

بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک مطالعه‌ی موردی؛ دشت بیرجند

دکتر محمود فال‌سلیمان
استادیار جغرافیا دانشگاه بیرجند

دکتر جعفر جوان
دانشیار جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

بحران آب از جمله چالش‌های مهم زیست محیطی منطقه‌ی خاورمیانه می‌باشد. بسیاری از کارشناسان نگران آن هستند که استفاده از منابع آب در ایران بدون در نظر گرفتن محدودیت آن در آینده مشکلات جدی را ایجاد می‌نماید.

در چند دهه‌ی اخیر رشد جمعیت و توسعه‌ی فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی باعث شده است فاصله‌ی بین نرخ تجدید و نرخ بهره‌برداری از آبخوان‌ها افزایش یابد و این شکاف در نتیجه‌ی وقوع خشکسالی‌ها بسیار عمیق شده است به‌طوری‌که کارشناسان، مدیریت بر مصرف منطقی منابع آبی آبخوان‌ها بالاخص در بخش‌های پرمصرف و کم‌صرفه اقتصادی از جمله بخش کشاورزی را خاطرنشان می‌سازند. این موضوع در تبصره‌ی یک ماده ۱۰۶ قانون برنامه‌ی سوم و بندهای ماده ۱۷ برنامه چهارم توسعه نیز گنجانده شده است. به‌طوری‌که دولت را مکلف به اقدامات لازم جهت تطبیق الگوی کشت، مطابق با امکانات و ظرفیت‌های آبی مناطق از طریق تخصیص آب به تولید محصولات با نیاز آبی کمتر و بازدهی اقتصادی بیشتر گردانده است. در مناطق خشکی همچون خراسان جنوبی که بیشترین فشار بر آبخوان‌ها از طریق برداشت مازاد صورت می‌گیرد، می‌توان از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی جهت سامان‌دهی الگوی زراعی که موجب تحدید مصرف آب گردد، استفاده نمود. این شاخص‌ها در محدوده‌ای از غرب دشت بیرجند به عنوان یکی از بحرانی‌ترین دشت‌های خراسان جنوبی با استفاده از روش نمونه‌گیری دو مرحله‌ای و از طریق تکمیل ۷۶ پرسشنامه هزینه-درآمد مربوط به محصولات عمده‌ی زراعی در بین بهره‌برداران کشاورزی منطقه و استخراج داده‌ها و آنالیز آنها با استفاده از نرم‌افزار Cost انجام گردید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که کشت‌های با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین همانند چغندر قند و یونجه باید از الگوی کشت منطقه حذف و به جای آنها کشت‌هایی نظیر ذرت علوفه‌ای و یا تناوب یکساله‌ای از کشت‌های بومی نظیر گندم و ارزن، که هم موجب کاهش استحصال آب و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای بهره‌برداران کشاورزی باشد، جایگزین شود.

کلیدواژه‌ها: بحران آب، آبخوان‌ها، حوضه‌ی آبریز، خشکسالی، بهره‌وری.

مقدمه

بسیاری از مناطق کشور از جمله نواحی خشک در سرآغاز تحولات توسعه‌ای، با رکود قابل توجه منابع طبیعی محیطی از جمله دسترسی به منابع آب کافی و پایدار مواجه شده‌اند به طوری که این مسأله فرصت‌گذاری به وجود آمده برای توسعه‌ی این مناطق در جریان پیشرفت کشور را تحت تأثیر جدی قرار داده است. خراسان جنوبی از جمله مناطق خشک کشور است که به دلیل نازل بودن ریزش‌های جوی از وجود آب‌های سطحی دائمی کم‌بهره و کلیه مصارف آب در بخش‌های مختلف منحصراً از طریق استحصال آب از آبخوان‌های دشت‌ها می‌باشد.

در چند دهه‌ی اخیر رشد جمعیت و توسعه‌ی فعالیت اقتصادی و اجتماعی از یک سو و مقابله با اثرات کمبود آب ناشی از خشکسالی‌ها از سوی دیگر - که نیاز به تخلیه‌ی بیشتر آب را طلب می‌کرد - به طور گسترده باعث برداشت‌های بی‌رویه از ذخیره‌ی محدود آبخوان‌های دشت‌های استان گردیده است. به طوری که بسیاری از آنان با افت قابل توجه سطح ایستابی آبخوان‌ها مواجه شده‌اند.

در حال حاضر از ۲۵ دشت واقع در خراسان جنوبی ۱۲ دشت ممنوعه و ۳ دشت حالت بحرانی دارد و پیشنهاد ممنوعیت تعداد دیگری از دشت‌ها عمدتاً به علت خشکسالی و اضافه برداشت‌ها - که بیلان آب سفره‌ها را منفی نموده است - به نهادهای ذیربط جهت تصمیم‌گیری ارایه گردیده است.

کسری مخزن آبخوان‌های دشت‌های استان حدود ۱۵۰ میلیون مترمکعب برآورد گردیده است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۳: ۴) که متأسفانه روز به روز بر این میزان افزوده می‌شود بالاخص خشکسالی‌های چندساله‌ی اخیر در روند رو به تشدید افت سطح ایستابی سفره‌ها و افزایش کسری مخزن آبخوان‌های دشت‌های استان بسیار تأثیرگذار بوده است. در اثر خشکسالی و عدم وجود سیلاب بسیاری از طرح‌های ذخیره‌سازی و تغذیه مصنوعی رواناب‌های فصلی در سطح دشت‌ها راکد مانده یا در حداقل ظرفیت خود عمل نموده‌اند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که از مجموع ۱/۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب استحصال شده از آبخوان‌های دشت‌های استان ۱/۱۰ میلیارد مترمکعب در بخش کشاورزی، ۲۵ میلیون مترمکعب در بخش شرب شهری و روستایی، ۱۰ میلیون مترمکعب در بخش صنعت و ۵ میلیون مترمکعب سایر مصارف به خود اختصاص می‌دهد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۲: ۲) با توجه به این که مصرف بخش کشاورزی حدود ۹۵ درصد از مجموع استحصال آب از آبخوان‌های استان است، از این رو اتخاذ سیاست‌هایی جهت محدود کردن مصرف آب در این بخش می‌تواند در کاهش میزان بهره‌برداری و جبران کسری آبخوان‌ها و نهایتاً کاهش فاصله میان نرخ بهره‌برداری و نرخ تجدید آبخوان‌ها مؤثر باشد.

طرح مسأله تحقیق

دشت بیرجند از جمله دشت‌های خراسان جنوبی است که به رغم گسترش فعالیت‌های فیزیکی در سه دهه‌ی اخیر جهت ذخیره‌سازی آب‌های سطحی فصلی از طریق تغذیه روان آب‌ها به آبخوان دشت، متأسفانه به علت افزایش بی‌رویه‌ی جمعیت و توسعه‌ی فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و برداشت بی‌رویه‌ی آب و نیز وقوع خشکسالی‌های متناوب، با افت سطح ایستابی سفره آبی به‌عنوان تنها منبع تأمین‌کننده آب روبرو شده به‌طوری که از سال ۱۳۶۴ جزو دشت‌های ممنوعه اعلام گردیده است. میزان افت سطح ایستابی دشت بیرجند از ۲۱ سانتی‌متر در دوره‌ی ۷۷-۱۳۶۵ به ۶۵/۵ سانتی‌متر در دوره‌ی متناوب خشکسالی‌های ۸۳-۱۳۷۸ رسیده است. کسری مخزن آبخوان دشت بیرجند بین سال‌های ۷۷-۱۳۷۲ سالانه حدود ۶/۵ میلیون متر مکعب (مدیریت امور آب بیرجند، ۱۳۷۷: ۱۵) بین سال‌های ۸۱-۱۳۷۸ حدود ۸/۱۹ میلیون مترمکعب (مدیریت امور آب بیرجند، ۱۳۸۲: ۱۸) و از سال ۱۳۸۱ به بعد سالیانه ۱۳/۶ میلیون متر مکعب محاسبه گردیده است که علت اصلی روند رو به رشد کسری مخزن آبخوان دشت، خشکسالی و استحصال بیشتر آب جهت مصارف گوناگون بوده است. از این رو این باور قطعی را باید پذیرفت که چنانچه استحصال آب از آبخوان دشت به روال فعلی ادامه داشته باشد و با توجه به روند ادامه‌دار خشکسالی‌ها و نیاز به بهره‌برداری بیشتر از منابع آب با عنایت به توسعه‌ی فعالیت‌ها از یک‌سو و وضعیت همگون و نگران‌کننده‌ی منابع آب دشت‌های پیرامونی که امکان انتقال بین‌حوضه‌ای را دشوار و با تنش‌های اجتماعی و سیاسی رو به رو ساخته است، باید با اتخاذ تدابیر معقول و اصولی و راهکارهای عملی ضمن احیا و بازسازی عرصه‌های اکولوژیک مؤثر در موجودیت آب‌های سطحی و زیرزمینی با مدیریت صحیح بر ذخیره‌ی محدود آبخوان دشت بیرجند، فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر نیاز آبی را با میزان نرخ تجدید آبخوان هماهنگ ساخت.

در حال حاضر از مجموع ۱۳۶/۴ میلیون مترمکعب تخلیه‌ی سالانه از آبخوان دشت بیرجند ۱۰۰/۶ میلیون مترمکعب تخلیه از چاه‌ها، ۳۲/۷ میلیون متر مکعب از قنات و ۳/۱ میلیون متر مکعب از چشمه‌های دشت صورت می‌گیرد. از مجموع ۱۰۰/۶ میلیون مترمکعب آب استحصال‌ی از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق حدود ۶۵ میلیون مترمکعب جهت مصارف کشاورزی تخصیص می‌یابد (وزارت نیرو، ۱۳۸۲: ۲) از این رو چنانچه تدابیر مناسبی جهت محدود کردن استحصال آب از چاه‌ها اتخاذ گردد می‌توان تا حد زیادی به توانمندسازی آبخوان دشت بیرجند و رهایی از بحران فعلی دست یافت. فرض اساسی این تحقیق نیز بر این پایه استوار است که با استفاده از نتایج حاصله از محاسبه‌ی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی می‌توان در کنار سایر روش‌ها، راهکارهای مناسبی جهت تحدید مصرف آب در کشت‌های زراعی منطقه دنبال نموده و از این طریق به توانمندسازی آبخوان دشت بیرجند با محدود کردن استحصال آب کشاورزی به عنوان یکی از سیاستگذاری‌های مقابله با بحران آب دست یافت.

روش کار و نحوه‌ی نمونه‌گیری

مطالعات حاضر کلاً به صورت میدانی و پیمایشی انجام گرفته است. جهت تعیین شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی نیاز به محاسبه‌ی هزینه و درآمد محصولات اصلی کشت شده از طریق پرسشگری و تکمیل پرسشنامه در آبادی‌ها و بهره‌برداران کشاورزی بوده که توجه به وسعت زیاد حوضه‌ی مورد مطالعه و نیز با توجه به این که تکمیل و تنظیم پرسشنامه‌ها کار سنگین و حجیمی را می‌طلبید، به ناچار متوسل به نمونه‌گیری، و بعد از بررسی همه‌جانبه ابعاد مسأله، بالاخره محدوده‌ای از غرب دشت بیرجند- به عنوان یکی از بحرانی‌ترین دشت‌های خراسان جنوبی- به عنوان تست پایلوت انتخاب گردید (دلایل این انتخاب در معرفی دشت مزبور گفته خواهد شد). برای انتخاب بهره‌برداران و روستاهای نمونه، از روش نمونه‌گیری دو مرحله‌ای استفاده شد. در مرحله‌ی اول جهت انتخاب آبادی‌های نمونه از مجموع آبادی‌های دشت بیرجند با انتخاب سطح زیرکشت آبادی‌ها به عنوان شاخص پایه، اقدام به طبقه‌بندی آبادی‌ها و انتخاب حجم نمونه گردید. با توجه به فرار گرفتن آبادی‌ها در ۹ طبقه‌ی آماری، آبادی‌های با سطح زیرکشت ۴۵ هکتار به بالا، بیشترین بسته یا درصد فراوانی را دارا بوده از این رو از طبقه‌ی مذکور به عنوان نما یا مد مشاهدات استفاده شد (زارعی، ۱۳۷۶: ۶۸) و روستاهای نمونه انتخاب گردید.

جدول ۱: طبقه‌بندی روستاها بر اساس سطح زیرکشت در غرب دشت بیرجند

کد وسعت بهره‌بردار	طبقه‌بندی	تعداد روستاها	سطح زیرکشت	درصد سطح زیرکشت
۱	کمتر از ۲ هکتار	۰	۰	۰
۲	۲ تا کمتر از ۵ هکتار	۲	۵/۹۲	۰/۳
۳	۵ تا کمتر از ۸ هکتار	۲	۱۴/۰۷	۰/۷
۴	۸ تا کمتر از ۱۲ هکتار	۲	۲۱/۶۱	۱
۵	۱۲ تا کمتر از ۱۸ هکتار	۳	۴۷/۹۴	۲/۳
۶	۱۸ تا کمتر از ۲۵ هکتار	۲	۴۰/۱۶	۱/۹
۷	۲۵ تا کمتر از ۳۵ هکتار	۳	۸۱/۳۸	۳/۸
۸	۳۵ تا کمتر از ۴۵ هکتار	۰	۰	۰
۹	۴۵ هکتار و بیشتر	۱۲	۱۹۰۸/۶۲	۹۰
--	--	۲۶	۲۱۱۹/۷	۱۰۰

ماخذ: زارعی، ۱۳۷۶: ۶۸.

در مرحله‌ی دوم جهت انتخاب بهره‌برداران در آبادی‌های نمونه ابتدا اسامی بهره‌برداران از طریق خانه‌ی بهداشت و یا شورای روستا جمع‌آوری و پس از تعیین میزان اراضی هر بهره‌بردار و ردیف‌گذاری آنان از بزرگ به کوچک (از شماره‌ی ۱ تا ۴۰۴) با دادن کد وسعت برای هر بهره‌بردار، از روش معمول سالانه‌ی وزارت جهاد کشاورزی در هزینه‌سنجی محصولات کشاورزی جهت انتخاب بهره‌برداران بر مبنای ۱۰ درصد بهره‌برداران بزرگ و ۱۰ درصد بهره‌برداران کوچک در روستاهای نمونه استفاده گردید و در مجموع پرسشگری در قالب ۷۶ پرسشنامه (۴۰ بهره‌بردار بزرگ و ۳۶ بهره‌بردار کوچک) از بهره‌برداران کشاورزی که هر پرسشنامه مشتمل بر ۱۲۳ موضوع اطلاعاتی بود صورت گرفت.

شاخص‌های پرسشنامه طرح اکثراً از پرسش‌نامه‌ی عملیاتی هزینه‌سنجی محصولات کشاورزی که توسط وزارت جهاد کشاورزی، سالانه در سطح کشور اجرا می‌گردد و روایی و پایایی آن مورد تأیید قرار گرفته انتخاب شد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۳: ۱۷-۷) بعد از تکمیل پرسش‌نامه‌ها با استفاده از نرم‌افزار cost که در محیط foxpro به منظور هزینه‌سنجی محصولات کشاورزی توسط وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردیده اقدام به تجزیه و تحلیل داده‌ها شد. همچنین به کمک نرم‌افزارهای excel و spss جداول و نمودارهای لازم نیز تهیه گردید. ضمناً برای تهیه‌ی نقشه‌های محدوده تست پایلوت نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ محدوده توسط دستگاه رقومی‌ساز، رقومی گردید و وارد محیط GIS شد و پردازش‌های بعدی از قبیل زمین مرجع کردن و ویرایش‌های لازم و حذف خطاها و اتصال به داده‌های توصیفی انجام گردید و توسط نرم‌افزار Arc 3.3 سایر پردازش‌ها انجام و خروجی گرفته شد.

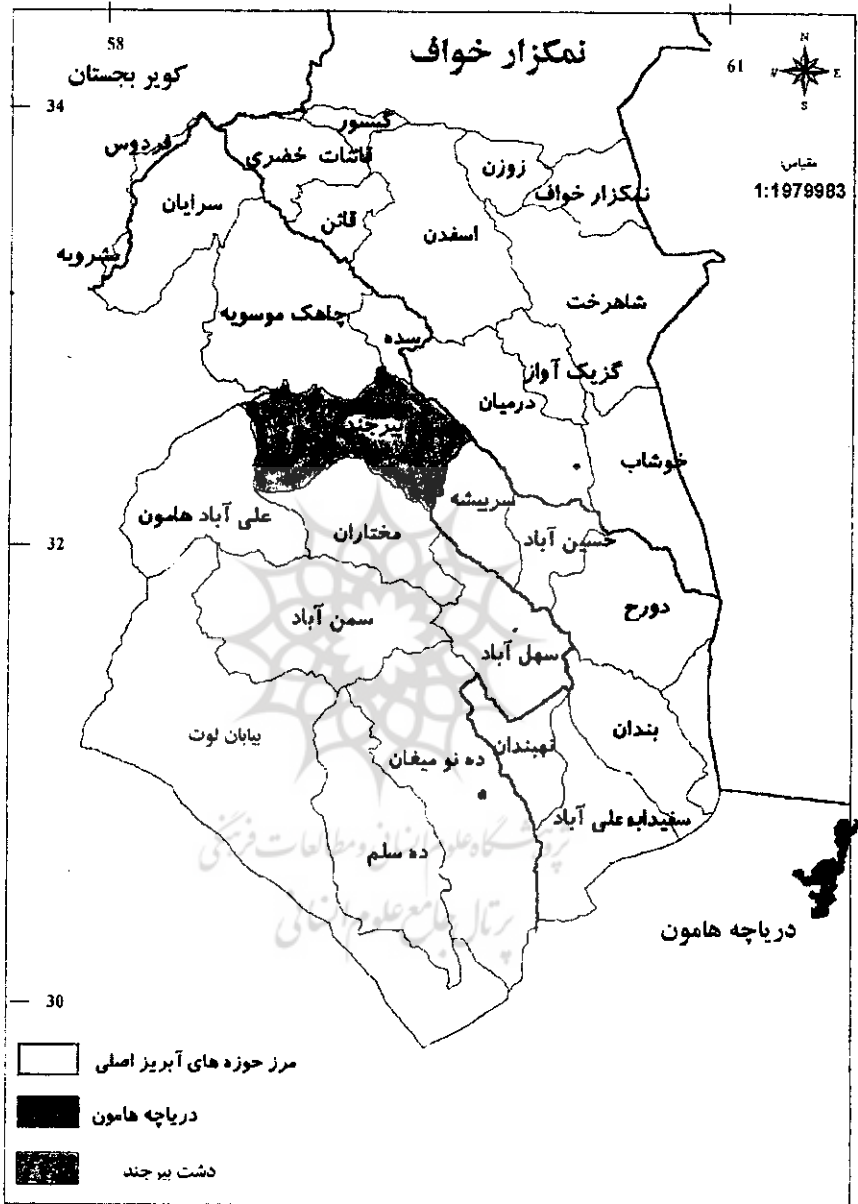
وضعیت منابع آبی، خصوصیات و ویژگی‌های محدوده‌ی مورد مطالعه

هرچند که مطالعات پیمایشی در منطقه‌ی مورد مطالعه بنا به دلایلی که در متن مقاله عنوان خواهد شد ناحیه‌ی غربی دشت بیرجند است ولی با توجه به ماهیت موضوع و ابعاد مختلف آن نمی‌توان بدون معرفی کل حوضه آبریز، مؤلفه‌ها و شاخص‌های خشکی و خشکسالی، نحوه‌ی استفاده‌ی بهینه از آب را در بخشی از آن حوضه (غرب دشت بیرجند) مورد توجه قرار داد. به عبارت دیگر از سویی بررسی عوامل طبیعی مؤثر بر آبگیری آبخوان‌ها تنها در بخشی از حوضه به دلیل عدم وجود داده‌های مورد لزوم امکان‌پذیر نبوده و از سوی دیگر مطالعه‌ی عمیق کل حوضه‌ی آبخیز با توجه به وسعت حوضه و ابعاد مسأله یعنی بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی نه تنها مشکل و پرهزینه و احتمالاً غیر ممکن - بلکه کاری عبث و بیهوده - نیز می‌باشد. لذا تصمیم گرفته شد که بررسی ابعاد خشکی و مسایلی که ما را وادار به بهینه‌جویی مصرف آب در کشاورزی می‌کند در دشت بیرجند مورد بررسی قرار گیرد و سپس بر مبنای

شناخت کل حوضه، به دنبال ارزیابی شاخص‌های بهره‌وری آب در کشاورزی در بحرانی‌ترین قسمت دشت بیرجند یعنی بخش غربی آن باشد.

حوضه‌ی آبریز دشت بیرجند یکی از ۲۵ حوضه‌ی آبریز خراسان جنوبی است که در طول جغرافیایی ۴۳، ۵۸ تا ۴۵، ۵۹ و عرض جغرافیایی ۳۲، ۳۴ تا ۸، ۳۳ واقع شده و خود از زیرحوضه‌های بزرگ بیابان لوت می‌باشد. این حوضه از شمال به خط‌الراس ارتفاعات شاه‌ناصر، شکرآب و کوه‌بندر، از شرق به بلندی‌های مین‌آباد و کوه‌سسان و از جنوب به کوه‌های باقران و کوه‌چ و از غرب به ارتفاعات چنگ در و گرنگ محدود است. بلندترین نقطه‌ی حوضه واقع در شمال شرق به نام کوه‌بندر ۲۸۷۰ متر و پست‌ترین نقطه دشت واقع در خروجی آن ۱۳۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (ولایتی، ۱۳۷۷: ۲۴۸ - ۲۴۷).

وسعت حوضه‌ی آبریز حدود ۳۱۵۵ کیلومتر مربع می‌باشد که ۱۰۴۵ کیلومتر مربع آن را دشت (۳۳٪) و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. نوار باریکی از کنگلومرای پلیوستوسن در وسط دشت در جهت شرقی- غربی، دشت را به دو بخش با دو سفره آب زیرزمینی مختلف تقسیم می‌کند. سازندهای ارتفاعات جنوبی از آمیزه‌های رنگین آهک و پرپودتیت و سازندهای شمال، شرق و تپه ماهورهای میانی دشت، از توف، آندزیت، آهک‌های نومولیتی، مارن و کنگلومرا تشکیل شده است. اقلیم حوضه‌ی خشک و متوسط بارندگی حوضه در یک دوره‌ی ۵۰ ساله ۱۷۲ میلیمتر می‌باشد (جهاد کشاورزی خراسان، ۱۳۸۰: ۸۵) رودهای حوضه همگی موقتی و سیلاب آنها آبخوان دشت را تغذیه می‌کند. دشت بیرجند در سال ۱۳۸۲ دارای ۳۳۳ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق با میزان آبدهی سالیانه ۱۰/۶ میلیون متر مکعب، ۸۰۹ رشته قنات با آبدهی سالیانه ۳۲/۶ میلیون متر مکعب و ۲۱۷ دهانه چشمه با آبدهی سالانه ۳/۱ میلیون متر مکعب می‌باشد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲: ۴)



نقشه ۱: موقعیت دشت بیرجند در بین دشت‌های خراسان جنوبی

مأخذ: جهاد کشاورزی، ۱۳۸۰: ۱۵

سیر صعودی حفر چاهها در دشت بیرجند موجبات استحصال بیشتر آب از سفره و نهایتاً افت سطح سفره‌ی آب زیرزمینی و افزایش کسری آبخوان گردیده است جدول شماره‌ی ۳ نشان می‌دهد، تعداد چاههای دشت به تدریج افزایش داشته که بیشترین آن مربوط به فاصله‌ی زمانی سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۵۶ همزمان با اوایل انقلاب که نظارت کافی از سوی نهادهای متولی اعمال نگردیده، می‌باشد. همچنین به دنبال افزایش تعداد چاهها در سال‌های بعد استحصال آب نیز افزایش یافته بطوری‌که مابین سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۶۳ به حدود دو برابر رسیده است. همچنین مجموع دبی قنوات دشت بیرجند علیرغم افزایش تعداد قنوات مشمول آمارگیری در طی سنوات مختلف از ۱۰۸ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۶۸ به ۵۶ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۷۶ و در پی بروز خشکسالی به حدود ۳۲/۶ میلیون مترمکعب در سال کاهش ۱۳۸۲ کاهش یافته است. جهت جبران کم آبی قنوات و چشمه‌های ناشی از خشکسالی سال ۱۳۷۷، تاکنون صدها هزار متر مکعب آب استحصال شده از سفره آبی دشت بیرجند توسط تانکرها جهت آب شرب روستاها، مناطق عشایری و آبیاری باغ‌ها و مزارع زعفران با همکاری نهادهای دولتی و بخش خصوصی حمل گردیده است (نگاه کنید به جدول شماره‌ی ۲).

جدول ۲: حجم آب استحصال شده در طی سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۷۹ جهت آبیاری باغات و مزارع زعفران دشت بیرجند (متر مکعب)

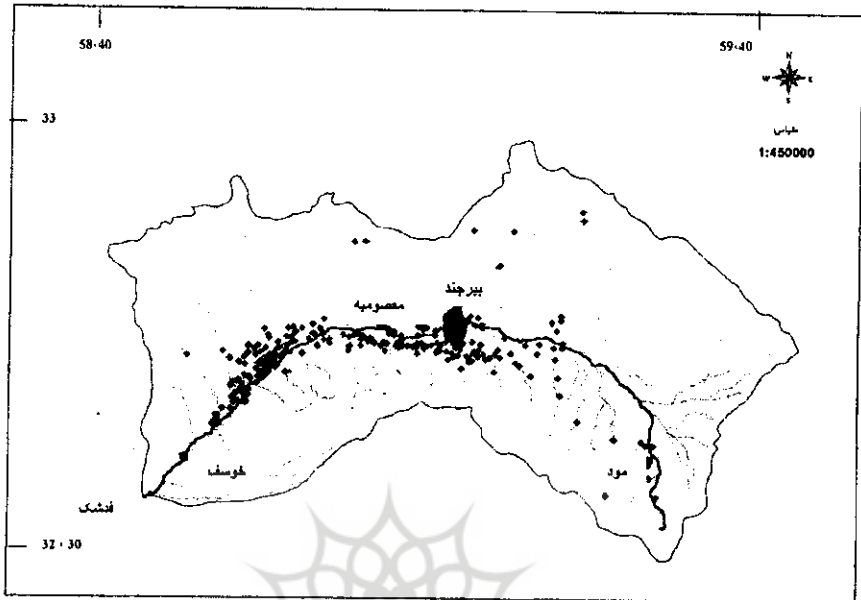
سال	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	جمع
موضوع							
حجم آب انتقال- یافته توسط- تانکرهاي آب	۸۸۸۰	۳۵۴۳۲	۲۷۸۴۰	۲۶۴۰۰	۳۸۲۲۴	۲۸۵۰۰	۱۶۵۲۷۶

شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲: ۴

جدول ۳: تعداد و میزان تخلیه قنوات و چاههای دشت بیرجند در سنوات مختلف

سال	تعداد قنات	تخلیه (میلیون مترمکعب)	تعداد چاه	تخلیه (میلیون متر مکعب)
۱۳۴۸	۳۱	۱۴	۲۴	۱۰
۱۳۵۴	۴۱	۲۵	۶۸	۳۱
۱۳۵۶	۹۶	۴۴	۸۱	۳۲
۱۳۶۳	۴۷۱	۱۶۵	۱۶۴	۵۱
۱۳۶۸	۵۶۰	۱۰۸	۱۷۷	۶۲
۱۳۷۶	۶۵۵	۵۵/۹۸	۲۳۰	۷۲
۱۳۸۲	۸۰۹	۳۲/۶	۳۳۱	۱۰۰/۶

شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲: ۴



نقشه ۲: موقعیت چاهها (عمیق و نیمه عمیق) در دشت بیرجند

برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان دشت بیرجند در نتیجه‌ی افزایش تعداد چاهها، گرمی هوا و بالا بودن تبخیر و تعرق و به نوبه‌ی خود افزایش نیاز آبی گیاهان، کاهش بارندگی‌ها و وقوع خشکسالی‌های پی در پی وضعیت آبخوان را نامتعادل کرده است به طوری که جدول ۴ نشان می‌دهد در حالی که متوسط افت سالانه‌ی آبخوان دشت بیرجند طی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۷۷ معادل ۲۱ سانتیمتر بوده این میزان در سنوات ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۴ به ۶۱/۵ سانتیمتر در سال رسیده که علت اصلی افزایش افت سطح ایستابی آبخوان مربوط به مازاد برداشت‌ها و بروز خشکسالی می‌باشد. هیدروگراف دشت بیرجند به طور مشخص افت سطح ایستابی آبخوان را با روندی رو به رشد از سال ۱۳۷۷ به بعد نشان می‌دهد.

آثار خشکسالی و افزایش استحصال آب و در نتیجه افت سطح ایستابی آبخوان باعث گردیده دبی زهکش خروجی دشت بیرجند از ۷۵ لیتر در ثانیه در سال ۱۳۷۶ به کمتر از ۳۰ لیتر در ثانیه در سال ۱۳۸۳ کاهش یابد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲: ۲۶).

جدول ۴: افت سالانه سطح آب زیر زمینی دشت بیرجند از سال ۱۳۶۵ به بعد (واحد cm)

سال آبی	افت به میزان	افت متوسط
۸۳-۸۴	-۴۲	-۶۱/۵
۸۲-۸۳	-۵۵	
۸۱-۸۲	-۶۴	
۸۰-۸۱	-۴۹	
۷۹-۸۰	-۵۶	
۷۸-۷۹	-۶۳	-۲۱
۷۷-۷۸	-۱۵	
۷۶-۷۷	-۳۳	
۷۵-۷۶	-۲۱	
۷۴-۷۵	+۶	
۷۳-۷۴	-۲۰	
۷۲-۷۳	-۴۹	
۷۱-۷۲	+۵	
۷۰-۷۱	-۳۷	
۶۹-۷۰	-۴۶	
۶۸-۶۹	-۱۹	-۲۱
۶۷-۶۸	-۲۱	
۶۶-۶۷	-۱۹	
۶۵-۶۶	-۱۸	

شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۲: ۲۶

آثار خشکسالی و تشدید بهره‌برداری از آبخوان آبی در تطبیق میزان افت مخزن آبخوان دشت بیرجند در دوره‌های مختلف بهتر مشخص می‌گردد بطوری که کسری آبخوان دشت از ۵/۶ میلیون متر مکعب در سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۷۲ به ۸/۱۹ میلیون مترمکعب در سال‌های ۷۸-۸۰ و ۱۳/۶ میلیون متر مکعب از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ رسیده است (شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۸۳: ۲۶).

محاسبه برخی از شاخص‌های مهم تعیین‌کننده‌ی بحران آب همانند شاخص فالکن مارک، شاخص سازمان ملل متحد و شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت منابع آب، وضعیت بحران آب را در منطقه‌ی مورد مطالعه بهتر نشان می‌دهد. بر اساس شاخص فالکن مارک میزان سرانه‌ی آب تجدیدپذیر ۱۷۰۰ مترمکعب در سال به عنوان شاخص تنش، بر اساس شاخص کمیسیون توسعه‌ی پایدار سازمان ملل متحد درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر معرف بحران آب و بر اساس شاخص مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب علاوه بر متغیرهای دو شاخص قبلی نیاز به پیش‌بینی میزان برداشت آب در آینده به‌عنوان شاخص بحران آب عنوان می‌گردد نیز گنجانده شده است (رحیمی و خالدی، ۱۳۷۹: ۹۴۳-۹۴۲) بررسی جدول شماره‌ی (۵) وضعیت ایران، خراسان قبل از تقسیمات، خراسان جنوبی و دشت بیرجند را در ارتباط با شاخص‌های فوق نشان می‌دهد که دال بر وضعیت بسیار بحرانی دشت بیرجند با فاصله‌ی زیاد نسبت به شرایط خراسان جنوبی خراسان بزرگ و ایران می‌باشد.

جدول ۵: تحلیل منابع آب با استفاده از شاخص‌های بین‌المللی

نام منطقه	جمعیت* (هزار نفر)	منابع آب** تجدیدپذیر سالانه (میلیارد متر مکعب)	سرانه آب تجدیدپذیر (مترمکعب)	نتایج ارزیابی		
				فالکن مارک	سازمان ملل	مؤسسه بین‌المللی آب
ایران	۶۹۰۰۰	۱۳۰	۱۸۸۴	بحران شدید	بحران شدید	بحران شدید
خراسان (قبل از تقسیم)	۶۴۰۰	۱۲/۲	۱۹۰۰	استانه تنش	بحران شدید	بحران شدید
خراسان جنوبی	۶۳۰	۱/۲	۱۷۹۱/۴	استانه تنش	بحران شدید	بحران شدید
دشت بیرجند	۲۱۸	۰/۰۹۳	۴۱۳	بحران شدید	بحران شدید	بحران شدید

** اطلاعات اخذ شده از سازمان آب خراسان

* مرکز آمار ایران، ۱۳۸۰

مشخصات محدوده‌ی پایلوت جهت آزمون شاخص‌های ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی

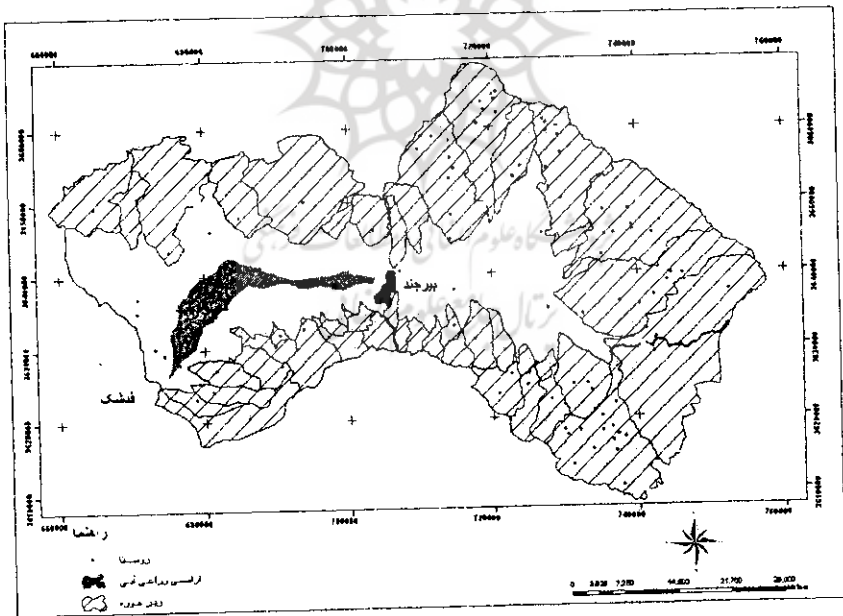
محدوده‌ی مورد بررسی، اراضی کشاورزی حاشیه‌ی رودخانه شاهرود را در غرب دشت بیرجند از روستای معصوم‌آباد تا خروجی آبریز دشت بیرجند در محل روستای فدشک در برمی‌گیرد. در این قسمت ضخامت لایه‌ی اشباع در بستر قدیمی رودخانه شاهرود به حداکثر می‌رسد و تمرکز چاههای عمیق و نیمه‌عمیق به شکل نواری در امتداد شرق به غرب بوضوح قابل تشخیص است بطوری‌که از ۱۴۱ حلقه چاه کشاورزی حفر شده در دشت بیرجند با دبی ۳۵۹۸ لیتر در ثانیه و کل آبدهی ۶۴,۳۴۹,۵۱۰ میلیون مترمکعب با احتساب کارکرد ۴۹۶۸ ساعت در سال، تعداد ۱۰۳ حلقه چاه کشاورزی (۷۳٪ کل چاههای کشاورزی دشت بیرجند) با دبی ۲۶۷۹ لیتر در ثانیه و حجم تخلیه سالانه ۴۷,۳۷۹,۹۱۳ میلیون متر مکعب در این بخش از دشت بیرجند قرار دارد. به عبارت دیگر ۷۴/۵ درصد کل آب کشاورزی از چاههای عمیق و نیمه‌عمیق واقع در این بخش از دشت بیرجند استحصال می‌گردد.

تراکم چاههای کشاورزی در این بخش از دشت به حدی است که به ازای حدود هر ۱۶ هکتار از اراضی کشاورزی آبی یک چاه کشاورزی وجود دارد. کیفیت آب زیرزمینی در این قسمت از دشت چندان مطلوب نیست میزان هدایت الکتریکی مخصوص آب از ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر مکعب تغییر می‌کند، میزان کلر به عنوان یکی از شاخص‌های اساسی شوری آب بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر است و تیپ کلی آب در این بخش کلروره می‌باشد. بطور کلی در این بخش از دشت به علت میزان بالای هدایت الکتریکی

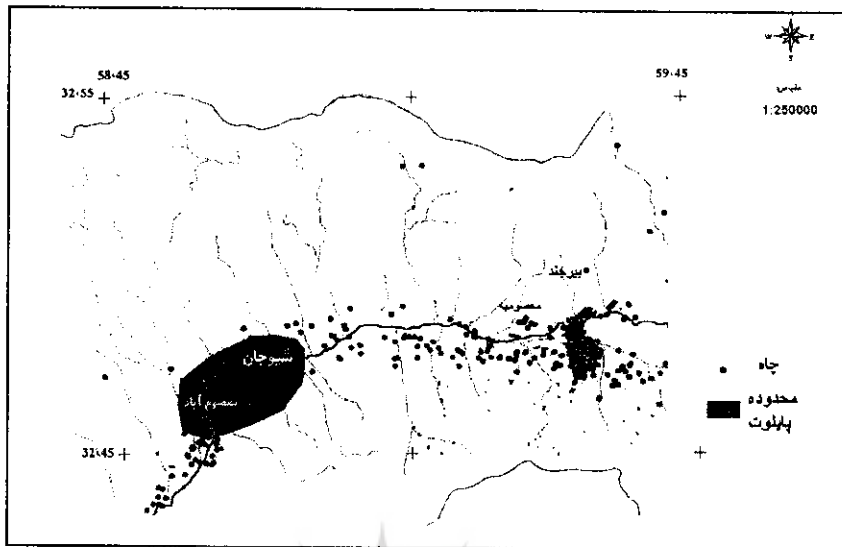
مخصوص و کلر آب مصرف عمده‌ی آب جهت کشاورزی می‌باشد و آب کیفیت مناسبی جهت شرب ندارد (شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی، ۱۳۸۲: ۲۰).

بر اساس مطالعات مهندسیین مشاور تاک‌سبز تیپ خاک در محدوده‌ی پایلوت یعنی در روستاهای سیوجان و معصوم‌آباد (نقشه‌ی شماره‌ی ۴) در سیستم رده‌بندی تاکسونومی خاک عمدتاً در رده آنتی‌سول (Entisol) و اریدسول (Aridisol) قرار می‌گیرد که رده‌های مخصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک و مناطق با تکامل پروفیلی کم است. این خاک‌ها در سیستم فائو (FAO) جزو خاک‌های ریگوسول آهکی (Calcaric Regosols) طبقه‌بندی می‌شود.

خاک‌های این محدوده، کم‌عمق، به رنگ قهوه‌ای با بافت سبک (sandy loam) ساختمان توده‌ای (Massive) و ۲۰٪ سنگریزه درشت و ریز بر روی طبقه‌ای به رنگ قهوه‌ای با بافت سبک و ساختمان توده‌ای که طبقات فوق بر روی طبقه‌ای با بیش از ۷۵ درصد شن درشت و سنگریزه و قلوه‌سنگ قرار گرفته‌اند. در افق صفر تا بیست سانتیمتر رنگ خاک در حالت خشک قهوه‌ای روشن و در حالت مرطوب قهوه‌ای با بافت سبک و ساختمان توده‌ای که پایداری ذرات آن در حالت خشک، نرم و در حالت مرطوب، خیلی سست و در حالت خیس، بدون چسبندگی و شکل‌پذیر می‌باشد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۹: ۱۰۷-۱۰۶).

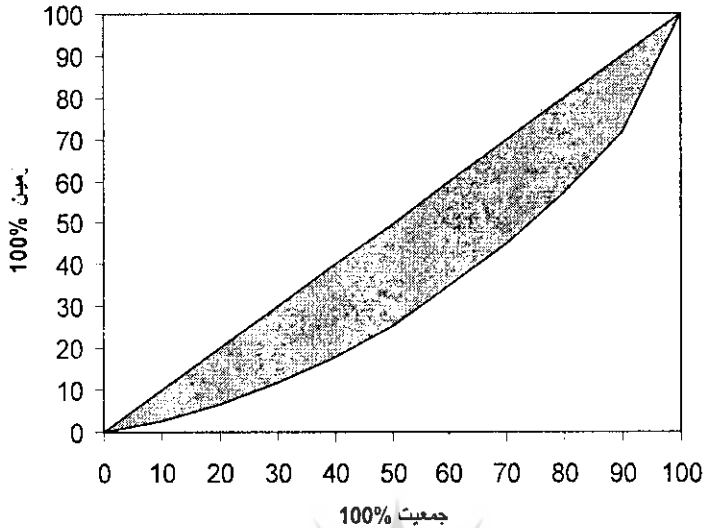


نقشه ۳: موقعیت اراضی آبی زیر کشت چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در غرب دشت بیرجند
شرکت آب منطقه‌ای خراسان، ۱۳۷۹: ۱۰۷-۱۰۶



نقشه ۴: موقعیت محدوده‌ی پابوت رده‌بندی تاکسونومی خاک در غرب دشت بیرجند تهیه و ترسیم از نگارندگان

نظام زراعی در محدوده پابوت (روستاهای معصوم‌آباد و سیوجان) خرده‌مالکی بوده که بهره‌برداران غالباً بر روی چندین قطعه زمین پراکنده در عرصه‌ی اراضی کشاورزی فعالیت می‌نمایند. تعداد و پراکندگی زیاد قطعات زراعی به همراه کانال‌های سنتی انتقال آب از جمله موارد مهمی می‌باشد که باعث افزایش قابل توجه تلفات آب کشاورزی می‌گردد، به طوری که ۶۹٪ بهره‌برداران بین ۲ تا ۵ قطعه، ۲۶٪ بین ۶ تا ۹ قطعه و ۵٪ بهره‌برداران بالای ۹ قطعه زمین زراعی آبی در اختیار دارند که با روش آبیاری سنتی غرقابی کشت می‌کنند. جمعیت روستایی محدوده پابوت حدود ۴۰۴ خانوار و تراکم بیولوژیک ۲/۵ هکتار به ازای هر خانوار است بررسی میزان مالکیت اراضی زراعی از طریق منحنی لورنز نشان می‌دهد (شکل شماره ۱) که دهک اول تا پنجم (۵۰٪ بهره‌برداران روستاهای معصوم‌آباد و سیوجان) تنها مالک ۲۵/۵٪ از اراضی زراعی آبی می‌باشند. دهک‌های ششم و هفتم ۱۹/۶٪ از اراضی زراعی و دهک‌های هشتم به بالا ۵۴/۹٪ از اراضی زراعی را در اختیار دارد که این مسأله نشان‌دهنده‌ی توزیع ناهمگون اراضی کشاورزی بین بهره‌برداران می‌باشد.



شکل ۱: منحنی لورنز توزیع اراضی کشاورزی آبی بین بهره‌برداران در محدوده‌ی پایلوت

مفهوم و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی

الف - مفهوم بهره‌وری و شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی

بهره‌وری Productivity به میزان و چگونگی استفاده از نهاده‌ها یا عوامل تولید در یک فرآیند تولید ویژه، یک دوره معین و یک محدوده جغرافیای مشخص برای دستیابی به اهداف تعیین شده مربوط می‌باشد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲: ۳۹). از این رو بهره‌وری را می‌توان یک روش مؤثر جهت سنجش عملکرد نهاده‌ها در تولید دانست. به دلیل اهمیت استفاده از آب در تولیدات کشاورزی از یک سو و کمبود منابع آب در دسترس در مناطق خشک از دیگر سو استفاده‌ی بهینه از این منبع کمیاب را ضروری می‌گرداند، اهمیت بهره‌وری آب کشاورزی برای مناطق خشک و کم آب روز به روز بیشتر می‌شود. علاوه بر موارد فوق از نظر حفظ و توانمندسازی منابع زیست‌محیطی رو به بحران در مناطق خشک از جمله منابع آب، بهره‌وری آب کشاورزی از جنبه‌ی کاهش حجم مصرف آب نیز که منجر به کاهش استحصال آب از منابع زیرزمینی گردد و پایداری منابع آب را قوت بخشد فوق‌العاده حائز اهمیت است. هر چند در بین عوامل مؤثر در تولید کشاورزی در مناطق خشک متکی بر آب‌های زیرزمینی آب، بزرگترین محدودیت را ایجاد نموده است، اما از سوی دیگر بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب نیز می‌باشد که در واقع حد بالای مصرف آب در این بخش بسیاری از نواحی خشک و نیمه‌خشک کشور را با بحران کمبود آب ناشی از افت و کسری آبخوان‌ها مواجه ساخته است. غالباً بهره‌وری آب کشاورزی را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف راندمان، مالی و فرصت‌های

اشتغال مورد بررسی قرار داد. از دیدگاه راندمان تولید بیشتر محصول، از دیدگاه مالی بیشترین سود و از دیدگاه فعالیت، ایجاد اشتغال بیشتر به‌ازای مصرف واحد حجم آب مورد نظر می‌باشد. نگرش بهره‌وری آب کشاورزی در مناطق خشک مواجه با بحران آب دو دیدگاه فیزیکی و مالی را شامل می‌شود. بدین معنی که با کسب بالاترین سود خالص (از دیدگاه مالی) کمترین میزان مصرف آب (از دیدگاه فیزیکی) نصیب بهره‌برداران نماید. از این رو چنانچه الگو و ترکیب زراعی مطابق با شرایط فوق در مناطق خشک سامان یابد، ضمن افزایش رشد اقتصادی در بخش کشاورزی، استفاده‌ی بهینه از منابع آب بدون آثار تخریبی و بحران‌زا نیز منتج خواهد شد.

شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب کشاورزی در این بررسی شامل CPD (crop per drop) 'BPD (Benefit per drop) ،NBPD (net benefit per drop) می‌باشد. شاخص CPD مقدار محصول تولید شده را نسبت به حجم آب مصرف شده می‌سنجد. مسلماً هر چه این نسبت بالاتر باشد نشان‌دهنده‌ی مصرف صحیح‌تر آب است، اما نشانگر سود اقتصادی بیشتر نمی‌تواند باشد. شاخص BPD میزان سود ناخالص را به ازای واحد حجم آب مصرف شده می‌سنجد. بر این پایه سیاست مصرف آب باید به گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به دست آمده در واحد آب مصرف شده بیشتر باشد. اما در این روش هزینه تولید محصول در نظر گرفته نشده است. از این رو بهترین شاخص برای سنجش بهره‌وری آب استفاده از شاخص NBPD می‌باشد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲: ۴۰-۳۹) که نه تنها میزان سود خالص را به ازای واحد حجم آب مصرف شده تعیین می‌نماید، بلکه این شاخص اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی الگو و ترکیب کشت در مناطق خشک مواجه با محدودیت شدید آب دارد. چرا که از این طریق می‌توان منابع کمیاب آب را به کشت‌هایی اختصاص داد که با کمترین واحد مصرف آب بالاترین سود را نصیب بهره‌برداران نماید. تبصره‌ی یک ماده‌ی ۱۰۶ قانون برنامه‌ی سوم و بندهای ماده ۱۷ برنامه‌ی چهارم نیز تطبیق الگوی کشت را در مناطق مختلف کشور با امکانات و ظرفیت‌های آبی و کارایی اقتصادی آب را از طریق تخصیص آب به تولید محصولات با نیاز آب کمتر و بازدهی اقتصادی بیشتر خاطر نشان ساخته است.

ب- مقایسه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی

برای محاسبه‌ی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی ابتدا هزینه‌ی تولید محصولات عمده‌ی زراعی محدوده‌ی طرح، در چهار مرحله‌ی جداگانه شامل هزینه‌های مرحله‌ی قبل از کاشت، مرحله‌ی کاشت، مرحله‌ی داشت و مرحله‌ی برداشت بر اساس شاخص‌های مربوط به عملیات زراعی هر مرحله که در پرسشنامه هزینه‌سنجی گنجانده شده، درج و تفکیک گردید. نتایج مرحله‌ی هزینه‌سنجی محصولات زراعی در جدول شماره‌ی ۵ نشان می‌دهد که در کل بیشترین هزینه‌ی تولید یک هکتار از محصولات مورد بررسی به چغندر قند و سپس به ترتیب

به پنبه، یونجه، گندم، جو و کمترین هزینه به ارزن اختصاص می‌یابد. بیشترین هزینه در مراحل هزینه سنجی محصولات مربوط به عملیات مرحله‌ی کاشت به ترتیب گندم با ۳۳/۱٪ و جو ۳۰/۲٪ کل هزینه تولید و در مورد چهار محصول دیگر مربوط به مرحله‌ی داشت می‌باشد، که به ترتیب اولویت هزینه‌های این مرحله در مورد محصول چغندر قند ۵۰/۸٪، پنبه ۴۱/۳٪، ارزن ۳۳/۹٪ و یونجه ۳۳/۵٪ می‌باشد. بالا بودن هزینه‌ی تولید مرحله داشت در این محصولات بیشتر مربوط به هزینه‌ی آب بها و هزینه‌ی نیروی انسانی جهت آبیاری می‌باشد، بطوری‌که به ترتیب ۹۲/۶٪ هزینه‌های مرحله‌ی داشت یونجه ۷۰/۱٪ ارزن، ۶۷/۲٪ محصول پنبه، ۶۴/۵٪، چغندر قند مربوط به هزینه آب‌بها و نیروی انسانی جهت آبیاری در مرحله‌ی داشت این محصولات می‌باشد. نسبت (درصد) وابستگی انواع محصولات زراعی مورد بررسی در محدوده‌ی پایلوت به منابع آبخوان دشت بیرجند از طریق استحصال از چاههای عمیق و نیمه‌عمیق صددرصد بوده و سایر منابع آب نقشی در تأمین آب زراعی ندارند. چرا که به‌طور کلی قنوات عمده‌ی موجود در این بخش از دشت طی دهه‌ی ۶۰-۱۳۵۰ به علت حفر چاههای عمیق و افت سطح آب‌های زیرزمینی خشکیده‌اند. همچنین سنجش نسبت هزینه‌ی آب بها به کل هزینه‌ی تولید در هر یک از محصولات زراعی به ترتیب: چغندر قند ۳۱٪، یونجه ۲۹/۵٪، جو ۲۸/۶٪، گندم ۲۷/۱٪، ارزن ۲۶/۷٪ و پنبه ۲۶/۴٪ می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی خراسان).

جدول ۶: نتایج آنالیز اجرای هزینه‌ی تولید محصولات کشاورزی در محدوده‌ی پایلوت غرب

دشت بیرجند (در سال ۸۴-۱۳۸۲ - ارقام به ریال) *

ردیف	محصول	مرحله قبل از کاشت (آماده‌سازی زمین)	مرحله کاشت	مرحله داشت	مرحله برداشت	جمع هزینه در هکتار
۱	گندم	۵۱۵۶۰۰	۱۳۱۳۵۰۰	۱۱۱۵۰۰۰	۱۰۱۷۱۵۰	۳۹۶۰۶۵۰
۲	جو	۴۵۷۰۰۰	۹۸۰۸۰۰	۹۵۴۸۶۰	۸۵۲۳۰۰	۳۲۴۴۹۶۰
۳	چغندر قند	۵۸۵۰۰۰	۱۵۱۹۵۰۰	۳۷۴۱۴۰۰	۱۵۰۷۰۰۰	۷۳۵۲۹۰۰
۴	پنبه	۵۵۳۵۰۰	۱۹۴۲۹۷۰	۲۸۵۷۰۰۰	۱۵۶۶۰۰۰	۶۹۱۸۴۷۰
۵	ارزن	۳۷۷۵۰۰	۸۴۸۲۵۰	۹۸۵۰۰۰	۶۹۲۹۰۰	۲۹۰۲۶۵۰
۶	یونجه	۵۸۵۵۰۰	۱۸۰۹۱۷۰	۲۰۷۴۳۱۰	۱۷۱۳۰۰۰	۶۱۸۱۹۸۰

* محاسبه توسط نگارندگان بر اساس آمار جهاد کشاورزی ۱۳۸۴

جدول شماره‌ی (۷) ارزش ناخالص تولید هر یک از محصولات زراعی را نشان می‌دهد با توجه به این‌که ارزش محصول اصلی تولیدی تعیین‌کننده ارزش ناخالص تولیدی محصول نیست. از این‌رو ارزش محصولات فرعی مربوط به هر یک از محصولات مورد بررسی نیز به‌طور کامل و دقیق، محاسبه و به ارزش محصول اصلی افزوده شده است. ارزش تولیدات فرعی در بعضی از محصولات زراعی بسیار بالا می‌باشد به‌طوری‌که ۳۳/۴٪ کل ارزش ناخالص تولیدی محصول

گندم، حاصل ارزش اقتصادی کاه و پی دروی مزرعه گندم می‌باشد. این محاسبه در مورد سایر محصولات مورد بررسی شامل جو، ارزن، چغندر قند، پنبه و یونجه به ترتیب برابر ۲۹/۶٪، ۱۹/۹٪، ۹/۹۸٪، ۰/۱۹٪ و ۰/۱۶۸٪ کل ارزش ناخالص تولیدی بوده است.

جدول ۷: ارزش ناخالص محصول در هکتار تولیدات کشاورزی در محدوده‌ی پایلوت غرب دشت بیرجند در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ (ارقام به ریال)*

ردیف	نام محصول	تولید در هکتار (کیلوگرم)	قیمت واحد محصول (۱۳۸۴)	ارزش محصول اصلی در هکتار	ارزش محصول فرعی در هکتار	ارزش کل محصول در هکتار
۱	گندم	۲۱۲۳	۱۸۵۰	۳۹۲۷۵۵۰	۱۹۶۴۴۰۰	۵۸۹۳۱۵۰
۲	جو	۲۱۵۰	۱۶۲۰	۳۴۸۳۰۰۰	۱۴۶۳۰۰۰	۴۹۴۶۰۰۰
۳	چغندر قند	۲۲۰۰۰	۴۲۰	۹۴۴۱۶۰۰	۱۰۴۵۰۰۰	۱۰۴۸۶۶۰۰
۴	پنبه	۲۱۰۰	۴۶۰۰	۹۷۷۹۶۰۰	۸۵۰۰۰	۹۸۶۴۶۰۰
۵	ارزن	۱۵۲۰	۲۳۰۰	۳۴۹۶۰۰۰	۸۷۰۰۰۰	۴۳۶۶۰۰۰
۶	یونجه	۵۸۲۰	۱۵۵۰	۹۰۲۱۰۰۰	۶۳۰۰۰	۹۰۸۳۰۰۰

* محاسبه توسط نگارندگان بر اساس آمار جهاد کشاورزی ۱۳۸۴

با توجه به داده‌های جداول شماره ۶ و ۷ و نیز با دخالت دادن میزان آب آبیاری برای محصولات مختلف، حاصل از راندمان آبیاری، انتقال و توزیع آب در محدوده‌ی مورد بررسی در سال زراعی ۸۴ - ۱۳۸۳، شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی بر اساس جدول شماره‌ی ۸ به شرح ذیل محاسبه گردیده است:

۱- شاخص CPD نشان می‌دهد که پایین بودن عملکرد تولید در قبال میزان آب مصرفی باعث ناچیز بودن نسبت محصول تولید شده به آب مصرفی می‌باشد به طوری که در ازای هر ۱۰۰۰ لیتر آب آبیاری حدود ۱/۵ کیلوگرم چغندر قند، ۳۷۰ گرم یونجه، ۳۶۴ گرم جو، ۳۱۰ گرم گندم، ۳۰۹ گرم ارزن و ۱۷۸ گرم پنبه تولید می‌شود. متوسط میزان محصول تولیدی برای کل اقلام مورد بررسی ۴۹۳ گرم به ازای مصرف ۱۰۰۰ لیتر آب آبیاری می‌باشد. این رقم برای غلات ۳۲۸ گرم است که تقریباً حدود نصف متوسط کشوری که برابر ۶۴۵ گرم در برابر مصرف ۱۰۰۰ لیتر آب است می‌باشد. مقدار شاخص CPD در مورد غلات در دنیا بین ۰/۱ تا ۲/۴۵ کیلوگرم متفاوت است که بالاترین سطح آن در اروپای غربی بین ۱/۷۱ تا ۲/۴۵ کیلوگرم می‌باشد (رحیمی و خالدی، ۱۳۷۹: ۹۴۳ - ۹۴۲). اگر چنانچه مقایسه‌ای بین میزان آب مصرفی و میزان تولید محصول در واحد سطح انجام شود، اهمیت ناچیز بودن میزان تولید محصولات زراعی به ازای آب مصرفی بیشتر قابل درک است. به طوری که از هر متر مربع اراضی زیرکشت

گندم در محدوده‌ی مورد بررسی ۲۱۲ گرم گندم تولید می‌شود در حالی که میزان آب مصرفی در هر متر مربع برای تولید این میزان محصول ۶۸۴/۷ لیتر آب می‌باشد که ارزش ناخالص ریالی ۲۱۲ گرم گندم در ازای مصرف ۶۸۴/۷ لیتر آب برابر ۳۹۲ ریال و ارزش خالص ریالی آن ۱۹۳ ریال می‌باشد. در مورد سایر محصولات زراعی نیز وضعیت مشابه‌ای وجود دارد. در حالی که از هر متر مربع اراضی زیرکشت محصولات اصلی مورد بررسی ۵۹۵ گرم محصول تولید می‌شود. میزان آبی که در ازای آن مصرف می‌گردد برابر با ۹۹۸ لیتر می‌باشد که ارزش ناخالص ریالی ۵۹۵ گرم محصول تولیدی به ازای مصرف ۹۹۸ لیتر آب در هر متر مربع برابر با ۶۴۷ ریال و ارزش خالص ریالی آن بدون کسر هزینه‌های استحصال آب برابر با ۲۳۴ ریال می‌باشد. این محاسبات نشان می‌دهد که پایین بودن سطح عملکرد تولیدزراعی در قبال میزان مصرف آب، یکی از دلایلی است که بهره‌وری آب را در محدوده‌ی مورد بررسی بسیار پایین آورده است. از سوی دیگر هر چند آب زراعی در معاملات تجاری بین بهره‌برداران زراعی دارای ارزش و جایگاه مناسبی می‌باشد اما زمانی که آن را به عنوان یک نهاده‌ی بسیار ارزان و تقریباً رایگان در اختیار مالکین بهره‌بردار در نظر بگیریم، نقش هزینه‌ای آن در تولید زراعی کاملاً محو می‌گردد.

۲- شاخص BPD که ارزش ناخالص تولیدی هر یک از محصولات زراعی در منطقه طرح را بیان می‌نماید، بالاترین ارزش ناخالص تولیدی را به ترتیب برای محصول ارزن ۸۸۹ ریال، گندم ۸۶۱ ریال، جو ۸۳۹ ریال، پنبه ۸۳۷ ریال، چغندر قند ۷۱۲ ریال و یونجه ۵۷۸ ریال بیان می‌کند اما به علت این‌که در شاخص مذکور هزینه تولید محصولات گنجانده نمی‌شود، این شاخص دارای اعتبار زیادی برای سنجش اقتصادی آب نمی‌باشد.

۳- شاخص NBPD که نسبت سود خالص هر محصول را به میزان آب مصرفی نشان می‌دهد نقضیه‌ی بالا را مرتفع می‌نماید بررسی نتایج حاصل از محاسبه‌ی این شاخص یک واقعیت اساسی یعنی اتلاف مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منبع زیست محیطی را در این منطقه‌ی خشک تبیین می‌سازد. هر چند محاسبه‌ی این شاخص خود دارای نقایصی همچون ملحوظ نشدن هزینه‌های استحصال آب مانند: هزینه‌ی سرمایه‌گذاری و هزینه‌های جانبی نظیر، استهلاک پمپ، هزینه‌ی برق، هزینه‌های نگهداری و خرید قطعات، نیروی انسانی و بالاخره هزینه‌های انتقال آب می‌باشد که بدیهی است محاسبه‌ی این عوامل ما را از تولید باز خواهد داشت، اما تنها شاخصی است که تا حد زیادی در مورد سنجش ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی می‌توان به آن تکیه نمود. بررسی این شاخص در محدوده‌ی طرح نشان می‌دهد که به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر آب مصرفی به ترتیب ۲۹۸ ریال ارزش خالص اقتصادی در تولید ارزن، ۲۸۹ ریال در جو، ۲۸۲ ریال در گندم، ۲۵۰ ریال در پنبه، ۲۱۳ ریال در چغندر قند و ۱۸۵ ریال در یونجه به دست می‌آید.

جدول ۸: تعیین شاخص‌های CPD و BPD و NBPD در محصولات عمده‌ی زراعی با احتساب راندمان انتقال و توزیع آب در محدوده مورد بررسی (سال زراعی ۸۴-۸۳)*

عنوان	نام محصول	گندم	جو	پنبه	چغندر قند	یونجه	ارزن
مساحت زیر کشت در محدوده پایلوت (به هکتار)		۴۳۲	۱۷۰	۱۳۶	۵۶	۴۶	۲۸
آب مصرفی در هکتار بدون در نظر گرفتن بارندگی (مترمکعب)		۶۸۴۷	۵۸۹۲	۱۱۷۸۴	۱۴۷۲۰	۱۵۷۱۲	۴۹۱۰
عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)		۲۱۲۳	۲۱۵۰	۲۱۰۰	۲۲۰۰۰	۵۸۲۰	۱۵۲۰
قیمت فروش هر کیلوگرم از محصول (به ریال)		۱۸۵۰	۱۶۲۰	۴۶۰۰	۴۲۰	۱۵۵۰	۲۳۰۰
ارزش کل فروش محصول اصلی و فرعی (سود ناخالص) در هکتار (به ریال)		۵۸۹۲۱۵۰	۴۹۴۶۰۰۰	۹۸۶۴۶۰۰	۱۰۴۸۶۶۰۰	۹۰۸۳۰۰۰	۴۳۶۶۰۰۰
هزینه در هکتار (به ریال)		۳۹۶۰۶۵۰	۳۲۴۴۹۶۰	۶۹۱۸۴۷۰	۷۳۵۲۹۰۰	۶۱۸۱۹۸۰	۲۹۰۲۶۵۰
سود ناخالص در هکتار		۱۹۳۱۵۰۰	۱۷۰۱۰۴۰	۲۹۴۶۱۳۰	۳۱۳۳۷۰۰	۲۹۰۱۰۲۰	۱۴۶۳۳۵۰
(مترمکعب / کیلوگرم) CPD		۰/۳۱۰	۰/۳۶۴	۰/۱۷۸	۱/۴۹۳	۰/۳۷۰	۰/۳۰۹
(مترمکعب / ریال) BPD		۸۶۱	۸۳۹	۸۳۷	۷۱۲	۵۷۸	۸۸۹
(مترمکعب / ریال) N BPD		۲۸۲	۲۸۹	۲۵۰	۲۱۳	۱۸۵	۲۹۸

* محاسبات توسط نگارندگان بر اساس آمار جهاد کشاورزی خراسان جنوبی، ۱۳۸۴

این نتایج بر این مسأله تأکید دارد که آب به عنوان مهمترین منبع زیست‌محیطی در این منطقه‌ی خشک که با بحران خشکسالی و افت قابل توجه مخزن آبخوان‌ها روبرو می‌باشد، فاقد بازده اقتصادی مطلوب در بخش کشاورزی بوده و نیازمند سیاستگذاری‌های نوین بر پایه‌ی ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی دارد (نگاه کنید به جداول ۹ الی ۱۱).

جدول ۹: اولویت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه شاخص CPD در منطقه تحقیق*

محصول شاخص	چغندر قند	یونجه	جو	گندم	ارزن	پنبه
CPD	۱	۲	۳	۴	۵	۶

* محاسبات توسط نگارندگان

جدول ۱۰: اولویت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه شاخص BPD در منطقه تحقیق*

محصول شاخص	ارزن	گندم	جو	پنبه	چغندر قند	یونجه
BPD	۱	۲	۳	۴	۵	۶

* محاسبات توسط نگارندگان

جدول ۱۱: اولویت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه‌ی شاخص NBPD در منطقه‌ی تحقیق *

محصول شاخص	ارزن	جو	گندم	پنبه	چغندر قند	یونجه
NBPD	۱	۲	۳	۴	۵	۶

* محاسبات توسط نگارندگان

نتیجه‌گیری

تشدید بحران آب ناشی از خشکسالی‌های متناوب چند ساله‌ی اخیر بر اهمیت مدیریت منابع آب در نواحی خشک کشور که تنها جهت فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی خود متکی بر ذخیره‌ی محدود آبخوان‌های دشت‌ها می‌باشند، افزوده است. هرچند بحران ناشی از تأثیرگذاری خشکسالی بر منابع آب به‌طور جدی در نهادهای مدیریتی این مناطق نفوذ کرده، اما تکیه بر اقدامات مقطعی جهت جبران و تعدیل خسارات وسیع ناشی از این امر تنها چاره‌ساز نبوده و ضرورت دارد برنامه‌ریزان ناحیه‌ای به تمهید سیاست‌ها و روش‌های خاصی که بازنگری جدی در مدیریت منابع محدود آب را در این مناطق سامان دهد توجه بیشتری نمایند. اگر چه این مقاله به سنجش و ارزیابی الگوی کشت فعلی بر اساس شاخص‌های بهره‌وری آب به عنوان یکی از راه‌های کم‌کردن نیاز به آب توجه نموده - که خود موجب کمتر برداشت کردن آب از آبخوان دشت بیرجند می‌شود - اما نباید غفلت نمود که این مورد در کنار سایر برنامه‌های دیگری که جهت بهبود وضعیت آب دشت بیرجند نیاز است، مطرح می‌شود. از جمله تغذیه آبخوان دشت با استفاده از سیلاب‌های فصلی که با انتخاب محل و روش صحیح می‌تواند بسیار مفید واقع شود، قابل اشاره است.

از سوی دیگر استفاده از سیستم‌های آبیاری کم مصرف یا روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و یا کاهش سطح کشت مشروط به بالا بردن تولید در واحد سطح نیز قابل ذکر است. در زمینه‌ی صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از هدر رفتن آن اقداماتی نظیر کاشتن گیاهانی که ضمن دادن محصول خوب و با ارزش به آب کمتری نیاز داشته باشند و دیگر اعمال روش‌های آبیاری کم مصرف مانند آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) حایز اهمیت است. یک سری از اقدامات که در نتیجه‌ی آنها گیاهان به آب کمتری نیاز پیدا می‌کنند عبارتند از اضافه کردن مواد آلی به خاک و ایجاد حصار یا بادکش به منظور کاهش تبخیر و بالاخره اقداماتی که در نتیجه‌ی آنها آب کمتری هدر می‌رود مثل پوشش انهار، انتقال آب به وسیله‌ی لوله از منبع (چاه و غیره) تا مزرعه، کوتاه کردن جریان آب (مسیر نهر) و تبدیل روش‌های کشت و آبیاری غرقابی، شیاری و غیره به روش‌های کم‌مصرف و بالاخره با رواج دادن کشت گلخانه‌ای و توسعه‌ی آن. البته در کنار این اقدامات نباید از مهمترین مسأله یعنی آگاه کردن

مردم (شهری و روستایی) از مسأله‌ی آب و گوشزد کردن عواقب برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های آب زیر زمینی غافل ماند (کردوانی، ۱۳۷۴: ۳۳۶ - ۳۲۹).

در خراسان جنوبی ۹۵٪ و در دشت بیرجند که بیش از یک سوم جمعیت ۶۴۰۰۰۰ نفری استان در آن تمرکز دارد، ۷۴٪ آب استحصالی از آبخوان دشت در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، همچنین حدود ۶۴/۵٪ آب استحصالی از آبخوان دشت بیرجند توسط چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیقی صورت می‌گیرد که عمدتاً در بخش غربی این دشت جایی که عمق کافی این رسوبات امکان تجمع آب را در نهشته‌های رسوبی ایجاد کرده تمرکز یافته‌اند، به‌طوری‌که ۱۰۳ حلقه چاه کشاورزی با تخلیه‌ی سالیانه ۴۸ میلیون متر مکعب آب از مجموع ۱۴۱ حلقه چاه کشاورزی دشت، در این بخش قرار دارند. طی سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۴ افت سطح ایستابی سفره‌ی آبی دشت بیرجند که در دوره‌ی ۱۳۷۶-۱۳۶۰ به‌طور متوسط ۲۱ سانتیمتر در سال بوده به حدود ۳ برابر رسیده است. عدم تأمین آب از منابع پیرامونی دشت بیرجند به علت تنگناهای کمی و کیفی، روند قابل توجه افزایش بهره‌برداری از آبخوان دشت بیرجند و افزایش فاصله بین نرخ تجدید و نرخ بهره‌برداری که در پی وقوع خشکسالی‌ها تشدید شده، ایجاد می‌نماید در مورد محدود کردن مصرف آب در بخش‌های متقاضی از جمله بخش کشاورزی تجدیدنظر جدی به عمل آید. در همین زمینه با بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی از طریق تکمیل ۷۶ پرسشنامه‌ی هزینه و درآمد محصولات عمده‌ی زراعی در بخشی از اراضی زراعی غرب دشت بیرجند پرداخته شد. نتایج حاصله مؤید این موضوع اساسی می‌باشد که هر چند میزان تولید محصولات زراعی در ازای واحد مصرف آب (BPD) و ارزش افزوده حاصل از مصرف آب (NBPD) بسیار نازل می‌باشد، اما با تکیه بر داده‌های به‌دست آمده می‌توان در خصوص سامان‌دهی الگوی کشت به نحوی که از یک‌سو در تحدید مصرف آب و از سوی دیگر تأمین درآمد مورد انتظار برای بهره‌برداران کشاورزی مؤثر باشد استفاده نمود. از جمله اینکه به جای کشت‌های با مصرف آب بالا و بازدهی ناچیز اقتصادی در واحد مصرف آب، همانند چغندرقد و یونجه، تناوب یکساله‌ای از کشت‌های بومی همانند گندم و ارزن یا کشت‌های جدید مانند ذرت علوفه‌ای را جایگزین نمود. در هر صورت هر گونه سامان‌دهی الگوی کشت، زمانی امکان اجرایی می‌یابد که با مشارکت بهره‌برداران کشاورزی و تحول جدی در نظام کشاورزی فعلی در منطقه همراه باشد.

با توجه به مصرف بالای آب در زراعت‌های چغندرقد و یونجه، عملکرد پایین تولید در هکتار و ارزش افزوده‌ی ناچیز، حذف کشت این محصولات و جایگزینی آنها توسط سایر کشت‌های مرسوم در عرصه‌ی مورد بررسی مانند گندم، جو، ارزن و پنبه علاوه بر کاهش استحصال آب از سفره‌ی زیرزمینی نتایج اقتصادی مطلوبتری را نصیب بهره‌برداران کشاورزی می‌نماید. به عنوان مثال جایگزینی تناوب کشت یکساله گندم و ارزن که از نظر اجتماعی، مذهبی و عرفی مورد حمایت کشاورزان نیز می‌باشد به جای کشت چغندرقد و یونجه در سطح اراضی

زیرکشت محدوده‌ی پایلوت، میزان آب صرفه‌جویی را با احتساب راندمان فعلی انتقال و توزیع آب به میزان ۳۹۷۵۳۸ متر مکعب کاهش خواهد داد به عبارت دیگر میزان صرفه‌جویی برابر ۲۹۷۳ و ۳۹۵۵ متر مکعب در هکتار به ترتیب در کشت‌های چغندر قند و یونجه صورت خواهد گرفت. همچنین ارزش افزوده هر هکتار از اراضی با سقف عملکرد تولید فعلی در هکتار، با جایگزینی تناوب کشت گندم و ارزن به ترتیب ۲۶۱۱۵۰ و ۴۹۳۸۳۰ ریال افزایش خواهد داشت به عبارت دیگر درآمد خالص هر مترمکعب آب (NBPD) از ۲۱۳ و ۱۸۵ ریال در کشت چغندر قند و یونجه به ۵۸۰ ریال در تناوب زراعی گندم و ارزن افزایش می‌یابد. البته چنانچه متوسط عملکرد در تولید محصول گندم و ارزن افزایش یابد، ارزش افزوده در هر مترمکعب آب به حد قابل توجهی افزایش یافته و درآمد زیادی نصیب بهره‌برداران کشاورزی خواهد نمود. همچنین چنانچه سیستم انتقال و توزیع آب زراعی از حالت سنتی فعلی خارج و نوین گردد میزان آب صرفه‌جویی نیز بسیار بیشتر خواهد بود.

از سوی دیگر چنانچه فقط کشت گندم جایگزین چغندر قند و یونجه گردد و زمین بعد از برداشت گندم در تناوب سالیانه به صورت آیش قرار گیرد، میزان آب صرفه‌جویی شده در هر هکتار با راندمان فعلی انتقال و توزیع آب به ترتیب برابر ۷۸۸۳ و ۸۸۶۵ متر مکعب بوده که مجموع آب صرفه‌جویی شده فقط در محدوده‌ی پایلوت حدود ۸۵۰۰۰۰ مترمکعب آب خواهد بود. هر چند این مسأله در توانمندسازی آبخوان دشت بیرجند به علت کاهش استحصال آب بسیار مؤثر می‌باشد، اما ارزش افزوده هر هکتار برای بهره‌برداران کشاورزی حدود ۳۸٪ در کشت چغندر قند و ۳۳٪ در یونجه کاهش خواهد یافت البته چنانچه عملکرد متوسط تولید گندم در هکتار افزایش یابد، این کاهش درآمد بهره‌برداران براحتی قابل جبران است.

همچنین چنانچه پنبه به عنوان یک کشت سنتی و اشتغال‌زا (در جریان تولید محصول و بعد از آن) جایگزین اراضی چغندر قند و یونجه گردد میزان آب صرفه‌جویی شده در هکتار برابر ۲۹۴۶ و ۳۹۲۸ متر مکعب با راندمان فعلی انتقال و توزیع آب خواهد بود. هر چند سود خالص بهره‌برداران در هکتار تغییر چندانی نخواهد یافت اما شاخص NBPD به ترتیب ۳۷ و ۶۵ ریال در ازای هر متر مکعب آب افزایش خواهد یافت.

توجه به کشت‌های جایگزین نوین از جمله کشت‌های علوفه‌ای به علت اشتغال به دامداری به عنوان اصلی‌ترین شغل جانبی بهره‌برداران کشاورزی و نیاز به علوفه در واحدهای صنعتی و نیمه‌صنعتی در محدوده‌ی مورد بررسی از جمله مواردی است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، به طوری که هم اکنون تعدادی از واحدهای بهره‌برداری کشاورزی بزرگتر از طریق فعالیت‌های مراکز ترویج کشاورزی به جایگزین نمودن کشت‌های علوفه‌ای جدید ترغیب شده‌اند. به عنوان مثال جایگزین شدن ذرت علوفه‌ای به جای کشت‌های با مصرف آب زیاد نشان می‌دهد که علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، ارزش افزوده قابل توجهی نیز نصیب بهره‌برداران کشاورزی می‌نماید.

گزارش‌های تهیه شده نشان می‌دهد که مقدار آب مورد نیاز هر هکتار ذرت علوفه‌ای در طول دوران کشت ۹۸۲۸ مترمکعب و ارزش ناخالص تولیدی در هکتار ۱۲۸۸۵۲۳۶ ریال است. با توجه به هزینه‌ی تولید ۳۷۳۶۷۱۸ ریال در هر هکتار، درآمد خالص هر هکتار ذرت علوفه‌ای برابر با ۹۱۴۸۵۱۷ ریال می‌باشد (جهاد کشاورزی خراسان جنوبی، ۱۳۸۴: ۲) که ارزش خالص اقتصادی هر متر مکعب آب (NBPD) برابر با ۹۲۸ ریال خواهد بود. این میزان حدود سه برابر درآمد خالص حاصله از مصرف هر متر مکعب آب در محصولات گندم، جو، ارزن و پنبه می‌باشد. میزان صرفه‌جویی آب نیز به ترتیب ۴۹۰۲ و ۵۸۸۴ مترمکعب در هکتار در جایگزینی ذرت علوفه‌ای به جای چغندر قند و یونجه بوده که میزان کل صرفه‌جویی آب با احتساب راندمان انتقال و توزیع فعلی آب در کشت مذکور سالیانه برابر ۵۴۵۱۷۶ مترمکعب آب می‌باشد که رقم قابل توجهی می‌باشد. به هر صورت خاطر نشان می‌سازد که کمبود آب و تکیه‌ی صرف بر ذخیره‌ی آبخوان‌ها که به علت وجود خشکسالی‌ها و گسترش نیازهای بخش‌های اقتصادی- اجتماعی مناطق خشک کشور همانند خراسان جنوبی را با بحران جدی در تأمین آب مواجه ساخته؛ باید دیدگاه‌های گوناگون مدیریت آب در بخش کشاورزی این مناطق با اولویت نگرش اقتصاد زیست‌محیطی، شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی را در کنار سایر روش‌های مدیریت آب در این بخش مورد توجه جدی قرار گیرد.

پیشنهادها

هر چند در ارتباط با محدود کردن استحصال آب از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق کشاورزی گزینه‌های متنوعی همانند: ۱- نظارت کافی جهت جلوگیری از مازاد برداشت‌های خارج از پروانه بهره‌برداران کشاورزی ۲- استفاده از کنتورهای هوشمند آب ۳- جایگزین نمودن کانال‌های مدرن انتقال آب کشاورزی به جای جوی‌های سنتی ۴- تغییر روش آبیاری ۵- طولانی نمودن دوره‌ی آبیاری در طی خشکسالی‌ها ۶- تعیین قیمت مناسبی به عنوان آب بهای کشاورزی ۷- خرید چاه‌های کشاورزی توسط دولت ۸- در اولویت قرار دادن استفاده از پساب شهری بیرجند به جای استحصال آب تعدادی از چاه‌های کشاورزی، به عنوان نتایج حاصل از بررسی‌های پیمایشی و مصاحبه با بهره‌برداران کشاورزی و نهادهای اجرایی در کنار پژوهش مبنایی طرح در محدوده‌ی پایلوت می‌توانند مورد توجه قرار گیرند، که هر یک از موارد مذکور نیاز به انجام مطالعات و بررسی‌های کافی دارد. اما پیشنهادهای مطرح شده در این مقوله منحصراً تکیه بر مواردی دارد که با توجه به نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی به دست آمده که بر پایه‌ی دو محور اصلی طرح گردیده‌اند. محور اول مربوط به کاهش استحصال آب از طریق سامان‌دهی الگوی زراعی مناسب و مورد پذیرش بهره‌برداران، محور دوم درآمدزایی مناسب برای بهره‌برداران کشاورزی از طریق اشاعه‌ی الگوی ترویجی کشت مورد نظر بر پایه محور اول می‌باشد.

منابع و مآخذ

- ۱- جهاد کشاورزی خراسان (۱۳۸۰). طرح توسعه‌ی آبخوان‌داری در شرق دشت بیرجند، گزارش هوا و اقلیم (جلد پنجم)، مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام.
- ۲- رحیمی، حسن و هومن خالدی (۱۳۷۹). بحران آب در جهان و ایران و راههای مقابله با آن، اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی، جهاد دانشگاهی استان کرمان.
- ۳- زارعی، عبدالمجید (۱۳۷۶). مفاهیم آمار و اطلاعات، نشر مشهد، ۱۸۳ صفحه.
- ۴- سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی (۱۳۸۴). نگرشی بر توسعه‌ی اقتصادی خراسان جنوبی، معاونت طرح و برنامه، اداره آمار و فن‌آوری اطلاعات.
- ۵- شرکت آب منطقه‌ای خراسان (۱۳۸۲). سیمای آب خراسان جنوبی، معاونت برنامه‌ریزی و بهبود مدیریت.
- ۶- شرکت آب منطقه‌ای خراسان جنوبی (۱۳۸۲). وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند، امور مطالعات منابع آب.
- ۷- شرکت آب منطقه‌ای خراسان (۱۳۸۲). وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند، مهندسی مشاور سامان آب سرزمین، معاونت مطالعات پایه منابع آب.
- ۸- شرکت آب منطقه‌ای خراسان (۱۳۸۳). گزارش توجیهی ممنوعیت دشت بیرجند، معاونت مطالعات پایه منابع آب.
- ۹- کردوانی، پرویز (۱۳۷۴). ژئوهیدرولوژی (در جغرافیا)، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- ۱۰- مدیریت امور آب بیرجند (۱۳۷۷). گزارش توجیهی ممنوعیت دشت بیرجند، گروه مطالعات امور آب.
- ۱۱- مدیریت امور آب بیرجند (۱۳۸۲). گزارش توجیهی ممنوعیت دشت بیرجند، گروه مطالعات امور آب.
- ۱۲- احسانی، مهرزاد و هومن خالدی (۱۳۸۲). بهره‌وری آب کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۱۳- وزارت نیرو (۱۳۸۴). بررسی و تحلیل جداول‌گانه پیلان آب در خراسان جنوبی، شرکت مدیریت منابع آب کشور، مرکز آمار و انفورماتیک دفتر مطالعات پایه منابع آب خراسان جنوبی.
- ۱۴- وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۳). مجموعه دستورالعمل‌های اجرایی طرح تهیه آمار محصولات زراعی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی.
- ۱۵- ولایتی، سعد ا. (۱۳۷۷). مسایل و منابع استان خراسان، انتشارات استان قدس رضوی.
- ۱۶- وزارت کشاورزی (۱۳۷۹). مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی، مهندسین مشاور تاک سبز، معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی.