

اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

تألیف

دکتر سید احسان ترابی

دکتر خلیل طالبی جهرمی

استاد دانشگاه تهران



شماره مسلسل ۹۲۲۵

شماره انتشار ۳۸۷۰

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: طالبی جهرمی، خلیل، ۱۳۲۷-
عنوان و نام پدیدآور	: اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها) / تألیف خلیل طالبی جهرمی، سید احسان ترابی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۸۷۰.
شابک	: 978-964-03-7113-8
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: آفت‌کش‌ها-- جنبه‌های زیست‌محیطی-- اندازه‌گیری
شناسه افزوده	: ترابی، سید احسان، ۱۳۶۸-
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۷ الف۸/۱۷/۵۴۵ QH
رده‌بندی دیویی	: ۵۷۱/۹۵۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۳۶۵۳۵

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود و تمامی حقوق برای ناشر محفوظ است.

ISBN:978-964-03-7113-8



9 789640 371138

عنوان: اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

تألیف: دکتر خلیل طالبی جهرمی - دکتر سید احسان ترابی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

بها: ۲۹۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - تارنما: <http://press.ut.ac.ir>

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲



فهرست مطالب

پیشگفتار ض

فصل اول - آفت‌کش‌ها و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آنها.....	۱
۱-۱- تعریف آفت‌کش.....	۱
۲-۱- پیشینه تاریخی استفاده از آفت‌کش‌ها در عرصه‌های کشاورزی و بهداشتی.....	۱
۳-۱- طبقه‌بندی آفت‌کش‌ها.....	۳
۱-۳-۱- طبقه‌بندی بر پایه آفت هدف.....	۳
۲-۳-۱- طبقه‌بندی بر پایه ساختار شیمیایی.....	۴
۳-۳-۱- طبقه‌بندی بر پایه دامنه فعالیت.....	۴
۴-۳-۱- طبقه‌بندی بر پایه شیوه فرمولاسیون.....	۴
۴-۱- مفاهیم تئوری مربوط به رفتار آفت‌کش‌ها در محیط.....	۵
۱-۴-۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آفت‌کش‌ها.....	۵
۱-۴-۱-۱- فشار بخار.....	۶
۲-۴-۱-۱- حلالیت در آب.....	۶
۳-۴-۱-۱- ضریب تقسیم بین اکتانول و آب.....	۶
۴-۴-۱-۱- ضریب جذب به خاک.....	۷
۵-۴-۱-۱- ثابت قانون هنری.....	۸
۲-۴-۱- رفتار آفت‌کش‌ها در محیط.....	۸
۱-۲-۴-۱- جابجایی آفت‌کش‌ها در هوا.....	۸
۱-۱-۲-۴-۱- تبخیر.....	۸
۲-۱-۲-۴-۱- جابه‌جایی آفت‌کش‌ها در مه.....	۹
۳-۱-۲-۴-۱- جابه‌جایی آفت‌کش به وسیله ذرات معلق موجود در هوا.....	۹
۲-۲-۴-۱- جابه‌جایی آفت‌کش‌ها در آب و خاک.....	۹
۱-۲-۲-۴-۱- شیوه‌های ورود آفت‌کش‌ها به آب و خاک.....	۹
۲-۲-۲-۴-۱- تجزیه و معدنی شدن.....	۱۰

ث □ اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

- ۱۴ جذب آفت‌کش به ذرات خاک..... ۳-۲-۲-۴-۱
- ۱۷ آیشویی..... ۴-۲-۲-۴-۱
- ۱۷ زهکشی سطحی..... ۵-۲-۲-۴-۱
- ۱۸ فرسایش بادی..... ۶-۲-۲-۴-۱
- ۱۸ کاهش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در سطح و درون گیاهان..... ۳-۲-۴-۱
- ۱۹ تجمع زیستی و تغلیظ زیستی..... ۴-۲-۴-۱
- ۱۹ گروه‌بندی آفت‌کش‌ها از لحاظ ساختار شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها..... ۵-۱
- ۱۹ ۱-۵-۱ حشره‌کش‌ها.....
- ۱۹ ۱-۱-۵-۱ بنزوبیل اوره‌ها.....
- ۲۰ ۲-۱-۵-۱ حشره‌کش‌های کلره آلی.....
- ۲۰ ۳-۱-۵-۱ حشره‌کش‌های فسفره آلی.....
- ۲۵ ۵-۱-۵-۱ حشره‌کش‌های کاربامات.....
- ۳۱ ۲-۵-۱ علف‌کش‌ها.....
- ۳۴ ۱-۲-۵-۱ آمیدها.....
- ۳۵ ۲-۲-۵-۱ بنزوبیک اسیدها.....
- ۳۵ ۳-۲-۵-۱ کاربامات‌ها.....
- ۳۶ ۴-۲-۵-۱ نیتریل‌ها.....
- ۳۷ ۵-۲-۵-۱ نیتروآنیلین‌ها.....
- ۳۸ ۶-۲-۵-۱ فسفره آلی.....
- ۴۰ ۷-۲-۵-۱ فنوکسی اسیدها.....
- ۴۲ ۸-۲-۵-۱ پیریدین‌ها و ترکیب‌های چهارتایی آمونیوم.....
- ۴۳ ۹-۲-۵-۱ پیریدازین‌ها و پیریدازینون‌ها.....
- ۴۳ ۱۰-۲-۵-۱ تری‌آزین.....
- ۴۶ ۱۱-۲-۵-۱ فنیل اوره.....
- ۴۶ ۱۲-۲-۵-۱ سولفونیل اوره‌ها.....
- ۴۸ ۳-۵-۱ قارچ‌کش‌ها.....
- ۴۹ ۱-۳-۵-۱ آزول‌ها.....
- ۴۹ ۲-۳-۵-۱ بنزیمیدازول.....
- ۵۲ ۳-۳-۵-۱ دی‌تیوکاربامات‌ها.....

فهرست مطالب □ ج

۴-۳-۵-۱ مورفولین‌ها..... ۵۲

۵-۳-۵-۱ سایر ترکیب‌های قارچ‌کش..... ۵۲

فصل دوم- طراحی آزمایش‌های مزرعه‌ای (گلخانه‌ای) و شیوه‌های نمونه‌برداری در بررسی

باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی ۵۹

۱-۲ مقدمه..... ۵۹

۲-۲ تعیین اهداف پژوهش..... ۵۹

۱-۲-۲ بررسی متابولیسم آفت‌کش در گیاه..... ۶۰

۲-۲-۲ بررسی روند کاهش آفت‌کش‌ها در گیاه در طول زمان و تعیین دوره پیش از برداشت

(PHI) آفت‌کش در محصول..... ۶۰

۳-۲-۲ بررسی تأثیر کشت تناوبی گیاهان بر میزان پایداری آفت‌کش‌ها در مزرعه..... ۶۲

۴-۲-۲ اثر فرآوری غذا و محصولات کشاورزی روی میزان باقی‌مانده آفت‌کش موجود در آن‌ها... ۶۲

۵-۲-۲ پایش آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی..... ۶۲

۳-۲ گروه‌بندی گیاهی..... ۶۳

۱-۳-۲ میوه‌ها..... ۶۴

۲-۳-۲ سبزی‌ها..... ۶۴

۳-۳-۲ قارچ‌ها..... ۶۵

۴-۳-۲ دانه‌های روغنی..... ۶۵

۵-۳-۲ سیب‌زمینی..... ۶۵

۶-۳-۲ چای..... ۶۵

۷-۳-۲ ادویه‌ها..... ۶۵

۸-۳-۲ گیاهان پراکنده..... ۶۵

۹-۳-۲ غلات..... ۶۵

۱۰-۳-۲ گیاهان دارویی..... ۶۵

۴-۲ برگ‌زیدن مکان و شرایط مناسب انجام آزمایش..... ۶۵

۱-۴-۲ ویژگی‌های آب و هوایی مکان انجام آزمایش..... ۶۷

۲-۴-۲ رعایت الگوهای عملیات بهینه کشاورزی (GAP)..... ۶۷

۵-۲ مرحله انجام آزمایش‌های اصلی..... ۶۷

۱-۵-۲ پرورش و نگهداری محصولات تحت آزمایش..... ۶۷

ح □ اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

- ۶۸ ۲-۵-۲ کالیبراسیون و نگهداری ابزارهای سم‌پاشی
- ۶۹ ۳-۵-۲ روش‌های سم‌پاشی
- ۷۰ ۱-۳-۵-۲ محلول‌پاشی
- ۷۱ ۲-۳-۵-۲ گردپاشی
- ۷۱ ۳-۳-۵-۲ غوطه‌ورسازی
- ۷۱ ۴-۳-۵-۲ گرانول‌پاشی
- ۷۲ ۵-۳-۵-۲ طعمه مسموم
- ۷۲ ۶-۳-۵-۲ مه‌پاشی
- ۷۲ ۴-۵-۲ دز سم‌پاشی
- ۷۳ ۶-۲ نمونه‌برداری
- ۷۳ ۱-۶-۲ روش‌ها و اصول جمع‌آوری نمونه در مزرعه
- ۷۴ ۱-۱-۶-۲ میوه‌ها
- ۷۵ ۲-۱-۶-۲ سبزی‌ها
- ۷۵ ۱-۲-۱-۶-۲ سبزی‌های پیاز دار، ریشه‌ای و غده‌ای
- ۷۵ ۲-۲-۱-۶-۲ سبزی‌های برگ‌ی، ساقه‌ای، میوه‌ای و نیام‌دار
- ۷۶ ۳-۱-۶-۲ گیاهان علفی
- ۷۶ ۱-۳-۱-۶-۲ غلات
- ۷۶ ۲-۳-۱-۶-۲ علوفه و خوراک دام
- ۷۶ ۴-۱-۶-۲ بذر
- ۷۶ ۱-۴-۱-۶-۲ دانه‌های روغنی
- ۷۷ ۲-۴-۱-۶-۲ بذر پنبه
- ۷۷ ۳-۴-۱-۶-۲ بذر کنجد و کلزا
- ۷۷ ۴-۴-۱-۶-۲ بذر آفتابگردان
- ۷۷ ۴-۴-۱-۶-۲ گیاهان دارویی، ادویه‌ها و برگ‌چای
- ۷۷ ۲-۶-۲ آماده‌سازی نمونه‌ها در مزرعه
- ۷۸ ۳-۶-۲ فواصل زمانی نمونه‌برداری
- ۷۸ ۴-۶-۲ بسته‌بندی، برچسب‌گذاری و انتقال نمونه‌ها از مزرعه به آزمایشگاه
- ۷۹ ۵-۶-۲ حمل‌ونقل نمونه‌ها در فواصل دور
- ۸۰ ۶-۶-۲ ذخیره‌سازی و نگهداری نمونه‌ها

فصل سوم- روش‌های آماده‌سازی و استخراج نمونه‌ها در آزمایشگاه.....	۸۳
۱-۳- مقدمه.....	۸۳
۲-۳- مقدار نمونه و پیش آماده‌سازی.....	۸۴
۳-۳- راهکارهای طراحی روش استخراج و خالص‌سازی.....	۸۵
۱-۳-۳- برتری‌ها و کاستی‌های حلال‌های مختلف جهت استخراج.....	۸۵
۲-۳-۳- مقایسه دو روش تکان دادن و مخلوط کردن نمونه و حلال جهت استخراج آفت‌کش از نمونه.....	۸۶
۳-۳-۳- مقایسه نمک‌های مختلف جهت جداسازی فاز آلی از آب بعد از استخراج.....	۸۷
۴-۳-۳- اثر pH در استخراج.....	۸۷
۴-۳- روش‌های مختلف استخراج و خالص‌سازی.....	۸۸
۱-۴-۳- استخراج جامد-مایع.....	۸۸
۱-۱-۴-۳- تکان دادن.....	۹۰
۲-۱-۴-۳- استخراج به کمک سوکسله.....	۹۱
۳-۱-۴-۳- استخراج به کمک امواج ماکروویو.....	۹۱
۴-۱-۴-۳- استخراج به کمک حلال تحت فشار.....	۹۵
۲-۴-۳- استخراج توسط سیال فوق بحرانی.....	۹۸
۳-۴-۳- استخراج مایع-مایع.....	۱۰۰
۴-۴-۳- استخراج فاز جامد.....	۱۰۱
۱-۴-۴-۳- انواع روش‌های استخراج فاز جامد.....	۱۰۴
۱-۱-۴-۴-۳- استخراج فاز جامد نرمال.....	۱۰۴
۲-۱-۴-۴-۳- استخراج فاز جامد معکوس.....	۱۰۵
۳-۱-۴-۴-۳- استخراج تعویض یونی.....	۱۰۷
۴-۱-۴-۴-۳- مواد جاذب با میل ترکیبی خاص.....	۱۰۷
۱-۴-۱-۴-۴-۳- پلیمرهای حک‌شده مولکولی.....	۱۰۸
۲-۴-۱-۴-۴-۳- جاذب‌های بر پایه ایمنی‌سنجی.....	۱۰۸
۳-۴-۱-۴-۴-۳- ترکیب‌های محدودکننده دسترسی.....	۱۱۰
۲-۴-۴-۳- نقش pH در استخراج فاز جامد.....	۱۱۱
۵-۴-۳- ریز استخراج فاز جامد.....	۱۱۳
۶-۴-۳- پراکنش فاز جامد ماتریس.....	۱۱۷

۱۲۱	استخراج جذبی توسط میله همزن.....	۷-۴-۳
۱۲۴	استخراج فاز مایع میکرو.....	۸-۴-۳
۱۲۴	استخراج میکرو با تک قطره.....	۱-۸-۴-۳
۱۲۷	روش‌های استخراج غشاء مایع.....	۲-۸-۴-۳
۱۲۸	روش کچرز (QuEChERS).....	۹-۴-۳
۱۲۹	استخراج.....	۱-۹-۴-۳
۱۲۹	خالص‌سازی.....	۲-۹-۴-۳
۱۳۱	مراحل روش اصلی کچرز.....	۳-۹-۴-۳
۱۳۱	مراحل روش انجمن رسمی و بین‌المللی شیمی دانان تجزیه.....	۴-۹-۴-۳
۱۳۲	مراحل روش استاندارد اروپا.....	۵-۹-۴-۳
۱۳۴	روش استخراج مایع-مایع پخش شونده میکرو.....	۱۰-۴-۳
۱۳۹	استخراج نقطه ابری.....	۱۱-۴-۳
۱۴۱	اثر pH.....	۱-۱۱-۴-۳
۱۴۲	ویژگی‌های سورفاکتانت.....	۲-۱۱-۴-۳
۱۴۳	غلظت سورفاکتانت.....	۳-۱۱-۴-۳
۱۴۳	قدرت یونی محلول نمونه.....	۴-۱۱-۴-۳
۱۴۳	اثر دما و زمان بر به تعادل رسیدن دو فاز.....	۵-۱۱-۴-۳
۱۴۴	اثر سانتیفریوژ.....	۶-۱۱-۴-۳

فصل چهارم - روش‌های اندازه‌گیری و شناسایی باقی‌مانده آفت‌کش‌ها (کروماتوگرافی). ۱۶۳

۱۶۳	کلیات کروماتوگرافی.....	۱-۴
۱۶۳	تاریخچه کروماتوگرافی.....	۲-۴
۱۶۶	تئوری کروماتوگرافی.....	۳-۴
۱۶۶	برخی واژه‌های پرکاربرد در زمینه کروماتوگرافی.....	۱-۳-۴
۱۶۹	انتشار اجزای مختلف یک نمونه بین فاز ساکن و متحرک.....	۲-۳-۴
۱۷۰	کارایی ستون.....	۳-۳-۴
۱۷۲	عرض پیک و عامل‌های مؤثر بر آن.....	۴-۳-۴
۱۷۲	انتشار گردابی.....	۱-۴-۳-۴
۱۷۳	انتشار طولی.....	۲-۴-۳-۴
۱۷۴	مقاومت در انتقال جرم.....	۳-۴-۳-۴

۱۷۵	.....	منحنی وان دیمتر.....	۵-۳-۴
۱۷۶	.....	برنامه‌ریزی دمایی و شیب فاز متحرک.....	۶-۳-۴
۱۷۶	.....	انتخابی بودن ستون.....	۷-۳-۴
۱۷۸	.....	کروماتوگرافی لایه‌نازک.....	۴-۴
۱۷۸	.....	آماده‌سازی صفحات کروماتوگرافی لایه‌نازک.....	۱-۴-۴
۱۷۹	.....	قرار دادن نمونه روی صفحات لایه‌نازک.....	۲-۴-۴
۱۸۰	.....	تشکیل کروماتوگرام.....	۳-۴-۴
۱۸۲	.....	آشکارسازی کروماتوگرام.....	۴-۴-۴
۱۸۲	.....	عامل بازداری.....	۵-۴-۴
۱۸۳	.....	کروماتوگرافی گازی.....	۵-۴
۱۸۴	.....	ساختار و اجزای مختلف کروماتوگرافی گازی.....	۱-۵-۴
۱۸۶	.....	گاز حامل.....	۱-۱-۵-۴
۱۸۶	.....	خلوص گاز حامل.....	۱-۱-۱-۵-۴
۱۸۶	.....	کنترل جریان گاز حامل.....	۲-۱-۱-۱-۵
۱۸۷	.....	تزریق‌کننده و روش‌های تزریق نمونه.....	۲-۱-۵-۴
۱۸۷	.....	تزریق‌کننده‌های روی ستون.....	۱-۲-۱-۵-۴
۱۸۸	.....	تزریق‌کننده‌های تبخیرکننده سریع.....	۲-۲-۱-۵-۴
۱۹۰	.....	تبخیرکننده‌ها با برنامه‌ریزی دمایی.....	۳-۲-۱-۵-۴
۱۹۰	.....	سرنگ‌های مورد استفاده جهت تزریق نمونه.....	۴-۲-۱-۵-۴
۱۹۲	.....	تزریق‌کننده‌های خودکار.....	۵-۲-۱-۵-۴
۱۹۲	.....	دما در کروماتوگرافی گازی.....	۳-۱-۵-۴
۱۹۴	.....	دمای تزریق‌کننده.....	۱-۳-۱-۵-۴
۱۹۴	.....	دمای آشکارساز.....	۲-۳-۱-۵-۴
۱۹۵	.....	دمای ستون.....	۳-۳-۱-۵-۴
۱۹۷	.....	آشکارسازها در کروماتوگرافی گازی.....	۴-۱-۵-۴
۱۹۷	.....	ویژگی‌های آشکارساز.....	۱-۴-۱-۵-۴
۱۹۷	.....	نویز.....	۱-۱-۴-۱-۵-۴
۱۹۸	.....	ثابت زمان.....	۲-۱-۴-۱-۵-۴
۱۹۹	.....	سیگنال.....	۳-۱-۴-۱-۵-۴

□ اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

۱۹۹	حساسیت	۴-۱-۴-۱-۵-۴
۲۰۱	حداقل تشخیص	۵-۱-۴-۱-۵-۴
۲۰۱	محدوده پویایی و خطی	۶-۱-۴-۱-۵-۴
۲۰۳	انواع آشکارسازها در کروماتوگرافی گازی	۲-۴-۱-۵-۴
۲۰۳	آشکارساز هدایت حرارتی	۱-۲-۴-۱-۵-۴
۲۰۳	آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای	۲-۲-۴-۱-۵-۴
۲۰۶	آشکارساز نیتروژن-فسفر	۳-۲-۴-۱-۵-۴
۲۰۸	آشکارساز ربایش الکترونی	۴-۲-۴-۱-۵-۴
۲۱۰	آشکارساز نورسنجی شعله‌ای	۵-۲-۴-۱-۵-۴
۲۱۱	کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی	۵-۱-۵-۴
۲۱۲	نحوه اتصال دستگاه کروماتوگرافی گازی به آشکارساز طیف‌سنج جرمی	۱-۵-۱-۵-۴
۲۱۳	منبع یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی	۲-۵-۱-۵-۴
۲۱۵	پردازش‌کننده‌ها و آشکارسازها	۳-۵-۱-۵-۴
۲۱۶	پردازش‌کننده‌های دارای بخش مغناطیسی و الکترواستاتیک با تمرکز دوگانه	۱-۳-۵-۱-۵-۴
۲۱۶	پردازش‌کننده‌های چهار قطبی	۲-۳-۵-۱-۵-۴
۲۱۷	پردازش‌کننده‌های تله یونی	۳-۳-۵-۱-۵-۴
۲۱۹	پردازش‌کننده‌های زمان پرواز	۴-۳-۵-۱-۵-۴
۲۲۰	سامانه پمپ‌ها	۴-۵-۱-۵-۴
۲۲۱	تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از طیف‌سنج جرمی	۵-۵-۱-۵-۴
۲۲۱	طیف جرمی	۱-۵-۵-۱-۵-۴
۲۲۳	کروماتوگرام جرمی	۲-۵-۵-۱-۵-۴
۲۲۴	ستون‌های کروماتوگرافی گازی	۶-۱-۵-۴
۲۲۵	ستون‌های پرشده	۱-۶-۱-۵-۴
۲۲۵	نگه‌دارنده‌ها در ستون‌های پرشده	۱-۱-۶-۱-۵-۴
۲۲۷	فازهای ساکن مایع در ستون‌های پرشده	۲-۱-۶-۱-۵-۴
۲۲۷	فازهای ساکن جامد در ستون‌های پرشده	۳-۱-۶-۱-۵-۴
۲۳۰	ستون‌های موئینه	۲-۶-۱-۵-۴
۲۳۳	آزمون گرابه	۳-۶-۱-۵-۴
۲۳۴	برتری‌ها و کاستی‌های ستون‌های پرشده و موئینه	۴-۶-۱-۵-۴

ز □ فهرست مطالب

۲۳۵	.....	۵-۶-۱-۵-۴	معیارهای انتخاب ستون.....
۲۳۵	.....	۱-۵-۶-۱-۵-۴	انتخاب نوع فاز ساکن.....
۲۴۲	.....	۲-۵-۶-۱-۵-۴	انتخاب قطر مناسب ستون.....
۲۴۵	.....	۳-۵-۶-۱-۵-۴	انتخاب طول ستون.....
۲۴۶	.....	۴-۵-۶-۱-۵-۴	انتخاب ضخامت لایه جاذب.....
۲۴۷	.....	۶-۶-۱-۵-۴	آماده کردن ستون.....
۲۴۸	.....	۶-۴	کروماتوگرافی مایع.....
۲۴۹	.....	۱-۶-۴	شستشوی یکنواخت در مقابل شستشوی برنامه‌ریزی‌شده (گرادیان فاز متحرک) در کروماتوگرافی مایع.....
۲۵۰	.....	۲-۶-۴	اجزا و نحوه عملکرد کروماتوگرافی مایع.....
۲۵۱	.....	۱-۲-۶-۴	ستون‌ها در کروماتوگرافی مایع.....
۲۵۲	.....	۱-۱-۲-۶-۴	انواع ستون‌ها در کروماتوگرافی مایع.....
۲۵۲	.....	۱-۱-۱-۲-۶-۴	ستون‌های تجزیه‌ای.....
۲۵۴	.....	۲-۱-۱-۲-۶-۴	ستون‌های میکرو بور و میلی بور.....
۲۵۵	.....	۳-۱-۱-۲-۶-۴	ستون‌های مویینه.....
۲۵۵	.....	۴-۱-۱-۲-۶-۴	پیش ستون‌ها.....
۲۵۵	.....	۲-۱-۲-۶-۴	مواد نگه‌دارنده (پرکننده) ستون.....
۲۵۶	.....	۱-۲-۱-۲-۶-۴	ویژگی‌های ذرات پرکننده ستون.....
۲۵۷	.....	۲-۲-۱-۲-۶-۴	انواع ذرات پرکننده.....
۲۵۹	.....	۳-۲-۱-۲-۶-۴	اندازه ذرات و منافذ آن‌ها.....
۲۵۹	.....	۴-۲-۱-۲-۶-۴	نگه‌دارنده‌های سیلیکا.....
۲۶۱	.....	۵-۲-۱-۲-۶-۴	تأثیر ذرات پرکننده بر کارایی ستون.....
۲۶۴	.....	۶-۲-۱-۲-۶-۴	پلیمرهای منفذ دار.....
۲۶۵	.....	۷-۲-۱-۲-۶-۴	مواد پرکننده یکپارچه.....
۲۶۷	.....	۳-۱-۲-۶-۴	فازهای ساکن در کروماتوگرافی مایع.....
۲۶۷	.....	۱-۳-۱-۲-۶-۴	فازهای ساکن پیوند داده‌شده.....
۲۷۱	.....	۲-۲-۶-۴	حالت‌های گوناگون کروماتوگرافی مایع.....
۲۷۱	.....	۱-۲-۲-۶-۴	کروماتوگرافی فاز نرمال.....
۲۷۷	.....	۲-۲-۲-۶-۴	کروماتوگرافی فاز معکوس.....

۲۷۹	..... کروماتوگرافی تعویض یون.....	۳-۲-۲-۶-۴
۲۸۰	..... کروماتوگرافی جفت یون.....	۴-۲-۲-۶-۴
۲۸۱	..... کروماتوگرافی حذف اندازه.....	۵-۲-۲-۶-۴
۲۸۱	..... جداسازی‌های کایرال.....	۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۴	..... پلیمرهای آمیلوز و سلولز.....	۱-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۵	..... اترهای تاجی.....	۲-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۵	..... سیکلودکسترین‌ها.....	۳-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۶	..... کروماتوگرافی تعویض لیگاند.....	۴-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۶	..... گلیکوپپتیدهای ماکروسیکلک.....	۵-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۷	..... فازهای بر پایه پروتئین.....	۶-۶-۲-۲-۶-۴
۲۸۸	..... محفظه کنترل دما (آون).....	۳-۲-۶-۴
۲۸۸	..... فاز متحرک.....	۴-۲-۶-۴
۲۸۸	..... محفظه نگهداری فاز متحرک و استفاده‌های آن.....	۱-۴-۲-۶-۴
۲۸۹	..... خلوص فاز متحرک.....	۲-۴-۲-۶-۴
۲۹۱	..... گاز زدایی از محلول فاز متحرک.....	۳-۴-۲-۶-۴
۲۹۲	..... پمپ‌ها.....	۵-۲-۶-۴
۲۹۳	..... انواع پمپ‌ها.....	۱-۵-۲-۶-۴
۲۹۳	..... پمپ‌های رفت و برگشتی.....	۱-۱-۵-۲-۶-۴
۲۹۵	..... پمپ‌های دیافراگمی.....	۲-۱-۵-۲-۶-۴
۲۹۵	..... پمپ‌های سرنگی.....	۳-۱-۵-۲-۶-۴
۲۹۶	..... پمپ‌های چند برابر کننده فشار.....	۴-۱-۵-۲-۶-۴
۲۹۶	..... تزریق کننده‌ها.....	۶-۲-۶-۴
۲۹۹	..... آشکارسازها.....	۷-۲-۶-۴
۳۰۰	..... ویژگی‌های مهم و انواع آشکارسازها در کروماتوگرافی مایع.....	۱-۷-۲-۶-۴
۳۰۱	..... آشکارساز فرابنفش/مرئی.....	۱-۱-۷-۲-۶-۴
۳۰۹	..... آشکارسازهای فلورسنت.....	۲-۱-۷-۲-۶-۴
۳۱۱	..... آشکارسازهای الکتروشیمیایی.....	۳-۱-۷-۲-۶-۴
۳۱۲	..... آشکارسازهای طیف‌سنج جرمی.....	۴-۱-۷-۲-۶-۴

فصل پنجم - روش‌های اندازه‌گیری و شناسایی آفت‌کش‌ها (ایمنی‌سنجی)..... ۳۲۱

۳۲۱	۱-۵	مقدمه و تاریخچه.....
۳۲۲	۲-۵	مبانی ایمنی‌سنجی.....
۳۲۳	۳-۵	مراحل ایمنی‌سنجی.....
۳۲۳	۱-۳-۵	تهیه ایمونوژن.....
۳۲۵	۲-۳-۵	تولید پادتن.....
۳۲۵	۱-۲-۳-۵	ساختار پادتن.....
۳۲۶	۲-۲-۳-۵	تولید پادتن‌های پلی‌کلونال.....
۳۲۸	۳-۲-۳-۵	تولید پادتن‌های مونوکلونال.....
۳۲۹	۴-۲-۳-۵	تولید پادتن‌های نو ترکیب.....
۳۳۰	۴-۵	روش‌های ایمنی‌سنجی.....
۳۳۰	۱-۴-۵	نشانه‌ها در ایمنی‌سنجی.....
۳۳۱	۲-۴-۵	روش‌های قدیمی و سنتی ایمنی‌سنجی.....
۳۳۲	۱-۲-۴-۵	الایزا رقابتی با آنتی‌ژن نشان‌دار.....
۳۳۴	۲-۲-۴-۵	الایزا رقابتی با پادتن نشان‌دار.....
۳۳۵	۳-۴-۵	روش‌های نوین ایمنی‌سنجی جهت شناسایی آفت‌کش‌ها.....
۳۳۶	۵-۵	مروری بر پژوهش‌های انجام‌گرفته در زمینه شناسایی آفت‌کش‌ها توسط روش‌های ایمنی‌سنجی.....

فصل ششم - اعتبارسنجی روش اندازه‌گیری..... ۳۴۱

۳۴۱	۱-۶	مقدمه.....
۳۴۲	۲-۶	صحت روش.....
۳۴۲	۱-۲-۶	روش‌های برآورد بازیابی.....
۳۴۲	۱-۱-۲-۶	برآورد بازیابی با استفاده از ترکیب‌های مرجع گواهی‌شده.....
۳۴۳	۲-۱-۲-۶	برآورد بازیابی با استفاده از ترکیب‌های جایگزین.....
۳۴۳	۱-۲-۱-۲-۶	رقیق‌سازی ایزوتوپ.....
۳۴۴	۲-۲-۱-۲-۶	اضافه کردن ترکیب اصلی.....
۳۴۵	۳-۲-۱-۲-۶	استاندارد داخلی.....
۳۴۵	۳-۱-۲-۶	تأثیر عدم تطابق نمونه‌ها در بازیابی.....

۳۴۶	۳-۶	دقت روش.....
۳۴۶	۱-۳-۶	تکرارپذیری.....
۳۴۷	۲-۳-۶	دقت میانه.....
۳۴۷	۳-۳-۶	بازتولیدی.....
۳۴۹	۴-۶	خطی بودن و کالیبراسیون.....
۳۵۰	۱-۴-۶	روش‌های مختلف کالیبراسیون.....
۳۵۰	۱-۱-۴-۶	کالیبراسیون خارجی.....
۳۵۱	۲-۱-۴-۶	کالیبراسیون برابر با اجزای نمونه.....
۳۵۲	۳-۱-۴-۶	کالیبراسیون از طریق افزودن استاندارد.....
۳۵۳	۴-۱-۴-۶	کالیبراسیون داخلی.....
۳۵۴	۵-۶	حد تشخیص و حد کمی شدن.....
۳۵۶	۱-۵-۶	تعاریف مختلف حد تشخیص و حد کمی شدن.....
۳۵۸	۲-۵-۶	روش‌های مختلف تعیین حد تشخیص و کمی شدن.....
۳۵۸	۱-۲-۵-۴	روش اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (IUPAC).....
۳۶۲	۲-۲-۵-۶	روش تکثیر خطاها.....
۳۶۳	۳-۲-۵-۶	روش دومرحله‌ای.....
۳۶۴	۴-۲-۵-۶	روش ریشه میانگین مربعات خطا.....
۳۶۶	۵-۲-۵-۶	روش SLLMV.....
۳۶۷	۶-۶	دامنه.....
۳۶۸	۷-۶	انتخابی بودن و اختصاصی بودن.....
۳۶۸	۸-۶	پایداری.....
۳۷۱		واژه‌نامه.....
۳۸۵		نمایه فارسی.....
۴۰۱		نمایه انگلیسی.....

پیشگفتار

سالیانه آفت‌ها و بیماری‌های گوناگونی فرآورده‌های کشاورزی را در هنگام مراحل تولید و انبار سازی مورد حمله قرار داده و موجب کاهش کیفیت و میزان تولید آن‌ها می‌شوند. به‌منظور کاهش آسیب برآمده از آفت‌ها و حفظ کیفیت فرآورده‌ها، به‌کارگیری روش‌های گوناگون مدیریتی رواج یافته است. در میان این روش‌ها، مدیریت شیمیایی با استفاده از آفت‌کش‌ها به دلیل کارکرد سریع، هزینه‌های پایین و سادگی کاربرد در سنجش با دیگر روش‌های مدیریتی روند رو به رشد بیشتری را داشته است. با این وجود، یکی از پیامدهای ویرانگر انجام سم‌پاشی‌های بی‌رویه بر روی فرآورده‌های کشاورزی، بر جای ماندن باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در آن‌ها در دوره پس از برداشت بوده که سبب ایجاد نگرانی‌های جدی در زمینه سلامت مصرف‌کنندگان گردیده است. از جمله اثرات سوء آفت‌کش‌ها بر سلامت انسان می‌توان به ایجاد نارسایی در تولیدمثل، نشو و نمو جنین، دشواری‌ها تنفسی و ایجاد انواع بیماری‌های مزمن اشاره کرد. برخی از آفت‌کش‌ها پایداری فراوانی در بافت‌های بدن دارند و در نتیجه وجود باقی‌مانده آن‌ها در طولانی‌مدت اثرات ویرانگری را بر سلامت فرد خواهد گذاشت. این موضوع باعث شده است تا دولت‌ها هر چه بیشتر به پایش باقی‌مانده این ترکیب‌ها در مواد خوراکی اهتمام ورزند و تاکنون پژوهش‌های بی‌شماری در زمینه اندازه‌گیری و گزارش باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در فرآورده‌های کشاورزی انجام گرفته است.

یکی از انگیزه‌های پایش آفت‌کش‌ها در فرآورده‌های کشاورزی، بدست آوردن اطمینان از اندازه باقی‌مانده موجود در حدی پایین‌تر از بیشینه باقی‌مانده مجاز^۱ (MRL) است. بیشینه باقی‌مانده مجاز، بیشینه غلظت مجاز یک آفت‌کش بر روی یک محصول در هنگام برداشت آن است و برپایه دستور کارهای معینی تعیین می‌شود که در کشورهای گوناگون و به فراخور جایگاه جغرافیایی، چگونگی آب و هوایی و نوع عملیات کشاورزی انجام‌گرفته در آن‌ها متفاوت خواهند بود. بیشینه باقی‌مانده مجاز یک آفت‌کش از راه انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای (با دست کم ۱۰ تکرار) بر روی فرآورده‌هایی که در راستای الگوهای عملیات کشاورزی بهینه^۲ (GAP) پرورش داده شده‌اند برآورد می‌شود. برپایه تعریف فائو، عملیات کشاورزی بهینه دربرگیرنده مجموعه الگوهایی هستند که در مراحل کاشت و برداشت

1 - Maximum residue limit

2 - Good agriculture practice

ط □ اندازه‌گیری باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی (مبانی و روش‌ها)

فرآورده‌ها اعمال گردیده و در آن‌ها افزون بر افزایش کارایی تولید محصول، پایداری اقتصادی، محیطی و اجتماعی نیز در نظر گرفته می‌شود.

از جمله انگیزه‌های دیگر پایش آفت‌کش‌ها در فرآورده‌های کشاورزی تعیین حدود ایمنی^۱ آن‌ها است که بیشتر بر پایه حد مجاز مصرف روزانه^۲ (ADI) در کوتاه‌مدت تعیین می‌گردند. حد مجاز مصرف روزانه یک آفت‌کش غلظتی از آن در غذا یا آب آشامیدنی است که می‌توان آن را بدون آن‌که خطری متوجه سلامت مصرف‌کننده سازد به‌طور روزانه مصرف کرد. حد مجاز مصرف روزانه معمولاً به‌صورت میلی‌گرم از یک آفت‌کش بر کیلوگرم وزن بدن انسان در یک روز بیان می‌شود. باید به این نکته توجه داشت که مقدار بیشینه باقی‌مانده مجاز (MRL) یک آفت‌کش همواره کمتر از حدود ایمنی آن است. این بدین معنی است که میزان باقی‌مانده یک آفت‌کش در یک محصول ممکن است بالاتر از بیشینه باقی‌مانده مجاز باشد، اما محصول همچنان برای مصرف ایمن باشد.

برخی از آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی پایداری بالایی در محصولات داشته که اغلب مصرف تازه خوری دارند. این موضوع، نگرانی‌های جدی در خصوص وجود باقی‌مانده این ترکیب‌های شیمیایی روی محصولات مصرفی و تهدیدهای احتمالی آن‌ها برای سلامت مصرف‌کنندگان را ایجاد کرده است. این در حالی است که متأسفانه پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در کشور ما بسیار محدود بوده است.

اندازه‌گیری دقیق کمی و کیفی آفت‌کش‌ها در محیط و محصولات کشاورزی نیازمند به‌کارگیری روش‌های مختلف اندازه‌گیری و استفاده از دستگاه‌های دقیق است که خوشبختانه امروزه با توسعه روش‌های جدید و با دقت بالا، این مشکل تا حد زیادی برطرف گردیده است. به‌طور کلی اندازه‌گیری کمی و کیفی آفت‌کش‌ها در یک نمونه شامل مراحل از جمله طراحی آزمایش‌های مزرعه‌ای و نمونه‌برداری صحیح و اصولی، استخراج آفت‌کش از نمونه، خالص‌سازی نمونه استخراج‌شده و حذف ناخالصی‌ها، جداسازی و اندازه‌گیری کمی کیفی آفت‌کش توسط دستگاه‌های دقیق و در نهایت اعتبارسنجی روش استخراج و اندازه‌گیری است. انجام صحیح و اصولی هر کدام از مراحل فوق سهم بسزایی در معتبر بودن نتایج به‌دست‌آمده خواهد داشت.

در این کتاب تلاش شده است تا تمامی مراحل لازم جهت انجام یک آزمایش قابل اطمینان در زمینه بررسی باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در محصولات کشاورزی از مرحله نمونه‌برداری تا اعتبارسنجی روش اندازه‌گیری تقدیم علاقه‌مندان شود. همچنین سعی بر آن بوده است که در هر فصل و مبحثی با

1 - Safety limits

2 - Acceptable daily intake

پیشگفتار □ ظ

موضوع‌های مطرح‌شده، مروری بر پژوهش‌های انجام‌شده صورت گیرد تا خوانندگان ضمن آشنایی با مفاهیم اصلی، از پژوهش‌های صورت گرفته در مورد آن موضوع نیز اطلاع حاصل کنند. فصل‌های این کتاب به نحوی تنظیم گردیده‌اند تا راهنمایی کاربردی برای پژوهشگرانی باشند که قصد انجام پژوهش در زمینه باقی‌مانده آفت‌کش‌ها را دارند. در فصل اول، کلیاتی در خصوص آفت‌کش‌ها با تأکید بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی آن‌ها بیان شده‌اند که جهت طراحی و انجام آزمایش‌های باقی‌مانده آفت‌کش‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند. در فصل دوم، به مبانی طراحی صحیح آزمایش‌های مزرعه‌ای و نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش‌های باقی‌مانده آفت‌کش‌ها پرداخته شده است. فصل سوم به معرفی روش‌های مختلف استخراج و خالص‌سازی آفت‌کش‌ها از نمونه‌ها (با تأکید بر روش‌های جدید) اختصاص یافته است. در فصل‌های چهارم و پنجم، روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی و کیفی آفت‌کش‌ها (کروماتوگرافی لایه‌نازک، گازی، مایع و ایمنی‌سنجی) مورد بحث قرار گرفته‌اند. در فصل ششم نیز مبانی و روش‌های اعتبارسنجی آزمایش مورد بررسی و بحث قرار گرفته‌اند.

بدین‌وسیله از تمامی کارکنان محترم مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران که با بردباری و کوشش فراوان امکان چاپ کتاب پیش رو را فراهم ساختند نهایت تشکر را داریم. این کتاب از نظر نگارش و مطالب علمی خالی از عیب نیست. امید است دانش‌پژوهان و اساتید فن، نویسندگان را از نظرات ارزشمند خویش محروم نسازند.

خلیل طالبی چهارمی

سید احسان ترابی

مردادماه ۱۳۹۶