University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 3, pp. 727-743 (Fall 2023)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4943.2091

Original article

Evaluation of the effect of nitrogen foliar application on some physiological and agronomic characteristics of three barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties under different humidity conditions

H. Safarpour[1], E. Khalilvand[2*], M. Yarnia[3], B. Mirshekari[3], H. Monirifar[4]

1. *PhD Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch,, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
2. *Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch,, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
3. *Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch,, Islamic Azad University, Tabriz, Iran*
4. *Associate Professor, Horticulture and Crops Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran*

Received 12 December 2021; Accepted 5 July 2022

Extended abstract

Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) It is one of the most important grains and belongs to the genus of wheat. It is cultivated in more than one hundred countries of the world as a profitable crop. Barley is mostly used for grain production, for animal feed and fermentation industries. Among the grains, Barley had the highest production after wheat, rice and corn and accounts for nearly 91% of the world's grain production. In order to investigate the effects of urea foliar application on some physiological and agronomic characteristics of three barley cultivars under normal irrigation conditions and drought stress at the end of the season, a factorial experiment in the form of a randomized complete block design with three replications, during two years of cultivation 2017-2018 and 2018-2019 was carried out in the research farms of the Agricultural Research and Training Center of East Azerbaijan Province.

Materials and methods

This study is a two separate experiment with optimal irrigation and drought stress at the end of the season was done with similar plans. Irrigation was stopped at the stage of spike emergence. Urea foliar application levels include non-foliar application and once foliar application after spiking was determined as the first factor and barley cultivars as the second factor. Barley cultivars included Mahtab, Jolgeh and Makuei. Measured traits included; Grain yield, 1000-seed weight, flag-leaf area, flag-leaf chlorophyll content and flag-leaf proline.

Results and discussion

Drought stress reduces the value of all traits except flag-leaf proline and increased flag-leaf proline content in all cultivars. However, urea foliar application was able to mitigate the adverse effects of water stress. For the trait of grain yield, Mahtab cultivar with 4710.4 kg/ha at the control level and 5496.41 kg/ha at the level of urea foliar application, had the highest grain yield among cultivars under drought stress conditions. For the trait of 1000-seed weight, Mahtab cultivar with 34.15 g at the control level and 37.33 g at the level of urea foliar application, had the highest grain yield among cultivars under drought

* Corresponding author: Ebrahim Khalilvand; E-Mail: E.khalilvand@gmail.com

© 2023, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

stress conditions. For the trait of flag-leaf area, Makuei cultivar with 13.95 cm2 at the control level and Jolgeh cultivar with 14.27 cm^2 at the level of urea foliar application, had the highest flag-leaf area among cultivars under drought stress conditions. For the trait of flag-leaf chlorophyll, Makuei cultivar with 44.4 units at the control level and Jolgeh cultivar with 46.48 units at the level of urea foliar application had the highest flag-leaf chlorophyll among cultivars under drought stress conditions. For the trait of flag-leaf proline content, Mahtab cultivar with 5.4 units at the control level and 3.12 units at the level of urea foliar application had the highest flag-leaf proline content among cultivars under drought stress conditions. In general, Mahtab cultivar, compared to other cultivars, had a smaller decrease in the amount of studied traits under drought stress conditions that indicates its greater resistance and adaptation to water shortage stress.

Conclusion

In general, the results showed that the cessation of irrigation at the stage of spike emergence in the used cultivars caused a significant reduction in the studied traits in both years of the experiment. However, urea foliar application was able to mitigate the adverse effects of water stress. So that the application of this element had a positive role in the studied traits barley cultivars especially in water shortage stress conditions. Study traits in used cultivars decreased in water shortage stress conditions that indicates the sensitivity of the studied cultivars to water shortage. Mahtab cultivar compared to other cultivars, was less reduction in the amount of studied traits under drought stress conditions. And also compared to other cultivars, was a further increase in flag-leaf proline content under drought stress conditions that indicates its greater resistance and adaptation to water shortage stress.

Keywords: Drought, Flag leaf, Grain yield, Proline

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۲

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.4943.2091

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر محلول‌پاشی نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و زراعی سه رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی

حسین صفرپور[۱]، ابراهیم خلیل‌وند[۲*]، مهرداد یارنیا[۳]، بهرام میرشکاری[۳]، حسن منیری‌فر[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۳. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۴. دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
برگ پرچم
پرولین
خشکی
عملکرد دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۴/۱۴

تاریخ انتشار:
پائیز ۱۴۰۲

۱۶(۳): ۷۲۷-۷۴۳

چکیده

به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی نیتروژن بر برخی خصوصیات و فیزیولوژیک و زراعی ارقام جو آزمایشی در دو سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹- ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان آذربایجان شرقی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری در دو سطح کامل و تنش کم‌آبی به کرت‌های اصلی و تیمارهای محلول‌پاشی (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نیتروژن) و سه رقم جو (مهتاب، جلگه و ماکوئی) به‌صورت فاکتوریل به کرت‌های فرعی اختصاص یافت. نتایج نشان داد بالاترین ارتفاع بوته، طول سنبله، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه و کمترین محتوی پرولین برگ به تیمار محلول‌پاشی کود نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت. همچنین محلول‌پاشی نیتروژن توانست ارتفاع بوته، طول سنبله، شاخص کلروفیل شاخص برگ پرچم، محتوی پرولین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را تحت شرایط تنش کم‌آبی در مقایسه با تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش دهد. نتایج نشان داد رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل توانست بالاترین شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را در هر دو شرایط محیطی و بالاترین محتوی پرولین را تحت شرایط تنش کم‌آبی تولید نماید و در بین سه رقم موردبررسی بیشترین مقاومت به خشکی را نشان داد. نتایج برهمکنش‌ها همچنین نشان داد بالاترین محتوی کلروفیل شاخص سطح برگ پرچم، محتوی پرولین، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به رقم مهتاب و تیمار محلول‌پاشی نیتروژن اختصاص یافت. می‌توان نتیجه گرفت کاربرد نیتروژن به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند راهکاری برای تعدیل تنش کم‌آبی و بهبود عملکرد دانه در جو در مناطق دیم باشد، همچنین رقم مهتاب به‌واسطه مقاومت پتانسیل استفاده از امکانات محیطی رقمی مناسب برای کشت کار در مناطقی با شرایط محیطی متغیر باشد.

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین غلات است و به تیره گندمیان تعلق دارد. در بیش از صد کشور جهان به‌عنوان یک گیاه زراعی سودآور کشت می‌شود. کشت و کار جو اکثراً به خاطر تولید دانه، به‌منظور تهیه غذای دام و صنعت‌های تخمیری است. جو در بین غلات، بعد از گندم، برنج و ذرت، بالاترین مقدار تولید را داشته و حدود ۱۸ درصد تولیدات غله جهان را به خود اختصاص داده است (Sattari et al. 2017). از مصارف این گیاه می‌توان به تهیه خوراک انسان و دام و مصارف دارویی و صنعتی به‌ویژه صنایع تخمیری اشاره کرد (Imam, 2004). دامنه سازگاری و پراکنش آن از

* نگارنده پاسخگو: ابراهیم خلیل‌وند. پست الکترونیک: E.khalilvand@gmail.com

بقیه گیاهان زراعی وسیع‌تر بوده و در همه نواحی معتدل و اکثر نواحی سردسیر به عمل می‌آید و یکی از اساسی‌ترین منابع غذایی انسان به شمار می‌آید (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2010). آمارها نشان‌دهنده این است که در ایران، جو ازنظر سطح زیر کشت غلات بعد از گندم در مقام دوم قرار دارد و از این نظر دارای اهمیت است. جو در مقایسه با گندم، مقاومت بیشتری در برابر کم‌آبی و بیماری نشان می‌دهد و در شرایط نامطلوب، عملکرد آن بیشتر از گندم است (Ajalli and Salehi, 2012).

در زراعت اکثر گیاهان، تنش کمبود آب، پدیده‌ای متداول است و زمانی که مقدار آب تعرق یافته بیشتر از میزان جذب آب باشد، اتفاق می‌افتد. کاهش عملکرد در گیاه جو به دنبال کم شدن تعداد پنجه‌های بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها صورت می‌گیرد (Arnall et al. 2013). توان تبخیرپذیری بالا و دماهای بالا، اکثر گیاهان را در معرض تنش آب قرار می‌دهد که تأثیر نامطلوب این تنش می‌تواند از طریق آب کافی و منبع نیتروژن به دلیل اثرات جبران‌کننده بر روی رشد و تکامل گیاه تا حدی کاهش یابد. تنش آب از طریق تأثیر بر پنجه‌زنی، فتوسنتز و پیری برگ، تعداد و اندازه دانه می‌تواند بر عملکرد مؤثر باشد. خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که اثرات مخربی بر اغلب مراحل رشد، ساختار و فعالیت اندام‌های گیاه دارد (Zhen et al. 2017). محدودیت آبیاری مزارع جو آبی به‌ویژه در آخر فصل زراعی (به علت رقابت زراعت‌های بهاره با آبیاری جو در مرحله حساس دانه‌بندی گیاه)، باعث کاهش عملکرد ارقام جو در وضعیت تنش آخر فصل می‌گردد. در مطالعه فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) تنش کم‌آبی انتهای فصل مقدار عملکرد دانه را در مقایسه با شرایط آبیاری کامل ۴۲/۷۹ درصد کاهش داد. از طرفی، نیتروژن یکی از اصلی‌ترین عنصرهای غذایی در چرخه زندگی گیاهان است و کل مراحل زیستی و ساختمانی نظیر شکل‌گیری کلروفیل، رشد گیاه و جذب عناصر غذایی دیگر به این عنصر وابسته است (Al-Ajlouni et al. 2016). اکثر محصولات زراعی تنها حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد از کودهای نیتروژن مصرفی را می‌توانند جذب نمایند (Han et al. 2016). پیدا کردن راه‌کار مناسب جهت جبران نیتروژن موردنیاز گیاه جو در مراحل زایشی این گیاه، ضروری است، به دلیل اینکه مصرف نیتروژن در این مراحل افزون بر تأثیر در عملکرد دانه، باعث افزایش کیفیت آن هم می‌شود (Yilmaz and Tanner.1994).

یکی از راه‌هایی که به‌عنوان مکملی برای استفاده کودهای نیتروژن‌دار در خاک پیشنهاد می‌شود، محلول‌پاشی نیتروژن است (Parvezkhan et al. 2009). روشنی و همکاران (Rowshani et al. 2022) در تحقیقی روی جو نشان دادند محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با دیگر تیمارهای محلول‌پاشی بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، در مطالعه آن‌ها رقم گوهران بالاترین و رقم ارمغان کمترین عملکرد دانه را تولید کرد. در مطالعه قائمی و زمانی (Ghaemi and Zamani, 2015) بالاترین اجزای عملکرد و عملکرد دانه در جو در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کاربرد کود نیتروژن به دست آمد. در بررسی پلازا- بونیلا و همکاران (Plaza-Bonilla et al. 2021) روی جو کود نیتروژن در اشکال مختلف توانست، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد تحت شرایط دیم در به‌صورت معنی‌داری افزایش دهد. در تحقیقی دیگر قادری و همکاران (Gadri et al., 2020) گزارش کردند کاربرد کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را در جو تحت شرایط آبیاری کامل افزایش داد درحالی‌که بالاترین مقدار واکنش مثبت عملکرد دانه تحت شرایط تنش کم‌آبی به کود نیتروژن در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، در مطالعه آن‌ها ارقام بهمن و ژنوتیپ EBYTC-84-10 بالاترین عملکرد دانه را تحت شرایط آبیاری نرمال تولید کردند تحت شرایط تنش کم‌آبی نیز بالاترین عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های بهمن، EDBYT-82-6 و EDBYT-84-10 اختصاص داشت. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی نیتروژن بر خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ارقام مختلف جو تحت شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹- ۱۳۹۸ در مزارع تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان آذربایجان شرقی با ویژگی‌های جغرافیایی ۴۵° و "۳ شرقی و ۳۶° و "۵۷ شمالی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری در دو سطح آبیاری کامل و تنش کم‌آبی در کرت‌های اصلی و تیمارهای محلول‌پاشی (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی نیتروژن) و سه رقم جو (مهتاب، جلگه و ماکوئی) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بودند. هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت و فواصل بین

ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر بود. قبل از کاشت گیاه به‌منظور اندازه‌گیری برخی صفات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین برآورد نیاز کودی گیاه به‌طور تصادفی از پنج نقطه نمونه خاک مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه فرستاده شد. نتایج تجزیه خاک در جدول (۱) نشان داده شده است. قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله (کد ۵۹ مقیاس زادوکس) انجام شد. سطوح محلول‌پاشی نیتروژن شامل عدم محلول‌پاشی و یک‌بار محلول‌پاشی (یک هفته) پس از سنبله رفتن به‌عنوان فاکتور اول و فاکتور دوم، ارقام جو شامل مهتاب، جلگه و ماکوئی بودند. عملیات کاشت در نیمه دوم مهرماه (۲۰ مهر) انجام شد. میزان بذر مصرفی، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که برای آزمایش مذکور ۳/۲۴ کیلوگرم بود. کاشت بذور با دستگاه بذرکار (مدل MZK2.5-17-17) مرکز تحقیقات کشاورزی انجام گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت و به روش کرتی انجام شد و سپس بر اساس تیمار آزمایشی قطع آبیاری انجام گرفت. کود نیتروژن به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که برای هر کرت آزمایشی ۳۶ گرم در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی نیتروژن با غلظت ۵ درصد برای کرت‌های در نظر گرفته‌شده پس از قطع آبیاری و هنگام صبح که هوا نسبتاً خنک بود، انجام شد.

در این مطالعه صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، شاخص سطح برگ‌پرچم، میزان کلروفیل برگ‌پرچم و پرولین برگ‌پرچم تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، کل کرت بعد از حذف حاشیه‌ها برداشت و بعد از خرمن‌کوبی، کاه و کلش از دانه‌ها جداشده و وزن دانه‌ها با ترازوی حساس اندازه‌گیری و برحسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد. شاخص کلروفیل برگ‌پرچم و میزان پرولین برگ‌پرچم، در زمان دانه‌بندی، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شد. سطح برگ‌پرچم به‌وسیله دستگاه leaf area meter مدل CI- 203 اندازه گرفته شد. شاخص کلروفیل برگ‌پرچم به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD-502 مدل Minolta اندازه گرفته شد. میزان پرولین در بافت‌های موردنظر با استفاده از نین هیدرین اندازه‌گرفته شد (Bates et al. 1973). بدین ترتیب که برای استخراج آن، ۰/۴ گرم از برگ در اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد هموژن شد. پس از ۷۲ ساعت این ماده به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. این محلول پس از ترکیب با اسید استیک و نین‌هیدرین به مدت یک ساعت در حمام آب گرم حرارت داده شد و سپس با دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Phamacia Biotech Novaspec II. UK) با طول‌موج ۵۲۰ نانومتر مقدار پرولین قرائت شد.

شاخص سطح برگ بر اساس رابطه (۱) برآورد شد:

$$LAI= LA/LG \quad [۱]$$

که در آن LA = مساحت برگ، LG = مساحت زمین اشغال‌شده هستند.

تجزیه واریانس مرکب پس از بررسی و تأیید برقراری مفروضات بر اساس داده‌های دو سال انجام شد. از نرم‌افزار SAS 9.2 جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental soil

رس	سیلت	شن	سولفات	منیزیوم	بور	منگنز	روی	مس	آهن	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربن آلی	درصد آهک	هدایت الکتریکی	اسیدیته
Clay	Silt	Sand	$S-SO_4$	Mg	B	Mn	Zn	CU	Fe	P	K	N	OC	T.N.	EC	pH
--------- % -------			---------- mg kg^{-1} ----------									%	------ % ------		$dS\ m^{-1}$	
10	40	50	26	230	2.3	6.2	0.62	1.79	6.8	7.7	192	0.13	0.73	16.18	2.64	7.31

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها اثرهای اصلی آبیاری، محلول‌پاشی نیتروژن و رقم و اثر متقابل آبیاری با رقم بر کلیه صفات و شاخص‌های موردبررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، اختلاف بین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی نیتروژن ازنظر اثر بر صفات شاخص سطح برگ پرچم و محتوی کلروفیل در سطح احتمال یک درصد و ازلحاظ اثر بر ارتفاع بوته، طول سنبله، محتوی کلروفیل برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در این

بررسی اختلاف بین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی نیتروژن با رقم ازنظر اثر بر محتوی پرولین، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و از لحاظ ارتفاع بوته، طول سنبله، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ پرچم و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی نشان داد تیمار محلول‌پاشی با نیتروژن تحت شرایط آبیاری با متوسط ۱۰۵/۸۹ سانتی‌متر و تیمار شاهد محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۹۱ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند، در مطالعه حاضر محلول پاشی نیتروژن در هر دو شرایط محیطی توانست به‌صورت معنی‌داری بر ارتفاع بوته بیفزاید (جدول ۳). اثر کاربرد نیتروژن را می‌توان به اثر تشدیدکنندگی نیتروژن در رشد رویشی و تقسیمات سلولی در اندام‌های گیاه به‌ویژه ساقه نسبت داد. در مطالعه زاهدی (Zahedi et al. 2016) بالاترین ارتفاع بوته در جو در تیمار آبیاری نرمال و استفاده از کود نیتروژن به دست آمد.

در مطالعه حاضر بالاترین ارتفاع بوته به رقم ماکویی تحت شرایط آبیاری نرمال با متوسط ۱۰۸/۲۵ سانتی‌متر اختصاص داشت، کمترین ارتفاع بوته نیز با متوسط ۹۱/۵۰ سانتی‌متر برای رقم مهتاب تحت شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۹۱/۵۰ سانتی‌متر ثبت شد، نتایج همچنین نشان داد تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری ارتفاع بوته را در هر سه رقم موردبررسی کاهش داد، بیشترین مقدار این کاهش به رقم ماکویی اختصاص داشت (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب تأثیر محلول‌پاشی نیتروژن بر صفات موردبررسی در ارقام جو

Table 2. Combine analysis of variance of effects of nitrogen foliar application on the studied traits in barley cultivars

Source of Variation	منبع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	شاخص سطح برگ پرچم Flag leaf area index
Year (Y)	سال	1	11.68^{ns}	0.32ns	0.82^{ns}	0.01^{ns}
Error	اشتباه (تکرار × سال)	4	17.18	1.27	6.09	0.27
Irrigation (I)	آبیاری	1	1192.25**	50.66**	135.68**	26.42**
I×Y	سال ×آبیاری	1	1.68^{ns}	0.01ns	0.64^{ns}	0.21^{ns}
Error	اشتباه	4	72.60	0.73	4.61	0.10
Foliar application (N)	محلول‌پاشی	1	820.13**	30.94**	82.86**	8.20**
Y×N	سال×نیتروژن	1	1.12^{ns}	0.01ns	0.14^{ns}	0.02^{ns}
I×N	آبیاری×نیتروژن	1	30.35*	2.22*	4.27*	1.61**
Y×I×N	سال×آبیاری× نیتروژن	1	4.01^{ns}	0.03ns	0.11^{ns}	0.022^{ns}
Genotype (G)	ژنوتیپ	2	529.51**	97.82**	22.93**	22.13**
Y×G	سال × ژنوتیپ	2	5.60^{ns}	0.37^{ns}	0.59^{ns}	0.017^{ns}
I×G	آبیاری × ژنوتیپ	2	60.10**	6.77**	9.35**	4.18**
Y×I×G	سال × آبیاری × ژنوتیپ	2	0.35^{ns}	0.12ns	0.05^{ns}	0.03^{ns}
N×G	نیتروژن × آبیاری	2	21.17*	1.96*	3.16*	1.05*
Y×N×G	سال× نیتروژن× ژنوتیپ	2	5.60^{ns}	0.12^{ns}	0.28^{ns}	0.13^{ns}
I×N×G	آبیاری × نیتروژن × ژنوتیپ	2	0.69^{ns}	0.12^{ns}	0.02^{ns}	0.12^{ns}
Y×I×N×G	سال × آبیاری × نیتروژن × ژنوتیپ	2	1.52^{ns}	0.09^{ns}	0.23^{ns}	0.23^{ns}
Error	اشتباه	40	5.71	0.56	0.85	0.21
CV(%)	ضریب تغییرات	-	*6.81*	*10.33*	*5.01*	*3.15*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

Source of Variation	منبع تغییر	درجه آزادی df	محتوی پرولین Proline content	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
Year (Y)	سال	1	0.01^{ns}	0.21^{ns}	0.53^{ns}	20.23^{ns}
Error	اشتباه (تکرار × سال)	4	0.07	5.65	3.78	41.50
Irrigation (I)	آبیاری	1	351.25**	40.87**	1009.20**	605912.1**
I×Y	سال ×آبیاری	1	0.02^{ns}	0.51^{ns}	3.47^{ns}	6414.10^{ns}
Error	اشتباه	4	0.07	0.81	5.38	4662.71
Foliar application (N)	محلول‌پاشی	1	2.80**	18.75**	210.81**	77196.2**
Y×N	سال×نیتروژن	1	0.18^{ns}	0.60^{ns}	0.13^{ns}	156.49^{ns}
I×N	آبیاری×نیتروژن	1	2.02**	7.71*	6.01*	3080.15*
Y×I×N	سال×آبیاری× نیتروژن	1	0.14^{ns}	0.01^{ns}	0.29^{ns}	274.36^{ns}
Genotype (G)	ژنوتیپ	2	4.83**	200.04**	126.05**	34356.11**
Y×G	سال × ژنوتیپ	2	0.07ns	0.12ns	0.27^{ns}	782.6^{ns}
I×G	آبیاری × ژنوتیپ	2	3.95**	11.87**	9.77**	15248.30**
Y×I×G	سال × آبیاری × ژنوتیپ	2	0.09^{ns}	1.01^{ns}	0.11^{ns}	5821.55^{ns}
N×G	نیتروژن × آبیاری	2	0.18**	9.23**	4.84*	375.48**
Y×N×G	سال× نیتروژن× ژنوتیپ	2	0.07^{ns}	0.19^{ns}	2.99^{ns}	316.19^{ns}
I×N×G	آبیاری × نیتروژن × ژنوتیپ	2	0.01^{ns}	0.29^{ns}	0.19^{ns}	4776.37^{ns}
Y×I×N×G	سال × آبیاری × نیتروژن × ژنوتیپ	2	0.01^{ns}	1.08^{ns}	0.21^{ns}	739.12^{ns}
Error	اشتباه	40	0.03	1.59	1.27	769.54
CV(%)	ضریب تغییرات	-	*7.02*	*9.71*	*13.10*	*8.84*

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

^{ns}, **, * non-significant , and: significant at 1% and 5% of probability levels and, respectively.

ارتفاع بوته صفت فیزیولوژیکی است که با انتقال کربوهیدرات‌ها به‌خصوص تحت شرایط تنش کم‌آبی ارتباط نزدیکی دارد تحت این شرایط به دلیل کاهش فتوسنتز مقدار انتقال و تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه‌ها کاهش‌یافته و درنتیجه ارتفاع بوته نیز کاهش نشان خواهد داد.

در مطالعه فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) روی ارقام جو تنش کم‌آبی ارتفاع بوته را در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال ۹/۹۹ درصد کاهش داد، آن‌ها اظهار داشتند ارقام جنوب و فجر ۳۰ تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کم‌آبی به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند. وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام جو ازنظر عملکرد دانه در مطالعات یوسفی راد و همکاران (Yousefi Rad et al. 2016) و موسوی و همکاران (Moosavi et al. 2014) نیز به اثبات رسیده است. می‌توان اظهار داشت شرایط کامل آبیاری، افزایش مقدار آب سبب جذب عناصر کافی و فتوسنتز مناسب می‌شوند، درنتیجه مواد فتوسنتزی به نحو مطلوبی تولیدشده که با تخصیص آن‌ها به رشد رویشی سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شوند.

نتایج نشان داد هر سه رقم موردمطالعه واکنش مثبتی به محلول‌پاشی کود نیتروژن نشان دادند و هر سه رقم بالاترین ارتفاع بوته را در تیمار محلول‌پاشی کود نیتروژن نشان دادند، در بین ارقام موردبررسی محلول‌پاشی نیتروژن در رقم ماکویی با متوسط ۱۰۷/۰۸ بالاترین و تیمار شاهد محلول‌پاشی در رقم مهتاب با متوسط ۹۰/۶۷ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). اختلاف ارتفاع بوته‌ها می‌تواند مربوط به توانایی ژنوتیپ‌های مختلف در استفاده از شرایط مختلف محیطی باشد (Tabatabaeiet et al. 2014).

در مطالعه برده جی و همکاران (Bardehji et al. 2020) تنش خشکی ارتفاع بوته را در ارقام مختلف در هر دو سطح کاربرد و عدم کاربرد کاهش داد. در این مطالعه کاربرد

نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل ارتفاع بوته را افزایش داد. آن‌ها همچنین مشاهده کردند در آبیاری بدون تنش، در شرایط عدم کاربرد نیتروژن ارقام Campagen و Mastesca و در شرایط کاربرد نیتروژن رقم Campagen بیشترین ارتفاع بوته را نشان دادند. همچنین تحت تیمار تنش خشکی ارقام Mastesca و Amistar به ترتیب بیشترین و کمترین واکنش را نسبت به کاربرد نیتروژن از خود نشان دادند.

جدول ۳. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی نیتروژن از لحاظ صفات موردبررسی در جو

Table 3. Mean comparison of the of irrigation with nitrogen foliar application interaction treatments in terms of studied traits in barley cultivars

آبیاری Irrigation	Foliar application	محلول‌پاشی	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	شاخص سطح برگ پرچم Flag leaf area index
			cm	cm	SPAD	
آبیاری کامل	Control	شاهد	98.78^{b}	7.31^{b}	46.41^{b}	14.57^{b}
Normal irrigation	Nitrogen foliar application	محلول‌پاشی نیتروژن	105.89^{a}	8.88^{a}	48.68^{a}	15.27^{a}
تنش کم‌آبی	Control	شاهد	91.00^{c}	5.90^{c}	43.79^{c}	13.38^{d}
Water deficit	Nitrogen foliar application	محلول‌پاشی نیتروژن	97.39^{b}	6.95^{b}	45.81^{b}	14.03^{c}

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

آبیاری Irrigation	Foliar application	محلول‌پاشی	محتوی پرولین Proline content	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
			mg.g^{-1}DW		gr	kg.ha^{-1}
آبیاری کامل	Control	شاهد	0.46^{c}	33.98^{b}	38.67^{b}	6370.4^{b}
Normal irrigation	Nitrogen foliar application	محلول‌پاشی نیتروژن	0.49^{c}	35.51^{a}	41.51^{a}	6920.3^{a}
تنش کم‌آبی	Control	شاهد	4.54^{b}	32.98^{c}	30.60^{d}	4430.7^{d}
Water deficit	Nitrogen foliar application	محلول‌پاشی نیتروژن	5.24^{a}	33.49^{bc}	34.60^{c}	5190.6^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level

طول سنبله

مقایسات میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی نیتروژن نشان داد محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل با متوسط ۸/۸۸ سانتی‌متر بالاترین و تیمار شاهد محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۵/۹۰ سانتی‌متر کمترین طول سنبله را به خود اختصاص داد، نتایج بیانگر آن بود که در هر دو شرایط محیطی محلول‌پاشی نیتروژن اثر مثبتی بر افزایش طول سنبله در جو داشت (جدول ۳).

در بین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با رقم، بالاترین و پایین‌ترین طول سنبله به ترتیب با متوسط ۹/۹۰ و ۴/۷۰ سانتی‌متر به ترتیب به رقم ماکویی تحت شرایط آبیاری کامل و رقم مهتاب تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص داشت، در این تحقیق تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری از طول سنبله در کلیه ارقام کاست (جدول ۴).

فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) در بررسی ارقام جو از لحاظ طول سنبله دریافتند تحت شرایط آبیاری کامل ژنوتیپ‌های ارس و ریحان ۳ به ترتیب بیشترین و کمترین طول سنبله را به خود اختصاص دادند درحالی‌که تحت شرایط تنش کم‌آبی بالاترین طول سنبله به لاین M-84-14 و ارقام ارس و چالدران و مقدار به رقم ریحانه اختصاص داشت. در تحقیق دیگری بر روی جو اظهار شده

است که اختلاف بین ارقام ازنظر طول سنبله معنی‌دار بود و اظهار شد ژنوتیپ‌هایی که دارای طول سنبله و طول ریشک بیشتری هستند، سهم بیشتری در عملکرد دانه دارند (Ebadi et al. 2011).

نتایج نشان داد در بین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی با رقم، محلول‌پاشی نیتروژن در ارقام جلگه و ماکویی به ترتیب با متوسط ۸/۹۷ و ۹/۴۰ سانتی‌متر موجب حصول بالاترین طول سنبله شد، درحالی‌که تیمار عدم محلول‌پاشی نیتروژن در رقم مهتاب با متوسط ۴/۵۱ کمترین طول سنبله را نشان داد (جدول ۵).

جدول ۴. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با رقم از لحاظ صفات موردبررسی در جو

Table 4. Mean comparison of the of irrigation with Cultivar interaction treatments in terms of studied traits in barley cultivars

آبیاری Irrigation	Cultivar	رقم	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike lengt	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	شاخص‌سطح برگ پرچم Flag leaf area index
			cm	cm	SPAD	
آبیاری کامل Normal irrigation	Mahtab	مهتاب	96.00^{d}	5.19^{d}	49.14^{a}	15.93^{a}
	Golgeh	جلگه	102.75^{b}	9.20^{b}	46.15^{c}	13.35^{d}
	Makooei	ماکویی	108.25^{a}	9.90^{a}	47.34^{b}	15.48^{b}
تنش کم‌آبی Water deficit	Mahtab	مهتاب	91.50^{e}	4.70^{d}	45.44^{cd}	13.08^{d}
	Golgeh	جلگه	98.00^{c}	7.20^{c}	44.82^{de}	13.95^{c}
	Makooei	ماکویی	93.08^{e}	7.36^{c}	44.15^{e}	14.09^{c}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

آبیاری Irrigation	Cultivar	رقم	محتوی پرولین Proline content	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
			mg.g^{-1}DW		gr	kg.ha^{-1}
آبیاری کامل Normal irrigation	Mahtab	مهتاب	0.52^{d}	38.01^{a}	42.91^{a}	7076.0^{a}
	Golgeh	جلگه	0.47^{d}	32.71^{d}	37.01^{b}	6695.1^{b}
	Makooei	ماکویی	0.43^{d}	34.61^{c}	37.51^{b}	6165.0^{c}
تنش کم‌آبی Water deficit	Mahtab	مهتاب	5.76^{a}	35.42^{b}	34.72^{d}	5103.4^{d}
	Golgeh	جلگه	4.86^{b}	34.52^{c}	32.12^{e}	4703.6^{e}
	Makooei	ماکویی	4.05^{c}	30.22^{e}	25.92^{f}	4624.9^{ef}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level

شاخص کلروفیل برگ پرچم

در مطالعه حاضر محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل بالاترین شاخص کلروفیل برگ پرچم را به خود اختصاص داد، کمترین مقدار شاخص مذکور به تیمار شاهد محلول‌پاشی و شرایط تنش کم‌آبی مشاهده شد، در این بررسی محلول‌پاشی نیتروژن در هر دو شرایط محیطی به‌صورت معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ پرچم افزود (جدول ۳). یکی از شاخص‌های اصلی مقدار فعالیت فتوسنتزی گیاه و وضعیت سلامت و رشد گیاه غلظت کلروفیل برگ است (Zhang et al., 2013). علاوه بر کاهش رشد گیاه کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نیز از مشخصه¬های بروز تنش کم‌آبی در نظر گرفته می‌شود (Zhang et al., 2013). نیتروژن ازجمله عناصر تشکیل‌دهنده کلروفیل است، بنابراین افزایش سطح نیتروژن در محیط رشد گیاه، باعث افزایش غلظت کلروفیل برگ می‌شود. در بررسی اثر سطوح آبیاری و نیتروژن بر ارقام ارزن مشخص شد که تنش خشکی سبب کاهش کلروفیل و کارتنوئید در سطوح مختلف نیتروژن شد (Nematpour et

al., 2019). در مطالعه مولود (Movlud, 2015) با تشدید تنش کم‌آبی از محتوی کلروفیل در برگ جو کاسته شد اما کاربرد نیتروژن توانست اثر تنش کم‌آبی را بر محتوی کلروفیل برگ تعدیل نماید.

در بین تیمارهای اثر متقابل رقم و آبیاری، رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل بالاترین و رقم ماکویی تحت شرایط تنش کم‌آبی کمترین شاخص کلروفیل برگ پرچم را به خود اختصاص دادند، لازم به ذکر است که اگرچه تنش کم‌آبی از شاخص کلروفیل در هر سه رقم موردبررسی کاست اما رقم مهتاب در هر دو شرایط محیطی بالاترین شاخص کلروفیل را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

یکی از دلایل کاهش محتوی کلروفیل‌ها تحت شرایط تنش کم‌آبی، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش کم‌آبی است که موجب می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات، بیشتر به مصرف پرولین برسد و درنتیجه بیوسنتز کلروفیل با کاهش روبرو شود (Ramak et al. 2014).

جدول ۵. مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی نیتروژن با رقم از لحاظ صفات موردبررسی در جو

Table 5. Mean comparison of the of irrigation with urea foliar application interaction treatments in terms of studied traits in barley cultivars

محلول‌پاشی Foliar application	Cultivar	رقم	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	شاخص سطح برگ پرچم Flag leaf area index
			cm	cm	SPAD	
شاهد Control	Mahtab	مهتاب	90.67^{e}	4.51^{d}	44.60^{c}	14.37^{c}
	Golgeh	جلگه	99.17^{b}	7.44^{b}	44.47^{c}	12.76^{e}
	Makooei	ماکویی	94.83^{d}	7.86^{b}	46.22^{b}	14.79^{b}
محلول‌پاشی نیتروژن Nitrogen foliar application	Mahtab	مهتاب	96.83^{c}	5.37^{c}	48.36^{a}	15.05^{ab}
	Golgeh	جلگه	101.00^{b}	8.97^{a}	46.49^{b}	13.67^{d}
	Makooei	ماکویی	107.08^{a}	9.40^{a}	46.88^{b}	15.22^{a}

Table 5. Continued **جدول ۵. ادامه**

محلول‌پاشی Foliar application	Cultivar	رقم	محتوی پرولین Proline content	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
			mg.g^{-1}DW		gr	kg.ha^{-1}
شاهد Control	Mahtab	مهتاب	2.95^{b}	36.48^{a}	37.13^{b}	5791.0^{c}
	Golgeh	جلگه	2.47^{c}	30.60^{d}	34.58^{c}	5460.0^{d}
	Makooei	ماکویی	2.08^{d}	31.50^{d}	32.20^{d}	4950.6^{e}
محلول‌پاشی نیتروژن Nitrogen foliar application	Mahtab	مهتاب	3.33^{a}	37.16^{a}	40.53^{a}	6388.4^{a}
	Golgeh	جلگه	2.86^{b}	34.85^{b}	37.21^{b}	6058.7^{b}
	Makooei	ماکویی	2.40^{c}	33.36^{c}	36.43^{b}	5719.2^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level

مقایسات میانگین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی با رقم نشان داد به‌غیراز رقم ماکویی در دو رقم دیگر محلول-پاشی نیتروژن به‌صورت معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ پرچم افزود. به‌طوری‌که تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در رقم مهتاب بالاترین شاخص کلروفیل برگ پرچم را نشان داد، در این بررسی تیمار شاهد محلول‌پاشی در ارقام مهتاب و جلگه کمترین شاخص کلروفیل برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در مطالعه برده‌جی و همکاران (Bardehji et al. 2020) تنش خشکی در هر دو سطح نیتروژن سبب کاهش محتوای کلروفیل در تمامی ارقام جو موردبررسی شد، در

بررسی آن‌ها کاربرد نیتروژن محتوای کلروفیل را در هر دو سطح آبیاری در تمامی ارقام افزایش داد، آن‌ها نشان داد در شرایط آبیاری بدون تنش ارقام Campagen و Shangrila به ترتیب بیشترین و کمترین و در شرایط تنش خشکی ارقام Shangrila و Mastesca به ترتیب بیشترین و کمترین میزان واکنش را نسبت به کاربرد نیتروژن ازنظر محتوی کلروفیل نشان دادند.

شاخص سطح برگ پرچم

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل، محلول-پاشی نیتروژن در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی شاخص سطح برگ پرچم را در مقایسه با تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش داد، در این مطالعه بالاترین و پایین‌ترین شاخص سطح برگ پرچم به ترتیب به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل و تیمار شاهد محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص یافت (جدول ۳). در مطالعه مولودی (Movlud, 2015) با تشدید تنش کم‌آبی از شاخص سطح برگ جو کاسته شد، در مطالعه آن‌ها کمترین شاخص سطح برگ تحت شرایط تنش شدید کم‌آبی و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن گزارش شد.

یکی از شاخص‌هایی که نشان‌دهنده رشد برگ است میزان سطح برگ است از مهم‌ترین دلیل کاهش این شاخص تحت شرایط تنش کم‌آبی کاهش کارایی فتوسنتز است اولین فرآیندی که به تنش کم‌آبی واکنش نشان می‌دهد سطح برگ است سطح برگ در اثر تنش کم‌آبی کاهش نشان می‌دهد (Paye, 2000). کمبود آب با کاهش آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها را تحت تأثیر قرار داده و درنتیجه تعداد و سطح برگ و ارتفاع ساقه در گیاه کاهش پیدا می‌کند (Desuloux et al. 2000).

مطالعات مختلف نشان داده است که تنش کم‌آبی به‌واسطه کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و درنهایت موجبات کاهش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Schussler and Westgate, 1991). هنگامی‌که در تغذیه گیاهان، نیتروژن و منبع آن مناسب باشد، تولید مواد پروتئینی در داخل بافت‌های گیاه افزایش‌یافته، رشد گیاه بهتر شده و فرآیند پیری برگ‌ها به تأخیر می‌افتد (Tatsumi, 1982). عقیده بر این است که با تشدید تنش کم‌آبی علاوه بر کاهش سطح برگ‌ها پیری سریع نیز در آن‌ها القاء شده و میزان تولید گیاه را بسیار بیشتر ازآنچه به دلیل اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می‌یابد، کاهش دهد، بنابراین گیاه عملکرد کمتری به دلیل کاهش سطح فتوسنتزی و به دنبال آن کاهش مواد و منابع فتوسنتزی تولید خواهد نمود. قائمی و زمانی (Ghaemi and Zamani, 2015) نشان دادند کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در تیمارهای آبیاری گردید آن¬ها دریافتند هر چه مقدار کود نیتروژن مصرفی افزایش یابد، شاخص سطح برگ تولیدی نیز افزایش می‌یابد مگر اینکه کمبود رطوبت خاک باعث ایجاد اختلال در فرایند جذب نیتروژن شود.

در بررسی حاضر بالاترین شاخص سطح برگ به رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت، کمترین مقدار شاخص مذکور نیز به ارقام جلگه و ماکویی تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص داشت، در این مطالعه تنش کم¬آبی شاخص سطح برگ پرچم را به‌صورت معنی‌داری در هر سه رقم موردمطالعه کاهش داد (جدول ۴).

بر اساس نتایج مقایسات میانگین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم، هرچند محلول‌پاشی نیتروژن در رقم ماکویی بالاترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد اما اختلاف بین تیمار مذکور با تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در رقم مهتاب معنی‌دار نبود، کمترین شاخص برگ پرچم نیز به تیمار شاهد محلول‌پاشی در رقم جلگه مشاهده شد. در بررسی حاضر محلول‌پاشی نیتروژن شاخص سطح برگ را در هر سه رقم به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). در تحقیقی روی جو بالاترین شاخص سطح برگ تحت شرایط تنش کم-آبی در تیمار محلول‌پاشی روی مشاهده شد همچنین در این تحقیق گزارش شد بالاترین شاخص سطح برگ به رقم ارمغان و کمترین مقدار به رقم گوهر اختصاص یافت (Rowshani et al. 2022).

محتوی پرولین برگ پرچم

در بین تیمارهای اثر مقابل آبیاری در محلول‌پاشی بالاترین محتوی پرولین برگ پرچم به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص داشت، کمترین مقدار پرولین نیز در تیمارهای شاهد و محلول‌پاشی کود نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل مشاهده شد و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در بررسی حاضر تنش کم‌آبی محتوی پرولین را در هر سه رقم به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد، بالاترین محتوی پرولین به رقم مهتاب تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص یافت، بین ارقام موردبررسی ازنظر محتوی پرولین تحت شرایط آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). تجمع پرولین در گیاه تحت شرایط تنش رطوبتی به دلیل کارکردهای مختلف این ماده موجب افزایش مقاومت در گیاه می‌شود (Hamurcu et al. 2020). گزارش شده است که تحت شرایط تنش کم‌آبی پرولین و قندهای محلول در گیاهان نقش تنظیم اسمزی، انتقال سیگنال، حفظ تعادل ردوکس و ثبات ساختار سلولی را در گیاهان را بر عهده دارند (Ghafari et al. 2019; Du et al. 2020). چندین مطالعه نشان داده‌اند که پرولین و قندهای محلول در تحمل به خشکی و سازگاری در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی نقش دارند (Abid et al. 2018; Zhang et al. 2020). در مطالعه نوبل آموا و سیو (Noble Amoah and Seo, 2021) با تشدید تنش کم‌آبی بر محتوی پرولین برگ گندم افزوده شد.

مقایسات میانگین تیمارهای اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی نیتروژن از لحاظ محتوی پرولین نشان داد محلول‌پاشی نیتروژن در رقم مهتاب بالاترین و تیمار شاهد محلول‌پاشی در رقم جلگه و تیمار محلول‌پاشی در رقم ماکویی کمترین محتوی پرولین برگ پرچم را به خود اختصاص دادند، لازم به ذکر است که محلول‌پاشی نیتروژن محتوی پرولین را در هر سه رقم موردبررسی به‌صورت معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۵). در مطالعه بردجی و همکاران (Bardehji et al. 2020) کاربرد نیتروژن محتوی پرولین را در مقایسه با تیمار شاهد ۲۶ درصد افزایش داد، در مطالعه آن‌ها تنش خشکی محتوی پرولین را در کلیه ارقام جو افزایش داد و ارقام Amistar و Funky به ترتیب بیشترین و کمترین افزایش را تحت شرایط تنش خشکی به خود اختصاص دادند.

تعداد دانه در سنبله

در بین تیمارهای اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بالاترین تعداد دانه در سنبله با متوسط ۳۵/۵۱ دانه به تیمار محلول-پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت، کمترین مقدار صفت مذکور با متوسط ۳۲/۹۸ دانه به تیمار شاهد محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص یافت، لازم به ذکر است که اختلاف بین تیمار مذکور و تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط تنش کم‌آبی معنی‌دار نبود، به‌عبارت‌دیگر محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری در افزایش تعداد دانه نداشت (جدول ۳).

در این مطالعه محلول‌پاشی نیتروژن اثر مثبتی بر افزایش تعداد دانه در سنبله تحت شرایط آبیاری کامل داشت می‌توان اظهار داشت گیاه باوجود کود نیتروژن رشد رویشی بیشتری پیدا کرده و سطح برگ و سرعت جذب خالص آن افزایش و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید می‌کند. درنتیجه گیاه مخزن (دانه) بیشتری ایجاد می‌نماید (Bohrani and Tahmasbi, 2005). همچنین تحت شرایط کم‌آبی و کمبود نیتروژن، مقدار نیتروژن تخصیص‌یافته به برگ‌ها کاهش‌یافته و درنتیجه از شاخص و دوام سطح برگ کاسته شده و مواد پرورده لازم برای تشکیل دانه کاهش پیدا کرده و از تعداد دانه‌ها در سنبله کاسته خواهد شد. اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن در بهبود تعداد دانه در سنبله جو در مطالعه پلازا بونیلا و همکاران (Plaza-Bonilla et al. 2021) نیز گزارش شده است که همسو با نتایج تحقیق حاضر است.

نتایج مقایسات میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با رقم نشان داد رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل با متوسط ۳۸/۰۱ دانه بالاترین و رقم ماکویی تحت شرایط تنش کم‌آبی با متوسط ۳۰/۲۲ دانه کمترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص دادند، در مطالعه حاضر اگرچه تنش کم‌آبی تعداد دانه در سنبله هر سه رقم را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد اما رقم مهتاب در هر دو شرایط محیطی بالاترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

کاهش تعداد دانه در اثر وقوع تنش کم‌آبی ممکن است به دلیل اختلال در گرده‌افشانی، عقیم شدن دانه گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده از بخش-های مختلف گیاهی ازجمله ساقه‌ها باشد. علاوه بر این، تنش کم‌آبی در دوره رشد گیاه به دلیل تأثیر منفی آن در تشکیل گل و باروری باعث کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود. این کاهش احتمالاً با کاهش رشد گیاه مرتبط است که منجر به کاهش میزان مواد غذایی و اندازه دانه در بذر گیاهان تحت تنش کم‌آبی در مقایسه با گیاهان رشد کرده تحت شرایط کامل می‌شود. همچنین، گزارش شده است که کاهش میزان نور ساخت (فتوسنتز) به‌واسطه تنش کم‌آبی پیش از آنزیم با کاهش تعداد دانه همراه است (Francia et al. 2011). کاهش تعداد دانه در سنبله جو در اثر تنش کم‌آبی در مطالعات موسوی و همکاران (Moosavi et al. 2014) و

فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) گزارش شده است. در مطالعه فاطمی و همکاران رقم جنوب و لاین‌های M-88-2، W- 83-4، MD-88-15 و M-86-5 بیشترین تعداد و رقم سیدتاج‌الدین کمترین تعداد دانه را تحت شرایط آبیاری کامل و رقم جنوب و لاین‌های MD-88-15 و M-88-2 بیشترین و رقم چالدران کمترین تعداد دانه در سنبله را تحت شرایط تنش کم‌آبی به خود اختصاص دادند.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد رقم مهتاب در هر دو تیمار شاهد و محلول‌پاشی نیتروژن به ترتیب با متوسط ۳۶/۴۸ و ۳۷/۱۶ دانه بالاترین تعداد دانه در سنبله را به خود اختصاص داد، کمترین تعداد دانه در سنبله با متوسط ۱/۵۰ دانه به رقم ماکویی در تیمار شاهد محلول‌پاشی اختصاص یافت. در این مطالعه دو رقم جلگه و ماکویی واکنش مثبتی به محلول‌پاشی نیتروژن از لحاظ تعداد دانه در سنبله نشان دادند (جدول ۵).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی نیتروژن، بالاترین وزن هزار دانه با متوسط ۴۱/۵۱ گرم به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت، درحالی‌که کمترین مقدار صفت مذکور با متوسط ۳۰/۶۰ گرم به تیمار شاهد محلول‌پاشی تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص داشت (جدول ۵)، در مطالعه حاضر محلول‌پاشی نیتروژن در هر دو شرایط محیطی بر وزن هزار دانه افزود و اثر تنش کم‌آبی بر این صفت را تعدیل کرد. وقتی‌که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد، برای این‌که از اثرهای تنش فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می‌کند، بنابراین به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پر شدن دانه و تأثیر منفی تنش کم‌آبی بر فتوسنتز جاری درنهایت مواد منتقل‌شده به دانه کاهش و وزن هزار دانه کم می‌شود. نیتروژن موجب افزایش انتقال آسمیلات‌های ساخته‌شده در گیاه به دانه‌ها و درنتیجه افزایش وزن آن‌ها می‌شود، همچنین نیتروژن با بهبود سطح و دوام برگ مرحله گلدهی را طولانی‌تر کرده و مدت‌زمان انتقال فتوآسمیلات‌ها به دانه‌ها را افزایش می‌دهد. آب و مصرف کود نیتروژن شرایط را برای افزایش وزن هزار دانه فراهم می‌کند و کاربرد هم‌زمان این دو سبب می‌شود شرایط رشد بهتر شود درنتیجه تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه‌ها افزایش (Bohrani and Tahmasbi, 2005).

پلازابونیلا و همکاران (Plaza-Bonilla et al. 2021) دریافتند کاربرد کود نیتروژن در اشکال مختلف شیمیایی و آلی تحت شرایط دیم بر وزن هزار دانه در جو افزود. در بین تیمارهای اثر متقابل آبیاری و رقم، رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل با متوسط ۴۲/۹۱ بالاترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد، کمترین مقدار صفت مذکور نیز با متوسط ۲۵/۹۲ برای رقم ماکویی تحت شرایط تنش کم‌آبی ثبت شد، در این مطالعه تنش کم‌آبی وزن هزار دانه را به‌صورت معنی‌داری در هر سه رقم موردبررسی کاهش داد.

در این مطالعه تنش کم‌آبی از وزن هزار دانه گندم کاست این کاهش احتمالاً به دلیل کاهش مواد پرورده برای رشد دانه‌ها است (جدول ۴). کاهش تولید مواد پرورده نیز به کاهش فرآیند فتوسنتزی مربوط است که با بسته شدن روزنه‌ها در ارتباط است، کاهش وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبی در ارقام جو در مطالعه فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) نیز گزارش شده است که همسو با نتایج تحقیق حاضر است. در مطالعه آن‌ها رقم جنوب و لاین M-84-14 بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را تحت شرایط آبیاری کامل به خود اختصاص دادند در شرایط تنش کم‌آبی بالاترین وزن هزار دانه به رقم جنوب و لاین MD-88-15 و کمترین مقدار به رقم ارس اختصاص داشت. اعمال تنش خشکی موجب عقیم‌شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه‌ها می‌گردد (Richard et al. 2001) که می‌تواند دلیلی برای کاهش تعداد دانه یا وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌ها باشد.

در این مطالعه وزن هزار دانه در هر سه رقم موردبررسی واکنش مثبتی به محلول‌پاشی نیتروژن نشان داد و مقدار صفت مذکور در هر سه رقم در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد، در این مطالعه محلول‌پاشی نیتروژن در رقم مهتاب با متوسط ۴۰/۵۳ گرم بالاترین و تیمار شاهد محلول‌پاشی همراه با رقم ماکویی با متوسط ۳۲/۲۰ گرم کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

عملکرد دانه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل آبیاری با محلول‌پاشی بالاترین عملکرد دانه با متوسط ۶۹۲۰/۳ کیلوگرم در هکتار به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل اختصاص داشت، درحالی‌که کمترین عملکرد دانه با متوسط ۴۴۳۰/۷ کیلوگرم در هکتار به تیمار شاهد

محلول‌پاشی همراه تحت شرایط تنش کم‌آبی اختصاص یافت (جدول ۳). بلام و همکاران (Blum, 2011) دریافتند عملکرد دانه صفتی است کمی و تحت تأثیر محیط که وراثت‌پذیری پایینی دارد، قرار می‌گیرد؛ بنابراین محیط مناسب و نامناسب تأثیر شدیدی بر این صفت می‌گذارد. تنش خشکی و کمبود عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن در طی مراحل مختلف نمو به‌ویژه مراحل زایشی به علت کاهش طول دوره فتوسنتز و انتقال مواد به‌دست‌آمده از فتوسنتز جاری و همچنین کاهش سهم انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده، موجب کاهش در اجزای عملکرد و درنهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. کاربرد نیتروژن به‌واسطه تغذیه مناسب موجب کم شدن رقابت بین گیاهان، کاهش سقط گل‌ها و تعداد دانه، افزایش وزن هزار دانه و درنهایت عملکرد دانه می‌شود. روشنی و همکاران (Rowshani et al. 2022) در تحقیقی روی جو نشان دادند محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با دیگر تیمارهای محلول‌پاشی بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، همچنین در بین ارقام موردبررسی رقم گوهران بالاترین و رقم ارمغان کمترین عملکرد دانه را تولید کرد. در مطالعه قائمی و زمانی (Ghaemi and Zamani, 2015) بالاترین اجزای عملکرد و عملکرد دانه در جو در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کاربرد کود نیتروژن به دست آمد. در بررسی پلازا بونیلا و همکاران (Plaza-Bonilla et al. 2021) کود نیتروژن در اشکال مختلف توانست عملکرد دانه را در مقایسه با تیمار شاهد تحت شرایط دیم در گیاه جو به‌صورت معنی‌داری افزایش دهد. در بررسی حاضر محلول-پاشی نیتروژن تحت هر دو شرایط محیطی عملکرد دانه را افزایش داد. در تحقیقی روی جو گزارش شد کاربرد کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را در این محصول تحت شرایط آبیاری کامل افزایش داد درحالی‌که بالاترین مقدار واکنش مثبت عملکرد دانه تحت شرایط تنش کم‌آبی به کود نیتروژن در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Gadri et al. 2020).

مقایسات میانگین ترکیبات تیماری آبیاری با رقم نشان داد رقم مهتاب تحت شرایط آبیاری کامل با متوسط ۷۰۷۶/۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد، کمترین عملکرد دانه نیز به ترتیب با متوسط ۴۶۲۴/۹ و ۴۷۰۳/۶ کیلوگرم در هکتار در دو رقم ماکویی و جلگه تحت شرایط تنش کم‌آبی مشاهده شد. نتایج نشان داد تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری از عملکرد دانه در هر سه رقم کاست بیشترین مقدار کاهش به رقم جلگه و کمترین مقدار به رقم ماکویی اختصاص داشت (جدول ۴). در تحقیقی بر روی جو، قادری و همکاران (Gadri et al. 2020) اظهار داشتند تنش کم‌آبی به‌صورت معنی‌داری از عملکرد دانه در ارقام جو کاشت، در مطالعه آن‌ها ارقام بهمن و ژنوتیپ EBYTC-84-10 بالاترین عملکرد دانه را تحت شرایط آبیاری کامل تولید کردند تحت شرایط تنش کم‌آبی نیز بالاترین عملکرد دانه به ژنوتیپ‌های بهمن، EDBYT-82-6 و EDBYT-84-10 اختصاص داشت. در مطالعه فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) تنش کم‌آبی انتهای فصل مقدار عملکرد دانه را در مقایسه با شرایط آبیاری کامل ۴۲/۷۹ درصد کاهش داد. وجود اختلاف معنی‌داری بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در جو تحت شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی در مطالعات نیازی فرد و همکاران (Niazifard, 2017)، موسوی و همکاران (Moosavi et al. 2014) و سلیمانی و همکاران (Soleimani et al. 2017) نیز گزارش شده است. در زمان بروز تنش، میزان مواد فتوسنتزی صادرشده از برگ‌ها کاهش می‌یابد، زیرا انتقال شیره از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشار است که در طی تنش کم‌آبی پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش و کاهش در پتانسیل آماس (تورگر) نیز از انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت از مقدار آسیمیلات ذخیره‌ای می‌کاهد (Tabatabaei et al. 2011). به عقیده پژوهشگران تنش کم‌آبی می‌تواند باعث بسته شدن روزنه و در نتیجه کاهش جذب دی‌اکسید کربن، فتوسنتز و تولید ماده خشک شود سلیمانی و همکاران (Soleimani et al. 2017) نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش ۳۶ درصدی عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های موردبررسی شد.

در مطالعه فاطمی و همکاران (Fatemi et al. 2019) رقم جنوب و لاین‌های، M-88-2 و MD-88-15 به ترتیب با متوسط ۴/۴۲، ۴/۳۳ و ۴/۹۳ بالاترین عملکرد دانه و رقم فجر ۳۰ با متوسط ۲/۶۲ تن در کمترین عملکرد دانه را تولید کردند، تحت شرایط تنش کم‌آبی نیز لاین‌های M-88-2، MD-88-15 و رقم جنوب به ترتیب با متوسط ۳/۷۵، ۳/۶۶ و ۳/۴۴ تن در هکتار بالاترین و رقم سینا با متوسط ۱/۸۶ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد.

مقایسه میانگین تیمارهای اثر متقابل محلول‌پاشی با رقم نشان داد، رقم مهتاب در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن با متوسط ۶۳۸۸/۴ کیلوگرم در هکتار بالاترین و رقم ماکویی در تیمار شاهد محلول‌پاشی با متوسط ۴۹۵۰/۶ کیلوگرم در

هکتار کمترین عملکرد دانه را نشان دادند، در بررسی حاضر محلول‌پاشی نیتروژن عملکرد دانه را در هر سه رقم موردبررسی در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). در مطالعه بردجی و همکاران (Bardehji et al. 2020) در بین ارقام جو موردبررسی بیشترین و کمترین عملکرد جو به ترتیب به ارقام یوسف و Funky اختصاص داشت آن‌ها همچنین نشان دادند تنش خشکی عملکرد دانه را تحت شرایط کاربرد و عدم کاربرد نیتروژن به ترتیب ۵۸ و ۴۰ درصد کاهش داد، در مطالعه آن‌ها کاربرد نیتروژن تحت شرایط آبیاری کامل عملکرد دانه را افزایش داد اما تحت شرایط تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد دانه شد.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به اینکه هدف از کشت جو عملکرد دانه این محصول است و صفت مذکور برآیند کلیه صفات موردبررسی است در تحقیق حاضر محلول‌پاشی نیتروژن توانست عملکرد این محصول را در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش کم‌آبی افزایش دهد، به نظر می‌رسد محلول‌پاشی نیتروژن به‌واسطه جذب مستقیم از برگ‌ها و فراهم‌سازی سریع این عنصر برای گیاه در هر دو شرایط محیطی توانست محتوی کلروفیل و شاخص سطح برگ را بهبود بخشیده و از این طریق اثر مثبتی بر اجزای عملکرد دانه یعنی تعداد دانه و وزن هزار دانه بگذارد و در نهایت عملکرد دانه را افزایش دهد، بنابراین تحت شرایط دیم که گیاه با کمبود عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن مواجه است کاربرد نیتروژن به‌صورت محلول‌پاشی می‌تواند با عوارض کمتری در مقایسه با دیگر شیوه‌های مصرف اثر تنش کم‌آبی را بر عملکرد دانه تعدیل نماید. در این مطالعه رقم مهتاب در شرایط آبیاری کامل و هم تنش کم‌آبی و همچنین محلول-پاشی و عدم محلول‌پاشی نیتروژن توانست بالاترین عملکرد دانه را کسب نماید، به نظر می‌رسد رقم مذکور علاوه بر مقاومت به تنش کم‌آبی پتانسیل بالاتری برای استفاده از شرایط محیطی در جهت بهبود عملکرد دانه داشته باشد، بنابراین کشت رقم مذکور تحت شرایط مختلف محیطی قابل توصیه است.

منابع

Abid, M., Ali, S., Qi, L.K., Zahoor, R., Tian Z., Jiang, D., Snider, J.L., Dai, T., 2018. Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L). Scientific Reports. 8, 4615. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21441-7

Ajalli, J., Salehi, M., 2012. Evaluation of drought stress indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Annals of Biological Research. 3, 5515-5520.

Al-Ajlouni, Z.I., Al-Abdallat, A.M., Al-Ghzawi, A.L.A., AYad, J.Y., Abu Elenein, J.M., Al-Quraan, N.A., Baenziger, S., 2016. Impact of preanthesis water deficit on yield and yield components in barley (*Hordeum vulgare* L.). plants grown under controlled conditions. Agronomy. 6, 1-14. https://doi.org/10.3390/agronomy6020033

Arnall, D.B., Mallarino, A.P., Ruark, M.D., Varvel, G.E., Solie, J.B., Stone, M.L., Mullock, J.L. Taylor, R.K., Raun. W.R., 2013. Relationship between grain crop yield potential and nitrogen response. Journal of Agronomy. 105, 1335-1344.

Bardehji, S., Eshghizadeh H.R., Zahedi, M., 2020. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on yield and some physiological traits of six barley cultivars. Journal of Plant Process and Function. 9, 1-14. [In Persian with English summary]

Bates, L.S., Walderen, R.D., Taere, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39, 205-207

Blum, A., 2011. Plant Breeding for WaterLimited Environments. Springer-New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4

Bohrani, A. Z., Tahmasbi, A., 2005. The spliting and amount of nitrogen on quality and quantity in two types of winter wheat. Journal of Agriculture Science Iran. 36, 1263-1271. [In Persian with English summary]

Desuloux, D., Huynh, T.T., Roumet, P., 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop Science. 40, 716-722.

Ebadi, A., Sajed, K., Sanjari, O., 2011. Effect of irrigation cut off on dry matter remobilization and some agronomic traits in spring barley. Electronic Journal of Crop Production. 4, 37-19. [In Persian with English summary]

FAO., 2019. FAOSTAT. http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E

Fatemi, R., Yarnia, M., Mohammadi, S., Khalil Vand, E., Mirashkari, B., 2019. Evaluation of adaptability, yield potential and relationship between traits in barley variety and lines in West Azerbaijan. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12, 709-724. [In Persian with English summary]

Fathi, G.H., Enayat Gholizadeh, M.R., 2010. Effect of low consumption of fertilizers, iron, zinc and copper on growth and yield of barley weather conditions in Khuzestan. Journal of Specialization Crop Physiology. 1, 34-45. [In Persian with English summary]

.Francia, E., Tondelli, A., Rizza, F., Badeck, F.W., Thomas, W., Eeuwijk, F.A.V., Romagosa Clariana, I., Stanca, A.M., Pecchioni, N., 2011. Determinants of barley grain yield in drought-prone Mediterranean environments. Italian Journal of Agronomy. 8, 1-8.

Gadri, K., Mohammadi.S., Dadashi, M.R., Majidi, A., 2020.The response of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes to nitrogen fertilizer application under normal irrigation and drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 1, 73-84. [In Persian with English summary]

.Ghaemi, A.A., Zamani, B., 2015. Effect of different level of water stress and nitrogen fertilizer on yield and yield components of barley in badjgah (*Fars province*). Journal of Water and Soil. 29, 954-965. [In Persian with English summary]

.Ghafari, H., Tadayon, M.R., Nadeem, M., Cheema, M, Razmjoo, J., 2019. Proline-mediated changes in antioxidant enzymatic activities and the physiology of sugar beet under drought stress. Acta Physiologiae Plantarum. 41, 23-39.

Hamurcu, M., Khan, M.K., Pandey, A., Ozdemir, C., Avsaroglu, Z.Z., Elbasan, F., Omay, A.H., Gezgin, S., 2020. Nitric oxide regulates watermelon (*Citrullus lanatus*) responses to drought stress. Biotechnology. 10, 1–14.

Han, M., Wong, J., Su, T., Beatty, P. H., Good, A. G., 2016. Identification of nitrogen use efficiency genes in Barley: searching for QTLs controlling complex physiological traits. Frontiers in Plant Science. 7, 1587. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01587.

Imam. Y., 2004. Cereal Crops. Shiraz University Press. Iran. 188 p. [In Persian].

Majnon Hosseini, N., 2011. Cereal Crops. University of Tehran Press, Tehran, Iran, 221 P. [In Persian].

Moosavi, S.M., Zahedi-No, M., Chaichi Abdollahi, M., 2014. Assessment of diversity and identifying of effective traits on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under nonstress and terminal moisture stress conditions. Cereal Research. 4, 155-173. [In Persian with English summary].

Movlud, A., 2015. Effect of nitrogen application on some characteristics of drought tolerance in spring barley. The Electronic Journal of Crop Production. 8, 95-114. [In Persian with English summary].

Nematpour, A., Eshghizadeh, H. R., 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. [In Persian with English summary].

Niazifard.A., 2017. Effect of terminal drought stress on agronomic traits of irrigated barley lines and cultivars. Agroecology Journal. 13, 69-77. [In Persian with English summary].

Noble Amoah, J., Seo, W. Y., 2021. Efect of progressive drought stress on physio biochemical responses and gene expression patterns in wheat. Biotechnology. 11, 440-428.

Oelke, E.A., Oplinger, E.S., Teynor, T.M., 2004. Safflower. University of Minnesota. pp. 97-109.

Parvezkhan, M., Imtiaz, Y., Aslam, M., 2009. Response of wheat to foliar and soil application of Urea at different growth stage. Pakistan Journal of Botany. 41, 1197-1204.

Paye, W.A., 2000. Water relations of sparse canopied crops. Agronomy Journal. 92, 807-814.

Plaza-Bonilla, D., Lampurlan´es, L., Fern´andez. F. G., Cantero-Martínez, C., 2021. Nitrogen fertilization strategies for improved Mediterranean rainfed wheat and barley performance and water and nitrogen use efficiency, European Journal of Agronomy. 124, 1-12.

Ramak, M., Khavari Nejad, R., Hidari Sharifabad, H., Rafiee, M., Khademi, K., 2014. The effect of water stress on dry weight and

photosynthetic pigments in two sainfoin species. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research. 14, 91-80. [In Persian with English summary].

Richard, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J., 2001. Traits to improve yield in dry environments. In: Reynolds, M.P., J.U. Ortiz-Monasterio, and A., Mcnab (ds). Application of physiology in wheat breeding. Mexico: CIMMYT .

Rowshani, R., Soleymani, A., Mahlooji, M., Naderi, M.R., 2022. Evaluation of the effect of foliar application on some physiological indicators affecting the growth and yield of barley cultivars under drought stress conditions. Journal of Crop Science Research in Arid Regions. 3, 319-337. [In Persian with English summary].

Sattari, O., Mirzakhani, M., Hashemi, A., 2017. Effect of seeding rate and nitrogen levels on agronomic characteristics and nitrogen use efficiency of barley cultivar (MB-82-12). Journal of Plant Ecophysiology. 9, 101-109. [In Persian with English summary].

Schussler, J.R., Westgate, M.E., 1991. Maize kernel set Crop Science. 31, 1189- 1195

Soleimani, A., Valizadeh, M., Darvishzadeh, R., Aharizad, S., Alipour, H., 2017. Evaluation of Yield and Yield Component of Spring Barely Genotypes under Late Season Drought Stress. Journal of Crop Breeding. 9, 105-106. [In Persian with English summary].

Tabatabaei, S.A., Ghasemi, A., Shakeri. S., 2011. Effect of water stress on yield, yield components and oil content of canola cultivars. Crops Physiology. 39, 53-41. [In Persian with English summary].

Tatsumi, J., 1982. Growth of crops and transport nitrogen. Growth of crop roots and transport of nitrogen. Journal of Horticulture Science. 57, 637– 638.

Yilmaz, Z., Tanner, D.G., 1994. Response of bread wheat to rate and timing of nitrogen application in a marginal rainfall zone in Ethiopia. African Crop Science Journal (Uganda). 24, 208-215.

Yousefi Rad, M., Asghari, M., Mohammadi, M., Masoumi, A., 2016. Effect of drought stress on yield, yield components and some physiological characteristics of seven barley cultivars. Journal of Agricultural Research. 7, 297-308. [In Persian with English summary].

Zahedi, H., 2016. Effects of different manures and water stress on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Ecophysiology, 9, 94-83. [In Persian with English summary].

Zhang, K.M., Tian, G., Li, X.H., Zhang, Z.Z., Liu, J., Li, Y.H., Xie, J.F., Wang, P.F., 2020. ROS Produced via BsRBOHD Plays an Important Role in Low Temperature-Induced Anthocyanin Biosynthesis in Begonia semperflorens. Russian Journal of Plant Physiology. 67, 250–258.

Zhang, N., Zhao, B., Zhang, H.J., Weeda, S., Yang, C., Yang, Z.C., Ren, S.X., Guo, Y.D., 2013. Melatonin promotes water-stress tolerance, lateral root formation, and seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Pineal Research, 54, 15–23.

Zhen, S., Deng, X., Zhang, M., Zhu, G., Lv, D., Wang, Y., Zhu, D., Yan, Y., 2017. Comparative phosphoproteomic analysis under high-nitrogen fertilizer reveals central phosphoproteins promoting Wheat grain starch and protein synthesis. Frontiers in Plant Science, 8, 1-20. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00067.