گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

مقاله پژوهشی

اثر تنش خشکی و کاربرد کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در دو منطقه از استان لرستان

عباس قربانی (نویسنده مسئول)[1*]، مجتبی جعفرزاده کنارسری[2]، امین فرنیا[3] و شهرام نخجوان[4]

۱*- دانشجوی دکتری، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، abasghorbani6065@yahoo.com

۲- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، jafarzadeh@yahoo.com

۳- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، aminfarnia@yahoo.com

٤- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران، nakhjavan@yahoo.com

تاریخ دریافت: اسفند ۱٤۰۱ تاریخ پذیرش: مرداد ۱٤۰۲

Effect of drought stress and application of nitrogen fertilizer on morphological and agronomic characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) in two regions of Lorestan province

Abbas Ghorbani (Corresponding author)[1*], Mojtaba Jafarzadeh Kenarsari[2], Amin Farnia[3] and Shahram Nakhjavan[4]

1*- Ph.D student, Department of Genetic and Plant Production, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, abasghorbani6065@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Genetic and Plant Production, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, jafarzadeh@yahoo.com

3- Assistant Professor, Department of Genetic and Plant Production, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, aminfarnia@yahoo.com

4- Assistant Professor, Department of Genetic and Plant Production, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran, nakhjavan@yahoo.com

Received: March 2023 Accepted: August 2023

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر تنش خشکی و نوع و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی گندم نان در دو منطقه از استان لرستان انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش خشکی (شاهد، آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین و شیری-خمیری دانه) در کرت‌های اصلی و نوع کود نیتروژن (اوره و نیترات آمونیوم) و مقدار کود نیتروژن (نرمال، ۵۰ درصد بالاتر و ۵۰ درصد کمتر از نرمال) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرارگرفتند. نتایج نشان داد بالاترین ارتفاع بوته در فاکتور شاهد بود و تنش خشکی منجر به کاهش ارتفاع بوته شد. بالاترین میزان وزن برگ پرچم در سطح بدون تنش خشکی در کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن بیشتر از مقدار نرمال، بالاترین شاخص سطح برگ در کاربرد نیترات آمونیوم در سطح آبیاری کامل و بالاترین تعداد دانه در بوته با کاربرد نیترات آمونیوم بدست آمد. وزن و عملکرد دانه در فاکتور شاهد بالاتر از فاکتور قطع آبیاری بود و عملکرد دانه در فاکتور بدون تنش خشکی بالاتر از دو فاکتور دیگر و نیز با کاربرد کود نیترات آمونیوم بالاتر از کود اوره بود. تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک شد و میزان آن در فاکتور نیترات آمونیوم و در سطح فاکتور بدون تنش خشکی ۱٤۹۰۸ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد، می‌توان در صورت آبیاری کامل گندم رقم بهاران با کاربرد مقادیر بالاتر از میزان نرمال از کود نیتروژن به حداکثر میزان عملکرد دانه دست یافت. همچنین برای بهبود عملکرد دانه می‌توان از کود نیترات آمونیوم به جای اوره استفاده نمود.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، گندم، مقدار کود، نیتروژن

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران
سال۱٤۰۲، دوره۱۸، شماره ۲، صص ۷٤-۵۵

Abstract

This research was conducted in order to investigate the effect of drought stress and the type and amount of nitrogen fertilizer on the yield, yield components and some physiological characteristics of bread wheat in 2016-1397 in two temperate regions of Lorestan province. The test factors include drought stress (at three control levels, irrigation until the stage of the appearance of inflorescences and irrigation until the milky-paste stage of the seeds) in the main plots, as well as the factors of the type of nitrogen fertilizer (including urea and ammonium nitrate fertilizers) and the amount of nitrogen fertilizer. (at three normal levels based on soil test, 50% higher and 50% lower than normal) were factorially placed in sub-plots. The results showed that the highest plant height was in control and the occurrence of drought stress led to a decrease in plant height. The application of ammonium nitrate caused the internode length to be higher than the factor of urea application). The application of 50% nitrogen fertilizer more than the normal amount caused the highest weight of flag leaf to be obtained at the factor level without drought stress and ammonium nitrate fertilizer at the level of full irrigation factor resulted in the highest level of leaf area index occurrence of drought stress led to a decrease in leaf area index. The number of seeds per plant was also affected by the nitrogen fertilizer application factor and the highest amount was obtained with the use of ammonium nitrate. The seed weight and seed yield in the control factor was higher than the irrigation cut factor and the seed yield in the factor without drought stress was higher than the other two factors and also with the application of ammonium nitrate fertilizer higher than urea fertilizer. Drought stress led to a decrease in biological yield and its amount in the ammonium nitrate factor and in the level of the factor without drought stress by 14908 kg and also reduced the harvest index. The results of this study showed that in the Lorestan region, it is possible to achieve the maximum grain yield in the case of full irrigation of Baharan wheat by applying higher than normal amounts of nitrogen fertilizer. Also, to improve seed yield, ammonium nitrate fertilizer can be used instead of urea.

Key words: Drought stress, Fertilizer rate, Nitrogen, Wheat

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
summer 2023, Vol 18, No 2, Pp 55-74

مقدمه و کلیات

گندم با نام علمی *Triticum aestivum* L. مهمترین گیاه زراعی جهان بوده که به طور مستقیم با تغذیه جمعیت جهانی در ارتباط می‌باشد (Lv *et al*., 2021). به دلیل تطابق زیاد گندم با شرایط آب و هوایی مختلف محیطی، دامنه پراکندگی آن بیش از هر گیاه دیگر می‌باشد (Alam *et al*., 2020). خشکی و نیتروژن از عوامل محدود کننده رشد در غلات و به ویژه گندم می‌باشند (Lv *et al*., 2021). تنش خشکی تأثیر بسزایی در مراحل اولیه رشد و استقرار گندم دارد و باعث ایجاد اختلال در جوانه‌زنی و استقرار گیاه می‌شود (برده‌جی و همکاران، ۱۳۹۹). تنش خشکی عامل نقصان رشد گندم در تمام مراحل رشد و به خصوص در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بوده و باعث کاهش قابل توجه‌ای در عملکرد گیاه می‌گردد (Farooq *et al*., 2014). تنش خشکی رشد و عملکرد دانه در گندم را تحت تأثیر خود قرار داده و در شرایط شدت این تنش می‌تواند عملکرد آن را به شدت کاهش دهد (Alam *et al*., 2020). ایجاد شرایط تنش خشکی منجر به افزایش فشار اسمزی، افزایش تنفس گیاه، کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش تقسیم سلولی منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (Abdel-Motagally and El-Zohri, 2018). تنش خشکی در گیاه شرایطی را ایجاد نموده که با وجود کمبود بارندگی، میزان تبخیر نیز با افزایش دما افزایش یافته و در نتیجه اثرات منفی ناشی از کمبود آب را افزایش می‌دهد (Jiang *et al*., 2020). مراحل بحرانی رشد گندم از قبیل گلدهی و پر شدن دانه تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و در نتیجه آن اثر نهایی را بر عملکرد نهایی دانه اعمال می‌نماید (Lv *et al*., 2021). شدت و مدت تنش خشکی تعیین کننده میزان کاهش در عملکرد است که دلیل اصلی آن، کاهش در میزان فتوسنتز خالص است که به علت محدودیت‌های متابولیکی ایجاد می‌گردد (Ali *et al*., 2018). از دیگر دلایل کاهش عملکرد، تخریب اکسیداتیو کلروپلاست‌ها و بسته شدن روزنه‌ها وایجاد دانه‌های ضعیف و نارس می‌باشد (Farooq *et al*., 2014). نیتروژن و کمبود آب دارای برهمکنش معنی‌دار بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد زیرا جذب نیتروژن توسط گیاه مستلزم فراهمی آب در خاک بوده و در صورت کمبود آب در خاک اثرات منفی ناشی از کمبود نیتروژن نیز مشهودتر می‌باشد (Nazar *et al*., 2020). نیتروژن نقش ساختاری در ساختمان پروتئین‌ها ایفا نموده و در ساختار آنزیمی آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز گیاهی نیز دخالت دارد (Beier *et al*., 2018). مدیریت مصرف نیتروژن در مزارع در شرایط کمبود آب در جهت کاهش اثرات منفی ناشی از تنش از قبیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن دارای اهمیت بسزایی می‌باشد (Guo *et al*., 2019). گندم عنصر نیتروژن را به صورت آمونیوم و نیترات و همچنین به فرم نیتروژن آلی از قبیل اوره جذب می‌نماید (Lv *et al*., 2021). کاربرد کود نیتروژن به صورت آمونیوم زمینه را برای جذب بیشتر سایر عناصر غذایی نسبت به نیترات فراهم نموده و در نتیجه در افزایش رشد و عملکرد گندم موثر می‌باشد (Carlisle *et al*., 2012). کاربرد کود نیتروژن از منبع اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم اثر معنی‌داری داشته است (کریمی و

همکاران، ۱۳۹۷). در دوران رشد زایشی گندم کودهای نیتروژنه تاثیر چندانی در افزایش بهره‌وری آب نداشتند (Wang *et al*., 2018). به عقیده Zhu و همکاران (2018) کاربرد نیتروژن به فرم آمونیوم می‌تواند تحمل گیاه گندم را نسبت به تنش خشکی در مقایسه با سایر فرم‌های نیتروژن را افزایش دهد. کاربرد سطح بهینه کود نیتروژن وابسته به رژیم آبیاری و فهم دقیقی از پاسخ گیاه به برهم‌کنش‌های کود نیتروژن و آب می‌باشد، زیرا نیتروژن در سنتز پروتئین، تولید انرژی سلولی، حفظ و تمامیت غشای سلولی و گرده‌افشانی نقش مهمی دارد (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). نیتروژن در گیاه علاوه بر اینکه منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد، در مقادیر کم و در شرایط تنش خشکی منجر به افزایش مقاومت گیاه در برابر خشکی می‌گردد (میرصالح مهابادی و همکاران، ۱۳۹۹). از این رو هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد مقادیر مختلف از انواع کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در منطقه لرستان می‌باشد.

فرآیند پژوهش

آزمایش حاضر با هدف مطالعه اثرات تنش خشکی و کاربرد کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گندم نان دو دو منطقه از استان لرستان در سال زراعی ۹۷-۹۶ در دو منطقه دورود و بروجرد در استان لرستان بود. آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل فاکتور تنش خشکی در سه سطح شاهد، آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین و آبیاری تا مرحله شیری-خمیری دانه در کرت‌های اصلی بودند و در کرتهای فرعی نیز فاکتورهای نوع کود نیتروژن شامل کودهای اوره و نیترات آمونیوم و مقدار کود نیتروژن در سه سطح نرمال، ۵۰ درصد بالاتر از مقدار نرمال و ۵۰ درصد کمتر از مقدار نرمال به صورت فاکتوریل قرار گرفتند. مقادیر نرمال کاربرد کود برای مناطق بروجرد و دورود به ترتیب ۱۵۰ و ۱٦۵ کیلوگرم در هکتار بود. کاربرد مقادیر کود نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم و اوره بر اساس آزمون خاک و بر مبنای نیتروژن خالص صورت گرفت. فاصله هر تکرار از اطراف مزرعه ۳ متر در نظر گرفته شد. رقم گندم مورد استفاده بهاران بود. پس از اعمال فاکتورهای آزمایش صفات مورد نظر در ده بوته اندازه‌گیری و میانگین آنها ثبت گردید. بدین منظور میانگین ارتفاع ساقه از محل طوقه تا انتهای سنبله در هر بوته برحسب سانتی‌متر در زمان برداشت به عنوان ارتفاع گیاه اندازه‌گیری و ثبت شد. با استفاده از کولیس قطر میانگره آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از خط کش طول میانگره آنها اندازه‌گیری شد. در مرحله توسعه برگ پرچم و پر شدن دانه برگ پرچم آنها پس از جداسازی به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد در آون خشک گردید و پس از این مدت زمان وزن برگ پرچم اندازه‌گیری گردید. تعداد کل دانه‌های ده سنبله شمارش و میانگین آن‌ها به عنوان تعداد دانه در سنبله ثبت شد. در مرحله تعیین عملکرد دانه پس از جداسازی دانه‌ها از بوته‌ها، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰ عددی دانه را شمارش نموده و پس از توزین و محاسبه میانگین به عنوان وزن هزار دانه یادداشت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه،

زمانی که بوته‌ها در رسیدگی کامل بودند، برداشت بوته‌های موجود در ردیف‌های میانی هر کرت به مساحت ۱ متر مربع انجام و دانه‌ها جدا و توزین و بیوماس و شاخص برداشت نیز اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ نیز با استفاده از دستگاه Leaf Area Meter اندازه‌گیری و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS نسخه 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد اثر ساده فاکتورهای مکان، تنش خشکی و نوع کود نیتروژن بر صفات مورفولوژیکی و زراعی از قبیل ارتفاع بوته، قطر میانگره، طول میانگره، وزن برگ پرچم، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، بیوماس و شاخص برداشت معنی‌دار شد. همچنین اثر مقدار کود نیتروژن بر همه صفات یاد شده به جز شاخص برداشت معنی‌دار گردید. اثر متقابل تنش خشکی و نوع کود نیتروژن فقط بر صفت وزن برگ پرچم، شاخص سطح برگ، بیوماس و شاخص برداشت معنی‌دار گردید. اثر متقابل تنش خشکی و مقدار کود نیتروژن فقط بر صفات وزن برگ پرچم و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گندم در استان لرستان

Table 1- Analysis of variance for effect of drought stress and nitrogen fertilizer on morphological and agronomic charactristics of wheat in Lorestan Province

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر میانگره	طول میانگره	وزن برگ پرچم	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	بیوماس	شاخص برداشت
مکان (S)	۱	۲۷۰**	۲/۶۱**	۲۲۵**	۰/۰۸**	۰/۷۵**	۲۰۲**	۵۹/۲۵*	۱۹۶۹۱۱۰**	۳۴۴۲۹۰۸**	۳۶/۵۹**
بلوک (R)	۲	۲۲۶**	۰/۶	۴۷	۰/۵۲	۰/۵۳**	۳۳۰**	۴۰۶**	۵۰۷۵۱۳۸**	۱۴۶۸۶۷۵۳**	۵۰/۳۵**
تنش خشکی (a)	۲	۷۳۰**	۸/۴۸**	۴۲۵**	۱/۶**	۴۷/۱۲**	۱۳۴۷**	۲۹۱**	۶۴۹۹۹۲۴۶**	۲۱۰۵۲۱۰۱۱**	۶۰۷/۴۱**
s*a	۲	۵/۳۶	۰/۰۰۷	۰/۴۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲	۰/۷۳	۰/۶۲	۱۳۸۸۱	۲۴۱۹۸۵	۳/۵
خطای اصلی	۲	۴	۰/۰۰۳	۱/۴۴	۰/۰۲	۰/۱	۲۱/۸	۲۲/۳۷	۳۹۱۳۲۶	۸۹۸۷۹۷	۴/۶۲
نوع کود نیتروژن (b)	۱	۷۳/۳۴*	۰/۹۹**	۱۴۲**	۱/۴۶**	۴/۳۲**	۲۱۳**	۱۲۸**	۹۰۱۲۷۵۵**	۱۵۷۶۲۰۷۴**	۱۶۲/۰۴**
s*b	۱	۱/۱۲	۰/۰۰۵	۰/۵۹	۰/۰۰۰۷	۰	۰/۳۳	۰/۱۴	۷۷۳	۴۱۴۱۸	۰/۷۵
a*b	۲	۱۲/۳۹	۰/۰۱	۸/۲۵	۰/۱۱**	۰/۳۹**	۱۷/۱۲	۱۰/۸۴	۳۷۶۰۷	۵۶۵۹۰۹۱**	۳۴/۴۸**
y*a*b	۲	۰/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۵۹	۰/۰۰۰۰۷	۰	۱/۰۲	۰/۰۶	۴۹۰۱	۴۱۴۱۸	۰/۷۹
مقدار کود (c)	۲	۱۵۹**	۰/۸۳**	۴۵/۷**	۰/۶۱**	۱/۸۲**	۳۷/۴۳*	۳۷/۱۲*	۱۸۲۲۹۴۰**	۱۱۷۰۶۴۰۳**	۵/۷
s*c	۲	۰/۶۹	۰/۰۰۲	۰/۱۹	۰/۰۰۰۰۸	۰	۱/۶۷	۰/۰۶۴	۲۹۰۰	۶۸۱۵	۰/۳
a*c	۴	۱۴/۷۶	۰/۰۳	۱/۲۷	۰/۰۱۱*	۰/۱۱	۱۰/۸۵	۲/۲۵	۱۰۱۹۳۷	۵۹۳۸۱۲	۱۱/۲۲*
s*a*c	۴	۱/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۲۲	۰/۰۰۰۰۳	۰	۰/۲۱	۰/۰۹۲	۳۷۴۸	۲۳۳۴	۰/۴۵
b*c	۲	۲۰/۷۳	۰/۰۰۲	۲/۵۶	۰/۰۰۰۷	۰/۲۵	۵/۴۵	۲/۲۸	۱۵۴۴۳	۱۷۶۱۹۷	۰/۳
s*b*c	۲	۰/۸۴	۰/۰۰۵	۰/۱۲	۰/۰۰۰۰۴	۰	۱/۸۶	۰/۱۲	۲۰۱۹	۲۱۱۴	۰/۴۵
a*b*c	۴	۴/۹۹	۰/۰۰۲	۰/۶۲	۰/۰۰۶۷	۰/۰۲	۷/۸۵	۲/۶۲	۲۹۹۱۶	۲۰۴۰۰	۱/۶۶

s*a*b*c	٤	١/٦٨	٠/٠٠٤	٠/٤٥	٠/٠٠٠٠٨	٠	٢/٣٤	٠/٤٥	١٦٠٦	١٥٣١	٠/٢٨
خطای فرعی	٦٨	١٤/٨٣	٠/٠١٥	٢/٩٩	٠/٠٠٤	٠/٠٦	٨/٦٤	٨/٩٥	١١٢٧٤٢	٤٥٦١٥٦	٣/٦١
(%)ضریب تغییرات		٤/٥١	٥/٨٥	٦/٤٣	٨/٧٤	٧/٠٨	٧/٥٣	٧/٠٦	٧/٣٥	٥/٣٢	٥/٣٧

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح یک درصد

***: Significant at 1%, **: Significant at 5%**

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد ارتفاع بوته گندم رقم بهاران در منطقه بروجرد (٨٦/٨٣ سانتی‌متر) بالاتر از منطقه دورود (٨٣/٦٦ سانتی‌متر) بود و در بین فاکتورهای تنشی نیز بالاترین میزان ارتفاع بوته در فاکتور شاهد و بدون وقوع تنش خشکی به میزان ٩٠/٣ سانتی‌متر حاصل گردید. همچنین نتایج نشان داد ارتفاع بوته در فاکتورهای آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین و آبیاری تا مرحله شیری–خمیری دانه به ترتیب ٨١/٦٦ و ٨٣/٧٧ سانتی‌متر بود. بین دو نوع کود نیتروژن نیز از این نظر اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشته و ارتفاع بوته گندم با کاربرد کود نیترات آمونیوم بالاتر از کود اوره بوده و میزان ارتفاع بوته در این دو سطح از فاکتور نوع کودنیتروژن به ترتیب ٨٦/٠٧ و ٨٤/٤ سانتی‌متر بود. کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بیشتر از حد نرمال سبب افزایش بیشتر ارتفاع بوته گندم (٨٧/٤٤ سانتی‌متر) شد. میزان ارتفاع بوته در تیماهاری مقدار نرمال و مقدار ۵۰ درصد کمتر از نرمال از کود نیتروژن به ترتیب ٨٥/٠٥ و ٨٣/٢٥ سانتی‌متر بود و بین آنها تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٢).

جدول ٢- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گندم استان لرستان

Table 2- Mean comparison for effect of drought stress and nitrogen fertilizer on morphological and agronomic charactristics of wheat in Lorestan Province

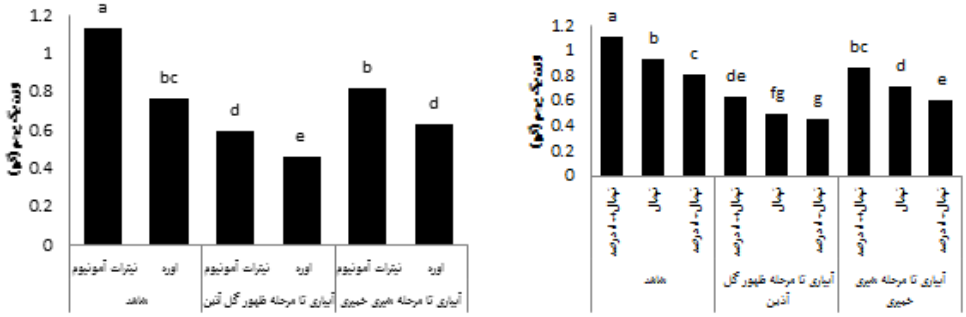
فاکتورها	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میانگره (میلی‌متر)	طول میانگره (سانتی‌متر)	وزن برگ پرچم (گرم)	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بیوماس (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
مکان										
بروجرد	٨٦/٨٣^{a}	٢/٢٨^{a}	٢٥/٤٤^{b}	٠/٧٧^{a}	٣/٥٤^{a}	٤٠/٣٨^{a}	٤٣/٠٩^{a}	٤٦٩٩^{a}	١٢٨٦٠^{a}	٣٥/٩٨^{a}
دورود	٨٣/٦٦^{b}	١/٩٧^{b}	٢٨/٣٣^{a}	٠/٧١^{b}	٣/٣٧^{a}	٣٧/٦٤^{a}	٤١/٦١^{a}	٤٤٢٩^{a}	١٢٥٠٣^{a}	٣٤/٨١^{a}
کم‌آبیاری										
شاهد	٩٠/٣^{a}	٢/٥٣^{a}	٢٩/٨٣^{a}	٠/٩٥^{a}	٤/٥٨^{a}	٤٥/٧٧^{a}	٤١/٥٢^{a}	٥٧٩٢^{a}	١٤٧١٩^{a}	٣٩/٣١^{a}
آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین	٨١/٦٦^{c}	١/٩٩^{b}	٢٣/١١^{c}	٠/٧٣^{b}	٢/٢٩^{c}	٣٣/٨٦^{b}	٤٠/٠٢^{b}	٣١٢٩^{c}	١٠٠٠٩^{c}	٣١/١٢^{c}
آبیاری تا مرحله شیری–خمیری	٨٣/٧٧^{b}	١/٨٦^{c}	٢٧/٧٢^{b}	٠/٥٣^{c}	٣/٤٩^{b}	٣٧/٤١^{b}	٤١/٥^{ab}	٤٧٧٠^{b}	١٣٣١٨^{b}	٣٥/٧٥^{b}
نوع کود نیتروژن										
نیترات آمونیوم	٨٦/٠٧^{a}	٢/٠٣^{b}	٢٨/٠٣^{a}	٠/٨٥^{a}	٣/٦٦^{a}	٤٠/٤٢^{a}	٤٣/٤٤^{a}	٤٨٥٣^{a}	١٣٠٦٤^{a}	٣٦/٦٢^{a}
اوره	٨٤/٤^{b}	٢/٢٢^{a}	٢٥/٧٤^{b}	٠/٦٢^{b}	٣/٢٦^{b}	٣٧/٦١^{b}	٤١/٢٥^{b}	٤٢٧٥^{b}	١٢٣٠٠^{b}	٣٤/١٧^{b}
مقدار کود										

نرمال+۵۰درصد	۸۷/٤٤^{a}	۱/۹۸^{c}	۲۸/۰۵^{a}	۰/۸۸^{a}	۳/۷^{a}	۳۹/۷۷^{a}	٤۳/۳۳^{a}	٤۷۹۹^{a}	۱۳۲۱۷^{a}	۳۵/۸٤^{a}
نرمال	۸۵/۰۵^{b}	۲/۱۲^{b}	۲٦/۸^{b}	۰/۷۱^{b}	۳/٤۲^{ab}	۳۹/٤۱^{a}	٤۲/٤۱^{ab}	٤۵٤۱^{b}	۱۲۷٤۷^{b}	۳۵/۲٦^{a}
نرمال-۵۰درصد	۸۳/۲۵^{b}	۲/۲۸^{a}	۲۵/۸^{c}	۰/٦۲^{c}	۳/۲۵^{b}	۳۷/۸٦^{a}	٤۱/۳۵^{b}	٤۳۵۱^{c}	۱۲۰۸۲^{c}	۳۵/۰۸^{a}

مقادیر فاقد حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد می‌باشند

Means with at least one same letter had no significant difference in 5% level

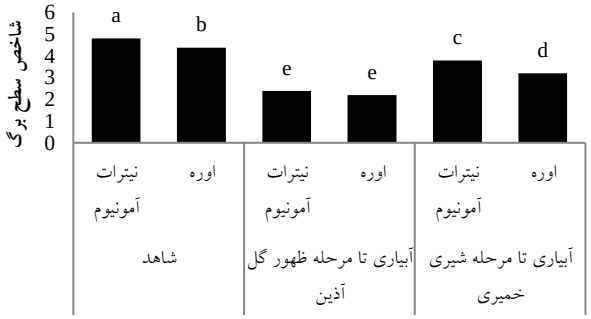
قطر میانگره در منطقه بروجرد بالاتر (۲/۲۸ میلی‌متر) از منطقه دورود (۱/۹۷ میلی‌متر) بود. تنش خشکی دارای اثر منفی بر میزان قطر میانگره بود به طوری که کمترین میزان قطر میانگره به میزان ۱/۸٦ میلی‌متر بود. قطر میانگره در فاکتور کاربرد اوره به میزان ۲/۲۲ میلی‌متر بالاتر از فاکتور کاربرد کود نیترات آمونیوم به میزان ۲/۰۳ میلی‌متر بود. بالاترین میزان قطر میانگره مربوط به فاکتور کاربرد ۵۰ درصد کمتر از میزان نرمال کود نیتروژن به میزان ۲/۲۸ میلی‌متر بود که نسبت به دو سطح دیگر از فاکتور مقدار کود نیتروژن دارای اختلاف آماری معنی‌داری بود (جدول ۲). طول میانگره نیز در فاکتور شاهد بدون تنش خشکی بالاتر از دو فاکتور تنش خشکی به میزان ۲۹/۸۳ سانتی‌متر بود. میزان طول میانگره در دو فاکتور آبیاری تا مرحله شیری‌خمیری و آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین به ترتیب ۲۷/۷۲ و ۲۳/۱۱ سانتی‌متر بود و بیانگر کاهش میزان طول میانگره بر اثر تنش خشکی بود. کاربرد نیترات آمونیوم سبب شد که میزان طول میانگره بالاتر (۲۸/۰۳ سانتی‌متر) از فاکتور کاربرد اوره (۲۵/۷٤ سانتی‌متر) باشد و کاربرد کود نیتروژنه به میزان ۵۰ درصد بالاتر از میزان نرمال سبب شد که طول میانگره بالاتر ۲۸/۰۵ سانتی‌متر) از کاربرد دو مقدار نرمال (۲٦/۸ سانتی‌متر) و ۵۰ درصد کمتر از میزان نرمال (۲۵/۸ سانتی‌متر) باشد (جدول ۲). نتایج نشان داد بالاترین میزان وزن برگ پرچم به میزان ۱/۱۳ گرم در فاکتور کاربرد نیترات آمونیوم و در سطح فاکتور بدون تنش خشکی حاصل گردید. همچنین کمترین میزان وزن خشک برگ پرچم به میزان ۰/٤٦ گرم در فاکتور کاربرد کود اوره و آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین حاصل گردید. در بین همه فاکتورها کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن بیشتر از مقدار نرمال سبب شد که بالاترین میزان وزن برگ پرچم به میزان ۱/۱۲ گرم در سطح فاکتور بدون تنش خشکی حاصل گردد و کمترین میزان وزن برگ پرچم به میزان ۰/٤۵ گرم در فاکتور کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن کمتر از مقدار نرمال آن و در فاکتور آبیاری تا ظهور گل‌آذین به دست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی*نوع کود و تنش خشکی* مقدار کود نیتروژن بر وزن برگ پرچم گندم (در هر ستون، مقادیر فاقد حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد می‌باشند)

Fig 1- Interaction effect of drought stress*type of N fertilizer and drought stress*amount of N fertilizer on flag leaf of wheat (In each column means with at least one same letter had no significant difference in 5% level)

اثر متقابل نوع کود نیتروژن و فاکتور تنش خشکی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. با توجه به اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ، انجام آبیاری در هر سطح از کاربرد نیتروژن منجر به افزایش شاخص سطح برگ گندم گردید. در هر سه سطح از فاکتورهای تنش خشکی نیز کاربرد نیترات آمونیوم سبب شد که شاخص سطح برگ نسبت به فاکتور کاربرد کود اوره افزایش پیدا کند به طوری که کاربرد کود نیترات آمونیوم در سطح فاکتور آبیاری کامل سبب شد که بالاترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ٤/٨ حاصل شد و کمترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۲/۲ در فاکتور کاربرد کود اوره به همراه فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین به دست آمد (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد که افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن دارای اثر مثبت بر افزایش شاخص سطح برگ گندم بود به طوری که بالاترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۳/۷ در فاکتور کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال حاصل شد و مقدار شاخص سطح برگ در فاکتور مقدار نرمال و مقدار ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال از کود نیتروژن به ترتیب ۳/٤۲ و ۳/۲۵ بود (جدول ۲).

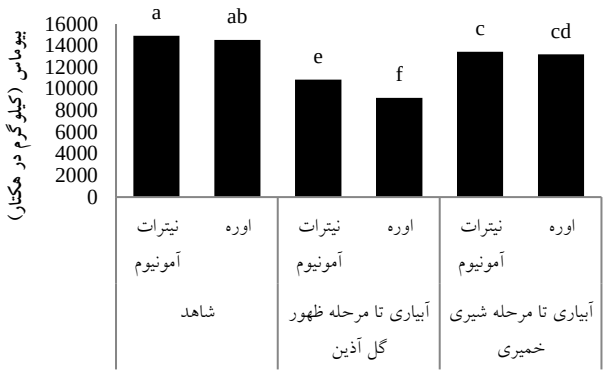


شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی*نوع کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ گندم (در هر ستون، مقادیر فاقد حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد می‌باشند)

Fig 2- Interaction effect of drought stress*type of N fertilizer on leaf area index of wheat (In each column means with at least one same letter had no significant difference in 5% level)

تنش خشکی دارای اثر منفی بر تعداد دانه در سنبله بود و نتایج نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله در فاکتور شاهد به تعداد ٤٥/٧٧ دانه در سنبله به دست آمد و کمترین تعداد دانه در سنبله به تعداد ٣٣/٨٦ دانه در فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین حاصل شد که البته با فاکتور آبیاری تا مرحله شیری–خمیری دانه (٣٧/٤١ دانه در سنبله) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). همچنین براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که کاربرد نیترات آمونیوم سبب شد که تعداد دانه بیشتری (٤٠/٤٢ دانه در سنبله) در هر سنبله گندم حاصل گردد و با فاکتور کاربرد اوره (٣٧/٦١ دانه در سنبله) دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی در دو منطقه دورود و بروجرد روی وزن هزار دانه گندم اثر داشته به طوری که بالاترین میزان وزن هزار دانه در فاکتور شاهد بدون تنش خشکی به میزان ٤١/٥٢ گرم حاصل گردید و این فاکتور با فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین (٤٠/٢ گرم) دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (جدول ۲). نیترات آمونیوم سبب شد که وزن هزار دانه گندم در دو منطقه دورود و بروجرد بالاتر (٤٣/٤٤ گرم) از فاکتور کاربرد اوره (٤١/٢٥ گرم) بود. همچنین بر طبق این نتایج مشخص شد که کاربرد کود نیتروژنه به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال سبب شد که وزن هزار دانه گندم نسبت به فاکتورهای نرمال و ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال افزایش یافت (٤٣/٣٣ گرم) و اختلاف آن با فاکتور کاربرد ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال (٤١/٣٥ گرم) از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه (۵۷۹۲ کیلوگرم در هکتار) در فاکتور شاهد حاصل گردید و فاکتور آبیاری تا مرحله شیری – خمیری در رتبه بعدی قرار داشت (٤٧٧٠ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه به میزان ۳۱۲۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین بود (جدول ۲). با توجه به نتایج این مطالعه مشخص شد که میزان عملکرد دانه گندم با کاربرد کود نیترات آمونیوم (٤٨٥٣ کیلوگرم در هکتار) بالاتر از فاکتور کاربرد کود اوره (٤٢٧٥ کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین مشخص شد که میزان عملکرد دانه در فاکتور کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال بالاتر از دو سطح دیگر از این فاکتور بود (٤٧٩٩ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه به مقدار ٤٣٥١ کیلوگرم در هکتار در فاکتور کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد کمتر از مقدار نرمال حاصل گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بالاترین میزان عملکرد بیولوژیکی با کاربرد کود نیترات آمونیوم و در سطح فاکتور شاهد بدون تنش خشکی به میزان ١٤٩٠٨ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیکی به میزان ۹۱۷۱ کیلوگرم در هکتار در فاکتور کاربرد اوره در سطح فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل‌آذین به دست آمد (شکل ۳). همچنین نتایج نشان داد کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از مقدار نرمال سبب شد که بالاترین میزان بیوماس گیاهی به میزان ۱۳۲۱۷ کیلوگرم در هکتار به دست آید و کاربرد مقدار نرمال و ۵۰ درصد کمتر از مقدار نرمال از کود نیتروژن به ترتیب

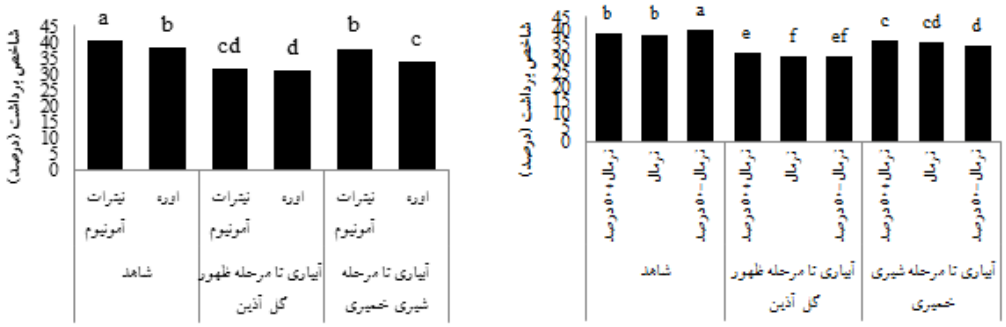
با مقادیر ۱۲۷٤۷ و ۱۲۰۸۲ کیلوگرم در هکتار در ردههای بعدی قرار داشتند (جدول ۲).



شکل ۳- اثر متقابل تنش خشکی*نوع کود نیتروژن بر بیوماس گندم (در هر ستون، مقادیر فاقد حرف مشترک، دارای تفاوت معنیدار آماری در سطح پنجدرصد میباشند)

Fig 3- Interaction effect of drought stress*type of fertilizer on wheat biomass (In each column means with at least one same letter had no significant difference in 5% level)

بر طبق این نتایج مشخص شد که در هر سه سطح از تنش خشکی کاربرد کود نیترات آمونیوم سبب شد که میزان شاخص برداشت بالاتری نسبت به فاکتور کاربرد کود اوره حاصل گردد و میزان شاخص برداشت در فاکتور بدون تنش خشکی بالاتر از دو فاکتور تنش خشکی بود. بر این اساس مشخص شد که میزان شاخص برداشت در فاکتور شاهد بدون تنش خشکی و کاربرد نیترات آمونیوم بالاتر (٤۰/٦۲ درصد) از سایر فاکتورهای آزمایش بود و در همین سطح از فاکتور تنش خشکی نیز شاخص برداشت با کاربرد کود اوره ۳۸ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد کاربرد کود اوره در فاکتور آبیاری تا مرحله ظهور گل آذین دارای کمترین میزان شاخص برداشت به میزان ۳۰/۹۱ درصد حاصل گردید (شکل ٤). نتایج همچنین نشان داد بالاترین میزان شاخص برداشت در فاکتور کاربرد ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال از کود نیتروژن به مقدار ٤۰/۳٤ درصد حاصل گردید. همچنین در هر سه سطح از فاکتور مقدار کود نیتروژن تینار آبیاری تا مرحله ظهور گلآذین سبب شد که کمترین میزان شاخص برداشت حاصل گردد به طوری که در بین همه فاکتورهای آزمایش کمترین میزان شاخص برداشت در فاکتور کاربرد مقدار نرمال از کود نیتروژن در همین سطح از تنش خشکی به میزان ۳۰/۵۸ درصد به دست آمد (شکل ٤).



شکل ٤- اثر متقابل تنش خشکی*نوع کود نیتروژن و تنش خشکی*مقدار کود نیتروژن بر شاخص برداشت گندم (در هر ستون، مقادیر فاقد حرف مشترک، دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح پنج‌درصد می‌باشند)

Fig 4- Interaction effect of drought stress*type of N fertilizer and drought stress*amount of N fertilizer on harvest index of wheat (In each column means with at least one same letter had no significant difference in 5% level)

تنش خشکی منجر به کاهش میزان ارتفاع بوته گندم گردید به طوری که در فاکتورهای قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین و مرحله شیری خمیری دانه، ارتفاع بوته نسبت به فاکتور شاهد به ترتیب ۱۰ و ۸ درصد کاهش یافت و این کاهش بدین دلیل است که در شرایط وقوع تنش خشکی گیاه روزنه‌های خود را برای مقابله با تنش خشکی بسته و در نتیجه ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه‌ها کاهش یافته که در نتیجه آن سنتز آسیمیلاتها در گیاه و انتقال آن به مخازن رویشی کاهش یافته و در نتیجه رشد و ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد (برده‌جی و همکاران، ۱۳۹۹). بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که وقوع تنش آبی قبل از گلدهی منجر به کاهش ارتفاع بوته شده است (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۸)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. به نظر می‌رسد رقابت بین بوته‌ها برای به دست آوردن آب در تیمارهای تنش خشکی، کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه را به دنبال داشته که این امر کوتاه قدی گیاه را سبب می‌شود (برده‌جی و همکاران، ۱۳۹۹). در شرایط عدم وجود تنش خشکی تعداد پنجه در بوته نیز افزایش یافته و تراکم در کنوپی گیاهی افزایش می‌یابد که در نتیجه آن نفوذ نور مادون قرمز با طول موج بلند به درون کنوپی افزایش یافته و ارتفاع بوته تحت افزایش رشد رویشی افزایش یافته است. در شرایط تنش خشکی برعکس این حالت رخ داده و در نتیجه آن ارتفاع بوته کاهش یافته است. به هر حال بایستی در نظر داشت که در شرایط تنشی تقسیم سلولی کاهش یافته و به دنبال آن تعداد و حجم سلولها نیز کاهش یافته که در نتیجه آن ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد. کاهش در تقسیم سلولی در پاسخ به تنش آب، توسط کاهش فعالیت آنزیم کیناز وابسته به سیکلین CDK مشخص می شود (Bartlez and Sunkar, 2005). در این مطالعه کود نیترات آمونیوم از نظر ارتفاع بوته دارای برتری نسبت به کود اوره بود. هر چند که کود نیترات آمونیوم به فرمول NH_4NO_3 دارای ۳۳ درصد نیتروژن بوده که نسبت به کود اوره با فرمول $(CO(NH_2)_2$ که دارای ٤٥ درصد نیتروژن است، مقدار نیتروژن

کمتری دارد ولی بایستی در نظر داشت که فرم نیتروژن موجود در کود نیترات آمونیوم به صورت نیترات (NO^-_3) و یون آمونیوم (NH^+_4) بوده و فرم اصلی نیتروژن در خاک برای جذب گیاه نیترات بوده و بقیه فرم‌ها پس از مدتی باید کم و بیش به نیترات تبدیل شوند و اوره نیز هر چند به میزان کم جذب گیاه می‌گردد ولی بیشتر آن باید به فرم نیترات درآید (خواجه‌پور، ۱۳۸۵) و این سبب شده که برخی از نیتروژن آن از دسترس خارج شده و جذب گیاه نگردد و به همین دلیل دارای اثر کمتری بر افزایش ارتفاع بوته بود. همچنین مشخص شد که کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال توانست اثر مثبت بر افزایش رشد رویشی گیاه داشته که در نتیجه آن ارتفاع بوته نیز افزایش یافته است. این در حالی است که با کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال با کاهش رشد گیاه، ارتفاع بوته نیز کاهش یافت. در مطالعه‌ای که شهراسبی و همکاران (۱۳۹۸) روی گندم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان کاربرد کود نیتروژنه توانست میزان ارتفاع بوته را به طور معنی‌داری و به صورت خطی افزایش دهد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. اسدی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که کاربرد مقادیر بیشتر کود نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته‌های گندم می‌شود، که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد. تنش خشکی منجر به کاهش میزان قطر میانگره گردید و فراهمی آب سبب شد که قطر میانگره افزایش یابد. در شرایط فراهمی آب، ماده خشک تولیدی یا به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد (Vanosterom *et al*., 2002) و در نتیجه در اندام‌های گیاهی نیز ذخیره می‌گردد که منجر به افزایش ضخامت آنها می‌گردد. کم‌آبی با کاهش میزان انتقال آب و مواد غذایی از خاک به گیاه موجبات کاهش رشد و ضعف گیاه زراعی را فراهم نموده و در نتیجه آن قطر میانگره نیز کاهش یافته است. به عقیده کونانی و ساجدی (۱۳۹۷) اعمال تنش خشکی منجر به کاهش خصوصیات رشدی در گیاه شده و این کاهش در نتیجه بسته شدن روزنه‌ها، کاهش ورود دی اکسید کربن به داخل برگ و در نهایت کاهش ماده‌سازی بوده که کاهش قطر میانگره را به همراه دارد. کاربرد مقادیر بالاتر از حد نرمال از کود نیتروژن سبب شد که میزان بیشتری از این کود جذب گیاه شده و در نتیجه آن انتقال آن به اندام‌های گیاه افزایش یافته که با رشد رویشی بالاتر قطر میان گره نیز افزایش یافته است. افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن با افزایش رشد رویشی گیاه همراه بوده و به دنبال این افزایش رشد ضخامت ساقه‌ها به دلیل کاهش قطر میانگره کاهش یافت. با افزایش نیتروژن حجم پروتوپلاسم افزایش یافته، در نتیجه اندازه سلول و سطح برگ بزرگتر و در نهایت فعالیت فتوسنتز بیشتر می‌گردد (کونانی و ساجدی، ۱۳۹۷)، که در نتیجه آن اثر مثبت بر افزایش قطر میانگره دارد. کاهش طول میانگره در فاکتورهای قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین و قطع آبیاری در مرحله شیری–خمیری دانه به ترتیب ۲۳ و ۷ درصد بود و هر سه فاکتور نیز از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. به عقیده آستانه و همکاران (۱۳۹۹)

افزایش ارتفاع بوته در گیاهان وابسته به تراکم و طول میان گره ها است. از اینرو اثرات تنش خشکی که منجر به کاهش طول میانگره می‌گردد اثر خود را در ارتفاع بوته ظاهر نموده و سبب کاهش ارتفاع بوته گندم می‌گردد. افزایش طول میانگره در فاکتور کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از میزان نرمال به گونه‌ای بود که نسبت به فاکتور کاربرد نرمال و کاربرد ۵۰ درصد کمتر از نرمال به ترتیب ۵ و ۸ درصد افزایش نشان داد. کاربرد کود نیتروژن با اثر بر رشد رویشی گیاه سبب افزایش طول میانگره گندم شد (آستانه و همکاران، ۱۳۹۹)، که با نتایج حاصل از این مطالعه در تطابق بود. براساس این نتایج مشخص شد که قطع آبیاری در مراحل قبل از پر شدن دانه منجر به کاهش وزن برگ پرچم در هر دو نوع کود نیترات آمونیوم و اوره و در همه سطوح کاربردی آن شد. تأثیر منفی تنش آبی بر وزن خشک برگ و شاخساره در همه سطوح نیتروژن مشخص بود که این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش جذب تابش توسط سایه انداز گیاه و یا کاهش بازده استفاده از تابش و یا ترکیبی از این دو می‌باشد (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۸). دلیل اصلی توقف رشد برگی و کاهش وزن خشک برگ‌ها را کاهش همزمان اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید دانستند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). نیتروژن در فرآیند فتوسنتز و تولید کلروفیل نقش اساسی دارد، بنابراین کاربرد نیتروژن تغییراتی را در شدت فتوسنتز بوجود آورده و سبب افزایش تجمع ماده خشک شده (کونانی و ساجدی، ۱۳۹۷)، که در نتیجه آن وزن خشک برگ نیز افزایش می‌یابد. افزایش میزان مصرف کود نیتروژن سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش ماده‌سازی شده که در نتیجه آن گسترش برگها را به دنبال داشته و منجر به افزایش وزن خشک برگ‌ها شده است. در این مطالعه نیز مشخص شد که افزایش مقدار نیتروژن مصرفی به مقدار ۵۰ درصد بالاتر از میزان توصیه شده و به خصوص از نوع نیترات آمونیوم سبب شد که وزن خشک برگ به طور معنی‌داری در هر سه سطح از تنش خشکی افزایش یابد. هر چند کم‌آبی منجر به کاهش وزن خشک برگ شده است ولی تحت این شرایط افزایش کاربرد کود نیتروژن و به خصوص افزایش نیترات آمونیوم سبب شد که میزان وزن خشک برگها افزایش یافته و در شرایط تنش خشکی تا حدودی توانست اثرات منفی ناشی از تنش را جبران نماید. مدنی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود عنوان داشتند که افزایش مقدار نیتروژن در گندم منجر به افزایش وزن خشک همه اندام‌های گیاهی شده که به دنبال آن عملکرد کل ماده خشک نیز افزایش می‌یابد. قرارگیری بیشتر گیاه در شرایط تنش خشکی منجر به کاهش بیشتر شاخص سطح برگ گردید. همچنین شاخص سطح برگ در هر سه فاکتور تنش خشکی با کاربرد نیترات آمونیوم نسبت به کاربرد اوره بهتر بود. تنش آبی قبل از گلدهی از طریق کاهش اندازه سلولها، گسترش سطح برگ را محدود می‌کند (شهراسبی و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای که جهان‌بین و همکاران (۱۳۹٤) روی گندم انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی منجر به کاهش شاخص سطح برگ گندم شد و بیشترین میزان شاخص سطح برگ در فاکتور

آبیاری کامل حاصل شد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. توسعه برگها حساسیت زیادی به تنش آب دارد و کاهش توسعه برگها یکی ازنخستین علائم تنش آب می‌باشد (Lv *et al.*, 2021)، لذا به نظر می‌رسد تنش خشکی سبب کاهش سرعت توسعه برگ و بنابراین کاهش سطح برگ درمقایسه با شرایط شاهد شد. میزان رشد سطح برگ در پاسخ به تنش آب کاهش می‌یابد و از این طریق اثر تنش را کاهش می‌دهد (Alphredo *et al.*, 2000). در هر دو منطقه بروجرد و دورود افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن سبب شد که شاخص سطح برگ افزایش پیدا کند به طوری که بالاترین میزان شاخص سطح برگ به میزان ۳/۷ در فاکتور کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال حاصل گردد. میزان شاخص سطح برگ در فاکتور مقدار نرمال و مقدار ۵۰ درصد کمتر از حد نرمال از کود نیتروژن بود. نیتروژن از اصلی‌ترین عناصر تشکیل دهنده ساختمان بافت گیاه و یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده بسیاری از مولکولهای مهم ازجمله پروتئینها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمونها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده اولیه و ثانویه گیاهان است؛ بنابراین؛ کاربرد مقادیر کافی نیتروژن باعث بهبود رشد رویشی گیاه شده و شاخص سطح برگ را افزایش می‌دهد (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). بنابر گزارش Hakan (2002) نیتروژن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ را افزایش داده و زرد شدن و مسن شدن برگها را به تأخیر می‌اندازد. به طورکلی، این تغییر به دلیل افزایش مصرف نیتروژن است که از طریق اندازه و ازدیاد طول عمر برگها موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (امام و نیک نژاد، ۱۳۹۰). در مطالعه کونانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز عنوان شده است که کاربرد مقادیر بالاتر نیتروژن به خصوص به فرم نیترات آمونیوم سبب شده است که سطح برگ پرچم افزایش یابد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. تعداد دانه در سنبله در فاکتورهای قطع آبیاری در مراحل ظهور گل آذین و مرحله شیری خمیری دانه به ترتیب منجر به کاهش ۲۶ و ۱۸ درصد تعداد دانه در سنبله گردید. با قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین گیاه با کمبود آب و مواد غذایی مواجه شده و میزان آسیمیلاسیون مواد کاهش یافته و با بسته شدن روزنه‌ها فتوسنتز و باروری گیاه کاهش و تعداد گلچه‌های سقط شده در سنبله افزایش یافته و در نتیجه آن تعداد دانه رشد یافته در سنبله نیز کاهش می‌یابد (Lv *et al.*, 2021). کاهش آب در دسترس گیاه منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله شده و تنش خشکی تعداد دانه در سنبله را به میزان بیشتری کاهش داده است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰). در مطالعه‌ای مشابه عنوان شد که افزایش شدت تنش خشکی منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله هر سه ژنوتیپ گندم شد و علت این امر را افزایش سقط گلچه‌ها و عدم باروری گلچه‌های ضعیف عنوان داشتند (Izanloo *et al.*, 2008). در این زمینه Mollasadeghi و Dadbakhsh (2011) گزارش کردند که کاهش تعداد دانه در سنبله در گندم تحت تأثیر تنش خشکی می‌تواند به دلیل عقیم شدن دانه‌های گرده در زمان تنش و ایجاد حالت غیرعادی در فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به دانه و درنتیجه کاهش باروری گلچه‌ها باشد که البته

حالت تنش خشکی منجر به عدم باروری و عقیمی گلچه‌ها نیز خواهد شد. کاربرد نیتروژن به فرم نیترات آمونیوم توانست تعداد دانه در سنبله را در مقایسه با کاربرد فرم اوره ۷ درصد افزایش دهد. در مطالعه‌ای مشابه افزایش تعداد دانه در سنبله با کاربرد کودهای نیتروژنه گزارش شده است (Shahrasbi *et al.*, 2016). در مطالعه میرصالح مهابادی و همکاران (۱۳۹۹) نیز مشخص شد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی و کود نیتروژن قرار گرفته و کاربرد کود نیتروژن منجر به جبران بخشی از اثرات منفی ناشی از تنش خشکی شد و سبب افزایش تعداد دانه در واحد سطح شد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین منجر به کاهش ۵ درصدی وزن هزار دانه شد. وزن هزار دانه به میزان بسیار بالایی وابسته به سرعت و مدت پر شدن دانه بوده و در شرایط تنش خشکی که طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، هر چند که ممکن است سرعت پر شدن دانه نیز افزایش یابد ولی این سرعت بیشتر قادر نبوده که کاهش مدت زمان پر شدن دانه را جبران نموده و در نتیجه آن وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Lv *et al.*, 2021). یکی دیگر از دلایلی که منجر به کاهش وزن هزار دانه در گندم می‌گردد خسارت خشکی خاک به ریشه‌های گیاه بوده زیرا ریشه گندم سطحی بوده و با وقوع تنش خشکی خسارت به ریشه‌های آن افزایش یافته و از انتقال مواد غذایی و آب از خاک به ریشه و اندامهای هوایی گیاه کاسته می‌گردد (Djanaguiraman *et al.*, 2018). برده جی و همکاران (۱۳۹۹) کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در اثر فاکتور کم‌آبیاری را گزارش نمودند که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. براتی و غدیری (۱۳۹۵) نیز عنوان داشتند که افزایش سطح تنش خشکی با انتقال کمتر مواد به دانه همراه بوده که در نتیجه آن وزن هزار دانه گندم نیز کاهش یافته است که با نتایج حاصل از این مطالعه در تطابق بود. کاربرد مقادیر بیشتر از کود نیتروژن و به خصوص نیترات آمونیوم منجر به افزایش بیشتر وزن هزار دانه گندم شد. کاربرد کود نیتروژن به فرم نیترات آمونیوم توانست نسبت به سایر فرمهای کاربرد نیتروژن وزن هزار دانه گندم را افزایش بیشتری دهد و در توجیه آن عنوان داشتند که کاربرد این کود منجر به افزایش طول دوره پر شدن دانه در گندم شده و فرصت بیشتری جهت انتقال مواد غذایی به دانه و سنتز نشاسته وجود داشته و از این رو وزن دانه را نیز افزایش می‌دهد (Lv *et al.*, 2021). با این حال باید عنوان داشت که کاربرد مقادیر بالاتر از کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از حد نرمال ممکن است این مدت را افزایش داده و در نتیجه وزن هزار دانه را نیز افزایش بیشتری دهد. برخی دیگر از مطالعات نیز عنوان دشته‌اند که کاربرد کود نیتروژن دارای اثر مثبت بر روند پر شدن دانه بوده و بر تفاوت بین انواع و مقدار کودهای نیتروژن در پر شدن دانه و وزن نهایی دانه تأکید داشته‌اند (Wang *et al.*, 2021). فاکتور قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین سبب شد که کمترین میزان عملکرد دانه حاصل گردد و این می‌تواند به دلیل قطع انتقال مواد غذایی در حین پر شدن دانه به دانه باشد که در نهایت با کاهش مدت زمان پر شدن دانه منجر به کاهش عملکرد

نهایی دانه می‌گردد (Lv *et al*., 2021). قطع آبیاری در بازه زمانی بین گلدهی و پر شدن دانه منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد نهایی دانه در گندم می‌گردد (Zhang *et al*., 2017). پر شدن دانه مشتمل بر بیوسنتز نشاسته بوده و با توجه به اینکه ٦٠ الی ٨٠ درصد از وزن دانه گندم را نشاسته تشکیل می‌دهد، وقوع تنش خشک در این زمان از بیوسنتز نشاسته جلوگیری نموده و منجر به کاهش عملکرد نهایی دانه در گندم می‌گردد (Wang *et al*., 2014). همچنین خسارت به ریشه سطحی گندم در اثر کمبود آب یکی دیگر از دلایل اصلی کاهش میزان عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش می‌باشد (Djanaguiraman *et al*., 2018). برخی دیگر از محققین نیز در راستای این مطالعه عنوان داشتند که وقوع تنش خشکی با خسارت به مراحل مختلف پر شدن دانه سبب کاهش عملکرد نهایی دانه می‌گردند (Liu *et al*., 2016) که با یافته‌های حاص از این مطالعه مطابقت داشت. فاکتورهای قطع آبیاری منجر به کاهش میزان عملکرد دانه می‌شوند و در این میان اعمال قطع آبیاری در مراحل زودتر از مرحله پر شدن دانه اثر منفی بیشتری بر عملکرد دانه گذاشت به طوری که میزان عملکرد دانه در فاکتورهای قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین و مرحله شیری خمیری دانه به ترتیب باعث کاهش ٤٥ و ١٨ درصدی عملکرد دانه گردید که بیانگر اهمیت ادامه آبیاری گندم تا مراحل پایانی رشد و رسیدگی گیاه می‌باشد. قطع آبیاری پس از گلدهی باعث کاهش معنی‌دار ٥٩ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد (Halim *et al*, 2018). در شرایط محدودیت رطوبت خاک، مقادیر زیاد از حد نیتروژن، باعث افت شدیدتر عملکرد می شود، بنابراین تأثیر مثبت نیتروژن در شرایط وجود رطوبت کافی نمایان می‌شود. افزایش میزان کاربرد هر دو نوع کود نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه شد و این افزایش در فاکتور کاربرد نیترات آمونیوم بیشتر از کاربرد اوره بود و تفاوت بین آنها ناشی از مکانیسم عمل هر کدام از کودها می‌باشد و به عنوان نمونه نیترات آمونیوم عملکرد دانه را از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه نسبت به کاربرد سایر انواع کود نیتروژن افزایش داد (Lv *et al*., 2021). کاربرد کود نیتروژن بر مسیر سنتز نشاسته اثر گذاشته و از این طریق منجر به افزایش وزن دانه شده اند (Zi *et al*., 2018). همچنین عنوان شده است که کاربرد کودهایی مانند آمونیوم میزان سنتز نشاسته را در مقایسه با سایر کودها افزایش داده است (Ko *et al*., 2010)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. افزایش مقدار کاربرد کود نیتروژن سبب شد که میزان سنتز نشاسته نیز افزایش بیشتری یافته و در نتیجه اثر مثبت بیشتری بر وزن دانه و در نتیجه افزایش عملکرد گندم گذاشت. به عقیده Lv و همکاران (٢٠٢١) کاربرد انواع کود نیتروژن بر بیان ژنهای دخیل در سنتز نشاسته اثرات متفاوتی گذاشته و کود آمونیوم که منجر به افزایش بیان ژنهای دخیل در سنتز نشاسته شد میزان وزن دانه را نسبت به سایر فرمهای کاربردی افزایش داده است. در این مطالعه نیز به احتمال زیاد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن و به خصوص نیترات آمونیوم بر این پروسه اثر مثبت داشته و منجر به افزایش سنتز و تجمع نشاسته و در نتیجه افزایش عملکرد دانه شده

است. وقوع خشکی منجر به کاهش میزان بیوماس گیاهی شد و این کاهش در برخی دیگر از مطالعات نیز گزارش شده است (براتی و غدیری، ۱۳۹۵). کاهش میزان بیوماس گیاهی در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش اجزای رشدی رویشی گیاه و همچنین کاهش در سنتز و تجمع ماده خشک بوده که هم روی عملکرد دانه و هم بیوماس گیاهی اثر منفی دارد. از طرفی در سطوح مختلف تنش خشکی کاربرد کود نیترات آمونیوم نسبت به کود اوره میزان بیوماس گیاهی را به میزان بیشتری افزایش داد. کاربرد کود نیترات آمونیوم در شرایط تنش خشکی نسبت به کاربرد کود اوره کارایی بالاتری داشته و توانست تا حدودی اثرات منفی ناشی از تنش کم‌آبی در گندم را جبران نموده و سبب افزایش میزان بیوماس تولیدی نسبت به کاربرد اوره گردد. میزان بیوماس تولیدی در گیاه گندم رقم بهاران کشت شده در دو منطقه از بروجرد و دورود در استان لرستان، با کاربرد کود نیتروژن به میزان ۵۰ درصد بالاتر از نرمال نسبت به کاربرد مقدار نرمال و ۵۰ درصد کمتر از میزان نرمال به ترتیب به میزان ٤ و ۹ درصد افزایش نشان داد که بیانگر اثر مثبت کاربرد مقادیر بیشتر کود نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و در نتیجه افزایش بیوماس گیاهی است. افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن سبب شد که گیاه با رشد رویشی بیشتری مواجه شده و در نتیجه آن میزان بیوماس تولیدی در فاکتورهای کاربرد مقادیر بالاتر از کود نیتروژن نسبت به مقادیر کمتر کود نیتروژن افزایش داشته باشد. در مطالعه‌ای مشابه عملکرد بیولوژیک گندم در شرایط افزایش کاربرد کودنیتروژن بیشتر از مقدار توصیه شده افزایش یافته است (حسینی و همکاران، ١٤٠٠). امام و همکاران (۲۰۰۹) نیز افزایش بیوماس گیاهی در اثر کاربرد بیش از مقدار توصیه شده از کود نیتروژن را در هر دو شرایط تنشی و نرمال را گزارش نمودند. کود نیتروژن باعث افزایش تولید بیوماس گیاهی، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، تولید تعداد بیشتر دانه به ازای هر سنبله و پر شدن بهتر آنها بعد از مرحله گلدهی شده که در نهایت این تغییرات منجربه افزایش عملکرد و تولید بیوماس بیشتر می‌گردد (Abedifar, 2018). شاخص برداشت به نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی به اندامهای زایشی و رویشی بستگی دارد و تنش خشکی از طریق تأثیر بر اندامها بر شاخص برداشت اثر می‌گذارد. تنش خشکی در سطوح مختلف کود نیتروژن اوره و نیترات آمونیوم منجر به کاهش شاخص برداشت گردید. کاهش شاخص برداشت بدین دلیل بود که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه شاخص برداشت کاهش یافت. قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌آذین نسبت به قطع آبیاری در مرحله شیری–خمیری دانه روند پر شدن دانه را به میزان بیشتری با اختلال مواجه نمود که در نتیجه آن انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را با به میزان بیشتری کند نموده و سرعت و مدت پر شدن دانه را کاهش داده و در نتیجه سبب شد که میزان عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار گرفته و منجر به کاهش شاخص برداشت نسبت به دو فاکتور شاهد و قطع آبیاری در مرحله شیری–خمیری دانه شد. زارعیان و

همکاران (۱۳۹٦) عنوان داشتند که بیشترین شاخص برداشت گندم تحت شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار آن، تحت شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد. همچنین افزایش میزان کاربرد نیتروژن در دو شرایط تنش خشکی منجر به کاهش شاخص برداشت شد در حالی که در فاکتور شاهد، افزایش کاربرد نیتروژن منجر به کاهش بیشتر شاخص برداشت شد. افزایش بخش رویشی در اثر کاربرد مقادیر بیشتر نیتروژن در مقایسه با بخش اقتصادی (دانه) منتج به کاهش شاخص برداشت می‌گردد (Barati and Ghadiri, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

عملکرد و اجزای عملکرد گندم به شدت تحت تأثیر تنش خشکی و فراهمی کود نیتروژن قرار دارد به طوری که وقوع تنش خشکی و عدم فراهمی کود نیتروژن منجر به نقصان اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه خواهد شد. در نتیجه این مطالعه مشخص شد فراهمی آب و کاربرد کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی گندم اثر مثبت داشته و می‌تواند منجر به بهبود اجزای عملکرد دانه گردد و از طرفی مقادیر بالاتر از حد نرمال از کود نیتروژن سبب شد که این اجزا بهبود یابند. افزایش میزان عملکرد دانه گندم به واسطه اثر فراهمی آب و کاربرد کود نیتروژن بر اجزای عملکرد دانه بوده که در نهایت بر عملکرد نهایی دانه اثر مثبت دارد. با توجه به اینکه بالاترین میزان عملکرد دانه با کاربرد نیترات آمونیوم (٤٨٥٣ کیلوگرم در هکتار)، آبیاری کامل (٥٧٩٢ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد کود نیتروژن به میزان ٥٠ درصد بالاتر از حد نرمال (٤٧٩٩ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد، می‌توان عنوان داشت که در صورت فراهمی آب در زراعت گندم رقم بهاران می‌توان از مقادیر بالاتر از حد نرمال از کود نیتروژن و به خصوص نیترات آمونیوم استفاده نمود و به حداکثر میزان عملکرد دانه دست یافت و ترکیب فاکتوری یاد شده را می‌توان به عنوان نکته ترویجی برای کشاورزان منطقه ترویج نمود.

منابع

۱) اسدی، س.، آینه‌بند، ا و. ا، راهنما قهفرخی. ۱۳۹۲. مطالعه واکنش عملکرد گندم به تنش رقابت و سطوح مختلف نیتروژن. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۱: ۳۷٦-۳٦٥.

۲) امام، ی و. م، نیک نژاد. ۱۳۹۰. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۷۱ صفحه.

۳) آستانه، ن.، بذرافشان، ف.، زارع، م.، امیری، ب و. ع، بحرانی. ۱۳۹۹. تاثیرکود اوره و نانو کلاته نیتروژن برعملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم سیروان در تنش خشکی بعد از گلدهی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ٤۳: ۲۲۸-۲۱٤.

٤) براتی، و و. ح، غدیری. 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، ٦(۲۰): ۱۹۱-۲۰٦.

٥) برده‌جی، س.، عشقی‌زاده، ح ر و. م، زاهدی. ۱۳۹۹. بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک شش رقم جو. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۹(۳۹): ۱-۱٤.

٦) جهان بین، ش.، وفابخش، م.، یدوی، ع و. ی، بهزادی. ۱۳۹٤. بررسی رشد و برخی خصوصیات گندم رقم الوند در شرایط کم‌آبیاری و محلولپاشی پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲٥(۳): ۱۱۹-۱۰۳.

۷) حسینی، س.، بهپوری، ع.، بیژن زاده، ا.، تقی زاده، م ص و. م، دستفال. ۱٤۰۰. بررسی عملکرد و شاخصهای تحمل به خشکی در کشت خالص و مخلوط ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱٤(۲): ۲۹٤-۳۰۷.

۸) خواجه پور، م. ۱۳۸۵. اصول و مبانی زراعت. نگارش دوم. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان . ۳۸٦ صفحه.

۹) شهراسبی، ص.، امام، ی و. ه، پیرسته انوشه. ۱۳۹۸. تأثیر مقادیر نیتروژن بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه گندم در شرایط متفاوت آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۳٦: ۲۲۹-۲۱۷.

۱۰) عباسی، ا.، شکاری، ف و. ر، لطفی. ۱۳۹۷. اثر شرایط مختلف رطوبتی خاک و کاربرد نانو اکسید روی بر تغییرات فیتوهورمونی و کیفیت تغذیه‌ای گندم نان. پژوهش‌های زراعی ایران، ۱٦(۳): -۵۸۲ ۵٦۹.

۱۱) کریمی، م.، مرعشی، س ک و. خ، پاینده. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفاته و نیتروژنه بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی گندم. مجله پژوهش‌های به‌زراعی، ۱۰(۱) ٦۹-۸٤.

۱۲) کونانی، م و. ن، ساجدی. ۱۳۹۷. تاثیر روشهای مصرف کود سرک اوره و محلولپاشی سلنیوم بر گندم در شرایط دیم. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی، ۹(۳۲): ۳۷-٤۸.

۱۳) میرصالح مهابادی، ع، رضوان، ش و. ع، دماوندی. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات کمی و کیفی عملکرد گندم دوروم با کاربرد کودهای نیتروژن و روی تحت سطوح مختلف آبیاری. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۲(٤٦): ۸۰-٦۵.

14) Abdel-Motagally, F.M.F. and M, El-Zohri. 2018. Improvement of wheat yield grown under drought stress by boron foliar application at different growth stages. Journal of the Saudi Society of Agricultural Science, 17: 178-185.

15) Abedifar, M. 2018. Evaluation seed yield, its components and protein concentration of wheat in response to different level of nitrogen and vermicompost. Journal of Crop Nutrition Science, 4(4): 47-61.

16) Alam, H., Khattak, J.Z.K., Ksiksi, T.S., Saleem, M. H., Fahad, S. and H, Sohail. 2020. Negative impact of long-term exposure of salinity and drought stress on native Tetraena mandavillei L. Physiologia Plantaurom, 11(2): 1–16.

17) Ali, S., Xu, Y., Jia, Q., Ahmad, I., Wei, T., Ren, X., Zhang, P., Din, R., Cai, T. and Z, Jia. 2018. Cultivation techniques combined with deficit irrigation improves winter wheat photosynthetic characteristics, dry matter translocation and water use efficiency under simulated rainfall conditions. AGR Water Manage.

18) Alphredo, A., Alves, C. and L, Tim. 2000. Response of cassava to water deficit: Leaf area growth and abscisic acid. Crop Science, 40: 131-137.

19) Bartles, D. and R. Sunkar. 2005. Droght and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Science, 24: 23- 58.

20) Beier, M.P., Fujita, T., Sasaki, K., Kanno, K., Ohashi, M. and W, Tamura. 2018. The urea transporter DUR3 contributes to rice production under nitrogendeficient and field conditions. Physiologia Plantaurom, 167, 75–89.

21) Carlisle, E., Myers, S., Raboy, V. and A, Bloom. 2012. The effects of inorganic nitrogen form and CO (2) concentration on wheat yield and nutrient accumulation and distribution. Frontiers in Plant Science, 3: 195-211.

22) Djanaguiraman, M., Prasad, P.V.V., Kumari, J. and Z, Rengel. 2018. Root length and root lipid composition contribute to drought tolerance of

30) Ko, J., Ahuja, L., Kimball, B., Anapalli, S., Ma, L. and T.R, Green. 2010. Simulation of free air CO2 enriched wheat growth and interactions with water, nitrogen, and temperature. Agric. Forest Meteorology, 150: 1331–1346.
31) Liu, Y., Liang, H., Lv, X., Liu, D., Wen, X. and Y, Liao. 2016. Effect of polyamines on the grain filling of wheat under drought stress. Plant Physiology and Biochemistry, 100: 113–129.
32) Lv, X., Ding, Y., Long, M., Liang, W., Gu, X., Liu, Y. and X, Wen. 2021. Effect of Foliar Application of Various Nitrogen Forms on Starch Accumulation and Grain Filling of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Under Drought Stress. Frontiers in Plant Science, 12: 645379.
33) Madani, A., Makarem, A.H., Vazin, F. and M, Joudi. 2012. The impact of post-anthesis nitrogen and water availability on yield formation of winter wheat. Plant Soil Environ, 58(1): 9–14.
34) Mollasadeghi, V. and A, Dadbakhsh. 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.
35) Nazar, Z., Akram, N.A., Saleem, M.H., Ashraf, M., Ahmed, S. and S, Ali. 2020. Glycinebetaine-induced alteration in gaseous exchange capacity and osmoprotective phenomena in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit conditions. Sustainability, 12: 10649.
36) Shahrasbi, P., Emam, Y., Ronaghi, A.M. and A, Anousheh. 2016. Effect of drought stressand nitrogen fertilizer on grain yield andagronomic performance of wheat nitrogen (*Triticum aestivum* L.) Cv. Sirvan in Farsprovince.
37) Vanosterom, E.J., Oleary, G.J., Caberry, P.S. and P.Q, Craufurd. winter and spring wheat. Plant and Soil, 439: 57–73.
23) Emam, Y., Salimi Koochi, S. and A, Shekoofa. 2009. Effect of nitrogen levels on grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigation and rainfed conditions. Iranian Journal Field Crops Research, 7: 321-332.
24) Farooq, M., Hhussain M. and K.H, Siddique. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grainfilling periods. Critical Review in Plant Science, 33(4): 331-349.
25) Guo, J., Jia, Y., Chen, H., Zhang, L., Yang, J. and J, Zhang. 2019. Growth, photosynthesis and nutrient uptake in wheat are affected by differences in nitrogen levels and forms and potassium supply. Science Report, 9: 1248.
26) Hakan, C. 2002. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph. D. Thesis. Tech. Uni. Munich, Germany. pp 219.
27) Halim, Q., Emam, Y. and A, Shakeri. 2018. Evaluation of yield, yield components and stress tolerance indices in bread wheat cultivars under conditions Interruption of irrigation after flowering. Journal of Crop Production and Processing, 4: 121-134.
28) Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, P., Tester, M. and T. Schnurbusch. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. Journal of Experimental Botany, 59: 3327-3346.
29) Jiang, W., Zhu, A., Wang, C., Zhang, F. and X, Jiao. 2020. Optimizing wheat production and reducing environmental impacts through scientist–farmer engagement: lessons from the North China Plain. Food Energy Security, 10: e255.

2002. Growth, development and yield of tillering pearl millet. III. Biomass accumulation and partitioning. Field Crop Research, 79: 85- 106.

38) Wang, S. X., Sun, N. H., Yang, S., Tian, X. H. and Q, Liu. 2021. The effectiveness of foliar applications of different zinc source and urea to increase grain zinc of wheat grown under reduced soil nitrogen supply. Journal of Plant Nutrition, 44: 644–659.
39) Wang, Z., Li, W., Qi, J., Shi, P. and Y, Yin. 2014. Starch accumulation, activities of key enzyme and gene expression in starch synthesis of wheat endosperm with different starch contents. Journal of Food Science and Technology, 51: 419–429.
40) Zhang, J., Yang, J., An, P., Ren, W., Pan, Z. and Z, Dong. 2017. Enhancing soil drought induced by climate change and agricultural practices: observational and experimental evidence from the semiarid area of northern China. Agriculture and Forest Meteorology, 243: 74–83.
41) Zhu, C.Q., Cao, X.C., Zhu, L.F., Hu, W.J., Hu, A.Y. and Z.G, Bai. 2018. Ammonium mitigates Cd toxicity in rice (*Oryza saliva*) via putrescinedependent alterations of cell wall composition. Plant Physiology and Biochemistry, 132: 189–201.
42) Zi, Y., Ding, J., Song, J., Humphreys, G., Peng, Y. and C, Li. 2018. Grain yield, starch content and activities of key enzymes of waxy and non-waxy wheat (*Triticum aestivum* L.). Science Report, 8: 4548.