مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران

مدیریت بهینه‌ی آفات و بیماری‌های کشاورزی تحت شرایط تغییر اقلیم

مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

شناسنامه گزارش
عنوان: **مدیریت بهینه¬ی آفات و بیماریهای کشاورزی تحت شرایط تغییر اقلیم**
گروه کشاورزی **تهیه کننده:** مرضیه دهقان **با همکاری:** - **ناظر علمی:** دکتر باغستانی، مهندس شریعتمدار، دکتر کیان پور، دکتر ملکیان **تاریخ انتشار:** مهرماه ۱۴۰۱
طبقه بندی موضوعی: تجارت کشاورزی **واژه های کلیدی:** تغییر اقلیم، آفات کشاورزی، بیماری های کشاورزی، مدیریت دفع آفات و بیماری ها
نشانی: تهران، خیابان طالقانی، نبش خیابان موسوی (فرصت)، پلاک ۱۷۵، **تلفن:** ۸۵۷۳۲۸۴۹

چکیده:

تغییر اقلیم بر بیولوژی، توزیع و شیوع آفات در بسیاری از محصولات، مزارع و مراتع تأثیرگذار است. بیش از ۳۰ درصد منابع غذایی در دنیا توسط آفات از بین می‌رود، و هم اکنون کاهش خسارت آفات جهت حفظ امنیت غذایی در جهان، کاهش مصرف نهاده‌ها، و کاهش گازهای گلخانه‌ای، بسیار مهم‌تر از هر زمان دیگری است. مدیریت هوشمند اقلیمی آفات (Climate Smart Pest Manegement) یک رویکرد فرا منطقه‌ای و جهانی است که هدف آن کاهش خسارت در محصولات کشاورزی، کمک به اکوسیستم‌های طبیعی، کاهش گازهای گلخانه‌ای به ازاء هر واحد تولید محصولات غذایی و تقویت انعطاف‌پذیری سیستم‌های کشاورزی، در مواجه با تغییر اقلیم، می‌باشد. از طریق اجرای CSPM، تولید محصول، توسعه، تحقیقات و سیاستها در هماهنگی با یکدیگر در جهت سیستم‌هایی با تولید مواد غذایی کارامدتر و انعطاف پذیرتر، عمل می‌کنند.

مقدمه

تغییر اقلیم موجب تغییراتی در دما، الگوهای بارندگی، و افزایش غیرقابل پیش‌بینی وقایع اقلیمی شدید (مانند سیل، طوفان، تگرگ و...) می‌شود. تغییرات اقلیمی همچنین اثرات معنی‌داری بر عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان دارد (Lobell and Field, 2007) و این امر در آینده نیز بیش از پیش ادامه خواهد داشت (Beddington and et al, 2012)، اما تغییر اقلیم هم مستقیم و هم غیرمستقیم بر توزیع و شدت آفات محصولات کشاورزی نیز تأثیرگذار است. در برخی مناطق دنیا گونه‌های مهاجم جدیدی بر اثر تغییر اقلیم ظاهر شده‌اند. بدون سیستم‌های رصد، ارزیابی و مدیریت موثر در هر مکان، این گونه‌های مهاجم، پتانسیل تبدیل شدن به گونه‌ی آفت مهم و جدید در این مناطق را دارند (Hellmann and et al, 2008).

اگرچه برخی اثرات تغییر اقلیم برآفات کشاورزی سودمند هستند، اما شواهد نشان می‌دهد که در مجموع مشکلاتی که آفات بر اثر تغییر اقلیم در کشاورزی ایجاد می‌کنند در سالهای اخیر دارای دامنه‌ی گسترده تر و غیرقابل پیش بینی‌تری شده است (Gregory and et al, 2009). در هر صورت پیش بینی اثرات تغییر اقلیم بر آفات، به دلیل اثرات متقابل پیچیده‌ی افزایش غلظت دی اکسید کربن و تغییر الگوهای آب و هوایی ، کاری آسان نیست (Bebber and et al, 2013).

با توجه به اینکه تغییر اقلیم اثراتی غیرمستقیم نیز بر آفات دارد، مانند تغییر واکنش‌های گیاه میزبان و تغییر در دشمنان طبیعی آفات، ایجاد راهکارهایی در این رابطه چالش‌های بیشتری نیز ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، اختلاف در شرایط مطلوب حرارتی آفات و دشمنان طبیعی آنها ممکن است منجر به از بین رفتن همزمانی حضور بین این دو (آفت و دشمن طبیعی آن) و افزایش ریسک شیوع و طغیان آفات شود (Furlong and et al, 2009).

دیگر واکنش‌های غیرمستقیم آفات به تغییر اقلیم در نتیجه‌ی تغییر در کارایی استراتژیهای کنترل آفات است، مانند کنترل بیولوژیک، آفتکش‌های سنتزی و... (Barzman and et al, 2015)، و همچنین تغییراتی در مدیریت استفاده از اراضی و محصولات، که اغلب ممکن است اثرات بیشتری بر شدت آفات، نسبت به اثرات مستقیم تغییر اقلیم به تنهایی، داشته باشد. اگر تغییر فاکتورهای اقلیمی در محیط ایزوله آزمایش شوند، موارد ذیل چند نمونه از اثرات مستقیم و غیرمستقیم هستند که ممکن است رخ دهند:

افزایش در دما (حتی اگر کم باشد) می‌تواند شدت بیماری‌هایی را که توسط پاتوژن‌های بیماری‌زا در محصولاتی مانند دانه‌ی روغنی کلزا، غلات و سیب زمینی ایجاد می‌شود، افزایش دهد (Barzman and et al, 2015). افزایش جمعیت و فشار آفت و همچنین افزایش شدت بیماری در محصولات ممکن است به کاربرد بیشتر آفتکش‌ها و قارچکش‌ها منجر شود، چنانچه در ایالات متحده نشان داده شده است که افزایش دما منجر به افزایش جمعیت-های آفات در مناطق جنوبی شده و این امر منجر به افزایش کاربرد آفتکش در مقایسه با مناطقی با عرضهای جغرافیایی بالاتر و هوای خنکتر، شده است. یک مثال ویژه و مشخص از این مسئله، کاربرد آفتکش‌ها برای کنترل آفات خانواده Lepidoptera (پروانه‌ها و شب پره ها) در ذرت شیرین در ایالت فلوریدا (۱۵ تا ۳۲ مرتبه در سال) در مقایسه با دلاور (۴ تا ۸ مرتبه در سال) و نیویورک (۰ تا ۵ مرتبه در سال)، است (Hatfield,2011). چنین افزایش کاربرد آفتکش‌ها دارای اثراتی منفی بر سلامت انسان و محیط زیست است. افزایش دما می‌تواند منجر به کاهش تأثیر برخی آفتکش‌ها نیز شود، به‌عنوان مثال مشاهده شده است که سمیت دو آفت‌کش (لامبدا سیهالوترین و بیفنترین) و همچنین اسپینوساد بر آفت *Ostrinia nubilalis* (کرم ساقه خوار ذرت)، تحت تأثیر افزایش دما کاهش می‌یابد (Musser and Shelton, 2005).

حتی یک تغییر کوچک در شرایط حرارتی دارای اثراتی زیاد بر پارازیتوئیهای کنترل کننده گونه های آفات (دشمنان طبیعی آفت) و همچنین بیان صفات مرتبط با دفاع حشرات در برابر پارازیتوئید، دارد (Iltis and et al, 2018).

مطالعه دیگری که در نیوزیلند انجام شده است (**ساسی و تلیاناکیس ۲۰۱۲**) نشان داده است که اگرچه دماهای بالاتر اثر مثبتی بر تولید بیوماس گیاه (زیست توده) دارد، اما این افزایش بیوماس در ارتباط با افزایش تغذیه‌ی گیاهخوار و اثرات متقابل گیاه و گیاهخوار همیشه متناسب و دارای یک روند ثابت نیست.

تغییرات در میزان بارندگی (بارندگی شدید و یا کم بارشی) می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر اثرات متقابل محصول و آفت داشته باشد، زیرا شرایط گرم و مرطوب برای برخی گونه‌ها مطلوب است، مانند پاتوژن‌های گیاهی، که واکنش بسیار خوبی به شرایط مرطوب و بارندگی نشان می‌دهند (Hatfield,2011). چنانچه در سال ۱۹۹۳ در ایالت آیوا مشاهده گردید که در جریان سیل آن سال، بیماری‌های گیاهی مانند زنگ و لکه برگی‌ها شدت یافتند (Munkvold and Yang, 1995). همچنین محصولاتی که تحت تاثیر شرایط تنش رطوبتی و خشکی قرار دارند به خسارت آفات حساس‌تر هستند،

طغیان ملخ بیابانی به دلیل تغییر در شرایط بارندگی تشدید شده است، به‌عنوان مثال حمله این ملخ‌ها به بیش از ۱۰ کشور در شمال و غرب آفریقا در سال ۲۰۰۴ پس از بارندگی های سنگین و فراتر از نرمال، نمونه‌ای از این حالت است، که موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد محصولات و کمبود مواد غذایی می‌گردد. شیوع و طغیان این آفت احتمالاً در آینده با افزایش در نوسانات و شدت بارندگی‌ها، معمول‌تر خواهد شد.

افزایش سطح دی اکسیدکربن می‌تواند مستقیماً موجب تشدید عملکرد محصول شود، اما از سوی دیگر این افزایش در عملکرد گیاه ممکن است از طریق افزایش آفات، پاتوژن‌های گیاهی و علف‌های هرز، جبران شده و در نهایت موجب کاهش عملکرد گردد. به‌عنوان مثال مشاهده شده است که در شرایط افزایش غلظت دی اکسید کربن، آفت کرم برگخوار کلم در آمریکای شمالی، تغذیه‌ی بیشتری از برگهای گیاه داشته، که احتمال می‌رود به دلیل کاهش سطح نیتروژن در برگهای گیاه کلم (که تحت شرایط افزایش غلظت دی اکسید کربن رشد کرده است)، باشد (Trumble and Butler, 2009).

وقایع شدید اقلیمی می‌تواند بر اثرات متقابل بین محصول و آفات و بیماریها، از طرقی غیر قابل پیش‌بینی، تاثیرگذار باشد، که منجر به شکست برخی استراتژیهای حفاظت گیاهی و متعاقباً کاهش در عملکرد می‌شود (Cock and et al, 2013). به عنوان مثال، یک مطالعه در اسلواکی در ماه می سال ۱۹۹۳ نشان داده است که شرایط اقلیمی بسیار گرم و خشک جمعیت پارازیتوئید زنبور تریکوگراما *(Trichogramma evanescens)* ر ا کاهش داد و بنابراین پارازیت کردن تخم کرم ساقه خوار ذرت در آن سال به هیچ عنوان مشاهده نگردید (Cagan and et al, 1998). جریان شدید باد و طوفان می‌تواند عوامل بیماری‌زا مانند اسپورهای قارچی یا حشرات را از مکانهای زمستان‌گذران به نواحی دیگری ببرد که مشکلات عدیده ای ایجاد کند. همچنین اکوسیستم‌هایی که به دلیل وقایع اقلیمی شدید، تخرب شده‌اند به گونه‌های آفات بومی و بیگانه حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر هستند (Masters and Norgrove, 2010). تغییرات اقلیمی در مراتع و منابع طبیعی و در نتیجه تغییر در کاربری این گونه زمین‌ها قابل پیش بینی است، و موجب ایجاد یک الگوی جهانی در رابطه با افزایش محدوده‌ی وسیعی از آفات محصولات کشاورزی، به دلیل تغییر کاربری، می‌گردد. تا پیش از این بیش از ۴۰ درصد تولیدات غذایی در دنیا به دلیل آفات دچار خسارت شده اند (Oerke,2006) و چنانچه این تغییر اقلیم ادامه یابد، و خسارت‌ها در آینده شدت یابد و یا تهدیدات آفات جدید پیش آید، این امرکه کشاورزان شروع به سازگاری مزارع و زمین‌های خود با شرایط جدید نمایند تا تولید مواد غذایی و تولیدات دامی آنها حفظ گردد، مهم تر از همیشه می‌باشد. البته اقدامات نباید تنها به سطح مزرعه محدود شود، اثرات افزایش شدت و فشار آفات و خسارت به محصولات فراتر از مزرعه و منطقه، و حتی در سطح ملی و بین المللی است، و همچنین بر محیط زیست و اقتصاد نیز تاثیرگذار است.

در حالیکه دانش امروزی، مسئله مدیریت آفات در شرایط تغییر اقلیم را مطرح می سازد، نیاز به بررسی مجدد راهکارهای کشاورزی موجود مقابله با این مسئله و ارزیابی استراتژی های مدیریت یکپارچه‌ی آفات احساس

می‌گردد، و همچنین نیازمند به توسعه‌ی اکوسیستم‌های محلی و انعطاف پذیری کافی آنها به نوسانات اقلیمی جهانی می‌باشیم، چرا که اطلاعات موجود، اغلب مختص نوع خاصی از آفات و به صورت منطقه ای یا محلی است (Macfadyen and et al, 2018) آنچه کمبود آن احساس می‌شود یک رویکرد و مسیر واضح و روشن است که تمامی روش‌ها و رویکردهای IPM(Integrated Pest Manegement) و ابزارها را همگی در خود داشته باشد و البته با تأکید بر سازگاری با تغییرات ناشی از آب و هوا بوده و شناخت پتانسیل مدیریت آفات برای کاهش این تغییرات اقلیمی، نیز در آن لحاظ شده باشد.

کشاورزی هوشمند اقلیمی(Climate Smart Agriculture) که توسط فائو یک رویکرد مستند شده است، با هدف کمک به هدایت اقدامات مورد نیاز برای تغییر جهت و عملکرد کل سیستم های کشاورزی، جهت حمایت از توسعه و اطمینان از امنیت غذایی در شرایط تغییر اقلیم، طرح ریزی شده است. اما در هر صورت در این چهارچوب عنوان مدیریت آفات فراتر از توصیه های IPM است. در چنین شرایطی یک رویکرد جدید مدیریت هوشمند اقلیمی آفات (CSPM) (شکل ۱) مطرح گردید که جزئیات و تمرکز بیشتری بر مدیریت آفات به صورت گسترده تر و فراتر از مرزهای CSA دارد.

در کنار ابزار و راهکارهای CSPM (جدول ۱)، توصیه هایی نیز در سطوح مختلف جغرافیایی برای راهنمایی تولیدکنندگان، آژانس‌های توسعه و محققین، در رابطه با آفات محصولات زراعی، دارد. این مفهموم همچنین توضیحی است بر اینکه CSPM چگونه دستیابی ملی، منطقه‌ای و جهانی را به راهکارهای مطابق با تغییر اقلیم حمایت نموده، و علاوه بر آن به امنیت غذایی و معیشت کشاورزان نیز، از طریق افزایش پایداری سیستم های کشاورزی، کمک می‌کند.

بسیاری از کشورها به طور ویژه بر کشاورزی، کاربری اراضی و مدیریت آفات، به صورت منطقه‌ای و محلی، برای کنترل انتشار گازهای گلخانه ای و ایجاد تطابق با شرایط اقلیمی موجود ، و بنابراین دستیابی به مفهوم CSPM در زمان دقیق و مناسب، برای تبدیل شدن به یک برنامه ملی در کشور خودشان و همچنین یک نقشه جهانی، تاکید دارند.

لزوم توجه به رابطه تغییرات اقلیمی و تغییر شرایط آفات و بیماری‌ها

تحقیقات نشان داده است که از سال ۱۹۶۰ آفات و بیماری‌های گیاهی به‌طور میانگین حدوده ۳ کیلومتر در سال در جهت قطب‌های شمال و جنوب، همراه با افزایش دما، جابجا شده و حرکت کرده‌اند (Doody, 202**0**).

بیماری لکه قیری (Tar spot) که یک بیماری قارچی و بومی آمریکای لاتین است، و می‌تواند تا بیش از ۵۰ درصد عملکرد محصول را در ذرت کاهش دهد، برای اولین بار در سال ۲۰۱۵ در ایالات متحده شناسایی شد. این بیماری معمولاً در مناطق گرمسیری شایع است، که البته در مناطق غیر گرمسیری مانند نواحی مرتفع مکزیک و بسیاری از شهرهای ایالات متحده نیز ظاهر شده است، (Strugnell, 2018). سوسک کاج جنوبی، یکی

از مخربترین آفات مهاجم در آمریکای شمالی، با فزایش دما به سمت شمال حرکت می‌کند و احتمالاً تا سال ۲۰۵۰ در سرتاسر شمال شرقی ایالات متحده و جنوب شرقی کانادا گسترش خواهد یافت (Lesk, 2017).

یکی از اصلاح‌گران گندم در سیمیت اظهار نمود بیماری زنگ گندم که یکی از بزرگترین تهدیدات تولید گندم در سراسر دنیا است، اکنون با آب و هوای گرمتر سازگار شده است و طبیعتی تهاجمی‌تر پیدا خواهد نمود. با افزایش دما مقادیر بیشتری اسپورهای قارچی تولید می‌شود که می‌تواند موجب آلودگی بیشتر شده و پتانسیل تغییرات پاتوژن را از طریق تسریع در تکامل آنها در پی خواهد داشت. در سال‌های اخیر محققین گزارش نمودند که بیماری زنگ ساقه در بریتانیا برای اولین بار در ۶۰ سال گذشته دیده شده است. بر اساس این مطالعه تغییرات اقلیمی در طول ۲۵ سال گذشته احتمالاً شرایط را برای ظهور این بیماری فراهم نموده است (Oleary, 2018).

علی رغم اطمینان محققین در رابطه با اینکه تغییرات اقلیمی موجب افزایش بیماری‌ها و آفات خواهد شد، پیش‌بینی زمان و مکان دقیق انتشار آفات و بیماری‌ها کار ساده‌ای نیست. تنوع قابل توجهی در میان گونه‌های مختلف آفات و پاتوژنها وجود دارد، و مدلهای اقلیمی تنها قادرند تخمینی از محل شیوع احتمالی آلودگی ارائه دهند. برای رفع این ابهامات، کارشناسان نیاز مبرم و اساسی به نظارت بر شیوع آفات و بیماری‌ها را مطرح می‌سازند و خواستار یک سیستم نظارت جهانی برای نظارت بر آنها و واکنش مناسب به آن هستند (کارواجال و همکاران، ۲۰۱۹).

ابزارهای تکنولوژیکی اخیر مانند آزمایشگاه‌های سیار کوچک (MARPLE) (Macniel, 2019)، که پاتوژنهایی مانند زنگ گندم را در زمان تقریباً واقعی تست می‌کنند و نتایج را ظرف ۴۸ ساعت مشخص می‌سازند، امکان تشخیص زودهنگام را فراهم می‌آورند. سیستم‌های هشدار اولیه نیز ابزارهایی مهم برای آگاه ساختن کشاورزان، محققان و سیاست گذاران هستند (Bebber and et al, 2013). اصلاح واریته‌های مقاوم به آفات و بیماری یکی دیگر از راه حلهای سازگار با محیط زیست است، که نیاز به کاربرد آفتکش و قارچکش را کاهش می‌دهد. سیمیت با همکاری دانشمندان سراسر جهان بر روی ارقامی از گندم و ذرت که مقاوم به بیماری‌هایی مانند سوختگی خوشه فوزاریومی (FHB) (Macniel, 2020)، زنگ گندم (Masinde, 2019)، بلاست گندم (Oleary, 2019) و نکروز ذرت (MLN) هستند (Masinde, 2019) ، کار نموده است.

ارزیابی و نظارت بر انتشار و فراوانی آفات

یکی از مهمترین پیش نیازهای تعیین اینکه آیا تغییرات اقلیمی موجب ایجاد تغییر در پویایی جمعیت حشرات و آفات می‌شود یا خیر، دسترسی داشتن به داده‌های دراز مدت است (Yamamura and et al, 2006)

بدون این داده‌های دراز مدت، ارزیابی کامل جمعیت‌های آفات و همچنین پیش‌بینی پویایی جمعیت آینده‌ی آنها تحت شرایط دوره‌های متفاوت تغییر اقلیم، بسیار دشوار است (Andrew and , 2017Hill). رصد نمودن دراز مدت جمعیت‌های آفات و رفتار آنها، خصوصاً در نواحی حساس به تغییر اقلیم، ممکن است یکی از اولین سرنخ‌ها برای کنترل بیولوژیکی آفات در مواجه با تغییرات اقلیمی باشد (Andrew and Hill, 2017). تغییرات در پویایی جمعیت‌های گیاه میزبان، آفت یا بیماری و ناقلین و همچنین تغییرات در توزیع جغرافیایی آنها در سطح محلی، باید مورد نظارت و بررسی قرار گیرد.

گونه‌های مهاجم جدیدی در بسیاری از نقاط دنیا، که ناشی از تغییرات اقلیمی بوده است، مشاهده شده است، و سیستم‌های مدیریتی و نظارت موثر جهت جلوگیری از تبدیل شدن این گونه‌های مهاجم به آفات اقتصادی در مناطق جدید، مورد نیاز است (Hellmann and et al, 2008). بنابراین واکنش‌های سازگاری هم در مدیریت آفت و هم در امنیت زیستی مورد نیاز خواهد بود. استراتژیهای مدیریت آفات کنونی، مانند شناسایی، پیش‌بینی، کنترل فیزیکی، کنترل شیمیایی و کنترل بیولوژیکی باید برای کنترل آفات در شرایط تغییر اقلیم تشدید شود (, 2016Heeb and et al). به دلیل طبیعت فرامرزی بودن برخی آفات، یک رویکرد مدیریتی جهانی برای نظارت و ارزیابی ریسک موثر، مورد نیاز است.

در این راستا یک سیستم جهانی برای به مشارکت گذاشتن اطلاعات بین مناطق مختلف، از قبیل اطلاعات اساسی آفات، گونه‌های مهاجم و بیگانه، بیماری‌ها، و شرایط اکولوژیکی مانند داده‌های اقلیمی، مورد نیاز است.

بنابراین، بهبود هماهنگی و همکاری بین کشورها و مناطق، مانند نهادهای جهانی، منطقه ای و ملی، مهم به نظر می‌رسد. رویکردهایی مانند نظارت بر نقطه ورود و ریشه‌کنی سریع، به‌عنوان نمونه‌ی هشدار اولیه و واکنش سریع در وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA)، و هشدار اولیه‌ی سازمان حفاظت گیاهی اروپا و مدیترانه (EPPO) و همچنین سیستم اطلاعاتی برای IAS (خدمات اعتبار سنجی بین المللی)، هنگامی‌که بحث گونه‌های مهاجم مطرح باشد، همچنان مهم خواهند بود (Joyce and et al,2013). علاوه بر این با پایش آب و هوا و آفات در کنار اطلاعات داده‌های اقلیمی و همچنین پیش‌بینی ریسک آفت، کشاورزان می‌توانند خود را با روشهای قطعی و مطمئن پیشگیری از آفات سازگارتر کنند، تا وقوع و یا افزایش هجوم آفات مورد انتظار را کاهش دهند (Heeb and et al, 2019).

شیوه‌های اصلاح شده‌ی مدیریت تلفیقی آفات

تصمیم‌گیری در مورد نیاز به اقدامات کنترلی باید بر اساس ابزارهایی مدرن و آستانه‌های علمی معتبر باشد. ابزارهای کنترل مستقیم آفات آخرین راه حلی هستند که با اقدامات غیرمستقیم نمی‌توان از خساراتی که آستانه خسارت اقتصادی را رد کرده‌اند جلوگیری کرد.

فائو یک استراتژی دوگانه که مبتنی بر اقدامات در سطوح جهانی و منطقه‌ای و مهم‌تر از همه مبتنی بر سرمایه-گذاری قابل توجه برای بهبود سیستم‌های تشخیص و کنترل زودهنگام است را توصیه می‌کند. این امر نیازمند توسعه راهبردها و شیوه‌های جدید کشاورزی، معرفی گونه‌های زراعی جدید و استفاده از اصول مدیریت تلفیقی آفات جهت مهار گسترش آنها، می‌باشد (Gomez and et al.2020).

اساساً استراتژیهای IPM توسط محققین و فعالان عرصه کشاورزی جهت به حداقل رساندن اثرات منفی بر محیط زیست و در عین حال به حداکثر رساندن بازده محصول و بازده اقتصادی، طراحی شده بودند (FAO, 2021).

بسیاری از صاحب‌نظران مشکل مدیریت آفات را در شرایط اکولوژیکی جدید و با اقلیمی که در حال تغییر است، مطرح نموده و بیان داشته‌اند که نیاز به بازنگری در شیوه‌های کشاورزی پیشگیرانه‌ی موجود و استراتژیهای جدید جهت بهبود اکوسیستم‌های کشاورزی ناهمگن است، که این استراتژیهای جدید، جهت پایداری در شرایط تغییر اقلیم به اندازه کافی انعطاف پذیری داشته باشند (Barzman and et al, 2015). در سالهای اخیر پیش‌بینی شده است که تولید کنندگان و محققان باید برخی از روش‌های IPM را جهت تطابق با مسئله گرمایش جهانی تغییر داده و یا تعدیل نمایند.

بسیاری از برنامه‌های IPM بر تصمیم‌گیری مبتنی بر تعداد آفاتی که قبل از وقوع خسارت اقتصادی می‌توان تحمل نمود، متمرکز شده‌اند، که به‌عنوان آستانه تداخل یا آستانه اقتصادی نیز شناخته می‌شوند. اگرچه آستانه اقتصادی نقش مهمی در IPM دارد اما همیشه کافی و امکان‌پذیر نیستند. به‌عنوان مثال اگر سیستم‌های پشتیبانی و تصمیم‌گیری در هر کشور یا منطقه مناسب نبوده و یا در دسترس نباشند، استفاده از این آستانه‌ها نادیده گرفته می‌شوند.

شناخت اثر محیط بر رشد گیاه و آفات و شناخت تعامل و اثرات متقابل آنها با محیط به متخصصان این امکان را می‌دهد که به تغییرات اقلیمی پاسخ مناسب دهند. عوامل محیطی مانند تنش خشکی بر توصیه‌های حفاظت از محصول تاثیر گذار است. هنگامیکه یک محصول تحت تنش خشکی قرار دارد، کمتر قادر به مقابله با تنش اضافی ناشی از آفات است که می‌تواند به راحتی آستانه خسارت اقتصادی را کاهش دهد (Lamichhane and et al, 2015). ازسوی دیگر به دلیل نمو سریعتر آفات در دمای بالاتر، جمعیت‌های آفت سریعتر گسترش می‌یابد و خسارت به محصول زودتر از زمان مورد انتظار رخ می‌دهد. بنابراین آستانه اقتصادی بر اساس تعداد حشره در

بوته باید کاهش یابد تا از تلفات بیش از حد عملکرد جلوگیری به عمل آید، بنابراین موارد ذکر شده دلیلی بر این موضوع است که آستانه خسارت اقتصادی در شرایط تغییر اقلیم دارای نوسان بوده و ثابت نیست.

همانطور که ذکر شد شیوه‌های کشت اصلاح شده و استراتژیهای مدیریتی تطبیقی و سازگار یافته برای کاهش اثر آفات در شرایط تغییر اقلیم مورد نیاز است، که ممکن است برخی از آنها به این قرار باشد: ۱: کاشت واریته‌هایی متفاوت از محصولات، ۲: کشت در زمانهایی متفاوت از سال نسبت به قبل، جهت حداقل نمودن مدت زمان در معرض آفت بودن در زمان شیوع و طغیان، ۳: افزایش تنوع در حاشیه‌ی مزارع جهت افزایش تعداد دشمنان طبیعی آفات (Thomson and et al, 2010).

در راستای موارد فوق استفاده از فرمونها و آللوکمیکالها (مواد شیمیایی آللوپاتی) یکی از مهم‌ترین روشهایی هستند که از طریق تغییر شرایط محیطی برای آفت آن را کنترل می‌کنند. این روش‌ها نقشی اساسی در تکنیک‌های مختلف IPM دارند مانند: کنترل بیولوژیکی، ایجاد اختلال در جفت‌گیری، استراتژیهای فشاری-کششی، مانیتورینگ و استفاده از تله (Heuskin and et al, 2011). با گرم شدن هوا و متغیر شدن اقلیم میکروکلیماها، انتظار می‌رود استفاده از فرمونها و آللوکمیکالها به شکل فعلی کمتر موثر باشد، و ممکن است به هم‌افزایی و یا دیگر مواد یا ابزارهای کمکی برای کاهش فراریت آنها در شرایط دمای بالا نیاز باشد (Andrew and et al, 2017). علاوه بر این برخی آفتکش‌های زیستی که در ساخت آنها از قارچها، ویروسها، باکتریها و یا نماتدها استفاده شده است، به شدت در برابر تغییرات محیطی حساس هستند. افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی ممکن است موجب شود برخی از این تکنیک‌های مدیریتی کمتر موثر واقع شوند، و برای آفت‌کشهای سنتزی نیز نتایج مشابهی با این موارد مورد انتظار است (Nihal, 2020).

وندا پیسیکا و همکاران در مطالعات خود، واکنش‌های رفتاری سوسک آرد (*Tribolium confusum Du Val*) را به غلظت‌های مختلف ترکیبات آلی فرار و سازگار با محیط زیست (VOC)، از لحاظ ویژگی‌های جذب و دفع، بررسی نمودند، نتایج بررسی آنها نشان داد که بیشترین غلظت به کار برده شده‌ی این مواد موجب دفع این گونه از آفات شد. این تحقیق می‌تواند به عنوان مبنایی برای توسعه‌ی بیشتر عوامل جدید کنترل آفات و سازگار با محیط زیست باشد.

بررسی بیشتر اثرات گرمایش زمین بر عملکرد بسیاری از حشره‌کش‌های سنتزی، ماندگاری آنها در طبیعت و همچنین ایجاد مقاومت در برابر برخی آفتکشها در جمعیتهای آفات، یک نیاز فوری و مبرم می‌باشد. بنابراین و با توجه به این مشکلات استفاده از عوامل کنترل بیولوژیک کارآمد یا معرفی گونه‌های گیاهی مقاوم به آفت که از طریق اصلاح ژنتیکی ایجاد می‌شوند، لازم و ضروری به نظر می‌رسد (Gomez and et al, 2020).

مروری بر مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم

مفهوم CSPM یک واژه نسبتاً جدید است و شامل مجموعه‌ای از راهکارهای میان رشته‌ای و استراتژیهایی است که برای تولید اولیه و تطابق به شرایط تغیر اقلیم، و با همکاری بخش‌های مختلف و نهادهای مختلف در هر کشور و به صورت بین المللی، بر توزیع جغرافیایی محصولات، آفات و دشمنان طبیعی آنها، عمل می‌کند. اجرای CSPM موجب مدیریت موثرتری در برابر تهدیدات آفات جدید برای اکوسیستم‌ها و محصولات کشاورزی، می‌شود و بنابراین موجب انعطاف و سازگاری بیشتر کشاورزان و در مجموع امنیت غذایی بین المللی و منطقه‌ای در شرایط تغییر اقلیم می گردد. راهکارهای CSPM همچنین از طریق بهبود کلی گازهای گلخانه‌ای در سطح جهانی به کاهش تغییرات آب و هوایی کمک می‌کند. به عنوان مثال، کاهش تلفات عملکرد محصولات از طریق کاهش خسارت آفات، شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای را به ازاء تولید هر واحد مواد غذایی، کاهش می دهد. جهت افزایش این تاثیرات مثبت، CSPM نباید به عنوان یک رویکرد انحصاری شناخته شود، بلکه به عنوان جزئی از CSA شناخت که مدیریت آفات یکی از اجزاء کلیدی آن است. همانطور که در شکل ۱ مشخص است CSPM کشاورزان را برای پیشگیری از خسارت آفات از طریق فراهم‌سازی به‌موقع اطلاعات و ابزار لازم (مانند تنوع محصول، استقرار زیست گاههای طبیعی و مدیریت دقیق آب)، آماده می‌سازد، که این موارد زمینهای زراعی و مراتع اطراف آنها را از خسارت آفات حفظ خواهد نمود، و حساسیت به آفات خسارت‌زا را کاهش می‌دهد. علاوه بر این از طریق نظارت بر اقلیم و آفات، در کنار پیش‌بینی ریسک آفت و مشکلات اقلیمی، کشاورزان قادر خواهند بود به طور فعال عملیاتهای مرتبط با پیشگیری از آفات را شناسایی و اجرا نمایند تا از شیوع و طغیان آفات مورد انتظار اجتناب ورزند. در شرایطی که جمعیت آفت به سطح خسارت اقتصادی برسد، CSPM کشاورزان را قادر می‌سازد که تصمیمی سریع و آگاهانه با توجه به استراتژی مناسب کنترل آفات، اتخاذ نمایند. اگرچه کشاورزان خود راهکارهای مدیریت آفات را اجرا می‌نمایند، اما CSPM باید به طور گسترده‌تری، فراتر از سطح یک مزرعه، مورد توجه قرار گیرد، که نیازمند رهبری قوی و مبتنی بر علم و دانش می‌باشد. افزایش فشار آفت بر درامد کشاورز (به ویژه کشاورزان خرد و کوچک) اثری سریع و فوری دارد، اما اثرات مخرب استفاده‌ی نادرست از آفت‌کشهای شیمیایی و کاهش عملکرد بسیار گسترده تر بود و می‌تواند موجب مشکلات متعدد در اکوسیستم‌های بیشتری شود. همچنین به طور غیرمستقیم بر امنیت غذایی در سطح منطقه‌ای و ملی و بر اقتصاد و نیروی کار نیز، اثرگذار است، از سوی دیگر منجر به پیامدهای اجتماعی- اقتصادی، مانند مهاجرت داخلی و خارجی، خواهد شد. CSPM، تنها مسئولیت کشاورزان نیست، بلکه از توسعه و تحقیق نیز حمایت نموده و پیشنهاد دهنده‌ی رویکردها و عملیاتهایی است که اطمینان حاصل شود که سرویسهای ارائه شده، مرتبط و صحیح است، برای کاربرد محلی و منطقه ای مناسب بوده، و قابل دسترسی برای همه کشاورزان است (مانند زنان، افراد مسن تر و اقلیتهای قومی). به عنوان مثال، دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی کشاورزی، تحقیقاتی را در مزارع و مراتع در رابطه با اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر پویایی ارتباط محصول-آفت-دشمن طبیعی، انجام

دهند، و همچنین این پیامدها و اثرات آنها را به‌صورت کمی محاسبه نموده ، در نتیجه این امر، واکنش و پاسخ‌های سازگاری مناسب که هم اکنون وجود ندارد، تسهیل خواهد شد. علاوه بر این، آنالیز داده‌های سابق و قبلی آب و هوایی و اقلیمی، و در کنار آن توسعه‌ی مدلهای زیست‌گاهی (نیچ) برای تعیین پتانسیل حضور و توزیع گونه‌های آفت، تحت سناریوهای مختلف اقلیمی، این امکان را فراهم می‌سازد تا پیش‌بینی ریسک آفت، جهت دستیابی به ابزاری مناسب برای هدایت استراتژی‌های پیشگیری از آفات، صورت گیرد (Yonow and et al, 2018).

CSPM همچنین تاکید زیادی بر ایجاد محیط و بستری مناسب برای رویکردهای تطابقی دارد. به عنوان مثال، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دولتی جهت فعالیت و پشتیبانی از موسسات مربوطه، که بتوانند درست و دقیق به وظایف خود عمل کنند، حیاتی است (به ویژه در کشورهای در حال توسعه)، همچنین این امر برای تقویت زیرساختها به منظور تبادل موثر اطلاعات و دانش بین بخشهای مختلف، مورد نیاز است. توسعه سیاستهای مناسب (مانند سیستم های مبتنی بر تشویق و ترغیب) که اجرای CSPM را مورد تشویق قرار دهد، در کنار ارائه کمکهای مالی که کشاورزان را قادر به اجرای پروسه‌های سازگاری این راهکار نماید و همچنین افزایش قدرت ریسک آنها جهت آزمودن شیوه‌های جدید کشاورزی مقابله با تغییر اقلیم، مورد نظر است.

یک مثال خوب در این زمینه کشور چین است، که "سیاست کنترل سبز چین" یک چهارچوب یارانه‌ای را فراهم ساخته است جهت "حفاظت گیاهی غیر شیمیایی و یا حداقل کاربرد سم و مواد شیمیایی" و همراه با برنامه‌ی توسعه خود آن را به صورت مشارکتی، و در راستای CABI (مرکز بین المللی علوم زیستی و کشاورزی) اجرا می‌کند.

جدول ۱: ابزارهای مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم (نمونه‌هایی از رویکردهای اساسی)

نقاط کانونی CSPM	**ابزارهای مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم: نمونه هایی از رویکردهای اساسی**	**نوع مشارکت**
تولید - ایجاد انعطاف‌پذیری در مزارع و منابع طبیعی * کنترل آفات	- نظارت بر فاکتورهای اقلیمی و رصد آفات جهت پیش‌بینی و واکنش سریع به آفات نوظهور و آفات موجود - اجرای روش‌های پیشگیری برای جلوگیری از توسعه جمعیت آفات - اعمال مدیریت اکوسیستم‌های کشاورزی برای حفظ اکوسیستم‌ها و تشدید انعطاف‌پذیری مزارع و منابع طبیعی در شرایط تغییر اقلیم و فشار آفات * اجرای کنترل‌های مکانیکی، زراعی، بیولوژیکی و شیمیایی (آخرین گزینه) برای کاهش خسارت آفات و کاهش خسارت به محصول	- بهره‌وری و تولیدی - سازگاری -کاهشی * بهره‌وری و تولید- و کاهشی

توسعه و تحقیقات (رویکردهای حمایتی و پشتیبانی) - شبکه کشاورزان	- بهبود شبکه‌ی بین کشاورزان و نهادها و بهبود ارتباط و دسترسی به تکنولوژی‌های مربوطه برای افزایش انتقال و مشارکت دانش روز و بهبود دسترسی به اطلاعات در رابطه با تکنولوژی‌ها و شیوه‌های مدیریت هوشمند آفات اقلیمی و در نتیجه تسهیل جذب این دانش	- بهره‌وری و تولیدی وسازگاری
*اطلاعات مدیریتی آفات و مشاوره	* ارزیابی سیستم‌های توسعه‌ای فعلی جهت شناسایی ضعف-های ساختاری، درک صحیح ارتباطات میان دیگر نهادها و ذینفعان و اجازه به اولویت بندی و رسیدگی به چالش‌ها جهت اماده‌سازی کشاورزان برای شناخت و کار با پشتیبانی-توسعه-ای با کیفیت	* بهره‌وری-تولیدی، سازگاری، کاهشی
	* افزایش دسترسی کشاورزان به خدمات ترویجی و اطمینان از تعامل مداوم و مکرر و همچنین بهره جستن از روشهایی که امکان جریان داشتن دو طرفه اطلاعات را فراهم سازد (مانند انتقال اطلاعات مربوط به آفات به کشاورزان و متعاقب آن جمع‌آوری بازخوردهای کشاورزان جهت اعتبارسنجی و انطباق راهبردهای کنترل آفات)	بهره وری و تولیدی، سازگاری
	* ایجاد پیوند دوطرفه و فعال بین موسسات ترویجی و متخصصان (مانند تحقیقات، مراکزی که دارای امکانات تشخیصی هستند)	
	*توسعه‌ی فناوریهای CSPM بر اساس نیازهای فعلی و منطبق با شرایط محلی و منطقه ای	
	*ایجاد علوم بین رشته ای (با اعتبار منطقه ای)، تبادل دانش و سیستم‌های مدیریت دانش برای اطلاعاتCSPM جهت اطمینان از توصیه‌های صحیح به کشاورزان و اجازه دادن به اشتراک گذاری اطلاعات به صورت ملی و بین المللی برای همه کاربران	بهره وری و تولیدی، سازگاری
	*انجام مطالعات و توسعه‌ی روش‌ها و راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای جهت رویکردهای مدیریتی آفات	سازگاری
** پیش‌بینی ریسک آفات	** انجام تحقیقات پایه جهت تعیین اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر استقرار، گسترش، فنولوژی و رفتار آفات و همچنین اثرات متقابل با میزبان و دشمنان طبیعی در هر منطقه‌ی جغرافیایی خاص و یا در مناطق محلی هر ناحیه	
	** ایجاد و توسعه‌ی مدلهایی برای پتانسیل شیوع آفات و تاثیر آن بر مدیریت اگاهانه و سازگار با رفتار آفات	
	** توسعه و اجرای سیستم‌های هشدار اولیه برای حمایت از پیشگیری و واکنش سریع به آفات جدید و طغیان آفات موجود، همچنین محدود نمودن گسترش و انتشار آفات درون کشور و بین مرزی	

***تشخیص و نظارت بر آفات	***توسعه‌ی ابزارهایی جهت بهبود رصد آفات موجود و همچنین نظارت و شناسایی آفات جدید جهت واکنش سریع و کوتاه مدت به آفت و برنامه‌ریزی سازگاری بلند مدت ***ایجاد سیستم‌های موثر جمع‌اوری داده‌ها جهت نظارت صحیح بر آفات، ارتباط با سرویسهای حمایتی تشخیصی ملی و بین المللی جهت شناسایی سریع آفات جدید و نوظهور،ارزیابی شیوه‌های مدیریتی اخیر که توسط کشاورزان استفاده میشود و توسعه‌ی رویکردهای مدیریتی کوتاه مدت و بلند مدت	
****اطلاعات اقلیمی و طرح ریزی	**** در دسترس بودن اطلاعات اقلیمی دقیق و صحیح (تاریخچه اطلاعات اقلیمی و پیش‌بینی‌های آن) جهت مطلع ساختن کشاورزان برای تصمیم‌گیری، مدیریت بهتر ریسک، استفاده بهتر و بهره بردن از شرایط آب و هوایی و تطبیق دادن خود با تغییرات اقلیمی پیش رو	
بخش دولتی و خصوصی *سیاستها و مشوقها	* توسعه سیاستهای عمومی و ابزارهای نظارتی مانند سیستم-های مبتنی بر تشویق جهت اجرای CSPM (مانند برچسبهای مواد غذایی، مالیات، یارانه و...) برای تشویق و پاداش/ مجازات کشاورزانی که رویکردهای CSPM را می-پذیرند و نمی‌پذیرند	سازگاری، کاهشی
**سرمایه‌گذاری در زیرساختها و منابع انسانی و اجتماعی	**شناسایی شکافها و مشکلات علمی و آموزشی و ایجاد امکانات آموزشی برای تصمیم گیرندگان جهت ارتقاء آگاهی و توسعه‌ی موثر جذب سیاستهای CSPM ** سرمایه‌گذاری در برنامه‌ها و زیرساختهای آموزشی (مانند ICTs) برای افزایش کارایی و تاثیر سیستم‌های توسعه ملی و موسسات تحقیقاتی	بهره‌وری و تولیدی، سازگاری، کاهشی
***تنظیم نهاده‌های کشاورزی و تأمین کنندگان نهاده‌های کشاورزی	** ایجاد ساختارهایی که ارتباط کشاورزان را تقویت نماید (مانند مراکز علمی و اطلاع رسانی جهت دسترسی خرده مالکان به اطلاعات، تکنولوژی‌ها و منابع لازم جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی و دسترسی بالقوه با بازارهای جدید) *** نظارت بر تأمین کنندگان نهاده‌های کشاورزی و تلاش در جهت افزایش آگاهی اقلیمی در جهت افزایش دسترسی به CSPM، (به ویژه در کشورهای در حال توسعه که تامین کنندگان نهاده‌های کشاورزی منبع اصلی اطلاعات برای بسیاری از کشاورزان هستند) ***اجرای روشهای نظارتی موثر برای ثبت و کنترل نهاده-های کشاورزی موجود و نظارت بر کفیت آن محصولات در بازار	بهره‌وری و تولیدی، سازگاری، کاهشی بهره‌وری و تولیدی، سازگاری، کاهشی

****خدمات مالی *****مکانیسمهای مالی ملی و بین المللی	ایجاد و افزایش دسترسی به مکانیسمهای مالی از جمله بیمه شرایط اقلیمی، بیمه محصولات کشاورزی، دسترسی به اعتبارات مربوطه جهت افزایش ظرفیت کشاورزان برای سرمایه‌گذاری در تغییرات در سطح مزرعه *****ایجاد وجوه ویژه‌ی ملی برای توسعه و اجرای طرح-های سازگاری محلی که شامل CSPM هم می‌شود *****درخواست برای منابع مالی بین المللی (مانند Green Climate Fund and bilateral donors) برای اجرای پروژه‌ها/برنامه‌هایی جهت دستیابی به اهداف مشارکتی تعیین شده (NDC) و اجرای آزمایشات مربوط به شیوه‌ها و رویکردهای CSPM جهت اثبات و تایید شیوه‌های مختلف و تسریع پذیرش از سوی کشاورزان	

پیاده سازی و اجرای مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم

قابل ذکر است که CSPM به عنوان یک رویکرد پیشرفته و امروزی (در شکل ۱ به اختصار توضیح داده شده است) هنوز به عنوان یک چهارچوب رسمی و کامل در هیچ کشوری پذیرفته نشده است. چرا که مسیرها و راهکارهایی که در این راهکار ارائه شده است هنوز تا حدی جدید هستند. با این وجود، کشورهای زیادی هستند که قسمت‌های خاصی از این مدیریت هوشمند را انتخاب کرده و از آن مسیر پیش می‌روند. در دراز مدت، پیش بینی می‌شود که CSPM به سیاست‌های کشاورزی ملی در بسیاری از کشورها افزوده خواهد شد، و به رویکردی جهت تولید، به صورت اجباری یا اختیاری، (اجباری یا داوطلبانه مانند IPM) و یا کشاورزی آگرواکولوژیکی، تبدیل خواهد شد. نهادینه سازی CSPM، به صورت جزئی و یا کامل، کلید تضمین کشاورزی پایدار خواهد بود. واقعیت این است که بسیاری از عملیات‌هایی که تحت عنوان مدیریت هوشمند آفات صورت می‌گیرد جدید نیستند و در ارتباط با تولید، همان روش‌هایی هستند که در واقع در مدیریت آفات به صورت محلی و منطقه ای در سرتاسر دنیا صورت می‌گیرند.

بنابراین هدف اصلی، به اشتراک‌گذاری تجارب بین مناطق مختلف یک کشور و بین کشورها در شرایط تغییرات آب و هوایی است. از اینرو پیاده‌سازی CSPM نیازمند اعمال عملیات‌های پیچیده و یا هزینه های گزاف برای کشاورزان نیست. بلکه مسئله اصلی اطمینان از بهبود و به‌روزسازی این شیوه‌ها به موازات تغییر اقلیم است، که مستلزم تلفیق مشاهدات اقلیمی محلی و پیش‌بینی آن، در راستای ارزیابی ریسک آفت، برای طرح‌ریزی فرایندهای مدیریتی آفات است.

به‌عنوان مثال آگاهی از الگوی آب و هوایی بهار و اثر آن بر جمعیت‌های آفت *Helicoverpa armigera* (کرم غوزه پنبه) و دیگر آفات این خانواده، به این معناست که مشاهدات آب و هوایی فصل بهار در یک منطقه می‌تواند

برای بهبود پیش‌بینی فراوانی این آفات و اجرای بهتر مدیریت آفت، استفاده گردد (Gu and et al, 2018). همچنین برای اجرای موفق CSPM، بستری توانمند و مناسب، برای اطمینان از انعطاف‌پذیری بهینه کشاورزان در محیط-های محلی خود، حیاتی است، به‌نحوی که بتوانند با اثرات موجود کنار آمده و همچنین برای اثرات احتمالی آتی هم آماده گردند.

نقش‌ها و مسئولیت‌ها

یکی از چالش‌های اصلی اجرای CSPM این است که تعمیم و توصیه های CSPM در مناطق وسیع و متنوع جغرافیایی امکان‌پذیر نیست. همچنین در گستره‌ی کشورهای کم درآمد تا پردرامد، مشکل است که چه کسی کدام نقش را ایفا کند، و منابع مورد نیاز چگونه تأمین خواهد شد، در اینجا چند مثال مختلف ارائه می‌گردد:

هشدار اولیه در مورد هجوم سالیانه یا شیوع آفات، مهم‌ترین فعالیت برای حمایت کشاورزان در برخی مناطق است، و اغلب توسط گروهها یا موسسات مختلف انجام می‌گیرد، به عنوان مثال پیش‌بینی هجوم ملخها و برگخوارها در آفریقا توسط گروههای بین المللی، و رصد و پیش بینی حمله شته‌ها در اروپا توسط گروههای تحقیقاتی کشاورزی ملی، انجام می‌گیرد. گسترش سالانه آفات مهاجر عمده به سمت شمال در چین (Cock and et al, 2016)، توسط شبکه ملی توسعه تکنولوژی کشاورزی و مراکز خدمات (NATESC)، رصد و پیش‌بینی می‌گردد، که موسسه‌ای غیردولتی تحت نظارت وزارت کشاورزی این کشور است. توصیه‌ها و پیش‌بینی‌های آنها از ۵ سطح، از مراکز ترویجی عمومی، می‌گذرد: سطوح ملی، استانی، شهرستانی و شهری. در سطح شهری، سرویس توسعه، یک مرکز خدماتی کشاورزی کامل را فراهم می‌سازد. اطلاعات جدید مخابره شده از طریق سنجش از راه دور، و دیگر مسیرهای ردیابی و پیش‌بینی باید به سطح شهر یا شهرستان– ایستگاه توسعه/ ایستگاه حفاظت گیاهی، تقسیم گردد، که این اطلاعات را به دهیاران و سپس کشاورزان، از طریق کانالهای مختلف (مانند آموزش، ملاقات، تلفن، پیامک، جزوات، سیستم‌های توزیع روستایی، تلویزیون محلی و...)، با کمترین تأخیر، خواهند رساند. با این کانال‌های ذکر شده تقریباً ۹۰ درصد کشاورزان می توانند از اینکه کدام آفت باید کنترل شود مطلع گردند، اگرچه سرعت انتشار اطلاعات ممکن است کمتر از حالت ایده آل باشد. نتایج از بیش از ۳۰ کشور که دارای سیستم سلامت گیاهی هستند نشان داده است که سازمانهای حفاظت گیاهی ملی (Plant Protection Organisations National)، به‌عنوان مهم‌ترین متولی بوده و بیشترین اطمینان را در هماهنگی و اطلاع رسانی دارند. در هر صورت مالکیت قوی و همکاری با دیگر موسسات دولتی و غیردولتی، مانند بخش‌های توسعه یا تحقیقات، به همان اندازه اهمیت دارند، چنانچه توسعه سیستم سلامت گیاه فراتر از دستورات NPPO (سازمانهای حفاظت گیاهی ملی) است. همچنین موفقیت در CSPM بسیار بستگی به حمایت عمومی، رهبران سیاسی، هماهنگی سازمانهای ذینفع، و تقسیم کارها و مسئولیت‌ها دارد. شایان ذکر است که بسیاری از کشورهای در حال توسعه یا این اختیارات را به سطح استانی واگذار کرده‌اند و یا در حال واگذاری به

سطح استانی هستند (مانند پاکستان، کنیا و نپال). این مجموع ارگانهای تصمیم‌گیری باید در هنگام پیاده‌سازی CSPM مورد توجه قرار گیرند زیرا در طی این فرایندهای اجرایی، مسئولیتهای پایین‌تر از سطح ملی ممکن است پتانسیل بالقوه‌ای از منابع مالی شوند و نیاز خواهد بود که توجیه و قانع شوند که سرمایه‌گذاری در رویکردهایی مانند CSPM بازده مثبتی در پی خواهند داشت.

سنجش، انتخاب و ارزیابی گزینه‌های CSPM

مانند تمام رویکردهای کشاورزی پایدار، از جمله IPM و CSA، CSPM نیز بسیار ویژه و خاص است (FAO, 2013، Neufeldt and et al, 2013) و رویکردهای توصیه شده‌ی آن بسته به شرایط اقلیمی، کشاورزی، اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، در مزرعه، جامعه و سطوح ملی است.

از آنجا که CSA نیازمند ارزیابی اختصاصی مکانی جهت شناسایی تکنولوژیهای تولید کشاورزی است (FAO, 2013)، مرحله اول هر برنامه CSPM ارزیابی کامل محیط محلی و دورنماهای آن است. این مرحله به‌عنوان پایه‌ای برای مرحله دوم است، که برای شناسایی محلی مناسبترین مسیرهای CSPM است، و با در نظر گرفتن مواردی مختلفپ، از جمله گروه‌های متمایز اجتماعی است (مانند جنسیت، سن و...) (Machekano and et al, 2017). در جدول شماره ۱ تنوع گزینه‌های CSPM نشان داده شده است. این جدول حالت بین رشته‌ای دارد و می‌توان از میان گزینه‌های آن انتخاب نمود، مانند جزئیات، اجرا و پیاده‌سازی تکنولوژیهای CSPM مطابق و سازگار منطقه-ای، عملکردها، برنامه‌های تحقیقاتی، مواد مورد استفاده، سیاستها و دیگر فعالیتها. این برنامه‌ها همچنین از ایجاد محیط مورد نیاز برای تطابق سریع و تسهیل اثرات CSPM در مزارع، مراتع، کشورها و نواحی مختلف، حمایت می‌کند. پس از انتخاب ابزارهای CSPM این مسئله مهم است که قبل از پیاده سازی در مناطق محلی، این ارزیابی صورت گیرد که آیا با توجه به هدف مورد نظر، مقرون به صرفه هستند یا خیر. دیگر تصمیمات مدیریت مزرعه‌ای نیز باید مد نظر قرار گیرند، به‌عنوان مثال تغییر ارقام موجود به واریته‌های مقاوم به آفت ممکن است تنها نیازمند سرمایه‌گذاری و دانش باشد، در حالیکه تغییر نوع محصول به دلیل هجوم نوع آفت جدید، ممکن است نیازمند سرمایه گذاری در تجهیزات جدید کشت و برداشت، اجرای عملیاتهای تناوب محصول، و یافتن خریدران جدید جهت تولیدات جدید، باشد (Macfadyen and et al, 2018).

این فرایند کلی ارزیابی، انتخاب و سنجش گزینه‌های CSPM، به‌طور معمول بر عهده‌ی سیستم تحقیقات کشاورزی ملی است (در درجه اول مراکز تحقیقات صنعتی و کشاورزی ملی و دانشکده‌های کشاورزی)، و یا به‌عنوان یک برنامه مستقل و یا بخشی از یک برنامه منطقه‌ای، و گاهی در همکاری با مراکز تحقیقات کشاورزی بین المللی، می‌باشد. بودجه نیز ممکن است از طرف نهادهای ملی تحقیقاتی، وزارتخانه‌ها یا گروههای صنعتی باشد، (که به ظرفیت سازی ملی نیز کمک خواهد کرد).

پیوستگی فعالیت‌ها و ذینفعان و نهادهای دخیل

از آنجایی که در فعالیتهای CSPM نهادهای مختلفی دخیل بوده و در مقیاس‌های مختلفی اجرا می‌شود (Chakraborty and Newton, 2011)، به هم پیوستگی فعالتیهای CSPM و نهادها برای غلبه بر موانعی که بر سر راه اجرای آن هستند، ضروری است. در هر صورت اینکه کدام مسئول یا نهاد نقش کلیدی را داشته باشد و اینکه چگونه با یکدیگر پیوسته و در ارتباط باشند با توجه به نوع عملیات مدیریتی آفات و همچنین زیرساختهای ملی متفاوت است، که به نوبه خود وابسته به منابع مالی است.

به‌عنوان مثال، تقویت ارتباط بین بخش‌های خصوصی/دولتی، تحقیقاتی و توسعه، می‌تواند به فراهمی داده‌ها و منابع مورد نیاز برای بهبود در تشخیص و شناسایی آفات جدید و در حال ظهور، اطلاع رسانی سیاستها و برنامه‌های تحقیقاتی، و کاهش زمان واکنش به این آفات تهدید کننده، کمک نماید. به خصوص در کشورهای در حال توسعه، سرویسهای توسعه نیازمند ارتباط و پیوستگی قوی برای تشخیص و پشتیبانی، جهت کمک به اطمینان از تشخیص میدانی آفات، در صورت نیاز برای توصیه‌های دقیق و مناسب، می‌باشد (Cock, 2011، and et al, 2016Mugambi). این امر بسیار مهم است چرا که اهمیت نسبی آفات و محصولات در واکنش به تغییرات اقلیمی تغییر می‌کند و آفات به مناطق جدیدی گسترش می‌یابند، مناطقی که نه کارکنان ترویج و نه کشاورزان ممکن است با آنجا آشنا نباشند. ارتباط بین سرویس‌های توسعه و ترویج ممکن است ضعیف باشد یا اصلا وجود نداشته باشد، و حمایت مالی برای مواردی ساده چون حرکت و جابجایی نمونه‌ها در داخل کشور، برای تشخیص و شناسایی ممکن است کافی نباشد. کارشناسی تخصصی در داخل کشور برای همه‌ی گروههای آفت ممکن است میسر نباشد و لینک شدن با کارشناسان بین المللی در حوزه‌های طبقه‌بندی تخصصی، مورد نیاز خواهد بود، و همچنین انتقال و جابجایی نمونه‌های بیولوژیکی برای شناسایی و تشخیص مورد نیاز است، که این امر باید تحت قوانین ملی بهداشت گیاهی و منابع ژنتیکی تسهیل شود.

به‌ویژه در شرایطی که منابع و تسهیلات محدود است، کارکنان نهادهای مربوطه به گزینه‌های جایگزین مانند تشخیص آنلاین آفات روی خواهند آورد، خصوصا در حالتی که تصاویر را بتوان به اشتراک گذاشت، و یا ابزارهای تشخیص تصویری وجود داشته باشد (مانند Plantix; www. plant ix.net). کارکنان نهادهای توسعه‌ای همچنین می‌توانند گروههای اجتماعی خود را تشکیل دهند و تبادل تصاویر و مشاوره‌های تخصصی داشته باشند (موگامبی و همکاران ۲۰۱۶).

هر نهاد توسعه‌ای کشاورزی، پشتیبانی تشخیصی آفات را به بهترین وجه و متناسب با شرایط ملی هر کشور توسعه خواهد داد. یک گام بیشتر، توسعه‌ی پلتفرم‌های دانش است که داده‌ها، اطلاعات کلیدی، ابزار و... را جمع آوری می‌کند. از منابع موجود، این اطلاعات را به صورت رایگان در دسترس قرار می‌دهد و انتقال دانش را در سطوح منطقه‌ای یا جهانی تسهیل می‌کند (به‌عنوان مثال the Plantwise Knowledge Bank; www.plant wise.org/KB).

نظارت و ارزیابی

نهایتاً باید گفت که CSPM یک رویکرد پویا و در حال تحول است و بنابراین نظارت و ارزیابی مستمر برای ارزیابی اجرا و نتایج کوتاه مدت و تأثیرات مداخلات CSPM مورد نیاز است، و همچنین امکان ارزیابی مجدد مستمر ابزارها و مسیرها را فراهم می‌سازد.

مشارکت در کشاورزی هوشمند اقلیمی

CSPM به تعبیری یک جزءکلیدی CSA است و بنابراین در ۳ هدف اصلی CSA که مقابله با موارد زیر است دخیل می‌باشد: تطابق و انعطاف‌پذیری به تغییرات اقلیمی، کاهش یا حذف گازهای گلخانه‌ای، افزایش پایدار بهره‌وری تولیدات کشاورزی و درآمدزایی. مطالب ذیل چند مثال در توضیح این است که چگونه CSPM در راستای این اهداف سودمند و مفید خواهد بود.

افزایش تطابق و انعطاف پذیری به تغییرات اقلیمی

مقیاسهای تطبیقی کوتاه مدت و دراز مدت

معیارهای تطبیقی کوتاه مدت و بلند مدت منطبق با تغییرات آب و هوایی را می‌توان به عنوان یک فرایند مداوم مدیریت استراتژی ریسک در نظر گرفت و پتانسیل ریسک ایجاد شده از طریق پیامدهای تغییرات اقلیمی را، کاهش داد (Howden and et al, 2007). با توجه به مدیریت آفت، CSPM مشخص می‌سازد که معیارهای تطبیقی برای تغییر آفت می‌تواند کوتاه مدت یا بلند مدت باشد (Juroszek and Tiedemann, 2011).

سازگاری‌های کوتاه مدت شامل بهینه‌سازی تولید بدون تغییرات اساسی در سیستم، مانند تغییر در جهت کشت واریته‌های سازگار با شرایط، که بیشترین انعطاف پذیری را به شرایط تنش در شرایط تغییر اقلیم دارند، و یا کاربرد آفتکش‌های سنتزی یا بیولوژیکی برای کنترل برخی آفات. سازگاری‌های دراز مدت نیز مانند تغییرات ساختاری اساسی برای غلبه بر شرایط سخت ناشی از تغییر اقلیم (مانند ایجاد تناوب محصولات/ کشت مخلوط برای کنترل آفات، و یا تغییر به محصولات و گیاهان جدید). صرف نظر از اینکه مقیاسها، کوتاه مدت یا دراز مدت هستند، دانش و دستاوردهایCSPM که ورودی و داده‌های آن حاصل از نهادهای مختلفی است، اغلب برای شناسایی، توسعه و اجرا، مورد نیاز خواهد بود.

پیش‌بینی و شناسایی شیوع آفات در آینده

افزایش برخی آفات جدید، به ویژه در نیمکره شمالی، به‌دلیل حرکت به سمت قطب، و در عرض‌های جغرافیایی بالاتر به دلیل حرکت به سمت بالا، مشاهده شده است.

به‌عنوان مثال، سن سبز (*Nezara viridula*) دامنه فعالیت خود را در مناطق معتدل اروپا و ژاپن، از سال ۱۹۶۰، به سمت نواحی شمالی گسترش داده است، که به احتمال زیاد دلیل آن کاهش مرگ و میر به دلیل دماهای ملایم‌تر زمستانی است (Musolin, 2007). ناندودو (۲۰۱۴) بیان نمود که بیماری زنگ برگ قهوه که از طریق آفتی از خانواده سوسکها (ساقه خوار قهوه (*Xylosandrus compactus*)) ایجاد می‌شود (انتقال بیماری از طریق آفت) که تا پیش از این معمولاً تنها گیاهان قهوه در عرض‌های جغرافیایی کمتر از ۱۴۰۰ متر از سطح دریا را تحت تأثیر قرار می داد، اکنون به عرض‌های جغرافیایی بالاتر از ۱۸۰۰ رسیده است. این جابجایی در عرض جغرافیایی منجر به آسیب به محصول در مناطق مرتفع‌تر و دوردست تری نسبت به آنچه معمولاً در صنعت این محصول رایج بوده است، شده است. این محقق اشاره می‌نماید که ۸۵ درصد مزارع قهوه در اوگاندا به صورت خانوادگی اداره می‌شوند و با خطر کاهش عملکرد و بازده کم روبرو هستند.

CSPM اهمیت توسعه‌ی موثرتر فرایندهای تشخیصی را برای شناسایی آفات و دشمنان طبیعی آنها، جهت تصمیم‌گیری‌های مدیریتی آفات در آینده، روشن می‌سازد (Cock, 2017، Lamichhane and et al, 2015).

CSPMهمچنین اشاره می‌دارد که مدلسازی کمی (شامل مدلهای اقلیمی، مدلهای تجربی، مدل‌های جمعیتی و مدل‌های شبیه‌سازی) برای بررسی اثرات متقابل و متعدد به طور همزمان، مورد نیاز است (Coakley, 1999) و از همه مهمتر، بیان می‌کند که به منظور حمایت از کشورهای در حال توسعه جهت واکنش مناسب به طغیان و شیوع آفات در آینده، نیاز است که نتایج این مدل‌ها در کنار مدل‌های اکولوژیکی و اجتماعی تفسیر گردد تا بتوان به سایر شرایط نیز تعمیم داد.

پیش بینی اقلیمی و توسعه مدل‌ها:

به دلیل یکنواخت نبودن تغییرات میانگین دما و دیگر پارامترهای اقلیمی در جهان، طراحی استراتژی‌های سازگاری در پیش‌بینی‌های تغییر اقلیم برای سناریوهای تغییر اقلیم جهانی و ملی، غیر ممکن است. استراتژیهای سازگاری برای تغییر اقلیم باید یکی از اجزاء یک استراتژی تلفیقی و یکپارچه باشد که همه جنبه های تولید کشاورزی را در نظر گیرد. استراتژیهای مدیریت آفات باید درشرایط تغییرات اقلیمی منطقه‌ای و عدم قطعیت و ناپایداری اقلیم، ثابت و پایدار باشند. برخی گزینه‌های موجود در این زمینه مانند آنالیزهای حساسیت و نتایج ترکیبی که با استفاده از سناریوهای تغییر اقلیم پیش‌بینی شده حاصل شده‌اند، همراه با آنالیزهای حساسیت برای یک منطقه‌ی خاص در محدوده‌ی وسیعی از مقادیر متغیر، قابل ذکر هستند.

این استراتژی می‌تواند هنگام طراحی معیارهای سازگاری جهت مدیریت آفات، تحت شرایط محیطی جدید، یک ابزار سودمند در اطلاع رسانی پرسنل مدیریت آفات باشد (Sutherst and et al, 2011). مدل‌های اقلیمی در ترکیب با الزامات زیست محیطی یک گونه آفت خاص می‌تواند ابزاری موثر برای پیش‌بینی دامنه احتمالی تغییرات در

مقیاس جهانی باشد. مدلسازی ریسک آفت و واکنش‌های گیاه میزبان آن به تغییرات اقلیمی، می‌تواند توانایی پیش‌بینی نتایج آلودگی به یک آفت را افزایش دهد (Reza and eta l, 2014).

توزیع بالقوه گونه‌های آفات در ابتدا توسط مدل‌های نیچ اکولوژیکی برآورد و تخمین زده می‌شود (ENMs). این مدل‌های را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود: مدلهای همبستگی و مدلهای مکانیکی. در مدل‌های همبستگی از مقادیر همبسته‌ی متغیرهای محیطی و سوابق شیوع، برای پیش‌بینی مناطق بالقوه کافی جهت گونه‌هایی خاص استفاده شده است. متداولترین مدل‌های همبستگی شامل MaxEnt، Bioclim، Random Forest و... هستند.

همانطور که اوانس و همکاران (۲۰۱۵) شاره نمودند مدلسازی همبستگی توزیع گونه‌ها، متداولترین رویکرد برای پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی است و به سنگ بنای سیاست تغییر اقلیم تبدیل شده است .

مدل‌سازی همبستگی یکی از پرکاربردترین مدلها برای پیش‌بینی تغییرات آینده در توزیع جغرافیایی گونه‌ها، ارزیابی نرخ انقراض و تعیین الویتها برای حفاظت از تنوع زیستی است. این مدل‌ها رابطه‌ی آماری بین توزیع جغرافیایی اخیر بین گونه‌ی آفت و تغییرات اقلیمی را شناسایی می‌کنند، که از این مورد برای پیش بینی تغییرات اقلیمی و پیشنهاد زیست گاه اقلیمی مناسب آن گونه، استفاده می شود (Luo 2011 ,).

نتیجه‌ی نهایی مدلهای همبستگی اغلب به شکل نقشه‌هایی که مناطق آب و هوایی مناسب آینده را برای گونه‌ای خاص نشان می‌دهد ارائه می‌گردد، سپس می‌توان کل مساحت آن را با محدوده‌ی جغرافیایی فعلی آن آفت مقایسه نمود تا بتوان ریسک آینده‌ی حضور و استقرار آن آفت را برآورد نمود.

مدلهای مکانیکی ابزارهایی برای پیش بینی هستند که از مقادیر متغیرهای محیطی یک منطقه‌ی معین در کنار مستندات موجود در مورد تحمل محیطی یک گونه‌ی خاص، استفاده می‌کنند (Kuomar, 2011). مدلهای مکانیکی توزیع گونه‌های متفاوت از مدلهای همبستگی هستند، چرا که این مدلها بررسی می‌نمایند که محیط، چگونه عملکرد فیزیولوژیکی را در یک منطقه خاص محدود می‌سازد. سپس توزیع گونه‌ها در آینده از طریق فرایند حذف، پیش‌بینی می شود، به موجب این راهکار مناطقی که عملکرد فیزیولوژیکی را تا حدی که بر توانایی بقا، رشد و یا تولیدمثل اثر گذار باشد، محدود می‌کنند، از توزیع نهایی حذف می‌شوند (Kearney, 2010). همچنین این موضوع نیز مطرح است که مدلهای مکانیکی رویکرد ارجح برای اغلب راهکارهای مدیریتی هستند زیرا قادرند فراتر از شرایط شناخته شده و موجود برون یابی کرده و صفاتی که جغرافیای زیستی را تعیین می‌کند جداسازی و شناسایی نماید.

CLIMEX مثالی از ابزار نرم افزاری مدلسازی نیمه مکانیکی است که از پارامترهای فیزیولوژیکی و رفتاری گونه‌های آفات و مقادیر متغیرهای اقلیمی، جهت پیش‌بینی در مورد زیست‌گاههای مناسب برای هر گونه، استفاده می‌نماید (Kriticos, 2015).

علاوه بر این، آنالیزهای کامل اقلیمی و داده‌های ثبت شده‌ی سابق، در کنار توسعه‌ی مدلهای مختلف فوق، پیش‌بینی ریسک آفات را تسهیل نموده‌اند. این امر را می‌توان در توسعه استراتژیهای فعال انعکاس داد تا جلوگیری از شیوع آفات و اقدامات کنترلی در شرایط تغییر اقلیم بهتر و کاراتر صورت گیرد (Yonow, 2018).

جلوگیری از شیوع آفات و انتقال پاتوژن

انتظار می‌رود که آفات واکنش سریعتری نسبت به گیاهان، در شرایط تغییرات اقلیمی نشان دهند، بنابراین یک سیستم مدیریتی آفات باید همیشه آمادگی جهت انعطاف پذیری و تغییرات را داشته باشد تا هم در برابر طغیان آفت موجود در یک منطقه و هم آفاتی که در حال جابجایی و حرکت به نقاط دیگر هستند، کارایی داشته و پایدار باشد. بنابراین CSPM شامل: ۱: پیشگیری از خسارت آفات مانند توسعه و اجرای راهکارها و برنامه‌های امنیت زیستی، هشدار دادن تهدیدات در سطح محلی و جلوگیری از ورود و گسترش آفات به منطقه، ۲: تشخیص زودهنگام و واکنش سریع مانند نظارت و برنامه‌های اقدام اظطراری برای تشخیص و ریشه‌کنی برخی گونه‌های آفات و ایجاد ظرفیت برای اجرای این برنامه‌ها و ۳: مدیریت، مانند ارزیابی و ایجاد معیار و مقیاس برای راه‌حلهای مدیریتی موجود، و توسعه راه‌حلهای جدید برای اطمینان از اینکه کشاورزانی که در مناطق روستایی هستند بهترین عملکرد و راه حلهای منطبق با منطقه خود را در اختیار داشته باشند.

تنوع کشت، انعطاف‌پذیری آفات و سلامت بیشتر مزارع و مراتع

مشخص گشته است که مزارعی با تنوع کشت بیشتر، انعطاف بیشتری به شرایط سخت اقلیمی مانند طوفان یا خشکی دارند . به همین دلیل CSPM تنوع محصول و کشت را توصیه و ترویج می‌دهد، که راهکاری برای افزایش تنوع، و همچنین فراوانی بیشتر دشمنان طبیعی است (Lin, 2011)، که این امر با ایجاد تنوع محصولات و تولیدات، قابل دسترسی است (مانند تغییر از تک کشتی به کشت نواری) که موجب ایجاد پناهگاههایی برای دشمنان طبیعی آفات گردیده و بنابراین این امر خود در مهار آفات کمک کننده است. به این منظور می‌توان از پوشش‌های گیاهی غیرزراعی یکساله و چند ساله استفاده نمود، که موجب افزایش تنوع کشت هم در شرایط مزرعه و هم در شرایط غیرمزرعه‌ای می‌شود (Lin, 2011). افزایش تنوع محصول می‌تواند ریسک ورود آفات را، به‌عنوان یکی از پیامدهای مخرب تغییر اقلیم، کاهش دهد. مهار آفات گیاه‌خوار، تشدید دشمنان طبیعی، و مهار و کاهش آسیب و خسارت به محصول، در سیستم‌های دارای تنوع کشت نسبت به کشت‌هایی که دارای گونه‌های کمتر گیاهی هستند، بسیار بیشتر است (Altieri, 2012). CSPM برخی دیگر از روش‌هایی که می‌توان برای افزایش انعطاف‌پذیری سیستم‌های کشاورزی به تغییرات اقلیمی از آنها استفاد نمود نیز ارائه می‌دهد، مانند: انتخاب تنوع محصول، تاریخ کشت، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و استفاده از مالچ (جدول ۱).

تقویت سیستم توسعه یافته‌ی پاسخگو به اقلیم

به دلیل مشکل بودن پیش‌بینی واکنش بیولوژیکی آفات به تغییرات اقلیمی، که این امر به دلیل پویایی توزیع و جمعیت آنها است، غیرمحتمل به نظر می‌رسد که در کوتاه مدت هر مدل معمولی بتواند شیوع و طغیان آفات براثر تغییر اقلیم را در مقیاس محلی، پیش‌بینی نماید (Lamichhane 2015,).

این امر به ناچار، موجب افزایش آسیب‌پذیری کشاورزان شده، که معمولاً باید تصمیمات حیاتی و فوری در واکنش به شرایط غیرقابل پیش‌بینی اتخاذ کنند، و این مسئله در کنار اثرات دیگر تغییرات اقلیمی منجر به بدتر شدن شرایط می‌گردد. اگر کشاورزان به اطلاعات صحیح در زمان مناسب دسترسی ندارند، این امر موجب ایجاد تهدیدی بزرگ برای تولید محصول، اکوسیستم کشاورزی و معیشت است.

یکی از مسیرهایی که در CSPM برای افزایش انعطاف پذیری به چنین وقایع غیرقابل پیش‌بینی توصیه و ترویج می‌گردد، یک سیستم توسعه‌ی ملی پاسخگوتر و بهبود لینکها و ارتباطات کاربردی بین بخشهای توسعه، تحقیقات و کشاورزان است.

این تجدید فعالیت سیستم مشاوره روستایی نقشی محوری دارد و باید منجر به توسعه‌ای شود که قادر باشد نقشی دوگانه را ایفا کن:

– کمک به تشخیص زودهنگام تهدید آفات، که این امر نیازمند کارکنان ماهری است که در جریان اطلاعات و آشنا با تکنولوژی‌های ارتباطات و فن‌اوریهای نوین (ICT)- مبتنی بر گزارشات و سیستم‌های تشخیصی- می‌باشند ().

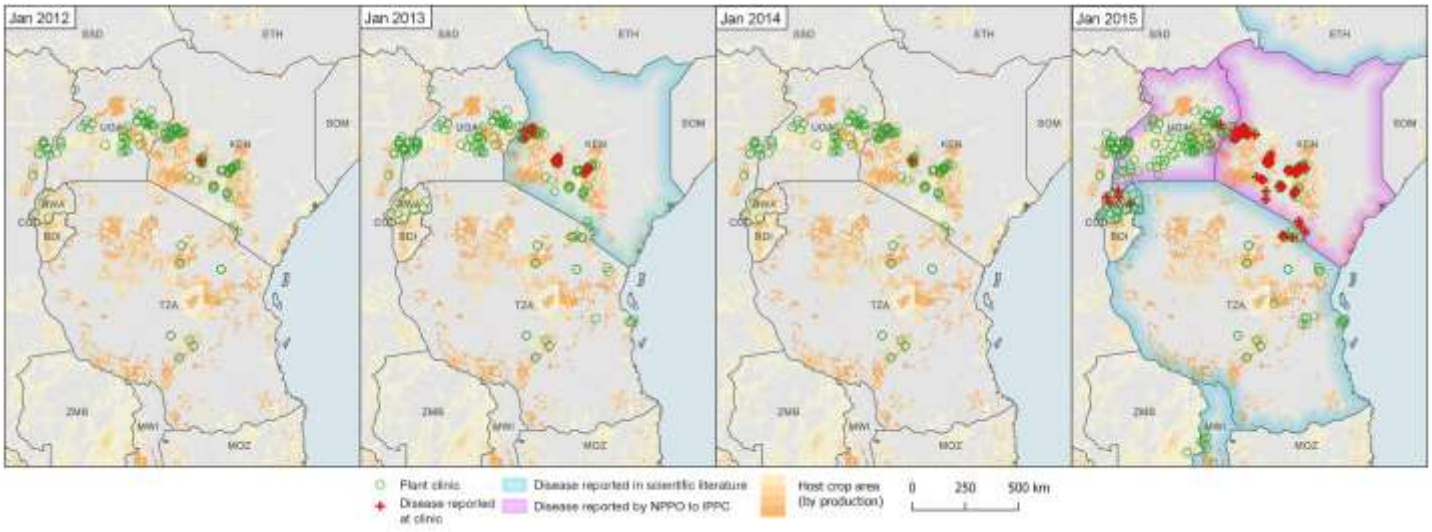
– تحویل مستقیم اطلاعات مدیریتی مبتنی بر دانش روز در مورد آفات به کشاورزان، مانند استفاده از کانال‌های ارتباطی مبتنی بر ICT، مانند موبایل، رادیو و یا تلویزیون، که راه‌هایی عمومی و مقرون به صرفه هستند (Heeb, 2016).

برای فعال کردن سیستم توسعه که بتواند این نقش‌ها را به طور کامل انجام دهد، باید سرمایه‌گذاری کمی (مانند افزایش نسبت کارکنان به کشاورزان و بهبود و توسعه‌ی فن آوریهای دیجیتالی) و سرمایه‌گذاری کیفی (مانند بازبینی برنامه های آموزشی توسعه‌ای و سرمایه گذاری در ایجاد علوم و دانش اقلیمی)، صورت گیرد.

همچنین توجه به مکانیسم‌های بخش خصوصی نیز مهم بنظر می‌رسد چرا که نقش مهمی را در سرمایه‌گذاری دارند و همچنین خرده مالکان بخش خصوصی در این امر سهیم هستند.

یک مثال موفق از ایجاد ظرفیت‌های نهادی لازم، سرویسهای توسعه، و توسعه‌ی سیستم‌های پشتیبانی و تکنولوژیهای مور نیاز، برای مشارکت در تشخیص زودهنگام و ارائه توصیه‌های مدیریتی برای آفات جدید، است، که توسط بیش از ۳۰ کشور در دنیا پذیرفته شده است. در این رویکرد، پرسنل مربوطه با تبلت‌های دستی مجهز شده، که جهت دستیابی به اطلاعات مدیریتی آفات است و قادر است آفات مشاهده شده را در زمان واقعی و بطور مستقیم از مزرعه ثبت کند. شکل ۲ نشان می‌دهد که چگونه حضور یک بیماری ویروسی ذرت توسط یک

آژانس توسعه‌ای مدتها قبل از اینکه بطور رسمی توسط مقامات ملی و مسئول گزارش شود، ثبت شده بود. که این امر نشان دهنده‌ی قدرت متحول کننده تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات (ICT) در اطلاع رسانی و نظارت در شرایط تغییر آفات، است.



شکل ۲- گسترش بیماری گیاهی در شرق آفریقا، ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵، که توسط داده‌هایی که توسط کارکنان بخش توسعه ثبت شده، نشان داده شده است، سازمان حفاظت گیاهی ملی(NPPO) این داده ها را در IPPC's (پورتال بهداشت گیاهی بین المللی) گزارش نموده است (جنر و همکاران ۲۰۱۹).

کاهش در میزان گازهای گلخانه ای:

مقادیر قابل توجهی از رهاسازی گازهای گلخانه‌ای، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، از طریق تولیدات کشاورزی، که بخشی از آن مرتبط با کنترل آفات کشاورزی است، در بحث تغییر اقلیم جهانی وجود دارد (Beddington, 2012). علاوه بر این مدیریت نامناسب آفات کشاورزی منجر به کاهش عملکرد محصولات و افزایش رهاسازی گازهای گلخانه‌ای به ازاء هر واحد تولید مواد غذایی، می‌شود. بنابراین پتانسیل زیادی برای تعدیل و اصلاح سیستم‌های کشاورزی درجهت کاهش این گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، وجود دارد. راهکارها برای کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای در CSPM به ۳ دسته کلی طبقه‌بندی می‌گردند. این دسته‌بندی شامل: ۱- کاهش انتشار، ۲- افزایش حذف (شامل ذخیره سازی کربن) و – اجتناب از انتشار، هستند (Smith, 2008).

کاهش انتشار

زمانی‌که CSPM به نحو احسن اجرا می‌شود و از دست رفتن عملکرد محصول را کاهش می‌دهد، به طور مستقیم در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازاء هر واحد تولید محصول، کمک نموده است (به عنوان مثال شدت

انتشار). به عنوان مثال کنترل بیماری‌های برگی در گندم زمستانه در انگلستان، از طریق استفاده از ارقام مقاوم و قارچکش‌ها، نشان داده که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به ازاء تولید هر تن دانه گندم، کاهش داده است (Berry, 2008). تیمارهای قارچکش در جو زمستانه میزان انتشار را ۱۱–۱۶ درصد و در جو بهاره ۸–۱۱ درصد کاهش داده است (Hughes and et al, 2011). با این حال کاهش کاربرد مواد شیمیایی در کشاورزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای یک برنامه بلند مدت در اهداف سازگاری و تطابق است، چرا که مشخص نموده است که کاهش یا اجتناب از استفاده از آفتکشها، انعطاف پذیری سیستم های کشاورزی به آفات غیرمنتظره و ناخواسته را، از طریق اثرات مثبت بر تنوع زیستی، افزایش می‌دهد. علاوه براین آفتکش‌ها می‌توانند به طور غیرمستقیم خساراتی در پی داشته باشند که هزینه‌های گزافی را در بلند مدت خواهد داشت، به عنوان مثال، از طریق ارتباط با سلامتی انسان و کیفیت آب مصرفی.

افزایش حذف:

مدیریت کارامد آفات می‌تواند در کاهش و حذف دی اکسید کربن از اتمسفر موثر باشد. به عنوان مثال، رویکردهای مدیریت آفات که منجر به عملکرد بالاتر محصول می‌شود نیز منتهی به اسیمیلاسیون (جذب و فعل و انفعالات کربن در گیاه) اضافی و بیشتر دی اکسیدکربن توسط گیاه می‌گردند (Kern and et al, 2012).

علاوه بر این، اهداف بلند مدت CSPM مانند حداکثر نمودن تنوع گیاهی و ماده آلی خاک (در شرایط کشاورزی حفاظتی) نه تنها موجب ذخیره نمودن کربن می‌شود بلکه می‌تواند موجب تشدید مقاومت و تحمل گیاه در برابر آفات شود. بنابراین مدیریت آفات می‌تواند به صورت بالقوه انتشار غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد، که در مورد مثال جو در انگلستان این امر ثابت شده است، که بدون استفاده از قارچکش، و با انتشار همان مقدار کربن به اتمسفر، ۱۶ درصد میزان زمین بیشتری برای تولید همان مقدار محصول مورد نیاز است، که این به دلیل تغییر در کاربری زمین است (Hughes and et al, 2011).

اجتناب از انتشار

برنامه‌های CSPM همچنین می‌تواند منجر به کاهش مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای به دلیل مدیریت آفات شود، که بر پایه‌ی رویکردهای مختلف مورد استفاده دررابطه با مدیریت حفاظت شده‌ی آفات در بسیاری از سیستم های کشاورزی است. تخمین زده می‌شود که تولید، حمل و نقل و کاربرد آفتکش‌ها جهت کنترل شته گیاه سویا منجر به انتشار سالیانه‌ی ۶ تا ۴۰ میلیون کیلوگرم معادلهای دی اکسید کربن (CO_2e) در ایالات متحده، از زمان حمله این آفت، شده باشد. پذیرش یک آستانه اقتصادی خسارت آفت، با هدف محدود کردن کاربرد آفتکش می تواند منجر به کاهش انتشار، حدوداً ۳۰۰ میلیون کیلوگرم CO_2e در سال شود (Heimpel and et al, 2013). محققینی دیگر نیز اشاره نموده اند که دشمنان طبیعی مانند کفشدوزک، قادر هستند موجب

مهار و کنترل جمعیت‌های شته به زیر این آستانه اقتصادی در بیش از نیمی از سطح زیر کشت سویا در آمریکا شوند، که موجب اجتناب از انتشار سالانه‌ی بیش از ۲۰۰ میلیون کیلوگرم دی اکسید کربن می‌شود. این مثال‌ها نشان داد که اگرچه تولید آفتکش به تنهایی، فقط حدود ۹ درصد از کل انرژی مصرفی محصولات زراعی را شامل می‌شود (Audsley and et al, 2013)، اما پتانسیل کلی قابل توجهی برای جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه ای دارد. مثالهای فوق نشان داده است که حفاظت از محصول و انتشار گازهای گلخانه ای دو امر بهم پیوسته و مرتبط هستند. در هر صورت، این مسئله را که آیا تراز خالص گازهای گلخانه ای ناشی از حفاظت از محصولات کشاورزی مثبت است یا منفی، هنوز مشکل بتوان توضیح داد (Kern and et al, 2012)، زیرا نوع حفاظت گیاهی (به عنوان مثال شیمیایی یا بیولوژیکی) قویاً هم بر انتشار مستقیم گازهای گلخانه ای از طریق عملیاتهای کنترل آفت و هم بر شدت کلی انتشار به ازاء هر واحد تولید غذا، اثرگذار است. به هر حال، بر اساس دانش کنونی، قابل قبول به نظر می رسد که عدم استفاده از کنترل شیمیایی آفات می تواند شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده و تلاش‌های سازگاری راهکارهای CSPM را هم به خطر نمی اندازد.

افزایش بهره وری، بهبود معیشت مزارع و تقویت امنیت غذایی

هدف فراگیر CSPM افزایش پایدار تولیدات و درآمد است. این امر به معنای برگرداندن عملکرد محصول به قبل از شرایط آلودگی و اطمینان از این امر است که تولید مواد غذایی مطابق با استانداردهای ملی و بین المللی است (به عنوان مثال از بابت باقیمانده آفتکش‌ها)، تا خرده مالکان بتوانند محصولات خود را به بازارهای داخلی و خارجی ارسال نموده و ایجاد درامد کنند. همانطور که پیش از این نیز ذکر شد راهکارهای IPM متعددی که در واقع آنها نیز زیرمجموعه‌ی CSPM در نظر گرفته می‌شوند ارائه شده است و منجر به افزایش عملکرد محصول می‌شوند. این راهکارها مانند انتخاب ارقام مقاوم به آفت، کشت مخلوط، استفاده از گیاهان پوششی، استفاده از مالچ، سیستم کم خاکورزی و دیگر راهکارهای مدیریتی خاک، هستند. از سوی دیگر ممکن است بین روشها تداخل نیز وجود داشته باشد (در CSPM و بین CSPM و دیگر عملیاتهای CSA)، بنابراین پیش‌بینی و مقابله با هر گونه اثر منفی روشهای جدید، که اثرگذار بر عملکرد محصول باشد، مهم به نظر می‌رسد. به عنوان مثال، گیاه کاساوای مقاوم به خشکی که جهت مقابله با تغییرات اقلیمی کشت شده است، مشخص گردیده که به آلودگی شپشک آرد آلود (*Phenacoccus herreni*) در آمریکای شمالی حساس‌تر است، و خود شپشکها نیز با نرخ پایین‌تری پارازیت می‌شوند، که نشان دهنده سطح کمتر کنترل آفات و در نتیجه کاهش عملکرد است (Thomson and et al, 2010). با پیش‌بینی چنین اثرات منفی، کاهش عملکرد در نتیجه‌ی تغییرات اقلیمی را می‌توان کمتر نمود و یا بالکل از آن اجتناب کرد.

چالشهای سازگاری مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم

استفاده از شیوه‌های پایدارتر، در روش‌های مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم با افزایش کاربرد آفت‌کشها که استراتژی اصلی بسیاری از کشاورزان برای کنترل آفات است، به کندی پیش می‌رود. اغلب، مسائلی که در سطح مزرعه مانع اتخاذ استراتژیهای پایدار هستند مد نظر قرار می‌گیرد و مورد تاکید بیشتری است، اما موانعی که در سطح نهادهای توسعه‌ای، تحقیقاتی و سیاسی وجود دارند، اگر مورد توجه قرار گرفته و رسیدگی شوند، به طور قابل توجهی موجب تشدید و تسریع در تطابق رویکردهای پایدارتر مدیریت هوشمند آفات در شرایط تغییر اقلیم، خواهند شد.

تولید محصول (مزارع و مراتع)

موانعی که مانع پذیرش شیوه‌های CSPM می‌شوند شامل فقدان دانش و علم کافی در رابطه با شیوه‌های هوشمند کنترل آفات اقلیمی، کمبود منابع، اندازه کوچک مزارع، عدم آگاهی و هزینه‌های بالقوه‌ی بالا، هستند. تطابق به تغییرات اقلیمی در سطح مزرعه همچنین تحت تاثیر تمایل و توانایی پرداخت برای فناوریهای موجود، ریسک اجرای یک رویکرد جدید، هزینه اجرا، جمعیت شناسی، اندازه مزرعه، سواد اقلیمی کشاورزان، تعداد خانوار و درآمد، جنسیت، دسترسی به بازارها، استفاده از اطلاعات اقلیمی و میزان اعتبارات موجود، است (Boansi and et al, 2018). به لحاظ غلبه بر برخی موانع، توسعه‌ی رویکردهای CSPM مطابق با شرایط محلی در سطح مزارع و مراتع، استفاده از رویکردهای مشارکتی و از سطوح پایین جامعه به بالا که جامعه روستایی و کشاورزی، پرسنل بخش ترویج و محققین را درگیر این مسئله نماید، می تواند برای افزایش آگاهی و دانش اثرات تغییر اقلیم، افزایشدرک منابع فیزیکی، مالی و اجتماعی، کمک کننده باشد، و موجب ایجاد انگیزه و تشویق اقدامات سازگاری/ کاهشی در این زمینه شود. ترویج ایجاد مکانیسم‌های مالی بخش خصوصی و دولتی (مانند دستیابی به اعتبارات خرد) نیز باید در اولویت باشد چرا که می‌تواند موجب تشویق کشاورزان جهت تطابق با روشها و رویکردهای جدید باشد.

توسعه

از مهم‌ترین ویژگیهای یک مرکز ترویجی می‌توان به تأثیرگذار و پاسخگو بودن، در دسترس و مطلع بودن اشاره نمود، که کشاورزان را در صورت تغییر راهکارهای مدیریت آفات، در شرایط تغییر اقلیم، آگاه و مطلع می‌سازد. با این حال بسیاری از سیستم‌های ترویجی در برخی کشورها فاقد این ویژگی هستند و بنابراین به طور غیرمستقیم موجب محدود شدن پتانسیل کشاورزان جهت سازگار شدن با شرایط اقلیمی، می‌شوند. برخی دلایلی که این کاستی‌ها را نشان می‌دهد مانند فقدان علم و دانش اقلیمی در میان کارکنان بخش توسعه و ترویج، کم کاری، بودجه عملیاتی محدود، ضعف ارتباط با سایر نهادهای دخیل در این امر از لحاظ فن اوریهای نوین، و عدم دسترسی آسان کشاورزان به خدمات مشاوره‌ای، می‌باشد (Heeb and et al, 2016). سرمایه گذاریهای

بخش خصوصی و دولتی برای ایجاد یک ارتباط خوب و موثر، اطلاع رسانی مناسب و سیستم ترویجی پاسخگو که سرعت سازگاری و تطابق استراتژیهای CSPM را تشدید نماید، مورد نیاز است. توسعه دیجیتالی در این نوع اصلاحات، ابزاری مورد نیاز خواهد بود و این توسعه، پتانسیل افزایش کارایی، فراگیر بودن و تاثیر دوچندان را دارد. مثال خوبی از اینکه چگونه یک همکاری مشترک بخش خصوصی و دولتی منجر به یک سیستم ترویجی با منابع خوب و مناسب در برابر تغییرات اقیلمی است، "فدراسیون تولید قهوه کلمبیا" است (FNC). در سال ۱۹۵۹ FNC سیستم ترویجی خود را ایجاد کرد و به طور مداوم عملیاتهای خود را ارتقاء داده است. امروزه ۱۵۰۰ پرسنل ترویجی استخدام نموده است و به بیش از نیم میلیون کشاورز تحت نظر خود خدماتی چون سیستم‌های هشدار اولیه بر پایه آنالیز داده‌های هواشناسی و مدلسازی، صدور بولیتنهای ماهیانه در رابطه با تغییرات اقلیمی پیش بینی شده، ارائه مشاوره مدیریتهای زراعی از طریق کانالهای ارتباطی (مانند کتابچه راهنمای رشد، رادیو، خطوط تلفن و...) اصلاح واریته‌های انعطاف‌پذیر به شرایط اقلیمی و آفات و...، و توزیع آن بین کشاورزان، ارائه می‌دهد. برای تأمین مالی نهادهای فرعی مسئول این خدمات، FNC توسط یک صندوق دولتی- خصوصی تأمین مالی می‌شود (صندوق ملی قهوه). این صندوق توسط FNC اداره شده و تأمین مالی آن از طریق مالیات متغیر بر صادرات قهوه که مورد توافق FNC و دولت کلمبیا می باشد، است. با این مدل مالی، هزینه‌ی عملیات‌های مدیریتی محصولات ویژه از طریق تولید کنندگان است، در عوض کشاورزان کوچک تولید کننده قهوه برخی خدمات در کنار مزایایی دیگر، مانند کنترل نوسانات قیمت و ضمانت خرید، دریافت می‌کنند. این نشان می‌دهد که چگونه یک مشارکت بخش خصوصی و دولتی می‌تواند یک مدل مالی پایدار را عملی کند که قادر باشد هزینه‌های تولید را جذب نموده در حالی‌که برای تمام زنجیره‌ی دخیل در این امر منافعی نیز در خود داشته باشد.

پژوهش و تحقیقات

در یک سیستم سلامت گیاهی کارامد و موثر، حمایت و پشتیبانی موسسات تحقیقاتی و تعهد این موسسات به انجام تحقیقات مورد نیاز، یک پیش نیاز ضروری و لازم جهت توسعه و اجرای استراتژیهای جدید CSPM است. به هر حال، موانعی که در کشورهای در حال توسعه وجود دارد مانع از عملکرد این موسسات آنگونه که باید باشد، می‌شود. مثالی برای چنین موانعی مانند: کاهش در بودجه و کاهش در تخصص‌های مربوطه (Lamichhane and et al, 2015)، آموزش ناکافی در گیاهپزشکی برای تربیت نیروی متخصص و با مهارت در زمینه حفاظت محصولات گیاهی، تحقیقات محدود در زمینه عملیات‌های مدیریتی پایدار و ضعف در همکاری و هماهنگی‌ها در تحقیقات منطقه‌ای (Machekano and et al, 2017). سرمایه‌گذاری مالی و منابع جهت افزایش ظرفیت و دانش در موسسات تحقیقاتی ملی و بین المللی، و اطمینان از اینکه فعالیت این موسسات مرتبط با بخشهای توسعه‌ای

است، و همچنین دارا بودن امکانات تشخیصی و سرویس‌های اطلاعاتی اقلیمی، به این امر کمک خواهد نمود که اطمینان حاصل کنید که تحقیقاتی مبتنی بر نیاز، و هماهنگ با سایر بخش‌ها وجود دارد.

بخش عمومی

سیاست‌های دولتی و ابزارهای نظارتی نیازمند جهت‌دهی و راهنمایی برای دیگر نهادها و ذینفعان نیز هستند تا امکان برنامه‌ریزی مناسب برای سازگاری با شرایط اقلیمی و هدف گذاری موثر منابع مالی و غیر مالی، وجود داشته باشد. با این‌حال، چالش‌هایی برای عملی نمودن ین امر در برخی کشورها وجود دارد، مانند این حقیقت که سیاست‌های موجود با تحقیقات هماهنگ نبوده و بر اساس نیازهای محلی و منطقه‌ای در آن کشورها، اطلاع رسانی نمی‌گردند (Ampaire and et al, 2017). علاوه بر این، کمبود بودجه و کمبود تخصص مربوطه در زمینه حفاظت گیاهی هم وجود دارد (**لویی و همکاران ۲۰۱۶**). ایجاد صندوقهای مالی ملی که توسعه‌ی برنامه‌های سازگاری و کاهش مخاطرات را حمایت می‌کند، موجب حمایت از این سیاستها می‌شود. این امر به نوبه خود موجب تحریک بخشهای مالی، تجاری، جامعه مدنی و نهادهای بین المللی برای تعیین بودجه در سطوح مختلف و به مرحله اجرا درآمدن این برنامه‌ها می‌شود. چالش‌های مختلفی در پیاده‌سازی CSPM وجود دارد اما لزوماً نباید به صورت مجزا در نظر گرفته شوند. برخی از این چالشها بهم پیوسته و وابسته هستند، و برای کارایی بهتر باید به صورت بین رشته‌ای برنامه‌ریزی شوند تا در رفع موانع و گشودن حداکثر فرصتها برای تکنولوژیها و رویکردهای CSPM موثر باشند. با هدف‌گذاری دقیق مواردی چون انتقال دانش، افزایش آگاهی، افزایش سرمایه-گذاری و توسعه سیاستها، موانع و مشکلات در بیشتر موارد قابل بررسی است.

هزینه‌ها، مزایا و بودجه برای مدیریت هوشمند اقلیمی آفات

هزینه‌های اجرای CSPM بستگی به موارد مورد نیاز برای تولید محصول (مزرعه و زمین)، توسعه و ترویج و تحقیقات دارد، و باید با توجه به مزایای مالی و غیرمالی کوتاه مدت و بلند مدت بررسی گردد. در سطح مزرعه، CSPM می‌تواند بر هزینه‌های نهاده‌ها و عملکرد محصول، اثرگذار باشد. هنوز تجزیه و تحلیل هزینه–مزایا برای CSPM موجود نیست اما تحلیلهای IPM (که تا حدی با CSPM در سطح تولید محصول همپوشانی دارد) نشان داده است که IPM عملکرد محصول را تا ۴۱ درصد افزایش داده، استفاده از آفتکش را بطور میانگین حدوداً ۳۱ درصد کاهش داده، و در اغلب موارد بازده خالص را افزایش می‌دهد (Pretty and Bharucha, 2015). در هر صورت ارزیابی مزایای مالی IPM همچنان پیچیده است، چرا که بسیاری از پروژه‌های IPM شامل مداخلاتی فراتر از مدیریت آفات است. CSPM و IPM همچنین از طریق کاهش هزینه‌های خارجی منفی موجب ایجاد مزیت می‌شوند. این هزینه‌ها قابل توجه هستند، مانند آلودگی آبهای زیرزمینی بر اثر استفاده از آفت‌کشها که فقط در ایالات متحده بیش از ۲ میلیارد دلار در سال است (Pimentel,2005)، و یا اینکه در سرتاسر جهان از هر ۱۰۰

کارگر کشاورزی بین ۱ تا ۳ نفر دچار مسمومیت حاد با آفتکش‌ها می‌شوند که منجر به مرگ بسیاری از آنها می‌گردد، و اگرچه سهم کشورهای در حال توسعه تنها ۲۵ درصد مصرف آفتکشها است، اما ۹۹ درصد مرگ و میر ناشی از مسمومیت آفتکشها در این کشورها ثبت شده است (Chakraborty and Newton, 2011). علاوه بر این، در معرض آفتکش‌های شیمیایی بودن در دوران بارداری می‌تواند موجب افزایش پیامدهای نامطلوب در نوزادان متولد شده به میزان ۹-۵ درصد گردد (Larsen and et al, 2017). یک تحلیل در رابطه با مزایای پروژه IPM در ۵ روستای فیلیپین نشان داده است که مزایای زیست محیطی آن ۱۵۰۰۰۰ دلار است، که این عدد نشان دهنده‌ی این است که نیاز به محاسبه‌ی مزایای غیرمالی نیز در ارزیابی کارایی این تکنولوژی ضروری است (Cuyno and et al, 2001).

در سطح ملی، هزینه‌ها و مزایای CSPM می‌تواند قابل توجه باشد. استقرار یک سیستم توسعه ملی قادر به ایفای یک نقش دوگانه است که پیش از این شرح داده شد که نیازمند سرمایه‌گذاری‌های مهم در بخش توسعه منابع انسانی و زیرساختها است. متاسفانه سرمایه گذاری در توسعه و ترویج در دهه‌های اخیر، علی رغم این مطلب که شواهد نشان داده است بازده سرمایه‌گذاریها می‌تواند قابل توجه باشد، کاهش یافته است، به‌عنوان مثال یک آزمون تصادفی کنترل شده چند ساله (RCT) در کنیا بین سالهای ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ انجام شده است. (RCT) به عنوان دقیق ترین روش استاندارد آزمون فرضیه، جهت ارزیابی تاثیر، شناخته می‌شود. این آزمون نشان داد که در حالیکه مجموع هزینه‌های بخش سلامت گیاهی قابل توجه بود (۶۶۹۰۰۰ دلار آمریکا تنها در سال ۲۰۱۷)، مزایای این برنامه (که از طریق اثرات بر تولید و درآمدها حاصل شده است) بیش از ۱۹۱۴۰۰۰ دلار بود. این میزان، نسبت سود به هزینه‌ی ۲,۹:۱ و نرخ بازده داخلی (IRR) ۵۴ درصد را می‌دهد (انستیتو تحقیقات آمریکا ۲۰۱۸)، بنابراین ثابت می‌کند که اگرچه هزینه‌های ارتقاء سیستم‌های توسعه بالا هستند اما از سوی دیگر مزایای آن بسیار بیشتر از هزینه است. تجزیه و تحلیلی دیگر، میانگین (IRR) را برای سرمایه‌گذاری در توسعه، ۸۰ درصد تخمین زده است (GFRAS 2012، Dercon and et al, 2009). همچنین برنامه خدمات ملی مشاوره‌ای (NAADS) در اوگاندا برآورد نموده است (IRR) هزینه‌های برنامه بین ۸ تا ۴۹ درصد همراه با افزایش در درآمد ناخالص کشاورزان بین ۳۷ تا ۹۵ درصد بوده است (Benin and et al, 2011). فراهم شدن بودجه برای CSPM نیازمند تلاش مشترک و هماهنگی بین بخش عمومی/خصوصی و کارکنان داخلی/ بین المللی است، زیرا بسیاری از مشکلات آفات باید با یک رویکرد فرامرزی حل شوند. بررسی‌ها در چندین کشور شامل رواندا، سریلانکا، بولیوی، کامبوج و میانمار، نشان داده است که نیازمند به مدیریت آفات در سطح ملی، طبق تجزیه و تحلیل‌های NDCs، هستند. پیشنهادهای مالی مشخص تحت چهارچوب‌های موجود و کانالهای مالی، مانند National Appropriate Mitigation و Green Climate Fund، باید اکنون مورد بررسی قرار گیرند تا اجرای CSPM آغاز شود. برای دهه‌های آینده، جهان نیازمند تأمین بودجه قابل توجهی به صورت بین المللی است. شایان ذکر است که بسته‌ی اقلیمی Katowice در چهارچوب COP24 (نوامبر ۲۰۱۸) ایجاد شده است که شامل دستورالعملی است

که مربوط به فرایند تعیین اهداف جدید در امور مالی از سال ۲۰۲۵ به بعد است که آغاز آن حمایت از کشورهای در حال توسعه از سال ۲۰۲۰به میزان ۱۰۰میلیارد دلار در سال است (UNFCCC 2018). بنابراین این سند تعیین اهداف بلندپروازانه تری را برای حمایت از اقدامات اقلیمی در کشورهای در حال توسعه، حمایت می‌کند. این امر دستاورد بزرگی برای اجرای رویکردهای CSPM که دارای مزایای زیادی است، به همراه دارد. یک راه جایگزین برای تأمین بودجه CSPM ازطریق سیاستهای عمومی و تشویق جذب از طریق سازوکارهای قانونی است، مانند سیستم‌های مبتنی بر تشویق (مانند مالیات، یارانه‌ها و یا پرداختهای مستقیم). یافته‌های تحقیقاتی اثباتی بر این موضوع هستند که توسعه چنین سیستم‌هایی به چه میزان ارزشمند است، چنانچه این سیستم‌ها قادر هستند در کشاورزی اثرات متقابل مختلف را بهتر به سمت اجرای اهداف محلی هدایت کنند، تا شیوه‌های مدیریتی صحیح برای نتایج قابل مشاهده، و با سرعت بیشتر اجرا گردند (لارسن ۲۰۱۹).یک سیاست شناخته شده و در حال انجام، با هدف تشویق کشاورزان به کار به شیوه‌ی کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست، سیاست کشاورزی معمول و مشترک در اتحادیه اروپا است (CAP)، که به عنوان مشارکت بین بخش کشاورزی و جامعه، و بین اروپا و کشاورزان آن، تعریف شده است (کمیسیون اروپا ۲۰۱۸a). CAP مشخص ساخت که فشار کارایی- هزینه ممکن است بر عملکرد کشاورزان در برابر ورودی و نهاده بالا، در کشاورزی ناپایدار، اثرگذار باشد. بنابراین از طریق اقدامات حمایت از درآمد، CAP کشاورزان را از طریق پرداخت به انها جهت تامین کالاهای عمومی (مانند تنوع کشت، آب تمیز و هوا) که مستقیماً برای خرید از مارکت بهایی برای آنها پرداخت نمی‌شود، تشویق می‌کند تا کشاورزی سازگار با محیط زیست را برگزینند. در حالیکه برخی معتقدند راهکارهای CAP محافظه کارانه بوده و یا به کشورهای در حال توسعه آسیب می‌رساند، اما این سیاست شامل برخی ابزارهای موثر است که موجب بهبود استفاده پایدار از محصولات حفاظت گیاهی می شود (مانند پرداخت مستقیم، پرداخت مستقیم سبز، قوانین سازگاری متقابل و معیارهای کشاورزی-زیست محیطی) (کمیسیون اروپا ۲۰۱۸ b) که به موازات رویکردهای CSPM است . به هر حال در کنار برخی نتایج مثبت، همان‌طور که در گزارش کلی در رابطه با استفاده پایدار از آفتکش‌ها قید شد (کمیسیون اروپا ۲۰۱۷)، یک انتقاد نیز از CAP این است که هیچ ابزار اجباری برای تشویق گذار به سوی کشاورزی کم نهاده، ندارد، هنوز دستورالعمل اتحادیه اروپا در استفاده پایدار از آفتکشها در CAP ادغام نشده است (PAN 2018) ، همچنین شایان ذکر است که CAP دارای هزینه‌هایی نیز می‌باشد (۵۸,۸۲ میلیارد یورو در سال ۲۰۱۸، تنها ۴۱,۷۴ میلیارد یورو آن برای حمایت از درآمد است) (کمیسیون اروپا ۲۰۱۸a) . به هر حال، باید در نظر گرفت که این هزینه‌ها مرتبط با هزینه‌های خارجی ناشی از کشاورزی است، که برای آفتکشها (و اثرات انها بر سلامت انسان و محیط زیست) تنها در انگلستان ۲۵۷ میلیون دلار و در آلمان ۱۶۶ میلیون دلار، تخمین زده شده است (Pretty and Viable, 2005). در هر صورت، همانطور که پیش از این شرح داده شد برخی کشورهای در حال توسعه دچار کاهش بودجه عمومی برای اقداماتی هستند که موجب تسهیل اجرای روشهای CSPM می‌شود. این امر مستلزم مدلهای مالی جایگزین،

به عنوان مثال از طریق بخش خصوصی و یا از طریق شناخته شدن در بازارهای مواد غذایی است (مانند استانداردهای غذایی). ادغام شیوه‌هایCSPM مبتنی بر مزرعه در استانداردهای داوطلبانه مبتنی بر محصول موجود (مانند تجارت منصفانه، اتحادیه جنگلهای بارانی) فرصتی را برای مصرف کنندگان فراهم می‌سازد تا تولیدکنندگان را به اتخاذ شیوه‌های پایدار تشویق کنند. از سوی دیگر، استانداردهای صدور گواهی زنجیره‌ی عرضه (به عنوان مثال RSPO) می‌تواند به ویژه برای کالاهای کشاورزی جذاب باشد و از بودجه اضافی بخش خصوصی برای جذب CSPM استفاده کند. همچنین شرکتهای خرده فروشی تاثیر چشم‌گیری بر زنجیره ارزش بالادست خود دارند (از جمله کشاورزان) که از طریق انتخاب نوع و کیفیت محصولات غذایی بر فروش اثرگذارند. این انتخاب نه تنها تقاضا و سود است، بلکه شامل یک بعد مسئولیت اجتماعی مشارکتی نیز است که می تواند منجر به معاملاتی در جهت حمایت از پذیرش رویکردهای CSPM شود. هر دوی این سیستمها (بازارهای محصولات غذایی و سیاستهای بخش عمومی) برای IPM به خوبی در اروپا تثبیت شده اند اما نیازمند مصرف کنندگانی است که مایل به پرداخت مبلغ بالاتر باشند و همچنین نیازمند یک بخش دولتی که قادر به جبران اثرات خارجی مثبت و یا منفی باشد (Lefebvre and et al, 2015).

تعامل و اثرات متقابل با دیگر شیوه‌های هوشمند اقلیمی در کشاورزی

CSPM به دلیل ارتباط آن با روشهای CSA در سطوح مزرعه‌ای و ملی و رویکردهای آنها، یک رویکرد مستقل نیست. کشاورزانی که به دنبال اتخاذ اصول CSPM هستند با چالشهای متعددی روبرو بوده و نیازمند راه حلهای سازگاری- کاهشی هستند. ادغام و همگرایی بین CSPM و شیوه های CSA متعدد است، زیرا CSPM در سطح مزرعه نه تنها عوامل زیستی را در نظر می‌گیرد، بلکه عوامل غیرزنده (مانند تغذیه‌ی گیاهی) و اصول زراعی (مانند مدیریت خاک) را نیز در برمی‌گیرد. شیوه‌های CSA مانند مدیریت مواد تغذیه‌ای خاص در مزرعه، مدیریت یکپارچه حاصلخیزی خاک، کشاورزی حفاظتی، اصلاح گیاهان مقاوم به شرایط اقلیمی یا استراتژیهای تنوع محصولات، برای موفقیت بیشتر به CSPM نیازمند هستند. توجهی ویژه باید به تراز کردن رویکردهای CSPM با CSA، با هدف افزایش واکنش و پاسخ جنسیتی (زنان و مردان دخیل در امر تولید) معطوف گردد، زیرا با وجود اینکه زنان مسئول بیش از نیمی از تولید مواد غذایی که در سرتاسر جهان تولید می‌شود، هستند، اما سهم آنان از عملکرد ۳۰-۲۰ درصد کمتر از مردان است که این امر به دلیل کاهش دسترسی آنها به اطلاعات کشاورزی است (فائو ۲۰۱۱). بنابراین، برنامه‌ریزی متناسب با جنسیت یک جزء اساسی برای موفقیت CSPM است. یک ارزیابی احتمال جذب تکنولوژی هوشمند اقلیمی در شرق آفریقا، (یک رویکرد کم هزینه برای کنترل ساقه‌خوار ذرت مانند *Chilo spp* و علف جادو (گونه‌های جنس استریگا، *Striga spp*) (ضمن افزایش حاصلخیزی خاک)، نشان داده است که زنان مایل به ادامه استفاده و ارتقاء این فناوری بودند، واقعیتی که می‌توان آن را به ترجیح و تمایل زنان به این فناوریها نسبت داد.

جمع‌بندی:

فائو پیش‌بینی نموده است که تولید جهانی غذا، به دلیل نیازهای جمعیت روبه رشد جهان و تغییر رژیم غذایی، نیازمند افزایش ۶۰ درصدی است (Alexandratos and Bruinsma, 2012). در هر صورت تغییر اقلیم پیش از این نیز اثراتی بر کشاورزی داشته است، مانند اثرات آن بر بیولوژی، پراکنش و پتانسیل شیوع آفات در تمامی مزارع و منابع طبیعی. به موازات و همزمان با این موضوع، کشاورزی نیز یک محرک مهم در تغییرات اقلیمی است، چرا که دومین تولید کننده گازهای گلخانه‌ای در دنیا است(IPCC 2014). کاهش تأثیر آفات بر امنیت غذایی جهانی، کاهش استفاده از آفتکشها و کاهش تولید گازهای گلخانه ای به ازاء تولید هر واحد مواد غذایی، بیش از هر زمان دیگری اهمیت دارد. این امر مستلزم اجرای فوری استراتژیهای سازگاری در مزارع و مراتع جهت کاهش آسیب‌پذیری کشاورزان به صورت انفرادی و کاهش خسارت به کل اقتصاد کشاورزی نسبت به اثرات مخرب تغییرات اقلیم است، و همچنان نیازمند تلاشهایی جهت کاهش تغییرات اقلیمی جهانی است، تا تولید مواد غذایی و معیشت در جهان حفظ گردد. در این زمینه، رویکردهای CSPM به دنبال حمایت از کشاورزان، کارکنان ترویج، محققین و ذینفعان بخش خصوصی و دولتی، جهت هماهنگ عمل نمودن و جهت گیری مجدد مدیریت آفات و توسعه یک محیط مناسب برای مدیریت تهدیدات آفاتی که در حال تغییر و تکامل بر اثر تغییر اقلیم هستند، و همچنین تهاجمات بیشتر آفات در مناطق، است. پیش‌بینی شده است که این رویکرد می‌تواند سیاست‌گذاران را در توجه به CSPM، به‌عنوان راهکاری برای دستیابی به تعهداتشان در توافقنامه پاریس، همانطور که در NDCs مشخص شده است، حمایت و یاری نماید.

منابع

1-Alexandratos N, Bruinsma J (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision, vol 12, no 3. ESA Working paper FAO, Rome.

2- Altieri MA (2012). Insect pest management in the agroecosystems of the future. Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Anno LX 40:137–144.

3-Ampaire EL, Jassogne L, Providence H, Acosta M, Twyman J, Winowiecki L, van Asten P (2017). Institutional challenges to climate change adaptation: a case study on policy action gaps in Uganda. Environ Sci Policy 75:81–90

4-Andrew, N.R.; Hill, S.J. (2017). Effect of climate change on insect pest management. In Environmental Pest Management: Challenges for Agronomists, Ecologists, Economists and Policymakers, 1st ed.; Coll, M., Wajnberg, E., Eds.; John Wiley and Sons Ltd.: Hoboken, NJ,USA. pp. 197–215, ISBN 978-1-119-25555-0.

5-Audsley E, Stacey KF, Parsons DJ, Williams AG (2009). Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use.

6-Barzman M, Lamichhane JR, Booij K, Boonekamp P, Desneux N, Huber L, Kudsk P, Langrell SRH, Ratnadass A, Ricci P, Sarah J-L, Messean A (2015). Research and development priorities in the face of climate change and rapidly evolving pests. In: Lichtfouse E (ed) Sustainable agriculture reviews, vol 17.Springer, Cham, pp 1–27.

7-Bebber DP, Ramotowski MA, Gurr SJ (2013). Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. Nat Clim Change 3:985–988.

8-Beddington J, Asaduzzaman M, Clark M, Fernández A, Guillou M, Jahn M, Erda L, Mamo T, Van Bo N, Nobre CA, Scholes R, Sharma R, Wakhungu J (2012). Achieving food security in the face of climate

change: final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), Copenhagen, Denmark.
9-B**enin S, Nkonya E, Okecho G, Randriamamonjy J, Kato E, Lubade G, Kyotalimye M (2011).** Returns to spending on agricultural extension: the case of the National Agricultural Advisory Services(NAADS) program of Uganda. Agric Econ 42:249–267.
10-Berry PM, Kindred DR, Paveley N (2008). Quantifying the effects of fungicides and disease resistance on greenhouse gas emissions associated with wheat production. Plant Pathol 57:1000–1008.
11-Boansi D, Tambo JA, Müller M (2018). Intra-seasonal risk of agriculturally-relevant weather extremes in West African Sudan Savanna. Theor Appl Climatol.
12-Cagan L, Tancik J, Hassan S (1998) Natural parasitism of the European corn borer eggs *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep., Pyralidae) by Trichogramma in Slovakia—need for field releases of the natural enemy. J Appl Entomol 122:315–318.
13-Carvajal.M, K. Kardweel, A.Nelson, K.A. Garrett, B.Jiovani, S.Kamoun ,J.P. Legg and V. Verdier. (2019). A global surveillance system for crop diseases.Science, vol: 364, No: 6447, 1237-1239.
14-Chakraborty S, Newton AC (2011). Climate change, plant diseases and food security: an overview. Plant Pathol 60:2–14.
15-Cock MJW, Biesmeijer JC, Cannon RJC, Gerard PJ, Gillespie D, Jiménez
JJ, Lavelle PM, Raina SK (2013). The implications of climate change for positive contributions of invertebrates to world agriculture. CAB Rev Perspect Agric Vet Sci Nutr Nat Resour 8:28.
16-Coakley SM, Scherm H, Chakraborty S (1999.). Climate change and plant disease management. Annu Rev Phytopathol 37:399–426.
17-Cock MJW, Tang R, Liu Z, Wan H, McGillivray LA, Thomas SE, Cameron KH, Zhang F (2016). The main agricultural pests and diseases of China and implications for the use of remote sensing for their management. CAB Rev 11:14.
18-Cock MJW (2011). Strategic entry points for funding taxonomic support to agriculture in developing countries. CABI Working Paper 3, 32 pp.
19-Cock MJW, Beseh PK, Buddie AG, Cafá G, Crozier J (2017). Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. Sci Rep 7:4103.
20-Cuyno LCM, Norton GW, Rola A (2001). Economic analysis of environmental benefits of integrated pest management: a Philippine case study. Agric Econ 25:227–233.
21-Dercon S, Gilligan DO, Hoddinott J, Woldehanna T (2009). The impact of agricultural extension and roads on poverty and consumption growth in fifteen Ethiopian villages. Am J Agric Econ 91:1007–1021.
22-Doody. A. (2020). Pests and diseases and climate change: Is there a connection?. Food and agriculture organization of the united nations.
23-FAO. How to Practice Integrated Pest Management. Available online: http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/compendium/tools-guidelines/how-to-ipm/en/
.
24-Evans, T.G.; Diamond, S.E.; Kelly, M.W.X. (2015). Mechanistic species distribution modelling as a link between physiology and conservation. Conserv. Physiol. 3, cov056.
25-FAO (2013). Climate-smart agriculture: sourcebook. FAO, Rome, Italy. http://www.fao.org/docrep/018/i3325 e/i3325 e.pdf .
26-Furlong MJ, Zalucki MP (2017). Climate change and biological control: the consequences of increasing temperatures on host–parasitoid interactions. Curr Opin Insect Sci 20:39–44.
27-Gomez-Zavaglia, A.; Mejuto, J.C.; Simal-Gandara, J. (2020). Mitigation of emerging implications of climate change on food production systems. Food Res. Int, 134, 109256.
28-Gregory PJ, Johnson SN, Newton AC, Ingram JS (2009). Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate. J Exp Bot 60:2827–2838.
29-Gu S, Han P, Ye Z, Perkins LE, Li J, Wang H, Zalucki MP, Lu Z (2018) .Climate change favours a destructive agricultural pest in temperate regions: late spring cold matters. J Pest Sci 91:1191–1198.

30-Hatfield JL, Boote KJ, Kimball BA, Ziska LH, Izaurralde RC, Ort DR,Thomson AM, Wolfe D (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. Agron J 103:351–370.
31-Hellmann, J.J.; Byers, J.E.; Bierwagen, B.G.; Dukes, J.S. (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. Conserv. Biol, 22, 534–543.
32-Iltis C, Martel G, Thiéry D, Moreau J, Louâpre P (2018). When warmer
means weaker: high temperatures reduce behavioural and immune defences of the larvae of a major grapevine pest. J Pest Sci 91:1315–1326.
33-Hellmann JJ, Byers JE, Bierwagen BG, Dukes JS (2008). Five potential consequences of climate change for invasive species. Conserv Biol 22:534–543.
34-Heeb, L.; Jenner, E.; Cock, M.J. (2019). Climate-smart pest management: Building resilience of farms and landscapes to changing pest threats. J. Pest. Sci. 92, 951–969.
35-Heeb L, Jenner W, Romney D (2016). Promising innovative extension approaches for climate-smart agriculture: the plantwise example. In: Sala S, Rossi F, David S (eds) Supporting agricultural extension towards climate smart agriculture: an overview of existing tools. Global Alliance for Climate Smart Agriculture, pp 50–57.
36-Heuskin, S.; Verheggen, F.J.; Haubruge, E.; Wathelet, J.P.; Lognay, G.(2011). The use of semiochemical slow-release devices in integrated pest management strategies. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 15, 459–470.
37-Heimpel GE, Yang Y, Hill JD, Ragsdale DW (2013). Environmental consequences of invasive species: greenhouse gas emissions of insecticide use and the role of biological control in reducing emissions. PLoS One 8:e72293
38-Howden SM, Soussana J-F, Tubiello FN, Chhetri N, Dunlop M, Meinke H (2007) Adapting agriculture to climate change. Proc Acad Sci USA 104:19691–19696.
39-Hughes DJ, West JS, Atkins SD, Gladders P, Jeger MJ, Fitt BDL (2011). Effects of disease control by fungicides on greenhouse gas emissions by UK arable crop production. Pest Manag Sci 67:1082–1092.
40-IPCC (2014). Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p 151. IPCC 10013/epic.45156.d001.
41-Jenner W, Cameron K, Reeder R (2019). Plantwise: monitoring plant pest outbreaks globally. In: Records AR, Ristaino JB (eds) Emerging plant diseases and global food security. American
Phytopathological Society, St. Paul (in press).
42-Joyce, L.A.; Briske, D.D.; Brown, J.R.; Polley, H.W.; McCarl, B.A.; Bailey, D.W. (2013). Climate change and North American rangelands: Assessment of mitigation and adaptation strategies. Rangel. Ecol. Manag, 66, 512–528.
43-Juroszek P, von Tiedemann A (2011) Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate. Plant Pathol 60:100–112.
44-Kearney, M.R.; Wintle, B.A.; Porter, W.P.(2010). Correlative and mechanistic models of species distribution provide congruent forecasts under climate change. Conserv. Lett., 3, 203–213.
45-Kern M, Noleppa S, Schwarz G (2012). Impacts of chemical crop protection applications on related CO2 emissions and CO2 Assimilation of crops. Pest Manag Sci 68:1458–1466.
46-Kumar, S.; Neven, L.G.; Yee,W.L.(2011). Evaluating correlative and mechanistic niche models for assessing the risk of pest establishment. Ecosphere,. 5, 1–23.
47-Kriticos, D.J.; Maywald, G.F.; Yonow, T.; Zurcher, E.J.; Herrmann, N.I.; Sutherst, R. Exploring. (2015). the effects of climate on plants, animals and diseases. CLIMEX Version, 4, 184.
48-Lamichhane, J.R.; Barzman, M.; Booij, K.; Boonekamp, P.; Desneux, N.; Huber, L.; Kudsk, P.; Langrell, S.R.H.; Ratnadass, A.;Ricci, (2015). Robust cropping systems to tackle pests under climate change. A review. Agron. Sustain. Dev. 35, 443–459.
49-Larsen AE, Gaines S, Deschênes O (2017). Agricultural pesticide use and adverse birth outcomes in the San Joaquin Valley of California. Nat Commun 8(1):302.
50-Larsen AE, Patton M, Martin EA (2019). High highs and low lows:elucidating striking seasonal variability in pesticide use and itsenvironmental implications. Sci Total Environ 651:828–837.

51-Lefebvre M, Langrell SRH, Gomez-y-Paloma S (2015). Incentives and policies for integrated pest management in Europe: a review.Agron Sustain Dev 35:27–45.
52-Lesk.C., Coffel.E. and DODDS. K.(2017). Threats to North American forests from southern pine beetle with warming winters. nature climate change.
53-Lin BB (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. BioSci 61:183–193
54-Lobell DB, Field CB (2007). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. Environ Res Lett 2:014002.
55-Luo, Q.(2011). Temperature thresholds and crop production: A review. Clim. Chang. 109, 583–598.
56-Machekano H, Mvumi BM, Nyamukondiwa C (2017). Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) in Southern Africa: Research trends, challenges and insights on sustainable management options. Sustainability 9:91.
57-Macfadyen S, McDonald G, Hill MP (2018). From species distributions to climate change adaptation: knowledge gaps in managing invertebrate pests in broad-acre grain crops. Agric Ecosyst Environ 253:208–219.
58-Masinde.J. (2109). CIMMYT global partnership fights mutating wheat rust. CIMMYT global partnership fights mutating wheat rust .
59- Macniel.M. (2019). Using the MARPLE kit to diagnose wheat rust in Ethiopia. /www.cimmyt.org/multimedia/using-the-marple-kit-to-diagnose-wheat-rust-in-ethiopia.
60-Macniel.M. (2020). New international partnership to identify and develop resistance to dangerous wheat disease. New international partnership to identify and develop resistance to dangerous wheat disease. **www.cimmyt.org/news/new-international-partnership-to-identify-and-develop-resistance-to-dangerous-wheat**
61-Masters G, Norgrove L (2010). Climate change and invasive alien species.CABI Work Pap 1:1–30.
62-Mugambi I, Williams F, Muthomi J, Chege F, Oronje ML (2016). Diagnostic support to Plantwise plant doctors in Kenya. J Agric Ext Rural Dev 8(11):232–239.
63-Musser FR, Shelton AM (2005). The influence of post-exposure temperature on the toxicity of insecticides to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae). Pest Manag Sci 61:508–510
64-Munkvold GP, Yang XB (1995). Crop damage and epidemics associated with 1993 floods in Iowa. Plant Dis 79:95–101.
65-Musolin DL (2007). Insects in a warmer world: ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. Glob Change Biol 13:1565–1585.
66-Mwongera C, Shikuku KM, Twyman J, Läderach P, Ampaire E, VanAsten P, Twomlow S, Winowiecki LA (2017) . Climate smart agriculture rapid appraisal (CSA-RA): A tool for prioritizing context-specific climate smart agriculture technologies. Agric Syst 151:192–203.
67-Nandudu P (2014). As Uganda heats up, pests and disease flourish to attack its top export crop.
68-Neufeldt H, Jahn M, Campbell BM, Beddington J.R., DeClerck F, De Pinto A, Gulledge J, Hellin J, Herrero M, Jarvis A, LeZaks D, Meinke H, Rosenstock T, Scholes M, Scholes R, Vermeulen S, Wollenberg E, Zougmoré R (2013). Beyond climate-smart agriculture:
toward safe operating spaces for global food systems. Agric Food Secur 2:12.
69-Nihal, R.(2020). Global Climate change and its impact on integrated pest management. Agro Econ. Int. J, 7, 133–137.
70-Oerke E-C (2006). Crop losses to pests. J Agric Sci 144:31–43.
71-Trumble JT, Butler CD (2009). Climate change will exacerbate California's insect pest problems. Calif Agric 63:73–78.
72-Oleary. M., (2018). Deadly strain of wheat stem rust disease surfaces in Europe. www.cimmyt.org/news/deadly-strain-of-wheat.
73-Oleary.M.(2019). What is wheat blast? www.cimmyt.org/news/what-is-wheat-blast/.

74-Raza, M.M.; Khan, M.A.; Arshad, M.; Sagheer, M.; Sattar, Z.; Shafi, J.; Haq, E.U.; Ali, A.; Aslam, U.; Mushtaq, A.; et al.(2014). Impact of global warming on insects. Arch. Phytopathol. Plant Prot. 48, 84–94.
75-PAN (2018). PAN Europe's position on 'the proposal for a new delivery model for the CAP after 2020'. Pesticide Action Network.
76-Pimentel D (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Environ Dev Sustain 7:229–252.
77-Pretty J, Bharucha ZP (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects 6:152–182.
78-Pretty J, Waibel H (2005). Paying the price: the full cost of pesticides. The Pesticide Detox. Earthscan, London, pp 39–54.
79-Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, Kumar P, McCarl B, Ogle S, O'Mara F, Rice C, Scholes B, Sirotenko O, Howden M, McAllister T, Pan G, Romanenkov V, Schneider U, Towprayoon S, Wattenbach M, Smith J (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 363(1492):789–813.
80-Strugnell. L.(2018). Tar Spot Complex a potential big black spot on US maize economy.CIMMYT.
81-Sutherst, R.W.; Constable, F.; Finlay, K.J.; Harrington, R.; Luck, J.; Zalucki, M.P.(2011). Adapting to crop pest and pathogen risks under a changing climate. Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang, 2, 220–237.
82-Thomson, L.J.; Macfadyen, S.; Hoffmann, A.A. (2010). Predicting the effects of climate change on natural enemies of agricultural pests. Biol. Control 52, 296–306.
83-Wenda-Piesik, A.; Piesik, D.; Nowak, A.; Wawrzyniak, M.(2015). Tribolium confusum responses to blends of cereal kernels and plant volatiles. J. Appl. Entomol. 140, 558–563.
84-Yamamura, K.; Yokozawa, M.; Nishimori, M.; Ueda, Y.; Yokosuka, T. (2006). How to analyze long-term insect population dynamicsunder climate change: 50-year data of three insect pests in paddy fields. Popul. Ecol: 48, 31–48.
85-Yonow T, Kriticos DJ, Kirichenko N, Ota N (2018). Considering biology when inferring range-limiting stress mechanisms for agricultural pests: a case study of the beet armyworm. J Pest Sci 91:523–528.
86-UNFCCC (2018). New era of global climate action to begin under paris climate change agreement. https ://unfcc c.int/news/new-era-ofglobal-clima te-actio n-to-begin -under -paris -clima te-chang e-agreement-0.

مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب

تهران، خیابان طالقانی، نبش خیابان موسوی (فرصت)، شماره ۱۷۵
کدپستی: ۱۵۸۳۶۴۸۴۹۹ شماره تماس: ۸۵۷۳۲۸۵۱-۰۲۱
وب سایت:www.awnrc.com ایمیل: info@awnrc.com