



دانشگاه گیلان، دانشکده باغبانی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹

۲۰۱-۲۱۳

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2020.16509.2513

بررسی تأثیر تنش کم آبی بر رشد، میزان اسانس و برخی صفات فیزیولوژیک چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

سمیه کریمی^۱، * بهمن زاهدی^۲ و حسن مومیوند^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران،

^۲استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل غیرزنده محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به‌خصوص تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه نیز می‌شود. از طرفی دیگر تحت شرایط تنش کم‌آبی، گیاهان مقادیر مشابهی از متابولیت‌های اولیه در مقایسه با شرایط بدون تنش تولید می‌کنند و چون تحت شرایط تنش، گیاه میزان تولید زیست‌توده و ماده خشک خود را کاهش می‌دهد، بنابراین مقادیر زیادی از این متابولیت‌های اولیه به‌سمت تولید متابولیت‌های ثانویه می‌روند. پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی میزان رشد، اسانس و برخی صفات فیزیولوژیکی چهار رقم ریحان تحت شرایط تنش کم‌آبی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. چهار رقم تجاری ریحان (شامل ارقام سبز ایرانی، بنفش ایرانی، گنوس و آمیتیست) به‌عنوان عامل اول و تنش خشکی در چهار سطح (شامل آبیاری درحد ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. ویژگی‌هایی مانند وزن تر و خشک گیاه، وزن تر و خشک ریشه، درصد اسانس، عملکرد اسانس، کلروفیل، مالون‌دی‌آلدئید، پرولین، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، فتوستتاز، هدایت روزنه‌ای و مقاومت روزنه‌ای اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تنش کم‌آبی باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و فتوستتاز در همه ارقام شد. علاوه بر این، تحت تأثیر تنش خشکی، وزن تر و خشک ریشه و هدایت روزنه‌ای کاهش و میزان پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، کلروفیل و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش نشان دادند. با این وجود شدت تغییرات این صفات در ارقام مورد مطالعه متفاوت بود و در اغلب موارد شدت کاهش صفات مختلف در رقم گنوس کم‌تر از سایر ارقام بود. در مقایسه بین ارقام نیز، ارقام سبز ایرانی و گنوس بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک بوته را دارا بودند. علاوه بر این، بیش‌ترین درصد اسانس مربوط به رقم گنوس بود.

* مسئول مکاتبه: zahedi.b@lu.ac.ir

نتیجه‌گیری: رقم گنوس بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی، بالاترین درصد اسانس و بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص داد و به‌عنوان رقم متحمل جهت کشت در شرایط کم‌آبی به‌منظور استحصال اسانس توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنش کم‌آبی صفات فتوسنتزی، صفات فیزیولوژیک،

مقدمه

در سال‌های اخیر به‌دلیل اثبات عوارض جانبی داروهای شیمیایی و تمایل بشر به استفاده هرچه بیش‌تر از محصولات طبیعی، توجه زیادی به گیاهان دارویی شده است. در عصر جدید صنایع داروسازی، پزشکان و گروه‌های تحقیقاتی بسیاری از کشورها مجدداً توجه خود را به منابع طبیعی و گیاهان دارویی معطوف داشتند، به‌طوری‌که امروزه ما شاهد مزارع وسیع تحقیقاتی و تجاری گیاهان دارویی هستیم. در حال حاضر یک‌سوم داروهای مورد استفاده بشر را داروهای با منشأ گیاهی تشکیل می‌دهند. نیاز روزافزون صنایع غذایی و دارویی به ماده خام گیاهی و لزوم حفظ منابع طبیعی گیاهی، اهمیت مطالعه روی کشت و فرآوری گیاهان دارویی و معطر را دو چندان نموده است (۵). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره نعناع (*Lamiaceae*) و بومی مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی است که به‌عنوان گیاه دارویی، ادویه‌ای و هم‌چنین سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴). در بین بیش از ۱۵۰ گونه از جنس *Ocimum*، *O. basilicum* غنی‌ترین گونه از نظر اسانس و ترکیبات معطر است و به‌صورت تجاری در بسیاری از کشورها کشت می‌شود (۹). شناخت عوامل محیطی نقش مهمی در موفقیت کشت گیاهان دارویی دارد (۲۱)، همین امر نیاز به شناخت اثر عوامل محیطی بر کارکرد گیاه و هم‌چنین عکس‌العمل‌های گیاه به عوامل محیطی را افزایش می‌دهد.

از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خشکی و کمبود آب است که روی رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. در کشور ما به‌جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال‌غربی کشور، بقیه مناطق غالباً جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. این در حالی است که مناطق خشک کشور نسبت به مناطق نیمه‌خشک آن، از وسعت بیش‌تری برخوردار هستند (۱۲). آب از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد و نمو و تولید مواد مؤثره گیاهان دارویی و معطر است. کمبود بارندگی‌ها در سال‌های اخیر و تخلیه منابع آبی زیرزمینی، از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت محصولات زراعی در کشور است. از این‌رو، بررسی راهکارهای اساسی برای مقابله با این معضل ضروری به‌نظر می‌رسد. برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و استفاده از گیاهانی با نیاز آبی بالا در الگوی کشت موجب اثرات مخرب زیست‌محیطی و نیز افزایش هزینه تمام شده کشت این گیاهان می‌گردد. از راهکارهای اصولی و عملی برای مقابله با کم‌آبی، مدیریت منابع آبی و انتخاب ارقام مقاوم به کم‌آبی جهت کشت است (۱).

کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیک و متابولیک در آن‌ها می‌گردد. با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاهان، می‌توان واکنش آن‌ها را نسبت به تنش‌های محیطی ارزیابی نمود. تنش

دوم نیز تیمار تنش کم‌آبی در چهار سطح، شامل آبیاری در حد ۱۰۰ (شاهد)، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بود. بذور استفاده شده در این آزمایش از شرکت بذرام مازندران تهیه و درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متری، ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری و گنجایش ۳ کیلوگرم خاک کاشته شدند. خاک استفاده شده در گلدان‌ها ترکیبی از خاک زراعی، ماسه و کود دامی به نسبت ۲:۲:۱ بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در جدول ۱ آمده است. در هر گلدان تعداد ۴ بذر کشت شد و پس از جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها، یک بوته در هر گلدان نگهداری و بقیه تنک شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۷-۲۵ درجه سلسیوس در طول روز و دمای ۱۷-۱۵ درجه سلسیوس در طول شب با رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند. تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مرحله ۸-۶ برگی ۶۳ روز بعد از کشت اعمال شد و آزمایش ۱۳۳ روز بعد از کشت پایان پذیرفت. برای تعیین منحنی رطوبتی خاک از دستگاه رطوبت‌سنج^۱ استفاده شد. پس از تعیین نقطه ظرفیت زراعی، میزان آب لازم برای رسیدن رطوبت خاک گلدان‌ها به حد هر یک از تیمارهای موردنظر تعیین شد. اعمال تنش کم‌آبی به این صورت بود که به‌صورت روزانه رطوبت گلدان‌ها با دستگاه TDR اندازه‌گیری می‌شد و نقصان رطوبتی در هر تیمار با آبیاری گلدان‌ها تا رسیدن به سطح موردنظر، برطرف می‌شد. پس از اعمال تنش کم‌آبی نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مختلف در مرحله تمام گل صورت گرفت.

کم‌آبی در گیاه بابونه منجر به کاهش عملکرد گل و وزن شاخ و برگ گیاه شد (۶ و ۱۵). حیدری و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی اثر تنش کم‌آبی روی گیاه ریحان به این نتیجه دست یافتند که محتوای کلروفیل و آنزیم کاتالاز با افزایش تنش افزایش می‌یابد (۱۷). فروزنده و همکاران (۲۰۱۲)، تأثیر تنش کم‌آبی و انواع کود در کمیت و کیفیت گیاه ریحان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش کم‌آبی باعث افزایش درصد اسانس شد در حالی‌که بیش‌ترین درصد اسانس در هنگام استفاده از ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (۱۳).

از آن‌جا که تنش کم‌آبی بزرگ‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران به‌شمار می‌رود، ایجاد گوناگونی زیاد بین توده‌ها و ارقام مختلف این گونه از نظر صفات فیزیولوژیک و زیست-شیمیایی محتمل به‌نظر می‌رسد. علاوه بر این با ارزیابی ارقام مختلف در شرایط کم‌آبی می‌توان ارقام متحمل را برای این نواحی انتخاب نمود. بنابراین مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر رشد، میزان اسانس و برخی صفات فیزیولوژیک چهار رقم ریحان در شرایط گلخانه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در گلخانه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای هر واحد آزمایشی تعداد ۳ گلدان در نظر گرفته شد. ارقام منتخب ریحان شامل سبز ایرانی، بنفش ایرانی و دو رقم تجاری گنوس و آمیتیست بودند که به‌عنوان عامل اول در نظر گرفته شدند. عامل

1- Time Domain Reflectometry (TDR)

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of soil.

pH	نیتروژن N (%)	پتاسیم K (ppm)	بافت خاک Soil texture (%)	EC (dS/m)	کربن آلی C (%)
7	0.242	362.55	Sandy - clay - loam	2.02	2.81

چنس و مهلی انجام شد (۱۱). برای اندازه‌گیری آنزیم‌های پراکسیداز از روش مک آدام (۲۰) و آسکوربات پراکسیداز از روش ناکانو و آسادا استفاده شد (۲۴).

اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول CO₂ در مترمربع در ثانیه) و مقاومت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) و هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) با استفاده از دستگاه (LCA-4, ADC Ltd., Hoddesdon, UK) انجام شد. تمامی اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی در ساعت ۱۰ صبح و پس از اعمال سطوح مختلف تنش آبی انجام گرفت. در هر تیمار صفات موردنظر در برگ‌های میانی شاخه اصلی در هر بوته از گلدان اندازه‌گیری شد و ۴۵ ثانیه بعد از قرار گرفتن برگ داخل محفظه شیشه‌ای دستگاه اعداد ثبت شد (۲۵).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Minitab مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج و بحث

زی‌توده گیاهی و اسانس: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تنش کم‌آبی و اثر رقم بر صفت وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد. اثر متقابل تنش و رقم نیز بر صفات وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، درصد اسانس و عملکرد

در مرحله گلدهی پیکر رویشی گیاهان از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت و وزن‌تر آن‌ها با ترازوی دیجیتال محاسبه گردید. پس از گذاشتن آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۴۵ درجه سلسیوس، وزن خشک آن‌ها محاسبه شد. در ادامه ریشه‌ها از خاک خارج شده و پس از شستشو با آب، وزن تر و خشک ریشه نیز اندازه‌گیری شد. استخراج اسانس در آزمایشگاه به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر (Celevenger) صورت گرفت. برای سنجش میزان کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از روش لیختن تالر (۱۸) استفاده شد. در این روش ابتدا ۰/۱ گرم برگ توزین و در هاون چینی با ازت مایع کاملاً ساییده شد. سپس نمونه را با ۱۰ میلی‌لیتر استون خالص مخلوط کرده و عصاره به‌دست آمده در فالكون ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و به مدت ۱۵ دقیقه با دستگاه (مدل ۱۶KL-۲ سیگما) ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس محلول رویی برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل ماپادا ۱۸۰۰-UV) جذب محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۶۲ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید، بر حسب میلی‌گرم در گرم برگ محاسبه شد. سنجش پرولین نیز با استفاده از روش بیتس و همکاران (۷) و اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدئید (MDA) طبق روش باگ و آست صورت گرفت (۱۰). اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز طبق روش

می‌رسد تنش کم‌آبی از طریق تأثیر بر طولی شدن و حجیم شدن سلول (رشد) و کاهش کلروفیل و مواد فتوسنتزی ساخته‌شده در گیاه، منجر به کاهش زیست توده و ماده خشک تولیدی می‌شود (۲۳). بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس هم در رقم گنوس با تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۳). در گیاهان دارویی که به‌منظور استخراج اسانس کشت می‌شوند دو مؤلفه درصد اسانس و عملکرد ماده خشک اهمیت زیادی دارند و عملکرد اسانس تابعی از بازده اسانس و پیکر رویشی گیاه است، بنابراین تغییر در هر کدام از مؤلفه‌ها سبب تغییر در عملکرد اسانس خواهد شد. همان‌طور که نتایج این پژوهش نشان داد تیمار تنش کم‌آبی سبب کاهش وزن خشک همه ارقام شد در حالی‌که بازده اسانس در همه ارقام به‌جز آمیتیتس افزایش پیدا کرد. این امر منجر به پاسخ متفاوت ارقام ریحان از نظر عملکرد اسانس به تنش کم‌آبی شد. به‌نحوی‌که در برخی از ارقام روند تغییرات عملکرد اسانس مشابه تغییرات عملکرد اندام هوایی بود، به‌عبارت دیگر عملکرد اسانس بیش‌تر تحت‌تأثیر کاهش عملکرد ماده خشک بوده و کم‌تر متأثر از تغییرات درصد اسانس بود، در نتیجه کاهش عملکرد اسانس تحت تنش خشکی مشاهده گردید (ارقام سبز ایرانی و آمیتیتس). در حالی‌که در ارقام بنفش ایرانی و گنوس، عملکرد اسانس بیش‌تر متأثر از بازده اسانس گیاه بود و با وجود کاهش عملکرد ماده خشک تحت تنش کم‌آبی، به‌دلیل افزایش قابل‌توجه بازده اسانس گیاه، عملکرد اسانس نیز افزایش پیدا کرد.

اسانس معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر رقم بر وزن خشک نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک در رقم گنوس به‌دست آمد که با رقم سبز ایرانی و بنفش ایرانی اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین وزن خشک در رقم آمیتیتس مشاهده شد (شکل ۱ الف). مقایسه میانگین اثر تنش بر وزن خشک نیز نشان‌دهنده کاهش وزن خشک گیاه با افزایش سطح تنش خشکی بود، به‌نحوی‌که بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار عدم تنش (شاهد) و کم‌ترین آن در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (شکل ۱ ب).

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) اثر متقابل تنش و رقم نشان داد بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی در رقم گنوس و تیمار عدم تنش (شاهد) و کم‌ترین وزن تر در رقم سبز ایرانی و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه نیز در رقم سبز ایرانی و تیمار عدم تنش (شاهد) و کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه در رقم آمیتیتس و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. کاهش وزن خشک اندام‌های گیاه تحت تنش کم‌آبی می‌تواند به‌علت عدم دسترسی کافی به آب برای آماس سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد و تقسیم سلولی باشد. کاهش سطح رویشی نیز سبب می‌شود تا توانایی گیاه برای جذب نور و در نهایت تولید مواد فتوسنتزی کاهش یابد که خود دلیلی بر کاهش رشد گیاه و وزن اندام‌ها است (۲۱). تنش کم‌آبی در مریم گلی باعث کاهش وزن تر و خشک گیاه شد که دلیل آن را کاهش محتوای کلروفیل و کاهش فتوسنتز دانستند (۸). یکی از علائم کمبود آب در گیاهان، کاهش فشار تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلولی است. به‌نظر

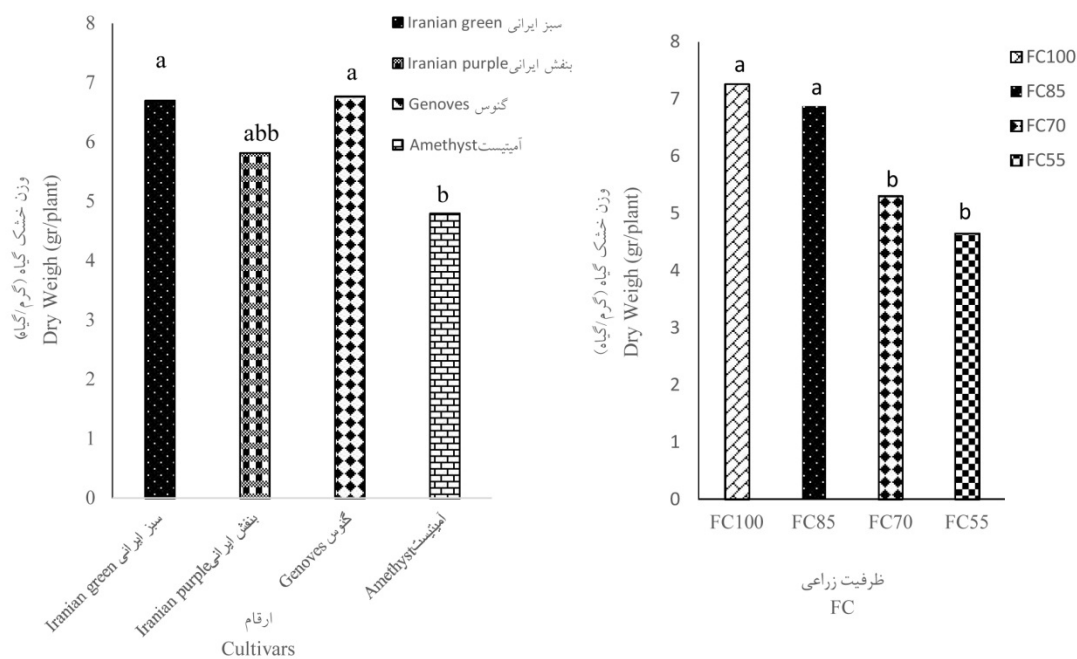
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مربوط به شاخص‌های رشدی و اسانس ارقام مختلف ریحان تحت تنش کم‌آبی.

Table 2. Analysis of variance of growth Indicators traits and essential oil of basil cultivars under Water deficit Stress.

میانگین مربعات Mean of square						
عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil Content	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک گیاه Plant dry weight	وزن تر ریشه Root Fresh Weight	وزن تر گیاه plant Fresh weight	منابع تغییرات Sov
0.22**	1.25**	0.78042**	10.21*	23.90**	328.545**	رقم Cultivar
0.005 ^{ns}	0.18**	0.90774**	18.63**	17.74**	746.932**	تنش Drought
0.017**	0.20**	0.04907**	0.27 ^{ns}	3.23**	32.937**	رقم * تنش Cultivar * Drought
0.27	0.02	0.83	29.15	4.57	6.80	ضریب تغییرات (درصد) Cv (%)

**، *، ^{ns} به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵، عدم معنی‌داری هستند.

** , * , ^{ns} show significant differences at 1% and 5% levels and no significant difference, respectively.



شکل ۱- الف) مقایسه میانگین اثر نوع رقم بر صفت وزن خشک ریحان و ب) مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر وزن خشک ریحان.

Fig. 1. a) Means comparison of the effect of cultivar on dry weight of basil and b) Means comparison of the effect of water deficit stress on dry weight of basil.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تنش کم آبی بر صفات مربوط به شاخص‌های رشدی و میزان اسانس.

Table 3. Results of mean comparison of interaction effect of cultivar and water deficit stress on growth indicators traits and essential oil.

عملکرد اسانس Essential oil Yield (%)	درصد اسانس Essential oil content (%)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر ریشه Root Fresh weight (g)	وزن تر گیاه Plant Fresh Weight (g)	رقم Cultivar	تنش کم آبی Water deficit stress (%FC)
0.064 ^g	0.15 ^g	1.66 ^a	8.99 ^a	41.51 ^b	سبز ایرانی Iranian green	100
0.11 ^b	0.35 ^{efg}	0.97 ^{cd}	5.13 ^{bc}	33.03 ^d	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.35 ^b	0.75 ^{bc}	1.39 ^b	5 ^{bcd}	47.07 ^a	گنوس Genovese	
0.24 ^{cd}	0.63 ^{cd}	0.78 ^{def}	4.17 ^{cde}	40.85 ^b	آمیتیسست Amethyst	
0.062 ^g	0.18 ^g	0.98 ^{cd}	8.26 ^a	33.92 ^{cd}	سبز ایرانی Iranian green	85
0.19 ^{de}	0.65 ^{cd}	0.78 ^{def}	3.91 ^{de}	29.26 ^e	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.35 ^b	0.77 ^{bc}	1.08 ^c	4.90 ^{bcd}	45.92 ^a	گنوس Genovese	
0.21 ^d	0.59 ^{cde}	0.49 ^{ghi}	3.99 ^{de}	40.85 ^b	آمیتیسست Amethyst	
0.046 ^g	0.30 ^{fg}	0.89 ^{cde}	5.76 ^b	21.55 ^{fg}	سبز ایرانی Iranian green	70
0.19 ^{de}	0.68 ^{cd}	0.62 ^{fgh}	2.65 ^f	29.06 ^e	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.33 ^{bc}	0.96 ^b	0.95 ^{cd}	4.29 ^{cde}	34.62 ^{cd}	گنوس Genovese	
0.060 ^g	0.25 ^{fg}	0.42 ^{hi}	3.53 ^{ef}	24.15 ^f	آمیتیسست Amethyst	
0.09 ^{fg}	0.47 ^{def}	0.61 ^{fgh}	3.18 ^{ef}	19.72 ^g	سبز ایرانی Iranian green	55
0.17 ^{def}	0.79 ^{bc}	0.55 ^{gh}	2.56 ^f	21.93 ^{fg}	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.49 ^a	1.58 ^a	0.69 ^{efg}	4.22 ^{cde}	31.19 ^{de}	گنوس Genovese	
0.038 ^g	0.18 ^g	0.34 ⁱ	2.50 ^f	21.53 ^{fg}	آمیتیسست Amethyst	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels based on LSD test.

صفات فیزیولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر رقم بر صفات فتوستتز، کلروفیل a، پرولین و کاروتنوئید معنی‌دار شد. میزان فتوستتز، کلروفیل a، پرولین، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نیز به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفتند. اثر متقابل تنش و رقم بر صفات مقاومت روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل b، کلروفیل کل، مالون‌دی‌آلدئید و کاتالاز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین میزان فتوستتز در رقم بنفش ایرانی مشاهده شد که با رقم سبز ایرانی اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان فتوستتز در رقم گنوس مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان کلروفیل a در رقم بنفش ایرانی و کم‌ترین میزان آن در رقم آمیتیست مشاهده شد. بیش‌ترین میزان پرولین در رقم سبز ایرانی و کم‌ترین میزان این ترکیب در ارقام آمیتیست و گنوس به‌دست آمد. رقم سبز ایرانی بیش‌ترین میزان کاروتنوئید را نیز به خود اختصاص داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثر تنش بر صفات فیزیولوژیک ریحان نشان‌دهنده کاهش میزان فتوستتز و افزایش کلروفیل a، پرولین، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز با افزایش سطح تنش کم‌آبی بود. به‌نحوی که بیش‌ترین میزان فتوستتز در تیمار عدم تنش (شاهد) و کم‌ترین میزان فتوستتز در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بیش‌ترین میزان کلروفیل a، پرولین، پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز نیز در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش و رقم نشان داد که بیش‌ترین میزان مقاومت روزنه‌ای در رقم

بنفش ایرانی و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان این صفت در رقم سبز ایرانی و تیمار عدم تنش (شاهد) به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای نیز در رقم گنوس و تیمار عدم تنش (شاهد) و کم‌ترین میزان آن در رقم آمیتیست و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بیش‌ترین میزان کلروفیل b مربوط به رقم بنفش ایرانی و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان این رنگیزه مربوط به رقم آمیتیست و تیمار عدم تنش (شاهد) بود. بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در رقم سبز ایرانی و تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین میزان آن در تیمار عدم تنش (شاهد) و رقم آمیتیست مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان مالون‌دی‌آلدئید در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم بنفش ایرانی و کم‌ترین میزان این ترکیب در تیمار عدم تنش (شاهد) و رقم آمیتیست به‌دست آمد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم کاتالاز نیز در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و رقم بنفش ایرانی مشاهده شد (جدول ۷). با افزایش شدت تنش هدایت روزنه‌ای و فتوستتز کاهش پیدا کرد. کاهش هدایت روزنه‌ای می‌تواند به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش کم‌آبی باشد تا از این طریق تلفات آب به حداقل برسد (۱۶). عقلمند و همکاران، (۲۰۱۶) در آزمایشی که روی ریحان انجام دادند به این نتیجه پی بردند که با افزایش شدت تنش، هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. میزان پرولین و مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم‌ها و مقاومت روزنه‌ای نیز با افزایش شدت تنش افزایش یافت (۲). حسنی و همکاران (۲۰۰۳)، نیز به بررسی برخی از شاخص‌های مقاومت به خشکی در گیاه ریحان با تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۸۵، ۷۰، ۵۵ درصد

ظرفیت زراعی بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بومادران بیابانی انجام دادند، نتیجه گرفتند که افزایش شدت تنش توانست به‌طور معنی‌داری میزان ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهد (۱۴). هم‌چنین نیاکان و زنگانه (۲۰۱۴)، در پژوهش دیگری که روی گیاه شنبلیله انجام دادند، بیان نمودند که اعمال تنش کم‌آبی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریشه و برگ گیاه به‌غیر از آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد (۲۲).

ظرفیت زراعی پرداختند. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف رطوبت خاک بر صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود و با کاهش مقدار آب خاک، پتانسیل آب برگ و میزان نسبی آب برگ کاهش، اما دمای برگ، میزان پرولین و قندهای محلول افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه ریحان به هنگام مواجهه با شرایط خشکی، با بستن روزنه‌ها و افزایش انباشت پرولین و قندهای محلول (تنظیم اسمزی) واکنش نشان می‌دهد (۱۶). غریبی و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی که با بررسی تأثیر چهار تیمار ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک ارقام مختلف ریحان تحت تنش کم‌آبی.

Table 4. Analysis of variance of physiological traits of basil cultivars under water deficit stress.

میانگین مربعات Mean of square									
کاروتنوئید Carotenoid	پروالین Prolin	مالون‌دی‌آلدئید MDA	کلروفیل کل Total chl	کلروفیل b Chlb	کلروفیل a Chla	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Proxidase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbat peroxidase	منابع تغییرات Sov
0.11*	0.29**	0.67**	207.34**	42.15**	81.33**	126.62**	0.077 ^{ns}	0.04 ^{ns}	رقم Cultivar
0.06 ^{ns}	0.37**	2.05**	67.92**	44.75**	20.09**	45.68**	0.32**	0.46**	تنش Drought
0.01 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.65**	14.43**	20.86**	1.84 ^{ns}	22.54**	0.028 ^{ns}	0.01 ^{ns}	رقم * تنش Cultivar * Drought
7.06	21.41	23	12.43	23.52	11.75	13.05	16.81	19.87	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

ns، *، ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵، عدم معنی‌داری هستند.

**، *، ^{ns} show significant differences at 1% and 5% levels and no significant difference, respectively.

ادامه جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک ارقام مختلف ریحان تحت تنش کم‌آبی.

Table 4. Analysis of variance of physiological traits of basil cultivars under Water deficit stress.

مقاومت روزنه‌ای Stomatal strength	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	فتوسنتز Photosynthesis	منابع تغییرات Sov
26.60**	0.0006**	120.33**	رقم Cultivar
353.29**	0.0023**	12.10**	تنش Drought
15.60**	0.00029**	0.98 ^{ns}	رقم * تنش Cultivar * Drought
18.02	2.04	13.65	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

**، *، ^{ns} به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵، عدم معنی‌داری هستند.

**، *، ^{ns} show significant differences at 1% and 5% levels and no significant difference, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات فیزیولوژیک ریحان.

Table 5. Comparison of the effect of cultivar on physiological traits of basil.

فتوسنتز Photosynthesis ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	کلروفیل a Chla ($\text{mg g}^{-1}\text{FW}$)	پروлін Proline ($\mu\text{mol g FW}^{-1}$)	کاروتنوئید Carotenoid ($\text{mg g}^{-1}\text{FW}$)	رقم Cultivar
8.49 ^a	11.26 ^b	0.54 ^a	2.56 ^a	سبز ایرانی Iranian green
8.80 ^a	13.59 ^a	0.40 ^a	2.36 ^b	بنفش ایرانی Iranian purple
2.77 ^c	8.51 ^c	0.22 ^b	2.37 ^b	گنوس Genovese
3.62 ^b	7.98 ^c	0.22 ^b	2.49 ^a	آمیست Amethyst

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels based on LSD test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر صفات فیزیولوژیک ریحان.

Table 6. Comparison of the effect of water deficit stress on physiological traits of basil.

فتوسنتز Photosynthesis ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	کلروفیل a Chla ($\text{mg g}^{-1}\text{FW}$)	پروлін Proline ($\mu\text{mol g.FW}^{-1}$)	پراکسیداز Peroxidase ($\mu\text{mol min}^{-1}\text{FW}^{-1}$)	آسکوربات پراکسیداز Ascorbat peroxidase ($\mu\text{mol min}^{-1}\text{g Fw}^{-1}$)	تنش کم‌آبی Drought (%FC)
7.12 ^a	8.71 ^c	0.21 ^b	0.19 ^c	0.11 ^c	100
6.22 ^b	10.11 ^b	0.26 ^b	0.30 ^{bc}	0.24 ^{bc}	85
5.58 ^c	10.70 ^b	0.30 ^b	0.42 ^{ab}	0.38 ^b	70
4.75 ^d	11.81 ^a	0.60 ^a	0.57 ^a	0.57 ^a	55

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels based on LSD test.

جدول ۷- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تنش کم آبی بر صفات فیزیولوژیک ریحان.

Table 7. Results of mean comparison of interaction effect of cultivar and water deficit stress on physiological traits of basil.

مالون دی آلدیید MDA ($\mu\text{mol g FW}^{-1}$)	کاتالاز Catalase ($\mu\text{mol min}^{-1}$ FW^{-1})	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($\text{mmol/m}^2/\text{s}$)	مقاومت روزنه‌ای Stomatal strength ($\text{mmol/m}^2/\text{s}$)	کلروفیل b Chlb (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chl (mg g^{-1} FW)	رقم Cultivar	تنش کم آبی Water deficit stress (%FC)
0.39 ^{ede}	1.03 ^g	0.053 ^{bcd}	9.60 ^h	4.12 ^{bcd}	14.32 ^{def}	سبز ایرانی Iranian green	100
0.27 ^{edef}	5.26 ^{de}	0.066 ^{ab}	16.82 ^{ef}	4.18 ^{bcd}	18.19 ^c	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.11 ^{ef}	1.19 ^g	0.076 ^a	11.10 ^h	3.05 ^{de}	10.64 ^{gh}	گنوس Genovese	
0.08 ^f	11.66 ^{ab}	0.063 ^{abc}	14.47 ^{fg}	2.30 ^e	9.14 ^h	آمیثیست Amethyst	
0.52 ^{bc}	2.66 ^{efg}	0.043 ^{def}	16.38 ^{ef}	4.45 ^{bcd}	15.40 ^{cde}	سبز ایرانی Iranian green	85
0.21 ^{def}	7.33 ^{cd}	0.060 ^{bc}	17.041 ^e	4.40 ^{bcd}	18.16 ^c	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.14 ^{ef}	1.41 ^{fg}	0.060 ^{bc}	13.97 ^g	3.22 ^{cde}	11.75 ^{fgh}	گنوس Genovese	
0.19 ^{ef}	2.13 ^{efg}	0.060 ^{bc}	14.89 ^{efg}	3.22 ^{cde}	11.05 ^{gh}	آمیثیست Amethyst	
0.52 ^{bc}	2.80 ^{efg}	0.036 ^{ef}	21.99 ^d	4.79 ^{abcd}	18.23 ^c	سبز ایرانی Iranian green	70
0.30 ^{cdef}	9.60 ^{bc}	0.056 ^{bcd}	17.23 ^e	5.44 ^{ab}	19.8 ^c	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.15 ^{ef}	4.63 ^{defg}	0.060 ^{bc}	16.11 ^{efg}	3.76 ^{bcd}	12.39 ^{efg}	گنوس Genovese	
0.24 ^{cdef}	5.66 ^{de}	0.053 ^{bcd}	16.40 ^{ef}	3.22 ^{cde}	11.94 ^{fgh}	آمیثیست Amethyst	
0.74 ^{ab}	2.96 ^{efg}	0.036 ^{ef}	24.48 ^{bc}	5 ^{abc}	26.43 ^a	سبز ایرانی Iranian green	55
0.82 ^a	14 ^a	0.050 ^{cde}	27.93 ^a	6.59 ^a	21.70 ^d	بنفش ایرانی Iranian purple	
0.48 ^{bcd}	5.16 ^{def}	0.030 ^f	23.28 ^{cd}	4.05 ^{bcd}	13.35 ^{efg}	گنوس Genovese	
0.38 ^{cde}	10 ^{bc}	0.01 ^g	26.62 ^{ab}	3.49 ^{cde}	12.03 ^{fgh}	آمیثیست Amethyst	

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels based on LSD test.

نتیجه‌گیری کلی

همه ارقام تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی، شدت کاهش در رقم گنوس نسبت به سایر ارقام بسیار کم‌تر بود. علاوه بر این، بازده اسانس در همه ارقام به‌جز آمتیست، تحت‌تأثیر تنش کم‌آبی افزایش یافت. با توجه به این‌که عملکرد اسانس برآیندی از وزن خشک بوته و بازده اسانس است، در مجموع رقم گنوس تحت تنش کم‌آبی ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بالاترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص داد. بنابراین رقم گنوس به‌عنوان رقم مقاوم جهت کشت در شرایط کم‌آبی به‌منظور استحصال اسانس توصیه می‌شود.

بطورکلی در اغلب صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری بین ارقام ریحان مشاهده شد. تنش کم‌آبی موجب کاهش رشد و عملکرد تمام ارقام ریحان گردید، اما بسته به نوع رقم میزان کاهش متفاوت بود. نتایج نشان داد که رقم گنوس بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی، بالاترین درصد اسانس و بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای را به خود اختصاص داد. رقم سبز ایرانی نیز از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی و میزان کلروفیل نسبت به سایر ارقام وضعیت بهتری نشان داد. با وجود کاهش وزن تر و خشک

منابع

1. Ansari, H., Sharifian, H. and Davari, K., 2010. Basic principles of irrigation. Jahad University Mashhad. Press, 316p. (In Persian)
2. Aghlmand, S., Ismail Pour, B., Jalil Vand, P. and Heidari, H. 2017. The Effect of Salicylic Acid and Pacllobutrazol on Growth and Physiological Significance of Basil in under water conditions, J. Proc Vegeta, 6: 19. (In Persian)
3. Ahmadi, A. and Siocemardeh, A. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and Proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Agric. Sci. 35: 753-763.
4. Ameri, R., Azizi, M., Tehranian Far, A. and Rosand Sarvestani. 2015. The Effect of natural transpiration compounds on some of the physiological and biological traits of (*Ocimum basilicum* L.). Under drought conditions, J. Hort. Sci. Technol. Agric. 29: 55-67. (In Persian)
5. Baghalian, H. and Naghdibady, H.A. 2018. Essential oils of the translation, publishing House of Andares, Tehran, 236p. (In Persian)
6. Baghalian, K., Abdoshah, S., Khalighi-Sigaroodi, F. and Paknejad, F. 2011. Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). Plant Physi. Biol. 49: 2. 201-207.
7. Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 1. 205-207.
8. Bettaieb, I., Zakhama, N., Wannas, W.A., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Sci. Hort. 120: 2. 271-275.
9. Bilal, A., Jahan, N., Ahmed, A., Bilal, S.N., Habib, S. and Hajra, S. 2012. Phytochemical and pharmacological studies on (*Ocimum basilicum* L.) Linn-A review. Int. J. Curr. Res. Rev. 4: 23.
10. Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. [30] Microsomal lipid peroxidation. In Methods in enzymology. 52: 302-310. Academic Press.
11. Chance, B. and Maehly, A.C. 1995. Assay of catalas and prooxidase. In: Colowick, S.P., and N.D. Kaplan (eds). Methods in Enzymology. Academic Press. New York. 2: 764-775.
12. Ehdaye, B. 1993. Selection for drought tolerance in wheat. Abstract articles of the fourth congress of agriculture and plant breeding in Iran, Pp: 43-46. (In Persian)
13. Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E. and Tabiei, H. 2012. Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian J. Inn. Dev. 1: 10. 734-737.

14. Gharibi, Sh., Seyyed Tabatabaei, B.A., Saeedi, Gh., Goli, S.A.H. and Talebi, M. 2012. Effect of Drought Stress on Some Physiological Traits and Antioxidant Activity of (*Anethum graveolens* L.). J. Herb Med. 3: 3. 181-190. (In Persian)
15. Hasani, A. and Omid Beigi, R. 2002. The Effect of water stress on some morphological, physiological and metabolic characteristics of Basil plant. J. Danesh Agric. Sci. Tab. (In Persian)
16. Hasani, A., Omidibi, R. and Heydari Sharif Abadi, H. 2003. Evaluation of Some Indices of Drought Resistance in Basil Plant (*Ocimum basilicum* L.). J. Agric. Sci. Natur. Res. 4: 10. 65-74. (In Persian)
17. Heydari, M. and Golpayegani, A. 2012. Effect of water stress on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.) J. Saud. Soc. Agric. Sci. Pp: 57-61.
18. Lichten Haler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoides: pigments of photosynthetic bio membranes. In: metod in anzimol. (eds.s.p.colowick and N.O.Kaplan) Academic press. Newyork, 48: 350-382.
19. Lawler, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ. 25: 275-294.
20. MacAdam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E. 1992. Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. Plant Physiol. 99: 3. 872-878.
21. Misra, A. and Sricastava, N.K. 2000. Influence of water Stress on Japanese Min. J. Herb. Spic Med. Plant. 7: 1. 51-58.
22. Niakan, M. and Zanganeh, A. 2014. Effect of drought stress and salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in Fenugreek herb. Iran J. Plant Ecol. 9: 1. 38-45. (In Persian)
23. Norozpur, H. and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Effect of Different Irrigation and Density Period on Yield and Yield Components (*Sativa nigella* L.). Iran J. Agric. Res. 3: 2. 305-315. (In Persian)
24. Nakano and Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts Plant Cell Physiol. 22: 1981. 867-880
25. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Ebrahimzadeh, H. 2004. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iran J. Agric. Sci. 315: 1. 93-106. (In Persian)

