نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۲ / تابستان ۱۴۰۲/ صفحات ۶۰-۴۹

Investigation of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and some Physiological Characteristics of wheat

Mehrdad Mahlooji [1]*, Siavash Bardehji [2], Saeid Omrani [2]

Received: 05 February 2021 Accepted: 28 July 2022
1-Assist. Prof., Horticulture Crops Research Dept., Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.
2- Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author Email: mmahlooji2000@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: This experiment was performed to investigate the effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and some physiological characteristics of four wheat cultivars.

Materials and Methods: The experiment was carried out in double split plots in a randomized complete block design with three replications in the research farm of Isfahan University of Technology. Experimental factors include two irrigation regimes (irrigation 100 and 50% of plant water requirement for normal and drought stress, respectively), two levels of nitrogen fertilizer (soil content and use of 150 kg urea per hectare) and wheat cultivars (Pishtaz, Bahar, Sepahan and Star).

Results: Drought stress decreased grain and biomass yield by decreasing the content of chlorophyll a, b, carotenoids and leaf relative water content as well as increasing the amount of ion leakage. The use of nitrogen under normal irrigation conditions increased grain and biomass yield, but under drought stress conditions increased biomass and decreased grain yield. Pishtaz cultivar had the highest grain yield (4710 $kg.ha^{-1}$), and Star cultivar had the highest amount of biomass (11639 $kg.ha^{-1}$). Also, the highest grain and biomass yield were observed in normal irrigation and nitrogen treatment.

Conclusion: The use of nitrogen to increase yield depends on the amount of water available to the plant, and under drought stress conditions, the use of nitrogen is not only a good way to reduce the impact of water stress and yield, but also intensify stress and reduce grain yield of studied wheat cultivars.

Keywords: Biomass, Chlorophyll, Harvest Index, Grain Yield, Ion Leakage

CC BY NC

DOI: 10.22034/saps.2021.44393.2630

بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گندم

مهرداد محلوجی*[۱]، سیاوش برده‌جی[۲]، سعید عمرانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۶

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲ و ۳- دانشجو دکترای گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان،
*نویسنده مسئول: Email: mmahlooji2000@yahoo.com

چکیده

اهداف: این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک چهار رقم گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رژیم‌آبیاری (آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب برای شرایط بدون‌تنش و تنش‌خشکی)، دو سطح کود نیتروژن (مقدار موجود در خاک و استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و ارقام گندم پیشتاز، بهار، سپاهان و استار بود.

یافته‌ها: تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل a، b، کاروتنوییدها و محتوای نسبی آب برگ و همچنین افزایش میزان نشت‌یونی سبب کاهش معنی‌دار عملکرددانه و عملکردزیست توده شد. استفاده از نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش، عملکرد دانه و عملکرد زیست توده را به طور معنی‌داری افزایش داد ولی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش زیست توده و کاهش عملکرد دانه شد. در این آزمایش رقم پیشتاز بیشترین عملکرد دانه (۴۷۱۰ کیلوگرم در هکتار)، و رقم استار بیشترین میزان زیست توده (۱۱۶۳۹ کیلوگرم در هکتار) را داشتند. همچنین بیشترین عملکرد دانه و زیست توده در کلیه ارقام در تیمار آبیاری بدون تنش و استفاده از نیتروژن مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: استفاده از نیتروژن جهت افزایش عملکرد وابسته به میزان آب در دسترس گیاه می‌باشد و در شرایط تنش خشکی استفاده از نیتروژن نه تنها راهکار مناسبی جهت کاهش تاثیر تنش و کاهش عملکرد ناشی از آن نیست بلکه سبب تشدید تنش و کاهش عملکرد دانه در ارقام گندم مورد مطالعه شد.

واژه های کلیدی: زیست توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه، کلروفیل، نشت یونی

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی می‌باشد که جزو قوت غالب مردم ایران و جهان است. سطح زیر کشت آن در جهان بیش از ۲۲۰ میلیون هکتار با تولیدی بیش از ۷۰۰ میلیون تن و در ایران حدود دو میلیون هکتارآبی و

چهار میلیون هکتار دیم می‌باشد (عمرانی و همکاران ۲۰۲۲). در ایران دست‌یابی به خودکفایی در تولید این محصول استراتژیک از اهداف بلند مدت کشور است و بنابراین کشت و کار این محصول منبع اصلی درآمد و اشتغال بسیاری از خانوارهای ایرانی است (خداوردیزاده و همکاران ۲۰۱۹). از جمله مواردی که سبب کاهش عملکرد گندم در ایران و جهان می‌شود مواجه شدن گیاه با تنش‌های محیطی است. از آنجایی که شرایط محیطی جهت رشد گیاه به‌ندرت در حالت بهینه قرار دارد و گیاهان تحت تاثیر عوامل زنده و غیر زنده، تنش‌های مختلفی را تجربه می‌کنند، در نتیجه عملکرد گیاه نسبت به حالت پتانسیل کاهش می‌یابد. میزان واکنش گیاه نسبت به تنش‌ها بسته به نوع، شدت، زمان وقوع و طول دوره تنش متفاوت است. معمولا خشکی مهم‌ترین تنش غیر زنده است که بر رشد و عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک ونیمه خشک تاثیر می‌گذارد. تنش خشکی سبب بروز خسارات زیادی در بخش کشاورزی شده و حدود نیمی از اراضی کشاورزی جهان تحت تاثیر تنش خشکی قرار دارند (زیدی و همکاران ۲۰۰۴). گاهی اوقات یک تنش ملایم خشکی با اثر بر روی یک فرآیند مهم و حساس در گیاه می‌تواند اثرات بسیار زیادی بر رشد و عملکرد گیاه بگذارد به همین دلیل فراهم کردن آب کافی برای رشد یک محصول پیش از وقوع تنش بسیار مهم و حائز اهمیت است (پیرزاد و همکاران ۲۰۱۱). بنابراین به دلیل اهمیت آب آبیاری در کشاورزی و تاثیری که تنش خشکی بر رشد و عملکرد محصولات می‌گذارد باید از روش‌هایی برای جلوگیری از هدر رفت آب و مدیریت بهتر منابع آبی در کشاورزی استفاده شود که تا حدی سبب تعدیل اثرات تنش خشکی شود (کامکار و همکاران ۲۰۱۱).

محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی به‌عنوان معیارهای انتخاب برای تحمل به تنش پیشنهاد شده است. عمرانی و همکاران (۲۰۲۲) و محلوجی (۲۰۲۱) معتقدند تنش باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت یونی می‌شود. تنش باعث کاهش محتوای کلروفیل، شاخص کلروفیل، محتوای کارتنوئید شده و درنهایت رشد و عملکرد دانه گندم و جو را کاهش می‌دهد (عمرانی و همکاران ۲۰۲۲ و محلوجی و همکاران ۲۰۱۸).). از جمله مواردی که علاوه بر تاثیر بر رشد گیاه می‌تواند بر مدیریت منابع آبی نیز تاثیر بگذارد، استفاده از کودهای مختلف می‌باشد.

یکی از عوامل کاهش عملکرد تحت تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش دسترسی گیاه به نیتروژن باشد (بیستا و همکاران ۲۰۱۸). نیتروژن مهم‌ترین ماده مغذی است که در ساختار مولکول‌های مختلف پروتئین، آنزیم‌ها، کوآنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سیتوکروم وجود دارد (هاسگاوا و همکاران ۲۰۰۸). نیتروژن نقش مهمی در مراحل فنولوژی گیاه دارد. کودهای نیتروژن ترکیب شیمیایی خاک و گیاهان را تغییر می‌دهد و این عامل توانایی گیاه در جذب مواد آلی و غیرآلی از محلول خاک را افزایش می‌دهد (لین و همکاران ۲۰۰۴). علاوه بر موارد ذکر شده باید توجه داشت که به دلیل عدم آگاهی کشاورزان از زمان صحیح استفاده و همچنین استفاده بیش از نیاز گیاه از کودهای شیمیایی هر ساله حجم عظیمی از انواع کودهای شیمیایی مصرف می‌شود که علاوه بر تاثیر کم یا حتی منفی بر عملکرد محصولات سبب افزایش هزینه‌های تولید و آلوده شدن منابع خاک وآب های زیر زمینی می‌شود (محمدی کشکا و همکاران ۲۰۱۶).

تنش خشکی باعث کاهش ظرفیت جذب نیتروژن و فعالیت آنزیم‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتاز می‌شود (آرایا و همکاران ۲۰۱۰). از آنجا که ظرفیت فتوسنتز گیاه به نیتروژن برگ مربوط است، محدودیت در فتوسنتز و رشد به دلیل تنش‌های محیطی مانند خشکسالی احتمالاً نتیجه تغییرات سطح نیتروژن و توانایی گیاه برای دسترسی به این عنصر است (پراساد و همکاران ۲۰۰۸). علاوه بر این، استفاده زیاد از کود ازته در مراحل اولیه رشد دانه باعث افزایش تولید زیست توده گیاه می‌شود که منجر به کاهش بیشتر رطوبت خاک از طریق تعرق گیاه می‌شود و بنابراین میزان آب موجود در گیاه به ویژه در تنش خشکی کاهش می‌یابد (ون هرواردن و همکاران ۱۹۹۸). هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات تنش خشکی و کاربرد نیتروژن بربرخی صفات مرفوفیزیولوژیگ گندم است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و کاربرد کود نیتروژن بر برخی ارقام گندم، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، ۱۶۳۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، میانگین دمای سالانه ۱۴/۵ درجه سانتیگراد و ۱۴۰ میلی‌متر بارندگی سالانه) طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل دو رژیم آبیاری (آبیاری ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب برای شرایط بدون تنش و تنش خشکی)، کرت فرعی شامل دو سطح کود نیتروژن شامل مقدار موجود در خاک و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار با ۴۶ درصد نیتروژن و کرت فرعی_ فرعی شامل ارقام گندم (پیشتاز، بهار، سپاهان و استار) بود. رقم بهار (مناسب مناطق معتدل)، رقم پیشتاز (زودرس و مناسب مناطق معتدل)، رقم سپاهان (متحمل به شرایط محدود آبی) و رقم استار (مناسب شرایط گرم) هستند. پیش از انجام آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

هر واحد آزمایشی ۳×۶ متر و شامل ۱۲ ردیف کاشت با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر و با تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. به منظور جلوگیری از اختلاط تیمارها در تکرارهای مختلف، بین تکرارها فاصله ۱/۵ متری در نظر گرفته شد. زمین انتخاب شده برای آزمایش در سال قبل آیش بوده و عملیات خاکورزی جهت آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و ماله بود. از زمان کاشت بذرها و تا زمان استقرار کامل گیاه، هر دو تیمار آبیاری به یک میزان، بسته به نیاز گیاه، آبیاری شدند. حجم آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A از رابطه زیر تعیین گردید.

$$V= (PE\times KC\times A)/Ei$$ معادله [۱]

V حجم آبیاری بر حسب متر مکعب، PE تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بر حسب میلی متر، KC ضریب گیاهی (با توجه به مرحله رشدی) (آلن و همکاران ۱۹۹۸)، A مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و Ei راندمان آبیاری (۹۵ درصد) می‌باشد. آبیاری کرت‌ها هر ۷ روز یک بار توسط لوله‌های پلی اتیلن صورت گرفت و حجم آب با استفاده از کنتور کنترل شد. آبیاری با استفاده از تیپ آبیاری با قطر ۱۶ میلی‌متر و فاصله بین قطره چکان‌های ۱۵ سانتی‌متر صورت گرفت. لازم به ذکر است چهار نوبت آبیاری تیپ در پاییز انجام و از ۱۲ اسفند تا ۲۸ اردیبهشت نه نوبت آبیاری انجام گردید. حجم آب مصرفی در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ۲۹۹۰ و ۱۸۶۰ مترمکعب انجام شد. کود نیتروژن همراه با آب آبیاری و در دو مرحله (یک دوم در زمان کاشت و نصف در مرحله ساقه رفتن) به گیاه داده شد.

اندازه‌گیری صفات

به منظور اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی، در زمان ظهور سنبله از برگ پرچم گیاه نمونه برداری انجام شد. میزان کلروفیل a، b و کارتنویید نمونه‌ها به روش لیختنتالر (1987) اندازه‌گیری شد. در این روش، بعد از تهیه عصاره، میزان نور جذب شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100 Unico) در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شده و توسط فرمول های زیر محاسبه شد:

$$\text{Chlorophyll } a = 12.25A_{663.2} - 2.798A_{646.8}$$ معادله[۲]

$$\text{Chlorophyll } b = 21.50A_{646.8} - 5.10A_{663.3}$$ معادله [۳]

$$\text{Carotenoids} = (1000A_{470} - 1.82\text{Ch1 } a - 85.02\text{Ch1 } b)/198$$ معادله [۴]

A= میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	pH	EC (ds/m)
لومی رسی سیلتی	۱۶/۷	۳۳/۳	۵۰/۰	۰/۶۹۱	۰/۰۶۳	۳۸۱	۴۰/۵	۷/۶	۱/۰۴

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC) ، چهار قطعه برگ تازه به قطر ۱ سانتی‌متر برش داده شده و توزین شد (FW)، سپس نمونه‌ها درون پتری دیش همراه با مقداری آب در دستگاه انکوباتور به مدت چهار ساعت در دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و دوباره وزن شدند (TW). سرانجام، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و دوباره وزن شدند (DW). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد.

معادله [۵] $RWC = (FW-DW / TW-DW) \times 100$

میزان نشت یونی بر اساس روش کایا و همکاران (۲۰۰۲) برآورد شد. به این ترتیب ۱۰ نمونه برگ به اندازه مساوی به قطر یک سانتی متر از برگ پرچم تهیه و با آب مقطر شستشو داده شد. سپس پنج نمونه از آن را در آب مقطر در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه گذاشته و قابلیت هدایت الکتریکی آب اندازه گیری شد (EC1). پنج نمونه دیگر به مدت ۱۵ دقیقه در آب مقطر در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند و قابلیت هدایت الکتریکی آب دوباره اندازه گیری شد (EC2) در نهایت میزان نشت یونی (EL) با استفاده از معادلات زیر محاسبه شد.

معادله[۶] $EL = (EC1 / EC2) \times 100$

ارتفاع بوته در زمان رسیدگی فیزیولوژیک با اندازه گیری ارتفاع گیاه از سطح زمین تا انتهای سنبله اصلی بر حسب سانتی‌متر تعیین شد. برای اندازه گیری عملکرد دانه و زیست توده در زمان رسیدگی کامل گیاه و با در نظر گرفتن اثر حاشیه مساحت یک متر مربع از هر قطعه برداشت شد و پس از وزن کردن، بذرها جداسازی و به صورت جداگانه وزن شدند و میزان عملکرد دانه و زیست توده در هکتار مورد محاسبه قرار گرفت. محاسبه شاخص برداشت با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست توده و بر حسب درصد انجام شد.

در نهایت داده‌های بدست آمده از این آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.4) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و زیست توده

بجز اثرات برهمکنش دوگانه نیتروژن × آبیاری و نیتروژن × رقم برعملکرد زیست توده گندم، سایر اثرات معنی‌دار گردید (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه ارقام مختلف در هر دو سطح نیتروژن شد. استفاده از نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش باعث افزایش عملکرد دانه ولی در شرایط تنش عملکرد دانه را در ارقام مختلف کاهش داد. در تیمار آبیاری بدون تنش در شرایط استفاده از نیتروژن، رقم پیشتاز و در شرایط عدم استفاده از نیتروژن، ارقام پیشتاز و بهار بیشترین عملکرد دانه را در بین ارقام داشتند. اما در شرایط تنش، ارقام پیشتاز و استار بیشترین عملکرد دانه را در هر دو سطح استفاده و عدم استفاده از نیتروژن از خود نشان دادند (جدول ۳). استفاده از نیتروژن در هر دو سطح آبیاری بدون تنش و تنش میزان زیست توده در ارقام مختلف را افزایش داد. در شرایط آبیاری بدون تنش رقم سپاهان و در شرایط تنش رقم پیشتاز به ترتیب با ۱۸/۵ و ۱۸/۴ درصد تغییر در میزان زیست توده بیشترین واکنش را نسبت به استفاده از نیتروژن در مقایسه

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک چهار رقم گندم تحت سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

منابع تغییر	Df	عملکرد دانه	عملکرد بیوماس	ارتفاع بوته	وزن ۱۰۰۰ دانه	شاخص برداشت	کلروفیل a	کلروفیلb	کاروتنویید ها	RWC	نشت یونی
تکرار (R)	۲	۴۴۶۸	۷۸۹۹۱	۳/۰۸	۰/۰۰۸	۰/۵۶۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/ ۰۰۰	۰/۵۸۶	۰/۰۵۸
آبیاری (I)	۱	۴۳۱۳۹۶۸۸**	۱۳۰۳۷۶۵۷۶**	۲۸۳۷**	۱/۷۵**	۳۶۶**	۱/۳۶**	۰/۲۱۷**	۰/۱۳۲**	۴۸۶**	۲۱۷۹**
I × R	۲	۲۰۲۷۹	۴۴۰۹۶۹	۱/۰۰	۰/۰۴۰	۱/۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۷۳۳	۱/۵۱
نیتروژن (N)	۱	۵۵۷۰۶۷**	۱۱۸۹۰۲۵۲**	۵۸۱**	۰/۰۰۳ns	۷۹/۶**	۰/۵۱۶**	۰/۱۲۳**	۰/۰۵۷**	۴/۸۱^{ns}	۹/۱۹**
I × N	۱	۴۴۴۰۲۲۵**	۶۹۴۵۶۴^{ns}	۱۵/۲^{ns}	۰/۰۷۰ns	۳۱۰**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰**	۹۶/۳**	۹۹/۸**
N ×R (I)	۴	۱۷۳۷۵	۶۵۸۶۵۲	۱۷/۴	۰/۰۱۸	۱/۵۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۶۴	۰/۲۶۱
رقم (C)	۳	۱۱۵۸۱۱۶**	۲۱۲۶۳۶۱**	۹۶۷**	۱/۱۱**	۶/۵۴**	۰/۶۰۸**	۰/۰۸۱**	۰/۰۰۱**	۱۱۵**	۲۳/۴**
I × C	۳	۱۹۴۷۴۴**	۷۷۸۲۵۸*	۶۳/۵**	۰/۰۸۲*	۶/۳۷*	۰/۰۶۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰^{ns}	۱/۳۸^{ns}	۱۰/۸**
N × C	۳	۱۲۸۴۰۱**	۵۲۵۱۵۱^{ns}	۸/۵۸^{ns}	۰/۰۳۲ns	۷/۱۹*	۰/۰۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰**	۱/۳۱^{ns}	۰/۱۲۳^{ns}
I × N × C	۳	۱۰۵۵۵۹**	۹۵۶۳۵۱*	۳۹/۳^{ns}	۰/۰۳۲ns	۱۱/۷**	۳/۸۸^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰**	۱/۷۲^{ns}	۰/۴۷۲^{ns}
خطا	۲۴	۱۷۷۳۳	۲۰۳۰۸۶	۴/۱۲	۰/۰۲۱	۱/۷۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۲۶	۰/۹۰۵
ضریب تغییرات		۵/۰۵	۶/۰۵	۵/۰۳	۶/۰۶	۵/۳۷	۵/۰۶	۴/۴۷	۴/۶۰	۳/۴۱	۳/۲۰

** و* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار

با سایر ارقام از خود نشان دادند (جدول ۳). کود نیتروژنه شرایط آبیاری بدون تنش رشد و عملکرد گیاه را افزایش داده در شرایط آبیاری بدون تنش رشد و عملکرد گیاه را افزایش داده اما در شرایط آبیاری تنش سبب افزایش رشد رویشی و درنتیجه افزایش تعرق از سطح گیاه و کاهش بیشتر آب در دسترس گیاه شده که این امر خشکی را تشدید و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (سیلینگ و همکاران ۱۹۹۸). گزارش چندین محقق در رابطه با تأثیرات کود نیتروژن بر عملکرد غلات تحت شرایط تنش آبی و سایر تنش‌ها تناقضاتی را نشان می‌دهد. ارکولی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که تحت تنش خشکی، وزن دانه، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و عملکرد دانه گندم دوروم با افزایش سطح کود نیتروژن کاهش معنی‌داری داشت. آن‌ها نتیجه گرفتند که گندم دوروم در مقادیر بالای کود نیتروژن بیشتر در معرض تنش خشکی است. با این حال، آلبریزیو و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی روی ارقام جو و گندم تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کود نیتروژن، نشان دادند که اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر زیست توده و عملکرد دانه ندارد. در تحقیق انجام شده توسط ارشادی و همکاران (۲۰۱۶) بر روی ارقام مختلف گندم، نیز تفاوت معنی‌داری بین عملکرد ماده خشک در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی مشاهده شد.

ارتفاع بوته

اثرات ساده آبیاری، نیتروژن، رقم و همچنین برهمکنش آبیاری× رقم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). استفاده از نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته به میزان ۱۱ درصد شد (جدول ۴). تنش آبیاری سبب کاهش ارتفاع بوته در تمامی ارقام شد و در بین ارقام مختلف رقم پیشتاز دارای بیشترین ارتفاع بوته در هر دو شرایط آبیاری بدون تنش و تنش بود. همچنین در بین ارقام مختلف رقم بهار با ۲۶/۳ درصد کاهش بیشترین واکنش را نسبت به تنش خشکی از نظر ارتفاع بوته نشان داد (جدول ۵). ارتفاع گیاه توسط پتانسیل ژنتیکی گیاه و توسط ژن‌های Rht[1] تعیین می‌شود و رسیدن به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته به شرایط بهینه محیطی از جمله شرایط تغذیه‌ای و آبیاری است (تدین و امام ۲۰۰۷). مطالعات متعددی ارتفاع گیاه گندم را تحت تنش خشکی و همچنین کود نیتروژن مورد بررسی قرار داده‌اند که با نتایج ما مطابق دارد (احمدی نژاد و همکاران ۲۰۱۲ و شهبازی و همکاران ۲۰۱۶).

[1] Reduced height gene

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت ارقام گندم در برهمکنش آبیاری، نیتروژن و رقم

ارقام	آبیاری نرمال						آبیاری تنش					
	استفاده از نیتروژن			عدم استفاده از نیتروژن			استفاده از نیتروژن			عدم استفاده از نیتروژن		
	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیوماس ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیوماس ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیوماس ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیوماس ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)
پیشتاز	۶۲۷۹^{a}	۱۳۱۶۴^{ab}	۴۷/۷^{a}	۵۳۱۰^{cd}	۱۲۵۸۶^{bc}	۴۲/۳^{bc}	۳۴۷۲^{h}	۱۰۳۹۸^{e}	۳۳/۹^{g}	۳۷۸۲^{g}	۸۷۸۱^{h}	۴۱/۹^{bc}
بهار	۵۴۷۴^{c}	۱۳۱۵۸^{ab}	۴۱/۶^{bc}	۵۱۴۷^{d}	۱۲۰۹۸^{c}	۴۲/۴^{bc}	۳۰۱۵^{i}	۸۸۰۳^{h}	۳۲/۱^{gh}	۳۵۰۰^{h}	۸۵۵۹^{gh}	۴۰/۵^{cd}
سپاهان	۵۱۷۸^{d}	۱۳۳۳۵^{ab}	۳۹/۱^{de}	۴۴۱۵^{f}	۱۱۲۴۸^{d}	۳۹/۰^{de}	۳۰۰۹^{i}	۹۹۴۴^{e}	۳۰/۵^{h}	۳۳۱۹^{h}	۹۲۳۳$^{f-h}$	۳۶/۴^{f}
استار	۵۹۷۳^{b}	۱۳۸۷۴^{a}	۴۳/۰^{b}	۴۷۳۷^{e}	۱۲۶۵۴^{bc}	۳۷/۷^{ef}	۳۳۹۰^{h}	۱۰۴۸۳^{e}	۳۲/۶^{gh}	۳۸۵۶^{g}	۹۵۴۷^{fg}	۴۰/۹$^{b-d}$

در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری، نیتروژن و رقم بر صفات اندازه‌گیری شده

عوامل آزمایش		عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیوماس ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	شاخص برداشت (%)	کلروفیل a ($mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b ($mg.gFW^{-1}$)	کارتنویید ($mg.gFW^{-1}$)	RWC (%)	نشت یونی (%)
آبیاری	نرمال	۵۳۱۴^{a}	۱۲۷۶۵^{a}	۷۴/۶^{a}	۳۸/۰a	۴۱/۶^{a}	۱/۱۶^{a}	۰/۴۹۷^{a}	۰/۳۷۴^{a}	۸۲/۶^{a}	۷۲/۴^{b}
	تنش	۳۴۱۸^{b}	۹۴۶۹^{b}	۵۹/۲^{b}	۳۴/۲b	۳۶/۱^{b}	۰/۸۲۱^{b}	۰/۳۶۳^{b}	۰/۲۶۹^{b}	۷۶/۲^{b}	۸۵/۹^{a}
نیتروژن	استفاده	۴۴۷۴^{a}	۱۱۶۱۴^{a}	۷۰/۴^{a}	۳۶/۱a	۳۷/۶^{b}	۱/۰۹^{a}	۰/۴۸۰^{a}	۰/۳۵۶^{a}	۷۹/۷^{a}	۷۹/۶^{a}
	عدم استفاده	۴۲۵۸^{b}	۱۰۶۱۹^{b}	۶۳/۴^{b}	۳۶/۰a	۴۰/۱^{a}	۰/۸۸۵^{b}	۰/۳۷۹^{b}	۰/۲۸۷^{b}	۷۹/۱^{a}	۷۸/۷^{b}
ارقام	پیشتاز	۴۷۱۰^{a}	۱۱۲۳۲^{b}	۷۷/۶^{a}	۳۹/۶a	۴۱/۴^{a}	۰/۸۰۶^{d}	۰/۳۵۶^{d}	۰/۳۰۸^{c}	۸۴/۰^{a}	۸۰/۶^{a}
	بهار	۴۲۸۴^{c}	۱۰۶۵۴^{c}	۷۰/۳^{b}	۳۶/۶b	۳۹/۱^{b}	۰/۹۶۱^{b}	۰/۴۲۶^{b}	۰/۳۳۴^{a}	۷۷/۷^{b}	۷۷/۳^{c}
	سپاهان	۳۹۸۰^{d}	۱۰۹۴۰^{bc}	۶۲/۷^{c}	۳۵/۷b	۳۶/۲^{c}	۰/۸۷۶^{c}	۰/۳۹۲^{c}	۰/۳۲۵^{b}	۸۰/۰^{b}	۷۹/۰^{b}
	استار	۴۴۸۹^{b}	۱۱۶۳۹^{a}	۵۷/۰^{d}	۳۲/۲c	۳۸/۶^{b}	۱/۳۱^{a}	۰/۵۴۵^{a}	۰/۳۱۸^{b}	۷۷/۸^{b}	۷۹/۷^{b}

در هر صفت، برای هر عامل آزمایشی میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، وزن صد دانه، کلروفیل a و نشت یونی ارقام گندم در برهمکنش آبیاری و رقم

ارقام	آبیاری نرمال				آبیاری تنش			
	ارتفاع بوته (cm)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	کلروفیل a ($mg.gFW^{-1}$)	نشت یونی (%)	ارتفاع بوته (cm)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	کلروفیل a ($mg.gFW^{-1}$)	نشت یونی (%)
پیشتاز	۸۴/۲^{a}	۴۰/۴a	۰/۹۰۷^{d}	۷۲/۶^{e}	۷۱/۰^{c}	۳/۸۹^{ab}	۰/۷۰۶^{f}	۸۸/۶^{a}
بهار	۸۱/۰^{b}	۳۸/۵b	۱/۱۳^{b}	۷۱/۰^{f}	۵۹/۷^{e}	۳/۴۷^{c}	۰/۷۹۶^{e}	۸۳/۶^{c}
سپاهان	۷۰/۸^{c}	۳۸/۰b	۱/۰۱^{d}	۷۲/۱^{ef}	۵۴/۵^{f}	۳/۳۵^{c}	۰/۷۳۸^{ef}	۸۵/۹^{b}
استار	۶۲/۳^{d}	۳۴/۹c	۱/۵۸^{a}	۷۳/۹^{d}	۵۱/۷^{g}	۲/۹۵^{d}	۱/۰۴^{c}	۸۵/۴^{b}

در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

وزن ۱۰۰۰ دانه

اثر آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آبیاری× رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). آبیاری تنش سبب کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه در تمامی ارقام شد. نسبت تغییرات وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر تنش خشکی در بین ارقام مختلف متفاوت بود و رقم استار با ۱۵/۵ درصد کاهش بیشترینحساسیت را از نظر وزن ۱۰۰۰ دانه به تنش

خشکی نشان داد. همچنین رقم پیشتاز بیشترین وزن دانه را در هر دو شرایط آبیاری بدون تنش و تنش در بین ارقام دارا بود (جدول ۵). پلات و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که در اثر تنش خشکی مقدار تجمع ماده خشک توسط دانه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. وانگ و همکاران (۱۹۹۹) در آزمایشی روی گیاه گندم نتیجه گرفتند که تنش خشکی سبب افزایش سنتز ABA در گیاه می‌شود و ABA به عنوان یک بازدارنده رشد باعث توقف افزایش وزن دانه و کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه گندم می‌شود.

شاخص برداشت

اثر آبیاری، نیتروژن، رقم و برهمکنش آبیاری× نیتروژن و آبیاری× نیتروژن× رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش× آبیاری رقم و نیتروژن× رقم در سطح احتمال پنج درصد برشاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲). واکنش ارقام مختلف از نظر شاخص برداشت نسبت به آبیاری و نیتروژن متفاوت بود. استفاده از نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش سبب افزایش شاخص برداشت در تمامی ارقام بجز رقم بهار شد و رقم استار با ۱۴/۱ درصد افزایش بیشترین تغییر شاخص برداشت را نسبت به سایر ارقام نشان داد. در شایط آبیاری تنش برخلاف آبیاری بدون تنش استفاده از نیتروژن سبب کاهش شاخص برداشت شد و در بین ارقام، رقم بهار با ۲۰/۷ درصد کاهش بیشترین تغییرات شاخص برداشت را داشت (جدول ۳). شاخص برداشت نشان دهنده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها و سایر مخازن موجود در گیاه می‌باشد و تنش خشکی با ایجاد اختلال در انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (اسفا و همکارن ۲۰۱۵). همچنین اسفا و همکاران (۲۰۱۷) حساسیت بیشتر مرحله تشکیل و پر شدن دانه‌ها نسبت به تنش خشکی در مقایسه با مرحله رشد رویشی را دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی ذکر کردند. بیهمتا و همکاران (۲۰۱۸) نیز در آزمایش خود روی ژنوتیپ‌های گندم بیان کردند که ژنوتیپ‌های مختلف دارای میزان شاخص برداشت متفاوتی هستند.

کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنویید

اثر آبیاری، نیتروژن، رقم و برهمکنش آبیاری× رقم بر کلروفیل a و اثر آبیاری، نیتروژن، رقم و برهمکنش آبیاری× نیتروژن، نیتروژن× رقم و آبیاری× نیتروژن× رقم بر کلروفیل b و کارتنویید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). استفاده از نیتروژن سبب افزایش ۲۳/۲ درصدی کلروفیل a شد (جدول ۴). تنش خشکی سبب کاهش میزان کلروفیل a در تمامی ارقام شد و رقم استار با ۳۴/۱ درصد کاهش بیشترین واکنش را نسبت به تنش خشکی نشان داد. در هر دو شرایط آبیاری بدون تنش و تنش رقم استار در بین سایر ارقام بیشترین میزان کلروفیل a را دارا بود (جدول ۵). استفاده از کود نیتروژن در هر دو شرایط آبیاری بدون تنش و تنش سبب افزایش میزان کلروفیل b و کارتنویید در تمامی ارقام شد. از نظر کلروفیل b، استفاده از نیتروژن در هر دو شرایط آبیاری بیشترین تاثیر را بر رقم سپاهان (۲۷/۲ درصد) و از نظر کارتنویید، بیشترین تاثیر را در شرایط آبیاری بدون تنش بر رقم استار (۲۸/۱ درصد) و در شرایط آبیاری تنش بر رقم پیشتاز (۳۳/۲ درصد) داشت (جدول ۷). تنش خشکی به واسطه اثر آنزیم کلروفیلاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل سبب آسیب به رنگدانه‌های گیاه می‌شود و کاهش میزان فتوسنتز در اثر تنش خشکی تا حدی به واسطه‌ی کاهش غلظت کلروفیل است. کاهش محتوای کلروفیل و کارتنویید در اثر تنش خشکی در گیاه گندم در مطالعات متعددی گزارش شده است که با نتایج بدست آمده از آزمایش ما مطابقت دارد (سیار و همکاران ۲۰۰۸ و سی و سه مرده و همکاران ۲۰۰۶). همچنین در آزمایشی روی ژنوتیپ-های گندم و تریتیکاله نشان داده شد که تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل در برخی ژنوتیپ‌ها می-گردد (لنبانی و ارزانی ۲۰۱۱).

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات RWC و نشت یونی ارقام گندم در برهمکنش آبیاری ونیتروژن

	آبیاری نرمال		آبیاری تنش	
	استفاده از نیتروژن	عدم استفاده از نیتروژن	استفاده از نیتروژن	عدم استفاده از نیتروژن
RWC (%)	۸۴/۳^{a}	۸۰/۸^{b}	۷۵/۱^{d}	۷۷/۳^{c}
نشت یونی (%)	۷۱/۴^{d}	۷۳/۴^{c}	۸۷/۸^{a}	۸۴/۱^{b}

در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

جدول ۷- مقایسه میانگین کلروفیل a و نشت یومی ارقام گندم در برهمکنش آبیاری، نیتروژن و رقم

ارقام	آبیاری نرمال				آبیاری تنش			
	استفاده از نیتروژن		عدم استفاده از نیتروژن		استفاده از نیتروژن		عدم استفاده از نیتروژن	
	کلروفیل b ($Mg.gFW^{-1}$)	کارتنویید ($Mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b ($Mg.gFW^{-1}$)	کارتنویید ($Mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b ($Mg.gFW^{-1}$)	کارتنویید ($Mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b ($Mg.gFW^{-1}$)	کارتنویید ($Mg.gFW^{-1}$)
پیشتاز	۰/۴۴۶^{e}	۰/۳۸۴^{c}	۰/۳۷۴^{g}	۰/۳۲۸^{e}	۰/۳۴۹^{h}	۰/۲۹۷^{f}	۰/۲۵۳^{i}	۰/۲۲۳^{h}
بهار	۰/۵۲۲^{d}	۰/۴۳۵^{a}	۰/۴۴۹^{e}	۰/۳۴۰^{de}	۰/۳۹۸^{f}	۰/۳۰۹^{f}	۰/۳۳۶^{h}	۰/۲۵۰^{g}
سپاهان	۰/۵۲۴^{d}	۰/۴۰۷^{b}	۰/۴۱۲^{f}	۰/۳۴۷^{d}	۰/۳۷۸^{g}	۰/۲۹۸^{f}	۰/۲۵۳^{i}	۰/۲۴۷^{g}
استار	۰/۶۶۹^{a}	۰/۴۱۹^{b}	۰/۵۸۰^{b}	۰/۳۲۷^{e}	۰/۵۵۸^{c}	۰/۲۹۶^{f}	۰/۳۷۵^{g}	۰/۲۳۱^{h}

در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشابه، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

اثر آبیاری، رقم و برهمکنش آبیاری× نیتروژن بر RWC در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام مختلف رقم پیشتاز بیشترین میزان RWC را دارا بود و سایر ارقام اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۴). استفاده از نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش سبب افزایش ۴/۳ درصدی و در شرایط تنش برخلاف آبیاری بدون تنش، سبب کاهش ۲/۸ درصدی RWC شد (جدول ۶). RWC جذب آب توسط بافت‌ها و سلول‌ها را نشان می‌دهد و شاخصی مفید جهت بررسی تحمل به خشکی می‌باشد (تورس و همکاران ۲۰۱۹). همچنین کنترل فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه به میزان RWC دارد و تغییرات RWC مستقیماً بر فتوسنتز تأثیر می‌گذارد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب گندم می‌شود و به طور معمول ارقام مقاوم به خشکی RWC بیشتری نسبت به ارقام حساس دارند (احمدی و باکر ۲۰۰۱).

نشت یونی

اثر آبیاری، نیتروژن، رقم و برهمکنش آبیاری× نیتروژن و آبیاری× رقم در سطح احتمال یک درصد بر میزان نشت یونی معنی‌دار شد (جدول ۲). استفاده از نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش سبب کاهش ۲/۷ درصدی و در شرایط تنش سبب افزایش ۴/۴ درصدی نشت یونی شد (جدول ۶). تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار نشت یونی در تمامی ارقام شد. در شرایط آبیاری بدون تنش رقم استار و در شرایط آبیاری تنش رقم پیشتاز بیشترین میزان نشت یونی را داشتند. همچنین در بین ارقام، رقم پیشتاز با ۲۲/۰ درصد افزایش بیشترین واکنش را از نظر نشت یونی نسبت به تنش خشکی نشان داد (جدول ۵). در اثر تنش خشکی فعالیت‌های بیولوژیکی غشای سلولی، سیالیت آن و سرعت پمپ شدن یون‌های غشایی کاهش، شاخص پایداری غشا کاهش و در نتیجه بر میزان نشت یون‌ها افزوده می‌شود (بروجردنیا و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین

ارقامی که میزان نشت یونی کمتری دارند نسبت به خشکی مقاوم‌تر هستند.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج به دست آمده تنش خشکی، عملکرد دانه، زیست توده، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه، شاخص برداشت، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنویید و محتوای نسبی آب برگ را کاهش داد لیکن سبب افزایش میزان نشت یونی شد. کاربرد نیتروژن سبب تاثیر معنی‌دار بر تمامی صفات به جز وزن ۱۰۰۰ دانه و محتوای نسبی آب برگ شد. در بین ارقام مختلف از نظر تمام صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در شرایط آبیاری نرمال، رقم پیشتاز و در شرایط تنش خشکی، ارقام پیشتاز و استار بیشترین دانه را تولید نمودند. کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش باعث افزایش میزان عملکرد دانه در تمامی ارقام شد اما در شرایط تنش خشکی تنها باعث افزایش زیست توده شد و میزان عملکرد دانه را کاهش داد. به نظر می‌رسد کاربرد نیتروژن با تاثیر منفی بر میزان آب در دسترس گیاه از طریق افزایش رشد رویشی و افزایش تعرق، باعث افت عملکرد دانه شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در زمانی که گیاه تحت تنش خشکی قرار دارد استفاده از نیتروژن باعث تشدید کمبود آب در گیاه و کاهش عملکرد دانه در گندم می‌شود.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان و پرسنل مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان که در تهیه بذر و اجرای آزمایش کمک نمودند قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Ahmadi A and Baker DA. 2001. The effect of water stress on the activities of key regulatory enzymes of the sucrose to starch pathway in wheat. Plant Growth Regulation, 35(1): 81-91.

Ahmadinezhad R, Najafi N, Aliasgharzad N and Oustan SH. 2012. Effects of Organic and Nitrogen Fertilizers on Water Use Efficiency, Yield and the Growth Characteristics of Wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Water and Soil Science, 2: 177-194. (In Persian).

Albrizio R, Todorovic M, Matic T and Stellacci AM. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. Field Crops Research, 115(2): 179-190.

Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome. 300(9): D05109.

Araya A, Habtu S, Hadgu KM, Kebede A and Dejene T. 2010. Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). Agricultural Water Management, 97(11): 1838-1846.

Arshadi A, Karami E, Khateri B and Rezabakhsh P. 2016. Drought stress effects on the grain yield among different barley cultivars. Genetika, 48(3): 1087-1100.

Assefa T, Rao IM, Cannon SB, Wu J, Gutema Z, Blair M, Otyama P, Alemayehu F and Dagne B. 2017. Improving adaptation to drought stress in white pea bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Genotypic effects on grain yield, yield components and pod harvest index. Plant Breeding, 136(4): 548-561.

Assefa T, Wu J, Beebe SE, Rao IM, Marcomin D and Claude RJ. 2015. Improving adaptation to drought stress in small red common bean: phenotypic differences and predicted genotypic effects on grain yield, yield components and harvest index. Euphytica, 203(3): 477-489.

Bihamta M, Shirkavand M, Hasanpour J and Afzalifar A. 2018. Evaluation of Durum Wheat Genotypes under Normal Irrigation and Drought Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 9(24): 119-136. (In Persian).

Bista DR, Heckathorn SA, Jayawardena DM, Mishra S and Boldt JK. 2018. Effects of drought on nutrient uptake and the levels of nutrient-uptake proteins in roots of drought-sensitive and-tolerant grasses. Plants, 7(2): 28: 1-16.

Boroujerdnia M, Bihamta MR, Alemi S and Abdousi V. 2016. Effect of drought stress on proline content, soluble carbohydrates, electrolyte leakage and relative water content of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Plant Physiology, 29: 23-41. (In Persian)

Ercoli L, Lulli L, Mariotti M, Masoni A and Arduini I. 2008. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. European Journal of Agronomy, 28(2): 138-147.

Hassegawa RH, Fonseca H, Fancelli AL, da Silva VN, Schammass EA, Reis TA and Corrêa B. 2008. Influence of macro-and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. Food Control, 19(1): 36-43.

Kamkar B, Daneshmand AR, Ghooshchi F, Shiranirad AH and Langeroudi AS. 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment. Agricultural Water Management, 98(6): 1005-1012.

Kaya C, Kirnak H, Higgs D and Saltali K. 2002. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. Scientia Horticulturae, 93(1): 65-74.

Khodaverdizadeh M, Mohammadi M and Miri D. 2019. Estimation of Technical Efficiency of Wheat Production with Emphasis on Sustainable Agriculture in Urmia County. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(4): 233-245. (In Persian).

Lichtenthaler HK. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.

Lin S, Sattelmacher B, Kutzmutz E, Mühling KH and Dittert K. 2004. Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport into tubers. Journal of Plant Nutrition, 27(2): 341-350.

Lonbani M and Arzani A. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought-stress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research, 9: 315–329.

Mahlooji M. 2021. Agrophysiological barley associated with flag leaf temperature and canopy light interception under salinity and zinc foliar application. Journal of Plant Process and Function, 10(43): 25-34.

Mahlooji M, seyedsharifi R, Razmjo J, Sabzalian MR and Sedghi M.2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. Photosynthetica, 56 (2): 549-556.

Mohammadi Kashka F. Pirdashti H. Yaghoubian Y and Bakhshandeh E. 2017. Evaluation of growth and yield stability of wheat by application of trichoderma and enterobacter sp. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 26(4): 1-15. (In Persian).

Omrani S, Arzani A, Esmaeilzadeh M and Mahlooji M. 2022. Genetic analysis of salinity tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). PLoS ONE 17(3): e0265520.

Pirzad A, Shakiba MR, Zehtab-Salmasi S, Mohammadi SA, Darvishzadeh R and Samadi A. 2011. Effect of water stress on leaf relative water content, chlorophyll, proline and soluble carbohydrates in *Matricaria chamomilla*

.0 L. Journal of Medicinal Plants Research, 5(12): 2483-2488.

Plaut Z, Butow BJ, Blumenthal CS and Wrigley CW. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. Field Crops Research, 86(2-3): 185-198.

Prasad PVV, Staggenborg SA and Ristic Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. Pp. 1: 301-355. In: Ahuja LR, Reddy VR, Saseendran SA and Qiang Yu (eds). Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.

Sayar R, Khemira H, Kameli A and Mosbahi M. 2008. Physiological tests as predictive appreciation for drought tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Agronomy Research, 6: 79-90.

Shahbazi H, Arzani A and Ismailzadeh Moghadam M. 2016. The effect of drought stress on physiological properties in recombinant wheat inbred lines. Plant Process and Function, 15: 123-131. (In Persian).

Sieling K, Schröder H, Finck M and Hanus H. 1998. Yield, N uptake, and apparent N-use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. The Journal of Agricultural Science, 131(4): 375-387.

Sio-Se Mardeh A, Ahmadi A, Poustini K and Mohammadi V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research, 98: 222–229.

Tadayon MR and Imam Y. 2007. The effect of supplementary irrigation and nitrogen fertilizer on morphological reactions and grain yield of two wheat cultivars under rainfed conditions in Fars province. Journal of Agricultural Science, 2: 53-69. (In Persian).

Torres I, Sánchez MT, Benlloch-González M and Pérez-Marín D. 2019. Irrigation decision support based on leaf relative water content determination in olive grove using near infrared spectroscopy. Biosystems Engineering, 180: 50-58.

Van Herwaarden AF, Farquhar GD, Angus JF, Richards RA and Howe GN. 1998. 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research, 49: 1067-1082.

Wang X, Li Q, Xie J, Huang M, Cai J, Zhou Q, Dai T and Jiang D. 2020. Abscisic acid and jasmonic acid are involved in drought priming-induced tolerance to drought in wheat. The Crop Journal, 9(1): 120-132.

Zaidi PH, Srinivasan G, Cordova HS and Sanchez C. 2004. Gains from improvement for mid-season drought tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). Field Crops Research, 89(1): 135-152.

.

.