بررسی اثر سم مالاتیون بر دمای گوجه‌فرنگی

نعیمه غلامرضایی [1,*]، کاظم جعفری نعیمی [2]، کمال احمدی [3]، مجتبی برخورداری یزدی [4]، حدیث محسنی [5]

1. دانشجوی دکترا، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران (ngholamrezaei@agr.uk.ac.ir)
2. استادیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران (jafarinaeimi@uk.ac.ir)
3. استادیار، گروه مهندسی گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
4. استادیار، گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
5. استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

استفاده بیش از حد از آفت کش ها در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یک عامل خطر برای سلامتی انسان و آلودگی محیط زیست مطرح می باشد. هدف از این تحقیق، بررسی ارزیابی یک سیستم تصویربرداری حرارتی است که به‌عنوان یک روش جدید، سریع و آنلاین، سم استفاده شده در گوجه را شناسایی کرده و گوجه سم‌زده و سم‌نزده را از هم تفکیک می کند. در این مطالعه از یک دوربین حرارتی فلیر وان که به‌وسیله‌ی یک micro-USB به موبایل متصل شد، جهت تصویربرداری حرارتی استفاده شد. برای تهیه تصاویر مورد نیاز، از گوجه‌های تولیدی استان کرمان استفاده شد. از گوجه‌های شاهد و سم زده تصویربرداری شد. مطالعه‌ی حاضر بر روی گوجه‌فرنگی نشان داد که در فاصله‌ی 24 ساعت پس از پاشش، تفاوت بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. علاوه بر این تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده در 30 درجه سانتی گراد در نقاط جنوبی (SP) گوجه در هر سه فاصله‌ی تصویربرداری (یک ساعت، 24 ساعت و 48 ساعت) وجود دارد. بنابراین 24 ساعت بعد از پاشش و دمای 30 درجه سانتی گراد، زمان و دمای بهینه جهت حرارت دادن به گوجه و تشخیص سم مالاتیون می‌باشد.

کلمات کلیدی: *آفت کش، تصاویر حرارتی، دوربین مادون قرمز، گوجه‌فرنگی.*

*نویسنده مسئول: ngholamrezaei@agr.uk.ac.ir

بررسی اثر سم مالاتیون بر دمای گوجه‌فرنگی

مقدمه

امروزه با توجه به رشد دائمی جمعیت جهان و تقاضای روز افزون به محصولات غذائی، ضرورت کشاورزی مکانیزه و مدرن بیش از پیش نمایان می‌شود. با توجه به این افزایش تقاضا و از بین رفتن مرزهای تجاری در سال‌های اخیر، شاهد حجم بالای مبادلات محصولات غذائی در جهان بوده‌ایم. از طرفی بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته مانند ژاپن و اتحادیه اروپا به‌منظور برآورده کردن تقاضای مردم، استانداردهای سطح بالایی مربوط به کیفیت و سلامتی محصولات غذائی وارداتی تعریف کرده‌اند، لذا برای تسخیر بازار جهانی و رقابت با دیگر کشورها در صادر کردن محصولات باید در جهت پذیرش و توسعه بیشتر تکنولوژی پس از برداشت گام برداشت.

در طی پنجاه سال گذشته، آفت‌کش‌ها جزء ضروری دنیای کشاورزی بوده‌اند. گرچه تقاضا برای تولید و توزیع آفت‌کش که باعث افزایش بهبود کیفیت و کارایی کشاورزی می‌شود محرز است. ولی احتمال به‌کارگیری نابجا و غیرمعقول، بسیار زیاد می‌باشد. یکی از مهم‌ترین نکات سازمان بهداشت جهانی، مسأله آفت‌کش‌ها می‌باشد. افزایش جمعیت و به‌دنبال آن افزایش مصرف مواد غذایی، به‌ویژه محصولات کشاورزی، کشاورزان را بر آن داشته است که میزان محصولات خود را افزایش دهند. افزایش کشت محصولات، متعاقبا افزایش سموم آفت‌کش را به‌همراه داشته است. به‌دلیل بی‌توجهی کشاورزان در مصرف سموم، ریزش‌های جوی و چندین عامل دیگر، سموم کشاورزی وارد آب رودخانه‌ها و دریاها می‌شوند[1].

گوجه‌فرنگی (نام علمی: Solanum Lycopersicum) بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است که طی دوره‌ی استعماری اسپانیا به سایر نقاط جهان منتقل شد. این میوه امروزه به روش‌های مختلفی، به طور خام یا به‌عنوان یکی از مواد لازم برای تهیه‌ی غذا، انواع سس و نوشیدنی مصرف می‌شود و بخش مهمی از رژیم غذایی مردم بسیاری از کشورها را تشکیل می‌دهد. کشت و پرورش این گیاه به طور کلی، مساحتی حدود سه میلیون هکتار را به‌خود اختصاص داده است، که نزدیک یک سوم کل مساحت مختص به کشت تره‌بار در جهان است. آمار تولید گوجه در ایران 400-300 تن در هکتار است. این آمار در دنیا 800-700 تن در هکتار است. بهترین pH خاک برای کشت گوجه‌فرنگی 8/6-5/5 است و بهترین درجه حرارت برای جوانه‌زنی°C30-25 و برای رشد و گلدهی گوجه‌فرنگی در روز °C25-21 و در شب °C19-17 است [2].

سلامت غذایی همواره به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یاد می‌شود و برای پیشبرد این شاخص تلاش‌های مختلفی صورت گرفته است. اما در این میان، استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی در بخش کشاورزی موجب شده است موجی از نگرانی درباره سلامت غذایی در جامعه شکل گیرد. به این دلیل در زمینه‌ی کشاورزی یکی از مهم‌ترین گام‌هایی که باید برداشته شود، کنترل فرآیند تولید و کیفیت محصولات تولید شده است.

سازمان بهداشت جهانی (who) مورد بقایای آفتکش‌ها یک حد آستانه قابل تحمل از باقی‌مانده را به (Maximum Residue Limits = MRLs) سموم عنوان یک معیار ارائه کرده است. این معیار به صورت غلظت سم بر حسب mg/kg در وزن میوه و سبزیجات تازه بیان می‌شود و محصولاتی که غلظت سم آن‌ها بالاتر از این حد باشد غیر قابل مصرف می باشند [5] [7].

در راستای کنترل کیفیت محصولات کشاورزی (اندازه‌گیری سموم شیمیایی) از برخی از روش‌های شیمیایی مانند تیتراسیون، کراماتوگرافی مایع با کارایی بالا [8] اسپکتروفتومتری [2] روش میکروکجدال و آیون سلکتیو استفاده می‌شود که این روش‌ها وقت‌گیر و پر هزینه هستند.

در گذشته اندازه‌گیری درجه حرارت در کشاورزی و صنایع غذایی با ابزار متداولی چون ترمومترها، ترموکوپل‌ها و شناساگرهای مقاومتی حرارتی (Resistance Temperature Detector) انجام می‌شد. این ابزارها تنها درجه حرارت را در نقطه خاصی مشخص می‌کند و

اکثر آن‌ها نیازمند تماس فیزیکی با ماده مورد نظر هستند، در حالی که 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، نقشه-بندی کند [9] . تصویربرداری گرمایی در کشاورزی در سال‌های اخیر کاربرد فراوانی داشته است. از دیگر کاربردهای این روش تصویربرداری در کشاورزی شامل مانیتور کردن گلخانه، برنامه ریزی آبیاری، تشخیص شوری خاک، تشخیص پاتوژن‌ها و بیماری‌ها، تخمین عملکرد، ارزیابی رسیدگی و تشخیص کوبیدگی و تشخیص مواد خارجی در عملیات پس از برداشت می‌باشد [4] . تصاویر گرمایی مادون قرمز در مواردی مثل مشاهدات میکروسکوپی تا کنترل از راه دور هم به‌کار گرفته شده است [1] .

واریث و همکاران، در مرحله پس از برداشت تصویربرداری گرمایی را برای شناسایی کوبیدگی در سیب به‌کارگرفتند و دریافتند که 100 درصد کوبیدگی سیب‌های فوجی و مک‌اینتاش[1] انبار شده در 3 درجه‌ی سلسیوس و هوای گرم 26 درجه‌ی سلسیوس در 180 ثانیه رخ داده است. تفاوت‌هایی در درجه حرارت پاسخ، موجب تفاوت محتوای گرمایی بین بافت کوبیده شده آزمایشی شد و پس از مشاهده تفاوت درجه حرارت بین بافت کوبیده‌شده آزمایشی تحت شرایط یکنواخت، مشخص شد که شناسایی کوبیدگی به تفاوت درگرمای منتشر شده بستگی دارد و به‌تفاوت در ضریب تابشی گرمایی ارتباطی ندارد. از دیگر نتایج این مطالعه این بود که سیب آسیب دیده از کوبیدگی تقریباً 1 تا 2 درجه‌ی سلسیوس سردتر از بافت سالم است، با توجه به این حقیقت که قطعاً کوبیدگی آرام‌تر از بافت سالم گرم می‌شود، به این نکته دست یافتند که گرمای منتشر شده آلفا در کوبیدگی بالاتر از بافت سالم است. که گرمای منتشر شده با آلفای بالاتر کوبیدگی می‌تواند گرما را سریعتر از اطراف بافت سالم، از بیرون سیب به داخل بافت سالم انتقال دهد، که موجب سطح پایینتر درجه حرارت در کوبیدگی نسبت به بافت سالم می‌شود[10] .

از دیگر موارد کاربرد تصویربرداری گرمایی در عملیات پس از برداشت، تشخیص پوسته برنج می‌باشد. شناسایی مناسب برای جداسازی بین دانه و پوسته در 25 ثانیه حاصل می‌شود. این روش برای شناسایی پوسته، با 100 درصد نرخ موفقیت، برای 20 درصد و 40 درصد و 98/33 درصد برای 60 درصد و 97/67 درصد برای 100 درصد پوسته، درحالی‌که 94/33 درصد برای 100 درصد دانه‌ها قابل استفاده است [6] .

هدف از این تحقیق، بررسی ارزیابی یک سیستم تصویربرداری حرارتی است که به‌عنوان یک روش جدید، سریع و آنلاین ، سم استفاده شده در گوجه را شناسایی کرده و گوجه سم‌زده و شاهد را از هم تفکیک می‌کند.

مواد و روش‌ها

ساخت سامانه تصویربرداری

گجت حرارتی یک تصویرساز گرمایی است که به موبایل متصل شده و امکان نمایش تفاوت درجه حرارت در رنگ‌های مختلف بر روی صفحه نمایش موبایل را دارد. دوربین حرارتی استفاده شده در این تحقیق برای اخذ تصویر، فلیر وان (FLIR ONE^{TM}) بود که به‌وسیله‌ی یک micro-USB به موبایل سامسونگ (Galaxy J_2) متصل شد. بازه‌ی طول موج این دوربین 12-8 میکرومتر، محدوده‌ی اندازه‌گیری دما 120 تا 20- درجه‌ی سلسیوس، حاوی دوربین دیجیتال برای ثبت تصاویر واقعی با وضوح 640 در 480 پیکسل، امکان نمایش مکان و مقدار دمای مینیمم و ماکسیمم تصویر و وضوح حرارتی این دوربین 160 در 120 می‌باشد. برطبق تحقیقات انجام شده بر روی میوه‌جات و سبزیجات، ضریب انتشار حرارتی (ε) برای دوربین حرارتی 0/95 تنظیم شد [3] . جهت تصویربرداری از یک جعبه ام

1 Fuji and McIntosh

دی اف استفاده شد که ابعاد این جعبه 60 ×60×60 سانتی‌متر بود. طبقه‌ای در ارتفاع 21 سانتی‌متری از سقف جعبه قرار داده شد تا نمونه‌ها جهت تصویربرداری روی آن قرار گیرند. در این تحقیق از 4 لامپ، جهت گرم کردن نمونه‌های درون جعبه استفاده شد شکل (1).

شکل (1). سامانه تصویربرداری حرارتی

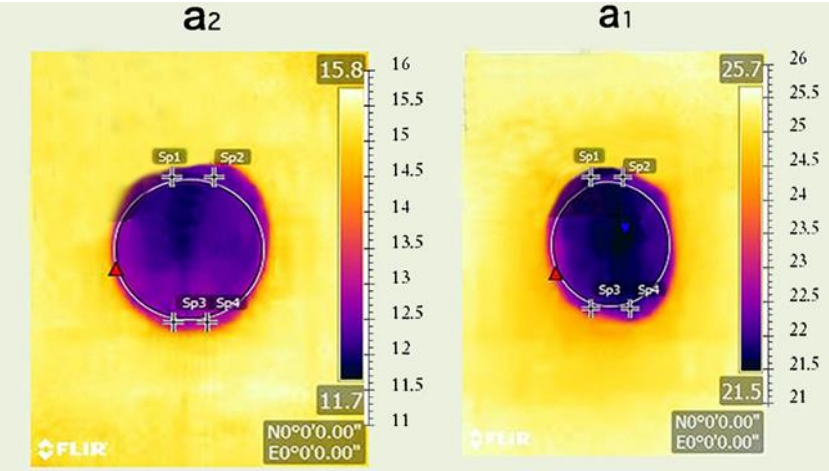
آماده‌سازی نمونه‌ها

برای تهیه تصاویر مورد نیاز، از گوجه‌های تولیدی استان کرمان استفاده شد. گوجه‌های تهیه شده در اندازه و وزن یکسان، در یخچال بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی در دمای 1±4 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. 4 گوجه که با آب اسپری شده بود به‌عنوان شاهد و 4 گوجه که با سم مالاتیون با غلظت (1000 ppm) سم‌پاشی شده بود به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شد. سم پاشی و آب پاشی قبل از برش صورت گرفت. یک ساعت بعد 8 گوجه را به صورت طولی برش زدیم. یک قسمت از هر گوجه را به‌صورتی زیر لنز دوربین قرار دادیم که قسمت مسطح گوجه به سمت دوربین باشد. بعد از یک ساعت در سه دمای محیط، 30 و 40 درجه از گوجه‌ها تصویربرداری شد. به فاصله 24 ساعت و 48 ساعت بعد از سم‌پاشی هم در همین دماها از گوجه‌ها تصویربرداری شد. این آزمایش در 4 تکرار انجام شد.

پیش پردازش اولیه تصاویر توسط نرم افزار دوربین حرارتی

پس از تصویربرداری، تصویرهای حرارتی جهت تعیین مکان و مقدار دمای مینیمم و ماکسیمم به نرم افزار دوربین حرارتی داده شدند. سپس جهت تعیین نقاط شمالی (NP^2) و نقاط جنوبی (SP^3), دایره محاط به گوجه رسم شد. از نوار شمالی 10 نقطه دمایی و از نوار جنوبی 10 نقطه دمایی به‌دست آمد شکل (2).

2 North Points
3 South Points



شکل (2). تصاویر حرارتی گوجه‌های سم‌زده (مالاتیون) و گوجه‌های شاهد. a_1) تصویر حرارتی نمونه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد و بعد از یک ساعت آب‌پاشی؛ a_2) تصویر حرارتی نمونه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد و بعد از یک ساعت سم‌پاشی. سانتی‌گراد و بعد از 48 ساعت آب‌پاشی. sp_1 و sp_2 از نوار شمالی و sp_3 و sp_4 از نوار جنوبی هستند.

دمای نقاط شمالی (NP) و نقاط جنوبی (SP) به‌دست آمده از تصاویر حرارتی توسط نرم‌افزار دوربین حرارتی در جدول (1) نشان داده شده است.

جدول (1). دمای به‌دست آمده از تصاویر حرارتی

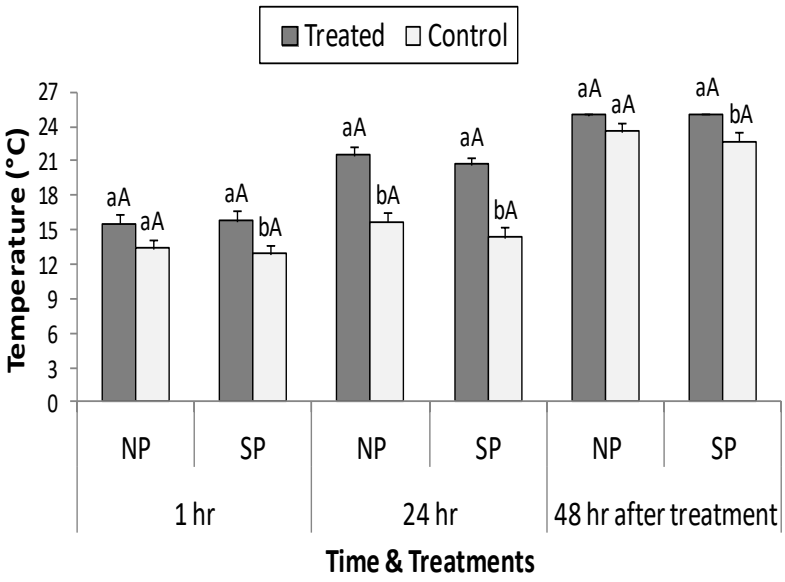
دما (درجه سانتی گراد)	a_1	a_2
SP1	22	12.6
SP2	22.1	12.4
SP3	22.4	13
SP4	22	13.1
Max	22.9	13.1
Min	21.5	11.9
Average	21.9	12.4

آنالیز آماری

تحلیل داده‌ها به‌وسیله‌ی نرم‌افزار استات پلاس ورژن 4.9 2007 انجام شد که در این نرم‌افزار جهت بررسی تأثیر هر یک از پارامترهای مستقل (دما، مدت زمان پاشش سم یا آب و نوع ماده پاشیده شده) با پارامتر وابسته (دمای دوربین حرارتی) از تحلیل واریانس استفاده شد.

تحلیل نتایج

شکل (3) دمای به‌دست آمده از دوربین حرارتی را بین گوجه‌های شاهد (آب‌پاشی‌شده) و گوجه‌های سم‌پاشی‌شده در زمان‌های مختلف بعد از پاشش (یک ساعت، 24 ساعت و 48 ساعت) در نقاط شمالی و نقاط جنوبی گوجه مقایسه می‌کند. دمای محیط 30 درجه سانتی‌گراد است.



شکل (3). مقایسه‌ی میانگین دمای به‌دست آمده توسط دوربین مادون قرمز بین گوجه‌های شاهد و سم‌پاشی‌شده در زمان‌های مختلف بعد از پاشش در نقاط شمالی و جنوبی گوجه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد.

در شکل (3)، به‌طور کلی میانگین دمای به‌دست آمده توسط دوربین حرارتی در طول سه روز برای هر دو نمونه (شاهد و سم زده) افزایش یافته است ولی دمای نمونه‌ی شاهد کمتر از نمونه‌ی سم زده می‌باشد. با توجه به شکل، یک اختلاف معنی‌دار در دمای به‌دست آمده در زمان یک ساعت پس از پاشش در نقاط جنوبی (SP) بین نمونه‌های شاهد و سم زده ($p<0.016$) و اختلاف معنی‌دار دیگری در 48 ساعت پس از پاشش در نقاط جنوبی (SP) بین نمونه‌های شاهد و سم زده ($p<0.0048$) وجود دارد. علاوه بر این در زمان 24 ساعت پس از پاشش هم در نقاط شمالی (NP) و هم در نقاط جنوبی (SP) بین نمونه‌های شاهد و سم زده، اختلاف معنی‌داری در دمای به‌دست آمده ($p<0.001$) مشاهده می‌شود. در شکل (3) حروف کوچک نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری بین گوجه‌های سم‌زده و شاهد در نقاط شمالی (NP) و نقاط جنوبی (SP) می‌باشد. حروف بزرگ نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌داری بین نقاط شمالی (NP) و نقاط جنوبی (SP) در گوجه‌های سم‌زده و شاهد می‌باشد.

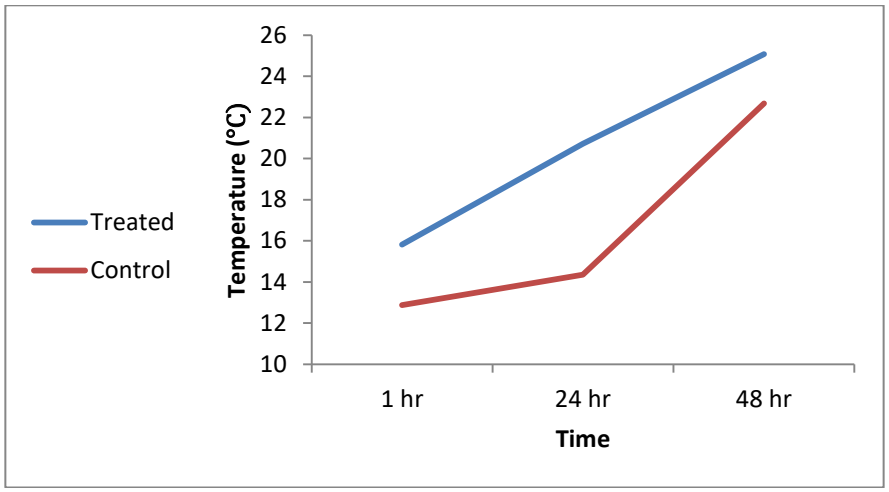
نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی حاضر بر روی گوجه‌فرنگی نشان داد که در فاصله‌ی 24 ساعت پس از پاشش، تفاوت بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. علاوه بر این تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده در 30 درجه سانتی‌گراد در نقاط جنوبی (SP) گوجه در هر سه فاصله‌ی تصویربرداری (یک ساعت، 24 ساعت و 48 ساعت) وجود دارد. بنابراین 24 ساعت بعد از پاشش و دمای 30 درجه سانتی‌گراد، زمان و دمای بهینه جهت حرارت دادن به گوجه و تشخیص سم مالاتیون می‌باشد.

پارامترهای حرارتی مهم در انتقال حرارت که مربوط به آشکارسازی سموم شیمیایی هستند: رسانش حرارتی (α)، هدایت حرارتی (k)، گرمای ویژه (C_p) و انتشار حرارتی (ε). سه پارامتر اول و چگالی (ρ) رابطه‌ی (1) را ارائه می‌دهند [10] .

$$\alpha = \frac{k}{(\rho . C_p)} \qquad (1)$$

در طول آزمایش، دما با گذشت زمان تغییر می‌کند ولی به‌دلیل کم بودن تغییرات دما، شرایط آزمایش را می‌توان شبه استاتیک در نظر گرفت. نمودار (4) نشان می‌هند که در گوجه‌فرنگی با استفاده از عملیات حرارتی، نمونه‌های آلوده به سم (Treated) سریع‌تر از نمونه‌های سالم گرم می‌شوند. این امر به‌دلیل هدایت حرارتی[4] بیشتر نمونه‌های سمی نسبت به نمونه‌های سالم است که در نتیجه افزایش رسانش حرارتی[5] را به‌دنبال دارد.



شکل (4). نرخ افزایش دمای به‌دست آمده توسط دوربین حرارتی در دمای ثابت 30 درجه سانتی‌گراد

منابع

1. خانجانی، م. 1384. آفات سبزی و صیفی ایران، انتشارات اداره انتشارات دانشگاه بوعلی سینا.

4 Thermal conductivity
5 Thermal diffusivity

2. خسروی، س. و توحیدفر، م. 1393. کاهش مصرف سموم کشاورزی و سرطان با کشت محصولات تراریخته، مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی.

3. Chaerle, L. and Van Der Straeten, D. 2000. Imaging techniques and the early detection of plant stress. Trends in plant science. 5: 495-501.
4. Golge, O., and Kabak, B. 2015. Evaluation of QuEChERS sample preparation and liquid chromatography–triple-quadrupole mass spectrometry method for the determination of 109 pesticide residues in tomatoes. Food chemistry. 176: 319-332.
5. Hellebrand, H.J., Beuche, H., Linke, M., Herold, B., and Geyer, M. 2001. Prague: Chances and shortcomings of thermal imaging in the evaluation of horticultural products. International Conference" Physical Methods in Agriculture-Approach to Precision and Quality". pp. 27-30.
6. Manickavasagan, A., Jayas, D. S., White, N. D., and Paliwal, J. 2005. Applications of Thermal Imaging in Agriculture–A Review. Written for presentation at the CSAE/SCGR 2005 Meeting, Winnipeg, Manitoba, paper.
7. Maybury, R.B. 1989. Codex alimentarius approach to pesticide residue standards. J Assoc Anal Chem. May-Jun; 72(3): 538-41.
8. Raza, S. A., Sanchez Silva, V., Prince, G., Clarkson, J. P., and Rajpoot, N. M. 2015. Registration of thermal and visible light images of diseased plants using silhouette extraction in the wavelet domain. Pattern Recognition. 48: 2119-2128.
9. Safi, J.M. 2002. Association between chronic exposure to pesticides and recorded cases of human malignancy in Gaza Governorates (1990-1999). Sci Total Environ. 2002 Feb; 284(1-3): 75-84.
10. Uclés, S., Uclés, A., Lozano, A., Bueno, M.M., and Fernández-Alba, A. 2017. Shifting the paradigm in gas chromatography mass spectrometry pesticide analysis using high resolution accurate mass spectrometry. Journal of Chromatography A. 1501: 107-116.
11. 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.
12. Varith, J., Hyde, G., Baritelle, A., Fellman, J. and Sattabongkot, T. 2003. Non-contact bruise detection in apples by thermal imaging. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 4: 211-218.

Investigation of the Malathion on Temperature of Tomato

Naeimeh Gholamrezaei[1*], Kazem Jafarinaeimi[2], Kamal Ahmadi[3], Mojtaba Barkhordari Yazdi[4] and Hadis Mohseni[5]

1. Department of Biosystems Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
2. Department of Biosystems Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
3. Department of Plant Protection Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
4. Department of Electrical Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman
5. Department of Computer Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract

This study has investigated the potential of thermal imaging technique for the detection of malathion contaminated tomatoes. An infrared thermal system including a thermal camera and halogen lamps was designed to measure the temperature of treated and control samples at different times (1 hour, 24 hours and 48 hours after treatment) at different temperatures (20, 30 and 40°C) of semi-flat and semi-spherical of tomatoes. The results revealed that the best time to evaluate is 24 hours after treatment and differences between control and treated samples on the semi-flat tomatoes in South Points can be measured. The optimum temperatures on the semi-flat tomatoes in the South Points was 30°C.

Key words: IR camera, Pesticide, Thermal image, Tomato.

Naeimeh Gholamrezaei*
E-mail: ngholamrezaei@agr.uk.ac.ir