

مقاله علمی-پژوهشی

## پاسخ فیزیولوژیک اسطوخودوس به کاربرد پساب خام و تصفیه شده در دو روش آبیاری سطحی و زیرسطحی با لوله های تراوا

اصغر عالم زاده<sup>۱</sup>، سمیه سلطانی گرد فرامرزی<sup>۲\*</sup>، نجمه یرمی<sup>۲</sup> و مریم دهستانی اردکانی<sup>۳</sup>

### چکیده

بحران آب یکی از مسائل اساسی مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. این وضعیت در سال های اخیر به دلیل وقوع پدیده خشک سالی حادث شده است؛ بنابراین دو راهکار برای مقابله با این چالش استفاده از آب های نامتعارف و مدیریت خاص آبیاری می تواند به عنوان یک استراتژی در مناطق خشک و بی آب منظور گردد. یکی از منابع آب های نامتعارف، فاضلاب شهری است که علاوه بر تأمین آب می تواند نیاز غذایی گیاه را نیز تأمین نماید. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فاضلاب خام و تصفیه شده بر برخی خصوصیات گیاه دارویی - صنعتی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia L.*) با روش آبیاری سطحی و زیرسطحی، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر تفت استان یزد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نوع آب آبیاری (آب چاه، فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه شده) و روش آبیاری (زیرسطحی با استفاده از لوله های تراوا و سطحی) بود. نتایج نشان داد که اثر برهم کنش نوع آب آبیاری و روش آبیاری بر صفت شاخص SPAD در سطح احتمال پنج درصد و بر صفت نشت یونی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. بر اساس نتایج بیشترین شاخص SPAD و راندمان کاربرد آب در گیاه اسطوخودوس با کاربرد فاضلاب خام به روش زیرسطحی حاصل شد. با توجه به مشکلات زیست محیطی و بیماری های احتمالی ناشی از استفاده از فاضلاب خام، همچنین با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، استفاده از فاضلاب شهری به روش زیرسطحی جهت آبیاری گیاهان فضای سبز توصیه می شود.

**واژه های کلیدی:** آب های نامتعارف، اسطوخودوس، بحران آب، صفات فیزیولوژیک، لوله های تراوا

### مقدمه

و خشک است (Soltani-Gerdefaramarzi et al., 2021). با توجه به اینکه میزان برداشت آب کشور، از منابع آب زیرزمینی داخلی در سال ۲۰۱۱، برابر با ۶۰۷۹ لیتر بوده است، بنابراین بر اساس شاخص سازمان ملل، ایران با ضریب ۷۲/۳ درصد، در وضعیت بحرانی شدید آب قرار دارد (FAO, 1992). کمبود منابع آب شیرین از یک طرف و افزایش رو به رشد جمعیت به ویژه در شهرها از طرفی دیگر، باعث شده استفاده از آب های نامتعارف از جمله فاضلاب شهری که ۷۵٪ از مصارف آبی مردم به آن تبدیل می شود، در بخش کشاورزی امری ضروری و اجتناب ناپذیر به نظر برسد. به دلیل محدود بودن منابع آب موجود، استفاده از فاضلاب در کشاورزی و فضای سبز امری

کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی متر (کم تر از یک سوم میانگین بارندگی جهانی) و تبخیر سالیانه ۲۰ تا ۴۰ برابر میزان بارندگی (در برخی از نقاط کشور)، دارای اقلیمی گرم

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران (\* نویسنده مسئول):  
ssoltani@ardakan.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲  
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳

پساب را با روش‌های مناسب آبیاری ادغام کرد، هم‌زمان می‌توان در جهت مشکلات بهداشتی، آلودگی و بحران آب گام مهمی برداشت (Ashrafi et al., 2017).

با توجه به کاشت گیاهان زینتی-داروئی در فضای سبز به‌ویژه در مناطق گرم و خشک و محدود بودن منابع آب شیرین و مشکل تأمین آب‌گونه‌های گیاهان زینتی، لازم است گیاهان سازگار به شرایط آب و هوایی کشور و مقاوم به آبیاری با آب فاضلاب خام و تصفیه‌شده از لحاظ کمیت و کیفیت موردبررسی قرار گیرند. از طرف دیگر استفاده از روش‌های آبیاری که راندمان کاربرد آب را افزایش دهد، در مناطق خشک موردتوجه بوده است. یکی دیگر از راه‌های مقابله با کمبود آب و گسترش فضای سبز، استفاده از گیاهان کم‌نیاز به آب و سازگارتر به شرایط محیطی است.

اسطوخودوس یکی از گیاهانی است که مقاومت نسبتاً بالایی در برابر خشکی دارد. اسطوخودوس متعلق به مناطق گرم و خشک است. این گیاه بومی اروپا است ولی در کشورهای بلغارستان، ایران، روسیه، فرانسه، مجارستان، آمریکا و ژاپن نیز کشت می‌شود (قجر و همکاران، ۱۳۹۹).

از اسطوخودوس می‌توان به‌منظور زیباسازی شهر، تولید اسانس و دارو، عطرسازی، تولید لوازم آرایشی، رایحه‌درمانی، صنایع غذایی، نوشیدنی‌ها، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌های سازگار با طبیعت بهره برد. استفاده از این گیاه برای تقویت بدن، مغز، سیستم اعصاب مرکزی و محیطی، درمان بیماری‌های ریوی، رماتیسم، طحال، مجاری صفراوی، صرع، تشنج، روان‌پریشی، فراموشی، وسواس، تورم کبد و درد مفاصل، پاک‌سازی طحال و کلیه، برطرف کردن ضعف بینایی، شنوایی و گرفتگی‌های عصبی از قدیم مرسوم بوده است (Nunes et al., 2010).

لذا کشت و پرورش گیاهان با نیاز آبی کمتر راهکار مؤثری برای جایگزینی کشت‌های رایج با مصرف آب بیشتر می‌باشد. به دلیل ویژگی‌های اکولوژیکی اسطوخودوس و مقاومت این گیاه در برابر خشکی و ضرورت کاهش مصرف آب، کشت این گیاه با استفاده از حداقل آبیاری امکان‌پذیر است. با توجه به نیاز این گیاه به نور فراوان،

اجتناب‌ناپذیر است. فاضلاب‌ها منابع آب جدیدی هستند که کاربرد آن‌ها مدیریت خاصی را می‌طلبد (Tabatabaei et al., 2020).

یزدانی و همکاران باهدف بررسی تأثیر فاضلاب تصفیه‌شده بر عملکرد و تجمع فلزات سنگین در گلرنگ، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام دادند. تیمارهای آزمایش شامل نوع آب آبیاری در سه سطح آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، فاضلاب تصفیه‌شده و آب شیرین به‌صورت متناوب و آبیاری با آب شیرین بود. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده نسبت به سایر تیمارهای آبیاری افزایش یافت. همچنین استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده منجر به تجمع عناصر کمیاب (آهن، منگنز، مس، کادمیوم و سرب) در دانه گلرنگ شد که کم‌تر از حد مجاز توصیه‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی بود (Yazdani et al., 2019).

الفانسی و همکاران با هدف بررسی تأثیر فاضلاب خام و تصفیه‌شده نسبت به آب چاه بر خصوصیات خاک و گیاه یونجه، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مراکش انجام دادند. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری با فاضلاب خام، فاضلاب تصفیه‌شده و آب چاه بود. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که تمام پارامترهای زراعی و فیزیکی‌شیمیایی اندازه‌گیری‌شده در تیمار آبیاری با فاضلاب خام نسبت به آب چاه افزایش یافت (Elfanssi et al., 2018).

مصارف کشاورزی با توجه به حجم زیاد موردنیاز به‌عنوان یکی از مصارف اصلی پساب‌ها محسوب می‌شود. از بین منابع مختلف پساب، فاضلاب خانگی به خاطر حجم زیاد و کیفیت مناسب‌تر بعد از طی مراحل تصفیه برای مصارف کشاورزی از اولویت بیشتری برخوردار است. در استفاده از پساب‌های خانگی برای مصارف کشاورزی توجه به خواص بهداشتی مانند کلی فرم و تخم‌انگل‌های نماتودی از اهمیت بالایی برخوردار است که از عوامل محدودیت‌زا در انتخاب الگوی کشت محسوب می‌شود (Jeong et al., 2016). در صورتی که بتوان کاربرد

با فاضلاب تصفیه‌شده و خام و سیستم آبیاری نشستی- زیرسطحی شاخص‌های رشدی فیزیولوژیک نهال اسطوخودوس در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش، در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی تصفیه‌خانه شهرستان تفت واقع در جنوب غرب استان یزد انجام شد. این شهرستان با دمای متوسط سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۱۴۳ میلی‌متر، جزء مناطق خشک به شمار می‌رود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بر روی گیاه داروئی-صنعتی اسطوخودوس اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل نوع آب آبیاری (آب چاه، فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه‌شده) و روش آبیاری (زیرسطحی با استفاده از لوله‌های تراوا و سطحی) بود. فاضلاب تصفیه‌شده و فاضلاب خام از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تفت یزد تأمین شد. فاضلاب تصفیه‌شده، از آخرین مرحله تصفیه و فاضلاب خام نیز پس از اشغال‌گیری در ابتدای ورودی به تصفیه‌خانه برداشت شد. از آب چاه نیز به‌عنوان شاهد استفاده شد. خصوصیات شیمیایی هر سه نوع آب مورد استفاده برای آبیاری در جدول (۱) و برخی خصوصیات خاک آزمایش در جدول (۲) ذکر شده است. بعد از استقرار گیاهان (در فروردین‌ماه ۹۸) در گودال‌های دایره‌ای شکل به شعاع نیم متر با عمق ۳۰ سانتی‌متری و با فواصل دو متری، تیمارها به مدت هفت ماه، اعمال شد. جهت آبیاری زیرسطحی، لوله‌های تراوا با قطر ۱۶ میلی‌متر و فشار ۰/۴ اتمسفر در محل گودال‌هایی به طول سه متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر از سطح زمین حلقه شد. به‌منظور ساخت لوله‌های تراوا، بر روی یک لوله پلیکا منافذی به قطر ۶ میلی‌متر ایجاد شد. جهت جلوگیری از ورود ریشه گیاه به درون منافذ، اطراف لوله با الیاف درهم‌تنیده پوشیده شد. حجم آب آبیاری، با توجه به میزان تبخیر از ایستگاه هواشناسی و اعمال ضریب تشتک تبخیر (۰/۷) و با در نظر گرفتن مساحت گودال‌ها محاسبه شد. مقادیر KC از جداول توصیه‌شده در نشریه ۵۶ فائو استخراج و ۱/۱۵ برای ضریب گیاهی مرحله میانی رشد در نظر گرفته شد.

رطوبت کم، هوای گرم و خاک سبک شنی، با بسیاری از مناطق ایران سازگار است (قجر و همکاران، ۱۳۹۹).

از طرف دیگر انتخاب روش آبیاری مناسب برای موفقیت در استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در فضای سبز اهمیت زیادی دارد. پژوهشگران مزایا و معایب کاربرد روش‌های آبیاری مختلف را در هنگام بهره‌برداری از فاضلاب تصفیه‌شده مورد مقایسه قرار داده و نتیجه گرفتند که روش آبیاری قطره‌ای با به حداقل رساندن تماس افراد و گیاهان با فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند مشکلات خاص ناشی از کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده را مرتفع نماید ( Khawla et al., 2019; Oron et al., 1999; Song et al., 2006; Kouznetsov et al., 2004).

همچنین اشرفی و همکاران با به کار بردن دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در شرایط استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده نشان دادند که در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آلودگی خاک سطحی کمتر از روش قطره‌ای سطحی است (Ashrafi et al., 2017). استفاده موفق از سامانه‌های آبیاری زیرسطحی برای چمن (Heidarpour et al., 2007) و محصولاتی مانند ذرت، گندم، پنبه و لوبیا (Oron et al., 1992)، طالبی (Sacks and Bernesten, 2011)، چغندر (Hasanli et al., 2010)، ذرت (Khawla et al., 2019)، زیتون (Ashrafi et al., 2015) و گوجه‌فرنگی (Forslund et al., 2012) در ایران و دنیا گزارش شده است. با توجه به پراکندگی مکانی فضاها و سبزی شهری و مشکلات آبیاری قطره‌ای، روش آبیاری نشستی-زیرسطحی را پیشنهاد دادند که در آن آب در محدوده توسعه ریشه توزیع می‌شود و به دلیل سوراخ‌های زیاد تعبیه‌شده نیاز به سیستم فیلتر کردن مجهزی ندارد. به دلیل محدودیت آب و راندمان کم آبیاری در کشور، باید از روش‌هایی برای صرفه‌جویی در مصرف آب استفاده و ترتیبی اتخاذ شود که با مصرف کمترین میزان آب، حداکثر فضای سبز مورد نیاز تولید گردد. از طرفی کاهش در مصرف کود باعث کاهش هزینه‌ها و همچنین کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی خواهد شد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر آبیاری

به منظور اندازه‌گیری نشت یونی از روش لوتس و همکاران (Lutts et al., 1995) استفاده شد. از هر تکرار، ۰/۵ گرم برگ جدا و بعد از پاک‌سازی با آب مقطر درون ویال‌های شیشه‌ای حاوی ۲۵ سی‌سی آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد.

سپس جهت اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اولیه (EC1) از دستگاه EC متر دیجیتال (مدل Metrohm 644) استفاده شد. سپس ویال‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در داخل اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از دو ساعت شیکر شدن، هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$\text{نشت یونی} = \frac{EC1}{EC2} * 100 \quad (2)$$

کارایی مصرف آب از تقسیم وزن خشک گیاه بر کل آب مصرفی تعیین شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

دور آبیاری برای گیاه اسطوخودوس، هر چهار روز یک‌بار بود. در هر نوبت آبیاری، میزان آب مصرفی در روش زیرسطحی مساوی با روش سطحی در نظر گرفته می‌شد. در پایان دوره (آبان ماه ۹۸)، گیاهان برداشت‌شده و جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک مانند شاخص SPAD در برگ، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی و کارایی مصرف آب، گیاهان اسطوخودوس به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخص SPAD با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (مدل CCM-200 / Opti-sciences) اندازه‌گیری شد. سی برگ از قسمت‌های مختلف هر گیاه انتخاب و شاخص SPAD آن‌ها به صورت میانگین بیان شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، از روش ریچی و نگوین (Ritchie and Nguyen, 1990) استفاده شد. بدین منظور از هر تکرار از گیاه اسطوخودوس ده برگ کاملاً توسعه‌یافته از شاخه‌های مختلف گیاه جدا و وزن‌تر (FW) آن‌ها با استفاده از ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. سپس جهت محاسبه وزن اشباع (TW) به مدت ۲۴ ساعت برگ‌ها در داخل ظرف محتوی آب مقطر غوطه‌ور شد. در پایان برگ‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار گرفت و وزن خشک (DW) اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه (۱) محاسبه شد.

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} * 100 \quad (1)$$

جدول ۱- خصوصیات کیفی فاضلاب خام، فاضلاب تصفیه‌شده و آب چاه مورد استفاده در این آزمایش

پارامتر	واحد	فاضلاب خام	فاضلاب تصفیه‌شده	آب چاه
BOD	میلی‌گرم بر لیتر	۳۳۸	۲۲	-
COD	میلی‌گرم بر لیتر	۸۱۰	۴۹	-
pH	-	۱۰/۵۴	۸/۴۸	۷/۹
سختی کل	میلی‌گرم بر لیتر	۲۷۹/۵۷	۲۲۶	۱۹۵
قلیابیت	میلی‌گرم بر لیتر	۳۲۴/۱۴	۳۱۵	۲۲۰
کلسیم	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۱۷۳/۵۷	۱۵۴	۴۲/۵
منیزیم	میلی‌اکی‌والان بر لیتر	۱۰۶	۷۲	۱۴
آمونیم	میلی‌گرم بر لیتر	۵۷/۵	۱۴/۴	-
نیترات	میلی‌گرم بر لیتر	۸/۴	۱۳/۸	۱۰/۵
نیتريت	میلی‌گرم بر لیتر	۰/۱	۰/۲۱	-
فسفر کل	میلی‌گرم بر لیتر	۵/۲	۳/۸۵	-
هدایت الکتریکی	دسی‌زیمنس بر متر	۱/۶۷	۱/۲۷	۰/۸

جدول ۲- برخی خصوصیات خاک آزمایش

پتاسیم	سدیم	فسفر	منیزیم	کلسیم	نیترژن کل	بافت خاک	چگالی	pH	EC	عمق خاک
					(درصد)		(گرم بر سانتی‌متر مکعب)		(دسی زیمنس بر متر)	(سانتیمتر)
۰/۶۹	۲/۴۳	۲/۴۸	۲/۴	۵/۱	۰/۰۶	لوم شنی	۱/۳۷	۶/۷	۰/۴۸	۰-۳۰
۰/۷۱	۲/۵۲	۱/۷	۳/۱	۶/۰	۰/۰۵	لوم شنی	۱/۳۵	۶/۸	۰/۶۱	۳۰-۶۰

### نتایج و بحث

روش آبیاری بر این صفت معنی‌دار شد. بر اساس نتایج، اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد و اثرات اصلی روش آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر نشت یونی معنی‌دار بود ولی اثرات اصلی روش آبیاری بر این صفت معنی‌دار نشد. اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری و اثرات اصلی آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۳).

با توجه به نتایج آنالیز واریانس، اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری در سطح احتمال پنج درصد و اثرات اصلی آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر شاخص SPAD در برگ معنی‌دار شد. اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری و همچنین اثرات اصلی نوع آب آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود ولی اثرات اصلی

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای روش آبیاری و نوع آب آبیاری بر روی صفات قرائت SPAD در برگ، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی و کارایی مصرف آب در اسطوخودوس

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		شاخص SPAD در برگ	محتوای نسبی آب برگ	نشت یونی
روش آبیاری	۱	۷۱/۳**	۳۲۲/۰۷*	۷۴/۹۹*
نوع آب آبیاری	۲	۴۱۷/۴۹**	۳۵/۶۷ <sup>ns</sup>	۳۳/۵۲ <sup>ns</sup>
روش آبیاری*نوع آب آبیاری	۲	۵/۴۴*	۱۷۷/۸۴ <sup>ns</sup>	۱۰۸/۴۷**
بلوک	۲	۱۲/۹۵**	۷۲/۸۷ <sup>ns</sup>	۱۱/۹۳ <sup>ns</sup>
خطا	۱۰	۱/۰۸	۵۱/۷۸	۱۱/۰۷
CV (%)	-	۱۷/۱۲	۲۱/۵	۱۹/۲۹

<sup>ns</sup>، \*، \*\* به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد. CV. ضریب تغییرات

### شاخص SPAD در برگ

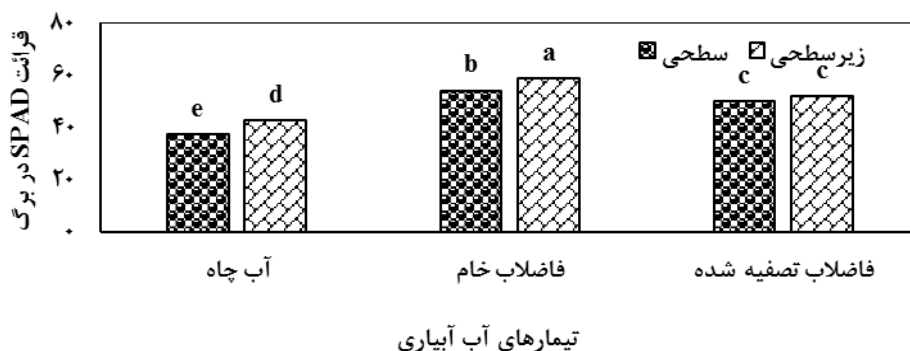
با فاضلاب تصفیه‌شده، تفاوت معنی‌داری بر شاخص SPAD در برگ ایجاد کند، ولی در آبیاری با آب چاه، استفاده از روش زیرسطحی باعث افزایش ۱۴/۹۶ درصدی نسبت به روش سطحی شد. در آبیاری با فاضلاب خام نیز کاربرد روش زیرسطحی، شاخص SPAD در برگ را ۸/۳۳ درصد نسبت به روش سطحی افزایش داد (شکل ۱).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارها بر شاخص SPAD در برگ، بیش‌ترین مقدار به ترتیب در تیمارهای فاضلاب خام به روش زیرسطحی و بعد از آن فاضلاب خام به روش سطحی و کم‌ترین آن به ترتیب در تیمارهای آب چاه و به روش سطحی و زیرسطحی حاصل شد. نتایج نشان داد که اگرچه روش‌های مختلف آبیاری نتوانست جهت آبیاری گیاه

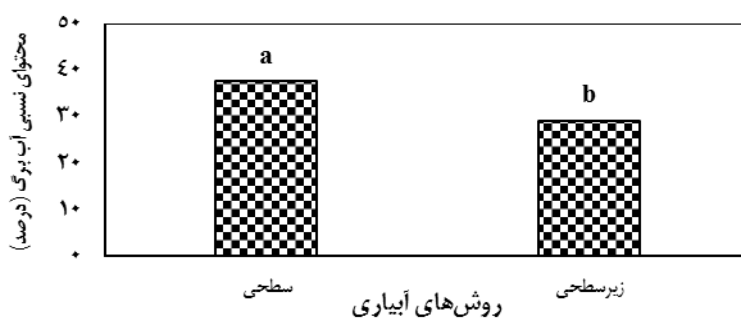
### محتوای نسبی آب برگ

این صفت معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی روش آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ بیانگر این است که استفاده از روش سطحی باعث افزایش ۲۸/۹۴ درصدی محتوای نسبی آب برگ نسبت به روش زیرسطحی شد (شکل ۲).

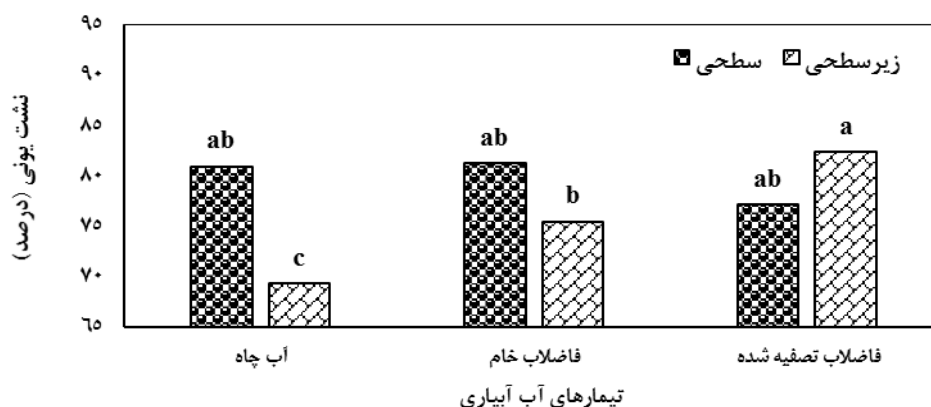
همان‌طور که آنالیز واریانس نشان داد، اثر نوع آبیاری و اثر متقابل کیفیت آب آبیاری و روش آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار نبود و تنها روش آبیاری در سطح یک درصد بر



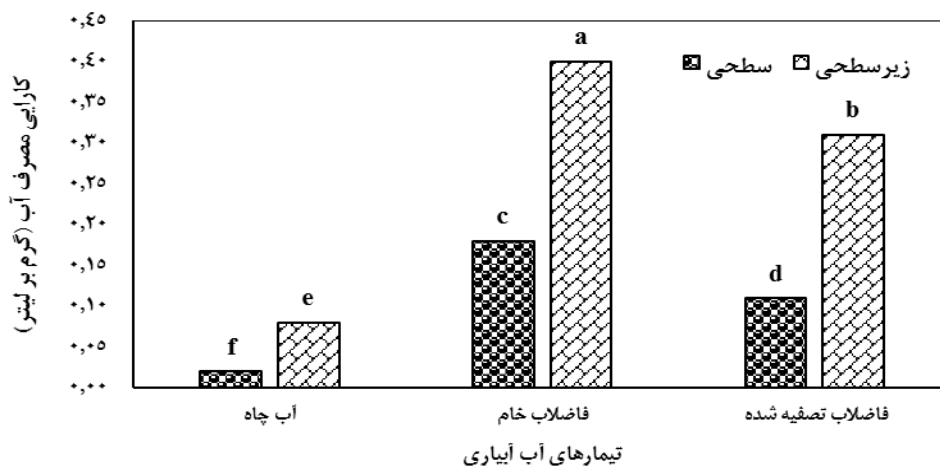
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری بر شاخص SPAD در برگ گیاه اسطوخودوس وجود حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده این است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی روش آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ گیاه اسطوخودوس وجود حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده این است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری بر نشست یونی گیاه اسطوخودوس وجود حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده این است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش روش آبیاری و نوع آب آبیاری بر کارایی مصرف آب در گیاه اسطوخودوس وجود حروف لاتین مشترک نشان‌دهنده این است که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

Menendezris et al., 2020). شاخص SPAD که نشان‌دهنده میزان کلروفیل در برگ می‌باشد در تیمارهایی که فاضلاب دریافت می‌کردند بیشتر از تیمارهایی بود که با آب چاه آبیاری می‌شدند. محققین زیادی نشان دادند که عناصری همچون سدیم و منیزیم به‌عنوان عناصر ضروری جهت سنتز کلروفیل در گیاه هستند که فاضلاب با دارا بودن این عناصر می‌تواند افزایش میزان کلروفیل در برگ گیاهان را به همراه داشته باشد (Ali et al., 2019; Ashrafi et al., 2015; Egbuikwem et al., 2020; Herteman et al., 2011). هرچند کیفیت آب آبیاری بر روی شاخص محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار نبود، ولی گیاهانی که به روش آبیاری سطحی آبیاری شدند، محتوی نسبی آب برگ بیشتری نسبت به روش سطحی داشتند. حیدری و مرادی (۱۳۹۵)، با بیان اینکه محتوی نسبی آب برگ، یک شاخص خشکی است و میزان مقاومت گیاه را نسبت به کمبود آب نشان می‌دهد، گزارش دادند که بین فاضلاب تصفیه‌شده و خام تفاوتی بر محتوی نسبی آب برگ در گیاه گندم وجود نداشت. قربانی واقعی و همکاران (۱۳۹۴)، بیان کردند که آبیاری به روش سطحی و زیرسطحی تفاوتی بر محتوی نسبی آب برگ در گیاه انگور نشان نداد. بر اساس نتایج، در انواع آب آبیاری، استفاده از روش زیرسطحی (به دلیل آب مصرفی کم‌تر و تولید محصول بیش‌تر) نسبت به روش

### کارایی مصرف آب

مطابق با نتایج مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تیمارها بر کارایی مصرف آب، بیش‌ترین مقدار به ترتیب به تیمارهای فاضلاب خام و تصفیه‌شده و به روش زیرسطحی و کم‌ترین آن به ترتیب به تیمارهای آب چاه در روش آبیاری سطحی و زیرسطحی اختصاص یافت. در آبیاری با آب چاه، استفاده از روش زیرسطحی نسبت به روش سطحی، کارایی مصرف آب را ۳۰۰ درصد افزایش داد. در آبیاری با فاضلاب خام، استفاده از روش زیرسطحی، باعث افزایش ۱۲۲/۲۲ درصدی نسبت به روش سطحی شد. در آبیاری با فاضلاب تصفیه‌شده، استفاده از روش زیرسطحی توانست کارایی مصرف آب را ۱۸۱/۸۲ درصد نسبت به روش سطحی افزایش دهد (شکل ۴).

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد فیزیولوژیکی گیاهانی که فاضلاب جهت آبیاری دریافت می‌کردند، بهتر از آب چاه بود که نشان‌دهنده اثر مثبت فاضلاب بر روی رشد گیاه می‌باشد. محققین زیادی غنی بودن فاضلاب از مواد غذایی موردنیاز گیاه را دلیل رشد بهتر گیاه می‌دانند (Ali et al., 2019; Ashrafi et al., 2017; Chaganti et al., 2020;

شاخص‌های رشد و بهره‌وری آب رزماری (*Rosmarinus officinalis* L. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲ (۴): ۵۶۷-۵۸۰.

حیدری، ح. و مرادی، س. ۱۳۹۵. تأثیر فاضلاب تصفیه‌شده بر محتوای نسبی آب برگ گندم در خشکی، اولین کنفرانس ملی یافته‌های نوین زیست‌شناسی، دانشگاه زاهدان. ۴۸-۳۵.

جلینی، م. و گنجی مقدم، ا. ۱۳۹۵. تأثیر روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و سطوح مختلف آب بر خصوصیات رویشی، عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام هلو. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۰ (۲): ۲۶۲-۲۷۱.

قربانی واقعی، ح.، بهرامی، ح. ع.، مظهری، ر. و حشمت‌پور، ع. ۱۳۹۴. تأثیر آبیاری زیرسطحی با کپسول‌های رسی متخلخل بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه انگور. نشریه آب‌و خاک، علوم و صنایع کشاورزی. ۲۹ (۱): ۵۸-۶۶.

قجر، ح.، سلطانلو، ح.، رمضانپور، س. س.، توکلی، ا. و شریعتی، و. ۱۳۹۹. مطالعه نیم‌رخ بیانی در گیاه اسطوخودوس انگلیسی تحت تنش خشکی با روش توالی یابی. مجله بیوتکنولوژی کشاورزی. ۱۲ (۱): ۱۰۱-۱۲۴.

عالی‌نژادیان، ا. و ملکی، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت در آبیاری با پساب شهری در منطقه‌ای با آب و هوای خشک سرد. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان. ۱۱۲-۱۰۰.

Ali, F., Rehman, S., Tareen, N., Ullah, K., Ullah, A., Bibi, T. and Laghari, S. 2019. Effect of Waste water treatment on the growth of selected leafy vegetable plants. Applied Ecology and Environmental Research. 17:585-1597.

Ashrafi, N., Nikbakht, A. and Gheysari, M. 2017. Effect of recycled water applied by surface and subsurface irrigation on the growth, photosynthetic indices and nutrient content of young olive trees in central Iran. Journal of Water Reuse and Desalination. 7 (2): 246-252.

سطحی، کارایی مصرف آب را در گیاهان اسطوخودوس و توت آمریکایی افزایش داد که در این بین، بیش‌ترین کارایی مصرف آب به ترتیب با کاربرد فاضلاب خام و تصفیه‌شده به روش زیرسطحی به‌دست آمد و کم‌ترین میزان، در آبیاری با آب چاه به روش سطحی حاصل شد. در پژوهش اسدی و همکاران (۱۳۹۷) و جلینی و گنجی مقدم (۱۳۹۵) نیز آبیاری به روش زیرسطحی نسبت به روش سطحی، بهره‌وری آب را در گیاهان رزماری و ارقام هلو افزایش داد. کولاک و همکاران نیز بیان کردند که بهره‌وری آب، در آبیاری به روش زیرسطحی نسبت به سطحی در کشت بادنجان بیش‌تر بود (Çolak et al., 2017). در تحقیقی توسط موجید و همکاران حداکثر راندمان مصرف آب، در اثر استفاده از فاضلاب خام و عدم کود دهی و نیز فاضلاب رقیق شده و کود دهی مشاهده شد (Mojid et al., 2012). در پژوهش عالی نژادیان و ملکی (۱۳۹۲)، بیش‌ترین کارایی مصرف آب در کشت گیاه ذرت، در آبیاری با ۱۰۰ درصد پساب شهری حاصل شد. به‌طور کلی یافته‌های این تحقیق حاکی از این است که استفاده از روش زیرسطحی جهت آبیاری اسطوخودوس با فاضلاب در فضای سبز شهری، روش مناسبی می‌باشد، زیرا بیش‌ترین میزان کارایی مصرف آب و شاخص SPAD برگ در گیاه اسطوخودوس با کاربرد فاضلاب خام به روش زیرسطحی حاصل شد.

روش آبیاری زیرسطحی با توزیع یکنواخت آب و مواد غذایی در ناحیه ریشه باعث بهبود رشد و راندمان کاربرد آب می‌گردد. همچنین فاضلاب با دارا بودن مواد مغذی نیاز کودی گیاه را کاهش داده و باعث رشد بهتر گیاه می‌شود؛ بنابراین استفاده از فاضلاب در روش زیرسطحی ضمن اینکه از هدرروی آب در اثر تبخیر و تعرق جلوگیری می‌کند، شاخص‌های رشدی گیاهان را نیز افزایش و استفاده از منابع آب شیرین در بخش کشاورزی را کاهش می‌دهد.

## منابع

اسدی، ر.، حسن‌پور، ف.، مهربانی، م.، باقی‌زاده، ا. و کاراندیش، ف. ۱۳۹۷. تأثیر دور و دو روش آبیاری بر



- Ashrafi, N., Nikbakht, A., Gheysari, M., Fernández-Escobar, R. and Ehtemam, M.H. 2015. Effect of a new irrigation system using recycled water on stomatal behaviour, photosynthesis and nutrient uptake in olive trees (*Olea europaea* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 90 (4): 401-406.
- Chaganti, V.N., Ganjgunte, G., Niu, G., Ulery, A., Flynn, R., Enciso, J.M., Meki, M.N. and Kiniry, J.R. 2020. Effects of treated urban waste water irrigation on bioenergy sorghum and soil quality. *Agricultural Water Management*. 228:105894.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105894>.
- Çolak, Y.B., Yazar, A., Sesveren, S. and Colak, I. 2017. Evaluation of yield and leaf water potential (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Scientia horticulturae*. 219: 10-21.
- Egbuikwem, P.N., Mierzwa, J.C. and Saroj, D.P. 2020. Assessment of suspended growth biological process for treatment and reuse of mixed wastewater for irrigation of edible crops under hydroponic conditions. *Agricultural Water Management*. 231:106034.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106034>.
- Elfanssi, S., Ouazzani, N. and Mandi, L. 2018. Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigated by treated domestic wastewater. *Agricultural Water Management*. 202: 231-240.
- FAO. 1992. Waste water treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 47.
- Forslund, A., Ensink, J.H.J., Markussen, B., Battilani, A., Psarras, G., Gola, S., Sandei, L., Fletcher, T. and Dalsgaard, A. 2012. *Escherichia coli* contamination and health aspects of soil and tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) subsurface drip irrigated with on-site treated domestic wastewater. *Water research*. 46 (18): 5917-5934.
- Hassanli, A.M., Ahmadirad, S. and Beecham, S. 2010. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*. 97 (2):357-362.
- Heidarpour, M., Mostafazadeh-Fard, B., Koupai, J.A. and Malekian, R. 2007. The effects of treated wastewater on soil chemical properties using subsurface and surface irrigation methods. *Agricultural Water Management*. 90 (1-2). 87-94.
- Herteman, M., Fromard, F. and Lambs, L. 2011. Effects of pretreated domestic wastewater supplies on leaf pigment content, photosynthesis rate and growth of mangrove trees: a field study from Mayotte Island, SW Indian Ocean. *Ecological engineering*. 37:1283-1291.
- Jeong, H., Kim, H. and Jang, T. 2016. Irrigation water quality standards for indirect wastewater reuse in agriculture: a contribution toward sustainable wastewater reuse in South Korea. *Water*. 8 (4):169.
- Khawla, K., Besma, K., Enrique, M. and Mohamed, H., 2019. Accumulation of trace elements by corn (*Zea mays*) under irrigation with treated wastewater using different irrigation methods. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 170: 530-537.
- Kouznetsov, M.Y., Pachevsky, Y.A., Gillerman, L., Gantzer, C.J. and Oron, G., 2004. Microbial transport in soil caused by surface and subsurface drip irrigation with treated wastewater. *Int. Agrophysics*. 18: 239-247.
- Lutts, S., Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*. 46:1843-1852. doi: 9.1093/jxb/46.12.1843.
- MendesReis, M., Da Silva, A.J., Gonçalves Lopes É.M., Silva Donato, L.M., Barros, R.E., Facco Pegoraro, R. and Tuffi Santos, L.D. 2020. Use of treated wastewater in irrigation: productive and nutritional aspects of millet and chemical properties of clay and sandy loam soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*.  
<https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1820489>
- Mojid, M.A., Biswas, S.K. and Wyseure, G.C.L. 2012. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilisers

- on wheat cultivation in Bangladesh. *Field Crops Research*. 134: 200-207.
- Nunes, D.S., Linck, V.M., da Silva, A.L., Figueiro, M. and Elisabetsky, E., 2010. *Psychopharmacology of essential oils. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*. CRC Press: Boca Raton, FL. 297-314.
- Oron, G., Campos, C., Gillerman, L. and Salgot, M. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*. 38: 223-234.
- Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z. and Manor, Y. 1992. Effect of effluent quality and application method on agricultural productivity and environmental control. *Water Science and Technology*. 26 (7-8):1593-1601.
- Ritchie, S. W. and Nguyen, H. T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science*. 30: 105-111.
- Sacks, M. and Bernstein, N. 2011. Utilization of reclaimed wastewater for irrigation of field-grown melons by surface and subsurface drip irrigation. *Israel journal of plant sciences*. 59 (2-4): 159-169.
- Soltani-Gerdefaramarzi, S., Gheisouri, M., Saberi, A. and Yarami, N. 2021. The effect of land use change on surface water quality under the wet and dry years in a semi-arid catchment (case study: the Godarkhosh catchment). *Environment Development Sustainability* 23:5371-5385.
- Song, I., Stine, S.W., Choi, C.Y. and Gerba, C.P. 2006. Comparison of crop contamination by microorganisms during subsurface drip and furrow irrigation. *Journal of Environmental Engineering*. 132 (10). 1243-1248.
- Tabatabaei, S.H., Nourmahnad, N., Kermani, S.G., Tabatabaei, S.A., Najafi, P. and Heidarpour, M., 2020. Urban wastewater reuse in agriculture for irrigation in arid and semi-arid regions-A review. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 9 (2): 193-220.
- Yazdani, A.A., Saffari, M. and Ranjbar, G. 2019. Effect of Application of Treated Wastewater on Seed Yield and Heavy Metals Content of Safflower Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 21 (5): 1277-1286.

## Physiological Response of *Lavandula* to the Use of Raw and Treated Effluent in Surface and Subsurface Irrigation with Permeable Tubes

A. Alemzadeh<sup>1</sup>, S. Soltani-Gerdefaramarzi<sup>2\*</sup>, N. Yarami<sup>2</sup> and M. Dehestani-Ardakani<sup>3</sup>

### Abstract

One of the major issues facing arid and semi-arid regions is the water crisis, which has been exacerbated by recent droughts. Limited water resources in these areas require the use of unconventional waters such as wastewater to irrigate urban landscape plants and the agricultural sector. This study was conducted to investigate the effect of raw and treated wastewater on some characteristics of landscape plants *Lavandula* in irrigation by using permeable tubes. The experiment was performed as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications in the research site of Yazd Taft Wastewater Treatment Plant. Experimental treatments included type of irrigation water (well water, raw wastewater and treated wastewater) and irrigation method (subsurface using permeable tubes and surface irrigation). The results showed that the effect of interaction between irrigation water type and irrigation method on SPAD reading at 5% level and on Ion leakage was significant at 1% level in *Lavandula*. Based on the results, SPAD reading and water use efficiency in lavender were obtained by using raw wastewater by subsurface irrigation method. According to the results of this study, the municipal wastewater can be used in a subsurface method to irrigate landscape plants.

**Keywords:** *Lavandula*, Permeable Tubes, Physiological Characteristics, Unconventional Waters, Water Crisis

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Sciences and Engineering, Collage of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University, Ardakan, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Collage of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University, Ardakan, Iran (\* Corresponding Author Email: ssoltani@ardakan.ac.ir)

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Collage of Agriculture and Natural Resource, Ardakan University, Ardakan, Iran

Received: 31 January 2021

Accepted: 13 March 2021

