مقاله پژوهشی

بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو

سیاوش برده‌جی، حمیدرضا عشقی‌زاده* و مرتضی زاهدی

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶)

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رژیم آبیاری (تخلیه ۵۵ و ۸۵ درصد از رطوبت قابل استفاده خاک به‌ترتیب برای شرایط بدون تنش و تنش خشکی)، دو سطح کود نیتروژن (مقدار موجود در خاک (۸٤ کیلوگرم در هکتار) و ٦۲/۵ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره با ٤۵ درصد نیتروژن) و ارقام جو (پنج رقم جو خارجی شامل: Amistar، Campagen، Funky، Mastesca و Shangrila و یک رقم جو ایرانی یوسف) بود. نتایج نشان داد تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل a و b، محتوای کاروتنویيدها و حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو و همچنین افزایش محتوای پرولین و مالون دی‌آلدهید سبب کاهش عملکرد دانه و بیوماس شد. در اثر تنش خشکی عملکرد دانه به میزان ۵۸ و ٤۰ درصد به‌ترتیب در شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد کود نیتروژن کاهش یافت. کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش منجر به افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیوماس، ارتفاع، کلروفیل a و کاهش مالون دی‌آلدهید شد ولی در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش مالون دی‌آلدهید، کلروفیل a و کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیوماس و ارتفاع گیاه در تمامی ارقام جو شد. در بین ارقام مورد مطالعه رقم یوسف بیشترین عملکرد دانه و رقم Funky بیشترین میزان بیوماس را تولید کردند. بیشترین عملکرد دانه و بیوماس در کلیه ارقام در آبیاری بدون تنش و با کاربرد نیتروژن به‌دست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد نیتروژن در شرایط تنش خشکی راهکار مناسبی جهت کاهش خسارت تنش و افت عملکرد ناشی از آن در ارقام جو مورد مطالعه نمی‌باشد.

کلمات کلیدی: بیوماس، پرولین، عملکرد دانه، مالون دی‌آلدهید

مقدمه

شرایط محیطی عامل مهمی در رشد و تولید گیاهان است. خشکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که به‌عنوان اصلی‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران شناخته شده است (نوری‌پور و احسان‌زاده، ۱۳۹۱). تنش خشکی از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گوناگون، میزان تولید را تحت تأثیر قرارمی‌دهد ولی میزان تأثیر آن بسته به نوع گونه گیاهی، زمان وقوع تنش خشکی و شدت آن متفاوت است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی پیچیده است و به عوامل متعددی مانند دما و جذب عناصر غذایی از خاک بستگی دارد (Askari and Ehsanzadeh, 2015; Thomas Robertson *et al*., 2004).

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

خشکی تأثیر بسزایی در مراحل اولیه رشد و استقرار گیاه دارد و باعث ایجاد اختلال در جوانه‌زنی و استقرار گیاه می‌شود (De Souza *et al*., 2015; Anjum *et al*., 2011). تنش خشکی هم‌چنین سبب کاهش اندازه بوته، کاهش تعداد برگ، اندازه و طول عمر برگ و درنهایت کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌شود (Anjum *et al*., 2011). بنابراین آنچه مسلم است کشورهایی از جمله ایران که در ناحیه خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار دارند و یا از کمبود آب رنج می‌برند می‌بایست راهبردهای خاصی را در جهت استفاده صحیح و مطلوب از منابع آب به عمل آورند که از مهم‌ترین آن‌ها تولید ارقامی با عملکرد بالا و متحمل به کم آبی است.

جو از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است و بیش‌ترین سازش را نسبت به دیگر گیاهان زراعی و در مقایسه با سایر غلات به خشکی نشان می‌دهد (Bothmer *et al*., 1991). این گیاه از لحاظ اهمیت بعد از برنج، ذرت و گندم رتبه چهارم را دارد و از آن به‌عنوان غذای انسان، حیوان و مرغ استفاده می‌شود (Dhillon and Uppal, 2019). جو در مناطقی با حداقل بارندگی، ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر رشد کرده و نسبت به شرایط آب‌وهوایی مختلف سازگاری دارد (Samarah, 2005).

کود نیتروژن از عوامل زراعی مهم می‌باشد که اثر قابل توجهی بر عملکرد و رشد گیاه دارد و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش اساسی ایفا می‌کند. از این‌رو محققان به‌طور گسترده‌ای تأثیر کودهای نیتروژنی بر رشد گیاهان زراعی مختلف را مورد مطالعه قرار می‌دهند. Ofosu-Anim و Leitch (۲۰۰۹) طی مطالعه‌ای روی جو بهاره بیان کردند که کوددهی نیتروژن باعث افزایش ارتفاع بوته، میزان کلروفیل برگ و عملکرد جو بهاره می‌شود. همچنین Yadav و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که نیتروژن بر واکنش‌های بیوشیمیایی، شدت فتوسنتز، افزایش دوره رویش و افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های هوایی و درنتیجه بر بهبود اجزای عملکرد گندم مؤثر است. از طرفی کاربرد زیاد کود نیتروژن سبب کاهش کیفیت دانه گیاه جو می‌شود (Malesevic *et al*., 2010). همچنین استفاده زیاد از کود نیتروژن در مراحل ابتدایی رشد غلات زمستانه باعث افزایش تولید زیست‌توده گیاه می‌شود که این امر سبب تخلیه بیشتر رطوبت خاک از طریق تعرق گیاه و درنتیجه باعث کاهش میزان آب در دسترس گیاه به‌خصوص در شرایط تنش خشکی می‌شود (Van Herwaarden *et al*., 1998).

کمبود منابع آب و افزایش غیرمنطقی کاربرد کودهای شیمیایی از جمله دلایلی هستند که ایجاب می‌کند تا تغییراتی در استراتژی کشت و مدیریت کاربرد آب و کود شیمیایی به وجود آید. این تغییرات باید با هدف افزایش راندمان مصرف این دو نهاده با ارزش و جایگزین‌کردن محصولات با پتاسیل عملکرد بالا و سازگار با شرایط آب‌وهوایی کشور صورت گیرد. بنابراین با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور و لزوم استفاده بهینه از آب موجود و همچنین مدیریت کاربرد نیتروژن در شرایط مختلف رطوبتی این آزمایش با هدف بررسی واکنش ارقام جو به اثر سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن و بررسی تأثیر کود نیتروژن در شرایط تنش و بدون تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک چند رقم جو در شرایط آب‌وهوایی اصفهان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر رژیم آبیاری و کاربرد نیتروژن بر ارقام جو، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ٤٠ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک نجف‌آباد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، ۱٦۳۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، میانگین دمای سالانه ١٤/٥ درجه سانتی‌گراد و ١٤٠ میلی‌متر بارندگی سالانه) طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل دو رژیم آبیاری (آبیاری بدون تنش و تنش)، کرت فرعی شامل دو سطح کود نیتروژن شامل مقدار موجود در خاک (٨٤ کیلوگرم در هکتار) و ٦٢/٥ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره با ٤٥ درصد نیتروژن و کرت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

شن	سیلت	رس	کربن آلی	نیتروژن کل	EC	pH	فسفر	پتاسیم	بافت خاک	عمق خاک
٪					(dS/m)		(mg/kg)			(cm)
۱۶/۷	۵۰/۰	۳۳/۳	۰/۶۹۱	۰/۰۶۳	۱/۱۸	۸/۳۰	۴۰/۰	۳۷۹	لوم رسی	۳۰-۰

فرعی- فرعی شامل ارقام جو (٦ رقم جو ٦ ردیفه، پنج رقم خارجی شامل Amistar، Campagen، Funky، Mastesca و Shangrila و یک رقم ایرانی یوسف) بود. قبل از انجام آزمایش به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. مساحت هر واحد آزمایشی ۲ مترمربع و شامل ١٤ ردیف کاشت با فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر و با تراکم کاشت ۳۵۰ بوته در مترمربع بود. در ابتدای آزمایش و تا زمان استقرار کامل گیاه، هر دو محیط رطوبتی همزمان و به یک میزان، بسته به نیاز گیاه، آبیاری شدند. رژیم‌های آبیاری براساس درصد حداکثر تخلیه رطوبتی مجاز (Maximum allowable depletion) اعمال شدند، به‌طوری‌که آبیاری پس از تخلیه ۵۵ و ۸۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (Available soil water) به‌ترتیب برای آبیاری بدون تنش و تنش در نظر گرفته شد. آبیاری با استفاده از نوارهای آبیاری پلی‌اتیلنی با قطر ١٦ میلی‌متر و فاصله بین قطره چکان‌های ۱۵ سانتی‌متر صورت گرفت. اعمال رژیم آبیاری به روش وزنی، با اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک در عمق نفوذ ریشه در طول دوره رشد گیاه انجام شد و میزان حجم آب مصرفی با استفاده از کنتور به طور دقیق اندازه‌گیری و اعمال شد. عمق آب آبیاری مورد استفاده در این آزمایش مطابق معادله زیر انجام شد (قربانی و صمدی، ۱۳۹۲):

$$d=[(FC - PWP) \times MAD \times BD \times Zr] / 100$$

d عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، FC درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، PWP درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، DB وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، MAD درصد تخلیه مجاز رطوبتی خاک (۵۵ و ۸۵ درصد) و Zr عمق مؤثر نفوذ ریشه (با توجه به مرحله رشدی، ۱ الی ۱/۵ متر در حالت ماکسیمم (Allen *et al*., 1998)) است. تیمار نیتروژن همراه با آب آبیاری و در سه مرحله (دو هفته پس از کاشت، مرحله ساقه‌رفتن و مرحله ظهور سنبله) اعمال شد.

اندازه‌گیری صفات: به‌منظور اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی، در زمان ظهور سنبله از برگ پرچم گیاه نمونه‌برداری انجام شد. برای تعیین غلظت پرولین از روش Bates (۱۹۷۳) استفاده شد. میزان جذب محلول‌های استاندارد و نمونه در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (HITACHI. UV-VIS. U-1800) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای مالون دی‌آلدئید از روش Heath و Packer (١٩٦٨) استفاده شد. پس از خنک‌شدن میزان مالون دی‌آلدهید در طول‌موج‌های ۵۳۲ و ٦۰۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

میزان کلروفیل a، b و کارتنویید نمونه‌ها به روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد. در این روش، بعد از تهیه عصاره، میزان نور جذب‌شده با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧۰ نانومتر خوانده شده و توسط رابطه‌های زیر محاسبه شد:

$$\text{Chlorophyll } a = 12.25A_{663.2} - 2.798A_{646.8}$$
$$\text{Chlorophyll } b = 21.50A_{646.8} - 5.10A_{663.3}$$
$$\text{Carotenoids} = (1000A_{470} - 1.82\text{Ch1 } a - 85.02\text{Ch1 } b)/198$$

A= میزان جذب نور در طول‌موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧۰ نانومتر.

حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو (Fv/Fm) با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورومتر (Opti-Sciences, Inc., Hudson, NH, USA) بین ساعت ۱۲-۱۰ اندازه‌گیری شد. به این منظور با استفاده از گیره‌های دستگاه قسمت میانی برگ‌ها به‌مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی کامل قرار گرفتند و سپس نوری با

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع در ثانیه بر روی برگ‌ها به‌مدت ٤ ثانیه تابیده شد و حداکثر میزان کارایی فتوسیستم دو اندازه‌گیری شد.

مقدار هیدروژن پراکسید (H_2O_2) براساس روش Velikova و همکاران (۲۰۰۰) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان جذب در طول‌موج ۳۹۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و محتوای هیدروژن پراکسید با استفاده از یک منحنی استاندارد محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک تعداد ۱۰ بوته از هرکرت انتخاب شدند و ارتفاع گیاه از سطح زمین تا انتهای سنبله اصلی برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین ۱۰ بوته برای صفت مذکور در هر واحد آزمایشی ثبت شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیوماس، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه و پس از حذف اثر حاشیه، مساحت یک مترمربع در هر کرت برداشت شد و پس از توزین، بذور جداسازی و وزن شدند وعملکرد دانه و بیوماس در هکتار محاسبه شد.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.4) مورد تجزیه قرار گرفتند و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از برنامه گرافیکی Microsoft Excel ۲۰۱٦ استفاده شد.

نتایج و بحث

بیوماس: اثر رژیم آبیاری، رقم و همچنین برهمکنش آبیاری × کود نیتروژن و آبیاری × رقم بر بیوماس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۵۰ و ۳۷ درصدی بیوماس در شرایط کاربرد و عدم کاربرد نیتروژن شد (شکل ۱). کاربرد نیتروژن در آبیاری بدون تنش تأیر معنی‌داری بر میزان بیوماس نداشت، درصورتی‌که در شرایط تنش خشکی، کاربرد نیتروژن میزان بیوماس تولیدی را ۹۵٤ کیلوگرم در هکتار کاهش داد (شکل ۱). پاسخ گیاه نسبت به کاربرد نیتروژن بسته به نوع رقم و میزان آب در دسترس گیاه متفاوت است (براتی و غدیری، ۱۳۹۵). کاربرد نیتروژن در مراحل اولیه رشد سبب افزایش رشد رویشی گیاه شده و آب بیشتری از طریق تعرق نسبت به شرایط عدم کاربرد نیتروژن از دست می‌دهد و میزان آب در دسترس گیاه را کاهش می‌دهد.

در رژیم آبیاری بدون تنش کمترین میزان بیوماس با ۱۸ درصد کاهش نسبت به حداکثر عملکرد مربوط به رقم Shangrila بود. همچنین در تیمار تنش خشکی بین حداکثر (٦۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) و حداقل (۵۳۱۹ کیلوگرم) مقدار بیوماس، ۲۲ درصد تفاوت دیده شد (جدول ٤). در تحقیق انجام‌شده توسط امام و همکاران (۱۳۸٦) 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.

عملکرد دانه: اثر رژیم آبیاری، رقم و برهمکنش آبیاری × نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام مختلف رقم یوسف با عملکرد ۳۳٤۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت و رقم Funky بیشترین اختلاف عملکرد را (۲۰٪) با رقم یوسف نشان داد (جدول ۳). تنش خشکی باعث کاهش ۵۸ و ٤۰ درصدی عملکرد دانه به‌ترتیب در شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد کود نیتروژن شد. کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش عملکرد دانه را ۱۱ درصد افزایش ولی در شرایط تنش خشکی ۲۱ درصد کاهش داد. به‌طورکلی در بین سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بیشترین عملکرد دانه به میزان ٤۱۷۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار آبیاری بدون تنش و کاربرد نیتروژن و کمترین آن به میزان ۱۷۷۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تنش خشکی و کاربرد نیتروژن بود (شکل ۱).

پاک‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی بر روی ۱۲ رقم گندم زمستانه بیان کردند که تنش خشکی موجب کاهش شدید وزن هزار دانه، وزن دانه در هر سنبله و عملکرد دانه می‌شود. براتی و غدیری (۱۳۹۵) نیز در آزمایش خود بر روی دو رقم جو تحت تنش خشکی و سطوح مختلف کود نیتروژن بیان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو تحت سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

منابع تغییر	Df	بیوماس	عملکرد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	مالون دی‌آلدهید
تکرار (R)	۲	۵۴۹۲۶۷^{ns}	۴۹۴۹۱^{ns}	۶/۱۲^{ns}	۸/۵۱^{ns}	۱/۳۰^{ns}
آبیاری (I)	۱	۴۰۳۹۶۱۸۸۸**	۶۸۹۵۴۸۹۶**	۲۵۰^{ns}	۶۱۲۳*	۴۶۴**
I × R	۲	۲۳۸۲۳۰^{ns}	۱۰۸۴۸۸^{ns}	۳۵/۷*	۷۰/۱**	۰/۱۶۵^{ns}
نیتروژن (N)	۱	۱۰۱۱۰۰^{ns}	۱۸۸۵۰^{ns}	۱۰/۰^{ns}	۵/۵۶^{ns}	۰/۷۶۹^{ns}
I × N	۱	۱۳۸۹۱۷۲۰**	۳۶۲۲۰۸۶**	۵۵/۶^{ns}	۵۱۲**	۶۳/۳**
N ×R (I)	۴	۳۵۳۳۵۴^{ns}	۱۳۴۸۹^{ns}	۱۶/۴^{ns}	۱/۵۳^{ns}	۰/۶۰۸*
رقم (C)	۵	۳۶۶۶۰۰۹**	۷۵۸۸۹۰**	۷۵/۲**	۸۵/۰**	۲۶/۲**
I × C	۵	۱۳۵۰۱۷۵**	۴۱۵۲۱^{ns}	۱۵/۸^{ns}	۵۵/۶**	۵/۸۶**
N × C	۵	۴۹۴۰۱۱^{ns}	۷۱۵۵۹^{ns}	۲۳/۹^{ns}	۶۳/۴**	۱/۸۶**
I × N × C	۵	۲۰۳۵۰۸^{ns}	۳۸۰۹۴^{ns}	۳۹/۳^{ns}	۴۳/۵**	۱/۵۱**
خطا	۴۰	۲۰۰۸۲۲	۵۳۰۲۲	۷/۱۲	۸/۵۳	۰/۱۹۶
ضریب تغییرات		۶/۴۶	۷/۷۰	۷/۶۶	۴/۱۷	۵/۲۱

**** و* به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار**

ادامه جدول ۲-

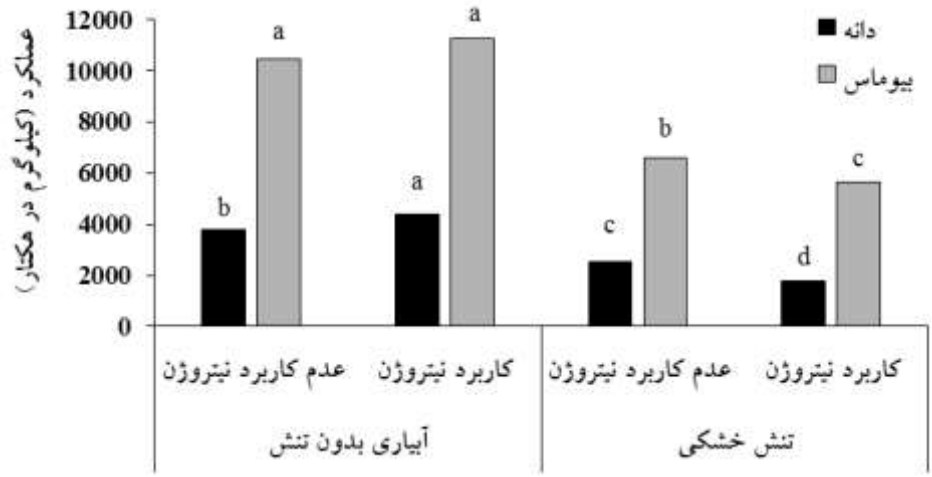
منابع تغییر	Df	پرولین	F_V/F_m	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوییدها
تکرار (R)	۲	۰/۲۵۳^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
آبیاری (I)	۱	۴۶۰**	۰/۰۵۹*	۱/۳۲**	۰/۲۸۶**	۰/۱۲۶**
I × R	۲	۰/۹۶۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
نیتروژن (N)	۱	۱۳۸**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۴۲۳**	۰/۱۲۵**	۰/۰۶۴**
I × N	۱	۲/۵۵^{ns}	۰/۰۱۶**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۰^{ns}
N ×R (I)	۴	۳/۹۵^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
رقم (C)	۵	۶۲/۲**	۰/۰۰۲**	۰/۱۲۷**	۰/۰۲۸**	۰/۰۰۹**
I × C	۵	۱۰/۶**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۹*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰*
N × C	۵	۱/۸ ^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
I × N × C	۵	۳/۸۸^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۷*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
خطا	۴۰	۱/۸۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات		۱۰/۹	۳/۵۹	۵/۶۹	۴/۴۱	۴/۱۵

**** و* به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار**

کردند که استفاده از سطوح نیتروژن بالاتر میزان افت عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی را افزایش می‌دهد. Mollasadeghi و Dadbakhsh (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل عقیم‌شدن دانه‌های گرده در زمان تنش و ایجاد حالت غیرعادی در فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به دانه و درنتیجه کاهش وزن و عملکرد دانه باشد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه و بیوماس برهمکنش تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری، نیتروژن و رقم بر صفات اندازه‌گیری‌شده

عوامل آزمایش		بیوماس (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (٪)	ارتفاع بوته (cm)	مالون دی‌آلدهید (nm/gFW)
آبیاری	بدون تنش	۱۰۵۸۲^{a}	۳۹٦۹^{a}	۳٦/۷^{a}	۷۹/۳^{a}	۵/۹^{b}
	تنش	٦۱۱٤^{b}	۲۰۱۲^{b}	۳۲/۹^{b}	٦۰/۸^{b}	۱۱/۰^{a}
نیتروژن	کاربرد	۸۵۲۰^{a}	۳۰۰۷^{a}	۳۵/۲^{a}	۷۰/۳^{a}	۸/٦۰^{a}
	عدم‌کاربرد	۸٤٤۵^{a}	۲۹۷۵^{a}	۳٤/۵^{a}	٦۹/۸۳^{a}	۸/۳۹^{a}
ارقام جو	Amistar	۸۷۵۸^{a}	۳۰۵٤^{b}	۳٤/۳^{b}	۷۰/۱^{b}	۷/۱۵^{d}
	Campagen	۸٦۹۲^{a}	۳۱۲۹^{b}	۳۵/۵^{b}	۷٤/۷^{a}	۹/۹۱^{a}
	Funky	۸٦۰٤^{a}	۲٦۵۵^{c}	۳۰/٤^{c}	۷۰/۵^{b}	۹/٤۰^{b}
	Mastesca	۸٦۹۹^{a}	۳۰۱۵^{b}	۳٤/٦^{b}	٦۷/۷^{c}	٦/٦۳^{e}
	Shangrila	۷۳٦۲^{b}	۲۷۵۱^{c}	۳٦/۵^{ab}	٦۷/۳^{c}	۷/۸۵^{c}
	یوسف	۸۷۸۱^{a}	۳۳٤۱^{a}	۳۷/۸^{a}	۷۰/۳^{b}	۱۰/۰^{a}

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

شاخص برداشت: اثر رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام مختلف رقم Funky (۳۰/٤ درصد) کمترین میزان شاخص برداشت را دارا بود و دارای ۲۰ درصد اختلاف نسبت به بیشترین شاخص برداشت (۳۷/۸) بود (جدول ۳). صنوبر و همکاران (۱۳۹۰) نیز در آزمایش خود روی ژنوتیپ‌های گندم بیان کردند که ژنوتیپ‌های مختلف دارای میزان شاخص برداشت متفاوتی هستند.

ارتفاع بوته: اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم و همچنین برهمکنش آبیاری × نیتروژن، آبیاری × رقم، نیتروژن × رقم و آبیاری × نیتروژن × رقم بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته در ارقام مختلف در هر دو سطح نیتروژن شد. کاربرد نیتروژن در هر سطح آبیاری بدون تنش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

ادامه جدول ۳-

عوامل آزمایش		پرولین (µmole/gFW)	F_V/F_m	کلروفیل a (mg/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	کارتنویید (mg/gFW)
آبیاری	بدون تنش	۹/۷۳^{b}	۰/۷۳۹^{a}	۱/۰٤^{a}	۰/٤۷۱^{a}	۰/۳۵۱^{a}
	تنش	۱٤/۷^{a}	۰/٦۸۲^{b}	۰/۷٦٦^{b}	۰/۳٤۵^{b}	۰/۲٦۷^{b}
نیتروژن	کاربرد	۱۳/۷^{a}	۰/۷۱۲^{a}	۰/۹۸۲^{a}	۰/٤۵۲^{a}	۰/۳٤۱^{a}
	عدم‌کاربرد	۱۰/۹^{b}	۰/۷۱۰^{a}	۰/۸۲۳^{b}	۰/۳٦۸^{b}	۰/۲۸۱^{b}
ارقام جو	Amistar	۱۰/۳^{e}	۰/۷۱۱^{bc}	۰/۹۹۲^{b}	۰/٤۳۹^{b}	۰/۳۵۱^{a}
	Campagen	۱۱/٤^{cd}	۰/۷۰٦^{bc}	۰/۸۰٤^{e}	۰/۳۵٤^{d}	۰/۲۹۹^{d}
	Funky	۱۲/٦^{b}	۰/٦۹۲^{c}	۱/۰٤^{a}	۰/٤۷۵^{a}	۰/۳۳۰^{b}
	Mastesca	۱۲/۱^{bc}	۰/۷۳۵^{a}	۰/۷۷۸^{e}	۰/۳۸۱^{c}	۰/۲۷٤^{e}
	Shangrila	۱۰/۸^{de}	۰/۷۱۵^{ab}	۰/۹۳۰^{c}	۰/٤٤۳^{b}	۰/۳۱۱^{c}
	یوسف	۱٦/٦^{a}	۰/۷۰۵^{bc}	۰/۸۷۵^{d}	۰/۳۷۱^{c}	۰/۳۰۳^{cd}

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

جدول ٤- مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم بر صفات بیوماس، پرولین، کلروفیل b و کارتنویید

ارقام	آبیاری بدون تنش				تنش خشکی			
	بیوماس (kg/ha)	پرولین (µmole/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	کارتنویید (mg/gFW)	بیوماس (kg/ha)	پرولین (µmole/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	کارتنویید (mg/gFW)
Amistar	۱۰۷۱۲^{b}	۷/۵۱^{h}	۰/۵۰۷^{b}	۰/۳۸٦^{a}	٦۸۲۰٦^{d}	۱۳/۱^{bc}	۰/۳۷۲^{e}	۰/۳۱٦^{d}
Campagen	۱۰۹٤٦^{ab}	۹/٤۲^{fg}	۰/٤۰۸^{d}	۰/۳٤۸^{c}	٦٤٤۰^{de}	۱۳/٤^{bc}	۰/۳۰۱^{g}	۰/۲۵۰^{g}
Funky	۱۱۲۵۲^{ab}	۱۱/۱^{de}	۰/۵٤۲^{a}	۰/۳٦٤^{b}	۵۹۵٦^{ef}	۱٤/۱^{b}	۰/٤۰۹^{d}	۰/۲۹٦^{e}
Mastesca	۱۱٤۷۰^{a}	۹/۹۲^{ef}	۰/٤۳۷^{c}	۰/۳۱۷^{d}	۵۹۲۹^{ef}	۱٤/۳^{b}	۰/۳۲۵^{f}	۰/۲۳۱^{h}
Shangrila	۹٤۰۵^{c}	۸/۲۸^{gh}	۰/۵۲٦^{ab}	۰/۳۵۳^{bc}	۵۳۱۹^{f}	۱۳/۳^{bc}	۰/۳۵۹^{e}	۰/۲٦۹^{f}
یوسف	۱۱۳۲۵^{ab}	۱۲/٤^{cd}	۰/٤۲۲^{cd}	۰/۳۵۳^{bc}	٦۲۳۷^{de}	۲۰/۵^{a}	۰/۳۱۹^{fg}	۰/۲۵٤^{fg}

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

باعث افزایش ارتفاع بوته شد ولی در آبیاری تنش ارتفاع بوته را در ارقام مختلف کاهش داد. در آبیاری بدون تنش، در شرایط عدم‌کاربرد نیتروژن ارقام Campagen و Mastesca و در شرایط کاربرد نیتروژن رقم Campagen بیشترین ارتفاع بوته را در بین ارقام داشتند. در تیمار تنش خشکی ارقام Mastesca و Amistar به‌ترتیب بیشترین و کمترین واکنش را نسبت به کاربرد نیتروژن از خود نشان دادند (جدول ۵). ارتفاع گیاهان تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور، تغذیه و کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرد. معمولاً ارتفاع بوته جز مهمی در تعیین عملکرد دانه نیست ولی ارقامی که ارتفاع بلندتری دارند دارای عملکرد بیولوژیک بیشتری هستند. به نظر می‌رسد رقابت بین بوته‌ها برای به‌دست‌آوردن آب در تیمارهای تنش خشکی، کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه را به‌دنبال داشته که این امر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

جدول ۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، مالون دی‌آلدهید و کلروفیل a ارقام جو در برهمکنش آبیاری، نیتروژن و رقم

ارقام	آبیاری بدون تنش					
	عدم کاربرد نیتروژن			کاربرد نیتروژن		
	ارتفاع بوته (cm)	MDA (nm/gFW)	کلروفیل a (mg/gFW)	ارتفاع بوته (cm)	MDA (nm/gFW)	کلروفیل a (mg/gFW)
Amistar	۷۵/۰$^{f-g}$	٦/۱۲^{gh}	۱/۰٤$^{c-e}$	۷۷/۳$^{d-g}$	۵/۳۰^{i}	۱/۱۵^{ab}
Campagen	۸۲/۳^{bc}	۷/۸۵^{f}	۰/۸٦۳^{hi}	۸۷/٦^{a}	۵/۰٦^{i}	۱/۰٤^{cd}
Funky	۷٦/۰$^{e-g}$	۷/۷۲^{f}	۱/۰۸$^{b-d}$	۸۰/٦$^{b-e}$	۵/۷۸$^{g-i}$	۱/۲۱^{a}
Mastesca	۷۸/۰$^{c-f}$	۵/۵٤^{hi}	۰/۸۲٦^{i}	۸۱/۳$^{b-d}$	۳/۲۰^{j}	۱/۰۰$^{d-f}$
Shangrila	۷۲/٦^{g}	۵/۷٦$^{g-i}$	۱/۰٤^{cd}	۷۹/۰$^{c-f}$	۳/۸۳^{j}	۱/۱٦^{ab}
یوسف	۷۷/٦$^{c-f}$	۹/۰۰^{e}	۰/۹۵۰^{fg}	۸٤/۳^{ab}	٦/۳٤^{g}	۱/۱۰^{bc}

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

ادامه جدول ۵-

ارقام	تنش خشکی					
	عدم کاربرد نیتروژن			کاربرد نیتروژن		
	ارتفاع بوته (cm)	MDA (nm/gFW)	کلروفیل a (mg/gFW)	ارتفاع بوته (cm)	MDA (nm/gFW)	کلروفیل a (mg/gFW)
Amistar	٦۷/۰^{hi}	۷/۱۰^{f}	۰/۸۲۳^{i}	٦۱/۰^{jk}	۹/۱۹^{e}	۰/۹۵۷$^{e-g}$
Campagen	٦۷/٦^{h}	۱۲/۹^{b}	۰/۵۸۳^{l}	٦۱/۳^{jk}	۱۳/۵^{a}	۰/۷۲۳^{j}
Funky	٦۷/۰^{hi}	۱۰/۲^{d}	۰/۸٤٦^{hi}	۵۸/۳^{kl}	۱۳/۹^{a}	۱/۰۲$^{c-f}$
Mastesca	٦۲/۳$^{i-k}$	۷/٤٦^{f}	۰/۵۹۷^{l}	٤۹/۰^{n}	۱۰/۳^{d}	۰/٦۹۰^{jk}
Shangrila	٦٤/۳$^{h-j}$	۱۰/٤۱^{d}	۰/٦۰۳^{l}	۵۳/۳^{mn}	۱۱/٤^{c}	۰/۹۱۷^{gh}
یوسف	۵٤/٦^{lm}	۱۲/۲۵^{b}	۰/٦۳۰^{kl}	٦٤/٦$^{h-j}$	۱۲/٦^{b}	۰/۸۲۰^{i}

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

کوتاه قدی گیاه را سبب می‌شود (کوچکی و نصیری محلاتی، ۱۳۷۲). Kilic و Yagbasanlar (۲۰۱۰) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع گیاه و طول پدانکل می‌شود. همچنین اسدی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که کاربرد نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته‌های گندم می‌شود.

مالون دی‌آلدهید: اثر آبیاری و رقم و همچنین برهمکنش آبیاری × رقم، نیتروژن × رقم و برهمکنش سه گانه آبیاری × نیتروژن × رقم بر محتوای مالون دی‌آلدهید در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش آبیاری × نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی سبب افزایش محتوای مالون دی‌آلدهید شد (جدول ۵). همچنین کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش موجب کاهش و در شرایط تنش خشکی باعث افزایش محتوای مالون دی‌آلدهید شد (جدول ۵). در شرایط آبیاری بدون تنش بیشترین و کمترین محتوای مالون دی‌آلدهید در شرایط عدم‌کاربرد نیتروژن مربوط به رقم یوسف و در شرایط کاربرد نیتروژن مربوط به ارقام یوسف و Mastesca بود (جدول ۵). در شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

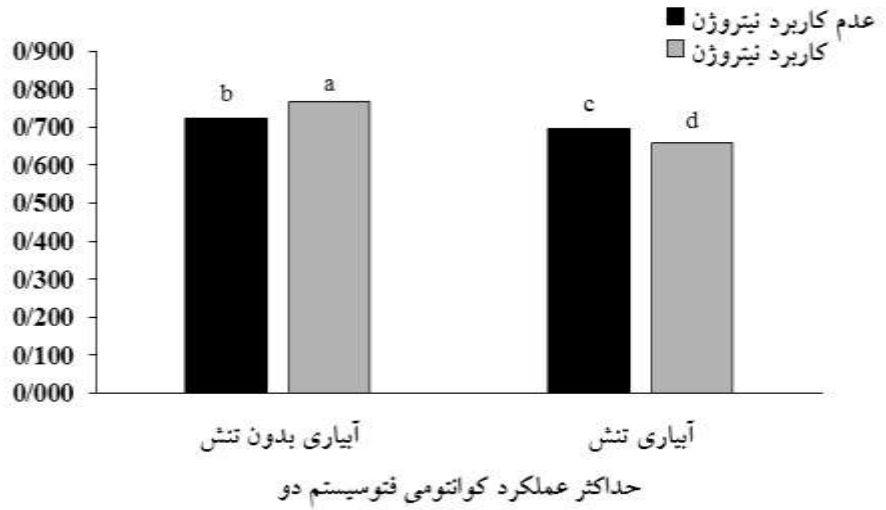
تنش خشکی ارقام یوسف و Campagen و ارقام Campagen و Funky بیشترین محتوای مالون دی‌آلدهیدرا به‌ترتیب در شرایط عدم‌کاربرد و کاربرد نیتروژن داشتند (جدول ۵). مالون دی‌آلدهید محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غیراشباع سلول است. از این‌رو به‌عنوان یک نشانگر زیستی مناسب، جهت تعیین میزان آسیب وارده به سلول گیاهی درنتیجه انواع تنش‌ها به‌کار برده می‌شود (زینالی یادگاری و همکاران، ۱۳۸۸). تخریب غشاهای سلول یکی از پیامدهای مستقیم کمبود آب است و بنابراین بین محتوای مالون دی‌آلدهید و شدت تنش خشکی رابطه مستقیمی وجود دارد (Sofo *et al*., 2004).

پرولین: اثر آبیاری، نیتروژن، رقم و برهمکنش آبیاری × رقم بر محتوای پرولین گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد نیتروژن منجر به افزایش ۲۶ درصدی محتوای پرولین شد (جدول ۳). تنش خشکی سبب افزایش محتوای پرولین در ارقام مختلف شد (جدول ٤). ارقام Amistar و Funky به‌ترتیب بیشترین (٤۳٪) و کمترین (۲۱٪) افزایش را از این نظر در اثر تنش خشکی از خود نشان دادند (جدول ٤). پرولین کمترین اثر بازدارندگی را بر رشد سلول‌ها دارد و پایدارترین اسید آمینه‌ای است که در برابر هیدرولیز اکسیداتیو مقاومت کرده و نقش مهمی در حفاظت گیاه از طریق پایداری غشا سلولی و حذف رادیکال‌های آزاد دارد (غفاری زاده و همکاران، ۱۳۹۷). Stroinski و Bandurska (۲۰۰۳) نشان دادند که محتوای پرولین برگ‌های گیاه جو تحت تأثیر تنش خشکی به میزان دو برابر افزایش پیدا کرد. همچنین Mallick و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که میزان پرولین در برخی از ژنوتیپ‌های گندم در اثر تنش خشکی افزایش یافت.

حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو (Fv/Fm): اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثر رقم و بر همکنش آبیاری × نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو معنی‌دار شد (جدول ۲). در بین ارقام مختلف ارقام Mastesca و Shangrila بیشترین عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو را داشتند (جدول ۳). مجتبایی‌زمانی و همکاران (۱۳۹٤) در آزمایش خود بر روی ۱۰ ژنوتیپ گندم نشان دادند که ژنوتیپ‌های مختلف مقادیر متفاوتی از Fv/Fm را دارا بودند. تنش خشکی سبب کاهش Fv/Fm در هر دو سطح نیتروژن شد (شکل ۲). درحالی‌که کاربرد نیتروژن به‌ترتیب سبب افزایش ٤/۳ و کاهش ۳/۹ درصدی Fv/Fm در شرایط آبیاری بدون تنش و تنش خشکی شد (شکل ۲). مطالعه انجام‌شده توسط اردلانی و همکاران (۱۳۹٤) نشان داد که درنتیجه تنش خشکی، کارایی فتوسیستم ۲ در ژنوتیپ‌های گندم کاهش یافت.

کلروفیل a، b و کارتنویید: اثر آبیاری، نیتروژن و رقم در سطح احتمال یک درصد و همچنین برهمکنش آبیاری × رقم و آبیاری × نیتروژن × رقم بر محتوای کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی در هر دو سطح نیتروژن سبب کاهش محتوای کلروفیل a در تمامی ارقام شد. Nematpour و همکاران (۲۰۱۹) نیز با بررسی اثر سطوح آبیاری و نیتروژن بر ارقام ارزن بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل و کارتنویید در سطوح مختلف نیتروژن شد. کاربرد نیتروژن محتوای کلروفیل را در هر دو سطح آبیاری در تمامی ارقام افزایش داد (جدول ۵). در شرایط آبیاری بدون تنش ارقام Campagen و Shangrila به ترتیب بیشترین و کمترین و در شرایط تنش خشکی ارقام Shangrila و Mastesca به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان واکنش را نسبت به کاربرد نیتروژن نشان دادند (جدول ۵). نیتروژن از جمله عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل است، بنابراین افزایش سطح نیتروژن در محیط رشد گیاه، باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ می‌شود (Adiku *et al*., 2006). کلروفیل a یکی از اجزای ساختار فتوسنتز در گیاه است و به‌واسطه ارتباط مستقیم بین غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، افزایش در مقدار نیتروژن گیاه، شاخص مقدار کلروفیل را نیز افزایش می‌دهد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). محمدی و همکاران (۱۳۹۸) بیان کردند که غلظت کلروفیل a در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن در کیلوگرم خاک در مقایسه با سطح شاهد یا عدم‌مصرف کود به‌ترتیب حدود ۵۱، ۸۳ و ۵۹

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]



شکل ۲- مقایسه میانگین حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو در ارقام جو در برهمکنش آبیاری و کود نیتروژن بر. کلروفیل a، b و کارتنویید

جدول ٦- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات اندازه‌گیری شده ارقام مختلف در شرایط آبیاری بدون تنش (بالای قطر) و تنش خشکی (پایین قطر)

	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
	بیوماس	عملکرد دانه	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	MDA	پرولین	FV/FM	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنویید
۱	۱	۰/۹٤۷**	۰/۳۲۱**	۰/۹۱۳**	-۰/۷۹٦**	-۰/٥۸۸**	۰/۸٦۸**	۰/٦۳٤**	۰/٥۸۲**	۰/٦۷۰**
۲	۰/٦٦٥**	۱	۰/٥۹۷**	۰/۸٦۸**	-۰/۷۸۰**	-۰/٥٦۸**	۰/۷۲۳**	۰/٥۸۰**	۰/٥٤٥**	۰/٦۳۹**
۳	-۰/۱۰۸^{ns}	۰/٦٦۷**	۱	۰/۲۷٥*	-۰/۳۲۸**	-۰/۲۰۳^{ns}	۰/٤٤۷**	۰/۹۹۷^{ns}	۰/۱٤۲^{ns}	۰/۱٦۷^{ns}
٤	۰/٦۳٦**	۰/۲٥٥^{ns}	-۰/۲۹۷^{ns}	۱	-۰/۷۲۲**	-۰/٥۹۱**	۰/٦٤۹**	۰/٥۹۳**	۰/٤۷۲**	۰/٦۲۹**
٥	-۰/۳٥۲*	-۰/۲۰۸^{ns}	۰/۰٦۷^{ns}	-۰/۱۱۲^{ns}	۱	۰/٦۱۷**	-۰/۷۸٤**	-۰/٥۹۳**	-۰/٥۹۷**	-۰/٥۹٥**
٦	-۰/۲۸۱^{ns}	-۰/۰٥۱^{ns}	۰/۲۲٥^{ns}	-۰/۳۷٦*	۰/۳٤۰*	۱	-۰/٤٤۹**	-۰/۳٥۲**	-۰/۳٦۲**	-۰/۳٦۷**
۷	۰/۱۹٤^{ns}	۰/۳۳۲*	۰/۲٥٥^{ns}	۰/۱۱٥^{ns}	-۰/٤۱۹**	-۰/۲۲۹^{ns}	۱	۰/٤٤۷**	۰/٤۱۹**	۰/٤۳۹**
۸	-۰/۲٦٤^{ns}	-۰/٥۷٦**	-۰/٤۹٤**	-۰/۰٤٦^{ns}	۰/۰۸٤^{ns}	۰/۱٤۹^{ns}	-۰/٤۱۰*	۱	۰/۸۸۹**	۰/۹۱۱**
۹	-۰/٥۳۷**	-۰/٦٦۹**	-۰/۳٥۸*	-۰/٤٥۸**	۰/۱۷٤^{ns}	۰/۲٤٥^{ns}	-۰/٥۸۷**	۰/۷٦٥**	۱	۰/۸٦٤**
۱۰	-۰/۲۸٦^{ns}	-۰/٥٥٦**	-۰/٤٤۰**	-۰/۱۳٤^{ns}	۰/۱۳٦^{ns}	۰/۱٤۲^{ns}	-۰/٤۷۳**	۰/۸۷٦**	۰/۷۹۲**	۱

****،* و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیرمعنی‌دار**

درصد افزایش یافت.

اثر آبیاری، نیتروژن و رقم در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل b و کارتنویید و برهمکنش آبیاری × نیتروژن و آبیاری × رقم در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای کلروفیل b معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین برهمکنش آبیاری × رقم بر محتوای کارتنویید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل b و کارتنویید در تمامی ارقام شد (جدول ٤). بیشترین کاهش محتوای کلروفیل b و کارتنوئید تحت تنش خشکی به‌ترتیب در رقم Shangrila با ۳۲ درصد کاهش و در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

رقم Mastesca با ۲۸ درصد کاهش مشاهده شد (جدول ٤). Gupta و Nayyar (۲۰۰٦) اعلام کرند که محتوای کلروفیل و کارتنویید برگ در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. همچنین Lonbani و Arzani (۲۰۱۱) در آزمایش خود بر روی ارقام مختلف گندم و ترتیکاله، بیان کردند که تأثیر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل در ارقام مختلف متفاوت است.

همبستگی بین صفات: براساس نتایج جدول ٦ در شرایط آبیاری بدون تنش صفات بیوماس و عملکرد دانه با صفات MDA و پرولین همبستگی منفی و معنی‌دار و با سایر صفات اندازه‌گیری‌شده، همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. ولی در شرایط تنش خشکی صفت بیوماس با عملکرد دانه و ارتفاع همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات MDA، کلروفیل b و کارتنویید همبستگی منفی و معنی‌داری داشت که احتمالاً به دلیل کاهش رشد رویشی و سطح برگ گیاه در اثر تنش خشکی (Banerjee *et al.*, 2018) و افزایش غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنویید در واحد سطح برگ درنتیجه‌ی کاربرد نیتروژن (Skudra and Ruza, 2017) است. میزان بیوماس نیز با ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و با محتوای پرولین همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (جدول ٦).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده، تنش خشکی عملکرد دانه، بیوماس، کلروفیل a، b، کارتنویید و حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو را کاهش ولی محتوای مالون دی‌آلدهید و پرولین را افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه و بیوماس در شرایط آبیاری بدون تنش و کاربرد نیتروژن به‌دست آمد. کاربرد نیتروژن سبب تأثیر معنی‌داری بر صفات پرولین، کلروفیل a، b و کارتنویید شد. همچنین در بین ارقام مختلف از نظر تمام صفات اندازه‌گیری‌شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بیشترین عملکرد دانه متعلق به رقم ایرانی یوسف بود. کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری بدون تنش باعث افزایش میزان عملکرد دانه و بیوماس در تمامی ارقام شد اما در شرایط تنش خشکی عکس این نتیجه به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد کاربرد نیتروژن با تأثیر منفی بر میزان آب در دسترس گیاه از طریق افزایش رشد رویشی در اوایل دوره رشد و افزایش تعرق، باعث افت عملکرد دانه و میزان بیوماس شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایط تنش خشکی شدید کاربرد نیتروژن نمی‌تواند راهکار مناسبی جهت کاهش خسارت تنش خشکی و افت عملکرد ناشی از آن باشد.

منابع

اردلانی، ش.، سعیدی، م.، جلالی‌هنرمند، س. و قبادی، م. ا. (۱۳۹٤) اثر تنش خشکی پس از گرده‌افشانی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲۱: ۱۹-۵.

اسدی، س.، آینه‌بند، ا. و راهنما قهفرخی، ا. (۱۳۹۲) مطالعه واکنش عملکرد گندم به تنش رقابت و سطوح مختلف نیتروژن. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱: ۳۷٦-۳٦۵.

امام، ی.، رنجبری، ع.، بحرانی، م. ج. (۱۳۸٦) ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت تأثیر تنش خشکی پس از گل‌دهی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱: ۳۲۷-۳۱۷.

براتی، و. و غدیری، ح. (۱۳۹۵) اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و محتوای پروتئین دانه دو رقم جو. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۲۱:۲۰٦-۱۹۱.

پاک‌نژاد، ف.، جامی الاحمدی، م.، وزان، س. و اردکانی، م. ر. (۱۳۸۸) بررسی تأثیر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در ارقام گندم. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۳٦-۱۷.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

زینالی یادگاری، ل.، حیدری، ر. و کاراپتیان، ژ. (۱۳۸۸) تغییر نفوذپذیری غشاهای زیستی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه سویا در پاسخ به دمای پایین. مجله زیست‌شناسی ایران ۲۲: ۲۳۶-۲۲۹.

صنوبر، ع.، طباطبایی، ع. و دهقانی، ف. (۱۳۹۰) اثر دور آبیاری بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های گندم نان در منطقه یزد. تنش‌های محیطی در علوم زراعت ۳: ۱۰۴-۹۵.

غفاری‌زاده، ا.، سیدنژاد، س. م. و گیلانی، ع. (۱۳۹۷) بررسی اثر کود مایع جلبکی *Nizamuddinia zanardinii* در سطوح مختلف اوره بر برخی شاخص‌های رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی دانه رست‌های گندم رقم چمران ۲. مجله زیست‌شناسی کاربردی ۳۱: ۲۲۷-۲۰۷.

قربانی، ب. ی. و صمدی بروجنی، ح. (۱۳۹۲) فرهنگ استفاده بهینه آب آبیاری. انتشارات نیوشه، شهرکرد، ایران.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۷۳) فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی، ع. و نصیری محلاتی، م. (۱۳۷۲) رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مجتبایی زمانی، م.، نبی‌پور، م. و مسکرباشی، م. (۱۳۹٤) اثر تنش گرما در دوره پرشدن دانه بر فتوسنتز و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.). مجله علوم زراعی ایران ۱۷: ۱۷-۱.

محمدی، ن.، عشقی‌زاده، ح. ر.، احسان‌زاده، پ.، شریعتمداری، ح. و برده‌جی، س. (۱۳۹۸) تأثیر دمای محیط و نیتروژن خاک بر برخی صفات فیزیولوژیکی و تولید ماده خشک در گندم رقم بهار (*Triticum aestivum* cv. Bahar). مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۸: ۲۱۷-۲۰۵.

نوری‌پور سی‌سخت، ج. و احسان‌زاده، پ. (۱۳۹۱) تغییر برخی آنتی‌اکسیدانت‌ها در کنجد و ارتباط آن با صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ٤۳ : ۹۱-۸۱.

Adiku, S. G. K., Reichstein, M., Lohila, A., Dinh, N. Q., Aurelab, M., Laurila, T., Lueers, J. and Tenhunen, J. D. (2006) PIXGRO: A model for simulating the ecosystem CO_2 exchange and growing of spring barley. Ecological Modelling 190: 260-276.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998) FAO Irrigation and drainage paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations 56: 190.

Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C. and Lei, W. (2011) Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research 6: 2026-2032.

Askari, E. and Ehsanzadeh, P. (2015) Effectiveness of exogenous salicylic acid on root and shoot growth attributes, productivity, and water use efficiency of water-deprived fennel genotypes. Horticulture, Environment, and Biotechnology 56: 687-696.

Bandurska, H. and Stroinski, A. (2003) ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* 'Maresi') barley genotypes under water deficit conditions. Acta Physiologiae Plantarum 25: 55-61.

Banerjee, K., Krishnan, P. and Mridha, N. (2018) Application of thermal imaging of wheat crop canopy to estimate leaf area index under different moisture stress conditions. Biosystems Engineering 166: 13-27.

Bates, L. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bothmer, R. V., Jacobsen, N., Baden, C., Jorgensen, R. B. and Linde, L. (1991) An Ecogeographical Study of the Genus Hordeum. International Board for Plant Genetic Resources.

De Souza, A. P., Cocuron, J. C., Garcia, A. C., Alonso, A. P. and Buckeridge, M. S. (2015) Changes in whole-plant metabolism during the grain-filling stage in sorghum grown under elevated CO_2 and drought. Plant Physiology 169: 1755-1765.

Dhillon, B. S. and Uppal, R. S. (2019) Influence of cutting management on photosynthetic parameters, heat use efficiency and productivity of barley (*Hordium vulgare* L.) under variable sowing dates. Journal of Agrometeorology 21: 51-57.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photo peroxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Plant Physiology and Biochemistry 125: 189-198.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

Kilic, H. and Yagbasanlar, T. (2010) The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38: 164-170.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic bio-membranes. In methods in enzymology. Academic Press 148: 350-382.

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

Malesevic, M., Glamoclija, D., Przulj, N., Popovic, V., Stankovic, S., Zivanovic, T. and Tapanarova, A. (2010) Production characteristics of different malting barley genotypes in intensive nitrogen fertilization. Genetika 42: 323-330.

Mallick, S. A., Gupta, M., Mondal, S. K. and Sinha, B. K. (2011) Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) genotypes on the basis of metabolic changes associated with water stress. Indian Journal of Agricultural Sciences 81: 767.

Mollasadeghi, V. and Dadbakhsh, A. (2011) Evaluation of some yield components in wheat genotypes under the influence of drought stress after flowering. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5: 1137-1142.

Nayyar, H. and Gupta, D. (2006) Differential sensitivity of C_3 and C_4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.

Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R. and Zahedi, M. (2019) Drought-tolerance mechanisms in foxtail millet (*Setaria italica*) and proso millet (*Panicum miliaceum*) under different nitrogen supply and sowing dates. Crop and Pasture Science 70: 442-452.

Ofosu-Anim, J. and Leitch, M. (2009) Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. Australian Journal of Crop Science 3: 13-19.

Robertson, M. J., Fukai, S. and Peoples, M. B. (2004) The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. Field Crops Research 86: 67-80.

Samarah, N. H. (2005) Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development 25: 145-149.

Skudra, I. and Ruza, A. (2017) Effect of nitrogen and sulphur fertilization on chlorophyll content in winter wheat. Rural Sustainability Research 37: 29-37.

Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. and Masia, A. (2004) Lipoxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive trees in response to drought stress. Physiologia Plantarum 121: 58-65.

Van Herwaarden, A. F., Angus, J. F., Richards, R. A. and Farquhar, G. D. (1998) 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser II. Carbohydrate and protein dynamics. Australian Journal of Agricultural Research 49: 1083-1094.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A. (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. Plant Science 151: 59-66.

Yadav, R. D., Keshwa, G. L. and Yadva, S. S. (2002) Effect of integrated use of FYM, urea and sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.

.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]

Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on yield and physiological traits of six barley cultivars

Siavash Bardehji, Hamid Reza Eshghizadeh*, Morteza Zahedi
Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(Received: 18/01/2020, Accepted: 25/02/2020)

Abastract

To evaluate the effect of drought stress and nitrogen fertilizer this experiment was arranged as a split-split plot in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Isfahan University of Technology in 2017 on yield and some physiological traits of six barley cultivars. Experimental factors included two irrigation regimes (55 and 85 percent of available soil water), two levels of nitrogen fertilizer (The available amount in the soil (84kg / ha) and 62.5 kg nitrogen from the urea source containing 45% nitrogen) and foreign (Amistar, Campagen, Funky, Mastesca, Shangrila) and Iranian (Yousef) barley cultivars. The results showed that drought stress decreased grain and straw yield by reducing the content of chlorophyll a and b, carotenoid content and the maximum potential quantum efficiency of photosystem II but increased proline and malondialdehyde contents. Meanwhile, nitrogen application increased grain and straw yields under normal irrigation conditions while the opposite effects were observed under drought stress condition. Among the studied cultivars, Yousef had the highest grain yield and Funky produced the highest amount of straw under normal irrigation conditions. Normal irrigation and nitrogen application increased the plant height, chlorophyll a but decreased malondialdehyde in all cultivars. The highest grain and straw yield of cultivars were obtained by nitrogen application under normal irrigation. The results from this experiment showed that nitrogen application was not an appropriate strategy to reduce the negative effects of drought stress on the yield of the studied barley cultivars.

Keywords: Biomass, Grain yield, Malondialdehyde, Proline

Corresponding author, Email: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.11.0]