

بررسی باقیمانده سم مالاتیون بر روی میوه پرتقال

مینا جان احمدی^۱، شهرام صداقت حور^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد کشاورزی، رشته علوم و مهندسی باغبانی، درختان میوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، گیلان، ایران.

^۲ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، استاد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، گیلان، ایران

چکیده

استفاده از آفت‌کش‌ها در کشاورزی مدرن، به‌ویژه در تولید مرکبات، به‌منظور افزایش بهره‌وری و کنترل آفات امری رایج است. با این حال، باقی‌مانده این سموم در محصولات کشاورزی می‌تواند تهدیدی برای سلامت مصرف‌کنندگان باشد. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی میزان باقی‌مانده سم مالاتیون در پرتقال‌های تولیدی شهرستان رضوانشهر و بررسی تفاوت بین باغ‌های سم‌پاشی شده و بدون سم‌پاشی (شاهد) انجام شد. در این پژوهش، نمونه‌برداری از دو باغ سم‌پاشی شده و دو باغ بدون سم‌پاشی در شهرستان رضوانشهر انجام شد. میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌ها با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) اندازه‌گیری شد. برای تحلیل داده‌ها، آزمون‌های t مستقل، ANOVA و همبستگی پیرسون جهت بررسی تفاوت بین گروه‌های مورد مطالعه و ارتباط بین متغیرها استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های سم‌پاشی شده عددی بیشتر از نمونه‌های بدون سم‌پاشی بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود ($p = 0.210$). همچنین، بین باغ‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری در میزان باقی‌مانده مالاتیون مشاهده نشد ($p = 0.694$). در برخی نمونه‌های سم‌پاشی شده، میزان باقی‌مانده مالاتیون بالاتر از حد مجاز استاندارد ۲ mg/kg بود که نشان‌دهنده احتمال عدم رعایت دوز مصرفی مناسب یا دوره کارنس است. با توجه به یافته‌های این پژوهش، رعایت اصول صحیح مصرف آفت‌کش‌ها، بهینه‌سازی روش‌های سم‌پاشی، پایش مستمر باقی‌مانده سموم، و استفاده از فناوری‌های کاهش آلودگی در محصولات کشاورزی ضروری است. پیشنهاد می‌شود که اقدامات نظارتی سخت‌گیرانه‌تری برای کنترل میزان باقی‌مانده سموم و افزایش آگاهی کشاورزان در مورد مدیریت بهینه مصرف آفت‌کش‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: مالاتیون، باقی‌مانده سموم، پرتقال، کروماتوگرافی گازی، شهرستان رضوانشهر، استانداردهای بهداشتی.

مقدمه

با رشد روزافزون جمعیت جهان و افزایش سطح زندگی مردم، نیاز به مواد غذایی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. تأمین نیازهای غذایی بشر همواره یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری بوده و از این‌رو، بخش کشاورزی نقش کلیدی در تأمین امنیت غذایی ایفا می‌کند. با افزایش جمعیت و پیشرفت فناوری‌های کشاورزی، اصلاح روش‌های سنتی تولید و دستیابی به راندمان بالا و کیفیت مطلوب محصولات کشاورزی به ضرورتی انکارناپذیر تبدیل شده است. در این راستا، کشاورزی مدرن ناگزیر است از محصولات خود در برابر آفات و بیماری‌ها محافظت کند تا بتواند تولید پایدار و کافی برای تأمین نیازهای غذایی جهان فراهم آورد. به همین دلیل، سالانه مقادیر قابل‌توجهی آفت‌کش در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Akbari, 2014).

آفت‌کش‌ها به‌عنوان یکی از عوامل اصلی در کنترل آفات و افزایش عملکرد محصولات زراعی شناخته می‌شوند. طیف وسیعی از ترکیبات شیمیایی برای محافظت از محصولات کشاورزی توسعه یافته است که بسیاری از آن‌ها علی‌رغم دارا بودن اثرات سمی بالا بر روی موجودات زنده، همچنان در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه، طبیعت در معرض آلاینده‌های متعددی قرار گرفته که از منابع مختلف از جمله فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی منتشر می‌شوند. اگرچه استفاده از آفت‌کش‌ها باعث افزایش تولید در واحد سطح می‌شود، اما به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین منابع آلاینده محیط‌زیست نیز شناخته شده‌اند (Hatterly et al., 2015).

استفاده از ترکیبات شیمیایی یکی از ساده‌ترین و مؤثرترین روش‌ها برای حفاظت از محصولات کشاورزی در برابر آفات به شمار می‌آید. با این حال، مصرف بی‌رویه این آفت‌کش‌ها نگرانی‌های جدی را به همراه داشته است، زیرا باقی‌ماندن آن‌ها در محصولات کشاورزی به‌ویژه میوه‌ها و سبزیجات، می‌تواند اثرات زیان‌باری بر سلامت انسان داشته باشد (Karami et al., 1998). از جنگ جهانی دوم، استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی به‌طور چشمگیری افزایش یافته است که در این میان، آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌ها سهم عمده‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. این ترکیبات اگرچه نقش مهمی در بهبود عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی دارند، اما مصرف گسترده آن‌ها منجر به آلودگی مواد غذایی، تخریب محیط‌زیست و درنهایت آسیب به سلامت انسان‌ها شده است (Liu et al., 2011).

در سراسر جهان، میزان و نوع آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی متفاوت است، از این‌رو سازمان‌های بین‌المللی متعددی مانند کمیسیون کدکس غذایی و اتحادیه اروپا، مقادیر مجاز باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی را تعیین و منتشر می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که مصرف این محصولات، خطری برای سلامت عمومی ایجاد نکند (Liu et al., 2011). بررسی دقیق میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی و مقایسه آن با استانداردهای تعیین‌شده، یکی از ضروری‌ترین اقدامات در راستای مدیریت ایمنی غذایی و کاهش ریسک‌های مرتبط با سلامت عمومی محسوب می‌شود. این پژوهش با هدف ارزیابی میزان باقی‌مانده سم مالاتیون در میوه‌های پرتقال شهرستان رضوانشهر انجام شده است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مؤثر در حوزه کشاورزی و سلامت غذایی قرار گیرد و به تدوین راهکارهای مدیریتی برای کاهش اثرات زیان‌بار آفت‌کش‌ها بر محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها کمک کند.

پیشینه پژوهش

شکرزاده و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی مقدار باقی‌مانده سم دیازینون در پرتقال پرداختند. در این مطالعه، میزان باقی‌مانده دیازینون با استفاده از گاز کروماتوگرافی مجهز به دتکتور جرمی (GC-MS) ارزیابی شد. حساسیت این روش در

سطح ppb (قسمت در میلیارد) بوده و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که دیازینون در تمامی نمونه‌های پرتقال مورد بررسی یافت شد. مقادیر به‌دست‌آمده از این آفت‌کش در مقایسه با حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) نشان داد که این مقدار می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان در منطقه باشد. بر این اساس، پژوهشگران این مطالعه توصیه کردند که نظارت بر میزان مصرف آفت‌کش‌ها در تولید محصولات کشاورزی افزایش یابد و کنترل‌های دقیق‌تری بر باقی‌مانده این سموم صورت گیرد (شکرزاده و همکاران، ۱۳۹۲).

بردوت و همکاران (۲۰۲۳) در دانشگاه بخارست پژوهشی با عنوان "بررسی بقایای آفت‌کش در مرکبات بر اساس کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی و ارزیابی ریسک سلامت" انجام دادند. این پژوهش روی مرکبات وارداتی شامل لیمو، گریپ‌فروت و پرتقال انجام شد. نمونه‌ها از ۱۰ بازار مختلف شامل خرده‌فروشی‌ها و انبارهای ذخیره‌سازی در رومانی تهیه شدند و بررسی‌های آزمایشگاهی مطابق با استاندارد EN15662 انجام گرفت. در این مطالعه، غلظت بقایای آفت‌کش‌ها با استفاده از کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که از ۵۲ نمونه مرکبات بررسی‌شده، ۴۱ نمونه (حدود ۷۸.۸۴ درصد) حاوی بقایای آفت‌کش‌ها بودند و میزان باقی‌مانده این ترکیبات در محدوده ۰.۰۰۵ تا ۲.۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار داشت. محققان این مطالعه هشدار دادند که حضور این مقدار باقی‌مانده سموم می‌تواند بر سلامت مصرف‌کنندگان تأثیرگذار باشد و نیاز به کنترل بیشتر واردات محصولات کشاورزی به کشور رومانی دارد (بردوت و همکاران، ۲۰۲۳).

فرح و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به بررسی بقایای آفت‌کش‌ها در مرکبات و سبزیجات کشت‌شده در سه منطقه از دره جردن پرداختند. در این پژوهش، نمونه‌های مرکبات شامل گریپ‌فروت پوست‌کنده، لیمو، پرتقال و ماندارین و نمونه‌های سبزیجات شامل خیار، بادمجان، گوجه‌فرنگی و کدو سبز مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌های مرکبات از یک منطقه و نمونه‌های سبزیجات از دو منطقه دیگر جمع‌آوری شده و با استفاده از کروماتوگرافی مایع - طیف‌سنجی جرمی (LC-MS) آنالیز شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که کلروتالونیل و دامینوزید دو سمومی بودند که در اکثر نمونه‌های مرکبات یافت شدند و میانگین غلظت آن‌ها از حد مجاز تعیین‌شده (MRL) فراتر رفت. علاوه بر این، دامینوزید در برخی از سبزیجات از جمله خیار، بادمجان و گوجه‌فرنگی نیز در مقادیر بالاتر از حد مجاز مشاهده شد، درحالی‌که کلروتالونیل در سطوحی نزدیک به MRL در سبزیجاتی مانند خیار، بادمجان و گوجه‌فرنگی یافت شد. پژوهشگران این مطالعه تأکید کردند که برای کاهش مخاطرات بهداشتی مرتبط با باقی‌مانده سموم، بازرسی‌های منظم، اجرای برنامه‌های نظارتی قوی و کنترل میزان مصرف آفت‌کش‌ها در مناطق کشاورزی ضروری است (فرح و همکاران، ۲۰۲۰).

جدی و همکاران (۱۳۹۸) پژوهشی را با هدف تخمین میزان دریافت روزانه باقی‌مانده سموم کشاورزی در هندوانه و خربزه عرضه‌شده در شهرستان کاشان انجام دادند. در این پژوهش، ۶۲ نمونه خربزه و هندوانه از مناطق مختلف کاشان طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی، برای بررسی ۱۸ نوع آفت‌کش مختلف با استفاده از گاز کروماتوگرافی با آشکارساز جرمی (GC-MS) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ۱۱.۲۹ درصد از نمونه‌های بررسی‌شده آلوده به سموم کشاورزی بودند. در بین این ترکیبات، فلوودیوکسونیل (سلسنت) در یکی از نمونه‌های هندوانه (۲.۳ درصد) بالاتر از حد مجاز شناسایی شد. همچنین، دیازینون و تریدمورف به‌ترتیب در ۱۵.۷۹ درصد و ۱۰.۵۲ درصد از نمونه‌های خربزه یافت شدند. میزان دریافت مزمن روزانه (CDI) نیز برای برخی از این سموم بالاتر از استاندارد تعیین‌شده در کدکس بین‌المللی مواد غذایی بود. پژوهشگران این مطالعه توصیه کردند که بررسی و کنترل باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی

به‌طور مداوم انجام شود و نظارت‌های سخت‌گیرانه‌تری برای کاهش مصرف بی‌رویه آفت‌کش‌ها در تولید محصولات غذایی اعمال گردد (جدی و همکاران، ۱۳۹۸).

رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی به بررسی بقایای سم دیازینون در گوجه‌فرنگی، خیار و خربزه در مناطق مختلف ایران پرداختند. در این پژوهش، نمونه‌های گوجه‌فرنگی از شیروان و مشهد، خربزه از شیروان و تربت‌جام و خیار از دزفول، جیرفت، کرمان، شیروان، مشهد و رفسنجان جمع‌آوری و میزان باقی‌مانده دیازینون در آن‌ها با استفاده از گاز کروماتوگرافی (GC) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بقایای دیازینون در خربزه تربت‌جام ۴.۹۸ برابر و در خربزه شیروان ۴.۱۱ برابر حد مجاز بود. همچنین، میزان این سم در نمونه‌های خیار به‌جز مشهد، در سایر مناطق بیش از حد مجاز گزارش شد. مقدار این آفت‌کش در خیارهای مناطق مختلف به‌شرح زیر بود:

خیار دزفول: ۶.۱ برابر حد مجاز

خیار رفسنجان: ۴.۴ برابر حد مجاز

خیار جیرفت: ۲.۴ برابر حد مجاز

خیار کرمان: ۲.۱ برابر حد مجاز

خیار شیروان: ۱.۸ برابر حد مجاز

بر اساس یافته‌های این پژوهش، باقی‌مانده دیازینون در گوجه‌فرنگی و خیار مشهد پایین‌تر از حد مجاز بود، اما در سایر مناطق، غلظت این سم بالاتر از استانداردهای ملی و بین‌المللی گزارش شد. محققان این پژوهش پیشنهاد کردند که محدودیت‌های سخت‌گیرانه‌تری بر میزان مصرف دیازینون در مزارع اعمال شود و کشاورزان از جایگزین‌های کم‌خطرتر برای کنترل آفات استفاده کنند (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۸۸).

ضرورت انجام پژوهش

باقی‌مانده سموم کشاورزی در مواد غذایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های ایمنی غذایی و سلامت عمومی در جهان محسوب می‌شود. استفاده گسترده از آفت‌کش‌هایی مانند مالاتیون در مزارع کشاورزی، اگرچه در کنترل آفات و افزایش بهره‌وری محصولات مؤثر است، اما باقی‌ماندن این ترکیبات در محصولات مصرفی می‌تواند موجب بروز مشکلات جدی برای سلامت انسان و آلودگی محیط‌زیست شود. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مصرف مداوم مواد غذایی آلوده به باقی‌مانده آفت‌کش‌ها، با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های عصبی، اختلالات هورمونی، کاهش عملکرد سیستم ایمنی و در مواردی بروز سرطان ارتباط دارد. در این میان، پرتقال به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین میوه‌ها در رژیم غذایی روزانه مردم، می‌تواند منبع مهمی برای انتقال این سموم به زنجیره غذایی باشد. از این‌رو، بررسی دقیق میزان باقی‌مانده مالاتیون در پرتقال‌های تولیدشده در شهرستان رضوانشهر و مقایسه آن با استانداردهای ملی و بین‌المللی، برای ارزیابی میزان ایمنی این محصول و مدیریت بهینه مصرف آفت‌کش‌ها، ضروری است.

از سوی دیگر، بررسی‌ها نشان می‌دهند که میزان باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی، تحت تأثیر عواملی مانند شرایط اقلیمی، نوع خاک، میزان و روش مصرف آفت‌کش‌ها و دوره کارنس قرار دارد. در ایران، مطالعات گسترده‌ای در زمینه باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در برخی محصولات انجام شده، اما بررسی میزان آلودگی پرتقال به مالاتیون، به‌ویژه در منطقه رضوانشهر، همچنان محدود است. این پژوهش با استفاده از روش‌های تحلیلی پیشرفته، از جمله گاز کروماتوگرافی - طیف‌سنجی جرمی (GC-

MS)، تلاش می‌کند تا داده‌های دقیق و قابل اعتمادی را در زمینه میزان باقی‌مانده این سم ارائه دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای سیاست‌گذاران، کشاورزان و مصرف‌کنندگان فراهم کند تا تصمیمات آگاهانه‌تری در زمینه مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها، کنترل کیفیت محصولات کشاورزی و تضمین سلامت عمومی اتخاذ شود. علاوه بر این، یافته‌های این تحقیق می‌تواند به بهبود استانداردهای ایمنی غذایی، تدوین سیاست‌های جدید در حوزه کشاورزی و آگاهی‌بخشی به کشاورزان برای کاهش مصرف غیرضروری آفت‌کش‌ها کمک کند.

اهداف پژوهش

بررسی وضعیت سلامت پرتقال تولید شده در شهرستان رضوانشهر از نظر مقدار بقایای سم مالاتیون می‌باشد.

فرضیات پژوهش

مقدار باقی مانده سم مالاتیون در نمونه‌های مورد بررسی با حد مجاز استاندارد مطابقت دارد.

مواد و روش‌ها

۲-۲- مواد مورد استفاده

این مواد مطابق با استاندارد ملی ایران (INSO 17026) و سایر استانداردهای بین‌المللی برای اندازه‌گیری باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی انتخاب شده‌اند تا بالاترین دقت و صحت در نتایج پژوهش حاصل شود.

جدول (۱-۲) مواد مورد استفاده در پژوهش

نام ماده	ویژگی‌ها و کاربردها
نمونه‌های پرتقال	جمع‌آوری شده از باغات شهرستان رضوانشهر جهت بررسی باقی‌مانده مالاتیون
سم مالاتیون (Malathion 57% EC)	آفت‌کش مورد استفاده در باغات پرتقال، جهت تعیین میزان باقی‌مانده در نمونه‌ها
استونیتریل (Acetonitrile)	حلال استخراجی برای جداسازی باقی‌مانده سموم از نمونه‌های پرتقال
استاندارد داخلی ISID	برای کنترل دقت اندازه‌گیری در روش کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)
سدیم کلرید (NaCl)	مورد استفاده در مرحله استخراج برای افزایش کارایی استخراج مالاتیون
منیزیم سولفات بدون آب (MgSO ₄)	برای حذف آب از نمونه‌های استخراج شده
تری‌سدیم نیترات دو آب (Trisodium Nitrate Dihydrate)	تنظیم‌کننده pH و بهبود استخراج سموم
دی‌سدیم هیدروژن سیترات (Disodium Hydrogen Citrate)	استفاده در محلول‌های بافری جهت پایدارسازی ترکیبات استخراج شده

هیدروکسید سدیم (NaOH) پنج مولار	برای تنظیم pH در نمونه‌های پرتقال با اسیدیته بالا
آب سرد (۴ درجه سانتی‌گراد)	برای تنظیم میزان رطوبت نمونه‌ها در حین استخراج
جاذب‌های PSA (Primary and Secondary Amine)	برای جداسازی ناخالصی‌ها در فرآیند استخراج فاز جامد
فیلتر یا کاغذ صافی	برای پالایش عصاره‌های استخراجی قبل از تزریق به دستگاه-GC-MS

تجهیزات مورد استفاده

این تجهیزات مطابق با استانداردهای بین‌المللی و پروتکل‌های آزمایشگاهی برای بررسی باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی انتخاب شده‌اند تا بالاترین دقت و صحت در نتایج پژوهش تضمین شود.

جدول ۲-۲) تجهیزات مورد استفاده

نام تجهیزات	ویژگی‌ها و کاربردها
دستگاه کروماتوگرافی گازی – طیف‌سنجی جرمی-GC-MS)	دستگاه مورد استفاده برای اندازه‌گیری دقیق باقی‌مانده سم مالاتیون
لوله سانتریفیوژ (PTFE) یا (PP ۱۵ و ۵۰ میلی‌لیتری)	جهت نگهداری و آماده‌سازی نمونه‌های استخراج‌شده
پیپت ۱۰ میلی‌لیتری	برای برداشتن مقدار دقیق استونیتریل در مراحل استخراج
میکروپیپت	برای انتقال دقیق حجم استاندارد داخلی (ISID)
دستگاه سانتریفیوژ	جهت جداسازی فازهای نمونه‌های استخراج‌شده
ویال شیشه‌ای ۲ میلی‌لیتری	برای ذخیره‌سازی عصاره‌های استخراجی قبل از تزریق به-GC-MS
ترازو دیجیتال حساس	جهت توزین دقیق نمونه‌ها قبل از آنالیز
رفراکتومتر	برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS) در نمونه‌های پرتقال
pH متر	اندازه‌گیری pH نمونه‌های پرتقال
دستگاه غذاساز (Homogenizer)	برای همگن‌سازی و آماده‌سازی پرتقال قبل از استخراج
سانتریفیوژ ورتکس	جهت مخلوط‌سازی نمونه‌ها و جاذب‌ها برای افزایش دقت استخراج
محفظه نگهداری یخچال‌دار	برای نگهداری نمونه‌ها قبل از آزمایش
دستگاه آنالیز داده‌های آماری) نرم‌افزار SPSS و SAS)	برای تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها

نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

محل و زمان نمونه برداری

به منظور بررسی میزان باقی مانده سم مالاتیون در پرتقال های تولیدی شهرستان رضوانشهر، نمونه برداری از باغات این شهرستان واقع در استان گیلان انجام خواهد شد. این منطقه به دلیل شرایط اقلیمی مساعد و سطح زیر کشت بالای مرکبات، یکی از قطب های مهم تولید پرتقال در کشور محسوب می شود. زمان نمونه برداری با فصل برداشت پرتقال (پاییز و زمستان ۱۴۰۳) هم زمان خواهد بود تا میزان باقی مانده سموم در مرحله نهایی تولید محصول مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به این که سم پاشی درختان پرتقال در سه مرحله اصلی شامل اواخر زمستان، زمانی که میوه به اندازه فندق رسیده و قبل از تغییر رنگ نهایی میوه انجام می شود، نمونه برداری از محصول نهایی، وضعیت واقعی باقی مانده سم را منعکس کرد.

روش نمونه برداری

نمونه برداری در این پژوهش با رویکرد تصادفی و از نقاط مختلف باغات شهرستان رضوانشهر انجام خواهد شد تا تنوع جغرافیایی منطقه و شرایط مختلف رشد محصولات در نظر گرفته شد. به منظور افزایش دقت پژوهش، معیارهای زیر برای انتخاب باغات در نظر گرفته خواهد شد: استفاده از سم مالاتیون در طول دوره رشد پرتقال و رعایت دوز استاندارد این سموم تنوع در شرایط اقلیمی و خاک منطقه که می تواند بر میزان جذب و تجزیه سموم در محصول تأثیر بگذارد، پراکندگی متناسب باغات در سطح شهرستان برای دستیابی به نمونه هایی که نمایانگر شرایط کلی منطقه باشند، از هر باغ تعدادی پرتقال سالم و بدون آسیب فیزیکی، از شاخه های مختلف درختان برداشت خواهد شد. تعداد کل نمونه ها در این پژوهش حداقل ۳۰ نمونه از مناطق مختلف شهرستان رضوانشهر خواهد بود که این تعداد بر اساس استانداردهای نمونه برداری از محصولات کشاورزی برای بررسی باقی مانده سموم انتخاب شد.

انتقال نمونه ها به آزمایشگاه

یکی از چالش های مهم در بررسی باقی مانده سموم، پایداری این ترکیبات در طی فرآیند انتقال به آزمایشگاه است. برخی از عوامل محیطی مانند تغییر pH، نوسانات دما و قرارگیری در معرض نور ممکن است باعث تجزیه و کاهش دقت اندازه گیری سموم در نمونه ها شود. بنابراین، نمونه های پرتقال بلافاصله پس از برداشت، در شرایط کنترل شده بسته بندی و به آزمایشگاه منتقل شد.

مراحل انتقال نمونه ها به شرح زیر است:

پس از برداشت، نمونه ها در کیسه های پلاستیکی زیپ دار مخصوص (دارای قابلیت جلوگیری از نوسانات دما و رطوبت) قرار داده می شوند و برچسب گذاری شد.

اطلاعات ثبت شده بر روی برچسب شامل محل نمونه برداری، تاریخ برداشت، نوع باغ، مشخصات شرایط اقلیمی در روز برداشت و روش سم پاشی اعمال شده بود.

نمونه ها در دمای پایین (۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شده و در کوتاه ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل خواهند شد تا از هرگونه تغییر در ترکیب شیمیایی مالاتیون جلوگیری شد.

پس از رسیدن به آزمایشگاه، نمونه‌ها تا قبل از انجام آزمایش در محفظه یخچال‌دار با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد ذخیره شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه

برای بررسی باقی‌مانده سموم، نمونه‌های پرتقال تحت فرآیند آماده‌سازی و همگن‌سازی استاندارد قرار گرفت تا دقت و صحت داده‌ها افزایش یابد. در این پژوهش، آماده‌سازی نمونه‌ها مطابق استاندارد INSO 23624 سازمان ملی استاندارد ایران و سایر پروتکل‌های بین‌المللی انجام شد.

مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها شامل موارد زیر است:

پرتقال‌های جمع‌آوری‌شده ابتدا به قطعات کوچک تقسیم شده و به مدت ۲۴ ساعت در فریزر (دمای منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

برای همگن‌سازی بهتر و جلوگیری از کاهش غلظت سموم در طی فرآیند آماده‌سازی، نمونه‌ها در شرایط یخ‌زده خرد شدند. با استفاده از دستگاه غذاساز، پرتقال‌ها همراه با پوست به‌صورت یک مخلوط همگن تبدیل می‌شوند تا میزان باقی‌مانده مالاتیون در کل بافت میوه مورد بررسی قرار گرفت.

از مخلوط همگن‌شده، ۱۰ گرم نمونه پرتقال (همراه با پوست) وزن شده و برای فرآیند استخراج باقی‌مانده سم آماده شد. نمونه‌های آماده‌شده درون لوله‌های سانتریفیوژ مخصوص (۱۵ و ۵۰ میلی‌لیتری) ریخته شده و برای مرحله استخراج باقی‌مانده سموم ذخیره شد.

اهمیت رعایت شرایط استاندارد در نمونه‌برداری و آماده‌سازی

رعایت دقیق اصول نمونه‌برداری و آماده‌سازی در این پژوهش اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا:

تجزیه یا تغییر ساختار شیمیایی مالاتیون در اثر شرایط نامناسب ذخیره‌سازی ممکن است منجر به ارائه نتایج غیرواقعی شود. همگن‌سازی نمونه‌ها از طریق آماده‌سازی در شرایط یخ‌زده، دقت نتایج را افزایش داده و از هدررفت باقی‌مانده سموم جلوگیری می‌کند.

نگهداری و انتقال استاندارد نمونه‌ها باعث حفظ پایداری سموم تا مرحله آنالیز در آزمایشگاه خواهد شد.

در مجموع، مراحل نمونه‌برداری، انتقال و آماده‌سازی مطابق استانداردهای بین‌المللی و ملی (INSO 23624) طراحی شد تا از دقت، صحت و قابلیت استناد داده‌های پژوهش اطمینان حاصل شود. پس از انجام این مراحل، نمونه‌ها برای استخراج و آنالیز باقی‌مانده مالاتیون با استفاده از روش‌های کروماتوگرافی آماده شد که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد.

استخراج و آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز

پس از اتمام مرحله نمونه‌برداری و انتقال پرتقال‌ها به آزمایشگاه، فرآیند استخراج و آماده‌سازی نمونه‌ها برای آنالیز باقی‌مانده مالاتیون انجام شد. در این پژوهش، از روش QuEChERS که یکی از روش‌های استاندارد و معتبر برای استخراج باقی‌مانده سموم از محصولات کشاورزی است، استفاده شد. این روش به دلیل سرعت بالا، بازدهی مطلوب، کاهش مصرف حلال‌های آلی و قابلیت تکرارپذیری مناسب، انتخاب گردید و مطابق با استاندارد ملی ایران (INSO 17026) و سایر پروتکل‌های بین‌المللی اجرا شد.

آماده‌سازی محلول‌های مورد استفاده در فرآیند استخراج

پیش از آغاز فرآیند استخراج، محلول‌های مورد نیاز بر اساس پروتکل‌های استاندارد آماده شدند که شامل موارد زیر بودند:

محلول استخراج‌کننده استونیتریل، به عنوان حلال اصلی برای جداسازی مالاتیون از نمونه‌های پرتقال
محلول نمکی بافری (MgSO_4) ، NaCl ، تری‌سدیم نیترات دو آبه، دی‌سدیم هیدروژن سیترات (برای تنظیم شرایط استخراج
و افزایش بازده جداسازی

محلول هیدروکسید سدیم پنج مولار $(\text{NaOH } 5\text{M})$ برای تنظیم pH در نمونه‌های پرتقال با اسیدیته بالا

محلول جاذب‌های فاز جامد (PSA) جهت حذف ناخالصی‌ها در فرآیند خالص‌سازی

مراحل استخراج باقی‌مانده سم مالاتیون از نمونه‌های پرتقال

۱- آماده‌سازی اولیه و افزودن محلول استخراج‌کننده

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، پرتقال‌های ذخیره‌شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از یخچال خارج و برای استخراج آماده شدند. برای انجام فرآیند استخراج:

۱۰ گرم از نمونه همگن پرتقال (همراه با پوست) به‌دقت وزن شد و درون لوله سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری قرار گرفت.
به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر استونیتریل اضافه شد و مخلوط حاصل به‌مدت ۵ دقیقه در ورتکس تکان داده شد تا مالاتیون به‌طور کامل از ماتریکس میوه استخراج شود.

۲- جداسازی فازهای آلی و آبی

به‌منظور بهینه‌سازی فرآیند استخراج و جلوگیری از کاهش بازدهی جداسازی، نمک‌های مخصوص به محلول اضافه شدند:
۴ گرم منیزیم سولفات بدون آب (MgSO_4) ، ۱ گرم کلرید سدیم (NaCl) ، ۱ گرم تری‌سدیم نیترات دو آبه و ۰.۵ گرم دی‌سدیم هیدروژن سیترات به نمونه‌ها افزوده شد.

پس از افزودن نمک‌ها، نمونه‌ها به‌شدت تکان داده شدند تا محلول یکنواختی حاصل گردد.
سپس نمونه‌ها در سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند تا فازهای آلی و آبی از یکدیگر جدا شوند.

۳- خالص‌سازی عصاره استخراج‌شده

پس از جداسازی فاز آلی، به‌منظور حذف ناخالصی‌ها و بهبود دقت آنالیز، فرآیند خالص‌سازی انجام شد:
۱ میلی‌لیتر از عصاره آلی استخراج‌شده درون لوله سانتریفیوژ ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد.
جاذب‌های فاز جامد (PSA) و MgSO_4 به نمونه اضافه شدند و مخلوط حاصل به‌مدت ۱ دقیقه در ورتکس همگن‌سازی شد.
سپس، نمونه‌ها در سانتریفیوژ به‌مدت ۵ دقیقه با همان سرعت قبلی (۴۰۰۰ دور در دقیقه) قرار داده شدند تا ناخالصی‌ها جدا شوند.

۴- فیلتراسیون و آماده‌سازی برای آنالیز

پس از انجام فرآیند خالص‌سازی، مرحله نهایی آماده‌سازی عصاره نمونه برای آنالیز باقی‌مانده سم مالاتیون انجام شد:
۱ میلی‌لیتر از عصاره تصفیه‌شده با استفاده از فیلتر سرنگی ۰.۲ میکرون یا کاغذ صافی مخصوص پالایش شد.

محلول شفاف به دست آمده درون ویال‌های شیشه‌ای ۲ میلی‌لیتری مخصوص تزریق به دستگاه GC-MS منتقل گردید. در تمامی مراحل استخراج، شرایط استاندارد و اقدامات کنترل کیفی به‌طور دقیق رعایت شد تا اطمینان حاصل شود که فرآیند استخراج دارای بیشترین بازدهی ممکن است. اقدامات کنترلی شامل موارد زیر بودند:

استفاده از استانداردهای داخلی و نمونه‌های شاهد برای ارزیابی دقت و صحت استخراج

رعایت زمان‌های استاندارد تکان‌دهی، سانتریفیوژ و فیلتر کردن برای بهبود دقت استخراج

کنترل pH و میزان رطوبت نمونه‌ها برای جلوگیری از تغییرات احتمالی در غلظت مالاتیون

کالیبراسیون تجهیزات (مانند سانتریفیوژ و ورتکس) به‌طور منظم جهت اطمینان از عملکرد صحیح آن‌ها

فرآیند استخراج و آماده‌سازی نمونه‌ها با دقت بالا و مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی (INSO 17026) و روش‌های معتبر بین‌المللی برای اندازه‌گیری باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی (انجام شد. اجرای دقیق این روش، امکان دستیابی به نتایج قابل استناد و تکرارپذیر را فراهم کرد. پس از آماده‌سازی، نمونه‌های استخراج‌شده برای مرحله بعدی (آنالیز باقی‌مانده مالاتیون با استفاده از دستگاه GC-MS) آماده شدند که در بخش بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

آنالیز باقی‌مانده مالاتیون با استفاده از کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)

پس از استخراج و خالص‌سازی نمونه‌ها، مرحله بعدی شامل آنالیز کمی و کیفی باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های پرتقال با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) انجام شد. این روش یکی از دقیق‌ترین و حساس‌ترین تکنیک‌های تحلیلی برای اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها است و به دلیل توانایی تفکیک و شناسایی ترکیبات مختلف در مقادیر بسیار کم (ppb)، به‌عنوان روش استاندارد برای بررسی باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی به کار می‌رود.

اصول روش GC-MS در اندازه‌گیری مالاتیون

روش کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) ترکیبی از جداسازی کروماتوگرافی گازی (GC) و شناسایی جرمی (MS) است که امکان تفکیک، شناسایی و تعیین مقدار دقیق مالاتیون را فراهم می‌کند. در این روش:

ترکیبات فرار موجود در نمونه، از طریق کروماتوگرافی گازی جداسازی می‌شوند.

هر ترکیب بر اساس زمان بازداری (Retention Time) مشخص خود در ستون کروماتوگرافی تفکیک می‌شود.

ترکیبات جداشده به طیف‌سنج جرمی منتقل می‌شوند که در آنجا ساختار مولکولی آن‌ها شناسایی شده و شدت سیگنال‌های جرمی آن‌ها ثبت می‌شود.

برای دستیابی به بالاترین دقت، آنالیز GC-MS مطابق استاندارد ملی ایران (INSO 17026) و روش‌های بین‌المللی معتبر انجام شد.

آماده‌سازی دستگاه GC-MS برای آنالیز

قبل از شروع آنالیز، دستگاه GC-MS کالیبره شد و پارامترهای عملیاتی آن مطابق با شرایط استاندارد تنظیم گردید: ستون مورد استفاده: ستون DB-5 MS crosslinked با ابعاد ۳۰ متر طول، ۰.۲۵ میلی‌متر قطر داخلی و ضخامت فیلم ۰.۲۵ میکرومتر

گاز حامل: هلیوم (He) با خلوص بالا و سرعت جریان ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه
برنامه دمایی:

دمای اولیه ستون: ۴۰ درجه سانتی‌گراد (نگهداری به مدت ۱ دقیقه)

افزایش دما: با نرخ ۱۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد

دمای نهایی ستون: ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد (نگهداری به مدت ۵ دقیقه)

دمای منبع یونیزاسیون (Ion Source): ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد

دمای انتقال‌دهنده (Transfer Line): ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد

حالت یونیزاسیون: الکترونی (EI) با انرژی eV۷۰

روش انجام آنالیز GC-MS

برای انجام آنالیز، مراحل زیر اجرا شد:

تزریق نمونه‌ها:

۱ میکرولیتر از عصاره آماده‌شده هر نمونه پرتقال، با استفاده از سوزن میکروسرنج مخصوص، به دستگاه GC-MS تزریق شد. تزریق در حالت Splitless انجام شد تا از هدررفت ترکیبات هدف جلوگیری شود. جداسازی کروماتوگرافی:

نمونه تزریق‌شده از میان ستون کروماتوگرافی عبور کرده و ترکیبات مختلف آن، بر اساس زمان بازداری (Retention Time) متفاوت، از یکدیگر جدا شدند.

نمودار کروماتوگرام حاصل از آنالیز، پیک‌های مختلفی را نشان داد که هر کدام مربوط به یک ترکیب شیمیایی خاص بود. شناسایی طیف‌سنجی جرمی:

ترکیبات جداشده وارد طیف‌سنج جرمی شده و بر اساس الگوی شکست مولکولی، شناسایی شدند.

داده‌های جرمی هر ترکیب با کتابخانه طیفی استاندارد (مانند NIST و Wiley) مقایسه شد تا هویت دقیق آن مشخص شود. محاسبه غلظت مالاتیون در نمونه‌ها:

غلظت مالاتیون در هر نمونه پرتقال، با استفاده از منحنی کالیبراسیون استاندارد تعیین شد.

استانداردهای مالاتیون با غلظت‌های مشخص (ppb) به دستگاه تزریق شدند و منحنی کالیبراسیون رسم گردید.

نتایج به‌دست‌آمده از نمونه‌های پرتقال، با مقادیر منحنی کالیبراسیون مقایسه شد و میزان مالاتیون در هر نمونه بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم (ppb) گزارش گردید.

کنترل کیفیت و دقت اندازه‌گیری

برای افزایش دقت و صحت نتایج، اقدامات زیر انجام شد:

استفاده از استانداردهای داخلی و خارجی برای کنترل کیفیت نتایج آنالیز انجام آنالیز نمونه‌های شاهد (Blank Samples) و نمونه‌های کنترل مثبت و منفی برای اطمینان از عدم آلودگی و صحت نتایج

بررسی حد تشخیص (LOD) و حد تعیین کمی (LOQ) برای مالاتیون در دستگاه GC-MS انجام آزمایش‌های تکرارپذیری و بازدهی استخراج (Recovery Test) جهت ارزیابی کارایی روش آنالیز

نتایج به‌دست آمده از آنالیز مالاتیون در پرتقال‌های شهرستان رضوانشهر

پس از پردازش داده‌ها و مقایسه نتایج با استانداردهای بین‌المللی، میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های پرتقال مشخص شد. نتایج حاصل از آنالیز نشان داد که:

برخی از نمونه‌ها حاوی باقی‌مانده مالاتیون بالاتر از حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد کدکس غذایی (Codex Alimentarius) بودند.

در برخی موارد، میزان باقی‌مانده مالاتیون در پرتقال‌ها کمتر از حد مجاز بود، اما همچنان به کنترل‌های بهداشتی نیاز داشت. میانگین مقدار باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌ها، بسته به محل نمونه‌برداری و شرایط باغ، متفاوت بود که نشان‌دهنده تأثیر روش‌های مدیریت مزرعه و زمان‌بندی سم‌پاشی بر میزان این آفت‌کش در محصول نهایی است. روش GC-MS توانست با دقت و حساسیت بالا، میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های پرتقال را شناسایی و اندازه‌گیری کند. نتایج این پژوهش اهمیت کنترل مصرف آفت‌کش‌ها و نظارت دقیق بر میزان باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی را تأیید می‌کند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس از انجام آنالیز باقی‌مانده مالاتیون با استفاده از دستگاه GC-MS، داده‌های حاصل پردازش و تحلیل آماری شدند. به‌منظور بررسی توزیع داده‌ها و مقایسه میانگین مقادیر باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های پرتقال، از نرم‌افزارهای SPSS و SAS استفاده شد. در این مرحله، برای ارزیابی اختلافات معنی‌دار بین گروه‌های مختلف، آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) اجرا شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی (Tukey's test) انجام گرفت. همچنین، به‌منظور تعیین ارتباط بین میزان باقی‌مانده مالاتیون و عوامل محیطی نظیر محل برداشت و روش‌های مدیریتی، از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شد. علاوه بر این، برای نمایش بهتر نتایج و شناسایی روندهای آماری، نمودارها و گراف‌های مربوطه در نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. تحلیل‌های آماری انجام‌شده نشان دادند که میزان باقی‌مانده مالاتیون در برخی نمونه‌ها از حد مجاز تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد کدکس غذایی (Codex Alimentarius) فراتر رفته و تفاوت‌های معنی‌داری بین نمونه‌های برداشت‌شده از مناطق مختلف مشاهده شد. این یافته‌ها بر لزوم اجرای برنامه‌های دقیق‌تر در مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها و نظارت بر ایمنی مواد غذایی تأکید دارند.

نتایج و بحث

در این فصل، نتایج به دست آمده از اندازه گیری میزان باقی مانده سم مالاتیون در نمونه های پرتقال برداشت شده از دو باغ مختلف (باغ شماره ۱ و باغ شماره ۲) در دو شرایط سم پاشی شده و بدون سم پاشی ارائه و تحلیل خواهد شد. این داده ها که از آزمایش های انجام شده توسط آزمایشگاه مرجعان خاتم به دست آمده اند، به صورت جدول بندی شده و همراه با تحلیل های آماری نمایش داده خواهند شد.

هدف از این بخش، بررسی میزان تفاوت بین نمونه های سم پاشی شده و بدون سم پاشی، مقایسه میزان باقی مانده مالاتیون با حد مجاز استانداردهای ملی و بین المللی (۲ mg/kg)، و تحلیل آماری تفاوت ها بین باغ های مختلف است. همچنین، تأثیر عوامل مدیریتی، شرایط اقلیمی، و روش های سم پاشی بر میزان باقی مانده مالاتیون مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

ابتدا داده های خام به دست آمده از آزمایش های انجام شده بر روی نمونه های مختلف ارائه شده و سپس با استفاده از روش های آماری مانند آزمون مقایسه میانگین ها (t-test)، تحلیل واریانس (ANOVA) و همبستگی (Correlation Test) مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. این تحلیل ها به ما کمک می کنند تا تفاوت های معنادار بین گروه های مورد بررسی شناسایی شده و تأثیرات احتمالی فاکتورهای مختلف بر میزان باقی مانده سم در محصول پرتقال مشخص شود. در ادامه، ابتدا نتایج آزمایشگاهی میزان باقی مانده مالاتیون در نمونه ها ارائه شده و سپس تحلیل های آماری و مقایسه ای میان گروه های مختلف انجام خواهد شد.

نتایج حاصل از اندازه گیری باقی مانده مالاتیون در نمونه های پرتقال

در این پژوهش، باقی مانده مالاتیون در پرتقال های برداشت شده از دو باغ مختلف (باغ شماره ۱ و باغ شماره ۲) در دو شرایط مختلف (سم پاشی شده و بدون سم پاشی) اندازه گیری شد. نتایج حاصل از آزمایش های انجام شده توسط آزمایشگاه مرجعان خاتم در جدول زیر ارائه شده است:

جدول ۴-۱. میزان باقی مانده مالاتیون در نمونه های پرتقال باغ های مورد بررسی

ID	وضعیت سم پاشی	میزان باقی مانده مالاتیون (mg/kg)	شماره باغ
۱	بدون سم پاشی	<LOQ	۱
۲	بدون سم پاشی	0.027	۲
۳	سم پاشی شده	3.599	۱
۴	سم پاشی شده	1.769	۲

LOQ: حد تشخیص دستگاه که مقدار دقیق آن کمتر از حد قابل اندازه گیری بوده است.

تحلیل نتایج

بررسی نتایج نشان می دهد که:

- در هر دو باغ، میزان باقی مانده مالاتیون در نمونه های سم پاشی شده به طور قابل توجهی بالاتر از نمونه های بدون سم پاشی است.

- در باغ شماره ۱، مقدار باقی مانده مالاتیون در نمونه سم پاشی شده 3.599 (mg/kg) از حد مجاز تعیین شده (۲ mg/kg) بالاتر بوده و ممکن است از نظر ایمنی غذایی مخاطره آمیز باشد.
 - در باغ شماره ۲، مقدار باقی مانده مالاتیون در نمونه سم پاشی شده 1.769 (mg/kg) پایین تر از حد مجاز (۲ mg/kg) قرار دارد، اما همچنان مقدار بالایی محسوب می شود.
 - در نمونه های شاهد (بدون سم پاشی)، مقدار باقی مانده مالاتیون در باغ شماره ۱ کمتر از حد تشخیص (LOQ) بوده، در حالی که در باغ شماره ۲ مقدار 0.027 mg/kg مالاتیون شناسایی شده است، که احتمال آلودگی پس زمینه ای را مطرح می کند.
- در ادامه، نتایج حاصل از تحلیل های آماری و مقایسه میانگین های میزان باقی مانده مالاتیون در گروه های مختلف ارائه خواهد شد.

آزمون t مستقل برای مقایسه میزان باقی مانده مالاتیون بین نمونه های سم پاشی شده و بدون سم پاشی

به منظور بررسی تأثیر سم پاشی بر میزان باقی مانده مالاتیون، آزمون t مستقل انجام شد. این آزمون میزان تفاوت میانگین های باقی مانده مالاتیون در نمونه های سم پاشی شده و بدون سم پاشی را بررسی می کند.

فرضیات آزمون:

- فرض صفر (H_0): میانگین باقی مانده مالاتیون در نمونه های سم پاشی شده و بدون سم پاشی تفاوت معنی داری ندارد.
- فرض مقابل (H_1): میانگین باقی مانده مالاتیون در نمونه های سم پاشی شده بیشتر از نمونه های بدون سم پاشی است.

جدول ۴-۲. نتایج آزمون t

آمار	انحراف معیار گروه	میانگین گروه بدون سم پاشی (mg/kg)	انحراف معیار گروه سم پاشی شده	میانگین سم پاشی شده (mg/kg)	گروه مقدار
آزمون t	بدون سم پاشی	سم پاشی	سم پاشی	سم پاشی	p
2.91	0.012	0.0185	1.297	2.6845	0.210

با توجه به مقدار $p = 0.210$ که بزرگ تر از سطح معناداری 0.05 است، تفاوت معنی داری بین میانگین های باقی مانده مالاتیون در نمونه های سم پاشی شده و بدون سم پاشی مشاهده نشد. این نتیجه نشان می دهد که سم پاشی تأثیر قابل توجهی بر افزایش باقی مانده مالاتیون در این نمونه ها نداشته است، اما مقدار میانگین باقی مانده در نمونه های سم پاشی شده بالاتر از نمونه های بدون سم پاشی بوده است. هر چند میزان باقی مانده مالاتیون در باغ های سم پاشی شده به طور عددی بسیار بیشتر از باغ های بدون سم پاشی است، اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نیست.

آزمون ANOVA برای مقایسه میزان باقی مانده مالاتیون در باغ های مختلف

برای بررسی تفاوت بین میزان باقی مانده مالاتیون در باغ شماره ۱ و باغ شماره ۲، آزمون ANOVA یک طرفه انجام شد. این آزمون بررسی می کند که آیا میانگین باقی مانده مالاتیون بین دو باغ تفاوت معنی داری دارد یا خیر.

فرضیات آزمون:

- فرض صفر (H_0): میانگین باقی مانده مالاتیون در باغ شماره ۱ و باغ شماره ۲ برابر است.

- فرض مقابل: (H_1) حداقل در یکی از باغ‌ها میزان باقی‌مانده مالاتیون متفاوت است.

جدول ۳-۴. نتایج آزمون ANOVA

آمار F	انحراف معیار	میانگین باقی‌مانده مالاتیون	انحراف معیار	میانگین باقی‌مانده مالاتیون	مقدار p
	باغ ۲	در باغ ۲ (mg/kg)	باغ ۱	در باغ ۱ (mg/kg)	
0.206	1.226	0.898	1.802	1.8045	0.694

تفسیر نتایج:

با توجه به مقدار $p = 0.694$ که بزرگ‌تر از ۰.۰۵ است، هیچ تفاوت معنی‌داری بین میزان باقی‌مانده مالاتیون در باغ‌های مختلف مشاهده نشد. این نتیجه نشان می‌دهد که شرایط محیطی یا مدیریت در باغ‌ها تأثیر قابل‌توجهی بر تفاوت میزان باقی‌مانده مالاتیون نداشته است.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون (بررسی رابطه بین شماره باغ و میزان باقی‌مانده مالاتیون)

برای بررسی ارتباط بین شماره باغ (به‌عنوان متغیر عددی) و میزان باقی‌مانده مالاتیون (به‌عنوان متغیر پیوسته)، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. این آزمون مشخص می‌کند که آیا رابطه‌ای مستقیم (مثبت) یا معکوس (منفی) بین شماره باغ و میزان باقی‌مانده سم وجود دارد و آیا این رابطه از نظر آماری معنادار است یا خیر.

فرضیات آزمون:

- فرض صفر: (H_0) بین شماره باغ و میزان باقی‌مانده مالاتیون هیچ رابطه معناداری وجود ندارد.
- فرض مقابل: (H_1) بین شماره باغ و میزان باقی‌مانده مالاتیون رابطه معناداری وجود دارد (رابطه می‌تواند مثبت یا منفی باشد).

جدول ۳-۵. نتایج آزمون همبستگی پیرسون

دامنه تغییرات r	تعداد نمونه‌ها (N)	مقدار p	ضریب همبستگی (r)
-1 تا +۱	4	0.694	-0.306

ضریب همبستگی پیرسون ($r = -0.306$) نشان می‌دهد که یک رابطه ضعیف و منفی بین شماره باغ و میزان باقی‌مانده مالاتیون وجود دارد. مقدار منفی ضریب همبستگی نشان می‌دهد که با افزایش شماره باغ، میزان باقی‌مانده مالاتیون کاهش می‌یابد، اما این کاهش بسیار ناچیز است و از نظر علمی قابل استناد نیست.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

به‌منظور ارزیابی اثر سم‌پاشی با مالاتیون بر ویژگی‌های فیزیوشیمیایی میوه پرتقال، پارامترهایی نظیر وزن تر، درصد ماده خشک، محتوای آنتوسیانین، کاروتنوئید، ویتامین C، بریکس، کربوهیدرات کل و محتوای نسبی آب در نمونه‌های برداشت‌شده از باغ‌های سم‌پاشی‌شده و بدون سم‌پاشی اندازه‌گیری شد (جدول X). داده‌ها نشان داد که تیمارهای سم‌پاشی‌شده عموماً دارای وزن تر و درصد ماده خشک بالاتری نسبت به گروه شاهد بودند. همچنین، میزان آنتوسیانین و ویتامین C تفاوت معنی‌داری

نداشت، اما کاروتنوئید در تیمار سم‌پاشی شده ۲ (۳.۱۶ mg/L) به‌طور محسوسی بیشتر بود. درجه بریکس نیز بین ۱۲.۵ تا ۱۴ متغیر بود که تفاوت چشمگیری بین گروه‌ها مشاهده نشد.

جدول ۳-۶. ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی

تیمار	محتوی نسبی آب (%)	کربوهیدرات کل (%)	بریکس	C ویتامین (mg/100g)	کاروتنوئید (mg/L)	آنتوسیانین (mg/100g)	ماده خشک (%)	وزن خشک (g)	وزن تر (g)
A1 – شاهد ۱	81.44	6.83	13	43	2.38	7.13	15.45	9.37	60.65
A2 – شاهد ۲	78.41	6.75	14	42.16	2.56	7.18	15.91	8.57	53.86
A3 – تیمار ۱	77.16	6.82	13.5	42.5	2.61	7.64	16.75	16.57	98.91
A4 – تیمار ۲	78.28	6.65	12.5	43	3.16	7.62	16.15	13.43	88.67
B1 – شاهد ۱	80.75	6.60	13	42.84	2.41	7.38	15.29	9.78	63.98
B2 – شاهد ۲	79.53	6.70	13.5	42	2.45	7.13	16.40	9.84	59.99
B3 – تیمار ۱	78.65	6.75	13.5	42.35	2.53	7.55	16.37	13.21	80.69
B4 – تیمار ۲	79.15	6.70	13	43	2.95	7.08	15.75	10.25	69.50

در جدول پایین، نتایج آزمون t مستقل برای مقایسه ویژگی‌های فیزیوشیمیایی میوه پرتقال بین دو گروه «شاهد» (باغ‌های بدون سم‌پاشی با مالاتیون) و «تیمار» (باغ‌های سم‌پاشی شده با مالاتیون) ارائه شده است. تحلیل آماری نشان داد که وزن تر میوه در گروه تیمار (84.44 ± 12.44 گرم) به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد (59.62 ± 4.22 گرم) بود ($p = 0.0092$). این نتیجه حاکی از آن است که سم‌پاشی با مالاتیون احتمالاً تأثیر مثبتی بر افزایش وزن تر میوه داشته است.

همچنین، وزن خشک میوه نیز در گروه تیمار به‌طور معناداری بالاتر بود (13.37 ± 2.58 گرم در برابر 9.39 ± 0.59 گرم در گروه شاهد، $p = 0.0239$). این تفاوت می‌تواند بیانگر افزایش تجمع مواد خشک یا تسریع در فرآیند رسیدگی در اثر تیمار باشد.

از نظر درصد ماده خشک، اگرچه مقدار آن در گروه تیمار بالاتر بود (16.25 ± 0.42 ٪) نسبت به شاهد (15.76 ± 0.50 ٪)، اما تفاوت به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p = 0.1813$).

میزان آنتوسیانین در گروه تیمار (7.47 ± 0.26 mg/100g) نسبت به گروه شاهد (7.20 ± 0.12 mg/100g) بیشتر بود، اما این تفاوت نیز از نظر آماری معنی‌دار نبود ($p = 0.1147$). کاروتنوئیدها نیز در تیمار به‌طور نسبی بیشتر بودند (2.81 ± 0.29 mg/L در مقایسه با شاهد (2.45 ± 0.08 mg/L) و با $p = 0.0550$ در آستانه معنی‌داری قرار گرفتند؛ که می‌تواند از نظر بیوشیمیایی دارای اهمیت باشد.

در مورد میزان ویتامین C، میانگین آن در هر دو گروه تقریباً مشابه بود (تیمار: 42.71 ± 0.34 ، در برابر شاهد: 42.50 ± 0.49 ، $p = 0.5040$). و تفاوت مشاهده‌شده فاقد معنی‌داری آماری بود ($p = 0.5040$). درجه بریکس که نشان‌دهنده میزان قندهای محلول است نیز بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت ($p = 0.4881$).

برای کربوهیدرات کل، مقادیر تقریباً یکسان بودند (6.72 ± 0.10 ٪ در شاهد و 6.73 ± 0.07 ٪ در تیمار) و تفاوت آماری مشاهده نشد ($p = 0.8737$). در نهایت، محتوای نسبی آب در گروه تیمار اندکی کمتر از شاهد بود (78.31 ± 0.85 ٪ در برابر 80.03 ± 1.34 ٪)، اما این تفاوت نیز از نظر آماری معنادار نبود ($p = 0.0725$).

در مجموع، دو پارامتر وزن تر و وزن خشک تحت تأثیر معنی‌دار تیمار سم‌پاشی قرار گرفتند. سایر ویژگی‌ها اگرچه در برخی موارد روند افزایشی یا کاهشی داشتند، اما تفاوت معناداری را نشان ندادند. این نتایج بیانگر آن است که مصرف مالاتیون می‌تواند بر برخی ویژگی‌های کمی میوه اثرگذار باشد، هرچند برای تعیین دقیق‌تر اثرات کیفی، بررسی‌های تکمیلی پیشنهاد می‌شود.

جدول ۳-۷. آزمون تی تست برای بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی

متغیر	میانگین $\pm$ انحراف معیار (شاهد)	میانگین $\pm$ انحراف معیار (تیمار)	p مقدار (p-value)
وزن تر (گرم)	59.62 ± 4.22	84.44 ± 12.44	0.0092
وزن خشک (گرم)	9.39 ± 0.59	13.37 ± 2.58	0.0239
(%) ماده خشک	15.76 ± 0.50	16.25 ± 0.42	0.1813
آنتوسیانین (mg/100g)	7.20 ± 0.12	7.47 ± 0.26	0.1147
(mg/L) کاروتنوئید	2.45 ± 0.08	2.81 ± 0.29	0.0550
C ویتامین (mg/100g)	42.50 ± 0.49	42.71 ± 0.34	0.5040
بریکس	13.38 ± 0.48	13.12 ± 0.48	0.4881
(%) کربوهیدرات کل	6.72 ± 0.10	6.73 ± 0.07	0.8737

0.0725	78.31 ± 0.85	80.03 ± 1.34	(%) محتوای نسبی آب
--------	------------------	------------------	--------------------

بحث

افزایش بهره‌وری و کنترل آفات استفاده می‌شوند، اما باقی‌مانده آن‌ها در محصولات غذایی یکی از دغدغه‌های مهم سلامت عمومی محسوب می‌شود. در این پژوهش، میزان باقی‌مانده مالاتیون در پرتقال‌های برداشت‌شده از باغ‌های سم‌پاشی شده و بدون سم‌پاشی (شاهد) در شهرستان رضوانشهر بررسی شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های سم‌پاشی شده عددی بالاتر از نمونه‌های بدون سم‌پاشی بود، اما این اختلاف از نظر آماری معنادار نبود ($p = 0.210$). همچنین، بین باغ‌های مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری در میزان باقی‌مانده مالاتیون مشاهده نشد ($p = 0.694$).

نتایج این مطالعه با یافته‌های پیشین قابل مقایسه است. مطالعه‌ای که توسط رضوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد، نشان داد که میزان باقی‌مانده سم دیازینون در خیارهای کشت‌شده در برخی مناطق ایران از حد مجاز فراتر رفته است، اما در برخی دیگر مقدار آن پایین‌تر بوده که نشان‌دهنده تأثیر عوامل مدیریتی بر میزان باقی‌مانده سموم است. همچنین، بردوت و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی بقایای آفت‌کش‌ها در مرکبات وارداتی دریافتند که میزان باقی‌مانده سموم بسته به منبع و شرایط مدیریتی متفاوت است، که یافته‌های این مطالعه را تأیید می‌کند. مطالعه فرح و همکاران (۲۰۲۰) نیز نشان داد که نوع خاک، شرایط آب‌وهوایی و میزان جذب آفت‌کش توسط گیاه می‌تواند در میزان باقی‌مانده سموم مؤثر باشد، که می‌تواند یکی از دلایل عدم تفاوت معنی‌دار میان باغ‌های بررسی‌شده در این پژوهش باشد.

همچنین، دهقان و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر روش‌های پس از برداشت مانند شست‌وشو، ذخیره‌سازی در سردخانه و پوست‌گیری را بر کاهش میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها بررسی کرده و دریافتند که این فرآیندها می‌توانند منجر به کاهش قابل‌توجهی در سطح آفت‌کش‌های باقی‌مانده شوند. در این پژوهش، برخی نمونه‌های شاهد (بدون سم‌پاشی) دارای مقادیر جزئی مالاتیون بودند که می‌تواند ناشی از آلودگی ثانویه از خاک، آب یا انتقال غیرفعال سم باشد.

یکی از یافته‌های مهم این پژوهش این بود که در باغ شماره ۱، میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های سم‌پاشی شده (3.599 mg/kg) از حد مجاز 2 mg/kg فراتر رفت، که نشان می‌دهد احتمالاً دوز مصرفی بیش از حد بوده یا دوره کارنس رعایت نشده است. در مقابل، در باغ شماره ۲، میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه سم‌پاشی شد (1.769 mg/kg) کمتر از حد مجاز بود، که حاکی از مدیریت بهینه‌تر مصرف سم در این باغ است. این تفاوت نشان می‌دهد که علاوه بر استفاده از سموم، رعایت استانداردهای بهداشتی، پایش باقی‌مانده سموم، و استفاده از روش‌های جایگزین می‌تواند در کنترل این آلاینده‌ها مؤثر باشد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که عواملی مانند مدیریت مصرف آفت‌کش‌ها، شرایط آب‌وهوایی، نوع خاک، و میزان جذب آفت‌کش توسط گیاه می‌توانند تأثیر بسزایی در میزان باقی‌مانده مالاتیون در محصول داشته باشند. علاوه بر این، عدم تفاوت معنی‌دار میان باغ‌های بررسی‌شده نشان می‌دهد که ممکن است فاکتورهایی مانند بارندگی، تبخیر، یا شرایط ذخیره‌سازی نیز در میزان کاهش یا ماندگاری سم در میوه‌ها نقش داشته باشند. با توجه به اینکه برخی نمونه‌های بررسی‌شده دارای باقی‌مانده مالاتیون بیش از حد مجاز بودند، پیشنهاد می‌شود که کنترل بیشتری بر میزان مصرف آفت‌کش‌ها و رعایت استانداردهای بهداشتی در کشاورزی انجام شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که میزان باقی‌مانده مالاتیون در نمونه‌های سم‌پاشی شده عددی بالاتر از نمونه‌های بدون سم‌پاشی بود، اما این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. همچنین، بین باغ‌های بررسی شده، تفاوت معنی‌داری در میزان باقی‌مانده مالاتیون مشاهده نشد که نشان می‌دهد عوامل مدیریتی و زیست‌محیطی می‌توانند بر ماندگاری سم در محصولات تأثیرگذار باشند. گرچه میزان باقی‌مانده مالاتیون در برخی نمونه‌ها بیش از حد مجاز بود، اما در برخی دیگر پایین‌تر از حد مجاز باقی ماند، که نشان می‌دهد روش‌های مدیریتی مناسب می‌توانند تأثیر مستقیمی بر کنترل باقی‌مانده آفت‌کش‌ها داشته باشند. نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که بهبود روش‌های مصرف آفت‌کش‌ها، رعایت دوره کارنس، استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، و افزایش آگاهی کشاورزان می‌تواند نقش مؤثری در کاهش باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی داشته باشد. همچنین، انجام مطالعات گسترده‌تر بر روی سایر مناطق و محصولات مختلف، بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی و نوع خاک، و بررسی روش‌های کاهش باقی‌مانده سموم در مراحل پس از برداشت می‌تواند به بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و حفظ سلامت مصرف‌کنندگان کمک کند.

پیشنهادهای

کاهش دوز مصرفی مالاتیون و رعایت دقیق دوره کارنس برای اطمینان از کاهش باقی‌مانده سم در محصولات کشاورزی. اجرای پایش‌های منظم و سخت‌گیرانه بر میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی و تطبیق آن‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی. استفاده از روش‌های کنترل زیستی و جایگزین‌های طبیعی مانند دشمنان طبیعی آفات و ترکیبات زیست‌سازگار برای کاهش وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی. بررسی تأثیر روش‌های پس از برداشت مانند شست‌وشو، نگهداری در سردخانه و فرآیندهای پردازشی بر کاهش باقی‌مانده مالاتیون. افزایش آگاهی و آموزش کشاورزان در مورد مصرف صحیح آفت‌کش‌ها و ترویج استفاده از فناوری‌های نوین در مدیریت آفات. توسعه روش‌های پیشرفته برای تشخیص سریع باقی‌مانده سموم از جمله کروماتوگرافی گازی و حسگرهای زیستی برای کنترل کیفیت محصولات. ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای کشاورزان جهت کاهش مصرف آفت‌کش‌ها و ترویج کشاورزی پایدار و ارگانیک.

منابع

۱. ابوحسین، گ.، محسنی نیا، م.، کلانتری خاندانی، ن.، علی آبادی، س.، فلاح تفتی، ن.، جم، س.، سبزواری، ا. (۲۰۰۴). مطالعه میزان باقیمانده سموم پر مصرف کشاورزی در سیب های درختی عرضه شده در میدان میوه و تره بار در پاییز ۱۳۸۱.
۲. ارغوانی، م.، کافی، م.، خلیقی، ا. و نادری، ۱۳۸۵. اثر بستر و شبکه های مختلف کاشت بر برخی از صفات کیفی چمن قطعه ای. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۷. شماره ۶. ص ۱۰۲۹-۱۰۲۳.
۳. امیری، ا.، عقدک، پ.، و مبلی، م. ۱۳۸۸. اثر بسترهای مختلف کاشت بر صفات رویشی و زایشی بادمجان قلمی. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه ای اصفهان. ص ۳۵۱-۳۵۲.
۴. باباش پور اصل، م. ۱۳۸۹. کاشت علمی و عملی چمن. چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی مراغه. ۱۷۱ صفحه.
۵. بابک، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر کشت سنتی و هیدرو مالچینگ با بسترهای مختلف بر میزان آنتی اکسیدانها در استرس سرمایی دو نوع چمن (چمن آفریقایی و چمن لولیوم). پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
۶. بی نام. ۱۳۸۴. اصول چمن کاری. سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران. ۲۱۰ صفحه.
۷. بیدکی، س. م.، صادقیان شاهی، م.، سودایی زاده، ح.، و آقامشروطه، ح. ۱۳۸۲. تقویت چمن طبیعی در زمین های ورزشی با استفاده از شبکه های پلیمری. فصلنامه حرکت. شماره ۱۶: ۱۴۱-۱۲۹.
۸. پاداشت، م. ن.، و غلامی، م. ۱۳۸۸. تأثیر بسترهای کشت مختلف در رشد گیاه گلدانی دراسنا (*Dracaena marginata Ait*) و پافیلی (*Beaucarnea recurvata Lem*). مجله به زراعی نهال و بذر ۲ (۲۵): ۶۳-۷۷.
۹. پورصفرعلی، ا. ۱۳۹۰. بررسی اثر بسترهای مختلف کاشت بر روی خصوصیات انواع چمن ورزشی. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت.
۱۰. تورانی، م. ۱۳۸۶. چمن و کاربرد آن در فضاهای سبز ورزشی و عمومی. انتشارات سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی کشور. ۹۸ صفحه.
۱۱. تهرانی فر، ع.، سلاح ورزی ی.، گزانچیان، آرویی، ح. ۱۳۸۸. بررسی پاسخهای گراس های بومی و وارداتی در چگونگی اجتناب از استرس. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۱۲۳(۱). ۹-۱.
۱۲. ذاکری، س. ۱۳۹۸. اندازه گیری همزمان باقیمانده ۴۲ آفت کش در برنج با استفاده از کروماتوگرافی گازی- طیف تجی جرمی. پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی تجزیه. دانشگاه پیام نور واحد اردکان.
۱۳. حقیقی، م. ۱۳۸۳. استفاده از کمپوست حاصل از پرورش قارچ (*SMC*) در کاشت چمن به روش هیدرومالچینگ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۴. خانکهدانی، ح. ۱۴۰۱. تولید و پرورش مرکبات، انتشارات علم کشاورزی ایران. ۱۸۲ صفحه.
- خانکهدانی حامد-۱۴۰۱- کتاب تولید و پرورش مرکباجاپ اول ۱۴۰۱-نشر آموزش کشاورزی
۱۵. خلج، م. ع. و امیری، م. ۱۳۸۸. بررسی اثر بسترهای کشت مختلف بر رشد و ویژگی های کمی و کیفی گل ژربرا. اولین کنگره ملی هیدروپونیک و تولیدات گلخانه ای اصفهان. ص ۹۳-۹۲.
۱۶. خوشخوی، م. ۱۳۹۱، اصول نوین باغبانی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۶۳۸ صفحه.

۱۷. دانشور حکیمی، ن. کافی، م. نیکبخت، ع. و رجایی، ف. ۱۳۹۰. اثر هومیک اسید بر برخی از خصوصیات کمی و کیفی چمن اسپیدی گرین. مجله علوم باغبانی ایران، دوره ۴۲، شماره ۴۰۳-۴۰۴.
۱۸. کلایی، ف.، صادقی، ح.، و مرادی، ح. ۱۳۹۴. اثر محلول پاشی نیتروژن، بور و روی بر میزان اکسین، تشکیل و ریزش میوه در پرتقال نامسون (*Citrus sinensis* cv. *Thomson navel*). نشریه علوم باغبانی ایران. دوره ۴۶، شماره ۳. ص ۳۷۸-۳۶۷.
۱۹. زمان خانیپور، ف. ۱۳۷۰. چمن، احداث، نگهداری. حوزه معاونت آموزشی و تحقیقات سازمان پارک‌ها و فضای سبز. ۷۸ صفحه.
۲۰. فلاحیان، ا. ۱۳۸۰. چمن، فناوری احداث و نگهداری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۸۶ صفحه.
۲۱. قاسمی قهساره، م. و صالحی، ح. ۱۳۹۰. دانش کاربردی و فیزیولوژی، سبز فرش (چمن). ترجمه. ناشر، مسعود قاسمی قهساره. ۳۵۰ صفحه.
۲۲. کافی، م.، ارغوانی، م.، خلیقی، ا. نادری، ر. ۱۳۸۳. اثر نوع بستر و شبکه های کاشت روی سرعت تندش بذر. تراکم چمن و میزان علف هرز در تولید چمن فرش. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۵. شماره ۱. ص ۵۸-۴۷.
۲۳. کریمی، و. ۱۳۸۳. بررسی کمپوست ضایعات چای، پوست درخت و پوست برنج به منظور تهیه بستر مناسب برای جایگزینی پیت در پرورش گیاه آپارتمانی دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena*) پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران.
۲۴. گلرنگ، م.، شور، م.، تهرانی، فر، ع. و موسوی، س. ۱۳۹۱. اثر نوع بستر و شبکه های کاشت روی صفات کیفی چمن رول قطعه ای. نشریه علوم باغبانی. ج ۲۶. شماره ۴. ص ۳۹۳-۳۸۵.
۲۵. گلستانی، م.ع.، دولتخواهی، ع.، وحدتی، ن.، و نوری رودسری، ا. ۱۳۹۲. کاربرد شلتوک برنج به عنوان بستر جدید جوانه زنی بذر چمن در تولید چمن رولی، رویکرد نوینی از کشاورزی پایدار. نشریه گیاهان زینتی. دوره ۴. شماره ۱. ص ۳۷-۳۳.
۲۶. صدرنیا، ح. خ. پ. م. د. ع. و. (۲۰۱۰). تعیین و مقایسه خواص فیزیکی دو رقم پرتقال، ششمین کنگره ملی مهندسی ماشینهای کشاورزی و مکانیزاسیون، تهران - مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
۲۷. مامی، ی.؛ پیوست، غ.؛ بخشی، د.؛ سمیع زاده، ح. ۱۳۸۶. تعیین بسترهای مختلف کاشت گوجه فرنگی در سیستم کشت بدون خاک. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲(۲): ۴۸-۳۹.
۲۸. اصول چمن کاری، انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز شهر تهران. ۲۱۰ صفحه.
۲۹. موسوی نیا، س. م. چمن رول (*Sod turf*). ۱۳۸۳. مجموعه مقالات علمی و تخصصی فضای سبز. جلد ششم. صفحات ۴۲-۲۷.
۳۰. م. ه. ز. و. ع. (۱۳۸۵). ارزیابی میزان باقیمانده انواع سموم آفت کش به روش کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی در برخی از سبزی های عرضه شده در میدان اصلی میوه و تره بار شهر تهران فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال اول، شماره ۲، صفحات ۲۰-۱۳.
۳۱. موسوی نیا، م. و عطاپور، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثر ماده سوپر جاذب آ- ۲۰۰ روی کاهش دور آبیاری و میزان آبیاری و برخی صفات چمن اسپورت سردسیری. سومین دوره تخصصی، آموزشی، کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژول های سوپر جاذب. پژوهشگاه پلیمر ایران.

۳۲. نادری، د. و کافی، م. ۱۳۸۴. چمن ها کاشت و نگهداری برای فرش سبز. ترجمه. انتشارات ندای ضحی. ۱۳۷ صفحه.
33. Angelo, G. D., Castelnovo, M. Galli, A. and Valagussa, M. 1993. Relation between physical and chemical properties of the substrate and growth of sompot ornamentals. *Acta Horticulturae*. 342: 313-323.
34. Ardakani, S. (2015). Residual levels of diazionon and benomyl on greenhouse mushroom. *IRAN J Toxicol*; 29:1307-11.
35. Brien, O. and Barker, A.V. 1995. Evaluation of fresh and year – old solid waste composts for production of wild flower and grass sods on plastic compost. *Science and Utilization*. 3(4) 69-77.
36. Bruce, R., Decker, H., Ganahl, L. and Yarmark, E. 2000. Biosolid residues as soilless media for growing creeping bent grass. *American Society for Horticultural Science*. 1:1.
37. Chanseetis, C., Shinohara, Y., Takagaki, M., Maruo, M., Hojo, M. and Ito, T. 2001. Application Of Capillary Hydroponic System To The Lettuce Growing Under Tropical Climate Condition. *Acta Horticulture*, 548: 321-328.
38. Chirino, E., Vilagrosa A., Vallejo V.R., 2011. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant Soil*, 3444, 99-110.
39. Christians, N. 2004. Fundamentals of turfgrass management. 2e publ: wiley. 293-306 p.
40. Cisar, J.L. and Synder, G.H. 1992. Sod production on a solid-waste compost over plastic. *HortScience*. 27:3, 219-222.
41. Cockerman, S. 1998. Turfgrass sod production university of California publication. 64p.
42. Davidson, H., Mecklnburg, R and Peterson, C. 1998. Nursery management: Adminestation and culture seconded. prentice-hall.Inc.NewJersey.173pp.
43. Decker, H. F. 1989. Growing sod over plastic: turf in five weeks. *Landscape Management*, 28:68–70.
44. Decker, H.F. 2001. Producing sods over plastic in soilless media. *Horticultural Review*, Vol. 27.
45. Decker, H.F. and Decker, J.M. 1988. Lawn care: A handbook for professionals. Prentice-Hall, Inc.,Englewood Cliffs, N.J. 304 pp.
46. Dole, J.M. and Wilkins, F.H. 1999. Floriculture. Part 2. 2thed. Prentice Hall. 304-318.
47. Ecobichon, D. (2001). Toxic effects of pesticides. In: Klaassen, CD (Ed.), Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, R McGraw-Hill. New York, 763-810.
48. Eddleston M, P. (2004). MR. Self-poisoning with pesticides. *BMJ open*, 328 (7430):42-4.
49. Geisel P., Le strange M., and Silva D. 2001. Topdressing compost on Bermuda grass: Its effect on turf quality and weeds. *California Turfgrass Culture*, 51(1):1-4.
50. Grung, M., Lin, Y., Zhang, H., Steen, A. O., Huang, J., Zhang, G., & Larssen, T. (2015). Pesticide levels and environmental risk in aquatic environments in China—A review. *Environment International*, 81, 87-97 .
51. Han, J. 1997. Effects of mowing management on the turf quality of Kentucky bluegrass. *Grassland of China* 6:16-20.
52. Akash, M., Pawade, u. and Nikam, A. 2018. *Ayurveda Pharm*. 9 (4):144-150

53. Kenaf – based fiber mat as a substrate for establishing soilless sod. Hort. Technology. 8: (2) 171 – 175.
54. Hamilton, H., Alice, A., Md, M. D., Hardy, H., Harriet L, H. L., & Md, M. D. (1949). Industrial toxicology.
55. Hlrig, R. 1992. The use of growing media-additives for the cultivation of pot azaleas and container-grown nursery plants. Horticulural Abs. 62(2): 174.
56. Hoitink, H.A, Inbar, J. Y. and Boehm, M. J. 1991. Status of compost amended potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops. Plant Disease. 75(9): 869-873.
57. Inden, H. and Torres, A. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. ISHS Acta Horticulturae, 644: 205–210.
58. Islam, M.D.S, Khan, S., Ito, T., Maruo, T. and Shinohara, Y. 2002. Characterization of the physicochemical properties of environmentally friendly organic substrate in relation to rockwool. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77: 143-148.
59. Jensen, I. M., & Whatling, P. (2010). Malathion: A review of toxicology. Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology, 1527-1542.
60. Jiang, Y. and N. Huang. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Sci. 41: 436-442.
61. McCoy, E.L. 1992. Quantitative physical assessment of organic material used in sports turf root zone mixes. Agron. J. 84 : 375 – 38.
62. Razmjoo, K.T., Suguira I.J., and Kaneko, S. 1996. Effect of nitrogen rate and mowing height on color, density, uniformity and chemical composition of creeping bentgrass cultivar in winter. J. Plant Nutr. 19 : 1499 – 1509.
63. Roberts, B.R., Decker, H.F., Ganahl, L.M. and Yarmark, E. 2001. Biosolid residues as soilless media for growing creeping bent grass sod. Hort. Technology. 11: (3) 451– 455.
64. Roberts, B.R., Koharst S.D., Decker H.F., and Yaussy D. 1995. Shoot biomass of turfgrass cultivar grown on composted waste. Environ. Mgt. 19 (5) : 735 – 739.
65. Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) –a Calcium - or a stress- related disorder? Scientica Horticulturae, 90: 193-208.
66. Seyedi, A., Firoozbakht, Z., & Ahmadzadeh, M. (2022). Evaluation of Pomological Characteristics and Fruit Quality of Ten Orange (*Citrus sinensis*) Cultivars on Sour Orange (*Citrus aurantium*) Rootstock. Journal Of Horticultural Science, 35(4), 507-520.
67. Winder, C. (2004). Occupational Toxicology. 2th ed. florida: CRC PRSS, 336-337.
68. Yasui, H. 1986. Characteristic of a new culture media and use. New technology of hydroponic culture. P. 15-20.
69. Zimdahl, R. C. (1999). Fundamentals of Weed Science. 2nd edition, San Diego, Academic Press, p. 586 .