نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۳، بهار ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۱۶-۱۰۴

اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی صفات رشدی گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش خشکی

مهسا بهرام‌پور، مریم دهستانی اردکانی*، مصطفی شیرمردی، جلال غلام‌نژاد

گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۳۱ تاریخ پذیرش:۹۸/۱/۲٦

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که موجب کاهش تولید و عملکرد گیاه خصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌گردد. هدف از پژوهش حاضر کاربرد برخی مواد آلی اصلاحی در خاک جهت افزایش مقاومت گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) به تنش خشکی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل شش ماده اصلاحی شامل ۱-شاهد (فقط خاک)، یک و دو گرم نانو کود پتاسیم به ازای یک کیلوگرم خاک، ۳۰ درصد حجمی گلدان کوکوپیت، ۵- پالم پیت و بقایای گیاه روناس در سه سطح خشکی (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده با افزایش سطح تنش خشکی وزن تر و خشک گل و ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت. در حالی‌که فعالیت آنزیم پراکسیداز به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان وزن تر و خشک گل و ریشه در گیاهان تیمار شده با بقایای روناس حاصل شد. همچنین کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه و گل در تمام سطوح خشکی در گیاهان تیمار شده با پالم پیت به‌دست آمد. گیاهانی که با پالم پیت تیمار شده بودند در هر سه سطح تنش خشکی وارد فاز زایشی و تولید گل نشدند. وزن تر گل با وزن خشک گل، وزن تر و خشک ریشه و جذب فسفر همبستگی معنی‌دار نشان داد. به‌طورکلی، نتایج به دست آمده نشان داد که بقایای گیاه روناس در مقایسه با سایر تیمارها، به خوبی توانست مقاومت گیاه همیشه بهار را به تنش خشکی افزایش دهد و می‌تواند به عنوان بستر کشت جدید معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: بستر کشت، پالم پیت، روناس، شاخص‌های رشد، کوکوپیت، نانو کود پتاسیم.

مقدمه

بزرگ‌ترین چالش پیش روی کشاورزی در دهه‌های اخیر و سال‌های آینده، افزایش تولید غذا با آب کمتر به‌خصوص در کشورهایی با محدودیت منابع آب و زمین می‌باشد (Dehghan et al., 2015). خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدود کننده تولید موفقیت آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد (Ahmadikhah, 2009). تنش خشکی از طریق تأثیر بر برخی فرآیندهای متابولیسمی باعث تغییر در رفتار و نهایتاً مقاوم سازی گیاه در مقابل برخی تنش‌ها می‌شود. کاهش فشار تورژسانس می‌تواند اولین اثر ناشی از تنش خشکی باشد که سرعت رشد سلول و اندازه نهایی آن را متأثر ساخته و احتمالاً حساس‌ترین فرآیند سلولی به تنش است (Bhatt and Srinivasa, 2005). کمبود آب در

---

*نویسنده مسئول: mdehestani@ardakan.ac.ir

گیاه باعث افزایش گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)[2] از قبیل آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن منفرد می‌شود. این مولکول‌های فعال موجب صدمه به ماکرومولکول‌ها و نیز ساختار سلولی گردیده یا این‌که به‌عنوان مولکول منفرد موجب فعال شدن سلسله پاسخ‌های دفاعی گیاه می‌گردند. گیاهان از دو سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی برای دفاع در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال استفاده می‌نمایند. سیستم آنزیمی شامل آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، گوئیکول پراکسیداز، کاتالاز و اسکوربات پراکسیداز می‌باشد. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز یک آنزیم حد واسط بوده و رادیکال‌های آزاد سوپراکسید را به O_2 و H_2O_2 تبدیل می‌کند. بقیه آنزیم‌های مذکور در پاکسازی مولکول‌های H_2O_2 تولید شده در سلول، ایفای نقش می‌نمایند (Ariano et al., 2005). تنش خشکی به‌طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود دی اکسید کربن به درون روزنه‌ها را که به علت شرایط کم آبی بسته‌اند، کاهش دهد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر کم آبی قرار گرفته و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه نیز محدود می‌گردد (Heidari, 2007). عنوان شده است پتاسیم در سنتز پروتئین، فتوسنتز و حمل و نقل مواد نقش دارد. کمبود پتاسیم فعالیت برخی از آنزیم‌ها، جذب و انتقال برخی از مواد مغذی را کاهش می‌دهد (Kanai et al., 2007).

همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاه دارویی، علفی، یکساله و به ندرت دو ساله با ساقه منشعب و سفت از خانواده کاسنی (Asteraceae) می‌باشد که رشد و نمو سریعی دارد، به‌طوری که ۵۰–۴۰ روز بعد از سبز شدن به گل می‌نشینند (Omidbeigi, 2009). از آنجا که تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان بوسیله عوامل محیطی تغییر می‌یابند و تنش رطوبتی نیز عامل موثری در رشد و همچنین سنتز ترکیبات طبیعی گیاهان دارویی می‌باشد، لذا ارائه روش‌هایی که بتواند گیاهی با ماده مؤثره‌ی تولید نماید ضروری به‌نظر می‌رسد.

در شرایط تنش خشکی با استفاده از بقایای گیاهی در خاک می‌توان از هدر رفت آب خاک جلوگیری کرد. بقایای گیاهی علاوه بر افزودن مواد آلی به خاک باعث بهبود ساختار خاک، جذب آب خاک، کنترل رواناب، کنترل فرسایش خاک و خاک‌ورزی آسان تر می‌شود (Kumar and Goh, 2000). Khalighi و Padasht (۲۰۰۰)، کمپوست پوست درخت را جایگزین مناسبی برای پیت ماس در پرورش گیاهان گلدانی عنوان کردند. Urrestarazu و همکاران (۲۰۰۱)، به بررسی کمپوست ضایعات سبز مختلف، ضایعات چوبی خاک اره و تراشه‌های صنعتی پرداختند و نشان دادند که این مواد نه تنها به‌عنوان یک بستر کشت باغبانی سازگار با محیط زیست قابل استفاده است، بلکه می‌تواند جایگزین بسترهای متداولی مانند پیت ماس شود. تاکنون دامنه وسیعی از مواد از جمله پوست درختان پهن برگ و سوزنی برگ، خاکبرگ، لجن‌های فاضلاب و کوکوپیت به‌عنوان بستر کشت مورد استفاده قرار گرفته است. Samiei و همکاران (۲۰۰۵) قابلیت جایگزینی بستر کشت پیت‌ماس به‌وسیله ضایعات سلولزی درختان نخل، در گیاه برگ زینتی آگلونما را بررسی کردند. نتایج حاصله بیانگر رشد بهتر گیاه در بستر کشت کوکوپیت بود. در این تحقیق استفاده از ضایعات تازه باگاس نیشکر به‌عنوان بستر کشت نتایج مفیدی به‌همراه نداشت. Doagouie و Ghazanfari Moghadam (۲۰۱۵) نشان دادند که پتانسیل جذب و

---

1. Reactive Oxygen Specious

نرخ از دست دادن رطوبت به‌ترتیب در کوکوپیت، پیت‌ماس، الیاف خرما، پرلیت و خاک کاهش می‌یابد. بیشترین میزان نگهداری رطوبت در گروه الیاف خرما- پیت ماس -پرلیت با ترکیب ۶۵-۲۰-۱۵ درصد در مدت سه روز و ۷۵- ۱۰ -۱۵ درصد در مدت پنج روز در گروه کوکوپیت -پیت ماس -پرلیت با ترکیب ۷۵-۲۰-۵ درصد تا مدت پنج روز اتفاق افتاد.

از آنجا که شهرستان اردکان در استان یزد یکی از مناطق اصلی تولید روناس در کشور است و سالیانه مقادیر زیادی از بقایای این گیاه ارزشمند دور ریخته می‌شود و از طرف دیگر خشک‌سالی و کمبود آب موجب شده تا کشاورزی و خصوصا فضای سبز در منطقه رونقی نداشته باشد، در این پژوهش اثر این ماده گیاهی در افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت و با برخی از بسترهای کشت متداول و شناخته شده مورد مقایسه قرار گرفت. لذا در پژوهش حاضر تاثیر بسترهای مختلف کشت بر افزایش مقاومت گیاه همیشه بهار نسبت به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر بسترهای مختلف کشت بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط خشکی، آزمایشی در گلخانه دانشگاه اردکان، واقع در استان یزد، طی سال‌های ۹۶-۹۵ انجام شد. اردکان با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، ۶۲ میلی‌متر میانگین بارش سالانه و ۱۹ درجه میانگین دمای سالانه جزء شهرهای گرم و خشک می‌باشد. شدت نورگلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۴۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ۴±۱۶و میانگین دمای روزانه ۴±۲۴ حفظ شد. رطوبت گلخانه با استفاده از آبیاری کف گلخانه و باز کردن دریچه‌های جانبی و سقف گلخانه تا حد امکان تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰ درصد در نوسان بود.

طرح آماری و آنالیز خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه: این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل شش ماده اصلاحی (شاهد (فقط خاک)، یک و دو گرم نانو کود پتاسیم به ازای یک کیلوگرم خاک، ۳۰ درصد حجمی گلدان کوکوپیت، ۳۰ درصد حجمی گلدان پالم پیت و ۳۰ درصد حجمی بقایای روناس) در سه سطح خشکی (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه[1] بودند. برخی از ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری و در جدول ۱ ثبت شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

سیلت (٪)	رس (٪)	شن (٪)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (٪)	pH	شوری (dS/m)	ماده آلی (%)	بافت خاک
۲۷	۱۹	۵۴	۱۰۵	۲۸/۹۴	۰/۰۶۴	۷	۳/۲	۰/۴۷۷	لومی شنی

کشت بذر و آماده‌سازی بستر: پس از تهیه بذر گل همیشه بهار (رقم نارنجی کم پر) از شرکت پاکان بذر اصفهان، در سینی‌های کشت حاوی خاک باغچه، کوکوپیت و پرلیت با نسبت مساوی، کشت شده و در مرحله‌ی ۴-۳ برگی، به گلدان اصلی انتقال داده شدند.

---

[1] Field capacity

گلدان‌های ۲/۵ کیلوگرمی با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با خاک الک شده پر شدند. نشاءها در اواخر شهریورماه ۱۳۹۵ در گلدان و در فضای باز کشت شدند. الیاف خرمای مورد استفاده در این آزمایش از درختان نخل کشت شده در نخلستان‌های شهرستان بافق واقع در استان یزد تهیه شد. جهت حذف آلودگی‌های سطحی، ابتدا با آب گرم شستشو شد و مقابل نور آفتاب خشک گردیدند. سپس توسط دستگاه خردکن به قطعات کوچک (۲–۵ mm) خرد شدند. کوکوپیت مورد نیاز از بلوک‌های فشرده شدۀ این محصول از شرکت بستر کشت سبزینه فراهم شد. قبل از به کارگیری این ماده مقداری آب به منظور باز و حجیم شدن به آن اضافه گردید تا کاملا یکنواخت گردد. بقایای روناس از مزارع شهرستان اردکان تهیه و توسط دستگاه خردکن یونجه به قطعات ۲–۵ mm خرد گردید. بقایای روناس، کوکوپیت و پالم پیت با نسبت حجمی ۳۰٪ (حجم گلدان) با خاک گلدان کاملا مخلوط شدند. گلدان‌ها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم قرار گرفتند. نانو کود پتاسیم از شرکت خضراء تهیه و به میزان یک و دو گرم به ازای یک کیلوگرم خاک در دو نوبت (اوایل دوره رشد و قبل از گلدهی) استفاده شد. در طول دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها، به صورت وزنی بر اساس تیمار خشکی در نقطه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد. تغذیه گیاهان به صورت یکسان با کود کامل ۲۰–۲۰–۲۰ (N-P-K) به نسبت یک در هزار انجام گرفت.

صفات مورد ارزیابی

صفات مورد ارزیابی شامل برخی از صفات رشدی (وزن تر و خشک گل، سطح ریشه، وزن تر و خشک ریشه، نسبت وزن تر و خشک ریشه)، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، غلظت و میزان جذب عنصر فسفر و میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه بود. گلدهی بوته‌ها از بهمن ماه آغاز و تا اواخر فروردین ماه ادامه داشت. همزمان با وارد شدن گیاه به مرحله زایشی، زمانی که گل‌ها به صورت کاملا افقی باز شدند، در چندین نوبت، طبق‌ها از بوته‌ها برداشت قبل و پس از خشک کردن، توزین شدند.

وزن تر و خشک ریشه: برای اندازه‌گیری وزن تر ریشه، ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن شد و پس از توزین در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت جهت اندازه‌گیری وزن خشک ریشه قرار داده شد. سطح ریشه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (leaf area meter) (مدل Winarea-UT-11، ساخت ایران) محاسبه شد.

جذب فسفر: پس از خاکستر کردن مواد گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عنصر فسفر با رقیق کردن عصاره اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش طیف سنج توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC UV-Visible Spectrometer Cintra 5T ساخت استرالیا) صورت گرفت (Emami, 1996). میزان جذب فسفر نیز با استفاده از غلظت عنصر و محاسبه وزن خشک اندام‌های هوایی طبق فرمول ۱ محاسبه گردید. لاز م به ذکر است که منظور از جذب، میزان برداشت آن عنصر از خاک گلدان و انتقال به اندام هوایی می باشد.

$$U(\frac{mg}{pot}) = \frac{C \times W}{100} \times 1000 \quad (۱)$$

در این معادله، U میزان جذب عنصر توسط گیاه، C غلظت عنصر در گیاه بر حسب درصد و W وزن خشک گیاه بر حسب گرم در گلدان می‌باشد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز، دو میلی‌لیتر مخلوط واکنش شامل مقداری از عصاره حاوی ۵۰ میلی‌گرم پروتئین (این مقدار با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد)، ۵ میلی‌مولار گوئیکول و مقدار کافی بافر فسفات ۲۵

میلی‌مول pH=۷ مخلوط شد تا به حجم نهایی دو میلی‌لیتر برسد. دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CECIL 9500 ساخت انگلیس) با استفاده از این مخلوط در طول موج ۴۷۰ نانومتر صفر گردید. سپس ۵ میکرولیتر پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ۳۰ درصد به این مخلوط اضافه شد و سریعاً تغییرات جذب نور به فواصل ۱۰ ثانیه، به مدت یک دقیقه اندازه‌گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات جذب نور بر دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (ΔOD /Min./mg. protein) (Reuveni et al., 1995).

رطوبت نسبی برگ رفرنس (RWC): جهت اندازه‌گیری رطوبت نسبی آب برگ (RWC)، از هر گیاه ۴ برگ کامل از قسمت بالایی شاخه (واقع در گره‌های پنجم و ششم انتهای شاخه اصلی)، انتخاب شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در داخل آب مقطر در شرایط تاریکی قرار داده شدند تا آماس نمایند. بعد از خارج کردن برگ‌ها از آب مقطر و حذف رطوبت اضافی، وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد (TW). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک (DW) آنها اندازه‌گیری شود. در نهایت میزان رطوبت نسبی آب برگ از طریق رابطه ۲ محاسبه شد (Ritchie et al., 1990).

$$100 \times RWC = Fw - Dw \;/ Sw - Dw \qquad (۲)$$

(FW: وزن تربرگ بلافاصله بعد نمونه‌برداری، DW: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون، SW: وزن اشباع برگ)

تجزیه واریانس کلیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش برش‌دهی اثر متقابل استفاده شد.

نتایج

وزن تر و خشک گل و ریشه، نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه و سطح ریشه: بر اساس نتایج به دست آمده اثر سطوح مختلف تنش خشکی و تیمار کودهای آلی و نیز اثر متقابل آن‌ها بر وزن تر و خشک گل و ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری که با افزایش سطح خشکی وزن تر و خشک گل و ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن تر و خشک گل و ریشه به ترتیب در تیمارهای بقایای روناس و پالم پیت بدست آمد (جدول ۴). بیشترین میزان وزن خشک ریشه در تنش خشکی ۶۰٪ ظرفیت مزرعه حاصل شد (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثر متقابل تنش خشکی و تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک گل در هر سه سطح تنش خشکی در تیمار بقایای روناس به‌دست آمد (جدول ۵). همچنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه در دو سطح تنش خشکی ملایم و متوسط (۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) در گیاهان تیمار شده با بقایای گیاه روناس حاصل شد اما در تنش خشکی شدید (۴۰ درصد ظرفیت مزرعه) گیاهان تیمار شده با ۲ g/kg نانوکود پتاسیم بیشترین وزن تر و خشک ریشه را نشان دادند (جدول ۵). گیاهانی که با پالم پیت تیمار شده بودند در هر سه سطح تنش خشکی وارد فاز زایشی و تولید گل نشدند. همچنین کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه در تمام سطوح خشکی در گیاهان تیمار شده با پالم پیت به‌دست آمد (جدول ۵). مطالعه ضریب همبستگی صفات (جدول ۶) نشان داد که وزن تر گل با وزن خشک گل، وزن تر و خشک ریشه و جذب فسفر دارای همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بودند. وزن خشک گل با وزن تر گل، وزن تر و خشک ریشه، جذب فسفر و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه همبستگی نشان داد

(جدول ۶). وزن تر ریشه با وزن خشک ریشه، وزن تر و خشک گل و جذب فسفر همبستگی نشان داد (جدول ۶). همچنین وزن خشک ریشه با جذب فسفر، وزن تر و خشک گل و وزن تر و خشک گل و وزن تر ریشه دارای همبستگی بود (جدول ۶).

بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی و تیمارهای کودی در سطح احتمال ۵٪ بر نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه و اثر کودهای آلی در سطح احتمال ۱٪ بر نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش سطح تنش خشکی از ۸۰ به ۴۰٪ ظرفیت مزرعه نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان داد که گیاهان تیمار شده با ۲ گرم در کیلوگرم نانوکود پتاسیم در تنش خشکی ملایم (۸۰٪ ظرفیت مزرعه) بیشترین نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه را داشتند (جدول ۵). در خشکی متوسط و شدید (۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه)، بیشترین نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه به‌ترتیب در تیمار بقایای روناس و کوکوپیت حاصل شد(جدول ۵). بیشترین نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه در هر سه سطح تنش خشکی در گیاهان تیمار شده ا ۲ گرم در کیلوگرم نانوکود پتاسیم به‌دست آمد (جدول ۵).

طبق نتایج به دست آمده اثر تیمارهای مختلف کودی و نیز اثر متقابل تنش خشکی و تیمار کودی بر سطح ریشه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد، اما اثر سطوح مختلف تنش خشکی تفاوت معنی‌داری بر سطح ریشه نشان نداد (جدول ۲). اگرچه اثر سطوح تنش خشکی بر سطح ریشه معنی‌دار نشد ولی با افزایش سطح تنش میزان سطح ریشه افزایش یافت (جدول ۳). به‌طوری که تیمار نانوکود پتاسیم (۲گرم در کیلوگرم خاک) بیشترین سطح ریشه را بدست آورد (جدول ۴). بیشترین سطح ریشه در هر سه سطح تنش خشکی در گیاهان تیمار شده با بقایای روناس حاصل شد (جدول ۵). سطح ریشه با هیچ یک از صفات مورد بررسی همبستگی نشان نداد (جدول ۶).

RWC: بر طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر سطوح مختلف تنش خشکی و اثر متقابل تنش و تیمارهای کودی بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود اما اثر تیمارهای کودی بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ به‌ترتیب در گیاهان تیمارشده با کوکوپیت (۶۶/۲٪) و شاهد (۵۴/۱٪) به‌دست آمد (جدول ۵). محتوای نسبی آب برگ با هیچ یک از صفات مورد بررسی همبستگی نشان نداد (جدول ۶).

فعالیت آنزیم پراکسیداز: بر اساس نتایج به‌دست آمده سطوح خشکی، بسترهای کشت و نیز اثر متقابل آنها بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طوری که مشخص شد، با افزایش سطح تنش خشکی میزان فعالیت پراکسیداز در گیاه افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در گلدان‌های تیمار شده با بقایای روناس به دست آمد (جدول ۴). همچنین بررسی برش‌دهی اثر متقابل تنش خشکی و تیمارهای کودی نشان داد که گلدان‌های تیمار شده با بقایای روناس در سطح خشکی ۴۰٪ ظرفیت مزرعه بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز را از خود نشان دادند و در خشکی ۸۰٪ ظرفیت مزرعه، بیشترین فعالیت آنزیم در گیاهان تیمار شده با ۱ گرم بر کیلو گرم نانوکود پتاسیم حاصل شد (جدول ۵). فعالیت آنزیم پراکسیداز با هیچ یک از صفات مورد بررسی همبستگی نشان نداد (جدول ۶).

فسفر: بر اساس نتایج حاصل شده اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف خشکی، بسترهای کشت و نیز اثر متقابل آنها بر میزان فسفر برگ یافت نشد اما اثر تیمارهای مختلف و نیز اثر متقابل تیمار و تنش خشکی بر میزان جذب فسفر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین میزان جذب فسفر به‌ترتیب در گیاهان تیمار شده با نانوکودپتاسیم (۲ گرم در کیلوگرم خاک) و بقایای روناس بدست آمد (جدول ۳). گیاهان تیمار شده با ۲ گرم در کیلوگرم نانوکود پتاسیم، در دو سطح تنش خشکی ملایم و شدید (۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه) بیشترین میزان جذب فسفر را نشان دادند و در خشکی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) گیاهان تیمار شده با بقایای روناس بیشترین جذب فسفر را نشان دادند (جدول ۵). درصد فسفر برگ با جذب فسفر در آن دارای همبستگی یک درصد بود (جدول ۶). جذب فسفر نیز با درصد فسفر، وزن تر و خشک گل و ریشه و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه همبستگی نشان داد (جدول ۶).

جدول ۲: تجزیه واریانس برخی صفات رشدی گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت سطوح مختلف تنش خشکی و بسترهای کشت متفاوت

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر گل	وزن خشک گل	سطح ریشه	محتوای نسبی آب برگ	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	جذب فسفر (mg/pot^{1})	درصد فسفر	فعالیت پراکسیداز
تنش خشکی	۲	۴۱/۹**	۱/۹**	۵۲/۰۶^{ns}	۱/۳۷^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۹/۴*	۷/۰۴**	۱۷۶/۷**	۱۴۷/۵^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۲**
محیط کشت	۵	۱۳۶/۵**	۵/۷**	۳۸۵/۰۲*	۲۸/۴*	۲/۲**	۴/۵^{ns}	۱۹/۰۵**	۳۵۶/۵**	۴۷۴/۴**	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۳**
خشکی × محیط کشت	۱۰	۱۰/۷**	۰/۵۱**	۱۶۲/۷^{ns}	۳/۹^{ns}	۰/۱۲*	۴/۰۶*	۶/۶**	۹۸/۵**	۱۴/۵^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲**
خطا	۴	۰/۹	۰/۱	۱۶۳/۲	۱/۴۹	۰/۲۹	۴/۸	۱/۲	۱۷/۱	۶۴/۱	۰/۰۱	۰/۰۰۰۳
CV (%)	-	۲۵/۴	۳۷/۸	۲۰/۴	۴۹/۷	۳۷	۸۸/۸	۳۹/۶	۳۴/۴	۳۳/۴	۵۳/۳	۳۸/۱

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی صفات رشدی و فیزیولوژیک گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

سطوح خشکی	وزن تر گل	وزن خشک گل	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه	فعالیت پراکسیداز
٪۸۰ FC	۵/۰۴^{a}	۱/۱۷^{a}	۱۴/۲^{a}	۲/۷^{b}	۱/۹۴^{b}	۰/۰۳۸^{b}
٪۶۰ FC	۴/۱۳^{b}	۰/۹۴^{b}	۱۳/۴^{a}	۳/۴^{a}	۲/۱۷^{b}	۰/۰۳۷^{b}
٪۴۰ FC	۲/۰۶^{c}	۰/۵۲^{c}	۸/۴^{b}	۲/۲^{b}	۳/۲۹^{a}	۰/۰۶۲^{a}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر برخی صفات رشدی، جذب فسفر و فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

تیمارها	محتوای نسبی آب برگ (%)	وزن تر گل (g)	وزن خشک گل (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه(g)	سطح ریشه (cm^2)	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه (g)	جذب فسفر (mg/pot^{-1})	فعالیت پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
شاهد	۵۴/۱^{b}	۲/۵۴^{c}	۰/۳۹^{c}	۹/۹^{cd}	۱/۵^{c}	۶۱/۷^{ab}	۱/۲^{bcd}	۴/۲^{c}	۰/۰۳^{b}
g/k ۱ نانوکود پتاسیم	۵۶/۰۱^{ab}	۳/۵۵^{b}	۰/۸۹^{b}	۱۵/۰۴^{b}	۳/۰۷^{b}	۵۵/۲^{b}	۱/۶^{b}	۱۲/۵^{ab}	۰/۰۳^{b}
g/kg ۲ نانوکود پتاسیم	۵۵/۶^{ab}	۲/۹۷^{b}	۱/۱۷^{b}	۱۲/۱^{bc}	۲/۹^{b}	۷۴/۳^{a}	۲/۲^{a}	۱۹/۹^{a}	۰/۰۳^{b}
بقایای گیاه روناس	۵۵/۸^{ab}	۱۱/۳^{a}	۲/۲۹^{a}	۲۲/۷^{a}	۵/۴^{a}	۵۸/۸^{b}	۱/۵^{bc}	۱۷/۴^{a}	۰/۰۹^{a}
کوکوپیت	۶۶/۲^{a}	۲/۱۲^{c}	۰/۵۱^{c}	۶/۶^{ed}	۱/۶^{c}	۶۴/۰۱^{ab}	۱/۰۵^{cd}	۳/۱^{c}	۰/۰۳^{b}
پالم پیت	۶۰/۷^{ab}	۰^{d}	۰^{d}	۵/۷^{e}	۱/۵^{c}	۶۰/۶^{b}	۰/۹۴^{d}	۵/۱^{bc}	۰/۰۴^{b}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۵: برهمکنش اثر سطوح مختلف تنش خشکی و تیمارهای کودی بر برخی صفات رشدی، جذب فسفر و فعالیت آنزیم پراکسیداز گیاه همیشه بهار

سطوح خشکی	تیمارها	سطح ریشه (cm^2)	وزن تر گل (g)	وزن خشک گل (g)	وزن خشک ریشه (g)	وزن تر ریشه (g)	نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه	نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه	جذب فسفر (mg/pot^{-1})	پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
٪۸۰ FC	شاهد	۶۳/۹^{b}	۳/۳^{c}	۰/۴۶^{c}	۱/۴^{d}	۱۱/۹^{c}	۱/۲^{c}	۱/۳^{cd}	۳/۴^{e}	۰/۰۱^{cd}
	۱ g/kg نانوکود پتاسیم	۴۶/۱^{d}	۳/۶^{c}	۰/۹۱^{bc}	۳/۲^{b}	۱۶/۹^{b}	۱/۶^{b}	۱/۵^{bc}	۱۵/۵^{c}	۰/۲^{a}
	۲ g/kg نانوکود پتاسیم	۷۹/۹^{a}	۴/۳^{bc}	۱/۵^{b}	۳/۵^{ab}	۱۷/۶^{b}	۲/۵^{a}	۲/۴^{a}	۲۷/۵^{a}	۰/۰۳^{cd}
	بقایای روناس	۵۸/۲^{abc}	۱۶/۳^{a}	۳/۴^{a}	۴/۷^{a}	۲۶/۹^{a}	۱/۷^{b}	۱/۶^{b}	۱۹/۵^{bc}	۰/۰۶^{bc}
	کوکوپیت	۶۱/۸^{bc}	۲/۵^{c}	۰/۷^{bc}	۱/۴^{d}	۶/۸^{cd}	۱/۵^{bc}	۱/۳^{cd}	۴/۱^{e}	۰/۰۴^{bc}
	پالم پیت	۵۶/۸^{c}	۰^{d}	۰^{d}	۲^{cd}	۵/۲^{d}	۲/۶^{a}	۱/۱^{d}	۵/۹^{de}	۰/۰۵^{bc}
٪۶۰ FC	شاهد	۶۵/۹^{b}	۲/۸^{c}	۰/۴^{c}	۱/۳^{e}	۹/۰۳^{d}	۱/۹^{b}	۱/۳^{bc}	۵/۳^{de}	۰/۰۳^{a}
	۱ g/kg نانوکود پتاسیم	۶۲/۴^{b}	۴/۹^{b}	۱/۲^{bc}	۳/۰۶^{bc}	۱۴/۷^{bc}	۱/۹^{b}	۱/۷^{b}	۱۲/۷^{c}	۰/۰۳^{a}

	۲ g/kg نانوکود پتاسیم	۷۳/۶^{a}	۳/۱^{bc}	۱/۲۴^{b}	۲/۹^{cd}	۱۱/۰۶^{cd}	۱/۹^{b}	۲/۳^{a}	۱۸/۷^{b}	۰/۰۴^{a}
	بقایای روناس	۵۱/۹^{c}	۱۱/۴^{a}	۲/۲^{a}	۹/۳^{a}	۳۴/۰۶^{a}	۳/۶^{a}	۱/۲^{cd}	۲۲/۵^{a}	۰/۰۳^{a}
	کوکوپیت	۶۴/۶^{b}	۲/۵^{c}	۰/۵^{c}	۲/۱^{d}	۶/۲^{ef}	۱/۷^{b}	۰/۹۴^{d}	۳/۳^{e}	۰/۰۴^{a}
	پالم پیت	۵۲/۶^{c}	۰^{j}	۰^{d}	۲/۰۳^{d}	۵/۳^{f}	۲/۰۹^{b}	۰/۸۷^{d}	۶/۰۱^{d}	۰/۰۲^{a}
٪۴۰ FC	شاهد	۵۵/۳^{c}	۱/۵^{b}	۰/۲^{c}	۱/۸^{cd}	۸/۹^{bc}	۱/۶^{b}	۱/۰۲^{c}	۴/۲^{de}	۰/۰۴^{bc}
	۱ g/kg نانوکود پتاسیم	۵۷/۱^{c}	۲/۰۹^{b}	۰/۶۵^{b}	۲/۹^{a}	۱۳/۴^{a}	۱/۹^{b}	۱/۵^{b}	۹/۳^{c}	۰/۰۵^{bc}
	۲ g/kg نانوکود پتاسیم	۶۹/۷^{ab}	۱/۳^{b}	۰/۷^{b}	۲/۴^{ab}	۷/۶^{c}	۳/۹^{ab}	۲/۰۸^{a}	۱۳/۷^{a}	۰/۰۲^{bc}
	بقایای روناس	۶۶/۲^{ab}	۶/۱^{a}	۱/۲^{a}	۲/۳^{b}	۷/۳^{cd}	۳/۶^{ab}	۱/۸^{ab}	۱۰/۰۹^{bc}	۰/۱^{a}
	کوکوپیت	۶۵/۵^{b}	۱/۳^{b}	۰/۲۵^{gh}	۱/۳^{d}	۶/۸^{d}	۶/۷^{a}	۰/۹۰^{cd}	۲/۰۶^{f}	۰/۰۱^{c}
	پالم پیت	۷۲/۳^{a}	۰^{c}	۰^{d}	۲/۵^{ab}	۶/۵^{d}	۱/۸^{b}	۰/۷۹^{d}	۳/۵^{ef}	۰/۰۳^{bc}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ٦: همبستگی ساده میان خصوصیات رشدی، فیزیولوژیک و جذب فسفر گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)

صفات	وزن تر گل	وزن خشک گل	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	رطوبت نسبی آب برگ	فعالیت آنزیم پراکسیداز	وزن خشک اندام هوایی به ریشه	وزن تر اندام هوایی به ریشه	درصد فسفر	جذب فسفر	سطح ریشه
وزن خشک گل	۰/۹**										
وزن تر ریشه	۰/۸**	۰/۷**									
وزن خشک ریشه	۰/۶۲**	۰/۵۵**	۰/۸۴**								
رطوبت نسبی آب برگ	-۰/۰۸	-۰/۰۲	-۰/۰۶	-۰/۱۳							
فعالیت آنزیم پراکسیداز	۰/۲۱	۰/۱۴	-۰/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۱۶						
وزن خشک اندام هوایی به ریشه	۰/۲۱	۰/۴۲**	۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۲۱	-/۱۴					
وزن تر اندام هوایی به ریشه	-۰/۰۸	-۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱				
درصد فسفر	-/۰۴	۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۰۷	۰/۲۶	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۲۲			
جذب فسفر	۰/۴۸**	۰/۶۵**	۰/۵۷**	۰/۴**	۰/۱۲	-۰/۰۲	۰/۵۵**	-۰/۰۶	۰/۵۶**		
سطح ریشه	-۰/۰۵	-۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۱	-۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲۴	-۰/۱۸	-۰/۰۳	

سطح‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون با ** نشان داده شده است.

بحث

نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک گل در هر سه سطح تنش خشکی در تیمار بقایای روناس به‌دست آمد. همچنین بیشترین وزن تر و خشک ریشه در دو سطح تنش خشکی ملایم و متوسط در گیاهان تیمار شده با بقایای گیاه روناس حاصل شد و در تنش

خشکی شدید در تیمار g/kg ۲ نانوکود پتاسیم حاصل شد. نتایج به‌دست آمده با نتایج Jafarzadeh و همکاران (۲۰۱۳)، روی گیاه همیشه‌بهار و Dargahi و همکاران (۲۰۱۲) روی کنجد در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت.

تحقیقات نشان داده است کمبود آب قابل جذب در گیاه منجر به افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات می‌گردد. همچنین افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه و در نتیجه کاهش سطح فتوسنتز کننده، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت تبادل گازی روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم از دیگر اثرات کمبود آب داشت. در این راستا به کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل که سبب محدود شدن فتوسنتز شده و در نهایت کاهش عملکرد نهایی گیاه می‌شود نیز می‌توان اشاره نمود. (Bettaieb et al., 2009).

ساقه و ریشه از جهات مختلف با یکدیگر در ارتباط هستند و اگر چنانچه در رشد یکی از آنها تغییری حاصل شود، دیگری نیز تغییر خواهد کرد (Alizadeh, 2009). طبق نظر Matsui و Singh (۲۰۰۳) در بیشتر اوقات رشد ریشه‌ها در توافق با تنش خشکی است و با افزایش خشکی نسبت ریشه به اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. بین توانایی جذب آب و سیستم ریشه (تراکم و پراکنش ریشه‌ها در لایه‌های زیرین خاک) یک رابطه نزدیکی وجود دارد (Oppenheimer, 1960). بنابراین، مقاومت به خشکی اغلب به علت توانایی بالای جذب آب توسط ریشه می‌باشد. همچنین، توسعه ریشه گیاهان علاوه بر این که یک خصوصیت ژنتیکی است، به وضعیت محیطی رشد گیاه نیز بستگی دارد (Alizadeh, 2009)، به‌طوری‌که، Liu و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایش مزرعه‌ای در نواحی نیمه‌خشک و در خاک‌های لومی، مشاهده کردند که انجام آبیاری در دوره خشکی در مقایسه با تیمارهای بدون آبیاری، می‌تواند بیوماس ریشه را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد.

به‌طور کلی هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گل خشک در گیاه همیشه بهار کاسته می‌شود اما با بکارگیری بقایای روناس، بخصوص در سطوح بالای تنش، می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست. کم شدن وزن خشک گیاه ممکن است با کاهش قابل ملاحظه در رشد، فتوسنتز، پیری برگ‌ها و ساختار شاخساره گیاه در ارتباط باشد. بقایای روناس به سبب افزایش نگهداری رطوبت گیاه، موجب بهبود کیفیت و افزایش عملکرد گیاه همیشه بهار شدند.

در بررسی‌های انجام شده روی مریم گلی، همیشه بهار و بابونه نیز نتیجه مشابهی به‌دست آمده است (ebaschy and Sharifi Ashoorabadi, 2004). هم‌چنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که در اثر تنش خشکی نسبت وزن تر به وزن خشک ریشه کاهش یافت. کمبود آب موجب کاهش تورژسانس شده و در نهایت کاهش رشد و توسعه سلول به خصوص در ریشه‌ها به دنبال خواهد داشت. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می شود و در نتیجه وزن آنها نیز کاهش می‌یابد. Petropoulos و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند افزایش سطح تنش خشکی سبب کاهش وزن تر برگ، تعداد برگ و وزن ریشه جعفری شد.

بیشترین محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تیمارشده با کوکوپیت (۶۶/۲ ٪) به‌دست آمد. محتوای نسبی آب برگ به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ahmadi et al., 2010). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با

نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های بر آفتابگردان همسویی نداشت (Razi and Assad, 1999).

آماس نسبی برگ خصوصیت مهمی است که بیانگر پتانسیل آب در گیاه است. گیاهانی که محتوای نسبی آب بیشتر از ۵۶ درصد دارند دارای سازوکار گریز از خشکی هستند. نتایج این مطالعه نشان داد که مقدار گنجایش نسبی برگ گیاه همیشه‌بهار در تیمارهای مختلف حدود ۵۶ درصد بود و اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف خشکی مشاهده نشد که نشان از تحمل نسبی این گیاه نسبت به تنش خشکی می‌باشد. نتایج این مطالعه با مطالعه تجملیان و همکاران (Tajamoliyan et al., 2013) در مورد گیاه قلم و Sodaiizadeh و همکاران (۲۰۱۷) در مورد آویشن باغی، مطابقت داشت.

در زمان فتوسنتز تحت شرایط کم آبی، نشت بالای الکترون با سمیت O_2 اتفاق افتاده و تولید ROS های نظیر سوپر اکسید و پراکسید هیدروژن می‌نماید. همچنین در شرایط خشکی به دلیل محدود شدن تثبیت CO_2 و افزایش فعالیت اکسیژنازی، تنفس نوری افزایش می‌یابد که این امر افزایش تولید پراکسید هیدروژن را به همراه خواهد داشت (Mittler, 2002). آنزیم اصلی حذف H_2O_2، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد که هر کدام تمایل‌های متفاوتی به این نوع ROS دارند (Mittler, 2002). Heidari و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که با افزایش سطوح خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اسکوربات پراکسیداز و و گایاکول‌پراکسیداز در بافت سبز برگ گیاه گاوزبان به طور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت داشت.

بر اساس نتایج به‌دست آمده گیاهان تیمار شده با ۲ گرم در کیلوگرم نانوکود پتاسیم، در دو سطح تنش خشکی ملایم و شدید (۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه) بیشترین میزان جذب فسفر را نشان دادند و در خشکی متوسط (۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) گیاهان تیمار شده با بقایای روناس بیشترین جذب فسفر را نشان دادند. نتایج به‌دست آمده با Sodaeizadeh و Mansouri (۲۰۱۴) در گیاه داروئی مریم‌گلی لوله‌ای (*Salvia macrosiphon*) مطابقت داشت. آنها بیان کردند که با افزایش سطح تنش خشکی از ۱۰۰ به ۲۵٪ ظرفیت زراعی مزرعه میزان جذب فسفر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. Fatemy و Evans (۱۹۸۶)، با مطالعه تأثیر تنش خشکی بر جذب مواد غذایی (سدیم، فسفر و پتاسیم) گزارش کردند که دلیل کاهش جذب مواد توسط ریشه گیاهان در خاک خشک دسترسی کمتر غذایی گیاه به عناصر می‌باشد.

در شرایط تنش خشکی، کاهش سرعت انتشار فسفر از خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، چرا که یون فسفات به ذرات رس چسبیده و کمتر در دسترس ریشه گیاه قرار می‌گیرد (Marschner, 1995). این نتایج با نتایج این پژوهش مطابقت نداشت. با توجه به اینکه فسفر یک عنصر غیر متحرک است می‌توان کاهش جذب آن را به کاهش طول ریشه این گیاه در شرایط خشکی نسبت داد. از آنجایی که انتقال مواد فتوسنتزی در داخل گیاه به فسفر نیازمند است، لذا کاهش میزان جذب فسفر در تنش خشکی، می‌تواند منجر به کاهش انتقال این گونه مواد به اندام‌های رویشی و در نهایت کاهش عمومی رشد گیاه گردد (Awad et al., 1990).

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، با افزایش سطح تنش خشکی، رشد و عملکرد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اما همان‌طور که نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد با اصلاح خاک توسط مواد آلی خصوصا بقایای گیاه روناس، رشد

گیاه و تولید گل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مقایسه بسترهای مختلف کشت مشخص کرد که بقایای روناس بهتر از سایر تیمارها رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشید. بنابراین با توجه به ارزان‌تر بودن و نیز سهولت دسترسی به این ماده آلی در منطقه، کاربرد آن در خاک‌های کشاورزی جهت افزایش مقاومت گیاه به تنش توصیه می‌گردد. درکل بقایای گیاه روناس به دلیل فراهم کردن عناصر غذایی نقش مؤثرتری در افزایش قطر گل، وزن تر و خشک و سایر پارامترهای رشدی رشد گیاه ایفا کرده و و با گیاه گردید.

References

Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M. (2010). Biochemical changes in maize seedling exposed to drought stress conditions at different nitrogen levels. Journal of Plant Nutrition. 33: 541-556. (In Persian).

Ahmadikhah, A. (2009). Hirt, H. Shinozaki, K. plants reaction to abiotic environmental stresses. Gorgan University Press. 326 pp. (In Persian).

Alizadeh, A. (2009). Water, soil and plant relation. 9th edition, Astane Godse Razavi Press, 484 pp. (In Persian).

Ariano, S., Bartolomeo, D., Cristos, X. and Andras. M. (2005). Antioxidant defenses in olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. Functional Plant Biology. 32: 45-53.

Awad, A.S., Edward, D.G. and Campbell, L.C. (1990). Phosphorus enhancement of salt tolerance of tomato. Crop Science. 30: 123-128.

Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi-Wannes, N., Kchouk, M.E. and Marzouk, B. (2009). Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae. 120: 271-275.

Bhatt, R.M. and Srinivasa-Rao, N.K. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiology. 10: 54-59.

Bremner, J.M. (1996). Nitrogen total. PP. 1085-1122. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.

Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M. and Rasoulzadeh, A. (2012). Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. Electronically Journal of Crop Production. 5 (4): 151-172. (In Persian).

Dehghan, H., Alizadeh, A., Esmaeili, K. and Nemati, S.H. (2015). Growth of root, yield and parameters of yield in tomato under drought stress, Journal of Water Research in Agriculture. 29 (2): 169-179. (In Persian).

Doagouie, A.R. and Ghazanfari Moghadam, A. (2015). The Application of date palm fibers as growth medium and optimization of moisture content and holding capacity by response surface methodology**.** Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 5 (4): 1-14. (In Persian).

Fatemy, F. and Evans, K. (1986). Effects of *Globodera rostochiensis* and water stress on shoot and root growth and nutrient uptake of potatoes. Revue Nematology. 9: 181-184.

Heidari, M. (2007). Plants reactions to environmental stresses. Aras rayane press. 96 pp. (In Persian).

Heidari, M., Miri, H.R. and Minaei, A. (2014). Antioxidant enzymes activity and biochemical compounds of *Borago officinalis* L. in reaction to drought treatments and humic acid. Environmental stresses in Crop Science. 6 (2): 159-170. (In Persian).

Jafarzadeh, L., Omidi, H. and Bostani, A.A. (2013). Effect of drought stress and bio-fertilizer on flower yield, photosynthesis pigments and proline content of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 29 (3): 666-680. (In Persian).

Kanai, S., Ohkura, K., Adu-Gyamfi, J., Mohapatra, P., Saneoka, H. and Fujita, K. (2007). Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. Journal of Experimental Botany. 58: 2917–2928.

Khalighi, A. and Padasht, M. (2000). The effects of different media cultures of bark of tree, tea residue, rice and Azola as alternatives of peat in growth of dwarf marigold (*Tagetes patula* cv. Golden Boy). Journal of Iranian agricultural science. 3(31): 565-576. (In Persian).

Kumar, K. and Goh, K.M. (2000). Crop residues and management practices: effects

on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. Advances in agronomy. 68: 197-319.

Lebaschy, M. H. and Sharifi Ashoorabadi, E. (2004). Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 20(3): 249-261. (In Persian).

Liu, H.S., Li, F.M. and Xu, H. (2004). Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought-sensitive but not drought-tolerance spring wheat. Agriculture Water Management. 64: 41-48.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.

Matsui, T. and Singh, B.B. (2003). Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. American journal of Experimental Agriculture. 39: 29-38.

Najafinezhad, A., Javaheri, M.A., Gheibi, M. and Rostamia, M.A. (2007). Influence of Tillage Practices on the grain yield of Maize and some soil properties in Maize-wheat cropping system of Iran. Journal of Agriculture and Social Science. 3(3): 1813-2235.

Omidbeigi, R. (2009). Production and processing of medicinal plants. entesharat gods Razavi. Volume 2. 5th edition. 483 pp. (In Persian).

Oppenheimer, H.R. (1960). Adaptation to drought: Xeromorphysm in plant-water relationships in arid and semiarid conditions. Arid Zone Research journal. (UNESCO, Paris). 15: 105-138.

Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. (2008). The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae. 115: 393-397.

Razi, H. and Assad, M.T.(1999). Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. Euphytica. 105: 83-90.

Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. *In*: Sparks, D. L., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.

Ritchie, S.W., Nguyan, H.T. and Holaday, A.S. (1990). Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30: 105-111.

Samiei, L., Khalighi, A., Kafi, M., Samavat., S. and Arghavani, M. (2005). An Investigation of Substitution of Peat Moss With Palm Tree Celluloid Wastes in Growing Aglaonema (*Aglaonema Commutatum* Cv. Silver Queen). Iranian, Journal of Agricultural Science. 36(2): 503-510. (In Persian).

Sodaeizadeh, H. and Mansouri, F. (2014). Effects of drought stress on dry matter accumulation, nutrient concentration and soluble carbohydrate of *Salvia macrosiphon* as a medicinal plant. Arid Biome Scientific and Research Journal. 4 (1): 1-9. (In Persian).

Sodaiizadeh, H., Shamsian, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammadi Meybodi, S.A.M. and Hakimzade, M.A. (2017). Investigation of the some physiological characteristics of *Thymus fedtschenko* under drought stress. Environmental stresses in crop science. 9: 423-427. (In Persian).

Tajamoliyan, M., Irannezhad Parizi, M., Malekinezhad, H., Rad, M. and Sodaiizadeh, H. (2011). Assessing water relationships of *Fortuynia bungei* Boiss.in dry climate, MSc Dissertation, Faculty of Natural Resources & Desert University of Yazd, Iran. 115 p. (In Persian).

Urrestarazu, M., Salas, M.C., Padilla, M.I., Moreno, J., Elorrieta, M.A. and Arrasco, A. (2001). Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. Acta Horticulturae. 549:147-152.