

|                                                                                                            |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Yield and water productivity of maize and wheat under deficit and raised bed irrigation practices in Egypt | عنوان انگلیسی ترجمه |
| عکس دو بهره‌وری آب محصولات ذرت و گندم در شرایط کم آبیاری و پشته ثابت کشت در مصر                            | عنوان فارسی ترجمه   |
| مجله تحقیقات کشاورزی، جلد ۷ (۱۱)، صفحات ۱۷۵۵-۱۷۶۰                                                          | منبع ترجمه          |
| مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران                                                           | واحد تهیه کننده     |
| ۹۴/۸/۲۳                                                                                                    | تاریخ صدور نسخه     |
| ۱                                                                                                          | شماره نسخه          |
| ۱۰                                                                                                         | تعداد صفحات         |
| قابل استناد - غیر قابل انتشار                                                                              | طبقه بندی           |
|                                                                                                            |                     |
| مسئول تایید کننده                                                                                          | مسئول تهیه کننده    |
| مهندس عباس کشاورز - مهندس محمد حسین شریعتدار                                                               | عاطفه نژاد علی      |

## عملکرد و بهره‌وری آب محصولات ذرت و گندم در شرایط کم آبیاری و پشته ثابت کشت در مصر

Mohammed Karrou, Theib Oweis, Rashed Abou El Enein and Mohamed Sherif

### چکیده

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی کارایی روش‌های کم آبیاری<sup>۲</sup> (DI) و پشته ثابت کشت<sup>۳</sup> (RB) محصولات گندم و ذرت و مقایسه آنها با روش‌های آبیاری مرسوم کشاورزان<sup>۴</sup> (FT) و آبیاری کامل<sup>۵</sup> (FWR) در دلتای نیل مصر طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۶ و ۲۰۰۶-۲۰۰۷ می‌باشد. نتایج مربوط به محصول ذرت نشان می‌دهد که در مقایسه‌ی آبیاری کامل و روش آبیاری مرسوم کشاورزان، آب به کاررفته به میزان ۶۴۰ و ۴۶۰ مترمکعب بر هکتار کاهش یابد، محصول ۷-۸٪ به ترتیب در سال اول و دوم کاهش می‌یابد. روش‌های کم آبیاری و پشته ثابت کشت منجر به صرفه‌جویی ۱۶۰۰ مترمکعب آب در هکتار برای ذرت و ۱۵۰۰ متر مکعب آب در هکتار برای گندم شده است. صرفه‌جویی آب ناشی از کم آبیاری، ۸،۸٪ کاهش محصول برای ذرت را به همراه داشته اما اثری بر گندم نداشته است. پشته ثابت کشت اثری قابل توجهی بر عملکرد هیچ‌کدام از محصولات نداشته است. به طور متوسط میزان بهره‌وری آب ۱،۵۳، ۱،۶۶، ۱،۸۳ و ۱،۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب برای ذرت و ۱،۳، ۱،۳۸، ۱،۸۶ و ۱،۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای گندم به ترتیب در روش‌های آبیاری مرسوم کشاورزان، آبیاری کامل، کم آبیاری و پشته ثابت کشت بوده است. از این مطالعه نتیجه می‌گیریم که با پیاده کردن روش کم آبیاری، بدون اثر چشمگیری بر کاهش محصول، به خصوص گندم، حجم آب قابل توجهی ذخیره می‌کند. در هر حال پشته ثابت کشت روش امید بخش‌تری برای هردو محصول می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** صرفه‌جویی آب، آبیاری سطحی، آزمایش در محل مزرعه، بهره‌وری زمین، معاوضه پایاپای

<sup>۱</sup> پذیرش مقاله در تاریخ ۲۳ ژانویه ۲۰۱۲ بوده است

<sup>۲</sup> Deficit irrigation

<sup>۳</sup> Raised bed

<sup>۴</sup> Farmers' practice

<sup>۵</sup> Full irrigation

در سطح جهانی، کشاورزی اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب است. از طرف دیگر بدلیل افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان و وقوع خشکی در بیشتر کشورها، منابع آب کمیاب و محدود شده‌اند. در کشور مصر بیش از ۸۰٪ از آب موجود در کشاورزی مصرف می‌شود و عملکرد محصولات به میزان قابل توجهی بر پایه‌ی آبیاری می‌باشد. تقاضای بیشتر آب به دلیل افزایش جمعیت و توسعه مناطق تحت آبیاری بر منابع آب فشار می‌آورد. با وجود اینکه منابع آب با روند تصاعدی رو به کاهش است، بیشتر کشاورزان به خصوص کشاورزان کوچک به استفاده از آبیاری غرقابی ادامه داده که نتیجه آن از دست رفتن آب بیشتر به دلیل تبخیر و تعرق و زه‌آبها می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که بیش از ۴۵٪ آب به کار رفته از طریق نفوذ به اعماق خاک و رواناب از دسترس خارج می‌شود. استفاده بیش از حد از آب، میزان شستشوی نیتروژن خاک را افزایش داده و باعث آلودگی بیشتر نیتراتی آب زیرزمینی می‌شود. برای افزایش مساحت زمین‌های تحت آبیاری و افزایش کلی عملکرد محصول در مصر، با استفاده از همان میزان آب موجود، نیاز است گزینه‌هایی که مصرف آب کمتری دارند و عملکرد بهتر (بهره‌وری زمین) و بهره‌وری آب یا کارایی مصرف آب در گیاهان، بهبود و توسعه یابند. یکی از این گزینه‌ها کم آبیاری است که آبی کمتر از نیاز آبی گیاه به آن داده می‌شود. ذرت یکی از محصولات مهم آبی است که در مساحتی حدود ۶۳۰ هزار هکتار طی فصل تابستان در کشور مصر کشت می‌شود (Khalifa et al., 2001). ذرت نیاز آبی و غذایی بالایی در مرحله گل دهی دارد و بیشترین حساسیت به تنش آبی برای این گیاه در این مرحله است که ممکن است عملکرد آن با کاهش تعداد و وزن دانه، کاهش یابد (Pandy et al., 2000). Kirda (۲۰۰۲) گزارش می‌دهد که در شرایط کمبود آب، کم آبیاری می‌تواند به عملکرد اقتصادی بیشتر محصول منجر شود تا اینکه ماکزیمم عملکرد هر واحد آب تامین شده برای یک محصول (W.P به حد مطلوب و ممکن برسد) را داشته باشیم.

ذرت برای انجام کم آبیاری در سرتاسر دوره رشد خود یا در مرحله خاصی از رشد، سازگاری دارد (Karam et al., 2003). استفاده از روش کم آبیاری موجب از دست رفتن بخشی از عملکرد دانه تولیدی می‌گردد که میزان این کاهش به درجه تنش آبی وارده بستگی دارد. El-Sabbagh و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند زمانی که آبیاری در ۸۰٪ ظرفیت زراعی انجام شود در مقایسه با آبیاری در ۶۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی، بالاترین عملکرد به دست می‌آید. علاوه بر این، Musick and Dusek (۱۹۸۰) نشان دادند که عملکرد محصولات تابستانه نظیر ذرت، به کمبود آب خاک در همه مراحل رشد، واکنش نشان می‌دهد. Pandy و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند با کم آبیاری در دوره رشد، عملکرد دانه از ۷٪ تا ۱۱٪ کاهش می‌یابد. زمانی که کم آبیاری در

مرحله رشد و نزدیک مرحله زایشی<sup>۶</sup> اعمال شده، در عملکرد کاهش قابل توجه ۲۳ تا ۲۶٪ مشاهده شده است. به هرحال بیشتر محققین نشان داده‌اند که مرحله گل دهی بیشترین حساسیت به تنش آبی را دارد ( NeSmith and Ritchie، ۱۹۹۲؛ Ortega et al، ۱۹۹۵). کاهش عملکرد به طور مشخص ناشی از اثر کمبود آب روی تعداد دانه در واحد سطح است تا وزن دانه‌ها. محصول مهم دیگر مصر گندم می‌باشد. به هرحال تولید داخلی آن کم است و پاسخگوی رشد جمعیت نیست. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۳، کل تولید گندم ۶،۸۴ میلیون تن و مصرف سالانه حدود ۱۲ میلیون تن بوده است. از این رو مصر برای پاسخ گویی به رشد سریع جمعیت، به شدت به واردات گندم متکی است. در سطح مزرعه کشاورزان سعی می‌کنند تولید را با آبیاری افزایش دهند. متأسفانه همانند ذرت آنها از روشهای سنتی استفاده می‌کنند که به میزان آب زیادی نیاز دارد.

روش جایگزین دیگر کم آبیاری است. کم آبیاری بصورت بالقوه می‌تواند در مصرف آب بخصوص در مناطقی مانند منطقه منوفیا که شوری پایین است، صرفه جویی کند. Kang و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که افزایش ۲۰ تا ۴۵٪ در عملکرد دانه محصول گندم بهاره با کاهش آبیاری به مقدار ۳۰ تا ۶۰ میلیمتری در مرحله بندکشی (مفصل بندی)<sup>۷</sup> امکان پذیر خواهد بود. Zhang و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که عملکرد محصول، شاخص محصول و کارایی مصرف آب در شرایط کم آبیاری در مقایسه با شرایط بدون تنش آبی بهبود یافتند. Metwally و همکاران (۱۹۸۴)، Mohamed (۱۹۹۴)، El-Bably (۱۹۹۸) و El-Sabbagh و همکاران نشان دادند اگر گندم زمانی که ۵۰-۶۰٪ رطوبت خاک آن تخلیه شده، آبیاری شود عملکرد آن به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. کم آبیاری همچنین می‌تواند بهره‌وری آب را بهبود بخشد و آب ذخیره شده می‌تواند برای آبیاری مناطق یا محصولات دیگر استفاده شود. با مروری بر بهره‌وری آب محاسبه شده محصول ( Zwart and Bastiaanssen (۲۰۰۴) نتیجه گیری شد که کم آبیاری، بهره‌وری آب را در بسیاری از محصولات که شامل گندم و ذرت هم می‌شود، افزایش می‌دهد. اما Farre and Faci یافتند که در ذرت و سورگوم بهره‌وری آب با کاهش آبیاری کاهش می‌یابد. بر طبق مطالعات Oweis و همکاران (۱۹۹۸)، وابستگی میزان بالای بهره‌وری آب با عملکرد بالا در مدیریت محصول برای رسیدن به مصرف کارآمد منابع آب در مناطقی با کمبود آب مفهوم مهمی دارد. کاشت بر روی پشته ثابت کشت روش دیگری است که بدون کاهش عملکرد محصول امکان ذخیره آب را می‌دهد. Hobbs و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که کاشت بر روی پشته‌های ثابت کشت کمک قابل توجهی به بهبود توزیع آب و بهره‌وری و افزایش بهره‌وری مصرف کود و کاهش هجوم علف های هرز، کاهش خوابیدگی محصول و کاهش وزن بذر کاشته شده در یک هکتار بدون کاهش عملکرد می‌کند. Sayre and

<sup>۶</sup> reproductive

<sup>۷</sup> Jointing (از مراحل رشد که در آن قسمت میان دو بند یا گره شروع به رشد میکند)

Hobbs (۲۰۰۴) از اطلاعات گندم در کشورهای مختلف استفاده کردند و نشان دادند که روش‌هایی باعث افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب شده و در مقایسه با کاشت سنتی، آب به میزان ۲۰ تا ۴۵٪ صرفه جویی می‌شود. کاهش مقدار آبیاری احتمالا به میزان زیادی ناشی از کاهش نفوذ عمقی (Humphreys et al., 2004) و همچنین تبخیر می‌باشد. طبق مطالعات Ferre و Faci (۲۰۰۶)، رابطه بین عملکرد محصول و آب آبیاری استفاده شده از نظر اقتصادی مهم‌تر از رابطه بین عملکرد محصول و تبخیر و تعرق است. هدف از این مطالعه محاسبه اثر کم آبیاری و پشته ثابت کشت بر روی عملکرد و بهره‌وری آب در مزارع کاشت ذرت و گندم در مصر می‌باشد.

## مواد و روشها

آزمایش‌ها در اراضی کشاورزان با مشارکت کامل آنها در الماکاتا در بخش قدیمی دلتای مرکزی مصر (۳۰ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۳۱ درجه و ۱ دقیقه شرقی) در دو دوره زمانی ۲۰۰۵/۲۰۰۶ (سال اول) و ۲۰۰۶/۲۰۰۷ (سال دوم) انجام گردید. خاک عمیق و دارای بافت ریز (رس ۳۱ تا ۴۳٪) و شوری کم ( $EC < 0.43 dS/m$ ) بوده است. حد ظرفیت زراعی، پژمردگی و دانسیته ظاهری در پروفیل خاک (۰ تا ۶۰ سانتیمتر) بطور متوسط به ترتیب ۴۰، ۲۰ و ۱،۳۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب بودند. میزان بارش در دوره‌های ۲۰۰۵/۲۰۰۶ و ۲۰۰۶/۲۰۰۷ به ترتیب ۴۵ و ۲۲ میلیمتر در طول دوره رشد بوده است. در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ ماه‌های فوریه و مارس نسبتاً مرطوب با بارش ماهانه ۱۵ میلیمتر در ماه اول و ۱۱،۷ میلیمتر در ماه دوم بودند. در سال ۲۰۰۶/۲۰۰۷ ماه ژانویه باران بیشتری داشته است (۱۴ میلیمتر). بنابراین محصولات بدون آبیاری امکان رشد نداشتند. آزمایش‌ها بر روی چهار زمین کشاورزان در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ و ۲۰۰۶/۲۰۰۷ برای محصولات گندم و ذرت انجام شدند. روش‌های مورد آزمایش شامل شیوه مرسوم آبیاری سطحی کشاورزان که سطح مزرعه با آبیاری غرقاب می‌شود (معمولاً بیشتر از آن چه محصول نیاز دارد)، آبیاری کامل در حد برآورد نیاز آبی کامل محصول، کم آبیاری در حد برآورد ۷۰٪ نیاز آبی محصول در هر آبیاری و در نهایت پشته ثابت کشت، می‌باشد. در آبیاری کامل ۲۰٪ آب مصرفی برای نیاز آبتوی می‌باشد. در آبیاری سطحی میزان آب با استفاده از فلوم (CUTTROT) واسنجی شده، اندازه‌گیری شد. یک فلوم مستطیلی استاندارد در ورودی محل آبیاری و همسطح با آن در شرایط جریان آزاد نصب شده بود. عمق آب مشاهده شده (Ha) و دبی با استفاده از معادله  $Q = C A \sqrt{1.56 H_a}$  که C ضریب ثابت فلوم می‌باشد، محاسبه شده است. در این روش سطح زمین به طور مکرر بدون

اندازه‌گیری میزان نیاز آبی گیاه طبق حالت عادی آبیاری می‌شود. با این وجود میزان و دفعات آبیاری ثبت شده است.

برنامه‌ریزی آبیاری برای دیگر روش‌ها بر طبق تبخیر و تعرق محصول (Etc) انجام شده بود. تبخیر و تعرق (Etc) از روی تبخیر و تعرق گیاه مرجع (Eto) و ضریب گیاهی (Kc) برای ذرت و گندم محاسبه شده است. تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از معادله پنمن مانیتث محاسبه شده است. تبخیر و تعرق به صورت هفتگی محاسبه و آب آبیاری در روش آبیاری کامل بر طبق نیاز آبی کامل انجام شده است. به طور متوسط تعداد آبیاری برای گندم ۵ بار و برای ذرت ۸ مرتبه بوده است. در روش کم آبیاری، گیاه ۷۰٪ نیاز آبی کامل خود آب دریافت کرده است. در روش پشته ثابت کشت، محصول بر روی سطح کمی برآمده با عرض ۱٫۲ متر که توسط جویچه‌هایی با عمق ۲۵ سانتیمتر و عرض ۳۰ سانتیمتر (جایی که آبیاری از آنجا صورت می‌گیرد) از هم جدا شده‌اند، کاشته شده است. ذرت در اوایل ماه ژوئن کاشته و در اواسط سپتامبر برداشت شده است. گندم در سال اول در اواخر نوامبر ۲۰۰۵ و در سال دوم اوایل نوامبر ۲۰۰۶ کاشته و در اوایل ماه می برداشت شده است. مقدار بذر برای گندم ۱۴۴ کیلوگرم بر هکتار و برای ذرت ۳۳ کیلوگرم بر هکتار بوده است. برای هر دو محصول زمین‌های آزمایشی دو مرتبه به وسیله چيزل شخم زده شده و سپس توسط اسکرپیر عمل تسطیح انجام شده است. تناوب کشت گندم - ذرت بوده است. کودها بر طبق توصیه بخش محلی اداره ترویج انجام شده است. برای ذرت، ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار (N/ha)، ۳۶ کیلوگرم فسفات بر هکتار (P2O5/ha) و ۵۷ کیلوگرم پتاسیم بر هکتار (K2O/ha) و برای گندم، ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار، ۳۶ کیلوگرم فسفات بر هکتار و ۵۷ کیلوگرم پتاسیم بر هکتار استفاده شده است. فسفر بصورت سوپرفسفات (۱۵٪ P2O5) و نیتروژن بصورت اوره (۴۶٪ N) و پتاسیم بصورت سولفات پتاسیم (۴۸٪ K2O) مورد استفاده قرار گرفته است.

برای گندم نیتروژن سه بار در طول دوره رشد محصول و در زمان‌های کاشت، پنجه زنی و پایان عمل قد کشیدن ساقه<sup>۸</sup> و برای ذرت بعد از تنک کردن جوانه‌ها و قبل از کاکل دهی<sup>۹</sup> استفاده شده است. در هر زمین میزان آب استفاده شده و عملکرد محصول اندازه‌گیری شده است. بهره‌وری آب محصول دانه از نسبت عملکرد محصول دانه به کل میزان آب آبیاری محاسبه شده است. بهره‌وری اقتصادی آب از تقسیم بازده خالص هر هکتار بر کل میزان آب آبیاری مصرفی محاسبه شده است. بازده خالص از اختلاف بین بازده کل (قیمت × عملکرد) در هر هکتار و کل قیمت‌های متغیر شامل آماده‌سازی زمین، وجین کردن، آبیاری و برداشت و قیمت دانه، کود و

<sup>۸</sup> Boot stage

<sup>۹</sup> Tasseling

آفت کش محاسبه می‌شود. قیمت‌های ثابت از قبیل کرایه زمین حذف شده‌اند. برای ثابت نگه داشتن رفتار و روش کشاورزان آنالیزهای آماری با فرض اینکه کشاورزان در هر سال بعنوان تکرار در نظر گرفته شوند، با استفاده از نرم‌افزار SAS(1996) انجام شد.

## نتایج و بحث

داده‌های میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره‌وری آب در جدول ۱ و ۲ برای ذرت و جدول ۳ و ۴ برای گندم آمده است. به طور کلی آنالیز واریانس نشان می‌دهد که اثرات رفتار آب برای همه متغیرها به جز عملکرد گندم در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ معنی‌دار بودند. طی سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ متوسط میزان آب آبیاری به کار رفته در ذرت ۶۳۳۰، ۵۶۹۰، ۴۷۲۰ و ۴۷۴۰ مترمکعب بر هکتار به ترتیب برای روش‌های آبیاری نرمال کشاورزان، آبیاری کامل، کم آبیاری و پشته ثابت کشت بوده است. در سال ۲۰۰۶/۲۰۰۷ این مقادیر ۷۹۵۰، ۷۴۴۸، ۶۳۵۴ و ۶۴۰۶ متر مکعب بر هکتار به همان ترتیبی که برای سال گذشته گفته شد، بوده‌اند. برای گندم و برای همان شرایط به ترتیب ۵۳۶۹، ۵۳۴۱، ۴۲۰۵ و ۳۸۴۱ مترمکعب بر هکتار در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ و ۶۱۹۳، ۵۵۳۸، ۴۳۴۳ و ۴۶۹۸ مترمکعب بر هکتار برای ۲۰۰۶/۲۰۰۷ بوده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که آب مورد نیاز ذرت بیشتر از گندم است و کشاورزان آب بیشتری به ذرت نسبت به گندم می‌دهند. ذرت در تابستان رشد می‌کند و به حجم زیادی آب جهت عملکرد بالا نیاز دارد. Ainer (۱۹۸۳) نشان داد اگر زمانی که ۲۰٪ از رطوبت موجود خاک تخلیه شده باشد آبیاری انجام شود، آب مصرفی توسط ذرت ۵۱۶۰ مترمکعب بر هکتار بوده که این میزان کمی کمتر از متوسط در شرایط کم آبیاری طی آزمایش این مطالعات می‌باشد. برای محصول ذرت اختلاف بین آب مصرفی در آبیاری نرمال کشاورزان و آبیاری کامل در دوره اول و دوم به ترتیب ۶۴۰ و ۴۶۰ مترمکعب بر هکتار بوده که حدود ۵ و ۶٪ آب ذخیره شده است. با این وجود واکنش عملکرد به آبیاری کامل در مقایسه با روش آبیاری کشاورزان از دوره‌ای به دوره‌ی دیگر متفاوت است. در حقیقت عملکرد در روش کشاورزان از ۹۶۱۰ به ۸۸۴۰ کیلوگرم بر هکتار در طرح آبیاری کامل طی دوره اول کاهش یافته است.

جدول ۱- میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره وری ذرت در روشهای آبیاری مختلف در مصر سال آبی ۲۰۰۵-۲۰۰۶

| روش آبیاری      | میزان آب مصرفی (مترمکعب) | عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) | بهره وری (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| آبیاری کشاورزان | ۶۳۳۰                     | ۹۶۱۰                      | ۱,۵۲                          |
| آبیاری کامل     | ۵۹۹۰                     | ۸۸۴۰                      | ۱,۵۶                          |
| کم آبیاری       | ۴۷۲۰                     | ۸۴۱۰                      | ۱,۷۹                          |
| پشته ثابت کشت   | ۴۷۴۰                     | ۹۰۸۰                      | ۱,۹۲                          |

جدول ۲- میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره وری ذرت در روشهای آبیاری مختلف در مصر سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷

| روش آبیاری      | میزان آب مصرفی (مترمکعب) | عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) | بهره وری (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| آبیاری کشاورزان | ۷۹۵۰                     | ۱۲۲۲۸                     | ۱,۵۵                          |
| آبیاری کامل     | ۷۴۸۸                     | ۱۳۱۰۱                     | ۱,۷۶                          |
| کم آبیاری       | ۶۳۵۴                     | ۱۱۷۴۳                     | ۱,۸۶                          |
| پشته ثابت کشت   | ۶۴۰۶                     | ۱۳۰۵۱                     | ۲,۰۶                          |

جدول ۳- میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره وری گندم در روشهای آبیاری مختلف در مصر سال آبی ۲۰۰۵-۲۰۰۶

| روش آبیاری      | میزان آب مصرفی (مترمکعب) | عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) | بهره وری (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| آبیاری کشاورزان | ۵۳۶۹                     | ۸۵۶۰                      | ۱,۶                           |
| آبیاری کامل     | ۵۳۴۱                     | ۸۳۳۰                      | ۱,۵۶                          |
| کم آبیاری       | ۴۲۰۵                     | ۸۴۴۰                      | ۲                             |
| پشته ثابت کشت   | ۳۸۴۱                     | ۸۹۹۰                      | ۲,۳۵                          |

جدول ۴- میزان آب مصرفی، عملکرد و بهره وری گندم در روشهای آبیاری مختلف در مصر سال آبی ۲۰۰۶-۲۰۰۷

| روش آبیاری      | میزان آب مصرفی (مترمکعب) | عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) | بهره وری (کیلوگرم بر مترمکعب) |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| آبیاری کشاورزان | ۶۱۹۳                     | ۵۹۹۳                      | ۱,۰۱                          |
| آبیاری کامل     | ۵۵۳۸                     | ۶۴۴۴                      | ۱,۲                           |
| کم آبیاری       | ۴۳۴۳                     | ۶۰۰۵                      | ۱,۷۲                          |
| پشته ثابت کشت   | ۴۶۹۸                     | ۶۲۹۰                      | ۱,۴                           |

در سال ۲۰۰۶/۲۰۰۷، کمی افزایش در عملکرد مشاهده شد. بطور متوسط افزایش (در سال ۲۰۰۶/۲۰۰۷) و کاهش (در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶) در عملکرد ناشی از روش‌های آبیاری کامل در مقایسه با عملکرد کشاورزان ۷ تا ۸٪ بوده است. در مورد گندم اطلاعات (جداول ۳ و ۴) نشان داد که در سال اول اختلافی بین میزان آب ذخیره شده در روش آبیاری کامل و شیوه آبیاری کشاورزان وجود نداشت. در سال دوم کشاورز ۷۳۰ مترمکعب بر هکتار آب بیشتر از نیاز محصول استفاده کرد. در این دوره عملکرد محصول از آبیاری غرقابی به آبیاری کامل (به اندازه آب مورد نیاز محصول) تغییر منفی قابل توجهی نکرده و در عین حال حجم آب قابل توجهی (۱۱٪) ذخیره شده است. بطور کلی در آبیاری کامل عملکرد گندم کاهش پیدا نمی‌کند و در شرایط خاص می‌تواند آب ذخیره کند. هدف ذخیره آب با روش آبیاری کامل در مورد ذرت محقق شد، اگرچه عملکرد در طول یکی از دو دوره مطالعه کاهش یافته است. بنظر می‌رسد که اثر منفی آبیاری کامل روی عملکرد محصول طی سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ ناشی از تنش آبی در زمان گلدهی بوده است. در روش آبیاری نرمال کشاورزان مصرف بیش از اندازه آب ممکن است منجر به نگهداری آب در خاک شده و از اینرو گیاه در مرحله بحرانی، آب بیشتری در اطراف خود دارد. NeSmith و Ritchie (۱۹۹۲) و Ortegui و همکاران (۱۹۹۵) نشان دادند که مرحله گلدهی بیشترین حساسیت را به کم آبی دارد. در این حالت کاهش عملکرد ناشی از عدم تکامل گل‌ها می‌باشد و از این رو کاهشی در تعداد دانه‌ها در هر مترمربع وجود دارد (Ferri and Feci., 2009). در هر دو دوره میزان آب آبیاری ذخیره شده به وسیله روش‌های کم آبیاری یا پشته ثابت کشت در مقایسه با روش کشاورزان حدود ۱۶۰۰ مترمکعب بر هکتار در ذرت و ۱۵۰۰ مترمکعب بر هکتار برای گندم می‌باشد.

بنابراین اگر فقط روش کم آبیاری را اعمال کنیم، کشاورز با میزان آب ذخیره شده در هر هکتار مزرعه قادر خواهد بود ۰٫۳ هکتار از همان محصول را آبیاری کند. به هر حال اگر ما این روش را اعمال کنیم، باید مقداری کاهش عملکرد ذرت را در برخی سال‌ها بپذیریم. در حقیقت در فصل اول آزمایش، عملکردهای بدست آمده ۹۶۱۰ کیلوگرم بر هکتار در شیوه آبیاری کشاورزان، ۸۴۱۰ کیلوگرم بر هکتار در روش کم آبیاری و ۹۰۸۰ کیلوگرم بر هکتار در روش پشته ثابت کشت بدست آمده است. در سال دوم نیز مقادیر ۱۲۲۲۸، ۱۱۷۴۳ و ۱۳۰۵۱ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب برای همان روش‌ها به دست آمده است (جداول ۱ و ۲). در نتیجه کاهش آب آبیاری در روش کم آبیاری منجر به کاهش قابل توجه در عملکرد ذرت (۱۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار) تنها در اولین دوره شده است. به طور مشابه Ko و Piccinni (۲۰۰۹) نشان دادند که مدیریت آبیاری در شرایط ۷۵٪ تبخیر و تعرق می‌تواند تولیدی با کاهش عملکرد ۱۰٪ به همراه داشته باشد. از این یافته‌ها، ما می‌پذیریم که برای ذرت، کمبود آب با احتمال بالاتری ممکن است منجر به کاهش بیشتر در بهره‌وری زمین شود. در حقیقت

Ainer (۱۹۸۳) نشان داد که آبیاری ذرت در حالی که ۲۰٪ از رطوبت موجود در خاک تخلیه شده باشد در مقایسه با آبیاری در ۴۰، ۶۰ و ۸۰٪ تخلیه بطور قابل توجهی عملکرد بالاتری خواهد داشت. همان روند توسط Zarkani (۲۰۰۰) نیز مشاهده شد. برای برآورد و انتخاب بین ذخیره آب و کاهش عملکرد ناشی از کم آبیاری، ما کاهش عملکرد به ازای هر مترمکعب ذخیره آب را برآورد کردیم. متوسط داده‌ها بین سال‌ها نشان می‌دهد که این کاهش، ۵۳، ۰ کیلوگرم در ذرت بوده اما تنها ۰،۰۷ کیلوگرم در گندم بوده است. این به معنای این است که روش کم آبیاری پتانسیل بیشتری برای استفاده در محصول گندم در زمستان نسبت به محصول ذرت در تابستان دارد. در گندم روش کم آبیاری، آب را بدون هیچ اثر منفی قابل توجهی بر روی عملکرد آن صرفه جویی می‌کند. در حقیقت مزیت کم آبیاری با حفظ آب خاک در ۷۰٪ نیاز محصول گندم بهاره توسط Kang و همکاران (۲۰۰۲) نشان داده شد که با کاهش آبیاری ۳۰-۶۰ میلیمتری در مرحله رشد ساقه، ۴۵-۲۰٪ عملکرد محصول افزایش می‌یابد.

به طور مشابه Zhang و همکاران (۲۰۰۶) اثر مثبت کم آبیاری تنظیم شده را بر روی عملکرد گندم نشان دادند. البته باید تلفات آب در شیوه آبیاری کشاورزان را که در سطح مزرعه رخ می‌دهد یادداشت کنیم. در یک مقیاس بزرگتر تا زمانی که آب زهکشی شده دوباره در آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، آب در سیستم هدر نمی‌رود. استفاده از پشته ثابت کشت، با وجود اینکه آب آبیاری به میزان قابل توجهی کمتر از آبی بوده است که کشاورزان استفاده می‌کردند، عملکرد چندان تحت تاثیر قرار نگرفت. عملکرد محصول ذرت ۷٪ در سال دوم و برای گندم ۵٪ برای هر دو سال افزایش یافته است. Hamilton (۲۰۰۶) نشان داد که در پاکستان عمل شاخه زنی گندم-ذرت آبی بر روی پشته ثابت کشت دائمی آب را ذخیره میکند و عملکرد را افزایش میدهد. افزایش عملکرد ممکن است ناشی از این واقعیت باشد که بسترها دائمی و در کاهش زهکش شیارها و در افزایش حرکت آب لترالها به ریشه موثرتر بودند. نتایج اثر روش‌های آبیاری در مورد عملکرد آب در ذرت در جداول یک و دو ارائه شده است. بهره‌وری آب در سال اول برای شیوه‌های آبیاری کشاورزان، آبیاری کامل، کم آبیاری و پشته ثابت کشت به ترتیب ۱،۵۲، ۱،۵۶، ۱،۷۹ و ۱،۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. برای سال دوم به همان ترتیب ۱،۵۵، ۱،۷۶، ۱،۸۶ و ۲،۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج مشابه برای گندم در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است. بهره‌وری در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ به همان ترتیبی که گفته شد ۱،۵۶، ۱،۶ و ۲،۳۵ و ۲،۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب و برای سال ۲۰۰۶/۲۰۰۷ به ترتیب ۱،۰۱، ۱،۲، ۱،۷۲ و ۱،۴ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. تولید در شیوه آبیاری کشاورزان همان بهره‌وری آبیاری کامل در سال ۲۰۰۵/۲۰۰۶ بوده اما در سال دوم کمتر بوده است. روش کم آبیاری و پشته ثابت کشت از روشهای دیگر بهره‌وری آب بالاتری داشتند. اگرچه پشته

ثابت کشت بالاترین میزان بهره‌وری را طی دو سال داشته است (شکل ۱). استفاده از روش پشته ثابت کشت بهره‌وری آب را از ۱,۵ کیلوگرم بر مترمکعب در روش آبیاری کشاورزان به ۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داده است. بطور کلی، رابطه بین بهره‌وری آب و عملکرد با یک ضریب تعیین  $(R^2 = 0.47)$ ، معنی دار بود. داده‌ها نشان می‌دهد که برای میزان آب استفاده شده یکسان پشته ثابت کشت از روش کم آبیاری در بیشتر حالت‌ها بهره‌وری آب بالاتری دارد. Hobbs و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که کاشت رو پشته ثابت کشت کمک قابل توجهی به بهبود توزیع آب و راندمان می‌کند، راندمان استفاده از کود را بالا می‌برد و هجوم علف‌های هرز را بدون اثر منفی بر عملکرد کاهش می‌دهد.

وقتی که بهره‌وری اقتصادی آب برای هر دو محصول محاسبه گردید، روندهای مشابهی مشاهده شد. اگرچه داده‌ها نشان می‌دهد که ارزش‌ها برای گندم بطور عمومی بیشتر از داده‌های مشابه برای ذرت بودند. این مقادیر از ۰,۶ پوند مصری بر مترمکعب در شرایط مصرف آب بالا (شیوه آبیاری کشاورزان و آبیاری کامل) تا ۰,۸ پوند مصری بر مترمکعب در روش‌هایی که آب را ذخیره می‌کنند (کم آبیاری، پشته ثابت کشت) در ذرت و از ۲ تا ۲,۸ پوند مصری بر مترمکعب در گندم به همان ترتیب تغییر می‌کردند.

## نتیجه گیری

از این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش‌های کم آبیاری و پشته ثابت کشت، حجم آب آبیاری را کاهش می‌دهد و بهره‌وری آب را بهبود می‌بخشد. با این وجود به دلیل اینکه ذرت یک محصول حساس به تنش آبی است، کم آبیاری ممکن است اثر منفی روی عملکرد محصول داشته باشد. در نتیجه اگر موضوع اصلی ذخیره آب است پس مقداری کاهش عملکرد باید پذیرفته شود یا به عبارت دیگر توازن بین ذخیره آب و کاسته شدن عملکرد برقرار شود. روش دیگر برای صرفه‌جویی در مصرف آب، پشته ثابت کشت است که طبق این مطالعه و مطالعات دیگر این روش هیچ کاهش عملکردی را به دنبال ندارد.