بررسی میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها (استامی پراید، دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب) در محصول گوجه فرنگی گلخانه‌ای (واریته ازمیر) در فارس

- **آناهیتا یزدان‌پاک**: گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
- **هادی استوان***: گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
- **شهرام حسامی**: گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
- **مهدی غیبی** : گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: آذر ١٣٩٧ تاریخ پذیرش: اسفند ١٣٩٧

چکیده

امروزه با توجه به روند صعودی افزایش جمعیت و بحث امنیت غذایی، توسعه و ترویج محصولات گلخانه ای از اولویت‌های اجرایی وزارت جهادکشاورزی محسوب می‌شود که اجرای این امر با افزایش بی‌رویه مصرف نهاده‌های شیمیایی مواجه شده است و با توجه به اهمیت محصولات خام کشاورزی به‌خصوص گوجه فرنگی که یکی از اصلی‌ترین محصول سبد خانوار ایرانی محسوب شده و به‌طور عمومی مصرف تازه خوری دارد، اهمیت توجه به‌میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات‌خام کشاورزی را صد چندان می‌کند چراکه در بسیاری موارد عدم استفاده از آفت‌کش‌های بیولوژیک و کم خطر، عدم رعایت دوره کارنس آفت‌کش‌ها و مصرف بی‌رویه و غیراصولی آن‌ها باعث بروز اثرات زیان‌بار آفت‌کش‌ها شده و خطرات زیست‌محیطی را به‌همراه دارد. از آن‌جایی‌که در گلخانه‌ها جهت مبارزه با آفات، حشره‌کش‌های دیازینون (EC ٦٠٪)، ایمیداکلوپرید (SC ٣٥٪)، پریمیکارب (WP ٥٠٪) و استامی‌پراید (SP ٢٠٪) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق میزان باقی‌مانده سموم ذکر شده در محصول گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) واریته ازمیر، در روزهای مختلف پس از استفاده، مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق نمونه‌برداری محصول تحت اثر آفت‌کش‌های استامی پراید، دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب قرار گرفته بود، انجام پذیرفت. در این مرحله برای تعیین روند کاهش سم در روزهای مختلف پس از سم‌پاشی، نمونه‌برداری در بازه‌های زمانی ٢، ٥، ٧، ١٠، ١٤، ١٧ و ٢١ روز پس از سم‌پاشی صورت گرفت. استخراج باقی‌مانده سموم از نمونه‌ها توسط حلال استونیتریل صورت گرفت و پس از خالص‌سازی ماده استخراج شده، میزان آفت‌کش با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا مجهز به آشکارساز فرابنفش و مرئی (HPLC-DAD) مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان دادند که میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌های استامی پراید، دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب در گوجه فرنگی با نزدیک شدن به دوره کارنس سیر نزولی دارد.

کلمات کلیدی: استامی‌پراید، ایمیداکلوپرید، باقی‌مانده آفت‌کش، پریمیکارب، دیازینون،کروماتوگرافی مایع با کارائی بالا

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ostovan2001@yahoo.com

مقدمه

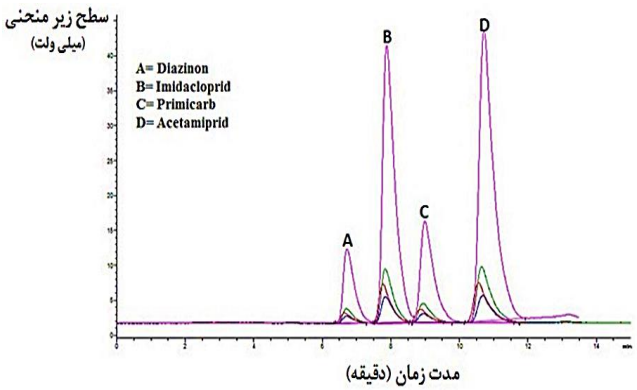
گوجه فرنگی ازجمله صیفی‌جات پر مصرف در کشور می‌باشد و به‌صورت تازه خوری ازجمله استفاده در سالاد و ساندویچ‌ها مورد توجه بوده و به‌دلیل داشتن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مثل لیکوپن، اسید اسکوربیک، ویتامین E، و سایر کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها و اسید فنولیک، یک ماده غذایی عمل‌گرا درنظر گرفته می‌شود (Guil-Guerrero و Rebolloso-Fuentes، ۲۰۰۹). گوجه‌فرنگی در طول دوره رشد به آفات حساس است و جهت افزایش راندمان تولید در مراحل مختلف استفاده از آفت‌کش‌ها، افزایش می‌یابد که در اتحادیه اروپا برای ۷۷۴ نوع آفت‌کش و ایالات متحده آمریکا برای ۴۶۵نوع آفت‌کش مصرفی در گوجه فرنگی حداکثر مقدار باقی‌مانده تعیین شده است (An و Shin، ۲۰۱۱). درحالی‌که در کمیته کدکس موادغذایی برای ۷۱ نوع آفت‌کش (Kim و همکاران، ۲۰۱۶) و در استاندارد ملی ایران برای ۳۳ نوع آفت‌کش (Kwon و همکاران، ۲۰۱۵) در این محصول حد مجاز تعیین گردیده است. میزان باقی‌مانده در "استاندارد ملی ۱۲۵۸۱ مرز بیشینه مانده آفت‌کش‌ها در صیفی‌جات" که حداکثر میزان باقی‌مانده (Maximum Residue Limit=MRL) دیازینون ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حد مجاز دریافتی روزانه (Accepted Daily Intak=ADI)۰/۲۰۰، حداکثر میزان باقی‌مانده پریمیکارب و ایمیدا کلوپرید ۰/۵ و حد مجاز دریافتی روزانه به‌ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۶تعیین شده است و از آن‌جایی‌که آفت‌کش استامی پراید برای مصرف در گوجه فرنگی ثبت نشده لذا موسسه تحقیقات گیاه پزشکی حد مجازی برای‌باقی‌مانده این آفت‌کش تعیین نکرده است، در نتیجه در استاندارد ملی ایران نیز، حد مجاز باقی‌مانده برای محصولات فوق‌الذکر بیان نشده و برای این گونه موارد که مقادیر حد مجاز براساس استاندارد ملی،مشخص نشده باید مقدار ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم درنظر گرفت و چون کار تحقیقاتی است و یکسان بودن منابع مورد استفاده از الزامات این‌گونه پروژه‌های اجرایی است لذا به استاندارد ملی ژاپن استناد شد که استاندارد سختگیرانه‌ای در سطح دنیاست تا یکنواختی در مطالعه و مقایسه نتایج، وجود داشته باشد.در بسیاری‌مواقع، میوه‌ها را قبل از پایان دوره کارنس (زمانی‌که پس از سمپاشی باید سپری شود تا باقی‌مانده سم در محصول به‌حداقل برسد) به بازار می‌آورند در نتیجه سم باقی‌مانده بر روی بافت میوه‌ها به‌تدریج در معده و کبد که وظیفه دفع‌سموم را برعهده داردجمع و موجب‌سرطان‌هاو بیماری‌های مختلف می‌شود (Slovic، ۲۰۱۰). آفت‌کش‌هایی که برای دفع آفات گیاهی‌مصرف‌می‌شودبایدمدت‌معینی‌روی‌میوه و محصولات کشاورزی باقی بماند تا تجزیه شود. اما چون در بسیاری از موارد میوه و محصولات کشاورزی زودتر از وقت معین شده برای عرضه به بازار مصرف، برداشت می‌شود مقادیری از سموم در بافت میوه به‌صورت تجزیه نشده باقی می‌ماند (رخشانی، ۱۳۸۵). متاسفانه برخی از فروشندگان‌سموم‌گیاهی براساس موجودی فروشگاه و یا میزان سودی که عایدشان می‌شود، در اختیار مراجعه کنندگان می‌گذارند و حتی سموم تقلبی در برخی مناطق به‌صورت قاچاق توسط وانت بارهایی که درسطح خیابان‌ها و روستاها به‌عنوان فروشگاه‌های سیار تردد می‌کنند فروخته‌و حمل و نقل می‌شود. درحالی‌که در گذشته تنهااین آفت‌کش‌ها از طریق فروشگاه‌های مجاز و با دریافت‌نسخه به‌کشاورزان‌ارائه می‌شد. تولید، توزیع و مصرف سموم به‌دلیل عوارض بهداشتی و زیست‌محیطی که می‌تواند ایجاد کند باید به‌طور کامل تحت نظارت و کنترل مراجع ذی‌صلاح انجام شود (کاظمی، ۱۳۷۴؛ طالبی‌جهرمی، ۱۳۹۱؛ رادنیا، ۱۳۷۹).دربسیاری از مطالعات تجزیه و تحلیل باقی‌مانده آفت‌کش‌های ارگانو فسفره، به تاثیرات مخرب این آفت‌کش‌ها در سلامت انسان و مخاطرات زیست‌محیطی آن‌ها پرداخته شده است (Akan و همکاران، ۲۰۰۴). براساس گزارش‌های داخلی شیوع بیش از اندازه بیماری‌هایی هم‌چون سرطان دستگاه گوارش به‌مصرف بی‌رویه سموم کشاورزی نسبت داده شده است (شریفی‌آل‌آقا، ۱۳۷۸).آلودگی‌ها در یک زنجیره پیوسته در حرکت است و از طریق آب آلوده و خاک نامناسب، کودها، آفت‌کش‌ها، به زنجیره غذایی انسان و حیوان وارد می‌شود و اگر از حد معینی که استانداردهای جهانی و ملی تعیین کرده، بیش‌تر شوند، سلامت را تهدید خواهد کرد. برای مثال، تغذیه مرغ با روغن جامد برای سرعت بخشیدن به وزن‌گیری و تغذیه دام با نان کپک زده هر کدام به‌نحوی سلامت مصرف‌کننده را به‌خطر می‌اندازد (رخشانی، ۱۳۸۴) .

مواد و روش‌ها

در ابتدای کار چند گلخانه در شهرستان شیراز، استان فارس انتخاب گردید. بعد از هماهنگی‌های صورت گرفته، یک گلخانه برای سم‌پاشی،انتخاب شد. در گلخانه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) واریته ازمیر، با رعایت دزهای توصیه شده مطابق با دستورالعمل‌های اجرایی‌سازمان‌حفظ‌نباتات‌و با روش‌کاربردی‌متداول‌کشاورزان منطقه، از سموم دیازینون (EC ۶۰٪) ۱ گرم در ۱ لیتر آب، ایمیداکلوپرید (SC ۳۵٪) ۱ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب، پریمیکارب (WP ۵۰٪) ۰/۶ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب و استامی‌پراید (SP ۲۰٪) ۰/۸ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب استفاده شد و در زمان‌بندی صورت گرفته (شامل نیمه دوره کارنس، پایان دوره کارنس، زمان برداشت و یک هفته بعد از برداشت) به‌صورت‌کاملاً تصادفی نمونه‌گوجه‌فرنگی از قسمت‌های مختلف گلخانه جمع‌آوری و پس از مخلوط‌سازی آن‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی در پلاستیک‌های زیپ‌دار ریخته شده، در کنار بسته‌های یخ‌خشک، در جعبه مخصوص (دور از دما و نور مستقیم)و برای آنالیز فوراً

به آزمایشگاه انتقال داده و مراحل مختلف استخراج روی آن‌ها صورت داده و تهیه شده و در فرآیند آماده‌سازی قرار می‌گیرد و براساس روش کچرز (AOAC، ۲۰۰۵)، استاندارد ۱۲۵۸۱ مرز بیشینه آفت‌کش‌ها، مورد سنجش قرار می‌گیرد. در فرایند آماده‌سازی از محصول تیمار شده گوجه فرنگی به‌صورت کاملاً تصادفی و بارعایت اصول فنی نمونه برداری، ۸ تا ۱۰ عدد برداشته شد. سپس نمونه‌ها به‌همراه پوست آن وزن گردیدند و متناسب با وزن آن همراه با مقدار معینی آب توسط دستگاه مخلوط‌کن به‌طور کامل هموژن شدند. از این مخلوط هموژن مقداری را در فالکون‌های پلی‌پروپیلن (Poly Propylene =PP) شفاف، به‌میزان ۱۰ گرم وزن و پس از بستن درب آن‌ها با پارافیلم کاملاً محفوظ و مابقی مخلوط هموژن نمونه‌ها را در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دارودر فریزر و دمای ۱۸- سانتی‌گراد نگه‌داری شد. در این مرحله محلول‌های استاندارد چهار سم دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب و استامی‌پراید با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیترتهیه گردید و ۱۶ نمونه نیز برای سنجش توسط HPLC آماده‌سازی شدند.

۴ نمونه اول: (۱۰±۰/۰۰۱ گرم) گرم از نمونه‌های محصولات (۲ عدد، گوجه فرنگی)، عاری از سموم را طبق روش کچرز، آماده‌سازی و سپس نمونه‌ها خشک‌شدند. ۴ نمونه دوم:(۱۰±۰/۰۰۱ گرم) گرم از نمونه‌های محصولات (گوجه فرنگی ۲ عدد)، عاری از سموم را به‌همراه ۱۸۰ میکرولیتر محلول ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از هر سم (که این مقدار معادل ۱۸ میکروگرم‌برگرم‌نمونه‌می‌باشد)آماده‌سازی‌و تغلیظ می‌گردد. ۴ نمونه سوم: (۱۰±۰/۰۰۱ گرم) گرم از نمونه‌های محصولات (گوجه فرنگی ۲ عدد)، عاری از سموم به‌همراه۱۰۰ میکرولیتر محلول ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از هر سم (که این مقدار معادل ۱۰ میکرو گرم بر گرم نمونه می‌باشد) آماده‌سازی و تغلیظ می‌گردد. ۴ نمونه چهارم: (۱۰±۰/۰۰۱ گرم) گرم از نمونه‌های محصولات (گوجه فرنگی ۲ عدد)، عاری از سموم ۸۰ میکرولیتر محلول ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از هر سم (که این مقدار معادل ۸ میکرو گرم بر گرم نمونه می‌باشند) آماده‌سازی و تغلیظ و پس از اسپایک کردن سم‌ها در هر مرحله، نمونه اسپایک شده برای مدت ۹۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شده و سپس آن‌ها به‌صورت هموژه شده درآمد. مقادیر کارایی استخراج به دست آمده در نمونه‌های بالا شامل محصول گوجه فرنگی، کاملاً مشابه بود. برای بررسی تعیین حد تشخیص و صحت دستگاه HPLC، غلظت‌های مختلف آفت‌کش به دستگاه تزریق شد و کروماتوگرام چهار آفت‌کش مورد آزمون (شکل ۱)، پارامترهای منحنی کالیبراسیون استاندارد چهار آفت‌کش (جدول ۱) و مقادیر بازیافت آفت‌کش‌ها در نمونه گوجه فرنگی با استفاده از آفت‌کش استاندارد و نرم‌افزار دستگاه تعیین (جدول ۲) و در نهایت پارامترهای مربوط به حدتشخیص و حد کمی بودن چهار آفت‌کش در گوجه فرنگی مشخص گردید (جدول ۳) و در نهایت روند بررسی دقت روش انجام کار، هم در یک روز و هم در سه روز متوالی (هرکدام در سه غلظت) به‌منظور بهینه‌سازی شرایط و معتبرسازی روش اندازه‌گیری آفت‌کش‌ها با دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا، انجام شد (جدول ۴). در پایان روش کچرز بر روی نمونه‌های حقیقی که ازگلخانه تهیه شده بودند و مورد سم‌پاشی با آفت‌کش‌های‌ایمیداکلوپرید، دیازینون، پریمیکارب و استامی‌پراید قرار گرفته بودند، انجام شد. به این صورت که آماده‌سازی‌ها مطابق اصول و در شرایط بهینه به‌دست آمده انجام گرفت و عصاره‌های نهایی به دستگاه تزریق و کروماتوگرام‌ها ثبت گردیدند. هم‌چنین این نمونه‌ها نیز مورد اسپایک (سه سطح غلظتی ۰/۱ ، ۱ و ۲ میلی‌گرم بر لیتر) قرار گرفتند و بار دیگر روش کچرز بر روی آن‌ها انجام شد و کروماتوگرام‌ها ثبت گردیدند و در نهایت با استفاده از نرم‌افزارهای Microsoft Office ۲۰۱۶، Chem Draw Ultra 12 و EndNote X.8.0.2 مورد آنالیز قرار گرفت.



شکل ۱: کروماتوگرام‌های چهار آفت‌کش مورد آزمون به‌صورت مخلوط استاندارد

جدول ۱: پارامترهای منحنی کالیبراسیون چهار آفت‌کش

ردیف	نام آفت‌کش	معادله منحنی کالیبراسیون (y=ax+b)	ضریب رگرسیون (R^2)
۱	دیازینون	۰/۴۰۱۷x+۱۵۶۵۳y =	۰/۹۹۹۳
۲	ایمیداکلوپرید	۱/۲۹۰۹x+۲۲۰۹۹y =	۰/۹۹۹۵
۳	پریمیکارب	۱/۳۹۵۱x+۲۶۲۴۷y=	۰/۹۹۹۷
۴	استامی‌پراید	۱/۶۰۵۵x+۶۰۴۱/۹y =	۰/۹۹۹۲

جدول ۲: مقادیر بازیافت آفت‌کش‌ها در نمونه‌های گوجه فرنگی

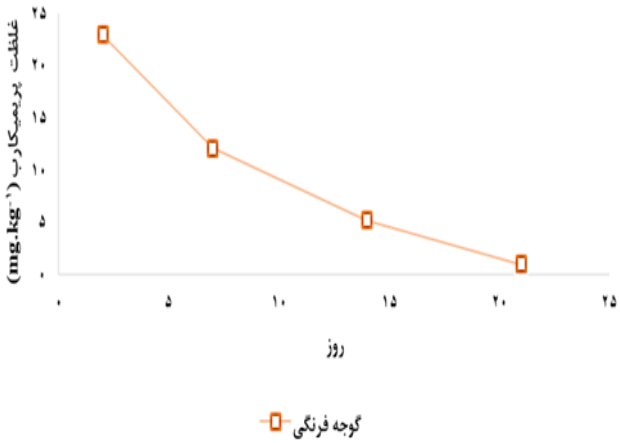
نوع سم	درصد بازیافت (انحراف استاندارد نسبی)		
	ترازهای غنی سازی (میلی‌گرم در کیلوگرم)		
	۲	۱	۰/۱
دیازینون	۸۷(۴/۵۶)	۹۵(۱/۱۴)	۹۲(۲/۳۴)
ایمیداکلوپرید	۹۶(۶/۱۷)	۹۵(۲/۱۱)	۹۰(۵/۲۱)
پریمیکارب	۹۴(۲/۲۵)	۹۴(۴/۴۲)	۹۳(۳/۸۲)
استامی‌پراید	۹۷(۴/۹۸)	۹۷(۳/۷۱)	۹۸(۴/۲۱)

جدول ۳: پارامترهای مربوط به حد تشخیص و حد کمی بودن چهار آفت‌کش در گوجه‌فرنگی

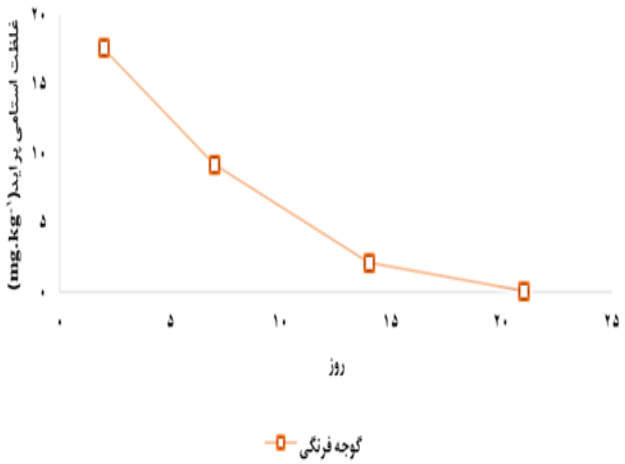
نوع سم	حد تشخیص (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حد تعیین مقدار (میلی‌گرم در کیلوگرم)	حد مجاز (میلی‌گرم در کیلوگرم)
دیازینون	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱
ایمیداکلوپرید	۰/۱	۰/۳	۲
پریمیکارب	۰/۱	۰/۳	۱
استامی‌پراید	۰/۳	۰/۹	۲

نتایج

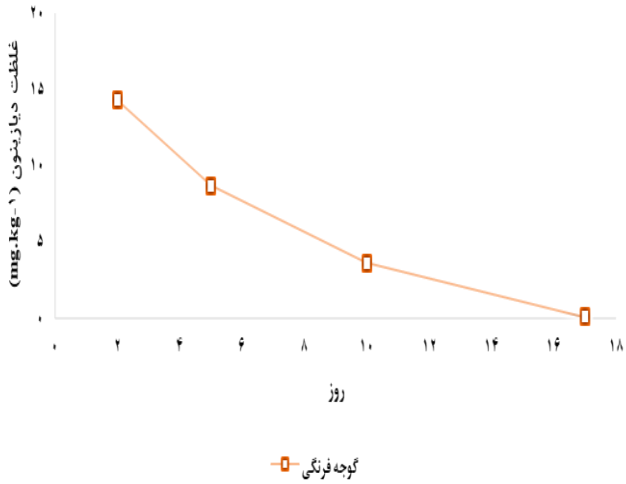
این پژوهش با استفاده از دستگاه HPLC و با استفاده از یک روش‌نوین به‌نام روش کچرز QuEChERS که‌خودمخفف‌عبارات سریع (Quick)، آسان (Easy)، ارزان (Cheap)، موثر (Effective)، شدید (Rugged) و ایمن (Safe) می‌باشد، میزان باقی‌مانده آفت‌کش‌های مذکور در گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری شد که علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های فوق، دراین آنالیز دقت و صحت خوبی، حدتشخیص، حدکمی بودن و دامنه خطی‌بودن روش برای آنالیز باقی‌مانده آفت‌کش‌ها را به‌صورت قابل قبول نشان داد. نتایج سنجش گوجه فرنگی حاوی چهار آفت‌کش دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب و استامی پراید در جدول ۵ بیان شد که محلول حاصل از استخراج، به دستگاه HPLC تزریق و مشخص شد که غلظت آفت‌کش‌ها در بازه‌های زمانی مختلف در محصول گوجه فرنگی رقم ازمیر سیر نزولی دارد (جدول ۵) . این روند کاهشی میزان باقی‌مانده‌آفت‌کش پریمیکارب،استامی پراید، دیازینون و ایمیداکلوپرید در گوجه‌فرنگی با شیب‌های مختلف در گراف‌های مربوطه کاملاً مشهود است (شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵).



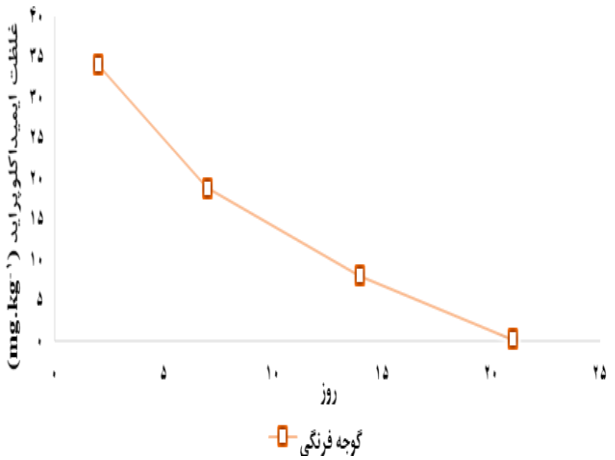
شکل۲: روند کاهشی میزان باقی‌مانده آفت‌کش پریمیکارب در گوجه فرنگی



شکل۳: روند کاهشی میزان باقی‌مانده آفت‌کش استامی پراید در گوجه فرنگی



شکل۴: روند کاهشی میزان باقی‌مانده آفت‌کش دیازینون درگوجه فرنگی



شکل۵: روند کاهشی میزان باقیمانده آفت‌کش ایمیداکلوپرید درگوجه فرنگی

جدول ۴: روند بررسی دقت روش در یک روز و در سه روز متوالی (هر کدام در سه غلظت)

A: استامی‌پراید D: دیازینون P: پریمیکارب I: ایمیداکلوپرید

یک روز

تکرار پذیری (۰/۱پی. پی. ام)					تکرار پذیری (۱ پی. پی. ام)					تکرار پذیری (۲ پی. پی. ام)				
Rep No.	Area				Rep No.	Area				Rep No.	Area			
	D	P	I	A		D	P	I	A		D	P	I	A
۱/۰	۲۸/۴	۷/۷	۲۹/۵	۶/۵	۱/۰	۶۶/۸	۱۶/۶	۵۰/۹	۱۳/۹	۱/۰	۹۶/۰	۲۹/۵	۷۵/۵	۱۹/۰
۲/۰	۳۸/۵	۹/۰	۲۹/۶	۷/۶	۲/۰	۶۶/۴	۱۷/۴	۵۱/۱	۱۰/۶	۲/۰	۹۳/۳	۲۴/۷	۷۴/۷	۱۶/۲
۳/۰	۳۸/۵	۸/۹	۲۹/۷	۷/۳	۳/۰	۶۷/۸	۲۲/۳	۵۲/۸	۲/۱۳	۳/۰	۹۴/۵	۲۷/۳	۷۴/۰	۱۸/۰
Ave	۳۵/۱	۸/۵	۲۹/۶	۷/۱	Ave	۶۷/۰	۱۸/۸	۵۱/۶	۱۲/۶	Ave	۹۴/۶	۲۷/۲	۷۴/۷	۱۷/۷
SD	۵/۳۸	۰/۷۲	۰/۱۰	۰/۵۷	SD	۰/۷۲	۳/۰۹	۱/۰۴	۱/۷۴	SD	۱/۳۵	۲/۴۰	۰/۷۵	۱/۴۲
RSD	۰/۱۷	۰/۰۸	۰۰۰	۰/۰۸	RSD	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۲	۱/۱۴	RSD	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۸

یک روز

تجدید پذیری (۰/۱پی. پی. ام)					تجدید پذیری (۱ پی. پی. ام)					تجدید پذیری (۲ پی. پی. ام)				
Rep No.	Area				Rep No.	Area				Rep No.	Area			
	D	P	I	A		D	P	I	A		D	P	I	A
۱/۰	۲۸/۴	۷/۷	۲۹/۵	۶/۵	۱/۰	۶۶/۸	۱۶/۶	۵۰/۹	۱۳/۹	۱/۰	۹۶/۰	۲۹/۵	۷۵/۵	۱۹/۰
۲/۰	۳۸/۵	۹/۰	۲۹/۶	۷/۶	۲/۰	۶۶/۴	۱۷/۴	۵۱/۱	۱۰/۶	۲/۰	۹۳/۳	۲۴/۷	۷۴/۷	۱۶/۲
۳/۰	۳۸/۵	۸/۹	۲۹/۷	۷/۳	۳/۰	۶۷/۸	۲۲/۳	۵۲/۸	۱۳/۲	۳/۰	۹۴/۵	۲۷/۳	۷۴/۰	۱۸/۰
Ave	۳۵/۱	۸/۵	۲۹/۶	۷/۱	Ave	۶۷/۰	۱۸/۸	۵۱/۶	۱۲/۶	Ave	۹۴/۶	۲۷/۲	۷۴/۷	۱۷/۷
SD	۵/۸۳	۰/۷۲	۰/۱۰	۰/۵۷	SD	۰/۷۲	۳/۰۹	۱/۰۴	۱/۷۴	SD	۱/۳۵	۲/۴۰	۰/۷۵	۱/۴۲
RSD	۰/۱۷	۰/۰۸	۰۰۰	۰/۰۸	RSD	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۱۴	RSD	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۸

اولین روز

Rep No.	Area				Rep No.	Area				Rep No.	Area			
	D	P	I	A		D	P	I	A		D	P	I	A
۱/۰	۳۹/۶	۱۱/۹	۳۱/۵	۷/۲	۱/۰	۷۱/۰	۱۹/۴	۵۲/۲	۱۰/۷	۱/۰	۹۹/۳	۲۹/۸	۷۵/۵	۱۹/۳
۲/۰	۲۹/۲	۱۴/۹	۳۳/۲	۹/۹	۲/۰	۵۸/۹	۱۴/۲	۵۰/۳	۱۲/۹	۲/۰	۹۶/۲	۲۲/۵	۷۲/۹	۱۷/۸
۳/۰	۴۳/۸	۱۰/۸	۳۰/۵	۷/۳	۳/۰	۷۱/۱	۲۰/۸	۵۳/۳	۱۴/۵	۳/۰	۹۸/۲	۲۷/۱	۷۶/۳	۲۳/۲
Ave	۳۷/۵	۱۲/۵	۳۱/۷	۸/۱	Ave	۶۷/۰	۱۸/۱	۵۱/۹	۱۲/۷	Ave	۹۷/۹	۲۶/۵	۷۴/۹	۲۰/۱
SD	۷/۵۲	۲/۱۲	۱/۳۷	۱/۵۳	SD	۷/۰۱	۳/۴۸	۱/۵۲	۱/۹۱	SD	۱/۵۷	۳/۶۹	۱/۷۸	۲/۷۹
RSD	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۱۹	RSD	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۱۵	RSD	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۱۴

دومین روز

Rep No.	Area				Rep No.	Area				Rep No.	Area			
	D	P	I	A		D	P	I	A		D	P	I	A
۱/۰	۴۳/۵	۱۳/۴	۲۷/۵	۷/۷	۱/۰	۴۸/۸	۱۵/۶	۳۳/۶	۹/۰	۱/۰	۹۷/۶	۳۱/۵	۷۵/۰	۱۷/۷
۲/۰	۳۸/۸	۱۱/۶	۲۴/۳	۶/۳	۲/۰	۴۵/۸	۱۴/۶	۳۲/۶	۷/۹	۲/۰	۹۵/۵	۲۸/۴	۷۳/۴	۱۵/۱
۳/۰	۲۷/۰	۹/۱	۲۷/۸	۵/۱	۳/۰	۳۷/۵	۱۰/۱	۲۹/۰	۵/۴	۳/۰	۹۲/۶	۲۱/۰	۷۰/۷	۱۰/۵
Ave	۳۶/۴	۱۱/۴	۲۶/۵	۶/۴	Ave	۴۴/۰	۱۳/۴	۳۱/۷	۷/۴	Ave	۹۵/۲	۲۷/۰	۷۳/۰	۱۴/۴
SD	۸/۵۰	۲/۱۶	۱/۹۴	۱/۳۰	SD	۵/۸۵	۲/۹۳	۲/۴۲	۱/۸۴	SD	۲/۵۱	۵/۳۹	۲/۱۷	۳/۶۵
RSD	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۲۰	RSD	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۲۵	RSD	۰/۰۳	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/۲۵

سومین روز

تکرار پذیری (۰/۱پی. پی. ام)					تکرار پذیری (۱ پی. پی. ام)					تکرار پذیری (۲ پی. پی. ام)				
Rep No.	Area				Rep No.	Area				Rep No.	Area			
	D	P	I	A		D	P	I	A		D	P	I	A
۱/۰	۲۸/۴	۷/۷	۲۹/۵	۶/۵	۱/۰	۶۶/۸	۱۶/۶	۵۰/۹	۱۳/۹	۱/۰	۹۶/۰	۲۹/۵	۷۵/۵	۱۹/۰
۲/۰	۳۸/۵	۹/۰	۲۹/۶	۷/۶	۲/۰	۶۶/۴	۱۷/۴	۵۱/۱	۱۰/۶	۲/۰	۹۳/۳	۲۴/۷	۷۴/۷	۱۶/۲
۳/۰	۳۸/۵	۸/۹	۲۹/۷	۷/۳	۳/۰	۶۷/۸	۲۲/۳	۵۲/۸	۲/۱۳	۳/۰	۹۴/۵	۲۷/۳	۷۴/۰	۱۸/۰
Ave	۳۵/۱	۸/۵	۲۹/۶	۷/۱	Ave	۶۷/۰	۱۸/۸	۵۱/۶	۱۲/۶	Ave	۹۴/۶	۲۷/۲	۷۴/۷	۱۷/۷
SD	۵/۳۸	۰/۷۲	۰/۱۰	۰/۵۷	SD	۰/۷۲	۳/۰۹	۱/۰۴	۱/۷۴	SD	۱/۳۵	۲/۴۰	۰/۷۵	۱/۴۲
RSD	۰/۱۷	۰/۰۸	۰۰۰	۰/۰۸	RSD	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۲	۱/۱۴	RSD	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۸

جدول ۵: غلظت آفت‌کش‌ها در بازه‌های زمانی مختلف در محصول گوجه فرنگی رقم ازمیر

نوع آفت‌کش	روز	گوجه فرنگی
	۲	۹/۶
	۷	۴/۲
استامی پراید	۱۴	۱/۱۲
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱	۰/۲
	حد مجاز MRLs	۲
	P.value	۰/۰۲
	۲	۵/۴۰
	۷	۲/۹۰
ایمیداکلوپرید	۱۴	۰/۷۶
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱	۰/۲
	حد مجاز MRLs	۲
	P.value	۰/۰۲
	۲	۴/۳
	۵	۱/۷
دیازینون	۱۰	۰/۰۹
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۷	۰/۰۵
	حد مجاز MRLs	۰/۱
	P.value	۰/۰۱
	۲	۱۰/۹۰
	۵	۴/۸
پریمیکارب	۱۰	۰/۸۱
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۱۷	۰/۲
	حد مجاز MRLs	۱
	P.value	۰/۰۲

بحث

با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی استان فارس و اهمیت آن به‌عنوان قطب کشاورزی در سطح ملی، اجرای اصولی و مدیریت مطلوب محصولات کشاورزی با درنظر گرفتن محدودیت‌ها و منابع موجود در مسیر تولید، ضروری و اجتناب‌ناپذیر به‌شمار می‌آید. با درنظر گرفتن این مهم که درصد قابل توجهی از محصولات تولیدی استان فارس به سایر استان‌ها و کشورهای دیگر صادر می‌شود، لذا، تعیین مقدار باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و صدور گواهی سلامت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش با استفاده از یک روش آنالیز موثر، میزان باقی‌مانده چهار آفت‌کش که به‌طور متداول در سطح گلخانه‌ها استفاده می‌شوند (دیازینون، ایمیداکلوپرید، پریمیکارب و استامی‌پراید) بر روی محصول پر مصرف گوجه فرنگی گلخانه‌ای واریته ازمیر در دوره‌های زمانی نیمه دوره کارنس، دوره کارنس، برداشت و یک هفته بعد از دوره کارنس مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

دراین روش ماتریس نمونه‌های محصول مزبور، هیچ‌گونه تداخلی برای سنجش نمونه‌ها ایجاد نمی‌کند. حدتشخیص در این روش از ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تا ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که با توجه به حداکثر میزان باقی‌مانده (MRLs) برای چهار آفت‌کش مورد آنالیز در محصول مورد نظر از ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تا ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد، مناسب به‌نظر می‌رسد. این روش، روش مناسبی برای کنترل باقی‌مانده سموم رایج برای محصولات مشابه می‌باشد. بررسی غلظت آفت‌کش‌ها دو روز پس از سمپاشی، حاکی از بیش‌ترین باقی‌مانده آفت‌کش پریمیکارب به‌میزان ۱۰/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سپس آفت‌کش استامی پراید به‌میزان ۹/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که پس از گذشت زمان ۵ تا ۷ روز به کم‌تر از نصف تقلیل یافت این در حالی است که پایین‌ترین میزان باقی‌مانده در دو آفت‌کش پریمیکارب و دیازینون پس از گذشت ۱۰ روز به‌ترتیب معادل ۰/۸۱ و ۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که با نتایج حاصل از تحقیقات (ایمانی و همکاران، ۱۳۸۵) و (حجازی و همکاران، ۲۰۰۶) مطابقت دارد. از طرفی دیگر شیب کند کاهشی ایمیداکلوپرید در محصول گوجه فرنگی از ۵/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم دو روز پس از سمپاشی به ۲/۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم یک هفته پس از سمپاشی مقدار ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم این آفت‌کش در پایان دوره ۲۱ روزه کارنس با تحقیقات (Carter و همکاران، ۲۰۰۴) و (Dikshit و Pachauri، ۲۰۰۰) مبنی بر این که باقی‌مانده ایمیداکلوپرید پس از پایان دوره کارنس به صفر نمی‌رسد و به‌صورت پایداری در گیاه باقی می‌ماند مطابقت دارد و لزوم توجه به بافت گیاه، اثر آنزیم‌های گیاهی و توجه به فیزیولوژی گیاه را یادآور می‌شود. تجزیه نوری نیز ازجمله دیگر عواملی است که در روند کاهشی آفت‌کش ایمیداکلوپرید تاثیرگذار است که این سیر نزولی با مطالعات (Scholz و Reinhard، ۱۹۹۹) مطابقت دارد.

براساس این تحقیق نشان می‌دهد که رعایت دوره کارنس این آفت‌کش‌ها کاهش اثرات زیان‌بار باقی‌مانده آن‌ها درپی خواهد داشت و موجب می‌شود که مصرف‌کنندگان در معرض خطر باقی‌مانده قرار نگیرند. آن‌چه در جمع‌بندی نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان عنوان و پیشنهاد کرد عبارت است از این که آن‌چه تاکنون درمورد اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در کشور انجام شده است عمدتاً بر پایش بقایای آفت‌کش‌ها و صرفاً شامل اندازه‌گیری‌هایی در برخی محصولات، منابع آب و خاک بوده است. پروژه‌های جامع که بتوانند به بررسی جنبه‌های مختلف بقایای آفت‌کش‌ها در سطح ملی بپردازند و به سلامت غذایی و یا بهبود استانداردهای تجاری و ارتقاء سطح صادرات محصولات مهم کشاورزی کمک نمایند بسیار نادر است.

تحقیق حاضر مطالعه‌ای است جامع با آنالیز یک محصول اولویت‌دار است، چراکه عمدتاً به‌صورت خام مصرف می‌شوند وبلافاصله پس از برداشت به بازار عرضه می‌شوند که این امر امکان تجزیه آفت‌کش‌های باقی‌مانده در بافت این محصولات را کاهش داده و امکان مصرف بیش از حد مجاز روزانه آفت‌کش را افزایش می‌دهد بنابراین پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات و امور اجرایی به این نوع محصولات که بدون هیچ فرآوری و به‌صورت خام مصرف می‌شوند بیش‌تر اهمیت دهند. از طرفی دیگر عدم شناخت کافی آفت‌کش‌ها توسط کشاورزان و دقت کم در زمان به‌کاربردن آن‌ها و عدم توسعه آفت‌کش‌های بیولوژیک که اصولاً به‌دلیل رهایش کند و اثرات تدریجی (در مقایسه با اثرات ضربتی آفت‌کش‌های شیمیایی) با کم اقبالی کشاورزان مواجه است، از چالش‌های موجود است.

در موضوع توسعه و استانداردسازی روش‌های آزمایشگاهی مناسب، سریع و کم هزینه جهت استخراج و اندازه‌گیری باقی‌مانده سموم در محصولات کشاورزی، از دستگاه‌های LC/MS، GC/MS، HPLC که کارکرد دقیق دارند، استفاده می‌شود، که اگر اعتبارسنجی (Method Validation) دستگاه‌ها به‌صورت حرفه‌ای و با استفاده از نیروهای متخصص انجام نشود می‌تواند گزارش نتایج آنالیز میزان باقی‌مانده سموم در یک محصول را دچار خطا کرده و نامعتبر خواهد بود که افزایش توجه به این مهم نیز به‌منظور ارتقا کیفی پایش، ضروری به‌نظر می‌رسد. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از آفت‌کش به عنوان آخرین راهکار در مدیریت تلفیقی آفات، زمانی می‌تواند مفید واقع شود که در هنگام انتخاب و کاربرد ضمن توجه به‌روش، زمان و میزان مطلوب آفت‌کش‌ها به‌منظور افزایش کارایی و پیاده‌سازی مدیریت بهینه، جنبه‌های بهداشتی و زیست‌محیطی در کاهش ریسک آن‌ها، نیز مورد توجه جدی قرار گیرد.

منابع

۱. **ایمانی، س.؛ طالبی، خ.؛ شجاعی، م. و کمالی، ک.، ۱۳۸۵.** اندازه‌گیری باقی‌مانده ۸ سم آفت‌کش بر روی گوجه فرنگی و خیار سبز گلخانه‌ای. هفدهمین کنگره حفاظت از گیاهان ایران، تهران.

۲. **رادنیا، ح.، ۱۳۷۹.** مدیریت تلفیقی آفات و ایمنی مواد شیمیایی "آن سوی بهار خاموش" جلد ۱. کرج: سازمان تحقیقات. آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. نشر آموزش کشاورزی.

۳. **شریفی، آل‌آقا، ا.، ۱۳۷۸.** اهمیت تعیین باقی‌مانده سموم دفع آفات کشاورزی در محیط‌زیست و محصولات غذایی. دومین همایش ملی بهداشت محیط، دولتی. وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران. جلد ۱، صفحات ۱ تا ۹.

۴. **طالبی‌جهرمی، خ.، ۱۳۹۱.** سم‌شناسی آفت‌کش‌ها. انتشارات دانشگاه تهران.

۵. **کاظمی، م.ح.، ۱۳۷۴.** کنترل میکروبی آفات و بیماری‌های گیاهی. دانشگاه تربیت معلم تبریز.

۶. **Akan, J.C.; Mohammed, Z.; Jafiya, L. and Ogugbuaja, V.O., 2013.** Organochlorine Pesticide Residues in Fish Samples from Alau Dam, Borno State, North Eastern Nigeria. J Environ Anal Toxicol. Vol. 3, No. 3, pp: 1.

۷. **An, E.M. and Shin, H.S., 2011.** Analytical methods for the determination of pesticide residues using gaschromatograghy with nitrogen-phosphorus detector. Food Sci Biotechnol. Vol. 20, No. 2, pp: 395-401.

۸. **AOAC. 2005.** Method 985.22 For Nonfatty Foods. Pesticide Analytical Manual (PAM). J. AOAC International. Vol. 1, No. 302, pp: 10.

۹. **Aprea, C.; Colosio, C.; Teresa, M.; Claudio, M. and Marco, M., 2002.** Biological monitoring of pesticide exposure: a review of analytical methods. methods. Journal of chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences. Vol. 769, No. 2, pp: 191-219.

۱۰. **Dikshit, A.K. and Pachauri, D.C., 2000.** Persistence and bio-efficacy of β-cyfluthrin and imidacloprid on tomato fruits. Plant Protection Bulletin. Vol. 52, No. 3-4, pp: 1-3.

۱۱. **Guil-Guerrero, J.L. and Rebolloso-Fuentes, M.M., 2009.** Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. Journal of Food Compostition and Analysis. Vol. 22, No. 2, pp: 123-129.

۱۲. **Hegazi, M.EA.; Afify, A.M.R.; Hamama, AA. and El-Refahey, T.F.A., 2006.** Persistence and behavior of certain insecticide residues on tomatofruits in relation to processing and biochemicalconstituents of fruits. Egyptian Journal ofAgricultural Research. Vol. 84, pp: 853-866.

۱۳. **Kim, N.H.; Lee, J.S.; Park, K.A.; Kim, Y.H.; Lee, S.R. and Lee, J.M., 2016.** Determination of matrix effects occurred during the analysis of organochlorine pesticides in

agricultural products using GC-ECD. Food Science and Biotechnology. Vol. 25, No. 1, pp: 33-40.

۱۴. **Kwon, H.; Kim, T.K.; Hong, S.M.; Se, E.K.; Cho, N.J. and Kyung, K.S., 2015.** Effect of household processing on pesticide residues in field-sprayed tomatoes. Food Sci Biotechnol. Vol. 24, No. 1, pp: 1-6.

۱۵. **Marek, B. and Jolanta, S., 2015.** Multiresidue Methods for Determination of CurrentlyUsed Pesticides in Fruits and Vegetables UsingQuEChERS Technique. International Journal of Environmental Science and Development. Vol. 6, No. 1, pp: 1.

۱۶. **Scholz, K. and Reinhard, F., 1999.** Photolysis of imidacloprid (NTN 33893) on the leaf surface of tomato plants. Pesticide Science. Vol. 55, No. 6, pp: 652-654**.**

۱۷. **Slovic, P., 2010.** Perceptions of Pesticides as Risks to Human Health. Chapter 63, Krieger, R., In Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition). New York: Academic Press. pp: 1381-1391.