تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی روی گیاهان بوسیله تکنولوژی تصویربرداری گرمایی

عاطفه آخوندزادگان[1]، محمودرضا گلزاریان [2*]

[1]دانشجوی دکترای گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی؛atefeakhoondzade@gmail.com
[2]استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی؛ m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

در سال‌های اخیر توسعه تکنولوژی در کشاورزی به هدف حفظ کیفیت محصولات و کاهش ضایعات بوده است. در همین راستا مدیریت مزرعه تلاش می‌کند برای جبران کمبود نیروی انسانی متخصص، از جمله نبود نیروی ماهر برای تشخیص بیماری ها و تنش‌های گیاهی، از روش‌های نوین استفاده کند. یکی از روش‌های جایگزین استفاده از تکنولوژی تصویربرداری و بینایی ماشین است. در این مطالعه به مرور کوتاهی بر کاربرد تصاویر گرمایی در تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی روی گیاهان پرداخته شده است. سپس به پتانسیل این تکنولوژی برای بیماری‌های ریشه‌ای و کمبود مواد غذایی، که در سوخت و ساز برگ ها تاثیر گذارند نیز اشاره شده است.

کلمات کلیدی: برگ، تنش محیطی و بیولوژیکی، تصویربرداری گرمایی، تشخیص

Identification of Environmental and Biological plant stress by thermography technique

Atefe Akhoundzadegan [1], Mahmoodreza Golzarian [2*]
Phd student of agricultural machinery, Professor Assistance in Ferdowsi University,
m.golzarian@um.ac.ir *

ABSTRACT

In recent years, the main goal of technology development in agriculture was keeping product quality and reducing waste. According to this aim, the farm management is trying to use modern methods to retrieve the shortage of specialized human source, like specialized worker for diagnosis plant stress and diseases. Thermography and machine vision are kinds of these new methods. This study is a brief review on using thermography in order to identify environmental and biological plant stress. Then it is also referred to the potential of this technology to identify root diseases and food deficiency, which is effective on leaf metabolism.

Keywords: leaf, environmental and biological stress, thermography, identification.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر شاهد پیشرفت تکنولوژی بوده‌ایم که از هر جنبه‌ای زندگی را آسانتر و سریعتر نموده است و توسعه آن در رشته‌های متفاوت، آن را به جزئی جدایی‌ناپذیر از زندگی روزمره تبدیل می‌نماید. در کشورهای توسعه یافته کشاورزان از روش‌های جدید برای صرفه‌جویی در زمان و هزینه کارگری استفاده می‌کنند. یکی از این روش های جدید گرمانگاری است. گرمانگاری می‌تواند درجه حرارت را که تغییرات نرخ گرم یا سرد شدن جسم در مواردی که حتی بسته به ترکیبات بیوشیمیایی و واکنشهای صورت گرفته در یک جسم است، بدون تماس فیزیکی، نقشه‌بندی کند. تصویربرداری گرمایی در کشاورزی در سال‌های اخیر کاربرد فراوانی داشته است. از دیگر کاربردهای این روش تصویربرداری در کشاورزی، شامل مانیتور کردن گلخانه، برنامه‌ریزی آبیاری، تشخیص شوری خاک، تشخیص پاتوژن‌ها و بیماری‌ها، تخمین عملکرد، ارزیابی رسیدگی و تشخیص لهیدگی و تشخیص مواد خارجی در عملیات پس از برداشت است.

* محمودرضا گلزاریان، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. m.golzarian@um.ac.ir

۲- معرفی فناوری گرمانگاری

تشعشع مادون قرمز توسط یک جسم در مورد وضعیت گرمایی آن جسم اطلاعات خاصی را ارائه می‌دهد. در تصویربرداری گرمایی در واقع تصویری که مشاهده می‌شود ماتریسی دمایی است، که درجه حرارت چندین هزار نقطه از جسم را در خود جای داده است. گرمانگار دماسنجی است که از روی تشعشعات دما را می‌سنجد این ماتریس‌های دمایی پس از پردازش شدن توسط سیستم‌های مناسب به تصاویر رنگی با کالرمپ‌های مختلف تبدیل می‌شوند. به دلیل این که رنگ‌های به کار رفته در تصاویر گرمایی کاذب هستند، تصاویر گرمایی بدون راهنما بی‌معنی است؛ نتایج مذکور برای مانیتور و کنترل پارامترهای مشخص کاربرد دارد (Akhoundzadegan et al.,2016). دوربین‌های گرمانگار در طول موج ۸ تا ۱۴ میکرومتر اطلاعات را دریافت و برای ما قابل درک می‌کنند (Vadivambal and Jayas.,2011).

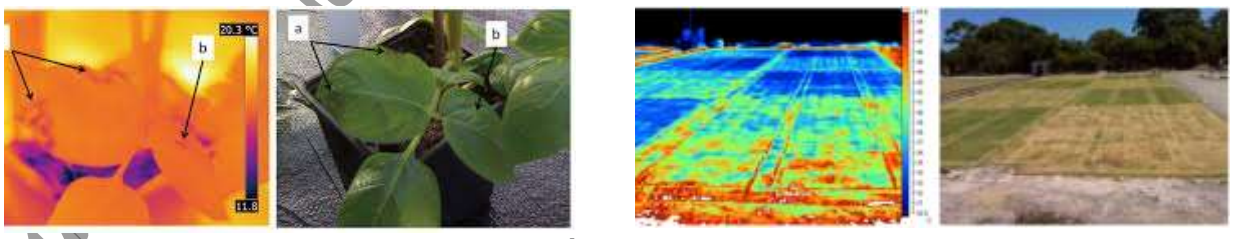
گرمانگاری به دو صورت فعال و غیر فعال انجام می‌شود. تصویر برداری بعد از شوک گرمایی، گرمانگاری فعال است (Manickavasagan et al.,2005). در اکثر کارهای پزشکی و دامپزشکی از گرمانگاری غیرفعال استفاده می‌شود(http://www.publish.csiro.au) . در بعضی کارها که اختلاف دما بین زمینه و نمونه خیلی کم است، مانند برگ و محیط اطرافش که تقریبا هم دماست، ولی نحوه رفتار آن نسبت به انرژی که گرفته و تعادلی که می‌خواهد به آن برسد متفاوت است از گرمانگاری فعال استفاده می‌شود. به عنوان مثال، برگ سبز و کاغذ سبز که هر دو از لحاظ رنگ در دامنه مرئی طیف الکترومغناطیس، سبز هستند و دمای یکسان دارند چون با دمای محیط به تعادل رسیده‌اند ولی بعد از شوک گرمایی به برگ و کاغذ رفتار گرمایی‌شان باهم متفاوت خواهد بود، چون برگ، دارای بافت زنده و رطوبت است و رفتار و گرادیان گرمایی متفاوتی را بعد از دریافت شوک گرمایی نسبت به کاغذ که این بافت زنده و رطوبت را ندارد از خود نشان می دهد.

برای به‌دست آوردن میزان تغییرات طیف بازتابیده شده و ثبت شده در یک ناحیه از تصویر (مرئی یا گرمایی) از پارامترهای آماری مانند میانگین، انحراف از معیار، ممان سوم ، ممان چهارم آنتروپی، همواری و همگنی می‌باشند که این پارامترها، از هیستوگرام تصویر استخراج می‌شوند استفاده می‌گردد (Golzarian et al., 2014). برای استخراج اطلاعات مهم از تصاویر حرارتی، علاوه بر استفاده از ویژگی‌های آماری نام برده شده اختلاف دما، بیشترین وکمترین دما، نیز به‌کار می‌رود.

تفاوت گرمانگاری فعال و غیرفعال این است که گرمانگاری فعال منبع بیرونی دارد و در اکثر موارد در کشاورزی از گرمانگاری فعال استفاده می شود (Manickavasagan et al.,2005).

بر خلاف گرمانگاری غیر فعال، در گرمانگاری فعال زمان به عنوان پارامتری برای تشخیص بهتر رفتار گرمایی شی بعد از شوک دمایی، اهمیت دارد. اگر هدف از گرمانگاری بدست آوردن دماهای مطلق سطح باشد، دانستن ضریب گسیلندگی سطح جسم نیز حائز اهمیت است. ضریب گسیلندگی در واقع نشان دهنده درصدی از میزان انرژی دریافتی سطح است که به صورت تشعشع از دست می‌دهد (Kheiralipour.,2011).

توسعه سیستم‌های قابل حمل گرمانگاری عاملی برای تحقیقات گرمانگاری در دو مقیاس مزرعه‌ای و گلخانه‌ای است. از گرمانگاری برای بررسی برنامه آبیاری در مزرعه و تشخیص سوختگی در برگ سیب‌زمینی در گلخانه استفاده شده است(Prashar.,2014). از کاربردهای دیگر گرمانگاری در کشاورزی، می‌توان به مواردی همچون کنترل کیفی محصولات کشاورزی و تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی روی گیاهان اشاره کرد (Prashar., 2014;Dusti.,2014).



d c

Figure 1. c) Irrigating stress illustrated warmer by thermography, d) potato late blight detection illustrated by using of thermography.

شکل۱: (c) مزرعه تحت تنش ابیاری – قسمتی که در تصویر معادل گرمایی قرمز تر است، گرمتر است و تنش خشکی در گیاهان را نشان می دهد شکل(d) تصویر مرئی و گرمایی بادزدگی در سیب زمینی را نشان داده است.

کشاورزی دقیق روی ابزاری برای نظارت، کمک و کنترل اقدامات کشاورزی در مرحله تولید و پس از تولید تمرکز دارد. این اقدامات با هدف حداکثر کردن سود، مصرف منطقی نهاده‌ها و حداقل کردن آسیب‌رسانی به محیط صورت می‌گیرد.

مسئله مجهز کردن کشاورز با اطلاعاتی که در دسترس باشند و تکنولوژی‌های کنترلی برای کشاورزی دقیق، چالش برانگیز است. بیماری‌های

گیاهی از اصول مهم مورد بررسی در کشاورزی دقیق است که موجب کاهش کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی می‌شود (Deshpande et al., 2014).

۳- مروری بر کاربرد گرمانگاری برای تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی

در این مطالعه، مروری کوتاه بر شناسایی تنش‌های مختلف محیطی و بیولوژیکی مروری انجام شده است که این تنش‌ها اثر خودشان را روی مکانیزم روزنه‌های سطح برگ می‌گذارند. شکل ۲ نمایانگر این مسئله است که گیاه برای مقابله با تنش‌ها و تنظیم درجه حرارت روزنه‌ها، را باز یا بسته نگه می‌دارد.

Figure 2. Metabolism of leaf facing stress

شکل۲ : مکانیزم عملکرد برگ در مقابله با تنش

در مطالعه‌ای صرف نظر از شرایط محیطی، حداکثر اختلاف درجه حرارت در برگ سالم و آلوده مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۳ حداکثر اختلاف درجه حرارت در برگ سالم، طی آزمایش، تغییرات زیادی نکرد (Oerke., 2005).

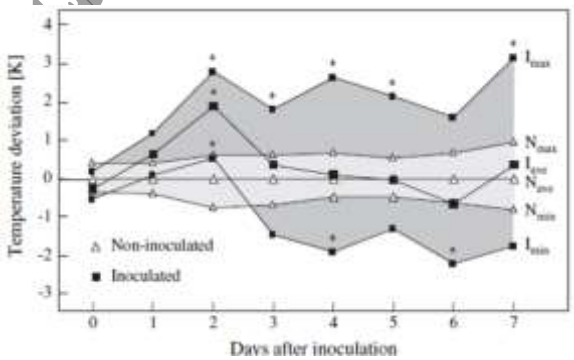


Figure 3.Maximum tempreture difference of non-inoculated and inoculated leaves

شکل ۳ : حداکثر اختلاف درجه حرارت در برگ سالم و آلوده(Luzi.,2013)

در گزارشی برای تخمین درجه حرارت برگ از تصویربرداری گرمایی استفاده شده است (http://www.publish.csiro.au)(شکل ۴).

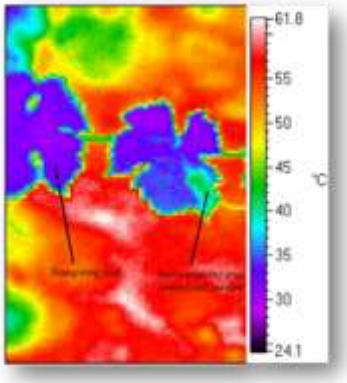


Figure 4. Using thermography to estimate leaf temperature.

شکل ۴: روزنه‌های قسمتی از سطح برگ به صورت مصنوعی با وازلین بسته شدند و از برگ‌ها تصاویر گرمایی تهیه شده است. در قسمت‌هایی که روزنه بسته شده بود، درجه حرارت بالاتری نشان داده شد. وقتی روزنه‌ها باز هستند، برگ درجه حرارت پایین‌تری را نشان می‌دهد (http://www.publish.csiro.au).

از گرمانگاری در مطالعات زیادی برای تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی استفاده شده است (Oerke.,2006; Awad.,2014; Perring et al.,2001; Chaerle et al.,1999). در جدول ۱ تعدادی از این مطالعات به صورت خلاصه آورده شده است.

Table 1. Review on identification of envinromental and biological stress using thermography.

جدول ۱ – مروری بر تشخیص تنش‌های محیطی و بیولوژیکی بوسیله گرمانگاری

گیاه و تنش محیطی یا بیولوژیکی	برگ انگور و تنش خشکی	برگ تنباکو و بیماری ویروسی موزائیک تنباکو	برگ خیارسبز و بیماری قارچی کپک برفکی	بوته گندم و بیماری قارچی کپک پودری
گرمانگار	(IR Snapshot 525, Infrared Solutions , Minnesota)	(Agema THV900LW; FSI, Portland, OR, USA)	VARIUSCAN 3201 ST(Jenoptic Laser, Jena, Germany)	Varioscan™ 3021-ST (Jenoptik Technologie GmbH
وضوح دمایی	۰/۱ درجه سانتیگراد	۰/۱ درجه سانتیگراد	۰/۰۳ درجه سانتیگراد	۰/۰۳ درجه سانتیگراد
محل جمع آوری اطلاعات	گلخانه	اتاقک کنترل شده	گلخانه با شرایط متفاوت دمایی و رطوبتی	گلخانه
نوع گرمانگاری	غیر فعال	فعال	غیر فعال	غیر فعال
درجه حرارت و رطوبت نسبی	۲۵ درجه سانتیگراد ۵۰ درصد	۲۴ ساعت در دمای ۳۲ درجه و انتقال به دمای اتاق- ۶۰درصد	۲۶-۲۱-۱۶ درجه سانتیگراد- ۶۰-۸۰-۹۰ درصد	۲۲درجه سانتیگراد و ۴۷ درصد
ضریب گسیلندگی	۰/۹۵	-	۱ تنظیم شد و درجه حرارت در نرم افزار تصحیح شد.	۰/۹۸

مدت زمان گرمانگاری	بیش از ۳۰ روز	یک روز قبل از آلوده شدن تا ۷ روز	روز آلوده شدن تا ۸ روز	۳۰ روز
زمان تشخیص	دو هفته بعد از تنش خشکی	۶ ساعت بعد از تغییر دما	یک روز قبل از آشکار شدن نشانه‌های ظاهری	یک ساعت بعد از آلوده شدن
زمان آشکار شدن نشانه های ظاهری	-	۸ ساعت بعد از تشخیص بواسطه گرمانگاری	-	۵ روز بعد از آلوده شدن
تیمارها	آبیاری تا ظرفیت مزرعه‌ای-نیمه آبیاری_ یک سوم آبیاری	برگ سالم/برگ بیمار	برگ سالم/برگ بیمار	بوته سالم/بوته بیمار
تاثیر حرارتی	گیاه تحت تنش گرم تر بود.	افزایش درجه حرارت به میزان ۰/۳-۰/۴ درجه سانتیگراد در محل دقیق بیماری.	بعد از چند روز میانگین درجه حرارت گیاهان مریض بین ۰/۲ و ۰/۹ درجه کمتر از گیاهان سالم شد. حداکثر اختلاف درجه حرارت طی بیماری افزایش می یابد	کاهش درجه حرارت

۴- نتایج و بحث

از مزیت‌های استفاده از گرمانگاری برای شناسایی برگ بیمار گیاه می‌توان به آشکار کردن علائم بیماری قبل از آشکار شدن نشانه‌های ظاهری اشاره کرد چرا که برگی با ظاهری سبز و یکدست در تصویر مرئی، ممکن است در تصویر گرمایی نشانه‌های بیماری داشته باشد. این مزیت گرمانگاری در مراحل بعدی ارائه محصول تا رسیدن به دست مصرف کننده، مخصوصا در مورد بیماری‌های مسری، به صورت چشمگیری از هزینه‌ها خواهد کاست.

تشخیص زود هنگام بیماری و سلامتی محصول مانند کنترل هدفدار در راستای کاربرد قارچ‌کش‌ها، نهاده‌های شیمیایی جهت کنترل بیماری‌ها و کاربرد آفت کش‌ها، فرد را به سمت مدیریت مناسب یاری می‌کند و تولید را بارور می‌کند. تشخیص زود هنگام بیماری‌ها به کاهش تلفات کمک می‌کند و انتشار بیشتر بیماری را متوقف می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به انجام شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بسیاری از بیماری‌ها و تنش‌ها در برگ گیاهان اختلاف دمایی را که ایجاد می‌کنند بواسطه رفتار روزنه‌های سطح برگ است. با بررسی درجه حرارت برگ‌ها که وضعیت روزنه‌ها را نشان می‌دهد، سایر تنش‌ها نیز قابل تشخیص هستند و گرمانگاری می‌تواند به عنوان ابزاری برای تشخیص زود به هنگام تنش‌های بیولوژیکی و محیطی بکار گرفته شود.

از طرفی، به نظر می‌رسد که حتی بیماری‌های ریشه‌ای و کمبود مواد غذایی هم که در سوخت و ساز برگ‌ها تاثیر دارند نیز با گرمانگاری قابل تشخیص باشند، لذا امکان سنجی این مسائل بواسطه گرمانگاری پیشنهاد می‌شود.

۶- تقدیر و تشکر

سپاسگزارم از استاد گرامی، جناب آقای دکتر گلزاریان، که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند.

کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۷- مراجع

Akhoundzadegan, A., Golzarian, M., Emadi, B. (2016). Application of Thermal Imaging in Agriculture, 3nd national conference on new findings in environment and agricultural ecosystems, Tehran University. (Persian)

Vadivambal, R., and Jayas, D. S. (2011) .Applications of thermal imaging in agriculture and food industry—a review. Food and Bioprocess Technology, 4(2): 186-199.

Manickavasagan, A., Jayas, D. S., White, N. D., and Paliwal, J. (2005). Applications of Thermal Imaging in Agriculture–A Review. The Canadian society for engineering in agriculture, food and biological systems, paper: 05-002.

Golzarian, M., Kazemi, F., Haji Abulhasani, Z. (2014). *Image processing from basic to performance by matlab software* (first Edition ed. Vol. 1): Ferdowsi university of Mashhad, Iran. (Persian)

Kheiralipour K. (2011). Implementing and constructing a pistachio fungal contamination detection system based on the technology of thermal and image processing. Phd thesis. (Persian)

Prashar A, Jones HG. (2014). Infrared thermography as a high-throughput tool for field phenotyping. Agronomy 4:397-41.

Dusti, O. (2011). Development of a computer vision system for mechanical damage of apples at harvest both visible and near-infrared spectrum. Thesis of Master of Science, Ferdowsi university of Mashhad. (Persian)

Deshpande, T., Sengupta, S., Raghuvanshi, K., and Deshpande, T. (2014). Grading and identification of disease in pomegranate leaf and fruit. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 5(3): 4638-4645.

Oerke E-C, Steiner U, Dehne H-W, Lindenthal M. (2006). Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions. Experimental Botany 57:2121–2132.

Luzi, F., Mitchell, M., Nanni Costa, L., and Redaelli, V. (2013). Thermography current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e zootecniche.

Awad YM, Abdullah AA, Bayoumi TY, Abd-Elsalam K, Hassanien AE.(2014). Early detection of powdery mildew disease in wheat (Triticum aestivum L.) using thermal imaging technique. 323:755-765.

Perring T, Farrar C, Blua M. (2001). Proximity to citrus influences Pierce's disease in Temecula Valley vineyards. Calif Agr 55(4):13-18. DOI: 10.3733/ca.v055n04p13.

Chaerle L, Van Caeneghem W, Messens E, Lambers H, Van Montagu M, Van Der Straeten D. (1999) Presymptomatic visualization of plant–virus interactions by thermography. Nature Biotechnology 17:813-816.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران