مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۳ (پیاپی ٤٠)، پاییز ۱٤۰۲، صفحه ٤٥ـ٥٨

مقاله پژوهشی

تأثیر حجم و دور آبیاری بر عملکرد جنگل‌کاری‌های سیاه‌تاغ

گلنوش سوارتندرو،[۱] سلمان زارع،[*۲] خالد احمدآلی،[۳] محمد جعفری،[٤] لیو هوجون،[٥] مجید آخشی،[٦] رضا معصومیان[۷]

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۱/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰٤/۲٤**

چکیده

یکی از راه‌های مقابله با پدیدهٔ زیان‌بار فرسایش بادی، اجرای پروژه‌های احیای بیولوژیک است که با توجه به کمبود آب در اکوسیستم‌های بیابانی، آبیاری گیاه را با مشکل مواجه کرده است. شیوهٔ آبیاری سطحی با توجه به بالا بودن درجه‌حرارت در عرصه‌های بیابانی، هدررفت بالای آب ازطریق تبخیر را به همراه دارد. هدف از این پژوهش، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفادهٔ بهینه از آن است؛ به‌طوری‌که در رشد و استقرار گیاه خللی وارد نشود. برای این منظور، شاخصه‌های ساختاری و عملکردی ۲۵ پایهٔ یک‌سالهٔ سیاه‌تاغ کاشته‌شده برای هر تیمار در پارک جنگلی ثامن‌الائمه در قم، در طول یک فصل رشد (از اردیبهشت تا آبان ۱٤۰۱) در دو تیمار (حجم آبیاری ۳۰ و ۱۵ لیتر) و دورهای آبیاری ۲، ۳ و ٤ هفته بررسی شد. در این رابطه، ارتفاع، عمق ریشه‌دوانی، قطر یقه، شاخص رشد و قطر تاج‌پوشش به‌عنوان صفات ساختاری، و وزن اندام هوایی و زیرزمینی به‌عنوان صفات عملکردی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مقادیر صفات مذکور، در تیمار ۳۰ لیتری در هر سه دورهٔ آبیاری، بهتر از تیمار ۱۵ لیتری بود؛ اما در برخی از ویژگی‌ها، اختلافات، معنی‌دار نبود. به همین منظور، با هدف کاهش هزینه‌های آبیاری و صرفه‌جویی در حجم آب مصرفی، ۱۵ لیتر آبدهی در هر دور آبیاری توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: احیای بیولوژیک، بیابان، خصوصیات مورفولوژیکی، فرسایش بادی، کمبود آب.

۱. دانشجوی دکتری، مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه تهران، کرج

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج؛ Zaresalman@ut.ac.ir

۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

٤. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

٥. دانشیار موسسه تحقیقات کنترل بیابان گانسو، چین

٦. کارشناس ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تهران، کرج

۷. کارشناس مهندسی کشاورزی، دانشگاه آزاد

DOI: 10.22052/DEEJ.2024.254033.1036

مقدمه

فرسایش بادی به‌عنوان مخاطرهٔ محیط‌زیستی در نواحی خشک و نیمه‌خشک موجب خسارات فراوانی به اراضی کشاورزی، مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی وارد می‌کند و ازطرفی با مهاجرت روستاییان باعث زیان‌های اقتصادی بی‌شماری شده و پایداری محیط را به خطر می‌اندازد (ایتزاک،[8] ۲۰۲۰)، همچنین این پدیده باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و کاهش منابع آب می‌شود (زارع، ۲۰۱٤). گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث کاهش سرعت باد شده (کودری[9] و همکاران، ۲۰۱۹) و در همین راستا فرسایش بادی را کنترل می‌کند (ورشوساز[10] و همکاران، ۲۰۱۸). حال‌آنکه کاشت گیاه با توجه به کمبود آب در مناطق بیابانی به یک معضل تبدیل شده و مدیریت آب را بسیار ضروری کرده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک آبیاری به هدف تأمین نیاز آبی گیاه، کاهش اثر خشکسالی‌ها و... صورت می‌گیرد (جلینی[11] و همکاران، ۲۱۰۷). آبیاری نامناسب باعث اتلاف هزینه و مقادیر زیادی آب ازطریق تبخیر می‌شود و یا در گیاه تنش ایجاد می‌کند. رشد سریع جمعیت، توسعهٔ فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی از یک‌سو و خشکسالی‌های پی‌درپی در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک (مغربی و همکاران، ۲۰۲۰) ازسوی دیگر، موجب شده است که منابع آب شیرین سطحی و زیرسطحی به اوج بهره‌برداری خود برسد و ازلحاظ کمی و کیفی در وضعیت بحرانی قرار گیرد (کریمی، ۲۰۱۳). براساس پیش‌بینی‌های به‌عمل‌آمده، تا سال ۲۰۳۰ جهان با ٤۰ درصد کمبود آب مواجه خواهد شد که با این روند، در آیندهٔ نزدیک بسیاری از مناطق دچار کم‌آبی یا خشکسالی شدید خواهند شد(گارسیا کاروا[12] و همکاران، ۲۰۱٦). قرارگیری ایران در محدودهٔ کمربند بیابانی دنیا (کاراندیش و هورکسترا،[13] ۲۰۱۷) و محصور شدن آن در حصارهای کوهستانی نسبتاً مرتفع سبب شده است که پدیدهٔ خشکی به‌عنوان ویژگی بارز، دوسوم مساحت ایران به شمار آید (احمدی، ۲۰۰٦). اجرای تدابیری ویژه در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در کشور، همچنین توجه جدی به مدیریت بهینهٔ مصرف آب در این بخش در کاهش تأثیر بحران آب از اهمیت بسیاری برخوردار است (عبدی و فتاحی، ۲۰۱٤). استان قم منطقهٔ مورد مطالعه این پژوهش، به‌علت دمای بالا و کیفیت نامناسب آب مشکلاتی را برای اجرای پروژه‌های بیولوژیک ایجاد کرده است. با توجه به بررسی شاخص پوشش گیاهی در این استان بیشترین میزان تغییرات در پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ در مقایسه با سال ۱۹۹۳ رخ داده است؛ به‌گونه‌ای که در طی این هفت سال حدود ۵۲٦ کیلومتر مربع از وسعت پوشش گیاهی قم کاسته شده است. درعین‌حال در دورهٔ زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ مساحت پوشش گیاهی ۷٤/۲ کیلومتر مربع کاهش یافته است (حلبیان و جمشیدیان، ۲۰۱۹). به همین دلیل در اجرای پروژه‌های بیولوژیک در این مناطق توجه به مقولهٔ آب و آبیاری بسیار مهم است. روش‌های رایج آبیاری سطحی که سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور هم‌اکنون از آن‌ها استفاده می‌کند، هر دو هفته ۳۰ لیتر آب استفاده می‌شود. به نظر می‌رسد که درصد بالایی از این آب به‌دلیل گرمای هوا به‌صورت تبخیر از دست می‌رود. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر متغیرهای حجم و دور آبیاری به ارزیابی عملکرد گیاه بیابانی سیاه‌تاغ پرداخته است و مشخصه‌های گیاهی آن در طول یک فصل رشد (از اردیبهشت تا آبان ۱٤۰۱) در دو تیمار با یکدیگر مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

استان قم یکی از ۲۲ استان بیابانی در ایران است که به‌دلیل همجواری با مناطق بیابانی از وضعیت آب‌وهوایی مناسبی برخوردار نیست. بالا بودن دما در تابستان، کمی بارندگی سالیانه، وزش بادهای گرم در طول فصل خشک، سرمای خشک در زمستان، نوسانات درجه‌حرارت در فصول مختلف از ویژگی‌های اقلیم حاکم بر منطقه است.محدودهٔ مورد مطالعه پارک جنگلی ثامن‌الائمه به مساحت ۳۳٦ هکتار در ۸ کیلومتری شمال شرقی مرکز شهر قم و در حاشیهٔ جادهٔ قم-گرمسار

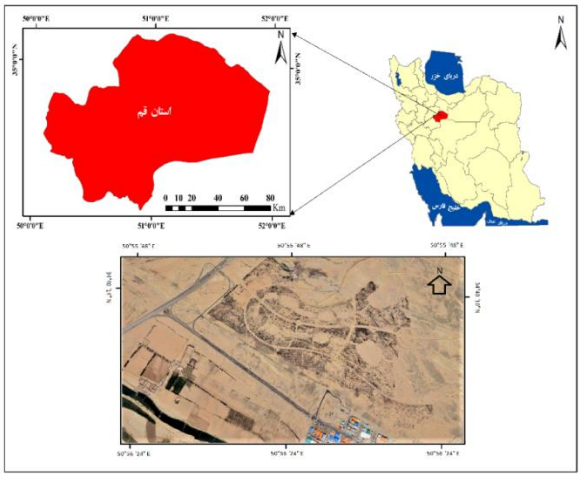
8. Itzhak
9. Choudhury
10. Varshosaz
11. jalini
12. Garcia-Cuerva
13. Karandish & Hoekstra

(کیلومتر ۳) و در محدودهٔ "۱٤ ’٤۰ °۳٤ شمالی و "٤۸ ’۵۵ °۵۰ شرقی تا "۱۰ ’٤۰ °۳٤ شمالی و "۲٤ ’۵٦ °۵۰ شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). ویژگی‌های بارش، رطوبت نسبی، دما و تبخیر درازمدت ایستگاه سینوپتیک قم از اردیبهشت تا آبان ۱٤۰۱ در جدول (۱) آورده شده است. همچنین در عرصهٔ مورد مطالعه، برای کاشت سیاه‌تاغ، ۱۳ ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه در ۵ نقطه (چهار نمونه از چهار گوشه و یک نمونه از وسط عرصه مورد مطالعه آزمایش شد که در بخش نتایج به‌تفصیل بیان شده است.

جدول (۱): خصوصیات اقلیمی درازمدت ایستگاه سینوپتیک قم

Table (1): Long-term climatic characteristics of Qom synoptic station

ماه	مجموع بارش (میلی‌متر)	میانگین دما (درجهٔ سانتی‌گراد)	میانگین رطوبت نسبی (درصد)	مجموع تبخیر (میلی‌متر)
اردیبهشت	۲۰/۱۵	۲۱/۰٤	٤۵/۵٦	۲٤۳/۸۹
خرداد	۹/۸۸	۲۷/۸٤	۳٤/۱۷	۳٦۱/۷۸
تیر	۲/۲۰	۳٤/۲۹	۲۱/۱۱	٤۸۰/۱۵
مرداد	۳/٤٤	۳۲/۸٤	۲۲/۱۸	۵۱۵/۳۷
شهریور	۰/۰۸	۳۱/۱۵	۲۲/٤۰	٤٤۲/۰۹
مهر	۰/٦۹	۲۹/٤٦	۲۵/۵۹	۳۲۵/۹۷
آبان	۷/۷٦	۲۱	٤۰/۳۷	۱۹۱/۵۸



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

Figure (1):Geographical location of the Case Study

خصوصیات سیاه‌تاغ

سیاه‌تاغ با نام علمی *Haloxylon ammodenderon* از تیرهٔ اسفناجیان(C henopodiaceae) جزء گونه‌های بومی قم است. این گیاه شورپسند و خشکی‌پسند بوده که منجر به سازگاری بالای آن با شرایط سخت شده است. گسترهٔ رویشی آن بسیار زیاد است؛ به‌طوری‌که در خاک‌هایی عمیق و گاهی نیمه‌عمیق با بافت متغیر سبک، متوسط تا خیلی سنگین با درصد رس ۱/۲ تا ۲۵/٦ و درصد ماسه ٤۵ تا ۹۵ حضور دارد. متوسط بارش سالیانه ٤۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر و دمای سالیانه ۱۲ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است (مقیمی، ۲۰۰۵). طول دورهٔ خشکی گاهی ۱۰ تا ۱۲ ماه نیز می‌رسد. فرم رویشی به‌صورت درختچه و یا به‌ندرت درختی به ارتفاع تا ٤ متر در ایران وجود دارد. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی است، ریشه‌های آن چندین متر رشد می‌کند و حجم خاک را تا چندین متر مکعب اشغال می‌کند (شکل ۲) (مظفریان، ۲۰۰۳).

شکل (۲): نمایی از گیاه سیاه‌تاغ در رویشگاه طبیعی

Figure (2): A view of *Haloxylon ammodenderon* plant in its natural habitat

روش بررسی

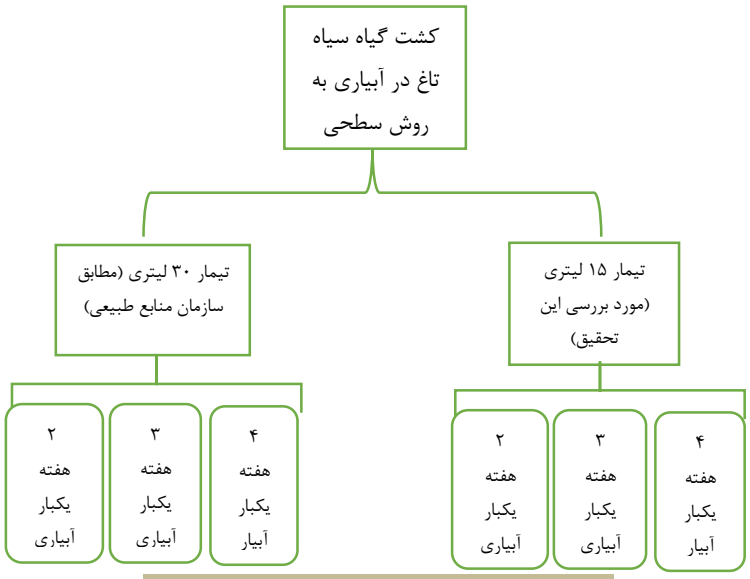
کاشت و آبیاری به روش سطحی

زمان کاشت نهال به نوع درخت و آب‌وهوای منطقه بستگی دارد. به‌طورکلی زمان کاشت نهال از پاییز تا اوایل بهار بوده است و عمق چاله با توجه به نوع نهال، اندازهٔ ریشه آن و نوع خاک بستگی دارد؛ اما معمولاً حدود ۵۰ سانتی‌متر تا یک متر است. در این تحقیق در اردیبهشت ۱٤۰۱، چاله‌هایی با استفاده از مته متصل به تراکتور به عمق ۵۰ سانتی‌متر در فواصل ٤ متری از یکدیگر با ۲۵ تکرار برای هر تیمار حفر گردید. نهال‌ها در مرکز گودال کاشته و گودال با خاک عرصه پر شد.

آبیاری سطحی یکی از ساده‌ترین روش‌های آبیاری به شمار می‌آید. پایین بودن سرمایه‌گذاری اولیه، هزینهٔ کم تعمیر و

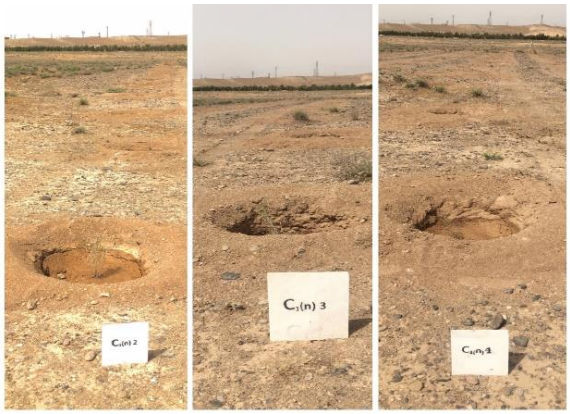
نگهداری، انرژی کم نسبت به انواع روش‌های آبیاری تحت فشار و روش‌های دیگر است. تجهیزات آبیاری سطحی بسیار ساده است و همان‌طور که از نام آن پیداست در این روش آب را به سطح خاک رسانده، به‌صورت تدریجی براثر نیروی گرانش به خاک نفوذ کرده، به مصرف گیاه می‌رسد.

به‌طور رایج، سازمان منابع طبیعی و محیط‌زیست هر دو هفته یک بار ۳۰ لیتر به روش سطحی آبیاری انجام می‌دهد که با در نظر گرفتن شرایط سخت مناطق بیابانی این انتقال آب هزینه‌بر بوده و بخش زیادی از آن توسط تبخیر از دسترس گیاه خارج می‌شود. مطابق شکل (۳) که به‌صورت طرح‌واره نشان داده شده، در این تحقیق تیمار ۳۰ لیتری به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شده است؛ سپس حجم آبیاری نصف گردید و تیمار ۱۵ لیتری به‌عنوان تیمار اصلی در این تحقیق در سه دور آبیاری دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته مورد بررسی قرار گرفت (شکل ٤ و ٥).



شکل (۳): نمایی از طرح آزمایش به‌شکل طرح‌واره

Figure (3): A schematic view of the flowchart



شکل (٤): نهال‌های یک‌سالهٔ سیاه‌تاغ به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در تیمار ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته در اردیبهشت ۱٤۰۱

Figure (4): One-year seedlings of *Haloxylon ammodenderon* with a height of 20 cm in a 30-liter treatment in three irrigation intervals of two weeks, three weeks and four weeks in May 1401

شکل (٥): نهال‌های یک‌سالهٔ سیاه‌تاغ به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در تیمار ۱۵ لیتری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته در اردیبهشت ۱٤۰۱

Figure (5): One-year seedlings of *Haloxylon ammodenderon* with a height of 20 cm in a 15-liter treatment in three irrigation intervals of two weeks, three weeks and four weeks in May 1401

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از هر تیمار ۳۰ و ۱۵ لیتری در سه دور آبیاری به‌طور تصادفی گیاهانی انتخاب شد و به‌منظور مقایسه، شاخصه‌های ساختاری و عملکردی گیاه ازجمله ارتفاع، قطر یقه، شاخص رشد، قطر تاج‌پوشش، عمق ریشه‌دوانی، وزن اندام هوایی و زیرزمینی در طول یک فصل رشد (اردیبهشت تا آبان ۱۴۰۱) اندازه‌گیری شد؛ روش‌های اندازه‌گیری این صفات به شرح زیر است:

ارتفاع گیاه با استفاده از خط‌کش (از سطح خاک تا بلندترین شاخه گیاه) و برای قطر یقه با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد. شاخص رشد با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

G = H Ø Y ×1000

که H ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، Ø قطر متوسط تاج‌پوشش (سانتی‌متر) و Y سن گیاه (سال) است. برای اندازه‌گیری قطر تاج‌پوشش در چهار جهت جغرافیایی تاج‌پوشش گیاه با استفاده از خط کش اندازه‌گیری و سپس میانگین گرفته شد. جهت اندازه‌گیری سه صفت عمق ریشه‌دوانی و وزن اندام هوایی و زیرزمینی تعدادی گیاه به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب شد و از ریشه به‌طور کامل از خاک خارج و طول ریشه اندازه‌گیری شد. سپس در آزمایشگاه اندام‌های هوایی و زیرزمینی وزن شد و بعد در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آون خشک شد و از اختلاف آن وزن اندام هوایی و زیرزمینی به دست آمد. سپس این صفات با استفاده از طرح تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه بررسی شد و از آزمون دانکن برای بررسی وجود یا فقدان اختلاف بین تیمارها (در سطح اطمینان ۵ درصد) با کمک نرم‌افزار آماری SPSS استفاده گردید.

نتایج

مقادیر ویژگی‌های خاک و آب در منطقهٔ مورد مطالعه

خاک منطقه به بافت S andyC lay loam با وزن مخصوص حقیقی ۲/۰۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، شوری ۱/۹۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH ۷/۱۹ به‌طور متوسط دارای ۰/۵۷ درصد مادهٔ آلی، ۲۴/۲ درصد آهک، ۱۶/۸ درصد سولفات و ۰/۲ درصد گچ بوده است. همچنین املاحی مانند کلسیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات و کلر به‌ترتیب برابر ۱۳/۶، ۲۴، ۰، ۸/۲ و ۳۳/۲ meq lit است. با توجه به پایین بودن کیفیت آب شهری این استان از آب پسابی که در نزدیک عرصهٔ مورد مطالعه بود، استفاده شد که آنالیز پساب به این شرح بوده است: pH ۷/۱۶، شوری ۲/۴۸ ds/m و املاح آن ازجمله کلسیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات، کلر، سولفات و سدیم به‌ترتیب ۶/۴، ۴، ۰، ۸، ۳/۲ meq lit، ۴۱/۶ درصد و ۱۳۸ ppm بوده است.

مقادیر صفات گیاهی

نتایج نشان داد که صفات ساختاری مانند ارتفاع، قطر یقه، شاخص رشد، قطر تاج‌پوشش اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد دارند و صفاتی مانند عمق ریشه‌دوانی و وزن اندام هوایی و زیرزمینی و درصد زنده‌مانی در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معناداری نیستند (جدول ۲).

جدول (۲): تجزیهٔ واریانس صفات مورد اندازه‌گیری

Table (2): Variance analysis of measured characteristics

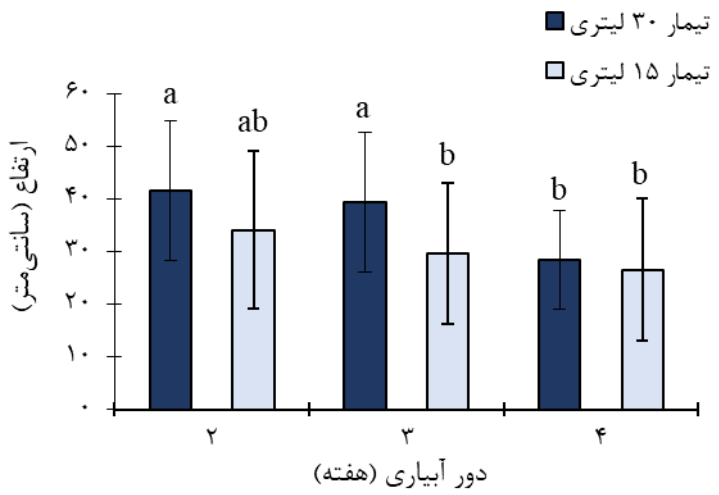
خصوصیات مورفولوژیکی	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات
ارتفاع	۵	۸۹۵/۹۸*
عمق ریشه‌دوانی	۵	۱۴۵/۰۶ ns
قطر یقه	۵	۸۰/۷۰ *
وزن اندام هوایی	۵	۴۰۵۹۴/۰۲ ns
وزن اندام زیرزمینی	۵	۱۰۳/۹۹ ns
شاخص رشد	۵	۳۰/۷۱*
قطر تاج‌پوشش	۵	۱۹۶۸/۱۱ *
درصد زنده‌مانی	۵	۲۸۰ ns

* نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

ns نشان‌دهندهٔ عدم معنی‌داری

ارتفاع اندام هوایی

همان‌گونه که در شکل (۶) نشان داده شده، ارتفاع گیاه با افزایش دور آبیاری کاهش یافته است. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه تحت تأثیر دو مقدار آبیاری حکایت از کاهش رشد گیاه در آبیاری ۱۵ لیتری در مقایسه با تیمار ۳۰ لیتری دارد، این کاهش برای دور آبیاری دوهفته‌ای ۲۲/۶۲ درصد (۷/۵۸ سانتی‌متر)، برای دور آبیاری سه‌هفته‌ای ۳۲/۲۰ درصد (۹/۶۰ سانتی‌متر) و برای دور آبیاری چهارهفته‌ای ۷/۰۹ درصد (۱/۸۹ سانتی‌متر) بود. شایان ذکر است که این اختلاف فقط در تیمار دور آبیاری ۳ هفته‌ای معنی‌دار بود.

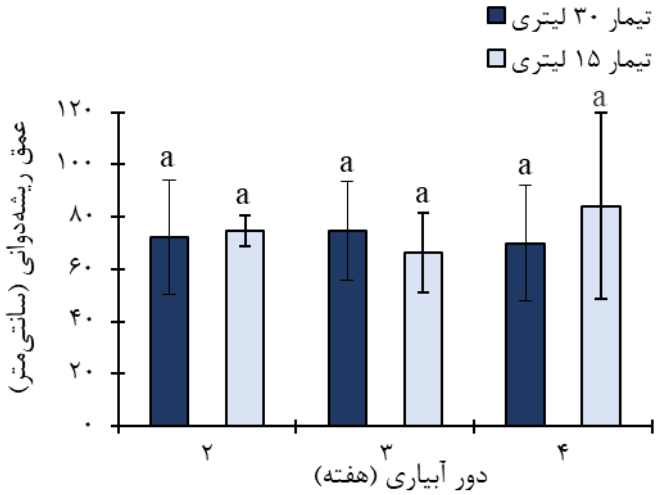


شکل (٦): مقایسه ارتفاع اندام هوایی در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (6): Comparison of Height of plant in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

عمق ریشه‌دوانی

در مقایسهٔ میانگین عمق ریشه‌دوانی، همان‌گونه که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، دو تیمار اختلاف معنی‌داری ندارند. عمق ریشه‌دوانی در هر سه دور آبیاری در تیمار ۱۵ لیتری تقریباً مشابه هم بوده است. ریشه‌دوانی در تیمار ۱۵ لیتری در دور آبیاری چهار هفته عملکرد بالاتری نسبت به تیمار ۳۰ لیتری داشته است. تیمار ۳۰ لیتری نسبت به ۱۵ لیتری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته به‌ترتیب باعث کاهش ۳/٤٦ (۲/۵ سانتی‌متر)، افزایش ۱۲/٤۹ (۸/۲۵ سانتی‌متر) و کاهش ۱٦/۹٦ (۱٤/۲۵ سانتی‌متر) درصدی شده است.

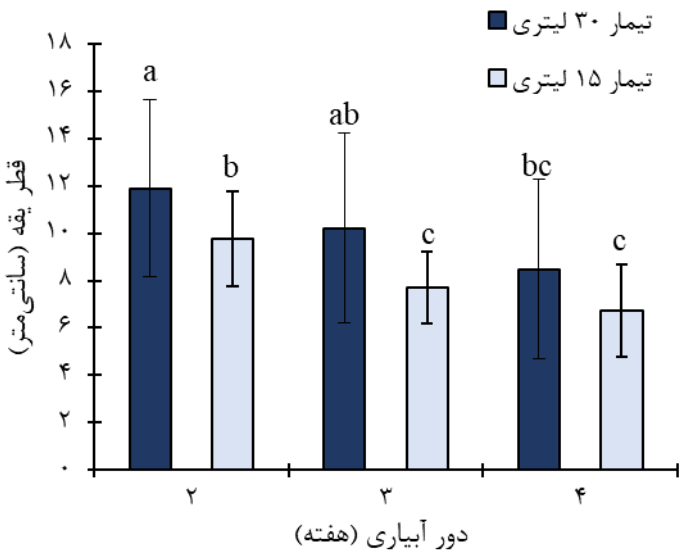


شکل (۷): مقایسه عمق ریشه دوانی در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (7): Comparison of Root Depth in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

قطر یقه

شکل (۸) میانگین قطر یقه در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری مختلف را نشان داده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، قطر یقهٔ گیاه با افزایش دور آبیاری کاهش یافته است. دو تیمار با دور آبیاری چهار هفته اختلاف معنی‌داری ندارند؛ ولی در دور آبیاری دو هفته و سه هفته اختلاف معنادار است. بااین‌حال عملکرد تیمار ۳۰ لیتری در افزایش قطر یقهٔ گیاه بیشتر از تیمار ۱۵ لیتری بوده است؛ این درحالی است که در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته به‌ترتیب باعث افزایش ۲۲/۰۵ (۲/۱۵ سانتی‌متر)، ۳۲/٥٤ (۲/۵۱ سانتی‌متر) و ۲۷/٦۹ (۱/۸ سانتی‌متر) درصدی شده است.

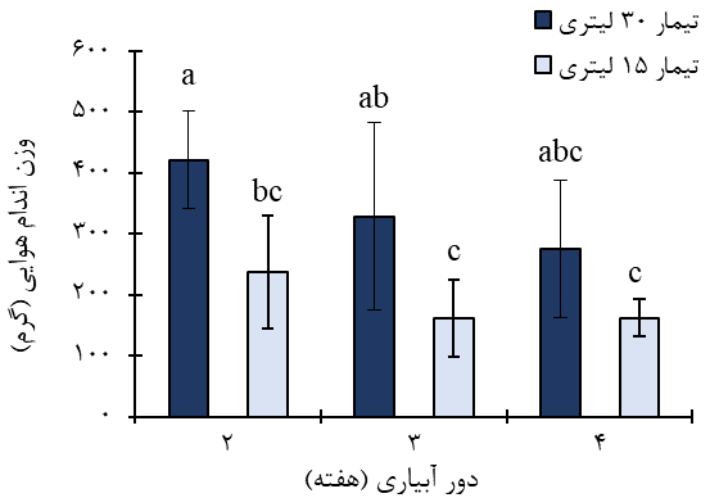


شکل (۸): مقایسهٔ قطر یقه در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (8): Comparison of Trunk Diameter in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

وزن اندام هوایی

نمودار مقایسهٔ میانگین وزن اندام هوایی در شکل (۹) نشان داده شده است. وزن اندام هوایی گیاه با افزایش دور آبیاری در هر دو تیمار کاهش یافته است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تیمار با دور آبیاری دو هفته و سه هفته اختلاف معنی‌داری باهم دارند؛ ولی در چهار هفته اختلاف معنادار ندارند. بااین‌حال وزن اندام هوایی در تیمار ۳۰ لیتری در مقایسه با تیمار ۱۵ لیتری با سه دور آبیاری به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر بوده و به‌ترتیب باعث افزایش ۷۷/٤۷ (۱۸٤ گرم)، ۱۰۳/۵۰ (۱٦٦/۹۸ گرم) و ۷۰/۱۳ (۱۳۳/۵٤ گرم) درصدی شده است.

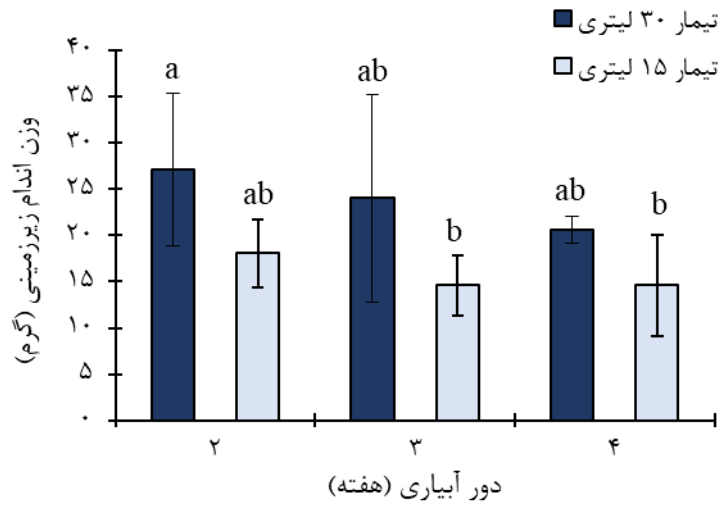


شکل (۹): مقایسهٔ وزن اندام هوایی در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (9): Comparison of Aerial Weight in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

وزن اندام زیرزمینی

همان‌گونه که در شکل (۱۰) نشان داده شده است. وزن اندام زیرزمینی گیاه با افزایش دور آبیاری در هر دو تیمار کاهش یافته است. مقایسهٔ نمودار نشان داد که وزن اندام زیرزمینی در تیمار ۳۰ لیتری افزایش داشته است. این افزایش در سه دور آبیاری به‌ترتیب ۵۰/٤۱ (۹/۱ گرم)، ٦٤/۵۲ (۹/٤۲ گرم) و ٤۱/۵۲ (٦/۰۵ گرم) درصدی بوده است. این درحالی است که این اختلافات در هیچ تیماری معنی‌دار نبوده است.

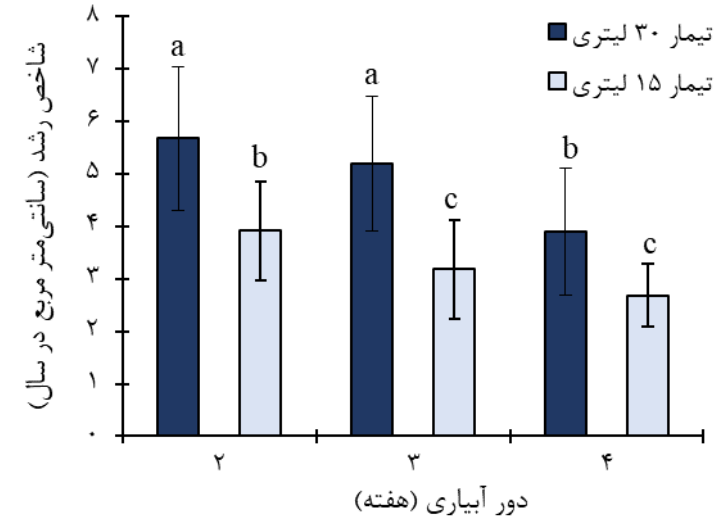


شکل (۱۰): مقایسهٔ وزن اندام زیر زمینی در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (10): Comparison of Root Weight in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

شاخص رشد

شکل (۱۱) نمودار مقایسهٔ شاخص رشد در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری را نشان می‌دهد. شاخص رشد گیاه با افزایش دور آبیاری در هر دو تیمار کاهش یافته است. همچنین این نمودار حاکی از عملکرد بالای تیمار ۳۰ لیتری بوده است. این عملکرد به‌طور معنی‌داری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته به‌ترتیب باعث افزایش ٤٥/٢٦ (١/٧٧ سانتی‌متر مربع در سال)، ٦٣/٣٩ (٢/٠١ سانتی‌متر مربع در سال) و ٤٤/٤٠ (١/٢٠ سانتی‌متر مربع در سال) درصدی شده است.

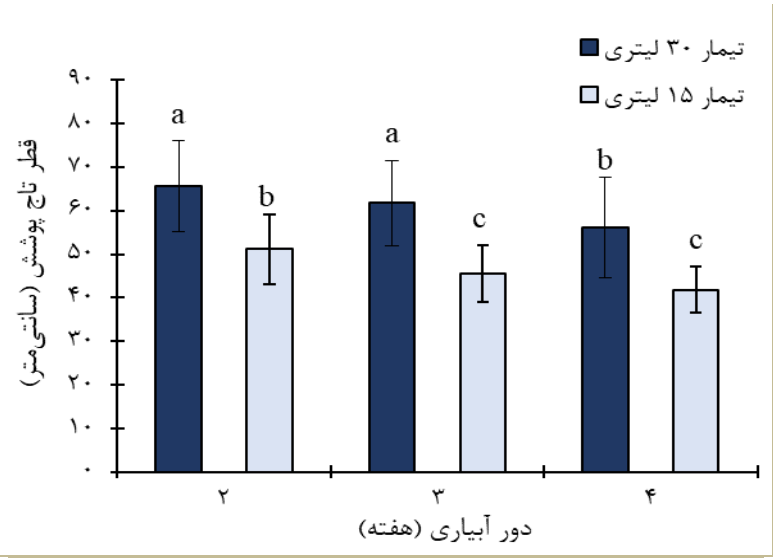


شکل (۱۱): مقایسهٔ شاخص رشد در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (11): Comparison of Growth Index in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

قطر تاج‌پوشش

مقایسهٔ میانگین قطر تاج‌پوشش در شکل (۱۲) نشان داده شده است. نمودار زیر سیر نزولی قطر تاج‌پوشش را در دور آبیاری دو هفته نسبت به چهار هفته را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که در تیمار ۳۰ لیتری در هر سه دور آبیاری نسبت به تیمار ۱۵ لیتری قطر تاج‌پوشش افزایش داشته است. این افزایش به‌طور معنی‌داری در دور آبیاری دوهفته‌ای ٢٨/٣١ (١٤/٤٨ سانتی‌متر)، سه‌هفته‌ای ٣٥/٣٤ (١٦/١٢ سانتی‌متر) و چهارهفته‌ای ٣٤/١٣ (١٤/٢٩ سانتی‌متر) درصدی بوده است.

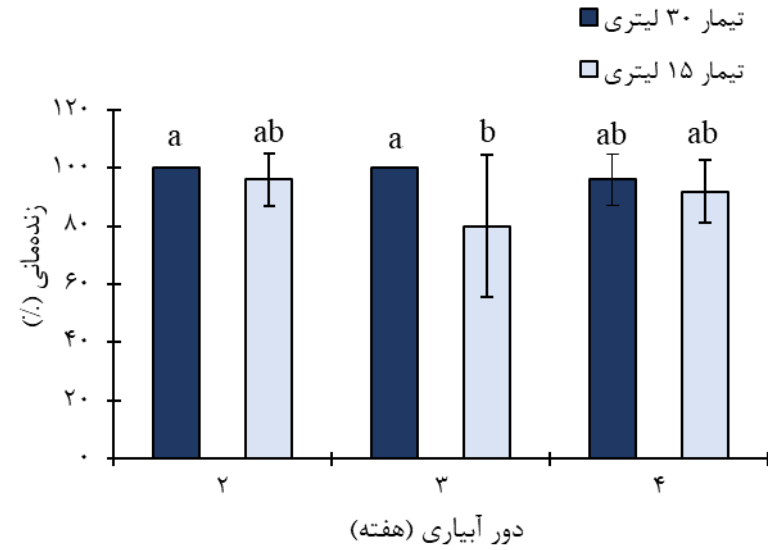


شکل (۱۲): مقایسهٔ قطر تاج‌پوشش در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (12): Comparison of Canopy Diameter in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

درصد زنده‌مانی

همان‌گونه که در شکل (۱۳) نشان داده شده است. زنده‌مانی گیاه بعد از ٦ ماه، در دور آبیاری دو هفته و چهار هفته در هر دو تیمار ۳۰ و ۱۵ لیتری نزدیک به هم بوده است. در دو تیمار با دورهای آبیاری دو هفته و چهار هفته اختلاف معناداری وجود ندارد. تیمار ۳۰ لیتری در مقایسه با تیمار ۱۵ لیتری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته به‌ترتیب باعث افزایش ٤، ۲۰ و ٤ درصدی شده است.



شکل (۱۳): مقایسهٔ درصد زنده‌مانی در دو تیمار ۱۵ و ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری

Figure (13): Comparison of Survival Percentage in two treatments of 15 and 30 liters in three irrigation intervals

ابعاد تاج‌پوشش

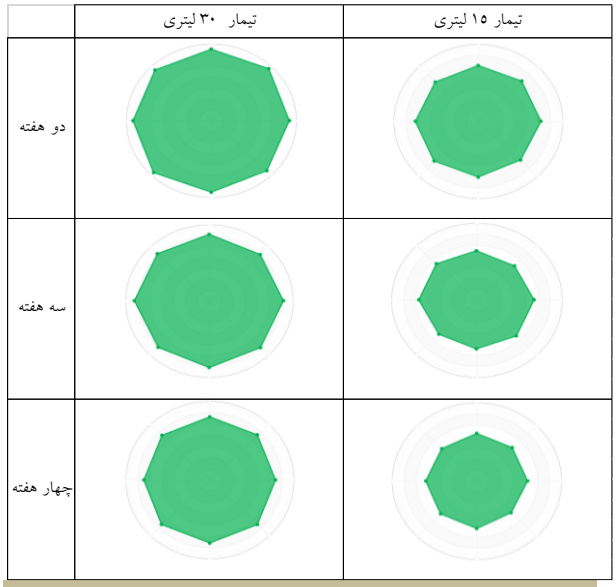
ازآنجاکه ۹۰ درصد ذرات خاک در ۳۰ سانتی‌متری سطح زمین حرکت می کنند، شکل تاج‌پوشش در جلوگیری از حرکت آن‌ها مؤثر است. هرچه تاج‌پوشش بزرگ‌تر باشد، در حفاظت از خاک و کنترل فرسایش بادی به‌عنوان بادشکن مؤثرتر است. مساحت تاج‌پوشش تیمار ۳۰ و ۱۵ لیتری در دورهای دو هفته، سه هفته و چهار هفته بعد از آبیاری اندازه‌گیری شد (جدول ۳) و در شکل (١٤) به‌طور طرح‌واره نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که تیمار ۳۰ لیتری در سه دور آبیاری دو هفته، سه هفته و چهار هفته به‌ترتیب ٦۳/۹۵، ۸۰/۳۰ و

۷۸/۹۱ درصد مساحت تاج‌پوشش بیشتری نسبت به تیمار ۱۵ لیتری داشته است که در کاهش سرعت باد و دریافت بیشتر آب باران و همچنین کاهش رواناب تأثیر بسزایی داشت.

جدول (۳): مساحت تاج‌پوشش (متر مربع) در دو تیمار مورد بررسی

Table (2): The Canopy area in two investigated treatments (m^2)

تیمار ۱۵ لیتری			تیمار ۳۰ لیتری		
چهار هفته	سه هفته	دو هفته	چهار هفته	سه هفته	دو هفته
۱۲/۳۸	۱٤/۷۰	۱۸/٤۹	۲۲/۱٦	۲٦/۵۱	۳۰/۳۲



شکل (۱٤): ارزیابی ابعاد تاج‌پوشش در دو تیمار در سه دور آبیاری

Figure (14): Baluation of the dimensions of the canopy in two treatments in three irrigation intervals

بحث و نتیجه‌گیری

سطح وسیعی از کشور ما در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، در دهه‌های اخیر تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های غیراصولی انسانی، شرایط را برای فرسایش بادی مستعد ساخته است. یکی از اقداماتی که در راستای حفظ زمین عمل می‌کند، استفاده از پوشش گیاهی برای جلوگیری از فرسایش بادی است. رضایی و زراعی (۲۰۲۲) بیان کردند که گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث کاهش سرعت باد شده و فرسایش بادی را کنترل می‌کند؛ حال‌آنکه در صورت تخریب پوشش گیاهی آمار بیماری‌های تنفسی و خسارت‌های دستگاه‌های صنعتی و انباشت رسوب پشت درب و پنجره‌های منازل و ادارات و... افزایش می‌یابد. آب لازم برای اجرای پروژه‌های بیولوژیک در مناطق خشک به‌علت بارندگی کم و پراکنده ازطریق آبیاری تأمین می‌شود. در ایران نیز کمبود و هدررفت منابع آب، خشکی محیط، تلفات آبیاری سنتی در بخش کشاورزی و... از اصلی‌ترین چالش‌های مدیریت آب است (یزدانیان و محمدجانی، ۲۰۱۳). احیای بیولوژیک مناطق خشک و بیابانی با گونه‌های درختی و درختچه‌ای را دارای فوایدی ازجمله تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش برشمردند (صفری کمال‌آبادی، ۲۰۱۸). پلشی[1] و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه بر روی گیاه خشکی‌پسند گز روغنی اظهار داشتند ازآنجاکه تأمین آب برای آبیاری نهال‌ها در فضای سبز مناطق گرمسیری مشکل است، از این گونهٔ گیاهی کم آبخواه می‌توان استفاده نمود و در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. با توجه به بحران آب در ایران، عبدی و فتحی (۲۰۱٤) اظهار داشتند اجرای تدابیری ویژه در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در کشور، همچنین توجه جدی به مدیریت بهینهٔ مصرف آب در این بخش در کاهش تأثیر بحران آب از اهمیت بسیاری برخوردار است. برای برنامه‌ریزی پایدار پروژه‌های آبیاری به‌ویژه ازنظر مصرف آب و مدیریت آب، روش‌های آبیاری نقش بسزایی دارند (ری[2] و همکاران، ۲۰۱۷). جلینی و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که روش آبیاری سطحی علاوه‌بر معایبی مانند اتلاف آب ازطریق تبخیر و کاهش بازده آبیاری دارای مزایایی ازجمله پیچیده نبودن سیستم برای زارعان، نفوذ عمقی آب در آبیاری سطحی باعث آبشویی و کنترل شوری خاک شده و نیاز به آبشویی سنگین در برخی از فصول را برطرف می‌سازد. همچنین وی بیان کرد در مناطقی که دارای خاک بسیار سنگین و عمیق است، بهتر انجام می‌شود. عباس‌پور و یزدان‌پناه (۲۰۲۱) بیان کردند با توجه به کمبود و محدودیت منابع آب کشور، استفاده از روش‌های بهینهٔ آبیاری و نیز تعیین دور مناسب سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌شود. لذا آن‌ها با بررسی تعیین دور آبیاری مناسب کلزا در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به روش

1. Plashi
2. Rai

آبیاری قطره‌ای سطحی باعث افزایش عملکرد محصول، کارایی مصرف آب شده است. جمالی و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی عملکرد گیاه کینوا تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری اظهار داشتند مدیریت آبیاری بروی ارتفاع گیاه و بهره‌وری از مصرف آب اثر معنی‌داری (در سطح ۹۵ درصد) دارد که در این پژوهش در دو تیمار کم آبیاری و آبیاری عادی ارتفاع گیاه در دو دور آبیاری دو هفته و چهار هفته با وجود اینکه اختلاف داشتند، معنی‌دار نبوده است. همچنین بیان کردند با در نظر گرفتن کاهش عملکرد نسبت به آبیاری سطحی به‌علت صرفه‌جویی در مصرف آب از تیمار آبیاری تیپ به‌صورت یک‌درمیان و به‌میزان ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه می‌توان استفاده کرد. این نتیجه را می‌توان به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نیز تعمیم داد؛ به‌طوری‌که با وجود آنکه تیمار ۳۰ لیتری ازنظر عملکردی نتایج بهتری از خود ارائه کرد، با توجه به هزینه‌های آبیاری استفاده از تیمار ۱۵ لیتری نیز می‌تواند قابل قبول باشد. کاخکی[1] و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تغییرات برخی از صفات مورفولوژیک ازجمله ارتفاع در شرایط کم آبیاری بر روی گیاه کوشیا به این نتیجه رسیدند با وجود آنکه در خصوصیات مورفولوژیک مانند ارتفاع و عملکرد گیاه در شرایط کم آبیاری کاهش پیدا کرده است، با توجه به صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان کم‌آبیاری را جایگزین روش‌های آبیاری کامل کرد. این نتیجه با نتایج جمالی و همکاران (۲۰۲۳) همسو بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش هدف، بررسی تأثیر حجم (۱۵ لیتری و ۳۰ لیتری) و دور آبیاری (دو هفته، سه هفته و چهار هفته) بر عملکرد جنگل‌کاری‌های سیاه‌تاغ به روش آبیاری سطحی بوده است. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته در این تحقیق بر روی ۸ خصوصیات ساختاری و عملکردی، گیاهان تیمار ۳۰ لیتری در اکثر خصوصیات مقادیر بالاتری داشته است. این درحالی است که در خصوصیاتی مثل ارتفاع، قطر یقه، شاخص رشد و قطر تاج‌پوشش به‌طور معنی‌داری عملکرد بالاتری نسبت به تیمار ۱۵ لیتری داشته ولی در خصوصیات عمق ریشه‌دوانی، وزن اندام هوایی و زیرزمینی و درصد زنده‌مانی این اختلافات معنی‌دار نبوده است. ازطرفی در مقایسهٔ ابعاد تاج‌پوشش ایجادشده در دو تیمار نتایج نشان داد در تیمار ۳۰ لیتری در هر سه دور آبیاری نسبت به ۱۵ لیتری تاج‌پوشش بهتری ایجاد کرده است؛ به همین علت با توجه به نتایج مقایسهٔ ابعاد تاج‌پوشش و همچنین خصوصیات ساختاری و عملکردی می‌توان گرفت که تیمار ۳۰ لیتری به‌طور قطع بهتر بوده است؛ ولی با توجه به اینکه در بعضی از این خصوصیات این اختلاف معنی‌دار نبوده است و همچنین به‌سبب کاهش هزینه‌های آبیاری، نتایج به‌دست‌آمده از تیمار ۱۵ لیتری هم می‌تواند قابل قبول باشد.

قدردانی

از تمامی کسانی که با صبر و شکیبایی در جهت بهبود این مقاله مرا یاری رساندند، سپاسگزاری می‌کنم.

1. Kakhki

منابع

1. Abaspour, R., & Yazdanpanah, N. (2021). Determining the appropriate cycle of rapeseed irrigation in two surface and subsurface drip irrigation methods in Hajiabad region. *Iranian Irrigation and Drainage Journal*, 2(15), pp. 444-454.
2. Abdi, C., & Fathi, P. (2014). Laboratorial evaluating of physical anti-clogging performance of Micro flapper, Corona and Eden emitters in drip irrigation. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 3(4), 63-71.
3. Ahmadi, H. (2006). *Applied Geomorphology* (2nd ed., Desert-Wind Erosion). University of Tehran press.
4. Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203-218.
5. Garcia, C., Cerva, L., Berglund, E. Z., & Binder, A. R. (2016). Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the US. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 106-115.
6. Habibian, A., & Jamshidian, Z. (2019). Analysis of desertification changes with emphasis on precipitation in Qom province. *Emergency Management*, 7(2), 105-119.
7. Itzhak, K., (2020). Soil erosion dust control and sand stabilization. *Applied Sciences*, 10(22), 8044.
8. Jalini, M., Abbasi, F., Talifeh, R., Ezaei, H., Karimi, M., & Haqati, S. A. (2017). *Modification of traditional surface irrigation systems*. Tehran: Agriculture Education Publication.
9. Jamali, P., Amini, M., & Dastbani, Z. (2023). Investigating the performance of quinoa plant under different water management in the field. *Iranian Irrigation and Drainage Journal*, 2(17), pp. 237-246.
10. Karimi, B. (2013). *Optimization and management of moisture and nitrate distribution in surface and subsurface drip irrigation systems using dimensional analysis*. PhD. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
11. Kakhki, F., Gudanbi, M., & Jalini, M. (2020). Investigating the changes of some morpho-physiological traits, yield and quality indicators of two Kochia stands under low irrigation conditions. *Iran Irrigation and Drainage Journal*, 13(6), pp. 1783-1793.
12. Karandish, F., Hoekstra, A. Y. (2017). Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: The Case of Iran. *Journal of Water*, 9(11): 1-25.
13. Maghrebi, M., Noori, R., Bhattarai, R., Mundher Yaseen, Z., Tang, Q., Al-Ansari, N., Danandeh Mehr, A., Karbassi, A., Omidvar, J., & Farnoush, H. (2020). Iran's agriculture in the anthropocene. *Earth's Future*, 8(9), e2020EF001547.
14. Moghimi, J. (2005). *Introduced some important species of rangeland suitable for pasture development and reform in Iran*. Aaron, 669 p.
15. Mozaffarian, V. (2003). Trees and Shrubs of Iran. Tehran: Contemporary Culture. ISBN: 964-8637-2-0.
16. Plashi, N., Rezaei, M., & Abdulahi, F. (2022). Investigating the effect of seed pretreatment of Xerophyte species in order to improve germination and increase the amount of plant establishment in order to maintain and develop it in dry areas (Bashord-Hormozgan). *Iranian Seed Science and Technology Journal*, 10(3), 172-9.
17. Raj, R. K., Singh, V. P., & Upadhyay, A. (2017). *Planning and evaluation of irrigation projects: methods and implementation*. Academic press.
18. Rezaei, M., & Zarehi, F. (2022). Spatial distribution and stability of accumulated sediments around *Salvadora persica* L. and *Alhaji camelorum* L. and modelling of prediction of its change. *Desert Management*, 9(4), 39-52.
19. Safar-Kamali, A., Abdi, H. (2018). Effects of different harvesting times on the yield and protein content of Bami alfalfa under micronutrient foliar application in Kerman region. *Agricultural Marketing and Commercialization Journal*, 2(2), 1-6.
20. Varshosaz, K., Mubarak, M. (2018). International Convention of Desertification and Dealing with the Effects of Drought in Iran. *National Conference on Desert Landscapes, Tourism and Environmental Arts*, Najaf Abad.
21. Yazdanian, I., & Mohammadjani, N. (2013). Analysis and Integration of Water Crisis in Kashmir and its Management Requirements. *Journal Trend of Economic Research*.
22. Zare, S. (2014). *Investigating the effectiveness of resin, mineral, polymer and biopolymer mulches to stabilize sand dunes and the feasibility of replacing them with oil mulch*. PhD Thesis, University of Tehran, 527 pages.

Investigating the Effect of Irrigation Volume and Intervals on the Performance of *Haloxylon Ammodenderon* Forestry

Golnoosh Savartondrow,[1] Salman Zare,[2]* Khaled Ahmad Ali,[3] Mohammad Jafari,[4] Liu Hujun,[5] Majid Akhshi,[6] Reza Masumian[7]

Received: 07/04/2024 Accepted: 14/07/2024

Extended Abstract

Introduction: Wind erosion contributes to climate change on both global and local scales, causing changes in biological, geological, and chemical cycles. Exerting adverse effects on the environment and human health, the phenomenon also brings about the loss of vegetation and the reduction in water resources. In this regard, carrying out biological recovery projects to be used as windbreaks is regarded as a highly effective method for combating wind erosion. However, due to the scarcity of water in desert areas, plant planting poses some serious threats to the implementation of the above-mentioned projects, requiring the observance of water management techniques. On the other hand, improper irrigation leads to the loss of large amounts of water through evaporation, causing stress in the irrigated plants. According to the predictions, the world will face 40% water shortage by 2030. Thus, should the shortage continue to grow, many regions worldwide will experience severe water shortages or droughts in the near future. Located in the desert belt of the world and enclosed in relatively high mountain fences, Iran is threatened by the phenomenon of dryness in such a way that two-thirds of its area is now at risk of being caught by the phenomenon. The current research selected the Qom province, one of the 22 desert provinces in Iran, as its study area where high temperature and poor water quality have challenged the implementation of biological projects. Currently, the Iranian Organization of Forests, Pastures, and Watershed Management commonly uses 30 liters of water every two weeks as its main irrigation method for the plants that grow in the province. Considering a treatment in which half of such amount of water (15 liters) is used for irrigation water, this study sought to assess the efficiency of the treatment on the *Haloxylon ammodenderon* plant.

Materials and Methods: Characterized by high-temperature rates in summer, low annual precipitation, hot winds during the dry season, dry cold in winter, and temperature fluctuations in different seasons, Qom province does not have a favorable climate due to its proximity to desert areas. In the traditional method of planting a seedling, a hole with a depth of 60 cm is dug, the plant is placed in the center of the pit, and the irrigation is done by surface method. This study investigated both 15-liter and 30-liter treatments made within two-week, three-week, and four-week irrigation intervals to compare the morphological indicators of the plant during the intended growth season (May to November). Moreover, variance analysis was conducted via SPSS statistical software to compare the variance between treatments and Duncan's test, seeking to identify potential differences between treatments (at a confidence level of 95%). On the other hand, the study used the *Haloxylon*

1. MS.c student in desert management and control, University of Tehran, Karaj
2. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj; Zaresalman@ut.ac.ir
3. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj
4. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj
5. Associate Professor, Gansu Desert Control Research Institute, China
6. Senior Expert in Watershed Engineering, University of Tehran, Karaj
7. Agricultural Engineering Expert, Azad University

DOI: 10.22052/DEEJ.2024.254033.1036

ammodenderon as a halophyte plant with a wide vegetative range, considering the fact that the plant is indigenous to Qom province, characterized by its high resistance and adaptability in harsh conditions. It should be noted that while the average annual precipitation rate of the province is reported to range from 140 to 200 mm, the plant grows well and remains fresh.

Results and Discussion: Thirteen physical and chemical characteristics of the study area's soil were tested in five points. Accordingly, it was found that the region's soil had a sandy clay loam texture with a salinity of 9.2 Decisiemens per meter and a pH of 7.19 with an average of 0.57% organic matter, 24.2% lime, 16.8% sulfate, and 0.2% gypsum. Moreover, solutes such as calcium, magnesium, carbonate, bicarbonate, and chlorine were found to be 36.2, 40.8, 2, and 32 milliequivalents per liter, respectively. On the other hand, Qom province suffers from low urban water quality; the study used the wastewater located near the study area. The results suggested that morphological characteristics such as height, trunk diameter, growth index, and canopy diameter significantly differed at the 5% level, while no significant difference was found in terms of root depth, aerial and root weight, and survival rate. A 90% of soil particles move within 30 cm of the ground surface; the shape of the canopy can effectively prevent their movement. As for the measurement of the canopy cover of the 30- and 15-liter treatments in two, three, and four weeks' periods after irrigation, the results showed that the 30-liter treatment had better canopy dimensions, which exerted a significant influence on reducing wind speed, receiving more rainwater, and reducing runoff. The necessary water for the implementation of biological recovery projects in dry areas is provided through irrigation due to low and scattered rainfall. In Iran, water management is faced with challenges such as the shortage of water resources, environmental dryness, waste of water resources in the agricultural sector due to traditional irrigation, etc. The results of this study indicated that the 30-liter treatment performed better in terms of the plants' height in all three irrigation intervals. Moreover, the treatment presented better results in terms of rooting when tested in the tree-weak interval, while no significant difference was found between the two treatments under a two-week irrigation interval. However, the 15-liter treatment had a greater rooting depth than the 30-liter one in four weeks of irrigation. As for the canopy diameter, aerial and root weight, and growth index, the 30-liter treatment revealed better performance. On the other hand, the percentage of survival in the 30-liter treatment was better in two-week and four-week irrigation periods than those of the 15-liter treatment, but the difference is very small. According to the comparison of the results of canopy dimensions and morphological characteristics, it can be concluded that the 30-liter treatment was definitely better. However, the results obtained for the 15-liter treatment can be acceptable in terms of reduction in irrigation costs.

Keywords: Biological Recovery, Desert, Morphological Indicators, Wind Erosion, Water Shortage