# اثر تنش خشکی، تغذیه شیمیایی نیتروژن و تاریخ کاشت بر برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک دو رقم ارزن

**افسانه نعمت‌پور، حمیدرضا عشقی‌زاده***

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

**(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۲۸)**

**چکیده**

**به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی، تغذیه شیمیایی نیتروژن و تاریخ کاشت بر ویژگی‌های آگروفیزیولوژی ارقام ارزن آزمایشی به‌صورت اسپلیت – اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی‌اصفهان در سال ۱۳۹٤ اجرا شد. کاشت دو رقم ارزن (باستان و پیشاهنگ)، در دو تاریخ کاشت (۱ و ۱۵ تیرماه)، تحت دو رژیم آبیاری (تخلیه ۵۰ و ۸۵ درصد از رطوبت قابل استفاده در خاک) و دو سطح کود نیتروژن (مقدار موجود، ۱۱۲/۵ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره) صورت گرفت. نتایج نشان داد که تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، شاخص سبزینگی، کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲، ارتفاع، طول خوشه و وزن صد دانه منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک شد. کاربرد کود نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک در آبیاری نرمال شد ولی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد در تنش خشکی نداشت. در آبیاری نرمال عملکرد دانه و بیولوژیک در تاریخ کاشت ۱ تیر بیشتر از ۱۵ تیر بود در حالی‌که در شرایط تنش خشکی تأخیر در کاشت منجر به بهبود عملکرد نسبت به تاریخ کاشت ۱ تیر شد. رقم باستان نشت الکترولیت کمتر و پایداری غشاء بیشتری در تنش خشکی داشت. نتایج این آزمایش نشان داد تأخیر در تاریخ کاشت با تعدیل شرایط دمایی می‌تواند راهکار مناسبی برای جبران کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی باشد. همچنین در شرایط تنش کاربرد نیتروژن باید در سطوح بیشتری اعمال شود تا مقدار بهینه آن مشخص شود.**

**کلمات کلیدی: ارزن، شاخص پایداری غشاء، کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲، کاشت دیرهنگام**

**مقدمه**

تنش خشکی یکی از مهمترین فاکتورهای محدودکننده تولیدات کشاورزی در اکثر نقاط جهان است (Celette and Gary, 2013). خشکی شدید باعث کاهش قابل ملاحظه عملکرد گیاهان زراعی از طریق اثر منفی بر رشد و فیزیولوژی می‌شود (Barnabas *et al.*, 2008) و آنچه مسلم است کشورهایی از جمله ایران که در ناحیه خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار دارند و یا از کمبود آب رنج می‌برند می‌بایست راهبردهای خاصی را در جهت استفاده صحیح و مطلوب از منابع آب به عمل آورند که از مهمترین آنها تولید ارقام با عملکرد بالا و متحمل به کم‌آبی است. ارزن از گیاهان علوفه‌ای مناطق خشک است که مقاومت نسبی بالایی به تنش خشکی داشته و به‌علت

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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

همین سازگاری و بالابودن کارایی مصرف آب می‌تواند در این شرایط عملکرد رضایت‌بخشی تولید کند (شوشی‌دزفولی و مهرانی، ۱۳۸۹). رشد سریع، تطابق بالا در نواحی گرمسیری، مقاومت نسبی در مقابل خشکی و شوری، میزان بالای پروتئین، پربرگی و خوش‌خوراکی، عدم‌دارابودن پروسیک اسید، چهار کربنه‌بودن، توانایی تولید بالای آن در نواحی گرم و خشک و بالابودن کارایی مصرف آب آن نسبت به گونه‌های سه کربنه، باعث‌شده که به‌صورت گیاه علوفه‌ای مناسبی برای کشت در نواحی گرم و خشک که با محدودیت آب مواجه هستند محسوب شود (Kusaka *et al*., 2005). تنش خشکی منجر به کاهش محتوای نسبی آب، پتانسیل کل آب و کاهش رشد گیاهان می‌شود (Bajji *et al*., 2001). رشد برگ اولین فرآیندی است که به کمبود آب واکنش نشان می‌دهد و درنتیجه منجر به کاهش سطح برگ در گیاه می‌شود (Paye, 2000). در واقع کاهش رشد برگ به‌دلیل کاهش فتوسنتز است. بنابراین اختلالات دستگاه فتوسنتزی اولین فرآیندی است که تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرد. به‌منظور بررسی وضعیت فیزیولوژی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی از سنجش فلورسانس کلروفیل استفاده می‌کنند (Lichtenthaler, 1996). کارکرد دستگاه فتوسنتزی را می‌توان از طریق اندزه‌گیری Fv/Fm مورد بررسی قرار داد که نشان‌دهنده حداکثر کارایی مرکز فتوسیستم ۲ است (Chen *et al*., 2005). کاهش محتوای کلروفیل و کارایی فتوسنتز در گیاهان تحت تنش خشکی به افزایش شدت فلورسانس و کاهش Fv/Fm وابسته می‌باشد (Yousefzadeh Najafabadi and Ehsanzadeh, 2017). کاهش Fv/Fm تحت تنش خشکی ناشی از افزایش بیشتر فلورسانس کمینه (F0) نسبت به کاهش فلورسانس بیشینه (Fm) است (Yousefzadeh Najafabadi and Ehsanzadeh, 2017). تنش خشکی سبب تغییر در رنگدانه‌ها و اجزای فتوسنتز و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین می‌شود که دلایل اصلی کاهش محصول هستند (Farooq *et al*., 2009). در پژوهشی که توسط Killi و همکاران (۲۰۱۷) انجام شد کاهش ٥٦ درصدی عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی نسبت به نرمال گزارش شد.

از دیدگاه دیگر تنش خشکی منجر به عدم‌تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌شود. نیتروژن یکی از عناصر اصلی مورد نیاز برای رشد و نمو مناسب گیاهان می‌باشد (Smithson and Sanchez, 2001). عدم‌دسترسی به نیتروژن یکی از عوامل مهم مهارکننده رشد گیاهان است زیرا نیتروژن از اجزای ساختاری مهم در ترکیب پروتئین‌ها، کوآنزیم‌ها، کلروفیل، پیریمیدین‌ها، پورین‌ها و نوکلئیک اسیدها می‌باشد. علاوه بر این به‌صورت فعال در بسیاری از فرآیندهای متابولیک که نقش مستقیم در بهبود عملکرد گیاهان دارند نقش دارد (Barker and Pilbeam, 2007). افزایش نیتروژن منجر به تولید مقدار بیشتر ماده خشک و عملکرد دانه، توسعه ریشه‌ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می‌شود. علاوه بر آن افزایش نیتروژن باعث تسریع رشد سبزینه‌ای و افزایش حجم بخش هوایی گیاه می‌شود (Hopkins, 2004). کاربرد نیتروژن علاوه بر افزایش عملکرد، باعث بهبود مقاومت گیاه به شرایط تنش خشکی نیز شده است (Xu *et al*., 2005).

تاریخ کاشت از دیگر عوامل مدیریتی مؤثر در تولید تمامی محصولات است. زمان کاشت به‌دلیل تغییر در طول روز، دما و احتمالاً رطوبت نسبی، تأثیر به‌سزایی در رشد و نمو و تولید گیاه طی فصل رشد دارد (Khichar and Niwas, 2006). بنابراین توجه به انطباق فنولوژی گیاه با شرایط مناسب از طریق انتخاب تاریخ‌های کاشت مناسب به‌منظور جلوگیری از تنش و حصول حداکثر عملکرد، بسیار ضروری است (Caliskan *et al*., 2008). تأخیر در کاشت منجر به کاهش طول دوره رشد و کارایی استفاده از نور می‌شود که به نوبه خود منجر به کاهش ماده خشک تولیدی توسط گیاه می‌شود (Sun *et al*., 2013). آذری‌نصرآباد و میرزایی (۱۳۹۱) طی پژوهشی جهت تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت به‌منظور دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و علوفه لاین‌های امیدبخش ارزن دم‌روباهی نشان دادند که عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های ۱۵ خرداد و ۱ تیر نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت (۱ خرداد و ۱۵ تیر) بیشتر بود در حالی‌که عملکرد علوفه خشک در تاریخ کاشت ۱۵ تیر و ۱

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

خرداد بیشتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود.

با توجه به خشک و نیمه‌خشک‌بودن استان اصفهان و کمبود آب آبیاری به‌ویژه در سال‌های اخیر توجه به گونه‌های زراعی با نیاز آبی کمتر و مدیریت کاربرد کود نیتروژن و تاریخ کاشت در این شرایط می‌تواند مؤثر باشد. با توجه به اهمیت مطالب ذکرشده پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی، کود نیتروژن و تاریخ کاشت بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ارقام ارزن انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ٤٠ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک نجف آباد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، ۱٦۳۰ متر ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، میانگین دمای سالانه ١٤/٥ درجه سانتیگراد و ١٤٠ میلی‌متر بارندگی سالانه) در سال ١٣٩٤ انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کاشت دو رقم ارزن (رقم پیشاهنگ (*Panicum miliaceum*) و رقم باستان (*Setaria italica*)) در دو تاریخ کاشت (۱ و ۱۵ تیرماه)، تحت دو رژیم آبیاری (آبیاری نرمال و کم آبیاری) و دو سطح کود نیتروژن (مقدار موجود، ۱۱۲/۵ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره) صورت گرفت. هر واحد آزمایشی در این مطالعه شامل شش ردیف کاشت ٦ متری با فاصله ردیف ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بوته در ردیف برابر ۵ سانتی‌متر بود. دو رژیم آبیاری براساس درصد حداکثر تخلیه رطوبتی مجاز (maximum allowable depletion) اعمال شدند به طوریکه آبیاری پس از تخلیه ۵۵ و ۸۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (available soil water) به‌ترتیب برای آبیاری نرمال و کم آبیاری انجام شد. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر- تعرق ارزن طی دوره رشد براساس داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه نجف‌آباد، رابطه فائو- پنمن- مانتیث و ضریب گیاهی ارزن برای مراحل مختلف رشد تعیین شد. برای حصول اطمینان از اعمال صحیح رژیم‌های رطوبتی از سه عمق ۲۰، ٤٠ و ٦٠ سانتی‌متری خاک نمونه برداشته و در آزمایشگاه رطوبت وزنی تعیین شد. در ابتدای آزمایش و تا زمان استقرار کامل گیاه هر دو محیط رطوبتی همزمان و به یک میزان و بسته به نیاز گیاه آبیاری شدند و از مرحله ۸-٦ برگی رژیم‌های آبیاری موردنظر اعمال شدند. اعمال تیمار نیتروژن در سه مرحله (دو هفته پس از کاشت، مرحله ساقه‌رفتن و ظهور خوشه) همراه با آب آبیاری صورت گرفت. نتایج مربوط به آزمون اولیه خاک، قبل از کاشت، در جدول ۱ گزارش شده است.

**اندازه‌گیری صفات محتوای کلروفیل، شاخص سبزینگی، شاخص سطح برگ:** محتوای کلروفیل (a+b) با روش Lichtenthaler و Welburn (۱۹۸۳) اندازه‌گیری شد. در این روش ۰/۱ گرم بافت برگ را با نیتروژن مایع در داخل هاون چینی پودر کرده و سپس با افزودن استون ۸۰ درصد به‌طور کامل له شد و به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانیده و داخل فالکون ۱۰ میلی‌لیتر ریخته شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۲۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب عصاره‌ها در طول‌موج‌های ٦٤٦ و ٦٦٣ نانومتر خوانده شد.

$$Chl\ a = 12.25\ A_{663.2} - 2.798\ A_{646.8}$$
$$Chl\ b = 21.50\ A_{646.8} - 5.10\ A_{663.3}$$

اندازه‌گیری شاخص سبزینگی در مرحله ظهور برگ پرچم با دستگاه اسپد انجام شد. شاخص سطح برگ پس از ظهور برگ پرچم با دستگاه OSK 9875 area meter (GA-5, Japan) اندازه‌گیری شد.

**محتوای نسبی آب برگ (RWC):** پس از ظهور خوشه با استفاده از برگ‌های بالغ و جوان قسمت بالای ساقه گیاه محتوای نسبی آب اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری ابتدا وزن تازه (FW) نمونه برگ‌ها تعیین و سپس آنها را در آب‌مقطر به‌مدت ٤ ساعت در دمای آزمایشگاه و تاریکی قرار داده و متعاقب آن وزن برگ‌ها در حالت آماس (TW) تعیین شد. در مرحله بعد برگ‌ها در آون قرار داده شده و وزن خشک (DW) آنها اندازه‌گیری شد. RWC از رابطه زیر به‌دست آمد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش**

| عمق خاک (سانتی‌متر) | نیتروژن کل (درصد) | ماده آلی (درصد) | پتاسیم (میلی‌گرم/کیلوگرم) | فسفر (میلی‌گرم/کیلوگرم) | pH | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس/متر) | بافت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ | ۰/۰۵۳ | ۰/۳۱ | ۳۰۹ | ۳۲/٤ | ۸/٤ | ۲/٤ | لومی‌رسی |
| ۳۰-٦۰ | ۰/۰٤٦ | ۰/٥٦ | ۲۱۲ | ۲٤/۹ | ۸/۲ | ۰/٤٦ | لومی‌رسی |

(Askari and Ehsanzadeh, 2015):

RWC % = [(FW-DW) / (TW-DW)] × 100

**شاخص پایداری غشا (MSI):** برای اندازه‌گیری این شاخص در مرحله ظهور خوشه، از برگ‌های بالغ و جوان بالای ساقه نمونه‌برداری انجام شد. ۲۰۰ میلی‌گرم از برگ‌ها وزن شده و داخل دو سری لوله آزمایش حاوی ۱۰میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر قرار گرفت. سپس یکسری از نمونه‌ها در دستگاه بن‌ماری در دمای ٤۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفته و هدایت الکتریکی آنها به کمک دستگاه EC متر (مدلCyberscan Singapore) اندازه‌گیری شد. سری دوم از لوله‌های آزمایش را نیز در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۰ دقیقه قرار داده و پس از سردشدن، هدایت الکتریکی آنها نیز اندازه‌گیری شد. در نهایت MSI از رابطه زیر به‌دست آمد (Moradi and Ehsanzadeh, 2015):

MSI =۱- (هدایت الکتریکی آب ۱۰۰ درجه/هدایت الکتریکی آب ٤۰درجه) ×۱۰۰

**کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲:** حداکثر کارایی فتوسیستم ۲ از تقسیم فلورسانس کلروفیل متغیر (Fv) به فلورسانس کلروفیل بیشینه (Fm) به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری این فاکتور سه برگ کاملاً توسعه‌یافته جوان انتخاب شد در هر واحد آزمایشی و به‌مدت ۲۰ دقیقه با تاریکی سازگارشده و سپس حداکثر کارایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) با کلروفیل فلورومتر (Opti-Sciences, Inc., Hudson, NH, USA) بین ساعت ۱۲-۱۰ اندازه‌گیری شد و میانگین هر سه اندازه‌گیری برای هر واحد آزمایشی استفاده شد.

برای اندازه‌گیری ارتفاع، طول خوشه و وزن صد دانه تعداد ۱۵ بوته از هر کرت انتخاب و میانگین ۱۵ بوته برای صفات مذکور در هر واحد آزمایشی ثبت شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیک، پس از رسیدن کامل محصول و حذف اثر حاشیه، خطوط وسط در هر واحد آزمایشی برداشت شد. نمونه‌های برداشت‌شده به‌مدت ٤۸ ساعت در آون و دمای ۷۰ درجه قرار گرفتند و پس از آن وزن و عملکرد بیولوژیک مشخص شد. عملکرد دانه پس از کوبیدن نمونه‌ها و جداسازی دانه و توزین نمونه‌ها مشخص شد.

تجزیه مرکب داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

**کلروفیل a+b:** اثر اصلی عوامل آزمایشی و اثر متقابل آبیاری × نیتروژن، تاریخ کاشت × رقم و رقم × آبیاری بر محتوای کلروفیل a+b معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد کود نیتروژن به ترتیب سبب افزایش ۲۷ و ٦ درصدی کلروفیل a+b در آبیاری نرمال و تنش خشکی شد (جدول ۵). به عبارت دیگر افزایش کلروفیل a+b در اثر کاربرد کود نیتروژن در آبیاری نرمال به مراتب بیشتر از تنش خشکی بود. نیتروژن از جمله عناصر تشکیل دهنده کلروفیل است بنابراین افزایش نیتروژن در محیط رشد گیاه باعث افزایش مقدار کلروفیل برگ می‌شود ( Bauer and Black, 1994). ریاحی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند که با افزایش نیتروژن تا مقدار ٦۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی، غلظت کلروفیل a به‌ترتیب ۸۳ و ۳۰ درصد و غلظت کلروفیل b به‌ترتیب ٤٦ و ۲ درصد افزایش یافت. در پژوهشی دیگر، Chen و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که فراهمی نیتروژن در هنگام تنش کم‌آبی از کاهش محتوای کلروفیل جلوگیری

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت، رژیم آبیاری و نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده در ارقام ارزن**

| منابع تغییرات | df | کلروفیل (a+b) | کلروفیل a/b | LAI | RWC | MSI | نشت الکترولیت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ کاشت (ت) | ۱ | ٤/۱ ** | ٤/٤۲ ** | ۰/۰۲٦ | ۲٤/۸ | ٤/٤ | ۳/۵ |
| خطا | ٤ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۲۵ | ٦/۰۵ | ۵/۷ | ۵/٦۷ |
| آبیاری (آ) | ۱ | ۱/۱ ** | ۳/۲۳ ** | ۱۱/۰۱ ** | ٤۳۹۵/۳ ** | ۲۸۵/٤ ** | ۲۸۵/۲ ** |
| ت × آ | ۱ | ۰/۰۲ | ۰/۳۲ ** | ۰/۱۸ | ۱۷/۸ | ۳۱/۸ | ۳۱/۷ |
| خطا | ٤ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰٤ | ۰/۰۵ | ۱۸/٦ | ٤/۹ | ۵/۰ |
| نیتروژن (ن) | ۱ | ۰/۷۸ ** | ۰/۱۹ | ۰/۸۲ * | ۱۰۵/۱ * | ۱۱۷/۱ * | ۱۱۷/۲ * |
| ت × ن | ۱ | ۰/۲۱ * | ۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۱۵/٦ | ٤/۷ | ٤/۷ |
| آ × ن | ۱ | ۰/۳٤ * | ۰/۹٤ * | ۰/٤۰ | ۳۰/۵ | ۳۸/۲ | ٤۲/۲ |
| ت × آ × ن | ۱ | ۰/۰۸ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۱۱/۷ | ٤٦/۳ | ٤۲/۲ |
| خطا | ۸ | ۰/۰۳ | ۰/۰۹ | ۰/۱٤ | ۱۲/۱ | ۱٤/۳ | ۱۵/٤ |
| رقم (ر) | ۱ | ۲/۵٤ ** | ۱/۲٦ * | ۹/۸۲ ** | ۷۱/۹ | ۵٤/۲ | ۵۰/۰ |
| ر × ت | ۱ | ۰/۲۹ * | ۰/۰۰٦ | ۰/۰۱ | ۱۵/۸ | ۲۵/۲ | ۲۸/۵ |
| ر × آ | ۱ | ۰/۳۰ * | ۰/۳۹ | ۰/٤۵ | ۲۲/۲ | ٦۵/۰ * | ٦۳/۰ |
| ر × ن | ۱ | ۰/۱۳ | ۰/۰۰۲ | ۰/۱۰ | ۷۳/٦ | ۱٦/۸ | ۱۷/۵ |
| ر × ت × آ | ۱ | ۰/۰۰٤ | ۰/٤۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰٤ | ۳٦/۵ | ۳۵/۰ |
| ر × ت × ن | ۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۷۰ | ۹/۷ | ۹/۲ |
| ر × آ × ن | ۱ | ۰/۰۲ | ۰/۱۱ | ۰/۰٤ | ۱۲/٤ | ۳٦/۲ | ۳۸/۵ |
| ر × ت × آ × ن | ۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰٤ | ۰/۰۲ | ۳٦/۷ | ۱۲/۳ | ۱۱/۰ |
| خطا | ۱٦ | ۱/۰٦ | ۰/۱٦ | ۰/۱۲ | ۲۵/۸ | ۱٤/۸ | ۱٤/۷ |
| ضریب تغییرات | | ۱۵/۳۵ | ۱۳/٤۰ | ٦/۷۸ | ٦/۳۹ | ٤/۵۳ | ۲۵/۵ |

*** و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.**

می‌کند.

محتوای کلروفیل a+b در هر دو رقم در تاریخ کاشت ۱ تیر بیشتر از ۱۵ تیر بود و همچنین محتوای کلروفیل در هر دو تاریخ کاشت در رقم باستان بیشتر از پیشاهنگ بود (جدول ٦). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار کلروفیل a+b در هر دو رقم شد. بیشینه و کمینه کلروفیل a+b به‌ترتیب در رقم باستان و آبیاری نرمال (۲/۰۸ mg/g FW) و رقم پیشاهنگ و تنش خشکی (۱/۳۱ mg/g FW) مشاهده شد (جدول ۷). نتایج پژوهش Mohammadi و همکاران (۲۰۱٦) کاهش کلروفیل کل در ارقام گلرنگ تحت تنش خشکی را نشان داد. با توجه به مطالعات Saeidi و Abdoli (۲۰۱۵)، تنش خشکی آخر فصل سبب کاهش فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل a، b و افزایش دمای برگ در ارقام گندم می‌شود. ریاحی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که غلظت کلروفیل a و b در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۲۸ و ۳۳ درصد کاهش یافت. این مسأله ممکن است به‌دلیل افزایش فعالیت کلروفیلاز به هنگام تنش خشکی باشد. در پژوهشی که توسط Nayar و همکاران (۲۰۰۳) انجام شد، تغییرات متابولیکی به‌عنوان عامل

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**ادامه جدول ۲-**

| منابع تغییرات | df | شاخص سبزینگی | Fv/Fm | ارتفاع | طول خوشه | وزن صد دانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ کاشت (ت) | ۱ | ۵۲/۰ | ۰/۰۰٤ | ۸۸/۷ | ۲/۲ | ۰/۰۰۲* | ۳۷۱۱۰۸/۵ | ۱۱۲۰٦۵۹/٦ |
| خطا | ٤ | ۱٦/۷ | ۰/۰۰۲ | ۱۸/۳ | ٤/۵ | ۰/۰۰۰۲ | ۹۳۹۲۵/۷ | ۳٤٤٦۰۸/۱ |
| آبیاری (آ) | ۱ | ۸۷/۱* | ۰/۰۲** | ۱٤۳۲٦/۱** | ٦۲/۸** | ۰/۰۰۹** | ۳۱۲۸۱۵۹۹/٤** | ۱۵۸۱۷٤٦٤۰/٦** |
| ت × آ | ۱ | ٤/٦ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۳۷۸/۳* | ۱٤/۲* | ۰/۰۰۰۵ | ٤۷۰۲۲۸/۲ | ۱۱٦۱۱۸۰/۸* |
| خطا | ٤ | ٤/۹ | ۰/۰۰۰۷ | ٤۹/۷ | ۱/۲ | ۰/۰۰۰۲ | ۱۲۷۷۱۸/۱ | ۸۷۰۲٤/۵ |
| نیتروژن (ن) | ۱ | ۰/۰٤ | ۰/۰۰۲ | ۱٦۳٦/۲** | ۱٤/۵* | ۰/۰۰۰٤ | ۲۳۲۰۰۹/۱ | ۵۲۸۹٦۰۹/۹** |
| ت × ن | ۱ | ۲۳/۵ | ۰/۰۰۰۱ | ۹/٤ | ۲/۲ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۱۰۷۷۳/۹ | ۵۱۰۷٦۱/٦ |
| آ × ن | ۱ | ۱۸/۵ | ۰/۰۰۰۲ | ۲٤٤/۱ | ۰/٤٤ | ۰/۰۰۰۰۵ | ٤۵۳۰۷۸/٤* | ٦۲۹۲۹۹۳/۸** |
| ت × آ × ن | ۱ | ۳۱/۹ | ۰/۰۰۰۱ | ٤۲۱/٦ | ۳/۳ | ۰/۰۰۱ | ۱۲۱۳۳/۳ | ۸٤۳٤۵۲/۷ |
| خطا | ۸ | ۱٦/۵ | ۰/۰۰۱ | ۱۱٤/۲ | ۱/۵ | ۰/۰۰۰٤ | ۸۰٦٤۲/٤ | ۳۵۲۱٦۹/۰ |
| رقم (ر) | ۱ | ۲۰۸۲/۲ | ۰/۰۰۰۹ | ۳۸۹/٦ | ۳۳٤/۱** | ۰/۳۳** | ۱۵۸۳۳۵/٦ | ۲۲۰۵۱٦۵۳/٦** |
| ر × ت | ۱ | ۲۱/۹ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۱۰۲/۸ | ۳۱/۱* | ۰/۰۰٤** | ۱۰۰۲۵۷/٦ | ٤۵٤۵۷/۱ |
| ر × آ | ۱ | ٦۸/۵ | ۰/۰۰۰۰۵ | ۱/٦ | ۳/٦ | ۰/۰۰۰۲ | ۱۷۱٤٦٦/۹ | ۹۵۳۸۲٤۷/۷** |
| ر × ن | ۱ | ۳۳/۲ | ۰/۰۰۰۹ | ۱٤۹/٦ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰۰٤ | ۳٤۱۳۷۹/٦ | ۵۰۹۰/۳ |
| ر × ت × آ | ۱ | ۹۲/۸ | ۰/۰۰۲ | ۱۵/۵ | ۵/۹ | ۰/۰۰۰۱ | ٤٦۸٤۱٦/۷ | ۲۰۵٦۰٤۰/۰* |
| ر × ت × ن | ۱ | ۱/۱ | ۰/۰۰۷** | ۲۳۲/۹ | ۰/٦۰ | ۰/۰۰۰۲ | ٤۳٤۵۸/۹ | ۵٦٦۱۹/۸ |
| ر × آ × ن | ۱ | ۰/٦۵ | ۰/۰۰۰۰۲ | ٦۷۳/۱ | ۰/٤۰ | ۰/۰۰۰۱ | ۷۹٦٦۰/۵ | ٦۱۸٤۷۵/۱ |
| ر × ت × آ × ن | ۱ | ۸/۵ | ۰/۰۰۰۰۲ | ۱٤/۳ | ۱/۵ | ۰/۰۰۱ | ۳۲۷٤۹۷/٤ | ٦۱۸۳۸/۵ |
| خطا | ۱٦ | ۱۳/۱ | ۰/۰۰۲ | ۱۳۰/۳ | ۵/۱ | ٤/٦٤ | ۵٤۲۳/۷ | ٤۲٦۹۰۱/۵ |
| ضریب تغییرات | | ۷/٤۰ | ۳/٤٦ | ۱۲/۵ | ۱۲/٤ | ۰/۰۰۰٤ | ۱۱/٤۱ | ۱۲/۲۳ |

*** و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.**

کاهش سطوح رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت خوشه‌ای بیان شد. این محققان گزارش کردند که کاهش کارایی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش تولید کارتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود.

**نسبت کلروفیل a/b**: اثر اصلی تاریخ کاشت، رژیم آبیاری و رقم، و اثر متقابل تاریخ کاشت × رژیم آبیاری و رژیم آبیاری × نیتروژن بر نسبت کلروفیل a/b معنی‌دار شد (جدول ۲). نسبت کلروفیل a/b در رقم باستان نسبت به پیشاهنگ ۱۲ درصد بیشتر بود (جدول ۳). تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۱۰ و ۲۳ درصدی نسبت کلروفیل a/b در تاریخ کاشت ۱ و ۱۵ تیر شد. نسبت کلروفیل a/b در هر دو رژیم آبیاری در تاریخ کاشت ۱ تیر بیشتر از ۱۵ تیر بود (جدول ٤). کاهش نسبت کلروفیل a/b می‌تواند به‌دلیل افزایش کلروفیل b در شرایط تنش خشکی به‌عنوان یک مکانیسم دفاع احتمالی باشد (Pardo and Delgado, 1989). کاربرد کود نیتروژن نسبت به عدم‌کاربرد آن به‌ترتیب سبب افزایش و کاهش ۱۳ و ۵ درصدی نسبت کلروفیل a/b در آبیاری نرمال و تنش خشکی شد. به عبارت دیگر تأثیر کاربرد کود نیتروژن در آبیاری نرمال

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، رژیم آبیاری و کود نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده در ارقام ارزن**

| عوامل آزمایش | کلروفیلa+b (میلی‌گرم/گرم وزن تازه) | کلروفیل a/b | سطح برگ | محتوای نسبی آب برگ | پایداری غشاء | نشت الکترولیت | شاخص سبزینگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (٪) | | | |
| ۱ تیر ماه | ۱/۹۱ a | ۳/۳۱ a | ۵/۱۱ a | ۸۰/۳ a | ۸۵/۲ a | ۱۵/۳ a | ۵۰/۰ a |
| ۱۵ تیر ماه | ۱/۳۳ b | ۲/۷۰ b | ٤/۹٦ a | ۷۸/۸ a | ۸٤/٦ a | ۱٤/۸ a | ٤۷/۹ a |
| رژیم آبیاری | | | | | | | |
| نرمال | ۱/۷۷ a | ۳/۲۷ a | ۵/۵۱ a | ۸۹/۱ a | ۸۷/۳ a | ۱۲/٦ b | ۵۰/۳ a |
| تنش خشکی | ۱/٤٦ b | ۲/۷٤ b | ٤/۵٦ b | ۷۰/۰ b | ۸۲/۵ b | ۱۷/۵ a | ٤۷/٦ b |
| کود نیتروژن | | | | | | | |
| صفر | ۱/٤۹ b | ۲/۹٤ a | ٤/۹۰ b | ۸۱/۱ a | ۸۳/۳ b | ۱٦/٦ a | ٤۹/۰ a |
| ۱۱۲/۵ | ۱/۷۵ a | ۳/۰۷ a | ۵/۱٦ a | ۷۸/۱ b | ۸٦/۵ a | ۱۳/۵ b | ٤۹/۰ a |
| رقم | | | | | | | |
| باستان | ۱/۸۵ a | ۳/۱۷ a | ٤/۵۸ b | ۷۸/۳ a | ۸٦/۰ a | ۱٤/۰ a | ۵۵/٦ a |
| پیشاهنگ | ۱/۳۹ b | ۲/۸٤ b | ۵/٤۹ a | ۸۰/۸ a | ۸۳/٤ a | ۱٦/۱ a | ٤۲/٤ a |

**در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.**

**ادامه جدول ۳-**

| عوامل آزمایش | Fv/Fm | ارتفاع | طول خوشه | وزن صد دانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (سانتی‌متر) | | (گرم) | (کیلوگرم در هکتار) | |
| ۱ تیر ماه | ۰/۷۲ a | ۹۲/۵ a | ۱۸/٤ a | ۰/٤۱ a | ۲۱۲۸ a | ۵٤۹٦ a |
| ۱۵ تیر ماه | ۰/۷۰ a | ۸۹/۸ a | ۱۸/۰ a | ۰/٤۰ b | ۱۹۵۲ a | ۵۱۹۰ a |
| رژیم آبیاری | | | | | | |
| نرمال | ۰/۷٤ a | ۱۰۸/٤ a | ۱۹/٤ a | ۰/٤۲ a | ۲۸٤۸ a | ۷۱۵۸ a |
| تنش خشکی | ۰/٦۹ b | ۷۳/۹ b | ۱۷/۱ b | ۰/۳۹ b | ۱۲۳۳ b | ۳۵۲۸ b |
| کود نیتروژن | | | | | | |
| صفر | ۰/۷۱ a | ۸۵/٤ b | ۱۷/۷ a | ۰/٤۰ a | ۱۹۷۱ a | ۵۰۱۱ b |
| ۱۱۲/۵ | ۰/۷۲ a | ۹۷/۰ a | ۱۸/۸ a | ۰/٤۱ a | ۲۱۱۰ a | ۵٦۷۵ a |
| رقم | | | | | | |
| باستان | ۰/۷۲ a | ۹٤/۰ a | ۱۵/٦ b | ۰/۳۲ b | ۲۰۹۸ a | ٤٦٦۵ b |
| پیشاهنگ | ۰/۷۱ a | ۸۸/۳ a | ۲۰/۹ a | ۰/٤۹ a | ۱۹۸۳ a | ٦۰۲۱ a |

**در هر ستون و در هر تیمار میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد تفاوت آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد هستند.**

بر کلروفیل a و در تنش خشکی بر کلروفیل b بیشتر بوده است (جدول ۵).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و رژیم آبیاری بر کلروفیل a/b، ارتفاع، طول خوشه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک**

| عوامل آزمایش | | کلروفیل a/b | ارتفاع | طول خوشه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تاریخ کاشت | رژیم آبیاری | | (سانتی‌متر) | | (کیلوگرم در هکتار) | |
| ۱ تیر ماه | نرمال | ۳/٤۹ a | ۱۱۰ a | ۲۰/۱ a | ۳۰۳٤ a | ۷٤٦۷ a |
| | تنش خشکی | ۳/۱۳ b | ۷۰ c | ۱٦/۷ b | ۱۲۲۲ c | ۳٥۲٥ b |
| ۱۵ تیر ماه | نرمال | ۳/۰٥ b | ۱۰۷ a | ۱۸/٦ ab | ۲٦٦۰ b | ٦۸٥۰ a |
| | تنش خشکی | ۲/۳٦ c | ۷۸ b | ۱۷/٤ b | ۱۲٤٤ c | ۳٥۳۱ b |

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

**جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود نیتروژن بر نسبت کلروفیل a/b، کلروفیل (a+b)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک**

| عوامل آزمایش | | کلروفیل **a/b** | کلروفیل **a+b** (میلی‌گرم/گرم وزن تازه) | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
|---|---|---|---|---|---|
| رژیم آبیاری | کود نیتروژن (**kg/ha**) | | | (کیلوگرم در هکتار) | |
| نرمال | صفر | ۳/۰۷ b | ۱/٥٦ b | ۲٦۸۱ b | ٦٤٦٤ b |
| | ۱۱۲/٥ | ۳/٤۷ a | ۱/۹۸ a | ۳۰۱٤ a | ۷۸٥۲ a |
| تنش خشکی | صفر | ۲/۸۲ bc | ۱/٤۲ b | ۱۲٦۰ c | ۳٥٥۸ c |
| | ۱۱۲/٥ | ۲/٦۷ c | ۱/٥۱ b | ۱۲۰٥ c | ۳٤۹۸ c |

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

**جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت بر کلروفیل (a+b)، وزن صد دانه و طول خوشه**

| **عوامل آزمایش** | | کلروفیل **a+b** | وزن صد دانه | طول خوشه |
|---|---|---|---|---|
| رقم | تاریخ کاشت | (میلی‌گرم/گرم وزن تازه) | (گرم) | (سانتی‌متر) |
| باستان | ۱ تیر ماه | ۲/۲۲ a | ۰/۳٤ b | ۱٦/٦ b |
| | ۱۵ تیر ماه | ۱/٤۸ b | ۰/۳۱ c | ۱٤/٦ c |
| پیشاهنگ | ۱ تیر ماه | ۱/٦۰ b | ۰/٤۹ a | ۲۰/۳ a |
| | ۱۵ تیر ماه | ۱/۱۸ c | ۰/٤۹ a | ۲۱/٤ a |

**شاخص سبزینگی**: اثر اصلی رژیم آبیاری و اثر متقابل رقم × آبیاری بر شاخص سبزینگی معنی‌دار شد (جدول ۲). مقدار شاخص سبزینگی در آبیاری نرمال به‌طور معنی‌داری بیشتر از تنش خشکی بود (۵۰/۳ در مقابل ٤۷/٦) (جدول ۳). کافی و رستمی (۱۳۸٦) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی از شدت رنگ سبز برگ‌ها کاسته شده و عدد کلروفیل نیز کاهش می‌یابد. اثر تنش خشکی بر شاخص سبزینگی در رقم باستان معنی‌دار نبود در حالیکه سبب کاهش معنی‌دار آن در رقم پیشاهنگ نسبت به آبیاری نرمال شد. در هر دو رژیم آبیاری مقدار شاخص سبزینگی در رقم باستان بیشتر از

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و رژیم آبیاری بر کلروفیل (a+b)، شاخص سبزینگی، شاخص سطح برگ، نشت الکترولیت، شاخص پایداری غشاء و عملکرد بیولوژیک**

| عوامل آزمایش | | کلروفیل (a+b) (میلی‌گرم/گرم وزن تازه) | سطح برگ | شاخص پایداری غشاء (٪) | نشت الکترولیت (٪) | شاخص سبزینگی | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم | رژیم آبیاری | | | | | | |
| باستان | نرمال | ۲/۰۸ a | ۵/۱٦ b | ۸۷/۲ a | ۱۲/۷ b | ۵۵/۷ a | ٦۰۳۵ b |
| | تنش خشکی | ۱/٦۱ b | ٤/۰۱ c | ۸٤/۷ a | ۱۵/۳ b | ۵۵/٤ a | ۳۲۹۵ c |
| پیشاهنگ | نرمال | ۱/٤٦ bc | ۵/۸۷ a | ۸۷/٤ a | ۱۲/۵ b | ٤٤/۹ b | ۸۲۸۲ a |
| | تنش خشکی | ۱/۳۱ c | ۵/۱۰ b | ۸۰/۲ b | ۱۹/۷ a | ٤۰/۱ c | ۳۷٦۰ c |

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

پیشاهنگ بود (جدول ۷).

**شاخص سطح برگ:** اثر اصلی رژیم آبیاری، نیتروژن و رقم، و برهمکنش رقم × آبیاری بر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش ۵ درصدی شاخص سطح برگ نسبت به عدم‌کاربرد آن شد (جدول ۳). کاربرد نیتروژن به‌دلیل افزایش توسعه و دوام سطح برگ باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود (Valadabadi and Aliabadifarahani, 2010). در بررسی اثر کاربرد نیتروژن بر گیاه ذرت تحت شرایط تنش خشکی مشخص شد که شاخص سطح برگ در تیمارهای ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۳/۵، ۳/۷ و ٤/۱ بود (Moosavi, 2012). تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۲۲ و ۱۳ درصدی شاخص سطح برگ در رقم باستان و پیشاهنگ در مقایسه با آبیاری نرمال شد (جدول ۷). بیشترین و کمترین مقدار شاخص سطح برگ به‌ترتیب از رقم پیشاهنگ و آبیاری نرمال (۵/۸۷) و رقم باستان و تنش خشکی (٤/۰۱) به‌دست آمد (جدول ۷).

**محتوای نسبی آب برگ:** اثر اصلی رژیم آبیاری و نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ (٦۳ درصد) نسبت به آبیاری نرمال شد. محتوای نسبی آب برگ معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به‌عنوان یک شاخص جهت تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (Chen *et al.*, 1994). در پژوهش Li-Ping و همکاران (۲۰۰٦) محتوای نسبی آب برگ در ذرت در مرحله آبکی‌شدن دانه‌ها تحت تنش خشکی متوسط (۵۵ درصد ظرفیت زراعی) و شدید (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) در مقایسه با آبیاری معمول به‌ترتیب ۲ و ۱۳ درصد کاهش یافت. کاربرد کود نیتروژن سبب کاهش ۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به عدم‌کاربرد آن شد (جدول ۳). نتایج متناقضی در ارتباط با تأثیر کاربرد نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ گزارش شده است. جلیلیان و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی تأثیر نیتروژن بر ذرت دانه‌ای گزارش کردند که تأثیر نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود ولی باعث کاهش آن شد. ایشان بیان کردند سطوح ۱۷۰ و ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب سبب کاهش ۲ و ٤ درصد محتوای نسبی آب برگ نسبت به مصرف ۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شدند. می‌توان بیان کرد که کاربرد نیتروژن به‌طور غیرمستقیم و با تأثیر بر رشد رویشی و افزایش شاخص سطح برگ موجب کاهش محتوای نسبی آب در واحد سطح برگ می‌شود. در حالیکه برخی مطالعات بیان کردند که کاربرد نیتروژن از طریق افزایش تولید پروتئین و افزایش ضخامت دیواره سلولی باعث جذب آب اضافی توسط پروتوپلاسم و افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شود (Saneoka *et al.*, 2004). همچنین Ali و Golombeg (۲۰۱٦) بیان کردند که تغذیه با کود نیتروژن به تنظیم اسمزی ارقام ارزن کمک کرد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

ولی بر محتوای نسبی آب برگ تأثیری نداشت.

**شاخص پایداری غشاء:** اثر اصلی رژیم آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل رقم × آبیاری بر شاخص پایداری غشاء معنی‌دار بود (جدول ۲). کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش ٤ درصدی شاخص پایداری غشاء نسبت به عدم‌کاربرد آن شد (جدول ۳). اثر تنش خشکی بر شاخص پایداری غشاء در رقم باستان معنی‌دار نبود ولی سبب کاهش ۸ درصدی آن در رقم پیشاهنگ شد (جدول ۷). به‌طور کلی تنش خشکی شاخص پایداری غشاء را از طریق اختلال در نفوذپذیری غشای سلولی کاهش می‌دهد (Ghaderi and Siosemardeh, 2011). در گیاه گلرنگ نیز Mohammadi و همکاران (۲۰۱٦) کاهش شاخص پایداری غشاء را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند.

**نشت الکترولیت:** اثر اصلی رژیم آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل رقم × آبیاری بر نشت الکترولیت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقدار نشت الکترولیت در شرایط تنش خشکی به‌طور قابل توجهی بیشتر از آبیاری نرمال بود (۱۷/۵ در مقابل ۱۲/٦ درصد)؛ در حالیکه مقدار نشت الکترولیت در شرایط کاربرد کود نیتروژن به مقدار قابل توجهی (۱۹ درصد) کمتر از عدم‌کاربرد کود نیتروژن بود (جدول ۳). تحت شرایط تنش رطوبتی یکی از اولین بخش‌های گیاه که آسیب می‌بیند غشای پلاسمایی است (Liang *et al*., 2003) زیرا در شرایط تنش تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل افزایش می‌یابد (Foyer *et al*., 1994). این ترکیبات به ترکیبات سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و با تغییر ساختمان غشاء در اثر اکسیداسیون چربی‌ها و پروتئین‌ها (Liang *et al*., 2003)، تراوایی غشای سلولی را افزایش می‌دهند که منجر به نشت الکترولیت‌های موجود در داخل سلول به سمت بیرون می‌شوند (Blum *et al*., 1982) و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اثر تنش خشکی بر نشت الکترولیت در رقم باستان معنی‌دار نبود در حالیکه سبب افزایش ۵۷ درصدی نشت الکترولیت در رقم پیشاهنگ در مقایسه با آبیاری نرمال شد. بیشترین و کمترین مقدار نشت الکترولیت به‌ترتیب در رقم پیشاهنگ و تنش خشکی (۱۹/۷ درصد) و رقم پیشاهنگ و آبیاری نرمال (۱۲/۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۷).

**حداکثر کارایی فتوسیستم ۲:** کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش ۷ درصدی کارایی فتوسیستم ۲ در مقایسه با آبیاری نرمال شد (جدول ۳). اردلانی و همکاران (۱۳۹٤) نیز کاهش کارایی فتوسیستم ۲ در اثر تنش خشکی را در ژنوتیپ‌های گندم گزارش کردند.

**ارتفاع:** اثر اصلی رژیم آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل تاریخ کاشت × رژیم آبیاری بر ارتفاع معنی‌دار شد (جدول ۲). ارتفاع بوته در شرایط کاربرد کود نیتروژن به‌طور قابل توجهی بیشتر از عدم‌کاربرد نیتروژن (۹۷ در مقابل ۸۵/٤ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). در بررسی اثر نیتروژن بر گیاه ذرت گزارش شد که کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب سبب افزایش ۱۳ و ۱۲ درصدی ارتفاع گیاه در مقایسه با ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد (Iqbal *et al*., 2016). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته در هر دو تاریخ کاشت شد. بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۱ تیر و به‌ترتیب در آبیاری نرمال (۱۱۰ سانتی‌متر) و تنش خشکی (۷۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ٤). در مطالعه دیگری نیز کاهش ۲٦ درصدی ارتفاع گیاه سورگوم تحت تنش خشکی گزارش شد (Almodares *et al*., 2013). کاهش میزان عرضه آب باعث کاهش طول سلول‌ها می‌شود بنابراین تنش خشکی از طریق کاهش آماس سلولی، رشد سلول‌ها، حجم و تعداد سلول‌های ساقه باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Yang *et al*., 2006).

**طول خوشه:** اثر اصلی رژیم آبیاری و رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رژیم آبیاری و تاریخ کاشت × رقم بر طول خوشه معنی‌دار شد (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش ۱۲ درصدی طول خوشه نسبت به آبیاری نرمال شد. طول خوشه در رقم پیشاهنگ به‌طور قابل توجهی بیشتر از رقم باستان بود (۲۰/۹ در مقابل ۱۵/٦ سانتی‌متر) (جدول ۳). طباطبایی و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

دهقان‌هراتی (۱۳۹۱) نیز کاهش معنی‌دار طول خوشه در ارقام سورگوم را درنتیجه تنش خشکی گزارش کردند. تنش خشکی سبب کاهش طول خوشه در هر دو تاریخ کاشت شد اما تأثیر آن بر کاهش طول خوشه در تاریخ کاشت ۱ تیر به‌مراتب بیشتر از ۱۵ تیر (۱۷ درصد در مقابل ٦ درصد) بود (جدول ٤). در هر دو تاریخ کاشت طول خوشه در رقم پیشاهنگ بیشتر از باستان بود (جدول ٦).

**وزن صد دانه:** اثر اصلی تاریخ کاشت، رژیم آبیاری و رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر وزن صد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقدار وزن صد دانه در آبیاری نرمال (۰/٤۲ گرم) به‌طور قابل توجهی بیشتر از تنش خشکی (۰/۳۹ گرم) بود (جدول ۳). طباطبایی و دهقان‌هراتی (۱۳۹۱) علت کاهش وزن صد دانه در تیمار تنش خشکی نسبت به نرمال را کاهش اندازه بذر و همچنین کاهش میزان پرشدن دانه به‌علت محدودیت عرضه مواد فتوسنتزی بیان کردند. تفاوت معنی‌داری بین دو تاریخ کاشت از نظر وزن صد دانه در رقم پیشاهنگ مشاهده نشد اما در رقم باستان وزن صد دانه در تاریخ کاشت ۱ تیر بیشتر از ۱۵ تیر بود. در هر دو تاریخ کاشت وزن صد دانه در رقم پیشاهنگ بیشتر از باستان بود (جدول ٦).

**عملکرد دانه:** اثر اصلی رژیم آبیاری و اثر متقابل تاریخ کاشت × رژیم آبیاری و رژیم آبیاری × نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت. تنش خشکی سبب کاهش ۵۷ درصدی عملکرد دانه نسبت به آبیاری نرمال شد (جدول ۳). حیاتی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند که با افزایش فواصل آبیاری (۷، ۱٤ و ۲۱ روز) و ایجاد تنش خشکی ناشی از آن تعداد دانه در خوشه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، محتوای کلروفیل a، b و کل، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارزن دم‌روباهی کاهش یافت. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در هر دو تاریخ کاشت در مقایسه با آبیاری نرمال شد اما تأثیر آن بر تاریخ کاشت اول بیشتر از دوم بود (۵۹ در مقابل ۵۳ درصد) (جدول ٤). کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش ۱۲ درصدی عملکرد دانه در آبیاری نرمال شد در حالیکه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه در تنش خشکی نداشت (جدول ۵).

**عملکرد بیولوژیک:** اثر عوامل اصلی بجز تاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت × رژیم آبیاری، رژیم آبیاری × نیتروژن و رقم × رژیم آبیاری بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش ۱۳ درصدی عملکرد در مقایسه با عدم‌کاربرد شد (جدول ۳). کاربرد کود نیتروژن در طول دوره رشد ارزن می‌تواند سبب افزایش ماده خشک کل و کارایی استفاده از آب شود (Rostamza *et al.*, 2011). نتایج پژوهش Shahin و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزایش کاربرد کود نیتروژن به ۷۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد سبب افزایش ارتفاع، تعداد برگ، تعداد پنجه و عملکرد ماده خشک ارزن مرواریدی شد. تنش خشکی به‌ترتیب سبب کاهش ۵۳ و ٤۸ درصدی عملکرد بیولوژیک در مقایسه با آبیاری نرمال در تاریخ کاشت ۱ و ۱۵ تیرماه شد. به عبارت دیگر تأثیر تنش خشکی بر کاهش عملکرد در تاریخ کاشت اول بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود (جدول ٤). کوددهی نیتروژن نسبت به عدم‌کاربرد آن سبب افزایش ۱۲ درصدی عملکرد بیولوژیک در آبیاری نرمال شد در حالیکه در شرایط تش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (جدول ۵). به‌عبارتی دیگر کمبود آب قابل دسترس گیاه اثرات مثبت نیتروژن بر این صفت را کاهش داده است. تأثیر تنش خشکی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در رقم پیشاهنگ بیشتر از باستان (۵۵ در مقابل ٤۵ درصد) بود (جدول ۷). در بررسی اثر سطوح تنش خشکی (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) بر عملکرد دو رقم سورگوم پگاه و KFS2 مشخص شد که تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار سرعت رشد، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه تر و وزن علوفه خشک در دو رقم شد (مقیمی و امام، ۱۳۹۲).

**همبستگی بین صفات:** براساس نتایج جدول ۸ همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با محتوای نسبی آب برگ، کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲ و ارتفاع در هر دو رژیم آبیاری مشاهده شد ولی درصد همبستگی در آبیاری نرمال بیشتر از

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

**جدول ۸- ضرایب همبستگی ساده (پیرسون) بین صفات مورفوفیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دو رقم ارزن در دو تاریخ کشت در دو شرایط نرمال (بالای قطر) و تنش (پایین قطر)**

| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کلروفیل a+b | کلروفیل a/b | شاخص سطح برگ | محتوای نسبی آب برگ | شاخص پایداری غشاء | نشت الکترولیت | شاخص سبزینگی | Fv/Fm | رتفاع | طول خوشه | وزن صد دانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک |
| ۱ | ۱ | ۰/۷۰** | ۰/۰٦ | ۰/٦۰* | ۰/۰٥ | -۰/۰٥ | ۰/۳۸ | ۰/٦۱* | ۰/٥۲* | ۰/۰٦ | -۰/٥٥* | ۰/۸۳** | ۰/۲۸ |
| ۲ | ۰/۹۳** | ۱ | -۰/۳٦ | -۰/٥٥** | -۰/۲٤ | ۰/۲٤ | ۰/۷۳** | ۰/۲۷ | ۰/٥۷* | -۰/۳٤ | -۰/٥۹* | ۰/۷۱** | ۰/۰٥ |
| ۳ | -۰/۲۳ | -۰/۱۹ | ۱ | ۰/۱٥ | ۰/۲۳ | -۰/۲۳ | -۰/۷٤** | ۰/۳۳ | -۰/۰۷ | ۰/۸۷** | ۰/٦٥** | ۰/٦٥** | ۰/۷۸** |
| ٤ | ۰/٦۲* | ۰/۷۰** | -۰/۱٦ | ۱ | -۰/۳٥ | ۰/۳٥ | ۰/٥۲* | ۰/٥٤* | ۰/٦٥** | ۰/۰٦ | ۰/٥۷* | ۰/٥۹* | ۰/۲۳ |
| ٥ | ۰/٥۹* | ۰/٤٦ | -۰/۱۰ | ۰/٤٦ | ۱ | -۱** | -۰/۲۲ | ۰/٤۰ | ۰/٤۳ | ۰/٤۲ | -۰/۰٤ | ۰/۱۱ | ۰/۲۳ |
| ٦ | -۰/٥۹* | -۰/٤٦ | -۰/۱۰ | -۰/٤٦ | -۱** | ۱ | ۰/۲۲ | -۰/٤۰ | -۰/٤۳ | -۰/٤۲ | ۰/۰٤ | -۰/۱۱ | -۰/۲۳ |
| ۷ | ۰/٥٤* | ۰/٤۳ | -۰/۷۳** | ۰/۲۸ | ۰/٤٤ | -۰/٤٥ | ۱ | ۰/۱۲ | ۰/۳۳ | -۰/۷۳** | -۰/۷٤** | ۰/٤۷ | -۰/٤٥ |
| ۸ | ۰/٥۸* | ۰/٥۲* | ۰/۰۲ | ۰/٦۷** | ۰/۷٤** | -۰/۷٥** | ۰/۲٤ | ۱ | ۰/۲۷ | ۰/۱۲ | -۰/۲۹ | ۰/٥٦* | ۰/٤٥ |
| ۹ | ۰/۰۷ | -۰/۰۸ | ۰/۰۹ | ۰/۲۸ | ۰/٦۹** | -۰/٦۹** | ۰/۱۱ | ۰/٦۷** | ۱ | ۰/۱۳ | -۰/۳٤ | ۰/٦٤** | ۰/۱٤ |
| ۱۰ | -۰/۳٤ | -۰/۲۸ | ۰/۹۱** | -۰/۲٥ | ۰/۱۷ | ۰/۱٦ | -۰/۷٥** | -۰/۰٦ | ۰/۱۳ | ۱ | ۰/٥۸* | ۰/۰٤ | ۰/٦۷** |
| ۱۱ | -۰/۳٤ | -۰/۳٦ | ۰/۸۲** | -۰/۲٦ | -۰/٤٤ | ۰/٤۳ | -۰/۸٦** | -۰/۲۷ | -۰/۱۲ | ۰/۸۱** | ۱ | ۰/٤۹ | ۰/٤٦ |
| ۱۲ | ۰/٤۱ | ۰/۳۲ | ۰/۱۲ | ۰/٥۸** | ۰/۳٤ | -۰/۳٤ | ۰/۳۰ | ۰/٥٦* | ۰/٥۰* | -۰/۱۲ | -۰/۱۷ | ۱ | ۰/۲۸ |
| ۱۳ | ۰/٥۰* | ۰/٤٦ | ۰/٤٤ | ۰/٤۱ | ۰/۲۰ | -۰/۲۰ | -۰/۱۰ | ۰/۳۷ | ۰/۱۹ | ۰/٤۳ | ۰/۰۸ | ۰/۳٦ | ۱ |

*** و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.**

تنش بود. علاوه براین عملکرد دانه همچین همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص سطح برگ، نسبت کلروفیل a/b و محتوای کلروفیل a+b در رژیم آبیاری نرمال داشت. این نتایج اهمیت صفات مذکور در تولید عملکرد را نشان می‌دهند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد بیولوژیک با شاخص سطح برگ و طول خوشه در آبیاری نرمال و با محتوای کلروفیل a+b در حالت تنش مشاهده شد. همبستگی منفی بین نشت الکترولیت با کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲ و ارتفاع گیاه نشان‌دهنده این است که آسیب به غشاء و افزایش مقدار نشت الکترولیت در حالت تنش با تأثیر بر صفات درگیر در عملکرد در نهایت می‌تواند منجر به کاهش عملکرد شود.

## نتیجه‌گیری

براساس نتایج، تنش خشکی سبب کاهش تمام صفات مورد مطالعه بجز نشت الکترولیت شد. کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش کلروفیل a+b، شاخص سطح برگ، شاخص پایداری غشاء، ارتفاع و عملکرد بیولوژیک شد در حالیکه محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت را کاهش داد. کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و بیولوژیک نداشت بنابراین نمی‌تواند استراتژی مناسبی برای جبران کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی باشد بنابراین کاربرد نیتروژن در شرایط تنش باید در سطوح پایین‌تر صورت گیرد تا از اتلاف منابع جلوگیری شود. همچنین در آبیاری نرمال عملکرد دانه و بیولوژیک در تاریخ کاشت اول (۱ تیر) بیشتر از تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیر) بود در حالی‌که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه و بیولوژیک در تاریخ کاشت

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

دوم بیشتر بود که می‌تواند به‌دلیل میانگین دمایی کمتر (۲۸/۸ در مقابل ۲۹/۱ درجه سانتی‌گراد) در تاریخ کاشت تأخیری نسبت به تاریخ کاشت اول باشد. به عبارتی دیگر تأخیر تاریخ کاشت در شرایط تنش خشکی می‌تواند راهکار مناسبی برای جبران کاهش عملکرد باشد. رقم باستان در شرایط تنش خشکی شاخص پایداری غشاء بیشتر و نشت الکترولیت کمتری نسبت به پیشاهنگ داشت. به عبارت دیگر می‌توان گفت که این رقم تحمل بیشتری نسبت به تنش خشکی از خود نشان داده است.

## منابع


آذری‌نصرآباد، ع. و میرزایی، م. (۱۳۹۱) اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*). مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲۸: ۱۰۵-۹۵.

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

جلیلیان، ع.، قبادی، ر.، شیرخانی، ع. و فرنیا، ا. (۱۳۹۳) بررسی اثرات نیتروژن و تنش خشکی بر اجزای عملکرد، عملکرد و کیفیت دانه ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤. نشریه زراعت ۱۰۲: ۱٦۰-۱۵۱.

حیاتی، ا.، مردوی، م. ر. و گلوی، م. (۱۳۹۰) تأثیر زمان کاربرد پتاسیم بر عملکرد و محتوای پروتئین دانه ارزن دم‌روباهی در رژیم‌های متفاوت آبیاری. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی ۲: ٤٤-۳۵.

ریاحی‌نیا، ش.، خزاعی، ح. ر.، کافی، م. و نظامی، ا. (۱۳۹۲) تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن خاک بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ارقام سورگوم دانه‌ای در شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱٤: ۷۰-٦۱.

شوشی‌دزفولی، ا. ع. و مهرانی، ۱. (۱۳۸۹) بررسی روابط همبستگی بین عملکرد و اجزا آن در ارقام امیدبخش ارزن دم‌روباهی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ٤۱: ٤۲۱-٤۱۳.

طباطبایی، س. ع. و دهقانی‌هراتی. ح. (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم دانه‌ای. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ٤: ٦٤-۵۳.

کافی، م. و رستمی، م. (۱۳۸٦) اثر تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن سه ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۵: ۱۳۱-۱۲۱.

مقیمی، ن. و امام، ی. (۱۳۹۲) بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای، تحت تنش کم‌آبی و سطوح نیتروژن. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ٦: ۳٦-۲۷.

Ali, Z. I. and Golombeg, S. D. (2016) Effect of drought and nitrogen availability on osmotic adjustment of five pearl millet cultivars in the vegetative growth stage. Journal of Agronomy and Crop Science 202: 433-444.

Almodares, A., Hotjatabady, R. H. and Mirniam, E. (2013) Effects of drought stress on biomass and carbohydrate contents of two sweet sorghum cultivars. Journal of Environmental Biology 34: 585-589.

Askari, E. and Ehsanzadeh, P. (2015) Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid and their interactive effects on physiological characteristics of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) genotypes. Acta Physiologiae Plantarum 37: 4-18.

Bajji, M., Lutts, S. and Kinet, J. M. (2001) Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science 160: 669-681.

Barker, A. V. and Pilbeam, D. V. (2007) Handbook of Plant Nutrition. 1nd Ed. CRC Press, New York.

Barnabas, B., Jager, K. and Feher, A. (2008) The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant Cell and Environment 31: 11-38.

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


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

Blum, A., Mayer, J. and Gozland, G. (1982) Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. Field Crops Research 5: 137-146.

Caliskan, S., Arslan, M. E. and Arioglu, H. (2008) Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crops Research 105: 131-140.

Celette, F. and Gary, C. (2013) Dynamics of water and nitrogen stress along the grapevine cycle as affected by cover cropping. European Journal of Agronomy 45: 142-152.

Chen, C., Jackson, G., Neill, K., Wichman, D., Johnson, G. and Johnson, D. (2005) Determining the feasibility of early seeding canola in the northern Great Plains. Agronomy Journal 97: 1252-1262.

Chen, D. X., Coughenour, M. B., Knapp, A. K. and Owensby, C. E. (1994) Mathematical simulation of $C_4$ grass photosynthesis in ambient and elevated $CO_2$. Ecological Modeling 73: 63-80.

Chen, G., Zhou, Y. and Shen, Q. (2007) Ammonium nutrition increases photosynthesis rate under water stress at early development stage of rice (*Oryza sativa* L.). Plant Soil 296: 115-124.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Foyer, C. H., Leadis, M. and Kunert, K. J. (1994) Photo oxidative stress in plants. Plant Physiology 92: 696-717.

Ghaderi, N. and Siosemardeh, A. (2011) Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). Horticulture, Environment, and Biotechnology 52: 6-12.

Hopkins, W. G. (2004) Introduction to Plant Physiology. 3nd Ed. John Wiely and Sons, New York.

Iqbal, J., Khan, R., Wahid, A., Sardar, K., Khan, N., Ali, M. and Ahmad, R. (2016) Effect of nitrogen and zinc on maize (*Zea mays* L.) yield components and plant concentration. Advances in Environmental Biology 10: 203-209.

Khichar, M. L. and Niwas, R. (2006) Microclimatic profiles under different sowing environments in wheat. Journal of Agrometeorology 8: 201-209.

Killi, D., Bussotti, F., Raschi, A. and Haworth, M. (2017) Adaptation to high temperature mitigates the impact of water deficit during combined heat and drought stress in $C_3$ sunflower and $C_4$ maize varieties with contrasting drought tolerance. Physiologia Plantarum 159: 130-147.

Kusaka, M., Lalusin, A. G. and Fujimura, T. (2005) The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science 168: 1-14.

Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. and Ding, R. (2003) Exogenous silicone (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid per oxidation in roots or salt-stressed barley (*Hordeum Vulgare* L.). Journal of Plant Physiology 99: 872-878.

Lichtenthaler, H. K. (1996) Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. Journal of Plant Physiology 148: 14-4.

Lichtenthaler, K. and Welburn, A. R. (1983) Determination of total carotenoids and chlorophyils a and b of leaf extracts in different solvents. Biochemical Society Transactions 11: 591-592.

Li-Ping, B., Fang-Gong, S., Ti-Da, G., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L. and Guang-Sheng, Z. (2006) Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. Pedosphere 16: 326-332.

Mohammadi, M., Ghassemi-Golezani, K., Zehtab-Salmasi, S. and Nasrollahzade, S. (2016) Assessment of some physiological traits in spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under water stress. International Journal of Life Sciences 10: 58-64.

Moosavi, S. G. (2012) The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer levels on morphology traits, yield and leaf area index in maize. Pakistan Journal of Botany 44: 1351-1355.

Moradi, L. and Ehsanzadeh, P. (2015) Effects of Cd on photosynthesis and growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Photosynthetica 53: 506-518.

Nayar, H. (2003) Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. Environmental and Experimental Botany 50: 253-264.

Pardo, J. and Delgado, E. O. (1989) Efecto del estres hidrico sobre los pigmentos fotosinteticos en dos variedades de cana de azucar. Ciencias De La Agricultura 37-38: 96-100.

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

Rostamza, M., Chaichi, M. R., Jahansooz, M. R., Mashhadi, H. R. and Sharifi, H. R. (2011) Effects of water stress and nitrogen fertilizer on multi-cut forage pearl millet yield, nitrogen, and water use efficiency. Communications in Soil Science and Plant Analysis 42: 2427-2440.

Saeidi, M. and Abdoli, M. (2015) Effect of drought stress during grain filling on yield and its components, gas exchange variables and some physiological traits of wheat cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology 17: 885-898.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S. and Fujita, K. (2004) Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrance stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany 52: 131-138.

Shahin, M. G., Abdrabou, R. Th., Abdelmoemn, W. R. and Hamada, M. (2013) Response of growth and forage yield of pearl millet (*Pennisetum galucum*) to nitrogen fertilization rates and cutting height. Journal of Agricultural Science 58: 153-162.

Smithson, P. C. and Sanchez, P. A. (2001) Plant nutritional problems in marginal soils of developing countries. In: Plant Nutrient Acquisition: New Perspectives (Eds. Arihara, J., Okada, K. and Srinivasan, A.) Pp. 32-68. Springer Verlag, Tokyo.

Sun, H., Shao, L., Chen, S., Wang, Y. and Zhang, X. (2013) Effects of sowing time and rate on crop growth and radiation use efficiency of winter wheat in the North China Plain. International Journal of Plant Production 7: 117-138.

Valadabadi, A. R. and Aliabadifarahani, H. (2010) Effect of planting density and pattern on physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) under nitrogenous fertilizer application. Journal of Agricultural Extension and Rural Development 2: 40-47.

Xu, Z. Z., Yu, Z. W., Wang, D. and Zhang, Y. L. (2005) Nitrogen accumulation and translocation for winter wheat under different irrigation regimes. Journal of Agronomy and Crop Science 191: 439-449.

Yang, X., Chen, X., Ge, Q., Li, B., Tong, Y., Zhang, A., Li, Z., Kuang, T. and Lu, C. (2006) Tolerance of photosynthesis to photo inhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: a comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. Plant Science 171: 389-397.

Yousefzadeh Najafabadi, M. and Ehsanzadeh, P. (2017) Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum* L.) subjected to foliar-applied salicylic acid. Photosynthetica 55: 611.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]

# Effect of drought stress, nitrogen chemical nutrition and sowing date on some of agrophysiological characteristics of two millet cultivars

**Afsaneh Nematpour, Hamid Reza Eshghizadeh***

**Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran**

**(Received: 05/10/2018, Accepted: 19/12/2018)**

## Abstract

In order to investigate the effects of drought stress, nitrogen chemical nutrition and sowing date on agrophysiological characteristics of millet cultivars, a split-split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of Isfahan University of Technology, in 2015. Two millet cultivars (Bastan and Pishahang) were planted in two sowing dates (June 22 and July 6) under two irrigation regimes (55% and 85% depletion levels of the available soil water) and two nitrogen fertilizer levels (available amount and 112.5 kg $ha^{-1}$, nitrogen from Urea fertilizer, N= 45%). The results showed that drought stress caused a significant reduction in grain and biological yield by decreasing chlorophyll content, leaf area index, relative water content, membrane stability index, spade, quantum efficiency of photosystem II, height, panicle length and 100-seed weight. Nitrogen application resulted in significant increase in grain and biological yield in normal irrigation, but did not have a significant effect on yield in drought stress. In normal irrigation, grain and biologic yield were more in June 22 than July 6, while in drought stress condition, delay in sowing date resulted in improved yield compared to June 22. Bastan had lower electrolyte leakage and more membrane stability in drought stress. The results showed that delay in sowing date by modulating the temperature conditions could be a suitable solution for yield loss compensating under drought stress conditions, also under stress conditions, nitrogen application should be applied at a higher level to find out optimum amount of nitrogen use.

**Keywords:** Millet, Drought tolerance, Membrane stability index, Quantum efficiency of photosystem II, Late sowing date.

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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.33.22.2 ]