تغییر اقلیم و اثرات آن بر آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی

مرضیه دهقان(marzeiehd@gmail.com)
لیلا مصلایی
(کارشناسان جهاد کشاورزی استان فارس)

۱- تغییر اقلیم و گرمایش جهانی

تغییر اقلیم و گرم شدن زمین یکی از بزرگ‌ترین تهدیدها برای حیات انسان در طول چند دهه‌ی آینده است. پدیده‌ای که ما امروز به نام گرمایش جهانی می‌شناسیم از اوایل قرن بیستم (بعد از انقلاب صنعتی) آغاز شده، از دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی شدت گرفته و تا کنون ادامه دارد. به گفته‌ی ناسا (سازمان ملی هوافضای آمریکا) میانگین دمای سطح کره‌ی زمین از سال ۱۸۸۰ میلادی تا به امروز یک درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش پیدا کرده است .این در حالی‌ست که افزایش دما از سال ۱۷۵۰ تا ۱۸۸۰ فقط ۰/۱۵ درجه بوده است (۳۸).
این بدان معنی است که فعالیت‌های بشر به روند گرم شدن زمین سرعت بخشیده و هنوز هم این روند ادامه دارد. در تعریفی دیگر می‌توان گفت تغییر اقلیم به مجموعه‌ای گسترده از پدیده‌های جهانی گفته می‌شود که دلیل اصلی وقوع آن‌ها استفاده از سوخت‌های فسیلی و رهاسازی گازهای مختلف در اتمسفر زمین است. این گازها، گرما را محبوس نموده و مانع خروج آن‌ها از اتمسفر می‌شود. نتیجه‌ی این مجموعه از پدیده‌ها می-تواند شامل روند افزایش دمای زمین یا همان گرمایش جهانی، بالا آمدن سطح آب دریاها، آب شدن کوه‌های یخ در گرین‌لند (منطقه‌ای در اقیانوس منجمد شمالی)، قطب جنوب، قطب شمال و مناطق دیگر جهان، تغییر زمان جوانه‌زنی و گلدهی گیاهان و حوادث سهمگین آب‌وهوایی (مانند گردباد، طوفان، سیل، گردوغبار و...)، می‌شود. اغلب، اصطلاح گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را هم‌معنی یکدیگر می‌دانند و به جای هم به کار می‌برند. اما همان‌طور که از تعاریف بالا مشخص است، گرم شدن زمین یکی از پیآمدهای تغییر اقلیم محسوب می‌شود و این دو باهم یکسان نیستند.
گرمای بی‌سابقه، خشک‌سالی‌های طولانی، بارش‌های سنگین در بازه‌های زمانی کوتاه و طوفان‌های شدید، از جمله تأثیراتی هستند که تغییر اقلیم روی مناطق مختلف جهان گذاشته است. در صورت ادامه‌ی روند فعلی، این تأثیرات اولیه می‌توانند تبدیل به آتش‌سوزی‌های گسترده و غیرقابل مهار، خشک‌سالی‌های طولانی‌تر، بحران شدیدتر آب آشامیدنی، سیل‌های بزرگ‌تر، به زیر آب رفتن جزایر و سواحل، انقراض گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری، ظهور آفت‌های جدید کشاورزی، گسترش بیماری‌های مختلف واگیردار، آسم و آلرژی‌های مختلف و اتفاقات ناگوار دیگر شوند. آمار منتشرشده توسط سازمان جهانی حیات وحش نشان می‌دهد که از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۴ بیش از ۶۰ درصد از گونه‌های جانوری (از گروه‌های پستانداران، ماهی‌ها، خزندگان و پرندگان) منقرض شده‌اند، روندی که در صورت کنترل نشدن تغییر اقلیم، شدت هم خواهد یافت (۱۶).

علاوه بر این، تحقیقات مختلفی که با بررسی آمار چند دهه‌ی اخیر صورت گرفته، نشان داده است که کشورهای خاورمیانه از جمله ایران هم گرم‌تر شده‌اند، و این روند ادامه نیز خواهد داشت (۲۵). یک نگاه کلی به تأثیرات تغییر اقلیم و مقایسه‌ی آن با وضعیت محیط زیست ایران، این ادعا را ثابت می‌نماید. ایران از لحاظ میزان تولید گازهای گل‌خانه‌ای رتبه‌ی هفتم جهان و از لحاظ میزان تولید گازهای گل‌خانه‌ای به ازاء هر نفر رتبه‌ی چهل‌وچهارم جهان را دارد (۵۶). نکته‌ی مهم دیگر این است که سه کشوری که در صدر لیست تولیدکنندگان گازهای گل‌خانه‌ای قرار دارند (چین، آمریکا و اتحادیه‌ی اروپا) در مجموع ۱۴ برابر ۱۰۰ کشور انتهایی لیست، اتمسفر زمین را آلوده می‌کنند.

۲- تغییر اقلیم، آفات، علف‌های هرز و بیماری‌های گیاهی

پیش بینی شده است که ۲۰ درصد خسارت ناشی از تغییر اقلیم در جهان، در بخش کشاورزی اتفاق خواهد افتاد (۱۳). این امر پیامدهای عمده‌ای بر تولید مواد غذایی جهان بر جای می‌گذارد. اثرات ناشی از گرمایش زمین از جمله کمبود منابع آب، باعث کاهش تولید در برخی مناطق می‌شود و با افزایش جمعیت، چالش تأمین غذا، ابعاد بزرگتری پیدا می‌کند. بنابراین ضرورت دارد سایر عوامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی، از جمله آفات و بیماری‌های گیاهی کنترل شوند (۲). به احتمال زیاد پویایی و اپیدمی بیماری-های گیاهی تحت تأثیر تبعات مستقیم تغییرات اقلیمی مانند تغییر الگوی بارش، افزایش درجه حرارت و سرعت بیشتر باد، قرار می‌گیرد و به‌طور غیرمستقیم نیز به‌وسیله‌ی عواملی مانند الگوی کشت و تغییر پراکنش و فعالیت ناقلین، تغییر می‌یابد(۷). با توجه به پدیده گرم شدن جهانی، اختلال در الگوهای زندگی حشرات ممکن است تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، به‌ویژه برای آن دسته از حشرات که انتشارشان تا حد زیادی به اقلیم بستگی دارد. این تغییرات فصلی و بلند مدت ممکن است بر فون و پویایی جمعیت آفات تاثیر بگذارد (۷). طبق ارزیابی‌های انجام شده در اروپا، آفات گیاهی عامل از دست رفتن ۱۶ میلیون تن از محصولاتی نظیر گندم، ذرت و برنج تا سال ۲۰۵۰ خواهند بود (۲۴). به طور میانگین، خسارت ناشی از حشرات به گونه‌ای است که به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، بازدهی محصولات ۲/۵ درصد کاهش می‌یابد (۲۴). البته این رقم، حدود نیمی از زیانی است که به صورت مستقیم از نوسانات دمایی نشأت می‌گیرد، اما در عرض‌های جغرافیایی شمالی‌تر، آسیبی که افزایش تعداد حشرات روی میزان تولید محصول وارد می‌کند، به مراتب بیشتر از تأثیر مستقیم تغییرات اقلیمی خواهد بود (۵).

تغییر اقلیم ممکن است دارای اثراتی روی تمام موجودات زنده شامل گیاهان، حشرات و همچنین برهم-کنش‌های میان اقلیم، گیاه و گیاه‌خواران (آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز) باشد، البته نظر به اینکه آفات گیاهی عمدتاً موجودات متحمل و تطابق‌پذیری هستند، ممکن است نسبت به سایر گونه‌های

حشرات، کمتر به‌صورت آشکارا متأثر از تغییر اقلیم شوند. تغییر اقلیم ممکن است شیوع و تأثیر آفات بومی هر منطقه را، هم به‌طور مثبت و هم منفی تغییر دهد، این تغییرات می‌تواند شامل افزایش اهمیت گونه‌های گرمادوست و خشکی دوست و کاهش گونه‌های سرمادوست، فراوانی گونه‌های خسارت‌زا در ارتفاعات بالاتر، کاهش شمار بسیاری از آفات به دلیل: زمستان‌های بدون سرما، رطوبت کم، شرایط نامساعد آب و هوایی، افزایش شمار دشمنان و اختلاف فنولوژیکی با گیاه میزبان باشد، علاوه براین، فیزیولوژی رفتاری، رشد و نمو و پراکنش گونه‌های حشرات نیز ممکن است از تغییر اقلیم تأثیر پذیرد (۹).

۳- اثرات تغییر اقلیم بر چرخه زندگی آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز

تغییرات آب و هوایی می‌تواند از دو طریق، مستقیم، یعنی تغییرات فصلی جمعیت حشرات، و غیرمستقیم یعنی بالا بردن کیفیت تغذیه‌ای گیاه و افزایش شکارچیان، آفات را تحت تأثیر قرار دهد. عوامل غیرزنده از طریق تأثیر مستقیم بر پویایی جمعیت حشرات (نوسان در نرخ رشد، بقا، تولیدمثل و پراکندگی) مشخص می‌گردند.

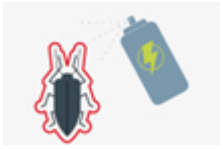
به‌طور عمده، پویایی و اپیدمی بیماری‌های گیاهی نیز تحت تأثیر تبعات مستقیم تغییرات اقلیمی مانند تغییر الگوی بارش، رطوبت نسبی هوا، افزایش درجه حرارت و سرعت باد قرار می‌گیرد و به طور غیر مستقیم نیز به‌وسیله‌ی فاکتورهایی مانند تغییر الگوی کشت و تغییر پراکنش و فعالیت ناقلین، تحت تأثیر است(۵). احتمالاً در نتیجه‌ی این تغییرات محدوده‌ی جغرافیایی، فراوانی نسبی عوامل بیماری‌زا، نرخ شیوع، مقاومت میزبان به بیمارگر، فیزیولوژی برهم‌کنش میزبان و بیمارگر، سرعت تکامل، سازگاری با میزبان و اثر بخشی اقدامات مدیریتی تغییر یافته و اپیدمی‌های خسارت‌زا افزایش می‌یابند. این درحالی است که از سوی دیگر اثرات ناشی از گرمایش زمین از جمله کمبود منابع آب، باعث کاهش تولید در برخی مناطق می‌شود و با افزایش جمعیت، چالش تأمین غذا ابعاد بزرگتری پیدا می‌کند. بنابراین ضرورت دارد سایر عوامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی از جمله بیماری‌های گیاهی کنترل شوند.

در صورتی می‌توان به طور دقیق پویایی آینده‌ی جمعیت حشرات را پیش‌بینی نمود که ازمکانیزم‌های اساسی تغییر جمعیت اطلاع داشته باشیم. در میان فاکتورهای اقلیمی، دما یک عامل مهم است. علاوه بر این افزایش میزان CO_2 نیز تأثیراتی را بر فراوانی جمعیت آفت، میزان رشد محصول (که در اثر افزایش CO_2 می تواند ارزش غذایی گیاهان را تغییر دهد) نشان داده است، که این تغییرات ممکن است فراوانی حشرات را تغییر دهد و یا میزان تغذیه از گیاه را افزایش دهد. بنابراین تغییرات اقلیم می‌تواند به تغییر در جمعیت آفات منجر شود، و افزایش درجه حرارت یک نقش اساسی در پویایی جمعیت حشرات ایفا می‌کند (۷).

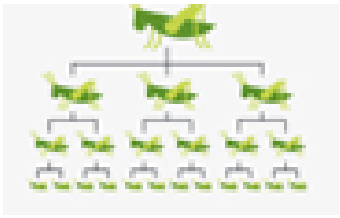
شرایط اقلیمی، یک ضلع از مثلث سه وجهی خسارات آفات و بیماری‌ها است، که اضلاع این مثلث شامل میزبان حساس، پاتوژن و شرایط محیطی مناسب برای آلودگی است، و تغییرات اقلیمی، بسته به اینکه مطلوب برای میزبان یا پاتوژن باشد، بر ضلع سوم این مثلث، یعنی شرایط محیطی، اثر گذار است. جنبه‌های مختلف تغییر اقلیم می‌توانند هم بر پاتوژن و هم میزبان اثر بگذارند، به‌عنوان مثال، برخی درجه حرارت‌ها موجب رشد بهتر پاتوژن شده، و برخی دیگر نیز ممکن است موجب افزایش مقاومت میزبان در مقابل پاتوژن شود.

شکل ۱- نمایی کلی و خلاصه از اثراتی که تغییر اقلیم می‌تواند بر آفات بگذارد

برخی حشرات در دمای گرمتر رشد بیشتری دارند

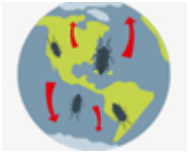


افزایش مقاومت به آفتکشها



زاد و ولد بیشتر آفات

تأثیر بر تهاجم بیشتر آفات به محصولات زراعی



گسترش آفات به سمت آب و هوای خنکتر

نرخ بقای بالاتر در ماههای زمستان

با توجه به فاکتورهای مختلف تغییر اقلیم و اثر آن بر چرخه زندگی آفات و بیماری‌ها این فاکتورها در سه دسته بررسی می‌گردند (دما، دی اکسید کربن و سایر عوامل):

۳-۱- اثر دما

۳-۱-۱- اثر دما و آفات

افزایش دما که یکی از نتایج تغییر اقلیم است می‌تواند به طرق مختلف بر جمعیت آفات کشاورزی تأثیر بگذارد. اگرچه برخی از جنبه‌های تغییرات دما ممکن است منجر به کاهش جمعیت حشرات گردد، اما به

نظر می‌رسد اکثر محققین عقیده دارند که دماهای بالاتر در اقلیم‌های معتدل، موجب افزایش در تنوع و جمعیت‌های حشرات خواهد شد.

در رابطه با تغییرات اقلیمی منطقه‌ای و جهانی، هم دما و هم DRT (دامنه دماهای روزانه) بر استقرار و انتشار آفات، و همچنین بر گونه‌های آفت در یک سیستم مدیریتی کشاورزی، اثرگذار خواهد بود. زمانی‌که جمعیتی از حشرات در معرض شرایط اقلیمی متفاوت قرار می‌گیرد، فنولوژی حشرات، زاد و ولد و سرعت نمو آنها به میزان زیادی تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. تأثیر افزایش دما بر اثر متقابل میزبان و پاتوژن شامل: ۱) افزایش سرعت رشد پاتوژن، انتقال و تعداد نسل در سال، ۲) افزایش زمستانگذرانی پاتوژن ۳) تغییر در حساسیت میزبان به آلودگی، می‌باشد.

دمای حداقل، به‌عنوان یک مقیاس مهم در گسترش و انتشار حشرات دارای اهمیت خاصی است. از آنجایی-که آفات جزء موجودات خونسرد هستند، دماهای گرم دارای مزایایی برای آنها است، که آنها را قادر می‌سازد تا محدوده‌ی فعالیت خود را به عرض‌های بالاتر و ارتفاعات بالاتر گسترش دهند(۸۸)، همچنین افزایش تعداد نسل‌های آفت در یک منطقه به دلیل فصل‌های رشد طولانی‌تر، نیز امری طبیعی است، بنابراین، شیوع آفات در کل جهان روبه افزایش خواهد بود(۲۹). به‌عنوان مثال، یک مطالعه ۲۰ ساله در بریتانیا نشان داد که حتی یک افزایش ۱ درجه‌ای در دمای زمستان موجب بهبود فنولوژی شته‌ها طی این مدت شده است (۲۰). علاوه بر این، DTR نیز می‌تواند سرعت ظهور حشرات را تغییر دهد. مانند شب‌پره خوشه‌خوار انگور، (*Paralobesia viteana*)، (از همان خانواده کرم خوشه‌خوار (*Lobesia botrana*) است)، که مشاهده گشت در شرایط DTR کمتر از میزان کنونی، دارای خصوصیاتی چون تأخیر در مرحله ظهور حشرات بالغ و کاهش تعداد زاد و ولد در سال شد، و از سوی دیگر تحت شرایط DTR که بیش از مقادیر کنونی باشد، ظهور زودتر حشرات بالغ و افزایش تعداد زاد و ولد در سال، مشاهده می‌گردد (۲۶). در کشور برزیل نیز، افزایش در تعداد نسل‌های نماتد به موازات افزایش دما برای سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ پیش بینی شده است (۳۷).

برخی محققان معتقدند تأثیر دما روی حشرات تا حد زیادی مهم‌تر از سایر عوامل محیطی است (۱۷). تحقیقات نشان داده است که با افزایش۲ درجه سانتی‌گراد درجه حرارت، سیکل زندگی حشرات می‌تواند از ۱تا ۵ نسل، در هر فصل افزایش یابد (۸۲).

آفات مهاجر (مانند لیسه ذرت در پاره‌ای ازمناطق شمالی و شمال شرقی ایالات متحده) ممکن است به دلیل افزایش دما زودتر به مناطق شمال شرقی و یا مناطقی که قادر به زمستان گذرانی هستند، وارد شده، که این امر موجب انتشار دشمنان طبیعی این آفت شده، و متعاقب آن جمعیت‌های حشرات میزبان (آفت) علاوه بر دما تحت تأثیر پراکندگی دشمن طبیعی خود نیز قرار گیرد.

همچنین دما ممکن است نسبت جنسی برخی از گونه‌های آفت مانند تریپس (۵۳) را تغییر دهد که این امر به طور بالقوه بر نرخ تولید مثل تأثیر گذار است.
مشخص شده است که در دماهای بالاتر، شته‌ها نسبت به فرمون جذب کننده‌ی شته ، واکنش کمتری نشان می‌دهند.
حشراتی که بخش مهمی از سیکل زندگی خود را در خاک می گذرانند ممکن است با گذشت زمان، بیشتر تحت تأثیر تغییرات دما نسبت به حشراتی که در سطح زمین قرار دارند، قرار گیرند، چون خاک یک ماده عایق است که بیشتر از هوا تحت تأثیر تغییر درجه حرارت قرار دارد (۱۷). مرگ و میر پایین حشرات در زمستان، به دلیل درجه حرارت گرم‌تر زمستانه، می‌تواند اهمیت بالایی در افزایش جمعیت حشره داشته باشد. میانگین دمای بالاتر در یک منطقه ممکن است باعث رشد برخی از محصولات در منطقه‌ای که در مناطق شمالی قرار دارند، شده (یعنی نواحی که قبلاً آن محصول خاص در آن وجود نداشته)– که این امر باعث جذب برخی حشرات به واسطه‌ی آن محصول در منطقه می‌شود. معمولاً تنوع گونه‌های حشرات در هر منطقه با عرض جغرافیایی و ارتفاع بالاتر کاهش می‌یابد، اما افزایش دما در این مناطق می‌تواند منجر به هجوم گونه‌های حشرات متعددتری به میزبان‌های بیشتری، در اقلیم معتدل شود.
تأثیر درجه حرارت بالا بر مدت زمان رشد لارو، در شرایط آزمایشگاهی برای دو گونه آفت، پروانه برگخوار، *Lymantria monacha* و شب پره ابریشم باف ناجور *Lymantria dispar* که به درختان بلوط، درختچه ها و سیب در آسیا خسارت می‌زند، مورد مطالعه قرار گرفت (۴۸). برای هر دو گونه، افزایش درجه حرارت از ۱۵ به ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث شد مدت زمان فاز تخم تا شفیرگی در این آفات کوتاه‌تر شود(۴۷).
پیش‌بینی می‌شود با افزایش دمای هوا، مهاجرت آفاتی مانند *Helicoverpa armigera* (شب‌پره صیفی) به عنوان آفت اصلی پنبه و سبزیجات، از مناطق جنوبی هند، به سمت مناطق شمالی افزایش یابد، این انتشار آفت به مناطق دیگر باعث می‌شود آفات با گیاهان میزبان جدید سازگار شده و از این طریق ساختار، تنوع و عملکرد اکوسیستم‌ها، و همچنین دامنه میزبان آفات، تغییر یابد (۱۵).
در مطالعه‌ای که در کشور زیمبابوه انجام شده است، با استفاده از مدل های خطی عمومی (GLM) بر روی کرم ساقه‌خوار سفید قهوه (*Monochamus leuconotus* P.)، پیش بینی شده است که با افزایش دما محدوده‌ی فعالیت این آفات توسعه می‌یابد(۵۲) .
در هند مشاهده شده است که افزایش درجه حرارت زمستان به میزان ۱-۵ درجه سانتی‌گراد، موجب نمو برخی حشرات در زمان رکود زمستانی آنها می‌شود (۷۱)، که این پدیده منجر به فعالیت زودهنگام حشرات در بهار و ظهور دیرهنگام آنها در پاییز، برای اغلب گونه‌های حشرات در مناطق معتدل، می‌شود.
حرکت آفات از یک قسمت از گیاه به بخش دیگر نیز پاسخی به دمای بالاتر برگ است. این بدان معناست،که این امکان وجود دارد که حشرات به‌طور مداوم برای دوری از تنش و افزایش دما، در برگ‌های پایین حرکت کنند که این خود موجب تغذیه آفت از گیاه در مدت زمان کوتاه‌تری می گردد.

در یک مطالعه در هند، تنش گرما، باعث حرکت اجباری برخی آفات (*Metopolophium dirhodum* و *Aphis gosspii*) از برگ‌های جوان فوقانی به برگ‌های پیرتر در پایین (۷۱) گیاه شده، که این قسمت از گیاه مانع از صدمه به آفاتی چون شته‌ها می‌گردد.

افزایش درجه حرارت و برهم‌کنش افزایش درجه حرارت و غلظت دی اکسید کربن، بر خلاف افزایش غلظت دی اکسید کربن به تنهایی، منجر به شروع زودتر ریزش سن گندم به مزارع و افزایش طول دوره همپوشانی این حشره با طول دوره رشد گندم پاییزه شد. بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط تغییر اقلیم آینده در مقایسه با شرایط اقلیم فعلی، میزان خسارت سن گندم بر رشد و عملکرد گندم پاییزه افزیش می‌یابد، در حالی که میزان خسارت یولاف وحشی و خسارت توأم یولاف وحشی و سن گندم کاهش یابد.

برخی محققان گزارش نموده‌اند که افزایش دما می‌تواند بقا و زنده‌مانی حشرات، انتشار و پراکندگی آنها، دامنه جغرافیایی فعالیت و اندازه جمعیت برخی حشرات را، تحت تاثیر قرار دهد. برخی حشرات (مانند زنجره‌ها) در طول دوره زندگی خود می‌توانند درجه حرارت میانگین فعالیت خود را تغییر دهند. برخی دیگر توان تطبیقی بالایی با درجه حرارت در طول دوره زندگی دارند، و قادرند نمو خود را متوقف ساخته و ادامه دهند و این توقف و ادامه را تکرار نموده تا درجه حرارت مناسب با شرایط فعالیتشان ایجاد شود. اغلب از مدل‌های درجه-روز یا فنولوژی برای پیش بینی ظهور و پتانسیل میزان خسارت و آسیب آفاتی چون مگس ریشه کلم ، مگس ریشه پیاز ، سوسک کلرادو سیب زمینی و... استفاده می‌گردد. افزایش دما، نمو این نوع آفات را تسریع نموده و منجر به تولید نسل‌های بیشتری در سال و خسارت بیشتربه محصولات زراعی می-گردد.

افرایش دما در زمستان حتی موجب می‌گردد در شمالی‌ترین نواحی نیز برخی حشرات قادر به زمستان-گذرانی باشند. به‌عنوان مثال خسارت شته‌ها، در مناطق معتدل شمالی و صدمات حاصل از فعالیت آنها به دلیل آغاز فعالیت زود هنگام این آفت در بهار، و همچنین افزایش سرعت انتشار و بقاء نسل زمستان‌گذران نیز قابل پیش بینی می‌باشد. به دنبال زمستان‌های گرمتر شیوع قابل توجه شته ناقل ویروس نیز مشاهده شده است.

۳-۱-۲- اثر دما و بیماری‌ها

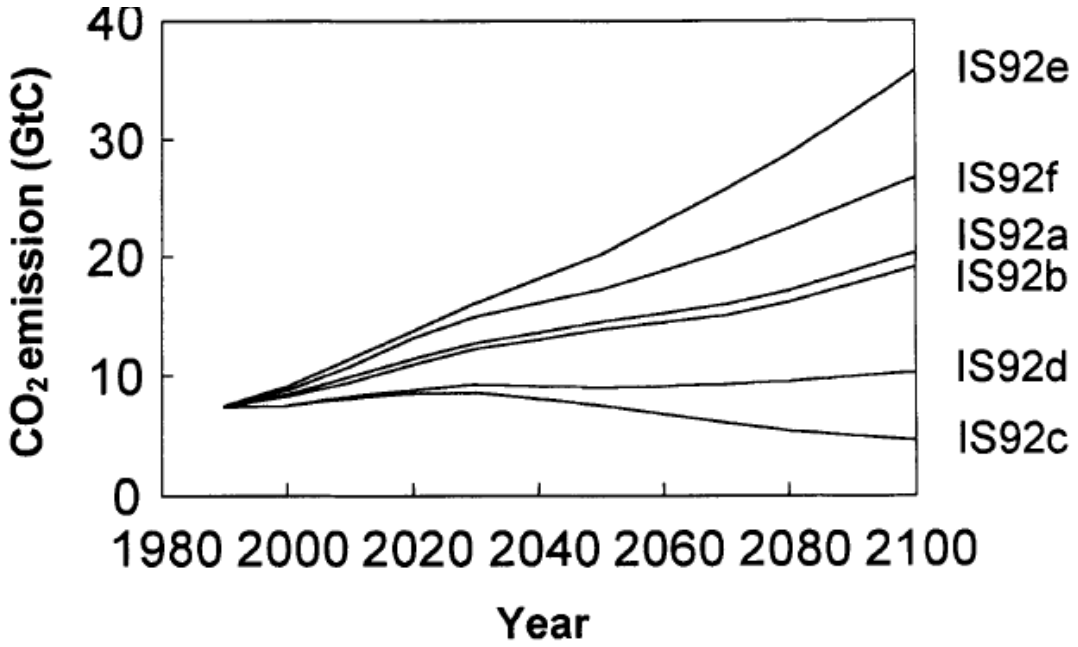
دانشمندان پیشنهاد نمودند که اگر جمعیت پاتوژن و میزبان، که از لحاظ جغرافیایی به دلیل محدودیت‌های اقلیمی از هم جدا شده بودند، مجدداً با هم تلاقی یابند، تبعات آن شدیدتر و غیرقابل پیش‌بینی‌تر خواهد بود. تحقیقات نشان داده است که گیاهان میزبانی مانند گندم و یولاف با افزایش درجه حرارت، مستعد ابتلا به بیماری‌های چون زنگ می‌شوند .اما برخی از گونه‌های علوفه‌ای با افزایش دما در برابر قارچها مقاوم‌تر می-گردند.

در مناطق با اقلیم معتدل که دارای فصولی با میانگین دمای سرد هستند، در صورت گرم شدن آب و هوا، حتماًلاً دوره‌های طولانی‌تری از نظر دمایی، برای رشد و تولید مثل عامل بیماری‌زا ایجاد می‌شود . به‌عنوان مثال مدل‌های پیش آگاهی برای بیماری بادزدگی سیب زمینی و گوجه فرنگی (*Phytophthora infestans*) نشان می‌دهد که قارچ، در شرایط رطوبت بالا و دمای بین ۷/۲ تا ۲۸/۸ درجه‌ی سانتی‌گراد بیشترین میزان آلودگی و تکثیر را دارد. شروع زودهنگام فصل گرم می‌تواند منجر به تهدید زودهنگام بیماری بادزدگی، همراه با احتمال شیوع شدیدتر و متعاقباً افزایش تعداد دفعات کنترل و استفاده از قارچ‌کش‌ها باشد.

در برخی آزمایشات، زمستان‌های گرم‌تر با افزایش ویروس‌ها در بسیاری از محصولات همراه بوده است، خاک‌های گرمتر نیز بر روی ویروس‌های خاکزاد تأثیرگذار بوده چرا که حشرات ناقل ویروس در چنین دمایی قادر به آلوده کردن محصولات زراعی، زودتر و در مراحل اولیه رشد هستند (۸۰) .
برخی محققین پیش بینی نموده‌اند که به ازاء هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، بیماری بادزدگی (بیماری قارچی) ۴ تا ۷ روز زودتر از حالت معمول در گیاه ایجاد می‌شود، و به دوره مستعد ابتلا به این بیماری در مزرعه ۱۰تا ۲۰ روز اضافه می‌گردد. در هند، در دامنه دمایی بالاتر ۲۷/۵-۱۴ درجه سانتی‌گراد، بیماری بادزدگی در قسمت‌های شمالی (در ماه نوامبر) و با تاخیر در قسمت‌های شرقی (در ماه فوریه)، نسبت به دامنه‌ی دمایی ۲۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد، زودتر ظاهر می‌شود (۵۳).
با گرم شدن هوا انتظار می‌رود تغییراتی در ترکیب ژنتیکی پاتوژن‌های گیاهی نیز رخ دهد. شواهدی از تغییرات چشم‌گیر در ترکیب ژنتیکی جمعیت قارچ *Phytophthora infestans* در هند و بنگلادش طی دو دهه گذشته وجود دارد. از جمله ظهور سویه‌ی ۲A از این ویروس، که منجر به شیوع و طغیان بیماری late blights (بیماری بادزدگی) در هند، طی ۱۵ سال گذشته شد (۵۴).
در بسیاری از موارد، پیش بینی می‌شود که افزایش دما منجر به گسترش محدوده‌ی جغرافیایی پاتوژن و ناقلینش شود، همچنین عوامل بیماریزا را در تماس با میزبانان بالقوه بیشتر در مناطق جدید قرار دهد و فرصت های جدیدی برای تشکیل پاتوژن‌های هیبرید جدید فراهم کند (۱۹).
به عنوان مثال یک نوع پژمردگی باکتریایی (*Erwinia stewartii*) شایع در ذرت شیرین است که توسط کک (*Chaetocnema pulicaria*) منتقل می‌شود. لیکن تغییرات اقلیمی که منجر به زمستانهایی می‌شود که امکان بقاء به جمعیت بیشتری از این آفت را می‌دهد، می‌تواند منجر به افزایش تعداد فصول آلودگی شدیدتر به این بیماری باکتریایی شود. به همین ترتیب، (late Blight, *Phytopthora infestans*) بیماری بادزدگی حاصل ازPhytopthora هم سیب زمینی و هم گوجه فرنگی را به همین صورت آلوده می‌کند. آلودگی ناشی از این بیماری در اثر رطوبت زیاد در یک محدوده دمایی خاص ایجاد می‌گردد.

۳-۲- اثر دی اکسید کربن

افزایش کنونی و پیش بینی شده‌ی (میزان پیش بینی شده برای آینده) CO2 اتمسفر (نمودار ۱)، می‌تواند بر بیولوژی آفات از دو طریق تأثیرگذار باشد. روش اول مرتبط با تغییرات فیزیکی در محیط و اثر بر روی خود آفت است، که بر اثر افزایش CO2 و دیگر تغییرات اقلیمی ناشی از آن، موجب افزایش خسارت می-گردد. چنین افزایشی در میزان دی اکسید کربن، همراه با دیگر گازهایی که در اتمسفر افزایش یافته‌اند (مانندCH4 ، N2O)، دما را افزایش خواهد داد (۶۴)، که این افزایش دما موجب تغییر در تناوب‌های بارندگی شده، و همچنین دامنه‌ی دماهای روزانه (DTR) را تغییر خواهد داد(۱۵)، و در کنار این تغییرات رخدادهای گسترده‌ی اقلیمی دیگر نیز وجود دارد (۶۸). اثر بعدی تأثیر افزایش CO2 بر فتوسنتز گیاه است، تقریباً ۹۵ درصد گونه‌های گیاهی که تنها از مسیر فتوسنتزی C3 استفاده می‌کنند، هم گونه‌های زراعی و هم علف‌های هرز، به موازات افزایش CO2 می‌توانند رشد و تکثیر خود را افزایش دهند. صدها مطالعه و تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که هم افزایش CO2 کنونی در اتمسفر و هم میزان پیش بینی شده‌ی آن برای آینده، می‌تواند اثرات متعدد فیزیولوژیکی در گروه وسیعی از گیاهان C3 داشته باشد(۵۰). به‌عنوان مثال، افزایش ممتد CO2 می‌تواند مستقیماً موجب تحریک رشد و باروری گونه‌های علف هرز شده، و همچنین موجب تغییرات کیفی در گیاهان میزبان، حشرات و پاتوژن‌های گیاهی شود (۲۷).



نمودار ۱- سناریوهای پنل بین المللی تغییر اقلیم در رابطه با انتشار CO2 (بر حسب گیگاتون کربن) (۱ گیگاتن کربن معادل ۳/۷ گیگاتن CO2 است) (Murray, et al, 1998)

۳-۲-۱- تقابل دی اکسید کربن و نیتروژن در گیاه

به‌طور معمول، افزایش نسبت کربن به نیتروژن در گیاهان، تحت شرایط افزایش CO2 در جو، منجر به کاهش ارزش تغذیه‌ای قسمت سبز گیاه برای حشرات می‌شود. البته، تغذیه‌ی جبرانی (از طریق کود) می-تواند نیاز حشرات به نیتروژن را مرتفع سازد و اضافه نمودن این عنصر به خاک همچنین می تواند اثر CO2 را بر حشرات از طریق اصلاح نسبت کربن به نیتروژن تعدیل نماید، که این حالت اکنون در گیاهان زراعی و باغی وجود دارد. محدودیت در میزان نیتروژن می‌تواند موجب شود که گیاهان متابولیت‌های ثانویه کمتری تولید کنند، که این متابولیت‌ها در افزایش مقاومت گیاهان به خسارت آفات نقش مهمی دارند (۸۳)، در حالی‌که از سوی دیگر تشدید تثبیت CO2 می‌تواند موجب افزایش سیستم دفاعی مبتنی بر کربن شود که قابلیت هضم برخی محصولات را برای حشرات کاهش می‌دهد. آفاتی که از دانه گیاه تغذیه می‌کنند کمتر تحت تاثیر افزایش سطح CO2 می‌باشند، چون سطوح بالای نیتروژن را در سیستم تولید مثلی‌شان حفظ نموده و از این رو نیاز به تامین نیتروژن از محصول را ندارند.

به‌عنوان مثال افزایش تثبیت CO2 در سویا موجب افزایش سفتی بافت برگ می‌شود، اما همزمان با آن تولید ترکیباتی که پایه‌ی نیتروژن دارند در گیاه کاهش می‌یابد، ترکیباتی مانند بازدارنده‌های پروتئیناز-سیستئین، که این پروتئین موجب حفاظت گیاه سویا در برابر آفات خانواده سوسک‌ها می‌گردد. اگرچه اغلب آفات ترجیح می‌دهند از گیاهانی تغذیه کنند که ترکیبات با پایه‌ی نیتروژن کمتری داشته باشند، برخی آفات خاص که به ترکیبات ثانویه خاص برای تحریک تغذیه‌ی خود نیاز دارند، از این گونه گیاهان کمتر تغذیه خواهند کرد. همچنین افزایش نسبت کربن به نیتروژن در بافت‌های گیاهی ناشی از افزایش سطح CO2، ممکن است رشد حشرات را کند نموده و طول مرحله‌ای از زندگی آنها را که حساس به شکارگران طبیعی هستند طولانی‌تر کند و آنها را بیشتر در معرض حمله پارازیتوئیدها قرار دهد.

۳-۲-۲- دی اکسید کربن و بیماری‌های گیاهی

غلظت بالای CO2 باعث ایجاد بیماری‌های برگی مانند زنگ، سفیدک پودری، سفیدک حقیقی و لکه برگی می شود، این مورد به علت افزایش حجم اندام‌های هوایی به دلیل افزایش فتوسنتز می باشد. اپیدمی شدن بیماری‌های برگی مانند اسکالد جو (*Rhynchosporium secalis*) و لکه برگی جو (*Ramularia collocygni*)، لکه خرمایی گندم (*Pyrenophora triticirepentis*) و لکه موجی آلترناریایی در کلزا *(Alternaria brassicae)*، با افزایش کانوپی گیاه که تحت تاثیر افزایش CO2 در طبیعت می‌باشد، پیش بینی می‌گردد (۸۰).

مطالعات اخیر نشان داده که تاثیر CO2 بر اثر متقابل میزبان-پاتوژن در بیماری‌های قارچی، به دو صورت دیده می شود: ۱- به تأخیر افتادن استقرار پاتوژن اولیه بر روی گیاه، به دلیل تغییر در قدرت تهاجمی

پاتوژن و یا تغییر در حساسیت میزبان ۲- افزایش قدرت تکثیر پاتوژن تحت شرایط افزایش غلظت CO2 (۲۸).

از نقطه نظر تخصیص املاح غذایی در گیاه، با افزایش غلظت CO2، جذب، توسط ریشه به‌طور مداوم در محصولاتی مانند هویج (*Daucus carota*) ، چغندرقند (*Beta vulgaris*) و تربچه (*Rhaphanus sativus*) انجام می‌شود، و در صورت ذخیره بیشتر کربن در ریشه بر اثر تغییر اقلیم، ممکن است میزان خسارت ناشی از بیماری‌های خاکزاد، کاهش یابد (۲۸). برخی از پاتوژن‌های خاکزاد، مانند گونه های Phytophthora، Aphanomyces و Sclerotium ، و پاتوتیپ‌های *Fusarium oxysporum* به خوبی با مقادیر بالای CO2 و کمبود اکسیژن تطابق یافته و حتی تکثیر می‌شوند.

۳-۲-۳- دی اکسید کربن و آفات گیاهی

یک خلاصه از اثرات شبکه‌ای افزایش CO2 بر محصولات و سطح سبز آنها با توجه به رفتار آفات (جدول **۱**) نشان داده است که سوسک‌ها و شته‌ها به‌طور معمول تحت این شرایط فعالیت بهتری دارند و موجب خسارت بیشتر می‌گردند، این در حالی است که شب پره‌ها برای دست یافتن به افزایش وزنی مشابه دو گروه فوق، نیاز به تغذیه بیشتری از گیاه دارند.

جدول۱- اثر شبکه‌ای آفت بر محصول، زیست توده و سطح سبز، در شرایط افزایش غلظCO_2. سوسک‌ها و شته ها بطور معمول فعالیت بهتری داشته و خسارت بیشتری بر گیاه وارد می کنند. لاروهای خانواده Lepidoptera (پروانه ها) بطور معمول تغذیه بیشتری دارند اما تشدید رشد گیاه موجب کاهش این اثر می شود. کد اثرات گونه های میزبان شامل: (-) گیاهی که احتمالا با افزایش فعالیت آفت آسیب می بیند، (+): فعالیت گیاه احتمالا افزایش می یابد به دلیل اینکه فعالیت آفت کاهش می یابد.(Ø) : اثرات دو طرفه یا خنثی، به این مفهوم که فعالیت گیاه و آفت به طور برابر کاهش یا افزایش می‌یابد.

راسته	گونه گیاه خوار	گونه میزبان	اثر بر میزبان
Acarina	*Tetranychus urticae* (کنه عنکبوتی قرمز)	شبدر سفید پنبه لوبیا قرمز	- - +
Coleoptera	*Popillia japonica* (سوسک ژاپنی)	سویا	-
	Diabrotica virgifera کرم ریشه ذرت	سویا	-
	Sitona lepidus سرخرطومی ریشه شبدر	شبدر سفید	-
Diptera	*Pegomya nigritarsis* مگس لیسه برگ	علف هرز ترشک (دو گونه) *(Rumex crispus* *R. obtusifolius)*	- -
	Chromatomyla syngenesiae مگس لیسه برگ	شیرتیغک	+
	Bemisia tabaci	پنبه	**Ø**

	مگس سفید سیب زمینی		
Hemiptera	*Aulacorthum solani* شته گلخانه سیب زمینی	باقلا	–
	Stiobion avenae شته دانه (بذر)	گندم بهاره	–
	Myzus persicae شته سبز هلو	گراسها دانه روغنی کلزا	– +
	Brevicoryne brassicae شته کلم	کلزا	Ø
	Aphis glycines شته سویا	سویا	–
Hymenoptera	*Aphidius matricariae* پارازیتوئید شته سبز هلو	چمن یکساله در کلزا	Ø
Lepidoptera	*Pseudoplusia includens* (کرم حلقه ای سویا)	سویا	–
	Trichoplusia ni کرم حلقه ای کلم	لوبیای لیما	Ø
	Spodoptera eridania (southern armyworm)	نعنا فلفلی	Ø
	Spodoptera frugiperda (fall armyworm)	فستوکای بلند	Ø
	Pectinophora gossypiella (pink bollworm)	پنبه مناطق مرتفع	Ø
	Helicoverpa armigera (cotton bollworm)	پنبه گندم بهاره	+ +
	Colias philodice (clouded sulfur butterfly)	شبدر سفید یونجه یونجه زرد	Ø Ø Ø
Orthoptera	*Melanoplus sanguinipes* (migratory grasshopper)	درمنه	Ø
	Melanoplus differentialis (differential grasshopper	درمنه	–
Thysanoptera	*Frankliniella occidentalis* (western flower thrip)	شبدر سفید	+

معمول‌ترین مدل پیش بینی برای آفات نشان از یک تغییر یا توسعه و بسط به موازات افزایش دما دارد. به‌عنوان مثال کرم ذرت، *Helicoverpa zea*، *Ostrinia nubilalis*_ ، و *corn rootworms* (کرم ریشه ذرت)،

انتظار می رود که محدوده فعالیت خود را به سمت شمال ایالات متحده گسترش دهند که اکنون تبدیل به یک زیستگاه نامناسب شده است.

اخیراً، از فناوری غنی سازی غلظت گاز هوای آزاد (FACE) برای ایجاد جوی با غلظت CO2 و O2 شبیه به آنچه مدل‌های تغییر اقلیم در اواسط قرن بیست و یکم پیش بینی کرده اند، استفاده شده است، FACE امکان آزمایش میدانی در شرایط محصول در مزرعه و با محدودیت کمتری نسبت به آزمایشات انجام شده در فضاهای محصور، فراهم می‌سازد. در این آزمایش مشخص گردید که در اوایل فصل رشد، سویای رشد یافته در شرایط جوی با CO2 بالا ، ۵۷٪ آسیب بیشتری از آفات (در درجه اول سوسک ژاپنی ، زنجره برگ سیب زمینی، کرم ریشه ذرت غربی و سوسک لوبیای مکزیکی) نسبت به آفاتی که در شرایط کنونی (شرایط واقعی اکنون و بدون مدلسازی) رشد کرده اند، متحمل شدند و برای ادامه روند کشت این محصول نیاز به کنترل با آفت‌کش داشت. تصور می‌شود افزایش در سطح قندهای ساده در برگ‌های سویا ممکن است باعث تحریک بیشتر آفت جهت تغذیه گردد (۴۰). اگرچه در مطالعات FACE مشاهده نشده است، اما محققان دیگر مشاهده نموده اند که این آفات جهت کسب میزان نیتروژن لازم برای متابولیسم خود بعضی اوقات بیشتر از یک برگ (یعنی بیشتر از میزان معمول) تغذیه می‌کنند.

۳- ۳- اثرات سایر عوامل

۳-۳-۱- بارندگی و خشکسالی

مدیریت آفات ممکن است تا حدی تحت تأثیر تغییر در بارندگی نیز قرار گیرد. تغییرات اقلیمی احتمالاً منجر به ایجاد سیکل‌های هیدرولیکی پیک (اوج) می‌گردد، و یک افزایش در رخدادهای خشکسالی و یا بارندگی بیش از حد میانگین (یا هر دو مورد با هم) ممکن است در یک مکان واحد و در کنار هم رخ دهد. برخی وقایع آب و هوایی شدید که جزئی از تغییر اقلیم هستند، مانند سیل، ممکن است ریسک منطقه ای شیوع بیماری را از طریق فراهم نمودن محیطی مناسب‌تر برای رشد پاتوژنها، افزایش دهند(۱۷). علاوه بر افزایش ریسک شیوع بیماری، دیگر وقایع شدید اقلیمی، مانند خشکی، می‌تواند موجب تشدید کاهش عملکرد پس از برداشت از طریق افزایش تولید مایکوتوکسین‌ها در برخی عوامل بیماری‌زای شود (۶۲). به‌دنبال یک دوره خشکی شدید که در سالهای ۲۰۱۶-۲۰۱۵ رخ داد لاروهای پروانه ابریشم باف ناجور(*Lymantria dispar* (L.)) اولین شیوع اصلی خود را در شمال ایالات متحده در طی ۳۰ سال، نشان داد (۴۸). برخلاف مطالعات مرتبط با دما (به‌عنوان مثال در مورد آفاتی چون مینوز برگ قهوه و کرم قهوه‌ای میوه)، کوتی وی و همکاران (۶۵) در نواحی مختلف کشور زیمبابوه متوجه شدند که به عنوان مثال بارندگی در تعیین و پیش بینی محدوده‌ی فعالیت آفت کرم سفید ساقه مهم‌تر از عامل دما می باشد، و جهت افزایش آلودگی به این آفت، فاکتور مهم‌تری است.

پاتوژن‌های گیاهی می‌توانند در محیط‌هایی با رطوبت بالا رشد کنند، که برای استقرار، نمو و ایجاد آلودگی پاتوژن‌ها بر روی میزبان‌های حساس، این شرایط مطلوب است. حتی شرایط بارندگی متوسط نیز می‌تواند موجب افزایش بیماری‌ها در محصولات حساس شود، و به محضی که اسپورهای قارچی جوانه زدند، بر روی سطح گیاهی که مرطوب است توسعه می‌یابند.
برخی از عوامل بیماری‌زا مانند لکه سیاه سیب ، بادزدگی سیب زمینی و چندین عامل بیماری‌زای ریشه‌ی گیاه، گیاهان را با افزایش رطوبت آلوده می‌کنند، مدل‌های پیش آگاهی برای این بیماری‌ها مبتنی بر رطوبت برگ، رطوبت نسبی هوا و اندازه گیری بارش است. سایر عوامل بیماری‌زا مانند گونه‌های سفیدک پودری تمایل به رشد در شرایطی با رطوبت پایین تر (اما نه بسیارکم) دارند.
مثال دیگر، دوام و ماندگاری بیماری زنگ در گندم است که بستگی به در دسترس بودن گیاه میزبان دارد، و این قارچ در گیاه میزبان نیز نیاز به فاکتورهای خاصی جهت بقاء و ادامه آلودگی دارد. به طور مثال افزایش باران در طول تابستان باعث رشد بیشتر گندم‌های خودرو و سایر میزبانان علفی شده و این شرایط منجر به تولید اینوکلوم بیشتری از بیماری زنگ جهت آلوده کردن محصولات زراعی تازه کشت شده، می‌شود.

باران‌های مکرر و شدید که توسط برخی از مدل‌های تغییر اقلیم پیش‌بینی می‌شود، در صورت ممتد بودن این دوره‌های بارندگی، محیط مناسبی برای رشد عامل بیماری ایجاد می‌کنند. گیاهان میزبانی که کانوپی محدودی دارند، تحت این شرایط ممکن است حجم بیشتری از کانوپی تولید کنند که در این صورت رطوبت را به صورت رطوبت برگ یا رطوبت نسبی کانوپی، برای مدتی طولانی‌تری بالا نگه می‌دارد، بنابراین خطر ابتلا به آلودگی پاتوژن را افزایش می‌دهد. برخی از مدل‌های تغییر اقلیم، افزایش در غلظت بخار آب جو را به موازات افزایش دما پیش بینی می‌کنند، که این امر خود منجر به انتشار بیشتر عامل بیماری‌زا می‌شود.

بعضی از حشرات نسبت به بارش حساس هستند و در اثر باران‌های شدید از بین رفته و یا از محصول حذف می‌گردند، در برخی مناطق مانند ایالت‌های شمال شرقی ایالات متحده، این مطلب برای انتخاب گزینه‌های مدیریتی در کنترل آفت تریپس پیاز مهم است (۶۷). برای برخی از حشرات که در خاک زمستان‌گذرانی انجام می‌دهند ، مانند کرم میوه در گیاه زغال اخته و سایر آفات میوه‌ی زغال اخته ، غرقاب کردن خاک به عنوان یک اقدام کنترلی استفاده می‌شود (۷۵). انتظار می‌رود بارش‌های مکرر و شدید پیش‌بینی شده در شرایط تغییراقلیم، تأثیر منفی بر این حشرات بگذارد. از سوی دیگر برخی دیگر از حشرات مانند شته‌ها برعکس مورد فوق، در برابر خشکسالی تحمل ندارند. تغییرات بارش نیز مانند دما، می‌تواند دارای اثراتی پیچیده و پویا بر شکارگران آفات، انگل‌ها و بیماری‌ها باشد. شکارگران قارچی آفات به رطوبت بالا علاقه داشته و با تغییر شرایط اقلیمی که دوره‌های رطوبت زیاد را طولانی‌تر می‌کند افزایش یافته، و هر شرایطی که محیط را خشک‌تر نماید آنها را کاهش می دهد.

نور کم و کاهش تهویه هوا در گیاهان زراعی متراکم باعث افزایش رطوبت نسبی شده و این امر باعث افزایش میزان اسپور و رشد بسیاری از پاتوژن های گیاهی می‌شود (۳۱).
باران‌های زیاد و در نتیجه طغیان رودخانه‌ها موجب افزایش انتقال عوامل بیماریزا توسط آب می‌شود، همچنین این عامل باعث افزایش بقا، انتشار و گسترش عمده پاتوژن‌های خاکزاد به مناطقی که قبلاً آلوده نبوده اند می‌گردد(۷۴).
عوامل بیماریزای قارچی در مقایسه با سایر عوامل بیماری‌زا از سیل بهره زیادی می‌برند. به عنوان مثال در چین، شیوع زنگ نواری گندم پس از سیل، به قحطی دهه ۱۹۶۰ در این کشور کمک زیادی نمود .
در ایالات متحده در سال ۱۹۹۳، مایکوتوکسین تولید شده توسط قارچ عامل پوسیدگی گندم (*Fusarium spp.*) بعد از بارندگی شدید و رطوبت مداوم، رکورد خسارت در ناحیه ریشه‌ی گیاه را به بالاترین حد رساند. نتایج آزمایش نشان داد که دفعات بارندگی و حجم آب، فاکتورهای مهم تاثیر گذار در مرگ و میر ناشی از پاتوژن در گیاهان بوده اند.
سیل و رطوبت زیاد می تواند رشد قارچها را افزایش دهد، از این رو عوامل قارچی که در محصولات کشاورزی باعث نابودی زراعت می شوند، با کاهش بارندگی کاهش می‌یابند.

۳-۳-۲- باد

جریان باد زیاد، گسترش وسیع عوامل بیماری زا (اسپورهای قارچ ها) را از مناطق زمستان گذران این پاتوژن‌ها به میزبان‌های دیگر در مناطق دوردست امکان‌پذیر می‌سازد(۶۹). به‌عنوان مثال پراکندگی بیماری قارچی سپتوریا (*Mycosphaerella graminicola*) به دلیل شرایط بادخیز در بریتانیا تشدید شده است. اپیدمی شدن بیماری سپتوریا در اواخر تابستان و پاییز توسط آسکوسپورهای پراکنده شده در هوا (اسپورهای تولید مثل جنسی) آغاز می‌شود و پس از آن نیز ادامه می‌یابد (۸۰). از این رو، احتمالاً وجود باد همراه با بارندگی زیاد، منجر به گسترش بیماری‌ها و آفات گیاهی به مناطق دوردست خواهد شد. علاوه بر این، رطوبت ناشی از بارندگی شدید باعث جوانه‌زنی اسپورها و تکثیر باکتری‌ها و بیماری‌های قارچی در گیاه می‌شود.
۳-۳-۳- نور ماوراء بنفش و اوزون

از مدتها پیش تاثیر نور ماوراء بنفش (UV) نیز بر روی قارچ‌های بیماری زای گیاه شناخته شده بوده است. این نور ممکن است تولید اسپور را در طیف گسترده‌ای از قارچها تحریک کند. محققین بر این باورند که نور ماوراء بنفش (UV) قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی رابه دو شکل: ۱- تحریک تولید اسپور و ۲- دوام و ماندگاری آنها در مراحل اولیه آلودگی، تحت تاثیر قرار می‌دهد، که تناوب و شدت انتشار بیماری را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (۶۳). در شرایط کنونی، نور طبیعی حاوی نور UV کافی برای تحریک اسپور قارچ های وابسته به نور است. (۵۸).

اوزن نیز به عنوان سمی‌ترین(phytotoxic) آلاینده هوا در نظر گرفته می‌شود. این عامل می‌تواند باعث ایجاد ضایعات کلروتیک و نکروتیک در گونه‌های گیاهی حساس شود و حتی در صورت عدم وجود علائم قابل مشاهده، می‌تواند از فتوسنتز و رشد گیاه جلوگیری کند. آسیب ازن می‌تواند به کاهش قدرت رقابتی گیاهان منجر گردد، و کاهش قدرت رقابتی موجب می‌گردد گیاهان مستعد ابتلا به پاتوژن‌های گیاهی شوند.
در تحقیقی که به بررسی اثر متقابل بین آسیب ازن و آلودگی توسط قارچ *Alternaria solani* پرداخته است، گاز ازن عامل ایجاد این بیماری (بادزدگی سیب زمینی) گزارش شده است، لیکن هنوز گزارشی مبنی بر معنی دار بودن اثر این گاز، ملاحظه نشده است (۵۸). تغییرات متابولیک ناشی از ازن ظاهراً می‌تواند در گیاهان طی روزها یا ماه ها پایدار باشد. طبق نتایج برخی محققین اثر ازن بر حساسیت گیاه به بیماری‌های گیاهی، تحت تأثیر عواملی مهمی چون مرحله‌ی رشد گیاه، تغذیه‌ی گیاه و سایر گازهای جوی، ممکن است تغییر یابد (۵۸).

۴- بررسی برخی آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز تحت تأثیر تغییر اقلیم

۴-۱- آفات و حشرات

یکی دیگر از اثرات تغییر اقلیم این است که سیستم دفاعی گیاه را در برابر آفات و عوامل بیماری‌زا کاهش می‌دهد، به همین دلیل آسیب‌پذیری گیاه در برابر این عوامل افزایش می‌یابد. آلودگی توسط آفت هلیوتیس در پنبه و حبوبات، در شمال هند یکی از مثال‌های این مسئله است (۸۴). به عنوان مثال، سیگنالینگ مسیرهای دفاعی در گیاه سویا که به واسطه اسید جاسمونیک (JA) ایجاد می‌شود، در شرایط افزایش سطح CO_2 مختل می‌شود(۵۱). همچنین تولید مهارکننده‌های دفاعی سیستئین پروتئیناز (CystPIs) کاهش یافته و گیاه را در برابر آفاتی نظیر سوسک ژاپنی (*Popillia japonica* Newman) و کرم ریشه ذرت (*Diabrotica virgifera*) آسیب پذیر می‌سازد. علاوه بر این، درجه حرارت بالاتر و افزایش غلظتCO_2 بر انتشار ترکیبات آلی فرار (HIPV) ایجاد شده توسط آفات تأثیر می‌گذارد. هرگونه تغییری در HIPV اثر مستقیمی بر کارایی کنترل کننده‌های بیولوژیک آفات و بیماری‌ها دارد.

برخی آفات مانند *H. armigera* (کرم هلیوتیس) و *Spodoptera litura* (پروانه برگخوار پاییزه) قابلیت مهاجرت دارند. این آفات ممکن است جهت بهره‌وری بیشتر از شرایط، بسیار سریع به مکان‌های جدید حرکت کنند.

اسیدی شدن آب از طریق اسید کربنیک (به دلیل غلظت بالای CO_2) بر تنوع و فون اثرگذار خواهد بود. میزان کمتر نیتروژن در بخش هوایی گیاه به دلیل افزایش میزان CO_2، موجب افزایش خسارت برخی گونه-های حشرات مانند آفات ساقه خوار، *Chilo partellus* در سورگوم شده است (۷۲). علاوه بر این، تغییرات

در دما به همراه تغییر در میزان گاز CO2 موجب شده است برخی آفات در طول یک فصل ۱ تا ۵ سیکل زندگی بیشتری داشته باشند، که این موجب می‌شود توانایی آفات برای غلبه بر مقاومت گیاهان بیشتر باشد. دیده شده که تغییر اقلیم می‌تواند به تراکم بیشتری از جمعیت *Maruca vitrata* (کرم پیله خوار لوبیا) منجر شود و متعاقباً موجب انتشار این آفت به مناطق معتدل گردد، که این امر می‌تواند موجب تأثیر سوء بر لگوم‌ها و دیگر گیاهان مرتبط شود. همچنین شیوع گسترده‌ی *H. armigera* به عنوان یک آفت مهاجم در برزیل و آمریکای شمالی مرتبط با تغییرات اقلیمی مشاهده شده است.

حشرات با قطعات دهانی جونده مانند (Lepidopterans) راسته بال پولک داران، با جویدن و خسارت به کل برگ در محصولات زراعی باعث کاهش نسبت نیتروژن به مقدار کربن می‌گردند. اما حشرات مکنده مانند (Hemipterans) راسته ناجور بالان، با تغذیه از آوند آبکش و چوبی (Phloem و Xylem)، به دلیل این که از شیره گیاهی تغذیه می‌کنند کمتر تحت تأثیر co2 قرار می‌گیرند (۳۳).
سوسک چوبخوار قهوه، یک سوسک کوچک است که بر روی دانه‌های قهوه تغذیه می‌کند. این آفت بومی آفریقا است، اما اکنون در اغلب مناطق دنیا که قهوه کشت می‌شود گسترش یافته است، که البته مدیریت و کنترل آن به دلیل اینکه چرخه‌ی زندگی آن در کنار دانه‌های قهوه طی می‌شود مشکل است. کاهش عملکرد به دلیل خسارت این آفت در برزیل ۳۸۵-۲۱۵ میلیون دلار تخمین زده شده است. در یک مطالعه در تعیین مقاومت حرارتی این آفت (۴۶)، مدت زمان رشد ونمو این آفت را از مرحله تخم تا بالغ در ۸ دمای مختلف بررسی نمودند (۱۵، ۲۰، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۳۰، ۳۳ یا ۳۵). این حشره در دمای ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد قادر به نمو نبود، اما در سایر دماها، نشان داده شد که نمو این آفت با افزایش دما، در محدوده دمای مورد بررسی، سریعتر بود. مدت زمان رشد از تخم تا مرحله‌ی بلوغ در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۷ تا ۰/۵۳ روز، و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۳ تا ۲۳/۳ روز بود، که تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌گردد. در برزیل، توسط دو مدل تغییر اقلیم، افزایش در تعداد نسل‌های آفت چوبخوار قهوه بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰، به‌صورت ماهیانه، پیش بینی شده است.
تا زمانی‌که دما از حد بالای محدوده‌های بحرانی (یعنی دمایی که بالاتر از محدوده‌ی تحمل آفت باشد) افزایش نیابد، افزایش دما هر جنبه‌ای از چرخه‌ی زندگی حشرات را تسریع می‌کند، و زمستان‌های گرمتر مرگ و میر زمستانه را کاهش می‌دهد، اگرچه افزایش دمای تابستانه نیز مطلوب برای رشد برخی حشرات است، اما طولانی شدن فصل رشد اثر نسبتاً بیشتری در خسارت حشرات بر گیاه میزبان دارد (۲۲).

برخی تحقیقات، مثال‌هایی از طی شدن سریع‌تر فنولوژی حشرات در یک فصل را، نسبت به گذشته نشان داده است (جدول ۲). برخی حشرات که در هر فصل چندین نسل دارند، در واکنش به تغییر اقلیم، تعداد نسل‌های بیشتر در سال خواهند داشت. این امر نه تنها موجب افزایش تعداد حشرات در محیط می‌شود بلکه موجب افزایش مقاومت حشرات به آفت‌کش‌ها نیز می‌گردد. به‌عنوان مثال، در نتیجه‌ی گرم شدن در طول

قرن گذشته، دامنه جغرافیایی شب پره های جنس Zeiraphera (گونه *Zeiraphera diniana*) از مرز میزبان خود گذشت و موجب شیوع هزاران ساله این شب پره شد (۴۵). مثالی دیگر، توسعه‌ی برخی محصولات به سمت عرض‌های شمالی است، که ممکن است ترکیب جمعیتی آفت شته را تغییر دهد. در اروپا کشت پاییزه گندم زمستانه، جو و کلزا، بستری را برای تکثیر پارتنوژنی و بدون زمستانگذرانی، برای شته ها در زمستان، فراهم نموده است (۷۰). در هلند، تغییرات در بقای زمستانی شته‌های پارتنوژنی ممکن است منجر به تغییر در ترکیب گونه‌ها شود و در نتیجه در سیکل زندگی این حشره تعداد شته هایی که فرم جنسی تکثیری دارند، کاهش یابد.

شته‌ها یکی از مهم‌ترین ناقلین بیمارهای گیاهی هستند. مدت زمان کوتاه زاد و ولد آنها، موجب می‌شود که تحت شرایط گرمایش جهانی جزء آفاتی باشند که دارای ریسک بالایی برای خسارت به محصولات هستند. محدوده توسعه و انتشار شته‌ها و پاتوژن‌های نیز می‌تواند منجر به افزایش تنوع ژنتیکی شود، و احتمال ایجاد مقاومت به روش‌های کنترلی را زیاد کند. به‌عنوان مثال، جمعیت‌های شته سبز هلو به دلیل زمستان‌های گرمتر و انتشار زودتر از موعد در اسکاتلند، دارای تنوع ژنتیکی بیشتری شده اند.

تغییرات پیش بینی شده‌ی سالیانه تا سال ۲۰۸۰ در رابطه با شته‌ی غلات، وابسته به دما است، که این پیش بینی‌ها با توجه به مدل‌های اقلیمی، نشان دهنده‌ی افزایش در جمعیت شته در عرض‌های شمالی و یا نواحی ساحلی است، در حالی‌که در مناطق جنوبی یا مرکزی کاهش جمعیت آن پیش بینی شده است. در بریتانیا پدیده‌ای متفاوت از اینگونه پیش‌بینی‌ها برای شته مشاهده شده است، در این کشور پیش‌بینی می-گردد که کاهشی یکنواخت در فراوانی شته غلات برای نواحی جنوبی رخ خواهد داد، که این امر به‌دلیل اثر متقابل افزایش CO_2 و محدودیت نیتروژن در نواحی است که خشکسالی بزرگتری را تجربه خواهند کرد.

جدول ۲- تغییرات در نتایج پیش بینی شده و ویژگی‌های تاریخچه‌ی زندگی برخی آفات

گونه‌ی آفت و محصول	تغییر از سال ۲۰۰۰-۱۹۰۱						تغییر از ۲۱۰۰-۱۹۰۱					
	عملکرد	خسارت	E	P	I	G	عملکرد	خسارت	E	P	I	G
	٪	٪	روز	روز	٪ یا d	٪	٪	٪	روز	روز	٪ یا d	٪

سوسک برگ حبوباتB	۳/۱	-۸/۴	-۱/۴	-۳/۴	-۰/۹	-۸/۴	۳۷	۴۳۰	۱۵/۳	۱۸/۵	٪۱۳/۳	۷۳/۴
سوسک مکزیکی حبوباتB	۳/۱	-۲/۱	-۱/۷	-۱/۶	-۲/۵	۰/۸	۳۷	۴۲	۲/۶	۱۶/۶	-٪۴/۴	۷/۸
لاروهای پروانه‌های برگخوارC	۲/۹	۳۰/۱	۲/۶	۵	-۲/۵	۷/۱	۲۱	۱۰۰	۱۴/۴	۱۹/۲	-۷d	۲۶
لارو پروانه آگروتیسC	۲/۹	۴/۷	۵	۵/۵	-۳/۶	۵/۶	۲۱	۱۶	۱۸/۹	۱۸/۸	-۹/۱d	۲۳/۸
شب پره ذرتC	۳/۱	۰	۱/۱	۱/۱	۰/۹d	۱/۳	۳۷	۴۸۰	۱۴/۲	۳۲/۸	-۷/۱d	۳۱/۶
Ostrinia nubilalis (کرم ذرت)B	۲/۹	۴۲/۹	۷/۵	۷/۵	-۳/۴d	۸/۶	۲۱	۱۳۶	۱۴/۲	۳۰/۷	-۸/۲d	۲۹
لیسه ذرت (Papaipema nebris) C	۳/۱	۵	-۰/۱	-۰/۱	٪۲/۶	۱/۲	۳۷	۱۰۰۰	۳۵/۴	۳۹/۲	٪۱۷/۶	۲۸/۴
B	۲/۹	۳۸/۶	۴/۷	۴/۷	٪۱/۹	۷/۷	۲۱	۸۰۰	۳۶/۷	۳۷/۸	٪۱۸/۷	۲۷/۵
BVelvetbean caterpillar	۳/۱	۱/۷	۰/۹	۰/۹	٪۰/۶	۰	۳۷	۱۶۵	-۱۳/۸	۶۰/۱	٪۱/۵	۰
زنجرک سیب زمینی B	۲/۹	۰/۴	۱/۶	۱/۶	/۵٪۱/۱	۰	۲۱	۱۵۳	-۱۲/۳	۵۹/۲	٪۱/۴	۰
	۳/۱	۲	۱	۱	۰/۵d	۰/۹	۳۷	۳۲۶	۱۵/۴	۲۱/۱	-۹/۹d	۳۴/۶
	۳/۱	۴/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۵d	۱	۳۷	۱۵۵	۱۲/۸	۲۷/۴	-۸/۱d	۲۷/۵

;تغییر در کنترل محصول بدون کنترل آفت :Damage ;تغییرات در عملکرد محصول بدون خسارت :Yield .ذرت = C ;سویا = B
تغییر در جمعیت/هکتار مرحله خسارت در پیک ;:Peak ;تغییر در تعداد روزهایی که محصول در معرض آفت بوده است :Expose
اعداد منفی ;(d) تغییر در درصد بقاء زمستانگذران ساکنین یا زمان مهاجرت برای حشرات مهاجر :Initial جمعیت بدون کنترل آفت
تغییر در تعداد زاد و ولد در هر سال :Gens نمایانگر مهاجرت زودهنگام است که منجر به استقرار جمعیت می شود
(R. A. J. Taylor and et al, 2018)

۴-۲- بیماری‌های گیاهی

۴-۲-۱- بیماری‌های قارچی

تغییر اقلیم می‌تواند باعث ایجاد شرایط مساعد برای ظهور یک یا چند بیماری جدید در یک منطقه و یا تبدیل عوامل خسارت‌زای درجه دو به درجه یک شود. با توجه به فیزیولوژی گیاه، فاکتورهای مختلف تغییر اقلیم، می‌توانند اثرات متفاوتی بر بیماری‌های گیاهی داشته باشند، به‌عنوان مثال، افزایش سطح CO2 می-تواند موجب کاهش در سرعت تجزیه بقایای گیاه شود، که این امر منجر به افزایش سطح اینوکلوم قارچی می‌گردد، و این غلظت از اینوکلوم ممکن است موجب تولید اسپورهای قارچی بیشتری شود. از سوی دیگر، افزایش غلظت CO2 ممکن است موجب تغییراتی در فیزیولوژی گیاه شود، که بر ایجاد و یا افزایش مقاومت بیشتر در گیاه نسبت به برخی پاتوژن‌های دیگر، اثر مثبت دارد.

در اقلیم‌های خشک، بسیاری از آلودگی‌های قارچی بذرزاد مانند آنتراگنوز لوبیا، خودبه‌خود کنترل می‌شوند. البته از سوی دیگر در چنین اقلیم‌هایی برخی بیماری‌ها نظیر سفیدک‌های پودری کدوئیان خسارت چشم-گیری به محصولات زراعی و باغی وارد می‌سازند. از طرف دیگر برخی مایکوتوکسین‌های خاص مانند مایکوتوکسینهای فوزاریوم (که توسط گونه¬های مختلف فوزاریوم تولید می‌شود) در زمان برداشت محصول در صورتی‌که تحت تأثیر افزایش رطوبت و دما باشند، غلظتشان افزایش می‌یابد.

شرایط نامساعد آب و هوایی روی شیوع دو بیماری مهم لکه قهوه ای و بلاست برنج تاثیرات منفی خواهد گذاشت. اثرات تغییر اقلیم بر روی ارقام و لاین‌هایی که دارای مقاومت کمتری در برابر بیماری‌های مهم و کلیدی در یک منطقه هستند، و ناپایداری بیشتری نسبت به مقاومت کیفی دارند، بیشتر تظاهر می‌یابد. لذا در مجموع، استفاده از ارقام خالص ژنتیکی و پرمحصول در سطح وسیع، و در شرایط تغییر اقلیم، توصیه نمی‌گردد. جهت بهبود این شرایط ایجاد تنوع ژنتیکی می‌تواند به‌صورت کاشت ارقام مخلوط که دارای صفات زراعی مشابه ولی متفاوت از نظر ژنتیکی هستند، و البته مقاوم در برابر نژادهای عامل بیماریزا، مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مثال‌های روشنی که در این رابطه وجود دارد، گیاه گندم و ویولاف هستند که نسبت به بیماری زنگ با افزایش دما حساس تر شده‌اند، در حالی‌که برخی گونه‌های علوفه‌ای مقاومتر شده‌اند.

تغییر اقلیم می‌تواند بیماری‌های گیاهی را همراه با فرآیندهایی دیگر همچون آلودگی آب، هوا و خاک، که به‌دلیل فعالیت‌های انسان است، تحت تأثیر قرار دهد (۶۷). از طرفی درجه حرارت بالا و غلظت CO2 بر تعامل گیاه با بیماری تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، پیش‌بینی تأثیر تغییرات آب و هوا بر قارچ فوما (*Leptosphaeria maculans*) در بذر کلزا، از طریق مدل‌های پیش‌بینی که اثر دما و بارندگی را از طریق الگوی تغییرات CO2 برای سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ در انگلستان پیش‌بینی می‌کند (۴۹)، نشان داده است که، تأثیر غلظت بالای CO2 بر بیماری‌های گیاهی می‌تواند مثبت یا منفی باشد، اما در اکثر موارد این مدل پیش بینی نموده است که شدت بیماری در این شرایط ذکر شده افزایش یافته است. در بیماری‌های بادزدگی سیب‌زمینی (*Phytophthora infestans*)، بلاست برنج (*Magnaporthe grisea*) و لکه موجی (*Rhizoctonia solani*) عواملی چون درجه حرارت و تغییر در غلظت CO2 باعث تشدید بیماری شده است.
دمای بالا موجب افزایش شیوع سفیدک پودری، بیماری لکه برگی، زنگ و بیماری رایزومانیا می‌شود. این امر ممکن است به دلیل دماهای بالاتر در زمستان باشد که مقدار اینوکلوم اولیه بیماری در بهار را افزایش می دهد.
در بیماری بلایت سیب زمینی (*Phytophthora infestans*) یک همبستگی بین شدت این بیماری با DTR (دامنه‌ی دماهای روزانه) و دمای میانگین مشاهده شده است، و همچنین تغییراتی در تأخیر انتشار بیماری، سرعت توسعه‌ی خسارات وارد شده بر روی گیاه و اسپورزایی قارچ، همراه با تغییرات DTR ، مشاهده شده است.
افزایش غلظت CO2 همچنین می‌تواند موجب تغییر نسبت C/N در گیاهان میزبان شود. به‌عنوان مثال، برخی مشاهدات نشان داده اند که نسبت C/N بالاتر در گیاه میزبان، اثر مثبتی بر افزایش اسپورزایی در قارچ *Alternaria alternata* داشته است. از طرف دیگر و از جنبه مثبت آن، افزایشCO2 می‌تواند باز شدن روزنه را کاهش داده، و انتقال پاتوژن به برگ را محدود سازد، همچنین افزایش مقاومت به خشکی و رشد گیاه در غلظت بالاتر CO2، می‌تواند موجب بهبود سلامت گیاه و محدود نمودن استقرار پاتوژن بر روی گیاه شود. پیش بینی چنین تغییرات محیطی و فیزیولوژیکی برای واکنش‌های پاتوژن‌های گیاهی هنوز پیچیده و مسئله‌ای حل نشده است. شواهدی وجود دارد که تغییرات بسیار کم و آهسته در شرایط اقلیمی

می‌تواند منجر به اپیدمی‌های وسیعی گردد. مشاهده شده است که در غلظت‌های بالای CO2، افزایش آلودگی به قارچی *Colletotrichum gloeosporioides* (آنتراگنوز مرکبات) در گیاه، با افزایش تکثیر جدایه-های این قارچ همراه بود.

در تحقیقی مشاهده گردید که علی‌رغم افزایش شیوع بسیاری از پاتوژن‌های قارچی، شدت بیماری زنگ نواری در طی سال ۲۰۵۰ نسبت به سالهای قبل کاهش می‌یابد (۱۲). تحقیقات نشان داده است که برخی از گونه‌های علوفه با افزایش دما در برابر بیماری زنگ مقاوم‌تر می‌شوند. گاهی مقاومت یا حساسیت یک گیاه به آفات در شرایط مختلف تغییر می‌کند ، بطور مثال گرما باعث بی رنگ شدن بعضی از گونه‌های علفی شده که این وضعیت (بی رنگ شدن چمن ها lignification) باعث کاهش حساسیت گونه های علفی در برابر عوامل قارچی می‌شود.

در جنوب کشور ولز میزان توسعه زنگ نواری بر روی گندم‌های حساس، با افزایش دما، از ۱۳ به ۱۶ درجه سانتی‌گراد، افزایش می‌یابد، و با افزایش بیشتر از این میزان، بیماری کاهش می‌یابد. افزایش درجه حرارت در زمستان منجر به رشد سریع‌تر بیماری قبل از اینکه گیاهان مقاوم شوند، می‌گردد. این رابطه بین میزان زنگ و کاهش عملکرد گندم تا حدی به دما در زمان پر شدن دانه بستگی دارد (۵۹). بنابراین، اگرچه افزایش دما می‌تواند مقدار زنگ را افزایش دهد، اما ممکن است باعث افزایش یا کاهش عملکرد نگردد.

بیماری لکه سپتریوزی در صورتی‌که باران‌های تابستانی و پاییزی افزایش یابد و امکان کاشت زودرس فراهم شود، شدیدتر می‌گردد. همچنین، افزایش باران بلافاصله قبل و بعد از خوشه‌دهی نیز شدت این بیماری را افزایش می‌دهد. افزایش دما ممکن است در جنوب غربی استرالیا و سایر مناطق کمربند گندم استرالیا به دلیل کوتاه شدن دوره‌ی نهفتگی بیماری، منجر به تشدید بیماری شود.

بیماری پاخوره گندم، وقتی که میزان آب در خاک سطحی، بالاتر از نقطه پژمرده دائمی در طول فصل رشد باشد، شدیدا گسترش می‌یابد. بنابراین، افزایش تغییرات بارندگی و شاید زمستان‌های خشک‌تر می‌تواند شدت این بیماری را در برخی مناطق کاهش دهد. قارچ در ریشه‌های آلوده گندم، در فصول مختلف، زنده می‌ماند. اگرچه دما یا رطوبت به تنهایی روی بقای آن تأثیر نمی‌گذارد ، اما ترکیبی از شرایط مرطوب و گرم در خاک می‌تواند به سرعت پاتوژن را از خاک حذف کند.

مثالی دیگر افزایش رطوبت و افزایش دما در گندم است که باعث کاهش بقا و ماندگاری قارچ *Fusarium graminearum* بر روی ساقه گندم می‌شود. تغییر شرایط آب و هوایی ممکن است تعادل بین این پاتوژن‌ها و آنتاگونیست‌های آنها مانند قارچ تریکودرما را، تغییر دهد.

بیماری سفیدک پودری سیب (*Podosphaera leucotricha*)، در صورتی‌که که رطوبت نسبی بالا رود و همچنین حرارت بین ۱۰ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد باشد، شیوع می‌یابد، افزایش درجه حرارت تابستان تا بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد این بیماری را محدود می‌کند، بنابراین افزایش متوسط دما، همراه با رطوبت نسبی و

باران‌های مکرر، باعث ایجاد بیماری می‌شود، اما در درجه حرارت بالاتر از ۲۲ درجه این بیماری محدود می-گردد.

غلات تحت تأثیر دما، نسبت به بیماری‌های مختلف، به‌خصوص زنگ‌ها حساس‌تر می‌شوند: ژنهای مقاومت در برابر بیماری زنگ ساقه‌ی یولاف(Pg3 و Pg4)در دمای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد از بین می‌روند. به همین ترتیب، ژن‌های مقاومت در برابر بیماری زنگ برگ گندم نیز (Lr2a,Lr210,Lr217) حساس به دما هستند. در این میان فقط ژن Lr2a در دمای بیش از ۲۵درجه سانتی‌گراد مقاومت نشان می‌دهد. اما در بعضی از محصولات علوفه‌ای با بیشترشدن دما، خشبی شدن نیز افزایش می‌یابد. در سویا، افزایش غلظت CO2 و O3، شدت ۳ بیماری در سویا شامل سفیدک دروغی (*Perenospora manshurica*) ، لکه قهوه‌ای (*Septoria glycines*) و (*Fusarium virguliforme*)، را تغییر می‌دهد (۳۱).

با افزایش دما، جوانه‌زنی اسپور قارچ زنگ گندم *Puccinia substriata* افزایش می‌یابد. کنیدی قارچ عامل بیماری سفیدک پودری توانایی جوانه‌زنی در رطوبت نسبی صفر درصد (RH) را دارد. کنیدی‌های *Erisiphe cicho racearum* در دمای ۷ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۶۰ تا ۸۰ درصد جوانه می‌زنند، همچنین اسپورهای *Erysiphe necator* در دمای ۶ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی از ۳۳ تا ۹۰ درصد جوانه می‌زنند.

عامل بیماری بادزدگی سیب زمینی و گوجه فرنگی(*Phytophthora infestans*) ، تحت شرایط رطوبت بالا و در دمای بین ۷/۲ و ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد تکثیر می‌شود و یا آلودگی اکالیپتوس، توسط *Phytophthora cinnamomi* به دلیل افزایش دمای خاک از ۱۲ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد.

۴-۲-۲- بیماری‌های ویروسی و باکتریایی

گرم شدن کره زمین بر آلودگی اولیه میزبان، شیوع آلودگی در میزبان و/ یا انتقال افقی ویروس به میزبان جدید توسط ناقل تأثیرگذار است. هرگونه تغییر در جمعیت میزبان یا حشرات ناقل به دلیل تغییر آب و هوا می‌تواند جمعیت‌های ویروس‌های گیاهی را گسترش دهد (۲۳).

گیاهان جو که در شرایط افزایش غلظت CO2 توسط ویروس (BYDV) آلوده شده بودند، در آزمایشات تیتراسیون، میزان ویروس بیشتری در برگ‌ها نشان دادند، که این می‌تواند به اپیدمی شدیدتر این ویروس و کاهش عملکرد در آینده منجر شود. تغییرات اقلیمی همچنین احتمالاً بر ظهور بیماری‌های ویروسی در سناریوهای اقلیمی جدید (که محصولات یا علف‌های هرز حساس و جدید، نزدیک به مکانهای رویشی گیاهان بومی رشد کرده و در معرض ویروس‌هایی قرار می‌گیرند که قبلاً با آنها مواجه نبوده‌اند) اثرگذار است، اگرچه چنین شرایط و رویشگاههایی به نسبت کمتر مطالعه شده است، اما بخوبی مشخص شده است که ویروس‌های با دامنه میزبانی وسیع تطابق بهتری به گیاهان میزبان جدید، نسبت به ویروس‌هایی با دامنه میزبانی محدود، دارند. تغییرات اقلیمی احتمالاً بر بیماری‌های ویروسی، از طرق مختلف مانند تغییر محدوده جغرافیایی ناقلین، گیاهان غیرزراعی و عادت تغذیه‌ای ناقلین، اثر گذار است (۴۹). تغییرات اقلیمی در آینده به‌طور مشابهی بر تغییر جمعیت‌ها و انتشار دیگر حشرات ناقل نیز مانند کنه‌ها، نماتدها و ناقلین قارچ‌های

خاکزی ویروس‌ها، و منابعی غیر از محصولات زراعی، اثرگذار است، و بنابراین ویروس‌های انتقال یافته و یا میزبان‌های جدید، اگرچه تاثیرگذار بر این مسئله هستند اما احتمالا بسته به ناحیه جغرافیایی، متغیر می-باشند . مثالهایی از این دست شامل:

– افزایش دما در مناطق معتدل، که منجر به ظهور زودتر شته‌های بهاره می‌شود (و بنابراین ظهور زودتر ویروسهایی که این شته ها ناقل انها هستند). در نوع مدیترانه ای، نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری، شته های تابستانه ممکن است تحت شرایط گرمتر زنده بمانند، بنابراین شیوع ویروس‌هایی که این شته‌ها ناقل آن هستند کاهش یابد.

– افزایش دما و تغییر بارش موجب ایجاد شرایط مطلوبتر برای جمعیت مگس سفید شد، که می تواند منجر به انتشار وسیع‌تر ناقلین و بنابراین افزایش ویروس‌های حمل شده توسط این حشره شود.

– مانند آفات، پتانسیل افزایش برای تغییرات سریع در ترکیب جمعیت‌های بیماری‌ها نیز، بدلیل تعداد بیشتر سیکل‌های تولیدمثلی، که تحت شرایط مدیریت کنونی در محصولات زراعی رخ می دهد، وجود دارد. این امر می‌تواند منجر به تکامل سریع‌تر نژادهای جدید عامل بیماری شود، که ممکن است موجب به خطر انداختن استراتژی های مقاومتی و مقاومت به آفت‌کشهای کنونی شود.

کشت بیشتر میزبان‌های جایگزین برای عوامل بیماری‌زا و ناقلین آنها در طول تابستان، تحت شرایط تغییر اقلیم، ممکن است باعث شود که برخی بیماری‌های گیاهی دارای اهمیت شوند. کوتولگی زرد جو (BYD) جز در منطقه پر باران در جنوب غربی استرالیا به عنوان مشکلی در سطح زیر کشت گندم در این کشور محسوب نمی‌شود. اما این بیماری می‌تواند بصورت یک مشکل در یولاف در مناطق باران خیز در عرض‌های بالاتر شود و ممکن است در صورت کشت گندم در این مناطق بتواند مشکل ایجاد کند. در این مناطق بارش کافی در تابستان برای رشد و نمو مراتع وجود دارد. این گیاهان مرتعی میزبان BYDV و شته‌هایی هستند که ویروس را منتقل می‌کنند. در پاییز، شته‌ها می توانند روی دیگر غلات مجاور که رشد یافته‌اند حرکت کنند. در زمستان فعالیت شته‌ها کم شده و این باعث کاهش تعداد شته‌ها و محدودیت انتقال ویروس BYDV می‌شود. تغییرات آب و هوایی که باعث رشد مراتع درطول تابستان و فعالیت شته‌ها در زمستان می‌شود، احتمالاً باعث افزایش بروز بیماری و شدت آن نیز می‌گردد.

یکی از عوامل مطلوب جهت رشد بیماری‌های اندام‌های هوایی گیاه و برخی بیماری‌های خاکزاد مانند فیتوفتورا ، پیتیوم و ...، رطوبت بالا است. همچنین تنش خشکی بر بروز و شدت ویروس‌هایی مانند ویروس موزاییک کوتولگی ذرت (MDMV) و ویروس زرد چغندر (BYV) تأثیر می‌گذارد. علاوه بر آنچه در بالا به آن اشاره شد، گاهی تغییرات دما و سایر عوامل اقلیمی باعث می‌شود گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا آسیب پذیر نباشند. به عنوان مثال ، *Armilaria sp* درشرایط خشک باعث ایجاد آلودگی می‌شود این در حالیست که در شرایط طبیعی اینطور نیست.

بیماری‌های کوتولگی نیشکر (RSD) و اسکالد برگ (بیماری‌های باکتریایی)، که توسط پارازیت‌های اجباری ایجاد می‌شوند تقریبا تمام چرخه زندگی خود را در داخل میزبان می‌گذرانند. این بیماری‌ها در اغلب شرایط آب و هوایی از مناطق گرمسیری تا نیمه گرمسیری متداول هستند، و تغییرات اقلیمی غیر محتمل است که بر شدت این بیماری ها اثرگذار باشد. البته طوفان‌های شدید و گردبادها می‌توانند پوسته پوسته شدن برگ در این بیماری‌ها را تشدید کنند، بنابراین افزایش شرایط شدید آب و هوایی ممکن است اهمیت این بیماری‌ها را افزایش دهد.

دما همچنین در بروز و ماندگاری علمل بیماری‌های باکتریایی مانند *Ralstonia solanacearum*، *Acidovorax avenae* و *Burkholderia glumea* نقش مهمی دارد(۵۱).

۴-۲-۳- مدل‌سازی برای برخی بیماری‌ها

برای بررسی تأثیر تغییرات آب و هوا بر روی عوامل بیماریزای گیاهی، پاتوسیستم‌ها مورد بررسی قرار می-گیرند(۳۲). این مدل‌های پیش‌بینی کننده برای برخی آفات و عوامل بیماری‌زا تهیه شده است. سفیدک پودری (*E. necator*) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گیاهی و کرم خوشه‌خوار انگور (*Lobesia botrana*) یکی از مضرترین آفات انگور در مناطق اروپا و مدیترانه است. مدلهای فنولوژیکی انگور با مدلهای فنولوژیکی سفیدک پودری انگور و کرم خوشه‌خوار انگور برای مدل‌سازی سناریوهای تغییر اقلیم در ایتالیا استفاده شدند و در این مدل‌ها، پتانسیل تغییرات در اثرات متقابل بین این گونه‌ها و گیاه میزبان مد نظر قرار گرفت.

این مدل‌ها، کاهش اپیدمی سفیدک پودری در شرایط شدید بیماری را، خصوصاً در سال‌هایی که در شرایط دمای بالا علائم بیماری دیرتر مشاهده می‌شد، شبیه سازی کردند. آنها همچنین پیشنهاد نمودند که در مناطق گرمتر که کشت انگور مقرون به صرفه‌تر است، افزایش دما ممکن است به دلیل تشدید ناهمزمانی بین مراحل رشد لاین‌های مقاوم انگور و لارو کرم خوشه خوار انگور، اثرات زیان آوری بر عملکرد داشته باشد. از طرف دیگر، افزایش فشار آفت بر گیاه که ناشی از افزایش تعداد نسل اتفاق می افتد، ممکن است آنچنان که انتظار می‌رود، تنها بر اساس مدل، چندان شدید نباشد، که دلیل آن برداشت زودهنگام است که خسارات ناشی از نسل آخر آفت را محدود می‌کند.

در چند سال گذشته، با کمبود بارش، احتمال وقوع تنش رطوبتی نیز وجود دارد که خود باعث ایجاد شرایط مطلوب برای فعالیت عوامل بیماری‌زای گیاهی مانند قارچ‌های *Macrophomina* و *Rhizoctonia* شده است. اگرچه مطالعه زیادی در مورد تأثیر کلی تغییرات اقلیمی بر بیماری‌های گیاهی صورت نگرفته است، با این وجود، می‌توان یافته‌ها را به صورت فرضیاتی علمی در نظر گرفت و از آنها به عنوان پیش بینی در جای دیگر استفاده نمود.

جدول۳- برخی بیماریهای گیاهی که تحت تأثیر شرایط اقلیمی متغیر قرار می‌گیرند

بیماری	پاتوژن	اثرات پیش بینی شده تغییر اقلیم		زمان	ملاحظات	اثرات پیش بینی شده	منابع
		اینوکلوم/ استقرار بیماری	سرعت پیشروی بیماری				
پوسیدگی ریشه	*Phytophthora* spp.	-	↑	-	B/EK	--	Stuteville, andErwin , 1990
پژمردگی	*Erwinia spp.*	↑	↑	↑	C/GH	+	White, 1999
سفیدک پودری	*Oidium* spp.	↑	↓	↑	BE	-	Hartman *et.al.*, 1999
لکه برگی زاویه ای (قارچی)	*Phaeoisariopsis spp.*	↑	↓	-	BD/E	-	Hall, 1991
Early blight	*Alternaria* spp.	↑	↓	↑	AB/EL	-	Howard , 1994; Hooker, 1981
Late blight	*Phytophthora spp.*	↑	↓	↑	BD	-	Howard , 1994; Hooker, 1981
پوسیدگی طوقه	*Phytophthora* spp.	↑	↓	-	AB/KN	-	Jones and Aldwinckle, 1990
لکه سیاه سیب	*Venturia spp.*	↓	↓	-	B/EM	-	Jones and Aldwinckle, 1990
پوسیدگی نرم	*Erwinia* spp.	-	↑	-	AB/LM	+	Howard , 1994; Schwartz and Mohan,1995
پوسیدگی سیاه	*Botryoshpaeria spp.*	↑	↓	-	B/EM	-	Jones and Aldwinckle, 1990
پوسیدگی باکتریایی	*Xantomonas* spp.	-	-	-	D/EFM	o	Hall, 1991
پوسیدگی سفید	*Selerotium spp.*	-	↓	-	A/EK	-	Howard , 1994; Schwartz and Mohan,1995
سیاهک معمول ذرت	*Ustilago* spp	↑	↑	↑	FL	++	White, 1999
Ear rot in corn	*Fusarium spp*	↑	↑	↑	B/FL	+	White, 1999
لکه برگی خاکستری	*Cercospora* spp	↑	↑	↑	B/EM	+	White, 1999
پوسیدگی ساقه ذرت شیرین	*Fusarium spp*	↑	↑	↑	B/L	+	White, 1999; Howard ,

1994							
Hall, 1991	++	C/HIO	-	↑	↑	*virus*	ویروس موزاییک زرد لوبیا
Howard , 1994	+	BC/GIJ	-	↑	↑	*Phytoplasma*	Aster yellow in carrot
Howard , 1994; Schwartz and Mohan,1995	+	A/F	-	↑	↑	*Fusarium* spp	پوسیدگی قائده پیاز
Howard , 1994; Schwartz and Mohan,1995	+	ABC/G	-	↑	↑	*Fusarium spp*	Damping off in onion
Howard , 1994; Schwartz and Mohan,1995		A/FGH	-	↑	↑	*Phoma* spp	پوسیدگی صورتی پیاز
Howard , 1994; Hooker, 1981	+	A/G	↑	↑	↑	*Verticillium spp*	پوسیدگی ورتیسلیومی پیاز
Howard , 1994; Hooker, 1981	+	BD/K	↑	↑	-	*Streptomyces* spp	اسکب معمولی سیب زمینی
Howard , 1994; Hooker, 1981	++	BC/HI	↑	↑	-	*virus*	پیچیدگی ویروسی برگ سیب زمینی
Howard , 1994; Hooker, 1981	++	C/GHI	-	↑	↑	*virus*	ویروس موزاییک خیار
Jones and Aldwinckle, 1990	+	B/FL	-	↑	↑	*Podosphaera spp*	سفیدک پودری سیب
Pearson and Goheen, 1988	+	F	-	↑	↑	*Uncinula* spp	سفیدک پودری انگور
Maas, 1984	+	B/F	-	↑	↑	*Sphaerotheca spp*	سفیدک پودری توت فرنگی
Maas, 1984	+	A/G	-	↑	-	*Pratylenchus* spp	پوسیدگی زخمی توت فرنگی
miley *et.al.*, 1992	+	B/G	-	↑	↑	*Calletotrichum spp*	آنتراگنوز چمن
Smiley *et.al.*, 1992	+	B/GF	-	↑	-	*Rizoctonia* spp	لکه قهوه ای چمن
Chakraborty *et.al.*, 1998	+		-	↑	↑	*Puccinia spp*	سیاهک در گندم

Olesn *et.al*. 1990	++	P	↑	↑	↑	*Virus*	ویروس موزاییک کوتولگی ذرت

۱ : "↑" : پیش بینی افزایش ="↓" ,پیش بینی کاهش =" – " عدم تغییر.

۲ : پیش بینی اثر محیط بر افزایش طول دوره فصل رشد بیماری:

۳ : دلایل برای اثرات پیش بینی شده

۴: اثرات پیش بینی شده شبکه ای بر یک بیماری گیاهی خاص. از یک افزایش معنیدار (++) تا یک کاهش معنیدار (--)

A: اینوکلوم اولیه خاکزاد است و انتار می رود که سطح مشابهی باقی بماند، و یا احتمال دارد کاهش بیابد، به دلیل زمستانهای ملایمتر، طولانی تر شدن فصل رشد، و افزایش رقابت میکروبی.

B: اینوکلوم اولیه در بقایای گیاهی و یا میزبان باقی میماند و انتظار می رود به دلیل افزایش بقا در طول زمستانهای ملایمتر، افزایش یابد.

C: اینوکلوم اولیه در بدن حشرات است و انتظار میرود به دلیل افزایش میزان بقای حشرات ناقل افزایش یابد.

D: اینوکلوم اولیه هر ساله از منابع خارجی وارد می شود، بعنوان مثال، بذر زاد، هوازاد. اثر تغییرات اقلیم در این مورد، بدون داشتن اطلاعاتی از پاتوژن، میزبان، و منبع، مشکل است که ارزیابی گردد.

E: فصل رشد گرمتر یا خشکتر سرعت پیشروی بیماری را کندتر می کند.

F: فصل رشد گرمتر یا خشکتر سرعت پیشرفت بیماری افزایش می دهد.

G: افزایش علائم شدت بیماری بعلت تنش خشکی بیشتر و یا فصل رشد تابستانی گرمتر.

H: افزایش بقای حشرات ناقل به دلیل زمستانهای معتدلتر.

I: افزایش سرعت نمو و توسعه ناقلین به دلیل دماهای بالاتر.

J: ورود زودهنگام پاتوژنها و یا ناقلین از نواحی جنوبی.

K: کاهش رطوبت خاک به دلیل افزایش تبخیر- تعرق، بارش پراکنده، و اثرات بر پاتوژن

L: افزایش زخمها و جراحات بر میزبانها بدلیل افزایش شرایط اقلیمی و تغییرات اقلیمی شدید (بعنوان مثال، رعدوبرق، بادهای شدید، تگرگ) و /یا افزایش خسارت آفات و افزایش مکانهای آلوده

M: کاهش توسعه و پراکنش بیماریها بدلیل کاهش در بارندگی و / یا طول مدت مرطوب ماندن برگ

N: باقی ماندن میوه بمدت طولانی تر بر روی درخت هم در بهار و هم پاییز، و بنابراین ایجاد اینوکلوم اولیه بیشتر

O: باقیماند بر روی گیاهان چند ساله غیرچوبی، پاتوژنها مدت زمان بیشتری برای رشد دارند و یا بر روی ریشه و یا زمستانگذرانی برگها و بنابراین آسیب بیشتر و شاید اینوکلوم اولیه بیشتر در بهار

P: بدلیل تنش خشکی

Q: بدلیل افزایش باران در زمستان

۵- علفهای هرز

۵-۱- دما، بارندگی

پیش بینی اثرات چندگانه‌ی تغییر اقلیم جهانی بر گونه‌های مهاجم و علف‌های هرز در اکوسیستم ها مشکل است، اما می‌تواند عواقب جدی برای سیستم‌های چند ساله کشاورزی داشته باشد. به‌عنوان مثال، در مراتع، ترکیب بارندگی زیاد زمستانه و رسوب نیتروژن در خاک، جمعیت گونه‌های مهاجم را بیشتر افزایش می‌دهد.

دما و بارندگی به‌عنوان فاکتورهای اقلیمی اولیه هستند که رویش و حفظ تراکم علف‌های هرز را کنترل می-کنند (۷۶)، و به این ترتیب، بر توزیع جغرافیایی علف‌های هرز و اثرات متعاقب آن بر رشد، تولیدمثل و رقابت، در سیستم‌های کشاورزی، اثر خواهد گذاشت شرایط مرطوب و بارندگی همچنین موجب تشدید رشد رویشی و گسترده‌تر شدن علف‌های هرز می‌شود، از طرف دیگرحجم و تراکم علف‌های هرز با افزایش دما نیز

افزایش می‌یابد. افزایش دما ممکن است موجب توسعه و گسترش علف‌های هرز موجود در همان منطقه و یا توسعه‌ی علف‌های هرز به عرض‌های جغرافیایی و ارتفاعات بالاتر شود. در سیستم‌های کشاورزی، برخی علف‌های هرزی که در مزارع محصولات فصل گرم هستند از مناطق گرمسیری منشأ گرفته اند، بنابراین، گرم شدن هوا می‌تواند موجب توسعه‌ی آنها به سمت نواحی شمالی شود.

در تحقیقی واکنش گیاهان مهاجم در مقابل گیاهان بومی را، تحت تاثیر افزایش دما و تغییر بارندگی، در رابطه با رشد گیاه، تطابق و فیزیولوژی، بررسی نموده است. علف‌های هرز بسیار بهتر از گیاهان بومی تحت شرایط دمای بالا عمل نمودند، و هر دو گروه در برابر افزایش بارندگی عملکرد مشابهی داشتند، اما گیاهان مهاجم با کاهش بارندگی عملکرد ضعیف‌تری از خود نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهند که بالا رفتن دما و تغییرات در بارندگی یک مزیت خودکار و همیشگی برای علف‌های هرز نخواهد بود، اما این امر بسته به مکان و بزرگی این تغییرات، خواهد داشت.
برای علف‌های موجود در یک منطقه‌ی خاص، تغییرات در DTR هم می‌تواند بر رویش بخش هوایی و هم ریشه‌ی گیاه اثرگذار باشد. به‌عنوان مثال، ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه از غده‌های اویار سلام بنفش *Cyperus rotundus* L.) موجود در خاک با افزایش DTR ، افزایش می‌یابد (۳۴).
برخی آزمایشات که بر روی چگونگی اثر تغییرات بارندگی بر گیاهان مهاجم انجام گرفته است، نشان داده است که این اثرات، بستگی به فصل دارد. افزایش در بارندگی زمستانه مطلوب برای گونه‌های مهاجم در فلات‌های چمنزار-گراس است، در حالیکه افزایش در بارندگی بهاره برای گونه‌های مهاجم در مراتع کالیفرنیا (به‌عنوان یک منطقه نیمه گرمسیری در آمریکا) مطلوب است.

به‌نظر می‌رسد که فراهمی آب کافی در طول فصل رشد، جزء شرایط مهم و اولیه برای توسعه علف‌های هرز باشد (۲۰). بنابراین، بخش عظیمی از مناطقی که میزان بارندگی بالاتری در آنها وجود دارد ممکن است که نیاز جدی‌تری به مدیریت علف‌های هرز داشته باشند.

۵-۲- دی اکسید کربن

افزایش CO_2 نیز می‌تواند بطور مستقیم بر بیولوژی علف هرز اثر بگذارد. مطالعات متعددی در رابطه با اثر مثبت افزایش CO_2 بر رشد و رقابت علف‌های هرز وجود دارد، که هم در رابطه با گیاهان جنگلی و مرتعی و هم کشاورزی می‌باشد (۴۴). به عنوان مثال، در آنالیز بیش از ۹۰ مطالعه روی افزایش میزان CO_2، لویی و همکاران (۷۰) اثری معنی‌دار و مثبت در واکنش رشد، تطابق و فیریولوژی علف‌های هرز نسبت به گیاهان بومی یافتند. اگرچه برخی مطالعات اولیه‌ی اگرونومی، مفروض دانستند که یک تفاوت در مسیر فتوسنتزی می‌تواند به نفع گیاه زراعی باشد (برخی علفهای هرز دارای مسیر فتوسنتزی C4 هستند، که حداقل واکنش را به CO_2 نشان می‌دهند، در حالیکه محصولات زراعی اغلب دارای مسیر C3 هستند، که واکنش قویتری

نشان می‌دهند)، اما این فرضیه هنوز تأیید نشده است. البته مطالعات اولیه در این زمینه پیچیدگی در سیستم‌های کشاورزی را در نظر نگرفته‌اند، که در این سیستم‌ها هر محصول زراعی با حدود ۱۰-۸ گونه علف هرز در رقابت است، و این مسئله کار را برای گیاه زراعی مشکل‌تر می‌سازد (۲۲).

علاوه بر این، یک مزیت رقابتی برای محصولات C3 نسبت به علف‌های هرز C4 احتمالاً ظهور این گیاهان، تحت شرایط افزایش CO_2 بدون به تغییرات در دیگر شرایط اقلیمی است. به‌عنوان مثال در دماهای بالاتر و افزایش شرایط خشکی، علفهای هرز C4 دارای مزیت هستند. علاوه بر این، بدترین حالت، اغلب در گیاهان وحشی یا خویشاوندان کشت نشده‌ی گونه‌های زراعی هستند، که دارای مسیر فتوسنتزی مشابه بوده، اما اغلب دارای واکنش بیشتری به CO_2 هستند. بعنوان مثال زیسکا و همکاران (۸۵) نشان دادند که علف‌های هرز گیاه برنج دارای واکنش بیشتری به افزایش CO_2 نسبت به برنج کشت شده هستند، که این پیشنهاد را مطرح می‌سازد که برخی گیاهان زراعی توانایی کمتری در کسب مزایا در شرایط افزایش CO_2 نسبت به خویشاوندان وحشی خود هستند. افزایش گاز کربنیک در جو باعث کاهش رقابت و خسارت علف‌های هرز مهاجم C3 در برنج گردیده است. یک فرضیه‌ی دیگر نیز در رابطه با این قضیه وجود دارد که تغییر اقلیم و افزایش میزان CO_2 ممکن است پیش از این بر بیولوژی علف‌های هرز تاثیر گذاشته باشد. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد افزایش میزان CO_2 همواره هم در جمعیت‌های مدیریت شده‌ی گیاهی (سیستم‌های کشاورزی) و هم در شرایط غیر مدیریت شده و طبیعت، به نفع انتخاب برای گونه‌های مهاجم است. یک ارزیابی مناطق کشاورزی در اروپا نشان داده است که در دهه‌های اخیر افزایش دما و شرایط خشک موجب تغییرات آماری و جمعیتی در فلور علف‌های هرز شده است، که در علف‌های گرما دوست موجب تأخیر در ظهور و جوانه زنی علف‌های هرز رخ داده، و علف‌های هرز فرصت طلب غالب شده اند (۸۵).

مثال دیگر، تاج خروس است (یک علف هرز C4)، با افزایش میزان CO_2 در جو، موجب می‌شود کاهش عملکرد سویا از ۴۵ درصد به ۳۰ درصد برسد (یعنی افزایش عملکرد برای سویا، برعکس این حالت، در سورگوم پاکوتاه (گیاه C4) و گاو پنبه (یک گیاه C3) است، که همراه با افزایش میزانCO_2 عملکرد این گیاهان بیشتر کاهش می‌یابد. در هر صورت، باید این نکته مد نظر قرار گیرد که اثر افزایش CO_2 بر رقابت علف هرز- محصول زراعی، در شرایطی که هر دو گونه در کنار هم هستند و دارای مسیر فتوسنتزی یکسانی باشند، حالتی که اغلب در سیستم‌های کشاورزی وجود دارد، برای علف‌های هرزی که ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی مشابهی با محصول زراعی دارند، منجر به پدیده‌ی انتخاب می‌شود. یک ارزیابی از این‌گونه اثرات متقابل محصول و علف هرز (جدول ۴)، نشان داده است که علف‌های هرز همواره بیشتر و بهتر از محصول زراعی به افزایش میزان CO_2 واکنش داده اند.

جدول۴- خلاصه مطالعات در خصوص اینکه علف هرز یا گیاه زراعی تحت شرایط افزایش میزان دی اکسید کربن در هوا ، کدامیک غالبیت دارد و در رقابت پیروز است.

محصول	علف هرز	افزایش CO_2 (مطلوب)	محیط	منبع

A: محصول C_4 / علف هرز C_4 سورگوم	*Amaranthus etroflexus*	علف هرز	مزرعه	Zika (2003)
B: محصول C_4 / علف هرز C_3 سورگوم سورگوم	*Xanthium strumarium* *Albutilon theophrasti*	علف هرز علف هرز	گلخانه شیشه ای مزرعه	Zika (2001) Zika (2003)
C: محصول C3 / علف هرز C3 سویا سویا گل قاصد مرتع مرتع	*Cirsium arvense* *Chenopodium album* *Taraxacum officinale* *Taraxacum and Plantago* *Plantago lanceolate*	علف هرز علف هرز علف هرز علف هرز علف هرز	مزرعه مزرعه مزرعه مزرعه اتاقک	Zika (2001) Ziska (2000) Bunce (1995) Potvin & Vasseur (1997) Newton et al. (1996)
D: محصول C_3 / علف هرز C_4 علف بره سویا برنج سویا	*Sorghum halapense* *Sorghum halapense* *Echinochloa glabrescens* *A. retroflexus*	محصول محصول محصول محصول	گلخانه شیشه ای اتاقک رشد گلخانه شیشه ای مزرعه	Carter & Peterson (1983) Patterson et al. 1984 Alberto et al. (1996) *Ziska (2000)*

در این مطالعه مشخص گردید در دمای ۲۷/۲۱ درجه سانتی‌گراد، افزایش CO2 برای برنج، که یک گیاه C3 است، در مقابل علف‌های هرزC4 ، مطولب‌تر است، اما در مجموع، افزایش همزمان در CO2 و دما، مطلوب‌تر برای علف‌های هرز است، که این به دلیل کاهش عملکرد دانه برنج در مقایسه با علف هرز است (۱۵). به‌عنوان مثال، رشد علف‌های هرز گرمسیری قویاً توسط تغییرات کم در دمای هوا تحریک می‌شود، اما هنوز روشن نیست که آیا می‌توان یک اثر تقویتی بزرگ همراه با افزایش CO2 برای این علفهای هرز در قیاس با محصولات گرمسیری پیش بینی نمود یا خیر.

در یک مطالعه بر روی گوجه فرنگی (محصول C3) و تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) (علف هرز C4)، در شرایط آبیاری مناسب و کافی، رقابت به نفع گیاه زراعی بود، اما در شرایط خشکی همراه با افزایش CO2، این گونه‌ی علف هرز رقابت کننده‌ی بهتری بود. در کل، اگر علف‌های هرز C4 همراه با افزایشCO2 نسبت به محصولات زراعیC3 در شرایط رطوبتی سخت‌تری باشند، علف‌های هرز C4 می‌توانند بطور بالقوه محصولات C3 را در شرایط افزایشCO2 /خشکی، از رقا بت خارج کنند.

در رابطه با با CO2 و املاح غذایی مورد نیاز گیاه، اطلاعات کمی راجع به رقابت علف هرز/ محصول وجود دارد. تحت شرایط محدودیت شدید املاح غذایی، رشد زیست توده در گیاه ممکن است حداقل باشد، در هر صورت در شرایط متوسط از نظر محدودیت عناصر غذایی، که بیشتر همین حالت نیز در شرایط کشاورزی-های مرسوم وجود دارد، افزایش در بیوماس (زیست توده) ممکن است کاهش یابد، اما هنوز هم وجود دارد. یک تفاوت کلیدی بین علف‌های هرز کشاورزی و گیاهان مهاجم، در رابطه با تغییر اقلیم جهانی، این است که تغییر اقلیم جهانی که بر منابع گیاهی اثرگذار است (مانند آب، نیتروژن، نور و کربن) بر علف‌های هرز مهاجم به طور ویژه و قوی اثرگذار است (۲۱).

همچنین دی اکسید کربن کارایی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد، و ممکن است برای گونه‌های مهاجم در اکوسیستم‌هایی که محدودیت آب دارند مطلوبتر باشد، چنانکه این حالت در صحرای نوادا مشاهده شده است. البته دی اکسیدکربن می‌تواند محدودیت نیتروژن را نیز تشدید کند، و ممکن است این حالت حداقل برای گونه‌های مهاجم در محیط‌هایی با نیتروژن کم، نسبت به گیاه زراعی مطلوب باشد(۲۲).

هنگامی‌که افزایش CO2 و نیتروژن موجب افزایش علف هرز گل گندم (*Centaurea solstitialis*) در مراتع کالیفرنیا شد، اثر ترکیبی این دو عامل موجب ایجاد یک اثر افزایشی گشت (۳۰). تغییر اقلیم جهانی ممکن است همچنین در تقابل با آتش‌سوزی بر این گونه‌ها اثرگذار باشد. هم افزایش CO2 و هم خشکی شدید می‌تواند موجب افزایش احتمال آتش‌سوزی در گراس لندها و مراتع شود و همزمان با آن، دماهای گرمتر و اتمام زودتر بارندگی در فصل سرد، انتظار می‌رود که موجب افزایش تعداد و شدت آتش‌سوزی‌ها شود.

اگرچه افزایش CO2 اثری بر حساسیت تاج خروس ریشه قرمز (علف هرزی که در دوز بالا ممکن است برای حیواناتی در هنگام چرا سمی باشد) نسبت به رایج‌ترین علف‌کش مورد استفاده در ایالات متحده یعنی گلیفوسیت، ندارد، اما حساسیت علف هرز سلمه تره به گلیفوسیت را کاهش داده است، چنانچه دوزهای توصیه شده از این سم، تا حدی رشد این علف هرز را مهار می‌کند اما آن را بطور کامل از بین نمی‌برد.

همچنین افزایش میزان CO2 کارایی علف‌کش گلیفوسیت را در مقابل علف هرز خارلته (*Cirsium arvense*)، مرغ خزنده (*Elytrigia repens*) و برای برخی دیگر از گراسهایC4 ، کاهش می‌دهد، و کارایی علف‌کش گلوفوزینات را نیز برای علف خارخسک کاهش می‌دهد. نمودار ۲روند مقاومت به علف‌کشها را طی سال‌های مختلف نشان می‌دهد. کارایی استراتژی‌های مدیریتی در مزرعه و باغ هنوز هم ممکن است با تغییرات اقلیمی و غلظت CO2 تغییر کند. به‌عنوان مثال، خاکورزی که یک عملیات کشاورزی است و موجب مدت زمان سریعتر و کوتاهتر برای استقرار و ایجاد پوشش رویشی است، ممکن است تحت تأثیر افزایش

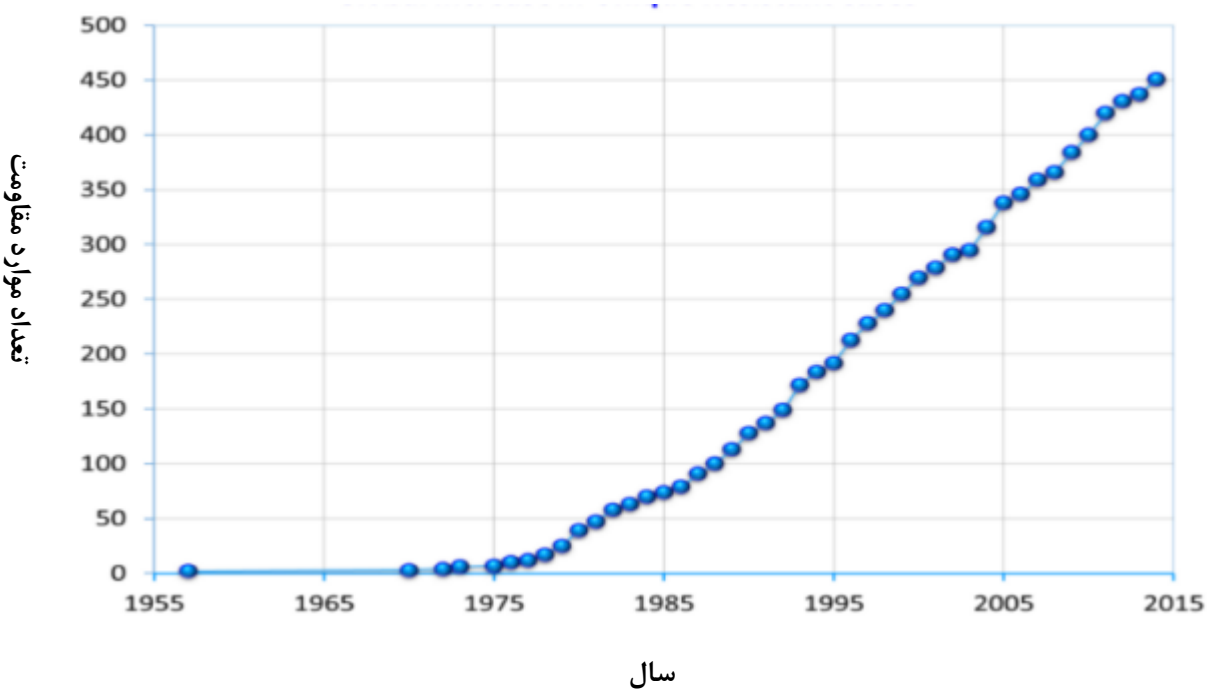
CO_2 قرار گیرد . افزایش غلظت CO_2 همچنین می‌تواند تولید مثل غیرجنسی در گیاهان را افزایش دهد و ایجاد محدودیت بیشتر برای مبارزه‌ی مکانیکی نماید.

۵-۳- فرضیه نیچ آسیب و برخی جنبه‌های دیگر در علف‌های هرز

درجه حرارت‌های بسیار پایین که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر وجود دارد، برای بسیاری از علف‌های هرز نامناسب است. محدودیت‌های دمایی در عرض‌های بالاتر که گیاهان گرمسیری را محدود می‌نماید، از طریق تجمع درجه-روز اتفاق می‌افتد، درحالی‌که در عرض‌های پایین‌تر این‌گونه محدودیت‌ها از طریق توانایی رقابتی برای بقا در دماهای پایین‌تر، وجود دارد. دماهای گرم‌تر، به‌ویژه از نظر کاهش در تعداد روزهای یخبندان، ممکن است به این علف‌های مهاجم امکان توسعه به سمت مناطق شمالی در دیگر نواحی میانه غربی را بدهد، که این گسترش همراه با اثرات متعاقب بعدی بر تولید گیاهانی چون ذرت و سویا در این مناطق است. تجزیه و تحلیل چنین تغییراتی، با استفاده‌ی سناریوهای اقلیمی از فرضیه‌ی "نیچ آسیب" و مسئله "تجارت"، دو موردی که همیشه در این شرایط مهم هستند، (IPCC 2007)، تغییرات قابل توجهی را در محدوه‌ی دو گونه علف هرز که اثرگذار بر ذرت در مناطق شمالی و جنوبی ایلات متحده هستند، نشان داده است (به ترتیب گاو پنبه، سورگوم علوفه ای، علفهای هرز C3 و C4). بر اساس این ارزیابی اولیه، گاوپنبه، یک علف یکساله مقاوم به سرما، احتمالاً در کمربند کشت ذرت کمتر مسئله ساز است، در حالی‌که سورگوم علوفه‌ای، یک علف هرز چند ساله فصل گرم، از ۲۰۰ تا ۶۰۰ کیلومتر به سمت شمال، تا نیمه قرن بیستم پیشروی کرده است. به عنوان مثال در ذرت، تنش خشکی موجب کاهش تداخل از جمعیت‌های علف هرز با غالبیت گونه‌های ارزن (ستاریا) و افزایش توان رقابتی سورگوم علوفه ای شده است.

برخی علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی، نسبت به محصولات زراعی دارای زمان تولید مثل کوتاهتر، باروری بالاتر، مسافت انتشار و پراکنش طولانی‌تر هستند و همه اینها نشان دهنده‌ی توانایی سریع‌تر آنها برای گسترش و انتشار است. به همین منظور، مفهوم جدیدی با عنوان نیچ آسیب (محدوده‌ی اکولوژیکی آسیب این علف هرز) معرفی گردید (۵۳)، و تغییرات پیش بینی شده در علف‌های هرز را در کمربند کشت ذرت در ایالات متحده، همراه با اثرات متعاقب بر رقابت علف-محصول را، مدلسازی نمودند.
کارایی عوامل کنترل بیولوژیک (مانند حشرات) وابسته به همزمانی بین جنبه‌های مختلف جمعیت‌های گیاهی (گیاه زراعی و علف هرز) است. در حالی‌که تغییرات اقلیم جهانی ممکن است ارتباط بین علف‌های هرز و عوامل کنترل بیولوژیک را مختل کند، اما ممکن است پیش‌بینی چنین تغییراتی برای پیش‌بینی تداخلات و اختلالاتی که در آینده پیش می‌آید، مفید و مثمر به ثمر باشد (۸۶).

بر اساس نتایج پژوهشی که از طریق مدلسازی صورت گرفت و با استفاده از شاخص شدت حضور علف‌های هرز در مناطق با اقلیم‌های مختلف، داخلی و خارجی، انجام شد، قاره اروپا مستعدترین اقلیم برای تهاجم علف هرز جودره (*Hordeum spontanum* ، خانواده‌ی Poaecae) قلمداد می‌شود. در شرایط موجود، کشورهای اسپانیا، ایالات متحده آمریکا، الجزایر، یونان، سوریه، ترکیه، ایتالیا، استرالیا، ازبکستان، تونس، پاکستان، عراق، مراکش، شیلی، افغانستان، بلغارستان، مقدونیه، پرتغال، آرژانتین، ترکمنستان، لیبی، رومانی، اردن، آفریقای جنوبی، فرانسه، ارمنستان، اکراین، فلسطین اشغالی و چین شرایط اقلیمی مناسبی برای استقرار علف هرز جودره دارند. شهرهای اسلام آباد غرب، بروجرد، ایوان، تویسرکان، کنگاور، جوانرود، کرمانشاه، کامیاران، اردل، سیلاخور، سرارود، سنندج، شمیران تهران، روانسر، رومشکان، نهاوند، ایلام، فارسان، تازه آباد، نورآباد دلفان، مهاباد، ازنا، سنقر، هرسین، سیسخت، خرم آباد، سپیدان، زرقان، معلم کلایه، سرابله، بوکان، قزوین، شاهین دز، بانه، بیله سوار، شازند، تخت جمشید، اراک، خمین، هشتگرد، سقز، اشنویه، سامان، خنداب، شیراز، شهرکرد، و ملایر، آسیب پذیرترین مناطق کشور در برابر تهاجم علف هرز جودره محسوب می‌شوند (۱۲).



نمودار ۲- تغییر در مقاومت به علفکش‌ها در طی سال‌های مختلف (Heap,2013)

۶- اثر تغییر اقلیم بر کنترل کننده‌های بیولوژیک

تقریباً تمام روش‌های کنترل آفات و بیماری‌ها، از جمله روش‌های مرتبط با کاشت، دشمنان طبیعی، ژن‌های مقاومت در گیاه میزبان، آفت‌کش‌های زیستی و سنتزی و... نسبت به شرایط محیطی بسیار حساس هستند.

بنابراین برای مدیریت آفات و بیماری‌ها، به فناوری‌های مدیریت آفات و انعطاف پذیری بیشتر و سازگارتر با اقلیم نیاز است.

۶-۱- سیستم‌های مدیریت تلفیقی و پیش آگاهی مرتبط با کنترل بیولوژیک

از ابتدای معرفی عوامل کنترل بیولوژیک، پارازیتوئیدها و قارچ‌های کنترل‌گر متعددی، منجر به کاهش شدید جمعیت‌های برخی آفات شده‌اند، که این سوال را برای محققان مطرح می‌سازد که در کدام نواحی این عوامل هنوز بطور طبیعی فعالیت دارند. این امر احتیاج به ردیابی ممتد و تلاش‌های نظارتی برای هر تهدید آفات جدید را، روشن می‌سازد.
استفاده وکاربرد روش‌هایی مانند پیش‌بینی زمان واقعی(real-time visualization) و نقشه‌های مصور، برای ردیابی مسیر آفات در زمان، ضروری است. با وجود اینکه مسائل مختلفی در این رابطه وجود دارد، روشن است که توانایی تغییر در ارتباط میان آفات و حرکت و جابجایی آن‌ها می‌تواند برای سیاست گذران، کشاورزان و محققین ارزشمند باشد.
نقشه های EDD (سیستم نقشه‌ای شناسایی و پراکندگی زودهنگام جهت پیش‌بینی حضور آفت) می‌توانند به عنوان مثالی از چگونگی بهبود ردیابی آفات در زمان واقعی، در شرایط تغییر اقلیم باشند. هم اکنون، تلاش‌هایی می‌تواند صورت گیرد، که شامل: استانداردسازی داده‌های جدید و اشتراک گذاری این داده‌ها، مانیتورینگ بالقوه‌ی بیوتایپ‌های مقاوم به آفت‌کش، محاسبه‌ی کاهش محصول بر اثر فعالیت آفت، بدست آوردن و تجزیه و تحلیل داده‌های محیطی دراز مدت برای آفتی خاص جهت تعیین پارامترهای پایه، سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) که تغییر در گونه‌های آفات را در زمان واقعی مستند می‌کند، ایجاد ارتباط متقابل بین این داده‌ها برای پیشرفت مدل‌های پیش بینی ویژه‌ی پویایی جمعیت و شیوع آفات، و شناسایی و اولویت بندی تهدید آفات، و مدل‌سازی حساسیت سیستم‌های گیاهی به این تهدیدات، می‌باشد.
کنترل بیولوژیکی که جزء مهم و مؤثر IPM محسوب می‌شود به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیم قرار دارد، چرا که رابطه بین دشمنان طبیعی و آفات میزبان تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. با توجه به انعطاف‌پذیری ذاتی IPM ، این استراتژی می‌تواند یک مسیر قابل انعطاف‌تر برای برخورد با تهدیدات آفات، که تحت تاثیر تغییرات اقلیم است، فراهم آورد. در اینجا یک مثال ساده بیان می شود: کشاورزان پنبه کار در جورجیا (ایالات متحده) با دو مسئله‌ی خشکسالی و همزمان با آن افزایش مقاومت در علف‌کش گلیفوسیت در گیاه *Amaranthus palmeri* (نوعی تاج خروس) مواجه هستند. کشاورزان در این منطقه با پیاده‌سازی یک روش IPM بنام مدیریت مقاومت علفکش[1] به این مشکل واکنش نشان دادند. این روش مشتمل بر چندین استراتژی است که شامل: تناوب با ارقام پنبه که مقاوم به دیگر علفکش‌ها هستند و یا مقاومت چند گانه به چندین علفکش، افزایش تناوب محصول که موجب افزایش گزینه‌های مدیریت می شود و پروفایل گونه‌های

2- herbicide resistance management

علف هرز را اصلاح می‌کند، استفاده از علف‌کش با عملکردهای مختلف، و افزایش دیگر راهکارهای غیر شیمیایی (شخم، دیسک زدن)، است، تا مقاومت تاج خروس شکسته شده و حذف شود (۷۳).

پیاده سازیIPM بستگی به بهبود دانش و پیشرفت ما در زمینه چگونگی اثر تغییر اقلیم و CO_2 بر بیولوژی میزبان و آفت خواهد داشت، بنابراین، همراه با تغییر اقلیم وCO_2 ، آفات، دشمنان طبیعی آنها، و گیاهان میزبان آنها در روش‌های مختلفی با هم تقابل دارند و متاسفانه، این تقابل به دلیل پیچیدگی ذاتی و ژنتیکی آنها، هنوز به طور کامل روشن نشده است. پیشرفت در شناسایی زیستگاه‌های میکروارگانیسم‌ها در کشاورزی، ممکن است به درک بهتر مکانیسم‌های واکنش عوامل میکروبی به تغییر اقلیم کمک کند.

۶-۲- تغییر اقلیم، کنترل بیولوژیک و برخی آفات و بیماری‌ها

با مهاجرت برخی آفات به سمت عرض‌های شمالی، مدت زمان زاد و ولد کاهش می‌یابد، و فراوانی آفات در آینده افزایش خواهد یافت، و در نتیجه انتظار می‌رود که هزینه‌ی مدیریت این جمعیت افزایش یافته‌ی آفات، به دلیل کاربرد بیشتر آفت‌کشها، افزایش یابد. به‌عنوان مثال، استفاده از آفت‌کش‌هایی که برای کنترل آفات راسته پولک بالان (lepidoptera) (مانند شب پره‌ها) بر روی ذرت شیرین به‌کار می‌رود، با افزایش گستره‌ی این آفت در عرض‌های جغرافیای، از ۱۵به ۳۲ بار در سال در فلوریدا، ۴ به ۸ بار در سال در دلاور، و ۰ به ۵ بار در سال در نیویورک، افزایش می‌یابد (۴۲). همچنین این امر قابل پیش بینی است که مقاومت به ترکیبات شیمیایی با سرعت بیشتری افزایش خواهد یافت که این پدیده به دلیل تنوع ژنتیکی است که همراه با توسعه‌ی محدوده‌ی جغرافیایی فعالیت آفات رخ می‌دهد، و همچنین تعدد نسل آنها، که به‌دلیل پدیده‌ی انتخاب طبیعی برای مقاومت، در هر سال شکل می‌گیرد.
تنوع ژنتیکی محصولات و مدیریت مزارع برای کنترل طبیعی آفات، می‌تواند منجر به مهار بیشتر و بهتر شیوع آفات و بیماری‌ها در شرایط تغییر اقلیم شود (۵۵). این احتمال نیز وجود دارد که برخی عوامل کنترل بیولوژیک به دلیل ایجاد حساسیت، دچار ناسازگاری با آفات شوند، که علت آن تغییرات در شرایط محیطی و اقلیمی است که موجب افزایش مقاومت آفات می شود.
به‌عنوان مثال با افزایش دما، پیش‌بینی شده است که شپشک آردآلو انگور پناهگاهی برای حفاظت از پارازیتوئیدی که برای کنترل آن تعیین شده است، در تاکستان‌های کالیفرنیا پیدا خواهد کرد، البته در صورتی که پارازیتوئید نتواند تحت شرایط دمایی بالا دوام بیاورد. بنابراین، تحت شرایط تغییر اقلیم، عملکرد عوامل کنترل بیولوژیک، باید قبل از انتخاب و استفاده از آنها، مورد ارزیابی قرار گیرد.
تغییرات فیزیولوژیکی که تحت شرایط افزایش دما رخ می‌دهد و سرعت جذب آب و املاح را برای گیاه کند می‌کنند، مانند باز شدن کمتر روزنه‌ها یا لایه‌های واکسی ضخیم تر در گیاهان زراعی، می‌تواند اثر منفی بر قارچ‌کش‌های سیستمیک داشته باشند. همین قارچ‌کشها می‌توانند تحت تاثیر مثبت افزایش متابولیسم گیاهی که باعث جذب قارچ کش می‌شوند، قرار گیرند. هنوز کاملاً مشخص نشده است که چگونه کنترل بیولوژیکی پاتوژن‌ها که بطورطبیعی و توسط ارگانیزمهای میکروبی دیگر در طبیعت رخ می‌دهد، باعث تغییر

جمعیت میکروارگانیزها تحت رژیم خاص حرارتی و رطوبتی می‌شود. در برخی موارد، میکروارگانیسم‌های آنتاگونیست ممکن است عوامل بیماری‌زای را از رقابت خارج کنند، در حالی که در برخی دیگر ممکن است این شرایط مطلوب عوامل بیماری‌زا باشد، و عامل بیماری در رقابت پیروز شود. در این شرایط، اعمال روش-های نظارتی مانند محدود نمودن پاتوژن‌ها و اعمال قرنطینه، ممکن است به‌دلیل عوامل بیماری‌زای غیر منتظره که در محصولات وارداتی وارد می‌شود، مشکل‌تر گردد.

هرگونه تغییر در HIPV (ترکیبات آلی فرار) اثر مستقیمی بر کارآیی کنترل بیولوژیکی خواهد داشت. افزایش دما باعث کاهش بویایی و در نتیجه، کاهش توانایی مکان‌یابی و یافتن میزبان توسط دشمن طبیعی می‌شود. علاوه بر این، مشاهده شده است که افزایش سطح CO2 سطح اسیدهای اگزالیک و مالیک موجود در گیاه نخود را تغییر می‌دهد، و بنابراین مقاومت این گیاه را در برابر آفات تحت تأثیر قرار می‌دهد. درک واکنش آفات و دشمنان طبیعی نسبت به یکدیگر در شرایط تغییر اقلیم برای کنترل بیولوژیکی مؤثر آفات بسیار مهم است. تأثیر تغییرات آب و هوایی بر دشمنان طبیعی بسیار پیچیده است. روابط بین آفات و دشمنان طبیعی آنها در نتیجه گرم شدن کره زمین تغییر خواهد کرد و منجر به افزایش و یا کاهش گونه-های مختلف آفات می‌شود. دما و CO2 بر گیاه و متعاقب آن بر کیفیت حشره‌ی گیاه‌خوار تأثیر می‌گذارد و به نوبه خود بر دشمنان طبیعی نیز تأثیرگذار خواهد بود. همچنین به دلیل افزایش شاخ و برگ گیاهان و تغییر در چرخه زندگی به دلیل تغییرات فنولوژیکی در گیاهان، ممکن است باعث کاهش فعالیت پارازیتی و شکارگری، در دشمنان طبیعی شود، شاخ و برگ بیشتر ممکن است موجب پنهان شدن آفات در برابر دشمنان طبیعی گردد. تأثیرگذاری تغییرات اقلیم بر فعالیت و اثربخشی دشمنان طبیعی یک معضل اساسی برای برنامه‌های آینده‌ی مدیریت آفات خواهد بود.

به عنوان مثال، افزایش CO2 باعث کاهش مدت زمان نمو پارازیتوئید شته، *Lysiphlebia japonica* و پارازیتوئید *Cotesia plutellae* شد. با کاهش سطح نیتروژن، لارو *H. armigera* (آفت هلیوتیس) کاهش رشد نشان داده و به راحتی توسط سن‌های خانواده‌ی pentatomid، پارازیت می‌شوند. گزارش شده است که میزان CO2 بالاتر، می‌تواند شکارگران معمول در کنترل آفات (نسبت به شکارگران اختصاصی‌تر) را کاراتر سازد. به‌عنوان مثال کفشدوزک، رفتار شکارگری بهتری را بر روی شته تحت شرایط افزایش CO2 در محیط نشان داده است (۵۵).

از سوی دیگر چن و همکاران (۷۴) گزارش نموده‌اند که غلظت بالاتر CO2 تأثیر معنی‌داری بر تغذیه کفشدوزک از آفات شته (گونه *Sitobion avenae*) ندارد، با این وجود پارازیتوئید دیگری مانند زنبور براکون، تحت شرایط افزایش میزان CO2 رفتار پارازیتی بهتری از خود نشان داد و تغذیه بیشتری از آفت

هدف داشت. ظهور زودتر پارازیتوئید نسبت به میزبانش مسئله‌ای بسیار حائز اهمیت است، از آنجایی‌که توسعه و گسترش پارازیتوئید واکنش سریع‌تری به دما نشان داده است، بنابراین تحت شرایط افزایش دما کاهش قابل توجهی در جمعیت آفت رخ خواهد داد، اما در ادامه ممکن است نهایتاً موجب منقرض شدن و از بین رفتن جمعیت پارازیتوئید شود، چرا که میزان در دسترس بودن میزبان در مرحله حساس زندگی پارازیتوئید، کاهش می‌یابد و عدم تطابق بین جمعیت میزبان و دشمنان طبیعی منجر به مرگ دشمنان طبیعی می‌شود. این تغییرپذیری در الگوهای ظهور میزبان یا پارازیتوئیدها به دلیل تغییر آب و هوا، تأثیرات چشم‌گیری بر گیاه میزبان خواهد داشت، مطالعات و مستنداتی در همین رابطه، یعنی کاهش همزمانی بین ظهور آفات و پارازیتوئید، وجود دارد (۱۶ و ۱۷). ظهور سریع پارازیتوئیدهای آفت مینوز در گیاه شاه بلوط، در غیاب میزبانشان، موجب پایین آمدن سطح جمعیت شکارگر شده است. آفات گیاهان جنگلی نیز به احتمال زیاد تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی قرار می‌گیرند (۷۸)، تأثیر افزایش دما در ارتباط با آفات جنگلی با قارچهای همزیست آنها بررسی شده است، قطع شدن ارتباط همزیستی بین آفات و قارچها به دلیل اثرات نامتقارن روی میزبان‌ها و همزیست‌ها گزارش شده است. تغییر در فراوانی و تنوع گونه‌ها بر اثر تغییرات آب و هوایی ممکن است منجر به کاهش در کارایی برنامه‌های مدیریت این آفات شود، از این رو نیاز به تشدید ابزارهای نظارت و رصد و توسعه‌ی روش‌های جدیدتر، جهت تشخیص تغییرات بالقوه در توزیع و انتشار آفات، اکولوژی جمعیت آنها، ارزیابی خسارات، کاهش عملکرد و ارزیابی اثرات، می باشد.

۶-۳- استراتژی‌های کنترل غیرشیمیایی در تغییر اقلیم

برای کشاورزی پایدار و کاهش اثرات اقلیمی در کشاورزی، ارزیابی اثرات تغییرات آب و هوا بر تولید محصول و توسعه محصولات هوشمند اقلیمی بسیار مهم است. برای استفاده بهینه از اراضی و بهره‌وری خاک باید مدل‌های اقلیمی و محصولی توسعه یابد، همچنین نیاز به توسعه و اصلاح روش‌هایی برای ساخت و تولید بهتر نهاده‌های حشره‌کش/ علف‌کش در شرایط تغییر اقلیم می‌باشد. علاوه بر این، باید روش‌های پیشرفته در سیستم‌های برداشت محصول، جهت کاهش خطر حمله‌ی آفات و رقابت بین آنها، مورد بررسی قرار گیرد.

در حال حاضر چندین محصول گیاهی و بیولوژیکی به عنوان محصولات سازگار با محیط زیست استفاده می شوند. با این حال، بسیاری از این روش‌های کنترل آفات، به محیط بسیار حساس هستند. افزایش دما و تابش اشعه ماوراء بنفش، و کاهش رطوبت نسبی ممکن است بسیاری از این تاکتیک های کنترل را ناکارآمد سازد. بنابراین، نیاز به تدوین استراتژی‌های مناسب برای مدیریت آفات وجود دارد که در آینده در شرایط گرم شدن کره زمین مؤثر باشد.

مقاومت گیاه میزبان، محصولات طبیعی گیاهی، سموم دفع آفات، دشمنان طبیعی و عملیات‌های زراعی،

همگی پیشنهاد دهنده‌ی یک گزینه‌ی بالقوه مناسب برای مدیریت تلفیقی هستند. اما کارایی نسبی برخی از این اقدامات در نتیجه گرم شدن کره زمین تغییر خواهد کرد.
این احتمال وجود دارد که اقلیم، به‌خصوص دماهای فصلی می‌تواند بطور متمایزی بر عوامل کنترل بیولوژیک و فنولوژی آفات هدف اثر بگذارد. در مجموع، یک فقدان اساسی در اطلاعات مربوط به کارایی روش‌های کنترلی اخیر در زمینه تغییرات میزان$CO2$ در شرایط اقلیمی کنونی و پیش بینی آن در آینده، وجود دارد، که خود موجب افزایش ابهام در روشهای کنترلی آفات در آینده خواهد بود.

یک نکته نگران کننده دیگر انتقال آفات به قلمرو جدید در غیاب دشمنان طبیعی است که منجر به شیوع آفات در آن قلمرو، می‌گردد. که این مورد، چالش اصلی پیش رو در توسعه موفق مدل‌های پیش بینی است. نیاز فوری به تدوین و اتخاذ استراتژی‌های مدل‌سازی برای پیش بینی تغییرات در توزیع جغرافیایی و پویایی جمعیت آفات و راهکارهای سازگار، با هدف کاهش تلفات محصول، مورد نیاز است. کمبود آب و تغییرات غیرقابل پیش بینی اقلیم ممکن است منجر به کاهش عملکرد و کوچک شدن سطح زیر کشت شود و جوامع را در معرض اثرات تغییر اقلیم قرار دهد. سیستم‌های پیش آگاهی آفت مبتنی بر اقلیم ابزار مهم تصمیم گیری هستند که به کشاورزان کمک می کنند تا خطر شیوع آفات را در شرایط مختلف آب و هوایی ارزیابی کنند. اطلاعات مربوط به آب و هوا، محصولات زراعی و یا حشرات برای سیستم‌های پیش آگاهی جهت انجام اقدامات لازم جهت جلوگیری از شیوع آفات و جلوگیری از خسارت های اقتصادی بسیار مهم است. فقط در این صورت است که می‌توان گیاهانی توسعه داد که با این تغییرات شدید اقلیمی سازگار باشند، تا اگر چنین شرایط شدید اقلیمی باز هم به‌طور طبیعی رخ دهد، دیگر نیاز به انتظار برای تکامل طبیعی نباشد، و بتوان محصولاتی با عملکرد مناسب داشت.

۷- تغییر اقلیم و تأثیرگذاری بر سموم

اقلیم می‌تواند بر جنبه‌های بیولوژیکی و فیزیکی کنترل شیمیایی اثرگذار باشد، از شرایط نامناسب آب و هوایی که بر میزان پوشش سم بر روی گیاه اثر دارد گرفته تا اثرات مستقیم $CO2$ یا دما بر فیزیولوژی علف-های هرز و دیگر آفات و بیماری‌ها. چنین اثراتی می‌توانند منفی باشند (به‌عنوان مثال افزایش در دمای اطراف گیاه که می‌تواند اثرگذار بر سمیت آفت‌کشها باشد) و یا مثبت (غلظت $CO2$ بالاتر می‌تواند مصرف آب را محدود نموده و متابولیسم طبیعی برخی گونه‌های علفی را در طی مدت خشکی حفظ نماید، و موجب افزایش کارایی علف‌کش شود). تغییرات در منابع موجود نیز می‌تواند بر کنترل اثرگذار باشد. به‌عنوان مثال، سیلاب به‌عنوان یک روش سنتی برای کنترل علف هرز در برنج مورد استفاده بوده است. در هر صورت، با تغییر در مصرف آب و تنش خشکی شدیدتر، سیستم‌های کشت برنج به کشت مستقیم تغییر داده شدند، و

پس از آن فلور علف‌های هرز تغییر نمود. البته، اثر این فلور جدید بر مدیریت آفات برنج هنوز در حال ارزیابی و بررسی است (۸۷).

مسئله‌ی دیگر، نقش تغییر اقلیم در سازگاری تکاملی است. اتکا بیش از حد به کنترل شیمیایی احتمالاً موجب افزایش فشار انتخاب و مقاومت به آفت‌کشها می‌شود. رخدادهای طبیعی در محیط و تغییر اقلیم نیز دلیلی دیگر بر تحمیل فشار انتخاب جدید بر جمعیت‌های آفات هستند. بعنوان مثال، رودریگز (۶۶) شواهدی ارائه نموده است که تطابق به تغییر اقلیم در آفت *Drosophila subobscura* (از خانواده‌ی مگسها) مشاهده گشت. تطابق تکاملی مشابهی برای پاتوژنهای گیاهی و علفهای هرز دیگر نیز گزارش شده است (۳۵).
حشره شناسان تعداد نسل بیشتر برای آفات را در نتیجه‌ی افزایش دما، پیش بینی می‌کنند که احتمالاً برای حفظ جمعیت زیر آستانه خسارت اقتصادی نیاز به کاربرد آفت‌کشهای بیشتری است. یک قانون پایه برای جلوگیری از افزایش مقاومت در برابر حشره‌کش‌ها استفاده ازحشره‌کش‌های اختصاصی و حشره‌کش‌هایی است که نیاز به دفعات کمتر سمپاشی است. با نیاز بیشتر به کاربرد آفتکش، احتمال کاربرد یک آفتکش خاص و به تعداد دفعات بیشتر در یک فصل، افزایش می‌یابد، بنابراین احتمال افزایش مقاومت به آفت‌کشها نیز بالا می‌رود. از سوی دیگر حشره‌کش‌ها هزینه‌های اقتصادی قابل توجهی برای تولیدکنندگان و همچنین هزینه‌های زیست محیطی جبران ناپذیری برای جامعه دارد. علاوه بر این، برخی از گروه‌های سموم دفع آفات (پیروتروئیدها و اسپینوسادها) نشان داده شده است که در کنترل حشرات در دماهای بالاتر تأثیر کمتری دارند.

تغییر اقلیم ممکن است اثر زیادی بر کارایی قارچ‌کشها نیز داشته باشد. افزایش در تناوب‌های بارندگی به میزان زیادی تأثیرگذار بر قارچ‌کشهای تماسی است و بارندگی قادر است موجب زدودن و حذف قارچ‌کشهای تماسی از سطح میزبان شده و آنها را بی اثر کند. اما، گیاهانی که سرعت متابولیکی سلولی بالا دارند، جذب بالایی از قارچ‌کش داشته و زیاد تحت تاثیر این عوامل قرار نمی‌گیرند.

مثالی دیگر در رابطه با درخت زیتون است که در اثر گرم شدن اقلیم میزان خسارت آفات و بیماری‌های زیتون از طریق ازدیاد نسل‌های آفات و بیماری‌ها افزایش یافته است. این مسئله باعث اقدامات کنترلی نظیر مصرف سموم شیمیایی آلوده کننده‌ی محیط زیست خواهد گردید. در این رابطه میزان مصرف سموم آفت-کش حداقل به‌میزان ۲۰-۱۰ درصد افزایش خواهد یافت. این افزایش در مصرف سموم باعث کاهش سودآوری محصول نیز خواهد شد(۱۳).

در شرایط اقلیمی کشور فنلاند، به‌عنوان منطقه ای با ریسک بالای بیماری late blight (بادزدگی) ، پیش بینی شده است که برای هر ۱ درجه سانتی‌گراد گرم شدن دما، بیماری بادزدگی ۴ تا ۷ روز زودتر اتفاق می-

افتد، و دوره حساسیت گیاه، به ۱۰ تا ۲۰ روز افزایش می‌یابد. این امر احتمالاً منجر به افزایش ۱ تا ۴ مورد برنامه سمپاشی اضافی برای کشاورزان سیب زمینی کار می‌شود، که هم هزینه‌های کشاورزان و هم خطر آلودگی محیط زیست را افزایش می دهد.

در هند، تاثیر قارچ کش متالاکسیل برای کنترل بیماری بادزدگی به طور قابل توجهی در چند سال گذشته کاهش یافته است، که این امر به علت ظهور احتمالی سویه‌های جدید مقاوم در برابر سم می باشد. از این فرضیه می‌توان نتیجه گرفت که در آینده به دلیل ظهور تیپ‌های جدید، مقاومت عوامل بیماریزا به سموم دفع آفات افزایش می‌یابد و بیوتیپ های جدید پاتوژن، در نتیجه افزایش گرم شدن، ظاهر می‌شوند.
این احتمال وجود دارد که کشاورزان با تغییر وضعیت اقلیم، تأثیرات گسترده‌ای را در استراتژی‌های مدیریت آفات تجربه کنند. حشره شناسان انتظار دارند که حشرات دامنه‌های جغرافیایی فعالیت خود را گسترش داده و میزان تولید مثل و موفقیت در زمستان‌گذرانی را افزایش دهند. بعنوان مثال در شرایط کنونی در شهر نیویورک در ایالات متحده، برای تولید ذرت شیرین به میزان مورد نیاز در بازار، به ۰ تا ۵ مرتبه استفاده ازحشره‌کش در برابر آفات خانواده لپیدوپترا نیاز است، در شرایط ایالت مریلند به ۴-۸ مرتبه استفاده ازحشره کش نیاز می‌باشد، شرایط اقلیمی فلوریدا در ایالات متحده نیز نیاز به ۱۵-۳۲ مرتبه برنامه سمپاشی دارد. بنابراین واضح و مبرهن است که در خصوص آفات ذرت شیرین، میزان استفاده از آفت‌کشها در هوای گرم افزایش می‌یابد.

در مواجهه با تغییرات آب و هوایی پیش‌بینی شده در آینده، می‌توان اثربخشی روش‌های کنونی کنترل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و غیره را با ابزار و تکنیک‌های جدید ارزیابی نمود. ماندگاری مواد شیمیایی بر روی گیاه به شرایط آب و هوا بستگی دارد. تغییر در طول، شدت و فراوانی بارش می‌تواند بر سموم شیمیایی تأثیر گذارد. دما نیز به طور مستقیم در تجزیه مواد شیمیایی تأثیر گذاشته و فیزیولوژی و مورفولوژی گیاهان را تغییر می‌دهد، همچنین دما به طور غیرمستقیم بر نفوذ، انتقال، پایداری و نحوه عملکرد بسیاری از قارچ‌کش‌های سیستمیک تأثیر می‌گذارد (۲۸).
در مجموع می‌توان گفت که شکسته شدن مقامت گیاهان به آفات و بیماری‌ها بر اثر تغییر اقلیم، موجب افزایش مصرف سموم کشاورزی و بهم خورد تعادل طبیعی اکوسیستم شده و آن نیز موجب خسارت‌های جبران ناپذیر به اقتصاد کشاورزی می‌شود. گیاهان ترانس ژنیک نیز از این قاعد مستثنی نیستند و تغییر اقلیم باعث می‌شود در ساختار ژنتیکی آنها تغییراتی ایجاد گردد. مثلا گیاهان حاوی ژن Bt (باکتری باسیلوس تورنژینسیس) ممکن است در اثر افزایش دما، توکسین کمتری تولید کرده و مقاومت آنها شکسته شود. لازم به ذکر است که برای تولید هر آفت‌کش هزینه‌ای حدود۱۵۰ میلیون دلار لازم است و لذا خسارت بسیار بزرگی در این زمینه به کشاورزان تحمیل می‌گردد (۱۱).

۸- روند مقاومت آفات و بیماری‌ها در شرایط تغییر اقلیم

مطالعات مشخص نموده‌اند که آفات و بیماری‌های گیاهی قابلیت بسیاری برای تطابق با تغییرات آب هوایی را دارند. تطابق تکاملی سریع (مانند تکامل در نسل‌های کوتاهتر) در واکنش به دما و خشکی در برخی علف-های هرز نیز مشاهده شده است. علاوه بر این شواهدی مبنی بر اینکه افزایش کنونی میزان CO_2 نیز ممکن است بر جریان ژنی بین برنج وحشی و ارقام کنونی که کشت می‌شوند، تأثیر گذار بوده باشد، وجود دارد. در مجموع، به دلیل تغییرات اقلیمی و میزان CO_2، بنظر نمی‌رسد که انتخاب طبیعی و مصنوعی، که برای تطابق بین محصول زراعی و علف‌های هرز (یا بیماری گیاهی و آفات و گیاه میزبانشان) همیشه وجود داشته است، با همان سرعت معمول پیش رود. در واقع با توجه به کاهش تنوع ژنتیکی و شرایط تک محصولی در جمعیت‌های گیاهی کنونی، و از سوی دیگر تنوع ژنتیکی بیشتر در جمعیت‌های آفات، چنین واکنش‌های تطابقی به تغییرات اقلیمی و CO_2 بنظر می‌رسد وجود دارد، اما واکنش‌های تمایزی دیگری نیز محتمل است، که به نوبه خود بر مدیریت آفات اثر گذار است. به‌عنوان مثال، اصلاح برای مقاومت به آفات و بیماری های گیاهی، یک جنبه‌ی تلفیقی مدیریت جمعیت‌های گیاهی، در پاسخ به تهدیدات تغییر اقلیم است (۳۶). درست است که تاکنون هیچ مدرکی دال بر اینکه مقاومت‌های اقلیمی جدید در مقیاس زمانی- اکولوژیکی، که به گونه‌های آفات امکان تطابق به محیط نامساعد قبلی را می‌دهد، وجود ندارد، اما در هر صورت، حتی اگر یک گونه به طور کامل تکامل نیابد، همان یک گونه می‌تواند تغییرات ژنتیکی در سطح یک جمعیت به وجود آورد که پیامدهای منطقه‌ای بزرگی داشته باشد.

برخی تحقیقات، تغییر سریعی را در فتوپریود بحرانی برخی حشرات گزارش نموده‌اند، که با تأخیر در شروع پاییز و طولانی شدن فصل رشد، این تغییر منجر به مهاجرت یا زمستان‌گذرانی آنها شده است، (به‌عنوان مثال رفتن به فاز خواب یا رکود). همواره زمستان گذرانی‌های سخت، بخشی از جمعیت میکروبی (که به گیاه آسیب می‌رساند) را تضعیف می‌نمود و درختان در رویش سال بعد به خاطر قدرتی که داشتند قادر بودند نسبت به این میکروب‌ها و باکتری‌ها مقاومت نشان دهند و در نهایت رشد خود را ادامه دهند و از بین نروند، متأسفانه به خاطر تغییر شرایط اقلیمی و تنش‌های حرارتی و البته آبی، توان این گیاهان کاهش و در عوض قدرت مانور آفات و بیماری‌ها افزایش یافته است که در برخی موارد از جمله در مورد درخت بلوط، هیچ راه چاره‌ای جز خشک شدن و از بین رفتن درخت وجود ندارد.

افزایش‌های اخیر در دما و کاهش بارندگی نسبت به میانگین سابق، ممکن است موجب ایجاد یک استرین جدید بیماری زنگ زرد گردد (*Puccinia striiformis Westend*)، که اکنون این استرین می‌تواند اسپورهایی در دماهای گرمتر تولید کند. سرعتی که پاتوژن‌های بیماری‌زا می‌توانند با آن سرعت به این تغییر شرایط اقلیمی تطابق یابند، و متعاقب آن شیوع این بیماری‌ها افزایش می‌یابد، در سیستم‌های مدیریتی و کشت گیاهان زراعی و باغی موجب ایجاد نگرانی‌هایی شده است.

همچنین تنش حرارتی و خشکی ممکن است بر بیان ژن‌های مقاومت به پاتوژن‌ها در محصول اثرگذار باشد، اما همین مورد هم بسته به نوع میزبان، متفاوت است. برخی ژن‌های گیاهی که برای مقاومت به بیماری‌های ویروسی هستند، حساس به دما گزارش شده‌اند، به‌عنوان مثال، ژنی که مربوط به مقاومت به ویروس موزاییک تنباکو است (TMV) به‌طور قابل توجهی در دماهای بالاتر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد (۶۵). بیان موقتی ژن‌های مقاومت به ویروس‌های خانواده‌ی TMV و ویروس X سیب زمینی در یک سیستم مدلسازی شده، نشان داد که کارایی این ژن‌ها تحت شرایط دمای بالا کاهش می‌یابد. برعکس این حالت، برخی ژن‌های مقاومت نیز یافت شده‌اند که در دماهای بالاتر تاثیرگذارتر می‌باشند. یکی از مثال‌های این مورد، ژن Yr36 گندم است، که موجب ایجاد مقاومت در برخی ارقام گندم در مقابل بیماری زنگ نواری گندم می‌شود که در دماهای ۲۵ تا ۳۵ درجه فعالیت دارد و در دماهای کمتر از این مقدار فعالیت خود را ازدست می‌دهد. بطور مشابهی، ژن مقاومت به بیماری بلایت باکتریایی Xa7 ، بیماری را تحت شرایط دمای بالا بهتر از دماهای پایین محدود می‌کند، اگرچه محصول و پاتوژن هر دو در طول فصل‌های سرد و گرم وجود دارند (۷۶).

۹- تغییرات مکانی و اکولوژی آفات تحت تأثیر تغییر اقلیم

تغییرات اقلیمی، می‌تواند اثرگذار بر عادات زندگی برخی گونه‌ها باشد، که یا خود را تطبیق می‌دهند و یا به مکان‌هایی با شرایط مطلوب‌تر مهاجرت می‌کنند. حتی تغییرات بسیار کوچک در میانگین دمای یک منطقه می‌تواند اثرات بزرگی بر اکوسیستم داشته باشد. بیشتر گونه‌های شناخته شده دارای دامنه‌ای کوچک و محدود هستند، و تعداد گونه‌های حشراتی که دارای دامنه انتشار محدود هستند هنوز هم رو به افزایش است. این گونه‌ها به لحاظ جغرافیایی متمرکز بوده و احتمالاً مورد تهدید هستند و یا از بین رفته اند (۵).

بر اساس مطالعات جدید انجام شده، اعلام شده است که گرم شدن زمین باعث تقسیماتی جدید در محدوده حضور و فعالیت حیوانات و گیاهان در سراسر جهان می‌شود که پیامدهای جبران ناپذیری برای بشر دارد. دانشمندان در این تحقیقات گزارش نمودند که افزایش دما در زمین به‌طور فزاینده گونه‌های سازگار با آب و هوای خنک را مجبور به مهاجرت به نواحی با آب و هوای سردتر می‌کند. آفات محصولات کشاورزی هم در حال حرکت و جابه‌جایی هستند و به همراه خود شکارگران طبیعی خود مانند قورباغه‌ها، حشرات، پرندگان و پستانداران کوچک را نیز جابجا می‌کنند (۲). مهاجرت دسته جمعی گونه‌های سازگار با آب و هوای خنک‌تر، پیامدهای زیادی برای بشر خواهد داشت، سوق دادن حشرات ناقل بیماری، آفات زراعی و تغییر مکان گرده افشانی گیاهان با جابجایی حشرات در مناطق جدید، نمونه‌ای از این اثرات است. از سوی دیگر دماهای بالاتر

منجر به گسترش آفات و بیماری‌ها به سمت قطب جنوب در هر دو نیم‌کره می‌شود. و این امر منتهی به تهاجم آفات بیشتر در طول یک دوره طولانی‌تر در نواحی با اقلیم معتدل می‌گردد (۵).

در کل، همراه با تغییرات اقلیمی که بر شرایط محیطی اثر می‌گذارد، شرایط جمعیتی پاتوژن‌ها نیز تغییر می‌کند و تحت تاثیر قرار می‌گیرد. محدوده‌ی جغرافیایی پاتوژن‌های گیاهی اغلب از طریق شرایط زمستان-گذرانی و تابستان‌گذرانی محدود می‌شود، همچنین تغییرات القاء شده در گیاهان میزبان بر اثر تغییرات CO_2 نیز ممکن است بیولوژی پاتوژن را تغییر دهد.

در رابطه با فعالیت، حرکت و جابجایی آفات تحت تأثیر تغییر اقلیم، سرعت این جابجایی و حرکت، و متعاقب آن ظهور و شیوع آفات جدید، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال برای گیاهان جنگلی، توسعه‌ی سوسک کاج جنوبی به ایالت نیوجرسی در آمریکا (۷۷)، و مهاجرت سوسک کاج کوهستان به سمت شمال و کانادا، مثال‌هایی مرتبط با گرم شدن زمستان‌ها می‌باشند. بطور مشابهی kudzu، نوعی گیاه مهاجم در نواحی جنگلی، نیز در دهه‌های اخیر به مناطق شمالی مهاجرت نموده است. بیماری‌هایی، مانند زنگ برگ قهوه نیز تحت تاثیر دما قرار خواهند گرفت، همچنان‌که زنگ سویای آسیایی تبدیل به یک تهدید مهم و کنونی در تولید سویا در ایالات متحده شده است، که شرایط مطلوب این بیماری، اقلیم مرطوب و گرم است (۸۱)، و پتانسیل مهاجرت و حرکت به سوی نواحی نیمه‌ی غربی را نیز دارد. آفات قابلیت تغییر سریع همراه با تغییر اقلیم را دارند، و بنابراین در استراتژی‌های مدیریتی این مسئله باید مد نظر قرار گیرد.

تحت شرایط تغییر اقلیم، آستانه و حد تحمل محیطی در برخی آفات که مورد بررسی قرار گرفته است، نشان داده که ممکن است تعداد آفات متحمل، افزایش یابد و متعاقب آن شیوع این آفات نیز امری معمول‌تر خواهد شد. تغییرات فنولوژیکی و تغییر دامنه‌ی جغرافیایی در گونه‌ها، ممکن است به‌صورت همزمان و یا غیرهمزمان رخ دهد، و در نتیجه پیامدها و نتایج مهمی بر جمعیت آفات دارد (۴۱). به عنوان مثال *Contarinia nasturtii* (مگس سوئدی، آفتی که به گیاهان خانواده براسیکا خسارت می‌زند) پیش بینی شده که به سمت شمال و مرکز کانادا توسعه خواهد یافت. کرم سرخ پنبه نیز *Pectinophora gossypiella* پیش بینی شده است که محدوده‌ی فعالیت خود را از دره مرکزی و نواحی بیابانی شمالی و غربی به زیستگاه‌های حاشیه‌ای و ساحلی تغییر خواهد داد (۳۹).

علاوه بر تغییر محدوده جغرافیایی، زاد و ولد بیشتر و نسل‌های دیگری که در طول یک فصل زاده می‌شوند، برای حشراتی مانند سوسک کلرادو، شب پره ذرت (کرم ذرت) و تریپس پیاز در اروپای مرکزی، و *Nezara viridula* (سن سبز پنبه)، پیش بینی شده است. بر اساس نتایج این مدسازی مشخص شده است که در آینده حشرات بیشتری یافت خواهد شد که در شرایط افزایش دما قادرند بیش از یک نسل در سال تولید کنند.

در مجموع باید گفت که پاتوژن‌ها، میزبان‌های مهاجر خود را دنبال می‌کنند، و به دلیل واکنش سریع و حساسیت آنها به تغییرات کوچک محیطی، این موجودات هشدار اولیه‌ی خوبی در رابطه با قریب الوقوع بودن تغییرات اقلیمی هستند. آستانه‌ی خسارت ناشی از یک بیماری ممکن است در یک موقعیت جغرافیایی تغییر کند. چگونگی سرعت گرفتن مهاجرت عوامل بیماریزا به دنبال گیاهان میزبان، به عوامل دیگری نیز بستگی دارد :۱- مکانیسم های پراکنش آنها ، ۲- مناسب بودن شرایط محیطی برای انتشار و پراکندگی ، ۳-بقای آنها در بین فصول و هرگونه تغییر در فیزیولوژی میزبان و ۴- اکولوژی یا بوم شناختی در محیط جدید. این عوامل ممکن است اهمیت نسبی و طیف برخی بیماری‌ها، به ویژه برای عوامل بیماری‌زایی که دارای میزبان-های جایگزین هستند، را تغییر دهد. اگر میزبان تحت تنش بیشتری به دلایلی چون بافت ضعیف خاک، ارتفاع از سطح دریا و ... قرار گیرد، این تنش به افزایش حساسیت گیاه به پاتوژنها منجر خواهد شد.

۱۰- تغییراقلیم، آفت و بیماری‌ها در ایران

تنوع زیستی ایران معادل تنوع زیستی کل قاره اروپا است. اما در حال حاضر از ۲ هزار گونه اندمیک در ایران، شاهد مهاجرت یا در معرض انقراض قرار گرفتن برخی گونه‌ها به دلیل تغییر اقلیم هستیم. مشاهدات نشان داده است که تغییر اقلیم موجب دگرگونی‌هایی در برخی مناطق ایران شده است، که بخشی از آنها در اثر گرم شدن هوا و کمی بارش است که در چند دهه اخیر اتفاق افتاده است. اما تاثیر آن بر بیشتر بیماری-های گیاهی مورد مطالعه قرار نگرفته است.

بذور جدید در محصولات، ساده‌ترین نوآوری است که می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای سازگاری با خشکسالی مورد استفاده قرار گیرد. به این منظور ایران برنامه‌های اصلاحی گسترده ای دارد تا مقاومت به خشکسالی و سازگاری با تغییر اقلیم را از طریق تأمین نیازهای حرارتی و سرمایی و افزایش مقاومت به خشکی، غرقابی، آفات و بیماری‌ها، بهبود بخشد (۶۱).

همچنین تکنولوژی‌هایی که کشت زودهنگام را تسهیل می‌کند، برای کمک به کشاورزان و اثرات منفی خشکی و حرارت بالا، معرفی شده است (۷۹).

زمانی که آفات و بیماری‌ها به منابع طبیعی رخنه می‌کنند در سطح طبیعت مبارزه با آن‌ها کار دشواری است، حتی در کشورهایی که پروتکل‌های بسیار قوی‌تری از کشور ما دارند و اجازه تغییرات اقلیمی را هم نمی‌دهند این مسئله امری مشکل به‌نظر می‌رسد. اگر یک مزرعه دچار آفت زدگی شود می‌توان با سمپاشی، بریدن درختان، کاشت نهال جدید و... با آن مبارزه کرد اما در طبیعت، نهال به صورت خودرو رشد می‌کند و اگر دچار آفت شود در بعضی درختان امکان دارد حتی دیگر جایگزینی هم برایشان نباشد، در مجموع، مسئله شیوع آفت و بیماری‌ها در جنگل‌ها و رویشگاه‌های کشور کار طبیعت است و مبارزه با آن کار سختی است (۱). بیشتر مشاهدات در این رابطه، مربوط به کاهش بارش‌ها می‌باشد که موجب شده تا بسیاری از درختان به ویژه درختان جنگلی دچار حمله آفت‌ها و بیماری‌ها شوند. خشک شدن درختان بلوط در مناطق

جنوبی فارس و همچنین بروز بیماری زغالی بلوط در استان‌های گلستان، لرستان، کردستان و کرمانشاه ناشی از گونه‌های *Biscogniaesita spp.* و گسترش آن نمونه بارزی از آن می باشد(۸۹).

بیماری خشکیدگی درختان زینتی در شهرستان شیراز به ویژه درختان افرا و نارون در اثر قارچ *Nattrassia mangifera* که قارچی بسیار گرما دوست است نیز موارد قابل ذکر دیگر می‌باشد. جایگزینی قارچ‌های گرمادوست مانند *Phytophthora parsiana* با قارچ‌های معتدل دوست مانند *P. citrophthora* در درختان پسته نیز می‌تواند به علت افزایش دما باشد (۴).

کاهش بارندگی طی چند سال متوالی درختان و درختچه های جنگلی را مستعد حمله آفات به ویژه آفات چوبخوار نموده است، شمشاد خزری یکی از گونه‌های نادر و همیشه سبز جنگل های شمال ایران است، اما از سال ۸۹ بیماری بلایت شمشاد در جنگل‌های آستارا مشاهده شد. همچنین آفت شب پره شمشاد نیز برای نخستین بار در جنگل های مازندران و سپس شهرستان های رضوانشهر، رودسر و املش ظهور و بروز یافت (۱۳).

از طرف دیگر افزایش دما نیز باعث تغییر در فیزیولوژی درختان می‌شود و مثال آن را در درختان خشک شده‌ی بلوط می‌توان دید که این امر باعث می‌شود عوامل بیماری‌زای فرصت طلب نیز که در شرایط عادی برای درخت خسارت‌زا نیستند، به گیاه حمله نموده و مشکل را دوچندان نمایند. یکی از راهکارها در ارتباط با تنش‌های خشکی و افزایش دما این است که می‌توان با استفاده از میکرو ارگانیسم‌های همزیست این تنش‌ها را کاهش داد که در نتیجه‌ی آن بیماری کمتر می‌شود، و همچنین می‌توان از میکرو ارگانیسم‌ها، مانند نمونه‌ای از قارچ‌ها که همزیست گیاهان هستند، در نواحی که دارای پوشش گیاهی فقیری می‌باشند، استفاده نمود. بیماری‌هایی وجود دارند که در واقع تنش دوست هستند و تغییر اقلیم باعث شده که شرایط برای این بیماری‌ها مساعد شود و بیماری ایجاد گردد. بنابراین می‌توان به عنوان منابع مقاومت، چنین گیاهانی را جایگزین نمود(۸).

امروزه برخی از عوامل خسارت‌زا که در شرایط عادی در درجه دوم یا سوم اهمیت اقتصادی هستند دوچندان شده و به‌عنوان آفاتی طغیانی یا نوظهور سبب خسارت‌های فراوان در عرصه گیاهی می‌شوند. کرم خراط در درختان مثمر به ویژه گردو، زوال درختان مو و طغیان علف‌هرز ارشتهٔ خطایی در غلات را می‌توان از جمله‌ی این آفات برشمرد. از مهم‌ترین آفات طغیانی کشور در سال‌های اخیر می‌توان به مگس‌های میوه، پسیل مرکبات، کرم خراط گردو، سفیدبالک‌ها و زنجره خرما و بیماری‌های جاروک لیموترش، میوه سبز مرکبات، زوال مو وخشکیدگی برگ خرما اشاره نمود (۶).

در تحقیقی گزارش شده است که علت ظهور زودتر آفت کرم سیب را می‌توان گرمای محیط و مساعد بودن شرایط اقلیمی برای فعالیت آن ذکر نمود. ظهور و تکمیل مراحل زندگی کرم سیب متاثر از شرایط محیطی بوده که با فرضیه‌ی تاثیر اقلیم بر تغییرات جمعیتی آن، مطابقت دارد.
همچنین در همین گزارش اعلام گشت که اولین ریزش سن در سال ۹۱ (در استان آذربایجان غربی) در تاریخ ۹۱/۲/۳ مشاهده شد که با حدود یک ماه تفاوت نسبت به سال قبل (تاریخ ۹۰/۳/۸) رخ داد. با توجه به وضعیت آب و هوایی گرمتر نسبت به سال ۹۰ ریزش زودتر در سال ۹۱ دور از انتظارنبود. متوسط تراکم سن مادری ۱/۲ در مترمربع بود که نسبت به سال ۹۰ با تراکم ۰/۵ عدد، ۷٪ افزایش داشت. بعد از ریزش سن،به دلیل وجود هوای گرم و مساعد و همچنین میزان بارندگی بسیار کم، تلفات بر اثر سرمای بهاره به حداقل رسید (۳).
آینده‌ی کاملاً روشنی در رابطه با بخش کشاورزی و تغییر اقلیم وجود ندارد. پیش‌بینی می‌شود مجموع عملکرد محصول در ایران، در کلیه‌ی سناریوهای تغییر اقلیم، کاهش می‌یابد. اما گسترش این تغییرات در عملکرد بسته به نوع محصول، اثرات بارور کنندگی دی اکسید کربن، نوع سناریوی تغییر اقلیم و توانایی محصول برای سازگاری دارد.

راهکارها و پیشنهادات

الف- بهره‌برداران

کشاورزان باید در نظر داشته باشند که در اغلب مواقع، تغییر اقلیم یک روند تدریجی است که معمولاً فرصت انطباق با این شرایط را خواهند داشت. در ابتدا این سوال وجود دارد که شرایط اقلیمی گرمتر، از این نظر که موجب افزایش عملکرد می‌شود آیا می‌تواند موجب جبران خسارت ناشی از افزایش آفات گردد و یا اینکه مبارزه با آفات مزیت بیشتری در شرایط آب و هوایی گرمتر دارد؟

در شرایط تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، آفات جدید اغلب در عرض‌های شمالی‌تر مستقر شده و می‌توانند به مناطق جدید هجوم آورند. این احتمال نیز وجود دارد که در صورت تغییر اقلیم، برخی گیاهان در بعضی مناطق به تعداد دفعات بیشتری توسط آفات خاص مورد حمله قرار گیرند. واضح است که برای کشاورزان مهم است که از روند تغییر آفات محصولات کشاورزی در منطقه خود آگاه باشند و در انتخاب روش‌های مدیریتی خود و همچنین در انتخاب محصولات زراعی انعطاف داشته باشند. بهتر است کشاورزان با دقت شیوع آفات را در مزارع خود رصد کنند و متناوباً شدت وقوع، و هزینه مدیریت و کنترل را در طی زمان ثبت نمایند، و در مورد این که یک تکنیک مدیریتی و کنترلی خاص را انتخاب کنند و یا اینکه محصول خاصی را در آن منطقه بعمل آورند، تصمیم دقیق‌تری بگیرند.

اگر در منطقه‌ای برای رشد بهتر و موفق‌تر محصول نیاز به کاربرد بیشتر قارچ‌کش و یا آفت‌کش باشد، کشاورز باید ارزیابی نماید که آیا ادامه کشت آن محصول در آن منطقه مقرون به صرفه است یا خیر. آن دسته از کشاورزان که بهترین استفاده را از اصول مدیریت تلفیقی آفات مانند نظارت میدانی، پیش آگاهی آفات، ثبت دقیق، و انتخاب معیارهای کنترل اقتصادی و زیست (IPM) محیطی دارند، در مقابله با تأثیرات تغییر اقلیم موفق‌تر خواهند بود .

برخی از روش‌های کاشت می‌تواند در شرایط تغییر اقلیم مزیت محسوب شود، اگرچه هنوز کاملاً مشخص نیست که آیا این شیوه‌های کشت با توجه به تغییرات پیش بینی شده کمک کننده هستند، و یا ممکن است خود مانعی باشند و یا اینکه اصلا تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار بگیرند یا خیر. مانند استفاده از تناوب در کشت، به عنوان یک استراتژی مدیریت آفات، که البته در خصوص ورود زودرس آفات و یا افزایش زمستانگذرانی حشرات، کمتر می‌تواند موثر باشد. با این وجود، در همین نوع کشت هم این امر می‌تواند با تغییر در زمان کاشت محصولات، نمو و برداشت آنها، ممکن و میسر گردد. در کشت ردیفی که به منظور محدود نمودن حشرات، مورد استفاده قرار می‌گیرد، ممکن است محصول زودتر برداشت شود تا از صدمه به محصول که ناشی از درجه حرارت بیش از حد است، که در زیر پوشش ایجاد می‌گردد، جلوگیری شود، البته این سوال پیش می آید که آیا حشرات مورد نظر اولیه (که از ابتدا وارد شده بودند) دوره‌ی خسارت‌زنی خود را زودتر آغاز می‌نمایند و یا اینکه خود را برای هجوم و آسیب رساندن بعد از برداشت محصول آماده می-کنند؟!

در نهایت باید گفت بهترین استراتژی اقتصادی که بهره‌برداران باید دنبال کنند، استفاده از مدیریت تلفیقی آفات است که روشی است برای نظارت دقیق بر شیوع حشرات و بیماری‌ها. نگه داشتن سوابق مربوط به مدیریت آفات و زراعت به مرور زمان به کشاورزان این امکان را می‌دهد تا اقتصاد و تأثیرات زیست محیطی کنترل آفات را ارزیابی نموده و امکان استفاده از برخی استراتژی‌های مدیریت آفات یا انتخاب محصولات مناسب را تعیین کنند. برخلاف آفات، مسائل اقتصادی، اغلب موجب می‌شود ژنوتیپ‌های گیاهان میزبان در یک منطقه تا یک دامنه ژنتیکی باریک‌تری محدود شود، محدود نمودن واکنش تکاملی به اقلیم و CO_2 یک نیاز بحرانی برای بهبود کارایی IPM از طریق تولید داده‌های تجربی است که پتانسیل تکامل و تطابق را در گونه‌های آفات آزمایش می‌کند. از طرفی، افزایش تنوع ژنتیکی در میان گیاهان میزبان نیز این اطمینان را ایجاد خواهد کرد که تطابق به تغییرات شرایط، حفظ می‌گردد، که از طریق موجود بودن ژنهای هدف در محصولات در سرتاسر جهان و سیستم‌های بذری و روشهای اصلاحی، این امر مقدور خواهد بود.

ب- سیاست‌گذاران

پیشنهاد می‌گردد در زمینه تقابل با تغییر اقلیم باید اقدامات گام به گامی در زمینه‌های چرخه مدیریت بحران، پیش بینی، پیش‌گیری، آمادگی، مقابله و بازسازی صورت گیرد. همچنین، جهت‌گیری الویت‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی در زمینه شناخت اثرات اقلیم روی شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش‌های گرمایی، خشکی، آفات و بیماری‌ها و روش‌های به‌گزینی محصولات مهم زراعی و باغی کشور از ضروریات است (۲).

هم اکنون بسیاری از کشورها منابع و قوانین کافی در ارتباط با موارد زیر را ندارند:

- نظارت و ارزیابی
- کنترل مرزی و بازرسی
- تخصص در ارزیابی ریسک
- ابزارهای تشخیصی برای تشخیص زودهنگام
- تخصص در شناسایی (تاکسونومی (طبقه‌بندی)
- جمع‌آوری داده و دسترسی به اطلاعات
- ابزارهایی برای واکنش سریع به ورود، استقرار و گسترش آفات
- اقدامات کنترلی در منبع تولید

سیستم‌های اولویت‌بندی مخاطرات از مؤلفه‌های اصلی استراتژی مدیریت سلامت محصولات زراعی هستند و باید پیش از همه‌گیری و شیوع حشرات در محل، اعمال شوند. این سیستم‌ها باید اولویت تحقیقات در زمینه گیاهپزشکی باشند. علاوه بر این، نقشه‌های اقلیمی که توزیع بالقوه حشرات را درشرایط آب و هوایی آینده پیش بینی می‌کنند، می‌بایست تحقیقات خود را بر روی فرایند مدل‌سازی متمرکز کنند. سیستم‌های هشدار و نظارت سریع ملی و منطقه‌ای باید بخشی از سیاست دولت‌ها برای مقابله با افزایش آفات و بیماری‌های تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی باشد. بیشتر تحقیقات روی آفات و بیماریهای تحت تأثیر تغییر اقلیم در مناطق سردسیر و توسعه یافته بوده است. و در دیگر مناطق به خصوص مناطق گرمسیر باید این تحقیقات توسعه یابد (۳).

از سوی دیگر باید ارزیابی اثر بخشی تاکتیک‌های کنونی کنترل فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی، از جمله ارقام مقاوم در برابر بیماری و سناریوهای اقلیمی در آینده در کلیه تحقیقات، با هدف توسعه ابزارها و تاکتیک‌های جدید لحاظ شود. تجزیه و تحلیل ریسک بیماری بر اساس اثر متقابل میزبان و پاتوژن باید انجام شود، و تحقیقات در مورد واکنش میزبان و سازگاری باید انجام گیرد تا مشخص شود که چگونه یک تغییر قریب الوقوع در آب و هوا می تواند بر بیماری‌های گیاهی تأثیر بگذارد. کشاورزی جهان خود را با تغییرات منطقه ای تدریجی سازگار خواهد کرد، اما تغییرات ناگهانی را باید جدی‌تر تلقی نمود. از این منظر،

استراتژی سازگاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد، برخی فرایندهای سازگاری یا تعدیل را می توان به شرح زیر بر شمرد:

- انتخاب گیاهانی که بتوانند از کربوهیدرات هایی که در شرایط CO_2 بالاتر تولید می‌شود بهتر بهره گیرند.
- انتخاب گیاهانی که در شرایط غنی سازی CO_2 بتوانند ترکیبات ساختاری کمتری تولید کرده و در مقابل ظرفیت بیشتری برای تولید اندام های زایشی داشته باشند، این ویژگی مرتبط با گیاهان دانه‌ای است.
- جستجو برای یافتن ذخایر ژنتیکی سازگار به درجه حرارت بالای روز و شب و انتقال صفات مزبور به ارقام زراعی پر تولید جهت گلدهی و تشکیل دانه.
- تغییر تاریخ کشت و سایر عملیات‌ها به منظور بهبود عملکرد در شرایط اقلیمی جدید و انتخاب ارقامی که به این گونه عملیات مدیریتی سازگاری نشان دهند.
- استفاده از گونه‌هایی که در درجه حرارت بالا یا خشکی تولید پایدارتری داشته باشند
- مشخص ساختن این که آیا مقادیر مناسب‌تر کربن به نیتروژن می‌تواند برای تولید گیاهان علوفه ای سازگار به افزایش CO_2 به کار برده شود؟
- توسعه سیستم های آبیاری در صورت لزوم (۱۰)

همان‌طور که مشخص است کنترل برخی از آفات و بیماری‌ها ممکن است به علت گسترش سریع آنها امکان پذیر نباشد، در این راستا معرفی شیوه‌های جدید کشاورزی، کشت محصولات مختلف و اصول مدیریت تلفیقی آفات باید توسعه یابد تا به مهار آفات کمک کند و در این شرایط دولت‌ها نیاز به معرفی عوامل کنترل بیولوژیکی یا محصولات و نژادهای جدید مقاوم در برابر آفات یا بیماری‌ها دارند.
اکنون دنیا به یک دهکده جهانی تبدیل شده و باید برای به روز نمودن دانش، اطلاعات و فناوری‌ها در حوزه کشاورزی و حفظ نباتات با دنیا ارتباط داشت، و آفات و بیماری‌ها را شناسایی و برای مبارزه با آنها، پایلوت در استان‌ها اجرا نمود. گسترش تجارت جهانی، تغییر و جابجایی گونه‌های جدید در نواحی مختلف، و تغییر اقلیم، همگی در افزایش تهدید و پتانسیل آفات اثرگذار هستند. به‌عنوان مثال در ایالات متحده هم اکنون، USDA (وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا)، از طریق سرویس بازرسی سلامت گیاهان و حیوانات (APHIS) دارای یک نقش اولیه در شناسایی آفات در حال ایجاد، و آفات ورودی، به ویژه در تجارت، هستند، اما آنها نیز تنها گونه‌های آفات گیاهی خاصی را که یکبار در خارج از ایستگاه بازرسی یافت نموده-اند، ردیابی می‌کنند. تشدید بیشتر ردیابی و ارزیابی این تهدیدات در پیش‌برد آینده‌ی مدیریت آفات، حیاتی خواهد بود.
کشورها برای ممانعت از ورود آفات و بیماری‌های جدید باید اقدامات لازم را انجام دهند و این اقدامات ممکن است مانع رویه عادی صادرات کالا شود، بنابراین این نوع روش‌ها باید مورد بازبینی قرار گرفته تا از نظر علمی توجیه و تا حد ممکن اثرات آنها بر تجارت محدود گردد. در این راستا می‌بایست روش‌هایی را

اعمال نمود که توجیه اقتصادی داشته و کمترین اثر سوئی بر تجارت داشته باشد. با این وجود، قطعی نبودن و غیر قابل پیش بینی بودن شرایط جدید آب و هوایی، می‌تواند این مقررات را تغییر دهد.

همچنین دولت ها نیاز به تقویت خدمات در خصوص بهداشت حیوانات و گیاهان به عنوان اولویت اصلی در بحث صادرات و واردات دارند. مسئولین این امر باید بر روی علوم پایه مانند طبقه بندی، مدل‌سازی، اکولوژی جمعیت و اپیدمیولوژی تمرکز نمایند. علاوه بر این باید به چگونگی ادغام و سازماندهی خدمات بهداشتی ملی حیوانات و گیاهان در شرایطی که اغلب وزارتخانه‌ها و ارگان‌های مختلف بصورت پراکنده عمل می‌کنند، توجه بیشتری نمود. همچنین تحقیقات گیاه‌پزشکی محصولات راهبردی، تحقیقات روی آفات نوظهور و طغیانی، معرفی عوامل امیدبخش کنترل بیولوژیک، تحقیقات خسارت آفات و سپردن دانش فنی به شرکت‌های دانش‌بنیان به‌عنوان برنامه‌های مهم تحقیقاتی کشور باید صورت گیرد .
اشتراک گذاری داده‌ها در یک بانک اطلاعاتی این امکان را برای افراد علاقه مند فراهم می آورد که داده‌های اصلی و مهمی را در این رابطه در هر زمان بتوانند بارگزاری نمایند. بعنوان مثال، یک محقق که علاقه مند به اطلاعاتی در رابطه با سن قهوه‌ای است می‌تواند داده‌ها را بازیابی نماید. سپس این داده‌ها می‌تواند برای مجامع علمی و خارج از مرزی نیز قابل دسترسی باشد. جهت کمک به مستندسازی توسعه‌ی آفات جدید بر اثر تغییر اقلیم، بازیدها و تصویرسازی ضروری است. نقشه‌ها، تصاویر، و دیگر نمادهای تصویری به طور وسیعی توسط برنامه‌های تحقیقاتی برای این امر باید مورد استفاده قرار می‌گیرند.
نهایتاً اینکه مسئله، فقط گرم شدن زمین نیست، بلکه به نوبه خود DTR (دامنه‌ی دماهای روزانه) نیز دارای اهمیت است. تحقیقات بیشتری باید بر روی پاسخ گونه‌های آفات به تغییرات DTR صورت گیرد، چرا که چنین تغییراتی می‌تواند براستراتژی هایIPM اثر گذارد. نکته اصلی این است که DTR نه تنها بر روی جمعیت‌های آفات شناخته شده در هر ناحیه اثر می‌گذارد بلکه ممکن است گونه‌های جدید آفت را نیز در منطقه ایجاد کند. در مجموع، به‌نظر می‌رسد یک رویکرد مدیرتی منظم و یکپارچه، مانند تکنولوژی GIS، شبکه‌های اجتماعی، و ارزیابی‌های بازدیدهای میدانی در روشهای IPM برای تغییر شرایط محیطی و بیولوژی آفات، استفاده گردد.

منابع

۱- ابراهیمی.ع. ۱۳۹۷. خبرگزاری ایسنا.

۲- بی نیاز. ی، حضرتی یادکوری. م، پناهی.پ، طهماسبی . ا. ۱۳۹۳. تاثیر تغییرات اقلیمی بر بیماریهای گیاهی ,کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی ، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری.

۳- بدیعی.ا و م. زرگران. (۱۳۹۲). بررسی تراکم و تغییرات جمعیتی کرم سیب (*Cydiapomonella* L.) و تاثیر اقلیم بر آن در استان آذربایجان غربی. دومن همایش ملی تغییر اقلیم و اثرات آن بر کشاورزی و محیط زیست.

۴- بنی هاشمی،ض. ۱۳۹۵. تغییرات اقلیمی و بیمارگرهای گیاهی. مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

۵- تغییرات-اقلیمی-عامل-آفات-کشاورزی، https://tejaratnews.com/

۶- تغییراقلیم، افزایش-آفات و بیماری‌های گیاه. سایت ایرنا. ۶ شهریور ۱۳۹۵. www.irna.ir/news/82205242

۷- سرحوضکی. م، اکبریان. ج، میرفخرایی. ش. ۱۳۹۲. پیامدهای تغییر اقلیم بر جمعیت حشرات آفت، دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست.

۸- صفایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۹۵. سایت: https://edu.modares.ac.ir/agr/news-events/news-

۹- فرامرزوش. ف ، قوستا. ی، کریم پور. ی و رزمی.م. ۱۳۹۰. ثرات احتمالی تغییر اقلیم روی آفات حشره ای. مایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

۱۰- نصیری محلاتی، م، کوچکی، ع. ر. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۱. اثر تغییر اقلیم جهانی بر تولیدات کشاورزی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۱-محرمی‌پور .۱۳۹۵. پنجمین جلسه هم‌اندیشی استادان دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. https://int.modares.ac.ir/agr/news-events/news.

۱۲- موسوی.ک. اثرات تغییر اقلیم بر نواحی در معرض تهاجم در ایران و جهان (*Hordeum spontaneum K.Koch*) علف هرز کشیده برگ مهاجم جودره. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۹، ۱: ۲۶۱-,۲۴۵

۱۳- هوشیاری فرد. م. ۱۳۹۴. تغییر اقلیم در استان: پیامدها و راهکارهای مقابله با آفات و بیماری‌های گیاهی. عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان. (http://sandalisabz.mihanblog.com/post/21)

14- Abolmaaty, S. M., Maklad, A. M., & Khalil, A. A. (2011). Using degree-day unit accumulation to predict potato tubeworm incidence under climate change conditions in Egypt. *Nature and Science*, *9*(4), 156-160. https://doi.org/10.7537/marsnsj090411.22

15-Alberto, A., L. Ziska, C. Cervancia, and P. Manalo, 1996. The influence of increasing carbon dioxide and temperature on competitive interactions between a C3 crop, rice (Oryza sativa) and a C4 weed (Echinochloa glabrescens). Functional Plant Biology, 23(6): 795-802.

16- A warning sign from our planet: Nature needs life support, www.wwf.org.uk/updates/living-planet-report-2018.

17- Bale, J.S.; Masters, G.J.; Hodkinson, I.D.; Awmack, C.; Bezemer, T.M.; Brown, V.K.; Butterfield, J.; Buse, A.; Coulson, J.C.; Farrar, J.; et al. 2002. Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. Global. Changing. Biological. 8, 1–16.

18- Bale, J.S., and S.A.L. Hayward, 2010. Insect overwintering in a changing climate. Journal of Experimental Biology, 213(6): 980-994

19-Brasier, C. M. 2001. Rapid evolution of introduced plant pathogens via interspecific hybridization. *BioScience*, 51: 123–133.

20-Bradley, B.A., D.M. Blumenthal, D.S. Wilcove, and L.H.H. Ziska, 2010. Predicting plant invasions in an era of global change. Trends in Ecology and Evolution, 25(5): 310-318.

21-Bradley, B.A., 2009. Regional analysis of the impacts of climate change on cheatgrass invasion shows potential risk and opportunity. Global Change Biology, 15(1): 196-208.
22- Bradshaw, W.E., and C.M. Holzapfel, 2001. Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(25): 14509-14511.
22- Bridges, D.C. Crop Losses Due toWeeds in the United States, 1992;Weed Science Society of America: Champaign,IL, USA, 1992; ISBN 0911733159.
23-Canto, T., Aranda, M. and Fereres, A. 2008. Climate change effects on physiology and population processes of host and vectors that influence the spread of hemipteran-borne plant viruses. *Global Change Biology*, 15(8): 1884-1894.
24- Carpineti.A. Climate Change Will Lead To More Crop-Destroying Insects(2018). https://www.iflscience.com/environment/climate-change.
25- Bucchignani.E, Mercogliano,P, Panitz.H.(2018). Climate change projections for the Middle East–North Africa domain with COSMO-CLM at different spatial resolutions. Advances in climate change research. 9, 1: 80-66.
26- Chen, S.; Fleischer, S.J.; Saunders, M.C.; Thomas, M.B. 2015. The influence of diurnal temperature variation on degree-day accumulation and insect life history. PLoS ONE, 10, e0120772. [CrossRef] [PubMed]
27- Chen FJ., Wu G., Parajulee MN., Ge F. (2007). Impact of elevated CO2 on the third trophic level: a predator *Harmonia axyridis* (Pallas) and a parasitoid *Aphidius picipes* (Nees). Biocon Sci Tech 17: 313–324.
28-Coakley, S. M., Scherm, H. and Chakraborty, S. 1999. Climate change and plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*, 37: 399-426
29-Dore, M.H. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? Environ. Int. 2005, 31, 1167–1181. [CrossRef] [PubMed]
30-Dukes, J.S., 2002. Comparison of the effect of elevated CO2 on an invasive species (centaurea solstitialis) in monoculture and community settings. Plant Ecology, 160(2): 225-234.
31-Eastburn, D., Degennaro, M., Delucia, E., Dermody, O., & McElrone, A. (2010). Elevated atmospheric carbon dioxide and ozone alter soybean diseases at Soy FACE. *Global Change Biology*, *16*, 320-30. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02402.x
32-Elad, Y. and Pertot, I. 2014. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases.*Journal of Crop Improvement*, 28(1): 99-139.

33-Furstenberg-Hagg, J., Zagrobelny, M., & Bak, S. (2013). Plant defense against insect herbivores. *International Journal of Molecular Sciences, 14*, 10242-10297. https://doi.org/10.3390/ijms140510242
34-. Forcella, F.; Wilson, R.G.; Dekker, J.; Kremer, R.T.; Cardina, J.; Anderson, R.L.; Alm, D.; Renner, K.A.; Harvey, R.G.; Clay, S.; et al. Weed seed bank emergence across the Corn Belt. Weed Sci. 1997, 45, 67–76
35- Franks, S.J.;Weis, A.E. A change in climate causes rapid evolution of multiple life-history traits and their interactions in an annual plant. J. Evol. Biol. 2008, 21, 1321–1334. [CrossRef] [PubMed]
36- Garrett, K.A.; Andersen, K.; Bowden, R.L.; Forbes, G.A.; Kulakow, P.A.; Zhou, B. Resistance genes in global crop breeding networks. Phytopathology 2017, 107, 1268–1278. [CrossRef] [PubMed]
37- Ghini, R.; Hamada, E.; Pedro, M.J., Jr.; Marengo, J.A.; do Valle Gonçalves, R.R. Risk 2008. analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. Pesq. Agropec. Bras. 43, 187–194.

38- Global climate change, Viatl signs of the planet. climate.nasa.gov/resources/global-warming/.
39-Gutierrez, A.P., L. Ponti, C.K. Ellis, and T. d'Oultremont, 2006. Analysis of climate effects on agricultural systems. . A report from the California Climate Change Center. White Paper CEC-500-2005- 188-SF, University of California, Berkeley.
40-Hamilton, J.G., O. Dermody, M. Aldea, A.R. Zangerl, A. Rogers, M.R. Berenbaum, and E. Delucia. 2005. Anthropogenic Changes in Tropospheric Composition Increase Susceptibility of Soybean to Insect Herbivory. Envirn. Entomol. 34:2 479-485.
41-Hance, T., J. van Baaren, P. Vernon, and G. Boivin, 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective, in Annual review of entomology, pp. 107-126. Annual Reviews, Palo Alto.
42-Hatfield, J.L., K.J. Boote, B.A. Kimball, L.H. Ziska, R.C. Izaurralde, D. Ort, A.M. Thomson, and D. Wolfe, 2011. Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. Agronomy Journal, 103(2): 351-370.
43- Heltberg, R.; Siegel, P.B.; Jorgensen, S.L. Addressing human vulnerability to climate change: Toward a 'no-regrets' approach. Global Environ. Change 2009, 19, 89–99.
44-Hoppe, R.A., J.M. MacDonald, and P. Korb, 2010. Small farms in the United States: Persistence under pressure. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Economic Information Bulletin No. 63.
45- Johnson, S., and J. McNicol, 2010. Elevated CO2 and aboveground– belowground herbivory by the clover root weevil. Oecologia, 162(1): 209-216.
46- Jaramillo, J.; Chabi-Olaye, A.; Kamonjo, C.; Jaramillo, A.; Vega, F.E.; Poehling, H.-M.; Borgemeister, C. Thermal tolerance of the coffee berry borer Hypothenemus hampei: Predictions of climate change on a tropical insect pest. PLoS ONE 2009, 4, e6487.
47- Jaworski, T., & Hilszczanski, J. 2013. The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers, 74*(4), 345-355. https://doi.org/10.2478/frp-2013-0033
48- Karolewski, P., Grzebyta, J., Oleksyn, J., & Giertych, M. J. 2007. Effects of temperature on larval survival rate and duration of development of *Lymantria monacha* (L.) on needles of *Pinus silvestris* (L.) and of *L. dispar* (L.) on leaves of *Quercus robur* (L.). *Polish Journal of Ecology, 55*(3), 595-600.
49- Kaczmarek, J., Kedziora, A., Brachaczek, A., Akinwunmi, O., Dada, L., Dakowska, S., Karg, G. and Jedryczka, M. 2016. Effect of climate change on sporulation of the teleomorphs of *Leptosphaeria* species causing stem canker of brassicas. *Aerobiologia,* 32: 39-51
50-*Kimball, B.A.; Mauney, J.R.; Nakayama, F.S.; Idso, S.B. Effects of increasing atmospheric CO2 on vegetation. In CO2 and Biosphere. Advances in Vegetation Science; Advances in vegetation science; Rozema, J., Lambers, H., Van de Geijn, S.C., Cambridge, M.L., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 1993; Volume 14, ISBN 978-94-010-4791-3*
51-Kudela, V. 2009. Potential Impact of Climate Change on Geographic Distribution of Plant Pathogenic Bacteria in Central Europe. *Plant Protection Science*, 45: 527-532
52- Kutywayo, D., Chemura, A., Kusena, W., Chidoko, P., & Mahoya, C. (2013). The Impact of Climate Change on the Potential Distribution of Agricultural Pests: The Case of the Coffee White Stem Borer (*Monochamus leuconotus* P.) in Zimbabwe. *PLoS ONE, 8*(8), e73432. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073432
53-Luck, J., Spackman, M., Freeman, A., Trebicki, P., Griffiths, W., Finlay, K., & Chakraborty, S. (2011). Climate change and diseases of food crops. *Plant Pathology, 60*, 113-121. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059. 2010.02414.x

54- Lewis, T. 1997. Thrips as crop pests. CAB International, Cambridge: University Press. 740 pp.
55- Lin, B.B., 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. BioScience, 61(3): 183-193.
56- List of countries by greenhouse gas emissions per capita. en.wikipedia.org/wiki/List_ of_countries_by_greenhouse_gas_emissions_per_capita.
57. Liu, Y.; Oduor, A.M.; Zhang, Z.; Manea, A.; Tooth, I.M.; Leishman, M.R.; Kleunen, M.(2017). Do invasive alien plants benefit more from global environmental change than native plants? Global. Change. Biology. 23: 3363–3370.
58- Manning, W.J. and Tiedemann, A.V. 1995. Climate change: Potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO2), ozone (O3) and ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. *Environmental Pollution*, 88:219-245.
59-Murray, G.M., Ellison, PJ., Watson, A. and Cullis, B.R.(1994) - The relationship between wheat yield and stripe rust as affected by length of epidemic and temperature at the grain development stage of crop growth. Plant Pathology 43: 397-405.
60-Navas-Castillo, J., E. Fiallo-Olivé, and S. Sánchez-Campos, 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annual Review of Phytopathology, 49(1): 219-248
48-Pasquarella, V.J.; Bradley, B.A.;Woodcock, C.E. Near-real-time monitoring of insect defoliation using Landsat time series. Forests 2017, 8, 275.
61- NRIDR. 2005. National report of the Islamic Republic of Iran on disaster reduction. In: *World Conference on Disaster Reduction*. January, 18–22. Kobe, Hyogo, Japan.
62- Parsons, M.W.; Munkvold, G.P. Associations of planting date, drought stress, and insects with Fusarium ear rot and fumonisin B1 contamination in California maize. Food Addit. Contam. 2010, 27, 591–607. [CrossRef] [PubMed]
63-Paul, N.D., Ayres, P.G., Rasanayagam, S. and Royle, D.J. 1998. Stratospheric ozone depletion, UVB radiation and *Septoria tritici* infection of wheat. *In* 7th International Congress of Plant Pathology. Edinburgh, Scotland. Aug. 9-16, 1998. British Society for Plant Pathology, Birmingham, UK. Invited Papers Abstracts **1**: 4.2.6.S.
64-. Qian, B.; Gregorich, E.G.; Gameda, S.; Hopkins, D.W.;Wang, X.L. Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. J. Geophys. Res. 2011, 116, D02106. [CrossRef].
65-Qu, M.;Wan, J.; Hao, X. Analysis of diurnal air temperature range change in the continental United States. Weather Clim. Extremes 2014, 4, 86–95. [CrossRef]
66- Rodríguez-Trelles, F.; Rodríguez, M.A. Rapid micro-evolution and loss of chromosomal diversity in Drosophila in response to climate warming. Evol. Ecol. 1998, 12, 829–838.
67- Reiners, S and C. Petzoldt (eds). 2005. Integrated Crop and Pest Management Guidelines for Commercial Vegetable Production. Cornell Cooperative Extension publication #124VG http://www.nysaes.cornell.edu/recommends/
68- Rosenzweig, C.; Iglesias, A.; Yang, X.B.; Epstein, P.R.; Chivian, E. Climate Change and Extreme Weather Events; Implications for Food Production, Plant Diseases, and Pests. Glob. Chang. Hum. Health 2001, 2, 90–104.
69-Rieux, A., Soubeyrand, S., Bonnot, F., Klein, E. K., Ngando, J. E., Mehl, A., … Bellaire, L. L. (2014). Long-Distance Wind-Dispersal of Spores in a Fungal Plant Pathogen: Estimation of Anisotropic Dispersal Kernels from an Extensive Field Experiment. PLoS ONE, 9(8), e103225. https://doi.org/10.1371/journal. pone.0103225
70-Roos, J., R. Hopkins, A. Kvarnheden, and C. Dixelius, 2011. The impact of global warming on plant diseases and insect vectors in Sweden. European Journal of Plant Pathology, 129(1): 9-19.

71-Sharma, S., Magnuson, J. J., Mendoza, G., & Carpenter, S. R. 2013. Influences of local weather, large-scale climatic drivers, and the solar cycle on ice breakup dates; 1905-2004. *Climatic Change, 118*, 857-870. https://doi.org/10.1007/s10584-012-0670-7
72-Sharma HC. (2014). Climate change effects on insects: Implications for crop protection and food security. J Crop Improv 28: 229-259.
73-Sosnoskie, L.M.; Culpepper, A.S. Glyphosate-resistant palmer amaranth (Amaranthus palmeri) increases herbicide use, tillage, and hand-weeding in Georgia cotton. Weed Sci. 2014, 62, 393–402.
74-Thompson, H. F., Berrang-Ford, L., & Ford, J. P. (2010). Climate change and food security in SSA: A systematic literature review. Sustainability, 2, 2719-2733. https://doi.org/10.3390/su2082719
75-Vincent, C., G. Hallman, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessardú. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. Ann Rev Entomol 48: 261-281.
76- Wallace, R.D.; Grey, T.L.;Webster, T.M.; Vencill,W.K. Increased purple nutsedge (Cyperus rotundus) tuber sprouting with diurnally fluctuating temperatures. Weed Sci. 2013, 61, 126–130. [CrossRef]
77- Waller, J.M.; Bigger, M.; Hillocks, R.J. (Eds.) Coffee Pests, Diseases and Their Management; CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International): Wallingford, UK, 2007; ISBN 978-1-84593-129-2.
78- Walther GR., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee TJC., Fromentin JM., Hoegh-Guldberg O., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389-395.
79- WAVA (Working Group of Assessing Vulnerability of Agriculture, Animal Husbandry and Fishery' Sectors). 2015. *Assessing Vulnerability and Adaptation of Agricultural, Animal Husbandry and Fishery' Sectors to Climate Change*: *A Case of Iran*. Working Group of Assessing Vulnerability of Agriculture, Tehran, Iran.
80-West, J. S., Fitt, B. D. L., Townsend, J. A., Stevens, M., Edwards, S. G., Turner, J. A., … Edmonds, J. (2015). Impact of climate change on diseases on sustainable crop systems: CLIMDIS. *Project Number 539*. HCGA.
81-Webb, K.M., I. Oña, J. Bai, K.A. Garrett, T. Mew, C.M. Vera Cruz, and J.E. Leach, 2010. A benefit of high temperature: Increased effectiveness of a rice bacterial blight disease resistance gene. New Phytologist, 185(2): 568-576.
82- Yamamura, K. and K. Kiritani. 1998. A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. Appl. Ent. and Zool. 33:289- 298.
83. Zavala, J.A.; Gog, L.; Giacometti, R. Anthropogenic increase in carbon dioxide modifies plant-insect interactions. Ann. Appl. Biol. 2017, 170, 68–77. [CrossRef]
84-Zavala JA., Casteel CL., Delucia EH., Berenbaum MR. (2008). Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects. Proc Natl Acad Sci USA 105: 5129–5133.
85- Ziska, L.H.; Dukes, J.S. (Eds.) Weed Biology and Climate Change; JohnWiley & Sons: New York, NY, USA, 2011; ISBN 978-0-813-81417-9.
86- Ziska, L.H.; Tomecek, M.B.; Gealy, D.R. Competitive interactions between cultivated and red rice as a function of recent and projected increases in atmospheric carbon dioxide. Agron. J. 2010, 102, 118–123. [CrossRef]
87- Ziska, L.H.; Gealy, D.R.; Burgos, N.; Caicedo, A.L.; Gressel, J.; Lawton-Rauh, A.L.; Avila, L.A.; Theisen, G.; Norsworthy, J.; Ferrero, A.; et al. Weedy (red) rice: An emerging constraint to global rice production. Adv. Agron. 2015, 129, 181–228. [CrossRef]

88- Zhou, X.; Harrington, R.; Woiwod, I.P.; Perry, J.N.; Bale, J.S.; Clark, S.J. Effects of temperature on aphid phenology. Glob. Chang. Biol. 1995, 1, 303–313.
89- Mirabolfathy, M., M. Taheri, M. Alazmani and A. R. Esnaashari. 2012. Occurrence of charcoal disease of oak (*Quercus* spp.), and *Zalkova* trees in the forest trees. Proc. 20th Plant Protction Congress. Shiraz University.