مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و شش، شماره دوازده، اسفند ماه ۱۴۰۳ (۲۱-۱)

مقایسه تاثیر سیستم های آبیاری سطحی و زیرسطحی با مخازن تراوا بر میزان صرفه جویی آب و شاخص های رشد نهال سنجد [۱]

بهاره صائب [۲]

مهدی رمضانی [۳*]

m_ramezani@srb.ac.ir

پروین فرشچی [۴]

سید اکبر جوادی [۵]

شهرام بیک پور [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۹**

چکیده

زمینه و هدف: محدودیت منابع آب و تبخیر و تعرق شدید از عوامل موثر بر بحران آب و از مهم ترین چالش های استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از روش آبیاری زیر سطحی با مخازن تراوا یکی از مناسب ترین شیوه های آبیاری در این مناطق باشد. این مخازن با حفظ و نگهداری آب آبیاری و بارندگی و با استفاده از مکانیسم اختلاف فشار اسمزی موجب تامین مستقیم و مداوم رطوبت خاک در محدوده ظرفیت زراعی و در محدوده ریشه گیاه شده و در نتیجه تلفات تبخیر و نفوذ عمقی آب کاهش یافته و باعث صرفه جویی و افزایش بهره وری آب و بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه تاثیر دو تیمار آبیاری سطحی تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن تراوای متخلخل ساخته شده از گچ کشاورزی (ژیپس)، پرلیت همراه با دولومیت و پودر تالک (T_2) بر شاخص های آبیاری و رشد نهال گونه گیاهی سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L.) می باشد.

۱- برگرفته از رساله دکترای رشته علوم محیط زیست – تنوع زیستی

۲- دانشجوی دکترا علوم محیط زیست- تنوع زیستی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

* (مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم محیط زیست و جنگل، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۵- دانشیار، گروه مهندسی طبیعت (آبخیزداری و مرتع داری)، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

روش بررسی: پژوهش حاضر در قالب طرح آزمایشی تصادفی- سیستماتیک انجام شد. شاخص های اندازه گیری شده شامل حجم و دور آبیاری (میزان و دفعات آبیاری) و شاخص‌های رشد و استقرار نهال شامل ارتفاع، قطر یقه و میانگین قطر تاج پوشش و درصد زنده مانی گونه گیاهی سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L.) چهار ساله در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بود و در قطعه زمینی در محوطه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان‌دهنده صرفه جویی ۸۰ درصدی در حجم آب مصرفی در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۷۷/۲۸ درصدی در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۴۰۱، یک چهارم شدن دفعات آبیاری و ۵-۴ برابر شدن دور آبیاری در تیمار آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی (T_2) نسبت به تیمار آبیاری سطحی تشتکی (T_1) است، همچنین استفاده از تیمار آبیاری (T_2) تاثیر مثبت و معنی داری بر رشد قطر یقه و رشد ارتفاع نهال در مقایسه با تیمار آبیاری (T_1) داشت ($p <$ ۰/۰۰۱)، ولی با وجود بالاتر بودن میانگین قطر تاج پوشش و میزان زنده مانی در تیمار آبیاری (T_2)، این افزایش از نظر آماری معنادار نبود ($p >$ ۰/۰۵).

بحث و نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تاثیر مثبت روش آبیاری زیر سطحی با مخازن تراوا بر صرفه جویی آب و رشد نهال سنجد در مقایسه با روش آبیاری سطحی تشتکی می‌باشد.

واژه های کلیدی: آبیاری زیر سطحی، آبیاری سطحی، مخازن تراوا، حجم و دور آبیاری، پارامترهای رشد، نهال سنجد.

J. Env. Sci. Tech., Vol 26, No.12, March, 2025

Comparison of the effect of surface and subsurface irrigation systems with permeable reservoirs on water saving and growth indicators of (*Elaeagnus angustifolia L.*) seedling

Bahareh Saeb [1]
Mahdi Ramezani [2 *]
m_ramezani@srb.ac.ir
Parvin Farshchi[3]
Seyed Akbar Javadi[4]
Shahram Beikpour [3]

Admission Date: June 8, 2024 Date Received: February 5, 2024

Abstract

Background and Objective: Limited water resources and severe evaporation and transpiration are among effective factors in water crisis and are the most important challenges of vegetation establishment in arid and semi-arid areas such as Iran .Therefore, it seems that the use of subsurface irrigation method with permeable reservoirs is one of the most appropriate irrigation methods in these areas .These reservoirs preserve irrigation and rainfall water by osmotic pressure difference mechanism and provide directly and continuously supply soil moisture within the limits of agricultural capacity at the root of the plant, and as a result, evaporation losses and deep penetration of water are reduced and saving and increasing water productivity and improving plant growth occur. The purpose of this research is to investigate and compare the effect of two treatments of basin irrigation (T1) and irrigation with porous permeable reservoirs made of agricultural gypsum with dolomite and talc powder (T2) on irrigation indicators and seedling growth of (Elaeagnus angustifolia L.).

Material and Methodology: The current research is a completely randomized experimental study with the aim of investigating and comparing the effect of basin irrigation treatment and water-permeable reservoirs made of agricultural gypsum, perlite, dolomite and talcum powder (T2) on the volume and irrigation cycle (amount and frequency of irrigation), seedling growth and establishment indicators including height, collar diameter, average canopy diameter and survival percentage of 4-year-old elder plant species (Elaeagnus angustifolia L.) in the growing season of 2021 and 2022. This research was

1- Ph.D. Candidate of Environmental Science – Biodiversity, Department of Environmental and Forest Sciences, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Associated professor, Department of Environmental and Forest Sciences, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Assistant professor, Department of Environmental and Forest Sciences, Faculty of Natural Resource and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4- Associated professor, Department of Nature Engineering (Watershed management and pasture management), Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

carried out in a plot of land in the campus of Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran.

Fidings: The results showed an 80 % of saving in the growing season of 2021 and 77.28 % in the growing season of 2022 in the amount of water consumed and quartering the irrigation frequency and a 4-5 doubling of the irrigation cycle in the irrigation treatment with subsurface permeable reservoirs (T2) .Also, the use of irrigation treatment (T2) had a positive and significant effect on the growth of the collar diameter and the growth of seedling height compared to the irrigation treatment (T1) ($p < 0.001$), but despite the fact that the average crown diameter and the survival rate were higher in the irrigation treatment (T2), this increase was not statistically significant ($p < 0.05$).

Discussion & Conclusion: Therefore, the results of this research show the positive effect of the subsurface irrigation method with permeable reservoirs on water saving and the growth of *Elaeagnus angustifolia* L seedlings compared to the surface irrigation method.

Keyword: subsurface irrigation, volume and frequency of irrigation, growth parameters, *Elaeagnus angustifolia* L. seedling.

مقدمه

درجه حرارت بالا، کمبود نزولات جوی و توزیع نا منا سب زمانی و مکانی آن‌ها، نرخ بالای تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی در دسترس و بالا بودن میزان هدر رفت آب از مهم ترین مشکلات موجود در بهره برداری از آب و حفظ و استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران به شمار می‌آید (۱). لذا اتخاذ روش‌های کارآمد جهت استفاده بهینه از منابع محدود آب و افزایش ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک به منظور افزایش بازدهی آبیاری و حفظ و استقرار پوشش گیاهی ضروری به نظر می‌رسد (۲). آبیاری زیرسطحی با استفاده از مخازن تراوا از جمله روش‌های سنتی پر بازده و ارزان است که با انتقال آب آبیاری و بارندگی از سطح به عمق خاک می‌تواند موجب استفاده بهینه از منابع آبی موجود به خصوص در کشاورزی های کوچک و مناطقی شود که امکان استقرار سامانه های آبیاری مکانیزه وجود ندارد (۳)، این روش آبیاری سنتی در ایران با استفاده از کوزه‌های سفالی رایج بوده است که بعدها به سایر کشورهای آسیایی و آفریقایی گسترش یافته است (۴)، در این روش مخازن تراوای زیر سطحی، آب آبیاری و بارندگی را درون خود ذخیره کرده و به هنگام خشک شدن خاک، آب مورد نیاز به تدریج و بر اثر اختلاف فشار اسمزی به محیط خاک تخلیه شده و خاک به مدت زمان طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند و در مواقع لزوم، به راحتی آب و مواد غذایی محلول در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد (۵). از مزایای آن می‌توان به سازگاری با انواع گیاهان، بهبود قابل توجه پارامترهای رشد گیاه (۶)، افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق جلوگیری از هدر رفت آن در فرآیند تبخیر، نفوذ عمقی و رواناب سطحی، دارا بودن خاصیت خود تنظیمی‌مخازن و توزیع تدریجی رطوبت کافی در زمان مناسب به منطقه ریشه گیاه (۷)، امکان اجرا در زمین‌های با توپوگرافی ناهموار و خاک‌های در شت بافت با میزان نفوذپذیری بالای آب، امکان استفاده از آب‌های شور و آب‌هایی با کیفیت پایین (۸)، تعدیل کاربرد کود و مواد شیمیایی (۹)، کاهش رشد علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها، ارزانی و دسترسی آسان به مواد اولیه، سهولت در نصب و نگهداری، عدم نیاز به برق و در نتیجه کاهش مصرف انرژی، تسهیل در عملیات کشاورزی و حفاظت بیشتر از محیط زیست اشاره کرد (۵ و ۱۰)، مواردی همانند مشکل پر کردن دستی مخازن، هجوم ریشه گیاه به سمت مخازن و گرفتگی خلل و فرج و یا شکستن و آسیب دیدن آن ها در طول مدت زمان طولانی از محدودیت های استفاده از مخازن تراوای زیرسطحی به شمار می رود که با ایجاد تغییرات و در نظر گرفتن تمهیدات مناسب می توان تاثیر این محدودیت ها را به حداقل رساند (۱۱). پژوهش‌های متعددی در رابطه با آبیاری با استفاده مخازن تراوای زیر سطحی و تلاش برای بهبود کارایی و رفع محدودیت‌های آن انجام شده است، بررسی امکان ریشه زایی بلوط ایرانی از طریق خوابانیدن در عرصه جنگل های زاگرس تحت دو تیمار آبیاری کوزه‌ای و بدون آبیاری کوزه‌ای نشان داد که که بالاترین درصد ریشه زایی در تیمارهایی مشاهده شد که از شرایط رطوبتی مطلوبی با استفاده از کوزه سفالی برخوردار بودند (۱۲)، نتایج مطالعه دیگری بر روی مقایسه آبیاری زیرسطحی با کپسول رسی متخلخل و روش آبیاری سطحی قطره‌ای در نهال پرتقال نشانگر کاهش ۲۲ ٪ مصرف آب و افزایش فواصل آبیاری در روش زیرسطحی بوده است، هرچند اختلاف معناداری در قطر رویشی یقه و ارتفاع نهال در دو روش مشاهده نشد (۱۳)، پژوهش انجام شده بر روی رشد و بهبود تولید محصول خیار با استفاده از آبیاری کوزه ای، تکنیک‌های صرفه‌جویی در مصرف کود و مالچ پا شی حاکی از افزایش عملکرد محصول در کنار یک چهارم شدن نیاز آبی فصلی، ۴/۹ برابر شدن فاصله آبیاری، افزایش دوره نگهداری رطوبت خاک و در نتیجه صرفه‌جویی ۷۵/۹ ٪ در مصرف آب بود (۱۴)، همچنین مقایسه آبیاری کوزه‌ای با روش جویچه‌ای در تولید محصولات ذرت، گوجه فرنگی (۱۵)، خیار و هندوانه (۱۶)، باز هم کارآمدی بسیار بالاتر روش کوزه‌ای را در بهره‌وری آب محصول نشان داد، ترکیب استفاده از مالچ همراه با آبیاری کوزه‌ای منجر به حفظ رطوبت خاک، افزایش مواد آلی از طریق تجزیه، بهبود تجمع و تناسب اجزای خاک و کاهش سله‌بندی

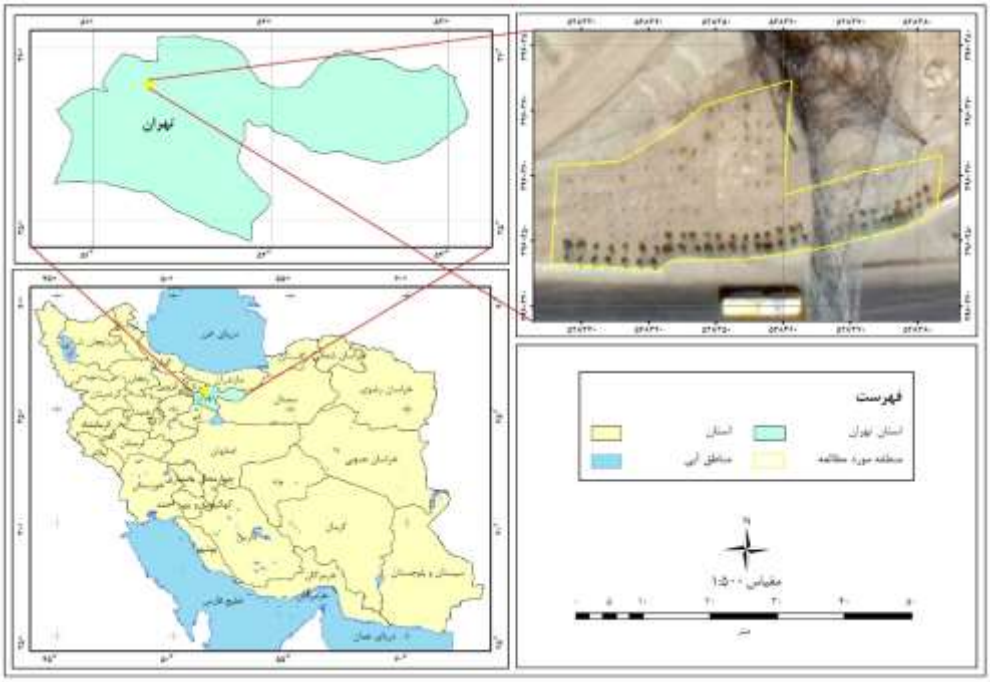
آن می شود (۱۷)، بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان با استفاده از دانش فنی، ظرفیت‌های طبیعی منطقه و با رعایت اصول توسعه بومی، پایدار و سازگار با محیط زیست از تکنیک آبیاری زیر سطحی به اشکال مختلف در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده نمود. با مرور مطالعات صورت گرفته مشخص می شود که از گذشته های دور تاکنون روش آبیاری زیر سطحی با مخازن تراوا معمولا با استفاده از لوله ها و کوزه هایی از جنس سفال صورت می گرفته است ولی در ساخت مخازن مورد استفاده در این تحقیق، از ترکیبات کلسیتی مانند گچ کشاورزی یا ژیپس ($2H_2O،CaSo_4$)، پرلیت (SiO_2)، همراه با دولومیت ($CaMg\ (Co_3)_2$)، پودر تالک ($H_2Mg_3(SiO_3)_4$)، گاهی اوقات همراه با ترکیبی از سیمان استفاده شده است که این مخازن علاوه بر حفظ و نگهداری آب در درون خود مخزن، به دلیل داشتن خاصیت جذب و نگهداری آب در مصالح به کار رفته در ساخت آن، قادرند آب را برای مدت زمان طولانی تری در اختیار ریشه گیاه قرار دهند. استحکام بیشتر مخازن و عدم آسیب به محیط زیست و خاک در صورت تجزیه، از مزایای استفاده از این جنس مخازن معرفی شده می باشند.

بنابراین، هدف از این پژوهش، چگونگی و ارزیابی انجام آبیاری زیر سطحی با استفاده از مخازن تراوای آب ساخته شده از گچ کشاورزی (ژیپس)، پرلیت، همراه با دولومیت، پودر تالک و آهک خنثی متخلخل، به عنوان نگهدارنده و جاذب آب آبیاری و نزولات آسمانی و بررسی اثرات آن ها بر میزان و دفعات آبیاری و پارامترهای رشد و استقرار نهال سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L.) می باشد که درختچه یا درخت کوچک خارداری به ارتفاع ۵ تا ۱۰ متر است که به دلیل تحمل خشکسالی شدید، شوری و قلیائیت بالای خاک و باد شکن بودن، نقش مهمی در بیابان زدایی و احیا و استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می کند. پارامترهای رشد مورد بررسی شامل ارتفاع، قطر یقه، میانگین قطر تاج پوشش و در صد زنده مانی نهال در روش آبیاری با مخازن تراوا در مقایسه با روش آبیاری سطحی تشتکی است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و خصوصیات محل اجرای آزمایش

تحقیق حاضر در قطعه زمینی در محوطه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات واقع در محله حصارک در شمال غرب شهر تهران انجام شد، زمین مورد نظر دارای مساحتی معادل (m^3) ۹۳۹، ارتفاع متوسط ۱۷۸۳ متر از سطح دریا، عرض جغرافیایی $35^\circ\ 47'\ N$ و طول جغرافیایی $51^\circ\ 18'\ E$ می‌باشد (شکل ۱)، بر اساس داده های طولانی مدت هوا شناسی، حوزه آبخیز حصارک که زمین مورد مطالعه در آن واقع شده است، دارای میانگین بارندگی سالانه منطقه (mm) ۴۰۹/۹، حداکثر بارش‌های ماهیانه (mm) ۱۰۲/۶۴ در اسفند ماه و حداقل بارش (mm) ۷/۹۹ در مرداد ماه می‌باشد، دمای متوسط بیشینه ۲۶/۳ درجه سانتی گراد و دمای متوسط کمینه ۵/۱ درجه سانتی گراد می‌باشد، متوسط رطوبت نسبی هوای سالانه نیز ۴۴ ٪ و سرعت وزش باد ۰/۹ m/s اندازه‌گیری شده است (۱۸ و ۱۹)، در شکل (۲) شماتیک طرح پایلوت آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر (دریافت شده از طریق نرم افزار Google earth)

Figure 1. Geographical location of the desired area (obtained from Google earth software)

ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
W	W	W	W	W	W	W
ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2	ET_2
ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1
ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1
ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1
ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1
ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1	ET_1

شکل ۲- نمای شماتیک طرح پایلوت.که در آن W (مخزن تراوا)، ET_1 (نهال سنجد تحت آبیاری سطحی تشتکی)، ET_2 (نهال سنجد تحت آبیاری با مخازن تراوا) می باشد.

Figure 2. Schematic view of the pilot. W (permeable reservoir), ET1(*Elaeagnus angustifolia* L. under surface irrigation), ET2(*Elaeagnus angustifolia* L. under irrigation with permeable reservoir).

مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از برداشت تصادفی و بررسی آزمایشگاهی چند نمونه خاک از عمق های ۰-۶۰ سانتی متری مناطق مختلف زمین تعیین شد و با توجه به همگن بودن خاک منطقه مورد مطالعه، میانگین اعداد در جداول ۱ و ۲، گزارش گردید.

جدول ۱- مقادیر میانگین مشخصات فیزیکی خاک مورد آزمایش

Table 1. The average values of physical characteristics of the tested soil

مشخصات فیزیکی خاک	رس	سیلت	شن	بافت خاک	چگالی	نقطه پژمردگی (رطوبت‌حجمی)	حد ظرفیت زراعی (رطوبت حجمی)	درصد اشباع (رطوبت در نقطه اشباع)
واحد اندازه گیری	%	%	%		g/cm^3	%	%	%
مقدار	۱۸	۱۱	۷۱	لوم- شنی	۱/۳۰	۱۲/۴۳	۲۱/۰۶	۴۴/۱

جدول ۲- مقادیر میانگین مشخصات شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 2. The average values of chemical characteristics of the tested soil

مشخصات شیمیایی خاک	Ec هدایت الکتریکی	pH	CEC ظرفیت تبادل کاتیونی
واحد اندازه گیری	ds/m		meq/100 gr
مقدار	۰/۳۵۵	۷/۷۵	۱۹/۵۸

بررسی نتایج آنالیز خاک بیانگر همگن بودن مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در زمین مورد مطالعه برای هر دو گروه نهال ها در هر دو تیمار آبیاری سطحی تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن تراوای زیرسطحی (T_2) می باشد.

مشخصات طرح آزمایشی

پژوهش در قالب طرح آزمایشی تصادفی- سیستماتیک شامل دو تیمار آبیاری سطحی تشتکی (T_1) به عنوان تیمار شاهد و آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی (T_2) به عنوان تیمار تست بر روی نهال سنجد (*Elaeagnus angustifolia* L.) در دو فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تعداد نهال مورد استفاده در هر تیمار ۸ عدد می باشد (به عبارتی تعداد تکرارها در هر تیمار ۸ مرتبه بوده است). متغیر مستقل در این تحقیق، استفاده از مخازن تراوای آب و متغیرهای وابسته، میزان آبیاری و دفعات آبیاری و پارامترهای رشد و استقرار نهال شامل ارتفاع، قطر یقه، قطر تاج پوشش و درصد زنده مانی می‌باشند. همان طور که پیش از این ذکر شد، پایه‌های مربوط به گیاه در هر یک از تیمارهای ذکر شده (T_1) و (T_2)، هشت عدد در نظر گرفته شد و از هشت مخزن تراوا نیز به ازای هر پایه گیاه تحت تیمار آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی استفاده شد.

گونه گیاهی مورد تحقیق

سنجد با نام علمی (*Elaeagnus angustifolia* L.) معمولا درختچه یا درخت کوچک خارداری به ارتفاع ۵ تا ۱۰ متر، شاخه هایی به رنگ سبز نقره ای و برگ های تخم مرغی یا سر نیزه ای شکل، دارای حاشیه صاف، کامل که در طول ساقه به صورت متناوب هستند. گل ها به شکل زنگوله، معطر، کرم رنگ و به صرت منفرد یا خوشه ای بوده و میوه ها بیضی شکل به طول ۲-۱/۵ سانتی متر و به رنگ زرد- قرمز است. دارای سیستم ریشه ای عمیق و عمودی بوده که عمق ریشه آن در یک درخت بالغ و در شرایط مناسب خاکی و آبی می تواند به ۳/۵ تا ۱۲ متر برسد، ریشه های جانبی آن به خوبی توسعه یافته اند و در صد تجمعی تارهای کشنده ریشه در لایه ۶۰-۰

سانتی متری خاک به ۸۶ درصد می رسد (۲۰)، گیاه نیز بیشترین نیاز آبی خود (حدود ۷۰ ٪) را از ۵۰ ٪ عمق فوقانی ریشه و ریشه های جانبی گسترده خود جذب می کند. در شرایط مناسب سنجد به دلیل تحمل خشکسالی شدید، شوری و قلیائیت بالای خاک و باد شکن بودن ، نقش بسیار مهمی در حفظ اکوسیستم مناطق خشک و نیمه خشک ایفا می کند (۲۱و۲۲).

ویژگی‌های مخازن تراوا

مخازن استوانه‌ای شکل با نام تجاری آنیدا به طول ۱۰۰۰ cm، قطر ۲۵ cm و ضخامت آن‌ها ۲cm از گروه تولیدی تحقیقاتی ژینو دریافت شد، این مخازن ۱۷ کیلو وزن و ۳۰ لیتر ظرفیت دارد، ابتدا و انتهای آن بسته و دارای یک سوراخ به قطر mm ۳۲ تا ۶۲mm در قسمت رویی می‌باشند که یک لوله در همین سوراخ تعبیه می شود تا آبیاری و یا جمع آوری نزولات آسمانی از طریق آن صورت گیرد (شکل۳).

شکل ۳- نمایی از مخازن مورد استفاده در تحقیق

Figure 3. A view of the reservoirs used in the research

مخازن مورد آزمایش با نام تجاری آنیدا از ترکیبات کلسیتی مانند گچ کشاورزی یا ژیپس ($2H_2O.CaSo_4$)، پرلیت (SiO_2)، همراه با دولومیت ($CaMg(Co_3)_2$)، پودر تالک ($H_2Mg_3(SiO_3)_4$)، گاهی اوقات همراه با ترکیبی از سیمان ساخته شده است که طی فرآیند پخت خاصی خنثی شده و علاوه بر متخلخل بودن مواد به کار رفته در این مخازن، هوا نیز با تکنیک خاصی داخل آن دمیده شده و باعث ایجاد خاصیت تخلخل و تراوایی در آن می‌شود، فرآیند پخت مخفی بوده و توسط تولیدکننده ارائه نمی‌شود، آنالیز تجزیه شیمیایی این مخازن در جدول ۳ آورده شده است، این مخازن از نظر مکانیسم تراوایی همانند کوزه‌های سفالی عمل می‌کنند و اساس کار آن طبق نظریه دارسی مبتنی بر جریان یافتن از محیط کاملا اشباع (داخل مخزن) به محیط فاقد رطوبت یا رطوبت کمتر است.

جدول ۳- مشخصات شیمیایی مخازن

Table 3. Chemical characteristics of the reservoirs

مشخصات نمونه	$EC\times10^2$	pH	K_2O	Ca	Mg	Na	Cl
	هدایت الکتریکی	اسیدیته	پتاسیم محلول	کلسیم محلول	منیزیم محلول	سدیم محلول	کلر محلول
	۱:۲۰		%				
آنیدا	۲/۴	۷/۲۶	۰	۷/۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱	۰/۲۸

ادامه جدول ۳- مشخصات شیمیایی مخازن

3 Cont. Chemical characteristics of the reservoirs Table

مشخصات نمونه	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	TNV	درصد آبگیری
	آهن کل	روی کل	مس کل	منگنز کل	کادمیوم کل	سرب کل	درصد مواد خنثی شونده	
	mg/kg						%	
آنیدا	۱۱۷/۵	۸۸	۵	۱۵	۴	۲۰	۸	۴۹/۲

اجرای آزمایش در عرصه

برای انجام آزمایش، در اول اسفند ماه، نهال‌های سنجد را که به دلیل تطابق احتیاجات آب و هوایی، نوری و خاک نهال با شرایط منطقه انتخاب شدند، با فاصله تقریبی ۲ متر از یکدیگر در دو گروه (T_1) و (T_2) غرس شدند، سپس مخازن تراوا طبق دستورالعمل تولیدکننده و توصیه مهندسان کشاورزی در عمق حدود ۶۰ سانتی متری زمین و در فاصله تقریبی دو متر از یکدیگر کارگذاری شدند، قرارگیری مخازن در عمق ۸۰-۶۰ سانتی متری به سبب فاصله مناسب با سطح خاک و پایین آمدن ریسک شکستگی مخازن به دلیل فشار بیش از حد (برای مثال: ماشین آلات) و همچنین به علت کمتر کردن حمله ریشه به مخازن می‌باشد زیرا تارهای کشنده ریشه، بیشترین فعالیت خود را در عمق ۵۰-۳۰ سانتی متری سطح خاک دارند (۱۳)، در این مرحله سعی شد تا نهال‌ها از نظر سن، ارتفاع و تاج پوشش دارای یکنواختی باشند (شکل۴).

شکل ۴- نمایی کلی از محل پایلوت

Figure 4. A general view of the pilot site

برنامه ریزی آبیاری

خاک اطراف ریشه گیاه مانند ظرف آبی است که ریشه با توجه به شرایط آب و هوایی و تبخیر و تعرق گیاه به هر اندازه که نیاز داشته باشد از آب آن برداشت می نماید. از مهم ترین علائم نیاز آبی گیاه، رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه می باشد. بنابراین با اندازه گیری مستمر رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه با استفاده از رطوبت سنج قابل حمل، می توان زمان شروع و مقدار آب آبیاری مورد نیاز یا زمان خاتمه آبیاری را تعیین نمود. با توجه به خاصیت خودتنظیمی مخازن و تامین رطوبت در محدوده ریشه گیاه در حد ظرفیت زراعی به مدت طولانی، تصمیم بر آن شد که میزان آبیاری نهال ها در هر نوبت تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی مزرعه انجام شده و نوبت بعدی آبیاری برای هر دو گروه تیمار (T_1) و (T_2) نیز زمانی انجام شود که آستانه رطوبتی خاک از حد آب سهل الوصول گیاه خارج شود، تا بدین ترتیب تاثیر این مخازن بر میزان و دفعات

آبیاری نهال ها و میزان نگهداری آب و تامین رطوبت خاک و گیاه بدون ایجاد تنش آبی مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین میزان رطوبت خاک در دو نقطه مهم پتانسیلی خاک یعنی حد ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) با استفاده از دستگاه صفحات فشاری[1] اندازه گیری گردید و میزان رطوبت خاک در نقطه حد آب سهل الوصول (RAW) نیز با استفاده از روابط (۱) و (۲) تعیین شد. تغییرات رطوبت خاک با استفاده از رطوبت سنج قابل حمل (TDR) به صورت مستمر و سنجش رطوبت به روش وزنی در آزمایشگاه و قبل از هر نوبت آبیاری پایش شد (شکل ۵ و ۶) و نوبت بعدی آبیاری زمانی صورت گرفت که آستانه رطوبتی خاک از حد آب سهل الوصول گیاه خارج شود (۲۳).

$$TAW= D_{rz}(FC-PWP)/100 \qquad (۱)$$

که در آن FC : ظرفیت زراعی (درصد حجمی)، PWP : نقطه پژمردگی (درصد حجمی) و D_{rz} : عمق ریشه دوانی موثر (cm) است که در این پژوهش، (cm) ۶۰ اندازه گیری شد. گیاه ۷۰ درصد از آب مصرفی خود را از ۵۰ درصد فوقانی عمق ریشه خود جذب می کند، ضمن اینکه طبق تحقیقات در صد تجمعی تارهای کشنده ریشه در لایه ۶۰-۰ سانتی متری خاک به ۸۶ درصد می رسد (۲۰).

$$RAW= (MAD)(TAW) \qquad (۲)$$

MAD : حداکثر تخلیه مجاز است که در این تحقیق با توجه به نیاز آبی نهال های مورد بررسی و مقاوم بودن نهال سنجد به کم آبی (۲۴)، ۰/۶۵ در نظر گرفته شد (۲۳). برای برنامه ریزی آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک (Soil Moisture Deficit) و دقت بیشتر در میزان حجم آب آبیاری در تیمارهای مورد بررسی از رابطه (۳) نیز استفاده شد.

$$SMD = (FC - \Theta_C) \times D \times B_d \qquad (۳)$$

که در آن: SMD، FC ، Θ_C ، D و B_d به ترتیب کمبود رطوبت خاک بر حسب سانتی متر، درصد رطوبت خاک در ظرفیت زراعی، درصد رطوبت موجود در خاک، عمق توسعه ریشه بر حسب سانتی متر و جرم ویژه ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) است. بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده و همچنین با توجه به جنس خاک و ظرفیت نگه داری آب در آن و عمق ریشه دوانی، آبیاری نهال ها با شروع فصل رشد و بر اساس تعقیب رطوبت خاک به صورت دستی با استفاده از شلنگ آبیاری و به محض گذشتن رطوبت خاک از حد آب سهل الوصول تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی از ۲۵ فروردین ماه در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و از ۲۰ فروردین ماه در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ آغاز شد و با توجه به طول دوره رشد گیاه تا پایان مهر ماه ادامه یافت. آبیاری با مخازن تراوا از طریق پر کردن مخزن با استفاده از لوله تعبیه شده در مخازن انجام شد و بدین ترتیب آب مورد نیاز ریشه از طریق تراوش دیواره مخازن تامین گردید. آبیاری به روش سطحی تشتکی نیز به صورت غرقابی با پر کردن تشتک نهال ها در هر نوبت آبیاری صورت گرفت. حجم آب مصرفی برای هر پایه نهال و حجم کل آب مصرفی در هر تیمار آبیاری (T_1) و (T_2) با استفاده از کنتور حجمی دقیق در محل اتصال شلنگ آبیاری به لوله اصلی اندازه گیری شد و در پایان مقادیر حجم آبیاری و دفعات آن در دو روش آبیاری ذکر شده با یکدیگر مقایسه گردید.

شاخص‌های رشد

به منظور بررسی تاثیر دو نوع سیستم آبیاری بر روی پارامترهای اندازه‌گیری شده رشد و استقرار نهال شامل ارتفاع، قطر یقه، میانگین قطر تاج پوشش و درصد زنده مانی نهال، این متغیرها در ابتدا و انتهای فصل رویشی گیاه جهت مقایسه اندازه‌گیری و ثبت شدند، قطر یقه با کولیس دیجیتال و با دقت صدم سانتی متر، ارتفاع نهال از محل یقه گیاه تا انتهای بلندترین شاخه نهال و میانگین قطر تاج پوشش با اندازه‌گیری و میانگین گرفتن از دو قطر اصلی تاج پوشش گیاه با استفاده از متر نواری و بر حسب سانتی متر اندازه‌گیری شد و درصد زنده مانی نیز از طریق نسبت تعداد نهال زنده مانده به کل نهال‌های کاشته شده بعد از گذشت هر فصل رویشی به دست آمد.

1- Pressure plate

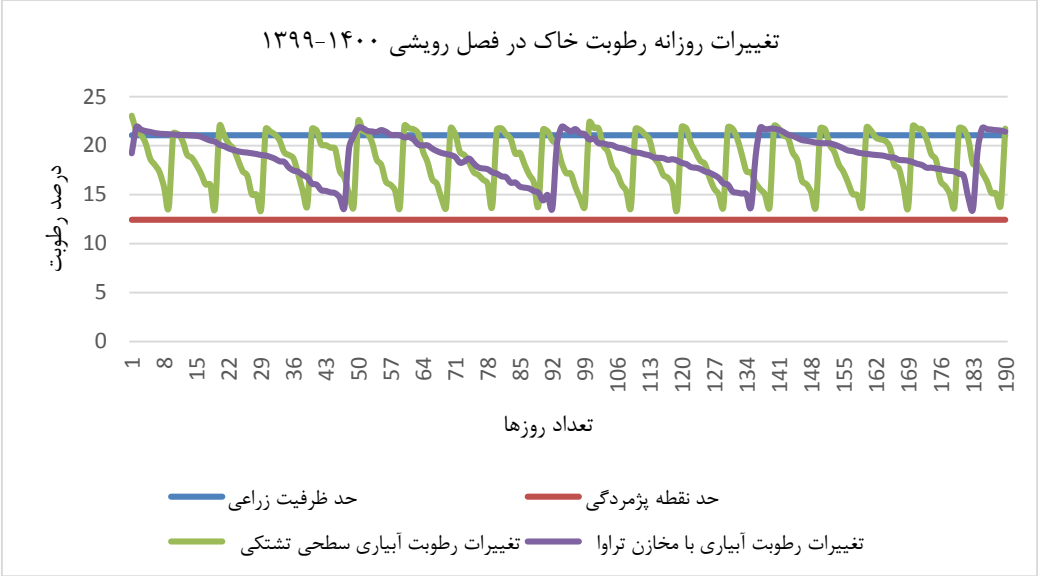
تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف – اسمیرنوف (۲۵) مورد برر سی قرار گرفت و با توجه به برخورداری داده‌ها از توزیع نرمال، از آزمون T مستقل برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد و سطح معناداری $p\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد، تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط نرم افزار SPSS نسخه 26 انجام گرفت. جهت رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه 2019 استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان و دفعات آبیاری (حجم و دور آبیاری)

در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰، حجم آب مصرفی به ازای هر پایه نهال به ترتیب (m^3) ۰/۶ معادل ۶۰۰ لیتر و (m^3) ۰/۶۶ معادل ۶۶۰ لیتر در تیمار آبیاری سطحی تشتکی (T_1) و (m^3) ۰/۱۵ و (m^3) ۰/۱۵ معادل ۱۵۰ لیتر در تیمار آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی (T_2) بود (شکل ۷)، همچنین حجم کل آب مصرفی بر اساس ۸ پایه نهال در هر تیمار آبیاری، (m^3) ۴/۸ و (m^3) ۵/۲۸ در تیمار (T_1) و (m^3) ۱/۲ و (m^3) ۱/۲ در تیمار (T_2) به دست آمد (شکل ۸)، یافته‌ها نشانگر صرفه‌جویی ۸۰ ٪ در حجم آب مصرفی در فصل ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۷۷/۲۸ ٪ در فصل ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بود، در مورد دفعات و دور آبیاری نتایج زیر به دست آمد: در فصل ۱۳۹۹-۱۴۰۰، ۲۰ نوبت و با دور آبیاری هر ۱۰ روز یکبار برای تیمار (T_1) و ۵ نوبت با دور آبیاری هر ۴۸روز یکبار برای تیمار (T_2) و در فصل ۱۴۰۱-۱۴۰۰، ۲۲ بار با دور آبیاری هر ۱۰-۹ روز برای تیمار (T_1) و ۵ نوبت با دور آبیاری هر ۴۸ روز یکبار برای تیمار (T_2)، مشاهده می شود که دفعات آبیاری در تیمار (T_2) نسبت به تیمار (T_1) به یک چهارم تقلیل و دور آبیاری نیز به ۴-۵ برابر افزایش پیدا کرد، روند مصرف آب در هر دو روش با گذر زمان نسبتاً صعودی است و این امری طبیعی است، به این علت که نهال سنجد به روش طبیعی در حال رشد و تکامل است و بنابراین مقدار مصرف آب در فصل ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بیشتر از ۱۴۰۰-۱۳۹۹ است، نتایج مشاهده‌های میدانی به خوبی حکایت از کاهش مصرف آب و نیز تأخیر فاز آبیاری در روش آبیاری زیرسطحی با مخازن تراوا نسبت به روش آبیاری سطحی تشتکی در آبیاری نهال سنجد دارد، کاهش تبخیر آب به صورت سطحی و عدم اتلاف آب به دلیل نفوذ عمقی از دلایل موفقیت روش آبیاری زیرسطحی با مخازن تراوا است، چرا که طبق مطالعات در روش غرقابی، در مدت کوتاهی پس از آبیاری، ۵۰ ٪ از آب آبیاری تبخیر شده و ۳۰ ٪ آن نیز به دلیل تلفات عمقی از دسترس گیاه خارج می شود و تنها ۲۰ ٪ از آب آبیاری به مصرف گیاه می رسد و بقیه آن هدر می رود ولی در روش آبیاری زیر سطحی تقریبا ۵۰ ٪ تا ۶۰ ٪ از آب آبیاری به مصرف مستقیم گیاه می رسد (۲۶) . بنابراین نتایج پژوهش حاضر با مطالعات پیشین مبنی بر صرفه‌جویی ۸۰ ٪ مصرف آب با استفاده از لوله‌های ر سی متخلخل (۲۷) و ۸۲ ٪ با استفاده از کوزه‌های سفالی (۲۸) در یک راستا می‌باشد، پس می‌توان گفت که روش آبیاری زیرسطحی با کوزه ها و لو له های تراوا یک فناوری برای صرفه‌جویی در مصرف آب است که عملکرد محصول را به ازای واحد آب مصرفی در مقایسه با روش آبیاری سطحی بهینه می‌کند.

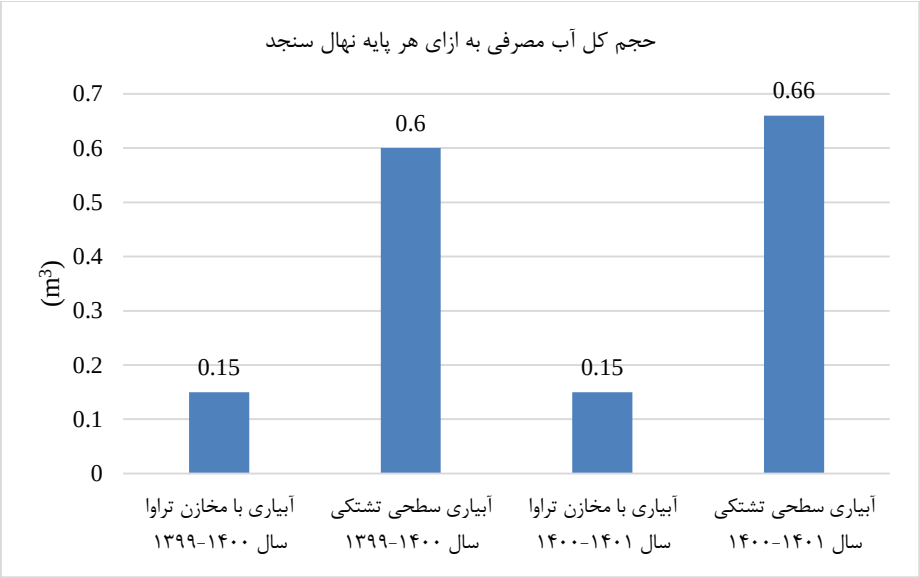


شکل ۵- تغییرات روزانه رطوبت خاک در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Figure 5. Daily changes of the soil moisture in the growing season 2021

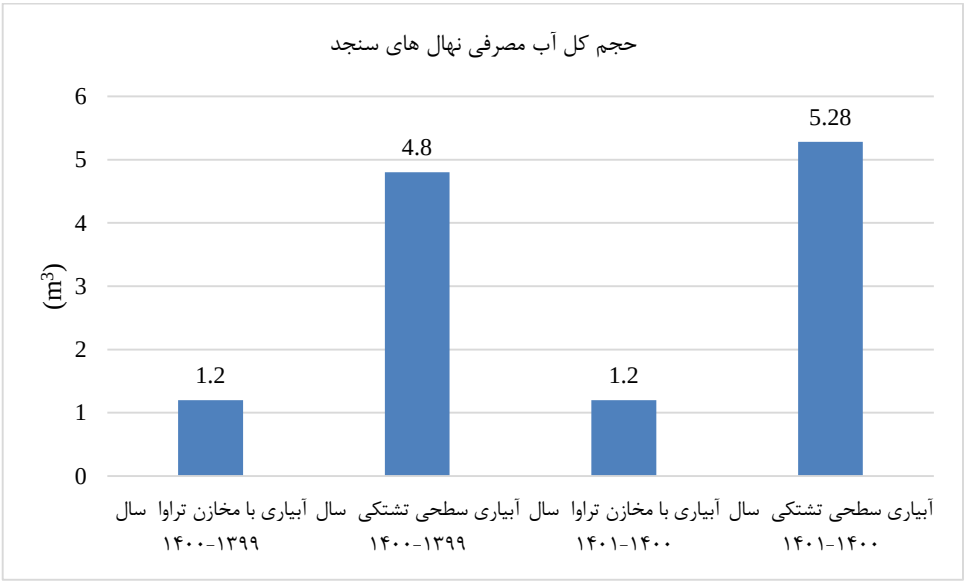
شکل ۶- تغییرات روزانه رطوبت خاک در فصل رویشی ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Figure 6. Daily changes of the soil moisture in the growing season 2022



شکل ۷- حجم کل آب مصرفی (متر مکعب) به ازای هر پایه نهال سنجد در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Figure 7. The total volume of water consumption (m^3) per stand of *Elaeagnus angustifolia* L seedling. in the growing season 2021 and 2022.



شکل ۸- حجم کل آب مصرفی (متر مکعب) نهال‌های سنجد در فصل رویشی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰

Figure 8. The total volume of water consumption (m^3) of *Elaeagnus angustifolia* L seedling. in growing season 2021 and 2022.

شاخص‌های رشد و استقرار نهال

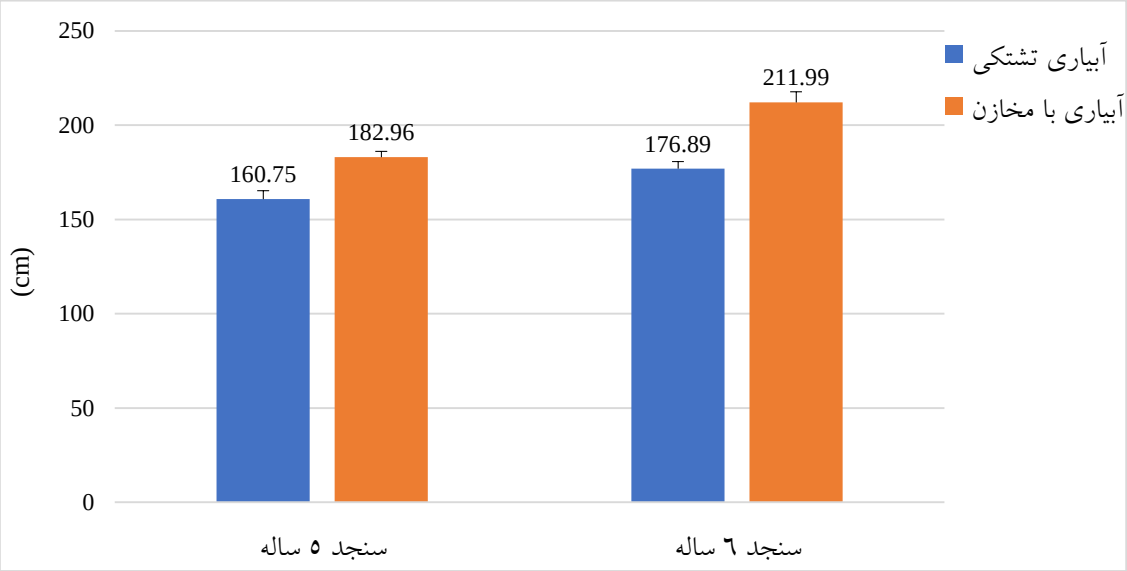
ارتفاع نهال

نتایج تحلیل آماری به روش T-Test نشان داد که بین دو روش آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی (T_2) و آبیاری سطحی تشتکی (T_1)، اختلاف معنی‌داری از نظر میانگین رشد ارتفاع نهال‌ها وجود دارد بدین‌صورت که میانگین ارتفاع سنجد ۵ ساله و ۶ ساله در تیمار (T_2) نسبت به تیمار (T_1) به طور معناداری بیشتر است ($p < ۰/۰۰۱$) (جدول ۴ و شکل ۹).

جدول ۴- مقایسه میانگین ارتفاع سنجد در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2)

Table 4. Comparison of the average height of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods : surface irrigation (T_1) and irrigation with reservoirs (T_2).

متغیر	تیمار	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب تغییرات	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری
سنجد ۵ ساله	آبیاری تشتکی	۱۶۰/۷۵	۴/۴۰	۰/۰۲	۱۱/۶۰	۱۴	<۰/۰۰۱
	آبیاری با مخازن	۱۸۲/۹۶	۳/۱۵	۰/۰۱			
سنجد ۶ ساله	آبیاری تشتکی	۱۷۶/۸۹	۳/۷۸	۰/۰۲	۱۴/۴۳	۱۴	<۰/۰۰۱
	آبیاری با مخازن	۲۱۱/۹۹	۵/۷۵	۰/۰۲			



شکل ۹- مقایسه میانگین ارتفاع سنجد در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2)

Figure 9. Comparison of the average height of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods : surface irrigation (T_1) and irrigation with reservoirs (T_2).

یافته‌های این پژوهش با نتایج آزمایش‌ها بر روی تاثیر روش‌های مختلف آبیاری (سطحی، زیر سطحی سفالی و قطره ای) (۶) و همچنین نتایج به دست آمده از مقایسه روش‌های آبیاری شیاری، سفالی و قطره ای نواری (۲۹) همخوانی دارد که بیانگر تاثیر مثبت و معنادار استفاده از روش آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی بر ارتفاع نهال‌ها در مقایسه با آبیاری سطحی تشتکی است.

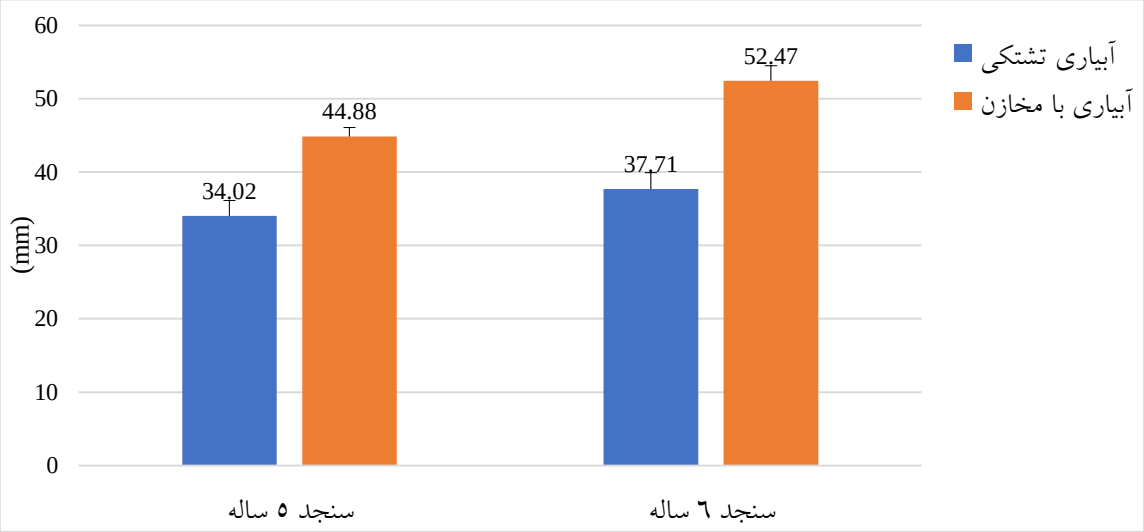
قطر یقه نهال

نتایج اندازه‌گیری میانگین رشد قطر یقه نهال سنجد در تیمارهای آبیاری (T_1) و (T_2) نشان داد که میانگین قطر یقه سنجد ۵ ساله و ۶ ساله در روش آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی (T_2) نسبت به روش آبیاری سطحی تشتکی (T_1) به طور معناداری بیشتر است ($p <$ ۰/۰۰۱) (جدول ۵ و شکل ۱۰).

جدول ۵- مقایسه میانگین قطر یقه سنجد در دو روش آبیاری سطحی تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن تراوا (T_2)

Table 5. Comparison of the average collar diameter of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods : surface irrigation (T_1) and irrigation with permeable reservoirs (T_2) .

متغیر	تیمار	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری
سنجد ۵ ساله	آبیاری تشتکی	۳۴/۰۲	۲/۱۰	۰/۰۶	۱۲/۶۷	۱۴	<۰/۰۰۱
	آبیاری با مخازن	۴۴/۸۸	۱/۲۲	۰/۰۲			
سنجد ۶ ساله	آبیاری تشتکی	۳۷/۷۱	۲/۲۱	۰/۰۵	۱۳/۸۱	۱۴	<۰/۰۰۱
	آبیاری با مخازن	۵۲/۴۷	۲/۰۶	۰/۰۳			



شکل ۱۰- مقایسه میانگین قطر یقه سنجد در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2)

Figure 10. Comparison of the average collar diameter of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods : surface irrigation (T_1) and irrigation with permeable reservoirs (T_2) .

هرچند نتایج یک پژوهش بر روی قطر یقه نهال توت با سه روش آبیاری زیرسطحی، سفالی و قطره‌ای تفاوت معناداری را نشان نداده است (۳۰) اما داده‌های به دست آمده در تحقیق حاضر افزایش معنادار قطر یقه نهال سنجد را در تیمار (T_2) نسبت به تیمار (T_1) نشان می‌دهد که با یافته‌های پژوهشگران مبنی بر تاثیر معنادار انواع روش‌های آبیاری بر قطر یقه نهال تادار (۳۱) و انگور (۳۲) مطابقت دارد.

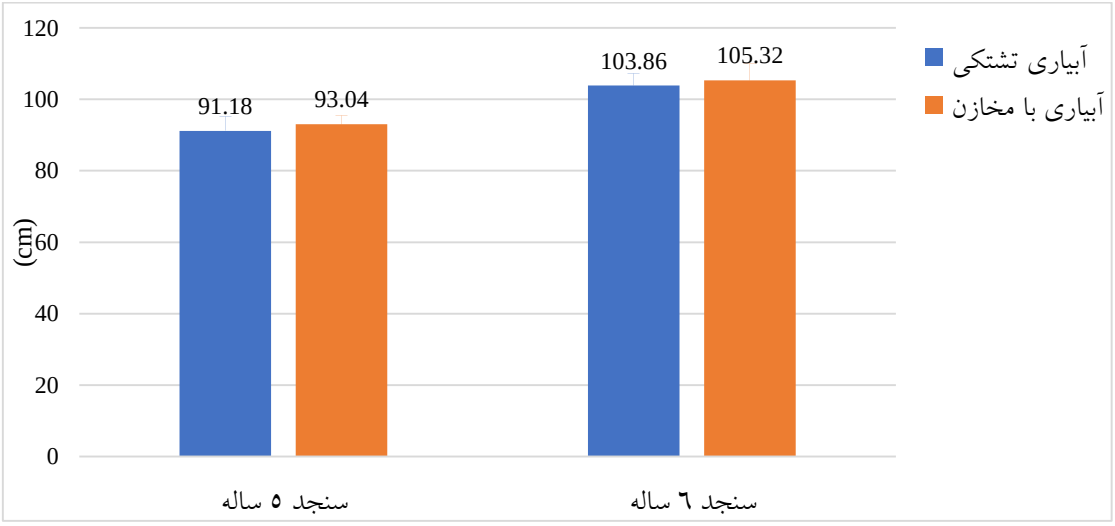
قطر تاج پوشش نهال

بر اساس یافته‌های جدول ۶ و شکل ۱۱، میانگین قطر تاج سنجد ۵ ساله و ۶ ساله در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2) تفاوت معناداری نداشت ($p > ۰/۰۵$).

جدول ۶- مقایسه میانگین قطر تاج سنجد در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2)

Table 6. Comparison of the average diameter of the crown of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods: surface irrigation (T_1) and irrigation with permeable reservoirs (T_2).

متغیر	تیمار	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب تغییرات	آماره t	درجه آزادی	سطح معناداری
سنجد ۵ ساله	آبیاری تشتکی	۹۱/۱۸	۴/۱۴	۰/۰۴	۱/۱۱	۱۴	۰/۲۹
	آبیاری با مخازن	۹۳/۰۴	۲/۳۰	۰/۰۲			
سنجد ۶ ساله	آبیاری تشتکی	۱۰۳/۸۶	۳/۳۵	۰/۰۳	۰/۷۱	۱۴	۰/۴۹
	آبیاری با مخازن	۱۰۵/۳۲	۴/۷۷	۰/۰۴			



شکل ۱۱- مقایسه میانگین قطر تاج پوشش سنجد در دو روش آبیاری تشتکی (T_1) و آبیاری با مخازن (T_2)

Figure 11. Comparison of the average diameter of the canopy of *Elaeagnus angustifolia* L. in two methods : irrigation with surface (T_1) and irrigation with irrigation with permeable reservoirs (T_2)

یافته‌های این پژوهش با نتایج تحقیقی که نشان از تاثیر مثبت و معنی‌دار آبیاری کوزه‌ای بر ر شد و گ سترش پو شش تاجی گیاه سیاه تاغ دا شت (۳۳) متفاوت ا ست در حالی که در پژوه شی دیگر مشابه پژوهش حاضر، افزایش مقدار عددی تاج پوشش در نهال توت در آبیاری زیر سـطحی مشـاهده شـده اسـت اما این اختلاف معنادار نبوده است (۳۰).

درصد زنده مانی نهال

تعداد نهال زنده مانده در ف صل رویـ شی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در تیمار (T_1)، ۶ عدد از ۸ نهال (۷۵ در صد) و در تیمار (T_2)، ۸ عدد از ۸ نهال (۱۰۰ در صد) بود که این تفاوت با وجود برتری در روش آبیاری با مخازن تراوا، از نظر آ ماری معنادار نبود (p =۰/۴۷)، در صد زنده مانی نهال‌ها در ف صل رویـ شی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بدون تغییر باقی ماند.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر تاثیر سیستم آبیاری با مخازن تراوای زیرسطحی (T_2) در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی تشتکی (T_1) بر میزان و دفعات آبیاری و پارامترهای رشد نهال ۴ ساله سنجد به مدت دو فصل رویشی مورد بررسی قرار گرفت، یافته‌ها بیانگر صرفه‌جویی تقریبا ۸۰ ٪ در فصل ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۷۷/۲۸ ٪ در فصل ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در حجم آب مصرفی، یک چهارم شدن

دفعات آبیاری و ۵-۴ برابر شدن دور آبیاری در تیمار آبیاری (T_2)نسبت به تیمار آبیاری (T_1) بود، ارزیابی پارامترهای گیاهی با استفاده از روش آماری t-test نشان داد که که تیمار (T_2) اثر معنی‌داری بر میزان تغییرات رشد ارتفاعی و رشد قطری نهال سنجد در مقایسه با تیمار (T_1) دارد ($p <$ ۰/۰۰۱)، لازم به ذکر است که رشد تاج پوشش نهال و درصد زنده مانی نهال‌ها در تیمار (T_2) بیشتر از تیمار (T_1) بود ولی این افزایش از نظر آماری معنادار نشد ($p >$ ۰/۰۵) ، علت موفقیت سیستم آبیاری با مخازن تراوای زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی این است که در روش سطحی به دلیل آبیاری دوره‌ای ممکن است گیاه در فاصله یک نوبت آبیاری تا نوبت بعد دچار تنش کم آبی و در نتیجه کاهش رشد به خصوص دراندام‌های هوایی شود، بنابراین آبیاری با مخازن تراوای زیرسطحی با داشتن خاصیت خود تنظیمی مخازن و جذب و نگهداری و دسترس قرار دادن آب در منطقه ریشه گیاهان به صورت مداوم و طولانی مدت، عدم ایجاد رواناب سطحی و کاهش اتلاف آب از طریق جلوگیری از نفوذ عمقی و تبخیر از سطح خاک موجب صرفه‌جویی و استفاده بهینه از منابع آبی و رشد و استقرار بهتر پوشش گیاهی در مقایسه با روش آبیاری سطحی تشتکی می‌گردد. اما لازم است مطالعات علمی پیرامون استفاده از مخازن تراوای زیرسطحی به کار رفته در این تحقیق با جنس ذکر شده در بازه زمانی طولانی تر و در سطح گسترده تر مورد بررسی قرار گیرد تا مزایا و معایب آن در طولانی مدت آشکار گردد. امروزه بحران جدی کمبود منابع آبی و آلودگی آن ها و به دنبال آن مشکلاتی همانند از بین رفتن پوشش گیاهی جنگل ها و مراتع، بیابانزایی، آلودگی هوا، فرسایش بادی و آبی منابع خاک مطلوب و معضل ریزگردها ، از دست رفتن زیستگاه ها و تنوع زیستی گونه های مختلف و ... از چالش برانگیزترین مسائل مرتبط با محیط زیست می باشد لذا هر روشی که بتواند در سطح خرد یا کلان موجب استفاده بهینه از منابع آبی موجود شود و مانع بیشتر شدن مشکلات زیست محیطی شود، قابل بحث و بررسی است. تحقیق حاضر نیز با استفاده از سیستم آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی با جنس ذکر شده، به ارزیابی میزان مفید بودن این روش برای استفاده بهینه از آب های جاری، نزولات آسمانی و آبیاری پرداخت تا بتوان در صورت کارآمد بودن این روش با استفاده از آن به تقویت پوشش گیاهی و طرح های بیابان زدایی در مناطق خشک و نیمه خشک پرداخت و به دنبال آن از مشکلات زیست محیطی ذکر شده پیشگیری کرد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، احتمالا می‌توان سیستم آبیاری با مخازن تراوای زیر سطحی با جنس ذکر شده در این تحقیق را به عنوان روشی اقتصادی و کارآمد برای استفاده بهینه از آب آبیاری و بارندگی، استقرار و توسعه پوشش گیاهی و درختکاری و بهبود وضعیت محیط زیست به خصوص در مناطق کم‌درآمد و دور افتاده و مناطقی که امکان اجرای آبیاری مکانیزه وجود ندارد، معرفی کرد تا موجب موفقیت بیشتر به خصوص در طرح‌های نهال‌کاری و بیابان‌زدایی شود.

سپاسگزاری

این تحقیق به عنوان بخشی از رساله دکترای علوم محیط زیست – تنوع زیستی در دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران انجام شد که بدین وسیله مراتب قدردانی خود را از همکاری همه جانبه مسئولان محترم دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران اعلام می‌داریم.

References

1. Alemzadeh A, Somayeh SG, Yarami N, Dehestani-Ardakani M. Physiological Response of Lavandula to the Use of Raw and Treated Effluent in Surface and Subsurface Irrigation with Permeable Tubes. Water Management in Agriculture. 2021 Feb 19;7(2):159-70. (In Persian)
2. Banedj schafiee, s. Effect of a superabsorbent polymer on the growth of Panicum antidotale and nitrogen leaching. Iranian Journal of Range and Desert Research. 2015; 22(3):595-605. (In Persian)
3. Bastani S. A historical review of innovations and developments of subsurface irrigation systems. Journal of Water and Sustainable Development. 2018 Feb 20; 4(2):69-80. (In Persian)

4. Zarei, Gh., Shahpari, S. A. Hydraulic Characteristics of Porous Clay Capsules in a Subsurface Irrigation System at Three Soil Textures. Food Engineering Research. 2014;14(4):57-72. (In Persian)
5. Jodeyri Heydari N, Liaghat A. Effectiveness of Wick Irrigation Method on Yield and Water Use Efficiency on Maize in Semi-Arid Area. Environment and Water Engineering. 2022 Mar 21; 8(1):122-32. (In Persian)
6. Ansari, H., Naderianfar, M., ramazani, H., & Joleini, M. Comparison and Evaluation Some of Growth Indices of the Dominant Species of Urban Green Spaces in The Jar Subsurface, Drip and Surface Irrigation Systems. 2014; 8(2):402-412. (In Persian)
7. Bainbridge DA. Buried clay pot irrigation: a little known but very efficient traditional method of irrigation. Agricultural water management. 2001 Jun 1;48(2):79-88.
8. Siyal AA, Soomro SA, Siyal AG. Performance of Pitcher Irrigation with saline water under high evapotranspiration rates. Journal of Chinese soil and water conservation. 2015 Mar 1; 46(1):61-69.
9. Singh RK, Ghosal S. Effect of pitcher fertigation on shooting response and kusmi lac crop performance on ber (Ziziphus mauritiana). National Academy Science Letters. 2015 Oct; 38(5): 379-382.
10. Ashrafi S, Kanani E. Construction Variation Coefficient and Seepage Behavior of Clay Emitters with the Aim of Their Application in Subsurface Irrigation. Water Management in Agriculture. 2022 Feb 20;8(2):197-210. (In Persian)
11. Arabfard M, Shahnazari A, Ziatabar Ahmadi M. Effectiveness comparison of pot, porous pipe and gravity drip irrigation methods in the range of gravity pressures. Water and Soil. 2017 Oct 23;31(4):1060-9. (In Persian)
12. Tavakoli, A., Pourreza, M., & Khodakarami, Y. Preliminary investigation on possibility of rooting of Manna oak (Quercus brantii Lindl.) by layering in Zagros forests. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2011; 19(3):432-440. (In Persian)
13. Ghorbani Vaghei H, Bahrami HA. Application of porous clay capsule technique in optimizing water consumption of citrus orchard. Water and Soil Management and Modelling. 2021 Oct 9;1(3):15-24. (In Persian)
14. Pachpute JS. A package of water management practices for sustainable growth and improved production of vegetable crop in labour and water scarce Sub-Saharan Africa. Agricultural Water Management. 2010 Sep 1;97(9):1251-8.
15. Kefa CC, Kipkorir EC, Kwonyike J, Kubowon PC, Ndambiri HK. Comparison of water use savings and crop yields for clay pot and furrow irrigation methods in Lake Bogoria, Kenya. Journal of Natural Sciences Research. 2013; 3(8):34-9.
16. Malekinezhad H. Comparison of cucumber and watermelon yield and water use in clay pitcher and furrow irrigation methods. International Journal of Water. 2015;9(3):275-85.
17. Mahata AP, Mondal A, Pal A, De SK. Application of various mulching treatments with pitcher irrigation for

yield of tomato (Lycopersicom esculentum) in red and laterite soil. Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021 Jul 13;25(6):17338-51.

18. Bahrami, S., & Imeni, s. Evaluation of Several Empirical Models in Estimating Annual Runoff (Case Study: Hesarak Catchment in Northwest of Tehran). Geography and Environmental Planni.2019; 30(2): 55-74. (In Persian)
19. Bidabadi M, Babazadeh H, Sarai Tabrizi M. Evaluating Potential Crop Water Requirement (Case Study: Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran). Environment and Water Engineering. 2019 Apr 21;5(1):36-46. (In Persian)
20. Zhao X, Xu H, Zhang P, Fu J, Bai Y. Salt- leaching effect of drip irrigation in E laeagnus angustifolia shelterbelt extremely arid area. Water and Environment Journal. 2014 Jun; 28(2): 261-9.
21. Hassanzadeh Z, Hassanpour H. Evaluation of fruit physical and color characterizations of some oleaster (Elaeagnus angustifolia L.) genotypes in northwest of Iran. Journal Of Horticultural Science. 2019 Aug 23;33(2):273-85. (In Persian)
22. Enescu CM. Russian olive (Elaeagnus angustifolia L.): A multipurpose species with an important role in land reclamation. Curr Trends Nat Sci. 2018;7(13):54-60.
23. Solgi S, Salehi A, Pourbabai H, Shabanpour M, Alavi SJ. Estimation of soil moisture at field capacity and permanent wilting point based on some physical and chemical properties in forest soils. Forest and Wood Products. 2017 Apr 21;70(1):103-10. (In Persian)
24. Ansari Ghojghar M, Babaeian I, Pourgholam-Amiji M, Parsi E. Calculate the Water Need of Urban Green Space Using the California Method (Case Study: Region 4 of Tehran Municipality). Nivar. 2020 Sep 22; 44(110):131-45. (In Persian)
25. An, K. (1933). Sulla determinazione empirica di una legge didistribuzione. *Giorn Dell'inst Ital Degli Att*, *4*, 89-91.
26. Rangrizi S, Bahrami H, Kianirad M, Shojaaddini A. Evaluating the Performance of Biocomposite Pipes as a Subsurface Irrigation Method in Culturing Panicum (Panicum antidotale). Journal of Water and Soil Resources Conservation. 2016 Sep 22; 6(1): 33-46. (In Persian)
27. Siyal AA, Siyal AG, Hasini MY. Crop production and water use efficiency under subsurface porous clay pipe irrigation. Pak. J. Agri. Agril. Engg. Vet. Sci. 2011; 27(1):39-50.
28. Soomro KB, Soomro A, Laghari AA, Siddiqui S. Impact of Different Shapes of Pitchers on Water Saving and Water Use Efficiency of Ridge-gourd in Semi Arid Region of Pakistan: Pitcher Irrigation Impact on Ridge-gourd. Biological Sciences-PJSIR. 2018 Aug 28; 61(2):72-7.
29. Asadi Asadabad O, Matinkhah SH, Jafari Z, Karim Mojeni H. Evaluation of Different Irrigation Methods of Hedysarum criniferum Boiss. under Field Conditions. JWSS-Isfahan University of Technology. 2021 May 10; 25(1):179-89. (In Persian)
30. Jahantigh M. Effects of irrigation methods of subsurface, clay pot and drop on Mulberry growth in dry land region (Case study: Sistan area). Water

and Soil Management and Modeling. 2021; 1(2):25-35. (In Persian)

31. Naseri F, Etemad V, Javanmiri Pour M, Attarod P. The effect of irrigation regime on some of the vegetative characteristics of seedlings produced by Caucasian hackberry in various provenance. Journal of Wood and Forest Science and Technology. 2020 Feb 20; 26(4):65-83. (In Persian)
32. Nikanfar R, Rezaei R. Responses of old grapevines to switch irrigation system from surface to drip or babbler. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology. 2015; 16(2):161-70. (In Persian)
33. Akbari, Z. Effect of planting and irrigation techniques on Haloxylon ammodendron C.A.Mey establishment in Sejzi region, Isfahan province. A Thesis Submitted in partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science, Isfahan University of Technology Department of Natural Resources. 2014. (In Persian)