نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۴ ، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص ۶۴۵-۶۳۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 4, Sep. – Oct. 2010, p. 636-645

تأثیر نیتروژن و کلرمکوات کلرید برعملکرد دانه، زیست توده و کارآیی مصرف آب در چهار رقم گندم دیم

حجت اله میران زاده [۱]- یحیی امام [۲*]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش : ۸۸/۳/۳۱

چکیده

تغییر اقلیم و پدیده گرم شدن جهانی هوا، الگوی بارندگی را در بسیاری از مناطق دیم خیز تغییر خواهد داد و ممکن است ریسک تولید در شرایط دیم بالا رود. در حال حاضر تولید در اغلب مناطق دیم خیز بدلیل عدم مدیریت مطلوب، از کارآیی مصرف آب مناسبی برخوردار نمی باشد. کمبود آب بر بسیاری از جنبه‌های عملکرد محصول اثر می‌گذارد و به منظور استفاده بیشینه از رطوبت موجود در خاک، تنظیم رشد ریشه و شاخساره با استفاده از مواد تنظیم کننده رشد (نظیر کلرمکوات کلرید) از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. به منظور بررسی واکنش عملکرد دانه، زیست توده و کارآیی مصرف آب (WUE) چهار رقم گندم دیم به کند کننده رشد (کلرمکوات کلرید) و سطوح متفاوت کود نیتروژن، پژوهشی مزرعه ای در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ و۸۷-۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه انجام شد. نتایج نشان داد که در هر دو سال پژوهش بین ارقام از نظر عملکرد دانه، زیست توده و کارآیی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر کلرمکوات کلرید و نیتروژن بر عملکرد دانه و زیست توده معنی‌دار شد. بیشینه عملکرد دانه و زیست توده در سال اول (به ترتیب، ۱۹۲/۴ و ۴۳۱/۲ گرم بر متر مربع) از رقم نیک نژاد و در سال دوم از رقم آذر ۲ (به ترتیب، ۱۲۱/۵ و ۳۳۳/۵ گرم بر متر مربع) با تیمار کلرمکوات کلرید و کاربرد۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. کلرمکوات کلرید و سطوح نیتروژن تأثیر معنی‌دار ی بر کارآیی مصرف آب داشتند. برهمکنش کلرمکوات کلرید و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو سال پژوهش بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار شد (بترتیب در سال‌های اول و دوم، ۱/۲۴ و ۲/۷۲ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر). این موضوع ناشی از تأثیر نیتروژن و کلرمکوات بر افزایش توسعه رشد ریشه و جذب بیشتر آب بود. به نظر می‌رسد انتخاب ارقامی که نسبت به تنش خشکی انتهای فصل مقاوم باشند، همراه با کاربرد کلرمکوات کلرید و کود نیتروژن اثر بارزی در بهبود بهره وری از آب باران داشته، و بتواند عملکرد دانه گندم را در شرایط دیم بهبود بخشد.

واژه های کلیدی: ارقام گندم دیم، کند کننده رشد، WUE ، تنش خشکی، عملکرد دانه

مقدمه

با شدت گرفتن روند کمبود منابع آب، ذخیره بیولوژیکی آب، به موضوعی مهم و مورد توجه مجامع جهانی تبدیل شده است (۱۵). با توجه به سطح زیر کشت گندم[۳] در کشور ما، کمتر از ۴۰ درصد گندم تولیدی از مزارع دیم به دست می‌آید، این در حالی است که تولید در شرایط دیم بدلیل عدم مدیریت مناسب از کارآیی مصرف آب (WUE)[۴] مطلوبی برخوردار نمی باشد (۱). با توجه به لزوم افزایش عملکرد گیاهان زراعی، حدود ۵۰ درصد از افزایش کارآیی دیم به بهبود مدیریت زراعی نسبت داده شده است (۳۴). نیاز به بهبود بهره‌وری از آب در چنین شرایطی ضرورتی انکارناپذیر می‌باشد (۱ و ۴).

یکی از اجزای کلیدی تولید محصول دسترسی به بیشترین نسبت ماده خشک به تعرق و یا کارآیی مصرف آب است (۸). کارآیی مصرف آب: نسبت مواد پرورده حاصل از تثبیت دی اکسید کربن به مصرف آب است (۴ و۱۰). این شاخص فاکتور مفیدی برای شناسایی و تعیین آب مورد نیاز گیاه در طول فصل رشد محسوب می‌شود، بهترین کارآیی یا عملکرد غلات دانه ای در شرایط فراهمی رطوبت در طول دوره پنجه زنی، گلدهی و پرشدن دانه بدست می‌آید، و آب کافی در زمان گلدهی یا بعد از آن نه تنها میزان فتوسنتز بلکه دوام دوره پرشدن دانه را افزایش می‌دهد (۱، ۴ و۴۱). بُدی و همکاران (۱۱) بیان کردند که میزان فتوسنتز، هدایت روزنه ای و میزان تعرق متغیرهای مهم تأثیرگذار بر کارآیی مصرف آب گیاه در شرایط دیم هستند.

---

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email: Yaemam@shirazu.ac.ir)

3- *Triticum aestivum* L.
4- Water Use Efficiency

کیو و همکاران (۲۷) سه روش را برای محاسبه کارآیی مصرف آب بر مبنای هدایت روزنه ای کوتاه مدت، زیست توده تولیدی و عملکرد دانه مطرح کردند. به عقیده این پژوهشگران WUE بر پایه هدایت روزنه ای (فتوسنتز) برای توصیف رفتار تک برگ، بوته و یا کانوپی گیاهی در کوتاه مدت می‌تواند مفید باشد. در مقابل، WUE زیست توده برای توصیف رفتار کانوپی گیاهی در طولانی مدت مطلوب است. این پژوهشگران مقدار کارآیی مصرف آب را بر مبنای زیست توده و عملکرد دانه گندم آبی به ترتیب ۲/۶-۱ و ۲/۱-۱/۱ کیلوگرم بر متر مکعب و برای گندم دیم بین ۱/۸۳-۰/۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش کردند.

در مطالعه ای در تگزاس کارآیی مصرف آب گندم زمستانه دیم حدود ۰/۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب با میانگین عملکرد دانه یک تا دو تن در هکتار گزارش شده است (۲۴). در مقابل، کارآیی مصرف آب گندم آبی بین ۰/۵۰ تا ۱/۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب با عملکرد سه تا هشت تن در هکتار گزارش شده است (۲۲ و ۲۴). با این حال، WUE برای گندم زمستانه در دشت شمالی چین بین ۰/۷۰ تا ۱/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (۳۶، ۴۱ و ۴۲). در این اواخر، WUE اغلب بین ۰/۹۷ تا ۱/۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب برای گندم زمستانه گزارش شده است (۳۳). ونلانگ و همکاران (۳۸) میانگین WUE را برای گندم بهاره در منطقه نیمه خشک گانسو[1] چین با حدود ۲۱۲ میلی متر بارندگی ۵/۰۸ کیلوگرم بر هکتار بر میلی متر برآورد کردند. زو و همکاران (۳۹) گزارش کردند که کم کردن میزان آب آبیاری، WUE را در گندم افزایش داده است. هر چند به اعتقاد واجید و همکاران (۳۵) تنش خشکی قبل و بعد از گلدهی، کارآیی مصرف آب را از طریق کاهش نور جذب شده توسط کانوپی، کاهش می‌دهد.

در اکوسیستم‌های خشک و نیمه خشک، فراهمی آب و نیتروژن عامل‌کلیدی در تولید است، و مدیریت کود نیتروژن در سیستم‌های کشت دیم و در مناطق نیمه خشک به لحاظ پایداری اقتصادی و محیطی از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۸ و ۳۷). مصرف بهینه کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش عملکرد، کیفیت محصول را نیز بهبود می بخشد (۲۱ و ۲۸). هنگامی که گیاه در شرایط تنش ملایم قرار می‌گیرد، افزودن نیتروژن به خاک ممکن است موجب کاهش اثرات منفی تنش رطوبتی شود، یکی از دلایل این موضوع آن است که افزودن نیتروژن موجب ازدیاد اندازه سیستم ریشه ای گیاه می‌شود (۱۷) لیکن، چنانچه تنش رطوبتی شدید باشد، افزودن نیتروژن به خاک ممکن است تحریک کننده اثرات مخرب تنش باشد، زیرا نیتروژن موجب زیاد شدن تقاضای تعرقی در نتیجه‌ی افزایش سطح برگ و تحریک رشد رویشی گیاه می‌شود (۱۴، ۲۶). گزارش شده است که مصرف مقدار بهینه کود نیتروژن برای گندم رقم سرداری در شرایط دیم به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره باعث افزایش معنی دار عملکرد زیست توده شده است (۷). در پژوهشی دیگر با افزایش مصرف کود نیتروژن دار از ۳۰ به ۶۰ کیلو گرم در هکتار عملکرد دانه گندم دیم افزایش یافت (۶).

کلرمکوات کلرید[2] یکی از مشتقات کولین[3] می‌باشد، که از واکنش تری متیل آمین[4] و یک آلیفاتیک هالید به نام ۱و۲- دی کلرواتان تولید می‌شود (۱). ماده تولید شده به فرم کریستال بوده و در آب قابل حل است و از آن به عنوان کند کننده رشد گیاهی[5]، که از سنتز جیبرلیک اسید جلوگیری می‌کند[6]، استفاده می‌شود (۲). کاربرد به موقع موقع کلرمکوات کلرید و اتفان در غلات دانه ای مراحل نمو مریستم انتهایی را به تاخیر می‌اندازد (۲ و ۳) که خود باعث افزایش پنجه زنی و تولید تعداد بیشتری سنبله در متر مربع می‌شود (۳، ۵، ۲۰ و ۲۳). شکوفا و امام (۲۹) بیان کردند که کاربرد CCC و اتفان باعث تغییر در تسهیم مواد پرورده به سنبله ها شده و افزایش عملکرد دانه گندم را در پی داشته است. افزایش عملکرد در اثر کاربرد بموقع کلرمکوات کلرید (در مرحله انگیزش آغازه لما) به دلیل ازدیاد تعداد دانه بوده که آن هم به نوبه‌ی خود نتیجه‌ی ازدیاد تعداد سنبله بارور و تعداد دانه در سنبله بوده است (۲، ۳ و۴)، یعنی اندازه مقصد فیزیولوژیک[7] بزرگتر شده است (۲۰،۱ و ۲۳). امام و کریمی مزرعه شاه (۳) گزارش کردند که مصرف کلرمکوات کلرید روی بوته‌های برنج، سرعت تجمع ماده خشک و عملکرد زیست توده را افزایش داده است.

برانکرت هال مل و همکاران (۱۳) گزارش کردند ۳۳-۳۰ درصد افزایش عملکرد دانه گندم آبی مربوط به استفاده از ارقام جدید گندم با تعداد دانه بیشتر در متر مربع و شاخص برداشت بالاتر است. این افزایش در تعداد دانه در متر مربع بیشتر مربوط به افزایش تعداد دانه در سنبله (۳۱) و تعداد سنبله در متر مربع است (۹). دی و همکاران (۱۸) ابراز عقیده کردند که تحت شرایط کمبود رطوبت با مصرف کلرمکوات کلرید در گندم، رشد ریشه در لایه های عمقی خاک افزایش یافته و با استفاده کارآتر گیاه از رطوبت موجود در خاک، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. بعلاوه، گزارش شده که کاربرد برگی کلرمکوات کلرید در مراحل مشخصی از رشد، باعث افزایش WUE و عملکرد دانه در گندم دیم شده است (۳۰). نتایج پژوهشی طولانی مدت بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۲ در دشت شمالی چین نشان داده که عملکرد گندم با افزایش WUE از ۱ به ۱/۵ کیلوگرم بر متر مکعب، ۵۰ درصد افزایش یافته است (۴۲). این افزایش ها در عملکرد

1 - Gansu

2- Chlormequat Chloride (CCC)
3- Choline
4- Trimethyl amine
5- Anti GA
6 -Growth retardant
7- Sink

مربوط به ارقام جدید گندم بوده است (۳۹).

در کشور ما بررسی این موضوع که در شرایط دیم و وجود تنش خشکی، آیا کاربرد به موقع کلرمکوات کلرید و نیتروژن می‌تواند سبب کاهش اثرات سوء تنش رطوبتی و افزایش کارآیی مصرف آب شود، کمتر مورد پژوهش قرار گرفته است. این پژوهش در راستای هدف فوق و جهت بررسی تاثیر کلرمکوات کلرید در سطوح متفاوت کود نیتروژن، بر بهبود کارآیی مصرف آب و عملکرد چهار رقم گندم دیم طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش ها

این پژوهش مزرعه ای در دو سال زراعی ۸۶- ۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی قطب علمی گندم و جو دیم دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه باجگاه اجرا شد. میزان بارندگی در سال اول ۳۹۱/۵ و در سال دوم ۱۲۷ میلی متر بود (جدول ۱). طرح آماری کرت‌های دو بارخرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. سه عامل (رقم به عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف نیتروژن به عنوان عامل فرعی و تیمار کلرمکوات کلرید به عنوان عامل فرعی فرعی) در کرت هایی به ابعاد ۱۰×۲ متر اجرا شدند. ارقام شامل (آگوستا، نیک نژاد، آذر۲ و فاین۱۵) بودند. نیتروژن با توجه به نتیجه آزمون تجزیه خاک و نتایج پژوهش‌های قبلی (۶) از منبع کود اوره در سه سطح (شاهد، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، و تیمار کلرمکوات کلرید در دو سطح (شاهد و ۲/۵ کیلو گرم در هکتار) در نظر گرفته شد. بعد از عملیات تهیه زمین (شخم، دیسک و تسطیح) بذر ارقام گندم دیم، بر مبنای ۸۰ کیلوگرم در هکتار، بوسیله دستگاه عمیق کار دیم در سال اول و دوم (بترتیب، ۱۶ و ۱۲ آذر ماه) کشت شد. بذرها قبل از کاشت با قارچ کش وایتاواکس[1] به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. علف‌های هرز به صورت وجین دستی از کرت‌های آزمایشی حذف شدند. عملکرد دانه، زیست توده و کارآیی مصرف آب ارقام گندم دیم بر پایه زیست توده برای هر دو سال پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت. کارآیی مصرف آب از نسبت کل عملکرد زیست توده بر مقدارکل رطوبت استفاده شده در طول دوره رشد، محاسبه شد (۲۴ و ۲۷). مقدار رطوبت استفاده شده در طول دوره رشد گیاه توسط معادله ۲ محاسبه شد. داده ها توسط نرم افزار آماری ام اس تات سی[2] تجزیه و میانگین ها نیز توسط آزمون توکی[3] در سطح ۵ درصد مقایسه گردید.

$$ET = P + DW - D - R \qquad (۲)$$

ET مقدار تبخیر و تعرق در طول دوره رشد گیاه، P مقدار کل بارندگی در طول فصل رشد، DW مقدار رطوبت موجود در خاک در زمان کشت و برداشت، D مقدار آب زهکش شده و R مقدار روانآب. در این پژوهش مقدار D و R بسیار ناچیز و برابر صفر در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی دار در عملکرد دانه بین ارقام در هر دو سال پژوهش بود (شکل ۱). در سال ۸۶-۸۵ بیشینه عملکرد دانه از رقم نیک نژاد با ۱۲۶/۲ گرم دانه بر متر مربع و کمینه آن از رقم آگوستا با ۱۰۰/۸ گرم دانه بر متر مربع و در سال۸۷-۸۶ به ترتیب از رقم آذر۲ (۸۳ گرم بر متر مربع) و آگوستا (۵۶/۶ گرم بر متر مربع) به دست آمد (شکل ۱). عملکرد ارقام در سال اول پژوهش بیشتر از سال دوم بود. عملکرد زیادتر دانه در سال اول به دلیل الگوی پراکنش بهتر و مقدار بیشتر نزولات آسمانی (معادل ۳۹۱/۵ میلی متر بارندگی) در مقایسه با سال دوم (۱۲۷ میلی متر) بود (جدول ۱). این موضوع باعث کاهش رشد و نمو بوته ها در سال دوم و به ویژه کاهش تعداد پنجه ها در هر بوته و در متر مربع و در نهایت کاهش تعداد دانه در متر مربع شد (جدول۲). برانکرت هال مل و همکاران (۱۳) هم گزارش کردند که ۳۳-۳۰ درصد افزایش عملکرد دانه در ارقام جدید گندم به دلیل تولید تعداد دانه بیشتر در متر مربع و شاخص برداشت بالاتر در این ارقام است. این افزایش تعداد دانه در واحد سطح، بیشتر به دلیل افزایش تعداد دانه در سنبله (۳۱) و گاهی مربوط به تعداد سنبله در واحد سطح بوده است (۹).

شکل ۱- عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) چهار رقم گندم در دو سال پژوهش

در هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ (آزمون توکی) تفاوت معنی داری ندارند.

1- Vitawax
2 -MSTAT-C
3- Tukey's

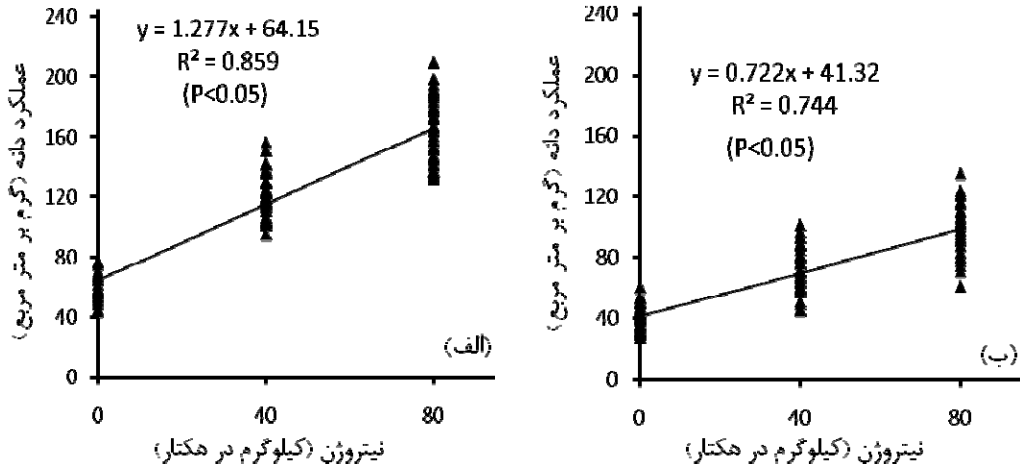
جدول ۱- میزان بارندگی (میلی‌متر) در دو سال پژوهش

سال۸۶- ۱۳۸۵								
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	جمع سال زراعی
۰	۰	۸۲	۵۰/۵	۸۲/۵	۳۵	۱۳۸/۵	۳	۰	۳۹۱/۵
سال ۸۷- ۱۳۸۶									
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	جمع سال زراعی
۰	۰	۱۸	۷۶	۲۹/۵	۰	۳/۵	۰	۰	۱۲۷

بین تیمار های مصرف و عدم مصرف کلرمکوات کلرید تفاوت معنی داری در عملکرد دانه مشاهده گردید، به نحوی که میانگین عملکرد دانه در تیمار مصرف کلرمکوات کلرید در سال اول ۱۱۸/۶۳ در مقایسه با شاهد (۱۱۱/۸۷ گرم بر متر مربع) و در سال دوم ۷۴/۱۹ در مقایسه با شاهد (۶۶/۲۹ گرم بر متر مربع) بدست آمد. برهمکنش رقم و کلرمکوات کلرید بر عملکرد دانه در هر دو سال پژوهش معنی دار گردید (جدول۳). در سال اول رقم نیک نژاد و آذر ۲ با توجه به پراکنش مناسب بارندگی بیشترین پاسخ مثبت را نسبت به مصرف کلرمکوات کلرید نشان دادند و در سال دوم پژوهش بدلیل کاهش بارندگی، رقم آذر۲ و فاین ۱۵ پاسخ بهتری به کمبود رطوبت نسبت به سایر ارقام نشان دادند. شاید بتوان نتیجه گیری کرد که این ارقام (آذر۲ و فاین ۱۵) به تنش خشکی مقاوم تر می‌باشند (جدول۳). ال دماتی و همکاران (۱۹) هم نتیجه‌گیری کردند که بوته‌های گندم تیمار شده با کلرمکوات کلرید تحت شرایط تنش خشکی، آب را اقتصادی تر از گیاهان تیمار نشده (شاهد) به ویژه در تولید دانه، مصرف کردند.

این موضوع نشان دهنده آن است که مصرف کلرمکوات کلرید باعث کاهش سرعت نموی گیاه و افزایش باروری تعداد پنجه و دانه در هر بوته و ازدیاد ظرفیت مقصد فیزیولوژیک و دوام بیشتر سطح سبز گیاه می‌شود. بعلاوه، مقدار مواد فتوسنتزی و ذخیره کربوهیدرات ها افزایش یافته و مقدار انتقال مواد پرورده به دانه ها هم افزایش می‌یابد (۴، ۵ و۲۹). گزارش شده مصرف کلرمکوات کلرید می تواند اثر سوء تنش خشکی را در مراحل حساس رشد گیاه کاهش دهد (۵ و۲۰). در پژوهش های دیگر، افزایش عملکرد دانه گندم از صفر تا بیست درصد به دنبال مصرف کلرمکوات کلرید گزارش شده است (۱۸ و ۲۳). یانگ و همکاران (۴۰) نیز گزارش کردند که حساس‌ترین مرحله رشد گندم به تنش آبی از مرحله ساقه رفتن تا غلاف رفتن و پس از آن مرحله گلدهی می‌باشد، که در این مراحل در صورت عدم بارندگی و یا کاهش مقدار بارش و همچنین افزایش تبخیر و تعرق، گیاه دچار تنش شدید رطوبتی می‌شود.

به نظر می‌رسد افزایش عملکرد در اثر کاربرد زود هنگام کلرمکوات کلرید (در مرحله انگیزش آغازه لما) به دلیل افزایش تعداد دانه بوده (افزایش تعداد سنبله بارور و تعداد دانه در سنبله) است. یعنی اندازه مقصد فیزیولوژیک بزرگ‌تر شده است (۱، ۲۰ و۲۳). امام وکریمی مزرعه شاه (۳) هم گزارش کردند عملکرد دانه بوته‌های برنج بدلیل افزایش معنی‌دار تعداد دانه در واحد سطح که خود نتیجه افزایش معنی‌دار تعداد ساقه‌های بارور در واحد سطح و تعداد سنبلک‌های بارور در هر خوشه بود، افزایش یافته است.



شکل۲- رگرسیون بین میزان نیتروژن مصرفی و عملکرد دانه در سال اول (الف) و سال دوم (ب)

جدول ۲- میانگین تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در متر مربع در دو سال پژوهش

ارقام	تعداد سنبله در متر مربع		تعداد دانه در سنبله		تعداد دانه در متر مربع	
	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷
آگوستا	۲۷۳/۹ c*	۱۷۹/۰ d*	۷/۶۳ d*	۶/۶۰ c*	۲۰۸۹/۸ c*	۱۱۸۱/۴ d*
نیک نژاد	۲۹۷/۵ b	۱۹۴/۵ c	۱۰/۴۷ a	۶/۶۷ c	۳۱۱۴/۸ a	۱۲۹۷/۳ c
آذر ۲	۳۱۲/۲ a	۲۲۴/۸ a	۹/۲۵ b	۸/۴۴ a	۲۸۸۷/۸ b	۱۸۹۷/۳ a
فاین ۱۵	۳۱۲/۷ a	۲۱۲/۳ b	۸/۸۵ c	۷/۷۳ b	۲۷۶۷/۳ b	۱۶۴۱/۰ b

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری ندارند (توکی ۵ ٪).

جدول۳- برهمکنش رقم و کلرمکوات کلرید برعملکرد دانه، زیست توده و WUE در دو سال پژوهش

ارقام	کلرمکوات کلرید	عملکرد دانه (g/m2)		عملکرد زیست توده (g/m2)		WUE (g/m2/mm)	
		۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷
آگوستا	مصرف	۱۰۲/۲ de*	۶۰/۵۲ de*	۲۷۲/۳ de*	۲۴۶/۱ c*	۰/۹۰ de*	۲/۲۳ ab*
	شاهد	۹۹/۴۹ e	۵۲/۶۷ e	۲۶۴/۷ e	۲۳۵/۵ d	۰/۸۸ e	۲/۱۴ bc
نیک نژاد	مصرف	۱۳۱/۹ a	۶۹/۹۲ bc	۳۲۶/۸ a	۲۲۵/۸ e	۱/۰۸ a	۲/۰۵ cd
	شاهد	۱۲۰/۵ b	۶۲/۴۷ cd	۳۱۴/۳ b	۲۰۹/۳ f	۱/۰۵ b	۱/۹۰ d
آذر ۲	مصرف	۱۲۷/۵ a	۸۷/۸۵ a	۲۸۳/۵ c	۲۶۸/۳ a	۰/۹۳ c	۲/۴۳ a
	شاهد	۱۲۰/۳ b	۷۸/۲۱ b	۲۷۶/۲ cd	۲۵۴/۸ bc	۰/۹۲ cd	۲/۳۱ ab
فاین ۱۵	مصرف	۱۱۲/۹ c	۷۸/۴۷ b	۲۷۱/۹ de	۲۵۹/۳ ab	۰/۹۰ de	۲/۳۵ a
	شاهد	۱۰۷/۳ cd	۷۱/۸۳ b	۲۶۴/۸ e	۲۴۶/۶ c	۰/۸۸ e	۲/۲۴ ab

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری ندارند (توکی ۵ ٪).

جدول٤- برهمکنش نیتروژن و کلرمکوات کلرید برعملکرد دانه، زیست توده و WUE در دو سال پژوهش

نیتروژن (kg/ha)	کلرمکوات کلرید	عملکرد دانه (g/m2)		عملکرد زیست توده (g/m2)		WUE (g/m2/mm)	
		۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷
صفر	مصرف	۶۱/۹۷ e*	۴۱/۱۴ e*	۱۴۷/۴ e*	۱۷۱/۵ d*	۰/۴۸ e*	۱/۵۵ d*
	شاهد	۵۹/۹۷ e	۳۸/۷۷ e	۱۴۱/۵ e	۱۶۱/۹ e	۰/۴۷ e	۱/۴۷ d
۴۰	مصرف	۱۲۵/۱ c	۷۶/۸۲ c	۳۴۲/۴ c	۲۷۸/۴ b	۱/۱۳ c	۲/۵۳ bc
	شاهد	۱۱۸/۱ d	۶۹/۱۷ d	۳۳۲/۴ d	۲۶۳/۴ c	۱/۱۰ d	۲/۳۹ c
۸۰	مصرف	۱۶۸/۸ a	۱۰۴/۶ a	۳۷۶/۱ a	۲۹۹/۶ a	۱/۲۴ a	۲/۷۲ a
	شاهد	۱۵۷/۵ b	۹۰/۹۶ b	۳۶۶/۵ b	۲۸۴/۳ b	۱/۲۲ b	۲/۵۸ ab

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری ندارند (توکی ۵ ٪)

بر اساس نتایج بدست آمده در هر دو سال پژوهش رگرسیون مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و نیتروژن مصرفی بدست آمد (شکل ۲). بیشینه عملکرد دانه در سال اول از رقم نیک نژاد و در سال دوم از رقم آذر۲ بدست آمد (جدول ۳). کاربرد کلرمکوات کلرید و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر دو سال پژوهش منجر به حصول بالاترین عملکرد دانه شد (جدول۴). نیتروژن و کلرمکوات کلرید هر دو باعث افزایش باروری تعداد گل ها و تشکیل تعداد بیشتری دانه و همچنین دوام زیادتر سطح سبز برگ و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه ها می‌گردد (۲۳،۱۴ و ۲۹).

بنابراین، با توجه به جداول ۳ و۴، برای دستیابی به عملکردهای زیادتر نه تنها نوع رقم مناسب با بیشینه کارآیی تولید از اهمیت برخوردار است، بلکه مصرف بموقع کلرمکوات همراه با مقدار بهینه کود نیتروژن می‌تواند منجر به بهبود عملکرد دانه در دیم زارها شود. نیلسون و همکارن (۲۵) گزارش کردند که نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، زیست توده تولیدی و ازدیاد پراکنش عمق ریشه درگندم می‌شود. استات و همکاران (۳۲) گزارش کردند هنگامی که میزان و زمان پراکنش باران مناسب باشد، نیتروژن مهم‌ترین عامل کنترل-کننده عملکرد دانه گندم خواهد بود. عدالت و همکاران (۶) هم در پژوهش مشابهی به این نتیجه رسیدند که با افزایش مصرف کود نیتروژن دار از ۳۰ به ۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم دیم

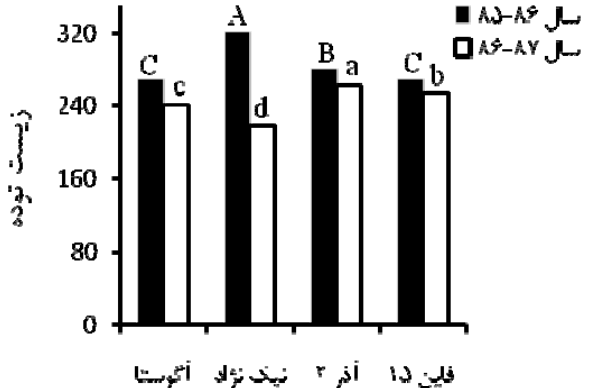
افزایش می‌یابد.

عملکرد زیست توده

عملکرد زیست توده در بین ارقام در هر دو سال پژوهش متفاوت بود (شکل ۳). بیشینه عملکرد زیست توده در سال اول و دوم پژوهش به ترتیب از رقم نیک نژاد (۳۲۰/۶ گرم بر متر مربع) و آذر۲ (۲۶۱/۵ گرم بر متر مربع) و کمینه آن از رقم فاین۱۵ (۲۶۸/۴ گرم بر متر مربع) و نیک نژاد (۲۱۷/۵) بدست آمد (شکل۳). برهمکنش کلرمکوات کلرید و رقم بر تولید زیست توده در هر دو سال معنی‌دار گردید (جدول۳). بیشینه عملکرد زیست توده در سال اول از تیمار مصرف کلرمکوات کلرید و رقم نیک نژاد (۳۲۶/۸ گرم بر متر مربع) و کمینه آن از تیمار شاهد (عدم مصرف کلرمکوات کلرید) و رقم آگوستا (۲۴۶/۷ گرم بر متر مربع)، بیشینه عملکرد زیست توده در سال دوم پژوهش از تیمار مصرف کلرمکوات کلرید و رقم آذر۲ (۲۶۸/۳ گرم بر متر مربع) و کمینه آن از تیمار عدم مصرف کلرمکوات کلرید و رقم نیک نژاد (۲۰۹/۳ گرم بر متر مربع) بدست آمد (جدول۳).

نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد زیست توده داشت و با افزایش سطوح نیتروژن عملکرد زیست توده افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول۴). رگرسیون بین عملکرد زیست توده با سطوح نیتروژن در شکل ۴ نمایش داده شده است. بیشینه عملکرد زیست توده (۴۲۷/۶) از رقم نیک نژاد و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمینه عملکرد زیست توده (۱۳۰/۲) از رقم آذر۲ و سطح صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. نیلسون و همکاران (۲۵) گزارش کردند که در شرایط دیم وقتی نیتروژن به مقدار زیاد مصرف شود، عملکرد دانه، فتوسنتز و تجمع ماده خشک در مقایسه با زمانی که نیتروژن کمتری در دسترس بوته ها بوده است، کاهش می‌یابد. بنابراین تعیین مقدار مناسب نیتروژن مصرفی برای گندم دیم از اهمیت زیادی برخوردار است.

برهمکنش سطوح نیتروژن وکلرمکوات کلرید بر عملکرد زیست توده معنی‌دارگردید (جدول۴). بیشینه تولید زیست توده در سال اول و دوم پژوهش (به ترتیب، ۳۷۶/۱ و ۲۹۹/۶ گرم بر متر مربع) از تیمار مصرف کلرمکوات کلرید و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن و کمینه آن (به ترتیب، ۲۴۱/۵ و ۱۶۱/۹ گرم بر متر مربع) از تیمار عدم مصرف کلرمکوات کلرید (شاهد) و صفر کیلوگرم نیتروژن بدست آمد (جدول۴). افزایش نیتروژن از سطح صفر تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار با وجود رطوبت کافی در خاک از طریق افزایش فشار تورژسانس سلول، رشد رویشی و تولید ماده خشک گیاه را افزایش داده است، از طرفی مصرف کلرمکوات کلرید تا اندازه‌ای رشد رویشی گیاه را کاهش داده و باعث تحریک تعداد سنبله بارور و دانه بیشتر در گیاه شده است (۵ و۳)؛ و عملکرد کل ماده خشک در متر مربع افزایش یافته است. امام و کریمی مزرعه شاه (۳) هم گزارش کردند که مصرف کلرمکوات کلرید روی بوته‌های برنج، سرعت تجمع ماده خشک و عملکرد زیست توده را افزایش داده است.



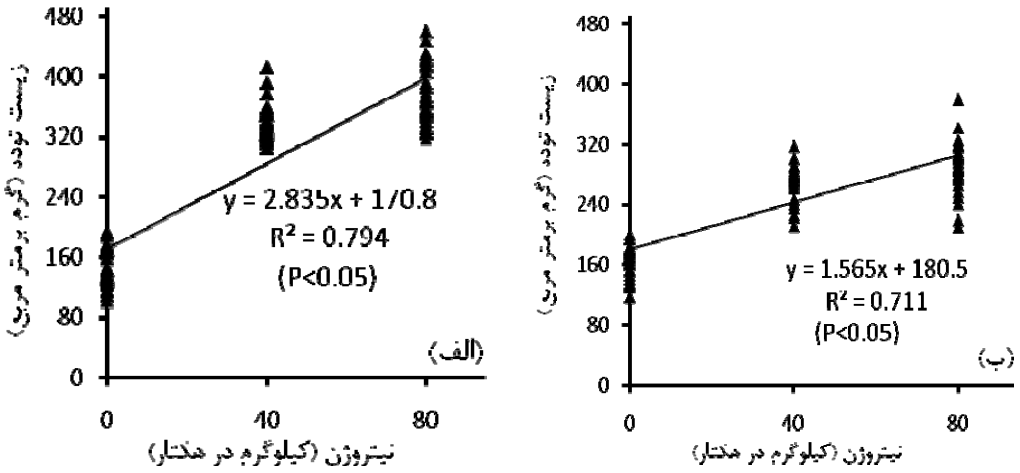
شکل ۳- عملکرد زیست توده (گرم بر متر مربع) چهار رقم گندم دیم در دو سال پژوهش

در هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ (آزمون توکی) تفاوت معنی‌داری ندارند.

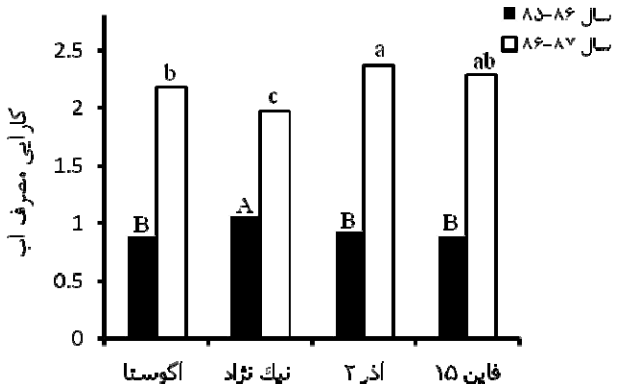
در پژوهش مشابهی مقدار زیست توده گندم دیم در بین سطوح صفر، ۲۸، ۵۶، ۸۴، و۱۱۲کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در سطح ۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت (۲۱). گزارش شده است که مصرف مقدار بهینه کود نیتروژن برای‌گندم رقم سرداری در شرایط دیم به میزان۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره باعث افزایش معنی‌دار عملکرد زیست توده شده است (۷). واجید و همکاران (۳۵) با محاسبه روابط بین عملکرد دانه گندم و تبخیر– تعرق بیان کردند که به ازای هر میلی متر تبخیر– تعرق گیاه، ۳/۲۷ گرم بر متر مربع ماده خشک کل تولید شده است.

کارآیی مصرف آب (WUE)

مقایسه میانگین ها نشان داد، که کارآیی مصرف آب در سال دوم پژوهش با وجود کاهش بارندگی به نحو بارزی زیادتر از سال اول پژوهش بود (شکل ۵). به نظر می‌رسد در شرایط کمبود رطوبت با بسته شدن روزنه ها از شدت تعرق کاسته می‌شود، یعنی نسبت خروج مولکول‌های آب به نسبت ورود مولکول‌های CO_2 کاهش می‌یابد (۴). میزان WUE در بین ارقام در هر دو سال پژوهش متفاوت بود (شکل ۵). در سال اول پژوهش بیشینه WUE از رقم نیک نژاد (۱/۰۶ گرم بر متر مربع بر میلی متر) و کمینه آن از رقم‌های آگوستا و فاین ۱۵ (۰/۸۹ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) و در سال دوم به ترتیب از رقم‌های آذر ۲ (۲/۳۷ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) و نیک نژاد (۱/۹۷ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) بدست آمد (شکل ۵).



شکل ٤- رگرسیون عملکرد زیست توده با سطوح نیتروژن در سال اول (الف) و دوم (ب) پژوهش



شکل ٥- کارآیی مصرف آب (گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) چهار رقم گندم دیم در دو سال پژوهش

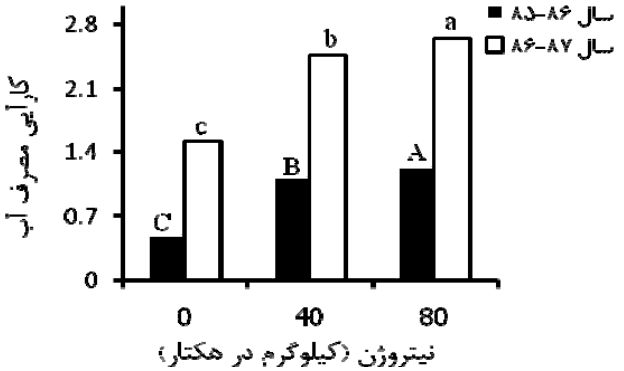
در هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ (آزمون توکی) تفاوت معنی‌داری ندارند.

ارقام در هر دو سال پژوهش واکنش‌های متفاوتی نسبت به مصرف و عدم مصرف کلرمکوات کلرید و سطوح کود نیتروژن نشان دادند. که می‌تواند در ارتباط با میزان و پراکنش بارندگی در طول دوره رشد گیاه و تفاوت ژنوتیپ ها در پاسخ به شرایط نامساعد رشد و نمو باشد. و با توجه به کاهش بارندگی در سال دوم، رقم‌های آذر۲ و فاین ۱۵ واکنش‌های بهتری نسبت به سال اول پژوهش نشان دادند. برای بهبود WUE گندم استفاده از ارقام اصلاح شده متحمل به شرایط نامساعد محیطی با مدیریت مطلوب آب مورد نیاز است. کیو و همکاران (۲۷) بیان کردند با افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری و مصرف بیشتر آب در طول فصل رشد، WUE گندم بطور کلی کاهش یافته و عملکرد دانه افزایش پیدا نکرده، هر چند تعرق بطور معنی‌داری افزایش یافته است. پژوهشی طولانی مدت بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۲ نشان داده است که عملکرد ارقام جدید گندم با افزایش WUE از ۱ به ۱/۵ کیلوگرم بر متر مکعب همراه بوده است (۴۲). انتخاب ارقامی که بیشینه فتوسنتز و کمینه تعرق و هدایت روزنه ای را دارند، برای افزایش بهبود بهره وری از آب قابل توصیه می‌باشند (۱۱).

با توجه به مقایسه میانگین ها در سال اول پژوهش میزان‌کارآیی مصرف آب بین مصرف و یا عدم مصرف کلرمکوات کلرید (شاهد) (به ترتیب، ۰/۹۵ و ۰/۹۳گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) و در سال دوم (به ترتیب، ۲/۲۷ و ۲/۱۵ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) تفاوت ها معنی‌دار گردید. دلیل این امر آن بود که کلرمکوات کلرید باعث کاهش رشد شاخساره و در نهایت کاهش تعرق گیاه گردید و در این شرایط گیاه آب را اقتصادی تر مصرف کرد. یافته‌های دیگر پژوهشگران حاکی از آن است که کاربرد کلرمکوات کلرید با تحریک رشد ریشه آب بیشتری را از خاک جذب می‌کند (۱۹).

در پژوهش حاضر در هر دو سال بیشینه مقدارکارآیی مصرف آب (به ترتیب، ۱/۲۳ و ۲/۶۵ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) از سطح ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بدست آمد (شکل ۶). کلارک و

همکاران (۱۶) هم گزارش کردند که با مصرف کود نیتروژن WUE افزایش یافته است. سایر پژوهشگران نیز نتایج مشابه ای را گزراش کرده‌اند (۱۲ و۳۷). برهمکنش رقم و کلرمکوات کلرید بر WUE در هر دو سال پژوهش معنی‌دار گردید (جدول۳). به عبارت دیگر واکنش ارقام نسبت به کلرمکوات کلرید متفاوت بود. رقم نیک نژاد در سال اول و ارقام آذر۲ و فاین ۱۵ در سال دوم نسبت به رقم‌های دیگر واکنش بهتری به مصرف کلرمکوات کلرید نشان داده اند. شاید علت این امر تفاوت ارتفاع ساقه است که در رقم‌های نیک نژاد و فاین ۱۵ زیادتر از رقم آذر۲ و آگوستا بود. و با کاهش تعرق شاخساره مقدار بهره وری از آب افزایش یافته است. بر همکنش کود نیتروژن و تیمار کلرمکوات کلرید بر WUE معنی‌دار گردید (جدول ۴).



شکل ٦- واکنش کارآیی مصرف آب (گرم بر متر مربع بر میلی‌متر) به سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) در دو سال پژوهش

در هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵٪ (آزمون توکی) تفاوت معنی‌داری ندارند.

بیشینه کارآیی مصرف آب در هر دو سال پژوهش از بالاترین سطح کودی (۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و مصرف کلرمکوات کلرید و کمینه آن از پایین ترین سطح نیتروژن (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و مصرف و یا عدم مصرف کلرمکوات کلرید به دست آمد (جدول۴). با توجه به اینکه وجود رطوبت و نیتروژن قابل دسترس در خاک دو عامل بسیار مهم در رشد و تعیین عملکرد گیاهان زراعی، بویژه در شرایط دیم هستند. به نظر می‌رسد در شرایطی که تنش وارده به گیاه ملایم باشد، افزودن نیتروژن موجب تعدیل اثرات منفی تنش رطوبتی گردد. ونلانگ و همکاران (۳۷) هم گزارش کردند با افزایش مصرف کود نیتروژن، WUE در گیاه افزایش پیدا کرده است. پالا و همکاران (۲۶) گزارش کردند واکنش گیاه به مقدار کود نیتروژن تحت تأثیر فراهمی رطوبت قرار می‌گیرد.

تفاوت بین عملکرد دانه، زیست توده و کارآیی مصرف آب در هر دو سال می‌تواند در ارتباط با تفاوت بین سال ها در پراکنش و میزان بارندگی و دمای هوا در طول دوره رشد گیاه و حتی دوره پر شدن دانه باشد. در شرایط محدودیت آب WUE افزایش می‌یابد، این موضوع احتمالا بدلیل بسته شدن روزنه ها و محدود شدن میزان تعرق در اواسط روز است که محدودیت فشار بخار زیاد است (۸).

نتیجه‌گیری

با توجه به تغییر اقلیم و بحران کمبود آب در مناطق مختلف جهان شایسته است راهکارهایی در جهت ذخیره بهینه هیدرولوژیک و فیزیولوژیک آب صورت پذیرد. جذب و ذخیره فیزیولوژیک آب توسط گیاه می‌تواند از طریق رهیافت‌های زراعی از جمله مدیریت رطوبت، کود، و استفاده از ارقام سازگار کنترل شود. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین ارقام و تیمارها از نظر عملکرد دانه، زیست توده و در نهایت کارآیی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشینه عملکرد دانه و زیست توده در سال اول (به ترتیب، ۱۹۲/۴ و ۴۳۱/۲ گرم بر متر مربع) از رقم نیک نژاد و در سال دوم از رقم آذر ۲ (به ترتیب، ۱۲۱/۵ و ۳۳۳/۵ گرم بر متر مربع) با تیمار کلرمکوات کلرید و کاربرد۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. برهمکنش کلرمکوات کلرید و سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو سال پژوهش بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار گردید (به ترتیب در سال‌های اول و دوم، ۱/۲۴ و ۲/۷۲ گرم بر متر مربع بر میلی‌متر). به نظر می‌رسد برای بهبود کارآیی مصرف آب درگندم، استفاده از رقم‌های اصلاح شده پر محصول و مقاوم به تنش رطوبتی و سازگار با شرایط دیم به همراه مصرف بهینه کود نیتروژن‌دار در دیم زارها بتواند به تولید عملکردهای قابل قبول منجر گردد.

منابع

۱- امام، ی. ۱۳۸۶. زراعت غلات. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز، فصل گندم.

۲- امام، ی.، ع. تفضلی و ح. ر. کریمی مزرعه شاه ۱۳۷۵. بررسی اثرات کلرمکوات کلرید بر رشد و نمو گندم قدس. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۷ شماره ۱، صفحه ۲۳-۳۰.

۳- امام، ی و ح. ر. کریمی مزرعه شاه ۱۳۷۶. تأثیر ماده کند کننده رشد کلرمکوات کلرید (CCC) بر رشد، نمو و عملکرد برنج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۸ شماره ۱، صفحه ۶۵-۷۲.

۴- امام، ی. و م. نیک نژاد ۱۳۷۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شیراز. فصل اول.
۵- شریف، س.، م. صفاری، و ی. امام ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و سایکوسل بر عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم والفجر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره ۴، صفحه ۲۸۱-۲۹۱.
۶- عدالت، م.، ح. غدیری، ع. ا. کامگار حقیقی، ی. امام، ع. رونقی و م. ت. آساد ۱۳۸۵. بر همکنش دو تناوب زراعی و سطوح نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزاء عملکرد دو رقم گندم در شرایط دیم در شیراز. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۸، صفحه ۱۰۶-۱۱۹.
۷- طلایی، آ. آ. و ر. حق پرست ۱۳۷۸. اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه و جذب نیتروژن ، پتاسیم و فسفر در برخی از لاین‌های متحمل گندم دیم. مجله نهال و بذر. جلد ۱۵، صفحه ۱۵۶-۱۵۹.
8- Abbate, P. E., J. L. Dardanelli, M. G. Cantarero, M. Maturano, R. J. M. Melchiori and E. E. Suero. 2004. Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. Crop Sci. 44: 474–483.
9- Austin, R. B. and M. A. Ford. 1989. Effects of nitrogen fertilizer on the performance of old and new varieties of winter wheat. Vortr. Pflanzenzuecht, 16: 307–315.
10- Bacon, M. A. 2004. Water use efficiency in plant biology. In: Bacon MA, (ed). Water Use Efficiency in Plant Biology. Oxford: Blackwell Publishing, 1–26.
11- Baodi, D., L. Mengyua, S. Hongbob, L. Quanqi, S. lei, D. Feng and Z. Zhengbin. 2008. Investigation on the relationship between leaf water use efficiency and physio-biochemical traits of winter wheat under rainfed condition. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 62: 280–287.
12- Blum, A. and J. W. Johnson. 1993. Wheat cultivars respond differently to a drying top soil and a possible nonhydraulic root signal. J. Exp. Bot., 44: 1149–1153.
13- Brancourt-Hulmel, M. G., C. Doussinault, P. Lecomte, B. Berard, L. Buance and M. Trottet. 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. Crop Sci., 43: 37–45.
14- Brown, S.C., J. D. H. Keatinge, P. J. Gregory and P. J. M. Cooper. 1987. Effects of fertilizer, variety and location on barley production under rainfed conditions in northern Syria: I. Root and shoot growth. Field Crops Res., 16: 53–66.
15- Chaves, M. M., J. Maroco and J. Pereira. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant Function. Plant Biol., 30: 239–264.
16- Clarke, J. M., C. A. Campbell, H. W. Cutforth, R. M. Depauw and G. E. Winkleman. 1990. Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment, and cultivar yield and protein levels. Can. J. Plant Sci., 70: 965–977.
17- Cooper, P. J. M., P. J. Gregory, J. D. H. Keatinge and S. C. Brown. 1987. Effects of fertilizer, variety and location on barley production under conditions in Northern Syria: II. Soil water dynamics and crop water use. Field Crops Res., 16: 67–84.
18- De, R., G. Giri, G. Saran, R. K. Singh and G. S. Chaturvedi. 1982. Modification of water balance of dryland wheat through the use of chlormequat chloride. J. of Agric. Sci., 98: 593-597.
19- El Damaty, H., H. Kuhn and H. Linser. 1965. Water relations of wheat plants under the influence of 2-chloroethyl trimethyl ammonium chloride (CCC). Physiologia Plantarum, 18: 650-657.
20- Emam, Y. and H. R. Karimi. 1996. Influence of chlormequat chloride on five winter barley cultivars. Iran Agric. Res., 15: 89-104.
21- Halvorson, A. D., D. C. Nielsen and C. A. Reule. 2004. Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. Agron. J., 96: 1196-1201.
22- Howell, T. A., J. L. Steiner, A. D. Schneider and S. R. Evett. 1995. Evapotranspiration of irrigated winter wheat: southern high plains. Trans. ASAE, 38: 745–759.
23- Ma, B. L. and D. L. Smith. 1991. Apical development of spring barley in relation to chlormequat and ethephon. Agron. J., 83: 270-274.
24- Musick, J. T., O. R. Jones, B. A. Stewart, and D. A. Dusek. 1994. Water–yield relationship for irrigated and dryland wheat in the US Southern Plains. Agron. J., 86: 980–986.
25- Nielsen, D. C., M. F. Vigil, R. L. Anderson, R. A. Bowman, J. G. Benjamin and A. D. Halvorson. 2002. Cropping system influence on planting water content and yield of winter wheat. Agron. J., 94: 962-967.
26- Pala, M., A. Matar and A. Mazid. 1996. Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on-farm trials in a Mediterranean type environment. Exp. Agric., 32: 339–349.
27- Qiu, G. Y., L. Wang, X. He, X. Zhang, S. Chen, J. Chen and Y. Yang. 2008. Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the North China Plain. Agric. and Forest Meteo., 148: 1848-1859.
28- Sadras, V. O. 2004. Yield and water use efficiency of water and nitrogen stressed wheat crops increase with degree of co-limitation. Eur. J. Agron., 21: 455-464.
29- 39. Shekoofa, A. and Y. Emam. 2008. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield

of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Shiraz). J. Agric. Sci. Tech., 10: 101-108.
30- 30. Singh, V. P. N. and S. K. Uttam. 1992. Response of wheat cultivars to different N levels under early sown conditions. Crop Res., 5: 82-86.
31- 31. Slafer, G.A. and F.H. Andrade. 1989. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. Field Crops Res., 21: 289–296.
32- 32. Stout, W. L., G. A. Jung and J. A. Shaffer. 1988. Effect of soil nitrogen on water use efficiency of tall fescue and switch grass under humid conditions. Soil Sci., 52: 429-434.
33- 33. Sun, H. Y., C. M. Liu, X. Y. Zhang, Y. J. Shen and Y.Q. Zhang. 2006. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. Agric. Water Manag., 85: 211–218.
34- 34. Turner, N. C. 2004. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. J. Exp. Bot., 55: 2413–2425.
35- 35. Wajid, A., K. Hussain, M. Maqsood, A. Ahmad and A. Hussain. 2007. Influence of drought on water use efficiency in wheat in semi-arid regions of Punjab. Soil and Environ., 26: 64-68.
36- 36. Wang, H., L. Zhang, W. R. Dawes and C. Liu. 2001. Improving water use efficiency of irrigated crops in the North China Plain measurements and modeling. Agric. Water Manag., 48: 151–167.
37- 37. Wenlong, L., L. Weide and L. Zizhen. 2004. Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semi-arid regions. Agric. Water Manag., 67: 35–46.
38- 38. Xue, Q., Z. Zhu, J. T. Musick, B. A. Stewart and D. A. Dusek. 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. J. Plant Physiol., 163: 154–164.
39- 39. Xu, F. and B. Zhao. 2001. Development of crop yield and water use efficiency of winter wheat in Fengqiu in the NCP. Acta Pedol. Sin., 38: 491–497.
40- 40. Yang, J., J. Zahang, Z. Huang, Q. Zhu and L. Liu. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agron. J., 93: 196-206.
41- 41. Zhang, J., X. Sui, B. Li, B. Su, J. Li and D. Zhou. 1998. An improved water-use efficiency for winter wheat grown under reduced irrigation. Field Crops Res., 59: 91–98.
42- 42. Zhang, X., S. Chen, M. Liu, D. Pei and H. Sun, 2005. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain. Agron. J., 97: 783–790.