

양액 흘림식 심지이용형 분화생산시스템(NFW)의 실용화 Practical Use of Nutrient-flowing Wick Culture System (NFW) for Potted Plant Production

손정익¹ · 정동호¹ · 노은희¹ · 오명민¹ · 김성규¹ · 김기선¹ · 손기철²

¹서울대학교 원예학과 · ²건국대학교 원예학과

Son, JE¹, DH Jung¹, YJ Lu¹, MM Oh¹, SK Kim¹, KS Kim¹, and KC Son²

¹Dept. of Horticultural Science, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea

²Dept. of Horticultural Science, Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

서 론

분화 양액 재배에 있어서 저면 관수 방식은 두상 관수 방식 보다 더 널리 사용되고 있다. 저면 관수 방식의 장점으로서는 지상부에 물이 닿지 않아 고품질의 식물체 생산 가능, 균일한 크기의 식물체 생산 가능, 물과 양분의 사용의 줄임 등이 있다 (Newman, 1999). 현재 유럽은 저면 관수방식의 대표적인 ebb-and-flow 시스템이 상용화 되어있으며, 북미에서도 점점 그 사용 비율이 증가하고 있다 (Birnbaum, 1990). 그러나 이 시스템은 설치비용이 다른 시스템에 비해서 고가인 단점과 정확한 수평유지의 필요성이 있다. 심지를 이용한 저면관수 방법은 1935년에 처음 개발 되었다 (Raines, 1935). 지금까지 심지를 이용한 관수 방법은 담액형 방식이었다(Raines, 1937; Dolar and Keeney, 1971; Toth et al., 1988). 이 방식은 물을 많이 필요로 하는 작물을 재배하는데 사용하는데, 최근 일본에서는 C형강을 이용한 심지 담액형 재배가 상용화 되었다. 그러나 이 방식은 물이 너무 많이 소모되며, 철저한 누수방지가 필요하며, 수분 과다에 민감한 작물의 경우에는 적합하지 못한 면이 있다. 본 연구에서는 심지를 이용하여 저면 관수를 하되, 간헐적으로 물을 기울어진 홈통 사이로 흘러서 관수하는 Nutrient-flowing Wick Culture system (NFW)을 개발하게 되었다. 이 시스템을 실용화하기 위해서 수분과 양분 흡수에 관한 기본적인 실험과 다른 시스템과의 생육을 비교하고, 실제로 재배 농가에 적용시켜, 그 가능성을 검증하였다.

재료 및 방법

1. 시스템 개요

1) 시스템 구조 설명: 본 시스템은 길이×폭(9m×1.7m)로써 순환형 양액공급장치이다. 주요 배관은 PVC자재를 사용했으며, 베드는 성형이 용이한 스티로폼으로 제작되었다. 양액공급 시, 양액이 고이지 않도록 자연스러운 흘림을 위해 2-3%의 경사도를 유지하였다. 실험에 사용된 포트는 10, 8, 그리고 6cm이었으며, 포트 트레이를 같이 사용할 수 있도록 고안하였다. 이를 위해 시스템의 양액 공급로는 스티로폼으로 포트 사이즈에 맞게 설치되었으며, 6cm의 경우는 상용화되고 있는 선라이트(sunlight)를 사용하였다.

2. 배지, 양액, 생육 실험

1) 관수처리는 총 4처리로, 심지를 이용해서 하루 5회 15분씩 흘림 (NFW(5)), 2회 15분씩 흘림 (NFW(2)), 심지를 흡통의 물에 담금 (NCW; Nutrient-contained Wick Culture), ebb and flow 로 1일 10분 관수 (EBB)이었다. 배지 구성은 혼합인공 토양으로 피트모스와 펄라이트를 7:3과 1:1로 섞었을 때의 수분 함수율을 조사하였다. 화분은 지름이 6cm인 소형 화분을 사용하였다. 심지는 12×1cm 규격을 사용하였다.

2) 상기의 시스템과 관수조건으로 *Kalanchoe blossfeldiana* 'New Alter'를 6cm 화분에 발근 이후 10주간 재배하였다. 양액은 Sonneveld 양액을 1.6 dSm⁻¹의 농도로 처리해 주었으며, 배지는 피트모스와 펄라이트를 7:3으로 혼합하였다. 개화하기 이전 7주까지 단일처리를 실시하였다. 10주째 식물체 지상부/지하부 건물중, 초장, 꽃대수, 엽면적을 측정하였다.

3) 환경요인별, 양액 흡수특성 분석하여 배양액 조성을 결정하기 위하여 칼라코에 생육단계별로 차광율과 배양액 농도처리를 하고 양·수분 흡수비율을 측정하였다. 양분 흡수비는 야마자키의 n/w 방법에 따라 계산하였다. 환경요인은 광환경과 배양액의 EC의 변화를 측정하였다. 환경요인과 양분의 흡수사이에 상관관계를 구하고 그 관계를 수식화하여 모델식을 구하였다.

3. 실용화 실험

1) 동탄 실험: 재배품종은 *Kalanchoe blossfeldiana* 'Raco', 실험처리는 재식밀도, 관수처리, 배지조성 비율 처리를 하였다. 베드의 경사는 1%로 하였다, 재식밀도는 50공 트레이를 기준으로 식물체 50개와 25개, 관수 처리는 하루 3회, 4회, 그리고 5회 및 각각 10, 20분 처리를 하였다. 그리고 피트모스와 펄라이트의 혼합비율을 7:3, 6:4, 그리고 1:1 처리를 하였다.

2) 과천 실험: 재배품종은 *Kalanchoe blossfeldiana* 'New Alter', 실험처리는 동탄 실험의 결과를 토대로 관수처리 실험으로 하루 1회, 2회, 그리고 3회, 각각 10분 처리를 하였다. 베드 경사는 2-3%로 하였다. 개발된 배양액 조성을 검증하기 위하여 과천에 있는 농가에 NFW 시스템을 설치하여 실증실험을 진행하고 있다. 개발된 배양액 (SNU)과 기존의 sonneveld 배양액(PTG)와 비교실험을 하였다.

결과 및 고찰

1. 시스템 특성

본 시스템은 양액흘림의 흐름 간격을 조정함에 따라 6cm 포트는 물론, 보다 큰 포트를 사용할 수 있다. 양액의 간헐적 흘림에 따라 수분의 증발 손실이 현저히 감소하였고, 베드 경사의 조정에 따라 유속이 변하며, 관수후 베드위에 양액의 잔류와 녹조류의 발생에 직접적인 영향을 주었다.

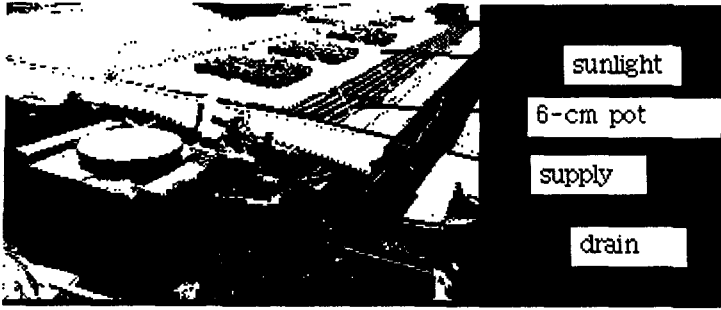


Fig. 1. General view of Nutrient-flowing Wick Culture System (NFW).

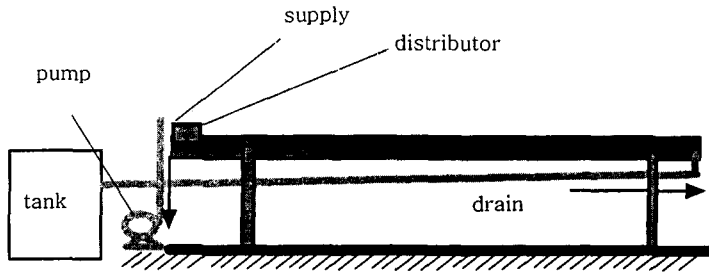


Fig. 2. Concept of Nutrient-flowing Wick Culture System (NFW).

2. 배지특성

피트모스의 함량이 많은 7:3이 모든 시스템에서 약 5% 더 많은 수분함수율을 보였다 (Fig. 3). 수분 함수율의 패턴은 NCW를 제외하고, NFW와 EBB에서 수분함수율의 변동을 보였다. NFW(5)의 경우는 하루 간에 함수율 변동을 보였지만 일정한 함수율 범위를 유지한 반면, NFW(2)의 경우는 점점 배지 함수율이 감소함을 볼 수 있어, 적당하지 않은 관수조건으로 판단되었다. 따라서 다양한 배지변수에 따라 관수조건이 민감하게 영향을 주는 것으로 판단되었다.

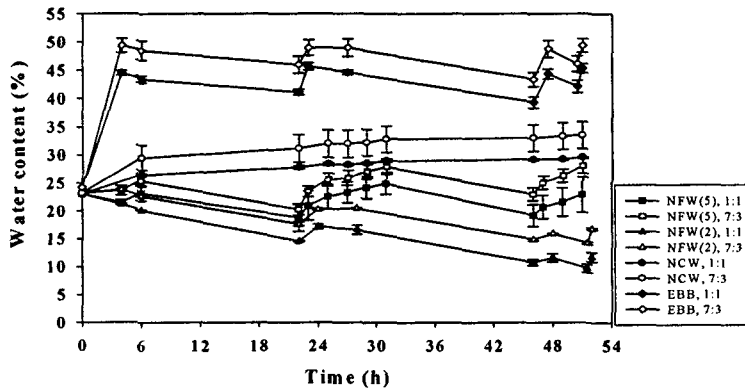


Fig 3. Change in water content at different irrigation methods and substrate composition ratios in 6-cm pot. Bars indicate \pm SE.

3. 생육특성

각 관수 처리에 대하여, 전체적으로 NFW(2)를 제외한 나머지 관수처리에서 비슷한 생육을 보였다. 특히 NFW 방식이 기존의 저면관수 방식은 현재 상업적으로 사용하고 있는 EBB 방식과 비교했을 때 거의 동등한 생육을 보였다. NFW(5)가 지상부와 지하부 생육에서 가장 좋았음을 알 수 있고, 초장과 꽃대수에서도 다른 처리와 유사하게 나타났다. NFW 방식에서는 관수횟수가 작물생육에 한계인자로 작용하기 때문에 정확한 관수방법의 확립이 필요하다.

Table 1. Influence of irrigation system on plant growth of *Kalanchoe blossfeldiana* 'New Alter' at 10 weeks.

Irrigation system	Dry weight (g)		Plant height (cm)	Number of flower stem	Total leaf area (cm ²)
	Shoot	Root			
NFW(5)	4.42 a	0.82 ab	24.50 b	14.33 a	491.80 a
NFW(2)	43.47 b	0.67 c	22.46 b	11.17 b	373.24 b
NCW	4.65 a	0.92 b	24.80 a	14.33 a	527.78 a
EBB	4.40 b	0.72 a	27.87 a	13.33 a	482.15 a

4. 양액흡수특성

칼랑코에 식물체에 의한 다량원소의 흡수는 광강도와 배양액의 농도에 의해 예측가능하며 그 결정계수는 비교적 높게 나타났다. 전체적으로 양액의 농도의 영향이 크며, K와 N 등은 PPF에 영향에 민감한 것으로 나타났다.

Table 2. Multiple regression models for predicting the uptake of water and macronutrients of *Kalanchoe* from the nutrient solution.

Variable	Equation	R ²
Water	$17.58 + 0.95 \cdot \text{PPF}^z + 0.86 \cdot \text{EC}^y$	0.57
N	$-2.41 + 2.12 \cdot \text{PPF} + 16.28 \cdot \text{EC}$	0.96
P	$3.26 + 0.44 \cdot \text{PPF} + 5.76 \cdot \text{EC}$	0.93
K	$-40.65 + 4.59 \cdot \text{PPF} + 42.87 \cdot \text{EC}$	0.79
Ca	$-12.27 + 1.94 \cdot \text{PPF} + 22.14 \cdot \text{EC}$	0.97
Mg	$-11.93 + 1.28 \cdot \text{PPF} + 7.93 \cdot \text{EC}$	0.74

^zPPF: photosynthetic photon flux

^yEC: electrical conductivity

5. 실용화 실험

1) 동탄 실험

NFW 시스템에서 재색밀도, 관수처리, 및 배지 조성비율을 달리하여 칼랑코에 생육을 조사한 결과, 배지 내 수분조절이 가능하였고, 근권부 생육이 양호하였다. 재배 생육

기간이 2주 정도 단축, 발근 소요일수는 평균 1주일 정도로 짧았으며, 컷 개화에 소요된 시간 또한 7주로 2-3주 정도 짧아졌다. 재식밀도는 높은 처리구에서는 엽면적, 측지, 그리고 초장에서 높은 경향을 보였다. 이는 재식밀도가 높아 광 흡수를 위해 측면 성장보다 상향 성장을 많이 한 것으로 보인다. 배지 경사도가 1%에서 베드위에 약간의 양액 잔류가 발견되었고, 이로 인한 녹조류도 발생하였다.

배지혼합비를 처리구에서는 1:1 에서 생육 정도가 낮은 경향을 보였는데 이는 피트모스의 함량이 높은 처리구에서 배지 내 양·수분 보유력이 높았기 때문이라 사료된다. 그러나 꽃대수, 지상부 생체중에서는 유의성은 없었다. 관수처리에서는 관수회수와 시간이 증가함에 따라 생육은 양호하였. 엽면적, 측지, 지상부와 지하부 생체중 및 건물중에서도 관수회수와 비례관계를 나타내었다. NFW(5)에서 생육이 좋았지만, 1회 관수시간이 20분일 경우는 생육이 저조하였다. NFW(3)에서도 생육 정도가 다소 감소하는 경향을 보였다. 따라서 관수시간 및 간격은 분화작물 생육에 매우 중요한 영향을 주는 것으로 판단되었고, 이를 보완하여 과천 실험을 실시하였다.

Table 3. Analyses of *Kalanchoe blossfeldiana* "New Alter" growth in plant density(D), substrate composition(C), and irrigation methods(I).

Treatment	LAI	lateral shoot	flower salk	f.w. of shoot	f.w. of leaf	f.w. of root	leaf thickness	d.w. of shoot	d.w. of leaf	d.w. of root
Density(D)	*	*	***	***	NS	NS	***	***	***	**
Composition(C)	***	***	***	NS	NS	***	*	***	***	***
Irrigation(I)	***	*	***	***	***	***	*	***	***	***
D×C	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS
D×I	***	NS	**	***	***	NS	NS	***	***	NS
C×I	***	NS	***	NS	**	NS	*	NS	*	***

NS, *, **, ***Nonsignificant or significant at P 0.05, 0.01 or 0.001 by regression analysis.

2) 과천 실험

시스템의 경사를 2-3%로 설정함으로써 베드내의 양액이 잔류하지 않았고, 녹조류의 발생이 없었다. 개발한 양액 조성 (SNU)의 1배액의 EC는 1.1 dSm^{-1} 이고 기존의 PTG 배양액의 1배액의 EC는 1.6 dSm^{-1} 이다. 이러한 EC의 차이에도 불구하고 칼랑코에 꽃봉오리 형성전의 생육조사 결과 처리간에는 유의성이 없었다. 즉 새로 개발된 배양액 조성에 의해 칼랑코에 작물체가 생육에 필요로 하는 양분을 충분히 공급할 수 있음을 알 수 있다. 현재 계속적인 실험이 진행되고 있다.

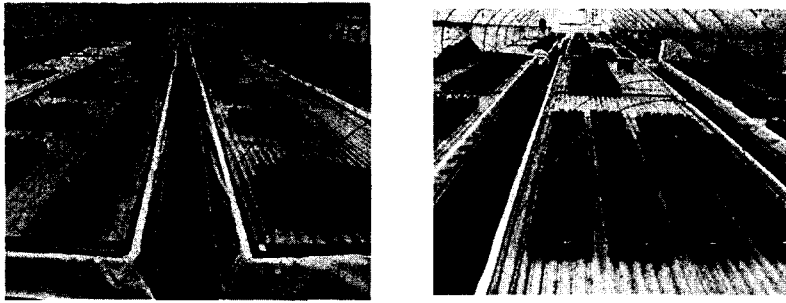


Fig. 4. Practical NFW systems in DongTan (left), and GwaCheon (right).

Table 4. Effects of nutrient compositions on growth of *Kalanchoe blossfeldiana* "New Alter".

Nutrient compositions	Plant height (mm)	No. of branch	Leaf area (cm ²)	Fresh weight(g/plant)		Dry weight (g · plant ⁻¹)	
				shoot	root	shoot	root
SNU ^z	43.33 a ^x	5.00 a	122.2 a	12.77 a	1.79 a	0.63 a	0.27 a
PTG ^y	44.67 a	5.66 a	114.7 a	11.74 a	1.75 a	0.59 a	0.26 a

^zNutrient solution of Seoul National University for kalanchoe in ebb & flow system.

^yNutrient solution of proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk.

^xMeams separation within columns of each nutrient strength by Duncan's multiple range test, P=0.05.

결 론

NFW 시스템의 활용 방안에 대한 제반 실험을 수행한 결과, 경제적인 측면과 실용적인 측면을 고려할 때 차후 분화대량생산시스템으로의 발전 가능성이 큰 것으로 판단된다. 특히, NFW 방식은 양액의 손실을 줄일 뿐 아니라, 엄격한 수평유지가 필요하지 않으며, 까다로운 누수방지 처리가 필요 없는 것으로 나타났다. 그리고 베드 내 청결성 유지와 심지를 이용을 통한 병발생률의 저하 가능성을 나타냈다. 기술적으로는 분화 재배를 위한 배지 내 수분조절이 가능하게 되었으며, 이에 근거한 왜화제 처리로 작물체 초장 및 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

인용문헌

- Biernbaum, J. 1990. Get ready for subirrigation. Greenh. Grow. 8:130-133.
 Dolar, S. G and D. R. Keeney. 1971. A self-watering system for growing plant in potted soils. J. Agron. 63:334-336.

- Newman, S. E. 1999. A dry/wet discourse on ebb and flood. *Greenhouse Product News* 9(8):52-66.
- Raines, M. A. 1935. Receptacle for growing plants. U.S. Patent No.2,026,322. Issued Dec. 31, 1935.
- Raines, M. A. 1937. Wick culture of seedling with different rates of water flow. *J. Amer. Bot.* 24:185-187.
- Toth, J., E. J. Nurthen, and K. Y. Chan. 1988. A simple wick method for watering potted plants which maintains a chosen moisture regime. *J. Austral. Expl. Agr.* 28:805-808.