تعیین ضریب واکنش عملکرد گندم به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد

نیازعلی ابراهیمی پاک[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۴)

چکیده

این پژوهش به منظور تعیین ضریب واکنش عملکرد گندم (K_y) رقم الوند نسبت به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار آبیاری کامل(E_0)، ۸۵٪ (E_1)، ۷۰٪ (E_2) و ۵۵٪ (E_3) تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه گندم و بدون کاربرد آب (E_4) در شش آزمایش جداگانه در مراحل رشد گیاه شامل جوانه‌زنی، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، گل‌دهی، شیری و خمیری دانه در سه سال زراعی در شهرکرد انجام شد. تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه از یک لایسیمتر زه‌کش‌دار در شرایط مشابه مزرعه از نظر بافت، ساختمان خاک و کشت گیاه به‌دست آمد. پس از برداشت محصول، عملکرد دانه تعیین و ضریب واکنش گیاه گندم محاسبه شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کم‌آبیاری در مراحل جوانه‌زنی، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، گل‌دهی و شیری دانه قرار گرفت. بیشترین و کمترین عملکرد گندم در تیمارهای آبیاری کامل و بدون کاربرد آب به‌ترتیب برابر با ۶۳۵۴ و ۲۲۰۳ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه گندم در منطقه برابر با ۶۴۱ میلی‌متر به‌دست آمد. ضرایب K_y با توجه به تیمارهای کم‌آبیاری برای مراحل جوانه‌زنی بین ۰/۵۵ تا ۰/۷۶، پنجه‌دهی بین ۰/۵۸ تا ۰/۹۷، ساقه‌دهی بین ۰/۷ تا ۱/۴۳، گل‌دهی بین ۰/۷۵ تا ۱/۴۵، شیری شدن بین ۰/۶۸ تا ۰/۹۵ و خمیری دانه بین ۰/۵۲ تا ۰/۵۸ تعیین گردید. به‌طور کلی، در تمام مراحل رشد گیاه، با کاهش نسبی تبخیر- تعرق، عملکرد واقعی و عملکرد نسبی گیاه کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، گندم رقم الوند، مراحل رشد

۱. استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nebrahimipak@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

مقدمه

تأمین آب مورد نیاز گیاه از عوامل ضروری تولید است که با کاهش آن، عملکرد گیاهان زراعی کاهش می‌یابد. هر چند کشاورزان تمایل دارند که از حداکثر آب برای آبیاری جهت تولید محصول استفاده کنند، لیکن این شیوه حتی در شرایط بدون محدودیت منابع آب هم منطقی به نظر نمی‌رسد. در شرایط کم‌آبی، لازم است که کارایی مصرف آب در مزرعه با استفاده از توابع تولید و رابطه نسبی بین عملکرد محصول و آب مصرفی، بهینه گردد (۱۸). میزان مصرف آب در مزرعه بستگی به شرایط محیطی و مرحله رشد گیاه دارد و کمبود آب در گیاه، از مقایسه بین ETm در شرایط معین و ETp در شرایط بدون کمبود آب به‌دست می‌آید (۲، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۹ و ۲۹). به عبارتی، هنگامی‌که نیاز آبی گیاه تأمین نشود میزان تبخیر- تعرق واقعی گیاه کمتر از تبخیر- تعرق پتانسیل شده و به گیاه تنش خشکی وارد می‌شود و عملکرد کاهش پیدا می‌کند (۶). اگر منابع آب محدود باشد، برای مصرف بهینه آب باید نوع گیاه، مرحله رشد و نوع خاک را در نظر گرفته و برای اعمال کم‌آبیاری مقادیر قابل اعتمادی از میزان رطوبت خاک، تنش رطوبتی گیاه و تابع تولید محصول به‌دست آورد (۱، ۵، ۱۱، ۱۲، ۱۵، ۱۹ و ۳۰). در چنین شرایطی لازم است از آب محدود بر مبنای نیازهای اجتناب‌ناپذیر گیاه استفاده شود تا کاهش عملکرد گیاه چندان قابل توجه نباشد (۲۷).

واکنش گیاه نسبت به آب مصرفی به صورت تابع "آب مصرفی- عملکرد محصول" یا تابع "عملکرد- تبخیر- تعرق" معرفی شده است (۱۶). ضریب واکنش گیاه تابعی از میزان عملکرد نسبی محصول نسبت به تبخیر- تعرق نسبی گیاه است که محققین پس از جمع‌بندی روابط ارائه شده و تجزیه و تحلیل آنها، آن را به‌صورت عمومی زیر ارائه کرده‌اند (۸):

$$\frac{y}{y_m} = \left(1 - K_y\right) + K_y\left(\frac{ETy}{ET_m}\right) = 1 - \frac{y}{y_m} = K_y\left(1 - \frac{ETy}{ET_m}\right) \qquad [1]$$

در این رابطه، y عملکرد واقعی، y_m حداکثر عملکرد، ET_y تبخیر- تعرق واقعی، ET_m حداکثر تبخیر- تعرق و K_y ضریب واکنش عملکرد محصول است.

چنانچه مراحل مختلف رشد یک گیاه مورد توجه قرار گیرد رابطه ۱ به صورت رابطه ۲ تبدیل می‌شود:

$$K_y = \frac{\prod_{n=1}^{m}\left[1 - \frac{y}{y_m}\right]}{\prod_{n=1}^{m}\left[1 - \frac{ET}{ET_m}\right]} \qquad [2]$$

و نهایتاً مدلی که توسط FAO انتشار یافته (۸):

$$1 - \frac{Y}{Y_m} = K_y\left(1 - \frac{ET}{ET_m}\right) \qquad [3]$$

ضریب واکنش عملکرد محصول ناشی از کم‌آبیاری در مرحله‌ای خاص از رشد گیاه (۶ و ۱۵) و یا کل مراحل رویشی گیاه به‌دست می‌آید (۱۳ و ۲۹). حساسیت گندم نسبت به کمبود آب در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است (۲۷). هنگامی‌که کم‌آبی در مرحله خاص از رشد گیاه اتفاق بیافتد، واکنش عملکرد محصول به آن مرحله بستگی خواهد داشت (۲۰ و ۲۸). در شرایط تنش خشکی، عملکرد محصول، تعداد سنبله بارور در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله گندم، عملکرد بیولوژیک گیاه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۴، ۱۰ و ۳۰). هرچند که تنش خشکی در مراحل جوانه‌زنی و رشد ساقه (قبل از گرده‌افشانی) باعث کاهش رشد و نمو گیاه می‌شود، لیکن اثر عمده تنش خشکی پس از گرده‌افشانی باعث محدود شدن ظرفیت ذخیره دانه گندم خواهد شد (۲۳ و ۲۵). کم‌آبی در مرحله گل‌دهی و تشکیل دانه باروری گیاه را کاهش داد، لیکن تنش آبی در مرحله پر شدن دانه باعث چروکیدگی دانه شد (۱۷ و ۲۴). تنش خشکی پس از مرحله گرده‌افشانی باعث کاهش سرعت پر شدن دانه و شاخص برداشت محصول شد (۷، ۲۲ و ۳۰). مراحل حساس رشد گیاه گندم نسبت به کم‌آبی به‌ترتیب شامل مراحل گل‌دهی، شیری، خمیری، جوانه‌زنی و پنجه‌دهی است (۹، ۱۸ و ۲۷). ضریب واکنش عملکرد گندم پاییزه در مراحل گل‌دهی، تشکیل دانه و رویشی به‌ترتیب ۰/۶، ۰/۵ و ۰/۲ و در گندم بهاره به‌ترتیب

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

۰/۶۵، ۰/۵۵ و ۰/۲ محاسبه شده و برای کل دوره رشد گندم پاییزه ۱/۱۵ به‌دست آمد (۸). مقدار ضریب واکنش عملکرد یک رقم گندم زمستانه برابر با ۱/۲۹ به‌دست آمد (۲۶ و ۲۷). این ضریب برای گندم رقم مهدوی در مراحل پنجه‌دهی ۰/۴۵، ساقه‌دهی ۰/۵۶، تکامل دانه ۰/۴۸ و برای کل دوره رویش ۱/۰۸ به‌دست آمد (۲). مقدار ضریب واکنش برای یک رقم جو از خانواده غلات برابر با ۰/۲۵ به‌دست آمد (۳). هدف از این تحقیق، برآورد تابع تولید محصول و تعیین ضرایب واکنش عملکرد گندم پاییزه، رقم الوند، نسبت به کم‌آبی در شهرکرد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد با طول جغرافیایی '۵۶ °۵۰ شرقی و عرض جغرافیایی '۱۸ °۳۲ شمالی و ارتفاع ۲۰۶۶ متر از سطح دریا در یک خاک لوم رسی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت سه سال زراعی اجرا شد. قبل از اجرای طرح، از اعماق مختلف خاک نمونه تهیه و برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد که نتایج در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. تیمارهای آبیاری در پنج سطح شامل E0 (آبیاری کامل معادل تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه) و E1 تا E3 به‌ترتیب شامل ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد تبخیر- تعرق گیاه گندم (محاسبه شده از لایسیمتر) و E4 (بدون آبیاری) بود. تحقیق در سه آزمایش جداگانه در مراحل مختلف رشد گیاه شامل T1: جوانه‌زنی، T2: پنجه‌دهی، T3: ساقه‌دهی، T4: گل‌دهی، T5: شیری شدن دانه و T6: خمیری شدن دانه اجرا شد. از آنجا که زمین انتخابی طرح در تناوب با زراعت چغندرقند بود، عملیات تهیه زمین با شخم آغاز و با دیسک و ماله و ایجاد کرت به اندازه‌های ۲/۵ × ۵ متر خاتمه یافت. جهت اطمینان از عدم نشت افقی آب، فاصله بین دو کرت مجاور ۲/۵ متر در نظر گرفته شد و انتهای کرت‌ها بسته بود تا از تلفات سطحی آب جلوگیری شود. در هر کرت آزمایشی ۱۲ خط کشت به طول ۴ متر و فاصله ۲۰ سانتی‌متر انتخاب شد و بذر رقم الوند کشت شد. به منظور اندازه‌گیری دقیق تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه از یک لایسیمتر زه‌کش‌دار در شرایط مشابه مزرعه از نظر بافت، ساختمان خاک و کشت گیاه استفاده شد. با اندازه‌گیری دقیق مقدار رطوبت خاک درون لایسیمتر و تعیین مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه، مقادیر آب آبیاری هر کرت محاسبه و توسط لوله تا ابتدای کرت منتقل شد. سپس آب از طریق کنتور حجمی در اختیار هر کرت قرار داده شد. جرم مخصوص ظاهری خاک به روش استوانه و رطوبت ظرفیت زراعی و رطوبت نقطه پژمردگی دائم خاک مزرعه به‌وسیله صفحه فشاری برای نمونه‌های لایه‌های خاک اندازه‌گیری شد. مقدار تبخیر- تعرق پتاتسیل گیاه نیز با استفاده از لایسیمتر زه‌کش‌دار از رابطه ۴ محاسبه شد:

$$ET_C = I + R - D \pm (Sw_1 - Sw_2) \qquad [۴]$$

که درآن ETc تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر)، I میزان آب آبیاری مورد نیاز تا رسیدن به رطوبت ظرفیت زراعی (میلی‌متر)، R میزان بارندگی (میلی‌متر)، D عمق آب زه‌کش شده (میلی‌متر)، Sw_1 رطوبت لایه خاک در ابتدای دوره اندازه‌گیری (میلی‌متر) و Sw_2 رطوبت لایه خاک در انتهای دوره اندازه‌گیری (میلی‌متر) است. به منظور ارزیابی تأثیر کم‌آبیاری در هر یک از مراحل رشد شش‌گانه گیاه گندم، کم‌آبیاری فقط در همان مرحله انجام و در سایر مراحل آبیاری به‌طور کامل انجام شد. میزان بارندگی (متوسط سالانه) در طول مراحل آزمایش در ایستگاه ۲۸۸/۳ میلی‌متر و بیشینه، میانگین و کمینه دمای سالانه محل اجرای آزمایش براساس متوسط دوره آزمایش به‌ترتیب معادل ۲۰، ۱۲ و ۳/۵ درجه سلسیوس بود.

در اواخر تیرماه، برداشت از وسط هرکرت آزمایشی با حذف حواشی، در سطحی معادل ۱/۵ مترمربع انجام شد. نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن هزار دانه و خصوصیات کیفی مانند پروتئین دانه به آزمایشگاه ارسال شد. هم‌چنین از هر کرت نمونه‌برداری کامل از ۲۰ بوته برای تعیین صفاتی از جمله ارتفاع بوته، طول سنبله، طول دم گل‌آذین و تعداد دانه در سنبله انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Minitab

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)		۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۷۵	۷۵-۱۲۰	۱۲۰-۱۴۰	۱۴۰-۱۸۵	متوسط
رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	FC	۲۲/۵	۲۳	۱۷/۲	۱۷/۲	۹/۲	۲۰/۶	۱۸/۵
رطوبت نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	PWP	۱۷/۵	۱۲/۹	۷/۸	۷/۸	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۲
جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	ρ_b	۱/۳۴	۱/۵۷	۱/۷۸	۱/۶۸	۱/۶۹	۱/۶۹	۱/۶۲
بافت خاک		رس سیلتی	لوم سیلتی	لوم شنی	لوم شنی	لوم سیلتی	لوم سیلتی	

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیائی خاک مزرعه آزمایشی

نمونه	عمق نمونه‌برداری (cm)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش کل اشباع (pH)	مواد خنثی شونده (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/L)	پتاسیم قابل جذب (mg/L)
۱	۰ _ ۳۰	۴۵	۰/۳۵	۸/۰۷	۴۰/۴	۰/۵۵	۰/۷	۸/۱۵	۳۸۴
۲	۲۵ _ ۵۰	۵۲	۰/۳۲	۸/۰۷	۳۸	۰/۴۸	۰/۷۲	۷/۷	۲۹۳

و SPSS ۱۰/۳ استفاده شد. تابع "تولید- تبخیر و تعرق" تحت مکانیسم عمومی یا خاص و یا به‌صورت تجربی تجزیه و تحلیل می‌شود (۲۹). توابع تجربی دو نوع هستند. یک نوع از این توابع، رابطه بین عملکرد محصول و تبخیر- تعرق دوره رشد را مشخص می‌کند (۱۳ و ۲۹). نوع دوم توابع، واکنش نسبی عملکرد گیاه را نسبت به تبخیر- تعرق نسبی برای مرحله خاص از گیاه تعیین می‌کند (۸، ۱۳ و ۱۵). در این تحقیق، از رابطه ۲ استفاده شد و به دلیل این‌که کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه در فصل رویش اثرهای پیچیده و متقابل دارد، ابتدا این گونه اثرها ساده‌سازی شدند تا عناصر وابسته هر مرحله از رشد پیدا شود. برای بیان ترکیب اثرها، تنش آبی در مراحل رشد گیاه از روش جمع‌پذیری Σ یا ضرب‌پذیری $\prod$ استفاده شد که مدل ساده شده آن به‌صورت معادله ۵ است:

$$1-\frac{y}{y_m}=K_y\left(1-\frac{ET}{ET_m}\right) \qquad [5]$$

در شرایطی‌که هیچ‌گونه کم‌آبیاری اعمال نگردد، یعنی ET=ETm باشد، از رابطه ۶ استفاده می‌شود:

$$\text{if}\ \frac{ET}{ET_m}=1\Rightarrow 1-\frac{Y_a}{Y_m}=K_y(1-1)=Y_a=Y_m \qquad [6]$$

درشرایط کم‌آبیاری، یعنی $0<\frac{ET}{ET_m}<1$، از معادله ۷ استفاده گردید:

$$0<\frac{ETy}{ET_m}<1\Rightarrow 1-\frac{Y}{Y_m}=K_y\left(1-\frac{ETy}{ET_m}\right). \qquad [7]$$

$$\Rightarrow K_y=\frac{1-\frac{y}{y_m}}{1-\frac{ETy}{ET_m}}$$

در این پژوهش، برای ارزیابی رابطه ۷ از اطلاعات مربوط به میزان تبخیر- تعرق واقعی، تبخیر- تعرق پتانسیل، عملکرد واقعی و حداکثر عملکرد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار آب بر عملکرد دانه گندم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد در مراحل رشد گیاه در ادغام نتایج (دانکن ۵٪)

منبع تغییرات	درجه آزادی	جوانه‌زنی	پنجه‌دهی	ساقه‌دهی	گل‌دهی	شیری دانه	خمیری
تنش آبی	۴	۳/۲۸ *	۳/۲۸ *	۳۱/۴ *	۲۷/۳ *	۲۶/۶ *	۱/۲۸*
سال در تنش	۵	۴/۸۳ns	۹ /۸۸ns	۶/۵۸ *	۱۷/۷ *	۵/۳۴ *	۹/۱۰ns
تکرار	۲	۴/۹۴ns	۰/ ۸۲ns	۱/۷۸ns	۲/۹۵ns	۰/۷۷ns	۲/۶۹ns
تنش در تکرار	۸	۴/۲۸ns	۷/۷۶ns	۷/۲۷ns	۴/۰۹ns	۵/۰۹ns	۶/۰۶ns
خطا	۱۰	۳۲/۴	۱۱/۲	۷/۰۹	۳/۷۶	۶/۴۲	۶/۳۷
کل	۲۹	۴۹/۹	۳۲/۹	۵۴/۱	۵۰/۸	۳۸/۲	۲۵/۵

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

میانگین عملکرد گیاه نشان داد که تیمار E_0 بیشترین و تیمار E_4 کمترین عملکرد دانه گندم را در هر شش مرحله رشد دارد (جدول ۴). مقادیر ضریب واکنش عملکرد گندم (K_y) نسبت به کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که مقدار K_y در مراحل جوانه‌زنی بین ۵۵ /۰ تا ۰/۷۶، پنجه‌دهی بین ۰/۵۸تا ۹۷ /۰، ساقه‌دهی بین ۰/۷۰ تا ۱/۴۳، گل‌دهی بین ۰/۷۵ تا ۱/۴۵، شیری بین ۰/۶۸ تا ۰/۹۶ و خمیری بین ۰/۵۲ تا ۰/۵۸ تغییر کرد. با افزایش تنش خشکی، مقدار K_y افزایش یافت و با تبخیر- تعرق گیاه نسبت معکوس داشت. نتایج نشان داد که مقدار K_y در مراحل مختلف رشد گیاه با تأثیر کم‌آبیاری بین ۰/۵۲ تا ۱/۴۵ نوسان داشت. لیکن در شرایطی که بیشترین مقدار تنش خشکی اعمال شود، مقدار K_y در مراحل رشد جوانه‌زنی برابر با ۰/۷۶، پنجه‌دهی ۹۷ /۰، ساقه‌دهی ۱/۴۳، گل‌دهی ۱/۴۵، شیری ۰/۹۵ و خمیری برابر با ۵۸/ خواهد شد. مقدار K_y در مرحله گل‌دهی برابر با ۱/۴۵ شد و نشان داد که این مرحله از رشد، حساس‌ترین مرحله است و با نتایج سایر محققین (۷، ۱۷، ۲۲، ۲۴ و ۳۰) مطابقت دارد. میانگین ضریب واکنش عملکرد گندم نشان داد که بیشترین حساسیت به تنش خشکی در گیاه گندم به‌ترتیب مراحل گل‌دهی، ساقه‌دهی، شیری شدن، پنجه‌دهی، جوانه‌زنی و خمیری شدن با مقادیر K_y برابر با ۱/۰۴۸، ۰/۹۷، ۰/۸۱، ۰/۷۹، ۰/۶۶ و ۰/۵۷ بود و این نتایج با یافته‌های محققین دیگر (۲، ۸، ۹ و ۲۷) مطابقت دارد. مقادیر ضریب واکنش محصول به‌دست آمده با مقادیر K_y ارائه شده توسط IAEA وFAO برای گندم مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج نشان داد که مقادیر K_y تیمارهای E1، E2 و E3 برای مراحل رشد با مقادیری که توسط FAO ارائه شده است (۸ و ۱۴) مطابقت دارد. اگر اختلاف جزیی در مقادیر محاسبه شده وجود دارد ناشی از تأثیرپذیری ضریب واکنش عملکرد گیاه از عواملی نظیر خاک، اقلیم، رطوبت نسبی و اکولوژی گیاه است (۲۸). کم-آبیاری در مراحل قبل از گرده‌افشانی گندم (مرحله رشد رویشی) باعث کاهش رشد و نمو گیاه شد. درحالی‌که اثر عمده تنش پس از گرده‌افشانی، باعث کاهش ذخیره‌سازی دانه گندم شد (۲۳ و ۲۵).

در مرحله ساقه‌دهی، بیشترین مقدار K_y برابر با ۱/۴۳ شد و نشان داد که در این مرحله رشد گیاه، به دلیل کم‌آبیاری، رشد ساقه با نقصان مواجه شده و گیاه رشد طبیعی نداشته است. در تمام مراحل رشد گیاه، رابطه بین مقدار K_y و تبخیر- تعرق نسبت معکوس دارد، و این به معنای آن است که با کاهش میزان تبخیر- تعرق، مقدار K_y افزایش یافت. اختلاف مقدار K_y بین تیمارهای E1 و E4 در مراحل جوانه‌زنی، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، گل‌دهی، شیری و خمیری شدن گیاه به‌ترتیب برابر با ۰/۲۱، ۳۹ /۰، ۰/۷۳، ۰/۷۵، ۰/۲۷ و ۰/۶ شد. چنانچه از تیمار E4 که موجب تنش شدید شد صرف‌نظر شود، اختلاف مقدار K_y بین تیمارهای E1 و E3 در مراحل جوانه‌زنی، پنجه‌دهی، ساقه‌دهی، گل‌دهی، شیری و خمیری شدن گیاه به‌ترتیب معادل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

جدول ۴. مقایسه میانگین برخی از صفات مربوط به عملکرد گندم در سطوح آبیاری در مراحل رشد (آزمون دانکن)

دوره رشد	تیمار آبی	عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین دانه (٪)	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت	افت نسبی عملکرد (٪)
	E_0T_1	۶۳۵۴ a	۱۳۹۰۰ a	۱۳/۵a	۳۹/۵ a	۰/۴۳	–
	E_1T_1	۵۷۲۵ ab	۱۳۸۰۰ ab	۱۲/۷ a	۴۲/۴ a	۰/۳۹	۹/۹
	E_2T_1	۵۵۱۲ ab	۱۳۴۰۰ ab	۱۳/۴ a	۴۰/۸ a	۰/۴۴	۱۳/۲
جوانه‌زنی	E_3T_1	۵۳۸۵ ab	۱۳۲۰۰ab	۱۲ /۹a	۴۰/۵a	۰/۴۳	۱۵/۲
	E_4T_1	۵۱۸۰ b	۱۲۸۰۰ b	۱۳/۲a	۴۱/۲a	۰/۴۲	۱۸/۵
	E_0T_2	۶۳۵۴ a	۱۳۶۰۰a	۱۲/۷ a	۴۰/۶a	۰/۴۲	–
	E_1T_2	۵۶۲۵ ab	۱۳۴۰۰a	۱۳/۲ a	۴۱/۳a	۰/۴۰	۱۱/۵
	E_2T_2	۵۲۱۵ b	۱۲۶۰۰ab	۱۲/۸ a	۴۲/۳a	۰/۴۲	۱۷/۹
پنجه‌دهی	E_3T_2	۵۰۲۵ b	۱۲۲۰۰ab	۱۳/۷ a	۳۹/۶a	۰/۴۲	۲۱
	E_4T_2	۴۷۰۱ bc	۱۱۸۰۰b	۱۳/۲a	۴۰/۳a	۰/۴۱	۲۶
	E_0T_3	۶۳۵۴ a	۱۲۴۰۰a	۱۳/۵a	۳۹/۶a	۰/۴۳	–
	E_1T_3	۵۳۹۵ b	۱۱۶۰۰b	۱۳/۹a	۴۱/۲a	۰/۴۳	۱۵/۱
	E_2T_3	۵۰۶۵ b	۱۱۴۰۰b	۱۳ /۶a	۴۱/۸a	۰/۴۱	۲۱/۹
ساقه‌دهی	E_3T_3	۴۲۱۵ c	۱۰۸۰۰c	۱۳/۴a	۴۲/۵a	۰/۳۹	۳۴
	E_4T_3	۲۵۷۰d	۹۱۰۰c	۱۴a	۳۹/۷a	۰/۲۷	۵۹/۵
	E_0T_4	۶۳۵۴ a	۱۳۶۰۰a	۱۲/۵c	۴۰/۱a	۰/۴۰	–
	E_1T_4	۵۲۹۶ b	۱۱۷۰۰b	۱۲/۵c	۴۰/۳a	۰/۴۱	۱۶/۶
	E_2T_4	۴۷۷۵ bc	۱۱۶۰۰b	۱۲/۹c	۳۹/۶a	۰/۳۸	۲۵/۵
گل‌دهی	E_3T_4	۴۰۴۵ c	۱۰۸۰۰b	۱۳/۱b	۴۰/۴a	۰/۴۲	۳۶
	E_4T_4	۲۲۰۳d	۷۲۰۰c	۱۴/۲a	۳۴/۷a	۰/۳۲	۶۲/۳
	E_0T_5	۶۳۵۴ a	۱۲۴۰۰a	۱۱/۹a	۴۱/۳a	۰/۴۲	–
	E_1T_5	۵۳۱۰ b	۱۲۳۰۰a	۱۲/۶a	۴۱/۶a	۰/۴۲	۱۶/۴
شیری	E_2T_5	۴۸۰۲ c	۱۲۲۰۰a	۱۲/۴a	۴۲/۵a	۰/۴۲	۲۲/۴
	E_3T_5	۴۳۱۵ cd	۱۱۹۰ab	۱۳/۴ab	۴۰/۳a	۰/۴۰	۳۲
	E_4T_5	۳۱۱۵d	۱۰۵۰۰b	۱۴/۵b	۳۴/۸a	۰/۲۸	۵۱
	E_0T_6	۶۳۵۴ a	۱۳۳۰۰ a	۱۳ a	۴۱/۴a	۰/۳۹	–
	E_1T_6	۵۴۵۲ b	۱۳۰۰ a	۱۳/۱a	۴۳/۱a	۰/۴۰	۱۴/۱
خمیری	E_2T_6	۵۱۱۰ bc	۱۲۶۰۰ b	۱۲/۸a	۴۱/۱ a	۰/۴۱	۱۹/۵
	E_3T_6	۴۸۲۵ c	۱۲۰۰۰ b	۱۳/۲a	۳۸/۸a	۰/۴۲	۲۴
	E_4T_6	۴۵۲۶ cd	۱۱۲۰۰	۱۳/۲ a	۳۹/۱ a	۰/۴۲	۲۸/۷

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

جدول ۵. مقادیر K_y در تیمارهای کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه گندم

تیمار	مرحله جوانه‌زنی	مرحله پنجه‌دهی	مرحله ساقه‌دهی	مرحله گل‌دهی	مرحله شیری شدن	مرحله خمیری شدن
E_1	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۶۸	۰/۵۲
E_2	۰/۶۵	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۹	۰/۷۴	۰/۵۷
E_3	۰/۶۹	۰/۸۸	۱/۰۲	۱/۱۰	۰/۸۰	۰/۵۸
E_4	۰/۷۶	۰/۹۷	۱/۴۳	۱/۴۵	۰/۹۶	۰/۵۸
میانگین	./۶۶	۰/۸۱	۰/۹۸	۱/۰۴	۰/۸۰	۰/۵۶
FAO	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۶۰	۰/۵۶
IAEA پاکستان	۰/۶۲	۰/۴۸	۰/۴۸	۰/۸۱	۰/۸۱	۲/۵۴
(Chile) IAEA	۰/۲۵	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۵۵

۰/۶۳، ۰/۷۶، ۰/۸۲، ۰/۹۱، ۰/۷۴ و ۰/۵۵ شد و نشان داد که مراحل رشد گل‌دهی و ساقه‌دهی نسبت به کم‌آبیاری حساسیت بیشتری دارند. با توجه به جدول ۴ هم مشاهده می‌شود که میزان کاهش عملکرد در تیمارهای آبی در مرحله گل‌دهی به ۴/۲ تن در هکتار رسید. تیمار E_4 در تمام مراحل رشد گیاه نسبت به کم‌آبیاری حساسیت بیشتری نشان داد. به عبارت دیگر، با کاهش نسبی تبخیر- تعرق گیاه، عملکرد نسبی محصول کاهش یافت. لیکن تیمار E_1 نسبت به کمبود آب حساسیت کمتری داشت و عملکرد واقعی گیاه نزدیک به عملکرد پتانسیل شد. برای نشان دادن حساسیت گیاه نسبت به کم‌آبی در مراحل مختلف رشد، و به منظور پیش‌بینی عملکرد واقعی، از یک رابطه ریاضی استفاده شد و چون حساسیت گیاه نسبت به کم‌آبی در سطوح مختلف آب آبیاری در مراحل مختلف رشد متفاوت است، لذا برای نشان دادن حساسیت گیاه به کم‌آبی از مدل رگرسیونی پیش‌بینی مقدار واقعی عملکرد گیاه در شرایط تنش آبی بهره برده و با داشتن پتانسیل عملکرد و تبخیر- تعرق پتانسیل، عملکرد واقعی محصول با تقریب بیش از ۹۰٪ محاسبه گردید:

$$Y = Y_m \times A\left(\frac{ET}{ET_m}\right)^2 + B\left(\frac{ET}{ET_m}\right) + c) \qquad [۸]$$

که Y عملکرد واقعی گندم، Ym عملکرد پتاتسیل گندم و A، B و C ضرایب رابطه ۸ می‌باشند. این ضرایب به همراه ضریب تبیین در جدول ۶ ارائه شده‌اند.

مدت و شدت اعمال تنش آبی بر گیاه بسیار مهم است. چنانچه تنش آبی در شرایطی اعمال شود که گیاه دچار تنش شدید خشکی نشود، کاهش عملکرد محصول کمتر خواهد بود. در این حالت، برای به‌دست آوردن رابطه بین کاهش نسبی عملکرد محصول با کاهش نسبی تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه از مدل رگرسیونی پیش‌بینی تنش خشکی یا ET_d از رابطه ۹ استفاده می‌شود:

$$Y_r = a(ET_d)^2 + b(ET_d) + c \qquad [۹]$$

که در آن ET_d تنش خشکی (کاهش نسبی تبخیر- تعرق)، Yr کاهش نسبی محصول و a، b و c ضرایب رابطه ۹ برای عملکرد نسبی گندم هستند که در جدول ۷ ارائه شده‌اند. در این رابطه، با داشتن مقدار کاهش نسبی تبخیر- تعرق، میزان کاهش نسبی محصول قابل پیش‌بینی است. با در اختیار داشتن روابط ۸ و۹، به‌ویژه رابطه ۹، و ضرایب آن و با ارائه روش مدیریت مناسب مقدار آب معین و موجود و چگونگی زمان استفاده از آن، می‌توان عملکرد مطلوب و منطقی را پیش‌بینی کرد و با یک مقدار معین کاهش تبخیر- تعرق نسبی در مرحله‌ای خاص از رشد گیاه ، حداقل کاهش محصول را انتظار داشت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

جدول ۶. مقادیر ضرایب عملکرد واقعی گندم از رابطه ۸

ضرایب	مرحله جوانه‌زنی	مرحله پنجه‌دهی	مرحله ساقه‌دهی	مرحله گل‌دهی	مرحله شیری شدن	مرحله خمیری شدن	متوسط
A	۱۶/۱	−۱۵/۲	−۸/۴۹	−۶/۵۳	−۳/۵۳	−/۸۶	−۳/۰۹
B	−۲۳/۹	۲۵/۱	۱۳/۶	۱۰/۵	۵/۴۹	۱/۴۴	۵/۳۸
C	۹/۷۲	−۹/۴۷	−۴/۶۸	−۳/۴۴	−۱/۳۱	۰/۲۰	−۱/۴۹
R^2	۰/۹۳	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹	−

جدول ۷. ضرایب کاهش نسبی عملکرد (Y_r) و کاهش نسبی تبخیر- تعرق گیاه () (ET_d) از رابطه ۹

ضرایب	مرحله جوانه‌زنی	مرحله پنجه‌دهی	مرحله ساقه‌دهی	مرحله گل‌دهی	مرحله شیری شدن	مرحله خمیری شدن	میانگین
A	−۱۵/۷	۱۱/۵	۸/۲۴	۶/۳۶	۳/۴۶	۰/۹۲	۲/۲۴
B	۸/۰۳	−۳/۳۵	−۳/۱۶	−۲/۳۹	−۱/۵۳	−/۳۱	−./۴۵
C	−/۸۴	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۱۶
R^2	/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۹	−

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مراحل گل‌دهی، ساقه‌دهی، شیری شدن، پنجه‌دهی، جوانه‌زنی و خمیری شدن به‌ترتیب با مقادیر K_y برابر با ۱/۰۴۸، ۰/۹۷، ۰/۸۱، ۰/۷۹، ۰/۶۶ و ۰/۵۷ مراحل حساس تا نیمه حساس گیاه گندم نسبت به تنش خشکی هستند. به‌طوری‌که مرحله گل‌دهی بیشترین حساسیت نسبت به تنش خشکی داشت و اگر مقدار آب قابل دسترس خاک در این مرحله کاهش یابد، کاهش شدید عملکرد را به دنبال خواهد داشت. در تمام مراحل رشد گیاه، تیمار E_4 دارای بیشترین مقدار K_y بود و نشان داد که با کاهش نسبی تبخیر- تعرق، عملکرد نسبی گیاه و عملکرد واقعی کاهش می‌یابد. تیمار E_1 نسبت به کم‌آبی حساسیت کمتری نشان داد.

منابع مورد استفاده

1. Arkley, R. J. 1993. Relationship between plant growth and transpiration. *Hilgardia 34*: 559-584.
2. Asadi, H., M. R. Neishaboori and H. Siadat. 2003. Evaluating the wheat response factor to water (Ky) in different growth stages in Karaj. *Iranian Journal of Agricultural Science 34*(3): 579-589. (In Farsi).
3. Bagbanzadeh Dezfuli, B. 1996. Crop coefficient estimates of the barley (Star) and the production function. MSc. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. (In Farsi).
4. Debaeke, P., J. Puech and M. L. Casals. 1996. Yield build– up in winter wheat under soil water deficit. I. Lysimeter studies. *Agronomie J.* 16: 3-23.
5. Dewit, C. T. 1958. Transpiration and crop yields. Institute vor biologisch en scheikundig and erzook van land bau wge wassen, Versel, land bouskd, on derz, 64.6 Wageningen, The Netherlands.
6. Dirk, R. 2002. Yield Response to Water.Kuleuen Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences,Department of land management, Laboratory of Soil and Water Management, drak.raes@agr.kuleuen.ac.bc
7. Donaldson, E. 1996. Crop traits for water stress tolerance. *American Journal of Alternative Agriculture* 11(2-3): 84-94.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]

8. Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. FAO, Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome, Italy.
9. Ebrahimipak, N. A. 2005. Modeling crops yield under deficit irrigation. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. (In Farsi).
10. Fischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 108: 447-461.
11. Hanks, R. J. 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. *Agronomy Journal* 66(5): 660-664.
12. Hanks, R. J. and V. P. Rasmussen. 1982. Predicting crop production as related to plant water stress. *Advances in Agronomy* 35: 193-215.
13. Hiler, E. A. and R. N. Clark .1971. Stress day index to characterize effects of water stress and crop yields. *Transactions of ASAE* 14: 757-761.
14. IAEA. 1996. Nuclear techniques to assess irrigation schedules for field crops. IAEA– TECDOC– 8-8-8, Vienna.
15. Jensen, M. E. 1968. Water consumption by agricultural plants. *In:* Kozlowski, T. T. (Ed.), Water Deficits and Plant Growth, 11: 1-22, Academic Press, N. Y.
16. Kipkorir, E. C. and D. Raes. 2002. Transformation of yield response factor into Jensen's sensitivity index. *Irrigation and Drainage Systems* 16: 47-52.
17. Machado, E. C., A. M. Lagoa and A. Ticelli. 1993. Source-sink relationships in wheat subjected to water stress during three productive stages. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 5(2): 145-150.
18. McMaster, G. S., W. Wilhelm and P. N. S. Bartling. 1994. Irrigation and culm contribution to yield and yield components of winter wheat. Publications from USDA-ARS/UNL Faculty, Paper 86.
19. Minhas, B. S., K. S. Parikh and T. N. Srinivasan. 1974. Toward the structure of a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. *Water Resources Research 10*: 383-393.
20. Moutonnet, P. 2002. Yield response factors of field crops to deficit irrigation. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 22, Rome, Italy.
21. Nairizi, S. and J. R. Rydzewski. 1977. Effects of dated soil moisture stress on crop yield. *Experimental Agriculture* 13: 51-59.
22. Reynolds, M. P., B. Skovmand, R. M. Trethowan, R. P. Singh and M. Van Ginkel. 2000. Applying physiological strategies to wheat breeding. Research Highlights of the CIMMYT wheat program, 1999-2000, pp. 49-56.
23. Robertson, M. J. and F. Guinta. 1999. Responses of spring wheat exposed to preanthesis water stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 45: 19-35.
24. Robins, J. S. and D. E. Doming. 1992. Moisture and nitrogen effects on irrigated spring wheat. *Agronomy J.* 54: 135-138.
25. Salter, P. J. and J. E. Goode. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Res. Rev. 2 Commonw. Bur. Hon. Plantation Crops, 256 p.
26. Singh, S. D. 1977. Optimum utilization of limited water supply. PP. 237-255. *In:* Desertification and Control, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.
27. Singh, S. D. 1981. Moisture–sensitive growth stages of dwarf wheat and optimal sequencing of evapotrnspiration deficits. *Agronomy Journal* 73: 387-391.
28. Shurong, L. and L. Gao. 1999. Water deficit sensitivity index for spring wheat in arid and semi–arid areas of inner Mongolia. Proceedings of 99th Intl. Conf. on Agric. Eng., Vienna.
29. Stewart, J. I., R. H. Cuenca, W. O. Pruitt, R. H. Hagan and T. Tosso. 1977. Determination and utilization of water production functions for principal California crops. W-79 Calif. Contrib. Proj. Rep. University of California, Davis.
30. Zare Faizabad, A. and M .Ghodsi. 2002. Evaluation of drought tolerance of wheat lines in cold regions of the country. *Iranian Journal of Agricultural Science* 16(2): 181-189. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.5.10.8]