



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년04월02일
(11) 등록번호 10-1844678
(24) 등록일자 2018년03월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/10 (2012.01) G01J 3/42 (2006.01)
G06Q 50/26 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/10 (2015.01)
G01J 3/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0128371
(22) 출원일자 2016년10월05일
심사청구일자 2016년10월05일
(56) 선행기술조사문헌
JP2016053903 A*
JP2002340676 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
류영렬
서울특별시 관악구 관악로 1 서울대교수아파트
122D동 501호
김종민
서울특별시 서대문구 연희로 124
총야지양
서울특별시 관악구 관악로 1 BK 국제관 A604
(74) 대리인
서상덕, 이창재

전체 청구항 수 : 총 8 항

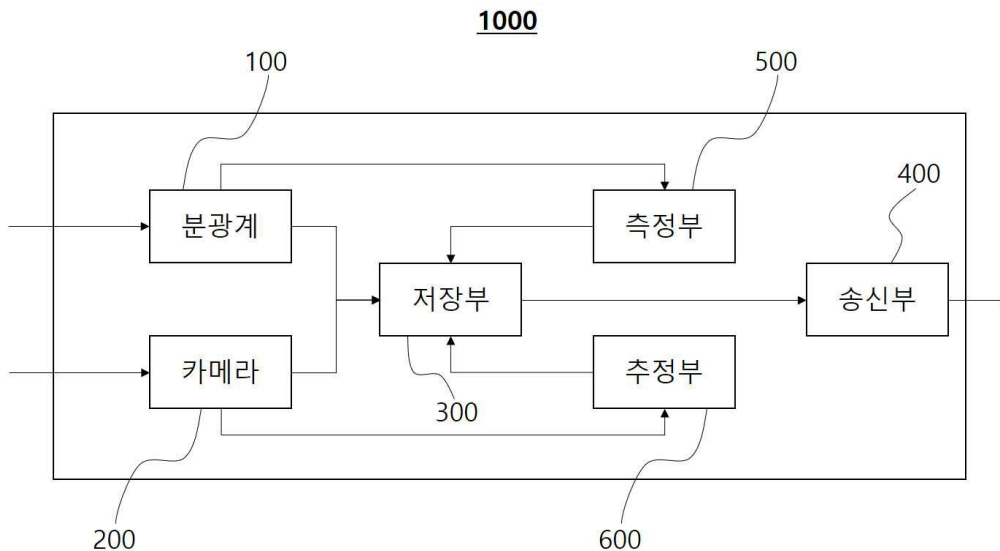
심사관 : 박미정

(54) 발명의 명칭 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템

(57) 요약

식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템이 개시된다. 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템은 식물 군락으로부터 반사되는 반사광의 세기를 파장에 따라 검출하는 분광계; 상기 식물 군락을 촬영하는 카메라; 상기 분광계 및 상기 카메라를 통하여 획득된 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 저장하는 저장부; 및 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 송신하는 송신부를 포함한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711032277

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원

연구과제명 무인기술 기반의 생물계절 모니터링 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울대학교

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

식물 군락으로부터 반사되는 반사광의 세기를 파장에 따라 검출하는 분광계;

상기 식물 군락을 촬영하는 카메라;

상기 분광계 및 상기 카메라를 통하여 획득된 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 저장하는 저장부; 및

상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 송신하는 송신부; 및

상기 반사광의 세기에 대한 정보를 이용하여 상기 식물 군락의 정규화식생지수(NDVI)를 측정하고, 상기 식물 군락의 촬영 정보를 이용하여 엽면적지수(LAI)를 측정할 수 있는 측정부를 포함하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분광계는 발광다이오드(LED)를 포함하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분광계는,

복수 개이고 역전압이 걸리는 발광다이오드(LED)들;

상기 발광다이오드들의 출력 신호를 증폭시키는 증폭기;

상기 증폭기로부터 출력되는 상기 출력 신호의 세기를 조절하는 저항; 및

상기 출력 신호를 안정화시키는 커패시터를 포함하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 정규화식생지수와 상기 엽면적지수를 이용하여 상기 식물 군락의 개엽시기와 낙엽시기를 추정하고,

상기 개엽시기와 상기 낙엽시기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물의 성장 기간을 추정하며,

상기 식물의 성장 기간과 상기 식물이 사용할 수 있는 광의 양을 이용하여 광합성량을 추정할 수 있는 추정부를 더 포함하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 추정부는,

특정 파장에 대한 상기 반사광의 세기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물 체내의 질소 함량을 추가로 추정할 수 있는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 분광계는,

상기 발광다이오드(LED)들 전면에 배치되고, 상기 발광다이오드들로 입사되는 상기 반사광을 확산시키는 산광기(diffuser)를 더 포함하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 카메라는,

RAW 이미지를 획득할 수 있는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 분광계는 적색 파장의 광을 인식할 수 있는 제1 다이오드 및 근적외선 파장의 광을 인식할 수 있는 제2 다이오드를 포함하고,

상기 측정부는 근적외선 파장의 반사도 및 적색 파장의 반사도를 이용하여 상기 식물 군락의 정규화식생지수(NDVI)를 측정하는, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 식물 군락을 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 분광계와 카메라를 이용하여 실시간으로 식물 군락의 구조와 기능을 관측할 수 있는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 식생은 기후변화에 민감하게 반응하며, 탄소 순환 및 물 순환과 밀접한 영향을 맺고 있다. 따라서, 식생을 지속적으로 관측하는 것은 지구환경을 이해하는데 중요하다.

[0003] 식생 자료는 환경 계획을 위한 기초적인 현황 관측 자료로 사용될 뿐만 아니라, 개엽 시기와 낙엽 시기를 추정할 수 있으므로 관광사업에도 사용될 수 있다.

[0004] 식생 관측은 일반적으로 현지조사를 통하여 실시되며, 항공사진, 그리고 인공위성을 사용하여 관측되기도 한다. 항공사진과 인공위성은 현지조사에 비해 상대적으로 저해상도를 지니므로 정확한 식생 변화 관측에 한계가 있다. 또한 날씨에 큰 영향을 받기 때문에 지속적인 데이터 확보가 어렵다.

[0005] 현지 조사 방법에는 직접 식물의 변화를 육안으로 관측하는 방법이 가장 보편적이며 현장에 센서를 설치하여 식

생의 변화를 관측하는 방법도 있다. 직접 현장에 방문하여 관측하는 방법은 신뢰도는 높지만, 이동 비용, 시간, 사용되는 인력 등의 자원 소모가 크다.

- [0006] 동일 종일지라도 높이에 따라, 지역의 환경에 따라 군락의 구조와 기능은 다르기 때문에 다양한 환경의 식물을 현장에서 관측하기 위해서는 많은 량의 근접표면센서가 필요하다.
- [0007] 종래의 근접표면센서를 이용한 식생 관측 방법의 문제점은 다음과 같다.
- [0008] 첫째로, 기존의 센서 비용이 비싸기 때문에 넓은 규모와 다양한 장소에서 식물 군락의 구조와 기능을 동시에 관측하는데 한계가 있다는 것이다.
- [0009] 두번째로, 센서를 통해 얻어진 데이터 처리과정에서 많은 인력이 소모되므로 센서의 량이 증가할 경우 많은 량의 인력이 소모된다.
- [0010] 마지막으로 불안정한 전력공급, 기기 파손, 누수 현상과 같은 다양한 자연현상으로 인해 일어날 수 있는 불확실성이 존재한다.
- [0011] 이러한 문제점을 보완하기 위해 해외에서는 카메라를 인터넷에 연결하고 자동적으로 식물의 군락을 분석하는 시스템이 개발되었다. 카메라를 이용한 식물 관측 방법은 식물의 구조변화를 공간적 분포까지 고려하여 관측할 수 있지만 카메라의 각 밴드(Red, Green, Blue)가 인식하는 빛의 파장 범위가 넓기 때문에 정량적인 값을 도출할 경우 정확도가 낮다.
- [0012] 카메라의 3개의 밴드를 이용하여 군락의 기능을 추정하고자 할 경우, 추정식에 사용되는 항목의 개수에 한계가 있고, 식물의 종마다 사용되는 공식이 각각 다르기 때문에, 식물의 기능을 추정하기 위해서는 추가적인 현장 관측과 같은 종에 대해 지속적인 관측이 필요하다. 따라서 카메라만 이용하여 군락의 기능을 추정하는 것은 현재 까지 한계가 있다.
- [0013] 분광계를 사용하면 관측하고자 하는 파장을 지정할 수 있기 때문에 군락의 기능을 관측하는데 용이하다. 예를 들어, 식물이 광합성에 이용하는 색소인 엽록소는 특정 파장(Red 620~700nm, Blue 400~500nm)의 빛을 광합성을 하기 위해 사용하므로, 영향을 받는 파장을 직접 관측하면 식생정규화지수를 정량적으로 나타낼 수 있다. 따라서 카메라와 분광계를 하나의 시스템으로 같이 사용해야 식물 군락의 구조와 기능 변화를 정량적으로 관측할 수 있다.
- [0014] 이에 본 발명자는 식물 군락의 구조와 기능을 동시에, 정량적으로 확인하기 위하여 카메라와 분광계를 결합하였다. 또한, 자료 전 처리에 소모되는 인력을 줄이기 위하여 시스템 스스로 관측 자료를 분석하고 인터넷을 통해 자료를 실시간 공유함으로써 이상이 생겼을 시, 즉시 조치를 취할 수 있는 시스템을 고안하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 값이 저렴한 센서를 이용하여 기존의 존재하는 고가의 장비와 비교했을 때 선형적인 결과를 얻도록 하는 것이다.
- [0016] 또한, 스스로 관측된 결과를 분석하고 인터넷을 통해 공유함으로써 사람의 인력 소모를 줄이고 데이터 손실을 최소화할 수 있는 시스템을 제공하는 것이다.
- [0017] 또한, 식물 군락의 구조와 기능을 실시간 모니터링 할 수 있어 생태계를 모니터링 하는데 유용하며, 분광계와 카메라를 이용하여 식물 계절, 동물의 이동, 기타 자연현상을 기록할 수 있을 뿐만 아니라 식물 군락의 상태를 실시간으로 관측, 분석, 전송함으로써 특수한 상황에 따라 적절한 관리할 수 있는 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템은 식물 군락으로부터 반사되는 반사광의 세기를 시간 및 파장에 따라 검출하는 분광계; 상기 식물 군락을 촬영하는 카메라; 상기 분광계 및 상기 카메라를 통하여 획득된 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 저장하는 저장부; 및 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 송신하는 송신부를 포함할 수 있다.

- [0019] 하나의 실시예로 상기 분광계는 발광다이오드(LED)를 포함할 수 있다.
- [0020] 하나의 실시예로 상기 분광계는, 복수 개이고 역전압이 걸리는 발광다이오드(LED)들; 상기 발광다이오드들의 출력 신호를 증폭시키는 증폭기; 상기 증폭기로부터 출력되는 상기 출력 신호의 세기를 조절하는 저항; 및 상기 출력 신호를 안정화시키는 커패시터를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템은 상기 반사광의 세기에 대한 정보를 이용하여 상기 식물 군락의 정규화식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)를 측정하고, 상기 식물 군락의 촬영 정보를 이용하여 엽면적지수(Leaf Area Index, LAI)를 측정할 수 있는 측정부를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 정규화식생지수(NDVI)는 식생의 분포량 및 활동성 등의 각종 정보를 지시하는 식생지수중 근적외선 밴드에서 가시광선 밴드의 차를 이 두 밴드의 합으로 나눈 식으로 표현된다. 정규화식생지수(NDVI)는 식생지수 중 가장 널리 쓰이는 방법이며, 이 값은 단위가 없으며 -1에서 +1의 범위로 +1에 가까울수록 식생의 분포량과 활동성이 크다는 것을 의미한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템은 상기 정규화식생지수와 상기 엽면적지수(LAI)를 이용하여 상기 식물 군락의 개엽시기와 낙엽시기를 추정하고, 상기 개엽시기와 상기 낙엽시기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물의 성장 기간을 추정하며, 상기 식물의 성장 기간과 상기 식물이 사용할 수 있는 광의 양을 이용하여 광합성량을 추정할 수 있는 추정부를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 하나의 실시예로 상기 추정부는, 특정 파장에 대한 시간에 따른 상기 반사광의 세기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물 체내의 질소 함량을 추가로 추정할 수 있다.
- [0025] 하나의 실시예로 상기 분광계는, 상기 발광다이오드(LED)들 전면에서 배치되고, 상기 발광다이오드들로 입사되는 상기 반사광을 확산시키는 산광기(diffuser)를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 하나의 실시예로 상기 카메라는, RAW 이미지를 획득할 수 있는 카메라인 것이 바람직하다.
- [0027] 하나의 실시예로 상기 분광계는 적색 파장의 광을 인식할 수 있는 제1 다이오드 및 근적외선 파장의 광을 인식할 수 있는 제2 다이오드를 포함하고, 상기 측정부는 근적외선 파장의 반사도 및 적색 파장의 반사도를 이용하여 상기 식물 군락의 정규화식생지수(NDVI)를 측정할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 상기와 같은 본 발명은, 분광계와 카메라를 이용함으로써 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.
- [0029] 본 발명은 발광다이오드를 구비하는 분광계를 사용하여 식물 군락이 성장하면서 변화되는 분광 특성을 이용하여 식물의 발달 정도를 정량적으로 측정할 수 있을 뿐만 아니라, 장기간 관측을 통해 개엽시기, 개화시기, 발아 시기 등을 예측할 수 있다.
- [0030] 본 발명은 발광다이오드(LED)를 구비하는 분광계를 사용함으로써 저렴하게 제작할 수 있고, 제작이 용이하며, 원하는 특정 파장의 분광계를 이용할 수 있으므로 식물 군락의 구조와 기능을 더욱 정확하게 모니터링할 수 있다.
- [0031] 본 발명은 실시간으로 식물 군락을 모니터링할 수 있으므로 식물 군락에 문제점이 발생하는 경우 즉각적인 대처가 가능하므로 추가 피해를 예방할 수 있으며, 피해를 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1a는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
 도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 참고 사진이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 분광계를 설명하기 위한 회로도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템에 의한 시간에 따른 정규화식생지수(NDVI)와 엽면적지수(LAI)의 시계열자료를 제시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 특정 파장(RED, NIR, GREEN 및 BLUE)에서 인식되는 태양광과 기준에 존재하는 분광센서와의 상관관계를 각각 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 측정된 광합성유효복사량(PAR)과 Kipp&Zonen 사(社)에서 제작한 광합성유효복사량(PAR) 센서와 상관관계를 각각 나타낸 그래프이다.

도 7은 변화하는 태양 광의 조건하에서 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 각 파장대별로 관측한 빛의 세기 값과 기준 초고해상도분광계(ASD Field Spectrometer)를 통하여 각 파장대별로 관측한 빛의 세기 값을 비교한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 분광계를 4군데 설치하여 측정된 정규화식생지수(NDVI)와 기준 초고해상도분광계(Jaz Hyper Spectrometer)를 통하여 측정된 정규화식생지수(NDVI)를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 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.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일실시예를 상세히 설명한다. 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.
- [0035] 도 1a는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 설명하기 위한 사진이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 분광계를 설명하기 위한 회로도이다.
- [0036] 도 1a 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 분광계(100), 카메라(200), 저장부(300), 송신부(400), 측정부(500) 및 추정부(600)를 포함할 수 있다.
- [0037] 분광계(100)는 식물 군락으로부터 반사되는 반사광의 세기를 파장에 따라 검출할 수 있다. 이를 위하여 분광계(100)는 복수 개의 발광다이오드(LED, 110)들, 증폭기(120), 저항(130), 캐패시터(140) 및 산광기(diffuser, 150)를 포함할 수 있다. 분광계(100)는 하나 이상이 사용될 수 있고, 관측하고자 하는 식물 군락에 적정한 거리를 두고 설치될 수 있다.
- [0038] 복수 개의 발광다이오드(110)들은 역전압이 걸리도록 구성될 수 있고, 이는 발광다이오드를 통하여 식물 군락으로부터 반사되는 광 및 광의 세기를 검출하기 위함이다. 분광계(100)는 복수 개의 발광다이오드(110)들을 사용하기 때문에 작거나 미세한 세기의 광의 검출이 가능하다. 발광다이오드(110)를 사용하는 경우에는 광의 세기에 선형적으로 비례하는 원자료(raw data)를 얻을 수 있는 장점이 있다. 일 예로 발광다이오드(110)들은 특정 파장의 광을 인식할 수 있도록 구성될 수 있고, 복수 개의 발광다이오드(110)들은 적색, 청색, 녹색 및 근적외선 파장의 광을 각각 인식할 수 있는 각각의 발광다이오드(110)들로 이루어질 수 있다.
- [0039] 증폭기(120)는 발광다이오드(110)들의 출력 신호를 증폭시킬 수 있다. 상기 출력 신호는 발광다이오드(110)들로 입사된 식물 군락의 반사광에 대한 신호이다.
- [0040] 저항(130)은 증폭기(120)로부터 출력되는 상기 출력 신호의 세기를 조절할 수 있고, 캐패시터(140)는 상기 출력 신호를 안정화시킬 수 있다. 일 예로 저항(130)과 캐패시터(140)는 각각 증폭기(120)와 전기적으로 병렬 연결될 수 있다. 저항(130)의 값은 상기 출력 신호의 증폭 정도를 고려하여 적절하게 변경될 수 있다. 일 예로 상기 출

력신호는 오픈 소스를 지향하는 마이크로 컨트롤러를 내장한 기기 제어용 기관인 아두이노(Arduino)를 통하여 디지털 신호로 변환될 수 있고, 변환된 상기 출력신호는 아래에서 설명할 저장부(300)에 저장될 수 있다.

- [0041] 산광기(150)는 발광다이오드(110)들로 입사되는 상기 반사광을 확산시킬 수 있고, 이를 위하여 산광기(150)는 발광다이오드(110)의 전면에 배치될 수 있다.
- [0042] 카메라(200)는 식물 군락을 촬영할 수 있다. 일 예로 카메라(200)는 광릉 활엽 수림의 식물 군락을 측정하기 위하여 식물의 하부(지표면 근처)에 설치될 수 있다. 설치되는 카메라(200)의 개수는 식물 군락의 크기에 따라 절절히 변경될 수 있으며 카메라(200)는 절절한 간격을 갖도록 배치될 수 있다. 또한, 카메라(200)를 통하여 식물 군락의 상태를 육안으로 실시간 관찰할 수 있다.
- [0043] 일 예로 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 농경지에 적용될 수 있고, 상기 농경지에 대한 정규화식생지수(NDVI)를 측정할 수 있을 뿐만 아니라 카메라(200)를 통하여 육안으로 농경지의 상태를 실시간으로 확인할 수 있기 때문에 농작물에 문제가 생기는 경우 바로 방문하여 조취를 취할 수 있다.
- [0044] 정규화식생지수(NDVI)는 아래 [수학식 1]을 통하여 연산될 수 있다.

수학식 1

$$NDVI = \frac{\overline{\rho_{NIR}} - \overline{\rho_{red}}}{\overline{\rho_{NIR}} + \overline{\rho_{red}}}$$

- [0045]
- [0046] 여기에서, $\overline{\rho_{NIR}}$ 는 근적외선 파장의 반사도, $\overline{\rho_{red}}$ 는 빨간색 파장의 반사도를 나타낸다.
- [0047] 카메라(200)는 RAW 이미지를 획득할 수 있는 카메라가 사용되는 것이 바람직하다. 이는 RAW 이미지가 빛의 반응에 대해 왜곡이 없이 선형적으로 반응하기 때문에 정확한 정량분석이 가능하기 때문이다.
- [0048] 저장부(300)는 분광계(100) 및 카메라(200)를 통하여 획득된 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 저장할 수 있다. 일 예로 저장부(300)로는 RAM이 사용될 수 있으며, 소형 컴퓨터의 일종으로, 750MHz의 CPU, 500MB의 메모리, 두 개의 USB 포트, 하나의 랜포트, 오디오/RCA 잭으로 구성되어 있는 라즈베리파이(Raspberry pi)의 메모리에 저장될 수 있다.
- [0049] 송신부(400)는 상기 반사광의 세기에 대한 정보 및 상기 식물 군락의 촬영 정보를 송신할 수 있다. 송신부(400)로는 유선, 무선 통신모듈이 사용될 수 있고, 예를 들면, 지그비, 블루투스, NFC, WI-FI 등이 사용될 수 있다.
- [0050] 측정부(500)는 상기 반사광의 세기에 대한 정보를 이용하여 상기 식물 군락의 정규화식생지수(Normal Distribution Vegetation Index, NDVI)를 측정하고, 상기 식물 군락의 촬영 정보를 이용하여 엽면적지수(Leaf Area Index, LAI)를 측정할 수 있다.
- [0051] 일 예로 카메라(200)의 렌즈가 하늘을 바라보도록 지표면 상에 배치한 후, 카메라(200)를 통하여 촬영되는 하늘 면적 대비 식물 군락의 식물 엽면적이 차지하는 비율을 연산함으로써 엽면적지수(LAI)를 측정할 수 있다.
- [0052] 일 예로 저장부(300)와 측정부(500)는 도 1a에 도시된 바와 각각 별도의 모듈로 구성되거나 도 1b에 도시된 바와 같이 하나의 모듈로 구성될 수 있다. 또한, 도 1에 도시된 바와 같이 분광계(100), 카메라(200), 저장부(300), 송신부(400), 측정부(500) 및 추정부(600)가 모두 모여 하나의 시스템을 구성할 수 있고, 도 1b에 도시된 바와 같이 분광계(100), 카메라(200), 저장부 & 측정부(300 & 500) 및 송신부(400)가 모여 하나의 모듈을 구성하고, 추정부(600)는 별개의 독립적인 모듈로 구성되어 전체가 하나의 시스템을 구성할 수도 있다.
- [0053] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템에 의한 시간에 따른 정규화식생지수(NDVI)와 엽면적지수(LAI)의 시계열자료를 제시한 그래프이다.

- [0054] 도 4에서 4S plot1과 4S plot2는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 식물 군락을 대상으로 임의의 장소 2곳에 각각 설치하여 엽면적지수(LAI)를 측정된 데이터이고, DSLR은 DSLR 카메라를 이용하여 식물 군락 근처를 촬영하여 엽면적지수(LAI)를 측정된 데이터이며, 정규화식생지수(NDVI)는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 통하여 측정된 데이터이다.
- [0055] 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)에 의하여 측정된 정규화식생지수(NDVI)와 식물면적지수(PAI)가 실제 잎이 나기 시작하는 시기부터 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 실제로 잎이 출아한 이후부터 식물 군락 내 식물이 차지하는 면적이 증가하는 것과 식물의 활성도가 증가하는 것을 파악할 수 있다.
- [0056] 추정부(600)는 상기 정규화식생지수(NDVI)와 상기 엽면적지수(LAI)를 이용하여 상기 식물 군락의 개엽시기와 낙엽시기를 추정하고, 상기 개엽시기와 상기 낙엽시기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물의 성장 기간을 추정하며, 상기 식물의 성장 기간과 상기 식물이 사용할 수 있는 광의 양을 이용하여 광합성량을 추정할 수 있다. 일 예로 개엽시기는 정규화식생지수(NDVI)가 급격히 증가하는 시기에 기초하여 추정될 수 있다.
- [0057] 도 4를 참조하면 정규화식생지수(NDVI)가 급격히 증가하는 약 105일부터 개엽이 시작되었다고 추정할 수 있다. 이와 반대로 낙엽시기는 정규화식생지수(NDVI)가 급격히 감소하는 시기에 기초하여 추정될 수 있다.
- [0058] 또한, 추정부(600)는 특정 파장에 대한 상기 반사광의 세기를 이용하여 상기 식물 군락을 구성하는 식물 체내의 질소 함량을 추가로 추정할 수 있다. 일 예로 분광계(100)의 발광다이오드(110)가 특정 파장을 인식하도록 구성(예를 들면, 특정 파장을 인식할 수 있는 발광다이오드를 이용)함으로써 특정 파장에서 반사되는 반사율을 이용하여 질소 함량을 추정할 수 있다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 특정 파장(RED, NIR, GREEN 및 BLUE)에서 인식되는 태양광과 기준에 존재하는 분광센서와의 상관관계를 각각 나타낸 그래프이다.
- [0060] 도 5를 참조하면, 특정 파장(RED, NIR, GREEN 및 BLUE)에서 각각 인식되는 태양광에 따라 측정된 광합성유효복사량(PAR)은 기준에 존재하는 광합성유효복사량(PAR)을 측정하는 센서와 결정계수(R^2)가 높은 것을 파악할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 이용하면 특정 파장만을 이용하여도 광합성유효복사량(PAR)을 측정할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0061] 광합성유효복사량(PAR)은 식물이 광합성을 하는데 사용할 수 있는 빛의 양으로, 광합성유효복사량(PAR)을 통하여 식물의 광합성량을 간접적으로 추정할 수 있다. 또한 분광계(100)를 식물의 상부와 하부에 설치할 경우 식물체에서 사용된 부분 광합성유효복사량(fPAR)를 추정할 수 있게 되어, 보다 정확하게 식물의 광합성량을 추정하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 측정된 광합성유효복사량(PAR)과 Kipp&Zonen 사(社)에서 제작한 광합성유효복사량(PAR) 센서와 상관관계를 각각 나타낸 그래프이다.
- [0063] 도 6에서 광합성유효복사량(PAR)은 청색부터 근적외선까지의 넓은 범위의 파장대를 의미하며, 일 예로 적색, 청색 및 녹색 파장의 광을 각각 인식할 수 있는 3개의 발광다이오드(110)들을 통하여 인식된 광의 파장을 혼합하여 광합성유효복사량(PAR)을 측정하였다.
- [0064] 도 6을 참조하면, 특정 파장(RED, BLUE 및 GREEN)에서 각각 인식되는 태양광에 따라 측정된 광합성유효복사량(PAR)은 Kipp&Zonen 사(社)에서 제작한 광합성유효복사량(PAR) 센서를 통하여 측정된 광합성유효복사량(PAR)과 결정계수(R^2)가 높은 것을 파악할 수 있다.
- [0065] 이를 통하여, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 이용하면 광합성유효복사량(PAR)을 측정이 가능하며, 기존의 광합성유효복사량(PAR)을 측정하는 센서를 대체할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0066] 도 7은 변화하는 태양 광의 조건하에서 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 통하여 각 파장대별로 관측한 빛의 세기 값과 기준 초고해상도분광계(ASD Field

Spectrometer)를 통하여 각 파장대별로 관측한 빛의 세기 값을 비교한 그래프이다.

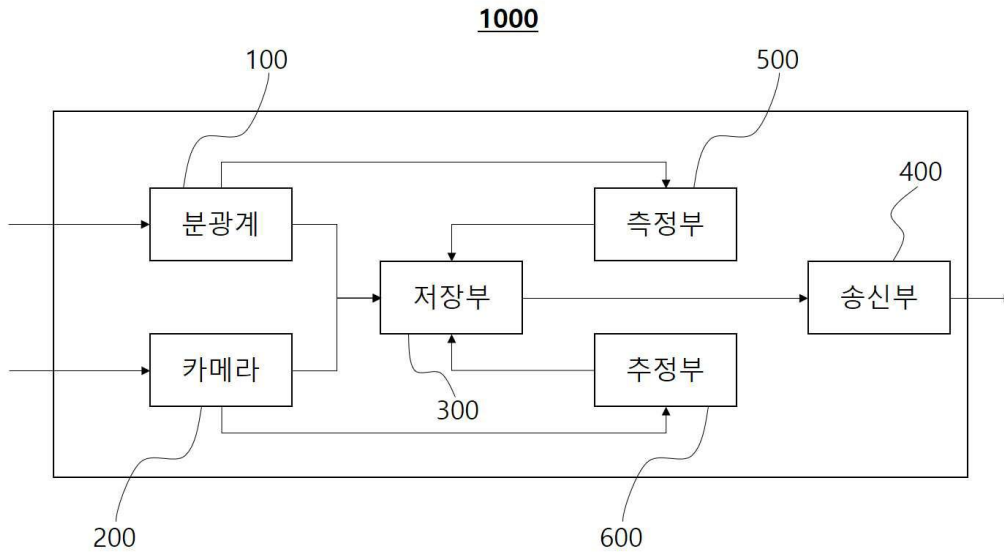
- [0067] 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 각 파장별(적색, 청색, 녹색 및 근적외선 파장의 광)로 변화하는 태광 광의 조건하에서 측정된 빛의 세기 값과 초고해상도분광계(ASD Field Spectrometer)를 통하여 각 파장대(적색, 청색, 녹색 및 근적외선 파장의 광)별로 관측한 빛의 세기 값이 선형적인 관계를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있다. 이를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 광에 대하여 선형적인 원자료를 수집할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0068] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템을 4군데 설치하여 측정된 정규화식생지수(NDVI)와 기존 초고해상도분광계(Jaz Hyper Spectrometer)를 통하여 측정된 정규화식생지수(NDVI)를 비교한 그래프이다.
- [0069] 도 8에서 4S plot1, 4S plot2 및 4S plot3은 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 농경지를 대상으로 하여 임의의 장소 3군데 설치한 경우이고, 4S plot tower는 기존 초고해상도분광계(Jaz Hyper Spectrometer)와 동일한 장소에 설치한 경우이다.
- [0070] 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)을 농경지를 대상으로 하여 4군데에 임의적으로 설치한 후 각 위치별로 정규화식생지수(NDVI)를 측정된 값과 기존 초고해상도분광계(Jaz Hyper Spectrometer)를 통하여 측정된 값과 일치하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통하여 기존 초고해상도분광계(Jaz Hyper Spectrometer)와 동일한 성능을 발휘함을 확인할 수 있고, 이는 저렴한 가격으로 제작될 수 있는 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)의 경제성이 우수하다는 것을 입증한다.
- [0071] 측정부(500) 및 추정부(600)를 통하여 측정되거나 추정된 정보들은 저장부(300)에 추가로 저장될 수 있다. 저장부(300)에 저장된 정보들을 이용하는 경우에는 벚꽃축제, 단풍놀이 등 계절에 관련된 관광 산업에 이용될 수 있다. 또한, 측정되거나 추정된 상기 정보들을 이용하면 개엽시기, 개화시기, 낙엽시기, 단풍시기 등에 대한 정보를 실시간 얻을 수 있어 관광산업에 중요한 자료로 활용될 수 있다.
- [0072] 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 할 수 있으므로 숲, 공원, 또는 생태원 관리에 유용하며, 실시간 모니터링을 통하여 식물 군락에 문제가 발생하는 경우 즉각적인 조치가 가능하다. 또한 육안으로는 확인할 수 없는 정규화식생지수(NDVI)를 측정할 수 있으므로 식물 군락을 구성하는 식물 진단에도 유용하다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따른 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템(1000)은 위성 자료와 같은 큰 규모의 데이터를 분석하는 연구에서 실질적인 현장 관측 값을 얻기 위해 사용될 수 있고, 위성 자료의 정확도를 검증할 때 사용될 수 있으며, 사람의 출입이 힘든 지역의 식생을 이해하고자 할 때 용이하게 사용될 수 있다. 인공위성의 데이터는 상대적으로 해상도가 높고 각 픽셀 데이터 안에는 넓은 면적의 변화를 포함하고 있기 때문에 상대적으로 정확도가 떨어지는 문제가 있지만 본 발명은 발광다이오드(110)를 구비하는 분광계(100)를 이용함으로써 저렴하게 제작이 가능하고 기존보다 훨씬 많은 수의 분광계를 넓은 면적에 설치할 수 있으므로 정확도 높은 위성 데이터 검증이 가능하다.
- [0074] 이상에서 본 발명에 따른 실시예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 다음의 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

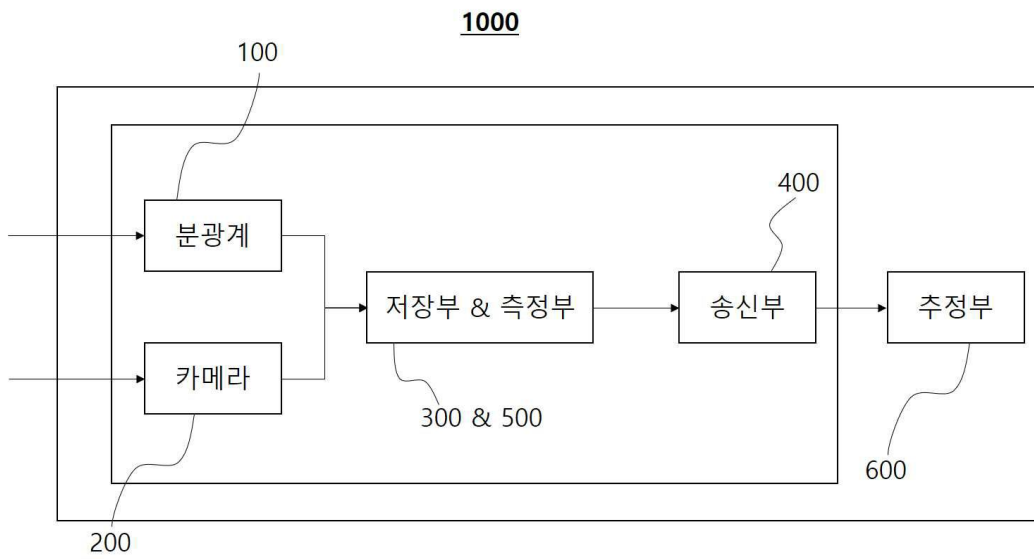
- [0075] 1000: 식물 군락의 구조와 기능을 실시간으로 모니터링 하기 위한 시스템
- 100: 분광계
- 200: 카메라
- 300: 저장부
- 400: 송신부
- 500: 측정부
- 600: 추정부

도면

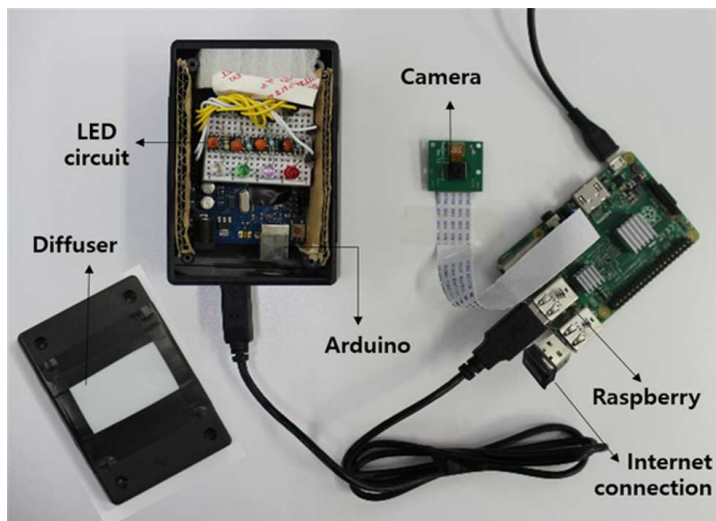
도면1a



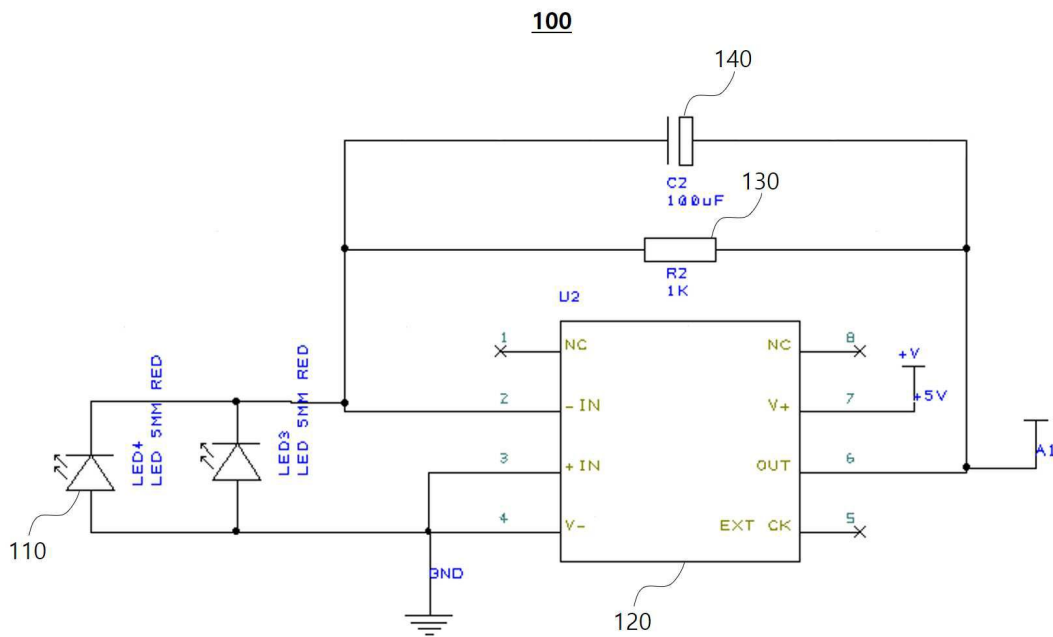
도면1b



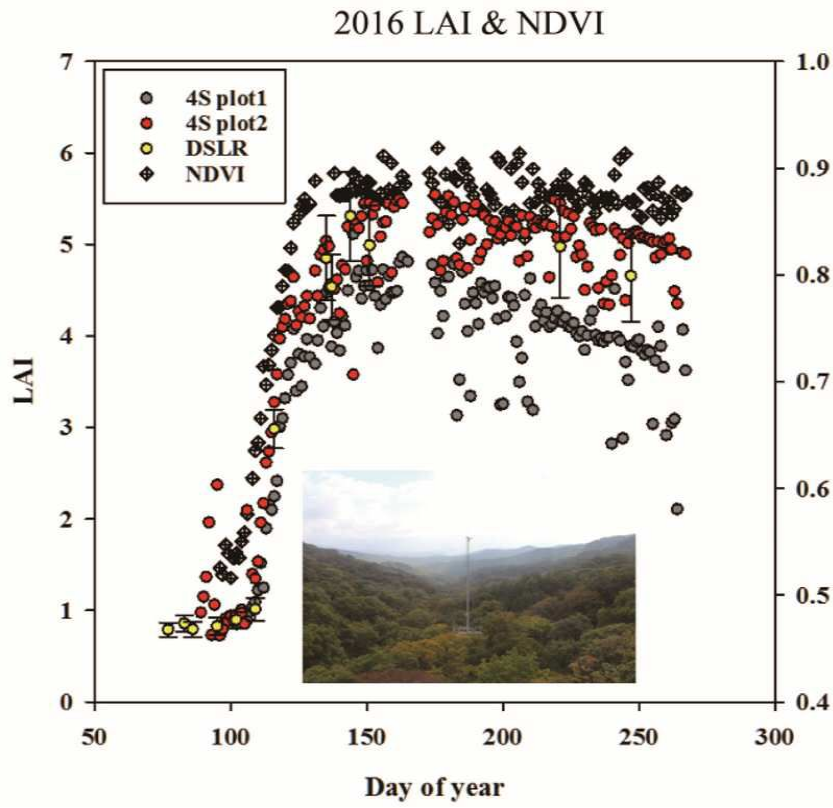
도면2



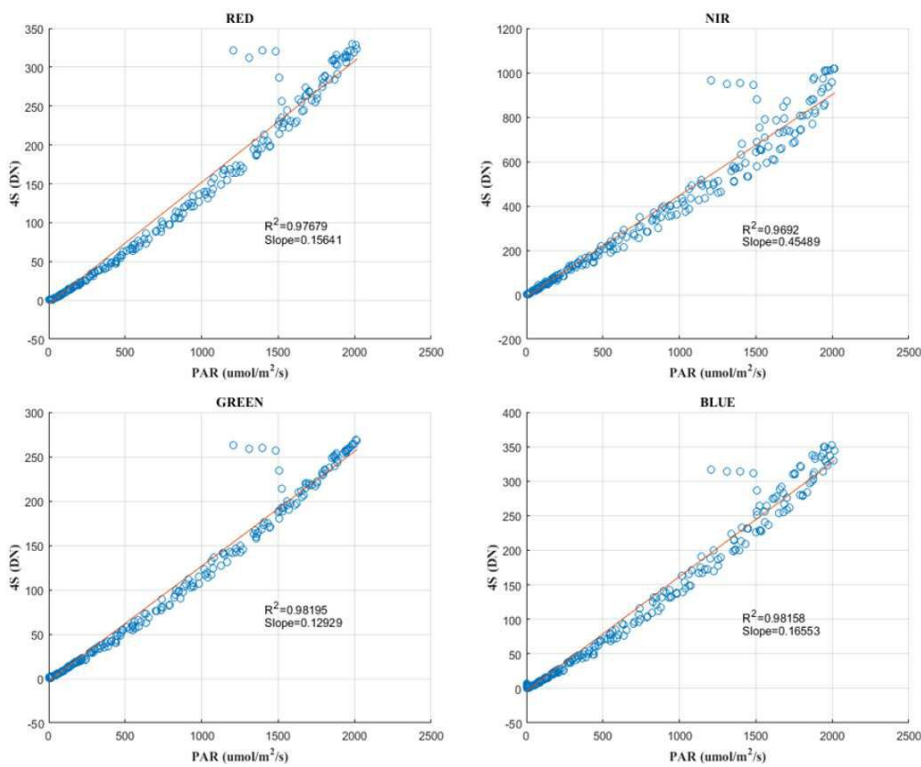
도면3



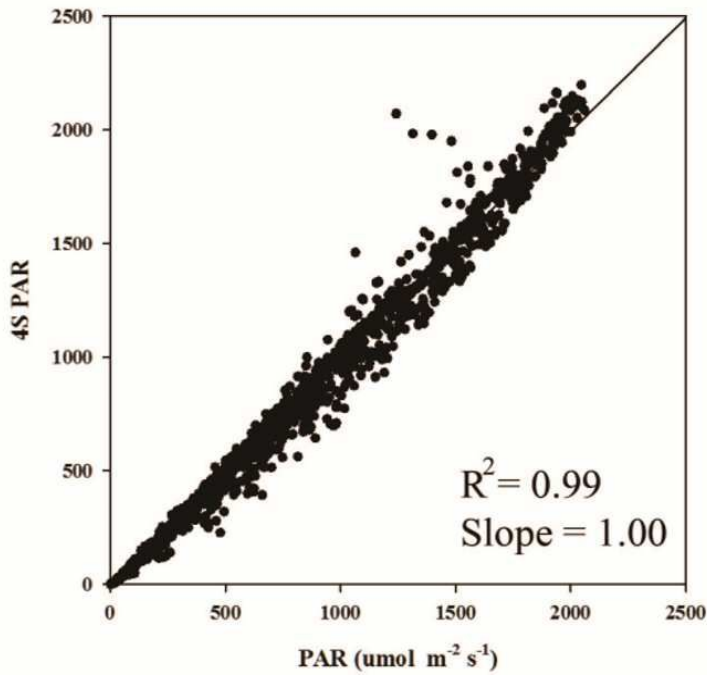
도면4



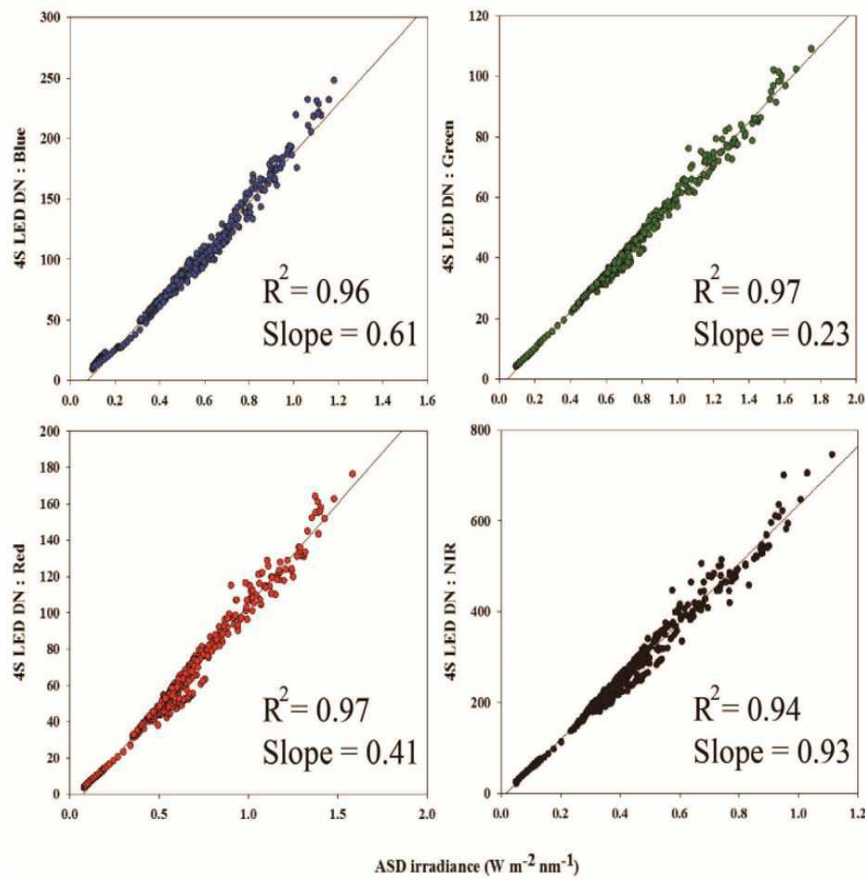
도면5



도면6



도면7



도면8

