عنوان انگلیسی ترجمه	**Why agricultural water productivity is important for the global water challenge**
عنوان فارسی ترجمه	چرا بهره وری آب کشاورزی برای چالش جهانی آب اهمیت دارد؟
منبع ترجمه	بخشی از کتاب
واحد تهیه کننده	مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران
تاریخ صدور نسخه	۱۳۹۴/۸/۱۶
شماره نسخه	۱
تعداد صفحات	۱۶
طبقه بندی	-

مسئول تهیه کننده	مسئول تأیید کننده
روجاکیان پور	مهندس محمد حسین شریعتمدار

چرا بهره‌وری آب کشاورزی برای چالش جهانی آب اهمیت دارد؟

بهره‌وری نسبت بین یک واحد خروجی و یک واحد ورودی است. در این مقاله منظور از بهره‌وری آب، منحصراً میزان یا ارزش محصول تولیدی نسبت به حجم یا ارزش آب مصرف شده (انتقال داده شده) است. ارزش تولید ممکن است با اصطلاحات مختلفی مانند زیست توده، دانه و پول نشان داده شود. به عنوان مثال روشی که در آن ارزش تولید، عملکرد به ازای واحد حجم آب[1] گفته می‌شود، بر مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد آب تمرکز دارد. این شاخص در روشی دیگر تفاوت در ارزش غذایی محصولات کشاورزی[2] در نظر گرفته می‌شود بدان معنی که با مقدار معینی از یک محصول زراعی تعداد افراد بیشتری نسبت به همان مقدار ولی با محصولی دیگر تغذیه می‌شوند. بدین ترتیب زمانی‌که از امنیت غذایی صحبت می‌شود، شاخص ارزش تولید به کار برده می‌شود (Renault and Walender,2000). نکته دیگر چگونگی بیان منافع اجتماعی حاصل از بهره‌وری آب کشاورزی است. گزینه‌های پیشنهادی عبارتند از "ارزش غذایی هرقطره آب[3]"، "سرانهٔ هر قطره آب[4]"، "شغل به ازای هرقطره آب[5]" و " زندگی پایدار به ازای هر قطره آب[6]". تعریف مشخص و یکسانی از بهره‌وری وجود ندارد و ارزش عددی آن به عواملی چون در دسترس بودن داده‌ها و اطلاعات وابسته است. لیکن تعریف بهره‌وری آب به صورت کیلوگرم به ازای هر قطره به هنگام مقایسهٔ بهره‌وری آب در بخش‌های مختلف یک سیستم یا حوضهٔ رودخانه و یا هنگام مقایسهٔ بهره‌وری آب کشاورزی با سایر مصارف احتمالی، تعریف مفیدی است.

محصول آب زراعی تنها با تعرق کنترل می‌شود. از آنجائیکه جدا کردن تعرق از تبخیر صورت گرفته از سطح خاک و بین بوته‌ها (که به صورت مستقیم درتولید محصول تاثیری ندارد) کار دشواری است، استفاده از تبخیر و تعرق برای تعریف بهره‌وری امری قابل قبول‌تر از استفاده از تعرق در سطح مزرعه و سیستم‌های کشاورزی است. در کشت‌های آبی در زمین‌های شور، آبشویی مورد نیاز است یعنی علاوه بر مقدار تبخیر و تعرق، مقدار آبی نیز که باید به ناحیهٔ ریشه‌ها نفوذ کند تا شوری خاک را در حد متعادلی نگه دارد، در مقدار آبی که در دورهٔ رشد گیاه مصرف شده محاسبه می‌شود. همچنین سایر مصارف غیر مولد ولی مفید نیز باید در نظر گرفته شود که عبارتند از: تبخیر و تعرق بادشکن‌ها، گیاهان پوششی و رطوبت موجود درخاک برای کمک به جوانه زنی.

آیا تلفات آب به صورت نشت و فرو نشت باید به عنوان مصرف در نظر گرفته شود؟ جواب مشخصی برای این پرسش وجود ندارد. اگر این آب در پایین دست مصرف نشود و یا سبب آلودگی بعدی مانند نشت نمک شود (نظیر درهٔ سن ژوآکین[7] در کالیفرنیا)، باید به عنوان مصرف در نظر گرفته شود. به منظور کاهش این تلفات، راه حل‌هایی نظیر پوشش نهرها و یا استفاده بهینه از آب ارائه شده است که تأثیر مثبتی در بهره‌وری خواهد داشت. لیکن از نقطه نظر زیست محیطی، در نظر گرفتن جریان خروجی یک سیستم آبیاری بر کل بهره‌وری یک اکوسیستم حائز اهمیت خواهد بود.

---

[1] Crop per drop
[2] Nutritional values of different crops
[3] Nutrient per drop
[4] Capita per drop
[5] Jobs per drop
[6] Sustainable livelihoods per drop
[7] San Joaquin Valley

برای انتخاب مخرج کسر (که کاهش ها باید در آن منظور شود) بایستی به مقیاس، زاویه دید و نقطهٔ تمرکز توجه شود. برای محاسبه این شاخص در سطح حوضه آبریز، بایستی به مقدار آبی که از منابع برداشت می‌شود و همچنین همان مقدار آب جدا از آبی که به منبع باز می‌گردد، توجه شود. در حالی که برای محاسبه این شاخص در سطح مزرعه، میزان بارش موثر، آب آبیاری و آبیاری تکمیلی مورد توجه است.

تغییرات مکانی بهره‌وری آب

داده‌های گزارش شده از بهره‌وری آب بر اساس تبخیر و تعرق (WP_{ET}) تغییرات قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. به عنوان مثال ۰/۶ تا ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب در گندم، ۱/۲ تا ۲/۳ در ذرت، ۰/۵ تا ۱/۱ در برنج، ۷ تا ۸ در سورگوم علوفه ای و ۶/۲ تا ۱۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب در سیب زمینی غده ای در شرایط آزمایشگاهی به دست آمده است. داده‌های مربوط به بهره‌وری آب در سطح مزرعه به ازای هر واحد آب مصرفی (WP_{irrg}) محاسبه می‌شود. مقدار WP_{irrg} کمتر از WP_{ET} است ولی دامنه تغییر پذیری آن بیشتر است. برای مثال، WP_{irrg} دانه ای برای برنج ۰/۰۵ تا ۰/۶، سورگوم ۰/۰۵ تا ۰/۳ و ذرت ۰/۲ تا ۰/۸ کیلوگرم بر متر مکعب است. دلیل این تغییرات انتخاب داده‌ها از محیط‌های مختلف و تحت شرایط مدیریتی متفاوت است که بر میزان محصول و مقدار آب مصرفی اثرگذار است (مقاله در دست چاپ کیجنه[8] و همکاران). علاوه بر این، تعیین عملکرد واقعی در یک مساحت بزرگ مثلاً در یک سیستم آبیاری وسیع امری دشوار است. هنگامیکه از کشاورزان درباره مقدار محصول سوال می‌شود، پاسخ آنها بسته به شرایط، متغیر است. به عنوان مثال این مقدار در زمان گرفتن وام بیشتر از حد معمول و در زمان پرداخت قسط وام‌ها، کمتر از حد معمول است. مقدار محصول سبزی و صیفی هرروز تغییر می کند و اگر داده ها به خوبی حفظ و نگهداری نشوند، اطلاع درستی از میزان محصول به دست آمده در دوره برداشت وجود نخواهد داشت. عملکرد ارائه شده در قالب واحد پولی نیز قابل اطمینان نیست، زیرا قیمت‌ها در بازارهای محلی و در طول زمان به شدت نوسان دارند (FAO, 2002d).

گذشته از این، استفاده از داده‌های بهره‌وری آب به منظور ارزیابی مواردی چون استفاده مجدد از آب زهکشی شدهٔ زمین های بالا دست در زمین های پایین دست صرفنظر از هر مقیاسی مفید است. با این حال داده‌های قابل اعتماد زیادی در مورد بهره‌وری آب در سطح مقیاس‌های مختلف یک سیستم وجود ندارد. مطالعه‌ای با استفاده از حسگرهای کنترل از راه دور و فناوری GIS، WP_{ET} محصول را بر اساس سیستم‌های مختلف آبیاری در حوضهٔ رود سند[9] در پاکستان ارزیابی کرده است (Bastiaanssen *et al.*, 2003). طی نتایج به دست آمده مشخص شد که بهره‌وری آب در مقیاس کانال‌های آبیاری کوچک بسیار متغیر است. هنگامیکه بهره‌وری در کل زمین‌های زیر پوشش کانال در نظر گرفته شد، حداکثر بهره‌وری به تدریج کاهش یافت. تغییرپذیری آن نیز کاهش یافت تا این روند تقریبا از سطح ۶ میلیون هکتار بهره‌وری آب به سطح ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب رسید. دلیل به دست آمدن چنین نتیجه‌ای استفاده از مقیاس بزرگتر از حد واقعی و

[8] Kijne
[9] Indus Basin

ارزیابی بالاتر از کانال‌های موجود که خاک فقیرتر یا شورتر به همراه آب کمتر و کیفیت پایین‌تر آب زیرزمینی داشتند.

قاب ۴. ارائه دهنده بهره‌وری آب از نقطه نظر اقتصادی (منبع: Merrett, 1997، Molden *et al.*,2001)

اطلاعات مربوط به بهره‌وری آب کشاورزی کشور اردن از جنبهٔ اقتصادی در دسترس است. مقدار بهره‌وری آب از ۰/۳ دلار آمریکا در مترمکعب برای سیب زمینی تا ۰/۰۳ دلار آمریکا در مترمکعب برای گندم متغیر است . ارزش متوسط محصولات کشاورزی ۰/۱۹ دلار در متر مکعب و ارزش محصولات صنعتی ۷/۵ دلار در متر مکعب بوده است. موسسهٔ بین المللی مدیریت آب IWMI (International Water Management Institute) داده‌های بهره‌وری اقتصادی آب در دو سیستم آبیاری در جنوب آسیا را تجزیه و تحلیل کرده است. ارزش تولید گندم از ۰/۰۷ تا ۰/۱۷ دلار آمریکا بر متر مکعب متغیر بوده و متوسط آن در مقیاس سیستم آبیاری در دو منطقهٔ جنوب آسیا، ۰/۱ و ۰/۱۵ دلار در متر مکعب گزارش شد. این مقدار، در ۲۳ سیستم آبیاری در ۱۱ کشور در آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین از ۰/۰۳ (برای یک سیستم در هندوستان) تا ۰/۹۱ (بورکینافاسو) متغیر است. مقایسهٔ این اعداد با هزینه‌های اخیر شیرین سازی آب دریا به مقدار ۰/۵ دلار بر مترمکعب نشان دهندهٔ آن است که شیرین سازی برای تولید همهٔ محصولات کشاورزی بسیار گران است. گرچه هزینهٔ امروزی آن تا حد یک دهم هزینهٔ ۲۰ سال قبل کاهش یافته است . احتمال دارد که پیشرفت‌های بیشتری در فناوری شیرین کردن آب دریا رخ دهد و کاهش هزینه‌ها نیز به شرط ارزان ماندن انرژی به روند کاهشی خود ادامه دهد.

افزایش قابل ملاحظهٔ بهره‌وری آب در کشاورزی

بهره‌وری آب در سال های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱، با وجود نگرانی‌ها در مورد ناکارآمدی فنی در استفاده از آب کشاورزی، حداقل ۱۰۰ درصد افزایش یافته است. عامل موثر مهم در این رشد، افزایش مقدار عملکرد بوده است. در بسیاری از محصولات افزایش عملکرد بدون افزایش یا حتی در برخی موارد با کاهش در مصرف آب اتفاق افتاده ، در این حالت شاخص برداشت[10] افزایش یافته است. محصولاتی که در مصرف آب آنها در طول این چند سال تغییرات اندکی رخ داده برنج (اکثراً آبیاری شده) و گندم (اکثراً دیم) است که افزایش عملکرد آنها در سطح جهانی به ترتیب ۱۰۰ و ۱۶۰ درصد بوده است. درسطح جهانی افزایش مصرف آب کشاورزی در طول ۴۰ سال گذشته به ۸۰۰ کیلومتر مکعب رسیده (Shiklomanov, 2000)، درحالیکه جمعیت جهان دوبرابر شده و به ۶ میلیارد نفر رسیده است. با توجه به عدم افزایش سطح زیر کشت مزارع دیم می‌توان نتیجه گرفت که ۸۰۰ متر مکعب آب در سطح جهان قادر به تامین غذا برای۳ میلیارد نفر یعنی سرانهٔ ۰/۷۲متر مکعب در روز است. این رقم در مقایسه با متوسط جهانی برآورد شده در سال ۲۰۰۰ که ۲/۴ متر مکعب بر روز بر سرانه است، کاهش یافته و این مقدار شامل آب مصرفی در مزارع بوده و تلفات آب را

[10] Harvesting Index

پوشش نمی دهد. این موضوع نشانهٔ خوبی برای بهره‌وری معنی دار ثبت شدهٔ غلات در کشاورزی است و باعث شده که جهان قادر به پاسخگوی غذای جمعیت دوبرابر شده و افزایش مصرف باشد.

در مجموع سرانهٔ نیاز های آبی برای غذا طی سال های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ نصف شده و از۵ متر مکعب بر روز به ۳ متر مکعب بر روز رسیده است .(Renault, 2003)

اهمیت نیازهای آبی برای تولید غذا باعث می شود که کوچکترین دستاورد مرتبط در این بخش قابل مقایسه با دستاوردی قابل توجه در سایر موارد باشد. به طور مثال در سرانهٔ نیاز آبی سال ۲۰۰۰ ، ۱درصد افزایش در بهره‌وری آب در بخش تولید غذا ، ظرفیت مصرف سرانهٔ ۲۴ لیتر در روز را به وجود می آورد . برای ایجاد تعادل در تامین نیازهای آب خانگی ، ۱۰ درصد بهره‌وری در آب کشاورزی لازم خواهد بود که نیازمند چندین سال کار متمادی است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که سرمایه گذاری در کشاورزی و آب کشاورزی می تواند بهترین راه برای آزاد کردن آب برای نیاز سایر بخش ها باشد.

لازم است که دستاوردهای کشاورزی به اجزای مختلف تقسیم شود:

۱- جبران کاهش مساحت تولیدات کشاورزی در اثر توسعهٔ شهری، کاهش کیفیت خاک و پایین آمدن سطح منابع آب و کاهش دسترسی به آب زیرزمینی

۲- افزایش دسترسی روستاییان فقیر و گروه‌های آسیب پذیر به آب

۳- ایجاد سیستم‌های کشاورزی سالم‌تر

۴- ذخیره کردن آب برای سایر نیازها از جمله محیط زیست.

اصول کلیدی برای بهبود بهره‌وری آب

اصول کلیدی برای بهبود بهره‌وری در سطح مزرعه، زمین کشاورزی و حوضه آبریز، بدون توجه به شرایط آبی یا دیم مزرعه به شرح زیر است:

۱- افزایش محصول قابل عرضه به بازار به ازای هر واحد آب تعریق شده توسط گیاه ؛

۲- کاهش همهٔ جریان‌های خروجی آب (نظیر زهکشی، نشت و فرونشت) ازجمله جریان‌های خروجی تبخیری غیر از تعرق روزنه ای گیاه؛

۳- بهبود استفاده از بارش، آب ذخیره شده و آب‌های با کیفیت پایین تر.

اصل اول مربوط به ضرورت افزایش عملکرد محصول و یا ارزش آن است. دومین اصل مربوط به کاهش تمامی راه‌های اتلاف آب بجز تعریق گیاه است. البته افزایش بهره‌وری آب از طریق کاهش تعریق روزنه‌ای نیز امکان پذیر است و از طریق علم اصلاح نباتات می توان راهی برای غلبه بر این محدودیت پیدا کرد.

اصل سوم به پیدا کردن منابع جایگزین برای آب اشاره دارد. موارد دوم و سوم بخشهایی از مدیریت به هم پیوسته منابع آب در سطح حوضه (IWRM[11]) برای بهبود بهره‌وری آب هستند برخی موسسات و سیاست ها باعث عدم تاثیر برداشت‌های بالا دست بر قیمت استفاده کنندگان پایین دست می شوند، IWRM تعیین کننده نقش ضروری این موسسات و سیاست ها است. در واقع،IWRM از طریق این

[11] Integrated Water Resource Management

موسسات و سیاستها، اجازه نمی دهد که برداشت های بالا دست باعث آسیب به استفاده کنندگان پایین دست شود.

این سه اصل در تمامی سطوح از گیاه تا مزرعه و سطوح کشاورزی -زیست محیطی کاربرد دارد.

لیکن گزینه ها و اقدامات مربوط به این اصول ، نیازمند روش‌ها و فناوری‌های مختلف در مکان‌های متفاوت است.

افزایش بهره‌وری در سطح گیاه

ارتقا بهره‌وری در سطح گیاه بیشتر به اصلاحاتی در بخش زندهٔ گیاه[۱۲] نظیر بهبود قدرت جوانه زنی، افزایش عمق ریشه، افزایش شاخص برداشت (قسمت قابل عرضه به بازار به عنوان بخشی از کل زیست توده[۱۳]) و بهبود بازده فتوسنتتیک بستگی دارد. یک چرخهٔ رشد مناسب که در آن طول دورهٔ رشد رویشی و زایشی به خوبی با زمان تامین آب و یا زمان فقدان عوامل آسیب رسان به زراعت منطبق است، باعث بهبود در عملکرد پایدار می‌گردد. این چرخه رشد با استفاده از برنامه‌های اصلاحی بر تاریخ‌های ذکر شده منطبق می شود. انطباق تاریخ های کاشت، گلدهی و دورهٔ بیشینهٔ رشد محصول با زمانی که فشار بخار اشباع[۱۴] پایین است، اهمیت دارد. دوره های بیشینه رشد محصول می تواند با فناوری‌های اصلاح گیاهان ارتقا یابد. ارقام اصلاح شده با سیستم ریشه ای عمیق تر می توانند در جلوگیری از خشکی و استفادهٔ موثر از آب ذخیره شده در اعماق خاک موثر باشند. فرار از خشکی و افزایش تحمل به آن نیز از راهبردهای مهم در ارتقا بهره‌وری است (قاب ۵). واریته‌های غیر حساس به طول روز با طول دورهٔ رسیدگی کوتاه تا متوسط (۹۰ تا ۱۲۰ روز) در محصولاتی چون برنج، گندم و ذرت، به عنوان بخشی از انقلاب سبز[۱۵] توسعه یافته اند. این محصولات با اصلاح طول دوره رشدی باعث فرار از بی‌آبی آخر فصل و اثرات مخرب آن بر گل‌دهی و دانه بستن گیاه شده و بهره‌وری آب کشاورزی را افزایش می‌دهند. بهره‌وری آب در ارقام جدید برنج سه برابر ارقام سنتی است (Tuong, 1999). استفاده از این روش‌ها برای سایر محصولات زراعی، روند شناسایی ژن‌های تاثیرگذار در این زمینه را تسریع می کند (Bennett, 2003). مهندسی ژنتیک اگر به خوبی با برنامه های اصلاحی گیاهان تلفیق و با روشی بی خطر به کار برده شود می‌تواند در ایجاد واریته‌های متحمل به خشکی و افزایش کارآیی مصرف آب کاربرد موثری داشته باشد.

قاب ۵. تأثیر واقعی آب مجازی[۱۶] بر ذخیرهٔ آب (منبع: Renault, 2003 و Zimmer & Renault, 2003)
تبادل آب مجازی از طریق تجارت غذا برای اولین بار نظر کارشناسان شرق نزدیک[۱۷] که مناطق کم آبی است را به خود جلب کرد (Allan,1999) و نشان داد که واردات باعث صرفه جویی قابل توجهی در میزان

[12] Germplasm
[13] Biomass
[14] Saturation Vapor Pressure
[15] Green Revolution
[16] Virtual water
[17] Near East

مصرف آب خواهد شد. ارزش آب مجازی یک فرآوردهٔ غذایی عکس مفهوم بهره‌وری آب است و به عنوان مقدار آبی که هر واحد غذایی در طول پروسه تولید، مصرف می‌کند تعریف می‌شود.

تجارت آب مجازی سبب صرفه جویی آب درکشورهای واردکننده می‌شود. همچنین به خاطر تفاوت بهره‌وری آب درکشورهای تولید کننده و واردکننده در ذخیرهٔ آب جهان نیز صرفه جویی ثانویه‌ای اتفاق می‌افتد. برای مثال صادرات ۱ کیلو گرم ذرت از فرانسه (به عنوان یک کشور صادر کننده با بهره‌وری بهینه آب) به مصر با مصرف آب به ترتیب ۰/۶ و ۱/۱۲ مترمکعب، می تواند منجر به ذخیره ۰/۵۲ متر مکعب آب با صادرات هر کیلو گرم ذرت گردد. در سال ۲۰۰۰ واردات ذرت به مصر و تجارت آب مجازی، باعث صرفه جویی ۷۰۰ ۲ میلیون متر مکعب آب در جهان شد. میزان صرفه جویی واقعی آب در جهان بر این اساس مقدار قابل توجهی است و اولین برآوردها نشان می‌دهد که صرفه جویی آب از طریق آب مجازی مبادله شده در تجارت غذا ۳۸۵ میلیارد متر مکعب است (Oki *et al*.,2003).

ذخیرهٔ غذا نیز می تواند باعث افزایش صرفه جویی آب گردد. برای مثال جمهوری عربی سوریه در سال ۱۹۸۸ غلات را با عملکرد ۱/۶ تن در هکتار برداشت کرد که این میزان مازاد برنیاز بوده و باعث ذخیره ۱/۹ میلیون تن از محصول در آن سال شد. سال بعد به علت خشکسالی، مقدار محصول به ۰/۴ تن در هکتار کاهش یافت و در حدود ۱/۲ میلیون تن از غلات ذخیره شده برداشت گردید تا مکملی بر تولید داخلی و واردات باشد. بر پایهٔ بهره‌وری آب ثبت شده در این دو سال، برآورد ارزش آب مجازی به ترتیب ۱ و ۳/۳۳ متر مکعب بر کیلوگرم بود (Oweis , 1997)؛ بنابراین استفاده ۱/۲ میلیون تن از غلات ذخیره شده در سال ۱۹۸۹ معادل با ۰۰۰ ۴ میلیون متر مکعب آب مجـازی بوده و برای دوره دو ساله (۱۹۸۹-۱۹۸۸) مقدار ۸۰۰ ۲ میلیون متر مکعب با ذخیرهٔ غذا، صرفه جویی انجام شد.

تجارت آب مجازی در سطح جهانی به سرعت در حال افزایش است، بطوریکه از ۴۵۰ کیلومتر مکعب آب در سال ۱۹۶۱ به ۳۴۰ ۱ کیلومتر مکعب آب در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته است که معادل ۲۶ درصد از کل آب مورد نیاز برای تولید غذاهایی مانند تولیدات دریایی است. این مقدار به میزان مساوی حاوی مواد انرژی‌زا، چربی و پروتئین است.

افزایش بهره‌وری آب در سطح مزرعه

بهبود روش‌ها در سطح مزرعه وابسته به تغییراتی در زراعت ، مدیریت خاک و آب دارد؛ که شامل: انتخاب محصول و ارقام زراعی مناسب ، روشهای کاشت (نظیر کاشت پشته ای) ، حداقل خاک ورزی، آبیاری به موقع (برای همزمان کردن استفاده از آب با دوره‌های حساس رشدی)، مدیریت تغذیه ، آبیاری قطره ای و بهبود زهکشی برای کنترل سطح سفره‌های آب زیر زمینی است.

اتلاف آب زمانی اتفاق می‌افتد که آب قبل از استقرار گیاه از خاک مرطوب و جویچه های بین خطوط کاشت تبخیر شود. تمام روش‌های کشاورزی و به زراعی که باعث کاهش تلفات آب می شوند مثل فواصل متفاوت ردیف‌های کاشت و استفاده از مالچ می تواند بهره‌وری آب را افزایش دهد. روش‌های آبیاری نیز می‌تواند بر تلفات تبخیر تأثیر بگذارد؛ آبیاری قطره ای باعث ایجاد رطوبت کمتری نسبت به آبیاری بارانی در خاک می‌شود. اغلب، اهمیت بهبود خاک در بالا بردن بهره‌وری آب نادیده گرفته می شود. با این وجود

روش‌های مدیریت تلفیقی منابع و محصولات مانند مدیریت تغذیه می‌تواند بهره‌وری آب را از طریق افزایش عملکرد در شرایطی که نرخ افزایش محصول بیشتر از افزایش تبخیر و تعرق باشد، بهبود بخشد. این اصول هم در زمین‌های آبی و هم در زمینهای دیم به کار گرفته می شود. مدیریت تلفیقی آفات و علفهای هرز نیز نقش موثری در افزایش محصول دارد.

تصویر۹-مدل تلفیقی مزرعهٔ پرورش ماهی. ترکیب استخرهای ماهی و پرورش اردک (جمهوری دموکراتیک لائوس)

یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری آب در سطح مزرعه، کم آبیاری[۱۸] است که آگاهانه مقدار آبی کمتر از آب مورد نیاز گیاه، به آن داده می شود. کاهش آبیاری باعث کاهش مختصری درعملکرد می شود که کمتر از مقدار کاهش تبخیر و تعرق است. بنابر این سبب ارتقا در بهره‌وری آب به ازاء هر واحد از آب تعریق شده می شود. هم چنین اگر یک یا چند آبیاری حذف شوند، هزینه‌های تولید نیز کاهش خواهد یافت. برای انجام یک کم آبیاری موفق، کشاورز باید بداند که در هر مرحله از رشد، چه اندازه کاهش آب مجاز است و مقدار تنش آبی در ناحیهٔ ریشه چقدر است. از همه مهمتر، کشاورز باید روی زمان آبیاری و مقدار آن کنترل داشته باشد. زمانی که منابع آبی غیر قابل اعتماد، مانند بارش، باشد، کم آبیاری همراه با ریسک قابل توجهی برای کشاورز خواهد بود. زمانی که دسترسی به آب از حد معینی کمتر شود، ارزش محصول می تواند به صفر برسد زیرا یا محصول از بین می رود یا اینکه کیفیت آن به حدی پایین می آید که قابل عرضه به بازار نیست. زمانی که آب کمیاب است اگر کشاورزان بر زمان و مقدار آبیاری کنترل داشته باشند، می توانند میزان آبیاری را طوری کاهش دهند که بتوانند مقدار در آمدهای آبی را به حد اکثر برسانند. معمولا در سسیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای که آب از طریق پمپاژ آب زیرزمینی تامین می‌شود و مالک پمپ نیز کشاورز است، این درجه انعطاف پذیری موجود است. یک سیستم انعطاف پذیر آبیاری سطحی[۱۹] کاملاً گران است، چون نیاز به ایجاد ظرفیت اضافی در سیستم انتقال دارد.

قبل از اینکه کم آبیاری (و همچنین سایر صرفه جویی‌ها درآبیاری تولید برنج) توصیه شود، باید ارتباط بین کاهش محصول و افزایش بهره‌وری اندازه گیری شود.

بهره‌وری کم در هر واحد آب در کشت برنج را به نشت آب از لایهٔ ایستا در سطح مزرعهٔ برنج مرتبط می‌دانند. اگر چه این آب دوباره بازیابی می‌شود و بهره‌وری کلی آب در برنج مشابه با غلات خشک[۲۰] است. با این وجود روشهای صرفه جویی آب نظیر مرطوب و خشک کردن متناوب و کاشت در خاک‌های اشباع می‌تواند به میزان زیادی خروجی آب ها را کاهش و بهره‌وری را افزایش دهد. این روش‌ها باعث کاهش عملکرد برنج در ارقام پر محصول زمین‌های پست می شود (قاب۶). همچنین برخی از آزمایش‌ها بر واریته‌های محلی، افزایش عملکرد قابل توجهی را (Diechert and Saingkama, 2002) با استفاده از روشی

[18] Deficit Irrigation
[19] Flexible delivery system for surface irrigation
[20] Dry Cereal

به نام سیستم برنج متراکم[۲۱] (SRI) گزارش کرده اند که این سیستم در ماداگاسکار ابداع شده است (de Laulanie H., 1992). باید در نظر داشت که واکنش یکسانی نسبت به روش‌های مختلف ارتقای بهره‌وری آب وجود ندارد و انطباق با منابع و ظرفیت‌های محلی مهمترین عامل برای جواب گرفتن از هر کدام از این روش‌ها است. بدون پیش داوری در نتایج آزمایش‌های برخی کشورها، به نظر می رسد که ظرفیت روش SRI، به شرط در دسترس بودن نیروی کار خانوادگی[۲۲]، باعث افزایش بهره‌وری زمین و آب برای فقرا ، قابل توجه است. روش‌های دیگری نیز برای افزایش بهره‌وری آب بدون کاهش در عملکرد محصول بررسی شده اند. یکی از آنها کاشت هوازی برنج در شرایط غیر غرقابی[۲۳] است. در صورتیکه برنج نیز همانند سایر محصولات در زمینهای آبی بالادست کشت شود و از فرو نشت شدید در مزارع برنج فعلی (با روش غرقابی) جلوگیری شود، توسعهٔ واریته‌های جدید برنج[۲۴] ضروری به نظر می‌رسد .

قاب ۶: فناوری‌های صرفه جویی آب در تولید برنج (منبع:IRRI, 2002)

بررسی روش‌هایی برای تولید بیشتر برنج با استفاده از آب کمتر در آسیا به همراه برنامه‌های حفاظت از محیط زیست بسیار ضروری است. موسسهٔ تحقیقات بین المللی برنج[۲۵] (IRRI) مطالعاتی در مورد فناوری‌های مختلف صرفه جویی آب در سطح مزارع برنج مانند مرطوب و خشک کردن متناوب، SRI، مرطوب نگهداشتن خاک، کشت هوازی برنج و سیستم‌های پوشش دهنده زمین را انجام داده است. هرکدام از این روش‌ها تعدادی از خروجی‌های آب (برای مثال نشت، نفوذ و تبخیر) را کاهش داده و بنابر این بهره‌وری آب را افزایش می‌دهند. ولی در هر یک از این روش‌ها دوره‌هایی وجود دارد که زمین غرقاب و یا حتی از رطوبت اشباع نیست که این موضوع معمولا باعث کاهش تولید می شود. نتایج اخیر در شمال چین و فیلیپین نشان می‌دهد که با استفاده از فناوری‌های مدیریتی و ژرم پلاسم ، عملکرد برنج هوازی ۴۰٪ کمتر و مصرف آب آن ۶۰٪ کمتر از سیستمهای غرقابی است.

جایگزین کردن بخشی از سیستم‌های غرقابی با سیستم‌های نیمه هوازی (غیر اشباع) تأثیر قابل توجهی بر چرخش مواد ارگانیک خاک، تحرک مواد غذایی ، رسوب کربن، اکولوژی علف‌های هرز و پخش گازهای گلخانه‌ای دارد . درحالیکه بعضی از این تغییرات مثبت هستند، برخی از آنها مانند خروج گاز اکسید نیتروژن و کاهش سطح مواد ارگانیک، جزء تغییرات منفی هستند. این چالش با تعادل بین اثرات منفی و مثبت از طریق توسعهٔ فناوری‌های تلفیقی صرفه جویی آب، باعث پایداری اکوسیستم برنج و تامین خدمات محیط زیستی موثر می شود.

مشکلات مربوط به آب در زمین‌های دیم، بیشتر به تغییرات زمانی و مکانی بارندگی‌ها بستگی دارد و کمتر به حجم کم بارش‌های تجمعی وابسته است. نتایج نشان می‌دهد که غیر قابل پیش بینی بودن بارش، خطری بزرگ در خشکسالی‌ها و دوره‌های خشکی فصلی است (Rockstrom *et al.*, 2003). جبران کمبود

[21] System Rice Intensification
[22] Family Labaur
[23] Non-Flooded Conditions
[24] The development of these new rice varieties
[25] International Rice Research Institute

آب در دوره‌های خشک از طریق آبیاری تکمیلی می‌تواند تولید را تثبیت کرده و میزان محصول و همچنین بهره‌وری را به میزان قابل توجهی افزایش دهد مشروط بر اینکه آب در مراحلی از رشد گیاه که گیاه به رطوبت حساس است به کار برده شود.

در کشاورزی استفاده از آب باران از طریق جمع آوری در مخازن ذخیره امکان پذیر است حال آنکه رواناب مستقیماً در زمین شخم زده شده استفاده می‌شود. مقدار سرمایه گذاری برای ساخت مخزن و یا نهرهای هدایت کننده روانآب به مخزن آب نسبتا ناچیز است. نگهداری از این سازه ها در مواردی که باران‌های دوره ای شدید باعث آسیب یا نابودی آنها می‌شود، دشوار است . عوامل زیادی در جمع آوری آب باران موثرند؛ این عوامل عبارتند از: روش جمع آوری و ذخیرهٔ رواناب؛ توپوگرافی منطقه؛ خصوصیات خاک (مخصوصاً سرعت نفوذ)؛ انتخاب محصولی که قرار است کشت شود؛ در دسترس بودن کود و موثر بودن قشر رویی خاک در محدوده آبریز. لیکن مهمتر از تمامی این پارامترهای فیزیکی، مشارکت ذینفعان در طراحی و کاربرد سازه‌های جمع آوری آب می‌باشد (قاب ۷).

قاب ۷. پروژهٔ حفاظت از آب و خاک در بورکینافاسو (منبع: Oweiss *et al* ., 1999)

تا اوایل دههٔ ۱۹۸۰ اکثر پروژه‌های حفاظت آب و خاک در بورکینو فاسو با شکست سنگینی مواجه شده بود. از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۶۵ ماشین آلات سنگین برای جمع آوری آب‌های سطحی ناحیهٔ یاتنگا[۲۶]، واقع در فلات مرکزی، از طریق ایجاد دیواره مورد استفاده قرار می‌گرفت. اگر چه این پروژه که شامل ۱۲۰ ۰۰۰ هکتار در مدت زمان ۲/۵ فصل خشک، از نظر فنی کاملاً حساب شده بود اما کاربران زمین در آن مشارکتی نداشته و از ساخت و سازها راضی نبودند. از سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۶ اداره‌های مختلف خدماتی، پروژه‌های حفاظت آب و خاکی را که متضمن مشارکت بیشتر مردم بود، تأمین مالی کردند. لیکن بار دیگر، استفاده کنندگان از زمین‌ها مایل به نگهداری از سیل بند ها نبودند که دلیل آن هزینهٔ نگهداری آنها، سود کم و دلایل دیگر بود و در نتیجه اکثر سیل گیرها ظرف مدت ۵-۳ سال از بین رفت.

در سالهای ۱۹۷۹تا۱۹۸۱ طی یک پروژه با حمایت یک NGO تعدادی روش‌های سادهٔ حفاظت آب و خاک و جمع آوری آب در ناحیهٔ یاتنگا مورد آزمایش قرار گرفت و از کشاورزان خواسته شد تا آنها را ارزیابی کنند. کشاورزان سیل بند های سنگی خطوط تراز[۲۷] را ترجیح دادند. پروژه همچنین با اجرای برنامه‌های آموزشی در سطح روستا به کشاورزان یاد داد که چگونه با استفاده از لوله‌های آب در سطوح مختلف، خطوط تراز سیل بندها را دقیق‌تر مشخص کنند. درحال حاضر در ناحیهٔ یاتنگا و سایر نقاط فلات مرکزی ده ها هزار هکتار از اراضی از سیل گیرهای سنگی در خطوط تراز استفاده می کنند.

مهمترین دلیل استفاده از این سیل گیرها و از گودال های سنتی اصلاح شده (روشی که یک کشاورز محلی ابداع کرد و در آن کود و آب را باهم مخلوط می کند) توسط کشاورزان تهیه سریع و افزایش میزان محصول است. طبق بررسی‌ها، ساخت سیل بندها بر زمین‌های شخم زده، میزان محصول را تا ۴۰٪ افزایش می دهد.

[26] Yatenga
[27] Countor Ston Bunds

ارزیابی‌های بسیار کمی در خصوص ارزش اقتصادی- اجتماعی جمع آوری آب و آبیاری‌های تکمیلی انجام شده است. افزایش پایدار بهره‌وری آب با استفاده از جمع آوری رواناب با آموزش کشاورزان، حفاظت از آب، آبیاری تکمیلی، انتخاب محصول مناسب تر، روش‌های به زراعی ارتقا یافته و مداخلات سیاسی و اداری امکان پذیر است. همچنین اثرات کوتاه مدت و اقدامات بلند مدت تغییرات هیدرولوژیکی در اثر استفاده از روش‌های جمع آوری آب برای کاربران پایین دست را باید در برنامه ریزی‌ها (و ارزیابی‌های اقتصادی) در نظر گرفته شود.

شکل ۱۰. اعضای کمیتهٔ روستایی آنکوفافا[۲۸] در حال حفاظت از مزرعهٔ ذرت در ماداگاسکار

این مقاله به روش‌های افزایش بهره‌وری آب اشاره دارد و اکنون سوال این است که چگونه می توان کشاورز را به پذیرش و تطابق روش‌های جدید با شرایط محلی تشویق کرد؟ اهمیت مشارکت کشاورزان و توانمند سازی آنها از طریق سازمان‌های WUA در مدیریت آبیاری به خوبی پذیرفته شده است. گر چه بررسی سهولت و مزیت چنین انجمن‌هایی برای کشاورزان به منظور معرفی روش‌های نوین کشاورزی مانند حداقل خاک ورزی و یا استفاده از کشت پشته ای کمتر انجام شده است. قبول روش‌های افزایش بهره‌وری توسط تعداد زیادی از افراد در سطح جامعه باید به گونه ای باشد تا آنها باور کنند که انتقال آب‌های تخصیص نیافته به آنها صرف سایر مصارف مولد شده و به معنی هدر رفت آب نیست .

توجه به بهره‌وری آب درسطح سیستم و حوضه آبریز

تغییر تمرکز از سطح زمین زراعی به سطح سیستم وحوضهٔ آبریز رودخانه اهمیت نسبی روش‌های مختلف مدیریت آب را تغییر می دهد. در مقیاس بزرگتر سایر مصارف آب مانند سلامت انسان‌ها و محیط زیست حداقل به اندازهٔ تولید محصولات کشاورزی اهمیت می یابد.

گزینه‌های بهبود بهره‌وری آب در سطح کشاورزی-زیست محیطی و حوضهٔ آبریز را باید در : برنامه ریزی بهتر برای استفاده از زمین و پیش بینی های میان مدت آب و هوا، برنامه ریزی پیشرفتهٔ آبیاری، در نظر گرفتن تغییرات بارندگی و مدیریت چند جانبهٔ منابع مختلف آب از جمله آب‌های مناسب با کیفیت پایین تر جستجو کرد . بنابر این تلفیق روش ژرم پلاسم با مدیریت منابع برای بالا بردن بهره‌وری آب در مقیاس زمین زراعی و مقیاس‌های بزرگ تر بسیار ضروری به نظر می رسد.

دستیابی به بهره‌وری بهینه آب با تامین و عرضهٔ هرچه مطمئن تر روش‌های آبیاری مثل فناوری‌های دقیق و عرضهٔ آب بر پایهٔ تقاضا (فصل۶) امکان پذیر است. گر چه افزایش بهره‌وری آب ممکن است منجر به ایجاد منافع اقتصادی و اجتماعی شود. منافع اجتماعی شامل منافعی برای جامعه است که از افزایش بهره‌وری آب حاصل می شود. آب در مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه استفاده‌های زیادی دارد. بنابراین آب علاوه بر آن که یک کالای عمومی و اجتماعی است، واقعیتی است که محاسبات را پیچیده می کند. استفاده‌های متعدد در مناطق روستایی شامل: تولید الوار برای سوخت و الیاف ، پرورش ماهی و دام

[28] Ankofafa

است. از استفاده‌های غیر کشاورزی می توان به مصارف خانگی (شرب و استحمام) و زیست محیطی اشاره کرد.

سیستم آبیاری در کیریندی اویا[۲۹] در جنوب سریلانکا و اهمیت استفاده چند جانبهٔ آب در کشاورزی توسط IWMI بررسی شده است (Renault *et al*., 2000). این مطالعه نشان داد که تنها ۲۳٪ آب (شامل آب بارندگی و آب اضافی آبیاری) در سطح سیستم زراعی مصرف و باقیماندهٔ آن ، ۸٪ به چراگاه‌ها، ۶٪ تبخیر از مخازن ، ۱۶٪ به دریا می ریزد، ۳٪ زهکش به برکه ها و تالابها و ۴۴٪ آب عرضه شده به مصرف پوشش گیاهی دائمی که از زمان اجرای طرح به وجود آمده است، می رسد. این پوشش گیاهی دائمی در نتیجهٔ نشت آبیاری و تغذیهٔ آنها از منابع آب‌های زیرزمینی کم عمق به وجود آمده است. رویش درختان نیز به علت ایجاد سایه و بهبود محیط زیست برای ساکنین اهمیت دارد. در این پروژه و نیز در بسیاری نقاط در جنوب هند از طریق تولید میوه و مصالح ساخت و ساز (ستون و طناب) از درخت نارگیل ایجاد درآمد می شود. سایر درختان نیز برخی به خاطر استفاده‌های غذایی (میوه خوراکی) و برخی برای استفاده‌های دارویی اهمیت دارند. تغییر در کنترل آب خروجی کشاورزی و افزایش بهره‌وری آب باعث نابودی کل سیستم کشاورزی -جنگلداری منطقه می شود (FAO,2002d).

مثال دیگر از منافع اقتصادی و اجتماعی سیستم کشاورزی- جنگلداری، پروژه ای است که در مسیررودخانهٔ نیجر[۳۰] در مالی[۳۱] اجرا شده است. در این پروژه، درختان در مرز بین و همچنین وسط مزارع برنج طوری کاشته شده اند که اثر نا مطلوب بر برنج نداشته باشند. در منطقه دورافتاده و خشک مالی، ارزش تیر های چوبی درختان ۷ سالهٔ اکالیپتوس به قدری است که کشاورزان با فروش تیرها می توانند هزینهٔ خرید وسایل مراقبت و نگهداری سیستم آبیاری را پرداخت کنند. در سیستم آبیاری دیگر در جنوب غربی بورکینافاسو، آبیاری درختان نخل روغنی و میوه به طور موفقیت آمیزی با محصولاتی که زیر این درختان کشت می شود مانند ذرت، بادام زمینی و گوجه فرنگی ترکیب شده است. درختان روی خطوط مرزی و یا آب بندها و بین کرت ها کاشته شده اند. در این سیستم آبیاری درختان جزیی مهم از تولید غذا و درآمدهای مکمل بوده و اثر آنها بر زراعت اصلی در حداقل ممکن است (FAO,2002d). قاب ۸ نشان می دهد که کشاورزی سنتی بیشتر از آبیاری بزرگ-مقیاس به نفع جامعه است.

قاب ۸: مزایای کشاورزی سنتی در دشت های سیلابی در مقایسه با کشاورزی در سیستم آبیاری بزرگ-مقیاس (IUCN,2000).

برآورد شرایط در شت های سیلابی هاجیا جامار[۳۲] نیجریه نشان می دهد که روشهای سنتی مزیت های بیشتری نسبت به زراعت های با سیستم آبیاری کانو[۳۳] داشته است. سود حاصل از چوب (برای سوخت) ، کشاورزی پس از فرو نشست آب، ماهی گیری و چرای دام ۱۲ دلار آمریکا برای هر لیتر آب[۳۴] برآورد شده در

[29] Kirindi Oya
[30] Niger
[31] Mali
[32] Hadejia-jamar
[33] Kano
[34] US$12/litre of water

حالی که سود در سیستم آبیاری ۰/۰۴ دلار آمریکا به ازای هر لیتر آب است. این ارزیابی اهیمت بسیاری دارد، زیرا بیش از نیمی از دشت‌های سیلابی این منطقه بر اثر خشکسالی و یا ذخیره سازی آب در بالا دست خشکیده اند.
حتی بدون در نظر گرفتن مواردی مانند حیات وحش، تالاب ها در وضعیت فعلی برای بیشتر مردم اهمیت بیشتری نسبت به یک سیستم آبیاری گسترده و بزرگ دارند.

این مثال‌ها نشان می دهند که همهٔ روش های بهینه سازی بهره‌وری آب مناسب اجرا در تمام مناطق نیست. به نظر می رسد قبل از معرفی روش‌های افزایش بهره‌وری که باعث از دست رفتن منافع همان منبع بویژه برای مردم محلی فقیر و بی زمین می شود، توجه به مصارف مختلف آب در کشاورزی، امری ضروری است .

ابزار های سیاستی برای بهبود دستاوردهای بهره‌وری آب

استفاده از سیاست قیمت گذاری برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی نیازمند دخالت معنی دار دولت است؛ این امر به علت اطمینان از دسترسی عادلانه به آب و مصالح جامعه است (Barker *et al*., 2003 Rogers *et al* ., 2002). برخی مطالعات در شبه قارهٔ هند و سایر مناطق پیشنهاد کرده اند که تاثیر قیمت آب به شکل پایدار بر تقاضا تنها زمانی اثر گذار است که ده برابر مبلغی که برای مراقبت و نگهداری سیستم آبیاری مورد نیاز است، پرداخت شود. پولی که برای مراقبت و نگهداری سیستم آبیاری پرداخت می شود کمتر بر تقاضا موثر است. علاوه بر این، محاسبه آب آبیاری بر اساس حجم دشوار بوده و مقادیر قابل توجهی برای نصب دستگاه‌های اندازه گیری و جلوگیری از تقلب، هزینه می شود (Perry, 2001). در بسیاری از مزارع برنج در آسیا، پرداخت آب بها بر اساس حجم آب مصرفی در استفاده فردی یا گروهی به دلیل ایجاد جریان‌های اضافه و بازیافتی در کل منطقه، مناسب نیست.

بازار آب‌های زیرزمینی در هند، نشان دهندهٔ تأثیرات احتمالی ناخواستهٔ سیاست‌های دولت در مورد دسترسی به آب توسط کشاورزان و دیگران است. کشاورزان گجرات[۳۵] چهار برابر کشاورزان پنجاب[۳۶] و اوتارپرادش[۳۷] پول برای پمپاژ آب زیرزمینی پرداخت می کنند و این اختلاف به دلایل زیر است:

۱- اختلاف قیمت در نحوهٔ پرداخت بهای برق مصرفی برای پمپ کردن آب (نرخ ثابت در ازای هرواحد مصرفی)؛

۲- سیاست فاصله گذاری بین چاه ها در گجرات که به هر مالک چاه حق انحصاری حفر چاه در مساحتی در حدود ۲۰۳ هکتار می دهد؛

۳- کمبود چاه های عمومی در گجرات باعث کاهش رقابت بین عرضه کنندگان آب زیرزمینی شده و قیمت بالای آب چاه ها بین کشاورزان ثروتمند و فقیر تبعیض بوجود آورده است.

[35] Gujarat
[36] Punjab
[37] Uttar Pradesh

انجام برخی تغییرات ساده در سیاست‌های قیمت گذاری انرژی، فاصلهٔ چاه‌ها و چاه‌های عمومی می تواند بازار آب زیرزمینی در گجرات را به ابزاری قدرتمند برای توسعه زمینهای زراعی کوچک تبدیل کند (Shah,1985).

هدف گذاری برای رسیدن به بالاترین بهره‌وری آب کشاورزی می تواند با خواست‌های سیاسی درباره امنیت غذایی در تناقض باشد. معمولا در بیشتر موارد، بهره‌وری اقتصادی آب در کاشت محصولات زراعی اساسی کمتر از کاشت گل و سبزیجات و صادرات آنها است. جایگزینی زراعت ها به این معنی است که محصولی که مصرف آب بالایی دارد با محصولی که آب کمی مصرف می کند و یا با محصولی که بهره‌وری اقتصادی بالاتری دارد، تعویض شود . جایگزینی زراعت باعث افزایش بهره‌وری آب در سطح سیستم‌های کشاورزی - زیست محیطی و نیز در سطح جهانی می گردد (قاب ۵).

سیاست‌ها و انگیزه ها در پذیرفتن تغییر از کشاورزی سنتی به کشاورزی مدرن اهمیت دارند (FAO, 2001a) و تعیین و تشخیص سیاست‌ها و انگیزه هایی که به بهترین شکل اجرایی می شوند، ضروری است. تجربیات ناشی از کشاورزی حفاظتی[۳۸] نشان می دهد که منفعت کوتاه مدت کشاورزان با منفعت بلند مدت جامعه متفاوت است و منافع اقتصادی ناشی از تغییر در روش‌های کشت غالبا بعد از مدت بسیار طولانی خود را نشان می‌دهد؛ به علاوه تفاوت‌های زیادی بین کشاورزان وجود دارد و عوامل خارجی نظیر انتقال اطلاعات از طریق فعالیت‌های سیاسی و اجتماعی[۳۹] نیز موثر است. نکته مهم اینکه گاهی ناپایداری و تناقض نتایج مطالعات در مورد پذیرش روشهای جدید، باعث پیشنهاد روش‌های متفاوتی می شود. فرآیند تصمیم گیری و انتخاب بین این روش ها نیازمند درک کامل از کل فرایند است؛ زیرا تصمیم گیری بر زمان انجام کار[۴۰] از مطالعه تا روش‌های زراعی موثر است. زمان انجام کار اغلب به دلیل غیر قابل پیش بینی بودن مشکلات کمبود آب به شکل غیر قابل قبولی بسیار طولانی است. تجربیات مطالعات مشارکتی و ترویجی می‌تواند این زمان را کوتاه تر کند.

نتیجه گیری واقدام

برپایهٔ پیش بینی فائو به منظور تأمین غذای دو میلیارد نفر تا سال ۲۰۳۰ نیاز شدیدی به بهبود هرچه بیشتر منابع آب وجود دارد. در صورت حفظ روند بهبود بهره‌وری آب کشاورزی، میزان فشار بر منابع آب کاهش و بدین ترتیب امکان انتقال آب به سایر مصارف افزایش می‌یابد. افزایش بهره‌وری آب کشاورزی حاصل سرمایه گذاری استراتژیک در توسعهٔ منابع آب و نیز تحقیق و توسعه و ترویج کشاورزی بوده است. در حال حاضر شیب سرمایه گذاری در این موارد روند نزولی را نشان می دهد. آیندهٔ مدیریت آب کشاورزی تنها به ایجاد زیرساخت‌های کنترل آب وابسته نیست بلکه حفظ سرمایه گذاری در بخش‌های کلیدی زنجیرهٔ تولید نیز اهمیت به سزایی در این مورد دارد و کیفیت سرمایه گذاری تعیین کننده تر از مقدار سرمایه گذاری است.

[38] Conservation agriculture
[39] Policy-related activities and social processes
[40] Lead time

با توجه به غیر قابل مذاکره بودن تقاضا برای غذا ، تنها راه برای مدیریت کلی منابع آب ، توجه به بهبود بهره‌وری آب در سیستم‌های موجود کشاورزی (آبی و دیم) است. بنابراین سرمایه گذاری در این زمینه باید شامل یک بستهٔ راهبردی شامل: سرمایه گذاری در تحقیقات برای توسعهٔ ارقام گیاهی هر چه پر محصول تر؛ روش‌های زراعی پیشرفته؛ ایجاد ظرفیت برای کشاورزان و مصرف کنندگان[۴۱]؛ سرمایه گذاری برای ارتقای جایگاه تجارت در سطح جهانی؛ و در نهایت سرمایه گذاری به منظور توسعه منابع در صورت نیاز باشد.

پیش بینی نیاز آبی برای جمعیت ۸ میلیاردی جهان بسیار دشوار است . میزان دقیق آب مورد نیاز در هر منطقه برای تولید پایدار محصولات زراعی وابسته به تغییرات جغرافیایی و زمانی ویژهٔ در همان منطقه است. مشکلات با عوامل زیر تشدید می شود: عدم اطمینان از مقدار آب مورد نیاز برای حفظ یکپارچگی اکولوژیکی و بازسازی سفره های آب زیرزمینی که بهره برداری بیش از حد آنهاصورت گرفته است. نهایتاً تأثیر تغییرات آب و هوایی بر دسترسی به آب و تقاضا در کشاورزی به صورت حدس و گمان باقی می ماند. با در نظر گرفتن این عوامل تامین آب کافی برای تولید جهانی غذا به مقدار کافی چالش بسیار بزرگی را به ویژه در مناطق و کشورهای با کمبود آب بوجود می آورد. این عدم اطمینان در حوزه های تامین آب و تقاضا برای امنیت غذایی، تصمیم گیران را از سرمایه گذاری در مدیریت آب کشاورزی نا امید کرده است. سوالاتی که باید به آنها پاسخ داده شود عبارتند از:

۱- چه مقدار ظرفیت اضافی برای ذخیره سازی[۴۲] در سدها و مخازن مورد نیاز است؟

۲- کشورها و مناطق تا چه حد می توانند به استفاده پایدار از آبهای زیرزمینی که برای تولید کشاورزی اهمیت دارد مطمئن باشند؟

۳- چگونه منابع اضافی آب جدید مانند فاضلاب های شهری و صنعتی می توانند بدون اثرات سوء بر سلامت انسان و اکولوژی مورد استفاده قرار گیرند؟

این مقاله رابطهٔ میان سیستم‌های آبیاری کشاورزی، کاهش فقر و توسعه روستایی را مورد بحث قرار داده است. اثرات غیر مستقیم سیستم های آبیاری بر توسعهٔ روستایی، به ویژه از طریق ایجاد فرصت های شغلی خارج از مزرعه برای افراد فقیر، قابل توجه است. اگر چه سایر سرمایه گذاری ها در مواردی مانند جاده و بازار غالبا می تواند تأثیر مستقیم بیشتری بر توسعه روستایی داشته باشند. بنابراین برای تاثیر بیشتر سرمایه گذاری بر کاهش فقر، دولت ها و موسسات تأمین مالی با انتخاب‌های دشواری بین سرمایه گذاری مستقیم در تاسیسات آبیاری کشاورزی و یا هدایت سرمایه گذاری به سمت ایجاد و دسترسی به بازار مواجه هستند.

بهبود تاسیسات سسیستم‌های آبیاری و زهکشی به همراه اصلاحات اداری و توافقات سیاسی برای مدیریت این سیستم ها باعث افزایش بهره‌وری آب و در نتیجه امنیت غذایی می‌شود. اگر چه به نظر می‌آید که بیشترین منافع از مدیریت یکپارچهٔ زراعت و منابع حاصل شود. مدیریت یکپارچه زمانی اتفاق می‌افتد که سه جزء اصلاح نباتات، بهبود روشهای به زراعی و تغییر در عملیات و مدیریت تاسیسات آبیاری به طور هماهنگ با یکدیگر به صورتی عمل کنند که مزایای بالقوهٔ زراعت و بخصوص ارقام زراعی جدید مشخص

[41] Capacity building for farmers and users
[42] Additional storage capacity

شود. مثال‌های اندکی از همکاری موفقیت آمیز سه روش گفته شده وجود دارد. تحقق این مساله مساوی با تحول در مدیریت آب کشاورزی است. همچنین استفاده از روش‌های جدید به زراعی در مزارع مانند کشت بدون خاک ورزی و استفاده از کشت پشته ای نیز منجر به افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی می‌شود؛ گرچه پذیرش و انطباق کشاورزان با این فناوری ها بسیار کند بوده است.

IWRM چارچوبی برای برنامه ریزی، سازماندهی و کنترل سیستم‌های آبی برای ایجاد تعادل میان دیدگاه‌ها و اهداف تمامی ذینفعان بوده است (Grigg, 1999). این تعریف شامل دو بعد اجتماعی (تعادل دیدگاه‌ها و اهداف ذینفعان) و اکولوژیکی (مدیریت سیستم‌های آبی چند کارکرد) است که وابسته به یکدیگرند. در گذشته آب به دو منظور مصارف خانگی و تولید غذای جمعیت در حال رشد استفاده می شد. امروزه با رقابت بر سر آب چنین تعاریف ساده‌ای قابل قبول نیست. نمایندگان IWRM اعتقاد دارند که حرکت به سوی سیستم آبیاری پایدارتر بستگی به انجام وظایف WUAs (انجمن مصرف کنندگان آب) به نحو احسن دارد و شروع سختی را در پیش خواهد داشت. قبل از تشکیل و شروع به کار چنین انجمنی لازم است در اولین قدم منابع آب ارزیابی و سنجیده شوند، حقابه‌های مصرف کنندگان رسمیت یافته و موسساتی برای نظارت بر حقابه‌ها تعریف شوند. تعارض خواسته‌های مصرف کنندگان مختلف آب اجرای این پیش نیازها را دشوار و پر هزینه کرده است. علاوه بر این شواهد زیاد و در حال افزایشی نشان داده است که مدیریت آبیاری مگر با طراحی و اجرای برنامه ای به نفع فقرا باعث جلوگیری از انتقال خطر تشدید فقر در مناطق روستایی می شود (van Koppen *et al*.,2002).

مسالهٔ مهم در موضوع منابع آب برداشت بیش از حد آب از منابع سطحی و زیرزمینی است که در بسیاری از مناطق غیر قابل تحمل به نظر می‌رسد. در مبحث مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی برخی معتقدند که برداشت بیش از ظرفیت طبیعی در صورتی قابل توجیه است که منجر به توسعهٔ پایدار شده و آب پمپاژ شده به مصارف مفید برسد. با وجود این تنها با بروزرسانی فناوری های صرفه جویی در آب ، بهبود مدیریت زمین و سایر فعالیت های بلند مدت سود مند می توان به پایداری رسید (Kinzelbach and Kunstamann,1998 ,Baker *et al*.,2003). انتخابی مفید بین تاثیر تخریب محیط زیست بر افزایش امنیت غذایی یا کاهش فقر دشوار است. این موازنه ساده و مستقیم نیست، زیرا کاهش فقر نیز می تواند از تخریب منابع طبیعی جلوگیری نماید.

این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب‌های مفید دولت‌های ملی و صندوق‌های سرمایه گذاری درباره مدیریت آب کشاورزی می‌تواند تخصیص فعلی آب برای تولید محصولات و مواد غذایی مهم و استراتژیک را حفظ نماید و در حالی که بخش کشاورزی توانایی انجام چنین کاری را ندارد.

انتخاب‌های موجود برای دولت‌ها در سطح ملی این مفاهیم را ارائه می‌دهد:

۱- پذیرش این واقعیت که در شرایط کمبود آب تنها یک راه حل برای حفظ امنیت غذایی وجود ندارد. تمامی منابع آب شامل آب باران، آب نهرها، آبهای زیرزمینی و پسآب‌ها اهمیت دارند. همهٔ منابع می‌توانند در شرایط مناسب بهبود و ارتقا یابند، می‌توان به عنوان بخشی از راه حلی بلند مدت ایجاد ظرفیت‌های اضافی برای نگهداری آب و بازسازی منابع آب زیرزمینی را پیشنهاد کرد.

۲- یافتن بهترین گزینه برای شرایط خاص. هم زمین‌های حاصلخیز و هم زمین‌های با کیفیت پایین می‌توانند برای تولید مواد غذایی و سایر محصولات مورد استفاده قرار گیرند، اگر چه بهترین ترکیب زمین، آب و گیاه بسته به نوع محل متفاوت است اما باید به بهره‌وری اکوسیستم طبیعی نیز توجه داشت.

۳- توجه به این نکته که ارتباط میان کشاورزی آبی و توسعهٔ روستایی همیشه مشخص نیست، در برخی موارد سرمایه گذاری در سایر بخش‌ها نسبت به سرمایه گذاری بر سیستم‌های آبیاری می‌تواند تأثیر مناسب تری بر توسعهٔ روستایی داشته باشد.

۴- پذیرش سیاست‌ها و سازمان‌هایی که برپایهٔ منابع طبیعی ایجاد شده اند، تا با تلفیق بیشتر بین زراعت و مدیریت منابع بهترین گزینه‌های ویژهٔ منطقه شناسایی شوند.

۵- تسهیل و حمایت از فعالیت‌های اصلاح ارقام زراعی پیشرفته به عنوان بخشی از راه حل ایجاد امنیت غذایی در آینده.

۶- حمایت از پیش بینی‌های اقلیمی فصلی که براساس بهترین تلفیق (ترکیب) از مدیریت منابع و زراعت از شرایط پیش بینی شده اقلیمی بدست می‌آیند.

۷- سرمایه گذاری در نوسازی سیستم‌های آبیاری به عنوان یک فعالیت مداوم و شناسایی مزیت‌های نسبی هر سیستم به صورت همزمان. هدف از بازسازی سیستم‌ها تحویل آب به سیستم‌ها و مدیریت قابل انعطاف سیستم آبرسانی به منظور بهره برداری حداکثری از فناوری‌ها و واریته‌های جدید است.

نکاتی که صندوق‌های سرمایه گذاری باید مدنظر قراردهند، عبارتست از :

۱- پذیرش بخش کشاورزی به عنوان بخشی که بیشترین توانایی در صرفه جویی آب از طریق افزایش بهره‌وری را دارد.

۲- ارتباط بین اهداف جهانی و مالی با نیازهای محلی. سرمایه گذاری‌ها باید متناسب با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی محل انجام شود.