Archive of SID

مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۲، جلد۳، پاییز ۱۳۸۸، ص. ۱۲۲-۱۱۲

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 2, Vol. 3, fall 2009, p. 112-122

بررسی توابع تولید آب در شرایط آبیاری تکمیلی گندم

علیرضا کیانی[1*] و مهدی کلاته عربی[2]

چکیده

برای برنامه‌ریزی بهینه آبیاری، تعیین تابع تولید آب که رابطه بین عملکرد گیاه و مقادیر آب کاربردی را مشخص می‌کند مورد نیاز است. در پژوهش حاضر با استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه‌ای به بررسی اثر مقادیر مختلف آب روی عملکرد چند رقم گندم، تحلیل توابع تولید در شرایط بارندگی، مقایسه دو راهبرد کم‌آبیاری و آبیاری کامل و ضریب گیاهی(K_c) در مراحل مختلف رشد پرداخته شده است. چهار مقدار آب که در طی فصل ۱۰۰ (W_1)، ۷۶ (W_2)، ۵۲ (W_3) و ۳۹ (W_4) درصد آب مورد نیاز گیاه آب دریافت کردند به عنوان عامل اصلی ثابت و شش رقم گندم (Desconcido ،C_6= N-81-18 ،C_5= N-80-19 ،C_4= N-80-7 ،C_3= N-80-6 ،C_2=TAJAN ،C_1) تحت یک آزمایش کرتهای نواری با چهار تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. تیمارهای آبیاری بر اساس فاصله از خط لوله فرعی آبیاری بارانی انتخاب شدند (W_1 نزدیکترین و W_4 دورترین). نتایج بررسی نشان داد که عملکرد گندم تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و ارقام قرار گرفت. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار W_1C_2 (۴۷۴۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد مربوط به تیمار W_4C_1 (۳۵۴۶ کیلوگرم در هکتار) بود. بررسی توابع تولید نشان داد که مقادیر بهینه عمق آب آبیاری با افزایش مقدار باران فصلی کاهش یافت. در صورتیکه ۲۵۰ میلی‌متر باران با توزیع مشابه در طی فصل رویش گندم نازل شود، در برنامه ریزی کم‌آبیاری هیچکدام از ارقام نیازی به آب ندارند ولی در شرایط آبیاری کامل ارقام C_1 تا C_6 به ترتیب ۱۱۵، ۱۲۲، ۸۷، ۸۴، ۹۲ و ۹۷ میلی‌متر نیاز به آبیاری اضافی بصورت تکمیلی دارند تا به حداکثر عملکرد برسند. مقایسه کمّی دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل نشان داد که کم‌آبیاری گزینه کارا در استفاده بهینه از حجم مشخصی از آب و بسیار موثر در افزایش تولید است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، کم آبیاری، تابع تولید، ضریب گیاهی، گندم

مقدمه

اساساً در مناطقی که آب به اندازه کافی برای آبیاری اراضی کشاورزی وجود ندارد، تولید بهینه در مقابل مصرف آب کمتر به عنوان یک گزینه مطلوب در مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری محسوب می‌گردد. در چنین شرایط از آب صرفه‌جویی شده می‌توان اراضی جدید را زیر کشت برد و بدین طریق تولید و درآمد کل را افزایش داد. اما برای حصول به این هدف بایستی رابطه آب – عملکرد (تابع تولید آب) در مناطق مختلف و برای گیاهان مختلف مشخص گردد.

مقدار آب مورد نیاز گیاه برای رسیدن به حداکثر عملکرد، بستگی به تعرق یا تبخیر – تعرق گیاه (ET_c) دارد. مطالعات متعددی نشان داده است که عملکرد گیاه با مقدار ET_c در طی فصل رشد رابطه خطی دارد(Kiani et al., 2005; Stewart and Hagan, 1973;). البته رابطه‌های غیرخطی بین عملکرد وET روی پنبه (Grimes et al., 1961)، روی سیب زمینی (Khanjani and Busch, 1982)، بر روی مرکبات، چغندر قند وگندم (Doorenbos and Kassam, 1979) و بر روی ذرت (Kipkorir et al., 2002) نیز مشاهده شد. رابطه عملکرد با آب کاربردی (بارندگی + آبیاری) یک رابطه غیرخطی است. درواقع با کاربرد آب بیش از نیاز گیاه، عملکرد کاهش می‌یابد و فقط با زهکشی مناسب و مدیریت در مصرف کود، ممکن است سرعت کاهش عملکرد با افزایش آب کاربردی، کندتر شود. تابع عملکرد – تبخیر و تعرق عمدتاً به گیاه و اقلیم بستگی دارد. درحالیکه تابع عملکرد – آب کاربردی نه تنها به گیاه و اقلیم، بلکه به روش و مدیریت آبیاری نیز بستگی دارد.

آبیاری تکمیلی نقش کلیدی در تولید گیاهان در کشورهای مختلف دنیا را بازی می‌کند به طوریکه این روش هم اکنون ۸۰ درصد مناطق تحت کشت دنیا و ۶۰ درصد تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (Harris, 1991). عملکرد گندم دیم در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا شامل غرب آسیا و شمال آفریقا با توجه به مقدار و توزیع بارندگی از ۰/۶ تا ۱/۵ تن در هکتار در نوسان است. در این مناطق استفاده از آبیاری تکمیلی عملکرد و بهره‌وری آب را نسبت به

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
(* - نویسنده مسئول: (Email: Akiani71@yahoo.com
۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اصلاح بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط دیم بطور معنی‌داری افزایش می‌دهد. نتایج بررسی در شمال چین نشان داده است که برنامه‌ریزی کم‌آبیاری اثربخشی آب را افزایش داده بطوریکه کاهش ۵۰ میلی‌متر آب مورد نیاز گندم روی عملکرد دانه تاثیری نداشت (Zhang et al., 2005; Sun et al., 2006). امکان رشد گندم زمستانه در شرایط حداقل آبیاری مورد بررسی قرار گرفت (Zhang et al., 2006). در این بررسی تنها در زمان کاشت گندم رطوبت موجود خاک را به حد ظرفیت زراعی رساندند و در طی فصل آبیاری انجام ندادند. در این شرایط (کاهش ۱۲۰ میلی‌متر آب آبیاری) عملکرد گندم حدود ۱۴ درصد کاهش نشان داد. عملکرد گندم با استفاده از آبیاری تکمیلی در سه منطقه شمال سوریه با باران‌های کم (۲۳۴ میلی‌متر)، متوسط (۳۱۶ میلی‌متر) و زیاد (۵۰۴ میلی‌متر) مورد بررسی قرار گرفت (Oweis, 1997). در مناطق فوق به ترتیب با کاربرد ۲۱۲، ۱۵۰ و ۷۵ میلی‌متر آبیاری عملکرد گندم به مقدار ۳۵۰، ۱۴۰ و ۳۰ درصد افزایش داشت. همچنین در مناطق اشاره شده کارآیی باران به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۷۳ و ۰/۹۹ کیلوگرم در هکتار بود که در اثر آبیاری با مقادیر اشاره شده کارایی آبیاری به ۱/۴۶، ۲/۲ و ۱/۹۲ کیلوگرم در متر مکعب افزایش یافتند. توابع تولید آب (مجموع آب آبیاری و باران - عملکرد) تابعی درجه ۲[1] است. تابع تولید گندم در اثر آبیاری تکمیلی در کرج (Sepaskhah and Akbari, 2005)، سوریه (Zhang and Oweis, 1999)، شمال چین (Zhang et al., 1999) و در ایالت اورگان آمریکا ((English and Nakamora, 1989) به دست آمد. مطالعات فوق حکایت از آن دارد که به دلیل تفاوت اقلیمی مناطق، مقادیر عمق بهینه آب آبیاری برای حصول به حداکثر بهره‌وری آب نیز متفاوت است. به عبارت دیگر کاربرد توابع استخراج شده قابل تعمیم به تمام نقاط دنیا نیست. مثلاً بیشترین بهره‌وری آب در شمال سوریه با مقدار ۵۰۰-۴۴۰ میلی‌متر آب کاربردی (مقدار آب آبیاری ۱۸۰-۱۴۰ میلی‌متر)، در شمال چین با ۴۰۰ میلی‌متر (سهم آبیاری ۱۶۰-۱۲۰ میلی‌متر) و در اورگان آمریکا با ۸۵۰-۷۵۰ میلی‌متر آب کاربردی (سهم آبیاری ۴۵۰-۳۵۰ میلی‌متر) مطابقت دارد.

کمبود آب یکی از چالش‌های جدی تولید در استان گلستان محسوب می‌شود. بطور کلی مقدار آب مورد نیاز خالص گندم در گرگان از ۱۵۰ تا ۱۹۰میلی‌متر و مقدار باران موثر در دوره رشد گندم از ۱۴۰ تا ۳۶۰ میلی‌متر گزارش شده است (Kiani, 2008; Farshi et al., 1997). ارتقاء بهره‌وری آب با هدف تولید بیشتر به ازای مصرف آب کمتر، به عنوان یکی از گزینه های راهبردی موثر در مدیریت آبیاری تحت شرایط کم آبی قلمداد می‌گردد. ارقام مختلف گندم در استان در حال کشت و تعدادی ارقام نیز در حال بررسی و آزاد شدن می‌باشند ولی اطلاعات جامعی در زمینه واکنش این ارقام به مقادیر متفاوت آب وجود ندارد. پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش ارقام مختلف گندم به مقادیر متفاوت آب، تعیین توابع تولید آب و مقایسه دو راهبرد کم‌آبیاری و آبیاری کامل در شرایط آبیاری تکمیلی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در زمینی به مساحت ۷۲۰۰ متر مربع (۶۰×۱۲۰) در محل ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ بر روی ارقام مختلف گندم به اجرا در آمد. بافت خاک در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب لوم رسی - سیلتی، لوم سیلتی و لوم سیلتی بود. زمین آماده شده به ۹۶ کرت آزمایشی به ابعاد ۲/۴×۸ مترمربعی تقسیم‌بندی شدند. در این طرح برای ایجاد تیمارهای آبیاری از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک تک شاخه‌ای[2] استفاده شد. یک لوله فرعی آلومینیومی به قطر سه اینچ جهت آبیاری مزرعه به لوله اصلی زیرزمینی در وسط مزرعه متصل شده به طوریکه در هر طرف آن ۴۸ کرت آزمایشی قرار گرفتند (شکل ۱). روی لوله فرعی به فواصل هر شش متر یک آبپاش دو نازله از نوع تلسون F33 با فشار کارکرد ۲/۶ تا ۲/۸ اتمسفر و دبی ۰/۴۵ تا ۰/۵ لیتر در ثانیه روی پایه‌های آبپاش به ارتفاع یک متر نصب شدند. چهار مقدار آب (W_4، W_3، W_2، W_1) بر اساس فاصله از خط لوله فرعی آبیاری بارانی (W_1 نزدیکترین و W_4 دورترین) به عنوان عامل اصلی ثابت و شش رقم گندم (C_j) که بصورت تصادفی در داخل هر تیمار آبیاری توزیع شده بودند، تحت یک آزمایش کرتهای نواری با چهار تکرار (I) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نقشه کاشت آزمایش و جزئیات بیشتر از خصوصیات فیزیکی خاک توسط Kiani and Kalateh (2008) ارائه شده است.

در این آزمایش تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ET_c) با استفاده از روش بیلان حجمی خاک به شرح زیر برآورد شد:

$$ET_c = I + P - D.P - Ro \pm \Delta S \qquad (۱)$$

که در آن، I، P، D.P، Ro و ΔS به ترتیب مقدار آب آبیاری، باران خالص، نفوذ عمقی، رواناب و تغییرات رطوبت خاک، همه بر حسب میلی متر.

برای تعیین تلفات نفوذ عمقی و ذخیره رطوبتی خاک نیاز به توزیع رطوبت در نیمرخ خاک است. رطوبت خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری به ازای هر ۳۰ سانتی‌متری از عمق خاک در زمان‌های کاشت، قبل و بعد از هر آبیاری و در زمان برداشت با روش وزنی اندازه‌گیری شد. ΔS از تفاوت رطوبت خاک در ابتدا و انتهای فصل برآورد شد. تلفات نفوذ عمقی در هر آبیاری از مجموع آب جمع شده در پایین‌تر از منطقه ریشه که از تفاوت رطوبت خاک در بعد و قبل از هر آبیاری حاصل می‌شود، قابل محاسبه است (Kiani & Kalateh, 2009). از مقدار رواناب با بستن انتهای کرت ها صرفنظر شد. ضریب گیاهی (Kc) از رابطه زیر مشخص گردید:

[1] - Quadratic

[2] - Line Source

Archive of SID

(شکل۱)- سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای در حال کار

$$Kc=ETc/ETo \quad (۲)$$

که درآن، ET_c و ET_o به ترتیب تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل گیاه است.

ET_o با استفاده از روش پنمن – مانتیث و مدل CROPWAT (Smith, 1992) برآورد شد.

برداشت گندم در هر کرت آزمایشی با حذف دو ردیف حاشیه به مساحت ۷/۲ متر مربع(۶×۱/۲) توسط کمباین آزمایشات غلات انجام شد.

برای برنامه‌ریزی آبیاری و تعیین عمق‌های آب آبیاری در شرایط مختلف، نیاز است تا رابطه آب- عملکرد (تابع تولید) مشخص گردد. با تعیین ضرایب تابع تولید آب و تابع هزینه می‌توان در شرایط کمبود و یا زیاد بود آب مقادیر بهینه عمق آب آبیاری را برآورد نمود. تابع تولید به تفکیک هر رقم بر اساس مقادیر متفاوت آب کاربردی و عملکرد دانه هر رقم به صورت معادله زیر برآورد گردید:

$$Y = a_0 + a_1 I + a_2 I^2 \quad (۳)$$

که در آن، Y عملکرد دانه، I مقدار آب آبیاری و a_0، a_1 و a_2 ضرایب تابع هستند.

معادله هزینه نیز از رابطه :

$$C = b_0 + b_1 I \quad (۴)$$

که در آن، C هزینه های تولید و b_0 و b_1 ضرایب تابع هستند.

عمق بهینه آب آبیاری در شرایط آبیاری کامل(حصول به حداکثر عملکرد، I_f) و کم آبیاری (محدودیت آب، I_d) با استفاده از روابط زیر قابل حصول است (English, 1990) :

$$I_f = -\frac{a_1}{2a_2} \quad (۵)$$

$$I_d = \left(\frac{P_C.a_0 - b_0}{P_C.a_2}\right)^{0.5} \quad (۶)$$

که در آن Pc قیمت هر واحد تولید است.

در شرایط واقعی استان گلستان بارندگی یک واقعیت انکار ناپذیر بوده و لازم است تا در محاسبات منظور گردد. هر گاه در معادلات ارایه شده در بالا به جای مقدار آب آبیاری (I) از مقدار آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و باران فصلی، I+P) استفاده شود، تابع تولید در این شرایط عبارت است از :

$$Y = a'_0 + a'_1(I+P) + a'_2(I+P)^2 \quad (۷)$$

در نتیجه در این شرایط عمق بهینه برای آبیاری تکمیلی کامل برابر است با :

$$I_f = -\frac{a'_1}{2a'_2} \quad (۸)$$

معادله فوق بسط داده و عمق بهینه آب آبیاری را به عنوان تابعی از باران فصلی به دست آمد (Sepaskhah and Akbari, 2005) از بسط معادله ۷ نتیجه خواهد شد :

$$Y = a'_0 + a'_1 P + a'_2 P^2 + (a'_1 + 2a'_2 P)I + a'_2 I^2 \quad (۹)$$

بر اساس این معادله و ادامه روندی که منتج به معادله ۶ شده است معادله نهایی عمق بهینه آب آبیاری بصورت تابعی از مقدار باران فصلی به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

www.SID.ir

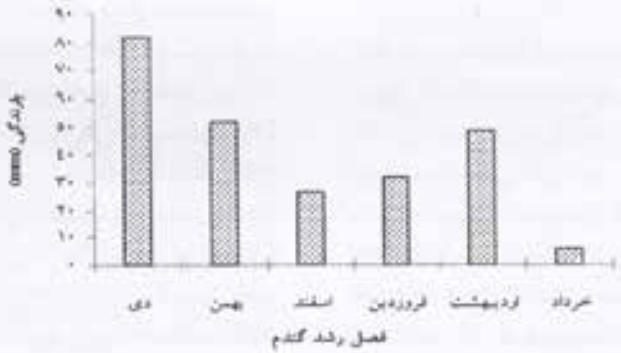
Archive of SID

$$I_d = \left[\frac{P_C\left(a'_o + a'_1 P + a'_2 P^2\right) - b_o}{P_C a'_2}\right]^{0.5} \qquad (۱۰)$$

نتایج و بحث

- عملکرد و آب مصرفی

بطور معمول در اکثر مناطق استان گلستان اوایل رشد گندم مصادف با باران‌های پاییزه و زمستانه بوده و نیاز آبی گندم با باران تامین می‌شود. در سال آزمایش نیز به دلیل بارندگی مناسب(شکل ۲) و حساسیت کمتر گندم به آب در مراحل اولیه رشد، نیازی به آبیاری وجود نداشت. اما عدم بارندگی از اواخر بهمن تا دهه آخر اسفند، حساسیت مرحله خوشه دهی به آب و همچنین کاهش رطوبت خاک در تاریخ ۸۴/۱۲/۱۶ (مرحله شروع خوشه دهی) آبیاری اول انجام شد. افزایش تقاضای تبخیری گیاه به دلیل افزایش درجه حرارت در بهار همراه با حساسیت بیشتر گندم به آب در مراحل گلدهی (۸۵/۱/۱۸) و دانه بستن (۸۵/۲/۱۹) نیز آبیاری انجام شد(Kiani, 2008). مقادیر عملکرد دانه، آب تجمعی دریافت شده در اثر آبیاری در هر تیمار آبیاری و مقادیر تجمعی تبخیر و تعرق گیاهی (ET_c) برای ارقام مختلف گندم در جدول ۱ ارائه شده است. جدول۱ نشان می‌دهد که مقادیر آب دریافتی در اثر آبیاری و همچنین ET_c با فاصله از خط لوله آبیاری بارانی کمتر شده است. بطوریکه در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 که فاصله آنها از آب پاشها بیشتر می‌شود معادل ۲۴، ۴۸ و ۶۱ درصد کم آبیاری صورت گرفته است. به همین ترتیب متوسط ET_c ارقام نسبت به تیمار W_1 معادل ۹۴، ۸۸ و ۸۵ درصد است. متوسط مقادیر آب مصرف شده توسط ارقام گندم نسبت به مقادیر آب آبیاری تیمارها متفاوت هستند و در همه موارد ET_c بیشتر از مقادیر آب آبیاری است(جدول ۱). از آنجا که در طی فصل رشد گندم در سال جاری ۲۳۵ میلی متر باران نازل شده است و ضمن اینکه بطور طبیعی تیمارهای کم آبیاری قابلیت بیشتری برای تخلیه رطوبت خاک را دارند به همین دلیل اختلاف بین تیمارهای آبیاری از نظر مصرف گیاه (ET_c) کمتر از اختلاف بین تیمارهای آبیاری از نظر آب دریافت شده در اثر آبیاری است. دامنه ET_c از ۳۲۳ میلی‌متر در تیمار W_4C_3 تا ۴۰۰ میلی متر در تیمار W_1C_2 در نوسان است.



(شکل۲)- توزیع بارندگی ماهانه در طی فصل رشد گندم

(جدول۱)- مقادیر تجمعی آب دریافت شده و آب مصرفی گیاه در تیمارهای مختلف

ارقام	عملکرد دانه (kg/ha)				آب دریافت شده (mm)				میانگین *	ETc(mm)			
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_1	W_2	W_3	W_4		W_1	W_2	W_3	W_4
C_1	۴۱۹۳	۴۱۷۷	۴۰۶۴	۳۵۴۶	۹۹	۶۹	۵۹	۳۹	۳۹۹۵^{c}	۳۹۲	۳۷۲	۳۴۹	۳۲۵
C_2	۳۷۳۲	۳۲۲۷	۳۹۹۳	۴۰۱۵	۱۰۹	۷۵	۵۴	۳۵	۴۲۲۴^{ab}	۴۰۰	۳۴۹	۳۲۵	۳۲۹
C_3	۴۵۰۷	۴۳۵۰	۳۹۵۹	۴۰۶۲	۱۱۱	۷۷	۶۲	۳۴	۴۲۴۵^{ab}	۳۸۹	۳۷۴	۳۴۸	۳۲۲
C_4	۴۲۶۲	۴۵۲۹	۴۱۴۴	۳۹۸۱	۱۰۰	۸۱	۵۵	۳۷	۴۲۲۹^{bc}	۳۷۶	۳۶۹	۳۳۹	۳۳۱
C_5	۴۵۲۲	۴۶۶۶	۴۲۲۲	۴۰۷۶	۱۰۱	۸۶	۵۰	۳۰	۴۲۲۳^{a}	۳۷۶	۳۷۲	۳۴۸	۳۲۲
C_6	۴۵۰۳	۴۰۸۹	۳۹۸۴	۳۸۶۱	۱۰۰	۸۸	۴۶	۳۷	۴۱۱۰^{bc}	۳۸۹	۳۶۴	۳۴۵	۳۳۸
میانگین	۴۴۵۵	۴۳۵۶	۴۰۹۶	۳۹۲۳									

* حروف غیر مشابه به مفهوم تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

بطور کلی نتایج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد مربوط به کرت‌های مستقر در نزدیک آبپاش‌ها (آبیاری کامل) بوده و عملکرد تیمارها با فاصله از خط لوله آبیاری بارانی با دریافت آب کمتر نسبت به کرت‌های نزدیک خط لوله، کاهش می‌یابد. بیشترین عملکرد گندم مربوط به تیمارهای W_1C_2 معادل ۴۷۳۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد نیز مربوط به تیمار W_4C_1 با عملکرد ۳۵۴۶ کیلوگرم در هکتار بود. متوسط عملکردهای ارقام (متوسط عملکرد شش رقم) در تیمارهای W_1 (آبیاری کامل) و W_4 (۶۱ درصد کم‌آبیاری) به ترتیب برابر با ۴۴۵۵ و ۳۹۲۳ کیلوگرم در هکتار است. ملاحظه می‌گردد که با کاهش مقدار آب آبیاری به میزان ۶۱ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل، کاهش عملکرد در حدود ۱۲ است. یکی از دلایل عمده تغییرات کمتر عملکرد نسبت به تغییرات مقدار آب آبیاری، نزول باران نسبتاً مناسب (۲۴۵ میلی‌متر) در منطقه در سال جاری در طی فصل رویش گندم بود. عملکرد گندم در شرایطی که آبیاری تکمیلی گندم به صورت کامل(۴۶٪ آبیاری و ۵۴٪ باران) انجام گیرد حدود ۴۷۶۰ کیلوگرم در هکتار، در صورتیکه ۶۷ و ۳۷ درصد آبیاری کامل صورت پذیرد به ترتیب معادل ۴۷۳۰ و ۳۸۸۰ کیلوگرم در هر هکتار گزارش شده است (Schneider and Howell, 1996). بررسی دیگری عملکرد گندم را در شرایط آبیاری تکمیلی کامل(۳۴٪ آبیاری و ۶۶٪ باران) برابر ۵۷۹۰ کیلوگرم در هکتار، در شرایطی که به میزان ۶۷ و ۳۳ درصد آبیاری کامل، کم‌آبیاری انجام شود، به ترتیب معادل ۵۲۴۰ و ۵۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش نموده است (Zhang and Oweis, 1999). در تیمار W_1 عملکرد به صورت $C_2>C_3>C_5>C_6>C_4>C_1$ (تفاوت ارقام C_3، C_5 و C_6 بسیار ناچیز و کمتر از ۲۰ کیلوگرم در هکتار است) و در تیمار W_4 عملکرد ارقام بصورت $C_3>C_5>C_2>C_6>C_4>C_1$ (تفاوت عملکرد ارقام C_5، C_3 و C_2 و همچنین C_4 و C_6 بسیار ناچیز است) می‌باشد. در تیمارW_4 در ارقام C_1 تا C_6 با کاهش ۱۸، ۲۱، ۱۹، ۱۸، ۲۱ و ۱۸ درصد از آب کاربردی مقدار عملکرد گندم به ترتیب ۱۵، ۱۵، ۱۰، ۷، ۱۰ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار W_1 کاهش داشت . اما اگر مقدار مصرف آب توسط گیاه (ET_c) را با مقدار آب آبیاری جایگزین نمایم مقادیر کاهش عملکرد با کاهش مقدار آب هماهنگی بهتری خواهند داشت. مثلاً در تیمار W_4C_1 با کاهش مقدار ۱۶ درصد از مصرف آب گیاه نسبت به تیمار W_1C_1 عملکرد ۱۵ درصد و در تیمار W_4C_2 با کاهش ۱۵ درصد از ET_c عملکرد گیاه هم ۱۵ درصد نسبت به تیمار W_1C_2 کاهش یافت و در بقیه ارقام نیز نتایج مشابه وجود دارد. به دلیل اینکه در حالت استفاده از ET_c به جای مقادیر آب آبیاری، افزایش مقدار تخلیه رطوبت خاک در تیمار کم آبیاری و همچنین افزایش نفوذ عمقی در تیمار آبیاری کامل باعث خواهند شد تا کاهش تبخیر و تعرق نسبی (نسبت به کاهش میزان آب آبیاری نسبی) به افت عملکرد نسبی نزدیکتر شوند. عملکرد گندم در سه منطقه خشک (۲۳۴ میلی‌متر باران)، متوسط (۳۱۶ میلی‌متر باران) و مرطوب (۵۰۴ میلی‌متر) تحت آبیاری تکمیلی مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه بررسی نشان داد که با آبیاری به مقدار ۲۱۲ میلی متر در منطقه خشک، ۱۵۰ میلی متر در منطقه با بارندگی متوسط و ۷۵ میلی متر در منطقه مرطوب به ترتیب عملکرد گندم برابر ۳۳۸۰، ۵۶۰۰ و ۶۴۴۰ کیلو گرم در هکتار به دست آمد (Oweis, 1997). آبیاری تکمیلی به میزان ۵۰ درصد آبیاری تکمیلی کامل، عملکرد گندم را ۱۵ درصد کاهش داده و نتیجه گرفته شد که کاربرد ۵۰ درصد آبیاری تکمیلی نسبت به آبیاری کامل ولی برای نصف مزرعه، اقتصادی‌تر است (Oweis et al., 2000).

رابطه آب – عملکرد(تابع تولید)

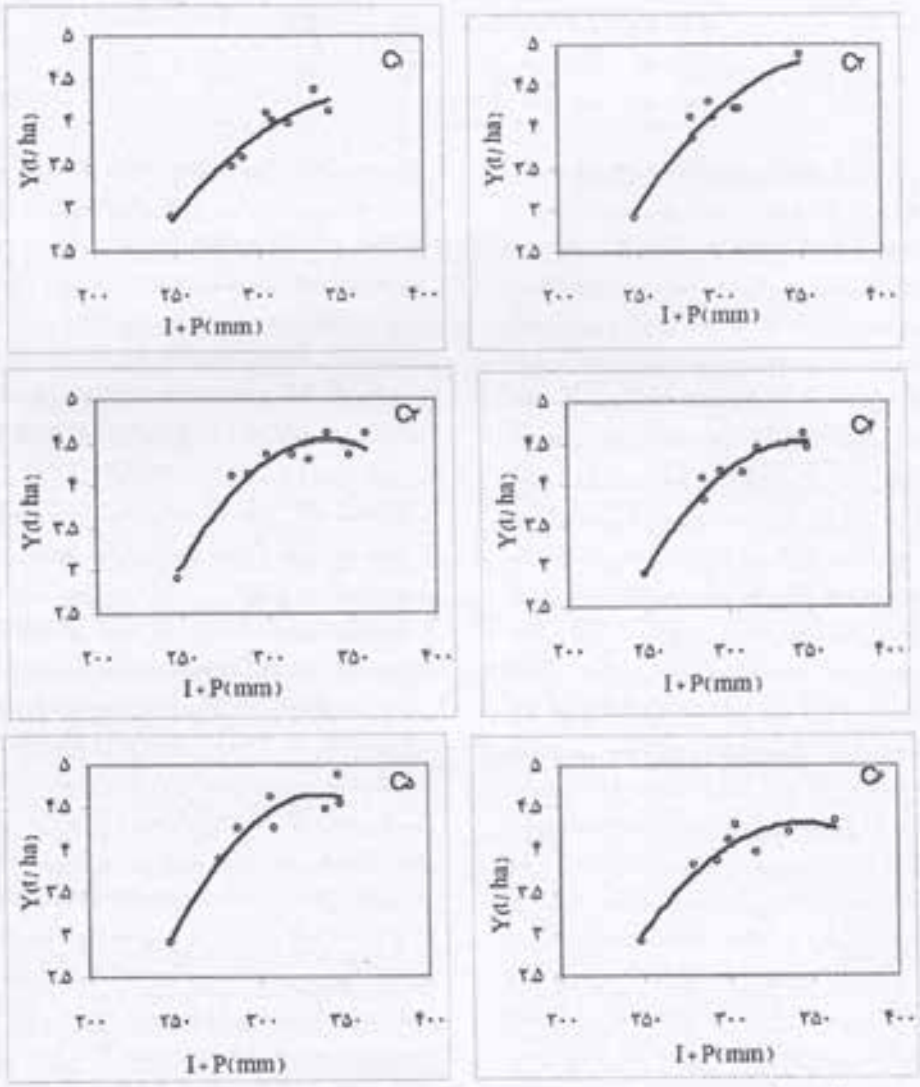
تابع تولید گندم در شرایط آبیاری تکمیلی استان گلستان برای ارقام مورد بررسی در این پژوهش برآورد شده است. معادلات استخراج شده به همراه تحلیل آماری آنها در جدول ۲ و روند تغییرات عملکرد به عنوان تابعی از آب کاربردی (I+P) در شکل ۳ به تفکیک هر رقم ارایه شدند. تابع تولید درجه ۲ برای تشریح رابطه آب کاربردی با عملکرد دانه (رابطه ۶) استفاده شد. روند کلی تابع برای همه ارقام مشابه است، بطوریکه در ابتدا با افزایش آب کاربردی عملکرد افزایش یافته و در یک نقطه از آب کاربردی که عملکرد به بیشینه مقدار خود می‌رسد، با افزایش مقدار آب عملکرد کاهش می‌یابد. اما همانطور که ملاحظه می‌گردد ضرایب معادله‌ها برای ارقام مختلف متفاوت بوده و نشان می‌دهد که واکنش ارقام گندم به مقادیر یکسان آب برابر نخواهد بود.

در این جدول، Y عملکرد دانه گندم، X مجموع آب آبیاری و باران، R^2= ضریب تبیین، SE= خطای استاندارد، F= آماره توابع نامیده می‌شود و بیان کننده معنی‌داری کلی تابع است. زمانی یک تابع معنی‌دار است که F محاسبه شده بزرگتر از F جدول باشد. SigF= معنی داری آماره مورد نظر است.

Archive of SID

(جدول ۲)- توابع تولید درجه دوم استخراج شده به تفکیک هر رقم گندم

SigF	F	SE	R^2	تابع تولید به دست آمده $Y= tha^{-1}$, $X=I+P(mm)$	ارقام
۰/۰۰۱۴	۲۳/۷	۰/۱۶	۰/۸۹		
۰/۰۰۰۲	۴۴	۰/۱۵	۰/۹۴	$Y= -10.044 + 0.0789X - 0.000109X^2$	C_1
۰/۰۰۰۵	۳۴	۰/۱۵	۰/۹۲	$Y= -12.362 + 0.0932X - 0.000126X^2$ $Y= -17.867 + 0.133X - 0.000199X^2$	C_2 C_3
۰/۰۰۱	۲۷	۰/۱۸	۰/۹۰	$Y= -15.327 + 0.1156X - 0.000169X^2$	C_4
۰/۰۰۰۵	۳۴	۰/۱۸	۰/۹۲	$Y= -20.381 + 0.1494X - 0.000222X^2$	C_5
۰/۰۰۰۷	۳۰	۰/۱۶	۰/۹۱	$Y= -12.649 + 0.0981X - 0.000142X^2$	C_6



(شکل ۳)- توابع تولید ارقام مختلف گندم (رابطه آب کاربردی (I+P) – عملکرد دانه (Y))

Archive of SID

(جدول۳)- عمق بهینه آب آبیاری ارقام گندم در شرایط کمبود آب (I_d) به عنوان تابعی از مقدار بارش (P)

مقدار بارش (mm)	ارقام					
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
۰	۳۲۵	۳۳۱	۳۱۱	۳۱۵	۳۱۵	۳۱۵
۱۰	۳۱۴	۳۲۰	۳۰۰	۳۰۵	۳۰۵	۳۰۵
۲۰	۳۰۳	۳۱۰	۲۹۰	۲۹۳	۲۹۳	۲۹۳
۳۰	۲۹۱	۲۹۷	۲۷۹	۲۸۲	۲۸۲	۲۸۲
۴۰	۲۸۰	۲۸۶	۲۶۹	۲۷۰	۲۷۰	۲۷۰
۵۰	۲۶۸	۲۷۳	۲۵۷	۲۶۰	۲۶۰	۲۶۰
۷۰	۲۴۵	۲۵۰	۲۳۵	۲۳۸	۲۳۸	۲۳۶
۱۰۰	۲۰۸	۲۱۴	۲۰۰	۲۰۲	۲۰۳	۲۰۰
۱۵۰	۱۴۰	۱۴۶	۱۳۹	۱۳۹	۱۴۱	۱۳۵
۲۰۰	۳۰	۴۳	۵۷	۵۱	۵۹	۳۵

با توجه به حضور موثر باران در منطقه، برای محاسبه بهترین عمق‌های آبیاری در شرایط آبیاری کامل برای حصول به حداکثر عملکرد (I_d) و در شرایط محدودیت آب (I_d) از روابط ۸ و ۱۰ ارایه شده در روش اجرا (با این فرض که قیمت هر کیلو گرم گندم در سال اجرای آزمایش معادل ۱۷۰۰ ریال و هزینه تولید در هر هکتار بدون هزینه‌های آبیاری ۲۵۰۰۰۰۰ ریال باشند) استفاده شد. محاسبات نشان می‌دهد که برای حصول به حداکثر عملکرد، مقادیر آب کاربردی کامل به صورت تکمیلی (I_d) برای ارقام C_1 تا C_6 به ترتیب معادل ۳۶۲، ۳۷۰، ۳۳۵، ۳۴۲، ۳۴۰ و ۳۴۵ میلی‌متر است (اعداد فوق با جایگذاری ضرایب برآورد شده توابع تولید در جدول ۲ در معادله ۸ به دست می‌آید) . در شرایط کم‌آبیاری، می‌توان از مقدار آب موردنیاز گیاه کم ولی مساحت زمین تحت آبیاری را افزایش داده که در نهایت منجر به افزایش تولید کل خواهد شد. به استناد نتایج به دست آمده، بهترین عمق آب آبیاری در شرایط محدودیت آب (برنامه‌ریزی کم آبیاری) برای همه ارقام به صورت تابعی از مقدار بارندگی بر اساس معادله ۱۰ محاسبه و نتایج آن در جدول ۳ ارایه گردید. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش مقدار باران، عمق آب آبیاری در شرایط کم آبیاری کاهش می‌یابد. در شرایط کم‌آبیاری هر گاه در طی فصل رویش گندم ۲۵۰ میلی‌متر باران با توزیع مشابه استان گلستان نازل شود (شکل ۲)، هیچکدام از ارقام نیازی به آب ندارند ولی در شرایط آبیاری کامل ارقام C_1 تا C_6 به ترتیب ۱۱۵، ۱۲۲، ۸۷، ۹۴، ۹۲ و ۹۷ میلی‌متر نیاز به آبیاری دارند تا به حداکثر عملکرد برسد. هرگاه هیچ بارانی اتفاق نیافتد (در شرایط کم آبیاری) بیشترین آب مورد نیاز مربوط به رقم C_2 معادل ۳۳۱ میلی‌متر و کمترین آب مورد نیاز مربوط به رقم C_3 برابر ۳۱۱ میلی‌متر است. بنابر این اگر فرض کنیم مقدار ۲۴۵ میلی‌متر باران متوسط منطقه باشد، در شرایط آبیاری کامل تکمیلی همه ارقام به دو تا سه آبیاری نیاز دارند در صورتیکه در شرایط کم‌آبیاری هیچکدام از ارقام به آبیاری نیاز ندارند (جدول ۳).

مقایسه دو راهبرد کم‌آبیاری و آبیاری کامل

بطور طبیعی برای کشاورزان در مناطقی که مواجه با کمبود آب هستند ولی زمین زراعی در اختیار دارند، دو گزینه قابل انتخاب است. در حالت اول ممکن است، تمام آب در اختیار را برای آبیاری بخشی از مزرعه بصورت آبیاری کامل در نظر بگیرند و بقیه زمین را یا کشت نکنند یا تحت شرایط دیم قرار دهند. در حالت دوم ممکن است با استفاده از روش کم آبیاری و کاربرد آب صرفه جویی شده برای زمین‌های دیگر مساحت تحت آبیاری را افزایش دهند. جدول ۴ دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل را برای شش رقم گندم در شرایط آبیاری تکمیلی را با هم مقایسه می‌کند. در این جدول تولید دیم در استان گلستان حدود ۲ تن در نظر گرفته شده است. ملاحظه می‌گردد که برای تمام ارقام روش کم‌آبیاری اگرچه منجر به حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح نمی‌شود، ولی برای مناطق مشابه استان گلستان که کم‌آبی عامل اصلی محدود کننده تولید است، قادر است تولید کل را افزایش دهد. بطور مثال حتی در رقم C_1 که در بین ارقام مورد بررسی نسبت آب واکنش کم‌تری داشته، توانسته است در راهبرد کم‌آبیاری گامی موثر در افزایش تولید کل بردارد. ملاحظه می‌شود که در این رقم به جای آبیاری کامل برای زمینی به مساحت یک هکتار، بهتر است مساحت زمین تحت آبیاری به ۲/۵۴ هکتار افزایش یابد. در این شرایط مقدار آب مصرفی از ۹۹۰ متر مکعب در هکتار در آبیاری کامل به ۳۹۰ متر مکعب در هکتار در روش کم‌آبیاری کاهش یافته و تولید کل از ۷/۲۷ تن در روش آبیاری کامل (مجموع تولید یک هکتار آبی و ۱/۵۴ هکتار دیم) به ۹/۰۲ تن در روش کم‌آبیاری(۲۴ درصد افزایش) در سطح جدید افزایش می‌یابد. این روند با نتایج مطلوب‌تری برای ارقام C_3 و C_5 وجود دارد. ارقام C_3 و C_5 نسبت به بقیه ارقام در راهبرد کم‌آبیاری نقش موثرتری در افزایش تولید کل دارد (حدود ۴۷ درصد افزایش تولید در روش کم‌آبیاری نسبت به روش آبیاری کامل).

Archive of SID

(جدول ٤) - مقایسه دو راهبرد کم آبیاری(W_4) و آبیاری کامل (W_1) برای تولید کل در ارقام مختلف گندم

رقم	تیمار آبیاری	عمق آب (mm)	عملکرد (t/ha)	مساحت (ha)			عملکرد (t)			درصد افزایش W_1 نسبت به W_4
				آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	آبیاری شده	آبیاری نشده	کل	
C_1	W_1	۹۹	۴/۱۹	۱	۰/۵۴	۲/۵۴	۴/۱۹	۲/۱	۷/۲۷	۲۳
	W_4	۳۹	۳/۵۵	۲/۵۴	-	۲/۵۴	۹/۰۲	-	۹/۰۲	
C_2	W_1	۱۰۹	۴/۷۴	۱	۲/۱۱	۳/۱۱	۴/۷۴	۴/۲۲	۸/۹۵	۴۰
	W_4	۳۵	۴/۰۲	۳/۱۱	-	۳/۱۱	۱۲/۵	-	۱۲/۵	
C_3	W_1	۱۱۱	۴/۵۱	۱	۲/۲۶	۳/۲۶	۴/۵۱	۴/۵۲	۹/۰۳	۳۷
	W_4	۳۴	۴/۰۶	۳/۲۶	-	۳/۲۶	۱۳/۲	-	۱۳/۲	
C_4	W_1	۱۰۰	۴/۲۶	۱	۱/۷	۲/۷	۴/۲۶	۳/۴	۷/۶۶	۴۰
	W_4	۳۷	۳/۹۸	۲/۷	-	۲/۷	۱۰/۸	-	۱۰/۸	
C_5	W_1	۱۰۱	۴/۵۲	۱	۲/۳۷	۳/۳۷	۴/۵۲	۴/۷۴	۹/۲۶	۴۸
	W_4	۳۰	۴/۰۷	۳/۳۷	-	۳/۳۷	۱۳/۷	-	۱۳/۷	
C_6	W_1	۱۰۰	۴/۵	۱	۱/۷	۲/۷	۴/۵	۳/۴	۷/۹	۳۲
	W_4	۳۷	۳/۸۶	۲/۷	-	۲/۷	۱۰/۴	-	۱۰/۴	

(جدول ٥)- براورد Kc در چند مرحله رشد ارقام مختلف گندم تحت مقادیر مختلف آب آبیاری

تیمارهای آبیاری	دوره رشد	ETo (mm)	ارقام گندم											
			C_1		C_2		C_3		C_4		C_5		C_6	
			Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc
W_1	۸۴/۱۲/۱۴ تا ۱۰/۰/۱۱	۱۱۶	۰/۵۹	۶۹	۰/۶۲	۷۳	۰/۵۹	۶۹	۰/۵۹	۶۸	۰/۵۹	۶۹	۰/۶۱	۷۱
	۸۵/۱/۱۷ تا ۱۲/۱۵	۸۷	۰/۸۳	۷۲	۰/۹۵	۸۲	۰/۹۴	۸۲	۰/۸۴	۷۳	۰/۸۷	۷۶	۰/۸۶	۷۹
	۸۵/۲/۱۷ تا ۱/۱۸	۹۸	۰/۹۱	۸۹	۰/۹۳	۹۲	۰/۹۳	۹۲	۰/۹۷	۹۵	۰/۸۷	۸۵	۰/۹۴	۹۱
	۸۵/۲/۳۰ تا ۲/۱۸	۵۳	۱/۱۹	۶۳	۱/۲۲	۶۵	۱/۲۶	۶۷	۱/۱۶	۶۲	۱/۱۳	۵۸	۱/۲۶	۶۷
W_2	۸۴/۱۲/۱۴ تا ۱۰/۰/۱۱	۱۱۶	۰/۵۹	۶۹	۰/۵۹	۶۹	۰/۵۹	۶۹	۰/۶۲	۷۲	۰/۶۲	۷۳	۰/۵۹	۶۸
	۸۵/۱/۱۷ تا ۱۲/۱۵	۸۷	۰/۸۲	۷۱	۰/۸	۷۰	۰/۸۹	۷۸	۰/۸۳	۷۲	۰/۸۳	۷۲	۰/۸۵	۷۴
	۸۵/۲/۱۷ تا ۱/۱۸	۹۸	۰/۸۵	۸۳	۰/۷۶	۷۵	۰/۸۴	۸۲	۰/۸۸	۸۶	۰/۸۹	۸۹	۰/۹۱	۸۰
	۸۵/۲/۳۰ تا ۲/۱۸	۵۳	۱/۱۹	۶۳	۰/۹۶	۵۱	۱/۰۷	۵۷	۱/۰۷	۵۷	۱/۰۹	۵۸	۱/۰۹	۶۵
W_3	۸۴/۱۲/۱۴ تا ۱۰/۰/۱۱	۱۱۶	۰/۶۳	۷۳	۰/۶	۷۰	۰/۶	۷۰	۰/۶	۶۹	۰/۵۹	۶۴	۰/۵۵	۶۱
	۸۵/۱/۱۷ تا ۱۲/۱۵	۸۷	۰/۷۷	۶۷	۰/۸	۷۰	۰/۷۶	۶۶	۰/۷۷	۶۵	۰/۷۸	۶۸	۰/۷۸	۶۷
	۸۵/۲/۱۷ تا ۱/۱۸	۹۸	۰/۷۸	۷۶	۰/۷۸	۷۶	۰/۷۸	۷۶	۰/۷۳	۷۲	۰/۷۳	۷۳	۰/۷۶	۷۴
	۸۵/۲/۳۰ تا ۲/۱۸	۵۳	۰/۹۴	۵۰	۰/۸۵	۴۵	۰/۹۸	۵۲	۰/۹۲	۴۹	۰/۸۸	۴۷	۰/۸۸	۴۶
W_4	۸۴/۱۲/۱۴ تا ۱۰/۰/۱۱	۱۱۶	۰/۶۳	۷۳	۰/۶۱	۷۱	۰/۶	۷۰	۰/۶	۷۰	۰/۶۱	۷۱	۰/۶۱	۷۲
	۸۵/۱/۱۷ تا ۱۲/۱۵	۸۷	۰/۷۰	۶۱	۰/۷۴	۶۴	۰/۷۶	۶۷	۰/۷۱	۶۲	۰/۷۱	۶۲	۰/۷۱	۶۴
	۸۵/۲/۱۷ تا ۱/۱۸	۹۸	۰/۶۴	۶۳	۰/۷۴	۷۳	۰/۶۹	۶۸	۰/۷۲	۷۱	۰/۶۹	۶۸	۰/۷۰	۷۳
	۸۵/۲/۳۰ تا ۲/۱۸	۵۳	۰/۸۹	۴۷	۰/۸۶	۴۶	۰/۸۴	۴۵	۰/۸۳	۴۴	۰/۷۰	۳۷	۰/۷۰	۴۵

تعیین ضریب گیاهی (K_c)

براورد Kc مراحل مختلف رشد گیاه در تیمارهای مختلف آبیاری به تفکیک هر رقم در جدول ۵ ارایه گردید. روند کلی تغییرات K_c برای همه ارقام نشان می‌دهد که با کاهش مقدار آب، به دلیل ثابت بودن تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo)، مقدار Kc کاهش یافت. در مراحل اولیه رشد (تاریخ ۸۴/۱۰/۱۱ الی ۸۴/۱۲/۱۴) هنوز در هیچ تیماری آبیاری صورت نپذیرفته است.

بنابراین در این دوره تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر K_c در تیمارهای مختلف آبیاری مشاهده نشد. ولی با افزایش فصل رشد به دلیل مصرف بیشتر آب توسط گیاه مقدار K_c نیز افزایش یافت. در یک تیمار آبیاری مشخص، K_c بین ارقام تقریباً مشابه هستند. در مرحله اولیه (رشد سبزینه‌ای گندم) دامنه تغییرات Kc در همه تیمارهای آبیاری و ارقام از ۰/۵۵ تا ۰/۶۲ در نوسان بود. بیشترین مقدار K_c مربوط است به مرحله انتهایی رشد (اواخر گلدهی تا مرحله دانه

Archive of SID

بستن) و دامنه تغییرات آن در تیمارهای W_1، W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۱/۱۳ تا ۱/۲۶، ۰/۹۶ تا ۱/۱۹، ۰/۷۷ تا ۰/۹۸ و ۰/۶۸ تا ۰/۸۹ بود. دوره رشد گندم (بسته به شرایط منطقه و گندم زمستانه و تابستانه) توسط Doorenbos and Kassam (1979) به چهار مرحله تقسیم و K_c هر مرحله را تعیین شد. چهار مرحله عبارتند: مرحله اولیه(۲۰ روز)، مرحله توسعه (۶۰ روز) مرحله میانی (۷۰ روز) و مرحله انتهایی (۳۰ روز). آنها برای گندم بهاره K_c مراحل اشاره شده را به ترتیب ۰/۳، ۱/۱۵، ۱/۱۵ و ۰/۲۵ و برای گندم زمستانه در خاکهایی که قابلیت یخ زدن دارند برابر ۰/۴، ۱/۱۵، ۱/۱۵ و ۰/۲۵ و برای گندم زمستانه در خاکهایی که قابلیت یخ زدن وجود دارد معادل ۰/۷، ۱/۱۵، ۰/۷ و ۰/۲۵ برآورد نمودند.

نتیجه‌گیری

برای گیاهان زمستانه (از جمله گندم) که باران بخشی از نیاز آبی را تامین می‌کند (آبیاری تکمیلی)، نیاز است تا این واقعیت انکار ناپذیر در همه پژوهش‌های مرتبط با گیاهان فوق مورد کنکاش قرار گیرد تا نتایج به واقعیت نزدیکتر گردند.

در شرایط اشاره شده هرگاه گندم آب کمتری دریافت نماید، توانایی آن برای تخلیه رطوبت از نیمرخ خاک بیشتر از حالتی است که آبیاری کامل صورت گیرد.

بطور کلی عملکرد گندم تحت تاثیر ارقام و مقدار آب آبیاری قرار گرفت. اما وجود باران مناسب، از تاثیر آبیاری بر تغییرات عملکرد و همچنین بقیه عوامل مورد بررسی کاسته است. بطور کلی روند تغییرات عملکرد گندم نشان دهنده این است که از نظر آبیاری، تیمارهایی که آب بیشتری دریافت کردند و از نظر ارقام، رقم‌های C_3، C_2 و C_3 دارای بیشترین عملکرد بودند.

برآورد توابع تولید نشان داد که ارقام مختلف نسبت به مقادیر یکسان آب واکنش‌های متفاوتی نشان دادند. بررسی توابع فوق حکایت از آن دارد که در شرایط کم‌آبیاری بصورت تکمیلی (حدود ۲ تا ۳ آبیاری از مرحله خوشه رفتن تا قبل از خمیری گندم) ارقام C_3، C_2 و C_3 و در شرایط آبیاری تکمیلی کامل ارقام C_2 و C_3 از بقیه ارقام بهتر هستند.

در شرایط کم‌آبیاری هر گاه در طی فصل رویش گندم ۲۵۰ میلی‌متر باران نازل شود، هیچکدام از ارقام نیازی به آب ندارند ولی در شرایط آبیاری کامل ارقام C_1 تا C_3 به ترتیب ۱۱۵، ۱۲۲، ۸۷، ۹۴، ۹۲ و ۹۷ میلی‌متر نیاز به آبیاری دارند تا به حداکثر عملکرد برسند.

مقایسه کمّی دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل در مناطقی که آب عامل اصلی محدود کننده تولید است، نشان داد که کم‌آبیاری گزینه کارا در استفاده بهینه از حجم مشخصی از آب و بسیار موثر در افزایش تولید است.

مقدار K_c (ضریب گیاهی) در مراحل مختلف رشد برای همه ارقام گندم برآورد گردید. K_c با کاهش مقدار آب آبیاری کمتر و با افزایش مرحله رشد به دلیل مصرف بیشتر آب توسط گیاه، بیشتر شد.

برای برنامه‌ریزی آبیاری در شرایط کم‌آبیاری نیاز به بازنگری و توسعه روابط و معادلات حاکم برای شرایط آبیاری کامل است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان که هزینه‌های اجرای طرح را تقبل نموده و از خانم مهندس صفرنژاد، آقای مهندس طیرسا و مهندس ابومردانی که در اجرای طرح همکاری کردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

Doorenbos, J., and Kassam, A.H. (1979), Yield response to water. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO ,Rome.

English, M.J. (1990), Deficit irrigation-I: analytical framework. J. of irrigation and Drainage Engineering. 116, 399-412.

English, M.J., and Nakamura, B.C. (1989), Effects of deficit irrigation and irrigation frequency on wheat yields. J. of ASCE 115(IR2), 172-184.

Farshi, A.A., Shariati, M.R., Jarollahi, R., Ghaemi, M.R., Shahabifar, M., and Tavallaei, M.M. (1997), An estimate of water requirement of main field crops and orchards in Iran. Vol. 1 Field Crops, 900P.(In Farsi).

Grimes, D.W., Yamada, H., and Dickens, W.L., (1961), Functions for cotton production from irrigation and nitrogen fertilizer variable, I: Yield and evapotranspiration. Agron. J. 61(5): 769-773.

Harris, H.C. (1991), Implications of climate variability. In: Harris, H.C., Cooper, P.J.M. and Pala, M. (eds) Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in rain-fed areas. Proceedings of an international workshop (1989), Ankara, Turkey. ICARDA, Alepo, Syria, P. 352.

Khanjani, M.J., and Busch, J.R., 1982. Optimal irrigation water use from probability and cost benefit analysis. TRANS. of the ASAE. 25(4): 961-965

Kiani, A.R. (2008), Wheat irrigation scheduling in Golestan province. Technical bulletin No 43. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), 87/328 14P.

Kiani, A.R., and Kalateh M. (2009), Effect of different amount of irrigation water on yield and water use efficiency of various wheat cultivars in Gorgan. J of Agric. Sci. and Natural Res. No.4 (In press).

Kiani, A. R., Mirlatifi, M., Homaee, M., and Cheragi, A. (2005), Water use efficiency of wheat under salinity and water stress conditions. J of Agric. Res. Ins. (AERI). 24(6): 47-64.

www.SID.ir

Archive of SID

Y.Q. (2006), Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management 85: 211–218.

Zhang X.Y., Chen S.Y., Pei D., Liu M.Y., and Sun H.Y. (2005), Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain. Agronomy Journal 97: 783–790.

Zhang, X.Y., Pei, D., Chen, S.Y., Sun, H.Y., and Yang Y.H. (2006), Performance of double-cropped winter wheat–summer maize under minimum irrigation in the north China Plain. Agronomy Journal 98: 1620–1626.

Zhang, H., and Oweis, T. (1999), Water- yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranea region. Agric. Water Manage. 38, 195-211.

Zhang, H., Wang, X., You, M., and Liu, C. (1999), Water-yield relations and water – use efficiency of winter wheat in the North China plain. Irrg. Sci. 19, 37-45.

Kipkorir, E.C., Raes, D., and Massaje, B. (2000), Seasonal water production functions and yield response factores for maize and onion in Perkerra, Kenya. Agri. Water Manage. 56(3):229-240.

Oweis, T., (1997), Supplemental irrigation: a highly efficient water- use practice. ICARDA, Aleppo, Syria, 16 PP.

Oweis, T., Zhang, H. and Pala, M. (2000), Water use efficiency of rain-fed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. Agronomy Journal 92, 231–238.

Schneider, A.D., and Howell, T.A. (1996), Methods, amounts, and timing of sprinkler irrigation for winter wheat. Transaction of ASAE 40, 117-122.

Sepaskhah, A. R., and Akbari, D. (2005), Deficit irrigation planning under variable seasonal rainfall. Biosystems Engineering, 92(1): 97-106.

Smith, M. (1992), Cropwat: A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrig. and Drain. paper No. 46 :126 pp.

Stewart, J.I., and Hagan, R.M. (1973), Functions to predict effects of crop water deficits. J. Of Irrigation and Drainage. Div.ASCE. 99(IR4):421-439.

Sun, H.Y., Liu C.M., Zhang X.Y., Shen Y.J., and Zhang

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۳

www.SID.ir