

水耕栽培의 養液管理 自動化 시스템 開發

Development of Nutrient Solution Control System for Water Culture

李基明*, 李周成*, 宣喆鎬*, 章益柱*, 宋在瑄*, 具健孝*,
K. M. Lee, J. S. Lee, C. H. Sun, I. J. Jang, J. G. Song, G. H. Koo,

Summary

The objective of this study was to develop automatic systems of nutrient solution management for optimal nutrient solution environment and labor saving in water culture which enables factory crop production. In this study, an automatic control system and its driving program are developed to prepare, supply, and recover nutrient solution and to keep the optimal solution concentration level using micro-computers.

Based on this study, the following conclusions are obtained:

1. The concentration measured by the system using oscillating circuit designed and built in this study, gave good agreements with the actual nutrient solution.
2. In water culture, the period of 12 hours for measuring concentration, pH, and temperature of the nutrient solution was optimum. Addition of control solution due to the decrease of the nutrient solution concentration is required in every 3 to 5 days.
3. It is estimated that the period of the whole solution change is 15 days, however, further research is needed to assure it. In addition, this period must be shortened in the future.
4. Both the hardware and software of the developed optimal nutrient solution control system in the water culture are working very well, however, it is necessary to develop a more economical one-chip micro controller to substitute for the microcomputer.

1. 緒論

國民所得이 增大함에 따라 季節에 관계없이 淸淨 菜蔬를 選好하는 傾向이 커져, 淸淨菜蔬의 安定的 計劃 生産이 필요하게 되었다. 그러나 土壤栽培에 서는 土壤環境의 制御에 限界性이 있기 때문에 항상 높은 再現性을 기대할 수는 없다.

따라서 土壤을 사용하지 않고 作物의 生育에 필

요한 養分과 水分을 人工의으로 공급할 수 있는 方法을 생각하게 되었다. 이러한 요구에 충족할 수 있다고 생각되는 作物栽培 方法으로서 培養液에 의한 裝置化된 水耕栽培 方法을 들 수 있다. 또한 이 養液栽培는 한정된 土地 面積에 集約的 生産을 가능하게 하며 省力 管理와 連作障害을 줄이고, 土壤耕作이 불가능한 지역을 효율적으로 이용할 수 있다고 보며, 土壤栽培에서 발생하는 病蟲害 등을 근본

* 本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援으로 수행되었음.

* 慶北大學校 農科大學 農業機械工學科

적으로 해결할 수 있는 등 淸淨生産에 대한 높은 評價와 安定的 計劃生産이 가능한 좋은 점이 있다고 판단된다. 이러한 養液栽培 方法은 앞으로 널리 보급될 전망이며, 특히 菜蔬類는 生育기간이 짧기 때문에 工場의 生産도 가능하다고 보아, 安定적 계획 生産이 가능한 未來 農業이 지향하는 목표라고 볼 수 있다. 그러나 지금까지 이에 수반되는 水耕栽培에 관한 연구는 주로 生理的이나 病理面에 치중하여 養液環境의 制御 등 工學的 試驗 研究가 부족하였다고 사료된다. 培養液에 의한 水耕栽培은 土壤栽培와는 달리 養液環境의 適正狀態를 유지하는데 많은 노력과 기술이 요구된다.

이에 本 研究에서는 適正의 養液環境과 勞動力의 切感을 위하여 培養液 管理 自動化 시스템을 開發하는데 目的을 두고, 培養液의 調製, 供給 回收 및 適正濃度 維持裝置의 自動化, 각종 상태의 計劃 및 制御를 위한 컴퓨터 시스템, 이들을 驅動하는 프로그램 開發 등 一連의 研究를 실시하였다. 특히 養液의 濃度計測에 지금까지 많이 사용하였던 EC(電氣

傳導度)에 의한 方法은 計測器가 高價일 뿐 아니라 長時間 使用時 電極에 異物質이 부착하는 등 管理와 經濟性 面에서 實用化의 問題點이라고 보아 간단하고 經濟적인 濃度 測定器를 製作 使用하여 本 연구를 수행하였다.

2. 實驗裝置 및 方法

2.1 實驗裝置

2.1.1 實驗裝置의 概要

本 實驗裝置는 養液栽培에 있어서 作物生育에 요구되는 適正濃度로 培養液을 配合調製하여 베드에 供給하고 그 適正 濃度를 유지하도록 하는 裝置를 基本으로 하여 구성한 것으로, 컴퓨터를 主體로 한 制御 시스템, 培養液의 調製 供給 및 排液 시스템, 센서를 포함한 計測 시스템 등 3개 部分으로 構成되어 있다.

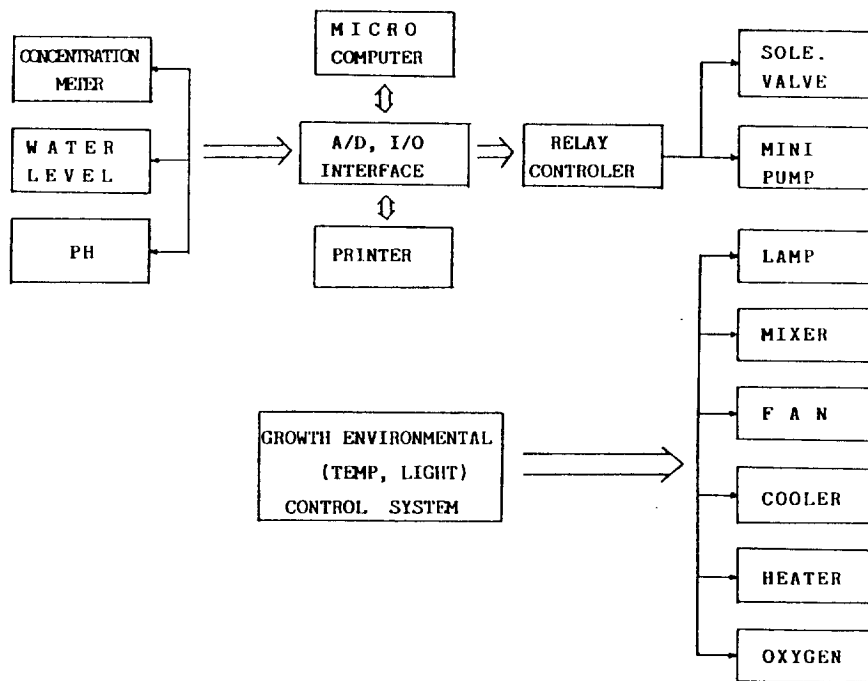


Fig. 2.1. Block diagram of the experimental equipment

그림 2-1은 본 시스템의 概要를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 制御 시스템은 마이크로 컴퓨터, I/O 인터페이스, A/D 變換機 등으로 구성되어 있으며, 여기서 사용한 마이크로 컴퓨터는 일본에서 계측제어용으로 개발된 8Bit의 Sharp MZ-

80K2(CPU-Z80, Clock-2MHz, ROM-6Kbyte, RAM-48Kbyte)이며, A/D變換機는 8Ch.의 Multiplexer가 內裝되어 있고 變換速度 25 μ s 정도의 것을 사용하였다.

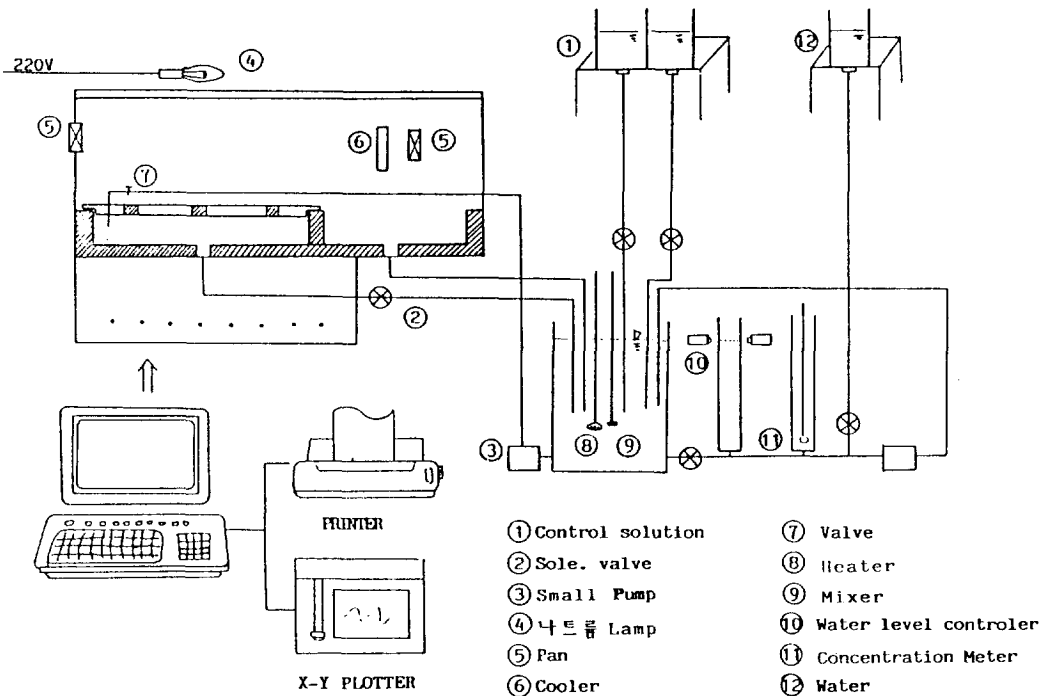


Fig 2.2. Schematic diagram of automatic control system for nutrient solution management

2.1.2 培養液 調製, 供給 排液 및 管理 시스템

그림 2-2는 培養液 調製 供給 排液 管理 시스템의 개략도 이고, 그림 2-3은 培養液의 調製 供給部分을 상세하게 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 베드는 발포스티로폼을 사용하여 400×1,000×100 mm의 크기로 A, B 2개를 연속으로 설치하였다. 養液 탱크는 100ℓ 용량의 탱크에 調製하는 培養液量을 設定하여 이에 상당하는 水位에 水位 센서(光 센서)를 설치하고 물(수도물)을 供給하여 이 水位까지 물이 차면 原液을 供給하여 培養液을 調製한다. 培養液 調製 原液은 A, B 2가지로 하였다. 이것은 全肥料分을 進한 濃度의 單一原液으로 할 경우 沈澱

이 발생하는 등의 문제를 방지하기 위한 것이다. A液은 Ca(NO₃)₂·4H₂O와 KNO₃를 標準 培養液 組成의 100倍液으로 調製한 것이고 B液은 MgSO₄·7H₂O와 NH₄H₂PO₄를 標準 培養液 組成의 100倍液으로 調製한 것이다.

原液의 供給은 2m 높이에 설치한 5ℓ 용량의 原液 탱크 2개에서 슬래노이드 밸브를 통하여 養液 탱크로 流入하도록 되어 있다. 原液 供給에 있어서 水壓의 變化에 따른 誤差를 減少시키기 위하여 原液 水面의 變化를 10cm 이내로 하여 誤差가 5% 이하가 되도록 하였다. 또한 pH를 制御하기 위하여 原液과 같이 5ℓ 용량의 탱크 2개에 pH 調整液(H₂SO₄,

NaOH)을 原液과 같은 方法으로 주입되도록 培養液 調整時 믹서를 구동하여 비료분이 잘 용해하도록 하였다. 이 때 培養液 調整時 培養液이 충분히 溶解되는 시간을 알아보기 위하여 물에 原液을 주입한 후 濃度を 測定하여 測定值가 안정되는 시간, 즉 정정시간에 대한 試驗을 실시하여 사용하였는데

濃도에 따라 차이가 있으나 培養液 標準濃度 범위에서 2분 이내로 나타났다. 이것으로 보아 培養液 調整後 濃度 測定은 2분 후에 하는 것이 타당하여 본 實驗에 적용하였다.

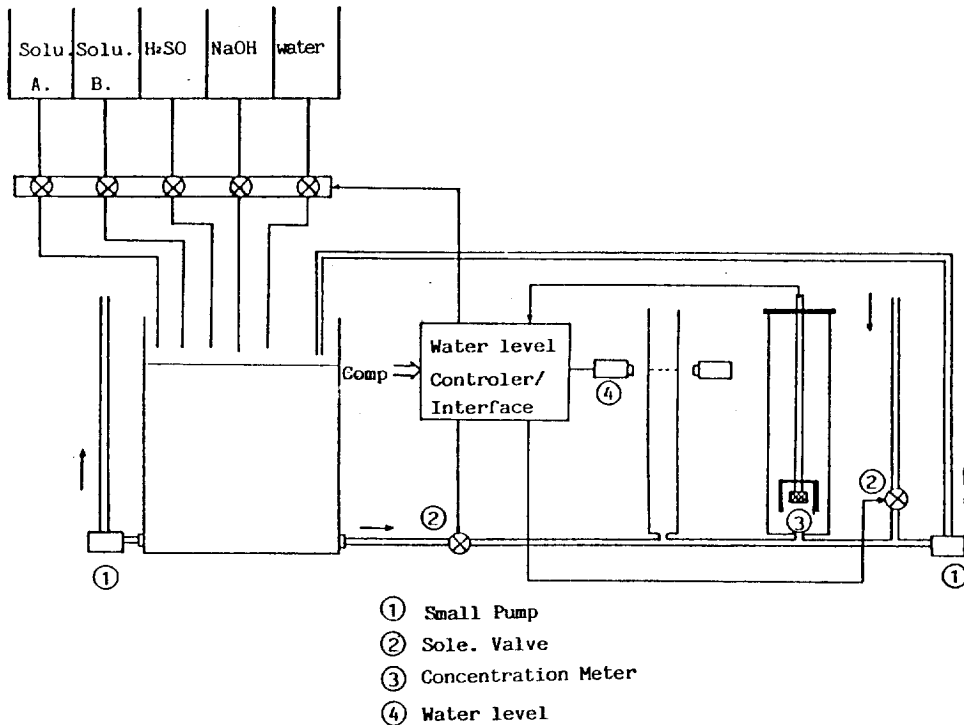


Fig. 2.3. Prepare and supply system of nutrient solution

溶存酸素는 小型 공기펌프를 사용하여 養液탱크와 베드내에 공기를 供給하여 충분하도록 하였고, 培養液의 순환시에도 공기가 녹아들도록 給液 노즐에 작은 공기 흡입구를 설치하여 공기가 혼입되는 供給方式을 채택하였다. 培養液의 순환은 16ℓ/min, 양정 2.4m인 소형 펌프를 사용하여 급수파이프에 밸브를 설치하여 순환량을 조절할 수 있도록 하였다.

培養液의 調整時 基準이 되는 培養液의 組成과 濃度는, 지금까지 알려진 바에 의하면 그 基準을 다음 4가지로 나눈다. 그 하나는 生育이 良好하여 多

收穫인 植物體를 分析하여 그 組成을 最適이라고 보는 것이고, 둘째는 培養液을 構成하는 要素를 양이온과 음이온으로 나누어, 각 이온간의 비율을 여러가지로 조합시켜 栽培實驗을 통하여 가장 收量이 많은 培養液의 組成과 濃度を 택하는 方法이다. 세 번째는 여러가지 作物에 대하여 養水分의 흡수량을 상세하게 조사하여, 이 흡수 양상에 따라서 組成과 濃度を 결정하는 方法이며, 마지막 네 번째는 培養液의 흡수과정과 흡수양상을 중요시하여 培養液의 管理를 행하는 方法이다.

이 중에서 첫번째 方法은 日本에서 園試處方이라

하여 凡用性이 있어 調製하여 판매하는 培養液 肥料로 가장 많은 것이다. 본 實驗에서는 이 園試處方이 실용화를 위하여 범용성 있는 기준으로 보아 多量要素에 대한 園試處方의 均衡 培養液 處方을 기

준으로 하여 組成比를 같이 하고 濃度를 달리한 培養液으로 栽培 實驗을 통하여 생육이 좋은 濃度를 선발하여 물 1ℓ당 組成을 채택하였으며 그 組成은 표 2-1과 같다.

Table. 2.1. Composition of nutrient solution

Ingredient	Content (mg/ℓ)
$C_2(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	1,140
KNO_3	960
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	600
$NH_4H_2PO_4$	186
tr.(F, EDTA)	100

適正濃度의 培養液을 調製하기 위하여 原液 供給量의 콘트롤은 솔레노이드 밸브의 開閉 時間으로 하였다.

培養液의 供給은 培養탱크로부터 정액펌프로 양수하여 A 베드 내로 供給하여 B 베드에 一定水位로 채워지면 B베드로 Over flow되도록 하는 供給方式을 택하였다. 또한 培養液의 回收는 B 베드에 설치한 排液 솔레노이드 밸브와 관을 통하여 탱크에 순환되도록 되어 있다. 이 때에도 자유낙하에 의한 爆氣法을 사용하여 용존 산소량이 충분히 供給되도록 하였다.

2.1.3 計測 및 制御 裝置

본 시스템에 있어서 計測 項目은 培養液의 濃度, pH, 溫度, 水位이다. 여기서 培養液의 濃度測定은 그림 2-4 및 그림 2-5과 같은 濃度 센서와 計測回로를 設計 製作하여 사용하였다. 이것은 센서인 발진 코일 주위의 溶液濃度에 따라 코일에 유도되는 전류의 발진 주파수가 달라지는 현상을 원리로 하여 설계 제작한 것이다. 센서는 그림과 같이 ϕ 0.3의 銅코일을 삼각 스파이럴형으로 가공하여 사용하였으며, 測定回로는 發振部, 增幅部, 電波 整流部로 構成되어 있다. 일반적으로 많이 사용하고 있는 電極形의 EC센서를 사용하여 電氣傳道度에 의한 濃度測定 方法은 長時間 사용하는 경우 電氣分解로 인하여 異物質이 발생하여 電極에 異物質이 부착하기 때문에 測定에 誤差가 발생하는 등 문제점이 있다.

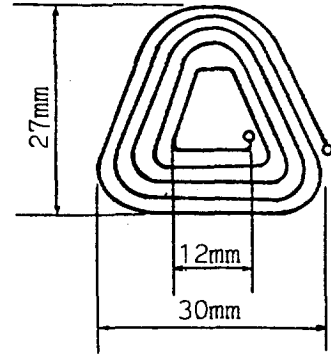


Fig. 2.4. Triangle spiral type sensor for measuring concentration of the nutrient solution

본 實驗에서 제작 사용한 濃度 測定裝置는 용액의 濃度에 따라 發振部の 發振周波數가 변하고 增幅部에서 이를 증폭하여 電波 整流回路에서 정류하여 濃度를 電壓으로 出力하도록 구성되어 있는 것으로 水耕栽培와 같이 수십일간의 장기간 制御용으로 사용하는 濃度計測機로는 적당하다고 판단된다. 또한 이 濃度測定裝置의 測定設定은 培養液의 濃度比(Concentration ratio : 基準濃度에 대한 濃度의 比)와 出力電壓과의 關係로 나타냈으며, 効果는 그림 2-6과 같이 相關이 0.9975으로 性能이 우수한 計測機라고 보아 본 實驗에 사용하였다. 여기서 회귀 방정식을 直線式($V=0.6997+0.397Cr$)으로도 검토 하였으나 상관 $R=0.9898$ 로 지수식이 더 좋았었다.

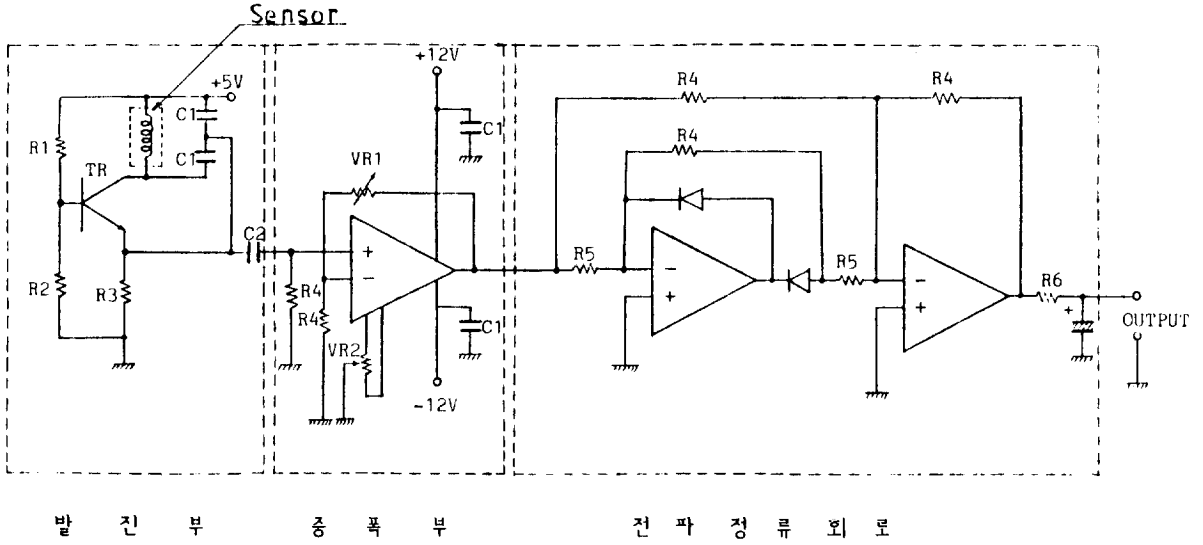


Fig. 2.5. Circuit of concentration meter for nutrient solution

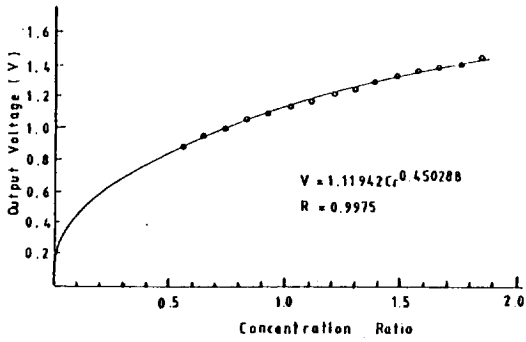


Fig. 2.6. Calibration curve of the concentration meter

pH와 水溫은 pH 및 水溫測定器(HORIBA Model H-319829-01)를 사용하였는데 이것은 EC, pH 및 수온측정이 가능한 것으로 일본에서 수경재배용으로 개발한 것인데 EC센서부는 前述한 이유로 사용하지 않았다. 水位の 測定은 광 센서를 사용하여 설정한 培養液量(70ℓ)에 상당하는 水位에 水位 센서를 설치하고 養液탱크에 물을 供給하여 調製에 임하도록 하는 定水位計를 제작 사용하였다. 이 定水位計는 赤外光 센서를 이용하였으며 투광기의 직사광을 이용하지 않고 광을 주파수 변조시켜 사용하였다. 이것은 태양광, 형광등광 등의 외란에 의한

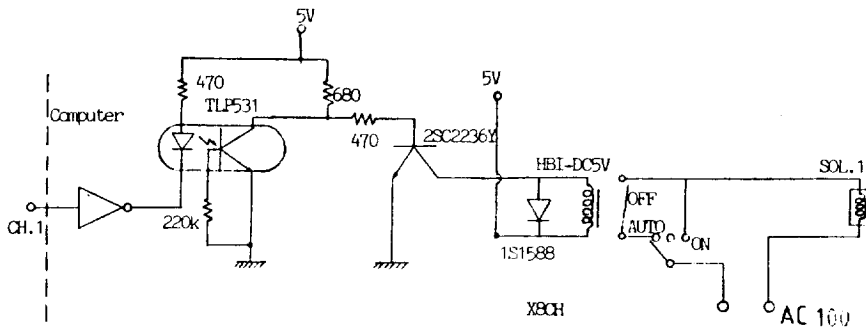


Fig. 2.7. Circuit for driving relay

誤動作을 방지하기 위한 것이다.

養液탱크에 설치된 濃度, pH, 水溫 센서로부터의 입력신호는 A/D 변환기를 통하여 컴퓨터에 入力되도록 되어 있다. 현재의 培養液 濃度を 測定하여 適正濃도에 10% 미달할 경우 原液 탱크로부터 原液을 供給하도록 되어 있다. 原液 補充後 pH가 기준(5.5~7.0)과 맞지 않을 경우 pH 調整 原液을 補充하여 pH를 調整한다.

이 때 솔레노이드 밸브 등 액체이터의 구동은 I/O 인터페이스 보드의 出力으로 릴레이를 구동하여 행하였다. 여기서 사용한 릴레이 구동회로는 DC 5V로 AC 100V를 구동하는 8개 채널로 구성되어 있으며, 특히 부하측(솔레노이드)의 노이즈나 charge가 입력측(컴퓨터)에 영향을 주지 않도록 hot coupler를 사용하여 電氣的으로 절연시켰다.

그림 2-7은 릴레이 구동회로를 나타내고 있다.

2.2 實驗方法

2.2.1 實驗條件

본 實驗의 公試作物은 상치류로서 生育 適溫이 15~20°C이며 광포화점이 25KLux로 최저 필요 조도가 18KLux인 저조도³¹⁾ 식물이다. 實驗期間 동안 培養液의 調製에 사용한 용수의 성분, 액온유지, 實驗室內 溫度 및 조도(밝기)의 제어 등 實驗의 일반적인 조건은 본 연구의 制御 대상에서 제외시켜 별도로 조절하였다.

實驗에 사용한 용수는 경북대학교 食水用의 水道水로서 實驗期間 동안 水溫은 약 21°C로서 培養液 調製後 實驗時 培養液의 液溫 變化에 대비하여 養液 탱크내에 히터와 쿨러를 설치하여 制御할 수 있도록 하였다. 培養液의 온도변화는 18~20°C를 유지하도록 하였다.

實驗室內 밝기는 자연광으로 부족할 때, 나트륨등(400W)1개, 형광등(40W) 8개, 백열등(100W)8개를 베드 0.5m 높이에 설치하고 스위치 조작에 의하여 20 KLux 이상의 조도가 되도록 하여 實驗에 임하였다.

實驗室內 기온은 상치류의 생육적온인 20°C 범위 내에서 히터와 쿨러를 사용하여 조절하였다.

2.2.2 基礎實驗

培養液의 濃度 測定 周期 T_1 을 결정하여 調整液의 補充遲延에 의한 濃度の 誤差를 作物生育에 지장이 없는 범위 내에 들도록 하고, 또한 全 養液 交換 周期 T_2 를 決定하기 위하여, 公試作物인 양상치를 養液에 의하여 栽培하면서 6시간 周期로 베드의 全培養液을 回收하여 濃度, pH, 水溫 등을 測定하는 基礎 實驗을 실시하였다.

2.2.3 制御 性能 試驗 1段階

作物을 栽培하지 않는 상태의 標準 培養液에 물을 稀釋하면서 培養液 濃도가 基準의 10% 미달하게 되었을 때, 調整液을 補充하여 濃度を 標準 狀態로 復元한다. 이 복원의 性能을 試驗하는 것을 性能 試驗 1段階라 하였다. 이러한 性能試驗 方法으로 實驗裝置 및 프로그램은 수정 보완되어 개발되었다.

2.2.4 制御 性能 試驗 2段階

栽培試驗의 公試作物은 적치마 상치와 성숙기에 걸구하는 걸구상치를 봄 가을에 2회 栽培 實驗하였다. 본 栽培試驗에 있어서 公試作物의 묘는 培養液으로 育苗한 좋은 묘를 供給하기 위하여 育苗試驗을 실시하여 育苗法을 선택하였다. 育苗에 있어서 묘의 生育狀況은 배지에 따라 차이가 있으며, 배지는 일반적으로 많이 사용되는 스펀지, 솜, 모래 등 3종류로 實驗하여 生育狀態를 肉眼으로 본 結果 모래 배지로 育苗한 묘의 生育이 가장 良好한 것으로 나타났다. 따라서 栽培試驗에 사용한 묘는 모래 배지로 育苗한 묘를 사용하였다.

1차 栽培 試驗은 4월 28일에 과종하여 25일간 育苗하여 정식후 30일간 栽培하였으며, 2차 栽培試驗은 9월 3일에 과종하여 25일간 育苗하여 정식후 30일간 栽培하였다. 栽培期間中 培養液의 濃度を 調整하는 性能試驗을 實施하였으며 이것을 性能試驗 2段階라 하였다.

2.2.5 制御 알고리즘

그림 2-8은 養液栽培의 培養液 調製 管理를 위하여 작성 사용한 프로그램의 flow-chart 이며 사용된 언어는 BASIC이다. 培養液의 調製 供給 回收 등 給排液 시스템을 連續 管理하는 시이퀀스 制御부와, 培養液의 濃度, pH, 濃度 등을 計測하는 計測부와 計測된 신호를 피드백시켜 培養液 濃度を 일정

범위내에서 유지하도록 調整하는 피드백 制御部, 全 培養液 交替 및 終了를 결정하는 시스템 設定部 등 여러 개의 서브 프로그램으로 구성되어 있다.

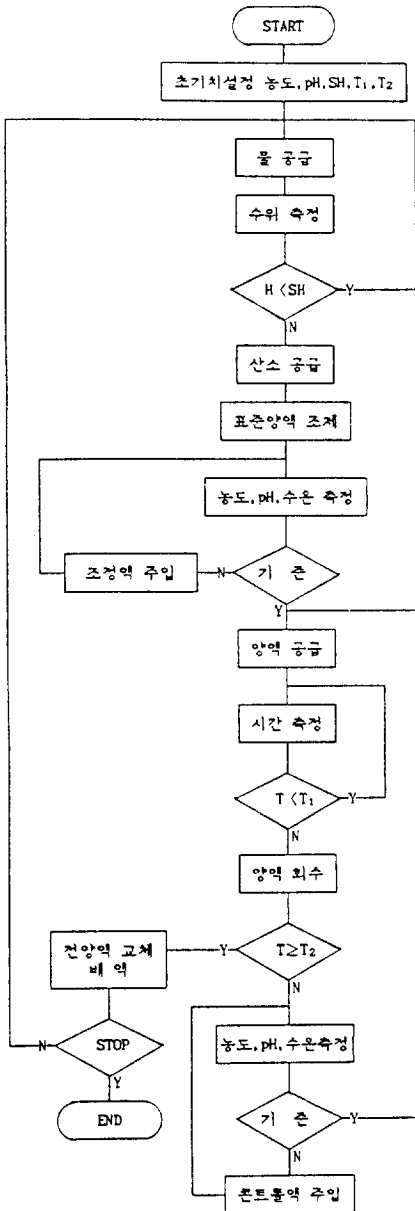


Fig. 2.8. Flow chart of nutrient solution management

그림에서 보는 바와 같이 먼저 基準의 培養液 濃度, pH, 水位(調整養液量), 培養液 測定 周期 T_1 , 全 培養液 교체 周期 T_2 등 初期置를 설정하고 물을

供給하며 養液탱크의 水位를 測定하여 設定한 水位에 이르면 공기를 供給하여 용존 산소가 충분하도록 하면서 原液탱크 A, B로부터 原液을 供給하여 標準培養液을 調製한다. 調製된 培養液이 기준 미달일 때는 調整液을 補充하여 기준에 맞도록 調製한다. 調製 完了된 培養液을 소형펌프를 구동하여 베드에 培養液을 供給한다. 이 때 베드에도 공기펌프를 구동하여 산소를 供給한다. 베드에 培養液을 供給한 후부터의 시간을 測定하여 T_1 시간 周期로 培養液을 回收하여 濃度, pH, 溫度 등을 測定하여 濃도가 기준 미달일 때는 調整液을 補充하여 培養液의 濃도를 유지한다. 또한 T_2 시간 周期로 全 培養液을 교체하도록 하여 새로운 培養液을 供給하는 알고리즘으로 培養液 調整을 한다.

본 實驗에서 培養液을 回收하여 濃度, pH, 溫度를 測定하고 다시 供給하는 周期 T_1 은 용존 산소의 補充 効果와 뿌리발달 등 生育條件을 고려하여 養液 濃도가 基準의 10% 미달되는 最小周期 3일간에 6회 정도가 되게 12시간으로 하였다. 또 全養液을 交替하는 周期 T_2 는 문헌과 基礎試驗 結果로 보아 15일로 하는 것이 좋겠다고 판단되어 정하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 基礎試驗

그림 3-1은 培養液 調整을 위하여 실시한 基礎實驗 結果로서 培養液의 濃度 變化傾向을 보인 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 培養液의 濃도를 6시간 周期로 測定하여 濃度比로 나타낸 것이다.

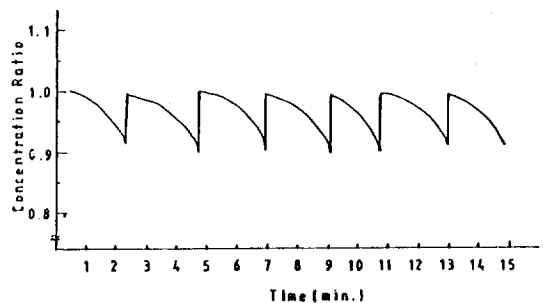


Fig. 3.1. Variation of nutrient solution concentration with respect to time

生育初期는 5~6일이 경과하면 培養液 濃度가 基準濃度의 10%가 미달되어 調整液을 補充하였으며, 生肉後期에는 3~4일이 경과하면 培養液 濃度가 基準濃度의 10%가 未達하게 되었다. 이 結果로부터 培養液의 濃度調節을 위하여 調整液을 보충하는 最端周期는 3일간이었다. 이 3일간에 5회 이상 測定하여 基準濃度보다 10% 미달할 때 補充하는 경우 이 10%의 1/5의 誤差, 즉 기준의 2% 오차내에 상당하도록 함과 아울러 溶존산소의 補充效果와 뿌리의 발달 등 生育條件을 고려하여 1일 2회, 즉 12시간 周期로 測定하는 것이 좋겠다고 판단된다.

3.2 培養液 濃度制御 性能 試驗 1段階

適正 濃度の 標準培養液에 물을 주입하여 濃度を 浬게 하면서 標準濃度의 10%미달되는 設定濃度에서의 原液追加에 의한 適正濃度 復元の 制御性能을 試驗한 結果는 그림 3-2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 基礎試驗에서 얻은 作物의 生育에 지장이 없는 한계인 適正濃度보다 10% 浬게 되었을 때 原液을 보급하도록 한 制御 알고리즘과 같이 設定濃度에서 잘 콘트롤되는 것을 볼 수 있다.

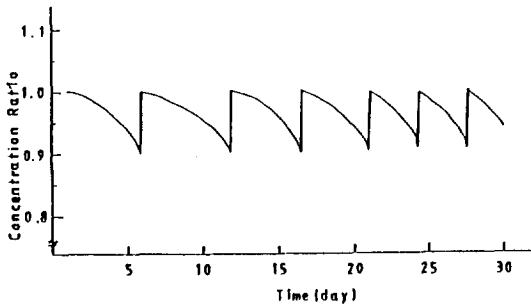


Fig. 3.2. Results of control performance test (first step)

3.3. 培養液 濃度制御 性能 試驗 2段階

公試作物을 栽培하는 동안 作物이 培養液中的의 肥料分을 吸收하여 濃도가 浬어질 경우, 즉 실제 作物의 栽培와 관련하여 濃度制御 性能을 試驗한 結果는 그림 3-2와 같다.

그림에서 보는 바와 같이 作物을 栽培하는 동안

12시간 周期로 培養液을 回收하여 濃度, 水溫 등을 測定하여 培養液이 標準培養液 濃도와 비교하여 濃度 미달이 10% 이내로, 기준내인 경우는 그대로 베드에 供給하고, 10% 범위를 벗어날 경우는 調整液을 보급하여 濃도를 복원시키도록 되어 있는 制御 알고리즘과 그림에 나타나 있는 制御結果를 비교해 보면 設定한 標準培養液으로의 복원은 잘 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 培養液이 標準濃도에 10% 미달할 때의 濃도는 10~12%의 수준에서 原液을 보급하는 것으로 나타나 있다. 이것은 培養液을 回收하여 測定하는 周期 決定에서 2%의 오차를 허용한 때문에 당초 주어진 범위내에서 잘 調整되고 있음을 보여 주고 있다.

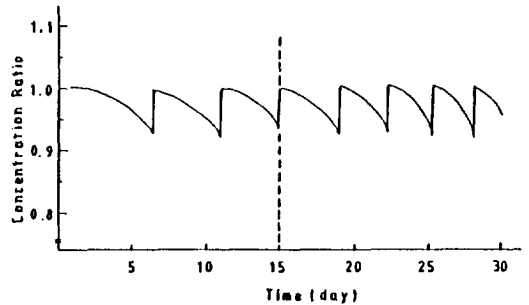


Fig. 3.3. Results of control performance test(second step)

4. 結 論

본 연구는 工場의 作物生産이 가능한 水耕栽培에 있어서, 適定의 養液環境과 勞動力의 切感을 위하여 培養液管理 自動化시스템을 開發하는데 目的을 두고, 널리 보급되고 있는 마이크로 컴퓨터를 이용하여 培養液의 調整로부터 供給, 回收, 培養液濃度 維持등을 自動制御하는 裝置의 自動化와 이들을 구동하는 프로그램 開發 등 一連의 研究를 실시하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 본 연구를 위하여 설계제작된 發振回路에 의한 濃度計測 시스템으로 計測된 濃도는 調製한 培養液의 實際 濃도와 잘 一致되므로 計測에 충분하다고 판단된다.
2. 養液栽培에 있어서 培養液을 回收하여 濃度, pH,

水溫 등을 測定하는 周期는 12시간으로 하는 것이 妥當하며, 培養液의 濃度 低下에 따른 原液補充은 3~5일에 1회로 나타났다.

3. 全 養液의 交換周期는 15일 정도가 적당하다고 생각되나, 이에 대하여는 앞으로 더 연구를 진행시켜 보는 것이 좋겠다고 본다. 앞으로 이 周期는 더욱 短縮시켜야 할 것으로 판단된다.

4. 開發된 水耕栽培의 適正 養液 制御裝置는 우수한 性能을 보여 주었으며, 實用化를 위하여 마이크로 컴퓨터를 경제적인 원 칩 마이크로 컨트롤러 (One-chip microcontroller)로 交替 開發할 필요가 있다고 본다.

參 考 文 獻

1. Adams, Fred. 1977. Ionic concentrations and activities soil solutions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35 : 420-426
2. Asher, C.J., Ozanne, P.G. and Loneragon, J.F. 1965. A method for controlling the ionic environment of the plant roots. Soil Sci. 100(3) : 149-150
3. Ashkar, Saleh A. and Ries, S.K. 1971. Lettuce tipburn as related to nutrient imbalance and nitrogen composition. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4) : 448-452
4. Cooper, Allen. 1979. The ABC of NFT. Grower books : 50-51
5. Gritten, R.A. and Jurinax, J.J. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of the natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci. 116 : 26-30
6. Hollis, P. and Hindmarch, R.W. 1980. A micro-computer controlled farm management system. ASAE 35(2) : 35-37
7. Ikeda, H. and Oswa, T. 1981. Nitrate and ammonium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium-nitrogen and the resultant change of solution pH. J. Japan Soc. Hort. Sci. 50 : 225-230
8. ISOSC. 1985. Soilless culture. 1(1) : 124pp
9. Savage, A.J. ed. 1985. Hydroponics Worldwide : State of the art in soilless crop production. ICSS. Hawaii : 194pp
10. 池田英男, 大澤孝也. 1983. 水耕培養液中의 NO₃ と NH₄의 濃度並びに比率がそ菜の生育, 葉中 N 成分及び培養液의 pH에及ぼす影響. 日本園藝學雜誌. 52(2) : 159-166
11. 令井榮司, 小川信弘. 1983. 生物環境計裝システム. Yoa news. 東亞電波 : 2-6
12. 岡本嗣男外 3人. 1980. マイクロソシユータによる防除藥液 自動稀釋. 神戸大學 農學部 研究報告. 14(1) : 157-163
13. 板木利隆. 1983. 施設園藝(裝置と栽培技術). 誠紋堂新光社 : 385-475
14. 板木利隆, 佐佐木皓二, 宇田川雄二. 1984. 養液栽培の實際. 農業電化協會 : 194-199
15. 益子安. 1967. pH の理論と測定. 東京化學同人 : 110-138
16. 三原養秋. 1980. 溫室設計の基礎と實際. 養賢堂 : 160-169
17. 水野直治. 1984. 水溶液の電氣傳導度に對する各種イオン濃度の影響. 日本土壤肥料學雜誌. 55(2) : 103-108
18. 森次河崎. 1977. 自動 pH 調整 水耕栽培裝置の製作. 日本土壤肥料學雜誌. 48(4) : 243-247
19. 英井輝行, 鹿子嶋力, 位田藤久太郎. 1978. 養液栽培における根の環境の制御に關する研究(第2報) 水耕地地の自動調節裝置の試作. 福井懸短大紀要 : 23-47
20. 波多野隆介, 佐久間敏雄. 1983. イオンクロトグラフの土壤溶液分析への制御. 日本土壤肥料學雜誌. 54(2) : 161-163
21. 澁谷正夫. 1982. 養液栽培における自動稀釋裝置につて. 日本農業施設學會 昭和 59 年大會要旨 : 50-60
22. 島地英夫. 1984. 養液センサ, センサの技術の現場と問題點. 施設園藝研究部會 第4會 研究集要旨 : 27-36
23. 鈴木芳夫. 1986. 培養液管理-組成と濃度- 養液栽培の新技術 : 25-30
24. 高倉 直. 1986. 海外における養液栽培の現場と

- 令後の展望. 農業および園藝 61(1). 106-106
25. 高倉 直. 1986. 養液栽培の装置化. 養液栽培の
新技術: 21-24
26. 高倉 直. 1985. 養液栽培の現場. 日本農業氣象
學會 施設園藝研究部會 シンポジウム要旨: 3
-4
27. 高倉 直. 1985. ヨーロッパ施設園藝の現状
施設と園藝. 49: 54-59
28. 高倉 直. 1984. 新しい農業システム-養液栽培
-. 化學工學. 48: 350-354
29. 高倉 直, 左右豊樹, 安藤敏夫. 1983. 農學, 生物
學のたのユソゼータ應用. オーム社: 173-196
30. 田崎忠良. 1978. 環境植物學. 朝倉書店: 262
31. 山崎背哉. 1982. 養液栽培全編. 博友社: 13-
232
32. 横木青太郎. 1974. 施設園藝におはる新しい設
備・器具(2). 農業および園藝. 49(3): 53-56
33. 金基大, 金聲來. 1983. Microcomputer를 利用
한 Data Acquisition System에 關한 開發. 韓國
農業機械學會誌. 7(2): 18-29
34. 李基明, 朴圭植. 1986. 施設園藝에 있어서 栽培
管理의 自動化 시스템에 關한 研究(1)-물管理
自動化-. 韓國農業機械學會誌. 11(1): 31-36

◆ 학회 광고 ◆

◎ '91 동계 기술강습회 개최

본 학회는 "경운 작업기의 설계 제작 및 시험법"에 대한 기술 강습회를 개최하고자 하오니 회원 여러분의 많은 참여를 부탁드립니다.

- 아 래 -

- 가. 일 시: 1991년 2월 21일(목) 09:00~18:20
- 나. 장 소: 서울대학교 농과대학
- 다. 일 정: 09:00~09:40 등록 및 개회식
09:40~10:30 경운 이론
10:40~11:30 경운 작업기의 설계
11:40~12:30 경운 작업기의 생산공정
12:30~13:30 중 식
13:30~14:20 토양 시험법
14:30~15:20 경운 작업기의 계측 및 시험법
15:30~16:00 경운 작업기의 검사 기준 고찰
16:10~17:40 경운 작업기의 신제품개발과 기술동향
17:50~18:20 토론회(질의 응답 및 설문지 작성)