Archive of SID

فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی، شماره پیاپی ۲۵، سال هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

اثر محلول پاشی اسیدآبسیزیک بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و برخی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه *Cannabis sativa* L. تحت شرایط رطوبتی مختلف خاک

هاجر معتمدی شارک[۱]، خدایار همتی[۲*]، سارا خراسانی‌نژاد[۳]

[۱] کارشناس‌ارشد، گروه گیاهان دارویی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲] دانشیار ، گروه علوم و باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۳] استادیار، گروه علوم و باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰٤/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۱۰

چکیده

در این تحقیق به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآبسیزیک بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی شاهدانه (*Cannabis sativa* L.)، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل چهار سطح تنش خشکی (۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و تیمار محلول‌پاشی اسیدآبسیزیک (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. در زمان گلدهی کامل، ویژگی‌های رشدی و مورفولوژی از جمله قطر ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، ارتفاع ساقه، طول ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد بذر، تعداد گل، وزن کل بذور، تعداد شاخه فرعی، قطر شاخه فرعی، فنل کل ریشه، فلاونوئید کل ریشه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه، پرولین ریشه، قندهای محلول برگ و مقدار اسیدآبسیزیک برگ ارزیابی شد. صفات فیزیولوژیکی با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و مقدار اسیدآبسیزیک با استفاده از دستگاه HPLC آنالیز گردید. نتایج نشان داد تنش کم‌آبی و اسیدآبسیزیک اثر معنی‌داری بر تمام صفات مورد بررسی به جزء مقدار اسیدآبسیزیک برگ، تعداد شاخه فرعی و قند کل داشت و بیشترین فنل کل در سطح توام تنش ۸۵ درصد و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدآبسیزیک ثبت شد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح رطوبتی وجود نداشت. همچنین به‌ترتیب بیشترین میزان فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح تنش ۵۵ درصد و ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم اسیدآبسیزیک مشاهده شد. بر اساس یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت، تنش کم‌آبی، اثرات منفی بر رشد گیاه داشته و در مقابل گیاه برای مقابله با این اثرات ترکیبات فلاونوئیدی و آنتی‌اکسیدانی خود را افزایش داد. محلول‌پاشی اسیدآبسیزیک باعث بهبود برخی صفات در شرایط تنش خشکی شده است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پرولین، شاهدانه، فنل کل، قند محلول، مورفولوژیک

*نویسنده مسئول: khodayarhemmati@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گیاهان با شرایط محیطی تنش‌زا مختلف در چرخه زندگی خود مواجه هستند. حدود یک‌سوم زمین‌های بالقوه جهان از تامین آب نامناسب رنج می‌برند. خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است (Abedi and Pakniyat, 2010). کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر (برابر یک‌سوم میانگین جهانی) جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد (Jafarzadeh et al., 2010).

آب یکی از مهمترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان مختلف دارویی دارد (Zhua et al., 2009). محققان در تحقیقات خود نشان دادند که تنش‌های محیطی باعث افزایش سطوح متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی می‌شود (Selmar, 2008). همچنین در تحقیقات دیگر روی گیاهان دارویی نشان داده شد که تنش کم‌آبی باعث کاهش شدید عملکرد در گیاه رزماری[1]، نعناع‌فلفلی[2] و مریم‌گلی[3] می‌شود (Bettaieb et al., 2009; Delfine et al., 2005). بنابراین، باتوجه به هدف کشت محصول، به‌منظور رسیدن به حداکثر عملکرد در شرایط تنش می‌توان به جای آبیاری کامل، برنامه‌ای مناسب برای مصرف بهینه آب بکار برد و تنها در مراحل بحرانی از آب استفاده کرد که در این صورت تاثیر خشکی کاهش می‌یابد (Kamkar et al., 2011). در بررسی دیگری از تنش خشکی بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی سرخارگل از جمله غلظت پرولین، قطر ساقه، عملکرد تر بوته، شاخص سطح برگ تاثیر معنی‌دار داشته است (Farahvash et al., 2015).

گیاهان سیستم‌هایی برای تحمل تنش‌های محیطی دارند. برخی فیتوهورمون‌ها به شدت با این سیستم‌ها ارتباط دارند. به‌عنوان مثال، اسیدآبسیزیک، یکی از فیتوهورمون‌های اصلی که در واکنش گیاه به تنش مرتبط است (Hirayama and Shinozaki, 2007). اسیدآبسیزیک نقش مهمی در سازگاری فیزیولوژیکی گیاهان به تنش خشکی دارد (Jakab et al., 2005; Maleki et al., 2011). ABA باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود، بنابراین میزان آب اضافی برگ‌ها در نتیجه جذب آب از ریشه‌ها کاهش می‌یابد. بر اساس این عمل کاهش استرس، ABA می‌تواند به‌عنوان ضدتعرق متابولیکی برای حفاظت از گیاهان در شرایط استرس موردتوجه قرار گیرد (Shinohara et al., 2011).

شاهدانه (*Cannabis sativa*) گیاهی دوپایه و یک‌ساله، از خانواده کانابیناسه است که دارای برگ‌های پنجه‌ای با پنج تا هفت برگچه دندانه‌دار می‌باشد (Yoshimatsu et al., 2004). کانابینوئیدها ترکیبات ترپنوفنولیک هستند که تنها در جنس شاهدانه شناسایی شده به طوری‌که تاکنون بیش از شصت کانابینوئید در گیاه شاهدانه پیدا شده است. از کانابینوئیدهای اصلی می‌توان کانابیجرول (CBG)، دلتا ۹ تتراهیدروکانابینول (THC)، کانابینول (CBN)، کانابیدیول (CBD) و کانابیکروم (CBC) را نام برد (Yoshimatsu et al., 2004). استفاده‌های دارویی از شاهدانه تاریخچه طولانی داشته (Pinarkara et al., 2004) این گیاه در پزشکی برای درمان آب‌سیاه چشم، کاهش درد و برای بیماری‌های مرتبط با اعصاب مانند بیماری صرع، افسردگی، اختلالات دو قطبی

1. *Rosmarinus officinalis* L.
2. *Mentha piperita* L.
3. *Salvia officinalis* L.

www.SID.ir

Archive of SID

(Grotenhermen and Russo, 2002) و MS نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghanadi and Sadeghi, 2011).

تاکنون گزارشی در رابطه با اثر منفی تنش خشکی و نقش اسیدآبسیزیک روی گیاه شاهدانه ارائه نشده است. به همین دلیل و با توجه به اهمیت این گیاه در زمینه دارویی و نساجی و دامنه وسیع زمین‌های خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه در ایران، این پژوهش طراحی شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و برخی خصوصیات بیوشیمیایی گیاه دارویی شاهدانه، آزمایشی در محوطه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. این آزمایش به‌صورت گلدانی و فاکتوریل دو عاملی بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. بذور از پاکان بذر اصفهان تهیه و جهت تولید نشاء در سینی نشاء، کشت شدند. سه عدد نشاء در گلدان‌هایی با قطر ۲۵ سانتی‌متر شامل خاک (خاک مزرعه، ماسه و پرلیت به‌ترتیب با نسبت ۱:۱:۲) منتقل شده و در نهایت دو عدد بوته در گلدان نگه‌داشته شد. پس از استقرار کامل گیاه، در مرحله ۵-٤ برگی سطوح مختلف تنش خشکی (۱۰۰، ۸۵، ۷۰، ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) به‌روش حجمی- وزنی (Alizade Ahmad Abadi et al., 2017) و اسیدآبسیزیک به‌صورت محلول‌پاشی برگی (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ میلی‌گرم در لیتر) در چهار مرحله، مرحله اول ۱۰روز بعد از اعمال تنش و مراحل بعدی به‌ترتیب یک هفته بعد از مرحله اول، دو هفته بعد از مرحله دوم و محلول‌پاشی چهارم دو هفته بعد از مرحله سوم در زمان قبل از گلدهی اعمال شد. مشخصات نمونه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	رس (٪)	لای (٪)	ماسه (٪)	درصد مواد خنثی‌کننده	درصد اشباع	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	ازت (٪)	کربن آلی (٪)	اسیدیته (pH)	هدایت‌الکتریکی (dS/m)
شنی- لومی	٦	٣٤	٦٠	٢٥/٣٧	٢٧/٧٢	١٠٥٦	٤٨/٨	٠/١٦	١/٦	٧/٤٠	٥/٦٠

در زمان شروع گلدهی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل قندهای محلول برگ (قندکل، قند احیایی و غیراحیایی)، فنل کل ریشه، فلاونوئید کل ریشه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه، پرولین ریشه و مقدار ABA برگ‌ها و در زمان گلدهی کامل صفات مورفولوژیکی نظیر طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، قطر شاخه فرعی، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد بذر و وزن کل بذور اندازه‌گیری گردید. که طول ریشه به وسیله خط‌کش انجام شد (Safikhani et al., 2007).

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی مانند وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، جهت اندازه‌گیری طول ریشه و ارتفاع اندام هوایی از متر، قطر بوته‌ها از کولیس دیجیتالی مدل (Stainless Hardened) ساخت چین و سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (DELTA-T) اندازه‌گیری گردید. به‌منظور تهیه عصاره متانولی جهت اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، یک گرم از ریشه خشک وزن کرده بعد ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد به آن اضافه گردید و

www.SID.ir

Archive of SID

به‌مدت ٢٤ ساعت روی شیکر قرار داده شد و بعد از کاغذ صافی عبور داده شد.

اندازه‌گیری محتوای فنل کل ریشه: با استفاده از روش رنگ‌سنجی فولین- سیوکالتیو مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور ۲۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده با ١/٦ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و ۱۰۰میکرولیتر معرف فولین به محلول فوق اضافه شد، پس از ۵ دقیقه ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد به محلول اضافه و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد، سپس جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (2800 UV-VIS) در طول موج ٧٦٠ نانومتر قرائت شد. در این روش مقدار کل ترکیبات فنلی بر اساس یک ترکیب فنلی انتخاب شده به‌عنوان استاندارد (گالیک‌اسید) اندازه‌گیری و نتایج به‌صورت میلی‌گرم گالیک‌اسید بر گرم وزن خشک بیان می‌شود (Ordone et al., 2008).

اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل ریشه: با روش رنگ‌سنجی ارزیابی شد. بدین منظور ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم‌کلرید ۱۰٪ دراتانول، ۰/۱ میلی‌لیتر استات‌پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب‌مقطر مخلوط شد. برای تهیه بلانک به‌جای عصاره متانولی، از متانول خالص استفاده گردید. مخلوط نیم‌ساعت در تاریکی قرار گرفته و سپس بلافاصله در طول موج ٤١٥ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتری 2800 (UV-VIS) ساخت کشور چین قرائت و میزان فلاونوئید کل بر اساس خط استاندارد کوئرسیتین تعیین شد (Chang et al., 2002).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه: اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی توسط درصد مهار رادیکال‌های آزاد: در این آزمایش از روش درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH[1] استفاده شد. ابتدا دو میلی‌لیتر از DPPH با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار به لوله آزمایش ریخته شد و سپس دو میلی‌لیتر از عصاره متانولی تهیه شده به آن اضافه شد. لوله‌های آزمایش به‌مدت ۳۰ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. بعد از پایان واکنش بلافاصله جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر (2800 UV-VIS) در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. نمونه شاهد حاوی دو میلی‌لیتر DPPH و دو میلی‌لیتر متانول بود (Ebrahimzadeh et al., 2008).

اندازه‌گیری پرولین ریشه: جهت تهیه محلول استخراج پرولین، ۰/۱ گرم ریشه خشک شده را در هاون چینی همرا با ۱۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوسالیسیلیک ٪۳/۳ ابتدا به خوبی سائیده و سپس با عبور از کاغذ صافی، عصاره حاصل را در لوله آزمایش ریخته و در مخلوط آب و یخ نگهداری گردید. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از معرف نین‌هیدرین (۱/۲۵ گرم نین هیدرین، ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ٦ مولار و ۳۰ میلی‌لیتر اسیداستیک خالص) و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال (خالص) به هر یک از لوله‌های محتوای عصاره افزوده شد. لوله‌ها به‌مدت یک ساعت در حمام آب‌جوش (بن‌ماری) در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس به‌منظور خنک شدن در مخلوط آب و یخ قرار منتقل شدند. در این مرحله ٦ میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌ها آزمایش افزوده و به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه شدیدا تکان داده شدند. در این حالت دو فاز تشکیل شد. فاز فوقانی حاوی پرولین توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (2800 UV-VIS) در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد پرولین محاسبه، و به‌صورت میکرومول بر گرم ارزیابی گردید (Bathes et al., 1973).

1. Diphenyl-1-picrylhydrazyl

www.SID.ir

Archive of SID

استخراج و اندازه‌گیری قندهای محلول برگ (قند کل، ساکارز، گلوکز): در این روش ۴۰ میلی‌گرم از نمونه‌های گیاهی را در هاون چینی ریخته شد و سپس با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ کوبیده و در لوله‌های پلی‌اتیلنی ریخته شد. لوله‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. عصاره الکلی به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰g سانتریفیوژ گردید. محلول شفاف به‌دست آمده حاوی قندهای محلول جدا و عمل فوق چهار بار دیگر تکرار شد. عصاره الکلی با حرارت تغلیظ شده و حجم آن به یک پنجم اولیه رسید. سپس این عصاره الکلی با نسبت ۱:۵ با کلروفورم مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در ۲۰۰۰g سانترفیوژ گردید. و فاز فوقانی جدا و جهت اندازه گیری قندهای محلول استفاده شد. برای اندازه‌گیری قندکل از روش آنترون استفاده گردید [۳۱]. بدین منظور ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره الکلی تغلیظ شده با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. میزان جذب پس از سرد شدن در طول موج ٦٢٠ نانومتر قرائت شد. برای تهیه نمونه استاندارد قند کل از محلول گلوکز با غلظت‌های مختلف استفاده گردید. برای اندازه‌گیری ساکارز و گلوکز، طبق روش نلسون و با استفاده از اسپکتروفتومتر (UV-VIS 2800) تعیین گردید (Somogyi, 1952).

اندازه‌گیری اسیدآبسیزیک برگ- به‌منظور اندازه‌گیری اسیدآبسیزیک داخلی، یک گرم برگ نمونه به‌وسیله نیتروژن مایع منجمد و در هاون چینی سائیده شد. پس از افزودن ۱۰ میلی‌لیتر محلول استخراج ۹۰٪ متانول حاوی ۰/۲۵ گرم هیدروکسی‌تولوئن بوتیله شده[1] و ۰/۵ گرم سدیم آسکوربات (۰/٤٥ گرم آسکوربیک‌اسید) به آن، نمونه‌ها در تاریکی و دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به مدت حداقل ١٦ ساعت نگهداری شدند. سپس نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن فیلتر، و بافت‌های باقیمانده بر روی فیلتر سه بار توسط محلول استخراج شستشو گردید. متانول اضافی با دستگاه تبخیرکننده گردان[2] در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد تبخیر، و سپس هم حجم محلول باقیمانده بافر فسفات ۰/۵ مولار اضافه و pH آن را به وسیله پتاس ۰/۲ نرمال به ۸/۵ رسانده شد. محلول به دست آمده به میزان برابر اتیل‌استات اضافه شد تا بخشی از ناخالصی‌ها در آن حل شوند. در این مرحله محلول دو فاز شده ورتکس و فاز بالایی (اتیل‌استات) دور ریخته، و باقیمانده در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد دستگاه RFE تبخیر و pH بخش غیرآلی باقیمانده توسط هیدروکلریک اسید ۰/۲ نرمال در ۲/۵ تنظیم شد. عمل افزودن اتیل‌استات تکرار گردید. با این تفاوت که فاز اتیل‌استات نگهداری و توسط دستگاه RFE کاملا تبخیر گردید. و باقیمانده بلافاصله در ۰/۵ میلی‌لیتر متانول حل شد. و از فیلتر تترافلوئوروواتیلن[3] ۰/٤٥ عبور داده و سپس به دستگاه HPLC شرکت مرک- هیتاچی[4] آلمان مجهز به ستون Prosphere100- C18، (١٥٠×٤/٦ میلی‌متر و ۵ میکرومتری) تزریق گردید (Kelen et al., 2004).

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی (جدول ۲) نشان داد اثر تنش خشکی بر تمام صفات

1. Butylated Hdroxytoluene (BHT)

2. Rotary Flash Evaporation (RFE)
3. Polytetrafluoroethylene
4. Merck Hitachi

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری شده به‌جزء ارتفاع بوته (در سطح ۵ درصد)، تعداد شاخه فرعی و تعداد بذر و نیز اثر هورمون اسیدآبسیزیک بر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد بذر، تعداد گل، وزن کل بذور و قطر شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و اسیدآبسیزیک بر وزن تر و خشک ریشه، تعداد برگ و تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۳)، با افزایش تنش خشکی قطر ساقه، طول ریشه، تعداد بذر کاهش یافت. همچنین کمترین قطر شاخه فرعی در سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی است که اختلاف معنی‌داری با سطح ۵۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی ندارد. در شرایط تنش ملایم خشکی، گیاهان با مکانیسم‌های مختلف قادر به جلوگیری و یا تحمل پسابیدگی وممانعت از کاهش شدید رشد می‌باشند، ولی در شرایط تنش شدید به‌دلیل کاهش شدید آماس سلولی، رشد و تقسیم سلول‌ها منجر به کاهش رشد رویشی و در نتیجه عملکرد گیاه می‌شود (Rahimizadeh et al., 2010).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول۳) نشان داد افزایش اسیدآبسیزیک در سطح ۳۰ میلی‌گرم باعث کاهش قطر ساقه و تعداد بذر شده‌است. و بالعکس طول ریشه، قطر شاخه فرعی، گلوکز و ساکارز در بالاترین سطح اسیدآبسیزیک افزایش یافت.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل خصوصیات مورفولوژیک (جدول ٤) نشان داد بیشترین تعداد بذر در سطح تنش ۸۵ درصد و عدم اسیدآبسیزیک و قطر ساقه در تنش خشکی ۸۵ درصد و هورمون ۱۰ میلی‌گرم که اختلاف معنی‌داری با سطح تنش ۱۰۰ با هورمون شاهد، ۱۰ و۲۰ میلی‌گرم و ۷۰ درصد با اسیدآبسیزیک ۲۰ میلی‌گرم ندارد. و بیشترین طول ریشه مربوط به سطح تنش ۱۰۰ و ۸۵ درصد با سطح هورمون ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم که اختلاف معنی‌داری با سطح تنش ۷۰ درصد با اسیدآبسیزیک ۱۰ و۳۰ میلی‌گرم ندارد.

جدول ۲: تجزیه واریانس تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفولوژیکی شاهدانه تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	قطر ساقه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	ارتفاع ساقه	طول ریشه
خشکی	۳	۳/۷۳*	۵۰۳/۰۵*	۵۲/۳۵*	۳۲/۷۶*	۱۱/۰٤*	۹۵٦/۵۰**	۸۹٦/٤۱*
ABA	۳	۰/۵۹**	۳۲۲/۷۸*	٦۸/٤۳*	۹۲/٦۸*	۱۱/۲۵*	۸۵۵/۷۲**	۵٦/۹۲*
خشکی×ABA	۹	۰/۲٦^{ns}	۵۵/۵۵**	۹/۱۸**	۸/٤۹*	۳/۷۱*	۳۲۲/۸۵**	٦/٤۰^{ns}
خطا	۳۲	۰/۲۰	۱۵/۷۵	۱/٦۹	۱/۱۹	۰/۵۲	۱۲۱/۱۰	٤/٤۰
ضریب تغییرات	-	۱۱/٤۳	۱۵/۵۷	۱۷/۲۳	۱٦/۲۳	۱۹/۷۹	۱۵/٤۸	٦/۳۲

*،** و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

ادامه جدول ۲: تجزیه واریانس تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفولوژیکی تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	تعداد برگ	تعداد بذر	تعداد گل	وزن کل بذر	تعداد شاخه فرعی	قطر شاخه فرعی
خشکی	۳	۲۳۱۸/۲۳*	۵٤۵۳۵/۳۵*	۱۷۳۹۱/۲۱*	۱۷۷/۵۸*	۷/۵۸*	٦/۱۹^{ns}	۸۹٦/٤۱*

www.SID.ir

Archive of SID

ABA	۳	۵۶۹/۹۵*	۳۹۲۹/۴۶*	۷۸۹۸/۹۶*	۷۴/۰۸*	۱/۱۱**	۲۷/۳۵**	۵۶/۹۲*
خشکی×ABA	۹	۱۵۳/۶۶**	۱۷۲۳/۲۸*	۴۳۹/۴۸^{ns}	۱۱/۳۶**	۰/۹۱**	۵۰/۲۴*	۶/۴۰^{ns}
خطا	۳۲	۲۹/۰۱	۱۷۸/۸۷	۳۷۹/۰۳	۳/۳۳	۰/۱۷	۸/۸۳	۴/۴۰
ضریب‌تغییرات	–	۷/۹۶	۱۰/۷۷	۱۵/۷۰	۸/۸۲	۱۷/۲۹	۱۳/۳۴	۶/۳۲

*،** و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات ساده تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفولوژیکی شاهدانه تحت تنش خشکی

تیمار	قطر ساقه (mm)	قطرشاخه فرعی (mm)	طول ریشه (cm)	تعداد بذر	قندکل برگ (میلی‌گرم در گرم)	گلوکز برگ (میلی‌گرم در گرم)	ساکارز برگ (میلی‌گرم در گرم)
خشکی							
(۱۰۰) D_1	۴/۳۳^{a}	۱/۳۹^{a}	۳۶/۸۳^{b}	۱۶۶/۴۳^{a}	۲۲/۳۴^{a}	۰/۱۹^{c}	۰/۷۹^{c}
(۸۵) D_2	۴/۳۳^{a}	۱/۲۸^{ab}	۳۸/۶۶^{a}	۱۳۸/۴۴^{b}	۲/۲۰^{a}	۰/۲۵^{b}	۱/۰۸^{b}
(۷۰) D_3	۳/۶۷^{b}	۱/۱۰^{b}	۳۳/۹۲^{ab}	۱۱۴/۴۱^{c}	۱/۶۸^{b}	۰/۳۱^{a}	۰/۹۹^{b}
(۵۵) D_4	۳/۱۸^{c}	۱/۲۱^{ab}	۲۰/۲۷^{c}	۷۶/۵۹^{d}	۱/۹۲^{ab}	۰/۳۴^{a}	۱/۲۶^{a}
ABA							
(۰) ABA_1	۳/۹۶^{a}	۱/۰۳^{b}	۳۰/۴۲^{c}	۱۵۵^{a}	۱/۹۱^{a}	۰/۲۳^{c}	۰/۸۵^{c}
(۱۰) ABA_2	۴/۰۵^{a}	۱/۲۱^{b}	۳۲/۹۷^{b}	۱۳۱/۹۲^{b}	۲/۱۲^{a}	۰/۲۷^{b}	۰/۸۷^{c}
(۲۰) ABA_3	۳/۹۵^{a}	۱/۲۰^{b}	۳۳/۵۷^{b}	۱۱۴/۱۸^{c}	۲/۰۶^{a}	۰/۲۴^{bc}	۱/۰۴^{b}
(۳۰) ABA_4	۳/۵۵^{b}	۱/۵۳^{a}	۳۵/۷۱^{a}	۹۴/۷۷^{d}	۱/۹۴^{a}	۰/۳۵^{a}	۱/۳۷^{a}

تیمار خشکی (D_1: ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی(شاهد یا بدون تنش) D_2: ۸۵ درصد ظرفیت زراعی D_3: ۷۰ درصد ظرفیت زراعی D_4: ۵۵ درصد ظرفیت زراعی)، تیمار اسیدآبسیزیک (ABA_1: صفر(شاهد)، ABA_2: ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_3: ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_4: ۳۰ میلی‌گرم در لیتر). در هر ستون برای هر تیمار: حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفولوژیکی شاهدانه تحت تنش خشکی

تیمارها	قطر ساقه (mm)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی(g)	وزن تر ریشه(g)	وزن خشک ریشه(g)	ارتفاع ساقه (cm)	طول ریشه (cm)
D_1ABA_1	۴/۲۷$^{a-c}$	۲۶/۴۰^{cd}	۵/۴۵^{fg}	۴/۸۹^{d}	۳/۹۷$^{c-e}$	۶۱/۳۳$^{e-g}$	۳۵^{cd}
D_1ABA_2	۴/۵۵^{ab}	۲۵/۳۳^{de}	۹/۰۷^{cd}	۹/۱۶^{bc}	۴/۸۸^{bc}	۹۵/۶۷^{a}	۳۵/۵۷$^{b-d}$
D_1ABA_3	۴/۵۲^{ab}	۳۸/۷۴^{b}	۱۱/۳۷^{b}	۹/۶۱^{bc}	۳/۳۴$^{d-f}$	۹۳/۶۷^{ab}	۳۸/۴۲$^{a-c}$
D_1ABA_4	۳/۹۸$^{b-e}$	۴۷/۱۷^{a}	۱۶/۲۷^{a}	۴/۹۰^{d}	۳/۴۱$^{d-f}$	۸۰/۶۷$^{a-d}$	۳۸/۳۲$^{a-c}$
D_2ABA_1	۴/۶۸^{ab}	۱۹/۳۴$^{e-g}$	۵/۲۳^{fg}	۲/۹۸^{ef}	۴/۱۵^{cd}	۵۱/۶۷^{g}	۳۵/۵۴$^{b-d}$
D_2ABA_2	۴/۷۳^{a}	۲۳/۹۳$^{d-f}$	۶/۸۰^{ef}	۸/۵۷^{bc}	۴/۲۰^{cd}	۷۵$^{c-e}$	۳۸/۵۵^{ab}
D_2ABA_3	۴/۱۷$^{a-d}$	۲۳/۹۳$^{d-f}$	۷/۱۸$^{d-f}$	۹/۸۵^{bc}	۵/۶۲^{ab}	۸۹/۳۳$^{a-c}$	۴۰/۰۵^{a}
D_2ABA_4	۳/۷۴$^{c-f}$	۳۲/۸۸^{bc}	۱۰/۰۱^{bc}	۸/۱۴^{c}	۲/۸۶$^{e-g}$	۷۶/۳۳$^{b-e}$	۴۰/۵۰^{a}
D_3ABA_1	۳/۵۲$^{d-g}$	۱۷/۶۵^{fg}	۳/۹۰^{gh}	۴/۱۹^{de}	۲/۰۳^{gh}	۵۴^{g}	۳۳/۳۵^{d}
D_3ABA_2	۳/۷۱$^{c-f}$	۲۴/۳۵^{de}	۶/۸۵^{ef}	۹/۹۸^{b}	۶/۷۷^{a}	۶۰$^{e-g}$	۳۸/۹۹^{ab}
D_3ABA_3	۴/۱۷$^{a-d}$	۲۵/۵۷^{de}	۸/۵۸$^{c-e}$	۱۳/۴۲^{a}	۵/۷۲^{ab}	۶۴/۶۷$^{d-g}$	۳۵/۷۷$^{b-d}$
D_3ABA_4	۳/۳۱$^{e-g}$	۲۶/۴۸^{cd}	۷/۱۲$^{d-f}$	۴/۶۰^{de}	۲/۶۵$^{f-h}$	۷۳/۶۷$^{c-f}$	۳۹/۵۸^{a}
D_4ABA_1	۳/۳۹$^{e-g}$	۱۶/۴۱^{g}	۲/۹۶^{h}	۱/۴۹^{f}	۱/۴۹^{h}	۶۷$^{d-g}$	۱۷/۷۸^{f}

www.SID.ir

Archive of SID

D_2ABA_2	۳/۲۱^{fg}	۱۷/۶۷^{fg}	۶/۹۹$^{d-f}$	۵/۲۴^{d}	۲/۸۶$^{e-g}$	۷۲/۶۷$^{c-f}$	۱۸/۷۹^{f}
D_2ABA_3	۲/۹۴^{g}	۲۱/۵۰$^{d-g}$	۶/۰۶^{fg}	۵/۶۷^{d}	۲/۵۰$^{f-h}$	۵۶/۶۷^{fg}	۲۰/۰۴^{f}
D_2ABA_4	۳/۲۰^{fg}	۲۰/۴۴$^{d-g}$	۷/۰۲$^{d-f}$	۴/۸۳^{d}	۲/۱۲^{gh}	۶۵$^{d-g}$	۲۴/۴۶^{e}

ادامه جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات مورفولوژیکی تحت تنش خشکی

تیمارها	سطح برگ	تعداد برگ	تعداد بذر	تعداد گل	وزن کل بذر (g)	تعداد شاخه فرعی	قطر شاخه فرعی (mm)
D_1ABA_1	۸۵/۷۲^{ab}	۱۵۸/۳۳^{c}	۱۹۲/۳۳^{a}	۹/۶۷^{h}	۲/۶۳$^{b-e}$	۱۸/۶۷$^{e-g}$	۳۵^{cd}
D_1ABA_2	۹۲/۵۶^{a}	۲۴۸/۶۷^{a}	۱۸۲/۶۷^{a}	۱۷^{g}	۴/۷۷^{a}	۲۳$^{a-e}$	۳۵/۵۷$^{b-d}$
D_1ABA_3	۸۳/۲۳^{bc}	۲۵۳^{a}	۱۶۶/۳۷^{ab}	۱۸/۶۷$^{e-g}$	۳/۲۰^{b}	۲۶/۳۳^{ab}	۳۸/۴۲$^{a-c}$
D_1ABA_4	۷۳/۰۴^{de}	۲۰۵/۶۷^{b}	۱۲۴/۳۳^{cd}	۱۸/۳۳^{fg}	۲/۵۸$^{b-e}$	۱۸^{fg}	۳۸/۳۲$^{a-c}$
D_2ABA_1	۷۵/۴۹$^{c-e}$	۱۵۰^{c}	۱۸۱/۳۳^{a}	۱۶/۶۷^{g}	۲/۸۲$^{b-d}$	۱۶/۶۷^{g}	۳۵/۵۴$^{b-d}$
D_2ABA_2	۸۰/۹۲$^{b-d}$	۱۰۹^{d}	۱۳۶^{bc}	۲۰/۶۷$^{d-f}$	۲/۹۶^{bc}	۲۰/۶۷$^{c-g}$	۳۸/۵۵^{ab}
D_2ABA_3	۷۱/۸۳$_{ef}$	۱۵۳/۶۷^{c}	۱۲۵/۶۷^{cd}	۲۱/۶۷$^{c-e}$	۲/۴۷$^{c-f}$	۲۶^{ab}	۴۰/۰۵^{a}
D_2ABA_4	۷۰/۵۹^{ef}	۱۰۹^{d}	۱۱۰/۷۴$^{c-e}$	۱۹/۶۷$^{d-g}$	۲/۱۹$^{d-f}$	۲۴$^{a-d}$	۴۰/۵۰^{a}
D_3ABA_1	۴۶/۴۸^{ij}	۷۳^{e}	۱۲۹^{c}	۲۲^{cd}	۲/۰۵$^{e-g}$	۲۷/۳۳^{a}	۳۳/۳۵^{d}
D_3ABA_2	۷۲/۲۲$^{d-f}$	۸۴/۳۳^{e}	۱۲۲/۳۳^{cd}	۲۵/۳۳^{b}	۲/۲۰$^{d-f}$	۲۰/۳۳$^{d-g}$	۳۸/۹۹^{ab}
D_3ABA_3	۶۰/۳۳^{gh}	۱۰۷^{d}	۱۱۱/۶۷$^{c-e}$	۲۹/۶۷^{a}	۲/۲۸$^{c-f}$	۲۵/۳۳$^{a-c}$	۳۵/۷۷$^{b-d}$
D_3ABA_4	۵۵/۴۲$^{g-i}$	۸۴/۳۳^{e}	۹۴/۶۷^{de}	۲۲/۶۷$^{b-d}$	۲/۱۴$^{d-f}$	۱۸^{fg}	۳۹/۵۸^{a}
D_4ABA_1	۳۷/۷۵^{j}	۳۸/۳۳^{f}	۱۱۷/۳۳$^{c-e}$	۲۱/۶۷$^{c-e}$	۱/۰۶^{i}	۲۶/۳۳^{ab}	۱۷/۷۸^{f}
D_4ABA_2	۶۴/۰۵^{fg}	۶۹^{e}	۸۶/۷۰^{e}	۲۲/۳۳$^{b-d}$	۱/۳۰^{hi}	۲۴$^{a-d}$	۱۸/۷۹^{f}
D_4ABA_3	۵۱/۸۸^{hi}	۷۶/۳۳^{e}	۵۳^{f}	۲۴^{bc}	۱/۴۱$^{g-i}$	۱۹/۳۳$^{d-g}$	۲۰/۰۴^{f}
D_4ABA_4	۶۱/۴۳^{g}	۶۷/۶۷^{e}	۴۹/۳۳^{f}	۲۱/۳۳$^{c-f}$	۱/۸۳$^{f-h}$	۲۲/۳۳$^{b-f}$	۲۴/۴۶^{e}

تیمار خشکی (D_1: ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی(شاهد یا بدون تنش) D_2: ۸۵ درصد ظرفیت زراعی D_3: ۷۰ درصد ظرفیت زراعی D_4: ۵۵ درصد ظرفیت زراعی)، تیمار اسیدآبسیزیک (ABA_1: صفر(شاهد)، ABA_2: ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_3: ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_4: ۳۰ میلی‌گرم در لیتر). در هر ستون برای هر تیمار: حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵: تجزیه واریانس تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی شاهدانه تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل کل	فلاونوئیدکل	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	پرولین	قندکل	گلوکز	ساکارز	اسیدآبسزیک
خشکی	۳	۲۶۰۱/۷۵**	۱۴۱/۹۶*	۲۶۰۷/۷۵*	۳۹۰/۸۲*	۰/۸۱**	۰/۰۵*	۰/۷۰*	۱۰/۶۱^{ns}
ABA	۳	۳۳۲۸/۳۴*	۷۵/۹۵**	۷۲۵/۶۰*	۱۶۶/۵۰*	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۳*	۰/۴۶*	۴۵۵/۴۴*
خشکی×ABA	۹	۴۳۳/۰۸^{ns}	۱۷۸/۵۴*	۸۹/۶۵*	۶۴/۱۱*	۰/۲۳^{ns}	۰/۰۱**	۰/۱۰*	۱۹۸/۳۰**
خطا	۳۲	۳۴۰/۱۴	۱۲/۴۰	۱۴	۹/۴۹	۰/۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۴۶/۶۵
ضریب تغییرات	–	۱۸/۳۴	۲۴/۶۶	۷/۲۱	۱۷/۳۴	۱۹/۰۲	۱۷/۰۳	۱۲/۳۱	۲۱/۶۱

*،** و ns : به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی (جدول ۵) نشان داد تنش خشکی بر تمامی صفات به جزء مقدار هورمون اسیدآبسیزیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر اسیدآبسیزیک بر تمامی صفات معنی‌دار شد. و طبق جدول (۵) اثر متقابل تنش خشکی و اسیدآبسیزیک بر فلاونوئید، فعالیت آنتی اکسیدانی، پرولین و ساکارز در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ٦) نشان داد بیشترین فلاونوئید در سطح تنش خشکی ۵۵ درصد با اسیدآبسیزیک ۲۰و ۳۰ میلی‌گرم که اختلاف معنی‌داری با تنش ۱۰۰ درصد با هورمون ۳۰ میلی‌گرم ندارد. و همینطور بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدان و پرولین (عدم اختلاف معنی‌دار با تنش ۷۰ درصد و ABA ۳۰ میلی‌گرم) در بالاترین سطح تنش و با هورمون ۲۰ میلی‌گرم بدست آمد.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثرات متقابل تاثیر اسیدآبسیزیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی شاهدانه تحت تنش خشکی

تیمارها	فنل کل (mg/g $_{DW}$)	فلاونوئید کل(mg/g $_{DW}$)	فعالیت آنتی اکسیدانی (%)	پرولین (mM/g)	قند کل (mg/g)	گلوکز (mg/g)	ساکارز (mg/g)	اسیدآبسیزیک (ppm)
D_1ABA_1	۱۱۷/۳۷$^{a-e}$	۳/٤۱^{f}	۲۷/۳۸^{i}	۹/٥٤^{f}	۱/۷٤^{bc}	۰/۱٥^{i}	۰/٤۹^{f}	۳۹/۷۲$^{a-d}$
D_1ABA_2	۸۳/۲٥^{fg}	۱۷/۲۳^{bc}	۳٥/۰۷^{h}	۱۰/۷۷^{f}	۲/۳٥^{ab}	۰/۱٦^{hi}	۰/۷۹^{e}	۲٦/۹٥^{ef}
D_1ABA_3	۹٦/۸۸$^{b-g}$	۱۷/۲۲^{cd}	٤۲/۳۰^{g}	۱۰/۷۸^{f}	۲/٦۳^{a}	۰/۲۰$^{g-i}$	۰/۹۳^{de}	۲۹/۰۹$^{d-f}$
D_1ABA_4	۱۱۹/۳٤$^{a-d}$	۲۲/۸۲^{ab}	۲۷/٤۰^{i}	۱۳/٥٥$^{d-f}$	۲/۲۰$^{a-c}$	۰/۲٦$^{c-g}$	۱/۱۸^{bc}	۲۷/٥۳^{ef}
D_2ABA_1	۱۲٦/٦۷^{ab}	۱٤/٥٦^{c}	٤٤/٥۱^{fg}	۱۲/٤٤^{ef}	۲/۰۹$^{a-c}$	۰/۲۲$^{f-i}$	۰/٥٦^{f}	۲۸/۲۸^{ef}
D_2ABA_2	۹۲/۷٦$^{c-g}$	۱۲/۳٦$^{c-e}$	٤٤/۳٥^{fg}	۱۲/۸۲^{ef}	۲/٦۷^{a}	۰/۳۱$^{c-e}$	۰/۸۰^{e}	۱۳/٦٤^{g}
D_2ABA_3	۱۲۳/۳٥$^{a-c}$	۳/٤۹^{f}	٥٤/٥٥^{de}	۱۷/۰۳$^{c-e}$	۲/۰۸$^{a-c}$	۰/۲۲$^{f-i}$	۰/۸۳^{e}	٤۳/٤۱^{a}
D_2ABA_4	۱۳۰/۳٤^{a}	۱۳/۹۲^{cd}	٥۰/۲٥$^{c-e}$	۱۷/۰٥$^{c-e}$	۱/۹٦^{bc}	۰/۲٥$^{d-g}$	۱/۲۸^{bc}	٤۱/۸٥^{ab}
D_3ABA_1	۱۱۹/۸۹$^{a-d}$	۱٦/۱۳^{c}	٤۹/۳٦^{ef}	۱٤/٥۷$^{c-e}$	۱/٦٥^{c}	۰/۲٤$^{e-h}$	۰/۹٤^{de}	۲۲/۲۷^{fg}
D_3ABA_2	٤۸/٦۷^{h}	۱۲/۹٦^{cd}	٥٦/۰٦^{d}	۱۷/٤۲$^{c-e}$	۱/٦٥^{c}	۰/۲۹$^{c-f}$	۱/۰۷^{cd}	۲۹/۹۹$^{c-f}$
D_3ABA_3	۷۳/۳۷^{gh}	۱٤/۹٤^{c}	٦۷/٤۱^{bc}	۲٥/۹۷^{b}	۱/۷٤^{c}	۰/۲۳$^{e-h}$	۰/۸٦^{e}	٤۰/٥۰$^{a-c}$
D_3ABA_4	۹۰/۰۹$^{d-g}$	۷/۰۱^{ef}	٦۳/۳۸^{c}	۳۲/۹٤^{a}	۱/٦۹^{c}	۰/٥۰^{a}	۱/۲۹^{b}	۳۱/۰۳$^{b-f}$
D_4ABA_1	۹٥/ ۸۰$^{c-g}$	۱۳/٦۰^{cd}	٤۹/٦٤^{ef}	۱۹/٥۰^{c}	۲/۱۷$^{a-c}$	۰/۳۳$^{b-d}$	۱/۱۷^{bc}	۳۸/۲۳$^{a-e}$
D_4ABA_2	۸۷/۲۷$^{e-g}$	۸/۲۲$^{d-f}$	۷۱/۷۲^{b}	۱۹/٥۸^{c}	۱/۸۲^{bc}	۰/۳۳^{bc}	۱/٦۷^{a}	۲۰/۸۷^{fg}
D_4ABA_3	۹۹/۲۳$^{b-g}$	۲۸/۱۷^{a}	۸۲/۷۲^{a}	۳۱/۸٤^{a}	۱/۷۹^{bc}	۰/۳۱$^{c-e}$	۱/۳٥^{b}	۳٥/۰٦$^{a-e}$
D_4ABA_4	۱۰٤/٥۳$^{a-f}$	۲٦/۲۹^{a}	٦٤/٥٥^{c}	۱۸/٤۳^{cd}	۱/۸۹^{bc}	۰/۳۹^{b}	۱/۳۰^{b}	۳۷/۲٦$^{a-e}$

تیمار خشکی (D_1: ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی(شاهد یا بدون تنش) D_2: ۸۵ درصد ظرفیت زراعی D_3: ۷۰ درصد ظرفیت زراعی D_4: ۵۵ درصد ظرفیت زراعی)، تیمار اسیدآبسیزیک (ABA_1: صفر(شاهد)، ABA_2: ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_3: ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، ABA_4: ۳۰ میلی‌گرم در لیتر). در هر ستون برای هر تیمار: حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

بحث

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، ویژگی‌های رشدی تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. اثر تنش خشکی بر کاهش رشد مانند ارتفاع و قطر ساقه را می‌توان در نتیجه کاهش فتوسنتز گیاه بیان کرد، بدین گونه که تنش خشکی از طریق بستن روزنه‌ها بر اثر ساخته شدن اسیدآبسیزیک، اختلال در ساختار غشاء تیلاکوئیدها، تاثیر بر فعالیت آنزیم روبیسکو، کاهش انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی موجب کاهش رشد و نمو می‌شود (Anjum et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

2011). تنش آبی تعداد برگ در بوته و اندازه برگ را کاهش می‌دهد. طول عمر برگ‌ها با کاهش پتانسیل آب خاک کاهش می‌یابد (Anjum et al., 2011). کاهش ارتفاع گیاه در هر ساقه دلیلی است برای اینکه تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی گردید و رشد رویشی گیاه را کاهش داده است. بررسی‌های متعدد نشان می‌دهد که ارتفاع گیاه در اثر کمبود آب قابل استفاده کاهش می‌یابد (Amiri Deh Ahmadi et al., 2010). در بررسی اثر تنش خشکی و سه نوع کود بر عملکرد گل تولیدی در گیاه بابونه گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد گل در گیاه بابونه می‌شود (Arazmjo et al., 2009). نتایج مشابه کاهش عملکرد در تنش بالا بر روی زیره و بالنگو مشاهده شده است (Pirjalili and Omidi, 2017; Laribi et al., 2009). همچنین بررسی تاثیر تنش خشکی بر روی گیاه شوید باعث کاهش سطح برگ، طول ریشه، طول ساقه و تعداد برگ شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (Setayeshmehr and ganjali, 2013). نتایج طول ریشه این آزمایش با نتایج بررسی اسیدآبسیزیک و تنش خشکی بر روی عملکرد گیاه کلزا مطابقت دارد (Jafarieh yazdi et al., 2006). تنش خشکی باعث کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول می‌شود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، افزایش سطح اسیدآبسیزیک باعث افزایش ارتفاع بوته، طول ریشه و قطر شاخه فرعی شد. سطح ۲۰ میلی‌گرم اسیدآبسیزیک باعث افزایش عملکرد گل شد. که نتایج مشابه در عملکرد گل زنیان با استفاده از اسیدآبسیزیک مشاهده شده است (Ghassemi et al., 2017). و عملکرد بذر با افزایش تنش کاهش یافته و اسیدآبسیزیک در سطح ۱۰ میلی‌گرم به دلیل محدودیت آب بیشترین عملکرد را نشان داد. بهبود کمبود آب از طریق استفاده از مواد تنظیم کننده رشد گیاه به عنوان یک راه حل بالقوه برای استرس آب پیشنهاد شده است (Ghassemi et al., 2015). تیمار با اسیدآبسیزیک بیرونی ممکن است با کاهش تنظیم سنتز اتیلن، شروع گلدهی را تحریک در نتیجه باعث تولید گل و بذر شود (Sharp et al., 2009). تنش خشکی باعث اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی روی جمعیت گیاهان می‌شود (Farooq et al., 2009). باتوجه به نتایج این پژوهش تنش خشکی بر روی صفات فیزیولوژیکی افزایش معنی‌داری در قندهای محلول با افزایش تنش خشکی نشان داد. همچنین غلظت بالا و میانه اسیدآبسیزیک افزایش قندهای محلول را نشان می‌دهد. این افزایش قندهای محلول با استفاده از اسیدآبسیزیک با نتایج بررسی بر روی دو رقم سیب‌زمینی مطابقت داشت (Ahmadi Lahijani et al., 2018). افزایش قندهای محلول طی تنش خشکی را میتوان به دلیل تخریب کربوهیدرات‌های نامحلول، سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیر فتوسنتزی و متوقف شدن رشد توجیه کرد. که با نتایج بررسی اثر تنش خشکی بر روی سویا مطابقت دارد (Ghorbanli and Niakan, 2005).

خشکی نه‌تنها رشد و نمو گیاهان را کاهش می‌دهد، بلکه موجب تغییر در مسیر برخی فرایندهای متابولیسمی نیز می‌گردد. در طی تنش خشکی دراز مدت، انتقال مواد به‌علت کاهش آب قابل‌دسترس، منجر به تغییر غلظت برخی متابولیت‌ها می‌شود. از سوی دیگر میزان مواد محلول سازگار به‌خشکی مانند قندها، قندهای الکلی، آمینواسیدهای ویژه نظیر پرولین، گلایسین و بتائین افزایش می‌یابد (Wu & Garg, 2003). قندهای محلول و پرولین اسمولیت‌هایی هستند که با افزایش فشار اسمزی و نگهداری تورژسانس و نیز پایداری غشاها و پروتئین‌ها به گیاه در مقاومت به تنش خشکی کمک می‌کنند (Abedi Baba Arabi et al., 2011). در رابطه با پرولین پژوهش‌های بسیاری در گیاهان مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

مبنی بر افزایش این اسیدآمینه در شرایط تنش خشکی وجود دارد. از جمله گلرنگ (Movahhedi Dehnavi et al., 2004) و بادرنجبویه (Abbas-Zade et al., 2007) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج آزمایش می‌توان بیان نمود کم‌آبیاری تاثیر معنی‌داری بر گیاه دارویی شاهدانه دارد. طی بروز تنش خشکی شدید تمام صفات مورفولوژیکی مورد بررسی به جزء تعداد گل، تعداد و قطر شاخه فرعی کاهش و ترکیبات فلاونوئید، آنتی‌اکسیدانی، قندهای محلول و پرولین برای مقابله با اثرات آسیب‌رسان تنش افزایش یافته است. اسیدآبسیزیک اثر مثبت، معنی‌دار و متفاوتی در مواجه با تنش داشت. به طوری که بیشترین فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح تنش ۵۵ درصد به دلیل افزایش تحمل و زندمانی و اسیدآبسیزیک ۲۰ میلی‌گرم حاصل شد. در نهایت می‌توان گفت اثر اسیدآبسیزیک با توجه به غلظت مورد استفاده و سطح تنش متفاوت می‌باشد.

References

1. Abbas-Zade, B., Sharifi Ashour-Abadi, A., Lebaschi, M.H., Naderi Haji-Bagher Kandi, M. and Maghdami, F. 2007. Effect of drought stress on proline, soluble sugars, chlorophyll and relative water content of *Melissa officinalis* L. J. Res. Aroma. Plants Iran, 23(4): 504-513.
2. Abedi Baba Arabi, S., Movahedi Dehnavi, M., Yadovi, A.R. and Adhami, A. 2011. Effect of Zn and K Foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. EJCP, 4(1): 75-95.
3. Abedi, T. and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46: 27-34.
4. Ahmadi Lahijani, M.J., Kafi, M., Nezami, A., Nabati, J. and Erwin, J. 2018. Effect of 6-Benzylaminopurine and Abscisic Acid on Gas Exchange, Biochemical Traits, and Minituber Production of Two Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.). J. Agri. Sci. Tech, 20: 129-139.
5. Alizade Ahmad Abadi, A., Khorasani Nejad, S. and Hemmati, Kh. 2017. Effect of drought stress and humic acid on morphological and phytochemical characteristics of root *Echincea purpurea*. Journal of Agricultural Crops Production, 19(1): 1-14.
6. Amiri Deh Ahmadi,S., Parsa, M. and Gangali, A. 2010. The effect of drought stress on phonological stages on morphological characteristics and performance components *Cicer arietinum* L. in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 8(1): 157-166.
7. Anjum, S., Xie, X., Wang, L., Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological, physiologycal and biochemical responses of plant to drought stress. Agricultural Research, 6: 2026-2032.
8. Arazmjo, A., Heydari, M. and Ghanbari, A. 2009. Drought stress and three types of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in *Matricaria chamomilla* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 25(4): 482-494.
9. Bathes, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. J. of Plant and Soil, 39: 205-207.
10. Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae, 120(2): 271275.
11. Chang, Y.L., Kim, D.O., Lee, K.W., Lee, H.J. and Lee, C.Y. 2002. Vitamin C

www.SID.ir

Archive of SID

equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. Journal of Agricultural and food chemistry, 50(13): 3713-3717.

12. Croxford, J.L. and Yamamura, T. 2005. Cannabinoids and the immune system: Potential for the treatment of inflammatory diseases. Journal of Neuroimmunology, 166: 3-18.
13. Delfine, S., Loreto, F., Pinelli, P., Tognetti, R. and Alvino, A. 2005. Isoprenoids content and photosynthetic limitations in rosemary and spearmint plants under water stress. Agriculture, Ecosystems and Environment, 106(2-3): 243-252.
14. Ebrahimzadeh, M.A., Hosseinimehr, S.J., Hamidinia, A. and Jafari, M. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Feijoa sallowiana* fruits peel and leaves. Pharmacologyonline, 1: 7-14.
15. Farahvash, F., Mirshekari, B., Farzaniyan, M. and Hoseainzadeh Moghbeli, A.H. 2015. Effect of Zinc Sulfate and Ascorbic Acid on some Morphophysiological Traits of *Echinacea purpurea* (*purple coneflower*) under Water Deficit conditions. Journal of crop Ecophysiology, 9(1): 57-78.
16. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C (Eds.), Sustainable Agriculture. Springer, Netherlands, pp. 153-188.
17. Ghanadi, A. and Sadeghi, M. 2011. From Ghenab to Cannabis: Hope for the treatment of multiple sclerosis is a new life. Journal of Islamic and Iranian Traditional Medicine, 2(1): 9-20.
18. Ghassemi Golezani, K., Bakhshi, J. and Dalil, B. 2015. Rate and duration of seed filling and yield of soybean affected by water and radiation deficits. Acta Agric. Slov, 105: 225-232.
19. Ghassemi, S., Ghassemi Golezani, K., Zehtab Salmasi, S. and Alizadeh Salteh, S. 2017. Improving essential oil content and yield of ajowan organs under water stress by application of salicylic acid and abscisic acid. International Journal of plant production, 11(3): 425-435.
20. Ghorbanli, M. and Niakan, M. 2005. Effect of drought stress on the amount of soluble sugars, protein, proline, phenolic compounds and Nitrate reductase enzyme activity in *Glycine max* L Gorgan 3. Journal of Tarbiat Moallem Science, 5(1, 2): 537-550.
21. Grotenhermen, F. and Russo, E. 2002. *Cannabis* and Cannabinoids: pharmacology, toxicology, and therapeutic potential New York. An Imprint of the Haworth Press, 439p.
22. Hirayama, T. and Shinozaki, K. 2007. Perception and transduction of abscisic acid signals: keys to the function of the versatile plant hormone ABA. Trends plant Sci, 12: 343-351.
23. Howlett, A.C., Breivogel, C.S., Childers, S.R., Deadwyler, S.A., Hampson, R.E. and Porrino, L.Y. 2004. Cannabinoid physiology and pharmacology: 30 years of progress. Neuropharmacology, 47:345-358.
24. Jafariehyazdi, E., Majd, A., Fallahian, F., Khavarinejad, R., Bernard, F. and Javidfar, F. 2006. Effects of drought stress and exogenous abscisic acid on reproductive meristem structure, morphology, yied and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Biology, 19(2): 125-134.
25. Jafarzadeh, L., Omidi, H. and Jafari, N., 2010. Effects of water stress on growth, essential oil content and proline content of marigold (*Calendula officinalis* L.). Sixteenth Conference and the Fourth International Conference of Biology Iran, 14-16 September, 1261-1262.
26. Jakab, G., Ton, J., Flors, V., Zimmerli, L., Métraux, J. and Mauch-Mani, B. 2005. Enhancing *Arabidopsis* salt and drought stress tolerance by chemical priming for its abscisic acid responses. Plant Physiol, 139: 267-274.
27. Kamkar, B., Daneshmand, A.R, Ghooshchi, F., Shiranirad, A.H. and Safahani Langeroudi, A.R. 2011. The effects of irrigation regimes and nitrogen rates on some agronomic traits of canola under a semiarid environment.

www.SID.ir

Archive of SID

Agricultural Water Management, 98(6): 1005-1012.

28. Kelen, M., Cubukdem Iralay, E., Sen, S. and Ozkan, G. 2004. Separation of abscisic acid, indole-3-acetic acid, gibberellic acid in 99R (*Vitis berlandieri* x Vitis rupestris) and rose Oil (*Rosa damascena Mill*.) by reversed phase liquid chromatography. Turk. J. Chem, 28: 603-610.
29. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Industrial Crops and Products, 30: 372-379.
30. Maleki, M., Ebrahimzade, H., Gholami, M., Niknam, V. 2011. The effect of drought stress and exogenous abscisic acid on growth, protein content and antioxidative enzyme activity in saffron (*Crocus sativus* L.). Afr. J. Biotechnol, 45: 9068–9075.
31. Movahhedi Dehnavi, M. 2004. Effect of foliar application of micronutrients (zinc and manganese) on the quantitative and qualitative yield of different autumn safflower cultivars under drought stress in Isfahan. Ph.D. Thesis in the field of agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, 211p.
32. Movahhedi Dehnavi, M., Modarres Sanavi, A.M., Soroush-Zade, A. and Jalali, M. 2004. Changes of proline, total soluble sugars, chlorophyll (SPAD) content and chlorophyll fluorescence in safflower varieties under drought stress and foliar application of zinc and maganese. Biaban, 9: 1. 93-110.
33. Ordone, A.A.L., Gomez, J.D. and Vattuone, M.A. 2008. Antioxidant activities of Sechium edule swartz extracts. Food Chemistry, 97: 452-458.
34. Pinarkara, E., Kayis, A.S., Hakki, E. and Sag, A. 2004. RAPD analysis of seized marijuana (*Cannabis sativa* L.) in Turkey. Electronic Journal of Biotechnology, 12: 1-13.
35. Pirjalili, F. and Omidi, H. 2017. Effects of drought stress on grain yield and qualitative charactristics of three populations of *Lallemantia royleana benth*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 33(1): 25-38.
36. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H. and Soltani, E. 2010. Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. Electron. J. Crop Prod, 3(1): 57-72.
37. Safikhani, F., Heydari Sharif Abadi, H., Sayadat, S.A., Sharifi Ashor Abadi, A., Seyed Nejad, S.M. and Abas Zade, B. 2007. The Effect of drought stress on the yield and morphology Dracoc *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 23(2): 183-194.
38. Selmar, D. 2008. Potential of salt and drought stress to increase pharmaceutical significant secondary compounds in plants. Agronomy Forest Research, 58: 139-144.
39. Setayeshmehr, Z. and ganjali, A. 2013. Effect of drought stress on growth and physiological characteristics of the plant (*Anethum graveolens* L.). Journal of horticultural science, 27(1): 27-35.
40. Sharp, R.G., Else, M.A., Cameron, R.W. and Davies, W.J. 2009. Water deficits promote flowering in Rhododendron via regulation of pre and post initiation development. Sci. Hort, 120: 511-517.
41. Shinohara, T., Agehara, S., Yoo, K.S. and Leskovar, D.I., 2011. Irrigation and nitrogen management of artichoke: yield, head quality, and phenolics. HortSci, 46 (3): 377-386.
42. Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biology. Chem. 195: 19-23.
43. Wu, R. and Garg, A. 2003. Engineering rice plants with trehalose producing genes improves tolerance to drought, salt and low temperature, ISB News.
44. Yoshimatsu, K., Iicla, O. and Kitazawa, T. 2004. Growth characteristics of *Cannabis sativa* cultivated in a phytotron and in the field. Bulletin on Natural Instruction of Health Science, 122:16-20.
45. Zhua, Z., Lianga, Z., Hana, R. and Wang, X. 2009. Impact of fertilization on drought response in the medicinal herb *Bupleurum chinense* DC. Growth

www.SID.ir

Archive of SID

and saikosaponin production. Industrial Crops and Products, 29(2-3): 629-633.

www.SID.ir