

## مدیریت بحران در کشاورزی پایدار: راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی

شهناز رفعت پور\*

نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.

احمد قنبری

استاد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.

امیر سارانی

دکتری علوم علفهای هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

### چکیده

کشاورزی پایدار به عنوان یک بخش حیاتی در تأمین امنیت غذایی و حفظ منابع طبیعی، در مواجهه با تغییرات اقلیمی و مخاطرات ناشی از آن، به چالش‌های جدی برخورد کرده است. این مقاله به بررسی راهبردهای سازگاری کشاورزی با مخاطرات اقلیمی می‌پردازد و به‌ویژه بر مدیریت منابع آب، استفاده از تکنولوژی‌های نوین و تنوع کشت به عنوان ابزارهای مؤثر در کاهش آسیب‌ها و ارتقای تاب‌آوری در برابر بحران‌ها تأکید دارد. در این راستا، استفاده از روش‌های آبیاری بهینه، از جمله آبیاری قطره‌ای و ذخیره‌سازی آب باران، در کنار بهره‌برداری از پساب‌های تصفیه‌شده و تقویت استفاده از گیاهان مقاوم به خشکسالی و بیماری‌ها، به عنوان راهکارهایی برای مقابله با کم‌آبی و تغییرات اقلیمی پیشنهاد شده است. همچنین، مقاله به اهمیت آموزش کشاورزان در استفاده از تکنولوژی‌های نوین، مانند حسگرها و مدل‌های پیش‌بینی وضعیت اقلیمی، اشاره می‌کند تا کشاورزان بتوانند به‌طور مؤثرتر و با کمترین ریسک، محصولات خود را مدیریت کنند. در نهایت، حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و ترویج کشاورزی حفاظتی به عنوان رویکردهایی در جهت کاهش فشار بر منابع طبیعی و بهبود تاب‌آوری در برابر بحران‌ها معرفی می‌شود.

**واژگان کلیدی:** کشاورزی پایدار، تغییرات اقلیمی، سازگاری، منابع آب، تاب‌آوری

## ۱. مقدمه

کشاورزی پایدار یکی از ارکان مهم توسعه پایدار است که بر حفظ منابع طبیعی، افزایش بهره‌وری و کاهش اثرات منفی بر محیط‌زیست تأکید دارد. با این حال، تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر موجب افزایش ناپایداری در شرایط محیطی و تهدید جدی برای کشاورزی شده است. بر اساس گزارش‌های سازمان ملل متحد، افزایش دمای جهانی، تغییر در میزان و الگوی بارندگی، کاهش منابع آبی، و وقوع پدیده‌های حدی مانند طوفان، خشکسالی و سیلاب، بهره‌وری کشاورزی را در بسیاری از مناطق کاهش داده است. در این مقاله، به بررسی پیامدهای تغییرات اقلیمی بر کشاورزی و معرفی راهبردهای سازگاری برای کاهش آسیب‌پذیری این بخش پرداخته می‌شود.

## ۲. پیامدهای تغییرات اقلیمی بر کشاورزی پایدار

### ۲.۱. تغییر در منابع آبی و الگوی بارندگی

تغییرات اقلیمی باعث نوسانات شدید در میزان و پراکندگی بارندگی شده است. برخی مناطق با کاهش بارندگی و خشکسالی‌های شدید مواجه شده‌اند، در حالی که برخی دیگر افزایش بارندگی‌های سیل‌آسا را تجربه می‌کنند (FAO, ۲۰۲۲). این نوسانات دسترسی به آب برای کشاورزی را کاهش داده و خطر از بین رفتن محصولات را افزایش داده است.

### ۲.۲. افزایش دما و اثر آن بر رشد گیاهان

افزایش دمای جهانی باعث کوتاه‌تر شدن فصل رشد، افزایش تعرق گیاهان و نیاز بیشتر به آب شده است. برخی از محصولات مانند گندم و ذرت، در دماهای بالاتر دچار کاهش عملکرد می‌شوند (Lobell et al., ۲۰۲۰).

### ۲.۳. افزایش حوادث اقلیمی حدی

وقوع مکرر خشکسالی، طوفان‌های شدید، و سیلاب‌ها باعث کاهش بهره‌وری کشاورزی و از بین رفتن خاک‌های حاصلخیز شده است. این مخاطرات همچنین زیرساخت‌های کشاورزی را تهدید می‌کنند و باعث افزایش هزینه‌های تولید می‌شوند (NASA, ۲۰۲۳).

### ۲.۴. گسترش آفات و بیماری‌ها

شرایط اقلیمی جدید باعث ایجاد محیط مناسب برای رشد و تکثیر آفات و بیماری‌های گیاهی شده است. تغییر در دما و رطوبت می‌تواند منجر به شیوع بیماری‌هایی شود که قبلاً در مناطق خاصی دیده نمی‌شدند.

## ۳. راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی در کشاورزی پایدار

### ۳.۱. بهبود مدیریت منابع آب

مدیریت بهینه منابع آب در کشاورزی پایدار، به‌ویژه در مواجهه با تغییرات اقلیمی و کاهش دسترسی به منابع آبی، از اهمیت بالایی برخوردار است. در ادامه، به برخی از راهکارهای مؤثر در این زمینه می‌پردازیم:

#### ۳.۱.۱. آبیاری قطره‌ای و تحت فشار

این روش‌ها با هدف کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری، به‌ویژه در مناطق با کمبود منابع آبی، توسعه یافته‌اند. استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌تواند تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی کند و در عین حال، رشد بهینه گیاهان را تضمین نماید.

#### ۳.۱.۲. استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده در آبیاری

آب فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند به‌عنوان منبعی جایگزین برای آبیاری کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از پساب‌های تصفیه‌شده می‌تواند به بهبود کیفیت خاک و افزایش محصول کمک کند.

#### ۳.۱.۳. ذخیره‌سازی آب باران و احداث سدهای کوچک محلی

جمع‌آوری آب باران و ذخیره‌سازی آن در مخازن یا سدهای کوچک، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند به تأمین منابع آبی در فصول کم‌بارش کمک کند. این روش همچنین به کاهش خطر سیلاب‌ها و فرسایش خاک کمک می‌کند.

### ۳.۱.۴. استفاده از ژئوممبران برای ذخیره‌سازی آب:

ژئوممبران‌ها به‌عنوان پوشش‌های مقاوم در برابر نفوذ آب، می‌توانند در ذخیره‌سازی آب در منابع آبیاری، آب زیرزمینی و آب سطحی مورد استفاده قرار گیرند. این تکنولوژی نوین به کاهش تبخیر و نفوذ آب به خاک کمک می‌کند.

### ۳.۲. انتخاب و کاشت ارقام مقاوم

یکی از مهم‌ترین راهبردها برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و کاهش آسیب‌پذیری کشاورزی، انتخاب و کاشت ارقام مقاوم به شرایط محیطی متغیر و تغییرات آب‌وهوایی است. این ارقام به‌ویژه در برابر خشکی، دماهای بالا، سیلاب، آفات و بیماری‌ها مقاوم‌تر هستند و می‌توانند بهره‌وری کشاورزی را در شرایط سخت حفظ کنند (Henry *et al.*, ۲۰۲۱).

### ۳.۲.۱. ارقام مقاوم به خشکی

خشکسالی یکی از پیامدهای برجسته تغییرات اقلیمی است که می‌تواند به طور جدی به محصولات کشاورزی آسیب بزند. انتخاب ارقام مقاوم به خشکی می‌تواند یکی از بهترین راهکارها برای مقابله با این بحران باشد. این ارقام معمولاً ویژگی‌هایی دارند که به آنها کمک می‌کند در شرایط کم‌آبی بهتر رشد کنند.

گندم مقاوم به خشکی: برخی از ارقام گندم برای رشد در مناطق خشک و نیمه‌خشک توسعه یافته‌اند که دارای ویژگی‌هایی مانند استفاده بهینه از آب و ذخیره رطوبت خاک هستند.

برنج مقاوم به خشکی: به‌ویژه در مناطق آسیایی، تلاش‌های زیادی برای پرورش ارقام برنج مقاوم به خشکی انجام شده است که قادرند در شرایط بارندگی کم و خشکسالی‌های طولانی مدت بهتر عمل کنند (Mitra *et al.*, ۲۰۲۰). در کشورهای آفریقایی مانند کنیا و اتیوپی، پروژه‌هایی برای پرورش ارقام مقاوم به خشکی مانند ذرت و لوبیا اجرا شده که به کشاورزان این امکان را داده تا در شرایط خشکسالی به کشاورزی ادامه دهند (Prasanna *et al.*, ۲۰۱۹).

### ۳.۲.۲. ارقام مقاوم به گرما

در بسیاری از مناطق جهان، به‌ویژه در مناطق گرم و خشک، دماهای بالا و تغییرات شدید دما می‌تواند به کاهش بهره‌وری محصولات کشاورزی منجر شوند. ارقام مقاوم به گرما قادرند در دماهای بالاتر از حد معمول رشد کنند و بهره‌وری بالاتری ارائه دهند. گندم و برنج مقاوم به گرما: ارقام خاصی از گندم و برنج برای تحمل دماهای بالا به‌ویژه در روزهای گرم طراحی شده‌اند. این ارقام توانایی تحمل گرمای شدید و کاهش تنش گرمایی را دارند (Borelli *et al.*, ۲۰۲۱).

سبزیجات مقاوم به گرما: برخی از سبزیجات مانند گوجه‌فرنگی و فلفل در برابر گرما مقاوم‌تر شده‌اند که می‌تواند باعث افزایش تولید در مناطق گرم و خشک شود.

در هند، تلاش‌های زیادی برای تولید ارقام مقاوم به گرما در محصولاتی مانند گندم و برنج صورت گرفته است. این ارقام قادرند در دماهای بالاتر از حد معمول با شرایط محیطی سازگار شوند و در برابر گرما و خشکی بهتر مقاومت کنند (Pathak *et al.*, ۲۰۲۱).

### ۳.۲.۳. ارقام مقاوم به سیلاب

سیلاب یکی از بلایای طبیعی است که می‌تواند خسارات زیادی به کشاورزی وارد کند. انتخاب ارقام مقاوم به سیلاب که قادر به تحمل شرایط غرقابی برای مدت طولانی هستند، می‌تواند راهی برای مقابله با این مشکل باشد. این ارقام به‌ویژه در مناطق با بارندگی‌های شدید و سیلاب‌های فصلی مفید هستند.

برنج مقاوم به سیلاب: یکی از بزرگ‌ترین پیشرفت‌ها در این زمینه، تولید ارقام برنج مقاوم به سیلاب است که می‌توانند در آب غرقاب شده برای چندین روز به رشد خود ادامه دهند. این ارقام به‌ویژه در کشورهای جنوب و جنوب شرقی آسیا، مانند بنگلادش و هند، کاربرد دارند (Pandit *et al.*, ۲۰۲۱).

گندم مقاوم به سیلاب: برخی ارقام گندم که قادر به تحمل شرایط غرقابی هستند، برای مناطق مستعد سیلاب تولید شده‌اند. در بنگلادش، پروژه‌ای برای توسعه ارقام برنج مقاوم به سیلاب با همکاری مرکز تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI) انجام شده است. این ارقام توانسته‌اند بهره‌وری را در برابر سیلاب‌ها افزایش دهند و به کشاورزان در این مناطق کمک کنند (IRRI, ۲۰۲۰).

### ۳.۲.۴. بهبود ارقام با استفاده از مهندسی ژنتیک

در برخی موارد، مهندسی ژنتیک به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند برای تولید ارقام مقاوم به شرایط سخت مورد استفاده قرار می گیرد. این تکنیک ها شامل انتقال ژن های خاص از گونه های مقاوم به محصولات کشاورزی برای بهبود ویژگی هایی مانند مقاومت به آفات، بیماری ها و تغییرات محیطی است. ذرت تراریخته مقاوم به خشکی و آفات: مهندسی ژنتیک به تولید ارقام تراریخته ای کمک کرده است که علاوه بر مقاوم بودن به خشکی، مقاومت بیشتری نسبت به آفات دارند. گندم تراریخته مقاوم به بیماری ها: گندم های مهندسی شده که می توانند در برابر بیماری هایی مانند زنگ گندم مقاوم باشند، می توانند در بهبود بهره وری کشاورزی کمک کنند. در آمریکا و سایر کشورهای توسعه یافته، مهندسی ژنتیک برای تولید گندم مقاوم به بیماری های قارچی و ویروسی که می توانند به محصولات کشاورزی آسیب بزنند، استفاده شده است (Fischer *et al.*, ۲۰۲۰).

### ۳.۳. تنوع بخشی به محصولات و الگوهای کشت

یکی از راهبردهای اساسی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی و افزایش تاب آوری کشاورزی، تنوع بخشی به محصولات کشاورزی و الگوهای کشت است. تنوع در کشت محصولات می تواند به کشاورزان کمک کند تا از ریسک های ناشی از تغییرات آب و هوایی و نوسانات بازار جلوگیری کنند و در عین حال بهره وری بیشتری را به دست آورند.

#### ۳.۳.۱. اهمیت تنوع بخشی به محصولات کشاورزی

تنوع محصولات کشاورزی به معنای کشت و پرورش انواع مختلف گیاهان و محصولات است. این استراتژی می تواند از طرق مختلف به کشاورزی پایدار کمک کند:

کاهش ریسک ها: کشت محصولات مختلف به کشاورزان این امکان را می دهد که از نوسانات جوی و اقتصادی در امان بمانند. به عنوان مثال، اگر یک محصول به دلیل خشکسالی آسیب ببیند، محصولات دیگر می توانند جبران کننده آن خسارت باشند. بهبود سلامت خاک: تنوع در کشت محصولات مختلف، به بهبود سلامت خاک کمک می کند. به عنوان مثال، محصولات مختلف نیازهای متفاوتی به مواد مغذی دارند و می توانند در ترکیب با یکدیگر از فرسایش خاک جلوگیری کنند.

کنترل آفات و بیماری ها: تنوع در کشت می تواند از شیوع آفات و بیماری ها جلوگیری کند. وقتی یک محصول به شدت آسیب می بیند، آفات و بیماری ها نمی توانند به راحتی به تمام زمین ها سرایت کنند. در هند، کشاورزان از کشت چند محصول مانند برنج، گندم، لوبیا و ذرت در زمین های خود استفاده می کنند. این روش به کشاورزان این امکان را می دهد که از نوسانات قیمت ها و تغییرات اقلیمی جلوگیری کرده و ریسک های کمتری را تجربه کنند (Ghosh *et al.*, ۲۰۱۹).

#### ۳.۳.۲. الگوهای کشت متنوع برای سازگاری با تغییرات اقلیمی

الگوهای کشت به ترتیب و نوع کشت محصولات در طول سال اشاره دارد. تغییر در الگوهای کشت می تواند به کشاورزان کمک کند تا با تغییرات اقلیمی سازگار شوند:

کشت تناوبی: در این الگو، کشاورزان محصولات مختلف را در فصول مختلف کشت می کنند. به طور مثال، ممکن است در یک فصل گندم و در فصل دیگر ذرت یا حبوبات کشت کنند. این روش می تواند از فرسایش خاک و کاهش بهره وری جلوگیری کند.

کشت همزمان: در این روش، دو یا چند محصول به طور همزمان در زمین کشت می شوند. این الگو می تواند به کشاورزان کمک کند تا از حداکثر ظرفیت زمین استفاده کنند و در عین حال خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی مانند خشکسالی یا سیلاب را کاهش دهند.

کشت های مختلط: کشت چند محصول در یک زمان و در یک قطعه زمین، به کشاورزان این امکان را می دهد که بهره وری بالاتری از زمین های خود داشته باشند. این الگو به ویژه در مناطقی که تغییرات اقلیمی شدیدتر است، می تواند از آسیب های احتمالی به محصولات جلوگیری کند.

در بنگلادش، کشاورزان از الگوی کشت تناوبی استفاده می کنند که شامل کشت برنج در فصل بارانی و سپس کشت محصولات دیگر مانند سویا یا سیب زمینی در فصل خشک است. این روش به کشاورزان کمک می کند تا به طور مستمر تولید داشته باشند و از تغییرات اقلیمی مانند تغییرات بارندگی بهره برداری کنند (Hossain *et al.*, ۲۰۲۰).

### ۳.۳.۳. تنوع بخشی به محصولات و پایداری کشاورزی

با تغییرات اقلیمی، یک محصول کشاورزی ممکن است نتواند نیازهای غذایی را برآورده کند، یا در معرض تهدیدات طبیعی قرار گیرد. تنوع بخشی به محصولات، به کشاورزان این امکان را می دهد که در برابر این تهدیدات مقاوم تر شوند. برخی از مزایای تنوع بخشی به محصولات در این زمینه عبارتند از:

افزایش تاب آوری: تنوع محصولات می تواند تاب آوری کشاورزی را در برابر شرایط نامساعد افزایش دهد. به عنوان مثال، اگر یک محصول به دلیل تغییرات اقلیمی آسیب ببیند، سایر محصولات می توانند ادامه دهنده تولید باشند.

حفظ تنوع زیستی: تنوع در محصولات کشاورزی می تواند به حفظ تنوع زیستی در کشاورزی کمک کند. این امر می تواند اثرات مثبتی بر اکوسیستم ها و بهبود چرخه طبیعی خاک داشته باشد.

اقتصاد مقاوم تر: تنوع بخشی به محصولات، کشاورزان را قادر می سازد تا از تنوع در بازار محصولات استفاده کنند و در برابر بحران های اقتصادی و تغییرات قیمت ها مقاوم تر شوند.

در کشورهای آمریکای لاتین مانند پرو، کشاورزان از کشت محصولات متنوع نظیر سیب زمینی، ذرت، گندم، و انواع حبوبات استفاده می کنند که علاوه بر بهبود درآمد، از فرسایش خاک و تهدیدات اقلیمی مانند خشکسالی و طوفان های شدید جلوگیری می کند (Elliott *et al.*, ۲۰۲۰).

### ۳.۳.۴. چالش ها و محدودیت های تنوع بخشی به محصولات و الگوهای کشت

اگرچه تنوع بخشی به محصولات مزایای زیادی دارد، اما چالش هایی نیز وجود دارد که کشاورزان ممکن است با آن ها مواجه شوند: نیاز به دانش فنی: کشاورزان نیاز به آموزش و مشاوره برای اجرای موفق تنوع بخشی به محصولات دارند. این فرآیند ممکن است نیازمند تغییر در روش های کشت و برداشت باشد.

محدودیت های منابع: در برخی مناطق، محدودیت در منابع مانند زمین و آب ممکن است از انجام تنوع بخشی به محصولات جلوگیری کند.

مشکلات بازار: محصولات مختلف ممکن است در بازار با قیمت های متفاوتی عرضه شوند که این مسئله می تواند برای کشاورزان چالش برانگیز باشد.

### ۳.۴. استفاده از فناوری های نوین در کشاورزی

با توجه به تغییرات اقلیمی و تاثیرات آن بر کشاورزی، استفاده از سیستم های اطلاعاتی پیشرفته و پیش بینی اقلیمی برای مدیریت بهتر منابع و کاهش خطرات ناشی از بلایای طبیعی و نوسانات آب و هوایی ضروری است. این سیستم ها به کشاورزان کمک می کنند تا تصمیمات دقیق تری در مورد زمان بندی کشت، استفاده از منابع و پیش بینی تهدیدات اقلیمی اتخاذ کنند. فناوری های نوین می توانند کمک شایانی به کاهش اثرات تغییرات اقلیمی در کشاورزی کنند:

کشاورزی دقیق (Precision Agriculture): استفاده از سنسورها، تصاویر ماهواره ای و هوش مصنوعی برای مدیریت بهتر منابع (Zhang *et al.*, ۲۰۲۲).

استفاده از پهپادها برای پایش محصولات و مدیریت مصرف آب و کود.

توسعه سیستم های اطلاعاتی کشاورزی و پیش بینی اقلیمی

#### ۳.۴.۱. سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزارهایی هستند که به کشاورزان و مدیران منابع طبیعی این امکان را می دهند که داده های جغرافیایی و محیطی را تجزیه و تحلیل کنند. این سیستم ها می توانند برای موارد زیر به کار روند:

مدیریت منابع آبی: بهبود استفاده از منابع آبی با توجه به پراکندگی جغرافیایی و نیازهای هر منطقه.

تحلیل خاک و بارندگی: ارائه نقشه‌های دقیق از وضعیت خاک و الگوهای بارندگی برای کشاورزان.

برنامه‌ریزی کشت: بر اساس پیش‌بینی‌ها و مدل‌های اقلیمی، کشاورزان می‌توانند بهترین زمان برای کاشت و برداشت محصولات را انتخاب کنند. در ایالت کالیفرنیا، استفاده از GIS برای تحلیل و مدیریت منابع آبی به‌ویژه در برابر خشکسالی‌ها بسیار مفید واقع شده است. این سیستم‌ها به کشاورزان در تشخیص میزان دقیق آبیاری مورد نیاز کمک کرده‌اند (Cheng *et al.*, ۲۰۱۹).

### ۳.۴.۲. مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی

مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی ابزارهای دیگری هستند که می‌توانند به کشاورزان در پیش‌بینی شرایط جوی و خطرات مرتبط با تغییرات اقلیمی کمک کنند. این مدل‌ها از داده‌های مربوط به وضعیت فعلی جو، بارش‌ها، دما و سایر عوامل برای پیش‌بینی وضعیت آینده استفاده می‌کنند. در هند، دولت از مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی برای پیش‌بینی خشکسالی و طوفان‌ها استفاده می‌کند. این مدل‌ها به کشاورزان هشدار می‌دهند تا اقدامات پیشگیرانه مانند ذخیره آب یا تغییر کشت را انجام دهند (Kumar *et al.*, ۲۰۲۰). مدل‌های پیش‌بینی می‌توانند به‌ویژه در موارد زیر مفید باشند:

پیش‌بینی خشکسالی: پیش‌بینی دوره‌های کم‌بارش و خشک برای آمادگی کشاورزان در مدیریت منابع آب.

پیش‌بینی طوفان‌ها و سیلاب‌ها: کمک به برنامه‌ریزی قبل از وقوع بلایای طبیعی برای کاهش آسیب‌ها.

پیش‌بینی بیماری‌ها و آفات: تحلیل داده‌ها به‌منظور پیش‌بینی دوره‌های شیوع بیماری‌ها و آفات.

### ۳.۴.۳. فناوری‌های سنجش از راه دور

سنجش از راه دور از طریق ماهواره‌ها، پهپادها و حسگرهای هوشمند به جمع‌آوری داده‌های محیطی دقیق کمک می‌کند. این فناوری‌ها به کشاورزان و محققان اجازه می‌دهند تا از وضعیت مزارع، رشد گیاهان و شرایط محیطی به‌طور دقیق مطلع شوند.

ماهواره‌ها: جمع‌آوری داده‌های مربوط به وضعیت خاک، پوشش گیاهی، دما، رطوبت و سایر ویژگی‌های جوی.

پهپادها: نظارت دقیق بر وضعیت مزارع، شناسایی بیماری‌ها، آفات و نیازهای آبی.

حسگرها: اندازه‌گیری دقیق شرایط خاک و گیاهان برای تنظیم آبیاری و کوددهی.

در کنیا، پروژه‌ای به نام M-Kulima از فناوری سنجش از راه دور و ماهواره‌ها برای نظارت بر کشاورزی در مناطق دورافتاده استفاده می‌کند. این سیستم به کشاورزان کمک می‌کند تا بر اساس داده‌های دقیق از وضعیت خاک و آب‌وهوا، تصمیمات بهتری بگیرند (Njiru *et al.*, ۲۰۲۱).

### ۳.۴.۴. پلتفرم‌های پیش‌بینی و هشدار اقلیمی

پلتفرم‌های پیش‌بینی و هشدار اقلیمی می‌توانند به کشاورزان در مناطقی که در معرض تهدیدات اقلیمی مانند سیلاب‌ها، خشکسالی‌ها و طوفان‌ها هستند، کمک کنند. این پلتفرم‌ها معمولاً شامل ابزارهایی هستند که اطلاعات دقیق، به‌موقع و قابل‌اعتماد در مورد شرایط جوی، پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت و هشدارهای اقلیمی ارائه می‌دهند.

نرم‌افزارهای تلفن همراه: بسیاری از پلتفرم‌ها به کشاورزان این امکان را می‌دهند که از طریق تلفن همراه خود به هشدارهای اقلیمی دسترسی پیدا کنند.

سرویس‌های پیامکی: ارائه هشدارهای فوری در مواقع خطر به کشاورزان از طریق پیامک‌ها و تماس‌های صوتی.

در تانزانیا، پروژه‌ای به نام (TCI)<sup>۱</sup> هشدارهای پیش‌بینی اقلیمی را از طریق پیامک به کشاورزان ارسال می‌کند. این سیستم به کشاورزان هشدار می‌دهد تا از خطرات طبیعی مانند سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها آگاه شوند و برای آن آماده شوند (TCRA, ۲۰۱۹).

<sup>۱</sup> - Tanzania Climate Information and Advisory Services

### ۳.۵. تقویت سیاست‌های حمایتی و آموزش کشاورزان

با توجه به افزایش تهدیدهای اقلیمی، حمایت‌های دولتی و سیاست‌های مناسب می‌توانند نقش مهمی در کاهش آسیب‌پذیری کشاورزان داشته باشند. در این بخش، به بررسی روش‌های مختلفی که می‌توانند به تاب‌آوری کشاورزی کمک کنند، پرداخته می‌شود.

#### ۳.۵.۱. آموزش کشاورزان و ترویج دانش بومی

یکی از مهم‌ترین راهبردهای سازگاری، افزایش آگاهی و دانش کشاورزان درباره تغییرات اقلیمی و روش‌های مقابله با آن است. در بسیاری از کشورها، برنامه‌های آموزشی و کارگاه‌های مهارتی برای کشاورزان برگزار می‌شود که شامل: مدیریت منابع آب: استفاده بهینه از آب‌های سطحی و زیرزمینی، روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای و هوشمند. انتخاب ارقام مقاوم به خشکی و گرما: کشاورزان باید با گونه‌های مقاوم‌تر آشنا شوند و شیوه‌های کشت آن‌ها را فراگیرند. افزایش بهره‌وری خاک: روش‌های حفظ رطوبت خاک، استفاده از مالچ و کاشت گیاهان پوششی. به‌کارگیری فناوری‌های جدید: آشنایی با کشاورزی هوشمند، سنسورهای محیطی، پهپادها و سامانه‌های هشدار سریع اقلیمی. در هندوستان، دولت برنامه‌ای با نام "کشاورزان هوشمند اقلیمی" اجرا کرده که در آن، از فناوری‌های ساده مانند پیامک‌های آموزشی و ویدیوهای کوتاه در واتساپ برای آگاه‌سازی کشاورزان درباره روش‌های مقابله با خشکسالی و تغییر اقلیم استفاده می‌شود (NITI Aayog, ۲۰۲۱).

#### ۳.۵.۲. سیاست‌های حمایتی دولتی

دولت‌ها نقش مهمی در ایجاد شرایط مناسب برای مقابله با تغییرات اقلیمی دارند. برخی از راهکارهای مهم شامل: ارائه یارانه به فناوری‌های پایدار: کاهش هزینه خرید تجهیزات نوین مانند آبیاری قطره‌ای، حسگرهای رطوبتی و پهپادهای پایش مزارع (FAO, ۲۰۲۲).

حمایت از تحقیقات کشاورزی: توسعه بذره‌های مقاوم به کم‌آبی و تنش‌های محیطی از طریق سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های کشاورزی. (Lobell et al., ۲۰۲۰)

تدوین قوانین و استانداردها: تشویق به کشت محصولات کم‌مصرف آب و محدود کردن استفاده بی‌رویه از منابع آبی. اتحادیه اروپا، از طریق سیاست‌های کشاورزی مشترک (CAP)، به کشاورزان برای اجرای پروژه‌های کشاورزی پایدار، کمک‌هزینه و وام‌های کم‌بهره ارائه می‌دهد. این سیاست باعث شده که کشاورزان اروپایی به‌سرعت به روش‌های نوین و پایدار روی بیاورند (Vermeulen et al., ۲۰۲۱).

#### ۳.۵.۳. توسعه بیمه کشاورزی

تغییرات اقلیمی باعث افزایش خطرات مالی برای کشاورزان شده است. یکی از راه‌های کاهش این خطرات، بیمه محصولات کشاورزی است که می‌تواند در صورت وقوع خسارت، بخشی از زیان کشاورزان را جبران کند. انواع بیمه‌های کشاورزی:

بیمه خشکسالی: جبران خسارت در صورت کاهش بارندگی و خشک شدن محصولات.

بیمه سیلاب و طوفان: حمایت از کشاورزان در برابر بلایای طبیعی.

بیمه قیمت محصولات: جبران خسارت در صورت کاهش قیمت محصولات در بازار.

در آمریکا، برنامه بیمه ریسک کشاورزی (FCIP) به کشاورزان کمک می‌کند تا در برابر نوسانات آب‌وهوایی و اقتصادی ایمن بمانند. این بیمه از طریق دولت و شرکت‌های خصوصی ارائه شده و هزینه‌های ناشی از تغییرات اقلیمی را کاهش داده است (USDA, ۲۰۲۱).

#### ۳.۵.۴. حمایت از تعاونی‌های کشاورزی

ایجاد و تقویت تعاونی‌های کشاورزی می‌تواند به کشاورزان در مدیریت بحران کمک کند. تعاونی‌ها می‌توانند:

تجهیزات و فناوری‌های جدید را با قیمت مناسب‌تر در اختیار اعضا قرار دهند.

به کشاورزان در زمینه بازاریابی و فروش محصولات کمک کنند.

امکان دسترسی به وام‌های کم‌بهره و اعتبارات دولتی را فراهم کنند.



در ژاپن، تعاونی‌های کشاورزی با ارائه خدمات فنی، مالی و آموزشی به کشاورزان، باعث افزایش بهره‌وری و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی شده‌اند (Ohtsuka, ۲۰۲۰).

#### ۴. مطالعات موردی در زمینه سازگاری کشاورزی با تغییرات اقلیمی

##### ۴.۱. تجربه ایران در مدیریت بحران کشاورزی

در ایران، خشکسالی‌های شدید در دهه اخیر باعث کاهش تولید برخی محصولات شده است. برنامه‌هایی مانند توسعه سامانه‌های آبیاری هوشمند و تشویق کشاورزان به تغییر الگوی کشت، تا حدی موفق بوده است (Aghaei *et al.*, ۲۰۲۰).

##### ۴.۲. تجربه هلند در مدیریت منابع آب

هلند با توسعه فناوری‌های پیشرفته ذخیره‌سازی آب و مدیریت هوشمند مزرعه، موفق شده است بهره‌وری آب را به حداکثر برساند و اثرات تغییرات اقلیمی را کاهش دهد (Vermeulen *et al.*, ۲۰۲۱).

#### ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

تغییرات اقلیمی تهدیدی جدی برای کشاورزی پایدار محسوب می‌شود، اما با اجرای راهبردهای سازگاری می‌توان اثرات منفی آن را کاهش داد. بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، بهینه‌سازی مدیریت منابع آب، ترویج کشاورزی هوشمند و آموزش کشاورزان از جمله راهکارهای کلیدی برای افزایش تاب‌آوری این بخش است. همچنین، اتخاذ سیاست‌های حمایتی و ایجاد سیستم‌های بیمه کشاورزی می‌تواند کمک شایانی به کاهش آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی کند.

#### ۶. منابع

- Aghaei, H., et al. (۲۰۲۰). Climate Change Adaptation Strategies in Iranian Agriculture. *Iranian Journal of Agricultural Research*, ۱۵(۳), ۱۲۳-۱۴۰.
- Borelli, T., et al. (۲۰۲۱). Heat Stress and Agricultural Crops: Review on Breeding Strategies. *Environmental Sustainability*, ۱۴(۲), ۲۹۱-۳۰۵.
- Cheng, L., et al. (۲۰۱۹). GIS-based Decision Support System for Water Resources Management in Agriculture. *Environmental Monitoring and Assessment*, ۱۹۱(۷), ۱-۱۶.
- Elliott, J., et al. (۲۰۲۰). Diversified Crop Systems for Sustainable Agriculture. *Agricultural Systems*, ۱۸۰, ۱۰۲۷۹۸.
- FAO. (۲۰۲۲). The State of Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fischer, R. A., et al. (۲۰۲۰). Breeding for Climate-Resilient Crops. *Field Crops Research*, ۲۳۵, ۸۸-۱۰۴.
- Ghosh, S., et al. (۲۰۱۹). Diversification of Crops and Its Impact on Agricultural Resilience to Climate Change. *Environmental Sustainability*, ۲۲(۱), ۶۷-۸۱.
- Henry, R. J., et al. (۲۰۲۱). Genetic Adaptation of Crops to Climate Change. *Trends in Plant Science*, ۲۶(۹), ۸۸۵-۸۹۹.
- Hossain, M., et al. (۲۰۲۰). Crop Diversification and Climate Change Adaptation in South Asia: Evidence from Bangladesh. *Climate and Development*, ۱۲(۳), ۲۴۸-۲۶۲.
- IRRI. (۲۰۲۰). Flood-Tolerant Rice for Climate Change Adaptation. International Rice Research Institute Reports.
- Kumar, S., et al. (۲۰۲۰). Climate Forecasting and Crop Yield Prediction in India Using Climate Models. *Agricultural Systems*, ۱۷۹, ۱۰۲۷۶۹.
- Lobell, D. B., et al. (۲۰۲۰). Climate Change and Crop Yield Trends. *Nature Climate Change*, ۱۰, ۵۸۵-۵۹۱.
- Mitra, B., et al. (۲۰۲۰). Breeding Drought Tolerant Wheat: Prospects and Challenges. *Field Crops Research*, ۲۴۵, ۱۰۷۶۶۹.
- NASA. (۲۰۲۳). Climate Change and Agriculture. NASA Earth Observatory Reports.
- NITI Aayog. (۲۰۲۱). Climate-Smart Agriculture in India. National Institute for Transforming India Report.
- Njiru, J., et al. (۲۰۲۱). Remote Sensing for Agricultural Monitoring in Kenya: A Case Study of the M-Kulima Project. *Journal of Remote Sensing*, ۴۲(۴), ۵۲۲-۵۳۴.
- Pandit, R., et al. (۲۰۲۱). Flood-Tolerant Rice Varieties: Achievements and Prospects in Asia. *Agricultural Water Management*, ۲۴۴, ۱۰۶۵۸۷.
- Pathak, A., et al. (۲۰۲۱). Heat Tolerance in Wheat and Rice Crops: Molecular and Phenotypic Approaches. *Climate Change and Agriculture*, ۲۳(۱), ۴۵-۵۹.



- Prasanna, B. M., et al. (۲۰۱۹). Drought-Tolerant Maize Varieties in Africa: Breeding and Adoption. *Global Food Security*, ۲۱, ۹۴-۱۰۲.
- Ohtsuka, R. (۲۰۲۰). Agricultural Cooperatives and their Role in Sustainable Agriculture. *Asian Economic Policy Review*, ۱۵(۲), ۲۵۷-۲۷۱.
- TCRA. (۲۰۱۹). Tanzania Climate Information and Advisory Services Project: Use of SMS for Early Warning. Tanzania Communications Regulatory Authority Report.
- USDA. (۲۰۲۱). Risk Management in Agriculture: Crop Insurance Programs. United States Department of Agriculture Reports.
- Vermeulen, S. J., et al. (۲۰۲۱). Sustainable Agriculture: Policy Responses in Europe. *European Journal of Agricultural Economics*, ۴۸(۳), ۱۱۱-۱۲۴.
- Zhang, Y., et al. (۲۰۲۲). Precision Agriculture Technologies and Their Applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, ۲۰۰, ۱۰۷۰۷۵.

## Crisis Management in Sustainable Agriculture: Adaptation Strategies to Climate Change

Shahnaz.Rafatpoor

Responsible author, Ph.D. Student in Agroecology,  
Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran.

Ahmad Ghanbari

Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture,  
University of Zabol, Iran

Amir Sarani

Ph.D. in Weed Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

### Abstract:

Sustainable agriculture, as a vital sector for ensuring food security and preserving natural resources, faces serious challenges due to climate change and its associated risks. This paper examines agricultural adaptation strategies to climate risks, with a particular focus on water resource management, the use of modern technologies, and crop diversification as effective tools to mitigate damages and enhance resilience against crises. In this regard, optimal irrigation methods, such as drip irrigation and rainwater harvesting, along with the use of treated wastewater and drought- and disease-resistant crops, are proposed as solutions to combat water scarcity and climate change. Additionally, the paper highlights the importance of educating farmers on the use of modern technologies, such as sensors and climate forecasting models, to enable them to manage their crops more effectively with minimal risk. Finally, the conservation of natural ecosystems and the promotion of conservation agriculture are introduced as approaches to reduce pressure on natural resources and improve resilience against crises.

**Keywords:** Sustainable agriculture, climate change, adaptation, water resources, resilience.