



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی  
گروه آموزشی گیاه پزشکی

رساله برای دریافت درجه‌ی دکترای تخصصی  
در رشته‌ی حشره‌شناسی کشاورزی

### عنوان:

**ساخت و ارزیابی نانوفرمولاسیون اسانس‌های برخی از گیاهان دارویی برای  
کنترل بید سیب‌زمینی (*Phthorimaea operculella* (Zeller))**

اساتید راهنما:

دکتر هوشنگ رفیعی دستجردی  
دکتر اسداله اسدی

اساتید مشاور:

پروفسور جبرائیل رزمجو  
دکتر بهرام فتحی آچالویی

پژوهشگر:

وحید مهدوی

زمستان ۱۳۹۶

نام خانوادگی دانشجو: مهدوی	نام: وحید
عنوان رساله: ساخت و ارزیابی نانوفرمولاسیون اسانس‌های برخی از گیاهان دارویی برای کنترل بید سیب‌زمینی <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	
اساتید راهنما: دکتر هوشنگ رفیعی دستجردی و دکتر اسداله اسدی اساتید مشاور: پروفسور جیرائیل رزمجو و دکتر بهرام فتحی آچالویی	
مقطع تحصیلی: دکترای تخصصی	رشته: حشره‌شناسی کشاورزی
دانشگاه محقق اردبیلی	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی
تاریخ دفاع: ۱۳۹۶/۱۱/۷	تعداد صفحات: ۱۵۲ صفحه
چکیده:	
<p>بید سیب‌زمینی، <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) یکی از مهمترین آفات حشره‌ای سیب‌زمینی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌باشد. لاروهای آفت از برگ‌ها و ساقه‌ها تغذیه می‌کنند، اما بیشترین خسارت آنها به غده‌های سیب‌زمینی می‌باشد. در این مطالعه، اثرات حشره‌کشی و دوام اسانس‌های خالص و نانوفرمولاسیون گیاهان درمنه، کاکوتی‌کوهی، مرزه، ترخون، بابونه، پنج‌انگشت، به‌لیمو، سرو نقره‌ای، پرتقال، گشنیز، جعفری، شوید، زیره‌سبز، زنجبیل و دارچین روی مراحل مختلف زیستی (تخم، لارو سن اول، حشرات کامل نر و ماده) بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. اسانس‌های گیاهی با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج شدند. نانوالیاف‌ها به روش الکتروریسی با استفاده از پلی‌مر پلی وینیل الکل (PVA) تهیه شدند. ریخت-شناسی نانوالیاف‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مطالعه شدند. ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها با استفاده از GC-MS شناسایی شدند. نتایج SEM و FTIR، استقرار اسانس در ساختار نانوالیاف را تایید کردند. نتایج GC-MS نشان داد که ترکیبات اصلی اسانس‌های گیاهان درمنه، کاکوتی‌کوهی، مرزه، ترخون، بابونه، پنج‌انگشت، به‌لیمو، سرو نقره‌ای، پرتقال، گشنیز، جعفری، شوید، زیره‌سبز، زنجبیل و دارچین به ترتیب <math>\beta</math>-Thujene، Pulegone، Thymol، trans-Anethole، <math>\alpha</math>-Bisabolol oxide A، 1,8-Cineole، Geranial، 1-Limonene، 1-Limonene، Linalool L، Myristicin، L-Cinnamaldehyde و <math>\alpha</math>-Zingiberene بودند. نتایج زیست‌سنجی‌های تدخینی نشان داد که نانوالیاف‌های حاوی اسانس در تمامی مراحل بید سیب زمینی سمی‌تر از اسانس‌های خالص بودند. نتایج نشان داد که اسانس دارچین در مرحله‌ی تخم دارای کمترین میزان <math>LC_{50}</math> (۴/۹۲ میکرولیتر بر لیتر هوا) و اسانس شوید دارای بیشترین میزان <math>LC_{50}</math> (۱۲۲/۶۸ میکرولیتر بر لیتر هوا) بود. نتایج آزمایش‌های دوام نشان دادند که نانوالیاف‌های حاوی اسانس دوام بالاتری نسبت به اسانس‌های خالص گیاهان داشتند. براساس نتایج آزمایش‌های دوام، بالاترین میزان دوام در حالت فرموله شده مربوط به اسانس بابونه (۶۷ روز) بوده است. همچنین بیشترین میزان <math>PT_{50}</math> در نانوفرمولاسیون اسانس گیاه بابونه (۳۲/۷۷ روز) مشاهده شد. نتایج ما پیشنهاد می‌کند که نانوفرمولاسیون‌های اسانس می‌توانند به عنوان یک ابزار جدید موثر در مدیریت بید سیب‌زمینی استفاده شوند.</p>	
کلید واژه‌ها: اسانس‌های گیاهی، بید سیب‌زمینی، سمیت تدخینی، نانوالیاف	

فصل اول: مقدمه و مروری بر مطالعات گذشته

۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- بید سیبزمینی <i>Phthorimaea operculella</i> .....	۵
۱-۳- اهمیت ترکیبات گیاهی.....	۷
۱-۴- اسانس‌های گیاهی.....	۷
۱-۵- محدودیت‌های اسانس‌های گیاهی.....	۸
۱-۶- فناوری نانو و کاربرد آن در کشاورزی.....	۹
۱-۷- کاربرد فناوری نانو در مدیریت آفات.....	۱۰
۱-۸- نانوالیاف‌ها و فرآیندهای ساخت آنها.....	۱۰
۱-۸-۱- الکتروریسی.....	۱۰
۱-۸-۱-۱- اصول بنیادی فرآیند الکتروریسی.....	۱۱
۱-۸-۱-۲- عوامل موثر بر ریخت شناسی الیاف.....	۱۲
۱-۸-۱-۲-۱- وزن مولکولی و گرانشی محلول پلی‌مری.....	۱۲
۱-۸-۱-۲-۲- ولتاژ منبع تغذیه.....	۱۳
۱-۸-۱-۲-۳- دمای محلول پلی‌مری.....	۱۳
۱-۸-۱-۲-۴- اثر جمع‌کننده.....	۱۳
۱-۸-۱-۲-۵- فاصله‌ی بین نازل تا جمع‌کننده.....	۱۳
۱-۸-۱-۲-۶- شرایط محیط.....	۱۴
۲-۸-۱- مشخصات اصلی لایه‌های نانوالیاف.....	۱۴
۱-۲-۸-۱- ریخت‌شناسی.....	۱۴
۲-۲-۸-۱- ساختار مولکولی.....	۱۴
۳-۲-۸-۱- خواص مکانیکی.....	۱۴
۱-۹- معرفی پلی‌مر.....	۱۵
۱-۱۰- معرفی گیاهان مورد مطالعه در تحقیق.....	۱۵
۱-۱۰-۱- کاکوتی کوهی <i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam.....	۱۵
۱-۱۰-۲- بابونه <i>Matricaria chamomilla</i> L.....	۱۵
۱-۱۰-۳- پنج‌انگشت <i>Vitex agnus-castus</i> L.....	۱۶
۱-۱۰-۴- به‌لیمو <i>Lippia citriodora</i> Kunth.....	۱۶
۱-۱۰-۵- درمنه <i>Artemisia sieberi</i> Besser.....	۱۶
۱-۱۰-۶- سرو نقره‌ای <i>Cupressus arizonica</i> Greene.....	۱۶

۱۶	..... <i>Citrus sinensis</i> L. پرتقال ۱-۱۰-۷
۱۷	..... <i>Cuminum cyminum</i> L. زیره‌ی سبز ۱-۱۰-۸
۱۷	..... <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume دارچین ۱-۱۰-۹
۱۷	..... <i>Zingiber officinale</i> Roscoe زنجبیل ۱-۱۰-۱۰
۱۷	..... <i>Artemisia dracunculus</i> L. ترخون ۱-۱۰-۱۱
۱۷	..... <i>Satureia hortensis</i> L. مرزه ۱-۱۰-۱۲
۱۸	..... <i>Coriandrum sativum</i> L. گشنیز ۱-۱۰-۱۳
۱۸	..... <i>Anethum graveolens</i> L. شوید ۱-۱۰-۱۴
۱۸	..... <i>Petroselinum crispum</i> Mill. جعفری ۱-۱۰-۱۵
۱۸	..... ۱-۱۱-۱ مروری بر مطالعات گذشته

#### فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲۳	..... ۲-۱- پرورش بید سیب‌زمینی <i>Phthorimaea operculella</i>
۲۴	..... ۲-۲- تهیه‌ی گیاهان مورد مطالعه
۲۵	..... ۲-۳- استخراج اسانس از اندام‌های گیاهی
۲۵	..... ۲-۴- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس‌های گیاهی
۲۶	..... ۲-۵- تهیه‌ی نانوالیاف با استفاده از دستگاه الکتروریسی
۲۶	..... ۲-۵-۱- آماده‌سازی محلول پلی‌مری
۲۶	..... ۲-۵-۲- فرآیند الکتروریسی
۲۷	..... ۲-۶- مطالعه‌ی ویژگی‌های نانوالیاف جهت استقرار اسانس روی نانوالیاف با استفاده از روش‌های مختلف
۲۷	..... ۲-۶-۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۲۷	..... ۲-۶-۱-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها
۲۷	..... ۲-۶-۱-۲- تهیه‌ی تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌ها با استفاده از SEM
۲۸	..... ۲-۶-۲- طیف‌سنجی بازتابشی انتشاری (DRS)
۲۸	..... ۲-۶-۳- طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR)
۲۸	..... ۲-۷- مطالعه‌ی میزان بازدهی نانوالیاف‌های بارگذاری شده با اسانس‌های گیاهی
۲۹	..... ۲-۸- آزمایش‌های سمیت تدخینی
۳۲	..... ۲-۹- آزمایش‌های دوام اسانس‌ها
۳۲	..... ۲-۱۰- تجزیه‌ی آماری داده‌ها

#### فصل سوم: نتایج

۳۴	..... ۱-۳- گیاه زیره‌ی سبز <i>C. cyminum</i>
۳۴	..... ۳-۱-۱- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس زیره‌ی سبز
۳۵	..... ۳-۱-۲- نانوالیاف پلی‌وینیل الکل - اسانس زیره‌ی سبز

۳۶	..... ۳-۱-۲-۱-استقرار اسانس زیره‌ی سبز روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۳۶	..... ۳-۱-۲-۱-۱-DRS و SEM
۳۷	..... ۳-۱-۲-۱-۲-FTIR
۴۰	..... ۳-۱-۲-۲-بارگذاری اسانس زیره‌ی سبز روی ساختار نانوالیاف
۴۰	..... ۳-۱-۳-سمیت تدخینی
۴۱	..... ۳-۱-۴-دوام اسانس زیره‌ی سبز
۴۲	..... ۳-۲-گیاه زنجبیل <i>Z. officinale</i>
۴۲	..... ۳-۲-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس زنجبیل
۴۵	..... ۳-۲-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس زنجبیل
۴۵	..... ۳-۲-۲-۱-استقرار اسانس زنجبیل روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۴۵	..... ۳-۲-۲-۱-۱-DRS و SEM
۴۶	..... ۳-۲-۲-۱-۲-FTIR
۴۷	..... ۳-۲-۲-۲-بارگذاری اسانس زنجبیل روی ساختار نانوالیاف
۴۷	..... ۳-۲-۳-سمیت تدخینی
۴۷	..... ۳-۲-۴-دوام اسانس زنجبیل
۴۹	..... ۳-۳-گیاه ترخون <i>A. dracunculus</i>
۴۹	..... ۳-۳-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس ترخون
۵۱	..... ۳-۳-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس ترخون
۵۱	..... ۳-۳-۲-۱-استقرار اسانس ترخون روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۵۱	..... ۳-۳-۲-۱-۱-DRS و SEM
۵۲	..... ۳-۳-۲-۱-۲-FTIR
۵۳	..... ۳-۳-۲-۲-بارگذاری اسانس ترخون روی ساختار نانوالیاف
۵۳	..... ۳-۳-۳-سمیت تدخینی
۵۴	..... ۳-۳-۴-دوام اسانس ترخون
۵۵	..... ۳-۴-گیاه کاکوتی کوهی <i>Z. clinopodioides</i>
۵۵	..... ۳-۴-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس کاکوتی کوهی
۵۸	..... ۳-۴-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس کاکوتی کوهی
۵۸	..... ۳-۴-۲-۱-استقرار اسانس کاکوتی کوهی روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۵۸	..... ۳-۴-۲-۱-۱-DRS و SEM
۵۹	..... ۳-۴-۲-۱-۲-FTIR
۶۰	..... ۳-۴-۲-۲-بارگذاری اسانس کاکوتی کوهی روی ساختار نانوالیاف
۶۰	..... ۳-۴-۳-سمیت تدخینی
۶۱	..... ۳-۴-۴-دوام اسانس کاکوتی کوهی
۶۲	..... ۳-۵-گیاه گشنیز <i>C. sativum</i>

۶۲	.....۳-۵-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گشنیز.....
۶۳	.....۳-۵-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس گشنیز.....
۶۳	.....۳-۵-۲-۱-استقرار اسانس گشنیز روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۶۳	.....۳-۵-۲-۱-۱-DRS و SEM.....
۶۴	.....۳-۵-۲-۱-۲-FTIR.....
۶۵	.....۳-۵-۲-۲-بارگذاری اسانس گشنیز روی ساختار نانوالیاف.....
۶۶	.....۳-۵-۳-سمیت تدخینی.....
۶۷	.....۳-۵-۴-دوام اسانس گشنیز.....
۶۷	.....۳-۶-گیاه به‌لیمو <i>L. citriodora</i> .....
۶۷	.....۳-۶-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس به‌لیمو.....
۷۰	.....۳-۶-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس به‌لیمو.....
۷۰	.....۳-۶-۲-۱-استقرار اسانس به‌لیمو روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۷۰	.....۳-۶-۲-۱-۱-DRS و SEM.....
۷۱	.....۳-۶-۲-۱-۲-FTIR.....
۷۲	.....۳-۶-۲-۲-بارگذاری اسانس به‌لیمو روی ساختار نانوالیاف.....
۷۲	.....۳-۶-۳-سمیت تدخینی.....
۷۳	.....۳-۶-۴-دوام اسانس به‌لیمو.....
۷۴	.....۳-۷-گیاه پنج انگشت <i>V. agnus-castus</i> .....
۷۴	.....۳-۷-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس پنج انگشت.....
۷۸	.....۳-۷-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس پنج انگشت.....
۷۸	.....۳-۷-۲-۱-استقرار اسانس پنج انگشت روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۷۸	.....۳-۷-۲-۱-۱-DRS و SEM.....
۷۹	.....۳-۷-۲-۱-۲-FTIR.....
۸۰	.....۳-۷-۲-۲-بارگذاری اسانس پنج انگشت روی ساختار نانوالیاف.....
۸۰	.....۳-۷-۳-سمیت تدخینی.....
۸۱	.....۳-۸-۴-دوام اسانس پنج انگشت.....
۸۲	.....۳-۸-گیاه درمنه <i>A.Sieberi</i> .....
۸۲	.....۳-۸-۱-شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس درمنه.....
۸۴	.....۳-۸-۲-نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس درمنه.....
۸۴	.....۳-۸-۲-۱-استقرار اسانس درمنه روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۸۴	.....۳-۸-۲-۱-۱-DRS و SEM.....
۸۵	.....۳-۸-۲-۱-۲-FTIR.....
۸۶	.....۳-۸-۲-۲-بارگذاری اسانس درمنه روی ساختار نانوالیاف.....
۸۶	.....۳-۸-۳-سمیت تدخینی.....

۸۷	.....۳-۸-۴ دوام اسانس درمنه.....
۸۸	.....۳-۹ گیاه جعفری <i>P. crispum</i> .....
۸۸	.....۳-۹-۱ شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس جعفری.....
۸۹	.....۳-۹-۲ نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس جعفری.....
۸۹	.....۳-۹-۲-۱ استقرار اسانس جعفری روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۸۹	.....۳-۹-۲-۱-۱ SEM و DRS.....
۹۰	.....۳-۹-۲-۱-۲ FTIR.....
۹۱	.....۳-۹-۲-۲ بارگذاری اسانس جعفری روی ساختار نانوالیاف.....
۹۱	.....۳-۹-۳ سمیت تدخینی.....
۹۲	.....۳-۹-۴ دوام اسانس جعفری.....
۹۳	.....۳-۱۰ گیاه مرزه <i>S. hortensis</i> .....
۹۳	.....۳-۱۰-۱ شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس مرزه.....
۹۴	.....۳-۱۰-۲ نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس مرزه.....
۹۴	.....۳-۱۰-۲-۱ استقرار اسانس مرزه روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۹۴	.....۳-۱۰-۲-۱-۱ SEM و DRS.....
۹۵	.....۳-۱۰-۲-۱-۲ FTIR.....
۹۷	.....۳-۱۰-۲-۲ بارگذاری اسانس مرزه روی ساختار نانوالیاف.....
۹۷	.....۳-۱۰-۳ سمیت تدخینی.....
۹۸	.....۳-۱۰-۴ دوام اسانس مرزه.....
۹۸	.....۳-۱۱ گیاه دارچین <i>C. zelanicum</i> .....
۹۸	.....۳-۱۱-۱ شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس دارچین.....
۱۰۰	.....۳-۱۱-۲ نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس دارچین.....
۱۰۰	.....۳-۱۱-۲-۱ استقرار اسانس دارچین روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۱۰۰	.....۳-۱۱-۲-۱-۱ SEM و DRS.....
۱۰۱	.....۳-۱۱-۲-۱-۲ FTIR.....
۱۰۲	.....۳-۱۱-۲-۲ بارگذاری اسانس دارچین روی ساختار نانوالیاف.....
۱۰۳	.....۳-۱۱-۳ سمیت تدخینی.....
۱۰۴	.....۳-۱۱-۴ دوام اسانس دارچین.....
۱۰۴	.....۳-۱۲ پرتقال <i>C. cinensis</i> .....
۱۰۴	.....۳-۱۲-۱ شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس پرتقال.....
۱۰۵	.....۳-۱۲-۲ نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس پرتقال.....
۱۰۵	.....۳-۱۲-۲-۱ استقرار اسانس پرتقال روی نانوالیاف پلی وینیل الکل.....
۱۰۵	.....۳-۱۲-۲-۱-۱ SEM و DRS.....
۱۰۶	.....۳-۱۲-۲-۱-۲ FTIR.....

۱۰۷	.....	بارگذاری اسانس پرتقال روی ساختار نانوالیاف
۱۰۸	.....	سمیت تدخینی
۱۰۹	.....	دوام اسانس پرتقال
۱۰۹	.....	گیاه بابونه <i>M. chamomilla</i>
۱۰۹	.....	شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس بابونه
۱۱۰	.....	نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس بابونه
۱۱۰	.....	استقرار اسانس بابونه روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۱۱۰	.....	SEM و DRS
۱۱۲	.....	FTIR
۱۱۳	.....	بارگذاری بابونه کوهی روی ساختار نانوالیاف
۱۱۳	.....	سمیت تدخینی
۱۱۴	.....	دوام اسانس بابونه
۱۱۵	.....	گیاه سرو نقره‌ای <i>C. arizonica</i>
۱۱۵	.....	شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس سرو نقره‌ای
۱۱۷	.....	نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس سرو نقره‌ای
۱۱۷	.....	استقرار اسانس سرو نقره‌ای روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۱۱۷	.....	SEM و DRS
۱۱۸	.....	FTIR
۱۲۰	.....	بارگذاری اسانس سرو نقره‌ای روی ساختار نانوالیاف
۱۲۰	.....	سمیت تدخینی
۱۲۰	.....	دوام اسانس سرو نقره‌ای
۱۲۲	.....	گیاه شوید <i>A. graveolens</i>
۱۲۲	.....	شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس شوید
۱۲۳	.....	نانوالیاف پلی وینیل الکل - اسانس شوید
۱۲۳	.....	استقرار اسانس شوید روی نانوالیاف پلی وینیل الکل
۱۲۳	.....	SEM و DRS
۱۲۴	.....	FTIR
۱۲۵	.....	بارگذاری اسانس شوید روی ساختار نانوالیاف
۱۲۶	.....	سمیت تدخینی
۱۲۶	.....	دوام اسانس شوید

#### فصل چهارم: بحث و نتیجه‌گیری

۱۲۹	.....	۱- بحث
۱۳۹	.....	۲- نتیجه‌گیری نهایی



۳-۴- پیشنهادات..... ۱۳۹

فهرست منابع و مآخذ..... ۱۴۱

## فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول	صفحه
جدول ۲-۱- تهیه گیاهان مورد مطالعه.....	۲۴
جدول ۲-۲- محدوده‌ی غلظت‌های اسانس‌های خالص و نانوفرموله شده روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی	۳۰
جدول ۳-۱- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه زیره‌ی سبز <i>C. cyminum</i> .....	۳۴
جدول ۳-۲- گروه‌های پیوندی برای طیف‌های FTIR.....	۳۸
جدول ۳-۳- کشندگی اسانس گیاه زیره‌ی سبز و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۴۱
جدول ۳-۴- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه زنجبیل <i>Z. officinale</i> .....	۴۲
جدول ۳-۵- کشندگی اسانس گیاه زنجبیل و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۴۸
جدول ۳-۶- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه ترخون <i>A. dracunculus</i> .....	۴۹
جدول ۳-۷- کشندگی اسانس گیاه ترخون و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۵۴
جدول ۳-۸- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه کاکوتی کوهی <i>Z. clinopodioides</i> .....	۵۵
جدول ۳-۹- کشندگی اسانس گیاه کاکوتی کوهی و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۶۱
جدول ۳-۱۰- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه گشنیز <i>C. sativum</i> .....	۶۲
جدول ۳-۱۱- کشندگی اسانس گیاه گشنیز و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۶۶
جدول ۳-۱۲- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه به‌لیمو <i>L. citriodora</i> .....	۶۸
جدول ۳-۱۳- کشندگی اسانس گیاه به‌لیمو و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۷۳
جدول ۳-۱۴- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه پنج انگشت <i>V. agnus-castus</i> .....	۷۴
جدول ۳-۱۵- کشندگی اسانس گیاه پنج انگشت و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۸۱
جدول ۳-۱۶- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه درمنه <i>A. sieberi</i> .....	۸۲
جدول ۳-۱۷- کشندگی اسانس گیاه درمنه و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۸۷
جدول ۳-۱۸- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه جعفری <i>P. crispum</i> .....	۸۸
جدول ۳-۱۹- کشندگی اسانس گیاه جعفری و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی <i>P. operculella</i> .....	۹۲
جدول ۳-۲۰- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه مرزه <i>S. hortensis</i> .....	۹۳

جدول ۳-۲۱- کشفندگی اسانس گیاه مرزه و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۹۷
..... <i>operculella</i>	
جدول ۳-۲۲- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارچین <i>C. zelanicum</i>	۹۸
جدول ۳-۲۳- کشفندگی اسانس گیاه دارچین و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۱۰۳
..... <i>operculella</i>	
جدول ۳-۲۴- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه پرتقال <i>C. sinensis</i>	۱۰۵
جدول ۳-۲۵- کشفندگی اسانس گیاه پرتقال و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۱۰۸
..... <i>operculella</i>	
جدول ۳-۲۶- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه بابونه <i>M. chamomilla</i>	۱۱۰
جدول ۳-۲۷- کشفندگی اسانس گیاه بابونه و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۱۱۴
..... <i>operculella</i>	
جدول ۳-۲۸- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه سرو نقره ای <i>C. arizonica</i>	۱۱۵
جدول ۳-۲۹- کشفندگی اسانس گیاه سرو نقره ای و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۱۲۱
..... <i>operculella</i>	
جدول ۳-۳۰- شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه شوید <i>A. graveolens</i>	۱۲۲
جدول ۳-۳۱- کشفندگی اسانس گیاه شوید و نانوفرمولاسیون آن روی مراحل زیستی بید سیبزمینی <i>P.</i>	۱۲۶
..... <i>operculella</i>	

## فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱- مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی .....	۵
شکل ۲-۱- فرآیند الکتروریسی .....	۱۱
شکل ۱-۲- ظروف پرورش بید سیب‌زمینی .....	۲۴
شکل ۲-۲- دستگاه کلونجر .....	۲۵
شکل ۳-۲- دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی .....	۲۶
شکل ۴-۲- دستگاه الکتروریسی .....	۲۷
شکل ۵-۲- دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی .....	۲۸
شکل ۶-۲- ظروف شیشه‌ای مورد استفاده برای آزمایش‌های تدخینی و دوام .....	۳۰
شکل ۳-۱- تصویر نانوالیاف تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ نوری .....	۳۶
شکل ۲-۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس زیره‌ی سبز (ب) .....	۳۶
شکل ۳-۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس زیره‌ی سبز توسط دستگاه طیف‌سنجی بازتابشی انتشاری .....	۳۷
شکل ۴-۳- طیف‌های FTIR نانوالیاف پلی وینیل الکل (الف)، اسانس زیره‌ی سبز (ب) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ج) .....	۳۸
شکل ۵-۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس زیره‌ی سبز .....	۴۲
شکل ۶-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس زنجبیل .....	۴۵
شکل ۷-۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس زنجبیل توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری .....	۴۵
شکل ۸-۳- طیف‌های FTIR اسانس زنجبیل (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) .....	۴۶
شکل ۹-۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس زنجبیل .....	۴۸
شکل ۱۰-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس ترخون .....	۵۱
شکل ۱۱-۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس ترخون توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری .....	۵۱
شکل ۱۲-۳- طیف‌های FTIR اسانس ترخون (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) .....	۵۲
شکل ۱۳-۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس ترخون .....	۵۵
شکل ۱۴-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس کاکوتی کوهی .....	۵۸
شکل ۱۵-۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس کاکوتی کوهی توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری .....	۵۸
شکل ۱۶-۳- طیف‌های FTIR اسانس کاکوتی کوهی (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) .....	۵۹
شکل ۱۷-۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس کاکوتی کوهی .....	۶۲
شکل ۱۸-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس گشنیز .....	۶۴
شکل ۱۹-۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس گشنیز توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری .....	۶۴
شکل ۲۰-۳- طیف‌های FTIR اسانس گشنیز (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) .....	۶۵

- شکل ۳-۲۱- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس گشنیز ..... ۶۷
- شکل ۳-۲۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس به‌لیمو..... ۷۱
- شکل ۳-۲۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس به‌لیمو توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری..... ۷۱
- شکل ۳-۲۴- طیف‌های FTIR اسانس به‌لیمو (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) ..... ۷۲
- شکل ۳-۲۵- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس به‌لیمو ..... ۷۴
- شکل ۳-۲۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس پنج‌انگشت..... ۷۸
- شکل ۳-۲۷- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس پنج‌انگشت توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری ..... ۷۸
- شکل ۳-۲۸- طیف‌های FTIR اسانس پنج‌انگشت (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) ..... ۷۹
- شکل ۳-۲۹- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس پنج‌انگشت ..... ۸۲
- شکل ۳-۳۰- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس درمنه ..... ۸۴
- شکل ۳-۳۱- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس درمنه توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری..... ۸۴
- شکل ۳-۳۲- طیف‌های FTIR اسانس درمنه (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) ..... ۸۵
- شکل ۳-۳۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس درمنه ..... ۸۸
- شکل ۳-۳۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس جعفری ..... ۸۹
- شکل ۳-۳۵- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس جعفری توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری... ۸۹
- شکل ۳-۳۶- طیف‌های FTIR اسانس جعفری (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب)..... ۹۰
- شکل ۳-۳۷- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس جعفری..... ۹۳
- شکل ۳-۳۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس مرزه..... ۹۵
- شکل ۳-۳۹- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس مرزه توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری..... ۹۵
- شکل ۳-۴۰- طیف‌های FTIR اسانس مرزه (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب)..... ۹۶
- شکل ۳-۴۱- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس مرزه ..... ۹۸
- شکل ۳-۴۲- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس دارچین..... ۱۰۰
- شکل ۳-۴۳- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس دارچین توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری ۱۰۱
- شکل ۳-۴۴- طیف‌های FTIR اسانس دارچین (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب)..... ۱۰۲
- شکل ۳-۴۵- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس دارچین ..... ۱۰۴
- شکل ۳-۴۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس پرتقال..... ۱۰۶
- شکل ۳-۴۷- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس پرتقال توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری ۱۰۶
- شکل ۳-۴۸- طیف‌های FTIR اسانس پرتقال (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) ..... ۱۰۷
- شکل ۳-۴۹- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس پرتقال ..... ۱۰۹
- شکل ۳-۵۰- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس بابونه..... ۱۱۱
- شکل ۳-۵۱- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس بابونه توسط دستگاه طیفسنجی بازتابشی انتشاری..... ۱۱۱
- شکل ۳-۵۲- طیف‌های FTIR اسانس بابونه (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب)..... ۱۱۲
- شکل ۳-۵۳- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس بابونه..... ۱۱۵

- شکل ۳-۵۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس سرو نقره-  
ای.....۱۱۸
- شکل ۳-۵۵- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس سرو نقره‌ای توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری  
.....۱۱۸
- شکل ۳-۵۶- طیف‌های FTIR اسانس سرو نقره‌ای (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب).....۱۱۹
- شکل ۳-۵۷- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس سرو نقره‌ای .....۱۲۱
- شکل ۳-۵۸- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس شوید.....۱۲۳
- شکل ۳-۵۹- طیف پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس شوید توسط دستگاه طیف سنجی بازتابشی انتشاری.....۱۲۴
- شکل ۳-۶۰- طیف‌های FTIR اسانس شوید (الف) و پلی وینیل الکل بارگذاری شده با اسانس (ب) .....۱۲۵
- شکل ۳-۶۱- دوام اسانس خالص و فرموله شده‌ی اسانس شوید .....۱۲۷

فصل اول:

**مقدمه و مروری بر تحقیقات**

**گذشته**

## ۱-۱- مقدمه

سیب‌زمینی *Solanum tuberosum* L., گیاهی علفی، یکساله و دولپه‌ای از تیره بادنجانیان<sup>۱</sup> می‌باشد. منشأ این گیاه کوه‌های آند در آمریکای جنوبی بوده و اولین بار از حدود دو قرن پیش وارد ایران شده است. این گیاه در بیشتر نقاط کشور از جمله استان‌های اردبیل، اصفهان، آذربایجان شرقی و غربی، همدان، کرمانشاه، خراسان و تهران کشت می‌شود (حسن‌پناه و همکاران، ۱۳۸۷). سطح زیر کشت سیب‌زمینی کشور در سال زراعی ۹۳-۹۴، ۱۶۰۲۱۷ هکتار برآورد شده است. مقاوم اول در تولید این محصول به استان همدان با ۱۶/۳۱ درصد تعلق دارد و استان‌های اردبیل، اصفهان، آذربایجان شرقی و کردستان به ترتیب با ۱۳/۹۳، ۷/۶۷، ۶/۴۳ و ۶/۳۱ درصد سهم در تولید سیب‌زمینی رتبه‌های دوم تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند (بی‌نام، ۱۳۹۴).

گیاه سیب‌زمینی توسط آفات متعددی مورد حمله قرار می‌گیرد که سوسک کلرادوی سیب‌زمینی، بید سیب‌زمینی، شته‌ی سبز هلو، زنجبرک سیب‌زمینی و کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت از جمله آنها می‌باشد (نایمو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* (Zeller) که بید غده‌ی سیب‌زمینی هم نامیده می‌شود، از خانواده‌ی Gelechiidae بوده و یکی از مهمترین آفات سیب‌زمینی در مزارع و انبارهای دنیا می‌باشد (گور و سیمینگتون<sup>۳</sup>، ۱۹۹۸). موطن اولیه این آفت آمریکای جنوبی می‌باشد، اما با توسعه‌ی کشت سیب‌زمینی، جمعیت آن افزایش یافته و با انتقال و جابجایی غده‌های سیب‌زمینی به دیگر مناطق منتقل شده و در حال حاضر در اکثر کشورهای جهان گسترش یافته است (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۳). این آفت قبلاً به عنوان آفت قرنطینه‌ای در ایران محسوب می‌شد و اولین بار در مهرماه سال ۱۳۶۴ روی غده‌های در حال برداشت سیب‌زمینی در مزارع کرج دیده شد (حبیبی، ۱۳۶۵). سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، بادنجان و توتون از میزبان‌های این آفت می‌باشند. این آفت همچنین به محصولات غیرزراعی مانند گل اطلسی، تاجریزی

<sup>۱</sup> Solanaceae

<sup>۲</sup> Naimov

<sup>۳</sup> Gurr and Symington



و تا توره نیز حمله می‌کند. خسارت این آفت از مزرعه شروع شده و در انبار ادامه می‌یابد (وستت<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۸) و باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود. بیشترین خسارت آفت در محصولات انبار شده مشاهده می‌شود (داس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵).

با توجه به اهمیت محصول سیب‌زمینی در تغذیه‌ی انسان‌ها و خسارت بالای آفت مذکور، بایستی تمهیداتی در راستای کنترل این آفت اندیشید. به دلیل اینکه بخشی از چرخه‌ی زندگی آفت مذکور در داخل غده می‌باشد، لذا استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی موفقیت‌آمیز نمی‌باشد. استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی گازی نیز معایبی دارد که استفاده از آنها را با محدودیت‌هایی روبه‌رو کرده است (راجا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱). در این راستا استفاده از ترکیبات گیاهی می‌تواند جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی باشد (دانکل و سیرز<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸). اسانس‌ها محصولات فرعی متابولیسم گیاهی هستند و تحت عنوان متابولیت‌های ثانویه شناخته می‌شوند. این ترکیبات در سلول‌ها و کرک‌های ترش‌گی، غده‌های ترش‌گی و مجاری ترش‌گی موجود در قسمت‌های سطحی و درونی اندام‌های مختلف گیاه وجود دارند (امید بیگی، ۱۳۸۴). عمده‌ی ترکیبات اسانس‌ها مونوترپن‌ها و سسکوئین‌ترپن‌ها می‌باشند که در کنترل آفات مختلف موثر می‌باشند (ایسمان<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اینکه محل اثر اسانس‌ها گیرنده‌های اکتوپامین می‌باشند، لذا این ترکیبات به صورت انتخابی عمل کرده و معمولاً اثر سوئی بر پستانداران ندارند (شایا و کوستیوکوویسکی<sup>۶</sup>، ۲۰۰۶). با وجود فواید زیاد اسانس‌ها، این ترکیبات دارای معایبی هستند که استفاده از این ترکیبات را با محدودیت‌هایی روبه‌رو کرده است. از جمله معایب اسانس‌ها می‌توان به خاصیت فرار بودن، اکسید شدن سریع و بی‌ثباتی شیمیایی این ترکیبات در برابر عوامل محیطی اشاره نمود (راجندران و سریرانجینی<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸).

امروزه علم فناوری نانو از مرحله‌ی آزمایشگاهی به مرحله‌ی کاربردی نزدیک‌تر شده است و این امر منجر به حضور محسوس‌تر این علم در بخش کشاورزی گردیده است. در این راستا، استفاده از فرمولاسیون‌های جدید بر مبنای بهره‌وری از فناوری نانو به منظور افزایش راندمان آفت‌کش‌ها به‌ویژه آفت‌کش‌های گیاهی مورد توجه جدی قرار گرفته‌اند. فرمولاسیون اسانس‌های گیاهی در مقیاس نانو منجر به افزایش کارایی این ترکیبات و رهایش کنترل‌شده‌ی آنها می‌شود (لای<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

---

<sup>1</sup> Wedstedt

<sup>2</sup> Das

<sup>3</sup> Raja

<sup>4</sup> Dunkel and Sears

<sup>5</sup> Isman

<sup>6</sup> Shaaya and Kostyukovsky

<sup>7</sup> Rajendran and Sriranjini

<sup>8</sup> Lai

مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی اثرات تدخینی اسانس‌های مرزه، دارچین، زنجبیل، پنج‌انگشت، ترخون، بابونه، کاکوتی کوهی، درمنه، گشنیز، شوید، جعفری، پرتقال، زیره‌سبز، به‌لیمو و سرو نقره‌ای و نانوفرمولاسیون آنها روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* انجام گرفت تا در صورت موفقیت در افزایش کارایی اسانس‌های گیاهی به صورت نانوفرمولاسیون بتوانیم گام مهمی در مدیریت آفات انباری با استفاده از ترکیبات گیاهی برداریم.

اهداف کلی پژوهش شامل موارد ذیل می باشند:

- بررسی سمیت تدخینی اسانس‌های گیاهی از تیره‌های مختلف روی مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی
- بررسی حساسیت مراحل مختلف زیستی تخم، لارو و حشرات کامل نسبت به اسانس‌های گیاهی
- شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس گیاهان دارویی مورد مطالعه با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی-گازی متصل به طیف‌سنج جرمی
- ساخت نانوفرمولاسیون اسانس‌های گیاهی و بررسی ویژگی‌های آنها
- ارزیابی نانوفرمولاسیون اسانس‌های گیاهی از طریق آزمایش‌های زیست‌سنجی و مطالعات دوام آنها

## ۲-۱- بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella*

بید سیب‌زمینی *Phthorimaea operculella* در سال ۱۸۷۳ با عنوان *Gelechia operculella* توصیف شده و در سال ۱۹۶۴ به جنس *Phthorimaea* تغییر یافته است (پولنی<sup>۱</sup>، ۱۹۶۴). براساس رده‌بندی تریپلهورن و جانسون<sup>۲</sup> (۲۰۰۵) این حشره به خانواده‌ی Gelechiidae تعلق دارد.

بید سیب‌زمینی دارای چهار مرحله‌ی زندگی مشخص می‌باشد (شکل ۱-۱). تخم‌های این آفت کوچکتر از یک میلی‌متر، کروی، نیمه‌شفاف و به رنگ سفید یا زرد مایل به قهوه‌ای روشن می‌باشد. این آفت دارای پنج سن لاروی می‌باشد. طول بدن در لارو کامل حدود ۱۰ میلی‌متر می‌باشد که به رنگ سفید متمایل به صورتی یا سبز روشن و با سر قهوه‌ای رنگ می‌باشد. لاروهای این آفت در صورتیکه از برگ و یا سایر اندام‌های هوایی سیب‌زمینی تغذیه کنند به رنگ سبز و در صورتی که از غده تغذیه نمایند به رنگ کرم و با هاله‌ای صورتی دیده می‌شوند (راندون<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). شفیره‌ی بید سیب‌زمینی قهوه‌ای رنگ و به طول ۵/۵ تا ۶/۵ میلی‌متر بوده و داخل پیله‌ی ابریشمی که توسط لارو سن پنجم تنیده می‌شود، محصور می‌باشد (کوماکو و کوزنتسووا<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹). حشره‌ی کامل، شب‌پره‌ای به رنگ خاکستری-نقره‌ای می‌باشد. بال‌های جلویی دارای لکه‌های تیره‌ای (دو تا سه لکه در حشره‌ی نر و یک لکه‌ی X مانند در حشره‌ی ماده) می‌باشد (راندون و همکاران، ۲۰۰۷). شکم در حشره‌ی کامل ماده متورم ولی در حشره‌ی نر باریک و در انتها کمی پهن می‌باشد (تریپلهورن و جانسون، ۲۰۰۵).



شکل ۱-۱: مراحل مختلف زیستی بید سیب‌زمینی (اصلی)

(الف: تخم، ب: لارو، ج: شفیره، د: حشره‌ی کامل)

<sup>1</sup> Povolny

<sup>2</sup> Triplehorn and Jahnson

<sup>3</sup> Rondon

<sup>4</sup> Chumakov and Kuznetsova

بید سیب‌زمینی آفتی همه‌جایی و الیگوفاز می‌باشد (فنمور<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸). این آفت حشره‌ای شب‌پرواز بوده و تخم‌گذاری در هنگام شب انجام می‌گیرد (آتیا و متر<sup>۲</sup>، ۱۹۳۹). تخم‌گذاری حشرات ماده در مزرعه روی برگ‌ها و باقیمانده‌ی گیاهان یا غده‌هایی که از خاک بیرون زده‌اند، صورت می‌گیرد (راندون، ۲۰۰۷). طول دوره‌ی یک نسل این آفت در فصول گرم حدود سه هفته و در زمستان ممکن است هفت ماه به طول انجامد (حنفی<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹). زمستان‌گذاری این آفت در شرایط مزرعه به صورت لاروهای سنین بالا و شفیره زیر خاک و در محیط انبار به صورت مراحل مختلف زیستی سپری می‌شود (خانجانی، ۱۳۸۵؛ حنفی، ۱۹۹۹). لاروهای بید سیب‌زمینی معمولاً با حفر کانال‌هایی در برگ‌ها، اپیدرم بالایی و پایینی برگ را دست نخورده باقی می‌گذارند (راندون، ۲۰۱۰). در اواخر تابستان و اوایل پاییز پس از تشکیل و رشد غده‌ها، حمله‌ی آفت متوجه غده‌ها شده و لاروها از محل گودی‌های نزدیک چشمک‌های غده به داخل آن نفوذ کرده و پس از ورود به غده، از طریق تغذیه از محتویات غده‌ها، دالانی در داخل آن ایجاد می‌کنند (خانجانی، ۱۳۸۵).

خسارت مزرعه‌ای حاصل از آسیب برگ‌های محصول سیب‌زمینی توسط این آفت معمولاً کم اهمیت است و خسارت در انبار به مراتب شدیدتر از مزرعه می‌باشد (داس، ۱۹۹۵). خسارت این آفت روی سیب‌زمینی از نظر اقتصادی پس از حشرات ناقل ویروس‌های سیب‌زمینی، در رتبه‌ی دوم اهمیت قرار دارد و خسارت اصلی آن مربوط به حفر دالان در غده‌های سیب‌زمینی می‌باشد. لاروهای سن آخر این آفت در انبارها، پس از تکمیل دوره‌ی لاروی، از غده بیرون آمده و روی غده‌ها، کیسه‌ها و یا قفسه‌های داخل انبار به شفیره تبدیل می‌شوند (خانجانی، ۱۳۸۵).

کنترل شیمیایی آفت مذکور به دلیل مخفی شدن بخشی از چرخه‌ی زندگی آفت در داخل غده‌ها موفقیت‌آمیز نمی‌باشد. لذا بایستی از ترکیبات با خاصیت تدخینی استفاده گردد. ترکیبات شیمیایی گازی متداول مانند متیل بروماید و گاز فسفین اثرات سوئی بر انسان و محیط زیست وارد می‌کنند (لی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). بنابراین بایستی به دنبال جایگزین مناسبی برای ترکیبات شیمیایی در کنترل آفات انباری باشیم. استفاده از اندام‌های مختلف گیاهانی که دارای ترکیبات شیمیایی ثانویه هستند، به دلیل سمیت کم برای انسان و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌تواند گزینه‌ی مناسبی برای جایگزینی با ترکیبات شیمیایی باشند (شارابی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

<sup>1</sup> Fenemore

<sup>2</sup> Attia and Mattar

<sup>3</sup> Hanafi

<sup>4</sup> Lee

<sup>5</sup> Sharaby

### ۳-۱- اهمیت ترکیبات گیاهی

با افزایش جمعیت بشر، نیاز به استفاده‌ی بهینه از مزارع کشاورزی و بهره‌وری بهتر ضروری می‌باشد. مصرف گسترده‌ی سموم شیمیایی سنتتیک در مزارع مشکلات دیگری چون مقاومت حشرات به بعضی از آفت‌کش‌ها، آلودگی گسترده‌ی محیط زیست به مواد شیمیایی پایدار، آلودگی آب و منابع تغذیه‌ای دام‌ها به سموم، طغیان آفات از طریق نابود کردن دشمنان طبیعی و انتقال باقی‌مانده‌های سموم به مصرف‌کننده‌ی نهایی را پدید آورده است (کول<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). تاکنون بیش از ۵۰۰ آفت حشره‌ای نسبت به یک یا چند آفت‌کش مقاومت نشان داده‌اند. بر اثر آگاهی نداشتن از نحوه‌ی صحیح کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی این مواد خطرناک اکثراً بی‌رویه مصرف می‌شوند. محافظت از گیاهان با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی نیاز به جستجوی نسل جدیدی از آفت‌کش‌ها را ضرورت بخشیده است. گیاهان به واسطه‌ی داشتن ترکیبات فعال بیولوژیکی سیستم دفاعی بسیار پیشرفته‌ای علیه آفات دارند (جیمز<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴؛ آیواز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). این ترکیبات در فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه نقش مهمی نداشته ولی در روابط اکولوژیکی گیاه نقش حیاتی دارند. بخش مهمی از این ترکیبات ترپنوئیدها هستند که در گیاهان اسانس‌دار وجود داشته و به نظر می‌رسد که جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی در کنترل آفات انباری باشند. این ترکیبات دارای خاصیت حشره‌کشی می‌باشند (شارابی و همکاران، ۲۰۰۹).

### ۴-۱- اسانس‌های گیاهی

اسانس‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که در بخش‌های مختلف گیاهان معطر و اسانس‌دار وجود دارند و وجود آنها مسئول بوی خوش یا مزه در گیاه می‌باشد. اسانس‌ها با توجه به نوع تیره‌های گیاهی ممکن است در بسیاری از تیره‌های گیاهان یافت شوند. موادی که تحت نام اسانس در گیاه از فعالیت آفات جلوگیری می‌کنند، معمولاً ترپن‌های فرار با وزن مولکولی کم هستند که تنها به یک گروه خاص از گیاهان محدود نمی‌شوند و در تیره‌های مختلف گیاهی می‌توان تعدادی از آنها را یافت. این ترکیبات چربی‌دوست هستند که به‌عنوان سم، ضد تغذیه و بازدارنده‌ی تخم‌ریزی روی طیف وسیعی از حشرات آفت عمل می‌کنند (جوی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۱؛ کول و همکاران، ۲۰۰۸). اسانس‌های گیاهی ترکیباتی هستند که در دمای اتاق حالت مایع دارند و از اصلی‌ترین ترکیبات اسانس، مونوترپن‌ها هستند که از برجسته‌ترین

<sup>1</sup> Koul

<sup>2</sup> James

<sup>3</sup> Ayvaz

<sup>4</sup> Joy

خصوصیات آنها تبخیر سریع آنها می باشد. این ترکیبات به علت چربی دوست بودن به راحتی به جلد حشرات نفوذ می کنند (کول و همکاران، ۲۰۰۸؛ آلزوغاری<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

وزن مخصوص اسانس کمتر از آب می باشد و روی آب مانند لکه های چربی قرار می گیرند. اسانس ها از نظر ترکیب شیمیایی همگن نیستند، بلکه به صورت ترکیبات مختلفی مشاهده می شوند. به طور کلی از گروه شیمیایی موسوم به ترپنها بوده و یا منشأ ترپنی دارند. این ترکیبات معمولاً از بو و مزه تندى برخوردارند. اسانس ها در سلولها و کرک های ترشحي منفرد یا مجتمع، غده های ترشحي، مجاری ترشحي، در قسمت های سطحی و درونی اندام های مختلف شامل برگ، گل، میوه، جوانه ها و شاخه های گیاهان وجود دارند. سلولها و بافت های ترشحي مذکور ممکن است تنها در یک اندام گیاه وجود داشته باشند یا ممکن است در اندامهای مختلف گیاهان پراکنده باشند. در این صورت اسانس های حاصله از نظر کیفیت و کمیت و همچنین اجزا و عناصر تشکیل دهنده از اندامی به اندام دیگر تفاوت دارند. اسانس ها در الکل و دیگر حلالهای آلی حل می شوند. اسانس ها معمولاً گروه های شیمیایی الکلهای، استرها، آلدئیدها، فنلها، اترها و یا پراکسیدها را شامل می باشند. این مواد غالباً مانع رشد باکتری ها می گردند. خاصیت ضد تورم، ضد دل درد، آرام بخش، ضد نفخ، اشتها آور و گاهی اوقات خاصیت خلط آوری دارند (امیدیگی، ۱۳۸۴). در میان نهان دانگان، بیشترین گیاهان اسانس دار از تیره ی Asteraceae، Lamiaceae و Apiaceae هستند. تیره های Myrtaceae و Lauraceae نیز دارای مواد فرار ترپنوئیدی و غیر ترپنوئیدی می باشند (جوی و همکاران، ۲۰۰۱، ایسمان و همکاران، ۲۰۰۷).

به علت طیف وسیع، دشمنان طبیعی و گرده افشانها در برابر اسانس های گیاهی و مشتقات آنها آسیب پذیرند اما به دلیل فراریت بالای اسانس های گیاهی، در صورتی که دشمنان طبیعی یک تا دو روز بعد از اسانس دهی، رهاسازی گردند از طریق تماس با بقایای اسانس برخلاف دیگر آفت کش های شیمیایی، مسموم نمی شوند (ایسمان، ۲۰۰۶).

## ۱-۵- محدودیت های اسانس های گیاهی

در چند سال گذشته، مطالعات متعددی در مورد استفاده از اسانس ها در کنترل آفات مختلف، انجام شده است. اسانس ها به دلیل اینکه در محیط طبیعی بسیار سریع تر از ترکیبات مصنوعی تجزیه می شوند و همچنین اثرات اندکی روی سایر حشرات غیرهدف دارند، توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند (پیل مور و همکاران، ۱۹۹۳).

<sup>1</sup> Alzogaray

<sup>2</sup> Pillmoor

با وجود مزایای اسانس‌ها در مقایسه با آفت‌کش‌های شیمیایی، این ترکیبات دارای محدودیت‌هایی می‌باشند که مانع از کاربردی و عملی شدن پژوهش‌های انجام گرفته می‌شود. این ترکیبات به دلیل پایداری کمی که دارند با گذشت زمان اثر سمیت آنها کاهش پیدا می‌کند (دانکل و سیرز، ۱۹۹۸). اسانس‌ها به علت ماهیت روغنی که دارند توسط محصولاتی مثل غلات جذب می‌شوند که منجر به افزایش باقیمانده‌ی اسانس در محصول و تغییر در طعم آن می‌شود و از سوی دیگر میزان مصرف اسانس را بالا می‌برد (کتو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ لی و همکاران، ۲۰۰۳). فراریت بالا و اکسیداسیون بسیار سریع آن از محدودیت‌های دیگر این ترکیبات می‌باشند (مورتی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۶-۱- فناوری نانو و کاربرد آن در کشاورزی

نانو فناوری در تعریفی بسیار ساده، یعنی تکنولوژی‌هایی که در ابعاد نانومتری عمل می‌کنند. نانومتر واحد اندازه‌گیری است و برابر یک میلیاردم متر می‌باشد. اندازه‌ی اتم‌ها و مولکول‌ها در این محدوده قرار دارند، بنابراین با ورود به این فضای کوچک بشر می‌تواند در نحوه‌ی چینش و آرایش اتم‌ها و مولکول‌ها دخالت کند و به ساخت مواد جدید و ساختارهایی متفاوت با آنچه تاکنون وجود داشته است بپردازد.

فناوری نانو به عنوان یک فناوری قدرتمند، توانایی ایجاد تحول در سیستم کشاورزی و صنایع غذایی را دارد. از جمله کاربردها و پتانسیل‌های بالقوه‌ی فناوری نانو در کشاورزی و صنایع غذایی می‌توان به سیستم‌های جدید آزاد کننده‌ی آفت‌کش‌ها برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، ابزارهای جدید بیولوژی سلولی و مولکولی، امنیت زیستی و تضمین سلامتی محصولات کشاورزی و غذایی و تولید مواد جدید مورد استفاده برای شناسایی عوامل بیماری‌زا اشاره نمود (تیجو و مارک<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶). همچنین از موارد کاربرد فناوری نانو در کشاورزی می‌توان به تولید نانوکودها (Nanofertilizers) اشاره نمود. این ترکیبات نانویی به سرعت و به صورت کامل جذب گیاه شده و به خوبی نیازها و کمبودهای غذایی آنها را مرتفع می‌سازند (سالاری و همکاران، ۱۳۸۷).

---

<sup>1</sup> Ketoh

<sup>2</sup> Moretti

<sup>3</sup> Tiju and Mark

## ۷-۱- کاربرد فناوری نانو در مدیریت آفات

کاربرد فناوری نانو در مدیریت آفات را می‌توان در حوزه‌ی تولید نانوفرمولاسیون‌های آفت‌کش‌ها مطالعه نمود (رجائی و صبری<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴). از جمله مزایای استفاده از فناوری نانو در تولید نانوأفت‌کش‌ها می‌توان به توسعه‌ی روشی اشاره کرد که فرمولاسیون رهایش کنترل‌شده‌ی نامیده می‌شود (سواری<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۸-۱- نانوالیاف‌ها و فرآیندهای ساخت آنها

امروزه الیافی با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر به عنوان نانوالیاف تعریف می‌شوند. نانوالیاف‌ها می‌توانند از پلی‌مرهای مختلف ساخته شوند. الیاف پلیمری در ابعاد نانومتری خواص شگفت‌انگیز فیزیکی و شیمیایی منحصربه‌فردی نشان می‌دهند. نانوالیاف پلی‌مری به دلیل کاربردهای فراوان و ویژگی‌های خاصی که در این ابعاد پیدا می‌کنند، مورد توجه صنایع مختلف قرار گرفته‌اند (هونگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۲) که از جمله کاربردهای آنها می‌توان کاربرد در کشاورزی را نام برد.

### ۱-۸-۱- الکترورسی<sup>۴</sup>

ریلی<sup>۵</sup> الکترورسی را برای اولین بار گزارش کرد و زلنی<sup>۶</sup> جزئیات آن را در سال ۱۹۱۴ به صورت الکتروافشانی مطالعه کرد. در نهایت، فورم‌هالز<sup>۷</sup> در سال ۱۹۳۴ الکترورسی را ثبت کرد. این روش، برای محدوده‌ی گسترده‌ای از پلی-مرها مشتمل بر پلی‌مرهای مصنوعی، پلی‌مرهای طبیعی یا ترکیبی از هر دو کاربرد دارد که تاکنون بیش از ۲۰۰ نوع پلیمر به این روش به نانوالیاف تبدیل شده‌اند.

الکترورسی فرایند تولید نانوالیاف از جت باردارشده الکتریکی محلول پلی‌مری می‌باشد. اجزای دستگاه الکترورسی شامل منبع تغذیه، تأمین‌کننده ولتاژ در محدوده ۵ تا ۳۰ کیلوولت، نازل برای خروج محلول پلی-مری و صفحه‌ی جمع‌کننده است (تیواری و ونکاترامان<sup>۸</sup>، ۲۰۱۲). شکل ۱-۲ نمایی از دستگاه الکترورسی را نشان می‌دهد.

<sup>1</sup> Rgaei and Sabry

<sup>2</sup> Savary

<sup>3</sup> Haung

<sup>4</sup> Electrospinning

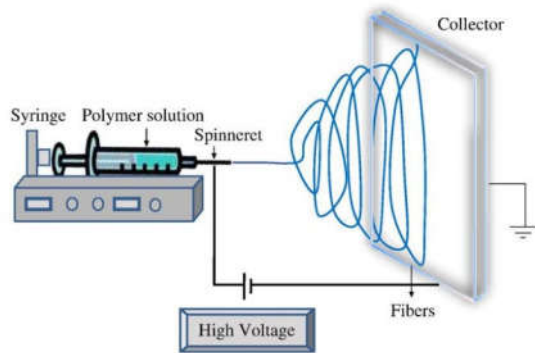
<sup>5</sup> Riley

<sup>6</sup> Zeleny

<sup>7</sup> Formhals

<sup>8</sup> Tiwari and Venkatraman





شکل ۱-۲- فرآیند الکترورسی

منبع : <http://ppl.ippt.gov.pl/18-few-words-about/17-electrospinning>

### ۱-۱-۸-۱- اصول بنیادی فرآیند الکترورسی

اساس فرآیند الکترورسی، کشش سیال پلی مری است. این روش قابل استفاده برای گستره‌ی وسیعی از محلول‌های پلی مری است. در اثر اعمال ولتاژ به اندازه کافی در حدود ۱۰ تا ۳۰ کیلوولت، بارهای الکتریکی به درون سیال نفوذ می‌کنند. وقتی که بارهای درون سیال به مقدار بحرانی رسیدند، جت سیال تشکیل می‌شود. زمانی که بار جت به اندازه ای شد که بتواند بر کشش سطحی خود غلبه کند، به شکل مخروط تیلور فوران خواهد کرد (کووالسکی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در هم رفتگی زنجیره‌های پلی مری در داخل محلول، مانع فروپاشی جت الکترورسی در اثر چرخش در میدان الکتریکی می‌شود. این امر موجب پیوسته بودن جت محلول می‌شود. در طی این فرآیند، حین حرکت سریع جت الکترورسی به سمت جمع کننده، حلال از آن خارج می‌شود. وقتی که قسمت عمده‌ی حلال تبخیر شد، جت به سمت ناحیه با ولتاژ کم‌تر که غالباً جمع کننده‌ای متصل به قطب منفی است، حرکت خواهد کرد (دیتزل<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱؛ کووالسکی و همکاران، ۲۰۰۵). فاصله بین نازل و جمع کننده معمولاً ۵ تا ۳۰ سانتی متر است. اگر حرارتی برای نگه داشتن پلی مر در حالت مایع نیاز نباشد، فرآیند می‌تواند در دمای اتاق انجام شود (سونسکا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

خواص الیاف نهایی بستگی به نوع پلی مر و شرایط عملیاتی دارد. قطر الیاف تولید شده به روش الکترورسی، باید زیر ۱۰۰ نانومتر باشد. روش الکترورسی در مقایسه با روشهای معمول ریسندگی خشک،

<sup>۱</sup> Kowalewski

<sup>۲</sup> Deitzel

<sup>۳</sup> Sonseca

ریسندگی‌تر و ریسندگی مذاب، الیافی با قطر کمتر و نانومتری ایجاد می‌کند (کارچین<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).  
مهمترین شرایط فرآیند الکتروریسی به شرح زیر است (کووالسکی و همکاران، ۲۰۰۵؛ سونسکا و همکاران، ۲۰۱۱):  
- برای حل کردن پلی‌مر باید حلال مناسب انتخاب شود.

- گرانروی و کشش سطحی حلال نباید آنقدر زیاد باشد که مانع تشکیل جت شود و نباید آنقدر کم باشد تا محلول پلی‌مری به راحتی از نازل سرریز شود.  
- منبع تغذیه باید به اندازه‌ی کافی توان داشته باشد تا بر نیروی گرانروی و کشش سطحی محلول‌های پلی‌مری غلبه کند و جت را به وجود آورد.

- اگر فاصله بین نازل و صفحه‌ی جمع‌کننده خیلی کم باشد، موجب ایجاد اتصال کوتاه میان دو الکتروود می‌شود. این فاصله باید به اندازه‌ی باشد تا امکان تبخیر کامل حلال قبل از قرار گرفتن روی جمع‌کننده فراهم شود.

## ۲-۱-۸-۱- عوامل موثر بر ریخت‌شناسی الیاف

عوامل متعددی بر ریخت‌شناسی الیاف الکتروریسی شده از محلول پلی‌مری موثر است که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

### ۱-۲-۱-۸-۱- وزن مولکولی و گرانروی محلول پلی‌مری

وزن مولکولی نشان‌دهنده‌ی طول زنجیر پلی‌مر است و بر گرانروی محلول اثر می‌گذارد. در گرانروی‌های پایین، الیاف قرار گرفته روی صفحه‌ی جمع‌کننده، دارای ذرات گلوله‌مانند هستند. در این حالت میزان در هم رفتگی زنجیره‌های پلی‌مری کمتر است. کشش سطحی تاثیر زیادی بر جت الکتروریسی دارد. مولکول‌های حلال به دلیل کشش سطحی تمایل بیشتری به تجمع و تبدیل شدن به شکل کروی را دارند. در گرانروی‌های بالا، میزان در هم رفتگی زنجیره‌های پلیمری در محلول بیشتر است. در واقع برهمکنش میان مولکول‌های پلی‌مر و حلال بیشتر است. بنابراین زمانی که محلول تحت تاثیر بارهای الکتریکی کشیده می‌شود، مولکول‌های حلال تمایل به گسترش یافتن در میان مولکول‌های در هم رفته پلی‌مری را دارند، در نتیجه گرایش مولکول‌های حلال، به گرد هم آمدن در اثر کشش سطحی کاهش خواهد یافت و الیاف با قطر یکنواختی تشکیل می‌شوند (کارچین و همکاران، ۲۰۱۱؛ تیواری و ونکاترامان، ۲۰۱۲).

<sup>1</sup> Karchin

## ۱-۸-۱-۲-۲ - ولتاژ منبع تغذیه

ولتاژ بالا، بارهای الکتریکی لازم را وارد محلول می‌کند. این بارها میدان الکتریکی خارجی را ایجاد می‌کنند. در این حالت محلول آویزان از نوک سوزن سرنگ در هنگام شروع فوران، به شکل مخروط تیلور تبدیل می‌شود. در اکثر موارد ولتاژ بالاتر موجب کشش بیشتر محلول می‌شود و به دنبال آن میدان قوی‌تری را ایجاد می‌کند که این موارد در کاهش قطر الیاف موثر است و به تبخیر سریعتر حلال و خشک شدن الیاف کمک می‌کند. اما در عمل در ولتاژهای بالا گرایش بیشتری برای تشکیل گلوله‌ها وجود دارد (هونگ و همکاران، ۲۰۰۴؛ ترون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

## ۱-۸-۱-۲-۳ - دمای محلول پلی‌مری

دمای محلول علاوه بر افزایش نرخ تبخیر بر کاهش گرانروی محلول پلی‌مری نیز اثرگذار است. در صورتی که پلی‌مر در دمای بالا الکترورسی شود، الیاف با قطر یکنواخت‌تری تولید می‌شوند. این پدیده ممکن است ناشی از گرانروی کمتر محلول و حلالیت بیشتر پلی‌مر در حلال باشد که اجازه کشش بیشتری به محلول می‌دهد (تیواری و ونکاترامان، ۲۰۱۲).

## ۱-۸-۱-۲-۴ - اثر جمع‌کننده

جمع‌کننده‌ها به دو شکل متحرک و ثابت هستند. جمع‌کننده‌ی مدور برای جمع‌آوری الیاف به صورت منظم است و به خشک شدن الیاف کمک بیشتری می‌کند و این به عنوان مزیت شمرده می‌شود. مثلاً<sup>۲</sup> DMF نقطه‌ی جوش بالایی دارد و وقتی الیاف جمع‌آوری می‌شوند، باعث ایجاد رطوبت در آنها می‌شود. جمع‌کننده‌ی دوار، زمان بیشتری برای تبخیر حلال ایجاد می‌کند و میزان تبخیر را افزایش می‌دهد (شای<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

## ۱-۸-۱-۲-۵ - فاصله‌ی بین نازل تا جمع‌کننده

فاصله‌ی بین نازل تا جمع‌کننده بر زمان پرواز و شدت میدان تاثیر مستقیم دارد. با کاهش فاصله، شدت میدان افزایش پیدا می‌کند و موجب افزایش شتاب در حرکت جت می‌شود. در این شرایط ممکن است زمانی که جت به جمع‌کننده می‌رسد، زمان کافی برای تبخیر حلال نبوده، حلال اضافی موجود در الیاف سبب ادغام الیاف در یکدیگر شود. کاهش فاصله، به طور همزمان افزایش ولتاژ و افزایش شدت میدان را در پی دارد. اگر شدت میدان بسیار زیاد باشد،

<sup>1</sup> Theron

<sup>2</sup> Dimethylformamide

<sup>3</sup> Shi

افزایش ناپایداری جت را به دنبال دارد که به تشکیل گلوله‌ها کمک می‌کند. اگر فاصله به گونه‌ای باشد که شدت میدان در حالت بهینه قرار گیرد، گلوله‌های کمتری تشکیل می‌شود. زیرا میدان الکترواستاتیکی، نیروی کششی مناسبی را به جت وارد خواهد کرد. افزایش فاصله، زمان بیشتری را برای پرواز ایجاد می‌کند که باعث می‌شود محلول قبل از تشکیل روی جمع کننده، بیشتر کشیده شود و این منجر به کاهش قطر متوسط الیاف می‌شود (ناتاراجی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

#### ۶-۲-۱-۸-۱- شرایط محیط

شرایط محیط مانند میزان رطوبت ممکن است بر فرآیند الکترورسی اثرگذار باشد.

#### ۱-۸-۲- مشخصات اصلی لایه‌های نانوالیاف

مشخصات اساسی لایه‌های نانوالیاف عبارتند از:

#### ۱-۸-۲-۱- ریخت‌شناسی

قطر متوسط الیاف، خلل و فرج سطح لیف و لایه‌های نانوالیاف و خاصیت آبگریزی نانوالیاف، وابسته به ریخت-شناسی آنها است. ریخت‌شناسی نانوالیاف الکترورسی شده را می‌توان به وسیله‌ی میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مورد بررسی قرار داد (سونسکا و همکاران، ۲۰۱۱).

#### ۱-۸-۲-۲- ساختار مولکولی

ساختار مولکولی نانولیف بر رفتار مکانیکی، گرمایی و نوری لایه‌های نانوالیاف تاثیرگذار است. ساختار بلوری نانوالیاف پلی‌مری الکترورسی شده با تفرق اشعه‌ی ایکس (XRD) مطالعه می‌شود.

#### ۱-۸-۲-۳- خواص مکانیکی

---

<sup>1</sup> Nataraji

Family name: Mahdavi	Name: Vahid
Title of Thesis: Construction and evaluation of nanoformulation of essential oils of some medicinal plants for control of potato tuber moth <i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller)	
Supervisors: Dr. Hooshang Rafiee-Dastjerdi and Dr. Asadollah Asadi	
Advisors: Prof. Jabraeil Razmjou and Dr. Bahram Fathi Achachlouei	
Graduate Degree <b>Ph. D</b>	Major: Agricultural Entomology
University: <b>Mohaghegh Ardabili</b>	Faculty: Agriculture and Natural Resources
Graduation date: 1/27/2018	Number of pages: 152
<p>Abstract:</p> <p><i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) is one of the most common insect pests of potato in tropical and subtropical regions. The larvae feed on leaves and stems but they are most harmful to potato tubers. In this study, insecticidal and residual effects of pure essential oil and nano-formulation of <i>Artemisia sieberi</i>, <i>Ziziphora cliniopodiodes</i>, <i>Satureia hortensis</i>, <i>Artemisia dracunculus</i>, <i>Matricaria chamomilla</i>, <i>Vitex agnus-castus</i>, <i>Lippia citriodora</i>, <i>Cupressus arizonica</i>, <i>Citrus sinensis</i>, <i>Coriandrum sativum</i>, <i>Petroselinum crispum</i>, <i>Anethum graveolens</i>, <i>Cuminum cyminum</i>, <i>Zingiber officinale</i> and <i>Cinnamomum zeylanicum</i> were assessed on different life stages of potato tuber moth (egg, first instar larvae, male and female adults) under laboratory conditions. The essential oils were obtained by using a modified Clevenger type apparatus. The nanofibers were made by the electrospinning method using polyvinyl alcohol (PVA) polymer. The morphological characteristics of the nanofibers were evaluated by scanning electron microscopy (SEM). The chemical constituents of essential oils were detected by GC/MS. SEM and FTIR analyses confirmed the presence of essential oils on the nanofiber structure. GC/MS analysis showed that <math>\beta</math>-Thujene, Pulegone, Thymol, trans-Anethole, <math>\alpha</math>-bisabolol oxide A, 1,8-Cineole, Geranial, 1- Limonene, 1- Limonene, Linalool L, Myristicin, Linalool L, Cuminaldehyde, <math>\alpha</math>-Zingiberene and Cinnamaldehyde were the primary constituents of <i>Artemisia sieberi</i>, <i>Ziziphora cliniopodiodes</i>, <i>Satureia hortensis</i>, <i>Artemisia dracunculus</i>, <i>Matricaria chamomilla</i>, <i>Vitex agnus-castus</i>, <i>Lippia citriodora</i>, <i>Cupressus arizonica</i>, <i>Citrus sinensis</i>, <i>Coriandrum sativum</i>, <i>Petroselinum crispum</i>, <i>Anethum graveolens</i>, <i>Cuminum cyminum</i>, <i>Zingiber officinale</i> and <i>Cinnamomum zeylanicum</i> essential oils, respectively. Fumigant bioassays revealed that nanofibers loaded with essential oils were more toxic than pure essential oils against at all stages of <i>P. operculella</i>. The results showed that the <i>C. zeylanicum</i> essential oil had the lowest value of LC<sub>50</sub> (4.92 <math>\mu</math>l/1 air) and the highest value was related to <i>A. graveolens</i> essential oil (122.68 <math>\mu</math>l/1 air). Persistence test results showed that nanofibers loaded with essential oils in comparison with pure essential oils have been higher persistence. Based on the results of the persistence tests, the highest persistence in the formulation was related to <i>M. chamomilla</i> essential oil (67 days). The highest value of PT<sub>50</sub> was observed in essential oil of <i>M. chamomilla</i> (32.77 days). Our results suggest that nanofibers loaded with essential oils can be used as an effective new tool for the management of <i>P. operculella</i>.</p>	
Keywords: Essential oils, Fumigant toxicity, Nanofiber, Potato tuber moth.	



**University of Mohagheh Ardabili**  
**Faculty of Agriculture and Natural Resources**  
**Department of Plant Protection**

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the  
degree of Ph. D in Agricultural Entomology**

Title:

**Construction and evaluation of nanoformulation of essential oils of  
some medicinal plants for control of potato tuber moth *Phthorimaea  
operculella* (Zeller)**

Supervisors:

**Hooshang Rafiee-Dastjerdi (Ph.D)**

**Asadollah Asadi (Ph.D)**

Advisors:

**Jabraeil Razmjou (Ph.D)**

**Bahram Fathi Achachlouei (Ph.D)**

By:

**Vahid Mahdavi**

**January – 2018**