



تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا

گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره انتشار:

۱۵۳





تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا

ترجمه:

گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی

ژاله وزیری^۱

علیرضا مساح‌بوانی^۲

محسن درضا متوسلی^۳

حسین دهقانی‌سانبج^۴

عباس کشاورز^۵

سحر ملک‌زاده^۶

مریم روستایی^۷

ویراستار علمی:

عباس روزبهانی

عضو هیئت علمی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

این اثر با هماهنگی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) و توسط کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران منتشر شده است.

-
- | | |
|--|---|
| ۱. کارشناس مهندسی مشاور مهاب قدس و عضو هیئت علمی (بازنشسته) مؤسسه تحقیقات خاک و آب | ۲. عضو هیئت علمی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران |
| ۳. کارشناس کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران | ۴. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی |
| ۵. معاون امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی | ۶. کارشناس مهندسی مشاور مهاب قدس |
| ۷. فارغ التحصیل دانشگاه تهران | |

سرشناسه	تارل، هیو
عنوان و نام پدیدآور	Tural, Hugh تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا/انویستدگان هاگ تورال، ژاکوب برک، جین-مارک فارس؛ ترجمه گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، ژاله وزیری...؛ ویراستار علمی عباس روزبهانی.
مشخصات نشر	تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۲۰۰ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
فروست	کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران؛ شماره انتشار ۱۵۳.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۹۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	فپا
یادداشت	Climate change, water and food security, 2011. عنوان اصلی:
یادداشت	ترجمه ژاله وزیری، علیرضا مساح‌بوانی، محمدرضا متوسلی، حسین دهقانی‌سانج، عباس کشاورز، سحر ملک‌زاده، مریم روستایی.
موضوع	کشاورزی — تامین آب
موضوع	امنیت غذایی
موضوع	تغییرات اقلیمی
شناسه افزوده	برک، جیکوب ج.
شناسه افزوده	Burke, Jacob J.
شناسه افزوده	فوره، جان مارک
شناسه افزوده	Faurès, Jean-Marc
شناسه افزوده	ریرری، جان، مترجم
شناسه افزوده	روزبهانی، عباس، ویراستار
شناسه افزوده	ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. گروه کار استفاده پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی
شناسه افزوده	ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی
رده بندی کنگره	۵/۴۹۴S ۱۳۹۴ ۵۲-۱/۲
رده بندی دیویی	۷/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	۴۱۷۰۳۸۱

نام کتاب: تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا

مترجمین: ژاله وزیری، علیرضا مساح‌بوانی، محمدرضا متوسلی، حسین دهقانی‌سانج، عباس کشاورز،

سحر ملک‌زاده و مریم روستایی

ویراستار علمی: عباس روزبهانی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۹۰-۴

نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی (ظفر شرقی)، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۱

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۲۷۲۲۸۵

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

ملاحظات قانونی

الف - نسخه اصلی این کتاب به وسیله سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) به زبان انگلیسی تحت عنوان:

Climate change, water and food security, FAO Water Reports No. 36

در سال ۲۰۱۱ میلادی منتشر گردید و توسط کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران با عنوان فارسی «تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا» از سری گزارش‌های آب، در سال ۱۳۹۴ چاپ و منتشر شده است. در صورت هرگونه اختلاف، متنی که به زبان اصلی است بر متن برگردان برتری دارد.

ب - فائو در رابطه با عناوین و اسامی مورد استفاده و ارائه مطالب این کتاب از نظر جایگاه حقوقی کشورها، سرزمین، شهر یا منطقه، همچنین در مورد تعیین اختیارات، حدود و ثغور مرزها هرگونه ادعایی را از خود سلب می‌نماید.

ذکر اسامی شرکت‌ها و نه‌آورده‌های تولیدکنندگان در این کتاب، خواه صاحب امتیاز یا فاقد امتیاز ساخت باشند، به این مفهوم نیست که مؤلف تأیید یا توصیه فائو هستند و یا اینکه بر شرکت‌های مشابه دیگر که اسامی آن‌ها در این کتاب ذکر نشده، ترجیح داده باشند. نظرات مذکور در این کتاب متعلق به مؤلفان است و الزاماً مبین نظرات فائو نمی‌باشد.

ج - کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران مسئول صحت ترجمه متن این کتاب از انگلیسی به فارسی است و فائو در این رابطه هم مسئولیتی را به عهده نمی‌گیرد.

چ - حق چاپ:

□ کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۹۴، (نسخه فارسی)

© "IRNCID, 2015 (Farsi edition)

□ سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)، ۲۰۱۱ (نسخه انگلیسی)

© FAO, 2011 (English edition)

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۶۶۸-۹۰-۴

پیشگفتار رئیس شورای عالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شرایط اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که بخش کشاورزی آن برای تولید مواد غذایی به شدت 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 فرآورده‌های کشاورزی از زراعت آبی حاصل می‌شود. در چنین شرایطی تأثیرات اقلیمی ناشی از پدیده خشکسالی یا ترسالی می‌تواند اثرات منفی یا مثبت زیادی بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی ایران داشته باشد.

شرایط متفاوت اقلیمی و منابع آب ایران طلب می‌کند که کارشناسان، محققان، مدیران و مراکز علمی و پژوهشی کشورمان در بخش آبیاری و زهکشی نیز متفاوت‌تر از سایر کشورهای جهان که شرایط طبیعی نسبتاً پایداری دارند باشند. پژوهشگران و مراکز تحقیقاتی ایران می‌بایست از پویایی، ابتکار، نوآوری و پژوهش محوری ویژه‌ای برخوردار باشند تا بتوانند کشور را در شرایط پایدار تولید حفظ نمایند.

کلیه کارشناسان و مراکز علمی، پژوهشی و آموزشی که در خانواده بزرگ آب و خاک کشورمان فعال هستند مسئولیت بزرگی در تأمین امنیت آبی و غذایی برعهده دارند. یکی از مراکز علمی فعال در صنعت آب کشورمان، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران است که در سال ۱۳۷۰ پس از یک وقفه طولانی به طور رسمی آغاز به کار کرده است. این کمیته ملی طی دهه اخیر نقش مؤثری در اشاعه علوم و فنون آبیاری و زهکشی در ایران داشته است. اثربخشی علمی و فرهنگی بیش از ۲۰۰ جلد کتاب و گزارش فنی این کمیته ملی به همراه برگزاری دهها سمینار و کارگاه‌های فنی - آموزشی در ادبیات کارشناسان و مدیران صنعت آب کشور به خوبی آشکار است. خودباوری کارشناسان ایرانی نه تنها تأثیر عمیقی بر توسعه و پیشرفت آبیاری و زهکشی کشورمان داشته، بلکه در سطح بین‌المللی نیز موجب توفیقات زیادی برای ایران شده است. اگر بپذیریم که خودباوری و پویایی کارشناسان از ارکان رشد و توسعه هستند توفیق کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران در این زمینه چشمگیر بوده است.

در اینجا جا دارد از کلیه همکارانم در شورای عالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران که نقش سیاست‌گذاری کلان این کمیته ملی را عهده‌دار هستند و هیئت اجرایی که وظیفه نظارت و هدایت بدنه علمی این کمیته ملی را به دوش دارند و نیز کادر علمی و فنی متخصص که در تهیه این کتاب ارزشمند کوشا بوده است، قدردانی و سپاسگزاری نمایم. از خداوند منان پیشرفت و توسعه کشور عزیزمان ایران را در کلیه امور، به ویژه اعتدالی صنعت آب و کشاورزی را مسئلت دارم.

رحیم میدانی

معاون امور آب و آبفا وزارت نیرو

و رئیس شورای عالی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

براساس مطالعات انجام شده کشور ایران در ردیف کشورهای با خطرپذیری بالا تغییر اقلیم قرار دارد. واقع شدن ایران در منطقه خشک جهان، محدودیت منابع آب، وابستگی تولید کشاورزی به محصولات تحت آبیاری، افزایش تقاضا برای آب در پی افزایش شهرنشینی، توجه به حفاظت محیط زیست و توسعه صنایع لزوم توجه به موضوع تغییر اقلیم را اجتناب ناپذیر کرده است. بر مبنای مطالعات انجام شده پیش‌بینی شده است که تغییر میانگین دمای ماهانه در تمامی کشور روندی افزایشی داشته و کاهش بارش در برخی مناطق معنی‌دار خواهد بود. تغییر اقلیم از عوامل اصلی ایجاد تغییر در چرخه آب در طبیعت بوده که علاوه بر اثرات مستقیم، با تأثیرگذاری بر سایر عوامل مؤثر همچون شرایط اقتصادی و اجتماعی، اثرات مستقیم بر بخش آب را نیز تشدید خواهد کرد.

محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی از چالش‌های آینده کشور محسوب می‌شوند که امنیت غذایی و اقتصاد کشاورزی را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تهدید خواهند کرد. انتخاب اقدام‌های مناسب برای سازگاری و کاهش اثرات تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی نیازمند بررسی روند تغییر اقلیم و شناخت پیامدهای آن بر منابع و تقاضای آب در کشور است.

در گزارش شماره ۳۶ سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد از سری گزارش‌های آب، دانش و اطلاعات مناسبی را برای علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران بررسی تغییر اقلیم و ارزیابی اثرات آن بر امنیت آب و کشاورزی ارائه می‌نماید.

در خاتمه از کلیه عزیزانی که در زمینه ترجمه و تدوین ویراستاری و داوری کتاب فعالیت نموده‌اند، قدردانی می‌شود.

سیداسداله احمدی

دبیر کل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

مقدمه

در سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، پیش‌بینی شده که افزایش دما بر تمامی اجزای چرخه آب مؤثر است. خشکسالی‌ها و سیل‌ها متناوب‌تر و شدیدتر پیش از این آشکار بوده و اثرات آن‌ها با وابسته‌تر شدن جمعیت در حال رشد به مجموعه جریان‌های وابسته به آب و اقلیم افزایش خواهد یافت. تغییر اقلیم به طور کلی بر توسعه و بهره‌وری کشاورزی آبی و دیم هر دو اثرگذار است. در حوضه مدیترانه و مناطق نیمه‌خشک آمریکا، استرالیا و آفریقای جنوبی که در حال حاضر نیز با تنش مواجه هستند، کاهش رواناب رودخانه‌ها و تغذیه آبخوان‌ها مورد انتظار بوده و بر مقدار آب قابل دسترس تأثیرگذار است. در آسیا، مناطق وسیع مجاور زمین‌های تحت آبیاری که به ذوب برف و یخچال کوه‌های مرتفع وابسته‌اند، با تغییر الگوی رواناب مواجه می‌شوند. جمعیت فراوان ساکن دلتاها در معرض خطر ترکیبی از کاهش رواناب، افزایش شوری و بالا آمدن سطح آب دریا قرار خواهند گرفت. افزایش دما در هر منطقه‌ای که پیش آید، موجب افزایش تقاضای آب کشاورزی خواهد شد.

امرار معاش جوامع روستایی و امنیت غذایی بخش عمده‌ای از جمعیت شهرنشین در معرض خطر پیامدهای وابسته به آب ناشی از تغییر اقلیم قرار دارد. روستاییان فقیر که آسیب‌پذیرترین اقشار جامعه هستند، با شدت بیشتری از این تغییرات متأثر خواهند شد.

اقدام‌های گوناگونی برای سازگاری با تغییرات اقلیم، از طریق بهبود شیوه‌های مدیریت زمین و آب موجود است که پتانسیل انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات اقلیم و همچنین بهبود امنیت آب را دارند. این اقدام‌ها بر شناخت مناسب از اثرات تغییر اقلیم بر آب قابل دسترس و سامانه‌های کشاورزی تأکید می‌کنند و مجموعه‌ای از گزینه‌های سیاست‌گذاری و تغییر سرمایه‌گذاری و مدیریت را ارائه می‌دهند.

در این گزارش، خلاصه‌ای از اطلاعات موجود درباره اثرات پیش‌بینی شده تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی ارائه می‌شود. شرایط آبی برای امنیت غذایی در سطح ملی و محلی بررسی می‌شود، روش‌ها و رویکردهای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر آب و کشاورزی مورد بحث قرار می‌گیرد. این گزارش بر خطرات بیشتر سیاست‌گذاری‌های بخش آب و کشاورزی و اجرای راهبردهای بی‌درنگ که هم نتایج مثبت توسعه و هم انعطاف‌پذیری سامانه‌های کشاورزی در مواجهه با پیامدهای آینده را ایجاد کند، تأکید دارد.

امید است سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بتوانند اطلاعات و راهنمایی‌های مناسبی را برای ارزیابی و پاسخ‌گویی به چالشی که انتظار می‌رود تغییر اقلیم بر مدیریت آب کشاورزی و امنیت غذایی تحمیل کند، در این گزارش بیابند.

الکساندر مولر

معاون مدیر کل

بخش مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست

سیاسگزاری

این گزارش توسط هیو تورال^۱ مشاور سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد با همکاری جاکوب برک^۲ و جین مارک فورز^۳ از بخش آب و زمین سازمان خواربار و کشاورزی تهیه شده است. گزارش حاضر از اطلاعات بدست آمده در طی مشاوره کارشناسی درباره تغییر اقلیم، امنیت آب و غذا که در فوریه ۲۰۰۸ به وسیله سازمان خواربار کشاورزی تشکیل شد، بهره بسیار گرفته است. این مشاوره کارشناسی در جهت آماده‌سازی برای کنفرانس امنیت غذا در جهان که تحت عنوان: چالش‌های تغییر اقلیم و انرژی زیستی در ژوئن سال ۲۰۰۸ در روم-ایتالیا برگزار شد، صورت پذیرفت.

شرکت‌کنندگان در مشاوره کارشناسی عبارت بودند از: پترا دال^۴ (دانشگاه فرانکفورت-مین)، رشید دوکلی^۵ (مراکش)، اشلی هال^۶ (کمیسون رودخانه مکونگ)، برتجان هیج^۷ (هلند)، اردا لین^۸ (چین)، فستوز لیوبویرا^۹ (کنوانسیون چارچوب تغییر اقلیم سازمان ملل متحد)، دیوید مولدن^{۱۱} (مؤسسه بین‌المللی مدیریت آبیاری)، کلودیا رینگر^{۱۳} (مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سیاست‌گذاری غذا)، مهندرا شاه^{۱۳} (مؤسسه بین‌المللی تحلیل سامانه‌های کاربردی^{۱۴})، مارک سن^{۱۵} (ایالات متحده آمریکا)، مارجا-لیزا تایو-بیزروم^{۱۶} (فنلاند)، فرانسيسكو توبیلو^{۱۷} (دانشگاه کلمبیا) و آوینش تیج^{۱۸} (انستیتو هواشناسی جهانی).

اعضای شرکت‌کننده سازمان خواربار و کشاورزی در مشاوره کارشناسی عبارت بودند از: عبدالقادر علالی^{۱۹}، روزالید دله‌روزا^{۲۰}، تیری فاکون^{۲۱}، کارن فرنکین^{۲۲}، ثئودور فیدریش^{۲۳}، آرینا گوجرال^{۲۴}، توماس هوفر^{۲۵}، ژوب هوگون^{۲۶}، جان یورگنسن^{۲۷}، مارکتا ژویی^{۲۸}، امیرقسا^{۲۹}، اشا کو اوشیما^{۳۰}، پرویز کوه‌افکن^{۳۱}، یوهان کی‌لنزیرونا^{۳۲}، نادیا سی‌لابا^{۳۳}، ربین سزا^{۳۴} و پاسکئول استی‌چتو^{۳۵}.

1. Hugh Turrall
2. Jacob Burke
3. Jean- Marc Faurès
4. Petra Döll
5. Rachid Doukkali
6. Asheley Halls
7. Bertjan Heij
8. Erda Lin
9. Festus Luboyera
10. UN-FCCC
11. David Molden (IWMI)
12. Claudia Ringler

13. Mahendra Shah
14. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
15. Mark Svendsen
16. Majra – Lissa Tapio- Biström
17. Francesco Tubiello
18. Avinesh Tyagi
19. Abdelkader Allali
20. Rosalud Delarosa
21. Thierry Facon
22. Karen Frenken
23. Theodor Friedrich

24. Aruna Gujral
25. Thomas Hofer
26. Jipp Hoogveen
27. John Jorgensen
28. Marketta Juppi
29. Amir Kassam
30. Sasha Koo- Oshima
31. Parviz Koochafkan
32. John Kuylensstierna
33. Nadia Scialabba
34. Reuben Sessa
35. Pasquale Steduto

خلاصه مدیریتی

مقدمه

عامل اساسی در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی و مدیریت آب کشاورزی، دسترسی به آب (از منابع باران، آبخوان‌ها و آبراهه‌ها) می‌باشد. برای بهره‌گیری بهینه از منابع آب و تضمین تأمین منابع رو به کاهش موجود باید اقدام‌های زیادی در راستای سازگاری صورت پذیرد، اگرچه میزان خطرپذیری (ریسک) تغییر اقلیم بر سرمایه‌ها و محصولات کشاورزی وابسته به آب در طولانی مدت، به طور قطعی قابل تعیین نمی‌باشد. در حالی که دما و فشار با استفاده از مدل‌های جریختن و می‌جوش به خوبی قابل پیش‌بینی است، این قابلیت برای بخار آب هوا وجود ندارد و نیز رویدادهای بارشی در اناب یا سطوح خطرپذیری غیرقطعی قابل پیش‌بینی هستند. در این شرایط ممکن است برای تعیین رویکردها یا نوع سرمایه‌گذاری‌ها (به عنوان مثال هزینه‌های افزایش ارتفاع آزاد سازه‌های هیدرولیکی)، دلایل کافی در دسترس نباشد.

در زمان حاضر شواهد تغییر اقلیم بدون ابهام است و روند افزایش دی‌اکسید کربن، دما و سطح آب دریاها به بیشترین حد پیش‌بینی شده در سناریوهای چهارمین گزارش ارزیابی^۲ هیئت بین دولتی تغییر اقلیم^۳ نزدیک می‌شود. اگرچه هنوز هم پرسش‌ها و ابهام‌های علمی بسیاری در مورد علل و آثار تغییر اقلیم وجود دارند که به طور کامل توضیح داده نشده‌اند، ولی هزینه‌های ناشی از تغییر اقلیم در آینده چنان چشمگیر خواهند بود که اقدام‌های کنونی به عنوان تضمین (تولید)، محافظه‌کارانه محسوب می‌شود. گنگه‌ای کنونی بر محور تثبیت دما تا پایان قرن ۲۱ (جلوگیری از افزایش دما بیشتر از ۲ درجه سلسیوس) در جریان بوده و انتقاداتی که تا به حال به علوم اقلیمی وارد شده است، از واقعیت و شدت روندهای آشکار در اقلیم جهانی نمی‌کاهد.

پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم به شبیه‌سازی مدل‌های عمومی اقلیم که تا حد امکان با بهره‌گیری از داده‌های قبلی واسنجی شده‌اند، به شدت وابسته است. سناریوهای تغییر اقلیم بر مبنای یک مجموعه ارائه شده در گزارش ویژه سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، استاندارد شده است تا مقایسه دقیق‌تر پیش‌بینی اثرات امکان‌پذیر باشد. قابلیت پیش‌بینی مدل‌های اقلیمی در زمان حاضر برای دما بسیار بهتر از بارندگی می‌باشد. در واقع، مدل‌ها در ابتدا برای دما و فشار حل شدند. الگوهای زمانی و مکانی بارندگی تابع اثرات متقابل زمین و جو است که در الگوریتم‌های کنونی این مدل‌ها جایی ندارد و وضوح مکانی این مدل‌ها

1- Global Circulation Models (GCMs)

2- The Fourth Assessment Report (AR4)

3- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

کمتر از آن است که اثرات توپوگرافی بر الگوهای اقلیمی را منعکس کند. مدل‌های اقلیمی تحت سناریوهای توسعه اقتصادی نتایجی متفاوت و گاه متناقض همچون افزایش یا کاهش بارش، در یک منطقه معین را ارائه می‌دهند و ترکیب^۱ مدل‌ها می‌تواند به طور فزاینده در تعیین دامنه تغییرات و محتمل‌ترین شرایط آبی برای یک سناریوی مفروض مفید باشد و با توسعه مدل‌های اقلیم منطقه‌ای^۲، پیشرفت سریعی برای پیش‌بینی‌های ریز مقیاس^۳ (تغییر اقلیم) در سطوح ملی و حوضه رودخانه ایجاد شده است.

اثر تغییر اقلیم بر آب و کشاورزی نیازمند شبیه‌سازی مدل‌های پیش‌بینی توزیع و شدت تغییر اقلیم در متغیرهای کلیدی کنترل‌کننده رشد گیاه (دما و تقاضای تبخیر) و آب قابل دسترس (بارندگی، تبخیر، جریان آبراهه‌ای و تغذیه آب زیرزمینی) می‌باشد. مدیریت آب کشاورزی شامل تمامی فناوری‌ها و عملیاتی است که رطوبت خاک برای رشد گیاه را در حد بهینه نگهداری کند و از افزایش ذخیره باران تا آبیاری کامل گیاهان (در هر کجا که شاید بدون بارندگی باشد)، را در بر می‌گیرد. این مدیریت شامل چشم‌انداز زهکشی و جلوگیری از سیلاب و کاهش احتمال رفو^۴ آن نیز می‌باشد. کشاورزی آبی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب و از این رو بیشترین مخاطب و نگرانی این گزارش است.

اثرات پیش‌بینی شده تغییر اقلیم، نشر دوگانه‌ای را بر سامانه تولید غذا و تأمین نیازهای جمعیت در حال افزایش با ثروت رو به رشد وارد می‌کند. در حالی که کشاورزی پیشرفته‌تر می‌شود و استفاده از منابع آب و خاک شدت می‌گیرد، اثرات تغییر اقلیم بر بوم‌سازمان اکوسیستم‌ها^۵ بیشتر آشکار می‌شود. نابودی یکپارچگی منجر به آسیب زدن بر سامانه‌های تولید غذایی مورد حمایت این اکوسیستم می‌شود. ارزیابی سازگاری‌های پایدار و مفید در مقابل اثرات تغییر اقلیم بر روی آب و کشاورزی نیازمند شناخت عمیق و بهم پیوستن علوم کشاورزی، مدیریت آب و هیدرولوژی خواهد بود. توجه کامل به نتایج اثرات زیست‌محیطی و مقایسه نیازها ضروری خواهد بود.

در این گزارش، ابتدا چالش‌هایی پیش روی کشاورزی و آب بدون تغییر اقلیم به اختصار بیان می‌شود و سپس به اثرات گسترده و اختصاصی تغییر اقلیم در مناطق مختلف جهان می‌پردازد و نیز گزینه‌های سازگاری و کاهش گازهای گلخانه‌ای را ارائه می‌کند. نتیجه‌گیری بر اقدام‌هایی تمرکز دارد که به بهره‌کشی‌های در حال توسعه را در ارزیابی اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر کشاورزی قاریاب و تأمین غذا و نیز انتخاب مدیریت آب کشاورزی در غلبه بر دامنه و شدت اثرات مورد انتظار، یاری رساند.

غذا و آب کشاورزی - حال و آینده

در اوایل و اواسط قرن بیستم، زمین‌های تحت آبیاری به صورتی چشمگیر افزایش یافته که متأثر از رشد سریع جمعیت و افزایش نیاز غذایی بوده است. کشاورزی آبی حدود ۴۰ درصد از مواد غذایی مورد نیاز جمعیت جهان و

1- Ensemble

2- Regional Climate Models (RCMs)

3- Downscale

4- Ecosystems

بیشتر شامل محصولات باغی را از حدود ۲۰ درصد زمین‌های کشاورزی (۳۰۰ میلیون هکتار) تأمین می‌کند. در آسیا، فناوری‌های انقلاب سبز؛ مصرف مقادیر زیاد کود نیتروژن و واریته‌های پا کوتاه و زودرس برنج و گندم، نیازمند آبیاری برای دستیابی به محصول بالقوه بود. اعتبارات عمومی برای ارتقای راندمان آبیاری در دهه ۱۹۷۰ اوج گرفت و در دهه ۱۹۹۰ در پی ناامیدی از کارایی سامانه کانال‌های بزرگ و آشکار شدن آثار انحراف آب بر بوم سازگان آبی و رودخانه‌ها، سامانه‌های آبیاری قطره‌ای مطرح شد. در واقع انقلاب سبز به سکوی پرتاب بسیاری از کشورهای آسیایی برای تبدیل از اقتصاد کشاورزی - محور به اقتصاد صنعت - محور با افزایش ثروت و اشتیاق تولید در روستاییان تعبیر می‌شود. در آفریقا، انقلاب سبز آثار کمی بر امنیت غذایی و تولید ثروت داشته زیرا اقتصاد روستایی در جذب سرمایه ناتوان بوده است. پایین بودن پتانسیل آبیاری در آفریقا متأثر از این ناکامی می‌باشد.

برای مدتی بیشتر از ۳۰ سال، قیمت محصولات کشاورزی هر ساله کاهش یافت و انگیزه سرمایه‌گذاری و تأمین مالی در کشاورزی آبی کمتر شد، در حالی که با پایان این دوره، سرمایه‌گذاری خصوصی در منابع آب زیرزمینی با دسترسی به پمپ‌های رزان، روش‌های تولید انرژی و حفر چاه در دهه ۱۹۸۰ اوج گرفت و در هند، چین و بسیاری از کشورهای آسیای جنوب شرقی به سرعت ادامه یافت و نه تنها زمین‌های تحت آبیاری رشد داشت بلکه در هند نقش کانال‌های آبیاری گسترش دسترسی به منابع آب زیرزمینی کمرنگ شد. در نتیجه آبخوان‌ها در بسیاری از نقاط جهان همانند چین، هند و ایالات متحده تخلیه شدند که گاهی به اشتباه با اقدام‌هایی همچون اختصاص یارانه انرژی و تثبیت قیمت حمایت از محصولات کشت آبی به آن سرعت داده شده است.

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به بیشتر از ۹ میلیارد نفر می‌رسد و جهان به سمت شهرنشینی و ثروتمند شدن پیش می‌رود. الگوی مصارف غذایی تغییر یافته و مصرف کربوهیدرات کاهش و تقاضای محصولاتی همچون شیر، گوشت، میوه‌ها و سبزی‌ها که به شدت به آبیاری وابسته است، افزایش می‌یابد. کارایی فرآورده‌های دامی کمتر از گیاهی بوده لذا افزایش تولید محصولات اصلی کشاورزی در چراگاه‌ها، مراتع و زمین‌های زراعی ضروری خواهد بود. پیش‌بینی می‌شود نیاز غذایی جهان تا سال ۲۰۵۰ حدود ۷۰ درصد افزایش یابد و در کشورهای در حال توسعه دو برابر شود. در صورت ثابت ماندن شرایط (بدون تغییر اقلیم) باید میزان برداشت آب در زمین‌های تحت آبیاری ۱۱ درصد افزایش یابد تا با تقاضای آب برای تأمین زیست توده^۱ هم‌خوانی داشته باشد.

روند نزولی طولانی مدت قیمت محصولات در سال ۲۰۰۸-۲۰۰۷ افزایشی شد، زیرا ترکیب راهبردهای ذخیره‌سازی تا آخرین حد ممکن، تولید کمتر محصولات، خشکسالی و استفاده از سوخت‌های زیستی^۲ در ایالات متحده آمریکا و اروپا حجم مبادلات را کاهش داد. قیمت برنج دو برابر شد و با اینکه قیمت اقلام پایه کاهش یافته بود، نهاده‌های اصلی (قیمت نفت، توسعه سوخت‌های زیستی و نیازهای فزاینده غذایی) نقشی اساسی در تعیین قیمت غذا داشتند. به دنبال آشفته‌گی بازار، مجدداً امنیت غذایی و امرار معاش از طریق کشاورزی برنامه‌ریزی توسعه اهمیت یافت. این آشفته‌گی بازار موجب توجه مجدد به اهمیت امنیت غذایی و کشاورزی

1- Biomass

2- Biofuel

معیشتی شد، هرچند به نظر می‌رسد برخی کشورها همچون چین علاقه‌مند هستند که بین توسعه کشاورزی بیشتر و سرمایه‌گذاری برای واردات موازنه ایجاد کنند.

جهان دارای مجموعه‌ای از نهادهای آبیاری با اجرای نامناسب بوده و منابع آب زیرزمینی آن درگیر رقابتی در مصرف است که تهدیدی برای تخلیه این ذخیره حیاتی محسوب می‌شود. هر دوی این موارد بر محیط زیست اثرات مخرب معنی‌داری دارند. غیر از این وضعیت، تأکید می‌شود که در حوضه رودخانه‌های دارای توسعه سریع، جریان آب مورد نیاز پایداری محیط زیست در نظر گرفته شود و در حوضه‌های با تخصیص بیشتر از حد، حبابه بوم سازگان اعاده گردد.

گزیده‌ای از اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت آب کشاورزی

تغییر اقلیم از طریق افزایش نیاز آبیاری، محدود کردن بهره‌وری محصول و با کاهش آب قابل دسترس در مناطقی که آبیاری موجود نیاز بوده یا منافع نسبی داشته، به طور معنی‌داری بر کشاورزی مؤثر است.

پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۰، افزایش دی‌اکسید کربن به دو برابر، دمای جهانی حدود ۴ درجه سلسیوس افزایش یابد. دمای میانگین نرخ سریع‌تری در عرض‌های جغرافیایی بالاتر و با رشد کندتری در نواحی گرمسیری افزایش خواهد یافت. افزایش دما در مناطق مرتفع بیشتر از سطح دریا خواهد بود که منجر به شدت گرفتن بارش، تسریع ذوب برف و پس‌ریختن برف‌نشینی یخچال‌ها می‌شود.

انتظار می‌رود در اثر تغییر اقلیم چرخه آب نسبی شود، زیرا افزایش دما منجر به افزایش میزان تبخیر از زمین و دریا خواهد شد. بنابراین پیش‌بینی می‌شود بارندگی در نواحی گرمسیری (استوایی) و عرض‌های جغرافیایی بالا، افزایش و در نواحی خشک و نیمه‌خشک عرض‌های میانی و نواحی داخلی قاره‌های بزرگ، کاهش یابد و مناطقی که در زمان حاضر با کمبود آب روبه‌رو هستند گرم‌تر و خشک‌تر گردند. تغییرات دما و بارندگی افزایش می‌یابد و وقوع خشکسالی و سیل در برخی نقاط محتمل‌تر بوده و پیش‌بینی می‌شود وقوع سیل به علت وابستگی به کاربری زمین و عدم قطعیت پیش‌بینی میزان و الگوی بارش دشوارتر خواهد بود. در مناطقی همچون جنوب استرالیا که تبخیر-تعرق سالانه از بارندگی افزون شده، بر مبنای مدل‌ها تغییرات چشم‌انداز (تا ۴۰ درصد کاهش) در رواناب مشاهده خواهد شد زیرا به طور نسبی کاهش اندک بارش منجر به کاهش چشمگیرتر رواناب می‌شود. برای مثال کاهش ۵ درصدی بارش در مراکش منجر به ۲۵ درصد کاهش رواناب خواهد شد. در رودخانه‌های با مدل تغذیه از ذوب برف، زمان‌بندی جریان تغییر خواهد یافت ولی میانگین بده سالانه تأثیر کمتری می‌پذیرد.

همراه با افزایش دما، بازده فتوسنتز افزایش می‌یابد تا به بیشترین اندازه برسد و پس از آن کاهش می‌یابد. زیرا سرعت تنفس تا نقطه‌ای که گیاه تقریباً می‌میرد، افزایش می‌یابد. بنابراین در صورت ثابت بودن سایر عوامل، بهره‌وری گیاهان با گذشت دما از نقطه بهینه کاهش می‌یابد. به طور کلی، گیاهان به تنش گرمایی در مراحل خاص (اوایل) رشد نسبت به دمای میانگین فصل حساس‌ترند. با افزایش دمای هوا طول دوره رشد در مناطق معتدل شمال کره زمین طولانی‌تر می‌شود. ولی طول دوره رشد در تمامی نقاط دیگر کوتاه‌تر شده و چون با افزایش تبخیر-تعرق همراه است، عملکرد بالقوه و بهره‌وری آب در تولید محصولات کاهش خواهد یافت.

هرچند در بسیاری از کشورهای در حال توسعه جهان، عملکرد و بهره‌وری آب در زمان حاضر پایین است که لزوماً نشانگر عدم کاهش آن‌ها در طولانی مدت نیست ولی کشاورزان بیشتر از میزان کنونی در پی عملیات به زراعی برای افزایش بهره‌وری خواهند بود.

افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بازده فتوسنتز را افزایش داده و سرعت تنفس را کاهش می‌دهد، از این رو کاهش عملکرد ناشی از افزایش دما را متعادل می‌کند. اگرچه شواهد اولیه بدست آمده از تحقیقات آزمایشگاهی در شرایط مزرعه آزمون نشده، ولی واضح است که باید تمامی عوامل دخیل در تولید بهینه باشند تا اثرات کودی دی‌اکسید کربن آشکار شود. امیدهای اولیه برای جبران اثرات منفی تغییر اقلیم بر تولید محصولات گیاهی توسط اثرات مثبت افزایش دی‌اکسید کربن متوقف شده است زیرا تا دو برابر شدن این گاز، دما نیز حدود ۴ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد که اثرات مثبت افزایش دی‌اکسید کربن را خنثی خواهد کرد.

کشاورزی، به ویژه در نواحی گرمسیری، بیشتر از پیش تحت تأثیر طوفان قرار خواهد گرفت، زیرا فعالیت گردبادها (طوفان‌های رسمی) با افزایش دمای اقیانوس شدت می‌گیرد. شواهدی نیز بر پدیدار شدن این وضعیت وجود دارد. بالا آمدن سطح آب دریا بر زهکشی و سطح آب در زمین‌های ساحلی به ویژه در دلتاهای پست تأثیر داشته و ممکن است منجر به پیشروی آب شور به آبخوان‌های ساحلی شود.

برآورد شده است که افزایش نیاز آبی برای تولید محصولات کشاورزی مورد تقاضا در آینده، با تغییر اقلیم ۴۰ تا ۱۰۰ درصد بیشتر از شرایطی است که الانیم تغییر نیابد. مقدار آب مورد نیاز آبیاری از منابع سطحی یا زیرزمینی به مفروضات مدل‌های تخمین میزان افزایش سطح کشت آبی - که بین ۴۵ تا ۱۲۵ میلیون هکتار برآورد شده است - بستگی دارد. افزایش تقاضای آب و کاهش احتمال منابع در آینده موجب پدید آمدن رقابت مابین محیط زیست و کشاورزی خواهد بود و هماهنگی مصرف و تقاضا را دشوارتر خواهد کرد.

دسترسى به آب کافی در آینده برای تأمین نیاز آبی تولیدات کشاورزی در مناطق کم باران (مناطقى که در حال حاضر خشک و نیمه‌خشک هستند)، و نیز مناطق جنوبی و خشک‌تر اروپا و آمریکای شمالی دشوارتر می‌شود و رواناب و تغذیه منابع آب زیرزمینی در این مناطق به شدت کاهش می‌یابد. در مناطقی که حجم و شدت بارش افزایش می‌یابد، میزان بیشتری از رواناب به سیل تبدیل می‌شود که باید به وسیله سد ها یا تغذیه مصنوعی مهار شود تا قابل بهره‌برداری باشد.

حدود ۴۰ درصد کل آب آبیاری جهان از جریان‌های تغذیه شده از رشته کوه‌های هیمالیا و دیگر رشته کوه‌های بزرگ (کوه‌های راکی در آمریکا غربی و تین‌شن^۱ در آسیای مرکزی) تأمین می‌شود. نابودی یخچال‌های طبیعی و توده‌های یخ در سرتاسر جهان یکی از جدی‌ترین شواهد گرمایش جهانی است. در زمان حاضر تخمین شدت کاهش توده این یخچال‌ها توسط هیئت بین دولتی تغییر اقلیم در حال بررسی است. با وجود تغییر حجم یخچال‌ها در طولانی مدت، ذوب برف همچنان در جریان پایه و زمان بده اوج رودخانه‌ها نقش مهمی داشته ولی تأثیر بیشتری در میزان رواناب کل رودخانه‌ها دارد. در برخی رودخانه‌ها (همچون ایندوس^۲) آب قابل استفاده

1- Tien Shan

2- Indus

برای ذخیره، آبگیری و نیز تغذیه منابع زیرزمینی متأثر از این تغییرات قرار خواهد گرفت. به طور کلی، اثرات تغییر اقلیم بر تغذیه منابع آب زیرزمینی به حد کافی بررسی نشده است. ولی آبخوان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک باید انتظار کاهش شدیدی در میزان جبران آب تخلیه شده را داشته باشند.

از آنجا که مقیاس شبیه‌سازی‌های مدل‌های عمومی مانعی در تحلیل اثرات ویژه بر محدوده‌های کوچک مانند حوضه رودخانه و یا حتی در سطح ملی می‌باشد، تلاش‌هایی برای ریزمقیاس‌نمایی صورت گرفته است تا اثرات بر چرخه آب و کشاورزی در مکان‌های معین قابل ارزیابی باشند. ریزمقیاس‌نمایی می‌تواند بر مبنای تجربیات، بررسی آماری و یا به کارگیری مدل‌های اقلیم منطقه‌ای توسعه یافته از مدل عمومی انجام می‌شود. تمامی فناوری‌های ریزمقیاس‌نمایی واسنجی مفید الگوی بارندگی در گذشته را ترکیب می‌کنند، اگرچه همیشه نمی‌توانند موازنه جرم خروجی‌ها را نشان دهند. در واقع، اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی بدون ریزمقیاس‌نمایی شبیه‌سازی‌های اقلیم جهانی قابل بررسی نبوده، ولی داده‌های بارندگی برای واسنجی پیش‌بینی‌های ریزمقیاس‌نمایی، مانده قابلیت کاربرد جهانی کافی نمی‌باشند. اغلب، در مناطقی همچون کشورهای شمال و جنوب (ساب صحرای^۱) آفریقا که بیشترین اهمیت را دارند، داده‌هایی موجود نیست.

گونه‌شناسی سامانه‌های کشاورزی و اثرات اقلیمی

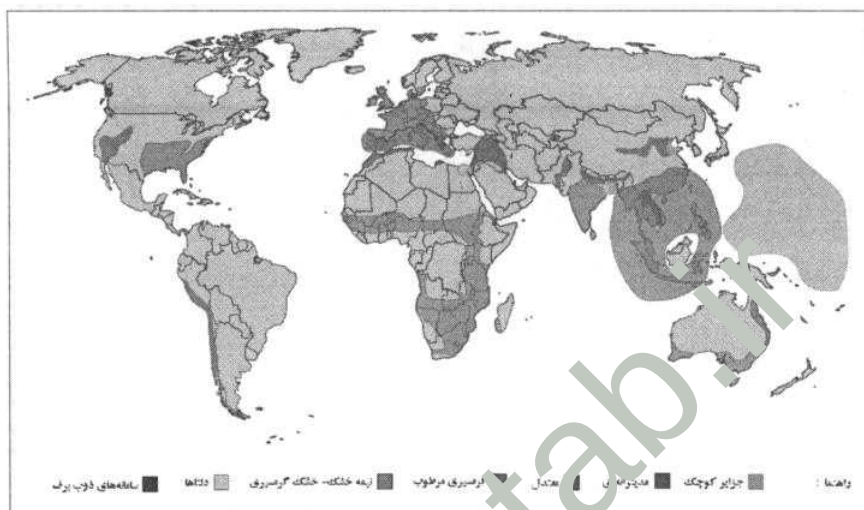
اثرات جهانی تغییر اقلیم بر کشاورزی به تنهایی و صدمه‌هایی که در سطح منطقه‌ای و محلی وارد می‌آورد، بستگی دارد، بنابراین شناخت اثرات احتمالی در این سطوح ضروری است. گونه‌شناسی^۲ سامانه‌های زیر هنگامی پیشنهاد می‌شود که آبیاری و دیگر شکل‌های مدیریت آب کشاورزی دارای اهمیت بوده و متأثر از تغییرات اقلیمی باشد:

- ۱- سامانه‌های وسیع آبیاری (به ویژه در شمال هند و چین) که از ذوب برف تغذیه می‌شوند.
- ۲- دلتاهای وسیع که در معرض خطر آب‌گرفتگی ناشی از بالا آمدن سطح آب دریاها، خسارت‌های ناشی از سیل و گردباد و یا نفوذ آب شور به آبخوان‌ها و یا منابع آب سطحی هستند.
- ۳- سامانه‌های آب سطحی و زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی کمتر ولی متغیری خواهند داشت.
- ۴- نواحی مرطوب گرمسیری با سامانه‌های ذخیره‌ای فصلی (از باران‌های موسمی) که در آن میزان ذخیره کاهش ولی بده جریان اوج سیل افزایش خواهد یافت.
- ۵- تمامی مناطق تحت آبیاری که اثرات بارندگی غیریکنواخت در کوتاه مدت با اقدام‌های ذخیره بیشتر آب در خاک یا مهار رواناب کاهش داده می‌شود. این وضعیت شامل ۱) مناطق معتدل (در اروپا و شمال آمریکا) که با وجود افزایش بارش، دارای فصول خشک هستند، و ۲) مناطق مدیترانه‌ای و خشک می‌باشد.

1- Sub Saharan

2- Typology

پهنه بندی مقدماتی این سامانه‌های کشاورزی در شکل (i) نشان داده شده است. جزیره‌های کوچک نیز در این نقشه مشخص شده هرچند در تقسیم‌بندی‌ها لحاظ نشده‌اند. این جزیره‌ها به بالا آمدن سطح آب دریاها بسیار حساس هستند و ممکن است زمین‌های پست این مناطق سرانجام به طور کامل به زیر آب روند. کشاورزی در جزیره‌ها به طور ذاتی خطرپذیرتر بوده، بنابراین آسیب‌پذیری آن‌ها از تمامی جنبه‌های مرتبط با تغییر اقلیم، افزایش خواهد یافت.



شکل (i) - مناطق مورد انتظار متأثر از تغییر اقلیم

گونه‌شناسی سامانه‌های مینا می‌تواند بر اساس سطح توسعه منابع آب موجود به علاوه میزان آب زیرزمینی موجود و پتانسیل در آینده، پالایش شود. برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصول، تحلیل آب قابل دسترس و بنابراین ارزیابی موازنه پایدار محتمل بین کشاورزی بی و دیم ضروری است مدل‌های هیدرولوژی و گیاهی در مدل‌های اقلیمی (مدل‌های عمومی، منطقه‌ای یا در مقیاس نمایمی شده آماری) ترکیب شوند. در مطالعات اخیر و پس از چهارمین گزارش ارزیابی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم، آفریقا و آسیای جنوبی به عنوان آسیب‌پذیرترین مناطق در مقابل تغییر اقلیم معرفی شدند. سطوح پایین امنیت غذایی به همراه توسعه اقتصادی اندک، آفریقا را تهدید می‌کند در حالی که آسیای جنوبی فقیر با تهدید افزایش جمعیت، بهره‌برداری شدید از منابع طبیعی و خطرپذیری بالای تغییر اقلیم روبرو می‌باشد.

چشم‌اندازهای سازگاری

انتظار می‌رود که راهبردهای سازگاری بر کمینه سازی خطرپذیری تولید تمرکز کنند. نیازهای سازگاری غیرقطعی بوده ولی اثرات احتمالی تغییر اقلیم در یک زمینه مشخص قابل برآورد است. غیر از مناطق تحت تنش آبی در زمان حاضر که نیازمند اقدام‌های ویژه هستند، در عمل، پالایش مداوم مدیریت خاک، آب و محصول در بسیاری از اقدام‌های سازگاری ضروری نقش خواهد داشت. در توسعه هوشمندانه در هر حالتی که پیش‌بینی‌های

تغییر اقلیم محقق شود یا نشود، تلفیق بیشتر نوآوری‌ها در سازگاری تا حد ممکن و اولویت‌بندی فعالیت‌های سودمند ضروری است. یک مثال مناسب، افزایش بازده مصرف کودهای نیتروژن و در پی آن کاهش میزان مصرف کود بوده که پیامدهای کاهش هزینه‌های تولید، افزایش محصول و درآمد و کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را داشته است. اتخاذ چنین سیاست‌هایی پشتیبانی در پی ندارد و راهی برای بهم پیوستن سازگاری و کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای در برنامه توسعه می‌باشد و ممکن است موجب تسهیل در تأمین منابع مالی و ریشه‌کنی فقر شود. فعالیت‌های سازگاری و کاهش گازهای گلخانه‌ای تنها با توجه به توسعه اقتصادی - اجتماعی جوامع روستایی تکمیل خواهد شد. فرآیند تشخیصی دقیق‌تری برای تعیین زمینه و گزینه‌ها برای سازگاری با تغییر اقلیم پیشنهاد شده است. این امر با پالایش طبیعت اثرات در زمینه‌های متفاوت، یک فرآیند تصمیم‌گیری را به گونه‌شناسی اثرات می‌افزاید و به طور مسلم، نیازمند مدل‌های دقیق‌تری است که در آن گزینه‌های سازگاری به روشنی مشخص شده‌اند.

گزینه‌های سازگاری می‌تواند در سه سطح تعیین شود:

◀ مزرعه

◀ سامانه‌های آبیاری یا حوضه آبریز¹

◀ حوضه رودخانه‌ها و حوضه آبریز ملی

بسیاری از گزینه‌های سازگاری کلی، به دلیل ترکیب‌های متفاوت، قابل کاربرد در یک سطح مشخص هستند. ارتباط دوجانبه قوی بین مزارع و حوضه‌های آبریز وجود دارد و سازگاری در سطح سامانه‌ها برای مثال ذخیره‌سازی آب در مخازن، منابع آب زیرزمینی و مزارع موجب موفقیت سیاست‌گذاری‌های راهبردی در سطح حوضه یا در سطح ملی نیز می‌شود. از سوی دیگر کشاورزان به احتمال زیاد در زمینه سازگاری با محدودیت‌های اقلیمی، بسیار خلاق و فعال هستند، در نتیجه ضرورت شدت منابع آب از آنچه انجام می‌دهند، وجود دارد تا ارائه خدمات مطابق نیازها باشد.

تقریباً در همه حادترین شرایط خشک و نیمه‌خشک، مجموعه‌ای از اقدامات سازگاری وجود دارد که حاصل تجارب سودمند می‌باشند. تغییر اقلیم ممکن است سامانه‌های کشت را به استقرار در مناطق کم بازده هدایت کند؛ زمین‌های زراعی در نواحی نیمه‌خشک به چراگاه تبدیل شوند و نواحی مرطوب دارای فصل خشک، طبیعت خشک‌تری یابند. در مناطق کم بازده گاهی تنها گزینه در چرخه تولید، حذف یا رهاسازی زمین‌های تحت کشت (محصول) و مراتع است. در الگوی کشت کنونی اغلب مناطق، می‌توان محصولی را با محصول دیگر جایگزین کرد، برای مثال در مناطقی با کاهش بارندگی که ذخیره آب و شرایط غرقابی تغییر می‌یابد، ارقام برنج بدون نیاز به شرایط غرقاب دائم می‌توانند جایگزین ارقام موجود شوند. ممکن است سایر عوامل (همچون نیاز، برنامه غذایی ترجیحی و قیمت) غیر از تغییر اقلیم اثرات بیشتری بر انتخاب محصول داشته باشند. هنگامی که دیم‌کاری در زمین‌های کم بازده انجام شود، چشم‌انداز آبیاری در هر دو مورد پایداری تولید محصول غلات و حمایت از سامانه‌های کمتر خطرپذیر و پربازده نقشی مهم خواهد داشت.

از آنجا که درجه اطمینان به دسترسی به منابع آب کاهش می‌یابد و میزان منابع بین فصلی متغیرتر می‌شود، میزان زمین‌های آبی که می‌توانند ثابت بمانند یا توسعه یابند، به تلفیق اثرات و به شرایط کنونی هر وضعیت مشخص بستگی دارد. نیاز به ذخیره‌سازی آب و نیز عدم قطعیت آن افزایش می‌یابد. به علاوه، ذخایر آب با جریان‌های متغیر و حدی مواجه می‌شوند. لازم است گزینه‌های ذخیره‌سازی انعطاف‌پذیر بوده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری آن‌ها پایین باشد. در زمان حاضر مخازن آب سطحی بزرگ اجرا شده و فناوری تغذیه آب زیرزمینی هنوز تکمیل نشده است. در حالی که هزینه‌های برداشت منابع آب زیرزمینی عمیق بالا می‌باشد، ممکن است ذخیره‌سازی آب در سطح مزرعه راهی مناسب و قابل مدیریت در گستره‌ای از شرایط باشد. به طور قطعی، بحث ذخیره‌سازی آب در آینده با شدت بیشتری مطرح خواهد شد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و زیست‌محیطی شدت ذخیره‌سازی آب را کاهش نخواهد داد.

تفکر غالب بر این بوده که در زمان حاضر آبیاری ناکارآمد است و فرصت‌های بسیاری برای ذخیره‌سازی آب و استفاده مجدد از ذخایر آبی وجود دارد. گاهی این تفکر صحت دارد ولی تمامی آب قابل آبیگری در تعداد بسیاری از حوضه رودخانه‌ها مصرف استفاده قرار دارد که به معنای بازده حدود ۱۰۰ درصدی آب در دهانه رودخانه است. بنابراین مفهوم بازده در حوض باید مفهوم بازده در مزرعه تفکیک و بر اهمیت محاسبه آب برداشت شده تأکید شود. بهبود بازده و ذخیره‌سازی آب بر نخی حوضه‌های آبریز امکان‌پذیر بوده ولی این امر نیازمند تحلیل و حسابداری دقیق آب است.

در اغلب کشورهای در حال توسعه، اطلاعات، مصالح، مصارف آب بسیار محدود است و نظام تخصیص توسعه زیادی نیافته، عمومیت نداشته یا وجود ندارد. یافتن روش‌های مناسب تعیین منابع و مصارف (تحلیل‌های متکی به چرخه هیدرولوژی منابع قابل دسترسی و مصارف واقعی) و توسعه پایدار و سامانه‌های تخصیص انعطاف‌پذیر دارای اولویت نخست می‌باشد.

بهبود جمع‌آوری اطلاعات پشتوانه پیش‌بینی بهتر خشکسالی و سیل می‌باشد. فناوری‌های پیش‌بینی و حتی بهینه‌سازی مصرف آب بارندگی در زمان حاضر موجود بوده و حتی به صورت تجاری در برخی کشورهای توسعه یافته در دسترس است. دقت پیش‌بینی‌ها باید افزایش یابد و برای آنکه این پیش‌بینی‌ها سازگاری مثبتی داشته باشند، باید کارهای زیادی برای بهبود ارتباطات و تفاهم در مورد پیش‌بینی‌ها انجام پذیرد.

الگوهای کشت کشاورزی می‌تواند تغییر کند تا امکان تعجیل یا تأخیر در کشت فراهم گردد و موجب کاهش مصرف آب شده و آبیاری را بهینه و یا کمینه کند. بهره‌وری آب و محصول می‌تواند با استفاده از راهکارهای بهتر حفظ رطوبت خاک، مدیریت بهینه و تأمین دیگر نهاده‌ها (کودهای نیتروژن- فسفر- کلسیم، کنترل علف‌های هرز و آفت‌های گیاهی) ارتقا یابد. در ترکیب‌های مختلف از زمین‌های دیم و آبی (با هدف توسعه و تراکم کشت بیشتر) برای هر موقعیت بسته به اولویت‌های نسبی تأمین عدالت برای کاربران، تأثیر بر بوم‌سازگان و هزینه‌ها، گزینه‌های اقدام برای ایجاد سازگاری متغیر است. گاهی در چشم‌اندازهای ملی، امنیت غذایی شهرنشین‌ها مورد توجه بوده ولی در برخی موارد، تمرکز بر روستاییان است.

ذخیره رطوبت خاک با عملیاتی همچون بدون خاک ورزی یا خاک ورزی کمینه که موجب بهبود ساختمان و میزان مواد آلی خاک بوده، قابل افزایش می‌باشد. با استفاده از کشت گیاهانی که با داشتن ریشه عمیق امکان جذب آب موجود در نیم‌رخ خاک را دارند و همچنین با سامانه‌های جنگل زراعی^۱ می‌توان منافع در سطح مزرعه را به بیشترین حد افزایش داد و حتی سایه‌اندازی کافی برای رشد گیاهان با ارزش فراهم آورد. استفاده وسیع از خاک‌پوش‌های پلاستیکی در سال‌های اخیر در شمال چین نمونه‌ای از کاربرد فناوری‌ها در حفظ ذخیره رطوبت خاک است، هرچند از پلیمرهای پتروشیمی استفاده شده است.

با وجود اخبار جدید انقلاب سبز در آفریقا و امید برای دستیابی به گیاهان مقاوم به خشکسالی و واریته‌های دارای بازده مصرف آب^۲ بالاتر، چشم‌انداز به نژادی گیاهان در سازگاری با تغییر اقلیم مطلوب نمی‌باشد. از عمده‌ترین مشکلات این بوده که خشکسالی منجر به واکنش‌های مختلف در گیاهان شده است و در نتیجه مشخصه واحدی وجود ندارد که تحمل خشکی گیاه را تضمین کند. هواداران اصلاح ژنتیکی^۳ به دنبال ارقام محصول مقاوم به خشکی، برخی گیاهان دارای اهمیت همچون ذرت هستند و پیش‌بینی‌های امیدوارکننده‌ای نیز شنیده می‌شود، ولی تا کردن میزان تحمل به خشکی گیاه با فناوری‌های زیست‌شناختی (بیوتکنولوژی) ارتقای اندکی یافته است. گیاهان به نژادی شایع این امتیاز را دارند که به آفت‌کش‌ها یا علف‌کش‌ها مقاوم هستند و این ممکن است در پایداری و افزایش تولید موثر باشد، هرچند پژوهش بر روی شماری اندک از گیاهان انجام شده و محدود به گیاهان با ارزش اقتصادی بالا است. با این وجود متخصصان اصلاح نژاد اذعان دارند که زیست‌شناختی مولکولی و مهندسی ژنتیک (بیوتکنولوژی) به کار رفته در روش‌های سنتی به نژادی، چشم‌اندازی را ارائه می‌دهد که در آن تلاقی نژادی، آزمون و تکرار با سرعت بیشتری نسبت به طبیعت صورت پذیرد. بدبینی‌های موجود از جانب متخصصان به نژادی ناشی از این باور است که بهبود بهره‌وری تنها با تغییر روندهای ذاتی دخیل در تولید زیست توده به وسیله جهش‌های ژنتیکی ممکن می‌باشد و در بسیاری از این جهش‌ها بسیار دشوار بوده و هرچند دهه یک بار قابل وقوع است.

گزینه‌های سازگاری برای افزایش ذخایر گیاهی از سطح خانوار تا سطح ملی وجود دارد. اتکای ملتها به بازارهای جهانی به عواملی همچون سیاست خودکفایی، تنوع‌بخشی در اقتصاد، قدرت خرید کالاهای اساسی توسط ملتها و جوامع شهری و روستایی، سطح قیمت‌ها و مهم‌تر از آن نوسان قیمت‌ها در بازار بستگی بسیار دارد.

چشم‌اندازهای کاهش گازهای گلخانه‌ای

سهم کشاورزی از تولید گازهای گلخانه‌ای ۱۴ درصد به طور مستقیم و ۴ تا ۸ درصد به طور غیرمستقیم به دلیل تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری زمین‌های نامرغوب و بی‌بازده به کشاورزی است. دی‌اکسید کربن با مصرف

1- Agroforestry

2- Water Use Efficiency (WUE)

3- Genetically modified (GM)

سوخت‌های فسیلی در عملیات کشت، حمل و نقل و فرآوری محصولات، پمپاژ آب آبیاری و تولید کودهای اوره انتشار می‌یابد. استفاده بیشتر از اندازه و ناکارآمد کودهای نیتروژن منجر به تولید اکسید نیتروژن می‌شود، که هرچند طول عمری کوتاه دارد ولی اثرات تخریبی آن بالا می‌باشد. متان، دیگر گاز گلخانه‌ای مهم به وسیله نشخوارکنندگان و مزارع کشت برنج تولید می‌شود.

داده‌های دقیق اندکی در دسترس بوده ولی ممکن است که در کشاورزی آبی (حداقل در کشورهای در حال توسعه) نسبت به کشاورزی دیم گازهای گلخانه‌ای بیشتری تولید شود، زیرا از تمامی نهاده‌ها استفاده بیشتری می‌شود. کشاورزی دیم بسیار مکانیزه و فشرده در کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه^۱ نیز کربن زیادی منتشر می‌کند.

پتانسیل بالایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی و سایر بخش‌ها وجود دارد. ذخیره انرژی و بهبود بازده در حالی که دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد، منافع مستقیمی را برای کشاورزان خواهد داشت. این امر چشم‌انداز کشاورزی بدون خاک ورزی و با خاک ورزی کمینه را تقویت می‌کند. سوخت‌های فسیلی می‌توانند با متان تولید شده از فساد و بازیافت مواد آلی و نیز با استفاده مستقیم از سوخت‌های آلی تولیدی در مزارع جایگزین شوند. امکان استفاده از انرژی باد و خورشید در مزارع بزرگ با سرمایه‌گذاری‌های اولیه زیاد وجود دارد. بهبود بازده کود، صرف مدیریت بهتر، کاربرد دقیق، همراه با نسبت مناسب مصرف که منجر به تجزیه و رهاسازی تدریجی کود می‌شود، می‌تواند هدر رفت اکسید نیتروژن در کشاورزی را کاهش دهد. بسیار مهم است که بتوان گزینه‌ای کارآمد از چرخه فرآوری‌هایی را برای کشاورزان خرده‌پا و کم‌بضاعت فراهم آورد. افزایش بازده آبیاری و راهبردهایی همچون کم آبیاری منجر به کاهش انرژی مصرفی برای پمپاژ آب می‌شود، ولی ممکن است به صرفه‌جویی‌های وسیع تعبیر نشود. زیرا تا حدی به میزان کل مصرف آب و کوشش برای پمپاژ آب بستگی دارد. حذف یارانه انرژی از پمپاژ آب زیرزمینی می‌کاهد و برداشت آب از اعماق بیشتر را بدون توجیه اقتصادی محدود می‌کند.

سرمایه‌گذاری‌های جدید در آبیاری به ویژه ذخیره‌سازی آب سطحی و زیرزمینی بازمنند توجه کافی به انرژی مورد نیاز اجرا و بهره‌برداری طرح است و این نکته مهمی در تصمیم‌گیری انتخاب راهبردهای توسعه هوشمند می‌باشد.

ادعاهایی در مورد پتانسیل کشاورزی آلی (ارگانیک) در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد و نظریه "بدون انتشار دی‌اکسید کربن" به همراه کشاورزی آلی و بدون خاک ورزی در این میان آشکار است. در کشورهای سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، کشاورزی آلی در مقیاس بزرگ از آن رو اقتصادی خواهد بود که امکان تناوب کشت و آیش وجود دارد و کشاورزی و دام‌پروری همزمان، بازیافت مواد غذایی را امکان‌پذیر می‌سازد. در نواحی گرمسیری و نیمه‌خشک گرمسیری ممکن است راه‌هایی برای اجرای این ایده‌ها در میان کشاورزان کم‌بضاعت وجود داشته باشد، ولی مدل و الگویی از ترویج آن در دسترس نیست. واضح است برای سامانه‌های تولید که مقادیر کمتری تولیدات قابل مصرف و قابل عرضه در بازار برای کشاورزان خرده‌پا دارد و به

طور عمده با کمبود منابع آب و زمین روبرو می‌باشند، کشاورزی آلی و بدون خاک ورزی مطلوبیت کمتری دارد. با توجه به این نکته که تا سال ۲۰۳۹، تقاضا برای مصرف کود نیتروژن ۶۰ درصد افزایش می‌یابد، پژوهش بیشتری درباره ریز مغذی‌ها و موازنه ورودی و خروجی آن‌ها لازم است تا پیامدهای کشاورزی آلی مشخص شود. از آنجا که میانگین عملکرد محصول در کشاورزی آلی پایین‌تر از کشاورزی سنتی است، بعید به نظر می‌رسد که کشاورزی آلی بتواند نیاز غذایی آینده جهان را تأمین کند و افزایش بازده در "کشاورزی صنعتی" تا حدی که ممکن باشد، بسیار مهم است.

متان انتشار یافته از مزارع برنج توجه بسیاری را جلب و موجی از پهنه بندی و برآورد انتشار آن در جهان با روش سنجش از دور^۲ را مطرح کرده است. اگرچه ۳۵ درصد از متان تولیدی از فعالیتهای انسان توسط شالیزارها و دام‌ها تولید می‌شود، ولی مساحت تالاب‌های طبیعی بیشتر از ۱۰ برابر سطح شالیزارها است. متان انتشار یافته از تالاب‌های طبیعی در آمریکای شمالی ۷۵ درصد از کل متان تولیدی این قاره را تشکیل می‌دهد. گفته می‌شود کشت برنج هوایی (غرقاب غیر دائم) می‌تواند جایگزین شالیزارهای غرقابی شود. به ویژه اینکه شالیزارهای غرقابی بدون کنترل زهکشی، موجب مصرف بیشتر آب برای ایجاد شرایط ماندابی است. خاستگاه طبیعی برنج زمین‌های پست با زهکشی نا مناسب و خاک به طور نسبی نفوذناپذیر است که حتی با تغییر اقلیم نیز بسیاری از آن‌ها مرطوب و شاید مرطوب‌تر از زمانی حاضر می‌شوند. انتشار متان را می‌توان با خشکانیدن شالیزارها به صورت سالانه (یا متناوب‌تر) و نیز با استفاده از بقایای گیاهی زمان غیراشباع خاک، کاهش داد. پیش از تعیین راهبردهای مؤثر و قابل استفاده، پتانسیل انتشار متان و تثبیت کربن در تولید محصول برنج نیازمند ارزیابی دقیق‌تر با اطلاعات بهتر در مورد خاک^{۱-۱} است.

در خاک کشاورزی، مقدار زیادی کربن و شاید یک سوم کربن انتشار یافته کنونی را می‌توان بالقوه ذخیره نمود. کربن آلی و غیر آلی خاک با برگرداندن بقایای گیاهی در خاک افزایش می‌یابند، هرچند دوام طولانی مدت کربن خاک مشروط به وجود شرایط پایدار است. روند جهانی کاهش واد آلی خاک موجب اسیدی شدن و نابودی حاصلخیزی خاک می‌شود. این روند باید معکوس شود و تثبیت کربن در خاک افزایش یابد تا این توان بالقوه به یک واقعیت تبدیل شود. میزان این توان را با مساعدت پایگاه داده‌های موجود^{۱-۲}، خاک‌ها می‌توان پهنه‌بندی نمود، ولی در بسیاری از کشورها نقشه‌های خاک دقیق نمی‌باشند و داده‌های محدودی در مورد خصوصیات فیزیکی خاک موجود است. توان بالقوه تثبیت کربن در زمین‌های خشک و بیابانی اندک به نظر می‌رسد و تا به حال بررسی‌های محدودی در زمین‌های آبی انجام شده ولی نتایج اولیه امیدوارکننده بوده و ممکن است راهکاری عملی برای کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن باشد.

برای کشاورزان متکی بر کشاورزی معیشتی انگیزه کافی برای ذخیره کربن در خاک وجود دارد زیرا منافع مستقیم افزایش کربن خاک شامل افزایش رطوبت خاک، حاصلخیزی بیشتر، تهویه بهتر محدوده توسعه ریشه گیاهان و زهکشی مناسب‌تر انگیزه‌ای کافی ایجاد می‌کند. مراحل شیمیایی انتقال، چرخه، تثبیت و ذخیره‌سازی

1- Industrial agriculture

2- Remote sensing

کربن در خاک هنوز به درستی مشخص نشده است و جزئیات بیشتری از آن باید با پژوهش‌های دقیق‌تری مشخص شود. ولی در مجموع، چشم‌انداز مشارکت کشاورزان در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای امیدوارکننده بوده و فرصت‌هایی برای کاهش میزان زیادی از این گازها وجود دارد.

توصیه‌ها

برای مساعدت در توسعه راهبردهای سازگاری با تغییر اقلیم و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که برای مدیریت آب کشاورزی کشورهای در حال توسعه قابل استفاده باشد، اجرای بی‌درنگ توصیه‌های زیر تأکید شود:

۱- از صحت و دقت پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر سامانه‌های کشاورزی در مناطق مختلف و انواع سامانه تولید اطمینان حاصل شود. این کار با بهره‌گیری از گونه‌شناسی سامانه‌های آبیاری و تحلیل تصمیم‌گیری در آن که در این گزارش به طور خلاصه ارائه شده، امکان‌پذیر است.

۲- در توسعه و به‌کارگیری فناوری‌های ریزمقیاس‌نمایی شده برای تحلیل وضعیت کشاورزی- اقلیمی^۱ ظرفیت‌سازی محلی، مدل‌سازی و سازگاری اقلیمی، مساعدت شود.

۳- تحلیل هدف‌گذاری شده در مورد نیازهای سرمایه‌گذاری برای راه‌حل‌های متفاوتی انجام شود که در آن‌ها امکان تأمین انرژی در طولانی مدت وجود داشته باشد. این امر در تمامی مطالعات اثرات و سازگاری کشاورزی و کاهش گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز است و در سطح راهبردی‌تر بالاتر از تمرکز بر روی آبیاری و مصرف آب کشاورزی قرار دارد.

همراه با سه فعالیت بیان شده در بالا، برای تأیید و انطباق روندها و پیش‌بینی‌های مدل‌ها ضروری است که تراکم، جزئیات و تناوب پایش سامانه‌های اقلیمی و هیدرولوژیک توسعه یابد و ارزیابی اثرات پالایش شود و طبق نتایج آن، راهبردهای سازگاری مدیریت گردد. بهبود اطلاعات درباره طبیعت و پویایی سامانه‌های تولید اصلی نیز مورد نیاز است. این اطلاعات شامل نقشه‌های با وضوح بیشتر، دقیق‌تر و مدیریت خاک‌ها، تهیه نقشه آب زیرزمینی و پایش آب مصرفی، نحوه سازگاری سامانه‌های کشت و پیش‌بینی قابل استفاده از خشکسالی و سیل است. ارزیابی، مستندسازی و انتشار عملیات موفق در سطح دراز، سامانه و راهبردی ضروری می‌باشد. در ابتدا، باید توجهی ویژه به شناسایی و ارتقای فعالیت‌های مؤثر برای سازگاری و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای معطوف شود. تصویر کشاورزی جهانی در آینده با تلفیق نتایج مطالعات منطقه‌ای و ملی قابل شناسایی است و دلایلی قوی برای مطالعات از پایین به بالا در سطح جهان وجود دارد تا میزان پیش‌بینی عملکرد محصولات اصلی به ویژه غلات قابل واسنجی باشد.

تفکیک پیامدهای زیست محیطی، گزینه‌ها و موازنه (سبک و سنگین کردن) پیچیده مطرح در هر دو مورد تقاضای آب کشاورزی در آینده و تغییر اقلیم چالش‌برانگیز ولی مهم است. کشورهای بسیاری هنوز در پی تأمین معاش و امنیت غذایی هستند، بنابراین ادامه کارهای خوب هدف‌گذاری و هماهنگ شده برای دستیابی به توسعه

پایدار دارای اهمیت می‌باشد. این امر نیازمند ارائه خدمات کشاورزی و آب برای تقویت و مشارکت ذی‌نفعان از سازمان‌های بین‌المللی و محلی تا نمایندگان و بخش‌های مرتبط با محیط زیست است. اثرات تغییر اقلیم جهانی خواهد بود و در همکاری‌ها برای توسعه نباید از جوامع آسیب‌پذیر همچون جزایر کوچک به عنوان نبود دلایل قانع‌کننده برای تغییر اقلیم چشم‌پوشی شود. بسیاری از سازمان‌ها که بر توسعه تأکید زیاد دارند، بیش از پیش به حساسیت توسعه به نسبت به تغییر اقلیم توجه دارند. توصیه‌های قاطع و مناسب برای توسعه و مدیریت منابع آب کشاورزی و استقرار و آماده‌سازی سامانه‌های تولید مواد غذایی مقاوم به تغییر اقلیم مورد نیاز می‌باشد و بهتر است ابتدا مناطق نمونه از سامانه‌های کشاورزی اصلی آسیب‌پذیر که در آن‌ها جدی‌ترین اثرات تغییر اقلیم انتظار می‌رود، اولویت‌بندی شوند. تحلیل دقیق و انتشار یافته‌های حاصل از تجربه در سطوح مزرعه، سامانه و بخش، آموزنده و به طور عملی سودمند خواهد بود.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول - مقدمه
۱	۱-۱- مرور
۳	۱-۲- روندها در مقابل پیش‌بینی‌ها
۷	فصل دوم - تبیین چشم انداز
۷	۱-۲- آب، امنیت غذایی و محیط زیست
۸	۲-۲- چهارمین گزارش ارزیابی سالانه هیئت بین دولتی تغییر اقلیم و گزارش استرن
۸	۱-۲-۲- تحلیل چهارمین گزارش ارزیابی سالانه هیئت بین دولتی تغییر اقلیم
۱۳	۲-۲-۲- اقلیم در مقابل آب و هوا- مشکل ریزمقیاس‌نمایی
۱۶	۳-۲-۲- وضع آتی کشاورزی در گزارش کارگروه اول هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (علوم فیزیکی)
۲۲	۴-۲-۲- اثرات منطقه‌ای گسند- امنیت غذایی و تغییر اقلیم
۲۴	۵-۲-۲- وضع آتی کشاورزی در گزارش کارگروه دوم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (سازگاری)
۲۶	۶-۲-۲- وضع آتی کشاورزی در گزارش کارگروه سوم هیئت بین دولتی تغییر اقلیم (کاهش گازهای گلخانه‌ای)
۲۶	۷-۲-۲- گزارش استرن
۲۷	۳-۲- سامانه‌های کشاورزی وابسته به مدیریت آب
۲۸	۱-۳-۲- کشاورزی دیم
۳۱	۲-۳-۲- کشاورزی تحت آبیاری
۳۳	۳-۳-۲- شیلات و آبی‌پروری غیر ساحلی
۳۵	۴-۳-۲- چرای دام‌ها و تولید علوفه
۳۶	۵-۳-۲- جنگل‌ها
۳۷	۴-۲- رقابت اقتصادی برای آب، تغییر اقلیم و چالش تخصیص آب
۳۸	۵-۲- آهنگ تغییر کشاورزی و پیش‌بینی‌های تغییر اقلیم
۴۱	فصل سوم - پایه و روند تقاضای آب کشاورزی
۴۱	۱-۳- طرح‌های کشاورزی تا سال ۲۰۳۰ و تقاضای آب
۴۱	۱-۱-۳- تحلیل جهانی
۴۲	۲-۱-۳- تحلیل‌های منطقه‌ای
۴۸	۲-۳- روند در حال پیدایش در مدیریت آب کشاورزی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۵۳	۳-۳- روند پیش‌بینی شده در مدیریت آب کشاورزی
۵۳	۳-۳-۱- روند بدون تغییر اقلیم
۵۳	۳-۳-۲- تحلیل محرک‌های اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌ها در آینده
۵۷	فصل چهارم - اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت آب کشاورزی
۵۷	۴-۱- مقدمه
۵۷	۴-۱-۱- مدل‌های پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر کشاورزی
۵۹	۴-۱-۲- اثرات تغییر اقلیم بر حوضه آبریز رودخانه‌ها
۵۹	۴-۲- مبنای محرک‌های تغییر اقلیم در کشاورزی
۶۰	۴-۳- اثرات کلی تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی
۶۰	۴-۳-۱- اثرات مستقیم دما و تغییر در بارش
۶۳	۴-۳-۲- اثرات کودی دی‌اکسید کربن
۶۷	۴-۳-۳- آفت‌ها و بیماری‌های گیاهی
۶۸	۴-۴- اثرات تغییر اقلیم بر منابع و تقاضای آب - چشم‌انداز جهانی
۶۸	۴-۴-۱- اثرات بر منابع آب جهانی
۶۹	۴-۴-۲- منابع آب زیرزمینی
۷۲	۴-۴-۳- شرایط آبی برای نهادهای آب
۷۳	۴-۵- اثرات منطقه‌ای
۷۷	۴-۶- اثرات بر حوضه آبریز رودخانه - دیدگاه سامانه‌ای
۷۷	۴-۶-۱- مقدمه
۷۹	۴-۶-۲- یخچال‌ها و رواناب
۸۲	۴-۶-۳- حوضه‌های خشک
۸۵	۴-۶-۴- آب برگشتی
۸۷	۴-۶-۵- تغییر کاربری زمین در حوضه رودخانه‌ها - مدیریت جنگل‌کاری و رسوب
۸۸	۴-۶-۶- حوضه‌های با افزایش رواناب - مدیریت دلتاها
۸۸	۴-۶-۷- حساسیت تالاب‌ها به تغییر اقلیم
۸۹	۴-۶-۸- مثالی از یک حوضه
۸۹	۴-۷- امنیت غذایی و محیط زیست
۹۱	۴-۸- نوع‌شناسی اثرات تغییر اقلیم
۹۶	۴-۹- جمع‌بندی: اثرات تلفیقی - مثبت و منفی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۹	فصل پنجم - چشم انداز سازگاری با تغییر اقلیم
۹۹	۱-۵- مقدمه
۱۰۶	۲-۵- سازگاری در سطح مزرعه
۱۰۹	۱-۲-۵- انتخاب محصول و تقویم کشت
۱۱۶	۲-۲-۵- مدیریت مزرعه و محصول - مدیریت کود
۱۱۸	۳-۲-۵- مدیریت آب در مزرعه
۱۲۰	۴-۲-۵- فناوری های آبیاری در مزرعه
۱۲۱	۵-۲-۵- حسابداری برداشت آب
۱۲۳	۶-۲-۵- حفاظت در مقابل سیل و فرسایش
۱۲۴	۷-۲-۵- کشاورزی تجاری
۱۲۶	۳-۵- سازگاری در سطح سامانه آبیاری
۱۲۶	۱-۳-۵- مقدمه
۱۲۷	۲-۳-۵- تخصیص آب
۱۲۸	۳-۳-۵- عملکرد سامانه
۱۲۹	۴-۳-۵- الگوها و تقویم های کشت
۱۳۰	۵-۳-۵- مصرف تلفیقی آب سطحی و زیرزمینی
۱۳۲	۶-۳-۵- اقدام های سیاست گذاری آبیاری
۱۳۵	۴-۵- سازگاری در سطح حوضه آبریز رودخانه و در سطح ملی
۱۳۵	۱-۴-۵- سیاست گذاری بخش آبیاری
۱۳۷	۲-۴-۵- مقابله با خشکسالی ها
۱۳۸	۳-۴-۵- سازگاری با سیل؛ اقدام های سازه ای و غیر سازه ای
۱۴۰	۴-۴-۵- مدیریت تغذیه آبخوان ها
۱۴۳	۵-۴-۵- ارزیابی گزینه های سازگاری تضمین کننده امنیت آبیاری
۱۴۵	۵-۵- ظرفیت سازگاری در مدیریت آب کشاورزی-سیاست گذاری، نهادها و ساختار زیر بخشی
۱۴۵	۱-۵-۵- سازوکار تخصیص
۱۴۵	۲-۵-۵- موضوع سیاست گذاری ملی غذا
۱۴۷	۶-۵- نهادها
۱۴۸	۷-۵- شرایط آتی سرمایه گذاری برای مدیریت طولانی مدت آب کشاورزی
۱۵۱	فصل ششم - دورنمای کاهش گازهای گلخانه ای
۱۵۱	۱-۶- انتشار گازهای گلخانه ای

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱۵۵	۲-۶- مدیریت آب کشاورزی و انتشار گازهای گلخانه‌ای
۱۵۶	۱-۲-۶- کشاورزی آلی و بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای
۱۵۷	۲-۲-۶- آبیاری و تعادل کربن
۱۵۸	۳-۲-۶- تثبیت کربن در زمین‌های تحت آبیاری
۱۶۰	۴-۲-۶- مدیریت انتشار متان در کشاورزی
۱۶۲	۳-۶- اثرات جنگل‌ها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
۱۶۳	۴-۶- سهم مدیریت آب کشاورزی در تولید انرژی برقابی

۱۶۵	فصل هفتم- نتایج و توصیه‌ها
۱۶۶	۱-۷- سرمایه‌گذاری و هزینه‌ها برای مدیریت منابع آب تحت اثر تغییر اقلیم - توسعه آبیاری و اقدام‌های سازگاری و کاهش گازهای گلخانه‌ای
۱۷۰	۲-۷- بهبود شناخت اثرات و راهبردهای سازگاری در کشورهای در حال توسعه
۱۷۴	۳-۷- بهبود تمرکز - یک رویکرد منطقه‌ای - ملی
۱۷۶	۴-۷- حمایت بین‌المللی از راهبردهای سازگاری
۱۷۸	۱-۴-۷- راهبردهای برنامه‌ریزی سازگاری
۱۸۰	۲-۴-۷- دیدگاه کشاورزان در سازگاری با تغییر اقلیم
۱۸۲	۵-۷- کمبودهای مشخص در شناخت تغییر اقلیم
۱۸۴	۶-۷- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با مدیریت آب کشاورزی
۱۸۴	۷-۷- همکاری بین سازمان‌های بین‌المللی و توسعه مشارکت

۱۸۹	پیوست ۱
-----	---------

۱۹۳	پیوست ۲
-----	---------