급량은 생육초기 0.6L/주/일, 제1화방 착과기 1.0L/주/일, 제3화방 착과기 1.4L/주/일, 제1화방 수확기 1.2L/주/일 등 생육단계별로 달리하였다.

착과제는 토마토톤 100배액과 GA 10ppm을 혼합한 액으로 화방당 꽃이 2~3개 필 때 침지시켰다. 적심은 6화방의 상위 2엽을 남기고 하였고, 수확은 50%정도 착색되었을 때 하였다. 상품수량은 정상적인 모양을 가진 100g 이상의 과실을 조사하였고 비상품 수량은 과중미달과, 배꼽썩이과, 기형과, 열과 등을 구분하여 조사하였다.

나. 결과 및 고찰

표 2.5.7.1은 배지종류별 수량 및 품질 특성을 나타낸 것이다. 1과중은 새암면 배지가 192g인데 비하여 폐암면 배지는 206g으로 14g 정도 무거운 경향을 보였으며, 상품과율은 배지간 차이가 없었다. 토마토 품질을 결정하는 중요 요인인 당도와 산함량은 폐암면 배지가 새암면 배지보다 당도와 산 함량이 모두 높게 나타났다.

10a당 상품수량은 폐암면 배지가 12,874kg으로 새암면 배지의 약 93% 수준이었다. 10a당 상품수량 차이는 배지간 주당 착과수 차이 때문이었는데 주당 총수확과수가 새암면 배지는 35.8개이나 폐암면 배지는 31개로 4.8개가 적었고, 주당 상품과수는 새암면 배지가 29.9개인데 비하여, 폐암면 배지는 26개로 3.9개가 적었다.

표 2.5.7.1. 배지종류별 수량 및 품질 특성

배지종류	1과중 (g)	상품과율 (%)	당도 (°Brix)	산 함량 (%)	수량 (kg/10a)		
					상품	비상품	총
암면	192	83.5	5.0	6.41	13,788	2,158	15,946
폐면	206	83.9	5.2	7.08	12,874	2,523	15,397

배지종류별 과중 분포비율은 표 2.5.7.2에서 나타낸 바와 같다. 폐암면 배지는 새 암면 배지에 비해 100~150g의 소과 및 151~200g의 중과 비율은 낮았으나 201~250g의 대과와 251g 이상의 특대과 비율은 오히려 높은 경향이였다. 일반적으로 과실의 착과수와 과중은 역의 상관관계에 있는데 본 시험에서 폐암면 배지에서 대과 및 특대과의 비율이 높았던 것은 폐암면 배지의 주당 착과수가 새암면 배지보다 적었던 것이 그 원인으로 판단된다.

표 2.5.7.2. 배지종류별 과중 분포비율(%)

배지종류	100~150g	151~200g	201~250g	251g이상
암면	33.8	31.2	18.2	16.9
폐면	28.2	26.9	23.1	21.8

표 2.5.7.3은 배지종류별 비상품과 분포비율을 나타낸 것이다. 배지종류에 관계없이 100g 미만의 과중미달과가 전체 비상품과의 약 53%로 가장 많았는데 이것은 공시품종으로 사용한 모모따로요쿠 토마토가 완숙 계통의 토마토로서 품종 특성상 1과중이 적은 토마토 품종인 때문으로 판단된다.

그 이외에 새암면 배지는 기형과, 공동과, 배꼽썩이과, 열과 순으로 많았으나 폐암면 배지는 기형과, 창분과, 공동과 순이었으며 배꼽썩이과와 열과는 전혀 발생되지 않았다.

일반적으로 토마토 양액재배에서 배꼽썩이과와 열과의 발생에는 온실내 기상환경 조건도 중요하게 관여하지만 근권내 수분변화와 그에 따른 EC 변화와도 밀접한 관련이 있는데 폐암면 배지에서 배꼽썩이과와 열과의 발생이 전혀 없었다는 것은 폐암면 배지가 수분 및 EC 변화에 안정적이었다고 할 수 있다.

표 2.5.7.3. 배지종류별 비상품과 분포비율(%)

배지종류	과중미달과	기형과	배꼽썩이과	공동과	창문과	열과
암면	53.5	16.9	7.9	13.8	6.5	1.2
폐면	53.4	20.0	0	6.6	20	0

8. 토마토 배지에 따른 생육 및 과실 수량, 품질에 미치는 영향

가. 목적

양액재배의 배지 재활용을 위한 폐암면과 분쇄한 나무 재료를 이용한 새로운 배지의 이용 실증실험

나. 실험 방법

(1) 경중개요

(가) 실험장소 : 합천군 가야면 대전리 763

1) 시설형태 : 비닐온실 20평

2) 재배방식 : 양액재배(월예연구소 처방-한방액)

(나) 파종 : 2000년 4월 15일

(다) 정식 : 2000년 5월 15일(30일간 육묘)

(라) 수확 : 2000년 6월 26일 ~ 2000년 8월 13일(5화방까지 수확)

(2) 방법 및 재료

(가) 공시재료 : 방울토마토(삐삐)

(나) 실험방법 : 분쇄한 폐암면과 분쇄한 밤나무, 분쇄한 소나무를 양액재배용 자루(60cm×100cm)에 담아 배지로 사용

(다) 대조구 : 암면(농가 1년 사용, 파프리카)

(라) 시험구 : 분쇄한 폐암면 100%, 분쇄한 폐암면 1 + 분쇄한 밤나무 1, 분쇄한 폐암면 1 + 분쇄한 소나무 1, 분쇄한 밤나무, 분쇄한 소나무

(마) 시험구별 재식주수 : 8주(합계 48주)

다. 조사내용

(1) 조사항목

- (가) 생육 : 초장, 엽수, 엽장, 건물중
- (나) 과실 : 품질 - 당도, 산도(당산비), 1과중
수량 - 화방별 수량, 시기별 수확량, 총수량
- (다) 근권부 : EC, pH

(2) 조사기간

- (가) 생육조사 : 정식 5일 후부터 30일 간격
- (나) 수량조사 : 5~7일 간격

라. 실험결과

(1) 정식 전 조사

(가) 토마토 묘종의 소질 조사(2000. 5. 15)

초장 (cm)	엽수 (매)	생체중 (g/주)	건물중 (g/주)	건물율 (%)
20.7	9	7.60	1.37	17.3

※ 생체중 측정 후 60℃ 3일 항온건조 건물중 측정(10주 평균)

(나) 배지의 화학성 조사(pH, EC)(2000. 5. 15)

구분	암면		폐암면		밤나무		소나무		암면+밤나무		암면+소나무	
	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC
평균	7.73	0.61	7.71	0.68	4.95	0.52	5.77	0.16	6.89	0.37	7.19	0.39

(3) 정식 후 토마토의 근권부 환경

(가) 배지의 pH, EC(mS cm⁻¹)

조사일	암면		폐암면		밤나무		소나무		암면+밤나무		암면+소나무	
	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC	pH	EC
8.13	6.84	0.26	6.60	0.32	6.42	0.27	6.58	0.24	6.66	0.30	6.74	0.26

※ 정식 후 일(8.13) 근권부 배액의 조사결과임.

(4) 토마토 생육조사 결과

(가) 배지에 따른 시기별 토마토의 초장(cm) 변화

조사일	암면	폐암면	밤나무	소나무	암면+밤나무	암면+소나무
5.25	31.0	30.5	28.9	30.2	26.9	24.8
6.26	135.4	133.5	104.7	118.7	108.5	90.1
7.8	190.4	184.2	148.1	164.0	153.2	158.2

※ 정식 10, 40, 62일 후 토마토의 생육(초장)의 변화, 8주 평균임, 62일 이후 5화방 위 20cm 상부 적심.

(나) 배지에 따른 시기별 토마토의 엽수(매) 변화

조사일	암면	폐암면	밤나무	소나무	암면+밤나무	암면+소나무
5.25	11.0	10.7	10.1	10.4	10.4	13.2
6.26	25.4	24.7	22.4	22.7	24.0	24.4
7.8	31.4	31.0	28.5	28.4	30.1	30.1

※ 정식 10, 40, 62일 후 토마토의 생육(엽수)의 변화(8주 평균임).

(다) 배지에 따른 수확후 토마토의 경경(mm)

조사일	암면	폐암면	밤나무	소나무	암면+밤나무	암면+소나무
8.13	10.65	10.40	9.46	9.73	9.75	10.03

※ 수확 종료 후 토마토의 지제부 1cm 부위의 경경 조사(8주 평균임).

(라) 배지에 따른 토마토의 엽폭(cm)과 엽장(cm)

조사일	암면		폐암면		밤나무		소나무		암면+밤나무		암면+소나무	
	엽폭	엽장	엽폭	엽장	엽폭	엽장	엽폭	엽장	엽폭	엽장	엽폭	엽장
8.13	32.2	34.8	32.6	34.9	20.1	29.1	23.0	30.7	28.2	36.0	28.5	37.0
엽폭/엽장	0.93		0.93		0.69		0.75		0.78		0.77	

※ 정식일 후(8.13) 토마토의 최대엽의 엽폭, 엽장 조사(8주 평균임).

(마) 배지에 따른 토마토의 생체중(g)과 건물중(g)

조사일	압면		폐압면		밤나무		소나무		압면+밤나무		압면+소나무	
	생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중	생체중	건물중
8.15	708.5	130.4	647.0	131.1	341.3	70.3	377.8	78.8	400.5	87.0	610.0	135.3
건물율 (%)	5.43		4.93		4.86		4.80		4.60		4.51	

※ 수확 완료후 생체중 측정, 3일 항온건조 후 건물중 측정, 통풍건조 후 다시 측정(8주 평균).

(5) 토마토의 수량조사 결과

(가) 배지에 따른 토마토의 과수 및 수량(g)

구분	압면		폐압면		밤나무		소나무		압면+밤나무		압면+소나무	
	과수	중량	과수	중량	과수	중량	과수	중량	과수	중량	과수	중량
주당 수확량	114.0	1,298.0	127.5	1,219.4	70.4	592.5	76.75	672.5	85.5	811.9	108.4	1,051.6
평균과중	11.39		9.56		8.42		8.76		9.50		9.70	

※ 6.26부터 8.13일까지 처리당 8주의 토마토에서 5화방을 수확한 결과임.

(나) 배지에 따른 토마토의 시기별 수확 과수

수확일	압면	폐압면	밤나무	소나무	압면+밤나무	압면+소나무
6.26	2		1	4		2
7. 8	7		1	4		2
7.12	89	105	95	97	103	98
7.15	71	69	46	36	31	41
7.28	191	225	78	98	128	152
8. 4	354	438	167	235	284	354
8.13	198	183	175	140	138	218
계	912	1,020	563	614	684	867

(다) 배지에 따른 수확시기별 토마토의 수량(g)

수확일	압면	폐압면	밤나무	소나무	압면+밤나무	압면+소나무
6.26	20		10	39		20
7. 8	20		10	39		20
7.12	1,080	1,144	796	898	1,138	1,071
7.15	833	776	426	355	291	471
7.28	2,309	2,361	779	949	1,219	1,731
8. 4	4,219	4,167	1,503	2,113	2,759	3,564
8.13	1,903	1,307	1,216	987	1,088	1,536
계	10,384	9,755	4,740	5,380	6,495	8,413

(6) 토마토의 품질조사 결과

(가) 토마토의 당도와 산도

구분	압면	폐압면	밤나무	소나무	압면 + 밤나무	압면 + 소나무
당도(°Brix)	6.99	7.2	8.0	8.0	7.9	7.1
산도	8.79	6.00	7.21	7.36	6.40	5.42
당산비	0.89	1.20	1.11	1.09	1.23	1.31

(나) 토마토의 화방별 당도(°Brix)

화방	압면	폐압면	밤나무	소나무	압면 + 밤나무	압면 + 소나무
2	7.46	7.90	-	7.43	7.50	5.80
3	7.23	6.90	8.06	6.96	7.36	6.80
4	6.06	7.46	6.73	6.86	6.96	7.46
5	7.23	7.26	6.93	6.70	6.46	7.06
평균	6.99	7.38	7.24	6.98	7.07	6.78

※ 정식 후 일(8. 4) 2 ~ 5화방별 조사한 당도수치임.

제 3 장 목재 부산물을 이용한 원예용 배지재료 개발

제 1 절 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄 개발

1. 재료 및 방법

15-30년생의 밤나무와 소나무를 경상대학교 연습림인 경남 산청군 삼장면에서 채취하여 1999년 4월 17일 체인톱을 이용하여 길이 약 30cm로 절단하여 이들의 체적을 측정 한 후 3반복 × 4개의 샘플을 취한 후 파쇄기<송진정밀(주)사제 분쇄기 63R 723형, 동력 30마력>를 이용하여 시료를 제조하였다. 시료의 입자는 직경 6mm, 8mm 및 10mm의 원형구멍을 뚫은 체를 파쇄기에 설치하여 파쇄된 시료입자가 통과되도록 함으로써 그 크기를 조절하였다.

생재 파쇄시료는 벌목후 1일 경과후 파쇄전의 부피를 측정 한 후 파쇄하였으며 파쇄 후의 입자 크기별 부피는 전체 시료 중에서 메스실린더(2.375L)를 이용하여 시료를 취한 후, 간격 5.0mm 및 2.0mm 체를 통과한 각각의 체적을 측정하였다. 기건 파쇄시료는 벌채후 약 60일간 대기 중에서 건조된 상태의 재료를 이용하여 시료를 조제하였으며 시료의 체적 측정방법은 생재의 경우와 동일하였다.

밤나무 및 소나무시료의 수분 존재상태는 건량 기준 함수율(MC, moisture content)로 측정하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$\text{생재 함수율(\%)} = \frac{\text{생재중량} - \text{전건 중량}}{\text{전건중량}} \times 100$$

$$\text{기건 함수율(\%)} = \frac{\text{기건중량} - \text{전건 중량}}{\text{전건 중량}} \times 100$$

2. 결과

가. 밤나무와 소나무의 파쇄기 체의 크기에 따른 입자별 부피

(1) 체적 변화율

체적 변화율은 파쇄전 부피와 파쇄후의 부피 비를 체적 변화율로 나타내었는데 파쇄함으로써 체적이 많이 증가하였다. 밤나무 생재는 그 값이 4.41-5.58배, 기건재는 3.89-5.98배로 나타났다. 그리고 소나무 생재는 그 값이 3.61-4.55배, 기건재는 2.35-2.70배로 나타났다.

(2) 간이 실험용 체를 이용하여 분석한 입자별 함량(표 3.1.1.1, 3.1.1.2)

파쇄기에 구멍의 크기가 다른 체를 장착하여 파쇄 시료를 조제하였다. 시료 중에서 2.375L를 채취하여 체의 간격 5mm 미통과, 2mm 미통과 - 5mm 통과, 그리고 2mm 통과 입자로 크기를 분류하였다. 파쇄기에 설치된 체의 직경이 커질수록 파쇄 입자가 큰 시료를 얻을 수 있었다. 입자의 크기로 적당할 것으로 생각되는 2mm 미통과 - 5mm 통과의 입자는 밤나무의 경우는 생재 및 기건재에서 파쇄기 장착 체의 직경이 6mm 일 때가 가장 많은 64.7과 70.8 %를 나타내었다. 그리고 소나무 생재의 경우에는 파쇄기 장착 체의 직경이 6mm 일 때 2mm 미통과 - 5mm 통과의 입자가 58.06%로 가장 많았는데 기건재의 경우에는 파쇄기 장착 체의 직경이 8mm 일 때 2mm 미통과 - 5mm 통과의 입자가 가장 많은 72.09%를 나타내었다.

(3) 밤나무와 소나무의 생재 및 건재 상태에서의 함수율

밤나무와 소나무는 생재상태에서 함수율은 각각 76.65%와 88.14%이었다(표 3.1.1.3, 3.1.1.4). 기건상태에서 밤나무와 소나무의 함수율은 각각 26.42%와 17.36%이었다. 본 실험에서는 시료제조 비용에 대해서는 고려하지 않았는데 목재는 섬유 포화점 이하로 함수율이 떨어지면 함수율 감소에 따라서 목재의 기계적 성질이 증가하여 칼날의 마모 및 에너지가 많이 소요 될 것으로 판단되고 제조된 시료의 입자크기에 생재 및 기건재에 따른 큰 차이가 나타나지 않았기 때문에 배지용 시료 제조시에는 생재를 이용하여 시료를 제조하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

표 3.1.1.1. 밤나무 입자의 파쇄기 체의 크기에 따른 입자별 부피량

파쇄기 체의 규격 (mm)	파쇄전 체적(L)	파쇄후 체적(L)	파쇄후 체적 증가율 (×배) ¹⁾	파쇄후 입자 크기(%) ²⁾			
				5.0mm이상 (%)	2-5mm (%)	2.0mm이하 (%)	
1	6	1.59	8.87	5.58	12.94	64.70	22.35
2	8	1.98	9.54	4.82	9.38	59.68	20.93
3	10	2.44	10.77	4.41	45.92	41.16	12.93
평균		2.00	9.73	4.94	26.08	55.18	18.74
LSD _{0.05}		0.07	1.57	0.80	11.79	7.88	2.68

파쇄기 체의 규격(mm)	파쇄전 체적(L)	파쇄후 체적(L)	파쇄후 체적 증가율 (×배)	기건상태 ⁴⁾			
4	6mm	1.76	7.83	4.45	0.37	70.80	28.83
5	8mm	2.21	8.59	3.89	43.84	41.13	15.02
6	10mm	1.148	6.88	5.98	46.69	38.91	14.40
평균		1.81	7.77	4.77	30.30	50.28	19.42
LSD _{0.05}		0.07	1.41	0.87	23.05	10.52	3.95

파쇄후 체적(L)

$$1) \text{체적증가율 (×배)} = \frac{\text{파쇄후 체적(L)}}{\text{파쇄전 체적(L)}}$$

2) 파쇄후 입자크기는 총샘플 중 2.375L를 정량 하여 %로 나타낸 값임.

3) 별채후 1일 경과 후 파쇄(함수율 76.65%).

4) 별채후 약60일간 대기 중에서 천연건조 후 파쇄(함수율 26.42%).

표 3.1.1.2. 소나무 파쇄기 체의 크기에 따른 입자별 부피량

파쇄기 체의 규격 (mm)	파쇄전 체적 (L)	파쇄후 체적 (L)	파쇄후 체적 증가율 (×배) ¹⁾	파쇄후 입자크기 (%) ²⁾			
				5.0mm이상 (%)	2 - 5mm (%)	2.0mm이하 (%)	
1	6	3.57	14.81	4.15	28.22	58.06	13.71
2	8	3.71	13.38	3.61	43.22	44.07	12.71
3	10	2.83	12.89	4.55	53.76	31.20	15.04
평균		3.37	13.69	4.10	41.73	44.44	13.82
LSD _{0.05}		0.12	1.22	0.37	8.35	10.10	4.88

파쇄기 체의 규격 (mm)	파쇄전 체적 (L)	파쇄후 체적 (L)	파쇄후 체적 증가율 (×배)	기건상태 ⁴⁾			
				5.0mm이상 (%)	2 - 5mm (%)	2.0mm이하 (%)	
4	6	3.00	7.41	2.47	0.39	68.87	30.73
5	8	3.12	7.33	2.35	4.65	72.09	23.26
6	10	3.18	8.59	2.70	51.76	35.69	12.55
평균		9.30	7.77	2.51	18.93	58.88	22.18
LSD _{0.05}		0.23	0.70	0.23	15.78	11.31	5.45

파쇄후 체적 (L)

$$^1) \text{체적증가율 (×배)} = \frac{\text{파쇄후 체적 (L)}}{\text{파쇄전 체적 (L)}}$$

²⁾ 파쇄후 입자크기는 총샘플 중 2.375L를 정량 하여 %로 나타낸 값임.

³⁾ 벌채후 1일 경과 후 파쇄(함수율 88.14%).

⁴⁾ 벌채후 약60일간 대기 중에서 천연건조 후 파쇄(함수율 17.36%).

표 3.1.1.3. 밤나무의 생재 및 기건 함수율

	생재 중량 ¹⁾ (g)	전건 중량 ²⁾ (g)	생재 함수율 (%)
1	1350.62	780.20	73.11
2	1289.60	719.99	79.11
3	1350.35	759.82	77.72
평균	1330.19	753.34	76.65
LSD _{0.05}	87.14	75.92	7.79

	기건 중량 ³⁾ (g)	전건 중량 (g)	기건 함수율 (%)
1	1651.63	1297.44	27.30
2	1799.60	1434.30	25.47
3	2294.14	1813.50	26.50
평균	1915.12	1515.08	26.42
LSD _{0.05}	834.10	662.73	2.27

¹⁾ 생재중량: 벌목후 1일 경과시 중량. ²⁾ 전건 중량: 105℃에서 4일간 건조후 전건 중량. ³⁾ 기건 중량: 실내의 천연상태에서 60일간 경과후 중량.

표 3.1.1.4. 소나무의 생재 및 건재 상태에서의 함수율

	생재 중량 ¹⁾ (g)	전건 중량 ²⁾ (g)	생재상태 함수율 (%)
1	2200.07	1266.27	73.74
2	2240.07	1175.06	90.68
3	1806.55	903.24	100.01
평균	2082.43	1114.86	88.14
LSD _{0.05}	594.40	468.16	33.01
	기건 중량 ³⁾ (g)	전건 중량 (g)	기건 함수율 (%)
1	1958.48	1615.48	21.20
2	1765.29	1545.20	14.20
3	2631.72	2250.45	16.68
평균	2118.50	1803.71	17.36
LSD _{0.05}	1127.52	963.02	8.80

1) 생재중량: 벌목후 1 일 경과시 중량. 2) 전건 중량: 105℃에서 4일간 건조후 전건 중량.

3) 기건 중량: 실내의 천연상태에서 60일간 경과후 중량.

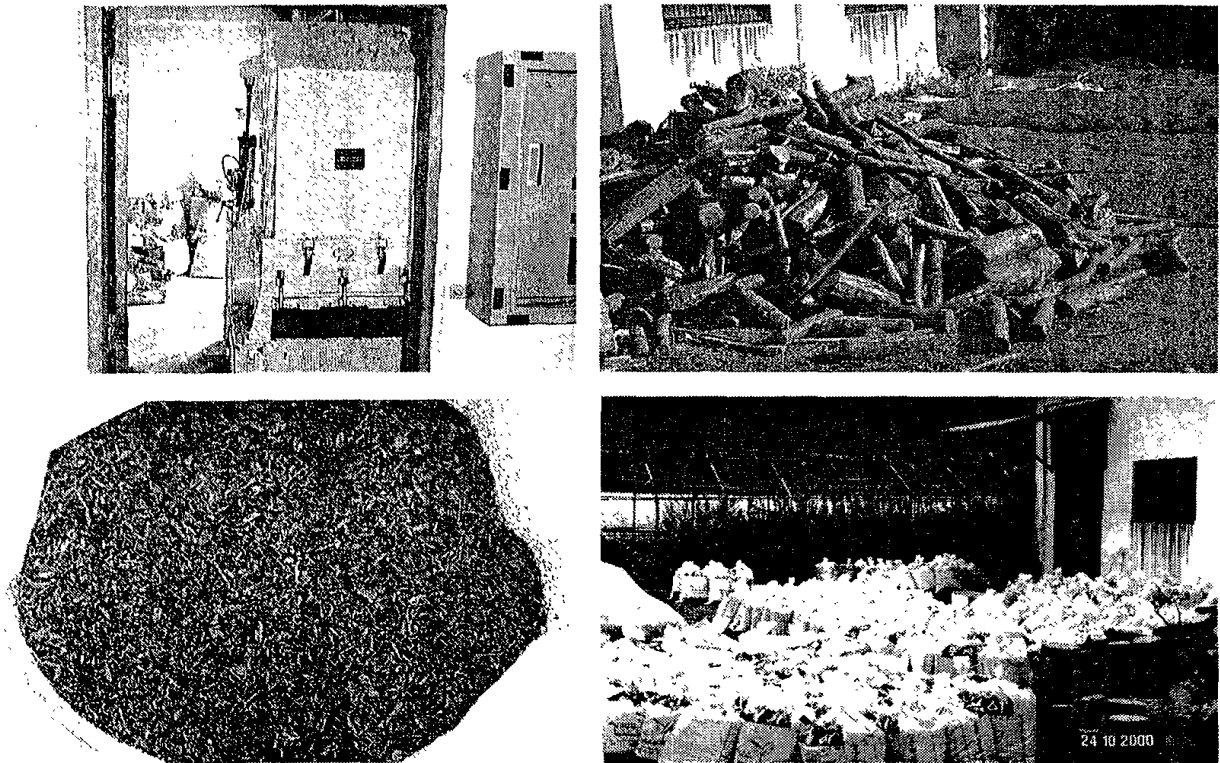


사진 3.1.1. 실험에 사용된 목재 파쇄기(위)과 기계톱으로 자른 밤나무와 이들을 목재 파쇄기로 파쇄한 입자(좌하) 및 비닐 포대에 담아 둔 모습(우하)

제 2 절 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발

1. 밤나무 억제물질 추출실험

가. 서언

밤나무 칩에는 종자의 발아 및 특히 유식물체의 생장에 영향을 미치는 어떤 물질을 내포하고 있다. 그 물질을 탄닌이라고 가설 하에 탄닌을 가지고 종자발아 및 유식물체에 미치는 어떤 악영향을 검증하고자 한다.

나. 실험방법

순도 100%의 탄닌 분말을 가지고 1, 10, 100, 또는 1000ppm의 용액을 만들었고, 페트리디쉬에 여과지를 2장씩 바닥에 깔았고, 교반하지 않은 밤나무 칩도 여과지 대신 페트리디쉬 바닥에 깔았다. 그리고 그 위에 종자 100립씩 한 페트리디쉬에 깔았다.

여과지를 깐 처리에는 증류수, 탄닌용액 1, 10, 100, 또는 1000ppm을 처음에는 7mL을 주어 여과지를 충분히 적게 하고, 다음부터는 하루에 5mL을 공급하였다. 교반하지 않은 밤나무 칩을 깐 처리에는 증류수만을 처음 15mL을 주어 밤나무 칩이 충분히 적게 한 다음 그 후부터는 하루에 5mL을 공급하였다.

파종은 2000년 5월 6일 파종하였고, 5월 7일부터 발아조사를 실시하여 13일에 발아조사를 완료하였다.

공시품종은 세광 토마토와 금탑 고추를 사용하였고, 발아는 암발아, 25℃, 상대습도 80%인 항온 항습인 챔버에서 실시하였다.

처리간 3반복으로 하고 반복당 종자수는 100립으로 한다.

사용된 페트리디쉬: 품종마다 18개, 총 36개

Pepper seeds: $18 \times 100 = 1800$ 립

Tomato seeds: $18 \times 100 = 1800$ 립

Total seeds: 36000립

표 3.2.1.1. 탄닌과 밤나무 입자에 의한 종자발아 억제 실험의 처리.

Tannins (ppm)	Double filter paper		Untreated chestnut woodchips	
	Pepper	Tomato	Pepper	Tomato
0 (H ₂ O)	3	3	3	3
1	3	3		
10	3	3		
100	3	3		
1000	3	3		
Total	36			

다. 결과

여과지를 칸 페트리디쉬에 공급한 탄닌의 농도가 높아질수록, 그리고 물로 추출하지 않은 밤나무 입자를 배지로 한 페트리디쉬에서의 발아와 발아 후 생육이 아주 저조하여 유사한 경향을 보였다. 그러므로 밤나무 입자의 배지로서의 사용시 발아 및 발아 후 생육에 미치는 악영향은 여러 가지 요인이 있겠지만 탄닌이 주요인임이 증명되었고 밤나무 입자의 배지로서의 활용성을 높이려면 탄닌 추출이 선행되어야 할 것이다.

표 3.2.1.2. 실험에 사용된 여과지와 밤나무입자 그리고 공급된 용액.

Treatment no.	supplied liquid	Medium
1	Distilled water	Double filter paper
2	1 ppm	Double filter paper
3	10 ppm	Double filter paper
4	100 ppm	Double filter paper
5	1000 ppm	Double filter paper
6	10000 ppm	Double filter paper
7	Distilled water	Untreated chestnut wood chips

표 3.2.1.3. 토마토와 고추 종자의 발아율.

Treatment no.	Germination (%)	
	Tomato	Pepper
1	96 bc	95 ab
2	97 a	94 bc
3	96 ab	93 bc
4	95 cd	92 c
5	94 d	94 bc
6	94 d	93 bc
7	97 ab	97 a
F test	***	*

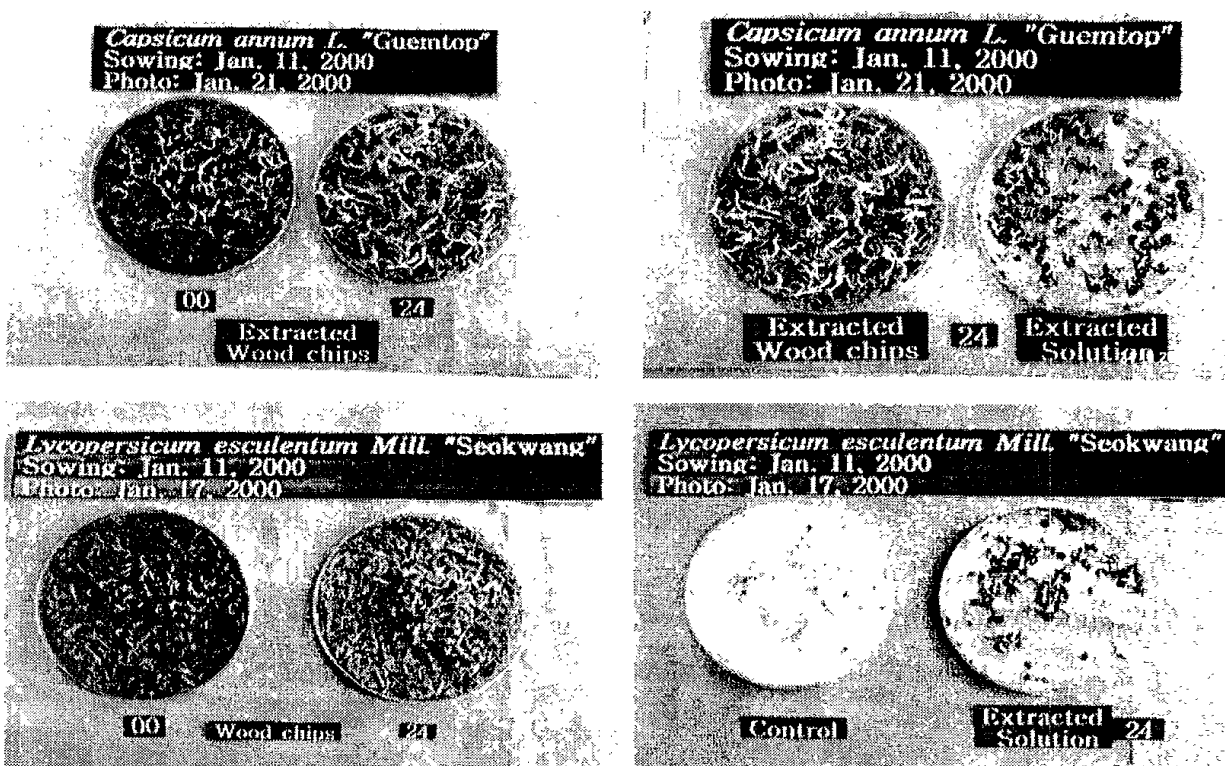


사진 3.2.1. 고추(위)와 토마토(아래) 종자를 24시간 동안 물로 추출하거나 추출하지 않은 밤나무 입자에 파종시의 발아의 차이.

2. 밤나무재의 화학적 일반 성분분석

비토양 배지는 연작장해, 노동력 부족, 재배 불가능 지역, 재배 면적 감소에 따른

생산성 증대 필요, 소비자 욕구의 증대, 그리고 연중수요 등의 필요성 때문에 연구되어 발전 되었다. 그러나 우리 나라는 육묘 및 양액재배용 비토양 배지의 재료를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 급속도로 확산되는 시설재배의 발전을 위해서 무엇보다 중요한 것은 배지재료로 사용되는 중요한 유기물 및 무기물 재료의 국산화 개발이다.

본 실험에서는 국내에서 쉽게 구할 수 있는 재료 중에서 시설재배용 배지의 유기물 재료를 찾기 위해서, 남부지방에서 많이 생산되고 있는 밤나무재를 이용하여 새로운 육묘용 배지를 생산할 목적으로, 밤나무재의 일반적인 성분분석과 각종 처리에 의한 식물의 발아 및 생육실험을 실시한 것을 보고한다.

가. 재료 및 방법

실험에 사용된 밤나무는 21년생으로 수피부분을 제거하지 않고 칩(10mm이하)으로 만들어진 것을 분쇄기로 미세하게 분쇄하여 자연 건조시킨 후 40~60mesh의 크기만 선별하여 실험에 사용하였다. 밤나무의 화학적 분석은 AOAC법에 의하여 수행하였다.

나. 밤나무재의 화학적 일반 성분분석

표 3.2.2.1. 밤나무재의 화학적 성분분석

구 분	본 시료의 함량 (%)	비교 함량 (%)
냉수 추출물	10.27	5.60
온수 추출물	15.14	8.50
알코올-벤젠 추출물	7.50	3.10
1% NaOH 추출물	31.59	21.90
회분	3.29	0.29
전 셀룰로오스	62.74	73.30
리그닌	23.01	21.40

본 실험의 밤나무재 화학적 분석결과는 전체적으로 다른 활엽수재의 추출물 함량보다 높게 나타났으며, 특히 기존의 밤나무재의 추출결과 보다 훨씬 많이 추출되는 경향을 보였다. 이와 같이 추출물의 함량에 많은 차이를 보이는 것은 시료의 조제 방법에 있는 것으로 사료된다. 그래서 수피부와 목질부를 분리하여 화학적 성분분석을 실시하였다.

표 3.2.2.2. 밤나무의 수피부 및 목질부의 추출물 량 비교

구분	수피 (%)	목질 (%)	수피/목질
냉수 추출물	18.46	7.13	2.6
알코올-추출물	15.30	6.20	2.5
회분	4.27	0.37	11.5

밤나무재를 수피부와 목질부로 구분하여 화학적 성분분석을 실시한 결과, 수피부가 목질부보다 대략 2.5배 정도의 추출물의 함량이 높게 나타났다. 본 실험에 사용된 밤나무재의 추출물 함량이 기존의 결과보다 높게 나타난 이유로는 기존의 목재분석 실험에는 수피와 목질부분을 분리하여 목질부분의 성분만 분석하였으나, 본 실험에서는 육묘용으로 사용하기 위해 수피부와 목질부가 혼합된 상태로서 분석을 행하였기 때문으로 판단된다.

본 실험에서 주요시하고 있는 식물의 발아 및 생장억제 물질이 함유되어 있을 것으로 예측되는 냉수 및 유기용제 추출물이 수피부에 목질부보다 약 2.5배 정도가 많이 들어 있으므로, 발아 및 생장억제가 효과가 많이 나타날 경우, 하나의 대책으로서 수피부와 목질부를 분리하여 시료로 사용할 수도 있는 방법이 있으나 경제성과 작업의 능률성 등이 고려되어야 할 부분이다. 회분의 함량이 특히 목질부보다 무려 11.5배나 많게 나타났으나 이는 식물의 생육에는 장애를 주지 않을 것으로 판단된다.

4. 처리한 밤나무 톱밥을 이용한 종자발아 및 공정육묘 실험

가. 재료 및 방법

밤나무 톱밥을 2mm이하의 크기만 선별하여 증류수와 알코올에 침지시킨 후 1주일간 방치하여 추출하였다. 추출이 완료되면 거르로 추출액과 분리시킨 다음 자연 건조 시켰다. 알코올 추출한 재료는 알코올이 완전히 휘발한 것을 확인한 다음 실험에 사용하였다.

나. 처리톱밥의 종자 발아실험

밤나무 톱밥을 증류수 또는 알코올로 추출한 후 건조시킨 톱밥을 입상압면과 혼합

하여 페튜니아의 종자 발아 실험을 실시하였다.

표 3.2.3.1. 밤나무 톱밥의 냉수 또는 알코올 추출에 따른 페튜니아 종자의 발아율

배지종류	입상암면과 톱밥의 혼합비 (%)			
	25	50	75	100
토실이상토	-	-	-	82.7
냉수 추출재	90.3	88.3	84.3	14.0
알코올 추출재	89.3	89.3	86.3	51.5

밤나무 톱밥의 냉수 또는 알코올 처리결과 100%에서는 대조구인 토실이상토보다 발아율이 많이 떨어졌으나 입상암면과 혼합함으로써 발아율이 상승하는 것을 알 수 있었다. 그러나 실험 치의 편차가 너무 심하고 배지가 계속해서 건조되어 가는 현상이 발생되어 습도가 완전히 보전될 수 있는 곳에서 수행할 필요가 있다고 본다.

제 4 장 양액재배 폐암면의 입자화 파쇄 및 이물질 영향 억제기술 개발

제 1 절 양액재배에 사용된 슬래브형 폐암면의 입자화 파쇄 기술 개발

폐암면 슬래브 파쇄기 개발은 위탁연구기관인 (주)한국UR암면이 협력사와의 협조로 자체 개발제작하였다. 폐암면내 식물 잔존물 제거기술은 분급기를 제작하여 암면 파쇄후 체로 걸러서 제거하는 방법을 채용하였다.

양액재배에 사용한 폐암면 슬래브를 적절한 크기의 입자로 분쇄하고 분급하여 입자를 가열 소독할 수 있는 설비를 개발하였다. 처리된 폐암면은 토양개량제, 상토 배합 원료 및 매립폐기물로 분리할 수 있도록 설비를 개발하였다. 개발된 장치는 크게 폐암면 파쇄기, 파쇄된 암면을 증기 소독기에 주입하기 위한 블로어(blower), 파쇄된 암면의 증기소독기(steam pasteurizer) 및 증기 소독된 암면을 다른 물질과 혼합하기 위한 믹서(mixer)로 구성되어 있다. 파쇄기, 블로어 및 증기소독기는 위탁연구기관에서 제작이 완료되어 주관연구기관인 경상대학교에 이송되어 시험가동을 완료하였다.

처리설비의 능력은 1일 500평분의 폐암면을 처리할 수 있고, 아래 표 4.2.1.1과 같은 제원을 가지도록 설계 제작되었다.

표. 4.2.1.1. 폐암면 슬래브 파쇄기와 분급기의 성능과 제원

개발 설비명	기 능	당초개발목표 (규격)	실제 개발규격	개발성과	비 고
폐암면 분쇄기	폐암면을 분쇄하여 입상화	350kg/hr, 5-30mm 입자 크기, 비닐은 수동제거, 수동 선별 투입	350kg/hr, 5-30mm 입자 크기, 비닐은 수동제거, 수동 선별 투입	암면 분쇄 뿐만 아니라 각종 상토원료 등의 분쇄시에도 사용 가능	수분이 흡수된 상태에서 분쇄시 분진이 없음
분급기	뿌리 등 암면 이외의 이물질 분리수거	트로멜 분급기를 사용한 분리	스크류 믹서로 혼련하면서 토출구에 스크린을 설치하여 이물질 제거	상토 조합시 혼합이 용이하고 용도가 다양함	분급 및 혼련 능력: 500kg/hr

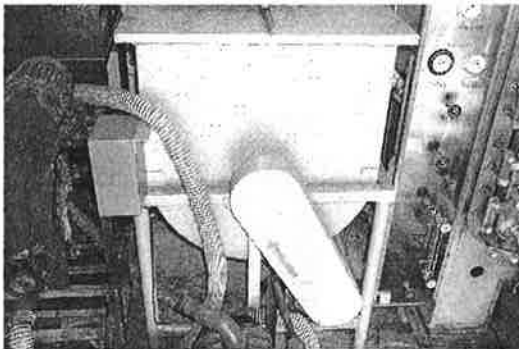
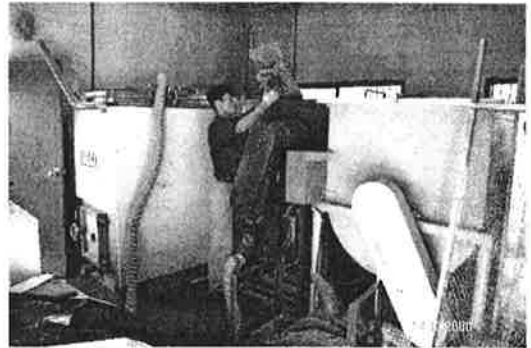
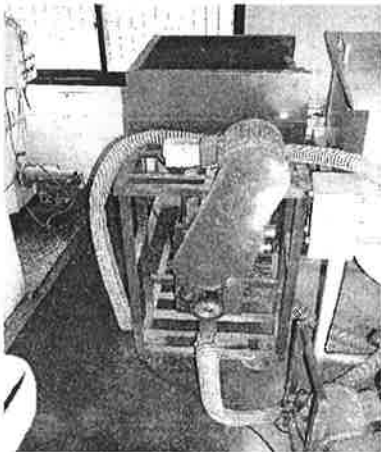


사진 4.1.1. 위탁연구기관에 의해 개발된 폐암면 파쇄기(좌상)와 혼합기(좌하), 그리고 폐암면 슬래브를 파쇄하는 장면(우상) 및 파쇄된 폐암면 입자(우하)

제 2 절 폐암면의 파쇄과정에서의 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물의 처리기술 개발

1. 증기소독기의 개발

파쇄된 암면내에 함유된 식물의 잔존물과 미생물을 처리하기 위하여 증기소독기로 100℃에서 15분 또는 그 이상의 시간 동안 처리할 수 있도록 아래의 표 4.2.1.1과 같이 설계되었다.

표 4.2.1. 증기소독기에 채용된 버너와 가온챔버의 선능과 제원

개발 설비명	기 능	당초개발목표 (규격)	실제 개발규격	개발성과	비 고
버너	가열 소독 열원 (폐자재내 미생 물 등을 제거하 기 위함)	경유버너 20-40L/hr	경유버너 20-40L/hr	-	-
가온 챔버	암면입자를 적정 온도로 가열 소 독	100℃에서 15분 이상 가 열 가능	스팀 보일러 200 L/hr로 스 팀챔버에 암면을 충진하면서 연속 가온함으로서 멸 균 가능	스팀 가열 소독 기의 용도가 다 양함	분쇄기에서 직송 이송이 가능한 루트 블로워 설치



사진 4.2.1. 위탁연구기관에서 개발한 폐암면 증기소독기(좌)와 소독한 암면입자(우)

2. 양액재배 폐암면 파쇄입자의 용도

양액재배에 사용된 암면 슬래브의 처리방법으로는 분쇄하여 논 등의 토양에 혼합, 산업폐기물로서 처리, 또는 리사이클(재활용)하는 세가지가 있을 수 있다.

분쇄하여 논 등의 토양에 혼합하는 방법이 가장 쉬울 것으로 생각이 된다. 암면은 본래 바위로부터 제조되었기에 그 구성성분이 토양과 매우 유사하기 때문에 분쇄하여 토양 개량제 또는 규산질 비료원으로서 경작지에 시용할 수 있다. 벼에 규산질 비료를 시용하면 도복방지과 도열병에 대한 저항성의 향상 효과가 있다는 것은 널리 알려져 있다.

암면은 산업폐기물에 해당하므로 산업폐기물업자에게 위탁하여 처분할 수가 있지만 이 방법에는 상당한 비용이 소요되므로 양액재배 농가들이 수용하기에는 어려움이 있어서 현재와 같은 상황이 벌어졌다고 판단된다.

폐암면을 재생공장에서 다시 농업용 암면(일본)이나 벽돌(화란 등의 유럽국가) 등으로 재생하는 방법도 시도되고 있다.

암면 슬래브를 농업용으로 재이용시에는 증기처리에 필요한 비용 외에 작물을 옮겨 심기 위한 노동력이 문제가 된다. 네덜란드에는 각 대안별로 표준적인 노동력 소요시간을 산출하고 있다. 낡은 슬래브를 제거하고 새로운 것으로 바꾸기 위해서는 ha당 380시간이 필요로 된다. 한편, 슬래브를 증기 처리하여 재 포장하여 포장에 늘어놓는 데는 ha당 560시간이 걸린다. 이것에 비하여, 재포장하지 않고 원래의 위치에서 슬래브를 증기처리하면 310시간/ha로 해결되지만, 이 경우에는 증기처리 자체의 비용이 약간 높게 된다. 슬래브를 당초 위치에서 증기 처리하면, 팔레트에 모아서 처리할 경우에 비해 10배 정도의 연료비가 소요된다.

3. 양액재배 폐암면 슬래브 재활용의 문제점과 해결방안

가. 파쇄작업 - 폐기암면을 비료로 이용하려면 전술한 바와 같이 토마토, 오이, 멜론, 장미 등을 암면매지를 써서 양액재배 하는 농가에서는 주기적으로 폐암면이 발생한다. 폐암면은 비닐을 벗겨내고 분진이 발생하지 않도록 물을 충분히 뿌려 분쇄기로 분쇄하면 잘게 잘 부서진다. 파쇄작업에는 그다지 많은 노동력이 필요하지 않다.

나. 수집에 필요한 노임과 수송운임 - 양액재배 폐암면을 재활용하려고 시도할 경우 가장 큰 애로는 역시 폐암면을 수집하는 일인데, 여기에는 농가로부터의 수집과

수송이 포함된다. 가공하기 전의 폐암면 슬래브를 수송하는 것보다도 폐암면이 발생한 현지에서 파쇄기로 처리함이 바람직하다고 사료된다. 이를 위하여서는 파쇄기의 이동성이 요구되는데, 개발된 파쇄기는 이러한 사항을 고려하여 개발되었다.

다. 집적된 염류 - 본 연구의 실험에서는 염류의 문제점은 없었다. 그러나 만약 염류가 과다하게 집적된 암면 슬래브를 재사용할 경우에는 정식전에 원수로 충분히 관수하여 세척하면 된다.

참 고 문 헌

강황수, 정병룡. 2001. 방울토마토 배지에 따른 생육 및 과실 수량, 품질에 미치는 영향. (투고 준비중).

김경희, 나에실, 예수정, 정병룡. 2000. 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지와 매트저면관수를 이용한 분화장미 'Silk Red'의 재배. 원예과학기술지 18:660.

김경희, 어효정, 정병룡. 2000. *Ficus benjamina* 'King' 분식물의 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지를 이용한 재배. 원예과학기술지 18:714.

김경희, 정병룡. 2001. *Ficus benjamina* 'King' 분식물의 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지를 이용한 재배. (투고 준비중).

김경희, 정병룡. 2001. 폐암면과 밤나무 입자 혼합배지와 매트저면관수를 이용한 분화장미 'Silk Red'의 재배. (투고 준비중).

김오임, 임은정, 정병룡. 1999. '녹광' 고추 플러그묘의 생장에 미치는 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율의 영향. 원예과학기술지 17:626.

김오임, 조지영, 정병룡. 2000. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그묘의 생장에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:33-38.

김오임, 조지영, 정병룡. 2001. 녹광고추 플러그 묘의 생장에 미치는 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율의 영향. (투고 준비중).

김진국. 1995. 폐고무 재활용성 검토. 고무학회지 30:335-341.

농촌진흥청. 2000. 양액재배 배지의 효율적 이용과 사용후 처리기술 심포지엄 자료. 9월 22일. 원예연구소 강당.

문호환, 남은영, 정병룡. 2000. 폐암면과 목재입자를 함유한 혼합배지에서의 국화의 생육과 개화. 원예과학기술지 18:662.

문호환, 정병룡. 2000. 폐암면과 목재부산물 등을 이용한 혼합배지에서의 국화 양액재배. 양액재배연구 4(2):110-116.

문호환, 정병룡. 2001. 폐암면과 목재입자를 함유한 혼합배지에서의 국화의 생육과 개화. (투고 준비중).

변희섭, 정병룡. 2001. 목재 부산물의 적정 입자화 파쇄 및 파쇄 입자내 함유된 유해물질의 처리기술 개발 (투고 준비중).

안동춘, 정병룡. 2001. 폐암면의 재사용이 장미 '비탈'의 생육 및 수량에 미치는 영향. (투고 준비중).

이승희. 1994. 춘파 적축면 상추의 생육 및 무기양분 흡수에 미치는 양액의 이온 농도, pH 및 온도의 영향. 경상대. 석사학위 논문.

이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. J. Bio. Fac. Env. 2:37-45.

이형규, 김진국, 황승재, 정병룡. 1999. 양액재배용 배지의 component로 사용된 폐고무. 사단법인 한국폐기물학회 1999년 추계학술연구발표회 요약집 pp. 27-30.

이형규, 김진국, 정병룡, 황승재. 2000. 장미 양액재배 배지의 구성요소로서 폐고무의 재활용에 관한 연구. J. of the Korean Institute of Resources Recycling(자원리사이클링) 9:46-53.

이형규, 김진국, 황승재, 정병룡. 2000. Study on recycling of waste rubbers as medium components for hydroponic culture of rose. 한국고

분자공학회 연구논문초록집 25(1):2PS-98. p. 220.

임미영 · 김미정 · 김미영 · 정병룡. 2000. 밤나무 목재 입자와 입상암면의 배지내 혼합 비율이 채소류 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:171.

임미영, 정병룡. 2000. 밤나무 목재입자와 입상암면의 배지내 혼합비율이 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:508-512.

임미영 · 정경화 · 손정희 · 정병룡. 2000. 밤나무 목재 입자와 입상암면의 배지내 혼합 비율이 초화류 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 18:222.

정병룡. 2000. 배지 재활용 기술개발의 국내 현황과 전망. 원예과학기술지 (인쇄 중).

정병룡. 1998. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 17-30.

정병룡. 1998. 화훼류의 공정묘 생산기술과 환경관리. 한국원예학회 1998년도 춘계학술회의 화훼분과 “고품질 규격묘 생산과 영양관리” 심포지엄. 원예과학기술지 16:61.

정병룡. 1998. 화훼류 공정묘 생산기술과 환경관리. 원예과학기술지 16:282-286.

정병룡. 1998. 화훼류 공정묘 생산기술과 환경관리. 농경과 원예 11월호 124-131.

정병룡. 1998. 원예작물 공정묘(플러그묘)의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1998학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 165-185.

정병룡. 1999. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. pp. 69-82.

정병룡. 1999. 분화류 수경재배에서 생산성과 품질향상 기술. '99추계 한국양액재배 심포지엄 "수경재배에 의한 원예작물의 우수상품 생산방안" 1999년 10월 2일, 충북대학교 농과대학. pp. 160-193.

정병룡. 1999. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 291-311.

정병룡. 1999. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 459-495.

정병룡. 1999. 절화류 재배기술. 최고농업경영자과정 1999학년도 제2학기 교재. -원예기술II-. 경상대학교 농과대학. pp. 451-498.

정병룡. 2000. 공정묘의 생산과 효율적 이용. 농업경영인을 위한 채소·특작. 안동대학교 농업개발원 최고농업경영자과정. (인쇄중).

정병룡. 2000. 배지 재활용 기술개발의 국내 현황과 전망. 원예과학기술지 18:650.

정병룡. 2000. 분화류용 배지 및 묘 생산기술. 한국양액재배연구회 추계 심포지엄 "과채류 및 분화류 양액재배 핵심기술". 2000년 10월 29일-30일. 연암축산원에대학. pp. 87-112.

정병룡. 2000. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그묘의 생장에 미치는 영향. Recycling Magazine 5월호. pp. 114-119.

정병룡. 2000. 폐암면 양액재배 배지로 재활용. 밤나무 파쇄입자와 혼합 좋아. 농민신문 11월 20일자.

정병룡. 2000. 원예작물 공정묘의 생산과 이용. 최고농업경영자과정 2000학년도

제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 179-199.

정병룡. 2000. 절화장미 재배기술. 최고농업경영자과정 2000학년도 제1학기 교재. -원예기술I-. 경상대학교 농과대학. pp. 485-523.

정병룡. 2000. 한국양액재배연구회 기술교육 강의 자료. “화훼류의 양액재배용 묘 생산기술” 서울시립대학교. pp. 104-130.

정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 플러그 육묘. 농경과 원예. 1월호. (준비중).

정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 분화류의 재배. 농경과 원예. 2월호. (준비중).

정병룡. 2001. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 재활용한 장미와 토마토의 양액재배. 농경과 원예. 3월호. (준비중).

정병룡, 김오임, 황승재, 임미영, 정중운. 1999. 수경재배 배지의 재활용 필요성과 과제. '99 춘계양액재배 심포지엄 '환경친화형 수경재배기술. 1999. 4. 30-5. 1. 경기도농업기술원. 한국양액재배연구회. pp. 17-56.

조지영, 김오임, 정병룡. 1999. 폐암면 입자와 목재 입자의 배지내 혼합비율이 페튜니아 플러그묘의 생장에 미치는 영향. 원예과학기술지 17:638.

황승재, 김태영, 김형준, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 피노키오의 농가 실증재배. 원예과학기술지 18:224.

황승재, 김태영, 정병룡. 1999. 양액재배 폐암면과 목재 입자의 배지내 혼합비율이 절화 미니장미 마니쉬의 생육에 미치는 영향. 원예과학기술지 17:682.

황승재, 김태영, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면과 목재 입자를 함유한 혼합배지에

서의 절화 미니장미 마니쉬의 생육. 원예과학기술지 18:153.

황승재, 장지은, 정병룡. 1999. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. 원예과학기술지 17:682.

황승재, 장지은, 정병룡. 2000. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. 원예과학기술지 18:224.

황승재, 정병룡. 2000. 절화 미니장미의 양액재배 배지로서 폐암면의 이용. 양액재배연구 4(2):1-26.

황승재, 정병룡. 2001. 양액재배 폐암면을 재활용한 절화 미니장미 산시루의 양액재배. (투고 준비중).

황연현, 정병룡. 2001. 새암면 배지와 폐암면 배지의 토마토 수량특성 비교. (투고 준비중).

Alan, W.M. 1995. Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container medium amendment. HortTechnology 5:237-239.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.

Biernbaum, J., W.R. Agro, and M.V. Yelanich. 1999. Water and nutrient management in peat-based media - A program review and perspective. Acta Hort 481:103-110.

Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1987. Effects of container geometry and media physical properties on the air and water volumes in containers. J. Environ. Hort. 5:180-182.

Bilderback, T.E. and W.C. Fonteno. 1993. Improving nutrient and moisture retention in pine bark substrate with rockwool and compost combination. *Acta Hort.* 342:265-272

Bilderback, T.E., W.C. Fonteno, and D.R. Johnson. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peat moss and their effect on azalea growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:522-525.

Bowman, D.C., R.Y. Evans, and L.L. Dodge. 1994. Growth of chrysanthemum with automobile tires used as a container soil amendment. *HortScience* 29:774-776.

Buwalda, F. and R. Frenck. 1995. Ebb and flow cultivation of chrysanthemum cuttings in different growing media. *Acta Hort.* 401:193-200.

Choi, J.M., H.J. Chung, and S.J. Choi. 1999a. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention as container media. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:363-367.

Choi, J.M., H.J. Chung, B.K. Seo, and C.Y. Song. 1999b. Improved physical properties in rice hull, saw dust and wood chip by milling and blending with recycled rockwool. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40:755-760.

Choi, J.M., J.S. Jung, and J.S. Choi. 1998. Changes of soil physical properties of pine barks affected by grinding method and blending ration with recycled rock wool. *Kor. J. Hort. Sci. & Tech.* 16:461.

De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Distribution of nutrients and water in rockwool slab. *Scientia Horticulturae* 72:277-285

De Rijck, G., E. Schrevens, and J. De Baerdemaker. 1998. Thermal conductivity sensing for on-line monitoring and control of the moisture content in rockwool slabs. *Scientia Horticulturae* 74:307-312

Evans, M.R. and R.L. Harkess. 1997. Growth of *Pelargonium × hortorum* and *Euphorbia Pulcherrima* in rubber-containing substrates. *HortScience* 32:874-877.

Fonteno, W.C. and P.V. Nelson. 1990. Physical properties of and plant responses to rockwool-amended media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:375-381.

Hwang, S.J., T.Y. Kim, and B.R. Jeong. 1998. Growth of cut minirose 'Manish' in medium containing various ratios of recycled rockwool and wood chips. *KOR. J. Hort. Sci. & Tech.* 17:682.

Hwang, S.J., T.Y. Kim, H.J. Kim, and B.R. Jeong. 2000. Use of a recycled hydroponic rockwool and woodchip mixture in commercial hydroponic culture of cut rose 'Pinocchio'. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 18:224.

Itagi, T. 1996. Introduction and development of hydroponics in Japan. In "Guidance to hydroponics", p. 2-12. Seibundoshinkousha, Tokyo.

Jeong, B.R. 1999. The use of plug transplants in Korea. Extension Bulletin 479. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei city, Republic of China. pp. 1-10.

Jeong, B.R. 1999. Production and use of plug transplants in Korea. Proceedings of the 6th International Seminar SUBSEC (Research Network for Sustainable Bioproduction Systems on Environmental Conservation). Nov. 4, 1999, Shimane University, Japan. pp. 73-85.

Jeong, B.R. 1999. Production and use of plug transplants in Korea. International Seminar on Protective Structures for Improved Crop Production. April 12-17, 1999. Suwon, Korea. Rural Development Administration and Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. pp. VI-1 - VI-17.

Jeong, B.R. 2000. Advances and current limitations of plug transplant technology in Korea. Transplant Production in the 21st Century. (Eds.) C. Kubota and C. Chun. Proceedings of International Symposium on Transplant Production in Closed System for Solving the Global Issues on Environmental Conservation, Food, Resources and Energy. February 28 - March 3, 2000. Chiba University, Chiba, Japan. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Jeong, B.R. and C.W. Lee. 1987. Bedding plant production in rockwool mixtures. HortScience 22:1130.

Jeong, B.R., C.W. Lee, and K.L. Goldsberry. 1988. Production of poinsettia in rockwool-peat mixtures. HortScience 23:565.

Jeong, B.R., M.Y. Lim, and S.J. Hwang. 2000. Advances and current limitations of plug transplant technology in Korea. Book of Abstracts, International Symposium on Transplant Production in Closed System for Solving the Global Issues on Environmental Conservation, Food, Resources and Energy. February 28 - March 3, 2000. Chiba University, Chiba, Japan.

Jeong, B.R. and S.J. Hwang. 2000. Use of recycled hydroponic rockwool slabs for hydroponic production of cut rose. Program and Abstracts of World Congress for Soilless Culture on "Agriculture in the Coming Millennium", Israel, May 14-18, 2000. p. 3.

Jeong, B.R. and S.J. Hwang. 2001. Use of recycled hydroponic rockwool slabs for hydroponic production of cut roses. Acta Horticulturae (인쇄중).

Jeong, B. R. and C.W. Lee. 1996. Influence of ammonium, nitrate, and chloride on solution pH and ion uptake by ageratum and salvia in hydroponic culture. J. Plant Nutr. 19:1343-1360.

Ji, E.Y., W. Oh, S.H. Kim, and K.S. Kim. 1998. Effects of concentration of nutrient solution and irrigation frequency on growth and flower quality of cut chrysanthemum grown hydroponically in perlite. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:37-39.

Jung, D.H. and J.E. Son. 2000. Analyses of temperature and moisture content of media in subirrigation-based potted plant production systems. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:230.

Kang, J.G., B.S. Seo, and S.J. Chung. 1995a. Effect of nutrient concentration on growth and development of aeroponically grown chrysanthemum. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:83-89.

Kang, J.G., J.K. Son, H.S. Park, and S.J. Chung. 1995b. Effects of soil, aeroponic and nutrient film technique culture system on plant growth and flowering of chrysanthemum. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:747-754.

Kang, S.W., A R. Rho, and C.H., Park. 2000. Physical characteristics of artificially mixed soil in wick irrigation by C-channel system covered with porous mat. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 18:226.

Kim, K.Y., S.H. Lim, B.J. Ham, and S.J. Chun. 1998. Effect of wasted perlite application after nutrient solution culture on the growth of pepper (*Capsicum annuum* L.). Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:160.

Kim, O.I., E.J. Lim, and B.R. Jeong. 1998. Mixing ratio of medium including particles of used rockwool and wood affects growth of 'Nokkwang' pepper plug seedling. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:626.

Kim, O.I., J.Y. Cho, and B.R. Jeong. 2000. Medium composition including particles of used rockwool and wood affects growth of plug seedlings of petunia 'Romeo'. Kor. J. of Hort. Sci. & Tech. 18:33-38.

Kimberly, A.K. 1999. Bedding plant growth in greenhouse waste and biosolid compost. HortTechnology 9:210-213.

Korean Rural Development Administration. 1990. Research and survey standard of agricultural experimentation. p. 240-241.

Lea-Cox, J. D., W. L. Berry, G. W. Stutte, and R. M. Wheeler. 1999. Nutrient dynamics and pH/charge-balance relationships in hydroponic solutions. Acta Hort 481:241-249.

Lee, B.S., S.J. Chung, J.G. Kang, and B.S. Seo. 1999. Effects of bed structures on the growth and cut flower quality of hydroponically grown chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* Ramat. cv.

Backwang). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:112-116.

Lee, E.H., J.W. Lee, J.S. Kwon, Y.I. Nam, J.H. Cho, and Y.S. Kwon. 1996. Effect of substrates on growth and yield of hydroponically grown cucumber in bag culture. J. Bio. Fac. Env. 5:15-22.

Lee, J.S., G.S. Kim, H.J. Bae, S.J. Jeong, J.P. Kim, J.W. Kim, and A.K. Kim. 1998. Studies on nutrient solution for ebb-and-flow water supply system of potted *Ficus benjamina*. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:407.

Lee, J.S., G.S. Kim, H.J. Bae, S.J. Jeong, J.P. Kim, J.W. Kim, and A.K. Kim. 1998. Studies on best media for ebb-and-flow and overhead water supply of potted *Ficus benjamina*. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 16:406.

Lee, J.S., G.S. Kim, H.J. Bae, S.J. Jeong, and S.H. Jeong. 1999. Studies on water supply system by automatic labor-saving of potted *Ficus benjamina*. Kor. J. Hort. Sci. & Tech. 17:687.

Lee, Y.B., K.W. Park, M.Y. Roh, E.S. Cha, S.H. Park, and S.H. Kim. 1993. Effects of ecologically sound substrates on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in bag culture. J. Bio. Fac. Env. 2:37-45.

Lee, B.S., S.G. Park, J.G. Kang, and S.J. Chung. 1999. Effect of mixing ratio of perlite and coir dust on the growth and nutrient uptake of hydroponically grown chrysanthemum. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:225-230.

Maloupa, E., C. Samartzidis, P. Couloumbis, and A. Komninou. 1999. Yield, quality and photosynthetic activity of greenhouse-grown 'Madelon' roses on perlite-zeolite substrate mixtures. *Acta Hort* 481:97-99.

Milbocker, D.C. 1974. Zinc toxicity to plants grown in media containing poly rubber. *HortScience*. 9:545-546.

Ministry of Agriculture and Forestry. 1998. Cultivation and production of floriculture.

Morgan, L. 1999. Silica in hydroponics. *Practical Hydroponics & Greenhouses* July/August 51-66.

Morgan, L. 2000. The great debate - Ammonium vs nitrate. *Hydroponics & Greenhouses* Jan./Feb. 61-71.

Murtland, W.O. 1981. *Elastomers*. 113(1):13.

Na, U.H. 1999. Agricultural utilization of used rockwool. *Korea Hydroponic Society* 7(4):87-93.

Nelson, P.V. 1998. *Greenhouse Operation and Management*. Prentice Hall Publishers, U.S.A. pp. 248-256, 340-341.

Oshino, H., F. Nii, and H. Namioka. 1981. Characteristics of kantan (rice hull charcoal) as a medium of soilless culture. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 50:231-238.

Phadke, A.A., S.K. Chakraborty, and S.K. De. 1984. *Rubber Chemistry and Technology*. 57(1):19.

Pieters, J., B. Van Assche, and A. Buekens. 1998. Reducing solid waste steams specific to soilless horticulture. HortTechnology 8:396-401.

Raats, P.A.C. 1980. The supply of water and nutrients in soilless culture. 5th International Congress on Soilless Culture.

Shinohara, Y., T. Hata, T. Maruo, M. Hohjo, and T. Ito. 1999. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. Acta Hort 481:145-149.

Sonneveld, C. and N. Straver. 1989. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. Profstation voor Tuinbow onder Glads. Naaldwijk. 8:1-45.

Van Schie, W. 1999. Standardization of substrates. Acta Hort 481:71-77.

Verhagen, J.B.G.M. 1999. CEC and the saturation of the adsorption complex of coir dust. Acta Hort 481:151-155.

Yu, J.Q., and H. Komada. 1999. Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) bark, a substrate with anti-pathogen properties that suppress some root diseases of tomato. Scientia Horticulturae 81:13-24.

Zbigniew, S. 1996. Used rockwool slabs for pot plants. ISOSC Proceedings pp. 515-521.