مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۱ صفحه‌های ۶۵ تا ۷۸ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

تأثیر بسترهای کشت مختلف و نانوکود پتاسیم بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک همیشه‌بهار زیر تنش خشکی[1]

Effect of Different Substrates and Nano Potassium Fertilizer on Morpho-Physiological Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) under Drought Stress

مهسا بهرام پور، مریم دهستانی اردکانی*، مصطفی شیرمردی و جلال غلام نژاد[2]

چکیده

هدف از این پژوهش کاربرد برخی ماده‌های آلی در خاک برای افزایش تحمل گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) به تنش خشکی بود. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل ۱۰۰٪ حجمی گلدان خاک زراعی (شاهد)، ۱ و ۲ گرم نانوکود پتاسیم به ازای یک کیلوگرم خاک، ۳۰٪ حجمی گلدان کوکوپیت + ۷۰٪ خاک زراعی، ۳۰٪ حجمی گلدان پالم‌پیت + ۷۰٪ خاک زراعی و ۳۰٪ حجمی گلدان بقایای گیاه روناس + ۷۰٪ خاک زراعی در سه سطح خشکی (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده با افزایش سطح تنش خشکی شاخص‌های رشدی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین ارتفاع گیاه (۱۴/۳ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۷۰/۳ عدد)، وزن تر و خشک اندام هوایی (به‌ترتیب ۷۹/۲ و ۱۱/۱گرم) و ریشه (به‌ترتیب ۳۴/۰۶ و ۹/۳ گرم) در گیاهانی که در تنش خشکی ۶۰٪ ظرفیت مزرعه با بقایای روناس تیمار شده بودند، حاصل شد. در زمان اعمال تنش شدید (۴۰٪ ظرفیت مزرعه) گیاهان تیمار شده با پالم‌پیت کمترین ارتفاع (۷ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۱۱/۶ عدد) و قطر سایه‌سار (۱۰/۱ سانتی‌متر) را تولید کردند. به‌طورکلی، بقایای گیاه روناس در مقایسه با دیگر تیمارها، به‌خوبی توانست تحمل گیاه را به تنش خشکی افزایش دهد. با توجه به هزینه کم، قدرت بالای نگه‌داری رطوبت و تخلخل بالا، بقایای روناس می‌تواند به‌عنوان بستر کشت مطلوب در مناطق خشک برای کاهش مصرف آب مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی، پالم پیت، روناس، کوکوپیت، نانو کود پتاسیم.

مقدمه

خشکسالی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است (۱۱). کشور ایران با میانگین بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر (یک‌سوم میانگین جهانی)، جز مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. زمانی که از دست دادن آب به‌صورت تعرق بر مقدار آب جذب‌شده از خاک پیشی گیرد، تنش آبی رخ می‌دهد. تنش طولانی مدت بر تمام فرایندهای سوخت‌وسازی گیاه اثر گذاشته و در نتیجه بیشتر موجب کاهش تولید گیاه می‌شود. مقدار کاهش عملکرد متأثر از نژادگان، شدت کمبود آب و مرحله نمو گیاه است (۳). تنش خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که افزون بر رشد رویشی و تغییر در ساختارهای بیرونی گیاه با ایجاد تنش ثانویه مانند تنش اکسیداتیو سبب تغییر در مسیرهای ساخت ترکیب‌ها و متابولیت‌های ثانویه می‌شود (۱۵). طی عملیات فتوسنتز در شرایط کم‌آبی، نشت بالای الکترون با سمیت O_2 اتفاق افتاده و گونه‌های فعال اکسیژن[3] مانند سوپراکسید و پراکسید هیدروژن تولید می‌شوند. هم‌چنین در شرایط خشکی به‌دلیل محدود شدن تثبیت CO_2 و

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۶/۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mdehestani@ardakan.ac.ir).

۳- Reactive Oxygen Species

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

افزایش فعالیت اکسیژنازی، تنفس نوری افزایش می‌یابد که این امر افزایش تولید پراکسید هیدروژن را به همراه خواهد داشت (۲۶). بررسی‌ها نشان داده است که اثر تنش آبی بر رشد و عملکرد گیاهان در طی فصل رشد متفاوت است. در اثر کمبود آب در گیاه مرزنجوش (*Origanum majorana* L.)، مقدار اسانس و چربی بیشتر شد و به‌دلیل کاهش تقسیم یاخته‌ای، طول برگ‌ها نیز کاهش یافت (۶). هم‌چنین در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، بیشترین مقدار قند، اسانس و کلروفیل به‌ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب، تنش شدید و تنش ملایم حاصل شد (۶). در پژوهشی تنش خشکی سبب کاهش شدید ارتفاع بوته و تعداد گل گیاه همیشه‌بهار شد (۳۲). دوام فتوسنتز و حفظ سبزینه برگ در شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل تنش است. تنش خشکی باعث تولید اکسیژن فعال همراه با کاهش و تجزیه کلروفیل می‌شود. در تنش، کلروفیل در کلروپلاست تجزیه و ساختارهای تیلاکوئید ناپدید می‌شوند (۲). نتیجه‌های پژوهش‌ها نشان داده است که خشکی ملایم بر مقدار سبزینه دو گیاه سردسیری *Festuca* و *Poa pratensis* اثری نداشت ولی خشکی شدید مقدار کلروفیل را در هر دو گیاه کاهش داد (۱۶). به‌طورکلی، زنده ماندن گیاه در شرایط تنش، مستلزم توانایی ایستادگی آن در برابر شرایط اسمزی شدید حاصل از خشکی می‌باشد. تنظیم اسمزی به‌عنوان جزئی مهم از سازوکار تحمل به تنش خشکی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (۲۸).

گیاه همیشه‌بهار با نام علمی (*Calendula officinalis* L.)، گیاهی بوته‌ای از تیره میناسانان[۱] است که تحمل خوبی به خشکی داشته و دماهای پایین را نیز به‌خوبی تحمل می‌کند. همیشه‌بهار یک گیاه دارویی و زینتی بوده و یکی از هدف‌های کشت آن، تولید دارو و ماده‌های مؤثره موجود در گل‌ها و به‌ویژه در گلبرگ‌ها می‌باشد (۲۵). از ماده‌های مؤثره موجود در این گیاه می‌توان به فلاونوئیدها، گلوکوزیدها، کاروتنوئیدها و هم‌چنین اسانس‌های ترپنی اشاره کرد. گل‌های نارنجی و زرد رنگ این گیاه افزون بر مصرف خوراکی، طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده غذاهای مختلف، دارای ماده‌های مؤثره و ترکیب‌هایی است که در صنعت، تهیه رنگ‌های نقاشی و در داروسازی برای تهیه انواع کرم‌ها و لوسیون‌ها کاربرد دارد (۱۹).

افزون بر شناسایی گیاهان متحمل به خشکی، باید به دنبال راهکارهایی برای بهبود شرایط گیاهان کشت شده زیر تنش خشکی بود. یکی از این راهکارها توجه به تغذیه گیاهان زیر تنش خشکی می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تغذیه مناسب گیاهان باعث بهبود تحمل آن‌ها به تنش خشکی می‌شود (۲۳). به بیان دیگر با توجه به مقدار فراهمی آب برای گیاه، افزودن عنصرهای غذایی به خاک می‌تواند منجر به افزایش، کاهش و عدم تأثیر بر تحمل گیاهان به خشکی شود (۳۳). پتاسیم در رشد و توسعه یاخته‌های گیاهی، آماس یاخته، باز و بسته شدن روزنه‌ها و حفظ آب در گیاه نقش داشته و از آن‌جا که پتاسیم به‌عنوان عنصر تنش خشکی شناخته شده است، استفاده از نانوکود پتاسیم می‌تواند گیاه را در شرایط تنش یاری کند (۲۸).

در ایران نه‌تنها بیشتر خاک‌ها از نظر ماده‌های آلی فقیر می‌باشند (کمتر از یک درصد) بلکه به جهت بالا بودن دما، ثابت نگه‌داشتن و حفظ مقدار ماده آلی خاک بسیار دشوار است (۳). بنابراین، استفاده از بسترهای کشت آلی نیز می‌تواند در شرایط تنش مفید واقع شود. ماده‌های آلی افزون بر تأثیر مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، به‌دلیل آن‌که عنصرهای موجود در آن‌ها به آهستگی آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، آلودگی کمتری در محیط ایجاد می‌کنند (۳۰). تاکنون دامنه وسیعی از ماده‌ها از جمله دورریزهای چوبی خاک اره، پوست درختان پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، خاک‌برگ، لجن فاضلاب و کوکوپیت به‌عنوان بستر کشت مورد استفاده قرار گرفته و استفاده از کوکوپیت نیز به‌عنوان یک جایگزین برای پیت ماس در کشورهای اروپایی در حال گسترش است (۵). کوکوپیت با داشتن منافذ زیاد، می‌تواند حجم زیادی از آب و ماده‌های مغذی محلول را جذب کند و نیاز به آبیاری‌های پی‌درپی و در فاصله‌های کوتاه را کاهش دهد. الیاف سلولزی درخت خرما نیز شباهت زیادی به الیاف کوکوپیت دارند. در ایران هر ساله مقدار زیادی بقایای گیاهی تولید و به‌دلیل بدون استفاده بودن سوزانده می‌شوند که می‌توان با اندکی تغییر از آن‌ها به‌عنوان جایگزینی برای کوکوپیت استفاده نمود (۵). افزون بر این موارد، اندام هوایی گیاه روناس نیز می‌تواند به‌عنوان یک اصلاح‌کننده آلی برای افزایش محتوای ماده‌های آلی و افزایش نگهداشت آب در خاک مورد استفاده قرار گیرد.

از آن‌جا که شهرستان اردکان در استان یزد یکی از مناطق اصلی تولید روناس (*Rubia tinctorum*) در کشور است و سالیانه مقدار زیادی از بقایای این گیاه ارزشمند دور ریخته می‌شود و از سوی دیگر خشکسالی و کمبود آب موجب شده تا کشاورزی در

۱- Asteraceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

منطقه رونقی نداشته باشد، در این پژوهش اثر این ماده گیاهی با کوکوپیت و پالم پیت در افزایش تحمل گیاه همیشه بهار به تنش خشکی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر بسترهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژی گیاه همیشه‌بهار (*C. 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 سلسیوس میانگین دمای سالانه جز شهرهای گرم و خشک می‌باشد. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در محدوده ۱۵ تا ۱۸ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ۲±۱۸ درجه سلسیوس و میانگین دمای روزانه ۲±۲۴ درجه سلسیوس 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 ٪ در نوسان بود. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی با دو فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول دارای شش سطح 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) و فاکتور دوم دارای سه سطح شامل سه سطح خشکی (۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه[۱]بودند. بافت خاک به روش هیدرومتری، EC و pH در عصاره اشباع، فسفر، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم و نیتروژن کل به روش کجلدال (۱۳) اندازه‌گیری شد. نتیجه‌های واکاوی فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بسترهای کشت مورد مطالعه.

Table 1. Physicochemical properties of studied culture media.

بسترهای کشت Culture media	بافت Texture	کربن آلی OC (%)	EC (dS m^{-1})	pH	N (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)
خاک Soil	لومی-شنی Sandy loam	0.477	3.2	7	0.064	28.94	105	54	19	27
کوکوپیت Cocopeat	-	-	3.1	8.1	0.7	508	9834	-	-	-
پالم پیت Palmpeat	-	-	2.51	7.4	2.33	0.1%	0.35%	-	-	-
بقایای روناس Madder residue	-	52.1	1.2 (1:5)	7.15	1.68	0.18%	1140	-	-	-

کشت گیاه

پس از تهیه بذر گل همیشه‌بهار (رقم نارنجی پاکوتاه کم پر) از شرکت پاکان بذر اصفهان، بذرها در اواخر شهریورماه در سینی‌های توپی کشت‌شده و در اواخر آبان ماه در مرحله‌ی ۳ تا ۴ برگی، به گلدان اصلی انتقال داده شدند. گلدان‌های ۲/۵ کیلوگرمی با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر با خاک الک شده پر شدند. الیاف خرمای مورد استفاده در این آزمایش از درختان نخل کشت شده در نخلستان‌های شهرستان بافق واقع در استان یزد تهیه شد. برای حذف آلودگی‌های سطحی، ابتدا برگ‌ها با آب گرم شستشو شدند و در مقابل نور آفتاب خشک گردیدند. سپس توسط دستگاه خردکن به قطعه‌های کوچک (۲ تا ۵ میلی‌متری) خرد شدند. کوکوپیت موردنیاز از بلوک‌های فشرده‌شده این محصول از شرکت بستر کشت سبزینه فراهم

۱- Field capacity

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

شـد. قبل از به‌کارگیری این ماده مقداری آب به‌منظور باز و حجیم شدن به آن افزوده شد تا به‌طورکامل یکنواخت شود. بقایای روناس از مزارع شهرستان اردکان تهیه و پس از شستشو توسط دستگاه خردکن یونجه به قطعه‌های ۲ تا ۵ میلی‌متری خرد گردید. بقایای روناس، کوکوپیت و پالم پیت با نسبت حجمی ۳۰٪ (حجم گلدان) با ۷۰٪ خاک گلدان به‌طورکامل مخلوط شدند. گلدان‌ها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم قرار گرفتند. نانو کود پتاسیم (حاوی ۲۷٪ پتاسیم) از شرکت خضراء تهیه و به مقدار ۱ و ۲ گرم به ازای یک کیلوگرم خاک در ۲ نوبت (اوایل دوره رشد و قبل از گلدهی) استفاده شد. در طول دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها به‌صورت وزنی و بر اساس تیمار خشکی در نقطه ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد. تغذیه گیاهان به‌صورت یکسان با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) به نسبت یک در هزار در سه دوره (اوایل، اواسط و اواخر کشت) انجام گرفت.

ویژگی‌های مورد ارزیابی

ویژگی‌های مورد ارزیابی شامل برخی از ویژگی‌های رشدی (ارتفاع، تعداد گل، قطر گل، قطر سایه‌سار، تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره)، شاخص سبزینگی برگ، غلظت عنصر پتاسیم و مقدار آنزیم کاتالاز بود. ارتفاع هر بوته در پایان فصل رشد، زمانی که به بیشینه رشد خود رسیدند، اندازه‌گیری شد. بوته‌ها در بهمن ماه به گل رفته و تا اواخر فروردین ماه گل‌ها برداشت شدند. همزمان با وارد شدن گیاه به مرحله زایشی، زمانی که گل‌ها به‌صورت کامل باز شدند، در چندین نوبت، طبق‌ها از بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن، توزین شدند. برای اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی، کل بوته با حذف ریشه از ناحیه پاهنگ جدا و وزن شد و برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. شاخص سبزینگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج مدل (CCM- 200) اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک ریشه نیز اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[۱] (مدل Winarea-UT-11، ساخت ایران) محاسبه شد. پس از خاکستر کردن ماده‌های گیاهی و تهیه عصاره گیاهی، غلظت عنصر پتاسیم با رقیق کردن عصاره اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پتاسیم در گیاه به روش نشر شعله‌ای و با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر (PFP7 Jenway، ساخت آلمان) تعیین شد (۱). فعالیت آنزیم کاتالاز نیز بر اساس روش ارائه شده توسط Gong و همکاران (۱۸)، ارزیابی شد.

واکاوی آماری داده‌ها

تجزیه واریانس همه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

نتایج

ویژگی‌های رشدی

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد برگ، قطر سایه‌سار گیاه و تعداد و قطر گل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). هم‌چنین، تنش خشکی سبب به تاخیر افتادن گلدهی شد به‌طوری که گیاهان کشت شده زیر تنش خشکی ۴۰٪ ظرفیت مزرعه حدود یک ماه پس از سطح ۶۰ و ۸۰٪ ظرفیت مزرعه به گل رفتند. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد برگ، قطر سایه‌سار گیاه و همچنین تعداد و قطر گل در تیمار بقایای روناس حاصل شد (جدول ۳). با بررسی برهمکنش تنش خشکی و تیمارهای کودی و نانوکود پتاسیم مشخص شد که بیشترین ارتفاع گیاه (۱۴ سانتی‌متر) و تعداد برگ (۷۰/۳ عدد) در تنش خشکی میانه (۶۰٪ ظرفیت مزرعه) که با بقایای روناس تیمار شده بودند، حاصل شده است (جدول ۴) و نیز در زمان اعمال تنش شدید (۴۰٪ ظرفیت مزرعه) گیاهان تیمار شده با پالم پیت کمترین ارتفاع گیاه (۷ سانتی‌متر)، تعداد برگ (۱۱/۶ عدد) و قطر سایه‌سار گیاه (۱۰/۱ سانتی‌متر) را تولید کردند (جدول ۴). هم‌چنین بیشترین تعداد (۱۲/۳ عدد) و قطر گل (۶/۶ سانتی‌متر) و نیز قطر سایه‌سار (۱۹/۵ سانتی‌متر) در گیاهان دارای آبیاری مطلوب (۸۰٪ ظرفیت مزرعه) و تیمار شده با بقایای روناس حاصل شد (جدول۴). نتیجه‌ها نشان داد که در گیاهان تیمار شده با پالم‌پیت در هر سه سطح تنش خشکی گلی تشکیل نشد (جدول ۴). در تنش خشکی ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه، گیاهان تیمار شده با دو گرم نانو کود بیشترین سطح برگ (۸۶/۴ سانتی‌متر مربع) را تولید کردند (جدول ۴). بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده مشخص شد که همه ویژگی‌های رویشی با یکدیگر و نیز با مقدار پتاسیم، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی همبستگی معنی‌دار داشتند (جدول ۵).

۱- Leaf area meter

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

جدول ۲- اثر سطح‌های مختلف تنش خشکی بر شاخص‌های رشد همیشه‌بهار.

Table 2. Effect of different levels of drought stress on growth chracteristics of pot marigold.

سطح‌های خشکی Drought levels	قطر گل Flower diameter (cm)	تعداد گل Flower number	قطر سایه‌سار Canopy diameter (cm)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع Height (cm)	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot (g)	وزن خشک ریشه Dry weight of root (g)	وزن تر ریشه Fresh weight of root (g)
٪۸۰ ظرفیت مزرعه 80% FC	3.9[a]	6.61[a]	15.3[a]	31.3[a]	10.65[a]	25.38[a]	2.29[b]	2.7[b]	14.2[a]
٪۶۰ ظرفیت مزرعه 60% FC	3.4[b]	5.1[b]	15.34[a]	31.7[a]	10.52[a]	29.56[a]	4.58[a]	3.4[a]	13.4[a]
٪۴۰ ظرفیت مزرعه 40% FC	2.9[c]	4.05[c]	13.52[b]	25.7[b]	9.58[b]	24.38[b]	2.96[b]	2.2[b]	8.4[b]

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan's test.

†میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون دانکن ($P<0.05$) است.

جدول ۳- اثر تیمارهای مختلف بر شاخص‌های رشدی همیشه‌بهار.

Table 3. The effect of different treatments on growth chracteristics of pot marigold.

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Height	تعداد گل Flower number	قطر گل Flower diameter (cm)	قطر سایه‌سار Crown diameter (cm)	شاخص سبزینگی Greeness index	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد برگ Leaf number	وزن تر ریشه Fresh weight of root (g)	وزن خشک ریشه Dry weight of root (g)	وزن تر شاخه Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک شاخه Dry weight of shoot (g)	پتاسیم K (%)
شاهد Control	8.80[c]	3.55[c]	3.3[c]	6.12[b]	27.8[b c]	68.3[a b]	19.16[d]	9.95[c d]	1.5[c]	14.8[cd]	1.8[c]	1.31[cd]
نانوکود پتاسیم 1 g kg^{-1} Nano-potassium	11.11[b]	5.7[b]	3.9[b]	6.16[a]	32.9[b]	68.1[a b]	34.22[c]	15.04[b]	3[b]	27.4[c b]	4.6[b]	2.21[c]
نانوکود پتاسیم 2 g kg^{-1} Nano-potassium	11.86[b]	9.8[a]	3.4[b]	5.17[a]	40.9[a]	75.09[a]	45.11[b]	12.1[c b]	2.9[b]	34.8[b]	6.7[a]	5.48[a]
بقایای روناس Madder residue	12.66[a]	10.2[a]	4.5[a]	8.17[a]	33.6[b]	57.2[b]	52.44[a]	22.7[a]	5.4[a]	48.6[a]	7.08[a]	3.56[b]
کوکوپیت Cocopeat	8.41[c]	2.2[d]	4.3[a]	7.11[b]	23.8[c]	54.3[b]	13.27[e]	6.6[d e]	1.6[c]	21.5[b c d]	1.5[c]	0.73[d]
پالم‌پیت Palm peat	8.66[c]	0[e]	0[d]	1.12[b]	23.6[c]	57.2[b]	13.55[e]	5.7[e]	2.1[c b]	11.3[d]	1.7[c]	1.42[cd]

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan's test.

†میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون دانکن ($P<0.05$) است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

جدول ۴- برهمکنش تیمارهای مختلف و تنش خشکی بر شاخص‌های رشد همیشه‌بهار.

Table 4. The interaction effects of different treatments and drought stress on growth chracteristics of pot marigold.

سطح‌های خشکی Drought levels	تیمارها treatments	پتاسیم Potassium (٪)	شاخص سبزینگی Greeness index	وزن خشک ریشه Dry weigh of (g) root	وزن تر ریشه Fresh weight (g) of root	وزن تر شاخساره Fresh weight (g) of shoot	وزن خشک شاخساره Dry weight of (g) shoot	قطر سایه‌سار Crown diameter (cm)	قطر گل Flower diameter (cm)	تعداد گل Flower number	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد برگ Leaf number	ارتفاع Height (cm)
۸۰٪ ظرفیت مزرعه 80% FC	شاهد Control	1.56 gfed	25.2 de	1.4c	11.9cdef	15.1f	1.9 f	12 def	4.2 cdef	4.6 gf	62.2abc	16.1gf	8.08 gh
	نانوکود پتاسیم 1 g kg^{-1}g Nano-potassium	2.9 efg	27.6 cde	3.2bc	16.9c	28cde	4.9 cde	17 abc	4.4 bcde	8 de	74.3ab	36.3cd	11.1 cd
	نانوکود پتاسیم 2 g kg^{-1} Nano-potassium	3.8 bcd	31.4 bcd	3.5bc	17.6c	43.1 b	11.5 b	18 abc	4.7bc	11.6 ab	73.8ab	52b	12.9 b
	بقایای روناس Madder residue	5.5 ab	30.02 cd	4.7b	26.9b	40.2 bcd	6.1 cd	19.5۵ a	6.6 a	12.3 a	52.7bc	54b	12.8 b
	کوکوپیت Cocopeat	1.05 efg	25.3 de	1.4c	6.8def	11.9 e	1.8 f	12.4 def	3.7 gfed	3 gh	60.2abc	14.3 gf	8.9 fg
	پالم‌پیت Palm peat	1.5 defg	30.1 cd	2c	5.2f	13.9 ed	2.2 f	13.3 de	0 i	0 i	42.5c	15.5 gf	10def
۶۰٪ ظرفیت مزرعه 60% FC	شاهد Control	1.15 efg	26.8 de	1.3c	9.03def	16.4bcde	1.7 f	12.6def	3.5 gfe	3.6 gfh	77.8ab	18 gf	8.3gf
	نانوکود پتاسیم 1 g kg^{-1} Nano-potassium	1.8 defg	32.8 bcd	3.06bc	14.7cd	28.7 bcde	4.5 ed	16.5 abc	4 gfecd	5.6 ef	68.8abc	31.6 de	11.3cd
	نانوکود پتاسیم 2 g kg^{-1} Nano-potassium	5.2 bc	46.3 a	2.9bc	11.06cdef	31.4 bcde	6.7 c	19 ab	4.1 cdef	10.6 abc	86.4a	45 bc	11.5c
	بقایای روناس Madder residue	3.2 cde	42.8 ab	9.3a	34.06a	79.2 a	11.1 a	18.5 abc	5.1 b	9 cd	58.2abc	70.3 a	14.3a
	کوکوپیت Cocopeat	0.67 ef	23.6 de	2.1c	6.2ef	10.5 e	1.7 f	12.5 def	3.5 gfe	2 hi	58.9abc	12 g	8.1 gh
	پالم‌پیت Palm peat	1.14 efg	18.2 e	2.03c	5.3ef	11 e	1.6 f	12.9 def	0 i	0 i	60.3abc	13.5 gf	9fg
۴۰٪ ظرفیت مزرعه	شاهد Control	1.21 efg	31.5 cd	1.8c	8.9def	12.9 ed	1.8 f	13.3 de	2.2h	2.3 hig	65.1abc	23.3 ef	9.5 efg

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

40% FC	نانوکود پتاسیم 1 g kg^{-1} Nano-potassium	1.8 defg	38.2 abc	2.9bc	13.4cde	25.5 bcde	4.4 ed	16.3 bc	3.4 fg	3.6 fgh	61.2abc	34.6 cd	10.8 cde
	نانوکود پتاسیم 2 g kg^{-1} Nano-potassium	7.3 a	42.9 ab	2.4c	7.6def	30.03 bcde	5 cde	15.5 cd	4.1 cdef	7.3 ed	64.9abc	38 cd	11.1 cd
	بقایای روناس Madder residue	1.9 defg	27.8 cde	2.3c	7.3def	26.3 bcde	4 e	15.5 cd	4.5 bcd	9.3 cdb	60.6abc	33 ed	10.8 cde
	کوکوپیت Cocopeat	0.47g	22.5 de	۱.3c	6.8def	42.1 bc	1.1 f	10.3 ef	3.1 g	1.6 hi	44.05c	13.5 gf	8.1 gh
	پالم‌پیت Palm peat	1.54 defg	22.4 de	2.5c	6.5ef	9.2 e	1.4 f	10.1 f	0 i	0i	69abc	11.6 g	7h

†Means in each column followed by the same letters are not significantly different at $P<0.05$ according to the Duncan's test.

†میانگین‌های دارای حرف‌های مشترک در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار بر پایه آزمون دانکن ($P<0.05$) است.

جدول ۵- همبستگی بین ویژگی‌های رشدی گیاه همیشه‌بهار زیر تاثیر بسترهای مختلف کشت و تنش خشکی.

Table 5. Simple correlation between growth chracteristics of pot marigold under the impact of different culture media and drought stress.

ویژگی‌ها Parameters	پتاسیم K	کاتالاز Catalase	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot	وزن تر ریشه Fresh weight of root	وزن خشک ریشه Dry weight of root	شاخص سبزینگی Greeness index	سطح برگ Leaf area	تعداد برگ Leaf number	قطر گل Flower diameter	قطر سایه‌سار Crown diameter	تعداد گل Flower number
کاتالاز Catalase	-0.198ns											
وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	0.572**	-0.140 ns										
وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot	0.260 ns	-0.182 ns	0.646**									
وزن تر ریشه Fresh weight of root	0.274*	-0.162 ns	0.73**	0.62**								
وزن خشک ریشه Dry weight of root	0.28*	-0.12 ns	0.73**	0.62**	0.84**							
شاخص سبزینگی Greeness index	0.54**	-0.23 ns	0.62**	0.38**	0.37**	0.39**						
سطح برگ Leaf area	0.05 ns	0.11 ns	0.14 ns	-0.05 ns	0.04 ns	-0.01 ns	0.12 ns					
تعداد برگ Leaf number	0.57**	-0.18 ns	0.93**	0.7**	0.76**	0.74**	0.61**	0.13 ns				

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

قطر گل Flower diameter	0.39**	0.06 ns	0.56**	0.49**	0.61**	0.37**	0.34*	0.14 ns	0.65**			
قطر سایه‌سار Crown diameter	0.52**	-0.15 ns	0.76**	0.54**	0.6**	0.51**	0.52**	0.25 ns	0.83**	0.59**		
تعداد گل Flower number	0.67**	-0.03 ns	0.76**	0.48**	0.55**	0.44**	0.5**	0.24 ns	0.79**	0.78**	0.73**	
ارتفاع Height	0.56**	-0.12 ns	0.84**	0.60**	0.65**	0.62**	0.57**	0.05 ns	0.86**	0.57**	0.86**	0.75**

†Significant levels at $P \leq 0.01$ are represented by ** using Pearsons correlation coefficient.

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده سطح‌های مختلف تنش خشکی تفاوت معنی‌داری در وزن تر اندام هوایی ایجاد نکرد (جدول ۲)، اما با افزایش سطح خشکی وزن خشک اندام هوایی و ریشه نیز کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در تیمار بقایای روناس حاصل شد (جدول ۳). هم‌چنین بررسی برهمکنش تنش خشکی و تیمار نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه در تنش خشکی ۶۰٪ ظرفیت مزرعه و بقایای روناس تولید شده است (جدول ۴). این نتیجه‌ها با نتیجه‌های به‌دست آمده در مورد ارتفاع و تعداد برگ گیاه مطابقت داشت. بررسی ضریب همبستگی ویژگی‌ها نیز نشان داد که وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی به‌طور معنی‌داری با یکدیگر و دیگر ویژگی‌های رویشی مرتبط بود (جدول ۵).

شاخص سبزینگی

سطح‌های مختلف تنش خشکی اثر معنی‌داری بر میزان شاخص سبزینگی گیاه نداشتند. بیشترین مقدار شاخص سبزینگی در گیاهان تیمار شده با ۲ گرم نانو کود پتاسیم در گلدان به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین مقدار شاخص سبزینگی (۴۶/۳) در زمان تنش خشکی متوسط (۶۰٪ ظرفیت مزرعه) و در گیاهان تیمار شده با ۲ گرم نانو کود در گلدان به‌دست آمد (جدول ۴). در حالی‌که کمترین مقدار شاخص سبزینگی (۱۸/۲) در زمان تیمار گلدان‌ها با پالم پیت و سطح تنش ۶۰٪ ظرفیت مزرعه حاصل شد (جدول ۴). هم‌چنین شاخص سبزینگی همبستگی معنی‌دار با دیگر ویژگی‌ها به غیر از فعالیت آنزیم کاتالاز و سطح برگ نشان داد (جدول ۵).

آنزیم کاتالاز

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده سطح‌های خشکی، اثر بسترهای کشت و نیز برهمکنش آن‌ها بر مقدار آنزیم کاتالاز معنی‌دار نشد. هم‌چنین آنزیم کاتالاز همبستگی مثبت با دیگر ویژگی‌های مورد ارزیابی نشان نداد (جدول ۵).

پتاسیم

بر اساس نتیجه‌های حاصل شده، اختلاف معنی‌داری بین سطح‌های مختلف خشکی و مقدار پتاسیم گیاه یافت نشد. بیشترین مقدار پتاسیم (۷/۳٪) هنگام اعمال تنش خشکی شدید (۴۰٪ ظرفیت مزرعه) در گیاهان تیمار شده با نانوکود پتاسیم (۲ گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد (جدول ۴). کم‌ترین مقدار پتاسیم (۰/۶۷٪) نیز در نمونه‌های ۶۰٪ ظرفیت زراعی و تیمار شده با کوکوپیت به‌دست آمد. هم‌چنین پتاسیم برگ همبستگی معنی‌داری با دیگر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری به غیر از کاتالاز، سطح برگ و وزن تر اندام هوایی نشان داد (جدول ۵).

بحث

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده از این پژوهش با افزایش سطح تنش خشکی میزان رشد رویشی گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این نتیجه‌ها با نتیجه‌های لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۸) روی گیاه همیشه بهار در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت. جعفرزاده و همکاران (۳) نیز کاهش ارتفاع گیاه همیشه‌بهار را در شرایط تنش خشکی گزارش کردند. در پژوهشی، Shubhra و همکاران (۳۳)، در بررسی‌های خود روی همیشه‌بهار دریافتند که ارتفاع بوته و تعداد گل گیاه در شرایط خشکی به شدت کاهش پیدا کرد. این نتیجه‌ها روی بادرشبو نیز به‌دست آمد (۶). بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده مشخص شد که همه ویژگی‌های رویشی با یکدیگر و نیز با مقدار پتاسیم، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی همبستگی معنی‌دار داشتند. در واقع با کمبود آب و تنش خشکی، فشار آماس در یاخته کاهش یافته، کاهش نمو یاخته و در نتیجه اندازه یاخته رخ می‌دهد که این شرایط در نهایت منجر به کاهش رشد در تمام گیاه می‌شود (۷). بنابراین ارتفاع، سطح برگ، قطر سایه‌سار و وزن گیاه نیز کاهش می‌یابد.

تنش خشکی به دلیل کاهش آب در خاک و فعال نمودن فرایندهای مختلف در گیاه که با مصرف انرژی همراه می‌باشد، روی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه تأثیر می‌گذارد. تنش آبی با کاهش مقدار آب و فشار تورژسانس، کاهش پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش اندازه یاخته و ارتفاع گیاه همراه است. مقدار و کیفیت رشد گیاه وابسته به تقسیم، بزرگ شدن و تمایزیابی یاخته و افزایش پیری برگ‌ها است که زیر تاثیر تنش آبی قرار می‌گیرد (۲۲). هر چه شدت تنش خشکی بیشتر باشد رشد اندام هوایی کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند مربوط به افزایش آبسیزیک اسید در اندام هوایی باشد. کاهش تعداد

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

برگ به‌دلیل افزایش انباشت اتیلن و پیری زودرس گیاه در زمان بروز تنش خشکی، به‌عنوان راهکاری در کاهش تعرق و فرار از تنش می‌باشد. کمبود آب می‌تواند تعداد برگ در بوته، اندازه هر برگ و طول عمر برگ را به‌دلیل کاهش پتانسیل آب خاک کاهش دهد (۱۴). در پژوهشی، Khurana و Singh (۲۱)، نشان دادند که کاهش سطح و تعداد برگ در اثر افزایش تنش خشکی سبب کاهش اتلاف آب و تعرق و به دنبال آن افزایش تحمل گیاهان در برابر خشکی می‌شود. ریزش و کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی یک سازش مورفولوژیکی و عاملی برای انتشار مجدد ماده‌های غذایی در گیاه است.

مشخص شد با افزایش سطح خشکی مقدار سایه‌سار گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. کاهش آبیاری و در نتیجه کند شدن سرعت رشد منجر به کاهش گسترش پوشش گیاه می‌شود. یکی از نقش‌های اصلی آب تولید آماس در یاخته است که در بزرگ شدن روزنه‌ها، افزایش فتوسنتز، رشد گیاه و کار دیگر اندام‌های تخصص یافته گیاه نقش مهمی را ایفا می‌کند. در واقع یکی از اولین واکنش‌ها به تنش آبی، کاهش رشد است و با طولانی شدن دوره خشکی، رشد شاخه و سایه‌سار اغلب گیاهان کاهش پیدا می‌کند (۳۵). کاهش آب مصرفی در گیاه همیشه‌بهار منجر به کاهش اندازه و تاج پوش گیاه گردید (۲۹) که این موضوع با نتیجه‌های به‌دست آمده در مورد ارتفاع و تعداد برگ گیاه نیز همخوانی داشت. در شرایط خشکی می‌توان با استفاده از بقایای آلی مختلف و نانوکود پتاسیم، اثر مخرب تنش روی گیاه را کاهش داد. نتیجه‌های به‌دست آمده با نورانی و همکاران (۹) که بیان کردند کمپوست ضایعات نخل می‌تواند بستر مناسبی برای پرورش دیفن باخیا باشد، مطابقت نداشت. به نظر می‌رسد به‌دلیل این‌که پالم پیت مورد استفاده در این پژوهش به‌طورکامل تجزیه نشده و در زمان آزمایش تغییر نسبت C/N رخ داده است، موجب آلی شدن نیتروژن معدنی خاک شده باشد. هم‌چنین به نظر می‌رسد که کاهش رشد در تیمارهای پالم پیت و کوکوپیت به‌دلیل عدم تهویه مناسب بستر کشت و شوری احتمالی پالم پیت باشد (۹).

در پژوهش حاضر با افزایش شدت خشکی از تعداد و عمر گل کاسته شد. هم‌چنین در سطح‌های بالای تنش تاخیر در گلدهی مشاهده شد که این می‌تواند نشان‌دهنده عدم توانایی گیاه برای تحمل این سطح از تنش باشد. از آنجایی که در گیاهان زینتی گلدار اندام اصلی مورد توجه گل می‌باشد، ضروری است که دوره گلدهی این گیاهان طولانی شود. در گیاهانی که با تنش خشکی روبرو هستند برای ذخیره‌سازی کربوهیدرات مورد حیات، میزان گلدهی کاهش پیدا می‌کند (۱۲). این نتیجه‌ها با نتیجه‌های جعفرزاده و همکاران (۳)، روی گیاهان همیشه‌بهار پرورش یافته در شرایط تنش خشکی مطابقت داشت. کاربرد بقایای روناس بر عملکرد گل موثر بود و بیشترین عملکرد گل را به دنبال داشت. به‌طورکلی هرچند با کاهش میزان آب مصرفی و به دنبال آن بروز تنش خشکی از عملکرد گل در گیاه همیشه‌بهار کاسته می‌شود، اما با به کارگیری بقایای روناس، به‌ویژه در سطوح بالای تنش، می‌توان تا حدی از بروز اثرهای سوء تنش خشکی بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست.

به نظر می‌رسد که بقایای گیاهی روناس موجب افزایش خلل و فرج خاک شده و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب در گلدان‌ها در زمان بروز تنش افزایش یافته است به‌طوری که ملاحظه می‌شود بهترین نتیجه در زمان بروز خشکی متوسط (۶۰٪ ظرفیت مزرعه) ایجاد شده است. ممکن است در زمان آبیاری نرمال (۸۰٪ ظرفیت مزرعه) خلل و فرج زیاد، موجب نگهداری آب بیش از حد شده باشد و تاثیر نامطلوب در گیاه گذاشته باشد اما با کاهش آبیاری به تدریج آب در اختیار گیاه قرار گرفته و اثرهای نامطلوب رفع گردیده است.

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده با افزایش سطح خشکی وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت. در واقع با کاهش سطح و تعداد برگ مقدار آب موجود در گیاه و وزن آن نیز کم شد. در تیمار ۸۰٪ ظرفیت مزرعه، با به کار بردن بقایای روناس، وزن خشک اندان هوایی به مقدار ۲/۲ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. در سطح ٪۶۰ ظرفیت مزرعه، کاربرد بقایای روناس باعث افزایش ۵/۵۳ برابری وزن خشک اندام هوایی نسبت به شاهد شد، این در حالی است که کاربرد یک و دو گرم نانو کود پتاسیم تنها توانست وزن خشک اندام هوایی را به‌ترتیب ۱/۶ و ۲/۹ برابر نسبت به شاهد افزایش دهد و دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد نداشتند. افزون بر وزن خشک اندام هوایی، توجه به وزن خشک ریشه نیز اثر مثبت کاربرد بقایای روناس را به خوبی نشان می‌دهد. کاربرد بقایای روناس در سطح‌های ۸۰ و ۶۰٪ ظرفیت مزرعه، باعث شد که وزن خشک ریشه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲/۴ و ۶/۲ برابر افزایش یابد در حالی که دیگر تیمارهای اصلاحی نتوانستند باعث ایجاد تغییر معنی‌داری در وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شوند. این نتیجه‌ها نشان می‌دهد که اثر بخشی بقایای روناس در ارتباط با وزن خشک اندام هوایی و ریشه

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

با افزایش تنش خشکی (از ۸۰٪ به ۶۰٪ ظرفیت مزرعه) بیشتر شده است که این امر می‌تواند به‌دلیل افزایش تخلخل خاک و هم‌چنین افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد.

نتیجه‌های به‌دست آمده با نتیجه‌های لباسچی و شریفی عاشور آبادی (۸) روی وزن تر اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار و بابونه در شرایط تنش خشکی مطابقت نداشت. گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش داده و سبب کاهش وزن خشک برگ در واحد سطح می‌شود. این رفتار سبب کاهش تولید ماده‌های فتوسنتزی می‌گردد و در نهایت وزن خشک ساقه به‌دلیل کاهش تعداد ساقه فرعی کاسته می‌شود. با کمبود ماده‌های فتوسنتزی، انتقال آن‌ها به سمت اندام زایشی نیز کاهش می‌یابد که در نهایت موجب کاهش عملکرد رویشی و زایشی گیاه می‌شود. در شرایط تنش، کاهش وزن خشک می‌تواند به‌دلیل فشار آماس یاخته ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و هم‌چنین کاهش نرخ فتوسنتزی به‌دلیل محدودیت‌های زیست‌شیمیایی ناشی از کمبود آب مانند کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌ویژه کلروفیل‌ها باشد (۲۴). با افزایش تنش خشکی در گیاه مرزه نیز وزن خشک گیاه کاهش یافت (۱۰). کم شدن وزن خشک گیاه ممکن است با کاهشی 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 همیشه‌بهار شدند. از این رو، استفاده از ماده‌های آلی در کشاورزی باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود.

نتیجه‌های حاصل نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی مقدار کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتیجه‌های آزمایش Abdalla و El-Khoshiban (۱۰) روی گندم نشان داد که در زمان تنش خشکی ساختار پلاستیدها ازجمله پروتئین غشای تیلاکوئیدها تخریب شده که در نتیجه موجب انحلال فتوسیتم دو که فتون‌ها را به دام می‌اندازد، شده، در نتیجه کارایی آن کاهش یافته، ظرفیت انتقال الکترون، تولید ATP و NADPH و در نهایت فرایند تثبیت دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد. محتوای نسبی کلروفیل یک رابطه مثبت با نرخ فتوسنتز دارد. دشتی و همکاران (۴) گزارش کردند که تنش‌های ملایم تا میانگین در گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia* Benth) باعث تخریب ساختار کلروفیل نشد، اما در سطوح شدید تنش (۹۲/۱ مگاپاسکال) محتوای کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش محتوای کلروفیل برگ زیر تنش خشکی یک نشانه معمول از تنش اکسیداتیو بوده و ممکن است در نتیجه اکسیداسیون نوری رنگدانه و تخریب کلروفیل باشد (۴). محیط کشت‌های دارای ماده‌های آلی به خاطر عمل ریزانداموارهها می‌پوسند. در فرایند پوسیدگی، نیتروژن توسط ریزانداموارهها جذب می‌شود. اگر مقدار زیادی ماده‌های آلی در کوتاه مدت از هم پاشیده شوند، محیط کشت از نیتروژن تهی می‌شود و برای استفاده گیاه در دسترس نیست. پوسیده شدن منجر به از هم پاشیدن سریع ذره‌های ماده‌های آلی در پالم پیت شده و ذرات درشت که سریع نمی‌پوسند، باقی می‌مانند. این پوسیدن سریع موجب تغییر ساختار محیط کشت می‌گردد (۱۳).

در ارتباط با فعالیت آنزیم کاتالاز پژوهش‌های متعددی وجود دارد که حاکی از رفتارهای مختلف این آنزیم در برابر تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی می‌باشد. برخی بر این باورند که فعالیت آنزیم کاتالاز در تنش خشکی کاهش و برخی دیگر باور به افزایش آن دارند. اما نتیجه پژوهش‌های Shehab و همکاران (۳۲) روی گیاه برنج (*Oryza sativa*) حاکی از افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط خشکی می‌باشد. در زمان فتوسنتز زیر شرایط کم آبی، نشت بالای الکترون با سمیت اکسیژن اتفاق افتاده و گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن مانند سوپراکسید و پراکسید هیدروژن تولید می‌شوند. هم‌چنین در شرایط خشکی به‌دلیل محدود شدن تثبیت دی‌اکسید کربن و افزایش فعالیت اکسیژنازی، تنفس نوری افزایش می‌یابد که این امر افزایش تولید پراکسید هیدروژن را به همراه خواهد داشت (۲۶). آنزیم اصلی حذف پراکسیدهیدروژن، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد که هر کدام تمایل‌های متفاوتی به این نوع گونه واکنش‌گر اکسیژن دارند (۲۶). عدم معنی‌داری مقدار فعالیت آنزیم ممکن است ناشی از کاهش ظرفیت برگ‌ها برای تجزیه گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن در زمان بروز تنش باشد.

نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که مقدار پتاسیم در برگ گیاه زیر تنش خشکی قرار نگرفت. تغییر سرعت جذب ماده‌های معدنی و گردش آن‌ها در پیکره گیاه سبب تغییر pH شیره خام شده که انباشت ماده‌های معدنی از جمله پتاسیم را به دنبال دارد (۷). اثر مثبت پتاسیم روی تحمل تنش خشکی می‌تواند ناشی از افزایش رشد ریشه در نتیجه جذب بیشتر عنصرها و آب توسط گیاه و هم‌چنین ناشی از کاهش تعرق آب باشد. افزون بر این، نگهداری پتاسیم، پتانسیل اسمزی و آماس یاخته‌ها و تنظیم‌های روزنه‌های در حال کار در شرایط تنش خشکی را سبب شود. پژوهش Kuchenbuch و همکاران (۲۲) نشان داد که

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

کاهش محتوای آب خاک، سبب کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه‌های پیاز شد. دلیل این موضوع را کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه اعلام نمودند. به‌احتمال علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش خشکی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و در پی آن کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است. از سوی دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (۷). در واقع به نظر می‌رسد که بقایای گیاهی به علت دارا بودن عنصر پتاسیم در بافت خود، در نهایت منجر به افزایش سطح این عنصر غذایی در گیاه شده باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاه در هنگام تنش خشکی با ایجاد تغییرها در برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی خود از جمله کاهش ارتفاع بوته، عملکرد گل، تعداد برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی به تنش پاسخ داد. در میان تیمارهای مورد استفاده، بقایای روناس افزون بر افزایش شاخص‌های رشد سبب افزایش تعداد و دوره گلدهی گیاه همیشه بهار شد. بستر کشت حاوی بقایای گیاه روناس به‌دلیل در دسترس بودن، هزینه بسیار کمتر و نیز به خاطر وزن کم و کاهش هزینه حمل و نقل و صادرات گیاهان گلدانی با انجام تیمارهایی در راستای نگه‌داری رطوبت، می‌تواند به‌عنوان جایگزین مناسب بسترهای خارجی مانند پیت‌ماس معرفی گردد. همین‌طور با توجه به کمبود آب در استان یزد به‌ویژه در شهرستان اردکان که منجر به کاهش رونق کشاورزی گشته، این بستر کشت با اتکا به پتانسیل‌های منطقه، بستری مناسب برای افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی در منطقه برای بهبود وضع کشاورزی می‌باشد.

منابع References

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، انتشارات سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت کشاورزی، ۱۲۸ ص.

۲. ترحمی، گ.، م. لاهوتی و ف. عباسی. ۱۳۸۹. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان(*Salvia leriifolia* Benth) کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروزک. علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی زنجان. ۷-۱ :(۲)۳.

۳. جعفر زاده، ل.، ح. امیدی و ع. بستانی. ۱۳۹۲. تاثیر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد گل، رنگریزه‌های فتوسنتزی و محتوی پرولین گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis*. L). فصلنامهٔ علمی -پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۶۸۰-۶۶۶ :(۳) ۲۹.

۴. دشتی، م.، م. کافی، ح. توکلی و م. میرزا. ۱۳۹۴. مطالعه برخی شاخص‌های مورفو فیزیولوژیک گیاه دارویی نوروزک در شرایط تنش کمبود آب. نشریه پژوهش‌ای ایران زراعی. ۳۰۷-۲۹۸ :(۲) ۳.

۵. دعاگویی، ع و ا. غضنفری مقدم.، ۱۳۹۳. استفاده از الیاف خرما به‌عنوان بستر کشت و بهینه سازی قابلیت جذب و نگهداشت رطوبت به روش پاسخ سطح. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۴-۱ :(۴) ۵.

۶. صفی‌خانی، ف. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبو تحت شرایط مزرعه. پایان نامه دکتری زراعت. دانشگاه رامین اهواز. ۲۴۱-۲۳۵.

۷. کافی، م.، ا. زند، ب. کامکار، ح. شریفی و م. گلدانی. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ دوم. ۳۷۹ ص.

۸. لباسچی، م و ا. شریفی عاشور آبادی. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴۹-۲۶۱ : (۲) ۲۰.

۹. نورانی، س.ه.، م. کافی و ع. محبوب خمامی. ۱۳۹۲. اثر کمپوست ضایعات نخل به‌عنوان جایگزین پیت بر پرورش گیاه زینتی دیفن باخیا (*Dieffenbachia amoena*) . علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۹۸-۸۹ :(۳) ۴.

10. Abdalla, M.M. and N.H. El-Khoshiban. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. J. Appl. Sci. Res. 3 (12):2062-2074.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

11. Abedi, T. and H. Pakniyat. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech. J. Genet. Plant Breed. 46:27-34.
12. Auge, R.M., A.J.W. Stodola, J.L. Moore, W.E. Klingeman and X. Duan. 2003. Comparative dehydratation tolerance of foliage of several ornamental crops. Sci. Hort. 98:511-516.
13. 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. 1085-1122.
14. Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2005. Floriculture: Principales and species. Published by Prentice Hall. 595 pp.
15. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustainable Dev. 29:185-212.
16. Foyer, C.H., M. Leandais and K.J. Kunert, 1994. Photoxidative stress in plants. Physiol. Plant. 92: 696-717.
17. Fu, J and B. Haung. 2001. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation two cool season grasses to localized drought stress. Environ. Exp. Bot. 45:105-114.
18. Gong, H., X. Zhu, K. Chen, and S. Wang. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pot under drought. Plant Sci. 169:313-321.
19. Jiang, Y. and N. Huang. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxdant metabolism and lipid peroxidation. Crop Sci. 41:436-442.
20. Kalvatchev, Z., R. Walder and D. Garzaro. 1997. Anti-HIV activity of extracts from *Calendula officinalis* flowers. Biomed. Pharmacother. 51(4):176-180.
21. Khurana, E. and J.S. Singh. 2000. Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. Ann. Bot. 86:1185-1190.
22. Kuchenbuch, R., N. Claasen and A. Jungk. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, calculations by II means of a mathematical simulation model. Plant Soil. 95:233-243.
23. Kusaka, M., A.G. Lalusin and T. Fujimura. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) Leeke) cultivars with different root structures and osmo regulation under drought stress. Plant Sci. 168:1-14.
24. Lal, P., B.R. Chhipa and A. Kumar. 1993. Salt affected soil and crop production: a modern synthesis. Agro Botanical Publishers, India, 375 pp.
25. Lawlor, D.W. and G. Cornic. 2002. Photosynthtic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higer plant. Plant. Cell. Environ. 25:275-294.
26. Martin, R.J. and B. Deo. 1999. Effect of plant population on Calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. N. Z. J. Crop. Hort. Sci. 28: 37-44.
27. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7:405-410.
28. Mohammadi Torkashvand, A. and T. Toofighi Alikhani. 2015. The impact of drought stress of the cultivation medium on the growth and postharvest life of Lilium and chlorophyll in different potassium concentrations of nutrient solution. J. Ornam. Plant. 5(2):123-130.
29. Omidi, H. 2010. Changes of proline content and activity of antioxidative enzymes in two canola genotypes under drought stress. Amer. J. Plant Physol. 5 (6):338-349.
30. Rahmani, N., H. Aliabadi Farahani and S.A.R. Valadabadi. 2008. Effects of nitrogen on oil yield and its component of calendula (*Calendula officinalis* L.) in drought stress conditions. Abstracts Book of the world Congress on Medicinal and Aromatic Plants, South Africa p.364.
31. Roe, N.E., J. Stoffella and D. Greatz. 1997. Compost from various municipal solid wastes feed stocks affect vegetable crops. II. Growth, yield and fruit quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:433-437.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

32. Shehab, G.G., O.K. Ahmed and H.S. El-Beltagi. 2010. Effects of various chemical agents for alleviation of drought stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). Not. Bot. Hort. Agrobot. 38:139-148.
33. Shubhra, K., J. Dayal, G.L. Goswami and R. Munjal. 2004. Effects of water-deficit on oil of Calendula aerial parts. Biol. Plant. 48(3):445-448.
34. Sreevalli, Y., K. Baskaran, R. Chandrashekara, R. kuikkarni, S. SuShil Hasan, D. Samresh, J. Kukre, A. Ashok, K. Sharmar Singh, S. Srikant and T. Rakesh 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. J. Medic. Aroma. Plant Sci. 22:356-358.
35. Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant physiology (5th ed). Sinauer associates inc., publishers, Sunderland, Massuchusette USA. P 647.
36. Yin, C., Y. Peng, R. Zang, Y. Zhu and C. Li. 2005. Adaptive responses of *Populus kangdigensis* to drought stress. Physiol. Plant. 123:445-451.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (1): 65 - 78 (2019)
Research article

Effect of Different Substrates and Nano Potassium Fertilizer on Morpho-Physiological Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) under Drought Stress

M. Bahrampour, M. Dehestani-Ardakani*, M. Shirmardi and J. Gholam-Nejad[1]

Aim of this study was the application of some organic materials in soil to improve pot marigold plant (*Calendula officinalis* L.) tolerance to drought stress. Experiment was performed as factorial based on a completely randomized design with three replications. Treatments were consisted of 100% of pot volume soil (control), 1 and 2 g kg^{-1} nano-potassioum fertilizer, 30% of pot volume cocopeat (v/v) + 70% soil, 30% of pot volume palmpeat + 70% soil and 30% of pot volume madder plant residues + 70% soil in three levels of drought stress (40, 60, and 80% of field capacity). According to the results, with increasing the drought stress, growth parameters were significantly decreased. The highest plant height (14.3 cm), leaf number (70.3), fresh and dry weight of shoot (79.2 and 11.1 g respectively) and roots (34.06 and 9.3 g respectively) were obtained in interaction of madder plant resideue and 60% field capacity drough stress treatment. In severe stress (40% field capacity), plants in medium with palm peat showed the lowest height (7 cm), leaf number (11.6) and crown diameter (10.1 cm). Generally, results showed that madder plant residues with compared to other treatments increased pot marigold resistance to drought stress. Regard to low cost, high moisture keeping and high porosity of madder plant residues, it could be as a suitable substance in arid land to reduce water consumption.

Keywords: Cocopeat, Madder, Nano-potassium, Palm peat, Plant residues.

1. M.Sc. Student, and Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (mdehestani@ardakan.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-01-30]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.1.2.9]