Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸
۴۰۱-۴۱۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1332.1273

بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica* L.) در تاریخ‌های مختلف کاشت

احمد قاسمی[1*]، مسعود خزاعی[2]، حمیدرضا فنایی[1]

۱. بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲. دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۹

چکیده

با عنایت به محدودیت در فراهمی آب، تأمین حد مطلوب و بهینه مصرف آب جهت دستیابی به عملکرد بالا و اقتصادی در زراعت ارزن حائز اهمیت است. این پژوهش برای ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی در تاریخ‌های مختلف کاشت انجام شد. آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵ اجرا شد. تاریخ‌های کاشت (۱، ۱۵ و ۳۰ اسفند و ۱۵ فروردین) در کرت‌های اصلی و تنش خشکی (۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در طول فصل زراعی صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول پانیکول، عملکرد دانه، عملکرد علوفه‌تر و خشک، تعداد روز تا گل‌دهی، وزن هزار دانه، غلظت پرولین و محتوای کلروفیل تعیین شد. نتایج نشان داد که صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت. کاشت گیاه در ۱۵ اسفند بیشترین عملکرد دانه و صفات دیگر را تولید کرد. بیشترین کاهش عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ فروردین بود. عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیک ارزن در اثر کمبود آب کاهش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تولید شد. کمترین عملکرد دانه در ۸۰ درصد زراعی به دست آمد، ولی غلظت پرولین در این تیمار بیشترین مقدار بود. عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تیمار ۸۰ درصد، ۷۴ درصد افزایش داشت. درمجموع عملکرد دانه و خصوصیات فیزیولوژیک ارزن به‌طور قابل‌توجهی از شرایط تنش خشکی تأثیر پذیرفت؛ بنابراین جهت دستیابی به بیشینه عملکرد دانه و علوفه، کاشت رقم باستان باید در تاریخ ۱۵ اسفند و مدیریت آبیاری آن بر مبنای ۵۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: **پرولین، ظرفیت زراعی، علوفه، کمبود آب**

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آبی در مناطق گرم و خشک، یکی از اهداف مهم در تولید محصولات زراعی در این مناطق تعیین حداقل آبی است که حداکثر عملکرد را تولید کند (Paknejad et al., 2009). بر اساس داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی‌شده در ایران برای ۳۰ سال آینده افزایش خشکی پیش‌بینی شده است (Khazanedari et al., 2010). گیاهان در طبیعت در معرض انواع تنش‌ها قرار می‌گیرند که تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید، محسوب شده و منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی میانگین تولید اکثر محصولات در سرتاسر جهان می‌شود (Lata et al., 2011). مقاومت گیاهان به تنش خشکی به علت پیچیده بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و تنوع پدیده‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسیار پیچیده است (Razmjoo et al., 2008). بنابراین شناخت آثار تنش و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی ضروری به نظر می‌رسد (Hui-Ping et al., 2012). تحقیقات نشان داده که برای دستیابی به حداکثر کارایی مصرف آب، آب مصرفی در مزرعه باید حدود ۳۰ درصد کمتر از میزان تبخیر و تعرق

* نگارنده پاسخگو: احمد قاسمی. پست الکترونیک: ghasemiahmad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

منطقه باشد، درحالی‌که جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، میزان آب مصرفی باید حدود ۲۰ درصد بیشتر از تبخیر و تعرق در منطقه باشد (Weyhrich et al., 1995). در آزمایشی در ارزن نوتریفید مشاهده شد که با افزایش تنش اعمال‌شده از طریق کم‌آبیاری، عملکرد کاهش ولی کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرد (Tabatabaie and shakeri, 2016).

یک پیشنهاد مناسب به‌منظور اجتناب از وارد آمدن خسارت تنش خشکی، استفاده از گیاهان چهارکربنه نظیر ذرت، سورگوم و ارزن است که دارای تولید و ارزش غذایی بالایی هستند و به‌واسطه تحمل کم‌آبی سازگاری خوبی با نواحی گرم و خشک دارند (Venskaityte and Vitkauskaite, 2011). ویژگی‌های مختلف ارزن بسته به‌شدت تنش و چگونگی ایجاد آن، به‌ویژه ازنظر زمان وقوع، تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد (Seghatoleslami et al., 2007). ارزن به دلیل کوتاه بودن فصل رشد در مقایسه با بسیاری از گیاهان زراعی رایج به آب کمتری نیاز دارد و می‌تواند در شرایط نامساعد محیطی نسبت به سایر غلات، محصول بیشتری تولید کند (Kazemiarbat, 2009). در آزمایشی که در شرایط تنش خشکی انجام گرفت، سورگوم و ارزن مرواریدی به میزان ۴/۱ تن در هکتار ماده خشک تولید کردند که این مقدار در مقایسه با ذرت علوفه‌ای، در این شرایط ۳۷ درصد بیشتر بود (Sing and Singh, 1995).

یکی از عوامل مهم در تصمیم‌گیری‌های زراعی به‌منظور دست‌یابی به عملکرد بالا همراه با کیفیت مناسب، تعیین مناسب‌ترین زمان کاشت است (Khademehamze and Karimi, 1993). تعیین تاریخ کاشت مناسب برای گیاهان اهمیت بسیار زیادی دارد و از عوامل مهمی است که خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Khodabande, 2009). بهترین تاریخ کاشت منجر به تولید حداکثر محصول می‌شود و باید به نحوی انتخاب گردد که تمام مراحل رشد گیاه تا حد امکان از عوامل نامساعد محیطی مصون باشند. از این نظر تعیین تاریخ کاشت مستلزم آگاهی کامل از فیزیولوژی و رشد گیاه و همچنین تغییرات قابل پیش‌بینی محیط است (Khajepour, 20014). در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد ارزن علوفه‌ای در شرایط اقلیمی گرم و خشک جنوب ایالات‌متحده آمریکا گزارش گردید که با تأخیر در کاشت عملکرد ماده خشک از ۷/۴ به ۴/۴، تن در هکتار کاهش یافت (Renato et al., 2001). در تحقیق دیگری تأخیر در کاشت و کم‌آبیاری در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و مقدار روغن دانه گردید (Mobaser, 2012).

با توجه به کمبود آب در کشور و لزوم تولید علوفه یکی از راه‌کارهای کاهش مصرف آب و افزایش تولید، انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی و تعیین بهترین تاریخ جهت کاشت آن‌ها است که علاوه بر حفظ عملکرد، مصرف آب را نیز کاهش دهد. این آزمایش باهدف بررسی اثر تاریخ کاشت و تنش خشکی بر عملکرد دانه، علوفه و برخی صفات زراعی ارزن دم‌روباهی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی عملکرد دانه و خصوصیات فیزیولوژیک و واکنش ارزن دم‌روباهی به کمبود آب، این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک اجرا شد. بر طبق تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، منطقه سیستان دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان گرم و زمستان ملایم است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریای آزاد ۴۸۳ متر، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی است. میانگین بارندگی سالانه ۵۵ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۵۰۰۰ میلی‌متر است. اطلاعات اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش در شرایط مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۵ اجرا شد. تیمارهای تاریخ کاشت (۱، ۱۵ و ۳۰ اسفند و ۱۵ فروردین) در کرت‌های اصلی و تنش خشکی ۵۰ درصد (شاهد)، ۶۵ درصد (تنش ملایم) و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. بذر هر کرت در شش خط کاشت به طول پنج‌متر با تراکم ۳۴ بوته در مترمربع کاشته شد. رقم استفاده‌شده ارزن باستان بود. قبل از اجرای آزمایش، از چند نقطه در مزرعه نمونه‌های خاک تهیه و آزمون خاک انجام شد. بر این اساس، بافت خاک مزرعه آزمایشی رسی‌شنی بود (جدول ۲).

عناصر غذایی موردنیاز گیاه در طول رشد و نمو بر اساس آزمون خاک تأمین شد. قبل از کاشت، ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفرِ (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم

www.SID.ir

Archive of SID

در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم و ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره در سطح مزرعه توزیع شد. هم‌زمان با آغاز ساقه رفتن نیز ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره به‌صورت سرک و قبل از آبیاری در مزرعه مصرف شد.

تشخیص زمان آبیاری کرت‌ها با توجه به منحنی رطوبتی خاک و استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (TDR) مدل تریم صورت گرفت. بدین منظور در زمان سبز شدن بوته‌ها بین ردیف‌ها در عمق یک متری لوله‌های مخصوص دستگاه TDR نصب گردید و در فواصل زمانی روز در میان میزان تخلیه رطوبتی کرت‌های آزمایشی قرائت می‌شد. 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. به‌منظور کنترل دقیق آب ورودی به هر کرت با ابعاد ۱۵ مترمربع، (۱/۵ مترمکعب در هر نوبت) 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.

برای تعیین تعداد پنجه در گیاه، تعداد برگ، ارتفاع بوته و طول پانیکول در مرحله رسیدگی از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفات موردنظر محاسبه شد. پس از برداشت، وزن دانه با محاسبه وزن ۱۰۰۰ دانه از هر تیمار تعیین شد. در زمان دانه‌بندی از ۴ خط میانی پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت یک خط به طول ۲ متر برداشت و ضمن توزین علوفه‌تر، یک نمونه دو کیلوگرمی جهت تعیین علوفه خشک انتخاب شد. خشک‌کردن نمونه‌ها در دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت انجام گرفت.

میزان پرولین به روش ارائه‌شده توسط باتس (Bates et al., 1973) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ۶۸۵۰ کمپانی Jenway و جذب در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر و میزان کلروفیل کل برگ با استفاده از روش ارائه‌شده توسط سایرما و ساکسنا (Sairam and Saxena, 2000) در ۴۵ روز پس از کاشت (مرحله گل‌دهی) تعیین شد. در زمان رسیدن کامل دانه‌ها عملکرد کرت با برداشت سه خط میانی هر کرت و توزین دانه‌های آن (با رطوبت ۱۲ درصد) تعیین شد.

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

Table 1. Meteorological information at Agricultural Research Station of Zahak in two growing seasons

ماه Month	Year	سال	میانگین دما Mean temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)	تبخیر از تشتک evaporation (mm)	درصد رطوبت نسبی Humidity (%)
اسفند	2013	۱۳۹۱	12.5	7.3	143	36
February- March	2017	۱۳۹۵	19	4.3	165	65
فروردین	2013	۱۳۹۲	23	6.6	223	33
March-April	2017	۱۳۹۶	22	-	246	36
اردیبهشت	2013	۱۳۹۲	27	-	348	30
April-May	2017	۱۳۹۶	29	-	384	27
خرداد	2013	۱۳۹۲	32	-	605	16
May-June	2017	۱۳۹۶	33	-	529	20

جدول ۲. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش قبل از کاشت

Table 2. Results of experiment soil physicochemical analysis before planting

سال Year	بافت Texture	pH	هدایت الکتریکی EC	ظرفیت مزرعه‌ای field capacity	نقطه پژمردگی دائم Wilting point	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	مس Cu	آهن Fe	کربن آلی OC
			($dS.m^{-1}$)	(%)		----------mg.kg^{-1}----------					(%)
۱۳۹۱ 2013	لومی- شنی Sandy- loam	8.2	3	13.1	5.3	11.0	100	0.26	0.58	2.84	0.34
۱۳۹۵ 2017	لومی- شنی Sandy- loam	8.2	3.2	13.3	5.5	11.3	105	0.24	0.54	2.64	0.36

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه داده‌ها و ترسیم شکل‌ها به‌ترتیب با استفاده از نرم-افزارهای MSTATC و Excel و مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. همچنین پس از انجام آزمون بارتلت (۱۷۸۸ غیر معنی‌دار) و اثبات یکنواختی واریانس‌ها تجزیه مرکب برای دو سال با فرض تصادفی بودن عامل سال انجام شد. به دلیل فاصله بین سال‌ها اثر سال در آزمایش به‌صورت تصادفی منظور گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته داشت (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت نیمه اسفند و کمترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت اواسط فروردین به دست آمد که بین این دو ۲۴ درصد اختلاف وجود داشت (جدول ۴). با توجه به آمار هواشناسی (جدول ۱) دمای روزانه، بارندگی، میزان تبخیر و درصد رطوبت نسبی برای دوره آزمایش در فصل رشد ارزن دم‌روباهی از اول اسفند تا اواخر اردیبهشت متغیر بوده و این تغییرات بر طول دوره رشد و استفاده گیاه از عوامل محیطی مؤثر بود. با تأخیر در کاشت دمای روزانه و میزان تبخیر افزایش یافت لذا مراحل مختلف نمو در اثر افزایش دما تسریع می‌شود و تاریخ کاشت‌های دیرتر درجه روزرشد لازم را زودتر دریافت کرده و طول دوره رشد کوتاه می‌گردد. (طول دوره رشد ارزن در تاریخ کاشت‌های ۱، ۱۵، ۳۰ اسفند و ۱۵ فروردین به ترتیب ۷۸، ۶۹، ۶۶ و ۶۲ روز) بود. در تاریخ‌های کاشت نیمه اسفند و انتهای اسفند، گیاه درجه روزرشد را دیرتر کسب نمود و طول دوره رشد و درنتیجه دوره رویشی گیاه طولانی شد؛ بنابراین فرصت بیشتری در اختیار گیاه وجود داشت که ارتفاع بیشتری تولید کند. در تاریخ کاشت نیمه اسفند به دلیل وجود سرما ارزن رشد و ارتفاع مناسبی نداشت. نتیجه کسب‌شده در این آزمایش با نتایج تحقیقاتی آذری نصرآباد و میرزایی (Azarinasabad and Mirzaei, 2013) و وارکر و جاگارد (Werker and Jaggard, 1998) روی ارزن مبنی بر کاهش ارتفاع در کشت تأخیری هم‌خوانی دارد.

با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) با افزایش شدت تنش ارتفاع بوته کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین ارتفاع از تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که ۴۳ درصد بیشتر از سطح ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی بود. کاهش ارتفاع در اثر تنش خشکی به دلیل تأثیر تنش بر آماس سلولی و همچنین کاهش تکثیر سلولی است که از طریق کم شدن طول میانگره‌ها باعث کاهش ارتفاع ساقه می‌شود. نتیجه به‌دست‌آمده در تحقیق کنونی با نتایج پژوهش‌های پیشین نظرلی و زاداشتی (Nazarli and Zadashti, 2010) و مشایخی و همکاران (Mashayekhi et al., 2014) مبنی بر کاهش ارتفاع ارزن در اثر تنش خشکی هم‌خوانی دارد. اثرات برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته در تاریخ کاشت نیمه اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (شکل 1a). کمترین ارتفاع در تاریخ کاشت نیمه فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. کاهش ارتفاع در تیمار نیمه فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به تاریخ کاشت نیمه اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی ۶۷ سانتی‌متر بود. در تاریخ‌های کاشت و تنش خشکی بالا، گیاه از شرایط محیطی مناسب‌تری نسبت به بقیه تیمارها برخوردار بود که نتیجه آن رشد رویشی و ارتفاع بیشتر در گیاه است. کشت تأخیری سبب برخورد گیاه با گرمای آخر فصل می‌شود که اثرات تنش خشکی را تشدید کرده و منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Hasheminejad et al., 2017).

تعداد پنجه در گیاه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌دار بر تعداد پنجه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در گیاه در تاریخ‌های کاشت نیمه اسفند و اواخر اسفند ملاحظه شد. این نشان‌دهنده مناسب بودن شرایط محیطی (درجه حرارت) برای ارزن در این تاریخ-های کاشت به‌خصوص در زمان پنجه‌دهی است.

کمترین تعداد پنجه در بوته در تاریخ‌های کاشت اول اسفند و اواسط فروردین بود. کاهش دمای شبانه به پایین‌تر از دمای موردنیاز برای رشد مطلوب گیاه در تاریخ کاشت اول اسفند باعث مواجه‌شدن جوانه‌زنی با شرایط سرد شد که می‌تواند سبب ضعیف شدن گیاهچه گردد. در تاریخ کاشت اواسط فروردین دمای زیاد رشد گیاه را با محدودیت مواجه کرد که

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه آن کاهش تعداد پنجه در بوته بود. آذری‌نصرآباد و میرزایی (Azariasrabad and Mirzaei, 2013) بیان کردند که تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد پنجه در ارزن گردید. آبیاری پس از ۵۰ و ۶۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین تعداد پنجه در بوته را داشتند (جدول ۴). با کم شدن رطوبت در خاک جذب آن کاهش و با صرف انرژی بیشتری صورت می‌گیرد، بنابراین توانایی گیاه برای تولید پنجه کاهش می‌یابد. مشایخی و همکاران (Mashayekhi et al., 2014) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش تعداد پنجه و ارتفاع بوته در ارزن گردید.

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سبز گیاهچه و شاخص‌های رشدی

Table 3. Analysis of variance (Mean Squares) of seedling emergence and growth indices.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant eight	تعداد پنجه Tiller number	روز تا گلدهی Day to Flowering	طول پانیکول Panicle length	وزن هزار دانه 1000seeds weight
Year (Y)	سال	1	50^{ns}	0.12^{ns}	6.72^{ns}	6.12^{ns}	0.002^{ns}
Error (a)	خطای الف	4	2.33	0.04	0.47	0.340	0.004
Planting Date (D)	تاریخ کاشت	3	1519.31^{**}	1.4^{**}	180.33^{**}	56.15^{**}	0.848^{**}
D × Y	تاریخ کاشت×سال	3	125.88^{**}	0.08^{ns}	0.537^{ns}	0.190^{ns}	0.001^{ns}
Error (b)	خطای ب	12	1.33	0.08	1.102	0.340	0.006
Stress (S)	تنش	2	8700.12^{**}	12.1^{**}	138.01^{**}	308.37^{**}	1.095^{**}
Y × S	تنش×سال	2	96.54^{**}	0.04^{ns}	0.181^{ns}	0.094^{ns}	0.004^{ns}
D× S	تنش×تاریخ کاشت	6	125.05^{**}	1.1^{**}	61.40^{**}	6.716^{**}	0.02
Y × D × S	تنش×تاریخ کاشت×سال	6	60.5^{**}	0.06^{ns}	0.273^{ns}	0.145^{ns}	0.003^{ns}
Error (c)	خطای ج	32	1.06	0.15	0.569	0.486	0.008
CV%	ضریب تغییرات (٪)	-	*6.46*	*21.82*	*5.53*	*5.78*	*7.83*

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد علوفه‌تر Fresh forage yield	پرولین Prolin	کلروفیل Chlorophyll
Year (Y)	سال	1	18947^{ns}	308.34^{ns}	382.72^{ns}	0.002^{ns}	0.02^{ns}
Error (a)	خطای الف	4	14094	126.88	244.30	0.003	0.06
Planting Date (D)	تاریخ کاشت	3	1966073^{**}	67890646^{**}	1062188531^{**}	660.5^{**}	4.19^{**}
D × Y	تاریخ کاشت×سال	3	13635^{ns}	7.09^{ns}	3.352^{ns}	0.001^{ns}	0.10^{ns}
Error (b)	خطای ب	12	13625	10.44	100.343	0.002	0.05
Stress (S)	تنش	2	10414516^{**}	180726260^{**}	28335169223^{**}	14533^{**}	31.49^{**}
Y × S	تنش×سال	2	13312^{ns}	3.72^{ns}	1.43^{ns}	0.001^{ns}	0.06^{ns}
D× S	تنش×تاریخ کاشت	6	265539^{**}	12071986^{**}	192214528^{**}	90.62^{**}	0.51^{**}
Y × D × S	تنش×تاریخ کاشت×سال	6	13991^{ns}	5.13^{ns}	2.171^{ns}	0.001^{ns}	0.04^{ns}
Error (c)	خطای ج	32	13987	17.95	67.75	0.001	0.05
CV%	ضریب تغییرات (٪)	-	10	9.2	11	5.04	4.31

*، ** و ^{ns}: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد، ns برابر با عدم تفاوت معنی‌دار

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

Y: سال، D: تاریخ کاشت، S: درصد تخلیه رطوبت

Y: Year, D: Planting date, S: Moisture depletion percentage, Error (a): Year error, Error (b): Planting date error, Error (c): Drought stress error.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات در تیمارهای تاریخ کاشت و تنش خشکی ارزن دم‌روباهی (رقم باستان)

Table 4. Comparison of mean traits in planting date and drought stress in Bastan foxtail millet

Treat	تیمار	وزن هزار دانه 1000 seeds Weight	طول پانیکول panicle length (cm)	تعداد پنجه Tiller number	ارتفاع بوته Plant height	روز تا گل‌دهی Day to Flowering
Year	سال	(gr)	(cm)		(cm)	
2013	۱۳۹۱-۹۲	3.06[a]	11.76[a]	1.75[a]	69.58[a]	49.08a
2017	۱۳۹۵-۹۶	3.05[a]	12.34[a]	1.75[a]	71.25[a]	49.69a
S date	تاریخ کاشت					
February 20	۱ اسفند	2.88[c]	10.91[c]	1.50[b]	64.27[c]	50.77b
March 5	۱۵ اسفند	3.27[a]	14.08[a]	2.11[a]	83.16[a]	52.27a
March 20	۳۰ اسفند	.21[b]	12.94[b]	1.94[a]	71.05[b]	49.55c
April 5	۱۵ فروردین	2.85[c]	10.27[d]	1.61[b]	63.16[d]	44.94d
Irrigation levels	سطوح آبیاری					
50 Percentage of field capacity	۵۰٪ ظرفیت زراعی	3.25[a]	14.93[a]	2.37[a]	87.00[a]	52.04a
65 Percentage of field capacity	۶۵٪ ظرفیت زراعی	3.08[b]	13.18[b]	2.00[b]	74.62[b]	48.75b
80 Percentage of field capacity	۸۰٪ ظرفیت زراعی	2.83[c]	8.04[c]	1.00[c]	49.62[c]	47.37c

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

Treat	تیمار	عملکرددانه grain yield	عملکردعلوفه خشک Dry forage yield	عملکردعلوفه‌تر Fresh forage yield	پرولین Prolin	کلروفیل Chlorophyll
Year	سال	----------(t.ha^{-1})----------			---------(mg/gr)---------	
2013	۱۳۹۱-۹۲	1.167[a]	4.469[a]	17.719[a]	63.34[a]	5.54[a]
2017	۱۳۹۵-۹۶	1.199[a]	4.473[a]	17.723[a]	63.35[a]	5.41[a]
Planting date	تاریخ کاشت					
February 20	۱ اسفند	0.929[c]	2.686[d]	10.689[d]	57.72[d]	5.79[b]
March 5	۱۵ اسفند	1.521[a]	6.408[a]	25.225[a]	59.20[c]	5.83[a]
March 20	۳۰ اسفند	1.410[b]	5.873[b]	23.450[b]	65.59[b]	5.31[c]
April 5	۱۵ فروردین	0.871[c]	2.917[c]	11.520[c]	70.85[a]	4.80[d]
Irrigation levels	سطوح آبیاری					
50 Percentage of field capacity	۵۰٪ ظرفیت زراعی	1.677 [a]	6.514 [a]	25.704 [a]	46.05[c]	6.28[a]
65 Percentage of field capacity	۶۵٪ ظرفیت زراعی	1.436[b]	5.547[b]	22.112 [b]	52.46[b]	5.89[b]
80 Percentage of field capacity	۸۰٪ ظرفیت زراعی	0.435[c]	1.352[c]	5.347[c]	91.51[a]	4.13[c]

در هر ستون سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.

مقایسه میانگین مربوط به برهمکنش تنش خشکی و تاریخ کاشت نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ اسفند در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین تعداد پنجه در گیاه را داشت (شکل 1b). در اواسط اسفند مناسب بودن دما و رطوبت خاک باعث رشد بهتر گیاه می‌شود. همچنین در آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی گیاه با تنش شدید

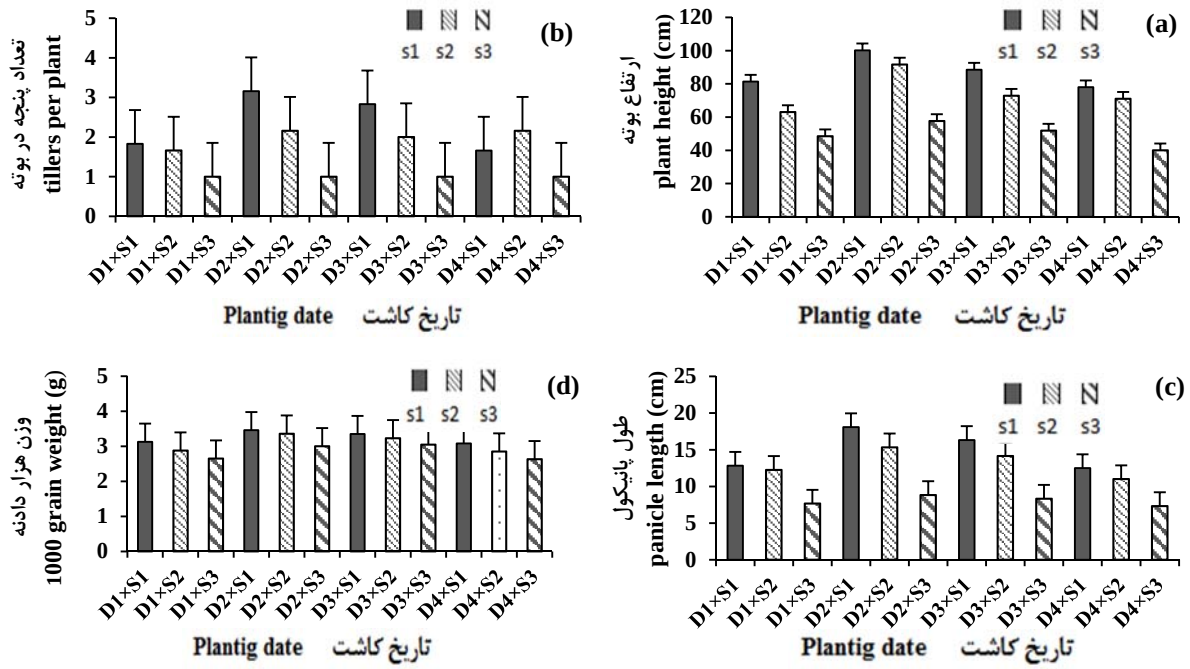
www.SID.ir

Archive of SID

رطوبتی مواجه نمی‌شود و سبب طولانی‌تر شدن طول دوره رویشی و تولید پنجه بیشتر نسبت به سایر تیمارها می‌شود.

روز تا گل‌دهی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد روز تا گل‌دهی داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی مربوط به تاریخ کاشت نیمه اسفند بود (جدول ۴). ازآنجاکه در تاریخ-های مختلف کاشت شرایط دمایی و طول روز متفاوت است (جدول ۲) و این دو عامل، مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر سرعت نمو هستند، بنابراین سرعت نمو در تاریخ‌های مختلف کاشت نوسان داشت (Tabatabai and Shakeri, 2016). در بین تیمارهای تنش خشکی نیز ۵۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی بود (جدول ۴). کاهش تعداد روز تا گل‌دهی براثر تنش خشکی توسط صادقی نژاد و همکاران (Sadeghinejad et al., 2015) گزارش شده است. تنش کم‌آبی سبب تسریع در زودرسی گیاهان می‌شود و زودرسی یکی از مکانیسم-های مهم گریز از خشکی به شمار می‌رود (Jazayeri and Rezaei, 2006).



شکل ۱. برهمکنش تاریخ کاشت و تنش خشکی بر صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر) (a)، تعداد پنجه در بوته (b)، طول پانیکول (سانتی‌متر) (c)، وزن هزار دانه (گرم) (d)

Fig. 1. Interaction of planting date and drought stress on plant height (cm)(a), number of tillers per plant(b), panicle length (cm)(c), 1000 grain weightd (g)(d)

D_1: ۱ اسفند، D_2: ۱۵ اسفند، D_3: ۳۰ اسفند، D_4: ۱۵ فروردین، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی

D1: February 20, D2: March 5, D3: March 20, D4: April 5, S_1, S_2, and S_3 50, 65 and 80% Percentage of field capacity

طول پانیکول

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی دارای اختلاف معنی‌دار بر طول پانیکول بود (جدول ۳). تاریخ کاشت نیمه اسفند بیشترین طول پانیکول را نشان داد. تاریخ کاشت اول اسفند و انتهای اسفند کمترین مقدار طول پانیکول را نشان دادند (جدول ۴). کاهش طول پانیکول در نیمه فروردین نسبت به نیمه اسفند ۲۷ درصد است. طول پانیکول به آهنگ رشد پانیکول که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می‌باشد وابسته است. چنانچه گیاه در این مرحله با تنش محیطی

www.SID.ir

Archive of SID

مواجه نشود، رشد پانیکول مطلوب می‌شود. به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول اسفند به دلیل سرمای ابتدای فصل و کاهش سرعت جوانه‌زنی بذرها، رشد و تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت طول پانیکول کاهش پیدا کرد. در تاریخ کاشت اواسط فروردین گرمای زیاد آخر فصل رشد، باعث کاهش طول دوره رشد زایشی گیاه و به‌تبع آن طول پانیکول به‌عنوان مخزن ذخیره مواد فتوسنتزی (دانه) کاهش پیدا کرد.

در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین طول پانیکول و کمترین مقدار آن در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۴). با کم شدن رطوبت در خاک، تقسیم و آماس سلولی در گیاه کاهش می‌یابد. جذب رطوبت از خاک توسط گیاه مستلزم صرف انرژی بیشتری است. علاوه بر این طول دوره رشد زایشی و به دنبال آن طول پانیکول کاهش می‌یابد. در تحقیق دیگری بیان شد که کم‌آبیاری سبب کاهش طول سنبله در گندم گردید (Ghodsi et al., 1998). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی × تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت نیمه اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین طول پانیکول و در تاریخ کاشت اواسط فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین طول پانیکول به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت نیمه اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی گیاه با شرایط رشدی مناسبی ازنظر دما و رطوبت و نور خورشید مواجه است و انطباق مراحل مختلف فنولوژیکی با شرایط مناسب محیطی باعث افزایش طول پانیکول می‌شود (Eshraghinejad et al., 2011).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌دار بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۳). وزن هزار دانه در تاریخ کاشت نیمه اسفند بالاترین میزان را دارا بود و نسبت به تاریخ کاشت نیمه فروردین ۱۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). شرایط دمایی مناسب در این تاریخ کاشت سبب توسعه بهتر اندام‌های رویشی از قبیل ساقه، برگ و افزایش تعداد آغازی‌های گل و جذب بیشتر نور خورشید و افزایش
طول دوره رویشی در این تاریخ شد که این شرایط سبب افزایش فتوسنتز گیاه و وزن هزار دانه گردید. کمترین وزن هزار دانه به تاریخ کاشت اواسط فروردین اختصاص یافت. افزایش دمای محیط در آخر فصل باعث افزایش تنش گرمایی و تشدید تنش خشکی شد و با کوتاه شدن طول دوره رشد زایشی وزن هزار دانه کاهش یافت. در تحقیقی که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف ارزن مرواریدی در تاریخ‌های مختلف کاشت انجام گرفت تفاوت معنی‌داری بین تاریخ‌های مختلف کاشت ازنظر وزن هزار دانه مشاهده گردید (Maiti et al., 1995). اشراقی‌نژاد و همکاران (Eshraghinejad et al., 2011) گزارش کردند تأخیر در کاشت طول دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه را در ارقام ارزن کاهش داد. در تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین وزن هزار دانه حاصل شد و نسبت به تنش ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، ۱۲/۹۲ درصد افزایش نشان 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 به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Yan et al., 2016). تنش خشکی از طریق کاهش تعداد سلول آندوسپرم دانه در قاعده و رأس سنبله، وزن دانه را کاهش می‌دهد (Mark et al., 1995). برهمکنش تنش × تاریخ کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت نیمه اسفند و تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین وزن هزار دانه حاصل شد. کمترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اواسط فروردین و تنش ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تولید شد (شکل 1d) کمبود رطوبت خاک و گرمای آخر فصل موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه، فتوسنتز و وزن هزار دانه می‌شود (Rosales-Serna et al., 2006). در مورد کاهش وزن هزار دانه در تیمار تنش خشکی و کشت تأخیری می‌توان گفت که ازآنجایی‌که در زمان تنش برخی گلچه‌ها گرده‌افشانی شده و مرحله پر شدن دانه‌ها در آن‌ها شروع‌شده، تشکیل سلول‌های آندوسپرم به دلیل کاهش هورمون سیتوکنین در شرایط تنش، تحت تأثیر قرارگرفته و پتانسیل وزن دانه کاهش می‌یابد (Bradford, 1994).

عملکرد علوفه‌تر و خشک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌دار بر عملکرد علوفه‌تر و خشک داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج جدول ۴ با تأخیر در کاشت میزان عملکرد علوفه تر و خشک کاهش یافت. به‌طوری‌که بالاترین عملکرد علوفه تر و خشک مربوط به تاریخ کاشت نیمه اسفند است. کمترین عملکرد علوفه‌تر و خشک به تاریخ کاشت اول اسفند اختصاص داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

صفری (Safari, 2008) با انجام پژوهشی در گیاه ارزن دم-روباهی به این نتیجه رسید که با تأخیر در کاشت، عملکرد علوفه‌تر و خشک در واحد سطح کاهش می‌یابد. دلیل این امر را مربوط به کاهش طول فصل رشد و ورود زودتر گیاه به مرحله زایشی نسبت به تاریخ کاشت زودهنگام دانست.

در آبیاری پس از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار عملکرد علوفه‌تر و خشک به دست آمد. تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی ازنظر عملکرد علوفه‌تر و خشک در رتبه آخر قرار گرفت (جدول ۴). پاندی و همکاران (Pandey et al., 2000) گزارش نمودند که کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط کم‌آبی می‌تواند به دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ، کاهش سطح برگ و درنتیجه کاهش فتوسنتز باشد. کونوور و سونیک (Conover and Sovonick, 1989) بیان داشتند که تنش خشکی ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی، تعداد پنجه و عملکرد بیولوژیک را در ارقام ارزن کاهش داد و یافته‌های این تحقیق را تأیید می‌نماید. 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 (Ardakani et al., 2007).

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت × تنش نشان داد که در تاریخ کاشت نیمه اسفند و تنش ۵۰ درصد بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک به دست آمد. کمترین مقدار عملکرد علوفه‌تر و خشک در تاریخ کاشت اواسط فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (شکل 2a و2b). کاشت گیاه در زمان مناسب به دلیل استفاده بهتر از رطوبت، دما و نور باعث رشد رویشی و عملکرد علوفه‌تر و خشک بیشتر می‌شود. نگواکو و همکاران (Ngwako et al., 2013) بیان داشتند که کاشت گیاه در تاریخ کاشت و آبیاری مناسب سبب افزایش عملکرد علوفه‌تر و خشک در گیاه می‌گردد و نتایج این تحقیق را تائید می‌کند.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد دانه ارزن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. در تاریخ کاشت نیمه اسفند بیشترین عملکرد دانه به دست آمد.

کمترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت اواسط فروردین حاصل شد (جدول ۴). مدیریت تاریخ کاشت می‌تواند به‌واسطه تأثیر بر انطباق‌پذیری مراحل مهم نمو گیاه با مناسب‌ترین میانگین‌های متغیرهای پیش برنده (دما و طول روز) و البته تولید سطح برگ، بر میزان تولید اثرگذار باشد، به‌نحوی‌که با منطبق شدن مراحل نموی مهم گیاه با دما و طول روز بهینه، مراحل نمو به‌خوبی طی شده و گیاه فرصت کافی برای بستن کانوپی و استفاده مؤثر از تابش را خواهد داشت و درنتیجه افزایش عملکرد در این شرایط مورد انتظار است، درحالی‌که تأخیر در کاشت با توجه به کوتاه شدن فاز زایشی ناشی از محدودیت‌های دمایی آخر فصل، باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Eshraghinejad et al., 2011).

نتایج جدول ۴ نشان داد که آبیاری در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین و آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین عملکرد دانه در هکتار را دارا بود. تنش خشکی طول برگ، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه و طول پانیکول را در گیاه کاهش داد (جدول ۴) که درنتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه در گیاه کاهش یافت. تنش در دوره رشد رویشی از طریق کاهش سطح فتوسنتز کننده و در دوره زایشی از طریق کاهش طول دوره رشد زایشی باعث کاهش عملکرد دانه در ارزن دم‌روباهی شد (Khazaie et al., 2017).

مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت × تنش نشان داد که تاریخ کاشت نیمه اسفند و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین عملکرد دانه را داشت. کمترین عملکرد دانه را تاریخ کاشت اواسط فروردین و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی تولید کرد (شکل2c). به نظر می‌رسد تأمین رطوبت موردنیاز گیاه و کاشت در زمان مناسب سبب استفاده بهتر از عوامل محیطی، طولانی شدن رشد رویشی و زایشی، پر شدن دانه و افزایش عملکرد می‌شود. در پژوهشی دیگر بیان شد که کاشت گیاه در تاریخ کاشت و آبیاری مناسب عملکرد دانه را افزایش داد (Ngwako et al., 2013).

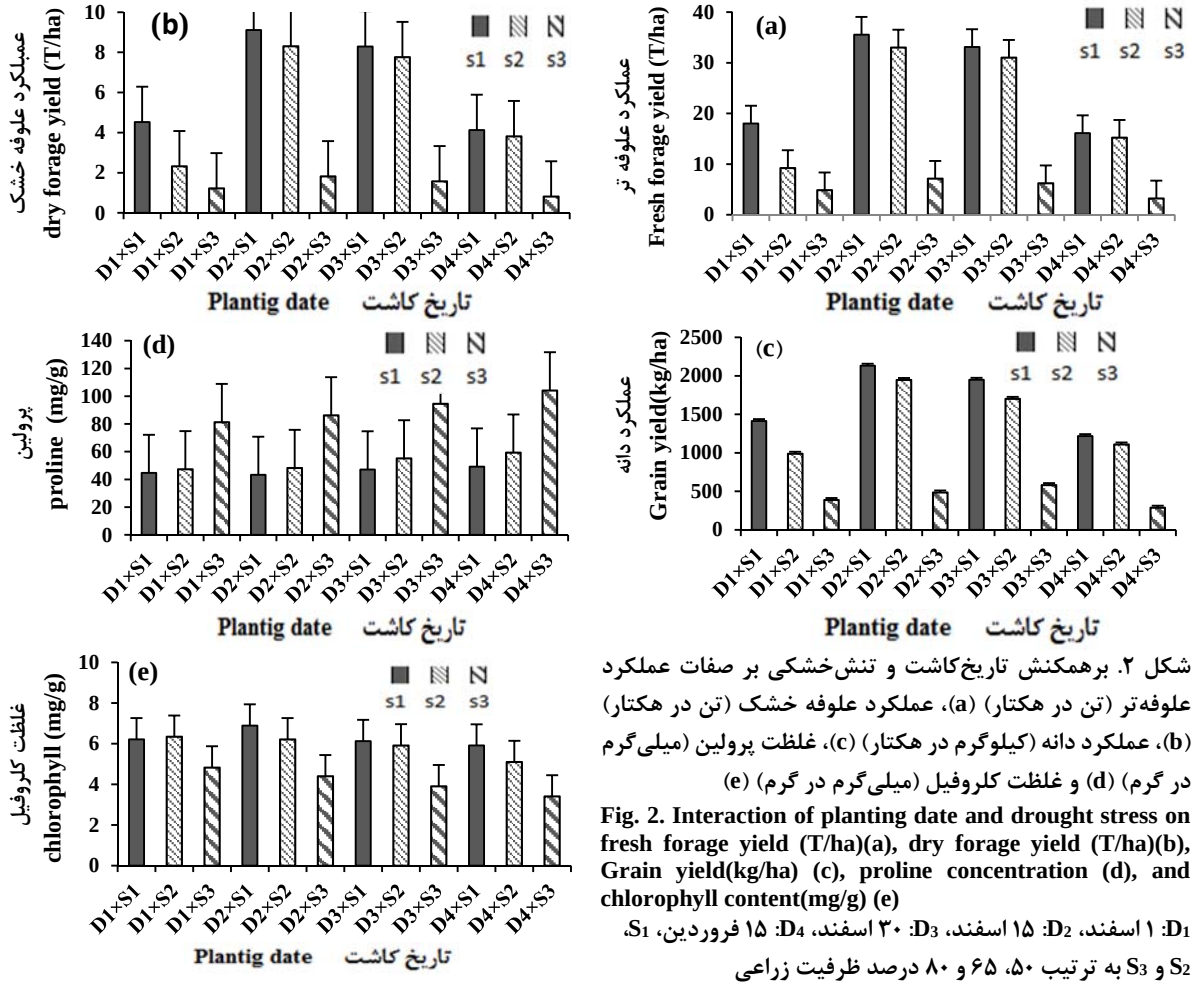
پرولین

نتایج تجزیه واریانس مقدار پرولین نشان داد که تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۴). نتایج حاصله از

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری میزان تجمع اسیدآمینه پرولین در ارزن در تاریخ-های مختلف کاشت نشان داد که در تاریخ کاشت اواسط فروردین بیشترین میزان تجمع پرولین در برگ‌های گیاه وجود داشت. بر اساس جدول ۴ مقدار پرولین در تاریخ کاشت اول اسفند کمتر از بقیه تیمارها بود. به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اواسط فروردین به دلیل گرم شدن هوا و ایجاد تنش گرمایی و خشکی به‌طور هم‌زمان تجمع پرولین جهت افزایش ضریب تحمل گیاه به تنش افزایش‌یافته است. پرولین به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان و اسمولیت در تحمل تنش به گیاهان کمک می‌کند و تأمین‌کننده انرژی موردنیاز برای رشد و زنده ماندن گیاه در هنگام مواجهه با شرایط سخت است (Chandrashekar et al., 1996). قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2014) گزارش کردند که تأخیر در کاشت و دمای بالا موجب افزایش غلظت پرولین در گیاه زعفران گردید. میزان تجمع پرولین در تیمارهای تنش متفاوت بود در تنش ۸۰ درصد میزان پرولین در بیشترین میزان بود درحالی‌که در تنش ۵۰ درصد کمترین غلظت پرولین حاصل شد (جدول ۴). افزایش پرولین از طریق تنظیم اسمزی به حفظ تورژسانس سلول به‌منظور بقاء و یا کمک به رشد گیاه تحت شرایط تنش خشکی شدید در ارزن کمک می‌کند (Shao et al., 2008). خزاعی و همکاران (Khazaie et al., 2016) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی غلظت پرولین در ارقام ارزن افزایش یافت. میزان پرولین در تاریخ کاشت اواسط فروردین و تنش ۸۰ درصد بیشترین مقدار بود (شکل 2d).



شکل ۲. برهمکنش تاریخ‌کاشت و تنش‌خشکی بر صفات عملکرد علوفه‌تر (تن در هکتار) (a)، عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) (b)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) (c)، غلظت پرولین (میلی‌گرم در گرم) (d) و غلظت کلروفیل (میلی‌گرم در گرم) (e)

Fig. 2. Interaction of planting date and drought stress on fresh forage yield (T/ha)(a), dry forage yield (T/ha)(b), Grain yield(kg/ha) (c), proline concentration (d), and chlorophyll content(mg/g) (e)

D_1: ۱ اسفند، D_2: ۱۵ اسفند، D_3: ۳۰ اسفند، D_4: ۱۵ فروردین، S_1، S_2 و S_3 به ترتیب ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی

D1:February 20, D2:March 5, D3: March 20, D4: April 5, S_1, S_2,, S_3 50, 65 and 80% Percentage of field capacity

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقدار کلروفیل نشان داد که بین سطوح تاریخ کاشت، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). یکی از روش‌های ارزیابی و پیش‌بینی تحمل گیاهان زراعی به تنش خشکی، مطالعه میزان تغییراتی است که در سنتز کلروفیل برگ در اثر کمبود آب اتفاق می‌افتد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تاریخ کاشت نیمه اسفند بیشترین میزان کلروفیل حاصل شد (جدول ۴). با کاشت گیاه در زمان مناسب و فراهم شدن شرایط رشد رویشی بهتر و سنتز بیشتر کلروفیل عملکرد دانه و علوفه گیاه افزایش می‌یابد. تاریخ کاشت اواسط فروردین کمترین غلظت کلروفیل را نشان داد. تأخیر در کاشت و برخورد گیاه با دمای بالای آخر فصل سبب کاهش تولید مؤلفه مؤثر بر عملکرد (غلظت کلروفیل) می‌گردد (Rushanfekr et al., 2011) تنش خشکی باعث کاهش میزان کلروفیل در ارزن طی دو سال شد. به‌طوری‌که غلظت کلروفیل در ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین غلظت کلروفیل را داشت (جدول ۴).

تنش خشکی تأثیر مستقیم بر کاهش شاخص کلروفیل برگ دارد. به‌طوری‌که ساقه‌ها مهم‌ترین منبع کربوهیدرات‌ها در زمان پر شدن دانه‌ها هستند. با کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی میزان این ذخایر کم شده و ضمن اثر بر قطر ساقه، پر شدن دانه و درنتیجه وزن دانه‌ها و درنهایت بر عملکرد دانه اثر منفی می‌گذارد (Nasrolazade et al., 2017). همچنین تولید مولکول‌های فعال اکسیژن در اثر تنش خشکی باعث کاهش غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها می‌شود (Reddy et al., 2004). مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت × تنش خشکی نشان داد که غلظت کلروفیل در تاریخ کاشت نیمه اسفند و تنش ۵۰ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (شکل 2e). به نظر می‌رسد در این شرایط دما و رطوبت در حد مناسبی در اختیار گیاه قرار گرفت و با تولید کلروفیل بیشتر، بهتر از شرایط محیطی استفاده می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده ازنظر عملکرد علوفه و دانه، به نظر می‌رسد، کشت در ۱۵ اسفند به دلیل در اختیار بودن رطوبت کافی، طول روز مناسب و درجه حرارت کافی نقش زیادی در افزایش عملکرد ایفا می‌کند. گیاه در این تاریخ کاشت توانسته است سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی ساخته‌شده را به دانه‌ها منتقل کند ولی در تاریخ کاشت چهارم به دلیل نامناسب بودن شرایط محیطی (به‌ویژه درجه حرارت) در زمان پر شدن دانه‌ها باعث تغییر نامطلوب در نسبت فتوسنتز به تنفس و به‌نوبه خود موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده است. باوجود مقاومت ارزن به تنش خشکی، تنش باعث کاهش عملکرد ارزن شد ولی کاهش دسترسی آب تا ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی تأثیر زیادی بر عملکرد دانه و علوفه نداشت و با توجه به بحران کمبود آب در کشور و منطقه قابل توصیه است. تغییرات محتوی پرولین و میزان کلروفیل برگ تحت تأثیر افزایش تنش نیز بیانگر مقاومت نسبی ارزن تا سطح تنش ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی است و افزایش تنش بالاتر از این سطح باعث خسارت زیادی به کلروفیل و کاهش شدید عملکرد می‌شود.

منابع

Ardakani, M., Abbaszadeh, B., Sharifi, A., Ashorabadi, M., Lebaschi, H., Mohebati, F., 2007. The effect of drought stress on growth indices of Balm (*Melissa officinalis* L.). Plant and Ecosystem. 21, 47-58. [In Persian with English Summary].

Azarinasrabad, A., Mirzaei, M., 2013. Effect of Sowing Date on Grain Yield and Yield Components of Foxtail Millet *(Setaria italica*) Promising Lines. Seed and Plant Production Journal. 28, 95-105. [In Persian with English Summary].

Bates, L., Waldron, R., Teare, I., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-208.

Bradford, K., 1994. Water stress and the water relations of seed development: A critical review. Crop Science. 34, 1-11.

Chandrashekhar, K., Sandhyarani, S., 1996. Salinity induced chemical changes in *Crotalaria striata* DC. Indian Journal of Plant Physiology. 1, 44-48.

Conover, D.G., Sovonick, S.A., 1989. Influence of deficits on the water relations and growth of *Echinochloa turneriana, Echinochloa crus-*

www.SID.ir

Archive of SID

gali, and *Pennisetum americanum*. Australian Journal Plant Physiology. 16, 291-304.

Eshraghinejad, M., Kamkar, B., Soltani, A., 2012. The effect of sowing date on yield of millet varieties by influencing on phonological periods duration. Electronic Journal of Crops Production. 4, 169-188. [In Persian with English Summary].

Ghobadi, F., Ghorbani, J., Soroushzadeh, E., 2015. Effects of planting date and corm size on flower yield and physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.) under Varamin plain climatic conditions. Saffron Agronomy and Technology, 2, 265-276. [In Persian with English Summary].

Ghodsi, M., M. Nazeri and A. Zarea-Fizabady, 1998. The reaction of new cultivars and elite lines of spring wheat into drought stress. Proceedings of the 5th Iranian Agronomy and Plant Breeding Conference, (IAPBC'98), Karaj, Iran, pp: 252-252. [In Persian].

Hasheminejad, S., Alizadeh, O., Amiri, B., Esfandiari, M., 2017 The effects of drought Stress and different sowing date on some quantitative and qualitative characteristics of three corn hybrids (*Zea mays* L.) in the region of north of Khuzestan. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 2, 15-27.

Hui-Ping, D., Chan-juan, S., An-Zhi, W., Tuxi, Y., 2012. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail (*Setaria italica* L.) varieties exposed to drought conditions. Australian Journal of Crop Science. 6, 232-237.

Jazayeri, M., Rezaei, E., 2006. Evaluation of drought tolerance in oat cultivars in Isfahan climate. Journal of Agricultural Sciences and Technology. 3, 393-404.

Kazemiarbat, H., 2009. Advanced Agronomy, Volume 1, Cereals. University Publication Center. 320p. [In Persian].

Khajepour, M., 2015. Principles of Agronomy. Jihad University Press. 658pp. [In Persian].

Khazaei, M., Galavi, M., Dehmardeh, M., Mehdinejad, N., 2016. Effect of drought stress on osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of three Foxtail Millet (*Setaria italica* L.) species. Environmental Stresses in Crop Sciences. 9, 149-162. [In Persian with English Summary].

Khazanedari, L., Abbasi, F., Ghandhari, S., Kouhi, M., Malbousi, S., 2010. Study of drought trend in Iran for next 30 years. Proceedings of the 4th Regional Climate Change Conference, Dec 29, Tehran, Iran. [In Persian].

Lata, C., Sarita, J., Prasad, M., Sreenivasulu, N., 2011. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of *foxtail millet* cultivars. Protoplasma. 248, 817-828.

Marc, E., Roslyn, M., Dalling, M., 1995. Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. Annals of Botany. 55, 433-444.

Mashayekhi, S., Khajuienejad, G., Mohammadinejad, G., 2014. Effect of drought stress on morphological traits, yield and yield components in different millet cultivars. 12th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman. Iran. [In Persian].

Maiti, R., Lopej, U., Gamboa, L., 1995. Effect of sowing date on the physiological maturity, grain filling and germination of 15 pear millet cultivars. International Sorghum and Millets Newsletter. 36, 57-58.

Mobaser, H., 2012. Effect of planting date and water deficit on qualitative and quantitative traits of Sunflower in Sistan, Iran. Agroecology Journal. 11, 39-45[In Persian with English Summary].

Nasrolazadeasl, V., Shiri, M.R., Baghbani, F., 2017. Effect of drought tension on agronomy and biochemical traits of three maize hybrids (*Zea mays* L.). Crop Physiology Journal. 8, 45-60. [In Persian with English Summary].

Nazarli, H., Zadashti, M., 2010. The effect of drought stress and super absorbent polymer on agronomical traits of sunflower (*Helianthus anus* L.) under field condition. Cercetari Agronomice in Moldova. 3, 4- 14.

Ngwako, S., Balole, T., 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, 116-120.

Pandey, R.K., Maranville, J. W., Chetima, M., 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. Shoot growth. Agricultural Water Management. 46, 15-27.

Paknejad, F., Jamiallahmadi, M., Wazan, S., Ardakani, M.R., 2009. Effects of water stress at different growth stages on yield and water use efficiency of some wheat cultivars. Electronic

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Crop Production. 3, 17-36. [In Persian with English Summary].

Razmjoo, K., Heidarizadeh, P., Sabzalian, M., 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 with English Summary].

Reddy, A., Ramachandra, R., Chaitanya, V., Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161, 1189-1202.

Renato, S., Sollenberg, E., Charles, R., 2001. Yield, yield distribution, and nutritive value of intensively managed warm-season annual grasses. Agronomy Journal. 93, 1253-1262.

Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., 2003. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought- stressed common bean cultivars. Field Crop Research. 85, 203-211.

Rushanfekredezfuli, H., Nabipour, M., Moradi, F., Mesgarbashi, M., 2012. Effect of Temperature Change on Stomatal Conductance and Chlorophyll Content of Wheat. The Plant Production. 34, 39-52. [In Persian with English Summary].

Safari, F., 2008. The effect of sowing date and plant density on yield of foxtail millet (*Setaria italica*), Master's thesis. Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. [In Persian].

Sadeghinejad, A., Modares Sanavi, S., Tabatabaei, S., Modares, S., 2015. Effect of Water Deficit Stress at Various Growth Stages on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Five Rapeseed (Brassica napus L.) Cultivars. Journal of Water and Soil Science. 24, 53-64. [In Persian with English Summary].

Seghatoleslami, J., Kafi, M., Majidi, E., 2008. Effect of drought stress at different growth stages on yield and yield water use efficiency of five proso milet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. Pakistan Journal of Botanical. 40, 1427-1432.

Sairam, R.K., 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.

Shao, H., Chu, M., Shao, C., Abdul, J., Hong-Mei, M., 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologies. 331, 433–441.

Singh, B., Singh, D., 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. Field Crops Research. 42, 57- 67.

Tabatabai, A., Shakeri, E., 2016. Effects of sowing date and row spacing on some phenological and morphological traits, yield and yield components of millet cultivars. Journal of Crop Production Research. 8, 295-313. [In Persian with English Summary].

Vitkauskaite, G., Venskaityte, L., 2011. Differences between C3 (*Hordeum vulgare* L.) and C4 (*Panicum miliaceum* L.) plants with respect to their resistance to water deficit. Agriculture. 98, 349-356.

Werker, A.R., Jaggard, K.W., 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. Agricultural and Forest Meteorology. 89, 229-240.

Weyhrich, R.A., Carver, B.F., Martin, B.C., 1995. Photosynthesis and water use efficiency of awned and awnletted nearisogenic lines of hard red winter wheat. Crop Science. 35, 172-176.

Yan, W., Zhong, Y., 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.

www.SID.ir