اثرات تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت محصولات زارعی در مناطق نیمه خشک

محسن جان محمدی[1]

چکیده

تغییرات اقلیمی از جمله گرم شدن زمین اثرات مخربی بر مقدار و کیفیت غذای تولید شده در بخش کشاورزی خصوصا در مناطق نیمه خشک داشته است. در این بررسی مروری سعی گردید اثرات تغییر اقلیم بر منابع آبی، تحمل گیاهان در برابر تنش و افت کیفیت محصول مورد مطالعه قرار گیرد و راهکارهای بالقوه در هر زمینه معرفی گردد. در مناطق نیمه خشک با اقلیم مدیترانه ای از یک سو اکثر بارش‌ها در ماههای سرد سال حادث می‌شود و در چنین شرایطی تغییرات اقلیمی باعث کاهش چشمگیر میزان بارش، نامنظم تر شدن بارشها، افزایش بازه های خشک، تنش گرمای زودرس می گردد. از سوی دیگر باعث تشدید محدودیت های خاکی نظیر کاهش محتوای رطوبت خاک، کاهش ماده آلی خاک، کاهش تنوع زیستی خاک، کاهش در عرضه و فراهم شدن عناصر غذایی و نهایتا کاهش عملکرد می شود. بررسی منابع و یافته های محققین حاکی از آن است که برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی بکارگیری مدلهای پیش بینی تغییر اقلیم و برآورد میزان تاثیرات منفی، ایجاد تغییر در نظام های زراعی سنتی و خرده مالکیتی، اصلاح توالی‌های کشت، بهبود تکنیک‌های خاک‌ورزی و بکارگیری گیاهان فراموش‌شده و جدید و همچنین تعریف پهنه بندی اقلیمی-کشاورزی جدید، ضروری به نظر می‌رسد. افزایش غلظت دی اکسید کربن از طریق کاهش تنفس نوری در گیاهان زراعی متابولیسم نیتروژن را با اختلالاتی مواجه می‌سازد و موجب کاهش محتوای پروتئین دانه و افت کیفیت محصول می‌شود.. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی بر جنبه های کمی و کیفی و افت شاخص های اقتصادی این بخش، ترویج و بکارگیری مدیریتهای زراعی هوشمند و سازگار با روند اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد. با این حال بررسی اثرات تغییرات اقلیمی مستلزم مطالعات بین رشته ای در سطوح منطقه ای و ملی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بهبود عملکرد، تغییرات سریع اقلیمی، ساز و کارهای خوگیری، کیفیت تغذیه‌ای، محتوای پروتئی

[1] استادگروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

Email: jmohamad@alumni.ut.ac.ir

مقدمه

بررسی اطلاعات و آمار در طی دهه های گذشته حاکی از بروز تغییرات عمده اقلیمی در طی صده گذشته و جاری می باشد (Wang et al., 2020). حتی نتایج نشان می‌دهد که در طی دهه های گذشته افزایش Co_2 و O_3 در بسیاری از مناطق زراعی به ثبت رسیده است. علاوه بر آن افزایش دمای جهانی هوا، افزایش دماهای حداکثر فصلی و منطقه ای، کاهش میزان بارش و پوشش برف، ذوب شدن یخ های قطبی و تشدید فصول خشک موجب تغییرات چشمگیری بر وضعیت کشاورزی، پراکنش گیاهی و جانوری شده است (Hedlund et al., 2018).

با وجود افزایش فزاینده جمعیت انسانی بخش قابل توجهی از جمعیت جهان (۹/۲ درصد) در معرض تهدید عدم تامین غذا (food insecurity) هستند (Cafiero et al., 2018) و بروز تغییرات اقلیمی میزان کمبود غذا را تشدید می کند. برآوردها حاکی از آن است که تغییرات اقلیمی باعث کاهش ۳ درصدی در میزان تولید برنج و ۰/۹ درصدی گندم در میانگین تولید سالانه شده است (Ray et al., 2019). با این حال برخی گزارش ها نشان می دهد که عملکرد گیاهان متحمل به خشکی نظیر سورگوم در آفریقا و جنوب غربی آسیا از دهه ۱۹۷۰ با وقوع تغییرات اقلیمی در حدود ۰/۹- ۰/۷ درصد افزایش داشته است (Guan etal., 2017). با این حال این افزایش نمی تواند کاهش حادث شده بر روی سایر گیاهان و مجموع عملکرد افت یافته را جبران نماید.

با توجه به فشار دیموگرافیک مطالعه اثرات تغییرات اقلیمی و تغییر پارامترهای هواشناسی بر کمیت و کیفیت محصول بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از شایع ترین اثرات مستقیم تغییرات اقلیمی می توان به کاهش میزان بارندگی، افزایش دما و برهم خوردن میزان و دوره رژیم های رطوبتی در خاک اشاره نمود. در حالی که تاثیرات غیر مستقیم تغییرات اقلیمی شامل برخی تغییرات و سازگاریهای جدید در برنامه های زارعین نظیر آبیاری، تناوب، تاریخ کاشت و عملیات خاک ورزی می باشد (Hamidov et al., 2018). با این حال تمامی اثرات مذکور در نهایت بر کمیت و کیفیت محصول اثر می گذارد و از طریق کیفیت می تواند بر میزان سلامت جامعه نیز تاثیر داشته باشد که این جنبه کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این بررسی مروری اثرات اصلی تغییر اقلیم بر گیاهان زارعی غالب در مناطق نیمه خشک و راهکارهای اصلاحی و زراعی برای تخفیف این اثرات مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است. هدف از بررسی حاضر معرفی اجمالی برخی راهکارها مدیریتی برای جلوگیری از کاهش کمیت و کیفیت محصول در شرایط تغییر اقلیمی می‌باشد.

تاثیر تغییرات اقلیمی بر منابع آبی

یکی از اثرات اقلیمی ایجاد فشار بر چرخه هیدرولوژیک، منابع آب و تأمین آب برای گیاهان است. تغییرات اقلیمی از طریق افزایش هدررفت رطوبتی (تبخیر و تعرق) می تواند موجب کوتاه شدن دوره نموی و رشد گیاهان شود و این امر بهره وری آب را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kang et al., 2009). پیش بینی ها حاکی از آن است که تغییرات میزان بارندگی و الگوی بارشها و در کنار آن افزایش دما می‌تواند موجبات کاهش معنی دار کاهش تولید خصوصا در مناطق مدیترانه ای نیمه خشک را فراهم آورد (Bouras et al., 2019).

افزایش دما موجب بالا رفتن کمبود فشار بخار (vapor pressure deficit) بین برگ و هوا می‌شود و باعث افزایش هدررفت رطوبتی از طریق تعرق می‌شود. برخلاف تصور تمامی مقادیر آب خارج شده از گیاه به صورت تعرق از روزنه ها نقش کارکردی ندارد و دستکاری روزنه‌ها یکی از گلوگاههای مهم برای بهبود راندمان مصرف آب (WUE)

می‌باشد (Chaves & Oliveira 2004; Bertolino et al., 2019). افزایش بیان ژن EPF1 از طریق بهبود بسته شدن روزنه ها WUE را بهبود داد (Caine et al., 2019). برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی نظیر تامین سریع یونهابرای سلولهای محافظ روزنه، روزنه های دمبلی شکل، تریکوم (پرزهای اپیدرمی)، کوتیکول ضخیم (واکسی یا چرمی)، روزنه های فرورفته (sunken stomata) و افزایش ارتباطات پلاسمودسماتایی می تواند در بهبود WUE موثر باشد. تغییرات در ریشه نظیر افزایش نسبت ریشه به ساقه، دستکاری، روابط منبع و مخزن می‌تواند بر افزایش میزان جذب آب موثر باشد. ریشه های ظریفتر و در عین حال با آوندهای قطور، دارای کلاهک موسی ژلی جهت بهبود به اعماق، تراکم بالای طول ریشه، با ریشه های مویین فراون می تواند بدلیل هدایت هیدرولیکی بالا میزان آب بیشتری را برای گیاه جذب نماید (Kim et al., 2020). افزایش بیان ژنهای کد کننده آکوپورین ها (بعنوان کانالهای اختصاصی غشایی برای جذب آب) می‌تواند میزان جذب را بهبود دهد (Kapilan et al., 2018). همچنین در سطح مزرعه می‌توان از طریق جمع آوری روانابها و زراعت با رواناب (runoff farming) به صورت ریز حوضچه (درون مزرعه ای) یا آبخیزهای بزرگ (مناطق حاشیه ای زمینهای کشاورزی) و استفاده از آبهای ذخیره شده در فصول کم باران، تا حدی از اثرات تغییرات اقلیمی کاهش داد. مالچ پاشی، بکارگیری الگوهای کاشت مربعی، بکارگیری شخم های کاهش یافته، کشت در داخل جوی ها، تراس بندی، استفاده از پشته های گره خورده، دستکاری معماری گیاهی نظیر عمودی کردن زاویه برگها، آرایش برگ مارپیچی، برگهای واکسی، لوله ای شدن برگها، رشد اولیه سریع جهت پوشش زمین، تنظیم تقویم زراعی جهت عدم مواجه ها با دوره های خشک، بکارگیری ارقام بومی مقاوم، استفاده از گیاهان فراموش شده و متحمل به خشکی (نظیر تاج خروس، ماش و لگومهای دانه ای زمستانه نظیر نخود و عدس زمستانه) از جمله موراد مدیریتی مهم جهت کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاه می باشد. همچنین انجام پهنه بندی های زراعی جدید بر اساس تغییرات اقلیمی حادث شده و پیش روی امری ضروری می باشد.

تحمل گیاهان در برابر افزایش دمای محیط

افزایش دمای زمین یکی دیگر از تهدیدات تغییر اقلیمی می‌باشد. حدود دو سوم از پدیده گرم شدن زمین از سال ۱۹۷۵ رخ داده و در هر دهه میانگین دما حدود ۰/۲- ۰/۱۵ درجه سانتی گراد افزایش داشته است (Lorenz et al., 2019). افزایش دما از طریق کاهش دوره نموی منجر به کاهش عملکرد می‌شود (Lobell & Gourdji, 2012). همچنین افزایش دما از طریق بازداری فرایندهای کلیدی تاثیر گذار بر رشد و عملکرد نظیر فتوسنتز موجب کاهش عملکرد می شود. هر چند برخی از گیاهان با سیستم فتوسنتزی C_4 که دارای دماهای مطلوب بالاتری هستند از این شرایط بهره می برند ولی در مجموع افزایش دمای شبانه از طریق افزایش تنفس و هدررفت منابع کربنی تثبت شده در طی روز موجب از بین رفتن مزیت مذکور می‌گردد (Sadras & Calderini, 2015). ازسوی دیگر افزایش دما از طریق اختلال برخی فرایندها و انحراف در مسیرهای الکترونی موجب تولید گونه های فعال اکسیژن (ROS) می‌گردد و زمینه بروز واکنش های اکسیداتیو و تنش ثانویه اکسیداتیو را باعث می‌شود در چنین شرایطی گزینش ارقام مقاوم در برابر تنش اکسیداتیو، گونه های که دارای محتوای بالای آنتی اکسیدانتهای پاکسازی کننده گونه های فعال، پایدار کننده های سیستم فتوسنتزی و رنگدانه ها می‌تواند اثرات تنش دمایی را تا حد قابل توجهی کاهش دهد (Hussain et al., 2019). افزایش بیان ژن FAD کد کننده آنزیم غیر اشباع سازی اسیدهای چرب (fatty acid

desaturase)، تحریک سیستم های آنتی اکسیدانتی با کاربرد برگی (محلول پاشی) اسید سالیسیلیک، اسید آسکوربیک، پرولین و گلیسین بتائین از جمله موارد بهبود دهنده رشد در شرایط تنش گرما می‌باشد (Niu & Xiang, 2018).

اُفت کیفیت محصول در شرایط تغییر اقلیمی

افزایش غلظت Co_2 در جو با شروع انقلاب صنعتی به طور چشمگیری اتفاق افتاده است در گیاهان C_3 به دلیل نقطه جبرانی بالاتر دی اکسید کربن، این افزایش موجب حذف فرایند تنفس نوری و افزایش نسبی عملکرد را فراهم نموده است (Zampieri et al., 2019). به طوری برآورد ها حاکی از افزایش ۱/۸ درصدی میانگین عملکرد محصولات زراعی در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن می‌باشد. در عین حال افزایش دما موجب کاهش ۱/۵ درصدی عملکرد شده است (Malhi et al., 2021). با وجودی که برآورد شده افزایش دی اکسید کربن از طریق تسریع پیری پاییزه برگ باعث افزایش جذب مجدد نیتروژن از برگهای پیر و انتقال آب به مخزن های در حال نمو می شود (Li et al., 2019). ولی با این حال به نظر می‌رسد این امر کمک چندانی به بهبود جنبه های کیفی عملکرد نمی کند و برای افزایش محتوای پروتئین کافی نیست. در گیاه سویا افزایش غلظت Co_2 باعث افزایش غلظت عناصر k، Ca، Mg، P، S در مراحل رسیدگی گردید با این حال میزان آهن در دانه کاهش یافت و این عکس العمل در بین ارقام متفاوت مختلف بود (Li et al., 2018). افزایش غلظت Co_2 از طریق کاهش تنفس نوری و اختلال در اسیمیلاسیون نیتروژن باعث کاهش پروتئین در گندم گردید (Bloom et al., 2020). این در حالی که در شرایطی که نیتروژن مورد استفاده از منبع نیتراتی بود میزان کاهش پروتئین در شرایط افزایش غلظت Co_2 مشهودتر بود. با این حال این رفتار در برخی از ارقام محصولات زراعی دیده نمی شود به طوری که در برخی از ارقام برنج افزایش غلظت Co_2 باعث افت کیفیت محصول نشد و از این رو انتخاب ارقام هوشمند اقلیمی (climate smart) ضروری به نظر می‌رسد (Hasegawa et al., 2019).

اگرچه شرایط تنش خشکی یا گرما از طریق افزایش غلظت برخی سالیوتها، متابولیتهای ثانویه و ترکیبات سازگار باعث افزایش کیفیت محصول می‌شوند ولی تجمع ترکیبات مذکور از نظر انرژی هزینه بر بوده و به دلیل کاهش عملکرد دانه، عملکرد پروتئین در واحد سطح کاهش می‌یابد. زیست غنی سازی به روشهای زراعی یا اصلاح ژنتیکی و دستکاری مولکولی می تواند در زمینه بهبود کیفیت محصول موثر باشد (Gao et al., 2020). بکارگیری کاربرد توام کودهای پر مصرف و ریزمغذی، بهبود شرایط فیزیکی-شیمیایی خاک (از طریق استفاده از کودهای دامی و خاکورزی صحیح) می‌تواند تا حدود زیادی از اثرات تغییر اقلیم بر کاهش کیفیت بکاهد.

نتیجه گیری

اثرات تغییر اقلیمی بر بخش کشاورزی در طی دهه های گذشته تا حدودی نادیده گرفته شده است و این بخش صدمات قابل توجهی دیده است. سازگار نمودن جنبه های مختلف گیاهی و مدیریتی با تنشهای ناشی از تغییر اقلیم (تنش خشکی، گرما) از ضروری‌ترین اهداف در طی سالهای آتی خواهد بود. با توجه به این که بخش کشاورزی ارتباطات تنگاتنگی با امنیت غذایی جمعیت در حال رشد دارد و بحث تامین غذا در شرایط تغییر اقلیمی را پیچیده

تر می‌سازد. بهبود خصوصیات روزنه‌ها، خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی ریشه و ساقه از طریق مهندسی ژنتیک و برنامه های اصلاحی و تغییر معماری گیاهی از جمله موارد مهم در بهبود WUE می‌باشند. گزینه های زراعی نظیر گزینش ارقام هوشمند اقلیمی، ادخال گیاهان فراموش شده مقاوم به خشکی و گرما در تناوب ها، شخم محافظتی، استفاده از مالچ ها، تکنیک‌های تیمار قبل از کاشت بذور، الگوی کاشت مناسب، تنظیم تاریخ کاشت، تلقیح باکتریایی بذور، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و آلی، برنامه های دقیق آبیاری، پهنه بندی جدید زراعی، محلول پاشی برای تقویت سیستم های دفاعی (تحریک آنتی اکسیدانتها) باید در مدیریتهای زراعی لحاظ شوند. با توجه به اثرات افزایش غلظت Co_2 در کاهش کیفیت محصول، مواردی نظیر مدیریت کودها و استفاده از منابع آمونیومی برای تامین نیتروژن و زیست غنی سازی و گزینش ارقام مورد تاکید می باشد.

منابع

Bertolino L.T., Caine R. S. and Gray J.E. (2019) Impact of stomatal density and morphology on water-use efficiency in a changing world. Frontiers in plant science, 10. Doi: 10.3389/fpls.2019.00225

Bloom A.J., Kasemsap P. mand Rubio- Asensio J.S. (2020) Rising atmospheric CO_2 concentration inhibits nitrate assimilation in shoots but enhances it in roots of C_3 plants. Physiologia Plantarum, 168(4): 963-972.

Bouras E., Jarlan L., Khabba S., Er-Raki S., Dezetter A., Sghir F. and Tramblay Y. (2019) Assessing the impact of global climate changes on irrigated wheat yields and water requirements in a semi-arid environment of Morocco. Scientific reports, 9(1), 1-14.

Cafiero C., Viviani S. and Nord, M. (2018) Food security measurement in a global context: The food insecurity experience scale. Measurement, 116: 146-152.

Caine, R.S., Yin, X., Sloan, J., Harrison, E.L., Mohammed, U., Fulton, T., Biswal A.K., Dionora J., Chater C.C., Coe R.A. and Bandyopadhyay A. (2019) Rice with reduced stomatal density conserves water and has improved drought tolerance under future climate conditions. New Phytologist. 221, 371-384. Doi: 10.1111/nph.15344

Chaves M.M. and Oliveira M.M. (2004) Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. Journal of Experimental Botany, 55(407): 2365-2384.

Hamidov A., Helming K., Bellocchi G., Bojar W., Dalgaard T., Ghaley B.B., Hoffmann C., Holman I., Holzkämper A., Krzeminska D. and Kværnø S.H. (2018) Impacts of climate change adaptation options on soil functions: A review of European case- studies. Land degradation & development, 29(8): 2378-2389.

Hasegawa T., Sakai H., Tokida T., Usui Y., Nakamura H., Wakatsuki H., Chen C.P., Ikawa H., Zhang G., Nakano H. and Matsushima M.Y. (2019) A high-yielding rice cultivar "Takanari" shows no N constraints on CO_2 fertilization. Frontiers in Plant Science, 10, 361. Doi: 10.3389/fpls.2019.00361

Hedlund J., Fick S., Carlsen H. and Benzie M. (2018) Quantifying transnational climate impact exposure: New perspectives on the global distribution of climate risk. Global environmental change, 52: 75-85.

Guan K., Sultan B., biasutti M., Baron C. and Lobell, D. B. (2017) Assessing climate adaptation options and uncertainties for cereal systems in West Africa. Agricultural and Forest Meteorology, 232, 291-305.

Kang Y., Khan S. and Ma X. (2009) Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security–A review. Progress in natural Science, 19(12): 1665-1674.
Kapilan R., Vaziri M. and Zwiazek J.J. (2018) Regulation of aquaporins in plants under stress. Biological Research, 51(1): 1-11.
Kim, Y., Chung Y. S., Lee, E., Tripathi P., Heo S. and Kim, K.H. (2020) Root response to drought stress in rice (*Oryza sativa* L.). International Journal of Molecular Sciences, 21(4): 1513.
Li L., Wang X. and Manning W.J. (2019) Effects of Elevated CO_2 on Leaf Senescence, Leaf Nitrogen Resorption, and Late-Season Photosynthesis in *Tilia americana* L. Frontiers in Plant Science, 10. Doi: 10.3389/fpls.2019.01217
Li Y., Yu Z., Jin J., Zhang Q., Wang G., liu C., Wu J., Wang C. and liu X. (2018) Impact of elevated CO_2 on seed quality of soybean at the fresh edible and mature stages. Frontiers in plant science, 9, 1413.
Lorenz R., Stalhandske Z. and Fischer E.M. (2019) Detection of a climate change signal in extreme heat, heat stress, and cold in Europe from observations. Geophysical Research Letters, 46(14): 8363-8374.
Malhi G. S., Kaur M. and Kaushik P. (2021) Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. Sustainability, 13(3), 1318.
Niu Y. and Xiang Y. (2018) An overview of biomembrane functions in plant responses to high-temperature stress. Frontiers in plant science, 9: 915.
Ray D.K., West P.C., Clark M., Gerber J. S., Prishchepov A.V., Chatterjee S. (2019) Climate change has likely already affected global food production. PloS one, *14*(5).
Wang Y., Hu Z., Shang D., Xue Y., Islam A.T. and Chen S. (2020) Effects of warming and elevated O_3 concentrations on N_2O emission and soil nitrification and denitrification rates in a wheat-soybean rotation cropland. Environmental Pollution, 257: 113556.
Zampieri, M., Ceglar, A., Dentener, F., Dosio, A., Naumann, G., Van Den Berg, M. and Toreti, A. (2019) When will current climate extremes affecting maize production become the norm?. Earth's Future, *7*(2): 113-122.