مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۴ صفحه‌های ۳۷۷ تا ۳۸۸ (۱۳۹۶)

تغییرهای مورفوفیزیولوژیک، زیست‌شیمیایی و ترکیب‌های اسانس مرزه باغی (*Satureja hortensis* L.) آبیاری شده با پساب تصفیه شده [۱]

Changes in Morpho-Physiological, Biochemical and Essential Oil Components of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) Irrigated with Refined Sewage Water

هانیا صحراییان، الهام اسراری* و محمدجمال سحرخیز[۲]

چکیده

با توجه به چالش کمبود آب آبیاری در تولید گیاهان باغی، جایگزینی منابع آبی با پساب تصفیه شده در حال افزایش است. در این پژوهش تغییرهای مورفوفیزیولوژیکی، زیست‌شیمیایی و ترکیب‌های اسانس گیاه دارویی مرزه باغی (*Satureja hortensis* L.) در اثر آبیاری با آب چاه، پساب تصفیه شده و ترکیب آب چاه و پساب تصفیه شده با نسبت ۱:۱، در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مورد ارزیابی دارد. بیشترین و کمترین وزن تر کل گیاه و ریشه، طول شاخه و ریشه و ارتفاع گیاه به‌ترتیب در تیمار آب چاه و پساب به‌دست آمد. بیشترین وزن تر و خشک قسمت هوایی و درصد ماده خشک در تیمار آب چاه + پساب و بیشترین قطر ساقه در گیاهان آبیاری شده با پساب به‌دست آمد. بیشترین و کمترین سطح برگ و مقدار اسانس (۲/۸۶ درصد وزنی) به‌ترتیب در تیمار آب چاه + پساب و تیمار آب چاه به‌دست آمد. بیشترین شاخص کلروفیل برگ (۴۴/۷۵) و فنول کل (۱/۹۶ mg GAE $100\ g^{-1}$) در تیمار پساب تصفیه شده به‌دست آمد. در واکاوی ترکیب‌های اسانس، ۴۷ ترکیب شناسایی شد که بیشترین ترکیب آن کارواکرول (۵۳/۲۷ درصد) بود که در تیمار پساب تصفیه شده به‌دست آمد. به‌طور کلی به دلیل بهبود ویژگی‌های رشدی و افزایش عملکرد اسانس و همچنین به منظور کاهش مصرف آب، ترکیب آب چاه و پساب تصفیه شده برای تولید مرزه باغی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، اسانس، زمان گل‌دهی، شاخص کلروفیل، فنول کل.

مقدمه

امروزه خشکی یکی از عامل‌های عمده محدود کننده کشت و کار گیاهان محسوب می‌شود. بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیر زمینی، یکی از مهم‌ترین تغییرهای مخربی است که انسان در منابع خاک و آب ایجاد می‌کند. هم‌چنین افزایش جمعیت و کاهش منابع آب شیرین و شور شدن زمین‌های کشاورزی، استفاده از آب‌های

۱- تاریخ ارسال: ۹۶/۶/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۹

۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور و استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (e_asrari@pnu.ac.ir).

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

نامتعارف و دارای نمک‌ها را ضروری ساخته است (۱۴). از جمله منابع آبی غیرمتعارف که در کشور ما کمتر از آن استفاده می‌شود، پساب تصفیه شده است. روزانه حجم زیادی از آب مصرفی به‌صورت پساب از چرخه مصرف خارج می‌شود، حال آن‌که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین تصفیه پساب می‌توان از آن برای مصرف کشاورزی و پرورش گیاهان بهره برد (۷).

کاربرد پساب در زمین‌های کشاورزی در بیشتر نقاط دنیا یک امر رایج است. در واقع لجن پساب غنی از عنصرهای غذایی به‌ویژه عنصرهای پرمصرف مانند نیتروژن و فسفر است (۹، ۱۱). استفاده از پسماندهای آلی در کشاورزی با بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک سبب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (۵). کربن آلی در خاک‌های تیمار شده با پساب شهری افزایش معنی‌داری را نسبت به شاهد و خاک‌های تیمار شده با کودهای شیمیایی داشته است (۱۴).

گزارش شده است مقدار نمک‌ها، به‌ویژه غلظت سدیم موجود در خاک در اثر آبیاری با پساب تغییر کرده و جذب بیشتری در مقایسه با کلسیم و منیزیم داشته است. هم‌چنین در چنین شرایطی، مقدارهای بیشتری از فسفر جذب برگ گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و گل تاج خروس (*Celosia argentea* L.) شده است (۸). به‌کارگیری دو منبع آب متفاوت یعنی پساب و آمیخته آب چاه و پساب برای آبیاری مرکبات هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در ترکیب گیاه و ویژگی‌های کیفی خاک ایجاد نکرد (۱۳). درحالی‌که آبیاری درختان سیب با استفاده از پساب موجب افزایش هدایت الکتریکی، اسیدیته خاک و کربن آلی موجود شده و به‌عنوان عامل افزایش میزان نیتروژن خاک گزارش شده است (۱۷). پژوهشگران در کشت گلدانی، آثار بلند مدت آبیاری با پساب خروجی از حوض ته‌نشینی ثانویه را بر رشد و عملکرد گونه‌های گیاهی آفتابگردان و کرچک (*Ricinus communis*) بررسی کردند. نتیجه‌ها نشان داد تغییرهای قابل توجهی در pH و درصد ماده‌های آلی خاک ایجاد نشد، ولی فسفر قابل جذب به میزان معنی‌داری در لایه‌های بالایی خاک افزایش یافت (۴).

مجموعه بررسی‌های بالا نشان می‌دهد که نوع پساب مورد استفاده، مقدار تصفیه، اقلیم منطقه و نوع خاک و گیاه نقش مهمی در چگونگی استفاده از پساب دارد و به نظر می‌رسد که محصول‌های آبیاری شده با پساب و هم‌چنین خاک منطقه باید به صورت دوره‌ای مورد تجزیه شیمیایی قرار گیرند.

مرزه باغی (*Satureja hortensis* L.) گیاه علفی یک‌ساله، معطر و دارویی از تیره نعناعیان[۱] که مزه کمی تند دارد و مدت‌هاست که از آن به‌عنوان ادویه و طعم دهنده در صنایع غذایی استفاده می‌شود. این گیاه دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی بالایی می‌باشد. مقدار اسانس در اندام هوایی مرزه باغی بسته به شرایط اقلیمی محل رویش گیاه بین ۱ تا ۲٪ است. گزارش‌هایی در مورد ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس این گیاه وجود دارد. ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس این گیاه زیر تأثیر شرایط محیطی است. عامل‌های محیطی باعث تغییرهایی در رشد گیاه، مقدار و کیفیت ماده‌های مؤثره آن مانند آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار (اسانس‌ها) می‌شود (۱۵).

با توجه به خشکسالی‌های اخیر و کاهش منابع آبی برای تولید محصول‌های کشاورزی، استفاده از منابع آبی جایگزین اهمیت زیادی پیدا کرده است. یکی از منابع آبی قابل استفاده در کشاورزی، پساب شهری است که روزانه به مقدار بسیار زیاد تولید شده و به‌دلیل نبود بازیافت هدر می‌رود. این پژوهش به منظور ارزیابی اثرهای آبیاری با پساب تصفیه شده به تنهایی و در ترکیب با آب چاه زراعی بر رشد و ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه مرزه باغی از جمله تولید اسانس و ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس انجام شد.

۱- Lamiaceae

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

مواد و روش‌ها

کشت گلدانی و اعمال تیمار

این پژوهش در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در تابستان سال ۱۳۹۵ انجام شد. ابتدا بذرهای انتخاب شده با هیپوکلریت سدیم ۰/۱٪ گندزدایی شده و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. بذرهای گندزدایی شده به مدت یک ساعت در آب مقطر قرار گرفتند. برای کشت گلدانی، از گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد که با نسبت ۱:۱ ماسه و خاکبرگ پر شدند. سپس بذرهای خیس خورده به گلدان‌ها منتقل شدند. برای هر تیمار ۹ گلدان با قطر ۲۵ سانتی‌متر به‌عنوان ۳ تکرار در ۳ مشاهده درنظر گرفته شد. در هر گلدان ۱۰ بذر به‌عنوان ۱۰ نمونه کاشته شد. به‌طور کلی برای هر تیمار ۹۰ گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

پس از کشت بذر گیاهان، تیمارهای آبی آب چاه زراعی، پساب تصفیه شده و ترکیب آب چاه زراعی و پساب تصفیه شده با نسبت ۱:۱ تا زمان گل‌دهی به فاصله زمانی هر هفته دوبار استفاده شد. پساب تصفیه شده به صورت هفتگی از ایستگاه تصفیه فاضلاب شیراز تهیه شد و به گلخانه محل کشت گیاهان منتقل شد. ویژگی‌های آب چاه زراعی و پساب تصفیه شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آب چاه و پساب تصفیه شده.

Table 1. Analysis of well water and refined sewage water.

نوع آب Water type	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($\mu s\ cm^{-1}$)	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی Chemical oxygen demand ($mg\ L^{-1}$)	اکسیژن مورد نیاز زیست‌شیمیایی Biochemical oxygen demand ($mg\ L^{-1}$)	سدیم Sodium ($mg\ L^{-1}$)
آب چاه Well water	320	0	0	35
پساب تصفیه شده Refined sewage water	2221	69.40	33.20	143.70

ویژگی‌های مورد بررسی

در مرحله گل‌دهی گیاه مرزه باغی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مانند میانگین وزن تر گیاه، وزن تر قسمت هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک قسمت هوایی، درصد ماده خشک، طول شاخه، طول ریشه، ارتفاع گیاه، قطر ساقه در بالای کوتیلدون، شاخص کلروفیل برگ، سطح برگ، زمان گل‌دهی، مقدار فنول کل، مقدار عملکرد اسانس و واکاوی ترکیب‌های اسانس به روش کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC-MS) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این پارامتر هر سه گلدان به عنوان یک تکرار و هر گیاه به عنوان یک نمونه در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت‌شناسی

وزن تر ریشه، اندام هوایی و کل گیاه بر حسب گرم با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای هر گروه تیمار، سه تکرار محاسبه و میانگین بر اساس واحد گرم گزارش شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر، نمونه‌ها را درون پاکت کاغذی گذاشته و در آون با دمای ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد و پس از این مدت از آون خارج شد و وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک گیاهان با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۴):

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{\text{وزن خشک}}{\text{وزن تر}} \times ۱۰۰$$

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

طول شاخه و ریشه و ارتفاع گیاهان با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری و بر اساس واحد سانتی‌متر گزارش شد. برای هر گروه تیماری سه تکرار (سه گلدان در هر تکرار) محاسبه و میانگین براساس واحد سانتی‌متر گزارش شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. شاخص سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج[1](Delta-T Devices, UK) تعیین گردید.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی

مدت زمان لازم برای گل‌دهی با تعداد روز لازم از زمان کشت بذر تا گل‌دهی محاسبه شد. در این آزمایش شاخص کلروفیل برگ، بعد از اعمال تیمارها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج دستی (Konica Minolta 502, Japan) اندازه‌گیری شد و عدد حاصل از میانگین پنج برگ خوانده و یادداشت شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های زیست‌شیمیایی

محتوای فنول کل با استفاده از معرف فولین- سیوکالتیو[2] اندازه‌گیری شد (۱۶). برای این منظور، ۰/۱۵ گرم از پودر بافت گیاهی در ۱/۵ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪ در اپندورف ۲ میلی‌متری ریخته شد. سپس به مدت ۲ ساعت روی شیکر با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. صد میکرولیتر از عصاره رویی برداشته و ۷۵۰ میکرولیتر فولین ۱۰٪ به آن افزوده شد و به مدت پنج دقیقه در دمای اتاق قرار داده شد. سپس ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم به آمیخته افزوده شد و پس از این‌که ۹۰ دقیقه در تاریکی نگه داشته شدند، مقدار جذب در طول موج ۷۵۰ نانومتر با استفاده از دستگاه میکروپلیت ریدر (Epoch, USA) اندازه‌گیری شد. برای محاسبه غلظت فنول از منحنی استاندارد اسید گالیک استفاده گردید.

اسانس‌گیری اندام هوایی

اسانس‌گیری از اندام هوایی گیاه مرزه باغی با استفاده از کلونجر (به روش تقطیر با آب) انجام شد. بدین منظور ۳۰ گرم از پودر خشک شده اندام هوایی، در بالن قرار داده شد و به مقدار نصف حجم بالن، آب مقطر افزوده شد. پس از گذشت ۳ ساعت اسانس آن جدا شد و وزن اسانس به‌دست آمد. با تقسیم وزن اسانس بر وزن ماده خشک اندام هوایی، عملکرد اسانس به‌دست آمد. اسانس اندام هوایی آبگیری شده (به‌وسیله افزودن سولفات سدیم خشک) و در ظرف تیره در بسته جمع‌آوری شد و در ^{o}C ۱۸- نگهداری شد. از نمونه یاد شده برای واکاوی طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد (۱۶).

شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس گیاه مرزه باغی

به منظور شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس مرزه باغی در این پژوهش از دستگاه کروماتوگرافی گازی (Agilent Technologies مدل A7890 ساخت کشور آمریکا مجهز به ستون HP-5 به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر که ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۲۵ میکرون بود) استفاده شد. برنامه‌ریزی حرارتی ستون از ۶۰ درجه سلسیوس شروع، به تدریج با سرعت ۳ درجه در دقیقه افزایش یافت تا به ۲۱۰ درجه سلسیوس رسید. سپس افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سلسیوس با سرعت ۲۰ درجه سلسیوس در دقیقه انجام گرفت و به مدت ۸/۵ دقیقه در دمای نهایی نگه داشته شد. دمای محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سلسیوس بود. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل استفاده و فشار ورودی آن برابر یک میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد. پس از تزریق اسانس‌ها به‌دستگاه کروماتوگراف گازی و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون، جهت دستیابی به بهترین جداسازی، اسانس‌های به‌دست آمده هر تیمار با دی‌کلرومتان رقیق شده و به‌دستگاه کروماتوگراف متصل شده به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) تزریق و طیف‌های جرمی و کروماتوگرام‌های مربوطه به‌دست آمد. در این پژوهش از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی Agilent Technologies مدل C5975 استفاده شد که ستون آن

۱- Leaf area meter

۲- Folin ciocalteu

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

HP-5MS به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۳۲ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۲۵ میکرون بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون شبیه به برنامه‌ریزی ستون در دستگاه GC بود. دمای محفظه تزریق ستون در حد ۲۸۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. انرژی یونیزاسیون معادل ۷۰ الکترون ولت بود. دمای دتکتور مورد استفاده روی ۲۸۰ درجه سلسیوس تنظیم شد و نوع گاز حامل، هلیوم با فشار ورودی یک میلی‌لیتر در دقیقه بود. سپس با استفاده از زمان بازداری، شاخص بازداری کواتس، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود، ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت (۲).

واکاوی داده‌ها

این آزمایش در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با سه تکرار به ازای هر تیمار انجام شد. در هر یک از تکرارها ۳ گلدان و در هر گلدان ۱۰ گیاه وجود داشت. داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد واکاوی قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵٪ انجام شد.

نتایج

اثر تیمار آبیاری بر ویژگی‌های رویشی

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که تیمار آب آبیاری روی ویژگی‌های رویشی مانند وزن تر کل گیاه، وزن تر قسمت هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک قسمت هوایی، درصد ماده خشک، سطح برگ، طول شاخه، طول ریشه و ارتفاع گیاه در سطح احتمال ۱٪ و روی ویژگی قطر ساقه در سطح احتمال ۵٪ تأثیر معنی‌داری داشته است.

بیشترین وزن تر کل (۱۲۷/۷ گرم) در تیمار آب چاه و کمترین وزن تر (۶۲/۰۶ گرم) در تیمار پساب به‌دست آمد (جدول ۲). بیشترین وزن تر قسمت هوایی در تیمار آب چاه + پساب (۷۰/۳۷ گرم) به‌دست آمد و کمترین وزن تر قسمت هوایی در تیمار پساب (۵۲/۰۳ گرم) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با آب چاه نداشت. تیمارهای آبی مختلف باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در وزن تر ریشه شدند. به‌طوری‌که بیشترین وزن تر ریشه در تیمار آب چاه (۷۰/۳۲ گرم) و کمترین وزن تر ریشه در تیمار پساب (۱۰/۰۳گرم) به‌دست آمد. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری در میانگین وزن خشک اندام هوایی هر گیاه وجود داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۱۹/۳۲ گرم) در تیمار آب چاه + پساب و کمترین وزن خشک اندام هوایی (۱۱/۸۷ گرم) در تیمار پساب به‌دست آمد. تفاوت معنی‌داری بین اثر تیمارهای آب چاه و آب چاه + پساب بر درصد ماده خشک مشاهده نشد. بیشترین درصد ماده خشک (۲۷٪/۴۴) در تیمار آب چاه + پساب و کمترین درصد ماده خشک (۲۲٪/۸۴)در تیمار پساب به‌دست آمد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، تفاوت معنی‌داری بین اثر تیمارهای آبیاری بر سطح برگ وجود داشت. بیشترین سطح برگ (۲/۰۱ سانتی‌متر مربع) در تیمار آب چاه + پساب و کمترین سطح برگ (۱/۴۵ سانتی‌متر مربع) در تیمار آب چاه به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سطح برگ در تیمار پساب (۱/۴۹سانتی‌متر مربع) نداشت. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آب چاه و آب چاه + پساب از نظر طول شاخه مشاهده نشد. بیشترین طول شاخه (۳۹/۹۸ سانتی‌متر) در تیمار آب چاه به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با آب چاه + پساب (۳۸/۱۴) نداشت. کمترین طول شاخه (۲۶/۷۹ سانتی‌متر) در تیمار پساب به‌دست آمد. طول ریشه به‌طور معنی‌داری زیر تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. بیشترین طول ریشه (۳۴/۱۸ سانتی‌متر) در تیمار آب چاه و کمترین طول ریشه (۱۴/۳۹ سانتی‌متر) در تیمار پساب به‌دست آمد. تیمارهای آبیاری باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه شدند، به‌طوری‌که بیشترین (۷۴/۱۶ سانتی‌متر) و کمترین (۴۱/۱۸ سانتی‌متر) ارتفاع گیاه به‌ترتیب در گیاهان آبیاری شده با آب چاه و پساب به‌دست آمد. تفاوت معنی‌داری در قطر ساقه گیاهان

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

جدول ۲- اثر نوع آب آبیاری بر پارامترهای ریخت‌شناسی گیاه مرزه.

Table 2. Effect of irrigation water type on morphological parameters of summer savory plant.

تیمار Treatment	میانگین وزن تر Average fresh weight (g)	میانگین وزن تر قسمت هوایی Average aerial fresh weight (g)	میانگین وزن تر ریشه Average fresh weight of root (g)	میانگین وزن خشک قسمت هوایی Average aerial dry weight (g)	میانگین درصد ماده خشک Average dry matter (g)	میانگین طول شاخه Average shoot length (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)	طول ریشه Root length (cm)	ارتفاع گیاه Plant length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)
پساب تصفیه شده Refined sewage water	62.06 c	52.03 b	10.03 c	11.87 c	22.84 b	26.79 b	1.49 b	14.39 c	41.18 c	3.73 a
آب چاه+پساب تصفیه شده Well water + refined sewage water	111.72 b	70.37 a	41.34 b	19.32 a	27.44 a	38.14 a	2.01 a	25.30 b	63.44 b	3.57 b
آب چاه Well water	127.70 a	57.37 b	70.32 a	15.53 b	27.04 a	39.98 a	1.45 b	34.18 a	74.16 a	3.53 b

†Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

† در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

تیمار شده با منابع آبی مختلف بین تیمارهای آبیاری مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین (۳/۷۳ میلی‌متر) و کمترین (۳/۵۳ میلی‌متر) قطر ساقه به‌ترتیب در گیاهان آبیاری شده با آب چاه + پساب و آب چاه به‌دست آمد (جدول ۲).

اثر تیمار آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی

نتیجه‌های تجزیه واریانس نشان داد که تیمار آب آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مانند تاریخ گل‌دهی، شاخص کلروفیل برگ، مقدار فنول کل و مقدار عملکرد اسانس در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری داشت.

تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری از نظر تاریخ گل‌دهی گیاه مرزه باغی مشاهده شد (جدول ۳). زودترین گل‌دهی (۷۵/۳۳ روز بعد از کشت بذر) در تیمار آب چاه + پساب به‌دست آمد. گل‌دهی در تیمار آب چاه ۷۸/۷۷ روز بعد از کشت بذر و در تیمار پساب ۷۹/۴۴ روز بعد از کشت بذر مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری نداشتند. تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری از نظر شاخص کلروفیل برگ مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین شاخص کلروفیل برگ (۴۴/۷۵) در تیمار پساب به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با آب چاه + پساب (۴۲/۹۸) نداشت. کمترین شاخص کلروفیل برگ (۳۲/۰۴) در تیمار آب چاه به‌دست آمد. از نظر مقدار فنول تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری مشاهده شد. بیشترین مقدار فنول کل (۱/۹۶ mg GAE 100 g^{-1}) در تیمار پساب به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با آب چاه + پساب (۱/۹۴ mg GAE 100 g^{-1}) نداشت. کمترین مقدار فنول کل گیاه در تیمار آب چاه (۱/۷۶ mg GAE 100 g^{-1}) به‌دست آمد. بیشترین مقدار اسانس (۲/۸۳۶ درصد وزنی) در تیمار آب چاه + پساب به‌دست آمد و کمترین مقدار اسانس (۲/۲۸۳ درصد وزنی) در تیمار آب چاه به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با پساب (۲/۳۴۵ درصد وزنی) نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- اثر آب آبیاری بر پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه مرزه.

Table 3. Effect of irrigation water type on physiological and biochemical parameters of summer savory plant.

تیمار Treatment	زمان گلدهی Flowering date (Day)	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index (SPAD)	فنول کل Total phenol (mg GAE/100 g)	عملکرد اسانس Essential oil yield (% weight)
پساب تصفیه شده Refined sewage water	79.44 b	45.75 a	1.96 a	2.35 b
آب چاه+پساب تصفیه شده Well water + refined sewage water	75.33 a	42.98 a	1.94 a	2.84 a
آب چاه Well water	78.77 b	32.04 b	1.76 b	2.28 b

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف‌های همسان دارند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Columns with same letters are not significantly different at 5% level of probability.

ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس

در واکاوی اسانس در مجموع ۴۷ ترکیب شناسایی شد که عمده‌ترین این ترکیب‌ها در اسانس گیاه مرزه باغی عبارت بودند از کارواکرول[۱] گاما ترپینن[۲] و آلفا ترپینن[۳] (جدول ۴). بیشترین مقدار کارواکرول (۵۳/۲۷٪) در تیمار پساب تصفیه شده، بیشترین مقدار گاما ترپینن (۳۰/۱۷٪) در تیمار پساب + آب چاه و بیشترین آلفا ترپینن (۵/۸۵٪) در تیمار آب چاه اندازه‌گیری شد (جدول ۴). لازم به بیان است که مقدارهای کمتر از ۰/۲٪ در جدول ۴ گزارش نشده است.

۱- Carvacrol ۲- γ-Terpinene ۳- α-Terpinene

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

جدول ۴- ترکیب‌های اسانس مرزه باغی آبیاری شده با منابع آبی مختلف.

Table 4. Essential oil components of summer savory plant irrigated with different water sources.

ترکیب‌های Compound	پساب تصفیه شده Refined sewage water		آب چاه + پساب تصفیه شده Well water + refined sewage water		آب چاه Well water	
	شاخص بازداری Retention index	درصد Percent	شاخص بازداری Retention index	درصد Percent	شاخص بازداری Retention index	درصد Percent
α-Thujene	926	1.13	926	1.51	927	1.64
α-Pinene	933	0.85	933	1.11	934	1.15
β-Pinene	977	0.47	977	0.66	978	0.56
Myrcene	991	1.62	991	2.17	992	2.12
α-Terpinene	1017	4.96	1018	5.65	1018	5.85
p-Cymene	1024	2.68	1025	2.77	1025	2.25
Limonene	1028	0.40	1028	0.46	1028	0.47
γ-Terpinene	1060	29.68	1060	30.17	1060	29.05
Thymol	1291	0.23	1291	0.23	1291	0.22
Carvacrol	1298	53.27	1298	50.45	1298	51.78

ضریب همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

ضریب همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان داد، وزن تر کل گیاه با وزن تر ریشه، درصد ماده خشک، طول شاخه، طول ریشه و ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت و با وزن خشک قسمت هوایی در سطح احتمال ٪۵ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). وزن تر گیاه با قطر ساقه، شاخص کلروفیل برگ و مقدار فنول کل در سطح ٪۵ همبستگی منفی داشت. وزن تر قسمت هوایی با وزن خشک قسمت هوایی، سطح برگ و عملکرد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ٪۱ داشت و با درصد ماده خشک در سطح احتمال ٪۵ همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با مقدار عملکرد اسانس داشت. عملکرد اسانس همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن تر و خشک گیاه در سطح احتمال ٪۱ داشت. فنول کل همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ٪۱ با وزن تر ریشه و طول ریشه و در سطح احتمال ٪۵ با وزن تر کل و ارتفاع گیاه داشت.

بحث

بیش از ٪۸۰ بافت گیاهی را آب تشکیل می‌دهد و کمبود آن در گیاهان عوارض شدیدی را به سرعت آشکار می‌سازد و مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود (۱۹). تحرک ماده‌های غذایی در خاک به طور قابل ملاحظه‌ای به غلظت آن در محلول خاک بستگی دارد. شدت پخشیدگی به طرف ریشه به‌طورمعمول در غلظت بیشتر ماده‌های غذایی درون خاک سریع‌تر است. غلظت و ترکیب محلول خاک به رطوبت خاک بستگی دارد. در خاک مرطوب محلول خاک رقیق می‌شود و با خشک شدن خاک غلیظ‌تر می‌شود. بعضی از یون‌ها حتی ممکن است به غلظتی بیش از ضریب محلول بودن خود برسند و رسوب کنند. برای جذب عنصرها مقدار ماده‌های غذایی مهم نیست، بلکه مقدار ماده‌های غذایی محلول و سهولت قابلیت جذب آن‌ها مهم است (۱۱).

در این پژوهش پارامترهای رویشی در تیمار آب چاه + پساب بهترین نتیجه را به دنبال داشت. به‌طوری‌که آبیاری با پساب به همراه آب چاه نه تنها مانع از رشد گیاه نشد بلکه به افزایش رشد گیاه منتهی شد. این موضوع در تأیید نتیجه‌های بررسی‌های پیشین به‌احتمال می‌تواند ناشی از مقدارهای به‌تقریب بالاتر ترکیب‌های نیتروژن و فسفر موجود در پساب خروجی تصفیه‌خانه باشد، زیرا میزان رشد اندام‌های مختلف و افزایش وزن خشک آن‌ها به عنوان تابعی از غلظت ماده‌های معدنی در آب شناخته می‌شود (۱۸). به‌طور معمول گیاهان به شکل طبیعی، آب

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

جدول ۵- ضریب همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده.

Table 5. Correlation coefficient among measured traits.

	میانگین وزن تر Average fresh weight	میانگین وزن تر قسمت هوایی Average aerial fresh weight	میانگین وزن تر ریشه Average fresh weight of root	میانگین وزن خشک قسمت هوایی Average aerial dry weight	میانگین درصد ماده خشک Average dry matter	میانگین طول شاخه Average shoot length	طول ریشه Root length	ارتفاع گیاه Plant length	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد اسانس Essential oil yield	فنول کل Total phenol	شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	سطح برگ Leaf area
میانگین وزن تر Average fresh weight	1												
میانگین وزن تر قسمت هوایی Average aerial fresh weight	0.52	1											
میانگین وزن تر ریشه Average fresh weight of root	0.92**	0.26	1										
میانگین وزن خشک قسمت هوایی Average aerial dry weight	0.69*	0.94**	0.48	1									
میانگین درصد ماده خشک Average dry matter	0.88**	0.70*	0.76*	0.87**	1								
میانگین طول شاخه Average shoot length	0.98**	0.56	0.92**	0.70*	0.84**	1							
طول ریشه Root length	0.96**	0.32	0.98**	0.51	0.72*	0.94**	1						
ارتفاع گیاه Plant length	0.98**	0.43	0.97**	0.60	0.82**	0.98**	0.99**	1					
قطر ساقه Stem diameter	-0.78*	-0.58	-0.69*	-0.68*	-0.72*	-0.76*	-0.77*	-0.78*	1				
عملکرد اسانس Essential oil yield	0.18	0.87**	0.07	0.77*	0.43	0.28	-0.04	0.10	-0.17	1			
فنول کل Total phenol	-0.71*	0.16	-0.85**	-0.07	-0.45	-0.62	-0.80**	-0.74*	0.51	0.42	1		
شاخص کلروفیل برگ Leaf chlorophyll index	-0.18*	0.07	-0.83**	-0.18	-0.58	-0.61	-0.83**	-0.75*	0.57	0.42	0.87**	1	
سطح برگ Leaf area	0.21	0.84**	-0.04	0.77*	0.49	0.32	0.02	0.15	-0.20	0.97**	0.41	0.35	1

**: significant at 1% level of probability *: significant at 5% level of probability.

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

و ماده‌های غذایی خود را از محیط خاک و توسط ریشه‌هایشان جذب می‌کنند. سپس با انتقال آن‌ها از راه آوندهای موجود، ماده‌های غذایی را برای رشد بیشتر خود و تولید محصول، در اندام‌های مختلف به ویژه برگ ذخیره‌سازی می‌کنند. این سازوکار در دسته گیاه‌پالایی با عنوان استخراج گیاهی شناخته می‌شود که یکی از روش‌های طبیعی برای حذف آلودگی از آب و خاک به شمار می‌رود (۱۲). به این ترتیب، بسیاری از گیاهان با جذب ماده‌های مغذی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم، به عنوان مهم‌ترین عنصرهای غذایی موجود در پساب به تدریج رشد می‌کنند و میزان وزن خشک اندام‌های مختلف آن‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، انتظار می‌رود مطابق نتیجه‌های پژوهش‌های موجود، رشد اندام‌های مختلف به جذب ترکیب‌های معدنی مرتبط باشد و از کیفیت آب تأثیر پذیرد (۱۰).

تیمار آب آبیاری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی مانند تاریخ گل‌دهی، شاخص کلروفیل برگ، مقدار فنول کل و مقدار عملکرد اسانس تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که کوتاه‌ترین زمان گل‌دهی بعد از کشت بذر به‌ترتیب در تیمار آب چاه + پساب صورت گرفت. بیشترین مقدار اسانس در تیمار آب چاه + پساب به‌دست آمد. بیشترین شاخص کلروفیل برگ و فنول کل در تیمار پساب تصفیه شده به‌دست آمد. افزایش سرعت گل‌دهی در تیمار آب چاه + پساب ممکن است ناشی از افزایش فتوسنتز و انتقال قندهای ساخته شده در برگ‌ها به قسمت‌های دیگر گیاه (به صورت ساکاروز) از جمله جوانه ها باشد (۳).

عنصرهای نیتروژن، منیزیم، آهن و منگنز از اجزای ساختمان کلروفیل هستند و کمبود آن‌ها بر مقدار کلروفیل اثر می‌گذارد. برخی از این عنصرها به عنوان مهم‌ترین عنصرهای غذایی موجود در پساب می‌باشند. افزایش شاخص کلروفیل برگ با پساب می‌تواند به علت افزایش غلظت عنصرهای غذایی در خاک (به ویژه نیتروژن) بر اثر مصرف آن باشد. به همین دلیل احتمال می‌رود مقدار بیشتر کلروفیل برگ در تیمار پساب تصفیه شده به دلیل وجود بیشتر عنصرهای تشکیل دهنده ساختمان کلروفیل باشد (۳، ۶).

مقدار عملکرد اسانس با وزن تر قسمت هوایی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. نتیجه‌های مشابهی روی بابونه توسط رحیمی دیده شده است (۱). با توجه به رشد رویشی مناسب با آب چاه + پساب بیشترین مقدار اسانس نیز در این تیمار به‌دست آمد. رشد رویشی بهتر می‌تواند به دلیل مقدار بیشتر عنصرهای معدنی باشد. به‌طورمعمول جذب بیشتر آب و ماده‌های غذایی ممکن است موجب افزایش فعالیت فتوسنتز و در نهایت تولید اسیمیلات بیشتر شود (۶). در این پژوهش بیشترین کارواکرول در تیمار پساب تصفیه شده به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری

به عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در گیاه دارویی مرزه باغی داشت. بنابراین برای افزایش مقدار اسانس استفاده ایمن از پساب تصفیه شده میسر است، هرچند آمیخته آن با آب چاه برای آبیاری پیشنهاد می‌شود. با توجه به اینکه مقدار اسانس و فنول گیاه مرزه باغی زیر شرایط آبیاری با آب چاه و پساب تصفیه شده بیشتر از آب چاه و پساب به تنهایی بود و در مجموع رشد بیشتری حاصل شد، استفاده از آمیخته آب چاه و پساب تصفیه شده برای تولید گیاه دارویی مرزه باغی پیشنهاد می‌شود.

منابع References

۱. رحیمی، ت.، ح. حسن‌پور درویشی، ت. نورالوندی و ح. مظفری. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر اسانس و خصوصیات مورفولوژیکی توده های بومی گیاه بابونه در ایران در شرایط آبیاری با زه آب فاضلاب خانگی. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش محیطی. ۵۵- ۴۷ :۵.

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

2. Adams, R.P. 2007. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry (No. Ed. 4). Allured Publishing Corporation. USA. 804 pp.
3. Asano, T., F. Burton, H. Leverenz, R. Tsuchihashi and G. Tchobanoglous. 2007. Water Reuse. Mc Graw Hill, New York, USA. 1616 pp.
4. Chatzakis, M.K., V.A. Tzanakakis, D.D. Mara and A.N. Angelakis. 2011. Irrigation of castor bean (*Ricinus communis* L.) and sunflower (*Helianthus annus* L.) plant species with municipal wastewater effluent: impacts on soil properties and seed yield. Water, 3(4): 1112-1127.
5. Debosz, K., S.O. Petersen, L.K. Kure and P. Ambus. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Appl. Soil Ecol. 19(3): 237-248.
6. Di Paolo, E. and M. Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 105(3): 202-210.
7. Do Monte, M.H.F.M., A.N. Angelakis and T. Asano. 1996. Necessity and basis for establishment of European guidelines for reclaimed wastewater in the Mediterranean region. Water Sci. Technol. 33: 303-316.
8. Friedman, H., N. Bernstein, M. Burner, I. Rot, Z. Ben-Noon, A. Zuriel, R. Zuriel, S. Finkelstein, N. Umiel and A. Hagiladi. 2007. Application of secondary-treated effluents for cultivation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and celosia (*Celosia argentea* L.) as cut flowers. Sci. Hort. 115(1): 62-69.
9. Glyn, M.F. 2002. Mineral nutrition, production and artemisin content in *Artemisia annual*. Acta Hort. 426: 721-728.
10. Jamshidi, S., M. Ardestani and M.H. Niksokhan. 2016. Upgrading wastewater treatment plants based on reuse demand, technical and environmental policies (a case study). Environ. Energy Economics Int. Res. 1: 101-112.
11. Karima, M., M. Gamal EL-din and M.S.A. Abdel-Wahed. 2005. Effect of some amino acids on growth and essential oil content of Chamomile plant. Int. J. Agr. Biol. 3: 376-380.
12. Lubello, C., R. Gori, F.P. Nicese and F. Ferrini. 2004. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. Water Res. 38(12): 2939-2947.
13. Pedrero, F. and J.J. Alarcón. 2009. Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees. Desalination, 246(1-3): 631-639.
14. Pedrero, F., I. Kalavrouziotis, J.J. Alarcón, P. Koukoulakis and T. Asano. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated Agriculture-Review of some practices in Spain and Greece. Agr. Water Manag. 97(9): 1233-1241.

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

15. Saharkhiz, M.J., K. Zomorodian, M.R. Rezaei, F. Saadat and M.J. Rahimi. 2011. Influence of growth phase on the essential oil composition and antimicrobial activities of *Satureja hortensis*. Nat. Prod. Commun. 6(8): 1173-1178.
16. Sefidkon, F. 2001. Evaluation of qualitative and quantitative essential oil fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) in different stages of growth. Iranian J. Medicin. Arom. Plants. 7: 85-104.
17. Tabari, M. and A. Salehi. 2009. Long-term impact of municipal sewage irrigation on treated soil and black locust trees in a semi-arid suburban area of Iran. Environm. Sci. 21(10): 1438-1445.
18. Tsadilas, C.D. and P.S. Vakalis. 2003. Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater. Water Sci. Technol. 3(4): 223-229.
19. Zhang, J., W. Jia, J. Yang and A.M. Ismail. 2006. Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses. Field Crops Res. 97(1): 111-119.

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (4):377-388 (2017)

Changes in Morpho-Physiological, Biochemical and Essential Oil Components of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) Irrigated with Refined Sewage Water

H. Sahraian , E. Asrari * and M.J. Saharkhiz[1]

Replacing irrigation water sources with refined sewage water is increasing due to water scarcity challenge for producing horticultural crops. In this research, changes in morphological, biochemical and essential oil components of summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants irrigated with well water, refined sewage water and combination of well water and refined sewage water with the ratio of 1:1 investigated in a completely randomized design with 3 replications in 2018. The results showed that irrigation had a significant effect on measured parameters. The highest and the lowest total fresh weight, root fresh weigh, shoot and root length and also plant height were obtained in plants irrigated with well water and refined sewage water, respectively. The most fresh and dry weights and biomass of aerial parts were obtained in well water + refined sewage water. The highest stem diameter was obtained in refined sewage water. The most and the least leaf area and essential oil yield (2.84%) were obtained with well water + refined sewage and well water treatments, respectively. The most leaf chlorophyll index (44.75) and total phenol (1.96 mg GAE 100 g^{-1}) were obtained in refined sewage water. Analyses of essential oil components resulted in detection of 47 components. Carvacrol (53.27%) was the dominant components that obtained in refined sewage water treatment. Overall, the use of combination of well water and refined sewage water is recommended for savory production due to improvement in growth characteristics, increasing the amount of essential oil and also reducing water consumption.
Keywords: Chlorophyll index, Essential oil, Flowering date, Plant height, Total phenol.

1. M.Sc. Student, Associate Professor, Department of Civil Engineering, Payame-Noor University, Tehran, and Professor of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
* Corresponding author, Email: (e_asrari@pnu.ac.ir).

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

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.4.3.2]