تأثیر مقادیر کود نیتروژن و آب آبیاری بر عملکرد دانه و راندمان مصرف آب گلرنگ در اصفهان

راضیه مقامی، مرتضی زاهدی* و مهدی قیصری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۶/۶)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار با در نظر گرفتن سه سطح آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه (کم آبیاری ملایم) و آبیاری بر اساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (کم آبیاری شدید) و سه سطح نیتروژن صفر ، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در تابستان سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. با کاربرد نیتروژن محتوای کلروفیل و پرولین، راندمان فتوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، سطح برگ، وزن خشک گیاه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب افزایش یافت. با کاهش رطوبت خاک راندمان فتوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، سطح برگ، وزن خشک گیاه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت کاهش یافت، ولیکن محتوای کلروفیل، پرولین و راندمان مصرف آب افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار های آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. در حالی‌که بالاترین راندمان مصرف آب با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار های آبیاری بر اساس ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. با توجه به نتایج این آزمایش و با در نظر گرفتن هر دو فاکتور عملکرد و راندمان مصرف آب، تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، کود نیتروژن، کم آبیاری، آبیاری قطره‌ای، عملکرد دانه، راندمان مصرف آب

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

نیتروژن پر مصرف‌ترین عنصر غذایی در تغذیه گیاهان می‌باشد و میزان دسترسی گیاهان زراعی به آن از عوامل مهم تعیین کننده تولیدات کشاورزی است. میزان کود نیتروژن مورد نیاز برای نیل به عملکردهای بهینه، با توجه به نوع گیاه، ظرفیت بالقوه تولید محصول، توانایی خاک در تأمین نیتروژن، شرایط آب و هوایی و شرایط زراعی مشخص می‌گردد (۲۲). کمبود نیتروژن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک به علت بارندگی اندک، دمای زیاد، عدم تناوب زراعی مناسب، پوشش گیاهی ناچیز و مصرف کم کودهای آلی به وقوع می‌پیوندد. مقادیر کم مواد آلی در خاک‌های این نواحی باعث شده که نیتروژن موجود در خاک، به‌ندرت بتواند نیاز محصول را تأمین نماید (۲۳). لذا، با توجه به اهمیت تغذیه نیتروژنی مناسب و کم بودن ذخایر قابل دسترس آن در خاک، جهت حصول عملکرد بهینه کاربرد کودهای نیتروژن دار در غالب موارد اجتناب ناپذیر است.

از طرف دیگر، مصرف بیش از نیاز نیتروژن از طریق طولانی‌تر کردن دوره رشد رسیدن محصول را به تأخیر انداخته و هم‌چنین سبب رشد بیش از حد ساقه و کاهش قطر آن شده و خطر خوابیدگی بوته را افزایش می‌دهد (۲۲). هم‌چنین مصرف بیش از حد توصیه شده کودهای ازته علاوه بر این‌که افزایش عملکرد را به همراه ندارد، موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی نیز می‌شوند، چنانچه در حال حاضر آبشویی نیترات از زمین‌های زراعی، مهم‌ترین عامل آلودگی آب‌های زیرزمینی است و در بسیاری از مناطق کشاورزی جهان میزان نیتروژن نیتراته در آب‌های زیرزمینی که به عنوان منبع آب آشامیدنی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند بیش از حد مجاز می‌باشد (۸).

گلرنگ به عنوان یک گیاه دانه روغنی توانایی رشد در مناطقی با محدودیت آب و عناصر غذایی را دارد. این گیاه به دلیل داشتن ریشه‌های عمیق می‌تواند از رطوبت ذخیره شده در عمق خاک استفاده نموده و هم‌چنین نیتروژن را از اعماق خاک جذب کند (۱۹). این گیاه به دلیل قابلیت سازگاری بالا و مقاومت نسبی به خشکی، شوری و نیاز اندک کودی در مناطقی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد که وجود این شرایط موجب محدودیت جدی در رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارای بازده اقتصادی بالا می‌شود (۵). از طرف دیگر، گلرنگ می‌تواند نیترات را قبل از ورود به آب زیرزمینی از عمق زیاد خاک باز یافت و از آبشویی آن جلوگیری نماید (۱۰). تولید هر تن دانه گلرنگ موجب خروج ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم ازت از خاک می‌شود (۱۹). علی رغم این‌که این گیاه از نظر غذایی کم توقع است با این حال جهت تولید اقتصادی ضرورت به کاربرد کود نیتروژن و مدیریت دقیق آبیاری دارد (۱۵). در مطالعات مختلف اثر مصرف کود نیتروژن دار بر میزان فتوسنتز، محتوای کلروفیل، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن در گلرنگ بررسی شده است (۱۳ و ۱۵).

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولیدات زراعی در ایران است (۲۰). غالباً کاهش تثبیت دی اکسید کربن، هدایت آبی روزنه، تعرق، پتانسیل و محتوای نسبی آب برگ به عنوان شاخص‌های تنش خشکی به کار گرفته شده‌اند (۱). کاهش سرعت و گسترش سطح برگ‌ها به واسطه اختلال در فتوسنتز و کاهش آماس سلولی و بالاخص زردی و ریزش زودرس برگ‌ها در زمان شروع رشد زایشی از جمله اثرات اصلی تنش خشکی است. تغییرات محتوای رطوبتی برگ و کلروفیل به عنوان واکنش‌های کوتاه مدت و به عنوان معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی می‌باشند (۳۰). از جمله راهکارهای گیاهان در برابر تنش آب کاهش پتانسیل اسمزی است که در اثر تجمع مواد محلول به وجود می‌آید، که به این فرآیند تنظیم اسمزی گفته می‌شود. انواعی از یون‌های معدنی، قندها و اسیدهای آمینه در جریان تنظیم اسمزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. پرولین از جمله اسیدهای آمینه ای است که غلظت آن در گیاه در شرایط تنش افزایش می‌یابد (۱ و ۲۴). هرچند گلرنگ سازگاری خوبی با شرایط خشکی دارد اما تنش خشکی باعث افت شدیدی در راندمان استفاده از عوامل

Archive of SID

www.SID.ir

محیطی همچون نور و آب می‌شود، که به تبع آن کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال خواهد داشت. چنانچه در مطالعه پورقاسمیان (۲۹) در اثر کاهش میزان رطوبت قابل استفاده مقادیر مربوط به ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه و شاخص برداشت گلرنگ به طور معنی‌داری کاهش یافت.

اثر متقابل نیتروژن قابل دسترس و دیگر عوامل مؤثر در رشد اهمیت زیادی در استفاده از نیتروژن توسط گیاه دارد. مصرف کود، زمانی عملکرد دلخواه را به دنبال خواهد داشت که سایر عوامل مؤثر در رشد، عامل محدود کننده نباشند. میزان آب قابل دسترس از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر کارآیی مصرف نیتروژن است. میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه تحت تأثیر مقدار آب خاک و نیتروژن خاک دارد (۳۳). این تحقیق با هدف ارزیابی اثرات متقابل کود نیتروژن و سطوح مختلف رطوبت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط آب و هوایی اصفهان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۹ به منظور بررسی اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن و آب آبیاری بر رشد و نمو گلرنگ، رقم کوسه، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. متوسط درجه حرارت سالیانه این منطقه ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر است. بافت خاک مزرعه لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH حدود ۷/۵ می‌باشد. رطوبت جرمی در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک در عمق ۰تا ۶۰ سانتی‌متری به ترتیب ۲۲ و ۱۱ درصد وزنی بود.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. سیستم آبیاری نواری به منظور کنترل دقیق آب کاربردی استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه (کم آبیاری ملایم) ، آبیاری براساس ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه (کم آبیاری شدید) به عنوان فاکتور اول و سه سطح کود نیتروژن شامل سطوح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان فاکتور دوم بود. خاک مزرعه زمان کاشت حاوی ۱۷/۵ و ۲۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و پتاسیم و ۰/۰۵ درصد ازت کل بود.

هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف ۴ متری بود. فاصله دو ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرها با فاصله کاشت روی ردیف ۵ سانتی‌متر و عمق کاشت ۳ سانتی‌متر در ۱۵ تیر ماه کاشته شدند. کاشت گیاهان به صورت مسطح انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و تا زمان استقرار کامل، ۲۲ روز پس از کاشت، تمام تیمارهای آبیاری هم‌زمان و به یک میزان آبیاری شدند. در این مدت آبیاری با دور آبیاری ۲ و ۳ روزه انجام شد. برای کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش ستوکسیدیم یک هفته پس از کاشت استفاده شد. هم‌چنین علف‌های هرز سبز شده در سه مرحله به صورت دستی وجین شدند. جهت مبارزه با مگس گلرنگ از سم دورسبان و برای مقابله با سفیدک سطحی از قارچ کش کالکسین استفاده شد.

سیستم آبیاری مزرعه آبیاری قطره‌ای- نواری بود. سیستم آبیاری به نحوی اجرا شد که آبیاری تیمارهای مختلف به طور مستقل انجام شد. در هر تیمار آبیاری یک شیر فلکه برای قطع و وصل جریان داشت. بعد از سیستم فیلتراسیون یک کنتور حجمی با دقت یک لیتر برای کنترل مقدار آب کاربردی نصب شد. رطوبت خاک به روش وزنی اندازه‌گیری شد. عمق آب آبیاری برای تیمار آبیاری کامل محاسبه و سایر تیمارهای آبی، ضریبی از عمق آبیاری تیمار آبیاری کامل را دریافت می‌کردند. ضرایب ۰/۸ و ۰/۶ به ترتیب برای تیمارهای کم آبیاری ملایم و کم آبیاری شدید به کار برده شدند. زمان آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ درصد آب قابل استفاده خاک در تیمار بدون تنش تعیین شد. عمق آبیاری با هدف جایگزین نمودن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا حد ظرفیت زراعی برای تیمار بدون تنش محاسبه گردید. دور آبیاری تابع میزان تخلیه رطوبت از نیمرخ

Archive of SID

www.SID.ir

خاک بود. بنابراین، دور آبیاری در طول فصل رشد ثابت نبود ولی آبیاری تیمارهای آبی به‌صورت همزمان انجام شد.

میزان رطوبت حجمی خاک در زمان آبیاری (θ_{RI}) با انتخاب MAD = ۵۰ ± ۲/۵ ٪ از رابطهٔ زیر محاسبه گردید.

$$\theta_{RI} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \times MAD \qquad [۱]$$

عمق آب آبیاری با استفاده از رابطهٔ زیر برای تیمار آبیاری کامل محاسبه شد :

$$\text{عمق آب آبیاری} = (\theta FC - \theta BI).\ Z.\ \rho b \qquad [۲]$$

θFC: رطوبت در حد ظرفیت مزرعه θ_{PWP}: رطوبت در حد پژمردگی دائم ρb: چگالی ظاهری خاک Z: عمق توسعه ریشه

بر اساس آنالیز خاک مقدار کافی فسفر و پتاسیم برای گلرنگ در خاک مزرعه موجود بود. مقادیر در نظر گرفته شده نیتروژن به فرم کود اوره با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای (کودآبیاری) در طی دوره رشد به‌صورت تقسیط در اختیار گیاه قرار گرفت. کود نیتروژن در سه مرحله (ساقه رفتن، گل‌دهی و اوائل مرحله پر شدن دانه‌ها) به یک نسبت به کار برده شد. برای کود- آبیاری ابتدا کود مورد نیاز هر تیمار در یک مخزن ۲۰ لیتری با آب مخلوط شده سپس با استفاده از انژکتور تزریق، کود محلول به درون سیستم آبیاری تزریق شد.

در مرحله گل‌دهی صفات سطح برگ، محتوای کلروفیل، محتوای پرولین، فلورسانس کلروفیل (راندمان فتوشیمیایی Fv/Fm) و محتوای نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Hitachi kp-ccss1، محتوای کلروفیل بر اساس روش آرنون (۲)، محتوای پرولین با روش بیتز و همکاران (۶) و فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه فلورسانس‌سنج اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روش ودرلی (۳۶) بر اساس رابطه ۳ انجام شد.

$$RWC = \left[(FW - DW)(TW - DW)\right] \times ۱۰۰ \qquad [۳]$$

در این رابطه wf وزن تر، wd وزن خشک و wt وزن آماس برگ‌ها می‌باشد.

هنگام برداشت گیاهان در مرحله رسیدگی، تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی از ردیف‌های وسط هر کرت آزمایشی و با رعایت حاشیه برداشت و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه برای هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه در واحد سطح، گیاهان واقع در سه ردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای برداشت و عملکرد دانه به صورت کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. راندمان مصرف آب آبیاری به صورت نسبت وزن بذر تولیدی به حجم آب آبیاری در طول دوره رشد محاسبه شد.

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD انجام گرفت.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیک

اثر نیتروژن و رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر محتوای کلروفیل، راندمان فتوشیمیایی (Fv/Fm)، محتوای پرولین و محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاربرد نیتروژن محتوای کلروفیل در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۴ و ۱۳ درصد افزایش یافت (جدول ۳). این مقادیر افزایشی برای راندمان فتوشیمیایی ۲ و ۴، برای پرولین ۰/۱۵ و ۸ و برای محتوای نسبی آب برگ ۶ و ۱۲ درصد بود. با توجه به این‌که نیتروژن عنصر تشکیل‌دهنده کلروفیل است، کاربرد آن منجر به سنتز بیشتر کلروفیل می‌گردد (۱). در نقطه مقابل، کاهش دسترسی به این عنصر باعث تخریب فتوسیستم II می‌شود و افت عملکرد کوانتومی انتقال الکترون را به همراه دارد (۷). نیتروژن هم‌چنین در ساختمان اسیدهای آمینه از جمله پرولین نقش اساسی داشته و با افزایش مصرف این عنصر تولید آن را افزایش می‌دهد. در مطالعه دانشمند و همکاران (۹) روی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر محتوای کلروفیل، راندمان فتوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ، محتوای پرولین، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		محتوای کلروفیل	راندمان فتوشیمیایی	محتوای نسبی آب برگ	محتوای پرولین	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی در بوته
بلوک	۳	۰/۰۰۳۹$^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۸$^{n.s}$	۵۴/۱*	۰/۵۸*	۵/۹ $^{n.s}$	۰/۰۱۴*	۱/۰۷*
نیتروژن	۲	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۱۸**	۲۱۶/۷**	۱/۰۶ **	۳۳۶/۳**	۱/۴۴**	۲۵/۰**
آبیاری	۲	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۶۷**	۳۸۷/۷**	۱۷۵/۱**	۱۳۶۲/۱**	۲/۳۷**	۲۲/۵ **
نیتروژن× آبیاری	۴	۰/۰۱۵**	۰/۰۰۰۱۲*	۲۷/۰**	۰/۵۷**	۲۳/۳**	۰/۰۵**	۰/۶۵*
خطا	۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۴	۶/۷۵	۰/۰۹	۸/۵	۰/۰۰۳	۰/۲۴

*و **؛ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر وزن خشک اندام هوایی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن خشک اندام هوایی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	راندمان مصرف آب
بلوک	۳	۶/۷۲*	۳/۱۴*	۴۱/۹**	۳۲/۲**	۱۴۹۳۵$^{n.s}$	۴/۲۸ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۰۸۹
نیتروژن	۲	۲۹۰/۲**	۸۷/۰**	۱۵۸/۲**	۱۲۰/۷**	۱۴۶۷۷۰۱**	۲۲۶/۳**	۰/۰۵۴**
آبیاری	۲	۷۸۳/۵**	۲۲۲/۱**	۲۹۱/۴**	۲۸۸/۸**	۱۲۹۲۹۴۸**	۳۰۹/۱ **	۰/۰ ۲۱۹**
نیتروژن× آبیاری	۴	۶/۱۹**	۱۱/۴**	۲/۰۲*	۳/۹۲**	۲۰۳۸۷*	۱۲/۶ **	۰/۰۰۱۳*
خطا	۲۴	۲/۲۳	۰/۶۶	۰/۵۶	۰/۵۸	۵۲۳۷	۱/۸۵	۰/۰۰۰۱۵

*و **؛ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

کلزا نیز با افزایش کاربرد نیتروژن محتوای پرولین از ۱۵ به ۱۰۶/۳ میکرومول در گرم وزن‌تر برگ افزایش یافت. در مطالعه قلی‌نژاد و همکاران (۱۴) افزایش کاربرد نیتروژن محتوای نسبی آب برگ در آفتابگردان را افزایش داد.

با کاهش رطوبت خاک محتوای کلروفیل و پرولین افزایش ولیکن راندمان فتوشیمیایی و محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (جدول ۳). در تیمارهای کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد محتوای کلروفیل به ترتیب ۱۸ و ۲۱ و محتوای پرولین ۳/۱۹ و ۲/۹۷ درصد افزایش یافت. بیشترین محتوای کلروفیل برگ با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار کم آبیاری ملایم و کمترین آن بدون کاربرد نیتروژن در تیمار آبیاری کامل به دست آمد (جدول ۵). در حالی‌که بیشترین غلظت پرولین با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار کم آبیاری شدید و کمترین آن در تیمار آبیاری کامل به دست آمد. گرچه تفاوت بین سطوح نیتروژن از این نظر معنی دار نبود. میزان تأثیر تنش آب بر محتوای کلروفیل به شدت تنش و ژنوتیپ بستگی دارد.در شرایط تنش آبی ملایم با کاهش سطح برگ ممکن است محتوای کلروفیل افزایش یابد و علت این افزایش به دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های محتوای کلروفیل (میلی‌گرم در هر گرم وزن تر برگ)، راندمان فتوشیمیایی (Fv/Fm)، محتوای نسبی رطوبت برگ (درصد)، محتوای پرولین (میکرومول در هر گرم وزن تر برگ)، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی

	محتوای کلروفیل	راندمان فتوشیمیایی	محتوای نسبی آب برگ	محتوای پرولین	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی
رژیم آبیاری							
آبیاری کامل	۰/۴۱۸^{b}	/۸۱۹^{a}	۸۱/۲^{a}	۲/۱۸^{b}	۷۸/۳^{a}	۳/۸۸^{a}	۸/۳۱^{a}
کم آبیاری ملایم	۰/۵۰۷^{a}	۰/۸۱۱^{b}	۷۷/۱^{b}	۸/۹۳^{a}	۷۳/۶^{b}	۳/۴۸^{a}	۶/۸۳^{b}
کم آبیاری شدید	۰/۴۹۲^{a}	۰/۷۷۵^{c}	۶۹/۹^{c}	۸/۶۷^{a}	۵۷/۹^{c}	۲/۷۲^{b}	۵/۵۸^{c}
نیتروژن							
شاهد	۰/۴۱۹ ^{c}	۰/۷۸۹^{c}	۷۱/۷^{c}	۶/۴۲^{b}	۶۳/۹^{b}	۲/۶۵^{c}	۵/۴۷^{c}
۵۰ کیلوگرم	۰/۴۷۵^{b}	۰/۸۰۳^{b}	۷۶/۳^{b}	۶/۴۴^{b}	۷۱/۹^{a}	۳/۰۱^{b}	۶/۹۰^{b}
۱۰۰ کیلوگرم	۰/۵۲۳^{a}	۰/۸۱۴^{a}	۸۰/۲^{a}	۶/۹۴^{a}	۷۴/۰^{a}	۳/۵۳^{a}	۸/۳۶^{a}

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام هوایی (گرم در هر بوته)، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب آبیاری)

	وزن خشک اندام هوایی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت		راندمان مصرف آب
رژیم آبیاری								
آبیاری کامل	۴۵/۰^{a}	۲۵/۲^{a}	۳۱/۴^{a}	۳۹/۰^{a}	۲۹۲۵^{a}	۲۸/۱^{a}	c	۰/۳۷۱
کم آبیاری ملایم	۴۲/۷^{b}	۲۳/۱^{b}	۲۸/۳^{b}	۳۷/۷^{b}	۲۸۰۱^{b}	۲۵/۶^{b}	b	۰/۴۲۶
کم آبیاری شدید	۳۰/۰^{c}	۱۶/۹^{c}	۲۱/۷^{c}	۲۹/۹^{c}	۲۳۰۴^{c}	۱۸/۳ ^{c}	a	۰/۵۳۸
نیتروژن								
شاهد	۳۴/۷ ^{c}	۱۸/۸^{c}	۲۳/ ۲^{c}	۳۱/۹^{c}	۲۳۰۰^{c}	۱۹/۱^{c}	c	۰/۴۳۴
۵۰ کیلوگرم	۳۸/۵^{b}	۲۲/۳^{b}	۲۷/۶^{b}	۳۶/۸ ^{b}	۲۷۳۷^{b}	۲۵/۵ ^{b}	b	۰/۵۱۹
۱۰۰ کیلوگرم	۴۴/۵^{a}	۲۴/۱^{a}	۳۰/۴^{a}	۳۷/۹ ^{a}	۲۹۹۲^{a}	۲۷/۴ ^{a}	a	۰/۵۶۶

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

کوچک شدن سلول‌های برگ به علت کاهش سطح برگ و ضخیم شدن سلول‌ها می‌باشد. در حالی که تنش شدید می تواند باعث توقف تولید کلروفیل گردد (۱۸). در شرایط تنش خشکی تجمع پرولین سریع‌تر از سایر اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد. تجمع پرولین در شماری از گونه‌ها می‌تواند در سازگاری با تنش نقش ایفا نماید. چنانچه در آزمایش بندورسکا و استروینسکی (۴) ارقام مقاوم جو میزان پرولین بیشتری را در بافت‌های خود تحت تنش رطوبتی تجمع دادند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر کلروفیل (میلی گرم در هر گرم وزن تر برگ)، راندمان فتوشیمیائی (Fv/Fm)، محتوای نسبی آب برگ (درصد)، غلظت پرولین (میکرومول در هر گرم وزن تر برگ)، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی

آبیاری	نیتروژن	محتوای کلروفیل	راندمان فتوشیمیایی	محتوای نسبی آب برگ	محتوای پرولین	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی
	شاهد	/۳۸۹^{d}	۰/۸۱۲^{c}	۷۴/۵^{cd}	۲/۱۶^{e}	۳/۲۱^{d}	۶/۵۰^{d}
آبیاری کامل	۵۰ کیلوگرم	/۴۲۸^{cd}	۰/۸۱۴^{c}	۸۰/۳^{b}	۲/۱۷^{e}	۳/۸۰^{b}	۸/۷۸^{b}
	۱۰۰ کیلوگرم	/۴۳۸^{cd}	۰/۸۳۴^{a}	۸۸/۷^{a}	۲/۲۴^{e}	۴/۰۴^{a}	۹/۶۸^{a}
	شاهد	/۴۲۵^{cd}	۰/۷۹۶^{d}	۷۳/۹^{de}	۸/۷۵^{bc}	۳/۰۵^{e}	۵/۶۷^{e}
کم آبیاری ملایم	۵۰ کیلوگرم	/۴۶۱^{c}	۰/۸۱۴^{c}	۷۸/۱^{b}	۸/۹۵^{b}	۳/۵۷^{c}	۶/۶۸^{cd}
	۱۰۰ کیلوگرم	/۶۳۵^{a}	۰/۸۲۴^{ab}	۷۹/۲^{b}	۹/۰۸^{ab}	۳/۸۳^{b}	۸/۱۷^{b}
	شاهد	/۴۴۵^{cd}	۰/۷۶۱^{f}	۶۶/۷^{f}	۸/۳۴^{cd}	۲/۶۰^{g}	۴/۲۵^{f}
کم آبیاری شدید	۵۰ کیلوگرم	/۵۳۷^{b}	۰/۷۶۱^{e}	۷۰/۴^{ef}	۸/۱۷^{d}	۲/۸۶^{f}	۵/۲۵^{e}
	۱۰۰ کیلوگرم	/۴۹۵^{bc}	/۷۸۴^{e}	۷۲/۷^{de}	۹/۵۱^{a}	۳/۰۱^{e}	۷/۲۵^{c}

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نمی باشد.

راندمان فتوشیمیایی در تیمارهای کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۱ و ۶ و محتوای نسبی آب برگ ۵ و ۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین راندمان فتوشیمیایی و محتوای نسبی آب برگ با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار آبیاری کامل و کمترین آنها بدون کاربرد نیتروژن در تیمار کم آبیاری شدید به دست آمد (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی سرعت پذیرنده‌های الکترونی در فتوسیستم II کاهش می‌یابد و سبب کاهش پتانسیل عملکرد کوانتوم می‌شود (۲۷). کاهش محتوای نسبی آب برگ‌ها و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش خشکی می‌باشد که از طریق اختلال در سیستم تولید مواد فتوسنتزی موجب کاهش عملکرد گیاه می‌شود (۳۵). در مطالعه قلی‌نژاد و همکاران (۱۴) نیز رطوبت نسبی آب در برگ‌های آفتابگردان در تنش شدید (آبیاری پس از تخلیه ۹۰ درصد) نسبت به آبیاری مطلوب (آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به میزان ۱۷ درصد کاهش یافت.

صفات مورفولوژیک و وزن خشک گیاه

اثر نیتروژن و رژیم آبیاری و اثر متقابل آنها بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). با کاربرد نیتروژن مقادیر مربوط به صفات مذکور افزایش یافت (جداول ۳ و ۴). میزان افزایش ارتفاع گیاهان در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد به ترتیب ۱۲ و ۱۶ درصد بود. این مقادیر افزایشی برای تعداد شاخه فرعی ۲۶ و ۵۲، برای شاخص سطح برگ ۱۷ و ۳۳ و برای وزن خشک اندام هوایی ۱۱ و ۲۸ درصد بود. در مطالعه فرائتی (۱۳) و حقیقتی (۱۵) نیز با افزایش نیتروژن در خاک ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی گلرنگ افزایش یافت. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. از یک طرف گیاهان با دریافت نیتروژن سطح برگ بیشتری تولید می‌کنند (۱۴) و از طرف دیگر در سطوح بالاتر نیتروژن به دلیل افزایش تعداد و دوام طول عمر برگ‌ها شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد (۳۷). هم‌چنین با افزایش

Archive of SID

www.SID.ir

مصرف نیتروژن و به تبع آن سطح برگ به وزن اندام‌های هوایی افزوده می‌شود، که در این صورت گیاه قادر به تولید مقدار بیشتری از مواد فتوسنتزی خواهد بود، که این امر منجر به افزایش تعداد سلول‌های تشکیل‌دهنده ساقه و ارتفاع خواهد شد (۲۰). مصرف نیتروژن هم‌چنین از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و میزان آسیمیلات‌هایی که در اختیار جوانه‌های جانبی قرار می‌گیرد می تواند در تولید شاخه‌های جانبی مؤثر باشد (۱۳).

با کاهش رطوبت خاک مقادیر ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در گیاه کاهش یافت (جداول ۳ و ۴). میزان کاهش ارتفاع گیاه در تیمارهای کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۶ و ۲۶ درصد بود. این مقادیر کاهشی برای تعداد شاخه فرعی ۱۸ و ۳۳ ، برای شاخص سطح برگ ۱۰ و ۲۹ و برای وزن خشک اندام هوایی ۵ و ۳۰ درصد بود. در مطالعه پور قاسمیان (۲۹) نیز با کاهش رطوبت خاک ارتفاع و شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی گلرنگ کاهش یافت. ارتفاع و سطح برگ در گیاه به عواملی از جمله تاریخ کاشت، تراکم گیاهی، مدیریت زراعی و اثر تنش‌های محیطی بستگی دارد. اولین قسمتی که در اثر خشکی آسیب می‌بیند رشد سلولی است. کاهش پتانسیل آب سلول‌های گیاهی سبب کاهش پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن و رشد سلول می‌گردد. بنابراین تنش باعث کاهش اندازه سلول‌ها و کوتاه ماندن گیاه و کاهش سطح برگ می‌شود (۱۱). در آزمایش حاضر کاهش محتوای کلروفیل، سطح برگ و رطوبت نسبی برگ‌ها در تیمارهای کم آبیاری سبب کاهش فتوسنتز و ماده خشک تولیدی توسط گیاه شد. در مطالعه شریف مقدسی و امیدی (۳۳) نیز با کاهش رطوبت خاک، تعداد شاخه در گلرنگ در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها نسبت به شاهد به ترتیب برابر با ۲۷ و ۲۹ درصد کاهش یافت. بیشترین مقادیر مربوط به ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار آبیاری کامل و کمترین آنها بدون کاربرد نیتروژن در تیمار های کم آبیاری به دست آمد (جداول ۵ و ۶).

عملکرد و اجزای عملکرد

اثر نیتروژن و آبیاری و اثر متقابل آنها بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). عملکرد دانه در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۹ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴).این مقادیر افزایشی برای تعداد طبق در بوته ۱۹ و ۲۸، برای تعداد دانه در طبق ۱۹ و ۳۱ و برای وزن هزار دانه ۱۵ و ۱۹ درصد بود. افزایش مصرف نیتروژن، به دلیل ایجاد مقصد فیزیولوژیک بزرگ‌تر یعنی تعداد دانه بیشتر و دانه‌های بزرگ‌تر و هم‌چنین از طریق فعالیت بیشتر مبدا یعنی ایجاد سطح برگ بیشتر و دوام زیادتر آن می‌تواند موجب افزایش عملکرد گردد (۱۷). در این آزمایش نیز با کاربرد نیتروژن محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ و شاخص سطح برگ افزایش یافت. هم‌چنین مصرف نیتروژن موجب تأثیر مثبت بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن دانه شد که مجموع این تغییرات باعث افزایش عملکرد دانه گردید. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که هر سه جز عملکرد در افزایش عملکرد دانه با کاربرد نیتروژن نقش داشته اند، ولی سهم صفات تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق در این رابطه بیشتر بود. استفاده از نیتروژن باعث افزایش تعداد شاخه در هر بوته می‌گردد که می‌تواند به تولید طبق بیشتر منجر شود. هم‌چنین نیتروژن از طریق توسعه مریستم زاینده گلچه‌ها سبب افزایش قطر طبق و افزایش تعداد دانه در هر طبق می‌شود (۳۴). از طرف دیگر، با افزایش سطح برگ در اثر کاربرد نیتروژن مواد فتوسنتزی در مقادیر کافی تولید شده و بدین‌وسیله رقابت بین دانه‌ها برای دریافت مواد فتوسنتزی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در هر بوته)، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق ، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، شاخص برداشت و راندمان مصرف آب (کیلوگرم دانه به ازای هر متر مکعب آب آبیاری)

آبیاری	نیتروژن	وزن خشک اندام هوایی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	راندمان مصرف آب
	شاهد	۴۱/۹^{c}	۲۲/۴^{d}	۲۷/۶^{d}	۳۴/۵^{d}	۲۵۳۵^{d}	۲۲/۹^{c}	۰/۴۰^{f}
آبیاری کامل	۵۰ کیلوگرم	۴۳/۰^{c}	۲۵/۲^{bc}	۳۲/۲^{b}	۴۰/۸^{ab}	۲۹۷۵^{b}	۳۰/۲^{a}	۰/۴۷^{d}
	۱۰۰ کیلوگرم	۵۰/۲^{a}	۲۸/۱ ^{a}	۳۴/۳^{a}	۴۱/۸^{a}	۳۲۶۳^{a}	۳۱/۱^{a}	۰/۵۱^{c}
	شاهد	۳۷/۸^{d}	۱۸/۳ ^{e}	۲۴/۵^{f}	۳۳/۸^{d}	۲۴۵۲^{d}	۱۹/۰^{d}	۰/۴۶^{de}
کم آبیاری ملایم	۵۰ کیلوگرم	۴۳/۰^{c}	۲۴/۹^{c}	۲۹/۴^{c}	۳۹/۱^{c}	۲۷۸۹^{c}	۲۸/۲^{b}	۰/۵۲^{c}
	۱۰۰ کیلوگرم	۴۷/۴^{b}	۲۶/۱^{b}	۳۱/۱^{b}	۴۰/۲^{bc}	۳۱۶۰^{a}	۲۹/۵^{ab}	۰/۵۹^{a}
	شاهد	۲۴/۶^{d}	۱۵/۸^{g}	۱۷/۶^{h}	۲۷/۶^{g}	۱۹۱۴^{e}	۱۵/۴^{e}	۰/۴۵^{e}
کم آبیاری شدید	۵۰ کیلوگرم	۲۹/۶ ^{e}	۱۶/۹^{fg}	۲۱/۷^{g}	۳۰/۵^{f}	۲۴۴۷^{d}	۱۸/۰^{d}	۰/۵۷^{d}
	۱۰۰ کیلوگرم	۳۵/۸^{f}	۱۸/۱^{ef}	۲۵/۹^{e}	۳۱/۸^{e}	۲۵۵۲^{d}	۲۱/۵^{c}	۰/۶۰^{a}

در هر ستون و برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

کاهش یافته و وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (۱۳). در مطالعه حقیقتی (۱۵) عملکرد دانه گلرنگ با مصرف ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۱۳، ۱۵ و ۲۳ درصد افزایش یافت. افزایش تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه گلرنگ با کاربرد نیتروژن توسط قرائتی (۱۳) نیز گزارش شده است.

با کاهش رطوبت خاک عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه کاهش یافت (جدول ۴). میزان کاهش عملکرد دانه در تیمارهای کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۴ و ۲۱ درصد بود . این مقادیر کاهشی برای تعداد طبق در بوته ۸ و ۳۳ ، برای تعداد دانه در طبق ۱۰ و ۳۱ و برای وزن هزار دانه ۳ و ۲۳ درصد بود. در این آزمایش کاهش سطح برگ، تعداد شاخه در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن دانه در اثر تنش رطوبت موجب افت عملکرد دانه شد. کمبود آب سبب بسته شدن روزنه‌ها شده و در اثر کاهش گازکربنیک ورودی به گیاه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (۲۹). به نظر می‌رسد نقصان تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتزی کافی جهت تخصیص مناسب به طبق‌های تولید شده و در حال رشد شده و در نتیجه باعث ریزش آنها می‌شود (۲۶). هم‌چنین در اثر کاهش مواد فتوسنتزی، سلول‌های بنیادی کاهش یافته و تعداد دانه کمتری در هر طبق تولید می‌شود (۳۲). کاهش وزن هزار دانه در تنش رطوبتی را می‌توان به کاهش فتوسنتز و دوام سطح برگ، که در نتیجه آنها سرعت و طول پر شدن دانه‌ها کاهش می‌یابد، مربوط دانست (۲۱). در گزارش پاسبان اسلامی و همکاران (۲۸) بیشترین عملکرد دانه گلرنگ در تیمار شاهد (آبیاری پس از تخلیه ۳۵ درصد آب قابل استفاده) به‌دست آمد و میزان کاهش عملکرد در تیمار تنش (آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل استفاده) نسبت به تیمار شاهد ۱۸ درصد بود. در مطالعه اشکانی و همکاران (۳) عملکرد دانه گلرنگ در تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) نسبت به تیمار شاهد (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر) حدود ۵۷ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه و اجزا عملکرد توسط شریف مقدسی و امیدی (۳۳) پورقاسمیان (۲۹) ایستانبولت و همکاران (۱۶) نیز برای گلرنگ گزارش شده است. بیشترین مقادیر مربوط به عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمار آبیاری کامل و کمترین آن بدون کاربرد نیتروژن در تیمار کم‌آبیاری شدید به دست آمد (جدول ۶).

شاخص برداشت

اثر نیتروژن و آبیاری و اثر متقابل آنها بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲). شاخص برداشت در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد به ترتیب ۳۳ و ۴۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در این آزمایش علت افزایش شاخص برداشت با کاربرد نیتروژن به دلیل تأثیر بیشتر افزایش سطح نیتروژن بر تولید دانه در مقایسه با اندام‌های رویشی گیاه بود. به‌طوری‌که میزان افزایش عملکرد دانه در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۹ و ۳۰ درصد، در حالی‌که این مقادیر افزایشی برای وزن خشک اندام هوایی کمتر و به ترتیب برابر ۱۱ و ۲۸ درصد بود. در مطالعه قرائتی (۱۳) نیز شاخص برداشت در سطوح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد به ترتیب ۸، ۱۴ و ۳۱ درصد افزایش یافت. با کاهش رطوبت خاک شاخص برداشت در تیمارهای کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۹ و ۳۴ درصد کاهش یافت (جدول ۴). در مطالعه پاسبان اسلامی و همکاران (۲۸) با کاهش رطوبت خاک شاخص برداشت در تیمار آبیاری بر اساس تخلیه ۷۰ درصد آب قابل استفاده نسبت به شاهد ۷ درصد کاهش یافت و بیشترین آن در تیمار بدون تنش برابر ۰/۲۷ درصد به‌دست آمد. در آزمایش حاضر بیشترین شاخص برداشت با کاربرد یا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در آبیاری کامل وکمترین آن بدون کاربرد نیتروژن در تیمار کم آبیاری شدید به دست آمد (جدول ۶).

راندمان مصرف آب

اثر نیتروژن و آبیاری و اثر متقابل آنها بر راندمان مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). راندمان مصرف آب در تیمار ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد به ترتیب ۱۹ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در مطالعه دانشمند و همکاران (۹) در رابطه با اثر سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار) بر کلزا بالاترین راندمان مصرف آب در تیمار کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد. در مطالعه حاضر با کاهش رطوبت خاک راندمان مصرف آب در تیمار کم آبیاری ملایم و شدید نسبت به شاهد به ترتیب ۲۲ و ۳۳ درصد افزایش یافت. در آزمایش نادری درباغشاهی و همکاران (۲۵) روی گلرنگ که تیمار های آبیاری پس از ۷۰، ۱۴۰ و ۲۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر به‌کار برده شد، راندمان مصرف آب در تیمار ۷۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به تیمارهای تنش بیشتر بود. با توجه به این‌که دو فاکتور تعیین کننده راندمان مصرف آب، میزان آب مصرفی و عملکرد دانه می‌باشند، کاهش مصرف آب در تیمارهای تنش عملکرد دانه را کاهش داده است، به طوری که میزان کاهش عملکرد از میزان کاهش آب مصرفی بیشتر بوده و در نتیجه راندمان مصرف آب کاهش یافته است. در شرایط کمبود آب گیاه قادر است روزنه‌ها را تا حدودی بسته‌تر نگاه دارد. این امر بر خروج آب از گیاه و ورود دی‌اکسید کربن و تجمع ماده خشک اثر می‌گذارد. در چنین شرایطی ممکن است خروج آب به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار گیرد و در نتیجه نسبت ورودی و خروجی در گیاه (کارایی مصرف آب) افزایش یابد. در این آزمایش بیشترین راندمان مصرف آب با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمارهای کم آبیاری و کمترین آن بدون کاربرد کود در تیمار آبیاری کامل به دست آمد (جدول ۶).

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در آزمایش حاضر با کاربرد کود نیتروژن عملکرد دانه در اثر افزایش محتوای کلروفیل برگ، راندمان فتوشیمیایی، محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ و اجزای عملکرد شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه افزایش و با کاهش میزان رطوبت در خاک عملکرد دانه به واسطه کاهش مقادیر مربوط به صفات مذکور کاهش یافت. بیشترین مقادیر مربوط به عملکرد دانه با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد. در حالی که بیشترین مقادیر مربوط به راندمان مصرف آب با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در تیمارهای آبیاری بر اساس ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. لذا در شرایط این آزمایش، با در نظر گرفتن هر دو فاکتور عملکرد دانه و راندمان مصرف آب، به نظر می‌رسد تلفیق کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و آبیاری براساس ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه نسبت به دیگر تیمارهای آزمایشی مزیت بیشتری داشته باشد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, A., P. Ehsanzadeh and F. Jabbari. 2006. Introduction to Plant Physiology. The University of Tehran Press, Tehran, Iran. (In Farsi). Pp. 516
2. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Poly phen oloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiol*ogy 24: 1-15.
3. Ashkani. J., H. Pakneyat, Y. Emam, M. T. Assad and M.J. Bahrani. 2007. The evaluation and relationships of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under stress and non-stress water regimes. *Journal of Agricultural Science and Technology* 9: 267-277.
4. Bandurska, H. and A. Stroinski. 2003. ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* Maresi) barley genotypes under deficit water conditions. *Acta Physiologiae Plantarum* 25:55-61.
5. Bassil, E. S. and S. R. Kaffka. 2002. Response of safflower *(Carthamus tinctorius* L.*)* to saline soils and irrigation. *Agricultural Water Management* 54: 81-92.
6. Bates, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 39: 205- 207.
7. Berges. J. A., D. O. Charlebois, D. C. Mauzerall and P. G. Falkowski. 1996. Differential effects of nitrogen limitation on photosynthetic efficiency of photosystems I and II in Microalgae. *Plant Physiol*ogy 110: 689-696.
8. Bhatnagar, A. and M. Sillanpaa. 2011. A review of emerging adsorbents for nitrate removal from water. *Chemical Engineering Journal* 168: 493–504.
9. Daneshmand, A., A. H. Shirani-rad, G. H. Noormohammadi, G. H. Zeraei and J. Daneshian 2007. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components, nitrogen uptake and water and nitrogen use efficiency in two of canola cultivars. *Iranian Journal of Crop Science* 8: 323-342. (In Farsi).
10. Eckhoff, J. L. A. and J. W. Bergman. 1989. Nitrate in soil and groundwater under irrigated crops. MSU Eastern Agricultural Research Center, Sidney.
11. Farid, N. and P. Ehsanzadeh. 2006. Yield and yield components of spring sown safflower genotypes and their response to shading on inflorescence and the adjacent green tissue in Isfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 10: 189-199. (In Farsi).
12. Farouzan, K. 1999. Safflower. Seed Cooperation Pub., Tehran. (In Farsi).
13. Gheraati, L. 2006. Effects of rate of nitrogen application on yield and yield components of safflower. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi)
14. Gholinejad, E., A. Aeenehband, A. Hasanzade Ghorttappe, I. Barnoosi and H. Rezaei. 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population in urmieh climate conditions. *Journal of Plant Production* 16: 1-27. (In Farsi)
15. Haghighati, A. 2010. Study on the effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and oil content of safflower lines in drylands. *Research Journal of Agronomy* 4: 57- 62.
16. Istanbulluoglu, A., E. Gocme, E. Gezer, C. Pasa and F. Konukcu. 2009. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Agricultural Water Management* 96: 1429-1434.

Archive of SID

www.SID.ir

17. Izadi, M. H. and Y. Emam. 2010. Effect of planting pattern, plant density and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize *cv.* SC704. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12: 239-251. (In Farsi).
18. Kafi, M., E. Zand, B. Kamkar, H. R. Sharifi and M. Goldani 2003. Plant Physiology (Translated). Mashhad Jehad Daneshgahi Press., Mashhad, Iran. (In Farsi). Pp. 732
19. Khajepoor, M. R. 2004. Industerial Crops. IUT University, Jahad Daneshghahi Press., Isfahan. (In Farsi). Pp. 582
20. Koocheki, A. and M. Banayan-Aval. 1994. Crop Yield Physiology. Jahad_Daneshgahi Mashhad Press (In Farsi), Mashhad, Iran, Pp. 380
21. Lack, SH., A. Naderi, S. A. Siadat, A. Ayenehband and GH. Noormohammadi. 2006. Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield, its components and water use efficiency in maize (*Zea mays* L.) *cv*. SC. 704 under different moisture conditions in Khuzestan. *Iranian Journal of Crop Sciences* 8: 153-170. (In Farsi).
22. Malakouti, M., Keshavarz, P. and N. Karimian. 2008. A comprehensive approach towards identification of nutrient deficiency and optimal fertilization for sustainable agriculture. Tehran, Tarbiat Modares University Press. Pp. 755
23. Malakouti, M. J. and M. Nafisi. 1995. Fertilization of Dryland and Irrigated Soils (Translated). Tarbiat Modares University Press., Tehran, Pp. 342
24. Movahhedy Dehnavy, M., S. A. M. Modares Sanavi, A. Sorushzadeh and M. Jalali Javaran. 2004. Changes in proline, total soluble sugars, SPAD and chlorophyll florescence in winter safflower cultivars under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Biaban* 9: 93-95.
25. Naderi Darbaghshahi M., GH. Noormohammadi, E. Majidi, F. Darvish, A. Shiranirad and H. Madani. 2004. Effects of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. *Seed and Plant Improvement Journal* 20: 281-296.
26. Naeemi M., G. Akbari, A. H. Shirani Rad, S. A. M. Modares Sanavi, S. A. Sadat-Nuri and H. Jabari. 2008. Evaluation of drought tolerance in different canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic Journal of Crop Production* 1: 83-98. (In Farsi).
27. Oman, A., D. Habibi, M. M. Akbarbujar and N. Khodabande. 2006. Antioxidants enzymes and index to selection different genotype of sunflower for drought tolerance. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 1: 1-12 (In Farsi)
28. Pasban eslami, B., H. Monirlfari. and M. Taher Ghassemi. 2010. Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 373-380.
28. Poorghasemian, M. 2007. The effects of planting pattern and level of soil moisture on yield and yield components of safflower in Isfahan. MSc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan. (In Farsi).
29. Pour mousavi, S. M., M., Galavi, J. Danshiyan, A. Ghanbari and N. Basirani. 2007. Effects of drought stress and manure on leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content in soybean (*Glycine max* L). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14: 87-98.
30. Rathke, G. W., O. Christen and W. Diepenbrok. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crop Research* 94: 103-113.
31. Sarmadnia, G. H. and A. Koocheki. 1987. *Physiological aspects of dryland farming*. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran (In Farsi). PP. 424.
32. Sharrifmoghaddasi, M. and A. H. Omidi. 2010. Study of interrupting irrigation effects at different growth stages on grain and oil yield of new safflower varieties. *Advances in Environmental Biology* 4: 387-391.
33. Steer, B. T. and G. J. seiler. 1990. Change in fatty acid composititon of sunflower (*Heliantuhus annuus* L.) seed in response to time of nitrogen application, supply rates and defoliation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 51: 11-26.
34. Vazan, S., Z. Ranji, M. Tehrani, A. Ghalavand and M. Saaneyi. 2002. Drought stress effects on ABA accumulation and stomatal conductivity of sugar beet. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 3: 176-180. (In Frasi).
35. Weatherley, P. E. 1950. Studies in water relations of cotton plants I. the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist* 49: 81-87.37.

Archive of SID

www.SID.ir