



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0117995
(43) 공개일자 2021년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G16B 5/10 (2019.01) A01C 23/00 (2006.01)
G16C 20/30 (2019.01) G16C 20/70 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G16B 5/10 (2019.02)
A01C 23/007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0118950
(22) 출원일자 2021년09월07일
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

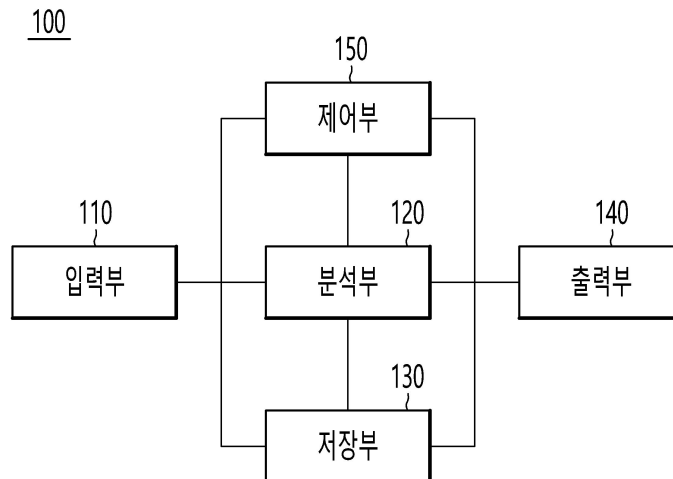
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 방법에 관한 것으로, 양액을 입력 받는 단계; 상기 양액의 화학반응을 불리언 방정식으로 모델링한 네트워크 모델을 통해 상기 입력 받은 양액을 바탕으로 상기 양액의 거동을 분석하는 단계; 및 상기 분석한 결과를 출력하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G16C 20/30 (2019.02)

G16C 20/70 (2019.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|-------------|---|
| 과제고유번호 | 1545022773 |
| 과제번호 | 120009022SB010 |
| 부처명 | 농림축산식품부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 농림식품기술기획평가원 |
| 연구사업명 | 농식품기술융합창의인재양성(R&D) |
| 연구과제명 | 수경재배에서의 남조류 억제기능을 가진 미생물 개발 및 실증을 통한 연구인력 역량 강화 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 농업회사법인 상상텃밭 주식회사 |
| 연구기간 | 2021.01.29 ~ 2022.01.28 |

명세서

청구범위

청구항 1

양액을 입력 받는 단계;

상기 양액의 화학반응을 불리언 방정식으로 모델링한 네트워크 모델을 통해 상기 입력 받은 양액을 바탕으로 상기 양액의 거동을 분석하는 단계; 및

상기 분석한 결과를 출력하는 단계;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분석된 양액의 거동은, 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 상기 양액에 포함된 화학물질 양의 변화이며,

상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 상기 양액에 포함된 화학물질 양과 상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 상기 양액 중 필요한 화학물질을 분석하는 단계; 및

상기 양액 중 필요한 화학물질을 상기 양액에 공급하는 단계;를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 방법.

청구항 3

양액의 거동을 상기 양액의 화학반응을 불리언 방정식으로 모델링한 네트워크 모델을 통해 분석하는 분석부; 및

상기 분석한 결과를 출력하는 출력부;를 포함하는 것

을 특징으로 하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 분석된 양액의 거동은, 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 상기 양액에 포함된 화학물질 양의 변화이며,

상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 저장하고 있는 저장부; 및

상기 양액 중 필요한 화학물질을 상기 양액에 공급되게 제어하는 제어부;를 더 포함하되,

상기 분석부는 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 상기 양액에 포함된 화학물질 양과 상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 상기 양액 중 필요한 화학물질을 분석하는 것

을 특징으로 하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원예작물의 양액재배는 토양을 이용하지 않는 재배 방법으로 생육에 필요한 영양 성분(다량 및 미량원소)을 적절하게 흡수할 수 있도록 알맞은 조성과 농도로 조절된 양액을 식물에 공급해주며 재배하는 방법이다.

[0004] 이런 양액재배 중 폐쇄 시스템이 양액 이용율의 극대화 및 환경문제 해결을 위하여 최근 많은 관심을 받고 있는데, 폐쇄 시스템은 양액을 재활용하므로 식물이 영양분을 흡수하는 과정에서 양액 내의 이온 조성이 변하게 되기 때문에 센서부를 이용하여 양액 내의 화학적 상태를 측정하고, 이 정보를 토대로 양액의 상태를 진단하거나 양액에 영양분을 보충해주는 양액제어 시스템을 사용한다.

[0006] 이런 양액제어 시스템에서 양액의 농도를 측정하는 센서부로는 양액의 전기전도도를 측정하는 EC(Electric conductivity)센서 및 양액속에서 전압을 측정하여 특정한 이온 조성물 농도만을 측정하는 이온 선택성 전극(Ion Selective Electrode)인 ISE 센서 등이 있다.

[0008] 이런 종래기술로는 한국등록특허 제10-2062081호가 있다.

[0010] 그러나 종래기술은 EC 및 pH 센서 등을 활용하여 특정 이온의 농도를 측정하는 방식으로 시스템을 관측하기 때문에 양액 내의 각각의 구성 요소를 독립변수로 간주할 경우 양액은 수십 종의 양금과 염, 이온이 동적평형을 이루며 구성하는 복잡계로 생각할 수 있는데, 종래기술은 매번 한 가지 이온만 관측하므로 양액의 복잡도와 변수 간의 복잡한 상관관계를 정밀하게 추적할 수 없어 센서로 측정이 불가능한 이온들의 현재 농도를 예측하거나, 향후 양액 내의 상태가 어떻게 전이될 것인지 예측할 수 없는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 센서로 측정이 불가능한 양액 내 이온들을 분석할 수 있는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 양액의 거동을 분석할 수 있는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 측면에 따르면, 양액을 입력 받는 단계; 상기 양액의 화학반응을 불리언 방정식으로 모델링한 네트워크 모델을 통해 상기 입력 받은 양액을 바탕으로 상기 양액의 거동을 분석하는 단계; 및 상기 분석한 결과를 출력하는 단계;를 포함하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 방법을 제공할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 분석된 양액의 거동은, 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 상기 양액에 포함된 화학물질 양의 변화이며, 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 상기 양액에 포함된 화학물질 양과 상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 상기 양액 중 필요한 화학물질을 분석하는 단계; 및 상기 양액 중 필요한 화학물질을 상기 양액에 공급하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 바람직한 다른 측면에 따르면, 양액의 거동을 상기 양액의 화학반응이 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 통해 분석하는 분석부; 및 상기 분석한 결과를 출력하는 출력부;를 포함하는 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치를 제공할 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 분석된 양액의 거동은, 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 상기 양액에 포함된 화학물질 양의 변화이며, 상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 저장하고 있는 저장부; 및 상기 양액 중 필요한 화학물질을

상기 양액에 공급되게 제어하는 제어부;를 더 포함하되, 상기 분석부는 상기 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 상기 양액에 포함된 화학물질 양과 상기 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 상기 양액 중 필요한 화학물질을 분석할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 양액의 거동을 예측할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명은 소요되는 연산량이 적어 저성능 디바이스에서도 작동할 수 있는 효과가 있다.

[0025] 또한, 본 발명은 양액 복잡계를 제어하여 영양소를 항상 유의미한 수준으로 보충할 수 있어 연작장해 등 양액 내 이온 균형이 무너져서 발생하는 질병을 신속하게 예방할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부의 네트워크 모델 구성도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 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.

[0028] 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.

[0030] 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.

[0032] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, '포함한다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치의 구성도이다.

[0036] 도 1을 참조하면, 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수경재배 양액 분석 장치(100)는 입력부(110), 분석부(120), 저장부(130), 출력부(140) 및 제어부(150)를 포함한다.

- [0038] 입력부(110)는 양액을 입력 받는다. 여기서, 입력부(210)는 ISE 센서 또는 EC 센서 등과 같은 센서로 센서를 통해 양액에서 측정된 신호를 입력받을 수 있거나, 사용자가 직접 입력한 양액에 포함된 화학물질 및 그 원료 등의 입력값을 입력 받을 수 있는 키보드 등과 같은 입력장치일 수 있다.
- [0040] 분석부(120)는 입력부(110)와 유무선으로 연결되어 있으며, 입력부(110)를 통해 입력 받은 양액을 바탕으로 양액의 화학반응을 불리언 방정식으로 모델링한 네트워크 모델을 통해 양액의 거동을 분석 분석한다. 여기서, 분석된 양액의 거동은, 양액이 식물에 흡수됨에 따른 양액에 포함된 화학물질 양의 변화일 수 있다.
- [0042] 또한, 분석부(120)는 분석한 양액의 거동인 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 양액에 포함된 화학물질 양과 저장부(130)에 저장된 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 양액 중 필요한 화학물질을 분석한다. 여기서, 분석부(120)가 양액 중 필요한 화학물질을 분석할 때 저장부(130)에 저장된 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 분석하는 것으로 설명했으나, 분석부(120)는 양액에 포함된 화학물질의 적정량으로 학습되어 양액의 거동을 바탕으로 양액 중 필요한 화학물질을 분석할 수도 있다.
- [0044] 또한, 분석부(120)는 분석한 양액의 거동을 바탕으로 향후 양액의 거동을 예측한다.
- [0046] 저장부(130)는 분석부(120)가 양액의 거동을 분석하는데 필요한, 양액의 화학반응에 대한 불리언 방정식 및 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 저장하고 있다.
- [0048] 출력부(140)는 분석부(120)와 유무선으로 연결되어 있으며, 분
- [0049] 석부(120)가 분석한 값을 출력한다.
- [0051] 제어부(150)는 양액 탱크(미도시)와 연결된 양액 원료 카트리지(미도시) 또는 액비 탱크(미도시)를 제어하여 양액 탱크(미도시)에 분석부(130)가 분석한 양액 중 필요한 화학물질에 상응하는 화학물질이 공급되게 한다.
- [0053] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부의 네트워크 모델 구성도이다.
- [0055] 도 2를 참조하면, 네트워크 모델(200)은 입력노드(210)가 양액에 포함된 화학물질 또는 그 원료이며, 양액에 포함된 화학물질 또는 그 원료에 따른 촉진 관계 및 억제 관계가 적용된 양액의 화학반응을 항등원 제거 및 섭동(perturbation)이 반영하여 불리언 방정식으로 모델링 한 것이다.
- [0057] 네트워크 모델(200)의 출력노드는 양액이 식물에 흡수됨에 따른 양액에 포함된 화학물질 양의 변화값에 대한 것으로, 양액에 화학물질이 충분한 양으로 존재할 경우 True로, 양액에 화학물질이 희박하게 존재하거나 존재하지 않는 경우 False로 출력된다.
- [0059] 네트워크 모델(200)은 입력부(110)를 통해 양액을 입력 받은 후, 저장부(130)에 저장된 양액의 화학반응에 대한 불리언 방정식을 제공 받아 네트워크 모델(200)에 상응하는 값들을 반영한다.

[0061] 여기서, 저장부(130)에 저장된 양액의 화학 반응에 대한 불리언 방정식은 아래의 [양액 불리언 방정식]과 같다.

[0063] [양액의 불리언 방정식]

[0064] $[H_2O] = [H^+] \& [OH^-]$, $[H^+] = [H_2O] \mid \mid ! [OH^-] \mid \mid [H_3BO_3] \mid \mid ! [H_2BO_3^-] \mid \mid [H_2BO_3^-] \mid \mid ! [HBO_3^{2-}] \mid \mid [HBO_3^{2-}] \mid \mid ! [BO_3^{3-}] \mid \mid [H_3PO_4] \mid \mid ! [H_2PO_4^-] \mid \mid [HNO_3] \mid \mid ! [NO_3^-] \mid \mid [H_2PO_4^-] \mid \mid ! [HPO_4^{2-}] \mid \mid [HPO_4^{2-}] \mid \mid ! [PO_4^{3-}]$, $[OH^-] = [H_2O] \mid \mid ! [H^+]$, $[KNO_3] = [K^+] \& [NO_3^-]$, $[K^+] = [KNO_3] \mid \mid ! [NO_3^-]$, $[NO_3^-] = [KNO_3] \mid \mid ! [K^+] \mid \mid [Ca(NO_3)_2] \mid \mid ! [Ca^{2+}] \mid \mid [HNO_3] \mid \mid ! [H^+]$, $[Ca(NO_3)_2] = [Ca^{2+}] \& [NO_3^-]$, $[Ca^{2+}] = [Ca(NO_3)_2] \mid \mid ! [NO_3^-] \mid \mid [CaHPO_4] \mid \mid ! [HPO_4^{2-}] \mid \mid [Ca_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [PO_4^{3-}] \mid \mid [CaSO_4] \mid \mid ! [SO_4^{2-}] \mid \mid [Ca(H_2PO_4)_2] \mid \mid ! [H_2PO_4^-]$, $[NH_4H_2PO_4] = [NH_4^+] \& [H_2PO_4^-]$, $[NH_4^+] = [NH_4H_2PO_4] \mid \mid ! [H_2PO_4^-]$, $[H_2PO_4^-] = [H_3PO_4] \mid \mid ! [H^+] \mid \mid ([H^+] \& [HPO_4^{2-}]) \mid \mid [Ca(H_2PO_4)_2] \mid \mid ! [Ca^{2+}] \mid \mid [NH_4H_2PO_4] \mid \mid ! [NH_4^+]$, $[MgSO_4] = [Mg^{2+}] \& [SO_4^{2-}]$, $[Mg^{2+}] = [MgSO_4] \mid \mid ! [SO_4^{2-}] \mid \mid [MgHPO_4] \mid \mid ! [HPO_4^{2-}] \mid \mid [Mg_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [PO_4^{3-}]$, $[SO_4^{2-}] = [MgSO_4] \mid \mid ! [Mg^{2+}] \mid \mid [SO_4] \mid \mid ! [Mn^{2+}] \mid \mid [ZnSO_4] \mid \mid ! [Zn^{2+}] \mid \mid [CuSO_4] \mid \mid ! [Cu^{2+}] \mid \mid [CaSO_4] \mid \mid ! [Ca^{2+}]$, $[NaFeEDTA] = [Na^+] \& [FeEDTA^-]$, $[Na^+] = [NaFeEDTA] \mid \mid ! [FeEDTA^-] \mid \mid [Na_2MoO_4] \mid \mid ! [MoO_4^{2-}]$, $[FeEDTA^-] = [NaFeEDTA] \mid \mid ! [Na^+] \mid \mid ([Fe^{2+}] \& [EDTA^{3-}])$, $[H_3BO_3] = [H^+] \& [H_2BO_3^-]$, $[H_2BO_3^-] = [H_3BO_3] \mid \mid ! [H^+] \mid \mid ([H^+] \& [HBO_3^{2-}])$, $[HBO_3^{2-}] = [H_2BO_3^-] \mid \mid ! [H^+] \mid \mid ([H^+] \& [BO_3^{3-}])$, $[BO_3^{3-}] = [HBO_3^{2-}] \mid \mid ! [H^+]$, $[MnSO_4] = [Mn^{2+}] \& [SO_4^{2-}]$, $[Mn^{2+}] = [MnSO_4] \mid \mid ! [SO_4^{2-}]$, $[ZnSO_4] = [Zn^{2+}] \& [SO_4^{2-}]$, $[Zn^{2+}] = [ZnSO_4] \mid \mid ! [SO_4^{2-}]$, $[CuSO_4] = [Cu^{2+}] \& [SO_4^{2-}]$, $[Cu^{2+}] = [CuSO_4] \mid \mid ! [SO_4^{2-}]$, $[Na_2MoO_4] = [Na^+] \& [MoO_4^{2-}]$, $[MoO_4^{2-}] = [Na_2MoO_4] \mid \mid ! [Na^+]$, $[HNO_3] = [H^+] \& [NO_3^-]$, $[H_3PO_4] = [H^+] \& [H_2PO_4^-]$, $[HPO_4^{2-}] = [H_2PO_4^-] \mid \mid ! [H^+] \mid \mid [FeHPO_4] \mid \mid ! [Fe^{2+}] \mid \mid [MgHPO_4] \mid \mid ! [Mg^{2+}] \mid \mid [CaHPO_4] \mid \mid ! [Ca^{2+}] \mid \mid ([H^+] \& [PO_4^{3-}])$, $[PO_4^{3-}] = [HPO_4^{2-}] \mid \mid ! [H^+] \mid \mid [Mg_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [Mg^{2+}] \mid \mid [Ca_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [Ca^{2+}] \mid \mid [Fe_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [Fe^{2+}]$, $[CaHPO_4] = [Ca^{2+}] \& [HPO_4^{2-}]$, $[Ca_3(PO_4)_2] = [Ca^{2+}] \& [PO_4^{3-}]$, $[Fe^{2+}] = [FeEDTA^-] \mid \mid ! [EDTA^{3-}] \mid \mid [Fe_3(PO_4)_2] \mid \mid ! [PO_4^{3-}] \mid \mid [FeHPO_4] \mid \mid ! [HPO_4^{2-}]$, $[EDTA^{3-}] = [FeEDTA^-] \mid \mid ! [Fe^{2+}]$, $[Fe_3(PO_4)_2] = [Fe^{2+}] \& [PO_4^{3-}]$, $[FeHPO_4] = [Fe^{2+}] \& [HPO_4^{2-}]$, $[CaSO_4] = [Ca^{2+}] \& [SO_4^{2-}]$, $[Ca(H_2PO_4)_2] = [Ca^{2+}] \& [H_2PO_4^-]$, $[MgHPO_4] = [Mg^{2+}] \& [HPO_4^{2-}]$, $[Mg_3(PO_4)_2] = [Mg^{2+}] \& [PO_4^{3-}]$

[0066] 불리언 방정식의 경우 항등식이 발생할 수 있고, 양액이 산성 용액이기 때문에 $[H^+]$ 는 항상 1인 상수이고, 양액이 항상 액상 형태이므로 $[H_2O]$ 값을 1로 고정할 수 있어, 양액의 불리언 방정식에 항등식을 제거하고, $[H^+]$ 에 1인 상수를 반영하며, $[H_2O]$ 값을 1로 고정하는 섭동(perturbation)을 반영한 저장부(130)에 저장된 양액의 화학반응에 대한 불리언 방정식은 아래의 [정리된 양액의 불리언 방정식]과 같다.

[0068] [정리된 양액의 불리언 방정식]

[0069] $[H_2O] = 1$, $[H^+] = 1$, $[OH^-] = 1$, $[KNO_3] = [K^+] \& [NO_3^-]$, $[K^+] = [KNO_3] \mid \mid ! [NO_3^-]$, $[NO_3^-] = [KNO_3] \mid \mid ! [K^+] \mid \mid [Ca(NO_3)_2] \mid \mid ! [Ca^{2+}] \mid \mid [HNO_3]$, $[Ca(NO_3)_2] = [Ca^{2+}] \& [NO_3^-]$, $[Ca^{2+}] = [Ca(NO_3)_2] \mid \mid ! [NO_3^-] \mid \mid [CaHPO_4]$

$|| \text{!}[\text{HPO}_4^{2-}] || [\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{PO}_4^{3-}] || [\text{CaSO}_4] || \text{!}[\text{SO}_4^{2-}] || [\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4] =$
 $[\text{NH}_4^+] \& [\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{NH}_4^+] = [\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4] || \text{!}[\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = [\text{H}_3\text{PO}_4] || [\text{HPO}_4^{2-}] || [\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{Ca}^{2+}]$
 $|| [\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4] || \text{!}[\text{NH}_4^+], [\text{MgSO}_4] = [\text{Mg}^{2+}] \& [\text{SO}_4^{2-}], [\text{Mg}^{2+}] = [\text{MgSO}_4] || \text{!}[\text{SO}_4^{2-}] || [\text{MgHPO}_4] || \text{!}[\text{HPO}_4^{2-}] ||$
 $[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{PO}_4^{3-}], [\text{SO}_4^{2-}] = [\text{MgSO}_4] || \text{!}[\text{Mg}^{2+}] || [\text{SO}_4] || \text{!}[\text{Mn}^{2+}] || [\text{ZnSO}_4] || \text{!}[\text{Zn}^{2+}] || [\text{CuSO}_4] ||$
 $\text{!}[\text{Cu}^{2+}] || [\text{CaSO}_4] || \text{!}[\text{Ca}^{2+}], [\text{NaFeEDTA}] = [\text{Na}^+] \& [\text{FeEDTA}^-], [\text{Na}^+] = [\text{NaFeEDTA}] || \text{!}[\text{FeEDTA}^-] ||$
 $[\text{Na}_2\text{MoO}_4] || \text{!}[\text{MoO}_4^{2-}], [\text{FeEDTA}^-] = [\text{NaFeEDTA}] || \text{!}[\text{Na}^+] || ([\text{Fe}^{2+}] \& [\text{EDTA}^{3-}]), [\text{H}_3\text{BO}_3] = [\text{H}_2\text{BO}_3^-], [\text{H}_2\text{BO}_3^-]$
 $= [\text{H}_3\text{BO}_3] || [\text{HBO}_3^{2-}], [\text{HBO}_3^{2-}] = [\text{H}_2\text{BO}_3^-] || [\text{BO}_3^{3-}], [\text{BO}_3^{3-}] = [\text{HBO}_3^{2-}], [\text{MnSO}_4] = [\text{Mn}^{2+}] \& [\text{SO}_4^{2-}], [\text{Mn}^{2+}] =$
 $[\text{MnSO}_4] || \text{!}[\text{SO}_4^{2-}], [\text{ZnSO}_4] = [\text{Zn}^{2+}] \& [\text{SO}_4^{2-}], [\text{Zn}^{2+}] = [\text{ZnSO}_4] || \text{!}[\text{SO}_4^{2-}], [\text{CuSO}_4] = [\text{Cu}^{2+}] \& [\text{SO}_4^{2-}],$
 $[\text{Cu}^{2+}] = [\text{CuSO}_4] || \text{!}[\text{SO}_4^{2-}], [\text{Na}_2\text{MoO}_4] = [\text{Na}^+] \& [\text{MoO}_4^{2-}], [\text{MoO}_4^{2-}] = [\text{Na}_2\text{MoO}_4] || \text{!}[\text{Na}^+], [\text{HNO}_3] = [\text{NO}_3^-],$
 $[\text{H}_3\text{PO}_4] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{HPO}_4^{2-}] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] || [\text{FeHPO}_4] || \text{!}[\text{Fe}^{2+}] || [\text{MgHPO}_4] || \text{!}[\text{Mg}^{2+}] || [\text{CaHPO}_4] || \text{!}[\text{Ca}^{2+}]$
 $|| [\text{PO}_4^{3-}], [\text{PO}_4^{3-}] = [\text{HPO}_4^{2-}] || [\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{Mg}^{2+}] || [\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{Ca}^{2+}] || [\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2] || \text{!}[\text{Fe}^{2+}],$
 $[\text{CaHPO}_4] = [\text{Ca}^{2+}] \& [\text{HPO}_4^{2-}], [\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2] = [\text{Ca}^{2+}] \& [\text{PO}_4^{3-}], [\text{Fe}^{2+}] = [\text{FeEDTA}^-] || \text{!}[\text{EDTA}^{3-}] || [\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2]$
 $|| \text{!}[\text{PO}_4^{3-}] || [\text{FeHPO}_4] || \text{!}[\text{HPO}_4^{2-}], [\text{EDTA}^{3-}] = [\text{FeEDTA}^-] || \text{!}[\text{Fe}^{2+}], [\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2] = [\text{Fe}^{2+}] \& [\text{PO}_4^{3-}],$
 $[\text{FeHPO}_4] = [\text{Fe}^{2+}] \& [\text{HPO}_4^{2-}], [\text{CaSO}_4] = [\text{Ca}^{2+}] \& [\text{SO}_4^{2-}], [\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2] = [\text{Ca}^{2+}] \& [\text{H}_2\text{PO}_4^-], [\text{MgHPO}_4] = [\text{Mg}^{2+}]$
 $\& [\text{HPO}_4^{2-}], [\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2] = [\text{Mg}^{2+}] \& [\text{PO}_4^{3-}]$

[0070] (여기서, &는 and, ||는 or, !는 not이다)

[0072] 네트워크 모델(200)은 반영된 값들을 바탕으로 새로이 투입할 원료는 1로 설정하고, 입력부(110)인 센서로 관측한 값들 중 저장부(130)에 저장된 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 적정량 이상 관측되는 값은 1로, 일정수준 이하인 값은 0으로 설정하며, 새로이 투입될 원료의 해리로 인해 직접적으로 영향을 받아 무조건 true가 될 노드들 (H_2BO_3^- , FeEDTA^- , Na^+ , MoO_4^{2-} , H_2PO_4^- , Cu^{2+} , Zn^{2+} , SO_4^{2-} , Mn^{2+} , Mg^{2+})을 모두 1로 설정해 양액의 거동인 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 양액에 포함된 화학물질 양과 저장부(130)에 저장된 양액에 포함된 화학물질의 적정량을 비교해 양액 중 필요한 화학물질을 분석한다. 또한, 분석한 양액의 거동을 바탕으로 향후 양액의 거동을 예측한다.

[0074] 이어 네트워크 모델(200)은 분석한 결과를 바탕으로 양액에 화학물질이 충분한 양으로 존재할 경우 True로, 양액에 화학물질이 희박하게 존재하거나 존재하지 않는 경우 False로 출력해 출력부(140)를 통해 사용자가 확인할 수 있게 한다.

[0076] 또한, 네트워크 모델(200)은 현재 상태 정보를 적용하여 다음 상태를 업데이트해 양액의 거동을 분석하며, 업데이트는 t-1 스텝의 변수 값을 이용해 동시에 모든 방정식을 풀고, t 스텝의 값을 한꺼번에 업데이트하는 동기식(synchronous) 업데이트 방법으로 수행한다.

[0078] 또한, 네트워크 모델(200)은 매번 하나의 변수만 업데이트하는 비동기식(asynchronous) 업데이트 방법으로 수행할 수 있다. 여기서, 네트워크 모델(200)의 업데이트 방법은 컴퓨터의 성능 또는 사용자의 선택에 따라 동기식(synchronous) 업데이트 방법 또는 비동기식(asynchronous) 업데이트 방법으로 수행될 수 있다.

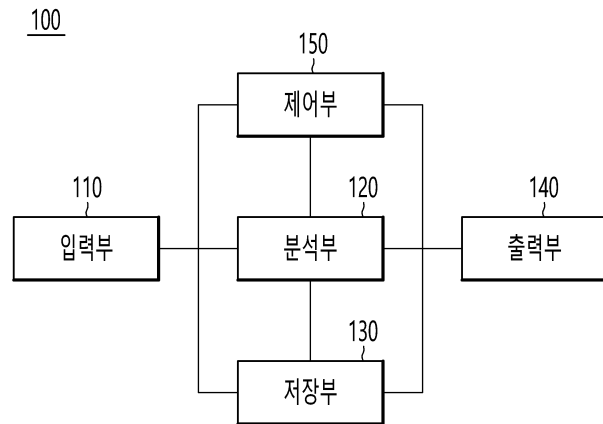
- [0080] 또한, 네트워크 모델(200)은 입력부(110)인 센서로 관측한 값과 네트워크 모델(200)이 분석한 결과를 비교해 값이 서로 다를 경우 생리장해가 발생하고 있는 것으로 분석할 수 있다.
- [0082] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 이용한 수정배 양액 분석 방법의 순서도이다.
- [0084] 도 3을 참조하면, S310단계에서는 입력부(110)를 통해 양액을 입력 받는다.
- [0086] S320단계에서는 분석부(120)가 입력부(110)를 통해 입력 받은
- [0087] 양액을 바탕으로 양액의 거동을 불리언 방정식으로 모델링된 네트워크 모델을 통해 분석한다.
- [0089] S330단계에서는 분석부(120)가 분석한 양액이 식물에 흡수됨에 따른 변화된 양액에 포함된 화학물질 양과 저장부(130)에 저장된 양액에 포함된 화학물질의 적정양 또는 학습된 양액에 포함된 화학물질의 적정양을 바탕으로 적정양 보다 적은 양액 중 필요한 화학물질을 분석한다. 여기서, 양액 중 필요한 화학물질이 없는 경우 S350단계를, 양액 중 필요한 화학물질이 있는 경우 S340단계를 진행한다.
- [0091] S340단계에서는 제어부(150)가 양액 탱크(미도시)와 연결된 양액 원료 카트리지(미도시) 또는 액비 탱크(미도시)를 제어하여 양액 탱크(미도시)에 분석부(130)가 분석한 양액 중 필요한 화학물질에 상응하는 화학물질이 공급되게 한다.
- [0093] S350단계에서는 출력부(140)가 분석부(130)가 분석한 결과를 출력한다.
- [0095] 이상에서 본 발명에 따른 실시 예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 다음의 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

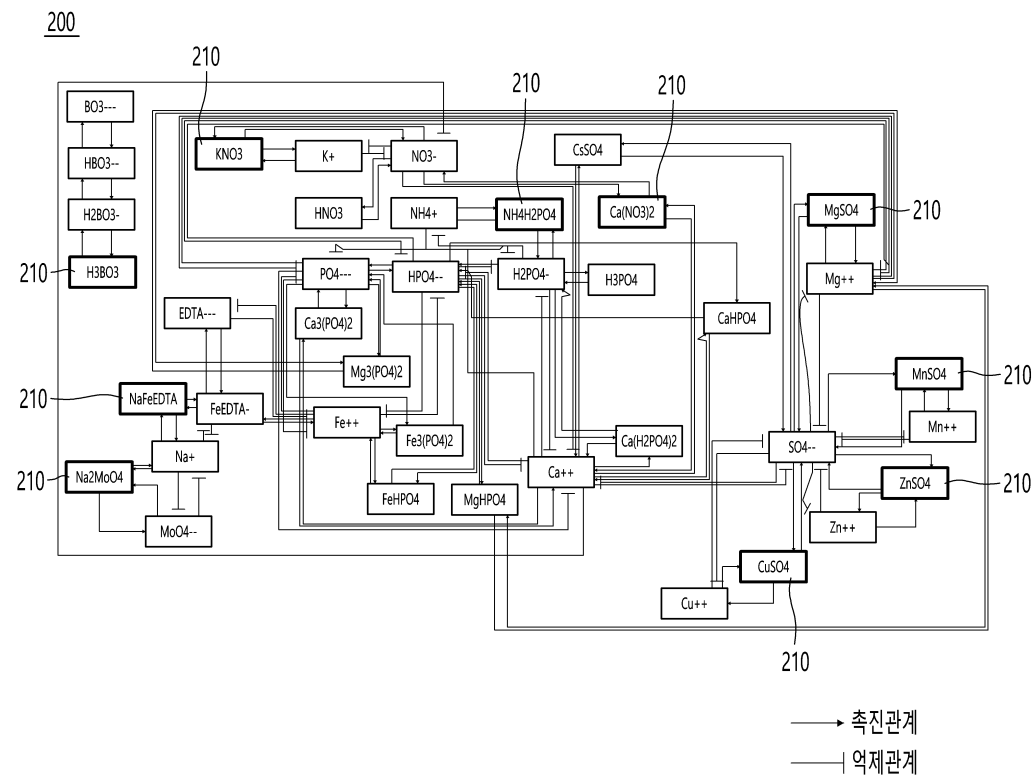
- [0096] 110 : 입력부 120 : 분석부
130 : 저장부 140 : 출력부
150 : 제어부

도면

도면1



도면2



도면3

