

## ارزیابی برخی صفات مورفو- فیزیولوژیکی چهار رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت شرایط تنش کم آبی

سمیه کریمی<sup>۱</sup>، بهمن زاهدی<sup>۲\*</sup> و حسن مومیوند<sup>۲</sup>

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۴)

### چکیده

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی چهار رقم ریحان تحت شرایط تنش کم آبی در شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۶ انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. چهار رقم تجاری ریحان (شامل رقم‌های سبز ایرانی، بنفش ایرانی، جنوس و آمیتیست) به عنوان فاکتور اول و تنش کم آبی در چهار سطح (شامل آبیاری در حد ۱۰۰، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تنش کم آبی باعث افزایش طول ریشه و کاهش وزن خشک اندام هوایی در همه رقم‌ها شد. علاوه بر این، تحت تأثیر تنش کم آبی، ارتفاع بوته، سطح برگ، محتوای نسبی آب و میزان تعرق کاهش و میزان شاخص پایداری غشا افزایش نشان داد. با این وجود میزان تغییرات این صفات در رقم‌های مورد مطالعه متفاوت بود. رقم‌های جنوس و سبز ایرانی بیشترین میزان وزن تر و وزن خشک را در بین رقم‌های مورد مطالعه به خود اختصاص دادند، اما در شرایط تنش کم آبی رقم جنوس بالاترین میزان وزن خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی را نشان داد. در پایان رقم جنوس به عنوان مناسب‌ترین رقم برای کشت در شرایط تنش کم آبی معرفی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** پارامترهای فیزیولوژیک، تنش خشکی، ریحان، صفات مورفولوژیک.

## Evaluation of some morpho-physiological traits of four basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars under water stress conditions

Somayeh Karimi<sup>1</sup>, Bahman Zahedi<sup>2\*</sup> and Hasan Mumivand<sup>2</sup>

1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran

(Received: Dec. 08, 2018- Accepted: Feb. 13, 2019 )

### ABSTRACT

The present study was conducted to evaluate some of the morphological and physiological traits of four basil cultivars under drought stress condition in greenhouse. The experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design. Four commercial basil cultivars (including Iranian green and violet basil, Genovese and Amethyst) were used as the first factor and drought stress at four levels (including irrigation at 100, 85, 70 and 55% FC) was used as second factor. The results showed that drought stress increased root length, but decreased dry weight of the plant. Plant height, leaf area, RWC and transpiration were reduced under drought stress treatments. The rate of membrane stability index increased although the reduction was different among the cultivars. Genovese and Iranian green cultivars showed the highest fresh and dry weights. The highest root dry weight and fresh and dry weights of plant were obtained in Genovese cultivar. Finally, Genovese cultivar showed the highest potential to introduce as tolerant cultivar in order to cultivation in drought condition.

**Keywords:** Basil, drought stress, morphological traits, physiological parameters.

\* Corresponding author E-mail: zahedi.b@lu.ac.ir

### مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.) یکی از گیاهان دارویی مهم تیره نعناع (Lamiaceae) است. در بین گونه‌های مختلف جنس ریحان، گونه *Ocimum basilicum* L. اقتصادی‌ترین گونه محسوب شده و تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌شود. برگ‌های معطر ریحان به صورت تازه یا خشک شده به عنوان چاشنی و طعم‌دهنده غذاها، شیرینی‌ها و نوشابه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Marioito *et al.*, 1996; Omidbaigi, 1997). گونه‌های مختلف این جنس برای تولید دمنوش دارویی، اسانس، مقاصد دارویی و ادویه‌ای به صورت سبزی و گیاه زینتی گلدانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Patten *et al.*, 1999). اسانس ریحان منبع غنی از ترکیبات فنیل پروپانوئیدی از قبیل کاپیکول، اوژنول، ترپین‌ها (Naderi *et al.*, 2015) و ترکیبات فنولی (Bilal *et al.*, 2012) است. گیاهان در طول دوره رشد خود با تنش‌های محیطی متعددی مواجه می‌شوند که هر یک از این تنش‌ها می‌تواند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی آثار متفاوتی بر رشد، نمو و عملکرد آن‌ها داشته باشند و سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، متابولیکی، بیوشیمیایی و مولکولی متعددی در آن‌ها شوند. این امر موجب بازدارندگی شدیدی در رشد گیاه و در نتیجه کاهش محصول می‌گردد (Imam & Zavadeh, 2005). پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی متفاوت است و توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی به نوع، شدت و مدت زمان تنش بستگی دارد. کمبود آب از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک است که بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد (Kochehi & Alizadeh, 1995). خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر انداختن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد. کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل کل آب، همراه با از بین رفتن آماس، بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش رشد از علائم مخصوص تنش کم‌آبی است. در صورتی که شدت تنش کم‌آبی زیاد باشد، موجب کاهش شدید فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه می‌گردد (Singh *et al.*, 1996).

Moghadam *et al.* (2014) با بررسی اثر تنش کم‌آبی روی سه رقم ریحان به این نتیجه دست یافتند که بین ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی و درصد اسانس رقم‌های مختلف ریحان در شرایط تنش کم‌آبی، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و افزایش نشت الکترولیت‌ها، افزایش کلروفیل و کاهش محتوای نسبی آب را تحت این شرایط گزارش کردند. Moeini Alishah *et al.* (2006) کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و سطح برگ و میزان کلروفیل ریحان بنفش را همزمان با افزایش سطح تنش کم‌آبی گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر اعلام شد وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و تعداد بذر ریحان تحت تأثیر تنش کم‌آبی کاهش یافته است (Foruzandeh *et al.*, 2015). Sodaei Zadeh *et al.* (2015) با بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر مرزه گزارش کردند که گیاه مرزه با به کارگیری برخی مکانیسم‌های دفاعی از قبیل کاهش قطر و حجم تاج پوشش، ارتفاع گیاه، وزن اندام هوایی و سطح برگ، نسبت به تنش کم‌آبی مقاومت نشان داده است. علاوه بر این با افزایش طول ریشه، کاهش ضخامت ریشه‌ها و تولید ریشه‌های نازک‌تر، جذب عناصر غذایی با حداقل مصرف انرژی ادامه می‌یابد. از آنجا که تنش کم‌آبی بزرگترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران به‌شمار می‌رود، شناخت پاسخ‌های گیاهان به ویژه گیاهان دارویی به کمبود آب اهمیت ویژه‌ای دارد. علاوه بر این، با ارزیابی رقم‌های مختلف در شرایط کم‌آبی، می‌توانیم رقم‌های متحمل را برای این نواحی انتخاب نماییم. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تنش کم‌آبی بر رشد، خصوصیات مورفولوژیکی و برخی پارامترهای فیزیولوژیکی چهار رقم تجاری ریحان بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۶ در گلخانه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای هر واحد آزمایشی تعداد سه گلدان در نظر گرفته شد. رقم‌های منتخب ریحان شامل سبز ایرانی، بنفش ایرانی و

در هر بوته اندازه‌گیری شد. سپس پیکر رویشی گیاهان از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک برداشت و وزن تر آن‌ها با ترازوی دیجیتالی محاسبه گردید. پس از گذاشتن آن‌ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد وزن خشک آن‌ها محاسبه شد. شاخص پایداری غشا با اندازه‌گیری نشت یونی اولیه (EC1) و ثانویه (EC2) برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Lotes et al., 1996).

$$ELp = (EC1 / EC2) \times 100$$

شاخص سبزی‌نگی برگ در مرحله تمام گل با استفاده از دستگاه SPAD و اندازه‌گیری میزان تعرق در واحد سطح برگ (میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) با استفاده از دستگاه تبادلات گازی (LCA-4, ADC Ltd., Hoddesdon, UK) انجام شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰ صبح و پس از اعمال سطوح مختلف تنش آبی انجام گرفت. در هر تیمار صفات مورد نظر در برگ‌های میانی شاخه اصلی در هر بوته اندازه‌گیری شد و ۴۵ ثانیه بعد از قرارگرفتن برگ داخل محفظه شیشه‌ای دستگاه، اعداد ثبت گردید (Siosemarde, 2004; Fischer & Associates, 1998). برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب پس از تعیین وزن تر (Fw) نمونه‌های برگ به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شد پس از آن وزن آماس (Mfw) برگ‌ها ثبت شد. به منظور تعیین وزن خشک (Dw)، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن خشک برگ‌ها اندازه‌گیری شد و محتوای نسبی آب از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Dupe & Manville, 2002).

$$RWC (\%) = (FW - DW) / (MFW - DW) \times 100$$

#### تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده 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

### صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر رقم بر

دو رقم تجاری جنوس و آمیتیست بودند به عنوان فاکتور اول در نظر گرفته شدند. فاکتور دوم نیز تیمار تنش خشکی در چهار سطح، شامل آبیاری در حد ۱۰۰ (شاهد)، ۸۵، ۷۰ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بود. بذره‌های استفاده شده در این آزمایش از شرکت بذرام مازندران تهیه و در ۱۷ مهرماه 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 چهار بذر کشت شد و پس از جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها، یک بوته در هر گلدان نگهداری و مابقی تنک شدند. گلدان‌ها در گلخانه با دمای ۲۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد در طول روز و دمای ۱۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد در طول شب با رطوبت نسبی ۷۰ درصد نگهداری شدند. به منظور بررسی اثر تنش بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی رقم‌های ریحان، تیمارهای مختلف تنش کم‌آبی در مرحله ۶-۸ برگی در ۲۰ آذر اعمال شد و آزمایش در اواخر بهمن ۱۳۹۶ پایان پذیرفت. برای تعیین منحنی رطوبتی خاک از دستگاه رطوبت سنج (Time Domain Reflectometry) استفاده شد. پس از تعیین نقطه ظرفیت زراعی، میزان آب لازم برای رسیدن رطوبت خاک گلدان‌ها به حد هر یک از تیمارهای مورد نظر 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 مورد نظر، برطرف می‌شد. پس از اعمال تنش کم‌آبی نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات مختلف در مرحله تمام گل صورت گرفت.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

C (%)	EC (ds/m)	Soil texture (%)	K (ppm)	N (%)	pH
2.81	2.02	Sandy - clay - loam	362.55	0.242	7.9

در مرحله گلدهی صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، طول گل آذین، قطر ساقه و طول ریشه

صفات قطر ساقه، طول ریشه، سطح برگ، ارتفاع، طول میانگره، وزن خشک اندام هوایی و تعداد شاخه فرعی معنی دار شد. صفات قطر ساقه، طول میانگره، طول ریشه و سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی نیز به طور معنی داری تحت تأثیر تنش قرار گرفتند. اثر متقابل رقم و تنش نیز بر تعداد برگ و طول گل آذین، وزن تر اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورفولوژیک ریحان نشان داد بیشترین قطر ساقه مربوط به رقم‌های جنوس و آمیتیست بود. بیشترین طول ریشه در رقم‌های سبز ایرانی و آمیتیست مشاهده شد. رقم بنفش ایرانی بیشترین سطح برگ و طول میانگره را نشان داد. بیشترین ارتفاع بوته در رقم‌های بنفش ایرانی و سبز ایرانی به دست آمد. بیشترین میزان وزن خشک مربوط به رقم جنوس بود که با وزن خشک رقم سبز ایرانی تفاوت معنی داری نداشت. از نظر تعداد شاخه فرعی نیز رقم سبز ایرانی بالاترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین اثر تنش کم‌آبی بر صفات مورفولوژیکی ریحان، نشان دهنده کاهش قطر ساقه و طول میانگره و کاهش وزن خشک اندام هوایی با افزایش سطح تنش کم‌آبی بود. *Baghalian et al.* (2011)، کاهش در ارتفاع بوته، وزن ساقه و عملکرد گل بایونه آلمانی را تحت تأثیر تنش کم‌آبی گزارش کردند. در مطالعات دیگری بیان شده است تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها و اندام هوایی می‌شود (*Hang et al.*, 2005).

رقم‌های در اغلب صفات مورد مطالعه تفاوت معنی داری داشتند که رقم سبز ایرانی و رقم جنوس دارای وزن خشک بیشتری نسبت به رقم آمیتیست و بنفش ایرانی بود، اما رقم آمیتیست در شرایط تنش شدید با بالانگه‌داشتن محتوای نسبی آب توانست کیفیت رشد بهتری نسبت به بقیه رقم‌ها داشته باشد. بیشترین قطر ساقه و طول میانگره در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان این صفات در تیمار ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. با افزایش شدت تنش کم‌آبی طول ریشه

افزایش نشان داد، به طوری که بیشترین میزان طول ریشه در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد با افزایش تنش کم‌آبی، طول ریشه افزایش یافت. بنابراین، می‌توان اظهار کرد که رفتار ریشه گیاه متأثر از تنش کم‌آبی است و با افزایش تنش کم‌آبی به عنوان یک عامل محدود کننده رشد، ریشه‌های گیاه به دنبال رطوبت بوده و در اعماق خاک که رطوبت بیشتری در دسترس است، توسعه بیشتری یافته‌اند (*Rad et al.*, 2008). سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی نیز با افزایش شدت تنش کم‌آبی کاهش پیدا کرد. بیشترین سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن در تنش ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید (جدول ۴). کاهش سطح برگ را می‌توان در نتیجه کاهش سرعت گسترش سلول‌ها و یا کاهش سرعت تقسیم سلولی، به علت کم‌شدن آماس سلولی بیان نمود (*Woolcommar et al.*, 1998). کاهش رشد سلول در شرایط تنش کم‌آبی منجر به کاهش اندازه برگ می‌شود. کاهش سطح برگ نیز باعث کاهش سطح جذب نور خورشید و به دنبال آن کاهش فتوسنتز در گیاه می‌شود که در نهایت کاهش تولید ماده تر و خشک گیاه را به همراه دارد (*Pinheiro et al.*, 2004). *Upadhyaya et al.* (2007)، کاهش سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، میزان کلروفیل و تخریب آنزیم‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و بسته‌شدن روزنه‌ها را گزارش کردند.

نتایج مقایسه میانگین اثر تنش خشکی و نوع رقم نشان داد بیشترین ارتفاع گل آذین در رقم بنفش ایرانی با آبیاری در سطح ۸۵ درصد ظرفیت زراعی و کم‌ترین آن در رقم آمیتیست با آبیاری در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. بیشترین تعداد برگ در رقم سبز ایرانی با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن در رقم جنوس با آبیاری در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید. بیشترین وزن تر اندام هوایی در رقم جنوس با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان

تنش کم آبی نیز بر شاخص سبزیگی معنی دار شد. اثر متقابل رقم و تنش بر صفات محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشا معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات فیزیولوژیک ریحان نشان داد که بالاترین میزان تعرق در رقم بنفش ایرانی مشاهده شد (شکل ۱). رقم آمیتیست نیز بیشترین شاخص سبزیگی را به خود اختصاص داد (شکل ۲). مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی نشان داد بیشترین میزان شاخص سبزیگی در تیمارهای ۵۵ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (شکل ۳).

این صفت در رقم سبز ایرانی با آبیاری در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. بیشترین وزن تر و وزن خشک ریشه مربوط به رقم سبز ایرانی با آبیاری در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان این صفات مربوط به رقم آمیتیست با آبیاری در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بود (جدول ۵).

### صفات فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد اثر رقم بر میزان تعرق و شاخص سبزیگی معنی دار شد. اثر

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی بر صفات مورفولوژیک رقم‌های ریحان  
Table 2. Results of variance analysis of water stress on morphological traits of basil cultivars

Source of variation	Mean of square							
	Stem diameter	Florescence height	Branches number	Plant height	Inter node	Root length	Number of leaf	Leaf area
Cultivar	2.12**	21.408**	135.672**	1815.49**	9.41**	409.07**	39142.8**	69.73**
Drought	1.61**	71.816**	10.561 <sup>ns</sup>	77.37 <sup>ns</sup>	6.67**	86.33*	4175.6**	11.17**
Cultivar × drought	0.09 <sup>ns</sup>	4.237**	1.700 <sup>ns</sup>	14.23 <sup>ns</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	17.24 <sup>ns</sup>	958.6**	1.17 <sup>ns</sup>
CV	8.79	14.13	19.73	12.26	13.02	13.71	4.27	7.55

\*\*، \*، ns: تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار. ns: تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار. \*\*، \*، ns: Significantly differences at 1% and 5% of probability levels and non-significantly difference, respectively.

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی بر برخی صفات مورفولوژیک رقم‌های ریحان  
Continued table 2. Results of variance analysis of water stress on some morphological traits of basil cultivars

Source of variation	Mean of square			
	Root fresh weight	Plant dry weigh	Plant Fresh weight	Root dry weight
Cultivar	23.90**	10.21	328.545**	0.78042*
Drought	17.74**	18.63**	746.932**	0.90774**
Cultivar × drought	3.23**	0.27 <sup>ns</sup>	32.937**	0.04907**
CV	4.57	29.15	6.80	0/83

\*\*، \*، ns: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار. ns: به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی دار. \*\*، \*، ns: Significantly differences at 1% and 5% of probability levels and non-significantly difference, respectively.

### جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رقم بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ریحان

Table 3. Mean comparison effect of cultivar on some morphological characteristics of basil

Cultivar	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Branches number	Height (cm)	Stem diameter (mm)	Inter node (cm)	Root length (cm)	Plant dry weigh (g)
Iranian green	58.57 <sup>b</sup>	14.58 <sup>a</sup>	54.30 <sup>a</sup>	3.80 <sup>b</sup>	4.75 <sup>b</sup>	30.37 <sup>a</sup>	6.77 <sup>a</sup>
Iranian purple	70.02 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	57.21 <sup>a</sup>	4.44 <sup>b</sup>	6.24 <sup>a</sup>	20.89 <sup>b</sup>	5.82 <sup>ab</sup>
Genovese	61.69 <sup>b</sup>	6.45 <sup>c</sup>	30.06 <sup>c</sup>	4.66 <sup>a</sup>	4.16 <sup>c</sup>	21.50 <sup>b</sup>	6.77 <sup>a</sup>
Amethyst	44.52 <sup>c</sup>	11.33 <sup>b</sup>	43.66 <sup>b</sup>	4.39 <sup>a</sup>	4.79 <sup>b</sup>	32.08 <sup>a</sup>	4.8 <sup>b</sup>

\*در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد (LSD) بدون تفاوت معنی دار هستند. Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different (LSD) at 5% probability level.

### جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ریحان

Table 4. Mean comparison of the effect of water stress on some morphological characteristics of basil

Level of drought stress	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Stem diameter (mm)	Inter node (cm)	Root length (cm)	Plant dry weigh (g)
100% FC	63.25 <sup>a</sup>	4.79 <sup>a</sup>	5.76 <sup>a</sup>	23.14 <sup>c</sup>	7.26 <sup>a</sup>
85% FC	60.45 <sup>ab</sup>	4.51 <sup>a</sup>	5.36 <sup>a</sup>	24.95 <sup>bc</sup>	6.88 <sup>a</sup>
70% FC	57.55 <sup>ab</sup>	4.17 <sup>b</sup>	4.79 <sup>b</sup>	27.58 <sup>ab</sup>	5.30 <sup>b</sup>
55% FC	53.54 <sup>b</sup>	3.82 <sup>c</sup>	4.04 <sup>c</sup>	29.16 <sup>a</sup>	4.56 <sup>b</sup>

\* در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد (LSD) بدون تفاوت معنی دار هستند. Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different (LSD) at 5% probability level.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تنش کم آبی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک ریحان

Table 5. Mean comparison effect of water t stress and cultivar on morphological characteristics of basil

Water stress levels	Cultivar	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Leaf number	Plant fresh weight (g)	Florescence height (cm)
100% FC	Iranian green	8.99 <sup>a</sup>	1.66 <sup>a</sup>	229 <sup>a</sup>	41.51 <sup>b</sup>	8.6 <sup>bcd</sup>
	Iranian purple	5.13 <sup>bc</sup>	0.97 <sup>cd</sup>	184.6 <sup>b</sup>	33.03 <sup>d</sup>	9.58 <sup>b</sup>
	Genovese	5 <sup>bcd</sup>	1.39 <sup>b</sup>	50.66 <sup>j</sup>	47.07 <sup>a</sup>	9.2 <sup>bcd</sup>
	Amethyst	4.17 <sup>cd</sup>	0.78 <sup>def</sup>	98.16 <sup>g</sup>	40.85 <sup>b</sup>	5.5f <sup>g</sup>
85 % FC	Iranian green	8.26 <sup>a</sup>	0.98 <sup>cd</sup>	156.3 <sup>cd</sup>	33.92 <sup>cd</sup>	9.7 <sup>b</sup>
	Iranian purple	3.91 <sup>de</sup>	0.78 <sup>def</sup>	162.6 <sup>c</sup>	29.26 <sup>e</sup>	15 <sup>a</sup>
	Genovese	4.90 <sup>bcd</sup>	1.08 <sup>c</sup>	47.8 <sup>j</sup>	45.92 <sup>a</sup>	9.3 <sup>bc</sup>
	Amethyst	3.99 <sup>de</sup>	0.49 <sup>ghi</sup>	91.5 <sup>g</sup>	40.85 <sup>b</sup>	6.0 <sup>efg</sup>
70% FC	Iranian green	5.76 <sup>b</sup>	0.89 <sup>cd</sup>	151 <sup>d</sup>	21.55 <sup>fg</sup>	9.36 <sup>bc</sup>
	Iranian purple	2.65 <sup>f</sup>	0.62 <sup>gh</sup>	132.6 <sup>e</sup>	29.06 <sup>e</sup>	9.6 <sup>b</sup>
	Genovese	4.29 <sup>cd</sup>	0.95 <sup>cd</sup>	47.5 <sup>j</sup>	34.62 <sup>cd</sup>	7.91 <sup>bcd</sup>
	Amethyst	3.53 <sup>ef</sup>	0.42 <sup>hi</sup>	85 <sup>hi</sup>	24.15 <sup>f</sup>	4.99 <sup>gh</sup>
55 % FC	Iranian green	3.18 <sup>ef</sup>	0.61 <sup>gh</sup>	150 <sup>d</sup>	19.72 <sup>g</sup>	7.60 <sup>de</sup>
	Iranian purple	2.56 <sup>f</sup>	0.55 <sup>gh</sup>	123 <sup>f</sup>	21.93 <sup>fg</sup>	9.05 <sup>bcd</sup>
	Genovese	4.22 <sup>cd</sup>	0.69 <sup>efg</sup>	43.5 <sup>j</sup>	31.19 <sup>de</sup>	7.33 <sup>def</sup>
	Amethyst	2.50 <sup>f</sup>	0.34 <sup>i</sup>	77.6 <sup>i</sup>	21.53 <sup>fg</sup>	3.27 <sup>h</sup>

\* در هر ستون، میانگین‌هایی که حرف‌های مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد (LSD) بدون تفاوت معنی‌دار هستند.

Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different (LSD) at 5% probability level.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی بر برخی صفات فیزیولوژیک رقم‌های ریحان

Table 6. Results of variance analysis of water stress on some physiological traits of basil cultivars

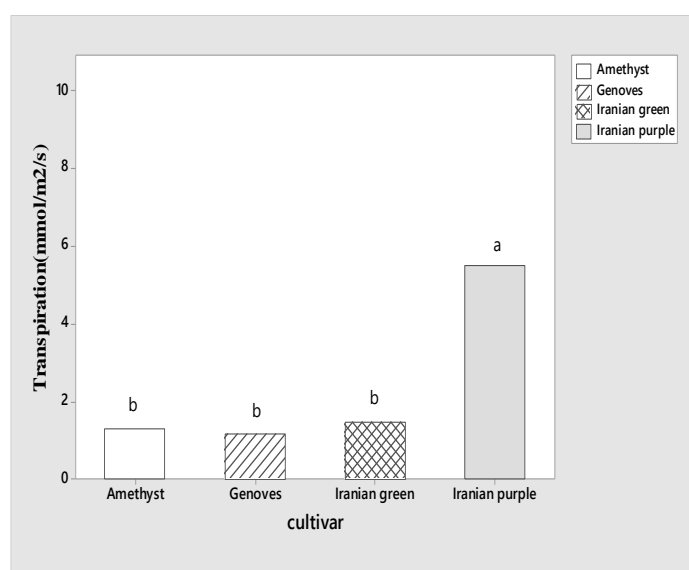
Source of variation	Mean of square			
	Transpiration	RWC <sup>b</sup>	Greenness Index	ELP <sup>a</sup>
Cultivar	51.999 <sup>*</sup>	296.33 <sup>**</sup>	228.04 <sup>**</sup>	48.64 <sup>**</sup>
Drought	12.048 <sup>ns</sup>	303.95 <sup>**</sup>	13.17 <sup>**</sup>	196.57 <sup>**</sup>
Cultivar × drought	6.119 <sup>ns</sup>	130.86 <sup>*</sup>	6.45 <sup>ns</sup>	159.24 <sup>**</sup>
CV	10.79	12.64	22.55	6.85

\*\*\*, \*\*, \*: ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

a و b: به ترتیب شاخص پایداری غشا و محتوای نسبی آب.

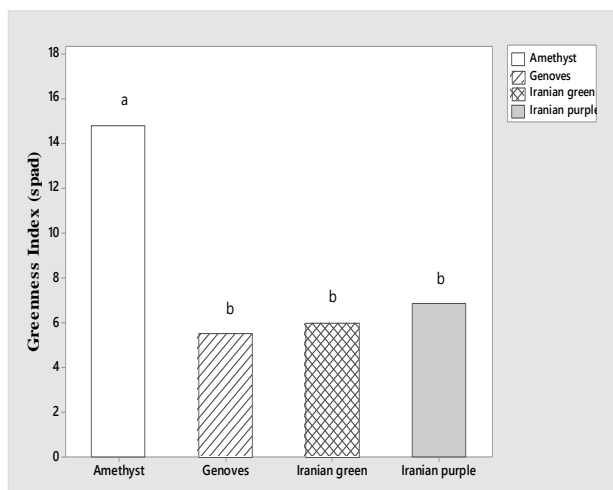
\*\*\*, \*\*, \*: ns: Significantly differences at 1% and 5% of probability levels, and non-significantly differences, respectively.

a, b: Electrolyte leakage and relative water content, respectively.



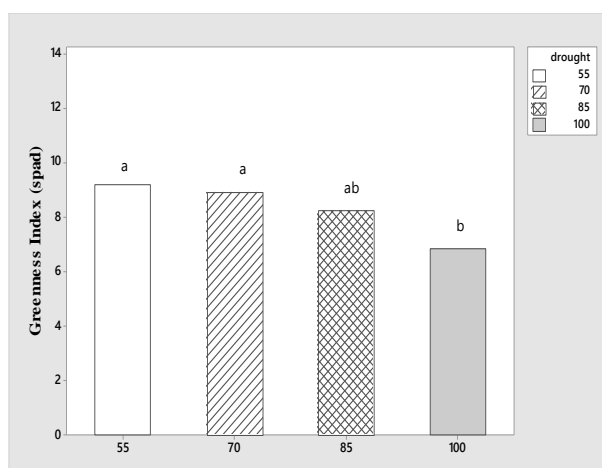
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر رقم بر میزان تعرق چهار رقم ریحان

Figure 1. mean Comparison effect of cultivar on transpiration rate of four basil cultivars



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر رقم بر میزان شاخص سبزیگی چهار رقم ریحان

Figure 2. mean Comparison effect of cultivar on the greenness index of four basil cultivars



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی بر میزان شاخص سبزیگی چهار رقم ریحان

Figure 3. Mean Comparison effect of water stress on the greenness index of four basil cultivars

افزایش تنش کم آبی، محتوای نسبی آب کاهش پیدا کرد. به علت کاهش رطوبت خاک و کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط کم آبی، روزنه های برگ نیز در نتیجه تولید آبسزیک اسید بسته می شوند (Chavez, 2002). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Heydari *et al.* (2013)، در بررسی اثر تنش کم آبی روی گیاه آنیسون که محتوای نسبی آب کاهش یافت مطابقت داشت. میزان شاخص پایداری غشا نیز با افزایش شدت تنش کم آبی در تمام رقم های ریحان افزایش یافت. در نهایت بیشترین میزان شاخص پایداری غشا در رقم بنفش ایرانی با آبیاری در سطح ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان آن در رقم آمیتیست و تیمار عدم تنش مشاهده شد (جدول ۷).

به طور کلی با افزایش شدت تنش کم آبی محتوای نسبی آب در تمام رقم های ریحان مورد مطالعه کاهش نشان داد، اما بیشترین محتوای نسبی آب در رقم سبز ایرانی و تیمار عدم تنش و کمترین میزان آن در رقم جنوس با آبیاری در سطح ۵۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده گردید. محتوای نسبی آب برگ معیار مناسبی جهت بررسی وضعیت آبی گیاه و یکی از صفات مهمی است که رابطه مستقیم با محتوای آب خاک دارد و نشان دهنده وضعیت آبی خاک است و به عنوان شاخص مهم در تنش کم آبی در برگ ها گزارش شده است که می تواند توانایی گیاه را برای در امان بودن از شدت تنش تحت تاثیر قرار دهد و در نتیجه در عملکرد و پایداری آن موثر باشد. به طور کلی، با

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و رقم بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی ریحان

Water deficit levels	Cultivar	RWC (%)	ELP
100% FC	Iranian green	86.27 <sup>a</sup>	17.77 <sup>d</sup>
	Iranian purple	76.73 <sup>abc</sup>	32.10 <sup>bcd</sup>
	Genovese	68.84 <sup>bcd</sup>	19.14 <sup>cd</sup>
	Amethyst	68.62 <sup>bcd</sup>	17.35 <sup>d</sup>
85 % FC	Iranian green	65.41 <sup>bcde</sup>	20.26 <sup>cd</sup>
	Iranian purple	74.20 <sup>abcd</sup>	33.30 <sup>bcd</sup>
	Genovese	66.80 <sup>bcd</sup>	19.19 <sup>cd</sup>
	Amethyst	79.43 <sup>ab</sup>	29.55 <sup>bcd</sup>
70 % FC	Iranian green	64.97 <sup>bcd</sup>	25.06 <sup>bcd</sup>
	Iranian purple	71.21 <sup>bcd</sup>	55.42 <sup>a</sup>
	Genovese	57.70 <sup>e</sup>	23.44 <sup>cd</sup>
	Amethyst	75.86 <sup>bc</sup>	33.77 <sup>bcd</sup>
55 % FC	Iranian green	63.59 <sup>de</sup>	32.22 <sup>bcd</sup>
	Iranian purple	59.77 <sup>de</sup>	42.02 <sup>ab</sup>
	Genovese	56.74 <sup>e</sup>	24.95 <sup>bcd</sup>
	Amethyst	73.76 <sup>abcd</sup>	35.70 <sup>bc</sup>

\* در هر ستون، میانگین هایی که حرف های مشترک دارند در سطح احتمال ۵ درصد (LSD) بدون تفاوت معنی دار هستند.  
Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different (LSD) at 5% probability level.

ریحان گردید، اما بسته به نوع رقم میزان کاهش متفاوت بود. به طور کلی رقم های جنوس و سبز ایرانی با دارا بودن بیشترین میزان وزن تر و وزن خشک در شرایط عدم تنش، بیشترین عملکرد را در بین رقم های مورد مطالعه به خود اختصاص دادند. علاوه بر این، در شرایط تنش کم آبی رقم جنوس پتانسیل تولید خود را در مقایسه با دیگر رقم ها، بیشتر حفظ نمود و بالاترین میزان وزن خشک ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی را داشت. بنابراین می توان رقم های سبز ایرانی و جنوس را برای کشت در شرایط آبیاری بهینه مناسب دانست، اما رقم جنوس به عنوان مناسب ترین رقم برای کشت در شرایط تنش کم آبی معرفی می شود.

Farhoudi & Maki Zadeh Tafti (2012)، در بررسی اثر تنش کم آبی روی سه رقم بابونه به این نتیجه دست یافتند با افزایش تنش ارتفاع گیاه، فتوسنتز کاهش می یابد و نشت یونی و پرولین افزایش می یابد. Akraminejad *et al.* (2015)، در بررسی اثر تنش کم آبی روی دو توده بومی مرزه مشخص کردند محتوای نسبی آب، ارتفاع گیاه کاهش و نشت یونی افزایش یافت.

#### نتیجه گیری کلی

در این مطالعه، در اغلب صفات مورد مطالعه تفاوت معنی داری بین رقم های ریحان مشاهده شد. تنش کم آبی نیز موجب کاهش رشد و عملکرد تمام رقم های

#### REFERENCES

1. Akraminejad, O., Safari, M. & Abdolshahi, R. (2015). Effect of organic and chemical fertilizers on yield and extract of two cultivars (*Satureja hortensis* L.) under normal conditions and drought stress in Kerman region. *Iran Agricultural Research*, 13(4), 675-686. (in Farsi)
2. Bilal, A., Jahan, N., Ahmed, A., Bilal, S. N., Habib, S. & Hajra, S. (2012). Phytochemical and pharmacological studies on (*Ocimum basilicum* L.) inn-A review. *International Journal of Current Research and Review*, 4(23).
3. Baghalian, K., Abdoshah, S., Khalighi-Sigaroodi, F. & Paknejad, F. (2011). Physiological and phytochemical response to drought stress of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 49 (2), 201-207.
4. Dhopte, A. M. & Livera-M, M. (2002). *Principles and Techniques for Plant Scientist* [s]. Agrobios (India)
5. Farhoudi, R. & Maki Zadeh Tafti, M. (2012). Effect of drought Stress on growth and development, Yield, Essential Oil Level and Kamazolen Percent of Three Chamomile Cultivars (*Matricaria recutita* L.) in Khuzestan. *Agricultural Researches of Iran*, 10 (4), 735-741 (in Farsi).
6. Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E. & Tabiei, H. (2012). Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Indian Journal of Innovations and developments*, 1(10), 734-737.
7. Payvast, Gh. (2009). *Growing vegetables*. Student Publications. Pp. 577. (in Farsi)
8. Moeini Alishah, H., Heidari, R., Hassani, A. & Asadi Dizaji, A. (2006). Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Biological Sciences*, 6(4), 763-767.



9. Heidari, N., Pouriosef, M. & Tavakoli, A. (2014). The Effect of Drought Stress on Determination of Relativity, Its Parameters and Relative Water Content of Anion Plants (*Pimpinella anisum* L.), *Journal of Vegetation Research*, 27, 829-839.
10. Imam, Y. & Zavarehi, M. (2005). Drought tolerance in Higher plants (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). *Academic Publishing Center of Tehran, Iran*. 186 Pp. (in Farsi)
11. Kocheiki, AS., Alizadeh. (1995) *Principles of Agriculture in Drylands*, Volume One. Compilation of i-Arnon. 4<sup>th</sup> edition. Astan Quds Razavi Publishing, p. 260.
12. Kordi, S., Saidi, M. & Ghanbari, F. (2013). Induction of drought tolerance in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by salicylic acid. *International Journal of Agricultural and Food Research*, 2(2), 18-26.
13. Lutts, S., Kinet, J. M. & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78(3), 389-398
14. Misra, A. & Srivastava, N. K. (2000). Influence of water stress on Japanese mint. *Journal of herbs, spices & medicinal plants*, 7(1), 51-58.
15. Mizanzadeh, H. & Imam, Y. (2010). Investigation of indices of leaf area, height, photosynthetic rate, stomatal conductance of four species of wheat under the drought tension. *Ecophysiology of Agricultural Plants*, 2(2), 111-121. (in Farsi)
16. Moeini Alishah, H., Heidari, R., Hassani, A. & Asadi Dizaji, A. (2006). Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Biological Sciences*, 6(4), 763-767.
17. Omidbaigi, R. (2005). *Production and processing of medicinal plants*. Publications Astan Quds Razavi, Mashhad, 438p. (in Farsi)
18. Paton, A. L. A. N., Harley, R. M. & Harley, M. M. (1999). *Ocimum*: An overview of classification and Relationships. In: *Basil the genus Ocimum* (Y Holm and R Hiltunen, Eds) Harwood Academic Publishers, Amsterdam, Pp 1-38.
19. Pinheiro, H. A., DaMatta, F. M., Chaves, A. R., Fontes, E. P. & Loureiro, M. E. (2004). Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. *Plant Science*, 167(6), 1307-1314.
20. Sairam, R. K., Rao, K. V. & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration *Plant Science*, 163(5), 1037-1046.
21. Singh, J. & Patel, A. L. (1996). Water status, gaseous exchange, proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. *Annals of Biology*, 12, 77-81.
22. Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. & Ebrahimzadeh, H. (2004). Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(1), 93-106. (in Farsi)
23. Sirousmehr, A., Arbabi, J. & Asgharipour, M. R. (2014). Effect of drought stress levels and organic manures on yield, essential oil content and some morphological characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Advances in Environmental Biology*, 8 (4), 880-885.
24. Upadhyaya, H., Khan, M. H. & Panda, S. K. (2007). Hydrogen peroxide induces oxidative stress in detached leaves of (*Oryza sativa* L.). *General and Applied Plant Physiology*, 33(1-2), 83-95.