

بسم الله الرحمن الرحيم



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی

آشنایی با تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مصرف آب در کشاورزی

سرشناسه	: گودرزی، مصطفی، ۱۳۶۲ - Goodarzi, Mustafa
عنوان و نام پدیدآور	: آشنایی با تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مصرف آب در کشاورزی/ مصطفی گودرزی؛ ویراستاران ترویجی سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح؛ ویراستار ادبی سمیرا میرنظامی؛ تهیه‌شده در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی.
مشخصات نشر	: کرج: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۴۸ ص.: مصور (رنگی).
شابک	: 978-964-520682-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: آشنایی با تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مصرف آب در کشاورزی
موضوع	: کشاورزی -- تامین آب -- مدیریت
موضوع	: Water-supply, Agricultural -- Management
موضوع	: تغییرات اقلیمی -- ایران
موضوع	: Climatic changes -- Iran
موضوع	: خشکسالی -- ایران
موضوع	: Droughts -- Iran
موضوع	: کشاورزی -- تامین آب
موضوع	: Water-supply, Agricultural
موضوع	: آبیاری -- مدیریت
موضوع	: Irrigation -- Management
شناسه افزوده	: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی
شناسه افزوده	: سازمان ترویج، آموزش و تحقیقات کشاورزی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی. دفتر شبکه دانش و رسانه های ترویجی
رده بندی کنگره	: 5494/5
رده بندی دیویی	: 631/7
شماره کتابشناسی ملی	: 6212128

ISBN:978-964-520-682-4

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۲۰-۶۸۲-۴



نشر آموزش کشاورزی

عنوان: آشنایی با تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مصرف آب در کشاورزی

نویسنده: مصطفی گودرزی

مدیر داخلی: شیوا پارسا نیک

ویراستاران ترویجی: سعیده اجاقی، نصیبه پورفاتح

ویراستار ادبی: سمیرا میرنظامی

تهیه شده در: مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، دفتر شبکه دانش و

رسانه‌های ترویجی

ناشر: نشر آموزش کشاورزی

نمونه خوان: افسانه شایسته

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۹

قیمت: رایگان

مسئولیت درستی مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز فن آوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی ۵۷۷۷۳ به تاریخ ۹۹/۴/۸ است.

نشانی: تهران، خیابان آزادی، بین نواب و رودکی، پلاک ۲۰۵، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، طبقه ۱۲

تلفن: ۶۶۴۳۰۴۶۵ تلفکس: ۶۶۴۳۰۴۶۴

کد پستی: ۱۴۵۷۸۹۶۶۸۱



مخاطبان:

زارعان، باغداران، کارشناسان، مروجان پهنه‌های تولیدی

اهداف آموزشی:

شما پس از مطالعه این نشریه با تغییر اقلیم، عوامل به‌وجودآورنده آن و همچنین تأثیرات تغییر اقلیم بر مصرف آب در کشاورزی آشنا خواهید شد.

فهرست

صفحه

عنوان

۹	مقدمه.....
۱۰	تغییرات اقلیم در ایران.....
۱۱	تغییر اقلیم چیست؟.....
۱۱	آب و هوا.....
۱۱	اقلیم.....
۱۳	گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم.....
۱۶	تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب.....
۱۸	تأثیرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و آبیاری.....
۲۲	سازگاری با تغییر اقلیم.....
۲۲	تغییر تاریخ کشت.....
۲۳	تغییر الگوی کشت.....
۲۴	به‌نژادی.....
۲۵	کشت گلخانه‌ای.....
۲۶	پیش‌بینی‌های دقیق‌تر آب و هوا.....
۲۷	استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری.....
۲۸	جمع‌آوری آب باران.....
۳۱	خاک‌ورزی حفاظتی.....
۳۲	افزایش ظرفیت نگهداشت خاک.....
۳۳	حفاظت از خاک.....
۳۷	کشت حبوبات.....
۳۹	کشاورزی دقیق.....
۴۲	کشت نشایی.....
۴۴	استفاده از آب‌های غیرمتعارف.....
۴۵	مدیریت کم‌آبیاری.....

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 فعالیت های انسانی بوده، شاهی بر این موضوع است. ذوب شدن شدید یخچال های طبیعی بر فراز کوه های مرتفع جهان نشانه ای از روند افزایش دماست. 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 شدت های مختلف تحت تأثیر این پدیده قرار می گیرند. به گونه ای که برخی از مناطق خشک تر شده و با خشک سالی های بیش تری روبه رو می شوند و در مقابل در برخی مناطق بارش های بیش تری رخ می دهد و با شرایط مرطوب تری مواجه می شوند.

تغییرات اقلیم در ایران

به‌طور کلی در کشورهای خشک و نیمه‌خشک مانند ایران پدیده تغییر اقلیم تأثیرات نامطلوب زیادی بر جامعه به‌خصوص بخش کشاورزی می‌گذارد و تولیدات کشاورزی و در مجموع امنیت غذایی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در واقع کشاورزان مهم‌ترین گروهی هستند که به‌دلیل نوسانات دمایی حاصل از تغییر اقلیم، بیش‌ترین خسارت را در جریان تولید محصولات کشاورزی متحمل می‌شوند. با توجه به تأثیرات بسیار منفی تغییرات اقلیمی بر کیفیت زندگی بشر، باید برای مقابله با آن راهکارها و روش‌های نوین و علمی در دستور کار قرار گیرد.

شرایط اقلیمی کشور ایران به‌گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن برای تولید مواد غذایی به‌شدت به آبیاری وابسته است. این وابستگی به حدی است که با وجود سطح نسبتاً یکسان اراضی سالانه زیر کشت دیم و فاریاب کشور، حدود ۹۰ درصد فراورده‌های کشاورزی از زراعت آبی حاصل می‌شود. در چنین شرایطی تأثیرات اقلیمی ناشی از پدیده خشک‌سالی و ترسالی می‌تواند تأثیرات منفی یا مثبت زیادی بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی ایران داشته باشد. همان‌طور که بیان شد، تغییر اقلیم تأثیرات مختلفی بر ارکان مختلف جامعه از جمله بخش کشاورزی می‌گذارد. بدین منظور کشاورزان برای کاهش ریسک آسیب‌پذیری خود بایستی درباره این پدیده شناخت پیدا کرده و فعالیت‌های خود را با آن سازگار کنند. بنابراین آگاه‌سازی کشاورزان و بهره‌برداران درباره پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن بر مصرف آب در بخش کشاورزی تأثیر زیادی در تأمین امنیت غذایی کشور دارد.

تغییر اقلیم چیست؟

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

آب و هوا

آب و هوا یا وضعیت جوی عبارت است از شرایط آب و هوایی در یک مکان مشخص و در یک زمان خاص. مهم‌ترین جنبه‌های آب و هوا توسط هر فردی در طول روز قابل درک و احساس است و شامل بارش، رطوبت، باد، تابش خورشید، ابرناکی و دماست. اما علاوه بر این وقایع شدیدی از قبیل طوفان، خشک‌سالی، رگبار و... را نیز شامل می‌شود. آب و هوا به‌شدت 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، بعدازظهر هوا ابری باشد و شب هوا صاف شود.

اقلیم

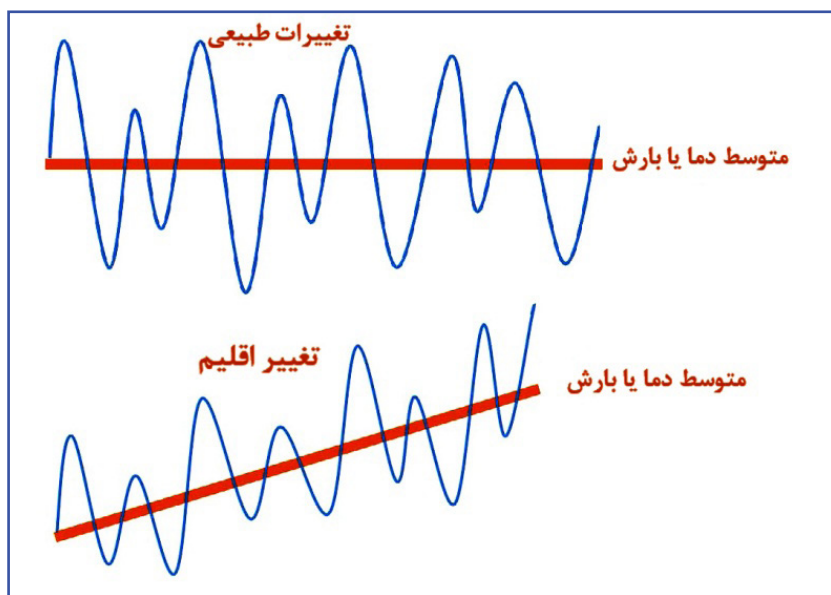
اقلیم شرایط آب و هوایی غالب در یک منطقه در حالت کلی و در بلندمدت است. به‌عنوان مثال اقلیم خشک، مرطوب یا معتدل، که همه این اقلیم‌ها ممکن است در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب، گرم و سرد، ابری و صاف یا خشک‌سالی و ترسالی قرار بگیرند. عوامل مختلفی در تعیین یک اقلیم خاص مؤثرند که شامل متوسط دمای هوا، رطوبت،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

بر این اساس تغییر اقلیم به معنی هر نوع تغییر در الگوی کلی آب و هوایی یک منطقه یا کره زمین است. موارد زیر به عنوان تغییر اقلیم محسوب می شوند:

۱. افزایش میانگین دما؛
۲. کاهش بارش؛
۳. تغییر شکل بارش ها از باران به برف و برعکس؛
۴. افزایش رخداد خشک سالی یا سیل در یک منطقه.

در حقیقت بر اثر تغییر اقلیم شرایط آب و هوایی یک منطقه گرم تر، سرد تر، خشک تر یا مرطوب تر می شود. تغییر اقلیم می تواند اثر مهم و درخور توجهی بر روی چرخه هیدرولوژی* از طریق بارش، تبخیر و تعرق، رطوبت خاک و دما داشته باشد. چرخه هیدرولوژی، با بارش و تبخیر بیش تر دچار دگرگونی می شود. با این حال، بارش اضافی ایجاد شده به صورت نامتوازن در سرتاسر جهان توزیع خواهد شد. به گونه ای 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 با تغییرات طبیعی آب و هوا که در برخی سال ها رخ می دهد، تفاوت دارد؛ بدین معنی که در شرایط طبیعی ممکن است در برخی سال ها دما یا بارش افزایش و در برخی سال ها کاهش یابد (شکل ۱).

* چرخه هیدرولوژی: گردش آب در طبیعت که به آن سیکل هیدرولوژی یا چرخه آب گفته می شود، عبارت است از حرکت و جابه جایی آب در قسمت های مختلف که تحت تأثیر نیروی متفاوتی از جمله نیروی جاذبه، نیروی ثقل، تغییرات فشار و انرژی خورشیدی است.

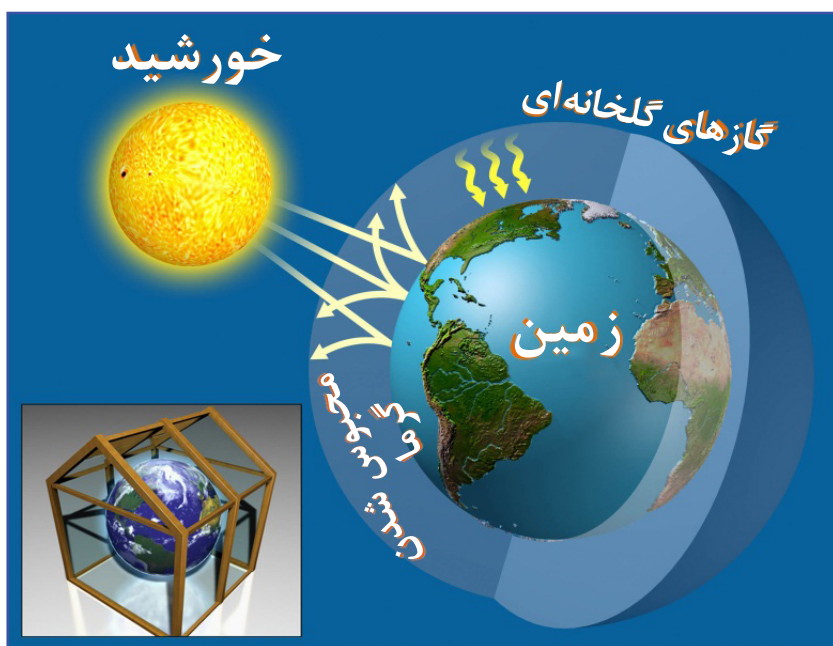


شکل ۱- مقایسه تغییرات طبیعی آب و هوا نسبت به تغییر اقلیم

گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم

در طول دوره‌های زمین‌شناسی مختلف به دلایل طبیعی متفاوت از قبیل فعالیت آتشفشان‌ها و انحراف در مدارهای چرخش زمین 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. اصولاً آن چیزی که باعث ایجاد تغییر اقلیم در زمین شده است، تغییر غلظت گازهای موجود در اتمسفر است که به این گازها گازهای گلخانه‌ای می‌گویند. دلیل این نام‌گذاری شباهت سازوکار عملیات این گازها به گلخانه* است. جو یا هوایی که در اطراف ماست نیز 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 چرخه فرایندهای طبیعی در زمین مختل می‌شود و تغییر می‌یابد.



شکل ۲- پدیده گلخانه‌ای و گرم شدن کره زمین

* گلخانه یک اتاق شیشه‌ای یا پلاستیکی است که نور خورشید از شیشه‌های آن به داخل می‌تابد و هوای گلخانه را گرم می‌کند، اما شیشه‌های گلخانه اجازه نمی‌دهند که این هوای گرم از گلخانه خارج شود.

فعالیت‌های انسانی مانند رشد صنایع و کارخانه‌ها، جنگل‌زدایی و تخریب محیط‌زیست، جزو عوامل اصلی ایجاد تغییر اقلیم شناخته شده‌اند؛ در حالی که پیش از استفاده گسترده از سوخت فسیلی، بزرگ‌ترین تأثیر بشری بر اقلیم محلی احتمالاً از استفاده از زمین از طریق آبیاری، تخریب جنگل‌ها و کشاورزی حاصل می‌شده است. در بین گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن ناشی از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز است که مهم‌ترین بخش گازهای گلخانه‌ای را تشکیل می‌دهد. فعالیت‌های گوناگون بشر سبب افزایش روزافزون غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسیدکربن شده است و این افزایش سبب می‌شود تا امواج مادون قرمز ساطع‌شده از زمین بیش از پیش توسط گازهای گلخانه‌ای جذب شده و باعث گرم‌تر شدن اتمسفر کره زمین شود. گرم‌تر شدن کره زمین نیز به‌نوبه خود بر وضعیت دیگر اجزای سیستم اقلیم تأثیر می‌گذارد و پدیده تغییر اقلیم را موجب می‌شود.

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 0.5°C درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است؛ دانشمندان انتظار دارند که در طول ۱۰۰ سال آینده متوسط دمای زمین 1.5°C تا 3°C درجه سانتی‌گراد افزایش یابد.

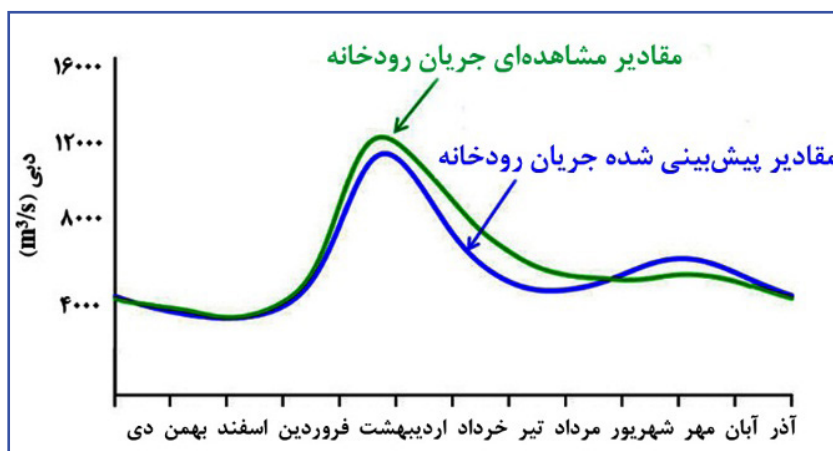
شاید فکر کنید «این که چیزی نیست»، اما همین مقدار می‌تواند آب و هوای زمین را به‌طور بی‌سابقه‌ای تغییر دهد. زمانی که این پدیده رخ دهد، ممکن است تغییرات بزرگی در سطح آب اقیانوس‌ها، مزارع کشاورزی و هوایی که تنفس می‌کنیم یا آبی که می‌نوشیم، رخ دهد. با گرم‌شدن آب و هوا و تأثیر آن بر مزارع کشاورزی، منابع غذایی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

تأثیرات تغییر اقلیم بر منابع آب

شواهد زیادی بر اساس اطلاعات و پیش‌بینی‌ها وجود دارد که منابع آب شیرین تحت تأثیر تغییر اقلیم، به‌شدت آسیب‌پذیر است (شکل ۳). تغییر اقلیم سبب تغییر رژیم بارش و دما و همچنین رواناب می‌شود. در اکثر مناطق به‌خصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک مقدار دبی رودخانه‌ها و سایر ذخایر سطحی بر اثر تغییر اقلیم کاهش می‌یابد (شکل ۴). گرم‌شدن کره زمین موجب کاهش بارش برف در زمستان می‌شود که بر الگوی فصلی جریان آب رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارد. به این ترتیب تغییر الگوی بارش می‌تواند بر کلیه فعالیت‌هایی که از آب استفاده می‌کنند، تأثیرات منفی داشته باشد.



شکل ۳- ذوب‌شدن یخچال‌های قطبی بر اثر گرم‌شدن زمین



شکل ۴- اثر تغییر اقلیم بر دبی رودخانه در ماه‌های مختلف سال

به‌طور کلی گرم‌شدن کره زمین هم بر کمیت و هم بر کیفیت آب‌های سطحی تأثیر می‌گذارد که در نهایت هزینه تصفیه آب را نیز افزایش می‌دهد. از سوی دیگر در اثر بالا رفتن دما، میزان تبخیر در رودخانه‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین به‌دلیل پدیده تغییر آب و هوا خطرهای دیگری مانند جاری‌شدن سیل، فرسایش رودخانه‌ها و سواحل دریاچه‌ها نیز به وقوع خواهد پیوست. تغییر اقلیم با تأثیر بر میزان رواناب و سایر فرایندهای هیدرولوژیک، کیفیت آب و دسترسی به آب سالم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا تأثیرات تغییر اقلیم بر رواناب و جریان رودخانه‌ها در آینده مهم است.

تغییر اقلیم می‌تواند به شکل‌های مختلفی پایداری منابع آب زیرزمینی را نیز تحت تأثیر قرار دهد که به‌طور خلاصه عبارت‌اند از:

۱. تغییر نرخ تغذیه ناشی از تغییر متوسط بارش یا تغییر توزیع

فصلی بارش‌ها؛

۲. خشک‌سالی‌های شدیدتر و طولانی‌تر؛
۳. تغییر در میزان تبخیر و تعرق بر اثر تغییر گیاهان؛
۴. افزایش احتمالی مصرف منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یک منبع جایگزین مطمئن‌تر.

دو مورد اول بر جریان ورودی به منابع آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارند و دو مورد آخر بر برداشت از منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار هستند. تحقیقات انجام‌شده بر روی تأثیرات تغییر اقلیم بر آب‌های زیرزمینی نشان داده است که تغییر اقلیم باعث کاهش نرخ تغذیه آبخوان‌ها، افت سطح ایستابی و افزایش برداشت از آبخوان‌ها می‌شود، که این مسئله می‌تواند بحران آب را جدی‌تر از پیش کند.

تأثیرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و آبیاری

افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم منجر به نتایجی شده است که تمامی اکوسیستم و فعالیت‌های بشر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل ۵). بخش کشاورزی به‌دلیل ارتباط تنگاتنگ با اقلیم و شرایط آب و هوایی، یکی از آسیب‌پذیرترین ارکان جامعه بشری در مواجهه با تغییر اقلیم است، به‌گونه‌ای که کوچک‌ترین تغییرات در اقلیم منطقه و جهانی تأثیرات چشمگیری بر کشاورزی دارد. افزایش دما باعث ذوب یخ‌ها و برف‌های قطبی شده و این مسئله سبب افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها می‌شود و بسیاری از مناطق ساحلی به زیر آب می‌رود و در معرض خطر قرار می‌گیرد. همچنین با افزایش دمای آب دریا بسیاری از جانداران موجود در دریاها و اقیانوس‌ها آسیب می‌بینند. بارش باران بسیار متغیر می‌شود که این مسئله باعث کاهش منابع آب، کوتاه‌شدن دوره رشد گیاه و افزایش خشک‌سالی می‌شود. بر این اساس بسیاری از مناطق حاصلخیز ممکن

است قابلیت کشت خود را از دست بدهند و برعکس مناطق نامناسب قابلیت کشت پیدا کنند. همچنین تغییر اقلیم ممکن است با طغیان آفت‌های گیاهی موجب افزایش خسارت عملکرد محصولات کشاورزی شود. بنابراین مجموع این عوامل بخش کشاورزی را دچار مشکل می‌کند و در نتیجه امنیت غذایی منطقه‌ای و جهانی به خطر می‌افتد.



شکل ۵- چگونگی تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی

تغییر اقلیم از طریق افزایش نیاز آبیاری، محدود کردن بهره‌وری محصول و کاهش آب در دسترس در مناطقی که آبیاری مورد نیاز بوده یا منافع نسبی داشته است، اثر چشمگیری بر کشاورزی دارد. همان گونه که بیان شد، به‌علت تغییر الگوی بارش و دمای متوسط جو این پدیده می‌تواند بر تولید انواع محصولات زراعی و باغی که تأمین‌کننده غذای جهان هستند،

آسیب وارد کند. مناطقی در دنیا وجود دارند که در حال حاضر در محدوده بیشینه درجه حرارت مناسب برای کشت محصولات مهم سبذ غذایی قرار دارند و ظرفیت افزایش بیش‌تر درجه حرارت را ندارند. از سوی دیگر مشکلات ناشی از پراکنش سریع‌تر آفات و بیماری‌ها در درجه حرارت بالاتر، مشکلات ناشی از کاهش عملکرد را پیچیده‌تر می‌کند. بنابراین، گرمایش هوای زمین می‌تواند بدون اینکه باعث از بین رفتن گیاهان زراعی شود، کشاورزی و در نتیجه امنیت غذایی را به مخاطره بیندازد. به عبارت دیگر اگر محصول زراعی در زمان‌های بحرانی رشد خود با درجه حرارت بالا یا شرایط خشکی مواجه شود، ممکن است هیچ محصولی تولید نکند. برای مثال، در دمای بالاتر از حد تحمل، ذرت از بین نمی‌رود؛ اما هیچ دانه‌ای تولید نمی‌کند و بلال تشکیل نمی‌شود (شکل ۶).



شکل ۶- کاهش تولید ذرت بر اثر خشک‌سالی و افزایش دما

محصولات دیگر نیز شبیه ذرت هستند و در دماهای بالاتر از حد بحرانی از توسعه بخش‌های خوراکی محصول به‌شدت ممانعت به عمل می‌آید. تغییر اقلیم علاوه بر اینکه تأثیرات مستقیم روی عملکرد محصول دارد، به‌طور غیرمستقیم نیز از طریق ایجاد تغییر در بیماری‌ها و آفات، عملکرد محصول را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. افزایش دما در بسیاری از مناطق به تغییر در دوره رشد مطلوب، اغلب تا یک ماه یا بیش‌تر در فصل زمستان منجر شده و گاهی اوقات ممکن است حتی به تغییر در الگوی کشت منجر شود.

یکی از آثار تغییر اقلیم، اثر آن بر نیاز آبی گیاهان و در نتیجه نیاز آبیاری در مناطق مختلف است، که در سطح وسیع در یک منطقه، به‌خصوص در مناطق گرم و خشک، می‌تواند قابل توجه باشد. به‌گونه‌ای که وضعیت منابع آب منطقه کاملاً تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرد و می‌تواند چالش بسیار بزرگی برای مدیریت تولید محصولات کشاورزی و برنامه‌ریزی منابع آب ایجاد کند.

تأثیرات تغییر اقلیم خطر تولیدات کشاورزی در شرایط دیم را افزایش می‌دهد و ممکن است وضعیت اقتصادی کشاورزان خرده‌پا را متزلزل کند، حتی ممکن است انجام کشت دیم امکان‌پذیر نباشد. بررسی‌ها نشان داده که خسارت‌های ناشی از تغییر اقلیم بر کشت‌های دیم به‌مراتب از کشت‌های آبی بیش‌تر است. تأثیرات تغییر اقلیم بر کشت دیم را می‌توان از طریق کاهش بارش، تغییر الگوهای زمانی بارش، افزایش دما، تغییر طول دوره رشد گیاه و تغییر تاریخ مناسب کشت متوجه شد، که با توجه به وابستگی کشت دیم به تمامی این ویژگی‌های اقلیمی، تغییر اقلیم کشت دیم را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌طور کلی کشاورزی دیم نسبت به تغییر اقلیم آسیب‌پذیر می‌شود.

سازگاری با تغییر اقلیم

بدیهی است که به‌منظور کاهش و حداقل‌سازی شدت تغییر اقلیم جهانی و آثار مضر آن، کنترل و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اقدامی اساسی و ضروری است. اما به‌هر حال گرم‌شدن جهانی آغاز شده است و انتشار گازهای گلخانه‌ای حداقل با نرخ‌های کنونی رخ می‌دهد. بنابراین، هم بایستی درصدد کاهش تغییر اقلیم بود و هم در مواجهه با تغییرات اقلیمی سازگاری و تعدیل ایجاد کرد.

کشاورزان کشورهای در حال توسعه نیازمند تعدیل با اقلیمی هستند که در حال تغییر است و این تغییر در آینده افزایش نیز خواهد داشت. عملیات زراعی در بسیاری از مناطق بایستی تغییر یابد، همچنین زارعان می‌توانند نوع کشتشان را عوض کنند. به‌عنوان مثال در مناطق گرم و خشک‌تر می‌توانند سورگوم را جایگزین ذرت سازند که نیاز آبی کم‌تری دارد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که در شرایط اقلیمی آینده افزایش دما بیش‌ترین سهم را در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارد. بنابراین راهکارهای سازگاری با این شرایط باید به نحوی انتخاب شود که از این تأثیرات منفی جلوگیری کنند. در این بخش به برخی از راهکارهای مدیریتی برای سازگاری با این پدیده اشاره می‌شود.

تغییر تاریخ کشت

تغییر تاریخ کشت بر اساس الگوی تغییرات دما و بارش در آینده یکی از راهکارهای مناسب برای سازگاری با تغییر اقلیم است؛ به‌گونه‌ای که با تغییر زمان کشت مناسب می‌توان از افزایش مصرف آب و کاهش عملکرد جلوگیری کرد. البته بایستی توجه کرد که این تغییر بایستی

کاملاً اصولی و بر اساس تحقیقات انجام شده توسط متخصصان صورت پذیرد؛ در غیر این صورت می تواند نتایج عکس داشته باشد. همچنین، در صورتی که بارش های پاییز و زمستان در منطقه مناسب باشد، پیشنهاد می شود که بیش تر از کشت پاییزه استفاده شود تا حداکثر استفاده از بارش صورت بگیرد و نیاز آبیاری به حداقل ممکن کاهش یابد. و برعکس در صورتی که شرایط خشک سالی بر منطقه حاکم باشد، بارش های پاییز و زمستان کم باشد یا تغییر اقلیم باعث کاهش بارش در این فصل ها شود، پیشنهاد می شود که از کشت های بهاره به دلیل طول دوره رشد کم تر استفاده شود.

تغییر الگوی کشت

از تغییر الگوی کشت به عنوان یکی از راهکارهای تطبیق بدون هزینه در مقابله و کاهش زیان ناشی از تغییر اقلیم یاد می شود. با توجه به اینکه تغییر اقلیم باعث تغییر در میزان بارش و درجه حرارت منطقه می شود، یکی از راهکارهای مفید برای سازگاری با تغییر اقلیم، تغییر الگوی کشت منطقه و کشت محصولات متناسب با شرایط اقلیمی جدید است. جدول ۱ مثالی برای این موضوع است. به عبارت دیگر، تغییر الگوی کشت به الگوی منطبق با شرایط تغییر اقلیم (جهت گیری به سمت کاشت محصولات با نیاز آبی کم تر)، زیان رفاهی ناشی از این پدیده را به حداقل ممکن کاهش خواهد داد. همچنین تا حد امکان بایستی محصولات بارزش تری مانند میوه، سبزی، ادویه و گیاهان دارویی تولید شود.

جدول ۱- مثالی برای تغییر الگوی کاشت

کشت اول (اصلی)	کشت جایگزین
ذرت	سورگوم
محصولاتی مانند یونجه، شبدر و ذرت علوفه‌ای	محصولات علوفه‌ای کم‌آب‌بر مانند سورگوم علوفه‌ای، ارزن، جو و...
محصولات با نیاز آبی بالا مانند برنج	دانه‌های روغنی

به‌نژادی

یکی دیگر از راهکارهای مقابله با تأثیرات تغییر اقلیم افزایش مقاومت محصولات به گرماست که از طریق به‌نژادی می‌توان به آن رسید. اصلاح انتخاب ارقام متحمل به خشکی با استفاده از شاخص‌های مناسب، یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش تأثیرات تغییر اقلیم است. وجود واریته‌های مقاوم به کم‌آبی امکان تداوم همان سامانه کشت با همان میزان تولید یا حتی با تولید بهبودیافته را فراهم می‌کند. در اختیار داشتن ارقام زراعی کم‌توقع و موفق در شرایط کم‌آبی از طریق روش‌های مختلف کلاسیک و نوین اصلاح نباتات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین در این راستا می‌توان از شناخت و کاربرد ارقام مقاوم به خشکی موجود برای کشت استفاده کرد. برای مثال پژوهش‌هایی که بر روی گندم انجام شده است، نشان داده که افزایش مقاومت به کم‌آبی از طریق اصلاح گیاه برای ریشه‌دهی سریع‌تر و متراکم‌تر در مراحل اولیه رشد امکان‌پذیر است، که هدف این اصلاح افزایش جذب آب و تولید محصول با وجود کمبود آب است.

کشت گلخانه‌ای

با توجه به خشک‌سالی و مشکلات مرتبط با کمبود منابع آبی ناشی از تغییر اقلیم، برای تأمین امنیت غذایی چاره‌ای جز تولید به روش گلخانه‌ای وجود ندارد (شکل ۷). در کشت گلخانه‌ای مصرف آب به حداقل می‌رسد و بهره‌وری آب به میزان چشمگیری افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال می‌توان به موارد زیر توجه کرد:

برای تولید یک کیلوگرم قارچ (با غنای بالایی از پروتئین)، در شرایط موجود حدود ۴ تا ۱۰ لیتر آب مصرف می‌شود، در صورتی که برای تولید یک کیلو گندم در فضای باز و در مزرعه در بهترین شرایط حدود ۵۰۰ لیتر آب مورد نیاز است و در شرایط ایران ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود.

عملکرد خیار گلخانه‌ای در یک دوره رشد ۴ تا ۵ ماهه، حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم در مترمربع است که حدود ۵ برابر عملکرد در عرصه‌های آزاد است، و بهره‌وری آب نیز به همین نسبت، حتی خیلی بیشتر، افزایش می‌یابد.



شکل ۷- کشت گلخانه‌ای راهکاری برای مقابله با تغییر اقلیم

پیش‌بینی‌های دقیق‌تر آب و هوا

اطلاع زارعان 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 (شکل ۸).



شکل ۸- استفاده از فناوری‌های نوین برای اطلاع‌رسانی به‌موقع به کشاورزان

استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری

امروزه روش‌های نوین آبیاری برای سازگاری با ترکیب‌های مختلف خاک و نوع محصول توسعه یافته‌اند و استفاده صحیح از آن‌ها به میزان درخور توجهی می‌تواند در مقابله با تغییر اقلیم مؤثر باشد. در استفاده از روش‌های آبیاری سطحی راهکارهای مختلفی مانند استفاده از روش کاهش جریان، روش موجی و استفاده از زهاب انتهایی مزرعه، برای بهبود بازدهی آبیاری ارائه شده است که می‌توان از این روش‌ها برای بهبود بهره‌وری استفاده از آب در این سیستم‌ها استفاده کرد. همچنین با طراحی و مدیریت مناسب سیستم‌های آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای)، می‌توان به بازدهی آبیاری بالا دست یافت و نیز عملکرد محصول را افزایش داد. بنابراین استفاده از روش‌های نوین آبیاری با بازدهی بالا راهکاری اساسی برای مقابله با تغییر اقلیم است (شکل ۹).



شکل ۹- کاربرد سیستم‌های با بازدهی آبیاری بالا

جمع آوری آب باران

یکی از روش‌هایی که به‌طور غیرمستقیم می‌تواند باعث کاهش اتکا به منابع آب معمول نظیر چاه، قنات یا آب رودخانه باشد، استحصال مستقیم آب باران است. با توجه به اینکه یکی از تأثیرات تغییر اقلیم تغییر الگوی بارش‌هاست، جمع‌آوری آب باران یکی از راهکارهای مقابله با تغییر اقلیم به‌خصوص در کشت‌های دیم است. از آنجا که باران، هرچند به مقدار کم، تقریباً در همه نقاط وجود دارد، چنانچه بتواند به نحوی با اعمال مدیریت صحیح مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند برای جبران بخشی از کمبودهای موجود، مفید واقع شود. جمع‌آوری آب باران به‌سادگی و با روش‌های مختلفی قابل‌انجام است. از روش‌های جمع‌آوری آب باران می‌توان به استفاده از سطوح موجود مانند سقف خانه‌ها (شکل ۱۰)، سطوح جاده‌ها (شکل ۱۱) و سقف گلخانه‌ها (شکل ۱۲)، روش تغییر دادن یا اصلاح کردن سطح زمین و روش پوشاندن سطح خاک برای جمع‌آوری آب باران، اشاره کرد.



شکل ۱۰- جمع‌آوری آب باران توسط سقف خانه‌ها



شکل ۱۱- سیستم جمع آوری آب باران در جاده‌ها و بزرگ‌راه‌ها

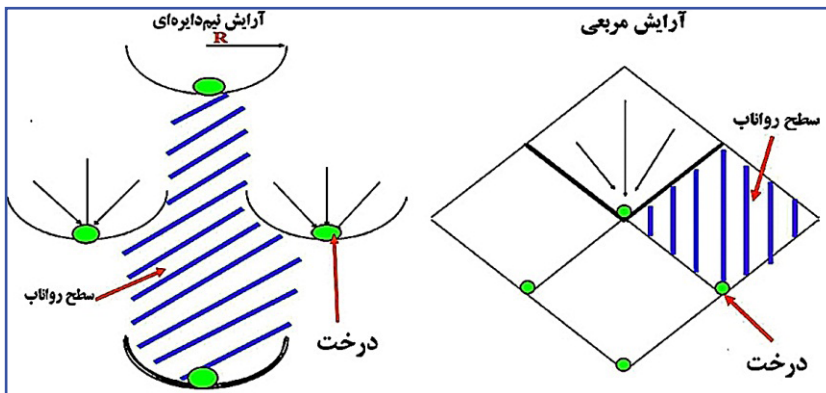


شکل ۱۲- جمع آوری آب باران از سقف گلخانه

همچنین در باغ‌های دیم می‌توان با ایجاد سطح رواناب با غلطک‌زدن و کوبیدن زمین و همچنین هدایت آن به سمت درخت‌ها و سپس نایلون‌گذاری برای جلوگیری از تبخیر آب، حداکثر استفاده را از بارش‌ها کرد (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۳- ایجاد سطح رواناب و نایلون‌گذاری برای استحصال آب باران در باغ‌های دیم



شکل ۱۴- دو نوع آرایش مناسب برای جمع‌آوری آب باران در باغ‌های دیم

خاک‌ورزی حفاظتی

خاک‌ورزی حفاظتی به مجموعه‌ای از تکنیک‌ها شامل نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک، تناوب زراعی، کاربرد کود سبز، کنترل عبور و مرور وسایل و ماشین‌های کشاورزی و استفاده از بسترها یا پشته‌های عریض گفته می‌شود. وقتی ترکیبی از این تکنیک‌ها به کار برده می‌شود، صرفه‌جویی در وقت و انرژی و تقویت منابع آب و خاک را سبب می‌شود. روش‌های خاک‌ورزی مرسوم تأثیر مخربی بر ساختمان خاک و اکوسیستم کشاورزی دارد. لذا کشاورزی حفاظتی اولویت اصلی در آینده کشاورزی جهان است. یکی از ارکان مهم در توسعه کشاورزی پایدار به حداقل رساندن جابه‌جایی خاک است. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی از نظر صرفه‌جویی در میزان مصرف انرژی، زمان انجام عملیات و همچنین کاهش هزینه تولید یکی از بهترین روش‌های خاک‌ورزی به شمار می‌رود. به دلیل اینکه وجود رطوبت و مدت زمان ماندگاری آن در خاک تأثیر زیادی بر روی میزان عملکرد محصولات زراعی دارد، در روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم)، وجود بقایای گیاهی باعث کاهش میزان تبخیر از سطح خاک شده که در نتیجه رطوبت خاک بیش‌تر حفظ می‌شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- حفظ بقایای گیاهی در سطح زمین و کشت مستقیم محصول بر روی بقایای محصول سال قبل

افزایش ظرفیت نگهداشت خاک

یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب در تولید محصولات کشاورزی به‌منظور مقابله با تغییر اقلیم، افزایش قدرت نگهداشت خاک و حفظ رطوبت در خاک به‌منظور استفاده تدریجی آن توسط گیاه است. بدین منظور می‌توان از انواع مواد اصلاح‌کننده خاک از جمله کودهای آلی و سوپرجاذب‌ها استفاده کرد (شکل ۱۶). این مواد می‌توانند در کاهش تعداد دفعات آبیاری و در نتیجه کاهش مصرف آب مؤثر باشند. پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب کنند و متورم شوند. این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در خاک قرار می‌گیرند، آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب کرده و از فرونشست آن جلوگیری می‌کنند و پس از خشک‌شدن محیط خاک، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به‌مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند. با کاربرد این قبیل مواد می‌توان ضمن کاهش تعداد آبیاری‌ها و در نتیجه کاهش مصرف آب، عملکرد محصول را نیز بهبود بخشید که نهایتاً باعث افزایش هرچه بیش‌تر بهره‌وری مصرف آب می‌شود.



شکل ۱۶- کاربرد سوپرجاذب برای افزایش نگهداشت آب در خاک

حفاظت از خاک

توجه ویژه به خاک می‌تواند نقش کلیدی در مقابله با تغییر اقلیم داشته باشد و در واقع حفاظت از زمین با حفاظت از خاک آغاز می‌شود. خاک به‌عنوان محیط رشد گیاه هم از لحاظ کاهش خسارت وارد شده به کشاورز دارای اهمیت است و هم از نظر کاهش گازهای گلخانه‌ای. با مدیریت صحیح خاک می‌توان مقادیر بیش‌تری از کربن را ذخیره کرد و نیز از انتشار گاز دی‌اکسید کربن در هوا جلوگیری کرد که در نهایت باعث کاهش تأثیرات گلخانه‌ای می‌شود. بنابراین حفاظت از خاک و تقویت آن نقش مهمی در مقابله با تغییر اقلیم و سازگاری با آن دارد. مدیریت ضعیف خاک ضمن ایجاد خسارت برای کشاورز در بلندمدت و فراهم کردن کشاورزی ناپایدار باعث تشدید پدیده تغییر اقلیم می‌شود. نمونه‌هایی از مدیریت غیر صحیح خاک که می‌تواند آثار سوئی برای محیط‌زیست و کشاورزان داشته باشد، عبارت‌اند از (شکل ۱۷):

۱. نابودی جنگل‌ها و تبدیل جنگل‌ها به اراضی کشاورزی؛

۲. بیابان‌زدایی؛

۳. چرای بیش از حد مراتع و مزارع؛

۴. سوزاندن بقایای گیاهی در مزارع؛

۵. شخم اراضی در جهت غلط؛

۶. رعایت نکردن تناوب صحیح زراعی.



شکل ۱۷- نمونه‌هایی از مدیریت غلط خاک

همان‌طور که بیان شد در صورتی که خاک به‌درستی مدیریت شود و اصول حفاظت از خاک رعایت شود، ضمن افزایش سود کشاورزان از طریق افزایش عملکرد محصول و کشاورزی پایدار انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد و به کاهش تأثیرات تغییر اقلیم منجر می‌شود. مدیریت پایدار خاک و کارهایی که به حفاظت از خاک منجر می‌شود، عبارت‌اند از (شکل ۱۸):

۱. شخم در جهت خطوط تراز (عمود بر شیب زمین)؛
۲. تراسبندی زمین در اراضی شیب‌دار؛
۳. ایجاد بادشکن گیاهی؛
۴. تناوب صحیح زراعی؛
۵. استفاده از مالچ؛
۶. خاک‌ورزی حفاظتی (کشت مستقیم یا حداقل شخم)؛
۷. کشت گیاهان پوششی برای تثبیت خاک؛
۸. استفاده از کودهای آلی و کود سبز برای افزایش مواد آلی خاک؛
۹. کنترل رواناب محیطی؛
۱۰. مدیریت شوری خاک؛
۱۱. کنترل و جلوگیری از چرای بیش از حد؛
۱۲. احیاء جنگل‌ها و مراتع.

همچنین کشاورزی ارگانیک به‌عنوان راه‌حلی برای جلوگیری از تخلیه منابع غذایی خاک، تخریب و کاهش کیفیت خاک و تغییرات اقلیمی شناخته می‌شود. مزیت کشاورزی ارگانیک در بازچرخانی ضایعات به‌عنوان مواد غذایی و همچنین استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب کشت و دام‌پروری و پرهیز از کشت هر ساله یک نوع محصول (که باعث کاهش کیفیت خاک می‌شود) است. تولیدکنندگان در کشاورزی ارگانیک از مصرف آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی پرهیز می‌کنند و مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهند.



شکل ۱۸- نمونه‌هایی از مدیریت مناسب خاک

کشت حبوبات

ترویج کشت حبوبات در چرخه کشت محصولات زراعی، راهکاری کلیدی برای مقابله با تغییر اقلیم محسوب می‌شود. حبوبات از لحاظ اقلیمی جزو گیاهان هوشمند به حساب می‌آیند؛ زیرا به‌طور پیوسته خود را با تغییر اقلیم سازگار کرده و نیز به کاهش تأثیرات آن و تشدید پدیده تغییر اقلیم کمک می‌کنند. گیاهان خانواده حبوبات، نیتروژن موجود در هوا را جذب و آن را به ماده مفید و قابل استفاده توسط گیاه تبدیل می‌کنند. با این کار هم نیاز به اضافه کردن کود نیتروژنه (کود اوره) برطرف می‌شود و هم از میزان گازهای گلخانه‌ای کاسته می‌شود. در حال حاضر ۸۵ میلیون هکتار اراضی تحت کشت حبوبات به تثبیت ۳ تا ۶ تن نیتروژن موجود در اتمسفر منجر می‌شود (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- تثبیت نیتروژن هوا و تبدیل آن به کود توسط ریشه حبوبات

محصولات خانواده حبوبات دارای تنوع زیادی از نظر گونه هستند. این مسئله، علاوه بر تأمین رضایت سلايق و ذائقه‌های مختلف، امکان اصلاح ژنتیکی گونه‌ها برای مقابله با تغییر اقلیم را فراهم می‌کند و گونه‌های مقاوم‌تری را می‌توان تولید و از آن‌ها استفاده کرد. کشت ترکیبی حبوبات

با سایر محصولات (شکل ۲۰) به تأمین امنیت غذایی کشاورز و کسب درآمد برای کشاورز منجر می‌شود و در عین حال به تثبیت نیتروژن و افزایش کیفیت خاک کمک می‌کند.



شکل ۲۰- کشت ترکیبی کتان و سویا

اضافه کردن حبوبات به سیستم تناوب زراعی باعث افزایش باکتری‌های مفید در خاک، تثبیت نیتروژن در خاک و تجزیه کربن در خاک شده و ضمن بهبود کیفیت خاک باعث افزایش عملکرد محصولات در تناوب با حبوبات و پایداری سیستم زراعی می‌شود. همچنین استفاده از حبوبات در تغذیه دام به دلیل دارا بودن پروتئین زیاد، باعث افزایش کیفیت و کمیت محصولات دامی می‌شود و نیز انتشار گاز متان توسط دام که از گازهای گلخانه‌ای است، کاهش می‌یابد. علاوه بر تمامی موارد ذکر شده محصولات خانواده حبوبات دارای ارزش غذایی زیادی هستند و قابلیت نگهداری خوبی دارند و با توجه به درصد پروتئین بالای آن‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای گوشت به‌ویژه در مناطق کم‌درآمد محسوب شوند. بنابراین، افزایش اراضی تحت کشت حبوبات با مدیریت صحیح و استفاده از

گونه‌های مقاوم و مناسب، ضمن تأمین امنیت غذایی جامعه به تعدیل تأثیرات تغییر اقلیم کمک مؤثری می‌کند.

کشاورزی دقیق

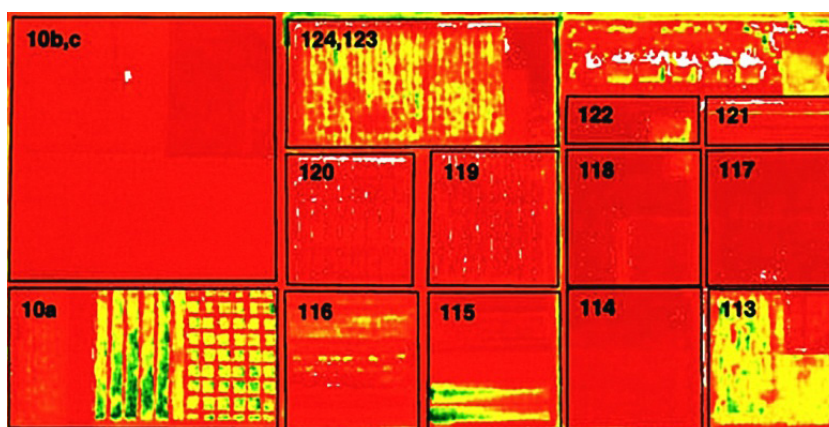
کشاورزی دقیق مفهومی جدید در کشاورزی امروزی است و بر مبنای وجود ناهمگونی در سطح مزرعه استوار است. تعریف آن به شرح زیر است:

«کشاورزی دقیق عبارت است از انجام عملیات کشاورزی به‌صورت بسیار دقیق به‌گونه‌ای که ورودی‌های مورد نیاز برای تولید محصول هدف قرار می‌گیرد و بر اساس نیاز گیاه در هر نقطه این ورودی‌ها تأمین می‌شود. در تفکر سنتی مدیریت مزرعه، کل مزرعه به‌عنوان واحدی منفرد در نظر گرفته می‌شود و مدیریت به‌گونه‌ای انجام می‌شود که عملکرد متوسط مزرعه بهینه شود. اما هدف کشاورزی دقیق تقسیم مزرعه به چندین زیر واحد و مدیریت این بخش به‌صورت جداگانه، برای حداکثر کردن عملکرد محصول در هر بخش است.»

یکی از دلایل رشد کشاورزی دقیق در میان دانشمندان و کشاورزان، پیشرفت تکنولوژی در زمینه‌های مختلف از جمله سیستم تعیین مختصات جغرافیایی (GPS)، سنسورها، عکس‌های هوایی یا ماهواره‌ای (سنجش از دور) و امکانات مدیریت اطلاعات جغرافیایی است. بر این اساس اطلاعات جمع‌آوری شده توسط تکنولوژی‌های ذکر شده برای انجام محاسبات دقیق در مورد سطح مختلف در مزرعه از ابعاد مختلف از جمله مقدار مواد مغذی خاک، مقدار آبیاری مورد نیاز، گسترش و پخش آفت‌ها و بیماری‌ها و علف‌های هرز در سطح مزرعه، همچنین درباره موعدها فعالیت‌های مدیریتی نظیر موارد زیر تصمیم‌گیری می‌شود:

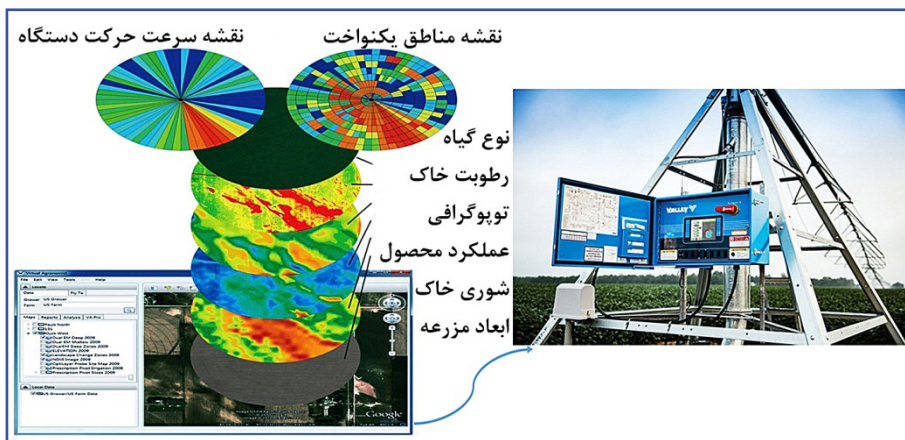
۱. آبیاری؛
۲. کوددهی؛
۳. کنترل آفات.

استفاده از کشاورزی دقیق برای مدیریت آبیاری که تحت عنوان آبیاری دقیق شناخته می‌شود و به معنی تأمین دقیق آب مورد نیاز هر نقطه از مزرعه در زمان مورد نیاز است، می‌تواند گام بزرگی در جهت سازگاری با تغییر اقلیم به خصوص در مورد صرفه‌جویی مصرف آب باشد. برای مثال یکی از روش‌های کشاورزی دقیق در ارتباط با آبیاری استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین کمبود رطوبت خاک در بخش‌های مختلف مزرعه و تشخیص زمان و مقدار آبیاری مورد نیاز در هر بخش است (شکل ۲۱). در این شکل، بخش‌هایی که به رنگ قرمز هستند، دارای کمبود رطوبتی شدید هستند و بایستی آبیاری شوند؛ ولی سایر مناطق که به رنگ زرد و سبز هستند، دارای رطوبت مطلوبی هستند و فعلاً نیاز به آبیاری ندارند.



شکل ۲۱- استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین رطوبت خاک و زمان و مقدار آبیاری در هر بخش از مزرعه

نمونه‌ای دیگر از سیستم‌هایی که در راستای تحقق اهداف سیستم‌های آبیاری دقیق ایجاد شده‌اند، کنترل سیستم سنترپیوت یا لاینر برای آبیاری با نرخ‌های متفاوت در نقاط مختلف است. در این روش دستگاه سنترپیوت بر اساس نقشه از پیش تعریف‌شده‌ای که به دستگاه داده شده است، آبیاری در نقاط مختلف مزرعه را با نرخ‌های متفاوتی اعمال می‌کند. در این روش بر اساس خصوصیات مزرعه، نقشه نرخ پخش آب و سرعت حرکت دستگاه در سطح مزرعه تهیه شده و به دستگاه داده می‌شود. در واقع در این حالت مزرعه به قطاع‌های همگنی تقسیم شده و نرخ پاشش آب و سرعت حرکت دستگاه در هریک از این قطاع‌ها برای دستگاه تعریف می‌شود (شکل ۲۲). از روش‌های مشابه می‌توان برای تمامی سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای استفاده کرد و حداکثر صرفه‌جویی در مصرف آب را انجام داد و در عین حال بیش‌ترین عملکرد و سود را به دست آورد.



شکل ۲۲- نقشه تقسیم‌بندی مزرعه به قطاع‌های متفاوت برای دستگاه سنترپیوت

بنابراین در مجموع کشاورزی دقیق می‌تواند به افزایش عملکرد محصول و درآمد کشاورز منجر شود و در عین حال تأثیرات تغییر اقلیم را تعدیل کند. در واقع کشاورزی دقیق راه‌حلی برای تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد جهان همراه با استفاده پایدار از منابع آب و انرژی است.

کشت نشایی

کشت نشایی محصولات زراعی یکی از راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم است (شکل ۲۳). کشت نشاء مکانیزه و انتقال آن به زمین اصلی در زمان مناسب روش جدیدی است که می‌تواند باعث کاهش مصرف آب، کاهش هزینه تولید، افزایش عملکرد و کاهش مصرف بذر شود. در کشت نشایی مصرف آب نسبت به کشت بذری به میزان زیادی کاهش می‌یابد. این کاهش مصرف آب ناشی از دلایل مختلفی از جمله کاهش تعداد آبیاری اولیه و کاهش دوره رشد است. زمان برداشت کشت نشایی می‌تواند تا یک ماه زودتر انجام شود که این مسئله تأثیر زیادی در کاهش مصرف آب دارد. در صورت تغییر طول دوره رشد و تاریخ کشت بر اثر تغییر اقلیم، می‌توان با استفاده از کشت نشایی این اختلال را کنترل کرد و از آن در جهت بهبود بازدهی مصرف آب استفاده کرد. همچنین از کشت نشایی می‌توان برای ترمیم نقاط آسیب‌دیده مزرعه استفاده کرد و عملکرد نهایی محصول را افزایش داد. کشت نشایی به سبب بهینه‌سازی مصرف آب، کاهش تلفات بذر مصرفی، تراکم مناسب بوته، یکنواختی کاشت و زودرس کردن محصول، در مقابله با تغییر اقلیم نسبت به کشت سنتی از اولویت خاصی برخوردار است. لذا بایستی کشاورزان با مزایا، فرایند تولید، انتقال و پرورش نشا و اصول کشت نشایی آشنا شوند تا زمینه لازم برای

مقابله با تغییر اقلیم از این طریق فراهم شود و بهره‌برداران و کشاورزان برای عبور از شرایط نامساعد اقلیمی این راهکار جدید را تبیین و عملیاتی کنند.



شکل ۲۳- کشت نشایی محصولات مختلف شامل برنج، پیاز، فلفل و کاهو

استفاده از آب‌های غیرمتعارف

یکی دیگر از راهکارهای سازگاری با تغییر اقلیم استفاده از آب‌های با کیفیت پایین یا نامتعارف است. از جمله آب‌های نامتعارف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. آب‌های شور؛
۲. فاضلاب؛
۳. پساب‌های صنعتی.

با توجه به ظرفیت بسیار بالایی که این آب‌ها دارند، می‌توانند بخشی از کمبودهای ناشی از تغییر اقلیم را جبران کنند. از لحاظ آبیاری، بهره‌برداری از آب با کیفیت پایین، پیچیده‌تر و مشکل‌تر از آب با کیفیت خوب است و نیازمند مدیریت اجرایی پیچیده و روش‌های کنترل و نظارتی دقیق‌تر است.

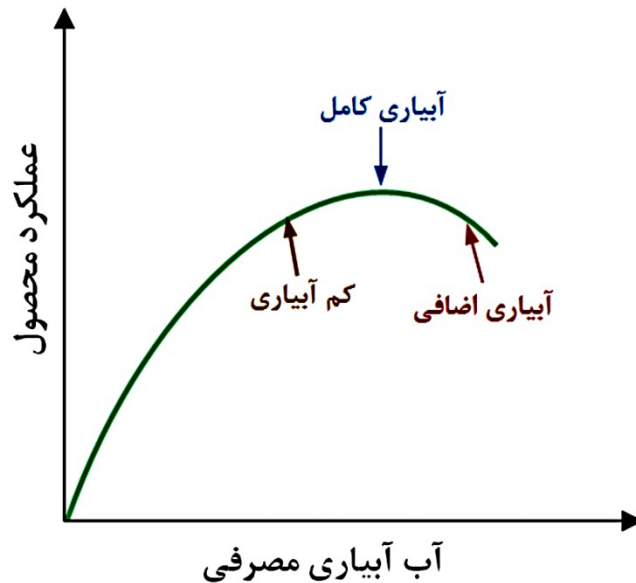
یکی از منابع نامتعارف موجود، فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری هستند که حجم این منابع روز به روز در حال افزایش نیز است. لذا استفاده از پساب‌ها به عنوان منبعی غیرمتعارف، پس از تصفیه برای استفاده مستقیم یا در ترکیب با آب شیرین، در بخش کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، استفاده از پساب‌ها به دلیل اینکه سرشار از عناصر کودی هستند، باعث افزایش درصد مواد آلی و بهبود حاصلخیزی خاک نیز می‌شوند. با این حال، استفاده از پساب‌ها ضمن توجه به شرایط آب و هوایی، گیاهی و اجتماعی-فرهنگی، نیازمند توجه به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه و سایر عوامل مرتبط با آن است. در ارتباط با محصول زراعی به خصوص محصولات حساس به شوری مانند لوبیا، بایستی کیفیت پساب مورد استفاده از لحاظ سطح شوری

حتماً کنترل شود، در غیر این صورت استفاده از پساب‌های شور باعث کاهش چشمگیر عملکرد محصول و نیز کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌شود. استفاده مناسب و پایدار از پساب‌ها در آبیاری محصولات مختلف نیازمند مدیریت صحیح مصرف و پایش کیفی و میکروبی اراضی آبیاری‌شده با پساب است. کاربرد بدون مدیریت این منابع می‌تواند باعث تجمع بیش از حد فلزات سنگین و آلاینده‌های میکروبی در خاک و گیاه شود. در استفاده از پساب‌ها انتخاب نوع روش آبیاری، انتخاب نوع محصول، مدیریت آبیاری، برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت مزرعه بسیار مهم است و همان‌طور که بیان شد، بدون توجه به موارد ذکرشده ممکن است استفاده از پساب‌ها آثار زیان‌باری بر روی سلامتی انسان‌ها، کیفیت خاک، بهداشت و محیط‌زیست داشته باشد. در رابطه با انتخاب سیستم آبیاری با پساب، غالباً آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سایر روش‌ها هم از لحاظ تولید حداکثر محصول و هم از لحاظ رعایت مسائل بهداشتی برای کارگران و مصرف‌کنندگان موفق‌تر است. لذا توصیه می‌شود در آبیاری با استفاده از پساب حتماً از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شود.

مدیریت کم‌آبیاری

کم‌آبیاری نوعی گزینه مدیریتی است که در شرایطی که مقدار آب موجود کم است، مانند شرایط خشک‌سالی و تغییر اقلیم، به کار برده می‌شود. کم‌آبیاری از راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آب است که طی آن به محصولات زراعی اجازه داده می‌شود مقداری تنش رطوبتی را در طول فصل رشد تحمل کنند، یعنی عمداً آب کم‌تری به گیاه داده می‌شود. هدف اصلی در کم‌آبیاری افزایش کارایی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری

گیاه و حذف جزئی از آب آبیاری است که تأثیر معنی داری در افزایش عملکرد ندارد. کم آبیاری به صورت وسیعی، به خصوص در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، انجام می شود. مبنای این روش بدین صورت است که با افزایش مقدار آب آبیاری بر عملکرد محصول افزوده می شود، اما از یک حدی به بعد به تدریج که بر مقدار آب آبیاری اضافه می شود، تلفات آب نیز زیاد می شود و برعکس عملکرد کاهش نیز می یابد (شکل ۲۴). اما در کم آبیاری قسمت عمده آب به مصرف گیاه می رسد و تقریباً هیچ گونه تلفات عمقی وجود ندارد؛ اما هرچه مقدار آب اضافه شود بخشی از آن صرف نفوذ عمقی می شود. بنابراین یکی از راهکارهای مدیریت آبیاری در شرایط کم آبی و خشک سالی استفاده از تکنیک کم آبیاری است که به روش های مختلف قابل اعمال است و اصول خاص خود را دارد. بایستی به این نکته توجه کرد که کمبود آب در برخی از مراحل بحرانی رشد تأثیرات نامطلوب زیادی را بر روی عملکرد محصول نشان می دهد. گیاهان مختلف در مراحل گوناگون رشد خود حساسیت های متفاوتی به کمبود آب نشان می دهند. بنابراین در کم آبیاری بایستی به این نکته توجه ویژه کرد و از تجارب به دست آمده در زمینه اعمال کم آبیاری برای محصول مختلف استفاده کرد. برای مثال در مورد محصول لوبیا مراحل گل دهی و تشکیل غلاف حساس ترین مراحل رشد هستند که از اعمال کم آبیاری در این مراحل بایستی اجتناب کرد.



شکل ۲۴- تغییرات عملکرد محصول نسبت به مقدار آب آبیاری استفاده شده

به طور کلی می توان بیان کرد که تغییر اقلیم از طریق افزایش دما و کاهش بارش باعث افزایش نیاز آبیاری، کاهش عملکرد محصول و کاهش آب در دسترس برای آبیاری می شود و در نتیجه بخش کشاورزی و زندگی کشاورزان به مخاطره می افتد. در صورت عدم آگاه سازی کشاورزان و بهره برداران درباره عواقب تغییر اقلیم و نحوه سازگاری با آن ممکن است امنیت غذایی کشور شدیداً به خطر بیفتد. تأثیرات تغییر اقلیم بر کشاورزی به میزان آگاهی و شناخت کشاورزان محلی از این پدیده بستگی دارد. بنابراین شناخت این پدیده و آثار احتمالی آن بر کشاورزی در مقیاس منطقه ای و نحوه مقابله با آن کاملاً ضروری به نظر می رسد. محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی از چالش های آینده کشور محسوب می شوند که امنیت غذایی و اقتصاد کشاورزی را به طور مستقیم و غیرمستقیم تهدید

خواهند کرد. لذا انتخاب اقدام‌های مناسب برای سازگاری و کاهش تأثیرات تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی بایستی توسط مراجع علمی به‌خوبی برای کشاورزان تبیین شود تا امکان مقابله با این پدیده برای کشاورزان و بهره‌برداران فراهم شود.