

養液의 噴霧間隔에 따른 噴霧耕栽培 토마토의 生長 및 生體情報와의 關聯性

鄭淳柱, 篠原 溫*, 池田英男, 鈴木芳夫*

全南大學校 農科大學 園藝學科, *日本 築波大學 農林學系

Relativeness between Growth and Bio-informations of Aeroponically Grown Tomato as Influenced by Spray Intervals of Nutrient Solution

Chung, Soon-Ju · Y. Shinohara* · H. Ikeda and Y. Suzuki*

Dept. of Hort., Coll. of Agri., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 550-757

*Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Japan

Summary

This experiment was carried out to determine the relativeness between growth, yield characters and bio-informations as influenced by the spray and rest time intervals of nutrient solution. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) were grown in aeroponic system on a misting schedule of continuously 60 sec, 30 sec and 10 sec at 10 min intervals with full strength Yamazaki's solution recommended for tomato production. The results obtained were as follows :

1. Leaf area was highest in the plot of 30 sec spray and 10 min rest while the lowest one was the plot of 60 sec spray and 10 min rest. Growth characteristics in terms of dry weight of each organ, number of flower, number of flower setted and fruit dry weight were greater in the plot of 30 sec spray and 10 min rest than the other treatments.
2. The number of flower increased with decreasing dry weight but the number of flower setted was not significantly different among treatment except for the plot of 60 sec spray and 10 min rest.
3. Leaf dry weight and fruit dry weight were highly correlated so that 30 sec spray and 10 min rest plot which is the highest fruit dry weight showed the largest leaf area. Continuously sprayed plot reduced markedly the fruit dry weight compared with leaf area. Optimum spray and rest time of nutrient solution in the range of this experiment was determined as 30 min spary and 10 min rest.
4. Solar radiation within glasshouse during daytime reduced severely compared with outdoor one and air temperature within greenhouse was higher than the leaf temperature of tomato plant. The changes of environmental factors, solar radiation, temperature were accompanied with the sensitive change of bio-informations of tomato leaf. Especially differences of spray intervals of nutrient solution affected greatly to the changes of bio-informations ; leaf water potential, stomatal resistance and leaf temperature etc.
5. The changing patterns of leaf growth as influenced by the spray and rest intervals of nutrient solution were closely related to the leaf water potential, stomatal resistance and leaf temperature. Feasibility was demonstrated that measurement of bio-information of tomato leaf as influenced by the change of environmental factors could be expected to the amount of growth and fruit yield.

키 워 드 : 분무경, 분무간격, 양액, 생체정보, 토마토생장

Key words : aeroponics, bio-information, nutrient solution spray interval, tomato growth

緒 言

噴霧耕은 作物의 뿌리가 養液이나 固體培地內에 위치하는 것과는 달리 營養噴霧속에 걸어져 젖어 있도록 해서 植物을 栽培하는 技術이다.^{10, 11, 24)} 비록 다른 形態의 養液栽培 方式처럼 영리적인 입장에서 입증된 경우는 드물지만 다양한 植物의 噴霧耕 生産에 관한 概念은 상당히 긴 歷史를 가지고 있다.
10, 16, 17, 20)

이 技術의 使用에 관한 研究는 1921年 Barker¹⁾에 의해서 報告된 이래 많은 研究者들에 의해 사용되어 왔다. 어떤 養液栽培 system도 産業으로 採用되는데는 그 system의 複雜性이나 維持에 필요한 要求가 1次的 要因이 된다. 그런 점에서 가장 異例적인 研究가 Italy^{16, 19)}와 Israel²⁾에서 이루어져 그 結果 營利的 利用이 가능한 system으로 發達되어 栽培者의 施設로 되게 한 바 있다. 그러나 噴霧耕 技術은 그 system이 갖는 독특한 特性과 能力때문에 처음에는 研究者들이 植物生長과 發育에 관한 研究, 즉 營養, 生長調節劑, 根圈 通氣, 水分 stress 등의 觀察에 많이 이용되었다.

志村¹⁷⁾은 噴霧栽培法에 의한 토마토의 生育 및 作物 吸收特性 檢定試驗에서 噴霧間隔이 긴 경우 上位節의 莖徑이 가늘고, 地上部의 乾物重도 같은 傾向이라고 했으며 특히 葉乾物重은 그러한 傾向이 현저해서 噴霧間隔의 調節에 의해 養水分 吸收量을 調節할 수 있다고 했다. 梁²⁴⁾도 토마토의 噴霧耕시 5分, 10分 그리고 20分の 噴霧間隔에 따라 器管別 生産에 현저한 差異를 인정했다. 즉, 噴霧間隔이 단축될수록 地上部 生長은 물론 地下部 生長도 현저한 增加 反應을 보여, 養水分 吸收와 生育을 관련시킨 보다 合理的인 噴霧間隔, 時間變動 등에 대한 研究가 앞으로의 課題라고 하였다.

Giacomelli와 Smith³⁾ 등은 상추를 噴霧耕 생산시 단지 주간에만 15초 噴霧, 10分 停止로 운용되도록 조정했으나 안정된 방법이 되지 못했다고 했다. 그러나, Nir¹²⁾은 10~15초 噴霧, 7~8分 停止로 운용하여 상추를 성공적으로 栽培했다고 報告했다. 作物栽培에 있어서 作物의 기본적인 生理生態의 特性을 해명하여 그 生理機能을 효율적으로 制御하는 것은 무엇보다도 중요한 일이다. 噴霧耕 裝

置는 單一化와 개개 根 生長과 發育의 分析을 위해 根圈에 접근하기가 쉬우며 특히 현대의 과학기술 발달에 힘입어 作物體의 生長과 發育에 미치는 環境情報에 대한 生體情報의 非破壞 連續的인 수집이 점차 가능해 지고 있다.¹³⁾ 지금까지의 作物 生育調查는 손에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 作物의 解體調查는 生育段階에 따라 많은 개체가 소요되고 測定誤差를 해소하기 위해 많은 개체수를 확보해야 한다. 따라서 栽培나 調查를 위한 場所와 努力面에서 제약을 받고, 실제 調查間隔은 數日에서 數週間으로 되어있다.

한편, 電氣計測技術의 발달에 의해 環境情報는 초단위로 수집이 가능해졌으며 環境 및 生體情報의 수집속도에 커다란 차이가 있다. 生理的 情報로서 植物體內的 水分狀態는 水分 potential 측정기로 葉溫, 蒸散 및 氣孔抵抗은 porometer, 그리고 光度는 photo-radio-quantum meter로 測定이 가능하다. 따라서 環境因子의 變化에 따른 生育과 生體情報의 變化 關係를 밝히는 것은 植物生育의 最適制御에 중요한 의미를 갖게 된다.

따라서 本 研究는 토마토를 供試하여 噴霧耕 栽培時 生長 및 發育에 관련된 環境 및 生體情報의 計測을 통해 生長 및 生體情報와의 關聯性을 分析하여 適正 噴霧間隔을 推定하기 위해서 遂行되었다.

材料 및 方法

本 實驗은 1989年 3月부터 8월까지 日本 쓰구마大學 農林學系 園藝研究室과 農林研究센터에서 遂行되었으며 供試品種은 '大型暑光'을 3月 2일에 유린실내에 vermiculite에 播種하여 發芽시킨 후 湛液水耕 育苗하였다. 育苗時 培養液 濃度는 山崎^{17, 23)}의 토마토 處方 標準의 1/2液으로 育苗하였다. 定植은 Fig.1과 같이 베니어합판으로 만든 높이 40 cm, 폭 30cm, 길이 4m의 root box를 제작하고 그 내부에 붙은 180° 噴射 mist nozzle을 45cm間隔으로 배열하여 1個體當 1個所에서 噴霧되도록 하였고, 이때 사용된 PVC 파이프는 直徑 20mm의 것을 사용하여 펌프로 부터 나온 養液은 filter를 거쳐 토마토의 뿌리에 직접 噴霧되도록 하였다.

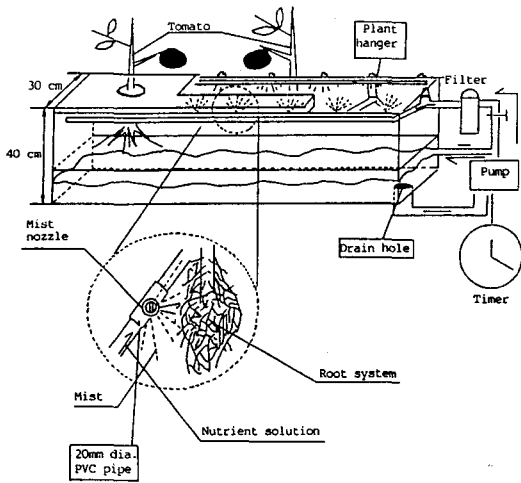


Fig.1 Diagram of aeroponic system for this experiment.

Pump는 handy pump(C-P30B, Hitachi, Japan)를 사용하였고, 噴霧間隔 處理를 위해 펌프에 타이머를 연결하여 繼續噴霧, 60초 噴霧 10분 停止, 30초 噴霧 10분 停止 및 10초 噴霧 10분 停止로 처리하였다. 噴霧時 과도한 量은 배수구멍을 통하여 다시 養液탱크로 들어오게 하였으며, 實驗期間中 噴霧間隔 처리에는 지장이 없었다. 本 實驗에 사용된 養液은 山崎의 토마토 처방액을 사용하였다.

標準濃度로 재배한 결과 噴霧間隔 處理間에 차이는 있었으나 토마토의 生育에 커다란 이상은

나타나지 않았으며 養液은 20일마다 교환하였다. 교환시의 pH는 5.5~6.0, EC는 1.1~1.3(mS/cm)이었다. 試驗區配置는 亂塊法으로 배치하고 처리당 10株 反復으로 하였다.

環境情報는 光, 溫度(氣溫, 液溫)를 調査하였다. 光은 Integration Quantum/Radio/Photometer(LI-188B, LI-COR, Inc. U. S. A)로 測定하였고, 溫度는 熱電帶를 이용한 記錄計를 設置하여 測定하였다. 葉面積은 automatic area meter(Hayashi Deukoh Co., LID Japan)로 測定하였다. 生體情報는 葉溫, 氣孔 擴散抵抗, 蒸散 및 水分 potential을 測定하였다. 葉溫은 赤外線放射溫度計(ER-2007, 松下通信工業株式會社, Japan)와 steady state porometer(LI-1600, LI-COR, Inc. U. S. A)로 測定하였으며, 氣孔擴散抵抗 및 蒸散도 함께 했다. 水分 potential은 pressure chamber(PC-40, 大起理化學工業(株), Japan)를 이용하여 주로 淸明한 晝間에 測定하여 相異한 噴霧間隔 處理에 따른 生長과 發育, 環境 및 生體情報와의 關聯性을 檢討하였다. 供試한 토마토는 處理에 關係없이 3花房 위 3葉을 두고 摘心하였다.

結果 및 考察

1. 噴霧間隔에 따른 生育特性

噴霧間隔을 變化시켰을때 나타나는 토마토의 일반적인 生育特性을 보면 Table 1과 같다.

Table 1. Effects of spray and rest time intervals of nutrient solution on growth, flowering and yield responses of aeroponically grown tomato.

Character ^{z)} Treatment	Leaf area (dm ²)	Dry Weight(g)			No. of flower (ea)	No. of flower setted(ea)	Fruit dry weight (g/pl)
		Leaf	Stem	Root			
Continuous	89.42 ^{b2)}	96.13 ^b	43.73 ^b	50.55 ^b	21 ^b	18 ^a	31.2 ^c
60/10 ^{y)}	75.26 ^c	81.80 ^c	38.47 ^c	30.53 ^c	12 ^c	11 ^b	41.7 ^b
30/10	99.25 ^a	109.07 ¹	50.03 ^a	56.77 ^a	20 ^b	16 ^a	51.3 ^a
10/10	91.84 ^b	93.67 ^b	36.23 ^c	31.30 ^c	25 ^a	19 ^a	50.4 ^a

z) Measured on 56 days after treatment.

y) Spray(sec)/rest(min) time interval of nutrient solution.

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

葉面積 生長을 보면 處理間에 有意差를 인정할 수 있어 계속 噴霧에 比하여 噴霧間隔을 30초 분무 10분 정지구가 99.25dm²로 가장 높았으며, 60초분무 10분정지구는 75.26dm²으로 가장 낮게 나타났다.

그러나 분무간격을 10초에서 30초 사이로 조절한 경우는 계속 분무보다 높은 葉面積을 확보해 줄 수 있었다. 이러한 경향은 葉乾物重에서도 유사하게 나타났으나 莖乾物重과 根乾物重은 10초

분무 10분정지구에서 가장 낮은 값을 보여 주고 있다.

花數에 있어서는 분무시간이 짧을 수록 많았으나 着果數는 60초분무 10분정지구를 제외하고는 有意差가 인정되지 않았다. 한편 果實重에 있어서는 연속분무구와 60초분무 10분정지구가 30초분무 10분정지, 10초분무 10분정지구에 비하여 낮았다. 따라서 전반적으로 葉面積生長이 양호하면 乾物重이 증가하는 경향이었고 乾物重 增加區에서 開花數, 着果數 및 果實重이 증가하였다.

葉面積과 總乾物重과의 關係를 보면 噴霧停止의 間隔에 따라서 차이가 나고 있으며 總乾物重은 어느 處理區에서도 葉面積에 의존하고 있음을 알 수 있다. 그러나 분무정지간격에 따라서 일정 葉面積에 따른 乾物生産性은 차이가 나고 있다. 계속분무구 보다 분무시간이 짧은 10초분무구는 葉面積 확보에 따른 總乾物重 감소가 현저하며, 30초분무 10분정지구에서는 葉面積에 대한 總乾物重이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 토마토 噴霧耕에 있어서 계속분무보다 간헐적분무가 양호하며 本實驗 結果에서는 30초내의의 분무, 10분정지가 가장 많은 葉面積 및 乾物 獲得帶로 나타났다.

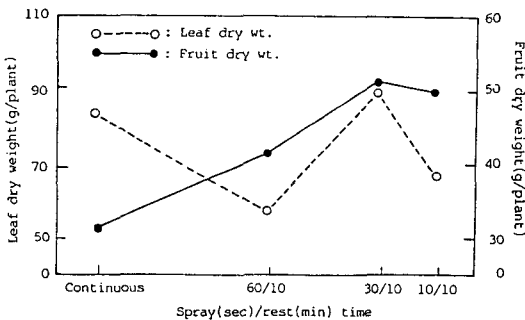


Fig.2 Relationship between leaf dry weight and fruit dry weight of aeroponically grown tomato as influenced by spray and rest interval of nutrient solution at 56 days after transplanting.

葉은 光合成을 수행하는 器官으로 生長과 收量에 대단히 중요한 기능을 한다. 葉의 生長이 果實에 어떠한 영향을 미치는가를 나타낸 結果는 Fig.2와 같다.

本 試驗에서는 噴霧耕에 있어서 噴霧와 停止의 適正 組合을 판단하고자 이들 關係를 분석해본 결과, 噴霧와 停止의 組合에 따라 葉의 乾物重이

果實 乾物重에 미치는 影響이 다르게 나타남을 볼 수 있었다. 한편 이들 關係를 보면 果實 乾物重이 가장 높은 조합은 30초분무 10분정지구였고, 이때의 葉面積도 가장 높아서 일치하는 경향을 보여 주고 있다. 그러나 연속분무구에서는 葉面積에 비해 果實 乾物重은 작았으며, 60초분무 10분정지와 10초분무 10분정지는 果實收量은 葉乾物重 보다 높았으나 60초분무에 비하여 10초분무구가 葉乾物重에 대한 果實乾物重 증가 반응이 크게 나타남을 볼 수 있어 噴霧間隔 調節의 生育時期別 檢討가 따라야 할 것을 示唆해 주고 있다.

2. 生育情報과 生體情報의 關係

가. 環境 및 生體情報

本 實驗이 遂行된 溫室內외의 環境情報과 供試作物인 토마토에 대한 生體情報의 晝間 monitoring 結果는 Fig.3과 같다.

光에 의한 植物의 適應樣相은 다양한 측면에서 일어나지만 作物生長과 관계된 주요내용은 葉溫, 體溫, 蒸散, 氣孔抵抗과 葉內 水分 potential 등을 들 수 있다. 晝間の 溫室內외의 太陽放射는 溫室內외間에 상당한 差異를 보여주고 있으며 溫度에 있어서는 日中氣溫이 葉溫보다 높게 나타났다. 그 변화 정도도 噴霧間隔에 따라서 다소 차이가 보여 噴霧時間이 짧은 10초분무구에서는 葉溫과 氣溫이 일치되는 경우도 있었다. 한편 30초분무 10분정지구가 平均葉溫인 30°C에 가장 가깝게 나타났다.

生體情報로써 氣孔抵抗을 보면 처리간에 커다란 차이를 보여주고 있다. 晝間동안에 가장 큰 차이를 나타낸 처리는 60초분무 10분정지구였으며 그 다음은 30초분무 10분정지구, 10초분무 10분정지구였다. 氣孔의 開閉 정도는 作物의 蒸散作用에 크게 영향하며 光合成과도 깊은 관계가 있다는 것이 많은 研究에 의해 밝혀 졌다.^{5,6)} 李 등⁹⁾은 麥類에 있어서 氣孔抵抗은 日出과 더불어 급격히 감소하여 氣孔이 열리기 시작하며 오전 10시경에는 氣孔抵抗이 最小值에 이르고 그 후 오후 2시경에는 最大值에 이른다고 하였다. 本 實驗에서는 전반적인 氣孔抵抗이 60초분무 10분정지구와 30초분무 10분정지구가 높은 편이었으며 연속분무구와 10초분무 10분정지구는 낮은 편이었다. 또한 氣孔抵抗의 最大值를 나타내는 시간이 60초분무 10분정지구와 30초분무 10분정지구가 11시경이었으며 2시경에도 다시 한번의 상승을 나타내고 있다. 그런데 10초분무 10분정지구와 연속분무구는 각각 12시, 오후 1시로 나타났다.

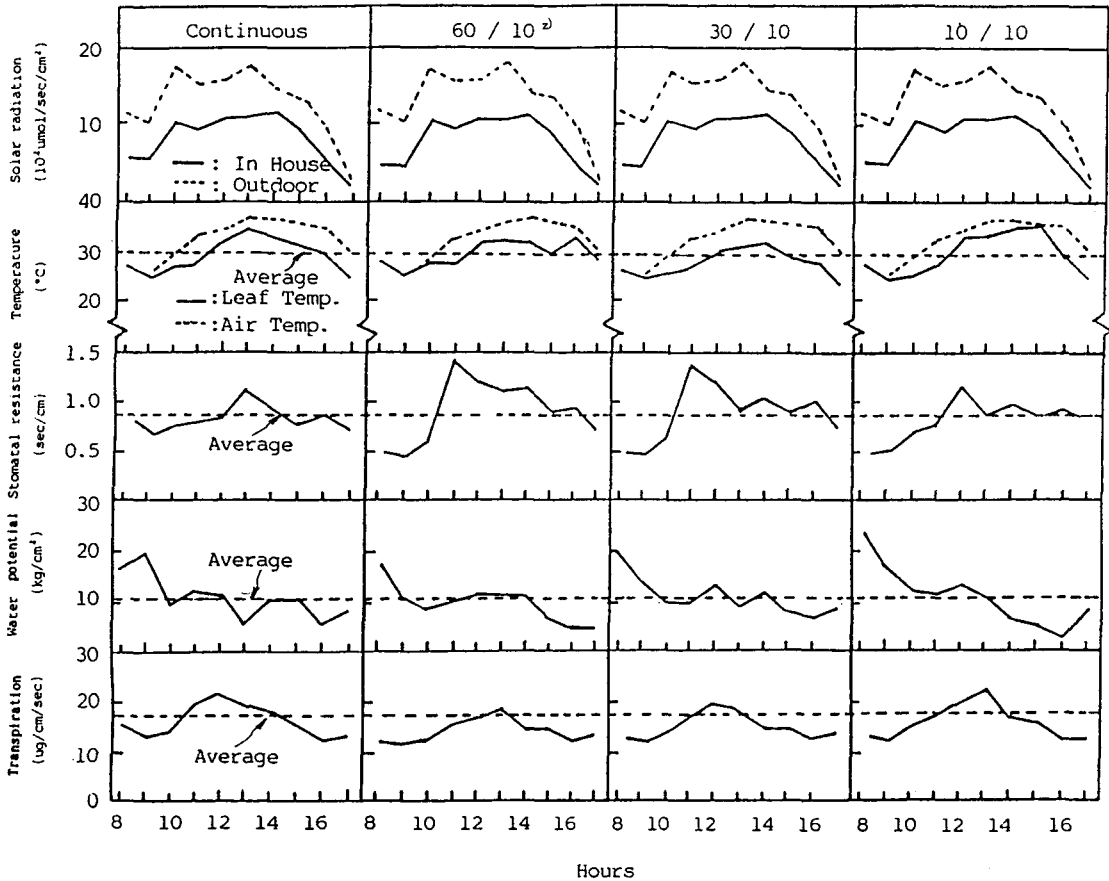


Fig.3 Day time fluctuations of solar radiation, air and leaf temperature, stomatal resistance, transpiration and water potential of leaf as influenced by spray and rest time interval of nutrient solution in aeroponically grown tomato.

²⁾ Spray(sec)/rest(min) time interval of nutrient solution.

水分 potential 變化에 있어서도 대체로 10kg/cm²를 平均으로 한 분포로 볼 때 10시 이전은 대체로 높았으나 正午에는 대체로 평균에 가까웠고 오후에는 분무시간이 짧아짐에 따라 水分 potential은 낮아지는 경향을 보였다. 연속적인 분무에서 蒸散量이 가장 많았는데 이는 계속분무한 효과로 생각된다. 그러나 10분간 분무를 정지한 구는 噴霧時間에 따른 環境情報에 대한 生體情報은 명확한 반응을 보여주고 있는 것으로 판단되었다. 따라서 이들 生體情報은 토마토의 生長이나 果實 收量과 어떤 관련이 있는가를 검토하는 것이 중요할 것으로 생각되었다.

나. 葉面積 生長과 生體情報

葉面積生長과 生體情報과의 關係를 나타낸 結果

는 Fig.4와 같다. 이 그림에 의하면 處理別 葉面積生長과 가장 유사한 pattern의 變化를 나타낸 것은 葉水分 potential 變化라고 말할 수 있다. 葉面積生長과 葉溫과의 關係는 처리에 따라서 다르나 일반적으로 27~30°C 範圍에서, 葉溫이 높으면 葉面積이 적고, 葉溫이 낮으면 葉面積이 많음을 알 수 있었다.

作物에 있어서 溫度는 매우 중요한 요소로서 植物體 각 부위의 溫度 특히 光合成과 呼吸에 關連되어 있는 葉溫이나 體溫은 氣溫보다 더욱 重要하다. 葉溫은 氣孔開度, 蒸散 및 光合成速度와 밀접한 관련이 있으며 일정한 간격으로 給排液을 하는 경우 常時 液中에서 生育하는 것과는 달리 氣孔開度, 葉溫 및 光合成速度가 振動을 하며 蒸

散이 활발하고 光合成 活性이 높아져 葉面積, 生體重 및 乾物重이 2배이상 커진다고 하며 葉溫, 蒸散 등의 生體情報를 이용한 環境條件의 最適制御가 가능할 것이라고 한다.^{5, 6)} 本 試驗에서의 葉溫은 30초분무 10분정지가 가장 낮아 27.7°C 정도였으며 다른 처리구는 29°C 이상을 나타냈다.

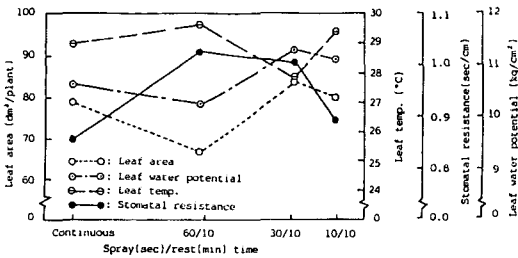


Fig.4 Relationship between leaf area and bio-informations of aeroponically grown tomato as influenced by spray and rest time interval of nutrient solution.

한편 氣孔抵抗은 연속분무와 10초분무 10분정지 구에서 낮았다. 그러나 60초분무와 30초분무에서는 1.0sec/cm에 가까웠다. 葉面積生長과 氣孔抵抗과의 關係는 氣孔抵抗이 낮으면 葉面積 生長이 많았고 氣孔抵抗이 높으면 葉面積 生長이 적다는 일반론을 잘 따르고 있었다.

다. 總乾物重과 生體情報

作物의 生長을 표시하는 指標中에서 總乾物中은 중요한 의미를 포함하고 있다. 噴霧間隔에 따른 生體情報의 變化가 토마토의 總乾物中과는 어떤 關係가 있는가를 나타낸 것은 Fig.5와 같다.

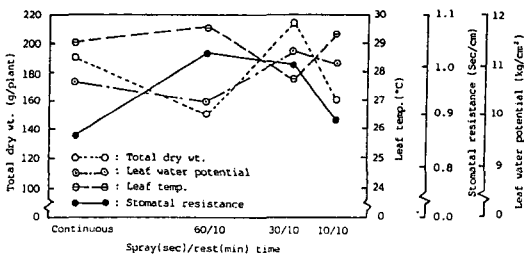


Fig.5 Relationship between total dry weight and bio-informations of aeroponically grown tomato as influenced by spray and rest time interval of nutrient solution.

總乾物重 變化와 가장 유사한 變化反應을 보이는 것은 葉面積 生長에서와 마찬가지로 水分 potential 變化라고 할 수 있으며, 晝間에는 平均 水分 potential 11kg/cm² 정도가 乾物生産에 가장 적합한 수준으로 나타났다. 葉溫에 있어서도 27.5°C를 중심으로 그 이상 葉溫이 높을수록 전체 乾物重의 감소정도가 높게 나타났다. 氣孔抵抗은 水分 potential과 반대의 變化樣相을 보여주고 있으며 全體 乾物重 反應에 이들 生體情報 要素는 깊은 關係가 있음을 잘 나타내 주었다.

梁²⁴⁾은 토마토를 대상으로한 NFT와 噴霧耕의 比較實驗에서 약 60日間의 生長結果 草長은 噴霧間隔에 따른 차이가 크게 나타나지는 않았으나 生體重과 乾物重은 經過日數가 진행됨에 따라 NFT와 噴霧耕間에 현저한 차이가 인정되었으며 噴霧間隔이 짧은 5분간격 분무구에서 가장 무겁게 나타났고, NFT는 噴霧耕 20분간격과 비슷하였다고 보고했다. 志村^{16, 17)}은 噴霧栽培法에 의한 作物의 吸收特性 檢定試驗과 噴霧耕下에서의 토마토의 生育 및 養分吸收 實驗에서 噴霧間隔에 따른 草長의 차이는 뚜렷하지 않으나 莖徑은 上位節의 경우 噴霧間隔이 긴 경우에 적고, 地上部 乾物重도 같은 경향이었으며 특히 葉乾物重은 그 경향이 현저하다고 하였고 噴霧間隔의 調節에 의해 養水分의 吸收量을 調節할 수 있을 것이라고 하였다.

라. 果實의 乾物重과 生體情報

최종적으로 生育情報과 生體情報의 밀접한 관련성이 果實 즉, 收量과의 어떠한 관련성이 있는가가 가장 중요한 내용이 된다. 그러한 結果를 Fig.6에 나타내었다.

果實 乾物重과 葉水分 potential, 氣孔抵抗 및 葉溫變化의 關係도 葉面積 生長, 總乾物重과의 關係와 일치하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 토마토의 噴霧耕栽培 경우 개개 器官의 生長이나 乾物 獲得 및 果實 收量의 豫測이나 變動을 파악하는데 이들 生體情報의 活用은 대단히 有益한 情報를 提供할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 어떤 作物의 最適 生長이나 最大收量을 위한 條件도 매우 빠른 시간내에 간단한 방법으로 찾아낼 수 있는 可能性이 높아졌다고 볼 수 있으며 장차 이러한 면으로 많은 研究가 따라야 할 것으로 생각된다.

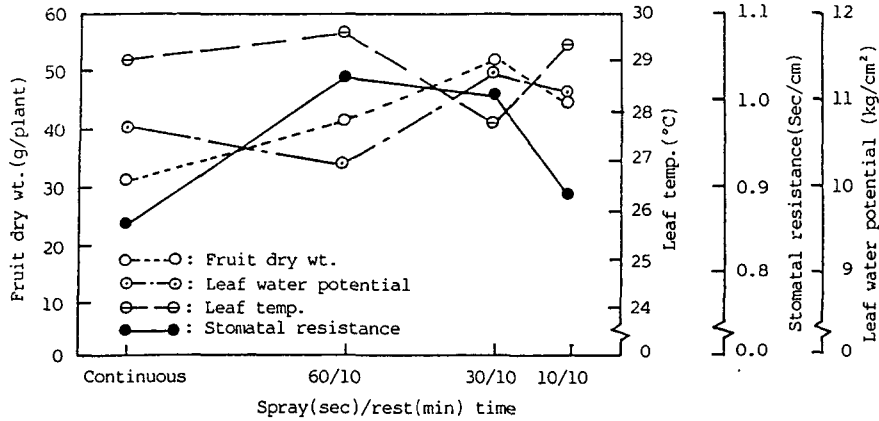


Fig.6 Relationship between fruit dry weight and bio-informations of aeroponically grown tomato as influenced by spray and rest time interval of nutrient solution.

摘 要

本實驗은 噴霧耕栽培 토마토에 있어서 噴霧間隔이 토마토의 生長, 收量反應과 生體情報과의 關聯性을 究明하고자 遂行하였다. 噴霧間隔은 10분 정지에 60초, 30초 그리고 10초간 분무되게 하였으며 이것을 연속분무구와 비교하였다. 培養液은 山崎의 토마토 培養液을 사용하였다.

1. 葉面積은 30초분무 10분정지구가 가장 높았고 60초분무 10분정지구가 가장 낮게 나타났다. 또한 각 器官의 乾物重과 果實乾物重 등의 生長特性도 다른 처리구보다 30초분무 10분정지구에서 가장 좋았다.
2. 花數는 乾物重이 낮을수록 많았으나 着花數는 60초분무 10분정지구를 제외하고는 有意差가 인정되지 않았다.
3. 葉面積과 果實乾物重과의 관계에 있어서는 果實乾物重이 가장 높은 30초분무 10분정지구가 葉面積이 가장 많았다. 연속분무구는 葉面積에 비해 果實乾物重의 현저한 감소가 나타났다. 本實驗의 범위에서 養液의 適正 噴霧間隔은 30초분무 10분정지인 것으로 究明되었다.
4. 晝間の 溫室內外의 太陽放射는 차이가 크게 나타났다. 溫室內 日中 氣溫은 葉溫보다 높게 나타났다. 環境條件의 변화에 따라 토마토 葉의 生體情報의 變化는 민감하게 나타났으며 특히 養液의 噴霧間隔에 따른 차이는 현저하게 나타났다.

5. 噴霧間隔에 따른 葉生長의 變化 패턴은 葉水分 potential, 氣孔抵抗 및 葉溫 등의 生體情報과 관련이 깊었으며 環境要因의 變化에 따른 生體情報 計測으로 토마토의 生長量이나 果實收量 豫測의 可能性이 인정되었다.

參 考 文 獻

1. Barker, B. T. P. 1922. Studies of root development. Long Ashton Res. Stn. Rep. (1921) : 9-20.
2. Carter, W. E. 1942. A method of growing plants in water vapor to facilitate examination of roots. Phytopathology 32 : 623-625.
3. Giacomelli, G. A. and S. Smith. 1989. Fog for aeroponic plant production. Soilless culture 5(1) : 13-22.
4. Harrison, R. D., J. W. Daniel, and J. M. Cheshire. 1989. Net photosynthesis and stomatal conductance of peach seedlings and cuttings in response to changes in soil water potential. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(6) : 986-990.
5. 般田 周, 橋本 康, 津村光男. 1978. 植物生體計測による水耕の研究. 農業施設 8(1) : 21-26.
6. 橋本 康. 1982. 水耕栽培法に關する諸問題(4). 農業および園藝. 57(1) : 48-54.
7. 橋本 康, 福山壽雄, 森本哲夫, 輪竹宏昭, 山口征治, 菊池宏. 1988. メロンNFT水耕における吸収と生體情報の計測.

8. Klotz, L. G. a. 1944. A simplified method of growing plants with roots in nutrient vapors. *Phytopathology* 34 : 507-508.
9. 李浩鎮, 尹進一, 李光薈. 1981. 麥類와 氣孔擴散抵抗의 日中變化와 葉位別 氣孔의 分布. 韓作誌. 26(1) : 45-50.
10. Massantini, F. 1985. The light and dark sides of aeroponics. *Soilless Culture* 1(1) : 85-96.
11. Maxwell, K. 1986. Soilless(hydroponic) culture. The past-and present-and future. *Soilless Culture* 2(1) : 27-34.
12. Nir, I. 1982. Growing plants in aeroponics growth system. *Acta Hort.* 126 : 435-448.
13. 小田雅行, 野巾正義, 星野和生. 1986. 作物生體重の連續測定. 生理環境調節 24(2) : 43-49.
14. Peterson, L. A. and A. R. Krueger. 1988. An intermittent aeroponics system. *Crop Sci.* 28 : 712-713.
15. Shtrausberg, D. V. 1969. Significance of the intervals between spraying for nutrition and growth of tomatoes in aeroponics. *Agrokhimiya* 11 : 148-154.
16. 志村 清, 天竹基弘. 1966. 噴霧耕栽培法による作物の吸收特性檢定. 農業技術. 21 : 417-419.
17. 志村清, 鈴木義彦, 小田雅行. 1985. 噴霧栽培トマトの培養液管理法. 野菜試報. A. 13 : 33-54.
18. Thornley, J. H. M., and R. G. Hurd. 1974. An analysis of the growth of young tomato plants in water culture at different light intervals and CO₂ concentrations. II. A mathematical model. *Ann. Bot.* 38 : 389-400.
19. Vincenzoni, A. 1976. "Colona Di Coltura", a contribution to the development of aeroponics. *IWOSC Proc.* pp. 99-105.
20. Vincenzoni, A. 1980. Coltivazione senza suolo del crisantemo applicando la tecnica aeroponica della colonna di coltura. *Culture Protette* 9(4) : 33-36.
21. Watson, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* 4 : 101-145.
22. Went, F. W. 1957. The experimental control of plant growth. *Chronica Botanica Co.* Waltham, Mass. pp. 81-83.
23. 山崎肯哉. 1982. 養液栽培全篇. 博友社.
24. 梁元模. 1988. 噴霧耕과 薄膜環境養液栽培에 따른 施設栽培 토마토의 生理·生態 및 形態的適應에 관한 研究. 全南大學校 大學院 博士學位論文.
25. Zobel, R. W., P. D. Tredici and J. G. Torrey. 1976. Method for growing plants aeroponically. *Plant Physiol.* 57 : 344-346.