

새로운 水耕栽培方式 開發에 관한 研究*

— 間歇沈漬式 水耕栽培시스템에 관하여 —

梁元模 · 陳英旭

順天大學校 園藝學科

A Study on Development of Modified Hydroponic System

— On the Intermittent Soaking System of Soilless Culture —

Yang, Won-Mo · Jin, Young-Ook

Dept. of Horticulture, Sunchon Nat'l Univ., Sunchon 540-742

Summary

This experiment was carried out to investigate the possibility of practical use of intermittent soaking system(ISS) in hydroponically growing tomato. There were four treatments which were NFT, Aeroponics, and ISS with 10 and 15 minute soaking intervals.

1. Plant height is highest in NFT, but main root length is longest in ISS. While stem diameter and leaf number were not significantly difference.
2. Fresh and dry weight were heavier in NFT than those of other systems at early growth stage, but the heavier in ISS system, the growth more develop.
3. In 43 days after treatment, The number of flowerlet was largest in aeroponics, and then ISS and NFT in order. Fruit weight per plant was also heaviest in aeroponics.
4. Average yield per plant were 1929.19 in aeroponics, 1475.29 in ISS with 10 minute soaking interval, 1276.29 in NFT and 1084.89 in ISS with 15 minute soaking interval.
5. Average fruit number per plant were 11.0 in aeroponics, 9.7 in NFT, 8.3 in ISS with 15 minute soaking interval, and 7.7 in ISS with 10 minute soaking interval. Average fruit weight were 192.99 in aeroponics, 172.49 in ISS with 10 minute soaking interval, 134.09 in NFT and 126.09 in ISS with 15 minute soaking interval.
6. Average fruit length was longer in aeroponics and ISS with 10 minute soaking interval than in the NFT and ISS with 15 minute soaking interval. Average fruit width was similarly wider in NFT, aeroponics and ISS with 10 minute soaking interval than in ISS with 15 minute soaking interval.

키 워 드 : 무토양재배, 양액재배, 수경재배, 간헐침지식수경시스템, 액면상하식

Key words : soilless culture, nutriculture, solution culture, intermittent soaking system

緒 言

미국의 Gericke에 의해 水耕栽培가 실용화된 이래¹⁾, 水耕시스템 改善 努力은 크게 3가지 方向에서 進行되어 왔다⁴⁾. 첫째는 혼탄이나 암면과 같이 취

급이 간편한 培地를 使用하는 方向이며, 둘째는 培養液 内の 공기유입 또는 확산량을 높이기 위한 附帶設備나 裝置를 改良 發展시키는 方向으로 air sucker, 살수식, 순환식, 주기적 양액중단법 및 NFT 등이고, 셋째는 뿌리를 直接 空氣中에 露出시켜

* 이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

酸素을 供給하는 方向으로 부근식, 모관식, 분무식 수경 등과 같은 시스템이 여기에 속한다.

이러한 水耕方式 改善 努力의 주된 背景은 養液內 溶存酸素 不足問題와 함께 管理의 容易性 與否에 基因하며, 각 방식마다 장단점이 있으므로 여러 方向에서 이에 대한 연구가 계속되고 있다. 특히 根圈의 酸素不足 問題를 근본적으로 해결할 수 있는 수경농법으로서 噴霧耕에 관한 관심은 매우 높으며 분무경의 우수성이 실증적으로 제시되고 있다³⁾. 그러나 噴霧耕의 경우 고압을 필요로 하므로 裝置가 複雜해지거나 葉채류의 경우 분무노즐과의 거리에 따라 生長이 均一하지 않는 問題點을 갖고 있다.

따라서 噴霧耕과 같이 根圈酸素 問題를 根本的으로 解決하는 效果를 가지면서도 取扱 및 管理가 便利한 水耕시스템의 開發이 絶실히 要請되고 있다.

이러한 측면에서 주기적으로 뿌리가 양액에 침지되도록 하였다가 공기중에 노출되도록 하는 수경방식(間歇沈漬式 水耕시스템)은 근호흡면에서 분무경과 비슷한 효과를 가지면서도 분무경의 문제점을 보완할 수 있을 것으로 여겨진다. 그러므로 이 실험은 簡便한 間歇沈漬裝置의 開發과 함께 이 방식에 대한 實用化 可能性을 檢討하고자 遂行하였다.

材料 및 方法

試驗은 1991년 10월부터 1992년 10월까지 順天 大學校 園藝學科 水耕栽培하우스에서 수행하였다. 供試品種은 서울종묘의 '월광토마토' 이었으며 1992년 4월 1일 비닐포트에 파종하여 養液育苗 하였고 본엽 5-6매 때인 5월 7일 定植하였다.

水耕培養液은 Cooper 액¹⁾을 使用하였는데, 미량 원소는 표준농도로 하였으나 다량원소의 경우, 정식 후 2주까지는 1/3농도로 하였고 정식 2주 후부터 3주까지는 2/3농도로 재배하였으며 정식 3주후부터는 표준농도로 재배하였다. 양액은 pH 및 EC를 수시로 측정 표준농도액으로 보충하였다.

토마토 뿌리의 間歇沈漬는 폭 30cm 높이 24cm 길이 5m의 베드에 Fig. 1과 같이 양액이 일정부 위까지 차면 배출구덮개가 자동으로 열리도록 하는 '自動排液裝置'를 고안 부착하여 1) 10분간 給液 하고 1분간 排液되도록 하는 區와 2) 15분간 給

液하고 1분 30초간 排液되도록 하는 區의 2가지 형태로 조절하였으며 噴霧耕方式은 같은 크기의 베드에 45cm 간격으로 미스트노즐을 설치 양액이 24시간 분무되도록 하였고 NFT方式은 폭 30cm 높이 12cm 길이 5m 경사 1/70의 베드에 양액을 24시간 순환하였다.

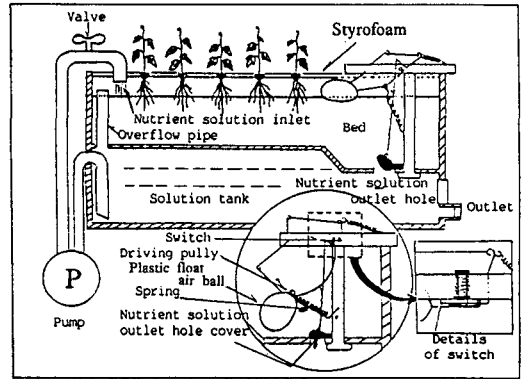


Fig.1. Diagram of the intermittent soaking system and details of intermittent soaking regulator

펌프는 1/2 Hp 용량인 것(금성 PW 252DA)을 이용하였다.

試驗區配置는 亂塊法 3反復으로 하였고 區當 3株씩 調查하여 평균치를 통계분석자료로 이용하였다.

生育調査는 정식 11일, 18일, 25일, 32일, 43일 후에 각각 실시하였다. 調查項目은 草長, 莖徑, 葉數, 主根長, 葉·莖·根의 生體重, 葉·莖·根의 乾物重, 開花數 등이었고 과일의 生育調査는 7월 6일부터(정식 60일 후) 8월 12일까지(정식 97일 후) 收穫果數, 果長, 果幅, 果重, 果형, 果색, 열과 등을 대상으로 실시하였다.

結果 및 考察

1. 水耕方式에 따른 生育變化

水耕方式의 差異는 Table 1과 같이 경경 및 염수에 영향을 미치지 못하였으나 草長, 主根長, 生體重, 乾物重 및 開花數에는 影響을 미쳤다.

草長은 전체적으로 NFT방식에서 가장 컸고 다음이 분무경이었으며 간헐침지식이 가장 작은 경향이였다. 이것은 간헐침지식의 경우 정식 직후 뿌리의 공기중 노출이 반복되면서 活着이 遲延되고

이로 인해 생긴 초장의 차이가 생육 후기까지 지속되기 때문에 판단되었다. 반대로 主根長의 경우 간헐침지식에서 가장 길었고 다음이 분무경이었으며 NFT방식에서 가장 짧아 양액의 주기적인 공급과 뿌리의 주기적인 공기중 노출이 뿌리의 성장을 촉진하는 것으로 생각되었다.

生體重의 경우, 정식 11일 후에는 NFT방식에서 가장 무거웠고 정식 18일 후에는 NFT방식과 분무경방식이 비슷해졌으며 정식 32일 후에는 수경방식에 관계없이 비슷해졌으나 정식 43일 후에는 오히려 간헐침지식에서 무거웠으며 다음이 분무경이었고 NFT방식에서 가장 가볍게 나타나 合理的인 水耕方式을 一律의로 判斷하기는 困難하고 作物의 種類나 生育段階에 따라 選擇의로 判斷하여야

할 것으로 생각되었으며 이러한 경향은 乾物重에서도 같은 傾向이었다. 그러므로 여러 가지 多様な 裝置의 開發을 통해 각 水耕方式의 短點을 補完해 가는 努力이 必要할 것으로 여겨졌다.

植物體當 平均開花數는 정식 25일 후까지는 수경방식 간 차이가 없었으나 정식 32일 후에는 분무경에서 가장 많았고 정식 43일 후에는 분무경, 15분간격 간헐침지식, 10분간격 간헐침지식, NFT방식 순이었다. 정식 32일 후의 平均果重은 분무경에서 가장 무거웠고 나머지 수경방식에서는 비슷하였으며 정식 43일 후에는 분무경, NFT, 간헐침지식 순이었다. 이와같이 수경방식의 차이에 따라 개화수 및 평균과중이 변하는 이유에 대해서는 더욱 상세한 연구가 요청되었다.

Table 1. Growth response of tomato plants grown in different soilless culture system from 11 to 43 days after treatment

Days after Treat.	Culture System	Plant height (cm)	Stem Dia. (mm)	No. of leaves (ea)	Main-root length (cm)	Fresh Wt. (g)	Dry Wt. (g)	No. of ^{z)} Flowerlet (ea)	Fruit Wt. ^{v)} (g)
11	NFT	55.8 ^a	7.5	10.9	33.6 ^c	46.3 ^a	2.7	0.1	—
	AERO. ^{y)}	48.9 ^b	6.9	10.3	36.0 ^{bc}	37.5 ^b	2.8	0	—
	ISS 10 ^{y)}	48.8 ^b	6.4	10.2	39.7 ^{ab}	31.8 ^b	2.3	0.2	—
	ISS 15 ^{y)}	48.3 ^b	6.5	10.1	43.4 ^a	34.2 ^b	2.2	0.1	—
18	NFT	81.0 ^a	10.6	13.3	50.2 ^c	116.8 ^a	13.0 ^a	1.3	—
	AERO.	69.9 ^b	9.8	11.9	56.8 ^{bc}	107.2 ^a	10.0 ^b	1.4	—
	ISS 10	67.4 ^{bc}	9.0	11.4	64.6 ^{ab}	88.2 ^b	6.7 ^c	1.9	—
	ISS 15	64.2 ^c	8.9	12.2	70. ^a	83.4 ^b	6.4 ^c	1.1	—
25	NFT	100.6 ^a	14.4	15.8	75.6 ^b	286.2 ^a	22.7	4.4	—
	AERO.	89.3 ^b	13.3	14.7	74.3 ^b	240.0 ^b	19.0	4.3	—
	ISS 10	87.6 ^b	13.3	14.1	90.5 ^a	246.6 ^{ab}	20.3	3.4	—
	ISS 15	85.9 ^b	13.2	14.1	85.7 ^a	225.4 ^b	18.2	3.4	—
32	NFT	126.0 ^a	17.1	17.3	77.7 ^b	437.0	35.8	8.7 ^c	5.0 ^b
	AERO.	114.0 ^b	15.9	17.1	75.8 ^b	402.4	35.0	12.1 ^a	15.8 ^a
	ISS 10	113.3 ^b	16.5	16.7	101.9 ^a	448.3	36.0	9.9 ^b	4.6 ^b
	ISS 15	109.3 ^b	16.9	16.7	96.5 ^a	431.6	33.8	9.4 ^{bc}	1.1 ^b
43	NFT	160.3 ^a	17.3	20.6	86.6 ^{ab}	667.2 ^c	50.6 ^d	15.1 ^c	124.1 ^b
	AERO.	156.9 ^a	17.5	20.7	78.3 ^b	698.7 ^b	56.8 ^c	18.5 ^a	149.1 ^a
	ISS 10	146.8 ^b	18.2	20.3	101.9 ^a	801.2 ^a	60.2 ^b	16.8 ^b	90.1 ^c
	ISS 15	146.6 ^b	18.4	20.4	106.4 ^a	798.5 ^a	63.1 ^a	17.8 ^{ab}	94.6 ^c

z) : Aeroponics, y), x) : Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval respectively, w) : flowerlet bloomed per plant, v) : weight per plant

Note ; Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

2. 生育의 經時的 變化特性

草長の 經時的 變化 特性을 보면 Fig.2와 같이 정식 11일 후 부터 정식 후 43일 까지 각 수경방식의 생육증가율은 거의 직선적으로 증가하고 있어 수경방식간 차이가 없었다. 다만 분무경의 경우 정식 32일 후 부터는 생장증가율이 높아지기 시작하였는데 噴霧耕의 特性上 初期의 根生長量의 增加³⁾가 後期生育을 促進하는 것으로 생각되었다. 한편 NFT방식의 초장이 다른방식에 비해 컸던 이유는 앞에서 언급한 바와 같이 정식 11일 까지의 活着 期間中 根의 活着이 다른 방식에 비해 빠르기 때문인 것으로 判斷되었다.

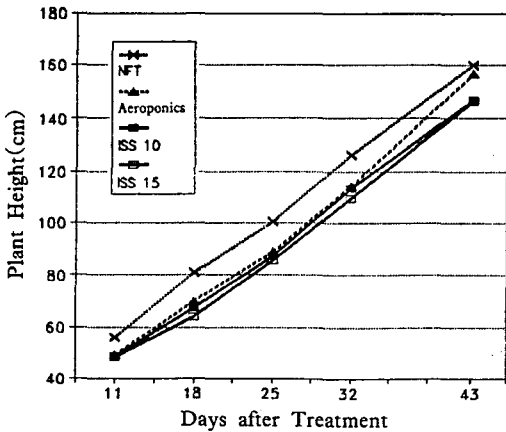


Fig.2. Changes of plant height as influenced by soilless culture system from 11 to 43 days after treatment (ISS 10 and 15; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval, respectively)

主根長の 經時的 變化는(Fig. 3) 수경방식간 차이가 뚜렷하여 간헐침지식에서 양호하였고 NFT식 및 분무경에서 비슷한 정도로 낮았다. 특히 정식 25일 후 부터는 수경방식과 관계없이 전반적으로 주근의 신장이 상당히 둔화되는 것으로 나타났다.

生體重의 生長變化 特性을 보면(Fig. 4) 생육초기에는 활착의 지연으로 인해 분무경과 간헐침지식에서 가벼웠고 상대적으로 NFT방식에서 무거웠으나 정식 32일 후 부터 침지식의 생체중 증가가 뚜렷하여 정식 43일 후에는 큰 차이를 나타내었다. 이러한 경향은 乾物重의 變化에서(Fig. 5) 더욱 현저하여 각 수경방식의 특성이 잘 나타났다. 이러한 특성을 고려하여 볼 때 間歇沈漬式의 경우 生育 初期의 活着 增進을 위한 시스템 補完對策이 必要할 것으로 생각되었다.

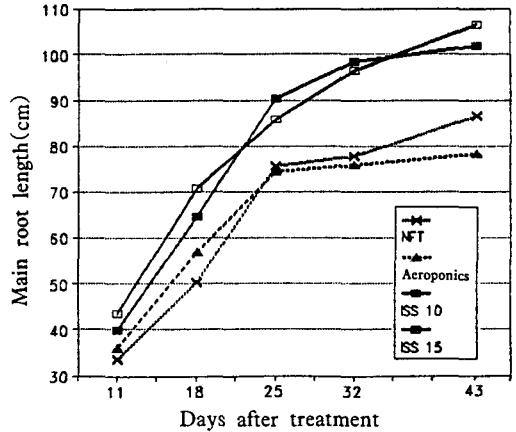


Fig.3. Changes of main root length as influenced by soilless culture system from 11 to 43 days after treatment (ISS 10 and 15; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval, respectively)

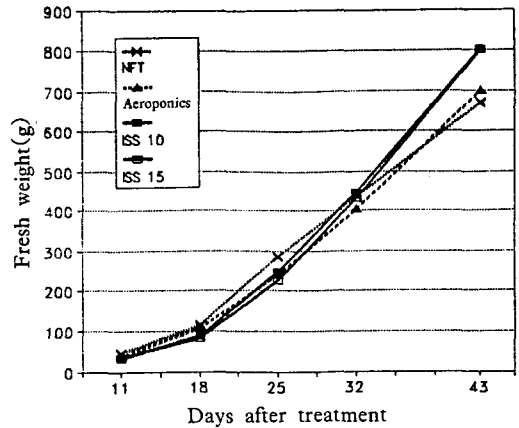


Fig.4. Changes of fresh weight as influenced by soilless culture system from 11 to 43 days after treatment (ISS 10 and 15; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval, respectively)

수경방식의 차이에 따른 開花數의 經時的變化는 Fig. 6과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 정식 25일 후 까지는 차이가 없었으나 정식 32일 후에는 분무경에서 가장 많았고 정식 43일 후에는 간헐침지식에서 급격히 많아지는 경향을 보였다. 특히 15분간격 간헐침지식에서 증가율이 현저하게 높아져 수경방식간 차이가 있었다.

이러한 현상을 고려할 때 각 수경방식은 작물별, 생육단계별로 서로 다른 특성을 나타내므로 어떤

한 가지 수경방식을 적용하는 것 보다는 너무 복잡하지 않는 범위내에서 作物別, 生育段階別로 알맞은 水耕方式을 折衷하는 折衷型水耕法을 開發해야 할 것으로 생각되었다.

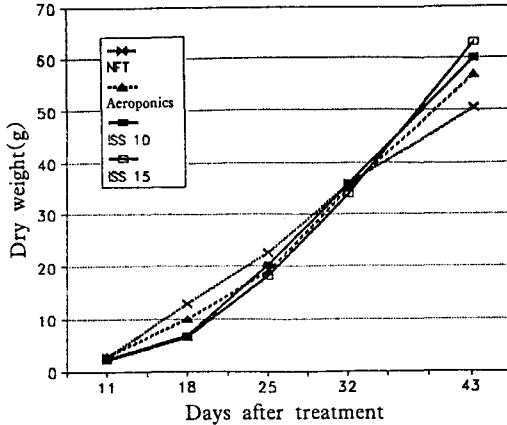


Fig.5. Changes of dry weight as influenced by soilless culture system from 11 to 43 days after treatment (ISS 10 and 15 ; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval, respectively)

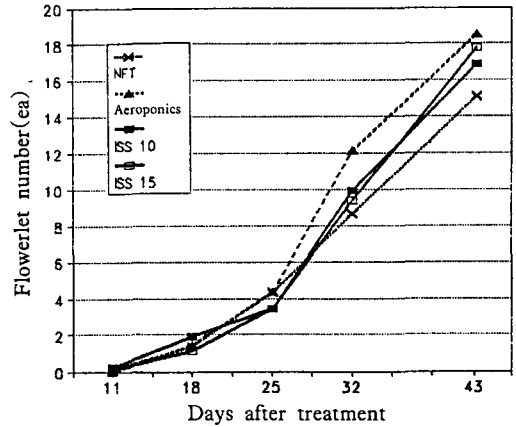


Fig.6. Changes of flowerlet number as influenced by soilless culture system from 11 to 43 days after treatment (ISS 10 and 15 ; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval, respectively)

9.7, 15분간격 간헐침지식 8.3, 10분간격 간헐침지식 7.7개 순이었으며, 平均果重은 분무경 192.9, 10분간격 간헐침지식 172.4, NFT방식 134.0, 15분간격 간헐침지식 126.0으로 나타나 噴霧耕에서 收穫된

Table 2. Yield response of tomato plants grown in different soilless culture system from 60 to 97 days after treatment

Culture system	Yield per plant (g)	Fruit number per plant(ea)	Average Fruit weight(g)	Fruit height(mm)	Fruit width(mm)
NFT	1276.2 ^{bx)}	9.7 ^{ab}	134.0 ^b	50.0 ^b	73.9 ^a
Aeroponics	1929.1 ^a	11.0 ^a	192.9 ^a	55.1 ^a	72.9 ^a
ISS 10 ^{z)}	1475.2 ^{ab}	7.7 ^b	172.4 ^a	54.8 ^a	71.8 ^a
ISS 15 ^{y)}	1084.8 ^b	8.3 ^{mb}	126.0 ^b	48.7 ^b	64.7 ^b

z), y) ; Intermittent Soaking System with 10 and 15 minute time interval respectively

x) ; Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

3. 收量 및 과일生育 變化

각 수경방식에 따른 收量, 收穫果數, 果重, 果長 및 果幅을 정식 후 60일부터 97일까지 조사한 결과는 Table 2와 같다.

植物體當 平均收量은 분무경에서 1929.1g으로 가장 많았고 10분간격 간헐침지식이 1475.2g으로 다음이었으며 NFT방식, 15분간격 간헐침지식에서 각각 1276.2, 1084.8g으로 가장 적었다.

植物體當 平均 收穫果數는 분무경 11.0, NFT방식

토마토가 숫자면이나 과중면에서 良好함을 알 수 있었고 NFT方式에서는 收穫果數는 많으나 平均果重이 가벼워 全體收量이 떨어짐을 알 수 있었으며 특이한 점은 10分間隔 間歇沈漬式의 경우 收穫果數는 가장 적었으나 平均果重이 NFT방식보다 무거워 全體收量面에서 NFT방식보다 良好하여 NFT보다 大果인 商品數가 增加하는 傾向을 나타내는 점이었다. 또 15分間隔 間歇沈漬式의 경우 10분간격 간헐침지식보다 收穫果數는 많았으나 平均

果重이 현저하게 가벼워 收量差異를 보였다.

15分間隔 間歇沈漬式에서 平均果重이 減少된 原因은 果長의 減少 뿐만 아니라 果幅의 減少에 起因하였으며 NFT方式의 경우 分무경이나 10분간격 間헐침지식과 과폭의 차이는 없었으나 果長의 相對的 減少로 因해 平均果重이 減少하는 것으로 나타났다.

間歇沈漬式의 境遇만을 분리해서 보면 수확과수를 제외하고는 收量이나 果重, 果長, 果幅面에서 15분간격보다는 10分間隔에서 良好하였는데 뿌리가 공기중에 노출되는 시간이 1분 30초 이상 길어지면 뿌리의 生長障害가 일어나 다른 生育要素에 影響을 미치기 때문으로 추측되며, 宇田 等²⁾도 NFT에 있어서 連續給液 및 週期的 中斷給液 實驗에서 給液週期的 差異가 開花數 및 收量의 變化를 招來한다고 하였으며 週期가 너무 길어지면 오히려 生育이 나쁘다는 報告 등을 참조할 때, 30초 이하의 짧은 露出과 5분이하의 짧은 週期를 갖는 間歇沈漬式에 대한 詳細한 研究를 하여야 할 것으로 생각되었다.

以上の 結果를 綜合해 볼 때 間歇沈漬式의 境遇, 生育이나 수량 및 품질면에서 分무경보다는 떨어졌으나 NFT방식보다는 양호하여 새로운 水耕方式으로서 充分한 價値가 있다고 判斷되었으며 傾斜地에서의 水耕栽培나 等量交換式의 代替方式으로써 實用化 할 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나 이를 위해서는 보다 精密하고 簡便한 給排液裝置나 짧은 週期를 갖는 沈漬시스템에 關한 研究가 繼續되어야 할 것으로 생각되었다.

摘 要

間歇沈漬式 水耕栽培의 實用化 可能性을 檢討하고자 10分間隔 間歇沈漬式, 15分間隔 間歇沈漬式, NFT式 및 噴霧耕system을 이용하여 토마토에 대한 生育比較 實驗을 遂行하였다.

1. 草長은 NFT식에서 가장 양호하였으나 主根長은 間헐침지식에서 길었으며 莖徑과 葉數는 처리 간에 차이가 없었다.

2. 生體重과 乾物重은 生育초기에는 NFT에서 무거웠으나 生育이 進전될 수록 間헐침지식에서 더 무거워졌다.
3. 처리 후 43일의 開花數는 分무경 18.5, 15분간격 間헐침지식 17.8, 10분간격 間헐침지식 16.8, NFT 15.1개 순이었으며 果重은 分무경에서 149.1g으로 가장 무거웠다.
4. 植物體當 平均收量은 分무경에서 1929.1g으로 가장 많았고 10분간격 間헐침지식에서 1475.2g으로 다음이었으며, NFT식 및 15분간격 間헐침지식에서 각각 1276.2, 1084.8g으로 가장 적었다.
5. 植物體當 平均收穫果數는 分무경 11.0, NFT식 9.7, 15분간격 間헐침지식 8.3, 10분간격 間헐침지식 7.7개 순이었으며 平均果重은 分무경 192.9, 10분간격 間헐침지식 172.4, NFT식 134.0, 15분간격 間헐침지식 126.0 순이었다.
6. 平均果長은 分무경과 10분간격 間헐침지식에서 NFT식과 15분간격 間헐침지식보다 길었으며 平均果幅은 NFT식, 分무경 및 10분간격 間헐침지식에서 비슷한 정도로 15분간격 間헐침지식보다 컸다.

引用文獻

1. Allen Cooper. 1979. The ABC of NFT. Grower Books Press. pp. 2-112, 168-181.
2. 宇田川雄二·青木宏史. 1989. Nutrient Film Techniqueの日本における實用化に關する研究. 第5報 NFTイチゴの生育·收量に及ぼす連續給液量及ヒ間斷給液の影響. Bull. Chiba Agric. Exp. Stn. 30: 29-39.
3. 梁元模. 1988. 噴霧耕과 薄膜循環養液栽培에 따른 施設栽培 토마토의 生理·生態 및 形態的 適應에 關한 比較研究. 全南大 博士學位論文.
4. 安井秀夫. 1987. 各種養液栽培方式の特性 比較. 農業ヒ園藝. 62(1): 101-106.