

راهبرد تعدیل تغییرات آب و هوایی در مناطق چای کاری



نگارندگان:

کوروش مجد سلیمی و کوروش فلک‌رو

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده چای

راهبرد تعدیل تغییرات آب و هوایی در مناطق چای کاری

نگارندگان:

کوروش مجد سلیمی^۱ و کوروش فلک‌رو^۲

۱- عضو هیات علمی پژوهشکده چای موسسه تحقیقات علوم باغبانی

۲- محقق پژوهشکده چای موسسه تحقیقات علوم باغبانی



راهبرد تعدیل تغییرات آب و هوایی در مناطق چای کاری

نگارندگان: کوروش مجد سلیمی و کوروش فلک‌رو

ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی - پژوهشکده چای

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۰

مسئولیت درستی مطالب با نگارندگان است.

این نشریه فنی با شماره ۵۹۸۰۱ مورخ ۱۴۰۰/۴/۵ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: گیلان - لاهیجان - خیابان شیخ زاهد گیلانی - پژوهشکده چای

تلفن: ۰۱۳۴۲۴۲۴۰۰۳ - دورنگار: ۰۱۳۴۲۴۲۵۵۷۵ - کد پستی: ۴۴۱۵۹۷۷۷۸۸ - صندوق پستی: ۳۴/۱۱۶۳

<http://trc.hsri.ac.ir>

فهرست مطالب

صفحه	عناوین
۱.....	مقدمه
۲.....	تغییر اقلیم چیست؟
۲.....	آب و هوا
۲.....	اقلیم
۳.....	گازهای گل خانه‌ای و تغییر اقلیم
۴.....	تغییر اقلیم در مناطق چای کاری شمال کشور
۵.....	تعدیل اقلیم
۷.....	سازگاری اقلیم
۸.....	راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای تاب‌آوری تغییر اقلیم
۹.....	شیوه‌های کشاورزی خوب برای تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییر اقلیم
۱۳.....	تنوع بخشی کشاورزی
۱۷.....	مدیریت خاک
۱۸.....	مدیریت آب
۲۱.....	مدیریت آفت و بیماری
۲۲.....	راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای افزایش گرده افشانی حشرات
۲۳.....	راهبردهای فناوری، بیمه و آیین نامه‌ای برای افزایش تاب‌آوری اقلیمی
۲۴.....	هزینه‌ها و موانع پذیرش شیوه‌های تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییر اقلیم
۲۵.....	ضرورت تشکیل انجمن‌های تخصصی برای مقابله با تغییرات اقلیم
۲۶.....	نتیجه‌گیری
۲۹.....	فهرست منابع

مقدمه

امروزه تغییرات اقلیمی به عنوان چالشی بزرگ، جهانی و اثرگذار شناخته و پذیرفته شده است. نکته مهم در این خصوص پیامدهای این تغییرات و چگونگی سازگاری با آن‌ها و همچنین کاهش علل ایجاد تغییرات اقلیمی است. در حال حاضر، شواهد علمی و قطعی در مورد گرم شدن زمین وجود دارد و میزان افزایش بی سابقه دما در سطح زمین و جو که ناشی از فعالیت‌های انسانی بوده، شاهی بر این موضوع است.

تأثیرات تغییر اقلیم در مناطق مختلف کره زمین بسته به شرایط اقلیمی و موقعیت مکانی منطقه متفاوت است و ساکنان مناطق مختلف کره زمین با توجه به میزان آسیب پذیری آن‌ها و میزان آمادگی شان برای مقابله و سازگاری با تغییر اقلیم، با شدت‌های مختلف تحت تأثیر این پدیده قرار می گیرند.

افزایش بی ثباتی و تغییر پذیری اقلیمی در حال افزایش است و باعث شده تا عوامل اجتماعی، فرهنگی، سیاسی، اقتصادی، بهداشتی و محیطی متعددی که در ارتباط مستقیم با شهرنشینی، کاهش نیروی کار در مزرعه، تغییرات بازار و بی ثباتی سیاسی هستند، امنیت نظام‌های تولیدی چای را تهدید کند. نظام‌های تولیدی چای به شبکه به هم پیوسته‌ی فعالیت‌ها، منابع و افراد اطلاق می شود که با حفظ یکپارچگی بوم شناختی^۱ منابع طبیعی به کاشت، برداشت، فرآوری، بسته بندی، توزیع، بازاریابی و آماده سازی چای برای مصرف انسان، می پردازد. تغییرات اقلیم یکی از مهم ترین موضوعات برای چای و سایر نظام‌های کشاورزی است، زیرا باعث تشدید بسیاری از مشکلات پایدار این نظام‌ها می شود (هرفورس و همکاران، ۲۰۱۷؛ مایر و همکاران، ۲۰۱۷).

نظام‌های چای، از ابتدای تولید تا مصرف آن، به طور فزاینده‌ای در معرض تنش‌های اقلیمی مثل تنش‌های ناگهانی ناشی از خشک سالی شدید و بارندگی تا عوامل تنش زای بلندمدت مانند افزایش دما قرار می گیرند (ویجراتنه، ۱۹۹۶؛ احمد و همکاران، ۲۰۱۴ a, b؛ بویه و همکاران، ۲۰۱۶؛ لی و همکاران، ۲۰۱۷؛ مجد سلیمی، ۱۳۹۷). این عوامل اقلیمی با روش‌های مختلفی شامل افزایش فرسایش خاک، کاهش منابع آبی، کاهش عملکرد و کیفیت برگ، کاهش مقاومت (تاب آوری) گیاه چای و افزایش آسیب پذیری چای کاران (وخامت وضعیت معیشت)، نظام‌های چای را تحت تأثیر قرار می دهند (احمد و همکاران، ۲۰۱۴ a, b؛ کوالیک و همکاران، ۲۰۱۴)، همچنین عوامل اقلیمی، سایر شوک‌های اجتماعی- اقتصادی از جمله کاهش نیروی کار در مزرعه، اختلال در زنجیره‌های ارزش تولید، بحران‌های سیاسی، تغییر در تقاضای مصرف کننده و افزایش نوسانات قیمت را در نظام‌های چای تشدید می کنند. در نهایت، همه این عوامل استرس زا، آسیب پذیری نظام‌های چای را برای معیشت کشاورزان و کیفیت و کمیت تولید چای، افزایش می دهند. نظام‌های چای مانند سایر نظام‌های کشاورزی، در زمینه تغییرات اقلیم با دو چالش اساسی، تعدیل^۲ و سازگاری^۳ مواجه هستند (پاچوری و همکاران، ۲۰۱۴). در این نشریه، علاوه بر آشنایی با پدیده‌ی تغییر اقلیم و اثرات آن بر مناطق چای کاری، روش‌های اتخاذ شده به منظور توسعه نظام‌های چای متحمل به تغییرات اقلیم و حمایت از ذی نفعان تولید چای بویژه معیشت چای کاران، ارائه شده است.

۱- بوم شناختی یا بوم شناسی (Ecology)، دانش بررسی برهمکنش‌های میان جانداران و زیست بوم (محیط زندگی) آنها است. به عبارت دیگر، بوم شناختی به اثرات محیط بر موجودات زنده، اثرات موجود زنده بر محیط و روابط متقابل بین موجودات زنده، اطلاق می شود.

۲- تعدیل یا تخفیف (Mitigation): کاهش و تنظیم عوارض ناشی از ایجاد مخاطرات آب و هوایی است.

۳- سازگاری (Adaptation): شناخت و بررسی وضع موجود و ایجاد هماهنگی به منظور بهبود شرایط ایجاد شده و جلوگیری از ادامه یا تکرار مخاطرات است.

تغییر اقلیم چیست؟

یکی از پدیده‌هایی که شرایط آب و هوایی مناطق مختلف جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، پدیده‌ی تغییر اقلیم است. تغییر اقلیم نشان دهنده‌ی تغییرات غیرعادی در اقلیم درون اتمسفر زمین و پیامدهای ناشی از آن در قسمت‌های مختلف کره زمین است. برای درک مفهوم تغییر اقلیم ابتدا بایستی تفاوت بین تغییر اقلیم و آب و هوا را مشخص کرد.

آب و هوا

آب و هوا یا وضعیت جوی عبارت از شرایط آب و هوایی در یک مکان و زمان مشخص است. مهم‌ترین جنبه‌های آب و هوا توسط هر فردی در طول روز قابل درک و احساس است که شامل بارش، رطوبت، باد، تابش خورشید، ابرناکی و دما است. علاوه بر این، وقایع شدیدی از قبیل طوفان، خشک‌سالی، تگرگ و رگبار و غیره را نیز شامل می‌شود. آب و هوا به شدت متغیر است و ممکن است در یک دوره زمانی کوتاه و حتی در طول یک روز تغییر کند. برای مثال ممکن است از صبح تا ظهر بارش باران داشته باشیم، بعداز ظهر هوا ابری باشد و شب هوا صاف شود.

اقلیم

اقلیم شرایط آب و هوایی غالب در یک منطقه در حالت کلی و در بلند مدت است. به‌عنوان مثال اقلیم خشک، مرطوب یا معتدل که همه این اقلیم‌ها ممکن است در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب، گرم و سرد، ابری و صاف یا خشک‌سالی یا ترسالی قرار بگیرند. عوامل مختلفی در تعیین یک اقلیم خاص موثرند که شامل متوسط دمای هوا، رطوبت، بارش و غیره است.

بر این اساس تغییر اقلیم به معنی هر نوع تغییر در الگوی کلی آب و هوایی یک منطقه یا کره زمین (در بلند مدت) است. موارد زیر در بلند مدت به‌عنوان تغییر اقلیم حساب می‌شوند:

۱- افزایش میانگین دما؛

۲- کاهش بارش؛

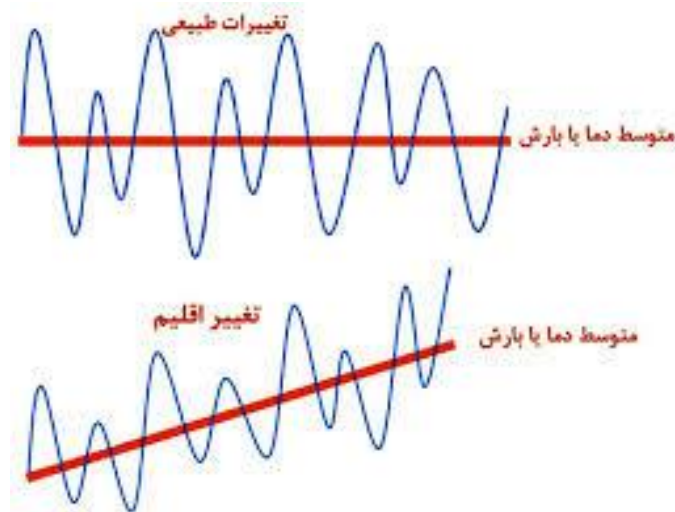
۳- تغییر شکل بارش‌ها از باران به برف و برعکس؛

۴- افزایش رخداد خشک‌سالی یا سیل در یک منطقه.

در حقیقت بر اثر تغییر اقلیم، شرایط آب و هوایی یک منطقه گرم‌تر، سردتر، خشک‌تر یا مرطوب‌تر می‌شود. تغییر اقلیم می‌تواند اثر مهم و قابل توجهی روی چرخه‌ی هیدرولوژی از طریق بارش، تبخیر-تعرق، رطوبت خاک و دما داشته باشد. چرخه‌ی هیدرولوژی^۴ با بارش و تبخیر بیشتر دچار دگرگونی می‌شود. با این حال، بارش اضافی ایجاد شده به‌صورت نامتوازن در سرتاسر جهان توزیع خواهد شد. به‌طوری که برخی از نقاط جهان ممکن است شاهد کاهش شدید بارش یا تغییرات کلی در مدت زمان فصول خشک و مرطوب باشند. بایستی به این نکته توجه کرد که تغییر اقلیم

۴- چرخه هیدرولوژی: گردش آب در طبیعت که به آن سیکل هیدرولوژی یا چرخه آب گفته می‌شود، عبارت است از حرکت و جابه‌جایی آب در قسمت‌های مختلف که تحت تاثیر نیروی متفاوتی از جمله نیروی جاذبه، نیروی ثقل، تغییرات فشار و انرژی خورشیدی است.

با تغییرات طبیعی آب و هوا که در برخی از سال‌ها رخ می‌دهد، تفاوت دارد؛ بدین معنی که در شرایط طبیعی ممکن است در برخی سال‌ها دما یا بارش، افزایش و در برخی از سال‌ها کاهش یابد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه تغییرات طبیعی آب و هوا نسبت به تغییر اقلیم

گازهای گل‌خانه‌ای و تغییر اقلیم

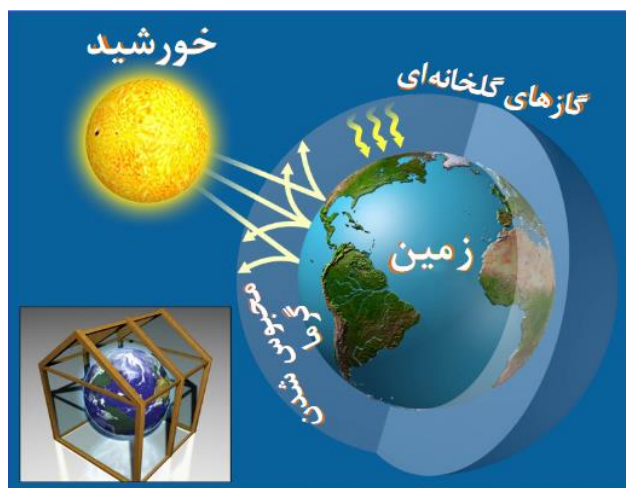
در طول حیات کره زمین، دلایل طبیعی متفاوتی از قبیل فعالیت آتشفشان‌ها و انحراف در مدارهای چرخش زمین باعث شده تا تغییر اقلیم در سطح کره زمین رخ داده است؛ اما تغییر اقلیمی که امروزه بشر شاهد آن است ناشی از فعالیت‌های انسان در چند قرن اخیر است. در واقع چیزی که باعث ایجاد تغییر اقلیم در زمین شده است، تغییر غلظت گازهای موجود در اتمسفر است که به این گازها، گازهای گل‌خانه‌ای می‌گویند.

جو یا هوایی که در اطراف ما وجود دارد شبیه یک گل‌خانه است. گازهای گل‌خانه‌ای در جو، درست مثل شیشه‌های گل‌خانه عمل می‌کنند. نور خورشید پس از عبور از لایه‌های گازهای گل‌خانه‌ای وارد جو زمین می‌شود. زمانی که نور خورشید به سطح زمین می‌رسد، مقداری از انرژی گرمایی آن توسط خاک، آب و سایر موجودات جذب می‌شود، مقداری هم از زمین بازتاب می‌شود و به سمت جو برمی‌گردد. وجود گازهای گل‌خانه‌ای باعث می‌شود انرژی بازتاب‌شده در جو زمین باقی بماند و به فضا برنگردد (شکل ۲). اگر مقدار گازهای گل‌خانه‌ای در جو از حد طبیعی آن بالاتر باشد، انرژی کمتری به فضا برمی‌گردد؛ در نتیجه جو زمین گرم‌تر می‌شود و به دنبال آن دمای کره زمین بالا می‌رود. اثر گل‌خانه‌ای، کره زمین را به اندازه‌ای گرم نگه می‌دارد که ما انسان‌ها بتوانیم بر روی آن زندگی کنیم؛ اما اگر اثر گل‌خانه‌ای شدت یابد، ممکن است دمای زمین به قدری زیاد شود که ما و بقیه گیاهان و جانوران نتوانیم گرمای آن را تحمل کنیم و چرخه‌ی فرایندهای طبیعی در زمین مختل می‌شود و تغییر می‌یابد.

اگر دمای هوا فقط چند روز، بالاتر از حد طبیعی باشد، چندان مهم نیست؛ چون دمای زمین تقریباً ثابت می‌ماند. اما اگر دمای هوا مدت زیادی به‌طور مداوم بالا برود، کره زمین با مشکلات زیادی مواجه خواهد شد. دمای متوسط زمین

در طول قرن گذشته تقریباً ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس افزایش یافته است؛ دانشمندان انتظار دارند که در طول ۱۰۰ سال آینده متوسط دمای زمین ۱/۵ تا ۳ درجه‌ی سلسیوس افزایش یابد.

شاید به نظر برسد "این که چیزی نیست"، اما همین مقدار می‌تواند آب و هوای زمین را به‌طور بی‌سابقه‌ای تغییر دهد. زمانی که این پدیده رخ دهد، ممکن است تغییرات بزرگی در سطح آب اقیانوس‌ها، مزارع کشاورزی و هوایی که تنفس می‌کنیم یا آبی که می‌نوشیم، رخ دهد. با گرم شدن آب و هوا و تاثیر آن بر مزارع کشاورزی، منابع غذایی انسان‌ها کاهش می‌یابد و به‌تبع آن امنیت غذایی نیز به خطر می‌افتد.



شکل ۲- پدیده‌ی گلخانه‌ای و گرم شدن کره زمین

تغییر اقلیم در مناطق چای کاری شمال کشور

استان گیلان بیشترین میزان بارش را در کشور دارا می‌باشد. با وجود بارندگی‌های سالانه‌ی تقریباً مناسب (میانگین تقریبی ۱۰۰۰ میلی‌متر) در مناطق چای کاری این استان به‌علت توزیع نامناسب آن طی دوره رشد چای (فروردین تا آبان ماه)، تولید کنندگان آن به شدت از کاهش عملکرد کمی و کیفی این محصول در دوره کم‌آبی رنج می‌برند. بیشتر از ۶۰ درصد باغ‌های چای در کشور در اراضی مرتفع و شیب‌دار قرار دارند و عدم دسترسی به منابع آبی مطمئن و نداشتن زیرساخت‌های لازم و غیره برای ایجاد سامانه‌های آبیاری، معضل بزرگ مدیریت تولید اقتصادی و پایدار در این مناطق است.

با وجود همه تلاش‌هایی که شاید از طریق سازمان‌ها و ارگان‌های ذیربط برای توسعه‌ی سامانه‌های آبیاری در باغ‌های چای انجام شده است اما موانع زیادی مانند خرده مالکی و یکپارچه نبودن اراضی، نداشتن برنامه منسجم و اراده لازم و غیره برای این مسئله باعث شده تا با گذشت ۱۲۰ سال از شروع کشت چای در ایران، درصد باغ‌هایی که دارای سامانه‌ی آبیاری بارانی هستند، کمتر از ۵ درصد کل باغ‌های چای موجود باشد. این در حالی است که همه ذی‌نفعان و کارشناسان تولید چای به تاثیر چشم‌گیر و فوق‌العاده آبیاری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی چای آگاهی کامل دارند.

افزایش ناباورانه محصول چای در اثر آبیاری را می‌توان به سطح تعرق‌کننده بالای شاخساره‌های این گیاه در وجود عوامل آب و هوایی (مانند درجه حرارت، نور و تابش خورشیدی) مناسب برای رشد رویشی مداوم آن نسبت داد؛ بنابراین

گیاه چای برای رشد ایده‌آل بیشتر از همه به درجه حرارت ۱۸ تا ۲۵ درجه سلسیوس، بارندگی مناسب ماهانه، رطوبت نسبی هوای پیرامونی گیاه بیشتر از ۶۰ درصد و تابش خورشیدی مناسب (چای گیاهی سایه دوست است) نیاز دارد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که شرایط حدی دما و بارش استان گیلان در حال تغییر است. به نحوی که مقادیر و روزهای دارای بارش شامل مجموع و حداکثر بارش طی دو دهه اخیر، نوسان بیشتری را نسبت به دوره‌های قبل تجربه کرده‌اند؛ و از طرفی مقادیر دماهای حداقل شبانه و حداکثر روزانه دارای روندی افزایشی بوده‌اند. در حالی که تعداد روزهای دارای دماهای حداکثر و شب‌های حداقل، کاملاً عکس هم عمل کرده‌اند. به نحوی که تعداد شب‌های دارای دمای حداقل، کاهش یافته و تعداد روزهای دارای دمای حداکثر، افزایش یافته‌اند. به این ترتیب، اختلاف دمای شبانه روز کاهش یافته است که نشان دهنده‌ی تاثیرپذیری احتمالی از تغییر اقلیم می‌باشد. این مسئله بیانگر نیاز به داشتن برنامه‌ریزی بلندمدت به منظور آمادگی برای ارزیابی و کاهش اثرات احتمالی تغییر اقلیم و نیز داشتن انعطاف‌پذیری لازم بر اساس سناریوهای انتشار گازهای گل‌خانه‌ای است (احمدی و شعبانی، ۱۳۹۵؛ اوجی و داودی، ۱۳۹۳).

بررسی آمار و ارقام هواشناسی و مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که تغییر اقلیم در مناطق چای کاری شمال کشور به اشکال ذیل در حال وقوع است: کاهش میزان بارندگی در دوره رشد چای (شدت و مدت زمان بیشتر تنش آبی) بویژه در تابستان و افزایش باران‌های سیلابی به خصوص در دوره‌ی خواب گیاه در پاییز و زمستان (تنش پرآبی یا ماندابی)، وقوع یخ‌زدگی بهار، افزایش بیشینه‌ی درجه حرارت هوا از نظر تعداد روزهای وقوع و حد آستانه تحمل بوته‌های چای (بین ۳۰ تا ۳۵ درجه سلسیوس)، افزایش میزان تشعشعات خورشیدی رسیده به سطح تاج بوته‌های چای، افزایش ساعات یا روزهایی که بوته‌های چای در معرض کاهش رطوبت نسبی یا افزایش خشکی هوای پیرامونی گیاه قرار می‌گیرند.

با توجه به روند افزایش جهانی تغییر اقلیم که به طور یقین مناطق چای کاری شمال ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست، اثرات تغییر اقلیم خطر تولید چای در شرایط دیم را افزایش می‌دهد و ممکن است وضعیت اقتصادی کشاورزان خرده‌پا را متزلزل کند، حتی ممکن است انجام کشت دیم به قدری غیر اقتصادی شود که کشاورزان مجبور به رهاسازی، تغییر کشت و تغییر کاربری شوند (که در سال‌های اخیر این مسئله به وضوح قابل مشاهده است). بررسی‌ها نشان داده که خسارت‌های ناشی از تغییر اقلیم بر چای کاری دیم به مراتب از چای کاری آبی بیشتر است. تاثیرات تغییر اقلیم بر کشت دیم را می‌توان از طریق کاهش بارش، تغییر الگوهای زمانی بارش، افزایش دما، تغییر طول دوره رشد و محصول‌دهی بوته‌های چای متوجه شد؛ بنابراین با توجه به وابستگی کشت دیم به تمامی این ویژگی‌های اقلیمی، این نوع کشت به شدت تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد و به طور کلی آسیب‌پذیری چای کاری دیم نسبت به تغییر اقلیم بیشتر می‌شود.

تعدیل اقلیم

فعالیت‌های بشر موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای اتمسفر طی ۱۵۰ سال گذشته شده است (پاچاوری و همکاران، ۲۰۱۴). بیشترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به بخش‌های برق، کشاورزی، صنعت، حمل و نقل، تجارت و مسکونی است. برای مثال، بخش کشاورزی حدود ۱۹ تا ۲۹ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشر در سطح جهان را به خود اختصاص داده است (ورمیولن و همکاران، ۲۰۱۲). محققان و سیاست‌گذاران جهانی هشدار داده‌اند که برای جلوگیری از گرم شدن اتمسفر زمین و کاهش اثرات زیانبار آن بر نظام‌های اجتماعی-بوم‌شناختی، ضروری است که تا سال ۲۰۳۰، گازهای گلخانه‌ای کاهش یابد (ولنبرگ و همکاران، ۲۰۱۶).

استراتژی‌های تعدیل به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مدیریتی مختلف از قبیل کاهش کاربرد کودهای شیمیایی، مکانیزاسیون، افزایش ترسیب کربن، کشت و کار گیاهان زراعی (باغی) با هدف تولید سوخت‌های زیستی و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک و غیره اشاره دارد.

به منظور تعدیل پیامدهای تغییر اقلیم در چرخه‌ی تولید چای بایستی عوامل موثر در ایجاد این اثرات منفی در چرخه تولید چای (از تولید تا مصرف و ضایعات حاصل در این چرخه) کاهش یابد. دی‌اکسید کربن و متان مهم‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجادکننده تغییرات اقلیم هستند (پاچوری و همکاران، ۲۰۱۴). دی‌اکسید کربن تولیدشده در زنجیره ارزش چای (از باغ تا مصرف نوشابه آن) بیشتر ناشی از فعالیت‌هایی است که مستلزم احتراق سوخت‌های فسیلی و جنگل‌تراشی (شکل ۳) می‌باشد. گاز متان از گاوداری‌ها و تجزیه‌ی ضایعات آلی تولید می‌شود و کاربرد کود نیتروژنی در نظام کشاورزی نیز منبع انتشار گاز گلخانه‌ای اکسید نیتروژن است.



شکل ۳- چوب‌های دیوشده برای سوزاندن در کوره‌های خشک‌کن چای و جنگل‌تراشی عامل انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایجاد تغییر اقلیم

منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در سطح باغ در چرخه‌ی تولید چای شامل کاربرد کود، پاک‌تراشی زمین، قطع درختان، سوزاندن اندام هوایی یا شاخه و برگ‌ها (شکل ۴)، کاهش پوشش گیاهی و پرورش دام برای تامین کود و غذا است (مرکز تجارت بین‌المللی، ۲۰۱۴). در کارخانه‌های چای‌سازی که عملیات فرآوری چای در آن انجام می‌شود، منابع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل استفاده از سوخت‌های فسیلی (مانند گاز، زغال سنگ و نفت) و همچنین سوخت (احتراق) چوب برای فرآوری و خشک کردن چای همراه با جریان الکتریسیته (برق) برای راه‌اندازی تجهیزات فرآوری است (مرکز تجارت بین‌المللی، ۲۰۱۴). منابع دیگر انتشار گازهای گلخانه‌ای در چرخه‌ی تولید چای شامل استفاده از سوخت‌های فسیلی برای حمل و نقل و توزیع چای از کشورهای تولیدکننده به کشورهای مصرف‌کننده چای است.

فعالیت‌های مربوط به تعدیل پیامدهای اقلیم، فعالیت‌هایی هستند که باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین می‌شوند (پاچوری و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر فعالیت‌هایی که باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در زنجیره ارزش چای می‌شوند، راهبردهای تعدیل پیامدهای اقلیم می‌تواند در طی تولید، باعث افزایش ذخیره کربن در خاک شود. مدیریت غنی‌سازی خاک از مواد آلی برای تعدیل اقلیم باغ‌های چای بسیار مهم است؛ زیرا خاک، کربن بیشتری را نسبت به پوشش‌های دیگر و اتمسفر ذخیره می‌کند (مرکز تجارت بین‌المللی، ۲۰۱۴).



شکل ۴- سوزاندن اندام هوایی (شاخه و برگ) از راه‌های انتشار گاز دی اکسید کربن و موثر در تغییر اقلیم

سازگاری اقلیم

دومین چالش برای چرخه‌ی تولید چای، چالش سازگاری است. سازگاری به فعالیت‌هایی که به مدیریت اثرات اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی تغییرات اقلیم کمک می‌کند نیز گفته می‌شود (مرکز تجارت بین‌المللی، ۲۰۱۴). منظور از سازگاری، استراتژی‌های است که رشد و نمو گیاه طوری تنظیم شود که کمتر در معرض تغییرات اقلیمی به وقوع پیوسته قرار بگیرد. راه کارهای سازگاری بسته به سیستم کشاورزی، منطقه و سناریوهای تغییر اقلیمی، متفاوت است. از جمله این استراتژی‌ها می‌توان به تغییر تاریخ کاشت، تراکم کشت، استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرمتر، تغییر در تناوب کاشت، مدیریت آبیاری و غیره اشاره کرد.

سازگاری نسبت به تغییرات اقلیم برای چرخه‌ی تولید چای، بسیار مهم است، زیرا رشد چای وابسته به درجه حرارت می‌باشد؛ هنگامی که دما خارج از آستانه بحرانی گیاه چای باشد، رشد چای (بدون در نظر گرفتن سایر عوامل اقلیمی) افزایش یا کاهش می‌یابد (لیممسا، ۱۹۹۶). همچنین گیاه چای نسبت به سایر متغیرهای اقلیم شامل بارندگی، تابش خورشیدی و دی اکسید کربن آسیب‌پذیر است که این عوامل می‌تواند بر کیفیت و بهره‌وری چای تولیدی تأثیرگذار باشد.

برخی از نوآوری‌های سازگاری با اقلیم در چرخه‌ی تولید چای نیز به‌عنوان راهبردهای تعدیل اقلیم، عمل می‌کنند. علاوه بر این، بسیاری از این راهبردهای تعدیل و سازگاری اقلیم، منافع زیست‌محیطی و اجتماعی دیگری از جمله کاهش هزینه بهره‌برداری، ارتقای سلامت، کاهش ضایعات، افزایش محیط کسب و کار، افزایش بازاریابی محصولات و سود را فراهم می‌آورند (مرکز تجارت بین‌المللی، ۲۰۱۴).

تاب‌آور نمودن چرخه‌های تولید چای شامل یک چشم‌انداز جامع و بلندمدت است. با توجه به اینکه تغییر اقلیم، فرآیندی طولانی‌مدت و غیرقابل پیش‌بینی است، برنامه تعدیل و سازگاری اقلیم مستلزم طراحی مداوم و پیاده‌سازی راهبردهای مناسب برای دوره‌های زمانی مختلف در پاسخ به یک محیط دائماً در حال تغییر است (دینش و همکاران،

۲۰۱۷). برای مثال، با استفاده از شیوه‌های کشاورزی بوم‌شناختی^۵ می‌توان توانایی کشاورزان را برای پاسخ‌گویی به مخاطرات اقلیم بهبود بخشید. در عین حال از فناوری‌های پیشرفته مانند جمع‌آوری آب و آبیاری دقیق می‌توان ضمن حفظ منابع آب از آن برای پاسخ به تهدید خشک‌سالی استفاده کرد. همچنین می‌توان زمینه لازم برای توسعه گونه‌های جدید چای با مقاومت بیشتر در برابر آفات، بیماری‌ها و رویدادهای حادی آب و هوایی^۶ را فراهم کرد. در ادامه، نوآوری‌های کشاورزی به کار گرفته شده در مناطق چای کاری دنیا به‌منظور توسعه نظام‌های چای مقاوم در برابر تغییرات اقلیم با هدف حمایت از بهبود وضعیت معیشت کشاورزان و تقاضای مصرف‌کننده برای چای با کیفیت بالا، بررسی می‌شود.

راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای تاب‌آوری تغییر اقلیم

انسان‌ها با استفاده از روش‌های مختلفی می‌توانند نظام‌های کشاورزی را برای کشت محصولات متنوع، مدیریت کنند (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به فشار شدید ناشی از تغییرات به‌وجود آمده در ذخیره آب، حاصل‌خیزی خاک، علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، تغییرات اقلیم به توجه بیشتری در مدیریت نظام‌های کشاورزی نیاز دارد. عوامل مدیریتی در نظام‌های کشاورزی شامل اقدامات زراعی، افزایش شناخت و آگاهی و توجه به ارزش‌ها، حقوق منابع و مقررات است (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از سازوکار کشاورزی بوم‌شناختی به‌عنوان راهی برای سازگاری و تعدیل تغییرات اقلیم بایستی بین کشاورزان ترویج شود تا از طریق ترکیب گیاهان، حیوانات، حشرات، مردم و منابع طبیعی و همچنین برهمکنش اثرات آنها از فرآیندهای طبیعی، الگوبرداری یا باعث تقویت آنها شود (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). بر خلاف کشاورزی مدرن صنعتی که به نهاده‌های شیمیایی کشاورزی و افزایش مصرف آنها متکی است، رویکرد کشاورزی بوم‌شناختی قادر به ارائه خدمات بوم‌سازگان^۷ برای مدیریت حاصل‌خیزی خاک، بهره‌وری، گرده‌افشانی، کنترل آفات و بیماری‌ها و تعدیل خرداقلیم دارای شباهت بیشتری به اکوسیستم‌های طبیعی است (آلتیری، ۱۹۹۵). شیوه‌های مدیریت کشاورزی بوم‌شناختی بر بازیافت مواد مغذی و انرژی در یک مزرعه، تنوع گونه‌ها و منابع ژنتیکی از نظر مکانی و زمانی و نیز بر تعاملات و بهره‌وری در نظام کشاورزی به جای گونه‌های خاص متمرکز است (دی‌شاور، ۲۰۱۲). رویکرد کشاورزی بوم‌شناختی برای ایجاد تاب‌آوری در برابر ریسک اقلیمی بر اثرات متقابل (تعامل) بین ابعاد مختلف بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی نظام‌های کشاورزی (آلتیری، ۱۹۹۵) و کل نظام غذایی (گلازمن، ۲۰۱۵) تاکید دارد.

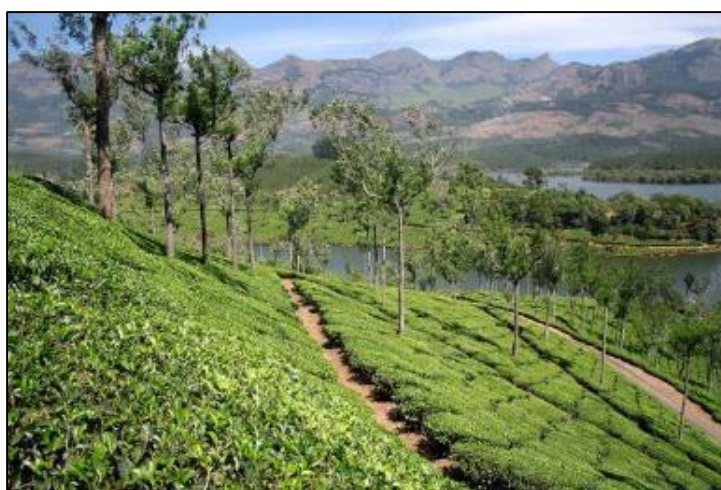
۵- اگر واکولوژیکال (Agroecological) یا کشاورزی بوم‌شناختی (بوم‌شناسی کشاورزی)، شاخه‌ای از کشاورزی پایدار است که در کاربرد، مفاهیم و اصول اکولوژی برای طراحی و مدیریت اکو نظام‌های (بوم‌سازگان‌های) زراعی را شامل می‌شود. در کشاورزی بوم‌شناختی به جای استفاده زیاد از نهاده‌های خارجی، به مدیریت و کنترل بوم‌سازگان مزرعه بیشتر توجه می‌شود.

۶- پدیده حادی آب و هوایی (Extreme climate event): هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) در سومین گزارش خود در دوره ۲۱۰۰-۱۹۹۰ افزایش میانگین دمای جهان از ۱/۴ الی ۵/۸ سانتی‌گراد را هشدار دادند. این گرمایش جهانی سبب تغییر و افزایش شدت و فراوانی وقوع پدیده‌های حادی اقلیمی می‌شود. نمایه‌های حادی اقلیمی توسط سازمان جهانی هواشناسی (WMO) به‌عنوان پدیده‌های اقلیمی و هواشناسی نادر که فراتر (یا فراتر) از یک حد آستانه‌اند، تعریف شده است. مانند سیل، خشک‌سالی، دماهای بالا و غیره. مسئله آب و کشاورزی از مهم‌ترین قسمت‌هایی هستند که از رویدادهای حادی تأثیر می‌پذیرند.

۷- ارتباط بین رفاه انسانی و بوم‌سازگان، خدمات بوم‌سازگان نامیده می‌شود.

با این وجود، در بیشتر نظام‌های کشاورزی مدرن امروزی، انرژی و مواد مغذی در هنگام برداشت به خارج از نظام تولید انتقال می‌یابد و برای حفظ عملکرد این نظام‌ها، به ورودی‌های (نهادها) خارجی نیاز است (احمد و همکاران، ۲۰۱۵). مدیران و کارگرانی که در نظام‌های کشاورزی مشغول به کار هستند بایستی انرژی و مواد مغذی را از طریق شیوه‌های مدیریتی دیگر از جمله استفاده از کودها به‌منظور دستیابی به بهره‌وری بیشتر به داخل نظام بازگردانند.

با توجه به افزایش تحولات جهانی بسیاری از شیوه‌های مدیریت کشاورزی مانند افزودن کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات و علف‌کش‌ها که باعث افزایش آلودگی محیط‌زیست و پیامدهای دیگر از جمله آلودگی هوا و آب، تخلیه خاک، از بین رفتن تنوع زیستی و فشار بر سوخت‌های فسیلی محدود و انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال اجرا هستند (گلایزن، ۲۰۱۵). برای مثال، استفاده گسترده از نهاده‌های شیمیایی کشاورزی می‌تواند باعث تخریب یا زوال ماده آلی خاک در باغ‌های چای در نتیجه کاهش ظرفیت نگهداشت آب و حاصل‌خیزی خاک‌ها شود که در نهایت باعث از بین رفتن کامل نظام‌های تولید چای و همچنین چشم‌اندازهای اطراف آن (شکل ۵) می‌شود. هم‌زمان، شرکت‌های تولیدی چای و کشاورزان خرده مالک، ممکن است قدرت خرید شیوه‌های سازگاری که شامل نهادهای پرهزینه از جمله کودها، سموم دفع آفات و علف‌کش‌ها می‌باشند را نداشته باشند.



شکل ۵- نمایی از نظام تولید چای و چشم‌اندازهای اطراف آن

شیوه‌های کشاورزی خوب برای تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییر اقلیم

سرمایه‌گذاری در راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی به‌عنوان روشی موثر در ایجاد تاب‌آوری اقلیم در نظام‌های تولید چای شناخته می‌شود، زیرا این روش‌ها از سلامتی انسان و محیط (بدون مصرف نهاده‌های پرهزینه) پشتیبانی می‌کنند (احمد و استپ، ۲۰۱۶). شیوه‌های مختلف مدیریت کشاورزی بوم‌شناختی متعددی برای تاب‌آوری اقلیمی ذکر شده است. این شیوه‌ها ممکن است به‌عنوان شیوه‌های کشاورزی خوب^۸ (GAP) برای تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییرات اقلیمی در نظر گرفته شوند که به‌طور خلاصه شامل موارد زیر است:

^۸. Good Agricultural Practices

- ۱- تنوع بخشی کشاورزی شامل دارکشت‌ورزی^۹ (شکل ۶)، تناوب زراعی، کشت مخلوط، کشت موزاییکی منظر^{۱۰} (شکل ۷)، چندکشتی، ایجاد گیاه پوششی و حفظ تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری بومی (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵؛ لین، ۲۰۱۱؛ هودن و همکاران، ۲۰۰۷)؛
- ۲- کاشت درخت و حفظ پوشش رویشی به‌عنوان بادشکن (شکل ۸- راست)، کاشت درختان سایه‌انداز (شکل ۸ - چپ)، استفاده از گیاه پوششی و جلوگیری از جنگل‌تراشی (کوتسکای، ۲۰۱۵)؛
- ۳- ریشه‌کشی بوته‌های چای پیر و قدیمی با تولید غیراقتصادی و جایگزینی آنها با ارقام متحمل به شرایط آب و هوایی جدید و دارای خسارت‌زایی کمتر حاصل از تغییرات اقلیمی بیشتر در آینده؛
- ۴- معرفی و ترویج استفاده از کلون‌ها و ارقام چای سازگار به تنش‌های زیستی (آفات و بیماری‌ها و غیره) و غیرزیستی (خشک‌سالی، یخ‌زدگی، دمای بالا و غیره) ناشی از تغییر اقلیم برای موقعیت‌های کشت مختلف؛
- ۵- مدیریت مواد آلی خاک و ترسیب کربن^{۱۱} از طریق عملیات بی‌خاک‌ورزی یا بدون شخم (فوه‌ر و چروت، ۲۰۱۵)، نظام‌های زراعی-دامی مختلط (تورنتون و هرریرو، ۲۰۱۴)، کشاورزی ارگانیک (لوتر، ۲۰۰۳)، مدیریت کود، مالچ پاشی، گیاه پوششی، به کارگیری عملیات به باغی مناسب و مدیریت یکپارچه عناصر غذایی؛



شکل ۶- تنوع بخشی کشت چای به‌صورت دارکشت‌ورزی از راه‌های تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم

۹- اگروفارستری (Agroforestry) یا دارکشت‌ورزی (جنگل-زراعی) عبارت از یک واژه جامع در مورد یک نظام بهره‌برداری از زمین و تکنولوژی می‌باشد که بر اساس آن گیاهان چندساله چوبی، گیاهان زراعی و حیوانات از طریق برقراری آرایش‌های مکانی و زمانی مطلوب، استفاده می‌شود. همچنین در این نظام اثرات متقابل اقتصادی و بوم‌شناسی در بین اجزای مختلف آن وجود دارد. به عبارت ساده، دارکشت‌ورزی تلفیق مدیریت کشاورزی و پرورش درخت است.

۱۰- منطقه ناهمگن از نظر کشت که از بوم‌سازگان‌های مختلف تشکیل شده است.

۱۱- به روند ذخیره کربن موجود در هوا در خاک و گیاهان، ترسیب کربن گفته می‌شود. این روند با ذخیره کربن از هوا باعث می‌شود که از میزان کربن دی اکسید که گازی گلخانه‌ای است، کاسته شده و به بهبود کیفیت هوا کمک می‌کند.



شکل ۷- تنوع بخشی کشت چای به صورت موزاییکی منظر



شکل ۸- کشت درختان در اطراف باغ چای به عنوان بادشکن (سمت راست) و کشت درختان سایه‌انداز در باغ‌های چای (سمت چپ) از راه‌های تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم

۶- مدیریت مصرف و منابع آب از طریق بهبود تخصیص آب یا راندمان آبیاری (چارتزولاکی و برتاکی، ۲۰۱۵)، ارتقای بهره‌وری مصرف آب (مجدسلیمی، ۱۳۹۶)، استفاده از سامانه‌های نوین و با مصرف کمتر آبیاری، هوشمندسازی سامانه‌های آبیاری؛ مدیریت کشاورزی دقیق (لال و همکاران، ۲۰۱۱)، جمع‌آوری آب باران (شکل ۹) (پاندی و همکاران، ۲۰۰۳) و روش‌های مختلف حفاظت از آب و خاک (دلگادو و همکاران، ۲۰۱۱)، تغییر جهت کشت از حالت در جهت شیب به حالت عمود بر شیب؛

۷- کنترل آفات و بیماری‌ها از طریق مدیریت یکپارچه آفات و راهبرد رانش- ربایش^{۱۲} (میدگا و همکاران، ۲۰۱۵)؛

۸- جابه‌جایی و انتقال بوم‌سازگان کشاورزی به مکان‌های مناسب‌تر (فاراوتا و همکاران، ۲۰۱۲).

۱۲- راهبرد رانش- ربایش یکی از روش‌های جدید مبارزه با آفات است که در آن از محرک‌های تغییر رفتار برای دست‌کاری در توزیع و فراوانی حشرات آفت و یا دشمنان طبیعی استفاده می‌شود.

راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی که به‌عنوان راهبردهای سازگاری و تعدیل پیامدهای اقلیمی عمل می‌کنند، شامل مواردی است که باعث کاهش فرسایش خاک، کاهش آبشویی نیتروژن و فسفر (مجد سلیمی و شایگان، ۱۳۹۶)، حفظ رطوبت خاک، اصلاح خرداقلیم برای کاهش درجه حرارت بالا، جلوگیری از کشت اراضی جدید و ترسیب کربن خاک می‌شود. شیوه‌های کشاورزی بوم‌شناختی که باعث افزایش مقدار کربن ترسیب‌شده در خاک می‌شود عبارتند از دارکشت‌ورزی، کاشت درختان، جلوگیری از جنگل‌تراشی، کم‌خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی، ایجاد گیاه پوششی، مالچ‌پاشی (شکل ۱۰)، مدیریت پایدار جنگل‌ها و سازه‌های مختلف حفاظت از خاک و آب (احمد و استپ، ۲۰۱۶) است.



شکل ۹- جمع‌آوری آب باران (آب سبز) از شیوه‌های کشاورزی خوب در مناطق چای کاری
برای تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم



شکل ۱۰- استفاده از انواع مالچ در بین ردیف‌های چای کاری از راه‌های کشاورزی بوم‌شناختی
برای تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم

تنوع بخشی^{۱۳} کشاورزی

تنوع بخشی در کشاورزی به عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای ایجاد تاب آوری معرفی شده است (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵؛ احمد و استپ، ۲۰۱۶). هدف اصلی از تنوع بخشی کشاورزی، افزایش تنوع زیستی در سطح چشم انداز، گونه ها و سطح ژنتیکی به منظور حفظ ارائه خدمات به بوم سازگان شامل چرخه مواد مغذی، حفاظت خاک، گرده افشانی، کنترل سیلاب و منابع ژنتیکی (مگورران، ۲۰۰۳؛ گوندروسون و هولینگ، ۲۰۰۲) است. تنوع زیستی^{۱۴} که به تنوع بین موجودات زنده و محیط زندگی آنها اشاره دارد (مگورران، ۲۰۰۳)؛ اغلب به عنوان غنای گونه ها (تعداد کل گونه ها در فضای مشخص و زمان معین) و فراوانی گونه ها (نسبت افراد هر گونه نسبت به کل جمعیت) بیان می شود (احمد و همکاران، ۲۰۱۵).

نظرسنجی انجام یافته از چای کاران در جنوب منطقه یانان چین نشان می دهد که تعدادی از شیوه های تنوع کشاورزی که باعث تقویت یا حفظ تنوع زیستی کشاورزی می شود، بر کاهش آسیب پذیری نظام های چای در معرض خطر و ریسک تغییرات اقلیمی، نقش دارند (احمد و همکاران، ۲۰۱۶ a,b). این شیوه های تنوع کشاورزی شامل رشد چای به عنوان بخشی از گیاهان جنگلی و نظام های کشت متنوع، کشت چای از بذره های متنوع، حفظ و نگهداری درختان در باغ های چای و مدیریت انواع حائل های جنگلی متنوع در اطراف باغ های چای می باشد (احمد و همکاران، ۲۰۱۶ a,b).

دارکشت ورزی چای، بوم سازگان های کشاورزی هستند که با تنک کردن جنگل ها برای تولید چای ایجاد شده اند یا اراضی پاک تراشی و دچار آتش سوزی شده ای که ناخواسته یا عمدی توسط انسان آتش زده می شوند (احمد و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۰۱۳). کشاورزان اغلب در شیوه ی دارکشت ورزی، گیاه چای را هرس می کنند تا شکل گیری شاخه ها را گسترش داده و ارتفاع آنها را برای سهولت برداشت، کاهش دهند (احمد و همکاران، ۲۰۱۰). ساختار رویشی چند طبقه (درختان در لایه اول، بوته های چای در لایه میانی و گونه های علفی کوتاه در پایین ترین لایه) و ترکیبات گونه های تنوع زیستی دارکشت ورزی چای، خدمات چندگانه بوم سازگان از نظام جنگلی شامل کنترل آفات و بیماری ها، اصلاح خرداقلیم، بادشکن، حاصل خیزی خاک، جلوگیری از لغزش زمین و تهیه گیاهان مفید دیگر برای غذا، دارو و غیره را فراهم می کند (احمد و همکاران، ۲۰۱۳). نکته مهم این است دارکشت ورزی چای برای تولید نیاز به نهاده های شیمیایی کشاورزی ندارد. شیوه های کشاورزی خوب برای تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییرات اقلیمی در دارکشت ورزی چای شامل موارد زیر است (احمد و همکاران، ۲۰۱۰؛ ۲۰۱۳؛ ۲۰۱۵):

- ۱- انتخاب دقیق محل احداث باغ چای بر اساس نوع خاک، شیب، خرداقلیم و ارتفاع؛
- ۲- افزایش تنوع غنا با کاشت درختان با گروه های کارکردی، سنین و اندازه های مختلف که به تنوع بخشی ساختار رویشی، ترکیب و قابلیت دسترسی فصلی تولیدات گیاهی با مصارف کشاورزی مختلف (مانند درختان میوه،

¹³. Agricultural Diversification

¹⁴ - تنوع زیستی کشاورزی توسط کنوانسیون تنوع زیستی (۲۰۰۰) به صورت "کلیه مولفه های تنوع زیستی مرتبط با مواد غذایی و کشاورزی و کلیه مولفه های تنوع زیستی که بوم سازگان های کشاورزی را تشکیل می دهند، تعریف شده است".

- گیاهان دارویی، درختان کمیاب و غیره در کشورهای مختلف و درختانی مانند شب‌خسب و لیلکی در ایران^{۱۰}) کمک می‌کند (شکل ۱۱)؛ در نتیجه از معیشت و سلامتی مردم حمایت می‌کند؛
- ۳- ایجاد و حفظ حاشیه‌های جنگلی اطراف باغ‌های چای و در بین باغ‌ها برای تشکیل خاک، به‌عنوان محافظ و بادشکن و جلوگیری از شیوع آفات؛
- ۴- حفظ و نگهداری گیاهان علفی زیراشکوب در باغ‌های چای شامل گیاهانی که به‌عنوان سرکوب گرهای علف‌های هرز، غنی‌سازهای خاک، سرکوب‌کننده بیماری‌ها و جذب‌گرده‌افشان، عمل می‌کنند؛
- ۵- آزمایش و حفظ ژرم‌پلاسم چای با تنوع ژنتیکی در باغ‌های چای با صفات موفولوژیکی و فیتوشیمیایی متنوع شامل بذور و نهال‌های تهیه‌شده از توده‌های جنگلی وحشی و شبکه تبادل بذر؛



شکل ۱۱- افزایش تنوع غنا با کاشت درختان از راه‌های تعدیل و سازگاری
تغییر اقلیم در دارکشت‌ورزی چای

- ۶- ایجاد فاصله مناسب و برنامه‌ریزی شده بین گیاه چای و سایر گیاهان برای اطمینان از تامین نیازهای غذایی و حفظ رقابت سالم بدون نیاز به کودها؛
- ۷- افزایش تحمل نسبت به آفات و اپی‌فیت‌های^{۱۱} اختصاصی روی گیاه چای با استفاده از روش حذف دستی انتخابی؛
- ۸- کوددهی دستی از طریق کاربرد مالچ با برگردان کردن علف‌های هرز زیر بوته‌های چای و دفن شاخه‌های شکسته برای افزایش تجزیه و بهبود حاصل‌خیزی خاک؛
- ۹- مدیریت سایه تاج پوشش گیاهی برای کاهش سطح خاک بدون پوشش و تبخیر رطوبت خاک ناشی از آن ضمن بهبود کارایی مصرف آب محصول و کاهش گرما و نور شدید آفتاب.

۱۵- در حال حاضر کشت درختان مفید سایه‌انداز در باغ‌های چای شمال ایران متداول نیست و تحقیقات برای استفاده و ترویج این نوع درختان تا به امروز انجام نشده است.

۱۶- اپی‌فیت‌ها، ارگانسیم‌هایی هستند که روی سطح گیاه رشد می‌کنند (مانند انگل) اما از مواد مغذی گیاه، استفاده نمی‌کنند.

دارکشت ورزی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق ممانعت از تغییرپذیری و پدیده‌های حدی جوی، متنوع‌سازی نظام‌های کشاورزی از نظر بوم‌شناختی و اقتصادی، کاهش فرسایش خاک و آب، بهبود مدیریت آب، افزایش تنوع زیستی، جذب کربن خاک و کاهش تغییرات بازده محصول، مفید و موثر شناخته شده است (فرانزل و شفر، ۲۰۰۲).

سایه در باغ‌های چای برای کاهش گرما و تابش شدید نور (شکل ۱۲)، ضروری شناخته شده است (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). پوشش درختان از طریق نفوذ آب و بازیابی مجدد آب زیرزمینی نقش مهمی در چرخه آب دارند. احداث بادشکن‌ها در داخل و اطراف باغ‌های چای برای جلوگیری از تبخیر- تعرق زیاد و تنش آبی ضروری است زیرا این موارد باعث وارد آمدن آسیب و خسارت به باغ‌های محافظت نشده چای می‌شود (لمسا و همکاران، ۱۹۹۶).

درختان سایه‌انداز در باغ‌های چای را می‌توان به دو دسته دائمی و موقتی طبقه‌بندی کرد. درختان سایه‌انداز ثابت یا دائمی برای مدت زمان طولانی، کشت می‌شوند؛ در حالی که درختان سایه‌انداز موقتی به‌طور معمول، درختان با رشد سریعی هستند که به‌منظور حمایت از استقرار و محافظت گیاه چای از نور مستقیم خورشید، کاشته می‌شوند. پس از استقرار درختان سایه‌انداز ثابت، حذف درختان سایه‌انداز موقت، انجام می‌شود (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). درختان رایج برای سایه‌اندازی و بادشکن شامل درختان خانواده لگومینوز (مانند شب‌خسب و لیلکی) هستند که در افزایش میزان نیتروژن و حاصل خیزی خاک، نقش تثبیت‌کننده نیتروژن را بر عهده دارند (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). با این وجود، استفاده از چندین گونه درخت سایه‌انداز در باغ‌های چای به‌منظور جلوگیری از خسارت آفات و بیماری‌های همه‌گیر، مهم است (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). موکوپادهایای و موندال (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از چهار گونه درخت سایه‌انداز به‌صورت ترکیبی، روش اختلاط ایده‌آل و موثری برای باغ‌های چای است.



شکل ۱۲- اهمیت سایه برای کاهش گرما و تابش شدید نور خورشید در باغ‌های چای

علاوه بر این، درختان در درون و اطراف نظام‌های دارکشت‌ورزی باعث افزایش ماده آلی خاک (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷) و ذخیره‌سازی کربن در پوشش گیاهی و در خاک‌ها (دنیش و همکاران، ۲۰۱۷) می‌شوند. نشان داده شده است که نظام‌های دارکشت‌ورزی باعث تجمع ۱/۱ تا ۲۸/۲ و ۳/۷ تا ۲۷/۳ تن دی اکسید کربن در هکتار در یک سال

به ترتیب در اندام‌های هوایی گیاه و در خاک‌ها می‌شوند (دنیش و همکاران، ۲۰۱۷). درضمن، تنوع درختان و سایر گونه‌های گیاهی در نظام دارکشت‌ورزی به معیشت خانواده و امنیت غذایی از طریق تهیه میوه‌های متنوع، علوفه، سوخت، مصالح ساختمانی و هیزم کمک می‌کنند (فرانزل و همکاران، ۲۰۰۴؛ احمد و همکاران، ۲۰۱۴). هم‌زمان، درختان در نظام دارکشت‌ورزی نیز در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق ترسیب کربن در اتمسفر و زیر سطح زمین نقش به سزایی دارند (ورچوت و همکاران، ۲۰۰۷).

در حالی که ثابت شده که دارکشت‌ورزی در زمینه‌های خاص موفقیت‌آمیز بوده است، تحقیقات و توسعه بیشتری برای اثبات مناسب بودن و اثربخشی آن در زمینه‌های متنوع لازم است، به‌خصوص در جاهایی که قبلاً در آن دارکشت‌ورزی انجام نشده است. این امر شامل تعیین درختان خاص برای اجرای شیوه‌ی دارکشت‌ورزی در مناطق مختلف همچنین اصلاح طرح‌های دارکشت‌ورزی بر اساس موقعیت مکانی می‌باشد.

چنین تحقیق و توسعه‌ای باید برای تعیین مقرون به صرفه بودن طرح‌های مختلف دارکشت‌ورزی و همچنین موانع و فرصت‌هایی که تولیدکنندگان برای اتخاذ این تصمیم‌گیری‌ها با آن مواجه هستند، انجام شود. در ضمن، حمایت از این نوع سیاست‌ها لازم است تا به رواج این شیوه‌های مدیریتی کمک نموده و ظرفیت کشاورزان خرده مالک را در پذیرش این نوآوری، تسهیل نماید.

در سال‌های ابتدایی ورود چای به مناطق چای کاری شمال ایران (حدود ۱۲۰ سال قبل) برای توسعه و ترویج کشت این محصول در برخی از مناطق اقدام به کشت چای در بین درختان موجود (درختان بلند و با عمر طولانی) در همان زمان شد، اما به دلایل مختلفی به تدریج درختان از باغ‌های چای حذف شدند، اما درختان بومی مانند شب‌خسب و لیلکی به عنوان درختان سایه‌انداز که علاوه بر ایجاد سایه روی بوته‌های چای و تعدیل تنش‌های محیطی، به استراحت چای کاران در زیر سایه آن کمک می‌کرد، توسعه پیدا کرد. در برخی از باغ‌های چای هم کشاورزان به کاشت درختان غیرمثمر مانند صنوبر و درختان مثمر مانند مرکبات (شکل ۱۳) و غیره اقدام کردند. این درختان با توجه به نوع سایه‌اندازی و رقابت شدید برای جذب آب و عناصر غذایی و میزبانی برخی از آفات و بیماری‌ها و مشکلات دیگر برای باغ‌های چای مناسب نمی باشد.



شکل ۱۳- اشتباه رایج در کاشت و بهره‌برداری از درختان مرکبات (پرتغال) در بین بوته‌های چای در مناطق چای کاری شمال کشور

امروزه در باغ‌های چای موجود تمایلی از طرف کشاورزان و اراده و برنامه‌ای از طرف کارشناسان سازمان‌های ذیربط برای تحقیقات کاربردی استفاده از درختان سایه‌انداز وجود ندارد. در حالی که در بیشتر مناطق چای کاری دنیا، توسعه و ترویج این روش مدیریتی به‌عنوان یکی از راه‌های موثر برای کاهش اثرات منفی و خسارت‌زای تغییر اقلیم در آینده در نظر گرفته می‌شود.

مدیریت خاک

با توجه به اینکه چای گیاهی چندساله است، مدیریت خاک در باغ‌های چای برای ارتقای بهره‌وری و کیفیت از اهمیت زیادی برخوردار است. مدیریت غنی‌سازی خاک از مواد آلی برای ایجاد خاک‌های سالم با فعالیت بیولوژیکی زیاد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مناسب، بسیار مهم است (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). خاک غنی از مواد آلی به ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کمک می‌کند و از این طریق، باعث بهبود نفوذپذیری خاک و افزایش تحمل گیاهان به خشکی می‌شود. این موضوع مانع از جاری شدن رواناب همراه با ذرات خاک در باران‌های شدید می‌شود. علاوه بر این، مواد آلی خاک با محکم نگه داشتن ذرات خاک در هنگام باران یا طوفان‌های بادی، باعث بهبود وضعیت و پایداری خاک سطحی می‌شوند. خاک‌های غنی از مواد آلی به‌طور معمول حاوی قارچ‌های میکوریزای هم‌زیست مانند قارچ‌های میکوریزا آربسکولار هستند که یکی از اجزای اصلی جمعیت میکروبی خاک را تشکیل می‌دهند که روی رشد گیاه و بهره‌وری خاک تاثیر می‌گذارد (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). برای مثال، قارچ‌های میکوریزا آربسکولار برای بهبود روابط آب و گیاه و در نتیجه افزایش مقاومت گیاهان میزبان به خشکی شناخته شده هستند (گارگ و چندل، ۲۰۱۰).

شیوه‌های مدیریتی کلیدی کشاورزی بوم‌شناختی برای تشکیل خاک غنی از مواد آلی شامل ایجاد گیاهان پوششی، مالچ‌پاشی، عملیات خاک‌ورزی حفاظتی (کم خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی) (فوه‌ر و چروت، ۲۰۱۵)، نظام‌های زراعی-دام مختلط (تورتون و هررو، ۲۰۱۴)، کشاورزی ارگانیک (لوتر، ۲۰۰۳)، مدیریت کود و مدیریت یکپارچه مواد مغذی است. برخی از این روش‌ها برای حفظ خاک، بهبود وضعیت اکولوژیکی خاک، تثبیت و تقویت عملکرد محصول و صرفه‌جویی در آب معرفی شده است (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). برای مثال، استفاده از بقایا و پسماند برای مالچ‌پاشی با محافظت از سطح خاک، فرایند خشک شدن خاک را کند کرده و باعث کاهش ۹۹ درصدی سرعت باد و در نتیجه کاهش تلفات ناشی از تبخیر می‌شود (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). به همین ترتیب، کشت پوششی در نظام‌های کشاورزی می‌تواند نفوذ آب را بهبود بخشد و تلفات ناشی از رواناب را ۲ تا ۶ برابر کاهش دهد (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵).

مدیریت یکپارچه مواد مغذی روشی است که با تمرکز بر ایجاد سلامت خاک و کاهش تلفات مواد مغذی از طریق کاربرد مواد آلی، معدنی و کودهای بیولوژیک به خاک‌ها انجام می‌شود (گروه‌ن و همکاران، ۲۰۰۰). مواد آلی اضافه شده به خاک شامل کمپوست، ورمی کمپوست و ضایعات مزرعه‌ای است. در نظام‌های کشت مخلوط (شکل ۱۴)، مواد آلی خاک را می‌توان با استفاده از گیاهان خانواده لگوم افزایش داد. کودهای بیولوژیکی که می‌توانند برای مدیریت مواد مغذی نظام‌های چای به کار برده شوند شامل آزولا، جلبک‌های سبز آبی و ریزوبیوم است (ادیسمویی و همکاران، ۲۰۰۸). تحقیقات نشان داده است که کودهای بیولوژیک و تلقیح‌کننده‌های میکروبی علاوه بر افزایش رشد گیاه و عملکرد

می توانند باعث تقویت جذب مواد مغذی گیاهان به عنوان بخشی از نظام مدیریت یکپارچه مواد مغذی شوند (ادیسمویی و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۱۴- کشت مخلوط گیاهان خانواده لگوم در باغ های چای
برای افزایش مواد آلی خاک

وضعیت خاک در باغ های چای ایران چندان مناسب نیست. در سال های گذشته به دلایل مختلفی مانند قیمت پایین کودهای شیمیایی بویژه کود نیتروژنی، چای کاران برای یک هکتار باغ بیش از ۵۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی استفاده می کردند. کاربرد کودهای فسفره و پتاس نیز برنامه مشخصی نداشت. آگاهی چای کاران به استفاده از کودهای میکرو بسیار کم است. امروزه نیز با همه تلاش هایی که از طرف کارشناسان سازمان های ذیربط انجام می شود بازهم کاربرد کودهای شیمیایی و حاصل خیزی خاک ها، وضعیت مطلوبی ندارد. اسیدیته خاک باغ های چای کاهش پیدا کرده و شخم باغ های چای برای بهبود وضعیت ساختمانی خاک و غیره فقط در برخی از مناطق اجرا می شود. در این شرایط وضعیت اکولوژیکی و بیولوژیکی خاک ها نامطلوب است. استفاده از کودهای آلی حیوانی و گیاهی هم مرسوم نیست.

بارندگی زیاد در فصول پاییز و زمستان و در برخی از موارد بیش آبیاری باعث آبشویی عناصر غذایی خاک و آلودگی زیست محیطی بویژه آب های سطحی و زیرزمینی می شود. تنک شدن باغ های چای، ساختمان نامناسب خاک ها، شیب زیاد و جهت کشت اشتباه و دلایل بسیار دیگر باعث شده تا میزان فرسایش و به تبع آن رواناب و هدررفت عناصر غذایی و زوال خاک زراعی و غیره به وجود آید. در همه موارد ذکر شده، اثرات تغییر اقلیم مانند وقوع خشک سالی، تغییر زمان و شدت بارش ها (وقوع سیل)، افزایش درجه حرارت هوا، کاهش رطوبت نسبی و ساعات آفتابی و موارد دیگر نقش داشته اند. به طور یقین، با توجه به اثرات زیان بار تغییر اقلیم بایستی اقدامات لازم برای مدیریت خاک ها در باغ های چای کشور هرچه سریع تر، عملیاتی گردد.

مدیریت آب

با تغییر در چرخه هیدرولوژی و تغییر اقلیم که باعث افزایش شدت بارندگی، پراکنش بارندگی، تغییرات زمانی نزولات آسمانی و وقوع پدیده های حدی مانند خشک سالی و سیلاب می شود، مدیریت آب در باغ های چای بسیار اهمیت پیدا

می‌کند. این راهبردهای اقلیمی باعث تشدید سایر چالش‌های مرتبط با آب در نظام‌های تولیدی چای مانند اثرات زیانبار کشاورزی صنعتی متمرکز (یا خیلی فشرده) می‌شوند. کشاورزی صنعتی متمرکز می‌تواند از طریق آبیاری بیش از حد که منجر به رواناب سطحی و زیرزمینی و همچنین هدررفت آب می‌شود، منابع آب شیرین را تخلیه نماید. در عین حال، بارندگی به طور معمول در چند ماه از سال با حجم زیادی از تلفات آب از طریق رواناب سطحی، تبخیر از خاک و نفوذ عمقی، اتفاق می‌افتد (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵). این نتایج در موضوع مدیریت آب مرتبط با چگونگی جذب موثر آب در طول دوره بارندگی و ذخیره آن برای استفاده محصول در زمان کمبود آب طی خشک‌سالی یا دوره‌های خشک است (آلتیری و همکاران، ۲۰۱۵).

مدیریت آب در گیاه چای بویژه در مواردی که توزیع باران غیریکنواخت و مقدار آن ناچیز باشد، یا مناطقی با بارندگی خیلی شدید، ضروری است (مجدسلیمی، ۱۳۹۶؛ موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). سامانه‌های آبیاری بارانی (شکل ۱۵) و قطره‌ای (شکل ۱۶) به طور گسترده در بسیاری از مناطق چای کاری در دوره‌های با بارندگی ناچیز، استفاده می‌شود (مجد سلیمی، ۱۳۹۵؛ مجد سلیمی، ۱۳۹۷؛ موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). در مناطق چای کاری که در معرض نوسانات توزیع بارندگی قرار دارند از روش‌های مختلف برای جمع‌آوری آب باران و جمع‌آوری آب سیلاب مانند ایجاد سازه‌های آبخیز کنترل آب و عناصر غذایی استفاده می‌شود (ریجی و همکاران، ۲۰۱۳). از دیگر روش‌های مدیریت آب در مزرعه برای افزایش تاب‌آوری باغ‌های چای در برابر تغییر اقلیم می‌توان به شیوه‌های کشاورزی دقیق برای پایش وضعیت رطوبت خاک و محصول و اجرای برنامه‌های ویژه که به حفظ منابع آب کمک می‌کند، اشاره کرد (احمد و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۱۵- استفاده از سامانه آبیاری بارانی از شیوه‌های کشاورزی خوب در مناطق چای کاری برای تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم



شکل ۱۶- استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای از شیوه‌های کشاورزی خوب در مناطق چای کاری برای تعدیل و سازگاری تغییر اقلیم

برای مناطق چای کاری با بارندگی خیلی زیاد بایستی اقدام به ایجاد شبکه‌های زهکشی مناسب در باغ‌های چای کرد (شکل ۱۷)، زیرا گیاه چای به شرایط پرآبی یا اشباع در خاک، حساس و آسیب‌پذیر است و کشت چای در شرایط ماندابی موفق نخواهد بود (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). برنامه‌های صحیح زهکشی در باغ‌های چای با شرایط بالا، شامل خارج نمودن رطوبت اضافی از منطقه ریشه گیاه بدون ایجاد فرسایش خاک با ایجاد ترانشه‌های زهکشی مناسب و در نظر گرفتن خروجی زهکشی کارآمد است (مجد سلیمی، ۱۳۹۶؛ موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). تحقیقات ثابت کرده است که سیستم‌های زهکشی مناسب می‌توانند عملکرد چای را بین ۳۰ تا ۳۵ درصد افزایش دهند (دکا و همکاران، ۲۰۰۶).



شکل ۱۷- استفاده از مزایای زهکشی برای خروج آب مازاد در مناطق چای کاری

در مناطق چای کاری شمال کشور با میانگین بارندگی حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر، توزیع بارندگی مناسب نیست. بررسی آمار و اطلاعات هواشناسی نشان می‌دهد که تقریباً در بیشتر سال‌های گذشته، رشد چای در این مناطق با دوره خشکی یک تا

دو ماه در طول دوره رشد (فروردین تا آبان) مواجه بوده که در سال‌های اخیر، مدت و شدت تنش کم‌آبی افزایش یافته است. میزان بارندگی در این مناطق بیشتر در دوره خواب این گیاه (آبان تا اسفند ماه) اتفاق می‌افتد و در سال‌های اخیر تغییر الگوی بارش به‌صورت باران‌های سیل‌آسا (مقدار و شدت زیاد در واحد زمان)، خسارت‌های زیادی را به چای‌کاران این مناطق وارد کرده است. ایجاد فرسایش، هدررفت آب و خاک، ماندابی شدن خاک‌ها و از بین رفتن بوته‌های چای، آبشویی عناصر غذایی و کاهش حاصل‌خیزی خاک، تخریب و تغییر کاربری اراضی، مهاجرت و غیره از نمونه‌های بارز خسارت ناشی از تاثیر تغییر اقلیم بر الگوی بارش منطقه می‌باشد.

باغ‌های چای در شمال کشور مانند اراضی برنج سهمی از از منابع آب سدها و بندهای آبگیر موجود و غیره ندارند و در نتیجه دارای شبکه توزیع و انتقال آب برای آبیاری نمی‌باشند. همان‌طور که گفته شد، درصد باغ‌هایی که دارای سامانه‌ی آبیاری بارانی هستند، کمتر از ۵ درصد کل باغ‌های چای موجود می‌باشد. این در حالی است که همه ذی‌نفعان و کارشناسان تولید چای به تاثیر چشم‌گیر و فوق‌العاده آبیاری بر افزایش عملکرد کمی و کیفی چای آگاهی کامل دارند. انجام آبیاری در دوره‌ی کم‌آبی همراه با عملیات داشت مناسب و تدابیر برداشت صحیح می‌تواند باعث افزایش بیش از دو برابری محصول چای در باغ‌های چای شمال کشور شود (مجد سلیمی، ۱۳۹۵؛ ۱۳۹۶؛ ۱۳۹۷). در این شرایط تنها منابع آبی در دسترس برای آبیاری، چاه‌های موجود هستند و با توجه به شرایط فعلی باغ‌های چای و محدودیت‌های حفر چاه در این مناطق، دسترسی به منابع آبی برای توسعه آبیاری باغ‌های چای با چالش بزرگی مواجه است.

تغییر اقلیم در این مناطق باعث تغییر رژیم بارش و دما و ایجاد خشک‌سالی شدیدتر (به‌صورت افزایش شدت و مدت دوره کم‌آبی) و افزایش میزان تبخیر شده که حتی توسعه سطح تحت آبیاری می‌تواند منجر به افزایش مصرف آب‌های زیرزمینی و خشک‌شدن منابع آب سطحی مانند چشمه‌ها شود. در چنین شرایطی و با وقوع تغییر اقلیم، استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی و حتی آب‌های سطحی با محدودیت‌های بیشتری روبرو می‌شود؛ بنابراین بایستی برای توسعه کشاورزی پایدار در مناطق چای کاری، تمهیدات لازم برای مواجهه با بروز حوادث مختلف ناشی از تغییر اقلیم در نظر گرفته شود. ایجاد زیرساخت‌های لازم برای توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار بویژه آبیاری قطره‌ای، یکپارچه‌سازی اراضی و توسعه مکانیزاسیون، استحصال و جمع‌آوری آب باران، به کارگیری روش‌های استفاده موثر از آب سبز، به کارگیری روش‌های داشت و برداشت مناسب برای کاهش تبخیر و افزایش نگهداشت رطوبت در خاک و افزایش آگاهی و ترویج استفاده از کشاورزی هوشمند به اقلیم از راه کارهای مهم برای تعدیل و سازگاری به تغییرات اقلیم در بحث مدیریت آب در مناطق چای کاری شمال کشور است.

مدیریت آفت و بیماری

باغ‌های چای میزبان آفات و بیماری‌هایی هستند که می‌توانند باعث کاهش محصول شده و خسارت‌زا باشند. شیوع آفات و بیماری‌ها با تغییر درجه حرارت و نزولات جوی تحت تاثیر قرار می‌گیرد به‌طوری‌که تغییرات این عوامل با تغییر اقلیم، بیشتر می‌شود. آفات اصلی چای در دنیا به آفات جونده، مکند و کنه‌های آفت، تقسیم‌بندی می‌شوند (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). آفات جونده مانند پروانه (*Andraca bipunctata*)، پروانه‌های بالارو و جبی (*Buzura suppressaria*)، پروانه قرمز رابی شکل (*Eterusia magnifica*) و غیره. آفات مکند شامل سن (*Helopeltis theivora*)، زنجره (*Empoasca flavescens*) و تریپس (*Scirtothrips dorsalis*) است. آفات کنه‌ای شامل کنه بنفش (*Calacarus*)

carinatus)، کنه صورتی (*Acaphylla theae*)، کنه مخملی (*Brevipalpus phoenicis*) و کنه قرمز عنکبوتی (*Oligonychus coffeae*) می‌باشد. در ضمن، بیماری‌های اصلی چای عبارتند از بلیستر بلایت (که عاملش قارچ *Exobasidium vexans*)، زنگ قرمز (که عاملش جلبک *Cephaleuros parasiticus*) و پوسیدگی سیاه (که عاملش دو قارچ *Corticium theae* و *Corticium invisum*) است (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷).

اگرچه در مناطق چای کاری دنیا؛ آفات و بیماری‌های زیادی به‌عنوان عوامل کاهش عملکرد و کیفیت گیاه چای شناخته و معرفی شده‌اند، اما مناطق چای کاری ایران به لحاظ استقرار در عرض جغرافیایی خاص و جدا بودن از نواحی چای کاری دنیا و عدم تبادلات بذر و نهال با کشورهای چای‌خیز، در معرض وقوع آفات و بیماری‌ها در سطح آستانه زیان اقتصادی نبوده‌اند. البته در بعضی از سال‌ها به‌علت تغییرات اقلیمی (بویژه تغییرات دما و بارندگی)، تکثیر و گسترش آفت یا عامل بیماری‌زای بیشتری مشاهده شده است، به‌طوری‌که علایمی از آفاتی همچون کنه قرمز (فقط در بخش‌هایی از غرب مازندران)، شته سیاه و سفیدبالک ژاپنی (به‌طور محدود در برخی از مناطق چای کاری) و شپشک آرد آلود مرکبات (به‌طور عمده در باغ‌های چای مخلوط با مرکبات) که دامنه میزبانی وسیع‌تری دارند و بجز چای روی مرکبات و سایر گیاهان نیز ایجاد خسارت می‌کنند و نیز برخی از بیماری‌های قارچی به‌صورت محدود و زیر سطح آستانه زیان اقتصادی روی نهال‌های جوان و یا بوته‌های چای مشاهده شده است.

بنابر اظهارنظر متخصصان گیاهپزشکی چای، از نظر خسارت آفات در باغ‌های چای شمال کشور، در حال حاضر تنها عامل خسارت‌زای کلیدی، آفتی است به نام "نماتد مولد زخم ریشه" که در چند سال اخیر به‌عنوان یک معضل اصلی در باغ‌های چای مطرح است. تغییر اقلیم به‌طور عمده با تاثیر روی دمای خاک و رطوبت خاک می‌تواند روی تغییرات جمعیت این آفت در باغ‌های چای شمال کشور موثر باشد.

راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای مدیریت آفات و بیماری‌ها به‌طور گسترده‌ای در دنیا استفاده می‌شوند، زیرا نگرانی از بقایای سموم آفت‌کش که ممکن است برای مصرف چای مضر باشد، مسائل زیست محیطی و افزایش هزینه‌های سموم دفع آفات، کاربرد آن را کاهش داده است (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷). راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای مدیریت آفات و بیماری‌ها شامل تنوع‌بخشی در مزرعه، کشت بین‌ردیفی - کنترل بیولوژیکی با افزایش حشرات مفید در مزرعه، مدیریت خاک برای کاهش آفات و مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد. تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که افزایش تنوع‌زیستی در مزرعه می‌تواند در کنترل آفات و بیماری‌ها موثر باشد (آلتیری و نیکولاس، ۲۰۰۵). برای مثال، چندین آزمایش موفق در مزرعه، مزایای استفاده از کشت بین‌ردیفی را برای افزایش تنوع‌زیستی و همچنین نقش آن برای کاهش آفات را نشان داده است (آلتیری و نیکولاس، ۲۰۰۵). مدیریت تلفیقی آفات شامل راهبردهایی برای پایش آفات و تشخیص ابتدایی آن‌ها، وارد کردن شکارگران، کنترل دستی (مبارزه مکانیکی)، استفاده از آفت‌کش‌های بیولوژیک و انتخاب اختصاصی آفت‌کش‌هایی است که باید استفاده شوند (موکوپادهایای و موندال، ۲۰۱۷).

راهبردهای کشاورزی بوم‌شناختی برای افزایش گرده افشانی حشرات

برخی از حشرات، نقش مهمی در گرده افشانی نظام‌های تولید دارند. گرده‌افشان‌ها از جمله زنبورهای عسل (شکل ۱۸)، پروانه‌ها، سوسک‌ها، بیدها، زنبورها و مگس‌ها به تولید صدها محصول غذایی در سطح جهان کمک می‌کنند و به اکثر گیاهان گل‌دار امکان تولید مثل می‌دهند (گولسن، ۲۰۰۳). متأسفانه، بسیاری از شیوه‌های نوین کشاورزی با استفاده از

آفت کش ها و قارچ کش هایی که باعث کاهش جمعیت زنبورها در سراسر جهان می شود منجر به این می شود که مزارع به عنوان زیستگاه های زنبورهای وحشی و سایر گرده افشان ها، مناسب نباشند (کی وان، ۱۹۹۹). راهبردهای افزایش خدمات گرده افشانی شامل حفظ زمین های غیرقابل کشت در حاشیه مزرعه، مدیریت رشد گل های وحشی در مزارع و مرزهای آن، کشت گیاهان خاص برای به حداکثر رساندن تنوع گرده افشانی و کشت بین ردیفی گونه های گرده افشان مختلف می باشد (آلتیری و نیکولاس، ۲۰۰۵).

نظام تولیدی چای در پرورش و تولید حشرات مفید، نقش مهمی دارد. وجود گل روی بوته ها در باغ های چای اجتناب ناپذیر است چرا که در پایان رشد رویشی سالانه، با ظهور گل، رشد زایشی آغاز می گردد. گل های چای، معطر و دارای دانه های گرده زیاد بوده و از این نظر مورد توجه بسیاری از حشرات از جمله زنبور عسل است.



شکل ۱۸- پرورش زنبور عسل در باغ های چای

راهبردهای فناوری، بیمه و آیین نامه ای برای افزایش تاب آوری اقلیمی

برای تاب آوری در برابر تغییرات اقلیم، علاوه بر نوآوری های کشاورزی بوم شناختی، فیزیولوژیکی و مولکولی، فناوری های جدیدی وجود دارند که توانایی نظام های کشاورزی را برای پاسخ گویی به تغییرات اقلیم بهبود می بخشد. برخی از نوآوری ها در زمینه فناوری و بیمه برای تقویت تاب آوری اقلیمی شامل موارد زیر می باشد (دنیش و همکاران، ۲۰۱۷):

۱- آبیاری دقیق یا آبیاری قطره ای با استفاده از انرژی خورشیدی می تواند امکان دسترسی به آبیاری مقرون به صرفه را افزایش دهد؛

۲- کشاورزی دیجیتال (کشاورزی هوشمند به اقلیم) راهی مناسب برای اشتراک گذاری دانش و اطلاعات بین میلیون ها کشاورز است. از آنجایی که استفاده از تکنولوژی دیجیتالی و به تبع آن سهولت دسترسی به اطلاعات دارای جذابیت بالایی است، به کارگیری این نوع تکنولوژی می تواند اطلاعات را در دسترس تعداد بیشتری از کشاورزان قرار دهد؛

۳- مشاوره و اطلاع رسانی آگاهانه در مورد اقلیم می تواند با ایجاد، تفسیر و به اشتراک گذاری اطلاعات مربوط به اقلیم محلی به منظور حمایت از تصمیم گیری، سیاست گذاری و برنامه ریزی برای افزایش تولید و تاب آوری، ضریب اطمینان در تولید محصولات شاورزی را افزایش دهد؛

۴- بیمه کشاورزی مبتنی بر شاخص های هواشناسی می تواند در پاسخ به شرایط نامساعد آب و هوا و وقوع پدیده های حدی جوی، درصد ریسک و خطرات و آسیب های وارده به کشورها و کشاورزان را کاهش دهد؛

۵- استفاده از فناوری مناسب و جدید تولید چای می تواند باعث کاهش انتشار کربن از جمله نهاده ها (ورودی ها) و ماشین آلات شود؛

۶- توصیه و ترویج دستورالعمل های تولید چای با به کارگیری تجهیزات اقلیم هوشمند (شکل ۱۹) و کربن پایین می تواند مزایای کاهش ردپای کربن^{۱۷} چای در کل زنجیره ارزش را به مصرف کنندگان، آموزش دهد (از مزرعه تا فنجان تا ضایعات).



شکل ۱۹- استفاده از تجهیزات هواشناسی هوشمند برای پایش تغییرات اقلیم در مناطق چای کاری

هزینه ها و موانع پذیرش شیوه های تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییر اقلیم

در حالی که شیوه های مختلف کشاورزی خوب برای تعدیل و سازگاری پیامدهای اقلیم از نظر علمی و کاربردی (در عمل) مشخص شده است، اما هنوز هم موانع اصلی برای پذیرش این شیوه ها وجود دارد. پنج گروه از هزینه ها و موانع پذیرش شیوه های تعدیل و سازگاری پیامدهای تغییر اقلیم شامل این موارد است:

۱- هزینه های سرمایه گذاری؛

۲- هزینه های نگهداری اعمال شیوه های جدید (شامل ادوات، نگهداری باغ، استهلاك تاسیسات و غیره)؛

۱۷- ردپای کربن (Carbon footprint)، مقیاسی از مقدار کل خروجی اکسید کربن و متانول مربوط به یک جمعیت، نظام یا فعالیت معین با در نظر گرفتن همه منابع، فروشنین ها، ذخیره شدن ها در محدوده زمانی و مکانی آن جمعیت، نظام یا فعالیت است.

۳- هزینه جایگزینی اجرای شیوه‌های جدید؛

۴- هزینه معاملات؛

۵- هزینه‌های ریسک و خطر.

برای مثال، درحالی که بسیاری از شیوه‌های تاب‌آوری در برابر تغییرات اقلیم از جمله تنوع بخشی کشاورزی نسبتاً مقرون به صرفه هستند؛ زیرا آنها به تقلید از نظام‌های طبیعی برای پشتیبانی از خدمات بوم‌سازگان به جای نهاده‌های پرهزینه خارجی، تکیه دارند (لین، ۲۰۱۱)، با این وجود چای کاران خرده مالک هنوز هم با محدودیت‌های جدی برای سرمایه‌گذاری در این روش‌ها مواجه هستند. این محدودیت‌ها شامل نداشتن توانایی تحمل ریسک اضافی در به‌کارگیری این روش‌های مدیریتی یا نداشتن توانایی انتظار برای برگشت منافع اقتصادی و اکولوژیکی حاصل از کاربرد روش‌های بلندمدت مانند دارکشت‌ورزی است، که ممکن است بین ۳ تا ۱۰ سال زمان نیاز داشته باشد. تحقیقات و توسعه بیشتر در سطح باغ در مورد مقرون به صرفه‌بودن، عملیاتی کردن و سازگاری شیوه‌های کشاورزی خوب متنوع برای روش‌های تعدیل و سازگاری اقلیم در زمینه‌های مختلف به‌عنوان رویکردی برای غلبه بر موانع استفاده از نوآوری‌های اقلیمی مورد نیاز است. درضمن، برای ایجاد ظرفیت تولیدکنندگان چای برای پذیرش و غلبه بر موانع اتخاذ نظام‌های چای مقاوم در برابر تغییر اقلیم و همچنین ایجاد محبوبیت شیوه‌های کشاورزی خوب آزمایش شده، سیاست و حمایت مالی مورد نیاز است. این امر مستلزم دستیابی به یک رویکرد چند جانبه با همکاری دولت‌ها، صنعت، کشاورزان خرده مالک و محققان است. نمونه‌های مختلفی از حمایت سیاسی، مالی و سازمان‌های مردم نهاد در دنیا، وجود دارد که برای اجرای برنامه‌های مقاوم در برابر تغییرات اقلیم در نظام‌های تولید چای با هم همکاری می‌کنند. در زیر نمونه‌ای از مطالعه موردی انجام یافته در کنیا ارائه شده، که نشان می‌دهد چگونه چندین بخش با هم کار کرده‌اند تا بتوانند مسئله تغییرات اقلیمی در نظام چای را کاهش دهند.

ضرورت تشکیل انجمن‌های تخصصی برای مقابله با تغییرات اقلیم

یکی از راه کارهای کوتاه مدت مقابله با تغییرات اقلیم در بخش کشاورزی، تشکیل انجمن‌های تغییر اقلیم متشکل از کارشناسان محیط زیست، منابع طبیعی، اقلیم‌شناسی، کشاورزی و بیمه؛ برای تولید فکر و مقابله با اثرات تغییر اقلیم می‌باشد.

برای مثال، برنامه مشارکتی سازگاری و تعدیل اقلیم بین مدیریت آژانس توسعه چای کنیا، آژانس توسعه آلمان، مؤسسه کشاورزی ارگانیک کنیا و مؤسسه تحقیقات جنگل‌داری کنیا، یکی از نمونه‌های همکاری چند جانبه امیدوارکننده در این زمینه است. این نوع برنامه نشان می‌دهد که چگونه سیاست همکاری بخش‌های مختلف، حمایت مالی و حمایت سازمان‌های غیر دولتی می‌توانند به کشاورزان خرده مالک کمک کنند تا از پس هزینه‌ها و موانع پذیرش شیوه‌های مقاوم در برابر تغییر اقلیم برآیند. این سازمان‌ها در کنیا با راه‌اندازی برنامه‌های مختلف آگاهی بخشی بویژه ترویجی، شیوه‌های پایدار کشاورزی برای سازگاری با تغییرات اقلیم را به بیش از صدها هزار نفر از تولیدکنندگان چای آموزش دادند. هدف اصلی ترویج این شیوه‌های پایدار کشاورزی، جلوگیری از نوسانات عرضه و قیمت چای و بروز مشکل برای معیشت کشاورزان است.

در این زمینه، آژانس توسعه چای کنیا برای آموزش سازگاری با تغییرات اقلیم به جوامع خرده مالک مناطق چای کاری اقدامات مختلفی را از طریق کشاورزان پیشرو، پلات‌های نمایشی، کلاس‌های ترویجی، دفترچه‌های راهنما و پوستر ارائه و منتشر کرده است.

برخی از آموزش‌هایی که آژانس‌های همکاری مشترک در کنیا به کشاورزان خرده مالک در ارتباط با تغییر اقلیم ارائه می‌دهند، شامل موضوعات زیر است:

- ۱- مدیریت آب، خاک و گیاه از جمله ایجاد تراس پلکانی در مناطق شیب‌دار، جمع‌آوری و نگهداشت آب باران از طریق ایجاد گودال‌ها و به‌کارگیری سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای؛
 - ۲- اصلاح حاصل‌خیزی خاک با کاربرد کمپوست حاصل از ضایعات مختلف و فضولات حیوانی؛
 - ۳- استفاده از بقایای هرس بوته‌های چای به‌عنوان مالچ؛
 - ۴- استفاده از درختان سایه‌انداز؛
 - ۵- حفاظت و ایجاد تنوع زراعی از جمله کاشت درختان مناسب در مناطق چایکاری به‌منظور کاهش تنش‌آبی در گیاه چای؛
 - ۶- مدیریت آفات از طریق تقسیم باغ‌ها به قطعه‌هایی کوچکتر با چمن بومی (*Pennisetum purpureum*) به‌عنوان راهبرد رانش-ربایش برای جلب آفات حشره‌ای به‌طوری‌که به محصول چای خسارت نزنند؛
 - ۷- دسترسی به کلون‌های چای مقاوم به خشکی و یخ‌زدگی؛
 - ۸- حفاظت از ذخایر سوختی چوب؛
 - ۹- دسترسی به کوره‌های با انرژی موثر و کارآمد.
- باید توجه داشت که به‌عنوان مثال این دفترچه راهنمای سازگاری با تغییرات اقلیم برای بنیاد پژوهش چای آفریقای مرکزی در مالاوی، تنظیم شده است تا متناسب با مفاد استانداردهای تولید چای محلی در این منطقه باشد. دفترچه راهنمای تعدیل اقلیم، مجموعه‌ای از ابزارها و منابع را برای پشتیبانی از بخش چای در مورد چگونگی کاهش مصرف انرژی و انتشار کربن در رشد و فرآوری چای فراهم می‌کند. در این همکاری، آژانس توسعه چای کنیا، تأمین منابع مالی مناسب برای کشاورزان چای خرده‌پا به‌منظور افزایش توانایی آنها در اتخاذ شیوه‌های تاب‌آور در برابر اقلیم را برعهده داشت. علاوه بر این، آژانس توسعه‌ی چای کنیا، مسئولیت توافق‌نامه منعقد با بنیاد تحقیقات چای کنیا و سایر سازمان‌ها برای افزایش دسترسی کشاورزان به ژرم‌پلاسم چای متحمل به پدیده‌های حدی جو (از جمله وارپته‌هایی متحمل به خشک‌سالی و یخ‌زدگی) را برعهده گرفت.

نتیجه‌گیری

تولید چای در مناطق چای کاری شمال کشور همانند بسیاری از مناطق چای کاری دنیا تحت تأثیر پیامدهای حاصل از تغییر اقلیم قرار گرفته است. تغییرات اقلیم با تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر کیفیت و بهره‌وری چای، تهدیدی جدی برای امنیت کشت و صنعت این محصول به‌شمار می‌آید (مانند کاهش عملکرد کمی و کیفی، افزایش هزینه‌های تولید، مشکلات اقتصادی و معیشتی، فرسایش، تخریب، تغییر کاربری، رهاسازی، مهاجرت، مسایل اجتماعی و فرهنگی و غیره) که در نهایت روی کشاورزان و مصرف‌کنندگان آن تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین اجرای راهبردهای تعدیل و سازگاری اقلیم برای به

حداقل رساندن اثرات پیش‌بینی شده تغییرات اقلیم روی نظام‌های تولید چای و در عین حال افزایش تاب‌آوری در آنها بسیار مهم است.

در حال حاضر، نوآوری‌های چندگانه کشاورزی، فیزیولوژی و مولکولی برای تولید چای به‌منظور توسعه نظام‌های چای مقاوم در برابر اقلیم در مناطق چای کاری دنیا، شناسایی شده است. برای ارزیابی اثربخشی اجرای اقدامات تعدیل و سازگاری اقلیم باید پایش مداوم انجام شود (دنیش و همکاران، ۲۰۱۷). این موضوع باعث می‌شود که مفاد این راهبردها در صورت لزوم قابل اصلاح و کاربردی باشند. قابل ذکر است که تحقیقات و توسعه بیشتر در سطح باغ در مورد مقرون به صرفه بودن، اجرای مجدد و سازگاری دارکشت‌ورزی چای و انواع مختلف شیوه‌های کشاورزی خوب برای تعدیل و سازگاری اقلیمی در زمینه‌های مختلف، مورد نیاز است. این تلاش‌ها باید با همکاری مشترک بلندمدت بین کشورهای تولیدکننده چای انجام شود تا نشان دهد که چطور تغییرات اقلیم بر مولفه‌های مختلفی روی بوم‌سازگان‌های کشاورزی چای از جمله بهره‌وری، کیفیت، خاک، آفات و بیماری‌ها و پیامدهای اقتصادی-اجتماعی آن تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این، برای مستند سازی چگونگی واکنش نوآوری‌های مختلف اقلیمی در نظام چای باید نسبت به تاسیس بانک مشترک اطلاعات با عنوان "داده بزرگ" اقدام شود. این تلاش‌ها باید همراه با حمایت مالی و سیاست‌گذاری‌های مناسب باشد تا از ظرفیت تولیدکنندگان برای غلبه بر موانع استفاده از نظام‌های چای مقاوم در برابر تغییر اقلیم استفاده شود. همچنین شیوه‌های کشاورزی خوب مقرون به صرفه برای کاهش و سازگاری اقلیم بایستی مورد توجه قرار گیرند. در نهایت، همکاری بین بخشی بین دولت، صنعت، کشاورزان و محققان باید صورت گیرد تا ضمن برآورده کردن تقاضای مصرف‌کننده و حفظ بازارهای پایدار چای، مسئله تغییرات اقلیم در نظام چای، برای حمایت مؤثرتر از معیشت و رفاه کشاورزان برطرف شود. استفاده از سازوکار کشاورزی بوم‌شناختی به‌عنوان راهی برای سازگاری و تعدیل تغییرات اقلیم بایستی بین تولید کنندگان چای کشور ترویج شود.

یکی دیگر از راه‌کارهای مقابله با تاثیرات تغییر اقلیم، افزایش مقاومت گیاه چای به درجه حرارت بالای هوا است که از طریق به نژادی می‌توان به آن رسید. اصلاح و انتخاب ارقام متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های مناسب، یکی از راه‌کارهای مناسب برای کاهش تاثیرات تغییر اقلیم است. وجود واریته‌های چای مقاوم به کم آبی امکان تداوم همان سامانه کشت با همان میزان تولید یا حتی با تولید بهبودیافته را فراهم می‌کند. دراختیارداشتن ارقام زراعی کم توقع و موفق در شرایط کم آبی از طریق روش‌های مختلف کلاسیک و نوین اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اطلاع تولید کنندگان چای از شرایط آب و هوایی در فصل رشد، سازگاری با تغییرات اقلیمی را آسان‌تر می‌کند. این اطلاعات در صورتی می‌توانند کمک شایانی در تصمیم‌گیری‌های کشاورزان داشته باشند که علوم کشاورزی و هواشناسی در کنار یکدیگر اقدام به پیش‌بینی کنند که جوابگوی بهتری برای نیاز کشاورزان باشد. همچنین کشاورزان بایستی به استفاده از این فن‌آوری‌ها علاقه‌مند و ترغیب شوند و درباره چگونگی بهره‌گیری از آن آموزش‌های لازم را دریافت کنند.

انجام مطالعات و پژوهش‌های لازم برای بررسی نوع و چگونگی اثرات تغییر اقلیم بر کشت و صنعت چای و شناسایی و معرفی راه‌کارهای بومی برای تعدیل و سازگاری در برابر تغییر اقلیم در مناطق چای کاری شمال کشور در زمینه‌های مختلف و حرکت به سمت کشاورزی چای هوشمند به اقلیم بایستی مورد توجه جدی بخش‌های تحقیقاتی و اجرایی قرار گیرد.

امید است که با تلاش محققان و حمایت‌های متولیان اجرایی ذیربط، در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر تولید چای در ایران همگام با سایر کشورهای دنیا، راه کارهای عملی و بومی بهتری برای ذی‌نفعان تولید این محصول به‌دست آید.

در مواجهه با اثرات منفی تنش‌های مختلف مانند خشک‌سالی و افزایش دمای ناشی از تغییرات اقلیم بر تولید چای، روش‌های تعدیل، سازگاری و افزایش مقاومت (تاب‌آوری) مختلفی وجود دارد که بایستی کارشناسان و تولیدکنندگان چای نسبت به آنها شناخت پیدا کنند.

هدف نهایی اعمال این روش‌ها، بهبود کمیت و کیفیت محصول چای و کاهش ریسک آسیب‌پذیری و تأثیرات منفی اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی بر کل زنجیره ارزش از تولید تا مصرف است.

فهرست منابع

- احمدی نوحدانی، س.، شعبانی کوچصفهانی، ا.، ۱۳۹۵. تحلیل ژئوپلیتیکی تغییرات اقلیمی و اثرات و تهدیدات آن بر آینده استان گیلان. همایش آمایش سرزمین، جایگاه خزر و چشم انداز توسعه گیلان. <https://civilica.com/doc/584729/>.
- اوجی، ر.، داودی، م. ۱۳۹۳. تغییر اقلیم، تهدیدی برای توسعه پایدار (مطالعه موردی: استان گیلان). همایش شناخت راه کارهای توسعه استان گیلان، رشت. <https://civilica.com/doc/453506/>.
- مجدسلیمی، ک. ۱۳۹۷. راه کارهای کاهش اثرات خشک سالی در باغ های چای. نشریه ترویجی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای. شماره ثبت ۵۴۰۸.
- مجدسلیمی، ک. ۱۳۹۷. اهمیت شناخت و کاربرد روش آبیاری قطره ای در باغ های چای. بروشور ترویجی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای، شماره ثبت ۵۴۴۷۸.
- مجدسلیمی، ک.، شایگان، ش. ۱۳۹۶. بهبود عملکرد و خصوصیات کیفی چای *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze با بهینه سازی کاربرد کود نیتروژنی و آب آبیاری. پژوهش های تولید گیاهی دانشگاه گرگان، ۱ (۲۴): ۱-۱۶.
- مجدسلیمی، ک. ۱۳۹۶. برنامه ریزی برای ارتقاء بهره وری آب در باغ های چای. نشریه فنی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای، شماره ثبت ۵۰۶۱۴.
- مجدسلیمی، ک. ۱۳۹۵. تاثیر کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد چای در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم. پژوهش های تولید گیاهی دانشگاه گرگان، ۲ (۲۳): ۱۴۵-۱۶۳.
- مجدسلیمی، ک. ۱۳۹۵. اهمیت کاربرد روش آبیاری بارانی در باغ های چای. بروشور ترویجی. موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده چای، شماره ثبت ۵۰۶۱۳.
- Adesemoye, A., Torbert, H., and J. Kloepper. (2008). Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system. *Can J Microbiol*, 54(10):876-886.
- Ahmed, S., Stepp, JR., Toleno, R., and CM. Peters. (2010). Increased market integration, value, and ecological knowledge of tea agro-forests in the akha highlands of Southwest China. *Ecol Soc*, 15(4):27.
- Ahmed, S., and J. Stepp. (2016). Beyond yields: climate change effects on specialty crop quality and agroecological management. *Elem Sci Anthro*, 4,1-16.
- Ahmed, S., Peters, CM., Chunlin, L., Meyer, R., Unachukwu, U., and A. Litt. (2013). Biodiversity and phytochemical quality in indigenous and state-supported tea management systems of Yunnan, China. *Conservation Lett*, 5(6):28-23.
- Ahmed, S., Orians, C., Griffin, T., Buckley, S., Unachukwu, U., and A. Stratton. (2014a). Effects of water availability and pest pressures on tea (*Camellia sinensis*) growth and functional quality. *AoB Plants* 6.
- Ahmed, S., Stepp, J., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., and A. Robbat. (2014b). Effects of extreme climate events on tea (*Camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *PLoS One*, 9(10):E109126.
- Ahmed, S., Stepp, JR., and D. Xue. (2015). Cultivating botanicals for sensory quality: from good agricultural practices (GAPs) to taste discernment by smallholder tea farmers. In: Reynertson K (ed) Botanicals: methods for quality and authenticity. *CRC Press, Boca Raton*, pp 16-29.
- Altieri, MA., and CI. Nicholls. (2015). Biodiversity and pest management in agroecosystems. *Haworth Press*, New York.
- Altieri, MA. (1995). Agroecology: the science of sustainable agriculture, 2nd edn. *Westview Press, Boulder*, CO.
- Altieri, M., Nicholls, A., Henao, C., and I. Lana. (2015). Agroecology and the design of climate changeresilient farming systems. *Agron Sustain Dev*, 35(3):869-890.
- Boehm, R., Cash, S., Anderson, B., Ahmed, S., Griffin, T., and A. Robbat. (2016). Association between empirically estimated monsoon dynamics and other weather factors and historical tea yields in China: results from a yield response model. *Climate* 4(2):20
- Convention on Biological Diversity. (2000). Programme of work on agricultural biodiversity. Decision V/5 of the conference of the parties to the convention. [www.fao.org/fileadmin/ templates/ soilbiodiversity/ Downloadable_files/cs-agr-outline.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/soilbiodiversity/Downloadable_files/cs-agr-outline.pdf). Accessed 17 May 2018.

- Chartzoulakis, K., M. Bertaki. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agri Agricultural Sci Procedia*, 4:88–98
- De Schutter, O. (2012). Agroecology, a tool for the realization of the right to food. In: Lichtfouse E (ed) Agroecology and strategies for climate change, sustainable agriculture reviews. *Springer, Dordrecht*, pp 1–6
- Deka, A., Deka, PC., and TK. Mondal. (2006). Tea. In: Parthasarathy VA, Chattopadhyay PK, Bose TK (eds) Plantation crops-I. *Calcutta, Naya Udyog*, pp 1–148.
- Delgado, JA., Dillon, MA., Sparks, RT., and SYC. Essah. (2007). A decade of advances in cover crops: cover crops with limited irrigation can increase yields, crop quality, and nutrient and water use efficiencies while protecting the environment. *J Soil Water Conserv*, 62(5):110–117.
- Delgado, JA., Groffman, PM., Nearing, MA., Goddard, T., Reicosky, D., and R. Lal. (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *J Soil Water Conserv*, 66(4):118–129A.
- Dinesh, D., Campbell, B., Bonilla-Findji, O., and M. Richards. (2017). 10 best bet innovations for adaptation in agriculture: a supplement to the UNFCCC NAP technical guidelines. CCAFS Working Paper no. 215. Wageningen, NL: CGIAR Research Program on Climate Change, *Agriculture and Food Security*.
- Farauta, BK., Egbule, CL., Agwu, AE., Idrisa, YL., and NA. Onyekuru. (2012). Farmers' adaptation initiatives to the impact of climate change on agriculture in northern Nigeria. *J Agri Ext*, 16(1):132–144.
- Food and Agriculture Organization. (2013). Resilient livelihoods- disaster risk reduction for food and nutrition security framework programme. FAO, Rome.
- Folke, C. (2006). Resilience: the emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Glob Environ Chang*, 16(3):253–267.
- Franzel, S., and SJ. Scherr. (2002). Introduction. In: Franzel, S., SJ. Scherr (eds) Trees on the farm: assessing the adoption potential of agroforestry practices in Africa. *CABI International, Wallingford, UK*.
- Fuhrer, J., and A. Chervet. (2015). No-tillage: long-term benefits for yield stability in a more variable climate? *Procedia Environ Sci*, 29:194–195.
- Garg, N., and S. Chandel. (2010). Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. *Agron Sustain Dev*, 30(3):581–599.
- Gliessman, S. (2015). Agroecology: the ecology of sustainable food systems. CRC Press/Taylor & Francis, Boca Raton, FL.
- Goulson, D. (2003). Conserving wild bees for crop pollination. *J Food Agri Environ*, 1(1):142–144.
- Gruhn, P., Goletti, F., and M. Yudelman. (2000). Integrated nutrient management, soil fertility, and sustainable agriculture: current issues and future challenges. IDEAS Working Paper Series from RePEc .<https://www.econbiz.de/Record/integrated-nutrient-management-soil-fertility-ndsustainable-agriculture-current-issues-and-future-challenges-gruhn-peter/10005038272>. Accessed 17 May 2018.
- Gunderson, L., and C. Holling. (2002). Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems. Washington, DC: *Island Press*.
- Herforth, A., Ahmed, S., Reman, S R., Fanzo, J., and F. DeClerck. (2017). Creating sustainable, resilient food Systems for healthy diets. *UN Stand Comm Nut News*, 42:15–22.
- Howden, S., Soussana, J., Tubiello, F., Chhetri, N., Dunlop, M., and H. Meinke. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proc Natl Acad Sci*, 104(50):19691–19699.
- International Trade Centre (ITC).(2014). Mitigating climate change in tea sector. ITC, Geneva xvi, 102 pages (Technical paper) Doc. No. SC-14-245.E
- Pachauri, RK, Allen, MR., Barros, VR, Broome, J., Cramer, W., R. Christ. (2014). Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Climate change synthesis report. IPCC, Geneva, p 151.
- Kevan, P. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agric Ecosyst Environ*, 74(1):373–393.
- Kotecký, V. (2015). Contribution of afforestation subsidies policy to climate change adaptation in the Czech Republic. *Land Use Policy*, 47:112–120.
- Kowalsick, A., Kfoury, N., Robbat, A., Ahmed, S., Orians, C., T. Griffin. (2014) Metabolite profiling of *Camellia sinensis* by automated sequential, multidimensional gas chromatography/mass spectrometry reveals strong monsoon effects on tea constituents. *J Chromatogr*, 1370:230–239.
- Lal, R., Delgado, JA, Groffman, PM., Millar, N., and C. Dell. (2011). Management to mitigate and adapt to climate change. *J Soil Water Conserv*, 66(4):276–285.

- Lemmesa, F. (1996). Tea production and management. In: Lemmesa F (ed) Teaching handout. Jimma College of Agriculture, Ethiopia, pp 1–14.
- Li, X., Zhang, L., Ahammed, GJ, Li, ZX, Wei, JP, and C. Shen. (2017). Stimulation in primary and secondary metabolism by elevated carbon dioxide alters green tea quality in *Camellia sinensis* L. *Sci Rep*, 7(1):7937.
- Lin, BB. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *Bioscience*, 61(3):183–193.
- Lotter, D. (2003). Organic agriculture. *J Sustain Agric*, 21(4):59–128.
- Magurran, AE. (2003). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Malden, MA.
- Midaga, CAO, Bruce, TJA, Pickett, JA, Pittchar, JO, Murage, A., and ZR. Khan. (2015). Climate-adapted companion cropping increases agricultural productivity in East Africa. *Field Crop Res*, 180:118–125.
- Mukhopadhyay, M., and TK. Mondal. (2017). Cultivation, improvement, and environmental impacts of tea subject. *Agri Environ Online Publ*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.373> S.
- Myers, S., Smith, M., Guth, S., Golden, C., Vaitla, B., and N. Mueller. (2017). Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. *Annu Rev Public Health*, 38:259–277.
- Pachauri, RK, Allen, MR., Barros, VR, Broome, J., Cramer, W., and R. Christ. (2014) Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Climate change synthesis report. IPCC, Geneva, p 151
- Pandey, DN., Gupta, AK, and DM. Anderson. (2003). Rainwater harvesting as an adaptation to climate change. *Curr Sci*, 85(1):46–59.
- Reji, C., Scoones, I., and C. Toulmin. (2013). Sustaining the soil: indigenous soil and water conservation in Africa. Routledge, London.
- Rees, WE. (2010). Thinking resilience. The post carbon reader series. Post-carbon Institute, Santa Rosa, CA.
- Thornton, PK., M. Herrero. (2014). Climate change adaptation in mixed crop–livestock systems in developing countries. *Glob Food Sec*, 3(2):999–107.
- Verchot, L., Noordwijk, V., Kandji, M., Tomich, S., Ong, T., and C. Albrecht. (2007). Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitig Adapt Strateg Glob Chang*, 12(5):901–918.
- Vermeulen, S., Campbell, B., and J. Ingram. (2012). Climate change and food systems. *Annu Rev Environ Resour*, 37:195–222.
- Walker, B., Holling, C., Carpenter, S., and A. Kinzig. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecol Soc*, 9(2):5.
- Wijeratne, M. (1996). Vulnerability of Sri Lanka tea production to global climate change. *Water Air Soil Pollut*, 92(1):87–94.
- Wollenberg, E., Richards, M., Smith, P., Havlík, P., Obersteiner, M., and F. Tubiello. (2016). Reducing emissions from agriculture to meet the 2 °C target. *Glob Chang Biol*, 22(12):3859–3864.

پژوهشکده چای

لاهیجان: خیابان شیخ زاهد گیلانی

تلفن: ۰۱۳ - ۴۲۴۲۶۸۰۸

دورنگار: ۰۱۳ - ۴۲۴۲۵۵۷۵

Web: <http://trc.hsri.ac.ir>

