

ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج در منطقه کوشک استان فارس

نادر پیرمردیان، علی اکبر کامکار حقیقی و علیرضا سپاسخواه^۱

چکیده

این پژوهش در ایستگاه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه کوشک، در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶، برای تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج رقم چمپای کامفیروزی نوع زودرس، توسط لایسیمتر انجام گرفت. با توجه به نتایج آزمایش، محدوده تغییرات تبخیر-تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد ۳/۷۶-۹/۳۴ میلی‌متر در روز اندازه‌گیری شد. برای تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع روش پنمن فائو مناسب دانسته و استفاده گردید. مقدار ضریب گیاهی در دوره اول فصل رشد حدود ۰/۹۷ بوده، در مرحله میانی فصل رشد به مقدار ۱/۲۵، و در هنگام برداشت محصول به حدود ۱/۰۹ رسید. در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶، میزان کل تبخیر-تعرق در دوره رشد به ترتیب برابر ۵۶۰ و ۷۵۷ میلی‌متر، میانگین نفوذ عمقی در طول دوره به ترتیب برابر ۳/۴ و ۳/۵ میلی‌متر در روز، و کل نیاز آبی به ترتیب برابر ۱۹۸۳ و ۲۳۶۱ میلی‌متر برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: ضریب گیاهی، نیاز آبی، برنج

مقدمه

نیاز این گیاه، از عوامل مهم در امر مدیریت آب مزرعه می‌باشد. در جهان پژوهش‌های گوناگونی در مورد نیاز آبی گیاه برنج انجام شده است. فوکودا و تسوتسویی (۱۱) در ژاپن میزان تبخیر-تعرق بالقوه مشاهده شده گیاه برنج در طول فصل رشد را برای رقم زودرس ۴۴۰ میلی‌متر، میانه‌رس ۵۴۰ میلی‌متر و دیررس ۶۴۵ میلی‌متر گزارش کردند. نیاز آبی کل در این پژوهش بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر در روز عنوان گردید. آزمایش‌های تومار و

عامل اصلی موفقیت در کشت ارقام پر محصول برنج، وجود منبع آب مطمئن و کنترل شده است. مقدار آب مورد نیاز گیاه برنج با مقدار تبخیر-تعرق رابطه مستقیم دارد، و مقدار تبخیر-تعرق نیز به شرایط جوی، دوره رشد گیاه، بافت خاک و هم‌چنین روش کاشت بستگی دارد. بنابراین، تعیین میزان تبخیر-تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد، و نیز میزان آب مورد

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

را داشته است. بیشترین نیاز آبی برنج در مرحله گل‌دهی بوده و قطع آب در این مرحله باعث کاهش شدید محصول گشته است. مقدار نیاز آبی برنج برای کل دوره رشد در این پژوهش برابر ۱۹۴۷۳ متر مکعب در هکتار برآورد گردید.

در باره اهمیت نفوذ عمقی در نیاز آبی برنج نیز پژوهش‌های مختلفی انجام شده است. در ژاپن میانگین نفوذ عمقی در خاک‌های مختلف پس از عمل "آب تخت" در مزارع حاصل خیز برنج در ۵۰ سانتی‌متری خاک سطحی اندازه‌گیری شد. این مقادیر برای خاک لوم شنی ۴-۶ میلی‌متر در روز، برای خاک لومی ۳-۴ میلی‌متر در روز و برای خاک لوم رسی ۱-۳ میلی‌متر در روز به دست آمد (۱۱). پژوهش‌های انجام شده در کالیفرنیا (۱۷) گویای آن است که میزان نفوذ عمقی برای کل دوره رشد برنج بسته به نوع خاک بین ۳۰۵ تا ۱۲۲۰ میلی‌متر تغییر می‌کند، و این موضوع اهمیت در نظر گرفتن نفوذ عمقی را به منظور تخمین آب مورد نیاز مزرعه مشخص می‌نماید. در ایران، در منطقه گیلان (۱۴) مقدار نفوذ عمقی پس از نشا کردن به وسیله کم کردن مقدار تبخیر-تعرق از مقدار آب مصرفی مزرعه به دست آمده، که دامنه آن برای منطقه فومن ۱/۹-۴/۲ میلی‌متر در روز، و برای جلگه سفیدرود حدود ۹ میلی‌متر در روز بوده است.

با توجه به اهمیت کشت برنج در استان فارس، که با سطح زیر کشت ۵۵۳۹۲ هکتار پس از استان‌های مازندران و گیلان دارای مرتبه سوم در کشور می‌باشد، و نیز با توجه به این که در مورد نیاز آبی گیاه برنج، و به ویژه ضریب گیاهی آن در منطقه مورد بررسی کوششی صورت نگرفته است، در این پژوهش تلاش شد مقدار ضریب گیاهی در طول فصل رشد و نیاز آبی این گیاه برای استفاده در موارد کاربردی، مانند تعیین الگوی مصرف آب و نیز تخصیص میزان آب لازم در مزارع، تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه کوشک، طی سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ انجام

اوتول (۱۹) در آسیا نشان داد که میانگین شدت تبخیر-تعرق برنج از ۴/۴ میلی‌متر در روز در کشور چین، تا ۹/۸ میلی‌متر در روز در کشور ویتنام تغییر می‌کند. هم‌چنین، ضریب گیاهی در مرحله نشا برابر با ۱/۰۰، در مرحله حداکثر پنجه‌زنی حدود ۱/۱۵، و در مرحله خوشه‌دهی حدود ۱/۳ گزارش شد. میلتون (۱۷) تبخیر-تعرق کل دوره رشد برنج را در کالیفرنیا برابر ۹۱۹ میلی‌متر برآورد نمود. وی عنوان کرد که مدیریت صحیح آب آبیاری و کنترل عمق آب در طول فصل رشد باعث افزایش محصول برنج می‌شود. در پژوهش‌هایی در غرب آفریقا (۱۳) تبخیر-تعرق گیاه برنج به وسیله لایسیمتر اندازه‌گیری شد و مقدار آن بلافاصله پس از غرقاب ۵/۳ میلی‌متر در روز، در هنگام خوشه‌دهی ۷/۱ میلی‌متر در روز، و در زمان رسیدن ۴/۱ میلی‌متر در روز به دست آمد. آزمایش‌های انجام شده در منطقه گیلان (۱۴) نشان داد که تبخیر-تعرق کل دوره رشد برنج برابر ۵۲۸۸ متر مکعب در هکتار، و میانگین تبخیر-تعرق روزانه حدود ۵/۴ میلی‌متر بوده است. هم‌چنین آب مصرفی مزرعه از ۷۳۰۰ متر مکعب در هکتار برای منطقه فومن با خاک فشرده رسی عمیق، تا حدود ۱۹۰۰۰ متر مکعب در هکتار برای منطقه جلگه سفیدرود با خاک‌های سیلتی متغیر بود. هیرا (۱۵) گزارش نمود که میزان تبخیر-تعرق کل دوره رشد برنج با تغییر تاریخ کاشت تغییر می‌کند، و با توجه به این مسئله، میزان تبخیر-تعرق کل دوره رشد برنج برای تاریخ‌های کشت مختلف بین ۵۶۶ تا ۷۳۶ میلی‌متر حاصل گردید. فاتیما و همکاران (۱۰) عنوان نمودند که نیازهای آبی در مراحل مختلف رشد گیاه برنج متفاوت است، و برای نگه داشتن عمق آب یک‌نواخت بایستی مطمئن شد که نیاز آبی گیاه برنج تأمین شده، و نیز جبران تلفات نشا را می‌کند.

خوش خواهش (۱) در منطقه گیلان مقدار تبخیر-تعرق برای کل دوره رشد برنج را حدود ۵۶۰ میلی‌متر و مقدار آب آبیاری را حدود ۱۱۳۰ میلی‌متر گزارش نمود. آزمایش‌های یزدانی و همکاران (۶) در مزارع برنج استان اصفهان نشان می‌دهد که ارتفاع آب پنج سانتی‌متر پای بوته‌ها بهترین محصول

با توجه به رابطه بیلان آب در مزرعه به دست آمد. تغییرات رطوبتی خاک در این دوره با استفاده از نوترون متر اندازه گیری شد. اندازه گیری رطوبت، سه نوبت در هفته، و در عمق های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متر انجام گردید.

داده های هواشناسی مورد نیاز در برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_o) از ایستگاه هواشناسی موجود در محل استخراج گردید (جدول ۳). برای برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع با رجوع به تحقیقات انجام شده (۲، ۴، ۵، ۸ و ۱۶)، و با توجه به مرجع بودن ایستگاه کوشک (دارای پوشش گیاهی کوتاه در اطراف)، مستقر در منطقه کشت شده فاریاب و پژوهش سپاسخواه (۳)، روش پنمن FAO مناسب تشخیص داده شده و استفاده گردید. در این مورد تصحیحات سید عزیزی (۱۸) نیز مد نظر قرار گرفت. با داشتن مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع و نیز تبخیر-تعرق گیاه برنج، حاصل از لایسیمتر، مقدار ضرب گیاهی و تغییرات آن در طول فصل رشد به دست آمد. همچنین، نیاز آبی کل دوره رشد با توجه به اجزای آن، شامل آب لازم به منظور آماده نمودن زمین برای انجام عمل نشا (نیاز آب تخت که به وسیله سرریز نصب شده در ابتدای مزرعه اندازه گیری شد)، تبخیر-تعرق، نفوذ عمقی، ارتفاع آب روی زمین (میانگین مقادیر اندازه گیری شده در طول دوره) و رواناب خروجی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

با توجه به اندازه گیری های روزانه تبخیر-تعرق با استفاده از لایسیمتر، مقادیر میانگین تبخیر-تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد برای سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ به ترتیب برابر ۶/۲۷ و ۶/۸ میلی متر در روز به دست آمد. کمترین مقدار ثبت شده تبخیر-تعرق روزانه ۳/۷۶ میلی متر بوده که مربوط به آخر دوره رشد است، و بیشترین آن ۹/۳۴ میلی متر می باشد که در زمان خوشه دهی اتفاق افتاده است. شکل های ۲ و ۳ تغییرات تبخیر-تعرق گیاه برنج و نیز تبخیر-تعرق گیاه مرجع را در طول دوره رشد، به ترتیب برای سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ نشان می دهند.

شد. ایستگاه مذکور از اراضی زیر دست سد درودزن بوده و آب آبیاری آن از این سد تأمین می شود. وسعت تقریبی ایستگاه ۱۰۰ هکتار است. اراضی ایستگاه به قطعات منظمی با مساحت پنج هکتار تقسیم شده است که پژوهش مذکور در یکی از این قطعات انجام گرفت. به علت بالا بودن سطح ایستابی در منطقه، سیستم زه کشی زیرزمینی با لوله های سیمانی در اراضی ایستگاه وجود دارد.

رقم برنج مورد بررسی چمپای کامفیروزی و نوع زودرس بود، که کشت غالب منطقه می باشد. تاریخ انجام عملیات زراعی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه به ترتیب در جدول های ۱ و ۲ آورده شده است. لازم به توضیح است که به علت وجود پاره های مشکلات اجرایی در سال ۱۳۷۵، عملیات نشا در این سال با تأخیر انجام گردید، و در این سال دوره رشد نسبت به سال ۱۳۷۶ کوتاه تر بود.

در اندازه گیری تبخیر-تعرق از شش عدد لایسیمتر استوانه ای با قطر ۵۶ و ارتفاع ۱۰۰ سانتی متر استفاده شد که در سه مکان از قطعه آزمایشی نصب گردید. در هر مکان یک لایسیمتر ته باز و یک لایسیمتر ته بسته بود (شکل ۱). از لایسیمتر ته بسته مقدار تبخیر-تعرق، و از لایسیمتر ته باز تبخیر-تعرق به علاوه نفوذ عمقی به دست آمد (۷). شرایط کاشت داخل لایسیمتر مشابه شرایط اطراف آن بود. اندازه گیری ها به صورت روزانه انجام گردید. حجم آب کاسته شده از هر لایسیمتر با افزودن مقدار آب لازم به لایسیمتر برای جبران آن (مانند روش اندازه گیری تبخیر در تشت تبخیر) اندازه گیری شد، و با توجه به داشتن سطح لایسیمتر، ارتفاع آبی که صرف تبخیر-تعرق یا تبخیر-تعرق به علاوه نفوذ عمقی شده بود محاسبه گردید.

برای اندازه گیری رواناب خروجی مزرعه از سرریز مثلی ۹۰ درجه استفاده شد، که در انتهای مزرعه نصب گردید. در اواخر دوره رشد، به منظور خشک شدن زمین و امکان ورود ماشین آلات کشاورزی به زمین و برداشت محصول، آبیاری مزرعه قطع گردید. در این دوره، مقدار تبخیر-تعرق گیاه

جدول ۱. تاریخ انجام عملیات زراعی برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ در مزرعه برنج

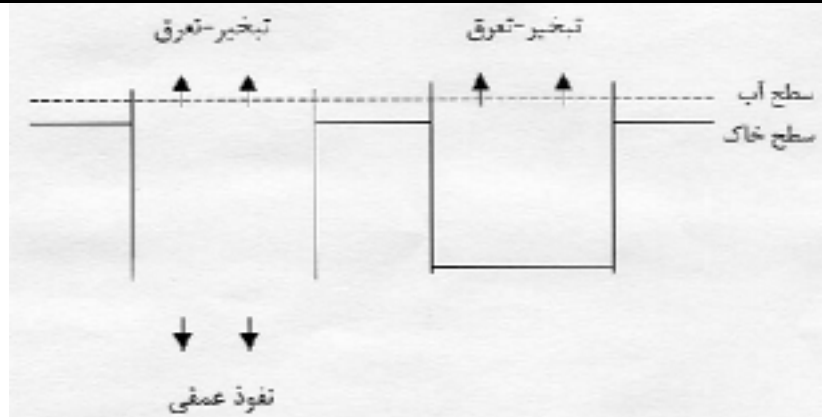
عملیات زراعی	۱۳۷۵	۱۳۷۶
نشا	۲۰ و ۲۱ تیر	۷ و ۸ تیر
قطع آب	۱۲ مهر	۱۴ مهر
برداشت	۲۲ مهر	۲۷ مهر

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد آزمایش (۱۲)

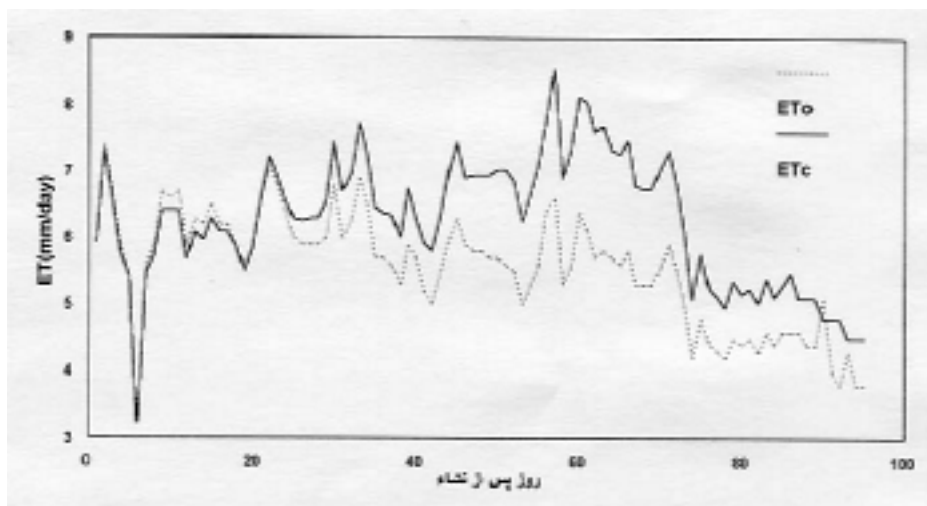
عمق (cm)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	مواد آلی (%)	pH	EC (dS/m)
۰-۱۵	۳۵	۴۸	۱۷	۱/۲	۷/۹	۱/۴
۱۶-۳۲	۴۴	۴۳	۱۳	۰/۹	۸/۲	۱/۵
۳۳-۵۸	۴۹	۳۷	۱۴	۰/۵	۸/۴	۲
۵۹-۸۰	۳۸	۵۳	۹	۰/۴	۸/۳	۱/۱
۸۱-۱۱۰	۳۹	۵۵	۶	۰/۳	۸/۳	۰/۹
۱۱۱-۱۳۵	۳۵	۶۳	۲	۰/۳	۸/۱	۰/۸

جدول ۳. مقادیر میانگین ماهیانه دمای هوا (T)، درصد رطوبت نسبی هوا (RH)، سرعت باد (U) و تبخیر از تشت کلاس A (Ep) برای ماه‌های مختلف فصل رشد برنج در منطقه کوشک (سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶)

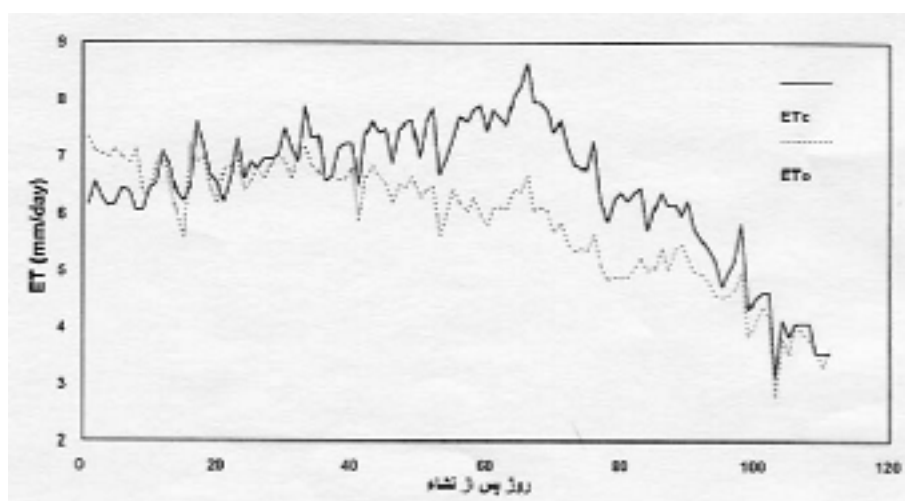
سال ماه	۱۳۷۵				۱۳۷۶			
	T (°C)	RH (%)	U (km/d)	Ep (mm/d)	T (°C)	RH (%)	U (km/d)	Ep (mm/d)
تیر	۲۲/۴	۵۳/۷	۷۰/۶	۱۰/۶۵	۲۶	۴۱/۵	۹۱/۲	۹/۸
مرداد	۲۴/۱	۳۹/۵	۷۴/۱	۱۰/۱	۲۷/۲	۴۶/۷	۸۱	۱۰/۳
شهریور	۲۱/۶	۴۷/۵	۸۱/۱	۹/۲	۲۳/۳	۴۴/۵	۸۴/۱	۸/۷
مهر	۱۷/۴	۵۲/۹	۷۲/۸	۶/۵	۱۸/۹	۵۱/۳	۱۰۶/۵	۶/۵



شکل ۱. لایسیمترهای مجاور برای اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاه برنج و نفوذ عمقی



شکل ۲. تغییرات تبخیر-تعرق گیاه برنج (ETc) و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ETo) برای سال ۱۳۷۵



شکل ۳. تغییرات تبخیر-تعرق گیاه برنج (ETc) و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ETo) برای سال ۱۳۷۶

سرعت باد، رابطه‌ای بین این عوامل به صورت زیر به دست آمد، که این رابطه می‌تواند در برنامه‌ریزی آبیاری در منطقه کوشک استفاده گردد.

$$ETc = 0.871Ep + 0.61W, R^2 = 0.976, SE = 1.025, n = 201, P < 0.05$$

که در آن:

ETc: تبخیر-تعرق گیاه برنج برحسب میلی‌متر در روز

Ep: تبخیر از تشت تبخیر کلاس A برحسب میلی‌متر در روز

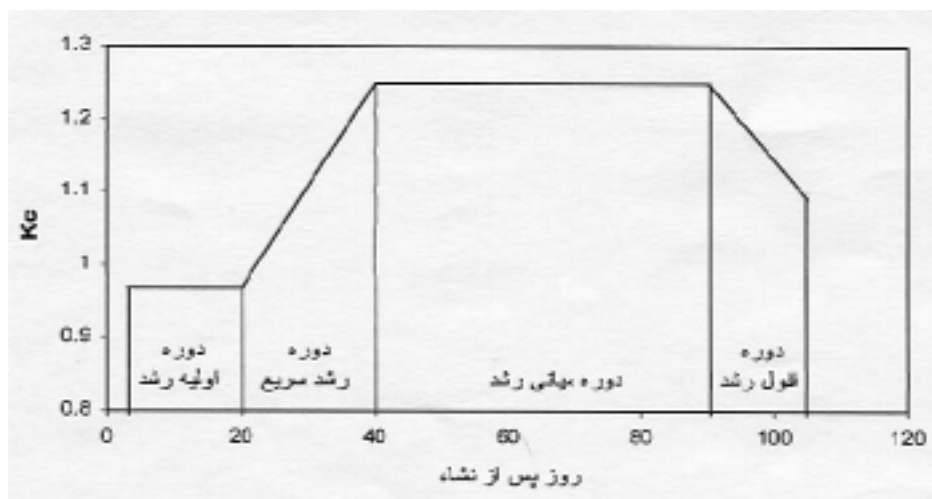
W: میانگین روزانه (۲۴ ساعته) سرعت باد برحسب متر در ثانیه

افزایش اختلاف بین مقادیر تبخیر-تعرق گیاه برنج و تبخیر-تعرق گیاه مرجع در طول دوره رشد نشان از افزایش نیاز آبی برنج در این دوره دارد. جدول ۴ مقادیر میانگین تبخیر-تعرق برنج برای مراحل مختلف دوره رشد و نیز مقدار کل تبخیر-تعرق دوره رشد برنج را نشان می‌دهد. همان گونه که دیده می‌شود مقادیر تبخیر-تعرق برای سال ۱۳۷۶ بیشتر از سال ۱۳۷۵ است. علت این امر را می‌توان در زیاده‌تر بودن میانگین دما و طولانی‌تر بودن دوره رشد در سال ۱۳۷۶ دانست.

در این آزمایش با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر-تعرق گیاه، و نیز مقادیر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و

جدول ۴. مقادیر تبخیر-تعرق گیاه برنج برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶

سال	مرحله پنجه‌زنی (mm/d)	مرحله گل‌دهی (mm/d)	مرحله رسیدن (mm/d)	کل دوره رشد (mm)
۱۳۷۵	۶/۳۷	۷/۱۷	۴/۷	۵۶۰
۱۳۷۶	۶/۹۸	۷/۵۸	۵/۲۸	۷۵۷



شکل ۴. تغییرات ضریب گیاهی برنج در طول فصل رشد

مقادیر نفوذ عمقی حاصل تفاضل مقدار مصرف آب در لایسمترهای مجاور ته بسته و ته باز می‌باشد. میانگین مقدار نفوذ عمقی روزانه برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ به ترتیب برابر ۳/۴ و ۳/۵ میلی‌متر در روز بود. کل نفوذ عمقی برای دوره رشد در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ به ترتیب برابر ۳۲۱ و ۳۹۰ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. مقدار نیاز آبی کل دوره رشد با توجه به اجزای آن محاسبه گردید، که این مقدار برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ به ترتیب برابر ۱۹۸۳ و ۲۳۶۱ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۵). شایان ذکر است که به علت اندازه نگرفتن نیاز آب تخت در سال ۱۳۷۵، مقدار اندازه‌گیری شده آن در سال ۱۳۷۶ برای هر دو سال در نظر گرفته شد. زیاده‌تر بودن مقدار نیاز آبی کل در سال ۱۳۷۶ به دلیل طولانی‌تر بودن طول فصل رشد، و نیز بیشتر بودن میانگین دمای هوا در این سال می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت که با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه و نیز زودرس بودن نوع برنج مورد استفاده، با اعمال یک تأخیزمانی در تاریخ کاشت می‌توان از برنج به عنوان کشت دوم در این منطقه

شکل ۴ تغییرات ضریب گیاهی ($Kc = E_{Tc}/E_{To}$) را در طول فصل رشد نشان می‌دهد، که با توجه به روش توصیه شده به وسیله آلن و همکاران (۹) در نشریه فائو، ۵۶ ارائه گردیده است. این مقادیر میانگین به دست آمده برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ می‌باشد. با توجه به شکل ۴، مقدار ضریب گیاهی برای گیاه برنج در ابتدای فصل رشد حدود ۰/۹۷ بوده و پس از آن با آغاز پنجه‌زنی و گسترش گیاه، مقدار ضریب گیاهی با شیبی تقریباً ثابت یک روند افزایشی دارد. این روند افزایشی تا هنگام وقوع حداکثر مقدار ضریب گیاهی، که حدود ۱/۲۵ است، ادامه می‌یابد. این مقدار Kc در مرحله خوشه‌دهی گیاه اتفاق افتاد. پس از آن منحنی سیر نزولی را طی کرد، که این روند تا زمان برداشت محصول ادامه داشت. در این زمان ضریب گیاهی به حدود ۱/۰۹ رسید. مقادیر به دست آمده برای Kc با توجه به پژوهش تومار و اوتول (۱۹)، که در منطقه آسیا انجام گرفته، و همچنین مقادیر توصیه شده توسط نشریه فائو، ۵۶ منطقی به نظر می‌رسد.

جدول ۵. نیاز آبی کل دوره رشد گیاه برنج (میلی متر)

سال		نیاز آبی
۱۳۷۶	۱۳۷۵	
۳۲۷	۳۲۷	آب تخت
۳۹۰	۳۲۱	نفوذ عمقی
۵۳	۵۷	ارتفاع آب روی زمین
۷۵۷	۵۶۰	تبخیر-تعرق
۸۳۴	۷۱۸	رواناب خروجی
۲۳۶۱	۱۹۸۳	نیاز آبی کل

دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات و استادیار بخش آبیاری، به خاطر اظهار نظرهای ارزنده‌شان در طول پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین، از آقای مهندس کاظمینی ریاست محترم ایستگاه پژوهشی کوشک، که امکان آزمایش را در ایستگاه به وجود آوردند، سپاسگزاری می‌گردد.

استفاده نمود. نتایج این پژوهش می‌تواند در ارائه مدیریت آبیاری از طریق ارائه ضریب گیاهی (Kc)، و در نتیجه تعیین الگوی مصرف آب و تخصیص میزان آب لازم برای مزارع منطقه مورد بررسی به کار رود.

سپاسگزاری

از آقایان دکتر یحیی امام و دکتر شاهرخ زند پارسا، به ترتیب

منابع مورد استفاده

۱. خوش خواهش، ی. ۱۳۷۶. ارزیابی راندمان آبیاری مزرعه در برنجزارهای تحت شبکه آبیاری گیلان و فومنات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
۲. رحیم‌زادگان، ر. ۱۳۷۰. جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر-تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۲ (۱ و ۲): ۱۰-۱.
۳. سپاسخواه، ع. ۱۳۷۷. نگرشی دوباره بر روش‌های محاسبه تبخیر-تعرق گیاهان زراعی. سمینار کادر آموزشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۴. قهرمان‌زاده، م. ۱۳۷۵. تعیین ضرایب اصلاحی و مناسب‌ترین رابطه برآورد تبخیر-تعرق بالقوه سطوح گیاهی مرجع برای منطقه ارومیه. هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری-زده‌کشی، تهران.
۵. مالک، ا. ۱۳۶۰. روش‌های بررسی بیلان آب و تعیین اقلیم با مثالی در مورد باجگاه. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۲: ۵۷-۷۲.
۶. یزدانی، ا. م. ساعدی و ع. بابایی. ۱۳۷۱. اندازه‌گیری آب مصرفی برنج در مزارع زارعین استان اصفهان. گزارش پژوهشی سال ۱۳۷۱، بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان.
7. Aboukhaled, A., A. Alfaro and M. Smith. 1982. Lysimeters. Irrig. Drain., Paper 39, FAO, Rome.
8. Allen, R. G. 1986. A Penman for all seasons. J. Irrig. Drain. Eng., ASCE 112(4) 348-368.

9. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration. Irrig. Drain. Paper 56, FAO, Rome.
10. Fathima, Z., A. Dillaha and G. V. Joganathan. 1988. Water management for lowland rice irrigation. J. Irrig. Drain. Eng., ASCE 114(3): 407-423.
11. Fukuda, H. and H. Tsutsui. 1979. Rice Irrigation in Japan. JAJA, Japan.
12. Gharaee, H. A. and R. A. Mahjoory. 1984. Characteristics and geomorphic relationships of some representative arid soils in southern Iran. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1115-1119.
13. Hendrickx, J. M. H., N. H. Vink and T. Fayinke. 1986. Water requirement for irrigated rice in semi-arid region in west Africa. Agric. Water Manag. 22: 75-90.
14. Herve, P. 1996. Guilan, a successful irrigation project in Iran. Irrig. Drain. Sys. 10: 95-107.
15. Hira, G. S. 1996. Evapotranspiration of rice and falling water table in Punjab. PP. 579-584. In: C. R. Camp, E. J. Sadler and R. E. Yoder (Eds.), Evapotranspiration and Irrigation Scheduling. San Antonio, Texas.
16. Kizer, M. E., R. L. Elliot and J. F. Ston. 1990. Hourly ET model calibration with few energy balance data. J. Irrig. Drain. Eng., ASCE 116: 172-181.
17. Milton, D. M. 1980. Rice Irrigation. Division of Agric. Sciences. University of California, Leaflet 21175.
18. Seyyed Azizy, A. 1999. Estimation of Reference Crop Potential Evapotranspiration and Iso-ET0 Maps for Iran. M. Sc. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran.
19. Tomar, V. S. and J. C. O'Toole. 1980. Water use in lowland rice cultivation in Asia: a review of evapotranspiration. Agric. Water Manag. 3: 83-106.