

نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم در منطقه زرقان استان فارس

جانب ... نیازی^۱، حمیدرضا فولادمند^۱، سید حمید احمدی^۱ و ژاله وزیری^۲

چکیده

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس در منطقه زرقان در سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ به منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم رقم کراس آزادی به وسیله لایسیمتر انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده نیاز آبی گندم در سه سال آزمایش به ترتیب برابر ۷۱۲، ۷۲۰ و ۶۷۴ میلی‌متر محاسبه شد. همچنین با در نظر گرفتن روش پمن ماننتیت برای محاسبه تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع، میانگین ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد گندم به ترتیب برابر ۰/۳۷، ۰/۶۸، ۰/۱۱ و ۰/۵۱ به دست آمد. علاوه بر آن، به منظور برنامه‌ریزی آبیاری گندم در سال‌های آینده از یک طرف و عدم دسترسی کشاورزان به کلیه آمار هواشناسی از طرف دیگر، سعی شد رابطه‌ای برای تعیین نیاز آبی گندم در منطقه به دست آید. در این راستا از میانگین دهه‌ای آمار تبخیر از تشت کلاس A و ضریب گیاهی استفاده گردید.

واژه‌های کلیدی: نیاز آبی، ضریب گیاهی، گندم

مقدمه

کشور و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده برای تأمین و انتقال آب، برنامه‌ریزی دقیق به منظور استفاده بهینه از منابع آب موجود که از عوامل مهم مدیریت آبیاری مزرعه است، ضروری می‌باشد. برای رسیدن به این هدف مهم، تعیین نیاز آبی گیاهان در مناطق مختلف کشور لازم است. مقدار تبخیر تعرق به پارامترهای هواشناسی و شرایط جوی، فصل رشد، بافت خاک و روش کاشت گیاه مورد نظر بستگی دارد.

برای تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گندم پژوهش‌هایی با استفاده از لایسیمتر در مناطق مختلف جهان انجام شده است.

از کل سطح اراضی زیر کشت غلات کشور در سال زراعی ۱۳۷۸-۱۳۷۹، استان فارس با دارا بودن ۷/۸۵ درصد سطح زیر کشت در رتبه دوم و با ۱۴/۶ درصد تولید در رتبه اول قرار داشت (۱). سطح زیر کشت گندم آبی در استان فارس ۳۶۰۴۱ هکتار و عملکرد کل آن ۱۱۷۴۲۵۱ تن می‌باشد (۱). سطح زیر کشت گندم آبی در شیراز و مرودشت به ترتیب برابر ۵۹۸۹۰ و ۵۴۸۰ هکتار و عملکرد آن هم به ترتیب برابر ۲۰۳۶۳۰ و ۲۳۵۶۴۰ تن است (۴). با توجه به محدودیت منابع آب در

۱. کارشناسان ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان فارس

۲. مرکز پژوهش مؤسسه تحقیقات آب و خاک، تهران

روزه، ماهانه و کل فصل زراعی در غرب اصفهان تعیین نمود. ولی می‌توان به جای کشت چمن در لایسیمتر، برای محاسبه تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع از معادله‌های ارائه شده مانند پنمن ماننت استفاده نمود. بر اساس پیشنهاد فائز در این پژوهش به منظور برآورد تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع از روش پنمن ماننت استفاده شد (۵ و ۱۲).

از طرف دیگر با استفاده از داده‌های هواشناسی طولانی مدت به وسیله نرم‌افزار کراپوات بر مبنای روش پنمن ماننت برای محاسبه تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع، نیاز آبی اغلب گیاهان زراعی به روش غیر مستقیم در نقاط مختلف کشور محاسبه شده است (۲). به طوری که نیاز آبی گندم در مرودشت (۱۰ کیلومتری شمال زرقان) برابر $751/5$ میلی‌متر برآورد گردید (۲).

در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده بیلان آب خاک در یکی از لایسیمترهای مرکز تحقیقات کشاورزی فارس در منطقه زرقان در دوره‌های زمانی 10 روزه، نیاز آبی گندم رقم کراس آزادی به روش مستقیم و همچنین با توجه به آمار هواشناسی سال‌های آزمایش به روش غیر مستقیم با استفاده از نرم‌افزار کراپوات محاسبه شد. در پایان با استفاده از روش پنمن ماننت برای محاسبه تبخیرتعرق بالقوه گیاه مرجع، ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد گندم برای منطقه تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی فارس در منطقه زرقان (ارتفاع 1621 متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی $29^{\circ}43'46''$ درجه و $52^{\circ}13'79''$ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی $13780-13799$ دقیقه شرقی) در سه فصل زراعی $13799-13800$ و $13800-13801$ انجام شد. رقم کراس آزادی که از ارقام غالب مورد کاشت منطقه می‌باشد درون یک لایسیمتر به ابعاد 2×2 و عمق $1/4$ متر و مساحت 20 در 20 متر مربع در اطراف لایسیمتر، با شرایط یکسان در اول آبان ماه هر سه سال کشت شد. بافت خاک درون لایسیمتر و اطراف آن لوم رسی سیلتی با حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم $20/5$ و $10/5$ درصد

در تحقیقی در کرج، درون یک لایسیمتر و اطراف آن (در سطح 20 در 20 متر مربع) گندم رقم قدس کشت شد و میانگین تبخیر تعرق در طول سه فصل زراعی برابر 765 میلی‌متر به دست آمد (۳). پریهار و همکاران (۱۰) در منطقه نیمه خشک لادهیانی هند در کرت‌های آزمایشی، مقدار تبخیرتعرق گندم را برابر 454 میلی‌متر گزارش کردند. در پژوهشی دیگر در همین منطقه حداکثر تبخیرتعرق روزانه گندم برابر $4/6$ میلی‌متر در روز به دست آمد (۷). در منطقه نیمه خشک کارناوال هند با میانگین بارندگی 667 میلی‌متر در سال با استفاده از لایسیمتر الکترونیکی، میانگین تبخیرتعرق گندم در دو فصل زراعی $1991-1992$ و $1992-1993$ با دوره رشد 150 روز برابر 336 میلی‌متر اندازه‌گیری شد و ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد نیز به ترتیب برابر $0/5$ ، $1/24$ ، $1/36$ و $0/42$ به دست آمد (۱۳). در منطقه مرتبط بنگال هند با در نظر گرفتن نسبت $1/2$ بین ارتفاع آب آبیاری و مقدار تبخیر تجمعی از تشت کلاس A، در سال‌های زراعی $1990-1991$ و $1989-1990$ ، تبخیرتعرق گندم به ترتیب برابر $238/2$ و $261/95$ میلی‌متر به دست آمد (۶). ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد نیز در این پژوهش به ترتیب برابر $0/82$ ، $0/82$ و $0/64$ و $1/08$ تعیین گردید. در یک منطقه نیمه خشک در شمال چین با استفاده از لایسیمتر، میانگین تبخیرتعرق گندم برابر $443/6$ میلی‌متر و مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل ضریب گیاهی فصلی گندم برابر $0/92$ ، $1/33$ و $0/42$ برآورد گردید (۸). در تحقیقی دیگر در یک منطقه نیمه خشک در شمال چین با استفاده از لایسیمتر ثقلی، تبخیرتعرق سالانه گندم بهاره در سال 1998 برابر $425/7$ میلی‌متر به دست آمد و ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد نیز به ترتیب برابر $0/55$ ، $1/19$ ، $1/03$ و $0/65$ برآورد شد (۹).

به منظور به دست آوردن مقادیر دقیق ضریب گیاهی، می‌توان همراه با کشت گیاه اصلی اقدام به کشت چمن (به عنوان گیاه مرجع) در لایسیمتر دیگری نمود. رحیمزادگان (۱۱) با کشت چغندر قند در دو لایسیمتر و چمن در سه لایسیمتر، ضریب گیاهی چغندر قند را برای فواصل زمانی 10

نتایج و بحث

بر اساس نتایج بیلان آب خاک به دست آمده در دوره‌های ۱۰ روزه مختلف، مقدار تبخیر تعرق سالانه (نیاز آبی) گندم در سال‌های زراعی ۱۳۷۹-۱۳۸۰، ۱۳۷۸-۱۳۸۱، ۱۳۸۰-۱۳۸۱ و ۱۳۸۱-۱۳۷۹ برای طول دوره رشد ۲۲۰ روز در هر سال به ترتیب برابر ۷۲۰ و ۶۷۴ میلی متر شد. بنابراین، میانگین نیاز آبی سالانه گندم با روش مستقیم برابر ۷۰۲ میلی متر به دست آمد. در سه سال ذکر شده و با استفاده از روش غیر مستقیم به وسیله نرمافزار کراپوات، نیاز آبی در دوره رشد ۲۲۰ روز به ترتیب برابر ۸۳۰، ۸۳۲ و ۷۵۹ میلی متر تخمین زده شد. بنابراین میانگین نیاز آبی سالانه گندم با روش غیر مستقیم برابر ۸۰۷ میلی متر به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که با روش غیر مستقیم نیاز آبی بیشتر برآورد می‌شود. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که نیاز آبی سالانه گندم در منطقه زرقان با دوره رشد ۲۲۰ روز حدود ۷۰۰ میلی متر می‌باشد.

از طرف دیگر با استفاده از نتایج به دست آمده تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع به وسیله نرمافزار کراپوات و با توجه به تبخیر تعرق گندم به دست آمده از روش مستقیم، ضریب گیاهی دهه‌های مختلف محاسبه گردید. منحنی تغییرات دهه‌ای تبخیر تعرق گندم و تبخیر تعرق گیاه مرجع در سه سال آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. همچنین تغییرات دهه‌ای ضریب گیاهی سه سال آزمایش در شکل ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود دوره رشد گندم رقم کراس آزادی در منطقه زرقان به چهار مرحله ۴۰، ۱۲۰، ۳۰ و ۳۰ روز تقسیم می‌شود و حداقل تبخیر تعرق گندم در انتهای مرحله سوم (حدود ۱۹۰ روز پس از کاشت) به وقوع پیوسته است. میانگین ضریب گیاهی چهار مرحله رشد در سه سال آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین ضریب گیاهی چهار مرحله رشد در سه سال آزمایش به ترتیب برابر ۰/۳۷، ۰/۶۸، ۰/۱۲ و ۰/۵۱ (میانگین کل فصل رشد برابر ۰/۶۷) به دست آمد. آلن و همکاران (۵) نیز دوره ۲۴۰ روزه رشد گندم در مناطق نیمه مرطوب را به چهار مرحله ۳۰، ۴۰، ۱۴۰ و ۳۰ روز تقسیم

وزنی و چگالی ظاهری ۱/۵۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. بعضی از ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. با شروع فصل رشد در فاصله‌های زمانی ۲ تا ۳ روزه با برداشت نمونه وزنی از خاک درون لایسیمتر، مقدار آب آبیاری به طوری تعیین می‌شود که تنشی به گیاه وارد نشود. ولی معادله بیلان آب خاک درون لایسیمتر، با استفاده از رابطه زیر برای دوره‌های زمانی ۱۰ روزه اعمال شد:

$$ET_{ci} = I_i + P_i - D_i + W_{i-1} - W_i \quad [1]$$

که در آن ET_{ci} : تبخیر تعرق بالقوه گیاه (گندم)، I_i : مقدار آب آبیاری، P_i : مقدار بارندگی، D_i : مقدار زه‌آب، W_{i-1} : مقدار رطوبت خاک در زمان اول اندازه‌گیری و W_i : مقدار رطوبت خاک در زمان دوم اندازه‌گیری می‌باشد. واحد کلیه پارامترهای به کار رفته در معادله ۱ بر حسب میلی متر می‌باشد. بنابراین، با استفاده از معادله ۱ برای هر ۱۰ روز مقدار تبخیر تعرق گندم (برابر نیاز آبی گیاه) در دوره رشد ۲۲۰ روز و برای هر سه سال آزمایش به دست آمد. همچنین با استفاده از آمار هواشناسی ایستگاه موجود در محل آزمایش، نیاز آبی گندم از روش غیر مستقیم و به وسیله نرمافزار کراپوات در دوره‌های ۱۰ روزه تعیین شد. میانگین داده‌های هواشناسی ماهانه برای سال‌های مختلف آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. سپس با استفاده از تبخیر تعرق گیاه مرجع به دست آمده از نرمافزار کراپوات (بر مبنای روش پمن مانتیت) از معادله زیر ضریب گیاهی در دوره‌های زمانی ۱۰ روزه تعیین گردید (۵):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad [2]$$

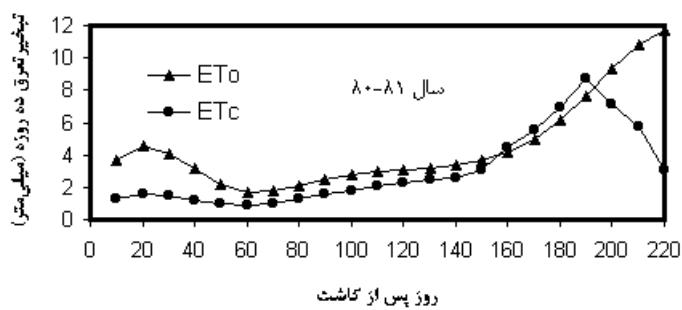
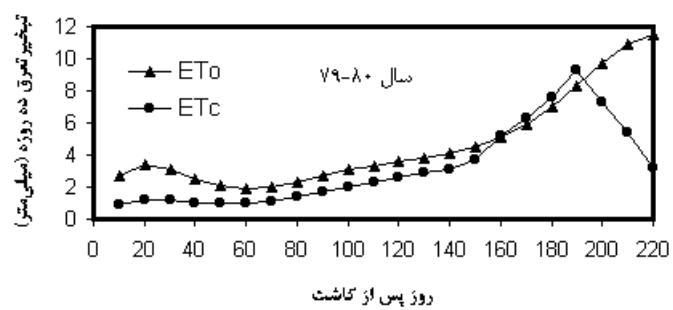
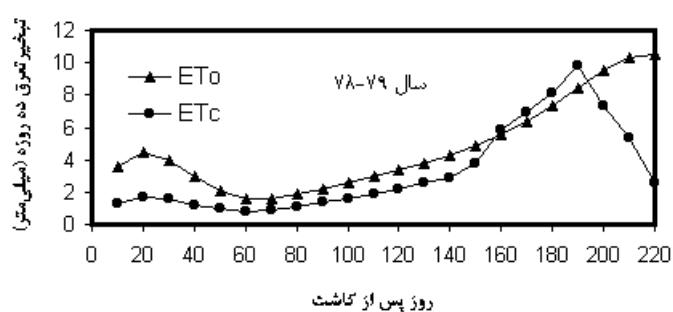
که در آن K_c : ضریب گیاهی و ET_c : تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع بر حسب میلی متر است. در پایان با رسم منحنی ضریب گیاهی در فصل رشد، طول مراحل چهارگانه رشد گندم در منطقه زرقان تعیین گردید و با میانگین‌گیری از اعداد ضریب گیاهی هر مرحله، میانگین ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد به دست آمد.

جدول ۱. بعضی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های مختلف

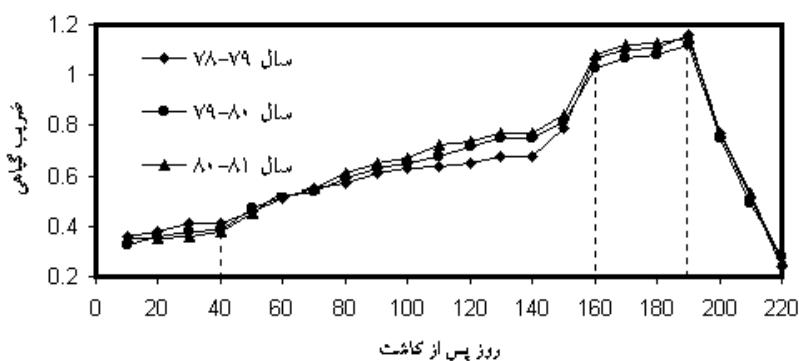
K (ppm)	P (ppm)	N (%)	pH	EC (dS/m)	درصد مواد آلی	عمق خاک (سانتی متر)	سال زراعی
۳۳۸	۸/۵	۰/۰۶۵	۷/۸	۰/۷۱	۰/۶۷	۰-۳۰	۱۳۷۸-۷۹
۳۵۰	۸/۵	۰/۰۶۴	۷/۸	۰/۷۱	۰/۵۵	۳۰-۶۰	
۳۳۹	۸/۵	۰/۰۶۵	۷/۸	۰/۷۲	۰/۶۵	۰-۳۰	۱۳۷۹-۸۰
۳۴۱	۸/۶	۰/۰۶۳	۷/۸	۰/۷۳	۰/۶۵	۳۰-۶۰	
۴۰۷	۷/۶	۰/۰۷۰	۷/۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰-۳۰	۱۳۸۰-۸۱
۳۵۸	۶/۶	۰/۰۵۰	۷/۹	۰/۷۳	۰/۵۵	۳۰-۶۰	

جدول ۲. میانگین آمار هواشناسی محل آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۷۹-۱۳۸۰، ۱۳۸۰-۱۳۸۱ و ۱۳۸۱-۱۳۸۲ (به ترتیب میانگین حداقل دما، حداکثر دما، درصد رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی، تبخیر از تشته و مجموع بارندگی ماهانه)

Rain (mm)	Ep (mm)	N (hr)	U (m/s)	RH _{ave} (%)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	ماه
۰/۵	۵/۱۳	۸/۴	۳/۹۳	۳۹/۸	۲۲/۶	۴/۷	آبان
۱۷/۳	۳/۳۱	۷/۸	۲/۱۰	۵۱/۵	۱۴/۸	۰/۳	آذر
۱۰۰/۷	۲/۱۷	۶/۷	۰/۸۷	۵۹/۸	۱۱/۹	-۱/۹	دی
۵۷/۸	۱/۶۷	۷/۶	۳/۸۳	۵۹/۳	۱۱/۲	-۲/۷	بهمن
۱/۰	۳/۰۳	۹/۰	۴/۹۳	۳۵/۰	۱۸/۲	۰/۲	اسفند
۳/۶	۶/۴۵	۹/۴	۴/۱۷	۴۲/۶	۲۴/۳	۶/۴	فروردین
۰/۰	۹/۱۵	۱۰/۷	۶/۲۷	۳۱/۴	۳۰/۳	۱۱/۳	اردیبهشت
۰/۰	۱۲/۱۶	۱۲/۶	۴/۰۷	۲۳/۰	۳۵/۶	۱۳/۸	خرداد
۵۶/۷	۴/۶۱	۷/۱	۳/۰۳	۵۲/۱	۲۰/۰	۵/۷	آبان
۸۰/۵	۲/۰۱	۶/۸	۳/۰۰	۶۳/۵	۱۳/۵	۱/۶	آذر
۳۰/۲	۱/۶۳	۷/۳	۳/۰۰	۶۱/۰	۱۲/۴	-۱/۴	دی
۳۸/۹	۲/۳۰	۸/۵	۳/۴۳	۵۲/۰	۱۲/۶	-۲/۴	بهمن
۷/۲	۳/۹۵	۹/۱	۴/۰۷	۵۰/۰	۱۸/۵	۱/۶	اسفند
۳/۰	۵/۸۲	۹/۵	۵/۰۰	۴۲/۷	۲۲/۶	۴/۵	فروردین
۲/۴	۸/۳۲	۹/۹	۶/۶۷	۳۶/۰	۲۹/۳	۱۰/۶	اردیبهشت
۰/۰	۱۱/۹۳	۱۱/۸	۶/۴۳	۲۵/۳	۳۴/۲	۱۴/۰	خرداد
۵/۸	۵/۱۴	۹/۲	۳/۹۳	۳۸/۱	۲۲/۱	۳/۵	آبان
۱۲۷/۶	۱/۷۵	۴/۵	۳/۶۷	۶۸/۹	۱۵/۰	۴/۱	آذر
۱۵۹/۰	۱/۱۶	۷/۹	۱/۳۰	۶۷/۸	۱۲/۴	۰/۵	دی
۲۹/۶	۱/۰۷	۸/۲	۲/۸۰	۵۱/۵	۱۳/۶	-۱/۵	بهمن
۵۳/۸	۳/۱۰	۷/۴	۲/۹۰	۵۲/۹	۱۶/۹	۳/۱	اسفند
۵۸/۹	۴/۶۹	۸/۴	۶/۵۳	۵۶/۵	۲۰/۴	۶/۲	فروردین
۰/۵	۸/۳۶	۱۰/۸	۶/۵۰	۳۹/۵	۲۸/۴	۸/۸	اردیبهشت
۰/۰	۱۱/۰۸	۱۲/۲	۶/۶۳	۲۶/۰	۳۴/۴	۱۲/۸	خرداد



شکل ۱. تغییرات تبخیر تعرق ده روزه‌ای گندم (ETc) و تبخیر تعرق گیاه مرجع (ET₀) در دوره رشد برای سه سال متوالی آزمایش



شکل ۲. منحنی تغییرات دهه‌ای ضریب گیاهی در سه سال آزمایش

که در آن $ET = Y$ بر حسب میلی متر در روز و Z : میانگین تبخیر از تشت کلاس A در دهه های مختلف هر ماه سال بر حسب میلی متر می باشد. بنابراین مقدار Y به دست آمده میانگین تبخیر تعرق گندم در دهه های مختلف هر ماه بر حسب میلی متر خواهد بود. چنانچه از معادله ۳ دیده می شود مقدار R به دست آمده زیاد نیست. بنابراین به منظور دست یابی به نتایج بهتر نخست معادله ای بین تبخیر از تشت کلاس A و تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع به صورت زیر به دست آمد:

$$X = 0.008Z^3 - 0.115Z^2 + 0.28Z (R^2 = 0.822, n = 66, SE = 1.213, p < 0.001) \quad [4]$$

که در آن $X = ET_0$ بر حسب میلی متر در روز است. سپس با توجه به میانگین تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع به دست آمده از معادله ۴ در دهه های مختلف هر ماه، می توان میانگین تبخیر تعرق دهه ای گندم در هر ماه سال را از معادله زیر برآورد کرد (۵):

$$ET_C = K_C \cdot ET_0 \quad [5]$$

مقادیر ضریب گیاهی دهه های مختلف فصل رشد در جدول ۴ ارائه شده است.

از طرف دیگر رابطه بین تبخیر تعرق گندم و تبخیر تعرق بالقوه گیاه مرجع در دوره های زمانی ۱۰ روزه در سال های مختلف آزمایش به صورت معادله زیر به دست آمد:

$$ET_C = 0.671 ET_0 (R^2 = 0.522, n = 66, SE = 1.718, p < 0.001) \quad [6]$$

همان طور که در معادله ۶ دیده می شود، میانگین ضریب گیاهی فصلی گندم برابر 0.671 به دست می آید که با میانگین ضرایب گیاهی مراحل چهارگانه فصل رشد (0.67) برابر می باشد.

سپاسگزاری

مقاله فوق برگرفته از طرح تحقیقاتی "تعیین نیاز آبی گندم به روش مستقیم" می باشد که در مرکز تحقیقات کشاورزی فارس انجام شده است. بنابراین بدین وسیله از همکاری صمیمانه مدیریت و همکاران محترم مرکز تحقیقات کشاورزی، همکاران

جدول ۳. میانگین ضریب گیاهی مراحل چهارگانه رشد در سال های مختلف

سال زراعی مرحله رشد	۱۳۸۰-۸۱	۱۳۷۹-۸۰	۱۳۷۸-۷۹
	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۹
اول			
دوم	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۵
سوم	۱/۱۳	۱/۰۹	۱/۱۲
چهارم	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۱

جدول ۴. ضریب گیاهی گندم در دهه های مختلف فصل رشد

دهه گیاهی	ضریب گیاهی	دهه گیاهی	ضریب گیاهی	دهه گیاهی	ضریب گیاهی
۱/۱۲۰	۱۷	۰/۶۸۳	۹	۰/۳۷۰	۱
۱/۱۲۰	۱۸	۰/۷۴۵	۱۰	۰/۳۷۰	۲
۱/۱۲۰	۱۹	۰/۸۰۸	۱۱	۰/۳۷۰	۳
۰/۹۱۷	۲۰	۰/۸۷۰	۱۲	۰/۳۷۰	۴
۰/۷۱۳	۲۱	۰/۹۳۳	۱۳	۰/۴۳۳	۵
۰/۵۱۰	۲۲	۰/۹۹۵	۱۴	۰/۴۹۵	۶
		۱/۰۵۸	۱۵	۰/۵۵۸	۷
		۱/۱۲۰	۱۶	۰/۶۲۰	۸

کرده اند و ضریب گیاهی مراحل اول، سوم و چهارم رشد را به ترتیب برابر 0.370 ، 0.370 و 0.370 پیشنهاد نموده اند. مقایسه نتایج به دست آمده از آزمایش با مقادیر پیشنهاد شده توسط آلن و همکاران (۵) نشان دهنده هم خوانی ضرایب مراحل اول و سوم می باشد. ولی ضریب گیاهی به دست آمده مرحله چهارم به علت نیمه خشک بودن منطقه، تقریباً دو برابر ضریب پیشنهاد شده توسط آلن و همکاران (۵) است.

همچنین به منظور برنامه ریزی آبیاری گندم در سال های آینده و عدم دسترسی کشاورزان منطقه به کلیه آمار هواشناسی، رابطه ای بین میانگین تبخیر تعرق روزانه گندم و میانگین روزانه تبخیر از تشت کلاس A به صورت زیر تعیین شد:

$$Y = -0.0178Z^3 + 0.2024Z^2 + 0.2868Z (R^2 = 0.518, n = 66, SE = 1.753, p < 0.001) \quad [7]$$

بخش تحقیقات خاک و آب، تکنسین‌های بخش خاک و آب و

هم‌چنین از کارشناسان ایستگاه تحقیقات هواشناسی زرقان

منابع مورد استفاده

۱. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹. ۱۳۸۰. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات، تهران.
۲. فرشی، ع. ا.، م. ر. جارالله‌ی، م. ر. قائمی، م. شهابی‌فرد و م. تولائی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمله زراعی و باخی کشور (جلد اول: گیاهان زراعی). نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۳. فرشی، ع. ا. ۱۳۷۸. تعیین نیاز آبی گندم (تبغیر و تعرق بالقوه) با استفاده از جعبه کشت (لایسیمتر) و تعیین برنامه آبیاری برای کسب حداقل محصول در کرج. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۶۲۹ تا ۶۳۰، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. یزدانبخش، م. و ز. جمشیدی. ۱۳۸۰. آمارنامه استان فارس ۱۳۷۹. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان فارس، معاونت آمار و انفورماتیک، شیراز.
5. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration. Irrig. Drain. Paper 56, FAO, Rome.
6. Bandyopadhyay, P. K. and S. Mallick. 2003. Actual evapotranspiration and crop coefficient of wheat (*Triticum aestivum*) under varying moisture levels of humid tropical canal command area. Agric. Water Manag. 59: 33-47.
7. Hundal, B. S. and R. Singh. 1989. Evapotranspiration from wheat under semi-arid conditions in Panjab. Ann. Arid Zone, Jodhpur, India. 28: 117-121.
8. Kang, S., B. Gu, T. Du and J. Zhang. 2003. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. Agric. Water Manag. 59: 239-254.
9. Li, Y. L., J. Y. Cui, T. H. Zhang and H. L. Zhao. 2003. Measurement of evapotranspiration of irrigated spring wheat and maize in a semi-arid region of north China. Agric. Water Manag. 61: 1-12.
10. Prihar, S. S., K. L. Khera, K. S. Sandhu and B. S. Sandhu. 1976. Comparison of irrigation schedules based on pan evaporation and growth stages of winter wheat. Agron. J. 60: 650-653.
11. Rahimzadegan, R. 1995. Crop coefficient of sugar beet for Isfahan region. Iran Agric. Res. 14(2): 125-138.
12. Smith, M. 1992. Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. Land and Water Develop. Div. FAO, Rome.
13. Tyagi, N. K., D. K. Sharma and S. K. Luthra. 2000. Evapotranspiration and crop coefficient of wheat and sorghum. J. Irrig. Drain. Eng. ASCE. 126(4): 215-222.