

토마토 재배시 배수된 양액의 재이용¹⁾

김용덕* · 박용봉**

The Reuse of Drained Nutrient Solution for Growing Tomato Plants¹⁾

Kim, Yong-Duk* · Park, Yong-Bong**

ABSTRACT

To determine the possibility for the reuse of drained nutrient solution, cherry tomato *Lycopersicon esculentum* Mill, cv. Pepe, was grown hydroponically in scoria (Exp. 1) and soil (Exp. 2). In Exp. 1 T1(control) was for FNS(fresh nutrient solution); T2 to T4 were for mixed FNS/DNS (drained nutrient solution); T5 was for DNS (drained nutrient solution). The EC level of DNS was gradually increased over time and exceeded those of FNS from shortly after the first harvest it. Neither DNS nor FNS/DNS affected days required to first harvest, bloom required to half ripe, total soluble solids or acid content. Internode length, however, was affected. This trend was also the same as yield capacity; number and weight of marketable fruit.. A comparison of macro elements in the solution before and after supply at 103 days after transplanting revealed that all element concentrations in the solution increased except P and thus the EC level increased but the pH level decreased. In Exp. 2 all tomato plants were grown in trough system filled with soil 10 ℓ · plant. T1 and T2 were for FNS and DNS respectively, and in T3(adjusted nutrient solution : ANS) 1mM of potassium dihydrogen phosphate was added to the DNS. T4 was for conventional cropping. Days required to harvest took 112days in FNS, which was 2-3 days earlier than others but total soluble solids and acid content showed no differences between treatments. In the DNS, number and weight of marketable fruit were lower than others. The results of soil analysis showed that K, P, Ca and Na content in the soil before cultured were higher than those in the soil after cultured.

* 제주도농업기술원
제주대학교 원예학과

¹⁾ 본연구는 농림수산특정과제에 의해 수행된 연구임

Key words : fruit pH, scoria, total soluble solids

*Corresponding author

¹⁾ Supported by a grant from Ministry of Agriculture and fishery.

서 론

식물체는 양이온과 음이온을 작물별로 다른 비율로 흡수하므로 순환식 양액재배시에는 이온간 흡수 비율이 달라지기 쉬우므로 주기적으로 배양액을 분석하고 균형 배양액을 보충하여 이온간의 균형을 교정함으로써 재배가 가능하다(Steiner, 1996). 그러나, 고형배지경 재배시에는 많은 농가들이 개방식 시스템을 채택함으로써 한번 사용한 양액을 흘려버리는 경우가 많아 토양과 지하수를 오염시켜 환경부하를 가중시킨다. 그러나 배수된 양액을 재이용 하게 된다면 농가의 경영비 절감 차원에서 바람직 할 뿐만 아니라, 순환식은 물의 64%, N과 K 비료를 각기 44, 50%를 줄일 수 있어(Ammerlaan,

1993) 경제적이기도하다. 그러나 양액 재순환시에는 작물 성장을 억제 시키는 억제 물질의 제거방법이나, 병의 만연을 예방 하기 위한 소독 방법등이 강구 되어야 한다(Runia and Amsing, 1996; Sundin et al., 1996). 이미 선진국에서는 순환식 방식으로 전환되고있으며, 양액재배 선진국인 네델란드에서는 지하수와 지표수에 양액과 살충제등의 유입을 막기 위하여 2000년대 이후에는 법으로 개방식이 규제된다(Runia and Amsing, 1996). 그러므로 국내에서도 배수된 양액의 재이용에 관한 연구가 활발히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 시험에서는 배수된 양액 재이용의 가능성을 검토하여 환경보존 및 비료비의 절감에 기여코자 수행하였다.

Table 1. Standard solution used in the experiment

Elements	Macro elements(mM)							Micro elements(μ M)					
	NH ₄	NO ₃	PO ₄	SO ₄	K	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Conc.	1.25	13.75	2.50	3.75	10.57	4.25	2.00	30	30	20	10	0.93	0.63

Table 2. Treatments used in the experiment 1.

Treatments	Description
T1	Fresh nutrient solution 100%(FNS)
T2	Fresh solution 90% + Drained solution 10%
T3	Fresh solution 70% + Drained solution 30%
T4	Fresh solution 50% + Drained solution 50%
T5	Drained nutrient solution 100%(DNS)

Table 3. Treatments used in the experiment 2 for soil culture.

Treatments	Description
T1	Fresh solution 100%
T2	Drained solution 100%
T3	Adjusted solution(Adding 1mM of potassium dihydrogen- phosphate)
T4	Conventional cropping

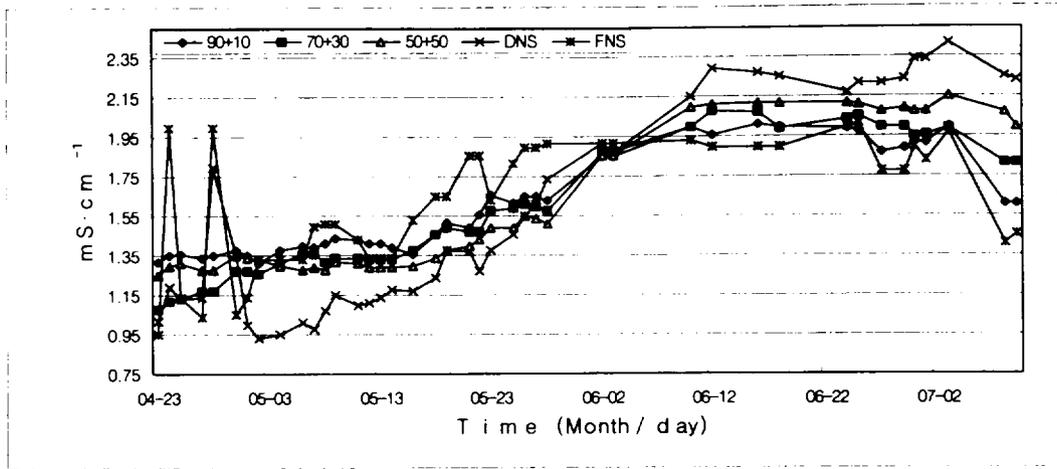


Fig. 1. The fluctuation of EC level of supplied solution by treatments during the growing season.

재료 및 방법

시험 1. 양액재배시 배수된 양액의 재이용 검토

양액재배에 사용했던 양액의 재이용에 관해 시험코자 방울토마토 '베베' 품종을 공시하여 북제주군 애월읍 소재 제주도 농업기술원 기술 개발 포장에서 1998년 1월 30일과종, 3월18일 정식하여, 7월 7일까지 수행하였다. 재이용을 위한 배액은, 동일 하우스내 송이버지에 일반 토마토와 방울토마토 30여 품종을 재배, Table 1과 같이 양액을 조제하여, 정식후 1.0mS·cm⁻¹ 부터 생육이 진전됨에 따라 서서히 높여 수확 성기인 6월 하순에는 2.0mS·cm⁻¹ 까지 높인후 시험 종료일인 7월 7일 까지 점차 낮게 공급하여 이곳에서 배수된 양액(DNS)을 1톤들이 FRP탱크에 수집한후 처리별로 배수된 양액과 사용하지 않은 신선액을 혼합 또는 단독적으로 공급 하였다. 신선액 100%(FNS)는 재이용 배액을 얻기위해 공급한 동일한 양액 100%액으로 하고(대조구), 90 + 10% 액은 위의 FNS 90%에 DNS 10% 혼합액, 70% + 30%액과 50

+ 50%액은 각기 비율별로 혼합한 양액으로, DNS는 배수된액 100%. pH는 별도로 조절 하지 않았다. 정식후 4월 15일 까지 FNS로 관리 후, 개화기경인 4월 16일부터 처리별로 양액을 공급하였다. 재배는 넓이가 20cm 높이 15cm 길이 12m인 재배조에 11cm 높이로 송이를 채워 주당 배지량이 7ℓ 정도가 되게 하였다. 재식 거리는 110 x 30cm로 하였으며 생육조사는 반복당 5주씩 3반복으로 하였다. 과실수확 소요 일수는 5월 1일 많은 라벨을 부착한 후 첫수확 일까지의 일수로 하였다. 품질조사로서, 당도는 완숙된 과실을 수확후 -70℃ 초저온 냉동고에 저장후 1~2주사이에 굴절당도계로 조사하였고, 산도는 적정산으로, 과실의 pH는 Horiba사의 모델 M-7로 측정하였다.

2. 토경 재배용 비료로서의 이용가능성 검토

처리내용과 재식거리를 제외하고 모든 경종 방법은 시험1과 동일하며, 처리내용은 다음과 같다. 조정액은 인산칼륨 1mM을 배수된 양액에 보충하였으며, 토경은 기비로 퇴비, 석회,

인산을 각각 20톤, 1,500, 160kg·ha⁻¹를 전량 주었으며, 요소와 염화칼륨은 각각 240, 240kg·ha⁻¹를 5회 분시하였다. 각처리간 재배는 물 통흙모양의 재배조에 90×50cm 재식거리로 하였으며, 주당 상토량은 10 l 가 되게하였다.

결과 및 고찰

1. 양액재배시 배수된 양액의 재이용 검토

양액의 재이용을 위해 송이배지에서 토마토를 재배한후 배수된 양액을 신선액과 각처리별로 혼합 또는 단독 조제하여 공급 하였다. 이때 처리별 공급된 양액의 EC를 조사하였으며, EC 변화 추이는 Fig. 1과 같다. 재배기간중 공급된

양액의 EC의 변화는 대조구인 FNS와 비교하여 볼 때, 수확초기인 5월말까지는 신선액의 농도가 배수액이 혼합된 타처리에 비해 높았으나 6월상순부터는 오히려 신선액이 배수된 양액보다 낮았졌다. 토마토 배양액의 농도는 처방액에 따라 다르다; Yamasaki(1981)는 N/W 이론에 의거하여 토마토의 봄-여름재배시 EC 1.1mS·cm⁻¹, 유럽PBG액은 EC 2.3mS·cm⁻¹이며, kim 등(1997)은 봄·가을재배시 '모모타로' 품종의 적정 EC 농도는 1.5~2.0mS·cm⁻¹, '서광' 과 '배배' 품종은 1.5mS·cm⁻¹이며, 동계재배시 '하우스모모타로' 품종은 1.5mS·cm⁻¹, '배배' 품종은 2.5mS·cm⁻¹ 농도로 관리가 적당하다고 한바, 적정EC 농도는 품종 및 기후조건에 따라 다를 것으로 생각되어진다. 이시험의 경우 사용된 양

Table 4. A comparison of growth and development and fruit quality by treatments

Treatments	Days required to first harvest (Day)	Length of internode (cm)	Bloom required to half ripe (Day)	Total soluble solids(° Brix)	Citric acid(%)	Fruit pH
FNS 100%	113a ²⁾	82.7a	44	6.6a	0.70a	4.18±0.076
90+10	113a	82.4a	44	7.5a	0.63a	4.17±0.058
70+30	113a	78.7bc	44	7.6a	0.68a	4.22±0.029
50+50	112a	79.7ab	44	7.8a	0.72a	4.20±0.00
DNS 100%	112a	76.5c	44	7.2a	0.69a	4.18±0.029

²⁾ Mean separation within column by DMRT at 5% level

Table 5. A comparison of yield capacity by treatments

Treatments	No. of marketable fruit (ea·plant ⁻¹)	Wt. of marketable fruit (g·plant ⁻¹)	No. of small fruit (ea·plant ⁻¹)	Wt. of small fruit (g·plant ⁻¹)	No. of cracked fruit (ea·plant ⁻¹)	Wt. of cracked fruit (g·plant ⁻¹)
FNS100%	124.2a ¹⁾	1236.0a	34.9ab	108.6b	9.7a	39.3a
90+10	124.9a	1212.1a	51.1a	157.2ab	7.5ab	31.9ab
70+30	135.0a	1255.8a	43.5ab	147.6ab	5.1b	20.1b
50+50	133.2a	1163.5a	53.9a	168.2a	4.5b	18.8b
DNS100%	153.8a	1318.9a	58.3a	172.4a	6.7ab	20.2b

¹⁾ Mean separation within column by DMRT at 5% level

Table 6. A comparison of macro elements, EC and pH in the solution before and after supply at 103 days after transplanting (unit : mM)

Contrasts	NO ₃	PO ₄	SO ₄	K	Ca	Mg	EC	pH
T1 supply	9.41	1.47	1.98	6.95	2.99	1.39	1.96	5.73
T1 Drain	10.40	1.42	2.30	7.49	3.32	1.63	2.07	4.71
T2 supply	9.64	1.28	2.47	7.11	3.34	1.63	2.00	4.42
T2 drain	13.79	1.06	5.52	9.28	5.78	2.92	2.78	5.65
T3 supply	9.94	1.20	2.67	7.05	3.56	1.71	2.00	4.92
T3 drain	12.04	0.94	4.06	7.52	5.11	2.58	2.45	5.08
T4 supply	10.61	1.03	2.94	6.98	3.74	1.92	2.11	4.88
T4 drain	11.06	0.96	3.23	7.08	4.29	2.10	2.17	4.85
T5 supply	11.01	1.80	3.23	7.05	4.11	2.21	2.20	5.40
T5 drain	13.14	0.83	4.28	7.95	4.96	2.72	2.46	5.70

²⁾ Mean separation within column by DMRT at 5% level

Table 7. A comparison of growth and development and fruit quality with treatments

Treatment	Days to first harvest (Day)	Length of internode (cm)	Days to ripe (Day)	Total soluble solid(° Bx)	Acid as a citric acid (%)	Fruit pH
FNS 100%	112b ²⁾	74.5a	44	7.0a	0.58a	4.15±0.05
DNS 100%	115a	74.5a	44	7.1a	0.64a	4.18±0.029
ANS	115a	71.3a	44	6.8a	0.63a	4.17±0.058
Coventional cropping	114a	75.3a	44	7.1a	0.66a	4.07±0.058

²⁾ Mean separation within column by DMRT at 5% level

액은 토마토 30여 품종을 재배하고 있는 곳에서 배수된 양액을 이용하여 ‘배배’ 품종을 시험한 것으로서 EC 1.7mS/cm 부근에서 양액농도가 균형을 이루고 있어 이 시기의 ‘배배’ 품종의 적정 양액농도는 EC 1.7mS · cm⁻¹ 부근이라고 생각된다. 첫수확까지 일수 개화수 과실 성숙일수 당 함량 산함량 등은 처리에 따른 유의성이 인정되지 않았으며 절간장은 배수된 양액 함량이 많을수록 짧은 경향이었다(Table 4).

수량성을 보면(Table 5) 상품수 상품중 소과수 등은 모든 처리에서 유의성이 없었으나 소과

중은 배수된액 비율이 높을수록 많은 경향을 보였다. 작물마다 내염성 정도가 다르며 토마토의 내염 한계농도는 2.5mS · cm⁻¹ 로서 EC 1.0m S · cm⁻¹ 이 상승함에 따라 9.9%의 수량이 감소하며(Maas, 1990), Masaharu 등(1989)은 EC 1.3mS · cm⁻¹ 과 2.3mS · cm⁻¹ 에서 수량과 당함량에는 차이가 없으나 산함량에는 유의성이 있다고 한 것과는 다르나, 본시험에서는 EC 차이가 1.0mS · cm⁻¹ 이하로 차이가 적었기 때문이라 여겨진다. 수확성기인 6월 29일 각 처리별 공급액과 배액의 성분분석은 Table 6과 같다. 모든 다

량 원소가 배수액에서 높았으나 인산만은 배수액이 오히려 낮게 나타났다. 특히 질소 황 칼슘과 마그네슘의 농도는 높게 나타났으나, 칼륨은 안정적인 수준을 보였으나, 인산농도는 낮았다. 반면, EC 수준은 상승하고, pH는 저하하는 경향을 보였다. Masaharu등(1989)은 담액경에서 토마토 식물체가 자라에따라 흡수된 단위 수분당 NO₃-N, Ca와 Mg의 흡수량이 감소되었으며, P와 K는 묘령에 관계없이 거의 일정하다고 했는데 이와 비슷한 결과를 보였으며 Choi(1997)등의 결과와는 약간 다른 경향을 보였다.

송이버지에서 지속적으로 양액을 120일간 공급시에도 배수된액의 인산함량이 낮아졌음(농림부, 1998)을 볼때 인산은 지속적으로 송이에 의해 고정된다고 여겨진다. 종합적으로 토마토 수량과 품질을 저하 시키지 않고 퇴수액을 재이용 하기위하여 배수된액의 병해충 대책을 마련한후 신선액에 10-30%을 혼합시켜도 좋을것으로 생각되나 앞으로 심도있는 연구가 필요한데, 농진액 처방시, 수확후기에 질산칼슘과 황산마그네슘의 공급량을 줄이는 방안도 고려해 볼만 하다고 여겨진다.

시험 2 배수된 양액의 토경재배용 비료로서의 이용 가능성 검토

시험 1에서와 같이 신선액과 배수된액을 일정한 간격으로 처리하여 관행 토경재배와 비교하였다. 그림 2에서와 같이 EC 변화량은 한번사용했던 양액을 사용한 것이 6월 상순이후 신선액이 배수된액의 각 처리보다 EC가 낮아져 시험1과 같은 경향을 보였다. 파종후 수확까지의 수확소요일수는 신선양액인 경우(농진A액) 100%구가 112일이 소요되어 다른처리구보다 2-3일 빨랐으며, 절간장은 물론 당도와 산도에 서도 큰 차이를 보이지 않았다. 개화후 수확까지의 소요일수는 모든 처리구에서 44일이 소요되었다. 그러나, 양액재배와 토경재배를 비교해 볼때 당도는 0.3 ° Bx, 과실내 pH는 0.05 정도 높았다. 藤原(1986)은 수경재배된 토마토는 과실 착색과 광택, 내용물의 충실도에 있어 토경과는 확연히 구별되어 산미가 적고 단맛이 강하여 품질평가가 높다고 하였다. 또한 과실내 pH는 액포내 유기산과 그들의 염에 의해 결정되어 액포내 pH를 반영하며 세포내 pH는 크게

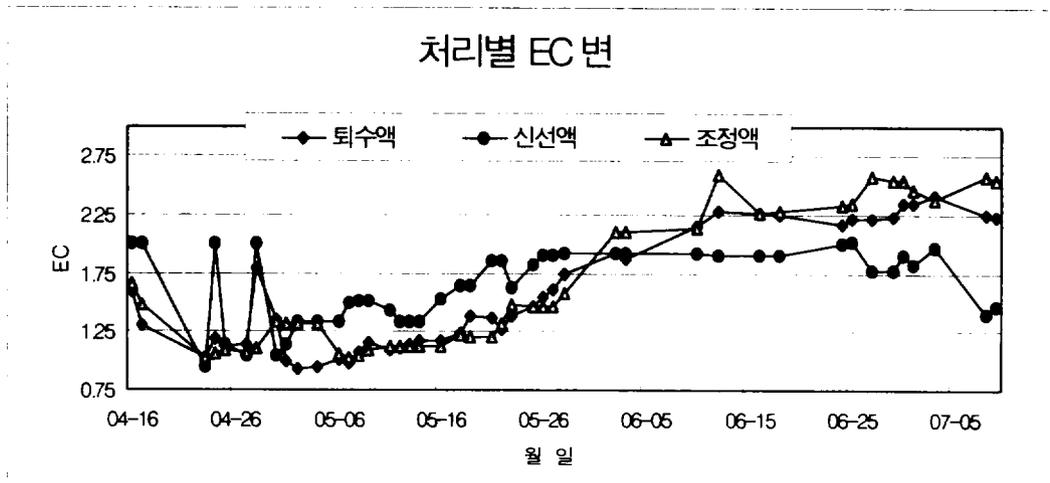


Fig 2. The fluctuation of EC strength of supplied solution during growing season.

Table 8. A comparison of yield capacity with treatments

Treatment	No. of marketable fruit (ea/plant)	Wt. of marketable fruit (g/plant)	No. of small fruit (ea/plant)	Wt. of small fruit (g/plant)	No. of cracked fruit (ea/plant)	Wt. of cracked fruit (g/plant)
FNS	143.9ab ²⁾	1395.2ab	41.6a	140.0a	3.5ab	13.7a
DNS	116.5b	1117.9b	46.6a	135.5a	2.9ab	13.0a
ANS	160.9a	1572.6a	56.9a	182.7a	1.2b	5.6a
Con. cropping	151.7a	1502.7a	63.1a	192.0a	5.3a	20.0a

²⁾ Mean separation within column by DMRT at 5% level

Table 9. Analysis of soil cultivated after experiment compared with before cultivated

Treatments	pH	EC (dS/m)	Mg (mol/kg)	Ca (mol/kg)	Na (mol/kg)	K (mol/kg)	P ppm
FNS	6.6	1.45	2.61	5.41	0.19	0.99	336
DNS	6.5	2.76	2.54	5.81	0.25	1.24	296
ANS	6.5	1.71	2.33	5.44	0.17	1.71	602
Before soil	7.0	2.04	2.59	5.31	0.09	0.41	209
After soil	7.2	2.26	2.03	7.56	0.58	1.097	359

변하지는 않지만 토양조건, 식물영양, 단기간의 용액의 수송을 반영하며 전세포수준에서 대사와 관련이 있다(Smith, 1979). 토마토를 깨물었을 때 단맛을 느끼기전에 신맛을 느끼게 되는데 이 신맛은 쥬리 속에는 과육보다 40% 이상의 산을 갖고 있기 때문인데(Hobson, 1988) 양액 재배한 과실이 당도가 높고, pH가 높은 것이 적기때문이라 여겨진다. 수량은 표 8에서 처럼 상품수량과 상품무게는 배수액 100%구에서 다른 처리구보다 유의하게 낮았으며 사과수와 사과즙은 유의성이 인정되지 않았다. 景山 등(1988)은 토경과 양액 재배토마토를 비교해보면 잎의 넓이 두께, 과실직경, 뿌리발달, 광합성율등에서 양액재배가 양호하며, Osvald와 Petrovic(1996)은 몇 가지 채소작물에서 양액재배가 토경보다 수량과 품질이 양호하다고 했는데, 주당수량이 토경이 양액재배보다 많았던

것은 재식거리가 각기 110×30, 90×50cm로 토경이 넓었기 때문이라 생각되며, 배수액 100%구에서는 수량성이 낮아 양액재배와 차이를 나타낸 원인은 잘알수 없으나 양액재배와 토경재배의 또다른 특성이라 여겨지며, 이들에 대한 좀더 깊은 연구가 필요 하다고 생각된다. 시험 전 토양과 시험후에 토양분석치 비교는 칼륨 인산 칼슘 나트륨등은 시험전를 보다 시험종료 후 토양에서 높게 나타났으나 마그네슘인 경우는 다소 낮은 편이었다. 조정액에서 시험후 토양에서 인산과 칼륨함량이 높게 나타났는데 이는 배수액 공급시 인산칼륨(KH₂PO₄) 1mM을 첨가했기 때문이라 여겨지며 토경재배용 비료로서 재이용시 어느시점 까지 인산을 추가해야 하는가? 에 관한 검토는 추후 이루어져야할 것으로 사료된다.

적 요

배수된액을 양액재배용으로 재 이용시 처리 간 수량 및 품질에 차이가 없었다. 그러나 토 경재배용 비료로 이용시 배수된액 100%구에서 유의성 있게 수량이 적었다. 비록 1회의 시험 성적으로 좀더 깊은 연구가 필요하다고 생각되 나 시험성적으로 검토해 볼 때 배수액의 소독 이 완벽히 이루어진다면, 배수양액을 어느 정 도(10-30%) 신선양액과 혼합 사용해도 비료비 절감과 환경오염 방지를 위해서도 바람직 하다고 생각된다.

인용문헌

1. Abram A. Steiner. 1996. Principles of plant nutrition by a recirculating nutrient solution. ISOSC Proceedings: pp.505-513.
2. Ammerlaan. J. C. J. 1993. Environment concious production system in Dutch glasshouse horticulture. Paper at ISHS International Symposium on new cultivation system in glasshouse. Cagliari. Italy. In Choi, Eun-Young. 1997. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate cultuer in closed system. MS Seoul Municipal Univ., Seoul.
3. Choi, Eun-Young. 1997. Development of optimal nutrient solution for tomato substrate cultuer in closed system. MS Seoul Municipal Univ., Seoul.
4. F. Andrew Smith. 1979. Intracellular pH and its regulation. Ann. Rew. Plant physiology. pp.289-311.
5. Graeme Hobson. 1988. How the tomato lost its taste. New Scientist 29 September. pp.47-50.
6. Kim, Young-Chul, Kim Kwang-Yong. 1998. Optimal EC level management of nutritr solution with cultivars during high-temperature season for growing tomato in medium. Journal of Korea Hydroponics Society. pp.31-39.
7. Maas. 1990. Relative salt tolerance of herbacious crops. from USDA website.
8. Ministry of Agriculture and Fishery. 1998. Development of automatic nutrient system for scoria medium pp.44-50.
11. P. Sundin, B. Waechter-Kristensen, S.Y. mari, U.E.Gertsson, U.Hagtorn, P.Jenson, J.Lund, M.Knutsson, J.Jonsson and L.Mat-hiasson et. al.. 1996. Phytotoxic organic compounds in the circulating nutrient dolution of s closed, hydroponic tomato culture. ISOSC Proceedings pp.523-533.
12. W. Th. Runia, J.J. Amsing, Disinfestation of nematode-infested recirculation water by ozone and activated hydrogen peroxide. ISOSC Proceedings pp.381-393.
13. W. Th .Runia, J.M.G. P. Michielsen, A.J. van Kuik, E.A. van Os. 1996. Elimination of root-infecting pathogens in recirculation water by slow sand filtration. ISOSC Proceedings pp.505-513.
14. Masaharu Masuda, Takeshi Takiguchi and Sachiko Matsubara. 傑田正治等. 1989. 培養液濃度がトマト収量と品質および養液成分の濃度變化に及ぼす 影響. J. Japan. Sci. Hort. Sci. 58(3) : pp.641-648.
15. 山崎肯哉. 1981. 養液栽培(水耕)における培養液管理. 農業および園藝56(4):563-567.
16. Yoshihiro Kageyama 景山詳弘・小西國義.

1988. 土耕との比較でみた水耕トマトの形態的・生理的特徴. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 57(3):408-417.
17. Yutaka Shinohara(篠原温). 1986. 養液栽培野菜の品質と栽培技術による改善. *農業および園藝*61(1):219-222.
18. J. Osvald and N. Petrovic. 1996. Comparison of hydroponic and soil cultivation of chosen solanaceae varieties in protected, non-heated areas. *ISOSC proceedings* pp.329-340.