مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۱ صفحه‌های ۲۱ تا ۳۰ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

اثر سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های ریحان بنفش در تنش خشکی[۱]

Effect of Silicon on Some Characteristics of Purple Basil (*Ocimum basilicum*) Under Drought Stress

مرضیه عسکرنژاد، حمید سودایی‌زاده*، اصغر مصلح آرانی و رستم یزدانی بیوکی[۲]

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی گیاه ریحان بنفش در شرایط تنش خشکی در گلخانه بود. بدین منظور آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در چهار سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ آبیاری کامل) و سیلیسیم با سه سطح (۱/۵، ۱، صفر میلی مولار) در نظر گرفته شد. نتیجه‌ها نشان داد که ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه و کلروفیل کل، a و b در گیاه ریحان با اعمال تنش خشکی کاهش معنی‌داری داشت ($P<0/01$). کاربرد هر دو غلظت سیلیسیم به‌ویژه غلظت ۱ میلی مولار مقدار خسارت حاصل از تنش خشکی بر ریحان بنفش را در مقایسه با استفاده نکردن از این ماده به‌طور معنی‌داری کاهش داد. به‌طور کلی نتیجه‌های این پژوهش بیانگر نقش مثبت سیلیسیم در کاهش اثرهای ناشی از تنش خشکی بر گیاه مورد بررسی بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری کامل، تعداد برگ، گلخانه، وزن خشک ریشه.

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت جهان همراه با کاهش منابع آب شیرین و شور شدن زمین‌های زراعی لازم است تا در مورد گیاهان مقاوم به شرایط نامناسب محیطی بررسی‌های بیشتری صورت گیرد. با وجود این که آب از فراوان‌ترین ترکیب‌های روی زمین بوده و دو سوم از سطح زمین را آب فراگرفته، اما در بخش زیادی از جهان کمبود آب، عامل محدودکننده تولید محصول‌های کشاورزی شناخته می‌شود (۱۶).

به‌سبب اهمیت گیاهان سبزی و دارویی در تولید سبزی، دارو و اثرهای مثبت درمانی آن‌ها، کاشت این گیاهان ارزشمند در شرایط اقلیمی ایران که زیر تأثیر تنش‌های خشکی می‌باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. ریحان (*Ocimum basilicum*) گیاهی سبزی-دارویی، علفی یکساله و معطر از تیره نعناسانان (Lamiaceae) است که ارتفاع ساقه آن تا ۶۰ سانتیمتر می‌رسد. برگ ریحان و سرشاخه‌های جوان آن به مصرف تغذیه می‌رسد. ریحان گیاهی است روزبلند و حساس به سرما که به‌خوبی در خاک‌های مرطوب با زهکش مناسب و در نور کامل خورشید و هوای گرم رشد می‌کند. این گیاه در خاک‌های با بافت میانه و هوموس فراوان رشد خوبی دارد (۲۰).

سیلیسیم از جمله ترکیب‌هایی است که سبب کاهش زیان‌های ناشی از خشکی می‌شود. سیلیسیم اثر منفی تنش‌های غیرزیستی شامل تنش‌های شیمیایی (نمک، سمیت فلزها و عدم تعادل غذایی) و تنش‌های فیزیکی (خشکی، دمای بالا، یخ زدگی و اشعه فرابنفش) را کاهش می‌دهد (۱۲).

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۳

۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشیاران دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد و استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (hsodaie@yazd.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

پژوهش‌ها حاکی از آن است که سطوح تنش خشکی ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی بر ریحان سبب کاهش وزن تر و خشک گیاه شد (۸). حداد و مشیری (۵) در بررسی تاثیر سیلیسیم در افزایش تحمل به خشکی در مرحله دو برگی گیاه جو نشان دادند که سیلیسیم موجب افزایش مقدار فعالیت آنزیم‌های ضداکسایش شده و مقاومت هر دو رقم را در برابر شرایط تنش افزایش داده است. بنابراین سیلیسیم می‌تواند در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و سوخت‌وسازی گیاهان زیر شرایط تنش درگیر شود. ترابی و همکاران (۲) تأثیر سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی در شرایط آبکشت را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار سیلیسیم تأثیر مثبتی بر وزن تر اندام هوایی و مقدار کلروفیل کل گیاهان زیر تیمار داشت. تاکنون بررسی‌های اندکی در زمینه نقش سیلیسیم در افزایش مقاومت به تنش‌های غیرزنده محیطی از جمله خشکی انجام شده است، به همین منظور پژوهش حاضر باتوجه به نقش مثبت سیلیسیم در بهبود اثر تنش خشکی و از طرفی به سبب اهمیت گیاه ریحان بنفش و تحمل پایین گیاه به تنش خشکی انجام شد. انتظار می رود در این مطالعه نقش و اهمیت سیلیسیم در بهبود اثرهای تنش خشکی مشاهده شود به‌طوری که بتوان این ماده را برای دیگر گیاهان به‌کار برد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه پژوهشی دانشگاه یزد با رطوبت نسبی ۴۰٪ و میانگین دمای ۲۵ درجه سلسیوس به اجرا درآمد. برای کشت بوته‌ها از گلدان‌های به عمق ۲۰/۵ و قطر ۱۹/۵ سانتی‌متر استفاده شد. برای پر نمودن گلدان‌ها از آمیخته خاک (دو سوم) و به مقدار مساوی ترکیب ماسه و کود (یک‌سوم) استفاده شد. ویژگی‌های خاک مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است. بذر ریحان بنفش از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد تهیه شد. پس از استقرار کامل بوته‌ها، تیمارهای خشکی روی آن‌ها اعمال شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1. The physico-chemical propertis of used soil.

بافت خاک Soil texture	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	پی‌اچ pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر Phosphorus (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم Potassium (میلی‌گرم در کیلوگرم)
لومی-شنی Sandy-Loam	61	13	24	7.76	2	0.09	6	230

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش شامل تنش خشکی با چهار سطح (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ آبیاری کامل) و غلظت سیلیسیم با سه سطح (۱/۵، ۱ و صفر میلی مولار) در نظر گرفته شد (۲). پس از استقرار کامل گیاهان، نسبت به اعمال تیمارهای خشکی اقدام شد. به منظور اندازه گیری رطوبت خاک از سیستم توزین گلدان‌ها استفاده شد و آبیاری نیز بر حسب نیاز و در زمان‌های مقرر انجام گرفت.

پس از استقرار کامل بوته‌ها، تیمارهای خشکی چهار سطح ۱۰۰ (شاهد یا بدون تنش) و ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ آبیاری کامل به شرح زیر اعمال شد:

تیمار ۱۰۰ به‌منزله ایجاد شرایط بدون تنش خشکی و تیمارهای ۷۵ و ۵۰ و ۲۵ به‌عنوان اعمال تنش‌های متوسط و شدید خشکی بر ریحان می‌باشد. در تیمار اول، تمامی کسری رطوبت خاک نسبت به نقطه ظرفیت زراعی در زمان آبیاری باید از آب پر شود، در حالی که در تیمارهای دوم، سوم و چهارم، بخشی از این کسری، جبران خواهد شد. برای تعیین جرم آب مورد نیاز برای آبیاری و رسانیدن رطوبت خاک به نقطه ظرفیت زراعی، از معادله ۱ استفاده شد (۶).

معادله (۱): $$m = M_w - M_{FC}$$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

که m جرم آب مورد نیاز برای افزودن به خاک هر گلدان بر حسب گرم یا کیلوگرم می‌باشد. بنابراین، برای محاسبه جرم آب لازم برای آبیاری در هر نوبت، جرم اولیه تمامی گلدان‌ها (M_W) توسط ترازوی دقیق الکترونیکی اندازه‌گیری شد و میانگین کسری رطوبت خاک هر تیمار نسبت به رطوبت نقطه ظرفیت زراعی (m) تعیین گردید. سپس بسته به نوع تیمار خشکی، ۱۰۰ (شاهد یا بدون تنش)، ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ ظرفیت زراعی و اعمال ضرایب ۱، ۰/۷۵، ۰/۵۰ و ۰/۲۵ روی اعداد به‌دست آمده برای m (جرم آب مورد نیاز برای افزودن به خاک هر گلدان بر حسب گرم یا کیلوگرم)، مقادیر آب مورد نیاز آبیاری در هر تیمار تعیین و توسط ظرف مدرج اعمال شد.

سیلیسیم یا سیلیکن ($Sigma\text{-}Na_2SiO_3$) مورد نیاز از آزمایشگاه علوم دانشگاه یزد تهیه شد. محلول‌پاشی سیلیسیم بعد از گذشت ۴۰ روز از اعمال تیمارهای خشکی انجام شد و پس از گذشت یک هفته تکرار شد. همه مرحله‌های محلول‌پاشی در هنگام صبح یا غروب آفتاب صورت گرفت تا تبخیر از سطح برگ به کمترین مقدار برسد. برگ گیاهان مورد آزمایش یک هفته بعد از آخرین محلول‌پاشی به آزمایشگاه منتقل و مقدار قند محلول، پرولین و کلروفیل به صورت زیر اندازگیری شد.

برای سنجش مقدار قند محلول، ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ به ۰/۱ گرم از ماده خشک گیاهی (برگ) اضافه و به مدت یک هفته در یخچال نگهداری شد. پس از گذشت یک هفته، ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی نمونه برداشته و سپس روی آن ۱ میلی‌لیتر فنول ۵٪ اضافه و به‌خوبی ترکیب شد و پس از آن ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید غلیظ اضافه و بعد از نیم ساعت، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب در طول موج ۴۸۵ نانومتر خوانده شد. در مرحله بعد با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز، غلظت قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ارزیابی گردید (۱۷). برای اندازه‌گیری پرولین از روش Bates استفاده شد (۱۴). محاسبه غلظت کلروفیل برگ با استفاده از روش Lichtenthaler انجام شد (۱۸).

در پایان دوره رشد ارتفاع گیاه، حجم سایه‌انداز[۱] و تعداد برگ هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شد. پس از برداشت بوته‌ها ویژگی‌هایی مانند وزن خشک اندام هوایی، وزن و حجم ریشه و سطح ریشه محاسبه گردید. پس از جدا نمودن قسمت هوایی، نسبت به برداشت خاک و ریشه اقدام و با الک نمودن و سپس شستشوی خاک، ریشه‌های ضخیم و موئین جدا شدند و برای برآورد وزن، حجم و سطح ریشه از روش‌های زیر استفاده شد:

سطح کل ریشه: از پارامترهای مهم دیگر در مطالعه‌های مرتبط به تنش خشکی، به‌دست آوردن سطح ریشه‌هاست که با استفاده از معادله ۲ موسوم به روش Atkinson محاسبه شد (۶).

معادله (۲): $\text{سطح ریشه‌ها } (cm^2) = 2\{[\text{حجم ریشه‌ها } (cm^3)]/\pi \times [\text{طول ریشه‌ها } (cm)]\}^{0.5}$

وزن ریشه: با قرار دادن ریشه‌ها در کوره و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت وزن خشک آن‌ها به‌دست آمد (۶). با اندازه‌گیری مقدار وزنی ریشه، تأثیر تیمارهای خشکی بر گسترش ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت.

حجم ریشه: پس از جدا کردن اندام هوایی و ریشه از یکدیگر با چند بار شستشو، ریشه‌ها در داخل استوانه مدرج با مقدار مشخص آب قرار گرفتند و براساس تغییر حجم آب درون استوانه، حجم ریشه بر حسب میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد.

طرح و روش آماری

برای واکاوی داده‌های مورد آزمایش پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، از روش تجزیه واریانس دوطرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد. واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ver 11.5 صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیولوژیک

تیمارهای خشکی بر ویژگی‌هایی مانند پرولین، قند محلول، کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح ٪۱ اثر معنی‌دار داشت. اثر محلول‌پاشی سیلیسیم نیز بر افزایش قند محلول در سطح ۵٪ و کلروفیل a و کلروفیل b در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. سیلیسیم بر کلروفیل کل و پرولین اثر معنی‌داری نداشت. برهمکنش تنش خشکی و سیلیسیم نیز بر کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود و بر پرولین و قند محلول اثر معنی‌داری نداشت.

۱- Canopy

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

قند محلول

قندهای محلول به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در تنظیم اسمزی یاخته نقش دارند و در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و منبع اصلی ذخیره کربن آلی می‌باشند. با این وجود، قند محلول تنها فراسنجه مهم در تنظیم اسمزی و حفظ فشار اسمزی نیست. نتیجه‌های حاصل از این بررسی نشان می‌دهد تاثیر تیمارهای خشکی بر قند محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و اعمال تنش خشکی موجب افزایش قند محلول در گیاه ریحان گردیده است. به گونه‌ای که بیشترین قند محلول با ۰/۸۰۸ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک در تیمار ۵۰٪ آبیاری کامل مشاهده شد که با تیمار ۷۵ و ۲۵٪ آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با افزایش ۰/۷۴٪ نسبت به شاهد دارای تفاوت معنی‌داری بود (شکل ۱-الف).

نتیجه‌های پژوهش‌های Yanqiong و همکاران (۲۵) روی چهار گونه بوته‌ای *Sophora davidiana*، *Bauhinia faberi* var. *microphylla*، *Convolvulus tragacanthoides* و *Artemisia gmelinii*، و ترحمی و همکاران (۳) روی گیاه *Salvia leriifolia* Benth نشان دادند که مقدار قند محلول با افزایش تنش، افزایش یافت که با نتیجه این پژوهش همسو است.

در پژوهش حاضر مشخص شد که با افزایش غلظت سیلیسیم، مقدار قند محلول افزایش یافت. به‌گونه‌ای که بیشترین قند محلول در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سیلیسیم مشاهده شد که با تیمار یک میلی‌مولار سیلیسیم تفاوت معنی‌داری نداشت، اما نسبت به تیمار شاهد ۰/۷۴درصد افزایش داشت (شکل ۱-ب). سیلیسیم باعث تاخیر در کاهش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی شده، بنابراین به‌علت تعدیل در کاهش مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی و با حفظ ساختار و فعالیت آنزیم روبیسکو باعث افزایش مقدار قندها می‌شود (۲۲).

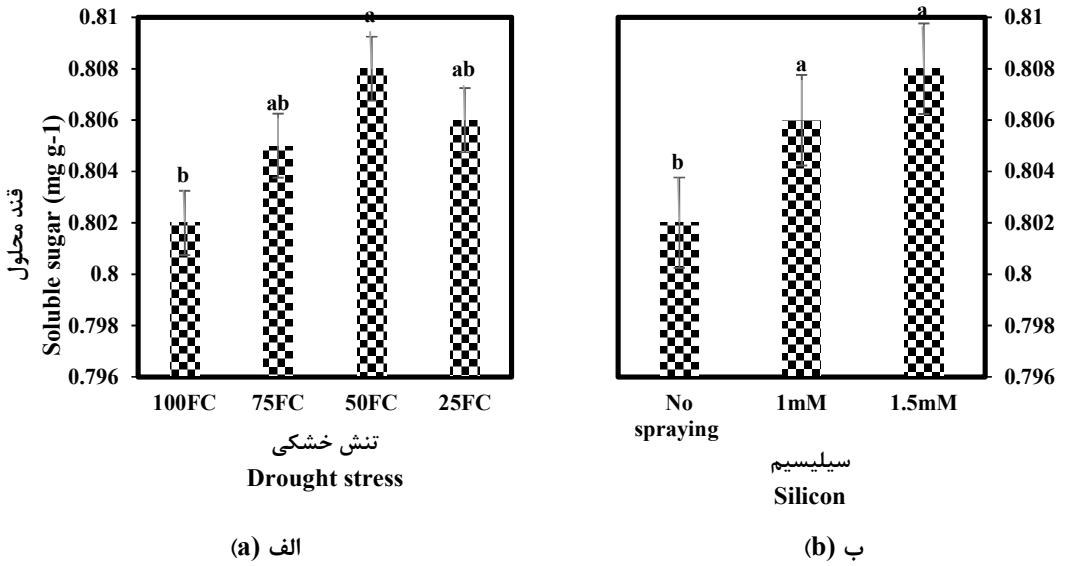

Fig. 1. The main effect of drought stress (a) and silicon spraying (b) on soluble sugar content of purple basil. (Mean values followed by the same letters are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test)

شکل ۱- اثر اصلی تنش خشکی (الف) و محلول‌پاشی سیلیسیم (ب) بر میزان قند محلول ریحان بنفش (میانگین‌هایی که دستکم دارای یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

پرولین

نتیجه‌ها نشان داد که اثر تیمارهای خشکی روی پرولین در سطح ۵٪ معنی‌دار بود اما مصرف غلظت‌های مختلف سیلیسیم و نیز برهمکنش سیلیسیم و خشکی بر مقدار پرولین اثر معنی‌داری نداشت. در پژوهش حاضر انباشت پرولین محلول با افزایش ۱٪/۳۲ یعنی از ۰/۰۴۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار ۱۰۰٪ آبیاری کامل، به ۰/۰۹۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار ۲۵٪ آبیاری کامل رسید. تجمع پرولین در اثر تنش خشکی یک واکنش عمومی است که به‌علت ساخت پرولین در بافت‌ها، جلوگیری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

از اکسایش پرولین و جلوگیری از شرکت پرولین در ساخت پروتئین‌ها صورت می‌گیرد (۲۱). در شرایطی که تنش خشکی شدید یا متوسط باشد، غلظت اسید آمینه پرولین نسبت به دیگر اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد. در پژوهشی مشابه در بررسی اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک در آویشن، تنش خشکی اثر معنی‌داری بر انباشت پرولین نشان داد به‌طوری که در تیمار ۵۵٪ آبیاری کامل (تنش شدید) مقدار پرولین افزایش معنی‌داری یافت (۱).

اگرچه مصرف غلظت‌های مختلف سیلیسیم بر مقدار پرولین اثر معنی‌داری نداشت، اما مقدار پرولین در تیمار عدم محلول‌پاشی با ۰/۰۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشترین مقدار و در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سیلیسیم کمترین مقدار را به خود اختصاص داد که نتیجه‌های به‌دست آمده با مطالعه حداد و مشیری (۵) در جو همسو بود. نقش پرولین در هنگام تنش، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها، جلوگیری از تجزیه بزرگ‌مولکول‌ها، دخالت در حفظ استحکام دیواره یاخته‌ای و پاکسازی هیدروکسیل‌های تولیدی زیر تنش در گیاه است (۵). به‌نظر می‌رسد در بررسی حاضر سیلیسیم تاثیری بر افزایش این نقش پرولین نداشته است.

مقدار کلروفیل

نتیجه‌های بررسی برهمکنش تیمار خشکی و سیلیسیم بیانگر آن است که در تیمار ۲۵٪ آبیاری کامل مقدار کلروفیل a در حالت مصرف و عدم مصرف سیلیسیم نسبت به دیگر تیمارهای خشکی کاهش معنی‌داری یافت (شکل ۲-ب).

در حالت عدم مصرف سیلیسیم، غلظت کلروفیل b در تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ نسبت به تیمار ۱۰۰٪ آبیاری کامل کاهش معنی‌داری یافت. با مصرف ۱/۵ میلی‌مولار سیلیسیم، کاهش معنی‌دار کلروفیل b تنها در تیمارهای ۵۰ و ۲۵٪ نسبت به ۱۰۰٪ آبیاری کامل به ترتیب به مقدار ۰/۳۷٪ و ۰/۴۴٪ مشاهده شد (شکل ۲-ج). کمترین مقدار کلروفیل کل نیز در تیمار ۲۵٪ آبیاری کامل مشاهده شد و مصرف ۱ میلی‌مولار سیلیسیم منجر به افزایش معنی‌دار کلروفیل کل در مقایسه با عدم مصرف این ماده در تیمارهای ۲۵ و ۵۰٪ آبیاری کامل شد. هم‌چنین در تیمارهای تنش خشکی شدید مصرف ۱ میلی مولار سیلیسیم در مقایسه با غلظت ۱/۵ میلی مولار در افزایش کلروفیل کل موثر تر بود. بر این اساس، آستانه مصرف سیلیسیم در کاهش مقدار کلروفیل کل غلظت ۱٪ بود (شکل ۲-ج). نتیجه‌های این بخش از پژوهش با نتیجه‌های پژوهش محسن زاده و همکاران (۷) مشابه است. آن‌ها نیز نتیجه گرفتند که تنش خشکی باعث کاهش کلروفیل a و b در برگ‌ها می‌شود. کاهش کلروفیل که به‌عنوان عامل محدودکننده غیرروزنه‌ای فتوسنتز محسوب می‌شود، در تنش خشکی شدید به‌دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز اتفاق می‌افتد. خشکی، فتوسیستم II را در سازوکار فتوسنتز بیشتر از فتوسیستم I زیر تأثیر قرار داده و باعث اکسیداسیون نوری کلروفیل می‌شود (۱۰).

هم‌چنین نتیجه‌های حاصل از این بررسی بیانگر آن است که مصرف سیلیسیم همزمان با اعمال تنش خشکی موجب افزایش کلروفیل a، b و کل در تیمارهای خشکی ۱۰۰ و ۷۵٪ آبیاری کامل شد. در حقیقت، سیلیسیم مقاومت به خشکی را با تنظیم بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی مهم در گیاهان، افزایش می‌دهد. در بررسی اثر سیلیسیم بر جذب نور برگ‌های گوجه‌فرنگی تحت تنش شوری گزارش شد که سیلیسیم از کاهش کلروفیل جلوگیری کرده و به بهبود سرعت فتوسنتز خالص کمک می‌کند (۹).

ویژگی‌های ریخت‌شناسی

براساس یافته‌های این پژوهش، اعمال تیمارهای خشکی بر تمام ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد بررسی (ارتفاع، تعداد برگ و وزن خشک ساقه) در سطح ۱٪ اثر معنی‌دار داشت. اثر محلول‌پاشی سیلیسیم و هم‌چنین برهمکنش تنش خشکی و سیلیسیم بر همه ویژگی‌ها به جز ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

ارتفاع گیاه

در بررسی حاضر با کاهش رطوبت خاک، ارتفاع گیاه کاهش یافت به‌گونه‌ای که بیشترین ارتفاع با ۲۴/۷۳ سانتیمتر در تیمار ۱۰۰٪ آبیاری کامل و کمترین ارتفاع با کاهش ۴۱ درصدی (۱۴/۵۵) در تیمار ۲۵٪ آبیاری کامل مشاهده گردید (شکل ۳-a). این کاهش ارتفاع در بسیاری از گیاهان به واسطه کمبود آب مشاهده شده است (۱۳). اگر دوره کمبود آب طولانی شود تقسیم یاخته متوقف می‌گردد و ارتفاع گیاه در شرایط تنش کم آبی کاهش می‌یابد. در بسیاری از گیاهان زراعی مشاهده شده که تأثیر تنش خشکی بر رشد ساقه بیش از بخش‌های فتوسنتزکننده است، به‌طوری که مقدار ماده‌های قابل جذب برای رشد ریشه افزایش

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

می‌یابد (۱۹). بر اثر تنش آبی، ارتفاع ساقه در سیب‌زمینی کاهش یافت. این کاهش ارتفاع در نتیجه کاهش طول میانگره‌ها رخ داد (۱۹).

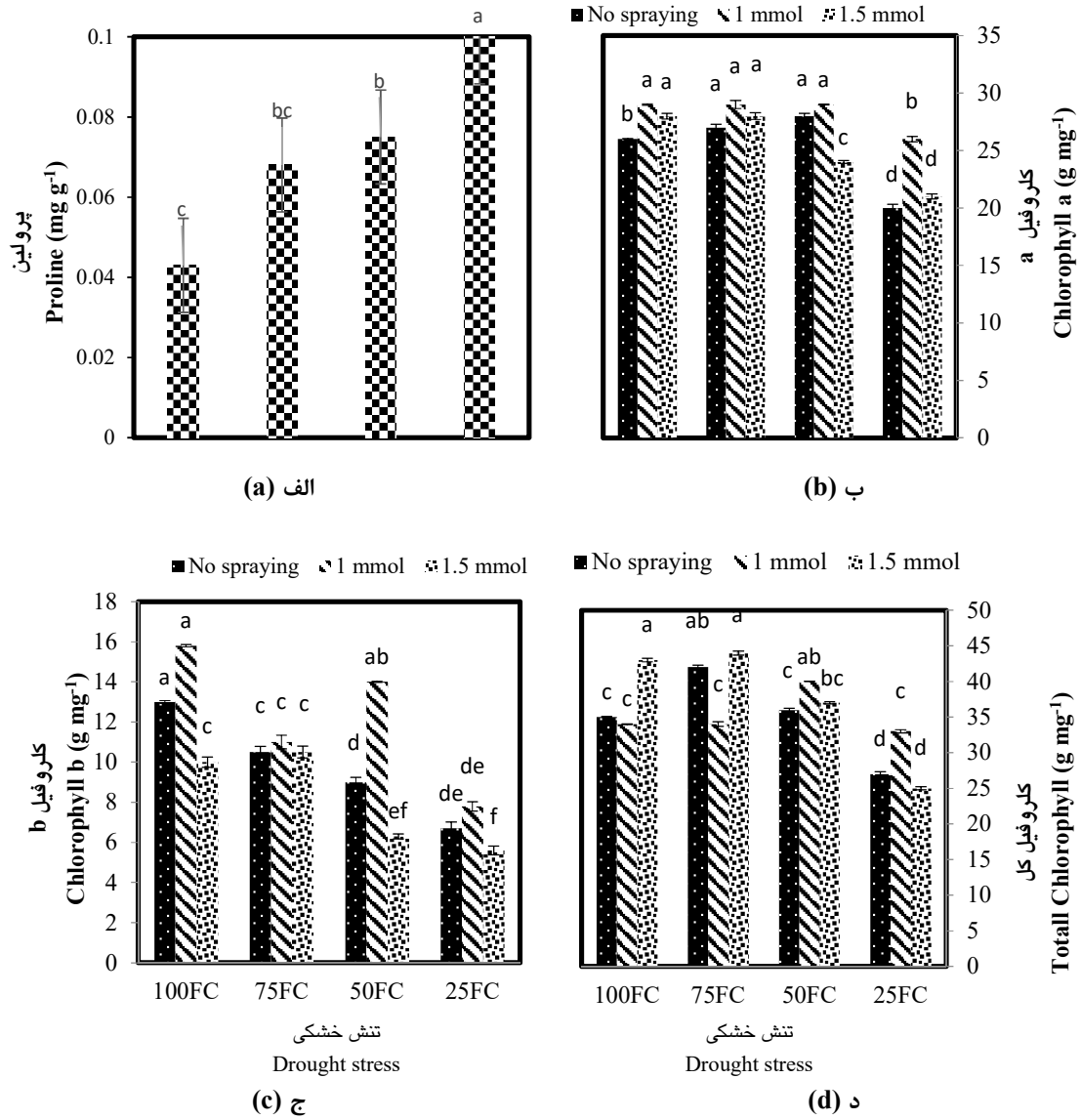

Fig. 2. The effects of drought stress on proline content (a), the Interaction effects of drought sterss and silicon spraying on the content of chlorophyll a (b), chlorophyll b (c), and total chlorophyll of purple basil (Mean values followed by the same letters are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test)

شکل ۲- اثرهای تنش خشکی بر میزان پرولین (الف)، اثرهای برهمکنش تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیسیم بر میزان کلروفیل a (ب)، کلروفیل b (ج) و کلروفیل کل (د) ریحان بنفش (میانگین‌هایی که دستکم دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

تعداد برگ

همان‌گونه که نتیجه‌های حاصل از بررسی تیمارهای مختلف تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیسیم بر تعداد برگ گیاه ریحان نشان می‌دهد، تنش خشکی و محلول‌پاشی سیلیسیم یکی از عوامل موثر بر تعداد برگ بوده و تاثیر معناداری در سطح ۱ درصد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

داشته است. نتیجه‌های حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که اعمال تنش خشکی باعث کاهش تعداد برگ در هر سه تیمار مصرف سیلیسیم گردیده است. بیش‌ترین تعداد برگ در تیمار بدون تنش و محلول‌پاشی ۱ میلی مولار سیلیسیم و کمترین مقدار در محلول‌پاشی ۱/۵ میلی مولار و تنش ۲۵٪ آبیاری کامل مشاهده گردید (شکل ۳-ب).

در بیشتر تیمارهای خشکی مصرف سیلیسیم تاثیر مثبتی در افزایش تعداد برگ نشان نداد. در پژوهشی، Ahmad و Hayat (۱۴) گزارش نمودند که تیمار دانه‌های گندم با ماده ضد تنش سالیسیلیک‌اسید منجر به افزایش تعداد برگ نسبت به گیاهان شاهد شد.

وزن خشک اندام هوایی

اعمال تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی ریحان گردید. بیشترین وزن خشک اندام هوایی در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۱ میلی مولار سیلیسیم و کمترین وزن خشک اندام هوایی در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۱/۵ میلی مولار به‌دست آمد (شکل ۳-ج). تنش خشکی و کاهش مقدار آب قابل دسترس گیاه باعث افت وزن خشک گیاهان می‌شود (۱۳). پژوهش‌ها روی گیاه گاوزبان حاکی از افزایش وزن خشک گیاه بر اثر محلول‌پاشی سیلیسیم گزارش شده است (۲). یکی از مهمترین دلایل کاهش وزن خشک بوته ریحان می‌تواند ناشی از تلفات برگ آن باشد. در واقع افزایش میزان تعرق، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که سبب افزایش تنش خشکی می‌شود (۴).

در بررسی حاضر، گیاهانی که ۱ میلی مولار سیلیسیم را در شرایط عدم تنش خشکی دریافت داشتند به‌طور معنی‌دار نسبت به حالت بدون مصرف سیلیسیم از مقدار ماده خشک بالاتری برخوردار بودند که به‌احتمال ناشی از نقش مثبت سیلیسیم در رشد و نمو گیاهان می‌باشد. همسو با پژوهش‌های پیشین، ترابی و همکاران (۲) نیز تأثیر سیلیسیم بر برخی ویژگی‌های ریخت شناسی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی در شرایط هیدروپونیک را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که گیاهانی که زیر تیمار سیلیسیم بودند بیشترین طول و عرض روزنه و شاخص روزنه نسبت به شاهد را داشتند. هم‌چنین گیاهان تیمار شده با سیلیسیم از وزن تر اندام هوایی بالاتری برخوردار بودند.

اعمال تیمارهای خشکی بر ویژگی‌هایی مانند طول ریشه، حجم ریشه، سطح ریشه و وزن تر و خشک ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشت. اثر محلول‌پاشی سیلیسیم نیز بر تمام ویژگی‌های مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. برهمکنش تنش خشکی و سیلیسیم نیز به جز بر وزن خشک ریشه بر دیگر ویژگی‌های مورد بررسی در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

وزن خشک ریشه

اعمال تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ریشه نیز شد. این روند کاهش در پژوهش‌های بابایی و همکاران (۱) نیز مشاهده می‌شود به‌طوری که با افزایش تنش خشکی وزن خشک ریشه آویشن کاهش یافت. بیش‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۸۸ گرم) در ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۱ میلی مولار سیلیسیم و کم‌ترین وزن خشک ریشه (۰/۰۷ گرم) در ۲۵٪ ظرفیت زراعی و محلول‌پاشی ۱/۵ میلی مولار به دست آمد (شکل ۳-د). در تیمارهای شدید خشکی مصرف ۱ میلی مولار سیلیسیم منجر به افزایش وزن خشک ریشه ریحان شد اگرچه این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. ترابی و همکاران (۲) نیز در پژوهش روی گیاه گاوزبان افزایش وزن خشک ریشه بر اثر محلول‌پاشی سیلیسیم را گزارش نموده‌اند. در واقع سیلیسیم در بسیاری از مواقع با افزایش فعالیت آنزیم‌های ضداکسنده و کاهش مقدار ROS در یاخته‌های گیاهی موجب حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (۲۳). این عنصر در نگهداری آب یاخته دخیل بوده و همین امر سبب ایجاد تحمل و افزایش رشد گیاه در شرایط تنش می‌شود. به‌طوری که در این بررسی نیز کاربرد سیلیسیم تا غلظت ۱ میلی مولار سبب بهبود رشد ریشه شد.

حجم ریشه

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده، اعمال تنش خشکی شدید منجر به کاهش معنی‌دار حجم ریشه در هر دو حالت مصرف و عدم مصرف سیلیسیم گردید. با این حال محلول‌پاشی ریحان با سیلیسیم ۱ میلی مولار منجر به کاهش اثرهای منفی تنش خشکی در مقایسه با عدم مصرف این ماده گردید (شکل ۳-د). نتیجه‌های این بخش از پژوهش نیز با پژوهش بابایی و همکاران (۱) روی گیاه آویشن مطابقت داشت. از آنجایی که این پژوهش در گلدان‌هایی به ژرفای ۲۰/۵ سانتی متر انجام شد، به نظر می‌رسد بر اساس عمق پایین خاک و هم‌چنین با توجه به لومی شنی بودن خاک، افزایش تنش خشکی سبب محدودیت آب شد و بنابراین لزومی برای رشد ریشه و هدر دادن انرژی برای دستیابی به آب نبوده است. افزایش ماده سیلیسیم به یک میلی مولار

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

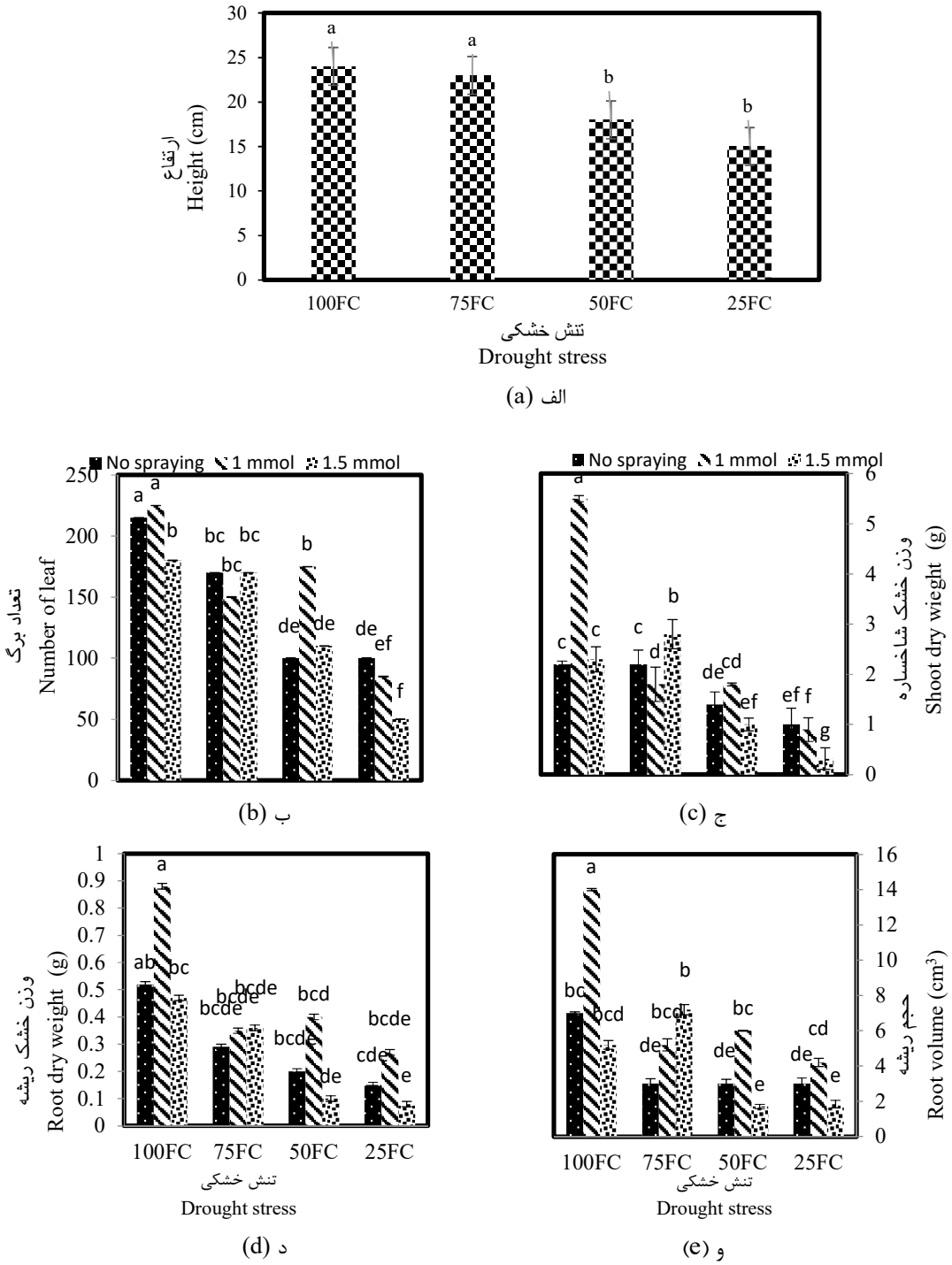

Fig. 3. The effects of drought stress on plant height (a), Interaction between different treatments of drought sterss and silicon on number of leaf (b), shoot dry weight (c), root dry weight (d) and root volume (e) of purple basil (Mean values followed by the same letters are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test).

شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف تنش خشکی روی ارتفاع (الف)، برهمکنش تیمارهای مختلف تنش خشکی و سیلیسیم بر تعداد برگ (ب)، وزن خشک اندام هوایی (ج)، وزن خشک ریشه (د) و حجم ریشه (و) ریحان بنفش (میانگین هایی که دستکم دارای یک حرف مشترک هستند در سطح ۵٪ آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی سبب بهبود و افزایش حجم ریشه برابر ۲۴۴ و ۱۰۰٪ به ترتیب در تنش‌های شدید خشکی ۵۰ و ۲۵٪ آبیاری کامل شد. اما افزایش غلظت سیلیسیم به ۱/۵ میلی مولار سبب کاهش حجم ریشه شد. در واقع کاهش اغلب ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی گیاه ریحان در تیمار ۱/۵ میلی مولار سیلیسیم نسبت به تیمار ۱ میلی مولار به‌احتمال به خاطر وجود مقادیر زیاد سیلیسیم در گیاه بوده که موجب کاهش رشد شد. این کاهش رشد ممکن است در اثر اختلال‌هایی باشد که مقادیر بالای سیلیسیم برای گیاه ایجاد می‌کند. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد افزایش بیش از حد سیلیسیم در محیط ریشه باعث تنش اسمزی برای ریشه شد که نتیجه آن کاهش جذب آب توسط ریشه بود. در پژوهشی، Kamenidou و همکاران (۱۵) هنگام استفاده از غلظت‌های بالای سیلیسیم در مکمل‌های غذایی آفتابگردان با کوتاهی قد و دیگر نابسامانی‌های رشدی آفتابگردان مواجه شدند. هم‌چنین، نتیجه‌های آزمایش‌های ترابی و همکاران (۲) روی گیاه دارویی گاوزبان بیانگر کاهش برخی ویژگی‌های آناتومیکی (روپوست و یاخته روزنه) و فیزیولوژیکی (میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و پرولین) در غلظت‌های ۲ و ۲/۵ میلی مولار سیلیسیم در مقایسه با غلظت ۱ و ۱/۵ میلی مولار بود.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی، تمامی ویژگی‌های مورد بررسی زیر تأثیر قرار گرفتند. افزایش تنش خشکی در تمامی ویژگی‌ها به جز مقدار قند و پرولین کاهش یافت. تنش خشکی شدید (۲۵٪ آبیاری کامل) منجر به افزایش قند و پرولین در قسمت‌های هوایی گیاه ریحان شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که این گیاه از افزایش پرولین و قند برای مقابله با تنش خشکی استفاده می‌کند. محلول‌پاشی با سیلیسیم به‌ویژه در غلظت یک میلی مولار منجر به افزایش رشد و تولید ماده خشک ریحان در شرایط وجود تنش خشکی تا ۵۰٪ آبیاری کامل شد و با افزایش شدت تنش به ۲۵٪، این گیاه دارای سازوکارهای تحملی بود، اما این سازوکارها برای مقابله با این تنش شدید کارآمد نبود. در حقیقت کاربرد سیلیسیم اثرهای تخریبی ناشی از تنش خشکی ملایم را در این گیاه بهبود بخشید. با این حال، محلول‌پاشی با سیلیسیم تا غلظت یک میلی مولار توانست باعث افزایش مقدار قند محلول، کلروفیل a و کل در تیمار ۲۵٪ آبیاری کامل، کلروفیل b در تیمار ۵۰٪ آبیاری کامل، تعداد برگ در تیمار ۵۰٪ آبیاری کامل، وزن خشک اندام هوایی و وزن ریشه در تیمار بدون تنش و حجم ریشه در تیمار عدم تنش خشکی و ۵۰٪ آبیاری کامل در ریحان شود. به‌طورکلی نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که کاربرد سیلیسیم در شرایط تنش خشکی برای بهبود رشد گیاه ریحان موثر بود که می‌تواند به سبب تاثیر سیلیسیم در بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی و به دنبال آن کاهش اثرهای تخریبی ناشی از تنش خشکی باشد.

منابع References

۱. بابایی، ک.، م. امینی دهقی، ع. م. مدرس‌ثانوی، و ر. جباری. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۵۱-۲۳۹: (۲)۲۶.

۲. ترابی، ف.، ا. مجد، ش. انتشاری، و س. آیریان. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر سیلیسیم بر برخی پارامترهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی گیاه گاوزبان دارویی (*Borago officinalis* L.) در شرایط هیدروپونیک. مجله یاخته و بافت، ۲۸۵-۲۷۵: (۳)۴.

۳. ترحمی، گ.، م. لاهوتی، و ف. عباسی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia* Benth.). فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد واحد زنجان، ۷-۱: (۳)۹.

۴. حاجبی، ع. م. و م. حیدری شریف آباد. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر خشکی بر روی رشد و گره زایی سه گونه شبدر. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۲۲-۱۳:۶۶.

۵. حداد، ر. و ز. مشیری. ۱۳۸۹. تاثیر سیلیکون در افزایش تحمل به خشکی در مرحله‌ی دو برگی گیاه جو. ژنتیک نوین، ۵۸-۴۷: (۴)۵.

۶. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۲۲۲ ص.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

۷. محسن زاده، س.، ص.م. فرهی آشتیانی، ع. ملبوبی، و ف. قناتی. ۱۳۸۲. اثرتنش خشکی و کلروکولین کلرید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله پژوهش و سازندگی، ۶۴-۶۰:۵۶.

۸. مقدم، م.، م. علیرضایی نقندر، ی. سلاح ورزی، و م. گلدانی. ۱۳۹۴. تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیوشیمیایی سه رقم ریحان (*Ocimum basilicum* L.). علوم باغبانی ایران، ۵۲۱-۵۰۹: (۳)۴۶.

9. Al-aghabary. K., Z. Zhu, and Q. Shi. 2005. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. J. Plant Nutr. 27:2101-2115.
10. Banziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize: from theory to practice. Mexico, D.F.: CIMMYT.
11. Bates, L., R.P. Waldren, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.
12. Gagoonani, S., S. Enteshari, K. Delavar, and M. Behyar. 2011. Interactive effects off silicon and aluminum on the malondialdehyde (MDA), Proline, protein and phenolic compounds in *Borago officinalis* L. J. Med. Plants Res. 5(24):5818-5827.
13. Hassanzadehdelouei, M., F. Vazin, and J. Nadaf. 2013. Effect of salt stress in different stages of growth on qualitative and quantitative characteristics of cumin (*Cuminum Cyminum* L.). Cercetari Agron. Moldova. 1:153.
14. Hayat, S. and A. Ahmad. 2007. Salicylic acid: a plant hormone. ISBN: 978-1-4020-5183-8 (Print), 978-1-4020-5184-5 (Online).
15. Kamenidou, S., T.J. Cavins, and S, Marek. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. HortScience, 43(1):236-239.
16. Kirigwi, F.M., M. Van Ginkel, R.G. Trethowan, R.G., Sears, S. Rajaram, and G.M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica, 135:361-371.
17. Kochert, G. 1978. Method Phycologia and Biochemical Methods: Carbohydrate Determination by the Phenol Sulfuric Acid. Cambridge University Press, London.
18. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments photosynthetic membranes. Methods Enzymol. 148:350-382.
19. Nagarajan, S. and K.C. Bansalm. 1991. Growth and distribution of dry matter in a drought tolerant and a susceptible potato cultivar under normal and water deficit condition. J. Agron. Crop. Sci. 167:112-118.
20. Ozcan, M., A.M. Derya, and A. Unver. 2005. Effect of drying methods on the mineral content of Basil (*Ocimum basilicum*). J. Food Eng. 69:375-379.
21. Pedrol, N., P. Ramos, and M.J. Riegosa. 2000. Phenotypic plasticity and acclimation to water deficits in velvet-grass: a long-term greenhouse experiment. Changes in leaf morphology, photosynthesis and stress-induced metabolites. J. Plant Physiol. 157:383-393.
22. Popova, L., T. Pancheva, and A. Uzunova. 1997. Salicylic acid: Properties, Biosynthesis and Physiological role. J. Plant Physiol. 23:85-93.
23. Tale Ahmad, S. and R. Haddad. 2010. Effect of silicon on antioxidant enzymes activities and osmotic adjustment contents in two bread wheat genotypes under drought stress conditions. Seed. Plant Prod. J. 2(2):207-225.
24. Yadav, R.K., R.S. Sangwan, F. Sabir, A.K. Srivastava, and N.S. Sangwan. 2014. Effect of prolonged water stress on specialized secondary metabolite. Peltate glandular trichomes, and pathway gene expression in *Artemisia annua* L. Plant Physiol. Biochem. 74:70-83.
25. Yanqiong, L., L. Xingliang, Z. Shaowei, C. Hong, Y. Yongjie, M. Changlong, and L. Jun. 2007. Drought-resistant physiological characteristics of four shrub species in arid valley of Minjiang River, China. Acta Ecol. Sinica. 27(3):870-877.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (1): 21-30 (2019)
Research article

Effect of Silicon on Some Characteristics of Purple Basil (*Ocimum basilicum*) Under Drought Stress

M. Askarnejad, H. Sodaeeizadeh*, A. Mosleh Arani and R. Yazdani Biouki[1*]

The purpose of this research was to determine the effects of different silicon concentrations on the physiological and morphological characteristics of purple basil under drought stress conditions. For this purpose, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was done. The studied factors were four levels of drought stress (25, 50, 75, and 100% full irrigation) and 3 levels of silicon foliar application (0, 1, and 1.5 mM). Results showed that height, number of leaves, dry weight of shoots, and a, b, and total chlorophyll content of the purple basil had a significant decrease with increasing of drought stress (P<0.01). Using silicon especially at1 mM, the damages of drought stress on purple basil was decreased compared to control. Generally, the results of this research represent the positive role of silicon in decreasing the effects caused by drought stress in studied plant.

Keywords: Full irrigation, Greenhouse, Number of Leaf, Root dry weight.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.3.0]

1. M.Sc. of Dessert Management, Faculty of Natural Resources, Associate Professors, Faculty of Natural Resources, Yazd University and Assistant Professor, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran, respectively.
* Coresponding author, Email: (hsodaie@yazd.ac.ir).