اثر آبیاری تکمیلی و مقدار فراهمی آب بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم گندم دیم

محمودرضا تدین[۱] و یحیی امام[۲*]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۷/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر متفاوت آب دریافتی در مراحل مختلف رشد در سیستم آبیاری تکمیلی، بر فرایندهای فتوسنتزی و عملکرد دانه گندم تحت شرایط دیم، پژوهشی مزرعه‌ای در قالب طرح آماری کرت‌های دو بار خرد شده در سال‌های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به اجرا در آمد. تیمار کرت‌های اصلی شامل آبیاری تکمیلی در ۵ سطح: بدون آبیاری (دیم)، آبیاری در مراحل: ساقه رفتن، غلاف رفتن، گل‌دهی و پر شدن دانه ، تیمار کرت‌های فرعی شامل ۲ رقم گندم به نام‌های آگوستا و فاین-۱۵ و تیمار کرت‌های فرعی فرعی شامل کود نیتروژن در ۳ سطح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد که در هر دو سال آزمایش، سرعت فتوسنتز، میزان هدایت روزنه‌ای، غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای و سرعت تعرق، در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌دار داشت . به‌علاوه، در هر ۴ تیمار آبیاری تکمیلی و در مراحل مختلف رشد، میزان پارامترهای فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق با کاهش میزان آب دریافتی در هر کرت آزمایشی کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در هر دو سال آزمایش، از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن و کمترین مقدار از تیمار دیم حاصل شد. بیشترین میزان پارامترهای فتوسنتزی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه از برهمکنش تیمارهای آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن × رقم فاین-۱۵ و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن در سال ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ منجر به افزایش عملکردی به ترتیب حدود ۲۰۰ و ۲۲۱ درصد، در مقایسه با تیمار دیم گردید. بنابراین، به نظر می‌رسد آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن تأثیر بارزی بر عملکرد دانه ارقام گندم دیم دارد و در صورت تأمین آب کافی در دیمزارها می‌توان با یک آبیاری تکمیلی در زمان مناسب، عملکرد گندم دیم را تا دو برابر افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: مراحل رشد گندم، آبیاری تکمیلی، دیمکاری، فتوسنتز، عملکرد دانه

مقدمه

کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن در ناحیه خشک و نیمه خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است، که با برنامه‌ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان از کاهش تولید در سال‌های کم باران جلوگیری کرد (۴). ایران دارای اقلیم مدیترانه‌ای بوده که ویژگی‌های این منطقه شامل تابستان‌های

۱. دانشجوی سابق دکتری زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و در حال حاضر استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهرکرد

۲. استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : yaemam@shirazu.ac.ir

گرم و خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب می‌باشد. در این مناطق بارندگی نامنظم، موجب نوسانات شدید در تولید گندم می‌شود. به علت کافی نبودن بارندگی در برخی از سال‌ها، سطوح چشمگیری از دیم زارها، قابل برداشت نبوده و یا عملکرد بسیار کمی دارند که میزان تولید کل گندم کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مثال، علی‌رغم ۳/۲ میلیون هکتار سطح زیر کشت گندم دیم در سال ۱۳۷۸، تنها حدود ۲/۵ میلیون هکتار آن قابل برداشت بوده است (۴).

اقلیم مدیترانه‌ای، شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کردستان، زنجان، اردبیل (مناطق سردسیری) و قسمت‌هایی از استان‌های قزوین، چهارمحال و بختیاری، فارس، کرمانشاه و کهکیلویه و بویر احمد است (۶). سطح زیر کشت گندم دیم در این مناطق حدود ۳۸ درصد از کل سطح زیر کشت گندم دیم کشور را شامل می‌شود. عوامل مهم محدود کننده تولید در این مناطق شامل: خشکی اول و آخر فصل زراعی، خشکی ممتد، سرمای زمستانه و سرمای دیررس بهاره می‌باشند (۴).

در بسیاری از مزارع، تنش‌های چندگانه به طور هم‌زمان یا پی در پی در مقیاس‌های زمانی متفاوت نقش بازدارندگی در رشد و نمو محصولات زراعی را ایفا می‌نمایند (۲۳ و ۲۴). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده در تولید گیاهان زراعی در مناطق کشاورزی نیمه خشک به شمار می‌رود (۳۶) و گیاهان در اثر خشکی، علاوه بر واکنش‌های فیزیولوژیک، تغییرات مرفولوژیک نیز از خود نشان می‌دهند (۳۷). بر هم‌کنش بین محیط و رقم، عامل تعیین کننده واکنش‌های فیزیولوژیک، مرفولوژیک و نموی گیاه می‌باشد (۱۷). تنش خشکی، رشد گیاه زراعی، پنجه زنی، فتوسنتز برگ، پیری برگ، تعداد دانه و اندازه دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱ و ۱۶).

انجام آبیاری تکمیلی می‌تواند به عملکردی پایدار و رضایت بخش در دیمزارهای گندم منجر شود (۳۳). سیستم آبیاری تکمیلی معمولا در قسمت‌های مرطوب مناطق خشک (۳۰۰-۶۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه) به کار می‌رود (۲۸). در مناطقی که میزان بارندگی برای رشد گیاه کافی باشد، ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد گندم نباشد، عملکرد دانه، به دلیل کمبود رطوبت به شدت کاهش خواهد یافت و حتی در شرایطی ممکن است کل محصول از بین برود. بنابراین، در مناطقی که مقدار و پراکنش زمانی بارندگی نامتناسب است، آبیاری تکمیلی برای تولید مطلوب گندم دیم قابل توصیه است (۲۸).

منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تأمین شود. بدیهی است این مقدار آب مصرفی، به تنهایی برای تولید گیاه زراعی کافی نیست، بنابراین از ویژگی‌های ضروری آبیاری تکمیلی، طبیعت تکمیلی باران و آبیاری است(۲۸ و ۳۳).

آبیاری تکمیلی بهینه، در مناطق دیمکاری بر اساس ۳ جنبه اساسی زیر انجام می‌شود (۲۶): ۱- آب فقط برای بهبود عملکرد گیاه زراعی که به صورت دیم کاشته شده(و بدون آبیاری عملکرد معمولی دارد) به کار می‌رود. ۲- در شرایطی که بارندگی مهم‌ترین منبع تأمین رطوبت است، آبیاری تکمیلی زمانی انجام می‌شود که بارندگی نتواند رطوبت ضروری را برای بهبود و پایداری عملکرد تأمین نماید. ۳- مقدار و زمان آبیاری تکمیلی به صورتی برنامه ریزی می‌شود که بتوان با کمترین مقدار آب قابل دسترس، در طی مراحل حساس رشد گیاه زراعی، به عملکرد بهینه (به جای عملکرد حداکثر) دست یافت (۲۶).

با آبیاری تکمیلی می‌توان از آب‌های محدود حاصل از منابع تجدید شونده در مناطق دیم استفاده بهینه‌ای به عمل آورد (۷ و۲۹). در واقع، آبیاری تکمیلی یک مداخله موقت (Temporal intervention) است و به نحوی طراحی شده است تا بتوان در زمانی که آب فراهم است تعرق طبیعی گیاه را افزایش داد. از طرف دیگر، کاربرد آن در زمانی که بارندگی برای رشد گیاه زراعی کافی است، نامناسب است (۱۳ و ۲۹).

در غرب آسیا و شمال آفریقا، که متوسط عملکرد گندم دیم حدود یک تن در هکتار است، محدوده تغییر عملکرد دانه از ۰/۵ تا ۲ تن در هکتار، بر حسب میزان و نحوه پراکنش باران و

عامل‌های زراعی مانند حاصلخیزی خاک و نوع رشد گیاه، متغیر می‌باشد، در حالی که پتانسیل عملکرد گندم در این مناطق به ۴ تا ۵ تن در هکتار هم می‌رسد. در چنین شرایطی، آبیاری تکمیلی می‌تواند با استفاده از مقدار محدودی آب (در مراحل بحرانی رشد گیاه) باعث بهبود قابل ملاحظه عملکرد دانه گندم شود (۲۹). در آنتالیای کشور ترکیه نیز متوسط عملکرد گندم با آبیاری تکمیلی بهبود شایان توجهی پیدا کرده، به طوری که در استان کونیو (Konyo) عملکرد دانه گندم دیم از ۰/۹ به ۲/۵ تن در هکتار و از ۳ به ۴/۵ تن در هکتار رسیده است (۳۴). آبیاری تکمیلی، هم‌چنین در ۴۰ درصد از دیم زارهای سوریه که در تولید غلات حایز اهمیت می‌باشند کاربرد دارد(۲۷).

بنابراین، با توجه به پراکنش زمانی نامتناسب بارندگی در خلال فصل رشد گندم و میزان متفاوت نزولات در هر نوبت بارندگی در کشور، هدف از این مطالعه، تعیین حساس‌ترین مرحله رشد گندم در شرایط دیم و بررسی واکنش‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه آن به مقادیر متفاوت آب دریافتی تعیین گردید تا بتوان با شناخت بهتر عوامل تأثیر گذار بر عملکرد دانه گندم دیم، به توصیه‌ای مناسب برای دستیابی به عملکردی مطلوب در دیم زارها دست یافت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مقادیر آب دریافتی از راه آبیاری تکمیلی بر فرایندهای فتوسنتزی و عملکرد دانه در مراحل مختلف رشد دو رقم گندم دیم، پژوهش مزرعه‌ای در قالب طرح آماری کرت‌های دو بار خرد شده، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال‌های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ به اجرا در آمد. تیمار کرت‌های اصلی شامل ۵ سطح آبیاری تکمیلی: بدون آبیاری (دیم)، آبیاری تکمیلی در مراحل ساقه رفتن، غلاف رفتن، گل‌دهی و پر شدن دانه و تیمار کرت‌های فرعی شامل: ۲ رقم گندم به نام‌های آگوستا و فاین-۱۵ و تیمار کرت‌های فرعی فرعی شامل سه سطح نیتروژن: صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. این آزمایش در سه تکرار انجام شد.

برای انجام آبیاری تکمیلی از سیستم آبیاری تحت فشار خطی ثابت (Sprinkler Line Source) توسط لوله‌هایی با قطر۷۵ میلی‌متر در هر کرت استفاده گردید و آبپاش‌هایی با پایه یک متر، به فواصل ۶ متر از یکدیگر بر روی لوله اصلی نصب شدند. مقدار آب داده شده در مسیر پاشش آب‌پاش‌ها، از محل استقرار آبفشان‌ها به وسیله قوطی‌های متعدد اندازه‌گیری می‌شد. قطر قوطی‌ها۱۰ سانتی‌متر و در جهت عمود بر آبپاش‌ها به فاصله ۲ متر از یکدیگر و در دو طرف آبپاش‌ها قرار داشتند. برای محاسبه تبخیر از سطح قوطی‌ها، از ابتدای شروع آبیاری، یک قوطی با ارتفاع مشخص از آب در کنار هر کرت قرار داده می‌شد تا میزان تبخیر مشخص و در نهایت میزان تبخیر به مقدار آب هر قوطی اضافه گردید.

عملیات تهیه زمین، در هر دو سال آزمایش، شامل یک بار شخم با گاوآهن قلمی و استفاده از دیسک و ماله هر کدام یک بار بود. بعد از انجام عملیات تهیه زمین، اقدام به پیاده نمودن تیمارهای آزمایشی شد. ابعاد هر کرت۴۰×۴۰ متر انتخاب گردید.

بذرهای هر دو رقم گندم، در هر کرت بر اساس تعداد ۴۰۰ بوته در متر مربع تنظیم و در خطوط منظم به‌وسیله دستگاه عمیق کار دیم (Chisel Seeder) کاشته شد. تاریخ کاشت گندم در سال اول ۲۳ آبان ۱۳۸۳ و در سال دوم ۱۵ آبان ۱۳۸۴ بود. برای به دست آوردن میزان آب مورد نیاز در هر تیمار آبیاری تکمیلی، با استفاده از روش وزنی، رطوبت خاک اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار مقدار آب لازم در هر مرحله آزمایش به کرت‌ها اضافه گردید.

برای اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک با استفاده از متـه نمونه برداری، از عمق‌های صفر تا ۶۰ سانتی‌متری مزرعه صورت پذیرفت و سپس نمونه‌ها توزین و به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۱۰°C- ۱۰۵ قرار داده شد. بعد از توزین مجدد نمونه‌ها با استفاده از روابط زیر عمق آب آبیاری مورد نیاز محاسبه گردید:

$$dn = (Fc - \theta m) \times \rho b \times D / 100$$

dn : ارتفاع آب مورد نیاز برای رساندن عمق خاک مورد نظر به حد ظرفیت مزرعه بر حسب سانتی‌متر

جدول ۱. میزان بارندگی در طی سال‌های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴(mm)

مهر ۸۳	آبان ۸۳	آذر ۸۳	دی ۸۳	بهمن ۸۳	اسفند ۸۳	فروردین ۸۴	اردیبهشت ۸۴	خرداد ۸۴	جمع سال زراعی
۰	۰	۳۰	۷۰	۷۴	۶۵/۵	۰	۴/۵	۰	۲۱۴
مهر ۸۴	آبان ۸۴	آذر ۸۴	دی ۸۴	بهمن ۸۴	اسفند ۸۴	فروردین ۸۵	اردیبهشت ۸۵	خرداد ۸۵	جمع سال زراعی
۰	۹۴/۵	۵	۱۲۶	۷۱/۵	۷	۴۹/۵	۵	۰	۳۶۸/۵

جدول ۲. میزان آب داده شده (mm) در مراحل مختلف رشد ارقام گندم توسط سیستم آبیاری تکمیلی

مرحله رشد	میزان آب داده شده در سال زراعی ۸۴-۸۳	مجموع آب داده شده و آب حاصل از باران ۸۴-۸۳	میزان آب داده شده در سال زراعی ۸۵-۸۴	مجموع آب داده شده و آب حاصل از باران ۸۵-۸۴
ساقه رفتن	۳۸/۴	۲۸۲	۱۹/۸	۳۸۸
غلاف رفتن	۴۸/۹	۲۹۳	۲۸/۹	۳۹۷
گل‌دهی	۵۵/۸	۳۰۰	۴۸/۶	۴۱۷
پر شدن دانه	۶۰/۱	۳۰۴	۵۹/۴	۴۲۸

Fc : حد ظرفیت مزرعه بر حسب درصد وزنی

θm: رطوبت وزنی خاک به‌صورت تفاضل وزن نمونه‌های مرطوب و نمونه‌های خشک

D : ارتفاع یا عمق نمونه برداری از خاک

ρb : جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب g/cm^3

در طی دو سال زراعی، مقادیر باران و زمان پراکنش آن اندازه‌گیری و یادداشت برداری شد که مقادیر باران، زمان پراکنش آن، میزان آب داده شده و مجموع آب دریافتی در هر دو سال آزمایش در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

با استفاده از دستگاه فتوسنتز سنج (مدل Lci ساخت انگلستان)، پارامترهای سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای برگ ،غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای و تعرق در مراحل: ساقه رفتن (ZGS= ۳۰) (Zadoks Growth Stage) (۴۰)، غلاف رفتن (ZGS=۴۰)، مرحله گل‌دهی (ZGS=۶۰) و در مرحله پر شدن دانه (ZGS=۸۰) در هر کرت آزمایشی و روی بوته‌هایی که در مجاورت هر یک از قوطی‌های دریافت کننده آب، قرار داشتند اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری واکنش‌های فتوسنتزی از بالاترین برگ کاملاً باز شده در هر ساقه اصلی و در هر یک از مراحل رشد انجام شد و برداشت نهایی از یک متر مربع بوته‌های واقع در ردیف‌های قرار گرفته در مرکز قوطی‌های تعبیه شده در هر کرت صورت گرفت.

دانه‌های گندم از سنبله‌های برداشت شده با دست جدا شد و دانه‌ها در آون و در دمای $65\ ^{\circ}C$ به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد. سپس با استفاده از ترازوی حساس، دانه‌ها توزین و سپس عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. نتایج به دست آمده با نرم افزار آماری SAS و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین داده‌ها به وسیله آزمون دانکن با هم مقایسه گردید.

نتایج و بحث

کلیه صفات اندازه‌گیری شده در دو سال آزمایش مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت تا معنی داری و عدم معنی داری تفاوت‌های بین آثار اصلی و برهکنش تیمارها مشخص گردد (جدول۳). بررسی سرعت فتوسنتز، پس از آبیاری تکمیلی در هر یک از مراحل رشد گندم نشان داد که در هر۲ سال زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ بیشترین مقادیر سرعت فتوسنتز در مرحله

جدول ۳ . تجزیه واریانس مرکب دو سال آزمایش برای صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد	فتوسنتز	CO_2 زیر روزنه‌ای	هدایت روزنه ای	سرعت تعرق
تکرار	۲	۵۸۱۳۹/۲۵^{ns}	۱۳/۰۶۱ ^{ns}	۱۸۲۱/۳۵ ^{ns}	/۰۶۴ ^{ns}	۱۴/۸۹ ^{ns}
سال	۱	۱۹۲۱۶۲/۳۷^{ns}	۹۷/۹۰ ^{ns}	۴۶۲/۴**	/۴۷۰**	۵۴/۲۰**
خطا	۲	۳۵۰۷۵/۹۴	۲۹/۶۹	/۱۷۹	/۰۰۱	/۰۳
آبیاری	۴	۳۲۰۵۷۲۹/۱۸۶**	۳۶۴/۹۱	۱۸۶۶۹/۱۴**	۲/۵۴۱*	۱۸۶/۶۲**
سال× آبیاری	۴	۱۸۴۰۹۲/۶۷**	۴۰/۱۳۵ ^{ns}	/۶۲۸**	/۰۰۲*	/۰۲۸ ^{ns}
رقم	۱	۱۴۴۹۴۰/۱۰**	۲۶/۰۷**	۲۱۷۳/۶۱	/۰۱۵**	۱۴/۳۰۲**
سال× رقم	۱	۷۹۲۶/۶۰**	۲۶/۷۶**	/۵۴۴**	/۰۰۳ ^{ns}	/۰۳۱ ^{ns}
آبیاری × رقم	۴	۲۱۸۷۹/۰۶**	۴۵/۵۸ ^{ns}	۳۲۵/۲۸**	/۰۰۴*	۴/۱۷**
سال × آبیاری × رقم	۴	۲۸۴۳۱/۸۳**	۳۹/۶۵ ^{ns}	/۳۳۹**	/۰۰۲ ^{ns}	/۰۱۴**
کود نیتروژن	۲	۱۰۹۰۶۸۸۰/۴۸**	۸۹/۸۰*	۱۴۱۵/۵۶**	/۰۶۹**	۶۲/۴۵**
سال × کود	۲	۱۸۶۲۰/۷۴*	۴۴/۰۷ ^{ns}	/۴۳۴**	/۰۰۷**	/۰۳۷ ^{ns}
آبیاری × کود	۸	۹۴۷۱۰/۰۷**	۵۲/۴۲ ^{ns}	۳۲/۲۵۳**	/۰۰۱**	/۷۱**
سال × آبیاری × کود	۸	۱۳۳۸۵/۳۶**	۳۶/۶۰ ^{ns}	/۴۴۷**	/۰۰۱**	/۰۲۷ ^{ns}
رقم × کود	۲	۶۷۹۴/۸۰^{ns}	۲۷/۱۱**	۲۴/۶۶**	/۰۰۱**	۱/۸۳**
سال × رقم × کود	۲	۱۶۳۷۴/۸۱*	۴۴/۵۱ ^{ns}	۸۵۵**	/۰۰۱ ^{ns}	/۰۱۲**
آبیاری × رقم × کود	۸	۸۰۲۳/۱۴*	۴۰/۸۸ ^{ns}	۳۹/۸۷**	/۰۰۱**	/۵۱۶**
سال× آبیاری× رقم×کود	۸	۷۹۵۳/۳۳*	۳۶/۸۴**	/۷۱۸**	/۰۰۱**	/۰۱۶**
خطا	۱۱۶	۴۳۵۲/۸۵	۳۷/۸۷	۱/۴۸	/۰۰۱	/۰۲۵

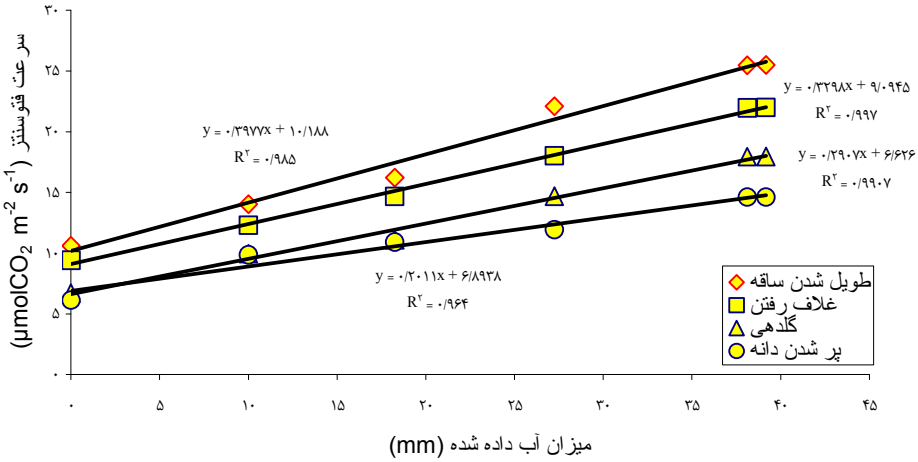
* و ** : به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ ns : غیر معنی‌دار

جدول ۴. واکنش سرعت فتوسنتز به میزان آب داده شده در هر یک از مراحل رشد ارقام گندم ($\mu molCO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)

سال / مرحله رشد	تیمارآبیاری تکمیلی		تیمار دیم	
	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵
ساقه رفتن	۲۵/۰۹^{a}*	۲۵/۵۰^{a}	۱۰/۲۲^{a}	۱۰/۶۱^{a}
غلاف رفتن	۲۱/۷۹^{b}	۲۲/۰۰^{b}	۸/۷۵^{b}	۹/۴۱^{b}
گل‌دهی	۱۷/۴۳^{c}	۱۷/۹۶^{c}	۴/۲۰^{c}	۶/۷۰^{c}
پر شدن دانه	۱۳/۶۳^{d}	۱۴/۶۱^{d}	۳/۷۵^{d}	۶/۱۲^{d}

* : در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

ساقه رفتن و کمترین آن در مرحله پر شدن دانه به دست آمد و در بین تیمارهای آبیاری تکمیلی اختلاف معنی داری مشاهده گردید، به نحوی که از مرحله ساقه رفتن تا مرحله پرشدن دانه، روند کاهش معنی داری را نشان داد(جدول۴). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که موجب افت سرعت فتوسنتز می‌شود (۸). بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی با اختلال در فرایندهای بیوشیمیایی مرتبط است (۱۸ و ۲۱). در آزمایش صدیق و



شکل ۱. واکنش سرعت فتوسنتز به میزان آب داده شده در تیمارهای آبیاری تکمیلی در سال ۸۵-۸۴

جدول ۵ . تاثیر سطوح مختلف آبیاری تکمیلی در مراحل رشد بر هدایت روزنه‌ای ($mol\ CO2\ m^{-2}s^{-1}$) و غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای ($mol\ mol^{-1}$) ارقام گندم دیم

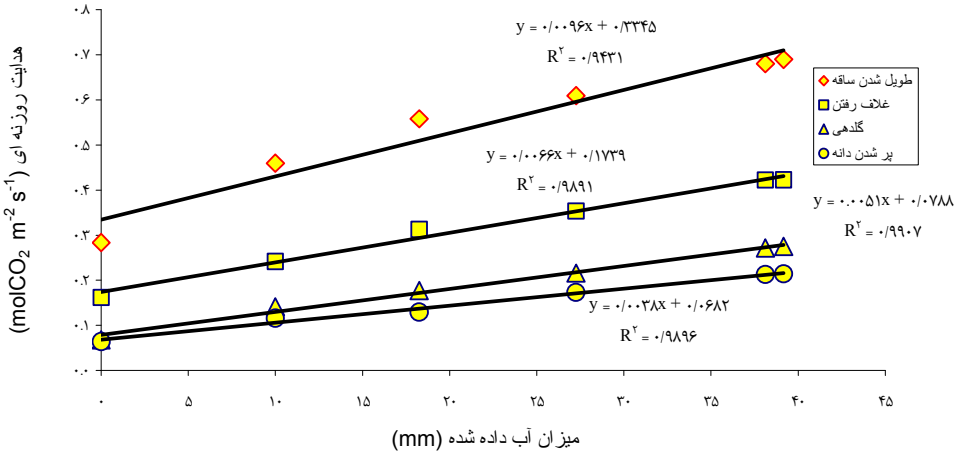
مرحله رشد	هدایت روزنه‌ای ($mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$)				غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای ($mol\ mol^{-1}$) ارقام گندم دیم			
	آبیاری		دیم		آبیاری		دیم	
	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵
ساقه رفتن	۰/۶۶[a]*	۰/۶۸[a]	۰/۲۹[a]	۰/۲۸[a]	۲۱۷[a]	۲۳۲[a]	۲۰۹[a]	۲۰۱[a]
غلاف رفتن	۰/۳۷[b]	۰/۴۲[b]	۰/۱۶[b]	۰/۱۶[b]	۲۱۶[b]	۲۱۷[b]	۱۹۵[b]	۱۸۸[b]
گل‌دهی	۰/۲۸[c]	۰/۲۷[c]	۰/۰۳[c]	۰/۰۶[c]	۲۰۲[c]	۲۰۳[c]	۱۷۰[c]	۱۷۲[c]
پر شدن دانه	۰/۲۱[d]	۰/۲۱[d]	۰/۰۳[c]	۰/۰۶[c]	۱۸۳[d]	۱۸۴[d]	۱۵۳[d]	۱۴۳[d]

* : در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

همکاران نیز، کمبود آب در هر دو مرحله رویشی و گل‌دهی ارقام گندم، موجب کاهش فتوسنتز گردید. در پژوهش حاضر، خشکی سبب کاهش فتوسنتز به میزان ۴۱ و ۲۴ درصد به ترتیب در مرحله رشد رویشی و گل‌دهی در سال ۸۴-۸۳ و ۴۲ و ۳۷ درصد کاهش در همان مراحل، در سال ۸۵-۸۴ گردید.

رابطه سرعت فتوسنتز ارقام گندم با میزان آب دریافتی، در هر دو سال آزمایش، خطی بود و با کاهش میزان آب داده شده سرعت فتوسنتز کاهش یافت (شکل ۱). اگرچه میزان آب داده شده در سال زراعی ۸۴-۸۳ در مقایسه با سال زراعی ۸۵-۸۴ در محل هر یک از قوطی‌های تعبیه شده، بیشتر بود، لیکن، مقایسه نتایج دو سال نشان می‌دهد که سرعت فتوسنتز در سال زراعی ۸۵-۸۴ در بوته‌هایی که در مجاورت قوطی‌ها قرار داشتند بیشتر بوده است. این موضوع احتمالا ناشی از میزان بارندگی بیشتر در این سال و پراکنش مناسب تر آن بوده به نحوی که بارندگی تا ماه‌های فروردین و اردیبهشت ادامه داشت (جدول ۱).

میزان هدایت روزنه ای، در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن در هر دو سال آزمایش بیشتر از سایر تیمارهای آبیاری تکمیلی بود (جدول۵). بررسی روند واکنش هدایت روزنه‌ای با میزان آب دریافتی در هر یک از مراحل رشد، در هر دو سال آزمایش نیز نشان می‌دهد که با کاهش میزان آب دریافتی، میزان هدایت روزنه‌ای نیزکاهش یافته است و هم‌بستگی زیادی بین میزان هدایت روزنه‌ای و میزان آب دریافتی توسط ارقام مورد آزمایش وجود داشت (شکل ۲). هنگامی که بوته‌های گندم در معرض تنش خشکی قرار گیرند،



شکل۲. واکنش میزان هدایت روزنه‌ای به میزان آب داده شده در تیمارهای آبیاری تکمیلی در سال ۸۵-۸۴

جدول ۶. میزان تعرق ($mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$) در تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد گندم

سال / مرحله رشد	تیمار آبی		تیمار دیم	
	۸۴-۸۳	۸۵-۸۴	۸۴-۸۳	۸۵-۸۴
ساقه رفتن	۱۲/۸۴[a]*	۱۳/۰۸[a]	۹/۳۸[a]	۹/۲۹[a]
غلاف رفتن	۱۱/۹۶[b]	۱۲/۶۰[b]	۸/۵۸[b]	۸/۸۳[b]
گل‌دهی	۸/۶۰[c]	۹/۵۴[c]	۴/۳۶[c]	۵/۰۱[c]
پر شدن دانه	۸/۵۴[d]	۸/۴۹[d]	۴/۳۰[d]	۴/۳۴[d]

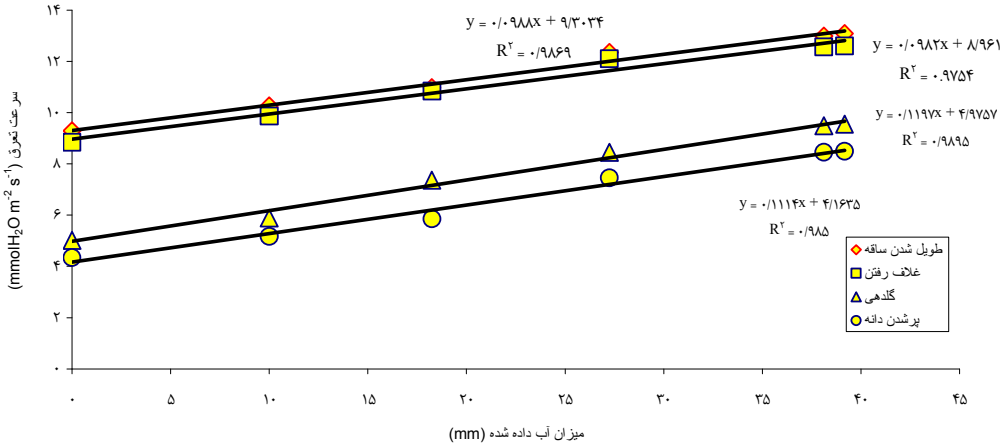
* : در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

کاهش چشمگیری در سرعت فتوسنتز(۱۱)، هدایت روزنه‌ای و افزایش در غلظت CO_2 بین سلولی اتفاق می‌افتد (۳۲).

پژوهشگران، کاهش در فتوسنتز به دنبال تنش خشکی را، اغلب به کاهش هدایت روزنه‌ای نسبت داده‌اند(۱۱). عوامل احتمالی تعیین کننده مقاومت به خشکی هر رقم، شامل حساسیت کمتر سرعت تبادل CO_2 نسبت به خشکی، جذب خالص CO_2 بیشتر به نسبت از دست دادن آب، مقاومت روزنه‌ای، مقدار آب نسبی(۱۶) و تنظیم بهتر اسمزی تحت شرایط تنش می‌باشند (۱۹).

روند تغییر غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای در مقادیر مختلف آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد، مشابه تغییرات هدایت روزنه‌ای ارقام در تیمارهای آبیاری تکمیلی بود (جدول ۵). به دلیل زیادتر بودن هدایت روزنه‌ای در تیمار آبیاری در مراحل مختلف رشد، غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای نیز در این مراحل رشد بیشتر از تیمار دیم بود. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که با گذشت زمان و مواجهه بیشتر گیاهان با اثرات کمبود رطوبت خاک، غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای در تیمار آبیاری در مرحله پر شدن دانه در مقایسه با تیمار ساقه رفتن کاهش کاملا معنی دار نشان داد. لالر و کورنیک (۲۰۰۲) نیز بیان داشتند که تحت شرایط تنش خشکی، بیشترین دلیل کاهش فعالیت فتوسنتزی، می‌تواند ناشی از کاهش غلظت CO_2 میان سلولی باشد که این خود نیز ناشی از محدودیت روزنه‌ای می‌باشد.

بررسی میزان تعرق در تیمارهای آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد نشان داد که بیشترین میزان تعرق بوته‌های گندم، در تیمار آبیاری تکمیلی درمرحله ساقه رفتن و کمترین میزان آن در تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله پر شدن دانه بود (جدول۶). میزان تعرق در هر دو سال آزمایش در تیمار آبیاری تکمیلی، در مرحله



شکل ۳. واکنش سرعت تعرق به میزان آب داده شده در تیمارهای آبیاری تکمیلی در سال ۸۵-۸۴

ساقه رفتن بیشتر از سایر مراحل آبیاری تکمیلی بود. هم‌چنین میزان تعرق در تیمار دیم در مقایسه با تیمارهای آبی کاهش چشمگیری داشت (جدول ۶). هرچند در تیمار دیم، نیز بیشترین میزان تعرق مربوط به زمان ساقه رفتن گیاه و کمترین آن در مرحله پر شدن دانه بود. بارندگی‌های بهاره، که مصادف با مرحله ساقه رفتن گیاه بوده است منجر به استفاده مؤثرتر بوته‌های گندم از رطوبت موجود و افزایش فعالیت فتوسنتزی بوته‌های گندم هم در تیمارهای آبیاری تکمیلی و هم در تیمار دیم شد. این موضوع نشان دهنده حساسیت مرحله ساقه رفتن گندم به کمبود رطوبت می‌باشد که در صورت تأمین رطوبت کافی در این مرحله، دستیابی به عملکرد دانه مطلوب امکان‌پذیر خواهد شد.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که واکنش میزان تعرق با مقدار آب دریافتی در تیمارهای آبیاری تکمیلی در هر مرحله رشد، هم‌بستگی زیادی در هر دو سال آزمایش داشته است (شکل ۳). پژوهشگران بسیاری نشان داده‌اند که تنش آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت تعرق می‌شود (۲۰ و ۲۱) و هر گونه کاهش در پتانسیل آب بافت‌های گیاهی موجب کاهش فتوسنتز می‌شود (۳۷).

تحت تنش خشکی، روزنه‌ها نقش مهمی در فرایند تعرق بهینه و فتوسنتز بازی می‌کنند و کاهش در فعالیت فتوسنتزی در طی دوره تنش خشکی با کاهش غلظت CO_2 میان سلولی همراه است(۱۲). در پژوهش صدیق و همکاران نیز نشان داده شده که کاهش هدایت مزوفیلی (۶۶ تا ۸۹ درصد) بیشتر از کاهش هدایت روزنه‌ای (۵۰ تا ۵۸ درصد) بود و هم‌بستگی زیادی (R^2= /۹۹) بین میزان فتوسنتز و هدایت مزوفیلی وجود داشت که نشان دهنده غالبیت هدایت مزوفیلی در کاهش سرعت فتوسنتز در گیاهان تحت تنش می‌باشد.

نتایج نشان داد در هر دو سال آزمایش، بیشترین میزان LAI از برهمکنش تیمارهای آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن × رقم فاین-۱۵ و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن از تیمار دیم × رقم آگوستا و سطح صفر نیتروژن به دست آمد. بیشترین میزان LAI نیز در همه تیمارهای آزمایش، در مرحله گل‌دهی به دست آمد. هم‌چنین بالاترین سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای وغلظت CO_2 زیر روزنه‌ای و تعرق، از تیمار آبیاری تکمیلی، در مرحله ساقه رفتن گیاه به‌دست آمد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در شرایطی که میزان رطوبت خاک در حد بهینه بود بوته‌های گندم دیم، بیشترین واکنش را داشته و زمانی که ارقام با کمبود رطوبت مواجه شدند سرعت فرایندها به شدت کاهش یافت. نکته حائز اهمیت آن است که در شرایط دیم، نه تنها پراکنش زمانی باران و هم‌زمانی آن با مراحل حساس رشد گیاه، اهمیت داشت، بلکه میزان کافی نزولات در هر بارش نیز حایز اهمیت زیادی بود به نحوی

جدول ۷ . عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری تکمیلی در دو سال آزمایش

تیمار آبیاری تکمیلی	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$)			
	۸۳-۸۴	درصد افزایش نسبت به دیم	۸۴-۸۵	درصد افزایش نسبت به دیم
آبیاری در مرحله ساقه رفتن	۲۲۵۳[a]*	۲۰۰	۲۶۳۸[a]	۲۲۲
آبیاری در مرحله غلاف رفتن	۱۹۸۶[b]	۱۷۷	۲۰۹۳[b]	۱۷۶
آبیاری در مرحله گل‌دهی	۱۸۰۳[c]	۱۶۰	۱۹۰۴[c]	۱۶۰
آبیاری در مرحه پر شدن دانه	۱۶۷۰/۷۱[d]	۱۴۸/۵۶	۱۷۳۳/۵۷[d]	۱۴۵/۸۲
دیم	۱۱۲۴/۵۵[e]	-	۱۱۸۸/۸۲[e]	-

* : در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

که هم‌بستگی زیادی بین میزان پارامترهای اندازه‌گیری شده و واکنش‌ها با میزان آب دریافتی در بوته‌های گندم دیم به‌دست آمد (شکل‌های ۱ الی۳).

با توجه به نتایج به دست آمده عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی قرار گرفت (جدول۷). در هر دو سال آزمایش بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن و کمترین آن از تیمار دیم به دست آمد. در آزمایش طهماسبی سروستانی و همکاران، نیز اعمال تیمار آبیاری در هر یک از مراحل رشد گندم، سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار دیم گردید و متوسط افزایش عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به تیمار شاهد (شرایط دیم) برابر ۲۸۹ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۸ درصد) بود.

نتایج جدول۶ نشان می‌دهد که در بین مراحل مختلف رشد، مرحله ساقه رفتن گیاه گندم نسبت به سایر مراحل، از حساسیت بیشتری جهت دستیابی به عملکردهای زیادتر برخوردار است. آبیاری در این مرحله منجر به بقاء بیشتر پنجه‌ها شد و از طرفی به دلیل این که این مرحله، آغاز ورود گیاه به فاز زایشی بوده که با تشکیل برجستگی دوگانه در ناحیه نموی انتهایی همراه است (۲) تعیین کننده اجزای عملکرد دانه شامل تعداد سنبلک، تعداد گلچه در سنبلک و در نهایت عملکرد دانه خواهد بود (۳). در آزمایش دی و اینتلپ(۱۲) تنش آبی در مرحله ساقه رفتن باعث کاهش تعداد سنبله و وزن دانه‌ها شده است. در پژوهش پاندی و همکاران نیز زمانی که تنش آبی، هم‌زمان با مراحل گل‌دهی و یا خمیری شدن دانه بود، به دلیل کاهش تعداد دانه‌ها، عملکرد دانه کاهش یافت(۳۱).

با توجه به نتایج جدول ۷، مشخص می‌گردد که در هر دو سال آزمایش، در تیمارهایی که آبیاری تکمیلی صورت گرفته است، میزان عملکرد دانه، در مقایسه با تیمار دیم زیادتر بوده است. این موضوع نشان دهنده آن است که هر کدام از مراحل نموی انتخاب شده، از نظر واکنش به آب دریافتی، از حساسیت زیادی برخوردار بوده و می‌توانند به طور مؤثر، بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه تأثیر گذار باشند، برای مثال، آبیاری در مرحله غلاف رفتن، باعث رشد بهتر سنبله‌ها شده و آبیاری در مرحله گل‌دهی از عقیمی گلچه‌ها ممانعت به عمل آورده است (۳) و در نهایت آبیاری در مرحله پر شدن دانه منجر به افزایش وزن دانه‌های در حال پر شدن گردیده است، همان گونه که توسط پژوهشگران دیگر نیز مورد توجه قرار گرفته است (۲، ۳۱،۲۰ و ۳۵). دی و اینتلپ در پژوهشی روی گندم نشان دادند که تنش آبی در مرحله ساقه رفتن، باعث کاهش تعداد سنبله‌ها و وزن دانه‌ها می‌شود. هرچند عملکرد بیشتر دانه به‌وسیله تعداد کمتر سنبله و تعداد کمتر دانه در هر سنبله کاهش

یافت. در پژوهش پاندی و همکاران زمانی که تنش آبی در مرحله گل‌دهی یا خمیری شدن در گندم اعمال گردید، عملکرد دانه به‌دلیل کاهش وزن دانه‌ها کم شد (۳۱).

در تیمار دیم، به علت محدودیت رطوبت از ابتدای مراحل زندگی گیاه، اجزای عملکرد به شدت تحت تأثیر سوء قرار گرفته و در نهایت به دلیل کاهش اندازه مبدا (Source Size) در ابتدای زندگی گیاه، سرعت فتوسنتزی (۸) و اندازه مقصد فیزیولوژیک (Sink Size) کاهش یافت (۲و۹). پژوهش‌ها حاکی از آن است که کاهش در مقدار آب آبیاری در مرحله تشکیل پنجه‌ها باعث کاهش تعداد ساقه بارور در هر بوته می‌شود (۱۵ و ۲۵). در آزمایش پاندی و همکاران همه اجزای عملکرد با افزایش عرضه آب بهبود پیدا کردند، اگرچه تعداد دانه مهم‌ترین جزء عملکرد دانه بود.

در پژوهش حاضر، آبیاری تکمیلی در مراحل مختلف رشد، منجر به افزایش چشمگیر عملکرد دانه در مقایسه با تیمار دیم شد (جدول۶). به طوری که آبیاری در مرحله ساقه رفتن در مقایسه با تیمار دیم منجر به افزایش عملکرد دانه (حدو د ۲۰۰ درصد) در سال ۸۴-۸۳ گردید و حتی در تیمار آبیاری در مرحله پر شدن دانه، که در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری عملکرد دانه کمتری داشت، نیز نسبت به تیمار دیم حدود ۱۴۸ درصد افزایش عملکرد مشاهده گردید. در سال ۸۵-۸۴ نیز آبیاری در مرحله ساقه رفتن منجر به افزایش عملکرد دانه حدود ۲۲۱ درصد در مقایسه با تیمار دیم شد. در ایکاردا (مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک، ICARDA) در یک پژوهش ۸ ساله آبیاری تکمیلی، عملکرد گندم دیم از ۲/۲۵ به ۵/۹ تن در هکتار افزایش یافته و در خشکسالی‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ با کل بارندگی ۲۳۴ میلی‌متر عملکرد گندم از ۷۴/ تن در هکتار به ۳/۸۳ تن در هکتار با مصرف ۱۸۳ میلی‌متر آب در آبیاری تکمیلی افزایش یافته است (۲۸).

بنابراین، از نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه گیری کرد که اعمال آبیاری تکمیلی در دیم زارهای گندم ، تأثیری معنی دار بر عملکرد دانه داشته و بسته به این که در مراحل حساس رشد انجام پذیرد می‌تواند منجر به بازده عملکرد دیمزارها تا حدود ۲ برابر سطح فعلی شود. با توجه به نتایج پژوهش و داده‌های به دست آمده، یکی از راه‌های افزایش عملکرد گندم دیم، استفاده ازتکنولوژی‌های موثر و اجرای آبیاری تکمیلی در حساس ترین مراحل رشد گیاه گندم می‌باشد. نتایج این پژوهش تأیید کرد که تأمین آب کافی از راه آبیاری تکمیلی در مرحله ساقه رفتن گندم می‌تواند منجر به تولید عملکرد دانه قابل قبول تحت شرایط دیم گردد.

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. ۱۳۸۴. *زراعت غلات*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۲. امام، ی. و م. ج. ثقه الاسلامی. ۱۳۸۴. *عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرایندها*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۳. امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. *مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز.*

۴. کشاورز، ع.، م. کمالی، ع. ب. دهقانی، م. حمید نژاد، و ب، صدری و ا. حیدری. ۱۳۸۱. خلاصه طرح افزایش عملکرد و تولید گندم آبی و دیم کشور . ۹۰-۱۳۸۱. وزارت جهاد کشاورزی.

۵. طهماسبی سروستانی، ز.، ا . روحی، س. ع. و م. مدرس ثانوی. ۱۳۸۰. بررسی خصوصیات کمّی و کیفی عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دیم تحت شرایط آبیاری تکمیلی. مجله علوم زراعی ایران ۱۰: ۱۴۷-۱۵۶.

۶. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۵. بانک اطلاعات زراعت. دفتر آمار و فن آوری اطلاعات.

[Online] <http://www.agri-jahad.ir/portal/home/defult.>

7. Arar, A. 1992. The role of supplemental irrigation in increasing productivity in the Near East Region. *In*: International conference on supplementary irrigation and drought water management.Volume-10. Sept. 27-Oct. 29, Bari. Italy

8. Bradford, K. J. and T. C. Hsiao. 1982. Physiological response to moderate stress. PP. 263-324. *In*: Lange, O. L., P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler, (Eds.), Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology. II. Water Relations and Carbon Assimilation. Heidelberg: Springer Pub., New York.
9. Brisson, N., E. Guevara, S. Meira, M. Maturano and G. Coca. 2001. Response of five wheat cultivars to early drought in the Pampas. Agron. J. 21:483-495.
10. Cornic, G. and A. Massacci. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress. *In:* Baker, N. R.(Ed.), Photosynthesis and Environment. Kluwer Acad. Pub., New York.
11. Danko, J., M. Trakovicky and Z. Zmetakova. 2001. Effect of N-nutrition on gas exchange characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta fytotechnica et zootechnica, Vol.4, Procceding of the International Scientific Conference on the Occasion of the 55th Anniversary of the Slovak, Agricultural University in Nitra.
12. Day, A. D. and S. Intalap. 1970. Some effects of soil moisture in the growth of wheat (*Triticum aestivum* L *em Thell*). Agron. J. 62:27-32.
13. Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) and the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. (ICARDA). 2003. Enhancing agricultural productivity through on-farm water-use efficiency: An empirical case study of wheat production in Iraq. United Nations. New York.
14. Eitzinger, J., M. Stastna, Z. Zalud and M. Dubrovsky. 2003. A simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change senarios. Agric. Water Manag. 61:195-217.
15. Evans, L. T., I. F. Wardlow and R. A. Fischer. 1975. Wheat. PP: 101-149. *In:* Evans, L. T. (Ed.), Crop Physiology: Some Case Histories. Cambridge University Press, Cambridge.
16. Fredrik, J. R. and J. J. Camberto. 1995b. Water and nitrogen effects on winter wheat southeastern central plain: Physiological response. Agron. J. 87:527-533.
17. Gabriela, M. and C. H. Foyer. 2002. Common components, network and pathway of cross tolerance to stress. The central role of redox and abscisic acid- mediated controls. Plant Physiol. 129:460-468.
18. Graan, T. and J. S. Boyer. 1990. Very high CO_2 partially restores photosynthesis in sunflower at low water potentials. Planta 181:378-384.
19. Hafid, R. E. L., D. H. Smith, M. Karrou. and K. Samir.1998. Physiological responses of spring durum wheat cultivars to early-season drought in a Mediterranean environment. Ann. Bot. 81:363-370.
20. Lawlor, D. W. 1995. The effect of water deficit on photosynthesis. PP. 129-160. *In*: Smirnoff, N. (Ed.), Environment and Plant Metabolism. Flexibility and Acclimation. Bios Scientific Publishers. Oxford.
21. Lawlor, D. W. and C. Cornic. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ. 25:275-294.
22. Lauer, M. J. and J. S. Boyer. 1992. Internal CO_2 measures directly in leaves: abscisic acid and low leaf water potential cause opposing effects. Plant Physiol. 98:1010-1016.
23. Loomis, R. S. and D. J. Connor. 1996. Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
24. Mooney, H. A., W. E. Winner and E. J. Pell. 1991. Response of Plants to Multiple Stresses. Academic Press Inc., New York.
25. Morgan, J. M. 1971. The death of spikelets in wheat due to water deficit. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 11:349-351.
26. Oweis, T. 1997. Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
27. Oweis, T., M. Pala and J. Ryan. 1998b. Stabilizing rainfed wheat yields with supplemental irrigation and nitrogen in a Mediterranean climate. Agron. J. 90:672-681.
28. Oweis, T., A. Hachum and J. Kijne. 1999. Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. System-Wide Initiative on Water Management Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
29. Oweis, T. and A. Hachum. 2004. Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity for dry farming systems in West Asia and North Africa. ICARDA. Aleppo. Syria for Presentation at the 4th International Crop Science Congress 26th Sept. to 1st Oct.
30. Palta, J. A. and I. R. P. Fillery. 1995. N application increases pre-anthesis contribution of dry matter to grain yield in wheat grown on a duplex soil. Aust. J. Agric. Res. 46:507-518.
31. Pandy, P. K., J. W. Maranville and A. Admou. 2001. Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. Europ. J. Agron. 15:93-105.
32. Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Bot. Bull. Acad. Sinica Taipei. 40:141-145.
33. Tavakkoli, A. R. and T. Y. Owise. 2002. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. Agric. Water Manag. 65:225-236.

34. Tenkinel, O., R. Kanber, A. Yazar and B. Ozekici. 1992. Drought conditions and supplemental irrigation in Turkey. In: International Conference on Supplementary Irrigation and Drought Water Management. Vol. 7. Sep.27-Oct. 2, Bari, Italy.
35. Wheeler, T. R., G. R. Batts, R. H. Ellis, P. Hadley and J. I. L. Morison. 1996. Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) crops in response to CO_2 and temperature. J. Agric. Sci. 127:37-48.
36. Wilhite, D. A. 1993. Drought Assessment, Management and Planning: Theory and Case Studies. Kluwer Academic Publisher, Hingham, MA.
37. Yordanov, I., V. Velikova. and T. Tsonev. 2003. Plant response to drought and stress tolerance. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue 187-206.
38. Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421.