

## Effects of Substrates and the Ratios of $\text{NO}_3^-$ -N to $\text{NH}_4^+$ -N in Nutrient Solution on Growth and Yield of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) in Bag-Culture

Deok-Ho Kim\*<sup>1</sup> · Young-Ho Kim<sup>2</sup> · Heon-Jae Jong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept of Horticultural, Yonam College of Agriculture

<sup>2</sup>Dept of Horticultural Science, Hankyong National University, 456-749 Ansong, Korea

### Abstract

This study was carried out to investigate the effects of several substrates and ratio of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N in nutrient solution on growth, yield and mineral uptake of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in bag culture. The content of minerals such as P, K, Ca and Mg showed difference in concentration among media; P and Mg were the highest in vermiculite+rice hull, K in perlite+vermiculite and Ca in perlite+peatmoss; with the lowest in the single perlite medium respectively, Ca of mineral made fairly highest level in concentration compared with the others in all of the media. The concentration of mineral content was lower in the ratio of 8:2 than that of 10:0. Admitting that the pH made difference depending on the kind of substrates and ratios of  $\text{NO}_3^-$ -N to  $\text{NH}_4^+$ -N. The pH of 10:0 ratio in all the substrates was higher and more stable than that of 8:2. The range of EC in all the substrates showed from  $1.78 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$  to  $2.10 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ , which was optimum range for growth of sweet pepper, and range of EC is larger in 8:2 ratio than that in 10:0 ratio. Plant height and stem diameter were nothing to do with the kind of substrates, but leaf area was the largest at vermiculite+rice hull of the 8:2 ratio, fresh and dry weights were heavier at peatmoss+carbonized rice hull, but were the lightest at perlite. All indexes related to the growth which had something to do with the kind of substrates higher in 8:2 ratio than those in 10:0 ratio. The number of fruit and fresh weight related to the ratio of the 8:2 were the highest as 17.5 at vermiculite+rice hull with 1,588 g of fresh weight, while the yield from perlite was the lowest. The number of fruit was the highest as 16.4 at vermiculite+rice hull, yield was the highest as 1,394 g at perlite+peatmoss. The yield of 8:2 ratio at all substrates was higher than that of 10:0 ratio. Of the mineral content related to the plant part,  $\text{K}^+$  and  $\text{Mg}^{2+}$  were higher in concentration at leaf;  $\text{Ca}^{2+}$  were higher at root;  $\text{PO}_4^-$  was higher at stem and fruit; The content of mineral showed no difference between the ratio of the 8:2 and the ratio of the 10:0 with no regarding to the difference of mineral content among substrates; and  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , and  $\text{Mg}^{2+}$  uptake of sweet pepper were higher at 10:0 ratio than that of 8:2 ratio; while  $\text{PO}_4^-$  uptake of sweet pepper was lower at 10:0 ratio than that of 8:2 ratio.

**Key words :** carbonized rice hull, concentration

\*Corresponding author

### 서 론

단고추는 열대 남미가 원산지로 대표적인 고온성 작물에 속하며, 정상적인 생육을 유지하려면 충분한 일조와 고온이 필요한데, 강우와 과습에 매우 약하여 우리나라에서는 여름철 재배 시 문제가 된다. 또한 고추 주산 단지에서 토양양분의 과부족에 의한 생육 부진과 병충해의 피해가 증가되고 있는데, 그 원인이

연작에 의한 기지현상으로 추정되므로 이의 방지를 위하여 양액재배의 도입이 요구된다.

우리 나라의 경우 단고추는 토마토와 유사한 방식으로 양액재배되고 있으며, 도입 초기에는 암면재배가 대부분이었으나 1997년 현재는 펄라이트 재배가 45%, 암면재배가 30%를 차지하고 있고 혼용배지의 사용도 증가하고 있다(Lee 등, 1993). 과채류 및 단고추는 대부분 고행배지를 이용한 점적식양액재배

방식이 주류를 이루고 있는데(Simidchiev *et al.*, 1984), 단고추의 양액재배 면적은 1995년도에 29,700 m<sup>2</sup>에 이르며, 맵지 않은 고추의 선호 등으로 인하여 1996년부터 꾸준히 증가하고 있는 실정이다.

재배기간이 긴 과채류의 경우 적정 배양액의 조성이나 유지가 어렵고 배지의 종류와 양액조건에 따라 생육 및 수량은 물론 무기성분 흡수도 달라지게 된다(Ruth and Kafkafi, 1985). 많은 작물에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 비율에 따라 생육 차이가 나타나는데, 적정혼용비율이 10:2~10:3 수준으로 알려져 있다(Ota and Yamamoto, 1990). 이들의 흡수기작은 배지 및 양액의 온도 배지의 종류 그 밖의 외적 환경요인에 따라 흡수특성이 달라지게 되며, 또한 질소급원 형태에 따라 양액의 pH가 상승 또는 저하되기도 하는데(Ikeda and Osawa, 1983; Kirkby, 1981; Lee 등, 1991), 이들 상호간의 연관을 밝히는 연구가 요구된다.

따라서 단고추 자루재배 시 혼합배지의 종류와 양액의 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 비율에 따른 배지의 pH 및 EC, 무기성분, 그리고 생육 및 수량 변화를 구명하여 단고추 양액재배의 기초 확립은 물론 시설비가 저렴한 자루식 양액재배의 안정화에 기여하기 위하여 본 실험을 수행하였다.

## 재료 및 방법

공시 품종은 Rijk Zwaan 社의 Yolo Wonder를 1997년 9월 6일 연암축산원예대학 실습농장의 유리온실에서 72공 규격의 육묘용 트레이에 코코넛 섬유배지에 피종하여 30일간 육묘 한 후 1997년 10월 6일 정식하였다.

공시 배양액은 Yamazaki의 단고추 전용배양액을 약간 변형 시켜서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 비율을 10:0 및 8:2의 두 수준으로 조성하였다. 배지는 왕겨와 코코넛 섬유, 펄라이트와 코코넛 섬유, 피트모스와 혼탄, 펄라이트와 혼탄, 펄라이트와 버미큘라이트, 펄라이트와 피트모스, 버미큘라이트와 왕겨를 용적비율 1:1로 혼합한 혼용배지 7종 및 펄라이트 단용배지 등 8가지를 공시하였다.

양액의 EC는 0.7~1.8 ds · m<sup>-1</sup> 범위에서 작물의 생육상태에 따라 조절하였으며, 착과시부터는 EC를 1.8 ds · m<sup>-1</sup>으로 유지하였고, pH는 6.0~7.0 범위가 되도록

조절하였다. 양액의 EC와 pH는 센서에 의해 자동으로 조절되는 SS식 급액장치(Toho kagaku Co. Model : CETW-300T와 Toho kagaku Co. Model : PET 300)를 이용하여 관리하였다. 양액의 공급은 점적식으로 하여 정식 후 3주간은 1시간에 15분씩 1일 10회에 걸쳐 주당 330 ml를 공급하였고, 착과시부터는 1일 12회에 걸쳐 주당 930 ml를 공급하였다.

본 실험에는 길이 1.5 m, 폭 30 cm, 용량 50 l의 유백색 플라스틱 필름 자루에 48 l의 배지를 채워 사용하였는데, 길이 120 cm, 폭 40 cm, 높이 15 cm의 스티로폼 성형베드내에 흑색 비닐(두께 0.05 mm)을 깔고, 그 위에 두께 3 cm, 폭 30 cm 규격의 스티로폼 2장을 간 다음 배지를 넣은 자루를 올려놓고 흑백 플라스틱 필름(두께 0.05 mm)으로 덮었다.

시험구는 질소형태(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)의 비율 두 수준과 8종의 배지를 합하여 분할구배치 3반복으로 하여, 한 처리당 36주씩 정식하였으며, 재식거리는 주간을 25 cm로 하여 3개의 주지를 키우고 나머지는 제거하였다. 정식 20일 후부터 15일 간격으로 초장, 경경을 조사 하였으며, 수량은 개화 후 30~40일째의 과실을 수확하여 1998년 4월 5일까지 10회에 걸쳐 조사하였다. pH와 EC는 10일 간격으로 20회를 조사하였으며, 엽면적 측정(ANA-GA-5, TP-Cor)과 생체중, 건물중, 무기성분(Shimadzu AA-610S와 Gilford-260) 분석은 성과기인 정식 4 개월 후 한 처리당 9개체를 선발하여 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 비율에 따른 배지내의 무기성분 함량

배지별 무기성분 변화를 보면, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>의 비율이 8:2인 양액 10:0인 양액에서(이하 8:2, 10:0 양액) P, K 및 Mg의 농도는 생육 전기간 중에 배지간에 큰 차이가 없었으며 투여 양액보다 약간 높은 농도를 유지하였지만, 투여액과 비교하였을 때, 배지에 축적된 양이 많지 않은 것으로 보아 P, K, Mg의 흡수가 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. K의 경우는 펄라이트+버미큘라이트배지(1:1)와 버미큘라이트+왕겨배지(1:1)에서 다른 배지보다 약간 높은 값을 보였는데, 이는 배지에서 K가 용출되었기 때문인 것으로 추정되나 좀더 세밀한 검토가 요구되었다(Jeong,

자루재배용 배지의 종류와 양액의  $\text{NO}_3^-:\text{N}:\text{NH}_4^+:\text{N}$ 의 비율이 단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

1996). Ca은 모든 배지에서 투여 양액보다 2배 정도 높은 농도로 유지되었는데, 이와 같은 현상은 배지의 Ca 보유능력이 우수하기 때문이 아니라 물의 소비에 비하여 Ca의 흡수가 서서히 이루어져, 흡수되지 못한 많은 양의 Ca이 배지에 축적되어 나타난 결과로 추정된다.

8:2 양액이 10:0 양액에 비하여 배지의 무기성분 함량이 약간 낮은 값을 보였는데, 이는 8:2에서 10:0 보다 흡수가 빠르게 진행됨으로서 배지에 축적된 양이 적었던 것으로 추정된다. 배지의 종류에 따른 무기성분 함량을 조사한 결과 8:2와 10:0의 펄라이트 단용배지에서 무기성분 함량이 가장 낮은 값을 보였는데, 이는 식물체가 영양분을 흡수하여 낮아진 것이 아니라, 배지 자체의 유효수분 보유력이 낮고 투과성이 높아 무기성분을 보유하지 못하고 쉽게 용출되어 나타난 결과로 판단된다(Table 1).

**2.  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  비율에 따른 배지의 pH와 EC 변화**  
양액의 EC를 1.0으로 조정된 후부터 배지의 pH는

8:2와 10:0에서 단고추의 생육에 비교적 적합한 5.96 ~ 6.15와 6.15~6.93 범위로 유지하였다. pH 조절 전 양액의 pH는 8:2가 10:0 보다 약간 낮았으며(Ikeda and Osawa, 1983; Kirkby, 1981), 8:2의 경우 pH를 조절 하지 않았을 때에는 pH 5 이하로 떨어지는 경우도 있어 혼용처리를 할 때에는 pH를 반드시 조절해야 할 것으로 판단되었다.

8:2 에서 배지별 pH를 보면, 펄라이트 단용배지에서 6.15로 타 배지에 비하여 높았는데, 이는 펄라이트의 이화학적 특성에 따른 결과로 생각된다. 피트모스+훈탄과 펄라이트+피트모스에서 생육초기에 pH가 타 처리에 비하여 5.45와 5.43으로 낮았는데(Lee 등, 1996), 이는 피트모스가 산성 배지였기 때문이며, 시간이 경과함에 따라 완만한 상승세를 보여 안정된 pH를 유지하였고, 10:0에서도 8:2와 같은 경향을 나타내었다.

한편 생육초기인 정식 후 10일간 EC 0.7  $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$ 의 저농도 양액을 공급한 경우에는 pH가 저하되었으며, EC를 1.0  $\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$  이상으로 조정하여 양액을 공

**Table 1.** Comparison of mineral concentration according to the several substrates, and ratio of  $\text{NO}_3^-$  to  $\text{NH}_4^+$  in nutrient solution used for the bag-culture of sweet pepper

Ratio of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	Substrates	Mineral concentration( $\text{meg} \cdot \text{L}^{-1}$ )			
		P <sup>2)</sup>	K	Ca	Mg
8:2	Rice hull+Coconut fiber	3.6	6.8	5.9	2.3
	Perlite+Coconut fiber	3.5	6.3	5.4	2.7
	Peatmoss+Carbonized rice hull	3.1	6.4	6.4	2.4
	Perlite+Carbonized rice hull	2.9	7.1	5.6	2.1
	Perlite+Vermiculite	3.4	7.8	6.2	2.4
	Perlite+Peatmoss	3.0	6.5	6.5	2.5
	Vermiculite+Rice hull	3.6	7.4	6.8	2.8
	Perlite	2.5	6.0	4.8	2.0
10:0	Rice hull+Coconut fiber	3.7	6.8	6.3	3.5
	Perlite+Coconut fiber	3.4	6.2	6.2	3.1
	Peatmoss+Carbonized rice hull	3.5	6.6	6.6	3.5
	Perlite+Carbonized rice hull	3.6	7.9	6.0	2.8
	Perlite+Vermiculite	3.8	7.3	6.5	3.8
	Perlite+Peatmoss	3.7	6.6	6.8	3.2
	Vermiculite+Rice hull	3.9	7.2	6.4	3.6
	Perlite	2.9	5.9	5.8	2.5
LSD. 05					
	Ratio(A)	*** <sup>1)</sup>	NS	**	**
	Substrates(B)	**	**	**	**
	A × B	NS	NS	**	**

<sup>2)</sup>The P, K, Ca, Mg concentrations of initial nutrient solution were 2.5  $\text{meg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 6.0  $\text{meg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 3.0  $\text{meg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 2.0  $\text{meg} \cdot \text{L}^{-1}$ , respectively.

<sup>1)</sup>NS, \*, \*\*: Non-Significant, significant at P =0.05, 0.01.

급하였을 때에는 작물재배에 적합한 pH를 유지하여, pH와 EC는 서로 밀접한 관련이 있음을 알 수가 있었다(Jung, 1995; Lee 등, 1993).

배지별 EC는 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 비율이 8:2와 10:0인 펄라이트+버미큘라이트에서 2.10 ds · m<sup>-1</sup>와 1.97 ds · m<sup>-1</sup>로 높았는데(Jeong, 1996), 이는 버미큘라이트와 펄라이트에서 용출되는 K<sup>+</sup>의 영향일 것으로 추정되나 좀더 세밀한 검토가 요구된다.

EC는 8:2에서 각 배지 공히 1.83~2.10 ds · m<sup>-1</sup>로 10:0의 1.78~1.97 ds · m<sup>-1</sup> 보다 약간 높은 경향을 보였다. 8:2와 10:0에서 펄라이트 단용 배지의 EC는 1.83 ds · m<sup>-1</sup>와 1.78 ds · m<sup>-1</sup>로 다른 배지에 비하여 낮았는데, 이는 유효수분 함량과 급액횟수의 부족에 의한 결과로 사료된다.

본 실험에서는 모든 배지의 EC가 안정적으로 유지되었는데(Table 2), 그 원인은 Park등(1992)이 고찰한 바와 같이 배지의 양이온 용출농도와 양액의 양이온이 복합적으로 작용하였기 때문인 것으로 보인다.

### 3. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 비율에 따른 배지 종류별 생육

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>와 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 비율에 따른 배지종류별 생육상태를

조사한 결과(Table 3), 8:2에서 초장은 피트모스+훈탄에서 69.7 cm로 가장 길었으나 배지간에 차이가 없었으며, 펄라이트 단용 배지에서 60.2 cm로 가장 작게 나타났다. 경경도 처리간에 차이가 없었으며 펄라이트 단용배지에서 가장 작았다. 잎과 줄기의 생체중은 피트모스+훈탄에서 174.83 g과 241.37 g으로 타 배지에 비하여 무거웠으며, 엽면적은 버미큘라이트+왕겨에서 8,352 cm<sup>2</sup>로 가장 넓었다. 잎의 생장은 8:2에서는 엽폭이 넓고 엽장도 길었으나, 10:0에서는 엽폭이 좁고 엽장도 짧아 전체적으로 잎의 크기가 작았다(Ikeda *et al.*, 1985; Kim, 1993). 잎의 색깔은 8:2에서 진한 녹색을 나타냈으나 10:0에서는 8:2에 비하여 옅게 나타났다.

위 결과를 종합해 볼 때 피트모스+훈탄, 펄라이트+피트모스 그리고 버미큘라이트+왕겨의 3처리에서 양액조성에 관계없이 생육이 가장 좋았다. 그러나 Lee 등(1993)은 버미큘라이트+왕겨에서 왕겨의 양이 많을수록 생육 및 수량이 불량하다고 하였는데, 이는 배지에 따른 적정 배양액의 이용과 공급방법 및 공급횟수, 그리고 버미큘라이트의 입자 크기에 따른 차이 및 버미큘라이트와 왕겨의 혼용비율 차이에서 오는

**Table 2.** Changes of pH and EC of nutrient solution affected by several substrates during 20 days after treatment<sup>2)</sup>

Ratio of NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Substrates	pH		EC	
		Mean	Range	Mean	Range
8:2	Rice hull+Coconut fiber	6.08	5.76~6.19	2.01	1.4~2.1
	Perlite+Coconut fiber	6.07	5.84~6.28	1.95	1.5~2.1
	Peatmoss+Carbonized rice hull	5.98	5.45~6.24	2.01	1.4~2.1
	Perlite+Carbonized rice hull	6.01	5.67~6.32	1.95	1.4~2.0
	Perlite+Vermiculite	6.13	5.56~6.70	2.10	1.5~2.3
	Perlite+Peatmoss	5.96	5.43~6.15	2.01	1.5~2.1
	Vermiculite+Rice hull	6.03	5.70~6.28	2.06	1.4~2.2
	Perlite	6.15	5.86~6.30	1.83	1.4~1.9
10:0	Rice hull+Coconut fiber	6.58	6.24~6.94	1.88	1.4~1.9
	Perlite+Coconut fiber	6.66	6.46~7.06	1.86	1.3~1.9
	Peatmoss+Carbonized rice hull	6.15	6.01~6.26	1.89	1.5~2.0
	Perlite+Carbonized rice hull	6.42	6.10~6.61	1.85	1.5~2.0
	Perlite+Vermiculite	6.83	6.52~7.06	1.97	1.5~2.1
	Perlite+Peatmoss	6.34	5.99~6.36	1.87	1.5~1.9
	Vermiculite+Rice hull	6.62	6.32~6.76	1.94	1.5~2.0
	Perlite	6.93	6.66~7.11	1.78	1.4~1.8
LSD. 05					
Ratio(A)		***)		**	
Substrates(B)		**		**	
A × B		**		NS	

<sup>1)</sup> NS, \*, \*\* : Non-Significant, significant at P=<0.05, 0.01.

<sup>2)</sup> pH and EC of start solution were 6.0 and 1.8 ds · m<sup>-1</sup>, respectively.

자루재배용 배지의 종류와 양액의  $\text{NO}_3^-:\text{N}:\text{NH}_4^+:\text{N}$ 의 비율이 단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

**Table 3.** Effects of substrates and the ratio of  $\text{NO}_3^-$  to  $\text{NH}_4^+$  in nutrient solution on growth of sweet pepper in bag-culture<sup>2)</sup>

Ratio of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	Substrates	Plant height (cm)	Stem diam. (cm)	Leaf area ( $\text{cm}^2 \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Fresh weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )		Dry weight ( $\text{g} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	
					Leaf	Stem	Leaf	Stem
8:2	Rice hull+Coconut fiber	65.7	1.49	8,046	167.20	233.94	23.83	30.37
	Perlite+Coconut fiber	65.4	1.51	8,120	170.14	238.57	25.63	33.07
	Peatmoss+Carbonized rice hull	69.7	1.56	8,329	174.83	241.37	26.90	35.03
	Perlite+Carbonized rice hull	64.1	1.52	7,997	160.51	233.14	22.87	30.47
	Perlite+Vermiculite	66.4	1.50	7,901	159.94	233.51	23.13	32.63
	Perlite+Peatmoss	68.5	1.55	8,273	173.27	240.94	25.77	34.33
	Vermiculite+Rice hull	68.2	1.57	8,352	174.64	241.34	26.40	34.83
	Perlite	60.2	1.42	7,325	157.54	230.11	20.47	29.93
10:0	Rice hull+Coconut fiber	61.6	1.44	7,866	154.10	231.53	21.91	30.24
	Perlite+Coconut fiber	61.2	1.47	7,869	152.60	230.83	21.14	29.61
	Peatmoss+Carbonized rice hull	64.1	1.48	7,986	160.43	236.40	22.97	31.53
	Perlite+Carbonized rice hull	61.2	1.49	7,642	150.70	230.63	19.41	28.57
	Perlite+Vermiculite	59.1	1.45	7,848	157.33	231.70	21.81	30.24
	Perlite+Peatmoss	62.7	1.50	7,982	160.13	236.23	22.77	31.44
	Vermiculite+Rice hull	61.4	1.51	7,991	160.37	236.73	23.21	32.31
	Perlite	57.7	1.40	7,196	149.60	227.90	18.31	25.64
LSD. 05								
Ratios(A)		**y)	**	**	**	**	**	**
Substrates(B)		*	**	**	**	**	**	**
A × B		NS	NS	*	*	*	NS	NS

<sup>2)</sup>Sweet pepper was cultivated from October. 26, 1997 to April 5, 1998.

<sup>y)</sup>NS, \*, \*\*: Non-Significant, significant at  $P < 0.05$ ,  $< 0.01$ .

결과로 판단되며, 이에 대한 심도 있는 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Simidchiev *et al.*(1984)과 Wilson(1986)은 펄라이트 이용 가능성을 높이 평가하였지만 본 실험의 펄라이트 단용배지에서 생육이 가장 불량하여 상반된 결과를 보였는데, 이는 급액방법 및 배지입자 크기의 차이에서 기인된 것으로 판단된다. Wilson(1985)의 경우는 펄라이트 단용 재배 시 재배조의 하부에 4cm 정도의 양액저수조를 만들었기 때문에 생육이 좋다고 하였으나, 본 실험에서는 저수조를 만들지 않아서 모관작용에 의한 유효수분의 공급이 이루어지지 못했기 때문인 것으로 추정된다.

10:0에서도 8:2 에서와 비슷한 결과를 나타내었는데(Table 3), 초장, 경경은 배지간에 차이가 없었지만, 초장은 피트모스+훈탄에서 64.1 cm로 길었고, 경경은 버미큘라이트+왕겨에서 1.51 cm로 가장 굵었다. 엽면적은 버미큘라이트+왕겨에서 7,991  $\text{cm}^2$ 로 넓었으며,

생체중 및 건물중도 8:2에서의와 같은 경향을 보였다.

Benoit and Ceustermans(1990)는 펄라이트의 단점인 유효수분 함량을 높이기 위한 방법으로 펄라이트에 피트모스, 버미큘라이트 및 훈탄을 혼합하였을 때 생육이 양호하였으며, 그 원인은 배지의 물리성이 펄라이트 단용에 비하여 작물생육에 적합하게 유지되었기 때문인 것이라고 하였다.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 의 비율에 따른 생육을 조사한 결과, 초기에는 큰 차이가 없었으나 생육이 진전됨에 따라 모든 배지에서  $\text{NH}_4^+$ 가 첨가된 8:2에서 10:0에 비하여 초장, 경경, 엽면적, 생체중 및 건물중 등의 생육이 양호하여, 배지의 영향보다는 질소원의 형태가 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다(Lee 등, 1991; Kim 등, 1989).

Kim(1993)은 잎들개에서  $\text{NH}_4^+$ 의 비율이 높아지면 체내에 산성화가 진행되어  $\text{NH}_4^+$ 의 유독성이 나타나 내충성이 저하되어 진딧물 발생율이 높다고 하였으나,

**Table 4.** Effects of substrates and the ratio of  $\text{NO}_3^-$  to  $\text{NH}_4^+$  in nutrient solution on yield of sweet pepper in bag-culture

Ratio of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	Substrates	No.of fruit per plant	Average fruit weight(g)	Yield per plant(g)	Fruit		Ratio of Mrketable fruit
					length (cm)	diameter (cm)	
8:2	Rice hull+Coconut fiber	16.06	87.6	1,407	8.03	6.13	85
	Perlite+Coconut fiber	15.73	86.8	1,365	8.14	6.12	88
	Peatmoss+Carbonized rice hull	17.35	90.4	1,568	8.28	6.28	89
	Perlite+Carbonized rice hull	15.73	88.9	1,398	8.07	6.31	86
	Perlite+Vermiculite	16.03	87.3	1,399	8.33	6.19	87
	Perlite+Peatmoss	17.27	89.8	1,551	8.16	6.28	88
	Vermiculite+Rice hull	17.53	90.6	1,588	8.23	6.45	87
	Perlite	14.36	82.6	1,186	7.99	6.09	83
10:0	Rice hull+Coconut fiber	14.56	84.7	1,233	7.98	5.94	84
	Perlite+Coconut fiber	15.27	83.8	1,279	7.67	5.96	84
	Peatmoss+Carbonized rice hull	15.84	85.4	1,352	7.61	6.01	85
	Perlite+Carbonized rice hull	14.87	84.5	1,255	8.06	6.02	84
	Perlite+Vermiculite	15.64	84.2	1,316	7.98	6.08	84
	Perlite+Peatmoss	16.24	85.9	1,394	8.04	6.05	86
	Vermiculite+Rice hull	16.44	84.4	1,387	7.99	6.03	85
	Perlite	13.63	74.7	1,018	7.52	5.81	80
LSD. 05							
Ratio(A)		**2)	**	**	**	**	**
Substrates(B)		**	*	**	*	NS	**
A × B		NS	NS	NS	*	NS	NS

<sup>2)</sup>NS, \*, \*\*: Non-Significant, significant at  $P < 0.05$ ,  $< 0.01$ .

\* Sweet pepper was cultivated from Dec. 6, 1997 to April 5, 1998.

본 실험에서는 8:2 양액이 10:0에 비하여 진딧물의 발생율이 낮았는데, 이는  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{NH}_4^+$  비율이 적정하여  $\text{NH}_4^+$ 의 유독성이 나타나지 않아 식물체가 강건하게 생장을 하여, 내충성이 높아져 나타난 결과로 판단되나, 이에 대한 보다 자세한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 비율에 따른 배지 종류별 수량

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  비율에 따른 배지 종류별 수량을 조사한 결과(Table 4) 8:2에서 주당과수는 버미큘라이트+왕겨에서 17.53개로 가장 많았으며, 평균과중은 버미큘라이트+왕겨에서 90.6g으로 가장 높았다. 그리고 주당수량도 버미큘라이트+왕겨에서 1,588g으로 가장 많았고(Lee 등, 1996), 주당과수, 평균과중, 주당수량은 펄라이트 단용배지에서 가장 적었다.과장과 과경은 처리간에 차이가 없었다. 기형과를 제외한 상품과의 무게를 60g 이상으로 볼 때 상품과율은 피트모스+

훈탄에서 89%로 가장 높았으며, 펄라이트 단용배지에서 가장 낮은 83%를 나타내었다. 10:0에서도 배지간의 수량은 8:2에서와 비슷한 양상을 나타내었는데, 주당과수는 버미큘라이트+왕겨에서 16.44개, 펄라이트+피트모스에서 16.24개로 각각 타 처리에 비하여 많았다. 주당수량은 펄라이트+피트모스에서 1,394g으로 많았으며, 펄라이트 단용에서 1,018g으로 가장 적게 나타나 배지의 유효수분 함량이 생육 및 수량에 영향을 미치는 것으로 추정된다. 과장은 펄라이트+훈탄에서 8.06cm로 길었고 과경은 펄라이트+버미큘라이트에서 6.08cm로 짧은 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다. 상품과율은 펄라이트+피트모스에서 86%, 버미큘라이트+왕겨와 피트모스+훈탄에서 각각 85%를 나타내었다.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  비율에 따른 수량을 보면, 10:0에서는 펄라이트+피트모스에서 1,394g이었고, 8:2에서는 버미큘라이트+왕겨에서 1,588g이었으며, 주당과수, 주

Table 5. Effects of substrates and the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> to NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ratio in nutrient solutions on mineral content of sweet pepper in bag-culture

Ratio of NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Substrates	Mineral content (%/dry weight)																							
		K <sup>+</sup>						Ca <sup>2+</sup>						Mg <sup>2+</sup>						PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>					
		Fruit	Leaf	Stem	Root	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf	Stem	Root	Fruit	Leaf	Stem	Root	Fruit	Leaf	Stem	Root						
8:2	Rice hull+Coconut fiber	1.28	1.72	1.50	0.76	0.38	0.41	0.39	0.47	0.72	0.38	0.33	0.15	0.76	0.53	0.74	0.52								
	Perlite+Coconut fiber	1.25	1.66	1.76	0.66	0.36	0.40	0.39	0.42	0.26	0.40	0.29	0.19	0.67	0.67	0.66	0.57								
	Peatmoss+Carbonized rice hull	1.21	1.84	1.76	0.70	0.40	0.39	0.41	0.36	0.30	0.40	0.33	0.17	0.61	0.62	0.63	0.72								
	Perlite+Carbonized rice hull	1.26	1.97	1.72	0.75	0.41	0.39	0.43	0.51	0.29	0.42	0.33	0.16	0.69	0.55	0.79	0.66								
	Perlite+Vermiculite	1.22	2.12	1.77	0.76	0.40	0.43	0.39	0.50	0.25	0.41	0.29	0.23	0.63	0.59	0.65	0.66								
	Perlite+Peatmoss	1.45	1.90	1.81	0.71	0.41	0.45	0.42	0.48	0.29	0.37	0.49	0.17	0.69	0.43	0.75	0.58								
	Vermiculite+Rice hull	1.25	2.08	2.21	0.75	0.39	0.44	0.40	0.49	0.25	0.38	0.29	0.22	0.78	0.54	0.81	0.62								
10:0	Perlite	1.34	1.78	1.86	0.66	0.37	0.41	0.41	0.45	0.29	0.34	0.36	0.15	0.62	0.48	0.66	0.57								
	Rice hull+Coconut fiber	1.51	2.36	2.63	0.83	0.43	0.43	0.40	0.46	0.31	0.53	0.34	0.24	0.60	0.45	0.63	0.51								
	Perlite+Coconut fiber	1.38	2.23	2.56	0.75	0.40	0.44	0.44	0.51	0.26	0.53	0.47	0.19	0.68	0.32	0.58	0.51								
	Peatmoss+Carbonized rice hull	1.33	2.36	2.38	0.90	0.41	0.46	0.44	0.52	0.27	0.45	0.37	0.22	0.58	0.43	0.61	0.45								
	Perlite+Carbonized rice hull	1.42	2.15	2.52	0.79	0.41	0.45	0.45	0.59	0.28	0.47	0.39	0.19	0.59	0.47	0.59	0.58								
	Perlite+Vermiculite	1.66	2.10	2.01	0.84	0.42	0.47	0.41	0.50	0.25	0.45	0.34	0.23	0.62	0.42	0.63	0.42								
	Perlite+Peatmoss	2.08	1.94	2.31	0.81	0.43	0.43	0.43	0.56	0.31	0.44	0.45	0.21	0.68	0.41	0.64	0.55								
LSD. 05	Vermiculite+Rice hull	1.78	2.58	2.15	0.82	0.42	0.47	0.47	0.57	0.30	0.51	0.35	0.24	0.73	0.32	0.65	0.54								
	Perlite	1.56	2.08	2.22	0.78	0.39	0.40	0.43	0.48	0.25	0.39	0.49	0.21	0.56	0.29	0.61	0.57								
	Ratio(A)	**2)	NS	*	NS	**	NS	NS	**	NS	**	**	**	NS	*	*	*								
	Substrates(B)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	**	*	**	NS	NS	NS								
	A × B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								

<sup>2)</sup>NS, \*, \*\*, Non-Significant, significant at P=<0.05, <0.01.

당수량, 평균과중, 과장, 과경 및 상품과율 등이 8:2에서 10:0에 비하여 높게 나타나  $\text{NH}_4^+$  첨가에 의한 생육 및 수량증대 효과가 인정되었다(Kim 등, 1989; Jung, 1995).

기형과의 발생율은 펠라이트 단용 배지에서 10%로 타 처리에 비하여 많았다. 이 기형과의 형태는 단추형이 대부분이었으며 상품과와 비교했을 때 상품성이 상당히 떨어졌다. 8:2에서 기형과 발생율이 10:0에 비하여 적게 나타났는데, 이는 단고추에 있어서  $\text{NH}_4^+$ 의 혼용 비율이 적합하였고, 양수분의 흡수가 원활하게 이루어졌기 때문인 것으로 판단되며, Ikeda and Osawa (1985)도  $\text{NH}_4^+$ 의 혼용시 품질이 향상된다고 보고하였다.

### 5. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 비율에 따른 배지 종류별 식물체내 무기성분 함량

수확 성기에 달한 식물체내 무기성분 함량을 질소 급원 비율에 따른 배지별로 조사한 결과(Table 5), 8:2에서  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^-$ 는 버미쿨라이트+왕겨에서,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ 는 펠라이트+피트모스에서 각각 많았다.

10:0에서는  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 는 버미쿨라이트+왕겨에서,  $\text{Mg}^{2+}$ 는 펠라이트+코코넛 섬유에서,  $\text{PO}_4^-$ 는 펠라이트+피트모스에서 각각 함량이 높았으며, 무기성분 함량이 많은 식물체에서 생육도 양호하여 무기성분 함량과 식물생육과는 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다(Lee 등, 1996).

8:2에서  $\text{K}^+$  함량은 줄기와 잎에서 많았으나 과실과 큰 차이가 없었으며, 뿌리에서 0.66~0.76 범위로 매우 적었는데, 이는 흡수된  $\text{K}^+$ 가 신속하게 지상부로 이동되어 뿌리에 적게 축적되었기 때문인 것으로 사료된다(Jeong, 1996).  $\text{Ca}^{2+}$  함량은 뿌리에서 많았고, 과실에서 적어  $\text{K}^+$ 와 반대의 경향을 보였는데, 이는  $\text{Ca}^{2+}$ 의 이동 속도가 느려 지상부보다 뿌리에 많이 축적되었기 때문인 것으로 사료된다(Brafield and Guttridge, 1979).  $\text{Mg}^{2+}$ 의 함량은 잎과 줄기에서 많았고 뿌리에서는 적어  $\text{K}^+$ 와 같은 경향을 나타내었다.  $\text{PO}_4^-$ 의 함량은 줄기와 과실에서 0.63~0.81과 0.61~0.78 범위로 약간 많았고, 잎과 뿌리에는 적었다. 즉  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^-$ 의 함량은 대부분 식물체의 줄기와 잎에서,  $\text{Ca}^{2+}$ 는 뿌리에서 각각 많았다. 그리고 식물체내 무기성분 중  $\text{K}^+$ 가 가장 많았고  $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  순으로 나타났다(Table 5).

10:0에서도 줄기와 잎에서  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  함량이 많았고, 뿌리에서 적어 8:2와 같은 경향을 보였으며,  $\text{Ca}^{2+}$ 는 뿌리에서 다소 많았고 과실에서 낮아 8:2의 경우와 같은 양상을 보였다.

질소원의 형태에 따른 무기성분 함량은, 8:2의 경우 10:0에 비하여  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  함량이 과실, 잎, 줄기, 뿌리 등에서 대체적으로 적었으나,  $\text{PO}_4^-$ 는 8:2에서 많았다(Ruth and Kafkafi, 1985; Maria et al., 1974).

### Literature cited

1. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyurethane as anecological growing medium. *Plasticulture*. 88:41-48.
2. Brafield, E.G. and C.G. Guttridge. 1979. The dependence of calcium transport and leaf tipburn in strawberry on relative humidity and nutrient solution concentration. *Ann. Bot.* 43:363-372.
3. Ikeda, H. and T. Osawa. 1983. Effects of Ratios  $\text{NO}_3$  to  $\text{NH}_4$  and Concentrations of each N Source in the Nutrient Solution on Growth and Leaf N Constituents of Vegetable Crops and Solution pH. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 52(2):159-166.
4. Ikeda, H., Y. Yoshida, and T. Osawa. 1985. Effects of Ratios  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$  and Temperature of the Nutrient Solution on Growth of Japanese Honewort, Garland Chrysanthemum and Welsh onion. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*
5. Jeong, H.J. 1996. The Effect of Various Solution and Substrates on the Strawberry Plant in Hydroponics. *J. Yonam College of Agriculture*. 15:195-211 (in Korean).
6. Jung, H.B. 1995. Effect of Root-zone Temperature and Ration of  $\text{NO}_3\text{-N}$  to  $\text{NH}_4\text{-N}$  in the Nurtrient Solution on the Growth and Yield of Hydroponically Growth Pepper Plant. *J. Bio-Env. Con.* 4(2):152-158 (in Korean).
7. Kim, K.Y., S.K. Park, E.H. Lee. 1989. The Effect of  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  Ratio on the Growth of Several Garden Fruits in Hydroponics. 1. The Effect of  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$  Ratio on the Growth, Mineral Content and Yield of Strawberry (*Fragaria grandiflora* EHRH). *Res. Rept. RDA(Horticultural Experiment Station)*. 31(3):6-17 (in Korean).
8. Kim, Y.S. 1993. The Effect of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  Ratio on the Growth of *Perilla frutescens* in Hydroponics. *J. Bio-Env. Con.* 2(2):119-126 (in Korean).
9. Kirkby, E.A. 1981. Plant growth in relation to nitrogen supply. In Clarke, F.E. and T. Rosswall, *Terrestrial nitrogen cycles, processes, ecosystem strategies and management impacts*. *Ecol. Bull. Stockholm* 33:249-267.
10. Lee, E.H., J.W. Lee, J.S. Kwon, Y.I. Nam, I.H. Cho, Y.S. Kwon. 1996. Effect of Substrates on Growth and



- Yield of Hydroponically Grown Cucumber in Bag Culture. J. Bio-Env. Con. 5(1):15-22 (in Korean).
11. Lee, E.H., S.K. Park, K.Y. Kim. 1991. The Effect of  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N Ratio on the Growth of Several Garden Fruits in Hydroponics. 2. The Effect of  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N Ratio on the Growth, Mineral Content and Yield of Tomato. Res. Rept. RDA(Horticultural Experiment Station). 33(1):1-6 (in Korean).
  12. Lee, Y.B., K.W. Park, M.Y. Roh, E.S. Chae, S.H. Park, S.H. Kin. 1993. Effects of Ecologically Sound Substrates on Growth and Yield of Tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Bag Culture. J. Bio-Env. Con. 2(1):37-45 (in Korean).
  13. Maria, E., T. Claassen and G. E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(2):171-174
  14. Ota, K. and Y. Yamamoto. 1990. Effect of different nitrogen sources on glutamine synthetase and ferredoxin dependent glutamate synthetase activities and on free amino acid composition in radish plants. Soil Sci. Plant Nutr. 36:645-652
  15. Park, K.W., Y.J. Shin, Y.B. Lee. 1992. Studies on the Modelling of Controlled Environment in Leaf Vegetable Crops. I. Effects of Night Temperature and  $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$  Ratio in Nutrient Solution on the Growth of Chinese White Cabbage(*B. chinensis* L. var. *chinensis*) and Chinese Flat Cabbage (*B. chinensis* L. var. *rosularis*). J. Bio-Env. Con. 1(1):21-27 (in Korean).
  16. Ruth, G. N. and U. Kafkafi. 1985. The effect of root temperature and nitrate ammonium ratio on strawberry plants. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentrations. Agron. J. 77:835-840.
  17. Simidchiev, C., K. Miliev, and V. Kanazirska. 1984. The industrial application of hydroponics in Bulgaria. ISOSC Proc. 6th Congress Soilless Culture. 575-594.
  18. Wilson, G. C. S. 1985. New perlite system for tomatoes and cucumbers. Acta. Hort. 172:151-156.
  19. Wilson, G. C. S. 1986. Tomato production in different growing media. Acta. Hort. 178:115-119.

## 자루재배용 배지의 종류와 양액의 $\text{NO}_3^-$ -N: $\text{NH}_4^+$ -N의 비율이 단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향

김덕호<sup>1</sup> · 김영호<sup>2</sup> · 정현재<sup>1</sup>

연암축산원에대학 원예과<sup>1</sup> · 환경대학교 원예학과<sup>2</sup>

### 적 요

단고추의 자루재배에 의한 양액재배시  $\text{NO}_3^-$ -N과  $\text{NH}_4^+$ -N의 비율(8:2와 10:0), 배지 종류에 따른 생육, 수량 및 무기성분 흡수에 미치는 영향을 조사하였다. 배지의 무기성분 중 P, K, Ca 및 Mg는 배지간에 차이가 나타났는데, P 및 Mg는 버미큘라이트+왕겨에서, K는 펄라이트+버미큘라이트에서, 그리고 Ca는 펄라이트+피트모스에서 각각 그 농도가 높았으며, 펄라이트 단용배지에서 가장 낮았다. 다른 성분에 비하여 Ca의 농도가 가장 높았으며, 10:0 양액에 비하여 8:2 양액에서 배지내 무기성분의 농도가 낮았다. 양액의 pH는  $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$  비율에 따라 배지간에 다소 차이가 있었으나, 10:0에서 안정적이었으며, 8:2에 비하여 약간 높게 유지되었다. 배지별 EC는 펄라이트+버미큘라이트와 버미큘라이트+왕겨에서 높았다. 8:2에서는 1.83~2.10 ds·m<sup>-1</sup> 범위였고, 10:0에서는 1.78~1.97 ds·m<sup>-1</sup> 범위로 나타나 모든 배지에서 단고추 생육에 적합한 범위를 유지하였다. 초장과 경경은 8:2와 10:0의 경우 배지에 따른 생육차는 없었으며, 엽면적은 버미큘라이트+왕겨에서, 생체중, 건물중 등은 피트모스+훈탄에서 무거웠고, 펄라이트 단용 배지에서 가장 불량하였다. 생육 등은 배지 종류에 따른 영향도 있었으나, 초장, 경경, 엽면적, 생체중 및 건물중 등은  $\text{NH}_4^+$ 를 첨가한 8:2 양액에서 배지종류에 관계없이 10:0에 비하여 높게 나타났다. 주당과수 및 주당수량은 8:2에서 버미큘라이트+왕겨에서 17.53개와 1,588 g으로 많거나 무거웠으며, 펄라이트 단용배지에서 가장 적었다. 10:0에서의 주당과수는 버미큘라이트+왕겨에서 16.44개로, 수량은 펄라이트+피트모스에서 1,394 g으로 가장 높게 나타났다. 수량성은 배지 종류에 따른 차이도 일부 인정되었으나, 8:2의 모든 배지에서 과수, 주당수량, 평균과중, 과경, 과장 및 상품과율 등이 모두 10:0 양액보다 높게 나타났다. 식물체내의 무기성분은 8:2의 경우 K<sup>+</sup> 및 Mg<sup>2+</sup>는 잎에서, Ca<sup>2+</sup>은 뿌리에서 많았으며, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>은 과실과 줄기에서 많았다. 10:0에서의 무기성분도 8:2에서와 같은 경향을 나타내었으며, 배지간에 무기성분의 차이는 인정되지 않았다. 양액조성에 따른 무기성분 함량의 차이는 K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> 및 Mg<sup>2+</sup>는 10:0에서, PO<sub>4</sub><sup>-</sup>은 8:2에서 각각 많았다.

주제어 : 훈탄, 농도