تاثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام گندم در مشهد

محمد کافی[۱]* و فرزاد حسین پناهی

استاد دانشگاه فردوسی،مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی ، mkafi36@yahoo.com

دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد ، دانشکده کشاورزی ، agro_expert@yahoo.com

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی ارقام مقاوم و حساس گندم به تنش خشکی، در قالب طرح کرت های خرد شده با هفت تیمار آبیاری به عنوان کرت اصلی، دو رقم گندم(در کرت فرعی) و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری کامل شاهد(FI)، بدون آبیاری در فصل بهار (NI)، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و گرده افشانی (SP)، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه (SG)، آبیاری در دو مرحلهٔ گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه (PG)، آبیاری در سه مرحلهٔ ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه (SPG) و آبیاری در چهار مرحلهٔ ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواسط پرشدن دانه (SPGG) و ارقام مورد مطالعه نیز پیشگام (مقاوم به خشکی) و گاسکوژن (حساس به خشکی) بودند. نتایج نشان داد که عملکرد اقتصادی محصول در تیمارهای SP، SG، PG، SPG و SPGG در مقایسه با شاهد اول (FI) به ترتیب ۳۶٪، ۴۰٪، ۴۷٪، ۳۱٪ و ۱۷٪ کاهش یافت لیکن مصرف آب در تیمار به ترتیب ۵۹٪، ۵۸٪، ۵۷٪، ۴۹٪ و ۳۸٪ کاهش پیدا داشت. رقم متحمل به خشکی پیشتاز دارای عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی بالاتری از رقم حساس گاسکوژن بود ولی اختلاف بین عملکرد بیولوژیکی آنها بیش از اختلاف عملکرد اقتصادی بود. نتایج بیانگر این بود که در دشت مشهد گندم بدون آبیاری در فصل بهار عملکرد رضایت بخشی ندارد و مراحل ساقه‌دهی و گلدهی حساسترین مراحل نموی گندم نسبت به تنش خشکی بود و آبیاری در هر دو مرحله مذکور برای حصول عملکرد بالا در شرایط محدودیت آب ضروری است.

واژه‌های کلیدی:رقم پیشگام، تنش خشکی، رقم گاسکوژن

مقدمه

در بین محصولات زراعی گندم دارای نقشی استراتژیک بوده به گونه‌ای که حدود ۴۵ درصد کالری و ۷۰ درصد پروتئین مصرفی مردم ایران از این محصول تامین می‌شود ((دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی،۲۰۰۹ و ۲۰۱۰)).

بنابراین در چنین شرایطی مدیریت منابع آبی از و باید به دنبال راه کارهایی در جهت پایداری منابع آبی بود. تحقیقات زیادی سودمندی تکنیک کم آبیاری در گندم را گزارش کرده‌اند (علی و همکاران، ۲۰۰۷؛ آسنگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ کی و همکاران، ۲۰۰۲؛ حسن و همکاران،۲۰۰۰ و ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج تحقیقات در ایران نشان داد که کم آبیاری در

[۱]. آدرس نویسنده مسئول: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی، کدپستی: ۹۱۷۶۸۴۳۱۸۷

* دریافت مرداد ۱۳۹۱ و پذیرش بهمن ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

اولویت‌های مهم و اساسی بخش کشاورزی می‌باشد کارایی مصرف آب و بالا بردن سطح زیر کشت باشد (انگلیش و همکارن،۱۹۹۰؛رمضانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ رضا دوست و رشدی، ۲۰۰۶ و سالمی و همکاران، ۲۰۰۶). فرداد و گلکار (۲۰۰۲) در آزمایشی(کدام گیاه) در کرج محاسبه هزینه و تولید را در شرایط کم آبیاری مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با کاهش ۴۰ درصدی در مصرف آب سود حاصل برابر با سود در تیمار آبیاری کامل است. دانایی و لطفعلی آینه (۲۰۰۰) در مطالعه خود اثر قطع یک و دو مرحله آبیاری در مراحل پایانی فصل رشد را بر عملکرد ۸ رقم گندم مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که رقم چمران از ضریب تغییرات و شاخص های حساسیت محیطی کمتری نیز برخوردار بود. زارع فیض آبادی و قدسی (۲۰۰۲) نیزدر ارزیابی لاین‌ها و ارقام گندم را نسبت به قطع یک و دو بار آبیاری نتیجه گرفتند که تیمارهای کم آبیاری تنها بین ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش عملکرد نشان دادند.

حسن و همکاران ۲۰۰۲) در مطالعه خود روی اثر کم آبیاری بر عملکرد گندم و ذخیرهٔ آب گزارش دادند که کاهش آبیاری در دو مرحلهٔ تشکیل دانه و رسیدگی سبب تولید بیشترین عملکرد شد و نسبت به شاهد ۳۴٪ آب ذخیره گردید. موگابه و نیاکاتاوا (۲۰۰۰) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبی گندم، عملکرد محصول را تنها به میزان ۱۲ و ۲۰٪ کاهش داد و ارزش آب صرفه جویی شده قابل مقایسه با ارزش عملکرد کاهش یافته نیست و این مسئله در سطوح وسیع بسیار مهم و حیاتی می‌باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کمبود شدید آب خاک، عملکرد دانه گندم زمستانه را کاهش داد در حالیکه کمبود ملایم آب خاک در فاصله زمانی بین زمان از سرگیری رشد فعال در بهار تا زمان پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد دانه یا کارایی مصرف آب نشدو از طرفی کارایی مصرف آب در شرایط کم آبیاری به میزان قابل توجهی افزایش یافت.

مناطق با کمبود آب می‌تواند راه کار مناسبی در افزایش

لذا این پژوهش نیز با هدف ارزیابی پاسخ به خشکی گندم ارقام پیشگام(مقاوم به تنش و ریشک دار) و گاسکوژن، (حساس به تنش و بدون ریشک) به تیمار آبیاری کامل در زمان کاشت و استقرار و کم آبیاری به صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد در شرائط مشهد اجرا شد.

مواد و روشها

این آزمایش مزرعه ای در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد در قالب طرح کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. برای کرتهای اصلی ۷ تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (FI ،شاهد ۱)، بدون آبیاری در فصل بهار (NI ،)، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه-دهی و گرده افشانی (SP)، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه (SG)، آبیاری در دو مرحلهٔ گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه (PG)، آبیاری در سه مرحلهٔ ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه (SPG) و آبیاری در چهار مرحلهٔ ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواسط پرشدن دانه (SPGG) در نظر گرفته شد و کرت های فرعی شامل ارقام پیشگام(مقاوم به تنش و ریشک دار) و گاسکوژن، (حساس به تنش و بدون ریشک) بودند. کرت‌های فرعی در ابعاد ۶ متر طول و ۲ متر عرض ایجاد شد و بین دو کرت فرعی در هر کرت اصلی، یک متر فاصله به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. تعداد خطوط کشت در هر کرت فرعی ۱۰، فاصله ردیف ها از یکدیگر ۲۰ سانتیمتر و فاصله بذور روی ردیف ۱/۲۵ سانتی متر بود. در طول فصل رشد معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره طی دو مرحلهٔ ساقه رفتن و سنبله‌دهی مورد استفاده قرار گرفت و دو مرحله سمپاشی نیز جهت پیشگیری از بیماریهای قارچی و سن گندم انجام شد. با توجه به رویش محدود علفهای هرز در

Archive of SID

www.SID.ir

مزرعه کنترل آنها طی فصل رشد به صورت دستی صورت گرفت.

جهت اعمال تیمارهای آبیاری ابتدا نیاز آبی گیاه گندم در طول فصل رشد با استفاده از مدل تبخیر و تعرق پنمن مونتیث فائو و بر اساس داده‌های دراز مدت هواشناسی محاسبه گردید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) (جداول ۱ و ۲). در پایان فصل رشد عملکرد و اجزای عملکرد تیمارهای مختلف اندازه‌گیری و آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار Minitab صورت گرفت. کارایی مصرف آب (کیلوگرم به ازاء هر متر مکعب آب) تیمارهای مختلف نیز از نسبت عملکرد (کیلوگرم) به مقدار آب مصرفی (متر مکعب) محاسبه شد.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

بیشترین و کمترین تعداد سنبله در متر مربع به ترتیب در تیمارهای FI (۸۲۱/۴) و NI (۳۱۱/۹) مشاهده شد و در بین تیمارهای کم آبیاری نیز، تیمارهایی که در هر دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی آب دریافت کردند (یعنی SP، SPG و SPGG) اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند اما اختلاف آنها با تیمارهای SG و PG معنی دار بود($P<0.01$ ، جدول ۳ و۴).

وضعیت تیمارهای کم آبیاری از نظر وزن سنبله تقریباً مشابه با صفت تعداد سنبله بود. بیشترین و کمترین وزن سنبله به ترتیب در تیمارهای FI (۹۶۳ گرم در متر مربع) و NI (۱۸۳ گرم در متر مربع) حاصل شد (جدول ۴). با توجه به اینکه وزن سنبله تابعی از تعداد سنبله در متر مربع و وزن هر سنبله می‌باشد لذا آبیاری در تمام مراحل حساس مانند ساقه‌دهی، گرده افشانی و پر شدن دانه تاثیر بسزایی در وزن سنبله‌ها داشت به گونه‌ای که در بین تیمارهای کم آبیاری تیمار SPGG و تیمار SPG بیشترین وزن سنبله را به خود اختصاص دادند (به ترتیب ۷۹۷ و ۶۵۶ گرم در متر مربع، جدول ۴) و در بین تیمارهای با دو مرتبه آبیاری نیز تیمار SP بیشترین وزن سنبله را داشت (۶۱۷ گرم در متر مربع) که نشان می دهد مراحل ساقه‌دهی و گرده افشانی حساس به خشکی می باشند که با نتایج علی و همکاران (۲) در شرایط آب و هوایی بنگلادش مطابقت دارد. آبیاری در مرحله پر شدن دانه نیز اهمیت دارد به گونه‌ای که وزن سنبله در تیمار SPGG که دو مرتبه در مرحله پرشدن دانه آب دریافت کرده بود حدود ۱۷ درصد بیشتر از تیمار SPG، که فقط در یک نوبت در مرحله پرشدن دانه آبیاری شده بود (جدول ۴). اختلاف بین ژنوتیپها از نظر وزن سنبله نیز معنی‌دار بود ($P<0.01$، جدول ۳) به گونه‌ای که رقم مقاوم (پیشگام) وزن سنبله بیشتری در مقایسه با رقم حساس (گاسکوژن) داشت (۶۷۹/6 در مقابل ۵۶۷/۵ گرم در متر مربع، جدول ۴). عملکرد رقم گاسکوژن در تعداد سنبله در مقایسه با عملکرد رقم پیشگام ببیشتر شد لذا برتری رقم پیشگام از نظر وزن سنبله به دلیل تعداد دانه بیشتر در هر سنبله بود (۳۸/1 در مقابل ۲۸/۸ دانه در هر سنبله) که از این نظر اختلاف معنی داری با رقم گاسکوژن داشت ($P<0.01$، جدول ۳).

افزایش تعداد دانه در سنبله در مقابل کاهش تعداد سنبله در واحد سطح در رقم مقاوم نوعی خاصیت جبرانی عملکرد است اگرچه این مکانیزم جبرانی در تیمارهای کم آبیاری بیشتر در وزن هزار دانه دیده شد. در واقع فقط تیمار SPGG از نظر تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی داری با شاهد اول (FI) داشت و در سایر تیمارهای کم آبیاری اختلاف معنی داری از این نظر با FI مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله به ترتیب متعلق به تیمارهای SPGG (۳۹/۹) و NI (۱۹/9) بود. رضادوست و رشدی (۲۰۰۶) نیز یافتند که در میان تیمارهای کم آبیاری بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیماری حاصل شد که در چهار مرحله ساقه‌دهی، خوشه رفتن، گلدهی و شیری شدن دانه آبیاری شدند که این گزارش بسیار مشابه با نتایج این مطالعه می‌باشد. در بین تیمارهای کم آبیاری تیمارهایی که کمترین تعداد سنبله در واحد سطح را داشتند (یعنی SG و PG) بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند. در واقع مکانیزم

Archive of SID

www.SID.ir

جبرانی عملکرد در تیمارهای کم آبیاری بیشتر از طریق وزن هزار دانه صورت گرفت. در مجموع وزن هزار دانه در تمام تیمارهای کم آبیاری بیشتر از شاهد اول (FI) بود و کمترین وزن هزار دانه متعلق به تیمار NI (92/20) بود (جدول ۴). علی و همکاران (۲۰۰۷) نیز یافتند که وزن هزار دانه در تیمارهای کم آبیاری بالاتر از آبیاری کامل بود. نتایج مشابهی نیز توسط آبخضر و قهرمان (۲۰۰۴) در شرایط آب و هوایی مشهد گزارش شده است. اختلاف بین ارقام مورد مطالعه از نظر وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول ۳) و همانطور که قبلاً اشاره شد رقم مقاوم (پیشگام) کاهش تعداد سنبله در واحد سطح را بیشتر از طریق افزایش تعداد دانه در هر سنبله جبران کرد. به طور کلی مکانیزم جبران عملکرد در تیمار NI مشاهده نشد و این تیمار از نظر تمام صفات کمترین مقدار را به خود اختصاص داد زیرا کمبود آب در تمام طول بهار سبب کاهش شدید در همه اجزای عملکرد گردید.

یکی از صفات مهمی که در این آزمایش بررسی گردید وزن ریشکها و پوشینکها بود که تاثیر بسزایی در عملکرد نهایی هم گذاشت. همانطور که قبلاً اشاره شد رقم گاسکوژن یک رقم بدون ریشک است در حالیکه رقم پیشگام ریشکهای نسبتاً بلندی دارد. پاسخ به این سوال که آیا وجود ریشک در گندم در مجموع مناسب یا غیر مناسب است هنوز هم در هالهای از ابهام قرار دارد.

عملکرد

اثر تیمارهای کم آبیاری روی عملکرد بیولوژیک و اقتصادی معنیدار بود ($P<0.01$، جدول ۵). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تیمارهای FI (۱۷۴۱۵ کیلوگرم در هکتار) و NI (4831 کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۶). در بین تیمارهای کم آبیاری نیز بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب متعلق به تیمارهای SPGG (۱۳۵۷۶ کیلوگرم در هکتار) و SG (۹۲۳۲ کیلوگرم در هکتار) بود. تیمارهای SP، PG و SPG هم اگرچه از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی داری با هم نداشتند اما میزان عملکرد تیمار SPG به مراتب بالاتر از دو تیمار دیگر بود. رضادوست و رشدی (۲۰۰۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. البته در برخی مطالعات نیز اختلاف معنیداری از نظر عملکرد بیولوژیک بین تیمارها مشاهده نشد (سالمی و افیونی، ۲۰۰۵). اختلاف ارقام مورد مطالعه نیز از نظر عملکرد بیولوژیک معنیدار بود ($P<0.01$). رقم مقاوم (پیشگام) بیشترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد (12185 کیلوگرم در هکتار) و این میزان در رقم حساس (گاسکوژن) با ۱۴ درصد کاهش به ۱۰۴۳۲ کیلوگرم در هکتار رسید (جدول ۶). این در حالیست که عملکرد اقتصادی رقم حساس در مقایسه با رقم مقاوم فقط ۵ درصد کاهش داشت و با وجودیکه این اختلاف از نظر آماری معنیدار بود ($P<0.05$) اما میزان کاهش در مقایسه با عملکرد بیولوژیک بسیار کمتر بود. یکی از مهمترین دلایل این مسئله وجود ریشک و پوشینکهای بیشتر در رقم پیشگام در مقایسه با رقم گاسکوژن بود.

در مجموع عملکرد رقم پیشگام ۴۶۲۱ کیلوگرم در هکتار و عملکرد رقم گاسکوژن ۴۳۷۰ کیلوگرم در هکتار بود. (جدول ۶) اختلاف تیمارهای آبیاری نیز از نظر عملکرد اقتصادی معنی¬دار بود ($P<0.01$). بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی به ترتیب در تیمارهای FI (6961 کیلوگرم در هکتار) و NI (1285 کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و عملکرد تیمارهای کم آبیاری حد واسط این دو مقدار قرار داشت (جدول ۵). در بین تیمارهای کم آبیاری بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تیمارهای SPGG (5751 کیلوگرم در هکتار) و SG (3626 کیلوگرم در هکتار) حاصل شد و عملکرد تیمارهای SP، PG و SPG که اختلاف معنی داری هم با یکدیگر نداشتند به ترتیب ۴۴۲۶، ۴۱۳۳ و ۴۷۳۸ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس نتایج این مطالعه عملکرد اقتصادی تیمارهای SP، SG، PG، SPG و SPGG در مقایسه با شاهد اول (FI) به ترتیب ۳۶، ۴۷،۴۰، ۳۱ و ۱۷ درصد کاهش پیدا کرده است (جدول ۶) در حالیکه مصرف آب در تیمارهای نامبرده بدون در نظر گرفتن

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار بارندگی به ترتیب ۵۹، ۵۸، ۵۷، ۴۹ و ۳۸ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲).

بنابراین میزان کاهش عملکرد اقتصادی در تیمارهای کم آبیاری به اندازه کاهش مصرف آب نبوده و این مسئله حاکی از سودمندی کم آبیاری در شرایط بحران آب می باشد. آبخضر و قهرمان (۲۰۰۴) در شرایط آب و هوایی مشهد گزارش کردند که در شرایطی که در مرحله خوشه دهی آبیاری صورت نگیرد عملکرد نسبت به شاهد ۴۰ درصد کاهش پیدا می¬کند. در این مطالعه نیز تنش خشکی در مرحله خوشه دهی در تیمار SG صورت گرفت که منجر به کاهش ۴۷ درصدی عملکرد نسبت به شاهد شد. سالمی و افیونی (۲۰۰۵) نیز نتیجه گرفتند که کاهش ۲۰ و ۴۰ درصدی در مصرف آب به ترتیب سبب کاهش ۱۱ و ۱۹ درصدی در عملکرد نهایی شد. در این آزمایش نیز مشاهده شد که کاهش ۳۸ درصدی در مصرف آب در تیمار SPGG منجر به کاهش ۱۷ درصدی در عملکرد اقتصادی شد. به طور کلی انتخاب بهترین تیمار کم آبیاری بر اساس نتایج این مطالعه بسته به میزان فراهمی آب در شرایط مزرعه می¬تواند متفاوت باشد. به عنوان مثال در تیمارهای کم آبیاری که فقط دو مرحله در فصل بهار آب دریافت کردند (یعنی SP، SG و PG)

حدود ۶۰٪ در مصرف آب صرفه جویی شد . نکته مهم دیگر در ارتباط با آبیاری در مراحل مختلف اهمیت مرحله پرشدن دانه است. یک مرحله آبیاری اضافی در تیمار SPGG نسبت به تیمار SPG در زمان پرشدن دانه سبب افزایش ۱۷ درصدی عملکرد اقتصادی شد در حالیکه مصرف آب فقط ۱۱ درصد افزایش پیدا کرد. اویز و همکاران (۲۰۰۰) نیز سودمندی کم آبیاری را گزارش کرده‌اند. اعتقاد بر این است که در شرایط کم آبیاری انتقال مجدد فرآورده‌های فتوسنتزی که قبل از مرحله گلدهی در اندامهایی مثل ساقه تجمع پیدا کرده است نقش بسزایی در افزایش عملکرد دارد (فولکس و همکاران، ۲۰۰۲؛ ریچاردز و همکاران، ۲۰۰۲ و یانگ و همکاران، ۲۰۰۰) زیرا وقتی فتوسنتز جاری در اثر کمبود آب کاهش پیدا می‌کند نیاز به انتقال مجدد افزایش می یابد (پالتا و همکاران، ۱۹۹۴) و این مسئله سبب افزایش شاخص برداشت گندم می‌گردد (ریچاردز و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج این مطالعه نیز نشان داد که شاخص برداشت تیمارهای کم آبیاری برابر و حتی در برخی از تیمارها نیز بالاتر از تیمار شاهد اول (FI) بود (شکل ۱). بیشترین و کمترین شاخص برداشت در رقم گاسکوژن به ترتیب در تیمار SPGG (۰/۴۲) و NI (۰/۲۵) وجود داشت. در حالیکه این مقادیر در رقم پیشتاز نیز همین روند را داشت ولی به طور معنی داری کمتر از رقم گاسکوژن بود (شکل ۱). میزان شاخص برداشت تیمار FI به طور متوسط ۰.۴ بود که با تیمارهای PG و SPG اختلاف معنی‌داری نداشت اما با تیمارهای SP (41/0) و SG (39/0) دارای تفاوت معنی¬دار بود (جدول۵). در مطالعه ژو و همکاران (۲۰۰۶) نیز افزایش شاخص برداشت در برخی از تیمارهای کم آبیاری نسبت به شاهد گزارش شده است. اختلاف ارقام مورد مطالعه نیز از نظر شاخص برداشت معنی¬دار بود ($P<0.01$). رقم گاسکوژن شاخص برداشت بالاتری نسبت به رقم پیشگام داشت (۰/۳۹ در مقابل ۰/۳۷) و همانطور که قبلاً اشاره شد یکی از مهمترین دلایل عمده این مسئله نبود ریشک در رقم گاسکوژن بود.

کارایی مصرف آب

جدول ۲ مقادیر مصرف آب در تیمارهای مختلف آزمایش به همراه مقدار بارندگی در طول فصل رشد را نشان می‌دهد. مقدار مصرف آب در تیمارهای SP (۱۳۷۷ متر مکعب در هکتار)، SG (۱۴۲۴ متر مکعب در هکتار) و PG (۱۴۵۹ متر مکعب در هکتار) که در دو مرحله در فصل بهار آب دریافت کرده بودند حدود ۴۰ درصد تیمار FI بود. مقدار مصرف آب در تیمارهای SPG (۱۷۲۱ متر مکعب در هکتار) و SPGG (۲۰۹۴ متر مکعب در هکتار) نیز به ترتیب حدود ۵۰ و ۶۰ درصد تیمار FI بود. با استفاده از داده‌های مصرف آب و داده‌های عملکرد اقتصادی کارایی مصرف آب تیمارهای مختلف محاسبه

Archive of SID

www.SID.ir

شد و نتایج نشان داد که اختلاف تیمارها از نظر این ویژگی معنی¬دار بود (P<0.01، شکل ۲). بیشترین و کمترین مقدار کارایی مصرف آب در هر دو رقم به ترتیب در تیمارهای SP (90/1) و NI (69/0) مشاهده شد. به طور کلی غیر از تیمار SP و NI مقدار کارایی مصرف آب سایر تیمارهای کم آبیاری با شاهد اول (FI) به لحاظ آماری تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۲). مقدار کارایی مصرف آب تیمار SP (90/1) که در بین تیمارهای دو بار آبیاری بهترین وضعیت را از نظر تولید داشت یه عنوان یک تیمار برتر در هر دو رقم معرفی شد. اختلاف ژنوتیپها نیز از نظر کارایی مصرف آب معنی دار بود (P<0.01، جدول ۵). رقم مقاوم کارایی مصرف آب بالاتری در مقایسه با رقم حساس داشت (۱/۵۳ در مقابل ۱/۴۰، جدول ۶). در آزمایش سالمی و افیونی (۲۰۰۵) نیز میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف بین ۱/۰۵ و ۱/۵۷ گزارش شد که در تیمارهای کم آبیاری بالاتر از شاهد بود. افزایش کارایی مصرف آب در شرایط کم آبیاری در بسیاری از مطالعات گذشته گزارش شده است (۲ علی و همکاران، ۲۰۰۷؛ کنگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ کنگ و همکاران، ۲۰۰۰؛ رضا دوست و رشدی،۲۰۰۶ و ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶ ،).

نتایج این مطالعه نیز همانند مطالعات گذشته کم آبیاری را به عنوان یک روش موثر و قابل اجرا توصیه می‌کند. بر اساس نتایج این مطالعه آبیاری در مراحل ساقه دهی و گلدهی در شرایطی که ۶۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب مورد هدف باشد، آبیاری در مراحل ساقه‌دهی، گلدهی و یک مرحله در زمان پر شدن دانه در شرایطی که ۵۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب مورد هدف باشد و آبیاری در مراحل ساقه‌دهی گلدهی و دو بار در مرحله پر شدن دانه در شرایطی که ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب مورد هدف باشد پیشنهاد می‌شود. البته از آنجائیکه تصمیم‌گیری در خصوص نحوه اجرای روشهای کم آبیاری نیازمند مطالعات جامع در هر منطقه و مقایسه روشهای مختلف با یکدیگر است لذا صحت پیشنهادات این مطالعه منوط به تکرار آزمایش در شرایط مختلف و بر اساس روشهای متفاوت می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با اعتبارات پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام و با کد طرح پژوهشی ۱۹۵۲۸به تصویب رسیده است که بدینوسیله قدردانی می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقادیر تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی برای یک دوره فصل رشد گندم در منطقه مشهد (بر اساس داده‌های درازمدت و مقدار بارندگی در سال انجام آزمایش)

بازه زمانی	تبخیر و تعرق مرجع (میلیمتر)	تبخیر و تعرق واقعی (میلیمتر)	بارندگی
۲۰ مهر ماه تا ۲۰ آبان	۵۲/۷۶	۲۱/۱	۱۲/۲
۲۰ آبان تا ۲۰ آذر	۲۹/۸۷	۲۷/۵۴	۰.۰
۲۰ آذر تا ۲۰ دی	۱۹/۸۷	۲۲/۸۵	۲/۶
۲۰ دی تا ۲۰ بهمن	۲۱/۶۴	۲۴/۸۹	۲۸/۴
۲۰ بهمن تا ۲۰ اسفند	۳۶/۶۰	۴۱/۷۴	۳۲/۶
۲۰ اسفند تا ۲۰ فروردین	۶۰/۱۷	۶۹/۲	۲۵/۸
۲۰ فروردین تا ۲۰ اردیبهشت	۱۰۹/۴۳	۱۰۷/۸۵	۱۲/۲
۲۰ اردیبهشت تا ۲۰ خرداد	۱۵۴/۷۷	۶۱/۹	۵/۲
مجموع	۴۸۴/۸۴	۳۷۷/۰۷	۱۱۹/۰

جدول ۲- مقدار مصرف آب (متر مکعب در هکتار) و بارندگی (متر مکعب در هکتار) در تیمارهای آزمایش

تیمارهای کم آبیاری	۲۱ مهر	۶ آبان	۶ فروردین	۱۶ فروردین	۲۶ فروردین	۵ اردیبهشت	۱۵ اردیبهشت	۲۵ اردیبهشت	۴ خرداد	۱۳ خرداد	بارندگی پاییز و زمستان	بارندگی موثر بهاره	مجموع
FI	۴۵۰	۱۵۰	۲۹۰/۲	۳۳۴/۴	۳۶۹/۶	۳۷۶/۲	۴۰۵/۷	۴۵۰/۵	۳۷۲/۵	۲۱۱/۳	۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۴۶۵۲/۳
NI	۴۵۰	۱۵۰	–	–	–	–	–	–	–	–	۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۱۸۵۰/۹
			ساقه‌دهی (۱۶ فرودین)			گرده افشانی (۱۲ اردیبهشت)	اوایل پر شدن دانه (۱۷ اردیبهشت)		اواسط پر شدن دانه (۴ خرداد)				
SP	۴۵۰	۱۵۰	۲۹۵/۶			۴۸۰/۶	–		–		۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۲۶۲۷/۱
SG	۴۵۰	۱۵۰	۲۹۱/۴			–	۵۳۱/۷		–		۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۲۶۷۴
PG	۴۵۰	۱۵۰	–			۵۱۲/۹	۳۴۵/۶		–		۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۲۷۰۹/۴
SPG	۴۵۰	۱۵۰	۲۸۸/۸			۴۷۹/۳	۳۵۲/۳		–		۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۲۹۷۱/۳
SPGG	۴۵۰	۱۵۰	۲۹۲/۶			۴۸۱/۱	۳۶۳/۶		۳۵۶/۸		۸۸۰/۶	۳۷۰/۳	۳۳۴۴/۷

FI، آبیاری کامل؛ NI، بدون آبیاری در فصل بهار؛ SP، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی؛ SG، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه؛ PG، آبیاری در دو مرحله گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه؛ SPG، آبیاری در سه مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پر شدن دانه؛ SPGG، آبیاری در چهار مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواخر پرشدن دانه.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با اجزای عملکرد ارقام مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی گندم تحت شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد سنبله	وزن سنبله	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	وزن ریشک و پوشینه‌ها	وزن ساقه و برگ
بلوک	۲	۱۰۵۲/۱۵	۴۴۶/۵۵	۱۰/۶۰	۱۱/۷۶	۱۲/۴۲	۳۹۰/۶۲
کم آبیاری	۶	۱۴۷۳۲۵**	۳۶۲۱۸۳ **	۲۶۴ **	۱۸ **	۲۷۰۲۱ **	۱۳۰۶۰۲**
خطای اول	۱۲	۲۷۵۷/۳۴	۴۱۹۲/۵۵	۵/۰۶	۳/۱۸	۳۵۵/۴۹	۲۷۴۲/۱۳
ژنوتیپ	۱	۳۵۲۱۴ *	۱۳۱۸۸۸۴**	۹۰۳ **	۱۵ns	۷۹۳۶۲**	۴۱۹۳۶ **
ژنوتیپ * کم آبیاری	۶	۵۶۳۵ ns	۱۸۹۳ ns	۲۷ ns	5 ns	۵۰۳ ns	۴۴۴۲ ns
خطای دوم	۱۴	۵۲۲۹/۶۱	۳۰۹۹/۹۷	۲۷/۰۱	۸/۱۴	۲۶۵/۴۳	۴۸۲۴/۴۴
ضریب تغییرات(%)		۱۳/۴۶	۸/۹۳	۱۵/۵۴	۱۱/۷۱	۹/۳۶	۱۳/۶۹

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرتبط با اجزای عملکرد ارقام مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی گندم تحت شرایط کم آبیاری

	تعداد سنبله در متر مربع	وزن سنبله (گرم در متر مربع)	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	وزن ریشک و پوشینه (گرم در متر مربع)	وزن ساقه و برگ (گرم در متر مربع)
کم آبیاری						
FI	۸۲۱ a	۹۶۳ a	۳۵/۳b	۲۳/۸ C	۲۶۷/۳ a	۷۷۸/۱
NI	۳۱۲ e	۱۸۳ e	19/9c	۲۰/۹d	۵۴/۵ e	۳۰۰/۱ e
SP	۵۴۳bc	۶۱۷cd	۳۴/۸b	۲۴/۳b	۱۷۱/۹ cd	۴۵۲/۶ cd
SG	۴۴۷ d	۵۰۳ d	۳۱/۵b	۲۶/۳ a	۱۴۰/۳ d	۴۲۰/۳ d
PG	۴۷۸cd	۵۷۳cd	۳۳/۷b	۲۶/۱ a	۱۵۹/۸ cd	۴۵۰/۴ cd
SPG	۵۶۶bc	۶۵۶ c	۳۵/۰b	۲۴/۲b	۱۸۲/۲ c	۵۳۲/۷ bc
SPGG	۵۹۵ b	۷۹۷ b	۴۰/۰ a	۲۴/۷b	۲۲۲/۱ b	۵۶۰/۵ b
ژنوتیپها						
Gascogne	۵۶۶ a	۵۶۸ b	۲۸/۸b	۲۵/۰ a	۱۳۰/۵ b	۴۷۵/۷ b
Pishgam	۵۰۸ b	۶۸۰ a	۳۸/۱ a	۲۳/۸ a	۲۱۷/۵ a	۵۳۸/۹ a

FI، آبیاری کامل؛ NI، بدون آبیاری در فصل بهار؛ SP، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی؛ SG، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه؛ PG، آبیاری در دو مرحله گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه؛ SPG، آبیاری در سه مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پر شدن دانه؛ SPGG، آبیاری در چهار مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواخر پرشدن دانه.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد بیولوژیک و اقتصادی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب ارقام مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی گندم تحت شرایط کم آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب
بلوک	۲	۱۴۰۱۲۶/۲۸	۳۳۶۷۰/۹۶	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۲
کم آبیاری	۶	۹۰۶۵۰۶۶۵/۴۲ **	۱۹۱۳۵۹۶۶/۵۶ **	۰/۰۲۱ **	۰/۸۷۸ **
خطای اول	۱۲	۱۲۶۵۰۷۱/۷۲	۲۱۲۱۴۱/۹۹	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۳۶
ژنوتیپ	۱	۳۲۲۵۵۶۰۷/۹۴ **	۶۶۳۲۲۰/۷۶ *	۰/۰۰۶ **	۰/۱۶۳ **
ژنوتیپ * کم آبیاری	۶	۹۷۰۸۵۷/۵۵ ns	۲۷۱۱۹۵/۲۵ ns	۰/۰۰۳ **	۰/۰۷۹ **
خطای دوم	۱۴	۱۳۲۲۰۹۲/۸۸	۱۵۷۴۶۷/۸۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۰۲۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۱۷	۸/۸۳	۵/۳۶	۹/۷۲

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

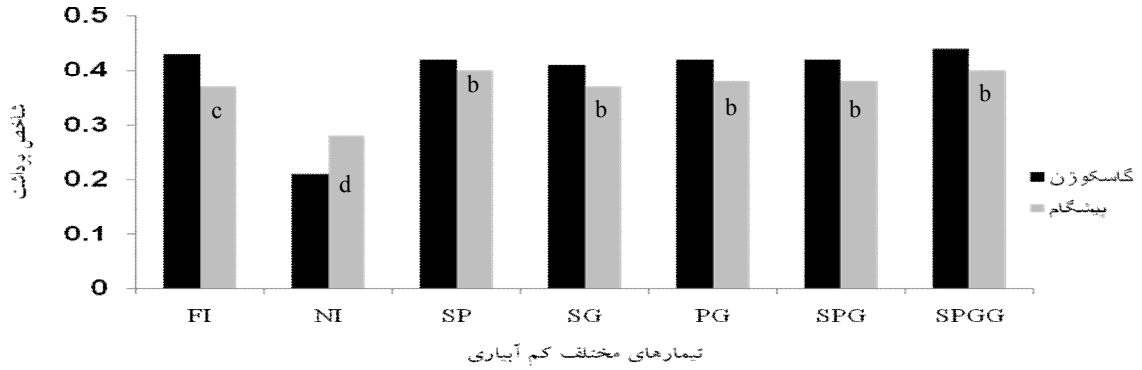
جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و اقتصادی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب ارقام مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی گندم تحت شرایط کم آبیاری

	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در متر مکعب)
تیمارهای کم آبیاری				
FI	۱۷۴۱۵ a	۶۹۶۱ a	۰/۴۰ c	۱/۴۹ ab
NI	۴۸۳۱ e	۱۲۸۵ e	۰/۲۵ e	۰/۶۹ c
SP	۱۰۷۳۳ cd	۴۴۲۶ cd	۰/۴۱ b	۱/۶۷ a
SG	۹۲۳۲ d	۳۶۲۶ d	۰/۳۹ d	۱/۳۵ b
PG	۱۰۲۳۵ cd	۴۱۳۳ cd	۰/۴۰ c	۱/۵۲ ab
SPG	۱۱۸۸۸ Bc	۴۷۳۹ c	۰/۴۰ c	۱/۵۹ b
SPGG	۱۳۵۷۶ b	۵۷۵۱ B	۰/۴۲ a	۱/۷۱ a
ارقام				
Gascogne	۱۰۴۳۲ b	۴۳۷۰ B	۰/۳۹ a	۱/۴۰ b
Pishgam	۱۲۱۸۵ a	۴۶۲۱ a	۰/۳۷ b	۱/۵۳ a

FI، آبیاری کامل؛ NI، بدون آبیاری در فصل بهار؛ SP، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی؛ SG، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه؛ PG، آبیاری در دو مرحله گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه؛ SPG، آبیاری در سه مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پر شدن دانه؛ SPGG، آبیاری در چهار مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواخر پرشدن دانه.

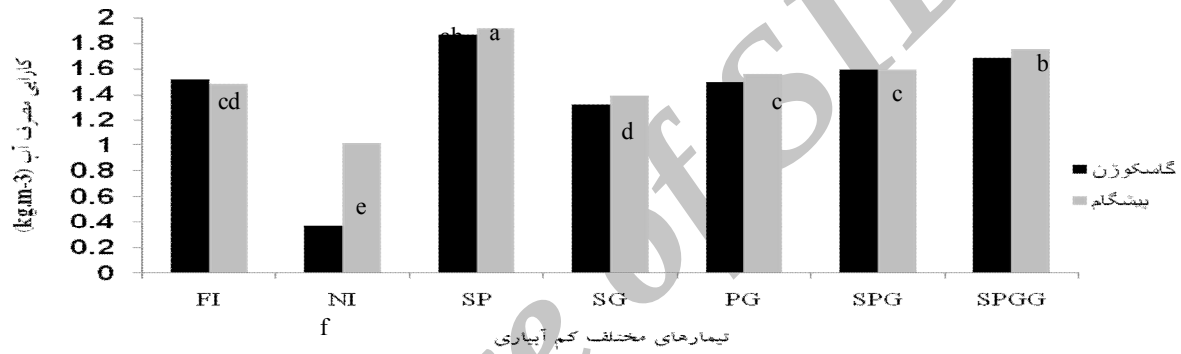
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. تغییرات شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی تحت تیمارهای مختلف کم آبیاری

FI، آبیاری کامل؛ NI، بدون آبیاری در فصل بهار؛ SP، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی؛ SG، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه؛ PG، آبیاری در دو مرحله گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه؛ SPG، آبیاری در سه مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پر شدن دانه؛ SPGG، آبیاری در چهار مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواخر پرشدن دانه. حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن داده ها است.



شکل ۲. تغییرات کارایی مصرف آب ژنوتیپ‌های مقاوم (پیشگام) و حساس (گاسکوژن) به خشکی تحت تیمارهای مختلف کم آبیاری

FI، آبیاری کامل؛ NI، بدون آبیاری در فصل بهار؛ SP، آبیاری در دو مرحله ساقه‌دهی و گرده افشانی؛ SG، آبیاری در دو مرحلهٔ ساقه‌دهی و اوایل پرشدن دانه؛ PG، آبیاری در دو مرحله گرده افشانی و اوایل پرشدن دانه؛ SPG، آبیاری در سه مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی و اوایل پر شدن دانه؛ SPGG، آبیاری در چهار مرحله ساقه‌دهی، گرده افشانی، اوایل و اواخر پرشدن دانه. حروف غیر مشابه نشان دهنده معنی دار بودن داده ها است.

فهرست منابع

۱.آبخضر، ح.ر. و ب. قهرمان. ۱۳۸۲. تعیین ضرایب حساسیت گندم زمستانه به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۱ (۱): ۳-۱۲.

۲.اعتدالی، ه.ر.، نظری، ب.، توکلی، ع. و م. پارسی نژاد. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل CROPWAT در مدیریت کم آبیاری گندم و جو در منطقه کرج. مجله آب و خاک، ۲۳ (۱): ۱۱۹-۱۲۹.

۳. دانایی، ا. و غ.ع. لطفعلی آینه. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه عملکرد ارقام گندم در آبیاری محدود. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. بابلسر. صفحه ۴۷۱.

۴. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۸. جلد اول: محصولات زراعی سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷. انتشارات معاونت امور برنامه¬ریزی، اقتصادی و بین¬المللی وزارت جهاد کشاورزی،دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

۵.دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۹. نتایج طرح آمارگیری نمونه¬ای گندم و جو سال ۱۳۸۷-۱۳۸۸. انتشارات معاونت امور برنامه¬ریزی، اقتصادی و بین¬المللی وزارت جهاد کشاورزی،دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

Archive of SID

www.SID.ir

۶.رضادوست، س. و م. رشدی. ۱۳۸۵. واکنش ارقام جدید گندم نسبت به کم آبیاری. علوم کشاورزی (ویژه نامه علمی-پژوهشی)، ۱۲ (۱): ۱۲۳-۱۳۲.

۷.زارع فیض آبادی، ا. و م. قدسی. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت به خشکی لاین¬ها و ارقام گندم مناطق سرد کشور. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات و تهیه نهال و بذر. کرج. صفحه ۵۷۵.

۸. سالمی، ح.ر. و د. افیونی. ۱۳۸۴. اثر تیمارهای کم آبیاری بر عمکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام جدید گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۳): ۱۱-۲۰.

۹.سالمی، ح.ر.، ملک، س. و د. افیونی. ۱۳۸۵. تاثیرات کم آبیاری بر عملکرد دانه و خصوصیات کیفی شش رقم جدید گندم در کبوترآباد اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۲۷ (۷): ۱۳۱-۱۴۶.

۱۰.فرداد، ح. و ح.ر. گلکار. ۱۳۸۱. تحلیل اقتصادی کم آبیاری گندم در شرایط کرج. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۳ (۲): ۳۰۵-۳۱۲.

۱۱.مرکز آمار ایران. ۱۳۸۸. گزارش آمار سالیانه، آمار اقلیم و سرزمین. قابل دسترس در سایت http://salnameh.sci.org.ir

12. Ali, M. H., Hoque M. R., Hasan A. A and Khair A. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. *Agricultural Water Management.* 92: 151-161.

13. Allen, R. G., Pereira L. S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage, Paper No. 56, FAO, Rome, p. 300.

14. Asseng, S., Ritchie J. T., Smucker A. J. M., and Robertson M. J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. *Plant soil*. 201: 265–273.

15. Cai, H., Kang S., Zhang Z.,. Chai H., Hu, X. and Wang J. 2002. Proper growth stages and deficit degree of crop regulated deficit irrigation. In: Zhang, B., Li, F.M., Huang G.,. Cheng Z.Y and Zhang Y. 2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. *Agricultural Water Management*. 79: 28–42.

16. English, M. J., Musich J. T. and Murty V. V. N. 1990. Deficit irrigation. In: Ali, M. H., Hoque M. R., Hasan A. A., and Khair A. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. *Agricultural Water Management*. 92: 151-161.

17. Foulkes, M. J., Scott R. K. and Sylvester-Bradley R. 2002. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. *Journal of Agricultural Sciences.* 138:153–169.

18. Hassan, A. A., Sarkar A. A., Karim N. N. and Ali M. H. 2000. Irrigation schedule and deficit irrigation for wheat cultivation. *Bangladesh Journal of Agriculture*. 25: 43–50.

19. Kang, S. H., Shi W.and Zhang J. 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*. 67: 207-214.

20. Kang, S., Zhang L., Ling Y., Hu X., Cai H., and Gu B. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*. 55: 203–216.

21. Mugabe, F.T. and Nyakatawa E. Z. 2000. Effect of deficit irrigation on wheat and opportunities of growing wheat on residual soil moisture in southeast Zimbabwe. *Agricultural Water Management*. 46: 111–119.

22. Oweis, T., Zhang H. and Pala M. 2000. Water use efficiency of rainfed and irrigation bread wheat in a Mediterranean environment. *Agronomy Journal*. 92:231–238.

23. Palta, J. A., Kobata T., Turner N. C. and. Fillery I. R. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by post-anthesis water deficits. *Crop Sciences*. 34: 118–124.

Archive of SID

www.SID.ir

24. Richards, R. A., Rebetzke G. J., Condon A. G. and Van Herwaarden A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sciences*. 42:111–121.
25. Xue, Q., Zhu Z., Musick .J. T., Stewart B. A. and Dusek D. A. 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. *Journal of Plant Physiology*. 163: 154-164.
26. Yang, J., Zhang J., Huang Z., Zhu Q. and Wang L. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil drying during grain filling of wheat. *Crop Sciences*. 40:1645–1655.
27. Zhang, B., Li F. M., Huang G., Cheng Z. Y. and Zhang Y. 2006. Yield performance of spring wheat improved by regulated deficit irrigation in an arid area. *Agricultural Water Management*. 79: 28–42.

Archive of SID

www.SID.ir