تأثیر دمای محیط و نیتروژن خاک بر برخی صفات فیزیولوژیکی و تولید ماده خشک در گندم رقم بهار (*Triticum aestivum* cv. Bahar)

نگین محمدی[۱]، حمید رضا عشقی‌زاده*[۱]، پرویز احسان‌زاده[۱]، حسین شریعتمداری[۲] و سیاوش برده‌جی[۱]

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

[۲]گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰٤/۰۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳)

چکیده

گندم مهم‌ترین غله جهان و نیز ایران محسوب می‌شود. در تحقیقات مربوط به اثر تغییر اقلیم بر تولید گندم درجه حرارت به عنوان عاملی تأثیر گذار بر رشد و عملکرد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از سوی دیگر نیتروژن نیز از مهم‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین مواد مغذی گیاه برای تولید محصول است و مدیریت صحیح کودهای حاوی نیتروژن بسیار حائز اهمیت است. این مطالعه طی یک آزمایش گلخانه‌ای به منظور ارزیابی اثرات دمای محیط و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و برخی صفات فیزیولوژیکی رقم گندم بهار در سال ۱۳۹٤ به اجرا درآمد. این آزمایش با چهار سطح نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم از منبع نیترات آمونیوم با ۳۳ درصد نیتروژن) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دو محیط با دماهای معمول (۲۵ ± ۳ درجه سلسیوس) و دمای افزایش یافته (۳ ± ۳٤ درجه سلسیوس) انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش دما، مقدار صفات اندازه‌گیری شده به جز غلظت نیتروژن اندام هوایی کاهش یافت. افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب وزن خشک اندام هوایی هر بوته را به مقدار ۱/۱٦ گرم یا ۵۰ درصد، ۰/٤۷ گرم یا ۲۱ درصد، ۰/٤۵ یا ۱٦ درصد و ۰/۸۱ یا ۲٦ درصد کاهش داد. بیشترین ماده خشک اندام هوایی در دمای معمول در غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک و در دمای افزایش یافته در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به دست آمد. به نظر می‌رسد افزایش دما بازدهی مصرف کود نیتروژن را در گندم در مرحله رشد سنبله کاهش می‌دهد.

کلمات کلیدی: تغییر دما، سطح برگ، غلظت نیتروژن، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

گندم از نظر مساحت زیر کشت مهم‌ترین محصول جهان و نیز ایران به شمار می‌رود (Evans, 1998). گندم حدود ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیاز پروتئینی جمعیت دنیا را تأمین می‌کند. علاوه بر این گندم سهم زیادی در تغذیه دام‌های شیری و گوشتی دارد (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۵). پیش‌بینی شده است که جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ به ۸/۵ میلیارد نفر برسد که این رشد جمعیت نیاز به افزایش بیشتر تولیدات کشاورزی دارد. افزایش عملکرد غلات در پاسخ به افزایش تقاضا برای تأمین مواد غذایی جهان تا سال ۲۰۵۰ حدود ۷۰ درصد پیش بینی شده است که جوابگوی نیاز غذایی بشر در آینده نیست (Semenov *et al.*, 2014).

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

آنچه این روزها از آن به عنوان گرمایش جهانی نام برده می‌شود، در حقیقت افزایش میانگین درجه حرارت جو زمین در نزدیکی سطح آن است (Florides and Christodoulides, 2009). تغییر اقلیم موجب افزایش دمای میانگین جو زمین شده، به طوریکه متوسط جهانی دمای سطح زمین و سطح دریا بین سال‌های ۱۹۰٤ تا ۲۰۰۵، ۰/۷٤ درجه سلسیوس افزایش پیدا کرده است و پیش بینی شده که ۱/۸ تا ٤ درجه سلسیوس برای سال‌های ۲۰۹۰ تا ۲۰۹۹ افزایش یابد (Cheng *et al.*, 2009; IPCC, 2007). تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد در طول یک صد سال گذشته میانگین دمای هوا در نزدیکی سطح زمین بین ۰/۱۸ تا ۰/۷٤ درجه سلسیوس افزایش یافته است (IPCC, 1992).بر حسب سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، افزایش درجه حرارت ناشی از تغییرات اقلیمی در اغلب نقاط جهان پیش بینی شده و نتایج مختلفی ارائه گردیده است (IPCC, 2007). تغییر اقلیم و پدیده گرمایش جهانی، پیامدهای قابل توجهی بر تولید محصولات زراعی دارند (Farooq et al., 2011). گرم شدن زمین باعث افزایش شدت تبخیر می‌شود و به تبع آن نیاز محصولات کشاورزی به آب افزایش می‌یابد. از سوی دیگر مقدار آب برای مصارف کشاورزی کم می‌شود و در نتیجه‌ی خشکسالی، امنیت غذایی به خطر می‌افتد (بنایان اول و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج آزمایشات در محیط‌های کنترل شده نشان داده است که به ازای هر درجه سلسیوس افزایش دما از میزان دمای مطلوب مقدار ۳ تا ۵ درصد از عملکرد گندم کاهش می‌یابد و این کاهش در سطح مزرعه بیش از این مقدار گزارش شده است (Gibson and Paulsen, 1999). Gur و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند پایداری غشای سلولی، حفظ محتوای کلروفیل و هدایت روزنه‌ای از جمله صفات مؤثر بر تحمل گیاه در برابر گرما می‌باشند که می‌توان از آن‌ها به عنوان معیار ارزیابی تحمل به گرما استفاده نمود.

نیتروژن دو تا پنج درصد وزن خشک گیاه را تشکیل می‌دهد و جزء تشکیل دهنده اولیه برای ترکیبات آلی زیادی نظیر اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک است. این عنصر نقش عمده‌ای در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه به عهده دارد. نیتروژن می‌تواند بر مقدار پروتئین گندم و در نتیجه بر کیفیت آرد حاصل از آن تأثیر بگذارد (Karien *et al.*, 1996). نیتروژن از جمله عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل می‌باشد، بنابراین افزایش میزان نیتروژن در محیط رشد گیاه، باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ می‌شود (Bauer and. Black, 1994). بنابراین به واسطه ارتباط مستقیم بین غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، افزایش در مقدار نیتروژن گیاه، شاخص مقدار کلروفیل را هم افزایش می‌دهد (Shafee *et al.*, 2011). افزایش میزان نیتروژن مصرفی در شرایط مطلوب باعث کاهش معنی دارافزایش دما در ژنوتیپ‌های گندم می‌شود که به نظر می‌رسد به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در سطح گیاه و کاهش دما در سطوح بالای نیتروژن باشد (Ayeneh *et al.*, 2002). اگرچه همه گیاهان زراعی (به جز بقولات) جهت افزایش بازده تولید نیاز به مقدار زیادی نیتروژن دارند اما ٦۰ درصد از کود نیتروژن در جهان تنها برای تولید سه محصول غذایی عمده شامل برنج، گندم و ذرت استفاده می‌شود. کاهش و یا افزایش مصرف نیتروژن هر دو می‌تواند مسائل مهمی در سطح جهانی به وجود بیاورند. کاهش این عنصر موجب به خطر انداختن امنیت غذایی شده و افزایش مصرف آن آلودگی‌های زیست محیطی را به همراه دارد (Hakeem *et al.*, 2012). بنابراین مدیریت صحیح کودی و افزایش کارایی مصرف کودها به ویژه کود نیتروژن بسیار حائز اهمیت است (Rakshit *et al.*, 2015).

مدحج و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که در هر دو شرایط بهینه و تنش گرمای انتهای فصل، کاهش مقدار نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گندم شد. افزایش دما در مرحله پر شدن دانه، میانگین عملکرد دانه و وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های گندم را به ترتیب ۲٤ و ۳۱ درصد کاهش داد و کاهش مقدار نیتروژن باعث افزایش کارایی زراعی مصرف نیتروژن گردید. همچنین عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح در شرایط تنش گرمای پایان فصل در مقایسه با شرایط بهینه ۹ درصد کاهش یافت (مدحج و همکاران، ۱۳۸۸).

با توجه به آنچه گفته شد این آزمایش با هدف ارزیابی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

تأثیر افزایش دمای هوا و مقادیر مختلف نیتروژن بر رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گندم رقم بهار انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش روی گندم رقم بهار که به خشکی آخر فصل متحمل بوده و در گروه متوسط رس‌ها قرار می‌گیرد در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دو محیط متفاوت از نظر سطح دمایی (معمول و افزایش یافته) و چهار سطح کودی نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم) در واحدهای پژوهشی تحصیلات تکمیلی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در بهار ۱۳۹٤ انجام شد.

به منظور فراهم کردن محیط رشد مناسب گیاه، ستون‌های پلی‌اتیلنی با طول ٦۰ سانتی‌متر، قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر و حجم ۱۰ کیلوگرم خاک (نسبت ۱:۱ خاک زراعی و ماسه) آماده شد. غلظت نیتروژن بستر مورد استفاده بر اساس روش Novozamsky و همکاران (۱۹۷٤)، ۰/۰۳ درصد بود. ستون‌ها روی میز درون اتاقک‌های رشد قرار داده شدند (شکل ۱). دو اتاقک رشد مجزا دارای دو محیط متفاوت از نظر دما (دمای معمول یا ۳ ± ۲۵ درجه سلسیوس و افزایش یافته یا ۳ ± ۳٤ درجه سلسیوس) بود.

تعداد ۱۰ بذر گندم در هر ستون در تاریخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۹ کشت شد. سپس در مرحله دو برگی به چهار بوته تنک گردید. در ادامه گیاهچه‌های چهار برگی تنک شده و به دو بوته در هر ستون کاهش یافت. نحوه آبیاری و تأمین عناصر غذایی گیاه براساس نیاز گیاه از طریق نمونه برداری از ستون خاک انجام شد. همچنین تیمار نیتروژن به مقدار ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از منبع نیترات آمونیوم (N= ٪۳۵) در سه مرحله‌ی ابتدای کاشت، مرحله چهار برگی و مرحله طویل شدن ساقه از طریق آب آبیاری به خاک اضافه شد.

وزن خشک گیاه در زمان برداشت اندازه‌گیری شد و در مرحله‌ی ظهور سنبله سطح برگ و از برگ‌های بالایی گیاه هدایت روزنه‌ای برگ به شکل غیرتخریبی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری این صفت، با استفاده از دستگاه پرومتر (Leaf prometer model SC-1) در ساعات ۹ تا ۱۱ صبح در یک روز آفتابی و بدون ابر انجام شد، به این صورت که برگ درون اتاقک اندازه‌گیری، طوری قرار داده شد که سطح فوقانی برگ به طرف بالا قرار گیرد، تا نور کافی دریافت کند. سپس صفت هدایت روزنه‌ای براساس میلی‌مول CO_2 برمترمربع برثانیه ($mmol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)، گزارش شد.

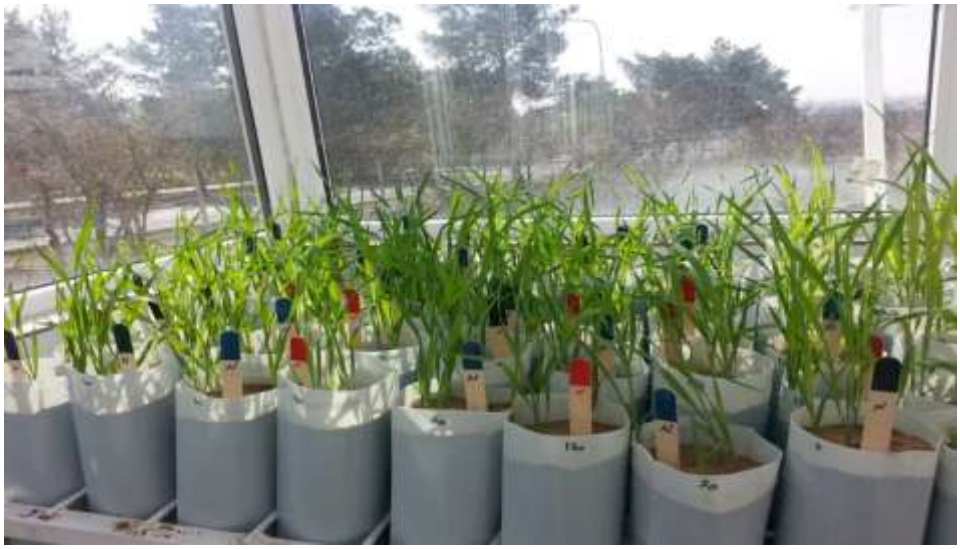
سپس در تاریخ ۱۳۹٤/۲/۱٤ بوته‌ها برداشت شدند. در ادامه غلظت کلروفیل a و b، غلظت کاروتنوئید بوته‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین بین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد (LSD 5%) توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد. رسم جداول توسط نرم‌افزارهای Excel و Word صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، وزن خشک اندام هوایی در سطح ۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۲/۳۱ گرم در بوته)، بدون تغییر معنی‌دار و در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ۲۵ و ۳٦ درصد افزایش یافت در حالیکه در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۱/۱۵ گرم دربوته) در سطح ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ٥٤، ۱۱۲ و ۱۰۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در مطالعه صالح (۱۳۹٤) بر روی گندم با افزایش دمای محیط (۲۷+۷ در مقابل ۲۷ درجه سلسیوس)، وزن خشک اندام هوایی ٥/٤ درصد کاهش یافت. در مطالعه بابایی مفتح (۱۳۹۵) اثر افزایش دمای محیط (میانگین ۲۵ درجه سلسیوس در مقابل میانگین ۲۰ درجه سلسیوس) بر دو گونه گیاه مرتعی علف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]



شکل۱- نحوه چیدمان ستون‌های پلی اتیلنی در اتاق‌های رشد

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر دمای هوا بر صفات مورد اندازه‌گیری تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن در گندم رقم بهار

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ	هدایت روزنه‌ای برگ	غلظت کلروفیل a	غلظت کلروفیل b	غلظت کارتنوئید	غلظت پروتئین برگ	غلظت نیتروژن اندام هوایی	کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی
دما (د)	۱	۳/۱۵**	۱۲۳**	۹۱۲۹**	۰/٦٤۱**	۰/۱٦۷ ^{ns}	۰/۰۳۳**	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰٤٤**	۲۱/۵**
تکرار	٤	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۲۷٤ ^{ns}	۰/۲۳۳^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۲٤ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/٦۸۷^{ns}
نیتروژن (ن)	۳	۱/٤٦**	۳٦/۵**	۸۵۹۹**	۲/۰٤**	۰/۹٦۷**	۰/۰٤٤**	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۹**	۲۰/۲**
(د)× (ن)	۳	۰/۱٦۷*	۱٤/۳**	۱۰۵۲٤**	۰/۲٤۸**	۰/۳۱۲**	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۱**	۰/۰۲۲**	٤۵/۵**
خطا (E)	۱۲	۰/۰۳٤	۰/۷۵۲	۰/۱۳٤	۰/۰۰۹	۰/۰۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۳/۲۱
ضریب تغییرات		۸/۱۷	۸/۳۸	۰/۵۳۷	۰/۵۳۷	۸/۳۸	۹/۹۲	٤/٤٤	٤/۷۸	۹/۲۹

ns، *و** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

گندمی کرکدار و علف پشمکی، میانگین وزن خشک اندام هوایی ۲۳/۵ درصد نسبت به مقدار شاهد (۰/۵۲۳ گرم تک پایه) کاهش یافت. تغییرات دما در گیاهان مختلف اثرات متفاوتی در فعالیت‌های حیاتی دارد، به طوریکه با افزایش درجه حرارت در گیاهان C_3 سردسیری، بالاتر از درجه حرارت مطلوب آن‌ها (۲۵-۲۰ درجه سلسیوس)، میل ترکیبی رابیسکو با اکسیژن در مقایسه با دی‌اکسیدکربن، افزایش یافته و سبب افزایش تنفس نوری و کاهش تولید فتوسنتز خالص در این گیاهان می‌شود. در حالیکه افزایش دما در گیاهان C_4 و C_3 گرمسیری ممکن است در شرایطی که سایر عوامل محدود کننده وجود نداشته باشد، منجر به افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد آن‌ها شود. بدین ترتیب که افزایش و یا کاهش دما می‌تواند بر توانایی فتوسنتزی گیاه از طریق افزایش و یا کاهش در سرعت واکنش انتقال الکترون مؤثر باشد که تأثیر آن در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

جدول ۲- برهمکنش اثر دمای محیط و کود نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده گندم رقم بهار

عوامل آزمایش		وزن خشک اندام هوایی ($g\ plant^{-1}$)	سطح برگ ($cm^2\ plant^{-1}$)	هدایت روزنه‌ای برگ ($mmolm^{-2}s^{-1}$)
دمای محیط (درجه سلسیوس)	کود نیتروژن ($mg\ kg^{-1}$)			
۲۵ ± ۳	۰	۲/۳۱	۱۲/۱۰	۱۹۱
	۵۰	۲/۲٤ (-٪۳)	۱۱/۱ (-٪۸)	٦۱ (-٪٦۸)
	۱۰۰	۲/۸۹ (٪۲۵)	۱۵/۱ (٪۲۵)	۷۷ (-٪٦۰)
	۱۵۰	۳/۱٤ (٪۳٦)	۱۱/۹ (-٪۲)	۲۰/۹ (-٪۸۹)
۳٤ ± ۳	۰	۱/۱۵	٤/۵۳	٤۰/۱
	۵۰	۱/۷۷ (٪۵٤)	۵/۱۸ (٪۱٤)	۹٤/۹ (٪۱۳٦)
	۱۰۰	۲/٤٤ (٪۱۱۲)	۱۱/۱ (٪۱٤۵)	۲٤/۵ (-٪۳۹)
	۱۵۰	۲/۳۲ (٪۱۰۲)	۱۱/٤ (٪۱۵۲)	۳۵/۱ (-٪۱۲)
LSD (5%)		۰/۳۰۷	۱/٤٤	۰/٦۱۰

در هر سطح از دمای محیط، اعداد داخل پرانتز تفاوت مقدار صفت مورد نظر را با شاهد یا عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن نشان می‌دهد.

گیاهان C_4 در دمای پایین و C_3 در دمای بالا مشهود است (مشتطی و همکاران، ۱۳۸۹). از سوی دیگر کاربرد نیتروژن موجب افزایش تجمع ماده خشک در بخش رویشی گیاه می‌شود. نیتروژن باعث افزایش ارتفاع، محتوای کلروفیل و در نتیجه ایجاد پتانسیل بیشتر در عملکرد محصولات زراعی می‌شود (Li *et al.*, 2012). البته لازم به ذکر است میزان این افزایش تا یک سطح معینی در گیاه رخ می‌دهد و بعد از آن افزایشی در وزن خشک گیاه دیده نمی‌شود. در مطالعه محمدی (۱۳۹٤) وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۹٤ درصد افزایش یافت. Dordas و Sioulas (۲۰۰۸) در آزمایشی بر روی گلرنگ گزارش نمودند که با افزایش کاربرد نیتروژن وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت که بیشترین مقدار افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین مقدار آن در تیمار بدون کاربرد کود مشاهده شد.

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما، وزن خشک اندام هوایی در سطوح مختلف نیتروژن خاک را کاهش داد ولی میزان کاهش به سطح نیتروژن وابسته بود. افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی به مقدار ۱/۱٦ گرم یا ۵۰ درصد، ۰/٤۷ گرم یا ۲۱ درصد، ۰/٤۵ یا ۱٦ درصد و ۰/۸۱ یا ۲٦ درصد شد. تحت شرایط این آزمایش مقدار بهینه غلظت نیتروژن جهت تولید بیشترین ماده خشک اندام هوایی در دمای معمول ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک و در دمای افزایش یافته ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک بود (جدول ۲). تحمل گرما شامل مکانیزم‌هایی است که با بکارگیری آنها گیاه درجه حرارت زیاد محیط را به بهای از دست دادن پروتئین‌ها، چربی‌ها و موادی که برای حفظ ساختمان خود به وجود آورده است تحمل می‌کند (Peiqin *et al.*, 2006). سطح برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط دمای افزایش یافته نقش بارزتری در تولید ماده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

خشک اندام هوایی گیاه داشتند. ضرایب همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این صفات با ماده خشک اندام هوایی (جدول ۵) گویای این موضوع است.

سطح برگ: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر سطح برگ گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، سطح برگ در سطوح ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۱۲/۱ سانتی‌مترمربع دربوته) تغییر معنی‌داری نشان نداد ولی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک، ۲۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). در مطالعه بابایی مفتح (۱۳۹۵) با افزایش دمای محیط (میانگین ۲۵ درجه سلسیوس در مقابل میانگین ۲۰ درجه سلسیوس) بر دو گونه گیاه مرتعی علف گندمی کرکدار و علف پشمکی، میانگین سطح برگ ۱٤/۹ درصد نسبت به مقدار شاهد (۲۸/۸ سانتی‌مترمربع دربوته)، کاهش یافت. در مطالعه‌ی Adiku و همکاران (۲۰۰٦) بر روی جو و Asadi و همکاران (۲۰۰۹) بر روی گندم، افزایش دما به طور معنی‌داری موجب کاهش سطح برگ ژنوتیپ‌های جو و گندم شد. به نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش نیز با افزایش دمای محیط و به دنبال آن کاهش دسترسی به آب توسط گیاه سطح برگ کاهش یافته است. از سوی دیگر نتایج مطالعه محمدی (۱۳۹٤) بر روی ارقام مختلف گندم نشان داد که سطح برگ در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۵۸ درصد افزایش یافت. Li و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایش خود نشان دادند که سطوح نیتروژن ۲/۸۵ و ۷/۱٤ نسبت به سطح ۱/٤۲ میلی‌مولار، به ترتیب باعث افزایش ۱۰ و ۳۵ درصدی سطح برگ ژنوتیپ برنج هیبرید Shanyou 63 در مرحله گیاهچه‌ای شد.

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب سطح برگ گیاه را ۷/٦ (٦۲٪)، ۵/۹ (۵۳٪)، ٤ (۲٦٪) و ۰/۵ (٤٪) سانتی‌مترمربع در بوته کاهش داد (جدول ۲). بنابراین افزایش دما در شرایط عدم مصرف و مصرف کود نیتروژن در خاک سطح برگ گیاه را کاهش داد. ولی مصرف کود نیتروژن در خاک اثرات منفی افزایش دما بر رشد بخش هوایی گیاه را تعدیل نمود. همچنین همبستگی سطح برگ با وزن خشک اندام هوایی در شرایط دمای افزایش یافته بسیار قوی ($r = ۰/۹^{**}$) ولی در دمای معمول معنی‌دار نبود (جدول ۵). بنابراین به نظر می‌رسد تحت شرایط دمای بالا حفظ سطح برگ در رقم گندم بهار برای دستیابی به عملکرد بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

هدایت روزنه‌ای برگ: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر هدایت روزنه‌ای برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، هدایت روزنه‌ای برگ در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن (۱۹۱ میلی‌مول درمترمربع درثانیه)، به ترتیب ٦۸، ٦۰ و ۸۹ درصد کاهش و در شرایط دمای افزایش یافته در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با شاهد (٤۱/۱ میلی‌مول درمترمربع درثانیه) به ترتیب ۳۹ و ۱۲ درصد کاهش ولی در سطح ۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک ۱۳٦ درصد افزایش نشان داد (جدول ٤). به عبارت دیگر افزایش مصرف کود نیتروژن در شرایط متفاوت دمایی هدایت روزنه‌ای برگ را کاهش داده است. افزایش دما در شرایط عدم مصرف کود یا شاهد نیز هدایت روزنه‌ای برگ را ۱۵۱ میلی‌مول درمترمربع درثانیه یا حدود ۷۹ درصد کاهش داده است. بنابراین به نظر می‌رسد افزایش دما بازدهی مصرف کود نیتروژن را در گندم کاهش می‌دهد.

غلظت کلروفیل a: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر غلظت کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، غلظت کلروفیلa در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۱/۹ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) به ترتیب ٥٤، ۵۸ و ٤۳ درصد و در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۱/٤۳ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) به ترتیب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

۴۷، ۱۱۶ و ۸۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب غلظت کلروفیل a را ۰/۴۷ (۲۵٪)، ۰/۸۳ (۲۸٪)، ۰/۱ (۴٪) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر کاهش ولی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک ۰/۰۸ (۳٪) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر برگ افزایش داد (جدول ۳). بنابراین در هر دو شرایط دمای معمول و افزایش یافته بیشترین غلظت کلروفیلa در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به‌دست آمد. همچنین همبستگی کلروفیلa با وزن خشک اندام هوایی در شرایط دمای افزایش یافته بسیار قوی (r=۰/۹۵**) ولی در دمای معمول معنی‌دار نبود (جدول ۵).

در مطالعه صالح (۱۳۹۴) بر روی گندم، غلظت کلروفیلa در طول مرحله رشدی گیاه در اثر افزایش دما نسبت به تیمار شاهد (۷+۲۷ در مقابل ۲۷ درجه سلسیوس) ۶/۱ درصد کاهش یافت. در آزمایش Shanmugan و همکاران (۲۰۱۳) افزایش دمای محیط (بیش‌تر از ۴۰ درجه سلسیوس) باعث کاهش محتوای کلروفیل برگ در گندم شد. از سوی دیگر نیتروژن از جمله عناصر تشکیل دهنده کلروفیل می‌باشد، بنابراین افزایش نیتروژن در محیط رشد گیاه، باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷). در مطالعه محمدی (۱۳۹۴) بر روی ارقام مختلف گندم نیز غلظت کلروفیلa در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۵۶ درصد افزایش یافت. در مطالعه ایشان همچنین غلظت کلروفیلa گندم رقم بهار در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۱۱ درصد افزایش یافت. مطالعه یوسف‌پور و همکاران (۱۳۹۳) بر روی آفتابگردان نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a (۳۷/۱ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر برگ) مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مورد نیاز و کمترین مقدار آن (۱/۱۳ میلی‌گرم برگرم وزن‌تر برگ) مربوط به تیمار شاهد بود. ایشان بیان نمودند که مقادیر کاربرد ۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد کود شیمیایی مورد نیاز، به ترتیب باعث افزایش ۲۱/۳، ۱۰/۶ و ۷/۹۶ درصدی در مقدار کلروفیل a نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود شیمیایی) شده است. بنابراین به واسطه ارتباط مستقیم بین غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، افزایش در مقدار نیتروژن گیاه، شاخص مقدار کلروفیل را نیز افزایش می‌دهد (Shafee *et al.*, 2011).

غلظت کلروفیل b: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر غلظت کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، غلظت کلروفیل b در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۰/۷۳۷ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) به ترتیب حدود ۷۵، ۹۴ و ۷۸ درصد افزایش یافت در حالیکه در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۰/۶۴۴ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) در سطح ۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک ۱۵ درصد کاهش ولی در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم به ترتیب ۱۷۹ و ۷۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در مطالعه صالح بر روی گندم، غلظت کلروفیل b در اثر افزایش دما ۱۰ درصد کاهش یافت (صالح، ۱۳۹۴). همچنین در آزمایش Shanmugan و همکاران (۲۰۱۳) بر روی گیاه جو افزایش دمای محیط باعث کاهش ۳۰ درصدی غلظت کلروفیل b در برگ شد. براساس این نتایج کلروفیل a در مقایسه با کلروفیل b به میزان کمتری تحت تأثیر افزایش دما قرار گرفته است. از سوی دیگر در مطالعه محمدی (۱۳۹۴) بر روی گیاه گندم، غلظت کلروفیل b در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۶۸ درصد افزایش یافت. Dordas و Sioulas (۲۰۰۸) در آزمایش خود در رابطه با تأثیر سطوح مختلف نیتروژن (۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار) بر غلظت کلروفیل افزایش این صفت را گزارش کردند.

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب غلظت کلروفیل b را ۰/۰۸۹ (۱۲٪)، ۰/۷۴۴ (۵۸٪) و ۰/۱۹ (۱۴٪) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر کاهش ولی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم کود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

جدول ۳- برهمکنش اثر دمای محیط و کود نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده گندم رقم بهار

عوامل آزمایش		غلظت کلروفیلa	غلظت کلروفیل b	غلظت کارتنوئید
دمای محیط(درجه سلسیوس)	کود نیتروژن ($mg\ kg^{-1}$)	($mg\ g^{-1}\ FW$)		
۲۵ ± ۳	۰	۱/۹۰	۰/۷۳۷	۰/٤٤۳
	۵۰	۲/۹۳ (٪۵٤)	۱/۲۹ (٪۷۵)	۰/۵٦۳ (٪۲۸)
	۱۰۰	۳/۰۱ (٪۵۸)	۱/٤۳ (٪۹٤)	۰/٤۹٤ (٪۱۱)
	۱۵۰	۲/۷۱ (٪٤۳)	۱/۳۱ (٪۷۸)	۰/۵۳۵ (٪۲۱)
۳٤ ± ۳	۰	۱/٤۳	۰/٦٤٤	۰/۲۵۹
	۵۰	۲/۱۰ (٪٤۷)	۰/۵٤٦ (-٪۱۵)	۰/۵٤٤ (٪۱۱۰)
	۱۰۰	۳/۰۹ (٪۱۱٦)	۱/۸۰ (٪۱۷۹)	۰/٤٦۷ (٪۸۰)
	۱۵۰	۲/٦۱ (٪۸۲)	۱/۱۲ (٪۷٤)	۰/٤٦۷ (٪۸۰)
LSD (5%)		۰/۱۵۸	۰/۲٤۷	۰/۰۷٤

در هر سطح از دمای محیط، اعداد داخل پرانتز تفاوت مقدار صفت مورد نظر را با شاهد یا عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن نشان می‌دهد.

نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب آن را ۰/۳۷ (٪۲٦) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر افزایش داد (جدول۳). Silveira و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تعداد مولکول کلروفیل در واحد سطح ثابت است و با کاهش سطح برگ در تنش‌های ملایم مقدار کلروفیل افزایش می‌یابد. این در حالی است که Guo و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که تولید رادیکال‌هـای آزاد اکسیژن در شرایط تنش گرما باعث کاهش مقدار کلروفیـل بـرگ می‌شود. همچنین همبستگی کلروفیل b با وزن خشک اندام هوایی در شرایط دمای افزایش یافته قوی ($r=۰/۷۵^{**}$) ولی در دمای معمول معنی‌دار نبود (جدول ۵).

غلظت کارتنوئید: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر غلظت کارتنوئید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، غلظت کارتنوئید در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۰/٤٤۳ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) به ترتیب ۲۸، ۱۱ و ۲۱ درصد افزایش و در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۰/۲۵۹ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ۸۰، ۱۱۰ و ۸۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در مطالعه محمدی (۱۳۹٤) بر روی گیاه گندم، غلظت کارتنوئید در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی ۸٤ درصد افزایش یافت. بر این اساس کمبود و زیاد بود نیتروژن باعث ایجاد تنش شده و افزایش کارتنوئیدها با افزایش ظرفیت دفاع آنتی اکسیدانی برگ، باعث کاهش رادیکال‌های آزاد تولید شده در برگ شده و از این طریق آسیب به مرکز واکنشی و غشاها کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۷).

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب غلظت کارتنوئید را ۰/۱۸٤ (٪٤۱)، ۰/۰۱۹ (٪۳)، ۰/۰۲۷ (٪۵) و ۰/۰٦۸ (٪۱۳) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر کاهش داد (جدول ۳). در مطالعه‌ی Gilberton و همکاران (۲۰۰۸) بر تعدادی ژنوتیپ گندم نیز، افزایش ۷ درجه‌ای دما، غلظت کارتنوئید را در مقایسه با دمای معمول ۵ درصد کاهش داد ولی در مطالعه صالح (۱۳۹٤) بر روی گندم، تأثیر افزایش دما (۲۷+۷ در مقابل ۲۷ درجه سلسیوس) بر غلظت کارتنوئید معنی‌دار نگردید.

به نظر می‌رسد در شرایط این مطالعه با افزایش غلظت نیتروژن خاک اثرات منفی افزایش دما در کاهش غلظت کارتنوئید برگ تعدیل شده است. همبستگی کارتنوئید با وزن

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

خشک اندام هوایی در شرایط دمای افزایش یافته قوی (r=۰/۶۲**) ولی در دمای معمول معنی‌دار نبود (جدول ۵). با توجه به نقش احتمالی کارتنوئید در کاهش اثرات تنش‌های محیطی افزایش غلظت این رنگدانه در شرایط دمای بالا قابل توجیه است.

غلظت پروتئین برگ: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر غلظت پروتئین برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، غلظت پروتئین در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۰/۱۱۵ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) به ترتیب ۱۸، ۲۵ و ۲۳ درصد افزایش یافت در حالیکه در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۰/۱٤٦ میلی‌گرم درگرم وزن‌تر) در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ۲۱، ۲۰ و ۲۷ درصد کاهش نشان داد (جدول ٤). در مطالعه Xu و Zhou (۲۰۰٦) بر روی گراس چند ساله‌ی *Leymus chinesis* حجم پروتئین محلول در دمای ۳۲ درجه سلسیوس نسبت به دمای ۲۳ درجه سلسیوس، ۲۷ درصد کاهش یافت. معمولاً گیاه برای تحمل تنش‌هایی مثل دمای بالا مولکول‌های بزرگ شبیه پروتئین‌ها را به اجزای کوچکتر مانند آمینواسید پرولین تجزیه کرده و از این طریق مکانیسم دفاعی خود را اعمال می‌نماید. بنابراین به نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش رقم گندم بهار نیز از مکانیسم مشابهی استفاده نموده است.

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که افزایش دما در سطح شاهد یا عدم مصرف کود نیتروژن، غلظت پروتئین برگ را ۰/۰۳۱ (۲۷٪) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر افزایش و در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب غلظت پروتئین برگ را، ۰/۰۲۱ (۱۵٪)، ۰/۰۲۷ (۱۹٪) و ۰/۰۳۵ (۲۵٪) میلی‌گرم درگرم وزن‌تر کاهش داد (جدول ٤). بنابراین با افزایش غلظت نیتروژن خاک اثرات منفی افزایش دما بر کاهش غلظت پروتئین برگ افزایش یافته است. مدحج و همکاران (۱۳۸۸) نیز در آزمایشی بر روی گیاه گندم نشان دادند که اثر متقابل مقدار نیتروژن و تنش گرمای باعث تأثیر معنی دار بر درصد پروتئین گیاه شد و عملکرد پروتئین در واحد سطح در شرایط تنش گرمای پایان فصل در مقایسه با شرایط بهینه ۹ درصد کاهش یافت.

غلظت نیتروژن اندام هوایی: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر غلظت نیتروژن اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، غلظت نیتروژن اندام هوایی در سطوح۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود (۰/۲۳۲ گرم درکیلوگرم)، به ترتیب ٦، ۲۷ و ۲۱ درصد کاهش یافت در حالیکه در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۰/۱۵۱ گرم درکیلوگرم) در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم درکیلوگرم به ترتیب ۱۰۳، ۱۰۳ و ۱٥٤ درصد افزایش نشان داد (جدول ٤). مقایسه نتایج غلظت نیتروژن اندام هوایی با غلظت پروتئین اندام هوایی موید تجزیه پروتیین‌ها به اجزای ساختاری در اثر دمای بالا است. به شکلی که افزایش نیتروژن در خاک در شرایط دمایی مناسب تولید پروتیین را تسریع نموده ولی در شرایط دمای بالا تولید آمینواسیدها و افزایش غلظت نیتروژن در گیاه را در پی داشته است.

به عبارت دیگر نتایج برهمکنش اثرات دما و نیتروژن بیانگر آن است که غلظت نیتروژن اندام هوایی در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن در اثر افزایش دما، ۰/۰۸۲ گرم درکیلوگرم یا ۳۵ درصد کاهش یافت (جدول ٤). در حالیکه در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک افزایش دما به ترتیب منجر به افزایش ۰/۰۸۹ گرم درکیلوگرم یا ٤۱ درصد، ۰/۱۳۸ گرم در کیلوگرم یا ۸۲ درصد و ۰/۲۰۲ گرم در کیلوگرم یا ۱۱۰ درصد در غلظت نیتروژن اندام هوایی شد (جدول ٤). Yu و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایش خود نشان دادند که سطح نیتروژن ۲۷۰ کیلوگرم درهکتار نسبت به عدم کاربرد کود در مراحل ساقه رفتن، خوشه‌دهی و رسیدگی به ترتیب باعث افزایش ۱٦۹، ۱٤٦ و ۲۷۱ درصدی در تجمع نیتروژن در کل گیاه شد. در مطالعه Han و همکاران (۲۰۱۵) بر روی گندم، افزایش کاربرد نیتروژن (اوره) از ۲۵ به ۹۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

جدول ٤- برهمکنش اثر دمای محیط و کود نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده گندم رقم بهار

عوامل آزمایش		غلظت پروتئین ($g\ kg^{-1}$)	غلظت نیتروژن اندام هوایی ($g\ kg^{-1}$)	کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی
دمای محیط (درجه سلسیوس)	کود نیتروژن ($mg\ kg^{-1}$)			
۲۵ ± ۳	۰	۰/۱۱۵	۰/۲۳۲	۹/۰۲
	۵۰	۰/۱۳٦ (٪۱۸)	۰/۲۱۸ (-٪٦)	۹/۳۵ (٪٤)
	۱۰۰	۰/۱٤٤ (٪۲۵)	۰/۱٦۸ (-٪۲۷)	۱۱/۹ (٪۳۲)
	۱۵۰	۰/۱٤۱ (٪۲۳)	۰/۱۸۲ (-٪۲۱)	۱۱/۳ (٪۲۵)
۳٤ ± ۳	۰	۰/۱٤٦	۰/۱۵۱	۱۵/۱
	۵۰	۰/۱۱۵ (-٪۲۱)	۰/۳۰۷ (٪۱۰۳)	٦/۷۱ (-٪۵۵)
	۱۰۰	۰/۱۱۷ (-٪۲۰)	۰/۳۰٦ (٪۱۰۳)	٦/۹۵ (-٪۵٤)
	۱۵۰	۰/۱۰٦ (-٪۲۷)	۰/۳۸٤ (٪۱۵٤)	۵/۳۰ (-٪٦۵)
LSD (5%)		۰/۰۰۹	۰/۰۱٦	۲/۹۸

در هر سطح از دمای محیط، اعداد داخل پرانتز تفاوت مقدار صفت مورد نظر را با شاهد یا عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن نشان می‌دهد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین ماده خشک اندام هوایی و سایر ویژگی‌های فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده در شرایط دمای معمول و افزایش‌یافته

صفات		وزن خشک اندام هوایی	سطح برگ	هدایت روزنه‌ای برگ	غلظت کلروفیل a	غلظت کلروفیل b	غلظت کارتنویید	غلظت پروتئین برگ	غلظت نیتروژن اندام هوایی	کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی
وزن خشک اندام هوایی	دمای معمول	-	$-۰/۳۵^{ns}$	$۰/۵٦^{ns}$	$۰/۳۰^{ns}$	$۰/٤۷^{ns}$	$۰/۱۰^{ns}$	$۰/۵۲^{ns}$	$-۰/٦۵^{*}$	$-۰/۳۵^{ns}$
	دمای افزایش‌یافته	-	$۰/۹۰^{**}$	$-۰/۳۲^{ns}$	$۰/۹۵^{**}$	$۰/۷۵^{**}$	$۰/٦۲^{**}$	$-۰/۷۸^{**}$	$۰/۸۵^{**}$	$-۰/۳۳^{ns}$

کیلوگرم درهکتار باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه به مقدار ۳/٦، ۳/٦ و ۳/۹ درصد به ترتیب در مراحل ساقه رفتن، گرده افشانی و رسیدگی شد. Dordas (۲۰۱۲) با مطالعه اثر نیتروژن بر گیاه جو افزایش معنی‌دار محتوای نیتروژن اندام هوایی در بافت‌های مختلف گیاه در مرحله گلدهی و بلوغ را گزارش کرد. کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم درهکتار نیتروژن، محتوای نیتروژن اندام هوایی بوته‌های جو را حدود ٦۲ درصد افزایش داد. علاوه بر این، انتقال مجدد ماده خشک در تیمار کاربرد نیتروژن به میزان ٤۰ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت.

کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی: تأثیر برهمکنش دما و نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در شرایط دمای معمول، کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن (۹/۰۲) به ترتیب حدود ٤، ۳۲ و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

۲۵ درصد افزایش یافت در حالیکه در شرایط دمای افزایش یافته در مقایسه با شاهد (۱۵/۱) در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ۵۵، ٥٤ و ٦٥ درصد کاهش نشان داد (جدول ٤). به عبارت دیگر تأثیر افزایش دما بر کارایی مصرف نیتروژن در اندام هوایی به غلظت نیتروژن خاک وابسته بود. در شرایط شاهد یا عدم کاربرد کود نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی در اثر افزایش دما، ٦/٠٨ واحد یا ٦٧ درصد افزایش ولی در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک به ترتیب ٢/٦٤ واحد یا ۲۸ درصد، ٤/٩٥ واحد یا ٤١ درصد و ٦/٠ واحد یا ۵۳ درصد کاهش یافت (جدول ٤). در مطالعه محمدی (١٣٩٤) بر روی ارقام مختلف گندم در سطح ۱۵۰ در مقایسه با سطح ۷۵ میلی‌گرم برلیتر نیتروژن در محلول غذایی کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی ۳۸ درصد کاهش یافت. همچنین در مطالعه ایشان کارایی مصرف نیتروژن اندام هوایی رقم گندم بهار در سطح ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم برلیتر به ترتیب ۹/۹۰ و ٦/٨٥ درصد بود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این تحقیق نشان داد که مقدار نیتروژن خاک جهت دستیابی به بالاترین تولید در رقم گندم بهار به طور بارزی به دمای محیط وابسته بود و مقدار بهینه غلظت نیتروژن جهت تولید بیشترین ماده خشک اندام هوایی در دمای معمول (۳ ± ۲۵ درجه سلسیوس)، ۱۵۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک و در دمای افزایش یافته (۳ ± ٣٤ درجه سلسیوس)، ۱۰۰ میلی‌گرم کود نیتروژن درکیلوگرم خاک بود. همچنین تأثیر افزایش دما بر کارایی مصرف نیتروژن در اندام هوایی وابسته به غلظت نیتروژن خاک بود.

منابع

بابایی مفتح، ع. (۱۳۹۵) بررسی تأثیر عوامل محیطی(رطوبت، دما و غلظت دی‌اکسیدکربن) بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک دو گونه‌ی مرتعی (*Bromous tomentellus* Boiss و *Agropyron trichophorum* (Link) Richt)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

بنایان اول، م. نعمت الهی، ا. و مقدم، ح. (۱۳۹۱) رشد و نمو گیاهان و تغییر اقلیم. مرکز نشر دانشگاهی، مشهد.

ردی، کی. آر. و هاج، زاچ. اف. (۱۳۸۵) تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان. ترجمه کوچکی، ع. و حسینی، ح. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

رودز، جی. دی. (۱۳۷۸) استفاده از آب های شور و نیمه شور برای آبیاری. ترجمه نوروزی، م. ماهرانی، م. و مسچی، م. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

صالح، م. (١٣٩٤) تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و دمای محیط بر پاسخ ارقام گندم در شرایط تنش شوری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

کوچکی، ع. و ح. حسینی، (۱۳۸۵) تغییر اقلیم و تولیدات زراعی در جهان. دانشگاه فردوسی مشهد.

کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. شریفی، ح. زند، ا و کمالی، غ. (۱۳۸۰) شبیه سازی رشد، فنولوژی و تولید ارقام گندم در اثر تغییر اقلیم در شرایط مشهد. مجله بیابان ٦: ١١٧– ١٢٧.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. (۱۳۸۷) فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

محمدی، س. (١٣٩٤) پاسخ ارقام گندم به شوری و نیتروژن در شرایط معمول و غنی شده‌ی دی‌اکسیدکربن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

مدحج، ع. نادری، ح. امام، ی. آینه‌بند، ا. و نورمحمدی، ق. (۱۳۸۸) اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه، محتوی پروتئین دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن در ژنوتیپ‌های گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمای پس از گرده افشانی، مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۵: ۳۵۳-۳۷۱.

مشتطی، م. عالمی سعید، خ. سیادت، س. ع. بخشنده، ع. م. و کمالی، م. ر. (۱۳۸۹) ارزیابی تحمل ارقام گندم نان بهاره به تنش گرمای انتهای فصل در شرایط اهواز، مجله علوم زراعی ایران ۱۲: ۸۵-۹۹.

یوسف پور، ز. یدوی، ع. بلوچی، ح. ر. و فرجی، م.(۱۳۹۳) بررسی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و فنولوژیک آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و فسفر، نشریه بوم شناسی کشاورزی ٦: ۵۰۸-۵۱۹.

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.

Asadi, A. Mahmoody, R. Kermani, B. and Pirani, M. (2009) Effects of elevated CO_2 on wheat growth in salinity stress. Agronomy Journal 104: 144-152.

Ayeneh, A. Van Ginkel, M. Reynolds, M. P. and Ammar, K. (2002) Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. Field Crops Research 79: 173-184.

Bauer, A. and Black, A. L. (1994) Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Science Society of America Journal 58: 185-193.

Cheng, W. Sakai, H. Yagi, K. and Hasegawa, T. (2009) Interactions of elevated CO_2 and night temperature on rice growth and yield. Agricultural and Forest Meteorology 149: 51-58.

Dordas, C. A. (2012) Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar, and source-sink relation. European Journal of agronomy 37: 31-42.

Dordas, C. A. and Sioulas, C. (2008) Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial Crops and Products 27: 75-85.

Evans, L. T. (1998) Feeding the Ten Billion. Cambridge University Press, Cambridge.

Farooq, M. Bramley, H. Palta, J. A. and Siddique, H. M. (2011) Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. Critical Reviews in Plant Sciences 30: 491-507.

Florides, G. A. and Christodoulides, P. (2009) Global warming and carbon dioxide through sciences. Environment International 35: 390-401.

Gibson, L. R. and Paulsen, G. M. (1999) Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. Crop Science 39: 1841-1846.

Gilberton, S. Gitz, D. C. and Spencer, T. F. (2008) Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in wheat under elevated CO_2. Environmental and Experimental Botany 64: 234-247.

Guo, Y. P. Zhou, H. F. and Zhang, L. C. (2006) Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. Scientia Horticulturae 108: 260-267.

Gur, A. Demirel, U .Ozden, M. Kahraman, A. and Copur, O. (2010) Diurnal gradual heat stress affects antioxidant enzymes, proline accumulation and some physiological components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). African Journal of Biotechnology 9: 1008-1015.

Hakeem, K. R. Chandna, R. Ahmad, A. and Iqbal, M. (2012) Physiological and molecular analysis of applied nitrogen in rice genotype. Rice Science 19: 213-222.

Han, X. Hao, X. Lam, S. K. Wang, H. Li, Y. Wheeler, T. Ju, H. and Lin, E. (2015) Yield and nitrogen accumulation and partitioning in winter wheat under elevated CO_2: A 3-year free-air CO_2 enrichment experiment. Agriculture, Ecosystems and Environment 209: 132-137.

IPCC, (2007) Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press 881.

IPCC, (1992) First assessment report, Climate Change: the 1990 and *1992*. IPCC assessment (working group 1: scientific assessment of climate change) WMO, UNEP.

Karien, D. L. Hunt, P. G. and Matheny, T. A. (1996) Fertilizer nitrogen recovery by corn, wheat, and cotton grown with and without preplant tillage on Norfolk loamy sand. Crop Science 36: 975-981.

Li, Y. X. Ren, B. Shen, Q. and Guo, Sh. (2012) Why nitrogen use efficiency decrease under high nitrogen supply in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Journal of Plant Growth Regulation 31: 47-52.

Novozamsky, I. van Eck, R. van Schouwenburg, J. Ch. and Walinga, I. (1974) Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal of Agricultural Science.22: 3-5.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]

Peiqin, C. Songlin, Y. Yanni, Z. and Xiliang, K. (2006) A review on plant heat stress physiology. Chinese Agricultural Science Bulletin 5: 059.

Rakshit, A. Bahadur Singh, H. and Sen, A. (2015) Nutrient use efficiency: from basics to advances. Part V specialised case studies; dynamics of plant nutrients, utilization and uptake, and soil microbial community. In: Crops Under Ambient and Elevated Carbon Dioxide (eds. Singh, S. K., Reddy, V. R. Sharma, M. P. and Agnihotri, R.) Pp. 381-400. Springer, New Delhi Heidelberg New York Dordrecht Londo.

Semenov, M. A. Stratonovitch, P. Alghabari, F. and Gooding, M. J. (2014) Adapting wheat in Europe for climate change. Journal of Cereal Science 59: 245-256.

Shafee, L. Safari, M. Emam, Y. and Mohammadinezhad, G. (2011) Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and chlorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. Seed Plant Production Journal 2: 235-246.

Shanmugan, S. Kjaer, K. H. Ottosen, C. O. Rosenqvist, E. Kumari Sharma, D. and wollenweber, B. (2013) The alleviating effect of elevated CO_2 on heat stress susceptibility of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 199: 340-350.

Silveira, J. A. G. Araujo, S. A. M. Lima, J. P. M. S. and Viegas, R. A. (2009) Roots and leaves display contrasting osmotic adjustment mechan isms in response to NaCl-salinity in *Atriplex nummularia*. Environmental and Experimental Botany 66: 1-8.

Xu, Z. Z. and Zhou, G. S. (2006) Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinesis.* Planta. 224: 1080-1090.

Yu, Q. G. Ye, J. Yang, S. N. Fu, J. R. Ma, J. W. Sun, W. C. and Wang, Q. (2013) Effects of nitrogen application level on rice nutrient uptake and ammonia volatilization. Rice Science 20: 139-147.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.29.17.9]