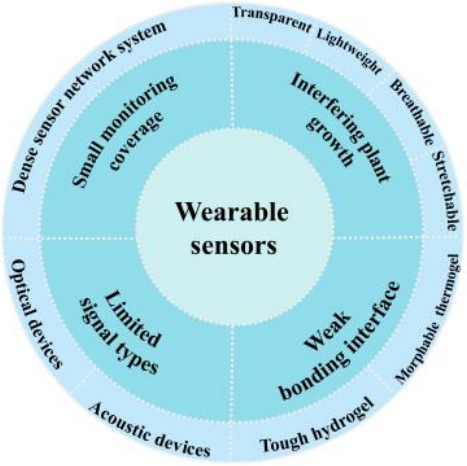
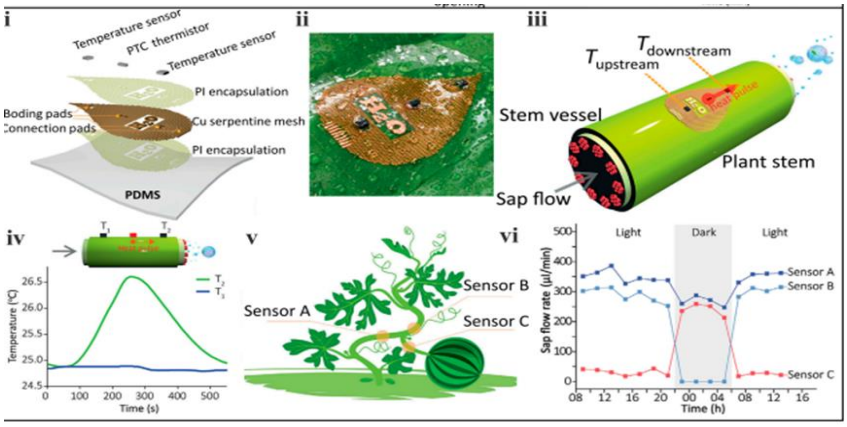
اجهزة الاستشعار النباتي Wearable Sensor حل واعد ومتقدم لدراسة النبات بشكل فعال

ا. د. اشواق طالب حميد

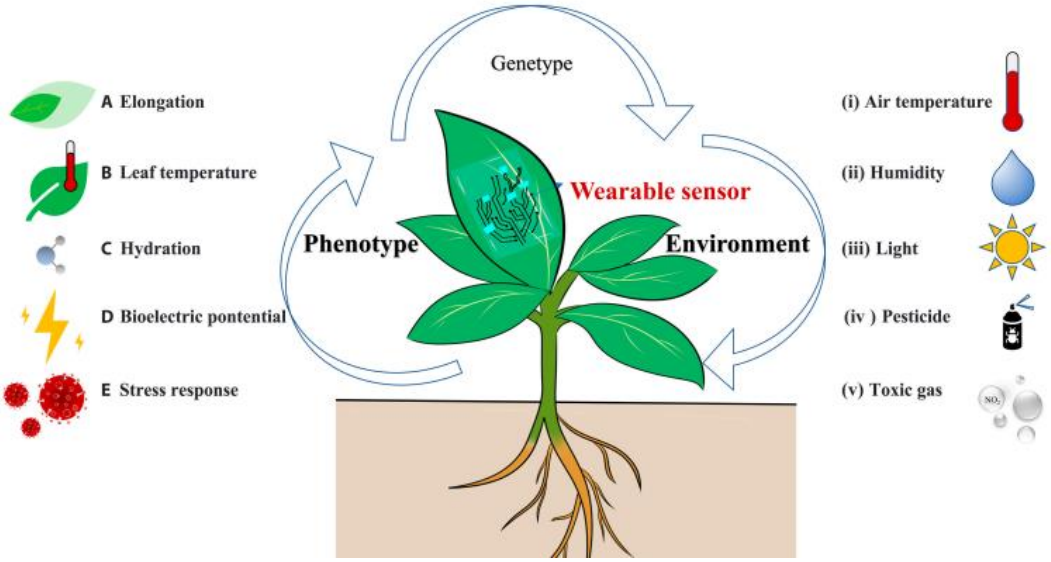


تعد أجهزة الاستشعار القابلة للارتداءWearable sensors شريحة مبتكرة لجمع البيانات ، وبديل واعد للتغلب على التحديات البصرية التصويرية في التنميط النباتي، وقد تم تصميمه في الأصل للإنسان لمراقبة صحته ، وتم اتباع نفس التقنية بشكل يسمح بوضعها والصاقها على النبات وفي اية جزء منه لأغراض البحوث النباتية ودراسة مختلف العوامل لمرتبطة به ، والتي توفر مراقبة طويلة الامد لسلوك النبات الوظيفي والمظهري ، ان أجهزة الاستشعار النباتية ترتبط مباشرة ببشرة النباتات، مما يمكنها من ذلك تحويل المعلومات النباتية والبيئية إلى معلومات قابلة للقراءة الإشارات الكهربائية في الموقع، وبسبب التصاق هذه الشرائح مباشرة بالنبات فأنها توفر معلومات مفيدة عن فسيولوجيا النبات الموجودة تحت البشرة .



شكل ١: نموذج لمستشعر نباتي على ساق نبات لمراقبة نموه

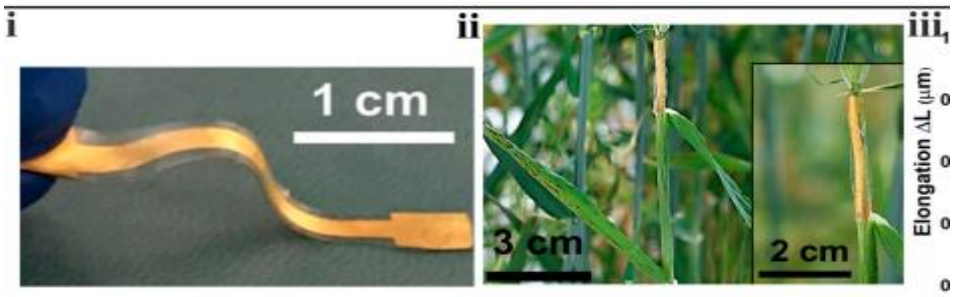
ان التقدم في الدراسات المظهرية والفسلجية للنبات باستخدام تقنيات التنميط الظاهري القائمة على التصوير البصري قد تطور بشكل ملحوظ في تربية وإدارة المحاصيل ومع ذلك، لا يزال هناك تحدي في زيادة الدقة المكانية بسبب وضع قياس عدم الاتصال فأتجه العلماء حديثا الى استخدام اجهزة استشعار يمكن وضعها على النبات وتمثل أداة جمع البيانات الجديدة، وتقدم حلاً واعداً لمواجهة التحديات البيئية باستخدام أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء النباتية Wearable Sensor التي توفر إمكانية المراقبة في الموقع للأنماط الظاهرية للنباتات وخصائصها وعلاقتها بالبيئات المحيطة بشكل مباشر



شكل ٢: أجهزة استشعار Wearable sensors لرصد الأنماط الظاهرية للنبات وبيئته.

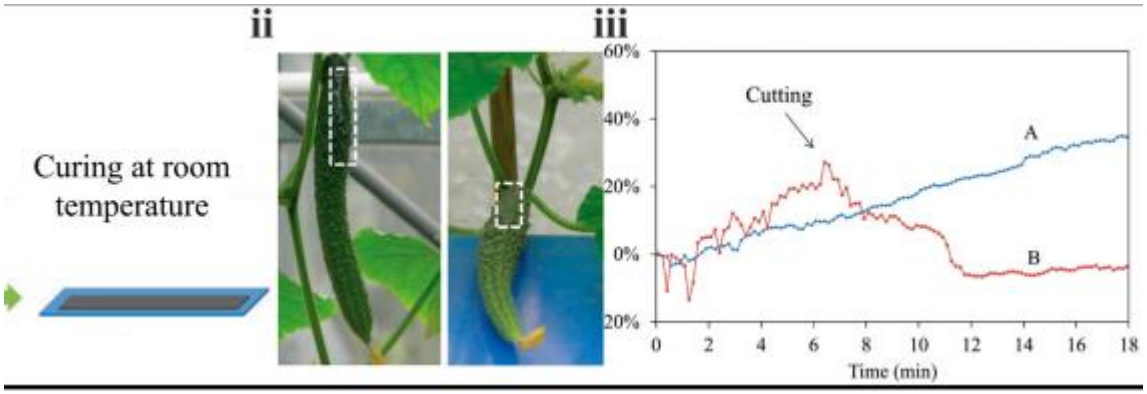
وتوفر هذه الشريحة دراسة شاملة ودقيقة للعديد الوظائف، وتقلل من الاصابات الحشرية، وتعد أداة فعالة لقياس الأنماط الظاهرية للنباتات ومنها :

- قياس الاستطالة: الاستطالة مؤشر حاسم لنمو النبات. تتيح أجهزة الاستشعار القابلة للارتداء Wearable sensors مراقبة إجهاد الشد في الموقع، والذي يمكن تحويله إلى استطالة النبات، مما يوفر بيانات أكثر دقة من طرق التصوير التقليدية بفاصل زمني.



شكل ٣: مراقبة الاستطالة بواسطة الاستشعار النباتي

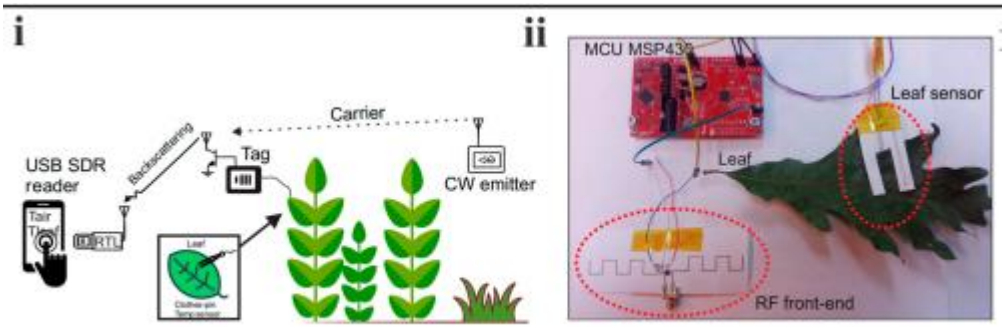
- مراقبة درجة حرارة الأوراق: يعد فهم الاختلافات بين درجة حرارة أوراق النبات ودرجة حرارة الهواء أمرًا حيويًا لتحديد الإجهاد المائي في النباتات. يمكن لأجهزة الاستشعار القابلة للارتداء Wearable sensors مراقبة هذه الاختلافات في درجات الحرارة بشكل فعال.



شكل : استخدام شريحة الاستشعار لمراقبة درجة الحرارة

- ترطيب النبات: يمكن القياس المباشر لترطيب النبات باستخدام أجهزة استشعار النبات مما يوفر حلاً أكثر عملية للقياس الميداني مقارنة بالطرق التقليدية مثل التصوير الحراري والتيراهيرتزterahertz imaging الذي يتطلب إعدادات معملية.
- الإمكانات الكهربائية الحيوية: الإمكانات الكهربائية الحيوية ضرورية لتنظيم ألانشطة الحيوية في النباتات والاستجابة بسرعة للمحفزات الخارجية. اذ توفر أجهزة الاستشعار طريقة طفيفة العمق لقياس هذه الإمكانات، مما يسبب أضرارًا أقل للنباتات مقارنة بالطرق التقليدية.
- الاستجابة للإجهاد: تواجه النباتات ضغوطًا حيوية وغير حيوية مختلفة، ويعد الاكتشاف والتدخل المبكر أمرًا بالغ الأهمية، وتتيح أجهزة الاستشعار مراقبة استجابات الإجهاد في الوقت الفعلي، وهو ما قد لا يكون ممكنًا باستخدام طرق التعرف البصري التقليدية.
- المراقبة البيئية: تعد مراقبة البيئة، بما في ذلك عوامل مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة والضوء والمبيدات الحشرية والغازات السامة، أمرًا ضروريًا للتنميط الظاهري للنبات، ويمكن لأجهزة الاستشعار أن تلتصق بشكل وثيق بأسطح النباتات، وتستشعر التغيرات في البيئة الدقيقة في الوقت الفعلي. وهذا يتناقض مع الطرق البصرية التي توفر تغطية مساحة كبيرة ولكنها محدودة في اكتشاف البيئة الدقيقة التي تؤثر على نمو النبات.
- تأثير درجة حرارة الهواء والرطوبة: تؤثر درجة حرارة الهواء والرطوبة بشكل خطير على صحة النبات، مما يؤثر على عمليات مثل التمثيل الضوئي، والنتح، والتعرض للأمراض.
- مراقبة شدة الضوء: تعد شدة الضوء عاملاً بيئيًا حاسمًا للنباتات، وهي ضرورية لعملية التمثيل الضوئي ولكنها قد تكون ضارة بشكل زائد، ويمكن لأجهزة الاستشعار مراقبة شدة الضوء في بيئة النبات.

- الكشف عن المبيدات الحشرية والغازات السامة: يعد الكشف عن بقايا المبيدات الحشرية والغازات السامة أمرًا حيويًا لصحة النبات. غالبًا ما تكون الطرق الحالية لهذه الاكتشافات باهظة الثمن وغير مناسبة للقياسات في الموقع، وهي فجوة يمكن لأجهزة الاستشعار القابلة للارتداء سدها.



شكل٤ : وضع مستشعر على ورقة نباتية لمراقبة درجات الحرارة واستلام اشارات Morse symbols

ان التقدم الحاصل في تطوير أجهزة الاستشعار النباتية في مراقبة الأنماط الظاهرية للنبات (بما في ذلك الاستطالة، ودرجة حرارة الورقة، والإماهة، والقدرة الكهربية الحيوية، والاستجابة للإجهاد) والبيئة (بما في ذلك درجة حرارة الهواء والرطوبة والضوء، المبيدات الحشرية والغازات السامة). بالمقارنة مع النمط الظاهري التقليدي والتقنيات المعتمدة على التصوير البصري، تعد هذه من المزايا الفريدة من نوعها لما لها من دقة مكانية عالية، والقدرة للكشف بسهولة عن تأثير العوامل البيئية على الأنماط الطبيعية، ورغم وجود التحديات، مثل التدخل في نمو النبات، وضعف واجهات الترابط، الا انها تعد تقنية واعدة مفيدة للباحثين والمهتمين بالنبات

المصادر

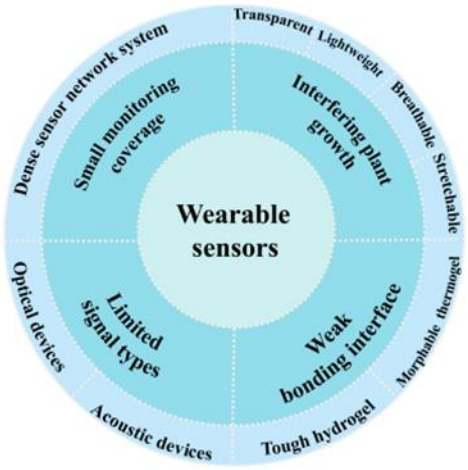
-Yang W, Feng H, Zhang X, Zhang J, Doonan JH, Batchelor WD ، Xiong L, Yan J. Crop phenomics and high-throughput phenotyping: Past decades, current challenges, and future perspectives. Mol Plant. 2020;13(2):187–214.

- Dechant B, Ryu Y, Badgley G, Zeng Y, Berry JA, Zhang Y ، Goulas Y, Li Z, Zhang Q, Kang M, et al. Canopy structure explains the relationship between photosynthesis and sun-induced chlorophyll fluorescence in crops. Remote Sens Environ. 2020;241:Article 111733.

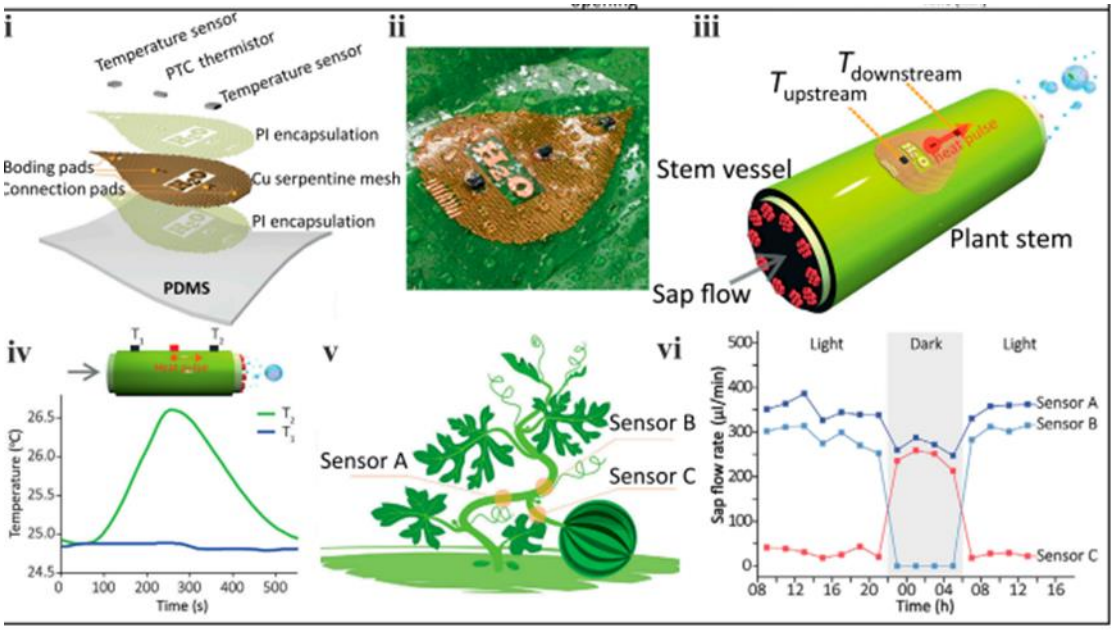
-Zhang, Cheng, et al. "Wearable Sensor: An Emerging Data Collection Tool for Plant Phenotyping." Plant Phenomics 5 (2023): 0051.

Wearable plant sensors are a promising and advanced solution for studying plants effectively

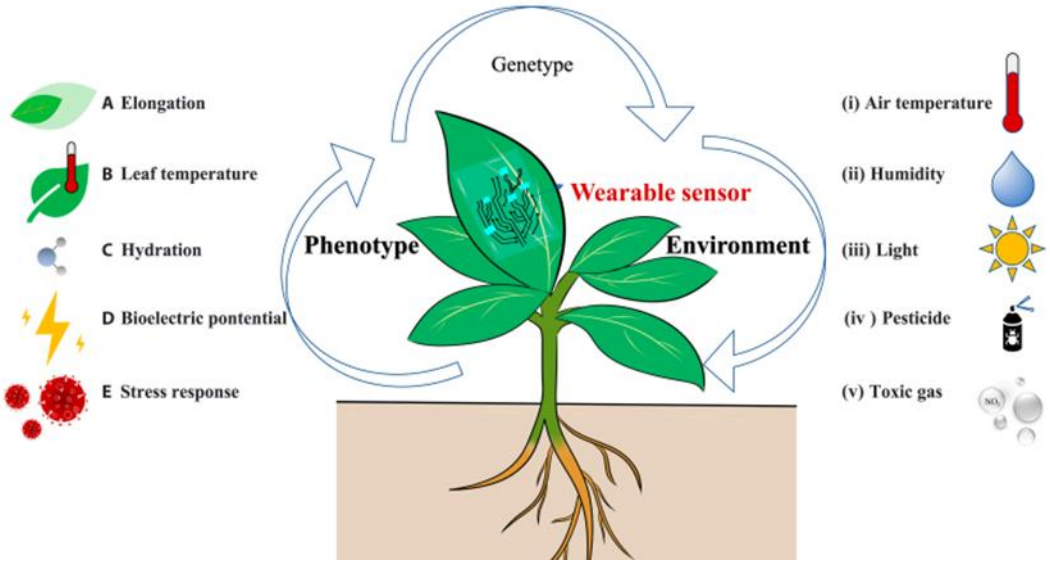
Dr. Ashwaq Talib Hameed



"Wearable sensors represent an emerging data collection tool and a promising solution to overcome the challenges of optical imaging in plant phenotyping. Initially designed for human health monitoring, they are now being adapted for attachment and adherence to plants for plant research purposes. These sensors provide long-term monitoring of a plant's functional and morphological behavior, directly attaching to the plant's epidermis, thus converting plant and environmental information into readable electrical signals on-site. Because these devices are directly attached to the plant, they offer valuable insights into the plant's physiology beneath the epidermis.



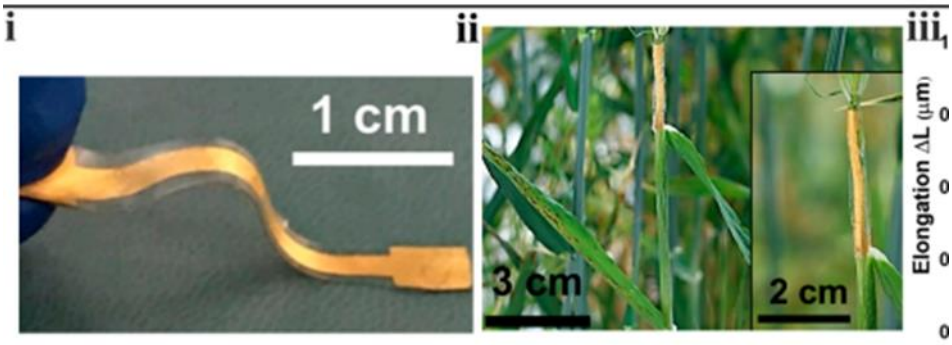
Wearable sensors are advancing studies in plant phenotyping, both morphologically and physiologically, using phenotyping techniques based on optical imaging, which have significantly improved breeding and crop management. However, there remains a challenge in increasing spatial accuracy due to the non-contact measurement mode. Scientists are turning to wearable sensors as a new data collection tool, presenting a promising solution to environmental challenges.



Wearable sensors for plant phenotyping provide on-site monitoring of plant phenotypes and their characteristics in relation to their surrounding

environments. A comprehensive and precise study of numerous functions, including minimal insect damage, shows wearable sensors as an effective tool for measuring plant phenotypes. These include:

-Elongation measurement: Elongation is a critical indicator of plant growth. Wearable sensors enable in-situ monitoring of tensile stress, which can be converted to plant elongation, providing more accurate data than traditional time-lapse imaging methods.



-Leaf temperature monitoring: Understanding the differences between plant leaf temperature and air temperature is vital for determining water stress in plants. Wearable sensors can effectively monitor these temperature differences.

-Plant hydration: Direct measurement of plant hydration using wearable sensors offers a more practical solution for field measurement compared to traditional methods like thermal and terahertz imaging, which require laboratory settings.

-Bioelectric potentials: Bioelectric potentials are essential for regulating life activities in plants and respond rapidly to external stimuli. Wearable sensors offer a minimally invasive method to measure these potentials, causing less damage to plants than conventional methods.

-Stress response: Plants face various biotic and abiotic stresses. Early detection and intervention are crucial, and wearable sensors enable real-time monitoring of stress responses, which may not be possible with traditional visual identification methods.

-Environmental monitoring: Monitoring the environment, including factors like air temperature, humidity, light, pesticides, and toxic gases, is essential for plant phenotyping. Wearable sensors can closely adhere to

plant surfaces, sensing real-time changes in the microenvironment, contrasting with optical methods that provide large area coverage but are limited in detecting the microenvironment affecting plant growth.

Impact of air temperature and moisture: Air temperature and moisture seriously affect plant health, impacting processes such as photosynthesis, transpiration, and disease vulnerability.

-Light intensity monitoring: Light intensity is a crucial environmental factor for plants, necessary for photosynthesis but potentially harmful in excess. Wearable sensors can monitor light intensity in the plant's environment.

-Pesticide and toxic gas detection: Detecting pesticide residues and toxic gases is vital for plant health. Current methods for these detections are often expensive and not suitable for in-situ measurements, a gap that wearable sensors can fill.

The advancement in the development of wearable sensors in monitoring plant phenotypes (including elongation, leaf temperature, hydration, bioelectric potential, and stress response) and the environment (including air temperature, humidity, light, pesticides, and toxic gases) is significant. Compared to traditional phenotyping techniques based on optical imaging, these sensors have unique advantages such as high spatial accuracy and the ease of detecting the impact of environmental factors on natural patterns. Despite challenges such as interference in plant growth and weak bonding interfaces, they are a promising and useful technology for researchers and those interested in plants