

PAR 센서

PAR Sensor

Order Code PAR-BTA



PAR (Photosynthetically Active Radiation) 센서는 광합성 유효광량을 공기과 물에서 측정할 수 있습니다. 이 센서는 식물이 광합성을 하는데 사용되는 스펙트럼 범위(400-700nm)내의 가시광선에 반응합니다.

센서 앞부분은 방수이며 PPF(Photosynthetic Photon Flux Density)를 측정합니다. 측정단위는 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 입니다.

태양 뿐만 아니라 전구와 같은 광원에서 PPF를 측정 할 수 있습니다. 광합성과 일차적 생산물을 탐구하는 실험에 이상적인 센서이며 농업과학과 환경과학 분야에서 사용될 수 있습니다.

* 제품 구성

- PAR 센서
- PAR 센서의 렌즈 덮개

* 센서 방향

센서방향은 PAR센서의 최적의 결과값을 얻기 위해 중요합니다. 야외에서 측정 시 센서 헤드는 흰색 렌즈 부분이 하늘을 향하도록 평평하게 잡고 코드는 북쪽이나 남쪽으로 맞춥니다.

전구와 같은 기기의 광원 측정 시에는 센서의 헤드와 렌즈가 광원 경로의 중심에 위치하도록 합니다.

* 센서의 부착

센서를 지속적으로 야외에서 사용하기 위해 물체표면에 부착시켜 사용할 수 있습니다. 센서의 헤드는 방수이며 케이블 중간에 있는 검은색의 네모난 플라스틱은 비바람을 막아줍니다. 하지만 이 플라스틱 상자는 가능한 젖지 않도록 주의해야 합니다.

최적의 결과물을 얻기 위해서는 부착 시 수평을 유지해야 합니다. 나무 밑과 같이 그늘지게 하는 장애물이 없도록 합니다. 보호캡은 센서 부착 후에 떼어내 사용하고 센서 사용 후에는 보호 캡을 씌우도록 합니다.

* PAR센서의 세척

PAR센서 렌즈에 먼지와 같은 물질이 묻어 광원 경로를 부분적으로 막아 낮은 측정결과를 초래하기도 합니다. 물이나 창문닦는 세제를 사용하여 제거하는 것이 가장 좋습니다. 연마제 같은 거친 도구는 렌즈에 손상을 가하기 때문에 사용을 금해주시기 바랍니다. 염분이 포함된 용액과 사용 시 염분이 섞여 렌즈를 막을 수 있으므로 식초나 마르고 부드러운 헝겂, 면봉으로 닦아내 주셔야 합니다.

* 제품 사양

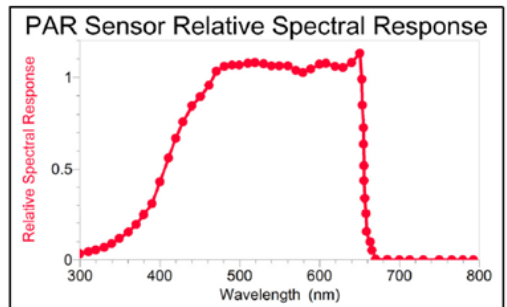
- PAR 범위 : 0 ~ 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (밝은 태양아래서)
- 정확도 : $\pm 5\%$
- 반복도 : $\pm 1\%$
- 장기 드리프트(long-term drift) : 매년 2% 이하
- Cosine response : $45^\circ \pm 2\%$, $75^\circ \pm 5\%$
- 스펙트럼 범위 : 410~655nm
- 해상도 : $1\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- 센서크기 : 지름 2.4cm, 높이 2.75cm
- 재질 : 아노다이징 알루미늄 + 캐스트 아크릴 렌즈
- 작동 환경 : $-40\sim 70^\circ\text{C}$, 0~100%상대습도
- 저장된 보정 값 : slope 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{V}$, intercept 0

* PAR 관련 용어

광합성을 유발하는 방사선을 광합성유효방사(PAR - Photosynthetically active radiation)이라고 하며 400~700nm의 스펙트럼 범위 내 방사선의 총량으로 정의됩니다. 알맞은 PAR센서는 400~700nm 범위 사이의 모든 파장에 동등하게 반응한다는 뜻입니다. 이 범위의 빛의 합산한 양을 광합성유효광량 (PPFD-Photosynthetic Photon Flux Density) 이라고 하며 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 단위를 사용합니다. PPFD는 종종 간편하게 PPF라고 불리기도 하여 PPFD와 PPF는 동일하게 사용될 수 있습니다. 식물 생리학자는 양자 센서로서 PPFD를 측정합니다. 이 경우 쿼텀(양자)은 식물의 광합성 부위에 의해 흡수될 수 있는 한 개의 광자의 최소 양과 관련이 있습니다. 한 개의 광자는 빛의 단일 양자이며 광합성을 위해 식물에서 사용됩니다. 이것을 기반으로 Vernier PAR센서는 양자센서입니다.

* 작동 원리

버니어 PAR 센서는 Apogee Instruments SQ 시리즈의 방수가 되는 양자 센서와 5m 케이블로 이뤄집니다. 케이블 끝은 전압증폭기가 삽입되어 있는 검은색 박스가 부착되어 있습니다. 센서의 헤드 부분은 아크릴 렌즈, 필터, 광다이오드와 PPFD를 측정하는데 사용되는 알루미늄하우징이 된 시그널 신호화과정회로로 구성되어 있습니다. 센서 헤드는 cosine으로 교정되었습니다. 이것은 빛이 센서 헤드의 다른 각도를 닿을 때 정확하게 유지 되도록 해줍니다. 빛이 센서헤드의 렌즈에 들어올 때 아날로그 전압이 발생되며 중간의 회로를 통해 증폭이 됩니다. 이 증폭된 전압은 프로그램에 의해서 PPFD로 변환이 됩니다. Vernier PAR 센서의 스펙트럼 반응 프로파일은 오른쪽 그림과 같습니다.



* 보정

Vernier PAR 센서는 공장 출하 시에 보정이 되어 있으므로 사용자가 보정을 할 필요는 없습니다. 만약 보정을 하였다면 www.clearskycalculator.com 에 방문하여 보정 값을 확인할 수 있습니다. 이 사이트에서 이론적인 PPFd를 찾을 수 있으며 대부분 봄과 여름의 정오에 가장 정확합니다.

* 조명기구 사용 시 보정 등식을 변경

전구 스탠드와 같은 조명기구를 사용하여 PPFd를 측정할 때는 보정 방정식의 slope 값을 14%를 줄여야 합니다. (500에서 430). 보정 방정식의 slope를 변경하는 프로그램에서 하게 됩니다.

- Logger Pro3 프로그램을 이용한 변경

1. PAR 센서를 인터페이스에 연결합니다.
2. 메뉴에서 실험 >> 보정 >> CH1: PAR를 선택합니다.
3. 등식 탭으로 갑니다.
4. slope(기울기)의 값을 500에서 430으로 변경하고 적용을 클릭합니다.
5. 완료를 눌러 창에서 나온 후 실험을 하면 됩니다.

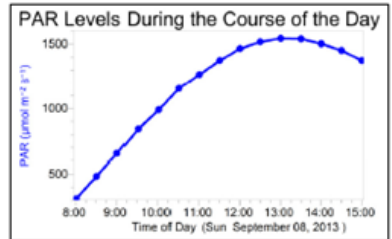
- LabQuest2 인터페이스에서의 변경

1. PAR 센서를 랩퀘스트2 인터페이스에 연결합니다.
2. PAR값이 모니터링 되는 화면을 터치하여 보정을 클릭합니다.
3. 수식 탭으로 이동합니다.
4. 기울기 값을 500에서 430으로 변경 후 “예”를 눌러 완료합니다.

* 실험 제안

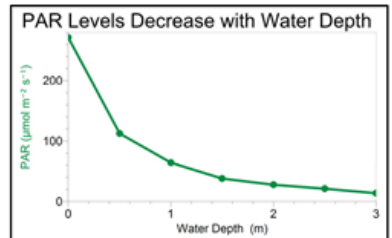
- 하루동안의 PAR 변화량 측정

PAR 센서를 야외에서 고정시킨 후 하루 동안 측정합니다. 다음의 그래프에서와 같이 어떻게 PAR 레벨이 정오에 최대치에 도달하고 그 후에는 감소하는지 관찰 하게 됩니다. 실험자는 특정한 날짜, 달, 연도를 계획하여 측정을 하거나, 계절별, 날씨별 등 다양한 환경에서 측정을 할 수 있습니다.

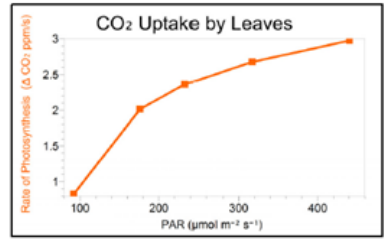


- 수심에 따른 PAR 변화량 측정

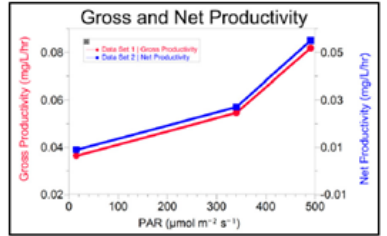
PAR 센서를 Secchi disk(수심측정 시 쓰는 원형판)에 부착하여 사용 할 수 있습니다. PAR 센서가 물 속으로 내려가면서 다른 깊이마다 측정을 하여 값을 얻을 수 있습니다. 다음 그래프에서 볼 수 있듯이 수심에 따른 상관관계로 PAR값이 줄어 드는 것을 확인할 수 있습니다.



- 이산화탄소 센서와 함께 잎의 광합성에서의 PAR 측정
이산화탄소 센서를 사용하여 다른 PAR 값에서 광합성률을 측정할 수 있습니다. 시금치잎을 바이오챔버에 넣고 이산화탄소 센서를 연결한 후 측정을 합니다. 전구에서 나오는 빛을 이용해 10~15분간 측정을 합니다. 다음의 그래프와 같이 CO₂ 소비와 PAR 값의 관계를 그래프로 확인할 수 있습니다.



- 일차 생산성에서 PAR의 규칙 탐구
조류(클로렐라)가 들어있는 물이 다른 빛에 21시간 동안 노출되었고 이를 PAR 센서로 측정을 합니다. 각 샘플에서 Gross와 Net을 계산을 합니다.



주의

이 제품을 포함한 버니어의 모든 제품은 교육용으로 제작되었습니다. 따라서 산업, 의료 또는 연구용으로 사용하기에는 부적합할 수 있습니다.



☎ 02-929-1110 📠 FAX. 02-929-0966 ✉ info@koreasci.com
 🛒 www.koreasci.com (한국과학 공식 카페 : cafe.naver.com/mbclub)
 🏠 서울 강서구 양천로 400-12 더리브골드타워 1110호