

The Effects of runoff management using semi-circular bunds on the crown components of selected tree species in the Sahara-Sindhi vegetative zone of southern Iran

Alieah Jaafari¹, Navazollah Moradi^{2*}, Mohammad Akbarian³

1. Master's student in Watershed Science and Engineering, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran.

2. Assistant professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran.

3. Associate professor of Physical Geography, Department of Geographical Sciences, Faculty of Humanities, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Hormozgan, Iran.

* Corresponding Author: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

Received date: 29/01/2026

Accepted date: 01/06/2026



[10.22034/jdmal.2026.2082124.1524](https://doi.org/10.22034/jdmal.2026.2082124.1524)

Abstract

In arid and semi-arid regions, limited water and low soil moisture are critical constraints on vegetation development. Effective runoff management is a key strategy for enhancing soil moisture and promoting plant growth. This study evaluated the effects of the semi-circular bund system a surface runoff management technique, on the canopy characteristics of three tree species in the Halvaei region of Minab County, Hormozgan Province, Iran. The research included *Prosopis cineraria* (L.) Druce, *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd., and *Acacia ehrenbergiana* Hayne (syn. *Vachellia flava* (Forssk.) Kyal. & Boatwr.). A factorial randomized complete block design (RCBD) was employed to compare tree growth in a treated area with semi-circular bunds against an untreated control. Measured variables included tree height, major and minor crown diameters, crown volume, and projected area, with data collected from 30 individual trees per species in each replication. Results showed that the water-harvesting treatment significantly affected all measured canopy variables ($p < 0.01$), except for crown thickness. Trees in the treated area exhibited significantly greater height, crown diameter, canopy surface area, and crown volume than those in the control. No significant differences occurred among positions within the treated area (upstream, midstream, and downstream), suggesting uniform system effects across the site. Species responses varied: *Prosopis cineraria* attained the greatest height and canopy volume, whereas *Ziziphus spina-christi* exhibited the largest trunk diameter and canopy area. Both species significantly outperformed *Acacia ehrenbergiana*, which recorded the lowest values. Overall, this study demonstrates the strong positive effects of the semi-circular bund system on tree growth and underscores the importance of selecting species with high adaptive capacity. These findings provide a solid scientific basis for decision-making in ecosystem restoration and sustainable land management, particularly under increasing drought stress and climate change in water-limited environments.

Keywords: Arid Lands, Canopy cover, Minab County, Runoff management.

How to cite this article

Jaafari, A. Moradi, N. and Akbarian, M. (2026). The Effects of runoff management using semi-circular bunds on the crown components of selected tree species in the Sahara-Sindhi vegetative zone of southern Iran. *Desert Management*, 13(4), 89-106. DOI: [10.22034/jdmal.2026.2082124.1524](https://doi.org/10.22034/jdmal.2026.2082124.1524)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

Vegetation in arid and semi-arid regions plays a fundamental role in reducing soil erosion, improving water infiltration, regulating the water cycle, and enhancing ecosystem stability (29, 37). However, the growth and establishment of woody species are severely constrained by low and irregular precipitation and high evaporation rates (15). Moreover, the recurrence of droughts has underscored the importance of climate–human interactions and their impacts on forests in arid and semi-arid regions (4, 9, 11). Surface runoff management is widely recognized as an effective, low-cost strategy for increasing soil moisture in these fragile environments (11, 8). In particular, semi-circular bund systems promote plant growth by reducing runoff velocity, enhancing water infiltration, and concentrating moisture within the root zone (34). Southern Iran is no exception, where drought is a persistent climatic reality (21). Analyses of spatial and temporal variations in meteorological drought indicate that the southern parts of the country are among the most vulnerable to climate change and drought risk, resulting in increasing pressure on natural resources and agriculture (31).

This research focuses on the Sahara–Sindhi vegetative zone of Iran, an arid-tropical region that experiences severe water stress and supports important native species such as *Prosopis cineraria* (L.) Durce, *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd, and *Acacia ehrenbergiana* Hayne (40, 19). These resilient trees are vital ecological resources, particularly across the plains of Hormozgan Province (5). The canopy of these trees is a primary factor in soil conservation and strongly influences understory communities, making canopy measurement essential for evaluating forest management effectiveness and overall tree health in this region (25, 31).

Although several studies have addressed water harvesting, the long-term response of canopy components in these specific native species remains poorly understood. A detailed, integrated analysis of the relationship between rainfall–runoff patterns and tree canopy dynamics under water-harvesting structures is needed, especially given that southern Iran is highly vulnerable to climate change and drought (31). Therefore, this study aims to evaluate the effects of surface runoff management, via the construction of semi-circular bunds, on the canopy components of these key tree species.

The study was conducted in the Halvaei area of Minab County, Hormozgan Province, Iran (Fig. 1). The Halvaei area (27°00'12"–27°01'06"N, 57°08'15"–57°09'20"E) covers 79 ha within the Sahara–Sindhi vegetative zone of southern Iran, has slopes below 5%, and is characterized by an arid climate (Fig. 2). The mean annual rainfall is 201 mm. This research assesses the impact five years after the bunds were implemented by the local Natural Resources Office, providing crucial data for sustainable ecosystem management in the region. A control area was selected adjacent to the treated site, with completely similar topographic and edaphic characteristics and vegetation cover.

Materials and Methods

The research dataset comprised measurements of tree height, major and minor crown diameters, crown volume, and crown projection area for key species, including *Prosopis cineraria* (L.) Durce, *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd, and *Acacia ehrenbergiana* Hayne (*Vachellia flava* (Forssk.) Kyal. & Boatwr.). These data were collected through direct field surveys, following common procedures for forestry studies in arid zones (36). Climatic data were obtained from the Minab synoptic station.

Data analysis was performed using a factorial experimental design within a Randomized Complete Block Design (RCBD), with two main factors: region (treatment vs. control) and tree species. For each treatment combination, the mean values of canopy and growth attributes were calculated from 30 trees per species across three replications. Growth parameters, including height, major and minor crown diameters, crown volume, and crown projection area, were measured and recorded independently for each tree.

In the first step, potential study areas were identified by obtaining maps of water-harvesting and runoff management projects implemented by the Hormozgan Provincial Department of Natural Resources and Watershed Management, followed by field verification. The oldest project area, established in 2018, was selected for analysis. Considering the general slope, the site was divided into three sections—upstream, midstream, and downstream—to capture the effects of sediment thickness and the movement of infiltrated subsurface water. These sections constituted the treatment ranges, influenced by runoff management and water-harvesting interventions, and the three dominant tree species of the region were chosen as the sampling population.

A control range was selected adjacent to the treatment area. Control and treatment plots were delineated in accordance with methodological recommendations for runoff management studies (12), ensuring that the

control area was entirely similar in edaphic characteristics and vegetation cover but lacked runoff management structures. Table 1 summarizes the specifications of the water-harvesting structures, Fig. 3 provides an overview of the treatment and control ranges within the study area, and Fig. 4 illustrates the procedure for measuring tree crown height using an inclinometer.

Results and Discussion

The analysis of variance (ANOVA) showed that the water-harvesting treatment had a significant effect on all measured canopy variables, except crown thickness, at the 1% level. Tree species also had a statistically significant effect on all canopy components except crown thickness. Mean comparison tests indicated that trees in areas treated with semi-circular bunds were significantly different from trees in the control area in terms of height, crown diameter, canopy surface area, and canopy volume. However, there were no significant differences among positions within the treated area (upstream, midstream, and downstream sections of the structures).

The species comparison showed that, within the semi-circular bund system, *Prosopis cineraria* had the greatest tree height and canopy volume, while *Acacia ehrenbergiana* Hayne had the lowest tree height. *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd had the largest trunk diameter and canopy area, with values significantly higher than those of *Acacia ehrenbergiana*. There was no significant difference in canopy area between *Ziziphus spina-christi* and *Prosopis cineraria*. The lowest trunk diameter and canopy area values were found in *Acacia ehrenbergiana* (Fig. 5, Fig. 6, Table 2).

Overall, the results confirm the positive effects of the crescent-shaped water-harvesting system on tree growth parameters and highlight the importance of selecting suitable tree species based on their growth characteristics and ability to adapt to local environmental conditions. These findings provide a solid scientific basis for informed decision-making and long-term planning in ecosystem restoration and sustainable land management, especially under increasing drought pressure and climate change in arid and semi-arid regions.

Keywords: Arid Lands, Canopy cover, Minab County, Runoff management.

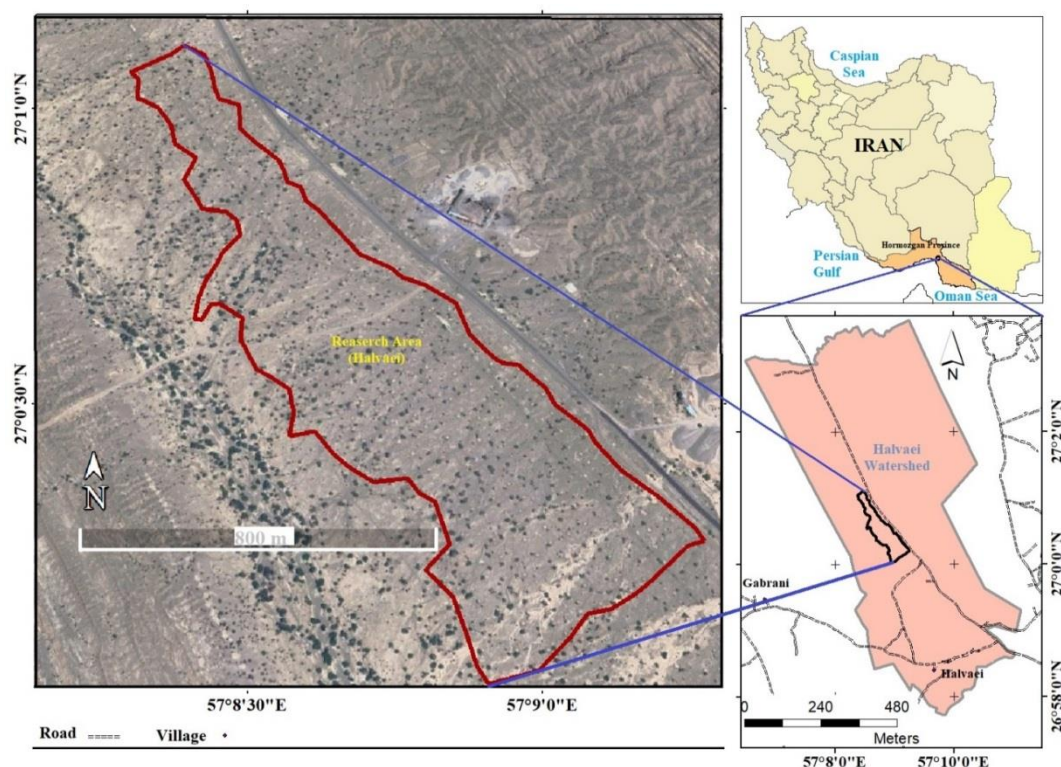


Fig 1. Location of the study area

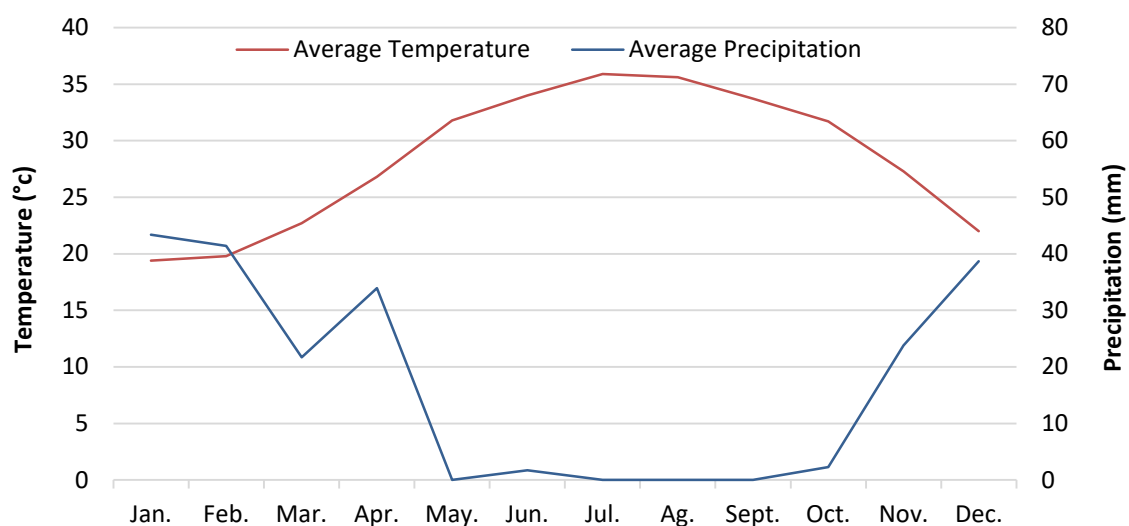


Fig 2. Ombrothermic climogram of Minab synoptic station



Fig 3. A view of the control (a) and treatment (b) areas, and the semi-circular bunds overlaid on a Google Earth image (c).



Fig 4. Measuring tree crown height using an inclinometer

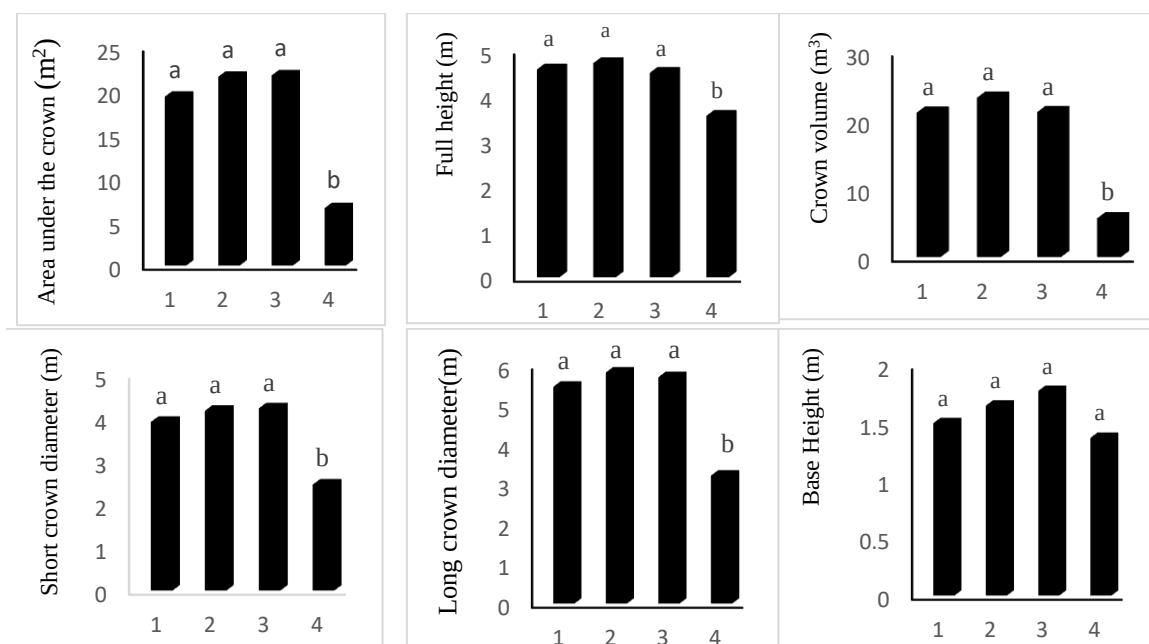


Figure 5. Comparison of mean tree crown component values under the semi-circular bund treatment, including the upstream (1), middle (2), and downstream (3) sections of the treated area, and the control site (4).

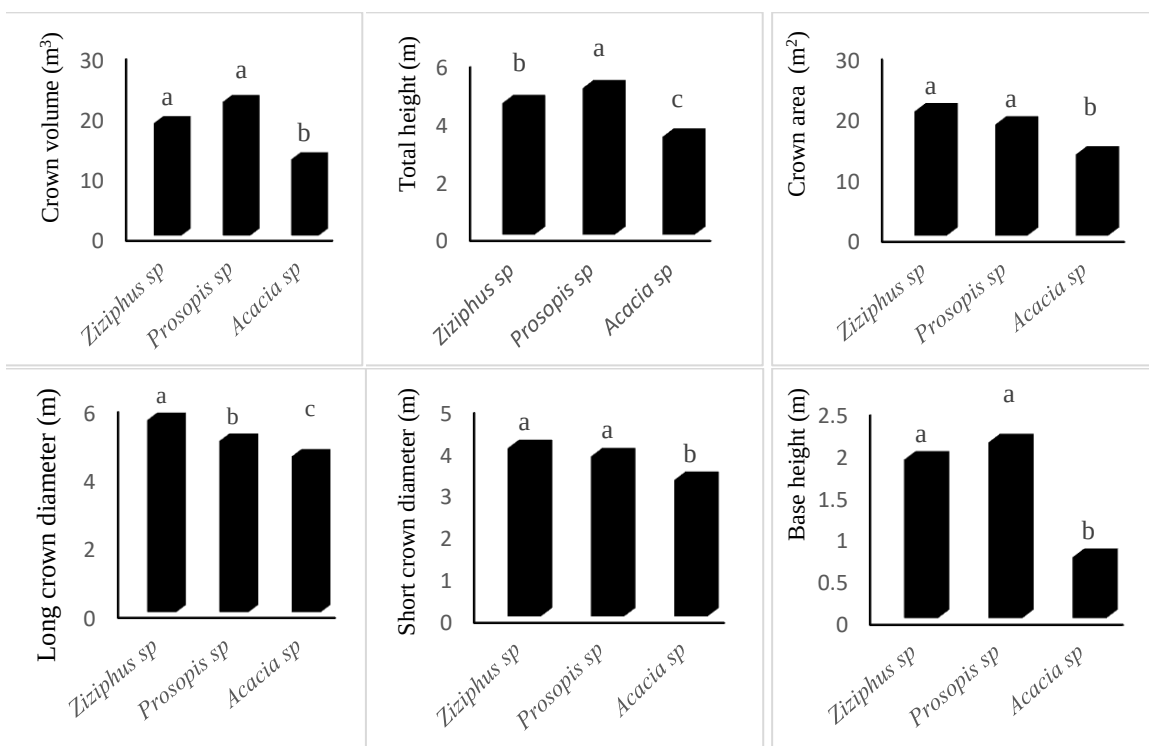


Figure 6. Comparison of mean crown component values among tree species in runoff-control treatment areas.

Table 1. Characteristics of the semi-circular bund system.

Characteristics	Quantity
Upper width of embankment	1m
Ground width of embankment	3m
Height of embankment	1.2m
Structure length	17.5m
Radius of water intake	12m
Height of maximum water capacity	0.5m
Maximum water capacity of each crescents	105m ³
Number of water intake crescents	600
Total water volume of crescents	63000m ³

Table 2. Analysis of variance on the effects of runoff control treatment and tree species on crown components.

Sources of Variation	MS						df
	V	A	DS	DL	BH	H	
Treated and Control site	597.436**	473.012**	6.191**	13.534**	0.283 ^{ns}	2.503**	3
Species	275.272**	157.605**	1.862**	3.391**	6.565**	8.800**	2
Species* Treatment	60.216 ^{ns}	42.567 ^{ns}	0.0419 ^{ns}	0.052 ^{ns}	0.284 ^{ns}	0.362 ^{ns}	6
Error	41.093	17.063	0.242	0.287	0.150	0.367	24

H :Full height .BH :Base height . DL :Large crown diameter .DS :small crown diameter .V :Crown volume, A :crown area.

تأثیر سامانه هلالی آبگیر بر مؤلفه‌های تاجی برخی گونه‌های درختی ناحیه ریشی خلیجی - عمانی در جنوب ایران

عالیه جعفری^۱، نوازله مرادی^{۲*}، محمد اکبریان^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، علوم مهندسی آبخیزداری، گروه منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲. استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۳. دانشیار، گروه علوم جغرافیا، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

*نویسنده مسئول: nvz.moradi@hormozgan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۱



[10.22034/jdmal.2026.2082124.1524](https://doi.org/10.22034/jdmal.2026.2082124.1524)

چکیده

مدیریت رواناب یکی از راهبردهای مؤثر در بهبود رطوبت خاک و تقویت رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. پژوهش حاضر به ارزیابی تأثیر مدیریت رواناب بر مؤلفه‌های تاجی سه گونه درختی کهور ایرانی، گُناَر و تِج در استان هرمزگان توسط سامانه هلالی آبگیر پرداخته است. داده‌های پژوهش شامل ابعاد و حجم تاج درختان، در بخش‌های بالادست، میانی و پایین‌دست عرصه تیمار و شاهد با پیمایش میدانی اندازه‌گیری شده و با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شد. دو فاکتور اصلی، منطقه و گونه است. هر ترکیب تیماری در سه تکرار و در هر تکرار مشخصات ۳۰ پایه درختی از هر گونه بررسی شد. نتایج نشان داد که وجود هلالی‌های آبگیر موجب بهبود مؤلفه‌های تاجی درختان شده است. آزمون مقایسه میانگین نشان داد که درختان در مناطقی که با هلالی آبگیر تیمار شده بودند، از نظر ضخامت و قطر تاج، سطح تاج‌پوشش و حجم تاج، تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد دارند. با این حال، هیچ تفاوت معنی‌داری بین موقعیت‌های بالادست، میان‌دست و پایین‌دست منطقه تیمار هلالی آبگیر مشاهده نشد. اعمال تیمار جمع‌آوری آب به‌طور معنی‌داری بر تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده تاج به جز ضخامت تاج در سطح معنی‌داری ۱٪ تأثیر گذاشته است. از طرفی، طول تنه، در هیچ‌یک از موقعیت‌های مورد مطالعه با شاهد، تفاوت معنی‌داری نداشت. واکنش گونه‌ها به تیمار نیز متفاوت بود. کهور ایرانی در مقابل، تِج با افزایش ضخامت و حجم تاج و کنار با گسترش ابعاد قطری، واکنش بهتری به این تیمار نشان داد. همچنین به‌نظر می‌رسد تأثیر تیمار هلالی بر ارتفاع تنه اصلی، نیاز به گذشت زمان دارد؛ ولی تاج درختان به‌میزان آب در دسترس واکنش سریع‌تری نشان داده است.

واژگان کلیدی: پوشش تاجی، جمع‌آوری رواناب، میناب، مناطق خشک.

استناد به این مقاله

جعفری، عالیه، مرادی، نوازله و اکبریان، محمد. (۱۴۰۴). تأثیر سامانه هلالی آبگیر بر مؤلفه‌های تاجی برخی گونه‌های درختی ناحیه ریشی خلیجی - عمانی در جنوب ایران. *مدیریت بیابان*، ۱۳(۴)، ۸۹-۱۰۶. DOI: [10.22034/jdmal.2026.2082124.1524](https://doi.org/10.22034/jdmal.2026.2082124.1524)



■ مقدمه

پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نقش زیادی در کاهش فرسایش خاک، بهبود نفوذپذیری، تنظیم چرخه آب و افزایش پایداری اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند (۳۷، ۲۹). با این حال، محدودیت بارندگی، توزیع نامنظم نزولات جوی و تبخیر بالا، رشد و استقرار گونه‌های چوبی را در این مناطق با چالش جدی مواجه کرده است (۱۵). تغییرات رطوبتی خاک اثرات زیادی بر ویژگی‌های درختان جنگلی دارد (۲۸). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بارندگی نه تنها کافی نیست، بلکه اغلب به‌صورت کوتاه، نامنظم و غیریکنواخت توزیع می‌شود (۶). علاوه بر این، وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی، اهمیت اثرات تعاملات بین اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را برجسته‌تر کرده است (۱۱، ۹، ۴). برای مقابله با چالش مذکور و افزایش ذخیره رطوبت خاک، رویکرد مدیریت رواناب سطحی به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر و کم‌هزینه در این مناطق معرفی شده است (۱۱، ۸). با توجه به اینکه جنگل‌ها در برابر خشکسالی آسیب‌پذیر هستند، جمع‌آوری و مدیریت رواناب می‌تواند از آسیب درختان کاسته، با تقویت پوشش جنگلی، از تخریب و هدررفت خاک نیز جلوگیری نماید (۲۲). در این میان، سامانه‌های هلالی آبگیر با کاهش سرعت رواناب، افزایش نفوذ آب و تمرکز رطوبت در محدوده ریشه، شرایط مناسب‌تری را برای رشد گیاهان فراهم می‌کنند (۳۴). جنوب ایران نیز از این شرایط مستثنی نبوده و خشکی در آن‌جا، یک واقعیت آب‌وهوایی است (۲۱). بررسی تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی هواشناسی نشان داده است که بخش‌های جنوبی کشور بیشترین آسیب‌پذیری را نسبت به تغییر اقلیم و خطر خشکسالی دارند؛ این مطلب حاکی از فشار مضاعف بر منابع طبیعی و کشاورزی است (۳۱).

در جنوب و جنوب غرب ایران، ناحیه رویشی خلیجی - عمانی، دارای گونه‌های گیاهی و جنگلی غیر متراکم است که نیاز به حفاظت و تقویت دارند (۴۰). این ناحیه رویشی، جلگه مشرف به سواحل خلیج فارس و دریای عمان، از استان ایلام در غرب تا سیستان و بلوچستان در جنوب شرق را دربر می‌گیرد (۱۸). اقلیم این ناحیه، خشک

گرمسیری است (۲۱). پیامد خشکی و خشکسالی در این ناحیه، کاهش چشمگیر رطوبت خاک در دشت‌هایی است که زیستگاه گونه‌های بومی و مقاومی مانند *Acacia ehrenbergiana* Hayne با نام علمی جدید *Vachellia flava* (Forssk.) Kyal. & Boatwr و *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd و *Prosopis cineraria* (L.) Durce است. تاج، کنار و کهور ایرانی سازگاری زیادی با شرایط بیابانی و نیمه‌بیابانی داشته و به‌عنوان منابع مهم بوم‌شناختی در دشت‌های هرمزگان هستند (۵). در مجموع، درختان تاج، کنار و کهور ایرانی، عناصر شاخص ناحیه رویشی خلیجی - عمانی است و در بهبود وضعیت بوم‌شناختی و جلوگیری از فرسایش خاک منطقه نقش مهمی دارند (۷، ۲۷، ۳۸، ۴۲، ۴۵). در سطح ملی و بین‌المللی، پژوهش‌های گسترده‌ای به بررسی بوم‌شناسی و اهمیت گونه‌های بومی تاج، کنار و کهور ایرانی پرداخته‌اند. در ایران، عمدتاً بر نقش کلیدی این گونه‌ها در تثبیت خاک و کنترل فرسایش بادی تأکید شده است (۳۰، ۳). در هند و عربستان نیز نقش آن‌ها در مقابله با بیابان‌زایی مورد تأکید قرار گرفته است (۱۷).

اگرچه بررسی‌هایی در زمینه اثر سازه‌های مدیریت رواناب بر پوشش گیاهی انجام شده است (۲۲، ۲۶، ۱)، اما بررسی دقیق پاسخ مؤلفه‌های تاجی گونه‌های درختی ناحیه خلیجی - عمانی پس از گذشت چند سال از اجرای پروژه‌ها، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تاج‌پوشش درختان، عامل اصلی حفظ و تقویت خاک در بوم‌سازگان‌های خشک و نیمه‌خشک بوده، تأثیر مهمی بر ساختار جوامع علفی و میکروبی در زیر تاج دارد (۲۳). تاج‌پوشش درختی، بر تولید و کیفیت پوشش مرتعی زیراشکوب نیز تأثیرگذار است و اگرچه تولید مرتعی زیراشکوب را کاهش می‌دهد، موجب افزایش کیفیت علوفه در زیراشکوب می‌شود (۴۲). در خصوص درختان پهن‌برگ، اندازه‌گیری پوشش تاجی، در ارزیابی کارایی مدیریت توده‌های جنگلی کارایی مناسبی دارد (۱۳). داده‌های حاصل از اندازه‌گیری تاج درختان، در ارزیابی تنوع زیستی، میکروکلیماتولوژی، فرایندهای هیدرولوژیک و نیز اکولوژیک محدوده‌های جنگلی ضروری است. از دیگر عملکردهای تاج درختان، کاهش سرعت باد و

جنوب شرقی مرکز شهرستان میناب، در استان هرمزگان، بین طول جغرافیایی $57^{\circ}9'20''$ تا $57^{\circ}8'15''$ شرقی و عرض جغرافیایی $27^{\circ}12'00''$ تا $27^{\circ}11'00''$ شمالی واقع است (شکل ۱). این محدوده به مساحت ۷۹ha و با هدف مدیریت رواناب‌های سطحی مورد عملیات احداث سازه‌های آبگیر هلالی شکل قرار گرفته است. عرصه شاهد در حاشیه شمال شرقی منطقه تیمار و خارج از تأثیر مستقیم سازه‌های هلالی آبگیر انتخاب شد و از نظر ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی مشابه عرصه تیمار بود.

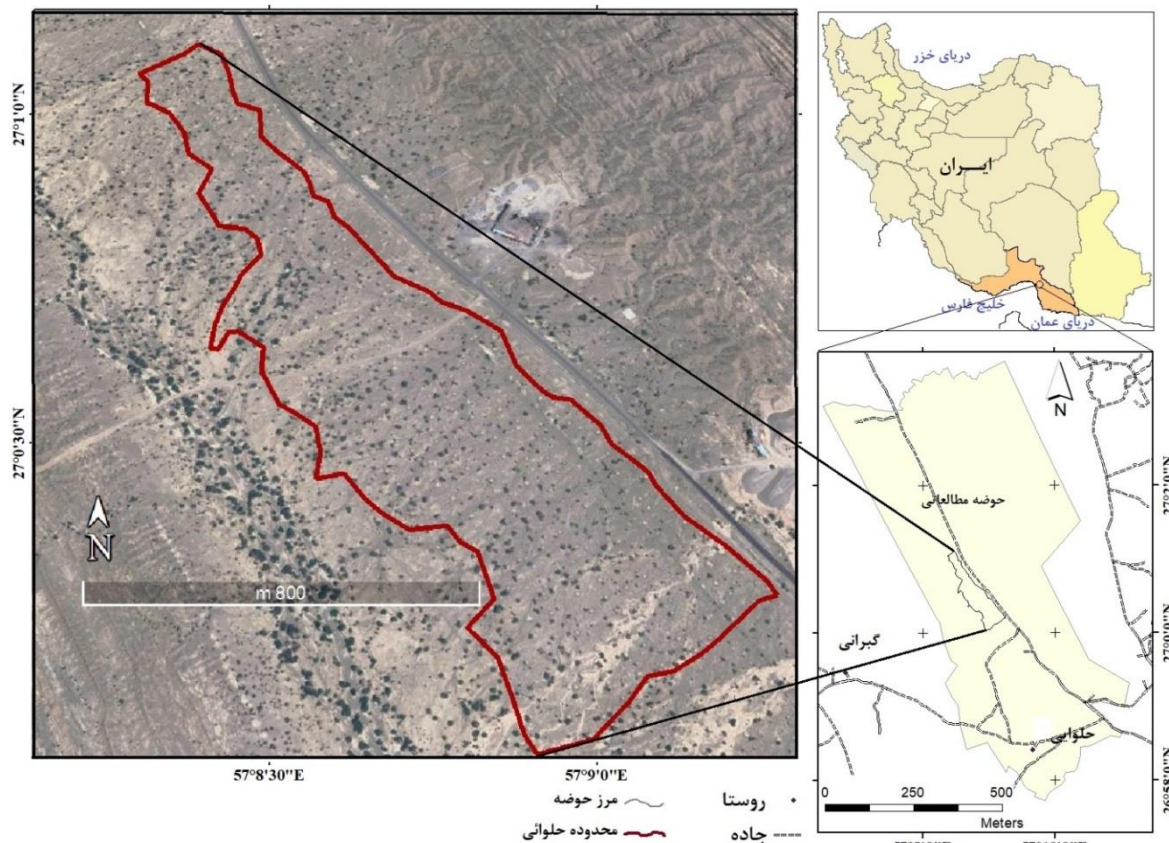
آب و هوای شهرستان میناب از نوع بیابانی است که در مناطق کوهستانی گرم و خشک و در مناطق جلگه‌ای گرم و مرطوب است. میانگین بارش سالانه آن ۲۰۱mm میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه $27/4^{\circ}\text{C}$ و متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه ۳۰۰۰mm برآورد شده است. نگاهی به منحنی آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک میناب، حاکی از وجود ده ماه خشک است؛ ماه‌های دی و بهمن، ماه مرطوب است (شکل ۲).

حفظ رطوبت است (41). همچنین وضعیت پوشش تاجی درختان، حاکی از وضعیت کلی آنها است؛ لذا بهبود شرایط تاجی را می‌توان بهبود وضعیت عمومی درخت دانست (۳۰). در استان هرمزگان، مدیریت رواناب‌های سطحی به‌عنوان یک راهبرد اساسی با هدف افزایش پوشش گیاهی و شکستن چرخه فرسایش شناخته می‌شود. از این رو پژوهش حاضر به ارزیابی اثرات مدیریت رواناب سطحی با احداث هلالی‌های آبگیر بر مؤلفه‌های تاجی گونه‌های درختی، در منطقه حلوایی شهرستان میناب پرداخته است. نظر به اجرای پروژه مدیریت رواناب با احداث هلالی‌های آبگیر توسط اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان میناب در سال ۱۳۹۸، پژوهش حاضر سعی نموده‌است تأثیر این سامانه‌ها را بر مؤلفه‌های تاجی گونه‌های درختی پس از گذشت پنج سال از اجرا، مورد سنجش قرار دهد.

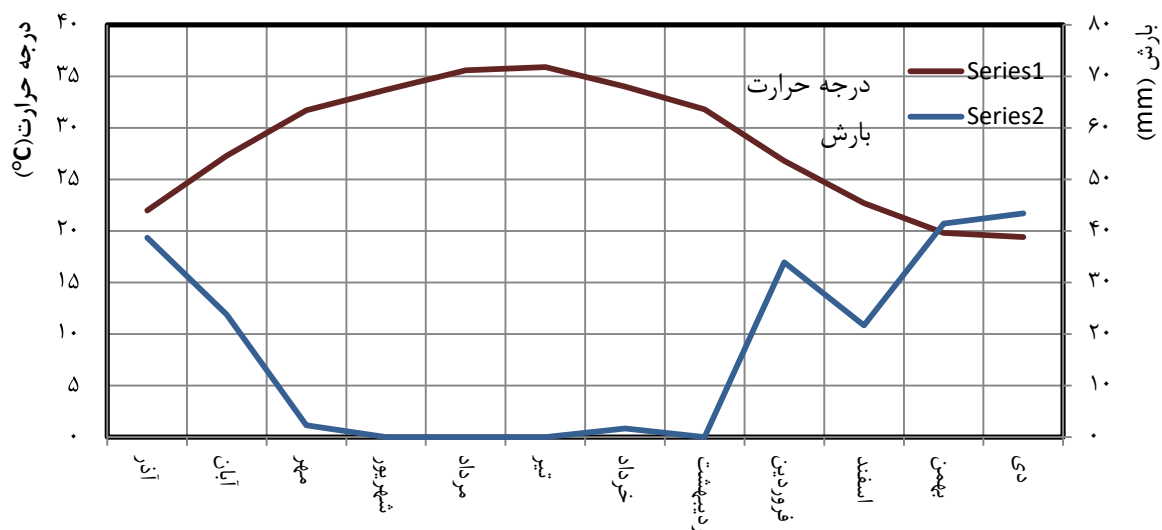
■ مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

منطقه مورد بررسی به نام حلوایی در ۱۵km



شکل ۱. موقعیت منطقه پژوهش



شکل ۲. منحنی آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک میناب

معرفی داده، مواد و روش ارزیابی

مراحل انجام پژوهش به این صورت بود که پس از مطالعات کتابخانه‌ای و جمع‌آوری اسناد و مدارک مورد نیاز، در گام اول، با اخذ نقشه‌های تهیه شده از پروژه‌های جمع‌آوری آب و مدیریت رواناب اجرا شده توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان و با کار میدانی، اقدام به شناسایی این مناطق شد. قدیمی‌ترین محدوده‌های اجرای پروژه‌های مدیریت رواناب که مربوط به سال ۱۳۹۸ است، انتخاب شد. مشخصات سازه‌ها نیز اخذ شده و با کار میدانی کنترل شد (جدول ۱). شیب متوسط منطقه، کمتر از ۵٪ است. با توجه به شیب عمومی، منطقه مذکور به سه بخش بالادست، بخش میانی و پایین‌دست تفکیک گردید تا تأثیر ضخامت رسوب و حرکت زیرقشری آب نفوذی نیز لحاظ شود. این مناطق به عنوان محدوده‌های تیمار متأثر از پروژه‌های مدیریت رواناب و جمع‌آوری آب، در نظر گرفته شدند. سه گونه درختی عمده منطقه شامل کنار، کهور ایرانی و تیج، به عنوان جمعیت نمونه انتخاب شدند. در حاشیه این منطقه، محدوده‌ای به عنوان شاهد انتخاب شد. انتخاب عرصه شاهد و تیمار به نحوی انجام شد که محدوده شاهد از نظر ویژگی‌های اداپکی و پوشش، با مناطق تیمار، کاملاً مشابه بوده ولی فاقد سازه‌های مدیریت رواناب باشد (شکل ۳).

داده‌های پژوهش شامل ارتفاع، قطر بزرگ، قطر کوچک، حجم و سطح زیر تاج گونه‌های درختی کهور

ایرانی، کنار و تیج است. این داده‌ها با مراجعه به عرصه و بر اساس روش‌های متداول در مطالعات جنگل‌داری مناطق خشک اندازه‌گیری شد (۹،۳۶). داده‌های اقلیمی نیز از ایستگاه سینوپتیک میناب اخذ شد. علاوه بر نرم‌افزار آماری اسپ‌اس‌اس، از متر و شیب‌سنج به عنوان ابزار سنجش ارتفاع پایه‌های درختی و ارتفاع و حجم تاج آن‌ها استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی^۱ انجام گرفت. دو فاکتور اصلی آن، منطقه و گونه درختی است. هر ترکیب تیماری در سه تکرار و در هر تکرار میانگین مشخصات ۳۰ پایه درختی از هر گونه بررسی و محاسبه شد. پارامترهای رویشی مانند ارتفاع، قطر بزرگ و کوچک تاج، حجم تاج پوشش و سطح تاج پوشش به صورت مستقل اندازه‌گیری و ثبت شدند.

در گام دوم، با رجوع به عرصه، بیست ترانسکت، هر یک به طول ۱۰۰m مشخص شد. در هر ترانسکت، درصد تاج‌پوشش، تراکم، ارتفاع، حجم تاج و قطر تنه پایه‌های درختی به تفکیک گونه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری به روش سیستماتیک و شبکه منظم از بخش‌های بالادست، میانی و پایین‌دست عرصه‌های تیمار و شاهد و به صورت کاملاً تصادفی انجام شد. علاوه بر متر، از شیب‌سنج نیز برای سنجش ارتفاع پایه‌های درختی و ارتفاع و حجم تاج آن‌ها استفاده شد. ارتفاع کل درخت تعیین، طول تنه از آن کسر و

^۱ RCBD

معنی داری در سطح ۱٪ بر مؤلفه‌های ارتفاع درخت، ارتفاع تا زیرتاج، قطر بزرگ و کوچک، سطح زیر تاج و حجم پوشش تاجی تأثیرگذار بوده است. از سوی دیگر، تفاوت در گونه درختی نیز تأثیر معنی داری بر تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده به جز ضخامت پوشش تاجی داشته است.

جدول ۱. مشخصات سازه‌های هلالی‌های آبگیر

کمیت	مشخصات سازه
۱m	عرض بالای خاکریز
۳m	عرض پایین خاکریز
۱/۲m	ارتفاع خاکریز
۱۷/۵m	طول سازه
۱۲m	شعاع آبگیر
۰/۵m	ارتفاع داغ آب
۱۰۵m ³	حجم آبگیری هر سازه
۶۰۰	نعداد سازه‌های احداثی
۶۳۰۰۰m ³	کل حجم آبگیری

ارتفاع یا ضخامت تاج به دست آمد. نحوه اندازه‌گیری ارتفاع تاج پایه‌های درختی نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. در گام سوم، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای رویشی گونه‌های درختی، با استفاده از تجزیه واریانس دو عاملی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این فرآیند، اثرات اصلی دو فاکتور منطقه و گونه درختی (منطقه دارای هلالی آبگیر شامل بالادست، بخش میانی و پائین دست و شاهد، گونه درختی شامل کنار، کهور ایرانی و تچ)، به علاوه اثر متقابل بین این دو فاکتور بررسی شد. در صورت مشاهده تفاوت معنی دار بین هر یک از سطوح، برای مقایسه میانگین‌های گروه‌ها، از آزمون دانکن استفاده شد.

■ نتایج

اثرات موقعیت و گونه درختی بر مؤلفه‌های پوشش تاجی سه گونه بومی گونه درختی کهور ایرانی، کنار و تچ (جدول ۲)، حاکی است که تیمار هلالی آبگیر به‌طور



شکل ۳. نمایی از محدوده‌های شاهد (الف) تیمار (ب) و تصویر هلالی‌ها بر روی تصویر گوگل ارث (ج)



شکل ۴. نحوه اندازه‌گیری ارتفاع تاج پایه‌های درختی با شیب‌سنج

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر موقعیت و گونه درختی بر مؤلفه‌های پوشش تاجی

میانگین مربعات MS						درجه آزادی	منابع تغییرات
V	A	DS	DL	BL	H		
۵۹۷/۴۳۶**	۴۷۳/۰۱۲**	۶/۱۹۱**	۱/۵۳۴**	۰/۲۸۳ ^{ns}	۲/۵۰۳**	۳	تیمار و شاهد
۲۷۵/۲۷۲**	۱۵۷/۶۰۵**	۱/۸۶۲**	۳/۳۹۱**	۶/۵۶۵**	۸/۸۰۰**	۲	گونه درختی
۶۰/۲۱۶ ^{ns}	۴۲/۵۶۷ ^{ns}	۰/۰۴۱۹ ^{ns}	۰/۰۵۲ ^{ns}	۰/۲۸۴ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۶	گونه درختی* تیمار
۴۱/۰۹۳	۱۷/۰۶۳	۰/۲۴۲	۰/۲۸۷	۰/۱۵۰	۰/۳۶۷	۲۴	خطا

H: ارتفاع کل درخت، BL: طول (ارتفاع) تنه، DL: قطر بزرگ تاج، DS: قطر کوچک تاج، V: حجم تاج پوشش، A: سطح تاج پوشش.

تغییرات مؤلفه‌های پوشش تاجی بر حسب گونه

مقایسه میانگین هر یک از مؤلفه‌های تاجی، بین گونه‌های مختلف درختی، در شرایط وجود هلالی آبگیر نشان داد که این سه گونه درختی در شرایط تیمار هلالی آبگیر از نظر ارتفاع، ارتفاع تنه، حجم تاج تفاوت دارند (شکل ۶).

■ بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش به‌وضوح نشان داد که احداث هلالی‌های آبگیر، با بهبود مؤلفه‌های تاجی درختان، اثری مثبت و معنادار بر رشد گونه‌های بومی ناحیه خلیجی-عمانی دارد. این نتیجه با پژوهش‌های پیشین نظیر مطالعه عبداللہی و همکاران (۱)، ابراهیمی (۱۳) و حشمتی و همکاران (۲۲) همخوانی دارد که بر افزایش تاج‌پوشش و بهبود ویژگی‌های خاک در اثر مدیریت رواناب تأکید کرده‌اند. اما آنچه این پژوهش را متمایز می‌کند، واکنش‌های افتراقی گونه‌ها به یک تیمار یکسان است که می‌تواند ریشه در تفاوت‌های ژنتیکی و استراتژی‌های اکوفیزیولوژیک داشته باشد. گونه‌های درختی مورد بررسی نیز به‌دلیل ویژگی‌های ذاتی خود مانند سرعت رشد، ساختار تاج پوشش و الگوی پراکنش شاخه‌ها و برگ‌ها، تفاوت‌های قابل توجهی در پاسخ به افزایش رطوبت در نتیجه تیمار هلالی آبگیر از خود نشان داده‌اند. باین حال، تعامل بین موقعیت و گونه درختی، بر هیچ‌یک از متغیرهای پاسخ، تأثیر معنی‌داری نداشته است. نتایج، بیانگر این است که اثر این دو عامل به‌صورت مستقل عمل می‌کنند و تأثیر ترکیبی آنها قابل توجه نیست. مقایسه این یافته‌ها با دیگر پژوهش‌ها، حاکی از تأیید تفاوت در واکنش گونه‌های مختلف به تیمارهای مدیریت رواناب است. در این مورد به پژوهش‌خان و همکاران (26) می‌توان اشاره کرد.

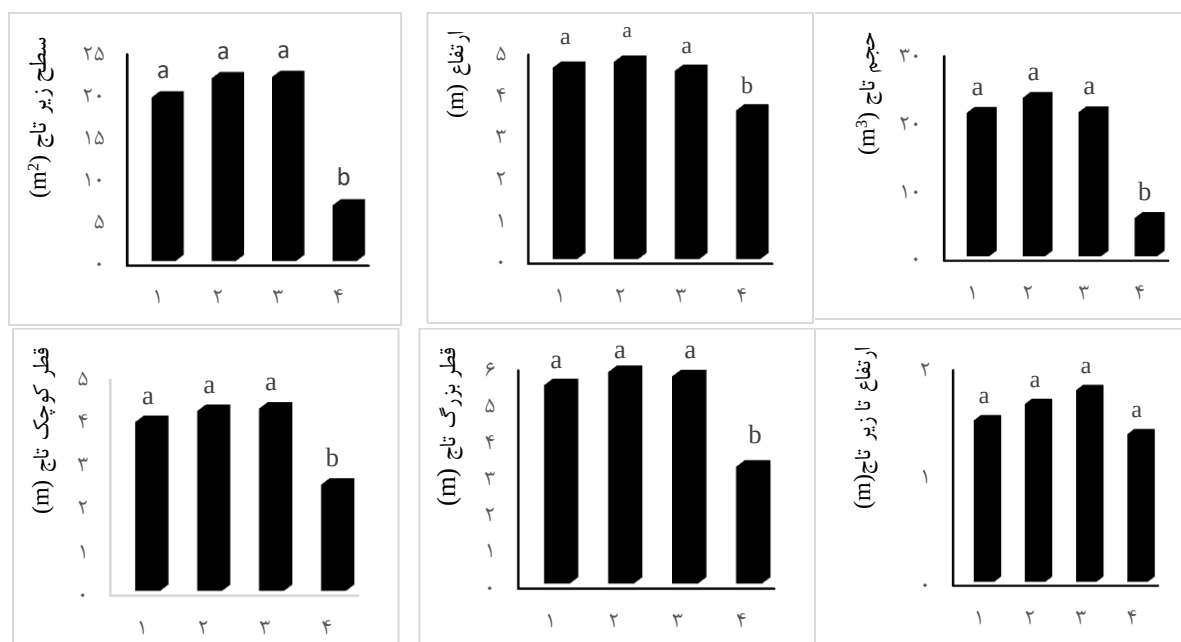
اثر موقعیت هلالی آبگیر بر ویژگی‌های تاج درختان

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۵)، مؤلفه‌هایی نظیر ارتفاع تا بالای تاج، سطح زیر پوشش تاجی، حجم تاج، قطر بزرگ و قطر کوچک تاج، در عرصه‌های با تیمار هلالی آبگیر شامل موقعیت‌های بالادست، بخش میانی و پائین‌دست عرصه، تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۵٪ نسبت به عرصه شاهد فاقد هلالی آبگیر دارد. همچنین، مستند به تحلیل داده‌ها، تفاوت معنی‌داری بین سه موقعیت احداث هلالی آبگیر بالادست، بخش میانی و پائین‌دست در هیچ‌یک از مؤلفه‌های مورد بررسی وجود ندارد.

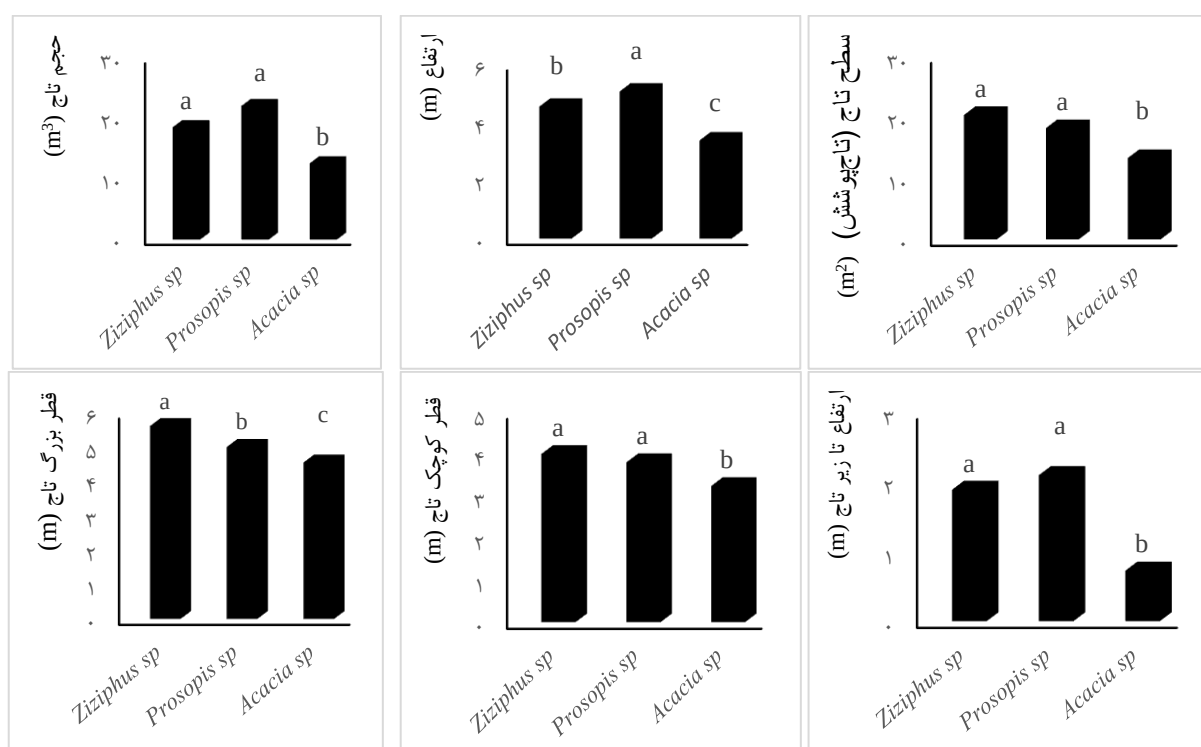
خلاصه اثرات تیمار هلالی آبگیر بر مؤلفه‌های تاجی

درختان، به شرح زیر است.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که هر سه گونه، الگوی پاسخ متفاوتی به افزایش رطوبت ناشی از هلالی‌ها دارند. کهور ایرانی بیش از همه از نظر افزایش ارتفاع و حجم تاج واکنش نشان داد که بیانگر توانایی این گونه در تخصیص سریع کربوهیدرات‌ها به رشد عمودی و توسعه تاج در پاسخ به بهبود رطوبت خاک است. در مقابل، کنار عمدتاً با افزایش قطر تاج (هر دو قطر بزرگ و کوچک) و سطح زیراشکوب به تیمار پاسخ داد که این الگو می‌تواند به استراتژی گسترش شاخه‌های افقی برای بهره‌برداری بیشتر از نور و سطح نفوذ آب‌شویی مرتبط باشد. تیج نیز کمترین تغییرات را در تمام مؤلفه‌ها نشان داد که احتمالاً ناشی از ذات کوتاه‌قامت و سازوکار ذاتی تحمل خشکی این گونه است (که در ادامه بحث خواهد شد). به‌طور کلی، به‌جز ارتفاع تنه (که تغییر معنی‌داری نداشت)، سایر مؤلفه‌های تاجی در هر سه گونه تحت تأثیر تیمار قرار گرفتند، اما نوع و شدت پاسخ، وابسته به ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیک هر گونه بود.



شکل ۵. مقایسه میانگین هر یک از مؤلفه‌های تاجی درختان، بین مناطق. به تفکیک تیمار هلالی آبگیر شامل بخش بالادست (۱)، میانی (۲) و پایین‌دست (۳) عرصه تیمار و منطقه شاهد (۴).



شکل ۶. مقایسه میانگین هر یک از مؤلفه‌های تاجی، بین گونه‌های مختلف درختی در شرایط وجود هلالی آبگیر

جهانی اشاره دارند. در مقابل، کنار با گسترش افقی تاج، احتمالاً از سطح بیشتر برای جذب باران‌های ریز و شبنم و همچنین کاهش تنش گرمایی بهره می‌جوید. این استراتژی با نقش سایه‌اندازی و خنک‌کنندگی تاج در

کهور ایرانی با افزایش چشمگیر ارتفاع و حجم تاج، ظاهراً از افزایش رطوبت برای رشد سریع‌تر و رقابت بر سر نور بهره می‌گیرد. همسو با یافته‌های کلاین و همکاران (۲۷) که به رابطه دسترسی به آب و ارتفاع تاج در مقیاس

تاجی هر سه گونه را (هرچند با شدت متفاوت) بهبود بخشند. با توجه به پیش‌بینی تشدید خشکسالی در جنوب ایران، استفاده از این سامانه در کنار انتخاب گونه‌های مناسب با هدف احیای جنگل‌های خشک بسیار راهگشاست. نظر بر این که خشکسالی یک عامل آب‌وهوایی مهم و مؤثر بر ویژگی‌های مورفولوژی و عملکردی درختان است (۳۹، ۱۸)، و با توجه به سناریوهای پیش‌بینی خشکسالی اقلیمی در جنوب ایران (۳۲) و گرمایش آینده که می‌تواند فرکانس و شدت خشکسالی را تشدید کند (۳۴) مدیریت رواناب، انتخاب گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی و در کل شیوه‌های مدیریت جنگل می‌تواند تا حدی اثرات خشکسالی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک بهبود بخشد (۱۰). پیشنهاد می‌شود در پروژه‌های آینده، ترکیب گونه‌ای به گونه‌ای طراحی شود که از پاسخ‌های مکمل (کهور برای ارتفاع و حجم، کنار برای سطح تاج، و تیج برای پایداری در تنش‌های شدید) بهره گرفته شود. همچنین انجام مطالعه همزمان بر روی تغییرات رطوبت خاک، شوری و مواد آلی در طول زمان، به شفاف‌سازی مکانیسم‌های مؤثر بر واکنش گونه‌ها کمک شایانی خواهد کرد. در تکمیل پژوهش حاضر، همان گونه که در مطالعات مشابه نیز اشاره شده است، ارزیابی بلندمدت و بررسی همزمان شاخص‌های خاک و آب برای تعمیم نتایج به سایر مناطق، ضروری است (۳۵، ۳۴، ۱۵۱۶).

■ سپاس‌گزاری

از مدیران و کارشناسان اداره منابع طبیعی شهرستان میناب که امکان بازدید از عرصه و کارهای میدانی را فراهم نموده و اطلاعات پروژه‌های مدیریت رواناب در این شهرستان را در اختیار پژوهش‌گران قرار دادند، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌شود.

مناطق گرم‌وخشک هماهنگ است (۴۱). تیج اما با حداقل واکنش، نشان داد که ذاتاً به خشکی و شوری مقاوم است و رشد آن حتی با افزایش آب موقت، به‌شدت تحت کنترل ژنتیکی باقی می‌ماند. این نتیجه با یافته‌های پژوهشگران دیگر همخوانی دارد (۴۳، ۳۳، ۲۵، ۲۳، ۲). به گفته زوهاری (۴۵) نیز درختان بلند، آسیب‌پذیری و مرگ‌ومیر بیشتری ناشی از خشکی و خشکسالی دارند. این موضوع از نظر مدیریتی حائز اهمیت است؛ بر اساس یافته‌های پژوهش، در مناطقی با تنش شدیدتر، تیج گزینه مطمئن‌تری برای پایداری است، اما در شرایطی که هدف احیای سریع پوشش باشد، کهور ایرانی و کنار پاسخ‌دهی بهتری دارند.

یکی دیگر از یافته‌های کلیدی، عدم تفاوت معنادار بین موقعیت‌های بالادست، میانی و پایین‌دست در منطقه تیمار است. این امر حاکی از اثر یکنواخت سامانه هلالی در کل عرصه است و نشان می‌دهد که حتی در بخش‌های بالادست که حجم رسوب و جریان سطحی ممکن است متفاوت باشد، رطوبت کافی به منطقه ریشه نفوذ کرده است. این موضوع از نظر طراحی پروژه‌های مشابه، اطمینان‌بخش است و نشان می‌دهد که نیازی به تفکیک دقیق توپوگرافی در این مقیاس برای اجرا وجود ندارد. نکته دیگر، عدم پاسخ معنادار ارتفاع تنه به تیمار است. این نتیجه را می‌توان به محدودیت زمانی پنج‌ساله پژوهش نسبت داد؛ زیرا رشد طولی تنه نیازمند چندین فصل رویشی و البته رقابت درون‌گونه‌ای است، در حالی که تاج به‌عنوان اندام فعال فتوسنتزی، واکنش سریع‌تری به تغییرات رطوبتی نشان می‌دهد (۴۴). بنابراین برای ارزیابی کامل تأثیر مدیریت رواناب بر تنه، پایش طولانی‌مدت (بیش از یک دهه) توصیه می‌شود.

به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی و توصیه‌های مدیریتی می‌توان عنوان کرد که می‌توان عنوان کرد که هلالی‌های آبگیر به‌عنوان یک راهکار کم‌هزینه و مؤثر، توانستند رشد

■ References

1. Abdollahi, V., Zolfaghari, F., Jabari, M. & Dehghan, M. R. (2016). Crescent pond's effect on Some Parameters of Vegetation Cover and Soil in Saravan Rangelands (Sistan and Baluchestan Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(4), 658-672. [doi: 10.22092/ijrdr.2016.106038](https://doi.org/10.22092/ijrdr.2016.106038), [In Persian]

2. Adgaba, N., Al-Ghamdi, A., Shenkute, A.G., Sammoud, R., Hegazy, S., Ansari, M., & Ameer, T. (2013). Age structure, regeneration-gap of *Ziziphus spina-christi* populations and implications for its conservation. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11(4,3), 2220-2226.
3. Akbarian, M., & Biniyaz, M. (2011). Evaluation of plant species used in wind erosion control (Case Study Jask city, Hormozgan Province). *Environmental Erosion Research Journal*, 1(2), 29-42, [In Persian]
4. Allen, C., Breshears, D., & McDowell, N.G. (2015). On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene. *Ecosphere*, 6, 1-55. [doi: 10.1890/ES15-00203.1](https://doi.org/10.1890/ES15-00203.1)
5. Asadpour, R., & Soltanipour, M.A. (2017). Project to identify the country's ecological regions: Hormozgan Province vegetation, Forest and Rangeland Research Institute, Tehran, 298p. , [In Persian]
6. Bayat Movahed, F. & Moosavi, S. A. (2007). Study of water spreading impact on plant species changes in Zanjan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(2), 222-231. , [In Persian]
7. Bishnoi, R., Kumar, M., Shukla, A., & Jain, C. (2018). Development and validation of novel HPLC method for the estimation of rutin in crude hydromethanolic leaf extract of *Prosopis cineraria*. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 8(6), 68-73. [doi: 10.22270/jddt.v8i6.2016](https://doi.org/10.22270/jddt.v8i6.2016)
8. Boers, T. M., & Ben-Asher, J. (1982). A review of rainwater harvesting. *Agricultural Water Management*, 5, 145–158. [doi:10.1016/0378-3774\(82\)90003-8](https://doi.org/10.1016/0378-3774(82)90003-8)
9. Čermák, P., Rybníček, M., Žid, T., Andreassen, K., Børja, I., & Kolar, T. (2017). Impact of climate change on growth dynamics of Norway spruce in south-eastern Norway. *Silva Fennica*, 51(2). [doi: 10.14214/sf.1781](https://doi.org/10.14214/sf.1781)
10. Clark, J. S., Iverson, L., Woodall, C. W., Allen, C. D., Bell, D. M., Bragg, D. C., D'Amato, A. W., Davis, F. W., Herish, M. H., Ibanez, I., Jackson, S. T., Matthews, S., Pederson, N., Peters, M., Schwartz, M. W., Waring, K. M., & Zimmermann, N. E. (2016). The impacts of increasing drought on forest dynamics, structure, and biodiversity in the United States. *Global Change Biology*, 22(7), 2329-2352. [doi: 10.1111/gcb.13160](https://doi.org/10.1111/gcb.13160).
11. Critchley, W., & Siegert, K. (1991). Water harvesting: A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. FAO, Rome. Cambridge University Press & Assessment.
12. Critchley, W., Reij, C., & Willcocks, T. (1994). Indigenous soil and water conservation. *Land Degradation & Development*, 5, 293–314.
13. Ebrahimi M. (2022). Effects of semi-circular bunds on plant vegetation and soil properties of Narooun and Neron rangelands- Sistan and Baloochestan. *ECOPERSIA*, 10 (1), 1-11.
14. Erfanifard, Y., & Mouselo, M. (2014). Assessment of Crown Measurement Techniques in Coppice Trees of Zagros Forests by UltraCam-D Aerial Imagery. *Forest and Wood Products*, 66(4), 413-426. [doi: 10.22059/jfw.2014.36658](https://doi.org/10.22059/jfw.2014.36658) , [In Persian]
15. FAO, (2011). The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture, Managing systems at risk, published by: The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0dda22d4-41fa-4c16-9090-55ade8cadf66/content>
16. FAO. (2011). Guide to good practices for rainwater harvesting in dry areas. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
17. FAO. (2020). Integrated Watershed Management in Arid Zones.
18. Floret, C., Galan, M. J., LeFloc'h, E., Orshan, G., & Romane, F. 1990. Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation?. *Journal of Vegetation Science*, 1(1), 71-80. [doi:10.2307/3236055](https://doi.org/10.2307/3236055)
19. Fooladi, M., Mahdavi Najafabadi, R., M., & Rezaei, M. (2019). Developing management strategies for the protection and restoration of Jazmorian wetland using the VIKOR multi-criteria decision-making

- model, *Geographical Explorations of Desert Areas*, 8 (2), 107-135. , [In Persian]
20. Ghasemi, A., & Hydari, H. (2009). Assessment of the Effects of Flood Spreading on Soil Properties and Vegetative Characteristics of Nubk, Common Mesquite, and Gum arabic in Tangestan, Bushehr Province. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 16(4), 59-72. , [In Persian]
 21. Hamedpour Darabi, H., Rezaei, M., & Akbarian, M. (2024). The Identification of ecotourism's indicators and criteria of afforestation designing for Southern Iran's Sahara-Sindhi habitat, *Journal of Geography and Planning*, 28(89), 209-231. , [In Persian]
 22. Heshmati, M., Gheitury, M. & Hosseini, M. (2018). Effects of runoff harvesting through semi-circular bund on some soil characteristics. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4. 207-216. [doi: 10.22034/gjesm.2018.04.02.008](https://doi.org/10.22034/gjesm.2018.04.02.008), [In Persian]
 23. Hosseini, V., Akhavan, R., & Tahmasbi, M. (2012). Effect of Pistachio (*Pistacia atlantica*) canopy on the spatial distribution of soil chemical characteristics (Case study: Sarvabad, Kurdistan). *Iranian Journal of Forest*, 4(1), 13-24. [In Persian]
 24. Hussein, A.S. (2019). *Ziziphus spina-christi*: Analysis of Bioactivities and Chemical Composition. In: Mariod, A. (eds) *Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products*. Springer, Cham. 175–197. [doi:10.1007/978-3-030-31885-7_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-31885-7_15)
 25. Karlin, M., & Karlin, U. (2018). Ecology of Acacieae. Nova Science Publishers, Chapter 2. 27-81. https://www.researchgate.net/publication/327634592_Ecology_of_Acacieae
 26. Khan, S., Usman Malik Malik, S., Gulzar, S., Hanif, M., Zaryab, M., & Shahbaz, B. (2025). Evaluating potential of dry afforestation techniques on barren land in Attock. *Zoo Botanica*, 2(2), 111-120. [doi:10.55627/zoobotanica.002.02.0602](https://doi.org/10.55627/zoobotanica.002.02.0602)
 27. Klein T., Randin C., & Körner C. (2015). Water availability predicts forest canopy height at the global scale. *Ecology Letters*, 18(12), 1311-1320. doi: [10.1111/ele.12525](https://doi.org/10.1111/ele.12525).
 28. Larson, J., Vigren, C., Wallerman, J., Agren, A.M., Mensah, A.A., & Laudon, H. (2024). Tree growth potential and its relationship with soil moisture conditions across a heterogeneous boreal forest landscape. *Scientific Reports*, 14, 10611. [doi:10.1038/s41598-024-61098-z](https://doi.org/10.1038/s41598-024-61098-z)
 29. Le Houérou, H. N. (1996). Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments*, 34, 133–185.
 30. Monahan WB, Arnspiger CE, Bhatt P, An Z, Krist FJ., Liu, T., Richard, R.P., Edson, C., Froese, RE., Steffenson, J., Lammers, T.C., & Frosh, R. (2022). A spectral three-dimensional color space model of tree crown health. *PloS One*, 17(10), 1-24. [doi:10.1371/journal.pone.0272360](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272360)
 31. Mozaffari, E., Bazrafshan, O., & Moradi, N. (2021). Spatio-Temporal Variability of Characteristics of Meteorological Drought in Iran under Climate Change Scenarios. *Desert Management*, 8(16), 153-163. [doi:10.22034/jdmal.2021.243146](https://doi.org/10.22034/jdmal.2021.243146), [In Persian]
 32. Mozaffarian, V. (2009). *Trees and Shrubs of Iran*, Third Edition, Tehran, Iran. [In Persian].
 33. Owayss, A. A., Elbanna, K., Iqbal, J., Abulreesh, H. H., Organji, S. R., Raweh, H. S. A., & Alqarni, A. S. (2019). In vitro antimicrobial activities of Saudi honeys originating from *Ziziphus spina-christi* L. and *Acacia gerrardii* Benth trees. *Food science & nutrition*, 8(1), 390–401. [doi:10.1002/fsn3.1320](https://doi.org/10.1002/fsn3.1320)
 34. Oweis, T., & Hachum, A. (2006). Water harvesting and supplemental irrigation for improved water productivity of dry farming systems in West Asia and North Africa. *Agricultural Water Management*, 80, 57–73. [doi:10.1016/j.agwat.2005.07.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.004)
 35. Oweis, T., & Taimeh, A. (2001). Evaluation of small basin water harvesting systems in the arid region of Jordan. *Water Resources Management*, 15, 21–34.
 36. Philip, M. S. (1994). *Measuring trees and forests*. CAB International, Wallingford.
 37. Reynolds, J. F., et al. (2007). Global desertification: Building a science for dryland development. *Science*, 316, 847–851.
 38. Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). *Forests of Iran: A treasure from the past, a*

hope for the future. Springer, Dordrecht. p. 152

39. Sass-Klaassen, U.G., Chowdhury, Q.M., Sterck, F.J., & Zweifel, R. (2007). Effects of water availability on the growth and tree morphology of *Quercus pubescens* Willd. and *Pinus sylvestris* L. in the Valais, Switzerland. In Haneca K, Verheyden A, Beeckman H, Gärtner H, Helle G, Schleser G, editors, TRACE - Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 5 Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM, 20-22 April, 2006, Tervuren, Belgium. Vol. 5. Jülich: Forschungszentrums Jülich. 206-217.
40. Tabesh M.R. (2013), Trees and Shrubs of Iran (Principles of Identification and Introduction of Important Species of Vegetation Regions), Tehran University Publications, p. 209. [In Persian].
41. Takebayashi H., Kasahara M., Tanabe S., & Kouyama M. (2017). Analysis of solar radiation shading effects by trees in the open space around buildings. *Sustainability (Switzerland)*, 9(8). [doi: 10.3390/su9081398](https://doi.org/10.3390/su9081398)
42. Turabi, T.H., Rafay, M., IA, M., MA, G., MA, R., & Guang-Chun, L. (2017). Desert-dwelling trees: forage suitability and ethnobotany, Pakistan. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 5(3), 1-6. doi: [10.4172/2332-2543.1000194](https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000194)
43. Vyas, Sh., Pandya, D., & Mankad, A. (2020). A review of *Prosopis cineraria* as an important plant of the arid regions of India. *EPRA International Journal of Economic and Business Review*. 6(3), 1-6.
44. Werf, G.W., Sass-Klaassen, U.G.W., & Mohren, G.M.J. (2007). The impact of the 2003 summer drought on the intra-annual growth pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on a dry site in the Netherlands. *Dendrochronologia*, 25(2), 103-112. [doi: 10.1016/j.dendro.2007.03.004](https://doi.org/10.1016/j.dendro.2007.03.004).
45. Zohary, M. (1973). Geobotanical foundations of the Middle East. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. p. 739.

