

자루 재배용 培地의 종류와 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 의 比率이 단고추의 生育 및 收量에 미치는 影響

Effect of Substrates and the Ratios of NO_3^- to NH_4^+ in Nutrient Solution on Growth and Yield of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L) in Bag-Culture

김덕호^{*} · 김영호^{**} · 정현재^{*}

^{*}연암축산원에대학 ^{**}안성산업대학교

^{*}D.O. Kim · ^{**}Y.O. Kim · ^{*}H.J. Joung

^{*}Yonam College of Agriculture · ^{**}Ansung National University

I. 序 論

단고추는 열대 남미가 원산지로서 대표적인 高溫性 作物에 속하며, 정상적인 生育을 유지하려면 충분한 日照와 高溫이 필요한데, 降雨과 過濕에 매우약하여 우리나라에서는 여름철 재배시 문제가 된다. 또한 고추 주산 단지에서 土壤養分의 過不足에 의한 生育부진과 병충해에 의한 被害가 증가되고 있는데, 그 원인이 連作에 의한 忌地현상으로 추정되므로 이의 방지를 위하여 養液栽培의 도입이 요구된다. 단고추 양액재배면적은 '95년도에 29,700m² 이었으나 맷지 않은 고추의 선호 등으로 인하여 '96년부터 꾸준히 증가하고 있는 실정이다.

NH_4^+ 를 첨가했을 때 生育이 우수하고 수량이 증대되며, NO_3^- 와 NH_4^+ 의 혼용 비율은 10:2~3 수준이 적정한 것으로 알려져 있는데, 이들의 흡수기작은 배지 및 양액의 온도, 배지의 종류 그외 외적 환경요인에 따라 흡수특성이 달라진다. 또한 질소급원형태에 따라 pH가 상승 또는 저하되는데, 이들 상호간의 연관을 밝히는 연구가 요구된다. 따라서 단고추 자루 재배시 혼합 배지의 종류와 양액의 $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 비율에 따른 배지의 pH 및 EC, 無機成分, 그리고 生育 및 收量 변화를 究明하여 단고추 養液栽培의 기초 확립은 물론 시설비가 저렴한 자루식 양액 재배의 안정화에 기여하기 위하여 본 실험을 수행하였다.

II. 材料 및 方法

공시 품종은 Rizk Zwaam 社의 Yolo Wonder를 1997年 9月 6日 蓮庵畜産 園藝大學 實習農場의 유리溫室에 과중하여 30일간 육묘 한 후 1997年 10월 6日 定植하였다. 培養液은 山崎의 피망 전용액을 약간 변형 시켜서 NO_3^- 와 NH_4^+ 의 比率이 10:0, 8:2가 되도록 2수준을 조성 하였으며, 供試培地는 왕겨+코코넛 섬유 (이하1:1, 용적비임), 펄라이트+코코넛 섬유, 피트모스+훈탄, 펄라이트+훈탄, 펄라이트+버미큘라이트, 펄라이트+피트모스, 버미큘라이트+왕겨의 혼용배지와 펄라이트 단용 등 8 가지를 공시하였다.

養液의 EC는 0.7~1.8mS/cm 범위가 되게 하여 착과시부터는 EC를 1.8mS/cm 으로 유지 하였으며, pH는 6.0~7.0 범위가 되도록 조절하였다. 양액의 EC와 pH

는 EC센서와 pH센서에 의해 자동으로 조절 되는 SS식 급액장치를 이용하여 관리하였다.

자루는 유백색 플라스틱 필름으로 길이 1.5m에 용량이 50ℓ의 자루에 48ℓ의培地를 넣어 스티로폼 성형베드(H15×L120×40W)내에 흑색 비닐(0.05mm)을 깔고 그 위에 두께 3cm, 폭 30cm 스티로폼을 다시 2장을 깎 다음 그 위에 배지를 넣은 자루를 올려 놓고 흑백 플라스틱 필름(0.05mm)으로 덮었다. 試驗區는 窒素形態(NO₃⁻, NH₄⁺)의 비율 2수준과 8종의培地를 합하여 분할구배치 3반복으로 하여, 한 처리당 36주씩 定植하였으며, 재식거리는 주간을 25cm로 하여 3대 가꾸기를 하였다. 정식후 20일부터 15일 간격으로 생육조사를 하였고, 收量은 開花後 30~40일째의 果實을 收穫하여 1998년 4월 5일까지 조사하였다. pH와 EC는 10일 간격으로 조사하였으며, 葉面積 측정(TP-Cor社, Model ANA-GA-5)과 무기성분(Shimadzu-AA-610S와 Gilford-260)을 분석하였다.

III. 結果 및 考察

1. NO₃⁻:NH₄⁺ 비율에 따른培地의 無機成分 함량

배지내 無機成分 중 P, K 및 Mg는 배지간에 농도의 차이가 심하지 않았으며, 투여액과 비교했을 때 P, K 및 Mg는培地에 축적되어 있는 양이 적은 것으로 보아 흡수가 빠르게 이루어진 것으로 보였다. 그러나 Ca는 투여액에 비하여 2배 정도의 많은 양이培地에 축적되어 있었는데, 이는 Ca의 흡수 이동이 서서히 이루어짐으로써 나타난 결과로 사료되었다.

P 및 Mg는 버미큘라이트+왕겨에서, K는 펄라이트+버미큘라이트에서 그리고 Ca는 펄라이트+피트모스에서 각각 많았고, 펄라이트 단용에서 無機成分 함량이 가장 적었다. 8:2에서 10:0에 비하여 함량이 약간 낮았는데, 이는 8:2의 식물체에서 흡수가 빠르게 진행됨으로써 나타난 결과로 사료된다.

Table 2. Comparison of mineral concentration according to the several substrates, and ratio of NO₃⁻ to NH₄⁺ in nutrient solution used for the bag-culture of sweet pepper.

Ratio of NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	Substrates	Mineral concentration(meq/L)			
		P ^{y)}	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)	** ²⁾	NS	**	**	
Substrates(B)	**	**	**	**	
A×B	NS	NS	**	**	

^{y)} The P, K, Ca, Mg concentrations of initial nutrient solution were 2.5meq/L, 6.0meq/L, 3.0meq/L, 2.0meq/L, respectively.

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

2. NO₃⁻와 NH₄⁺ 비율에 따른培地의 pH 및 EC 변화

pH는 8:2와 10:0의 비교에서 배지간에 따라 약간의 차이가 있었으나, 모든 배지에서 단고추 生育에 적합한 범위를 유지하였고, 10:0에서 더 안정적이었다. 8:2의 경우 pH를 조절하지 않을 때에 재배상 문제가 되는 pH5 이하로 떨어지는 경우도 있어 NH₄⁺를 혼용할 때에는 pH의 조절이 선행되어야 할 것으로 보인다.

Table 3. Changes of pH and EC of nutrient solution affected by several substrates during 20 days after treatment.^{y)}

Ratio of NO ₃ ⁻ :NH ₄ ⁺	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		** ^{z)}		**	
		**		**	
		**		NS	

^{z)} NS, *, ** : Non-Significant, significant at P = >0.05, <0.05, <0.01.

^{y)} pH and EC of start solution were 6.0 and 1.8mS/cm, respectively.

pH는 8:2와 10:0에서 펄라이트 단용이 가장 높았고, 피트모스+훈탄, 펄라이트+피트모스에서 낮았는데, 이는培地 자체가 갖고 있는 物理, 化學的 특성에 따른 결과로 사료되었다.

EC도 8:2와 10:0의 모든 배지에서 안정적으로 유지되었으며 펄라이트+버미큘라이트와 버미큘라이트+왕겨에서 각각 높았는데 이는 배지에서 용출될 수 있는 K⁺의 영향에 의하여 높아진 것으로 보인다. EC는 8:2에서 10:0보다 약간 높게 유지 되었으며, 펄라이트 단용배지에서 가장 낮아서 EC의 농도를 높일 수 있는 급액방법에 대한 개선의 필요성이 요구되었다.

3. NO₃⁻:NH₄⁺ 비율에 따른培地 종류별 生育

8:2에서 草長은 피트모스+훈탄에서 69.7cm로 가장 길었으며, 生體重, 乾物重도 무거웠다. 葉面積은 버미큘라이트+왕겨(1:1)에서 8,352cm²로 가장 넓었으며, 펄라이트 단용에서 生育이 가장 저조하였다.

10:0에서도 8:2에서와 비슷한 경향을 보였으며, 草長은 피트모스+훈탄에서 64.1cm로 가장 길었고 莖徑은 버미큘라이트+왕겨에서 1.5cm로 굵었다.

8:2와 10:0의 배지별 生育은 피트모스+훈탄과 버미큘라이트+왕겨에서 각각 좋았으며, 8:2의 모든培地에서 10:0에 비하여 生育이 우수하였다.

Table 4. Effect of substrates and the ratio of NO_3^- to NH_4^+ in nutrient solution on growth of sweet pepper in bag-culture.^{y)}

Ratio of $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	Substrates	Plant height (cm)	Stem diam. (cm)	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight(g/plant)		Dry weight(g/plant)	
					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	65.4	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
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 Ratio(A) Substrates(B) A×B		** ^{o)} *	** NS	** *	** *	** *	** NS	** NS

^{y)} Sweet pepper was cultivated from October. 26, 1997 to April 5, 1998.

^{z)} NS, *, ** : Non-Significant, significant at P = >0.05, <0.05, <0.01.

4. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 비율에 따른 培地 종류별 收量

8:2에서 배지별 收量은 버미큘라이트+왕겨에서 株當果數 및 平均果重이 17.53개와 90.6g으로 가장 좋았으며, 株當收量도 1,588g으로 가장 무거웠다.

10:0에서도 배지간의 收量은 8:2와 비슷한 경향을 보였는데, 株當果數는 버미큘라이트+왕겨에서 16.44개였으며, 株當收量은 펄라이트+피트모스에서 1,394g으로 무거웠다. 8:2는 10:0에 비하여 수량이 많았으며, 기형과의 발생율도 적어 NH_4^+ 첨가에 의한 재배법이 유리할 것으로 판단 된다.

Table 5. Effect of substrates and the ratio of NO_3^- to 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 Marketable 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
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) Substrates(B) A×B		** ^{z)} ** NS	** * NS	** ** NS	** * *	** NS NS	** ** NS

^{z)} NS, *, ** : Non-Significant, significant at P = >0.05, <0.05, <0.01

※ Sweet pepper was cultivated from Decembeg. 6, 1997 to April 5, 1998.

5. $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ 비율에 따른 培地 종류별 植物體內 無機成分 함량

8:2에서 K^+ , PO_4^- 는 버미큘라이트+왕겨에서 그리고 Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 펄라이트+피트모스에서 각각 함량이 많았으며, 10:0에서는 K^+ , Ca^{2+} 는 버미큘라이트+왕겨에서, PO_4^- 는 펄라이트+피트모스에서 각각 많았다.

Table 6. Effects of substrates and the NO_3^- to NH_4^+ ratio in nutrient solutions on mineral content of sweet pepper in bag-culture.

Ratio of $NO_3^-:NH_4^+$	Substrates	Mineral content (% / dry weight)															
		K ⁺				Ca ²⁺				Mg ²⁺				PO ₄ ⁻			
		Fruit	Leaf	Stem	Root	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	0.56	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
10:0	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
	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	2.39	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
LSD, 05 Ratio(A) Substrates(B) A×B		NS	NS	*	NS	**	**	NS	**	NS	**	**	**	NS	*	*	*
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

8:2와 10:0에서의 식물체내 無機成分 함량은 K^+ 는 잎과 줄기에서, Ca^{2+} 는 뿌리에서, Mg^{2+} 는 잎에서, PO_4^- 는 果實과 줄기에서 각각 많았다.

K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 는 10:0에서, PO_4^- 은 8:2에서 각각 많았다. 無機成分 함량도 펄라이트 단용배지의 식물체에서 가장 적었으며, 식물체내 無機成分 함량이 많은 처리에서 대부분 생육 및 收量도 좋았다.

IV. 要 約

단고추의 자루재배에 의한 養液栽培시 NO_3^- 와 NH_4^+ 의 비율을 8:2와 10:0으로 하였을 때, 培地 종류에 따른 生育, 收量 및 無機成分 흡수에 미치는 영향을 究明하기 위하여 실험한 결과는 다음과 같다.

1. 배지의 무기성분 중 P 및 Mg는 버미큘라이트+왕겨에서, K는 펄라이트+버미큘라이트에서 높았다. 배지내 Ca의 농도가 가장 높았으며, 8:2보다 10:0에서 배지내 無機成分의 농도가 높았다.

2. $NO_3^-:NH_4^+$ 비율에 따른 양액의 pH 및 EC는 모든 배지에서 작물재배에 적합한 범위를 유지하였으며, pH는 10:0에서 더 안정적이었고, EC는 8:2에서 높게 유지되었다.

3. 草長과 莖徑은 배지에 따른 생육차가 없었으며, 葉面積은 버미큘라이트+왕겨에서, 生體重, 乾物重 등은 피트모스+훈탄에서 무거웠다. 생육은 NH_4^+ 를 첨가한 8:2의 모든 배지에서 10:0에 비하여 증가하였다.

4. 8:2에서의 果數 및 收량은 버미큘라이트+왕겨에서 17.53개와 1,588g으로 많았으며, 10:0에서의 果數는 버미큘라이트+왕겨에서 16.44개로, 收량은 펄라이트+피트모스에서 1,394g으로 많았다. 8:2의 모든 배지에서 10:0에 비하여 果數, 收量,

平均果重, 果徑, 果長 및 商品果率 등이 증가 하였다.

5. 無機成分은 8:2와 10:0의 경우 K^+ 는 잎과 줄기에서, Ca^{2+} 는 뿌리에서, Mg^{2+} 는 잎에서 많았으며, PO_4^- 는 果實과 줄기에서 많았다. 배지간에 따른차이는 나타나지 않았으며, K^+ , Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 는 10:0에서, PO_4^- 는 8:2에서 각각 많았다.

參考文獻

1. 鄭顯福. 1995. 根圈溫度와 養液中の NO_3^-N/NH_4^-N 比率이 養液栽培 高추의 生育·收量에 미치는 影響. 生物生産施設環境 4(2):152-158.
2. Clarkson, D. T., M. J. Hopper and L. H. P. Janes. 1986. The effect of root temperature on the uptake of nitrogen and the relative size of the root system in *Lolium perenne*. I. Solution containing both NH_4^+ and NO_3^- . Plant Cell and Environment 9:535-545.
3. 池田英男, 大澤孝也. 1983. 水耕培養液中の NO_3^- 와 NH_4^- 의 濃度並び에 比率가 菜의 生育, 葉中N成分及び培養液의 pH에 及ぼす 影響. 日園學雜. 52(2):159-166.
4. 金光勇, 朴尙根, 李應鎬. 1989. 養液栽培時 NO_3^- 와 NH_4^- 의 比率이 몇가지 果菜類의 生育에 미치는 影響. I. NO_3^- 와 NH_4^- 의 比率이 딸기의 生育, 無機物 含量 및 收量에 미치는 影響. 農試論文集(園藝篇). 31(3):6-17.
6. 김경제, 라상욱, 우인식, 강영식, 허일범, 김진한. 1997. 培地種類가 단고추 자루식 長期 養液栽培時 生育 및 收量에 미치는 影響. 生物生産環境春發要誌. 6(1):31-35.
7. 金永植. 1993. 水耕栽培時 NO_3^-N 과 NH_4^-N 의 比率이 잎들개의 生育에 미치는 影響. 生物生産施設環境 2(2):119-126.
8. 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.
9. 李應鎬, 朴尙根, 金光勇, 劉根培. 1993. 培養液의 NO_3^-N 과 NH_4^-N 의 比率이 오이의 生育 및 收量에 미치는 影響. 農業科學論文集 35(2):390-395
10. 이용범, 박권우, 노미영, 채의식, 박소흥, 김수현. 1993. 자루栽培用 培地種類가 토마토 生育 및 品質에 미치는 影響. 生物生産施設環境 2(1):37-45.
11. Maria, E. T. Claassen and G. E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and peat tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(2):171-174
12. 박권우, 이정훈, 장매희. 1994. 養液內 NO_3^-N 과 NH_4^-N 比가 잎과 의 生育과 品質에 미치는 影響. 生物生産施設環境 3(2):99-105.
13. 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.
14. Wilson, G. C. S. 1986. Tomato production in different growing media. Acta. Hort. 178:115-119.