

장기 주문형 헬스 모니터링을 위한 증기 프린팅 고분자 전극

장민철 | 전남대학교 (E-mail: mchang35@chonnam.ac.kr)

최근 증기 프린팅 방식을 활용하여, 외부 환경 조건에서도 견딜 수 있으며, 식물의 생체 임피던스를 감지해낼 수 있는 전도성 고분자 전극 개발 기술이 *Science Advances* 지에 발표되었다. 이 기술은 향후 농업분야에 활용되어 농작물에 대한 주문형 생체 모니터링 시스템에 활용 될 수 있다는 점에서 주목할 만하다.

생 체표면에 직접적으로 부착되어 건강상태를 모니터링 할 수 있는 표피부착형 장치들은 삽입형 장치와는 다르게 쉽게 탈 부착이 가능하고 추후 관리와 다양한 가공이 용이하다는 점에서 많은 관심을 받고 있다. 이와 관련한 기존의 기술들은 생체 표면에 접착력이 있는 필름을 부착하거나, 스마트패드로 불리는 패드형 전극을 고정시키는 형태로 개발되어 왔다. 하지만 이러한 장치들은 매끄럽지 못한 생체표면과의 접착력에서 한계가 드러났다. 또한 생체표면에서 발생하는 다양한 생물학적, 화학적 물질 수송현상을 방해하는 문제점을 극복하지 못하였다. 표피부착형 센서장치가 상용화 되기 위해서는 위에 언급했던 두 문제점들(장시간 부착력, 장치 주위에 원활한 물질수송)에 대한 연구가 선행되어야 한다.

최근 미국 Massachusetts Amherst대학의 Trisha L. Andrew 교수 연구팀은 목표 생체물질에 부정적인 영향을 끼치지 않으면서 다양한 외부환경 조건에서도 제 기능을 온전히 수행할 수 있는 전도성 고분자 전극을 증기 프린팅 방식을 통해 제작하였다. 연구진은 증기상태의 전도성 고분자 단량체

((3,4-propylenedioxythiophene)(ProDOT))와 산화제(FeCl_3)를 반응시켜 기상 고분자중합을 통해 식물표면에 전극을 형성하였다. 전극 형성 후 목표 식물에는 어떠한 물리적 변형이나 화학적 분해가 관찰되지 않았을 뿐만 아니라, 증기 프린팅 방식은 식물의 기공을 막지 않아 전극이 형성된 후에도 식물은 시들지 않고 계속 성장하여 새로운 잎과 뿌리가 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 형성된 전극은 $5\ \mu\text{m}$ 두께에 평균 $1\ \text{S/cm}$ 의 전기전도도를 나타내었고, 이는 바이오임피던스를 측정하기에 충분한 수치로써 증기 프린팅 방식이 성공적으로 PProDOT-Cl 전극을 형성하였음을 보여준다. 식물표면에 형성된 PProDOT-Cl 전극은 물리적인 변형과 물에 노출되는 다양한 외부 환경에서도 식물표면에서 떨어지지 않고, 기존과 유사한 전기적성능을 나타내었다. 한편, PProDOT-Cl 전극을 통해 등가회로를 구성하여 실험식물의 바이오임피던스를 측정한 결과, 식물의 성장, 탈수증상, UV 노출과 같은 변화를 검출할 수 있었다. 이를 통해 PProDOT-Cl 전극이 실제 식물에 적용되어 그 역할을 수행할 수 있다는 것을 증명할 수 있었고, 더 나아가 향후 농업분야에서도 쓰일 수 있는 가능성을 확인하였다.

본 연구에서 개발한 증기 프린팅 방식 기술은 간단한 공정을 통해 식물성장에 영향을 주지 않으면서, 다양한 외부조건하에서도 식물의 성장, 탈수증상, UV 노출과 같은 변화를 관찰할 수 있는 유용한 기술이라는데 의의가 있다. 향후, 농업분야에서 농작물에 대한 성장이나 수확, 다양한 위협을 감시하는 등 주문형(on-demand) 헬스 모니터링 시스템에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구결과는 저널 *Science Advances* 지에 "Vapor-printed polymer electrodes for long-term, on-demand health monitoring"이라는 제목으로 2019년 3월 게재되었다(DOI: 10.1126/sciadv.aaw0463).

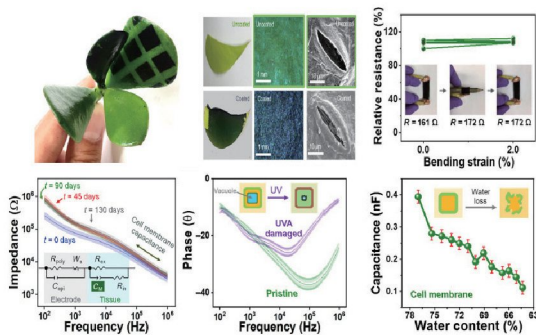


그림 1. 증기 프린팅 방식으로 형성된 PProDOT-Cl 전극과 환경변화에 따른 바이오임피던스 특성.