

돌나물 수경재배에서 재식밀도에 따른 생육 및 품질 특성

이승엽^{1*} · 김효진² · 배종향¹

¹원광대학교, ²국립식량과학원 벼맥류부

Effect of Planting Density on Growth and Quality in Hydroponics of *Sedum sarmentosum*

Seung-Yeob Lee^{1*}, Hyo-Jin Kim², and Jong Hyang Bae¹

¹Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

²Department of Rice and Winter Cereal Crop, National Institute of Crop Science, Iksan 570-080, Korea

Abstract. The effect of planting densities on the growth of *Sedum sarmentosum* (4 collections) was investigated using nutrient film technique (NFT) with Yamazaki' lettuce nutrient solution (1982) from September 5th to October 24th in non-heating plastic film house. At 40 days, the plant height of 4 collections showed the range of 15.0-18.9 cm, and mean plant height was high the order of 10×10, 2.5×2.5, and 5×5 cm. The growth of 'Pohang' and 'Wando' collections was better compared to that of 'Gunsan' and 'Wanju' collections. Number of node, stem diameter, and fresh and dry weight per plant were decreased in higher planting density. Despite the lower fresh weight per plant obtained, the fresh yield per m² was significantly increased in higher planting density. The mean fresh yield was 14.9 kg·m⁻² in 2.5×2.5 cm, and 'Pohang' collection showed the highest fresh yield (17.6 kg·m⁻²). The first optimized harvesting time base on plant height was 30-40 days after NFT culture during autumn season. In eating quality, compression force of stem and bitterness of shoot were decreased in higher planting density. However, the heavy labor demanding high density cutting needs to be improved for hydroponic culture of *S. sarmentosum*.

Additional key words: bitterness, collection, compression force, fresh yield, nutrient film technique

서 언

우리나라에서 돌나물(*Sedum sarmentosum* Bunge.)은 예전부터 봄철에 돌아나는 새싹을 초무침이나 물김치 등으로 이용되어 왔다. 최근 일부 농가에서 돌나물의 겨울-봄철 출하를 목적으로 동계간 무가온 하우스 재배가 이루어지고 있으나, 돌나물은 5월 중순부터 개화하고, 여름철 고온기에는 품질이 저하되어 소비가 감소됨으로 주년생산이 이루어지지 않고 있다. 이에 따라 웰빙 신선채소 및 건강식품 재료로서 돌나물의 지속적 소비증대와 고품질 돌나물 생산을 위한 수경재배로의 전환이 필요하다. 특히 농촌 노동력 부족 및 인건비 증가로 재배분야의 생력화와 안정생산의 요구가 커지고 있으며, 무농약 고품질 농산물에 대한 소비자들의 욕구

가 높아지면서 수경재배에 대한 관심이 높아지고 있다.

원충력이 큰 토양재배와는 달리 수경재배는 작목이나 품종, 계절 및 생육단계 등에 따라 배지종류와 배양액의 농도, 용존산소량, 산도(pH) 등의 세심한 관리가 필요하다. 특히 작목에 따라 근권환경을 적정하게 유지하지 않으면 생육 및 품질에 문제가 발생하기 쉽다. 배양액의 공급방법은 크게 순환식과 비순환식이 있는데, 비순환식은 점적 배지경에 이용되며, 순환식은 담액수경(deep flow technique, DFT), 박막수경(nutrient film technique, NFT), 분무경(Aeroponics) 등이 있다. 이중 NFT는 양액소모가 적고, 양수분 및 산소공급이 잘되며, 시설설치가 간단하여 파(Okuda와 Yukihiro, 2004), 상추(El-Shinawy 등, 1996; Kim 등, 1995), 시금치(Seo 등, 2005), 청경채(Cho와 Son, 2003) 등의 엽채류 수경재배에

*Corresponding author: sylee@wku.ac.kr

※ Received 18 February 2010; Accepted 30 March 2010. 본 연구는 2008년도 원광대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

많이 이용된다. 돌나물은 친근성으로 근권이 좁아 양액을 적게 소모하는 NFT 방식이 적합하다. 그러나 최근까지 돌나물의 수경재배에 관한 연구는 Park과 Kim(1997)이 담액수경재배를 위한 배양액 선별 외에는 거의 보고된 바가 없으며, 배양액 농도, 삼식방법, 재식거리, 적품종 선별 등에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 돌나물의 수경재배를 위한 몇 가지 정보를 얻기 위하여, 4종의 수집품종에 대한 NFT 방식을 이용하여 재식밀도가 생육 및 품질 특성들에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료는 군산, 완주, 완도, 포항 등 4지역에서 수집한 재래종을 이용하였다. 9월 4일에 5cm 길이의 정단 삼수를 채취하여 70% 차광막을 씌운 무가온 비닐하우스에서 순환식 박막수경(NFT)으로 스티로폼 재배조(길이 180cm×폭 70cm×높이 10cm)에 스티로폼(두께 30mm)을, 10mm로 구멍을 내어 재식거리 2.5×2.5, 5×5 10×10cm의 재식간격으로 삼수를 스폰지로 감싸서 3반복으로 삼식하였다. 삼식후 5일간 지하수를 공급하여 뿌리가 내리게 한 다음, 상추용 Yamazaki 배양액(Yamazaki, 1982)을 EC 1.2dS·m⁻¹, pH 5.8로 조절하여 24시간 타이머로 시간당 15분씩 공급하였고, 일주일 간격으로 양액을 교체하여 50일간 재배하였다.

정식 후 30일부터 50일까지의 초장 변이를 반복당 10개체에 대하여 조사하였으며, 40일째에 엽장, 엽폭, 마디수, shoot 수, 줄기직경, 생체중 및 건물중, 줄기 경도, 쓴맛 등의 생육과 품질특성을 조사하였다. 건물중은 70℃ 건조기에서 3일간 건조한 후 측정하였다. 줄기의 경도는 Texture Analyzer(TA-XT2, Stable Microsystems, England)를 이용하여, 줄기의 상부 10cm를 반복당 10개체씩 채취하여 중간 마디를 직경 10mm의 원판형 탐침을 사용하여 줄기의 견고성을 나타내는 최대 압착강도(compression force)를 측정하였다. 쓴맛은 1-9 등급의 쓴맛 평가치(쓴맛등급×패널수/총패널수)로 환산하였다.

결과 및 고찰

돌나물 수경재배를 위한 적정 재식거리를 구명하기 위하여, 4지역 수집종을 재료로 상추용 Yamazaki 배양액을 공급하여 수경재배한 결과, 초장생육 및 신초발생 등이 양호하였으며, 배양 50일경에도 하엽의 황화현상이 나타나지 않았다. 초장은 배양 20일째에 8.8-11.3cm, 30일째에 10.5-14.5cm, 40일째에 15.0-18.9cm, 50일째에 19.8-24.5cm 범위를 나타

내었다(Fig. 1). 재식거리에 따른 초장 생육은 20일까지의 초기생육은 2.5×2.5cm에서 유의하게(p>0.01) 낮았으나, 30일경에는 5×5cm와 유의한 차이를 보이지 않았다. 40일경부터는 5×5cm보다 2.5×2.5cm 밀식에서의 초장 생육이 오히려 양호하였으며, 10×10cm와도 유의한 차이를 보이지 않았다. 수집종간 초장 생육은 재식거리에 관계없이 '포항'과 '완도' 수집종이 '군산'과 '완주' 수집종에 비하여 양호하게 나타났으며, 이러한 차이는 배양 40일경까지 2.5×2.5cm 및 5×5cm와 같이 밀식할수록 뚜렷하였다. Park과 Kim(1997)은 돌나물을 10×10cm로 수경재배한 결과 Yamazaki 배양액이 생체중, 근장, 엽장 등의 생육에 가장 양호하였다고 하였다. 또한 상치에서도 NFT 방식에 의한 수경재배는 양액의

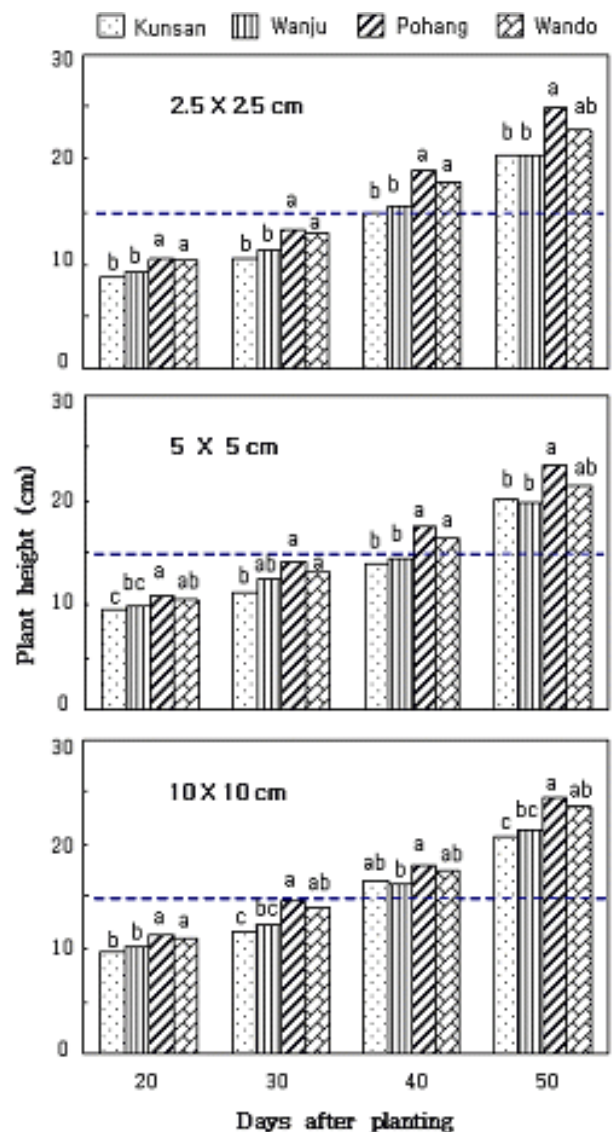


Fig. 1. Variation of plant height by planting distance and cultivation duration in hydroponic cultivation of *S. sarmentosum*. Means in each planting density are separated by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

이용효율이 높으며, 생육이 양호하게 나타났다(El-Shinawy 등, 1996; Kim 등, 1995). 시금치(Seo 등, 2005)와 파(Okuda와 Yukihiro, 2004)의 수경재배에서도 밀식은 초장과 엽장을 증가시키는데, 특히 돌나물은 밀식적응성이 높아 수량 증대를 위해서는 상추와 시금치 같은 광엽채소보다 밀식하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

돌나물의 2차 생육을 위하여 줄기 하부를 약 5cm 길이로 남기고 수확하는데, 10cm 길이로 소포장 할 경우(Kim 등, 2007) 약 15cm 정도 자란 후 수확하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다. 이에 따라 정식 30일째에 10×10cm 재식거리에서 14.5cm까지 초장이 자란 ‘포항’ 수집종이 가장 유망하였으며, 대부분의 수집종들도 정식40일 전후로 초장이 15cm 정도 자랐다. 따라서 가을철 무가온 하우스에서 초장 생육을 근거로 한 1차 수확적기는 9-10월의 가을철 무가온 수경재배의 경우 30-40일정이었다. 그러나 야간에 가온을 할 경우 수확시기는 더 앞당길 수 있을 것으로 생각된다.

정식 40일째에 재식거리에 따른 4지역 수집종들의 생육 특성을 보면(Table 1), 식물체당 신초수는 10×10cm 재식거리에서 ‘포항’과 ‘군산’ 수집종간에만 유의한 차이를 보였을 뿐으로 재식거리 및 수집종간에 차이를 보이지 않았다. 줄기당 마디수는 2.5×2.5cm 밀식에서는 수집종간에 차이를

보이지 않았으나, 5×5cm와 10×10cm에서 ‘군산’ 수집종이 ‘포항’ 또는 ‘완도’ 수집종보다 유의한 감소를 보였다. 원줄기의 마디수는 초장과 밀접한 특성을 보여 재식거리 및 수집종에 따라 유의한 차이를 보였으며, 밀식할수록 마디수가 감소한 반면 절간이 신장되는 것을 알 수 있었다. 원줄기의 직경은 수집종간에는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 밀식할수록 유의한 감소를 보였다. 원줄기 엽수는 재식거리 및 수집종에 따라 유의한 차이를 보였는데, 2.5×2.5cm에서는 5×5cm 보다는 평균 2.8매, 10×10cm 보다는 7.7매 적은 차이를 보였다. 수집종간에도 재식거리가 넓을수록 차이가 커 10×10cm에서는 1-4매 적은 차이를 보였다. 정식 40일째 엽장과 엽폭은 재식거리간 유의차가 없었으며, 장폭비는 밀식할수록 감소하는 경향으로 재식거리가 좁을수록 잎이 단원형으로 변화했는데 이는 채광과 관계된 것으로 보였다. 파(Okuda와 Yukihiro, 2004)와 시금치(Seo 등, 2005)의 수경재배에서도 엽수는 재식밀도의 증가에 따라 감소하며, 엽면적이 넓은 시금치는 밀식할수록 엽장과 엽폭이 감소하기 때문에 적정 재식거리의 확보가 수량 및 품질을 높일 수 있었다.

또한 개체 생체중과 건물중 모두 재식거리 및 수집종에 따라 고도로 유의한 차이를 보였는데, 재식거리에 따른 개체당 생체중은 밀식할수록 감소하였다. 이는 재식거리가 넓

Table 1. Growth characteristics by planting density at 40 days hydroponic cultivation of *S. sarmentosum*.

Planting density (cm)	Collections	No. of shoot /plant	No. of node /stem	Diameter of stem (mm)	No. of Leaf/ stem	Leaf (mm)			Fresh weight (g/plant)	Dry weight (mg/plant)	Fresh Yield (kg·m ⁻²)
						Length	Width	L/W			
2.5×2.5	Kunsan	6.7 a ^z	9.9 a	2.15 a	29.6 a	36.3 b	12.7 b	2.87 a	7.8 b	408.3 b	12.4 b
	Wanju	7.1 a	10.4 a	2.24 a	31.2 a	38.9 b	13.2 ab	2.95 a	8.4 b	473.9 b	13.4 b
	Pohang	6.9 a	11.1 a	2.22 a	33.2 a	41.7 a	14.0 a	2.98 a	11.0 a	712.6 a	17.6 a
	Wando	6.7 a	10.8 a	2.25 a	32.4 a	37.8 b	13.4 ab	2.75 a	10.1 a	547.8 a	16.2 a
5×5	Kunsan	8.3 a	10.5 b	2.23 a	31.6 b	37.6 a	12.5 a	3.02 a	8.7 b	458.9 b	3.5 b
	Wanju	8.1 a	11.5 ab	2.29 a	34.4 ab	37.2 a	12.7 a	2.92 a	9.9 b	518.4 b	4.6 b
	Pohang	9.2 a	12.1 a	2.30 a	36.2 a	40.3 a	13.5 a	2.99 a	14.1 a	748.9 a	5.0 a
	Wando	8.8 a	11.7 ab	2.32 a	35.2 ab	37.7 a	12.8 a	2.94 a	13.7 a	737.5 a	5.5 a
10×10	Kunsan	10.1 b	12.4 b	2.33 a	37.1 b	38.2 a	12.7 c	3.00 a	9.8 b	583.3 b	1.0 b
	Wanju	10.8 ab	12.8 ab	2.34 a	38.4 ab	38.6 a	12.9 bc	3.00 a	10.6 b	607.3 b	1.1 b
	Pohang	12.3 a	13.4 ab	2.48 a	40.2 ab	40.5 a	13.6 a	2.98 a	15.2 a	868.7 a	1.5 a
	Wando	11.5 ab	13.8 a	2.45 a	41.4 a	40.9 a	13.3 ab	3.06 a	14.3 a	806.0 a	1.4 a

ANOVA

Planting density (P)	***	***	***	***	ns	ns	*	***	***	***
Collections (C)	*	**	ns	**	*	**	ns	***	***	***
P × C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

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

ns, *, **, *** Nonsignificant or significant at p=0.05, 0.01, 0.001 respectively.

Data were investigated at 40 days after hydroponic cultivation.

을수록 채광율과 통기성이 양호하기 때문인 것으로 생각되었다. 수집종 간 개체 생체중과 건물중은 ‘포항’ 수집종이 2.5×2.5cm에서는 가장 무거웠으며, 5×5cm와 10×10cm에서는 ‘포항’과 ‘완도’ 수집종이 ‘군산’ 및 ‘완주’ 수집종에 비하여 유의한 증가를 보였다. 돌나물과 같은 신선채소류는 생체중의 증가가 중요한데, 수집종들의 생체중은 초장($r=0.769^{**}$), 줄기 직경($r=0.691^*$), 마디수($r=0.692^*$), 엽장($r=0.762^{**}$), 엽폭($r=0.697^*$), 엽수($r=0.692^*$) 등과 유의한 상관관계가 인정되었다.

밀식재배를 하는 돌나물의 단위면적당 수량성은 개체당 생체중 및 건물중 증가와는 다른 경향을 보이는데, 수경재배 40일째에 단위면적당 생체중 및 건물중을 비교한 결과, 재식거리에 따른 단위면적당 수량은 밀식할수록 유의하게 증가하였다. 수경재배 40일째에 단위면적당 평균 생체중은 2.5×2.5cm에서 $14.9\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 5×5cm에서 $4.6\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 10×10cm에서 $1.2\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 로 밀식할수록 높았다. 이러한 밀식효율에 따른 m^2 당 생체중은 2.5×2.5cm에서 5×5cm 보다 3배, 10×10cm 보다는 12.4배 높았으며, 5×5cm에서의 m^2 당 생체중은 10×10cm 보다 3.8배 높았다. 수집종간 생체중은 ‘포항’ 수집종이 2.5×2.5cm에서 $17.6\text{kg}/\text{m}^2$ 으로 가장 높았으며, ‘완도’>‘완주’>‘군산’ 수집종 순으로 많았다. NFT 방식을 이용한 청경채(Cho와 Son, 2003), 시금치(Seo 등, 2005)와 파(Okuda와 Yukihiro, 2004)의 수경재배에서도 밀식할수록 개체당 생체중 및 건물중은 감소하지만, m^2 당 수량은 적정간격으로 밀식할수록 유의한 증가를 보인다.

한편 채소의 조직감을 측정하는 방법은 관능검사 및 기계적 검사법이 있는데, 객관적 수치를 얻기 위해서는 기계적 측정치를 얻는 것이 바람직하다. 돌나물의 수경재배 40일째에 Texture Analyzer로 돌나물 줄기의 압착강도(compression

force)를 측정한 결과, 동일한 재식거리에서 수집종간 유의한 차이는 없었으나, ‘포항’ 및 ‘완도’ 수집종이 ‘군산’ 및 ‘완주’ 수집종보다 낮은 경향을 보였다(Fig. 2). 반면 재식거리에 따른 압착강도는 밀식한 2.5×2.5cm에서 1.63kg으로 5×5cm (1.73kg)와 10×10cm(1.8kg)보다 유의하게 낮았다($p<0.01$).

또한 돌나물의 품질 특성 중 주요 요인 중의 하나인 쓴맛을 관능검사(1-9)로 조사한 결과, 동일한 재식거리에서 수집종간에는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 재식거리에 따른 쓴맛 정도는 2.5×2.5cm에서 2.1-2.9, 5×5cm에서 3.1-3.3, 10×10cm에서 3.4-4.2로 유의한 차이를 보였다(Fig. 3). 이와 같이 밀식할수록 쓴맛이 감소되는 원인은 햇빛의 영향으로 생각되었으며, 돌나물은 6월 이후 고온 및 강한 햇빛으로 인하여 줄기가 붉게 변하고 단단해져 조직감이 나빠질 뿐 만 아니라, 쓴맛이 강해져 봄철 이외에는 식용으로 이용하기 어렵다. 일반적으로 채소의 조직감은 주로 압착시험(compression test), 침투시험(puncture test), 관통시험(penetration test), 절단시험(cutting test) 등으로 측정하는데(Rhee, 1995), 본 실험에서 조사한 압착강도는 줄기의 단단한 정도를 나타낸다. 본 실험에서 가을철 수경재배 돌나물의 압착강도는 4지역 수집종에서 1.63-1.8로 토양재배한 가을배추의 최대압착강도 5.6kg과 비교하여(Lee 와 Hwang, 1988) 현저히 낮게 나타났는데, 이는 9-10월의 온도가 비교적 낮고, 수경재배 무가온 하우스의 외부에 70% 차광막을 씌워서 재배하였기 때문으로 보였다. Lee 등(2007)도 차광재배는 돌나물의 조직감과 쓴맛을 크게 개선시키므로 여름철 재배가 가능하다고 하였다. 상추에서는 쓴맛의 주성분이 lactucin, 8-deoxylactucin, lactucopicrin 등으로 알려졌으며(Seo 등, 2002a), 본 연구결과와 마찬가지로 상추 수경재배에서도 75% 차광처리는 대조구보다 쓴

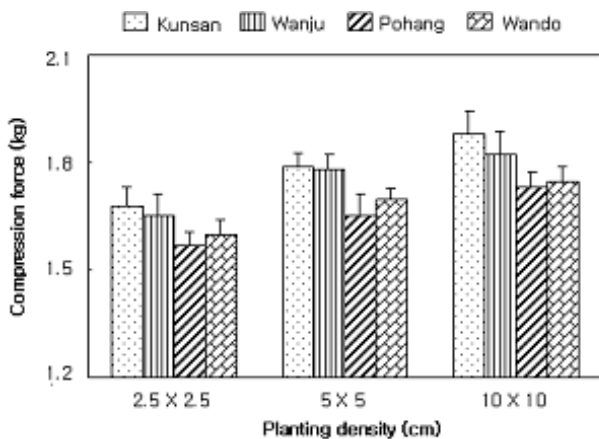


Fig. 2. Variance of compression force by planting density of *S. sarmentosum* at 40 days after hydroponic cultivation. Vertical bars represent standard errors of means (n=30).

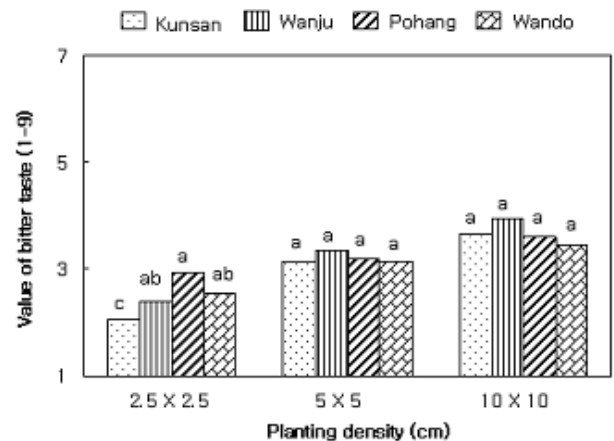


Fig. 3. Variance of bitterness by planting density of *S. sarmentosum* at 40 days after hydroponic cultivation. Means in each planting density are separated by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

맛을 현저히 감소시키는 것으로 보고하였다(Seo 등, 2002b). 시설내 엽채류 재배에서 가을부터 겨울철의 낮은 광도와 일조시간 부족은 엽면적 및 수량 감소와 체내 NO₃⁻ 함량을 증가시키는데(Gruda, 2005), 상추와 미나리의 수경재배에서도 NO₃⁻ 함량은 겨울철 및 차광처리에서 높으며, 생체중을 현저히 감소시킨다고 한다(Lee 등, 1998). 이에 따라 일조시간이 짧고 광이 약한 가을부터 겨울철의 돌나물 재배는 재식 밀도와 EC 등을 조절하여 적정수량을 확보하는 수준으로 쓴맛과 연계한 차광조절이 필요하다고 생각되었다.

이상에서와 같이 돌나물 수경재배에서 재식거리는 2.5×2.5 cm로 밀식할수록 단위면적당 생체수량이 크게 증가하였으며, 조직감은 부드럽고 쓴맛이 감소하여 적합하였다. 그러나 밀식에 따른 삼식노력이 과중한 단점이 있기 때문에 토양삽식에서와 같이 부직포 또는 마대포를 이용하여 약 5cm 길이로 절단한 삽수를 흠어뿌림으로 뿌리매트를 형성시켜 수확할 수 있는 수경재배 방식을 이용하는 것이 바람직할 것으로 보이며, 금후 이에 대한 상세한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

초 록

가을철(9-10월) 무가운 하우스에서 돌나물(*Sedum samentosum*)의 4지역 수집종을 재료로 순환식 NFT 수경재배 방식을 이용하여 수량 및 품질에 미치는 재식거리의 영향을 조사하였다. 배양 40일째에 초장은 15.0-18.9cm 범위였으며, 평균 초장은 10×10>2.5×2.5>5×5cm 순으로 길었다. 재식거리에 관계없이 ‘포향’과 ‘완도’ 수집종이 ‘군산’과 ‘완주’ 수집종에 비하여 빠른 생장을 보였으며, 마디수, 줄기 직경, 개체당 생체중 및 건물중은 밀식할수록 감소하였다. 반면 단위면적당 생체수량은 밀식할수록 크게 증가하여 2.5×2.5cm에서 4지역 수집종 평균 14.9kg·m⁻²이었으며, 수집종간에는 ‘포향’ 수집종이 17.6kg·m⁻²으로 가장 높았다. 초장생육에 근거한 1차 수확적기는 30-40일경이었으며, 밀식할수록 줄기 경도를 나타내는 압착강도가 낮았으며, 쓴맛이 감소하였다. 그러나 밀식에 따른 삼식노력이 과중한 점은 개선해야 할 필요가 있었다.

추가 주요어 : 쓴맛, 수집종, 압착강도, 생체수량, 박막수경

Cho, Y.R., J.E. Son. 2003. Relationship between planting density and productivity of Pak-choi grown in NFT system and modelling estimation of optimum planting distance. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21(Suppl. 1):49. (Abstr.)

El-Shinawy, M.Z., M.A. Medany, A.F. Abou-Hadid, E.M. Soliman, and A.S. El-Beltagy. 1996. Comparative water use efficiencies of lettuce plants grown in different production systems. Acta Hort. 434:53-57.

Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. Crit. Rev. Plant Sci. 24:227-247.

Kim, H.K., J.H. Lee, B.S. Lee, and S.J. Chung. 1995. Effects of selected hydroponic systems and nutrient solutions on the growth of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Crispa). J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:151-157.

Lee, E.H., B.Y. Lee, K.D. Kim, J.W. Lee and Y.S. Kwon. 1998. Changes in nitrate content and activities of nitrate reductase and glutamine synthetase in hydroponically grown leaf lettuce and water dropwort as influenced by daylength, shading, and season. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:256-259.

Kim, H.J., J.H. Bae and S.Y. Lee. 2007. Variation of fresh shoot quality by storage temperature after harvesting in local strain of *Sedum sarmentosum*. J. Bio-Environ. Control 16:240-246.

Lee, C.H. and I.J. Hwang. 1988. Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of Chinese cabbage leaves. Kor. J. Food Sci. Technol. 20:749-754.

Lee S.Y., H.J. Kim, J.H. Bae, J.S. Shin and S.W. Lee. 2005. Effect of shading on shoot growth and quality of *Sedum sarmentosum* in Korea. J. Bio-Environ. Control 14:388-394.

Okuda N. and F. Yukihiro. 2004. Effects of planting density on the growth of Welsh onion grown in NFT. Hort. Res. (Jpn.) 3:205-208.

Park, K.W. and Y.H. Kim. 1997. Effect of different nutrient solutions on growth and quality in *Sedum (Sedum sarmentosum* Bunge) deep flow culture. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 15:152-153.

Rhee, H.S. 1995. The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. Kor. J. Soc. Food Sci. 11:83-91.

Seo, J.B., K.J. Choi, P.R. Ahn, H.K. Lim, and S.J. Hong. 2005. Effect of cultivars and planting distance on growth and yield of spinach for hydroponic cultivation in autumn season. J. Bio-Environ. Control 14:155-159.

Seo, M.W., S.W. Lee, J.W. Lim, G.P. Lee, and K.W. Park. 2002a. Identification of bitter sesquiterpene lactones and analysis of qualitative in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(Suppl. 1):32. (Abstr.)

Seo, M.W., S.W. Lee, S.Y. Lee, J.W. Lim, and K.W. Park. 2002b. Variance of the bitter sesquiterpene lactones contents in the leafy lettuce (*Lactuca sativa* L.) by several culturing methods. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 20(Suppl. 1):32. (Abstr.)

Yamazaki, K. 1982. Nutrient solution culture (in Japanese). Pak-kyo Co., Tokyo, Japan.