



ساجده سرلک<sup>۱</sup>، دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی  
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

# آیا گرم‌تر شدن هوا باعث افزایش خسارت آفات کشاورزی می‌شود؟

به‌طور مستقیم به افت عملکرد محصول (L) ناشی از گیاه‌خواری حشره مربوط است؛ بنابراین تغییرات جزئی در کاهش محصول ناشی از آفت (DL/L) می‌تواند به بخش غیر متابولیک (DM/M) و بخش دموگرافیک (Dn/n) تقسیم شود. مجموع این تغییرات جزئی تغییرات کلی تقریبی در کاهش محصول را تغییر می‌دهد.

در این مطالعه برای ارزیابی چگونگی تأثیر گرم شدن هوا بر متابولیسم حشرات آفت، پاسخ‌های ثابت فیزیولوژیکی حشرات به دما با یک مدل دموگرافیک واضح فضایی ادغام شده است. نرخ متابولیسم و نرخ رشد جمعیت از آزمایش‌های آزمایشگاهی از میان طیف وسیعی از دماها و برای گونه‌های متنوعی از حشرات شامل گونه‌های آفت مشتق شدند. روابط بین دما و نرخ رشد جمعیت حشره، موجب افزایش لجستیک جمعیت حشرات در طول هر فصل رشد محصول می‌شود و همچنین میزان بقای حشرات در بقیه سال که به‌عنوان مرحله زمستان گذرانی شناخته می‌شود، اندازه‌گیری شده است. پارامترهای کلیدی مدل دموگرافیک - اندازه جمعیت و ظرفیت تحمل - با استفاده از عملکرد محصول معاصر (دوره‌ی حاضر) نیز واسنجی و کاهش ناشی از حشره، برای سه محصول اصلی (برنج، ذرت و گندم) در نقاط مختلف جهان اندازه‌گیری شد.

همچنین برای پیش‌بینی تغییرات آینده در نرخ رشد جمعیت و نرخ متابولیسم نیز از شبیه‌سازی مدل‌های آب و هوایی پیش‌بینی‌شده در ماه‌های متغیر روزانه و فصلی از قرن بیستم «Business-Asusual» به دماهای متغیر روزانه و فصلی از قرن بیستم (۱۹۵۰-۲۰۰۰) استفاده شده است. نتایج برای چندین مدل آب و هوایی که طیفی از حساسیت‌های آب و هوایی را پوشش می‌دهد و برای یک طیف از تردیدها (عدم اطمینان‌ها) در صفات بیولوژیکی و مفروضات ارائه شده‌اند. کاهش عملکرد به‌عنوان

در شماری پیشین نشریه‌ی گیاه‌پزشک، در مطلبی تحت عنوان "آیا آرماگدون اکولوژیکی در راه است؟" به بررسی دیدگاه بیان‌شده در خصوص رابطه‌ی بین گرمایش جهانی آب‌وهوا و تنوع زیستی حشرات با نگاه به مقاله‌ی تحلیلی Laether چاپ‌شده در ژورنال Annals of Applied Biology پرداخته شد. در این نسخه قصد داریم با استفاده از نتایج کار تحقیقاتی Deutsch و همکارانش، تأثیر گرم شدن جهانی هوا بر میزان خسارت آفات را بیان کنیم.

تا سال ۲۰۵۰، دمای فصل رشد به‌احتمال زیاد از آنچه در طول قرن گذشته ثبت شده است، تجاوز خواهد کرد و این افزایش دما ممکن است به‌طور قابل توجهی عملکرد محصول را کاهش دهد. باین‌حال مدل‌هایی که اثرات گرم شدن آب‌وهوا بر عملکرد محصول را ارزیابی می‌کنند علی‌رغم خسارات لحاظ شده که به‌طور مستقیم به‌واسطه‌ی آلودگی آفات و به‌طور غیرمستقیم به‌واسطه‌ی آفت‌کش‌های مصرفی برای کاهش خسارت آفات اعمال می‌شود، اما به‌ندرت این اثرات را بر حشرات آفت در نظر می‌گیرند. به نظر می‌رسد در آینده، گونه‌های آفت در پاسخ به گرمایش جهانی متمایز خواهند شد و اثرات نسبی آفات در محدوده‌ی جغرافیایی مشخص و روی محصول مشخص تغییر خواهد کرد. آب‌وهوای گرم حداقل دو خصوصیت کشاورزی مرتبط با حشرات آفت را تغییر خواهد داد. در ابتدا نرخ متابولیسم فردی حشرات (M) با درجه حرارت افزایش می‌یابد و نتیجتاً میزان مصرف مواد غذایی توسط حشرات نیز باید افزایش یابد. دوم اینکه، تعداد حشرات (n) تغییر خواهد کرد، زیرا نرخ رشد جمعیت حشرات نیز با دما تغییر می‌کند. انتظار می‌رود که این نرخ رشد در اثر گرم شدن در نواحی گرمسیری کاهش یابد، در حالی که در جای دیگر افزایش می‌یابد. مصرف انرژی کل جمعیت آفت (متابولیسم جمعیت) متناسب با محصول این دو فاکتور است و

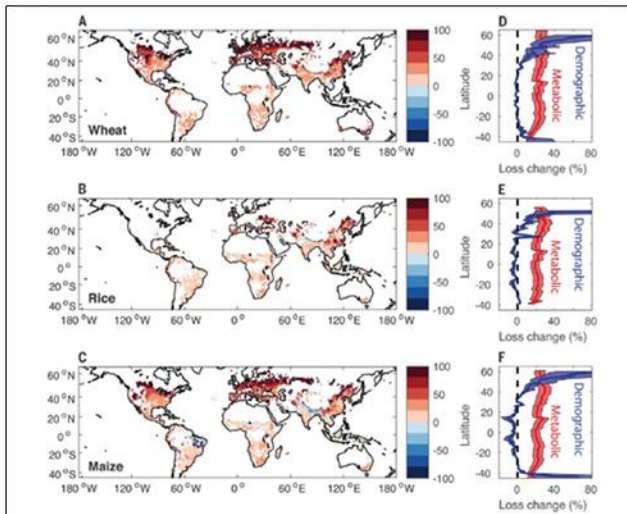
1. Sajedeh.sarlak@ut.ac.ir



حشرات و هم میزان متابولیسم سرانه‌ی آن‌ها را افزایش می‌دهد (شکل ۲، سمت راست). در نتیجه، افزایش خسارت ناشی از آفات همواره نسبت به مناطق گرمسیری بیشتر است، جایی که افزایش نرخ متابولیسم با کاهش نرخ رشد جمعیت جبران می‌شود و منجر به افزایش کلی کاهش خسارت می‌شود. این الگوی جغرافیایی گسترده در تمام محصولات کشاورزی، مدل‌های آب و هوایی و پارامترهای تاریخچه زندگی در نظر گرفته شده است (شکل ۲).

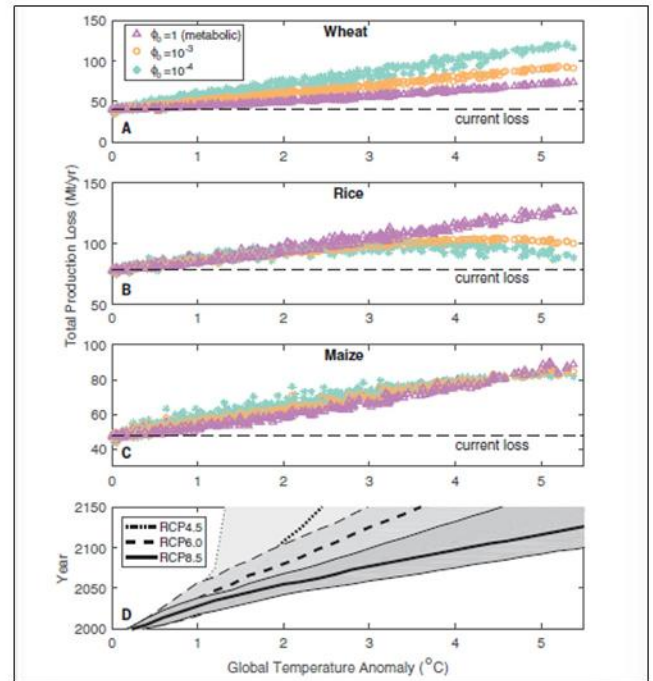
مناطق معتدل دمای بهینه رشد را دارا نیستند بنابراین اگر در این مناطق دما افزایش یابد، جمعیت‌ها سریع‌تر رشد خواهند کرد؛ اما در مناطق استوایی حشرات به دمای بهینه رشد خود نزدیک‌اند و افزایش دما در واقع رشد جمعیت‌ها را کند می‌کند.

پیش‌بینی شده است سهم میزان متابولیسم سرانه به کل تلفات محصول ناشی از آفات، به‌طور مداوم در میان مناطق طول زمان افزایش می‌یابد. برای هر یک از سه محصول مورد بررسی در اینجا افزایش دما تنها مقداری در میان نواحی رشد و فصل‌ها تغییر می‌کند و باعث افزایش تقریباً یکنواخت در میزان متابولیسم حشرات آفت می‌شود (شکل ۱). به‌عنوان یک نتیجه، جزء متابولیک متابولیسم جمعیت حشره‌ی آفت، می‌تواند در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی به طور نسبتاً قابل توجهی برآورد شود.



شکل ۲- الگوی تغییرات جغرافیایی تغییر در کاهش محصولات گیاهی در اثر حشرات آفات در دو درجه سلسیوس گرم‌تر شدن هوا.

یک تابع از تغییر میانگین در سطح دمای جهانی گزارش در نظر گرفته شده است تا نتایج را در میان سناریوهای انتشار، دوره‌های زمانی و حساسیت‌های آب و هوایی قابل قیاس کند. کاهش تولید محصول در اثر خسارت آفات در سراسر جهان با افزایش دما در تمام مدل‌های آب و هوایی و در همه پارامترهای بیولوژیک، افزایش می‌یابد (شکل ۱).



شکل ۱- کاهش جهانی تولید محصولات گیاهی با افزایش دما تحت فعالیت حشرات آفت

هنگامی که میانگین جهانی سطح دما به میزان دو برابر افزایش می‌یابد، به‌طور متوسط افزایش خسارت ناشی از فشار آفت به ترتیب ۱۹/۴۶٪ و ۳۱٪ برای گندم، برنج و ذرت اتفاق می‌افتد که موجب تلفات تخمین زده شده‌ی کل ۹۲/۵۹ و ۶۲ مگاتن متریک در سال می‌شود. این زیان‌های تخمین زده شده در تمام مدل‌های آب و هوایی شباهت دارند و بنابراین حل تردیدهای هر دو الگوی گرمایش منطقه‌ای و جهانی قدرتمند است. هرچند زمانی که این سطح از آسیب به دست می‌آید، به سناریوی انتشار و حساسیت هر مدل به افزایش CO<sub>2</sub> محیط بستگی دارد. تفاوت‌ها در تلفات/کاهش جهانی غلات بین محصولات و در میان پارامترهای مدل (شکل ۱) نشان‌دهنده الگوهای فضایی متمایزی از اثرات دموگرافیک و متابولیک گرم شدن بر حشرات آفت در آب‌وهوایی است که این محصولات کشت می‌شوند. در مناطق معتدل، گرم شدن، هم اندازه جمعیت

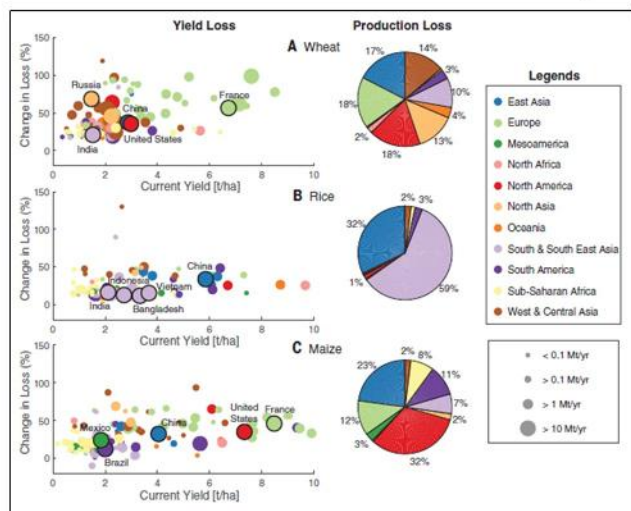


گرم و گرمسیری رشد می‌کند پویایی جمعیت مشابه، تأثیر مختلفی دارد؛ گرما در آنجا باید نرخ رشد جمعیت حشره را کاهش دهد و بنابراین تا حدی افزایش تلفات محصول را به دلیل افزایش متابولیسم حشره خنثی کند. برای ذرت، اثر دموگرافیک تنها یک اثر خالص کوچکی بر تلفات تولید جهانی دارد، زیرا این محصول در برخی نواحی رشد می‌کند که میزان جمعیت افزایش خواهد یافت و در سایر نواحی در تقریباً میزان برابری میزان جمعیت کاهش خواهد یافت (شکل ۱C).

الگوهای فضایی تغییرات در متابولیسم جمعیت حشرات و همچنین اثرات متمایزی در میان مرزهای جغرافیایی-سیاسی را پیش‌بینی می‌کنند (شکل ۳). مهم‌ترین کاهش عملکرد اساسی در بسیاری از مناطق تولیدکننده کشاورزی رخ خواهند داد بنابراین سبب کاهش دسترسی جهانی به محصولات دانه‌ای (غلات) می‌شود (شکل ۳). فرانسه، ایالات متحده و چین کشورهایی که بیشترین ذرت دنیا را تولید می‌کنند نیز در افزایش را در تلفات محصول ناشی از آفات داشته باشند میان کشورهای هستند که پیش‌بینی می‌شود بیشترین افزایش را در تلفات محصول ناشی از آفات داشته باشند (شکل‌های ۱C و ۳C). این کشورها در حال حاضر بالاترین عملکرد در هکتار را دارند. علاوه بر این، فرانسه و چین مسئول بخش قابل توجهی از تولید گندم و برنج جهانی هستند و به دلیل اثرات آب‌وهوا بر آفات متحمل شوند (شکل‌های ۱C و ۳C).

آنالیزهای صورت گرفته در خصوص اثرات در حال تغییر حشرات آفت بر عملکرد محصول با افزایش جهانی دما بر روی قوی‌ترین پاسخ‌های حشرات آفت به دما تمرکز دارد. محدوده‌ی کامل اثرات اکولوژیکی و فیزیولوژیکی برای برهمکنش‌های بخصوص محصول-آفت پیچیده و حساس است و داده‌های بیشتری مورد نیاز است. این برهمکنش‌ها همراه با پاسخ‌های مستقیم گیاه به گرم شدن و افزایش سطوح  $CO_2$  اتفاق خواهد افتاد که برای سه محصول عمده مورد نظر ما عمدتاً منفی است. با این حال سناریوهایی با پارامترهای بیولوژیکی جایگزین همچون تنظیم دمایی حشرات یا افزایش مرگ در دپاپوز با گرم شدن نشان می‌دهد که الگوهای غالب توصیف شده در اینجا قوی هستند و پیش‌بینی‌های مختص گونه برای آفاتی که این سه

در مقابل، مؤلفه‌های دموگرافیک کاهش محصول ناشی از حشرات آفت در آینده از نظر فضایی متغیر است و می‌تواند تأثیر نرخ رشد افزایش یافته را تشدید یا بهبود بخشد. در مناطق گرمسیری پایین دست پیش‌بینی می‌شود جمعیت‌های آفات در طول فصل‌های غیر رویشی که می‌تواند بسیار متغیر باشد کاهش یابد زیرا درجه حرارت فعلی در آنجا در حال حاضر نزدیک به بهینه است. از سوی دیگر به‌طور کلی پیش‌بینی می‌شود که جمعیت آفات غیرگرمسیری (خارج از نواحی گرمسیری) با کمترین سهم از افزایش زمستان‌گذرانی با گرم شدن زمستان‌ها همچنان که دما به مقدار بهینه نزدیک‌تر می‌شود رشد کنند؛ زیرا جمعیت‌های مناطق معتدل اغلب در اواخر فصل رشد به ظرفیت تحمل می‌رسند. در مجموع آن‌ها بیشترین پتانسیل را برای افزایش در اندازه جمعیت با افزایش دما دارند.



شکل ۳ پیش‌بینی منطقه‌ای افزایش در کاهش محصولات در اثر آفات در دو درجه سلسیوس گرم‌تر شدن هوا

از آنجایی که سه محصول اصلی ما در اقلیم‌های مختلف رشد می‌کنند که گرمایش می‌تواند تغییرات مخالفی در نرخ رشد جمعیت حشره ایجاد کند، زمستان‌گذرانی (بقای از دپاپوز) به طور متفاوتی بر تلفات این سه محصول تأثیر می‌گذارد. برای گندم که به‌طور معمول در آب‌وهوای نسبتاً سرد رشد می‌کند گرم شدن رشد جمعیت آفت را افزایش می‌دهد و میزان بقای زمستانه را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش زیاد جمعیت در فصل رشد می‌شود (شکل ۱A). در برنج که نسبتاً در محیط‌های



محصول را متأثر می‌کنند به‌طور کلی با پیش‌بینی‌های مدنظر محقق هم‌سو هستند.

شیوه‌های کشاورزی همچنان که آب‌وهوا گرم می‌شود تغییر خواهند کرد. تغییر در تاریخ کشت، رقم مورد استفاده و مناطق کشت در حال حاضر در حال انجام هستند و با افزایش نرخ گرمایش بیشتر مورد توجه قرار خواهند گرفت.

از این نتایج چنین برمی‌آید که کشاورزان به ایجاد تغییرات بیشتری نیاز خواهند داشت، از جمله معرفی چرخش جدید محصولات برای حفظ عملکرد در مواجهه با افزایش فشار حشرات آفت. در محیط‌های کشاورزی متمرکز، اقدامات انطباقی ممکن است شامل استفاده بیشتر از آفت‌کش‌ها، هزینه‌های مرتبط با سلامتی، آسیب‌های زیست‌محیطی و افزایش خطر مقاومت به آفت‌کش‌ها شود. بدون توجه بیشتر به چگونگی تأثیر گرم شدن آب‌وهوا بر تولید محصول و استراتژی‌های مدیریت پایدار آفات، کاهش محصول ناشی از حشرات منجر به کاهش ذخایر جهانی غلات و افزایش قیمت مواد غذایی اساسی خواهد شد؛ و مردمی که بیشتر در معرض کمبود غذا و گرسنگی هستند بیشتر از همه رنج خواهند برد.

محقق در پایان ابراز امیدواری می‌کند که نتایج کار تیمی آن‌ها، اهمیت جمع‌آوری اطلاعات بیشتر راجع به چگونگی تأثیر حشرات آفات بر افزایش خسارت محصولات کشاورزی در آینده‌ی گرم‌تر را نشان دهد. چراکه انتخاب بشر این نیست که اجازه دهد گرم‌تر شدن جهانی رخ دهد اما می‌توانیم "چه اندازه" گرم‌تر شدن هوا را تحمل کنیم؟



شما را به دیدن کلیپ زیر در خصوص مطالعات صورت گرفته در حوزه تأثیرات تغییرات اقلیمی و حشرات دعوت می‌نماییم.

<https://www.aparat.com/v/BguM8>

منبع:

Deutsch, A. C., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M. et al. 2018. Increase in crop losses to insect pest in a warming climate. Science. 361: 916-919.