

**환경친화형 유기배지 Coconut coir를 이용한
과채류와 장미 수경재배 기술체계화에 관한 연구**

Development of Coconut coir as a Soilless Culture Substrate
and Commercial Growing of Fruit Vegetables and Rose
in Organic Substrate Culture with Coconut coir

서울시립대학교

농림수산식품자료실



0017734

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “환경친화형 유기배지 Coconut coir를 이용한 과채류와 장미 수경재배 기술체계화에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

년 월 일

주관연구기관명 : 서울시립대학교
주관연구책임자 : 이 용 범
세부연구책임자 : 배 중 향
연 구 원 : 최 기 영
연 구 원 : 이 혜 진
연 구 원 : 박 성 태
연 구 원 : 유 형 주
연 구 원 : 나상자르갈
연 구 원 : 이 철 승
연 구 원 : 김 호 철
연 구 원 : 최 준 혁

요 약 문

I. 제 목

환경친화형 유기배지 Coconut coir를 이용한 과채류와 장미 수경재배 기술체계화

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 토양 재배에서의 연작장해를 극복하고 높은 생산성과 고품질화로 노동생산성을 극대화 할 수 있는 수경재배로의 전환으로 시설 내 수경재배 면적은 급격한 증가를 하면서 원예작물의 수출을 주도해 오고 있다.
- 수경재배용 배지로 개발 이용되는 배지로는 암면(36%)과 펄라이트(34.6%)가 국내 수경재배를 대표하고 있으나 이들 무기 배지는 사용과 폐기시 문제점으로 이를 대체할 배지로서 사용 후 폐기가 용이한 유기 배지 개발이 요구되고 있다.
- 유기 배지로는 코코넛, 톱밥, 왕겨, 훈탄, 피트모스, 바크 등이 거론되고 있으나 저렴한 부속왕겨, 팽연왕겨 등은 사용기간이 지속되면 급속한 물리성 악화가 나타나고 있으며, 피트모스와 바크도 물리성과 화학성이 수경재배용으로 부적합한 상태이다.
- coconut coir 배지는 장기간(5년) 사용할 수 있고, 연중 충분한 양을 확보하면서 균일한 물리성이 확보되어 배지로서의 좋은 장점을 갖추었으나 수경재배용 배지로 사용하기 위해서는 배지 자체 또는 공정 과정에서 발생하는 문제로 인해 물리, 화학적 개선을 요구한다. 따라서 이들 국내 수입 유통되는 coconut coir dust를 조사 분석하여 배지로서의 물리 화학적 개선 방법을 제시하고, coconut coir 원예작물의 수경 재배 기술은 정착되어 있지 않으므로 주요 과채류인 착색단고추, 토마토, 오이 및 장미를 대상으로 coconut coir 수경재배 시스템을 확립하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 코코넛코이어 배지 특성 및 물리 화학성 개선을 통한 수경재배용 배지 개발
2. 코코넛 코이어 배지를 이용한 착색단고추 수경재배시스템 기술 체계화
3. 코코넛 코이어 배지를 이용한 토마토 수경재배시스템 기술 체계화
4. 코코넛 코이어 배지를 이용한 오이 수경재배시스템 기술 체계화
5. 코코넛 코이어 배지를 이용한 장미 수경재배시스템 기술 체계화

IV. 연구개발결과

1. 코코넛코이어 배지 특성 및 물리 화학성 개선

가. 코코넛 코이어 배지의 물리 화학적 특성

Coconut coir 배지는 생산국과 조성에 따라 가밀도 $0.088\sim 0.063\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 진밀도 $2.06\sim 1.44\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, 기상 $29.1\sim 61.4\%$, 액상 $66.6\sim 34.2\%$, 유효수분 $19.1\sim 1.7\%$, 완충수분 $11.4\sim 1.0\%$ 을 보였다. coir 배지내 fiber와 chip의 비율이 증가할수록 기상 비율은 높아지고, coir dust는 coir slab에 비하여 가밀도가 낮고 총공극률과 액상이 높아 통기성과 보수력이 높았다. 인도산 coir slab (dust: fiber+chip =3:7 v/v) 배지는 낮은 유효수분함량을 보였다.

수입 coconut coir 배지의 화학성은 EC $0.31\sim 0.84\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH $5.5\sim 6.2$, $\text{NH}_4\text{-N}$ $3.5\sim 12.3$, $\text{NO}_3\text{-N}$ $5.3\sim 12.3$, P_2O_5 $3.5\sim 18.2$, K $220.8\sim 891.9$, Ca $199.8\sim 314.6$, Mg $72.1\sim 128.1$, Na $21.6\sim 208.4\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 이었다. coir slab에서 fiber와 chip의 비율이 함유된 배지의 EC는 낮았다. 배지 화학성 중 EC, K, Na 함량은 원산지에 따른 차이가 컸으며, N, P 함량은 낮은 함량으로 차이가 없었다. pH는 수경재배에 적합한 수준인 pH $5.5\sim 6.2$ 범위에 있었다. 배지의 Ca, Mg 함량은 K 함량에 비해 상대적으로 낮았다. coconut coir 배지의 총 페놀 함량은 3948.4 (인도네시아산)~ $10,000\mu\text{g}/\text{g}$ (인도산, 베트남산)을 보였다. 침출 횟수가 증가함에 따라 배지 내 총 페놀 함량은 감소하였으며, 피트모스 배지의 페놀함량($1,000\mu\text{g}/\text{g}$)을 기준으로 인도네시아산 배지는 약 1~2회, 인도와 베트남산 배지는 4회 이상 침적 탈수 과정이 선행되어야 한다고 판단하였다.

나. 코코넛 코이어 배지의 물리 화학적 개선

수경재배에 적합한 coconut coir 배지로는 dust에 fiber 20~30%를 혼합하였을 때 액상 $39.3\sim 44.5\%$, 기상 $51.4\sim 56.5\%$ 유효수분함량 $12.6\sim 14.7\%$ 95% 이상의 공극율로 보수성과 투수성이 적합한 수준을 보였다. fiber 비율 50% 일때 유효수분은 6.2%로 수경재배용 coir배지로 사용하기 위해서는 급액 횟수를 늘려 주어야 할 것으로 판단되었다.

Coir dust 배지에 Ca 공급원을 위한 칼슘 첨가물 처리(석고, 질산칼슘, 농용석회)에 따른 효과는 pH와 EC에 큰 영향을 주지 않는 석고 $1\sim 2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 첨가가 가장 적합한 것으로 판단되었다. Coir dust 배지에 상당량 함유된 K 이온은 vermiculite $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, 및 zeolite $5\sim 10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 이용하였을 때 흡착이 가능하여 배지의 이온 균형 효과를 얻었다.

Coir dust 배지에 함유된 무기이온(K, Na, Cl 염 등)의 제거를 위해서는 1회 6시간 이상, 2~3회 침출하는 것이 효과적이었다.

2. 코코넛 코이어 배지를 이용한 착색단고추 수경재배시스템 기술 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

Coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 재배 기간 중 coir 배지의 EC는 $4.2\sim 4.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 profit과 암면배지의(평균 EC $3.7\sim 3.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)비해 높았다. coir 혼합 배지의 EC 변화는 안정적이었으나, 암면배지는 표준편차와 변이계수(40.5%)가 아주 높아 EC의 변화가 컸음을 나타냈다. coir 배지 수분함량(평균 $67.7\sim 70.9\%$)은 프로핏과 암면 배지(평균 $50.5\sim 27.7\%$)으로 높았다. 배액의 pH는 모든 배지에서 pH $6.4\sim 6.5$ 으로 안정적이었으며, EC는 $6.0\sim 7.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서 다소 높았다. coir 배지 내 근권 온도는 프로핏과 암면 배지에 비해 낮아 착색단고추 생육에 적절한 온도 수준을 유지하였다. fiber 50% 혼합된 coir 배지에서의 광합성률, 엽록소 함량 및 과형이 가장 우수하였다. 따라서 착색단고추 수경재배를 위한 coir dust 배지내 fiber의 혼합 비율은 fiber 30~50%가 적합하리라 판단하였다.

coir dust에 fiber가 혼합된 coir 배지(dust: fiber =7:3 v/v)에서 재배 방식(자루, 베드충진, 포

트)를 달리하여 착색단고추의 생육과 수량을 조사하였다. 생육 기간 중 슬라브 내 EC가 EC 3.23 ~ 3.61dS m⁻¹로 가장 안정적이었으며 TDR센서에서 높은 수분함량(65.4~72.3%)을 유지하였다. 자루 재배에서 재배된 착색단고추의 광합성, 엽록소 함량, 생육 및 수량은 높았다.

나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선

수경재배용 배지 Coconut coir를 이용한 착색단고추 수경재배에서 배지 내에 부족한 원소 Ca와 Mg를 배양액(NO₃-N 18.0, NH₄-N 1.0, P 5.4, K 8.0, Ca 10.0, Mg 4.0, SO₄-S 3.2me · L⁻¹N)에 Ca 1, 3, 5 me/ℓ, Mg 1, 2, 3 me/ℓ을 추가하여 원산지에 따른 광합성, 생육 및 수량을 조사하였다. coir 원산지에 따라 초장, 경경, 광합성률 및 과실은 차이를 나타냈다. coir 배지의 근권 pH, EC가 비교적 안정적이면서 생육과 수량을 위해서는 베트남산 coir 배지는 Ca 3~5me · L⁻¹, Mg 1~2me · L⁻¹, 인도산과 인도네시아산 coir 배지는 Ca 1~3me · L⁻¹, Mg 1~2me · L⁻¹ 첨가하여 재배하는 것이 적합하리라 판단된다.

다. 급액액 관리

(1) 배양액의 적정 급액 농도 및 급액량 구명

Coir dust에 fiber가 30% 함유된 coir 혼합배지에서 배양액 농도 4수준(2.5 ~ 4.0 dS m⁻¹)과 급액량 4수준(70 ~ 230ml/회)에 따른 근권 배액의 pH, EC 변화, 생육 및 과실 특성 등을 측정 조사하였다. 급액 농도 4.0 dS m⁻¹ 처리는 배액의 평균 EC 5.8 dS m⁻¹로 높고 평균 수분함량 70%로 높았으나 변이가 컸으며, 모든 처리에서 배액의 pH는 안정적이었다. 광합성과 생육이 처리에 따른 차이가 없었으며, 주당 과중은 EC 4.0 dS m⁻¹ 처리에서 높았으나 과실 특성이 3.5 dS m⁻¹ 처리와 차이가 없었다. 170 ~ 230mL/회 급액 처리에서 근권의 평균 EC 4.0 ~ 4.2 dS m⁻¹ 평균 수분 함량 70.7 ~ 70.9%로 안정적이었다. 배액의 pH와 EC는 230ml/회 처리에서 안정적이었다. 엽록소함량, 광합성, 생육 및 수량은 170 ~ 230mL/회 처리에서 높았으며 처리 간에는 차이가 없었다. 따라서 생육, 과실 특성, 배액의 안정적인 EC, pH 및 수분 함량을 고려할 때 급액 농도는 3.0~3.5 dS m⁻¹, 170~230ml/회가 적합하리라 본다.

3. 코코넛 코이어 배지를 이용한 토마토 수경재배시스템 기술 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

conut dust에 fiber 함유 비율(0~50%)이 첨가된 coir 혼합 배지의 배액 평균 EC는 4.3~6.7dS m⁻¹ 였고, fiber 비율이 증가함에 따라 배액 EC가 높았으며 암면과 펄라이트 배지의 배액 평균 EC(3.7~3.9dS m⁻¹)에 비해 높았다. 모든 배지 처리의 배액 평균 pH는 6.3~6.4로 안정적이었다. 광합성과 생육은 fiber 30~50% 첨가된 coir 배지에서 높았다. 과중은 fiber 비율 처리간 차이가 없었으나 상품 과율이 fiber 30~50% 첨가된 coir 배지에서 높아 coir 배지의 물리성 개선을 위한 토마토 생육에 적합한 fiber 비율은 30% 적합하리라 본다.

fiber 30%가 첨가된 coir 혼합배지에서의 재배 방식에 따른 생육과 과중은 베드 충전 방식에서 높았으나 상품과율은 자루재배에서 높아 재배 방식에 따른 차이는 없었다. 또한 자루당 fiber 30% 혼합된 coir 배지의 적정 배지량은 15L가 적합하였다.

나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선

수경재배용 배지 Coconut coir를 이용한 토마토 수경재배에서 배지 내에 부족한 원소 Ca와 Mg를 Yamasaki 배양액에 Ca 1, 3, 5 me/l, Mg 1, 2, 3 me/l을 추가하여 원산지에 따른 광합성, 생육 및 수량을 조사하였다. coir 원산지에 따라 광합성, 생육, 과실 특성 등은 차이를 보여 베트남산 coir 배지는 Ca 3me · L⁻¹, Mg 3 me · L⁻¹, 인도산 coir 배지는 Ca 1me · L⁻¹, Mg 1~2me · L⁻¹ 정, 인도네시아산 Ca 1me · L⁻¹, Mg 1 me · L⁻¹도 첨가하는 것이 적합하리라 본다.

다. 급배액 관리

배양액의 급액 농도(1.2~3.0dS/m)에 따른 생육과 과중, 상품 과율은 EC 1.8~2.5dS/m 처리에서 높았다. 배액의 EC 변화는 생육 기간 동안 증가하는 경향을 보였으며, pH 변화는 비교적 안정적이였다.

급액량(70~230ml/회)에 따른 토마토의 광합성, 초장 변화 및 생육은 230ml/회 처리에서 가장 높았으며 과중은 급액량이 증가함에 따라 높았다. 그러나 상품 과율은 120~180ml/회에서 가장 높았다. 배액의 EC와 pH 변화 및 상품과율을 고려할 때 적정 1회 급액량은 120~180ml가 적합하리라 본다.

4. 코코넛 코이어 배지를 이용한 오이 수경재배시스템 기술 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

오이 생육에 적합한 coir dust와 fiber의 혼합 비율 및 재배 방식을 달리하여 실험을 수행한 결과 수경재배용 오이의 적정 coir배지 조성은 coir dust에 fiber 함량이 10~20% 수준이 혼합되었을 때 오이의 생육, 수량 및 생산성이 높았다. 재배 방식에 따른 오이 수량은 베드층진 재배에서 오이의 생산성이 높았으나 자루재배와 포트재배에 따른 차이가 없어 자루재배 방식과 사용이 편리한 포트재배 방식에서도 고품질의 수경재배 오이의 다수확이 가능할 것으로 기대된다.

나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선

수경재배용 배지 Coconut coir를 이용한 오이 수경재배에서 배지 내에 부족한 원소 Ca와 Mg를 기본 야마사키 배양액(N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4)에 Ca 1, 3, 5 me/l, Mg 1, 2, 3 me/l을 추가하여 원산지에 따른 오이의 생육과 수량을 조사하였다. 생육 초기에는 배지 내 페놀 함량과 이온의 불균형으로 생육 억제가 나타났으나 점차 시간이 경과할수록 원산지에 따른 생육, 광합성, 과실의 수량 및 과중이 회복되었다. 오이의 생육, 수량 및 생산성이 인도네시아산 배지는 Ca 1~3me/l, Mg 1~2me/l을 추가한 배양액에서 높았고, 인도와 베트남산 배지는 Ca 3~5me/l, Mg 1~2me/l을 추가한 배양액에서 높은 경향을 나타내었다. 따라서, 수경재배용 배지로서 coconut coir를 이용할 때 원산지에 따라 배양액 내 Ca와 Mg의 이온 첨가가 달라져야함을 보였다.

다. 급배액 관리

FDR(frequency domain reflectometry) 센서를 이용한 coir 혼합 배지 오이 수경 재배시 1일

급액량 3000ml로 타이머 제어 방법에 따른 배지 종류별 배액율은 배지 조성에 따라 12~45% 보였다. coir 혼합 배지에서 FDR센서를 이용한 수분 제어에 의한 1일 배양액 공급량은 1005~2054ml 였으나 배액율은 0~6%였다. 기상 변화에 따른 1일 급액량은 달랐으며 배지 함수량에 의한 FDR 센서 수분 제어는 배지가 함유한 수분량을 효율적으로 이용할 수 있어 coir 배지 오이 수경 재배를 위한 급액 제어가 가능함을 보였다. Coconut coir배지에서 적정제어 수분함량은 40~45% 수준이었으며, 가능한 30~35% 수준 이상으로 관리하는것이 필요하였다.

5. 코코넛 코이어 배지를 이용한 장미 수경재배시스템 기술 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

Coconut coir dust에 fiber 0~50%(v/v) 첨가하거나, chip 0~80%(v/v) 함유한 coir slab 자루 재배 방식으로 장미 수경재배하였다. Coconut coir 혼합 배지는 90% 이상의 높은 공극율, 기상 25% 이상, 액상 29~64%, 유효수분함량은 20% 이하로 조성에 따라 차이를 보였다. Fiber 0~ 20%, chip 0~ 30% 함유된 coir 혼합 배지가 수경재배용으로 우수한 물리성을 가졌으며, fiber 50% 이상, chip 80% 이상인 혼합 배지는 낮은 유효수분을 보여 수경재배용에서 사용할 때는 정밀 급액관리가 필요한 것으로 판단되었다.

장미 수경재배시 coconut coir 배지(dust: fiber = 8:2)에서 수분 공급량과 공급횟수에 따른 배지내 수분함량변화를 측정하였다. 1일 급액량을 주당 600ml로 고정하고 1회 급액량을 30, 45, 60, 90, 120, 150ml로 각각 달리 급액하였을 때 배지 평균수분 함량은 35.4~37.9%, 최저수분함량 31.7~34.1%, 최대수분함량 37.4~41.4%이었다. 60ml이상의 급액은 1회의 급액만으로도 평균 수분함량에 도달하였다. 평균수분함량과 최저수분함량간의 차이는 1회 급액량이 60~90ml 공급될 때 가장 낮았다. 따라서 급액량을 60~90ml/회로 설정하고 수분의 필요 유무에 따라 급액 횟수를 조절하여 관리하는 것이 적절하다고 판단되었다.

나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선

Fiber가 첨가(0~80%)된 Coir dust 혼합 배지(인도네시아산)와 chip이 첨가(0~80%)된 coir dust(인도산) slab에 자루(100×15cm)당 35L씩 각 처리 별 배지를 충전, 7주를 정식하였다. 서울시립대학교 장미배양액($me \cdot L^{-1}$: NO_3-N 9.6, NH_4-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO_4-S 1.5)를 기본액으로 관리하면서 배지 내 부족한 성분 Ca $3me \cdot L^{-1}$, Mg $1 me \cdot L^{-1}$) 첨가한 배양액으로 급액량 $90 \pm 6mL/6 \sim 7$ 회/주/일, 15분씩 점적 관수하여 생육과 수량을 측정하였다. Ca와 Mg가 혼합된 배양액에서 재배된 장미 광합성은 fiber 0~30% 첨가된 처리와 chip 첨가된 처리에서, 생육은 fiber 30%, chip 0~30% 첨가된 배지에서 높았다. 총 절화 수량은 fiber 20~50%, chip 30~60%첨가된 배지에서 높았으나 상품 수량은 fiber 0~30%, chip 60%에서 높아 생육과 수량을 고려한 coir 혼합 배지에서는 Ca와 Mg 첨가가 효과적이었다.

다. 급배액 관리

Coir배지경 재배에서 fiber 함량 0~50%, chip 함량 0~80%을 달리하고 60ml/ 10회/일 급액하였을 때 배지별 최고수분함량과 최저수분함량의 차이는 fiber함량 20%, chip 함량 30% 처리에서 가장 낮았다. 수경재배용 coir 배지를 위한 장미 수경재배에 적합한 coir의 fiber나 chip 수준은 20~30%가 적합하였다.

Coconut coir배지를 이용한 자루형 장미 수경재배에서 coir의 혼합 배지에 따른 배액의 전기전도도(EC), pH 변화는 차이가 없었으나 암면 배지의 배액 pH는 3.5~7.5로 변동 폭이 심했다. 절화 생육에서는 chip을 혼합한 처리가 우수하였다. 절화 수명은 암면, dust 1000% 배지에서 가장 높았고, fiber 혼합배지가 chip 혼합 배지 보다 절화 수명이 길었다. 절화 수확량은 fiber 함유 배지가 암면 또는 chip 함유 배지보다 10%정도 높았으며, 길이 80cm이상의 절화 수량은 암면 배지에서 가장 많았다. 있다. 절화 길이 60cm 이상의 상품 수량은 fiber 20%, chip 30% 혼합된 coir 배지에서 가장 많아 절화 수명, 상품 수량 및 근권의 안정적인 pH, EC를 고려하여 20~30%의 fiber나 chip수준이 장미 수경재배에 적합하다고 판단된다.

FDR 센서를 이용한 Coir 혼합배지(dust: fiber= 8:2 v/v)에서 배지 내 수분 함량을 고려한 5수준(20~25, 30~35, 40~45, 50~55%)별 배양액 공급량, 배액을 밧, 장미 생육과 수량을 측정 조사하였다. FDR 센서를 이용한 coir 혼합 배지내 수분제어 처리에서의 1일 공급량은 96~215ml로 타이머 공급량 600ml 대비 16~36% 수준이었다. 수분 제어 처리에서의 배액율은 0%였으나 타이머를 대조구로 한 coir 혼합배지와 암면 배지에서의 배액율은 각각 53.2%, 51.8%였다. 광합성, 생육 및 절화 상품 수량은 수분 제어 40~45% 처리에서 높아 FDR 센서를 이용한 coir 배지내 수분 제어에 의한 배양액 공급은 최소의 급액량으로 품질이 우수한 장미 절화 생산이 가능함을 확인하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획(필요에 따라 제목을 달리할 수 있음)

<특허>

1. 이온 농도들 간 균형 잡힌 수경재배용 코코넛 코이어 배지 및 수경재배용 코코넛 코이어 배지 내 이온 함량들의 균형 잡는 방법 (등록번호 10-0824973-0000, 2008.04.18)

<학술 논문 발표 및 투고>

1. 코코넛 코이어 배지를 이용한 토마토 양액재배 시 코코넛 분진과 섬유질의 적정 혼합 비율, 2008. 원예과학기술지 제26권(별호 I). 차승훈, 김호철, 유성오, 이용범, 배종향
2. Coconut coir 배지를 이용한 파프리카 양액 재배 시 coir dust와 fiber의 적정 혼합 비율 2007. 김호철,, 차승훈, 유성오, 이용범, 배종향, 원예과학기술지 제25권 별호 I, 2007.
3. 장미 수경 재배용 배지로서 coir dust와 fiber 및 chip 의 적정 혼합비율, 2007년 10월, 한국 원예학회·한국생물환경조절학회 추계임시 총회 및 공동학술발표회 자료집. 박성태, 이용범
4. 배지 혼합비율에 따른 코코넛 코이어 배지에서 재배시스템 차이가 오이의 생육 및 수량에 미치는 영향, 2008. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 유형주·박성태·이성화·이혜진·이용범.
5. 착색단고추의 수경재배에 적합한 대체 배지 개발 2008. 생물환경조절학회지 17(2), 배종향, 이용범, 김호철, 차승훈, 이혜진
6. Coconut coir 배지조성별 수분특성, 급액량, 및 급액횟수에 따른 장미 근권내 수분 함량의

변화. 2008. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 박성태, 유형주, 이혜진, 이용범.

7. Coconut coir 배지조성별 급액량, 및 급액횟수에 따른 착색 단고추 근권내 수분 함량의 변화. 2008. 한국생물환경조절학회 추계 발표. 박성태, 이철승, 배종향, 이용범.

8. Coconut coir 배지조성별 급액량, 및 급액횟수에 따른 오이 근권내 수분 함량의 변화. 2008. 한국생물환경조절학회 추계 발표. 박성태, 유형주, 이혜진, 이용범.

9. 원산지에 따른 coir 배지에서 배양액 내 Ca, Mg의 함량 조절이 오이의 생육 및 수량에 미치는 영향. 2009. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 유형주, 박성태, 이혜진, 최기영, 오정심, 배종향, 이용범.

10. Coconut coir를 이용한 장미수경재배에서 배지내 화학성 개선을 위한 배양액내 Ca, Mg 첨가에 따른 영향. 2009. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 박성태, 유형주, 이혜진, 최기영, 오정심, 배종향, 이용범.

< 인력 양성 >

1. 착색단고추 수경재배를 위한 코코넛 코이어 배지 개발, 2007, 원광대학교 일반대학원 박사 학위논문, 김철수
2. 토마토 수경재배에 적합한 코이어 배지 및 양액 공급 시스템 개발, 2008, 원광대학교 일반대학원 석사학위논문, 차승훈
3. Coconut coir를 이용한 장미 수경재배에서 배지내 수분함량 변화와 생육, 2009년 2월. 서울시립대학교 석사학위 논문. 박성태
4. Coconut coir 배지의 페놀 함량 및 물리화학성 조절이 오이의 생육과 수량에 미치는 영향, 2009년 2월. 서울시립대학교 석사학위논문, 유형주

< 실용화 · 산업화 계획 >

추가연구 : 과채류공통수출연구사업단

여 백

SUMMARY

Development of Coconut coir as a Soilless Culture Substrate and Commercial Growing of Fruit Vegetables and Rose in Organic Substrate Culture with Coconut coir

1. Improvement of physicochemical properties and physicochemical characteristics of coconut coir substrates

a. Physicochemical characteristics of coconut coir

In different origins and component ratios, physical characteristics of coconut coir substrates were $0.088\sim 0.063\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ of dry bulk density, $2.06\sim 1.44\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ of particle density, 29.1~61.4% of air volume, 66.6~34.2% of water volume, 19.1~1.7% of easily available water, 11.4~1.0% of water buffering capacity. When fiber and chip ratio were increased, air volume was increased. Coir dust had higher total pore space, water volume, water holding capacity, aeration and lower dry bulk density than coir slab.

Chemical characteristics of coconut coir were EC $0.31\sim 0.84\text{ dS m}^{-1}$, pH 5.5~6.2, $\text{NH}_4\text{-N}$ 3.5~12.3, $\text{NO}_3\text{-N}$ 5.3~12.3, P_2O_5 3.5~18.2, K 220.8~891.9, Ca 199.8~314.6, Mg 72.1~128.1, Na 21.6~208.4mg L^{-1} . There were big differences between origins on EC, K, Na. And substrates had pH 5.5~6.2. Calcium and Magnesium amounts were lower than Potassium contents.

Phenol contents of coconut coir was above $10,000\mu\text{g/g}$, on the other hands, Indonesian coconut coir was $3,948\mu\text{g/g}$ in Indonesia, India and Vietnam. According to saturation-times, total phenol content of the coconut coir substrates were reduced. There were $1,016\mu\text{g/g}$ of phenol in the peatmoss which, doesn't affect to plant growth. It was considered that 1~2 times of saturating at Indonesian substrate and 4~5 times of saturating at Indian and Vietnamese substrate were adequate for hydroponics usage.

b. Improvement of physicochemical properties of coconut coir

Dry bulk density and particle density were decreased by increasing the percentage fiber into coir dust. The total pore space was more than 94%, it considered adequate for coconut coir substrates in hydroponics. Consequently, respectively 44.5, 39.3% of water space and 51.4, 56.5% of air space when 20, 30% of coir fiber added to coir dust, were considered adequate for hydroponics. whereas 6.2% of easily available water was too low level when 50% of coir fiber.

1 g · L⁻¹ of gypsum did not affect changes of pH but it does additive of Ca into coir dust. Vermiculite and zeolite showed a possibility of large absorption of K ion from coir dust, therefore the adequate amount of vermiculite and zeolite for coconut coir substrate in hydroponics were 10g · L⁻¹ and 5~10g · L⁻¹, respectively. Addition of lime was affect increase of pH, and calcium nitrate affected increasing of EC, decreasing of pH.

Concentration of K, Na, and Cl in saturation solution were high more than 6 hour when first saturation times. Considering removal of Cl, over 6 hour of leaching interval and 2~3 times of saturation was adequate for remove of high contents of K, Na, and Cl in coir dust.

2. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in sweet pepper

a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates

During the growing period, in comparing the EC of coir substrate with the mixture ratio of coconut dust and fiber with the EC of a substrate with profit and rockwool, the average EC of profit and rockwool which was EC 3.7~3.8 dS · m⁻¹ was lower than the average of coir substrate which was EC 4.2~4.3 dS · m⁻¹, whereas there was a radical variation in EC of rockwool due to high rate in standard deviation (EC 1.50 dS · m⁻¹) and coefficient of variation (40.5%). Water content of profit and rockwool which was an average of 50.5~27.7% was lower than the water content of coir substrate which was an average of 67.7~70.9%. The pH of drainage was stable in all substrates showing 6.4~6.5 and the EC was somewhat higher showing 6.0~7.1 dS · m⁻¹. The temperature in the coir substrate was lower than that of profit and rockwool sustaining an appropriate level. Photosynthesis rate and chlorophyll content were higher in the mixture of fiber 50% substrate, and there were not much differences in fruit weight between the substrate but concerning the fruit shape which determines the quality of the fruit, mixing substrate of fiber 50% and rockwool were close to a regular square. Therefore, it is estimated that the optimum mixture ratio of coir substrate using coconut dust and fiber was suitable for fiber 30~50%.

b. Investigation of optimum Ca and Mg contents in nutrient solution

Components of standard nutrient solution used in experiment is comprised of NO₃-N 18.0, NH₄-N 1.0, P 5.4, K 8.0, Ca 10.0, Mg 4.0, SO₄-S 3.2me · L⁻¹. And Ca 1, 3, 5 me/ℓ, Mg 1, 2, 3 me/ℓ were added to improve chemical properties of coconut coir.

EC of slab and pH of drainage nutrient solution were stable in non-increased and increased, respectively. Nutrient solution increased Ca 2~3me · L⁻¹/Mg 1~2me · L⁻¹ was suited to hydroponics using coir substrates made by coconut produced in Vietnam. Nutrient solution increased Ca 1~2me · L⁻¹/Mg 1~3me · L⁻¹ was suited to hydroponics using coir substrates made by coconut produced in India. Nutrient solution increased Ca 1~3me · L⁻¹/Mg 2~3me · L⁻¹ was suited to hydroponics using coir substrates made by

coconut produced in Indonesia.

c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

The EC and water content of coir substrate according to the nutrient solution's amount of supply nutrient solution were stable showing 170 mL/time and 230 mL/time, the pH of drainage was higher in 170 mL/time with the average of 7.2 whereas stabilized at the end of growth and EC seemed to increase when the amount of supply nutrient solution was lower. The temperature of the substrate seemed to generally increase as the amount of supply nutrient solution decreased. Chlorophyll contents showed no difference in concern with the amount of supply nutrient solution. Photosynthesis rate was high in the amount of supply nutrient solution 170 mL/time and 230 mL/time. Fruit weight were heavy in the amount of supply nutrient solution 170 mL/time and 230 mL/time weighing 194.4g and 189.5g, respectively. The fruit shape was close to a regular square in the amount of supply nutrient solution 170 mL/time showing 3.3. Therefore, it is estimated that the optimum amount of supply nutrient solution in coir substrate was suitable for 170~230mL/time.

In 10% fiber coir substrates, 50-70ml/time supply rate at 700ml/day had less water content variations which was monitored by FDR(frequency domain reflectometry) water content sensor.

3. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Tomato

a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates

During the growing period, the pH of drainage was stable in all substrates showing 6.3~6.5 and the EC of drainage was showing 4.3~6.6 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ in coir substrate somewhat higher than perlite and rockwool.

Change of plant height was not different of mutuality, without low growth speed in fiber 0%, 10% substrates. Chlorophyll contents was not different of mutuality without little high level in rockwool at 12 weeks. Photosynthesis rate was higher in coir substrate than perlite and rockwool. Marketable fruit was excellent in fiber 0%, 30%, 50% substrates, and fruit shape was similar circle in fiber 30% substrate. Water contents of plant was not different in the whole treatments about 84~85%.

b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution

Components of standard nutrient solution used in experiment is comprised of $\text{NO}_3\text{-N}$ 15.3, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.8, P 7.0, K 8.0, Ca 9.0, Mg 5.0, $\text{SO}_4\text{-S}$ $5.0\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$. And Ca 1, 3, 5 me/ℓ , Mg 1, 2, 3 me/ℓ were added to improve chemical properties of coconut coir.

Nutrient solution increased Ca $3\text{me} \cdot \text{L}^{-1}/\text{Mg}$ $3\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ was suited to hydroponics using coir substrates made by coconut produced in Vietnam. Nutrient solution increased Ca $1\text{me} \cdot \text{L}^{-1}/\text{Mg}$ $1\sim 2\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ was suited to hydroponics using coir substrates made by coconut produced in India. Nutrient solution increased Ca $1\text{me} \cdot \text{L}^{-1}/\text{Mg}$ $1\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ was suited to

hydroponics using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

Fruit weight was heavy when nutrient solution was low and L/D ratio was not different about 0.85~0.88 in whole treatment. Percent of marketable fruit was 84%, 81% in EC 1.8, 2.5 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, these value was excellent. Water content of plants was not different in whole treatments.

Aaverage of pH and EC were little unstable in 120 mL/time, because coefficient of variation was high. Change of pH was so high value when amount of nutrient solution was much. whereas reverse situation showing the EC. Change of plant height was low value in 70 mL/time and chlorophyll contents showed no difference in concern with the amount of supply nutrient solution but Photosynthesis rate was high in the amount of supply nutrient solution was much. Fruit weight was 195.0 g in 230 mL/time and percent of marketable fruit was so high level in 120, 180 mL/time. Water content of plant was not different in all treatments.

4. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Cucumber

a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates

Adequate mixed ratios of coconut dust and fiber were investigated to develop as the environmental friendly substrate in hydroponics. Growth and yield were higher by coir dust in fiber ratio 10~20%, and it were considered appropriate mixture ratio of coconut coir for cucumber hydroponics. Bedding system was highest growth and yield of cucumber.

b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution

Ca^{2+} and Mg^{2+} were added in Yamazaki nutrient solution by 1, 3, 5 me/ℓ and 1, 2, 3 me/ℓ to examine cucumber growth in coconut coir substrates of different origins for the improvement of chemical properties.

Early growth was inhibited because of nutrient unbalance and phenolic compound in substrates. As time gone by, no differences between origins were found on growth and, photosynthesis rate, yield and fruit weight. The highest growth and yield of cucumber shown Ca^{2+} 1~3 me/ℓ and Mg^{2+} 1~2 me/ℓ in the nutrient solution of Indonesian, Ca^{2+} 3~5 me/ℓ , Mg^{2+} 1~2 me/ℓ of Indian and Vietnamese.

c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

In 3000ml/day water supply, timer based irrigation had 12~45% drained water ratio. One day supply amount which were controled by FDR sensor were 1005~2054ml, whereas there was no drainage controled by 20~40% water content in substrate. Rockwool treatment controled by 30~35% water content had 30% drainage ratio. One day supply amount was different at weather condition. Using FDR sensor to examine water content of

substrate, water usage was controlled efficiently. So, It is possible to control irrigation for cucumber hydroponics with coconut coir.

5. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Rose

a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates

Coir dust were mixed with 0, 10, 20, 30, 50% coir fiber by total volume. Coir slabs were composed of coir dust with 0, 30, 60, 80% coir chip. And control substrate was rockwool. Physical properties of coconut coir substrate were examined. All coir substrates had over 90% of total pore space. Air volumes of all samples was higher than 25%. Water contents were in the range of 29% to 64%. Easily available water(EAW) contents were under 20%. Zero, 10, 20% of fiber mixed substrates and 0, 30% of chip mixed substrates had very good physical characteristics for hydroponics.

Water content changes by water supply rates were investigated with 20% of fiber mixed substrates. The total amount of daily water supply was 600ml/plant with 30, 45, 60, 90, 120 or 150ml each time. The average, minimum and maximum water contents of the substrates were 35.4~37.9%, 31.7~34.1% and 37.4~41.4%, respectively. It was possible to reach average water content with water supply over 60ml each time. Margin between average water content and minimum water content was the smallest with water supply of 60~90ml each time. The water supply of 60~90ml each time was proper for the coconut coir substrate with 20% fiber.

b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution

Components of standard nutrient solution used in experiment is comprised of $\text{NO}_3\text{-N}$ 9.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, $\text{SO}_4\text{-S}$ $1.5\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$. And Ca^{2+} 3 me/l, Mg^{2+} 1 me/l were added to improve chemical properties of coconut coir.

In Ca and Mg increased nutrient solution, photosynthesis rate were higher at 0~30% fiber and chip composed substrate, and plant growth were higher at fiber 30% and chip 0~30% substrates. Total cut flower yields were higher at 20~50% fiber and 30~60% chip substrates, whereas fiber 0~30%, chip 60% substrates had higher marketable yield. Ca and Mg increased nutrient solution was efficient for coconut coir substrates.

c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

At 60ml/10times/day water supply rate, 20% fiber and 30% chip substrate had lower margin between highest water content and lowest water content of substrates. 20~30% fiber or chip ratio were proper for hydroponics substrate.

In rose hydroponics using coconut coir as a substrate, there was no big variation in electric conductivity(EC) of drained water, whereas pH of drained water, especially that from rockwool, varied from 3.5 to 7.5. Cut flower growth was higher for substrates mixed with chip. Rockwool substrate produced the tallest cut flower, while every substrate

produced rose cut flowers over-80cm average height. Vase lives of cut flowers were the longest with substrate of rockwool, 0% fiber and 0% chip. Substrate mixed with fiber had longer vase life than those mixed with chip. Cut flower yield of the substrate mixed with fiber was 10% higher than those mixed with chip. The rockwool substrate produced the highest yield of cut flower over-80cm. Substrate mixed with 20% fiber had the most marketable yield among all the substrates. Whereas, the marketable yield of the substrate mixed with 30% chip was the highest by all of the substrates mixed with chip. Total cut flower yield was the highest at the substrates mixed with 20 and 50% fiber. It was concluded that substrates mixed with 20~30% of fiber or chip were adequate for higher marketable yield.

At 8:2 dust: fiber substrate and rockwool as a control treatment, FDR sensors were used to manage water supply by 20~25%, 30~35%, 40~45%, 50~55% and 25~30%. One day supply per plant in FDR treat was 96~215ml. It was 16~36% of usual timer supply amount which was 600ml for rose plant per day. Drainage ratio was 0% in FDR controlled treatment, whereas usual timer irrigation at rockwool and coir substrate had 51.8% and 53.2% respectively. Photosynthesis rate, plant growth and marketable yield of cut flower were higher at 40~45%. So, 40~45% was proper management range for rose hydroponics. It was possible to produce high quality rose by irrigation control using FDR sensor in hydroponics.

CONTENTS

I. Title

Systematization of fruit vegetables and rose hydroponics by using coconut coir as a eco-friendly organic substrate.

II. Objectives

III. Contents of Research

IV. Result

1. Improvement of physicochemical properties and physicochemical characteristics of coconut coir substrates

- a. Physicochemical characteristics of coconut coir
- b. Improvement of physicochemical properties of coconut coir

2. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in sweet pepper

- a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates
- b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution
- c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

3. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Tomato

- a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates
- b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution
- c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

4. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Cucumber

- a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates
- b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution
- c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

5. Development of hydroponics culture using coconut coir substrate in Rose

- a. Investigation of the optimum mixture ratio of dust and fiber in coir substrates
- b. Investigation of optimum Ca and Mg contents within nutrient solution
- c. Investigation of optimum concentration and amount of supply nutrient solution

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절 Coconut coir 배지 특성 및 물리 화학성 개선

가. Coconut coir 물리 화학적 특성

- (1) Coconut coir 물리적 특성
- (2) Coconut coir의 화학적 특성
- (3) Coconut coir의 미생물상

나. Coconut coir 물리 화학성 개선

- (1) Coir dust와 coir fiber의 혼합비율에 따른 물리성 개선
- (2) Coir dust와 coir fiber의 혼합비율에 따른 화학성 개선
 - (가) 배지내 첨가물 처리에 따른 무기이온 균형 유지
 - (나) Coir 배지 내 무기염류(K, Na, Cl) 제거

2절 Coconut coir 배지를 이용한 파프리카 수경재배시스템 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

- 나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선
- 다. 급배액 관리

3절 Coconut coir 배지를 이용한 토마토 수경재배시스템 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

- 나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선
- 다. 급배액 관리

4절 Coconut coir 배지를 이용한 오이 수경재배시스템 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

- 나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선
- 다. 급배액 관리

5절 Coconut coir 배지를 이용한 장미 수경재배시스템 체계화

가. Coconut coir dust와 fiber 비율에 따른 물리성 개선

- 나. Coconut coir 배지내 Ca, Mg 첨가에 따른 화학성 개선
- 다. 급배액 관리

6절 유기 수경재배용 coir 배지 개발

제 4장 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도

제 5장 연구개발 성과 및 성과 활용계획

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 7장 참고문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

1절 연구 개발의 목적과 필요성

가. 연구개발 대상 기술의 경제적·산업적 중요성

□ 시설원에 산업 현황

- 농업에서 원예산업이 차지하는 비중은 1970년대부터 급증하기 시작하여 1980년 25%에서 1990년 28% 1995년 36% 까지 증가하다 IMF이후 안정적으로 증가하여 2006년 31% 수준으로 증가하였고, 채소가 차지하는 비중은 1980년 12%에서 계속 증가하여 2000년 이후 20%수준으로 안정되었다. 그중 노지채소의 비중은 감소하고 상대적으로 시설채소는 지속적으로 증가하여 11%에 달하며, 채소산업 중 시설채소가 차지하는 비중이 55%를 차지할 만큼 그 중요성이 큼.
- 농업에서 시설원예(시설채소 + 시설화훼) 농업생산액 비중은 1990년 5%에서 1995년 10%, 2000년 11%, 2005년 12%로 지속적인 증가추세를 보여주고 있음. 원예용 시설면적도 지속적으로 증가하여 2005년에 53,022ha로 나타냈으며, 1970년에 비해10년마다 면적증가는 9.4배, 3.5배, 2.0배를 각각 나타냄.

<표 1> 농업생산액의 추이와 시설원예의 비중 (단위: 십억 원)

구분	1990	1995	2000	2005
농업총생산(A)	17,728	25,855	31,829	35,088
시설원예(B)	810	2,615	3,397	4,164
(B/A*100)	(5%)	(10%)	(11%)	(12%)
시설채소	640	2,193	2,940	3,508
시설화훼	170	422	458	656

※시설화훼는 화훼류 생산액 중 시설화훼 생산액을 추정함

※농림부, 농림통계연보, 각 년도

<표 2> 우리나라 원예시설면적의 변화 추이 (단위 :ha)

구분	'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00	'05
계	762	1,746	7,321	17,150	25,450	43,131	52,189	53,022
채소	762	1,746	7,141	16,569	23,698	40,077	48,853	48,574
화훼	-	-	180	581	1,752	3,054	3,336	3,448

※농림부, 채소생산실적, 2006 / 농림부, 화훼생산실적, 2005

□ 원예작물의 생산성과 품질 향상 기술

- 시설내 원예작물의 토양재배는 2~3년 후부터 나타나는 연작장해, 염류집적, 토양전염성병 등의 증가로 인하여 생산성과 품질의 급속한 저하가 심화되고 있다. 이러한 토양재배에서의 연작장해 문제점을 극복하고 높은 생산성과 고품질화로 노동생산성을 극대화 할 수 있는 수경재배로의 전환이 많이 이루어져 왔음.
- 수경재배 면적은 1990년대 들어 암면과 펄라이트 배지 사용과 함께 작물 생산성과 품질 향상이

이루어지면서 '91년 6.5ha, '95년 33.5ha, '00년 700ha, '04년 846.9ha 급격한 증가를 하면서 원예작물의 수출을 주도해 오고 있다.

- 작물별 2004년 수경재배 면적은 채소류가 608.8ha(71.9%), 화훼작물이 238.1ha(28.1%)이고 재배면적으로 보면 토마토(253ha), 장미(172.7ha), 단고추(76.2ha), 고추(40ha), 오이(33.5ha), 딸기(26.2ha) 등의 순으로 되어 있다.
- 그동안 암면과 펠라이트를 이용한 수경재배는 착색단고추, 장미, 토마토, 오이 등의 생산성, 품질 향상 및 안전성을 높여 농산물 수출에서 가장 큰 기여를 하여왔음.
- 네덜란드와 같이 환경을 중시하면서 작물의 생산성과 품질을 향상시켜 국제경쟁력을 확보하기 위해서 토마토, 오이, 단고추 등의 과채류는 100% 수경재배로 생산되고 있고 장미, 거베라 등 화훼작물도 80% 이상이 수경재배로 이루어지고 있음.

□ 원예작물 친환경 생산의 중요성

- 설문조사 결과 농산물의 안전성에 대해 '불안하다'는 소비자의 반응이 57.3%로 '불안하지 않다(28.9%)'의 2배가 넘는 만큼 소비자들은 안전성에 대해 불안감을 갖고 있음. 따라서 수입산과 대비되는 안전한 국내산 식량작물의 생산과 소비자의 신뢰를 확신함은 추후 식량작물 산업에 있어 가장 중요한 요소가 될 것으로 예상됨.
- 친환경농산물 생산량은 매년 큰 폭으로 증가하고 있으며, 특히 2005년에는 73% 증가되었으며, 전체 농산물 중 친환경농산물이 차지하는 비중은 '05년 말 기준으로 약 4%이며 매년 비중이 크게 증가하여 2005년 약 8,000억 원 규모의 시장을 형성하고 있음.
- 정부는 추후 친환경육성을 통하여 2013년까지 농약·화학비료 사용량 40% 절감, 2010년까지 친환경인증농산물 비율 10%로 확대, 경종과 축산이 연계되는 자연순환형 친환경농업 체계 구축 등을 지향하고 있음.

<표 3> 친환경농업 육성 목표 ('06. 농림부)

구분		5년 평균 ('99-'03)	2005	2006	2008	2010	2013
화학비료사용량	사용량	375	374	350	290	260	225
	(kg/ha)						
	비율(%)	100	99	93	77	70	60
농약사용량	사용량	12.4	11.8	11.2	10.1	9.1	7.4
	(kg/ha)						
	비율(%)	100	95	90	81	74	60

- 농업은 생산 과정에서 환경오염을 최소로 줄이며 일정 수준의 생산성을 유지할 수 있는 농법인 친환경 농업과 농업의 친환경적 기능이 강조 되면서 미국, EU, 일본 등 선진국에서 환경보전 기능을 장려하기 위해서 경제적 인센티브 및 정책적 지원을 시행중.
- 네덜란드에서는 시설농업에서 환경보존형 농업으로 전환하기 위해서 대부분의 채소, 화훼작물의 재배를 수경재배로 전환하고 온실에 투입되는 모든 에너지(농약, 비료 등)은 대폭 줄이기 위해서 'closed production system'으로 전환하여 왔다. 이것은 토양재배에 비해서 수경재배가 토양 및 수질오염을 50% 이상 줄일 수 있고 방제약품도 최소화 할 수 있다는 연구결과에 바탕을 두고 실행 중임.

- 우리나라에서도 1990년대 후반부터 친환경 농업을 위한 제도 및 조직 정비하고 환경 보전형 농업을 실천하는 농가에 대한 지원 제도 확대를 통한 친환경 농업 확대하기 위한 제도를 제정, 도입하고 있다.

- 따라서 앞으로의 농업 기술은 환경에 위해를 가하지 않으면서도 작물의 생산성을 유지 증진할 수 있는 친환경 농업 기술의 개발로 활발히 진행되고 있으며, 친환경 안전 농산물 생산을 위하여 GAP(good agricultural practice) 도입과 농업 생태계의 지속성과 생산성의 유지, 증진과 자연환경 오염부하를 줄이기 위한 에너지 저투입형 농작물 품종 육성, 친환경 작물생산기술, 최적 재배관리 기술, IT기술을 결합한 정밀 농업기술 등 기후변화에 대한 대응 기술 개발로 미래 농산업 발전에 기여 할 것 임.

□ 친환경 유기배지의 중요성

- 현재 수경재배용 배지로 개발되어 이용되고 있는 배지는 농업용암면(이용범, 금강암면. 1988), 입상암면과 펠라이트(이용범. 1989, 1991), 펠라이트+입상암면 혼합배지(이용범. 1994), 펠라이트+훈탄(원예연구소. 1993), 팽연왕겨(강원농진. 2003) 등으로 이들 배지 중 암면과 펠라이트가 국내 수경재배를 양분하고 있음. 수경재배용 배지 사용은 2004년 기준으로 볼 때 펠라이트가 36%, 암면이 34.6%로 양분되고 있음.

- 그러나 암면재배는 1ha재배시 최소한 100m²의 폐암면 매트와 12m²의 폐암면 포트가 배출되어 환경 및 처리비용에서 문제점을 유발시키고 있고 펠라이트 재배는 펠라이트 충전 및 폐기시 분진 발생 등으로 작업과 폐기시의 문제점이 나타나고 있어 새로운 환경친화형 배지 개발의 필요성은 증대되어 왔음(이 등, 1998).

- 이처럼 무기 배지는 사용과 폐기시 문제점으로 인하여 이를 대체할 배지로서 사용 후 폐기가 용이한 유기배지 개발이 요구되어 왔다. 유기배지는 사용 후 폐기 시 이를 퇴비의 보조재로 재활용 시 각종 미세탈과 셀룰로스의 급원이 되며, 자체가 부숙되면서 퇴비의 비효를 증진시킬 수 있다(서, 2000). 유기배지로는 코코넛, 톱밥, 왕겨, 팽연왕겨, 훈탄, 피트모스, 바크 등이 거론되고 있으나 저렴한 부숙왕겨, 팽연왕겨, 훈탄 등은 사용기간이 1년 내외로 지속되면 급속한 물리성 악화 문제점을 나타내고 있고, 피트모스와 바크는 물리성 및 화학성이 수경재배용으로는 부적합한 상태이다. 톱밥은 물량 구입이 어렵고 축산농가에서 사용 증가로 가격이 상승하고 나무에 따라 균일성이 낮음(남, 2000).

나. 연구개발의 필요성

- coconut coir 배지는 장기간(5년) 사용할 수 있고 연중 충분한 양을 확보할 수 있으면서 균일한 물리성을 갖는 배지로서의 좋은 장점을 가지고 있다. 그러나 coconut coir는 현재 주로 coir dust(cocopeat)로 수입되어 상토용으로 주로 이용되고 있고 수경재배에는 물리·화학성 측면에서 개선이 필요한 실정이다.

- 따라서 국내에 수입되어 유통되는 coir dust를 조사하고, 수경재배 배지로서 적정 물리·화학성을 맞추기 위해 coir dust와 coir fiber의 혼합을 통하여 물리성을 개선하고, 이들 배지에 다량 함유된 K, Na, Cl 이온을 용탈시키거나 Ca, Mg등의 첨가로 이온균형을 유지시켜 화학성을 개선하여 안정적이고 환경친화형 수경배지로 개발할 필요가 절실하다.

○ 또한 Coconut coir를 이용한 원예작물의 수경재배 기술은 아직 정착되지 않아 작물별 적정 배지 선정, 조성 배지 특성에 따른 배양액 조성 및 급배액 관리가 필요하므로 주요 과채류인 착색단고추, 토마토, 오이 및 장미를 대상으로 Coconut coir 배지에서의 수경재배 시스템을 확립함으로써 원예작물의 생산성, 품질향상 및 생산물의 안전성을 높여 수출농업의 기틀을 다지고자 한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1절 연구개발 대상 기술의 국내·외 현황

가. 세계적 수준

1968년에 영국의 Allen cooper가 NFT 수경재배법을 개발과 함께 1980년대 까지 전세계 수경재배의 주류를 이루었다. 그러나 1968년에 덴마크의 Grodan사에서 수경재배용 암면(rockwool)을 개발하면서 1980년대 중반부터 과채류와 장미를 중심으로 그 이용 면적이 급속히 증가하면서 NFT를 대체해 나왔다. 최근 유럽을 중심으로 Coconut coir는 peatmoss를 대체하여 상토, 분화용 배지로서 개발되어 실용화시켜 왔으며, 최근에 수경재배용 암면 대체 배지로서 개발하기 위해서 벨기에, 네덜란드, 스페인을 비롯한 유럽과 호주를 중심으로 스리랑카산 coir를 대상으로 집중적인 연구가 이루어지고 있고 일부 산업화하여 판매가 시작되었고 국내에도 수입되기 시작하였다. 그러나 이들 배지는 coir dust와 coir fiber 함량에 따른 물리·화학적 특성의 차이 등으로 농가에서는 아직도 안정화 되지 못하고 있다. 그러나 유럽의 수경재배에서 점차 그 재배면적이 급속히 증가될 것으로 예측됨에 따라 유럽의 연구소 및 관련 회사들이 집중적인 연구를 수행하고 있다. 그러나 국내 coir dust(cocopeat)수입업체 및 생산 업체에서는 아직까지 상토 중심으로 개발하여 왔다. 앞으로 부가가치가 높은 coconut coir를 이용한 수경재배 배지 개발과 재배기술 확립은 국내 시설원에 산업 발전에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

개념정립 단계	○	기업화 단계	○	기술 안정화 단계
---------	---	--------	---	-----------

나. 국내수준

국내에서 수경재배는 1980년대 이전에 담액수경과 역경, 사경재배가 중심이었다. 1985~1986년에 걸쳐 (주)금강과 서울시립대학의 본 연구팀에서 농업용 암면을 개발하여 실용화(UR암면) 시켰다. 그러나 암면의 사용 후 폐기의 문제가 대두될 것으로 보고 암면 대체 배지 개발(1989년, 학술진흥재단) 연구를 시작하여 펄라이트(perlite)의 안정된 화학성에 착안하여 그 가능성을 제시하였고, 1990년 초반에는 펄라이트의 부족한 유효수분함량(easily available water; EAW)를 증가시키기 위해서 같은 무기 배지인 입상암면을 혼합한 혼합배지를 제시하였고 이 또한 전남 지역을 중심으로 실용화 되었다. 1990년 중반부터 원예연구소 중심으로 수경재배 배지로서 펄라이트단용, 펄라이트+훈탄 혼합배지를 농가에 보급하면서 펄라이트 배지 사용은 급속히 증가하였다.

이처럼 1990년대 중반 이후부터 수경재배의 축은 암면재배와 펄라이트 재배로 양분되면서 급속히 면적의 증가를 이루었다. 2000년 초부터 강원도농업기술원에서 팽연화왕겨 이용에 대한 연구를 계속하여 '으뜸왕겨' 배지를 실용화 시켰다. 저렴한 배지이지만 물리성 악화 때문에 사용년한이 한번 사용할 수 있을 정도로 짧은 것이 단점이다. 2000년대 이후 환경친화형 배지 개발에 대한 요구가 증대 되면서 암면과 펄

라이트를 대체할 수 있는 유기 배지 개발에 많은 관심이 집중되고 있다.

다. 국내·외의 연구현황

전 세계 수경재배 흐름은 1980년을 기점으로 순수수경재배에서 배지를 이용한 수경재배(rockwool, 펠라이트 등) 방식으로 바뀌면서 주로 암면(rockwool)의 이용이 주류를 이루고, 스페인, 그리스, 이스라엘, 한국 등에서는 펠라이트 이용을 증가시켜 왔다.

그러나 전 세계적인 흐름은 환경친화형 배지로의 전환 필요성이 증대되면서 새로운 배지에 대한 연구가 계속되어 왔다. 그동안 무기배지(암면, 펠라이트 등)에서 나타난 사용 전 후 및 폐기 시 환경오염 증대문제로 유기배지를 이용한 수경재배 가능성이 다방면으로 검토 되고 있다.

유럽과 호주등지에서는 스리랑카산 coconut coir를 이용한 수경재배 배지 개발이 실용화 되 가고 있고 앞으로 그 이용이 증대 될 것으로 추정된다. 이처럼 coconut coir에 대한 관심이 집중되는 것은 열대지방을 중심으로 연중 다량생산이 되고 있고 coconut coir는 셀룰로스, 펙틴, 리그닌을 다량 함유하여 다공성 구조를 갖고 있기 때문이다. 또한 coconut coir는 탄소율(C/N)이 높아 미생물 분해가 어려워 장시간(5년) 이용이 가능하다. 식물섬유인 관계로 물리성이 우수하고 공극률 86~90%, 가비중 0.04~0.069g/cm³, 흡수성, 보수성, 통기성, 투수성이 우수하다. 또한 배지 산도가 pH 5.5~6.6이고 수분 함유량은 배지 무게의 8~10배에 이른다. 염기치환용량(CEC)은 비교적 높아 40~60me/100g 이고 다량의 K, Na, Cl, P을 함유하고 있다. 이러한 특성 중 장시간 수경재배 배지로 사용되기 위해서는 적정 공극률(air-filled porosity; AFP)과 유효수분함량을 장기간 적정수준으로 유지하고 있어야 한다. Coir dust는 단기간 사용되는 상토로서는 문제가 없으나 수경재배에서는 적정 물리성유지 측면에서 불리하여 coir fiber 혼합이 필요하고, 다량 함유한 무기원소(K, Na, Cl, P 등)의 제거 또는 배지 내 ion balance를 유지시킬 수 있는 연구가 필요하다. 또한 개발된 배지를 작물별 적정 재배시스템과 재배기술을 확립하여야 실용화를 앞당길 수 있다.

<표 4> 국내배지관련 연구개발 내용과 활용 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
서울시립대학교 (1986)	농업용 압면 개발, (주)금강 공동연구	실용화(UR압면)
서울시립대학교 (1989, 1991)	수경제배용 압면 대체 배지 필라이트, 입상압면 개발	실용화
서울시립대학교 (1992)	수경제배용 배지의 물리·화학적성(입상압면 외 10종)	-배지 이화학적성 -배지에 따른 배양액 관리 기술
서울시립대학교 (1993)	압면대체 배지 필라이트+입상압면, 입상압면 배지 개발	실용화
원예연구소 (1993)	수경제배용 배지 필라이트+훈탄 혼합배지개발	실용화
원예연구소 (1999)	왕겨를 이용한 육묘용 혼합 배지 개발	이화학적성 개선, 부숙왕겨
전남대학교 (1999)	필라이트+coir dust 혼합 배지 개발	국화, 수박 수경제배 가능성 제고
경상대학교 (2000)	폐압면과 목재부산물을 이용한 국화 수경제배	coir나 peatmoss 혼합에서 우수한 생육
강원도 농업기술원 (2001)	팽연화 왕겨 배지를 이용한 토마토 수경제배	'으뜸왕겨' 배지 개발
전남농업기술원 (2003)	합성 섬유 배지를 이용한 과채류 수경제배	압면에 비해 생산성 90% 수준
상명대학교 (2003~2005)	필라이트 자루재배 체계화	자루재배 실용화
대구대학교 (2005)	딸기 고설 수경제배 기술 개발	사용한 배지중 coir dust (cocopeat)가 우수하고, 물리성 개선 차원에서 배지 상부는 코코피트, 하부는 필라이트로 한 2중배지가 양호함

<표 5> 국외의 배지관련 연구개발 내용과 활용 현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
덴마크 Grodan (1968)	농업용 압면 개발	실용화(유럽)
유럽채소개발센터 (1985)	농업용 polyurethane 배지 개발	실용화
Ireland Bord na Mona 연구센터	coir dust 물리·화학적 특성 연구	peatmoss 대체배지로서 가능성 검토
미국 Arizona대학 (1998)	coconut coir, 펄라이트, 압면 배지 이용 토마토 수경재배	coconut coir와 펄라이트 배지가 저가의 수경재배 배지로서 이용가능성 제시
네덜란드 온실작물연구소 (2001)	coir dust 화학성 개선	coir dust 상토 실용화에 응용
그리스 Macedonia 농업연구소 (2001)	장미 배지경재배 cocopeat, 펄라이트+cocopeat	혼합배지 실용화 가능성 제시
스페인 Valencia 대학 (2002, 2003)	분화 배지로서 coconut coir 배지의 물리·화학적 특성	물리·화학적 특성 밝힘
미국 California대학 (Davis) (2004)	coir와 UC mix 배지 이용한 장미 수경재배	coir 사용 가능성 제시

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1절 Coconut coir 배지의 특성 및 물리 화학성 개선

가. Coconut coir 물리 화학적 특성 및 미생물상

(1) Coconut coir 물리적 특성

(가) 코이어 배지의 물리성

실험에 사용된 coir slab는 수경재배에 바로 이용이 가능하도록 슬라브 형태의 매트로 생산된 인도산 제품이고, coir dust는 인도네시아, 인도, 스리랑카산을 사용 하였다. Coir slab와 coir dust의 물리성을 분석한 결과는 Table 1-1과 같다. 시판되고 있는 수경재배용 coir slab의 경우 coir dust에 비해 fiber와 chip의 비율이 증가함에 따라 가밀도(DB) $0.088\sim 0.063(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$, 진밀도(DP) $2.06\sim 1.44(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$, 액상(WV) $66.6\sim 34.2(\%)$, 유효수분(EAW) $19.1\sim 1.7(\%)$ 및 완충수분(WBC) $11.4\sim 1.0(\%)$ 으로 감소되며 기상(AV)은 $29.1\sim 61.4(\%)$ 로 증가하는 것을 알 수 있었다. 즉 fiber와 chip의 비율이 증가할수록 기상이 차지하는 비율이 높아졌으며, 특히 coir dust와 fiber·chip 비율이 30:70인 slab는 유효수분함량과 완충수분용량이 각각 1.7, 1.0%로 작물재배 시 근권내 산소의 투과는 좋아지지만 상대적으로 낮은 수분량으로 작물에 따라 수분부족현상이 나타날 수 있어 배양액 공급 간격을 충분히 고려되어야 할 것으로 생각되었다. Coir dust의 물리성은 원산지에 따라 다소 차이를 보였는데 인도네시아산 coir dust가 유효수분(EAW) 18.6%, 완충수분용량(WBC) 5.0%로 인도 및 스리랑카산 coir dust는 인도네시아산에 비하여 상대적으로 높았다. Coir dust는 가밀도가 coir slab에 비하여 낮으며 총 공극률이 94%이상으로 높고 액상이 높아 통기성과 보수력이 우수함을 확인 할 수 있었다.

Coconut coir 배지는 생산국 및 생산 방법에 따라 가밀도 $0.04\sim 0.08(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$, 액상 73.0~80.0%(volume, V), 기상 24~89%(V), 공극률 85.5~94%(V), 고상 10.5~14.5%(V) 그리고 보수량은 용적의 8~9배로 높은 수준의 총 공극률을 보이며, 원예용 배지로서 가벼우며 기상이 높지만, 낮은 수준의 유효수분함량 $<1\sim 36(\%)$ 과 완충수분용량을 가진다고 하여 앞의 결과를 입증해주고 있다(Abad 등, 2005; 박과 김, 2003).

이러한 coconut coir 배지의 물리적 특성은 입자의 크기에 크게 관련되며(Evans 등, 1996; Handerk, 1993), 기상 및 액상간의 밸런스는 피트모스와 매우 유사하다(Abad 등, 2005). 또한 원산지에 따른 배지의 물리적 특성의 차이도 coir의 채취 및 가공방법 등에 따라 달라지는데, 실험에 사용한 인도네시아산 coir dust는 밝은 갈색을 띠었으며 인도 및 스리랑카산 coir dust는 검은 갈색을 띠어 인도네시아 coir보다 부숙이 진행되었음 육안으로도 알 수 있었다. 스리랑카산 coir dust에는 종자 껍질이나 작은 크기의 자갈과 같은 헝잡물 또한 상당량 함유되어 있어 수경재배용 coconut coir 배지의 물리성 개선 실험에 인도네시아산 coir dust를 사용하였다.

Table 1-1. Characterization of physical properties of the coconut coir substrates in the experiment analyzed by Rural Development Administration(RDA) method.

Substrate	Source	D_B^z ($g \cdot cm^{-3}$)	D_p ($Mg \cdot m^{-3}$)	P_s (%)	W_v (%)	A_v (%)	EAW (%)	WBC (%)
Coir slab ^x	100 : 0 ^y	0.088	2.06	95.7	66.6	29.1	19.1	11.4
	60 : 40	0.081	1.59	94.9	53.6	41.3	8.8	8.2
	30 : 70	0.063	1.44	95.6	34.2	61.4	1.7	1.0
Coir dust	Indonesia	0.070	1.59	95.6	55.5	40.1	18.6	5.0
	India	0.066	1.45	95.4	50.1	45.4	13.7	1.8
	Sri lanka 1	0.087	1.57	94.5	45.2	49.3	14.6	0.8
	Sri lanka 2	0.084	1.47	94.3	53.5	40.8	15.7	0.9

^z D_B : dry bulk density, D_p : particle density, P_s : total pore space, W_v : water volume, A_v : air volium, EAW : easily available water, WBC : water buffering capacity

^y Coir dust : coir fiber + chip (%)

^x Sivanthi joy (India)

(나) 배지조성별 물리성 변화

표 1-2는 RDA분석법으로 실시한 coir혼합 비율에 따른 물리성 분석 결과이다.

Coconut dust에 fiber 함량을 증가시키에 따라 진비중과 가비중은 낮아지고 있다. 유효수분 함량(EAW)와 water buffering capacity(WBC)도 섬유함량 증가에 따라 감소하는 경향을 보여 주고 있다. Optimum matric potential(OMP)는 고상을 제외한 수분함량과 공기함량의 비율이 1:1이 되는 수분장력을 말하는데 섬유함량 증가에 따라 OMP가 높아지는 경향을 나타내 배지가 쉽게 건조할 수 있어 관수 회수를 증가시켜야 한다는 것을 잘 보여 주고 있다. 김 등(2002)도 유기물 배지에서 식물재배에 적합한 수분장력이 -5kPa일 때 급액 하는 것이 작물에 적합하다고 보고하고 있다.

Coir dust에 chip 함량을 증가시켜도 섬유 함량증가와 마찬가지로 진비중, 가비중, 유효수분 함량, WBC 등이 감소하고 있으며 반면에 OMP는 증가하는 경향을 보였다. 근래 상업적으로 생산되고 있는 coir chip slab는 세 종류 모두 공극량 94.6~94.8%을 나타내고 있고, 진비중 1.18~1.42 $Mg \cdot m^{-3}$ 이고 가비중은 0.06~0.066 $g \cdot cm^{-3}$ 수준을 나타내고 있으며 유효수분함량은 약 8% 수준을 나타냈다. 반면에 OMP는 일반조성 배지보다 높게 나타나 관수횟수가 증가되어야 한다는 것을 보여주고 있다.

Table. 1-2. Characterization of physical properties of the coconut coir substrates in the study analyzed by Rural Development Administration(RDA) method.

Substrate	D_B^u ($g \cdot cm^{-3}$)	D_P ($Mg \cdot m^{-3}$)	P_s (%)	EAW (%)	WBC (%)	OMP (-kPa)	
Coir	100 : 0 ^z	0.107	1.68	93.61	19.61	14.81	2.98
	90 : 10	0.099	1.56	93.64	16.55	10.96	2.33
	80 : 20	0.094	1.43	93.41	14.81	10.40	1.98
	70 : 30	0.081	1.33	93.93	13.35	11.86	0.78
	50 : 50	0.050	0.94	94.68	11.80	8.96	0.05
Coir slab	100 : 0 ^y	0.093	2.15	95.69	12.29	9.40	7.00
	70 : 30	0.081	1.92	95.76	11.32	6.91	3.41
	40 : 60	0.073	1.71	95.76	9.90	6.14	1.66
Commercial product 1 ^x	0.064	1.18	94.6	5.09	2.75	0.10	
Commercial product 2 ^w	0.075	1.42	94.7	7.98	4.08	1.31	
Commercial product 3 ^v	0.066	1.28	94.8	7.84	3.70	0.62	

^z Coir dust + fiber (%), Indonesia, ^y Coir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^x Profit

^w (대형 clover) Bio grow

^v (대형 GS)

^u D_B : dry bulk density, D_P : particle density, P_s : total pore space, W_v : water volume, A_v : air volium, EAW : easily available water, WBC : water buffering capacity

(다) 코이어 배지의 수분측정

Coir 배지를 이용한 수경재배에서 급액제어에 필요한 배지 수분함량 제어 기술을 구명하기 위해 coir배지의 수분 측정 방법으로는 텐시오미터와 FDR방법을 본 실험에서는 선택하여 측정하였다. 또한 coir배지의 비율과 급액량에 따른 수분변화 특성, 물리성 변화등을 측정하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 배지조성별 수분특성 곡선

배지별 수분특성 곡선은 sandbox법을 이용하여 수분 포텐셜을 -0.5, -1.0, -5.0, -10kPa에서 수분함량 변화 양상을 측정하였다. 유효수분함량(easily available water; EAW)은 수분장력 -1.0~-5.0kPa 사이에 잡히는 수분함량으로 고상배지입자와 결합력이 약한 수분으로 작물이 이용하기 쉬운 상태의 수분함량을 뜻하며, OMP(optimum matric potential)은 수분감소곡선과 공기증가곡선이 교차하는 수분장력을 나타낸다(de Boot 등 1974, Michiel 등 1993). 유기배지의 물 관리는 수분장력 -5kPa 수준에서 급액하는것이 좋은 성적을 얻었다는 발표가 있다(김 등 2002). Coconut 배지의 염 제거를 위해 침적처리 과정을 거친 인도네시아산 coconut dust에 섬유(fiber) 함량을 0, 10, 20, 30, 50% 수준으로 증가시키에 따른 수분특성곡선은 그림 5-8와 같다. 이를 근거로 하여 급액관리를 한다면 수분장력 -5kPa 수준에서 배지별 수분 함량은 42%, 40%, 38%, 30%, 20% 수준을 각각 나타내 섬유함량 증가에 따라 배지 내 수분함량이 나타났다으며 유효수분함량(EAW)도 14.8%에서 9.0% 수준까지 감소하는 경향을 보였다.

코코넛 배지를 침적처리하지 않은 인도산 배지에 coconut chip 함량을 0, 30, 60, 80%로 증가시켰을 때 섬유함량을 증가시킬 때와 같이 유효수분함량이 급속히 감소하였다. 수분장력

-5kPa 수준에서 배지 내 chip 함량에 따른 유효수분함량이 55%, 45%, 39%, 32% 수준을 각각 나타냈다.

이상에서와 같이 배지조성 조건에 따라 유효수분함량과 수분장력 -5kPa에서 수분함량의 큰 차이를 보여 주고 있으며, OMP에서 chip이나 fiber 함량증가에 따라 급속히 증가하는 경향을 보여주고 있어 급배액에서 배지조성이 대단히 중요하다는 결론을 보여주고 있다. 즉 코코넛 배지에서 fiber 함량이나 chip 함량이 배지 투수성과 수분함량에 큰 변화를 주어 수경재배 배지로서 적정 수준의 수분을 유지하기 위해서는 조성 배지의 수분특성 곡선에 따라 수분장력 -5kPa 수준의 수분함량 수준으로 수분을 유지할 수 있는 관수량과 관수횟수가 침수가 이루어져야 한다는 것을 보여 주고 있다.

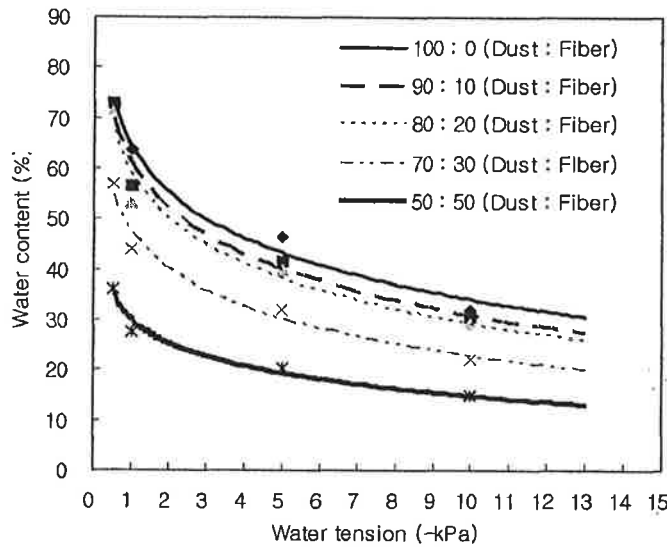


Fig. 1-1. Water retention curves of coconut coir substrates in different dust and fiber ratios.

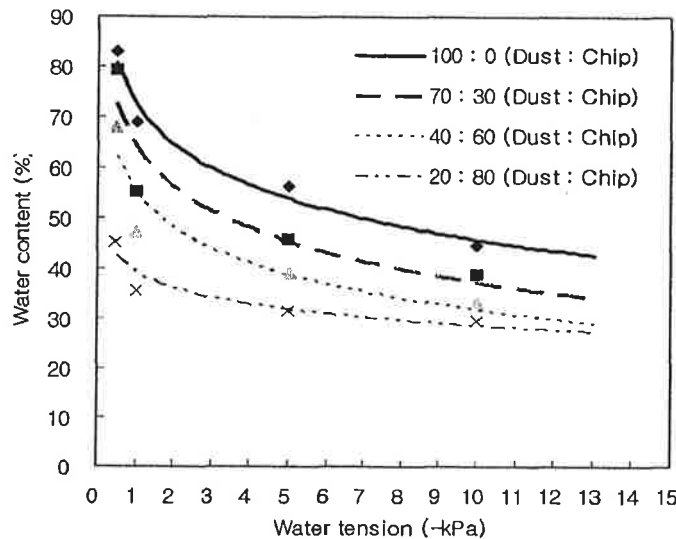


Fig. 1-2. Water retention curves of coconut coir substrates in different dust and chip ratios.

2) Coconut coir배지 수분 측정법

토양수분을 측정하는 방법에는 토양의 함수율과 토양수분장력으로 크게 2가지 방식이 채택되어 사용되고 있다. 일반적으로 토양, 수경재배용 배지, 분화 및 육묘용 상토 등에서 배지의 실시간 수분함량 측정에는 배지에 직접 수분센서를 꽂아 배지 내 수분함량을 측정하는 방식과 sap flow meter 나 증량센서를 이용하는 간접방식이 있다.

직접방식에는 수분장력 방식으로 측정하는 텐시오미터법(tensiometer)와 석고블럭(gypsum block)을 이용한 전기저항법이 존재하는 데 이용의 편리성 면에서는 텐시오미터가 많이 사용되고 있는 실정이나 사용범위가 pF 0~2.8 범위로 제한을 받고 염류농도가 높을 때 불안정한 측정이 있다.

함수율로 수분을 측정하는 방식에는 건토중량법, 코어측정법, 중성자 산란법, 열전도율법, 유전율법 등이 이용되고 있으나 온실내 토양이나 인공배지의 수분계측 및 제어에 이용할 수 있는 계측법으로는 유전율법이 최근에 가장 상용화된 토양수분함량 측정법으로 유전율과 함수율이 정비례 관계에 있어 전기저항 방식보다 정확한 계측 결과를 얻을 수 있는 방식이다. 유전율법을 이용한 수분계측에는 TDR(time domain reflectometry)법이 가장 일반화 되어 있다. TDR은 전기적인 펄스의 전송시간을 측정하여 용적수분함량을 측정하는 방법으로 즉, 수분함량을 측정하는 방법으로 즉, 수분함량에 따른 전자기파의 걸보기 유전율의 변화를 이용한 방법으로 일정장소에서 실시간으로 측정제어에 이용할 수 있다. FDR 센서는 전기용량을 이용한 방법으로 공명 진동수나 그것의 변화를 측정하며, 반복적인 파장을 생성해 내는 발진기로 불리는 전자회로에 의해 생성된다. 가격면에서 FDR이 TDR에 비해 저렴한 것이 실용적으로 사용할 수 있을 것으로 본다.

이들 수분측정법 중 상대적으로 저렴한 텐시오미터법과 FDR법을 이용한 수경재배용 인공배지 내 수분함량 측정과 제어에 이용하기 위해서 선발되었다. 그러나 이들 센서들은 아직까지 토양중심의 수분함량 측정 센서들이기 때문에 인공배지 중에서 유기배지인 coconut coir에서 활용가능성을 보기위해서 계측하였다. 물론 김영식(2004)은 펄라이트 배지에서 이들 계측기 이용의 어려움 때문에 증량센서 이용이 실용적이라는 보고가 있으나 coconut coir는 유기배지로서 토양과 같이 밀착성이 있기 때문에 가능성이 있을 것으로 보고 실험을 수행하였다.

Coconut coir 배지 내 수분측정은 ① 배지에 따라 수분수직분포가 다르므로 센서위치를 항상 장미주간 중앙을 대상으로 설치하도록 하였고, ② 측정값이 국부적인 상태를 나타낼 수 있어 반복 측정하여 배지의 대표값이 될 수 있도록 계측 센서를 설치하였다.

텐시오미터와 FDR 방식에 의한 coconut coir 배지에서 수분함량 측정 가능성을 보여 주는 것이 그림 1-3, 1-4, 1-5 와 1-6 이다. 길이가 1m인 slab나 베드 내의 배지량이 최소한 35ℓ 이상으로 배지의 양이 충분히 충전된 경우에는 배지와 센서가 잘 밀착되어 신뢰할 수 있다. 하지만 적은 배지량이나 높은 수준의 fiber나 chip 조성 배지에서는 텐시오미터 측정을 위한 설치가 매우 어려웠다. 그림 1-6의 결과에서 chip함량이 60%인 코이어 혼합 배지에서의 수분함량은 배지조성 및 배지량이 충분하지 못할 때는 약 30%로 다른 배지 혼합 비율에 비해서 낮았고, FDR을 사용할 수분계측시 어렵다는 결과를 보여 주고 있어 이런 경우 증량센서를 이용한 수분관리 체계가 적절할 것으로 판단되었다.

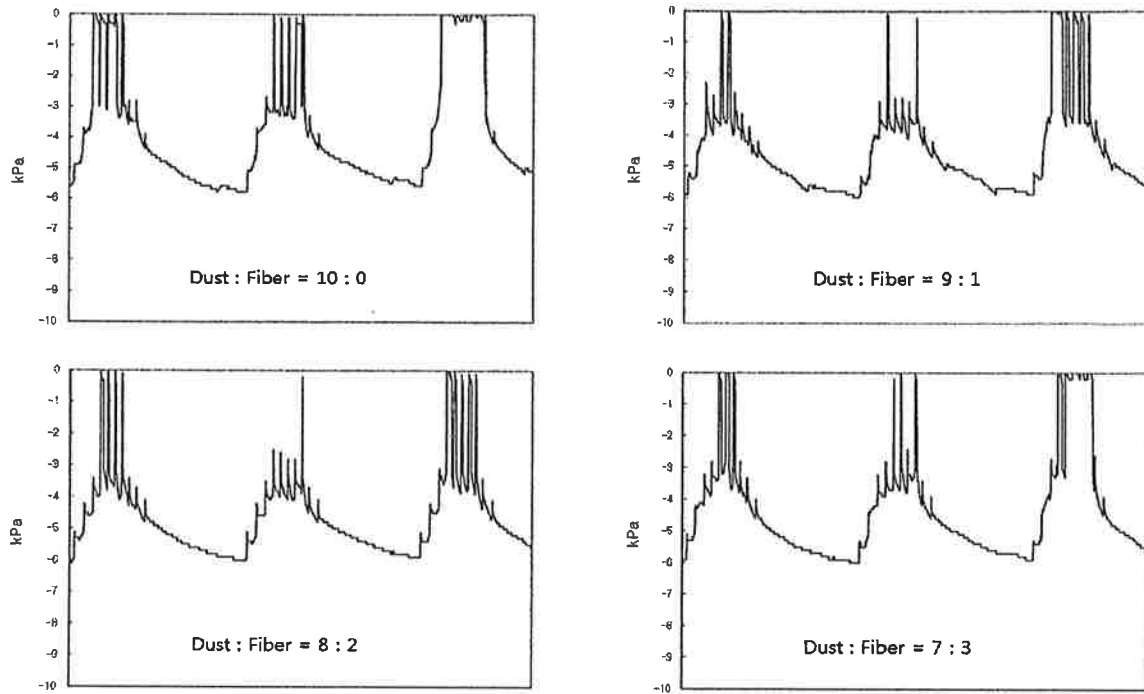


Fig. 1-3. Coconut coir 배지종류와 급액량(60ml/10회)에 따른 Tensiometer를 이용한 수분장력 측정결과 (source:인도네시아산)

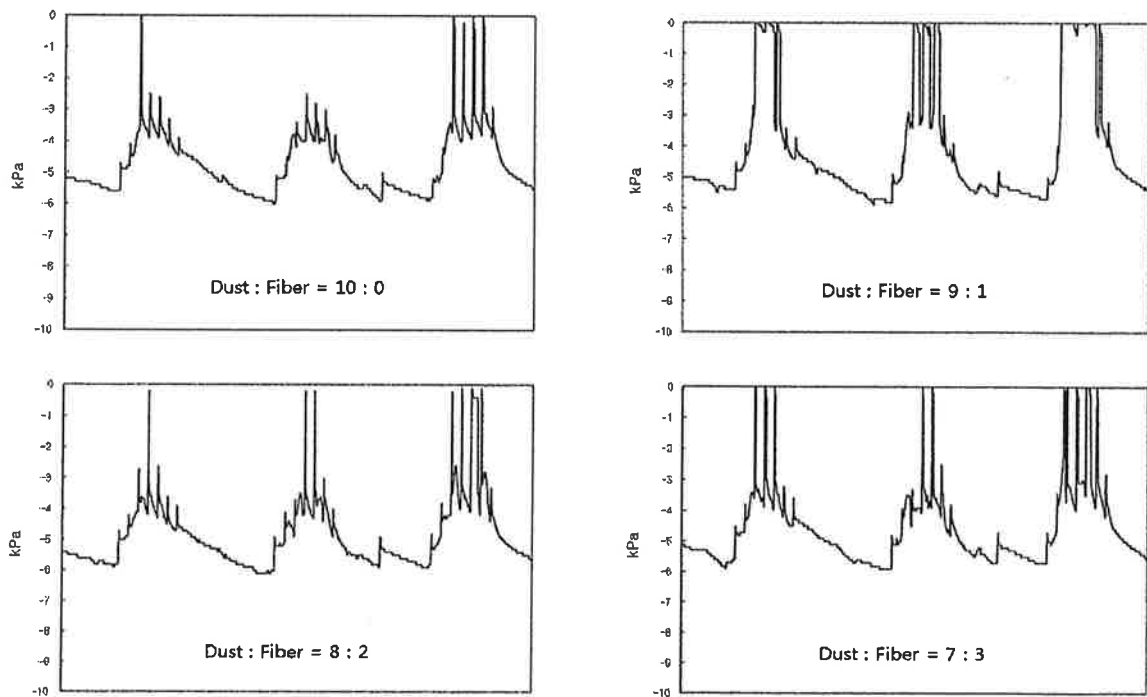


Fig. 1-4. Coconut coir 배지종류와 급액량(90ml/7회)에 따른 Tensiometer를 이용한 수분함량 측정결과 (source:인도네시아산)

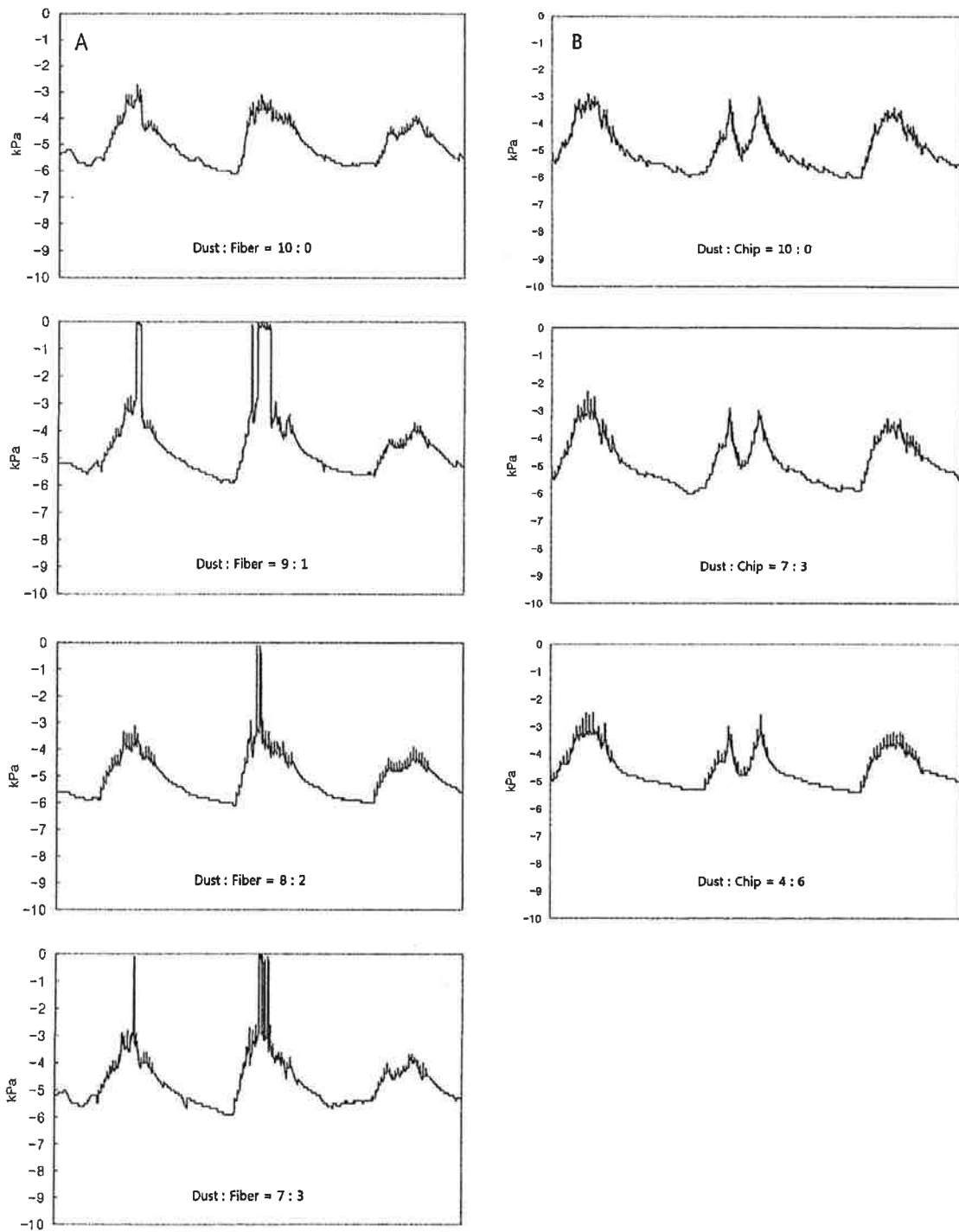


Fig. 1-5. Water tension changes of different coconut dust and fiber or chip ratio by using Tensiometer. (irrigation rate : 30ml/20time/day)

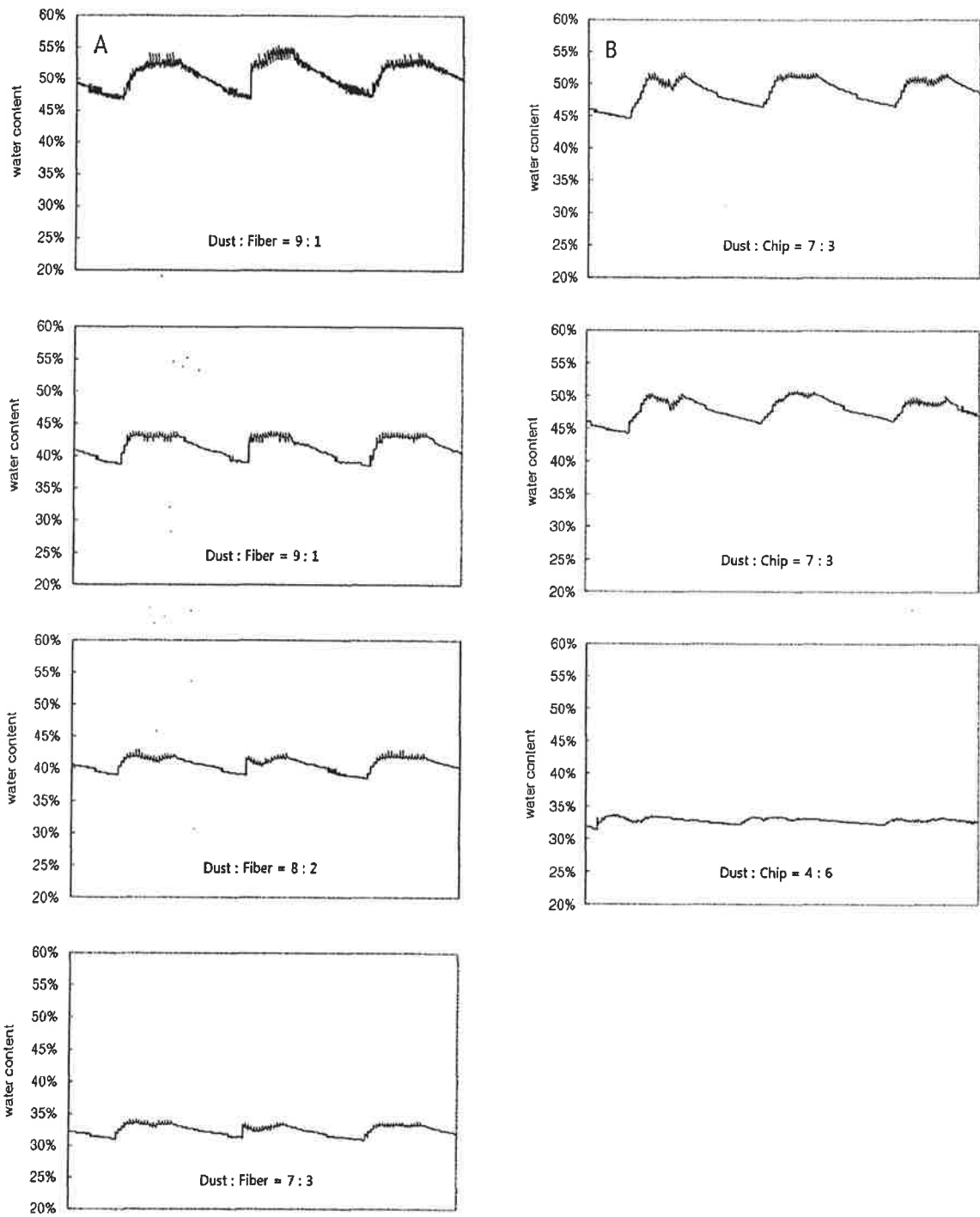


Fig. 1-6. Water content changes of different coconut dust and fiber or chip ratio by FDR(Frequency domain reflectometry). (irrigation rate : 30ml/20time/day)

(2) Coconut coir의 화학적 특성

(가) Coconut coir 원산지별 화학적 특성

Coir dust배지의 화학성은 농촌진흥청 표준분석법(RDA분석법)과 유럽표준분석법(EN분석법)을 사용하여 측정하였다. RDA분석법은 양이온 침출에 1N ammonium sulfate를 사용하고 EN 분석법은 증류수를 사용한다. 즉 RDA분석법에 따른 침출은 배지내 양이온의 총량에 가까운 함량을 분석한다고 볼 수 있고, 반면 EN분석법은 증류수를 이용한 침출 방법으로 실제 작물이 쉽게 이용할 수 있는 수용성 무기이온의 측정이 가능하다고 볼 수 있다.

RDA분석법을 이용한 coir slab와 coir dust의 화학성을 조사한 결과(Table 1-3), coir slab에서 EC는 coir fiber와 coir chip의 비율이 증가함에 따라 낮아지는 경향을 볼 수 있었다. 이는 이온을 많이 용출 할 수 있는 dust 비율의 감소에 따른 것으로 판단된다. pH는 작물재배에 적합한 5.59~5.84의 수준을 보였다. P, K, Ca, Mg, Na의 농도는 fiber 및 chip의 비율이 증가할수록 낮아 졌으며 P, Ca 및 Mg의 농도는 K의 농도에 비하여 낮은 수준을 보였다. Coir dust에서는 생산국에 따라 다양한 전기전도도(EC) 0.3~0.8 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 보였으며 인도네시아산 coir dust에서 가장 낮은 0.31 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 보였다. 반면 스리랑카산 coir dust에서 상대적으로 높은 EC 0.64~0.84 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 수준을 보였다. 특히 베트남산 coir dust는 다른 어느 지역에서 생산된 것보다도 높은 EC를 나타냈다. 수집한 coir dust의 pH는 수경재배에 적합한 수준인 pH 5.5~6.2범위에 있었다. $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P_2O_5 는 낮은 수준으로 원산지에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. Ca은 200~320 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Mg는 70~130 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 K 450~3,400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비하여 상대적으로 낮은 함량을 보였고 특히 K의 농도는 베트남산이 3,391 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 가장 높았고 스리랑카산 coir dust에서 891.9 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 인도네시아산 467.6 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비해 두 배 정도 높은 함량을 보였다. Na는 베트남산이 1,077 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 가장 높았고 인도산이 109.9 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 스리랑카산 coir dust가 196.2~208.4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 인데 반하여 인도네시아산 coir dust는 21.6 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 상당히 낮아 우수한 coir dust로 평가되었다.

배지에서 침출한 무기염중에서 다량 함유하며 문제가 될 수 있는 것들은 Na은 <100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이하가 되어야 하고 Cl은 <200 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이하가 바람직하다. 이범위를 벗어난 것들은 베트남산 dust와 스리랑카산 slab와 dust에서 나타나고 있어 주의가 필요하다. 특히 Ca/Mg 비율의 적정수준이 2~10으로 볼 때 이수준 이하가 베트남산과 스리랑카산인 것으로 나타났다. 이러한 배지에는 적절한 수준의 Ca을 추가 공급하여야 할 것으로 보인다. K/Mg 비율은 1~7 수준이 적정인데 이 범위를 대폭 상승하는 것은 베트남산과 역시 스리랑카산으로 이들 배지는 적절한 Mg을 공급하여 적정수준으로 관리한 후에 판매가 되어야 하는 배지로 평가된다.

유럽표준(EN)분석법을 이용한 coir slab와 coir dust의 화학성을 분석한 결과(Table 1-4), coir slab와 dust에 함유한 Ca은 12.4~19.7 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 수준이고, Mg은 6.4~17.4 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로서, K 70.7~326.7 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비해 상당히 낮은 수준을 나타내, RDA 분석법에 의한 농도와 상당히 차이가 남을 알 수 있었다. 이것은 coir dust에서 상당량의 Ca 및 Mg를 흡착하며 이는 식물이 이용하기에 어려울 것으로 판단되었다. Fiber 및 chip이 거의 제거된 100% coir dust slab에서 염소(Cl) 함량이 356.6($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)으로 수경재배시 과잉농도인 350($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)를 상회 하며 이는 뿌리를 상하게 하여 물질 흡수를 저해할 수 있으므로(박과 김, 2003) 포수 및 배수에 의한 Cl의 제거 과정이 반드시 필요할 것으로 여겨진다. 나트륨(Na)의 경우 인도산 slab내 함량은

19.7~40.9mg · L⁻¹ 로 coir dust에 비해 상대적으로 낮은 경향이였다. 인도네시아 coir dust가 15.7mg · L⁻¹로 인도 87.1mg · L⁻¹, 스리랑카산 136~139mg · L⁻¹ 에 비하여 상당히 낮은 수준을 보였다. 인도, 스리랑카산 coir dust에서 염소(Cl)가 232.0~529.5(mg · L⁻¹)로 상당히 높은 수준을 보여 아무런 처리 없이 바로 작물재배용 배지로의 이용에 문제가 될 것으로 판단된다.

인도네시아산 coir dust가 EC, 칼륨 및 나트륨의 함량이 인도, 스리랑카산 coir dust에 비해 낮게 측정되었는데, 이는 생산 및 가공시 채취방식과 세척 등의 차이에 의한 것으로 판단된다.

Table 1-3. Characterization of chemical properties of the coconut coir substrates used in the experiment analyzed by RDA method.

Substrate	Source	EC (dS · m ⁻¹)	pH	K	Ca	Mg	Na	K/Mg	Ca/Mg	
				mg · L ⁻¹						
Coir slab	100:0 ^z	India	0.57	5.84	589.1	232.7	89.4	71.9	6.6	2.6
	60:40	India	0.36	5.63	252.4	199.8	72.1	32.2	3.5	2.8
	30:70	India	0.39	5.59	220.8	200.9	75.9	30.4	2.9	2.6
	100:0 ^y	Sri lanka	1.01	6.01	1644.1	94.3	107.7	527.3	15.3	0.9
	50:50	Sri lanka	0.69	5.69	1281.7	161.7	139.9	442.2	9.1	1.2
	30:70 ^x	Sri lanka	1.40	5.86	1144.8	671.2	119.4	332.3	9.6	5.6
Coir dust	100:0	Indo-nesia	0.31	5.70	467.6	314.6	71.7	21.6	6.5	4.4
		India	0.49	6.17	790.9	278.0	112.7	109.9	7.0	2.5
		Sri lanka 1	0.80	5.49	557.1	205.8	128.1	208.4	4.3	1.6
		Sri lanka 2	0.64	5.70	891.9	260.2	106.3	196.2	8.4	2.4
		Vietnam 1	2.36	5.64	3391.3	126.9	260.5	1077.9	13.0	0.5
		Vietnam 2	1.73	5.68	2091.9	75.7	171.5	687.0	12.2	0.4

^z Coir dust : coir fiber+chip (%), ^y Coir dust : coir fiber+chip (%), ^x Profit; Coir dust : coir fiber+chip (%)

Table 1-4. Characterization of chemical properties of the coconut coir substrates used in the experiment analyzed by EN method.

Substrate	Source	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	
		mg · L ⁻¹								
Coir slab ^y	100 : 0 ^z	0.49	0.45	33.6	242.6	19.2	12.6	40.9	356.6	
	60 : 40	India	0.49	0.75	31.2	70.7	13.9	6.4	19.7	27.5
	30 : 70		0.72	0.30	18.8	80.3	12.7	9.9	20.9	49.3
Coir dust	100 % (coco peat)	Indo-nesia	0.49	0.45	28.3	151.0	12.4	9.9	65.7	59.1
		India	0.48	0.60	24.9	191.4	14.9	7.9	87.1	232.0
		Sri lanka 1	0.24	<0.1	25.2	208.6	19.7	17.4	138.9	556.3
		Sri lanka 2	0.49	0.15	43.1	326.7	18.7	15.7	136.1	529.5

^z Coir dust : coir fiber + chip (%)

(나) 원산지별 Coir 배지의 페놀 함량

1) 배지의 총 페놀함량

표 1-5는 전기전도도(EC)가 다른 coconut coir 배지의 원산지별 총 페놀 함량으로 EC가 가장 낮은 인도네시아산 배지에서 3,948 $\mu\text{g/g}$ 이였으며, 인도산과 베트남산 배지에서는 10,000 $\mu\text{g/g}$ 이상으로 높았다. 무기 배지인 버미큘라이트, 펄라이트와 암면의 총 페놀 함량은 매우 낮은 200ppm이하를 나타냈고, 유기 배지인 피트모스에서 1,016.4 $\mu\text{g/g}$ 을 보였다. 무기 배지에 따라서도 총 페놀함량은 달랐는데, 질석과 펄라이트에 비해 암면에서 높았다. 원산지에 따른 coconut coir의 총 페놀 함량은 인도산 배지와 베트남산 배지가 피트모스보다 약 10배 정도의 높은 함량을 보였으며 두 배지간에는 차이가 없었다. 오히려 상태가 가장 불량했던 베트남산 배지에서 상대적으로 인도산 배지와 같은 함량을 나타내었다. 같은 coconut coir 배지라 할지라도 이와 같이 총 페놀 함량이 차이를 보인 것은 배지의 공정과정에 따른 차이로써 1~2회 침적 용탈 처리를 한 인도네시아산은 낮은 3,948 $\mu\text{g/g}$ 을 나타냈으나 이러한 처리가 없었던 인도산과 베트남산 배지는 상대적으로 높은 10,000 $\mu\text{g/g}$ 이상을 나타내었다. 이것으로 보아 배지의 침적, 용탈, 탈수처리의 공정 과정이 선행되어야 할 것으로 판단되었다. 또한, 상토 및 분화용 유기 배지로 널리 쓰이는 피트모스에서 총 페놀 함량이 1,016 $\mu\text{g/g}$ 정도를 나타내는 것으로 보아 배지 내 총 페놀 함량이 약 1,000 $\mu\text{g/g}$ 정도는 식물의 생육에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

Table 1-5. Total phenol contents in various substrates.

Substrate	Source	Total-Phenols($\mu\text{g/g}$)
Organic substrate	Coconut Coir	Indonesia 3,948.4
		India 10,133.3
		Vietnam 10,047.2
Inorganic substrate	Peatmoss	Canada 1,016.4
	Vermiculite	Korea 49.4
	Perlite	Korea 23.0
	Rockwool	Korea 173.5
LSD ²		***

²Probability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at $p \leq 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

2) 침출횟수에 따른 페놀함량

그림 1-7은 침출 횟수에 따른 배지내의 총 페놀 함량을 나타낸 그래프로 배지의 EC가 낮고 페놀 함량이 상대적으로 비교적 낮았던 인도네시아산 배지는 약 1~2회 침출하면 1,000 $\mu\text{g/g}$ 이하로 총 페놀 함량이 낮아져 피트모스가 함유한 1,000 $\mu\text{g/g}$ 수준으로 보였다. 반면에 총 페놀 함량이 높았던 인도산 배지와 베트남산 배지는 4회 이상 침적 탈수 과정을 거쳐야만 약 1,000 $\mu\text{g/g}$ 수준으로 낮아질 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Ma와 Nichols(2004)는 생체의 coir dust와 분쇄된 코코넛 껍질에서 상추의 생물검정을 연구하였는데, 생체의 coir dust와 분쇄된 코코넛 껍질은 상추의 뿌리 성장을 억제하는 독성정도의 농도를 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 수준으로 판단하였다. 또한 이(2006)의 연구 결과를 보면 coir dust 배지의 침적시간과 횟수에 따른 K, Na 및 Cl 제거 효과는 침적 1회시 6시간 이상에서 효과가 좋았고, 2

회 침적부터는 침전시간에 따른 K, Na, Cl의 제거 효과는 차이가 없었다. Cl의 제거 측면에서 고려해 보았을 때 6시간 이상, 2~3회 침출하는 것이 coir dust 배지 내 K, Na 및 Cl의 제거에 가장 효과적일 것으로 보고하였다. 식물 생육에 영향을 미치지 않는 피트모스의 총 페놀 함량이 1,000 $\mu\text{g/g}$ 으로 분석됨에 따라 본 실험에서는 원산지에 따른 coconut coir배지를 수경재배용 배지로 사용할 시에는 최소한 적어도 4회 이상 세척 및 침출이 꼭 필요할 것으로 생각된다.

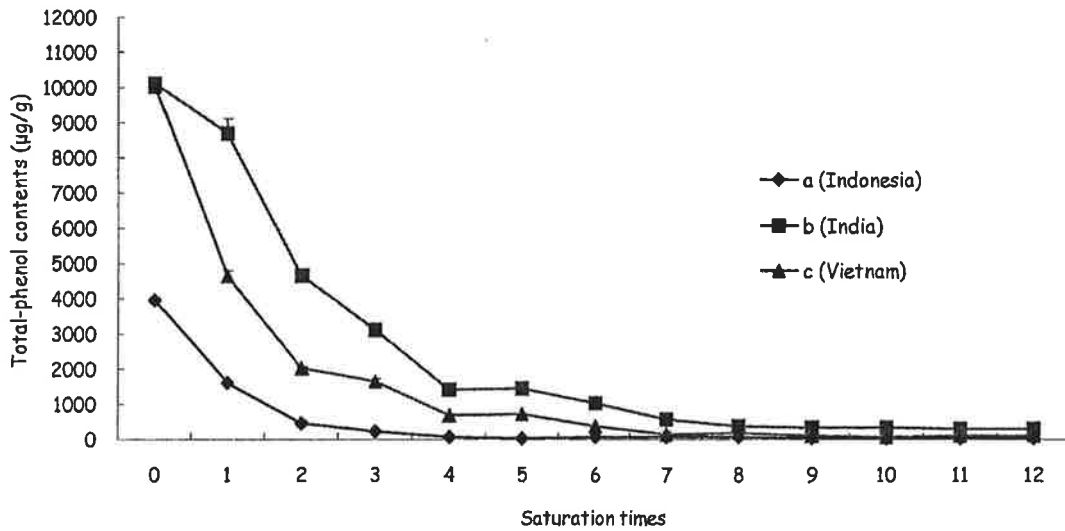


Fig. 1-7. Changes in total phenol contents of saturation times in different origin substrates.

(3) Coconut coir의 미생물상

(가) 총 미생물 분리

상토 및 수경재배용 배지로 사용할 수 있는 Coir dust를 4개국에서 수집한 것과 국내에서 판매되고 있는 coco chip 2종류를 수집하여 배지내 미생물상을 조사하였다. 25 $^{\circ}\text{C}$ 와 37 $^{\circ}\text{C}$ 항온기 내에서 3일동안 배양하면서 형성된 세균의 균총의 수를 조사한 결과(Table 1-6), 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 Vietnam 시료에서 상대적으로 37 $^{\circ}\text{C}$ 에서보다 많은 균총이 분리되었고, 전반적으로는 비슷한 균총 형성을 나타내었다. 베트남과 스리랑카에서 생산된 배지에서 세균 균총이 많이 나타나는 것은 스리랑카 배지가 6개월 이상 물에 침적 한 후 가공되기 때문으로 보이고 베트남 배지에서는 섬유를 채취하고 난 후 coir dust는 방치되어 있던 것을 건조시켜 채취했기 때문으로 보인다. 특히, Biogro 배지에서 분리된 일부 세균은 동일 배지에서 형성된 곰팡이에 길항력을 나타내는 *Bacillus* spp. 로 확인되었다. 대부분 부생 생활하는 세균들로 coir 배지를 발효시켜 썩게 하는데 필요한 균들로서 생태계 물질 순환을 위해서도 필요한 것들이다. 실험에서 병원성 세균은 나타나지 않았다. 길항세균으로 나타난 *Bacillus* 들은 *rhizoctonia*, 균핵병, *fusarium*, *phythium*, *phytophthora* 와 같은 토양 전염성균과 선충에 대해서 길항하는 것으로 밝혀져 있으므로 유용한 균이 존재하고 있다고 볼 수 있겠다. 그러나 대한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 보인다.

Table 1-6. 세균의 분리

Sample	온도에 따른 분리 세균수(x10 ⁴ cfu/g)*	
	25℃	37℃
Vietnam	31.7	18.3
Indonesia	0.7	2.5
Sri Lanka	26.0	37.0
India	17.0	14.7
Profit	15.3	29.7
Biogro	11.3	11.0

* 각각의 온도에서 3일간 배양한 결과임

25℃ 항온기에서 7일간 배양하면서 형성된 곰팡이 균의 총수를 조사한 결과(Table 1-7), Sri Lanka에서 수집한 배지에서 상대적으로 가장 많은 곰팡이가 분리되었고, 그 다음으로는 베트남, Biogro, Profit 순으로 곰팡이가 분리되었다. 그러나 인도네시아와 인도에서 수집한 배지에서는 곰팡이가 분리되지 않았다. 이것은 인도네시아에서 배지가공 과정이 현대와 되었고 주변으로부터 오염되지 않았기 때문인 것으로 보이며, 특히 물에 침적 후 세척 하는 과정도 신선한 지하수만을 사용하기 때문으로 보인다. Vietnam 배지에서 분리된 곰팡이 중 일부는 길항균으로 알려진 *Trichoderma spp.*이 분리되었고 토양 병원균 *rhizoctonia*와 *phythium* 균등에 효과적으로 길항하는 것으로 밝혀져 있다. 여기에 나타난 곰팡이류는 대부분 유기물 분해과정에 관여하는 것들로 병원성은 아직 확인 되지 않았다.

Table 1-7. 곰팡이의 분리

	fungi (x10 ⁴ cfu/g)*
Vietnam	8.7
Indonesia	0.0
Sri Lanka	43.7
India	0.0
Profit	0.3
Biogro	0.7

* 25℃ 항온기에서 7일간 배양한 결과임

(나) 배지내 CO₂방출량 측정

Coir dust에서 미생물에 의한 유기물 배지의 분해 정도를 보기위해서 CO₂ evolution을 측정하였다. 시료로 사용한 배지는 인도네시아산(1년이내), 스리랑카산 배지로 1년과 3년 된 배지를 각각 사용하였으며, 배지의 수분 함량은 80±2% 수준이었다.

배지 종류별 CO₂ 방출량을 측정한 결과(Fig 1-8), 스리랑카 3년산 배지에서 높은 호흡량을 나타냈고, 다음으로 물에 6개월 정도 침적 후 건조한 coir dust 배지에서 어느 정도 방출이 되

고 있었다. 반면에 물에 침적하지 않고 건조한 husk를 바로 가공 세척하여 만든 인도네시아산 배지는 CO₂ 방출량이 아주 적게 나타나는 경향을 보여주었다. 이것은 스리랑카산 배지가 물에 장시간 침적되어 있는 동안 미생물의 침입이 이루어지고 이에 다른 배지 분해 속도가 빠르게 나타나는 것으로 판단된다. 따라서 장기간 사용하여야 하는 배지는 인도네시아산 배지처럼 건식 가공 처리가 필요하고 3년 이내 사용할 배지는 건식, 습식 가공 어느것도 문제가 없을 것으로 보인다.

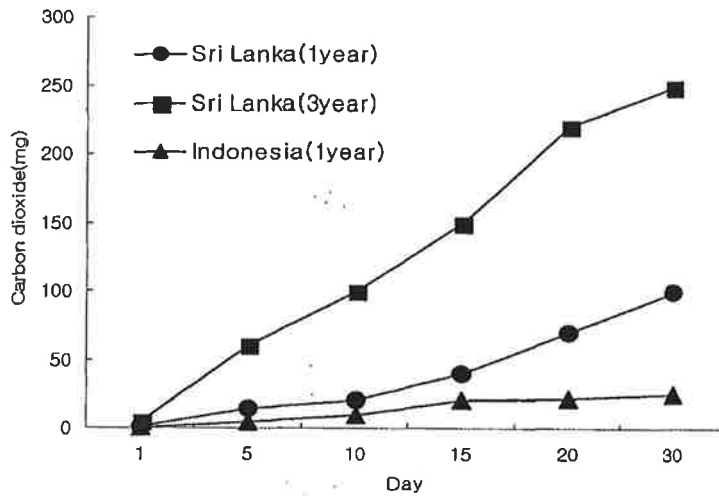


Fig. 1-8. Carbon dioxide evolution in coir dust.

나. Coconut coir 물리 화학성 개선

(1) 원산지별 Coconut coir 와 fiber의 혼합비율에 따른 물리성 개선

Coir dust를 사용한 수경재배에 적합한 배지의 투수성 및 배수성 향상을 위하여 원산지에 따른 fiber의 비율조절과 chip비율에 따른 물리성을 각각 측정하였다. 표 1-8은 베트남산 coconut coir 배지에 fiber함량을 조절 하였을때의 물리성 결과이다. Coir fiber의 증가에 따라 가밀도, 진밀도, 액상, 유효수분함량, 완충수분함량은 감소하였고, 기상은 증가 하였다. 특히, coir dust에 coir fiber비율을 증가시킴에 따라 가밀도 및 진밀도의 감소가 뚜렷하게 나타났다. 반면, coir dust에 coir fiber 첨가에 따른 공극률의 변화는 차이를 보이지 않았으나 전체적으로 95% 이상의 공극률을 보이고 있다. 일반적으로 토양의 공극률은 50% 정도 인데 비하여 수경재배 배지의 총공극률은 75~90%정도라는 보고(박과 김, 2003)와 비교하여 적절한 수준이상을 나타내 투수성이 우수한 배지로 판단되었다.

Coir fiber 20, 30%가 각각 액상 44.5, 39.3% 기상 51.4, 56.5% 유효수분함량 14.7, 12.6%을 나타내 배양액의 보수성과 투수성이 중요한 수경재배용 배지에 적합한 수준으로 보였고, coir fiber의 비율이 50%일 때 유효수분이 6.2% 로서 수경재배용 coir배지로서는 낮은 것으로 판단되나 급액 횟수를 조절하여 근권 수분상태를 조절한다면 충분히 이용할 수 있을 것으로 판단되었다.

수경재배용 배지의 물리적 특성으로서는 공극률, 3상 비율, 유효수분 등이 중요하며 coconut coir 배지의 3상 비율에 영향을 주는 요인은 입자의 크기라는 보고(Noguera 등, 2003)가 있다. Coconut coir 배지는 대부분 dust와 fiber로 구성되어있어 있으므로 배지의 입자 크기를 증가시킬 수 있는 것은 fiber의 함량이다. 따라서 coir dust에 coir fiber의 함량 증가에 따른 가밀도, 진밀도, 액상, 기상 및 유효수분의 변화를 분석해본 결과 coir fiber함량을 20~30%로 조절하는 것이 수경재배용 배지로서 적당하고, 높은 공극률과 투수성이 많이 요구되는 작물에는 coir fiber함량을 50%까지 조절하여 수경재배용으로 이용 가능할 것으로 판단된다.

Table 1-8. Physical properties of the coconut coir² substrates from different fiber volume analyzed by RDA method.

Fiber volume (%)	D _B ^y (g · cm ⁻³)	D _p (Mg · m ⁻³)	P _s (%)	W _v (%)	A _v (%)	EAW (%)	WBC (%)
0	0.070	1.59	95.6	55.5	40.1	18.6	5.0
5	0.068	1.57	95.6	54.3	41.4	18.6	3.8
10	0.067	1.57	95.7	52.1	43.6	18.4	3.3
20	0.063	1.56	95.9	44.5	51.4	14.7	1.7
30	0.055	1.23	95.8	39.3	56.5	12.6	1.3
50	0.048	1.11	95.9	26.9	69.1	6.2	1.6
Significant ^x	***	*	NS	***	***	***	**
LSD _{0.05} ^w	0.004	0.31	0.28	3.36	3.59	3.73	1.67

² Source by Vietnam

^y D_B: dry bulk density, D_p: particle density, P_s: total pore space, W_v: water volume, A_v: air volium, EAW : easily available water, WBC : water buffering capacity

^x Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p<0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^w Mean separation within columns by LSD test at 5%.

(2) Coconut coir 와 fiber의 혼합비율에 따른 화학성 개선

(가) 배지내 무기이온 balance 유지

Coconut coir의 원산지에 따라 배지의 화학성을 분석한 결과 스리랑카산 coir dust가 인도네시아, 인도산 coir dust와 비교하여 EC, K, Na 및 Cl 의 농도가 높고, Ca, Mg의 농도가 낮은 점을 고려하여 농용석회, 석고, 질산칼슘, 팽화 버미큘라이트, 제올라이트 등을 첨가하여 배지내 무기이온 함량 변화를 측정하였다. 또한 무기이온 함량을 측정하는 방법으로 배지내 양이온의 함량이 가까운 함량을 분석할 수 있는 RDA분석법과 실제 작물이 쉽게 이용할 수 있는 정도를 파악할 수 있는 EN분석법을 적용하여 각각 분석하였다.

1) 농용석회 첨가

RDA분석법에 의한 측정 결과(Table 1-9), 높은 K, Ca 및 Mg 함량과 석회 처리에 따른 증가를 보였으며, 석회 $1g \cdot L^{-1}$ 첨가시 pH 5.9, K $562.2mg \cdot L^{-1}$, Ca $365.5mg \cdot L^{-1}$, Mg $205.5mg \cdot L^{-1}$ 로 K, Ca, Mg농도간의 밸런스가 작물 생육에 적당할 것으로 판단되었으며, 석회 $5g \cdot L^{-1}$ 첨가시에는 K $575.1 mg \cdot L^{-1}$, Ca $684.2mg \cdot L^{-1}$, Mg $340.5mg \cdot L^{-1}$ 로 이온간 밸런스는 적당하지만 pH가 9.0으로 급격히 상승하여 작물생육에는 부적합할 것으로 판단되었다.

Table 1-9. The effect of lime rate on chemical properties of coconut coir² substrates analyzed by RDA method.

Lime (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
			mg · L ⁻¹				
0	0.78	5.4	12.8	573.9	190.1	135.1	198.1
1	0.79	5.9	14.2	562.2	365.4	205.5	192.7
5	0.85	9.0	8.0	575.1	684.2	340.5	191.5
10	0.89	9.9	4.8	572.0	944.9	474.8	188.1
20	0.99	10.6	1.4	579.9	1103.8	630.1	187.3
50	1.43	11.4	1.0	596.5	1402.6	884.1	187.6
Significant ^y	***	***	***	*	***	***	*
LSD _{0.05} ^w	0.15	0.52	3.52	19.1	52.9	40.6	6.3

² Source : Srilanka

^y Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^w Mean separation within columns by LSD test at 5%.

EN 분석법에 의한 측정결과(Table 1-10), Ca 및 Mg의 함량은 K에 비하여 낮은 수준의 함량을 보였고 석회 함량에 따른 유의적 차이는 없었으나 증가되는 경향을 보였다. Ca 및 Mg의 함량이 RDA분석법에 의한 분석 보다 낮은 것은 배지내 Ca 및 Mg의 흡착으로 인한 것으로 침출되는 양이 극히 적은 것으로 나타났다. 반면에 공급된 Ca는 배지에 흡착되어 배지내 이온 균형에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

Table 1-10. The effect of lime rate on chemical properties of coconut coir² substrates analyzed by EN method.

Lime (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	Na
			mg · L ⁻¹				
0	0.78	5.36	26.2	201.8	16.2	27.1	134.3
1	0.79	5.88	27.7	205.5	17.2	28.5	133.6
5	0.85	9.00	25.5	230.3	17.7	34.1	142.9
10	0.89	9.87	23.2	252.5	20.2	40.3	151.5
20	0.99	10.55	18.5	281.3	31.3	47.5	157.6
50	1.43	11.42	13.9	368.7	78.8	40.3	179.3
Significant ^y	***	***	***	***	NS	NS	***
LSD _{0.05} ^w	0.15	0.52	3.73	39.51	50.24	15.39	10.35

² Source : Srilanka

^y Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^w Mean separation within columns by LSD test at 5%.

석회시용의 효과는 생리적 효과와 화학적 효과로 대별할 수 있는데 생리적 효과는 Ca²⁺ 자체에 의한 것 뿐만 아니라 유기물의 분해, 부식의 생성과 관련되어 토양입단화를 촉진시키며, 화학적 효과는 수소이온농도, Fe, Al, Mn의 용해도 등을 감소시키며, phosphate molybdate의 유효도, 치환성 Ca, Mg, 염기포화도 등을 증가 시킨다(Joo, 1988). 석회 함량 증가에 따라 coir dust의 EC, pH, K, Ca, Mg, Na의 함량은 증가 하였다. 반면 인산의 농도는 감소하였는데 이는 석회 처리에 따른 인산의 고정 때문이라는 연구(Back, 2003)와 일치 하였다.

석회 5g · L⁻¹ 첨가 시 pH가 9.0으로 석회의 첨가가 증가할수록 pH 및 EC가 급격히 증가되었으며 이는 작물재배 시 초기 근권의 pH 상승에 영향을 미쳐 작물 생육에 적합하지 못할 것으로 판단되었으며 coir dust 1L당 1g의 농용석회 처리가 수경재배용 coir 배지에 적합할 것으로 판단되었다.

Coir dust 배지에 농용석회 처리시 증류수 침출 횟수에 따른 침출액내 양이온 K, Ca, Mg 및 Na의 침출 함량 변화를 조사한 결과(Fig. 1-9), Ca와 Mg의 경우 2회 침출까지 처음 침출한 농도와 비슷하거나 오히려 더 높은 농도를 보이고 있으며 Ca는 3회 침출까지 비슷한 침출량을 보이고, Mg는 3회 침출부터 그 농도가 낮아지는 경향을 나타냈다. Coir dust의 배지에 다량 함유되어 있는 K 이온의 제거를 위해서는 1g · L⁻¹의 석회 처리 시 2회 이상의 침출과정이 필요할 것으로 판단된다. 침출액내 K, Na 함량의 증가가 뚜렷한 것으로 미루어 석회 공급은 배지 내 Ca 이온 공급과 배지 내 K, Na 함량 감소에 크게 기여 하여 배지 내 양이온 균형을 유지하는데 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

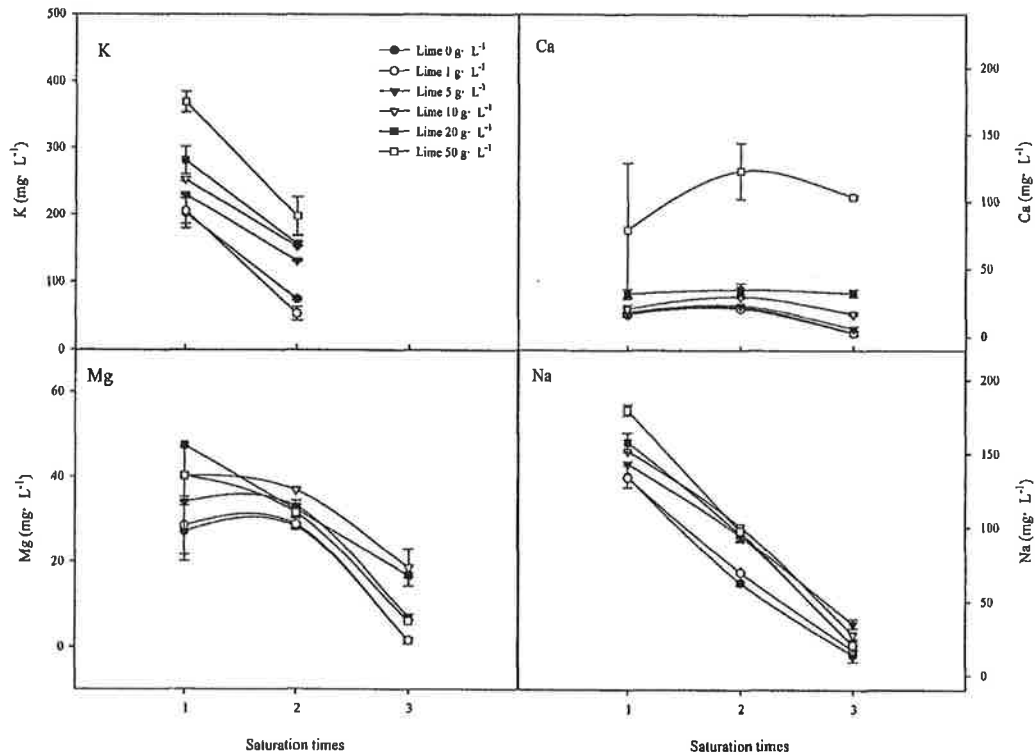


Fig. 1-9. Changes of mineral content of leaching solution by saturation times in different lime rate. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

2) 석고 첨가

표 1-11은 RDA분석법에 의한 석고첨가에 따른 배지 내 무기이온 함량의 결과이다. 측정된 결과, coir dust에 석고첨가 함량을 높임에 따라 EC 및 Ca함량은 증가하였고, pH는 감소하는 경향을 보였다. 석고 $1\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 EC $1.06\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.04 로 작물재배에 적합한 수준을 보였고 K, Ca, Mg 간의 밸런스 또한 적절한 것으로 판단되었다.

Table 1-11. The effect of gypsum rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by RDA method.

Gypsum ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	pH	P_2O_5	K	mg $\cdot \text{L}^{-1}$			Na
					Ca	Mg		
0	0.78	5.49	12.8	573.9	190.1	135.1	198.1	
1	1.06	5.04	12.6	559.3	428.9	133.7	183.7	
5	1.90	4.31	10.9	584.9	994.0	133.9	183.9	
10	2.83	4.19	10.9	572.3	1460.2	134.0	182.1	
20	3.26	4.15	10.5	561.9	1560.6	131.4	181.9	
50	3.83	4.15	11.0	578.5	1578.3	133.8	181.6	
Significant ²	***	***	NS	NS	***	NS	***	
LSD _{0.05} ³	0.33	0.23	2.01	20.89	45.24	4.67	5.53	

² Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

³ Mean separation within columns by LSD test at 5%.

EN 분석법에 의한 측정결과(Table 1-12), 석고 첨가량이 증가 함에 따라 Ca, Mg, K, Na의 함량이 증가 하였다. 반면에 pH와 P은 낮아지는 경향을 나타냈다. 이는 coir dust에 Ca, Mg가 상당량 흡착되는 것으로 판단되며, 동시에 coir 배지내 K가 용출되는 것으로 판단되었다. EC, pH 및 무기이온의 밸런스를 보았을 때 coir dust 1L당 석고 1~5g · L⁻¹ 가 수경재배용 coir 배지에 적합할 것으로 판단되었다.

Table 1-12. The effect of gypsum rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by EN method.

Treatments (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	P	K	Ca Mg Na		
					mg · L ⁻¹		
Control	0.78	5.36	26.2	201.8	16.2	27.1	134.3
1	1.06	5.04	23.4	349.7	18.6	41.4	177.3
5	1.90	4.31	15.9	453.2	83.3	117.1	204.1
10	2.83	4.19	14.4	479.3	144.9	134.8	216.1
20	3.26	4.15	13.8	474.9	239.1	133.9	209.1
50	3.83	4.15	13.6	493.1	306.5	136.9	208.3
Significant ^z	***	***	***	***	***	***	***
LSD _{0.05} ^y	0.33	0.23	2.9	32.32	14.99	17.51	9.42

^z Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^y Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Coir dust 배지에 석고 처리시 증류수 침출 횟수에 따른 침출액내 양이온 K, Ca, Mg 및 Na의 침출 함량 변화를 조사한 결과(Fig. 1-10), 침출 횟수에 따라 K, Ca, Mg 및 Na 이온의 침출량은 줄어들었고, K와 Na는 2회 이상 침출 시 석고 첨가량에 따른 농도의 차이는 크지 않았으며 3회 이상 침출시 그 농도가 거의 비슷하게 되는 경향을 나타냈다. 반면에 석고 20~50 g · L⁻¹을 첨가 했을 때 2회 침출까지 Ca의 농도가 완만하게 떨어지는 경향을 나타냈다.

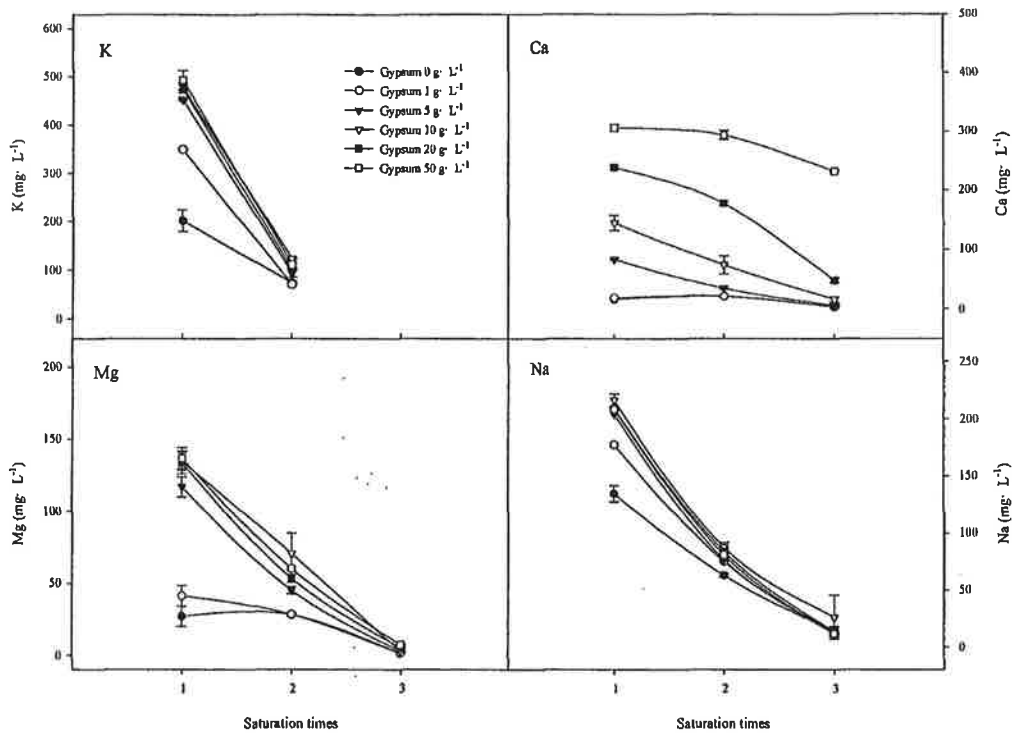


Fig. 1-10. Changes of mineral content of leaching solution by saturation times in different gypsum rate. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

석고는 천연광물로서 채광하는 경우 이외에도 몇몇 주요 비료 생산 공정의 부산물로 생산된다. 부산물 석고는 인산비료 생산시 생산되는 인산석고(phosphogypsum), 석탄을 사용하는 화력발전소에서 연소기체로부터 SO_2 를 제거하는 과정에서 생산되는 탈황석고(flue gas desulfurization gypsum)등이 있다(정, 2002). 석고는 현재 농업용으로 산성심토 개량, 토양 피각(crusting)방지, 토양 경반층(hardpan)방지 목적으로 사용되고 있다(Miller와 Sumner, 1997). 또한 석고는 Ca의 공급원이며 석고가 함유하고 있는 황 또한 식물 영양원으로서 중요한 역할을 담당한다. 따라서 이러한 석고의 Ca 공급적인 측면과 배지 내 다량 함유 하여 배지의 화학적 불균형을 일으키는 원소 제거측면 및 EC, pH를 고려해보았을 때 에 $1\sim 5g \cdot L^{-1}$ 석고 첨가가 수경재배용 coconut coir 배지에 적합할 것으로 판단된다.

3) 질산칼슘 첨가

질산칼슘[Ca(NO₃)₂ · 4H₂O] 첨가에 따른 RDA 분석법과 EN 분석법을 이용한 배지 내 무기이온 balance를 조사하였다.

RDA 분석법과 EN 분석법에 의한 측정결과(Table 1-13, 14), coir dust 배지에 질산칼슘 첨가에 따라 EC는 급격히 증가되고, pH는 감소되었다. N, K, Ca, Mg의 농도가 증가되는 경향을 보였으며, P의 농도는 감소되었다.

Coir dust 배지의 K, Na 와 Ca, Mg간의 이온 불균형에 의해 작물생육에 영향을 줄 수 있으며 이러한 Ca의 부족함을 보충해 줄 수 있는 가장 직접적인 방법은 Ca함유 비료의 투입일 것이다. 질산칼슘은 Ca를 함유하며 높은 용해도를 가지고 있어 Ca 부족에 대해 즉각적인 보충이 가능하다. 그러나 질산칼슘 5g · L⁻¹ 이상에서는 K, Ca, Mg등의 무기이온 균형을 보았을 때 Ca의 농도가 상대적으로 높아져 적합치 않을 것으로 판단되며, pH를 고려해 보았을 때 질산칼슘의 coir dust 배지에 첨가에 의한 화학성 개선은 1g · L⁻¹ 이하 수준이 적합할 것으로 판단된다.

질산칼슘 첨가량 증가에 따른 coir 배지의 침출횟수에 의한 양이온의 농도변화를 측정된 결과(Fig. 1-11), K, Ca, Mg 및 Na 모두 질산칼슘의 첨가량이 많을수록 초기의 침출량이 많아지며, 2회 침출 시 그 침출되는 양이온은 질산칼슘의 첨가량과 상관없이 비슷한 농도를 보여주고, 3회 침출부터 Mg 및 Na이온의 침출량이 일정한 것을 볼 수 있다.

Table 1-13. The effect of calcium nitrate rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by RDA method.

Calcium nitrate (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
0	0.80	5.49	10.5	5.3	12.8	557.1	205.8	128.1	208.4
1	0.96	4.88	5.3	35.0	18.9	536.4	310.9	127.3	201.4
5	1.76	4.16	8.8	169.8	16.6	543.1	749.9	127.1	203.3
10	2.62	3.92	7.0	428.8	10.9	552.7	1359.5	126.8	201.9
20	4.30	3.70	10.5	612.5	8.3	560.6	1611.2	130.7	208.1
Significant ²	***	***	NS	**	**	*	***	NS	NS
LSD _{0.05} ³	0.05	0.08	6.97	205.8	4.24	22.17	31.49	9.66	9.03

² Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

³ Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Table 1-14. The effect of calcium nitrate rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by EN method

Calcium nitrate (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	mg · L ⁻¹						
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	Na
0	0.78	5.49	0.24	0.13	25.2	208.6	19.7	17.4	88.9
1	0.96	4.88	0.49	2.26	24.7	290.4	16.4	30.1	152.1
5	1.76	4.16	0.24	7.69	16.4	450.5	62.6	105.7	203.8
10	2.62	3.92	0.24	16.44	16.5	453.7	129.3	129.5	208.1
20	4.30	3.70	0.49	37.26	16.7	498.4	270.2	152.3	224.5
Significant ^z	***	***	NS	***	***	***	***	***	***
LSD _{0.05} ^y	0.05	0.08	0.35	4.42	1.22	42.74	5.40	20.05	12.91

^z Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^y Mean separation within columns by LSD test at 5%.

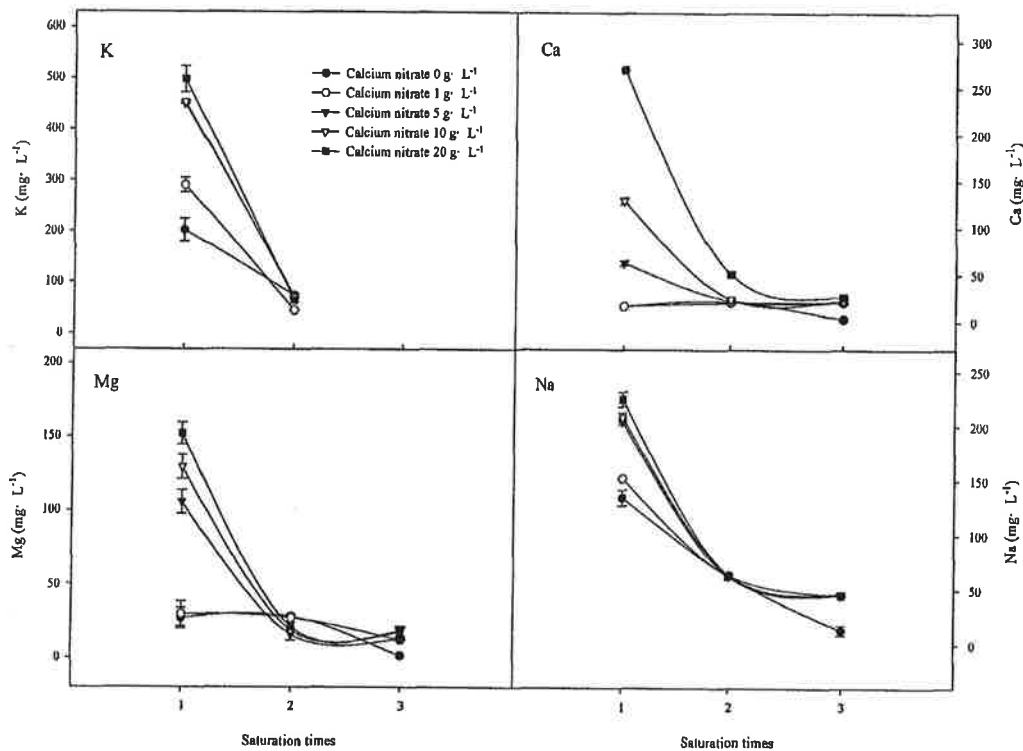


Fig. 1-11. Changes of mineral content of leaching solution by saturation times in different calcium nitrate rate. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

4) 팽화 Vermiculite 첨가

Vermiculite 첨가에 따른 RDA 분석법과 EN 분석법을 이용한 배지내 무기이온 balance를 조사하였다. RDA 분석법과 EN 분석법에 의한 측정결과(Table 1-15, 16), coir dust에 Vermiculite의 첨가 비율을 증가시키에 따라 EC에는 영향을 주지 않았으며 pH는 낮아지는 경향을 보였으며 작물 생육에 적합한 범위의 수준을 보였다. P의 농도는 vermiculite $10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 증가하다가 감소하는 경향을 보였고, 이것은 vermiculite $10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 첨가 이상에서부터 vermiculite에 의한 인산 흡착량이 상대적으로 많아지는 것으로 판단된다. Savvas와 Passam(2002)는 P와 같은 이온은 vermiculite의 넓은 표면적에 의해 흡수된다고도 하여 이를 입증하고 있다. K의 농도가 감소되는 것은 P와 마찬가지로 vermiculite에 의한 흡착으로 판단된다. RDA 분석법에 의한 분석 시 Ca의 농도가 높아졌으며 이는 vermiculite의 K 흡착에 의해 상대적으로 Ca의 침출이 많은 것으로 판단된다. Mg의 농도는 RDA 분석법에 의한 분석에서 증가되었다. 작물생육에 영향을 주는 K, Ca, Mg간의 이온균형을 위해서 vermiculite는 coir 1L당 10~20g 정도가 좋을 것으로 판단되며, pH를 고려해 보았을 때 $10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 정도가 적합할 것으로 판단된다.

Table 1-15. The effect of vermiculite rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by RDA method.

Vermiculite ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	pH	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$				
			P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
0	0.78	5.49	12.8	573.9	190.1	135.1	198.1
1	0.77	5.39	13.8	564.8	209.6	134.1	221.7
5	0.77	5.28	12.8	545.7	229.4	132.9	210.7
10	0.77	5.33	20.1	554.2	296.7	138.6	207.7
20	0.77	5.19	19.7	531.5	348.3	134.5	203.5
50	0.78	5.02	15.1	537.6	515.2	152.1	205.9
100	0.77	4.99	12.9	543.1	734.3	170.2	214.8
Significant ^z	NS	**	NS	NS	***	**	NS
LSD _{0.05} ^y	0.014	0.18	5.91	48.29	46.52	11.72	18.13

^z Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

^y Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Table 1-16. The effect of vermiculite rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by EN method.

Vermiculite (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	P	K	Ca	Mg	Na
			mg · L ⁻¹				
0	0.78	5.36	26.2	201.8	16.2	27.1	134.3
1	0.77	5.39	27.4	170.4	17.2	25.5	122.2
5	0.77	5.28	26.8	165.6	16.4	26.8	126.3
10	0.77	5.33	26.8	159.8	17.4	27.3	122.7
20	0.77	5.19	25.2	156.1	15.9	26.3	126.5
50	0.78	5.02	25.8	149.2	17.2	29.9	133.6
100	0.77	4.99	23.6	117.4	16.4	28.9	129.3
Significant ^z	NS	**	**	**	NS	NS	NS
LSD _{0.05} ^y	0.014	0.18	1.19	28.75	2.78	16.66	8.50

^z Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^y Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Vermiculite 첨가량에 따른 coir dust 배지의 양이온 침출을 측정한 결과(Fig. 1-12), K 및 Ca는 vermiculite 첨가량이 늘어남에 따라 침출량이 적은 것을 볼 수 있으며 이는 vermiculite의 K 이온 흡착의 결과라 판단되며, 2회 침출까지 일정수준의 Mg 농도를 볼 수 있는데 이는 vermiculite의 K, Ca 흡착이 상대적으로 더 많음을 보여준다.

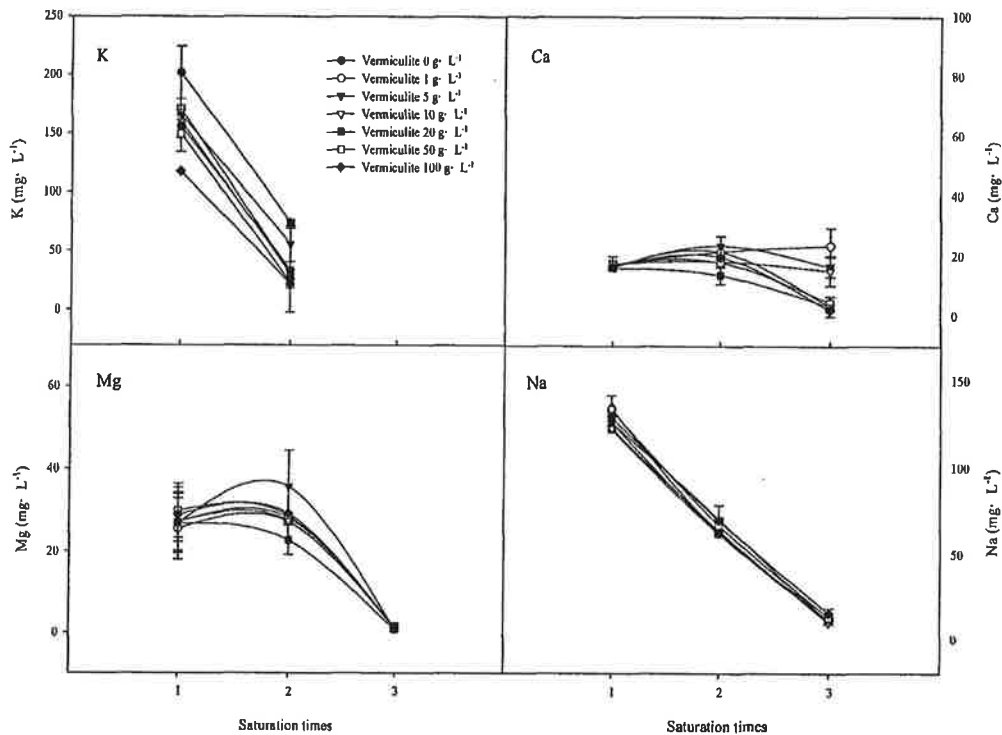


Fig. 1-12. Changes of mineral content of leaching solution by saturation times in different vermiculite rate. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

K, Ca가 Vermiculite에 흡착되는 원인으로 vermiculite는 운모를 함유한 광석을 노(爐)에서 1,100℃로 가열 팽창시켜서 만든 것으로 수분이 증기로 되어 운모의 박층을 파괴시켜 가는 다공성의 구조로 만든 것으로, 배지 1L당 0.4~0.5L의 물을 흡수할 수 있고 양이온치환용량이 높기 때문에 양분의 흡착 방출 능력이 크다는 보고(남, 2000)에서 알 수 있다. Knickmann(1951)이 분석한 vermiculite는 규산 39.4%, 점토 12.1%, MgO 23.4%, K 2.5% 그리고 0.3%의 망간을 갖는다고 했다. Vermiculite는 음이온 흡착을 별로 하지 않지만, 인산을 고정시키는 능력이 많고 양이온으로는 NH₄⁺을 많이 고정하므로 단용보다는 펄라이트나 피트모스를 섞어 쓰는 것이 좋다고 했다(박과 김, 2003).

5) Zeolite 첨가

Zeolite 첨가에 따른 RDA 분석법과 EN 분석법을 이용한 배지 내 무기이온 balance를 조사하였다. RDA 분석법에 의한 측정결과(Table 1-17), coir dust에 zeolite를 첨가하는 양에 따라 EC는 큰 차이를 보이지 않았으며, pH는 약간 낮아지는 경향을 보였다. P, K, Ca, Mg 및 Na의 농도는 높아지는 경향을 나타냈다. Zeolite의 일반적 특성으로 양이온치환용량이 현저히 높고(100~150me · 100g⁻¹), 다량의 염기를 포함하고 특히 나트륨 함량이 비교적 높은 특징이 있다(김, 2003)고 하였으나 본 실험에서는 zeolite의 첨가에 따른 나트륨 농도변화에 영향은 거의 없었다. 이것은 zeolite가 산지에 따라 그 성질이 다름에 의한 것으로 판단된다.

Table 1-17. The effect of zeolite rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by RDA method.

Zeolite (g · L ⁻¹)	EC (dS · m ⁻¹)	pH	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na
			mg · L ⁻¹				
0	0.78	5.49	12.8	573.9	190.1	135.1	198.1
1	0.77	5.30	15.7	544.6	213.9	131.1	206.8
5	0.78	5.31	16.3	554.7	229.3	133.3	213.1
10	0.78	5.30	16.9	588.6	253.5	142.5	213.9
20	0.78	5.25	24.9	629.6	282.8	156.7	216.3
50	0.78	5.23	25.4	772.9	383.8	193.2	234.5
100	0.81	5.17	26.5	882.5	552.1	251.5	257.3
Significant ^z	**	**	***	***	***	***	***
LSD _{0.05} ^y	0.01	0.07	5.85	35.96	27.96	11.38	11.13

^z Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^y Mean separation within columns by LSD test at 5%.

EN 분석법에 의한 측정 결과(Table 1-18), zeolite의 첨가량이 증가함에 따라 K의 농도가 낮아졌으며 zeolite $10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 이상에서부터 Ca, Mg의 농도가 감소했다. 이것은 침출되는 양보다 흡착되는 양이 많아지는 것으로 판단되며, K, Ca 및 Mg의 농도가 zeolite의 첨가량이 많아짐에 따라 낮아지는 것은 zeolite가 물과 함께 다른 물질과 교환할 수 있는 홈(channel)과 기공(pore)이 3차원의 구조를 형성하며 결정내의 기공의 크기와 형태에 따라서 독특한 성질을 갖는다는 보고(김, 2003)에서, 높은 CEC의 특성을 가지는 zeolite에 의해 상당량의 칼륨이 흡착되는 것으로 판단된다. pH와 K, Ca, Mg의 이온균형을 생각해 보았을 때 coir dust 배지에 zeolite는 $5\sim 10\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 가 적당할 것으로 판단된다.

Table 1-18. The effect of zeolite rate on chemical properties of coconut coir substrates analyzed by EN method.

Zeolite ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	pH	P	K	Ca	Mg	Na
			$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$				
0	0.78	5.36	26.2	201.8	16.2	27.1	134.3
1	0.77	5.30	27.7	184.3	15.9	26.3	122.5
5	0.78	5.31	28.6	184.8	17.7	26.3	123.7
10	0.78	5.30	29.6	173.2	20.5	35.9	132.8
20	0.78	5.25	30.8	170.2	15.2	28.2	126.5
50	0.78	5.23	31.8	174.5	13.6	29.3	126.5
100	0.81	5.17	33.6	166.7	13.4	31.3	135.3
Significant ²	NS	**	**	**	NS	NS	NS
LSD _{0.05} ³	0.01	0.18	1.19	28.75	2.78	16.66	8.50

² Probability of significant F values: NS, *, **, ***; non-significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

³ Mean separation within columns by LSD test at 5%.

Zeolite 첨가량에 따른 침출횟수에 의한 양이온의 농도변화를 측정한 결과(Fig. 1-13), K와 Na는 침출량이 지속적으로 감소하는 양상을 보여주나, 나트륨의 경우 zeolite의 첨가에 의해 3회 침출시 zeolite 무 첨가와 다르게 침출량이 많은 것을 볼 수 있다. 이는 zeolite에 의해 배지 내 Na이온이 지속적으로 침출된 것으로 판단된다. Ca와 Mg는 zeolite 무첨가 배지에선 침출량이 감소되나 zeolite의 첨가량이 많아질수록 지속적인 Ca 및 Mg의 침출이 이루어진 것으로 판단된다.

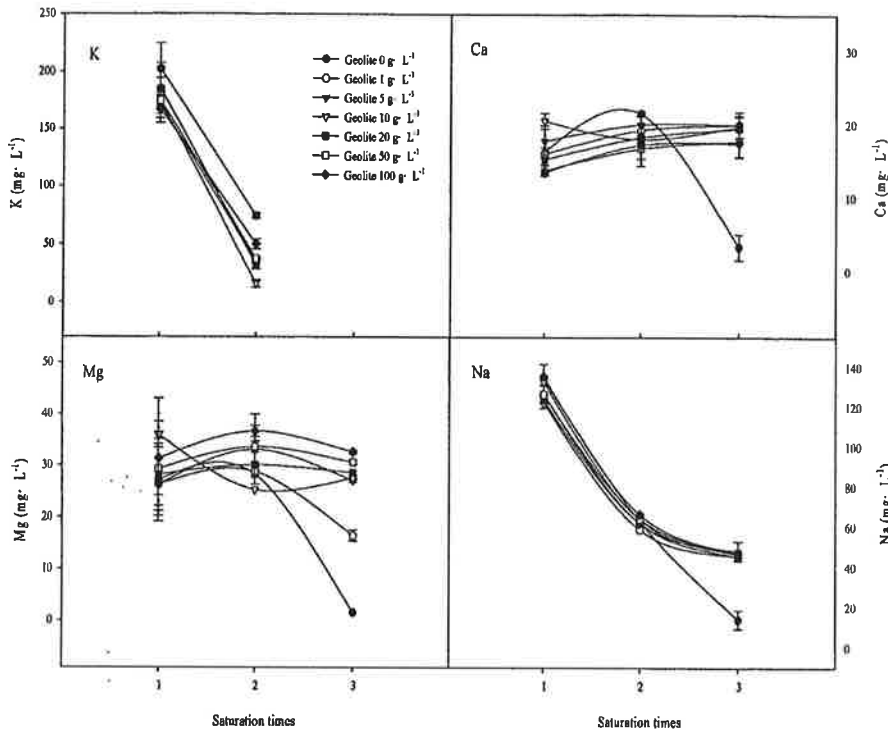


Fig. 1-13. Changes of mineral content of leaching solution by saturation times in different zeolite rate. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

(나) Coir 배지내 무기염류(K, Na, Cl) 제거

Coir dust에 높게 함유된 K, Na, Cl 제거를 통한 수경재배에 적합한 coconut coir배지의 화학성 개선을 위하여 coir dust의 침적시간을 1, 6, 12, 24시간으로 하고 각 시간별로 5회의 침적횟수를 조사한 결과(Fig. 1-14), 침출액의 K, Na, Cl은 침출 시간 및 횟수에 따라 K, Na 및 Cl 농도가 낮아지는 경향을 보였으며 1회 침출은 침출 시간에 따라 큰 차이를 보였으나 2회 침출부터 침출 시간에 따른 농도의 차이는 거의 없었다.

K의 경우 1시간 침출시 1회에서 $128.8\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 2회 $35.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 3회 $13.1\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 1회에서 2회 침출시 급격한 농도의 변화를 보인후 3회부터는 큰 농도의 차이를 보이지 않았다. 침출 시간에 따른 농도의 차이는 1회 침출시 6시간 $140.4\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 12시간 $148.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 24시간 $187.9\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 침출 시간이 늘어남에 따라 침출되는 K의 양이 증가하였으나, 2회 침출부터는 침출 시간에 따른 농도의 차이는 거의 없었다.

Na 및 Cl은 침출시간 및 횟수에 따른 농도 변화의 양상이 K와 흡사하였으며, Na의 경우 1회 1시간, 6시간, 12시간 침출시 각각 80.7 , 95.0 , $85.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 농도의 차이가 크지 않았으며 24시간 침출시 $132.0\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 1, 6, 12시간 침출과 차이를 보였고, 2회 침출시부터 $25\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이하로 측정되었다. Cl은 1회 침출시 1시간 침출시 $263.2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 에 비하여 6, 12, 24시간 침출

시 463.6, 520.2, 546.4mg · L⁻¹로 6시간 이상에서 많은 Cl이 침출되었다.

Noguera(2000), Evans(1996)는 천연의 coir에는 Na 와 Cl의 함량이 높아 식물에 피해를 줄 수 있으나, 작물 성장동안 대개 물에 씻겨나가거나, Ca와 Mg 및 양분의 첨가로 인하여 Na는 쉽게 제거된다고 하였다. 또한 coir에 매우 높게 함유된 P와 K의 조절을 위한 시비 프로그램이 고려되어야 한다(Evans 등, 1996; Noguera 등, 2000)고 하였으며, 본 실험에서도 coir dust 내 높게 함유된 Na 및 Cl의 제거에 증류수를 이용한 침적 및 제거에 효과가 있었으며, 침적 6시간 이상, 횟수 2~3회 침출하는 것이 coir dust 배지내 K, Na 및 Cl의 제거에 효과적일 것으로 판단되었다.

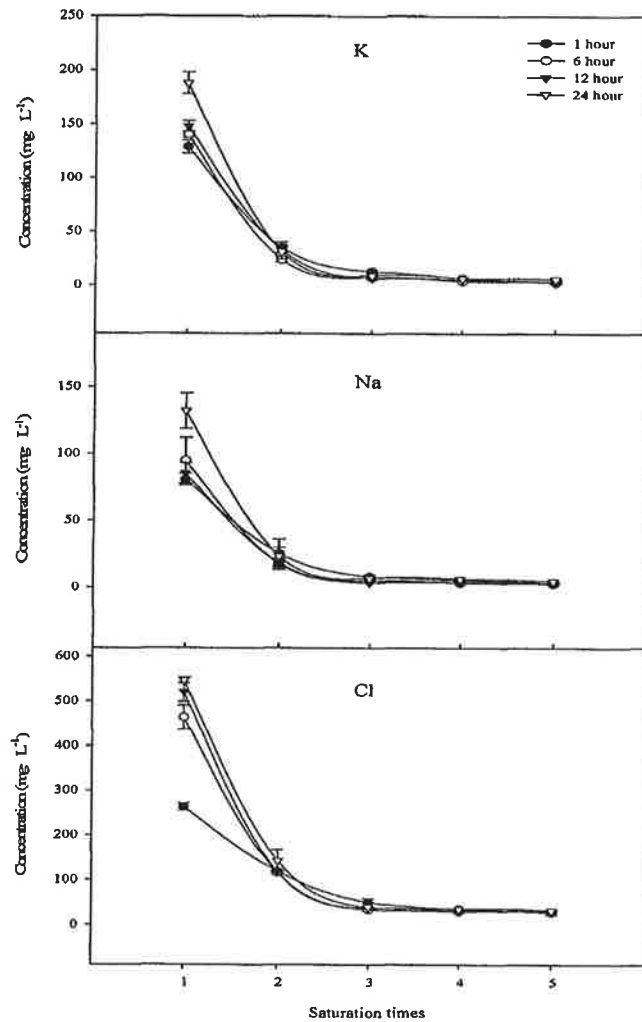


Fig. 1-14. Changes of K, Na, and Cl concentration in leaching solution with different saturation time and number of saturation. Vertical bars indicate standard deviation of three means from three replication.

이상의 결과를 종합해 보았을 때 coir dust 배지의 무기이온 balance를 위한 화학성 개선에 석고를 $1\sim 2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 첨가 시 pH의 변화에 큰 영향을 주지 않으면서 부족한 칼슘이온의 보충이 될 수 있는 Ca의 급원으로서 적당할 것으로 판단되었다. Coir dust 배지에 상당량 함유되어 있는 K 이온은 vermiculite 및 zeolite를 이용하여 흡착이 가능하며 vermiculite $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, zeolite $5\sim 10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 이 배지 내 이온균형에 도움을 주어 수경재배용 coconut coir 배지의 화학성 개선에 적합할 것으로 판단되었다. Coir dust 배지의 무기이온 balance를 위한 화학성 개선에 농용 석회의 첨가는 pH의 상승을 일으키고, 질산칼슘은 급격한 EC의 증가, pH의 감소 원인이 되므로 효과를 보기 어려울 것으로 판단되었다.

Coir dust 배지의 침적시간과 횟수에 따른 K, Na 및 Cl 제거 효과는 침적 1회시 6시간 이상에서 효과가 좋았고, 2회 침적부터는 시간에 따른 K, Na, Cl의 제거 효과는 차이가 없었다. Cl의 제거 측면에서 고려했을 때 6시간 이상, 2~3회 침출하는 것이 coir dust 배지내 K, Na 및 Cl의 제거에 효과적일 것으로 판단된다.

2절 Coconut coir 배지를 이용한 파프리카 수경재배시스템 체계화

가. 물리성 개선

(1) Coconut coir dust와 fiber의 적정 혼합 비율 구명

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir 배지와 profit, 암면배지 내의 EC는 프로핏과 암면 배지는 EC가 평균 $3.7\sim 3.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서 coir 혼합 배지의 $4.2\sim 4.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 보다 낮았으나 암면배지는 표준편차($\text{EC } 1.50\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)와 변이계수(40.5%)가 아주 높아 생육 기간 동안 EC의 급격한 변화가 있었다. 수분함량은 coir 배지의 경우 평균 67.7~70.9%였으나 프로핏과 암면 배지는 50.5~27.7%로서 수분함량이 낮았다. 배액의 pH는 모든 배지에서 6.4~6.5로서 안정적이었으며, EC는 $6.0\sim 7.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서 다소 높았다. 배지 내 온도는 coir 배지가 프로핏과 암면 배지에 비해 낮아 적정 온도 수준을 유지하였다. 광합성률과 엽록소 함량은 fiber 50% 혼합 배지에서 높았고, 과중은 배지 간에 큰 차이가 없었으나 과실의 품질을 결정하는 과형은 fiber 50% 혼합배지와 암면배지에서 정사각형에 가까웠다. 따라서 coconut coir dust와 fiber를 이용한 coir 배지의 적정 혼합 비율은 fiber 30~50%가 적합한 것으로 나타났다.

본 시험은 전북 익산시 '익산모던영농조합법인'의 유리 온실에서 노란색 착색단고추인 품종인 'Fiesta'(Enza zwaan Co., Netherland)를 coconut dust와 fiber로 혼합 조제된 coir 배지를 이용하여 수경재배하였다. 배지 재료는 스리랑카에서 생산된 코코넛(coconut)으로 분쇄 후 분리 압축된 coir dust와 fiber를 구입하여 사용하였다. Coconut coir dust는 압축된 것을 분쇄하였고, fiber는 약 5cm로 절단한 후 100:0, 90:10, 70:30 및 50:50(% , v/v)의 4처리로 혼합 조제하였고, 조제 시 유기질의 산도 교정을 위해 dust 1L 당 석고(질산석회) 5g을 혼합하였다. 그리고 혼합된 배지를 수경재배용 자루(120×28cm)에 자루당 12L씩 넣은 후 90cm 길이로 열 접착, 밀봉하여 slab를 만들었다. 시험배지와의 생육특성을 비교하기 위하여 착색단고추 농가에서 사용하고 있는 주요 배지인 프로핏(profit, Growzone Co., LTD., Korea)과 암면배지(Grotop expert, Grodan, Denmark)를 함께 시험 처리하였다.

과중은 암면플러그 판(Grodan, Denmark)에 과중한 후 온도 25℃, 습도 80%인 암실에서 발아시킨 후 본엽 2매 정도가 전개되었을 때 암면 블록(Du 4.6, Grodan, Denmark)으로 옮겨 주간 25℃, 야간 20℃ 정도에서 육묘하였다. 정식은 육묘 후 본엽 7~8장이 전개되고 첫 화방이 형성된 후 미리 EC $3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH 5.5의 배양액으로 3일 동안 포수시킨 coir slab당 3주씩 3반복으로 정식하였다. 배양액은 $\text{NO}_3\text{-N } 18.0$, $\text{NH}_4\text{-N } 1.0$, P 5.4, K 8.0, Ca 10, Mg 4.0 및 $\text{SO}_4\text{-S } 3.2\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 조성하였다. 공급량은 120~130mL/회, 일일 공급횟수는 고온기(8~9월) 12±2회, 저온기(10월~11월 중순) 6±3회, 동절기(11월 하순 이후) 5±2회로 하였으며 비가 오거나 흐린 날은 다소 줄여 재배한 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 배지 내 EC와 수분함량의 변화를 살펴보면(Fig. 2-1), EC는 coir 배지와 프로핏 배지는 정식 5주째 EC $3.6\sim 3.9\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위를 나타내었으나 암면 배지는 EC $2.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로서 낮은 수준을 나타내었다. 또한 이후 21주째 조사까지도 coir 배지와 프로핏 배지는 EC $3.5\sim 5.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위를 나타내며 생육 전반에 걸쳐 안정적이었으나 암면 배지는 정식 17주 후에 EC $6.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상까지 상승하는 등 다소 변화가 심하였다. 생육 전반에 걸쳐서 coir 배지는 평균 EC $4.2\sim 4.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위를 나타내었고 프로핏 배지는 EC $3.8\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, 암면 배지는 EC $3.7\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. 이는 coir 배지의 EC는 착색단고추의 근권부 적정 관리 농도인 EC $3.5\sim 4.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Lee

등, 2005)와 비교하여 범위 내에 분포하여 근권부의 EC가 안정적인 것으로 나타났고, 암면 배지에서 EC가 높고, 변화가 심했던 것은 배지의 물리적 특성에서 암면은 수분보유력이 다른 배지에 비해 낮고(이, 1997), 근권의 EC는 함수율의 변화와 반대의 경향을 보이며(An, 2005), 또한 본 시험의 배지내 수분함량에서도 알 수 있듯이 EC는 근권의 수분 변화에 영향을 받아 변화가 심했던 것으로 판단되었다.

또한 수분 함량의 변화는 coir 배지는 정식 5주 후 혼합비율에 관계없이 60~70% 범위를 나타내었으나 프로핏 배지는 45.0%로 낮았고 암면 배지는 28.3%로 더욱 낮았다. coir 배지의 이러한 경향은 정식 13주까지는 유지를 하다가 이후 증가하였는데 fiber 혼합 비율에 따라서는 10%와 30%에서 수분함량이 80% 이상을 나타내었고 나머지는 73% 이상을 나타내었다. 그리고 프로핏 배지는 낮았던 수분함량이 60.0%까지 증가하였지만, 암면 배지는 33.3%로 여전히 낮았다. 생육 전반에 걸쳐 coir 배지는 fiber 혼합 비율에 따라 각각 평균 67.7, 70.9, 70.3 및 66.8%였으나 프로핏 배지는 50.5%, 암면배지는 27.7%로 아주 낮았다. 암면 배지의 수분함량이 낮은 것은 배지의 흡수력은 좋으나 수분의 보유시간이 짧은 물리적 특성(이, 1997) 때문이라 생각된다.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 배지 내 EC와 수분함량을 조사한 결과(Table 2-1), EC는 fiber 0% 배지에서 평균 $4.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 표준편차 $0.39\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수 9.4%였다. Fiber 10% 배지에서도 0% 배지와 거의 유사하였으나 변이계수가 11.0%로 다소 높았다. Fiber 30% 배지에서는 평균 $4.3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 표준편차 $0.47\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수 11.1%였고, fiber 50% 배지에서는 30% 배지와 거의 유사하였다. coir 배지에서 fiber의 혼합 비율이 높으면 EC가 다소 높은 경향이었으나 그 차이가 미미하였다. 프로핏 배지에서는 EC가 평균 $3.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로서 coir 배지보다 낮았고 표준편차가 $0.30\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수가 8.0%로서 다소 낮은 안정된 변화를 보였다. 그러나 암면배지에서는 EC가 평균 $3.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로서 프로핏 배지와 비슷한 수준이었으나 표준편차가 $1.50\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수가 40.5%로 아주 높아 생육 기간 동안 EC의 급격한 변화가 있었던 것으로 나타났다.

또한 수분함량은 fiber 0% 배지에서 평균 67.7%였고 표준편차 7.07%, 변이계수 10.4%였으며, fiber 10% 배지에서는 평균 70.9%로서 0%에 비해 다소 높았다. Fiber 30% 배지에서는 평균 70.3%, 표준편차 6.29%, 변이계수 8.9%였고, fiber 50% 배지에서는 평균 66.8%로 가장 낮았고 표준편차와 변이계수도 가장 낮았다. 프로핏 배지에서는 평균 50.5%로 coir 배지보다 다소 낮았으며, 변이계수가 11.7%로서 coir 배지에 비해 높았으며, 암면배지에서는 평균 27.7%로 가장 낮았으며, 변이계수도 12.1%로 가장 높아 생육 기간 중 배지 내 수분의 변화가 심한 것으로 나타났다.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber 혼합비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 종류에 따른 배액의 pH와 EC를 조사한 결과(Table 2-2), pH는 모든 배지에서 6.4~6.5 범위를 나타내었으며, fiber 30%와 50% 배지에서는 다른 배지에 비해 표준편차와 변이계수가 다소 컸다.

또한 EC는 fiber 50% 배지에서 평균 $7.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 암면 배지에서 평균 $6.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로서 다른 배지의 $5.9\sim 6.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 범위보다 다소 높았으며, 표준편차와 변이계수도 높은 경향을 보였다.

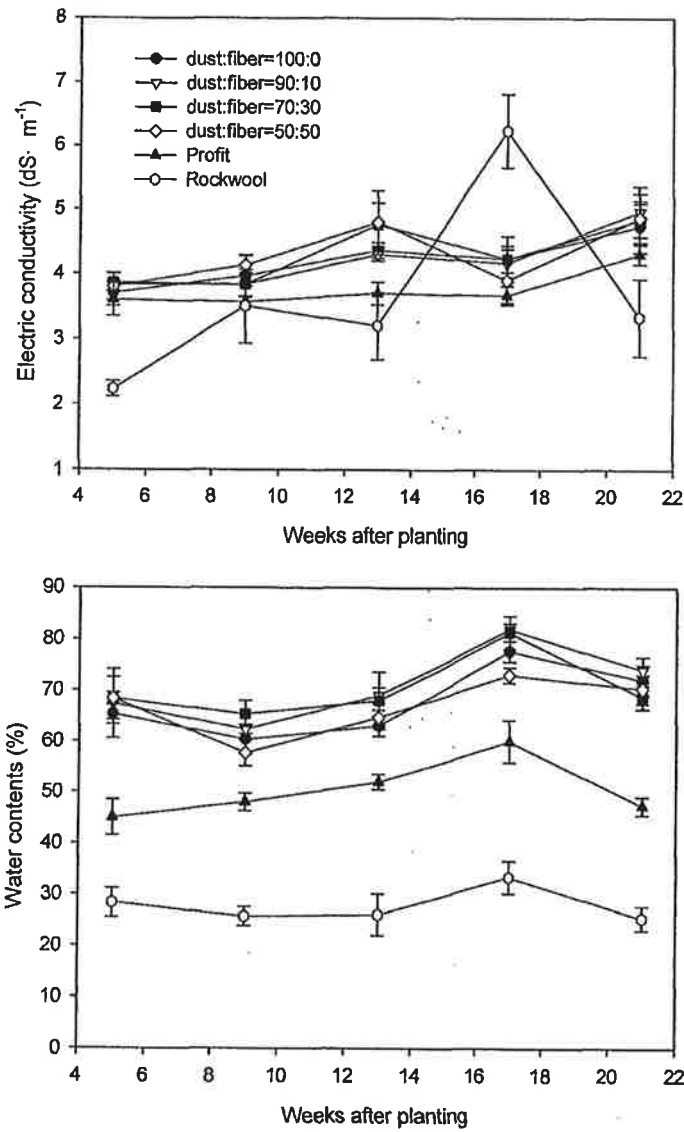


Fig. 2-1. Changes of electric conductivity (EC) and water content in the substrates according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 4 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

Table 2-1. Electric conductivity (EC) and water contents in the substrates according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Substrates		EC (dS · m ⁻¹)			Water contents (%)		
Mixed ratio (%)							
Dust	Fiber	Mean	SD ^y	CV ^x (%)	Mean	SD	CV (%)
100	0	4.2	0.39	9.4	67.7	7.07	10.4
90	10	4.2	0.47	11.0	70.9	7.46	10.5
70	30	4.3	0.48	11.1	70.3	6.29	8.9
50	50	4.3	0.50	11.7	66.8	5.94	8.9
Profit		3.8	0.30	8.0	50.5	5.90	11.7
Rockwool		3.7	1.50	40.5	27.7	3.34	12.1

^xStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

Table 2-2. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Substrates		pH			EC (dS · m ⁻¹)		
Mixed ratio (%)							
Dust	Fiber	Mean	SD ^y	CV ^x (%)	Mean	SD	CV (%)
100	0	6.5	0.31	4.8	5.9	0.89	15.2
90	10	6.5	0.39	6.0	6.0	0.71	11.8
70	30	6.5	0.53	8.2	5.9	0.81	13.6
50	50	6.4	0.61	9.5	7.1	1.83	25.9
Profit		6.4	0.39	6.0	6.0	1.02	17.0
Rockwool		6.4	0.45	7.0	6.6	1.60	24.1

^xStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber 혼합비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 종류에 따른 배액의 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 2-2), pH는 생육 초기에는 모든 배지가 pH 7.0~7.6 을 나타냈으며, fiber 혼합 비율이 높은 배지에서 다소 높은 경향이었고, 프로핏 배지는 fiber 0%와 10% 배지와 동일하였으며, 암면 배지는 pH 7.0으로 가장 낮았다. 생육이 진행되면서 모든 배지의 pH는 6.0~7.0을 유지하였고 배지 간의 차이는 나타내지 않았다. 그러나 정식 19주 이후 fiber 50% 배지와 암면 배지에서 pH 6.0 이하로 낮아졌다. 생육 전반에 걸쳐 coir 배지는 pH 6.4~6.5였으며, 프로핏과 암면 배지도 pH 6.4로 배지 간의 차이는 없었다. 생육후기로 갈수록 pH가 낮아지는 것은 Choi(2001)가 코코피트 배지는 생식생장기에 다른 배지에 비해 pH가 낮게 유지되는데 이것은 양이온의 흡수가 왕성해져 코코피트 배지의 CEC가 높아서 치환작용이 왕성하게 이루어진 결과라고 한 바로 볼 수 있으며, Yamazaki(1982)는 배

양액의 적절한 pH는 5.5~6.5이며, 이 범위에서 식물체는 무기양분을 균형있게 흡수한다고 하였고, Jun 등(2006)은 코코피트 배지가 다른 배지에 비해 전 생육기간 동안 pH가 이 범위를 보였다에 비추어 본 실험에서도 같은 결과로 볼 수 있겠다.

또한 EC는 생육 초기에는 fiber 0%, 30% 배지와 프로핏, 암면 배지에서는 $5.9\sim 6.3\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 암면 배지에서 가장 낮았고, fiber 10%와 50% 배지는 $7.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상을 나타내었다. 이는 배지 내에 존재하는 무기양분의 유출과 작물이 어려 급액한 만큼 양분을 흡수하지 못하여 배액되었기 때문인 것으로 본다. 이후 낮아져 coir 배지는 $5.0\sim 6.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위였으나 프로핏과 암면 배지는 $5.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이하로 크게 낮아졌다. 그리고 이후 다소 증가하였지만 정식 16주 후에는 생육 초기와 반대의 경향으로 coir 배지에서 $4.5\sim 5.2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위였으나 프로핏 배지에서는 $7.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 크게 증가하였는데 이는 조사 당시의 근권의 수분함량 등과 같은 환경여건이 적절하지 못하여 나타난 결과로 보며, 정식 18주 후에는 coir 배지에서는 다시 $6.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 이상으로 증가하여 fiber 50% 배지에서는 $9.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 까지 크게 증가하였다. 그리고 profit에서는 감소하였지만, 암면배지는 급격히 증가하여 $8.9\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. EC는 생육 전반에 걸쳐 fiber 0, 10, 30% 배지에서는 적정 수준을 유지하였지만 50% 배지에서는 생육 후반에 크게 높아져 불안정하였고, 프로핏 배지는 coir 배지에 비해 다소 높았고, 암면배지에서는 변화가 심하여 크게 불안정하였다. 생육 전반에 걸쳐 coconut dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir 배지는 fiber 혼합 비율에 따라 각각 평균 5.9, 6.0, 5.9 및 $7.1\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 fiber 50% 배지에서 월등히 높았는데 이는 공급되는 배양액의 농도가 작물의 양분요구도에 비해 높아 배액의 EC가 높았다는 Park 등(1988)의 보고에 비추어 본 실험에서도 작물의 양분흡수가 낮아 배액되었기 때문으로 생각된다. 프로핏 배지는 fiber 50% 배지보다 낮고 다른 coir 배지와 차이를 보이지 않았고, 암면 배지는 fiber 50% 배지보다 낮았지만 다른 coir 배지보다 다소 높은 경향을 나타내었다.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 배지 내 온도 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-3), 생육 초기에는 coir 배지의 fiber 혼합 비율이 낮은 배지에서 다소 낮게 나타난 반면 프로핏 배지와 암면 배지는 혼합배지에 비해 다소 높은 경향이였다. 그러나 정식 13주후부터 모든 배지에서 다소 낮아졌는데 coir 배지의 fiber 혼합 비율이 낮은 배지에서 더 낮았으며 전체적인 경향은 생육초기와 동일하였다. 생육 전반에 걸쳐 coir 배지는 fiber의 혼합 비율에 따라 각각 평균 19.5, 20.1, 21.2 및 21.6°C 이었으며, 프로핏 배지는 22.3°C , 암면 배지는 23.0°C 이었다. 작물재배에서 근권의 온도변화는 뿌리의 성장, 지상부의 생육 및 수량, 양분흡수에 직간접적인 영향을 미친다. 프로핏 배지와 암면 배지에서 배지 내 온도가 높았던 것은 coir 배지에 비해 수분함량이 낮아 배지의 온도가 상승하였기 때문이며, 근권의 온도는 시설 내 기온의 영향을 받아 변하며, 특히 겨울철에는 적정 온도 이하로 낮아진다는 Lee 등(2005)과 같은 맥락으로 재배 시기가 겨울철로 접어들면서 전반적으로 배지 내의 온도가 낮아진 것으로 생각된다.

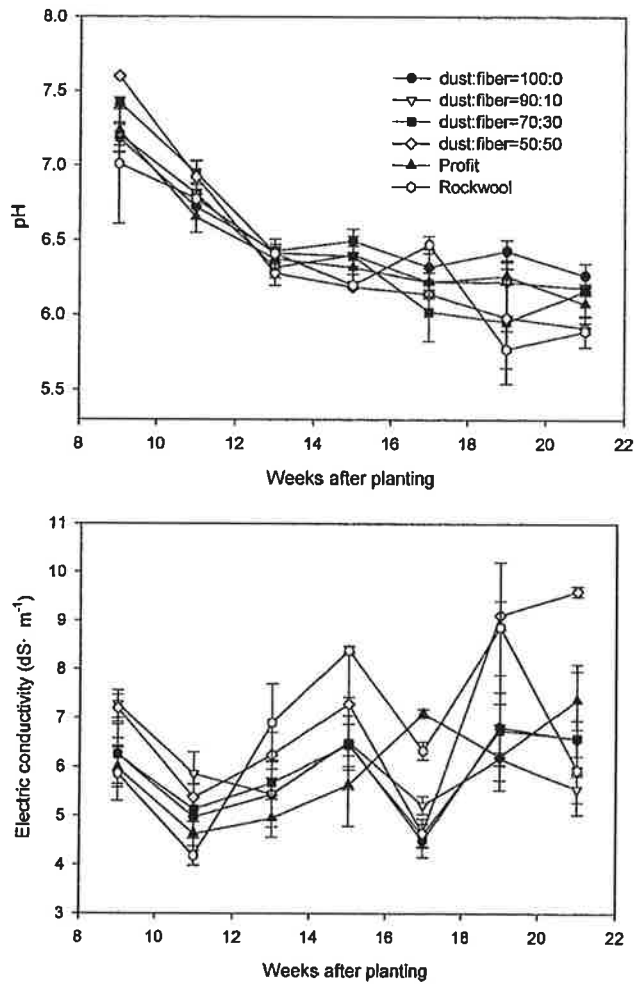


Fig. 2-2. Changes of pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

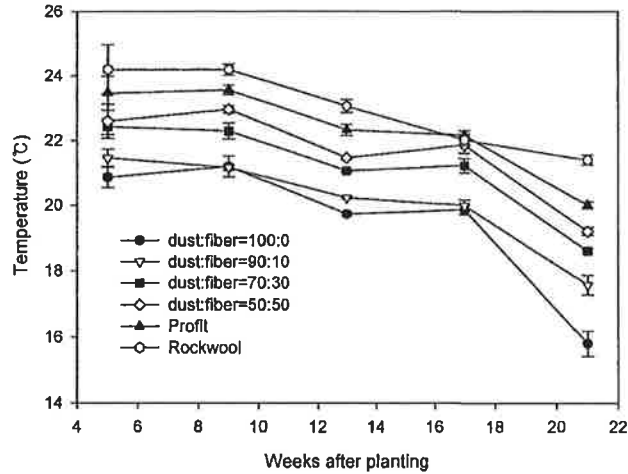


Fig. 2-3. Changes of temperature in the substrates according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 초장 변화를 조사한 결과(Fig. 2-4), 생육 초기에는 fiber 0% 배지가 가장 저조하였으며, 프로핏과 암면 배지는 fiber 0% 배지보다는 다소 좋았다. 그러나 생육 중반으로 가면서 fiber 50% 배지의 생육이 다른 배지에 비해 다소 저조하였고 프로핏 배지에서는 좋아졌다. 이러한 경향은 정식 21주 후까지 계속되어 fiber 10%와 30% 배지에서 가장 좋았고, 프로핏 배지에서도 비슷한 수준이었다. 그러나 fiber 0% 배지에서는 암면 배지에서보다 더 저조하여 가장 낮은 수준을 나타내었다. 정식 21주 후 초장은 fiber의 혼합 비율에 따라 30%, 10%, 50% 및 0% 순이었고, 프로핏 배지는 183.7cm로 fiber 10% 배지보다 다소 적었고, 암면 배지는 175.9cm로 fiber 0% 보다는 높았다. Lee 등(1993)은 여러 가지 배지의 이용 가능성에 대하여 검토한 바 단용 배지의 경우 단용 배지가 가지고 있는 단점만 보완한다면 배지로서의 가치가 있으며, 몇 가지 배지를 일정 비율로 혼용하여 사용한다면 생육 뿐만 아니라 수량, 품질이 높아지며, Roh(1997)는 배지 종류별 오이의 생육 상태를 조사한 바 펄라이트 단용 배지가 암면이나 혼용배지보다 생육이 저조하였고, Park(2000)은 무등산수박의 생장은 암면이나 coir dust와 펄라이트를 혼용한 배지에서 좋았다고 하였다. 이러한 결과들은 배지의 종류에 따른 함수율의 결과로서 나타나는 차이라고 볼 수 있으며, 본 시험에서도 초장이 좋지 못한 배지들은 배지 내 함수율이 낮아 생육이 저조한 결과로 생각된다.

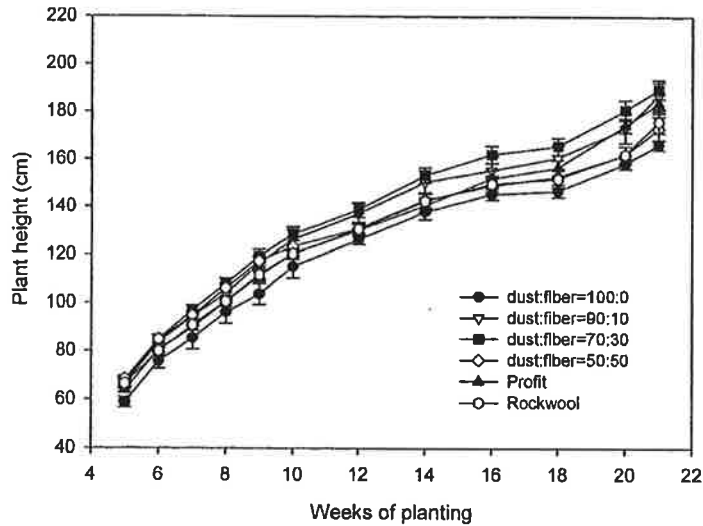


Fig. 2-4. Changes of plant height according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

정식 13주째 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 엽록소 함량을 chlorophyll meter (SPAD)로 측정된 결과(Fig. 2-5), 정식 후 5주째 조사에서 모든 배지에서 51.5~55.9SPAD/6mm²로 큰 차이를 보이지 않았지만 암면 배지에서 다소 높은 경향이 있었다. 이후 생육 전반 동안 이러한 경향은 계속되어 정식 21주 후 암면 배지와 fiber 50% 배지에서 높은 경향이었고 다음으로 fiber 0%와 30%, fiber 10%, 그리고 프로핏 배지 순이었다.

광합성률을 조사한 결과(Fig. 2-6), fiber 50% 배지에서 다른 배지와 큰 차이를 나타내며 광합성이 높은 것으로 나타났고, 다음으로 암면, 프로핏과 fiber 0%, 30% 배지 순이었고, fiber 10% 배지에서 가장 저조하였다. Park(2000)은 무등산수박의 광합성률은 펄라이트와 coir dust의 단용 또는 혼합 사용한 경우 높았다고 하였다. 토마토의 광합성률은 유기배지인 피트모스 배지에서 높았으며(Roh 등, 1995a), 배지 내의 수분함량에 따라 플러그 묘의 광합성속도도 변화하는데 수분함량이 낮아지면 광합성속도도 감소하여(Shibuta 등, 1997), 결국 광합성률도 배지 내의 수분함량의 차이에 의해 나타난다고 볼 수 있어 본 실험에서 fiber 50%에서 광합성률이 높았던 것도 배지 내의 함수율이 높았던 결과 때문이라고 생각된다.

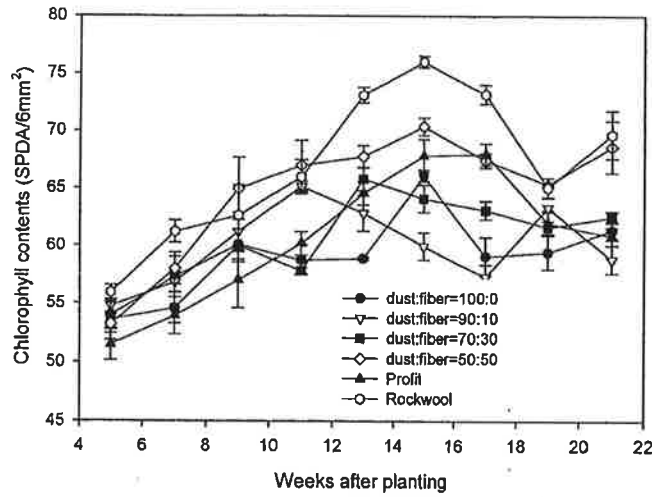


Fig. 2-5. Changes of chlorophyll contents according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

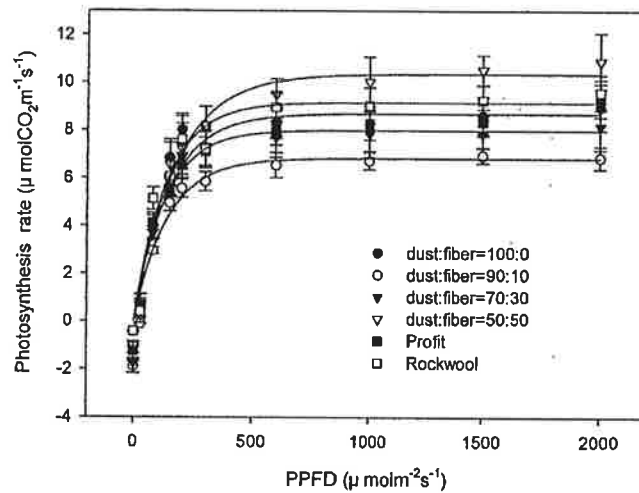


Fig. 2-6. Photosynthesis rate according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper at 13 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

Coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 프로핏 및 암면 배지의 과실 품질 특성을 조사한 결과(Table 2-3, 2-4), 과중은 배지 종류 간에 유의성이 인정되지 않았지만, 암면 배지, fiber 0% 배지, 프로핏 배지에서 무거운 경향을 나타내었다. 과고는 프로핏과 fiber 0% 및 30% 배지에서 높았으며 과경은 암면과 프로핏 배지에서 길었다. 이에 과형지수는 암면과 fiber 50% 배지에서 각각 1.0과 0.9로 정사각형에 가까웠고 다른 배지에서는 다소 직사각형에 가까웠고, 육안 판단에서도 유사한 경향이였다. 당도는 fiber 30% 배지에서 가장 낮았다. 과실의 골 깊이는 fiber 0%와 프로핏 배지에서 2.0개로 다른 배지에 비해 다소 깊었고, 골 수는 fiber 50% 배지와 암면 배지에서 3.6개로 정상적인 4개의 골수에 가장 가까웠다. 이는 과형지수와

비교할 때 4개의 골수에 가까울수록 정사각형의 모양을 내는 것으로 판단할 수 있다. 과실의 수분함량은 대부분 차이를 나타내지 않았지만 fiber 10% 배지에서 가장 높은 반면 30% 배지에서 가장 낮았다. 표면의 매끄러움 정도는 암면 배지, fiber 10%와 0%, profit에서 가장 높았고, 과피의 두께는 프로핏과 암면 배지에서 두꺼웠고 fiber 30% 배지에서 가장 얇았다. 이에 과육두께는 프로핏과 fiber 30% 배지에서 얇았다. 과실 경도는 과피와 과육두께가 가장 두꺼웠던 암면 배지에서 가장 낮게 나타났다. Lee 등(1996)은 오이 수경재배에서 버미컬라이트+필라이트+피트모스를 1:1:1로 혼합한 배지에서 상품과율과 수량이 우수하였고, Kim 등(1997)은 피망을 장기간 수경재배할 경우 고품배지는 필라이트와 혼탄을 1:1 비율로 혼합하여 사용하는 것이 수량이 많고 경제적이며 화학적으로도 큰 문제가 없는 것으로 생각된다고 하였는데 본 실험의 착색단고추 품질이 fiber 50% 혼합 배지에서 좋았던 것도 fiber를 혼합함으로써 근권의 이화학을 개선시켜 생육 및 품질에 영향을 주었을 것이라고 판단되었다.

본 시험에서 수확된 과실의 품질 특성 조사값을 상관 분석한 결과(Table 2-5), 과실 당도는 과중과 높은 부의 상관관계를 나타내어 과중이 낮을수록 당도가 높을 것으로 판단되는데 이것은 과실 내 가용성 고형물함량이 유과기에 거의 대부분 형성된 후 과실 비대에 수분이 크게 작용하여 희석되기 때문으로 생각된다. 내과피 두께는 외과피두께와 정의 상관관계를 나타내어 동시에 비대해지는 것으로 생각된다. 과육 두께는 과중과는 정의, 당도와는 부의 상관관계를 나타내어 과중은 과육 두께에 의해 크게 영향을 받고 당도는 위의 과중과의 상관성을 고려할 때 영향을 받을 것으로 생각된다. 과피 경도는 외과피 및 과육 두께와 부의 상관관계를 나타내어 큰 과실이 다소 경도가 낮을 것으로 생각된다. 과육 경도는 과육 두께와 외과피 두께와 부의 상관관계를 나타내어 과피 경도와 관계성을 갖고 있는 것으로 판단된다. 과실의 수분 함량은 당도와 높은 부의 상관관계를 나타내었다. 따라서 과실 크기는 세포수의 증가보다는 세포 비대에 의해 결정되고 이러한 세포 비대는 경도와 당도를 감소시킬 수 있어 고품질 과실 생산을 고려하면 과실을 크게만 하려는 재배법은 지양해야 할 것으로 생각된다.

수확된 과실의 형태적 특성 조사값을 상관 분석한 결과(Table 2-6), 과형은 과고와 부의 상관관계, 과경과는 정의 상관관계를 나타내어 과고가 짧고 과경이 길수록 정사각형에 가까운 형태를 이루는 것으로 생각된다. 골 깊이는 과고와 부의 상관관계, 과경과는 정의 상관관계를 나타내어 사각형 형태를 이룰수록 골이 선명해지는 것으로 판단되며 이에 골수는 과고와 부의 상관관계, 과경, 과형 및 골 깊이와는 정의 상관관계를 나타내어 정사각형의 형태를 이룰수록 정상적인 4개의 골수를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2-3. Characteristics of fruit quality according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper.

Mixed ratio (%)		Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Fruit shape ^z	Soluble solids (°Brix)
Dust	Fiber						
100	0	188.3 a ^w	87.1 a	75.7 bc	1.2 a	2.9 c	6.7 a
90	10	176.9 a	84.2 ab	74.0 bc	1.1 a	3.0 c	6.8 a
70	30	178.9 a	86.8 a	71.0 c	1.2 a	2.8 c	6.4 b
50	50	181.2 a	83.6 ab	75.0 bc	0.9 b	3.4 b	6.6 a
Profit		187.8 a	89.2 a	77.0 b	1.2 a	3.0 c	6.8 a
Rockwool		191.6 a	79.0 bc	81.6 a	1.0 b	3.7 a	6.8 a

Mixed ratio (%)		Depth of valley of fruit surface ^y	No. of valley of fruit surface	Moisture contents (%)	Smooth of fruit surface ^x
Dust	Fiber				
100	0	2.0 b	3.3 b	91.5 ab	2.6 a
90	10	2.2 a	3.4 ab	92.2 a	2.8 a
70	30	2.2 a	3.5 ab	90.7 b	1.8 b
50	50	2.2 a	3.6 a	91.5 ab	2.4 ab
Profit		2.0 b	3.4 ab	91.4 ab	2.7 a
Rockwool		2.1 a	3.6 a	91.4 ab	2.9 a

^zShape of the side of fruit. 1, triangle; 2, echelon; 3, rectangle; 4, regular square.

^yThe naked eye observation. 1, shallow; 2, some deep; 3, very deep.

^xThe naked eye observation. 1, ruggedness; 2, smooth; 3, very smooth.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 2-4. Characteristics of thickness and hardness of fruit according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper.

Mixed ratio (%)		Thickness of fruit peel (mm)			Thickness of flesh (mm)	Fruit hardness (g/Ø1mm)	
Dust	Fiber	Epicarp	Endocarp	Total		Peel	Flesh
100	0	0.55 b ^z	1.47 b	0.55	7.29 a	171.7 b	116.3 b
90	10	0.53 bc	1.48 b	0.53	7.30 a	174.7 a	118.4 a
70	30	0.52 c	1.47 b	0.52	7.03 b	170.5 b	119.8 a
50	50	0.53 bc	1.44 b	1.97 b	7.47 a	171.0 b	117.6 b
Profit		0.56 b	1.56 a	0.56	6.99 b	175.7 a	117.4 b
Rockwool		0.59 a	1.52 a	0.59	7.25 a	164.9 c	107.9 c

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table. 2-5. Correlation coefficient between characteristics of fruit quality according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper.

Characteristics	Soluble solid	Thickness of epicarp	Thickness of endocarp	Thickness of flesh	Hardness of fruit peel	Hardness of flesh	Water contents
Fruit weight	-0.46**	-0.06	-0.13	0.30**	-0.19	-0.08	0.15
Soluble solid		-0.15	-0.04	-0.31**	0.17	0.18	-0.33**
Thickness of epicarp			0.68**	0.11	-0.31**	-0.47**	0.04
Thickness of endocarp				-0.08	0.20	-0.01	0.04
Thickness of flesh					-0.31**	-0.31**	0.12
Hardness of fruit peel						0.80**	-0.02
Hardness of flesh							-0.04

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

Table. 2-6. Correlation coefficient between characteristics of fruit form according to the different substrates hydroponically grown in sweet pepper.

Characteristics	Fruit diameter	Fruit shape	Depth of valley of fruit surface	No. of valley of fruit surface	Smooth of fruit surface
Fruit hight	0.147	-0.26**	-0.30**	-0.33**	-0.03
Fruit diameter		0.44**	0.16*	0.19*	-0.09
Fruit shape			0.38**	0.49**	-0.05
Depth of valley of fruit surface				0.45**	-0.02
No. of valley of fruit surface					-0.15

*, ** Significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

(2) Coconut coir 재배에 적합한 시스템 개발

Coconut coir 배지의 물리화학적 성을 고려하여 coir dust: fiber=70:30(v:v) 혼합 배지를 주당 4L를 넣어 처리하였다. 재배방식은 자루재배방식, 베드층진방식, 생장포트방식의 3가지로 하였다. 이의 급배액 관리는 '5.1.1' 시험과 동일하게 하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 coconut coir 배지를 이용한 수경재배에서 재배 방식에 따른 slab 내 배지의 전기전도도 변화를 살펴보면(Fig. 2-7), 자루재배방식은 5주째 조사에서 $3.23\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내며 8주째까지 유지하였다가 12주째 $3.61\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 까지 상승하였다. 이후 이 수준을 유지하다가 조사 후반기인 20주째 조사에서 다소 높아진 $4.08\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. 베드층진방식은 조사 초기인 5주째 조사에서 $3.71\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내며 12주째 $4.28\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 까지 상승하였다. 그리고 조사 후반기에 다소 감소하였지만 이후 다소 상승하여 20주째 조사에서 $4.65\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. 생장포트방식은 $3.50\sim 3.60\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 수준을 16주째까지 유지한 후 20주째 다소 상승하여 $4.27\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. 재배방식 간에는 베드층진방식이 생육 기간 전반에 걸쳐 가장 높았고 다음으로

생장포트방식, 자루재배방식 순이었다.

생육 기간 동안 slab 내 coir 배지의 수분함량 변화는 Fig. 2-8과 같다. 자루재배방식은 조사 초기인 5주째에는 65.4%를 나타내며 이후 서서히 증가하여 16주째 조사에서 72.3%를 나타내었지만 조사 후반으로 가면서 다소 낮아졌다. 베드충진방식은 5주째 조사에서 58.6%을 나타내고 20주째 조사까지 57.6~63.2% 범위에서 변화를 나타내었다. 성장포트방식은 5주째 조사에서 자루재배방식과 비슷한 함량을 나타내었지만 이후 다소 감소하여 8주째 조사에서 59.6%를 나타내었다. 이후 20주째까지 베드충진방식과 비슷한 함량을 나타내었다. 생육 기간 동안 재배방식 간에 전반적으로 자루재배방식이 가장 높은 수분함량을 유지하였다.

생육 기간 중 coconut coir 배지의 재배 방식에 따른 초장 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-9), 생육 기간 전반에 걸쳐 재배방식 간 유의한 차이는 없었다. 그러나 베드충진방식에서 다소 낮은 편이었고 조사 후반기에는 자루재배방식에서 다소 높은 생장을 보였다. 재배방식 모두 생장은 조사 초기에 생장 폭이 다소 컸지만 중반에는 다소 적어졌고 후반기에 다시 다소 크게 증가하는 경향이 있었지만 편차를 고려하면 유의한 차이를 나타내지 않을 것으로 판단된다.

Coconut coir 배지의 재배 방식에 따른 광합성률을 조사한 결과(Fig. 2-10), 자루재배방식이 다른 두 재배방식에 비해 다소 큰 차이를 나타내며 가장 활발한 것으로 나타났고, 베드충진방식이나 성장포트방식은 거의 유사하게 나타났다.

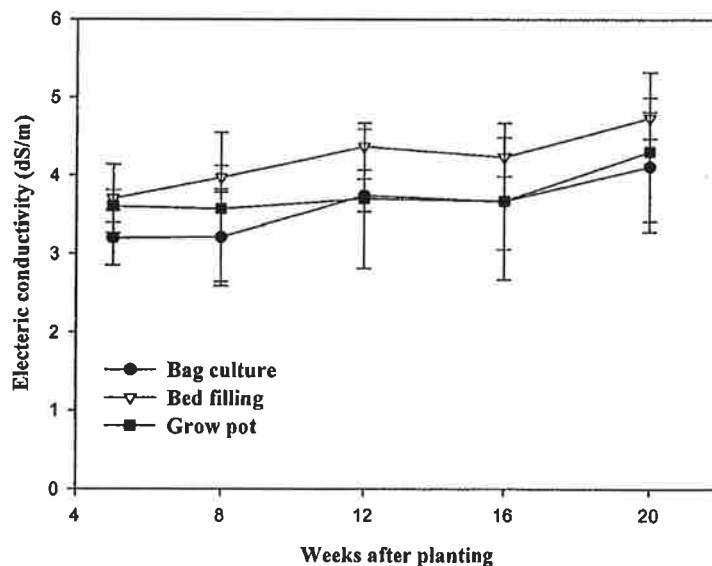


Fig. 2-7. Changes of electric conductivity of media according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust: fiber=5:5, v/v).

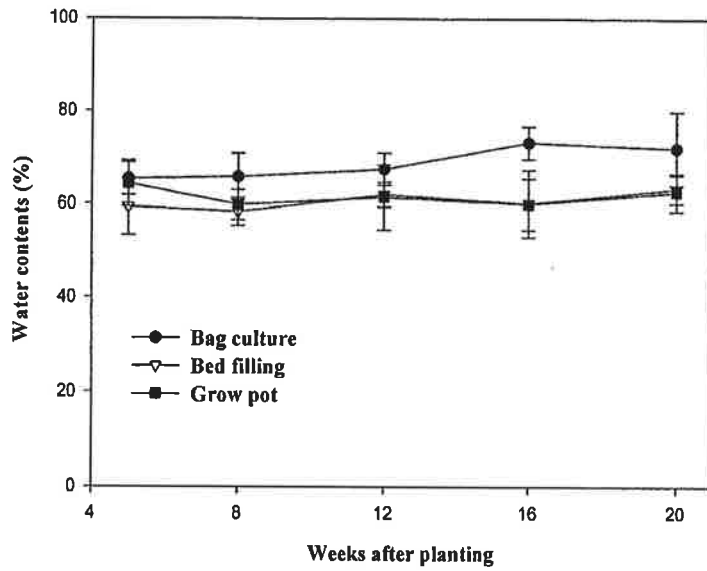


Fig. 2-8. Changes of water contents of media according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust: fiber=5:5, v/v).

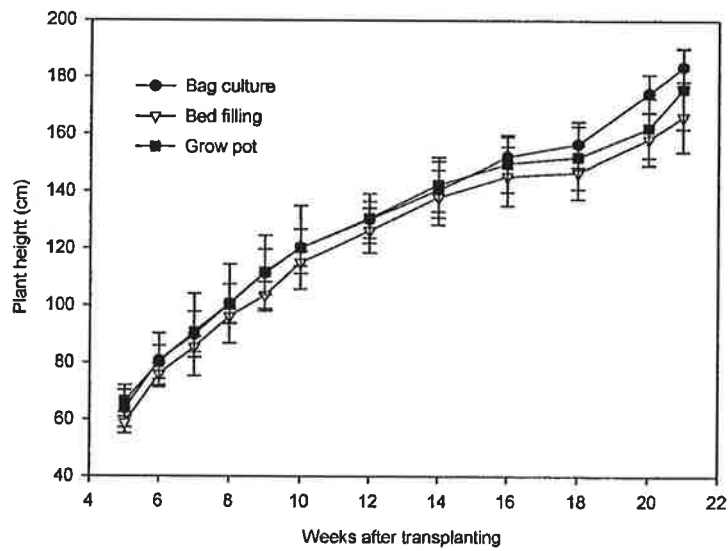


Fig. 2-9. Changes of plant growth according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust: fiber=5:5, v/v).

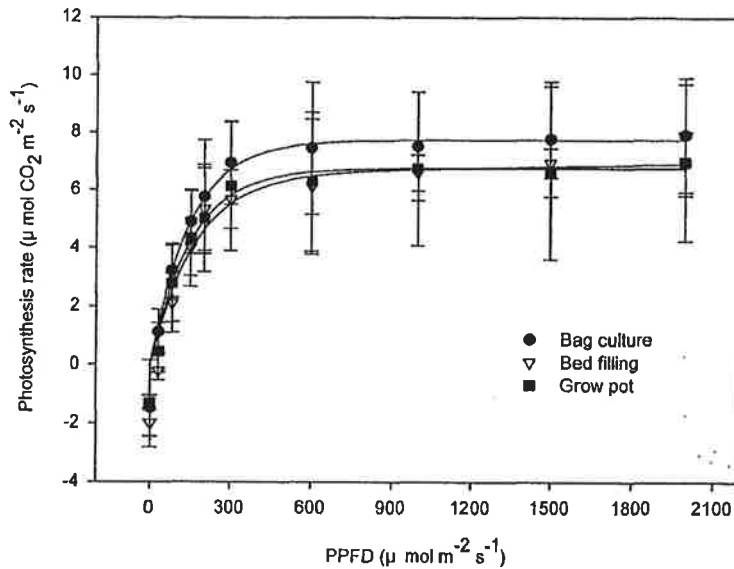


Fig. 2-10. Changes of photosynthesis rate according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust: fiber=5:5, v/v).

생육 기간 동안 엽록소량 변화는 Fig. 2-11과 같다. 자루재배방식은 조사 초기인 5주째부터 생육 기간에 전반적으로 다른 재배방식에 비해 높았다. 조사 초기에는 56.7 SPAD/6mm²를 나타내었고 이후 꾸준히 증가하며 조사 중반 15주째 조사에서는 76.5 SPAD/6mm²까지 증가하였다. 그러나 이후 다소 많이 감소하면서 19째 조사에서는 65.7 SPAD/6mm²를 나타내었다. 베드충진방식은 조사 초중반기인 5~9주째까지 다른 두 재배방식에 비해 다소 많이 낮은 경향을 보였지만 조사 17주째까지 꾸준한 증가 경향이었고 조사 후반에 크게 감소하였다. 생장포트방식은 다른 두 재배방식의 중간 정도를 값을 나타내며 9주째까지 증가하였지만 이후 감소하여 13주째에는 57.4 SPAD/6mm²를 나타내었다. 그리고 15주째에 증가하는 경향을 보였지만 조사 후반기에도 낮은 경향을 보였다. 생육 기간에 전반적으로 자루재배방식에서 엽록소 함량이 가장 높은 결과는 광합성률이 가장 활발했던 결과에 부합하였다.

Coconut coir 배지를 이용한 재배 방식에 따른 과실 품질 특성을 조사한 결과(Table 2-7), 과중은 자루재배방식과 생장포트방식에서 각각 189.3g과 191.6g으로 베드충진방식의 187.8g보다 유의한 차이를 나타내며 무거웠다. 과실 당도는 6.7~6.8°Bx로 재배방식 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. 과피 두께는 베드충진방식과 생장포트방식에서 각각 2.11mm로 자루재배방식의 2.03mm에 비해 다소 두꺼웠다. 과피 중 외과피 두께는 생장포트 방식에서 0.59mm로 가장 두꺼웠고 내과피는 베드충진방식에서 1.56mm로 가장 두꺼웠다. 과육 두께는 자루재배방식과 생장포트방식에서 각각 7.29mm와 7.25mm로 베드충진방식의 6.99mm보다 월등히 두꺼웠다. 과피 경도는 자루재배방식과 베드충진방식에서 각각 171.7과 175.7로 생장포트방식의 164.9에 비해 다소 높게 나타났다. 과육 경도도 과피 경도와 같은 경향을 나타내었다. 수분함량은 재배방식 간 유의한 차이를 나타내지 않았고 모두 91%이상의 높은 함량을 나타내었다.

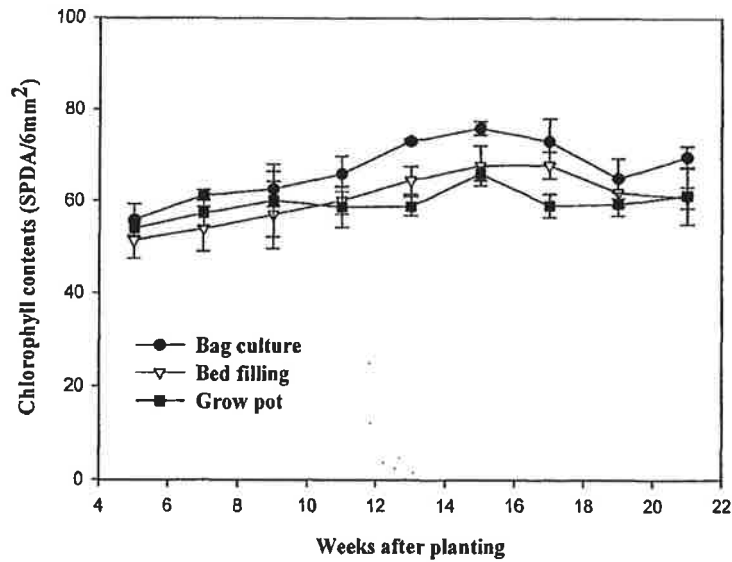


Fig. 2-11. Changes of chlorophyll contents according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust:fiber=5:5, v/v).

Table 2-7. Characteristics of fruit quality according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust:fiber=5:5, v/v).

Cultural type	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Bx)	Thickness of fruit peel(mm)		
			Epicarp	Endocarp	Total
Bag culture	189.3 b ^z	6.8 a	0.56 a	1.47 a	2.03 a
Bed filling	187.8 b	6.7 a	0.55 a	1.56 c	2.11 b
Growing pot	191.6 a	6.8 a	0.59 b	1.52 b	2.11 b

Cultural type	Thickness of flesh (mm)	Fruit hardness (g/Ø1mm)		Moisture contents (%)
		Peel	Flesh	
Bag culture	7.29 b	171.7 b	113.3 b	91.5 a
Bed filling	6.99 a	175.7 b	117.4 b	91.4 a
Growing pot	7.25 b	164.9 a	107.9 a	91.4 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

과실의 형태적 특성을 조사한 결과는 Table 2-8과 같다. 과고는 자루재배방식과 베드충진방식에서 각각 87.1mm와 89.2mm로 성장포트방식의 79.0mm에 비해 다소 높았다. 그러나 과경은 이와 반대로 성장포트방식에서 81.6mm로 다른 두 재배방식의 75.7mm와 77.0mm에 비해 다소 높게 나타났다. 과형은 과고가 낮고 과경이 길었던 성장포트방식에서 3.7로 정사각형에 가까운 과실이 많았고 다른 두 재배방식에서는 다소 긴 직사각형의 과실이 많았다. 골 깊이는 재배방식 간 유의한 차이를 나타내지 않았고 모두 정상적인 깊이를 나타내었다. 골수는 정사각형의 과형을 나타내었던 성장포트에서 3.6개로 다른 두 재배방식의 3.3와 3.4에 비해 유의한 차이를

나타내었지만 큰 차이는 없었다. 과실 표면의 매끄러운 정도는 생장포트방식에서 2.9로 대부분 매우 매끄러운 과실이었고 다른 재배방식에서도 2.6 이상으로 매끄러운 상태였다.

조사 기간 중 재배방식에 따른 과실 수확량은 자루재배방식에서 주당 14.0개로 다른 재배방식의 11.7개와 10.3개에 비해 다소 많았다. 과중이 무거웠던 결과를 고려하면 생산량의 총무게에서 자루재배방식이 가장 많을 것으로 판단된다.

Table 2-8. Characteristics of fruit form according to cultural type in sweet pepper hydroponics using coconut coir media (dust: fiber=5:5, v/v).

Cultural type	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit shape ^z	Depth of valley of fruit surface ^y
Bag culture	87.1 b ^w	75.7 a	2.9 a	2.0 a
Bed filling	89.2 b	77.0 a	3.0 a	2.0 a
Growing pot	79.0 a	81.6 b	3.7 b	2.1 a

Cultural type	No. of valley of fruit surface	Smooth of fruit surface ^x	Fruit Yield (No./plant)
Bag culture	3.4 a	2.6 a	14.0
Bed filling	3.3 a	2.7 a	11.7
Growing pot	3.6 b	2.9 b	10.3

^zShape of the side of fruit. 1, triangle; 2, echelon; 3, rectangle; 4, regular square.

^yThe naked eye observation. 1, shallow; 2, some deep; 3, very deep.

^xThe naked eye observation. 1, ruggedness; 2, smooth; 3, very smooth.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

나. 화학성 개선

(1) 원산지별 coir 배지에 대한 배양액 내 Ca와 Mg의 적정 농도 구명

Coconut coir의 배지 화학성을 개선하기 위해 원산지별 coir 배지에 Ca와 Mg 농도를 각기 다르게 조성, 급액하여 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 재배방식은 자루재배방식으로 원산지별 coir를 질산석회를 혼합하지 않고 자루당 12L를 채워 slab당 3주를 심어 3반복 처리하였다. 처리 배양액은 유럽채소연구소에서 개발된 파프리카 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 18.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.0, P 5.4, K 8.0, Ca 10.0, Mg 4.0, $\text{SO}_4\text{-S}$ $3.2\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)을 기본으로 하여 Ca를 1, 3 및 $5\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$, Mg를 1, 2 및 $3\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 증가시켜 처리하였으며 급배액 관리는 앞의 실험과 동일하게 하였다.

(가) 베트남산 coir 배지

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 2-9), 초장은 T6 처리에서 가장 높았고, T2와 T5 처리에서도 높은 경향을 나타내었다. 경경은 T0 처리와 Mg 농도가 높거나 Ca 농도가 높은 처리(T3, T4, T7, T8)에서 높은 경향을 나타내었다. 절간수는 처리 간 차이를 나타내지 않았으나 절간길이는 Ca 농도가 높은 처리(T6, T5 및 T8)에서 높은 경향을 나타내었다. 생체중과 건조중은 T2, T3 처리에서 무거웠고 T10 처리에서 가장 가벼웠다. 엽록소 함량은 Mg 농도가 다소 높은 처리에서 높게 나타났다.

정식 후 4주째인 생육 초기에 광합성률(Fig. 2-12)은 T2 처리에서 가장 높았고 T5와 T10 처리에서 낮았다. 그리고 나머지 처리 간에는 유사한 정도를 나타내었다.

Table 2-9. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Treatment		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPAD/6mm ²)
	Ca	Mg			Number (ea)	Average length (cm)			
T1 ^z	0	0	153 b ^y	15.6 a	29 a	5.4 ab	641 b	106 ab	62 b
T2	1	1	166 ab	14.7 ab	30 a	5.5 a	726 ab	115 a	63 b
T3	1	2	159 b	15.3 a	31 a	5.1 b	816 a	126 a	68 a
T4	1	3	153 b	15.0 a	29 a	5.2 b	680 b	110 ab	67 a
T5	3	1	166 ab	14.5 ab	29 a	5.7 a	685 b	108 ab	65 ab
T6	3	2	179 a	14.1 b	31 a	5.8 a	673 b	112 a	68 a
T7	3	3	159 b	15.0 a	30 a	5.3 b	627 b	100 b	67 a
T8	5	1	162 b	15.0 a	29 a	5.6 a	632 b	103 ab	65 ab
T9	5	2	156 b	14.6 ab	29 a	5.5 ab	587 bc	95 b	69 a
T10	5	3	158 b	14.1 b	29 a	5.5 ab	512 c	81 b	65 ab

^z Standard solution of PBG (NO₃-N 18.0, NH₄-N 1.0, P 5.4, K 8.0, Ca 10.0, Mg 4.0)

^y Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

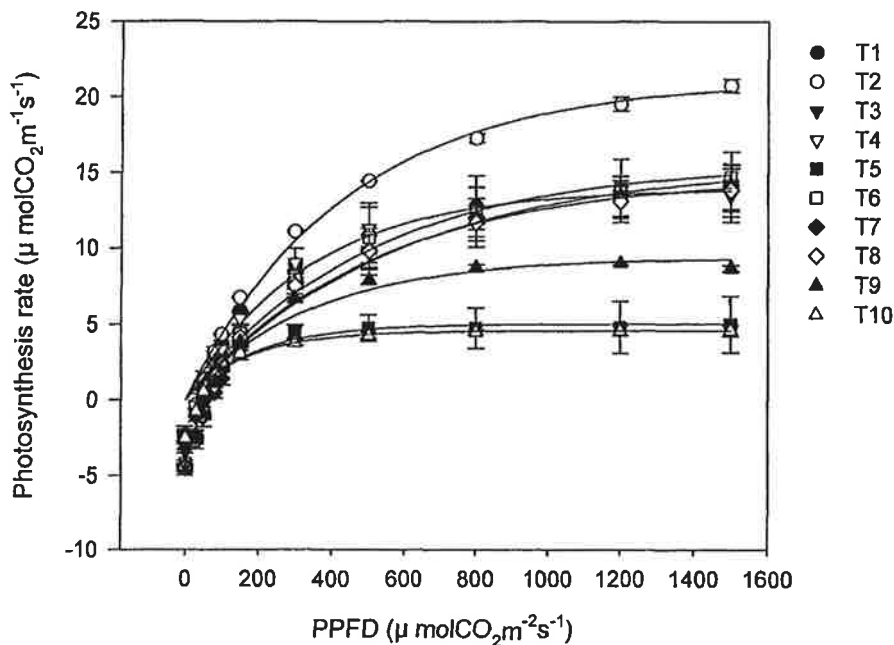


Fig. 2-12. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과의 특성을 조사한 결과(Table 2-10), 과실의 생체중 및 건물중, 과고, 과경은 T6 처리에서 가장 무거웠고 T10 처리에서 가벼웠다. 그러나 과실 당도는 T0, T5 및 T7 처리에서 높게 나타났다.

Table 2-10. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Treatment		Fresh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg						
T1	0	0	115.9 b ²	10.0 ab	67.8 ab	67.8 b	7.9 a	85
T2	1	1	105.7 bc	8.6 bc	68.6 ab	66.4 b	7.0 ab	84
T3	1	2	128.2 ab	10.5 a	72.6 a	73.3 a	7.1 a	89
T4	1	3	103.1 bc	7.3 c	69.9 a	65.3 b	6.0 b	92
T5	3	1	108.5 bc	9.4 b	68.0 ab	67.7 b	7.7 a	89
T6	3	2	142.1 a	11.7 a	72.9 a	76.2 a	7.5 a	89
T7	3	3	116.4 b	8.5 bc	69.6 a	68.0 b	7.7 a	90
T8	5	1	113.1 b	9.4 b	72.5 a	70.1 ab	6.8 ab	91
T9	5	2	101.5 bc	7.3 c	66.3 ab	65.5 b	5.9 b	89
T10	5	3	99.1 c	7.8 c	64.7 b	65.3 b	7.1 ab	89

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

정식 후 13주동안 슬라브 EC 변화를 살펴보면(Fig. 2-13), 전반적으로 모든 처리에서 변화 경향은 거의 유사하였다. 그리고 T8 처리에서 낮게 유지되었으며, T1 처리에서 다소 높게 유지되었다.

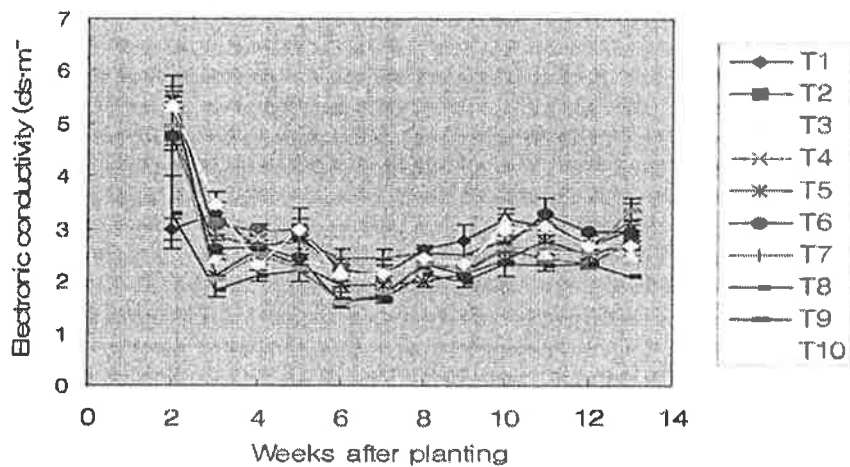


Fig. 2-13. Change of EC of substrates according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 EC와 pH 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-14), EC는 T9와 T10 처리에서 한번의 큰 변화를 제외하는 대체적으로 모든 처리에서 변화가 심하지 않고 조사 후반부로 가면서 다소 낮아지는 경향이였다. T1 처리에서 가장 낮게 유지되었고 T6 처리에서 다소 높게 유지되었다. pH는 EC보다는 다소 변화가 있었고 정식 후 11주째부터 다소 상승하는 경향을 나타내었다. T8 처리에서 낮게 유지되었고, T7 처리에서 변화가 심하고 높게 유지되었다.

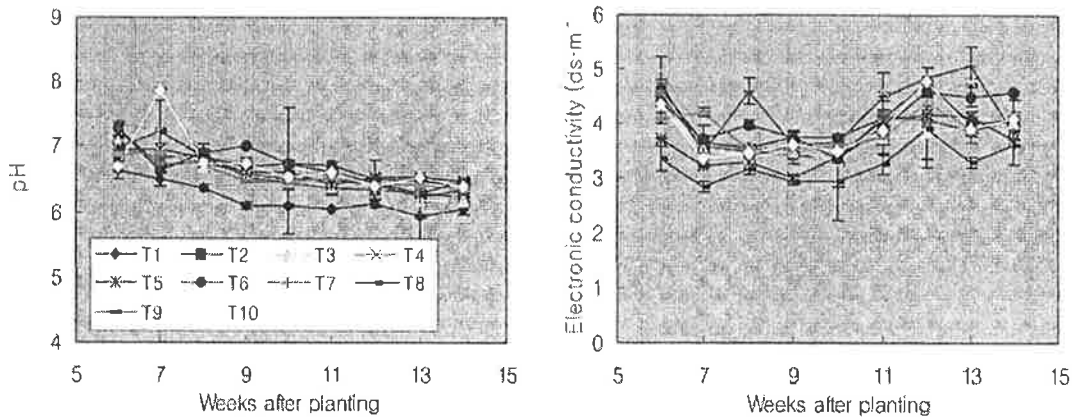


Fig. 2-14. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 Ca과 Mg 함량의 변화 정도(Table 2-11) 및 경향(Fig. 2-15)를 살펴본 결과, Ca은 평균 함량에서 T1, T2, T9 등의 처리에서 높게 나타났고 T5와 T8 처리에서 낮게 나타났다. 그리고 모든 처리에서 2주당 편차와 변이계수가 높게 나타났는데 특히, 평균 함량이 가장 높았던 T1에서는 주당 편차와 변이계수도 가장 높아 생육기 동안 변화가 심한 것으로 나타났다.

Table 2-11. Change degree of drainage nutrient solution at interval of two weeks according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Ca contents		Ca contents			Mg contents		
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (me · L ⁻¹)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	246	186	75.6	103	46	44.8
T2	1	1	235	150	63.6	108	46	42.3
T3	1	2	228	142	62.5	127	44	34.8
T4	1	3	200	124	62.3	139	52	37.6
T5	3	1	186	123	66.1	112	46	40.9
T6	3	2	220	114	52.1	124	45	36.3
T7	3	3	208	114	54.6	128	21	16.7
T8	5	1	172	91	52.8	81	40	49.5
T9	5	2	231	105	45.5	100	28	27.8
T10	5	3	226	107	47.3	115	32	27.6

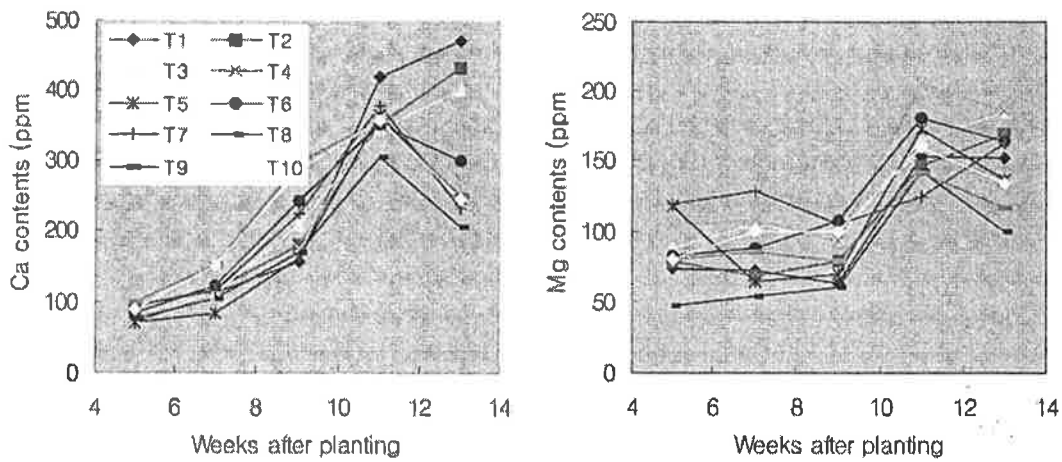


Fig. 2-15. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 N, K 및 Na 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-16), N 함량은 모든 처리에서 처리 후 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 T1 처리에서 높게 유지되었고 T8 처리에서 낮게 유지되었다. 그리고 T5와 T6 처리에서는 정식 후 7주째부터 크게 증가하는 경향을 나타내었다. K 함량은 모든처리에서 정식 후 초기에는 급격히 감소하여 유지되다가 다시 다소 상승되는 경향을 나타내었다. N와 마찬가지로 T1와 T8 처리에서 각각 높고 낮은 경향을 나타내었다. Na 함량은 정식 후 9주째까지 크게 낮아지다가 이후 아주 큰 폭으로 상승하였다. 그러나 T2, T3 및 T1 처리를 제외하고 다른 처리에서는 다시 크게 낮아져 큰 변화를 나타내었다.

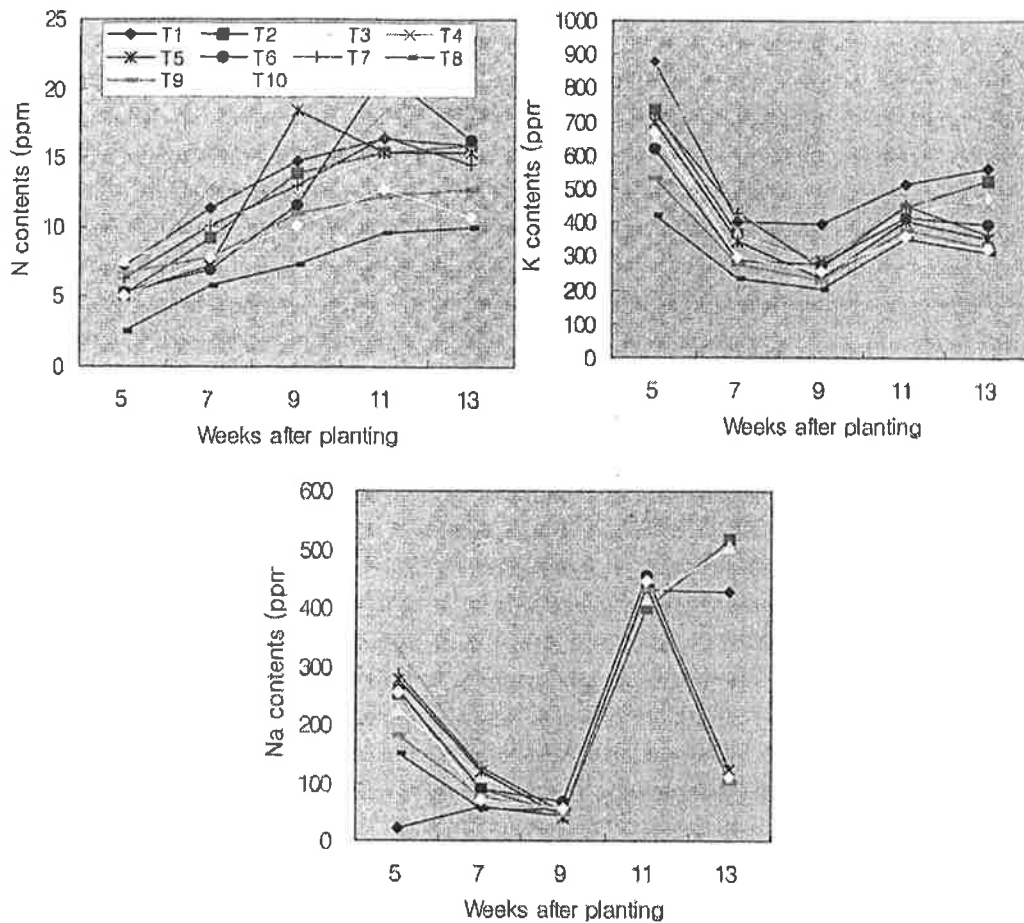


Fig. 2-16. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

(나) 인도산 coir 배지

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 2-12), 초장과 경경 모두 T3 처리에서 가장 길었다. 그리고 T10, T7 및 T4 처리에서 초장이 다소 높은 경향이었고 T1에서 경경이 다소 긴 경향이였다. 절간수는 T10 처리에서 유의하게 적었던 것을 제외하고는 다른 처리간에는 차이를 나타내지 않았다. 그러나 절간길이는 T10 처리에서 가장 길었고 T2 처리에서 가장 짧았다. 생체중과 건조중은 T1, T2, T3 및 T4 처리에서 무거운 경향이였다. 엽록소 함량은 T1과 T10 처리에서 낮았고 T4, T3 및 T2처리에서 다소 높은 경향을 나타내었다.

광합성률(Fig. 2-17)은 T10과 T5에서 낮은 경향이였고 T2, T6 및 T8 처리에서 높은 경향을 나타내었다.

Table 2-12. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Ca Mg		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPAD/6mm ²)
	(me · L ⁻¹)				Number (ea)	Average length (cm)			
T1	0	0	173 a ^z	15.4 a	31 a	5.7 ab	845 a	126 a	62 b
T2	1	1	169 b	14.5 ab	32 a	5.4 b	935 a	134 a	68 a
T3	1	2	178 a	15.6 a	32 a	5.7 ab	882 a	138 a	67 a
T4	1	3	174 a	14.8 a	30 a	5.7 ab	805 ab	126 a	69 a
T5	3	1	166 b	14.4 b	31 a	5.3 ab	701 b	106 b	67 a
T6	3	2	167 b	14.6 ab	30 a	5.6 ab	671 bc	109 ab	67 a
T7	3	3	176 a	14.7 a	30 a	5.9 a	676 bc	110 ab	67 a
T8	5	1	172 b	14.6 ab	30 a	5.7 ab	705 b	107 b	65 ab
T9	5	2	168 b	14.8 a	31 a	5.5 ab	698 bc	105 b	64 ab
T10	5	3	177 a	14.5 ab	29 b	6.2 a	607 c	93 b	62 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

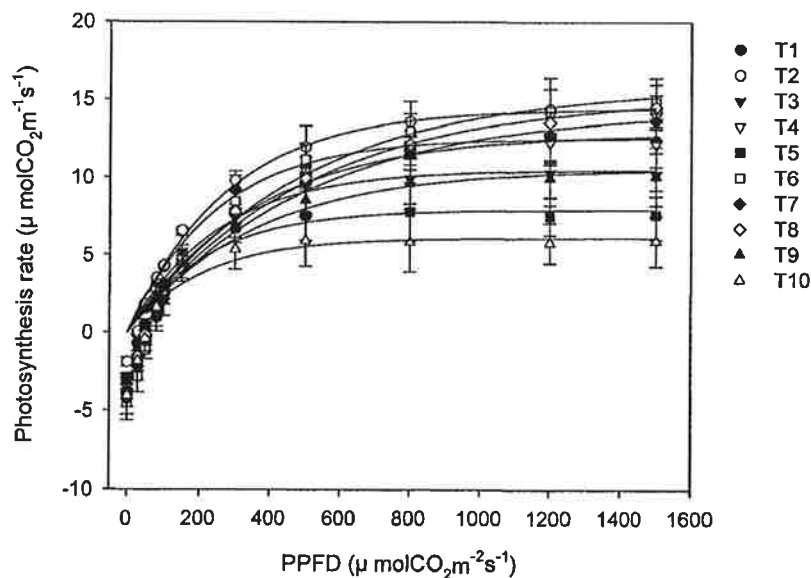


Fig. 2-17. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과 특성을 조사한 결과(Table 2-13), 과실의 생체중은 T2에서 T5 처리에서 무거웠고 T6이나 Ca의 농도가 높은 처리에서 다소 낮은 경향을 나타내었다. 과실의 건물중은 T5, T6 및 T2 처리에서 무거웠다. 과고와 과경은 Ca 농도가 높은 처리에서 다소 긴 경향을 나타내었고, 당도는 T2 처리를 제외하고는 Ca 농도가 높은 처리에서 다소 높은 경향을 나타내었다.

Table 2-13. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Treatment		Fresh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca	Mg						
	(me · L ⁻¹)							
T1	0	0	116.2 b ^z	10.6 ab	64.1 b	71.7 ab	6.5 c	80
T2	1	1	131.1 ab	11.2 a	69.8 ab	71.2 ab	8.0 a	79
T3	1	2	142.4 ab	10.8 ab	70.6 a	71.6 ab	7.7 a	92
T4	1	3	134.1 ab	7.4 c	77.7 a	74.9 a	7.4 ab	89
T5	3	1	171.7 a	11.7 a	74.3 a	71.1 ab	7.4 ab	85
T6	3	2	96.0 c	11.5 a	77.8 a	70.6 b	8.1 a	85
T7	3	3	127.2 b	10.3 ab	74.3 a	75.8 a	7.1 b	81
T8	5	1	107.1 bc	9.1 b	64.3 b	68.1 b	7.0 b	89
T9	5	2	107.7 bc	9.3 b	71.1 a	69.9 b	7.5 ab	85
T10	5	3	114.3 b	10.1 ab	63.4 b	70.2 b	7.7 a	85

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 슬라브 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-18), 정식 후 초기에 슬라브 EC는 T1, T2 및 T3 처리에서 낮은 경향이었고 T6과 T4 처리 등에서는 높은 경향을 나타내었다. 이후 높은 EC를 나타내었던 처리에서는 급격히 감소하여 모든 처리에서 큰 차이를 나타내지 않고 유지되었다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액의 pH와 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-19), pH는 모든 처리에서 큰 차이를 나타내지 않으며 생육기 동안 서서히 낮아지는 경향을 나타내었다. 그리고 T6과 T1 처리에서 각각 가장 높고 낮게 유지되었다. 그러나 EC는 생육 초기와 중기에는 처리 간에 큰 차이를 나타내지 않다가 T4 처리에서 큰 상승을 나타내었고 T1 처리에서도 상승하는 경향을 나타내었다. 그리고 T4과 T8 처리에서 각각 가장 높고 낮게 유지되었다.

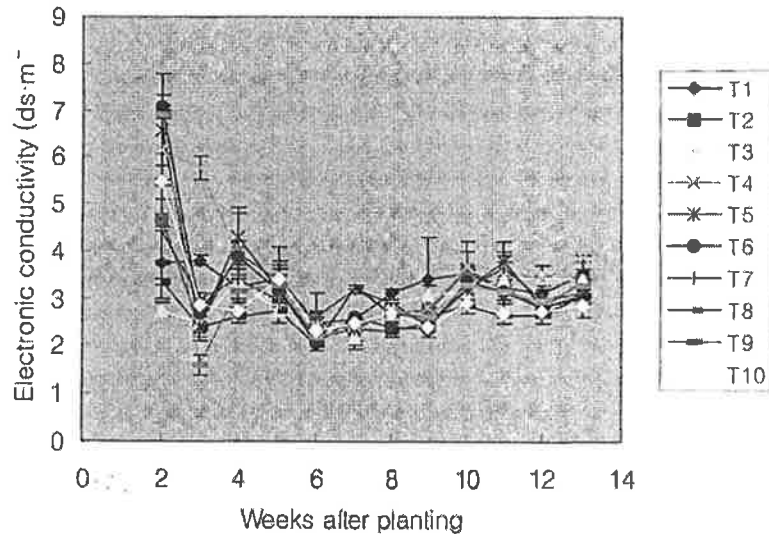


Fig. 2-18. Change of EC of slab according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

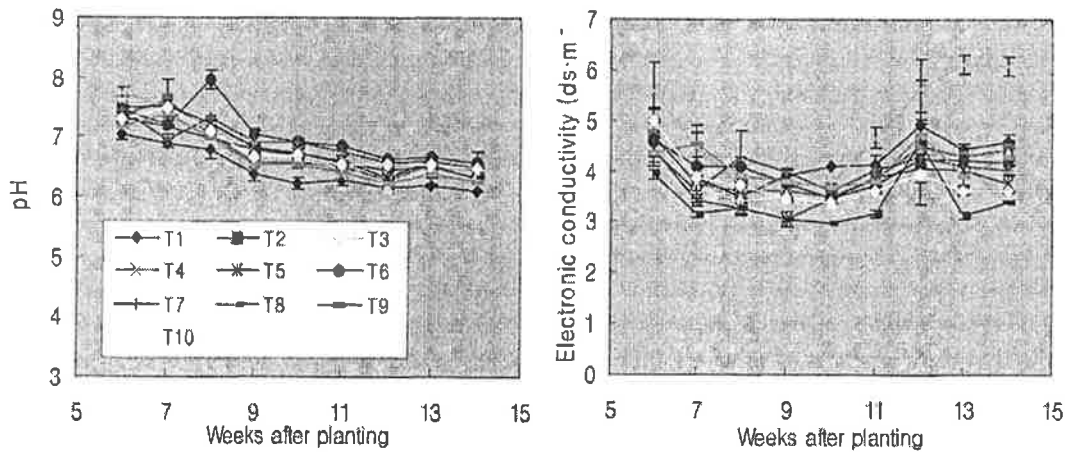


Fig. 2-19. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 Ca와 Mg 함량의 변화 정도를 살펴본 결과(Table 2-14), Ca 함량에서 평균함량은 T4와 T9 처리에서 높았고 다른 처리들 간에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그리고 이 두 처리에서는 2주당 편차와 변이계수도 높은 경향이었고, 전체적으로 모든 처리에서 변이계수가 높은 경향을 나타내었다. Mg 함량에서 평균함량은 T4와 T7 처리에서 높았고 T1, T5 및 T8 처리에서 낮았는데 특히 T8 처리에서는 크게 낮았다. 그리고 변이계수가 Ca 보다 적었다.

정식 후 배액 내 Ca과 Mg 함량의 변화를 보면(Fig. 2-20), Ca 함량은 전반적으로 높게 상승하는 경향을 나타내었고, 처리간에는 T4와 T9 처리에서 높게, T8 처리에서 낮게 유지되었다. 전반적으로 정식 6주 후부터 상승하기 시작하였고 T4 처리에서는 다른 처리에 비해 그 상승폭이 컸다. Mg 함량도 전반적으로 상승하는 경향을 나타내었고, 처리 간에는 T4와 T7에서 높게, T8에서 낮게 유지되었다. 특히 T4 처리에서는 Ca과 마찬가지로 크게 상승하는 경향을 나타내었다.

Table 2-14. Change degree of drainage nutrient solution at interval of two weeks according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Ca contents		Mg contents					
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (me · L ⁻¹)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	169	113	66.4	102	42	41.4
T2	1	1	174	102	58.8	113	42	37.1
T3	1	2	165	102	61.5	128	44	34.8
T4	1	3	218	178	81.9	179	111	61.8
T5	3	1	143	106	74.3	103	58	56.6
T6	3	2	157	95	60.3	126	54	42.8
T7	3	3	155	81	52.4	151	36	23.9
T8	5	1	137	80	58.7	80	34	42.6
T9	5	2	211	117	55.6	111	38	33.7
T10	5	3	174	93	53.7	108 bc	33	30.1

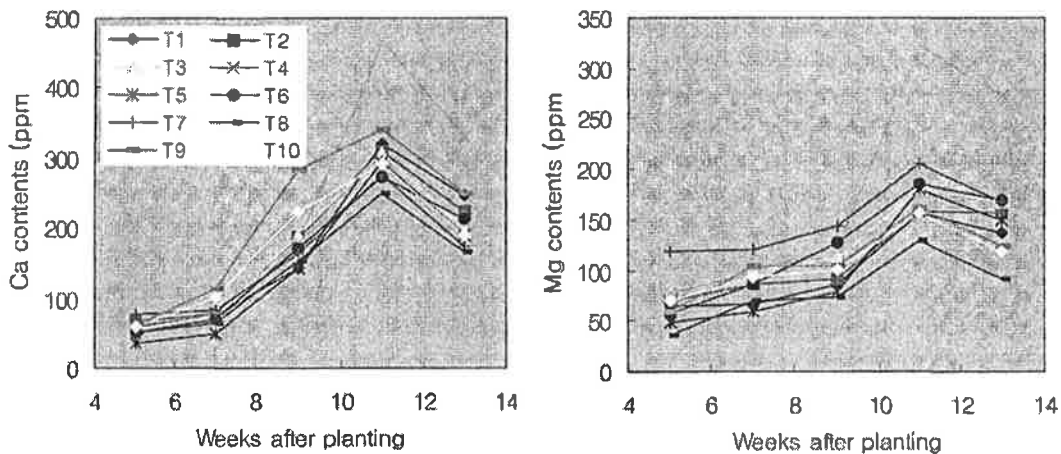


Fig. 2-20. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 N, K 및 Na 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-21), N 함량은 전반적으로 처리 후 상승하는 경향을 나타내었고, T4와 T1 처리에서 높게, T8 처리에서 낮게 유지되는 경향이였다. 특히 T6 처리에서는 처리 후 9주째부터 큰 상승을 나타내었다. K 함량은 처리 후 9주째까지 크게 낮아지는 경향을 나타내다가 이후 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T4 처리에서 높게, T8 처리에서 낮게 유지되었다. Na 함량은 처리 후 9주째까지 크게 낮아지는 경향이였다가 이후 아주 크게 상승하고 이후 크게 낮아지는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T4에서 높게 유지되었다.

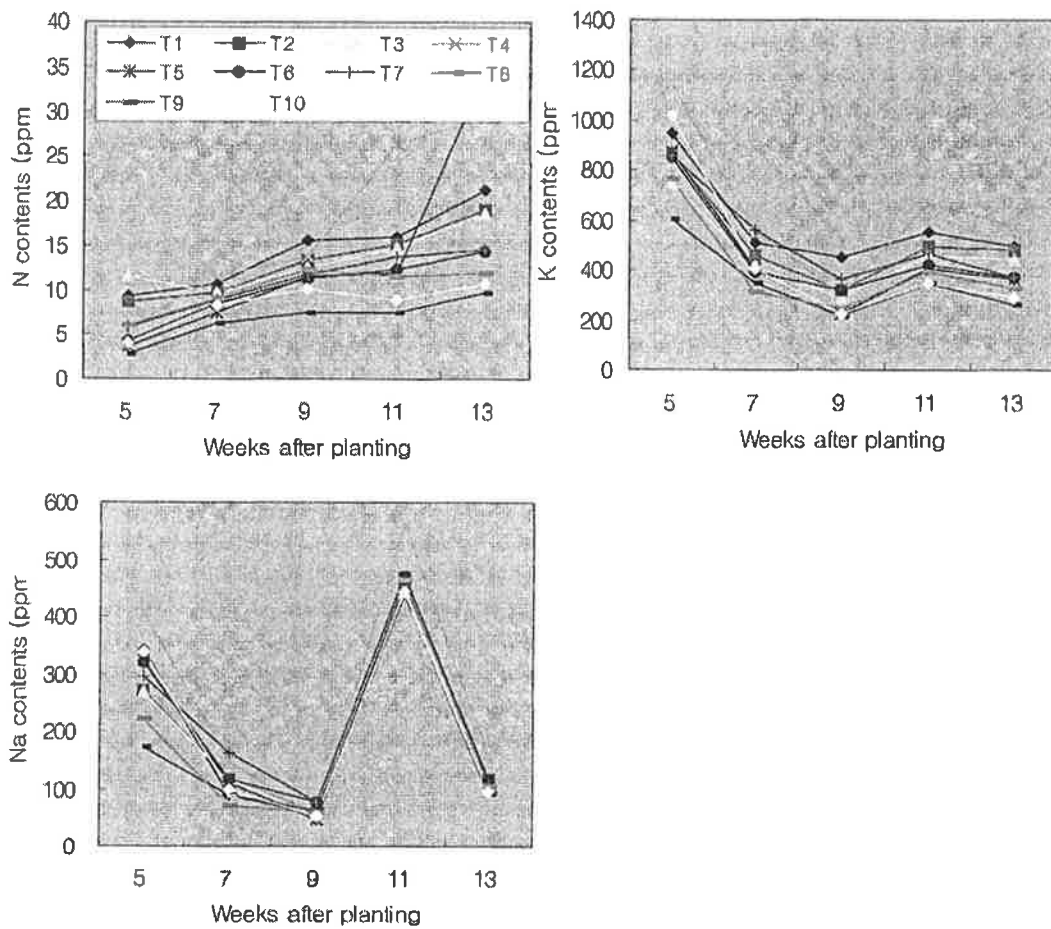


Fig. 2-21. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in India.

(다) 인도네시아산 coir 배지

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 2-15), 초장은 T1, T2, T6, T7 처리에서 높은 경향을 나타내었고, T9와 T10 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 경경은 Ca 농도가 가장 높은 처리(T8, T9, T10)에서 낮은 경향을 나타내었다. 절간수는 처리 간 유의한 차이를 나타내지 않았지만 경경과 유사한 경향이었고, 절간길이는 T7 처리에서 가장 길었고 T10 처리에서 가장 짧았다. 생체중과 건물중은 Ca 농도 낮은 처리에서 무거운 경향이었고 높은 처리에서 가벼운 경향이었다. 엽록소 함량도 유사한 경향이였다.

광합성률(Fig. 2-22)은 T1, T2, T7, T8에서 높은 경향이었고 T5, T3, T4 처리에서 낮은 경향이였다.

Table 2-15. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

Treatment No.	Treatment		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPAD/6mm ²)
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg			Number (ea)	Average length (cm)			
T1	0	0	173 a ^z	14.9 a	31 a	5.5 ab	865 a	126 a	66 a
T2	1	1	175 a	15.0 a	32 a	5.4 ab	943 a	131 a	67 a
T3	1	2	169 ab	14.9 a	30 a	5.6 a	842 ab	125 a	66 a
T4	1	3	170 a	15.1 a	31 a	5.6 a	750 b	128 a	68 a
T5	3	1	161 b	15.0 a	31 a	5.2 b	769 b	118 ab	69 a
T6	3	2	175 a	15.5 a	31 a	5.7 a	690 bc	114 b	66 a
T7	3	3	177 a	15.1 a	30 a	6.0 a	730 b	121 a	64 b
T8	5	1	166 ab	14.6 b	30 a	5.6 a	724 b	115 b	67 a
T9	5	2	153 b	14.5 b	29 a	5.2 b	683 bc	105 b	65 ab
T10	5	3	151 b	14.6 b	29 a	5.1 b	648 c	106 b	65 ab

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

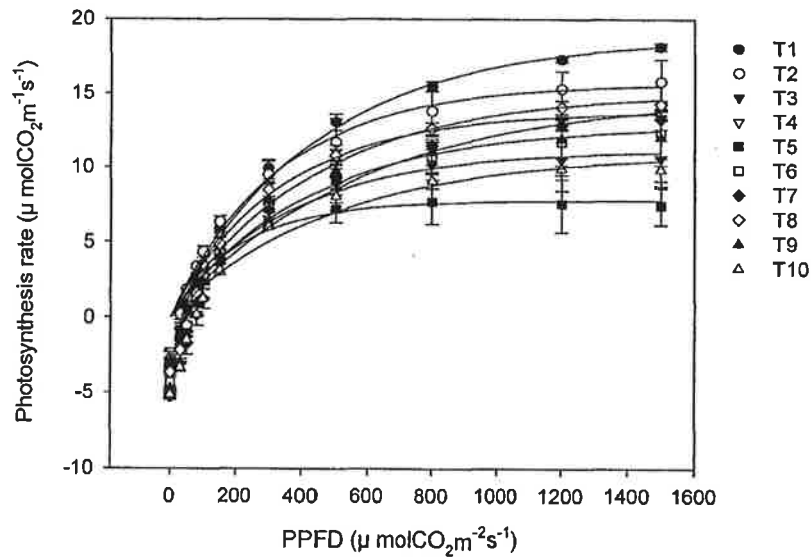


Fig. 2-22. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과 특성을 조사한 결과(Table 2-16), 과실의 생체중과 건물중은 T8 처리에서 가장 무거웠고 T2와 T3 처리에서 가벼운 경향이 있었다. 과고와 과경도 무게와 유사한 경향이었고, 당도는 T6과 T5 처리에서 높았고 T5에서 가장 낮았다.

Table 2-16. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

Treatment No.	Treatment		Fresh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg						
T1	0	0	113.7 b ^z	9.8 ab	72.7 ab	66.9 bc	7.4 ab	89
T2	1	1	68.5 c	5.1 c	55.8 b	59.3 c	7.5 a	91
T3	1	2	97.0 bc	8.1 b	65.7 b	66.4 bc	5.6 c	92
T4	1	3	136.4 a	9.1 ab	74.7 a	75.6 a	7.3 ab	90
T5	3	1	141.6 a	8.9 ab	73.8 a	74.3 a	7.7 a	90
T6	3	2	126.2 b	7.5 bc	65.7 b	71.0 ab	8.0 a	87
T7	3	3	132.5 ab	10.2 a	73.2 ab	71.6 ab	7.1 b	91
T8	5	1	158.1 a	11.5 a	78.0 a	77.5 a	7.0 b	90
T9	5	2	129.3 b	10.0 a	69.2 ab	70.1 ab	7.0 b	87
T10	5	3	114.4 b	9.9 a	74.1 a	67.9 b	7.3 ab	89

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 슬라브 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-23), 정식 후 초기에는 다소 상승하는 경향을 나타내다가 정식 후 4주째부터 다소 감소하였다. 이후 정식 후 8주째부터 다시 조금씩 상승하는 경향을 나타내었다. 처리간에는 T8 처리에서 낮게 유지되었고 T4 처리에서 높게 유지되었다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 pH와 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-24), pH는 전반적으로 모든 처리에서 변화가 적었고, 크게 상승하거나 하강하는 경향도 보이지 않았다. 처리 간에는 T1 처리에서 낮게 유지되었고 T4 처리에서 높게 유지되었다. EC는 전반적으로 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 T4 처리에서는 정식 후 10주째부터 크게 상승하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T4와 T7 처리에서 높았고, T8 처리에서 낮게 유지되는 경향을 나타내었다.

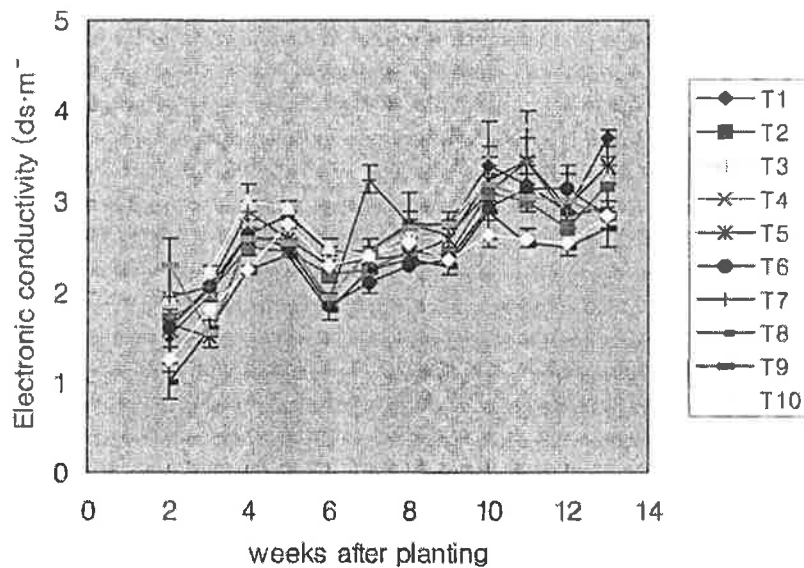


Fig. 2-23. Change of EC of slab according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

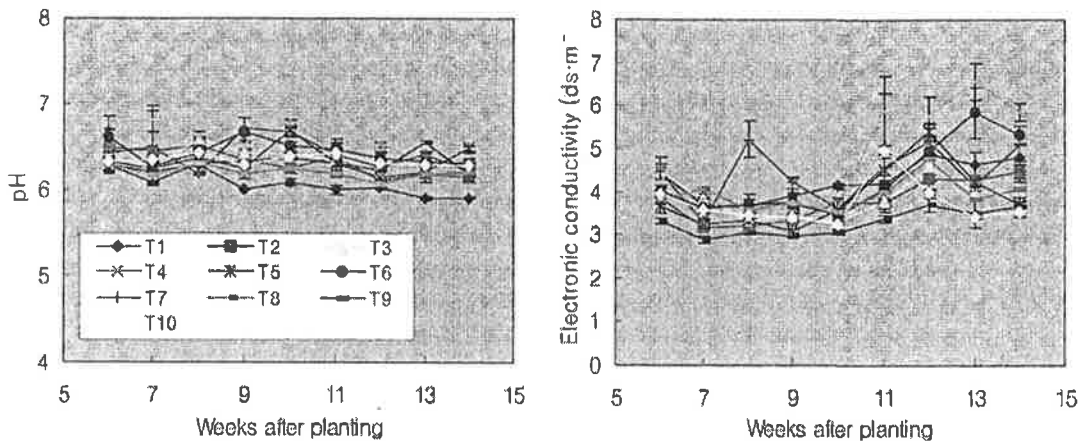


Fig. 2-24. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 Ca와 Mg 함량의 변화 정도를 살펴본 결과(Table 2-17), Ca 함량에서 평균함량은 T7과 T5 처리에서 높았고 T1과 T8 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 특히, T4와 T5 처리에서는 편차와 변이계수가 아주 높았다. Mg 함량에서 평균함량은 T7과 T5 처리에서 높았고 T8, T1, T2 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 특히, T4와 T5 처리에서는 편차와 변이계수가 아주 높았다.

정식 후 배액 내 Ca과 Mg 함량의 변화를 보면(Fig. 2-25), Ca 함량은 전반적으로 정식 후 다소 크게 상승하다가 11주째부터 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 T5와 T7 처리에서는 계속 상승하는 경향을 나타내었다. 그리고 T1과 T8 처리에서 다소 낮게 유지되었다. Mg 함량은 T7 처리를 제외하고는 정식 후 다소 낮아지는 경향을 보이다가 9주째부터 크게 증가하고 다시 11주째부터 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 특히 T4, T5, T7 처리에서는 중반부 상승폭이 다른 처리에서보다 아주 컸다. 그리고 T1, T2, T8 처리 등에서 다소 낮게 유지되었다.

Table 2-17. Change degree of drainage nutrient solution at interval of two weeks according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

Treatment No.	Ca contents		Ca contents			Mg contents		
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (me · L ⁻¹)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	195	98	50.3	102	34	33.3
T2	1	1	218	74	33.8	105	31	29.7
T3	1	2	212	61	28.7	122	35	28.8
T4	1	3	248	129	52.0	160	78	48.9
T5	3	1	297	184	62.0	153	85	55.5
T6	3	2	246	79	32.1	121	36	29.5
T7	3	3	304	119	39.2	182	64	35.0
T8	5	1	203	63	31.3	98	46	47.0
T9	5	2	273	63	23.1	116	36	31.1
T10	5	3	262	50	19.1	120	25	20.6

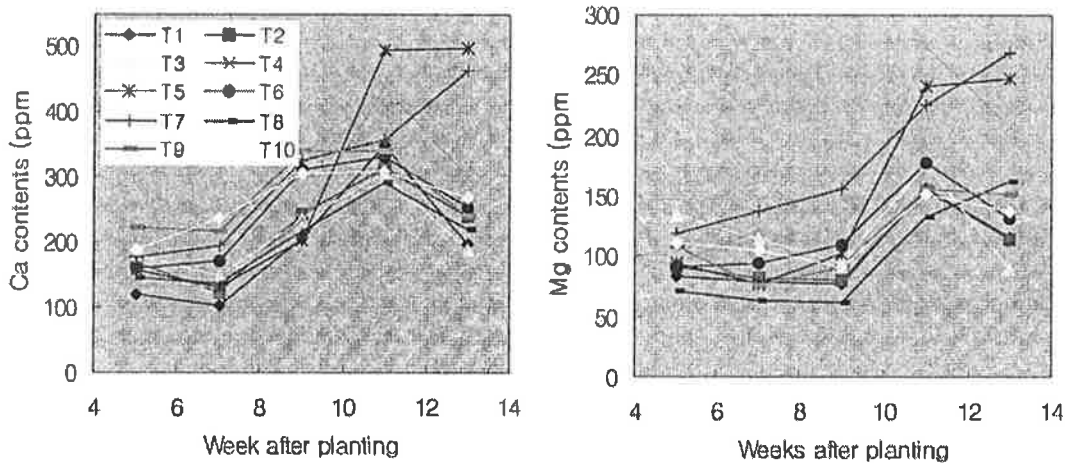


Fig. 2-25. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 N, K 및 Na 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-26), N 함량은 전반적으로 T3 처리를 제외하고는 다소 크게 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 정식 후 초기에는 T4와 T5 처리에서 크게 상승하다가 T4 처리에서는 감소하고 T5 처리에서는 계속 증가하는 경향을 나타내었다. 정식 후 후기에는 T7 처리에서 큰 상승이 나타났다. 처리 간에는 T8 처리에서 다소 상승과 하락이 반복되었으나 낮게 유지되었다. K 함량은 전반적으로 정식 후 초기에는 다소 감소하다가 9주째부터 크게 상승하고 11주째부터 크게 감소하는 경향이였다. 그러나 T1 처리에서는 초기부터 처리 간에 가장 높게 유지되다가 11주째 크게 감소하는 다른 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T1 처리에서 높게, T8 처리에서

낮게 유지되는 경향이였다. Na 함량은 모든 처리에서 정식 후 초기에는 다소 변화가 거의 없다가 9주째부터 아주 크게 상승하고 11주째부터 아주 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 거의 비슷한 경향이였다.

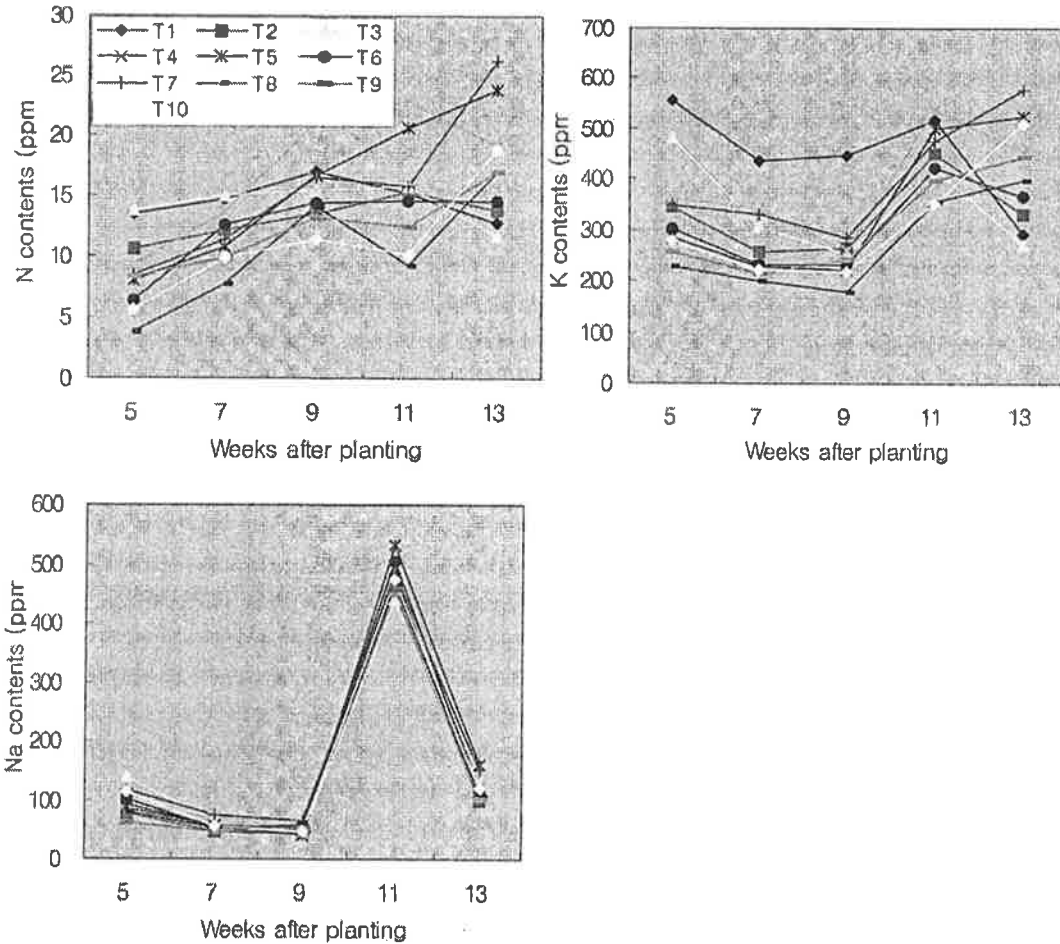


Fig. 2-26. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of sweet pepper using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

다. 급액의 관리

(1) 배양액의 적정 급액 농도 구명

급액 농도는 배양액내에 존재하는 전체 이온 농도를 나타내며 배양액은 작물의 종류나 생육 단계 또는 여러 가지 환경요인에 의해 함량비가 변하므로 작물의 생육단계마다 농도를 조절할 필요성이 있다. 따라서 Coconut coir 배지의 물리화학적 성을 고려하여 coir dust: fiber=70:30(v:v) 혼합 배지를 slab당 12L로 채워 이용하였다. 급액 농도는 농가의 급액농도($3.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)를 기준으로 2.5, 3.5 및 $4.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 의 4처리로 실험한 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배지내의 EC와 수분함량을 조사한 결과(Table

2-18), EC는 대조구($3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)의 평균 $4.4\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 비교하여 급액 농도 $2.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 및 $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 각각 평균 $3.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, $4.3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 및 $5.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내어 급액 농도가 높을수록 배지 내의 EC도 높은 경향이였다. 또한 변이계수도 평균 EC와 같은 경향을 나타내어 급액의 EC 농도가 높을수록 생육 기간 중 배지 내의 EC 변화가 심한 것으로 나타났다.

또한 수분함량은 EC $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 평균 70.2%로 가장 높았고 EC $2.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 평균 57.2%로 가장 낮았다. 다른 두 처리의 배지 내 EC는 각각 64.1%와 68.7%를 나타내었는데 특히, 급액 농도 EC $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 표준편차 1.96%와 변이계수 3.1%로 아주 낮아 생육 기간 동안 변화가 가장 적었다.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배지내의 EC와 수분함량의 변화를 살펴보면 (Fig. 2-27), EC는 생육 초기에는 급액 농도가 높을수록 배지의 EC 농도도 높아지는 경향으로 EC $2.8 \sim 4.9\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 급액 농도 간 차이를 나타내었다. 그러나 정식 후 13주 급액 농도 EC $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 EC $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 급액 농도 EC $3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 보다 낮아졌다. 이러한 경향은 생육 중후반까지 계속되었지만 후반기에 다시 상승하여 초기와 같은 경향을 나타내었다. 그러나 급액 농도 $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 9주후에 급격히 상승한 후 13주에 다시 감소하다가 EC $4.4\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 까지 낮아지는 변화를 나타내었다. 생육 기간 동안 전반적으로 급액 농도 EC 3.0, 2.5, 3.5, $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 각각 평균 4.4, 3.2, 4.3, $5.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내어 EC $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이상의 배양액 공급은 다소 급격한 변화로 적합하지 않은 것으로 생각된다. Park 등(1998)은 무등산수박의 배출액과 배지 내 EC는 이온 농도가 높아질수록 점증되며, 농도가 높을수록 배지 내의 EC는 급증하는 경향을 보였다고 하였고, Roh(1997)는 오이 순환식 고품배지경에서 높은 농도의 배양액이 공급됨으로써 작물이 흡수하는 이온보다 많은 양의 이온이 배양액 내에 집적되어 EC가 높아진 것으로 보며, An과 Lee(1991)도 같은 의견을 제시하였다. 이와 같이 급액 농도가 높아지면 높은 EC가 작물의 뿌리 발달을 저해하여 충분한 양분을 흡수하지 못하여 배지 내의 EC가 높은 것으로 판단되었다.

또한 수분함량은 생육 초기에는 EC $3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 65.3%로 가장 높았고 EC $2.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 가장 낮았다. 이러한 경향은 생육 후반까지 계속되어 정식 20주 후에는 급액 농도 $3.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 78.3%로 가장 높았고, 다음으로 EC 4.0, 3.5, $2.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 순이었다. 특히, 급액 농도 $2.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 다소 낮은 57.2%를 나타내어 전반적으로 급액 농도에 따른 배지의 수분함량의 변화는 급액 농도 $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 생육 기간 동안 안정적인 변화를 보였다. Sonneveld와 Voogt(1990)는 토마토 수경재배에서 양액의 농도가 증가할수록 수분 흡수는 감소된다고 하였는데 Masuda 등(1990)도 같은 의견을 제시하였으며, Park 등(1998)도 무등산수박의 수분흡수량은 급액 농도에 영향을 받아 농도가 높을수록 적어진다고 하였다. 본 실험에서도 급액 농도가 높아질수록 배지 내의 수분함량이 증가한 이유도 선행 연구와 같은 맥락을 이룬다고 볼 수 있으며, 급액 농도 EC $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 생육 기간 동안 안정적인 변화를 보인 것은 이 농도에서 근권부의 환경이 적합하여 뿌리의 발달이 좋아 충분히 수분을 흡수하여 배지 내에 수분 함량의 변화가 낮아졌기 때문이라고 생각된다.

Table 2-18. Electric conductivity (EC) and water content in the substrate according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Electric conductivity ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)			Water content (%)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
Control (3.0)	4.4	0.84	19.2	68.7	6.36	9.3
2.5	3.2	0.56	17.3	57.2	5.02	8.8
3.5	4.3	1.15	27.0	64.1	1.96	3.1
4.0	5.8	1.62	27.8	70.2	6.28	9.0

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

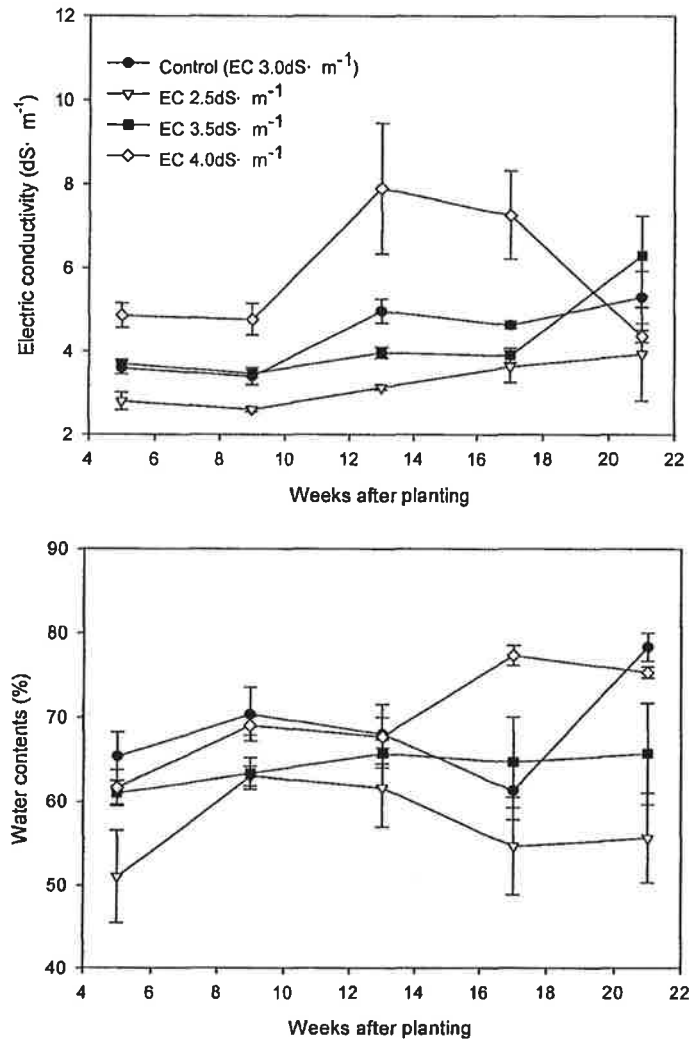


Fig. 2-27. Changes of electric conductivity and water content in the substrate according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배액의 pH와 EC를 조사한 결과(Table 2-19), pH는 EC 2.5dS · m⁻¹과 대조구(3.0dS · m⁻¹)에서 각각 평균 pH 6.4와 6.3으로 EC 3.5dS · m⁻¹과 4.0dS · m⁻¹의 평균 pH 6.0과 6.1보다 다소 높아 급액 농도가 높으면 배액의 pH는 낮아지는 경향을 나타내었는데 이 범위는 작물의 생육적정 범위인 pH 5.5~6.5의 범위에 있어 작물의 생육에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

또한 EC는 pH와 반대의 경향으로 EC 4.0dS · m⁻¹에서 평균 7.3dS · m⁻¹로 가장 높았으며, 표준편차(1.93dS · m⁻¹), 변이계수(26.6%)도 변화가 심하였다. EC 2.5dS · m⁻¹에서는 평균 3.5dS · m⁻¹로 가장 낮았다. 나머지 두 배지에서는 모두 4.6dS · m⁻¹을 나타내었지만 EC 3.5dS · m⁻¹에서는 표준편차 0.96dS · m⁻¹, 변이계수 20.8%를 나타내어 변화가 약간 심한 것으로 나타났다.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배액의 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 2-28), pH는 급액 농도에 따른 pH의 변화는 재배가 진행되면서 낮아지는 경향을 나타내었다. 또한 생육 전반에 걸쳐 급액 농도 3.0, 2.5, 3.5, 4.0dS · m⁻¹에서 각각 평균 pH 6.3, 6.4, 6.0, 6.1을 나타내어 적정 pH 농도를 벗어나지 않아 안정이라고 할 수 있다. Roh(1997)는 배양액의 농도가 높으면 pH가 서서히 낮아지는 경향을 보이는데 이는 배양액 내 양이온인 NH₄⁺와 K⁺ 이온의 흡수가 지속적으로 이루어지면서 나타난 결과라고 하였으며, Yamazaki(1982), An과 Lee(1991)도 같은 의견을 제시하였다.

또한 EC는 생육 전반에 걸쳐 급액 농도가 높을수록 배액의 EC도 높아지는 경향이였다. 특히 급액 농도 4.0dS · m⁻¹의 배액에서는 정식 12주 후에 EC가 9.9dS · m⁻¹, 15주 후에 5.7dS · m⁻¹ 등 크게 불안정한 변화를 나타내었다. 생육 전반에 걸쳐서는 급액 농도 3.0, 2.5, 3.5, 4.0dS · m⁻¹ 각각 평균 4.6, 3.5, 4.6, 7.3dS · m⁻¹을 나타내어 급액 농도 4.0dS · m⁻¹을 제외한 나머지 급액 농도는 문제가 없는 것으로 나타났다. 이는 급액 농도에 따른 배지 내의 EC에서도 언급한 바와 같이 급액 농도가 높아지면 작물이 흡수한 양분을 제외한 여분은 배지 내에 축적되거나 배액을 통하여 배출되어 EC가 높은 것으로 판단되며, Park 등(1998)은 무등산수박, Roh(1997)는 오이 순환식 고품배지경, An과 Lee(1991)는 미나리 수경재배에서도 같은 의견을 제시하였다.

Table 2-19. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Electric conductivity (dS · m ⁻¹)	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Mean	SD ²	CV ³ (%)	Mean	SD	CV (%)
Control (3.0)	6.3	0.23	3.6	4.6	0.96	20.8
2.5	6.4	0.25	4.0	3.5	0.34	9.7
3.5	6.0	0.37	6.1	4.6	0.43	9.3
4.0	6.1	0.21	3.4	7.3	1.93	26.6

²Standard deviation.

³Coefficient of variation.

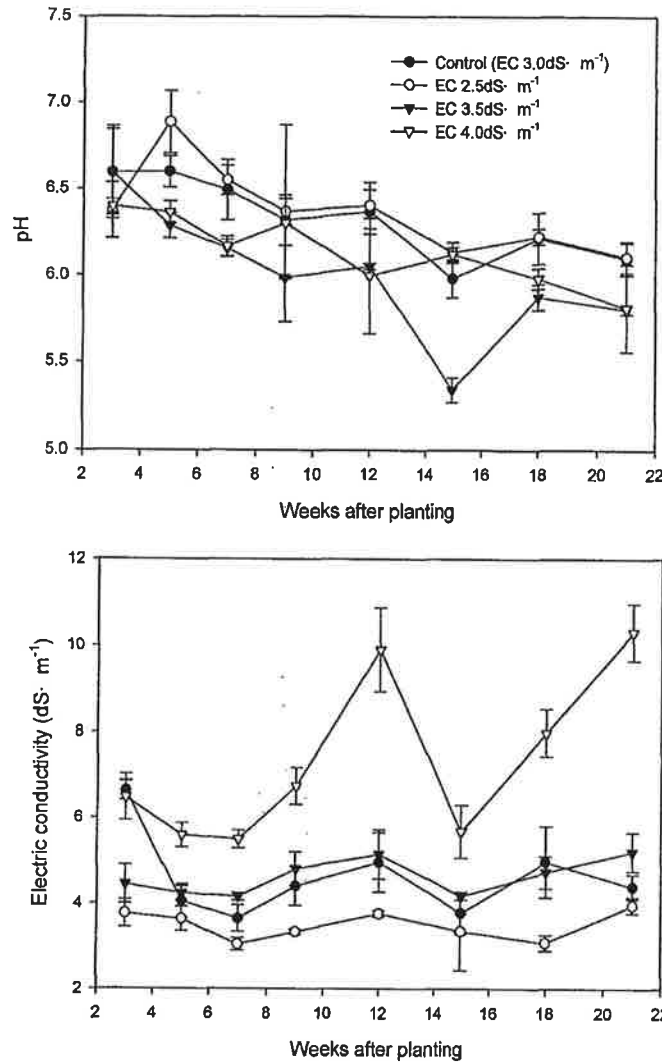


Fig. 2-28. Changes of pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 coir 배지의 온도 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-29), 생육 전반에 걸쳐 온도 변화가 다소 심하였고, 급액 농도가 높을수록 배지 내의 온도가 높은 경향을 나타내었다. 특히, 전반적으로 생육 후기에 배지 내의 온도가 낮아진 것은 시험 시기가 동계인 관계로 낮아진 것으로 판단되어 재배상의 관리가 요구되었다.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 초장의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-30), 생육 전반에 걸쳐 초장은 급액 농도가 높을수록 다소 큰 경향을 나타내었으며, 정식 21주 후 EC 3.0, 2.5, 3.5, 4.0 dS·m⁻¹에서 각각 평균 165.3, 163.8, 176.9, 180.8cm를 나타내었다. 전반적으로 급액 농도에 따른 초장의 변화는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. Chung과 Lee(1997)는 토마토 분무경에서 급액 농도가 높을수록 초장이 커진다는 결과와 유사하나 Roh(1997)는 오이 순환식 수경재

배에서 급액 농도가 높으면 초장 짧아지고, Kim 등(2001)은 EC 농도가 높아지면 초장은 짧아진다는 결과와는 반대의 경향을 보였다. Chung 등(1994)은 오이 담액수경에서 표준 농도에서 초장이 가장 높게 나타났고, 농도가 낮거나 높을 때는 낮았다는 결과도 있었다.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 엽록소의 함량 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-31), 전반적으로 생육초기부터 함량이 증가하다가 13주 후부터 낮아지는 경향을 보였으며, 특히 급액 농도가 높을수록 높아지는 경향을 보였다. Lee와 Lee(2002)는 미나리 수경재배에서 급액 농도가 높을수록 엽록소 함량은 증가하고, 생육은 오히려 저조하며 조직이 경화되었다고 하였고, Lee 등(1993)은 sweet basil의 경우 급액 농도 2배와 표준 농도에서 엽록소 함량이 높았다고 하였는데 본 실험의 결과와 일치하였다.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 광합성률을 살펴본 결과(Fig. 2-32), 급액 농도 EC 3.0d S · m⁻¹에서 월등히 높은 것을 제외한 나머지 급액 농도간에는 큰 차이를 나타내지 않았다. Lee 등(1993)은 배양액농도에 따른 sweet basil의 순광합성률은 1/2농도와 표준농도에서 높았고, Chung 등(1994)은 순광합성률은 급액농도가 증가함에 따라 감소한다고 한 바 본 실험에서 급액 농도 EC 3.0dS · m⁻¹에서 높았던 결과를 뒷받침 해 준다.

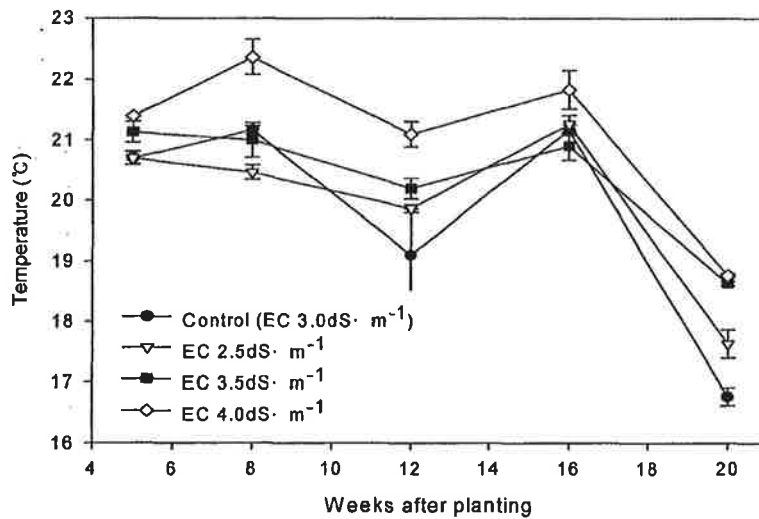


Fig. 2-29. Changes of temperature in the substrate according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

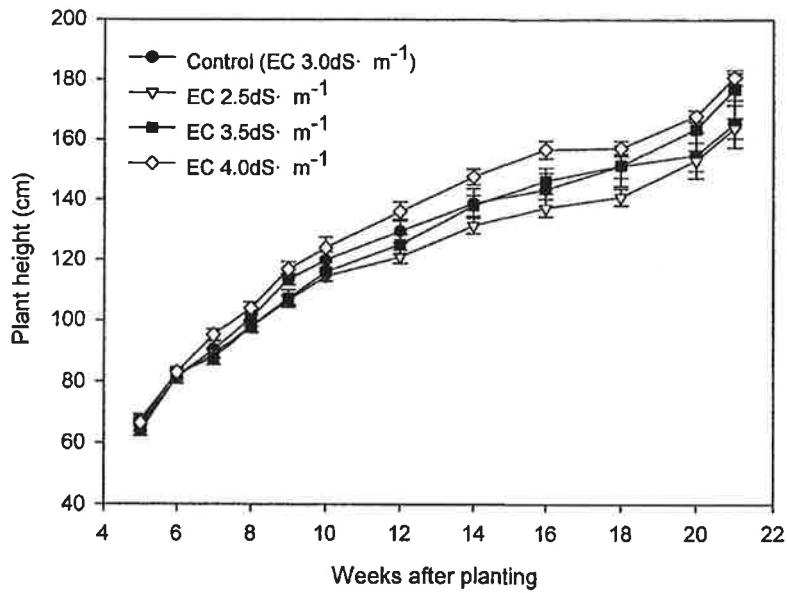


Fig. 2-30. Changes of plant height according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

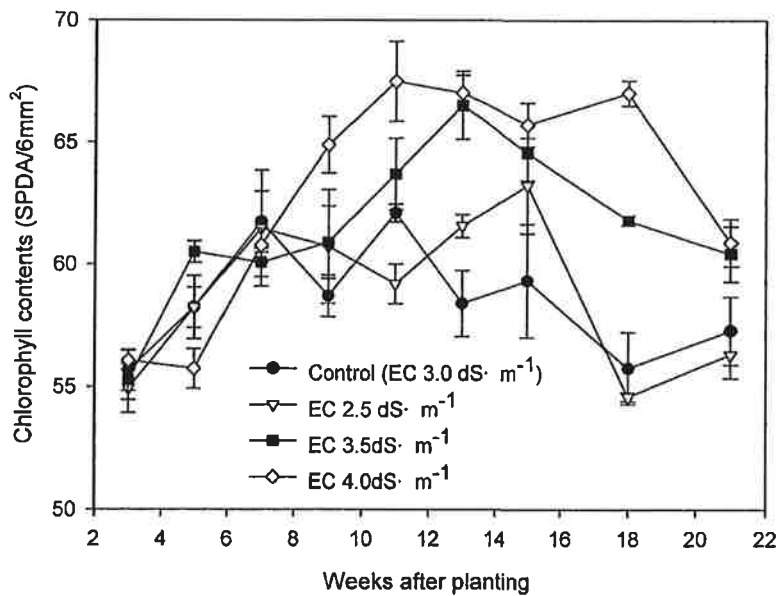


Fig. 2-31. Changes of chlorophyll contents according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

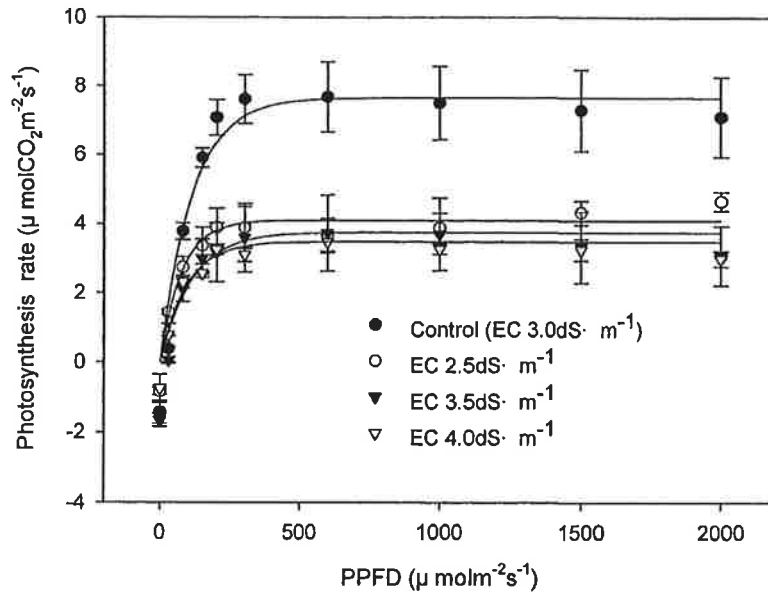


Fig. 2-32. Photosynthesis rate according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper at 13 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

급액 농도에 따른 과실의 품질 특성을 조사한 결과(Table 2-20, 2-21) 과중은 급액의 농도가 높을수록 무거운 경향으로 EC 4.0dS·m⁻¹에서 199.0g을 나타내었고 EC 2.5dS·m⁻¹에서는 16.4g으로 농도 간 차이가 컸다. 과고는 과중과 동일한 경향이었고, 과경도 EC 4.0dS·m⁻¹을 제외하고 동일한 경향이였다. 그러나 과형지수는 급액 농도간 차이는 없었으나 육안으로 보아 EC 3.0dS·m⁻¹에서 다소 뾰족한 형태를 보였으며, 과형은 EC 3.5dS·m⁻¹에서 3.4로서 정사각형에 가까웠다. 당도는 EC 3.0dS·m⁻¹에서 다소 낮았고, 과실의 골 깊이는 EC 2.5dS·m⁻¹에서 낮은 편이었으며, 골수는 차이를 나타내지 않았다. 과실 수분함량과 표면 매끄러움은 EC 3.0dS·m⁻¹에서 다소 낮으면서 거칠었다. 과피 두께는 EC 4.0dS·m⁻¹에서 가장 두꺼웠고, 과육두께는 EC 2.5dS·m⁻¹에서 가장 얇았다. 과피 경도는 EC 2.5dS·m⁻¹에서 가장 낮았고, 과육 경도는 EC 3.5dS·m⁻¹에서 가장 높았다. Akira 등(1981), Chi 등(1998), Kang 등(1995) 등은 배양액의 농도는 식물의 양수분 흡수에 영향을 미쳐 생육, 수량 및 품질을 좌우하며 식물의 종류, 품종, 계절 및 생육단계 등에 따라 다르다고 하였는데, Adams와 Winsor(1973), Winsor 등(1962)은 토마토를 수경재배 할 경우 과실의 품질향상을 위하여 배양액 농도를 높이는 것이 효과적이며, Ehret와 Ho(1986a)는 NFT 방식을 이용하여 토마토를 재배했을 때, 배양액 농도를 EC 4.0dS·m⁻¹ 이상으로 증가시키면 따라 과실의 품질은 향상되었다고 하여 본 실험에서도 전반적으로 급액 농도가 높을수록 품질이 향상된 결과와 일치한다. 반면 Jones 등(1989)은 오이 수경재배시 EC의 상승은 수량 및 과실의 크기를 감소시키며, Tsukagoshi 등(1994)은 ‘女蜂’ 딸기 수경재배시 1.7dS·m⁻¹의 고농도구의 수량 및 과실수가 0.9dS·m⁻¹의 저농도구 보다 작았으나, 평균과중은 컸다고 하였다. Willumsen 등(1996)도 EC가 3.7dS·m⁻¹보다 높은 고농도 양액에서 자란 토마토는 과실무게와 크기 및 과실수가 저하하는 대신 건물율은 증가한다고 하였다. Adams와 Ho(1989)는 토마토 수경재배 시 EC 농도가 높으면 과실의 품질은 향상되나 수량은

저하한다고 하였다. Adams와 Ho(1995)는 근권내 EC 상승 시 토마토나 오이에서 전체 과실의 크기가 작아지는 것은 같은 경향이었다고 하였다. 이와 같은 선행의 연구결과들과 본 실험의 결과와 비교해서 본 실험에서는 과중의 차이가 급액 농도가 높아질수록 높아져 반대의 결과를 보였다.

Table 2-20. Characteristics of fruit quality according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper.

Electric conductivity (dS·m ⁻¹)	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Fruit shape ^z	Soluble solids (°Brix)
Control (3.0)	178.9 ab ^w	86.8 ab	71.0 b	1.2 a	2.8 b	6.4 b
2.5	160.4 b	81.5 b	71.9 ab	1.1 a	3.3 a	6.7 a
3.5	182.2 ab	85.5 ab	76.6 a	1.1 a	3.4 a	6.7 a
4.0	199.0 a	90.1 a	76.1 ab	1.2 a	3.1 a	6.6 a

Electric conductivity (dS·m ⁻¹)	Depth of valley of fruit surface ^y	No. of valley of fruit surface	Moisture contents (%)	Smooth of fruit surface ^x
Control (3.0)	2.2 a	3.5 a	90.7 b	1.8 b
2.5	1.9 b	3.4 a	91.8 a	2.7 a
3.5	2.1 a	3.3 a	91.3 a	2.6 a
4.0	2.1 a	3.4 a	91.6 a	2.6 a

^zShape of the side of fruit. 1, triangle; 2, echelon; 3, rectangle; 4, regular square.

^yThe naked eye observation. 1, shallow; 2, some deep; 3, very deep.

^xThe naked eye observation. 1, ruggedness; 2, smooth; 3, very smooth.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 2-21. Characteristics of thickness and hardness of fruit according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in sweet pepper.

Electric conductivity (dS·m ⁻¹)	Thickness of fruit peel (mm)			Thickness of flesh (mm)	Fruit hardness (g/Ø1mm)	
	Epicarp	Endocarp	Total		Peel	Fresh
Control (3.0)	0.52 a ^z	1.47 a	1.99 ab	7.03 a	170.5 a	119.8 ab
2.5	0.53 a	1.43 b	1.96 b	6.88 b	166.8 b	116.7 ab
3.5	0.52 a	1.45 ab	1.97 b	7.22 a	176.9 a	125.6 a
4.0	0.58 a	1.50 a	2.08 a	7.52 a	172.9 a	112.3 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

(2) 배양액의 적정 급액량 구명

Coconut coir 배지의 물리화학적 성을 고려하여 coir dust:fiber=70:30(v:v) 혼합 배지를 slab(자루) 당 12L를 넣고, 회당 급액량 70mL, 120mL, 170mL 및 230mL로 처리한 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지 내의 EC와 수분함량을 조사한 결과(Table 2-22), EC는 급액량 70mL/회는 배지 내의 수분 부족으로 정식 5주 후 고사하였다. 배지 내의 EC는 대조구(120mL/회), 170mL/회 및 230mL/회 급액량에서 각각 평균 $4.9\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, $4.2\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 및 $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내어 급액량이 많을수록 낮은 경향을 나타내었지만 생육 기간 동안 control(120mL/회) 급액량에서는 표준편차 $0.91\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수 18.7%로 변화가 다른 처리구에 비해 심하였다.

또한 수분함량은 급액량이 많을수록 다소 높은 경향을 보였으나 처리구 간에 큰 차이는 없었고, 대조구(120mL/회) 급액량에서 배지의 EC와 마찬가지로 표준편차 $7.48\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 변이계수 10.7%로 변화가 가장 심하였다. 이와 같이 배지 내의 EC나 수분함량은 급액량 70mL/회를 제외하고는 전반적으로 안정적인 것으로 나타났다.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지 내의 EC와 수분함량의 변화를 살펴보면(Fig. 2-33), EC는 70mL/회 급액량에서는 생육 초기에 고사되었고, 급액량이 적을수록 EC 농도가 증가하는 경향을 보였는데 170mL/회와 120mL/회 급액량에서는 각각 $4.8\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 $4.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내었으나 230mL/회 급액량에서는 EC $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내었다. 생육 중기에는 120mL/회 급액량에서 큰 변화를 나타내었고 다른 두 처리는 큰 변화를 나타내지 않았다. 생육 전반에 걸쳐 120mL/회, 170mL/회 및 230mL/회에서 각각 EC가 4.9, 4.2 및 $4.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타내었지만 변화의 폭이 큰 120mL/회 급액량은 다소 불안한 결과를 보였다. Aljibury와 May(1970)은 토마토 수경재배에서 급액량을 줄이면 근권의 EC가 상승하여 양분흡수의 균형이 깨져 생육이 억제된다고 하였는데 본 실험에서도 급액량이 적어지면 근권 함수율이 낮아져 결국 EC가 높게 나타난 것으로 본다.

또한 수분함량은 생육 초기에는 급액량이 적을 때 높았으나 생육 중기로 가면서 반대의 경향을 나타내었고, 생육 후기에는 3처리 모두 거의 차이를 나타내지 않았다. Asakura(1998)는 배지 내의 수분함량을 결정하는 요인으로서는 식물체의 증산량, 온실기상환경, 배지 종류 등이며, 배지 내 수분 보유력과 수분함량변화는 관수시기, 관수량 및 관수횟수를 결정하는 중요한 요인이 된다. An(2005)은 첫 급액이 이를수록 배지 내 함수율이 높게 유지되며, EC는 함수율과 반대의 경향을 나타낸다고 하였는데 본 실험에서는 전반적으로 3처리 모두 평균 70% 내외를 나타내어 배지 내 수분함량의 변화는 급액량에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지의 배액 pH와 EC를 조사한 결과(Table 5-23). pH는 170mL/회 급액량에서 다른 두 처리구보다 평균 pH 7.2로 높았고, 표준편차(pH 0.71)와 변이계수(10.0%)도 가장 높은 것을 제외하고는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다.

또한 EC는 120mL/회 급액량에서 $8.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 다른 두 처리구(170mL/회와 230mL/회)의 급액량 $6.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 과 $5.1\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 보다 월등히 높았다.

Table 2-22. Electric conductivity (EC) and water content in the substrates according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Amount of supply nutrient solution (mL/times)	EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)			Water content (%)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
Control (120)	4.9	0.91	18.7	69.8	7.48	10.7
70	-	-	-	-	-	-
170	4.2	0.44	10.6	70.7	6.09	8.6
230	4.0	0.44	11.0	70.9	6.49	9.1

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

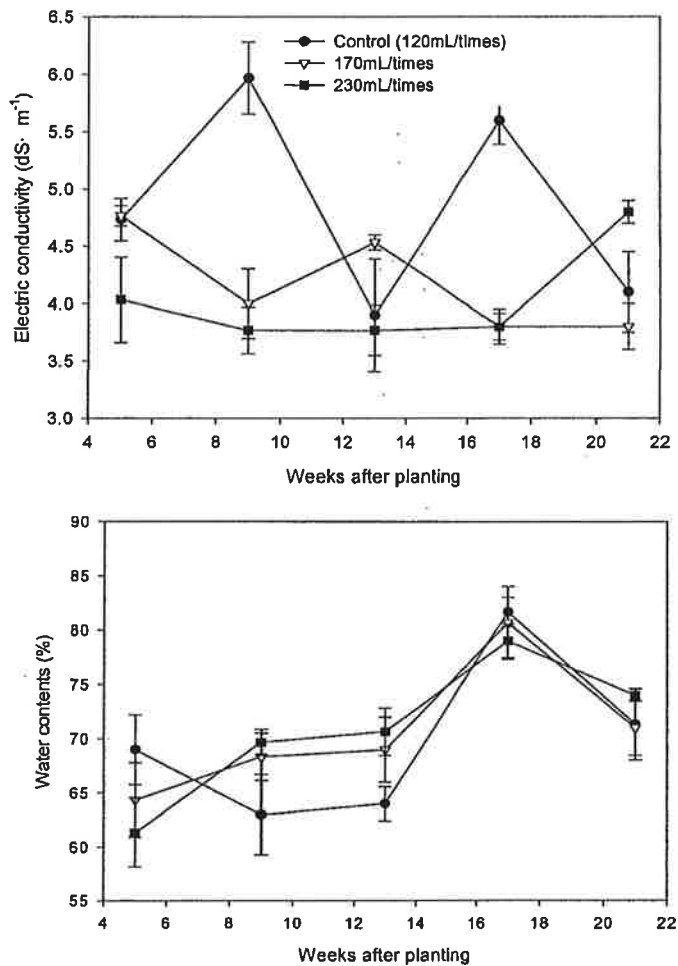


Fig. 2-33. Changes of electric conductivity (EC) and water content in the substrate according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 20 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

Table 2-23. pH and electric conductivity (EC) in the substrate according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting.

Amount of supply nutrient solution (mL/times)	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
Control (120)	6.3	0.41	6.4	8.0	0.81	10.1
70	-	-	-	-	-	-
170	7.2	0.71	10.0	6.1	0.35	5.7
230	6.4	0.35	5.5	5.1	0.87	17.0

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지의 배액 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 2-34), pH는 생육 초기는 170mL/회 공급에서 가장 높았고 나머지 처리는 비슷한 수준을 나타내었다. 이러한 경향은 생육 중기까지 계속 되었지만 후기로 가면서 높은 경향을 나타내었던 170mL/회 급액에서 다소 낮아지며 다른 처리와 큰 차이를 나타내지 않았다. 생육 전반에 걸쳐 급액량에 따라 각각 평균 pH 6.3, 7.2 및 6.4를 나타냈는데 재배기간 중 pH의 변화가 심하고 높게 나타난 170mL/회 급액량은 부적합한 것으로 생각되었다. Seo 등(2003)은 토마토 필라이트 재배시 급액량에 따른 배액의 pH는 급액량이 많을수록 낮아진다고 하여 본 실험의 170mL/회 급액량을 제외하고 같은 결과를 보였다.

또한 EC는 생육 초기에는 급액량이 적을수록 높은 경향을 나타내었으며, 특히 120mL/회 급액에서는 중기로 가면서 크게 증가하는 경향을 보였다. 170mL/회와 230mL/회 급액에서는 중기로 가면서 각각 다소 증가와 감소하는 등 변화가 있었지만 변화폭은 크지 않았다. 생육 후기에는 3처리 모두 다소 감소하는 경향을 보여 생육 전반에 걸쳐 급액량에 따라 각각 EC 8.0, 6.1 및 5.1dS · m⁻¹을 나타내어 120mL/회 공급은 부적합한 것으로 판단된다. 이는 Smith(1988)는 배액량이 부적당할 경우 가장 나타나기 쉬운 현상이 근권 내 EC 상승이라고 하였고, Aljibury와 May(1970)는 급액량을 줄이면 근권의 함수율이 떨어지고, EC가 상승하여 생육과 수량이 억제되는 결과를 초래한다고 하여 본 실험과 같은 결과를 보였다.

생육 기간 동안 공급 배양액의 급액량에 따른 배지의 온도 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-35), 생육 초기에는 높아지다가 중기 이후에는 낮아지는 경향을 보였으며, 급액량이 적은 처리구가 온도가 높은 경향을 보였다. 배지 내 온도가 낮아지는 것은 급액량이 적어짐으로서 배지 내 수분함량이 낮아 온도가 높아지며, 근권의 온도는 시설내 기온의 영향을 받아 변하며, 특히 겨울철에는 적정 온도 이하로 낮아진다는 Lee 등(2005)과 같은 맥락으로 재배시기가 겨울철로 접어들면서 전반적으로 배지 내의 온도가 낮아졌기 때문으로 생각된다.

생육 기간 동안 급액량에 따른 초장 변화를 살펴본 결과(Fig. 2-36), 생육 전반에 걸쳐 급액량에 따른 초장의 차이는 거의 나타나지 않았으나 생육 중기 이후 230mL/회 급액에서 증가폭이 커지는 경향을 나타내었다. 이는 An(2005)이 근권부 수분관리에서 첫 급액이 빠를수록 배지 내의 함수율이 높아 초장이 길고, 생육이 빠르면서 안정되는 경향을 보였다는 결과로 볼 수 있다.

생육 기간 동안 급액량에 따른 엽의 엽록소 함량을 살펴본 결과(Fig. 2-37), 생육 전반에 걸쳐 급액량에 따라 큰 차이를 나타내지는 않았지만 170mL/회에서 변화가 가장 심하였고, 생육 전반에 걸쳐 각각 평균 62.0, 61.8 및 62.1 SPAD/6mm²을 나타내었다.

생육 기간 동안 급액량에 따른 광합성률을 살펴본 결과(Fig. 2-38), 급액량이 많을수록 높았으며, 170mL/회와 230mL/회 공급 간에는 차이를 나타내지 않았지만, 120mL/회에서는 큰 차이를 나타내며 매우 저조하였다.

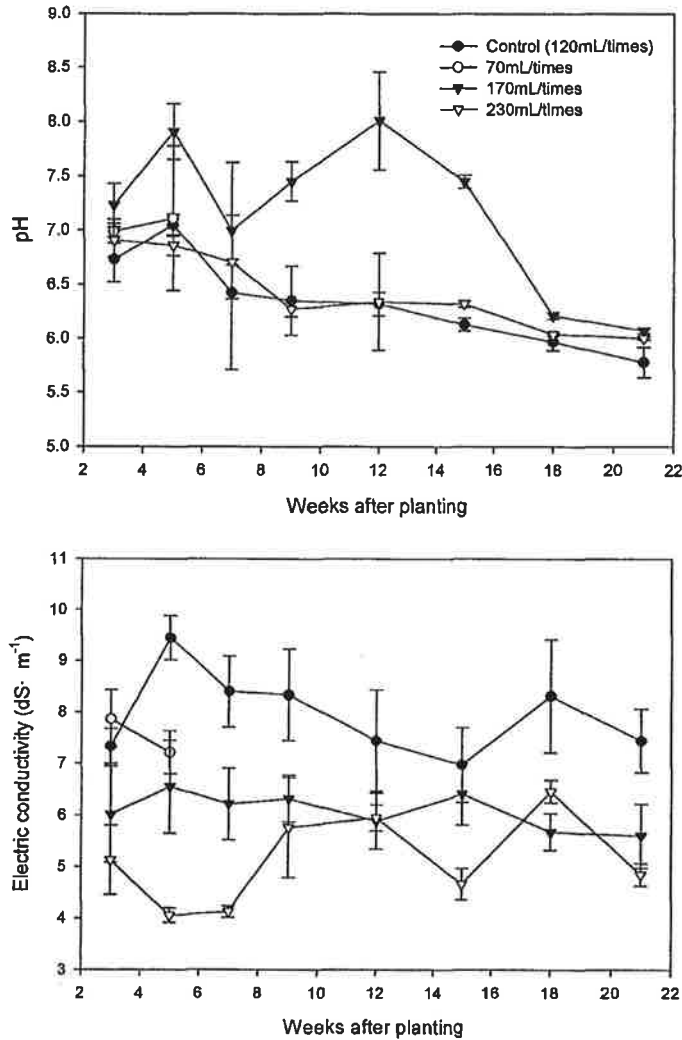


Fig. 2-34. Changes of pH and electric conductivity of drainage nutrient solution according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

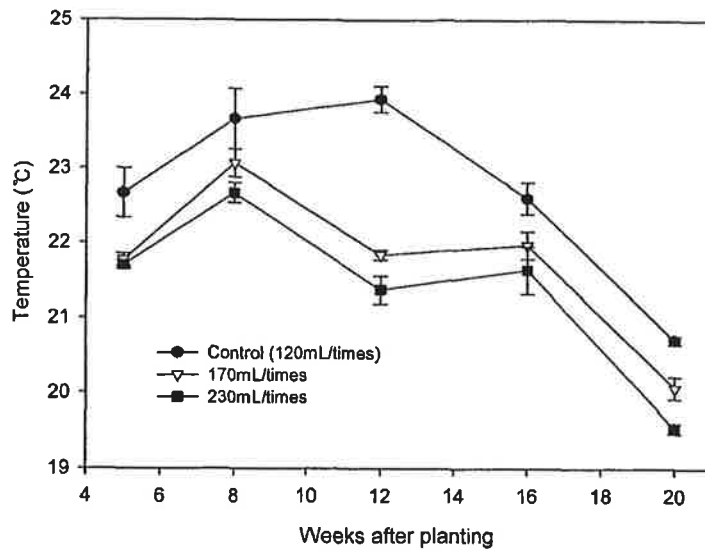


Fig. 2-35. Changes of temperature in the substrate according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

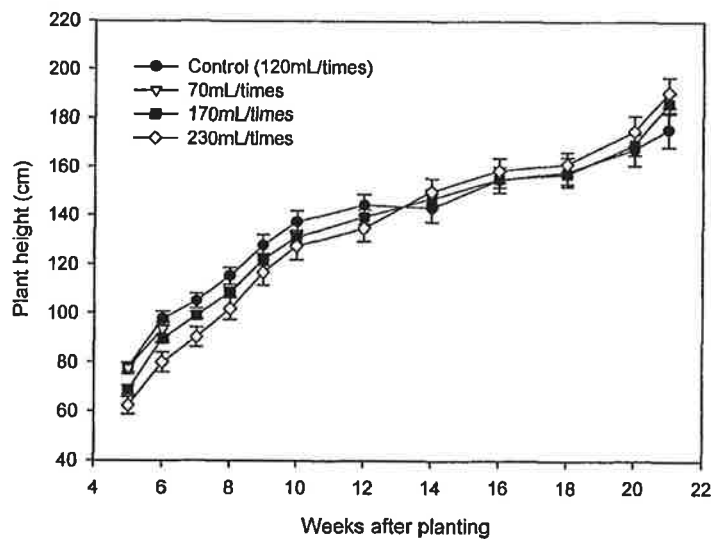


Fig. 2-36. Changes of plant height according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

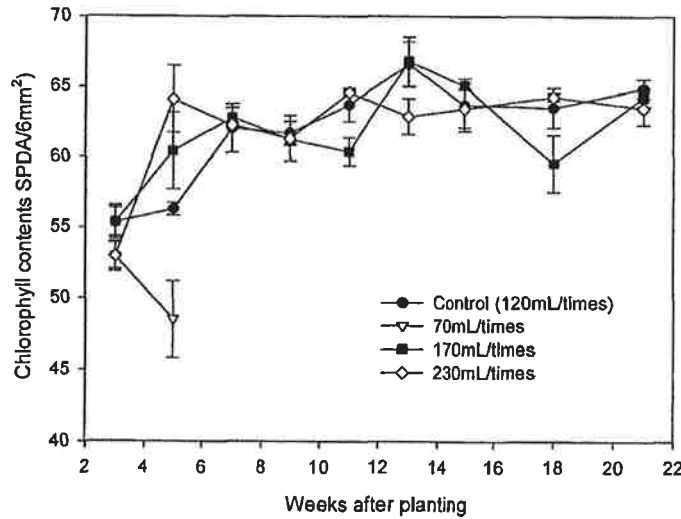


Fig. 2-37. Changes of chlorophyll contents according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper from 3 to 21 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

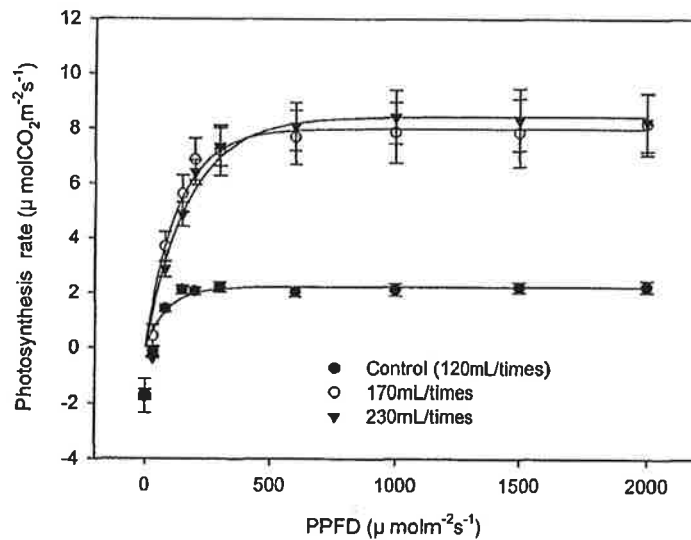


Fig. 2-38. Photosynthesis rate according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper at 13 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 과실 특성 조사 결과는 Table 2-24와 2-25와 같다. 과중은 급액량이 가장 높은 170mL/회와 230mL/회에서 각각 194g과 189g으로 무거웠다. 과고와 과경도 과중과 같은 경향을 나타내었고, 이에 과형지수는 유의한 차이를 보이지 않았다. 육안상의 과형은 170mL/회에서 다소 사각형에 더 가까웠고 120mL/회 공급에서는 뾰족한 형태를 나타내었다. 당도는 6.3~6.5°Brix로 차이를 나타내지 않았다. 과실의 골 깊이는 모두 보통의 깊이를 나타내었고, 골 수도 3.4~3.5개로 대부분 4개에 가까웠다. 그러나 과실 표면의 매끄러움

정도에서는 급액량이 적은 120mL/회 공급에서 다소 거친 편이었다. 과실의 과피두께는 차이를 나타내지 않았지만 170mL/회 공급에서 1.52mm로 가장 두꺼운 경향이었고 과육 두께는 공급량이 많을수록 두꺼운 경향이였다. 과피 및 과육경도는 모두 170mL/회 공급에서 유의한 차이로 낮은 경향이였다. Kang 등(2006)은 시설 토마토 과실의 당도는 관수량을 줄임으로써 급격하게 증가한 반면 수량은 감소한다는 결과와 본 실험의 결과와는 다소 차이가 있었고, Seo 등(2003)은 반축성 완숙토마토 펠라이트 재배에 있어 정식 후 45일간은 0.93L, 이후 45일간은 1.3L, 수확 종료까지는 1.6L 정도 급액하는 것이 적정 수량을 확보하고 품질을 향상시키고, 배액량을 최소화할 수 있는 방법이라고 한 결과에 비추어 착색단고추의 배지 내 수분관리도 환경요인에 따라 관리를 달리 해야 될 것으로 본다.

Table 2-24. Characteristics of fruit quality according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper.

Supply amount (mL/times)	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Fruit shape ^z	Soluble solids (°Brix)
Control (120)	178.9 b ^w	86.8 b	71.0 b	1.21 a	2.8 b	6.4 a
70	-	-	-	-	-	-
170	194.4 a	90.1 a	73.4 ab	1.24 a	3.3 a	6.3 a
230	189.5 a	90.1 a	75.0 a	1.22 a	3.1 ab	6.5 a

Supply amount (mL/times)	Depth of valley of fruit surface ^y	No. of valley of fruit surface	Moisture contents (%)	Smooth of fruit surface ^x
Control (120)	2.2 a	3.5 a	90.7 a	1.8 b
70	-	-	-	-
170	2.2 a	3.5 a	92.0 a	2.4 a
230	2.2 a	3.4 a	90.4 a	2.2 a

^zShape of the side of fruit. 1, triangle; 2, echelon; 3, rectangle; 4, regular square.

^yThe naked eye observation. 1, shallow; 2, some deep; 3, very deep.

^xThe naked eye observation. 1, ruggedness; 2, smooth; 3, very smooth.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 2-25. Characteristics of thickness and hardness of fruit according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in sweet pepper.

Supply amount (mL/times)	Thickness of fruit peel (mm)			Thickness of flesh (mm)	Fruit hardness (g/Ø1mm)	
	Epicarp	Endocarp	Total		Peel	Flesh
Control (120)	0.52 a ^z	1.47 a	1.99 a	7.03 b	170.5 a	119.8 a
70	-	-	-	-	-	-
170	0.55 a	1.52 a	2.07 a	7.54 a	151.8 b	99.3 b
230	0.53 a	1.49 a	2.02 a	7.59 a	170.3 a	113.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

(3) Coconut coir 배지조성에 따른 배지 내 수분변화 특성

인도네시아산 coconut coir dust에 fiber 비율을 9:1(v/v)으로 조제한 자루재배(21L)에 착색단고추 'Special' 3주를 식재하여 1회 급액량을 달리하였을 때 배지 내 수분변화 특성을 측정하였다. 초장이 120cm 내외인 생육초기 착색단고추의 배양액 공급과 공급횟수에 따른 배지내 급액량은 생육초기 하루 주당 급액량을 700ml 기준으로 1회 급액량을 35(±3), 50(±4), 70(±5), 100(±5), 140(±8), 175(±8) ml 으로 점적 관수하였다.

배지내의 수분함량을 측정하기 위해 사용한 센서는 FDR 수분센서(WT1000N, 미래센서)로 뾰족한 probe를 토양이나 배지에 찔러 넣어서 이용하는 형태이다. FDR 수분센서는 전기용량을 이용한 방법으로 반복적인 파장을 생성해 내는 발진기로 불리는 전자회로를 통하여 공명 진동수나 그것의 변화를 이용하여 수분함량을 측정하는 센서를 사용한 결과는 다음과 같다.

착색 단고추 수경재배에서 coconut coir 혼합 배지(coconut dust : fiber = 9:1)으로 조성하여 수분공급량과 회수에 따른 배지 내 수분함량변화는 그림 2-39, 표 2-26과 같다. 1일 급액량을 주당 700ml로 급액 했을 때 배지 내 주간 평균 수분함량은 56.4~59.2% 수준을 나타내고 있으며, 최저수분함량은 야간에 51.5~56.4% 수준으로 급액회수에 따라 영향을 받고 있음을 보여주었고, 최대수분함량은 58.2~65.8%을 나타냈다. 주간의 평균 수분함량과 야간 최저수분함량간의 차이를 보면 1회 급액량이 50~70ml/회 공급될 때 그 차이가 가장 낮게 나타났으며, 일중 최대수분함량과 최저수분함량간의 차이에서도 70ml/회에서 낮은 차이를 나타내는 경향을 보였다. 최대수분함량과 주간 평균 수분함량과의 차이는 1회 급액량이 증가할수록 높게 나타나는 경향을 뚜렷이 보여 그 진폭이 크다는 것을 보여주었다(그림 2-40).

이러한 경향은 암면 배지를 이용할 때 권장하는 1회 배양액 공급량 100ml/회 와는 차이를 나타내고 있으며 coconut coir 유기배지를 사용할 때 급액량의 범위는 배지 종류, 배지조성 등에 따라 물리성이 변화되는 것으로 평가된다. 그리고 생육이 점차 진행되어 필요한 급액량이 증가하게 되면 작물생육에 적합한 배지 수분 상태를 유지하기 위해 1회 급액량을 늘려주는 것에 대한 고려가 필요할 것으로 여겨진다.

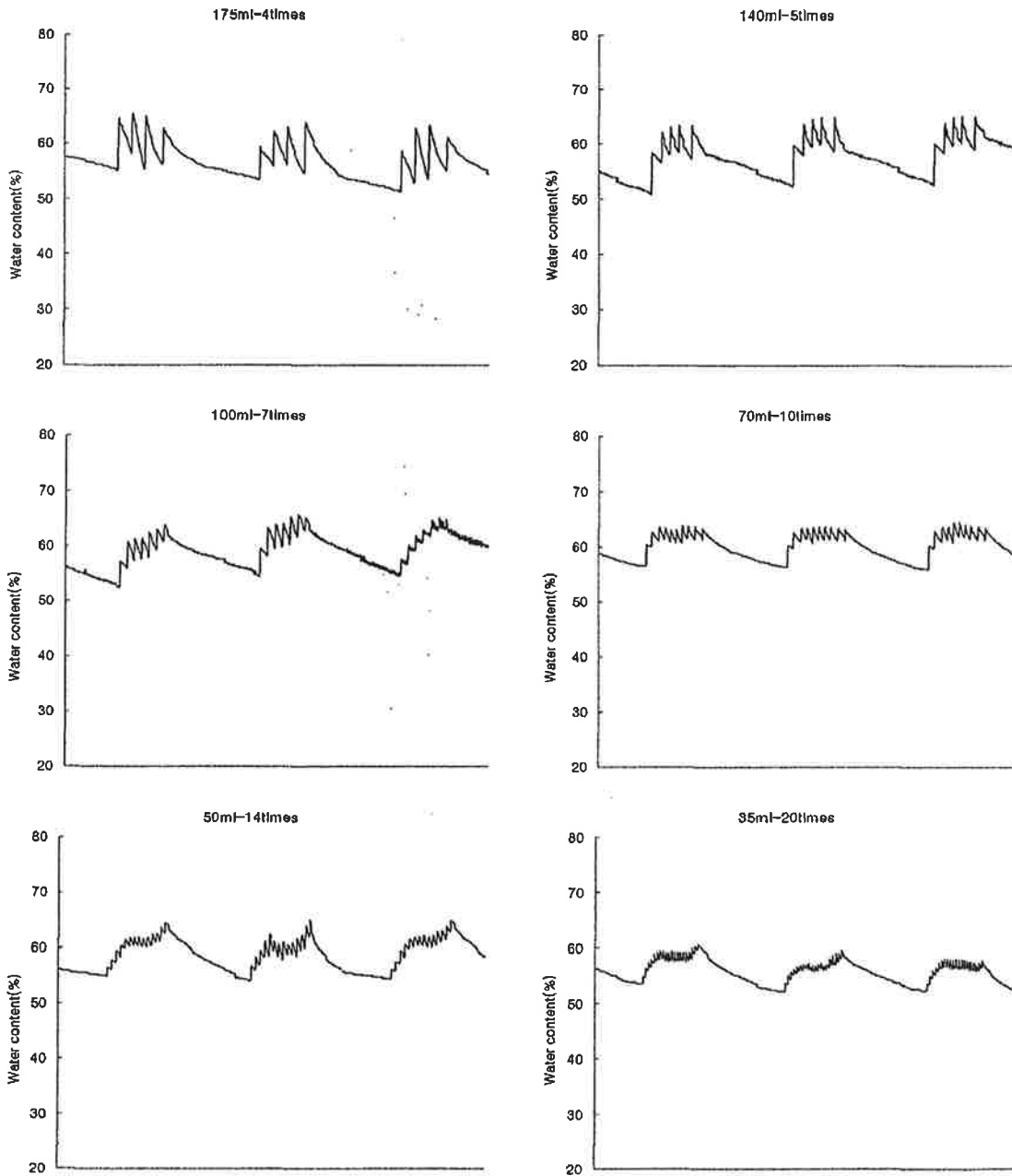


Fig. 2-39. Changes of water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for sweet pepper in different irrigation rates and times.

Table 2-26. Characterization of water contents of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for sweet pepper in different irrigation rates and times.

Water supply rate (ml)	Supply times (times)	Water supply times to reach average water content (times)	Average water content (A) (%)	Minimum water content (B) (%)	Maximum water content (C) (%)	A - B (%)	C - A (%)	C - B (%)
35	20	5~6	56.4 ± 0.5	52.4	58.2	4.0	1.8	5.8
50	14	4~5	57.7 ± 1.1	54.1	61.1	3.6	2.4	7.0
70	10	2~3	59.0 ± 1.7	56.4	62.0	2.6	3.0	5.6
100	7	1~2	59.1 ± 2.1	54.4	63.3	4.7	4.4	9.1
140	5	1~2	57.6 ± 2.5	52.6	63.7	5.0	5.1	10.1
175	4	1	59.2 ± 3.2	51.5	65.8	7.7	6.6	14.3

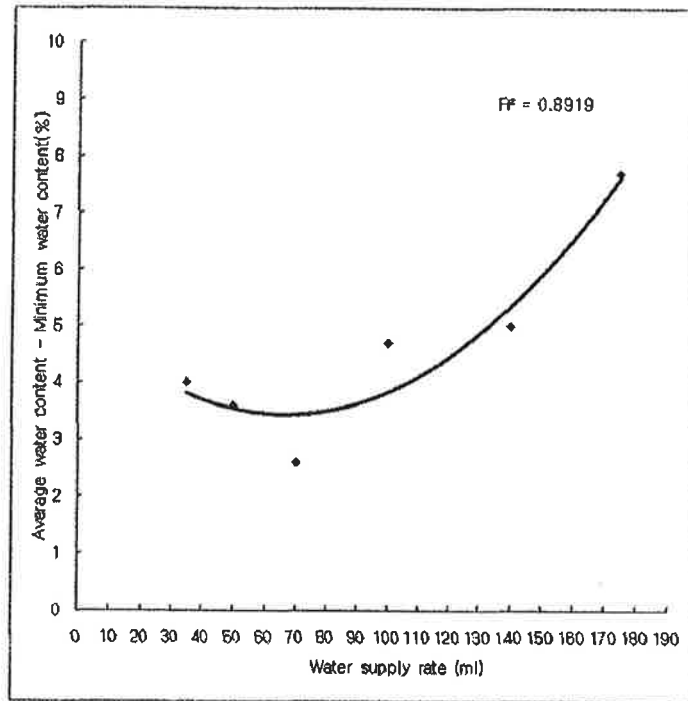


Fig. 2-40. Margins between average water content and minimum water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for sweet pepper in different irrigation rates.

착색 단고추 coir 배지경 재배에서 주당 하루 급액량이 700ml인 생육초기에 급액이 시작됨에 따라 배지 내 평균수분조건에 도달하는 시간을 줄이기 위해서는 1회 급액량을 50~70ml로 하여 회수를 증가시키는 것이 배지 내 수분변화가 적게 나타나며 작물 생육에 적합한 수분상태를 유지할 수 있을 것으로 판단되었다. 그러나 작물이 커감에 따라 1회 급액량 수준을 점차 증가하여 150~250ml/회 기준으로 나타날 것으로 생각된다.

라. 경제성 분석

슬라브를 2개(슬라브와 슬라브 간격 20~25cm) 붙여 80cm 간격으로 착색단고추를 식재하고 재배 관리는 동일하다고 가정하였을 때 무기 배지인 암면 재배와 유기 배지 coir를 이용한 착색단고추의 경제성 분석 결과는 10a당 소요되는 각 배지의 슬라브와 암면 큐브 개수 차이에 의해 암면 배지 재배에 비해 coir 배지 재배에서 약 14%의 원가 절감이 가능하였다. 10a에 소요되는 coir 슬라브는 759개로 암면 슬라브 720개에 비해 많았으나 시판되는 암면 슬라브의 가격이 coir 슬라브 가격에 비해 약 500~700원 비싸 재료비가 높은 것으로 나타났다. 그러나 작물 재배과정에서 배액율이 암면의 경우 약 30%, coir는 10~20% 배액 되었으나 이는 산정하지 않았다. 한편 품질과 생산성(24~26kg/m²)은 통계적 차이가 없었다.

표. 암면배지와 Coir 배지 착색단고추 경제성 분석

	암면 배지	Coir 배지	비고
소요 slab (10a)	720개 (60개×12개)	759개 (69개×11개)	
슬라브 단가	2900원 (G사)	2,200원 (S사, 인도산 chip 40%)	
소요큐브암면 (10a)	2,880개 (720slab×4주/slab)	3,036개 (759slab×4/slab)	큐브 단가 220원
배액율	30%	10~20%	
급액량(1일/주)	2L	2L	
생산성(m ²)	24~26kg	24~26kg	통계적 차이없음 품질 차이 없음
소요자재금액 (10a)	2,721,600	2,337,700	암면에 비해 약 14% 절감

3절 Coconut coir 배지를 이용한 토마토 수경재배시스템 체계화

가. 물리성 개선

(1) Coir dust 와 fiber의 혼합비율에 따른 물리성개선

전북 익산시 원광대학교 비닐온실에서 완숙 토마토 품종인 '랩소디'(Enza zwaan Co., Netherland)를 coconut dust와 fiber로 혼합 조제된 coir 배지를 이용하여 수경재배하였다. 배지 재료는 스리랑카에서 생산된 코코넛(coconut)으로 분쇄 후 분리 압축된 coir dust와 fiber를 구입하여 사용하였다. Coconut dust는 압축된 것을 분쇄하였고, fiber는 약 5cm로 절단한 후 비중을 고려하여 100:0, 90:10, 70:30 및 50:50(% , v/v)의 4처리로 혼합 조제하였고, 조제 시 유기질의 산도 교정을 위해 dust 1L 당 석고(질산석회) 5g을 혼합하였다. 그리고 혼합된 배지를 수경재배용 자루(120×28cm)에 자루당 12L씩 넣은 후 90cm 길이로 열 접착, 밀봉하여 slab를 만들었다. 시험배지와와의 생육특성을 비교하기 위하여 토마토 농가에서 사용하고 있는 주요 배지인 펄라이트(Perlite, Growzone Co., LTD., Korea)과 암면배지(Grotop expert, Grodan, Denmark)를 함께 시험 처리하였다.

파종은 암면플러그 판(Grodan, Denmark)에 파종한 후 온도 25℃, 습도 80%인 암실에서 발아시킨 후 본엽 2매 정도가 전개되었을 때 암면 블록(Du 4.6, Grodan, Denmark)으로 옮겨 주간 25℃, 야간 20℃ 정도에서 육묘하였다. 정식은 육묘 후 본엽 7~8장이 전개되고 첫 화방이 형성된 후 slab당 3주씩 3반복으로 정식하였다. 배양액은 NO₃-N 15.3, NH₄-N 0.8, P 7.0, K 8.0, Ca 9.0, Mg 5.0 및 SO₄-S 5.0me · L⁻¹로 조성하였다. 공급농도는 EC 1.8dS · m⁻¹, pH 5.5의 배양액으로 공급량은 120~130mL/회, 일일 공급횟수는 4~6월 상순에는 5±3회, 7~8월에는 9±2회로 하였으며, 흐리거나 비가 오는 날은 다소 줄여 기상환경에 따른 공급량을 조절 재배하였다.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 암면 및 펄라이트 배지의 종류에 따른 배액의 pH와 EC의 변이 정도를 조사한 결과(Table 3-1), pH는 모든 배지에서 6.3~6.5 범위를 나타내었으며, Fiber 30%에서 표준편차와 변이계수가 다소 컸다. 그러나 모든 처리에서 pH 변이 정도는 아주 적었고, 처리 간에도 큰 차이를 나타내지 않았다. EC는 Fiber 50% 배지에서 평균 6.6dS · m⁻¹, Fiber 30% 배지에서 평균 5.3dS · m⁻¹로써 암면과 펄라이트를 포함한 다른 배지의 3.7~4.5dS · m⁻¹ 범위보다 높았으며, 변이계수는 fiber 50% 배지와 암면에서 높은 경향을 나타내었다.

Table 3-1. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the different substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting.

Mixed ratio (%)		pH			EC (dS · m ⁻¹)		
Dust	Fiber	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
100	0	6.4	0.22	3.5	4.5	1.30	28.8
90	10	6.3	0.23	3.7	4.3	0.98	22.6
70	30	6.4	0.25	3.9	5.3	1.26	24.0
50	50	6.4	0.17	2.7	6.6	2.47	37.4
Rockwool		6.5	0.19	3.0	3.7	1.43	38.5
Pearlite		6.3	0.12	1.9	3.9	1.03	26.6

^z Standard deviation.

^y Coefficient of variation.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 암면 및 펄라이트 배지의 종류에 따른 배액의 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 3-1), pH는 생육초기에는 모든 배지가 pH 6.1~6.4를 나타냈으며, fiber 혼합비율이 높은 배지에서 다소 높은 경향이었고, 암면 배지에서는 fiber 30%, 50% 배지와 동일하였으며, fiber 0% 배지에서 가장 낮은 수치를 나타내었다. 그러나 처리 간 큰 차이를 나타내지 않았다. 생육이 진행되면서 정식 7주째에는 fiber 0%, 10%, 30%의 pH가 급격히 높아졌고, 암면과 펄라이트는 증가량이 아주 적었다. 이후 coir 배지에서는 다시 감소와 증가를 반복하는 경향을 나타내었고, 암면과 펄라이트에서는 13주째까지 꾸준히 증가하는 경향을 나타내어 13주째에는 암면에서 가장 높았다. 생육 중기에서 후기로 갈수록 점차 coir 배지에서는 pH가 다소 안정되기 시작하여 16주째에는 fiber 10%, 30%배지가 가장 낮은 pH 6.1을 나타내었다.

또한 EC는 생육 초기에는 fiber 30%, 50% 배지에서 3.7, 3.4dS · m⁻¹로 나머지 배지에서의 2.0~2.9dS · m⁻¹보다 다소 높았다. 암면 배지에서 가장 낮았고, 펄라이트와 fiber 0%, 10% 배지는 2.4dS · m⁻¹이상을 나타내었다. 이는 배지 내에 존재하는 무기양분의 유출과 작물이 어려 급액한 만큼 양분을 흡수하지 못하여 배액 되었기 때문인 것으로 본다. 이러한 경향은 정식 7주째까지 지속되어 10주째에는 fiber 30%와 50%배지에서 EC의 급격히 증가를 보였다. 특히 fiber 50% 배지에서는 정식 후 13주째 9.0dS · m⁻¹이상으로 안정적이지 못하였다. 정식 16주째에는 fiber 50%의 7.8dS · m⁻¹을 제외한 모든 배지에서 다소 안정적인 경향을 나타내었다.

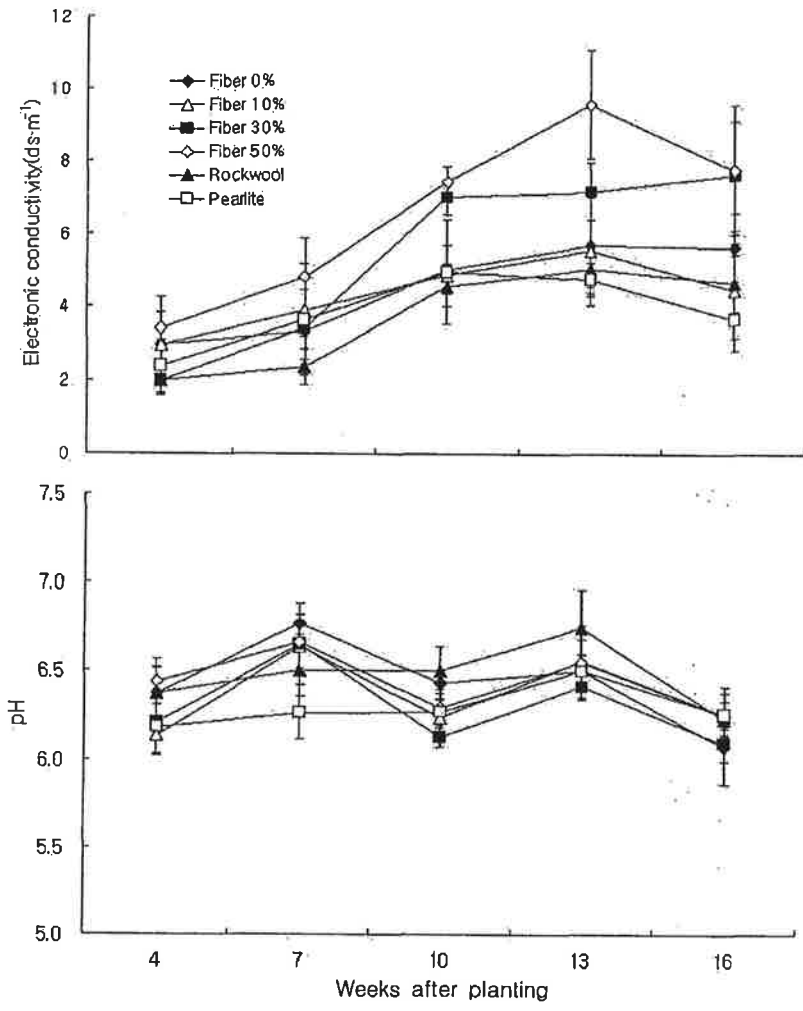


Fig. 3-1. Changes of electric conductivity (EC) and pH of drainage nutrient solution according to the different substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 압면 및 펄라이트 배지의 초장 변화를 조사한 결과(Fig. 3-2), 전 생육기간에 배지별 수체 초장은 모든 배지가 비슷한 성장 경향을 나타내었고, 1주당 평균 성장(cm/week)을 환산하여 비교한 결과 펄라이트, coir 30%, 50%, 10%, 압면, coir 0% 순이고, 생육초기부터 18주까지 신장한 초장을 비교해보면 coir 50%, 30%, 10%, 펄라이트, 압면, coir 0% 순으로 나타났다.

정식 4~16주째 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 압면 및 펄라이트 배지의 엽록소 함량을 chlorophyll meter(SPAD)로 측정된 결과(Fig. 3-3), 생육 초기에는 압면에서 다소 낮은 경향을 보였고 이 외의 다른 배지 간에는 차이를 나타내지 않았다. 그러나 정식 8주 이후 압면에서는 꾸준히 증가하여 12주째에는 57.60 SPAD/6mm²로 다른 배지에서보다 월등히 높았다. 그러나 다시 감소하면서 정식 16주째에는 다른 배지와 차이를 나타내지 않았다. 정식 16주째에는 압면, 펄라이트, 0%, 30%, 50%, 10%의 순으로 높았으나 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

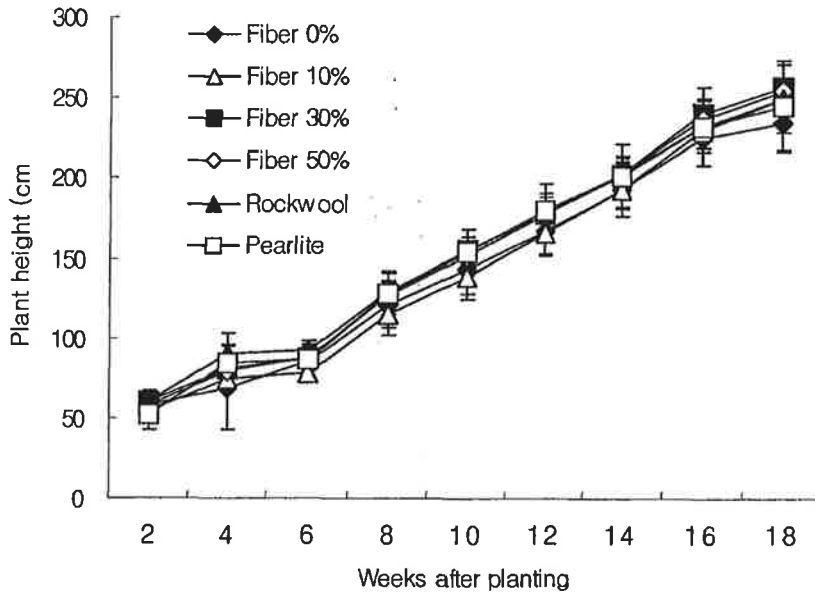


Fig. 3-2. Changes of plant height according to the different substrates hydroponically grown in tomato from 2 to 18 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

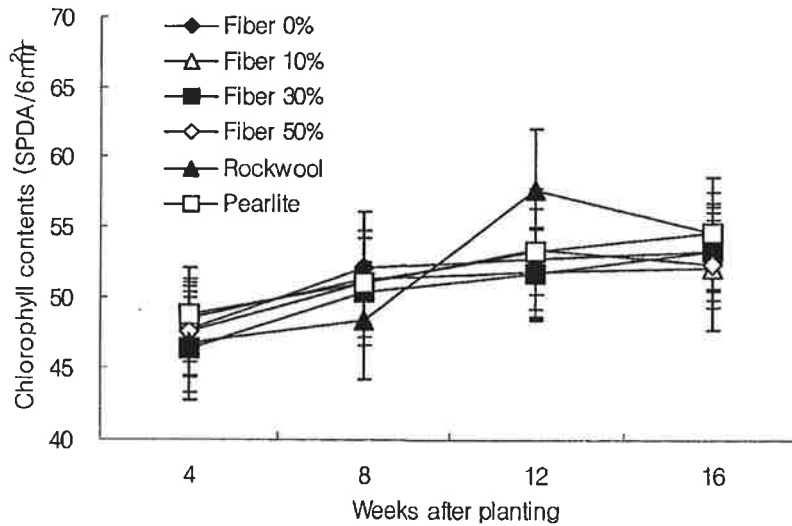


Fig. 3-3. Changes of chlorophyll contents according to the different substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

정식 4~16주째 coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 암면 및 펄라이트 배지의 광합성률을 조사한 결과(Fig. 3-4), fiber의 함량이 많은 배지에서 높은 경향을 나타내었으나 fiber 0%과 10% 간에는 차이를 나타내지 않았다. 엽록소 함량에서 다소 증가량이 높았던 암면에서는 펄라이트와 함께 coir 배지에 비해 저조한 경향을 나타내었다.

Coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 암면 및 펄라이트 배지의 과실 품질 특성을 조사한 결과(Table 3-2), 과중은 fiber 0%, 10%, 암면, fiber 50% 배지에서 fiber 30% 배지와 펄라이트 배지에 비해 유의적인 차이를 보였으며, 과고는 배지 종류 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 과경은 fiber 30% 배지에서 가장 저조하게 나타났으나 과형을 고려해보았을 때 fiber 30% 배지에서 원형에 가장 가까운 과실이 생산되었다. 상품과율은 fiber 0%, 30%, 50% 배지에서 높게 나타났으며, 그 중에서도 fiber 30%와 50% 배지에서는 80% 이상으로 높은 경향이였다.

Coconut coir dust와 fiber의 혼합 비율에 따른 coir, 암면 및 펄라이트 배지의 수체 생체중과 건물중을 조사한 결과(Table 3-3), 생체중은 fiber 0, 30, 50%에서 783.1, 757.0, 773.5g으로 다른 처리구에 비해 우수하였고, 건조중은 fiber 10%와 암면배지를 제외한 모든 처리에서 서로간의 유의차가 없이 우수하게 측정되었다. 그리고 수체 내 수분 함량은 처리 간 차이를 나타내지 않았다. 이상의 결과 coir 배지내 fiber 비율이 30~50% 수준에서 근권의 pH와 EC가 안정적이면서 생육 및 수량이 높은 것으로 판단되었다.

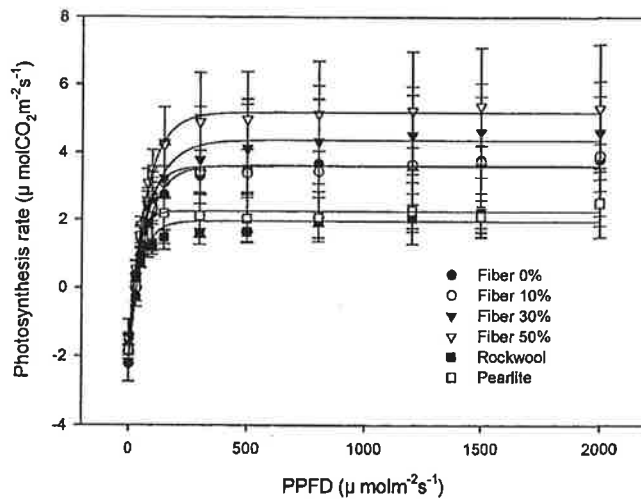


Fig. 3-4. Photosynthesis rate according to the different substrates hydroponically grown in tomato at 10 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

Table 3-2. Characteristics of fruit quality according to the different substrates hydroponically grown in tomato.

Mixed ratio (%)		Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Marketable fruit (%)
Dust	Fiber					
100	0	189.0 a ^z	60.0 a	72.6 a	0.82 b	79 a
90	10	183.6 a	60.3 a	71.9 a	0.84 ab	63 ab
70	30	168.9 a	59.4 a	67.4 b	0.88 a	84 a
50	50	179.2 a	60.2 a	70.9 a	0.85 ab	82 a
Rockwool		183.6 a	59.5 a	71.1 a	0.84 ab	67 ab
Pearlite		173.9 a	59.1 a	70.2 a	0.85 ab	73 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 3-3. Moisture contents of plant according to the different substrates hydroponically grown in tomato.

Mixed ratio (%)		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Moisture content (%)
Dust	Fiber			
100	0	783.1 a	128.3 a	84a
90	10	724.5 ab	109.2 b	85a
70	30	757.0 a ^z	116.4 a	85a
50	50	773.5 a	126.0 a	84a
Rockwool		678.4 b	105.4 b	84a
Pearlite		737.9 ab	118.9 a	84a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

(2) Coir 혼합배지에 적합한 재배 방식 선발

Coconut coir 배지의 물리화학적 성을 고려하여 coir dust: fiber=70:30(v:v) 혼합 배지를 주당 4L를 넣어 처리하였다. 재배 방식(자루재배 방식, 베드층진 방식, 성장포트 방식)에 따른 토마토의 생육, 수량 및 근권 변화 등을 측정 한 결과는 다음과 같다. 이외 급배액 관리는 앞의 시험과 동일하게 하였다.

생육 기간 동안 재배 방식에 따른 배액의 pH와 EC의 변이 정도를 조사한 결과(Table 3-4), pH는 모든 배지에서 6.2~6.4 범위를 나타내었으며, 자루재배에서 표준편차와 변이계수가 다소 컸다. 또한, EC는 베드층진, 성장포트, 자루재배에서 각각 평균 6.8dS · m⁻¹, 5.8dS · m⁻¹, 5.3dS · m⁻¹로 베드층진에서 가장 높게 나타났고, 표준편차와 변이계수는 성장 포트에서 높은 경향을 나타내었다. 이는 베드층진 방식에서 배지 내 수분 함량이 높아 pH 및 EC의 표준편차와 변이계수가 높지 않게 나타난 것으로 추측된다.

Table 3-4. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the different cultural methods hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting.

Cultural method	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
Bag-culture	6.4	0.25	3.9	5.3	1.26	24.0
Grow-pot	6.2	0.16	2.6	5.8	1.81	31.3
Bed-fulling	6.2	0.15	2.4	6.8	1.52	22.3

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

생육 기간 동안 재배 방식에 따른 배액의 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 3-5), pH는 생육 초기에는 모든 배지가 토마토 적정 pH 범위인 6.2~6.4로, 성장포트, 베드층진, 자루재배 순으로 나타났다. 생육이 진행되면서 7주차 때는 자루재배의 pH가 급격히 상승되었고 생육중기에서 후기로 갈수록 각각 비슷한 경향을 나타내며 16주에는 6.0~6.1로 안정되었다. 또한 EC는 생육초기에는 성장포트, 자루재배, 베드층진에서 각각 2.8, 3.7, 4.6dS · m⁻¹로 측정되었다. 자루재배와 베드층진 방식은 EC가 13주까지 꾸준히 증가하여 7.0, 8.2dS · m⁻¹로 나타났으며 성장포트 방식은 10주 이후 안정이 되어 13주째에는 6.7dS · m⁻¹로 측정되었다. 생육 전반에 걸쳐 베드층진 방식은 다른 재배 방식에 비해 높은 EC값을 가지며 후기까지 꾸준히 증가하여 8.2dS · m⁻¹라는 높은 수치를 나타내어 가장 부적절한 재배 방식인 것으로 생각된다.

생육 기간 동안 재배 방식에 따른 초장의 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-6), 생육전반에 걸쳐 초장은 자루재배에서 다소 높은 경향을 나타내었으며, 정식 18주 후 성장포트, 베드층진, 자루재배에서 각각 251.0, 251.8, 257.4cm를 나타내어 전반적으로는 재배 방식에 따른 초장의 변화는 큰 차이를 나타내지 않았다.

생육 기간 동안 재배 방식에 따른 엽록소의 함량 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-7) 전반적으로 생육 초기부터 후기까지 엽록소 함량은 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 생육 후기인 정식 후 16주째에는 자루재배 방식에서 53.27 SPAD/6mm²로써 성장포트와 베드층진의 51.37,

51.42 SPAD/6mm²에 비해 우수하였으며 꾸준한 증가를 보였다.

재배방식에 따른 광합성률을 조사한 결과(Fig. 3-8), 성장포트에서 가장 높았고, 그 다음으로 자루재배, 베드층진 순이었다. 특히, 베드층진은 광합성률도 저조할 뿐만 아니라 표준편차도 심하여 불안정한 광합성률을 나타냈다.

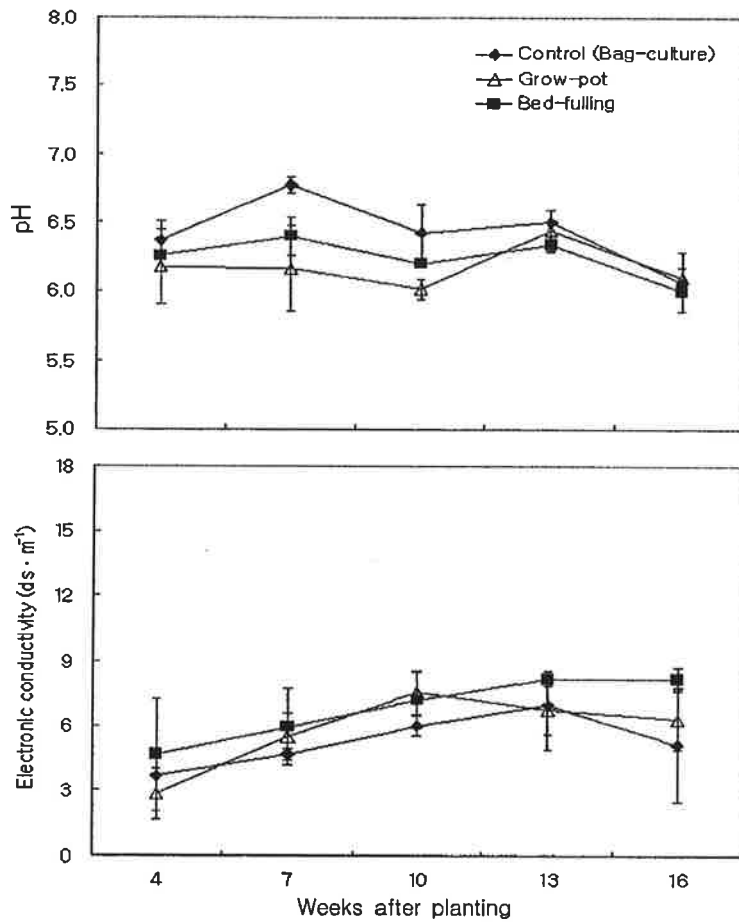


Fig. 3-5. Changes of pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the different cultural methods hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

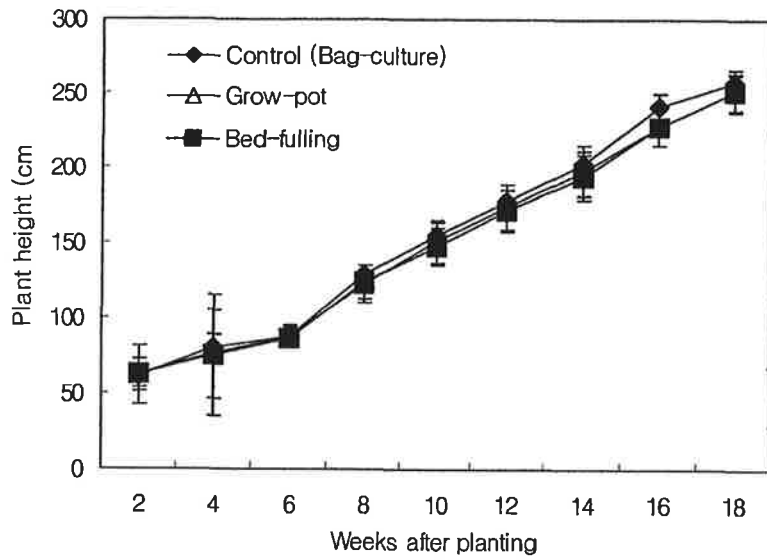


Fig. 3-6. Changes of plant height according to the different cultural methods hydroponically grown in tomato from 2 to 18 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

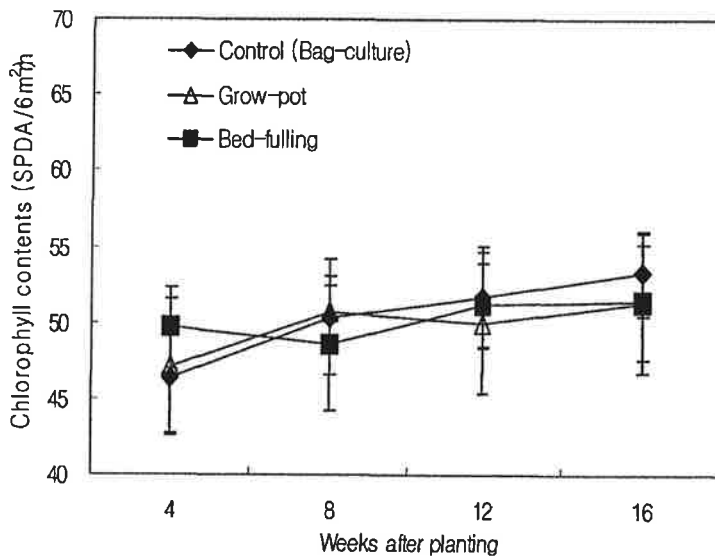


Fig. 3-7. Changes of chlorophyll contents according to the different cultural methods hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

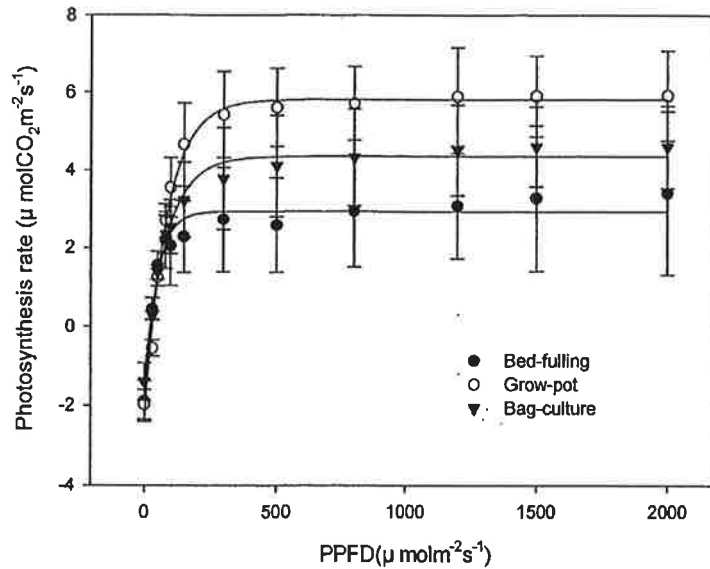


Fig. 3-8. Photosynthesis rate according to the different cultural methods hydroponically grown at 10 weeks after planting in tomato. Vertical bars represent standard errors.

재배방식에 따른 과실의 품질 특성을 조사한 결과(Table 3-5), 과실의 과중은 베드층진에서 가장 높았고 이에 따라 과고, 과경도 마찬가지로의 결과였다. 또한 이에 따라 과형지수는 재배 방식 간 차이를 나타내지 않았다. 그러나 상품과율에서는 가장 낮은 경향을 보였고 자루재배에서 84%로 가장 높았다.

재배방식에 따른 수체 생체중과 건물중을 조사한 결과(Table 3-6), 조사항목 모두는 베드층진에서 가장 높았으나, 과육 내 수분함량에서는 가장 낮았다. 그러나 세 처리 모두에서 80% 이상의 수분함량을 나타내었다.

Table 3-5. Characteristics of fruit quality according to the different cultural methods hydroponically grown in tomato.

Cultural method	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Marketable fruit (%)
Bag-culture	168.9 b ^z	60.4 b	69.0 b	0.88 a	84 a
Grow-pot	171.3 b	59.6 b	70.0 b	0.86 a	74 ab
Bed-filling	200.4 a	63.2 a	73.6 a	0.87 a	68 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3-6. Moisture contents of plant according to the different methods hydroponically grown in tomato.

Cultural method	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Moisture content (%)
Bag-culture	757.0 b ²	116.4 b	85
Grow-pot	730.3 b	119.9 b	84
Bed-fulling	890.4 a	177.4 a	80

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

이상의 재배방식에 따른 토마토의 광합성은 pot재배에서 높았으며 과중과 상품과율이 자루재배용 pot재배에서 높았으며 높은 경향을 나타냈으며 근권의 pH와 EC는 모든 처리에서 비교적 안정적이었다.

(3) Coir 혼합배지의 적정 배지량 구명

Coconut coir 혼합배지 coir dust: fiber=70:30(v:v) 혼합 배지에서의 적정 배지량을 구명하기 위해 slab(자루)당 7,10,12 및 15L를 넣어 처리한 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안의 배지량에 따른 coir 배지의 배액 pH, EC를 조사한 결과(Table 3-7), 평균 pH(pH 6.4)와 표준편차(pH 0.25), 변이계수(3.9%)는 대조구인 12L배지가 다른 세 처리구에 비하여 다소 높게 측정되었지만 작물의 생육에 지장을 초래할 정도로 큰 차이가 나지는 않았다. 또한, EC는 $5.27\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로써 높게 측정되었지만, 변이의 정도가 크지 않아 생육에는 문제가 되지 않았다.

생육 기간 동안 배액의 pH, EC변화를 조사한 결과(Fig. 3-9), pH는 배지량 15L에서 4~7주 사이에 다소 낮게 측정된 것을 제외하고, 생육 전반에 걸쳐 다른 처리구에서는 비슷한 증감 경향을 보였다. EC의 변화는 배지량 10L와 15L처리가 다소 안정적으로 증가 하였다. 7L 배지에서도 생육 전반에 걸쳐 안정적인 수치를 나타냈지만, 그 변화의 차이가 심하여 다소 불안정적인 것으로 판단되었고, 대조구인 12L 배지는 정식 후 13주째에 다소 높은 $7.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 을 나타냈지만 관찰결과 생리장애가 나타나지 않아 생육에 문제가 없음을 확인하였다.

Table 3-7. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting.

Substrate amount (L)	pH			EC ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)		
	Mean	SD ²	CV ³ (%)	Mean	SD	CV (%)
Control (12)	6.4	0.25	3.9	5.27	1.26	24.0
7	6.2	0.15	2.5	3.65	1.02	27.8
10	6.2	0.10	1.6	2.64	0.74	28.1
15	6.2	0.15	2.4	4.64	1.72	37.1

²Standard deviation.

³Coefficient of variation.

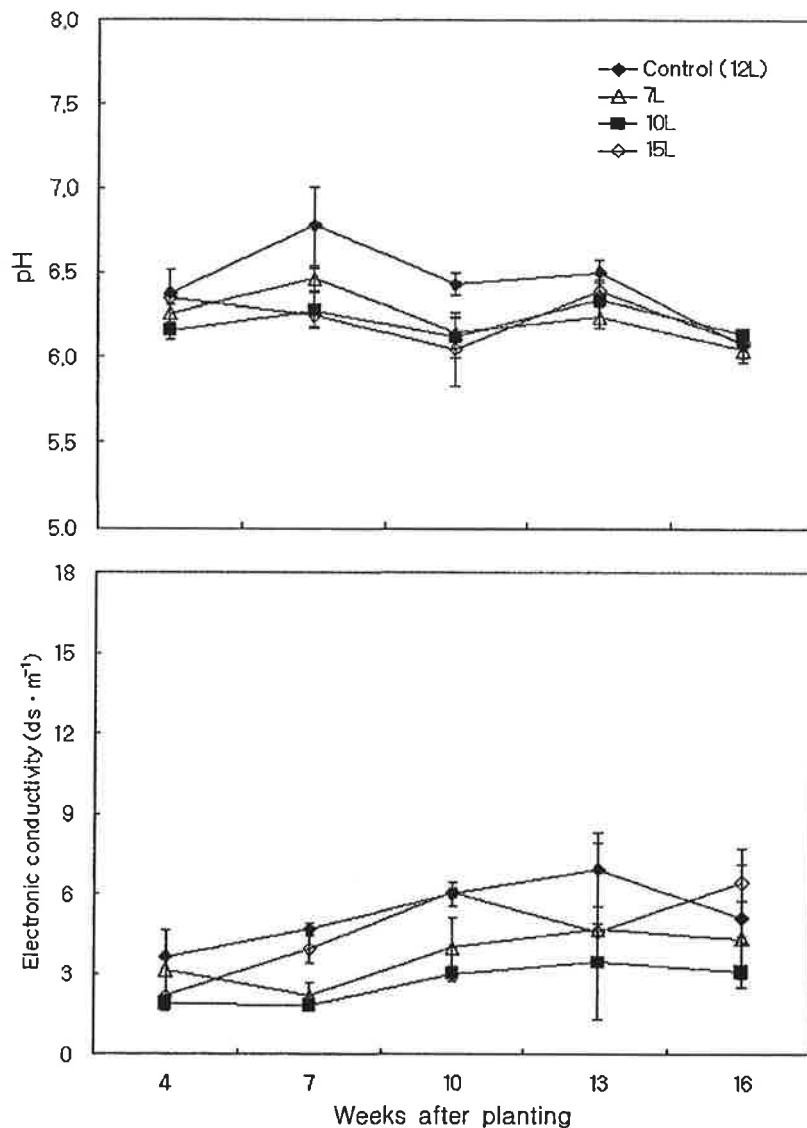


Fig. 3-9. Changes of pH and electric conductivity of drainage nutrient solution according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 배지량에 따른 초장 변화를 조사한 결과(Fig. 3-10), 생육 초기인 2주차에 대조구(12L), 7, 10, 15L 배지에서 각각 60.9, 49.8, 55.4, 58.2cm, 생육 말기인 18주에는 255.1, 244.2, 260.6, 245.5cm로 측정되어 7L 배지에서의 토마토 초장이 다른 처리구에 비하여 잘 자라지 않을 것이라는 예상과는 맞지 않았다. 하지만 수체의 형태가 가늘고 길게 성장되어 정상적인 생장이 이루어지지 않았음을 확인할 수 있었다. 1주당 평균 성장(cm/week)을 환산하여 비교한 결과 12.6, 12.9, 13.0, 12.0cm/week로 성장한 것을 알 수 있었다.

정식 4~16주째 배지량에 따른 엽록소 함량을 chlorophyll meter(SPAD)로 측정한 결과(Fig.

3-11), 생육 기간이 지날수록 점차적으로 증가하였고, 생육 후기인 16주째에는 배지량이 많을수록 적은 엽록소 함량을 나타내는 경향을 보였다.

광합성률(Fig. 3-12)은 10L와 12L에서 7L와 15L에서 보다 높은 경향이였다.

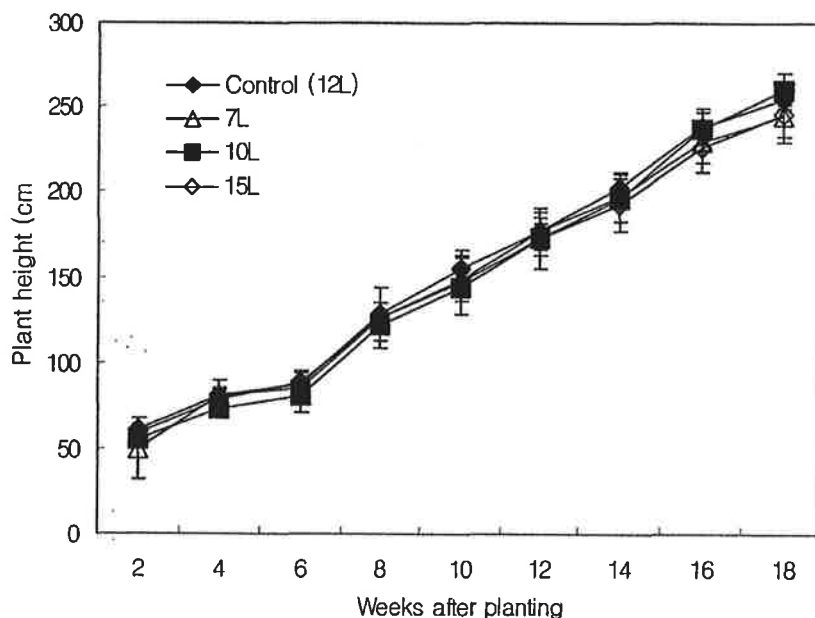


Fig. 3-10. Changes of plant height according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato from 2 to 18 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

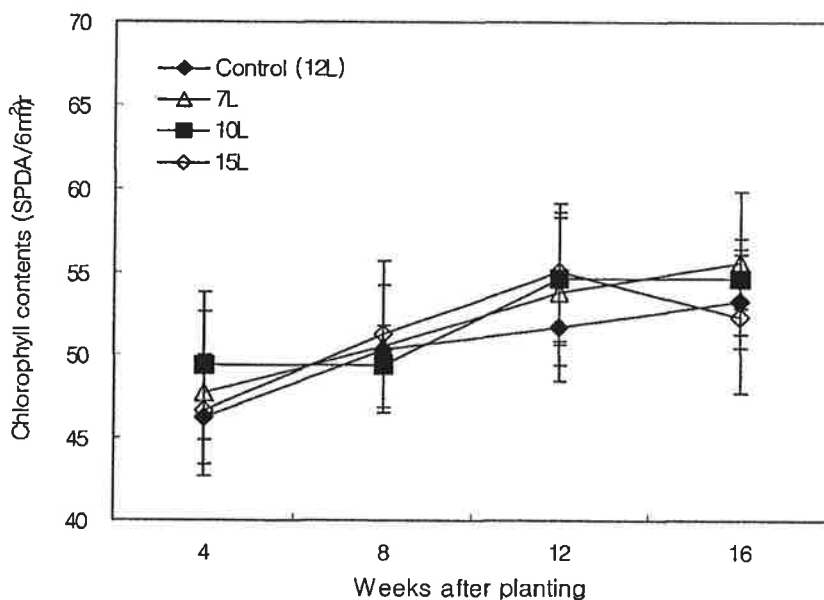


Fig. 3-11. Changes of chlorophyll contents according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

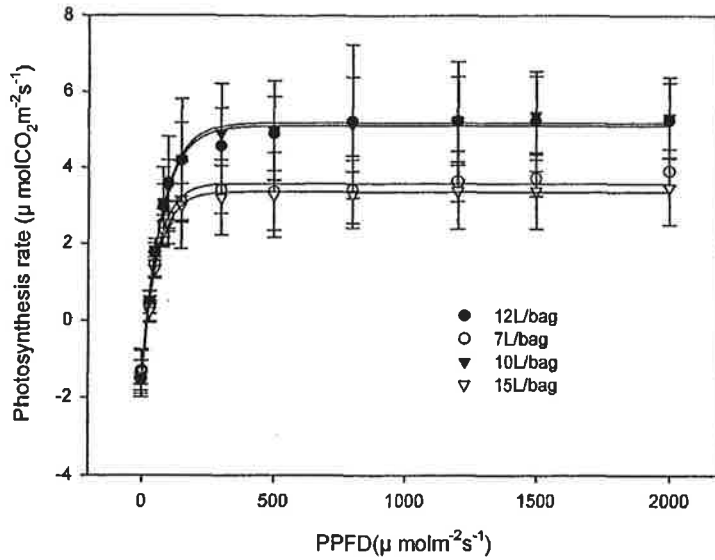


Fig. 3-12. Photosynthesis rate according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato at 10 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 과실 특성 조사 결과(Table 3-8)를 보면, 과중은 168.9~197.5g으로 수치상으로는 다소 차이가 있어보였지만 통계분석 결과 서로간의 차이가 없었다. 과실 크기비교에서는 배지량 7L와 15L에서 가장 우수한 구치를 나타냈다. 전체적인 조사 항목에서 모두 우수하게 조사된 두 처리구중 배지량 7L처리에서는 시험 기간동안 과실이 조기 낙과가 되거나 열과, 기형과 등의 생리장해과를 많이 볼 수 있었는데, 이는 초기 착과시 동화 양분의 결핍으로 식물체가 스스로 온전한 몇몇의 과실로 영양소를 집적시켜 56%라는 저조한 상품화율에 비해 우수한 과실 특성을 나타낸 것으로 보인다.

생육 기간 동안 배지량에 따른 수체의 수분 함수량을 비교해본 결과(Table 3-9), 대조구인 배지량 12L 처리를 제외하고는 서로간에 유의한 차이를 내지 않았고, 건조중은 모든 처리에서 유의차를 나타내지 않았으며 수체의 수분함수량은 대조구에서 85%로 가장 우수하게 나타났다. 이상의 결과 coir 혼합배지에서의 토마토 주당 배지량도 10~15L가 적합하리라 본다.

Table 3-8. Characteristics of fruit quality according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato.

Substrate amount (L)	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Marketable fruit (%)
Control (12)	194.4 a ^z	60.9 a	73.9 a	0.83 a	84 b
7	168.9 a	60.4 a	69.0 b	0.88 a	56 c
10	182.6 a	59.9 a	72.7 ab	0.82 a	79 b
15	197.5 a	60.5 a	74.3 a	0.82 a	91 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3-9. Moisture contents of plant according to the amount of substrates hydroponically grown in tomato.

Substrate amount (L)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Moisture content (%)
Control (12)	843.9 a ^z	146.3 a	85 a
7	757.0 b	141.1 a	84 a
10	845.6 a	141.9 a	83 a
15	897.3 a	141.1 a	83 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

나. 화학성 개선

Coconut coir의 배지 화학성을 개선하기위해 원산지별 coir 배지에 Ca와 Mg농도를 각기 다르게 조성, 급액하여 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향을 조사하였다. 재배방식은 자루재배방식으로 원산지별 coir를 질산석회를 혼합하지 않고 자루당 12L를 채워 slab당 3주를 심어 3반복 처리하였다. 처리 배양액은 Yamazaki 토마토 전용 배양액($\text{NO}_3\text{-N}$ 15.3, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.8, P 7.0, K 8.0, Ca 9.0, Mg 5.0, $\text{SO}_4\text{-S}$ 5.0 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$)을 기본으로 하여 Ca을 1, 3 및 5 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$, Mg을 1, 2 및 3 $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ 을 증가시켜 처리하였으며 급배액 관리는 앞의 실험과 동일하게 하였다.

(1) 베트남산 coir 배지

정식 후 11주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 3-10), 초장은 T2 처리를 제외하고는 Ca 농도가 높은 처리(T6~T10)에서 높은 경향을 나타내었다. 경경도 초장과 유사한 경향이었으나 Ca 농도가 가장 높은 처리에서는 다소 짧은 경향을 나타내었다. 절간수와 길이는 T10 처리를 제외하고 Ca과 Mg 농도를 높여 준 모든 처리에서 다소 많고 짧았다. 그러나 이들 간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 생체중은 T6, T10, T1, T8 처리에서 가벼운 경향이었고 건조중도 유사한 경향이였다. 엽록소 함량은 T5, T3, T7 처리에서 다소 낮게 나타났다.

광합성률(Fig. 3-11) T10, T6 처리에서 높은 경향이었고, T5, T7, T1 처리에서 낮은 경향이였다.

Table 3-10. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Ca Mg		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Flesh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPDA/6mm ²)
	(me · L ⁻¹)				Number (ea)	Average length (cm)			
T1	0	0	255 ab ²	11.9 b	31 b	8.2 a	913 ab	138 c	66 a
T2	1	1	266 a	14.4 a	35 a	7.7 b	942 a	263 a	62 ab
T3	1	2	260 ab	12.4 b	35 a	7.5 b	973 a	134 c	61 b
T4	1	3	244 b	11.5 b	35 a	6.9 b	943 a	139 c	65 a
T5	3	1	254 ab	9.7 c	34 a	7.6 b	963 a	161 b	60 b
T6	3	2	268 a	11.6 bc	35 a	7.7 b	819 b	154 b	62 ab
T7	3	3	268 a	12.9 ab	35 a	7.7 b	952 a	162 b	61 b
T8	5	1	265 a	12.3 b	35 a	7.7 b	912 ab	144 c	64 a
T9	5	2	273 a	11.3 bc	35 a	7.9 b	995 a	163 b	63 a
T10	5	3	264 a	11.0 bc	33 ab	8.1 a	837 b	121 c	64 a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

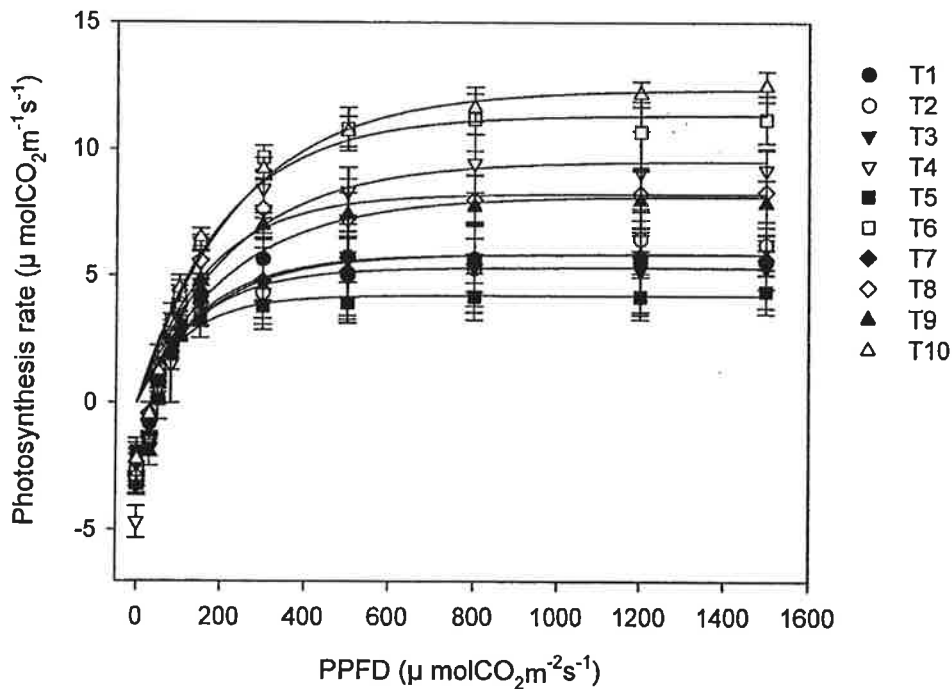


Fig. 3-13. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 11주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과 특성을 조사한 결과(Table 3-11), 과실의 생체중은 T7과 T10 처리에서 가장 무거웠고, T5, T2, T3 처리에서 가벼운 경향이였다. 건조중도 생체중과 유사한 경향이였다. 과고와 과경도 T10 처리에서 가장 높고 길었으

며, 당도는 T10 처리를 제외하고는 Ca 농도가 다소 높은 처리에서 높았고, T1, T3, T10 처리에서 낮은 경향이였다.

Table 3-11. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Treatment		Fresh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca	Mg						
	(me · L ⁻¹)							
T1	0	0	84.7 b ²	4.2 bc	40.3 b	57.4 b	5.3 b	62
T2	1	1	73.6 bc	4.1 bc	37.8 bc	55.0 b	5.5 a	58
T3	1	2	72.5 bc	3.6 c	37.7 bc	55.5 b	5.3 b	68
T4	1	3	86.5 b	4.1 bc	39.8 bc	56.8 b	5.9 a	71
T5	3	1	69.6 c	4.3 bc	34.4 c	52.9 c	5.8 a	74
T6	3	2	96.7 b	4.5 bc	42.4 b	60.5 ab	5.7 a	82
T7	3	3	122.3 a	6.1 a	41.8 b	57.9 b	5.8 a	81
T8	5	1	91.5 b	6.2 a	43.3 b	57.8 b	5.8 a	79
T9	5	2	86.9 b	5.7 b	43.5 b	61.2 a	5.6 a	79
T10	5	3	123.9 a	7.2 a	50.8 a	65.1 a	5.2 b	74

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 슬라브 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-14), 전반적으로 낮아지는 경향을 나타내었다. 정식 후 초기에는 T1, T10, T2 처리에서 다소 높은 경향이였으나 이후 크게 낮아지면서 중·후반기에는 다른 처리와 차이를 나타내지 않았다. 그리고 T9 처리에서는 다른 처리와 다르게 주간 변화가 거의 없었고 후반기 다소 낮아지는 경향만을 나타내었다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액의 pH와 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-15), pH는 전반적으로 상승과 하강이 있었으나 크게 변하지 않은 경향이였다. 처리 간에는 T5, T7 처리에서 낮게, T2와 T8 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다. EC는 전반적으로 정식 후 하강 후 소폭 상승하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T1과 T3 처리에서 낮게 유지되었고 T7과 T9 처리에서 다소 유지되었다.

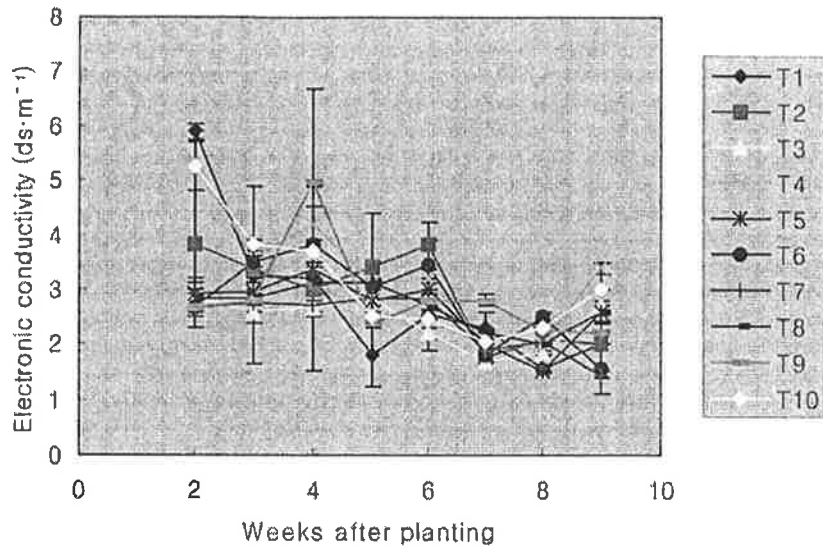


Fig. 3-14. Change of EC of slab according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

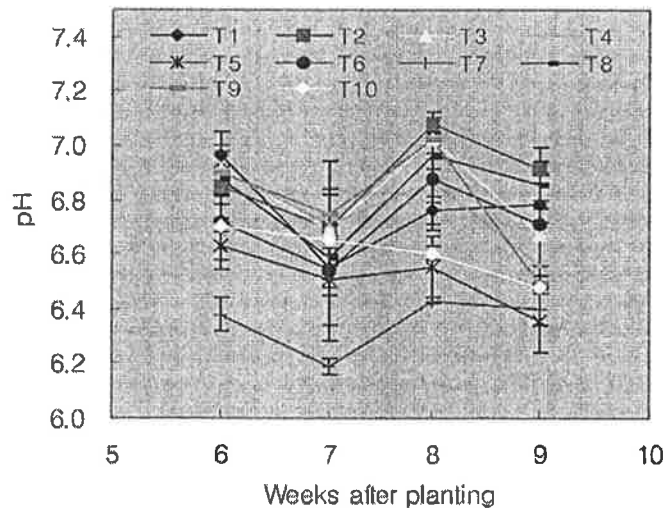


Fig. 3-15. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액 내 Ca과 Mg 함량의 변화 정도를 살펴본 결과(Table 3-12), Ca의 평균함량은 T10, T7, T5, T9 처리에서 높게 나타났고 Ca 농도가 낮은 처리에서 낮은 경향이였다. 그러나 T9, T10 처리에서는 주당 편차와 변이계수가 높았다. 그리고 평균함량이 낮았던 처리 중 T1과 T3 처리에서는 변이계수가 높았다. Mg의 평균함량

은 T4, T7, T6 처리에서 높았고 T1, T8, T2, T3 처리에서 낮은 경향이였다. 그러나 주당 편차와 변이계수는 Ca과 같은 경향을 나타내었다.

Table 3-12. Change degree of drainage nutrient solution at interval of week according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

Treatment No.	Ca contents		Mg contents					
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (ppm)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	101	45	45.0	90	32	35.1
T2	1	1	124	40	32.2	131	52	39.5
T3	1	2	143	71	49.7	131	53	40.7
T4	1	3	164	41	25.0	210	58	27.6
T5	3	1	235	74	31.4	142	63	44.1
T6	3	2	183	68	37.1	170	75	44.4
T7	3	3	238	66	27.6	194	61	31.5
T8	5	1	204	48	23.8	121	40	32.7
T9	5	2	235	100	42.6	146	51	34.9
T10	5	3	244	119	49.0	140	46	33.2

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액의 Ca과 Mg 함량의 변화를 살펴보면 (Fig. 3-16), Ca 함량은 정식 후 초기에는 변화가 없다가 8주째부터 크게 상승하는 경향을 나타내었다. 처리간에는 T1, T2, T3 처리에서 낮게 유지되었고, T10, T7, T9 처리에서 높게 유지되었다. Mg 함량은 하강과 상승을 다소 반복하는 경향이었는데 전반적으로는 크게 변화하지 않은 경향이였다. 처리 간에는 T1과 T8 처리에서 낮게 유지되었고, T4, T7, T6 처리에서 높게 유지되었다.

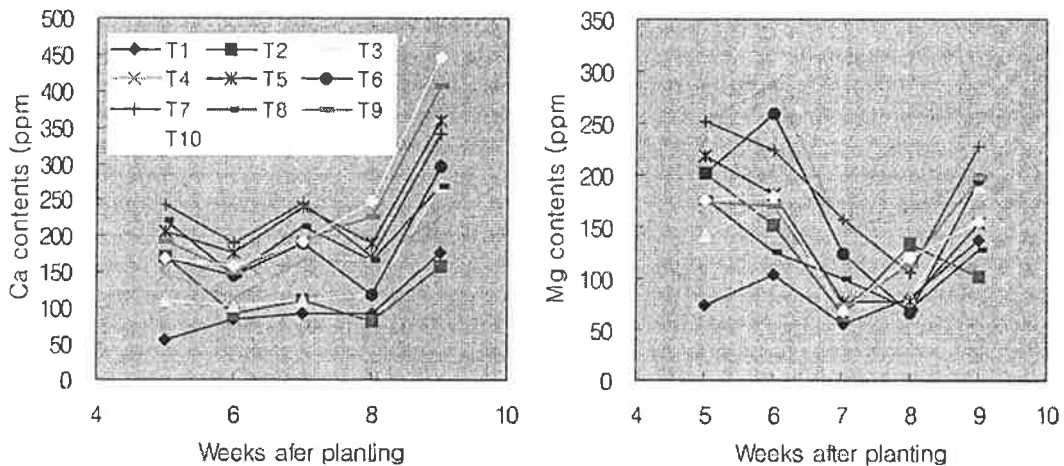


Fig. 3-16. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배액의 N, K 및 Na 함량의 변화를 살펴보면 (Fig. 3-17), N 함량은 전반적으로 크게 변화하지 않았는데 T2 처리에서는 다소 크게 하락하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T3과 T6 처리에서 높게 유지되는 경향이였다. K 함량은 전반적으로 낮아지는 경향이었는데, 정식 후 초기에는 T2와 T4 처리에서 다른 처리에 비해 아주 높았다가 이후 다른 처리와 비슷한 수준으로 크게 하락하는 경향을 나타내었다. Na 함량은 전반적으로 크게 하락하는 경향이었는데 특히 정식 후 초기에 T2와 T4 처리에서 높다가 이후 크게 낮아지는 경향을 나타내었다.

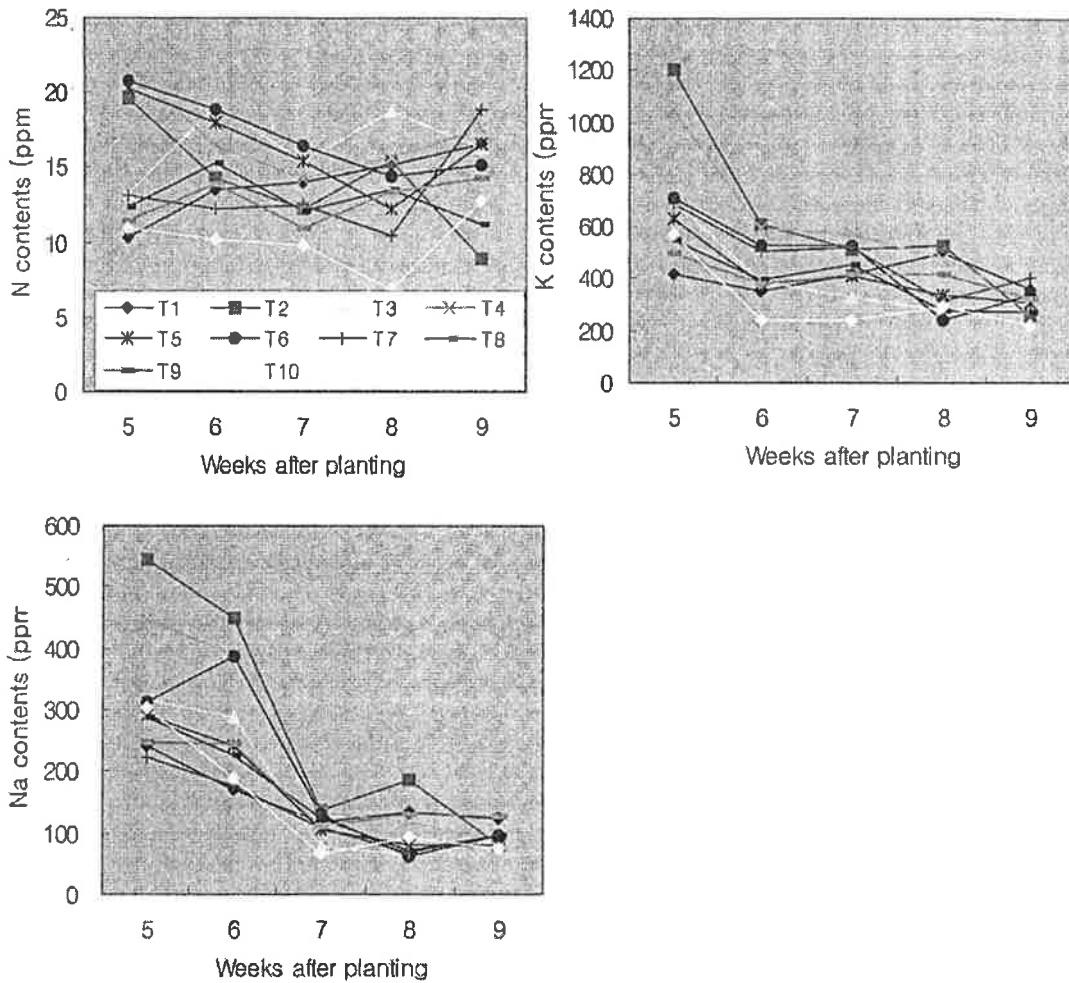


Fig. 3-17. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Vietnam.

초장, 경경, 광합성률 및 과실은 Ca 1~3me · L⁻¹/Mg 1~3me · L⁻¹, 생체중과 엽록소 함량은 Ca 1me · L⁻¹/Mg 2~3me · L⁻¹ 정도 증가시킨 처리에서 좋은 경향을 나타내었다. 슬라브 EC와 배액 pH는 Ca 1~3me · L⁻¹/Mg 1~3me · L⁻¹ 정도 증가시킨 처리에서 안정적인 경향을 나타내

었다. 이를 종합해 보면 베트남산 coir 배지를 이용할 때에는 Ca 1~3me · L⁻¹/Mg 1~2me · L⁻¹ 정도 증가시켜 공급하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

(2) 인도산 coir 배지

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 3-13), 초장은 Ca 농도가 높은 처리에서 높은 경향을 나타내었고 경경은 T8과 T2 처리에서 높았다. 절간수는 처리 간 차이를 나타내지 않았지만 절간길이는 T2, T5, T10 처리에서 긴 경향을 나타내었다. 생체중은 T2, T5, T8 처리에서 무거웠고 건조중은 Ca 농도를 3me · L⁻¹을 증가시킨 처리에서 무거웠다. 엽록소 함량은 T2와 T10 처리에서 낮은 편이었다.

광합성률을 살펴보면(Fig. 3-18), T4, T9, T10 처리 등에서 높은 경향이었고 T3, T2, T5, T7 처리 등에서 낮은 경향이였다.

Table 3-13. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Treatment		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPAD/6mm ²)
	Ca	Mg			Number (ea)	Average length (cm)			
T1	0	0	265 b ²	10.5 b	34 a	7.7 ab	806 b	119 b	63 a
T2	1	1	265 b	12.1 a	33 a	8.1 a	1029 a	123 b	55 b
T3	1	2	267 b	11.5 ab	35 a	7.6 ab	951 ab	115 b	63 a
T4	1	3	250 c	11.3 ab	36 a	7.0 b	1009 a	113 b	61 a
T5	3	1	272 ab	11.2 ab	33 a	8.2 a	1039 a	153 a	61 a
T6	3	2	271 ab	11.5 ab	35 a	7.7 ab	870 ab	160 a	65 a
T7	3	3	277 a	11.9 a	35 a	7.8 ab	889 ab	171 a	60 a
T8	5	1	279 a	12.6 a	35 a	7.9 a	1024 a	155 a	63 a
T9	5	2	265 b	11.3 ab	33 a	7.9 a	963 ab	154 a	64 a
T10	5	3	271 ab	11.2 ab	33 a	8.2 a	954 ab	130 ab	59 ab

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

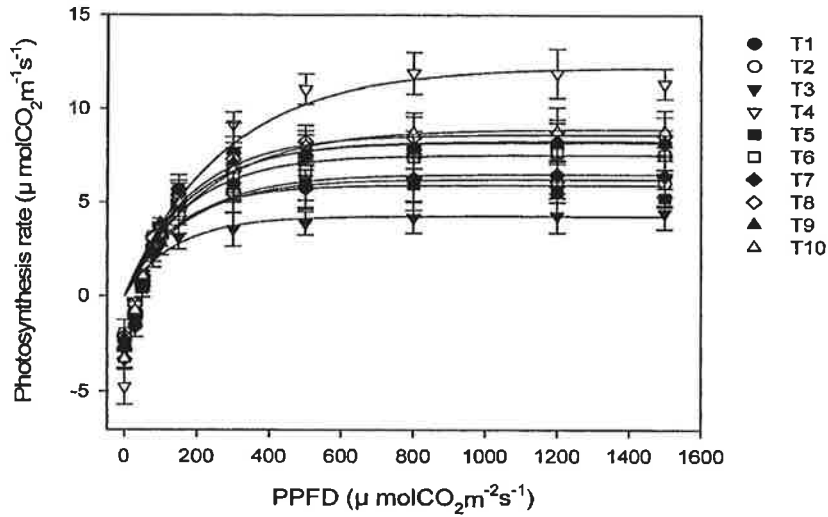


Fig. 3-18. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과 특성을 조사한 결과(Table 3-14), 과실의 생체중은 T6과 T7 처리에서 무거웠고 T4 처리에서 가벼웠다. 건조중, 과고 및 과경은 생체중과 같이 T6과 T7 처리에서 가장 높았고 T2 처리에서 가장 낮았다. 당도는 반대로 T6, T2, T1, T10 처리에서 낮은 경향을 나타내었다.

Table 3-14. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Treatment		Flesh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca) (me · L ⁻¹)	Mg						
T1	0	0	138.6 bc ^z	7.6 bc	51.7 ab	65.6 ab	5.2 ab	54
T2	1	1	103.9 c	4.9 c	44.3 b	59.7 b	5.0 b	55
T3	1	2	148.9 b	7.6 bc	52.6 ab	65.5 ab	5.2 ab	61
T4	1	3	102.0 c	5.7 c	46.2 b	59.2 b	5.9 a	60
T5	3	1	171.4 ab	8.5 b	47.6 b	62.2 ab	5.7 a	73
T6	3	2	193.8 a	7.4 bc	55.0 a	73.4 a	4.3 b	79
T7	3	3	208.9 a	13.7 a	63.2 a	72.3 a	5.5 a	77
T8	5	1	135.4 bc	8.1 b	51.3 ab	65.8 a	5.5 a	80
T9	5	2	157.6 ab	7.9 b	48.0 b	62.1 b	5.6 a	81
T10	5	3	143.3 b	8.2 b	53.2 ab	67.3 a	5.2 ab	78

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 슬라브 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-19), 전반적으로 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 정식 후 초기에는 T1, T2, T9 처리에서 높은 경향을, T6과 T3 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 그러나 중반기로 가면서 높았던 처리에서는 감소가 낮았던 처리에서는 다소 증가가 나타나기도 하였다. 그러나 후기로 가면서 처리 간 차이가 좁혀졌다. 특히 T2, T7, T8, T3 처리에서는 높게 상승하는 큰 변화가 있었다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액의 pH와 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-20), pH는 전반적으로 다소 낮아지는 경향을 나타내었는데 정식 후 8주째 T2와 T3 처리에서 높게 상승하는 변화가 있었다. 처리 간에는 T5에서 낮게 유지되었고, T1과 T2 처리에서 높게 유지되었다. EC도 마찬가지로 정식 후 8주째까지 낮아지는 경향을 나타내었다가 이후 다소 증가하였다. 처리 간에는 T1 처리에서 낮게, T9와 T7 처리에서 높게 유지되었다.

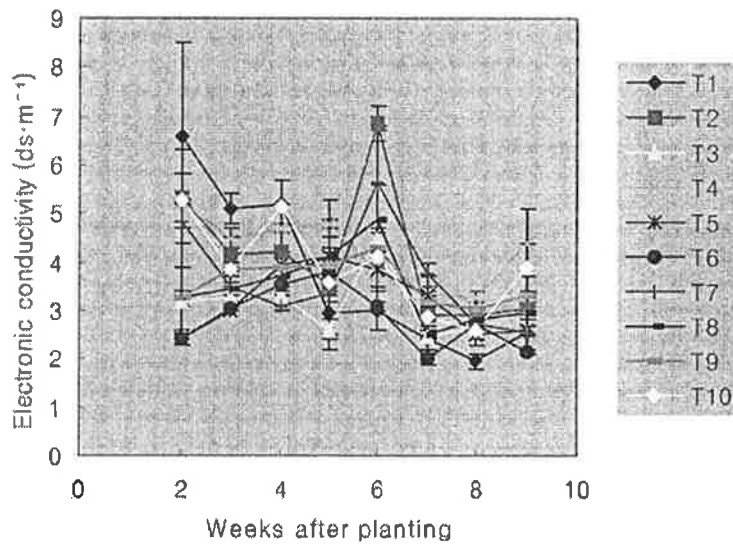


Fig. 3-19. Change of EC of slab according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

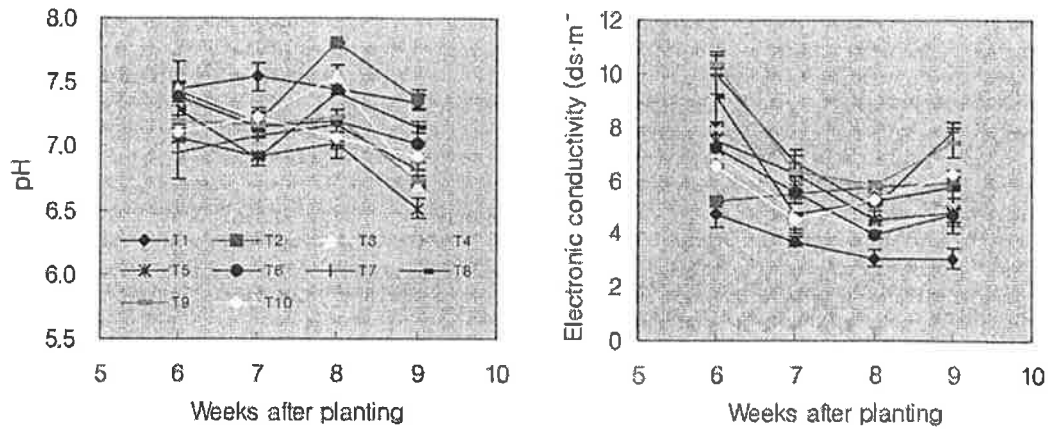


Fig. 3-20. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 Ca와 Mg 함량의 변화 정도를 살펴본 결과(Table 3-15), Ca의 평균 함량은 T7, T5, T10 처리에서 높았고, T1과 T2 처리에서 크게 낮았다. 또한 주당 편차와 변이계수도 평균 함량이 높게 나온 처리에서 컸다. Mg의 평균 함량은 T7, T4, T9 처리에서 높았고 T1, T2, T3 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 그리고 주당 편차와 변이계수는 T8과 T9 처리에서 컸다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 Ca와 Mg 함량의 변화 경향을 살펴본 결과(Fig. 3-21), Ca 함량은 정식 후 초기에는 모두 처리에서 변화가 거의 없다가 8주째부터 급격히 상승하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T1, T2, T3 처리에서 낮게 유지되었고, T7, T10, T5 처리에서 높게 유지되었다. Mg 함량은 전반적으로 정식 후 초기 낮아지다가 8주째부터 급격히 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 T8 처리에서 큰 변화를 나타내었다. 처리 간에는 T1, T2, T3 처리에서 낮게 유지되었고, T5, T7, T9, T4 처리에서 높게 유지되었다.

Table 3-15. Change degree of drainage nutrient solution at interval of week according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Treatment		Ca contents			Mg contents		
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (me · L ⁻¹)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	81	39	48.3	77	29	37.2
T2	1	1	100	48	48.1	121	57	46.9
T3	1	2	119	64	54.0	147	57	38.5
T4	1	3	141	41	29.2	205	51	24.9
T5	3	1	204	127	62.4	190	53	27.9
T6	3	2	148	81	54.8	172	61	35.6
T7	3	3	213	105	49.5	229	87	38.0
T8	5	1	178	85	48.0	186	108	58.1
T9	5	2	194	135	69.4	203	105	51.6
T10	5	3	201	106	53.0	173	65	37.5

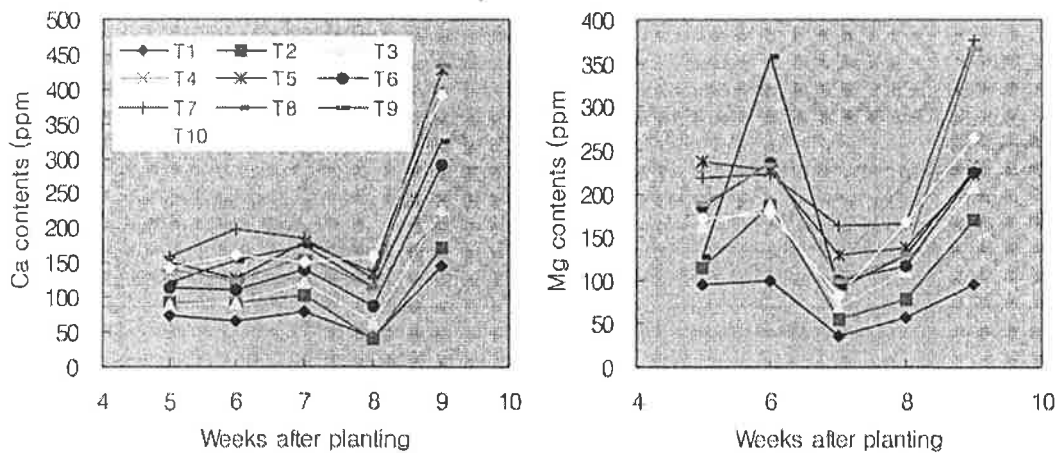


Fig. 3-21. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 N, K 및 Na 함량의 변화 경향을 살펴본 결과(Fig. 3-22), N 함량은 전반적으로 다소 하강하다가 8주째 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 그러나 T4 처리에서는 하강하지 않고 바로 8주째 상승하는 경향을 나타내었다. 처리 간에는 T9, T2, T1 처리에서 낮게 유지되었고, T6, T3, T4 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다. K 함량은 정식 후 초기에는 T9, T7, T8, T2 처리에서는 상승을, 나머지 처리에서는 감소 경향을 나타내다가 후반기에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 T2 처리에서는 초기 함량을 계속 유지하였다. 처리 간에는 T2, T7 처리에서 높게 유지되고 T1, T10 처리에서 낮게 유지되는 경향을 나타내었다. Na 함량은 정식 후 6주째 T1과 T10 처리를 제외하고

는 크게 증가한 후 다시 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 후반기에는 처리 간 큰 차이를 나타내지 않았다. 처리 간에는 T10과 T1 처리에서 낮게 유지되었고, T2, T9, T7 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다.

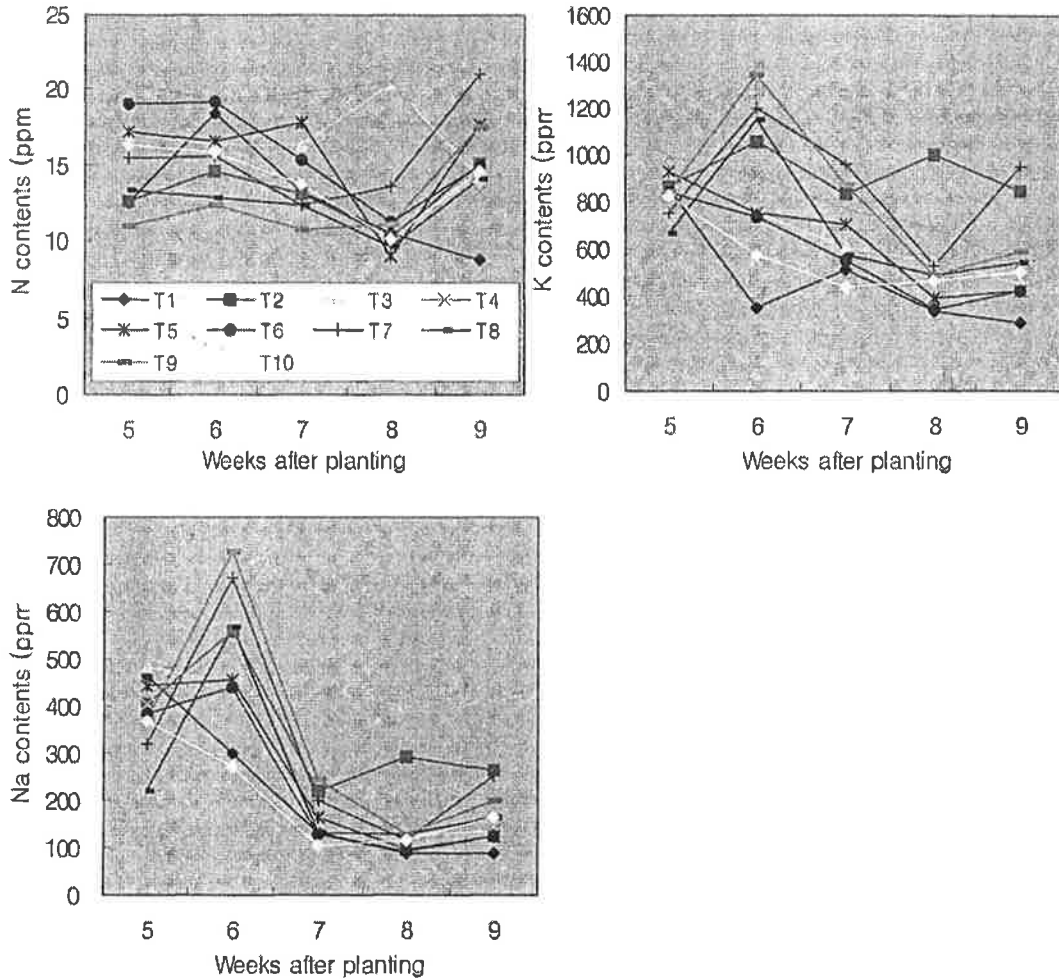


Fig. 3-22. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

생육 및 과실 특성은 베트남산 coir의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 슬라브 EC와 배수액 pH는 Ca $3\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ /Mg $1 \sim 2\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ 정도 증가시킨 처리에서 안정적인 경향을 나타내었다. 이를 종합해 보면 인도산 coir 배지를 이용할 때에는 Ca $1 \sim 3\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ /Mg $1 \sim 2\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ 정도 증가시켜 공급하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

(3) 인도네시아산 coir 배지

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 생육 특성을 조사한 결과(Table 3-16), 초장과 경경은 Ca 농도가 높은 처리(T7, T8, T9)에서 높은 경향을 나타내었다. 절간수

는 Mg 농도가 높거나(T3, T4) Ca 농도가 높은 처리(T6, T7, T8)에서 많았고, 절간길이는 T2, T9, T10 처리에서 긴 편이었다. 생체중과 건조중은 T6, T8, T1, T3 처리에서 무거웠고 T2와 T4 처리에서 가벼웠다. 엽록소 함량은 T10과 T6 처리에서 높았고 T1과 T7 처리에서 낮았다.

광합성률을 살펴보면(Fig. 3-23), T4 처리에서 유의하게 높았고 다른 처리 간에는 큰 차이를 나타내지 않았다.

Table 3-16. Growing characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

Treatment No.	Treatment		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Internode		Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Chlorophyll contents (SPAD/6mm ²)
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg			Number (ea)	Average length (cm)			
T1	0	0	259 b ^z	11.0 b	32 b	8.0	1090 a	155 a	58 b
T2	1	1	276 ab	11.1 ab	33 ab	8.4 a	958 ab	124 b	61 ab
T3	1	2	266 b	10.8 b	37 a	7.1 b	1033 a	144 ab	63 ab
T4	1	3	261 b	11.3 ab	35 a	7.5 ab	914 b	127 b	61 ab
T5	3	1	277 ab	10.8 b	34 ab	8.1 a	920 b	151 ab	60 ab
T6	3	2	270 ab	11.5 ab	37 a	7.3 b	1050 a	157 a	66 a
T7	3	3	289 a	12.3 a	36 a	8.0 ab	981 ab	159 a	59 b
T8	5	1	283 a	12.3 a	35 a	8.1 a	1062 a	164 a	65 a
T9	5	2	283 a	11.4 ab	34 ab	8.4 a	947 b	150 ab	63 ab
T10	5	3	272 ab	10.3 b	33 ab	8.3 a	920 b	141 ab	67 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

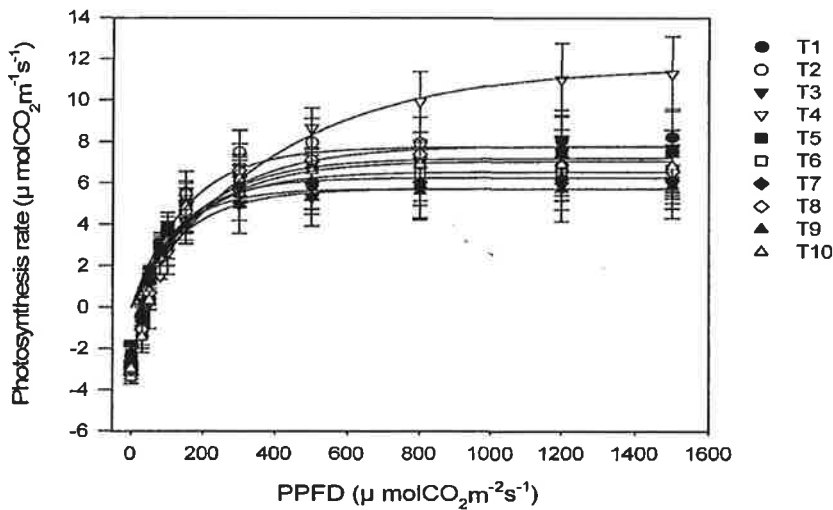


Fig. 3-23. Photosynthesis rate of leaf according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 13주째 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 수확과 특성을 조사한 결과(Table 3-17), 과실의 생체중과 건물중은 T6과 T10 처리에서 무거웠고, T3와 T4 처리에서 가벼운 경

향을 나타내었다. 과경과 과고도 무게와 같은 경향을 나타내었다. 그러나 당도는 Ca 농도가 낮은 처리(T1, T4, T2)에서 높고, 높은 처리에서는 낮은 경향을 나타내었다.

Table 3-17. Fruit characteristics according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

Treatment No.	Treatment		Fresh weight (g/ea)	Dry weight (g/ea)	Height (mm)	Diameter (mm)	Soluble solids (°Bx)	Marketable fruit (%)
	Ca	Mg						
	(me · L ⁻¹)							
T1	0	0	151.5 bc ²	7.8 b	54.2 b	72.9 a	5.4 b	67
T2	1	1	189.8 b	8.0 b	59.6 a	70.9 a	5.0 c	55
T3	1	2	136.4 c	6.2 c	51.6 b	68.5 ab	5.2 bc	72
T4	1	3	122.6 c	7.6 b	47.6 c	61.7 b	6.5 a	70
T5	3	1	155.3 bc	7.4 b	50.9 bc	60.3 b	5.6 ab	75
T6	3	2	205.9 a	9.5 ab	62.3 a	75.8 a	5.3 b	77
T7	3	3	175.6 b	9.7 a	54.8 b	68.6 ab	5.5 b	77
T8	5	1	173.9 b	9.3 ab	57.2 ab	68.1 ab	5.5 b	75
T9	5	2	194.1 ab	7.2 b	57.2 ab	69.6 ab	5.5 b	75
T10	5	3	205.6 a	11.3 a	60.5 a	72.4 a	5.3 b	72

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 슬라브 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-24), 모든 처리에서 정식 후 초기에는 상승하는 경향을 나타내다가 6주째부터 다소 낮아지는 경향을 나타내어 전반적으로는 큰 변화가 나타나지 않았다. 처리 간에는 T3, T1, T8 처리에서 낮게 유지되었고 T7과 T9 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액의 pH와 EC 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-25), pH는 전반적으로 큰 변화를 나타내지 않았다. 처리 간에는 T9, T10, T7 처리에서 낮게 유지되었고, T1, T2, T3 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다. EC는 전반적으로 낮아지는 경향을 나타내었으나 정식 후 8주째 다소 상승하였다. 처리 간에는 T1, T2, T3, T6 처리에서 낮게 유지되었고, T7, T5 처리에서 다소 높게 유지되는 경향을 나타내었다.

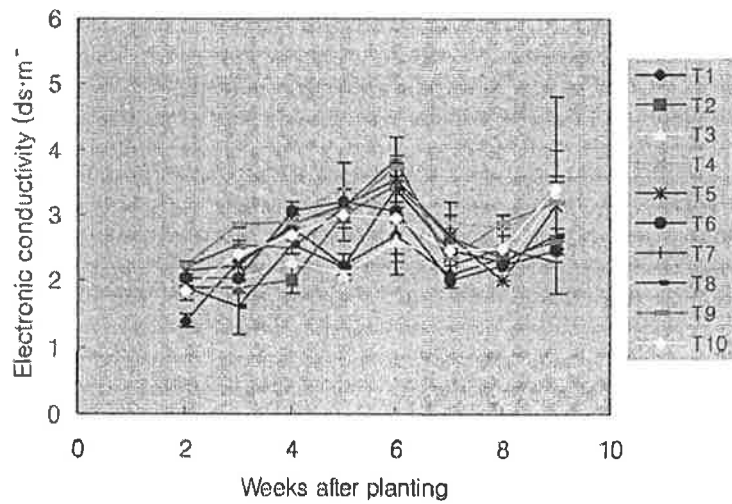


Fig. 3-24. Change of EC of slab according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

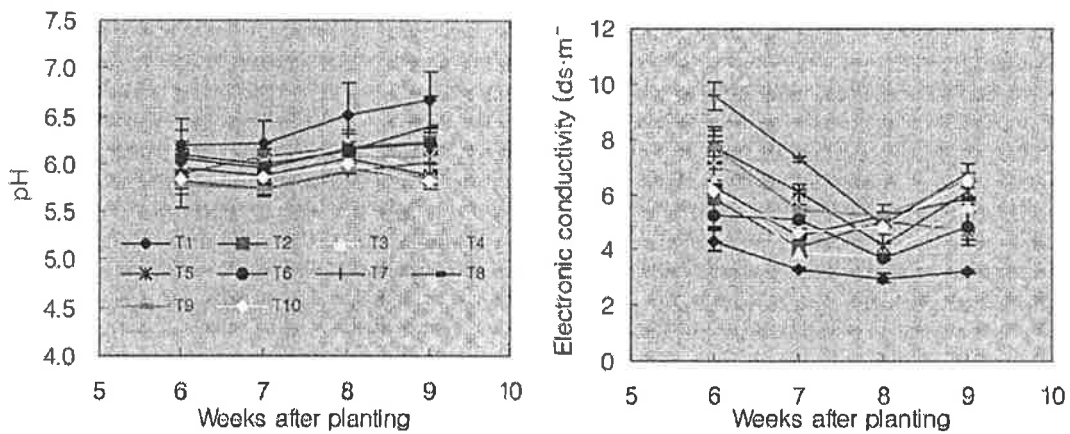


Fig. 3-25. Change of EC and pH of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 Ca과 Mg 함량의 변화 정도를 살펴본 결과(Table 3-18), Ca의 평균함량은 Ca 농도가 높은 처리에서 높게 나타났지만, 주당 편차가 다소 큰 편이었다. Mg의 평균함량은 T7, T9, T4 처리에서 높고 T1과 T2 처리에서 낮은 경향을 나타내었다. 그러나 이도 마찬가지로 높은 함량을 나타낸 처리에서 주당 편차가 다소 컸다.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 Ca과 Mg 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig.3-25), Ca 함량은 정식 초기에 다소 상승과 하강이 있었고 8주째 급격한 상승을 나타내었다. 그리고 처리간 다소 차이를 나타냈다. 처리 간에는 T1, T2, T3, T4 처리에서 낮게 유

지되었고, T5, T9, T7, T10 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타냈다. Mg 함량은 정식 후 초기 하강하다가 8주째 상승하는 경향을 나타내었고 T7 처리에서 변화의 폭이 컸다. 처리간에는 T1, T2, T6, T3 처리에서 낮게 유지되었고, T7, T9, T5 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다.

Table 3-18. Change degree of drainage nutrient solution at interval of week according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in India.

Treatment No.	Ca contents		Ca contents			Mg contents		
	Ca (me · L ⁻¹)	Mg (me · L ⁻¹)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)	Mean (ppm)	SD (ppm)	CV (%)
T1	0	0	150	60	39.8	99	36	36.2
T2	1	1	257	67	26.2	167	44	26.6
T3	1	2	271	130	47.9	188	69	36.8
T4	1	3	277	61	22.0	219	13	5.9
T5	3	1	390	68	17.5	202	56	27.8
T6	3	2	309	83	27.0	175	62	35.2
T7	3	3	399	109	27.4	275	84	30.4
T8	5	1	391	92	23.6	188	32	17.1
T9	5	2	426	113	26.5	244	85	34.7
T10	5	3	394	134	34.1	201	57	28.1

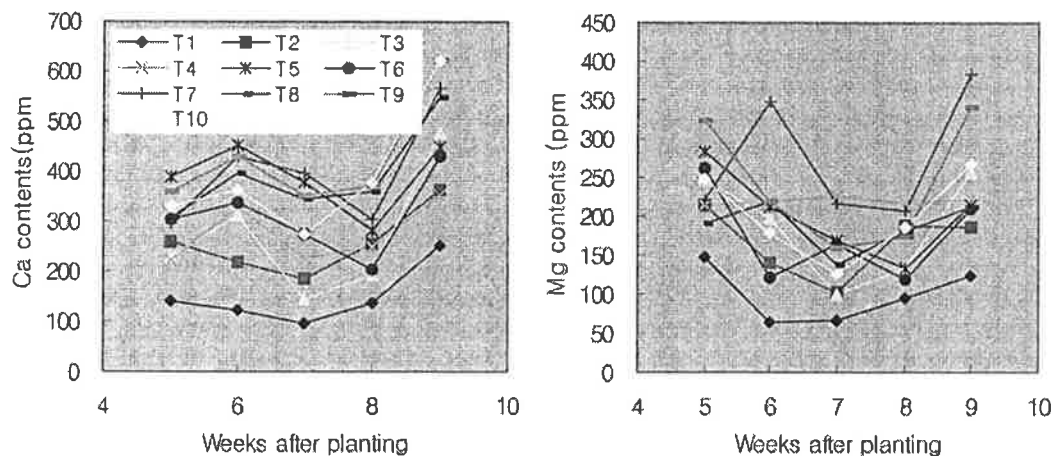


Fig. 3-25. Change of Ca and Mg contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

정식 후 공급 배양액의 Ca와 Mg 농도에 따른 배수액 내 Ca과 Mg 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-26), N 함량은 정식 후 초기에는 조금 상승하다 하강하고 다시 8주째 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 초기에 T6 처리에서는 큰 상승을 나타내었고 하강 시 T10 처리에서는

상승하는 경향을 나타내었다. 그리고 8주째부터 상승할 시 T1은 다소 하강하는 경향이였다. 처리 간에는 초기에는 T9, T10, T8 처리에서 낮게 유지되었고 T4, T6, T3, T2, T1 처리에서 높게 유지되었다. 그러나 후기에는 상승과 하강이 각각 나타나면서 처리 간 큰 차이를 나타내지 않았다. K 함량은 정식 후 초기에는 급격히 상승하다가 6주째부터 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 다시 8주째 다소 상승하였다. 처리 간에는 초기에는 T6, T1, T10, T2, T3 처리에서 낮게 유지되었고 T5, T7, T4 처리에서 높게 유지되는 경향을 나타내었다. 그러나 후기에는 초기와 거의 비슷한 양상이었으나 낮았던 T2 처리에서 높아지는 변화가 있었다. Na 함량은 전반적으로 8주째까지 하강하는 경향을 나타내다가 이후 다소 상승하는 경향을 나타내었다. 특히 아주 높았던 T9, T6, T10 처리에서는 초기에 크게 낮아지는 경향을 나타내었다. T1, T6, T2, T5 처리에서 다소 낮게 유지되었고 T2, T9, T7, T8, T10 처리에서 다소 높게 유지되었다.

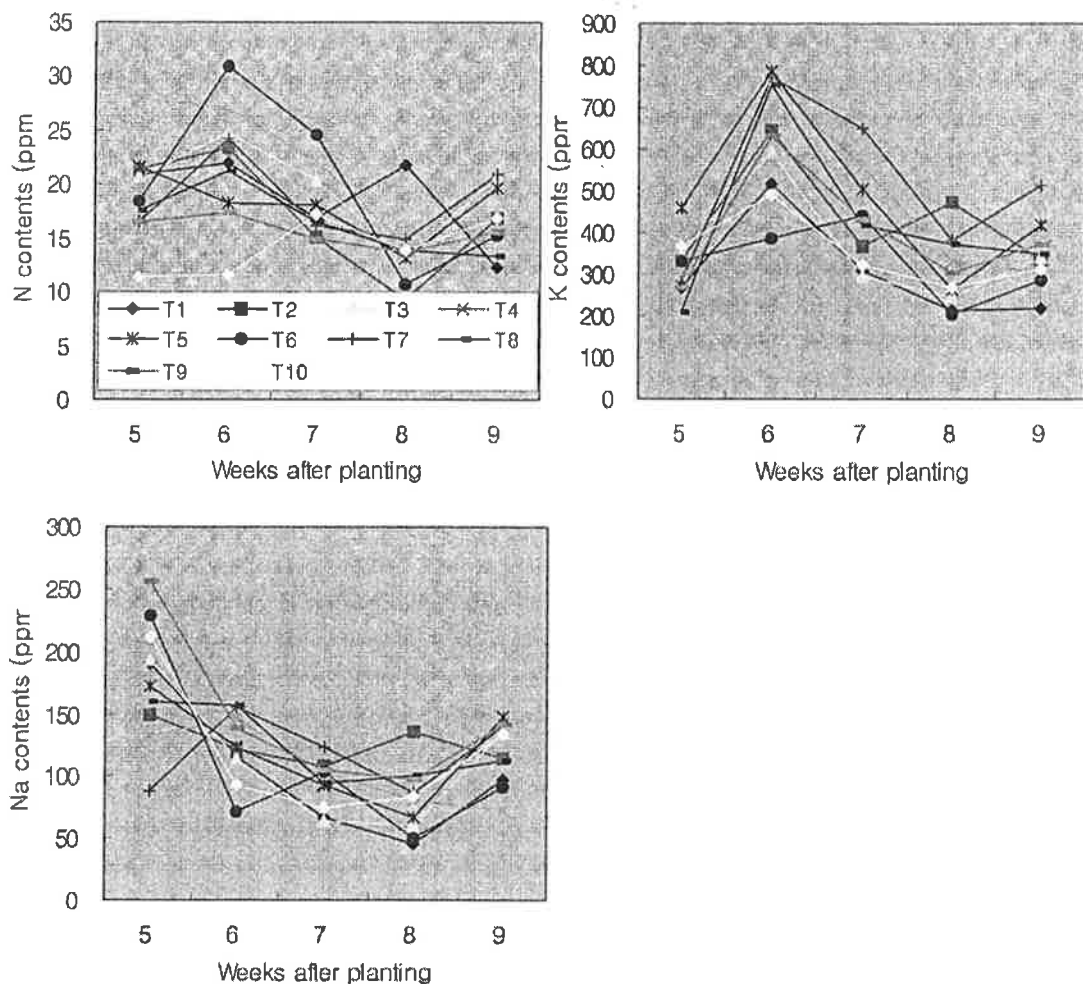


Fig. 3-26. Change of N, K and Na contents of drainage nutrient solution according to increasing Ca and Mg contents within nutrient solution in hydroponics of tomato using coir substrates made by coconut produced in Indonesia.

생육 및 과실 특성은 베드납산 coir의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 슬라브 EC와 배액 pH는 증가시킨 처리 모두에서 다소 안정적인 경향을 나타내었다. 이에 종합해 보면 인도네시아산 coir 배지를 이용할 때에는 Ca 1~3me · L⁻¹/Mg 2~3me · L⁻¹ 정도 증가시켜 공급하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

다. 급배액 관리

(1) 적정 급액 농도 구명

토마토의 관행 급액농도인 1.8dS·m⁻¹을 기준으로 1.2, 2.5 및 3.0dS·m⁻¹의 4처리로 하여 coir 혼합배지(dust : fiber =7:3(v/v))에서 토마토의 생육, 수량 및 근권 변화 특성을 측정하여 얻은 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배액의 pH와 EC를 조사한 결과(Table 3-19), pH는 EC 1.8dS · m⁻¹에서 평균 pH 6.4로 EC 1.2, 2.5, 3.0dS · m⁻¹이 평균 pH 5.8~5.9인 것에 비하여 다소 높게 측정되었으나 이 범위는 작물의 생육적정 범위인 pH 5.5~6.5의 범위에 있어 작물의 생육에는 큰 영향이 없는 것으로 나타났다. 또한 EC는 pH와 반대의 경향으로 EC 1.8dS · m⁻¹에서 평균 5.3dS · m⁻¹, 표준편차가 1.26dS · m⁻¹로 가장 안정된 값을 보였다. EC 1.2dS · m⁻¹에서는 변이계수가 47.2%로 변화 가능성 정도가 가장 컸다.

Table 3-19. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting.

Electric conductivity (dS · m ⁻¹)	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
1.2	5.8	0.17	2.9	5.4	2.56	47.2
1.8	6.4	0.25	3.9	5.3	1.26	24.0
2.5	5.9	0.19	3.3	10.3	2.81	27.3
3.0	5.9	0.27	4.6	10.9	2.28	20.9

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

생육 기간 동안 배양액의 급액 농도에 따른 배액의 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 3-27), 전반적으로 재배가 진행되면서 낮아지는 경향을 나타내었다. 정식 후 7주째에는 EC 1.8dS · m⁻¹에서 pH 6.8, 표준편차 0.23으로 다소 불안정한 수치를 나타냈지만, 10주 이 후부터는 pH가 6.5이하, 표준편차가 0.1미만으로 나타나 안정된 수치를 나타내어 생육에 지장은 없었다. 또한 EC는 생육 전반에 걸쳐 급액 농도가 높을수록 배액의 EC도 높아지는 경향이였다. 특히 급액 농도 2.5dS · m⁻¹에서는 생육초기인 정식 4주 후에 EC가 6.9dS · m⁻¹, 13주 후에 14.3dS · m⁻¹ 등 크게 불안정한 변화를 나타내었다. 생육 후기인 정식 후 16주 EC를 비교해 보면 1.2, 1.8, 2.5, 3.0dS · m⁻¹의 평균이 각각 5.4, 5.3, 10.3, 10.9dS · m⁻¹으로써 안정적인 EC 범위를 보인 1.2, 1.8dS · m⁻¹을 제외하고는 모두 불안정한 상태임을 알 수 있었다.

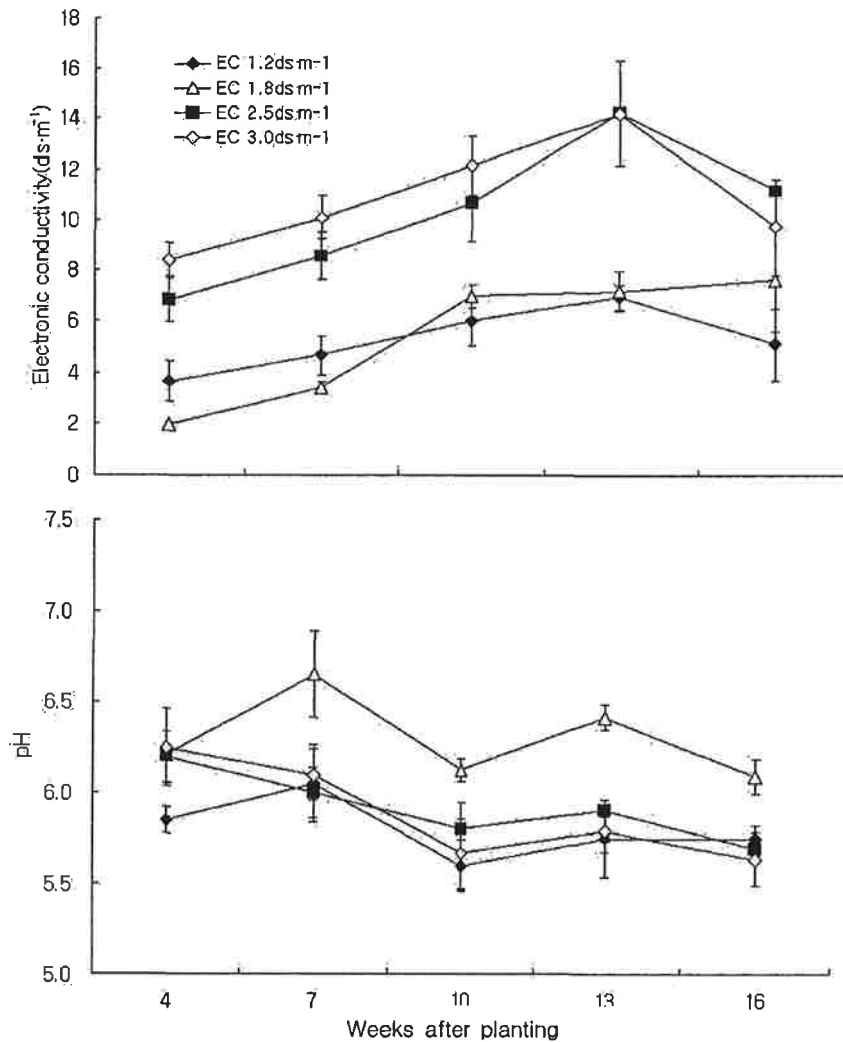


Fig. 3-27. Changes of electric conductivity (EC) and pH of drainage nutrient solution according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 초장의 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-28), 생육 전반에 걸쳐 초장은 급액 농도가 높을수록 다소 높은 경향을 나타내었다. 정식 18주 후에는 EC 1.2, 2.5, 3.0dS · m⁻¹에서 각각 평균 201.6, 216.8, 218.7cm를 나타낸 것에 비해, 1.8dS · m⁻¹은 18주 후에 255.1cm로써 가장 우수하게 나타났다. 이는 1주당 평균 성장(cm/week)을 비교해본 결과에서도 동일하게 나타났는데 각각 1주당 9.5, 12.6, 10.3, 10.3cm가 성장하여 전반적으로 급액 농도에 따른 초장의 변화는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. Chung과 Lee(1997)는 토마토 분무경에서 급액 농도가 높을수록 초장이 커진다는 결과와 유사하나 Roh(1997)는 오이 순환식 수경재배에서 급액 농도가 높으면 초장 짧아지고, Kim 등(2001)은 EC 농도가 높아지면 초장은 짧아진다는 결과와는 반대의 경향을 보였다. Chung 등(1994)은 오이 담액수경에서 표준 농도에서 초장이 가장 높게 나타났고, 농도가 낮거나 높을 때는 낮았다는 결과도 있었다.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 엽록소의 함량 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-29), 전반적으로 생육초기부터 함량이 증가하였으나, EC 1.2dS · m⁻¹에서는 12주 후부터 다소 낮아지는 경향을 보였다. 정식 후 16주째에는 1.2dS · m⁻¹과 1.8dS · m⁻¹에서 각각 53.5, 53.3SPAD/6mm²로 측정되어 유의한 차이가 없었고, 2.5dS · m⁻¹과 3.0dS · m⁻¹은 56.3SPDA/6mm²과 56.8SPAD/6mm²로 측정되어 서로간의 유의차가 없었다.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 광합성률을 살펴본 결과(Fig. 3-30), 급액 농도 EC 3.0dS · m⁻¹에서 월등히 높은 것을 제외한 나머지 급액 농도간에는 큰 차이를 나타내지 않았다.

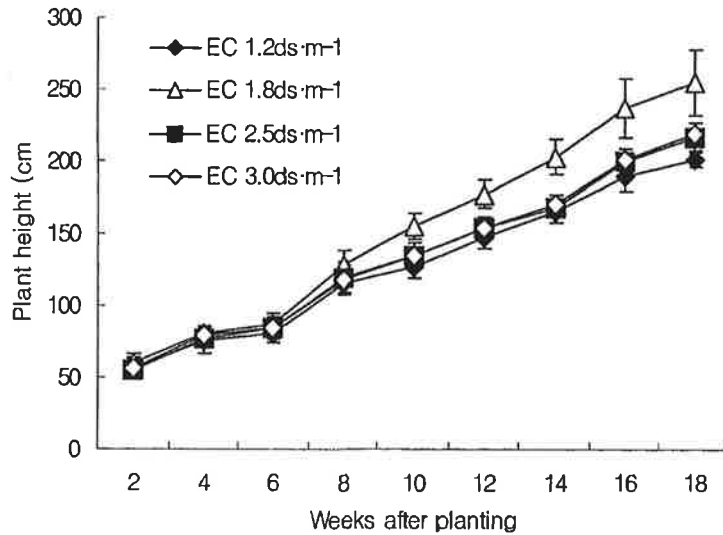


Fig. 3-28. Changes of plant height according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato from 2 to 18 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

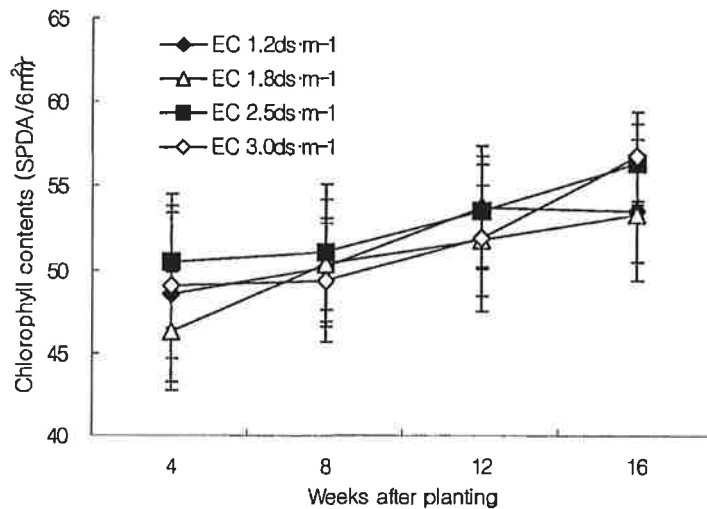


Fig. 3-29. Changes of chlorophyll contents according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

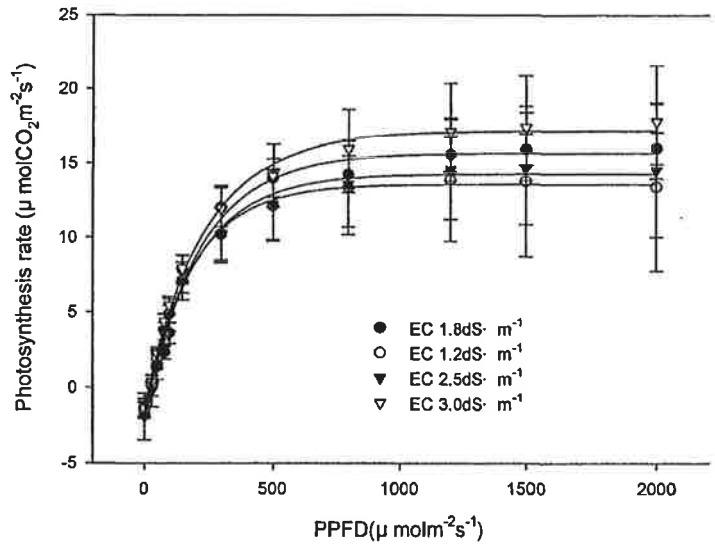


Fig. 3-30. Photosynthesis rate according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato at 13 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 급액 농도에 따른 과실의 품질 특성을 조사한 결과(Table 3-20), 과중, 과고, 과폭은 EC 1.2dS·m⁻¹과 1.8dS·m⁻¹에서 2.5, 3.0dS·m⁻¹보다 높은 경향을 나타내었다. 또한 상품과율에 대한 비교에서도 1.8dS·m⁻¹이 84%로써 가장 우수하게 조사되었다.

급액농도에 따른 생체중과 건물중을 조사한 결과(Table 3-21), 1.8dS·m⁻¹과 2.5dS·m⁻¹에서 각각 생체중은 757.0g과 658.8g, 건물중은 116.4g, 117.1g으로 유의한 차이를 보이며 우수하였고, 수분 함수량은 85%로 가장 우수하였다.

Table 3-20. Characteristics of fruit quality according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato.

Electric conductivity (dS·m ⁻¹)	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Marketable fruit (%)
1.2	159.2 a ^z	58.7 a	68.8 a	0.85 a	74 ab
1.8	168.9 a	60.4 a	69.0 a	0.88 a	84 a
2.5	153.9 ab	57.7 ab	67.8 a	0.85 a	81 a
3.0	150.6 b	56.7 b	66.4 b	0.85 a	57 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3-21. Moisture contents of plant according to the supply nutrient concentration hydroponically grown in tomato.

Electric conductivity (dS·m ⁻¹)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Moisture content (%)
1.2	658.8 b ²	109.9 b	83a
1.8	757.0 a	116.4 a	85a
2.5	749.0 a	117.1 a	84a
3.0	667.9 b	113.6 a	83a

²Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

(2) 적정 급액량 구명

Coir 배지의 물리화학적 특성을 고려하여 coir dust: fiber=70:30(v:v) 혼합 배지를 이용하였다. 급액량은 농가의 급액량(120mL)을 대조구로 하여 처리구는 70, 180 및 230mL의 4처리한 결과는 다음과 같다.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지의 배액 pH와 EC를 조사한 결과(Table 3-22), pH는 전체 처리구에서 평균 pH 6.2~6.5로써 큰 차이가 나지 않았으나, 120mL/회 급액량에서 표준편차(pH 0.25)와 변이계수(3.9%)로 다른 세 처리구에 비하여 다소 불안정하게 나타났으나 생육 기간 동안의 문제는 되지 않았다. EC의 변화에서도 이와 비슷한 경향을 보였는데, 120mL/회 급액량에서 평균 5.44dS·m⁻¹로써 가장 높게 측정되었으며, 표준편차(2.56dS·m⁻¹)와 변이계수(47.2%) 또한 가장 높은 수치를 나타내어 불안정한 모습을 보였으나 전체 생육에 있어 문제가 되지 않았다.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 coir 배지의 배액 pH와 EC의 변화를 살펴보면(Fig. 3-31), pH는 생육 초기는 70mL/회 공급에서 다소 낮았고 나머지 처리는 pH 6.4~6.5로 비슷한 수준을 나타내었으며, 전반적으로 급액량이 많을수록 pH 수치가 높은 경향을 보였다. 120mL/회 공급은 7주째 pH 6.8로 일시적으로 높은 수치를 보였으나 이 후에는 안정되어 생육에는 지장이 없었다. 또한, 70mL/회 공급은 전 생육 기간에 걸쳐 다소 안정적으로 나타났다. 급액량에 따른 배수액 EC의 변화는 대체적으로 급액량이 많을수록 낮은 수치를 나타내었으나, 120mL/회 공급에서는 생육 전반에 걸쳐 다소 높은 pH를 나타내었다.

Table 3-22. pH and electric conductivity (EC) of drainage nutrient solution according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting.

Amount of supply nutrient solution (mL/times)	pH			EC (dS · m ⁻¹)		
	Mean	SD ^z	CV ^y (%)	Mean	SD	CV (%)
70	6.2	0.10	1.7	4.86	1.43	29.4
120	6.4	0.25	3.9	5.44	2.56	47.2
180	6.5	0.15	2.3	4.12	1.13	27.5
230	6.5	0.09	1.3	3.12	0.73	23.3

^zStandard deviation.

^yCoefficient of variation.

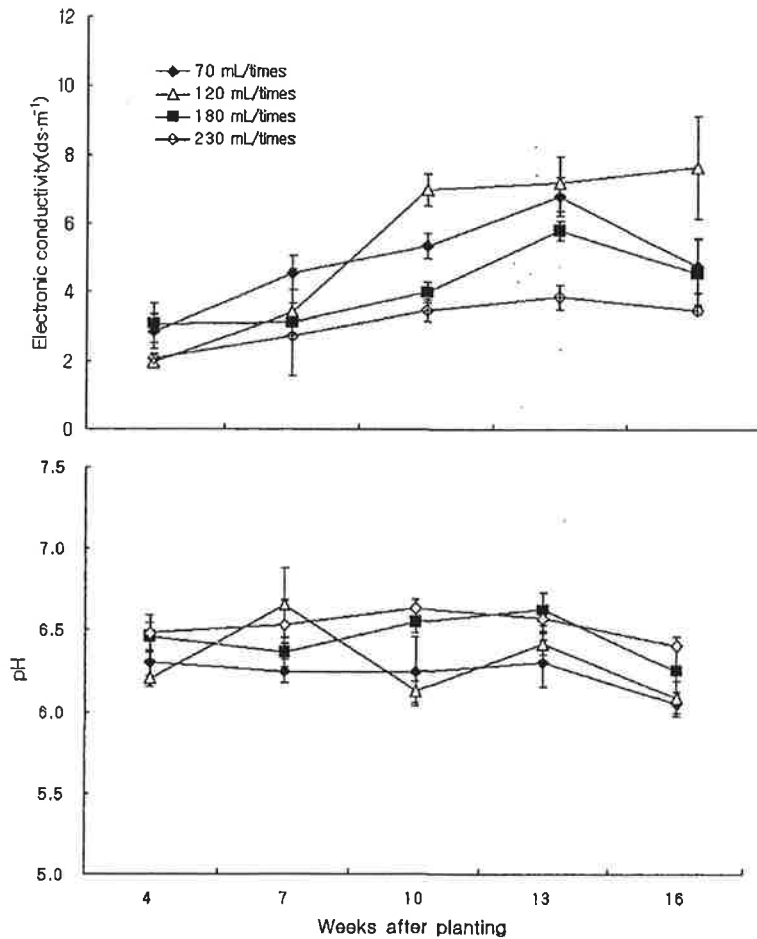


Fig. 3-31. Changes of electric conductivity (EC) and pH of drainage nutrient solution according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 급액량에 따른 초장 변화를 살펴본 결과(Fig. 3-32), 생육 전반에 걸쳐 급액량에 따른 초장의 차이는 거의 나타나지 않았으나 생육 중기 이후 70mL/회 급액에서 증가폭이 작아지는 경향을 보였으며 이는 조사말기인 18주째까지 지속되었다. 초장의 1주당 성장(cm/week)을 환산해 비교한 결과, 230mL/회 급액과 120mL/회 급액이 각각 12.8, 12.6cm/week로써 우수하게 성장하였음을 알 수 있었다.

생육 기간 동안 급액량에 따른 엽의 엽록소 함량을 살펴본 결과(Fig. 3-33), 생육 전반에 걸쳐 70, 120, 180, 230mL/회 급액에서 각각 평균 51.9, 50.4, 52.2, 52.5 SPAD/6mm²을 나타내었다.

생육 기간 동안 급액량에 따른 광합성률을 살펴본 결과(Fig. 3-34), 급액량이 많을수록 높은 경향을 보였으며, 120mL/회와 180mL/회 공급 간에는 유사한 광합성률을 보였으며, 70mL/회에서는 다른 처리구에 비해 매우 저조하였다.

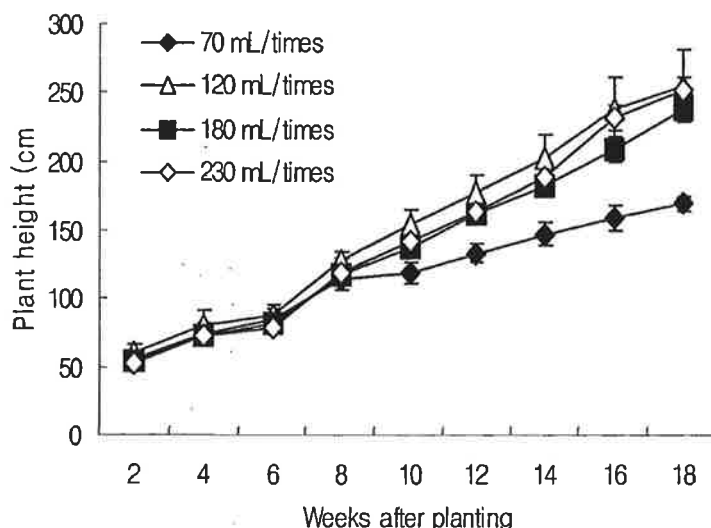


Fig. 3-32. Changes of plant height according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato from 2 to 18 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

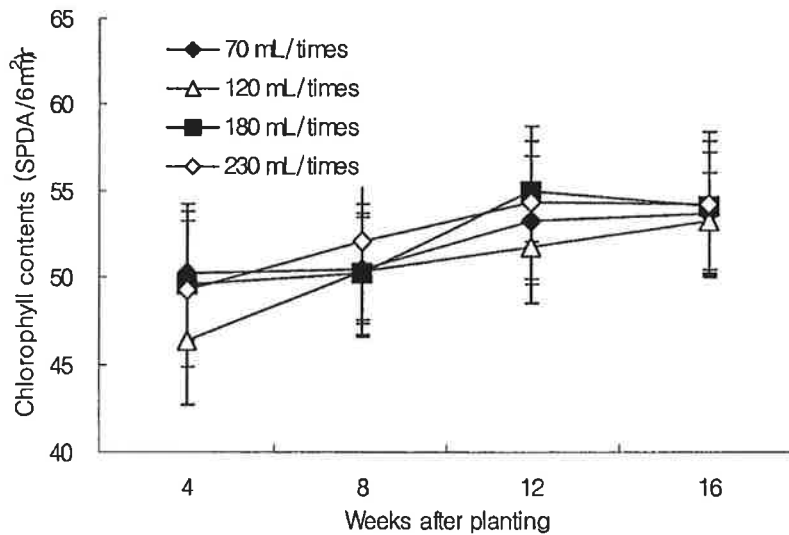


Fig. 3-33. Changes of chlorophyll contents according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato from 4 to 16 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

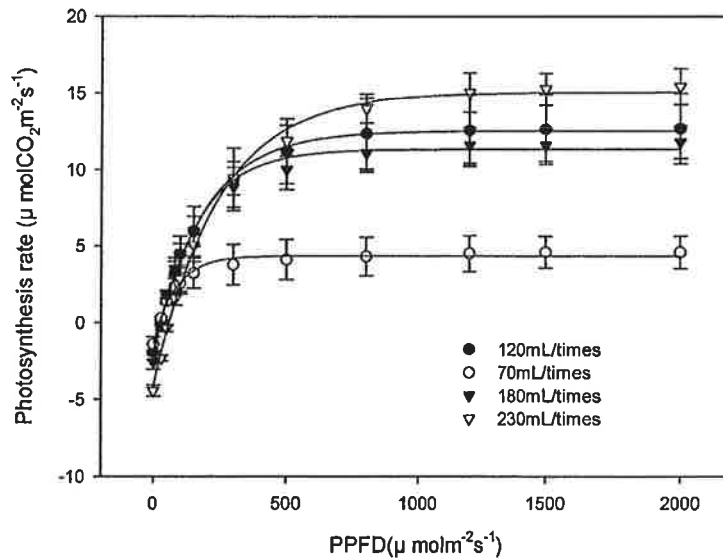


Fig. 3-34. Photosynthesis rate according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato at 13 weeks after planting. Vertical bars represent standard errors.

생육 기간 동안 배양액의 급액량에 따른 과실 특성 조사 결과는 Table 3-23과 같다. 과중은 급액량이 많을수록 무거워지는 경향을 나타냈다. 급액량이 가장 많은 230mL/회 급액의 과중은 195.0g으로 가장 무거운 중량을 나타냈으나 과도한 습도로 인한 과실의 생육장애로 인해 69%의 저조한 상품화율을 나타내었다. 120mL/회와 180mL/회 급액에서는 각각 168.9g과 178.7g으로써 과실의 형태도 원형에 가깝고 상품화율도 84%, 86%로써 토마토 재배에 가장 적합한 수치를 나타내었다.

생육 기간 동안 배양액 공급량에 따른 수체의 수분 함수량을 비교해 본 결과(Table 3-24), 180, 230mL/회 급액에서 수체의 생체중과 건조중이 모두 우수하였으나, 수분 함수량은 대조구가 85%로 가장 우수함을 알 수 있었다.

Table 3-23. Characteristics of fruit quality according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato.

Supply amount (mL/times)	Fruit weight (g)	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Marketable fruit (%)
70	151.7 b ^z	54.9 b	67.7 b	0.82 a	49 c
120	168.9 ab	60.4 a	69.0 b	0.88 a	84 a
180	178.7 ab	59.5 a	71.2 ab	0.84 a	86 a
230	195.0 a	61.3 a	73.9 a	0.84 a	69 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 3-24. Moisture contents of plant according to the amount of supply nutrient solution hydroponically grown in tomato.

Supply amount (mL/times)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Moisture content (%)
70	564.1 b ^z	101.3 b	82 a
120	757.0 a	116.4 ab	85 a
180	911.1 a	145.8 a	84 a
230	916.3 a	146.3 a	84 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

4절 Coconut coir 배지를 이용한 오이 수경재배시스템 체계화

가. 물리성 개선

(1) Coir dust 와 fiber의 혼합비율에 따른 물리성 개선

Coconut coir dust(인도네시아산)는 압축된 것을 물에 포수시켜 사용하였으며, fiber는 긴 섬유를 구입하여 5cm 이하로 절단하여 사용하였다. Coconut coir의 dust와 fiber의 혼합은 비중을 고려하여 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 50:50 (v/v)의 비율로 조제하였다. 화학성을 조정하기 위해서 석고를 각각의 조성배지에 coconut coir dust 1L 당 5g을 넣고 골고루 혼합하였다. 플러그 트레이 50공에 종자를 파종하여 육묘장에서 본엽이 4매 전개 될 때까지 생장시켜 정식하여 시립대학교 4연동 비닐온실에서 2008년 5월 28일부터 8월 3일까지 수행하였다.

Coir배지의 물리성 분석은 농촌진흥청 표준분석법(RDA, 2002)을 이용하였고, 생육 기간 동안 초장, 최대엽장, 최대엽폭, 엽수, 경경을 조사하였다. 초장과 최대엽장 및 엽폭은 일반 판매용 줄자(5m, cm단위)를 이용하여 조사하였고, 경경은 전자 캘리퍼스(CD-15CP, Mitutoyo, Japan)를 이용하였다. 광합성율과 기공저항 측정은 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Li-cor, USA)를 이용하여 오전 9시~11시 사이에 12번째 잎을 대상으로 측정하였다. 5번째 마디까지의 암꽃은 제거하였고 6번째 마디부터 착과시켜 총 과수, 상품과수, 총과중, 상품과중, 상품과율을 조사하였다. 과실의 길이가 약 20cm 내외일 때 수확하였고 꼭과(휘어진 폭이 3cm이상), 곤봉과, 선세과, 기형과 등을 비상품과로 하였다.

(2) Coir 혼합배지에 적합한 재배 방식 선발

Coconut coir dust와 fiber의 혼합비율로 각각의 재배방식에 충전하였다. 재배방식에 따른 재배상은 자루재배방식, 베드충진방식, 생장포트방식의 3가지로 처리하였고 정식 후 공급 배양액은 야마자키 배양액(NO₃-N 13.0, NH₄-N 1.0, P 3.0, K 6.0, Ca 7.0, Mg 4.0, SO₄-S 5.0 me·L⁻¹)으로 조성하여 배양액은 EC 1.5~2.0 dS·m⁻¹, pH 5.8~6.0로 조절하여 공급하였고, 공급량은 회당 180~200mL로 하여 유리 온실 내 온도, 일조량, 습도 등 재배 농가의 재배 관리 시스템 조사값을 고려하여 공급 횟수를 조절하였다. 일반적으로 시험 기간 동안 일일 공급 횟수는 고온기(7~8월)에 10±1회였으며 비가 오거나 흐린 날은 다소 줄었다.

배액 내 전기전도도(EC)는 휴대용 EC meter(EC-93, Aalsmeer -Holland, Netherlands)로 측정하였고, pH는 휴대용 pH meter(pH-93, Aalsmeer-Holland, Netherlands)를 사용하여 측정하였다. 생육 기간 동안 초장, 최대엽장, 최대엽폭, 엽수, 경경을 조사하였다. 초장과 최대엽장 및 엽폭은 일반 판매용 줄자(5m, cm단위)를 이용하여 조사하였고, 경경은 전자 캘리퍼스(CD-15CP, Mitutoyo, Japan)를 이용하였다. 광합성율과 기공저항 측정은 휴대용 광합성 측정기(Li-6400, Li-cor, USA)를 이용하여 오전 9시~11시 사이에 12번째 잎을 대상으로 측정하였다. 5번째 마디까지의 암꽃은 제거하였고 6번째 마디부터 착과시켜 총 과수, 상품과수, 총과중, 상품과중, 상품과율을 조사하였다. 과실의 길이가 약 20cm 내외일 때 수확하였고 꼭과(휘어진 폭이 3cm이상), 곤봉과, 선세과, 기형과 등을 비상품과로 하였다.

정식 20일 후, 배지 혼합 비율과 재배시스템별 초기 생육에 미치는 영향을 조사한 결과는 자루재배 방식에서 coir dust 100% 배지에서는 다른 fiber 혼합배지보다 낮은 경향을 나타내었다(Table 4-1). 경경을 제외한 나머지 생육 항목은 배지 혼합 비율에 따른 유의적 차이는 없었다. 그러나 재배방식에 따라서는 초장, 엽장과 엽폭에서 통계적 유의성을 나타내었다. 배지의 혼합비율과 재배시스템 간의 초장, 엽장 및 경경은 유의하지 않았으나 엽폭과 엽수에서 유의성 있는 경향을 나타내었다. 결과적으로 오이의 초기 생육량은 전반적으로 자루재배와 베드층진 방식에서 포트재배보다 높게 나타났고, coir dust에 fiber의 함량 비율이 10~20% 수준에서 초기 생육이 높았다.

Table 4-1. Growth of cucumber plants at 20 days after planting as affected by culture system in different mixed ratios of coconut dust and fiber.

Ratio of dust : fiber	System	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. leaves (No./plant)	Stem Diameter (mm)
100 : 0 ^a	Bag	110.2	21.4	27.3	12.2	7.9
	Bed	113.0	23.6	31.5	13.5	9.4
	Pot	105.3	20.2	26.0	13.3	7.6
90 : 10	Bag	117.3	22.5	28.3	13.3	8.5
	Bed	113.2	23.7	31.5	13.3	8.5
	Pot	106.7	20.5	29.0	13.7	8.6
80 : 20	Bag	114.1	22.5	27.9	12.5	9.6
	Bed	109.3	23.0	29.7	14.2	9.3
	Pot	112.4	22.2	30.4	13.8	9.2
70 : 30	Bag	111.7	22.0	30.3	14.0	9.5
	Bed	115.6	22.6	30.6	13.6	8.4
	Pot	100.5	23.3	28.3	11.3	8.3
50 : 50	Bag	113.5	21.0	27.8	13.5	7.8
	Bed	114.3	23.0	31.0	12.4	8.7
	Pot	108.0	21.2	28.8	12.8	8.4
Significance ^b						
Ratio (R)		NS	NS	NS	NS	*
System (S)		**	**	***	NS	NS
R × S		NS	NS	*	***	NS

^a Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia

^b Probability of significant F values : NS, *, **, *** non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

정식 30일 후, 재배시스템별로 배지 혼합 비율이 광합성, 기공전도도, 증산률에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 4-2과 같다. coir dust에 fiber의 함량 비율이 0~20% 수준에서 자루재배 방식과 베드층진 방식에서 높은 광합성률과 증산률을 보였고, coir dust에 fiber의 함량 비율이 30% 이상의 수준에서는 포트재배 방식에서 광합성률과 증산률이 높았다. 그러나 재배시스템과 배지 혼합 비율에 따른 오이의 광합성과 증산률 등에 미치는 영향을 조사한 결과 재배시스템에서의 광합성을 제외하고는 모두 유의적 차이가 없었다.

Table 4-2. Photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate in cucumber leaves at 30 days after planting as affected by culture system in different mixed ratios of coconut dust and fiber.

Ratio of dust : fiber	System	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
100 : 0 ^z	Bag	12.22	0.82	5.85
	Bed	15.86	2.40	7.52
	Pot	14.12	1.45	6.64
90 : 10	Bag	15.32	1.90	7.47
	Bed	14.28	2.19	7.05
	Pot	15.77	2.05	7.60
80 : 20	Bag	12.91	1.54	6.69
	Bed	14.71	2.09	7.36
	Pot	14.43	1.69	6.97
70 : 30	Bag	13.54	1.75	7.08
	Bed	13.30	1.57	6.85
	Pot	15.95	2.05	6.91
50 : 50	Bag	12.19	1.24	6.10
	Bed	13.11	1.50	6.89
	Pot	15.08	1.63	7.14
Significance ^y				
Ratio(R)		NS	NS	NS
System(S)		*	NS	NS
R × S		NS	NS	NS

^z Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia

^y Probability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at $p\leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

정식 50일 후, 재배시스템별로 배지 혼합 비율이 오이의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 4-3과 같다. 생장포트 방식은 coir dust와 fiber 혼합 비율이 90:10 과 80:20 배지에서 비

교적 높게 나타났지만 처리간의 유의적 차이는 크지 않았다. 초장, 엽수 및 경경에서는 배지 혼합 비율에 따른 유의적 차이가 없었고, 재배방식별로 엽무게, 엽병무게, 지상부 생체중, 초장 및 엽수에서는 고도로 유의함을, 마디수에서는 매우 유의함을 나타내었다. 배지 혼합비율에 따른 재배방식의 차이에서는 줄기무게와 지상부 생체중, 초장, 마디수 및 경경에서 유의성이 없었으나 엽무게와 엽병무게 및 엽수에서는 유의한 경향을 나타내었다. 오이의 생육은 베드층진 방식에서 전반적으로 높게 나타났으며, coir dust에 fiber의 함량 비율이 30% 이상의 수준에서는 자루재배와 포트재배방식에서 생육량이 낮았다.

Table 4-3. Growth of cucumber plants at 50 days after planting as affected by culture system in different mixed ratios of coconut dust and fiber.

Ratio of dust : fiber	System	Fresh weight(g)				Plant height (cm)	No. leaves (No. /plant)	Stem Diameter (mm)
		leaf	stem	petiole	total			
100 : 0 ^z	Bag	185.6	269.7	128.5	583.8	466.4	19.4	10.4
	Bed	195.4	301.9	110.9	608.2	505.8	19.2	10.4
	Pot	170.6	289.2	94.2	554.0	447.4	18.0	3.4
90 : 10	Bag	214.3	338.8	149.8	702.9	479.3	21.3	9.4
	Bed	229.4	347.4	126.9	703.7	506.8	21.0	10.8
	Pot	143.4	303.3	77.6	524.3	499.4	15.6	9.2
80 : 20	Bag	185.8	315.9	119.1	620.8	465.5	19.5	18.6
	Bed	202.5	321.0	112.2	635.7	488.7	17.5	11.7
	Pot	187.5	360.1	105.2	652.8	480.8	17.8	9.2
70 : 30	Bag	153.9	250.1	89.5	493.5	440.6	17.4	10.3
	Bed	203.5	283.7	98.3	585.5	488.5	20.3	9.5
	Pot	149.0	317.5	84.5	551.0	487.8	16.2	9.2
50 : 50	Bag	112.9	232.6	66.9	412.4	457.0	17.0	9.6
	Bed	223.3	337.1	134.6	695.0	484.3	21.0	9.1
	Pot	135.8	270.3	84.7	490.8	498.2	16.8	8.7
Significance ^y								
Ratio(R)		*	NS	***	***	NS	NS	NS
System(S)		***	NS	***	***	***	***	NS
R × S		**	NS	***	NS	NS	***	NS

^z Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia

^y Probability of significant F values : NS, *, **, ***, non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

표 4-4는 재배시스템별로 배지 혼합 비율이 과실의 수량 및 생산성에 미치는 영향을 조사한 결과 자루재배 방식에서는 과실의 길이와 직경, 무게는 coir dust에 fiber 비율이 10%인 배지에서 높은 경향을 나타내었다. 베드층진 방식은 coir dust에 fiber 비율이 10~20%인 배지에서 높은 경향을 나타내었으며 coir dust 100% 배지가 비교적 낮은 결과를 보였다. 또한 포트재배 방식은 coir dust에 fiber 비율이 10~20%인 배지에서 높은 경향을 나타내었다. 오이의 상품수량은 coir dust에 fiber 함량 10~20% 수준에서 다른 혼합비율의 배지보다 높았으며 재배방식 간에는 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 전반적으로 모든 재배시스템에서 coir dust 100%와 coir dust에 fiber의 함량이 50%인 배지에 비해서 높음을 나타내었다.

Table 4-4. Marketable yield of cucumber plants as affected by culture system in different mixed ratios of coconut dust and fiber.

Ratio of dust : fiber	System	Fruit		No. fruit (no./plant)		Maketa-ble ratio(%)	Yield (g/plant)	
		Length (cm)	Width (mm)	Maketa-ble	Total		Maketa-ble	Total
100 : 0 ²	Bag	21.7	37.3	11.3	13.2	85.6	1683.7	1861.2
	Bed	21.9	37.3	11.0	13.0	84.3	1673.1	1869.4
	Pot	21.5	35.7	11.3	13.3	85.2	1700.6	1866.0
90 : 10	Bag	23.3	39.9	13.1	14.8	88.4	1992.5	2109.3
	Bed	21.8	36.5	13.6	15.2	89.2	2050.9	2156.8
	Pot	21.7	38.2	12.5	14.2	87.8	1882.5	2130.0
80 : 20	Bag	21.5	38.9	12.8	14.3	89.2	1934.1	2044.9
	Bed	22.2	37.9	13.0	14.9	87.5	1972.1	2112.8
	Pot	22.1	36.5	13.8	15.2	90.8	2105.9	2159.9
70 : 30	Bag	20.9	40.7	11.4	13.4	85.1	1730.5	1873.3
	Bed	21.2	35.3	12.3	14.1	87.0	1847.5	1995.5
	Pot	22.4	38.0	13.2	14.5	91.3	1978.6	2038.7
50 : 50	Bag	21.4	36.6	11.0	13.0	84.3	1661.2	1846.1
	Bed	22.2	38.2	12.4	14.6	85.2	1876.1	2105.3
	Pot	22.5	42.3	12.1	13.7	88.3	1831.9	1941.3
Significance ^y								
Ratio(R)		NS	NS	*	*	*	*	*
System(S)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
R × S		*	***	*	**	*	*	**

² Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia

^y Probability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

혼합배지 비율과 재배 방식에 따라 전반적으로 수량 및 생산성은 coir dust에 fiber 혼합 비율이 10~30%인 배지에서는 생장포트, 베드층진, 자루재배 방식 순으로 높았으며, coir dust와 fiber 혼합 비율이 100:0, 50:50인 배지에서 베드층진, 자루재배, 생장포트 방식 순으로 높음을 나타내었으나 처리간의 차이가 크지는 않았다. 재배용기와 배지의 종류가 수경재배 오이의 생장과 과실수량에 미치는 영향에 대하여 이(1998)가 보고한 결과에 따르면 재배방식과 배지조성에 따른 오이 생육에서 스티로폼 베드층진 방식과 자루재배간에 배지에 따른 차이를 보인다고 하였으며 배지간에는 펠라이트 단용 처리보다 왕겨나 혼탄의 혼합배지에서 상품과율이 높게 나타나 오이의 고품배지경 재배시 재배용기 및 배지의 선택이 중요함을 알 수 있었다.

생육에 관한 전반적인 성적은 Benoit와 Ceustermans(1990), Wilson (1986) 및 Lee 등(1993)의 결과에서와 같이 펠라이트나 coconut coir, 입상암면 등의 단용 배지를 사용한 처리구 보다는 각각의 배지 특성에 따라 적정 비율로 혼합하여 근권 물리성을 개선해 주는 것이 작물 생육에 보다 유리한 것으로 판단되었다. 따라서 coir dust에 fiber 함량을 10~20% 혼합하였을 때 오이의 생육과 생산성이 높아 수경재배용 오이의 적정 coir배지 혼합비율일 것으로 판단된다. 또한 저비용으로 제작할 수 있는 자루재배 시스템과 사용이 편리한 생육포트 방식으로 고품질의 수경재배 오이의 다수확이 가능할 것으로 기대된다.

나. 화학성 개선

(1) 원산지가 다른 coir 배지에서 배양액 내 Ca, Mg의 함량 조절이 오이의 생육과 수량에 미치는 영향

원산지가 다른 인도네시아산, 인도산 및 베트남산 배지별로 Ca와 Mg이온을 첨가한 배양액으로 재배한 오이의 정식 후 20일째 생육 결과이다(Table 4-5). Yamasaki 배양액(control)으로 재배한 오이 생육 처리구에 Ca와 Mg 이온의 배양액 첨가는 오이의 초기 생육에 영향을 미쳤다. Ca와 Mg가 첨가되었을 때 엽수, 초장, 경경, 엽장, 엽폭이 증가하여 생육이 높아진 경향을 보였다. 대조구에서 원산지별 배지의 생육은 전기전도도(EC) 함량이 낮았던 인도네시아산 배지에서 가장 높았고, EC 함량이 높았던 인도산, 베트남산 배지에서 낮았다. 이는 폐놀 함량과 이온의 불균형으로 인한 초기 생육억제 작용이 나타난 것으로 추측된다. 배양액 내 Ca, Mg 함량 증가에 따른 오이의 20일째 생육은 인도네시아산 배지는 Ca 1~3me/l, Mg 1~2me/l 수준에서, 인도산과 베트남산 배지는 Ca 3~5me/l, Mg 1~2me/l 수준에서 높은 경향을 나타내어 원산지별 배양액의 Ca, Mg의 첨가 비율을 달리함이 좋을 것으로 생각되었다. 오이의 엽폭은 Ca 1me/l, Mg 1~3me/l 추가한 처리에서 엽수, 초장, 경경, 엽장은 Ca 3me/l, Mg 1~2me/l 추가한 처리에서 가장 높은 생육량을 보였다.

Table 4-5. Growth of cucumber plants measured 20 days after transplanting as affected by the increasing Ca and Mg contents in nutrient solution on different substrate by production origin of coconut coir.

Treatment		Subst- rate	Num. leaves (ea)	Plant height (cm)	Stem Diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Ca (me/l)	Mg (me/l)						
0 ^z	0	a ^y	11.8	103.1	0.7	17.9	22.6
		b ^x	11.4	96.6	0.7	17.4	23.3
		c ^w	9.5	77.2	0.6	15.7	20.3
1.0	1.0	a	13.3	116.3	0.8	20.4	27.6
		b	12.2	107.3	0.7	19.2	24.3
		c	10.8	96.1	0.7	18.0	23.1
1.0	2.0	a	12.5	116.9	0.9	21.2	27.7
		b	11.2	100.4	0.8	19.0	25.9
		c	12.2	109.2	0.8	18.3	24.6
1.0	3.0	a	13.2	118.8	0.8	20.4	26.7
		b	12.5	111.0	0.7	18.3	24.6
		c	12.2	109.6	0.7	17.6	23.3
3.0	1.0	a	13.5	131.0	0.9	27.5	20.8
		b	13.7	124.0	0.8	24.3	21.3
		c	12.2	122.1	0.7	20.1	21.2
3.0	2.0	a	14.0	128.3	0.9	28.9	21.9
		b	12.8	116.5	0.8	34.3	19.1
		c	14.2	130.1	0.8	27.2	20.3
3.0	3.0	a	13.8	125.2	0.9	27.9	20.8
		b	12.2	108.2	0.8	26.4	18.9
		c	12.0	102.8	0.7	22.5	16.8
5.0	1.0	a	14.4	128.8	0.9	19.1	21.3
		b	13.7	125.1	0.8	25.7	19.3
		c	12.0	112.0	0.7	23.0	17.1
5.0	2.0	a	12.8	115.8	0.8	27.0	20.6
		b	13.3	124.0	0.8	25.1	19.6
		c	12.3	108.7	0.7	20.0	16.5
5.0	3.0	a	14.3	126.9	0.9	27.4	20.9
		b	14.5	126.3	0.8	26.2	19.6
		c	13.0	114.7	0.8	25.6	19.1
Significance ^v							
Treatment(T)			***	***	***	***	***
Substrate(S)			***	***	***	***	***
T×S			**	**	NS	NS	*

^z Cucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l). ^y Source by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹), ^x Source by India (0.72 dS·m⁻¹), ^w Source by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹), ^v Probability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

표 4-6은 정식 후 20일째 오이의 광합성과 증산률의 결과로 기본 배양액 처리에 비하여 Ca 1~3me/l, Mg 1~3me/l 수준에서는 광합성률과 증산률이 높아진 경향을 보였으나 Ca 5me/l, Mg 1~3me/l의 수준에서는 기본 배양액 처리와 비슷하거나 낮은 경향을 보였다. 원산지 별 배지종류에 따라서도 배양액 내 Ca, Mg 함량 증가에 따른 오이의 20일째 광합성률은 인도네시아산 배지에서 Ca 1~3me/l, Mg 1~2me/l 수준에서 높았고, 인도와 베트남산 배지는 Ca 3me/l, Mg 2~3me/l 수준에서 높은 경향을 나타내었다. 배지 내의 페놀 함량과 이온의 불균형으로 인한 오이의 생육초기에 억제작용이 나타난 것이 대조구에서 낮았던 것과 같이 광합성과 증산률도 낮았다.

Coconut coir의 원산지와 배양액 내 Ca, Mg 함량 변화에 따른 40일째 오이의 생육도 20일째의 생육결과와 같이 배양액 내 Ca와 Mg의 첨가로 초장, 엽장, 엽폭, 과중이 증가하는 결과를 보였다(Table 4-7). 원산지에 따른 배양액 내 Ca와 Mg 이온의 함량 첨가는 인도네시아산 배지에서 Ca 3~5me/l, Mg 1~2me/l 수준에서 초장과 생체중의 결과가 높았으며, Mg 3me/l에서는 오히려 감소한 경향을 나타내었다. 인도산과 베트남산 배지는 Ca 3me/l 이상, Mg 1~2me/l 수준에서 높은 경향을 나타내었다. 그러나 Ca 5me/l이 첨가된 인도네시아산 배지의 처리에서는 오이의 광합성이 낮아지는 경향을 보여 생육과는 다른 결과를 보였다.

Table 4-6. Photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate in cucumber leaves at 20 days after transplanting as affected by the increasing Ca and Mg contents in nutrient solution on different substrate by production origin of coconut coir.

Treatment (me/l)		Subst -rate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Ca	Mg				
0 ^z	0	a ^y	17.07	0.30	3.09
		b ^x	14.95	0.22	2.46
		c ^w	13.56	0.17	2.13
1.0	1.0	a	18.31	0.71	4.91
		b	19.50	0.57	4.01
		c	16.90	0.37	3.28
1.0	2.0	a	19.00	0.54	5.22
		b	17.79	0.42	4.19
		c	18.46	0.51	5.03
1.0	3.0	a	20.11	0.45	5.22
		b	16.55	0.44	3.92
		c	16.94	0.36	3.54
3.0	1.0	a	18.15	0.31	4.71
		b	17.52	0.33	4.20
		c	13.83	0.21	2.33
3.0	2.0	a	20.94	0.49	5.11
		b	20.12	0.51	4.57
		c	13.76	0.38	3.20
3.0	3.0	a	21.32	0.55	5.19
		b	20.32	0.39	5.70
		c	13.00	0.38	3.35
5.0	1.0	a	14.88	0.49	3.77
		b	15.76	0.45	3.53
		c	15.70	0.36	3.19
5.0	2.0	a	15.50	0.46	3.96
		b	14.80	0.16	3.98
		c	12.28	0.25	3.06
5.0	3.0	a	15.50	0.21	2.63
		b	15.24	0.32	3.49
		c	14.42	0.37	3.71
Significance ^v					
Treatment(T)			***	***	***
Substrate(S)			***	**	***
T×S			***	**	***

^z Cucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l).^y Source by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹),^x Source by India (0.72 dS·m⁻¹)

^w Source by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹),^v Probability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at p ≤ 0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 4-7. Growth of cucumber plants at 40 days after transplanting as affected by the increasing Ca and Mg contents in nutrient solution on different substrate by production origin of coconut coir.

Treatment (me/l)		Substrate	Plant Height (cm)	Leaf Length (cm)	Leaf Width (cm)	Stem Diameter (mm)	Fresh Weight (g/plant)
Ca	Mg						
0 ^z	0	a ^y	175.0	28.4	30.1	10.1	345.2
		b ^x	170.7	28.0	29.2	9.6	341.2
		c ^w	142.1	26.5	27.0	9.4	307.7
1.0	1.0	a	177.1	29.8	30.4	9.9	350.4
		b	173.2	28.2	29.6	9.8	344.1
		c	167.5	26.7	27.5	9.6	332.4
1.0	2.0	a	173.6	28.5	29.6	9.8	341.7
		b	175.1	27.8	29.5	9.8	347.0
		c	175.3	26.5	28.0	9.6	330.2
1.0	3.0	a	174.0	28.1	29.8	9.8	344.0
		b	168.9	27.5	29.0	10.0	340.5
		c	170.8	26.0	28.2	9.5	334.1
3.0	1.0	a	181.2	29.4	30.6	10.3	361.5
		b	179.9	29.4	29.9	10.2	356.5
		c	177.2	28.4	29.8	10.0	356.4
3.0	2.0	a	183.3	29.0	30.8	10.3	363.3
		b	181.4	29.5	30.2	10.0	360.2
		c	180.3	29.5	30.4	9.9	360.3
3.0	3.0	a	177.6	28.8	29.8	10.2	357.0
		b	176.3	29.1	29.8	9.8	357.1
		c	179.1	29.2	30.1	10.1	350.2
5.0	1.0	a	183.2	30.1	30.7	10.0	359.8
		b	180.6	30.4	30.8	10.1	358.6
		c	180.4	29.5	30.2	10.2	359.2
5.0	2.0	a	180.7	29.8	30.5	10.4	362.5
		b	181.8	30.1	30.7	10.1	360.8
		c	181.2	29.6	30.8	10.3	360.3
5.0	3.0	a	178.4	29.1	29.6	10.1	352.3
		b	181.0	29.8	30.0	10.2	361.3
		c	178.6	28.5	29.6	10.0	361.0
Significance ^v							
Treatment(T)			***	***	***	***	***
Substrate(S)			***	***	***	***	***
T×S			**	NS	NS	NS	**

^z Cucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l). ^y Source by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹), ^x Source by India (0.72 dS·m⁻¹), ^w Source by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹), ^v Probability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

표 4-8는 정식 후 40일째의 원산지와 배양액 내의 Ca, Mg 이온 첨가에 따른 오이의 광합성 결과이다. 기본배양액 처리에서는 배지의 EC 수준이 가장 낮은 인도네시아산 배지에서 생육된 오이의 광합성률이 가장 높고 인도산, 베트남산 순으로 낮았다. 또한 전반적으로 20일째 크게 차이가 났던 광합성률이 배양액 내 Ca, Mg를 첨가하였을 때 coconut coir의 원산지에 따른 광합성은 Ca 3~5me/l, Mg 1~2me/l 수준에서, 인도산과 베트남산 배지는 Ca 3me/l 이상, Mg 1~2me/l 수준에서 높은 경향을 나타내었으며 이는 생육과도 같은 결과를 보였다.

Table 4-8. Photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate in cucumber leaves at 40 days after transplanting as affected by the increasing Ca and Mg contents in nutrient solution on different substrate by production origin of coconut coir.

Treatment (me/l)		Substrate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Ca	Mg				
0 ^z	0	a ^y	17.25	1.08	6.56
		b ^x	16.86	1.08	6.59
		c ^w	15.73	1.22	7.02
1.0	1.0	a	18.88	1.17	6.93
		b	17.04	0.75	6.01
		c	15.62	0.78	6.35
1.0	2.0	a	18.72	1.19	7.64
		b	20.40	1.17	7.62
		c	16.83	0.92	6.66
1.0	3.0	a	17.87	1.06	7.10
		b	17.13	1.16	7.09
		c	18.68	1.26	7.38
3.0	1.0	a	18.90	1.26	7.42
		b	18.07	1.18	7.17
		c	18.50	1.22	7.34
3.0	2.0	a	18.10	1.18	7.21
		b	18.00	1.17	7.07
		c	18.38	1.51	7.58
3.0	3.0	a	19.22	1.40	7.42
		b	20.48	1.20	7.10
		c	19.65	1.35	7.23
5.0	1.0	a	18.50	1.27	7.13
		b	18.88	1.28	7.28
		c	19.36	1.41	7.52
5.0	2.0	a	18.98	1.41	7.47
		b	18.71	1.45	7.47
		c	21.27	1.21	7.02
5.0	3.0	a	18.42	1.15	6.89
		b	17.43	1.18	6.64
		c	21.62	1.23	6.29
Significance^v					
Treatment(T)			***	***	***
Substrate(S)			NS	*	***
T×S			***	**	***

^z Cucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l). ^y Source by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹), ^x Source by India (0.72 dS·m⁻¹), ^w Source by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹), ^v Probability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

표 4-9는 원산지별 coconut coir 배지에서 배양액 내 Ca와 Mg 이온의 첨가에 따른 42일 동안의 오이의 과실 수량 및 품질의 결과이다. 조사한 과실의 생산성은 원산지에 상관없이 모든 배지에서 Ca이 3 me/l 이상 추가된 처리구에서 수량과 과중이 높게 나타났다. 인도네시아산 배지는 Ca 5 me/l, Mg 1~2 me/l 을 추가한 처리구에서 가장 높은 상품과중률을 나타냈고, 인도산 배지는 Ca 3 me/l, Mg 2~3 me/l 추가한 처리구, 베트남산 배지는 Ca 5 me/l, Mg 1~2 me/l 추가한 처리구에서 상품과중률이 가장 높았다. 결과적으로 EC가 낮았던 인도네시아 배지에서는 배양액 내 Ca, Mg 함량의 증가가 오이의 초기생육과 광합성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었지만, 오이의 과실수나 과중률에서 크게 차이나지 않는 것으로 보아 생육 중반기로 갈수록 크게 영향을 끼치지 않음을 알 수 있었다.

Table 4-9. Marketable yield in cucumber plants as affected by the increasing Ca and Mg contents in nutrient solution on different substrate by production origin of coconut coir.

Treatment		Substrate	Total yield		Marketable yield		Averagefruit t fresh weight (g/plant)	Marketable ratio(%)	
Ca (me/l)	Mg (me/l)		No.fruit (no./plant)	Fresh weight (g)	No.fruit (no./plant)	Fresh weight (g)		Fruit	Yield
0 ^z	0	a ^y	23.7	2953	18.8	2540	135.1	79.2	86
		b ^x	24.2	2946	18.5	2475	133.8	76.2	84
		c ^w	20.7	2670	14.3	1923	134.5	69.0	72
1.0	1.0	a	25.1	3136	19.6	2666	136.0	78.0	85
		b	24.1	3000	18.6	2520	135.5	77.0	84
		c	21.3	2766	15.7	2158	137.5	73.4	78
1.0	2.0	a	24.1	3041	19.3	2646	137.1	80.1	87
		b	23.4	2973	18.5	2557	138.2	79.1	86
		c	21.2	2824	16.0	2259	141.2	75.6	80
1.0	3.0	a	23.5	3024	18.9	2540	134.4	80.5	84
		b	23.3	2865	17.7	2407	136.0	75.8	84
		c	21.2	2767	15.8	2214	140.1	74.4	80
3.0	1.0	a	24.2	3179	19.9	2798	140.6	82.1	88
		b	23.9	3106	19.5	2702	138.5	81.6	87
		c	23.4	3123	18.9	2655	140.5	80.7	85
3.0	2.0	a	24.9	3224	20.3	2805	138.2	81.6	87
		b	24.4	3154	20.2	2870	142.1	82.7	91
		c	23.1	3011	18.5	2620	141.6	80.1	87
3.0	3.0	a	24.9	3117	19.7	2732	138.7	79.0	86
		b	22.8	2941	18.8	2647	140.8	82.4	90
		c	22.0	2761	17.5	2430	138.9	79.6	88
5.0	1.0	a	26.1	3293	21.2	2964	139.8	81.3	90
		b	24.9	3153	20.1	2806	139.6	80.8	89
		c	24.1	3180	19.6	2767	141.2	81.2	87
5.0	2.0	a	26.2	3369	21.6	3032	140.4	82.4	90
		b	25.9	3412	21.4	3071	143.5	82.6	90
		c	24.4	3222	20.0	2868	143.4	82.1	89
5.0	3.0	a	25.0	3166	20.1	2786	138.6	80.3	88
		b	26.0	3430	21.2	2984	142.1	80.6	87
		c	24.1	3252	19.7	2797	142.0	81.8	86
Significance ^y									
Treatment(T)			***	NS	***	***	-	*	*
Substrate(S)			NS	***	***	NS	-	NS	NS
T×S			NS	NS	*	NS	-	NS	NS

^zCucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l).

^ySource by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹), ^xSource by India (0.72 dS·m⁻¹), ^wSource by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹), ^yProbability of significant F values : NS, *, **, *** :non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

표 4-10 은 재배 실험이 모두 끝난 후 배지의 화학성을 분석한 결과로 K와 Ca를 제외한 원소에서 배양액 내 Ca와 Mg 이온 첨가에 따른 유의성이 있음을, 각 원산지에 따른 통계성은 암모니아태 질소와 질산태 질소를 제외하고 모두 유의성이 인정되었다. 그러나 이온 조절과 각 원산지에 따른 배지는 P, Na, Ca, Mg에서만 통계적으로 유의함을 나타내었다. 정식 전의 배지에서의 화학성과 비교했을 때 처리 후의 배지에서 암모니아태 질소와 질산태 질소에서 전반적으로 함량이 높음을 보였고, Ca와 Mg에서도 어느 정도 증가된 경향을 보였지만 처리한 함량에 따라 변화하지는 않았다. 반면에 P는 함량이 크게 낮아진 것을 알 수 있었고, K는 인도네시아산 배지를 제외하고 인도와 베트남산 배지에서 처리전의 배지보다 낮아진 함량을 나타내었다. 본 실험의 결과로 미루어 볼 때 부족한 원소인 Ca, Mg를 첨가해 줌으로서 원산지별로 상태가 불량했던 배지에서 이온의 균형이 유지되어 화학성이 개선되었음을 알 수 있었다.

결과적으로, 인도네시아산 배지에서는 생육초기에는 Ca 1~3 me/l, Mg 1~2 me/l 추가한 처리구로, 정식 40일 이후에는 Ca 3~5 me/l, Mg 1~2 me/l 추가한 수주의 배양액으로 관리해 주는 것이 좋고, 인도와 베트남산 배지는 배양액 내 Ca 3~5 me/l, Mg 1~2 me/l 추가한 수준의 배양액으로 관리해 주는 것이 좋음을 알 수 있었다.

Table 4-10. Characterization of chemical properties of the coconut coir substrates after the cucumber cultivation analyzed by RDA method.

Treatment		Subst -rate	NH ₄	NO ₃	P	K	Na	Ca	Mg
Ca (me/l)	Mg (me/l)		-N	-N	mg·L ⁻¹				
0 ^z	0	a ^y	9.96	11.20	14.63	0.99	0.68	3.15	1.44
		b [*]	11.20	75.91	41.74	0.89	0.57	2.56	1.47
		c ^w	13.69	53.51	100.65	1.93	0.68	2.84	1.41
1.0	1.0	a	9.96	28.62	21.85	1.19	0.45	3.58	1.81
		b	13.69	83.38	30.03	1.10	0.64	2.69	1.68
		c	11.20	51.02	71.40	1.58	0.53	2.73	1.63
1.0	2.0	a	29.87	79.64	20.46	0.86	0.40	3.93	1.43
		b	13.69	47.29	18.75	0.95	0.52	2.86	1.71
		c	13.69	67.20	128.60	1.65	0.58	2.97	1.53
1.0	3.0	a	16.18	53.51	10.66	0.93	0.34	4.07	1.69
		b	13.69	51.02	54.72	0.72	0.44	2.98	1.29
		c	11.20	69.69	76.64	1.42	0.50	3.16	1.31
3.0	1.0	a	12.44	23.64	19.03	1.04	0.42	3.12	1.83
		b	11.20	60.98	43.71	1.04	0.68	2.53	1.76
		c	14.93	63.47	64.00	2.06	0.77	2.73	1.85
3.0	2.0	a	9.96	95.82	58.00	1.00	0.36	4.49	1.90
		b	12.44	82.13	53.77	0.94	0.53	2.55	1.64
		c	12.44	53.51	75.63	1.65	0.56	2.93	1.53
3.0	3.0	a	13.69	59.73	74.78	0.83	0.40	5.04	1.46
		b	12.44	79.64	42.48	0.81	0.46	2.75	1.50
		c	14.93	79.64	83.99	1.60	0.55	3.11	1.55
5.0	1.0	a	11.20	11.20	48.68	0.98	0.47	3.63	1.70
		b	13.69	65.96	32.70	1.25	0.69	2.28	1.74
		c	11.20	41.07	78.75	2.86	0.77	2.51	1.55
5.0	2.0	a	16.18	38.58	58.71	1.03	0.51	4.47	1.65
		b	13.69	67.20	20.32	1.06	0.52	2.48	1.80
		c	12.44	41.07	86.15	1.56	0.43	2.79	1.69
5.0	3.0	a	9.96	77.16	57.60	0.88	0.35	4.74	1.45
		b	14.93	75.91	36.37	0.99	0.52	2.61	1.30
		c	13.69	59.73	93.45	1.83	0.58	3.34	1.65
Significance ^v									
Treatment(T)			***	**	***	NS	***	NS	***
Substrate(S)			NS	NS	***	*	***	***	***
T×S			NS	NS	**	NS	***	***	***

^z Cucumber nutrient solution developed by Yamasaki in Japan (N 14, P 3, K 6, Ca 7, Mg 4 me/l).

^y Source by Indonesia (0.31 dS·m⁻¹)

^{*} Source by India (0.72 dS·m⁻¹)

^w Source by Vietnam (1.82 dS·m⁻¹)

^v Probability of significant F values : NS, *, **, ***: non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

다. 급액액 관리

(1) Coconut coir를 이용한 오이 수경재배시 배지의 조성 및 급액액에 따른 배지 내 수분의 변화 특성

실험에 사용된 배지에는 coconut coir dust(인도네시아산)을 압축된 것을 물에 포수시켜 사용하였으며, fiber는 긴 섬유를 구입하여 5cm 내외로 절단하여 사용하였다. 자루재배 방식은 PE bag(100×15cm)에 coconut coir dust를 주입하여 사용하였는데 주당 6L의 배지량으로 1자루에 3주를 정식하는 것을 기준으로 18L를 충전하였다. 자루재배 방식의 배지조성은 coconut coir (dust : fiber)의 혼합은 비중을 고려하여 90:10 (v/v)의 비율로 조절하였다.

공시 품종은 우리나라에서 많이 재배되고 있는 '은침 백다다기' 오이(Cucumis sativus L. cv. EunChim Baekdadagi)이며, 배양액 공급은 Yamazaki 오이배양액($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$): $\text{NO}_3\text{-N}$ 13.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.0, P 3.0, K 6.0, Ca 7.0, Mg 4.0, $\text{SO}_4\text{-S}$ 4.0를 EC 1.5~2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.5~6.5 으로 조절해 주었다. 급액 방법은 하루 주당 급액 1500ml를 기준으로 1회 급액량을 75(± 5), 100(± 7), 150(± 10), 220(± 15), 300(± 20), 380(± 25) ml 으로 점적 관수하였다. 배양액의 pH의 조절은 H_2SO_4 와 KOH를 이용하여 보정하였다.

배지내의 수분함량을 측정하기 위해 사용한 센서는 FDR 수분센서(WT1000N, 미래센서)로 뾰족한 probe를 토양이나 배지에 찔러 넣어서 이용하는 형태이다. FDR 수분센서는 전기용량을 이용한 방법으로 반복적인 과장을 생성해 내는 발진기로 불리는 전자회로를 통하여 공명 진동수나 그것의 변화를 이용하여 수분함량을 측정하는 센서를 사용하였다.

오이 수경재배에서 coconut coir 배지(coconut dust : fiber = 9:1)으로 조성하여 수분공급량과 회수에 따른 배지 내 수분함량변화는 그림 4-1, 표 4-11과 같다.

오이 coir 배지경 재배에서 1일 급액량을 주당 1500ml로 급액 했을 때 배지 내 주간 평균 수분함량은 36.1~38.4% 수준을 나타내고 있으며, 최저수분함량은 야간에 26.8~30.9% 수준으로 급액회수에 따라 영향을 받고 있음을 보여주었고, 최대수분함량은 50.9~62.2%을 나타냈다. 주간 평균 수분함량과 야간 최저수분함량간의 차이를 보면 1회 급액량이 150~220ml/회 공급될 때 그 차이가 가장 낮게 나타났으며, 일중 최대수분함량과 최저수분함량간의 차이에서도 150~220ml/회에서 낮은 차이를 나타내는 경향을 보였다. 최대수분함량과 주간 평균 수분함량과의 차이는 1회 급액량이 증가할수록 높게 나타나는 경향을 뚜렷이 보여 그 진폭이 크다는 것을 보여주었다(그림 4-2).

이러한 경향은 암면 배지를 이용할 때 권장하는 1회 배양액 공급량이 100~200ml/회 와는 차이를 나타내고 있으며 coir 유기재비를 사용할 때 급액량의 범위가 배지 종류, 배지조성 등에 따라 물리성이 변화되는 것으로 평가된다.

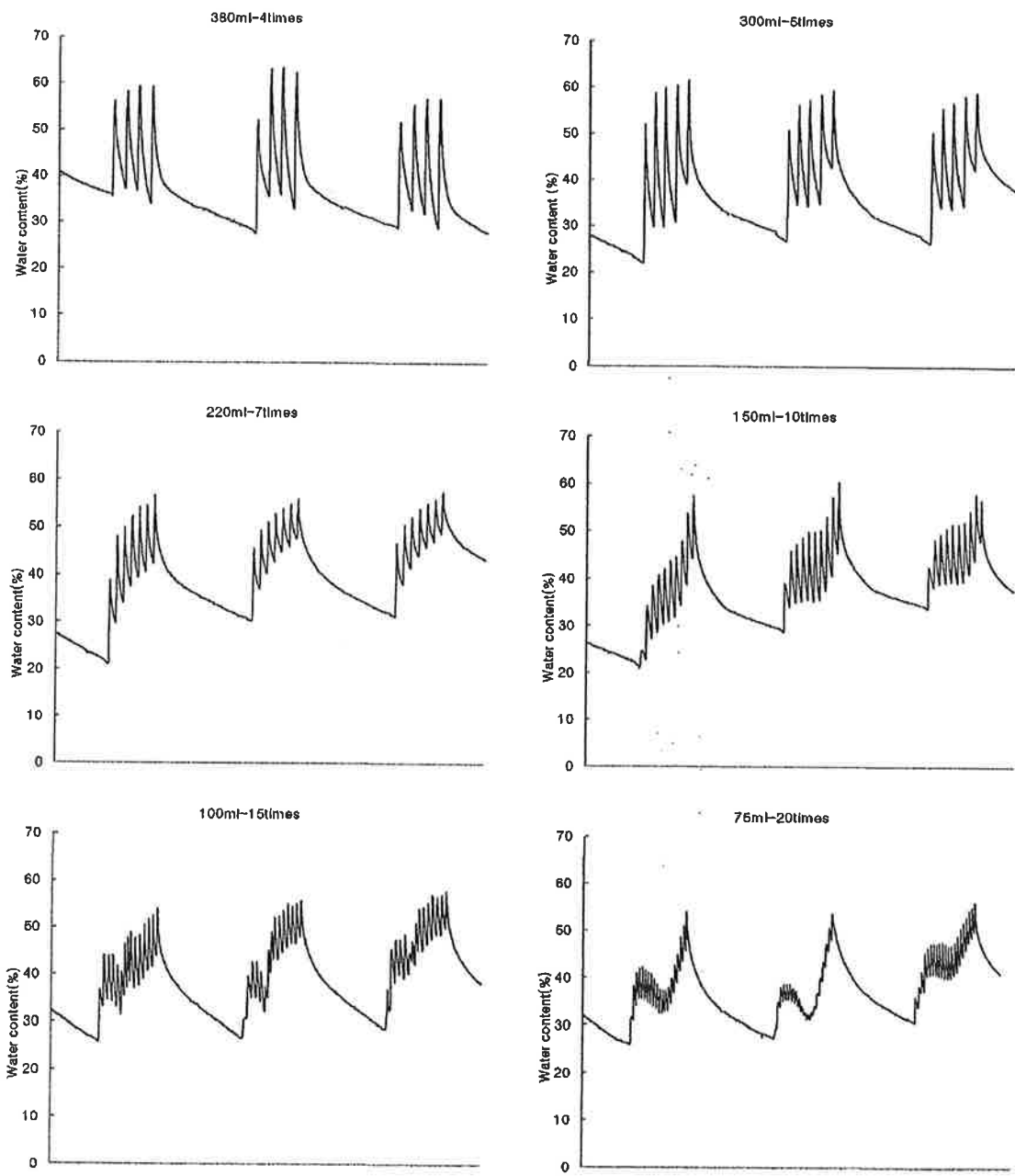


Fig. 4-1. Changes of water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for cucumber in different irrigation rates and times.

Table 4-11. Characterization of water contents of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for cucumber in different irrigation rates and times.

Water supply rate (ml)	Supply times (times)	Water supply times to reach average water content (times)	Average water content (A) (%)	Minimum water content (B) (%)	Maximum water content (C) (%)	A - B (%)	C - A (%)	C - B (%)
75	20	7~8	37.0 ± 4.1	26.8	50.9	10.2	13.9	24.1
100	15	5~6	38.4 ± 5.0	28.8	54.6	9.6	16.2	25.8
150	10	3~4	37.0 ± 5.2	30.9	55.9	6.1	18.9	25.0
220	7	2	37.8 ± 6.2	30.2	55.9	7.6	17.1	25.7
300	5	1	36.1 ± 7.4	26.8	58.6	9.3	22.5	31.8
380	4	1	36.7 ± 12.3	27.2	62.2	9.6	25.4	35.0

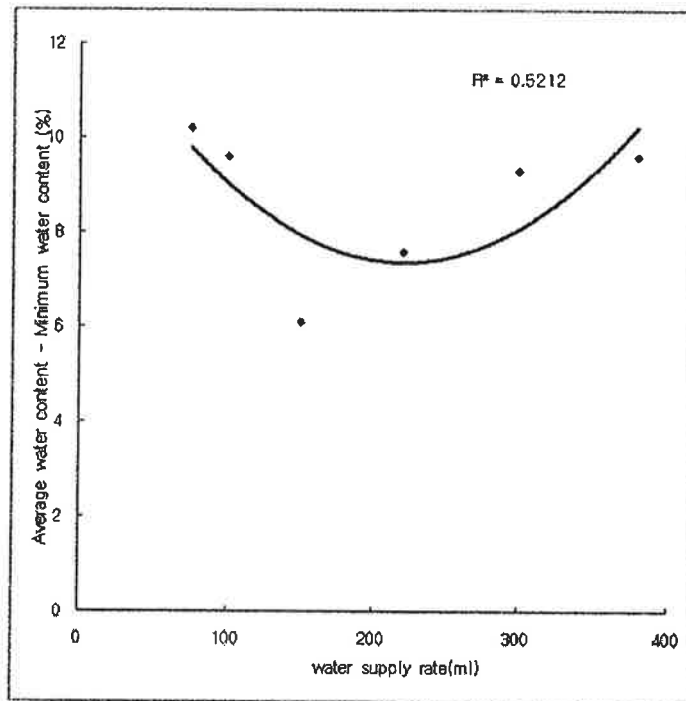


Fig. 4-2. Margins between average water content and minimum water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for cucumber in different irrigation rates.

오이 coir 배지경 재배에서는 급액이 시작됨에 따라 배지 내 평균수분조건에 도달하는 시간을 줄이기 위해서는 1회 급액량을 150~300ml/회로 하여 회수를 증가시키는 것이 배지 내 수분변화가 적게 나타나며 작물 생육에 적합한 수분상태를 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

(2) Coconut coir를 이용한 오이 수경재배시 FDR 센서를 이용한 급액 제어

Coir 배지를 이용한 오이 수경재배에서 FDR (Frequency Domain Reflectometry)수분센서를 이용하여 수분공급을 정밀제어하고 coconut coir배지를 이용한 수경재배 시 최적 수분조건과 배액량 극소화 가능성을 구명하고자 실험을 수행하였다.

공시작물은 ‘은침 백다다기’ 오이(*Cucumis sativus* L. cv. Eunchimbaekdadagi, 홍농종묘)사용하였으며, 시험 장소는 서울시 전농동에 소재한 서울시립대학교 양지봉 유리온실에서 2009년 2월2일에 15일된 묘를 정식하여 5월까지 수행하였다. 실험에 사용된 배지는 인도네시아산 coconut coir dust와 섬유를 사용하였으며, fiber는 긴 섬유를 5cm 내외로 절단하여 사용하였다. 자루재배 방식은 PE bag(100×15cm)에 coconut coir 를 주입하여 사용하였는데 주당 7L의 배지량으로 1자루에 3주 식물을 식재하는 것을 기준으로 21L를 충전 하였다. 자루재배 방식의 배지조성은 coir dust와 fiber의 혼합을 8:2 (v/v)의 비율로 조제하였다.

오이배양액 공급은 야마자키 오이 배양액($\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$): $\text{NO}_3\text{-N}$ 13.0, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.0, P 3.0, K 6.0, Ca 7.0, Mg 4.0, $\text{SO}_4\text{-S}$ 4.0 을 EC 1.5~1.7 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH 5.8~6.5 으로 조절해 주었다. 배지내의 수분함량을 제어하기 위해 사용한 수분센서는 FDR수분센서(WT1000N, 미래센서, 한국)로 빠른 probe를 배지에 45° 각도로 찔러 넣어서 이를 측정하며 동시에 제어하였다. Coir배지내 수분함량 제어 수준은 20~25%, 30~35%, 40~45%, 50~55%, 압면은 30~35%로 하였고 관행 수경재배인 타이머를 이용한 수분공급(1회 100ml씩 10~20회)을 대조구로 하였다.

1일 급액량을 3,000ml로 공급하면서 타이머 급액에 따른 coir 혼합 배지 조성에 따른 배액율은 차이를 보였다(표 4-12). chip 함유율이 80%로 높은 profit 배지에서 배액율이 45%로 가장 높았으며, 압면 배지는 39%, 50% fiber 첨가 coir 배지 38%, 30~60% chip 첨가 coir 배지 25%, 인도산 coir 배지 22%, 10~30% fiber 첨가 coir 배지 13~18%, 인도네시아산 coir 배지 12% 였다. coir dust 배지라 하더라도 원산지가 다름에 따라 배액율에 차이를 보였다.

표 4-12. coir 배지 혼합조성별 오이 1일 급배액량 변화(4 일 평균)

Substrate	급액량 (ml/주)	배액량 (ml/주)	배액율 (%)
Coir (dust : fiber)	100 : 0	2980	666.7 bc ^z
	90 : 10	2972	395.8 c
	80 : 20	2990	500.0 bc
	70 : 30	3001	554.2 bc
	50 : 50	2990	1125.0 a
Coir slab (dust : chip)	100 : 0	2980	395.9 c
	70 : 30	3025	750.0 b
	40 : 60	2985	736.5 b
Rockwool	3005	1164.6 a	39
profit	3015	1350.0 a	45

^zMeans followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P < 0.05$)

FDR 센서를 이용하여 20% fiber 첨가된 coir 배지의 수분 함량을 20~25%, 30~35%, 40~45%, 50~55% 각각 달리 제어하여 배양액을 공급하였을 때 급액량은 제어 수분 함량이 높아짐에 따라 증가하였으나 이들 처리에서의 배액율은 모두 0%을 보였다(표 4-13). 한편 암면 배지의 제어 수분함량 30~35% 처리하여 급액한 경우 1일 급액율은 1897ml 였으며, 배액율은 29%다. 암면에 공급된 공급량은 coir 혼합배지 제어 수분 처리에서는 40~45% 처리구에 해당하며 coir 혼합 배지 수분 제어 처리에서는 배액율이 0%임을 고려하면 암면에 비해 coir 유기 배지는 배지 내 수분 보유력이 높은 물리성이 관여함에 따른 결과라 생각되지만 이에 대한 추후 면밀한 실험이 진행되어야 할 것으로 보인다.

FDR 센서 수분 제어 처리 기간 중 기상 변화에 따른 급액량을 조사한 결과(표 4-14), 일사 정도에 따라 공급량은 달랐다. 흐린 날 급액량은 맑은 날 대비 45~78.5%였으며 fiber 첨가 비율이 높아질수록 공급량은 많았다. 한편 비온 날의 경우 흐린 날에 비해 급액량이 많았다. 이는 전날 기상이 맑은 날에 해당함에 따라 1회 첫 공급량에 영향을 미친 결과로서 배지의 급액량은 1회 공급량과 공급 시기가 중요함을 알 수 있었다. 즉 맑은 후 비가 온 경우, 흐린 후 비가 온 경우 급액량은 달라진다. 이는 일사량에 의한 급액 제어에서 미처 고려되지 못하는 경우가 발생할 수 있는 데, 배지의 수분 함량 제어를 이용한 급액 제어는 배지의 함수량을 고려할 수 있어 이와 같은 문제를 해결할 수 있기에 작물 생산에 유리할 수 있다고 생각된다.

표 4-13. FDR 센서를 이용한 급액제어에서 1일 급배액량 변화(4일 평균)

Substrate	배지내 제어 수분함량(%)	급액량 (ml/주)	배액량 (ml/주)	배액율 (%)
Coir (dust : fiber 8:2)	20~25%	1005	0	0
	30~35%	1404	0	0
	40~45%	2004	0	0
	50~55%	2054	140.6	6
Rockwool	30~35%	1897	568.1	30
Coir (dust : fiber 8:2)	Timer	2990	429.2	14

²Means followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P < 0.05$)

표 4-14. FDR 센서를 이용한 급액제어에서 날씨별 급액량 변화

Substrate	배지내 제어 수분함량(%)	맑은날 급액량 (ml/주)	흐린날 급액량 (ml/주)	비 급액량 (ml/주)	평균
Coir (dust : fiber 8:2)	20~25%	1200	540	1220	986.6
	30~35%	2180	1400	1880	1820.0
	40~45%	2840	1940	1720	2166.7
	50~55%	2880	2260	1980	2373.3
Rockwool	30~35%	2200	1580	1970	1916.7
Coir (dust : fiber 8:2)	Timer	2950	2991	3015	2985.3

^aMeans followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P < 0.05$)

Fiber 또는 chip 함유 비율에 따른 오이의 광합성은 30% chip 함유 배지에서 가장 높았으며, 80% chip 함유된 profit 배지에서 낮았다(표 4-15). profit 배지를 제외한 coir 혼합 배지내 오이 광합성은 18.5~22.7 범위였으며 증산율은 처리에 따른 차이가 없었다. 광합성이 낮았던 profit 배지는 기공 전도도도 낮았다. 표 4-16은 fiber와 chip 혼합 비율에 따른 오이 생육 결과이다. 인도산 coir dust 100%처리에서 초장이 가장 길고 profit과 암면 처리에서 짧았다. 처리구의 엽수는 20~23매, 경경은 7.3~8.0mm, 최대 엽장 22.3~27.0cm, 최대 엽폭 32.0~38.3cm였다. 수확된 과실의 상품과는 20% fiber 첨가된 coir 배지에서 높았으며 상품 수량은 30% fiber 첨가 coir 배지에서 높았다. fiber가 첨가된 배지가 chip 첨가된 배지에 비해 생육과 수량이 높은 경향을 보였다.

표 4-15. Coconut coir 배지조성별 오이 광합성 및 증산율(09년 04월 07일 64일째 측정)

Substrate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	
Coir (dust : fiber)	100 : 0	21.9 ab	1.5 ab	5.2 a
	90 : 10	20.9 abc	1.3 abc	4.8 a
	80 : 20	21.2 abc	1.2 abc	5.0 a
	70 : 30	18.5 cd	0.9 bc	4.7 a
	50 : 50	20.5 abc	1.3 abc	4.8 a
Coir slab (dust : chip)	100 : 0	19.2 bc	1.5 ab	5.2 a
	70 : 30	22.7 a	1.1 abc	4.9 a
	40 : 60	20.3 abc	1.9 a	5.7 a
Rockwool	20.6 abc	1.4 abc	5.5 a	
Profit	16.0 d	0.7 c	4.3 a	

^aMeans followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P < 0.05$)

표 4-16. Coir dust 와 fiber 혼합비율이 오이생육과 수량에 미치는 영향

Substrate	초장 (Cm)	엽수 (EA)	경경 (mm)	최대엽(Cm)		수확과수		상품수량 (g/주)	
				장	폭	상품과	비상품과		
Coconut coir (dust : fiber)	100 : 0	312.0 a ²	23.3 a	7.3 a	27.3 a	37.3 a	7.7 ab	1.2 a	1359.8 b
	90 : 10	278.0 ab	22.7 a	7.4 a	26.0 a	38.3 a	7.3 ab	1.8 a	1279.7 bc
	80 : 20	267.3 ab	21.7 a	7.3 a	24.0 ab	34.3 ab	9.1 a	1.5 a	1552.5 a
	70 : 30	257.3 bc	20.3 b	7.2 a	27.0 a	36.0 ab	7.0 b	1.6 a	1209.6 c
	50 : 50	283.4 ab	22.0 ab	7.6 a	24.3 ab	35.7 ab	8.0 ab	1.0 a	1399.2 b
Coir slab (dust : chip)	100 : 0	281.7 ab	20.3 b	7.6 a	26.3 a	36.7 ab	8.4 ab	1.1 a	1488.5 a
	70 : 30	253.0 bc	21.5 ab	7.3 a	26.7 a	38.3 a	7.0 b	1.5 a	1215.2 c
	40 : 60	250.7 bc	20.3 b	7.5 a	26.0 a	38.3 a	8.0 ab	1.4 a	1356.8 ab
Rockwool	257.3 bc	21.7 ab	7.5 a	27.0 a	36.0 a	7.3 ab	1.5 a	1251.2 bc	
Pofit	218.3 c	20.2 b	8.0 a	22.3 b	32.3 b	8.1 ab	1.5 a	1419.9 b	

²Means followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$)

오이 수경재배에서 coconut coir 혼합 배지(coconut dust : fiber = 8:2)에 FDR센서로 이용한 급액제어와 배지내 타이머에 의한 급액 제어구(대조구)의 수분 함량변화는 그림 4-3과 같다. 타이머로 공급한 대조구의 경우 전반적인 배지내 수분함량이 최대 80%에서 최소 25%수준으로 변화폭 60%으로 변화폭이 크게 나타났다. 각 처리별 수분함량이 20~25%에서 50~55%로 수분함량이 높을수록 갈수록 그 급액 횟수와 급액 양이 늘어났다. 40~45% 수분함량의 경우 야간이나 주간 그 변화의 폭이 크지 않은 것으로 보아 coconut coir 혼합 배지(coconut dust : fiber = 8:2) 포장용수량과 가장 근접한 수분함량이라고 판단된다. 암면 30~35% 수분함량 처리구의 경우 작물의 생육이 왕성해질수록 야간 수분함량이 10%이상 떨어지는 경향을 보였다. 이는 암면의 경우 급액이 적게 자주 들어가는 형식인 FDR수분센서 제어 방식이 배지내 수분분포에 있어 구배를 두어 근권 내 수분흡수 범위가 coconut coir 혼합배지보다 적기 때문이라고 판단된다.

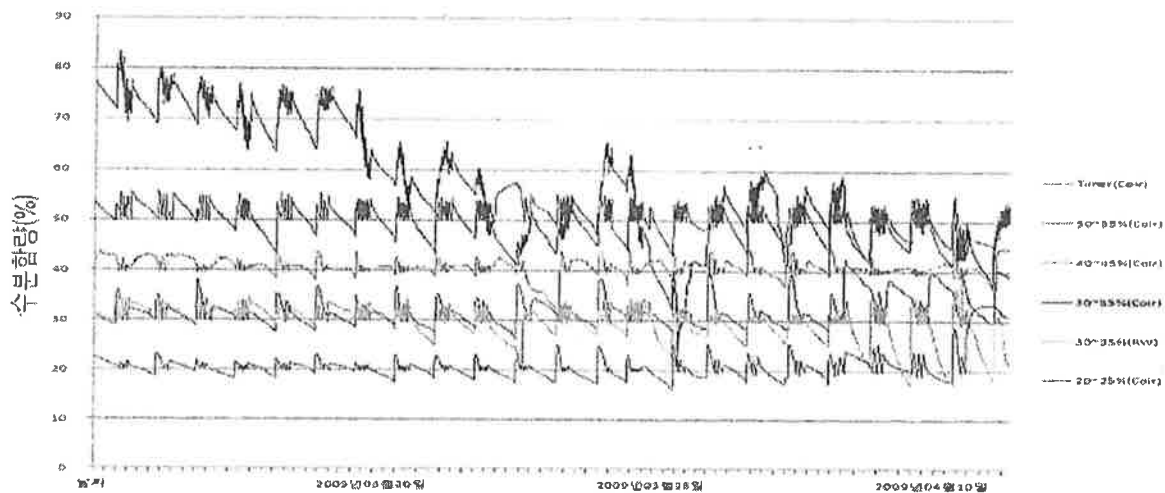


Fig. 4-3. Water content changes of substrate on irrigation control using FDR sensor in cucumber hydroponics.

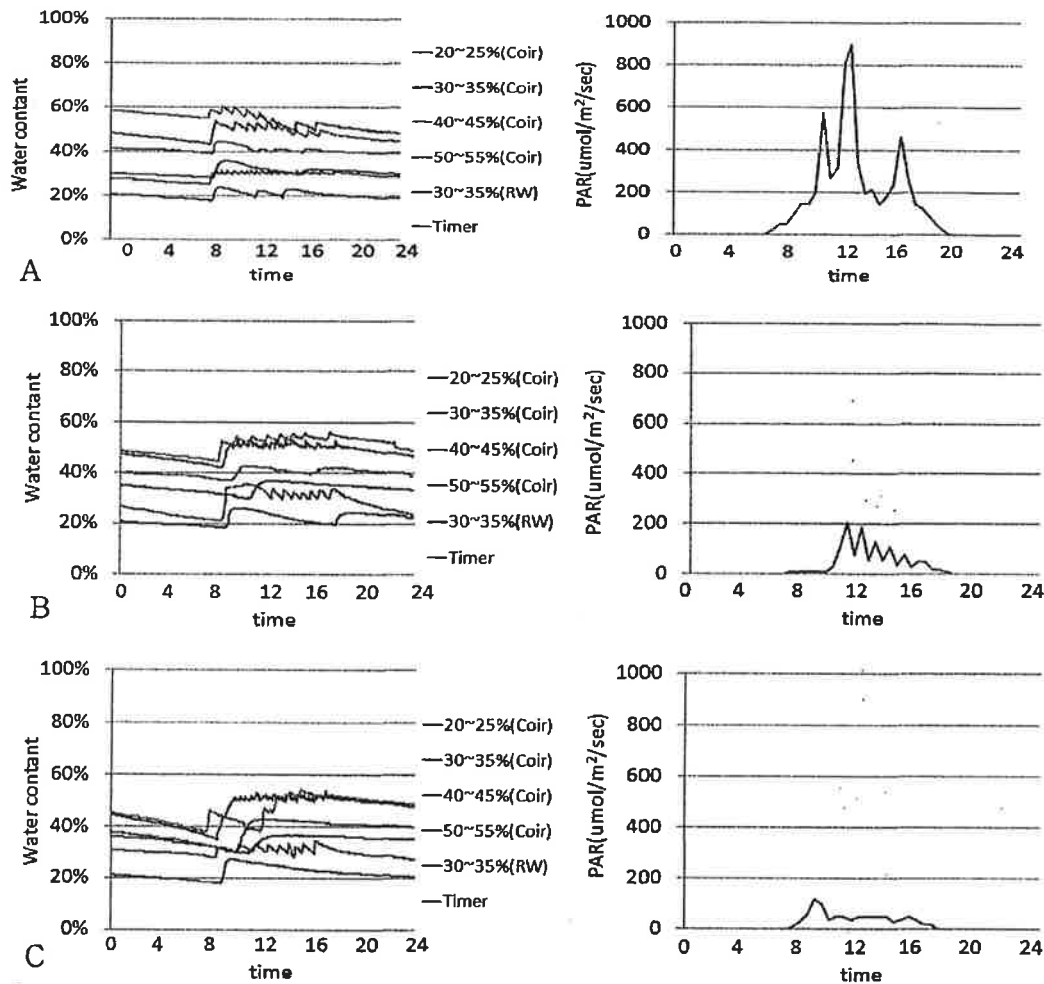


Fig. 4-4. Water content changes of irrigation control using FDR sensor at different the weather in cucumber hydroponics.(A: Sunny B: Cloudy C: Rainy)

표 4-17, 4-18은 수분 제어에 의한 생육 중기와 후기 오이 광합성량 결과로 생육 중기(처리 64일째) 30%이상 수분함량으로 제어한 경우에서 높은 결과를 보였고, 생육후기(처리 112일째) 부터는 40~45% 수분함량 제어구에서 더 높은 결과를 나타내 생육 중기와 후기 배지내 수분 함량 요구도가 다름을 확인 할 수 있었다. 생육 중기까지 암면 수분함량 제어구가 광합성이 높았으나 생육 후기로 넘어가면서 점차 낮아졌다. 이는 그림 1에서와 같이 FDR수분센서로 급액 제어를 할 경우 배지내 수분함량 변화가 커지고 수분의 분포가 일정하지 못해 배지 일부분이 건조하게 되어 지하부 근권 범위가 좁아서라고 판단된다. FDR센서를 이용한 급액제어에서 오이 생육은 암면을 제외 하고는 수분함량별 차이가 나타나지 않았으나, 수량은 40~45% 처리구에서 그 생육과 수량이 대조구인 Timer와 대등하게 나타났고, 암면 수분제어에서 수량이 상대적으로 낮게 나타났다(표 4-19).

각 처리별 급액량은 생육이 가장 높은40~45% 제어구가 관행 타이머에 비해 약67%수준으로 급액 되었고 맑은 날 96%, 흐린 날 65%, 비온 날 57% 수준으로 상대적으로 소량 공급되었음을 확인할 수 있다(표 4-20). 표 4-21은 수분 제어 처리에 따른 처리별 배액을 결과로 배액

량을 보인 처리구는 관행 타이머 구와 암면 재배, 50~55% 구에서였다. 반면에 배지수분함량을 50%이하로 관리한 처리에서 배액이 전혀 나타나지 않았다. 배지내 수분함량을 50%이하로 제어 한다면 무배양 상태로 장기간 작물재배가 가능하다는 것을 보여주었다. 이것은 수경재배에서 폐액의 처리 문제가 해결될 수 있다는 가능성을 제시하여 주고 있다.

Table 4-17. Effects of irrigation control using FDR sensor on photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of cucumber at 64days after treatment.

Substrate	Water content(%)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Coir (dust : fiber 8:2)	20~25	18.6 b ²	1.1 a	6.4 a
	30~35	20.2 ab	1.2 a	6.2 a
	40~45	19.5 ab	1.4 a	6.9 a
	50~55	19.9 ab	1.3 a	6.5 a
Rockwool	30~35	21.7 a	1.3 a	6.8 a
Coir (dust : fiber 8:2)	Timer	20.3 ab	1.2 a	5.0 b

²Means followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P<0.05$)

Table 4-18. Effects of irrigation control using FDR sensor on photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate of cucumber at 112days after treatment.

Substrate	Water content(%)	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{mol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
Coir (dust: fiber=8:2)	20~25	22.9 abc ²	0.4 ab	3.2 ab
	30~35	21.5 bc	0.4 ab	3.2 ab
	40~45	25.9 a	0.6 a	4.0 a
	50~55	21.11 c	0.4 b	3.1 ab
Rockwool	30~35	18.78 c	0.3 b	2.8 b
Coir (dust: fiber=8:2)	Timer	25.77 a	0.6 a	4.0 a

²Means followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P<0.05$)

Table 4-19. Effects of irrigation control using FDR sensor on growth and maketable yield in cucumber hydroponics.

Substrate	Water content(%)	Plant height (cm)	No. leaves (no./plant)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Maketable fruit No.	Yield (g/plant)
Coir (dust: fiber=8:2)	20~25	297.0 a ^z	21.0 b	7.43 a	31.33 a	40.83 a	7.33 d	1255.6 bc
	30~35	270.0 a	22.3 ab	7.53 a	30.00 a	41.33 a	7.67 cd	1330.0 b
	40~45	280.0 a	22.3 ab	7.81 a	28.00 ab	35.67 bc	9.67 a	1689.6 a
	50~55	297.0 a	21.0 b	7.53 a	30.17 a	38.00 b	8.33 bcd	1452.5 ab
Rockwool	30~35	255.0 a	21.7 b	7.38 a	25.17 b	33.33 c	6.67 d	1141.8 c
Coir (dust: fiber=8:2)	Timer	270.0 a	23.7 a	8.07 a	28.00 ab	42.00 a	9.33 abc	1618.2 a

^zMeans followed by different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test($P < 0.05$)

Table 4-20. Effects of irrigation control using FDR sensor on amount of nutrient solution at different weather in cucumber hydroponics.

Substrate	Water Content(%)	Amount of nutrient solution(ml/plant/day)			
		Sunny	Cloudy	Rainy	Average
Coir (dust : fiber 8:2)	20~25	1950	1510	1850	1770.0
	30~35	2180	1400	1880	1820.0
	40~45	2840	1940	1720	2166.7
	50~55	2880	2260	1980	2373.3
Rockwool	30~35	2200	1580	1970	1916.7
Coir (dust : fiber 8:2)	Timer	2950	2991	3015	2985.3

Measured from 4th April to 20th April.

Table 4-21. Effects of irrigation control using FDR sensor on supplied nutrient solution and drainage in cucumber hydroponics.

Substrate	Water Content(%)	Supplied nutrient solution (ml/plant/day)	Drain (ml/plant/day)	Drainage ratio (%)
Coir (dust : fiber 8:2)	20~25	1945	0	0
	30~35	1870	0	0
	40~45	2004	0	0
	50~55	2054	140.6	6
Coir (dust : fiber 8:2)	Timer	2990	429.2	14

5절 Coconut coir 배지를 이용한 장미 수경재배시스템 체계화

가. 물리성 개선

본 시험에 사용된 품종은 장미 'Vital'(Rosa hybrida L. cv. Vital)이며, 서울시립대학교 베로 온실에서 2007년 2월 10일부터 2008년 12월까지 수행하였다. Coir 혼합 배지 첨가 비율은 coir dust(인도네시아산)에 fiber를 부피비율로 0, 10, 20, 30, 50% 으로 한 coir slab와 인도산 coir dust에 chip이 0, 30, 60, 80% 함유된 coir slab로 자루(100×15cm)에 35L를 충전하고 자루당 장미 7주를 정식하였다. 급액은 1일 6~10회, 식물체 한 주당 1회에 70±6mL, 15분씩 점적 관수하였다. 이들 배지와 비교하기 위해 암면을 대조구로 하였으며 정식 후 배양액 공급은 서울시립대학교 장미배양액($\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$: $\text{NO}_3\text{-N}$ 9.6, $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, $\text{SO}_4\text{-S}$ 1.5)를 EC $1.5 \pm 0.1 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, pH 5.5~6.5로 조절해 주었다. 배양액의 pH는 H_2SO_4 와 KOH를 이용하여 조정하여 관리하였으며 주 조사항목은 광합성 절화장미 생육과 수확량 등을 측정, 조사한 결과는 다음과 같다.

Coconut coir배지를 이용한 자루형 장미 수경재배에서 배지 종류별 배액의 EC와 pH의 변화는 그림 5-1과 5-2에서 보는 바와 같다. 전기전도도의 변화는 배지종류별로 큰 차이는 없었으며 모든 배지들이 초봄에는 변화의 폭이 적었고 늦은 봄에서 초여름이 되면서부터 변화 폭이 커지고 값이 증가되었다. 늦여름이 되면서 점차 감소되었고 변화폭이 줄어들었다가 가을이 되면서 다시 증가되고 변화폭도 증가되었다. 배액 pH의 경우 무기태 배지인 암면에서 pH 변화가 다른 유기배지인 coir배지들에 비해 심하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 전체 배지의 배액 pH는 봄이 되면서 증가했다가 여름에 감소되고 다시 가을이 되면서 증가되는 변화를 보였다. 장미 재배시 배액 내의 권장 pH 수준이 5.0~7.0인데 암면 배지의 경우 재배 기간 중 배액의 pH가 3.5~7.5 수준의 변동이 큰 pH 수준을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

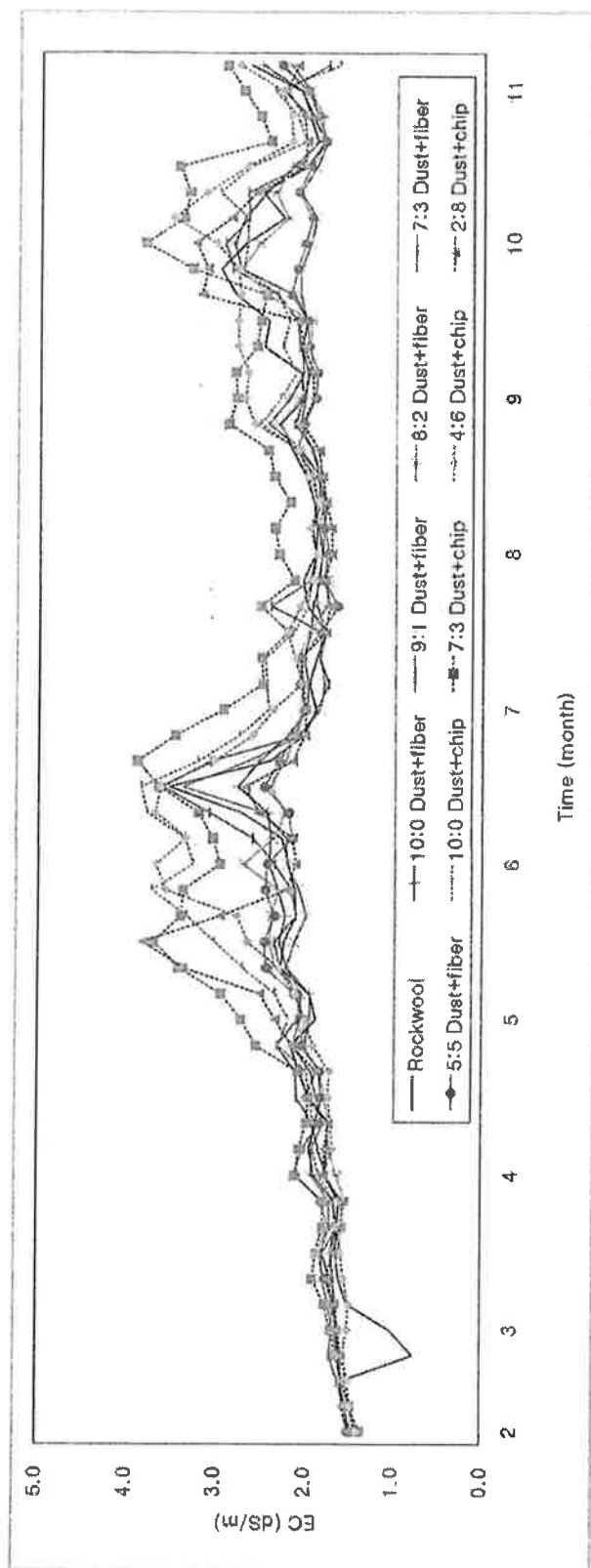


Fig. 5-1. Electric conductivity(EC) changes of drained solution on different bag culture substrates in 2007.
Checking interval was 2 days.

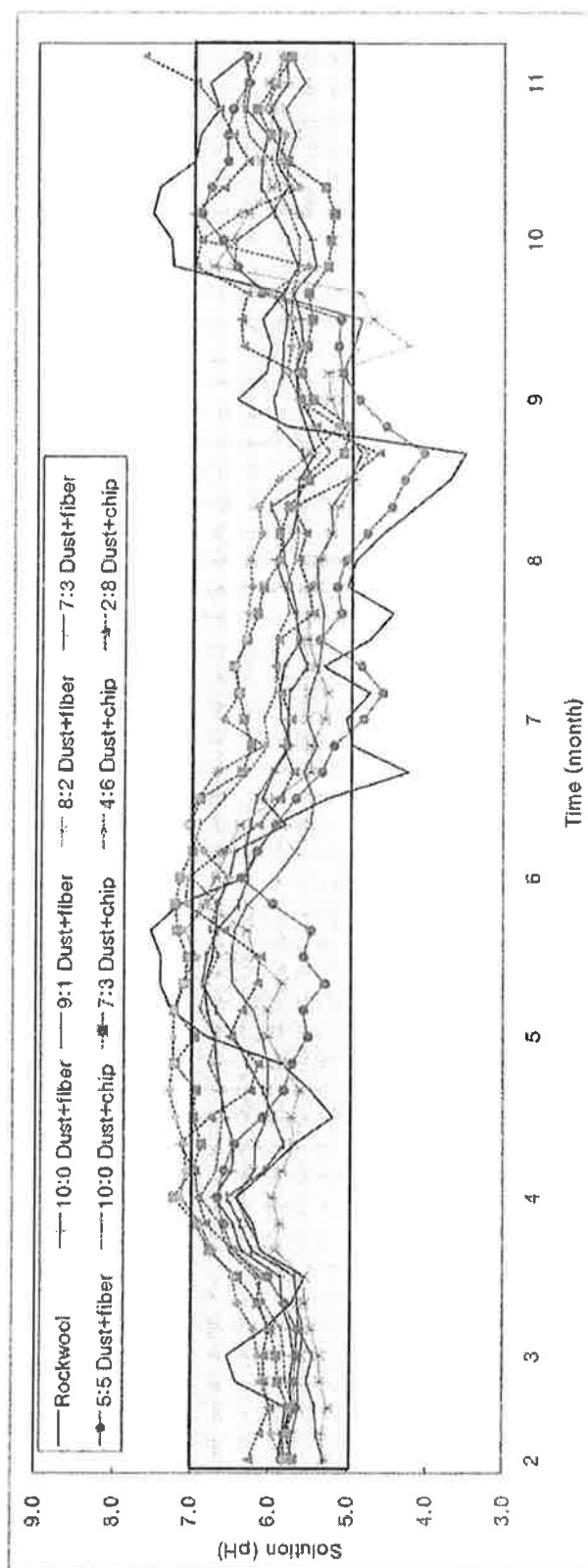


Fig. 5-2. Potential of hydrogen(pH) changes of drained solution on different bag culture substrates in 2007. Checking interval was 2 days.

Coconut coir배지를 이용한 자루형 장미 수경재배에서 fiber와 chip 함량별 조성에 따른 광합성과 절화의 생육, 그리고 수확량을 조사하였다. 장미의 광합성을 측정된 결과(표 5-1), chip 함량이 80%인 배지의 광합성률이 낮으며 그 이외의 다른 조성의 coir를 이용한 배지와 암면을 이용한 배지들 사이 간에 통계적 유의성이 없었다. 기공전도도는 chip이 30%, 60%, 80% 혼합된 수분 함량이 낮은 배지들이 다른 배지들보다 낮았다. 반면에, Evans 등(2009)은 입자 구성을 달리하여 물리성을 조절한 양토를 이용한 장미 pot 재배시 공극(60%)과 기상(16%)이 높고 유효수분이 적은 처리에서 상대적으로 기공전도도가 높았다고 하였다. 세포내 CO₂ 농도는 통계적 유의성이 없었다. 증산률의 경우, fiber의 함량이 0, 10%인 처리에서 가장 높았고 인도네시아산 dust에 fiber를 혼합한 처리들이 인도산 dust에 chip이 혼합된 처리보다 전체적으로 증산률이 높았고 암면 처리의 경우 증산률이 낮았다.

Table 5-1. Photosynthetic rate and transpiration rate of rose 'Vital' on bag culture substrates.

Measured from March 2007 to October 2008

Substrate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ^v	Stomatal Conductance ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Intercellular CO ₂ concentration ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
100 : 0 ^a	17.46 a	0.560 ab	324.17	4.437 a
dust 90 : 10	17.07 a	0.506 b	320.27	4.454 a
: 80 : 20	16.90 a	0.516 ab	323.33	4.313 ab
fiber 70 : 30	17.33 a	0.590 a	328.02	4.341 ab
50 : 50	16.41 a	0.521 ab	325.99	4.409 ab
100 : 0 ^b	17.13 a	0.537 ab	323.34	4.296 ab
dust 70 : 30	17.25 a	0.493 b	318.07	4.259 ab
: 40 : 60	16.74 a	0.482 b	319.62	3.999 ab
chip 20 : 80 ^c	14.85 b	0.364 c	315.67	3.112 c
Rockwool	16.46 a	0.533 ab	326.09	3.861 b
P > F ^w	0.0083	0.0002	0.51	0.0003
LSD (P≤0.05)	1.24	0.08	NS	1.97

^aCoir dust + fiber (%), Indonesia, ^bCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^cCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp

^wP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

^vMeasuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, PAR 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%) and Flow rate 500±2 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

절화 장미의 생육을 조사한 결과는 다음 표 5-2에서 보는 바와 같다. 절화의 길이는 암면이 평균 93.7cm로 가장 길었다. Gruda와 Schinitzler (2004b)는 나무 섬유를 이용한 토마토 pot 재배실험에서 상대적으로 낮은 기상과 높은 유효수분을 가진 피트모스(기상 16.8%, 유효수분 33.5%)와 나무 섬유(기상 24.9%, 유효수분 27.3%) 처리에서 초장이 가장 길었다고 하였다. Chip을 포함한 배지가 fiber를 포함한 배지보다 초장이 약간 길었는데 이는 fiber함유 배지보다 chip함유 배지의 상대적으로 낮은 기상이 영향을 주었을 것으로 판단된다. Coir 배지를 사용한

처리들이 다소 낮은 길이의 절화를 생산하였지만 시장 판매 1등급인 초장 80cm이상 임을 고려할 때 전체적으로 평균 80cm이상의 장미 절화를 생산할 수 있는 것으로 판단된다. 절화의 경경 또한 암면처리에서 가장 굵었고 그 다음으로 인도산 dust에 chip을 사용한 배지, 그리고 인도네시아산 dust에 fiber를 사용한 배지였으며, 같은 종류 배지 내에서의 차이는 미미했다. 생체중과 건물중은 통계적 유의성을 보이지 않았다. 전체적인 절화의 생육은 암면 배지에서 좋았고 coir배지들의 경우 암면만큼은 아니지만 상품성 있는 80cm이상의 절화 생산이 가능하였다.

Table 5-2. Characteristics of cut flower of rose 'Vital' grown under different bag culture substrates.

Measured from March 2007 to October 2008

Substrate	Length (cm)	Stem diameter(cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	
dust : fiber	100 : 0 ²	83.87 cd	0.708 c	38.47	9.28
	90 : 10	86.30 bc	0.715 bc	41.69	10.42
	80 : 20	85.29 bcd	0.723 bc	32.73	7.88
	70 : 30	84.50 cd	0.713 bc	37.81	8.44
	50 : 50	82.39 d	0.696 c	36.86	10.32
dust : chip	100 : 0 ¹	86.77 bc	0.739 b	39.48	9.69
	70 : 30	85.80 bcd	0.743 b	37.91	9.32
	40 : 60	86.93 bc	0.742 b	42.11	10.37
	20 : 80 ^x	88.28 b	0.794 b	37.37	8.90
Rockwool	93.69 a	0.810 a	41.03	9.85	
P > F ^w	<0.0001	<0.0001	0.78	0.63	
LSD (P≤0.05)	3.68	0.04	NS	NS	

¹Coir dust + fiber (%), Indonesia, ²Coir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp, ^wP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

절화 장미의 잎에 대한 조사 결과는 다음 표 5-3에서 보는 바와 같다. 5소엽의 경우 암면에 서 가장 많았고, 인도산 dust에 chip을 사용한 배지들이 인도네시아산 dust에 fiber를 사용한 배지들 보다 5소엽수가 많았다. 3소엽은 배지조성간에 통계적으로 유의성이 나타나지 않았다. 최대 엽장과 최대 엽폭에서 암면이 가장 긴 엽장·엽폭을 나타내었고, 다른 coir배지들은 비슷한 수준을 보여 주었다. 배지조성 차이에 따른 상대적 엽록소 함량(SPAD)을 나타내는 SPAD값은 인도산 dust에 chip을 사용한 배지들에서 높게 나타났고 인도네시아산 dust에 fiber를 사용한 배지들과 암면은 이보다 조금 낮은 값을 보였다. Evans 등(2009)은 입자 구성을 달리하여 물 리성을 조절한 양토를 이용한 장미 pot재배시 공극(60%)과 기상(16%)이 높고 유효수분이 적은 처리에서 상대적으로 높은 SPAD값을 나타냈다. Chip을 포함한 배지가 fiber를 포함한 배지보 다 상대적으로 낮은 유효수분을 가지고 있는데 이러한 것이 초장과 관련이 있을 것으로 판단 된다. 배지조성에 따른 엽면적은 통계적 차이를 보이지 않았다.

Table 5-3. Characteristics of cut flower leaf of rose 'Vital' grown under different bag culture substrates.

Measured from March 2007 to October 2008

Substrate	Leaf									
	Number(ea)		Max. Length (cm)	Max. width (cm)	SPAD (SPAD value)	Leaf area (cm ²)				
	5 Leaflet	3 Leaflet								
100 : 0 ^z dust : fiber	12.8	d	3.2	13.57	b	11.50	b	47.7	bcd	791.6
	12.7	d	3.4	14.09	ab	11.81	b	46.7	cd	816.5
	12.9	cd	3.3	13.68	b	11.62	b	45.9	d	765.6
	12.9	cd	3.4	13.95	b	11.74	b	46.7	cd	760.6
	12.4	d	3.3	14.10	ab	12.01	ab	46.8	cd	822.5
100 : 0 ^y dust : chip	13.5	bc	3.4	13.85	b	11.78	b	49.8	ab	828.9
	14.0	b	3.2	13.77	b	11.57	b	48.8	abc	894.3
	13.9	b	3.5	14.11	ab	12.00	ab	50.9	a	938.2
	14.0	b	3.4	13.67	b	11.67	b	45.8	d	832.0
Rockwool	14.7	a	3.3	14.57	a	12.46	a	47.8	bcd	887.4
P > F ^w	<0.0001		0.75	0.034		0.02		0.0043		0.64
LSD (P≤0.05)	0.71		NS	0.56		0.52		2.82		NS

^zCoir dust + fiber (%), Indonesia, ^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp, ^wP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

Fonteno 등(1990)은 암면 등의 물질 비율을 다양하게 혼합한 배지를 이용하여 임파치엔스, 매리골드, 패튜니아를 pot재배 하였을 때 배지 물리성 중 공극이 79.7%, 기상이 21.4%, available water(유효수분함량 + 완충수분용량)가 34.0%인 배지에서 초장과 생체중이 가장 높았으며, 토마토는 상대적으로 기상이 낮고 수분보유량이 높은 배지(공극 84.3%, 기상 17.7%, available water 44%)에서 높아 작물에 따른 배지의 물리성이 다름을 보였다. 또한, D'Angelo 등(1993)은 벤자민 고무나무, 임파치엔스, 시클라멘, 국화를 pot재배시 피트모스 중심으로 이용한 다양한 배지조성을 사용하였는데, 피트모스와 펄라이트의 비율이 4:1인 처리(공극 90%, 기상 36%, available water 22%)가 생육에 적합하였고, 경제성을 고려하여 피트모스, 나무껍질퇴비, 그리고 펄라이트나 부석 등을 2:3:1 비율로 혼합하여 사용한 배지(공극 90%, 기상 45%, available water 14%)도 생육에 효율적이라고 하였다. 하지만 상대적으로 유효수분이 낮은 순수 나무껍질 퇴비는 생육에 부적합하였다. Lee와 Ryu(1996)는 논흙과 모래에 피트모스, 톱밥, 왕겨 등의 다양한 유기질 재료를 배합하여 포인세티아를 pot에서 재배하였고, 이 중 가장 기상이 높은 피트모스 함유된 배지(모래: 논흙 : 피트모스 = 2 : 4 : 4, 공극 55.5% 기상 14.4%)가 생체중이 가장 높았다. 서양 측백의 용기 재배시 배지 조성을 피트모스와 나무 섬유 조합으로 재배하였을 때, 나무 섬유 75%이상의 처리(available water 20% 이하, 기상 47% 이상)에서 초장이 높았다(Bohne, 2004). 5가지 식물들(매리골드, 셀비어, 바코파, 스캐볼라애몰라, 버베나)을 다양한 피트모스를 이용 베드 재배하였을 때 공극이 93.6%이고 기상이 39.8%인 처리(white peat + brown peat = 1 : 1)에서 생체중과 초장이 가장 높았다(Strojny와 Nowak, 2004). 이상

의 연구 결과들을 종합할 때, 공극중의 기상 비율이 1/4~1/2, available water가 1/4~1/6 정도 인 기상을 더 많이 보유하는 배지 조건이 화훼류 생육에 적합함을 알 수 있다.

Coconut coir 배지를 이용한 장미 자루재배에서는 절화의 초장과 경경, 잎의 개수, SPAD 값 등이 chip이 혼합된 처리가 fiber가 혼합된 처리보다 높게 나타났는데 지속적인 관수가 이루어 지는 수경재배에서는 fiber 혼합 배지의 높은 available water로 근권부 환경이 식물 생육에 적합하게 형성되지 못한 것으로 판단된다.

장미 절화의 수명에 대한 결과는 다음 표 5-4에서 보는 바와 같이 암면과 섬유가 함유되지 않은 순수 인도네시아산 dust배지와 인도산 dust배지에서 13일 이상으로 절화 수명이 가장 길었다. 인도네시아산 dust에 fiber를 사용한 배지들이 인도산 dust에 chip을 사용한 배지들보다 높은 절화 수명을 보여주는 경향을 나타냈다.

Table 5-4. Vase life of cut flower of rose "Vital" grown under different bag culture substrates.

Measured from May 2008 to August 2008

Substrate	Cut flower vase life (day)	
dust : fiber (Indonesia)	100 : 0 ^z	13.2 a
	90 : 10	11.9 ab
	80 : 20	13.1 a
	70 : 30	12.3 a
	50 : 50	9.7 ab
dust : chip (India)	100 : 0 ^y	13.3 a
	70 : 30	8.5 b
	40 : 60	11.2 ab
	20 : 80 ^x	12.0 ab
Rockwool	12.7 a	
P > F ^w	0.23	
LSD (P≤0.05)	3.81	

^zCoir dust + fiber (%), Indonesia, ^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp, ^wP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

절화의 수명과 화경의 변화(그림 5-3, 5-4)에서 볼 때, 암면이 화경도 가장 크고 절화 수명도 가장 길었다. 절화의 수명은 표 5-4에서처럼 인도네시아산 dust에 fiber를 사용한 배지들이 더 길게 나타났다. Chip이 30% 혼합된 배지에서 절화 수명이 가장 짧았다. 절화의 화경은 암면이 가장 컸으며 coir배지들 중 fiber 함량이 20%인 배지에서 가장 크게 나타났고 fiber 30%와 50%인 다소 높은 함량의 배지는 화경이 상대적으로 작았다.

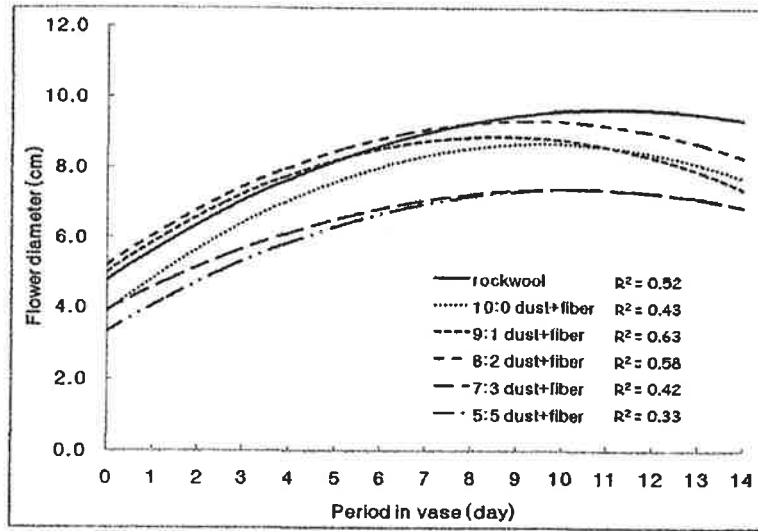


Fig. 5-3. Changes of rose cut flower diameter in vase on different bag culture substrates(dust + fiber).
Measured from May 2008 to August 2008

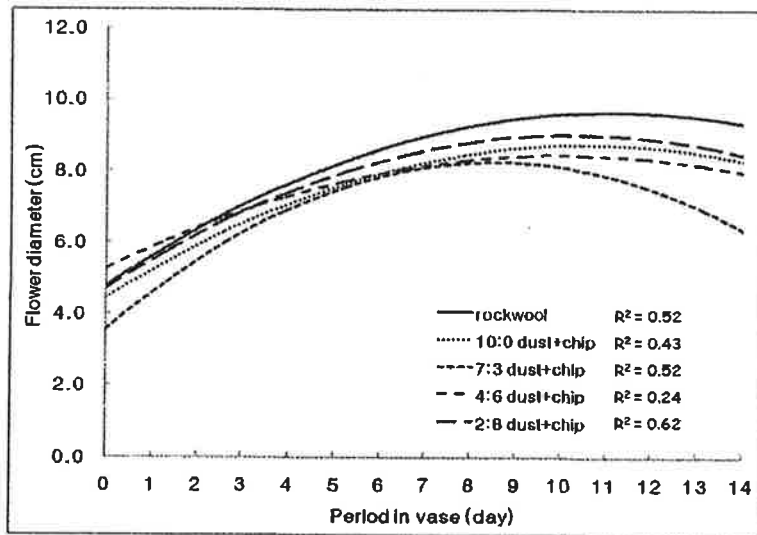


Fig. 5-4. Changes of rose cut flower diameter in vase on different bag culture substrates(dust + chip).
Measured from May 2008 to August 2008

배지 종류에 따른 장미 절화수량(표 5-5)은 인도네시아산 dust에 fiber함량을 늘였을 때 암면과 cocochip에서 보다 10%이상 높게 나타났다. 화경 길이별로 보았을 때, 길이 80cm이상의 절화 수량은 암면이 가장 많았고, 80cm~60cm사이의 수량은 fiber 20% 배지에서 가장 많았다. 총 절화수량은 20%와 50% fiber 배지에서 많았으며, 길이 60cm이상의 상품 절화 수량은 20% fiber 배지에서 많았다. 코코넛 chip 함유량이 높은 처리에서는 상대적으로 적은 수량을 나타냈다. Chip을 혼합한 배지 중에서 30% chip 혼합 배지가 수량이 가장 높았다. 전반적으로 상품수량이 암면보다 높은 처리는 fiber가 20%와 50% 그리고 chip을 30% 함유한 처리였다. 제올라

이트와 펠라이트를 이용하여 배지를 조성한 장미 자루재배에서 제올라이트와 펠라이트의 비율이 25:75인 펠라이트 함량이 제일 높은 처리에서 가장 수확량이 높았다(Maloupa 등, 1999). 암면, 코코피트, 펠라이트, 버미큘라이트를 이용한 거베라 베드재배에서 암면처리에서 초장에 가장 컸고, 펠라이트에서는 꽃이 가장 많이 생산됐다(Hahn 등, 2001). 다양한 피트모스를 이용한 장미 자루재배에서 대조구로 사용한 암면과 피트모스에 점토를 배합한 배지(공극 93%, 기상 59.7%)에서 수확량이 높았다(Sarkka 등, 2004). 왕겨와 모래로 다양한 밀도의 배지를 만들어 리시안서스를 pot 재배하였을 때 지상부 생체중과 상품성이 공극 75.1%, 기상 19.53%, 유효수분 17.41% 완충수분 2.58%인 처리에서 높았다(Domingues Salvador와 Minami, 2004). 반면, 토마토의 경우 다양한 배지에서 자루재배 하였을 때 암면(공극 90%, 기상 3%, 유효수분 92%)에서 수확량이 가장 높았고, 톱밥(공극 90%, 기상 10%, 유효수분 41%) 배지에서 수확량이 가장 낮았다(Allaire 등, 2004). 이는 화훼류 수경 재배에 있어서 높은 기상(air volume)이 수확량을 위해 필요함을 나타낸다. 20% fiber 혼합 배지와 30% chip 혼합 배지가 장미 수경재배에 적합할 것으로 판단된다.

Table 5-5. Cut flower yields of rose 'Vital' on bag culture substrates.

Measured from May 2008 to August 2008

Substrate	Cut flower Yield (No. / plant)					Marketable Yield ^d	Total Yield
	>80cm ^w	80~60cm	<60cm				
dust : fiber	100 : 0 ^z	9.57 (65.7) ^v	7.00 (188.2)	7.00 (158.4)	16.57 (90.6)	23.57 (103.8)	
	90 : 10	12.14 (83.3)	6.43 (172.8)	7.00 (158.4)	18.57 (101.5)	25.57 (112.6)	
	80 : 20	12.14 (83.3)	9.00 (241.9)	6.15 (139.1)	21.14 (115.6)	27.29 (120.2)	
	70 : 30	10.71 (73.5)	6.86 (184.4)	7.57 (171.3)	17.57 (96.1)	25.14 (110.7)	
	50 : 50	10.57 (72.5)	8.72 (234.4)	8.57 (193.9)	19.29 (105.5)	27.86 (122.7)	
dust : chip	100 : 0 ^z	10.88 (74.7)	7.12 (191.4)	5.25 (118.8)	18.00 (98.4)	23.25 (102.4)	
	70 : 30	12.63 (86.7)	6.38 (171.5)	5.63 (127.4)	19.00 (103.9)	24.63 (108.5)	
	40 : 60	9.50 (65.2)	5.50 (147.5)	4.50 (101.8)	15.00 (82.0)	19.50 (85.9)	
	20 : 80 ^x	13.29 (91.2)	4.42 (118.8)	4.86 (110.1)	17.71 (96.8)	22.57 (99.4)	
Rockwool	14.57 (100)	3.72 (100)	4.42 (100)	18.29 (100)	22.71 (100)		

^zCoir dust + fiber (%), Indonesia, ^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp

^w() were substrate / rockwool yield, ^vPercent yield of substrate / rockwool

^dMeans over the cur flower length of 60cm yield

Coconut coir배지를 이용한 포트형 장미 수경재배에서 배지별 조성에 따른 실험에서 광합성, 절화의 생육, 수확량을 조사하였다. 장미의 광합성률을 조사한 결과(표 5-6) 인도산 grow pot 중 dust 100%처리에서 가장 높게 나타났고 인도네시아산 배지 중 섬유함량 처리 간에 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 5-6. Photosynthetic rate and transpiration rate of Rose 'Vital' on pot culture substrates.

Substrate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ^x	Measured from March 2007 to November 2007			
		Stomatal Conductance ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Inter-cellular CO ₂ concentration ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	
Dust: fiber	100 : 0 ^z	17.82 ab ^w	0.55 abc	333.94 a	3.56 ab
	90 : 10	17.74 ab	0.57 abc	334.77 a	4.34 a
	80 : 20	18.19 ab	0.61 a	328.02 a	3.04 b
	70 : 30	17.24 ab	0.52 abc	331.68 a	3.58 ab
	50 : 50	17.90 ab	0.58 ab	330.23 a	3.68 ab
Dust: chip	100 : 0 ^y	18.92 a	0.41 c	301.53 b	2.63 b
	70 : 30	16.76 b	0.43 bc	325.20 a	3.15 ab

^z Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia, ^y Coir dust + chip (%), Source by India

^w Means followed by different letters indicate significant differences using LSD test at 5% level.

^x Measuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, PAR 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%), and Flow rate 500±2 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$.

장미 절화의 생육을 조사한 결과(표 5-7) 초장은 인도산 grow pot 처리들이 높게 나타났으며, 경경의 경우는 dust함량이 100%인 처리에서 높게 나타났다. 생체중과 건물중은 chip 0%인 dust 100%처리서 가장 높았다. 꽃의 생육 결과에서는 화폭과 화고가 모든 처리간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

잎의 생육 결과는 표 5-8과 같이 5소엽의 수는 인도네시아산 dust 100%처리가 가장 높았으며 배지중의 dust 함량이 높을수록 높게 나타났다. 3소엽의 경우는 grow pot를 사용한 처리가 높게 나타났고 dust함량이 높은 처리구에서 상대적으로 적은 수를 보여주는 것으로 나타났다. 최대엽장의 경우 chip을 함유한 grow pot처리들이 높게 나타났으며 최대엽폭의 경우 fiber 20%처리가 높게 나타났다. 간이 엽록소 측정값인 SPAD와 엽면적에서 fiber 20%처리가 가장 높게 나타났다.

Table 5-7. Characteristics of cut flower of Rose 'Vital' grown under different pot culture substrates.

Substrate	Cut flower				Flower		
	Length (cm)	Stem diameter (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Height (cm)	Diameter (cm)	
Dust : fiber	100 : 0 ^z	84.1 ab ^x	0.82 a	43.73 b	10.89 ab	3.78 a	8.61 a
	90 : 10	80.2 bc	0.76 b	36.00 b	8.80 b	3.91 a	8.44 a
	80 : 20	80.4 bc	0.79 ab	41.49 b	10.95 ab	4.01 a	8.37 a
	70 : 30	79.4 bc	0.77 ab	39.78 b	10.57 ab	3.92 a	8.50 a
	50 : 50	76.3 c	0.74 b	42.22 b	10.51 ab	3.81 a	8.45 a
Dust : chip	100 : 0 ^y	88.0 a	0.83 a	53.63 a	13.07 a	3.92 a	8.56 a
	70 : 30	87.7 a	0.78 ab	44.76 ab	11.37 ab	3.87 a	8.68 a

^z Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia, ^y Coir dust + chip (%), Source by India

^x Means followed by different letters indicate significant differences using LSD test at 5% level.

Table 5-8. Characteristics of cut flower leaf of Rose 'Vital' grown under different pot culture substrates.

Measured from March 2007 to November 2007

Substrate	Leaf						
	5 Leaflet leaves (No.)	3 Leaflet leaves (No.)	Max. Length (cm)	Max. width (cm)	SPAD	Leaf area (cm ²)	
Dust : fiber	100 : 0 ^z	14.81 a ^x	2.66 c	15.2 ab	13.0 ab	47.1 bc	886.7 abc
	90 : 10	13.40 bc	3.00 bc	15.0 ab	12.9 ab	45.0 cd	750.3 c
	80 : 20	13.67 abc	2.79 bc	15.4 ab	13.7 a	50.1 a	1080.0 a
	70 : 30	13.23 c	3.02 bc	14.6 b	12.7 b	44.9 cd	864.8 bc
	50 : 50	12.98 c	2.92 bc	15.1 ab	12.8 b	48.6 ab	772.2 bc
Dust : chip	100 : 0 ^y	14.54 ab	3.23 ab	15.6 a	13.4 ab	45.4 cd	847.9 bc
	70 : 30	13.69 abc	3.53 a	15.5 a	13.3 ab	44.0 d	952.5 ab

^z Coir dust + fiber (%), Source by Indonesia, ^y Coir dust + chip (%), Source by India

^x Means followed by different letters indicate significant differences using LSD test at 5% level.

장미 절화의 수확량을 조사한 결과에서는 chip 30%처리에서 높은 상품수량과 상품수량을 나타내었으며, 섬유가 함유하지 않은 dust 100%배지에서 수량이 낮았으나 섬유 함량간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다(표 5-9).

Table 5-9. Cut flower yields of Rose 'Vital' on pot culture substrates.

Measured from March 2007 to November 2007

Substrate	Cut flower Yield (No. / plant)					
	>80cm (%)	80~60cm (%)	<60cm (%)	Marketable Yield ^x (%)	Total Yield	
Dust : fiber	100 : 0 ^z	6.27 (44.3)	3.08 (21.8)	4.79 (33.9)	9.35 (66.1)c	14.14b
	90 : 10	7.55 (44.5)	3.96 (23.4)	5.45 (32.1)	11.51 (67.9)b	16.96a
	80 : 20	6.14 (43.1)	4.42 (31.0)	3.69 (25.9)	10.57 (74.2)bc	14.25b
	70 : 30	4.66 (32.8)	7.11 (50.0)	2.45 (17.2)	11.76 (82.7)b	14.22b
	50 : 50	5.68 (36.8)	5.68 (36.8)	4.09 (26.5)	11.36 (73.5)b	15.45ab
Dust : chip	100 : 0 ^y	4.70 (31.0)	6.53 (43.1)	3.92 (25.9)	11.23 (74.2)b	15.14ab
	70 : 30	4.14 (24.6)	9.12 (54.1)	3.59 (21.3)	13.26 (78.7)a	16.85a

^zCoir dust + fiber (%), Source by Indonesia, ^y Coir dust + chip (%), Source by India,

^xMeans followed by different letters indicate significant differences using LSD test at 5% level, ^{*}Means over-80cm yield + 80cm~60cm yield.

나. 화학성 개선

본 시험에 사용된 품종은 장미 'Vital'(Rosa hybrida L. cv. Vital)이며, 서울시립대학교 연동 온실에서 2008년 12월 23일부터 2009년 4월까지 수행하였다. Coir 혼합 배지 첨가 비율은 coir dust(인도네시아산)에 fiber를 부피비율로 0, 20, 30, 50, 80% 으로 한 coir slab와 인도산 coir dust에 chip이 0, 30, 60, 80% 함유된 coir slab로 자루(100×15cm)에 35L를 충전하고 자루당 장미 7주를 정식하였다. 급액은 1일 6~7회, 식물체 한 주당 1회에 90±6mL, 15분씩 점적 관수하였다. 이들 배지와 비교하기 위해 압면을 대조구로 하였으며 정식 후 배양액 공급은 서울시립대학교 장미배양액(me·L⁻¹ : NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5)를 EC 1.5±0.1 dS·m⁻¹, pH 5.5~6.5로 조절해 주었다.

정식 2주 후에 화학성 개선을 위한 실험을 실시하였다. 기존의 배양액을 계속 사용하는 대조구(A)와 기존의 배양액에 코이어 배지가 가지는 염의 이온 밸런스에 대한 개선을 위해 Ca와 Mg를 첨가하여(Ca 3, Mg 1 me·L⁻¹) 조제한 배양액(B)의 두 가지로 구성하여 각각의 배지에 급액하였다. 배양액의 pH는 H₂SO₄와 KOH를 이용하여 조정하여 관리하였으며 주 조사항목은 광합성 절화장미 생육과 수확량 등을 측정, 조사 하였다.

장미의 광합성률을 조사한 결과(Table 5-10) fiber를 이용한 배지에서는 Ca 와 Mg를 첨가한 배양액을 공급시 광합성률을 제외한 기공전도도, 세포내 CO₂농도 그리고 증산률에서는 통계적 유의성이 나타나지 않았다. Ca 와 Mg를 첨가 배양액 공급시 광합성율은 증가하였고 80:20 dust:fiber 배지의 경우 가장 높은 광합성율을 증가를 보였다.

Table 5-10. Photosynthetic rate and transpiration rate of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics.

Measured from January 2009 to April 2009					
Nutrient solution ²	Substrate	Photosynthetic rate (μmol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹) ^w	Stomatal Conductance (mol H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	Intercellular CO ₂ concentration (μmol CO ₂ ·mol ⁻¹)	Transpiration rate (mmol H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
A	100 : 0 ^y	16.17	0.511	328.0	4.84
	80 : 20	14.93	0.488	312.7	4.74
	70 : 30	17.51	0.573	312.6	5.08
	50 : 50	18.65	0.442	300.3	4.44
	20 : 80	18.64	0.412	283.9	3.81
	Rockwool	17.13	0.475	285.7	4.38
B	100 : 0	18.63	0.488	331.7	5.54
	80 : 20	18.27	0.495	298.6	4.80
	70 : 30	19.64	0.512	286.1	5.00
	50 : 50	18.79	0.506	306.9	4.46
	20 : 80	16.88	0.450	301.3	3.99
	Rockwool	17.88	0.423	285.6	3.82
Significance ^x					
Nutrient(N)		**	NS	NS	NS
Substrate(S)		*	**	***	***
N×S		**	NS	**	*

²Nutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me·L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me·L⁻¹)

³Coir dust + fiber (%), Indonesia

^xProbability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^wMeasuring conditions : CO₂ 400 μmol·mol⁻¹, PAR 800 μmol·m⁻²·s⁻¹, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%) and Flow rate 500±2 μmol·s⁻¹

장미 절화의 생육을 조사한 결과(Table 5-11) Ca와 Mg를 첨가시 초장과 경경 굵기에서는 차이를 보이지 않았으나 생체중의 경우 전반적으로 높게 나타났다. Dust함량이 다소 높은 fiber의 함량이 20% 이내로 낮은 배지들에서는 기본 배양액과 첨가된 Ca, Mg 배양액 간의 차이가 없거나 오히려 기본 배양액 처리가 좋았다. 20:80 dust:fiber 배지는 가장 굵은 경경을 나타냈으며 생체중 또한 매우 높게 나타났다.

Table 5-11. Characteristics of cut flower of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics.

Measured from January 2009 to April 2009				
Nutrient solution ²	Substrate	Length (cm)	Stem diameter (cm)	Fresh weight (g)
A	100 : 0 ¹	100.2	0.72	45.82
	80 : 20	92.7	0.72	48.27
	70 : 30	98.0	0.63	45.48
	50 : 50	97.2	0.71	50.25
	20 : 80	96.6	0.83	71.30
	Rockwool	100.0	0.73	57.39
B	100 : 0	100.7	0.70	45.33
	80 : 20	90.3	0.62	40.46
	70 : 30	102.2	0.72	54.93
	50 : 50	101.8	0.74	73.02
	20 : 80	101.1	0.79	65.14
	Rockwool	98.5	0.71	71.23
Significance ^x				
	Nutrient(N)	NS	NS	*
	Substrate(S)	NS	***	***
	N×S	NS	*	***

¹Nutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me-L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me-L⁻¹)

²Coir dust + fiber (%), Indonesia

^xProbability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

장미 절화 잎의 생육 결과는 Table 5-12 에서와 같다. 엽수, 엽장, 엽폭, SPAD 값은 배양액 변화에 따른 차이를 보이지 않았다. 20:80 dust:fiber 배지가 가장 많은 엽수를 보였고 잎의 크기 또한 컸다.

Table 5-12. Characteristics of cut flower leaf of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ²	Substrate	Leaf				SPAD (SPAD value)
		5 Leaflet leaves (No.)	3 Leaflet leaves (No.)	Max. Length (cm)	Max. width (cm)	
A	100 : 0 ¹	10.9	3.9	16.7	12.4	42.2
	80 : 20	12.3	3.4	17.7	13.5	46.3
	70 : 30	10.2	3.8	17.2	13.0	43.5
	50 : 50	9.8	4.6	18.1	13.9	46.8
	20 : 80	14.4	4.6	18.6	14.9	52.0
	Rockwool	14.3	3.7	19.0	15.7	51.1
B	100 : 0	9.7	3.7	16.5	12.9	43.4
	80 : 20	9.6	3.8	16.9	13.4	45.4
	70 : 30	11.2	4.0	17.4	13.8	47.5
	50 : 50	11.8	3.3	17.2	13.7	45.1
	20 : 80	16.2	4.2	17.9	13.6	48.0
	Rockwool	13.2	4.1	18.7	14.8	49.1
Significance ³						
Nutrient(N)		NS	NS	NS	NS	NS
Substrate(S)		***	**	***	***	***
N×S		***	***	NS	NS	***

¹Nutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (meL⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (meL⁻¹)

²Coir dust + fiber (%), Indonesia

³Probability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

절화 수확량에 대한 결과는 다음 Table 5-13과 같다. 절화 수확량에 있어서 Ca와 Mg를 첨가함에 따라 암면 처리의 경우 상품수량이 증가 되었다. Coir를 이용한 처리들 중에서 8:2 dust:fiber 처리에서 첨가에 따른 상품 수량증대가 가장 컸으며 총 수확량 또한 가장 높았다. 다른 처리들은 Ca와 Mg를 첨가에 따른 상품 수량증대가 적거나 거의 보이지 않아 상대적으로 더 적은 수준의 수량을 나타냈다.

Table 5-13. Cut flower yields of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ^z	Substrate	Cut flower yield (No. / plant)				
		>80cm	80~60cm	<60cm	Marketable yield ^x	Total yield
A	100 : 0 ^y	6.5	0.5	2.5	7	9.5
	80 : 20	4	1	0	5	5
	70 : 30	6	1.5	2.5	7.5	10
	50 : 50	6.5	0.5	2.5	7	9.5
	20 : 80	4.5	1	0	5.5	5.5
	Rockwool	6	0	2.5	6	8.5
B	100 : 0	6.5	1	1	7.5	8.5
	80 : 20	5.5	2	4	7.5	11.5
	70 : 30	6.5	0.5	1	7	8
	50 : 50	5.5	0.5	4.5	6	10.5
	20 : 80	6.5	0.5	2	7	9
	Rockwool	7	0.5	0.5	7.5	8

^zNutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me·L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me·L⁻¹)

^yCoir dust + fiber (%), Indonesia. ^xMeans over the cur flower length of 60cm yield.

그리고, Chip을 사용한 배지에서 장미의 광합성률을 조사한 결과(Table 5-14) Ca 와 Mg를 첨가한 배양액을 공급시 광합성률과 세포내 CO₂농도를 제외한 기공전도도 그리고 증산률에서는 통계적 유의성이 나타나지 않았다. Ca 와 Mg를 첨가 배양액 공급시 광합성율은 증가하였고 세포내 CO₂농도는 감소하는 경향을 나타냈다. 100:0 dust:chip 배지의 경우 가장 높은 광합성율을 증가를 보였고 20:80 dust:chip 배지는 다른 배지들과 다르게 세포내 CO₂농도가 증가하였다.

Table 5-14. Photosynthetic rate and transpiration rate of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ^z	Substrate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ^y	Stomatal	Intercellular CO ₂	Transpiration rate (mmol H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)
			Conductance (mol H ₂ O·m ⁻² ·s ⁻¹)	concentration ($\mu\text{mol CO}_2\text{mol}^{-1}$)	
A	100 : 0 ^y	16.62	0.42	327.79	4.58
	70 : 30	18.20	0.54	314.70	5.01
	40 : 60	17.92	0.51	298.20	4.90
	20 : 80 ^x	18.71	0.47	307.30	4.33
	Rockwool	17.13	0.47	285.68	4.38
B	100 : 0	19.44	0.54	320.15	5.40
	70 : 30	19.24	0.41	287.87	4.48
	40 : 60	18.98	0.51	295.70	4.85
	20 : 80	21.08	0.59	315.68	4.76
	Rockwool	17.88	0.42	285.62	3.82
Significance ^w					
Nutrient(N)		***	NS	*	NS
Substrate(S)		**	*	***	***
N×S		NS	***	NS	***

^zNutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me·L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me·L⁻¹)

^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp

^wProbability of significant F values : NS, *, **, *** : non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

^vMeasuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, PAR 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%) and Flow rate 500±2 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$

장미 절화의 생육을 조사한 결과(Table 5-15) Ca와 Mg를 첨가시 초장과 생체중, 건물중에서는 차이를 보이지 않았으나 경경의 경우 전반적으로 굵게 나타났고 40:60 dust:chip 배지가 가장 높은 증가를 보였다. 하지만 dust 함량이 100%인 배지에서는 기본 배양액이 추가 배양액 처리보다 낮은 경경 굵기를 보였다.

Table 5-15. Characteristics of cut flower of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ^z	Substrate	Length (cm)	Stem diameter (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
A	100 : 0 ^y	103.50	0.72	49.37	10.89
	70 : 30	88.22	0.61	37.60	8.75
	40 : 60	97.61	0.69	58.68	13.80
	20 : 80 ^x	89.0	0.67	44.77	10.51
	Rockwool	100.33	0.73	57.39	15.49
B	100 : 0	91.35	0.67	48.53	10.36
	70 : 30	103.67	0.74	53.28	9.66
	40 : 60	103.80	0.81	63.17	14.05
	20 : 80	95.17	0.69	46.94	11.61
	Rockwool	96.75	0.71	59.26	15.33
Significance ^w					
Nutrient(N)		NS	*	NS	NS
Substrate(S)		*	*	***	***
N×S		***	***	NS	NS

^zNutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me·L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me·L⁻¹)

^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp

^wProbability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

장미 절화 잎의 생육 결과는 Table 3에서와 같다. 엽수, 엽장, SPAD 값은 배양액 변화에 따른 차이를 보이지 않았다. 엽폭의 경우 배양액에 Ca와 Mg 첨가시 작아지는 경향을 보였다. 암면 배지에서 가장 많은 엽수를 보였고 잎의 크기 또한 컸다.

Table 5-16. Characteristics of cut flower leaf of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ^z	Substrate	5 Leaflet leaves (No.)	3 Leaflet leaves (No.)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	chlorophyll (SPAD value)
A	100 : 0 ^y	10.0	4.0	16.7	13.1	42.5
	70 : 30	9.8	3.7	17.5	13.8	48.7
	40 : 60	11.0	4.0	17.1	13.5	48.5
	20 : 80 ^x	9.5	3.8	17.2	13.4	45.0
	Rockwool	14.3	3.8	18.1	15.7	51.1
B	100 : 0	9.3	3.9	17.1	12.9	45.6
	70 : 30	11.4	4.2	17.1	13.5	45.0
	40 : 60	12.2	3.9	17.9	13.9	46.0
	20 : 80	11.0	4.1	16.2	12.5	46.8
	Rockwool	13.2	4.0	18.7	14.6	49.1
Significance ^w						
Nutrient(N)		NS	NS	NS	*	NS
Substrate(S)		***	NS	***	***	***
N×S		**	NS	NS	NS	***

^zNutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me·L⁻¹), B = A + Ca 3 and Mg 1 (me·L⁻¹)

^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp

^wProbability of significant F values : NS, *, **, ***:non-significant or significant at p≤0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

절화 수확량에 대한 결과는 다음 Table 5-17과 같다. 절화 수확량에 있어서 Ca와 Mg를 첨가함에 따라 암면과 20:80 dust:chip 처리는 상품수량이 증가 되었다. 반면, 다른 처리들은 오히려 감소하였다.

Table 5-17. Cut flower yields of rose 'Vital' in different nutrient solution and substrates on rose hydroponics. Measured from January 2009 to April 2009

Nutrient solution ^z	Substrate	Cut flower yield (No. / plant)				
		>80cm	80~60cm	<60cm	Marketable yield ^w	Total yield
A	100 : 0 ^y	6.8	0.4	0.0	7.2	7.2
	70 : 30	3.2	1.6	2.0	4.8	6.8
	40 : 60	7.2	1.2	2.4	8.4	11.0
	20 : 80 ^x	3.6	0.4	2.0	4.0	6.0
	Rockwool	5.2	0.4	3.2	5.6	8.8
B	100 : 0	4.4	0.8	0.8	5.2	6.0
	70 : 30	4.0	0.4	0.8	4.4	5.2
	40 : 60	4.4	0.0	3.2	4.4	7.6
	20 : 80	4.8	0.4	1.6	5.2	6.8
	Rockwool	5.6	0.4	2.0	6.0	8.0

^zNutrient solution : A = NO₃-N 9.6, NH₄-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO₄-S 1.5 (me-L⁻¹),

B = A + Ca 3 and Mg 1 (me-L⁻¹)

^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit, Pacific wide Corp.

^wMeans over the cur flower length of 60cm yield.

Measured from 23th January 2009 to 3rd June 2009.

이상의 Coconut coir를 이용한 장미 수경재배시 배지내 화학성을 개선하고 안정적인 생육을 위해 칼슘과 마그네슘을 기본 배양액에 첨가한 결과, 암면배지에서는 광합성률과 상품수량 등이 증가하였고, fiber가 혼합된 coir 배지에서는 광합성률, 생체중 등이 증가하였다. 그러나 초장, 경경, 엽 생육 등은 차이를 보이지 않았다. 또한 chip이 혼합된 coir 배지에서는 광합성률이 증가되고 경경의 굵기, 엽폭은 감소하는 모습을 보였다. 암면 배지의 수확량은 증가하는 경향을 보였으며, fiber가 20% 첨가된 coir 배지에서도 상품 수량이 증가하여 암면과 비슷한 수준의 수확량을 나타냈다. 그러나 fiber가 80% 첨가된 coir 배지는 수확량은 증가되었으나, 상대적으로 굵은 경경과 크고 많이 달려있는 잎으로 인하여 절화로서의 가치가 높다고 할 수 없었다. 따라서 coir 배지의 화학성 개선을 위해 첨가된 Ca와 Mg 성분의 효과는 coir 배지 조성 혼합율에 따라 생육과 수량에 차이를 보였으며, 20% fiber가 첨가된 coir 배지에서는 절화 품질과 수확량이 모두 증가되는 효과를 얻었다.

다. 급액액 관리

Coir 혼합 배지 fiber 비율에 따른 수분 특성을 측정하기 위해 FDR 센서를 이용하여 수분 함량을 측정하였다. 이를 위해 fiber 비율이 각각 10%, 20% 첨가된 배지에서 1일 공급량을 동일하게 산정한 후 1회 급액 횟수를 달리한 수분 함량 특성을 측정한 후 coir 배지별 장미에 적합한 1회 적정 공급량을 구명하고자 하였다. 또한 FDR 센서를 이용하여 배지내 수분 공급량을 달리 제어하였을 때 1일 공급량, 장미 생육 및 절화 수량에 미치는 영향을 조사함으로써 coir 혼합 배지에서 장미 수경재배 급액 관리를 확립해 보고자 본 실험을 수행하였다.

(1) coir 혼합 배지 fiber 비율에 따른 배지 내 수분 함량 변화

coir 혼합 배지경 재배에서 급액량을 1일 600ml(1회 60ml, 하루 10회)로 공급하였을 때 fiber 함량별 수분변화는 그림 5-7와 같았다. 평균 수분 함량은 fiber함량이 0, 10, 20, 30, 50%인 배지에서 각각 48.7%, 42.7%, 37.1%, 35.8%, 34.8%으로 fiber함량이 증가됨에 따라 수분함량도 감소되었으며, 대조구인 암면은 23.1%로 coir배지들에 비해 수분함량이 낮았다.

De Groot (1993)는 TDR(time domain reflectometry)을 이용하여 토마토 암면 자루 재배시 배지내 수분함량을 측정하였다. 배지내 수분함량을 65% 수준으로 높게 유지하도록 하여 충분한 급액을 하였고 일 중 65% 수준의 높은 평균 수분함량을 보였다.

Coconut chip을 이용한 장미 배지경에서 급액량을 1일 600ml(1회 60ml, 하루 10회)로 공급하였을 때 chip함량별 배지내 수분함량변화는 그림 5-8에 나타냈다. 평균 수분 함량은 chip함량이 0, 30, 60, 80%인 배지에서 각각 51.1%, 45.3%, 37.6%, 30.3%로 점차 감소하였다.

배지 조성별 수분 함량 변화(표 5-14)는 fiber와 chip 함량에 따른 수분함량에 관련된 것을 정리한 것으로 배지별 최고수분함량과 최저수분함량의 차이는 fiber를 이용한 배지는 5.0~9.4%, chip을 사용한 배지는 4.3~9.0%, 암면은 7.6%를 나타냈다. Fiber 50%나 chip 80%같이 매우 높은 수준의 공극을 가지는 배지는 암면을 이용한 경우와 수분함량이 유사하게 나타났다. Fiber함량이 20%인 배지와 chip의 함량이 30%인 배지에서 최고 수분함량과 최저 수분함량 차이가 낮았다. 따라서 변동이 적고 일정하게 유지되는 것이 수경재배에 알맞은 배지 수분조건인 것으로 볼 때 20~30%의 fiber나 chip수준이 장미 coir배지경 수경재배에 적합한 조건일 것으로 판단되었다.

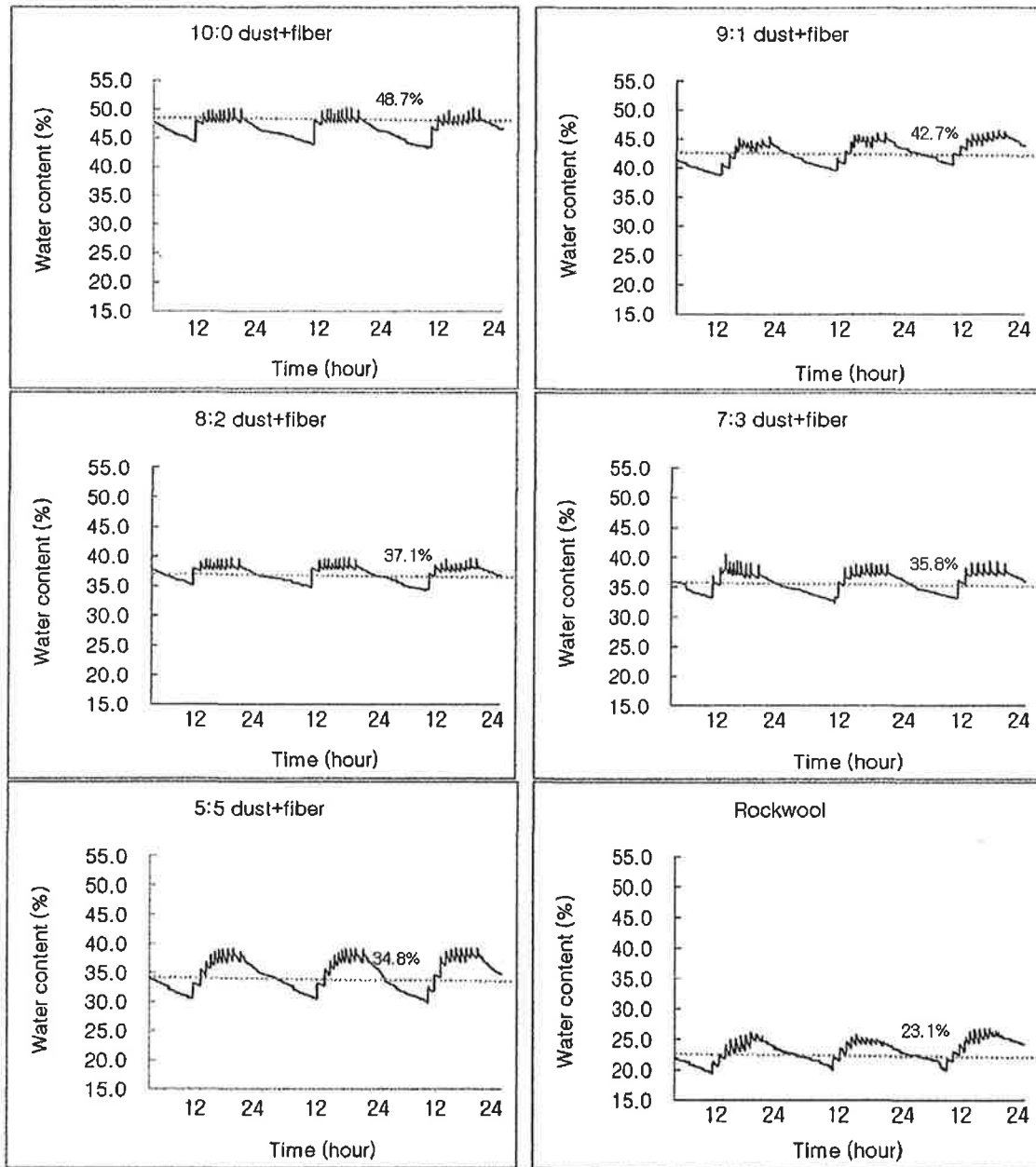


Fig. 5-5. Water content of different coconut coir substrates (dust +fiber) and rockwool for rose hydroponics.

Total amount of supplied water ; 600mL, Irrigation rate 60mL/10times. Logging interval: every 2 minutes, logging period: 12. 2007 ~ 5. 2008

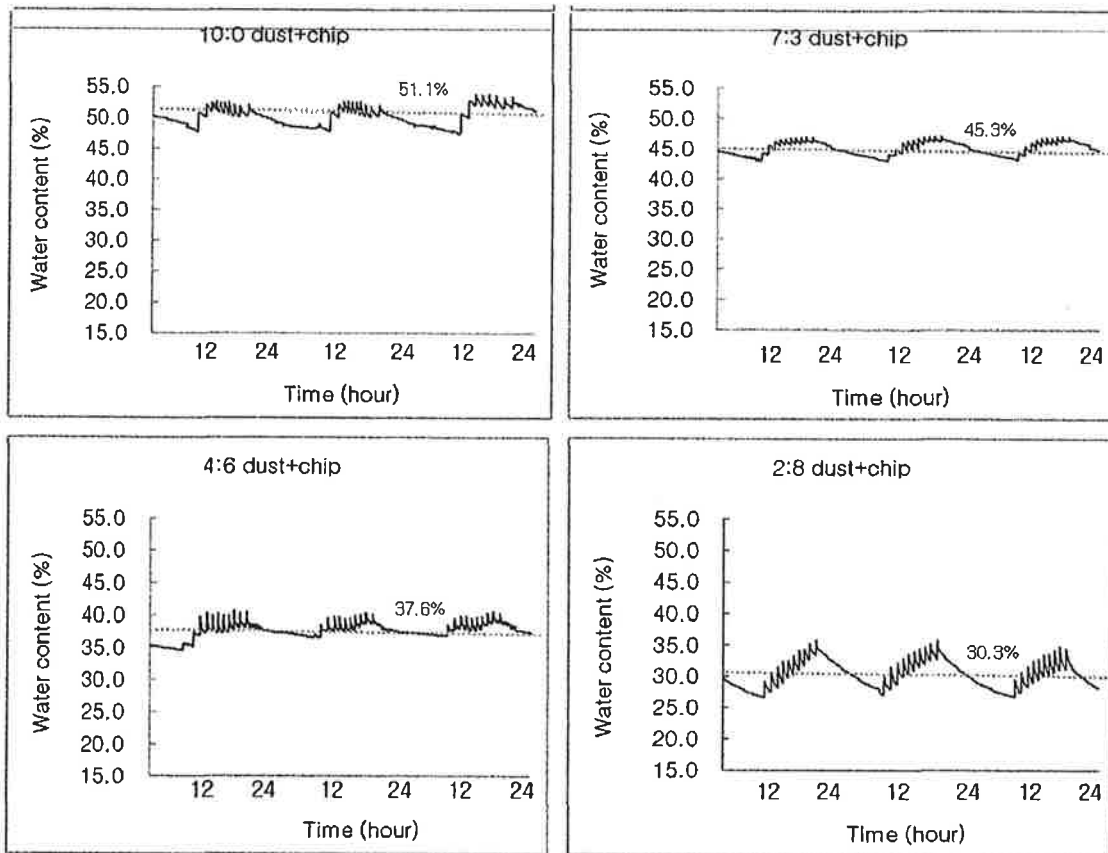


Fig. 5-6. Water content of different coconut coir substrates (dust+chip) for rose hydroponics.

Total amount of supplied water ; 600mL, Irrigation rate 60mL/10times.
 Logging interval; every 2 minutes, logging period; 12. 2007 ~ 5. 2008.

Table 5-15. Characterization of water contents of different coconut coir substrate ratios for rose hydroponics.

Substrate	Average	Minimum	Maximum	A - B	C - A	C - B
	water content	water content	water content			
	(A)	(B)	(C)	(%)	(%)	(%)
	(%)	(%)	(%)			
100 : 0 ^z	48.7	43.1	50.2	5.6	1.5	7.1
90 : 10	42.7	38.8	46.2	3.9	3.5	7.4
80 : 20	37.1	34.0	39.8	3.1	1.9	5.0
70 : 30	35.8	32.3	39.6	3.5	2.8	6.3
50 : 50	34.8	29.8	39.2	5	4.4	9.4
100 : 0 ^y	51.1	47.4	53.7	3.7	2.6	6.3
70 : 30	45.3	43.0	47.3	2.3	2	4.3
40 : 60	37.6	34.6	40.6	3	3	6.0
20 : 80 ^x	30.3	26.9	35.9	3.4	5.6	9.0
Rockwool	23.1	19.2	26.8	3.9	3.7	7.6

^zCoir dust + fiber (%), Indonesia, ^yCoir dust + chip (%), Sivanthi joy (India), ^xCoir dust + chip (%), Profit , Pacific wide Corp. Total amount of supplied water ; 600mL, Irrigation rate 60mL/10times.

(2) Coconut coir를 이용한 장미 수경재배시 배지의 조성 과 급액율에 따른 배지 내 수분의 변화 특성

장미 수경재배용 coconut coir 배지(coconut dust: fiber = 8:2(v:v)와 9:1(v:v))에서 수분 공급량 과 회수에 따른 배지내 수분함량변화는 그림 5-9, 5-10과 같으며 이를 기초로 평균수분함량, 최대수분함량, 최저수분함량 등을 표 5-15, 5-16에 정리하였다.

장미 coir배지경 재배에서 1일 급액량을 주당 600ml로 고정하고 급액했을 때 배지내 평균수분함량은 35.4~37.9%이었으며, 최저수분함량은 31.7~34.1% 수준으로 급액횟수에 따라 영향을 받고 있었고, 최대수분함량은 37.4~41.4%이었다. 평균수분함량에 도달하기 위해 필요한 급액횟수를 보면 60ml이상의 급액은 1회의 급액만으로도 평균수분함량에 도달할 수 있으며 반면에 1회 급액량이 적은 30~45ml/회에서 소요시간이 길게 소요되는 것을 보여주고 있다. 평균수분함량과 최저수분함량간의 차이를 보면 1회 급액량이 60~90ml/회 공급될 때 그 차이가 가장 낮았다. 최대수분함량과 평균수분함량과의 차이는 1회 급액량이 증가할수록 높게 나타나는 경향을 보이며 그 진폭 컸다.

Stradiot(2001)는 토마토를 1회 160ml 또는 80ml 급액 방법으로 암면재배하여 배지내 수분함량을 FD(frequency domain)방식의 센서를 이용하여 측정했다. 배지내 수분함량은 160ml처리에서 80ml처리 보다 1~2% 낮았고 더 큰 일중 수분함량 변화폭을 나타냈다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

그림 5-11, 5-12은 장미 coir배지경 재배시 1회 급액량에 따른 평균 수분 함량과 최저 수분 함량의 차이를 그래프화한 것이다. 1회 급액량의 변화에 따라 평균수분함량과 최소수분함량의 차이가 60~90ml/회를 중심으로 커졌다가 작아졌다 다시 커지는 변화를 보여준다. 1회 급액량이 60~90ml인 경우 배지내 수분함량의 변동폭이 적게 나타남을 알 수 있었다. 그러므로 장미 coir 배지경 재배에서는 오전 급액이 시작됨에 따라 배지 내 평균수분조건에 도달하는 시간을 줄이기 위해서는 1회 급액량을 60ml/회 이상으로 하여야 하며 급액량을 60~90ml/회로 설정하고 수분의 필요 유무에 따라 급액 회수를 조절하여 관리하는 것이 적절하다고 판단되었다.

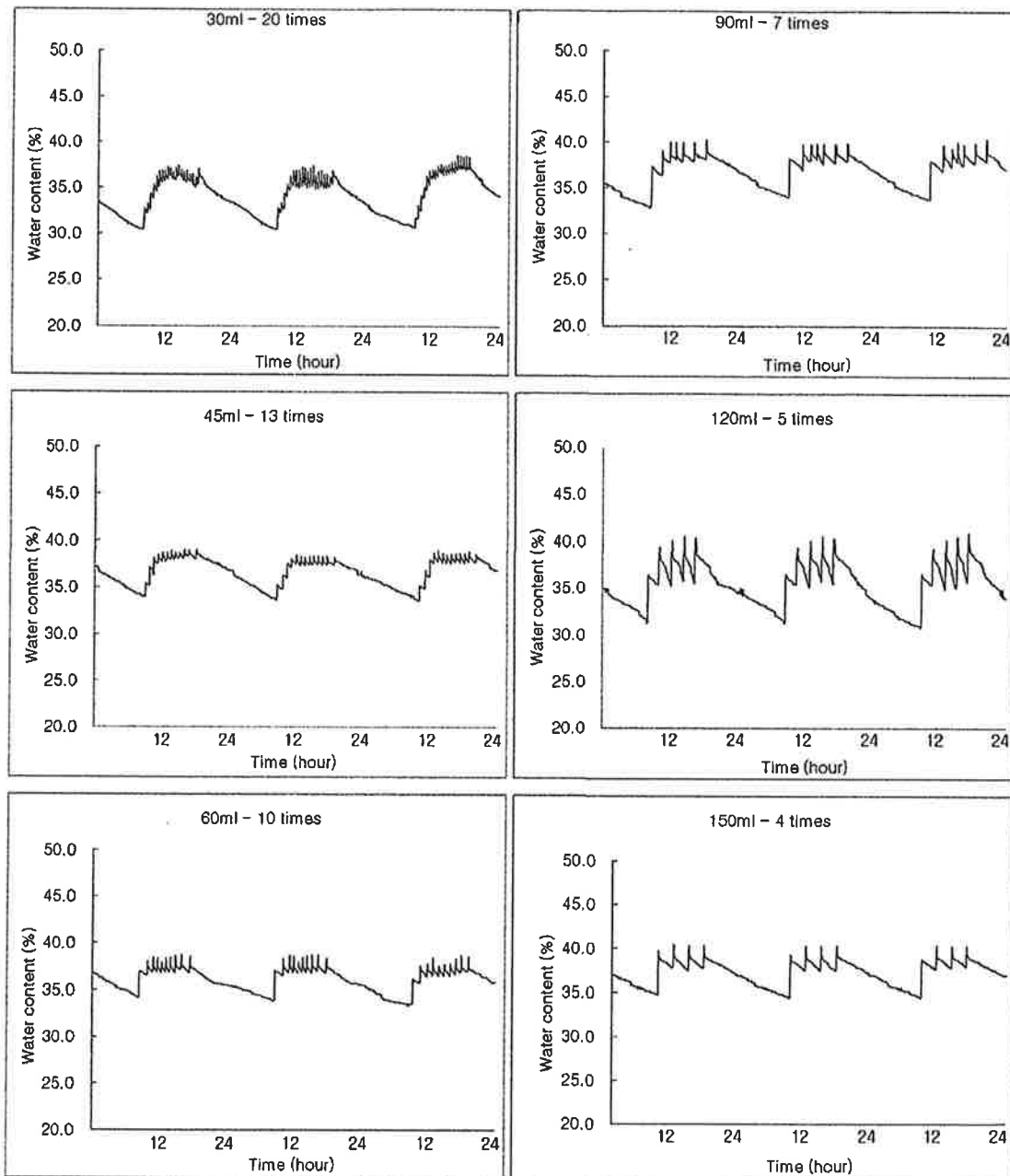


Fig. 5-7. Changes of water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 8:2(v:v)) for rose hydroponics in different irrigation rates and times.

Logging interval; every 2 minutes, logging period; 12. 2007 ~ 5. 2008.

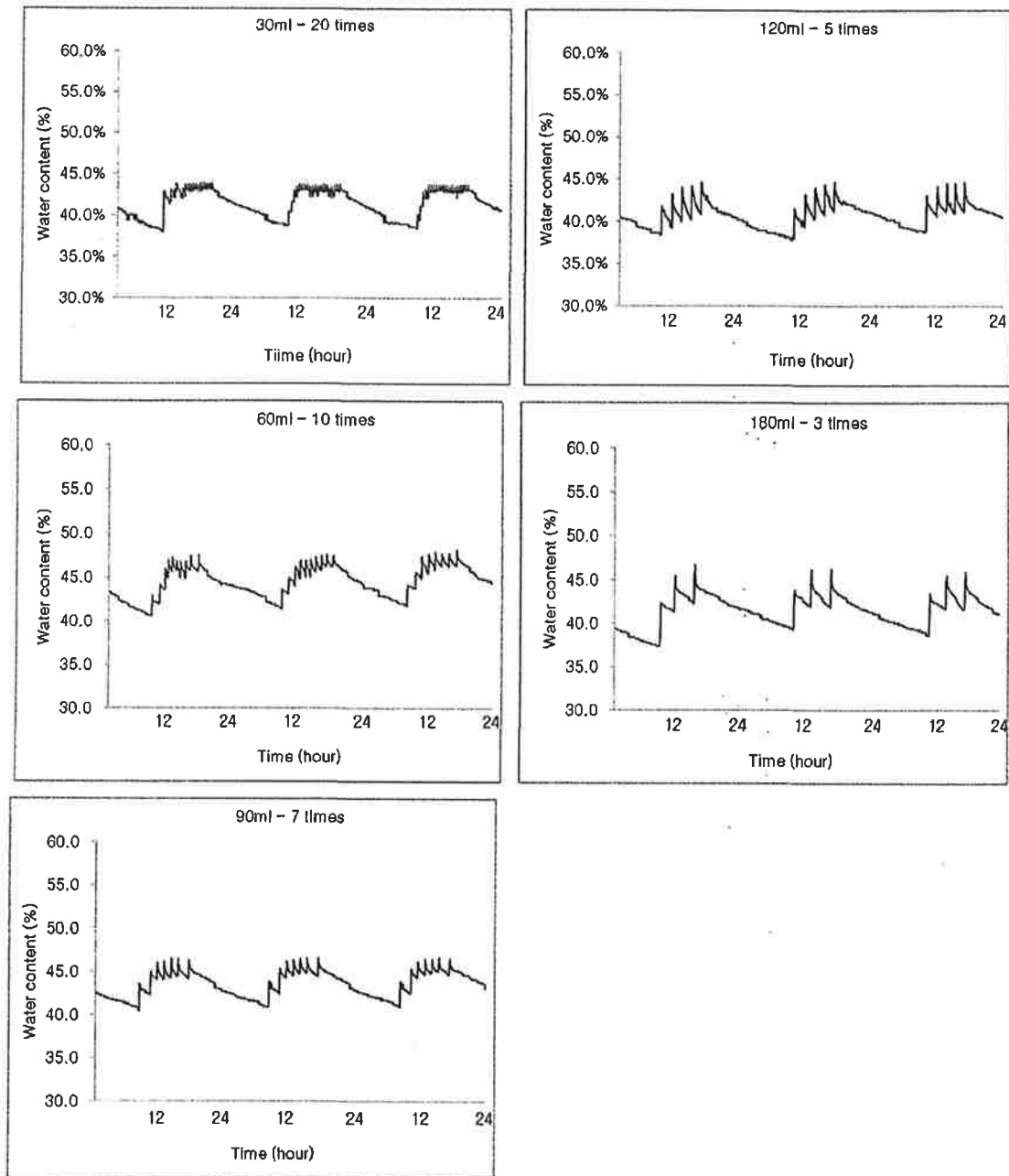


Fig. 5-8. Changes of water content of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1(v:v)) for rose hydroponics in different irrigation rates and times.

Logging interval; every 2 minutes, logging period; 12. 2007 ~ 5. 2008.

Table 5-16. Characterization of water contents of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 8:2) for rose in different irrigation rates and times.

Water supply rate (ml)	Supply times (times)	Water supply times to reach average water content (times)	Average water content (A) (%)	Minimum water content (B) (%)	Maximum water content (C) (%)	A - B (%)	C - A (%)	C - B (%)
30	20.0	4 ~ 5	35.4 ± 0.6	31.7	37.4	3.9	2.0	5.9
45	13.3	3 ~ 4	36.5 ± 0.5	33.7	38.4	2.8	1.9	4.7
60	10.0	1 ~ 2	35.8 ± 0.9	34.1	38.7	1.7	2.9	4.6
90	6.6	1	36.1 ± 1.0	34.0	40.0	2.1	3.9	6.0
120	5.0	1	36.3 ± 2.5	32.3	40.4	4.0	5.1	9.1
150	4.0	1	37.9 ± 2.7	33.9	41.4	4.0	3.5	7.5

Table 5-17. Characterization of water contents of coconut coir substrate (coconut dust : fiber = 9:1) for rose in different irrigation rates and times.

Water supply rate (ml)	Supply times (times)	Water supply times to reach average water content (times)	Average water content (A) (%)	Minimum water content (B) (%)	Maximum water content (C) (%)	A - B (%)	C - A (%)	C - B (%)
30	20.0	4 ~ 5	41.4 ± 0.4	38.7	43.5	2.7	2.1	4.8
60	10.0	3 ~ 4	44.2 ± 0.8	41.7	46.6	2.5	2.4	4.9
90	6.6	2 ~ 3	43.5 ± 1.1	41.2	46.4	2.3	2.9	5.2
120	5.0	1	40.7 ± 1.8	37.8	44.4	2.9	3.7	6.6
180	3.3	1	41.5 ± 2.1	37.8	46.1	3.7	4.6	8.3

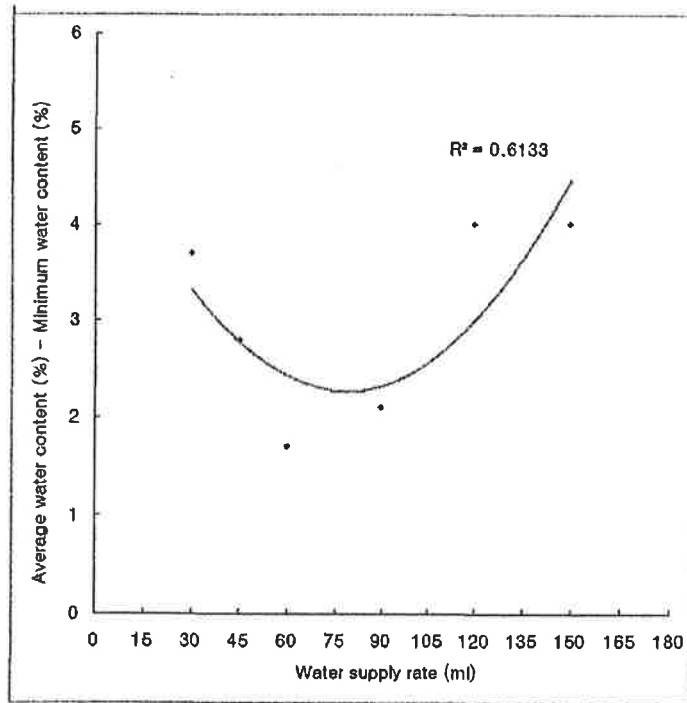


Fig. 5-9. Margins between average water content and minimum water content of coconut coir substrate(coconut dust : fiber = 8:2) for rose hydroponics in different irrigation rates.

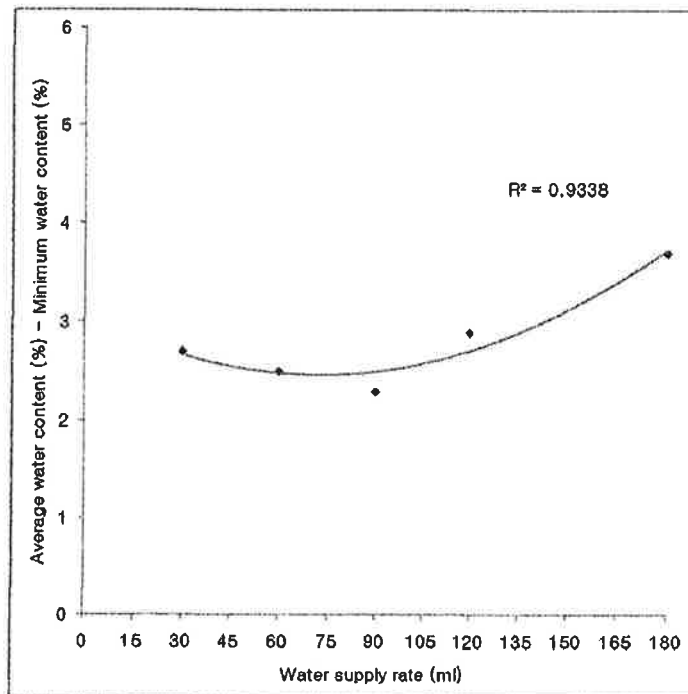


Fig. 5-10. Margins between average water content and minimum water content of coconut coir substrate(coconut dust : fiber = 9:1) for rose hydroponics in different irrigation rates.

(3) FDR 센서를 이용한 Coconut coir를 이용한 장미 수경재배시 적정 급액량과 횟수 구명

본 시험에 사용된 품종은 장미 'Vital'(Rosa hybrida L. cv. Vital)이며, 서울시립대학교 연동 온실에서 2008년 10월 25일부터 2009년 4월까지 수행하였다. Coir 혼합 배지 첨가 비율은 coir dust(인도네시아산)에 fiber를 부피비율로 20% 으로 한 coir slab로 자루(100×15cm)에 35L를 충전하고 자루당 장미 7주를 정식하였다. 이 배지와 비교하기 위해 암면을 대조구로 하였으며 정식 후 배양액 공급은 서울시립대학교 장미배양액($me \cdot L^{-1}$: NO_3-N 9.6, NH_4-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO_4-S 1.5)를 EC $1.5 \pm 0.1 dS \cdot m^{-1}$, pH 5.5~6.5로 조절해 주었다. 급액은 식물 1주당 하루에 600ml 공급을 기준으로 하여 1회 공급량을 30, 60, 90, 120ml(각각 급액회수가 20, 10, 7, 5회)의 네 가지 방법으로 공급하였으며 대조구인 암면은 1회 100ml로 하루에 6회로 공급하였다. coir 배지(dust: fiber =8:2 v/v)에서 1일 관수 공급을 차이에 따른 총 공급량, 배양액 및 배액율은 표 5-21과 같다. 하루 주당 총공급량은 568~612ml 였으며, 배액량은 1회 급액 양에 따라 차이를 보여 30ml, 60ml, 90ml, 120ml 처리에서 배액율은 각각 46%, 53%, 64%, 63%였고 암면 배지의 100ml 처리구는 57%였다. coir 배지에서 1회 급액량이 많을수록 배액율은 높아졌다.

Table 5-21. Water supply amounts and drained water amount in different water supply rate on rose hydroponics. Measured from October 2008 to April 2009

	water supply rate	Water supply amount (ml/day/plant)	Drained water amount (ml/day/plant)	Drain ratio ^y (%)
Coconut coir ^z (dust: fiber = 8: 2, v:v)	30mL - 20 times	580 ± 10	264 ± 12	46
	60mL - 10 times	568 ± 30	303 ± 14	53
	90mL - 7 times	581 ± 7	371 ± 17	64
	120mL - 5 times	610 ± 5	382 ± 15	63
Rockwool	100mL - 6 times	612 ± 11	349 ± 15	57

^zIndonesia ^yDrained water amount / water supply amount ×100

1회 관수를 차이에 따른 장미의 광합성, 기공전도도 및 증산율은 차이가 없었다(표 5-22). 장미 절화의 생육은 표 5-23과 같이 절화의 초장은 90ml 7회 처리에서 가장 높았으며 전체적으로 암면과 비슷한 수준을 보여주고 있다. 경경에서도 90ml 7회 처리에서 가장 높았다. 생체중과 건물중은 120ml 5회 처리를 제외하고 처리간 차이를 보이지 않았다. 5엽수는 90ml 7회 처리에서 가장 높았으며, 암면 배지에 비해 coir 배지에서 5소엽 수가 많았다(표 5-23). 잎의 크기는 암면 배지 처리에서 가장 작았으며 1회 공급량 30ml와 60ml 처리에서 가장 컸으며, 엽록소함량 값은 처리간 차이를 보이지 않았다.

Table 5-22. Photosynthetic rate and transpiration rate of rose 'Vital' in different water supply rates on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009						
Water supply rate	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ^x	Stomatal Conductance ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Intercellular CO ₂ concentration ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		
30mL - 20 times	17.13	0.470	311.1	a	4.29	
Coconut	60mL - 10 times	16.87	0.426	302.5	a	4.05
coir ²	90mL - 7 times	16.48	0.344	284.8	b	3.79
	120mL - 5 times	17.13	0.428	302.7	a	4.54
Rockwool	100mL - 6 times	16.71	0.425	312.8	a	4.56
P > F ^y		0.964	0.268	0.026	0.228	
LSD (P ≤ 0.05)		NS	NS	17.6	NS	

²Coir dust + fiber = 8 : 2 (v:v), Indonesia, ^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different, ^xMeasuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, PAR 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%) and Flow rate 500±2 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

Table 5-23. Characteristics of cut flower of rose 'Vital' in different water supply rates on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009									
Water supply rate	Length (cm)	Stem diameter (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)					
30mL - 20 times	97.0	b	0.774	b	60.9	a	14.2	a	
Coconut	60mL - 10 times	94.3	b	0.785	b	59.6	a	14.4	a
coir ²	90mL - 7 times	106.4	a	0.844	a	62.6	a	14.1	a
	120mL - 5 times	97.2	b	0.760	b	53.8	b	12.1	b
Rockwool	100mL - 6 times	102.9	a	0.763	b	64.5	a	14.9	a
P > F ^y		0.0003	0.03	0.0006	0.0001				
LSD (P ≤ 0.05)		5.6	0.054	5.0	1.2				

²Coir dust + fiber = 8 : 2 (v:v), Indonesia, ^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

Table 5-24. Characteristics of cut flower leaf of rose 'Vital' in different water supply rates on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009						
	Water supply rate	5 Leaflet leaves (No.)	3 Leaflet leaves (No.)	Max. leaf length (cm)	Max. leaf width (cm)	Chlorophyll (SPAD value)
Coconut coir ² (dust : fiber = 8:2, v:v)	30mL - 20 times	14.0 ab	4.0 a	18.4 a	14.9 a	48.4 a
	60mL - 10 times	11.4 c	3.1 b	18.4 a	14.7 ab	46.2 b
	90mL - 7 times	14.6 a	3.6 a	17.8 ab	13.7 c	44.5 c
	120mL - 5 times	12.9 b	3.6 a	17.8 ab	14.0 bc	44.0 c
Rockwool	100mL - 6 times	10.2 c	3.9 a	17.2 b	13.9 c	43.8 c
P > F ^y		0.0001	0.0008	0.018	0.004	0.0001
LSD (P ≤ 0.05)		1.2	0.4	0.8	0.8	1.5

²Indonesia, ^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

급액량과 횟수에 따른 장미 절화의 수확량을 측정한 결과(표 5-25) 코이어를 이용한 처리구들에서 암면보다 높은 전체 수확량을 나타냈다. 90ml 7회 처리를 제외한 다른 처리들이 암면보다 높은 상품 수량을 나타냈다.

절화의 생육과 수확량에서 볼 때 코이어 배지(dust : fiber = 8 : 2(v/v))를 사용하는 것이 암면을 사용하는 것보다 높은 결과를 나타냈으며, 다양한 급액률 조건중 60ml 10회를 공급하는 것이 가장 높은 수확량과 우수한 절화 품질을 나타냈다. 이에 코이어를 이용한 장미 수경재배 시 급액률을 1회 60ml를 공급하여 하루 10회 급액하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

Table 5-25. Cut flower yields of rose 'Vital' in different water supply rates on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009

Water supply rate	Cut flower Yield (No. / plant)				
	>80cm	80~60cm	<60cm	Marketable Yield ^y	Total Yield
30mL - 20 times	4.8	0.7	1.5	5.5 (122) ^x	7.0 (121)
Coconut coir ^z 60mL - 10 times	4.5	0.7	1.7	5.2 (116)	6.8 (117)
90mL - 7 times	3.3	0.5	3.0	3.8 (84)	6.8 (117)
120mL - 5 times	4.7	0.5	2.5	5.2 (116)	7.7 (133)
Rockwool 100mL - 6 times	4.2	0.3	1.3	4.5 (100)	5.8 (100)

^zCoir dust + fiber = 8 : 2 (v:v), Indonesia, ^yMeans over the cur flower length of 60cm yield, ^x() were percent yield of substrate / rockwool.

(4) FDR 센서를 이용한 Coconut coir 배지 장미 수경재배시 배지내 수분제어를 통한 적정 급액 방법 구명

본 시험에 사용된 품종은 장미 'Vital'(Rosa hybrida L. cv. Vital)이며, 서울시립대학교 연동 온실에서 2008년 10월 25일부터 2009년 4월까지 수행하였다. Coir 혼합 배지 첨가 비율은 coir dust(인도네시아산)에 fiber를 부피비율로 20% 으로 한 coir slab로 자루(100×15cm)에 35L를 충전하고 자루당 장미 7주를 정식하였다. 이 배지와 비교하기 위해 암면을 대조구로 하였으며 정식 후 배양액 공급은 서울시립대학교 장미배양액($me \cdot L^{-1}$: NO_3-N 9.6, NH_4-N 0.73, P 2.2, K 5, Ca 4.5, Mg 2, SO_4-S 1.5)를 EC $1.5 \pm 0.1 dS \cdot m^{-1}$, pH 5.5~6.5로 조절해 주었다. 급액은 FDR센서를 이용하여 측정하고 제어하였는데 배지내 수분함량을 체크하여 일정수준에 도달하면 급액을 시작하고 급액 중 원하는 수분 조건을 만족하면 급액이 중단되는 시스템을 구성하여 급액관리를 하였다. 수분 제어에 따른 1일 주당 공급량, 배액량과 배액을 결과는 표 5-26과 같다. 수분 제어 처리구의 주당 1일 공급량은 평균 134~218ml 였으며 배액량은 없어 배액율은 0%였다. 그러나 타이머에 의해 1회 60ml 공급된 coir 배지 처리에서는 1일 주당 공급량이 568ml였고, 배액량이 303ml, 배액율이 53%로 나타나 수분 제어 방식에 의한 배양액 공급이 타이머 급액에 비해 23.6~38.4% 만이 적게 소요되면서도 배액율이 0임을 보였다. 마찬가지로 암면 배지의 25~30% 수분 제어 처리구에서는 1일 주당 공급량이 116ml, 배액량은 0, 배액율 0인 반면 100ml 타이머 관수처리에서는 1일 공급량은 612ml, 배액량 349ml, 배액율 57%였다.

Table 5-26. Water supply amounts and drained water amount in controlling different water content of substrate on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009

	Controlling water content	Water supply amount (ml/day/plant)	Drained water amount (ml/day/plant)	Drain ratio ^y (%)
Coconut coir ^z (dust : fiber = 8:2 ,v:v)	20 ~ 25 %	218 ± 9	0	0
	30 ~ 35 %	134 ± 4	0	0
	40 ~ 45 %	154 ± 5	0	0
	50 ~ 55 %	153 ± 7	0	0
	60mL - 10 times	568 ± 30	303 ± 14	53
Rockwool	25 ~ 30 %	116 ± 4	0	0
	100mL - 6 times	612 ± 11	349 ± 15	57

^z Indonesia, ^y Drained water amount / water supply amount ×100

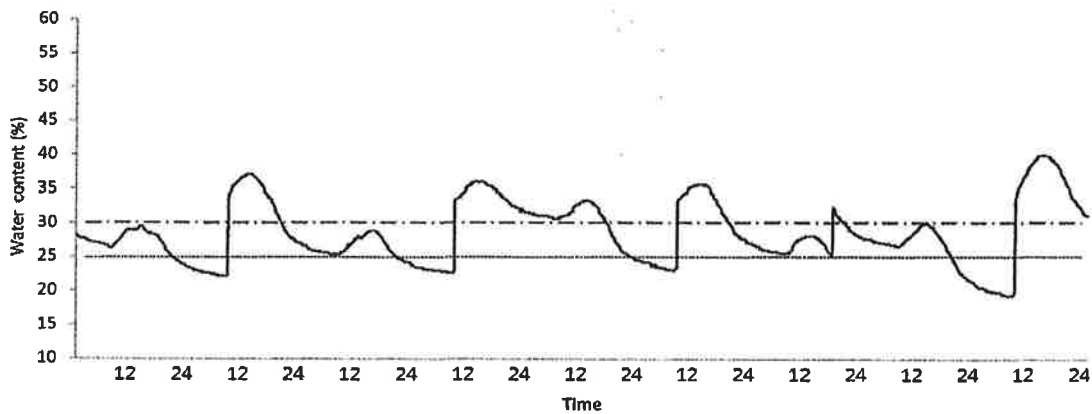
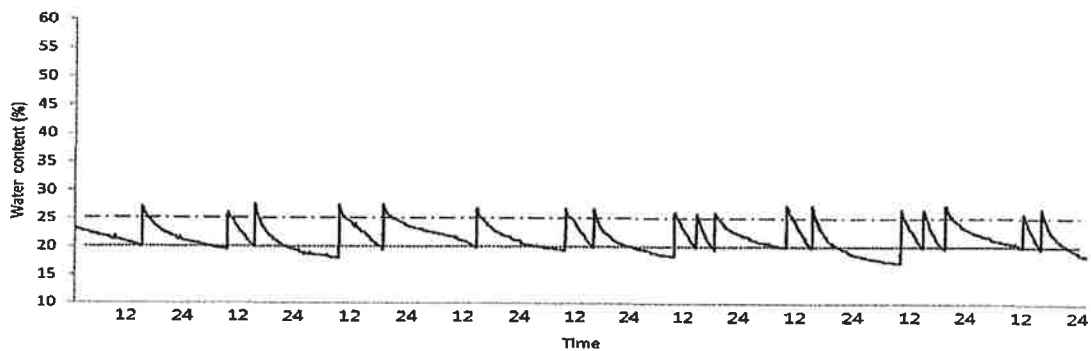
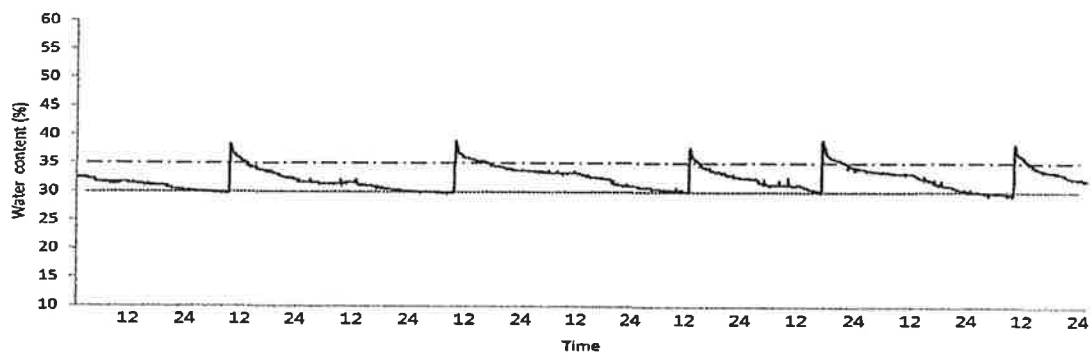
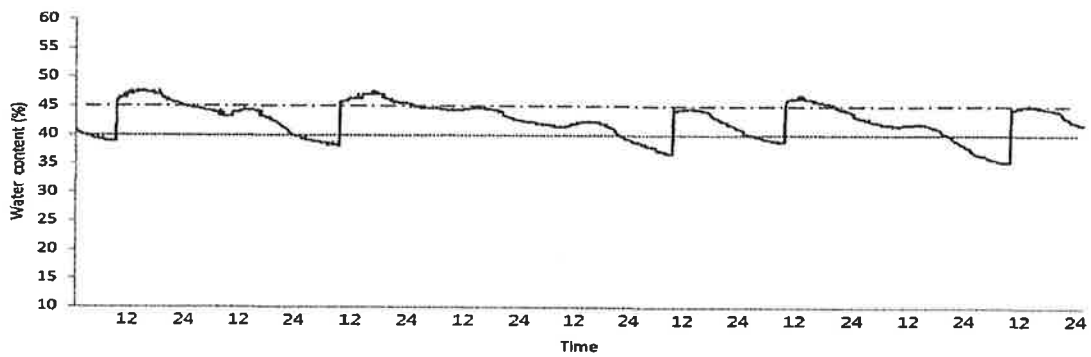
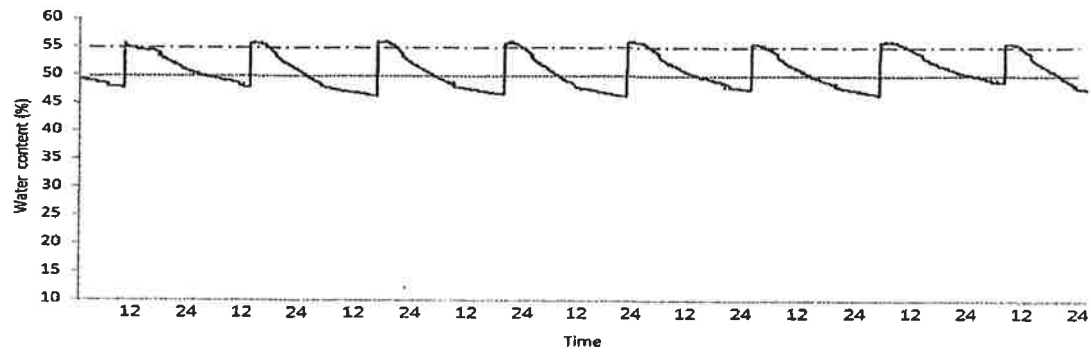


Fig. 5-11. Water content characteristics of rockwool substrate in controlling water content of substrate on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009



g. 5-12. Water content characteristics of coconut coir substrate (coir dust : fiber = 8:2(v:v)) in controlling different water content of substrate on rose hydroponics. Measured from October 2008 to April 2009

수분 제어 처리에 따른 장미 광합성률, 기공전도도, 세포내 CO₂농도, 증산률은 통계적 차이를 보이지 않았으나 수분제어 40~45% 처리구에서 광합성률과 증산률에서 높은 경향을 보였다(표 5-27).

Table 5-27. Photosynthetic rate and transpiration rate of rose 'Vital' in controlling different water content of substrate on rose hydroponics. Measured from October 2008 to April 2009

Controlling water content	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) ^x	Stomatal Conductance ($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Intercellular CO ₂ concentration ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	
Coconut coir ² (dust: fiber=8:2,v:v)	20 ~ 25 %	17.28	0.383 a	295.7 a	4.04 a
	30 ~ 35 %	16.23	0.382 a	306.2 a	4.04 a
	40 ~ 45 %	18.27	0.500 a	309.1 a	4.85 a
	50 ~ 55 %	17.25	0.454 a	318.0 a	4.55 a
60mL - 10 times	16.87	0.426 a	302.5 a	4.05 a	
Rockwool	25 ~ 30 %	15.14	0.245 b	246.4 b	2.89 b
	100mL - 6 times	16.71	0.425 a	312.8 a	4.56 a
P > F ^y	0.33	0.02	0.0002	0.015	
LSD (P≤0.05)	NS	0.133	27.6	1.02	

^x Indonesia, ^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

²Measuring conditions : CO₂ 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, PAR 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, Air temp. 25±0.5°C, RH 50±2(%) and Flow rate 500±2 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$

표 5-28은 절화 장미의 생육 결과로 암면 배지에서 초장은 높았으며, coir 배지 수분 제어 30~35% 처리에서 초장은 길었다. 경경은 암면 배지 20~25% 수분제어 처리구에서 가장 가늘었으며 생체중은 낮았다. 모든 처리에서 장미 초장은 80cm 이상 수준을 보였고, 경경과 생체중에서 코이어 배지가 암면 배지보다 높은 경향을 보였으며, 건물중은 처리에 따른 통계적 차이가 없었다.

장미 잎의 생육 결과에서는(표 5-29) 30~35%와 40~45% 처리가 가장 높은 5소엽수를 나타냈고, 잎의 크기는 30~35%와 60ml 10회 급액 코이어 처리가 가장 컸다. SPAD값은 20~25% 처리가 가장 높았다.

장미 절화의 수확량을 조사한 결과(표 5-30)에서는 수분제어 50~55%와 40~45%처리가 높은 상품성 수량과 총수량을 나타냈다. 그러나 80cm이상 절화 수량에서 50~55%처리가 40~45% 처리보다 적었으나 모든 코이어 배지 처리들이 대조구로 사용된 암면 처리보다 높은 수확량을 나타냈다. 이상의 결과 장미 절화의 생육 특성과 품질, 그리고 수확량에서 판단해 볼 때 20% fiber가 함유된 코이어 배지(coir dust : fiber = 8 : 2(v:v))에서 FDR 센서를 이용한 급액 제어 시 적합한 수분제어 범위는 40~45%로 생각된다.

Table 5-28. Characteristics of cut flower of rose 'Vital' in controlling different water content of substrate on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009

	Controlling water content	Length (cm)	Stem diameter (cm)		Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
Coconut coir ² (dust + fiber = 8:2, v:v)	20 ~ 25 %	90.4	d	0.724	bc	56.9	bc	14.6
	30 ~ 35 %	104.8	ab	0.769	ab	64.2	ab	15.1
	40 ~ 45 %	99.1	bc	0.757	abc	57.8	abc	14.8
	50 ~ 55 %	100.4	bc	0.800	a	56.4	c	12.8
	60mL - 10 times	94.3	cd	0.785	ab	59.6	abc	14.4
Rockwool	25 ~ 30 %	108.5	a	0.706	c	53.4	c	14.6
	100mL - 6 times	102.9	ab	0.763	abc	64.5	a	14.9
P > F ^y		0.0001		0.069		0.053		0.32
LSD (P ≤ 0.05)		7.3		0.062		7.5		NS

²Indonesia, ^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

Table 5-29. Characteristics of cut flower leaf of rose 'Vital' in controlling different water content of substrate on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009

	Controlling water content	Leaf									
		5 Leaflet leaves (No.)	3 Leaflet leaves (No.)	Max. Length (cm)	Max. width (cm)	SPAD (SPAD value)					
Coconut coir ²	20 ~ 25 %	12.6	abc	4.7	a	17.6	abc	14.1	ab	52.5	a
	30 ~ 35 %	13.1	a	3.4	cd	17.8	ab	14.2	ab	44.9	cd
	40 ~ 45 %	12.8	ab	3.8	bc	17.1	bc	13.4	bc	45.5	bc
	50 ~ 55 %	12.2	abc	3.5	bcd	17.3	bc	13.9	abc	46.6	b
	60mL - 10 times	11.4	cd	3.1	d	18.4	a	14.7	a	46.2	bc
Rockwool	25 ~ 30 %	11.6	bc	3.8	bc	16.7	c	13.1	c	43.3	e
	100mL - 6 times	10.2	d	3.9	b	17.2	bc	13.9	abc	43.8	d
P > F ^y		0.0001		0.0001		0.016		0.021		0.0001	
LSD (P ≤ 0.05)		1.3		0.5		1.0		0.9		1.5	

²Coir dust + fiber = 8 : 2 (v:v), Indonesia

^yP > F was the probability associated with the F value. LSD = Fisher's least significant difference value. NS = not significantly different

Table 5-30. Cut flower yields of rose 'Vital' in controlling different water content of substrate on rose hydroponics.

Measured from October 2008 to April 2009

	Controlling water content	Cut flower Yield (No. / plant)				
		>80cm	80~60cm	<60cm	Marketable Yield ^y	Total Yield
Coconut coir ^z	20 ~ 25 %	3.3	0.7	1.8	4.0 (133)	4.2 (75)
	30 ~ 35 %	3.5	0.2	1.7	3.7 (123)	5.3 (94)
	40 ~ 45 %	4.2	0.5	1.8	4.7 (157)	6.5 (116)
	50 ~ 55 %	3.5	0.7	2.3	4.2 (140)	6.5 (116)
	60mL - 10 times	4.5	0.7	1.7	5.2 (173)	6.8 (121)
Rockwool	25 ~ 30 %	2.8	0.2	2.6	3.0 (100)	5.6 (100)
	100mL - 6 times	4.2	0.3	1.3	4.5 (150)	5.8 (104)

^zCoir dust + fiber = 8 : 2 (v:v), Indonesia

^yMeans over the cur flower length of 60cm yield.

^x() were percent yield of substrate / rockwool(25~30%).

6절 유기 수경재배용 coir 배지 개발

가. Coconut coir 생산 공정상 배지 품질 향상

인도네시아에서 coir 섬유, coir dust(cocopeat) 및 cocochip 생산공정은 다음과 같다.

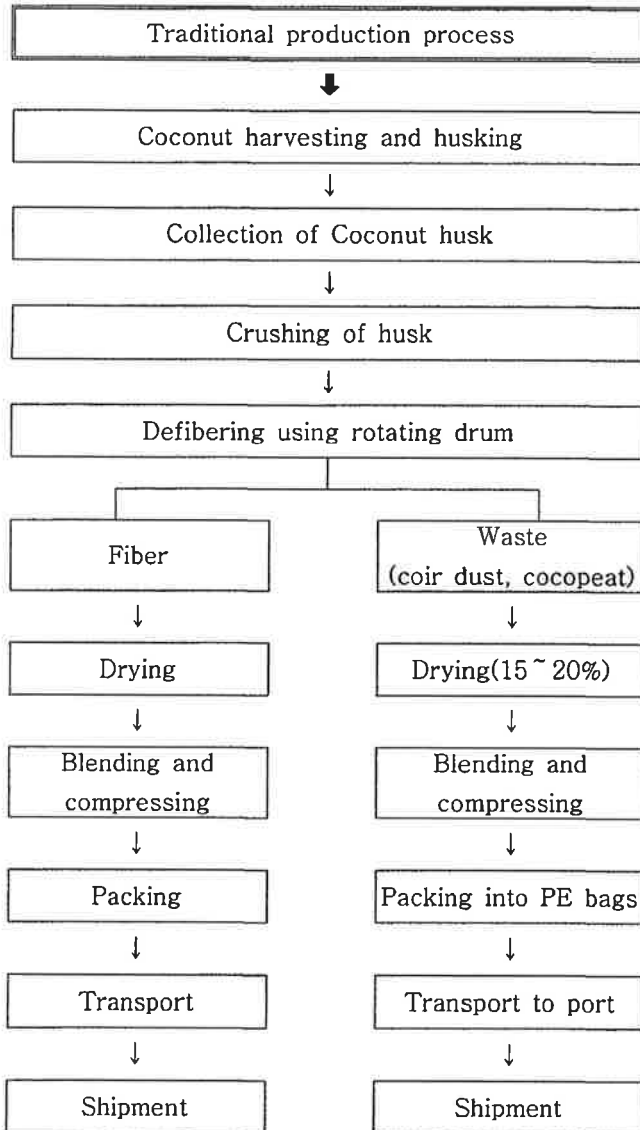


그림 6-1. 전통적인 Coconut coir 배지 생산 공정

이러한 전통적인 섬유, dust 및 cocochip 생산방식에서는 이들 생산품에 대한 품질관리가 이루어지지 않고 있어 배지내 이물질이 함유 될 수 있고, 배지의 EC함량이 높고, 안정된 물리성과 화학성을 확보할 수 없다고 본다. 따라서 이러한 전통적인 cocopeat(coir dust) 생산 공정에서 경제성을 고려한 배지 품질 향상 방안을 다음과 같이 2가지 방법으로 구성하였다.

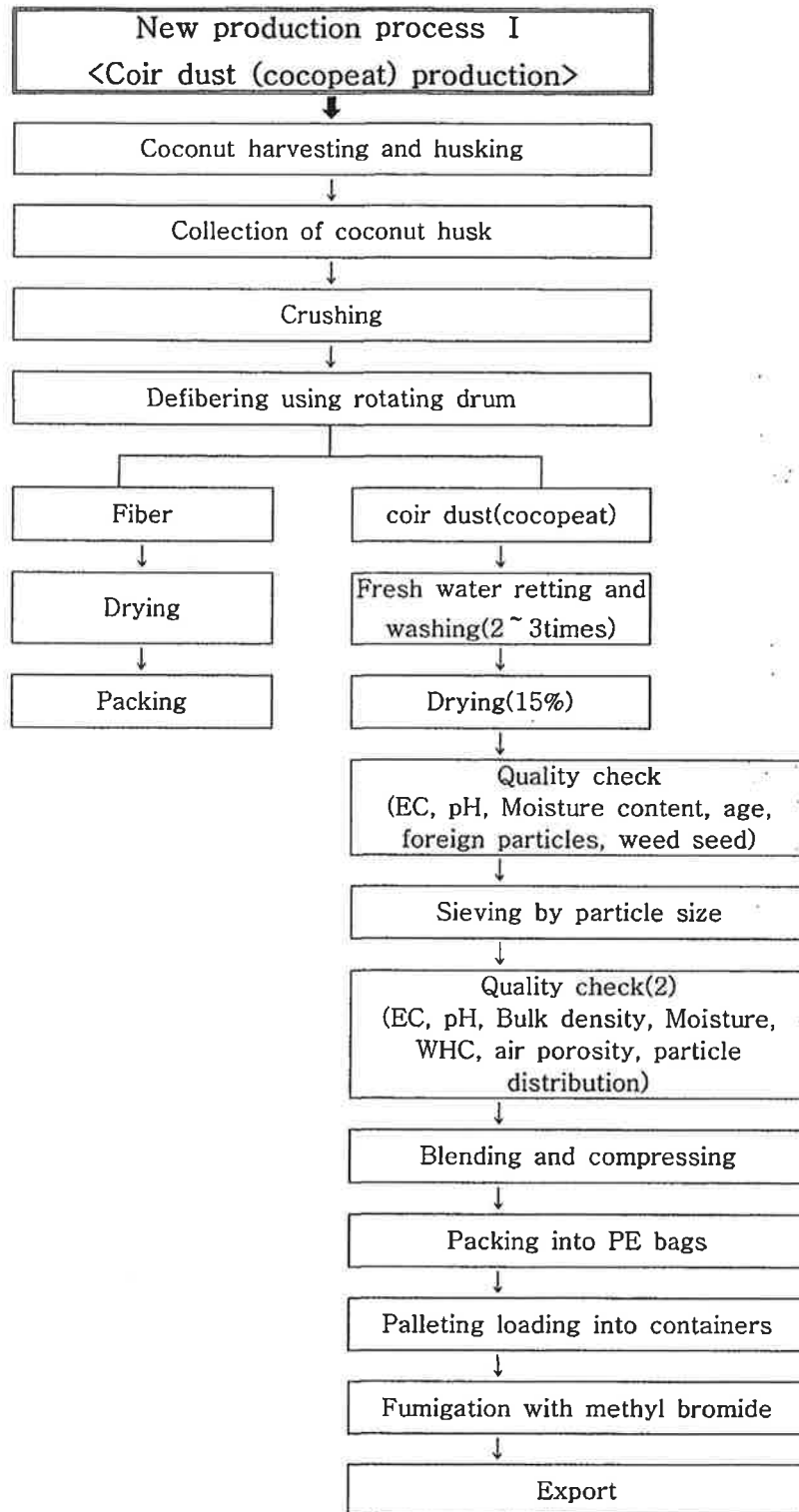


그림 6-2. Coconut coir 새로운 배지 생산 공정 I

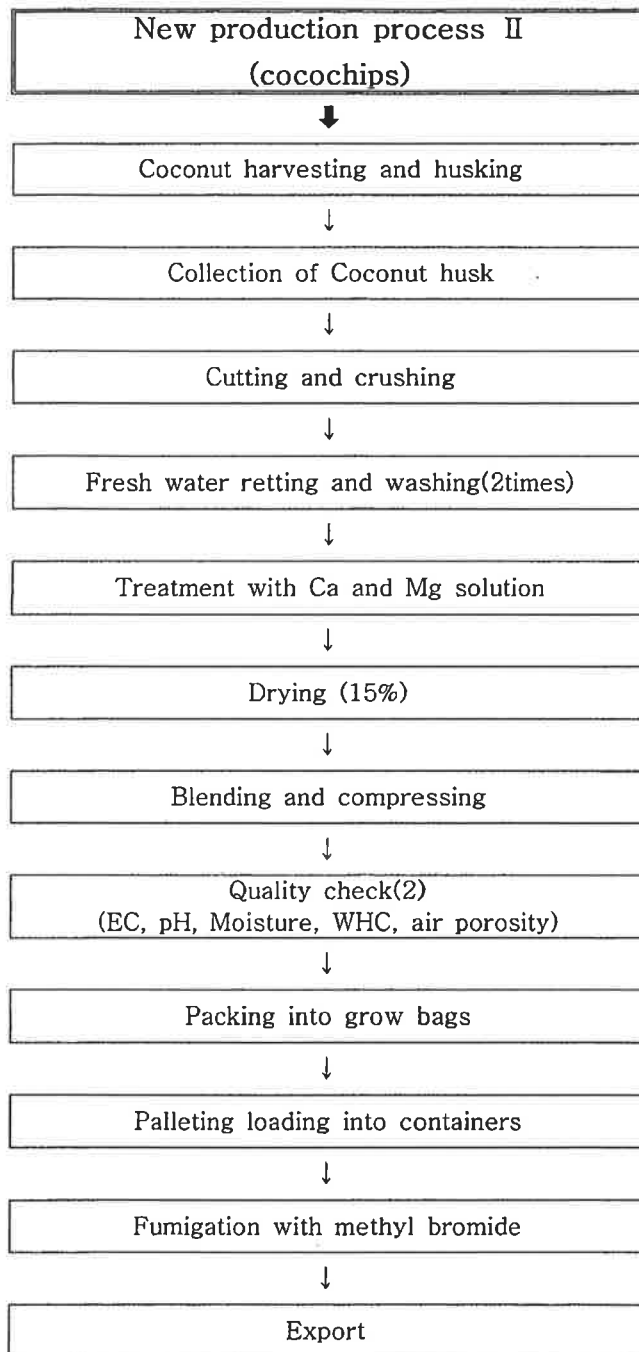


그림 6-3. Coconut coir 새로운 배지 생산 공정 II

위 2가지 새로운 coir 배지 개발 공정 중 첫 번째 방법은 coir dust(cocopeat)의 품질을 향상시킬 수 있는 방안으로 깨끗한 지하수나 빗물에 침적과 탈수과정을 2~3회 거치면서 배지내 다량함유 염의 제거와 페놀성 물질과 같은 생육억제 물질을 제거함으로써 안정되고 우수한 배지를 생산할 수 있을 것이다. 더불어 생산과정에서 2번의 품질관리를 하도록 공정을 개선하였

다. 두 번째 방식은 수경재배용 배지로서 투수성과 공극량을 높일 수 있도록 cocochip화 하고자 하였다. 생산공정은 cocopeat보다 단순화 시켰고 역시 2회 정도 물에 침적과 탈수과정을 넣어 다량 함유한 염과 생장억제 물질을 제거토록 하였다. 그 이후에 배지내 이온 균형을 유지할 수 있도록 하여 초기 작물재배에서 문제점을 보완 할 수 있도록 Ca과 Mg 용액에 침적하는 방법과 선행 연구에서 개발된 또다른 방법을 병행하고 품질관리 과정을 1회 두어 가장 안정된 cocochip 배지를 생산할 수 있도록 하였다.

나. 생산제품의 품질향상과 배지의 균일성

일반적으로 coir dust로 만들어지는 상토는 원료에 따라 대단히 다양한 품질의 상토가 만들어지고 이로 인한 농가 및 육묘공장에서 많은 원성을 사고 있는 상황이다. 이러한 상토와 수경재배의 원료가 되고 있는 coir dust의 품질을 전기전도도를 기준으로 분류 할 때 그동안 EC(1:1.5, v:v)가 0.5 dS · m⁻¹ 이하면 최고의 품질로 1등급으로 하고 있고 0.5~1.0 dS · m⁻¹는 2등급, 1.0~2.5 dS · m⁻¹는 3등급, 2.0~3.0 dS · m⁻¹는 4등급, >3.0 dS · m⁻¹는 5등급으로 취급하고 있다. 여기서 주의할 것은 최근 들어 많은 회사들이 국제 기준인 배지와 물(1:5, v:v)기준으로 측정된 수치를 제시하고 있어 확인을 반듯이 하여야 하고 직접 측정하는 것이 바람직 할 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 coir dust의 EC 측정을 위한 침출용 물의 비율을 1:1.5(v:v)와 1:5(v:v)간의 관계를 그림으로 표시하여 참고가 될 수 있도록 하였다.

Table 6-1. Coir dust 생산공정에 따른 배지내 EC, pH 및 무기염 함량 변화

생산공정	EC		pH	K	Ca	Mg	Na
	(dS · m ⁻¹)						
	1 : 1.5	1 : 5					
mg · L ⁻¹							
전통방식	4.86	1.74	5.62	2156.4	107.5	128.4	847.4
신공정 (I)	0.58	0.32	5.58	480.1	156.4	120.6	50.3
신공정 (II)	0.65	0.41	5.77	548.2	358.1	179.5	65.6

전통적 방식으로 생산한 coir dust의 배지와 물의 비율(v:v)을 1 : 1.5와 1 : 5로 하였을 때 EC 측정결과에서도 볼 수 있듯이 전통적인 생산방식으로 생산된 것은 EC가 1 : 1.5에서 4.86 dS · m⁻¹ 이고 1 : 5로 하였을 때 1.74 dS · m⁻¹ 로서 대단히 높게 나타나 작물생육에 지장을 줄 수 있는 수준인 것으로 나타났다. 그러나 2가지 새로운 방식으로 하였을 때 EC가 1 : 5에서 0.5 dS · m⁻¹ 이하를 나타내고 있어 대부분의 염들이 용탈된 것으로 볼 수 있다. 실제로 새로운 방식으로 coir dust를 생산하였을 때 K, Na의 염이 1/4 ~1/10 수준으로 낮아진 것을 볼 수 있고 화학적으로 대단히 안정된 것을 볼 수 있다. 신공정 II에서는 생산공정 과정에서 Ca 과 Mg 용액에 침적함에 따라 배지내 Ca과 Mg 이온이 대폭 높아져 배지내 이온균형이 맞춰진 결과를 볼 수 있다.

이상과 같이 생산공정의 변화와 품질관리를 철저히 한다면 대단히 우수한 배지를 생산할 수 있다는 것으로 판단되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

* 연도별 연구목표 및 평가착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도 및 관련분야의 기술발전의 기여도 등을 기술

최근 수출 농산물 중 토마토, 파프리카, 장미, 오이 등의 생산성, 품질 및 생산물의 안전성을 확보할 수 있는 친환경 수경재배 기술의 개발이 요구되고 있다. 따라서 현재 수경재배 시 환경 및 작업상 어려움을 유발하고 있는 배지를 대체할 수 있는 유기 배지 중 Coconut Coir를 중심으로 한 수경재배 시스템과 재배기술을 체계화 하고자 한다. 즉 수경재배에 적합한 Coconut Coir를 조성하여 친환경 수경재배용 배지를 개발하고 이를 이용한 주요 원예작물 수경재배시스템 및 재배기술을 실용화 하고자 한다.

아이디어 개발		시작품 개발	◦	제품 또는 공정개발	◦	기타	◦
---------	--	--------	---	------------	---	----	---

(1) 기술적 측면

- 재배작물별 적정 배지 물리성 구명
- 재배작물별 적정 배지 화학성 구명
- 물리성과 화학성을 개선한 작물별 새로운 Coconut Coir 배지 개발
- 작물별 Coconut Coir를 이용한 순환식 및 비순환식 수경재배 기술
- 작물별 Coconut Coir를 이용한 적정 수경재배 시스템 구명
- 환경친화형 유기배지를 이용한 수경재배 시스템 체계화

(2) 경제적·산업적 측면

- 환경친화적 수경재배용 유기배지 개발
- 환경친화적 수경재배용 유기배지의 수출(일본, 중국 등) 산업화
- 사용 후 폐기가 용이하고 토양 유기물로서 공급됨에 따라 폐기 비용이 들지 않음
- 상토 생산 중심의 Cocopeat 회사에서 부가가치 높은 수경재배 배지 생산
- 수출원예작물의 생산에서 생산성, 품질향상 및 생산물의 안전성을 높일 수 있어 수출 경쟁력 강화
- 장기적으로 유기수경재배의 가장 중요한 유기배지 개발로 친환경 농업의 기술을 다짐
- 기존생산 방식에서 사용되는 배지보다 가격이 저렴하고 사용이 편리하여 노동력 절감이 가능
- 기존 사용배지의 환경 및 사용자 건강 부담성을 없앤 생산방식으로 소비자 선호도 증가
- 친환경자재사용으로 재배 농민 건강 유지에 도움
- 친환경적인 수경재배에 대한 소비자 및 농민에 대한 인식 제고

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

원예 작물 중 주요 수출 과채류인 착색단고추, 토마토, 오이 및 화훼 작물인 장미의 Coconut coir 배지에서의 수경재배시스템을 확립함으로써 기업체에서의 수경재배용 다양한 Coconut Coir 배지가 실용화가 가능할 것이다. 또한 이를 이용한 수경재배 기술은 재배농가 특히 파프리카, 토마토, 오이, 딸기 등 주요 수출과채류 재배와 화훼류 중에서 장미, 거베라 등의 절화 및 기타 분화 재배에도 응용 될 수 있을 것이다. 연구 과정에서 획득한 결과를 특허, 학술논문 발표 및 투고, 인력 양성 내용은 다음과 같다.

<특허>

1. 이온 농도들 간 균형 잡힌 수경재배용 코코넛 코이어 배지 및 수경재배용 코코넛 코이어 배지 내 이온 함량들의 균형 잡는 방법 (등록번호 10-0824973-0000, 2008.04.18)

<학술 논문 발표 및 투고>

1. 코코넛 코이어 배지를 이용한 토마토 양액재배 시 코코넛 분진과 섬유질의 적정 혼합 비율, 2008. 원예과학기술지 제26권(별호 I). 차승훈, 김호철, 유성오, 이용범, 배종향
2. Coconut coir 배지를 이용한 파프리카 양액 재배 시 coir dust와 fiber의 적정 혼합 비율 2007. 김호철,, 차승훈, 유성오, 이용범, 배종향, 원예과학기술지 제25권 별호 I, 2007.
3. 장미 수경 재배용 배지로서 coir dust와 fiber 및 chip 의 적정 혼합비율, 2007년 10월, 한국 원예학회·한국생물환경조절학회 추계임시 총회 및 공동학술발표회 자료집. 박성태, 이용범
4. 배지 혼합비율에 따른 코코넛 코이어 배지에서 재배시스템 차이가 오이의 생육 및 수량에 미치는 영향, 2008. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 유형주·박성태·이성화·이혜진·이용범.
5. 착색단고추의 수경재배에 적합한 대체 배지 개발 2008. 생물환경조절학회지 17(2), 배종향, 이용범, 김호철, 차승훈, 이혜진
6. Coconut coir 배지조성별 수분특성, 급액량, 및 급액횟수에 따른 장미 근권내 수분 함량의 변화. 2008. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 박성태, 유형주, 이혜진, 이용범.
7. Coconut coir 배지조성별 급액량, 및 급액횟수에 따른 착색 단고추 근권내 수분 함량의 변화. 2008. 한국생물환경조절학회 추계 발표. 박성태,이철승, 배종향, 이용범.
8. Coconut coir 배지조성별 급액량, 및 급액횟수에 따른 오이 근권내 수분 함량의 변화. 2008. 한국생물환경조절학회 추계 발표. 박성태, 유형주, 이혜진, 이용범.
9. 원산지에 따른 coir 배지에서 배양액 내 Ca, Mg의 함량 조절이 오이의 생육 및 수량에 미치는 영향. 2009. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 유형주, 박성태, 이혜진, 최기영, 오정심, 배종향, 이용범.

10. Coconut coir를 이용한 장미수경재배에서 배지내 화학성 개선을 위한 배양액내 Ca, Mg 첨가에 따른 영향. 2009. 한국생물환경조절학회 춘계 발표. 박성태, 유형주, 이해진, 최기영, 오정심, 배종향, 이용범.

< 인력 양성 >

1. 착색단고추 수경재배를 위한 코코넛 코이어 배지 개발, 2007, 원광대학교 일반대학원 박사학위논문, 김철수
2. 토마토 수경재배에 적합한 코이어 배지 및 양액 공급 시스템 개발, 2008, 원광대학교 일반대학원 석사학위논문, 차승훈
3. Coconut coir를 이용한 장미 수경재배에서 배지내 수분함량 변화와 생육, 2009년 2월. 서울. 시립대학교 석사학위 논문. 박성태
4. Coconut coir 배지의 폐놀 함량 및 물리화학성 조절이 오이의 생육과 수량에 미치는 영향. 2009년 2월, 서울시립대학교 석사학위논문, 유형주

< 실용화 · 산업화 계획 >

추가연구 : 과채류공통수출연구사업단

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1절. Coconut 란?

시장에서 보통 판매하는 coconut은 코코넛야자(*Cocos nucifera*; coconut coir) 나무의 과일의 종자(single seed)라 할 수 있다. 열매 내부의 주스(수액)는 각종 미네랄을 함유한 건강음료로 열대지방에서 식용으로 이용되고 있고, 과일을 둘러싸고 있는 5~8cm 두께의 외부껍질은 coconut husk 라 불리며 husk내 섬유는 따로 채취하여 로프, 매트 등의 원료로 이용된다. 섬유 중에서도 갈색과 흰색 섬유는 장섬유로서 길이가 10~30cm 수준을 나타낸다. 섬유를 채취하고 남은 목수수(pith) 60%와 단섬유(40%)로 구성된 부산물을 coir dust, coir pith로 불리며 주로 상토재료로서 활용이 급속히 증가되고 있다.

과일내부껍질(과피, coco shell)은 coconut의 12%에 해당하는 무게를 나타내며 탄화시켜 1-2 charcoal과 활성탄소(activated carbon)로 생산된다. 보통 1톤의 코코넛 과피에서 300kg의 charcoal을 생산할 수 있으며, 활성탄소 120kg이 생산된다. 이것들은 공업적으로 필터나 흡수제로 이용되고 활성탄은 연료로 활용된다.

1개의 coconut husk(300g)에서 보통의 섬유와 210~220g의 coir, 80~90g의 dust가 생산된다. 일반적으로 섬유가 30%내외를 차지하는 것으로 나타나고 있다.

이러한 코코넛은 약 4000년 전부터 재배되어왔고 세계에서 가장 오랜 식물종중 하나로서 아주 다양한 용도로 이용되고 있다. 즉, 식품, 음료, 야자유, 섬유, 연료, 건축자재, 유기물 등으로 이용되며 재배는 전세계 열대지역에서 주로 이루어지고 있다.

2절. Coconut 생산 현황

코코넛 야자는 매달 꽃이 피고, 항상 생육단계가 다른 과일들이 성숙되어 가고 있다. 수확은 보통 개화후 45~60일 간격으로 이루어지고 1년에 50~100개의 코코넛을 수확할 수 있다.

코코넛은 과피내 배유에 함유한 높은 유지를 식용과 비식용(공업용)으로 이용하기 위해서 주로 생산하고 있다. 생산지역은 주로 열대아시아 지역의 해안가를 따라 이루어지고 있다. 주요 생산국은 인도네시아, 필리핀, 인도, 스리랑카, 베트남, 말레이시아 등이다. 이들 지역에서 세계 생산량의 약 88%인 42백만톤이 생산되고 있다.

1980년 약 35백만톤에서 2000년에 약 50백만톤으로 증가되어 왔다. 수량은 지역에 따라 차이가 있어 연간 3,500~6,000개/ha 정도를 나타내고 있다. 평균적으로 1주당 70~100개정도가 생산되는데 생산성이 높은 지역에서는 150개에 이른다.

1개 코코넛은 무게로 65%가 과즙과 과피(coco shell)를 차지하고 35%가 외부껍질(husk)로 구성되어 있다.

Table 7-2-1. Coconut production in major producing countries (FAO, million tones)

Country	1980	1990	1995	2000	2003
Indonesia	11.2	12.3	14.0	14.7	15.6
Philippines	9.1	8.9	11.6	11.3	13.7
India	4.2	6.2	9.7	10.0	9.5
Sri Lanka	1.7	1.8	2.0	2.0	1.9
Malaysia	1.2	1.1	1.0	1.0	0.7
Thailand	0.8	1.4	1.4	1.4	1.4
Vietnam	0.5	1.2	1.1	0.9	0.9
Others	-	-	-	-	2.16
Total Asia	28.8	33.0	41.4	42.1	46.3
Africa	1.6	1.9	1.8	1.8	2.0
Oceania	2.3	2.2	1.9	1.9	2.0
Latin America	2.3	2.8	2.9	2.3	2.5
Total World	35	40.0	47.9	48.5	52.9

3절. Coconut coir fiber 생산 현황

Coir 섬유는 코코넛을 둘러싸고 있는 외부껍질(husk)로부터 장섬유(10~30cm)만을 뽑아내 로프, 넷트, 매트용 등으로 이용하고 나머지 coir dust는 현지에서 멀칭, 유기물로 이용하던지, 칼륨을 다량함유한 관계로 유기질 비료원으로도 이용되고 있다.

Husk로부터 섬유를 뽑아 내는데는 전통적으로 빗물이나 지하수로 침적(3~6개월)한 후 brown coir 섬유를 생산하던가, 염수에 담갔다가(10~12개월) white coir 섬유를 생산하고 있다. 일반 빗물이나 지하수로 침적하여 섬유를 생산하고 남은 coir dust는 건조·가공하여 상토 및 축사 톱밥 대용으로 이용되고 있는 추세다.

외부껍질(husk)로부터 30%가 섬유, 70%가 coir pith로 구성되고 섬유는 다시 장, 중, 단섬유로 구분되는데 각각 60:30:10의 비율로 되어 있다. 전세계 coir fiber(섬유)의 최대 생산량은 연간 500~600만톤 수준으로 추정되고 있으며 이중 10% 내외가 상업적으로 거래되는 것으로 보인다. Brown fiber는 22만톤으로 인도에서 70%, 스리랑카에서 27%, 기타 3%로 보인다.

Table 7-3-1. Estimation of the availability of coir fiber raw materials. (unit; 1000tonnes)

	Philippines	Indonesia	India	Sri Lank
Potential fiber production	700	1,000	600	260
Fiber industry	-	-	300	100
Domestic use	70	100	60	26
Non-extracted fiber	630	900	240	134

섬유의 잠재생산량은 coconut 생산량 × fiber yield(80~90g/nut)로 계산될 수 있으며 내수용 섬유는 전체의 10%선으로 추정된 결과다. Coir fiber의 전세계 최대 생산량(단섬유포함)은 연간 500~600만톤으로 추정하고 있다. 무역거래가 이루어지고 있는 양은 약 10%인 50~60만톤 정도로 추정된다.

지금까지 coconut 섬유산업이 활성화되어 있는 국가는 인도와 스리랑카 중심이고, 베트남, 필리핀, 인도네시아 등에서 급속히 신장하고 있는 실정이다.

4절. Coconut dust 생산 현황

코코넛 섬유산업의 발전과 더불어 부수적으로 생산되는 dust의 활용은 1980년 이전에는 거의 없었으나 1980년대 중반부터 원예용 상토 등으로 활용이 증대되기 시작하였다. 특히 1990년대 들어 지구 환경문제가 중시되면서 피트모스 채취를 자연환경 파괴 개념으로 보게 됨에 따라 그 채취도 계속 줄어 들것으로 보이고 채취할 수 있는 양도 한정되어 있는 상황에서 피트모스 대체 배지로서 cocopeat가 급속히 신장하고 있는 상황이다.

코코넛에서 섬유(30%)를 채취하고 남은 부산물은 목수부가 60%, 단섬유 40%로 구성되어 있고 이를 coir dust, coir pith로 불리며 상토용으로 어느 정도 가공된 것을 cocopeat라고 부르고 있다. 이러한 부산물의 원예용 이용에 대한 연구가 1980년대 중반부터 멀칭, 토양개선용 유기물, 상토 및 수경재배 배지로서의 활용에 대하여 이루어져 주로 peatmoss와 vermiculite 대체 배지로서 상토개발의 주재료로 사용되어 왔다.

Coir dust가 완전히 분해되는데 걸리는 시간은 약 20년 정도이다. 현재 주요 생산국가는 스리랑카와 인도이고 일부 인도네시아, 필리핀, 멕시코 등에서 생산되고 있다. 섬유생산공장에서 침적과정에서 수질오염을 유발시키는 것으로 알려져 있는데, 관련물질은 pectin, pectosan, fat, tannin, toxic polyphenols 등으로 알려지고 있다.

Coir dust는 분해가 느리고, 다공성의 세포로 되어 있어 공극률 86~90%, 가비중 0.04~0.06g/cm³, 흡수성, 보수성, 통기성, 투수성이 우수하다. 또한 배지의 산도가 pH 5.5~6.6이고 수분함량은 배지무게의 8~10배를 흡수할 수 있다. 염기치환용량도 40~60me/100g으로 상토와 분화용 배지로서 많이 사용되고 있다.

그러나 원예용 배지로서 이용되기 위해서는 배지 K, Na, Cl의 높은 함량과 높은 EC에 따른 식물 반응차이가 크기 때문에 적절한 처리가 필요한 실정이다.

코코넛 섬유와 dust의 화학적 조성은 표 ④과 같이 섬유는 cellulose가 35%, hemicellulose

15%, pectin 5%, lignin 32% 등으로 나타내고 있으며, coir pith(dust)는 cellulose 20%, hemicellulose 12%, pectin 7%, lignin 53%로서 섬유에 비해 cellulose 함량이 낮고 lignin 함량이 높게 나타난 다공성 구조를 갖고 있다. 또한 C/N 율이 80~120:1로서 높아 미생물(fungus와 bacteria)의 분해가 어려운 성질을 갖고 있으며 물리성과 화학성이 안정되어 있으면서 식물성 배지로서 사용후에도 유기물로서 토양에 환원가능 하기 때문에 유용한 자원으로 환경친화적인 특징을 갖고 있다.

Table 7-4-1. Chemical composition of plant fiber.

Plant	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Pectin (%)	Lignin (%)	Extractives (%)
Coir(brown)	35.6	15.4	5.1	32.7	3.0
Coir(White)	36.7	15.2	4.7	32.5	3.1
Coir pith	19.9	11.9	7.0	53.3	0.3
Cotton	91.8	6.3	-	-	1.1
Flax	71.2	18.5	2.0	2.2	4.3
Sisal	73.1	13.3	0.9	11.0	1.3

코코넛이 연간 전세계에서 5,000만톤이 생산되고 이중 husk가 35%를 차지하고, 이중에 70%가 coir dust 이므로 연간 coir dust의 최대 생산량이 1,225만톤이 생산될 수 있다고 본다. 그러나 실제 섬유생산 과정에서 만들어지는 dust만이 활용가능한 범위라고 본다면 표 ④와 같은 정도로 추산될 수 있고 주요 아시아국가에서 생산 가능한 dust량은 약 600만톤으로 추정된다. 이처럼 dust의 최대 생산량은 1,225만톤이고 잠재 생산량은 그중의 50%인 600만톤 정도이고, 실제 생산되어 거래되고 있는 양은 그중의 10%선인 60만톤 정도로 추정되고 있다. 앞으로 적절한 생산 가격이 주어진다면 더 많은 양이 생산, 가공되어 거래 될 수 있다는 것을 보여주고 있다.

5절. 아시아 지역의 coconut 재배조건 및 생산 coir 배지의 특성

1. 인도와 스리랑카

인도와 스리랑카에서 코코넛 재배는 주로 해안 인근 지역을 중심으로 이루어지고 있다. 코코넛 섬유와 dust 생산을 오래전부터 해 왔던 스리랑카와 인도에서의 생산과정의 오랜 전통은 husk를 3~6개월간 물웅덩이에 침적하였다가 섬유와 dust를 생산한다. 침적과정에서 미숙 husk로 인해 발생할 수 있는 식물 생육장애의 원인이 되는 phenol성 물질이 제거되는 효과를 얻을 수 있으나 사용하였던 물이 계속 고여 있어 배지내 다량 함유한 K, Na, Cl 염의 제거가 이루어지지 않고 높은 EC 수준을 보인다. 또한 일부 해안가에서 생산되는 코코넛은 이들 무기염 함량이 높고 일부 생산과정에서 염수 침적과정을 거치는 것들의 경우 특히 염농도가 높아 식물장애를 유발할 수 있는 수준을 나타내기도 한다.

그러나 유럽의 일부 회사에서 관리하면서 생산되는 dust는 이들 염을 제거하기 위해서 세척 과정을 거치면서 어느 정도 염농도를 낮추고 있어 품질이 우수한 제품도 생산되고 있다.

2. 인도네시아와 말레이시아

이들 나라에서는 인도나 스리랑카와는 달리 husk침적과정을 거치지 않고 노지에 쌓아 놓고 우기를 보내고 나서 전기 때 건조한 상태에서 hammer machine을 이용하여 husk를 부수고 섬유와 dust를 분리하여 각각 상품화 하고 있다. Fresh한 husk(Green coconut)은 어느 정도 기간동안 성숙되면서 그리고 비를 맞으면서 husk에 존재하던 생장억제물질(phenol성 물질)의 함량이 낮아져 각종 배지로 사용하는데 무리는 없는 것으로 밝혀졌으나 dust내에 존재한 K, Na, Cl염은 재배 조건과 지역에 따라 차이가 있으나 일반적으로 높게 유지되고 있어 주의를 요한다. 일부 품질관리를 하는 회사(cocotec corea)의 제품은 세척과정을 1~3회 거쳐 낮은 염상태를 유지하는 제품이 일부 생산되고 있다.

3. 베트남

베트남의 coconut 주산지는 메콩강 주변이 델타지역으로 이들 강지류를 따라 양안에서 소규모의 섬유생산 공장들이 산재되어 있다. 바닷물이 메콩강 중상류까지 올라오는 경우가 많아 일반적으로 토양의 염농도도 높고 husk내 염농도도 높게 나타나고 있다. 특히 베트남에서는 섬유생산이 주목적으로 dust에 대한 품질관리는 전혀 안되어 있고 사용하는 코코넛도 green coconut(fresh coconut)의 husk를 어떠한 처리 없이 섬유와 dust로 분리하는 기계를 통해 생산되므로 여기에서 생산된 dust에는 다량의 phenole성 물질이 함유되어 있어 바로 상토나 식물생산용으로 사용시 생장억제를 나타내는 문제를 일으키는 것으로 알려져 있다. 따라서 이렇게 생산된 것들은 축사의 톱밥 대용정도로 이용이 가능할 것이다. 이들 dust를 식물재배배지로 이용하기 위해서는 일정기간 동안의 후숙과정과 침적 및 탈수과정을 거쳐 생장억제 물질과 염농도를 낮출 수 있도록 한 후 배지로서 가공 처리되어야 한다.

6절. 수경재배용 배지로서 coconut coir 개발 및 이용 현황

수경재배용 배지로서 coconut coir를 이용하기 위한 연구는 1990년대 중반부터 이루어져 왔으나 유럽에서는 일부 도입되기 시작한 것이 2000년대 후반으로 국내에서도 유럽회사에서 생산한 제품이 파프리카를 중심으로 도입과정에 있다. 그러나 아직까지도 coconut coir 배지의 물리화학적 특성과 작물별 적정 배지 조건이 구명되지 않고 있어 도입농가에서 어려움을 겪고 있는 상황이다. 일부 K, Na, Cl 염의 과다함유 문제, Ca, Mg 염 부족 등으로 인한 배지내 이온균형이 파괴되어 있어 수경재배 배지로서 부적합한 상황이다 수경재배에 적합 물리성 조건이 구명되지 않았고 적정 관수 체계화가 이루어지지 않아 수분관리에서 많은 어려움을 겪고 있다. 배지조건(dust 입자 크기, 섬유함량 등)에 다른 관수 모델화가 시급한 상황으로 나타나고 있다.

일부회사에서 개발된 수경재배용 배지는 husk를 chip화 시켜 투수성을 높였으나 사용되는 husk가 fresh coir인 경우 phenol성 물질함량과 염농도가 높아 초기 생육장해를 나타내고 있는 것으로 나타났다.

이상의 문제점들을 충분히 고려하여 안전성이 높고 재현성이 높은 우수한 물리 화학성을 갖는 배지의 개발이 작물생산을 안정적으로 하고 생산단가를 낮추는데 기여할 수 있을 것으로 보인다. 즉 husk에 함유된 phenol성 물질과 높은 K, Na, Cl 함량을 어떻게 조절하느냐가 가장 큰 관건으로 보인다. 더불어 수경재배 배지로서 갖추어야 할 높은 투수성과 공극량을 확보하기 위해서 coir dust에 단섬유 함량을 높이는 방법과 coconut chip의 비율을 어느 정도로 유지하느냐 또한 중요한 연구과제로서 1년차에서 이들에 대한 기초 연구를 충분히 수행하여 좋은 결과가 나타나고 있어 기존 배지에 대한 문제의 해결 가능성을 제시하여 주고 있다.

7절. Coir 관련제품 생산 및 관리 현황

1. Coir 섬유와 coir dust 생산관리

스리랑카와 인도에서 섬유와 dust 생산과정을 보면 coconut husk를 3~6개월간 물에 침적 처리를 거친 후 탈곡기와 같은 기계를 이용하여 섬유와 dust를 구분 생산한다. 습한 dust는 햇빛에서 수분함량을 15%까지 건조시킨 후 품질 관리 차원에서 EC, pH, 이물질, 수분함량, 부속 정도, 잡초종자 혼입 여부 등을 조사한 후에 합격품에 한해서 입자 크기 별로 구분한다. 이렇게 구분된 dust는 다시 2차 품질 관리로서 EC, 가비중, 섬유함량, 수분함량, 입자 분포등을 조사하여 압축 성형 과정을 거친다. 생산제품은 다시 3차 품질관리로서 EC, pH, 팽창계수, 무게, 공극량, water holding capacity 등을 조사한다. 조사가 끝나면 상품으로서 PE 포장하여 이송 후 수출한다.

인도네시아, 말레이시아 등에서는 coconut husk를 충분히 건조시킨 후 hammer machine을 이용하여 분쇄 후 섬유와 dust로 구분 후 dust는 배지내 K, Na, Cl 과 phenol성 물질을 제거하기 위해서 일부 침적 및 세척 과정을 거치는 공장과 그렇지 않은 공장으로 구분되어 품질관리가 이루어지고 있다. 세척 또는 세척이 안된 dust를 햇빛하에서 15~20% 수준의 수분함량으로 건조시킨 후 압축 성형과정을 거친 후 PE로 포장하여 수출되고 있다. 이 과정에서 품질관리를 하는 극히 일부회사에서는 세척과정을 거치면서 다량 함유한 K, Ca, Cl 함량을 낮추고 유해한 탄닌과 페놀성 물질을 용탈시킨 후 EC, pH, 수분함량, 입자크기, 잡초종자 혼입 여부를 check하여 품질관리를 하는 경우가 있다. 이때 dust 건조 시 수분함량을 15% 수준으로 건조시킨 후 압축 가공하는 것이 모양이 제대로 나오고 20% 수준에서 압축 가공하면 모양이 바르게 성형되지 않는 특징이 있다.

베트남에서는 수집한 fresh husk를 바로 섬유와 dust로 분리하여 섬유는 전량 중국으로 수출하고 dust는 방치 되던가 강물에 버려지고 있는 상황이다. 섬유와 dust 생산과정에서 주목적이 섬유생산이므로 전후에 품질관리가 이루어 지지 않고 있어 식물재배용 배지로서는 부적합하여 축사용으로 사용되고 있다. 이러한 dust는 20%내외의 수분함량으로 건조시킨 후 압축성형하여 수출되고 있으나 극히 적은 양만이 활용되고 있는 실정이다. 그러나 지리적 조건 등을 고려할 때 충분한 품질 관리를 한다면 우수한 배지로서 활용가능성이 큰 것으로 판단되므로 국내 회사가 직접 현지에 공장을 설립하고 품질 관리가 이루어져야 하겠다. 현재 생산되는 dust와 chip은 다량의 탄닌, 페놀성 물질 및 무기염을 함유하고 있으므로 작물 재배에 활용은 부적합한 실정이다.

수경재배용 배지를 생산하고 있는 회사는 유럽과 뉴질랜드, 호주에 본사를 둔 회사들이 스리

랑카와 인도에 현지 공장을 설립하고 불충분한 품질관리를 하면서 유럽, 호주, 일본 및 한국등지에 공급하기 시작하였다. 이들 회사에서 수경재배용 배지 생산과정은 coconut husk를 수집하여 자르고 부신 후에 햇빛하에서 15%정도로 건조시킨 후 EC, pH, 수분함량, 이물질 및 잡초 종자 혼입여부, 배지 부숙정도 등을 조사한 후 압축 성형하여 소비자에게 공급하고 있다. 이러한 과정에서 생산된 배지의 EC는 0.8~1.5 dS·m⁻¹로서 높은 상태를 나타내고 있고 배지내 함유한 다량의 K, Na, Cl 염은 제거되지 않는 상태에서 생산되고 있어 작물 재배과정 초기에 많은 문제점을 나타내고 있다.

그중 한 회사에서는 배지의 이온 균형 유지차원에서 Ca과 Mg 용액에 침적 후 말리는 것으로 나타났다. 그 외 회사에서는 주로 상토로 쓰이는 dust에 비해서 품질관리가 대단히 열악해서 실제 재배 농가에서 문제를 유발시킬 수 있는 것으로 나타났다.

Table 7-7-1. Electrical conductivity and pH of coir substrate produced at different regions.

Region	EC(dS·m ⁻¹)		pH	Coir type	process remarks
	1 : 1.5	1 : 5			
Sri Lanka 1	2.11	0.8	5.49	coir dust	retting, -
Sri Lanka 2	3.54	1.4	5.86	coco chip	Ca+Mg feeding
India 1	1.40	0.49	6.17	coir dust	retting, fresh water washing
India 2	1.08	0.39	5.59	coco chip	retting, fresh water washing
Indonesia ²	0.54	0.31	5.70	coir dust	fresh water washing
Vietnam	5.69	2.36	5.64	coir dust	-

zcocotec corea사 제품임.

표 7-7-1에서 볼 수 있듯이 가공 과정에서 품질관리가 전혀 되지 않는 베트남 dust 배지는 EC가 1:1.5(v:v)에서 5.69 dS·m⁻¹, 국제기준인 1:5(v:v)에서도 2.3 dS·m⁻¹로서 대단히 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 반면에 이러한 베트남산 dust 배지를 일정기간 동안 침적처리 과정을 거친 후에 제품으로 생산하면 0.5 dS·m⁻¹ 이하로 조정이 가능하고, 침적과정을 거치는 과정에서 배지 내 페놀성 화합물이 분해 내지는 용탈되어 사용하는데 문제가 없는 배지로 만들 수도 있다. 한편 스리랑카 1 배지는 물에 침적 후 가공한 결과이고 스리랑카 2 배지는 Ca과 Mg 용액에 침적 후 건조한 배지로서 EC가 국제기준에서도 1.4 dS·m⁻¹로서 높게 나타나고 있다. 반면에 인도 1, 2와 인도네시아 것은 물로 세척 과정을 거친 결과 0.5 dS·m⁻¹ 이하를 나타내고 있다.

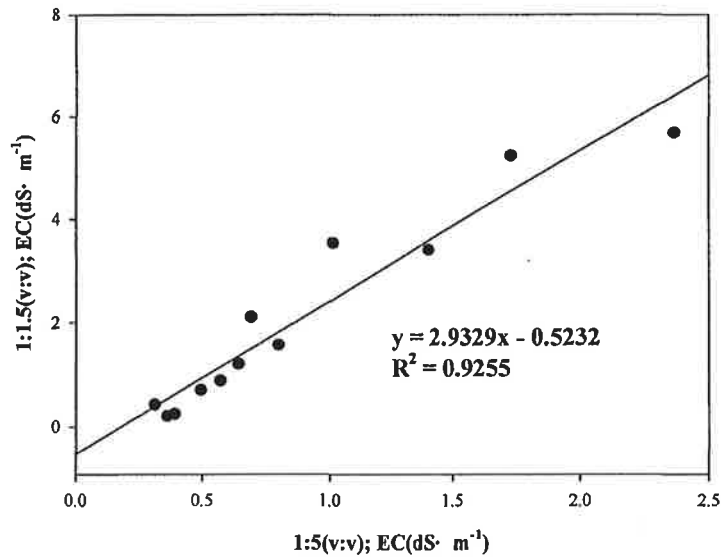


Fig. 7-7-1. Coconut coir 배지로 이용한 전기전도도 측정 시 배지와 물의 침출비율(v:v)에 따른 상호관계

배지를 연구하는 그룹에서는 아직도 많은 경우 전기전도도를 측정할 때 배지와 물의 비율을 1:1.5(v:v)를 많이 선호하고 있고 실용적인 자료에서 많이 활용되고 있다. 그러나 농진청과 유럽 표준분석 기준에서는 배지와 물의 비율을 1:5(v:v)로 규정되어 있어 상호 교환될 수 있도록 coir dust를 대상으로 호환될 수 있는 그림을 그렸고 1:1.5(v:v) 수치를 찾고자 할 때 $y=2.9329x-0.5232(r^2=0.9255)$ 를 활용하면 유용할 것이다.

Table 7-7-2. Estimation of the availability of coir dust materials. (unit: 1000 tones)

	Indonesia	Philippines	India	Sri Lanka	Vietnam
Potential coir dust production	2,300	1,600	1,400	600	200
Coir dust industry	100	100	200	200	20
Domestic use (%)	230	160	140	60	20

*Husk are composed of 70% coir pith and 30% coir fiber on a dry weight basis.

제 7 장 참고문헌

- Abad, M., F. Fornes, C. Carrion, and V. Noguera. 2005. Physical properties of various coconut coir dust compared to peat. *HortScience* 40(7):2138-2144.
- Allaire, S., J. Caron, C. Menard, and M. Dorais. 2004 Growing media varying in particle size and shape for greenhouse tomato. *Acta Horticulturae* 644:307-311.
- Back, J.H., S.H. Lee, H.J. Shin, Y.C. Song and B.J. Kim. 2003. Effect of lime stabilizes slaughterhouse waste on growth of chinese cabbage and soil pH. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36(2):80-85.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyuretane as an ecological growing medium. *Plasticulture.* 88:41-48
- Bohne, H. 2004. Growth of nursery crops in peat-reduced and in peat-free substrates. *Acta Horticulturae* 644:103-106.
- Choi, E.Y., Y.B. Lee, and J.Y. Kim. 2001. Nutrient uptake, growth and yield of cucumber cultivated with different growing substrate under a closed and an open system. *Acta Hort.* 548:543-549
- D'Angelo, G., M. Castelnovo, A. Galli, and M. Valagussa. 1993. Relations between physical and chemical properties of the substrate and growth of some pot ornamentals. *Acta horticulturae* 342:313-323.
- Domingues Salvador, E., and K. Minami. 2004. Evaluation of different substrates on *Lisianthus(Eustoma grandiflorum* Shinn) growth. *Acta Horticulturae* 644:217-223.
- Evans, M.R., and R.H. Stamps. 1996. Growth of bedding plants in sphagnum peat-and coir dust-based substrates. *Acta Hort.* 14:187-190.
- Evans, R.Y., J. Hansen, and L. L. Dodge. 2009. Growth of rose and shoots is highly sensitive to anaerobic or hypoxic regions of container substrates. *Scientia Horticulturae* 119:286-291.
- Hahn, E.J., M.W. Jeon, and K.Y. Paek. 2001. Culture method and growing medium affect growth and flower quality of several *Gerbera* cultivars. *Acta Horticulturae* 548:385-391.

- Handreck, K.A. 1993. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* Rome, Italy.
- Joo, J.H., S.K. Ha, M.H. Um, and A.S. Lim. 1988. Evaluation of methods for determining lime requirement of soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 21(3):280-283.
- Jung, C.U., 2002. Use of gypsum as a soil ameliorant. M.S. Diss. The Univ. of Seoul. Korea.
- Lee, J.S., and B.Y. Ryu. 1996. Effects of pH, EC and physical properties in the mixed media made of organic materials on the growth of *Euphorbia pulcherrima* W. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 37:810-814.
- Ma, Y. and D. Nichols. 2004. Phytotoxicity and Detoxification of Fresh Coir Dust and Coconut Shell. *Comm. in Soil Sci. & plant analysis* : 35, Nos. 1&2, p205-218
- 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 Horticulturae* 481:97-99.
- Miller, W.P., and M.E., Sumner. 1997. Agricultural and industrial uses of by-product gypsums. p.226-239. In: Jack, E.R. and C.M. Herbert. (ed) *Agricultural uses of by-products and wastes.* ACS symposium series 668. American Chemical Society.
- Noguera, P., M. Abad, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera 2003. Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. *Communications in soil science and plant analysis.* 34(3&4):593-605.
- Sarkka, L., J. Makila, R. Tahvonen, O. Reinikainen, and M. Herranen. 2004. Different peat types as growing media for greenhouse cut rose and tomato - preliminary trials. *Acta Horticulturae* 644:189-192.
- Wilson, G.C.S. 1986. Tomato production in different growing media. *Acta Hort.* 178:115-119
- 김이열. 2003. 원예용상토-이론과 실제. 活文堂.
- 남윤일. 2000. 양액재배용 배지의 특성 및 작물재배 효과. 양액재배용 배지의 효율적 이용과 사 용 후 처리 기술 심포지엄. 농촌진흥청 원예연구소. 1-23

서범석. 2000. 양액재배용 배지의 활용실태와 문제점. 양액재배용 배지의 효율적 이용과 사용 후 처리 기술 심포지엄. 농촌진흥청 원예연구소. 25-51

이용범. 1996. 오이 고품배지 재배. 양액재배연구 1:76-88

이용범. 2000. 양액재배용 배지의 종류와 특성. 최신양액재배. 한국양액재배연구회. 34-48