نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱۳۳-۱۴۸
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18495.1982
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم ارزن

احمد قاسمی*[1] و حامد ارفع‌نیا[2]

[1]استادیار بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران،

[2]استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

چکیده

سابقه و هدف: تنش خشکی یکی از چالش‌های اصلی تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. یکی از راهکار غلبه بر این چالش معرفی و استفاده از گونه‌های متحمل به خشکی به منظور کاهش مصرف آب می‌باشد در این راستا پژوهش حاضر با هدف بررسی واکنش دو رقم ارزن با تاریخ کشت‌های مختلف به تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: برای مطالعه تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم ارزن آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ درایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک اجرا شد. فاکتور اصلی شامل تنش خشکی در دو سطح (۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی)، فاکتور فرعی تاریخ کاشت، شامل چهار سطح (یک، ۱۵، ۳۰ اسفند و ۱۵ فروردین) و فاکتور فرعی فرعی نوع رقم (باستان و پیشاهنگ) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ترتیب در ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین ۱۶۷۹ و ٤٦٩ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. عملکرد دانه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدن، غلظت کلروفیل، عملکرد علوفه خشک، وزن هزاردانه و ارتفاع بوته تحت‌تأثیر رقم قرار گرفت. بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم باستان (۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. عملکرد دانه، تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدن، غلظت پرولین، غلظت کلروفیل، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، ارتفاع بوته تحت‌تأثیر اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم قرار گرفت. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۲۷۱۱ کیلوگرم در هکتار)، تعداد روز تا رسیدن (۷۲/۲ روز)، غلظت کلروفیل (٦/٥٠ میلی‌گرم بر گرم)، عملکرد علوفه خشک (٩٤٧٥/٦ کیلوگرم در هکتار)، وزن هزاردانه (٤/٥٥ گرم) و ارتفاع بوته (۱۲۲/۵ سانتی‌متر) در ۱۵ اسفند، آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و در رقم باستان بود.

* مسئول مکاتبه: ghasemiahmad@yahoo.com

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده به نظر می‌رسد، کاشت ارزن رقم باستان در مدیریت آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و در ۱۵ اسفندماه به دلیل در اختیار داشتن رطوبت و درجه حرارت مناسب گیاه می‌تواند سهم بیش‌تری از مواد فتوسنتزی ساخته‌شده را به دانه‌ها منتقل کند و سبب افزایش عملکرد دانه و علوفه گردد. تأخیر در کاشت به‌دلیل برخورد گیاه با تنش گرمای انتهای فصل رشد (زمان پر شدن دانه‌ها) سبب تغییر نامطلوب در نسبت فتوسنتز به تنفس می‌شود و موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌گردد. برای دستیابی به بیشینه عملکرد دانه و علوفه کاشت ارزن رقم باستان در تاریخ ۱۵ اسفند و مدیریت آبیاری آن بر مبنای ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، ظرفیت زراعی، علوفه خشک، کمبود آب

مقدمه

خشکی یک مشکل جهانی است که ناشی از کمبود آب کافی به‌وجود می‌آید و هنگامی که میزان تعرق از جذب آب بیش‌تر می‌شود تأثیر آن افزایش می‌یابد (۱۶). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان در بیش‌تر نقاط دنیا می‌باشد، به‌طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی تا حدود زیادی بیش‌تر از سایر تنش‌های غیرزیستی است (۱۰). خشکی تنشی است که به‌طور طبیعی اتفاق می‌افتد و باعث اختلال قابل‌توجه در متابولیسم محصولات زراعی می‌شود که در نهایت منجر به کاهش قابل توجهی در عملکرد می‌شود (۱). تنش خشکی از رشد ریشه در گیاه جلوگیری می‌کند و دسترسی به آب و جذب عناصر غذایی را برای گیاه زراعی با محدودیت مواجه می‌کند (٦). بنابراین انتخاب نوع گیاه زراعی در مواجهه با تنش خشکی با هدف دستیابی به عملکرد بهینه به میزان قابل‌ملاحظه‌ای، به ژنوتیپ و صفات مورفولوژیکی گیاه زراعی و شرایط محیطی که برای گیاه فراهم می‌شود بستگی دارد (٤١). با توجه به محدودیت منابع آبی در مناطق گرم و خشک، برای جلوگیری از کاهش عملکرد محصول و اثرات منفی بر خصوصیات خاک، زمان آبیاری باید طوری برنامه‌ریزی شود که آب در زمان مورد نیاز گیاه و به اندازه کافی در اختیار آن قرار گیرد (۲۰). از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است. ارزن‌ها با ویژگی‌های مقاوم در برابر آب و هوا از جمله سازگاری به شرایط اکولوژیکی مختلف، نیاز آبی کم‌تر، رشد و عملکرد بیش‌تر در شرایط حاصلخیزی کم خاک، اتکاء کم‌تر به کودهای شیمیایی و آسیب‌پذیری کم‌تر نسبت به تنش‌های محیطی شناخته می‌شود (۸ و ۲۲). ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی و علوفه‌ای در نواحی نیمه خشک می باشد زیرا دارای دیواره سلولی ضخیم، ساختار ریشه‌ای متراکم و سطح برگ کوچک می‌باشد (۲۳ و ٤٥). ارزن یکی از گیاهان سازگار به خشکی است و سازوکارهای مختلفی برای تحمل خشکی در ارزن می‌توان پیش‌بینی کرد، ارزن با کوتاه کردن طول دوره رشد، ممانعت از تنفس نوری، بستن روزنه‌ها به‌مدت طولانی و گل‌دهی زود هنگام می‌تواند از تنش خشکی فرار کند (٤٤). در آزمایشی در ارزن نوتریفید مشاهده شد که با افزایش تنش اعمال‌شده از طریق کم آبیاری، عملکرد کاهش ولی کارآیی مصرف آب افزایش پیدا کرد (٤٢). ماتسورا و آن (۲۰۲۰) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد در چهار گونه ارزن *P. milliaceum*، *S. italica*، *S. glauca* و

P. sumatrense) به میزان ٦٢، ٤٨، ٣١ و ٢٤ درصد نسبت به شاهد گردید. این کاهش در اثر کم شدن تعداد دانه در پانیکول و شاخص برداشت صورت گرفت (٢٦). در مطالعه‌ای که توسط مشایخی و همکاران (٢٠١٦) انجام شد تـنش خشکی در ارزن، سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد پنجه، تعداد پانیکول، ارتفاع بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزاردانه گردید (٢٤). یمینگ و همکاران (٢٠١٥) در بررسی ٤٩ ژنوتیپ ارزن نسبت به تنش خشکی نشان دادند که ٥ ژنوتیپ مقاوم نسبت به ژنوتیپ‌های حساس دارای اسید آبسیزیک، تریهالوز و فروکتوز بیش‌تری بودند (٤٧). در هر منطقه علاوه بر سایر عوامل اقلیمی، تاریخ کاشت نیز از جمله عوامل مهم در تولید بذر می‌باشد. شناخت گیاهان زراعی در طی مراحل مختلف رشد از جوانه‌زنی تا برداشت و مطالعه همبستگی بین این مراحل از اهمیت زیادی برخوردار است. در واقع در تاریخ کاشت مناسب مجموعه عوامل محیطی در زمان سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه در شرایط ایده‌آل خواهند بود (٤٠). در تاریخ‌های کاشت مختلف طول دوره رشد گیاه متفاوت می‌باشد و به دلیل افزایش طول دوره رشد استفاده مطلوب از تابش، دما و دیگر عوامل محیطی سبب تولید ماده خشک بیش‌تری در اندام‌هایی چون ساقه و برگ می‌شود که به عنوان منبع مناسب برای پر کردن دانه‌ها نقش دارد و در نهایت باعث افزایش تولید می‌گردد (١٦). در تاریخ مناسب کاشت، فنولوژی گیاه با شرایط مناسب محیطی در انطباق می‌باشد و سبب جلوگیری از تنش و دستیابی به حداکثر عملکرد می‌شود (١٢). رناتو و همکاران (٢٠٠١) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارزن علوفه‌ای گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، عملکرد کاهش می‌یابد (٣٤). صفری و همکاران (٢٠٠٨) گزارش کردند که تأخیر در تاریخ کاشت از اول تیرماه به آخر تیر باعث کاهش معنی‌دار علوفه‌تر و خشک ارزن دم‌روباهی شد (٣٧). طباطبایی و شاکری (٢٠١٦) بیان داشتند که ارقام ارزن در تاریخ کاشت ١٥ خرداد بیش‌ترین بیوماس علوفه‌تر و در تاریخ ١ تیر بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید کردند و تاخیر در کاشت عملکرد را کاهش داد (٤٣). تأخیر در کاشت و کم‌آبیاری در آفتابگردان باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و مقدار روغن دانه گردید (٢٧). با توجه به خشکسالی‌های اخیر در کشور ارائه راهکارهای مناسب جهت افزایش عملکرد، معرفی گونه‌های متحمل به خشکی و کاهش مصرف آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بنابراین انجام این آزمایش با هدف تأثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت بر صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم ارزن اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

محل انجام آزمایش: این پژوهش در سال‌های زراعی ١٣٩٤-١٣٩٣و ١٣٩٥-١٣٩٤ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک اجرا شد. عرض جغرافیایی منطقه ذکر شده ٣٠ درجه و ٥٤ دقیقه، و طول جغرافیایی ٦١ درجه و ٤١ دقیقه، و ارتفاع ٤٨٣ متر از سطح دریا می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه ٥٥ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ٢١/٧ درجه سانتی‌گراد اجرا گردید (جدول ١). پس از انتخاب زمین مناسب، در هر دو سال در دو قطعه زمین کنار هم جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نسبت به نمونه‌برداری مرکب از خاک از عمق صفر تا ٣٠ سانتی‌متری اقدام شد. نمونه‌برداری به این صورت بود که پس از تسطیح زمین به حالت زیگزاک (حرف W) حرکت نموده و در ٢٠ نقطه زمین به فواصل تقریباً مساوی نمونه‌های یک کیلوگرمی تهیه شد. برای برداشتن هر نمونه خاک، ابتدا ٥ سانتی‌متر رویی خاک

را کنار زده و سپس با بیل گودالی به عمق ۳۰ سانتی‌متر در خاک حفر کرده و سپس از کنار گودال از مقطع صفر تا ۳۰ سانتی‌متر یک نمونه خاک به وزن تقریبی یک کیلوگرم برداشت شد. پس از تهیه یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی جهت تجزیه به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان ارسال شد. نتایج تجزیه خاک به روش احیایی و بهبهانی‌زاده (۱۹۹۳) در جدول ۲ بیان شده است. کود شیمیایی اوره به صورت سرک و در سه مرحله بعد از کامل شدن پنجه‌زنی، قبل از ظهور پانیکول و در مرحله پر شدن دانه به مقدار ٦٥ کیلوگرم در هکتار در هر مرحله استفاده شد. ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل، ٦٠ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم با عملیات دیسک به صورت عمود بر هم با خاک مخلوط شد. با توجه به نتایج آزمون خاک برای تامین نیاز غذایی آهن و روی به ترتیب به میزان ۲۵ و سه کیلوگرم در هکتار به صورت مصرف خاکی پیش از کاشت از منابع سولفات آهن و روی استفاده شد (۲۷).

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در دو سال زارعی.

Table 1. Meteorological information of agricultural station of Zahak in two growing seasons.

ماه Month	میانگین دما Mean Temperature (C°)		تبخیر Evaporation (mm)		درصد رطوبت Humidity (%)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017
اسفند	12.5	19	143	165	36	65
فروردین	23	22	223	246	33	36
اردیبهشت	27	29	348	384	30	27
خرداد	32	33	605	529	16	20

توجه: مقدار بارندگی در دو سال کشت ناچیز می‌باشد

Note: The amount of rainfall in two years of cultivation is negligible

نحوه اجرای آزمایش: آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل، آبیاری پس از ۵۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، فاکتور فرعی را تاریخ کاشت (یک، ۱۵ و ۳۰ اسفند و ۱۵ فروردین) و فاکتور فرعی فرعی را نوع رقم (باستان و پیشاهنگ) تشکیل دادند. هر کرت آزمایشی دارای شش خط کاشت به طول پنج متر با تراکم ٣٤ بوته در مترمربع بود. فواصل بین کرت‌های اصلی ۲ متر، بین کرت‌های فرعی ۱ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. زمان آبیاری کرت‌ها با توجه به منحنی رطوبتی خاک و استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) مدل تریم صورت گرفت. بدین‌منظور در زمان سبز شدن بوته‌ها بین ردیف‌ها در عمق یک متری لوله‌های مخصوص دستگاه TDR نصب گردید. در فاصله زمانی یک روز در میان، میزان تخلیه رطوبتی کرت‌های آزمایشی قرائت شد. پس از ثبت رطوبت حجمی توسط دستگاه، به‌منظور تعیین درصد رطوبت وزنی آن را بر وزن مخصوص ظاهری خاک تقسیم و در ۱۰۰ ضرب شد. هر کرت که به درصد تخلیه رطوبت تعریف‌شده رسید آبیاری شد. منحنی رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری با

ترسیم درصد رطوبت برای دو رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) به ترتیب در مکش‌های ۰/۳ و ۱۲ بار به‌دست آمد. به‌منظور کنترل دقیق آب ورودی به هر کرت از کنتورهای حجمی قابل تنظیم بر روی لوله‌های اصلی ورودی آب به کرت‌ها استفاده شد. در طی فصل رشد و در صورت نیاز عملیات وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های گیاهی: صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی، تعداد روز تا رسیدن، وزن هزاردانه، غلظت کلروفیل برگ، غلظت پرولین برگ، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری صفات فنولوژیک، تعداد روز تا گل‌دهی (بر اساس ظهور بیش از ۵۰٪ پانیکول‌ها از غلاف) و تعداد روز تا رسیدگی (بر اساس زرد شدن محور زیر پانیکول‌ها) با حذف اثر حاشیه (دو خط از کنار و نیم متر از سر و ته خطوط) از تمام کرت‌ها یادداشت‌برداری شد. در هر کرت میانگین ارتفاع بوته با اندازه‌گیری و محاسبه میانگین از روی ۱۰ بوته در هر کرت به‌دست آمد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزاردانه تعداد ۱۰۰۰ عدد از دانه‌های برداشتی از هر واحد آزمایشی به‌وسیله دستگاه شمارشگر بذر شمارش و توزین شد. میزان پرولین به روش ارائه‌شده توسط بیتس و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ٦٨٥٠ کمپانی Jenway و جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر و میزان کلروفیل کل برگ با استفاده از روش ارائه شده توسط سایرما و ساکسنا (۲۰۰۰) در ٤٥ روز پس از کاشت (مرحله گل‌دهی) تعیین شد (۹ و ۳۹). جهت تعیین میزان علوفه خشک در زمان دانه‌بندی پس از حذف اثر حاشیه یک خط به طول چهار متر برداشت شد و به صورت تصادفی یک نمونه دو کیلوگرمی جهت تعیین علوفه خشک انتخاب گردید. خشک‌کردن نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت انجام گرفت. جهت تعیین عمکرد دانه پس از رسیدن کامل دانه و حذف دو خط از کنار و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط به‌منظور اثر حاشیه‌ای، سه خط وسطی هر واحد آزمایشی جهت تعیین عملکرد دانه برداشت شد. بعد از خشک شدن کامل نمونه‌ها نسبت به کوبیدن آن‌ها اقدام شده و پس از جداسازی دانه از کاه، دانه حاصله (با رطوبت ۱۲ درصد) جداگانه توزین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTAT-C و Excel و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. هم‌چنین پس از انجام آزمون بارتلت (غیرمعنی‌دار) و اثبات یکنواختی واریانس‌ها تجزیه مرکب برای دو سال با فرض تصادفی بودن عامل سال انجام شد.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت بذر.

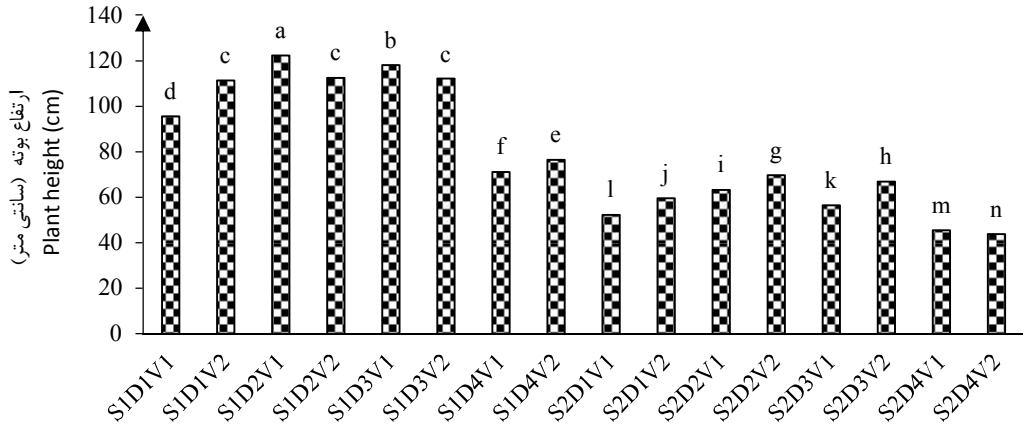
Table 2. Results of soil physicochemical analyses of studied site before seed sowing.

سال Year	بافت Texture (%)	واکنش خاک pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})	کربن آلی OC (%)	مقدار آب Water content (%)		فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	مس Cu	آهن Fe
					F.C	PWP	mg kg^{-1}				
2016	لوم شنی Sandy Loam	8.1	3	0.32	13.3	5.4	11.4	106	0.24	0.56	2.89
2017		8.1	3.2	0.36	13.2	5.2	11.2	101	0.27	0.59	2.71

نتایج و بحث

تعداد روز تا گل‌دهی: اثر تنش، تاریخ کاشت و رقم بر تعداد روز تا گل‌دهی در گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد روز تا گل‌دهی (۵٤/٦۲ روز) در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند حاصل شد (جدول ٤). در تاریخ‌های مختلف کاشت شرایط دمایی و طول روز متفاوت است (جدول ۱) و این دو عامل، مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر سرعت نمو هستند، بنابراین سرعت نمو در تاریخ‌های مختلف کاشت نوسان داشت (٤۳). تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیش‌ترین تعداد روز تا گل‌دهی (۵٦/۹۵ روز) بود (جدول ٤). کاهش تعداد روز تا گل‌دهی بر اثر تنش خشکی توسط صادقی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۳٦). تنش خشکی سبب تسریع در زودرسی گیاه می‌شود و زودرسی یکی از مکانیسم‌های مهم گریز از خشکی به‌شمار می‌رود (۱۹).

ارتفاع بوته: اثر تنش خشکی، اثر تاریخ کاشت، اثر رقم و اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم اثر متقابل خشکی و رقم تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۳). اثرات متقابل تیمارها نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته (۱۲۲/۵ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی برای رقم باستان به‌دست آمد (شکل ۱). در این تاریخ کاشت و تنش خشکی، گیاه از شرایط محیطی مناسب‌تری نسبت به بقیه تیمارها برخوردار بود که نتیجه آن رشد رویشی و ارتفاع بیش‌تر در گیاه است. کم‌ترین ارتفاع در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم پیشاهنگ (٤۳/۸ سانتی‌متر) حاصل شد. کشت تأخیری سبب برخورد گیاه با گرمای آخر فصل شده که اثرات تنش خشکی را تشدید کرده و منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش ارتفاع گیاه شده است (۱۸). با توجه به آمار هواشناسی (جدول ۱) دمای حداکثر روزانه، میزان تبخیر و درصد رطوبت برای دوره آزمایش در فصل رشد ارزن از اول اسفند تا اواخر اردیبهشت افزایش پیدا کرده و این تغییرات بر طول دوره رشد و استفاده گیاه از عوامل محیطی مؤثر می‌باشد. بنابراین مراحل مختلف نمو در اثر افزایش دما تسریع گردید و در تاریخ کاشت‌های دیرتر درجه روز رشد لازم را زودتر دریافت کرده و طول دوره رشد کوتاه گردید. در تاریخ کاشت دوم و سوم فرصت بیشتری در اختیار گیاه وجود دارد که ارتفاع بالاتری تولید کند. نتیجه کسب شده در این آزمایش با نتایج پژوهش‌های آذری نصرآباد و میرزایی (۲۰۱۳) روی ارزن هم‌خوانی دارد (۷). ماس و همکاران (۲۰۰۷) و امان‌الله و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که ارتفاع ارزن در تاریخ کاشت زودتر (۱۵ ژوئن) افزایش بیش‌تری نشان داد که دلیل آن را تامین رطوبت و درجه حرارت مناسب و دارا بودن فتوپریود طولانی‌تر در این تاریخ کاشت دانستند (۲ و ۲۵). کاهش ارتفاع در اثر تنش خشکی به‌دلیل تأثیر تنش برآماس سلولی و هم‌چنین کاهش تکثیر سلولی می‌باشد که از طریق کم شدن طول میانگره‌ها باعث کاهش ارتفاع بوته گردید. نتیجه به‌دست آمده با نتایج آنجم و همکاران (۲۰۱۱) روی ارزن مطابقت دارد (۳).



شکل ۱- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر ارتفاع بوته، SDV به‌ترتیب علامت اختصاری S تنش رطوبت، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 1. Interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on plant height, SDV is the abbreviation S water stress, D planting date and V cultivar, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد ارزیابی در ارقام ارزن تحت تیمارهای تاریخ کاشت و تنش خشکی.

Table 3. Combined analysis variance of evaluation characteristics in millet varieties under drought stress and planting dates.

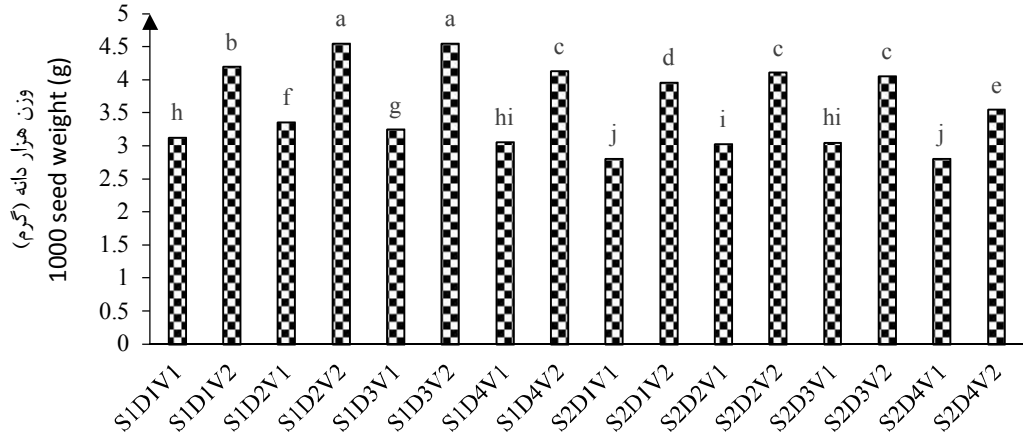
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	روز تا گلدهی Day to Flowering	روز تا رسیدن Day to Maturity	پرولین Prolin	کلروفیل Chlorophyll	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزاردانه 1000 seeds weight	ارتفاع بوته Plant height
Y	1	5.04 ^{ns}	0.375^{ns}	0.093 ^{ns}	0.001 ^{ns}	65992 ^{ns}	5070 ^{ns}	0.003 ^{ns}	15.1^{ns}
Error (Y)	4	1.74	10.156	0.012	0.003	65675	4943	0.007	2.90
S	1	1457**	1014**	49451**	87.5**	531255665**	35155705**	3.04**	49141**
Y × S	1	0.375 ^{ns}	10.7 ^{ns}	0.009 ^{ns}	0.001 ^{ns}	58954 ^{ns}	3622^{ns}	0.001 ^{ns}	0.042^{ns}
Error (s)	4	0.740	12.8	0.004	0.001	64683	4550	0.005	0.271
D	3	153**	442**	1016**	8.58**	53384157**	2578302**	0.738**	5162**
Y × D	3	0.264 ^{ns}	13.1 ^{ns}	0.016 *	0.001 ^{ns}	68962 ^{ns}	3704 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.153 ^{ns}
D × S	3	32.1**	54.1**	319**	0.74**	3129277129**	1992724**	0.020 ^{ns}	274**
Y × D × S	3	0.264 ^{ns}	10.71 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}	60150. ^{ns}	3589 ^{ns}	0.017 ^{ns}	0.153 ^{ns}
Error (D)	24	0.365	9.39	0.005	0.001	64492	4422	0.009	0.944
V	1	6.00**	80.7**	174**	0.502**	100992605**	1519991**	27.8**	2872**
Y × V	1	0.167 ^{ns}	10.7 ^{ns}	0.103 **	0.001 ^{ns}	68640 ^{ns}	20894*	0.003 ^{ns}	0.001 ^{ns}
S × V	1	96.1**	9.37 ^{ns}	0.716*	0.010**	585156**	2341344**	0.158**	117**
D × V	3	9.17**	39.2*	1.984**	0.051**	299188**	98425**	0.085**	190**
Y × D × V	3	0.111 ^{ns}	10.9 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.001 **	68357 ^{ns}	20659**	0.001 ^{ns}	0.111 ^{ns}
S × D × V	3	0.500 ^{ns}	2.23 ^{ns}	2.925**	0.022**	62431^{ns}	101328**	0.050**	292**
Y ×S × D × V	4	0.125 ^{ns}	10.8 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.001 ^{ns}	59452 ^{ns}	20659**	0.001 ^{ns}	0.083 ^{ns}
Error (v)	32	0.438	10.3	0.005	0.001	64255	4374	0.005	1.26
CV (%)		1.25	4.59	4.28	3.28	3.76	4	4.43	5.4

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

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

Y : Year سال، D : Planting date تاریخ کاشت، V : Variety رقم، S : Drought stress تنش خشکی

وزن هزاردانه: اثر تنش، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تنش، تاریخ کاشت و رقم نشان داد که در تاریخ کاشت دوم و تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم پیشاهنگ بیش‌ترین وزن هزاردانه (٤/٥٥ گرم) حاصل شد. کم‌ترین وزن هزاردانه در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و تنش ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم باستان (۲/۸۱ گرم) تولید شد (شکل ۲). کمبود رطوبت خاک و گرمای آخر فصل موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه، فتوسنتز و وزن هزاردانه می‌شود (۳۵). در زمان تنش برخی گلچه‌ها گرده‌افشانی و مرحله پر شدن دانه‌ها در آن‌ها شروع شده، تشکیل سلول‌های آندوسپرم به دلیل کاهش هورمون سیتوکنین در شرایط تنش، تحت‌تأثیر قرار گرفته و پتانسیل وزن دانه کاهش می‌یابد (۱۱). مصادف شدن رشد زایشی و پرشدن دانه‌ها با دماهای مناسب در کشت‌های به موقع باعث افزایش دوره پرشدن دانه‌ها شده و در نتیجه وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد. امان‌الله و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که کشت ارزن در تاریخ مناسب (۱۵ ژوئن) وزن هزاردانه بیش‌تری نسبت به تاریخ کاشت تاخیری (۱۵ ژولای) تولید کرد که دلیل آن را طول دوره رشد طولانی‌تر و شرایط مناسب رشد عنوان کردند (۲). اشراقی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند تأخیر در کاشت طول دوره پر شدن دانه و وزن هزاردانه را کاهش داد. تنش خشکی با اثر بر فرایند باز شدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (٤٦).

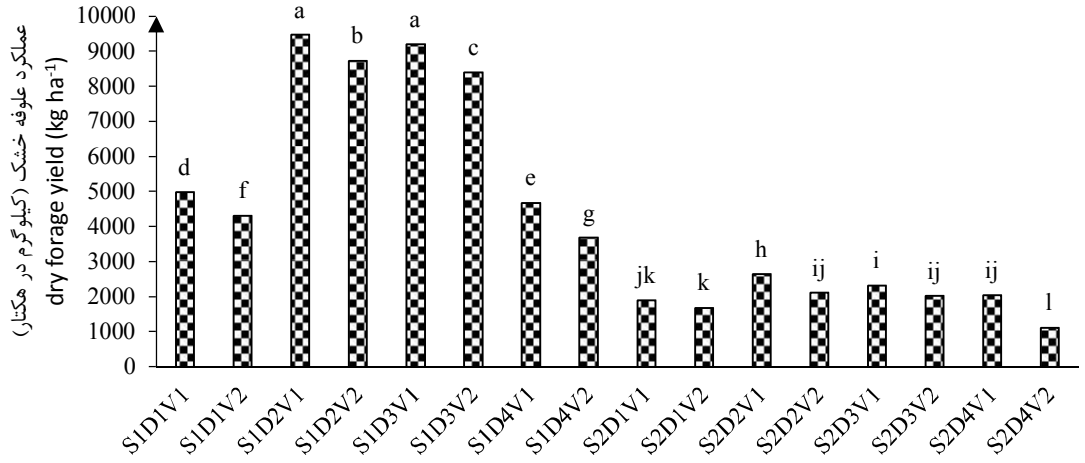


شکل ۲- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر وزن هزاردانه، S، D، V به ترتیب علامت اختصاری S تنش، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 2. The interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on 1000-seed weight, S, D, V are the abbreviation S stress, D planting date and V cultivar, respectively.

عملکرد علوفه خشک: اثر تنش، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش تاریخ کاشت، تنش و رقم نشان داد که در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم باستان بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک (٩٤٧٥/٦

کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. کم‌ترین مقدار عملکرد علوفه خشک در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم پیشاهنگ (۱۱۲۲ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (شکل ۳). کاشت گیاه در زمان مناسب به دلیل استفاده بهتر از رطوبت، دما و نور باعث رشد رویشی و عملکرد علوفه‌تر و خشک می‌شود. نگواکو و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که کاشت گیاه در تاریخ کاشت و آبیاری مناسب سبب افزایش عملکرد علوفه تر و خشک در گیاه گردید (۳۰). کاهش عملکرد علوفه خشک به‌دلیل کاهش طول فصل رشد و ورود زودتر گیاه به مرحله زایشی نسبت به تاریخ کاشت زودهنگام می‌باشد (۳۷). موسوی و همکاران (۲۰۱۲)گزارش کردند که تأخیر در کاشت از ٤ ژولای تا ٦ آگوست سبب کاهش عملکرد ماده خشک ذرت گردید که دلیل آن را کاهش طول دوره رویشی و جذب کم‌تر انرژی خورشید عنوان کردند (۲۸). کاهش عملکرد علوفه ارزن در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه و غیره باشد (٤).

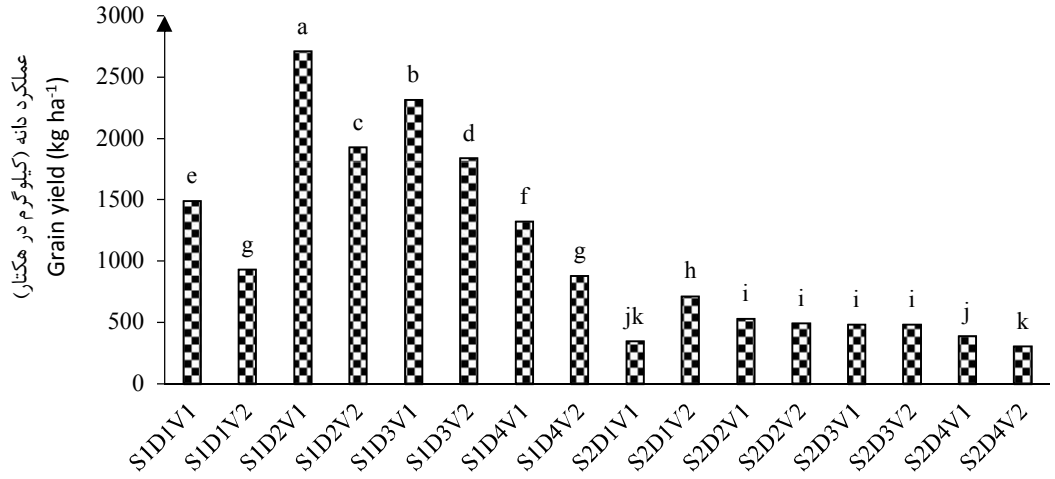


شکل ۳- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر وزن علوفه خشک، S، D، V به ترتیب علامت اختصاری S تنش، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 3. The interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on the dry forage yield, S, D, V are the abbreviation S stress, D planting date and V cultivar, respectively.

عملکرد دانه: اثر تنش، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم باستان بیش‌ترین (۲۷۱۱ کیلوگرم در هکتار) و تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم پیشاهنگ (۳۰۵/٦٦ کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین عملکرد دانه را تولید کردند (شکل ٤). به نظر می‌رسد تامین رطوبت مورد نیاز گیاه و کاشت در زمان مناسب سبب استفاده بهتر از عوامل محیطی، طولانی شدن رشد رویشی و زایشی، پر شدن دانه و افزایش عملکرد گردید. کاشت ارزن در تاریخ کاشت و آبیاری مناسب سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه گردید (۳۰). تنش خشکی در

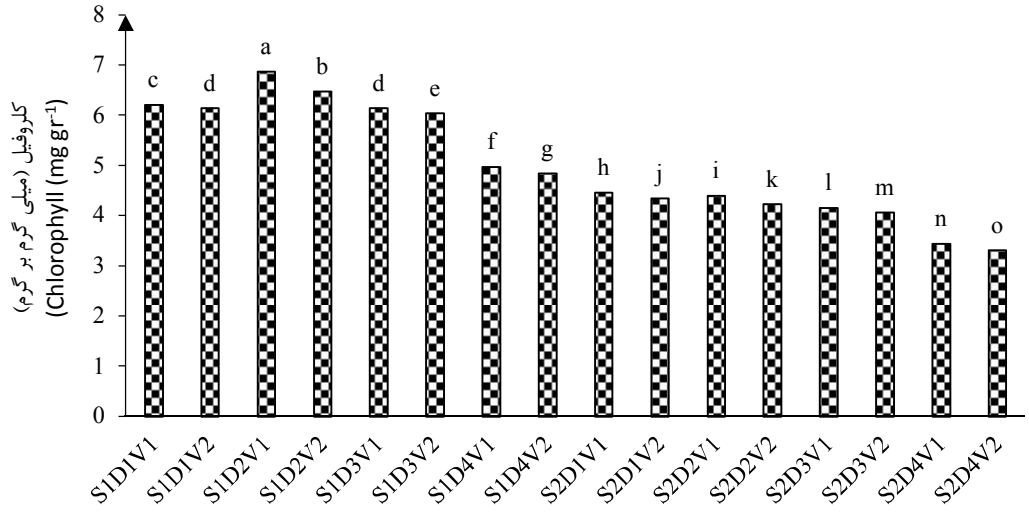
این پژوهش سبب کاهش طول برگ، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و طول پانیکول شد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه در گیاه کاهش یافت. در اثر تنش افزایش غلظت پراکسید هیدروژن و ترکیبات آلدهید باعث صدمه اکسیداتیوی به دیواره غشای سلولی از طریق صدمه به لیپیدها، پروتئین‌ها و نوکلئیک اسید می شود (۱۴). تنش در دوره رشد رویشی از طریق کاهش سطح برگ فعال فتوسنتزی و در دوره زایشی از طریق کاهش طول دوره رشد زایشی باعث کاهش عملکرد دانه در ارزن دم‌روباهی شد (۲۱).



شکل ٤- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر عملکرد دانه، S، D، V به ترتیب علامت اختصاری S تنش، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 4. The interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on grain yield, S, D, V are the abbreviation S stress, D planting date and V cultivar, respectively.

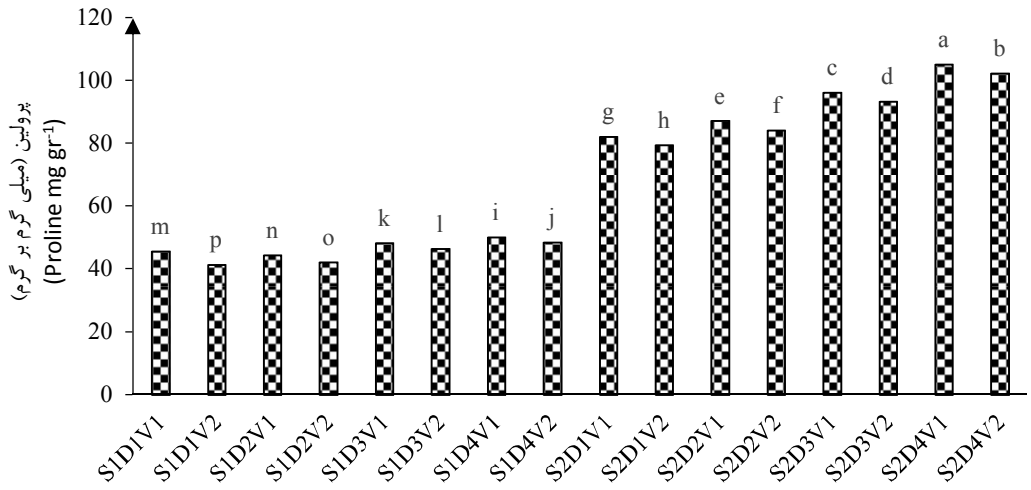
کلروفیل برگ: اثر تنش، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تاریخ کاشت و تنش و رقم نشان داد که بیش‌ترین میزان رنگیزه کلروفیل در ۵۰ درصد تخلیه رطوبت در ۱۵ اسفند و رقم باستان به‌دست آمد (شکل ۵). در این تاریخ کاشت و تنش شرایط برای رشد مطلوب برای هر دو رقم فراهم بود که رقم باستان از این شرایط بهتر استفاده نمود و میزان کلروفیل افزایش یافت. وقتی گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود با بسته شدن روزنه‌ها، CO_2 داخل سلولی کاهش می‌یابد و در نتیجه باعث تجمع ناقلین الکترون پر انرژی، آشفتگی کمپلکس‌های برداشت‌کننده نور (CHL) و افت کارآیی فتوسنتز و کاهش یا توقف سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها می‌شود. انجوم و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی افزایش تولید رادیکال‌های آزاد باعث توقف تولید پیگمان‌های فتوسنتزی می شود کاهش مقدار کلروفیل نشانه‌ای از تنش اکسیداتیوی محسوب می‌شود (۳). در تاریخ کاشت تاخیری گیاه با تنش گرمایی و به دنبال آن تنش خشکی مواجه می‌شود که تأثیر مخربی بر روند فتوسنتز و تولید رنگیزه‌های آن از جمله کلروفیل دارد. پروری‌اصل و همکاران (۲۰۱۲) گزارش دادند که با تاخیر در کاشت ارقام کلزا میزان کلروفیل کاهش یافت (۳۲).



شکل ۵- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر غلظت کلروفیل، S، D، V به ترتیب علامت اختصاری S تنش، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 5. The interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on the concentration of chlorophyll, S, D, V are the abbreviations S stress, D planting date and V cultivar, respectively.

پرولین: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تنش، تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل تنش، تاریخ کاشت و رقم تأثیر معنی‌داری بر مقدار پرولین داشت (جدول ۳). اثر متقابل تاریخ کاشت، تنش و رقم نشان داد که در تاریخ کاشت ۱۵ فروردین و تنش ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و رقم باستان بیش‌ترین میزان پرولین برگ (۱۰۵/۱۳ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد (شکل ٦). هنگامی که گیاهان به‌وسیله تنش خشکی که باعث کاهش پتانسیل آب سلولی می‌شود تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت اسمولیت‌هایشان را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه یابد در بین اسمولیت‌های آلی، پرولین فراوان‌ترین ماده حل شده سازگار است که تجمع می‌یابد (۲۹). هم‌زمان با افزایش غلظت پرولین آنزیم‌های آنتی‌آکسیدانت مانند آسکوربات پراکسیداز جهت کاهش غلظت پراکسید هیدروژن در سلول افزایش می‌یابد تا نقش محافظتی خود از سلول را انجام دهند. هم‌چنین افزایش پرولین باعث سازش بیش‌تر سلول با شرایط تنش و حفاظت از آنزیم‌های موجود در سیتوزول و ساختارهای سلولی می‌شود. تجمع آسمیلات‌ها در سیتوزول امکان تعدیل فشار اسمزی را در سلول فراهم می‌کند و باعث پایداری آنزیم‌ها در حضور یون‌ها می‌شود (۵). علت افزایش میزان پرولین در برگ گیاه در کشت تأخیری و برخورد با شرایط تنش به دلیل بیوسنتز یا کاهش اکسیداسیون پرولین به گلوتامات و یا تبدیل پروتئین به اسید آمینه پرولین به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین تحت شرایط تنش می باشد (۳۸). غلظت پرولین در رقم باستان نسبت به پیشاهنگ چهار درصد افزایش داشت که سازگاری بیش‌تر این رقم به اقلیم منطقه می‌باشد. وجود گونه‌های وحشی ارزن دم‌روباهی در منطقه به عنوان علف هرز گویای سازگاری این ارقام می‌باشد.



شکل ٦- اثر متقابل چهار تاریخ کاشت، دو تنش رطوبت و دو رقم بر غلظت پرولین، S، D، V به ترتیب علامت اختصاری S تنش، D تاریخ کاشت و V رقم می‌باشد.

Figure 6. The interaction of four planting dates, two moisture stresses and two cultivars on proline concentration, S, D, V are the abbreviation S stress, D planting date and V cultivar, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

تعیین تاریخ کاشت مناسب برای مناطق مختلف جهت استفاده از پتانسیل هر گیاه در منطقه، از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت زراعی برخوردار است زیرا بر روی صفات و مراحل مختلف رشد و نمو تأثیر گذاشته و باعث بهینه شدن بازده استفاده از عوامل محیطی مؤثر بر عملکرد می‌گردد و درنهایت با تغییر اجزای عملکرد موجب تغییر در عملکرد دانه می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از نظر عملکرد علوفه و دانه، به نظر می‌رسد، کاشت در ۱۵ اسفند به‌دلیل در اختیار بودن رطوبت و درجه حرارت کافی نقش زیادی در افزایش عملکرد ایفا می‌کند. گیاه در این تاریخ کاشت توانست سهم بیش‌تری از مواد فتوسنتزی ساخته‌شده را به دانه‌ها منتقل کند ولی تأخیر در کاشت به‌دلیل تنش گرمای انتهایی در زمان پر شدن دانه‌ها باعث تغییر نامطلوب در نسبت فتوسنتز به تنفس و به‌نوبه خود موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شد. هم‌چنین میزان پرولین برگ، ارتفاع بوته، غلظت کلروفیل برگ، وزن هزاردانه، عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدن را کاهش داد. به نظر می‌رسد که کشت ژنوتیپ‌های ارزن دم‌روباهی در منطقه نسبت بـه کشت ژنوتیپ‌های ارزن معمولی برتری دارد، چون در شرایط تنش و بدون تنش خشکی میزان عملکرد دانه بیش‌تری دارند. باوجود متحمل بودن ارزن به تنش خشکی، افزایش تنش و رسیدن آن به ۸۰ درصد ظرفیت زراعی باعث خسارت زیادی به کلروفیل و کاهش شدید عملکرد شد. بنابراین کاشت ارزن رقم باستان در تاریخ ۱۵ اسفند و آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیش‌ترین عملکرد علوفه و دانه را تولید نمود.

منابع

1. Alwhibi, M., Hashem, A., Abd_Allah, E., Alqarawi, A., Soliman, D., Wirth, S., and Egamberdieva, D. 2017. Increased resistance of drought by Trichoderma harzianum fungal treatment correlates with increased secondary metabolites and proline content. Journal Integrated Agricultural, 16: 8. 1751-1757.
2. Amanullah, J., Imran, K., Shahzad, A., and Amanullah, A. 2015. Sowing dates and sowing methods influenced on growth yiled and yield components of pearl millet under rainfied conditions. Journal of Environment and Earth Science, 5: 1. 105-109.
3. Anjum, S., Wang, L., Xiao-yu ie, X., Long-chang, W., Muhammad Saleem, F., Chen, M., and Wang, L. 2011. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy and Crop Science. 197: 3. 177-185.
4. Ardakani, M.R., Abbaszadeh, B., Sharifi, A., Ashorabadi, M., Lebaschi, H., and Paknejad, F. 2007. Evaluation effect of water deficit on quantity and quality of Melissa officinalis L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research. 23: 2. 251-261. (In Persian)
5. Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycine betaine and prolin in improving plant a biotic stress resistance. Environment and Experimental Botany, 59: 206-216.
6. Assaha, D., Liu, L., Ueda, A., Nagaoka, T., and Saneoka, H. 2016. Effects of drought stress on growth, solute accumulation and membrane stability of leafy vegetable, huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.). Journal of Environment Biology, 37: 1. 107-14.
7. Azarinasrabad, A., and Mirzaei, M. 2013. Effect of Sowing Date on Grain Yield and Yield Components of Foxtail Millet (*Setaria italica*) Promising Lines. Journal of Seed and Plant Production, 2-28: 1. 95-105. (In Persian)
8. Bandyopadhyay, T., Muthamilarasan, M., and Prasad, M. 2017. Millets for next generation climate-smart agriculture. Frontiers in Plant Science, 8: 1266. 1-6.
9. Bates, L.S., Waldron, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-208.
10. Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer. 258p.
11. Bradford, K.J. 1994. Water stress and the water relations of seed development: A critical review. Crop Science, 34: 1-11.
12. 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.
13. Conover, D.G., and Sovonick, S.A. 1989. Influence of deficits on the water relations and growth of Echinochloa turneriana, Echinochloa crus-gali, and Pennisetum americanum. Australian Journal of Plant Physiology. 16: 3. 291-304.
14. Das, K., and Roychoudhury, A. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. Frontiers in Environmental Science, 2: 1-13.
15. Ehyaie, M., and Behbahanizadeh, A. 1993. Description of soil chemical analysis methods. Technical Journal Issue No. 893, Soil and Water Research Institute. (In persian)
16. Elsayed, A., Baby, T., Abdulaziz, A., Maliki, J., and Hashem, A. 2019. Physiological markers mitigate drought stress in panicum turgidumb Forssk by arbuscular fungi. Pakistan Journal of Botany, 51: 6. 2003-2011.
17. Eshraghinejad, M., Kamkar, B., and Soltani, A. 2011. Effect of planting date on yield of millet cultivars by effect on the length of phonological periods, Journal of Electronic crops Production, 4: 2. 169-188. (In Persian)
18. Hasheminejad, M., Alizadeh, O., Amiri, B., Barzegari, M., and Esfandiari, M. 2017. The effect of drought stress and different planting dates on some quantitative and qualitative characteristics

of three corn hybrid (*Zea mays* L.) in the northern region of Khuzestan. Journal of Crop and Plant Breeding, 13: 2. 15-27. (In Persian)

19. Jazayeri, M., and Rezaei, E. 2006. Evaluation of drought tolerance in Oat cultivars in Isfahan climate. Journal of Agricultural Sciences and Technology, 3: 393-404. (In Persian)
20. Kassua, T., Tilahunb, H., Yareda, D., and Watanabe, H. 2017. Effect of irrigation regimes on yield and water use efficiencies of potato. International Journal of Plant Production, 11: 3. 389-406.
21. Khazaie, M., Galavi, M., Dahmarde, M., and Mahdinejad, N. 2017. Investigation of drought stress on the accumulation of asymptotes of photosynthetic pigments and growth of several cultivars and fox millet line. Environmental Tensions in the Agricultural Sciences, 9: 2. 149-162. (In Persian)
22. Kole, C., Muthamilarasan, M., Henry, R., Edwards, D., Sharma, R., Abberton, M., and Prasad, M. 2015. Application of genomics-assisted breeding for generation of climate resilient crops: Progress and prospects. Frontiers in Plant Science, 6: 563. 1-16.
23. Liu, T., Ye, N., Song, T., Cao, Y., Gao, B., Zhang, D., and Zhang, J. 2019. Rhizosheath formation and involvement in foxtail millet (Setaria italica) root growth under drought stress. Journal of Integrative Plant Biology, 61: 449-462.
24. Mashayekhi, S., Khajuienegad, G., and Mohammadinejad, G. 2016. Evaluation of yield and yield components of different millet genotypes under two irrigation regimes. Iranian Journal of Crop Research, 14: 1. 120-132. (In Persian)
25. Maas, A., Hanna, W., and Mullinix, B. 2007. Planting date and row spacing affects grain yield and height of pearl millet Tifgrain 102 in the Southeastern coastal plain of the United States. Journal of SAT Agricultural Research. 5: 1. 1-4.
26. Matsuura, A., and An, P. 2020. Factors related water and dry matter during pre- and post- heading in four millet species under severe water deficit, Plant Production Science, 23: 1. 28-38.
27. Mehrani, A. 2012. Instructions for planting and harvesting millet. Publications of Seed and Plant Breeding Research Institute, 36p. (In Persian)
28. Mobaser, H. 2012. Effect of planting date and drought stress on Sunflower quantitative and qualitative traits in Zahak Sistan region. Journal of Plant Ecology, 11: 3. 39-45. (In Persian)
29. Moosavi, G., Seghatoleslami, M., and Moazeni, A. 2012. Effect of planting date and plant density on morphological traits, LAI and forage corn (Sc. 370) yield in second cultivation. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3: 1. 57-63.
30. Najafibabadi, K., Habibi, P., Rushanfekredezfulli, H., and Boroumandnasab, S. 2012. Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence characteristics and forage yield of two forage millet cultivars. Iranian Journal of Agricultural Research, 16: 2. 333-344. (In Persian)
31. Ngwako, S., Balole, T.V., and Malambane, G. 2013. The effect of irrigation and planting date on the growth and yield of Bambara groundnut landraces. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6: 3. 116-120.
32. Parvariasl, S., Alavifazel, M., Dadnia, M., and Dideban, B. 2012. Influence of planting date on chlorophyll content of Rapeseed cultivars in Omidiyeh. First National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Healthy Environment. Tehran. (In Persian)
33. Razmjoo, K., Heidarizadeh, P., and Sabzalian, M.R. 2008. Effect of salinity and drought stresses on growth parameter and essential oil content of Matricaria chamomile. Journal of Agriculture and Biology. 10: 451-454. (In Persian)
34. Renato, S., Sollenberg, E., and Charles, R. 2001. Yield distribution, and nutritive value of intensively managed warm-season annual grasses. Agronomy Journal. 93: 1253-1262.

35. Rosales-Serna, R., and Kohashi-Shibata, J. 2003. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crop Research, 85: 203-211.
36. Sadeghinejad, A., Modares Sanavi, S., Tabatabaei, S., and Modares, S. 2015. Effect of water deficit stress in different stages of growth on yield, yield components and water use efficiency of canola autumn cultivars. Water and Soil Sciences, 24: 2. 53-64. (In Persian)
37. Safari, F. 2008. Effect of planting date and plant density on foxtail millet yield, Master's thesis, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. 75p. (In Persian)
38. Snada, Y., Ueda, H., Kuribayashi, K., Andoh, T., Hayashi, F., and Tamai, N. 1995. Novel light – dark change of prolin levels in holophyte and glycophytes physiology, Plant and Cell Physiology, 36: 6. 965-970.
39. Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 184: 55-61.
40. Solemani, A., Kamkar, B., Zinaley, A., and Mokhtarpour, H. 2010. Effect of planting date and harvest height on qualitative characteristics of forage Nutrifeed millet. Electronic Journal of Crop Production, 3: 4. 143-160.
41. Supratim, B., Venkategowda, R., Anuj, K., and Andy, P. 2016. Plant adaptation to drought stress. Research Crop, Soil, and Environmental Sciences, 1: 3. 1-10.
42. Tabatabai, S., and Ranjbar, G. 2005. Effect of drought and planting date on yield and water use efficiency of Notrifeed millet. Summary of Articles First Conference on the Effect of Environmental Stresses on Plants. Islamic Azad University, Takestan Branch. 109p.
43. Tabatabai, A., and Shakeri, E. 2016. Effect of planting date and row spacing on some phenological, morphological yield and yield components of grain millet cultivars, Journal of Agricultural Research, 8: 4. 295-313. (In Persian)
44. Talade, Z. 2017. Abiotic and Biotic Stress in Plants - Recent Advances and Future Perspectives. University of Bern Publishers. 662p.
45. Wen, X., Zhang, D., Liao, Y., Jia, Z., and Ji, S. 2012. Effect of water-collecting and retaining techniques on photosynthetic rates, yield, and water use efficiency of millet grown in a semiarid region. Journal of Integrative Agriculture, 11: 1119-1128.
46. Yan, W., Zhong, Y., and Shangguan, Z. 2016. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. Acta Agriculture Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science, 66: 133-140.
47. Yiming, L., Xunzhong, Z., Hong, T., Liang, S., Jeongwoon, K., Kevin, C., and Erik, H. Ervin. 2015. Assessment of drought tolerance of 49 switch grass (*Panicum virgatum*) genotypes using physiological and morphological parameters. Biotechnology for Biofuels, 8: 1. 1-18.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(1), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18495.1982

(Research Full Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The effect of drought stress and planting date on morphophysiological traits and yield in two varieties of millet

A. Ghasemi[*1] and H. Arfania[2]

[1]Assistant Prof., Crop and Horticultural Science Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran,

[2]Assistant Prof., Soil and Water Research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

Received: 10.31.2020; Accepted: 02.14.2021

Abstract

Background and Objectives: Drought stress is one of the important challenges of agricultural crop production in the arid and desert region. One of ways of overcoming drought stress is that resistant cultrivar was introduced and used to reduce the water consumption. Therefore, this sutyd was conducted to asses the reaction of two millet cultivars to drougt stress in different planting dates.

Materials and Methods: The experiments were carried out as a split plots arranged in randomized complete block design with three replications in Zahak Agricultural Research Station in 2015 and 2016. The main factor included planting dates (1, 15 and 30 March and 15 April) and drought stress (50, 65 and 80% of field capacity) were in sub sub plots. Grain yield and traits of plant height, plant height, 1000 seeds weight, dry forage yield, chlorophyll, proline, day to maturity, and day to flowering were determined.

Results: The results showed that maximum and minmun grain yield was obtained at 50 and 80 percent of filed capacity with average of 1679 and 469 kg hg^{-1}, respectively. Grain yield, day to flowering number, day to maturing number, chlorophyle concentration, dry forage yield, 1000 seed weight, and plant height was affected by cultivars. Maximum grain yields was in Bastan cultivar (1200 kg ha^{-1}). Grain yield, day to flowering number, day to maturing number, chlorophyle concentration, dry forage yield, 1000 seed weight, and plant height was infulunced by interaction effects of planting date, drought stress, and cultivar. Maxium grain yield (2711 kg hg^{-1}), day to maturing (72.2 days), cholorphyle concentration (6.50 mg g^{-1}), dry forage yield (9475.6 kg ha^{-1}), 1000 seed weight (4.55 g), and planting height (122.5 cm) were for Bastan culrivar in 15 March and 50 percent irrigarion.

Conclusion: According to the obtained results of forage and grain yield, it seems that planting at 15th March play a key role in increasing yield of millet, because of water and temperature suffiencny. The plant at this date had more contribution to transfer the produced phytotsenythetic materials to seeds. Howerver, delay in planting date resulted in late season heat stress at seed filling time and abnormality in photosynthesis to transpiration ratio which it can dercrease the transfer of photosynthetic materials to seeds. It seems that sowing of cultivar of Bastan in comparison with conventional one has resulted in highest resistant to drought stress. We can recommend as resistant cultivar of millet at 15th of March palnting date and 50 percent of field capacity

Keywords: Field capacity, Plant height, Prolin, Water deficiency

* Corresponding Author; Email: ghasemiahmad@yahoo.com