بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و چهاردهمین کنفرانس مهندسی و
فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شهید چمران اهواز،
خوزستان، ایران.
۱۲-۱۴ بهمن ۱۴۰۰

پیش بینی و پایش محتوای آب برگ در گیاه خیار با استفاده از طیف سنجی مرئی-مادون قرمز نزدیک (VIS/NIR)

وحید شتابی[۱]، رضا طاهری قهریزجانی[۱]، عزالدین مهاجرانی[۱*]

[۱]پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*e-mohajerani@sbu.ac.ir

چکیده – محتوای آب برگ گیاه یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی ا ست که معمولاً برای تو صیف و ضعیت ر شد و بهره وری مح صول استفاده می شود. بنابراین روشهای سریع و غیر تهاجمی برای پیش بینی و پایش آب برگ گیاه مهم هستند. در این مطالعه یک روش سریع و دقیق با استفاده از طیف سنجی مرئی-فروسرخ (VIS-NIR) در ناحیه (۴۰۰-۱۱۰۰ nm) روی گیاه خیار برای پایش محتوای آب برگ آزمایش شد که می توان از آن برای تعیین سایر پارامترهای بیو شیمیایی مانند کلروفیل ا ستفاده کرد. نتایج ارائه شده می‌تواند منجر به تو سعه ابزار قابل حمل برای تشخیص همزمان محتوای آب و سایر پارامترهای بیو شیمیایی به صورت سریع و غیر تهاجمی شود.

کلید واژه- طیف سنجی مرئی-مادون قرمز نزدیک (VIS-NIR)، کشاورزی هوشمند، محتوای آب برگ.

Prediction and monitoring of leaf water content in cucumber plant using visible-near infrared spectroscopy (VIS/NIR)

Vahid Shetabi[۱], Reza Taheri Ghahrizjani[۱], Ezeddin Mohajerani[۱*]

[۱]□□□□□□□ □□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□, □□□□□ □ □□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□□□, □□□□□□, □□□□.

*e-mohajerani@sbu.ac.ir

Abstract- The leaf water content of the plant is one of the physiological parameters that is commonly used to describe the growth status and productivity of the crop. Therefore, fast and non-invasive methods are important for predicting and monitoring plant leaf water. In this study, a fast and accurate method was used using visible-infrared spectroscopy (VIS-NIR) in the range (٤٠٠-١١٠٠ nm) on cucumber plant to monitor leaf water content, which can be used to determine other biochemical parameters such as chlorophyll. The presented results can lead to the development of portable tools for simultaneous detection of water content and other biochemical parameters quickly and non-invasively.

Keywords: Leaf water content, Precision agriculture, UV-VIS spectroscopy.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-18]

مقدمه

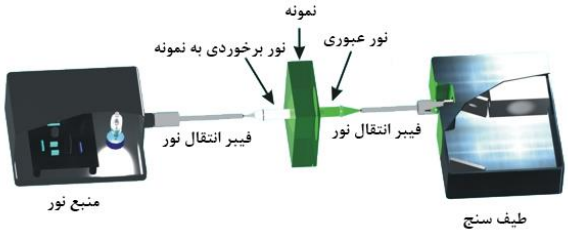
آب یکی از مهم‌ترین موارد نیاز گیاهان است. تنش آبی تعرق گیاه را محدود می‌کند و به دنبال آن فتوسنتز و بهره‌وری محصول کاهش پیدا می‌کند. بنابراین تشخیص محتوای آب در گیاه پیامدهای مهمی در شیوه‌های مدیریت کشاورزی از جمله آبیاری و پیش بینی عملکرد محصول دارد[۱]. استفاده از فناوری فوتونیک در حوزه غذا و کشاورزی اخیراً بسیار مورد توجه محققین و پژوهشگران قرار گرفته است. از جمله این تحقیقات می‌توان به تشخیص سریع کیفیت غذا و محصولات کشاورزی[۲] و رصد و پایش روند رشد گیاه با استفاده از روش‌های غیر تهاجمی اشاره کرد. طیف سنجی نوری که تکنیک فوق‌العاده برای شناسایی ریز ساختار طیفی مواد است، گزینه مناسبی برای نمونه‌های زیستی است که می‌تواند کاربردهای بسیاری در حوزه‌های غذا و کشاورزی داشته باشد. ما در این گزارش با استفاده از طیف سنجی بر روی بوته خیار در شرایط یکسان آزمایشگاهی، اقدام به پایش و رصد محتوای آب برگ گیاه کرده، که با استفاده از آن می توان زمان دقیق رسیدن آب به برگ گیاه را پایش کرد، و روشی برای تشخیص زمان دقیق آبیاری گیاه ارائه داد.

روش کار

ده گلدان خیار رقم گلخانه‌ای هیبرید جهت بررسی انتخاب و کاشته شد. انتخاب این رقم خیار بر مبنای دوره کوتاه رشد و مقاوم بودن در برابر تنش‌های کم آبی و آفات بوده است. شکل۱ تصویر این بوته‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۱: بوته خیارهای استفاده شده در این گزارش.

جهت کاهش اثر اختلاف اندکی که ممکن است در طیف های دریافتی وجود داشته باشد ده بوته در شرایط یکسان تحت آزمایش قرار گرفتند. با توجه به زمان بر بودن آزمایش‌ها، فرآیندهای آزمایش برای هر نمونه سه بار تکرار شده است. طیف‌های ثبت شده بوسیله طیف‌سنج AvaSpec-ULS۲۰۴۸CL-EVO و لامپ هالوژن تنگستن اندازه گیری شده است. شکل۲ چیدمان مورد استفاده برای بدست آوردن طیف‌ها را نشان می دهد.



شکل ۲: شماتیک چیدمان عبوری طیف سنجی استفاده شده برای ثبت طیف‌ها.

لازم به ذکر است دما و رطوبت محیط کنترل شده و شرایط اندازه‌گیری برای همه یکسان بوده است و طیف‌ها از برگ چهارم و هفتم ثبت شده اند. شکل۳ چیدمان استفاده شده اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

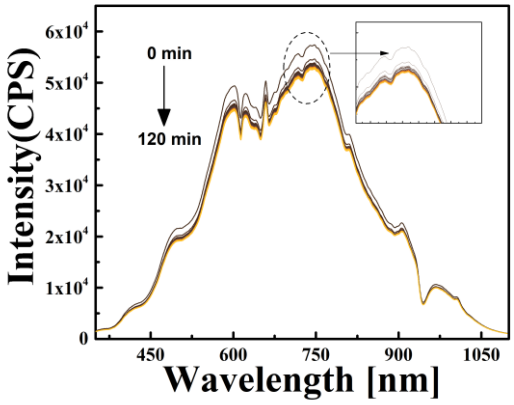
شکل ۳: چیدمان استفاده شده برای اندازه گیری و ثبت طیف ها.

نتایج آزمایش

در ابتدا پایداری منبع نور مورد استفاده بررسی شد، که در نتیجه آن دریافتیم بعد از گذشت ۴۰ دقیقه از روشن ماندن لامپ هالوژن تنگستن به حالت پایدار خود می‌رسد. شکل۴ پایداری لامپ استفاده شده را برای دو ساعت نشان می‌دهد

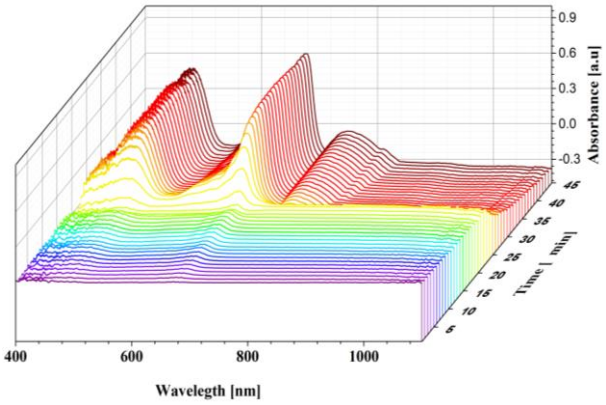
[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-18]

که هر دو دقیقه یک طیف ثبت شد و در ناحیه زرد رنگ بعد از ۴۰ دقیقه به حالت پایدار خود رسید. برای همه طیف‌های ثبت شده لامپ به مدت ۴۰ دقیقه قبل از اندازه گیری روشن شد تا به پایداری برسد.



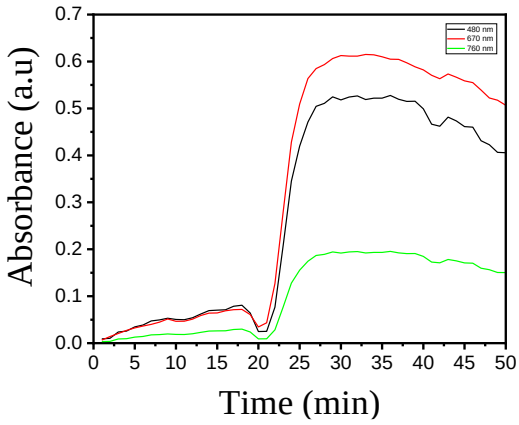
شکل ۴: طیف پایداری لامپ هالوژن تنگستن به مدت دو ساعت و ثبت هر دو دقیقه یک طیف.

بعد از آماده سازی چیدمان و فراگرفتن برگ مورد نظر در ستاپ شروع به ثبت طیف‌ها کردیم. طیف سنج را تنظیم کردیم که در هر یک دقیقه یک طیف برای ما ثبت کند. ده دقیقه اول بدون تغییر در شرایط اندازه‌گیری طیف‌ها ثبت شد و بعد از گذشت ده دقیقه ۳۰۰ میلی لیتر آب به گلدان اضافه شد، تغییرات جذب اتفاق افتاده برگ بوته در شکل۵ ترسیم شده است.



شکل ۵: طیف جذب ثبت شده در زمان با فاصله زمانی یک دقیقه

لازم به ذکر است محل ثبت طیف‌ها را با فویل آلومینیومی تا حد امکان پوشاندیم تا نویز محیط به حداقل برسد. همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، بعد از اینکه آب به گلدان اضافه می‌شود ده دقیقه طول می‌کشد که آب از طریق ریشه جذب و به برگ برسد. به محض اینکه آب به برگ می‌رسد با فراهم شدن شرایط فوتوسنتز و کلروفیل سازی ما تغییرات جذب را در نواحی خاصی از طیف (۴۸۰، ۶۷۰، ۷۶۰ نانومتر) بصورت قوی‌تر داریم. به طور کلی سبزی گیاهان و برگ درختان به دلیل وجود رنگینه‌های سبز رنگ گروه کلروفیل (کلروفیل a و کلروفیل b) می‌باشد. در عملیات فوتوسنتز این رنگینه‌ها هستند که نور خورشید را جذب می‌کنند و انرژی لازم برای انجام واکنش گاز دی اکسید کربن با آب را فراهم می‌کند[۳]. شکل ۶ تغییرات جذب در واحد زمان را برای طول موج های ۴۸۰ ، ۶۷۰ و ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد.

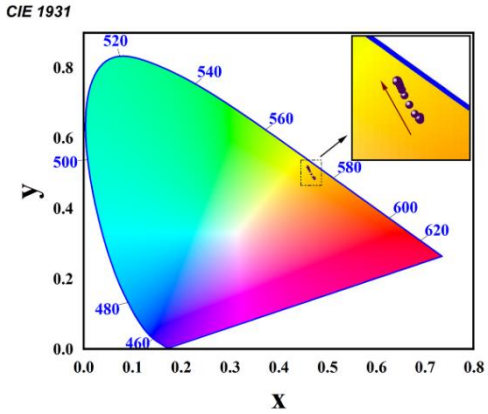


شکل ۶: نمودار تغییرات جذب در واحد زمان برای طول موج‌های ۴۸۰، ۶۷۰ و ۷۶۰ نانومتر.

برای تایید این فرآیند تست رنگ سنجی نیز انجام شد. در شکل ۷ می‌بینیم که رنگ حاصل از این فرآیند نیز تغییرات رنگ به سمت رنگ سبز را نشان می‌دهد، که بیانگر افزایش کلروفیل سازی با وارد شدن آب به برگ می‌باشد. در اینجا چون از ستاپ عبوری برای رنگ سنجی استفاده شده، طیف

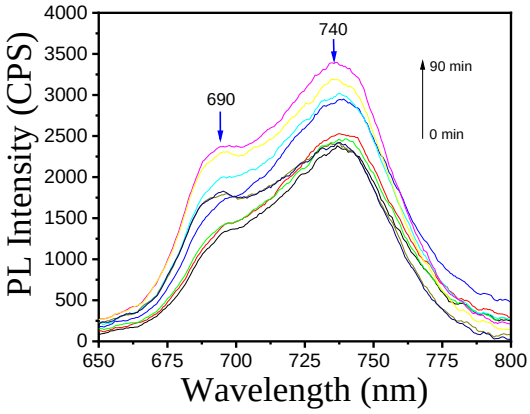
[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-18]

لامپ هالوژن عبوری با جذب و PL حاصل از برگ به عنوان رفرنس انتخاب شده است.



شکل ۷: نمودار تغییرات رنگ فرآیند رسیدن آب به برگ و کلروفیل سازی.

همچنین تست PL (photoluminescence) نیز برای این فرآیند انجام شد. برای این کار از LED فرابنفش با طول موج ۳۶۰ نانومتر برای تحریک استفاده شد و تغییرات PL در واحد زمان ثبت گردید نتایج آن در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: طیف تغییرات PL در واحد زمان با تحریک LED فرابنفش با طول موج ۳۶۰ نانومتر.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص گردید با بهره‌گیری از مشخصات طیفی برگ گیاه می‌توان بصورت غیر تهاجمی محتوای آب گیاه را پیش بینی و پایش کرد. در این روش اگر چه گیاهان با هم تفاوت دارند ولی رفتارشان مشابه یکدیگر بوده و با وارد شدن آب به بافت گیاه از طریق مشخصات طیفی قابل پایش می‌باشد. این روش با توجه به سادگی و غیرتهاجمی بودن و هزینه پایین می‌تواند به عنوان جایگزین و یا مکمل سایر روش‌های مرسوم برای پایش محتوای آب برگ گیاهان برای هوشمند سازی آبیاری در گلخانه‌ها باشد که در بازه زمانی کم و با دقت بالا مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از مدیریت گلخانه آلاء سرکار خانم دکتر سیمه طاهری به جهت تهیه، مشاوره نگهداری و تغذیه بوته‌های استفاده شده در این پژوهش سپاس فراوان داریم.

مرجع‌ها

[۱] Q. Zhang, Q.Li, G Zhang, "*Rapid determination of leaf water content using VIS/NIR spectroscopy analysis with wavelength selection*." Spectroscopy: An International Journal ۲۷,۲, ۲۰۱۲.

[۲] H. Wang, J. peng, C. Xie, Y. Bao, Y. He, "*Fruit quality evaluation using spectroscopy technology: a review*." *Sensors* ۱۵,۵, ۲۰۱۵.

[۳] L. Taiz, E Zeiger, *Plant physiology and development*. No. Ed. ٦. Sinauer Associates Incorporated, ۲۰۱۵.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-12-18]