نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هشتم، شماره ۱(۲۹)، ۱۳۹۳، صفحه ۵۶-۴۱

ارزیابی کارآیی مصرف نور و نیتروژن در گندم (*Triticum aestivum*) تحت سطوح آبیاری و کود نیتروژنه

احمد قنبری[۱]، براتعلی فاخری[۲]، ابراهیم امیری[۳] و ابوالفضل توسلی[۴*]

چکیده

به منظور تعیین عملکرد، کارآیی مصرف نور،میزان آب‌شویی، تجمع و کارآیی مصرف نیتروژن گندم در شرایط آب و نیتروژن محدود، آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو فصل زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ روی گیاه گندم در شهرستان شیروان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی از سه سطح آبیاری (I_1: آبیاری کامل (ظرفیت زراعی)، I_2: ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، I_3: ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و I_4: بدون آبیاری (دیم)) به عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح کود نیتروژن (N_1: ۰، N_2: ۱۰۰، N_3: ۱۷۵ و N_4: ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی تشکیل شدند. صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ، کارآیی مصرف نور در کانوپی، آب‌شویی نیتروژن، غلظت نیتروژن و کارآیی مصرف نیتروژن در گیاه گندم مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. به‌طوری‌که، در تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جزء کارآیی مصرف نیتروژن بالاترین مقدار صفات از تیمار آبیاری مطلوب همراه با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در رابطه با کارآیی مصرف نیتروژن نیز دو روند کاملاً متفاوت مشاهده شد. در حالت اول در تیمارهای آبیاری مطلوب (I_1) و تنش ملایم رطوبتی (I_2) با افزایش مقدار نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن نیز افزایش یافت. اما در حالت دوم که در تیمارهای تنش شدید (I_3) و بدون آبیاری (I_4) رخ داد، با افزایش مقدار نیتروژن (از N_1 (بدون مصرف کود) تا N_4 (مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود))، کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت. به‌طورکلی از نتایج آزمایش می‌توان چنین استنتاج کرد که برای حصول بالاترین عملکرد و کیفیت گندم، و همچنین استفاده کارآمد از تشعشع خورشیدی و نیتروژن مصرفی توسط گیاه زراعی، آبیاری مطلوب همراه با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در منطقه شیروان بسیار ایده‌آل است.

واژگان کلیدی: عملکرد، کارآیی مصرف نور، کارآیی مصرف نیتروژن، کیفیت، گندم.

۱- استاد دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، دانشگاه زابل

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۴- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت، دانشگاه زابل (نگارنده‌ی مسئول)

Tavassoli_abolfazl@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۶

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

از جمله عوامل محدود کننده رشد گندم و دیگر محصولات زراعی در اراضی فاریاب، مقدار رطوبت و نیتروژن خاک است (Fouladmand *et al*., 2006). نیتروژن و میزان رطوبت خاک هر کدام از عوامل محرک رشد رویشی هستند. اثرات مثبت و یا منفی هر یک از این عوامل بر عملکرد، بستگی به میزان عامل دیگر (رطوبت یا نیتروژن) دارد. عملکرد محصول نتیجه برهمکنش مجموعه واکنش‌ها و فرایندهای فیزیولوژیکی است که به نحوی متاثر از عوامل محیطی هستند. نیتروژن یک عامل کلیدی برای عملکرد مطلوب غلات است. گندم معمولاً در دوره رشد خود به نیتروژن قابل جذب نیاز ضروری دارد (Bly and Woodward, 2003).

افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش سطح برگ، تشکیل پنجه و شاخص سطح برگ می‌شود و این افزایش‌ها منجر به تولید مقدار بیشتر ماده خشک و عملکرد دانه گندم می‌گردد (Lemon, 2007). افزایش نیتروژن موجب گسترش و حجیم شدن ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود. علاوه بر آن، باعث تسریع رشد رویشی، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تعرق گیاه می‌گردد (Tavakoli, 2004). بین آب قابل استفاده و نیتروژن همبستگی بالایی وجود دارد، زیرا افزایش نیتروژن منجر به توسعه بیشتر ریشه گندم شده و لذا جذب آب در ناحیه ریشه گیاه افزایش یافته و در نتیجه تنش رطوبتی کاهش می‌یابد (Kimball *et al*., 2001). اما در صورتی که آب به اندازه کافی موجود نباشد افزایش مصرف کود نیتروژن‌دار باعث افزایش تنش رطوبتی شده و لذا عملکرد گیاه و کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد (Huang *et al*., 2003). در رابطه با اثر متقابل آب و نیتروژن، مطالعات نشان می‌دهد که این دو فاکتور از عوامل ضروری در بهبود عملکرد محسوب می‌شوند (Timsina *et al*., 2001; Faraji *et al*., 2006). در آزمایشی که توکلی (Tavakoli, 2004) بر روی گندم رقم سبلان انجام داد نتیجه‌گیری کرد که آبیاری کامل (۱۰۰ درصد کمبود رطوبت خام نسبت به حد ظرفیت زراعی) با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، نسبت به تیمارهای کم آبیاری و مقادیر پایین‌تر نیتروژن خالص، بیشترین میزان عملکرد (۱۲۴۰ کیلوگرم) را تولید نمود. همچنین، مصرف زیاد نیتروژن منجر به افزایش غلظت نیتروژن در دانه گردید. فولادمند و همکاران (Fouladmand *et al*., 2006) در پژوهشی گزارش کردند که اثر سطوح مختلف آب آبیاری و کاربرد کود نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد گندم معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بالاترین عملکرد گندم از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک از عمق ریشه (آبیاری مطلوب) و مصرف ۱۳۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. هوشمندفر و همکاران (Houshmandfar *et al*., 2008) در آزمایشی با سه سطح کم، متوسط و زیاد نیتروژن نشان دادند که هر چقدر مقدار مصرف کود نیتروژن در مزرعه کمتر باشد کارآیی مصرف نیتروژن در محصول گندم بالاتر خواهد بود. اما بیشترین تجمع نیتروژن در دانه از تیمار مصرف زیاد نیتروژن حاصل گردید. علاوه بر این، تحقیقات نشان داده است که افزایش مقدار آب و نیتروژن در حد رشد مطلوب گیاه سبب می‌شود که کارآیی مصرف نور در گندم افزایش یابد، که از عوامل اصلی در بهبود عملکرد این محصول است (Sinclair and Muchow, 1999).

با توجه به اهمیت آب و نیتروژن به عنوان دو فاکتور موثر در عملکرد گندم (Emam *et al*., 2009) و از آن‌جایی که گندم به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی برای تغذیه بشر در دنیا (Yang *et al*., 2001) و کشور ما (Ghodsi *et al*., 2008) مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحقیق حاضر با هدف مطالعه واکنش گندم

Archive of SID

www.SID.ir

به نوسانات آب آبیاری و کود نیتروژن مصرفی در منطقه شیروان انجام گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری غرب شهر شیروان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۱۳۱ متر از سطح دریا انجام شد. مطابق با اقلیم بندی کوپن، منطقه آزمایش دارای اقلیم نیمه خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی منطقه نیز ۲۱۵ میلی‌متر در سال گزارش شده است (Anonymous, 2009 and 2010). بافت خاک مزرعه لوم و سال قبل از آزمایش به صورت آیش بود (جدول ۱ و ۲).

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی از چهار سطح آبیاری (I_1: آبیاری کامل (ظرفیت زراعی)، I_2: آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، I_3: آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و I_4: بدون آبیاری) به عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح کود نیتروژن (N_1: ۰، N_2: ۱۰۰، N_3: ۱۷۵ و N_4: ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی تشکیل شدند. هر بلوک شامل ۱۶ کرت بود. مساحت هر کرت ۱۰ متر مربع (۲ m × ۵ m) و در هر کرت ۱۰ ردیف کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متری و طول پنج متری قرار داشت. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر بود. کشت بذور گندم رقم سایونز (Sayonz) به صورت دستی و در تاریخ ۱۰ مهر انجام گرفت. بذور در عمق ۳ سانتی‌متری خاک کشت شد. برای مبارزه با بیماری سیاهک پنهان بذور قبل از کاشت با سم ویتاواکس به میزان ۲۰۰ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم بذر ضدعفونی شد. بر پایه آزمون نیاز غذایی و بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای منطقه مورد مطالعه کودهای فسفر (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب به صورت سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم در کرت‌های آزمایش به طور یکنواخت مصرف شدند و تمامی عناصر ریز مغذی نیز بر اساس تعیین حدود بحرانی آهن، روی و منگنز که توسط مؤسسه خاک و آب تعیین شده، به ترتیب به صورت سوکسترین ۱۳۸ (به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار)، سولفات روی (به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات منگنز (به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار) مصرف گردید. کود نیتروژن‌دار (به صورت اوره) با توجه به تیمارهای آزمایشی اعمال شد. تمامی کودهای میکرو، فسفر و پتاسیم و یک سوم کود اوره به هنگام کاشت به روش خاکی مصرف شدند. یک سوم بعدی کود اوره در مرحله پنجه‌زنی و یک سوم آخر در مرحله ساقه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. آبیاری مزرعه با توجه به نیاز آبی رقم در منطقه و با توجه به تیمارهای آزمایشی و بسته به بارندگی منطقه در طول فصل رشد، انجام شد. برای اعمال دقیق تیمارهای تنش، با استفاده از دستگاه TDR (مدل Delta T Divice) رطوبت خاک اندازه‌گیری شد و در زمان‌های معین بر اساس تیمارهای آزمایشی آبیاری انجام گردید. برای مبارزه با آفت سن گندم از آفت‌کش فنتیون به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار در اواخر فروردین استفاده شد. برای کنترل علف‌های هرز نیز از سموم دیکلوفوپ متیل (ایلوکسان) در مرحله سه‌برگی و به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار، و تری‌بنورون‌متیل (گرانستار) در مرحله تشکیل ساقه و به میزان ۱۵ گرم در هکتار استفاده شد.

صفات مورد بررسی در این آزمایش عبارت بودند از:

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد بیولوژیک و دانه گیـــاه: برای اندازه‌گیری این صفات، نمونه‌ای شامل ۲ متر مربع از هر کرت با رعایت حاشیه، برداشت گردید. ابتـدا نمونه‌های برداشت شده توسط ترازو توزین شده و سپس به آونی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت منتقل و در نهایت وزن خشک (عملکرد بیولوژیک) آنها در واحد سطح بر حسب تن در هکتار محاسبه شد. پس از جدایی دانه گندم از بافت‌های خشک شده عملکرد دانه محصول در واحد سطح بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید.

شاخص سـطح بـرگ: شـاخص سـطح بـرگ (LAI)[۱] با استفاده از دستگاه سطح برگ سـنج[۲] مـدل Delta T Divice، اندازه‌گیری شد. بـرای ایـن منظـور شاخص سطح برگ در پنج مرحله از دوره رشد مطابق بـا تقـسیم بنـدی رشـد گنـدم بـه روش زادوکـس (Zadoks *et al*., 1974) (رشد گیاهچه، طویـل شـدن ساقه، گلدهی، شیری شدن دانه و رسیدگی دانه) مورد ارزیابی قرار گرفت.

کارآیی مصرف نور: میـزان تـابش دریـافتی بـا استفاده از دستگاه تابش سنج (مدل SF-80T) مجهـز به سنسور یک متری در بالا و پایین سایه‌انداز گیـاهی در پنج مرحلـه از دوره رشـد (رشـد گیاهچـه، طویـل شدن ساقه، گلـدهی، شـیری شـدن دانـه و رسـیدگی دانه) به این صورت اندازه‌گیری شد کـه عملیـات نـور سنجی در سـاعات ۱۱-۱۴ زمـانی کـه آسـمان کـاملاً صاف و بدون ابر بود، انجام شد. سنسور دستگاه تـابش سنج در هر کرت به صورت کاملاً افقی و تراز بـر فـراز بوته‌ها قرار گرفت و شدت نور ورودی به عنـوان مبنـا[۳] (I_0) قرائت شد. شدت نور پایین سـایه‌انـدازی گیـاهی (I) نیز در سه جهت مختلف اندازه‌گیری شد و متوسط آن به عنوان نور عبور یافته[۴] از سـایه‌انـداز گیـاهی در نظر گرفته شـد (Slafer and Savin, 1994). سـپس، درصـد جـذب تـابش[۵] (IR%) (Fischer, 2001) و ضریب خاموشی نور[۶] (Ghodsi *et al*., 2008) از روابط ۱ و ۲ به‌دست آمد.

رابطه (۱): $IR(\%) = [1- (I/I_0)] \times 100$

رابطه (۲): $k = [Ln (I_0/I)] / LAI$

در این رابطه LAI شاخص سطح برگ می‌باشد.

با استفاده از آمار تابش روزانه (دریافتی از اداره هواشناسی) و با استفاده از روابط ۳ و ۴ مقادیر تابش روزانه و تابش فعال فتوسنتزی جذب شده محاسبه گردید (Sinclair and Muchow, 1999):

رابطه (۳): $PAR_0 = 0.48\ RG_0$

رابطه (۴): $PAR_a=0.95\times PAR_0[1-\exp(-k\times LAI)]$

در روابـط فـوق الـذکر، PAR_0 تـابش فعـال فتوسنتزی در بـالای سـایه‌انـداز گیـاهی، RG_0 تـابش ورودی کل و PAR_a تابش فعال فتوسنتزی جذب شده می‌باشد. در نهایـت کـارآیی مـصرف نـور[۷] (RUE) بـا اسـتفاده از رابطـه ۵ بـه‌دسـت آمـد (Sinclair and Muchow, 1999):

رابطه (۵): $RUE = W_n/cPARa_n$

که در این معادله بیوماس انـدام‌هـای هـوایی در روز nام و $cPARa_n$ به ترتیب تابش فعـال فتوسـنتزی جذب شده در زمان n می‌باشد.

غلظت نیتـروژن گنـدم: بـرای انـدازه‌گیـری غلظت نیتـروژن انـدام‌هـوایی (سـاقه + بـرگ) و دانـه گندم، پس از برداشت علوفه تر این محصول در مرحله

۱ - Leaf area index
۲ - Leaf area meter
۳ - Incident Radiation
۴ - Transmitted Radiation
۵ - Intercepted Radiation
۶ - Light Extinction Coefficient
۷ - Radiation use efficiency

Archive of SID

www.SID.ir

خمیری شدن دانه، نمونه‌های گندم به آون منتقل گردید. پس از آن نمونه‌های خشک شده به آزمایشگاه منتقل شده و بعد از آسیاب کردن محتوی نیتروژن علوفه و دانه تعیین گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشند (Houshmandfar *et al*., 2008).

کارآیی مصرف نیتروژن[1] (NUE): برای محاسبه کارآیی مصرف نیتروژن از رابطه ۶ استفاده شد (Timsina *et al*., 2001):

رابطه (۶): $$\frac{NUE}{(kg.kg^{-1})} = \frac{GY\,(N_x) - GY\,(N_0)}{N_x}$$

در این رابطه NUE: کارآیی مصرف نور و GY^2: عملکرد دانه به ترتیب در کود صفر (N_0) و تیمار کود مورد نظر (N_X) است.

در نهایت داده‌های حاصل از آزمایش در هر سال به طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و رسم شکل‌ها با نرم افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

مطالعه حاضر نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر مقادیر نیتروژن، سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۳ و ۴). بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژن (I_1N_4) به دست آمد و با کاهش مقدار آب و کود نیتروژن از عملکرد دانه گندم کاسته شده تا جایی که حداقل مقدار عملکرد دانه از تیمار بدون آبیاری و عدم مصرف کود نیتروژن (I_4N_1) حاصل گردید، در واقع کاهش ۸۶/۹۳ درصدی عملکرد دانه در تیمار بدون آبیاری و عدم مصرف کود نیتروژن نسبت به تیمار آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژن مشاهده گردید (جدول ۵).

با توجه به رابطه مستقیم مقدار آب آبیاری و مصرف کود نیتروژن با افزایش رشد بافت‌های سبزینه‌ای گیاه، تنش رطوبتی و کاهش مصرف کودهای نیتروژن‌دار سبب کاهش رشد، کاهش میزان مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش شدید عملکرد گیاه خواهد شد. فرجی و همکاران (Faraji *et al*., 2006) گزارش کردند که مصرف کودهای نیتروژنه همراه با آبیاری مطلوب از طریق در دسترس قرار دادن نیتروژن برای گندم، سبب بهبود رشد رویشی، افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت افزایش عملکرد دانه محصول شده است.

عملکرد بیولوژیک

اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژنی و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با میانگین ۱۷/۸ تن در هکتار از تیمار آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژن (I_1N_4) حاصل شد و با کاهش میزان آبیاری و کود نیتروژنی مصرفی از عملکرد بیولوژیک کاسته شده و در تیمار بدون آبیاری و بدون مصرف نیتروژن (I_4N_1) حداقل عملکرد دانه با میانگین ۳/۸ تن در هکتار مشاهده گردید (جدول ۴).

مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط کمبود آب و نیتروژن کاهش شدید عملکرد دانه است (Fouladmand *et al*., 2006). مطابق با نظر امام و همکاران (Emam *et al*., 2009)، عملکرد بیولوژیک در غلات به صورت کل ماده خشک تولیدی (اندام رویشی و دانه) به استثنای ریشه تعریف

۱- Nitrogen use efficiency

۲- Grain yield

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود. بنابراین، هر عاملی که سبب کاهش رشد اندام‌هوایی و عملکرد دانه گیاه شود تاثیر مستقیم بر کاهش عملکرد بیولوژیک خواهد داشت (Emam and Seghatoleslami, 2005). در این مطالعه نیز مشاهده شد که در تیمارهای تنش آبی و کودی به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه خصوصاً شاخص سطح برگ (شکل ۱) و عملکرد دانه گندم (جدول ۴) از مقدار عملکرد بیولوژیک گندم به شدت کاسته شده است. فرجی و همکاران (Faraji *et al*., 2006) گزارش کردند هنگامی که گیاه گندم در شرایط رطوبت کافی رشد می‌کند عملکرد بیولوژیک گیاه به سبب افزایش رشد برگ‌ها و افزایش تولید مواد فتوسنتزی، و تجمع این مواد در بافت‌های گیاهی افزایش خواهد یافت. امام و همکاران (Emam *et al*., 2009) گزارش کردند مهم‌ترین عامل در افزایش عملکرد بیولوژیک گندم در شرایط آبیاری مطلوب، رشد بهینه بافت‌های سبزینه‌ای گیاه است.

شاخص سطح برگ

در این آزمایش شاخص سطح برگ در پنج مرحله از رشد گیاه گندم (گیاهچه، طویل شدن ساقه، گلدهی، شیری شدن دانه و رسیدگی دانه) اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش نشان داد اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ در مرحله رشد گیاهچه‌ای که هنوز گیاهان در مرحله رشد ابتدایی خود قرار داشتند بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه (مرحله پایانی رشد گیاه) که کانوپی سبز گیاه از بین رفته و شاخص سطح برگ به شدت کاهش یافته بود تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن نتوانستند اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گندم در این مرحله از رشد گیاه داشته باشند (جدول ۵). اما اثر آبیاری و کود نیتروژن در سایر مراحل رشدی گیاه (طویل شدن ساقه، گلدهی و شیری شدن دانه) بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن نشان داد بالاترین میزان شاخص سطح برگ گندم در مرحله طویل شدن ساقه، گلدهی و شیری شدن دانه از تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی حاصل شد (I_1N_4). البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنی مشاهده نگردید (I_1N_3). تیمار بدون آبیاری و بدون مصرف کود نیتروژنی (I_4N_1) در تمام مراحل رشدی گیاه سبب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ گندم شد (شکل ۱). رویو و همکاران (Royo *et al*., 2004) نیز دریافتند که شرایط تنش خشکی سبب کاهش شاخص سطح برگ گندم نسبت به حالت آبیاری مطلوب می‌گردد. تنش ناشی از کمبود رطوبت قبل و بعد از گلدهی اثرهای متفاوتی را بر سطح برگ می‌گذارد. تنش خشکی پیش از گلدهی از راه کاهش اندازه سلول‌ها، گسترش برگ را محدود کرده و ممکن است تغییر در شکل برگ را هم ایجاد کند (Emam and Seghatoleslami, 2005). این موضوع باعث دریافت کمتر نور توسط بوته‌ها می‌گردد (Barnabas *et al*., 2008). در حالی که تنش رطوبتی بعد از گلدهی از طریق تسریع پیری برگ سبب کاهش شاخص سطح برگ می‌شود (Saint Pierre *et al*., 1999).

در رابطه با نقش نیتروژن بر این صفت مشاهده گردید که با افزایش مصرف کود نیتروژن‌دار تا سقف ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که حاکی از نقش مثبت نیتروژن بر افزایش رشد رویشی و رشد بیشتر برگ‌های گیاه است. بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bohrani and Tahmasebi Sarvestani, 2005) گزارش کردند که نیتروژن از طریق افزایش در طویل

Archive of SID

www.SID.ir

شدن ساقه، بهبود رشد برگ‌ها و به تاخیر انداختن ریزش برگ‌های گندم اثر مستقیمی بر افزایش شاخص سطح برگ دارد.

کارآیی مصرف نور

در این آزمایش کارآیی مصرف نور مشابه با شاخص سطح برگ در پنج مرحله از رشد گیاه گندم (گیاهچه، طویل شدن ساقه، گلدهی، شیری شدن دانه و رسیدگی دانه) اندازه گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف نور در مراحل طویل شدن ساقه، گلدهی و شیری شدن معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج آزمایش نشان داد که تغیرات کارآیی مصرف نور در تیمارهای مختلف از روندی مشابه با شاخص سطح برگ تبعیت می‌کرد به‌طوری‌که بالاترین میزان کارآیی مصرف نور در مرحله طویل شدن ساقه، گلدهی و شیری شدن دانه از تیمار آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژن حاصل شد و تیمار بدون آبیاری و بدون مصرف کود نیتروژن‌دار در تمام مراحل رشدی گیاه سبب کاهش معنی‌دار این صفت گردید (شکل ۲).

عزت احمدی و همکاران (Ezzat Ahmadi *et al*., 2012) نیز دریافتند که شرایط تنش خشکی سبب کاهش شاخص سطح برگ گندم و متعاقب آن کاهش قابل توجه کارآیی مصرف نور نسبت به حالت آبیاری مطلوب می‌گردد. تنش ناشی از کمبود رطوبت از راه کاهش اندازه سلول‌ها، گسترش برگ را محدود کرده و ممکن است تغییر در شکل برگ را هم ایجاد کند (Emam and Seghatoleslami, 2005). این موضوع باعث دریافت کمتر نور توسط بوته‌ها می‌گردد (Ezzat Ahmadi *et al*., 2012). کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش رشد رویشی و سبزینه‌ای گیاه و افزایش غلظت کلروفیل اندام‌های رویشی می‌تواند تأثیر مستقیم بر افزایش جذب تشعشع فتوسنتزی و در نتیجه افزایش کارایی مصرف نور داشته باشد (Fouladmand *et al*., 2006). همان‌طور که در این آزمایش نیز مشاهده شد یکی از عوامل مهم در افزایش شاخص سطح برگ گیاه (رشد رویشی و سبزینه‌ای گیاه) آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژن‌دار بود.

غلظت نیتروژن گندم

نتایج به‌دست آمده نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژنی از نظر درصد غلظت نیتروژن بوته و دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

بیشترین غلظت نیتروژن بوته و دانه در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف کامل کود نیتروژنی (I_1N_4) حاصل شد و با کاهش مقدار آب و کود نیتروژنی مصرفی از میزان غلظت نیتروژن بوته و دانه گندم به شدت کاسته شده و در تیمار کشت دیم (بدون آبیاری) و عدم مصرف کود نیتروژن (I_4N_1) کمترین غلظت نیتروژن بوته و دانه به‌دست آمد (جدول ۷). علت کاهش درصد غلظت نیتروژن در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش و عدم سنتز مجدد آنها در این شرایط باشد (Emam *et al*., 2009). کاهش درصد غلظت نیتروژن در شرایط تنش خشکی در گندم توسط فولادمند و همکاران (Fouladmand *et al*., 2006) گزارش شده است. همچنین، مشاهده شد با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، میزان غلظت نیتروژن علوفه و دانه افزایش یافته است، این چنین نتایجی در آزمایش‌های دیگر محققان از جمله هوشمندفر و همکاران (Houshmandfar *et al*., 2008) گزارش گردیده است. با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، ممکن است گیاه در مراحل پایانی رشد غلظت آنزیم نیترات ردوکتاز (مسئول احیای نیترات جذب شده توسط گیاه و استفاده از آن در ساخت پروتئین) را در خود

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش دهد. این آنزیم قادر است همراه با نیتروژن باقی‌مانده در خاک و بافت‌های گیاهی، میزان نیتروژن علوفه و دانه را به طور قابل توجهی افزایش دهد (Faraji *et al*., 2006).

کارآیی مصرف نیتروژن

تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن اثر معنی‌داری نداشت. اما اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۶).

با افزایش دور آبیاری (از I_4 (بدون آبیاری) به سمت I_1 (آبیاری مطلوب)) کارآیی مصرف نیتروژن در گندم افزایش یافت. بدین ترتیب، در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (I_1N_2) بالاترین کارآیی مصرف نیتروژن و در تیمار بدون آبیاری و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن کمترین کارآیی مصرف نیتروژن (I_4N_4) مشاهده شد (جدول ۷). از مهم‌ترین دلایل بهبود کارآیی مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب، می‌تواند افزایش قابلیت جذب نیتروژن در شرایط وجود رطوبت کافی در خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه (با توجه به فرمول محاسبه شده برای محاسبه کارآیی مصرف نیتروژن) در چنین شرایطی باشد (Timsina *et al*., 2001). از طرفی نتایج بیانگر آن است که با افزایش مصرف نیتروژن، روند تغییرات کارآیی مصرف نیتروزن کاملاً تحت تأثیر مقدار رطوبت موجود در خاک قرار داشته است، و این روند دو حالت کاملاً متفاوت را نشان می‌دهد. در حالت اول در تیمارهای آبیاری مطلوب (I_1) و تنش ملایم رطوبتی (I_2) با فزایش مقدار نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن نیز افزایش یافته است (جدول ۷). مهم‌ترین دلیل این مسأله می‌تواند مرتبط با افزایش قابلیت جذب نیتروژن در شرایط وجود رطوبت کافی در خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه در چنین شرایطی باشد. اما در حالت دوم که در تیمارهای تنش شدید (I_3) و بدون آبیاری (I_4) رخ داده است با افزایش مقدار نیتروژن (از N_1 (بدون مصرف کود) تا N_4 (مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود))، کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت (جدول ۷). برخی محققان کاهش کارآیی مصرف نیتروژن در چنین شرایطی را به علت تصعید، دنیتریفیکاسیون، عدم جذب نیتروژن در اثر کاهش قابلیت محلول شدن آن و یا عدم استفاده مؤثر از این عنصر در مقادیر بالای نیتروژن به وسیله گندم گزارش کرده‌اند (Houshmandfar *et al*., 2008؛ Anaghli and Ezzat Ahmadi, 2006).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد آبیاری مطلوب همراه با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن سبب افزایش عملکرد محصول گندم در منطقه شد. از طرفی همین تیمارها، کارآیی جذب نور و کارآیی مصرف نیتروژن و غلظت نیتروژن در بافت و دانه در گیاه گندم را به مقدار بسیار زیادی افزایش داد. به طور کلی از نتایج آزمایش چنین استنتاج شد که برای حصول بالاترین عملکرد گندم در منطقه شیروان آبیاری مطلوب ضروری است. در مورد مصرف کود نیتروژن نیز اگرچه بالاترین مقدار عملکرد دانه گندم در منطقه از تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود مشاهده نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه (قبل از کاشت)

Table 1- Chemical characteristics of farm soil (before planting)

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	pH	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن Nitrogen ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorous (mg/kg^{-1})	پتاسیم Potassium (mg/kg^{-1})
0-20	1.37	7.2	0.99	8.23	19.2	397
20-40	3.42	7.9	0.71	4.41	5.3	348
40-60	4.16	8.1	0.19	1.19	5.1	301

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه (قبل از کاشت)

Table 2- Physical characteristics of farm soil (before planting)

عمق Depth (cm)	آنالیزهای مکانیکی Mechanical analysis				وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g/cm^3)	رطوبت وزنی Mass moisture (%)
	بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)		
0-20	loam	15	37	48	1.17	14.75
20-40	loam	23	32	45	1.32	16.41
40-60	loam	15	40	45	1.38	18.22

جدول ۳- تجزیه واریانس تیمارهای آبیاری و نیتروژن برای صفات عملکرد و غلظت نیتروژن گندم

Table 3- Variance analysis of irrigation and nitrogen treatment on yield and nitrogen content in wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	غلظت نیتروژن در اندام رویشی Nitrogen content in forage	غلظت نیتروژن در دانه Nitrogen content in seed
		میانگین مربعات (MS)			
تکرار Replication	2	57563.1ns	0.2104583^{ns}	15319.0360^{ns}	0.01134267^{ns}
آبیاری Irrigation	3	83142906.8^{**}	322.7024306^{**}	36360.7883^{**}	0.39845208^{**}
اشتباه اصلی Main error	6	15560.2	0.074139	19880.7095	0.24846078
نیتروژن Nitrogen	3	20538616.4^{**}	82.787430^{**}	18206.9637^{**}	1.46661875^{**}
آبیاری × نیتروژن Irrigation × nitrogen	9	2232023.5^{**}	37.211134^{**}	19334.7105^{**}	0.01171319^{**}
اشتباه فرعی Sub error	36	2802.0	0.022083	15286.4552	0.00315417
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		1.18	1.08	16.71	5.79

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و ns غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

*, ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns non significant.

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین ترکیب تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک و دانه گندم

Table 4- Mean comparison of treatment combinaton effect of irrigation and nitrogen on biological and seed yield in wheat

تیمار Treatment	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (ton/ha)
I_1N_1	4329 d	10.4 d
I_1N_2	5149 c	13.8 c
I_1N_3	5992 ab	16.5 ab
I_1N_4	6715 a	17.8 a
I_2N_1	3141 e	11.4 d
I_2N_2	3521 de	13.0 c
I_2N_3	4585 cd	14.7 bc
I_2N_4	5359 bc	15.5 b
I_3N_1	2443 f	8.5 de
I_3N_2	3179 e	11.2 d
I_3N_3	3498 de	12.1 cd
I_3N_4	3981 d	13.2 c
I_4N_1	877 h	3.8 f
I_4N_2	1295 g	5.0 e
I_4N_3	1467 g	5.6 e
I_4N_4	1588 g	6.6 e

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد است.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

جدول ۵- تجزیه واریانس تیمارهای آبیاری و نیتروژن برای شاخص سطح برک گندم

Table 5- Variance analysis of irrigation and nitrogen treatment on leaf area index in wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	LAI (Seedling) (گیاهچه)	LAI (Stem elongation) (طویل شدن ساقه)	LAI (Flowering) (گلدهی)	LAI (Milking seed) (شیری شدن دانه)	LAI (Harvest) (برداشت)
		میانگین مربعات (MS)				
تکرار Replication	2	0.0003937^{ns}	0.0018750^{ns}	0.0043750^{ns}	0.0058333^{ns}	0.00644583^{ns}
آبیاری Irrigation	3	0.0482409^{ns}	1.2050000^{**}	1.2180555^{**}	1.9311111^{**}	0.2661111^{ns}
اشتباه اصلی Main error	6	0.0002159	0.0035416	0.00576338	0.0019444	0.0025694
نیتروژن Nitrogen	3	0.0056743^{ns}	0.3938888^{**}	0.3769444^{**}	0.2927777^{**}	0.0727777^{ns}
آبیاری × نیتروژن Irrigation × nitrogen	9	0.0001761^{ns}	0.0096296^{**}	0.0149074^{**}	0.0050000^{**}	0.0059259^{ns}
اشتباه فرعی Sub error	36	0.0001798	0.0043361	0.0037500	0.0056944	0.0024305
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		3.64	2.01	1.41	3.15	15.98

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و ns غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

*, ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns non significant.

جدول ۶- تجزیه واریانس تیمارهای آبیاری و نیتروژن برای کارآیی مصرف نور و نیتروژن گندم

Table 6- Variance analysis of irrigation and nitrogen treatment on radiation use efficiency in wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	RUE (Seedling) (گیاهچه)	RUE (Stem elongation) (طویل شدن ساقه)	RUE (Flowering) (گلدهی)	RUE (Milking seed) (شیری شدن دانه)	RUE (Harvest) (برداشت)	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency
		میانگین مربعات (MS)					
تکرار Replication	2	0.00182^{ns}	0.00776^{ns}	0.0302^{ns}	0.0824^{ns}	0.0214^{ns}	1.4579^{ns}
آبیاری Irrigation	3	210.4188^{ns}	382.3481**	1506.7103**	1106.4731**	116.0146^{ns}	1453.3254**
اشتباه اصلی Main error	6	36.1081	59.0855	213.9656	160.0462	15.3747	34.2358
نیتروژن Nitrogen	3	64.8259^{ns}	67.5115**	124.3191**	113.7205**	35.0611^{ns}	322.0036**
آبیاری × نیتروژن Irrigation × nitrogen	9	0.4509^{ns}	1.0390**	3.1120**	2.2435**	0.1983^{ns}	107.5327**
اشتباه فرعی Sub error	36	0.0589	0.00566	0.0040	0.0194	0.0777	1.2222
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		17.05	8.15	11.90	23.36	25.05	13.99

*، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵٪، ۱٪ و ns غیر معنی‌دار بودن می‌باشد.

*, ** significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns non significant.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر غلظت نیتروژن در بوته و دانه و کارآیی مصرف نیتروژن گندم

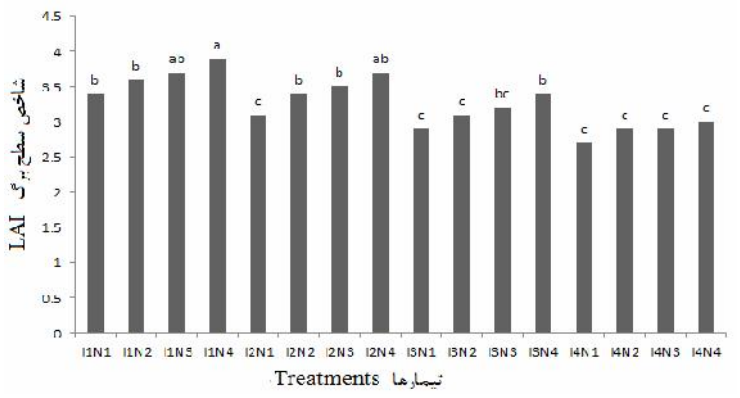
Table 7- Interaction effect of irrigation and nitrogen on nitrogen content in wheat seed and plant

تیمار Treatment	غلظت نیتروژن در اندام رویشی (برگ+ساقه) (٪) Nitrogen content in forage (%)	غلظت نیتروژن در دانه (٪) Nitrogen content in seed (%)	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency
I_1N_1	1.49 cd	1.32 c	-
I_1N_2	2.18 b	1.84 b	9.20 a
I_1N_3	2.26 b	1.88 b	9.50 a
I_1N_4	2.92 a	2.27 a	9.54 a
I_2N_1	1.38 cd	1.17 cd	-
I_2N_2	1.98 b	1.71 b	7.80 bc
I_2N_3	2.08 b	1.76 b	8.25 b
I_2N_4	2.65 ab	2.08 a	8.87 ab
I_3N_1	1.25 d	1.14 cd	-
I_3N_2	1.84 bc	1.50 bc	7.36 bc
I_3N_3	1.95 b	1.72 b	6.02 c
I_3N_4	2.13 b	1.90 ab	15.6 c
I_4N_1	1.14 d	1.01 d	-
I_4N_2	1.44 cd	1.34 c	4.18 d
I_4N_3	1.68 c	1.44 c	3.37 d
I_4N_4	2.03 b	1.79 b	2.84 d

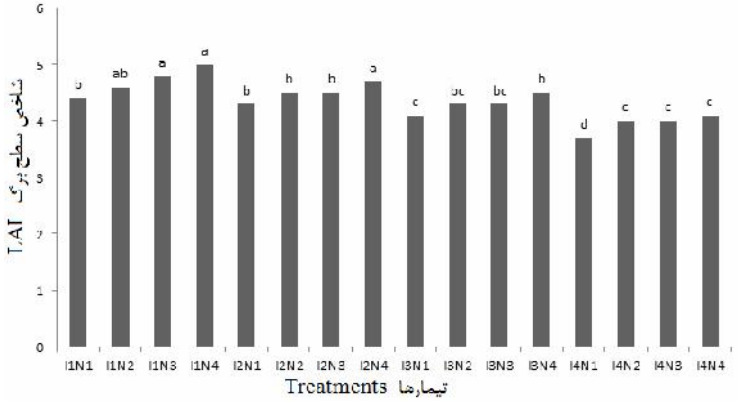
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بین آنها است.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

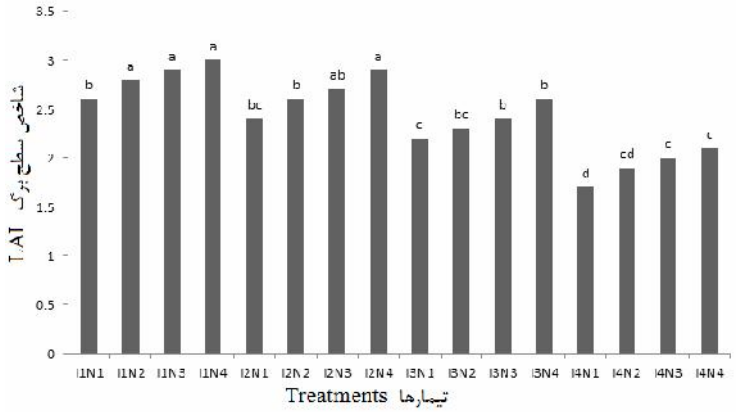
SID.ir



الف



ب

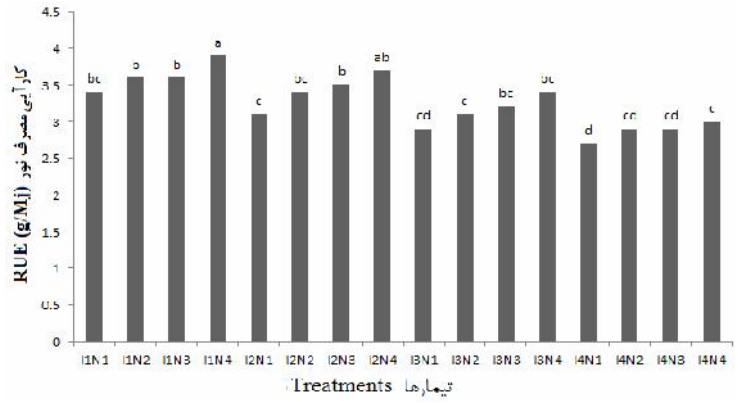


ج

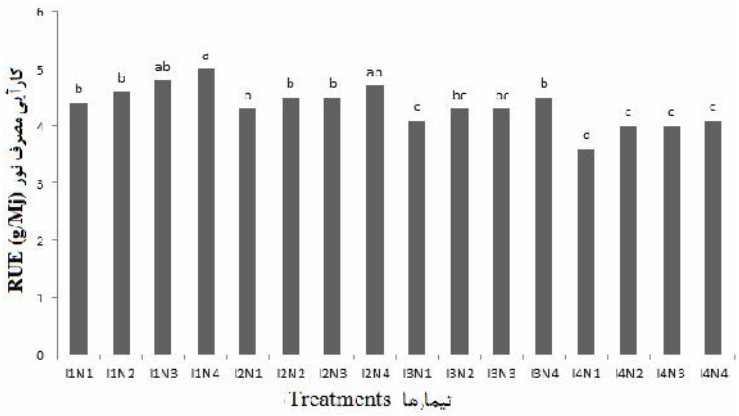
شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر شاخص سطح برگ در مرحله **الف**: طویل شدن ساقه، **ب**: گلدهی و **ج**: شیری شدن دانه

Figure 1- Interaction effect of irrigation and nitrogen on LAI in **a**: stem elongation **b**: flowering and **c**: milking seed stages

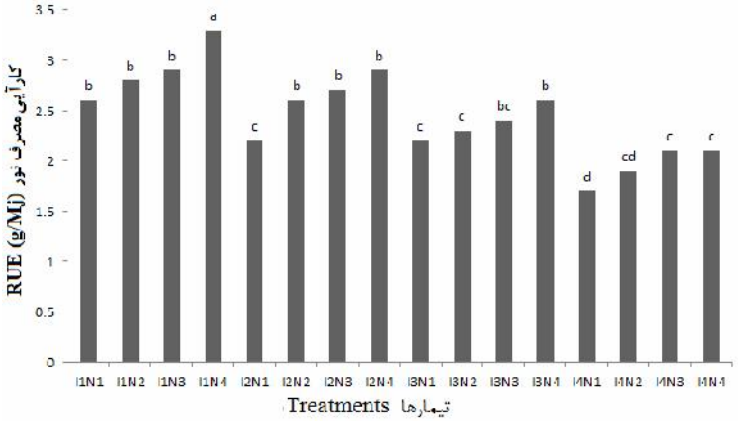
ID.ir



الف



ب



ج

شکل ۶- اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر کارآیی مصرف نور در مرحله **الف**: طویل شدن ساقه، **ب**: گلدهی و **ج**: شیری شدن دانه

Figure 6- Interaction effect of irrigation and nitrogen on RUE in **a**: stem elongation, **b**: flowering and **c**: milking seed stage

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

Anaghli, A., and M. Ezzat Ahmadi. 2006. Effect of amount and time of nitrogen consumption on seed protein and nitrogen use efficiency of wheat, Zagros cultivar in rainfed condition. *Journal of Agriculture science.* 16(1): 113-122. (In Persian).

Anonymous. 2009 and 2010. Meteorology information of North Khorasan province. (In Persian).

Barnabas, B., K. Jager, and A. Feher. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell and Environment*. 31: 11-38.

Bly, A.G., and H.J. Woodward. 2003. Foliar nitrogen application timing: Influence on grain yield and grain protein concentration of hard red spring wheat. *Agronomy Journal.* 95: 335–338.

Bohrani, A., and Z. Tahmasebi Sarvestani. 2005. Effect of amount and time of nitrogen consumption on quantity and quality characteristics, dry matter and nitrogen remobilization efficiency in two cultivars of winter wheat. *Iranian Journal of Agriculture Science.* 36(5): 1263-1271. (In Persian).

Emam, Y., S. Salimi Koochi, and A. Shekoofa. 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation and rainfed conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 7(1): 321-332. (In Persian).

Emam, Y., and M.J. Seghatoleslami. 2005. Crops yield: physiology and process. *Shiraz University Press*. Pp: 593. (In Persian).

Ezzat Ahmadi, M., G. Noor Mohammadi, M. Moghaddasi, and M. Kafi. 2012. Evaluation of radiation and water use efficiency in bread wheat genotypes in condition of different photosynthetic and moisture stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(1): 225-239.

Faraji, H., A. Siadat, G. Fathi, Y. Emam, H. Nadian, and A. Rasekh. 2006. Effect of nitrogen on wheat yield in condition of drought stress in growth duration last. *Journal of Agriculture Science.* 29(1): 99-111. (In Persian).

Fischer, R.A. 2001. Selection traits for improving yield potential. In: Reynolds, M.P., J.I. Ortiz-Monasterio and A. McNab, (eds). Application physiology in wheat breeding. Mexico, D. F., CIMMYT. Pp: 148-159.

Fouladmand, H.R., G. Niazi, H. Keshavarzi Shirazi, and L. Jokar. 2006. Interaction effect of irrigation water and nitrogen different amounts on wheat yield. *Journal of Agriculture Science.* 12(4): 779-786. (In Persian).

Ghodsi, M., M.R. Jalal Kamali, D. Mazaheri, and M.R. Chaichi. 2008. Water and radiation use efficiency in different developmental stages in four bread wheat cultivars under moisture stress conditions. *Desert.* 12: 129-137. (In Persian).

Houshmandfar, A.R., M.M. Tehrani, and B. Delnavaz Hashemlouyan. 2008. Effect of nitrogen consumption amount on seed protein content and nitrogen use efficiency of wheat. *Journal of Plant and Ecology*. 15: 52-62. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Huang, M., T. Dang, J. Gallichand, and M. Goulet. 2003. Effect of increased fertilizer applications to wheat crop on soil-water depletion in the Loess Plateau, China. *Agriculture and Water Manage*. 58: 267-278.

Kimball, B.A., C.F. Morris, P.J. Pinter, G.W. Wall, D.J. Hunsaker, and F.J. Adamsen. 2001. Elevated CO_2, drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. *New Phytologist Journal.* 150(2): 295-303.

Lemon, J. 2007. Nitrogen management for wheat protein and yield in the Esperance port zone. Department of Agriculture and Food Publisher. 25 pp.

Limon-Ortega, A., K.D. Sayer, and C.A. Francis. 2000. Wheat nitrogen use efficiency in a bed planting system in northwest Mexico. *Agronomy Journal*. 92: 303-308.

Royo, C., N. Apricio, R. Blanco, and D. Villegas. 2004. Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. 20: 419-430.

Saint Pierre, C., C.J. Peterson, A.S. Ross, J. Ohm, M.C. Verhoeven, G.A.M. Slafer, and J.L. Araus. 1998. Improving wheat responses to abiotic stresses. Pp. 201-213, In: A. E. Slinkard (ed.). Proceeding of the 9th International Wheat Genetics Symposium. Volume 1, Saskatoon, Saskatchewan, Canada- Jaguilar, M. and L. A. Hunt, 1991 Grain yield V. Spike number in winter in humid continental climate.

Sinclair, T.R., and R.C. Muchow. 1999. Radiation-use efficiency. In: *Advances in Agronomy*. Sparks, D.L., (ed.). pp. 215-265.

Slafer, G.A., and R. Savin. 1994. Sink-source relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Research*. 37: 39-49.

Tavakoli, A.R. 2004. Optimal supplemental irrigation management and optimization of nitrogen for rainfed wheat variety. *Pajouhesh and Sazandegi.* 62: 35-42. (In Persian).

Timsina, T., U. Singh, M. Badaruddin, C. Meisner, and M.R. Amin. 2001.Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice–wheat sequences of Bangladesh. *Field Crop Research.* 72: 143-161.

Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu. 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filing. *Agronomy Journal*. 93: 196-206.

Zadoks, J. C., T. T. Chang, and C. F. Kanzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereal. *Weed Research*. 14: 415-421.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir