تعیین تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ارقام هاشمی و خزر برنج در دشت مرداب (گیلان)

هادی مدبری[۱]، سید مجید میرلطیفی[۱*] و محمدعلی غلامی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۲)

چکیده

بیش از ۷۵ درصد اراضی زیر کشت برنج کشور در استان‌های شمالی یعنی مازندران، گیلان و گلستان قرار دارد. بنابراین تعیین مقدار آب مورد نیاز برنج برای برنامه‌ریزی منابع آب، دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. بدین منظور، این پژوهش در سال ۱۳۸۹ در زمین‌های شالیزاری شهرستان صومعه‌سرا (منطقه دشت مرداب) در استان گیلان برای تعیین ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق گیاه برنج ارقام هاشمی و خزر با استفاده از ۴ لایسیمتر زه‌کش‌دار انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که محدوده تغییرات تبخیر- تعرق برنج ارقام هاشمی و خزر در طول فصل رشد بین ۲/۴ تا ۶/۳ میلی‌متر در روز متغیر می‌باشد. تبخیر- تعرق گیاه برنج در دوره رشد (از مرحله نشا تا برداشت محصول) در ارقام هاشمی و خزر به ترتیب ۴۲۹ و ۴۵۶ میلی‌متر به دست آمد. تبخیر- تعرق گیاه مرجع با روش فائو- پنمن- مانتیث محاسبه گردید و بر اساس آن ضریب گیاهی برنج هاشمی در مرحله اول، میانی و رسیدن به ترتیب ۱/۱، ۱/۴ و ۱/۱ به‌دست آمد. این ضریب برای رقم خزر به ترتیب ۱/۱، ۱/۳ و ۱/۲ حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق برنج ، ضریب گیاهی، لایسیمتر، رقم هاشمی، رقم خزر، گیلان

۱. گروه مهندسی آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mirlat_m@modares.ac.ir

مقدمه

برنج تنها غله‌ای است که حدود نیمی از جیره غذایی جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهد و بعد از گندم بیشترین سطح زیر کشت را در جهان داراست (۳). عامل اصلی موفقیت در کشت ارقام برنج، وجود منابع آب مطمئن و کنترل شده است. کمبود منابع آبی و پایین بودن راندمان آبیاری در مزارع برنج، لزوم استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری از منابع موجود را می‌طلبد. روش مرسوم آبیاری برنج در مناطق برنج‌خیز ایران، غرقاب دائم با ارتفاع مناسب آب در تمامی طول فصل رویش است. استفاده از این روش آبیاری موجب مصرف بیش از اندازه آب و پایین آمدن کارآیی مصرف آب آبیاری می‌شود (۷). بنابراین لازمه کشت برنج مدیریت صحیح آبیاری می‌باشد، چون کمبود آب در شرایط فعلی و بحران آینده آب در ایران واقعیت انکارناپذیری است که تنها با اتخاذ تمهیداتی بر پایه یافته‌های علمی قابل کنترل خواهد بود. مقدار تبخیر- تعرق واقعی گیاه به شرایط جوی، دوره رشد گیاه، بافت خاک و روش کاشت بستگی دارد. بنابراین تعیین تبخیر- تعرق گیاه برنج در طول فصل رشد و نیز میزان آب مورد نیاز این گیاه از عوامل مهم در مدیریت مزرعه می‌باشد. در مدیریت‌های جدید، رژیم‌های مختلف آبیاری متناسب با فیزیولوژی گیاه در جهت افزایش محصول، کاهش مصرف آب، بالا بردن راندمان آبیاری، کنترل علف های هرز و جلوگیری از ماندابی شدن اراضی شالیکاری اعمال می‌شود. از سوی دیگر موقعیت ویژه کشورمان به عنوان منطقه‌ای کم آب و مخصوصا عدم یکنواختی توزیع بارندگی حتی در استان‌های شمالی لزوم صرفه جوئی در آب را در اراضی شالیزاری مورد اثبات قرار می‌دهد (۱۰).

برای مثال جلگه گیلان (منطقه مورد مطالعه دشت مرداب) به طور متوسط دارای نزولات سالیانه قابل توجه‌ای حدود ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر است اما توزیع آن در زمان بسیار نامناسب بوده و به خصوص در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور مقدار بارندگی خیلی کم و ناکافی است (۸). خشکسالی‌های سال‌های اخیر خصوصا سال ۱۳۸۹ زنگ خطری جدی برای مسئولین و دست اندرکاران کشاورزی کشور بود و لزوم تحقیقات در زمینه آب مصرفی گیاه را بیش از پیش نمایان ساخت. حال با توجه به افزایش جمعیت، نیاز روز افزون کشور به امنیت غذائی و پائین بودن راندمان آبیاری در مزارع ضروری است برنامه دقیقی برای استفاده بهینه از منابع آب موجود صورت گیرد (۷). در این راستا تعیین تبخیر- تعرق و نیاز آبی گیاه برنج به عنوان بزرگ‌ترین مصرف کننده آب و رایج‌ترین کشت در شمال کشور که بیش از ۷۵٪ سطح زیر کشت برنج کشور را شامل می‌شود، امری کاملاً بدیهی و واضح به نظر می‌رسد. پژوهش‌های گوناگونی در ایران و سایر کشورها در مورد برآورد نیاز آبی گیاه برنج انجام شده است.

تیاگی و همکاران (۱۵) تحقیقی را با به کار بردن لایسیمتر در هند انجام دادند و مقدار ضریب گیاهی برنج را بر اساس نتایج تبخیر – تعرق مرجع به روش فائو- پنمن- مانتیث برای ۴ مرحله رشد اولیه، رشد سریع، رسیدن اولیه و رسیدن نهایی به ترتیب ۱/۱۵، ۱/۲۳، ۱/۱۴ و ۱/۰۲ به دست آوردند. آزمایش-های انجام شده در منطقه گیلان (۱۳) نشان داد که تبخیر-تعرق کل دوره رشد برابر ۵۲۸۸ متر مکعب در هکتار و میانگین تبخیر- تعرق روزانه حدود ۵/۴ میلی‌متر می‌باشد. 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 است (۱۳). پیرمرادیان و همکاران (۱) مطالعه‌ای را در ایستگاه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در منطقه کوشکک برای تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج رقم چمپای کامفیروزی نوع زودرس توسط لایسیمتر انجام دادند و مقدار ضریب گیاهی را بر اساس نتایج تبخیر – تعرق مرجع به روش پنمن-فائو در اوایل فصل رشد ۰/۹۷، در مرحله میانی رشد ۱/۲۵ و در هنگام برداشت ۱/۰۹ گزارش نموده و مقدار تبخیر- تعرق را ٥٦٠ میلی‌متر گزارش کردند. عثمان و همکاران (۱۴) تبخیر-تعرق برنج در منطقه ایتوشیما ژاپن را با روش فائو- پنمن- مانتیث محاسبه نمودند که مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع

ماهانه با استفاده از داده های ۷ ساله ۱۰۲۰ میلی متر در طول سال و متوسط تبخیر-تعرق گیاه برنج از اواسط اردیبهشت تا پایان شهریور ماه، ۶۵۲ میلی متر به دست آمد. یو و همکاران (۱۶) مطالعه‌ای تحت عنوان تخمین نیاز آبی گیاه برنج در منطقه سئول کره جنوبی انجام داده و متوسط تبخیر- تعرق فصلی گیاه برنج را در کل دوره رشد ۴۲۵ میلی‌متر گزارش نمودند. مقدار ضریب گیاهی با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث در ۳ دوره رشد ابتدایی ۱/۱۲، میانی ۱/۴۹ و انتهایی ۱/۲۳ به دست آمد. هم‌چنین متوسط نفوذ عمقی را در کل دوره رشد ۴-۶ میلی‌متر در روز گزارش نمودند. از آنجایی‌که کشت ارقام هاشمی و خزر در سال‌های اخیر رونق خاصی در منطقه دشت مرداب یافته است (به دلیل عملکرد نسبتاً بالا)، در این پژوهش سعی گردید تا تبخیر-تعرق این ارقام از مرحله نشاء تا برداشت محصول محاسبه گردد. هم‌چنین مقدار ضریب گیاهی در طول فصل رشد برای استفاده در موارد کاربردی مانند تعیین الگوی مصرف آب و نیز تخصیص میزان آب لازم در مزارع، تعیین شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ در زمین‌های شالیزاری روستای لیف‌شاگرد از توابع شهرستان صومعه سرا (منطقه دشت مرداب) در استان گیلان انجام شد. منابع آبی مورد استفاده در منطقه دشت مرداب جهت تأمین نیاز آبی گیاه برنج به طور کلی شامل آب‌های بهنگام حاصله از بارندگی به ویژه در ماه‌های رشد برنج و هم‌چنین آب رودخانه‌ها، سد سفیدرود و کانال‌های خطوط انتقال و آب بندان‌ها می‌باشد. ارقام مورد بررسی، رقم هاشمی و رقم پرمحصول خزر بوده که کشت غالب منطقه در سال‌های اخیر می‌باشند. جلالی و همکاران(۲) مراحل مختلف رشد این دو رقم را در طول دوره رشد گیاه مشخص نمودند که در جدول ۱ آمده است. ضمناً خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری تبخیر - تعرق برنج (رقم هاشمی و خزر)، از ۴ عدد لایسیمتر زه‌کش‌دار به صورت استوانه‌های آهنی به قطر۵۶ سانتی‌متر و عمق ۷۰ سانتی‌متر استفاده شد. مقطع تیپ لایسیمتر در شکل ۱ نشان داده شده است.

معادله بیلان آبی در لایسیمتر

لایسیمتر مورد استفاده در این تحقیق استوانه‌ای است که فقط سطح بالایی آن باز بوده و بقیه قسمت‌های آن به جز سوراخ های زهکشی که در کف آن قرار دارد کاملاً بسته می‌باشد و برای اندازه‌گیری تبخیر - تعرق گیاه آن را در داخل مزرعه کار گذاشته و سپس از همان خاک مزرعه پر می‌کنند و گیاهی را که در اطراف کاشته شده در داخل آن نیز می‌کارند. داده‌ها در داخل لایسیمتر شامل آب آبیاری (I)، بارندگی (P) و ستاده‌ها شامل آب زهکشی (DPR) می‌باشد. تغییر میزان رطوبت خاک (ΔW) نیز از اختلاف بین رطوبت اولیه در ابتدای رشد و رطوبت ثانویه در انتهای رشد به‌دست می‌آید. تنها پارامتری که از معادله بیلان آبی در لایسیمتر مجهول است، تبخیر - تعرق (ET) می‌باشد که می‌توان آن را طبق معادله ۱ به‌دست آورد (۶):

$$ET = I + P - DPR - \Delta W - Runoff \qquad [1]$$

نحوه پر کردن لایسیمتر از خاک

در روش لایسیمتری لازم است کلیه شرایط داخل لایسیمتر از نظر خصوصیات خاک بویژه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، وضعیت گیاه که در سطح آن کاشته شده و حرکت آب در خاک با شرایط طبیعی مزرعه مطابقت داشته باشد. بدین منظور، ابتدا مقداری خاک حدود ۳۰۰ کیلوگرم با ۳۶ لیتر آب مخلوط شد. خاک مرطوب را کاملاً به هم زده و تعداد ۶ نمونه خاک جهت تعیین دقیق درصد رطوبت وزنی و جرم مخصوص ظاهری خاک به آزمایشگاه برده شد. (از آن جهت که تعیین رطوبت خاک در آزمایشگاه نیازمند دوره زمانی حداقل ۲۴ ساعتی است، لذا جهت جلوگیری از تبخیر آب از سطح توده خاک مرطوب، روی آن به‌وسیله پوشش پلاستیکی کاملاً پوشانیده شد). پس از آماده شدن نتایج آزمایشگاه با توجه به محاسبات انجام شده (که نمونه‌ای از آن برای یک لایه

جدول ۱. مراحل مختلف رشد برنج ارقام هاشمی و خزر برحسب روز (۲)

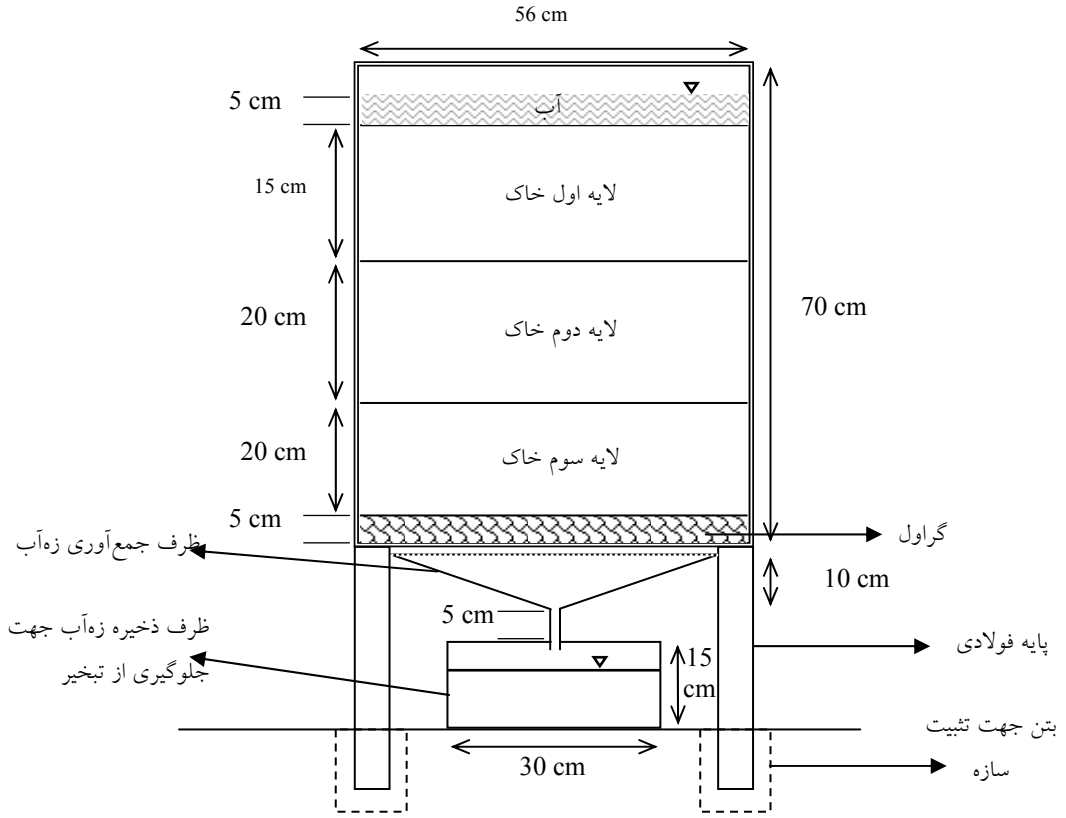
ارقام برنج	دوره‌های رشداز روز اول تا روز آخر		
	رویشی	زایشی	رسیدن
هاشمی	۱-۲۵	۲۶-۶۶	۶۷-۸۶
خزر	۱-۲۴	۲۵-۷۰	۷۱-۹۲

جدول ۲. مشخصات فیزیکی خاک مزرعه

عمق نمونه برداری(سانتی‌متر)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک
۰-۳۰	۱/۳۵	۲۲	۴۰	۳۸	لوم رسی(Clay loam)

جدول ۳. نتایج آزمایش حاصل‌خیزی خاک مزرعه

ECe dS/m	اسیدیته گل اشباع pH	CEC meq/100gr	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (p p m)	پتاسیم قابل جذب (p p m)
۱/۸۴	۷/۴	۳۱	۲/۴۷	۰/۲۳	۲۰/۳	۲۳۱



شکل ۱. مقطع تیپ لایسیمتر

۲۰سانتی‌متری با درصد رطوبت وزنی ۱۲درصد در زیر ارائه شده است)، مقدار وزن خاک مرطوب مورد نیاز برای حصول جرم مخصوص ظاهری ۱/۳۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب در لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری تعیین گردید.

حجم کل برای یک لایه ۲۰ سانتی‌متری بر حسب سانتی‌متر مکعب:

$$V=\pi r^2 h=\pi\times ۲۸^۲\times ۲۰= ۴۹۲۳۵\ cm^3$$

وزن خاک خشک مورد نیاز بر حسب گرم برای یک لایه ۲۰ سانتی‌متری:

$$m_s=\rho_b\times V=۱/۳۵\times ۴۹۲۳۵ = ۶۶۴۶۷/۵\ gr$$

وزن خاک مرطوب مورد نیاز بر حسب گرم برای یک لایه ۲۰ سانتی‌متری:

$$m_w=\theta_m\times m_s = ۰/۱۲\times ۶۶۴۶۷/۵ = ۷۹۶۷/۱\ gr$$

$$m_{s+w} = m_s + m_w = ۷۴۴۴۳/۶\ gr$$

جهت سهولت در امر زه‌کشی ابتدا کف لایسیمتر به ارتفاع ۵ سانتی‌متر از گراول پر شد. سپس با تعیین شدن وزن خاک مرطوب مورد نیاز برای پر کردن ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع خاک در لایسیمتر، دقیقاً به همان مقدار وزن خاک به وسیله ترازوی دیجیتال توزین و داخل لایسیمتر ریخته شد. در این مرحله پس از پهن کردن خاک به وسیله کوبه‌ای به خاک ضربه زده شد تا سطح خاک فقط به اندازه ۲۵ سانتی‌متر (۵ سانتی‌متر گراول+۲۰ سانتی‌متر خاک مرطوب) از کف لایسیمتر بالا بیاید. پس از رسیدن ارتفاع خاک به حد مورد نظر (۲۵ سانتی‌متر) کوبه از داخل لایسیمتر خارج و به وسیله یک میله (چوب) نوک تیز سطح خاک کاملاً خراش داده شد تا تماس کاملی با لایه بعدی خاکی که قبلاً داخل لایسیمتر ریخته شد، داشته باشد و در ضمن کناره‌های لایسیمتر کاملاً به وسیله نوک میله کوبیده شد تا از اثر حاشیه‌ای جلوگیری شود. این عمل تا پر شدن لایسیمتر به ارتفاع ٦٠ سانتی‌متر انجام گرفت.

چگونگی نصب لایسیمترها در مزرعه

جهت نصب لایسیمتر در وسط زمین مربوطه، در داخل خاک پروفیلی به ارتفاع۱۰۰ سانتی‌متر حفر شد (برای جلوگیری از تنش‌های جانبی اطراف لایسیمتر به قطر ۵ سانتی‌متر بتن‌ریزی گردید) و ۴ عدد پایه آهنی به طول ۵۰ سانتی‌متر با قطر ۱ سانتی‌متر را تا ۲۰ سانتی‌متر در خاک فرو کرده و دورتا دور آن جهت تثبیت سازه بتن‌ریزی شد. سپس لایسیمتر روی پایه‌ها قرار گرفته و داخل آن بر اساس دستورالعمل مربوطه که قبلاً ذکر شد پر از خاک گردید. داخل لایسیمتر چند روز به طور مرتب آبیاری شد تا لایه‌های خاک حالت نسبی طبیعی خود را به‌دست آورند. آبیاری روزانه لایسیمترهای برنج به نحوی انجام شد که همواره ۵ سانتی‌متر عمق آب غرقابی روی سطح خاک لایسیمترها حفظ گردد. علت انتخاب ۵ سانتی‌متر به این دلیل بود که آب کافی طوری در اختیار گیاه برنج قرار گیرد که نفوذ عمقی زیاد نگردد. از طرف دیگر از رشد علف‌های هرز تا حد زیادی جلوگیری گردد. یزدانی و همکاران (۱۰)، نیز در تحقیقی با عنوان مقایسه مدیریت‌های مختلف آبیاری در زراعت برنج، ۵ سانتی‌متر عمق غرقابی را پیشنهاد نمودند.

مقدار آب آبیاری روزانه، جهت تثبیت عمق غرقابی ۵ سانتی‌متر با استفاده از ظروف مدرج اندازه‌گیری و ثبت‌گردید. زه‌آب خروجی روزانه از لایسیمترها نیز در ظروف پلاستیکی که در پایین آنها نصب شده بود، جمع آوری و حجم آن توسط ظروف مدرج اندازه‌گیری شد. پویایی محیط خاک و رشد گیاه برنج در لایسیمترها سبب گردید داده‌های اندازه‌گیری شده روزانه دارای پراکندگی و نوسان باشد، جهت رفع این مشکل و استفاده بهتر و نتیجه‌گیری مطمئن‌تر، از داده‌ها به صورت میانگین دوره‌های ۱۰ روزه استفاده شد. عملیات نشاکاری لایسیمترهای برنج در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۳۰ صورت گرفت تراکم کاشت در داخل لایسیمترها و محیط اطراف ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بود که تراکم معمول در مناطق شالیزاری گیلان است. باتوجه به این تراکم سهم هر لایسمتر ۶ بوته نشای برنج شد. در تاریخ ۱۳۸۹/۵/۲۰ به منظور زهکشی آخر فصل، آبیاری مزرعه قطع گردید. کود پاشی گیاه برنج بر اساس ترکیبی از آزمون خاک و توصیه کودی معمول منطقه برای رقم هاشمی به صورت ۱۲۰

کیلوگرم کود ازته از منبع اوره، ۵۰ کیلوگرم کود فسفاته از منبع فسفات (تریپل- آمونیوم) و ۱۰۰ کیلوگرم پتاس از منبع کلرور پتاسیم و رقم خزر به صورت ۱۸۰ کیلوگرم کود ازته از منبع اوره ،۵۰ کیلوگرم کود فسفاته از منبع فسفات(تریپل- آمونیوم) و ۲۰۰ کیلوگرم پتاس از منبع کلرور پتاسیم در هر هکتار انجام شد(۴). عملیات نگهداری برنج به صورت مبارزه با کرم ساقه خوار برنج در دو نوبت، بار اول در ۲۸ خرداد به روش بیولوژیکی با استفاده از زنبور تریکوگراما و بار دوم در ۲۳ تیر ماه که مصادف با اوج حمله این آفت در منطقه است به روش سمپاشی به وسیله سم دیازینون ۱۰٪ به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار انجام شد. برای تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ETo) از روش فائو- پنمن- مانتیث (معادله شماره ۲) استفاده گردید. محاسبه ETo با استفاده از نرم افزار CROPWAT و داده‌های هواشناسی ایستگاه رشت که به فاصله ۱۰ کیلومتری از محل تحقیق قرار دارد برآورد شد (جدول۴). معادله ۲ به صورت زیر بیان می‌شود(۱۲).

$$ET_{\circ} = \frac{0/408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0/34u_2)} \quad [2]$$

در این معادله ET_0: تبخیر- تعرق سطح مرجع (mm/day)، Rn : تشعشع خالص در سطح زمین (MJ/m2/day)، G: شار گرمائی خاک (MJ/m2/day)، T: میانگین روزانه دمای هوا که در ارتفاع ۲ متری اندازه‌گیری شده، u_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (m/s) e_s: فشار بخار اشباع (kPa)، e_a: فشار بخار واقعی(kPa)، e_s-e_a: کمبود فشار بخار اشباع (kPa)، Δ: شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به دما در نقطه‌ای که دما برابر Ta باشد (kPa/ C) و γ: ثابت سایکرومتری (kPa/ C) است.

نتایج و بحث

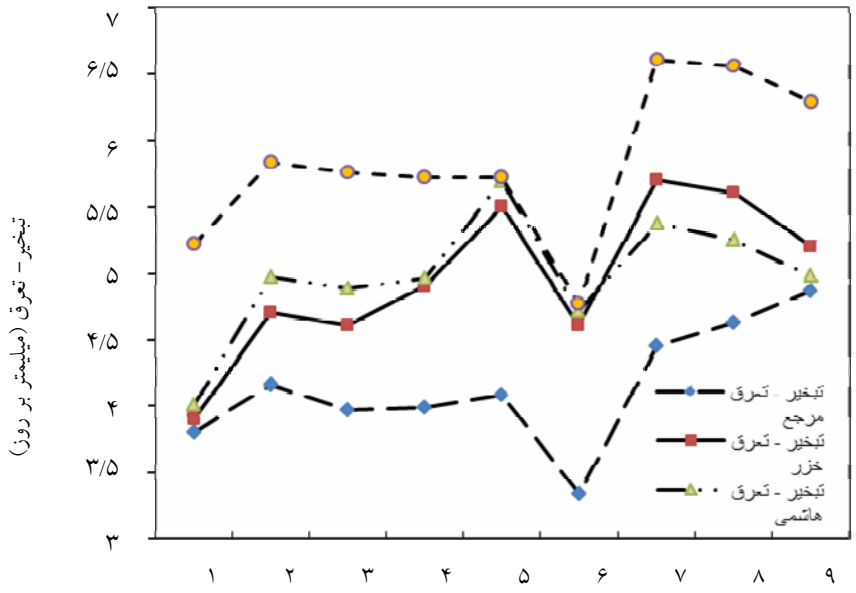
اندازه‌گیری‌های روزانه لایسیمترها نشان داد که میانگین تبخیر- تعرق روزانه برنج رقم هاشمی و خزر به ترتیب ۴/۹ و ۵ میلی‌متر می‌باشد. کمترین مقدار ثبت شده تبخیر- تعرق در هر دو رقم در دهه اول خرداد که گیاه هنوز رشد کاملی نداشت، صورت گرفت. بیشترین مقدار تبخیر- تعرق رقم هاشمی در دهه دوم تیرماه و برای رقم خزر در دهه اول مرداد، اتفاق افتاد. این دوره طبق تقویم نشاکاری گیلان زمان خوشه‌دهی گیاه برنج می‌باشد. کاهش ناگهانی دما و ابری بودن هوا در دهه سوم تیرماه، سبب کاهش چشمگیر تبخیر- تعرق گیاه برنج و گیاه مرجع و تبخیر از تشت در این دوره گردید. شکل ۲ تغییرات تبخیر از تشت، تبخیر- تعرق برنج ارقام هاشمی، خزر و نیز تبخیر- تعرق گیاه مرجع را برحسب دوره‌های ۱۰ روزه در طول دوره و جدول ۵ مقادیر تبخیر- تعرق ارقام برنج در مراحل مختلف دوره رشد را نشان می‌دهد. تبخیر تشت کلاس A در کل دوره رشد همواره بیش از تبخیر-تعرق برنج رقم هاشمی بود. مقدار تبخیر- تعرق برنج همواره بیش از تبخیر- تعرق گیاه مرجع بود. هم‌چنین تبخیر- تعرق رقم هاشمی در ابتدای دوره رشد به صورت صعودی زیاد شد و به حداکثر مقدار خود در دهه پنجم که مصادف با خوشه دهی این رقم است، رسید و سپس با افت بسیار زیاد دما و افزایش بارندگی در دهه ششم به کمترین مقدار خود در کل دوره رسید. اما تبخیر- تعرق برنج رقم خزر از ابتدای دهه هفتم زیاد شده و با برخورد به دوره رسیدن و برداشت محصول از شدت تبخیر- تعرق کاسته شده است. دلیل این امر را می‌توان به زودرس بودن رقم هاشمی و دیررس بودن رقم خزر ربط داد.

ضریب گیاهی برنج بر حسب دوره رشد

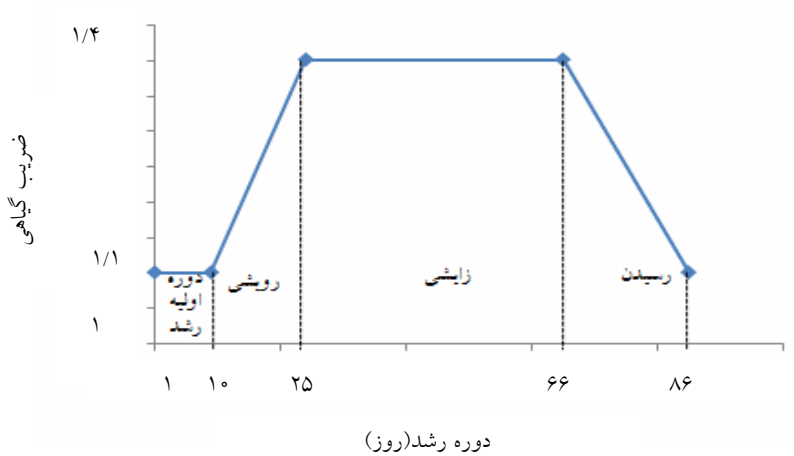
اشکال ۳ و ۴ تغییرات ضریب گیاهی را از مرحله نشا تا برداشت محصول نشان می‌دهد. ضریب گیاهی برنج در واقع از تقسیم تبخیر- تعرق واقعی گیاه برنج بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع به‌دست می‌آید. نتایج نشان داد که در لایسیمترها، ضریب گیاهی در ابتدای فصل رشد برنج کم بوده و در اواسط فصل رشد زیادتر شده و در پایان فصل رشد مجددا کاهش یافته است. علت تغییرات این است که در ابتدای فصل رشد چون گیاه هنوز رشد کاملی نداشته و تعداد پنجه و ارتفاع آن نیز کم می‌باشد، میزان تبخیر- تعرق آن نیز کم است. در حالی‌که در

جدول۴. مقادیر میانگین ماهانه دمای هوا (T)، درصد رطوبت نسبی هوا (RH)، سرعت باد (U) و تبخیر از تشت کلاس A (Ep) برای ماه‌های رشد برنج از مرحله نشا تا برداشت محصول در منطقه دشت مرداب در سال ۱۳۸۹

ماه	T(^{O}C)	RH(%)	u_2(m/s)	Ep(mm/day)
خرداد	۲۴/۷	۸۱/۱	۱/۸	۵/٦
تیر	۲۷	۷۸/۱	۱/۴	۵/۴
مرداد	۲٦/٦	۷۳/۴	۱/۸	٦/۵



شکل ۲. تغییرات تبخیر- تعرق گیاه مرجع، تبخیر_ تعرق برنج ارقام هاشمی، خزر و تبخیر از تشت



شکل ۳. تغییرات ضریب گیاهی رقم هاشمی در طول دوره رشد

شکل ۴. تغییرات ضریب گیاهی رقم خزر در طول دوره رشد

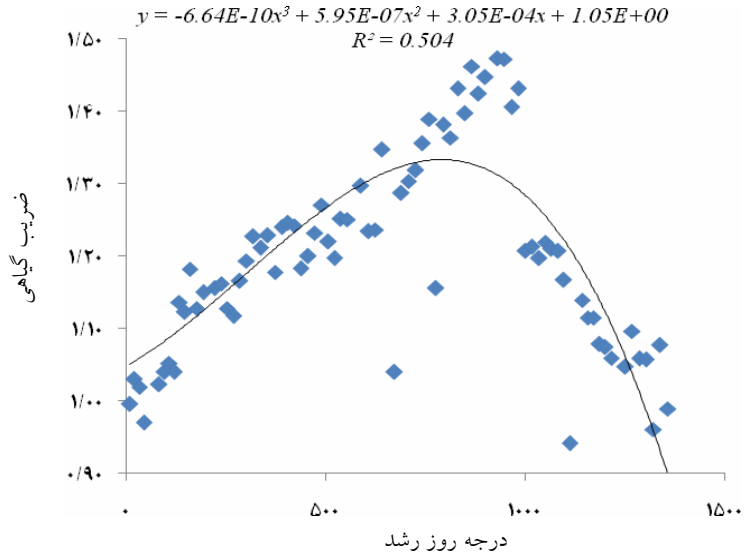
اواسط فصل رشد که گیاه به حداکثر رشد خود رسیده و تعداد پنجه‌ها نیز زیادتر شده و ارتفاع گیاه به ماکزیمم مقدار خود رسیده است میزان تبخیر- تعرق حاصله نیز عملاً بیشتر شده است و به تبع آن ضریب گیاهی افزایش پیدا کرده است. عوامل دیگری مانند حداکثر درجه حرارت هوا و برخورد به مرحله رشد زایشی نیز می‌تواند تأثیر زیادی بر افزایش تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی در اواسط رشد داشته باشد. در پایان فصل رشد به علت برخورد گیاه به مرحله رسیدن از فعالیت گیاه کاسته شده و میزان تبخیر- تعرق وضریب گیاهی آن نیز کاهش می‌یابد. در دهه سوم تیر ماه، مقدار ضریب گیاهی برنج در لایسیمترها به طرز ناگهانی زیاد شد. علت این امر می‌تواند ناشی از کاهش ناگهانی دما، ابرناکی(کم شدن ساعات آفتابی) و بارندگی در این دهه باشد که سبب کاهش تبخیر- تعرق مرجع نیز گردید.

ضریب گیاهی برنج بر حسب درجه روز رشد (GDD)

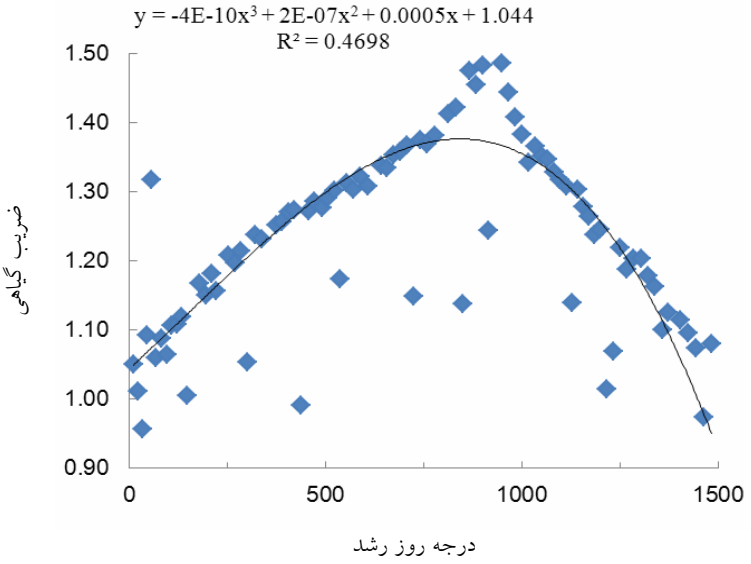
تغییرات K_c را می‌توان به صورت تابعی از درجه روز رشد نیز بیان کرد. در اشکال ۵ و ۶ تابع تغییرات ضریب گیاهی در مقابل درجه روز رشد به صورت نقطه‌ای ارائه شده است. بین نقاط به دست آمده یک معادله درجه سوم($y=aX^3+bx^2+cX+d$) برازش داده شد. ضرایب معادلات برای ارقام برنج به صورت تابعی از GDD درجدول ۶ ارائه شده است که در آن a، b، c و d ضرایب ثابت معادله و X درجه روز رشد و Y ضریب گیاهی می‌باشد. توابع پیشنهادی را می‌توان در برنامه‌های کامپیوتری برآورد نیاز آبی برنج به منظور محاسبه تبخیر- تعرق برنج به کار برد.

تشت تبخیر

تبخیر از تشت می‌تواند به عنوان شاخصی مناسب برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع و در نهایت گیاه مورد نظر قلمداد شود. استفاده از تشت تبخیر به دلیل سادگی، سهولت تفسیر داده‌های آن و داشتن دقت خوب در مناطق مرطوب برای برآورد تبخیر-تعرق مرجع مناسب است (۱۲). در تبدیل مقادیر تبخیر از تشت به تبخیر- تعرق گیاه مرجع از ضریب تشت (Kpan) استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز از داده‌های تشت تبخیری که در کنار لایسیمترها نصب شده بود، به دست آمد. اندازه‌گیری‌ها به صورت روزانه همزمان با کاشت گیاه برنج در داخل لایسیمترها انجام شد. نتایج جدول ۷ نشان داد میزان ضریب تشت در طول دوره رشد برنج در دوره‌های ۱۰ روزه از نظر آماری تفاوت معناداری با هم نداشته و دارای حداقل ۰/٦٦



شکل ۵. ضرایب گیاهی برحسب درجه روز رشد در رقم هاشمی



شکل ۶. ضرایب گیاهی برحسب درجه روز رشد در رقم خزر

و حداکثر ۰/۷۵ می‌باشد. هم‌چنین در تمام دوره‌های ده روزه میزان تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، (E_{Pan}) بیشتر از تبخیر و تعرق گیاه مرجع بوده است. متوسط ضریب تشت تبخیر در کل دوره رشد برنج، ۰/۷۹ برآورد شد. روزمه (۱۳۸۴) متوسط ضریب تشت تبخیر با تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع با روش هارگریوز- سامانی برای سال‌های ۷۳،۷۴ و ۱۳۷۵ را در منطقه رشت ۰/۷۱ به‌دست آورد که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق اختلاف معناداری نشان می‌دهد که دلیل آن می‌تواند نوع روش برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع باشد(۵).

نفوذ عمقی

به دست آوردن مقدار نفوذ عمقی در یک دوره رشد جهت

جدول ۵. تبخیر- تعرق برنج ارقام هاشمی و خزر در مراحل مختلف رشد

ارقام برنج	تبخیر- تعرق مراحل مختلف رشد گیاه برنج (میلی‌متر)			
	رویشی	زایشی	رسیدن	کل دوره رشد
هاشمی	۱۱۴	۲۱۰	۱۰۵	۴۲۹
خزر	۱۰۳	۲۳۳	۱۲۰	۴۵۶

جدول ۵. ضرایب معادله‌های ضریب گیاهی ارقام برنج برحسب GDD

متغیر	a	b	C	d	R^2
رقم خزر	-۷×۱۰^{-۱۰}	۶×۱۰^{-۷}	۰	۱/۰۴۸	۰/۵۰۳
رقم هاشمی	-۴×۱۰^{-۱۰}	۲×۱۰^{-۷}	۰	۱/۰۴۴	۰/۴۶۹

جدول ۷. مقادیر ET_O و Epan و Kpan ماهانه در دوره رشد برنج

دوره رشد برنج	ET_O (mm/month)	Epan(mm/month)	Kpan
خرداد	۱۲۴	۱۷۴	۰/۷۱
تیر	۱۱۸	۱٦۷	۰/۷
مرداد	۱۴۳	۲۰۲	۰/۷
میانگین	۱۲۷	۱۸۰	۰/۷۱

تعیین نیاز آبیاری گیاه، بسیار اهمیت دارد(۹). مقدار نفوذ عمقی در خاک‌های شالیزاری معمولاً به بافت خاک و مقدار تخلخل خاک بستگی دارد. به طوری‌که هرچه بافت خاک سنگین‌تر باشد، نفوذ عمقی کمتر می‌شود. بسته به شرایط فیزیکی خاک، نشت و نفوذ عمقی در اراضی شالیزاری می‌تواند از ۱ تا ۱۲ میلی‌متر در روز تغییر کند(۱۱). کشاورزان عمق زیاد آب را برای پیشروی آب در آبیاری کرت به کرت که در بیشتر سیستم‌های آبیاری بزرگ اجرا می‌شود، حفظ می‌کنند. این امر با میل کشاورزان برای نگهداری عمق آب نسبتاً زیاد در برنج‌زارها، کنترل علف‌های هرز و کاهش تناوب آبیاری انجام می‌شود تا بیمه‌ای در برابر کمبود احتمالی آب در آینده به دلیل غیر قابل اعتماد بودن سیستم تحویل، باشد(۸). به منظور اندازه‌گیری نفوذ عمقی در هر روز، ظرفی در زیر لایسیمتر تعبیه شد و حجم آب خارج شده از لایسیمتر در هر روز یادداشت گردید. سپس با تقسیم حجم آب خروجی بر سطح مقطع هر یک از لایسیمترها مقدار نفوذ عمقی متوسط در هر روز اندازه‌گیری شد. میانگین نفوذ عمقی روزانه در لایسیمترها ۲/۳ میلی‌متر در روز به‌دست آمد. کل نفوذ عمقی در دوره رشد در لایسیمتر هاشمی و خزر به ترتیب ۲۰۱ و ۲۱۰ میلی‌متر حاصل شد. نتایج این پژوهش می‌تواند در ارائه مدیریت آبیاری از طریق ارائه ضریب گیاهی و در نتیجه تعیین الگوی مصرف آب و تخصیص میزان آب لازم برای مزارع شالیزاری استان گیلان به کار رود.

نتیجه‌گیری

نیاز آبی گیاه برنج در دوره رشد شامل آب مورد نیاز جهت آماده کردن زمین (انجام عملیات شخم و تسطیح در ابتدای فصل رشد)، آماده‌سازی خزانه به منظور جوانه‌زنی و رشد بذور، تبخیر- تعرق گیاه برنج از نشاکاری تا برداشت محصول و میزان نفوذ عمقی در شالیزار است. تبخیر- تعرق مهم‌ترین جزء نیاز

آبی گیاه در برنج محسوب می‌شود. در این تحقیق تبخیر-تعرق گیاه برنج از زمان کاشت نشاء در لایسیمترها تا برداشت محصول برای رقم هاشمی ۴۲۹ و رقم خزر ۴۵۶ میلی‌متر به دست آمد. واریته‌های مختلف برنج که براساس طول دوره رشد تفکیک شده‌اند دارای تبخیر- تعرق‌های متفاوتی می‌باشند. کشاورزانی که به کاشت ارقام هاشمی و خزر مبادرت می‌ورزند باید توجه بیشتری به زمان کاشت گیاه در ابتدای دوره رشد داشته باشند تا زمان پیک مصرف آب در گیاه با ماه مرداد که استان گیلان دچار تنش آب است، منطبق نگردد.

منابع مورد استفاده

۱. پیرمرادیان، ن.، ع. ا. کامکار حقیقی و ع. سپاسخواه. ۱۳۸۱. تعیین ضریب گیاهی و نیاز آبی برنج در منطقه کوشکک استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۶(۳): ۱۵- ۲۳.

۲. جلالی کوتنائی، ن. ۱۳۸۶. برآورد ضریب گیاهی برنج مطالعه موردی واریته طارم توسط لایسیمتر نوع N در شهرستان محمودآباد، مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر. ۲۲۶ صفحه.

۳. جواهردشتی، م. و م. اصفهانی. ۱۳۸۱. *برنج دیم (تالیف میشل ژاکو و بریژیت کورتوا)*. نشر علوم کشاورزی، ۱۲۸ صفحه.

۴. درودی، م.، س. ملکوتی و م. ج. کاوسی. ۱۳۷۹. توصیه بهینه کودی برای محصولات زراعی و باغی استان گیلان. وزارت کشاورزی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۱۵۹. ۲۰ صفحه.

۵. روزمه، م. ۱۳۸۴. تعیین مناسب‌ترین فرمول تجربی و تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه برنج در منطقه گیلان(رشت). پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی،۱۲۶ صفحه.

۶. علیزاده، ا. ۱۳۸۱. *رابطه آب و خاک و گیاه*. چاپ سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۴۱ صفحه.

۷. قربانپور، م. ۱۳۸۲. اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری روی برخی صفات مورفولوژیک برنج در اراضی شمال کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران، ۱۰۲ صفحه.

۸. کامیاب، ف. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات نفود عمقی در قسمت‌های مختلف کرت‌های شالیزاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۹. موسوی، س. م. ۱۳۸۷. بررسی میزان تلفات عمقی در شالیزارهای تجهیز و نوسازی شده و سنتی در منطقه صومعه سرا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۱۰. یزدانی، م.، ن. شرفی، ت. رضوی پور و م. شریفی. ۱۳۸۲. مقایسه مدیریت‌های مختلف آبیاری در زراعت برنج گیلان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، ۶۷۴ صفحه.

۱۱. یوسفی مقدم، س. ۱۳۸۶. تأثیر شدت پادلینگ بر ویژگی‌های فیزیکی سه بافت خاک غالب در اراضی شالیزاری استان گیلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

12. Allen, R.G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Martın. 1998. Crop evapotranspiration.Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, 300 pp.
13. Herve, P. 1996. Guilan, a successful irrigation project in Iran. Irrig. Drain. Sys. 10: 95-107.
14. Othoman, A., J. kenji and A. Tsutmumi. 2007. Estimation of Evapotranspiration in Itoshima Area Japan by the FAO56-PM Method. Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University. 67(2): 53-65.
15. Tyagi, N. K., D.K. Sharma and S.K.Luthra. 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with lysimeter. Agric. Water Manage. 45(1): 41-54.
16. Yoo, S. H., J. H. Choi and M. W. Jang. 2008. Estimation of design water requirement using FAO Penman–Monteith and optimal probability distribution function in South Korea. Agric. Water Manage. 95: 845–853.