



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0119924
(43) 공개일자 2021년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A01C 23/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A01C 23/007 (2013.01)

A01C 23/008 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0123213

(22) 출원일자 2021년09월15일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

농업회사법인 상상텃밭 주식회사

경상북도 안동시 임하면 금소길 341-12

(72) 발명자

반병현

경상북도 안동시 강남7길 18, 205호 (정하동)

(74) 대리인

특허법인리담

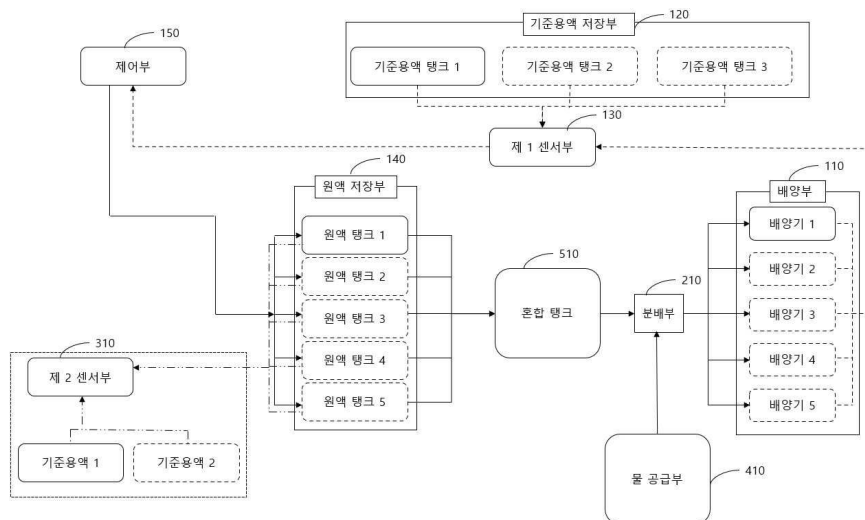
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 ISE 센서 및 머신러닝을 활용한 양액 주요 영양소 공급장치 및 이를 이용한 양액 주요 영양소 공급 방법

(57) 요약

본 발명은 자동 양액 공급 장치 및 자동 양액 공급 방법에 대한 것이다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425144386
과제번호	S2948223
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	창업성장기술개발(R&D)
연구과제명	지능형 의사결정 시스템이 탑재된 클라우드화 수직형 식물공장 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	농업회사법인 상상텃밭 주식회사
연구기간	2020.08.01 ~ 2022.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

작물재배용 배양부;

적어도 1개 이상의 기준 용액 성분농도를 저장하는 기준용액 저장부;

적어도 1개 이상의 센서를 포함하여 상기 배양부에 포함된 양액 성분농도를 측정하고 상기 기준용액 저장부에 저장된 기준 용액 성분농도와 비교하여 비교용액 성분농도를 생성하는 제1 센서부;

적어도 1개 이상의 공급원액을 저장하면서 상기 배양부에 필요성분을 공급하는 원액 저장부; 및

상기 제1 센서부에서 제공된 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분에 상응하는 상기 공급원액을 상기 배양부에 공급하도록 원액 저장부를 제어하는 제어부;를 포함하되,

상기 제어부는 상기 원액 저장부가 상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 것인,

자동 양액 공급 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는 상기 배양부에 공급되는 공급원액에서 상기 이온 중첩이 되는 상기 필요성분을 결정한 후, 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 공급원액의 필요량을 계산하는 것인,

자동 양액 공급 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 공급원액의 필요량을 계산하는 것은 상기 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식에 의해 이루어지는 것인,

자동 양액 공급 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 원액 저장부는 KNO_3 포함 제1 공급원액; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 포함 제2 공급원액; KNO_3 제 및 NaFeEDTA 중 1종 이상을 포함하는 제 3 공급원액; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 및 MgSO_4 중 1종 이상을 포함하는 제4 공급원액; H_3BO_3 , MnSO_4 , ZnSO_4 , CuSO_4 및 Na_2MoO_4 중 1종 이상을 포함하는 제5 공급원액 중 적어도 1종 이상의 공급원액을 포함하되,

상기 공급원액은 상기 원액 저장부에 분리되어 개별적으로 저장되는 것인,

자동 양액 공급 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 원액 저장부에 저장된 상기 공급원액을 혼합하는 혼합탱크;

상기 배양부에 물을 공급하여 수위를 조절하는 물 공급부; 및

상기 혼합탱크로부터 공급된 상기 공급원액과 상기 물 공급부로부터 공급된 물 중 적어도 어느 하나를 상기 배양부에 분배하는 분배부를 더 포함하는 것인,

자동 양액 공급 장치.

청구항 6

기준용액 저장부에 저장된 기준 용액 성분농도를 기준으로 제1센서부를 캘리브레이션하는 단계;

상기 제 1센서부가 배양부로부터 공급받은 양액 성분농도를 측정하는 단계;

상기 제 1센서부가 상기 기준 용액 성분농도와 상기 양액 성분농도를 비교하여 비교용액 성분농도를 생성하는 단계;

제어부가 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분을 분석하는 단계; 및

원액 저장부가 상기 제어부의 제어를 받아 상기 필요성분에 상응하는 공급원액을 상기 배양부에 공급하는 단계를 포함하되,

상기 제어부는 상기 원액 저장부가 상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 것인,

자동 양액 공급 방법.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 것은,

상기 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식에 의해 이루어지며,

상기 계산우선순위를 정하는 방식은 상기 공급원액에 포함되는 필요성분간에 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 포함하는 공급원액을 이온 중첩 발생 공급원액으로 설정하고,

상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함되는 필요성분간 이온 중첩 발생 횟수를 기준으로 이온 중첩 최소 발생 필요성분을 최우선순위 필요성분, 이온 중첩 최대 발생 필요성분을 최후순위 필요성분으로 설정하고,

상기 최우선순위 필요성분에서 최후순위 필요성분의 순서로 상기 이온 중첩 발생 공급원액 각각의 필요량을 계산하는 것인,

자동 양액 공급 방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 캘리브레이션은 선형회귀 방법, 익스포넨셜회귀방법, 로그회귀 방법 및 인공신경망 방법에서 선택되는 1종 이상의 방법을 이용하여 수행되는 것인,

자동 양액 공급 방법.

청구항 9

청구항 6에 있어서,

물 공급부가 상기 배양부에 물을 공급하여 수위를 조절하는 단계를 더 포함하는 것인,
자동 양액 공급 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자동 양액 공급 장치 및 자동 양액 공급 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 작물은 중, 성장 정도, 생리활성에 따라 다양한 이온들을 각기 다른 비율로 흡수하는 것이 일반적이다. 통상적으로 양액을 제조할 때에는 작물이 많이 소모하는 이온을 많이 투입하고 조금 소모하는 이온을 조금 첨가하여 제조한다.

[0003] 종래 양액제어시스템은 유기물 보충방법, EC기반 원액 공급방법 등을 사용하여왔으나, 유기물 보충방법의 경우에는 세균이 유기물을 분해시키는데 시간이 걸려 식물이 필요로 하는 무기물을 즉시 공급하기 어려운 문제점이 있었다. 또한, 이를 개선하기 위해 도입된 EC기반 원액 공급방법의 경우 EC에 기반하여 원액을 추가하므로, 추가분의 이온 비율이 매번 일정하였으며, 결과적으로 시간이 지날수록 식물이 많이 흡수하는 영양소는 비율이 낮아지고 식물이 잘 흡수하지 않는 영양소는 축적되어 양액 조성이 망가지게 되는 문제점이 발생하였다.

[0004] 이로 인해 EC에 기반한 원액 공급방법의 경우에는 작물이 제대로 된 영양공급을 받지 못하게 되어 일정 기간이 지날 때마다 양액 전량을 폐기하고 다시 만들어 줘야 하는 문제를 해결하기 어려웠다. 특히 종래 기술인 한국등록특허 제10-1775136호의 경우에도 EC기반하여 양액을 특정 시기마다 자동으로 보충해주는 기술이 개시되어 있으나, 기존의 영양 불균형으로 인해 발생하는 대표적인 문제인 연작장해를 해결하지는 못하였다.

[0005] 연작장해란 동일한 토양에서 같은 작목을 연속하여 기를 경우 점점 작물의 품질과 수확량이 낮아지는 현상을 의미하는데, 비료를 계속 투입해 주더라도 작물이 선호하지 않는 영양소만 축적되어 점점 작물이 필요로 하는 이온을 제대로 입력받지 못하는 결과가 도출됨으로 인해 발생하는 문제를 말한다. 이러한 현상은 양액을 자동으로 공급하는 경우에도 발생되게 되는데, 도 1을 살펴보면 도 1의 (1) 및 최적 그래프가 작물이 선호하는 양액의 이온 비율을 의미하는데, 작물의 배양시간에 따른 작물의 뿌리 이온 흡수율이 이온별로 상이하므로, 최초 공급된 최적 양액이 포함하는 각 필수성분들과 시간이 지난 후 양액에 포함된 필수성분들의 함량 및 비율에 차이가 발생한다. 종래 양액공급기들은 단순히 최초에 공급되었던 최적상태의 배양액을 지속적으로 공급할 뿐이므로, 시간이 지날수록 필수성분별 축적농도 및 비율이 상이해진다. 예를 들어, (A)성분 및 (B)성분의 흡수율이 높고 (C)성분의 흡수율이 낮아 도 1의 (2)와 같은 상태가 되었음에도 불구하고, 최적 양액을 지속적으로 공급하게 될 경우 도 1의 (3) 내지 (5)의 결과가 도출되며, 궁극적으로 양액의 상태가 도 1의 (6)과 같이 양액에서의 각 필수성분의 최적농도(파란 점선)과 양액이 포함하는 각 이온성분의 양이 불균형하게 되는 문제가 발생하는 것이다. 하지만, 종래기술들은 이를 해결하고자 하는 시도조차 없는 것이 실정이다.

[0006] 즉, 현재 시판중인 EC, pH 기반 양액제어시스템은 모두 상술한 문제로부터 자유롭지 못하다는 문제가 있어왔다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1775136호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위해 불필요한 이온 축적 현상을 예방가능하고, 작물의 생장에 유용한 최적의 이온을 공급가능한 자동 양액 공급 장치 및 자동 양액 공급 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 작물재배용 배양부; 적어도 1개 이상의 기준 용액 성분농도를 저장하는 기준용액 저장부; 적어도 1개 이상의 센서를 포함하여 상기 배양부에 포함된 양액 성분농도를 측정하고 상기 기준용액 저장부에 저장된 기준 용액 성분농도와 비교하여 비교용액 성분농도를 생성하는 제1 센서부; 적어도 1개 이상의 공급원액을 저장하면서 상기 배양부에 필요성분을 공급하는 원액 저장부; 및 상기 제1 센서부에서 제공된 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분에 상응하는 상기 공급원액을 상기 배양부에 공급하도록 원액 저장부를 제어하는 제어부;를 포함하되, 상기 제어부는 상기 원액 저장부가 상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 자동 양액 공급 장치를 제공한다.

[0012] 또한, 본 발명은 기준용액 저장부에 저장된 기준 용액 성분농도를 기준으로 제1센서부를 캘리브레이션하는 단계; 상기 제 1센서부가 배양부로부터 공급받은 양액 성분농도를 측정하는 단계; 상기 제 1센서부가 상기 기준 용액 성분농도와 상기 양액 성분농도를 비교하여 비교용액 성분농도를 생성하는 단계; 제어부가 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분을 분석하는 단계; 및 원액 저장부가 상기 제어부의 제어를 받아 상기 필요성분에 상응하는 공급원액을 상기 배양부에 공급하는 단계를 포함하되, 상기 제어부는 상기 원액 저장부가 상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 자동 양액 공급 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은 EC 분석 또는 pH 분석에 기반하여 동일한 농도의 양액을 지속적으로 공급하는 기존 자동 양액 공급방법에 의해 발생하는 연작 장애 등의 문제를 해결하기 위해, 캘리브레이션 센싱 방법을 도입 및 이를 이용하여 불필요한 이온 축적 현상을 예방하고, 양액 내 이온 불균형이 발생하는 문제를 해결 가능한 효과를 제공할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 작물의 생장에 유용한 최적의 이온농도를 계산하고 작물의 생장에 필요한 이온을 적정 농도만을 양액에 투입하여 양액이 최적의 조성을 유지하게 하는 효과를 제공할 수 있다.

[0016] 따라서, 본 발명의 자동 양액 공급 장치 및 자동 양액 공급방법을 이용할 경우 연작장애 문제를 해결 가능하며, 종래 양액의 경우 2주마다 양액을 폐기하고 새로 제조하는 문제가 발생하였지만, 본 발명을 이용할 경우 양액 폐기 없이 양액 보충을 통하여 반 영구적으로 시설을 가동할 수 있어 경제적 효과를 가질 수 있다는 점에서도 바람직하다.

[0017] 또한, 고농도 원액을 분리하여 보관함으로써 다양한 작물에 필요한 양액의 조합이 가능하여 하나의 시설로 다양한 작물을 기를 수 있는 효과 또한 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 종래 EC 및 pH 기반 양액제어시스템에 의해 제어된 양액내의 필요성분 농도 변화량에 대한 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 양액 공급장치의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 양액 공급 방법의 순서도이다.

도 4는 본 발명의 분석단계에서의 공급원액의 추가 필요량의 계산 방법에 대한 순서도이다.

도 5는 본 발명의 자동 양액 공급 장치를 통해 제어되는 각 구성의 상태를 표시하는 도이다.

도 6는 본 발명의 자동 양액 공급 장치에 의해 제어되는 양액의 상태가 시간이 지나도 동일한 상태로 유지됨을 설명하기 위한 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0022] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나, 또는 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나, '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0023] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 양액 공급 장치의 구성도이다.
- [0024] 도 2를 참조하면, 자동 양액 공급 장치는 작물재배용 배양부(110); 적어도 1개 이상의 기준 용액 성분농도를 저장하는 기준용액 저장부(120); 적어도 1개 이상의 센서를 포함하여 상기 배양부에 포함된 양액 성분농도를 측정하고 상기 기준용액 저장부에 저장된 기준 용액 성분농도와 비교하여 비교용액 성분농도를 생성하는 제1 센서부(130); 적어도 1개 이상의 공급원액을 저장하면서 상기 배양부에 필요성분을 공급하는 원액 저장부(140); 및 상기 제1 센서부에서 제공된 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분에 상응하는 상기 공급원액을 상기 배양부에 공급하도록 원액 저장부를 제어하는 제어부(150)를 포함한다.
- [0025] 도 2 배양부(110)는 적어도 1개 이상의 배양기를 포함하며, 배양기는 양액을 저장하여 식물을 재배하는 용도로 이용된다. 또한 기준용액 저장부(120)는 기준용액을 포함하는 적어도 1개 이상의 기준용액 탱크를 포함하는 것으로, 제1 센서부에 포함된 센서를 캘리브레이션 하기 위한 기준용액을 저장한다. 상기 기준용액은 pH 센서를 제외한 센서를 캘리브레이션 하기위한 기준용액 및/또는 pH센서를 캘리브레이션 하기위한 기준용액을 포함할 수 있다. 상기에서 pH센서를 제외한 센서는 ISE 센서일 수 있으며, 상기 ISE 센서는 Ca^{2+} , K^{+} , NH_4^{+} , NO_3^{-} 및 Mg^{2+} 이온등의 이온농도를 감지할 수 있다.
- [0026] 도 2에서의 제1 센서부(130)는 양액의 성분농도 등을 센싱하기 위한 것으로, EC 센서, pH센서 및 ISE 센서 중 1종 이상의 센서를 포함할 수 있다. 상기 제1 센서부는 작물재배용 배양부에서 공급받은 양액 성분농도를 측정하고, 기준용액을 이용하여 상기 제1 센서부의 센서를 캘리브레이션된 시켜 기준용액 성분농도를 기준으로 상기 공급받은 양액 성분농도를 비교하여 측정된 값을 데이터화하여 제어부에 전달한다. 상기 제1 센서부는 전압을 이용하여 성분 농도를 측정할 수 있으며, 상기 제1 센서부는 보다 구체적으로 이온 농도, pH농도 및/또는 EC정 보등을 측정할 수 있는데, 측정된 전압을 기준용액 탱크의 조성으로 사상시키는 함수를 회귀하는 방식으로 캘리브레이션이 수행될 수 있다. 이때, 상기 제1 센서부에서 기준용액을 이용하여 센서를 캘리브레이션 하는 경우, 상기 캘리브레이션은 선형회귀, 익스포넨셜 회귀, 로그 회귀, 인공신경망 방법 등의 다양한 회귀방식을 이용하여 수행될 수 있다.
- [0027] 도 2에서의 원액 저장부(140)는 적어도 1개 이상의 원액 탱크를 포함하며, 상기 원액 탱크 내에는 양액에 공급하기 위한 고농도 이온을 포함하는 상기 공급원액이 저장된다. 상기 공급원액은 Ca^{2+} 를 포함하는 공급원액, K^{+} 를 포함하는 공급원액, NO_3^{-} 를 포함하는 공급원액, NH_4^{+} 를 포함하는 공급원액, Mg^{2+} 를 포함하는 공급원액등을 포함한다.
- [0028] 상기 공급원액은 보다 구체적으로, KNO_3 포함 제1 공급원액; $Ca(NO_3)_2$ 포함 제2 공급원액; KNO_3 제 및 NaFeEDTA 중 1종 이상을 포함하는 제 3 공급원액; $NH_4H_2PO_4$ 및 $MgSO_4$ 중 1종 이상을 포함하는 제4 공급원액; H_3BO_3 , $MnSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$ 및 Na_2MoO_4 중 1종 이상을 포함하는 제5 공급원액에서 선택되는 1종 이상의 공급원액일 수 있다. 상기 공급원액은 상기 원액 저장부에 분리되어 개별적으로 저장된다.
- [0029] 상기 제1 공급원액은 양액 내 칼륨과 질산이온 공급을 위한 것으로, 상기 ISE 센서 중 K^{+} 센서 및/또는 NO_3^{-} 센서로 측정가능하다. 제2 공급원액은 양액 내 칼슘과 질산이온 공급을 위한 것으로, 상기 ISE 센서 중 Ca^{2+} 센서 및/

또는 NO^{3-} 센서로 측정가능하다. 제3 공급원액은 철이온을 공급하기 위한 것이며, 황산철로 대체 가능하며, 상기 ISE 센서 중 K^{+} 센서 및/또는 NO^{3-} 센서로 측정가능하다. 제3 공급원액에 NO^{3-} 이온이 함께 투입되는 이유는 NaFeEDTA의 경우 ISE로 측정하기가 곤란하기 때문에 양금을 형성하지 않는 NO^{3-} 의 농도를 대신 측정하여 제3 공급원액의 조성을 확인하기 위함이다. 제4 공급원액은 양액 내 인과 질소를 공급하기 위한 것으로, HNO_3 가 투입되어 산도를 잡아주는 역할을 함께 수행할 수 있다. 제4 공급원액은 상기 ISE 센서 중 NH_4^{+} 센서 및/또는 NO^{3-} 센서로 측정할 수 있다. HNO_3 가 제4 공급원액에 포함되어 있는 이유는 다른 이온들과 달리 PO_4^{4-} 이온의 경우 주변의 pH에 따라 H이온과 결합하여 다양한 형태로 존재하기 때문인데 (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$, H_3PO_4 등), PO_4^{4-} 의 이러한 성질 때문에 탱크 주변의 온도가 바뀔 때마다 pH의 변화로 인해 탱크 내의 자유 이온의 개수가 크게 변화하여 EC 측정에 애로사항이 있으므로, 질산을 투입하여 환경을 산성으로 유지하여 대부분의 이온이 수소 이온과 결합해 있도록 유도하기 위함이다. 상기와 같이 질산을 제4 공급원액에 포함시킬 경우 결과적으로 EC 측정 정확도 향상시킬 수 있다. 제4 공급원액은 상기 ISE 센서 중 Ca^{2+} 센서와 NO^{3-} 센서로 측정할 수 있다. 제5 공급원액은 미량원소 및 마그네슘을 공급한다. 상기 ISE 센서 중 Mg^{2+} 센서로 농도를 측정 가능하며, 제5 공급원액은 황산기를 가진 모든 이온을 포함하는 것을 특징으로 한다. 이는 SO_4^{2-} 의 경우 다른 이온과 결합하여 양금을 형성할 수 있으므로, 이러한 양금형성반응을 억제하기 위해 제5 공급원액에만 황산기를 가진 성분을 포함시킨다.

[0030] 도 2의 제어부(150)는 원액 저장부(140)가 상기 공급원액을 공급할 때 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 것은 상기 배양부에 공급되는 공급원액에서 상기 이온 중첩이 되는 상기 필요성분을 결정한 후, 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 공급원액의 필요량을 계산하는 방법을 통해 제어될 수 있다.

[0031] 보다 구체적으로 상기 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 공급원액의 필요량을 계산하는 방법은 상기 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식에 의해 이루어진다. 상기 계산우선순위를 정하는 방식은 상기 공급원액에 포함되는 필요성분간에 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 포함하는 공급원액을 이온 중첩 발생 공급원액으로 설정하고,

[0032] 상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함되는 필요성분간 이온 중첩 발생 횟수를 기준으로 이온 중첩 최소 발생 필요성분을 최우선순위, 이온 중첩 최다 발생 필요성분을 최후순위로 설정하여, 상기 이온 중첩 발생 공급원액의 필요량을 계산하는 방법에 의한 것일 수 있다.

[0033] 다만, 이온 중첩 문제가 발생하는 필요성분 이외에, 배양부에 필요한 필요성분이며, 원 양액에서 요구하는 필요성분의 필요량 및 이온 중첩 문제가 발생하는 필요성분의 필요량을 계산하는 방법은 다음과 같다.

[0034] 우선, 원 양액에서의 각 필요성분의 농도 및 배양부에서 유입된 양액을 비교하여, 원 양액에서의 적정농도 대비 농도가 낮은 필요성분을 선별하고, 상기 선별된 필요성분이 적정량으로 공급되려면, 상기 선별된 각 필요성분이 얼마나 더 투입되어야 하는지를 계산하여 필요량을 산출하는 방법으로 이루어질 수 있다. 본 명세서에서 상기 원 양액이란 식물이 필요로 하는 필요성분들이 적정농도로 포함된 양액을 의미하는 것으로, 배양과정에서 식물들이 양액 내의 필요성분을 소비하기 전 필요성분들이 최적 농도로 포함된 최초상태를 의미한다.

[0035] 도 2의 자동 양액 공급장치는 혼합탱크로부터 공급된 상기 공급원액과 상기 물 공급부로부터 공급된 물 중 적어도 어느 하나를 상기 배양부에 분배하는 분배부(210)를 더 포함할 수 있다. 상기 분배부는 멀티웨이밸브일 수 있으며, 상기 원액 탱크에서 필요한 성분만이 혼합탱크로 공급될 수 있도록 분배부가 조절될 수 있다. 상기 분배부의 경우 필요에 따라 본 발명의 장치의 다른 구성에도 적절히 설치될 수 있다.

[0036] 도 2의 자동 양액 공급 장치는 제2 센서부(310)를 더 포함하는 것일 수 있다. 상기 제2 센서부는 상기 원액 저장부(140)에 포함된 상기 원액 탱크에 저장된 고농도 이온을 포함하는 공급원액이 적정 농도로 유지되는지 여부를 측정하기 위한 것으로 공급원액 데이터를 생성하며, 상기 생성된 공급원액 데이터를 제어부로 송신한다. 상기 제어부에서 상기 공급원액 데이터를 송신받으면 관리가 필요한지 여부를 판단하여 알람을 송출한다. 상기 제2 센서부는 원액의 성분농도 등을 센싱하기 위한 것으로, EC 센서, pH센서 및 ISE 센서 중 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0037] 도 2의 자동 양액 공급 장치는 상기 배양부에 물을 공급하여 수위를 조절하는 물 공급부(410)를 더 포함하는 것

일 수 있다. 상기 물 공급부는 배양부에 물을 투입하여 부족해진 수위를 적정 수준으로 향상시키는 역할을 한다. 이 과정에서 상기 배양부 내의 양액이 희석되어 양액 내의 성분농도가 낮아질 수 있다.

[0038] 도 2의 자동 양액 공급 장치는 상기 원액을 혼합가능한 혼합탱크(510)를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0039] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 자동 양액 공급 방법의 순서도이다.

[0040] 도 3의 S201단계는 제1 센서부에서 기준 용액 성분농도를 기준으로 센서를 캘리브레이션하는 단계이다. 상기 캘리브레이션은 구체적으로 이온 농도, pH농도 및/또는 EC정보등을 측정할 수 있는데, 측정된 전압을 기준용액 탱크의 조성으로 사상시키는 함수를 회귀하는 방식으로 수행될 수 있다. 상기 캘리브레이션하는 단계에서, 캘리브레이션은 선형회귀 방법, 익스포넨셜회귀방법, 로그회귀 방법 및 인공신경망 방법등을 이용하여 수행될 수 있다.

[0041] 도 3의 S202단계에서는 제 1센서부에서 배양부로부터 공급받은 양액 성분농도를 측정한다. 상기 양액 성분농도 측정시에 전압에 의한 측정방법을 사용할 수 있다. 상기 제1 센서부는 EC 센서, pH센서 및 ISE 센서 중 1종 이상의 센서를 이용하는 것일 수 있다.

[0042] 도 3의 S203단계에서는 제 1센서부가 상기 기준 용액 성분농도와 상기 양액 성분농도를 비교하여 비교용액 성분농도를 생성한다.

[0043] 도 3의 S204 단계에서는 제어부가 상기 비교용액 성분농도를 분석하여 상기 배양부에 필요한 필요성분을 분석한다.

[0044] 도 3의 S205 단계에서는 상기 S204 단계에서 분석한 배양부에 필요한 필요성분을 공급시 이온중첩문제가 발생하는지 여부를 판단한다.

[0045] 상기 S205 단계에서 이온중첩문제가 발생한다고 판단할 경우 S206단계에서 상기 제어부가 상기 원액 저장부가 공급원액을 공급할 때 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하고, 이온중첩문제가 발생한다고 판단하지 않을 경우 S207 단계로 넘어가 필요성분에 상응하는 공급원액을 배양부에 공급한다.

[0046] 상기 S206단계에서의 필요성분의 이온 중첩이 발생하지 않거나 이온 중첩을 줄이도록 상기 원액 저장부를 제어하는 단계는, 분석된 필요성분을 공급시에 상기 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식에 의해 이루어지는 것일 수 있다.

[0047] 상기 계산우선순위를 정하는 방식은 상기 공급원액 내 포함되는 이온중첩문제를 해결하기 위함인데, 이온중첩문제란, 원액 저장부에 포함되는 복수개의 상기 공급원액에 포함되는 이온이 상기 공급원액에 중복되어 포함되어 공급원액을 배양부에 단순 공급하는 경우 중첩되는 이온이 과다 공급되는 문제를 의미한다.

[0048] 구체적으로, 상기 계산우선순위를 정하는 방식은 상기 공급원액에 포함되는 필요성분간에 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 포함하는 공급원액을 이온 중첩 발생 공급원액으로 설정하고, 상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함되는 필요성분간 이온 중첩 발생 횟수를 기준으로 이온 중첩 최소 발생 필요성분을 최우선순위 필요성분, 이온 중첩 최다 발생 필요성분을 최후순위 필요성분으로 설정하고,

[0049] 상기 최우선순위 필요성분에서 최후순위 필요성분의 순서로 상기 이온 중첩 발생 공급원액 각각의 필요량을 계산하는 방식에 의해 이루어질 수 있다.

[0050] 보다 구체적으로, NO_3^- 이온의 경우 제1 공급원액, 제2 공급원액, 및 제3 공급원액에 포함되며, K^+ 이온의 경우 제1 공급원액 및 제3공급원액에 포함되게 된다. 따라서, K^+ 이온, Ca^{2+} 이온, FeEDTA^- 이온을 단순히 각각 필요한 만큼 보충하게 될 경우 제1 공급원액, 제2 공급원액 및 제3 공급원액에 중복되게 포함되는 쌍이온인 NO_3^- 이온, 및 제1 공급원액 및 제3 공급원액에 중복되게 포함되는 K^+ 이온이 과다 공급될 문제가 발생하는 것을 의미한다.

[0051] 도 4는 상술한 이온중첩문제를 해결하기 위해 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식에 대한 일 실시예이다. 상기 필요성분의 계산우선순위를 정하는 방식은 상기 공급원액에 포함되는 필요성분간에 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 포함하는 공급원액을 이온 중첩 발생 공급원액으로 설정하고,

[0052] 상기 이온 중첩 발생 공급원액 내에서 상기 필요성분간 이온 중첩이 발생하는 횟수를 기준으로 최소 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 최우선순위 최다 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 최후순위의 기준으로 설정하여 상기 이온 중첩 발생 공급원액의 필요량을 계산하는 방식으로 이루어진다. 구체적으로 상기 계산우선순위를 정하는

방식에서 사용되는 개념은 이온 중첩이 발생하는 필요성분을 분석하여 이온 중첩 발생 성분으로 구분하고, 상기 이온 중첩 발생 성분으로 구분된 성분을 포함하는 공급원액을 이온 중첩 발생 공급원액으로 설정한다. 이후, 상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함된 필요성분(여기서 이온을 의미할 수 있음)내에서, 이온 중첩문제가 발생하지 않는 필요성분을 상기 계산우선순위에서 최우선순위의 기준 필요성분으로 설정하여 공급원액의 필요량을 계산하는 것을 의미한다. 보다 구체적으로 상기 계산우선순위를 정하는 방식에서의 계산 순서는 필요성분별 최초 필요량을 먼저 계산 하고, 상기 이온 중첩 발생 공급원액과 이온 중첩 문제 미발생 공급원액을 구분한다. 이후, 상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함된 필요성분(여기서 이온을 의미할 수 있음)내에서, 이온 중첩문제가 발생하지 않는 필요성분을 포함하는 공급원액을 최우선으로 하여 필요량을 계산한다. 이때, 상기 이온 중첩 발생 공급원액에 포함되는 필요성분 중 이온 중첩이 일어나지 않는 필요성분을 최우선순위(이하 '제1 우선순위'라 함)로 계산되도록 제1 우선순위의 기준으로 설정한다. 그 후, 상기 이온 중첩 발생 공급원액 간에 중첩발생이 최소로 일어나는 이온을 후순위(이하 '제2 우선순위'라 함) 필요성분으로 기준을 설정한다. 상기와 같이 계산우선순위 기준을 설정함에 있어서 공급원액간에 중첩이 발생하는 횟수를 기준으로 계산우선순위를 설정하며, 중첩의 횟수가 증가할수록 후순위로 계산순위를 설정한다. 즉, 최다 중첩이 일어나는 이온이 최후순위로 설정되게 되며, 이를 기준으로 공급원액의 필요량을 계산할 수 있다.

[0053] 구체적으로 도 4를 설명하면, S206의 원액 저장부를 제어하는 단계에서의 최초 단계에서는 기준이온의 최초 필요량을 계산하게 되는데, 필요성분 적정농도 및 비교용액 성분농도를 비교하여 기준이온의 최초 필요량을 계산(S501)한다. 본 명세서에서 기준이온이란, 식물이 성장하는데 최적화된 원 양액에 포함되어야 하는 필수이온을 의미하며, 보다 구체적으로 상기 기준이온은 K^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , NH_4^+ 및 Mg^{2+} 등이 될 수 있다. 이후 상기 기준이온의 계산우선순위를 정하여 계산한다.

[0054] 본 명세서 내의 제1 내지 제5 공급원액을 기준으로 이온중첩문제 발생여부를 판단하면, 제1 내지 제3 공급원액에서 K^+ 및 NO_3^- 이온이 이온의 중첩문제가 발생한다. 필요에 따라, 계산 과정에서 이온중첩문제가 발생하는 성분을 계산우선순위 설정 필요성분 및 이온중첩문제가 발생하지 않는 필요성분을 독립 필요성분으로 분류할 수 있다. 상기 분류기준에 따른 경우 이온중첩문제가 발생하는 계산우선순위 설정 필요성분은 K^+ 및 NO_3^- 이온이 되며, 이온 중첩문제가 발생하지 않는 독립 필요성분은 NH_4^+ , Mg^{2+} 이온이 된다.

[0055] 그런데 상기 필요성분에서 이온 중첩문제가 발생하는 NO_3^- 이온은 제1 내지 제3 공급원액에 포함되는데, 제1 내지 제3 공급원액에 포함되는 필요성분 중 이온중첩문제가 발생하지 않는 이온은 Ca^{2+} 이온이 되며, 상기 Ca^{2+} 이온을 최우선순위인 제1 우선순위 이온으로 설정한다. 이후 후순위 중첩이 일어나는 이온은 K^+ 이온이므로, 이를 2순위 이온으로 설정하고, 최다 중첩이 일어나는 이온인 NO_3^- 이온을 최후순위로 설정하여 상기의 각 이온을 포함하는 공급원액의 필요량을 계산할 수 있다.

[0056] 보다 구체적으로 도 4의 순서도를 설명하면, 상기 제1 우선순위 이온을 포함하는 공급원액의 필요량 계산 단계에서, 기준이온이 Ca^{2+} 이 되므로, Ca^{2+} 성분의 추가가 필요한지 판단(S502)한다. 상기 S502단계에서 판단한 Ca^{2+} 이온의 최초 필요량이 0 이상인 경우 제2 공급원액의 제1 추가 필요량을 계산하고(S602), 상기 S502단계에서 Ca^{2+} 이온이 필요하지 않다고 판단할 경우 후순위 이온(이하 '2순위 이온'이라 함)의 추가 필요 여부를 판단하는 S503단계로 넘어가 K^+ 성분의 추가 필요 여부를 판단한다.

[0057] 상기 S602 단계에서는 구체적으로 i) Ca^{2+} 이온의 최초 필요량을 기준으로 제2 공급원액의 제1 추가 필요량을 계산하고, ii) 제2 공급원액의 제1 추가 필요량에 포함되어 있는 NO_3^- 이온 함량인 제2 공급원액의 제1 추가 필요량 내 NO_3^- 이온 함량을 계산한다. 그 후, iii) 상기 NO_3^- 최초 필요량에서 상기 ii) 단계에서 계산된 제2 공급원액의 제1 추가 필요량 내 NO_3^- 이온 함량을 삭감한 후 2순위 이온을 포함하는 공급원액의 제1 추가 필요량을 산출한다.

[0058] 상기 2순위 이온의 추가 필요량 계산 단계의 기준이온은 K^+ 이온이 되며, K^+ 성분의 추가가 필요한지 판단(S503)한다. 상기 S503단계에서 K^+ 이온이 필요하지 않다고 판단할 경우 최후순위 이온의 추가 필요 여부를 판단하는 S504단계로 넘어가 NO_3^- 성분의 추가 필요 여부를 판단한다.

- [0059] K^+ 성분의 추가가 필요한 경우 상기 제2 공급원액 제1 추가 필요량을 고려하여 제1 공급원액 및 제3 공급원액의 제1 추가 필요량을 계산한다(S603).
- [0060] 상기 S603 단계에서는, iv) 상기 NO^{3-} 최초 필요량 또는 상기 iii)단계에서 계산된 2순위 이온을 포함하는 공급원액의 제1 추가 필요량 내 NO^{3-} 함량과 상기 K^+ 최초 필요량을 비교하여, K^+ 최초 필요량이 더 큰 경우 K^+ 최초 필요량을 삭감하여, 상기 NO^{3-} 최초 필요량 또는 상기 iii)단계에서 계산된 2순위 이온을 포함하는 공급원액의 제1 추가 필요량 내 NO^{3-} 함량과 동일한 수치로 변경하여 수정 K^+ 필요량을 계산한다. 이후 v) 상기 수정 K^+ 필요량이 0보다 클 경우, 현재 제어 대상인 양액 조성(양액 조성은 작물마다 상이할 수 있음)의 원 양액에서의 필요성분 농도를 판단하고, 상기 원 양액에서의 K^+ 필요성분 적정농도를 FeEDTA⁻ 이온(황산철로 대체했을 경우에는 철 이온 기준)의 농도를 나눈 값(이하 'AC 비례율'이라 함)을 계산한다. vi) 상기 AC 비례율을 상기 수정 K^+ 필요량에 곱하면 현재 K^+ 필요량 대비 FeEDTA⁻ 필요량이 계산된다. 상기 현재 K^+ 필요량 대비 FeEDTA⁻ 필요량을 제3 공급원액의 제1 추가 필요량으로 한다. vii) 상기 제3 공급원액의 제1 추가 필요량에 포함된 K^+ 이온의 양을 K^+ 최초 필요량에서 삭감하여 제2 수정 K^+ 필요량을 계산한다. viii) 상기 제3 공급원액의 제1 추가 필요량에 포함된 NO^{3-} 이온의 양을 NO^{3-} 최초 필요량에서 삭감하여 수정 NO^{3-} 필요량을 계산한다. ix) 상기 vii)단계에서 계산된 제2 수정 K^+ 필요량에 해당하는 만큼의 KNO_3 필요량을 계산하면, 이 값이 제1 공급원액 제1 추가 필요량이 된다.
- [0061] 상기 제1 공급원액 제1 추가 필요량 및 제3 공급원액 제1 추가 필요량 계산 후, 최후순위 이온인 NO^{3-} 성분이 추가 필요한지 판단한다(S504). 상기 S504단계는 구체적으로, x)상기 수정 NO^{3-} 필요량에서 제1 공급원액에 포함된 NO^{3-} 이온의 양을 삭감하여 제2 수정 NO^{3-} 필요량을 계산한다. 상기 1순위 및 2순위 이온의 추가 필요량 계산단계 이후, xi) 상기 S504단계 에서도 상기 제2 수정 NO^{3-} 필요량이 양수인 경우에 제1 내지 제3 공급원액 수정 추가 필요량을 계산한다(S604). 상기 S604 단계는 xii)상기 제2 수정 NO^{3-} 필요량을 제1 공급원액, 제2 공급원액 및 제3 공급원액 자체의 NO^{3-} 농도에 따라 비례 배분하여 제1 공급원액, 제2 공급원액 및 제3 공급원액의 수정 추가 필요량을 계산하는 것일 수 있다.
- [0062] 본 발명은 양액에 상기 기준이온 중 NH_4^+ 및 Mg^{2+} 이온이 더 포함되어야 할 경우, 상기 NH_4^+ 최초 필요량에 따라 제4 공급원액의 추가 필요량을 계산하고, Mg^{2+} 최초 필요량에 따라 제5 공급원액의 추가 필요량을 계산할 수 있다. 상술한 과정을 거쳐 계산된 제1 공급원액 내지 제5 공급원액의 필요량에 따라 공급원액을 공급한다.
- [0063] 본 발명의 자동 양액 공급방법은 상기 ISE 센서 중 일부 ISE 센서가 누락되더라도 실시 가능할 수 있으며, 이때 제어 목표가 되는 양액 조성의 원 양액 내 필요성분 조성을 기준으로 제어될 수 있다. 구체적으로, 상기 ISE 센서가 존재하여 농도를 정확히 알 수 있는 기준이온의 필요 투입량을 먼저 계산한다. 이후 상기 원 양액 조성 내에서 (목표 이온) / (이온센서가 있는 이온) 값을 계산하고, 최초에 계산된 필요성분의 최초 필요량에 곱한 값을 취하여 이온의 필요량을 간접적으로 계산하는 방법을 이용할 수 있다.
- [0064] 또한, 본 발명의 상기 S204 단계에서는, 상기 필요한 필요성분 분석 후 상기 필요성분을 포함하는 공급원액간 양금형성반응여부를 판단하여, 상기 공급원액의 공급순서를 조절하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0065] 본 발명에서 고농도 이온을 포함하는 공급원액이 동시에 혼합될 경우, 이온간 반응에 의해 양금형성반응이 진행될 수 있으며, 상기 양금형성반응에 의해 혼합과정에서 혼합액에 용해되지 않는 염이 석출되는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 상기 공급순서를 조절하는 단계는 상기 공급원액 간 양금형성반응을 일으키지 않는 공급원액끼리 그룹핑하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 그룹핑된 공급원액끼리 혼합탱크에 공급될 수 있도록, 공급원액의 공급순서를 조절한다.
- [0066] 구체적으로 제1 공급원액, 제2공급원액 및 제3 공급원액(이하 '제1 그룹 공급원액'이라함)은 동시에 투입할 수 있으나, 제1 그룹 공급원액은 제4 공급원액 및 제5 공급원액(이하 '제2 그룹 공급원액'이라 함)과 혼합될 경우 변성의 우려가 있다. 또한, 제2 그룹 공급원액끼리는 동시에 투입 가능하나 상기 제2 그룹 공급원액이 제1 그룹 공급원액과 접촉할 경우 변성의 우려가 있다. 따라서, 제1 그룹 공급원액 및 제 2 그룹 공급원액이 동시에 혼합되지 않도록 제1 그룹 공급원액이 공급될 때에는 제2 그룹 공급원액이 공급되지 않도록 조절하며, 제2 그룹

공급원액이 공급될 때에는 제1 그룹 공급원액에 공급되지 않도록 공급순서를 조절한다.

[0067] 도 3의 S207단계에서는 상기 S204단계 내지 S206단계를 거쳐 계산된 결과값을 고려하여, 상기 필요성분에 상응하는 공급원액을 상기 배양부에 공급한다.

[0068] 본 발명의 자동 양액 공급방법은 상기 필요성분에 상응하는 공급원액을 상기 배양부에 공급시, 상기 배양부에 공급하기 이전에 혼합탱크에서 상기 공급원액을 혼합하여 혼합용액을 제조하는 혼합용액 제조 단계를 더 포함할 수 있다.

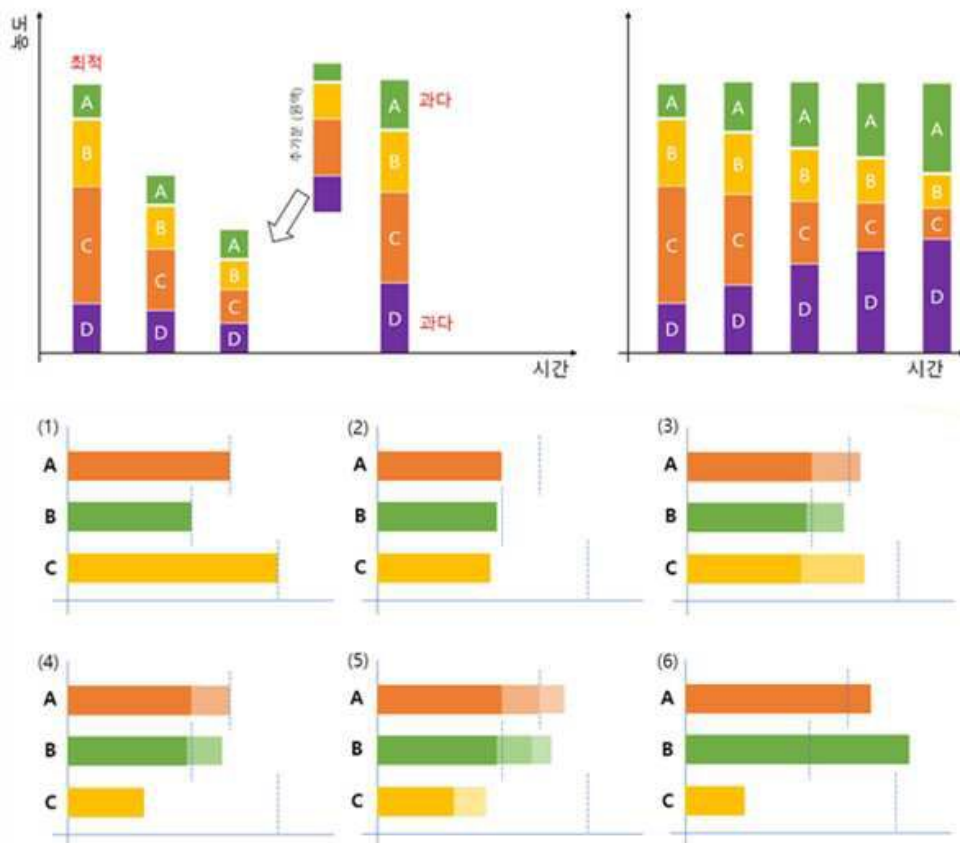
[0069] 또한, 본 발명의 자동 양액 공급 방법은 상기 배양부에 물을 투입하여 수위를 조절하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0070] 도 5는 본 발명의 자동 양액 공급 장치를 통해 제어되는 각 구성의 상태 표시도로서, 제어부의 디스플레이 화면에 대한 예시도이다. 제어부에서는 복수의 자동양액 공급장치를 제어 가능함을 나타낸다. 제어부에서 원액탱크, 기중용액 탱크, 배양부의 양액 수위 및 양액 상태 등을 확인가능하며, 상기 제어부의 디스플레이에 나타난 현황을 통해 각 구성을 제어할 수 있다.

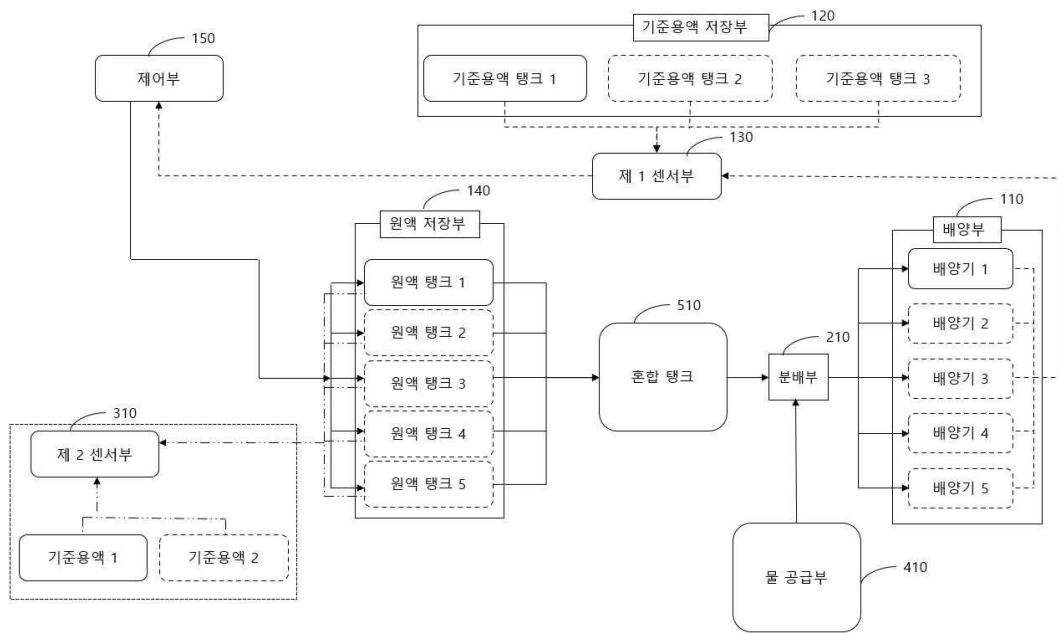
[0071] 도 6는 본 발명의 자동 양액 공급 장치에 의해 제어되는 양액의 상태가 시간이 지나도 동일한 상태로 유지됨을 설명하기 위한 그림이다. 상기 도 5에서 확인할 수 있듯이, 상기 제어부의 디스플레이 화면은 복수개의 배양부의 양액상태를 나타낼 수 있으며, 본 발명의 자동 양액 공급 장치에 의해 제어되는 배양부의 양액상태는 시간이 지나도 필요성분의 비율이 일정하게 유지 가능함을 확인할 수 있다.

도면

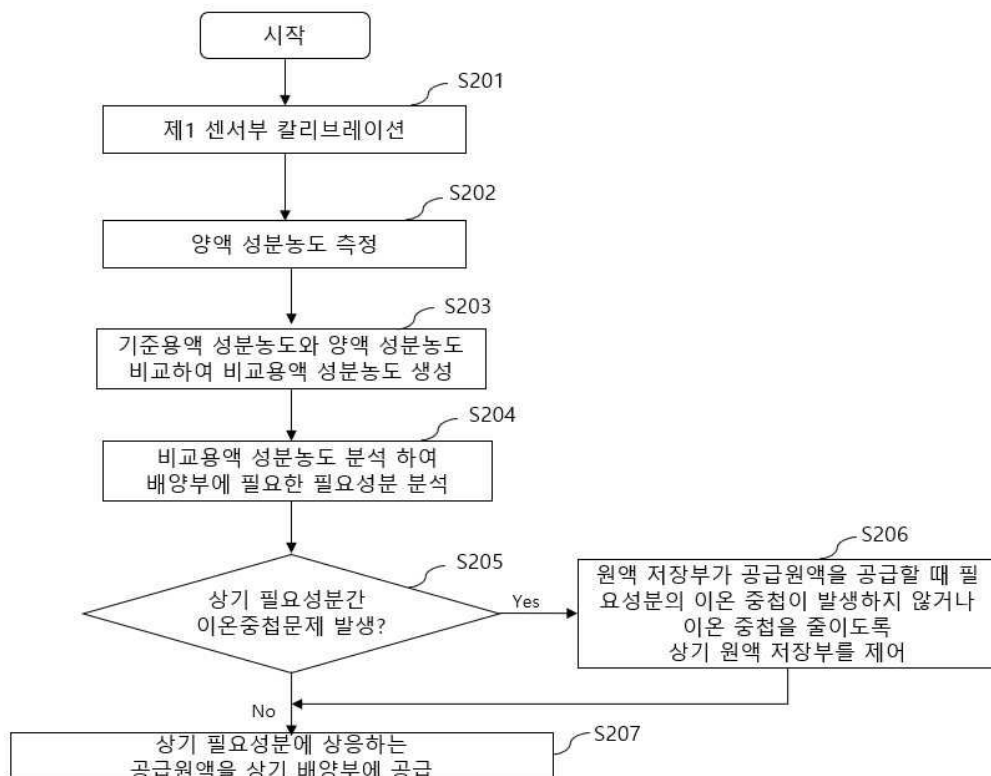
도면1



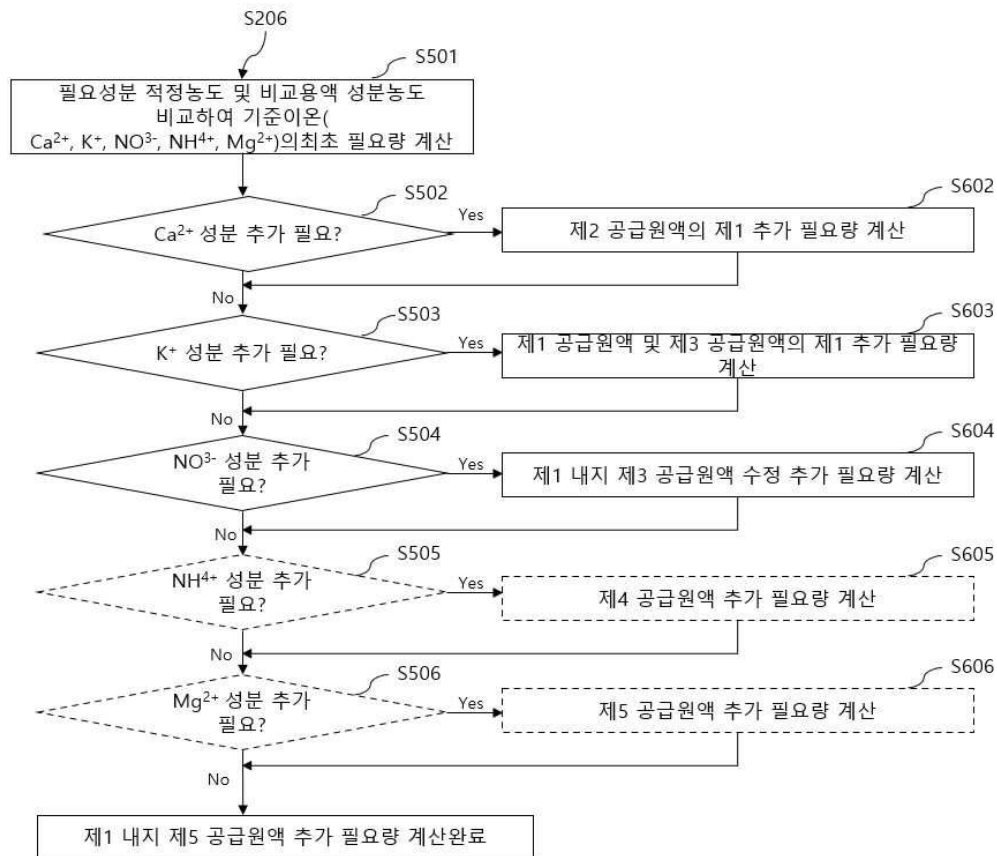
도면2



도면3



도면4



도면5



도면6

