

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران^۱

یوسف عباسپور گیلانده، سیدسعید محتسبی^۲، علی جعفری و مهدی قاسمی ورنامخواستی^۳

چکیده

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم تهدیدی محیط زیستی و چالشی چندبعدی برای اقتصاد، جامعه و امنیت جهانی است. این پدیده ترکیبی از فرآیندهای انسان محور، از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، جنگل‌زدایی و تولید صنعتی است که افزون بر افزایش میانگین دمای جهانی موجب ذوب یخچال قطبی، افزایش سطح آب دریاها، بروز سیلاب‌ها و خشکسالی‌های شدید و کاهش گوناگونی زیستی می‌شود. همچنین، این تغییرها، رخدادهای اجتماعی و اقتصادی مهمی مانند مهاجرت اجباری، بحران‌های غذایی و افزایش فقر را تشدید می‌کنند. مهندسی بیوسیستم می‌تواند در رویارویی با این بحران‌ها و ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران، نقش مهمی داشته باشد. این بخش با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، به بهینه‌سازی مصرف منابع، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش بهره‌وری در کشاورزی کمک می‌کند. بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند آبیاری و مدیریت منابع آب برای بهینه‌سازی منابع آب و خاک، طراحی ماشین‌های کشاورزی کارآمدتر و توسعه روش‌های کشاورزی پایدار از جمله راهکارهایی هستند که می‌توانند به کاهش اثرهای تغییر اقلیم کمک کنند. همچنین، پژوهش‌ها در زمینه استفاده از خوارزمیک‌های^۵ یادگیری ماشین برای پیش‌بینی و مدیریت بحران‌های محیط‌زیستی از دیگر کاربردهای مهندسی بیوسیستم است. **واژه‌های کلیدی:** آینده‌نگری، اینترنت اشیاء، بوم‌سازگاری، کشاورزی دقیق، گرمایش جهانی.

مقدمه

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم ناشی از فرایندهای طبیعی و نیز عامل‌های انسانی یکی از مهمترین و اصلی‌ترین مسائلی است که دنیای امروز با آن روبه‌رو است. همه این نگرانی‌ها تأکید فراوان بر این موضوع دارند که اقلیم جهان زیر تأثیر

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۱۹

۲- بخشی از طرح «اثرات تغییر اقلیم و تحولات اجتماعی- سیاسی جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران و راهبردهای سازگاری با آنها با نگرشی بوم‌سازگار» گروه علوم کشاورزی فرهنگستان علوم ج.ا. ایران.

۳- نویسنده مسئول: پست الکترونیک: mohtaseb@ut.ac.ir

۴- به ترتیب، استاد دانشگاه محقق اردبیلی (همکار مدعو)، استاد دانشگاه تهران (عضو وابسته)، استاد دانشگاه تهران (همکار مدعو) و استاد دانشگاه شهرکرد (همکار مدعو). اعضای شاخه ماشین‌های کشاورزی، گروه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، فرهنگستان علوم، ج.ا. ایران

5. Algorithmic

افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است. این افزایش موجب تغییرهای اجباری در اقلیم‌های مختلف جهان شده است که بدون تردید اثرهای منفی زیادی بر منابع آب، کشاورزی، اقتصاد، گردشگری و افزایش تنش‌های منطقه‌ای و جهانی و مانند این‌ها در مقیاس منطقه‌ای و جهانی خواهد داشت.

در بخش اول این مقاله، اثرهای تغییر اقلیم و تحول‌های اجتماعی-سیاسی جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران و راهبردهای سازگاری با آن‌ها با نگرشی بوم‌سازگار مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش دوم، آینده‌نگری وضعیت کشاورزی و منابع طبیعی با توجه به تغییرهای جهانی و روند رشد فناوری‌ها در بخش مکانیزاسیون کشاورزی و ماشین‌های کشاورزی مورد توجه است.

مواد و روش‌ها

۱- نقش مهندسی بیوسیستم در اثرهای تغییر اقلیم بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران

۱-۱- اثرهای تغییر اقلیم بر منابع پایه، تولیدهای کشاورزی و منابع طبیعی

۱-۱-۱- اثرهای تغییر اقلیم بر منابع پایه و تولیدهای کشاورزی- گرمایش جهانی بسیاری از متغیرهای اقلیمی کارآمد بر رشد و تولید گیاهان زراعی را زیر تأثیر قرار می‌دهد. کشاورزی، با وجود پیشرفت‌های علمی و فناوری در افزایش بهره‌وری محصول‌ها، همچنان به شدت به شرایط اقلیمی وابسته است. تغییرهای اقلیمی آینده، می‌توانند نظام‌های زراعی کنونی را که زیر تأثیر اقلیم رایج شکل گرفته‌اند، به طور چشمگیری دگرگون نمایند. گرمایش جهانی با تأثیر بر چرخه‌های هیدرولوژیکی و الگوهای بارش، تغییرهای مهمی در شرایط کشاورزی ایجاد می‌کند. فعالیت‌هایی مانند مصرف کودهای شیمیایی، سوزاندن پسماندها، جنگل‌زدایی و تغییر کاربری زمین‌ها، خود به تشدید تغییرهای اقلیمی کمک می‌کنند. کشورهای صنعتی و سایر جامعه‌های جهانی در تلاشند با بهره‌گیری از فناوری‌های دوستدار محیط زیست، تولید گازهای آلاینده، به ویژه دی‌اکسیدکربن، را کاهش دهند. با توجه به اثرهای تخریبی تغییرهای اقلیمی بر کشاورزی، سیاست‌های توسعه کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند. این سیاست‌ها شامل کاهش فشار بر زمین‌های کشاورزی، کاهش یا حذف مصرف کود و سم‌های شیمیایی، حفظ منابع طبیعی و تضمین سلامت نسل‌های حاضر و آینده می‌باشند. بهترین نظام زراعی پایدار، ترکیبی از عملیات مدیریتی متناسب با منطقه است. ویژگی‌های کلیدی این سامانه شامل کمینه خاک‌ورزی، مدیریت دقیق مصرف کود، تنوع زراعی، تثبیت زیستی نیتروژن و مدیریت کارآمد دام می‌باشد. این اقدام‌ها می‌توانند به پایداری کشاورزی در مقابل تغییرهای اقلیمی کمک کنند (کاویانی‌راد و همکاران، ۱۴۰۰).

پیش‌بینی می‌شود که تغییرهای اقلیمی، امنیت غذایی جهانی را تهدید کند. اثرهای این تغییرها تا میانه سده بیست و یکم و پس از آن، به احتمال، بر تولید محصول‌های مهمی مانند گندم، برنج و ذرت در منطقه‌های گرمسیری و معتدل اثر منفی خواهد داشت. افزایش دمای جهانی تا حدود چهار درجه سلسیوس یا بیشتر در انتهای سده بیست و یکم، همراه با تقاضای فزاینده غذا، می‌تواند خطرهای جدی برای امنیت غذایی ایجاد کند. همچنین، پیش‌بینی می‌شود که تغییرهای اقلیمی موجب کاهش منابع تجدیدپذیر آب سطحی و زیرزمینی در بسیاری از منطقه‌های خشک نیمه‌گرمسیری شود. تخمین زده می‌شود که تولید جهانی گندم با هر درجه افزایش دما، حدود ۶٪ کاهش می‌یابد که این تأثیر به مکان و زمان بستگی دارد (Asseng et al., 2015). بررسی‌های گسترده در سطح جهان، نشانه‌های چشمگیری از کاهش عملکرد محصول‌های کشاورزی، به ویژه غلات، در شرایط تغییر اقلیمی ارائه داده‌اند (Mall et al., 2016).

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران

۲-۱-۱- اثرهای تغییر اقلیم بر منابع طبیعی - وقتی دمای هوا به صورت چشمگیری از حد متعادل منطقه فراتر رود یا بارش‌های غیرمنتظره و شدیدی رخ دهد یا کاهش شدید بارندگی نسبت به میانگین سالانه مشاهده شود، فشار زیادی بر محیط‌زیست و زندگی مردم وارد می‌شود. پیوستگی یا تکرار این شرایط می‌تواند به مهاجرت گسترده، تغییرهای فرهنگی و حتی به مرگ و میر بیانجامد. از دید اقلیم‌شناسی، خشکسالی زمانی روی می‌دهد که مقدار بارندگی در یک دوره زمانی مشخص، کمتر از میانگین بلندمدت همان دوره باشد. این پدیده، که وابسته به موقعیت جغرافیایی و زمان است، می‌تواند به تدریج و به طور نامحسوس آغاز شده و به مرور شدت یابد. خشکسالی همچنین به تنش‌های اجتماعی بر سر منابع محدود، فرسایش خاک و بیابان‌زایی می‌انجامد. افزون بر این، بارش‌های سنگین که در برخی از شرایط اقلیمی رخ می‌دهند، دغدغه‌هایی همچون سیلاب و زمین‌لغزش را ایجاد می‌کنند. این بارش‌ها، به ویژه پس از دوره‌های طولانی خشکسالی، به دلیل کاهش نفوذپذیری خاک می‌توانند تنش رواناب شدیدی ایجاد کنند. هرچند چنین بارش‌هایی ممکن است خشکسالی هیدرولوژیکی را کاهش دهند، اما بر کشاورزی تأثیرهای منفی دارند. در دهه‌های اخیر، موج‌های گرمایی، به ویژه در منطقه‌های معتدل و نیم‌گرمسیر، افزایش یافته‌اند. به دنبال گسترش خشکی و موج‌ها گرما آتش‌سوزی‌های گسترده جنگلی و مرتعی تشدید می‌شوند. نمونه‌هایی از این آسیب‌ها شامل آتش‌سوزی جنگل‌های کالیفرنیا در سال ۲۰۱۸ و جنگل‌های سیبری در سال ۲۰۱۵ است که هر دو خسارت‌های سنگینی را به همراه داشتند. این آتش‌سوزی‌ها به‌ویژه در اثر خشکسالی‌های شدید رخ دادند (شیخ بیکلو، ۱۳۹۸).

۱-۱-۳- اثرهای تغییر اقلیم بر منابع طبیعی - توفان‌ها، آتش‌سوزی و گسترش آفت‌ها در بوم‌نظام‌های طبیعی (مرتع و جنگل) افزایش خواهند داشت. در جنگل‌هایی که به خوبی مستقر شده‌اند، درختان بالغ تا حدی می‌توانند اثر تغییرهای اقلیمی را تحمل کنند، اما نهال‌ها بیشترین آسیب‌پذیری را دارند و این موضوع می‌تواند زادآوری جنگل‌ها را دچار اختلال کند. در نتیجه، گیاهان و درختان ممکن است به سمت ارتفاع‌ها و عرض‌های جغرافیایی بالاتر گسترده شوند یا با خطر انقراض روبه‌رو شوند. در این شرایط، زیستگاه‌های جدیدی برای برخی از گونه‌ها در منطقه‌های شمالی شکل می‌گیرند، اما دامنه انتشار آن‌ها به دلیل شرایط نامساعد به سمت منطقه‌های استوایی محدود می‌شود.

تغییرهای شدید اقلیمی می‌توانند بی‌ثباتی جنگل‌ها را تشدید و آن‌ها را در برابر آفت‌ها و بیماری‌ها آسیب‌پذیرتر کنند. اقلیم گرم زمینه مناسبی برای گسترش آفت‌ها و ناقل‌های بیماری‌ها فراهم کرده و احتمال شیوع بیماری‌های شدید را افزایش می‌دهد. پدیده گلخانه‌ای نیز به گیاهان میزبان تنش وارد می‌کند و آن‌ها را مستعد طغیان آفت‌ها می‌کند. به طور کلی، تغییرهای اقلیمی شرایط مساعدتری برای گسترش آفت‌ها و عامل‌های بیماری‌زا در جنگل‌ها (به ویژه در جنگل‌های منطقه‌های معتدل) ایجاد می‌کند. در این منطقه‌ها، انگل‌های مربوط به منطقه‌های گرمسیری امکان استقرار روی میزبان‌های جدید را پیدا می‌کنند. در پایان، این تغییرها ممکن است موجب کاهش شدید جمعیت درختان و بی‌ثباتی گسترده در زیست‌بوم جنگل‌های معتدل شوند.

۲-۱- راهکارهای کاهش خسارت تغییر اقلیم به کشاورزی و منابع طبیعی با اتکا به الگوهای سازگاری با تغییرهای محیطی

۱-۲-۱- فناوری‌های پیشرفته برای حذف، دفع و استفاده از دی‌اکسیدکربن - نیروگاه‌ها حدود یک سوم از کل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن (ناشی از منابع انرژی سوخت‌های فسیلی) را تولید می‌کنند و بیشترین تراکم نشر دی‌اکسیدکربن بر حسب جرم در مساحت و زمان را دارند. فناوری‌های مهار دی‌اکسیدکربن که در نیروگاه‌ها استفاده می‌شوند را می‌توان در منابع ثابت در مقیاس کوچکتر مانند کارخانه‌ها و واحدهای صنعتی به‌کاربرد. به‌طور کلی فرایندهای مهار دی‌اکسیدکربن به

انرژی زیادی نیاز دارند که بازدهی واحدهای تبدیل و نیز شبکه برق خروجی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، مقدار دی‌اکسیدکربن تولیدشده در هر کیلو وات ساعت از برق تولیدی افزایش می‌یابد. فناوری‌های مهار دی‌اکسیدکربن شامل جذب شیمیایی و فیزیکی، جذب گاز-جامد (استفاده از مواد جامدی مانند زئولیت‌ها یا کربن فعال)، سرمازی (استفاده از دماهای پایین برای تبدیل دی‌اکسید کربن) و غشاهای حذف/جداسازی گاز (غشاهای جداسازی گاز، مواد نیمه‌تراوایی هستند که اجازه می‌دهند دی‌اکسید کربن از سایر گازها عبور کند و جداسازی انجام شود) است. راهکارهای استفاده از دی‌اکسیدکربن شامل ارتقای بازیافت نفت^۱، مواد شیمیایی و سوخت‌ها (با استفاده از مواد شیمیایی یا با استفاده از تثبیت زیست توده‌ها) است. همچنین، یکی از راهکارهای دفع بهره‌گیری از فضای خالی ایجاد شده از چاه‌های نفت و گازی تمام شده، اقیانوس، آبخیزها و فعالیتهای حفر معدن خواهد بود. یکی از رویکردهای مهار دی‌اکسیدکربن تصفیه گازهای دودکش است. فرایندهای جداسازی فیزیکی و شیمیایی متفاوتی برای این عمل در نظر گرفته شده‌اند. حلال شیمیایی مونواتانول‌آمین برای حذف مقادیر کمی دی‌اکسیدکربن از دیگر جریان‌های گاز به کار می‌رود و به نظر می‌رسد بهترین سامانه در دسترس برای این منظور باشد. با تولید دی‌اکسیدکربن، مشکل دفع یا استفاده از این گاز وجود دارد. می‌توان از دی‌اکسیدکربن در بخش تجاری استفاده کرد. در آمریکا، بیش از ۱/۶ گیگاتن گاز دی‌اکسیدکربن در سال به وسیله نیروگاه‌ها تولید می‌شود، اما کاربرد تجاری این گاز تنها ۴۰ میلیون تن در سال است که برابر با ۲٪ از دی‌اکسیدکربن تولیدشده به وسیله نیروگاه‌ها است.

یکی از روش‌های دستیابی به حذف گاز دودکش (این گازها به طور معمول شامل دی‌اکسید کربن، بخار آب و نیتروژن هستند، اما می‌توانند دارای آلاینده‌های زیانباری مانند دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن و ذره‌های معلق مانند دوده، نیز باشند)، حذف نیتروژن از هوا است که پیش از فرآیند سوختن باید انجام شود و واحد جداسازی آن از هوا، که برای تولید اکسیژن با خلوص بالا استفاده می‌شود، به زمین کمی نیاز دارد و می‌تواند در کنار نیروگاه نصب شود تا جریان به نسبت خالص اکسیژن را برای سوختن تأمین کند. جریان گاز دودکش دارای دی‌اکسیدکربن، آب و اندکی نیتروژن و دیگر اجزا است. برای حفظ شرایط گرمایی در منطقه و جلوگیری از گرمایش زیاد کوره دارای مواد، برخی از گازهای دودکش باید بازچرخش شوند. اغلب دیگ‌های بخار در فشار اندکی منفی کار می‌کنند و نمی‌توانند از نشت هوا به داخل جلوگیری نمایند. بنابراین، بخشی از سامانه‌های ذخیره‌سازی برای عملیات زیر فشار مورد نیاز می‌باشند. استفاده مجدد از گازها، به تعدیل‌ها و کنترل‌هایی نیاز دارد. ناخالصی‌های جزیی باید در جریان خروجی دی‌اکسیدکربن حذف شده و بهتر است که همراه با دی‌اکسیدکربن نیز دفع شوند. به جز موردی اندک یاد شده، فناوری‌های متعدد دیگری برای مهار دی‌اکسیدکربن در دسترس هستند. به جز فرایندهای مونواتانول‌آمین، به هیچ یک از این فناوری‌ها به‌عنوان مورد کاملی توجه نمی‌شود. بیشترین سامانه‌هایی که به اصلاح و تغییر نیاز دارند، واحدهای بازچرخش دی‌اکسیدکربن و واحدهای نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از گاز^۲ سیکل ترکیبی جامع گاز است.

برای نیروگاه‌های چرخه ترکیبی، استفاده از جداکننده‌های غشایی می‌تواند نتایج بهتری نسبت به سامانه‌های حلال فیزیکی ایجاد کند، اما غشاهای ویژه و مشخص آن هنوز وجود ندارند. غشاهای دمای بالا با توانایی نفوذپذیری و انتخاب زیاد مورد نیاز هستند. انتظار می‌رود چندین راه حل در ارتباط با غشاهای سرامیکی به‌دست‌آید.

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران

۲-۲-۱- **راهکارهای کاهش اثرهای تغییر اقلیم مرتبط با بخش کشاورزی**- زنده کردن تالاب‌ها و برکه‌ها یکی از راهکارهای کارا برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم در بخش کشاورزی است که می‌تواند به بهبود کیفیت آب و کاهش خطر سیلاب‌ها کمک کند. همچنین، نوع روش‌های زراعی و آماده‌سازی زمین برای کاهش تغییرهای اقلیمی بر فراوانی منابع آب تأثیر گوناگونی دارد. بسیاری از روش‌هایی که با هدف حفظ کربن خاک انجام می‌شوند، مانند کمپنه خاک‌ورزی، افزایش پوشش گیاهی و استفاده گسترده‌تر از گیاهان زراعی همیشگی و چندساله، می‌توانند به کاهش فرسایش خاک کمک کرده و سودمندی‌های چشمگیری برای بهبود کیفیت اقلیم فراهم کنند. با این حال، باید توجه داشت که این اقدام‌ها ممکن است در برخی از منطقه‌ها اثرهای منفی داشته باشند. برای نمونه، در روش‌های کمپنه خاک‌ورزی، احتمال افزایش آلودگی منابع آب‌یرزمینی با عنصرهای غذایی مانند نیتрат یا آلودگی ناشی از شستشوی آفت‌کش‌ها وجود دارد. اثرهای منفی این فعالیت‌ها به منظور جذب کربن هنوز به طور کامل مشخص یا کمی نشده‌اند و روشن نیست که آیا این اثرها به حدی خواهند بود که سودمندی‌های محیط‌زیستی ناشی از ترسیب کربن را خنثی کنند یا خیر (عتابی و همکاران، ۱۳۸۹)؟

کشاورزی متراکم به عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های کشاورزی، سودمندی‌های بسیاری برای کاهش تغییرهای اقلیمی و حفظ امنیت غذایی دارد. این روش‌ها نه تنها عملکرد و تولید محصول‌ها را افزایش می‌دهند، بلکه پسماند گیاهی را به خاک برمی‌گردانند. از جمله این اقدام‌ها می‌توان به تناوب‌های مناسب زراعی، کاهش دوره‌های آیش، پوشش‌دهی خاک با گیاهان، کشت رقم‌های با عملکرد بالا، مدیریت تلفیقی آفت‌ها و بیماری‌ها، استفاده بهینه از کودهای شیمیایی و آبی، آبیاری درست، کنترل سطح ایستایی و مدیریت‌های منطقه‌ای اشاره کرد (Bates et al., 2008).

این فعالیت‌ها سودمندی‌های با کاهش فرسایش خاک، حفظ منابع آبی، بهبود کیفیت آب و کاهش رسوب‌گذاری در سدها و آبراهه‌ها سودمندی‌های زیادی دارند. با این حال، مصرف بی‌رویه نهاده‌های کشاورزی و استفاده ناکارآمد از آب می‌تواند کیفیت خاک و منابع آبی را کاهش دهد. برای نمونه، استفاده مناسب و کارآمد از کودهای شیمیایی نه تنها اثرهای منفی بر کیفیت آب ندارد، بلکه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به ویژه اکسید نیتروژن را ممکن می‌سازد و موجب بهبود بازده برداشت نیتروژن از منابع مختلف، مانند کودهای حیوانی، می‌شود. افزون بر این، سامانه‌های کشاورزی- جنگل (کاشت درخت در زمین‌های زراعی) می‌توانند سودمندی‌های چندگانه‌ای برای کاهش تغییرهای اقلیمی از جمله تأمین انرژی برای جامعه‌های روستایی و ترویج توسعه پایدار همراه با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به دنبال داشته باشند. با این حال، راهکارهای کشاورزی ممکن است گاهی اثرهای متضادی داشته باشند. برای نمونه، فناوری کمپنه خاک‌ورزی اگرچه کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد، اما احتمال افزایش مصرف آب و کاهش تغذیه آبخوان‌ها یا جریان‌های سطحی را نیز به همراه دارد. همچنین، مدیریت کشت برنج می‌تواند با کاهش آلاینده‌های شیمیایی ورودی به زهکش‌ها، اثرهای مثبتی بر کیفیت آب داشته باشد (حیدری، ۱۳۹۷).

روش شخم حفاظتی اصطلاح جدیدی است که شامل روش‌های شخم با گاواهن چیزل^۱، شخم با ایجاد پشته، شخم با ایجاد شیار، شخم با حفظ پوشش گیاهی خاک به عنوان خاکپوش گیاهی و کشاورزی بدون شخم است. کاربرد و بومی‌سازی روش شخم حفاظتی سودمندی‌های فرعی و جانبی زیادی نیز دارد. از سودمندی‌های مهم این روش می‌توان، کنترل آب، کنترل فرسایش خاک، حفظ رطوبت خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش

کوبیدگی خاک، افزایش نگهداری مواد شیمیایی (کودها) توسط خاک، تهویه بهتر خاک، بهبود کیفیت آب و خاک، افزایش تنوع زیستی خاک، افزایش میکروارگانیسم‌های خاک، کاهش مصرف انرژی، کاهش فرسایش و رسوب در مخزن‌ها و آبراهه‌ها و فراهم آوردن امکان کشت دوم و در نتیجه افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری در واحد سطح کشتزار را نام برد (Bates et al., 2008).

در بخش کشاورزی، حدود ۱۸٪ از زمین‌های زراعی جهان به سامانه‌های آبیاری تجهیز شده‌اند. توسعه این زمین‌ها، در منطقه‌های که منابع آب اجازه می‌دهد، با به‌کارگیری روش‌های آبیاری کارا، می‌تواند با بهبود عملکرد محصول‌های کشاورزی و بازگشت پسماند گیاهی به خاک به افزایش ذخیره کربن در خاک کمک کند. با این حال، بخشی از این سودمندی‌ها به دلیل انتشار گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی برای انتقال و توزیع آب و یا انتشار اکسید نیتروژن از خاک مرطوب و استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنی کاهش می‌یابد. تأثیر نهایی این عامل‌ها هنوز به‌طور جامع بررسی و اندازه‌گیری نشده‌اند (Bates et al., 2008).

یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی رقابت علف‌های ناخواسته (هرز) با گیاهان زراعی برای جذب آب است که این موضوع موجب کاهش عملکرد محصول‌ها می‌شود. پیشرفت‌های انجام‌شده در روش‌های کنترل علف‌های ناخواسته و مکانیزاسیون، امکان استفاده از روش‌های کاشت کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی را فراهم کرده‌است. این روش‌ها که به حفظ پسماند گیاهی در خاک و کاهش تبخیر و مصرف آب آبیاری کمک می‌کنند، به‌طور گسترده در جهان استفاده می‌شوند. روش‌های شخم مرسوم که موجب تجزیه سریع پسماند گیاهی و هدررفت کربن خاک می‌شوند، جای خود را به روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی داده‌اند که اغلب به حفظ کربن خاک کمک می‌کنند، اگرچه این اثر در همه شرایط و منطقه‌ها تضمین شده نیست. این روش‌ها همچنین می‌توانند بر انتشار گاز اکسید نیتروژن تأثیر داشته باشند. با این حال، بررسی‌های علمی هنوز به نتیجه قطعی درباره اثرهای مثبت یا منفی این روش‌ها بر انتشار این گاز نرسیده‌اند، زیرا این تأثیر به شرایط خاک و اقلیم منطقه بستگی دارد. افزون بر این، روش‌های کم‌خاک‌ورزی می‌توانند با کاهش مصرف انرژی در عملیات کشاورزی انتشار دی‌اکسیدکربن را کاهش دهند. همچنین، سامانه‌هایی که پسماند گیاهی را در خاک باقی می‌گذارند، می‌توانند با تجزیه این پسماندها و تبدیل آن‌ها به مواد آلی خاک، ذخیره کربن خاک را افزایش دهند. پرهیز از سوزاندن پسماند گیاهی، مانند روش‌های برداشت مکانیزه نیشکر، از انتشار گازهای گلخانه‌ای و غبار غلیظ حاصل از آتش‌سوزی جلوگیری می‌کند، اگرچه ممکن است موجب افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن از مصرف سوخت ماشین‌های کشاورزی شود (حیدری، ۱۳۹۷).

۳-۱- چالش‌های فراروی کشاورزی و منابع طبیعی ایران در واکنش به دگرگونی‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جهانی

و راهکارهای کاهش خسارت آن‌ها

بخش کشاورزی به عنوان تأمین‌کننده حدود ۸۰٪ مواد غذایی، جایگاه مهمی در اقتصاد کلان کشور دارد. برخی از چالش‌های بخش کشاورزی کشور عبارتند از نبود راهبردهای میان‌مدت و بلندمدت، ناپایداری منابع کشاورزی، نبود تعادل سفره‌های آب زیرزمینی، ناهماهنگی برنامه‌های آب و کشاورزی، زیاده‌بودن هزینه تمام‌شده تولید، نبود کفایت سرمایه‌گذاری و زیاده‌بودن نرخ کارمزد، تغییرهای اقلیم، نبود حمایت از گسترش خصوصی‌سازی بخش کشاورزی در همه جنبه‌ها، نارسایی زنجیره تأمین و نبود تعادل عرضه و تقاضای محصول‌های کشاورزی، پایین بودن سرانه زمین و محدودیت دسترسی فعالان بخش کشاورزی به فناوری‌های مناسب.

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران

۱-۳-۱- چالش‌های فراروی کشاورزی و منابع طبیعی ایران در واکنش به دگرگونی‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جهانی-

یکی از پیامدهای افزایش دما و غلظت دی‌اکسیدکربن (تغییر اقلیم)، افزایش مصرف کودهای شیمیایی است که تأثیر نامطلوبی بر کیفیت منابع اقلیم دارد. با افزایش میانگین دما، جابه‌جایی عناصرهای غذایی مورد نیاز گیاه (کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) میان خاک، گیاه و اتمسفر سریع‌تر می‌شود. با گرم شدن زمین، شرایط برای افزایش جمعیت حشره‌های زیانبار، مناسب خواهد شد. تغییر الگوی وزش باد نیز در انتقال حشره‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌های بیماری‌زا، تغییرهایی به وجود خواهد آورد. بنابراین نیاز به استفاده از آفت‌کش‌ها و سم‌های کشاورزی در این شرایط افزایش یافته و لزوم توسعه روش‌های مبارزه تلفیقی، بسیار جدی‌تر خواهد شد (حیدری، ۱۳۹۷).

از دیگر چالش‌های کشاورزی و منابع طبیعی ایران در واکنش به دگرگونی‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جهانی، تضعیف امنیت انرژی جهانی به دلیل تغییرهای اقلیمی است. بخش انرژی نه تنها منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است که موجب تغییرهای اقلیمی می‌شود، بلکه این بخش به‌طور فزاینده‌ای در برابر تغییرهای ناشی از گرمایش جهانی آسیب‌پذیر است. بنابراین، نگرانی در مورد تأثیر افزایش دمای جهانی بر امنیت انرژی در رقابت برای دستیابی به هدف خالص انتشار صفر بسیار مهم است. خالص انتشار صفر زمانی حاصل می‌شود که انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن حاصل از فعالیت‌های انسانی از راه حذف دی‌اکسیدکربن در یک دوره مشخص متعادل شود.

اثرهای تغییرهای اقلیم بر امنیت غذایی نیز در این چالش بسیار مهم است. در شرایط کنونی تأمین امنیت غذایی و حفظ آن به ویژه با توجه به تقاضای روزافزون و رشد چشمگیر جمعیت جهان از یکسو و بهره‌کشی شدید و نادرست از منابع و ذخیره‌های محدود و تجدیدنپذیر و نیز بروز چالش‌هایی چون تغییر اقلیم از سوی دیگر، اهمیت بسیار زیادی دارد. تغییرهای اقلیمی، تولید کشاورزی و در پی آن عامل‌های وابسته به کشاورزی مانند امنیت غذایی و رفاه اقتصادی را زیر تأثیر قرار می‌دهد. از این رو، در بخش امنیت غذایی کمیت و کیفیت غذا با توجه به منابع تولید، وجود سامانه و شبکه‌های عرضه و توزیع از جنبه دسترسی و نیز توجه جدی به جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و جامعه، با رویکرد پایداری، از محورهای کلیدی است.

۱-۳-۲- راهکارهای کاهش خسارت چالش‌های فراروی کشاورزی و منابع طبیعی ایران در واکنش به دگرگونی‌های

اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جهانی - دو دسته از اقدام‌های بازدارنده را می‌توان در برخورد با تغییرهای اقلیمی مورد توجه قرار داد. اقدام‌های پیشگیرانه که تمایل به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند و اقدام‌های تطبیقی که برای به کمینه رساندن تأثیر انتشار این گازها است. به منظور اجرای هر یک از این دو رویکرد، به واکاوی هزینه-اثربخشی لازم است. واکاوی هزینه-اثربخشی با استفاده از روش‌های اقتصادی به ارزیابی کارآمدترین روش می‌پردازد.

به‌طور کلی اقتصاددانان طرفدار روشی هستند که از راه بازار به برآوردن هدف‌های جامعه می‌پردازد. روش بازارمحور، روش هزینه-اثربخش خوانده می‌شود. در این روش، به جای دخالت مستقیم در بازار، افراد تشویق خواهند شد که رفتارهای خود را تنظیم کنند و هزینه‌ها و سودمندی‌های ناشی از اثرهای خارجی را نیز در فرآیندهای حسابداری خود در نظر بگیرند. از جمله سیاست‌های مبتنی بر بازار، می‌توان به سیاست مالیات بر آلودگی و مجوزهای قابل مبادله اشاره کرد. هر دوی این ابزارهای سیاستی به طور ذاتی به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای کارا هستند (حسابی و جلیلیان، ۱۳۹۴). انتشار گازهای گلخانه‌ای نمونه آشکار از اثرهای جانبی منفی است که هزینه‌های چشمگیری را در مقیاس جهانی به مردم و کشورها تحمیل می‌کند. این نوع مالیات، قیمت منابع انرژی مبتنی بر کربن را افزایش می‌دهد و انگیزه

حفاظت از منابع انرژی را برای مصرف‌کنندگان شکل می‌دهد. در این حالت مصرف‌کنندگان تقاضای خود را به سمت منابع انرژی با محتوای کم کربن تغییر داده و از منابعی با محتوای کربن بسیار، مانند زغال سنگ، کاهش می‌دهند. جایگزین دیگری که برای مالیات بر کربن وجود دارد، سامانه مجوزهای مبادله‌شدنی است. این مجوزها از ابزارهای نوین اقتصادی برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌شمار می‌روند. در این روش که بر پایه بهره‌گیری از بازار و سازوکارهای آن طراحی شده، برای آلوده‌کننده، انگیزه لازم به منظور توجه به اهمیت محیط زیست در کنار سودآوری شکل می‌گیرد. در این روش لازم است نخست هدف‌های کاهش انتشار و مقدار آن تعیین شود، پس از آن، مجوزها در اختیار بنگاه‌ها و تولیدکنندگان قرار می‌گیرد (حسابی و جلیلیان، ۱۳۹۴).

یکی از راهبردهای مقابله با چالش‌های پیش‌روی بخش کشاورزی توجه به اقتصاد سبز و شاخصه‌های آن است که در مستندهای برنامه‌های توسعه و افق چشم‌انداز ۱۴۰۴ سیاست‌های اجرایی که به اقتصاد سبز می‌انجامد، ارائه شده است. نمونه‌های اقتصاد سبز در برنامه‌های توسعه به شرح زیر معرفی شده است (حیدری، ۱۳۹۷):

- ❖ کاهش مصرف و استفاده بهینه از آب به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی.
- ❖ توسعه فناوری‌های نوین به منظور کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک.
- ❖ نوسازی فناوری و تجهیزها و ماشین‌ها به منظور کاهش مصرف انرژی.
- ❖ همخوانی، سازگاری و اجرایی نمودن سیاست‌های سبز در بخش فناوری.
- ❖ اصلاح الگوی کشت، ساختار تولید و نظام بهره‌برداری به منظور کاهش و استفاده بهینه از انرژی و استفاده از انرژی پاک در تولید.
- ❖ کاهش و مصرف بهینه انرژی.
- ❖ استفاده از انرژی‌های پاک با به کارگیری وسیله‌های ترابری با فناوری سبز.

۲-۳- اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های اجتماعی-سیاسی جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران و راهبردهای

سازگاری با آن‌ها با نگرشی بوم‌سازگار

۲-۳-۱- بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر استفاده از ماشین و مکانیزاسیون در تولیدهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست-

در این بخش به بررسی و واکاوی تأثیر تغییرهای اقلیمی بر بخش مکانیزاسیون کشاورزی توجه شده‌است و به دنبال آن هستیم تا اثرهای آنچه پژوهشگران برای تغییرهای اقلیمی پیش‌بینی کرده‌اند، بر هر یک از بخش‌های یادشده یعنی الف- منابع تولید توان، ب- ماشین‌های خاک‌ورزی، پ- ماشین‌های کاشت و داشت، ت- ماشین‌های برداشت و ث- ماشین‌های پس از برداشت و فرآوری محصول‌های کشاورزی، بررسی شوند.

الف- منابع تولید توان- تغییر اقلیمی و افزایش گرمای جهانی ناشی از آن، بر کارکرد موتورهای سوختی اثر منفی خواهند داشت، زیرا فشار بیشتری بر سامانه خنک‌سازی موتور وارد می‌شود و افزون بر استهلاک بیشتر آن، بخشی از توان مفید موتور صرف تأمین انرژی مورد نیاز سامانه خنک‌سازی می‌شود. این سامانه از سامانه تهویه مطبوع وسیله ترابری جدا است و با افزایش دمای جهانی نیاز به سامانه تهویه مطبوع نیز افزایش یافته و در نتیجه به سوخت بیشتری برای موتور (هم برای سامانه خنک‌سازی موتور و هم سامانه تهویه مطبوع وسیله ترابری و ماشین کشاورزی) نیاز است. برآوردهای تقریبی نشان می‌دهند که اگر سامانه خنک‌سازی موتور و سامانه تهویه مطبوع همزمان روشن باشند، مصرف سوخت موتور حدود ۱۰ تا ۲۰٪ افزایش خواهد یافت. بدیهی است هر چه روند گرمایش جهانی بیشتر و بیشتر شود، به‌طور مشابه

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران
مصرف سوخت فسیلی (برای خنک‌سازی موتور و سرنشین) نیز بیشتر و بیشتر خواهد شد و چالش افزایش مصرف سوخت همزمان با محدود شدن بیشتر منابع سوخت‌های فسیلی دو چندان خواهد شد.

یکی از منابع مهم تامین آب و برق در بخش تولیدهای کشاورزی، انرژی برق-آبی است. بدیهی است افزایش گرمایش جهانی تأثیر مستقیمی بر شدت تبخیر آب سدها و در نتیجه کاهش منابع ارزشمند انرژی‌های برق-آبی دارد. همچنین، بررسی‌ها نشان می‌دهند که افزایش سیلاب‌ها و فرسایش‌های آبی موجب کاهش عمر مخزن‌های آبی می‌شوند. همچنین فرسایش‌های آبی در کنار فرسایش بادی موجب از بین رفتن سریع خاک‌های حاصلخیز کشاورزی خواهد شد. در حالی که فرسایش بادی در کنار کاهش رطوبت و افزایش بیابان‌ها، موجب افزایش حجم ریزگردها خواهد شد. افزایش ریزگردها افزون بر مشکل‌های تنفسی در شهرها موجب اختلال در کارکرد موتورهای سوختی و همچنین کابل‌های انتقال توان هیدروالکتریکی خواهد شد.

افت فزاینده سطح‌های منابع آب زیرزمینی موجب فرونشست زمین و از بین رفتن مخزن‌های ارزشمند منابع آب زیر زمینی است که جبران‌ناپذیر است، اما از نگاهی دیگر افزایش ژرفای چاه‌ها نیازمند صرف انرژی بیشتر هم برای حفر چاه و هم برای برداشت آب است و تناسب مستقیمی بین ژرفای چاه و انرژی لازم برای برداشت آب وجود دارد.

یکی از منابع‌های ارزشمند و پاک انرژی، انرژی باد است که بیشتر توسط توربین‌های بادی تولید و برای کاربردهای گوناگون (در کشاورزی و مانند این‌ها) به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. بررسی‌های تغییرهای اقلیمی نشان از افزایش توفان‌ها و تندبادها دارد و این در حالی است که توربین‌های بادی نه تنها در محدوده معینی از سرعت باد کار می‌کنند و توانایی گرفتن انرژی تندبادها را ندارند، بلکه در موردهای بسیاری حتی سازه آن‌ها، تحمل تندبادهای شدید را ندارد و آسیب‌پذیر هستند. بنابراین، تغییر اقلیم ناشی از بروز تندبادها نگرانی‌هایی در اختلال و کاهش منابع انرژی بادی را به‌همراه خواهد داشت.

ب- ماشین‌های خاک‌ورزی- تغییرهای اقلیمی دو اثر بر کارکرد ماشین‌های خاک‌ورزی دارند. تأثیر اول، کاهش بازده و افزایش مصرف سوخت موتور تراکتور است که در بخش اثرهای اقلیمی بر کارکرد منابع تولید توان بیان شد. اثر دوم، عامل‌هایی مانند کاهش رطوبت، کاهش منابع آب شیرین، خشک شدن تالاب‌ها و کاهش سطح منابع آب زیرزمینی می‌باشند که بر عملیات خاک‌ورزی اثر می‌گذارند. براساس تعریف، خاک‌ورزی شامل هر گونه کار مکانیکی برای سست کردن سطح زمین و آماده کردن بستر کشت گیاه برای رشد مطلوب ریشه است. ضمن این که پس از آبیاری سطح زمین سله بسته که این سله افزون بر محدود کردن رشد گیاه و مانع شدن برای سر از خاک در آوردن جوانه، موجب تبخیر شدید سطحی (به ویژه در هوای گرم) می‌شود (بهروزی لار، ۱۳۹۰). بنابراین، روشن است که اثرهای افزایش گرمای جهانی و کاهش رطوبت و آب‌های شیرین در دسترس، اثر مستقیمی بر کارهای مکانیزه خاک‌ورزی خواهد داشت و حجم آن‌ها را به ناچار افزایش خواهد داد. از سوی دیگر، ورود بیشتر تراکتور و ادوات به زمین نیز مطلوب نبوده و موجب ایجاد سخت لایه‌های زیرین می‌شود که خود به نوعی سبب تخریب زمین حاصلخیز خواهد شد (شفیعی، ۱۳۹۶). بنابراین، از یک سو کشاورزی مکانیزه بدون ورود ماشین به زمین امکان‌پذیر نیست و از سوی دیگر، تغییرهای اقلیمی نیاز به ورود و عبور وسیله‌ها را افزایش می‌دهد و در نتیجه افزایش عبور موجب ایجاد سخت لایه و کاهش مرغوبیت و حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی می‌شود. هرچند با کمک روش‌های نوین کمینه خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی تا حدودی تلاش شده بر این چالش چیره شود، اما با افزایش دغدغه‌های تغییرهای اقلیمی بر چالش یاد شده در عملیات خاک‌ورزی نیز خواهد

افزود. یکی دیگر از پیامدهای تغییر اقلیم بر کارهای خاک‌ورزی، رخداد سیلاب‌ها است که زمین‌های حاصلخیز کشاورزی را از بین می‌برد و برای احیای زمین پس از سیلاب به حجم بزرگی از کارهای تسطیح زمین‌ها و خاک‌ورزی و در نتیجه به مصرف انرژی نیاز است.

پ- ماشین‌های کاشت و داشت- از ماشین‌های کاشت و داشت پس از خاک‌ورزی برای کشت و نگهداری گیاه تا رشد نهایی و برداشت محصول استفاده می‌شود. بنابراین، هر عاملی که رشد گیاه را تهدید کند، نیاز به کارهای کاشت و داشت را نیز بیشتر و پیچیده‌تر می‌کند. برای نمونه، اگر تغییرهای اقلیمی و رشد آفت‌ها موجب تهدید سلامت بذر شوند به دنبال آن به ماشین‌های ویژه‌ای برای جداسازی بذر سالم از ناسالم است. جداسازی بذر سالم از ناسالم، براساس ویژگی‌هایی مانند چگالی، سرعت حد، موج‌های صوتی و یا فنون ماشین بویایی شدنی است و می‌توان سامانه‌هایی را براساس این ویژگی‌ها روی ماشین‌های کاشت اضافه نمود.

تغییرهای اقلیمی از دو جنبه بر ماشین‌های داشت تأثیر دارند. نخست، سله‌شکنی پس از کاشت و رویش گیاه است که تغییرهای اقلیمی موجب تشدید آن خواهد شد و در بخش پیشین شرح داده شد. دوم، افزایش حجم و گوناگونی آفت‌های گیاهی و حشره‌های زیانبار در اثر تغییرهای اقلیمی می‌باشد که برای رویارویی با آن‌ها نیاز بیشتری به استفاده از سمپاش‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، استفاده بیشتر از سمپاش‌ها، هم دغدغه‌های زیست‌محیطی و آلودگی محیط‌زیست را تشدید می‌کند و هم افزایش تدریجی مقاومت آفت‌ها را در برابر سم‌ها را به دنبال دارد. در نتیجه، به احتمال، بشر نیازمند استفاده از روش‌های نوینی مانند استفاده از پرتو و پرتودهی با طول موج کوتاه است.

ت- ماشین‌های برداشت- اثرهای تغییر اقلیم بر مکانیزاسیون برداشت محصول‌های کشاورزی را می‌توان در چند بخش بررسی کرد. بخش اول خود منبع تولید توان ماشین‌های برداشت است که اثرهای آن در بخش منبع تولید توان بیان شد. بخش دوم، اثر بر محصول است که جدای از کاهش کیفیت محصول ناشی از حمله آفت‌ها، رشد و نمو محصول نیازمند نور مناسب و رطوبت کافی بوده و در بسیاری از محصول‌های کشاورزی (مانند ذرت، سیب‌زمینی و مانند این‌ها) فرایند رسیدن محصول نیازمند آبیاری نکردن، در دوره‌های رسیدن محصول است. حال اگر بر اثر گرمایش جهانی، پیش از رسیدن کامل محصول بارندگی شود، محصول از بین خواهد رفت. فاجعه‌بارتر این‌که بارندگی همراه با جاری شدن سیلاب باشد که نه تنها محصول، بلکه کشتزار را هم تخریب خواهد کرد. در نتیجه، ممکن است کشاورزان مجبور باشند محصول را پیش از رشد کافی برداشت کنند که خود اثر منفی بر بازده محصول و سود کشاورز خواهد داشت.

ث- ماشین‌های پس از برداشت و فرآوری- فرآوری محصول اغلب در خارج از کشتزار و در محیط‌های بسته و کارگاهی انجام می‌شود و بنابراین، تأثیرپذیری ماشین‌های پس از برداشت از تغییرهای اقلیمی، کمتر مطرح است. البته، اثرهای گرمایش جهانی بر یخچال‌ها و موتورها که در بخش پس از برداشت نیز وجود دارد، پیش از این شرح داده شد. همچنین، شاید از اثرهای بسیار ناچیز و مثبت تغییرهای اقلیمی و گرمایش جهانی بر فرایند فرآوری محصول‌های کشاورزی بتوان به خشک کردن محصول‌ها در محیط‌های باز و سنتی اشاره کرد. خشک کردن بسیاری از محصول‌های باغبانی در محیط‌های باز از دیرباز مرسوم بوده و این فرآوری اغلب در فصل پاییز انجام می‌شود که در پاییزهای سرد، کمی محدود می‌شود. اگر اقلیم به سمت گرم شدن زمین حرکت کند، این فرایند اغلب ساده‌تر و راحت‌تر انجام خواهد شد. البته، این نکته مثبت در برابر حجم زیاد دغدغه‌های ناشی از تغییرهای اقلیمی بسیار ناچیز است.

نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران

از دیگر موضوع‌های قابل بررسی در فراوری محصول‌ها، تأثیر افزایش آفت‌ها بر تخریب محصول‌های کشاورزی است که در بخش پیش به آن اشاره شد. افزایش جمعیت آفت‌ها ناشی از تغییرهای اقلیمی، بشر را مجبور خواهد کرد که راهکارهای نوینی را برای انبارش و نگهداری محصول‌ها به دور از آفت‌ها تدبیر کند. استفاده از پرتو گاما در کشاورزی، یک فناوری نوپدید است که می‌تواند نقش مهمی در کاهش دورریزهای محصول‌های کشاورزی و ارتقای امنیت غذایی داشته باشند. پرتو دهی با پرتو گاما می‌تواند با افزایش زمان ماندگاری محصول‌ها، جلوگیری از جوانه زدن، کاهش آلودگی میکروبی و کنترل آفت‌ها و حشره‌ها، به حفظ تازگی و کیفیت محصول‌های کشاورزی کمک کند و در نتیجه دورریزها را کاهش دهد.

۲-۳-۲- راهکارهای کاهش خسارت‌های بخش مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی- خسارت‌های ناشی از مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی به دو بخش خسارت‌های این بخش بر منابع طبیعی و محیط زیست و خسارت‌های ناشی از تغییرهای اقلیمی تقسیم می‌شوند.

الف- خسارت‌ها بر منابع طبیعی و محیط زیست- خسارت‌ها بر منابع طبیعی و محیط‌زیست شامل آلودگی‌های ناشی از ماشین‌های کشاورزی است که بر زمین و اقلیم اثر می‌گذارد. ماشین‌های کشاورزی به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی موجب تولید دی‌اکسیدکربن می‌شوند و همچنین رفت و آمد پیوسته این ماشین‌ها در زمین‌های کشاورزی موجب تأثیر منفی بر خاک مانند سفت شدن خاک می‌شود. می‌توان با بهبود ساختار ماشین‌های کشاورزی موجب بهینه‌شدن مصرف سوخت آن‌ها شد که این خود موجب تولید کمتر دی‌اکسیدکربن می‌شود یا این‌که با استفاده از فناوری‌های نوین مانند سلول‌های خورشیدی، استفاده از سامانه‌های تمام الکتریکی یا سامانه‌های هیبریدی موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و یا حتی نبود استفاده از آن‌ها شد. با بهبود ماشین‌های کشاورزی و استفاده از فناوری‌های نوین در آن‌ها می‌توان موجب کاهش رفت و آمد آن‌ها در زمین‌های کشاورزی شد و کاری که قرار است بارها انجام شود، با شمار کمتری انجام شود.

ب- خسارت‌های ناشی از تغییر اقلیم بر مکانیزاسیون- خسارت‌های ناشی از تغییرهای اقلیمی بر مکانیزاسیون و ماشین‌های کشاورزی موجب کاهش کارایی و بازده و همچنین، افزایش مصرف انرژی توسط این بخش می‌شود. می‌توان با استفاده از فناوری‌ها و طرح‌های نوین موجب بهبود ساختار آن‌ها شد و یا با مجهز کردن آن‌ها موجب مقاوم‌سازی آن‌ها نسبت به تغییرهای اقلیمی شد. با استفاده از سامانه‌های جدید سوخت‌رسانی و سوختن و موتورهای جدید، می‌توان موجب افزایش بازده انرژی در این بخش شد. به‌طور کلی، استفاده از ماشین‌های کشاورزی ویژه هر محصول می‌تواند بیشترین کارایی را به همراه داشته باشد.

پ- به‌کارگیری فناوری‌های نوین- دو راهکار و فناوری نوین یعنی فناوری اینترنت اشیا برای مدیریت بخش‌های مختلف کشاورزی، مدیریت بهینه مصرف آب و نهاده‌ها و افزایش بازده تولید و دیگری استفاده از فناوری پلاسما برای تولید زیست‌سوخت‌ها در راستای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی تشدیدکننده تغییرهای اقلیمی، مطرح و بحث می‌شود.

سوخت‌های فسیلی منبع اصلی تأمین انرژی مورد استفاده در بیشتر بخش‌های اقتصادی هستند. در سال‌های اخیر، تقاضای فزاینده برای انرژی و کاهش سریع منابع سوخت‌های فسیلی، جهان را در وضعیت بی‌ثباتی نگه داشته است و بسیاری از پژوهش‌های جهان بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و پیدا کردن منابع جدید انرژی متمرکز شده است. از این رو، پژوهشگران پیوسته به دنبال یک منبع انرژی جایگزین اقتصادی‌تر، سازگار با محیط زیست، قابل اعتمادتر و

پایدار می‌باشند. بنابراین، توسعه انرژی‌های زیستی سازگار با محیط زیست، تجدیدپذیر و به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی به یکی از مهم‌ترین زمینه‌های پژوهشی انرژی و محیط زیست در سده ۲۱ تبدیل شده است. بیشتر کشورهای توسعه‌یافته به صورت چشمگیری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر سرمایه‌گذاری کرده‌اند (Hoque, 2012). جستجو برای منابع سوختی جایگزین به تولید بیودیزل^۱ به عنوان یک منبع انرژی جایگزین بهینه انجامیده است. بیودیزل سودمندی‌های بی‌شماری نسبت به پترویزل^۲ دارد، مانند غیرسمی بودن، تجزیه‌پذیری زیستی، آلودگی کمتر هوا، کاهش گازهای گلخانه‌ای تا ۴۱٪، داشتن گوگرد و ذره‌های خطرناک کمتر، ایمنی بالاتر (نقطه آتشگیری بالاتر) و روانکاری بهتر (Mahmudul et al., 2017).

به منظور حفظ منابع و کاهش آلاینده‌ها، گرایش به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و سوخت‌های جایگزین موضوعی بدیهی به نظر می‌رسد. بیشتر بیودیزل تجاری در سراسر جهان از راه واکنش ترانس استریفیکاسیون^۳ در راکتورهای مخزن همزن‌دار پیوسته تولید می‌شود. تولید بیودیزل در این راکتورها با دشواری‌هایی مانند سرعت کم واکنش، زمان واکنش طولانی، نیاز به حجم، وزن و فضای زیاد برای تجهیزات، حساسیت به کیفیت مواد واکنش، نیاز به انرژی و غیراقتصادی بودن همراه است. بنابراین، بررسی فناوری‌های نوین و جایگزین با هدف تشدید فرآیند تولید سوخت بیودیزل از نظر بازده تولید، زمان فرآیند، مصرف انرژی و کیفیت بیودیزل تولیدی بسیار اهمیت دارد. یکی از روش‌هایی که می‌تواند شرایط یاد شده را برآورده کند، روش پلاسمای سرد است که موجب افزایش عملکرد بیودیزل می‌شود.

پلاσμα، به عنوان چهارمین حالت اساسی ماده، پدیده طبیعی است. بیش از ۹۰٪ جهان در حالت پلاσμα است (برای نمونه، رعد و برق، ستارگان از جمله خورشید، شفق و مانند این‌ها). با توجه به این که می‌توان با تأمین انرژی کافی برای یک گاز خنثی از راه استفاده از گرما یا میدان الکترومغناطیسی، پلاσμα را به طور مصنوعی ایجاد کرد، در طول ۵۰ سال گذشته، دانشمندان و مهندسان به طور گسترده این حالت ماده را بررسی کرده‌اند تا بفهمند که چگونه شکل می‌گیرد. برای تولید آن و روش‌های استفاده از ویژگی‌های یگانه آن در مفهومی گسترده، می‌توان بیان کرد که پلاσμα گازی یونیزه شده است که شامل گونه‌های واکنشی مانند الکترون، یون باردار و رادیکال‌های آزاد است (Mandal et al., 2018). هنگامی که از پلاσμα برای تولید بیودیزل استفاده می‌شود، الکترون‌های پلاσμα با داشتن انرژی فعال‌سازی در فرآیند تولید شرکت می‌کنند. الکترون‌های پرانرژی به متانول حمله می‌کنند و سپس گروه هیدروکسیل را تحریک می‌کنند که موجب تشکیل یون‌های مونوکسید و شروع فرآیند ترانس استریفیکاسیون می‌شود. پلاσμα فناوری ساخت متفاوتی دارد و به شکل تخلیه سد دی‌الکتریک^۴، جت پلاσμα، تخلیه فرکانس رادیویی، تخلیه تاج، تخلیه قوس و مانند این‌ها است.

از دیگر راهکارهای پایش هوشمند ساختارهای کشاورزی و مدیریت تغییرهای اقلیمی فناوری اینترنت اشیا است. با استفاده از فناوری اینترنت اشیا می‌توان مصرف آب و دیگر نهاده‌ها در ساختارهای کشاورزی مانند گلخانه و مرغداری‌ها را مدیریت نمود تا با افزایش بهره‌وری بتوان بر کمبودهای ناشی از تغییرهای اقلیمی، پیروز شد.

نتیجه‌گیری

- ۱- گرمایش جهانی و تغییرهای اقلیمی، نظام‌های کشاورزی حاضر را دگرگون می‌سازد. سیاست‌های توسعه کشاورزی پایدار شامل کاهش مصرف کود و سم‌ها، حفظ منابع طبیعی و اعمال مدیریت منطقه‌ای، برای رویارویی با این چالش‌ها پیشنهاد شده‌اند.
- ۲- تغییرهای اقلیمی، تولید محصول‌های اساسی مانند گندم، برنج و ذرت را در منطقه‌های گرمسیری و معتدل کاهش داده و امنیت غذایی جهانی را تهدید می‌کند.
- ۳- کاهش منابع تجدیدپذیر آب در منطقه‌های خشک و نیمه‌گرمسیری نیز از پیامدهای دیگر تغییرهای اقلیمی است.
- ۴- افزایش شدید دما و بارش‌های غیرمنتظره یا کاهش بارندگی، فشار زیادی بر محیط زیست و زندگی مردم وارد می‌کنند و می‌توانند به مهاجرت، تغییرهای فرهنگی و مرگ و میر بیانجامد.
- ۵- تغییرهای شدید اقلیمی موجب بی‌ثباتی جنگل‌ها، گسترش آفت‌ها و بیماری‌ها و افزایش احتمال گسترش بیماری‌های شدید می‌شوند. در جنگل‌های معتدل، انگل‌های گرمسیری ممکن است روی میزبان‌های جدید مستقر شوند که می‌تواند به کاهش جمعیت درختان و بی‌ثباتی بوم‌نظام بیانجامد.
- ۶- فناوری‌های مهار دی‌اکسیدکربن شامل جذب شیمیایی و فیزیکی، سرمازایی و جداسازی با غشا است. از دی‌اکسیدکربن می‌توان برای بازیافت نفت، تولید مواد شیمیایی، سوخت‌ها و تثبیت زیست‌توده استفاده کرد یا آن را در چاه‌های نفت، اقیانوس‌ها و منطقه‌های معدنی، دفع کرد.
- ۷- راهکارهایی مانند زنده کردن تالاب‌ها، کارهای زراعی پایدار و کشاورزی متراکم برای کاهش اثرهای تغییرهای اقلیمی در کشاورزی کارآمد هستند.
- ۸- روش‌های پیشرفته شخم حفاظتی و کشاورزی-جنگل نیز سودمندی‌های زیست‌محیطی متعددی از جمله کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف انرژی و افزایش تنوع زیستی خاک دارند.
- ۹- استفاده از سامانه‌های آبیاری کارآمد و روش‌های کاشت کم‌خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی، افزون بر کاهش تبخیر و حفظ منابع آبی، می‌توانند به حفظ کربن خاک و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کنند.
- ۱۰- تغییرهای اقلیمی اثرهای مهمی بر مکانیزاسیون کشاورزی دارد و بخش‌های مختلفی از جمله منابع تولید توان، ماشین‌های خاک‌ورزی، کاشت و داشت، برداشت و فرآوری محصول‌ها را زیر تأثیر قرار می‌دهند. افزایش دما موجب کاهش بازده موتورهای سوختی، افزایش مصرف سوخت و نیاز به سامانه‌های خنک‌کننده و تهویه مطبوع می‌شود.
- ۱۱- در بخش ماشین‌های خاک‌ورزی، کاهش رطوبت و افزایش سیلاب‌ها، کارهای خاک‌ورزی را پیچیده‌تر و حجم آن‌ها را افزایش می‌دهد که به کاهش حاصلخیزی خاک می‌انجامد. ماشین‌های کاشت و داشت نیز به دلیل افزایش آفت‌ها و بیماری‌های گیاهی نیازمند کاربرد روش‌های پیشرفته‌تر برای محافظت از محصول‌ها هستند.
- ۱۲- تغییرهای اقلیمی بر برداشت محصول‌ها نیز اثر می‌گذارند. بارندگی پیش از رسیدن محصول یا سیلاب‌ها ممکن است کیفیت محصول‌ها را کاهش دهد و به برداشت زودهنگام بیانجامد.
- ۱۳- خسارت‌های مکانیزاسیون کشاورزی شامل آلودگی محیط زیست و منابع طبیعی به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی و فشار بر خاک است. استفاده از فناوری‌های نوین مانند سلول‌های خورشیدی و سامانه‌های هیبریدی می‌تواند مصرف

سوخت را کاهش دهد. از سوی دیگر، تغییرهای اقلیمی موجب کاهش بازده ماشین‌های کشاورزی، افزایش مصرف انرژی و تأثیر بر منابع آب و خاک می‌شود.

۱۴- بیودیزل به عنوان جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی، سودمندی‌های زیادی از جمله آلودگی کمتر و کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد، اما تولید آن با چالش‌هایی مانند هزینه زیاد و فرآیندهای پیچیده روبه‌رو است. فناوری پلاسما به بهبود فرآیند تولید بیودیزل کمک می‌کند. فناوری اینترنت اشیاء نیز نقش کلیدی در بهینه‌سازی مصرف منابع کشاورزی و کاهش اثرهای تغییرهای اقلیمی دارند.

منابع

- بهروزی لار، منصور. (مترجم). (۱۳۹۰). مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی، نویسنده دانیل آر هانت. انتشارات دانشگاه تهران.
- حسابی، حدیث؛ جلیلیان، نگین. (۱۳۹۴). بررسی اثرات اقتصادی تغییرات اقلیمی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای. کنفرانس بین‌المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری، تبریز.
- حیدری، نادر. (۱۳۹۷). مسائل و راهکارهای تسکین تغییر اقلیم از جنبه‌های مدیریت تولید در کشاورزی. دوفصلنامه آب و توسعه پایدار، دانشگاه فردوسی، مشهد، ۵(۱)، ۴۵-۵۴.
- شفیعی، سید احمد. (مترجم). (۱۳۹۶). اصول ماشین‌های کشاورزی. نویسنده کپنر، آر. انتشارات دانشگاه تهران.
- شیخ بیگلر اسلام، بابک. (۱۳۹۸). اثرات رویدادهای آب و هوایی حتمی مرتبط با تغییرات اقلیمی: از گذشته تا حال، چهاردهمین کنگره انجمن جغرافیایی ایران، انجمن جغرافیایی ایران، تهران.
- عتابی، فریده؛ ناظمی، مهرداد؛ صدیقی، امیررضا؛ توکلی، نرمین. (۱۳۸۹). بررسی تعهدات و مقررات کنوانسیون آب و هوا و ارزیابی نحوه اجرای آن در جمهوری اسلامی ایران. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۲، ۱۵۳-۱۴۵.
- کاویانی راد، عبدالله؛ زارعی، مهدی؛ گلکار، فروغ. (۱۴۰۰). کشاورزی پایدار و تقابل با تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی. ششمین کنگره ملی سالانه یافته‌های نوین، در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، مجتمع آموزش عالی سراوان، تهران.
- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B. et al. (2015). Rising temperatures reduce global wheat production, *Nature Climate Change*, 5(2):143-147.
- Bates B., Kundzewicz Z.W., Wu, S. & Palutik, J. (2008). *Climate change and water*. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Technical paper VI, IPCC Secretariat, Geneva, 210.
- Bayer Crop Science. (2014). Ripe for Robots: Automated agricultural helpers. Retrieved from: http://www.cropscience.bayer.com/en/magazine/Rip_e-for-Robots.aspx, pp. 1-3 (July 4th, 2014).
- Hoque, S. (2012). Building simulation tools for retrofitting residential structures. *Energy Engineering*, 109(3), 53-74.
- Huang, D., Zhou, H. & Lin, L. (2012). Biodiesel: an alternative to conventional fuel. *Energy Procedia*, 16, 1874-1885.
- Mahmudul, H.M., Hagos, F.Y., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W. et al. (2017). Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 497-509.
- Mall, R.K., Gupta, A. & Sonkar, G. 2016. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering Crop Modification, Nutrition, and Food Production*, 1st Edition (pp. 23-46). Elsevier.

- نقش مهندسی بیوسیستم در ارائه راهبردهای بوم‌سازگار برای کاهش اثرهای تغییر اقلیم و دگرگونی‌های جهانی بر کشاورزی و منابع طبیعی ایران
- Makim, R. (2014). Tractor the future with robotics. *Precision Farming Dealer*. Retrieved from: <http://www.precisionfarmingdealer.com/content/tractor-future-robotics>, pp. 1-3 (January 196, 2015).
- Mandal, R., Singh, A. & Singh, A.P. (2018). Recent developments in cold plasma decontamination technology in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 93-103.

Role of Biosystem Engineering in Providing Strategies for An Ecofriendly Approach to Reduce Climate Change Effects and Global Developments on Iran's Agriculture and Natural Resources

Abbaspour Gilandeh, Y., Mohtasebi, S.S.¹, Jafari, A. and Ghasemi Varnamkhasti, M.²

Global warming and climate change are not only an environmental threat, but also a multidimensional challenge to the economy, society and global security. They are a combination of natural processes such as changes in solar radiation and human factors such as greenhouse gas emissions from fossil fuel consumption, deforestation and industrial production. The impacts of global warming and climate change go beyond increasing global average temperatures and include melting polar ice caps, rising sea levels, more frequent floods and droughts and a decline in biodiversity. They also exacerbate important social and economic impacts such as forced migration, food crises and increasing poverty. Biosystems engineering can play a role in confronting this crisis and providing ecofriendly strategies to reduce the effects of climate change and global developments on Iran's agriculture and natural resources. This field, using advanced technologies, artificial intelligence, and the internet of things, helps optimize resource consumption, reduce greenhouse gas emissions, and increase productivity in agriculture. Using smart irrigation and water resource management systems to optimize use of water and soil resources, designing more efficient agricultural machinery, and developing sustainable agricultural methods are among the solutions that can help reduce the effects of climate change. Also, research into the use of machine learning algorithms to predict and manage environmental crises are other applications of biosystems engineering.

Key Words: Foresight, Global warming, Internet of things, Precision agriculture, Sustainable ecosystems.

1. Corresponding Author Email: mohtaseb@ut.ac.ir

2. Professors of University of Mohaghegh Ardabili (Invited Scholar), University of Tehran (Associate Member), University of Tehran (Invited Scholar) and Associate Professor of University of Shahrekord (Invited Scholar). Members of Agricultural Machinery Branch, Agricultural and Natural Resources Group, Academy of Science, I.R. Iran, respectively.