

분화류 저면 관수(Ebb & Flow)재배에서 품질 향상을 위한 시비기술

순천대학교 원예학과
강종구 교수

1. 서언

분화류 및 화상식물 생산에 있어서 관수방법에 관한 연구가 노동력 절감과 고품질 생산 그리고 최근에는 환경친화적인 측면에서 연구되어지고 있다. 과거 분화류 및 화상식물 생산을 위한 전면관수(Conventional overhead irrigation system)는 온실 바닥이나 벤치위에 식물을 위치시키고 분무 노즐이나 수 작업으로 상부에서 관수하는 방법으로 노동력의 소모가 매우 많았다. 또한 관수되는 양액의 양이 모든 식물에 일정하게 주어지지 않으므로(특히 식물이 성장함에 따라 잎이 커져 정확한 관수가 곤란함) 식물이 불균일한 성장을 하게되어 상품율의 저하가 현저하고 배지로부터 비료의 용탈이 심하게 되므로 사용되는 비료의 70~80%가 유실되어 식물이 흡수하지 못한다. 따라서 매회 관수 때마다 높은 농도의 비료가 필요하며 관수와 용탈의 반복에 의해 비용증가는 물론 유실된 비료분이 토양중으로 흘러들어가 질소 축적등에 의한 지하수 오염의 원인으로 지적되면서 이미 유럽의 화훼재배 선진국 등에서는 법적인 규제 대상이기도 하다.

Ebb & Flow 방식은 수평이 유지되고 방수가 된 벤치에 식물을 위치시키고 양액을 펌프로 베드에 공급시켜 2~3cm 깊이로 10~15분 동안 잠기게 하여 모세관 현상에 의해 포트내 배지의 상단까지 양액이 흡수되도록 하는 것이다. 사용되었던 양액은 다시 저장 탱크로 되돌려져서 다음 관수할 때까지 저장되는 폐쇄 시스템(순환식)이기 때문에 온실로부터 양액 유출을 막을 수 있고 기존의 지상 관수 방법에 비해 물과 비료의 사용량이 30~40% 절감된다. 또한 자동화가 가능하고 흡수성이

뛰어난 인공토양 비율이 높은 배지를 사용하므로 가볍기 때문에 노동력의 절감과 작업성이 용이하게 되고, 모든 식물에 정확한 량의 수분과 비료를 공급함으로써 품질의 균일화 및 향상을 이룰 수 있으며, 잎을 건조한 상태로 유지시켜 주어 병 발생율을 감소할 수 있는 장점이 있다. 이 방법은 우리나라에서는 비교적 새로운 기술이어서 관련된 연구가 미미한 실정이나 이미 유럽등에서는 분화류 및 화상식물 재배에 널리 이용되고 있으며 그 주된 이유는 저노동 투입과 고품질 상품의 생산에 적합하다는 제 장점 외에도 환경오염 방지라는 측면에서 기인된다. 앞으로 우리나라 화훼는 절화 위주의 경조사용 소비에서 분화 및 다양한 형태로 소비가 이루어질 전망이다. 더욱이 주거환경이 밀집화 되어가면서 획일화된 환경의 완충을 위한 방편으로 꽃 소비의 생활화가 가속될 것으로 확신되며 비교적 수명이 오래가면서 직접 가꿀 수 있다는 교육적 측면에서 분화에 대한 소비자의 요구는 증가할 전망이다. 분화재배에서 사용되는 배지도 예전의 토양등에서 가볍고 작업성이 우수할 뿐만 아니라 식물의 생장에 좋은 인공배지의 사용 비율이 높아질 전망이어서 식물과 배지 종류에 따른 합리적인 시비 기준을 확립해야 할 것이다. 재배 기술 면에서도 환경보호 측면에서의 요구도가 증가할 것으로 보여 비교적 환경 친화적인 저면관수(Ebb & Flow)에 의한 분화류 재배면적은 늘어날 전망이며 이에 따른 시비기술은 해결해야 할 과제중 하나이다.

2. 저면관수 방법에서 배지내 염류 축적 특성 및 조사 방법

두상관수와 Ebb & Flow system에서의 pot 내 배지 특성(pH 와 EC 등)의 변화는 식물체가 성장함에 따라서 그 양상이 다르게 되는데 이는 배지내로 흡수된 비료성분의 축적과 관련이 있다. 두상관수에서는 pot의 상부에서 공급된 배양액이 하부로 이동하여 배수구를 통해 즉시 밖으로 배출되므로 비료성분의 배지내 축적이 비교적 낮고 분포도 고르게 된다. 반면 Ebb & Flow system에서는 pot 하단부로부터 흡수된 배양액이 상부의 배지 표면에서 수분은 증발에 의해 소멸되고 비료성분이

남게 된다. 이 과정에서 배지내 염류의 축적이 높게 되고 이것에 근거하여 두 방법간에 비료의 농도가 달라야 한다는 이론이 성립되는데, 분화류 생산을 위한 대부분의 시비 지침서는 두상관수에 비해 Ebb & Flow system에서 50%정도 낮은 농도로 배양액을 조제하여 공급하도록 권하고 있다. 그러나 몇몇 연구결과에 의하면 식물의 적절한 성장을 위해 두 방법간에 공급되는 비료 농도에 큰 차이를 두어서는 안 된다고 했는데 이는 pot 내 배지에서 염류의 축적 정도와 식물 활성 뿌리의 생장위치가 부위에 따라 다르기 때문이다. 이미 언급 한 바와 같이 저면관수 재배에서는 화분의 하부로부터 유입된 배양액이 배지의 표면에서 증발하게 된다. 이때 비료분이 배지에 축적되는데 특히 상부에는 더 심하고 하부는 두상 관수때의 축적 정도와 큰 차이가 없다. 뿌리의 생장 위치도 관수 방법에 따라 다르게 나타나는데 두상관수에서는 뿌리가 배지내에 비교적 고르게 분포되는 반면 Ebb & Flow system에서는 pot 하단부, 즉 염류의 축적이 낮은 지역에 분포하기 때문에 배지 상부의 염류축적에 의해 생장에 크게 영향 받지 않는다는 것이다. 이러한 연구 결과들을 종합해 볼 때 Ebb & Flow system에서 두상관수에 비해 50% 정도의 낮은 농도의 배양액을 공급해야 한다는 기존의 시비 지침서는 적절하다고 할 수 없다. 따라서 분화류 및 화상식물 생산을 위한 Ebb & Flow system의 성공적인 정착을 위해서 선행되어야 할 것은 재배도중 배지내의 염류축적에 대한 정확한 조사이며 이것에 근거하여 적합한 비료의 농도가 많은 식물에서 구명되어야 한다.

현재 저면관수 재배 식물을 위한 시비 지침서는 배지내 EC의 변화보다는 비료 농도를 다르게 하여 실험한 몇가지 결과에 의해 마련되는 경향이다(James and van Iersel, 2000; Poole and conover,1992; Kent and Reed, 1996; Todd and Reed, 1998; van Iersel, 1999; Whipker etal, 1999; kang and van Iersel, 2001; Kang and van Iersel, 2002). 이들 실험에서 배지의 EC농도는 실험 기간동안 매우 급하게 변하는 경향을 보여준다. 배지의 EC가 일정한 경우와 비교해서 꾸준히 증가 할 때는 식물들의 생장이 매우 다르게 반응 할 것이다. 그러나 배지의 EC를 정확히 측정하기란 그리 쉽지 않다. 몇 가지 방법 중에 보편적으로 사용되

는 방법이 pour-through method(Wright, 1986) 와 saturated medium extract method(SEM)(Warncke, 1986), volume extraction method 등이 있으나 같은 배지에서도 측정 방법에 따라 서로 다른 결과를 나타낸다. pour-through method는 배지의 상단부에 증류수를 부은 후 50mL 정도의 침출액을 받아 곧바로 측정하는 방법이다. 너무 많은 양의 증류수를 pot내 배지에 가하게 되면 배지내의 비료분을 희석시켜 실제와는 다른 결과를 얻을 수 있다. 이러한 에러를 막기 위하여 최종 측정을 위하여는 처음 50mL 정도의 침출액을 정확히 수거하는 작업이 중요하다. 이러한 작업은 배지내의 수분 함량과 관계가 있기 때문에 최종 관수가 된 시점부터 1시간에서 3시간 사이에 이루어져야 에러가 적다. 이 용액의 좀더 세심한 분석이 필요하면 실험실로 보낼 수 있다. SEM method는 500mL의 배지를 채취해서 흠뻑 젖을 정도로 증류수를 가한 다음 1시간 반정도 기다린 후 측정하는 방법이다. SEM method는 pour-through method보다 복잡하기 때문에 특수한 실험실에서 해야 한다. volume extraction method는 미리 정해진 비율에 따라 1:1.5부터 1:6까지 배지와 증류수를 혼합하여 추출한 후 측정하는 방법이다.

아무튼 재배자를 위한 실제적인 방법을 위해서는 몇가지 조건을 갖추어야 하는데 첫째, 재배자가 비교적 싼 비용으로 많은 샘플을 얻을 수 있는 방법이라야 한다. 둘째, 같은 조건의 배지는 어느 장소에서나 어느 재배자에 의해서도 똑같은 결과를 얻을 수 있어야 한다. 즉 반복성이 있어야 한다. 셋째, 결과가 정확해야 한다. 넷째, 측정을 위한 샘플링에서 결과를 얻기까지의 작업이 빠르고 간단해야 한다. 그리하여 얻어진 결과에 의해 재배자가 필요한 조치를 즉시 취할 수 있어야 한다.

이와 같은 조건에서 비교했을 때 pour-through method는 가장 적당한 방법이라고 할 수 있다. 왜냐 하면 그 방법은 다음과 같은 몇가지 잇점이 있기 때문이다. ① 그 방법이 매우 빠르고 간단하다. ② 샘플 측정값이 pot내 배지의 EC를 직접적으로 나타낸다. ③ pot의 하단부로 부터 침출액을 수거하기 때문에 뿌리가 존재하는 부분의 양분농도를 측정할 수 있다.(Ebb & Flow방식에서 자란 식물의 활성뿌리는 pot의 하단부에 위치하는 경향이다.) 이미 기술한 바와 같이 저면관수된 pot는 배

지의 표면에서 증발에 의해 염류가 축적되기 때문에 배지의 EC를 알고자 할 때 만약 샘플링을 pot의 상단부에서 하게 되면 EC가 매우 높게 측정될 것이다. 또한 그 곳에는 활성 뿌리가 매우 적게 존재하기 때문에 그 곳의 염류 축적 정도를 기준으로 어떤 조치를 한다면 식물에 큰 영향을 줄 수 없게 될 것이다. pour-through method에 의하여 pot의 하단부로 부터 침출액을 샘플링 하게 되면 이러한 에러를 방지할 수 있으므로 저면관수재배 식물의 배지내 EC정도를 파악하는데 매우 유용하게 쓰일 수 있다. pour-through method에 의해서 배지의 EC를 측정하는데 있어서 샘플 타이밍은 매우 중요하다(Compton and Nelson, 1997). 배지내의 EC와 개별 이온의 농도는 시간이 지남에 따라 변하게 되며, 일반적으로 관주 바로 직후에 가장 높게 되며 3시간이 지나게 되면 현저히 낮아진다. 따라서 Compton과 Nelson(1997)등은 관주 후 1시간에서 2시간 사이에 샘플링을 하도록 권유하고 있다. 배지 테스트의 한계는 각 이온의 개별 농도는 파악할 수 없다는 것이다. 식물이 어떤 원소(예: 질소, 인산, 칼륨)를 충분히 흡수한다면 칼슘이나 붕소는 천천히 흡수하게 될 것이다. 그러므로 배지내에 질소, 인산, 칼륨 등이 낮게 존재한다는 것은 칼슘이나 붕소가 배지내에 축적이 많게 되고 EC는 높게 나타날 것이다. 따라서 배지내의 정확한 양분상태 즉 개별이온 농도를 추정하는데 있어서 배지내 EC에 전적으로 의존하는 것은 좋은 것이라 할 수 없다. 만일 배지내에 칼슘이나 붕소가 높은 농도로 축적되어 있다면 EC는 높게 나타날 것이고 EC가 높다고 해서 더 이상 시비를 하지 않는다면 N, P, K의 결핍을 초래할 수 있을 것이다. 배지내의 염류 축적에 관한 보다 자세한 연구가 개별 이온 농도 차원에서 이루어져야 할 것이다.

3. 비료농도가 몇가지 분화류의 생장에 미치는 영향

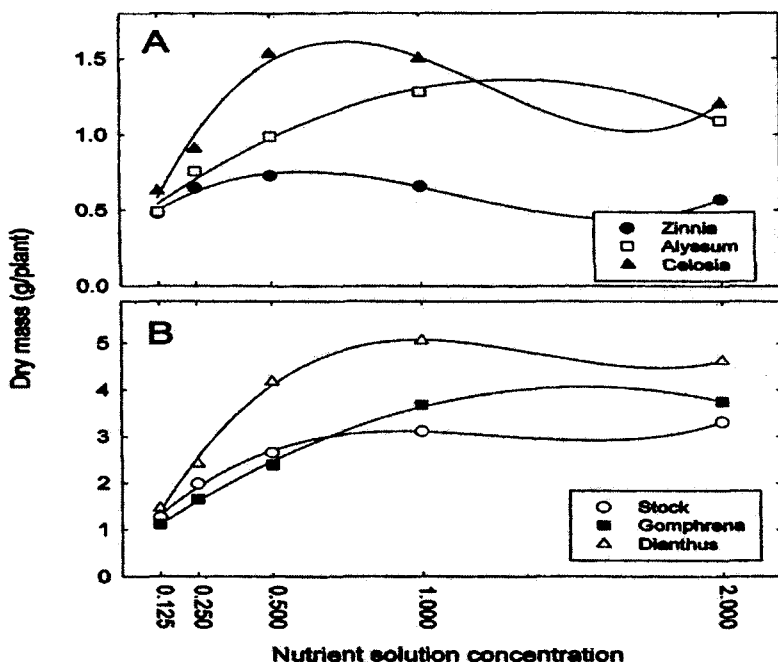


그림 1. 저면관수재배에서 배양액의 농도가 백일홍(Zinnia), Alyssum, 맨드라미(Celosia), Stock, 천일홍(Gomphrena), 패랭이꽃(Dianthus)의 건물 생산에 미치는 영향

Alyssum의 경우 Hoagland 액의 1.0배농도($EC\ 2.0dS \cdot m^{-1}$)에서 가장 많은 건물함량을 나타냈으며 이 때 침출액의 EC는 $2.0dS \cdot m^{-1}$ 정도였다(그림 2참조). 맨드라미는 0.5배에서 1.0배 농도($EC\ 1.1 \sim 2.0dS \cdot m^{-1}$)에서 높았으며 이때 침출액의 EC는 1에서 $2dS \cdot m^{-1}$ 사이였다. 백일홍은 0.5배 농도($EC\ 1.1dS \cdot m^{-1}$)에서 높았으며 이 때 침출액의 EC는 $1dS \cdot m^{-1}$ 정도이다. Stock의 경우 1.0에서 2.0배($EC\ 2.0 \sim 3.7\ dS \cdot m^{-1}$) 사이에서 높게 나타났으며 이때 침출액의 EC는 2에서 $6dS \cdot m^{-1}$ 정도이다. 천일홍은 1.0배에서 2.0배($EC\ 2.0 \sim 3.7\ dS \cdot m^{-1}$)사이에서 높았으며 이때 침출액의 EC는 2에서 $6.5dS \cdot m^{-1}$ 정도이다. 패랭이는 1배농도($EC\ 2.0dS \cdot m^{-1}$)에서 높았으며 이 때 침출액의 EC는 $4dS \cdot m^{-1}$ 정도였다.

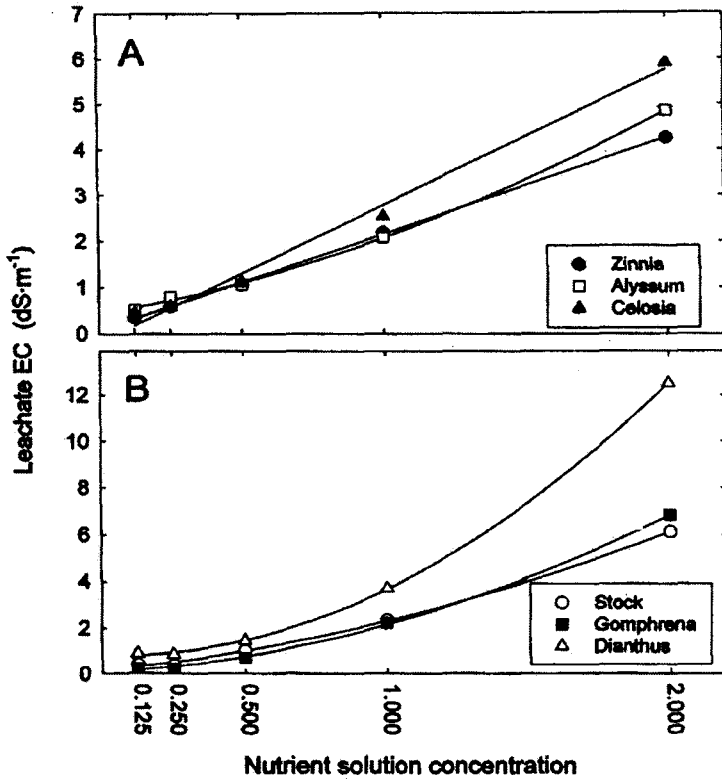


그림 2. 백일홍(Zinnia), Alyssum, 맨드라미(Celosia), Stock, 천일홍(Gomphrena), 패랭이꽃(Dianthus)의 저면관수 재배에서 배양액 농도에 따른 침출액의 EC 변화 (최종 관수 후 1시간 정도에 pour-through method에 의해 측정된 수치임.)

배양액의 EC가 낮은 농도에서는 배지 침출액의 EC도 낮게 나타난 반면 배양액의 EC가 $3.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ (2배 농도) 정도 되면 축적이 심해지고 식물에 따라 축적 정도도 달라지는 반응을 보였다. 배양액이 2배 농도로 높아지면 배지 침출액의 EC는 패랭이의 경우 $12\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 정도까지 높아지며 그 외 식물에서도 4에서 $6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 정도로 높게 나타났다. 같은 양액농도에서도 식물에 따라 침출액의 EC가 다른 것은 식물의 흡수특성이 다르기 때문으로 생각된다.

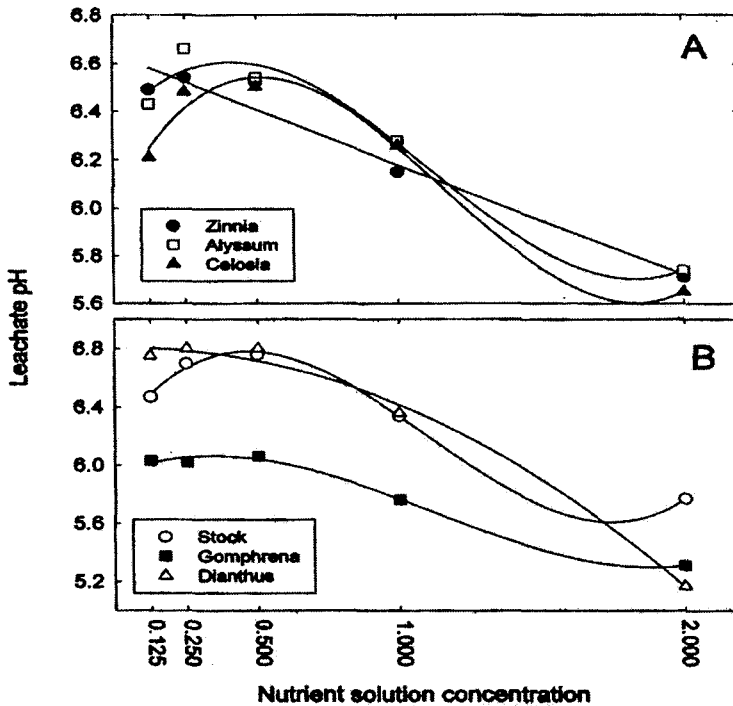


그림 3. 백일홍(Zinnia), Alyssum, 맨드라미(Celosia), Stock, 천일홍 (Gomphrena), 패랭이꽃(Dianthus)의 저면관수 재배에서 배양액 농도에 따른 침출액의 pH 변화 (최종 관수 후 1시간 정도에 pour-through method에 의해 측정된 수치임.)

식물에 관계없이 낮은 배양액 농도(0.125, 0.25, 0.5배)에서의 pH는 6~6.8 정도에서 변화가 없었으나 이보다 농도가 높아지면 pH가 낮아지는 반응을 보였다.

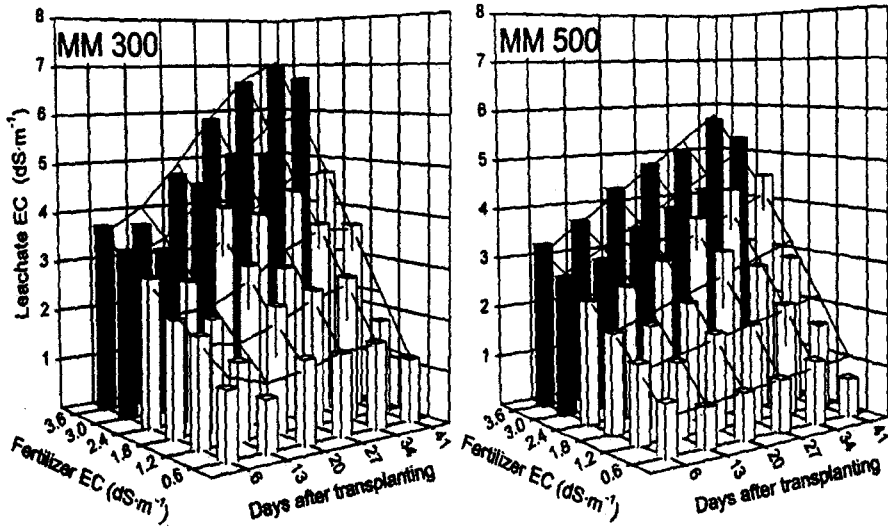


그림 4. 팬지의 저면관수재배에서 배양액의 EC에 따른 배지 침출액의 EC 변화

팬지 재배에서 배지 침출액의 EC는 배양액의 농도가 높을수록, 정식 후 시간이 경과 할 수록 높아지는 결과를 보여준다. 배지내 양분 축적의 정도는 배지의 종류에 따라서도 달라지는데 그림에서 MM 500 배지보다 MM 300배지에서 축적 정도가 더 높았음을 알 수 있다.

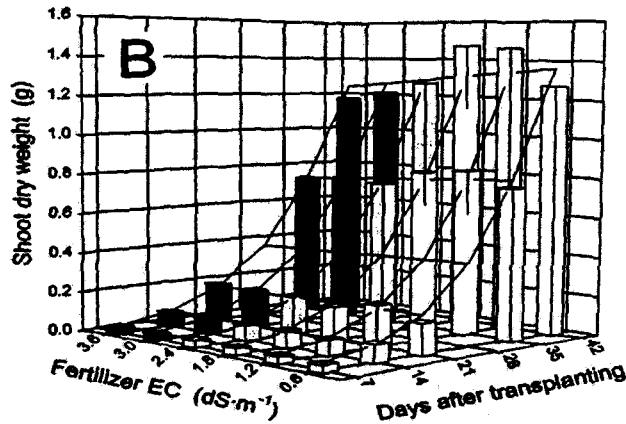
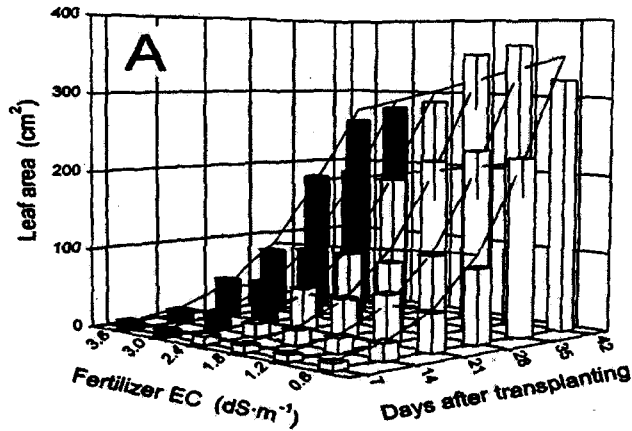


그림 5. 저면 관수 재배에서 배양액의 EC에 따른 팬지의 엽면적과 건물 생산

팬지 재배에 있어서 최적 배양액의 농도는 EC 1.2에서 1.8dS · m⁻¹ 정도이며 이때 배지 침출액의 EC는 1.5에서 4dS · m⁻¹ 정도이다. 만약에 배지 침출액의 EC가 5dS · m⁻¹ 이상이 되면 건물생산과 엽면적에서 감소를 가져오는 결과를 보였다.

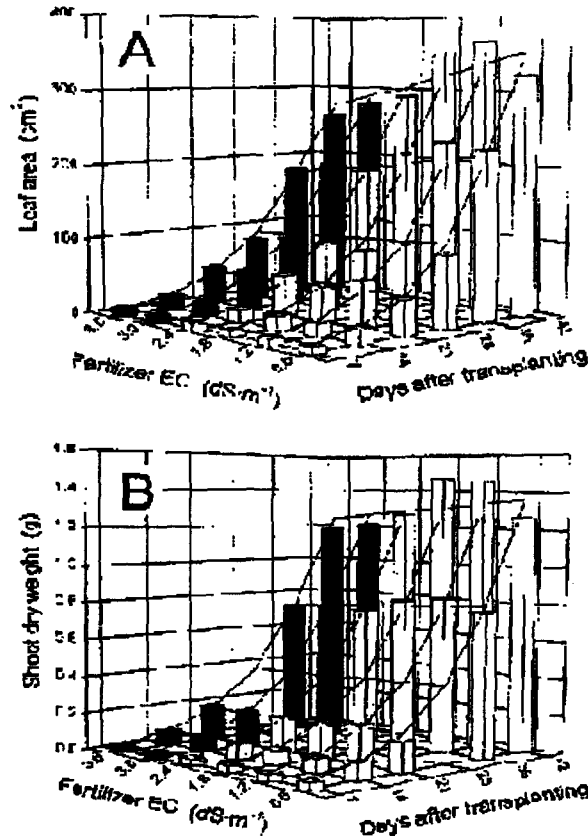


그림 5. 저면 관수 재배에서 배양액의 EC에 따른 팬지의 엽면적과 건물 생산

팬지 재배에 있어서 최적 배양액의 농도는 EC 1.2에서 1.8dS · m⁻¹정도이며 이때 배지 침출액의 EC는 1.5에서 4dS · m⁻¹정도이다. 만약에 배지 침출액의 EC가 5dS · m⁻¹이상이 되면 건물생산과 엽면적에서 감소를 가져오는 결과를 보였다.

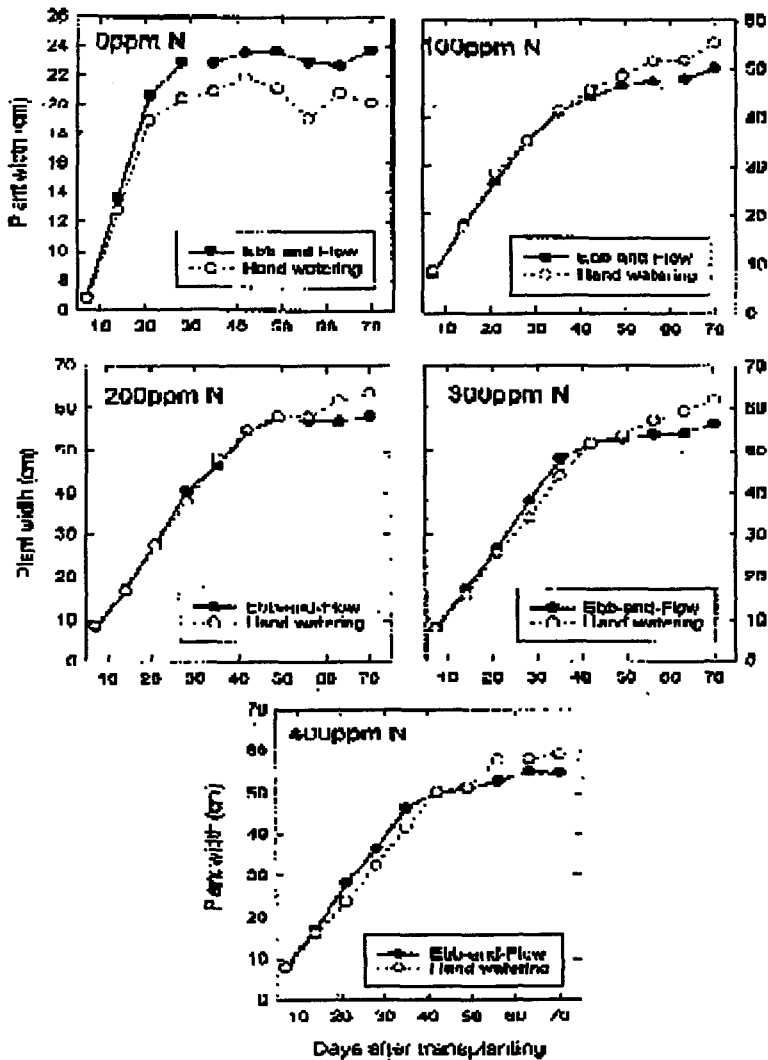


그림 6. 관수방법과 질소의 농도가 꽃 고추(Ornamental pepper)의 식물 폭에 미치는 영향

질소를 처리하지 않은 구를 제외하고는 정식 후 40일에서 50일 까지 재배 방법간, 농도간에 식물 폭에서 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 정식 후 50일이 경과하면서 무처리구를 제외한 모든 농도에서 두상관수(Hand watering)할 때 식물의 폭이 더 커지는 경향이였다.

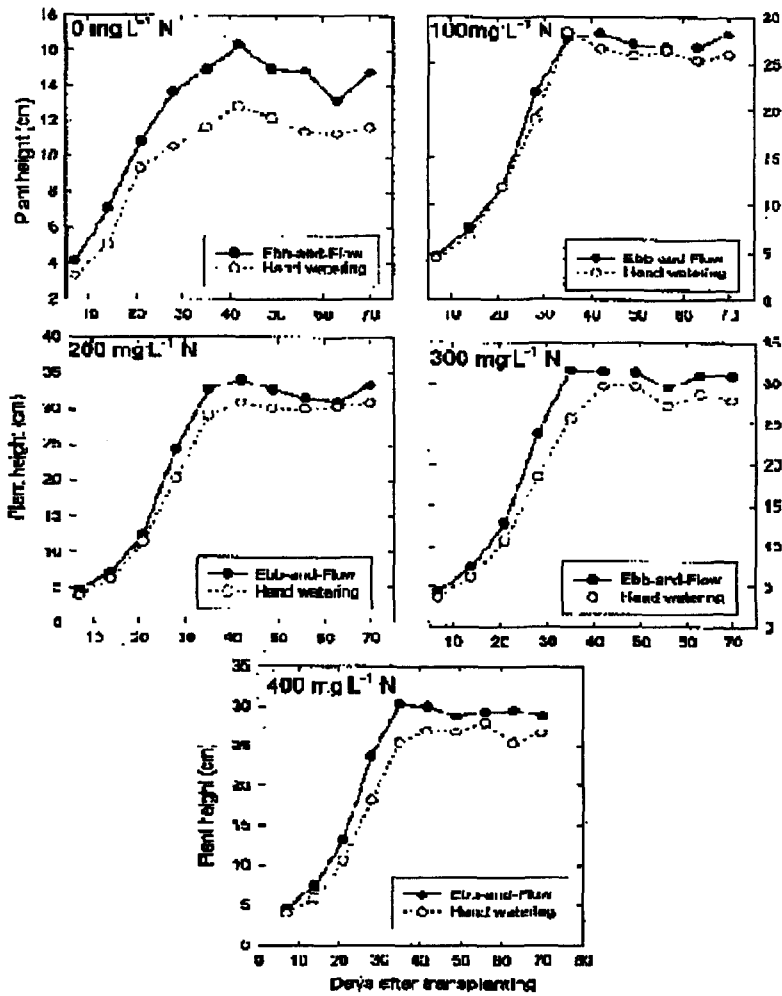


그림 7. 관수방법과 질소의 농도가 꽃 고추(Ornamental pepper)의 초장에 미치는 영향

모든 처리구에서 Ebb and Flow 방법으로 재배한 경우가 두상관수(Hand watering)한 경우보다 초장이 커지는 경향이었으나 그 차이는 크지 않았다.

관수에서 높았던 것은 식물 폭과 경경의 차이에 기인된 것으로 보이며 실제로 Ebb and Flow 방식에서 자란 식물은 좀 약한 편이었고 두상관수에 의해 자란 식물이 더 튼튼한 줄기를 갖고 있었다. 좀더 연구가 필요한 부분이라 사료된다.

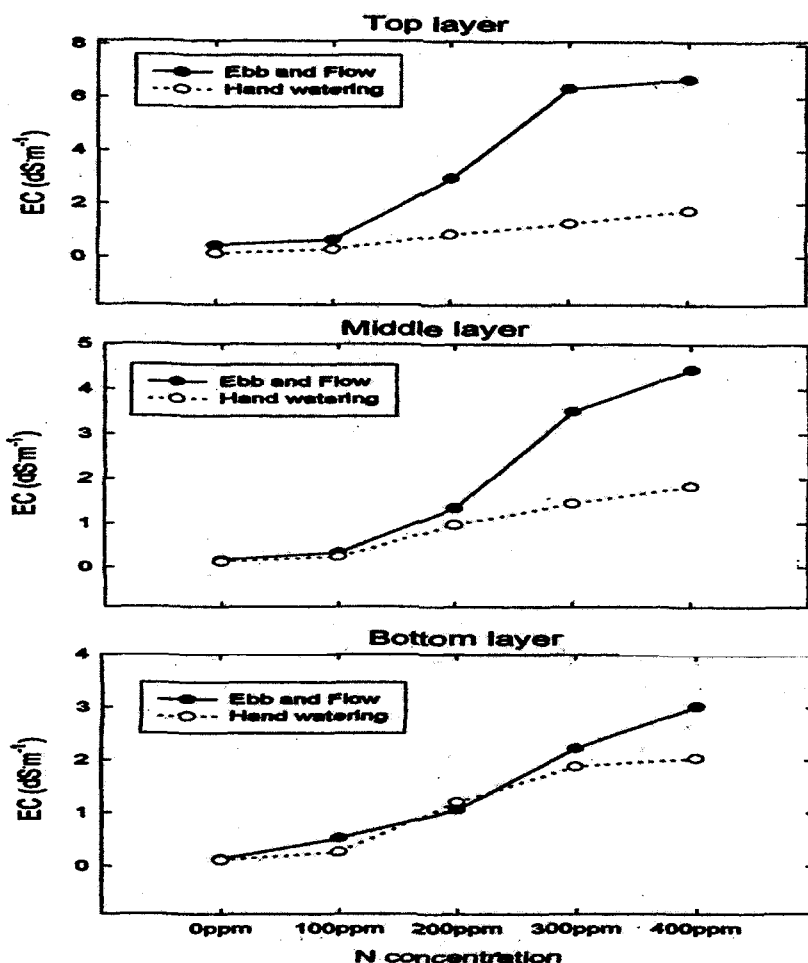


그림 10. 꽃고추의 수확기에 재배 방법별 배지의 위치별 EC 변화 (volume extraction method에 의해 측정된 것임)

배지의 하층부에서는 200ppm N 농도까지 재배 방법간에 차이를 보이지 않았고 300~400ppm N 농도에서 Ebb and Flow 방법에서 높아졌

으나 그 차이는 300ppm에서는 0.4 정도 400ppm에서는 1정도로 크지 않았다. 또한 배양액의 농도가 400ppm N 농도로 높다 하더라도 하층부의 EC는 두 방법 모두 $2\sim 3\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 사이에 있어서 생육 범위에 있었다. 중간층의 경우는 200ppm N 농도까지는 재배방법간에 차이를 보이지 않지만 300~400ppm으로 농도가 높아지면 Ebb and Flow에서 배지의 EC가 월등히 높아졌다. 배지의 상층부에서는 이러한 차이가 더욱더 커지는 결과를 보여서 Ebb and Flow에서 두상관수보다 배지의 중층과 상층부의 염류 축적이 많아짐을 알 수 있었고 이러한 현상은 배양액의 농도가 높을수록 심해졌다.

표 1. 관수 방법과 비료 농도에 따른 페튜니아의 생육반응

비료의 농도 (ppm N)	관수방법	건물중 (g)	꽃 수	품질 평가
50	저면 관수	4.15c	1.05c	3.98c
	두상관수	4.21c	0.45c	3.79c
100	저면관수	7.06a	3.45a	5.00a
	두상관수	6.01b	2.95ab	4.48b
150	저면관수	6.16b	2.05b	4.90a
	두상관수	7.16a	3.20ab	4.45b

저면관수재배의 경우 페튜니아의 건물생산과 꽃수는 100ppm N 농도에서 높았으며 이 농도에서는 두상관수 할 때 보다 건물량도 많고 꽃수도 많았다. 그러나 150ppm N로 비료농도가 높아지면 저면관수 재배에서 건물 생산과 꽃수는 같은 농도의 두상관수할 때 보다 낮아지는 결과를 보였다. 따라서 이 연구 결과에 의하면 두상관수보다 저면관수에서 비료 농도를 낮게 하는 것이 페튜니아의 생장에 좋은 것으로 보이며 그 정도의 차이는 30%정도인 것으로 추정된다.

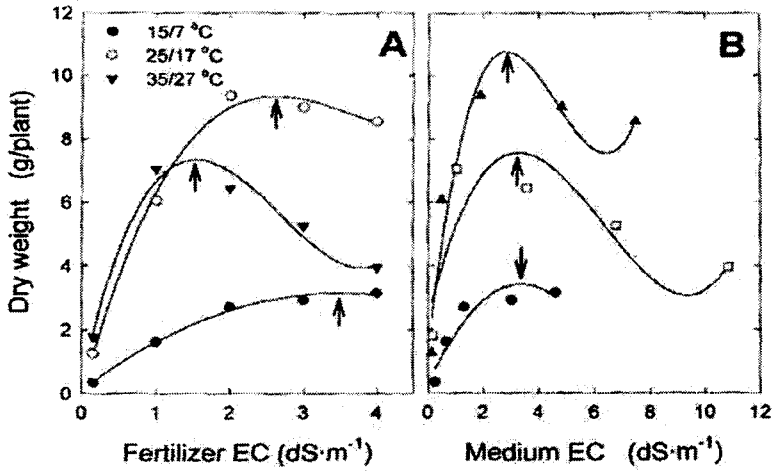


그림 11. 페튜니아 저면관수재배에서 건물생산에 미치는 온도와 비료 농도(EC)(A) 및 온도와 배지 침출액의 EC(B)와의 관계

최고의 건물량을 보인 비료 농도는 재배 온도별로 다르게 나타났다. 15/7°C(주간/야간)에서는 $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 25/17°C(주간/야간)에서는 $2.6\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$, 35/27°C(주간/야간)에서는 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 나타나서 재배온도가 높을수록 최적비료 농도가 낮아짐을 알 수 있다(그림1 A). 최적의 생장은 비료 농도보다 배지 침출액의 EC와 관련이 있는데, 수확시기에 최고의 건물 생산량은 재배 온도에 상관없이 배지 침출액의 EC가 대략 $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 정도에서 나타났다.

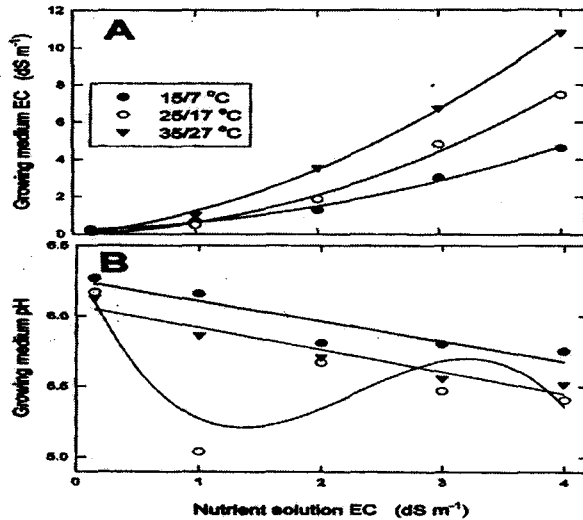


그림 12. 페튜니아 저면관수 재배에서 배지 침출액의 EC와 pH에 미치는 재배 온도와 비료농도의 영향 (정식 후 38일에 pour-through 방법에 의해 측정한 것임.)

배지 침출액의 EC는 비료농도가 높을수록 재배온도가 높을수록 높게 나타났다. 따라서 같은 비료농도에서는 높은 재배 온도(35/27°C 주간/야간)에서 배지 내 염류축적이 많았음을 보여주며 비료 농도가 높아질수록 차이는 심해진다. 침출액의 pH는 비료 농도가 높아질수록 낮아지는 경향이였다.

4. 결론

식물생산을 위한 시비지침서는 배지나 식물자체의 영양수준을 파악하여 이를 기초로 만들어져야 한다. 식물체 잎의 분석방법은 식물의 영양상태를 파악하는데 좋은 방법이며 그 분석결과에 의해서 어느 영양소가 과잉인지 혹은 결핍인지를 판단할 수 있을 것이다. 그러나 식물체내의 현재 영양상태보다 배지내의 사용 가능한 영양상태가 문제이기 때문에 식물 분석 방법은 당면문제를 예측하는데 정확한 방법이라고 하기 어렵다. 또한 식물체 분석을 위해서는 비교적 비용이 비싸고 특수한 실

혐실이 있어야 하는 어려움이 있으며 분석을 위한 시간이 많이 소요되기 때문에 생육 기간이 비교적 짧은 분화류나 화상식물의 경우 분석 결과에 의한 올바른 처방을 하기가 매우 어렵게 되거나 적절한 처방시점을 놓치게 될 가능성이 높다. 반면에 배지내의 염류농도 파악은 식물의 장래 생장을 위해 필요한 사용 가능한 영양 상태를 파악할 수 있으며 또한 배지 test는 어떤 요소의 결핍 전에 그것을 예측할 수 있을 것이다. 이것은 필요한 경우 재배자에게 문제점에 대한 반응 기회를 제공하게 되는 것이다. 전기 전도도(EC)는 배지 내에 존재하는 양분의 총량을 가리키는데 유용하게 사용 될 수 있으며, 간단한 장비로 시설 내에서 매우 쉽게 측정이 가능하다. EC측정 결과를 얻는데는 불과 몇 분만이 소요되고 만일 문제점이 있다면 그 측정 결과에 의해 즉시 대처할 수 있다. 배지내의 염류 축적은 시용 되는 비료의 농도에 의해 크게 영향되지만 관수의 횟수와 방법, 식물의 종류, 배지의 종류와 온도뿐만 아니라 pot의 크기에 의해서도 영향 받게 된다. 배지내의 염류 축적 정도는 식물의 성장과 직접 관련이 있기 때문에 관수 방법이나 횟수, 배지의 종류나 환경에 따라 주어지는 비료의 농도가 달라져야 한다. Ebb & Flow 방식의 경우 같은 조건에서는 두상관수에 비해 배지내의 염류 농도가 높게 축적되며 특히 배지의 상층부의 EC는 식물이 정상적으로 성장 할 수 없을 정도로 높은 농도로 축적된다. 그러나 Ebb & Flow system에서 성장한 식물의 뿌리는 pot의 하층부에 존재하는 경향이어서 정상적으로 성장 할 수 있다. 여러 가지 문헌과 연구 결과를 종합해 볼 때 Ebb & Flow에서 두상관수 보다 50%정도로 낮은 농도의 비료를 공급한다는 시비 지침서는 옳지 않다고 판단되며 이는 배지 내 활성뿌리의 위치가 배지의 하층에 존재하기 때문이며 하층의 염류 축적은 두상관수와 비교해서 큰 차이가 없기 때문이다. 따라서 Ebb & Flow system에서의 시비 기준은 두상관수와 같거나 약간 낮추되 75% 이하가 되지 않도록 비료 농도를 조절하며 관수 횟수, 식물의 종류, 화분의 크기와 배지의 종류, 성장 온도 등 환경을 고려한 시비가 이루어지도록 해야 한다.

5. 참고문헌

- Albert T.Y. Mak and D.M. Yeh. 2001. Nitrogen nutrition of *Spathiphyllum* "Senation" grown in sphagnum peat- and coir-based media with two irrigation methods. HortScience 36(4):645-649.
- Argo W.R. and J.A. Biernbaum. 1995. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:163-169.
- Biernbaum, J.A 1992. Root-zone management of greenhouse container-grown crops to control water and fertilizer use. HortTechnology 2:127-132.
- Blom. J.J. and B.D Piott. 1990. Comparison of low volume drip and subirrigation systems. HortScience. Abstract. 25:113.
- Buwalda F., R.Baas & P.A. van Weel 1994. A soilless ebb-and-flow system for all-year-round chrsanthemums. Acta Horticultrae 361:123-132.
- Buwalda F., R. Frenck, B. Lobker, B. van den Berg-De Vos and K. S. Kim 1995. Ebb and flow cultivation of chrysanthemum cuttings in different growing media. Acta Horticultrae 401:193-200.
- Buwalda F. and Kim, K. S. 1994. Effects of irrigation frequency on root formation and shoot growth of spray chrysanthemum cuttings in small jute plugs. Sci. Hort. 60:125-138.
- Compton, A. and P. Nelson 1997. Timming is crucial for plug seedling substrate testing. HortTechnology 7:63-68.
- Conover, C.A. and R.T. Poole. 1992. Effect of fertilizer and irrigation on leachate levels of $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, and P in container production of *Nephrolepis exaltata* "Fluffy Ruffle". J. Environ.

- Hort. 10: 238-241.
- De Kreij, C. and N. Straver. 1998. Flood-bench irrigation: Effect of irrigation frequency and type of potting soil on growth of *Codiaeum* and on nutrient accumulation in the soil. Acta Hort. 221:245-252.
- De Visser, A.J.& Hendrix, A.T.M. 1987. Economic aspects of growing systems for all-year-round chrysanthemums. Acta Horticultrae 197:111-114.
- Devitt, D.A. and R.L. Morris. 1987. Morphological response of flowering annuals to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:951-955.
- Holcomb. E.J., S. Gamez, D. Beattie, and G.C. Elliot. 1992. Efficiency of fertigation programs for baltic ivy and asiatic lily. HortTechnology 2:43-46.
- James, E.C. and M.W. van Iersel. 2001. Fertilizer concentration affects growth and flowering of subirrigated petunias and begonias. HortScience 36:40-44.
- Kang, J.G. and M.W. van Iersel. 2001. Interaction between temperature and fertilizer concentration affect growth of subirrigated petunias. J. Plant Nutr. 24(4&5):753-765.
- Kang, J.G. and M.W. van Iersel. 2002. Nutrient solution concentration affects growth of subirrigated bedding plants. J. Plant Nutr. 25(2):387-403.
- Kent, M.W., and D.W. Reed. 1996. Nitrogen nutrition of New Guinea impatiens 'Barbados' and Spathiphyllum 'Petite' in a subirrigation system. J. American Soc. Hort. Sci. 121(5):816-819.
- Kimberly A. Klock-Moore and Timothy K. Broschat. 1999. Differences in bedding plant growth and nitrate loss with a controlled-release fertilizer and two irrigation systems. HortTechnology 9(2) 206-209.

- McAvoy, R.J., M.H. Brand, E.G. Corbett, J.W. Bartok, Jr., and A. Botacchi. 1992. Effect of leachate fraction on nitrate loading to the soil profile underlying a greenhouse crop. *J. Environ. Hort.* 10:167-171.
- Molitor, H.D. 1990. Bedding and pot plants: The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. *Acta Hort.* 272:165-171.
- Nelson, P.V. 1990. Developing root zone management strategies to minimize water and fertilizer waste: the United States perspective with emphasis on surface applied non-recirculated systems. *Acta Hort.* 272:175-184.
- Poole, R.T. and C.A. Conover 1992. Fertilizer levels and medium affect foliage plant growth in an ebb and flow irrigation system. *J. Environ. Hort.* 10:81-86.
- Todd, N.M. and D.W. Reed 1998. Characterizing salinity limits of New Guinea Impatiens in recirculating subirrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123:156-160.
- van Iersel, M.W. 1999. Fertilizer concentration affects growth and nutrient composition of subirrigated pansies. *HortScience* 34:660-663.
- van Iersel, M.W., R.D.Oetting, D.B.Hall and J.G Kang 2001. Application technique and irrigation method affect imidacloprid control of silverleaf whiteflies (Homoptera:Aleyrodidae) on poinsettias. *Journal of Economic Entomology* 94(3):666-672.
- Warmenhoven M.G. and R. Baas 1995. Chrysanthemum cultivation in a soilless ebb/flow system: Interaction of NaCl, mineral nutrient and irrigation frequency. *Acta Horticultrae* 401:393-400.
- Warncke, D.D. 1986. analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience* 21:223-225.
- Whipker, B.E., S. Dasoju, M.S. Dossman, and J.K. Iles 1999. Effect

of fertilizer concentration on growth of double impatiens.

HortTechnology 9:425-428.

Wright, R.D. 1986. The pour-through nutrient extraction procedure.

HortScience 21:30-33.