تحلیل اقتصادی مدیریت کم‌آبیاری در کشت خشکه‌کاری برنج[۱]

بهروز عرب زاده و علیرضا توکلی[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۸۲/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۰/۲۵

چکیده

به منظور بهبود بهره‌وری آب و ارزیابی اقتصادی کم‌آبیاری در شالیزارها به روش خشکه کاری، آزمایشی بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار برای برنج رقم طارم در مدت دو سال زراعی (۸۰-۱۳۷۹ و ۷۹-۱۳۷۸) در مزرعهٔ تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، مازندران (آمل) به اجرا درآمد. تیمارهای هفتگانه آبیاری شامل مدیریت‌های مختلف غرقاب متناوب در مراحل رشد بود. برای تحلیل اقتصادی از روش بودجه‌بندی جزیی و شاخص نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید و میزان سود خالص استفاده شد. در تجزیه و تحلیل اقتصادی مشخص شد که تیمار T_3 (تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی دارای ارتفاع آب متناوب (صفر تا ۵ سانتی‌متر) در طی دورهٔ رشد است) دارای نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید برابر۱/۵۷ است و با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد، تنها ۸ درصد افت عملکرد دارد، و سود خالص به ازای واحد آب مصرفی آن نسبت به شاهد (تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی دارای ارتفاع آب ۵ سانتی‌متر و غرقاب دائم در سرتاسر دورهٔ رشد است) ۱۹/۴ درصد بیشتر است. میزان عملکرد برنج سفید تیمار T_3 برابر ۲۰۱۷ کیلوگرم در هکتار است. بنابراین بر اساس نتایج این تحقیق، یکی از روش‌های مدیریت آب در راستای ارتقای بهره‌وری از آب کشاورزی و کسب سود بیشتر، استفاده از برنامه بهینه کم‌آبیاری در شیوه کشت خشکه‌کاری در مناطق مناسب است.

واژه‌های کلیدی

بودجه‌بندی جزیی، بهره‌وری آب، عملکرد برنج، نسبت منفعت به هزینه

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب مؤسسه تحقیقات برنج کشور، با عنوان: «بررسی کم آبیاری تنظیم شده در کشت خشکه کاری برنج رقم طارم»، به شمارهٔ: ۰۰۱-۷۹-۱۲-۷۹-۱۸-۱۲۰

۲- به ترتیب عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور و عضو هیئت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مراغه، کمربند شمالی، جنب باغ فعالیت، مؤسسه تحقیقات دیم مراغه، ص. پ. ۱۱۹، دورنگار: ۲۲۲۲۰۶۹ (۰۴۲۱)، پیام نگار: art.tavakoli@gmail.com

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

افزایش بهره‌وری از آب[1] یکی از عناصر اصلی توسعه منابع آب و افزایش تولیدات کشاورزی و در نتیجه بالا بردن سطح رفاه انسان‌ها محسوب می‌شود. کمبود آب در کشورهای مناطق خشک و نیمه خشک از محدودیت‌های عمدهٔ توسعهٔ کشاورزی در آینده است به طوری که در اغلب این کشورها کل منابع آب قابل دسترس در جهت توسعه به کار گرفته شده یا در حال به کارگیری است و چنانچه تقاضا نسبت به آب موجود افزایش یابد استفاده از آب با راندمان بالا در کشاورزی یا هر زمینه دیگر ضرورت خواهد یافت (Arabzadeh, 2002). از مجموع ۷/۸ میلیون هکتار اراضی فاریاب ایران، ۷/٤ درصد به کشت برنج اختصاص یافته است، در صورتی که ۱۲/٦ درصد از ۸۳ میلیون متر مکعب آب بخش کشاورزی برای آبیاری برنج‌زارها به مصرف می‌رسد. سطح زیر کشت این محصول در ایران برابر ٥٦۰ هزار هکتار، معادل ٤ درصد کل سطح زیر کشت برنج در جهان است و میانگین عملکرد نیز ٤۱۷۳ کیلوگرم در هکتار گزارش‌شده است (Keshavarz & Sadeghzadeh, 2000). شیوهٔ رایج کشت و کار در شالیزارهای ایران کشت نشایی برنج است بدین معنی که نشاء بعد از آماده‌سازی زمین در بستر گل‌خراب[2] کاشته و سپس رژیم آبیاری غرقاب دائم در آن برقرار می‌شود؛ این امر سبب از دست رفتن فرصت بهره‌گیری از آب می‌گردد (Arabzadeh & Aghajani, 2002). بسیاری از محققان می‌گویند که روش آبیاری غرقابی برنج ابزار مدیریتی مناسبی برای کنترل آفات، دسترسی آسان به مواد غذایی، و جلوگیری از تنش آبی است نه یک ضرورت برای گیاه برنج. ضمن اینکه به کارگیری این روش نیاز به مصرف مقادیر زیاد آب دارد (Turner & McCauley, 1983; Chandler, 1989; McCauley, 1990; Brown *et al.*,1978).

کمبود آب برای تولید محصولات کشاورزی همواره در حال افزایش وگسترش منابع جدید آب نیازمند صرف هزینه‌های زیادی است. بهبود و افزایش کارآیی مصرف آب، به خصوص در آسیا که تولید برنج آن تا سال ۲۰۲٥ باید تا ۷۰ درصد تولید فعلی افزایش یابد، جهت حفظ امنیت غذایی آینده ضروری به نظر می‌رسد (Tuong & Bhuiyan, 1999).

بیش از ۹۰ درصد برنج دنیا در آسیا تولید و مصرف می‌شود (FAO, 1997). مقدار زیادی از این محصول در شرایط آبیاری کشت می‌شود. بیش از ۸۰ درصد از منابع آب شیرین در آسیا برای اهداف آبیاری و حدود نصف این مقدار برای آبیاری گیاه برنج مصرف می‌شود (Dawe *et al.,* 1998). بنابراین، آیندهٔ تولید برنج بستگی زیادی دارد به گسترش راهبردهایی که در برنامه‌ریزی آبیاری برای استفاده بهینهٔ از آب در نظر گرفته می‌شود. در شرایط کمبود و محدودیت آب، مضمون استفادهٔ حداکثر از واحد حجم آب، عدول از موازین کلاسیک تعیین آب مورد نیاز گیاه را الزام‌آور می‌نماید. در چنین شرایطی آب به حد لزوم و نه به حد کافی تا جایی به گیاه داده می‌شود که راندمان کاربرد و بهره‌وری آب حداکثر و عملکرد محصول قابل قبول باشد.

1- WP= Water Productivity 2- Puddeled

کم‌آبیاری[1]، یک راهبرد بهینه و برتر برای تولید محصول تحت شرایط کمبود آب است که عمومی‌ترین و اولین پیامد آن کاهش محصول (در واحد سطح) است (Kheirabi *et al.*,1996; Sepaskhah *et al.*, 2006). هدف اساسی در به کارگیری فن کم‌آبیاری، افزایش کارآیی مصرف آب و راندمان کاربرد آبیاری است، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌هایی که کمترین بازدهی را دارند یا در افزایش سود خالص نقشی ندارند. اگر منابع آب (یا اجزای مربوط به منابع آب) محدود یا هزینه‌های آب زیاد باشد، از بعد تحلیل اقتصادی، حداکثر تولید (عملکرد) محصول لزوماً منجر به دستیابی به حداکثر سود خالص نمی‌شود (Sepaskhah *et al.*, 2006). کم‌آبیاری نیازمند مدیریتی منسجم، دقیق، و کارآمد است که با مدیریت آبیاری کلاسیک کاملاً فرق دارد. مدیریت آبیاری، باید تعیین کند که چه درجه‌ای از کم‌آبیاری و چه نوعی از آن را اعمال کند و الگوی بهینه کشت، ارزش اقتصادی، زمان کم‌آبیاری، فیزیولوژی گیاه، و مورفولوژی خاک را کاملاً بررسی کرده باشد (Sepaskhah *et al.*, 2006).

در زمینهٔ کم‌آبیاری در کشت برنج تحقیقات پراکنده‌ای انجام و در آنها آثار رژیم‌های مختلف آبیاری در شیوهٔ نشایی و همچنین کشت مستقیم بررسی شده است. فراهم بودن ارقام برنج زودرس و علف‌کش‌های مناسب، افزایش هزینهٔ کارگری و کاهش سودمندی تولید برنج، کشاورزان بعضی کشورها را تشویق به تغییر سیستم کشت نشایی به کشت مستقیم کرده است.

نتایج تحقیقات در خصوص کشت خشکه کاری نشان دهندهٔ کاهش نیازهای کارگری (Nakamura *et al.*, 1983)، رسیدن زودتر محصول در مقایسه با شیوهٔ نشایی (Chatterjee & Maiti, 1985)، ایجاد فرصت برای داشتن دو یا حتی سه کشت (Singh & Bhattacharrya, 1989)، تولید محصولی معادل کشت نشایی، و صرفه‌جویی در مصرف آب (Nai-Kin *et al.*, 1993) است.

نشان داده شده است که روش آبیاری غرقابی ناپیوسته در مقایسه با روش غرقابی پیوسته باعث صرفه‌جویی آب می‌شود بدون اینکه کاهش محسوس و معنی‌داری در عملکرد دانه به وجود آید (Ibrahim *et al.*, 1995; Tripathi *et al.*, 1986; Li & Cui, 1996). سعادتی و همکاران (Saadati *et al.*, 1999) طی پژوهشی مدیریت‌های مختلف آبیاری غرقاب دائم و غرقاب تناوبی را بررسی کردند و نشان دادند که غرقاب تناوبی بر غرقاب دائم برتری دارد. تحقیق در روش آبیاری بارانی برای برنج نشان می‌دهد که این روش آبیاری می‌تواند موجب صرفه‌جویی در مصرف آب شود (McCauley, 1990)، اما کاهش عملکرد دانه در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری غرقابی پیوسته نیز گزارش شده است (Westcott & Vines, 1986; McCauley, 1990; Surek *et al.*, 1996). در تحقیقی در مورد کشت مستقیم و نشایی برنج گزارش شد که نگهداری مداوم رطوبت خاک در حالت نزدیک به اشباع اگرچه باعث ۵ درصد کاهش محصول می‌شود، ۳۵ درصد آب مصرفی را نیز در مقایسه با شرایط غرقابی کاهش می‌دهد (Tabbal *et al.*, 2002). نتیجهٔ تحقیقات روی برنج تحت

1- Deficit Irrigation

شرایط تنش‌های رطوبتی مختلف نشان دهنده کاهش عملکرد در شرایط کم‌آبیاری و افزایش میزان بهره‌وری آب است (De Datta, 1981).

هدف این تحقیق افزایش بهره‌وری آب آبیاری در تولید دانه برنج و تعیین حد بهینهٔ کم‌آبیاری از جنبهٔ اقتصادی و نیز تعیین حد سودآوری تیمارهای آبیاری بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیرات کم‌آبیاری تنظیم شده در اراضی شالیزاری و بهبود بهره‌وری آب و حصول عملکرد مناسب در کشت خشکه‌کاری برنج، آزمایشی بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل هفت تیمار مدیریت آبیاری، در سه تکرار برای برنج رقم طارم و در مدت دو سال زراعی (۸۰-۱۳۷۹ و ۷۹-۱۳۷۸) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) به اجرا در آمد. تیمارهای مدیریت آبیاری عبارت بود از:

T_1 : تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی دارای ارتفاع آب ۵ سانتی‌متر و غرقاب دائم در سرتاسر دورهٔ رشد است (تیمار شاهد).

T_2 : مانند تیمار T_1 و دارای ارتفاع آب متناوب ۳ سانتی‌متر در طی دوره رشد است.

T_3 : تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی دارای ارتفاع آب متناوب (صفر تا ۵ سانتی‌متر) در دورهٔ رشد است.

T_4 : مانند تیمار T_3 و دارای ارتفاع آب متناوب (صفر تا ۳ سانتی‌متر) است.

T_5 : تیماری که تا شروع مرحلهٔ زایشی دارای ارتفاع آب متناوب (صفر تا ۳ سانتی‌متر) و سپس تا پایان دورهٔ رشد غرقاب دائم با ارتفاع ۳ سانتی‌متر است.

T_6 : مانند تیمار T_5 و دارای ارتفاع آب ۵ سانتی‌متر است.

T_7 : تیماری که پس از گذشت ۳۰ روز از مرحلهٔ بذرپاشی به مدت ۱۵ روز در حال غرقاب دائم به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و سپس تا پایان دوره رشد در حالت اشباع (عمق آب صفر سانتی‌متر) است.

ابعاد کرت‌های آبیاری ۵×۳ متر منظور گردید. آماده‌سازی زمین شامل مراحل شخم اولیه، شخم ثانویه، و روتاری زدن خاک برای تمام تیمارها به صورت یکسان بود. عملیات زراعی مرحلهٔ داشت شامل مصرف کود شیمیایی، کنترل علف‌های هرز قبل و بعد از کاشت با دست و با مواد شیمیایی، اعمال تیمارهای آبیاری، و کنترل آفات و بیماری‌ها بود. میزان مصرف کود برای تیمارها یکسان و بر اساس نتایج تجزیهٔ خاک و نظر کارشناسان تغذیه از فرمول $N_{100}P_{150}K_{100}$ تأمین گردید. نیتروژن از منبع اوره و در دو مرحله (نصف در زمان کاشت بقیه در مرحلهٔ پنجه زنی) و فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و کلاً قبل از کاشت به خاک اضافه شد و پتاس از منبع سولفات پتاسیم و ۴۰ روز پس از کاشت مصرف گردید. میزان آب مصرفی کرت‌ها برای تیمارهای مختلف با استفاده از کنتورهای حجمی آب اندازه‌گیری شد. هزینه و ساعات کاری برای هر تیمار محاسبه شد.

برای ارزیابی اقتصادی تحقیق، هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های ثابت و متغیر در نظر گرفته شد و با توجه به میزان محصول تولیدی، ابتدا درآمد ناخالص و پس از آن سود خالص تعیین شد. هزینهٔ

آب آبیاری (طبق استعلام از اداره امور آب) ۵۰۰ ریال برای هر متر مکعب و قیمت فروش محصول ۷۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم برنج سفید تعیین شد. میزان برنج سفید استحصالی از شلتوک برابر ٦٧ درصد بود. شاخص‌هایی از جمله بهره‌وری آب (WP)، نسبت درآمد ناخالص به کل هزینهٔ تولید (B/C)، سود خالص به ازای واحد آب مصرفی، و حد سودآوری تیمارهای آبیاری از جمله تیمار برتر آبیاری تعیین گردید. یکی از روش‌های بررسی کم‌آبیاری تنظیم شده استفاده از مدل بهینه‌سازی مصرف آب (Sepaskhah *et al.,* 2006) بر اساس عملکرد محصول به ازای مقادیر مختلف آب مصرفی و شرایط و داده‌های محلی (هزینه‌های تولید، محدودیت آب، قیمت محصول، و غیره) وتعیین معادلات و ضرایب توابع تولید و هزینه و تعیین سود خالص است.

نتایج و بحث

جدول‌های شمارهٔ ۱ تا ٤ و در شکل شمارهٔ ۱ نتایج تحقیق شامل میزان عملکرد محصول در کشت خشکه‌کاری، میزان آب مصرفی، هزینه تولید، نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید (B/C)، درآمد خالص، نسبت قیمت واحد آب به قیمت واحد فروش محصول (Pw/Pc)، بهره‌وری آب وحد سودآوری تیمارهای آبیاری نشان داده شده است. ضمن اینکه تابع تولید آب مصرفی – عملکرد و تابع خطی هزینه با توجه به آب مصرفی نیز تعیین شده است.

بر اساس داده‌های آب مصرفی ـ عملکرد تابع تولید برآورد گردید. تابع تولید برازش شده از نوع درجه دو به صورت زیر به دست آمده است:

$$Y = ۰/۰۰۰۹۱\ W^{۲} + ۲/٦۹۹٤٥\ W + ۱٦۹۳/٥۸۱ \qquad r = ۰/۹٦۹ \qquad (۱)$$

در معادله بالا W عمق آب مصرفی بر حسب میلی‌متر و Y عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار است.

همچنین تابع هزینه برازش شده به صورت:

$$C = ۳۱۸۸/۳۱\ W + ۷۰۷۹۳۳۱/۲ \qquad r = ۰/۹۱٦ \qquad (۲)$$

به دست آمده است که W= عمق آب مصرفی بر حسب میلی‌متر؛ و C= هزینهٔ تولید بر حسب ریال در هکتار است.

میزان آب مصرفی، عملکرد شلتوک، هزینهٔ کل تولید، هزینهٔ آب آبیاری، هزینهٔ کل بدون احتساب آب آبیاری، درآمد ناخالص، و نسبت هزینهٔ آب آبیاری به هزینهٔ کل (Pw/Pc) در جدول شمارهٔ ۱ خلاصه شده است. تغییرات سود خالص تیمارهای آبیاری بر اساس تغییرات قیمت آب در محدوده ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال برای هر متر مکعب در جدول شمارهٔ ۲ آمده است. در جدول شمارهٔ ۳ بهره‌وری آب، میزان سود خالص، و نسبت درآمد ناخالص به هزینه تولید (B/C) و در جدول شمارهٔ ٤ حد سودآوری تیمارهای آبیاری ذکر شده است. وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آبیاری در عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری آب که در جدول‌های شمارهٔ ۱ و ۳ نشان داده شده است، بیانگر این نکته است که فقط معنی‌دار بودن یا نبودن یک تیمار نمی‌تواند ملاک انتخاب و گزینش تیمار برتر باشد.

جدول شمارهٔ ۱- میزان درآمد، هزینه‌ها، و سود خالص تیمارهای مختلف آبیاری (ریال در هکتار)

تیمار آبیاری	آب مصرفی (میلی‌متر)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	هزینه کل	هزینه آب آبیاری*	هزینه تولید بدون احتساب آب آبیاری	درآمد ناخالص	Pw/Pc
T_1	۷۶۶/۵	۳۲٦٤ a	۹٦۰٦۲٤٥	۳۸۳۲٥۰۰	۵۷۷۳۷٤٥	۱٥۳۰۸۱٦۰	۰/٤۰
T_2	٦۸٥/٥	۳۰٤٦ ab	۹۱۹۱۷۳۰	۳٤۲۷٥۰۰	۵۷٦٤۲۳۰	۱٤۲۸٥۷٤۰	۰/۳۷
T_3	٥۷٥/۰	۳۰۱۰ ab	۹۰۱۳۷۰۰	۲۸۷۸۰۰۰	٦۱۳٥۷۰۰	۱٤۱۱٦۹۰۰	۰/۳۲
T_4	٥۰٦/۰	۲۸۷٦ b	۸۹۷۷۷٦۰	۲٥۳۰۰۰۰	٦٤٤۷۷٦۰	۱۳٤۸۸٤٤۰	۰/۲۸
T_5	٥٥۰/٥	۲۸٤٥ b	۸۸۰۸٦٦٥	۲۷٥۲٥۰۰	٦۰٥٦۱٦٥	۱۳۳٤۳۰٥۰	۰/۳۱
T_6	٦۱٥/٥	۳۰۱۱ ab	۸۷۹۲۰٦۰	۳۰۷۷٥۰۰	٥۷۱٤٥٦۰	۱٤۱۲۱٥۹۰	۰/۳٥
T_7	۳۸۰/۰	۲٥۷۲ c	۸۱۷۷۱٥٤	۱۹۰۰۰۰۰	٦۲۷۷۱٥٤	۱۲۰٦۲٦۸۰	۰/۲۳

* هزینه آب آبیاری برابر حاصل ضرب آب مصرفی در قیمت واحد آب آبیاری (۵۰۰ ریال برای هر متر مکعب، استعلام از اداره امور آب) است.

جدول شمارهٔ ۲- تغییرات سود خالص تیمارهای آبیاری بر اساس تغییرات قیمت آب

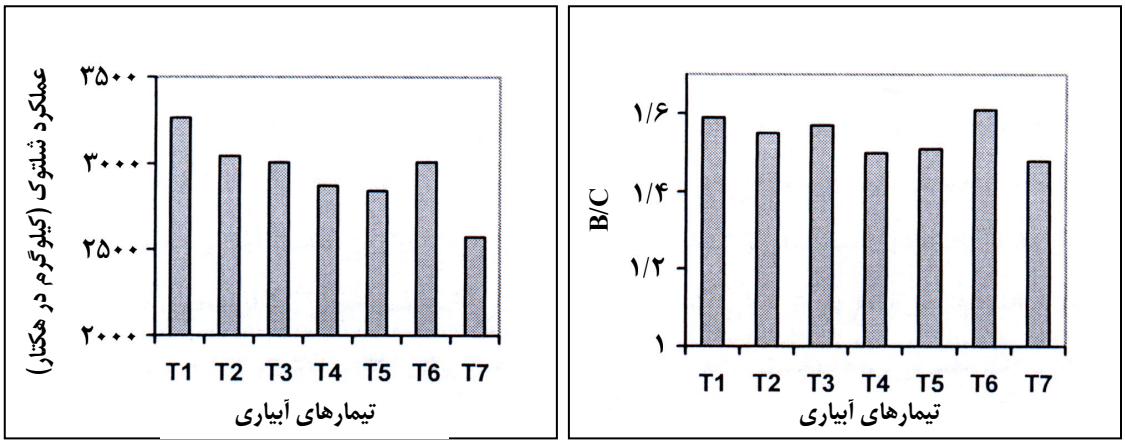
تیمار آبیاری	آب مصرفی (میلی‌متر)	قیمت آب (ریال برای هر مترمکعب)				
		۲۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰
T_1	۷٦٦/۵	۸۰۰۱٤۱٥	۷۲۳٤۹۱٥	۵۷۰۱۹۱٥	۳۷۸٥٦٦٥	۱۸٦۹٤۱٥
T_2	٦۸٥/٥	۷۱٥۰٥۱۰	٦٤٦٥۰۱۰	٥۰۹٤۰۱۰	۳۳۸۰۲٦۰	۱٦٦٦٥۱۰
T_3	٥۷٥/۰	٦۸۳۰۰۰۰	٦۲٥٤٤۰۰	٥۱۰۳۲۰۰	۳٦٦٤۲۰۰	۲۲۲٥۲۰۰
T_4	٥۰٦/۰	٦۰۲۸٦۸۰	٥٥۲۲٦۸۰	٤٥۱۰٦۸۰	۳۲٤٥٦۸۰	۱۹۸۰٦۸۰
T_5	٥٥۰/٥	٦۱۸٥۸۸٥	٥٦۳٥۳۸٥	٤٥۳٤۳۸٥	۳۱٥۸۱۳٥	۱۷۸۱۸۸٥
T_6	٦۱٥/٥	۷۱۷٦۰۳۰	٦٥٦۰٥۳۰	٥۳۲۹٥۳۰	۳۷۹۰۷۸۰	۲۲٥۲۰۳۰
T_7	۳۸۰/۰	٥۰۲٥٥۲٦	٤٦٤٥٥۲٦	۳۸۸٥٥۲٦	۲۹۳٥٥۲٦	۱۹۸٥٥۲٦

جدول شمارهٔ ۳- نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ تولید (B/C) با احتساب قیمت آب مصرفی (۵۰۰ ریال برای هر متر مکعب)

تیمار آبیاری	آب مصرفی (میلی‌متر)	بهره‌وری آب WP_I (کیلوگرم بر میلی‌متر)	درآمد ناخالص (ریال)	هزینهٔ تولید (ریال)	سود خالص (ریال)	B/C
T_1	۷٦٦/۵	٤/۳e	۱٥۳۰۸۱٦۰	۹٦۰٦۲٤٥	۵۷۰۱۹۱٥	۱/٥۹
T_2	٦۸٥/٥	٤/٤ de	۱٤۲۸٥۷٤۰	۹۱۹۱۷۳۰	٥۰۹٤۰۱۰	۱/٥٥
T_3	٥۷٥/۰	٥/۲ bc	۱٤۱۱٦۹۰۰	۹۰۱۳۷۰۰	٥۱۰۳۲۰۰	۱/٥۷
T_4	٥۰٦/۰	٥/۷ b	۱۳٤۸۸٤٤۰	۸۹۷۷۷٦۰	٤٥۱۰٦۸۰	۱/٥۰
T_5	٥٥۰/٥	٥/۲ bc	۱۳۳٤۳۰٥۰	۸۸۰۸٦٦٥	٤٥۳٤۳۸٥	۱/٥۱
T_6	٦۱٥/٥	٤/۹ cd	۱٤۱۲۱٥۹۰	۸۷۹۲۰٦۰	٥۳۲۹٥۳۰	۱/٦۱
T_7	۳۸۰/۰	٦/۸ a	۱۲۰٦۲٦۸۰	۸۱۷۷۱٥٤	۳۸۸٥٥۲٦	۱/٤۸

جدول شمارهٔ ۴- حد سودآوری تیمارهای مختلف آبیاری با توجه به قیمت آب در حصول سود خالص (ریال برای هر متر مکعب)

تیمار آبیاری	آب مصرفی (میلی‌متر)	حد سودآوری					
		۱۲۴۴	۱۲۴۳	۱۳۸۷	۱۳۹۱	۱۳۲۴	۱۳۶۶	۱۵۲۳
T_1	۷۶۶/۵	۰	۵۹۸۷	–	–	–	–	–
T_2	۶۸۵/۵	–	۰	–	–	–	–	–
T_3	۵۷۵/۰	۸۲۱۳۷۰	۸۲۵۸۶۶	۰	–	۳۶۲۰۷۰	۱۱۹۱۳۵	–
T_4	۵۰۶/۰	۷۴۶۵۹۸	۷۵۰۵۵۰	۲۴۵۴۵	۰	۳۴۲۸۳۵	۱۲۹۲۹۵	–
T_5	۵۵۰/۵	۴۳۹۲۷۲	۴۴۳۵۷۲	–	–	۰	–	–
T_6	۶۱۵/۵	۷۵۰۸۸۸	۷۵۵۶۹۶	–	–	۲۵۹۷۵۰	۰	–
T_7	۳۸۰/۰	۱۰۵۸۷۴۵	۱۰۶۱۷۱۳	۵۱۶۴۹۲	۴۹۸۰۵۹	۷۵۵۵۲۴	۵۹۵۱۵۸	۰



شکل شمارهٔ ۱- عملکرد شلتوک و نسبت B/C تیمارهای مختلف کم‌آبیاری برنج

بر اساس جدول شمارهٔ ۱، تیمار T_1 بالاترین میزان عملکرد شلتوک را داراست (۳۲۶۴ کیلوگرم در هکتار) اما کمترین میزان بهره‌وری آب را دارد (۴/۲۷ کیلوگرم بر میلی‌متر) وتیمار T_7 نسبت به تیمار T_1 به میزان ۲۱/۲ درصد کاهش عملکرد دارد (۲۵۷۲ کیلوگرم در هکتار) اما بهره‌وری آب به میزان ۵۸/۵ درصد بیشتر است (۶/۷۷ کیلوگرم بر میلی‌متر). بیشترین میزان بهره‌وری آب مربوط به تیمار T_7 است اما عملکرد دانهٔ آن کمترین میزان و افت عملکرد آن نسبت به تیمار شاهد ۲۱/۲ درصد است.

هدف نهایی زارع تولید بیشتر محصول است لذا این میزان کاهش عملکرد ومشکلات اجرایی در به کارگیری آن، بیشتر بودن مقدار کمی بهره‌وری آب را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد.

تیمارهایی که بین ۱۲ تا ۲۱ درصد افت عملکرد دارند (کمتر از ۳ تن در هکتار شلتوک تولید می‌کنند) به رغم اینکه بهره‌وری آب مصرفی آنها

بالاست، حذف می‌شوند (تیمارهای T_4، T_5 و T_7). با این وضع نمی‌توان با قاطعیت تیماری را انتخاب کرد، باید با لحاظ کردن دیگر جنبه‌ها، تیمار برتر را انتخاب نمود. از میان تیمارهای باقیمانده (T_2، T_3 و T_6) در مقایسه با شاهد (T_1) بیشترین مقادیر WP_I در تولید شلتوک برای تیمار T_3 برابر ۵/۲ کیلوگرم بر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد که افزایشی معادل ۲۱ درصد نسبت به تیمار T_1 دارد، بقیه تیمارها نیز وضعیتی بینابین دارند. در برنج، توان تولید به ازای واحد جریان آب ورودی به مزرعه (بهره‌وری آب) حدود ٦-۲/۵ کیلوگرم بر میلی‌متر است در حالی که این مقدار در گندم ١٦-۸ و در ذرت ۳۹-١٦ کیلوگرم بر میلی‌متر است. پایین بودن بهره‌وری آب در کشت برنج ناشی از بیشتر بودن میزان تلفات عمقی در این گیاه نسبت به دیگر محصولات غذایی است. ضمن آنکه به دلیل سیستم ریشه‌ای کم عمق برنج، از آب ذخیره شده در منطقهٔ رشد گیاهی بهره‌برداری نمی‌شود (Arabzadeh, 2002). اما آنچه قطعی به نظر می‌رسد ضرورت نداشتن غرقاب دائم، در مقایسه با غرقاب متناوب و برنامه‌ریزی شده (برای کنترل علف‌های هرز)، است. سعادتی و همکاران (Saadati *et al.*, 1999) نیز طی تحقیقی نشان دادند که با اعمال مدیریت‌های مختلف (غرقاب دائم، غرقاب دائم تا ظهور سنبلهٔ جوان و سپس تناوب غرقاب و خشکاندن، تناوب غرقاب وخشکاندن تا ظهور سنبلهٔ جوان و سپس غرقاب دائم، اشباع دائم، تناوب غرقاب و خشکاندن و غرقاب دائم به جز خشکاندن تا پیدایش ترک‌های مویی در مرحله ۲۰ تا ۲۵ روز پس از نشاکاری) برای رقم طارم حداکثر عملکرد را تیمار تناوب غرقاب و خشکاندن با ۲۳ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار غرقاب دائم داشته است و در رقم نعمت حداکثر عملکرد را تیمار غرقاب و خشکاندن تا ظهور سنبلهٔ جوان و سپس غرقاب دائم، با ۱۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار غرقاب دائم دارا بوده است. با توجه به جدول‌های شمارهٔ ۱ الی ٤، با افزایش آب مصرفی اندکی عملکرد در واحد سطح افزایش می‌یابد (جدول شمارهٔ ۱) اما همزمان هزینه‌های آب مصرفی بالا می‌رود و میزان سود خالص پایین می‌آید (جدول‌های شمارهٔ ۱ و۳). نکتهٔ بسیار مهم این است که با افزایش هزینهٔ آب مصرفی بالاترین میزان سود خالص مربوط به تیمار T_6 است اما تفاوت آن با تیمار T_3 ناچیز و با داشتن عملکردی برابر، میزان آب مصرفی ٦/۵ درصد کمتر است (جدول شمارهٔ ۲). در شرایط ارزان بودن آب، میزان سود خالص تیمار T_3 کمتر از تیمار T_1 است اما با روند افزایشی قیمت آب و محدودیت بیشتر آن این روند معکوس خواهد شد. در واقع، در شرایطی که قیمت آب مصرفی کم است تیمار T_1 ارجحیت دارد اما با توجه به افزایش هزینه‌های آب مصرفی، محدودیت منابع آب و اشتیاق کشاورزان برای رو آوردن به کشت دوم و سوم، تیمار T_3 برتری خاصی می‌یابد. نسبت درآمد ناخالص به هزینهٔ کل در تیمار T_3 ۱/۵۷ است و با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به تیمار T_1 فقط ۸ درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهد (از ٣٢٦٤ به ۳۰۱۰ کیلوگرم در هکتار شلتوک) و بهره‌وری آب آن نیز حدود ۲۱ درصد بیش از تیمار T_1 است. حد سودآوری تیمار T_3 زمانی است که قیمت آب به

۱۳۸۷ ریال بر متر مکعب برسد که بیشتر از میزانی است که برای تیمار T_6 وجود دارد. لذا با لحاظ کردن نتایج تحلیل زراعی و اقتصادی، تیمار T_3 مطلوب‌ترین تیمار انتخاب می‌شود. بر این اساس، در مدیریت‌های آبیاری، انتخاب گزینهٔ برتر با تلفیق نتایج زراعی و اقتصادی قابل حصول است.

در خصوص خشکه‌کاری، کاهش ۲۰ درصدی نیازهای کارگری گزارش شده است (Nakamura *et al.*,1983). چاترجی و مایتی (Chatterjee & Maiti,1985) می‌گویند که محصول برنج در روش بذر پاشی مستقیم، نسبت به روش نشاکاری یک هفته تا ۱۰ روز زودتر به دست می‌آید. یکی از مشکلات کشت خشکه‌کاری رویش علف‌های هرز است. در کشت نشایی، با اِعمال رژیم آبیاری غرقابی به آسانی و با هزینه‌ای کم می‌توان با علف‌های هرز مبارزه کرد در حالی که در کشت خشکه‌کاری تمهیدات خاص مبارزه با علف هرز، استفاده از علف‌کش‌ها، و به کارگیری روش‌های مکانیکی (وجین دستی)، ضرورت خواهد یافت.

به کارگیری شیوه‌های تلفیقی شامل مدیریت بهینهٔ مصرف آب، غرقاب دوره‌ای، و مدیریت‌های نوین مبارزه با علف‌های هرز از جمله تناوب زراعی مناسب می‌تواند راهبردهایی مناسب در کشت خشکه‌کاری برنج محسوب شوند. بعضی از محققان می‌گویند که با بذر پاشی به‌موقع، کنترل کارآمد علف‌های هرز، و مدیریت مناسب آب و کود عملکرد برنج در شرایط بذرپاشی مستقیم و کشت نشایی برابر است (Nai-Kin *et al.*,1993). سینگ و باتاچاریا (Singh & Bhattacharrya, 1989) گزارش کردند که به رغم مشکلاتی که در استقرار گیاهی وجود دارد، بذرپاشی مستقیم در خاک خشک فرصت خوبی برای افزایش برداشت محصول (دو و یا حتی سه کشت) فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری

همان طور که محققان دیگر نیز اشاره کرده‌اند آبیاری غرقاب متناوب بر آبیاری غرقاب دائم برتری دارد و سبب افزایش بهره‌وری آب آبیاری در تولید محصول، افزایش درآمد، و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. از این رو بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان اقدامات مدیریتی و پژوهشی زیر را جهت بهبود و افزایش عملکرد و بهره‌وری آب پیشنهاد کرد: اجرای سیاست‌های صحیح قیمت‌گذاری آب و برقراری مدیریت صحیح جهت تنظیم عرضه و تقاضا، تغییر روش کشت و کار از نشایی به خشکه‌کاری (بذرپاشی مستقیم در بستر خشک) در مناطق مناسب به عنوان یکی از گزینه‌ها، به کارگیری مواد نگهدارندهٔ رطوبت در خاک برای افزایش دور آبیاری وکاهش تبخیر از سطح خاک، اجرای طرح تجهیز و نوسازی و یکپارچه‌سازی شالیزارها، استفاده از ماشین‌آلات مناسب جهت عملیات شخم و شیار و تسطیح خوب زمین و همچنین خطی کار جهت بذرپاشی، استفاده از ارقامی که بتوانند در کنترل علف‌های هرز مؤثر باشند و در قالب حد بهینه آب مصرفی نیز واقع گردند.

مراجع

1- Arabzadeh, B. 2002. Water and irrigation at rice farming. 145p. (In: Farsi)

2- Arabzadeh, B., Aghajani, S. 2002. Rice (Growth, water requirement, disease and weed control). 160p. (In: Farsi)

3- Brown, K. W., Turner, F. T., Thomas, J. C., Deuel, L. E., and Keener, M. E. 1978. Water balance of flooded rice paddies. Agric. Water Manage. 1, 277-291.

4- Chandler, F. R. 1989. Rice in the tropics: A guide to the development of national programs. Westview press. Boulder Co.

5- Chatterjee, B. N. and Maiti, S. 1985. Principles and practices of rice growing. 2nd Ed. Oxford and IBH Publishing Co. Ltd. New Delhi.

6- Dawe, D., Seckler, D. and Barker, R. 1998. Water supply and research for food security in Asia. Proceeding of the Workshop on Increasing Water Productivity and efficiency in rice - based system. July. IRRI. Los Bonas. Philippines.

7- De Datta, S. K. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons. N. Y. 618p.

8- F.A.O. 1997. Production yearbook. Vol. 50. FAO. Rome. 240p.

9- Ibrahim, M. A. M., El-Gohary, S. A., Willardson, L. S. and Sisson, D. V. 1995. Irrigation interval effects on rice production in the Nile Delta. J. of Irrig. Sci. 16, 29-33.

10- Keshavarz, A., Sadeghzadeh, K. 2000. Agricultural water use management, feauture demand, drought, present condition and new technology for optimization of water use. 10th National Seminar of IRNCID (Iranian National Committee on Irrigation and Drainage). Tehran. Iran. (In: Farsi)

11- Kheirabi, J., Tavakoli, A. R. Entesari, M. R. and Salamat, A. R. 1996. Deficit irrigation manuals. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). 218p. (In: Farsi)

12- Li, Y. H. and Cui, Y. N. 1996. Real time forecasting of irrigation water requirements of paddy fields. Agric. Water Manage. 31, 185-193.

13- McCauley, G. N. 1990. Sprinkler vs. flood irrigation in traditional rice production regions of southeast Texas. Agron. J. 82, 677-683.

14- Nai-Kin, H., Cheng, C. M., Murat, M. and Ismail, M. Z. 1993. MADA'S experiences in direct seeding. Paper in direct seeding. Workshop on Water and Direct Seeding

for Rice. 14-16 June. Muda Agricultural Development. Ampang Jajar. Alor Setar. Malaysia.

15- Nakamura, Y., Murase, H. and Shibusawa. 1983. AMA. 14(3):11-14.

16- Saadati, N., Asadi, R. and Nasiri, M. 1999. Study of stress at different growth stages on rice cultivars (Tarom and Nemat) yield and determinig of water use. Final Research Report. Rice Research Institute. Paper No. 78. 451. 19-26. (In: Farsi)

17- Sepaskhah, A. R., Tavakoli, A. R. and Mousavi, F. 2006. Deficit irrigation, principals and practice. No. 100. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). 291p. (In: Farsi)

18- Siadat, H. 1972. Study soil and water at rice farming of Iran. Soil and Water Research Institute (SWRI). Paper No. 256. (In: Farsi)

19- Singh, K. N. and Bhattacharrya, H. C. 1989. Direct seeded rice. Publishing co. prt.ltd, 66 japan. New Delhi 110001.

20- Surek, H., Aydin, H., Cakir, R., Karaata, H., Negis, M. and Kusku, H. 1996. Rice yield under sprinkler irrigation. International Rice Research Notes. 21, 2-3.

21- Tabbal, D. F., Bouman, B. A. M., Bhuiyan, S. I., Sibayan, E. B. and Satter, M. A. 2002. On- farm strategies for reducing water input in irrigated rice, case studies in the pilippines. Agric. Water Manage. 56, 93-112.

22- Tripathi, R. P., Kushava, H. S. and Mishra, R. K. 1986. Irrigation requirements of rice under shallow water table conditions. Agric. Water Manage. 12, 127-136.

23- Tuong, T. P. and Bhuiyan, S. I. 1999. Increasing water use efficiency in rice production: Farm level perspectives. Agric. Water Manage. 40, 117-122.

24- Turner, F. T. and Mc Cauley, G. N. 1983. Rice. In: Teare, I. D. and Peet, M. M. (Eds.). Crop water relations. John Willey & Sons. N. Y. 307-380.

25- Westcott, M. P. and Vines, K. W. 1986. A comparison of sprinkler and flood irrigation for rice. Agron. J. 82, 667-683.

Economic Analysis of Deficit Irrigation Management for Rice in Direct Dry Seeded Farming

B. Arabzadeh and A. R. Tavakoli

In order to investigate the effects of deficit irrigation management on rice yield at direct dry seeded farming (DDS farming) a field experiment was conducted during 1999-2001 at Rice Research Institute (Mazandaran, Amol). The treatments included seven levels of irrigation management with three replications and Tarom variety was used. Objectives of this study were improving water use efficiency (WP), obtaining maximum net benefit and suitable yield. For economic analysis Partial Budgeting (PB) method and marginal benefit - cost ratio (MBCR) were applied. The results showed that T_1 treatment with 3264 kg.ha^{-1} and T_7 with 2572 kg.ha^{-1} had maximum and minimum yield respectively. At T_3 treatment (3010 kg.ha^{-1}) with 25 percent reduction of water use, and 8% reduction of yield but benefit - cost ratio was 1.57. For T_3 treatment (576 mm water use) water productivity considering yield was calculated to be 5.2. Benefitable limit for optimum level of deficit irrigation management was when total costs of water and irrigation were 1387 rials.m^{-3} water. Results showed that it was not necessary to maintain the rice field submerged in whole duration of growth period. It was possible to increase the area of irrigated fields by using this method. Therefore deficit irrigation method can be applied without noticable yield reduction.

Key words: Benefit-Cost Ratio, Partial Budgeting, Water Productivity, Yield