

● آگروفارستری ضرورتی برای مقابله با تغییر اقلیم و دستیابی به اهداف توسعه پایدار

محمد خیری | دانشجوی دکتری رشته آگرواکولوژی، دانشگاه شهید بهشتی
جعفر کامبوزیا | هیئت علمی پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی

امروزه تغییر اقلیم به علت اثرات منفی بر بخش اقتصاد، تولیدات کشاورزی، جوامع اجتماعی و منابع طبیعی یکی از مهم‌ترین تهدیداتی است که بشر با آن روبرو بوده و به‌عنوان بزرگترین چالش قرن ۲۱ شناخته می‌شود. کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های وابسته به شرایط اقلیمی و از آسیب‌پذیرترین بخش‌ها نسبت به خطرات تغییر اقلیم جهانی به‌شمار می‌رود به‌طوری‌که ۳۰ الی ۵۰ درصد تغییرات مربوط به تولیدات این بخش تحت تأثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. با وجود اینکه بخش کشاورزی به‌طور چشمگیری تحت الشعاع تغییر اقلیم قرار می‌گیرد، این بخش خود نقش بسزایی نیز در تشدید گرمایش جهانی دارد؛ به طوری‌که یک چهارم از مجموع گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در اتمسفر مربوط به فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد که اگر فرآیند‌های حمل و نقل و نگهداری محصولات کشاورزی نیز در نظر گرفته شود این نسبت به یک سوم افزایش می‌یابد. ضرورت تأمین غذای جمعیت رو به رشد، تغییر اقلیم و افزایش مشکلات مربوط به پسروری زمین، هزینه‌های بالای زیست محیطی مرتبط با استفاده از نهاده‌های شیمیایی و تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی باعث ایجاد مفاهیم جدیدی همچون فشرده‌سازی پایدار و کشاورزی هوشمند به اقلیم شده است. آگروفارستری یا جنگل‌زراعی یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های فشرده‌سازی پایدار و کشاورزی هوشمند به اقلیم، جهت بهبود مدیریت منابع طبیعی بوده و اغلب به‌عنوان کارآمدترین سامانه کاربری اراضی کشاورزی محسوب می‌شود که هم‌زمان هر چهار گروه خدمات اکوسیستمی (تأمین‌کننده، تنظیمی، پشتیبانی و فرهنگی) را ارائه می‌نماید. شرایط اقلیمی و اجتماعی حاکم بر ایران و وجود نگرانی‌ها در مورد اثرات مخرب تغییر اقلیم بر معیشت، عدم دستیابی به توسعه پایدار را افزایش داده است. از این‌رو نیاز به طراحی و اجرای سامانه‌هایی همچون آگروفارستری که تاب‌آوری کشاورزی را افزایش می‌دهد و منتج به کاهش آسیب‌پذیری این بخش در برابر تغییرات ذکر شده می‌شوند، ضرورت پیدا می‌کند.

امروزه تغییر اقلیم به علت اثرات منفی بر بخش اقتصاد، تولیدات کشاورزی، جوامع اجتماعی و منابع طبیعی یکی از مهم‌ترین تهدیداتی است که بشر با آن روبرو بوده و به‌عنوان بزرگترین چالش قرن ۲۱ شناخته می‌شود. افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی و گسترش جنگل‌زدایی در طول قرن اخیر منجر به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییرات معنی‌دار اقلیم در ابعاد جهانی شده و متعاقباً افزایش دما به میزان $1/41$ درجه سانتی‌گراد را نسبت به زمان پیش از صنعتی شدن در پی داشته است. انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت‌های انسانی به‌عنوان اصلی‌ترین عامل گرمایش زیست‌کره شناخته می‌شود و همان‌طور که توسط بسیاری از متخصصین پیش‌بینی شده است، روند افزایشی این انتشار ممکن است در آینده منجر به یک تغییرات فاجعه‌بارتر و شدیدتر شود. دی‌اکسیدکربن مؤثرترین گاز گلخانه‌ای در امر تغییر اقلیم بوده و ۶۵ درصد از گرمایش جهانی به وقوع پیوسته تحت تأثیر افزایش غلظت این گاز در اتمسفر می‌باشد. از این‌رو برنامه‌ریزی‌ها باید در صدد کاهش انتشار غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر باشد که می‌تواند موجب ثبات در تغییرات دمایی زیست‌کره شود.

کشاورزی و تغییر اقلیم

کشاورزی به‌عنوان یکی از مهمترین بخش‌های وابسته به شرایط اقلیمی و از آسیب‌پذیرترین بخش‌ها نسبت به خطرات تغییر اقلیم جهانی به‌شمار می‌رود به‌طوری‌که ۳۰ الی ۵۰ درصد تغییرات مربوط به تولیدات این بخش تحت تأثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. اثرات منفی تغییر اقلیم بر کشاورزی از طریق اثر متقابل اجزای اقلیمی، تخلیه منابع، تغییر کاربری زمین، استفاده از آب شیرین و چرخه عناصر نیز تشدید می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد جهانی ذرت، گندم و سویا در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۱ به‌طور متوسط به میزان $4/1$ ، $1/8$ و $4/5$ درصد نسبت به دوره پیش‌صنعتی کاهش یافته است. علاوه بر این، پیش‌بینی‌ها حاکی از کاهش بیش از ۲۵ درصدی محصولات کشاورزی به‌علت تغییرات اقلیمی تا انتهای ۲۰۵۰ می‌باشند.

علی‌رغم اینکه بخش کشاورزی به‌طور چشمگیری تحت الشعاع تغییر اقلیم قرار می‌گیرد، با این‌حال خود این بخش نقش بسزایی در تشدید گرمایش جهانی دارد. بر اساس گزارشات موجود یک چهارم از مجموع گازهای گلخانه‌ای منتشر شده به اتمسفر مربوط به فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد که اگر فرآیند‌های حمل و نقل و نگهداری محصولات کشاورزی نیز مد نظر قرار گیرند این نسبت به یک سوم افزایش می‌یابد. اصول مدیریتی کشاورزی رایج از جمله افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی، آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و غیره به دلیل مزایای اقتصادی (کاهش

هزینه و افزایش تولید) مورد اقبال واقع شده‌اند، در حالی که اثرات سوء آن‌ها بر محیط‌اطراف غالباً مورد توجه قرار نگرفته‌اند. از طرفی، کشاورزان با انجام عملیات خاک‌ورزی شدید و مکرر که در کشاورزی رایج مرسوم می‌باشد، موجب تخریب خاک و انتقال کربن محبوس در خاک به اتمسفر می‌شوند. چنین شرایطی منجر به انتشار شدیدتر گازهای گلخانه‌ای و نهایتاً تخریب بیشتر اکوسیستم شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که تا انتهای ۲۰۵۰ جمعیت جهان $2/3$ میلیارد نفر افزایش یافته و با توجه به افزایش درآمد و تغییر الگوی مصرف غذا، تقاضا برای مواد غذایی ۷۰ درصد افزایش یابد. ضرورت تأمین غذای جمعیت روبه‌رشد، تغییر اقلیم و افزایش مشکلات مربوط به پسروری زمین، هزینه‌های زیست‌محیطی بالای مرتبط با استفاده از نهاده‌های شیمیایی و تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی به ایجاد مفاهیم جدید فشرده‌سازی پایدار و کشاورزی هوشمند به اقلیم منجر شده است. چارچوب اصلی این دو مفهوم را افزایش بهره‌وری تولید و ایستادگی در برابر از دست رفتن منابع طبیعی، تنوع زیستی و زیستگاه تشکیل می‌دهند و از طریق روش‌هایی ایمن و پایدار منجر به حفظ و بهبود خدمات اکوسیستم می‌شوند.

اگروفارستری (Agroforestry)

اگروفارستری یک سامانه مدیریت تلفیقی مزرعه است که در آن درختان به همراه سایر گیاهان زراعی پرورش و نگهداری می‌شوند؛ همچنین یکی از مهم‌ترین استراتژی‌های فشرده‌سازی پایدار و کشاورزی هوشمند به اقلیم جهت بهبود مدیریت منابع طبیعی بوده و اغلب به‌عنوان کارآمدترین سامانه کاربری اراضی کشاورزی محسوب می‌شود که هم‌زمان هر چهار گروه خدمات اکوسیستمی (تامین‌کننده، تنظیمی، پشتیبانی و فرهنگی) را ارائه می‌نماید. اگروفارستری با ایجاد ساختاری تلفیقی، مشکلات اقلیمی و اجتماعی-اقتصادی موجود را از بین برده و خلأ موجود بین کشاورزی و جنگل را پر می‌نماید. اگروفارستری تاب‌آوری سیستم‌های کشاورزی را ارتقا بخشیده و موجب کاهش اثرات تغییر اقلیم می‌شود. این سامانه مزایای متعددی از جمله تولید الوار، زغال، فیبر، غذا (میوه، عسل، روغن و غیره) و دارو را فراهم می‌نماید؛ همچنین نقش عمده‌ای در اصلاح خاک و افزایش تنوع زیستی دارد. اگروفارستری از طریق افزایش ماده آلی خاک موجب بهبود حاصلخیزی خاک شده و با تثبیت نیتروژن اتمسفری (درختان لگوم) امکان چرخه سریع‌تر عناصر غذایی را میسر می‌سازد. همچنین تولید بیوماس در اگروفارستری سه تا چهار برابر بیشتر از روش تک‌کشتی است. اگروفارستری از چرخه آب حفاظت کرده و بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد. محققان و سیاست‌گذاران در مطالعات متعددی عمیقاً اثرات مثبت کاربرد انواع سامانه اگروفارستری در بهبود معیشت کشاورزان کم‌درآمد را گزارش داده‌اند. یکی دیگر از مهم‌ترین اثرات اگروفارستری نقش این سامانه در مقابله با تغییر اقلیم از طریق ترسیب کربن، کاهش دمایی میکروکلیم و کاهش خطرات حاد اقلیمی همچون سیل، طوفان و آتش‌سوزی می‌باشد. شکل ۱ به‌طور خلاصه اصلی‌ترین مزایای اگروفارستری را نشان می‌دهد.



متداول ترین سامانه های اگروفارستری شامل سیستم زراعت-جنگل کاری (به مفهوم تلفیق درختان با سیستم های زراعی)، سیستم جنگل کاری-مرتع داری (تلفیق درختان با دام)، سیستم زراعت-جنگل کاری-مرتع داری (تلفیق سیستم های زراعی با درختان و دام)، کشاورزی درون جنگلی (تولید و پرورش گیاه زراعی یا دام درون مناطق جنگلی) و اگروفارستری شهری (اشاره به باغ‌های خانگی با مفهوم تلفیق درختان با گیاهان زراعی در نزدیک منازل) می باشد. شکل ۲ انواع سامانه های اگروفارستری را نشان می دهد.

اگروفارستری در ایران

ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است. از مهم ترین ویژگی های این مناطق حساسیت و آسیب پذیری شدید نسبت به تغییرات اقلیمی می باشد. نتایج نشان می دهد که در طول چند دهه اخیر متوسط دمای هوا در مناطق مختلف ایران روند افزایشی نشان داده است و همچنین پیش بینی شده است که تا انتهای ۲۰۳۰ دمای هوا ۲/۶ درجه سانتی گراد افزایش یابد. بررسی تغییرات الگوی بارندگی نیز نشانگر کاهش میزان بارش در طول چند دهه اخیر بوده و تخمین زده می شود تا یک دهه آینده مقدار بارندگی در کل کشور تا ۳۵ درصد کاهش یابد. کشاورزی به واسطه وابستگی بالا به محیط، حساس ترین بخش نسبت به تغییر اقلیم محسوب می شود. تغییر اقلیم در ایران اصول و روش های کشاورزی را از طریق کاهش بارندگی، افزایش دما، دی اکسید کربن و رواناب به طور عمده ای تحت الشعاع قرار می دهد. از طرفی رشد نگران کننده جمعیت در ارتباط با کاهش زمین های تولیدی و منابع آبی، فشار بیشتری را به بخش کشاورزی وارد می کند. در مطالعات متعددی اثرات منفی تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی در مناطق مختلف ایران گزارش شده است و پیش بینی شده است عملکرد محصولات استراتژیک از جمله گندم تا پایان ۲۰۵۰ به طور متوسط ۱۲ الی ۵۰ درصد کاهش یابد. وجود چنین شرایطی باعث افزایش نگرانی ها در مورد اثرات مخرب تغییر اقلیم بر معیشت و ممانعت از دستیابی به توسعه پایدار شده است. از این رو نیاز به طراحی و اجرای سامانه هایی که تاب آوری کشاورزی را افزایش می دهد و منتج به کاهش آسیب پذیری این بخش در برابر تغییرات ذکر شده می شوند، ضرورت پیدا می کند. علی رغم وجود شواهد علمی در خصوص نقش اگروفارستری در سازگاری به تغییر اقلیم، افزایش بهره وری استفاده از منابع و حفظ و تقویت خدمات اکوسیستمی در ابعاد جهانی، متأسفانه در کشور ما هنوز منابع مدونی در زمینه اگروفارستری وجود ندارد و انواع سامانه های اگروفارستری که از سهم به سزایی در کشاورزی پایدار برخوردار هستند، کمتر مورد استقبال سیاست گذاران قرار گرفته است.



سیستم کشاورزی درون جنگلی
(Forest farming)



اگروفارستری شهری
(Urban agroforestry)



سیستم زراعت-جنگل کاری
(Agrisilviculture
Silvoarable)



سیستم جنگل کاری-مرتع داری
(Silvopasture)



سیستم زراعت-جنگل کاری-مرتع داری
(Agrosilvipasture)

نتیجه گیری

تغییر اقلیم که به‌عنوان مهم‌ترین چالش حال حاضر جهان شناخته می‌شود، تولیدات کشاورزی را در هر دو بعد مکانی و زمانی تحت الشعاع قرار داده و نگرانی‌ها در مورد تأمین امنیت غذایی را دوچندان کرده است. از طرفی با توجه به رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی، مزارع کشاورزی مجبور به افزایش تولیدات خود شده‌اند که منجر به افزایش فشار بر منابع شده و در نتیجه پس‌روی و انحطاط زمین‌های زراعی را در پی داشته است. وجود چنین روندی بخش کشاورزی را نسبت به تغییرات کوچک شکننده کرده، بهره‌وری استفاده از منابع را کاهش داده و انعطاف‌پذیری این صنعت را به شوک‌های محیطی احتمالی به حداقل رسانده است. از این‌رو نیاز به طراحی و اجرای سامانه‌هایی همچون اگروفارستری که تاب‌آوری کشاورزی را افزایش می‌دهد و منتج به کاهش آسیب‌پذیری این بخش در برابر تغییرات ذکر شده می‌شوند، ضرورت پیدا می‌کند. با توجه به وضعیت اقلیمی ایران و اهمیت بالای مدیریت چند منظوره و پایدار در آن، کاربرد سامانه‌های اگروفارستری علاوه بر کاهش خطرات تغییر اقلیم موجب جلوگیری از تخریب خاک و پوشش گیاهی، حفاظت از آب، حاصلخیزی اراضی زراعی و در نتیجه افزایش تولیدات کشاورزی و به تبع آن بهبود معیشت کشاورزان خواهد شد.

منابع

- Alvarez, A., Saez, J.M., Costa, J.S.D., Colin, V.L., Fuentes, M.S., Cuzzo, S.A., Benimeli, C.S., Polti, M.A., Amoroso, M.J., 2017. Actinobacteria: current research and perspectives for bioremediation of pesticides and heavy metals. *Chemosphere*. 166, 41-62.
- Brown, S.E., Miller, D.C., Ordonez, P.J., Baylis, K., 2018. Evidence for the impacts of agroforestry on agricultural productivity, ecosystem services, and human well-being in high-income countries: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*. 7(1), p.24.
- Dubey, P.K., Singh, G.S., Abhilash, P.C., 2020a. Adaptive Agricultural Practices: Building Resilience in a Changing Climate, SpringerBriefs in Environmental Science, Springer Nature Switzerland AG.
- Gambhir, A., Tavoni, M., 2019. Direct Air Carbon Capture and Sequestration: How It Works and How It Could Contribute to Climate-Change Mitigation. *One Earth*. 1(4), 405-409.
- Hunt, J.R., Hayman, P.T., Richards, R.A., Passioura, J.B., 2018. Opportunities to reduce heat damage in rain-fed wheat crops based on plant breeding and agronomic management. *Field Crops Research*. 224, 126-138.
- IPCC, 2018. Global warming of 1.5 °C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Accessed on October 23, 2018, at <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>.
- Jayne, T.S., Snapp, S., Place, F., Sitko, N., 2019. Sustainable agricultural intensification in an era of rural transformation in Africa. *Global Food Security*. 20, 105-113.
- Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., Palma, J.H., Borek, R., Crous-Duran, J., Freese, D., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Jäger, M., 2019. Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land Use Policy*. 83, 581-593.
- Kumar, R., Bhatnagar, P.R., Kakade, V., Dobhal, S., 2020. Tree plantation and soil water conservation enhances climate resilience and carbon sequestration of agro ecosystem in semi-arid degraded ravine lands. *Agricultural and Forest Meteorology*. 282, p.107857.
- Daneshvar, M.R.M., Ebrahimi, M., Nejadsoleymani, H., 2019. An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*. 8(1), p 7.
- Rezaei, E.E., Siebert, S., Manderscheid, R., Müller, J., Mahrookashani, A., Ehrenpfordt, B., Haensch, J., Weigel, H.-J., Ewert, F., 2018. Quantifying the response of wheat yields to heat stress: The role of the experimental setup. *Field Crops Research*. 217, 93-103.
- Rosenstock, T.S., Dawson, I.K., Aynekulu, E., Chomba, S., Degrande, A., Fornace, K., Jamnadass, R., Kimaro, A., Kindt, R., Lamanna, C., Malesu, M., 2019. A Planetary Health Perspective on Agroforestry in Sub-Saharan Africa. *One Earth*. 1(3), 330-344.
- Sarkar, D., Kar, S.K., Chattopadhyay, A., Rakshit, A., Tripathi, V.K., Dubey, P.K., Abhilash, P.C., 2020. Low input sustainable agriculture: A viable climate-smart option for boosting food production in a warming world. *Ecological Indicators*. 115, p.106412.
- Zhang, L., Yan, C., Guo, Q., Zhang, J., Ruiz-Menjivar, J., 2018. The impact of agricultural chemical inputs on environment: global evidence from informatics analysis and visualization. *International Journal of Low-Carbon technologies*, 13(4), 338-352.