Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Furrow water harvesting as a restoration tool: Impacts on soil salinity, moisture dynamics, and vegetation diversity

Banafshe Yasrebi*[1], Mehri Dinarvand[2], Sayed Hossein Arami[3]

[1] Assistant Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email:b.yasrei@areeo.ac.ir
[2] Associate Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email: mmehri.dinarvand@gmail.com
[3] Assistant Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email: arami1854@gmail.com

ARTICLE INFO.

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 08 June 2026
Revised: 24 June 2026
Accepted: 28 June 2026
Published online: 27 July 2026

Keywords:
Furrow system, soil salinity, electrical conductivity, soil moisture, biodiversity, dryland restoration, water harvesting.

ABSTRACT

This study investigated the effects of a furrow-based water-harvesting system on soil salinity, soil moisture distribution, and vegetation biodiversity in a degraded dryland ecosystem. Field sampling was conducted in furrow-treated and untreated (control) plots. Soil samples were collected at three depths (0–30, 30–60, and 60–90 cm) to evaluate electrical conductivity (EC) as an indicator of soil salinity and gravimetric soil moisture as a measure of water availability within the soil profile. Vegetation data were also recorded to assess biodiversity responses using species richness and diversity indices. Statistical analyses were performed to compare treatments, and depending on the characteristics of the data, Mann–Whitney U tests and Welch's t-tests were applied. To reduce the risk of Type I error due to multiple comparisons, p-values were adjusted using Bonferroni and false discovery rate (FDR) corrections. The results showed that the furrow treatment significantly reduced soil salinity across all sampled depths compared with the control plots, indicating effective redistribution and leaching of soluble salts from the root zone. Soil moisture content was also higher in the furrow plots, with the most pronounced and statistically significant increases observed in the subsurface layers (30–60 and 60–90 cm). In contrast, differences in soil moisture in the surface layer (0–30 cm) were not statistically significant, which may be attributed to rapid evaporation and the transient nature of surface moisture conditions in dryland environments. Vegetation analyses indicated a positive ecological response to the furrow treatment, with higher species richness and greater plant abundance recorded in the treated plots. Diversity indices reflecting species richness responded more clearly than indices weighted by species dominance, suggesting that improvements in soil conditions initially promote species establishment before substantial shifts in community structure occur. Overall, the findings demonstrate that furrow-based water-harvesting systems can significantly improve soil physicochemical conditions by reducing salinity and enhancing soil moisture availability, particularly in deeper soil layers that are critical for plant growth during dry periods.

Citation: Yasrebi, B., Dinarvand, M., & Arami, S.H. (2026). Furrow water harvesting as a restoration tool: Impacts on soil salinity, moisture dynamics, and vegetation diversity. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 14(2), 83-98.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Banafshe Yasrebi
Address: Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
Tel: 09166620343
Email: b.yasrei@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Furrow water harvesting as a restoration tool: Impacts on soil salinity, moisture dynamics, and vegetation diversity

Banafshe Yasrebi*[1], Mehri Dinarvand[2], Sayed Hossein Arami[3]

[1] Assistant Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email:b.yasrei@areeo.ac.ir
[2] Associate Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email: mmehri.dinarvand@gmail.com
[3] Assistant Professor, Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. Email: arami1854@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Arid and semi-arid regions, covering more than 40 percent of the Earth's land area, are home to a significant portion of the world's population. These ecosystems are among the most vulnerable natural environments to land degradation and desertification due to low rainfall, high evapotranspiration, and climatic instability. Land degradation in arid and semi-arid regions is often associated with soil salinization, limited water availability, and reduced vegetation cover. These constraints limit natural regeneration and decrease ecosystem resilience. Water-harvesting techniques are widely used to improve soil-water conditions and support vegetation establishment in drylands. Among these methods, furrow systems can modify microtopography, concentrate runoff, enhance infiltration, and potentially reduce salt accumulation in the root zone. Despite the widespread application of such techniques in dryland restoration, their combined effects on soil physicochemical properties and biodiversity responses remain insufficiently documented. Therefore, this study aimed to evaluate the impact of furrow systems on soil electrical conductivity (EC), soil moisture distribution, and vegetation diversity compared with untreated control areas.

Methodology: The study was conducted in a dryland ecosystem where furrow structures were implemented as a water-harvesting treatment. Soil samples were collected from both furrow and control plots at three depths: 0–30, 30–60, and 60–90 cm. Soil electrical conductivity (EC) and gravimetric soil moisture were measured to assess salinity and water availability within the soil profile. Vegetation data were recorded to evaluate biodiversity responses, and several community metrics were calculated, including species richness and commonly used diversity indices. Statistical analyses were performed to compare treatments. To assess changes in vegetation cover in the furrows and control areas, field sampling of vegetation was carried out using the transect-quadrat method. First, two transects were randomly established in the center of the project area in intersecting and perpendicular directions to the furrow rows. 15 plots were placed on each transect, and a total of 30 plots were sampled in the furrows. At the intersection of each transect with the furrow, a fixed quadrat of one square meter was established, and all plant species present in the plot were identified, and their canopy cover percentage was measured. To provide comparison conditions, a similar number of plots (30 plots) were also collected in the intervals between the furrows as control areas. Depending on data distribution and variance equality, Mann–Whitney U tests and Welch's t-tests were applied. To control for multiple comparisons, p-values were adjusted using Bonferroni and false discovery rate (FDR) corrections.

Results and Discussion: The results showed a clear effect of the furrow system on soil properties. Soil electrical conductivity was significantly lower in the furrow treatment than in the control across all sampled depths, indicating effective redistribution and leaching of soluble salts from the soil profile. Soil moisture content was also higher in the furrow plots, particularly in the subsurface layers (30–60 and 60–90 cm), where statistically significant increases were observed. In contrast, differences in soil moisture at the surface layer (0–30 cm) were not statistically significant, likely due to higher evaporation rates and rapid fluctuations in surface moisture conditions. Biodiversity analyses revealed a positive response of vegetation to the furrow treatment. Richness-

***Corresponding author:** Banafshe Yasrebi
Address: Khouzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
Email: b.yasrei@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

related indicators and species abundance tended to increase in the furrow plots, suggesting improved conditions for plant establishment. The average species richness in furrow treatment plots is about four times that of the control plots, and the very large effect size indicates that the furrow water harvesting system has had a strong and ecologically important effect on increasing the number of species present per unit area. Diversity indices that account for species evenness showed weaker or delayed responses, indicating that community structural changes may require longer time periods to become evident.

Conclusion: The observed reduction in soil salinity in furrow plots can be attributed primarily to enhanced infiltration and runoff concentration within the furrows, which promotes leaching of soluble salts below the root zone. In addition, the altered microtopography likely disrupts capillary rise and reduces the upward movement of salts driven by evaporation. Increased soil moisture in deeper layers further supports plant growth by improving water availability during dry periods. The ecological responses observed in vegetation metrics suggest that furrow systems can facilitate natural regeneration processes by creating favorable microsites for seed germination and seedling survival. Overall, the findings indicate that furrow-based water-harvesting systems can simultaneously improve soil physicochemical conditions and support biodiversity recovery in degraded dryland landscapes. Such practices therefore represent an effective and low-cost strategy for ecological restoration and sustainable land management in arid environments.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets generated and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Funding: This research was conducted as part of an independent research project approved under code 2-46-09-116-010429 and was financially supported by the Forests and Rangelands Research Institute of Iran.

Authors' contributions: **Yasrebi, B.:** Data collection, Data analysis, Writing – original draft preparation; **Dinarvand, M.:** Field data collection**; Arami, S. H.:** Map preparation.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: The authors sincerely appreciate the cooperation of the Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. They also express their gratitude to Dr. Farhad Nourmohammadi, Head of the Hydroclimate Modeling Group at the Khuzestan Water and Power Authority, for his scientific support and guidance.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

استحصال آب باران به روش فارو به‌عنوان ابزاری برای احیاء: تأثیر بر شوری، پویایی رطوبت خاک و تنوع پوشش گیاهی

بنفشه یثربی[1*]، مهری دیناروند[2]، سید حسین آرامی[3]

[1] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران. b.yasrebi@areeo.ac.ir
[2] دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران. mmehri.dinarvand@gmail.com
[3] استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران. arami1854@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۸ خرداد ۱۴۰۵
بازنگری: ۰۳ تیر ۱۴۰۵
پذیرش: ۰۷ تیر ۱۴۰۵
انتشار برخط: ۰۵ مرداد ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:
سامانه فارو، استحصال آب باران، شوری خاک، هدایت الکتریکی، پویایی رطوبت خاک، تنوع زیستی، احیاء اراضی خشک

چکیده

در این تحقیق به بررسی اثرات سیستم استحصال آب به روش فارو بر شوری خاک، توزیع رطوبت خاک و تنوع زیستی پوشش گیاهی در یک بوم‌سازگان تخریب‌شده مناطق خشک پرداخته شده است. نمونه‌برداری میدانی در کرت‌های تیمار شده با فارو و تیمار نشده (شاهد) انجام شد. نمونه‌های خاک در سه عمق (۰–۳۰، ۳۰–۶۰ و ۶۰–۹۰ سانتی‌متر) جمع‌آوری شدند تا هدایت الکتریکی (EC) به‌عنوان شاخصی از شوری خاک و رطوبت وزنی خاک به‌عنوان معیاری از در دسترس بودن آب در پروفیل خاک ارزیابی شود. داده‌های پوشش گیاهی نیز برای ارزیابی پاسخ‌های تنوع زیستی با استفاده از شاخص‌های غنای گونه‌ای و تنوع ثبت شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری برای مقایسه تیمارها انجام شد و بسته به ویژگی‌های داده‌ها، آزمون‌های Mann-Whitney U و Welch's t-tests اعمال شدند. برای کاهش خطر خطای نوع اول به دلیل مقایسه‌های متعدد، مقادیر p با استفاده از تصحیحات Bonferroni و نرخ کشف کاذب (FDR) تنظیم شدند. نتایج نشان داد که تیمار جویچه‌ای در مقایسه با کرت‌های شاهد، شوری خاک را در تمام اعماق نمونه‌برداری شده به طور قابل توجهی کاهش داد، که نشان‌دهنده توزیع مجدد و شستشوی مؤثر نمک‌های محلول از ناحیه ریشه است. میزان رطوبت خاک نیز در کرت‌های جویچه‌ای بیشتر بود و بیشترین افزایش قابل توجه و از نظر آماری معنی‌دار در لایه‌های زیرسطحی (۳۰–۶۰ و ۶۰–۹۰ سانتی‌متر) مشاهده شد. در مقابل، تفاوت در رطوبت خاک در لایه سطحی (۰–۳۰ سانتی‌متر) از نظر آماری معنی‌دار نبود، که ممکن است به تبخیر سریع و ماهیت گذرای شرایط رطوبت سطحی در محیط‌های خشک نسبت داده شود. تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی نشان دهنده پاسخ بوم‌شناختی مثبت به تیمار جویچه‌ای بود، به طوری که غنای گونه‌ای بالاتر و فراوانی بیشتر گیاهان در کرت‌های تیمار شده ثبت شد. شاخص‌های تنوع که منعکس‌کننده غنای گونه‌ای هستند، واضح‌تر از شاخص‌های وزنی شده توسط غالبیت گونه‌ها پاسخ دادند، که نشان می‌دهد بهبود در شرایط خاک در ابتدا باعث ایجاد گونه‌ها قبل از وقوع تغییرات اساسی در ساختار جامعه می‌شود. به طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهند که سیستم‌های جمع‌آوری آب به روش فارو می‌توانند با کاهش شوری و افزایش رطوبت خاک، به‌ویژه در لایه‌های عمیق‌تر خاک که برای رشد گیاه در دوره‌های خشک حیاتی هستند، به‌طور قابل توجهی شرایط فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشند.

استناد: یثربی، بنفشه، علی، دیناروند، مهری و آرامی، سید حسین (۱۴۰۵). استحصال آب باران به روش فارو به‌عنوان ابزاری برای احیاء: تأثیر بر شوری، پویایی رطوبت خاک و تنوع پوشش گیاهی. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۴(۲)، ۸۳–۹۸.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5

CC BY NC
© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

* **نویسنده مسئول:** بنفشه یثربی
نشانی: بخش تحقیقات جنگلها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۹۱۶۶۶۲۰۳۴۳
پست الکترونیکی: b.yasrebi@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک با پوشش بیش از ۴۰ درصد از مساحت خشکی‌های کره زمین، زیستگاه بخش درخور توجهی از جمعیت جهان به شمار می‌روند. این بوم‌سازگان‌ها به‌واسطه بارندگی اندک، تبخیر–تعرق بالا و بی‌ثباتی اقلیمی، از آسیب‌پذیرترین محیط‌های طبیعی در برابر تخریب سرزمین و بیابان‌زایی محسوب می‌شوند (Reynolds et al., 2007; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). در دهه‌های اخیر، فشارهای فزاینده انسانی شامل چرای مفرط، بهره‌برداری ناپایدار از اراضی، تخریب پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی، سرعت تدهور این بوم‌سازگان‌ها را به‌طور چشمگیری افزایش داده است (Adeel & Safriel, 2005; UNCCD, 2022). کاهش تراکم و تنوع پوشش گیاهی، افت حاصلخیزی خاک، تشدید فرسایش بادی و آبی و تنزل تنوع زیستی، از مهم‌ترین پیامدهای این فرایندها هستند که پایداری بوم‌شناختی و ظرفیت تولید زیستی سرزمین را به‌شدت به مخاطره می‌اندازند (D'Odorico et al., 2013; Lal, 2001).

در ایران، بخش وسیعی از پهنه سرزمینی در محدوده اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع است و بسیاری از بوم‌سازگان‌های مرتعی و بیابانی کشور با درجات متفاوتی از تخریب دست‌وپنجه نرم می‌کنند (Dragovich & Amiraslani, 2011). استان خوزستان نیز از جمله مناطقی است که تحت تأثیر هم‌افزایی عوامل اقلیمی و انسانی، یعنی بارندگی محدود، تبخیر بالا، فشارهای بهره‌برداری و نوسانات اقلیمی، با کاهش قابل‌ملاحظه پوشش گیاهی و تخریب ساختار خاک روبه‌رو شده است. در چنین شرایطی، احیاء پوشش گیاهی و ارتقاء تاب‌آوری بوم‌سازگان‌ها به یکی از اولویت‌های راهبردی مدیریت منابع طبیعی تبدیل شده است.

در بوم‌سازگان‌های خشک، آب کمیاب‌ترین و محدودکننده‌ترین عامل رشد و استقرار گیاهان است. از این‌رو، رویکردهایی که توانایی بهره‌برداری بهینه از بارندگی‌های محدود را فراهم می‌آورند، نقشی محوری در احیاء پوشش گیاهی و بهبود عملکرد بوم‌سازگان‌ها ایفا می‌کنند (Oweis et al., 2012). در این چارچوب، سامانه‌های استحصال آب باران به‌عنوان یکی از کارآمدترین رویکردهای مدیریت یکپارچه آب و خاک در مناطق خشک مطرح شده‌اند. این سامانه‌ها با جمع‌آوری و هدایت هدفمند رواناب‌های سطحی و افزایش نفوذپذیری خاک، شرایط رطوبتی مناسب‌تری را برای استقرار و توسعه پوشش گیاهی فراهم می‌سازند (Boers & Ben-Asher, 1982; Critchley & Siegert, 1991).

از جمله روش‌های رایج و مؤثر استحصال آب در اراضی خشک، ایجاد شیار یا فارو است. در این فناوری، با احداث شیارهای منظم در سطح زمین، رواناب ناشی از بارندگی در آن‌ها متمرکز شده و زمان ماندگاری و نفوذ آب در خاک افزایش می‌یابد. این فرایند به بهبود رطوبت خاک، تسهیل جوانه‌زنی بذر و تقویت استقرار پوشش گیاهی منجر می‌شود (Prinz & Singh, 2000; Li et al., 2014). پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که سامانه‌های استحصال آب باران قادرند به‌طور قابل‌توجهی تولید زیست‌توده را افزایش دهند، ویژگی‌های خاک را بهبود بخشند و پوشش گیاهی مناطق خشک را توسعه دهند (Oweis & Hachum, 2006; Wang et al., 2011; Zhao et al., 2016).

بازگشت پوشش گیاهی یکی از معیارهای کلیدی در سنجش موفقیت برنامه‌های احیاء اراضی تخریب‌یافته محسوب می‌شود. در این راستا، شاخص‌های تنوع زیستی نظیر غنای گونه‌ای و شاخص‌های کمّی تنوع مانند شانون و سیمپسون به‌طور گسترده در ارزیابی وضعیت بوم‌شناختی پوشش گیاهی به‌کار گرفته می‌شوند (Magurran, 2004). افزایش تنوع گونه‌ای به‌طور معمول نشانه‌ای از ارتقاء کیفیت زیستگاه، تقویت پایداری بوم‌سازگان و بهبود کارکردهای بوم‌شناختی تلقی می‌شود (Tilman et al., 2014). بنابراین، پایش تغییرات شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای می‌تواند ارزیابی دقیق‌تری از میزان اثربخشی اقدامات مدیریتی در احیاء بوم‌سازگان‌های تخریب‌یافته به دست دهد. این اهمیت در سال‌های کم‌بارش، که چالش‌های رطوبتی به اوج می‌رسند، دوچندان می‌شود؛ چه، روش‌هایی که در شرایط محدودیت شدید رطوبتی نیز توانایی حفظ یا احیاء پوشش گیاهی را داشته باشند، از ارزش راهبردی بالایی در برنامه‌ریزی مدیریت سرزمین برخوردارند.

در این پژوهش، فارو به‌عنوان نوعی از سامانه‌های سطوح آبگیر باران در نظر گرفته شده است. فارو با ایجاد تغییر در ریزتوپوگرافی سطح زمین، رواناب حاصل از بارندگی را جمع‌آوری، متمرکز و به لایه‌های خاک هدایت می‌کند؛ بدین‌سان، از نظر سازوکار عملکردی با سایر سامانه‌های استحصال آب باران همگون است. اگرچه فارو در ایران سابقه‌ای دیرینه در عملیات آبخیزداری، مقابله با بیابان‌زایی و مدیریت رواناب دارد، اما در بسیاری از مطالعات گذشته کم‌تر در چارچوب مفهومی سامانه‌های استحصال آب باران تحلیل شده است. با این حال، بر پایه تعریف پذیرفته‌شده این سامانه‌ها که مبتنی بر جمع‌آوری و بهره‌برداری از رواناب ناشی از بارش است، فارو را می‌توان به‌روشنی در زمره این سامانه‌ها جای داد (D'Odorico et al., 2013). از این‌رو، در پژوهش حاضر فارو به‌عنوان یکی از اشکال سامانه‌های سطوح آبگیر باران بررسی شده است.

مرور ادبیات داخلی نشان می‌دهد که پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه سامانه‌های سطوح آبگیر باران در ایران عمدتاً بر نقش این سامانه‌ها در تأمین و ذخیره رطوبت خاک تمرکز داشته و کاربرد آن‌ها بیش‌تر در زمینه‌هایی چون استقرار درختان مثمر، توسعه کشت دیم و بهبود استقرار گونه‌های مرتعی سنجیده شده است. برای نمونه، Shahini (2008) با بررسی وضعیت رطوبتی پروفیل خاک در چاله‌های نفوذ سامانه‌های لوزی شکل در شرق استان گلستان، کارکرد این سامانه‌ها را در بهبود ذخیره رطوبت خاک تأیید کرد. در همین زمینه، Jahantigh

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

and Jahantigh (2021) نیز با مطالعه اثر سامانه‌های سطوح آبگیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه میل‌نادر سیستان، نقش مثبت آن‌ها را در بهبود خصوصیات خاک و زمینه‌سازی برای استقرار گیاه نشان دادند. در حوزه روش‌های بومی، Khoobfekr Barabadi et al. (2020) با بررسی رویکردهایی مانند خوشاب و دربند در بلوچستان، بر کارکردهای بهره‌برداری از آب باران در پشتیبانی از پوشش گیاهی و معیشت محلی تأکید کردند. به‌همین‌ترتیب، Parsadoost et al. (2015) در استان اصفهان و Gheitouri et al. (2021) در استان کرمانشاه، نقش این سامانه‌ها را در افزایش رطوبت پروفیل خاک و کمک به استقرار گیاه در شرایط کم‌آبی و خشکسالی ارزیابی کردند. Tavakoli (2014) و Ameri (2015) نیز به‌ترتیب بر جنبه‌های فنی و طراحی این سامانه‌ها در کشاورزی دیم و سیستم‌های زراعت–جنگل تمرکز داشتند. Jahantigh et al. (2026) در کانون‌های فرسایش بادی غرب دریاچه هامون گزارش کردند که کنتورفارو با ارتقاء نفوذپذیری آب از ۰/۱ تا ۰/۳ به ۱/۳ تا ۳/۸ میلی‌متر بر ساعت، موجب افزایش معنادار ارتفاع، تاج‌پوشش و شادابی گیاهان شده و در احیاء پوشش گیاهی مناطق خشک نقشی مؤثر ایفا می‌کند. Hassanpour et al. (2024) در ایستگاه تحقیقاتی خواجه آذربایجان شرقی نشان دادند که اجرای فارو موجب افزایش ۵۳ درصدی پوشش گیاهی نسبت به تیمار شاهد شده و با افزایش ذخیره رطوبت خاک، شرایط مساعدی برای رشد گیاه فراهم می‌آورد.

در عرصه بین‌الملل، Haddad et al. (2022) در مراتع تخریب‌شده اردن نیز نشان دادند که سامانه‌های جمع‌آوری آب باران مبتنی بر شیار با تقویت استقرار گونه‌های بومی، کاهش رواناب و فرسایش خاک و بهبود فرایندهای هیدرولوژیکی، به بازسازی تدریجی بوم‌سازگان‌های مرتعی یاری می‌رسانند. Haddad et al. (2024) نیز در ارزیابی گسترده‌تری بر اهمیت این رویکردها در افزایش پوشش گیاهی، ارتقاء تولید زیست‌توده و احیاء اراضی تخریب‌یافته تأکید کردند.

با وجود اهمیت این یافته‌ها، نگاهی انتقادی به ادبیات داخلی نشان می‌دهد که نقش بوم‌شناختی و چندکارکردی سامانه‌های سطوح آبگیر باران در بسیاری از پژوهش‌ها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. به‌ویژه، کارکردهایی چون تثبیت زیستی، فعال‌سازی بانک بذر خاک، تسهیل جوانه‌زنی طبیعی و پشتیبانی از ترمیم خودبه‌خودی بوم‌سازگان، کم‌تر به‌صورت مستقل بررسی شده‌اند. از این منظر، سامانه‌های استحصال آب باران را می‌توان فراتر از سازه‌هایی صرف برای تأمین رطوبت نگریست؛ چه، این سامانه‌ها با بهبود یکپارچه شرایط رطوبتی و خاکی، بستری مناسب برای ترمیم طبیعی پوشش گیاهی و بازیابی تدریجی کارکردهای بوم‌شناختی فراهم می‌آورند. این خلأ پژوهشی، ضرورت کاوش نقش این سامانه‌ها را از منظر بانک بذر خاک و ظرفیت آن‌ها در پشتیبانی از فرایندهای طبیعی احیا و تثبیت زیستی آشکار می‌سازد.

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر سامانه‌های شیار بر بازگشت پوشش گیاهی و شاخص‌های غنا و تنوع گونه‌ای در اراضی تخریب‌یافته بیابانی استان خوزستان، در محدوده بندر ماهشهر، انجام شده است. یافته‌های این تحقیق می‌توانند مبنای علمی استواری برای توسعه راهکارهای مدیریتی پایدار در احیاء اراضی تخریب‌یافته و تقویت تاب‌آوری بوم‌سازگان‌های خشک فراهم آورند و زمینه بهره‌گیری گسترده‌تر از سامانه‌های استحصال آب باران را در برنامه‌های ملی مدیریت منابع طبیعی و مقابله با بیابان‌زایی هموار سازند.

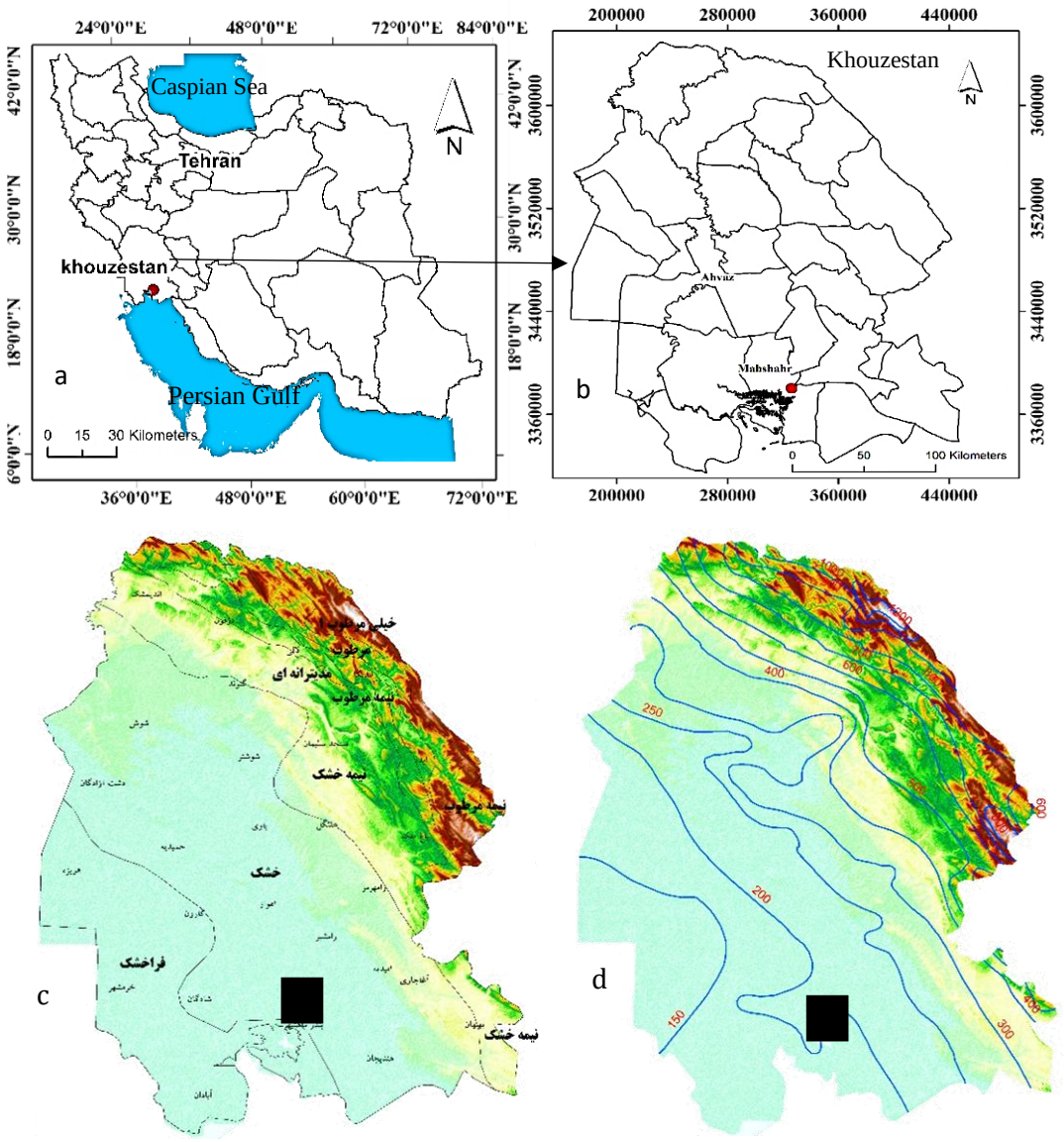
مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب‌غربی ایران و در بخش جنوبی استان خوزستان واقع شده و موقعیت جغرافیایی آن در شکل ۱ نشان داده شده است. این محدوده بخشی از کانون‌های فعال تولید گرد و غبار در استان خوزستان به شمار می‌رود و از نظر محیط زیستی از مناطق حساس کشور محسوب می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، اقلیم منطقه در گروه بیابانی گرم میانه قرار می‌گیرد و طبق شاخص دومارتن نیز در رده اقلیم خشک گرم با درجه توسعه‌یافتگی ضعیف طبقه‌بندی می‌شود. بررسی آمار بلندمدت اقلیمی نشان می‌دهد که میانگین بارندگی سالانه منطقه حدود ۲۱۷ میلی‌متر است. توزیع فصلی بارش‌ها نشان می‌دهد که حدود ۵۴ درصد از بارندگی سالانه در فصل زمستان و حدود ۳۴ درصد در فصل پاییز رخ می‌دهد و بیش‌ترین میزان بارندگی ماهانه معمولاً در ماه ژانویه ثبت می‌شود. میانگین دمای سالانه منطقه حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. متوسط بیشینه دما در گرم‌ترین ماه سال به حدود ۴۴/۷ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، درحالی‌که متوسط کمینه دما در سردترین ماه سال حدود ۸ درجه سانتی‌گراد است. هم‌چنین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در این منطقه در حدود ۳۵۰۰ میلی‌متر برآورد شده که بیانگر شدت بالای تبخیر در شرایط اقلیمی منطقه است. میانگین سرعت باد غالب نیز حدود شش متر بر ثانیه بوده و جهت غالب آن ۳۱۵ درجه گزارش شده است. بر اساس مطالعات انجام شده پیش از اجرای طرح، خاک منطقه عمدتاً دارای بافت لوم رسی سیلتی تا لوم سیلتی است. نتایج آزمایش‌های خاک نشان می‌دهد که هدایت الکتریکی خاک EC در محدوده ۳۵ تا ۵۶ دسی‌زیمنس بر متر قرار دارد که بیانگر شوری نسبتاً زیاد خاک است. مقدار pH خاک حدود ۷/۵ اندازه‌گیری شده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه: (a) موقعیت در ایران، (b) موقعیت در استان خوزستان، (c) نقشه اقلیمی، و (d) منحنی همباران استان خوزستان

Figure 1- Location of the study area: (a) Iran, (b) Khuzestan Province, (c) climatic map of the region, and (d) isohyet map of Khuzestan Province

از نظر ویژگی‌های توپوگرافی، ارتفاع منطقه مورد مطالعه حدود چهار تا پنج متر از سطح دریا بوده و شیب عمومی زمین نیز بین یک تا دو درصد گزارش شده است. پوشش گیاهی منطقه پیش از اجرای عملیات احیاءی بسیار فقیر بوده و عمدتاً از گونه‌های شورپسند تشکیل شده است. گونه‌های غالب شامل *Aeluropus lagopoides* و *Hordeum morinum L.* بوده که میزان تاج پوشش آن‌ها در محدوده یک تا پنج درصد برآورد شده است. این شرایط نشان‌دهنده وضعیت تخریب‌یافته پوشش گیاهی و محدودیت‌های شدید محیطی برای استقرار و رشد گیاهان در منطقه است. در شهریور سال ۱۳۹۹ به‌منظور اجرای عملیات بیابان‌زدایی در کانون‌های بحرانی بندر ماهشهر با استفاده از گریدر اقدام به اجرای شیار یک طرفه با فاصله ۱۰ متر و به طور متوسط طول حدود ۶۰۰ متر و عمق حدود ۰/۵ متر اجرا شد. در شکل ۲ نمایی از فاروهای اجرا شده در عرصه نشان داده شده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

شکل ۲- نمایی از شیارهای اجرا شده در منطقه مورد مطالعه
Figure 2– Executed furrows in the implementation area

روش کار

برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در شیارها و مناطق شاهد، برداشت میدانی پوشش گیاهی با به‌کارگیری روش ترانسکت–کوادرات انجام شد. ابتدا در مرکز عرصه اجرای طرح، دو ترانسکت در جهات متقاطع و عمود بر ردیف‌های شیار به‌طور تصادفی استقرار یافتند. بر روی هر ترانسکت ۱۵ پلات قرار داده شد و در مجموع ۳۰ پلات در شیارها نمونه‌برداری شد. در محل تقاطع هر ترانسکت با شیار، یک کوادرات ثابت به مساحت یک مترمربع استقرار یافت و تمامی گونه‌های گیاهی حاضر در پلات شناسایی و درصد تاج پوشش آن‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور فراهم آوردن شرایط مقایسه، تعداد مشابهی پلات (۳۰ پلات) نیز در فواصل بین شیارها، به‌عنوان منطقه شاهد، برداشت شد.

برای مقایسه جوامع گیاهی مستقر در شیارها و مناطق شاهد، علاوه‌بر اندازه‌گیری درصد تاج پوشش و تراکم گونه‌ها، از مجموعه‌ای از شاخص‌های غیرپارامتریک غنا و تنوع زیستی (مطابق جدول ۱) استفاده شد. شاخص‌های تنوع، بیانگر وضعیت ساختاری جامعه گیاهی در مقیاس واحد نمونه‌برداری هستند و شاخص‌های غنا، تعداد کل گونه‌ها یا افراد را در نمونه نشان می‌دهند. شاخص‌های ناهمگنی[1] بر مبنای فراوانی نسبی گونه‌ها محاسبه شده و بازتاب‌دهنده ترکیب غنا و یکنواختی فراوانی میان گونه‌ها هستند. یکنواختی توصیف‌کننده میزان تعادل در فراوانی گونه‌هاست و نشان می‌دهد که فراوانی گونه‌های غالب، متوسط یا نادر تا چه حد در جامعه پراکنده شده است (Ejtehadi et al. 2012). از آن‌جا که هیچ شاخص منفردی قادر نیست ساختار بوم‌شناختی جامعه را به‌طور کامل توصیف کند، پیشنهاد می‌شود که مجموعه‌ای از شاخص‌های مکمل برای تحلیل تنوع به‌طور همزمان به‌کار رود (Beisel et al., 2003). محاسبات شاخص‌های تنوع و غنا با استفاده از نرم‌افزار PAST صورت گرفت.

[1] Heterogeneity Indices

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

جدول ۱- شاخص‌های تنوع پوشش گیاهی

Table 1- Alpha Indecies of vegetation diversity

	Usual name	Formulae	Refrence
Richness	Margalef	$R = \frac{S-1}{\ln N}$	(Peet, 2003)
Heterogeneity	Shannon	$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i ln P_i$	(Krebs, 2009)
	Dominance (revised)	$D = \sum_{i=1}^{s} P_i^2 \quad P_{i=} \frac{n_i}{N}$	(Krebs, 2009)
	Simpson Diversity (revised)	$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{s} P_i^2 \quad P_{i=} \frac{n_i}{N}$	(Krebs, 2009)
	-	$\frac{1/D}{S}$	(Smith and Wilson, 1996)
	Equitability	$\frac{H'}{H'max}$	(Pielou, 1966)
	S: Total number of species, N: Total number of individuals in the sample, P_(i) is the proportion of individuals of the i-th species in the population, n_i is the number of individuals of the i-th species		

نتایج و بحث

شاخص‌های غنا و تنوع پوشش گیاهی

نتایج تحلیل داده‌های برداشت شده پلات‌ها و محاسبه شاخص‌های غنا و تنوع در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. بر اساس نتایج میانگین غنای گونه‌ای در پلات‌های تیمار شیار حدود چهار برابر پلات‌های شاهد است و اندازه اثر بسیار بزرگ نشان می‌دهد که سامانه استحصال آب شیار، تأثیر قوی و بوم‌شناختی مهمی بر افزایش تعداد گونه‌های حاضر در واحد سطح داشته است.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های شاخص‌های غنا و تنوع بین تیمارها

Table 2- Comparison of mean richness and diversity indices between treatments

Index	Mean ± SD (Furrow)	Mean ± SD (Control)	Δ	Change rate (%)	95% CI Classic	95% CI Bootstrap	P_raw	Shapiro (Furrow)	Shapiro (Control)
Taxa_S	6.83±1.32	3.93±1.41	2.90	73.75	2.19 to 3.61	2.27 to 3.57	0.00	0.04	0.05
Individuals	42.9±27.57	2.43±2.58	40.47	1663.95	30.13 to50.80	30.90 to 50.57	0.00	0.00	0.00
Dominance_D	0.37±0.18	0.41±0.21	-0.04	-9.85	-0.14 to0.06	-0.14 to 0.05	0.42	0.00	0.00
Simpson_1-D	0.63±0.18	0.59±0.21	0.04	6.83	-0.06 to0.14	-0.05 to 0.14	0.42	0.00	0.00
Shannon_H	1.33±0.38	1.11±0.44	0.22	20.24	0.01 to0.64	0.02 to 0.43	0.04	0.16	0.01
Evenness_e^H/S	0.6±0.19	0.85±0.12	-0.25	-29.12	-0.33 to-0.16	-0.33 to -0.17	0.00	0.23	0.01
Brillouin	1.01±0.29	0.32±0.21	0.69	215.12	0.56 to0.82	0.56 to 0.81	0.00	0.72	0.27
Menhinick	1.18±0.37	2.49±0.97	-1.31	-52.74	-1.69 to-0.93	-1.68 to -0.94	0.00	0.38	0.21
Margalef	1.68±0.43	0.83±1.14	0.85	103.08	0.40 to1.31	0.46 to 1.26	0.00	0.54	0.00
Equitability_J	0.7±0.19	0.86±0.12	-0.16	-18.26	-0.24 to-0.07	-0.23 to -0.08	0.00	0.01	0.02
Fisher_alpha	2.81±1.11	1.81±3.15	1.00	54.89	-0.24to2.23	-0.23 to 2.16	0.11	0.60	0.00
Berger-Parker	0.5±0.19	0.35±0.28	0.15	42.35	0.02to0.27	0.03 to 0.26	0.02	0.12	0.01
Chao-1	7.37±1.76	4.00±1.47	3.37	84.31	2.53to4.21	2.62 to4.20	0.00	0.29	0.13
Smith	0.49±0.19	0.77±0.16	-0.28	-36.62	-0.37to-0.19	-0.37 to-0.20	0.00	0.60	0.31

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

فراوانی افراد یا درصد پوشش (در خصوص گونه‌های علفی) نیز در تیمار شیار نسبت به شاهد رشد حدود ۱۷ برابری را نشان داد که اندازه اثر بسیار بزرگ حاکی از آن است که سامانه‌های شیار نه تنها امکان حضور گونه‌های بیش‌تر را فراهم کرده‌اند، بلکه باعث افزایش شدید تعداد افراد هر جامعه نیز شده‌اند. چنین افزایش قابل‌توجهی در تراکم پوشش گیاهی، نشان‌دهنده نقش تعیین‌کننده مدیریت خردمقیاس آب در بهبود شرایط استقرار، جوانه‌زنی و بقا است. شاخص‌های غنای تعدیل‌شده مانند مارگالف و منهنیک نیز این الگو را تأیید و تصویر دقیق‌تری ارائه می کنند. شاخص مارگالف در پلات‌های شیار با رشد حدود ۱۰ برابری در مقایسه با شاهد نشان می دهد اندازه اثر متوسط تا بزرگ این شاخص نشان می‌دهد که حتی پس از تعدیل برای اندازه نمونه، تأثیر شیار بر غنای گونه‌ای همچنان قابل‌توجه باقی می‌ماند. در مقابل، شاخص منهنیک، که نوع دیگری از غنای استاندارد شده است، الگویی معکوس نشان داد و در تیمار شاهد مقادیر بالاتری داشت. با توجه به تعریف منهنیک کاهش مقدار این شاخص در شیارها عمدتاً ناشی از افزایش بسیار زیاد تعداد افراد است.

جدول ۳- مقادیر P اصلاح‌شده (Bonferroni و FDR) و اندازه اثر (Cohen's d) در مقایسه بین تیمارها

Table 3- Adjusted P-values (Bonferroni and FDR) and effect size (Cohen's d) for comparisons between treatments

Index	P (Bonferroni)	P (FDR)	Effect_Type	Size Effect	Cohen_Class
Taxa_S	0.00	0.00	r	0.74	Very Large
Individuals	0.00	0.00	r	0.85	Very Large
Dominance_D	1.00	0.42	r	0.10	Small
Simpson_1-D	1.00	0.42	r	0.10	Small
Shannon_H	0.56	0.05	r	0.24	Small
Evenness_e^H/S	0.00	0.00	r	0.64	Large
Brillouin	0.00	0.00	d	2.70	Extremely Large
Menhinick	0.00	0.00	d	-1.78	Very Large
Margalef	0.01	0.00	r	0.42	Medium
Equitability_J	0.01	0.00	r	-0.96	Very Large
Fisher_alpha	1.00	0.13	r	0.39	Medium
Berger-Parker	0.28	0.03	r	0.27	Small
Chao-1	0.00	0.00	d	2.07	Extremely Large
Smith	0.00	0.00	d	-1.61	Very Large

به بیان دیگر، با این‌که تعداد گونه‌ها در شیار بیش‌تر شده، اما رشد فوق‌العاده تعداد افراد، مخرج کسر را افزایش و مقدار شاخص را کاهش داده است. بنابراین، مقادیر پایین‌تر منهنیک در شیار را نباید به‌عنوان کاهش غنا تفسیر کرد، بلکه بیانگر تراکم بالاتر پوشش گیاهی در کنار افزایش غنا است. شاخص‌های غنا مانند چائو–۱ و فیشر–آلفا نیز عموماً الگوی مشابهی را نشان دادند و در بیش‌تر موارد غنای بالقوه گونه‌ای را در پلات‌های شیار بیش‌تر از شاهد برآورد کردند که این امر حاکی از افزایش حضور گونه‌های نادر و کم‌فراوانی است که به‌واسطه بهبود شرایط رطوبتی امکان استقرار یافته‌اند (Chao, 1987; Chao et al., 2014). به‌عبارت دیگر، شیارها صرفاً غنا را افزایش نداده‌اند، بلکه ظرفیت اراضی را برای پشتیبانی از گونه‌های بیش‌تر را نیز بالا برده‌اند. شاخص تنوع شانون در پلات‌های تیمار شیار بالاتر از شاهد بود اما این تفاوت در سطح خطای ۵ درصد و پس از اصلاح چندگانه بونفرونی به آستانه معنی‌داری نرسید. اندازه اثر کوچک تا متوسط نیز نشان می‌دهد که اگرچه روند کلی به سمت افزایش تنوع در شیار است، اما تغییر در توزیع نسبی فراوانی گونه‌ها هنوز به حدی نرسیده که تحول ساختاری جامعه را به‌صورت معنی‌دار آماری نشان دهد. این نتیجه با انتظار بوم‌شناختی در سامانه‌های در حال ترمیم سازگار است؛ به‌طوری که در مراحل اولیه احیاء بوم‌سازگان، افزایش غنا و تراکم بیش‌تر آشکار می‌شود، درحالی‌که تنوع وزنی (شانون و سیمپسون) با تأخیر زمانی پاسخ می دهد (Young et al., 2005). به‌طور مشابه شاخص سیمپسون نیز تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار نشان نداد هم‌چنین شاخص غالبیت نیز از نظر آماری تفاوتی بین تیمارها نداشت. این یافته نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش قابل‌توجه در تعداد گونه‌ها و افراد، ساختار غالبیت— فرعی بودن گونه‌ها در جامعه هنوز دچار دگرگونی عمیق نشده است و احتمالاً یک یا چند گونه غالب همچنان سهم بالایی در ترکیب پوشش دارند. درحالی‌که شاخص‌های غنا و تراکم افزایش شدیدی را نشان دادند، شاخص‌های ساختاری تنوع مانند شانون و سیمپسون هنوز تغییر معنی‌دار آماری نداشتند. این الگو بارها در مطالعات ترمیم پوشش گیاهی مناطق خشک گزارش شده است، ابتدا غنا و تراکم افزایش می‌یابد سپس با گذشت زمان و شکل‌گیری ساختار اجتماعی پیچیده‌تر، تنوع وزنی بهبود می‌یابد (Magurran, 2004; Chazdon, 2014).

در پلات‌های شیار، به‌نظر می‌رسد چند گونه پیشگام یا گونه‌های با رشد سریع و بهره‌برداری از منابع توانسته‌اند از شرایط رطوبتی بهبودیافته بیش‌ترین بهره را ببرند و بخش قابل‌توجهی از فراوانی را به خود اختصاص دهند، علی‌رغم افزایش غنای گونه‌ای، به سمت غالبیت بیش‌تر یک یا چند گونه حرکت کنند یعنی ابتدا گونه‌های پیشرو غالب می‌شوند و در مراحل بعدی، با ورود گونه‌های بیش‌تر و رقابت، یکنواختی افزایش خواهد یافت (Tilman, 1988; Grime, 2001). در مقابل، شاخص بریلویین که نسبت به شانون برای جوامع با نمونه‌برداری کامل‌تر

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

حساس‌تر است، تفاوت بسیار معنی‌داری را بین تیمارها نشان داد. اندازه اثر بسیار بزرگ بیانگر این است که ترکیب فراوانی گونه‌ها در شیارها به‌شدت متنوع‌تر از شاهد شده است. این نتیجه در کنار افزایش تعداد گونه و درصد پوشش نشان می‌دهد که سامانه شیار نه تنها تعداد گونه ها و افراد را افزایش داده، بلکه توزیع آن‌ها را نیز از حالت بسیار یکنواخت و فقیر شاهد، به جامعه‌ای پیچیده‌تر و ناهمگن‌تر تبدیل کرده است؛ هرچند این تغییر در شاخص‌های کلاسیک سیمپسون و شانون هنوز به حد معنی‌داری نرسیده است.

شاخص یکنواختی الگویی معکوس نشان داد و با کاهشی حدود ۳۰ درصد در عرصه اجرای طرح، به معنای آن است که در پلات‌های شاهد، تعداد اندک گونه‌های موجود، نسبتاً سهم مشابه‌تری از فراوانی کلی جامعه را به خود اختصاص داده‌اند، درحالی‌که در پلات‌های شیار با افزایش تعداد گونه‌ها و افراد، بخشی از گونه‌ها فراوانی بیش‌تری پیدا کرده و توزیع فراوانی بین گونه‌ها ناهمگن‌تر شده است. کاهش در شیار در کنار افزایش شدید غنا و تراکم، یک الگوی جامعه در حال توسعه را منعکس می‌کند که در آن گونه‌های پیشگام و سازگار با شرایط رطوبتی به‌دست آمده، به سرعت غالب می‌شوند. شاخص یکنواختی توزیع گونه‌ها نیز روندی مشابه نشان می‌دهد؛ یعنی پلات‌های شاهد از نظر فراوانی گونه‌ها وضعیت یکنواخت‌تری داشته‌اند، اما این یکنواختی در زمینه‌ی بسیار فقیر و کم‌گونه رخ داده است، درحالی‌که در پلات‌های شیار، هرچند یکنواختی کاهش یافته، اما در بستری با غنا و تراکم به‌مراتب بالاتر اتفاق افتاده است. از منظر بازسازی بوم‌سازگان، این تغییر در یکنواختی، در جهت استقرار گونه‌های جدید در جامعه است. شاخص برگر–پارکر که سهم گونه غالب را اندازه‌گیری می‌کند و شاخص اسمیت که نوع دیگری از توصیف ترکیب جامعه است تغییراتی را نشان داده‌اند که در برخی موارد معنی‌دار و در برخی دیگر غیرمعنی‌دار بوده‌اند.

به‌طور کلی، نتایج این شاخص‌ها حاکی از آن است که در پلات‌های شاهد، به‌دلیل حضور تعداد کمی گونه، یک یا دو گونه سهم بسیار بالایی از فراوانی را به خود اختصاص می‌دهند و در مقابل در پلات‌های شیار، با افزایش غنا و تراکم، سهم نسبی گونه غالب کمی تعدیل می‌شود، اگرچه برخی گونه‌های سازگارتر با رطوبت همچنان غالب باقی می‌مانند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که سامانه‌های استحصال آب شیار توانسته‌اند در شرایط نامناسب، به‌طور معنی‌داری موجب افزایش غنای گونه‌ای، فراوانی افراد و بخشی از شاخص‌های تنوع گیاهی در اراضی خشک تخریب یافته شوند. این نتایج با مطالعات مرتبط با مدیریت خرد مقیاس آب همخوان است؛ پژوهش‌هایی که نشان داده‌اند این سامانه‌ها با بهبود رطوبت خاک، کاهش رواناب و افزایش نفوذ آب، شرایط لازم برای استقرار و بقای گونه‌ها را فراهم می‌کنند (Boers & Ben-Ashar,1982; Critchley & Siegert, 1991; Oweis et al., 2012).

رطوبت و شوری خاک

نتایج تاثیر حفر شیار بر شوری و رطوبت خاک در افق‌های مختلف و مقایسه میانگین‌های تیمار شیار و شاهد در جدول ۴ آورده شده است. بررسی نتایج نشان داد که تیمار شیار موجب تغییرات آشکار و معناداری در شوری در افق‌های مختلف خاک دارد، درحالی‌که اثر آن بر رطوبت بسته به عمق خاک متفاوت بود. در افق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری، نتایج اختلاف بسیار معنی‌داری را بین تیمارها نشان داد، به‌گونه‌ای که میانگین EC در تیمار شیار حدود ۹۰ درصد نسبت به تیمار شاهد نشان می دهد. کاهش شدید شوری در لایه سطحی نشان‌دهنده نقش احداث شیار در بهبود توزیع نمک و کاهش تجمع نمک‌های محلول است؛ پدیده‌ای که به‌دلیل افزایش نفوذ جانبی و عمقی آب در سیستم‌های شیار نسبت داده می‌شود (Rhoades et al., 1992; Liu et al., 2018). با این حال، در همین افق برای رطوبت خاک، نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین تیمارها وجود ندارد که به احتمال زیاد به‌دلیل تبخیر بالا در لایه سطحی و برابری اولیه رطوبت پس از بارش است؛ موضوعی که در مطالعات خاک نیز تأیید شده است (Hillel, 2004). در عمق ۳۰–۶۰ سانتی‌متر، اثر شیار بر شوری خاک همچنان بسیار معنی‌دار است، که نشان‌دهنده جابه‌جایی عمقی نمک و کاهش استقرار آن در ناحیه ریشه است و رشد حدود ۴۰ درصدی میزان رطوبت در این افق خود نشان‌دهنده توان بالای آبشویی شیار در خاک است. چنین الگوی کاهش شوری در عمق‌های پایین‌تر تحت سامانه‌های شیار در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Clemmens & Dedrick, 1994; Chen et al., 2010). کاهش معنی‌دار شوری خاک در تیمار شیار را می توان عمدتاً به افزایش نفوذ آب، تجمع روان‌آب در شیار و تشدید فرآیند آبشویی املاح محلول نسبت داد. در چنین سامانه‌هایی، تمرکز جریان آب در داخل شیار باعث افزایش نفوذ عمقی و انتقال نمک‌ها از لایه‌های سطحی و ناحیه مؤثر ریشه به اعماق پایین‌تر می‌شود. از سوی دیگر، ایجاد شیار می‌تواند با کاهش روان‌آب سطحی، افزایش زمان ماندگاری آب و محدود کردن صعود مویین آب شور به سطح خاک و از تجمع مجدد نمک در افق‌های بالایی خاک جلوگیری کند. بنابراین، کاهش EC در تیمار شیار نشان‌دهنده نقش مؤثر این سامانه در اصلاح شرایط شوری و بهبود کیفیت خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. علاوه‌براین، رطوبت خاک نیز در این افق تحت تأثیر شیار قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد. افزایش رطوبت در تیمار شیار بیانگر بهبود نفوذ و نگهداری آب در ناحیه زیرسطحی است؛ پدیده‌ای که به‌دلیل هدایت هیدرولیکی بالاتر و کاهش رواناب سطحی در سامانه‌های شیار شناخته شده است (Bouman et al., 1994). به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که شیار با کاهش چشمگیر شوری و افزایش معنی‌دار رطوبت در لایه‌های زیرسطحی عملکرد قابل توجهی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

در بهبود کیفیت فیزیکی–شیمیایی خاک دارد، درحالی‌که اثر آن بر رطوبت سطحی محدود است. این الگو با فرآیندهای شناخته‌شده رفتار آب و نمک در سامانه‌های آبیاری سطحی و هم‌چنین نظریه‌های توزیع عمقی رطوبت و نمک کاملاً سازگار است.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های خصوصیات خاک در عمق‌های مختلف در تیمار شیار و شاهد

Table 4- Comparison of mean soil properties at different depths between the furrow and control treatments

	Depth (cm)	Mean ± SD (Furrow)	Mean ± SD (Control)	Change rate (%)	test	P_raw	P (Bonferroni)	Cohen's d	Cohen's class
EC (ds m^{-1})	0-30	4.2± 0.45	45.39±18.53	-90.74	U	0.00	0.00	3.14	Extremely Large
	30-60	3.7±1.92	60.22±20.19	-93.86	U	0.00	0.00	3.94	
	60-90	6.24±4.00	63.16±18.40	-90.12	U	0.00	0.00	4.28	
Moisture (%)	0-30	1.98±0.62	1.76±0.55	12.50	t	0.30	1	0.37	Small
	30-60	5.16±1.63	1.02±0.32	405.88	U	0.00	0.03	3.54	Extremely Large
	60-90	2.02±0.64	0.99±0.31	104.04	t	0.00	0.00	2.06	

بررسی فلور، فرم‌های زیستی و کوروتیپ پوشش گیاهی در دو تیمار

به‌منظور ارزیابی تأثیر اجرای فارو بر پوشش گیاهی منطقه، فهرست گونه‌های گیاهی موجود در تیمار فارو و منطقه شاهد تهیه و از نظر ترکیب فلوریستیک، فرم‌های زیستی و پراکنش جغرافیایی (کوروتیپ) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اجرای فارو با بهبود شرایط رطوبتی خاک و کاهش شوری، زمینه استقرار تعداد بیش‌تری از گونه‌های گیاهی را فراهم کرده است. در مجموع، ۲۳ گونه گیاهی در تیمار فارو و ۱۲ گونه در منطقه شاهد شناسایی شدند. گونه‌های ثبت‌شده متعلق به چندین خانواده گیاهی بوده و عمدتاً از فرم زیستی تروفیت تشکیل شده‌اند که بیانگر سازگاری پوشش گیاهی منطقه با شرایط خشک و تنش‌های محیطی است. هم‌چنین بررسی کوروتیپ گونه‌ها نشان داد که عناصر رویشی صحارا–سندی، مدیترانه‌ای و ایرانو–تورانی بیش‌ترین سهم را در ترکیب فلوریستیک منطقه دارند. فهرست گونه‌ها به همراه فرم زیستی و کوروتیپ آن‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- فهرست گونه‌های گیاهی شناسایی‌شده، فرم زیستی و کوروتیپ آن‌ها در تیمارهای فارو و شاهد

Table 5- Plant species recorded in furrow and control treatments along with their life forms and chorotypes

species	Life form	Chorotype	Furrow	Control
Halocharis sulphurea	Th	Sahara-Sindian	✓	✓
Psylliostachys spicata	Th	Sahara-Sindian / Irano-Turanian	✓	✓
Frankenia pulverulenta	Th	Mediterranean-Sahara-Sindian	✓	✓
Mesembryanthemum nodiflorum	Th	Mediterranean-Sahara-Sindian	✓	✓
Spergularia marina	Th	Cosmopolitan	✓	✓
Sphenopus divaricatus	Th	Mediterranean	✓	✓
Eruca sativa	Th	Mediterranean-Irano-Turanian	✓	-
Polypogon monspeliensis	Th	Mediterranean	✓	✓
Phalaris minor	Th	Mediterranean-Irano-Turanian	✓	-
Lolium rigidum	Th	Mediterranean	✓	-
Malcolmia taraxacifolia	Th	Irano-Turanian	✓	✓
Seidlitzia rosmarinus	Ch	Sahara-Sindian	✓	-
Reseda aucheri	Th	Irano-Turanian	✓	✓
Trigonella anguina	Th	Irano-Turanian	✓	-
Parapholis incurva	Th	Mediterranean	✓	✓
Hordeum marinum	Th	Mediterranean-Sahara-Sindian	✓	-
Aeluropus lagopoides	H	Sahara-Sindian	✓	-
Carthamus oxyacantha	Th	Irano-Turanian	✓	-
Medicago polymorpha	Th	Mediterranean	✓	-
Plantago coronopus	H	Mediterranean	✓	-
Atriplex leucoclada	Ch	Sahara-Sindian	✓	-
Bassia eriophora	Th	Sahara-Sindian	✓	✓
Bienertia cycloptera	Th	Sahara-Sindian	-	✓

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

نتایج طیف زیستی نشان داد که تروفیت‌ها با بیش از ۸۰ درصد گونه‌ها، فرم زیستی غالب در هر دو تیمار بودند. غلبه تروفیت‌ها بیانگر شرایط اقلیمی خشک، بارندگی محدود و تنش‌های محیطی شدید منطقه است. از نظر کوروتیپی نیز عناصر صحارا–سندی و مدیترانه‌ای بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص دادند که با شرایط بوم‌شناختی مناطق شور و گرم جنوب غرب ایران سازگار است. با این حال، اجرای فارو موجب افزایش تعداد گونه‌ها از ۱۲ به ۲۳ گونه و ظهور چندین گونه متعلق به عناصر ایرانو–تورانی و گونه‌های مرتعی شد که نشان‌دهنده بهبود شرایط رطوبتی و کاهش تنش شوری در مقایسه با منطقه شاهد است. این نتیجه با کاهش معنی‌دار هدایت الکتریکی خاک و افزایش رطوبت در اعماق مختلف خاک همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمار شیار در مقایسه با شاهد، هم از نظر بهبود ویژگی‌های خاک و هم از نظر تقویت شاخص‌های زیستی و بوم‌شناختی اثر مثبت داشته است. مقایسه شاخص‌های غنا و تنوع نشان داد که در تیمار شیار، شاخص‌های مرتبط با غنای گونه‌ای مانند تعداد گونه‌ها و شاخص چائو–۱ نسبت به شاهد افزایش نشان داده‌اند؛ موضوعی که بیانگر فراهم شدن شرایط مناسب‌تر برای استقرار و حضور گونه‌های بیش‌تر در اثر بهبود شرایط محیطی است. با این حال، شاخص‌های تنوع وزنی مانند شانون، سیمپسون و برابری‌پذیری ممکن است پاسخ ضعیف‌تر یا با تأخیرتری نسبت به غنا نشان دهند، زیرا این شاخص‌ها علاوه‌بر تعداد گونه‌ها، به نحوه توزیع فراوانی افراد بین گونه‌ها نیز وابسته‌اند. بنابراین، افزایش غنا در تیمار شیار می‌تواند نشان‌دهنده آغاز روند ترمیم بوم‌شناختی باشد، حتی اگر ساختار کامل جامعه و یکنواختی گونه‌ها هنوز به مرحله پایداری نرسیده باشد.

از نظر خصوصیات خاک نیز نتایج نشان داد که تیمار شیار موجب کاهش معنی‌دار شوری خاک در عمق‌های بررسی‌شده شد؛ به‌طوری‌که مقدار EC در تیمار شیار به‌طور قابل توجهی کم‌تر از شاهد بود. این کاهش شوری نشان می‌دهد که شیار با افزایش نفوذ آب و تسهیل شست و شوی نمک‌ها، توانسته است تجمع املاح را در خاک کاهش دهد. در مورد رطوبت خاک، اگرچه در لایه سطحی ۰–۳۰ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری بین شیار و شاهد مشاهده نشد، اما در عمق ۳۰–۶۰ سانتی‌متر رطوبت خاک در تیمار شیار به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. این موضوع نشان می‌دهد که اثر شیار بیش‌تر در لایه‌های زیرسطحی آشکار می‌شود و می‌تواند با افزایش ذخیره رطوبت در عمق، شرایط مناسب‌تری برای رشد ریشه و استقرار پوشش گیاهی فراهم کند.

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اجرای شیار با کاهش شوری، افزایش رطوبت زیرسطحی و بهبود شاخص‌های غنای زیستی، نقش مؤثری در تسریع روند بازسازی و بهبود کیفیت بوم‌شناختی خاک داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که شیار می‌تواند به‌عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در اراضی شور، تخریب شده یا در حال ترمیم مورد استفاده قرار گیرد؛ هرچند برای دستیابی به افزایش پایدار در شاخص‌های تنوع وزنی و برابری‌پذیری، احتمالاً به زمان بیش‌تری برای تثبیت ساختار جامعه زیستی نیاز است.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش حاصل طرح تحقیقاتی مستقل با کد مصوب ۲-۴۶-۰۹-۱۱۶-۰۱۰۴۲۹ و حمایت مالی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: **یثربی، ب.**: مفهوم‌سازی، جمع‌آوری داده، نگارش مقاله، **دیناروند، م.**: برداشت داده، **آرامی، س.ح.**: تهیه نقشه‌ها، نگارش و اصلاح مقاله.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسنده این مقاله، از همکاری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان و آقای دکتر فرهاد نورمحمدی مدیر گروه مدل‌های هیدرواقلیم سازمان آب و برق خوزستان کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

منابع

اجتهادی، حمید، عکافی، حمیدرضا، و سپهری عادل (۱۳۹۱). روش‌های اندازه‌گیری تنوع زیستی. چاپ دوم، انتشارات *دانشگاه فردوسی مشهد*، ۲۳۰ ص.

پارسادوست، فرزاد، شیرانی، کوروش، و خداقلی، مرتضی (۱۳۹۴). بررسی تغییرات رطوبت پروفیل خاک در سامانه‌های سطوح آبگیر بهینه سازی شده. همایش ملی کاربرد و علوم کواترنری در شناخت فرآیندهای محیطی. https://sid.ir/paper/830349/fa

توکلی، علیرضا (۱۳۹۲). تعیین مشخصه‌های فنی سامانه‌های استحصال و جمع‌آوری آب باران برای بادام دیم. *تحقیقات مهندسی کشاورزی*، ۱۴(۲)، ۱-۱۶. https://sid.ir/paper/27983/fa

جهان‌تیغ، منصور، و جهان‌تیغ، معین. (۱۳۹۹). مطالعه تاثیر سامانه‌های سطوح آبگیر باران بر ویژگی‌های پوشش گیاهی مناطق خشک (مطالعه موردی منطقه تاسوکی سیستان). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۸(۳)، ۳۳-۴۲. https://sid.ir/paper/958613/fa

جهان‌تیغ، معین، جهان‌تیغ، منصور، و پیروان، حمیدرضا (۱۴۰۴). اثربخشی عملیات کنتور فارو بر احیاء پوشش گیاهی در کانون‌های فرسایشی مناطق خشک (مطالعه موردی: غرب دریاچه هامون). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۱۱–۱۲۷.

حسن‌پور، رضا، صادق‌زاده ریحان، محمدابراهیم، سیف‌زاده، خدیجه، و لطف‌اللهی مرکی، علی (۱۴۰۲). تأثیر سامانه‌های استحصال آب باران در افزایش پوشش گیاهی (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقاتی خواجه، استان آذربایجان شرقی). *سامانه‌های آبگیر باران ایران*، ۱۱(۳)، ۱۶–۲۹.

خوبفکر برآبادی، حبیب‌اله، حسینی مرندی، حمید، و عرب‌خدری، محمود (۱۳۹۸). سامانه‌های بومی و سنتی استحصال آب باران در بلوچستان ایران. *دانش‌های بومی ایران*، ۶(۱۲)، ۲۷۹-۳۰۶. https://sid.ir/paper/956176/fa

شاهینی، غلامرضا (۱۳۸۶). بررسی وضعیت رطوبتی پروفیل خاک چاله نفوذ آب سامانه‌های سطوح آبگیر لوزی شکل در شرق استان گلستان. همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری (با محوریت مدیریت حوزه آبخیز). https://sid.ir/paper/821814/fa

عامری، علی‌اکبر (۱۳۹۴). کاربرد سطوح آبگیر باران در ایجاد سامانه‌های زراعت- جنگل (Agro-forestry) در منطقه دشتیاری چابهار (بهبود کشت دیم و جایگاه روش‌های استحصال). همایش ملی سامانه‌های سطوح آبگیر باران. https://sid.ir/paper/869244/fa

قیطوری، محمد، حشمتی، مسیب، روغنی، محمد (۱۳۹۹). مقایسه کارایی سامانه‌های سطوح آبگیر در استحصال آب در استان کرمانشاه. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۲(۱)، ۲۰-۲۹. https://sid.ir/paper/234666/fa

References

Ameri, A. A. (2015). Application of rainwater harvesting systems in establishing agroforestry systems in Dashtiari, Chabahar (Improvement of dryland farming and the role of water harvesting methods). *National Conference on Rainwater Harvesting Systems*. https://sid.ir/paper/869244/fa [In Persian]

Amiraslani, F., & Dragovich, D. (2011). Combating desertification in Iran over the last 50 years: An overview of changing approaches. *Environmental Management*, 48(5), 971–984. **doi:** 10.1007/s00267-011-9704-1

Boers, T. M., & Ben Asher, J. (1982). A review of rainwater harvesting. *Agricultural Water Management*, 5(2), 145–158. **doi:** 10.1016/0378-3774(82)90003-8

Critchley, W., & Siegert, K. (1991). Water harvesting: A manual for the design and construction of water harvesting schemes for plant production. Rome: FAO.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326–344. **doi:** 10.1016/j.advwatres.2012.01.013

Ejtehadi, H., Sepehri, A., & Akkafi, H. (2012). Methods of measuring biodiversity. 2nd Ed., *Ferdowsi University of Mashhad*, 230 p. [In Persian]

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology, *Evolution and Systematics*, 35, 557–581. **doi:** 10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711

Gheitouri, M., Hashemati, M., & Roghani, M. (2021). Comparison of the efficiency of rainwater harvesting systems for water collection in Kermanshah Province. *Watershed Engineering and Management*, 12(1), 20–29. https://sid.ir/paper/234666/fa. [In Persian]

Haddad, M., Strohmeier, S. M., Nouwakpo, K., Rimawi, O., Weltz, M., & Sterk, G. (2022). Rangeland restoration in Jordan: Restoring vegetation cover by water harvesting measures. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(4), 610–622. **doi:** 10.1016/j.iswcr.2022.03.001

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

Haddad, M., Worqlul, A. W., Strohmeier, S., Abu Hammour, D., Mahasneh, L., & Haddad, N. (2024). Suitability mapping of micro and meso scale rainwater harvesting for vegetation-based restoration in arid degraded areas of Jordan. *Catena*, 246, 108461. **doi:** 10.1016/j.catena.2024.108461

Hassanpour, R., Sadeghzadeh Reyhan, M. A., Seifzadeh, Kh., & Lotfollahi Maraki, A. (2024). Effects of rainwater harvesting systems on increasing vegetation cover (Case study: Khajeh Research Station, East Azerbaijan Province). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 11(3), 16–29. [In Persian]

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23. **doi:** 10.1146/annurev.es.04.110173.000245

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press.

Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2021). Investigating the effects of rainwater harvesting systems on vegetation characteristics in arid regions (Case study: Tasouki region, Sistan). *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 8(3), 33–42. https://sid.ir/paper/958613/fa. [In Persian]

Jahantigh, M., Jahantigh, M., & Peyrowan, H. (2026). Effects of contour furrow on vegetation restoration in critical centers of wind erosion in arid regions (Case study: West of Hamoon Lake). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 111–127. **doi:** 10.22034/iwm.2025.2048669.1197. [In Persian]

Khoobfekr Barabadi, H., Hosseini Marandi, H., & ArabKhedri, M. (2020). Indigenous and traditional rainwater harvesting systems in Baluchestan, Iran. *Iranian Indigenous Knowledge*, 6(12), 279–306. https://sid.ir/paper/956176/fa. [In Persian]

Krebs, C.J. (2009). Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 6th ed. San Francisco Benjamin Cummings.

Lal, R. (2001). Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), 519–539. **doi:** 10.1002/ldr.472

Li, X. Y., Gong, J., Gao, Q., & Li, F. R. (2014). Incorporating ridge–furrow runoff harvesting in conservation farming for improving crop yield in semiarid regions. *Agricultural Water Management*, 128, 1–7. **doi:** 10.1016/j.agwat.2013.07.012

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Oxford: Blackwell Publishing.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human wellbeing: Synthesis. Washington, DC: Island Press.

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(1–3), 57–73. **doi:** 10.1016/j.agwat.2005.07.004

Oweis, T., Hachum, A., & Bruggeman, A. (2012). Water harvesting for agriculture in dry areas. London: Routledge.

Parsadoost, F., Shirani, K., & Khodagholi, M. (2015). Investigation of soil profile moisture changes in optimized rainwater harvesting systems. National Conference on the Application of Quaternary Sciences in Understanding Environmental Processes. https://sid.ir/paper/830349/fa [In Persian]

Peet, R. (2003). The Measurement of Species Diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 5, 285-307.

Pielou, EC. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, 13, 131-44.

Prinz, D., & Singh, A. (2000). Technological potential for improvements of water harvesting. In Proceedings of the International Workshop on Water Harvesting.

Reynolds, J. F., Smith, D. M. S., Lambin, E. F., Turner, B. L., Mortimore, M., Batterbury, S. P. J., Downing, T. E., Dowlatabadi, H., Fernández, R. J., Herrick, J. E., Huber Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F. T., Ayarza, M., & Walker, B. (2007). Global desertification: Building a science for dryland development. *Science*, 316(5826), 847–851. **doi:** 10.1126/science.1131634

Safriel, U., & Adeel, Z. (2005). Dryland systems. In R. Hassan, R. Scholes, & N. Ash (Eds.), Ecosystems and human wellbeing: Current state and trends (pp. 623–662). Island Press.

Shahini, Gh. (2008). Evaluation of soil profile moisture in infiltration pits of diamond-shaped rainwater harvesting systems in eastern Golestan Province. National Conference on Watershed Science and Engineering (With Emphasis on Watershed Management). https://sid.ir/paper/821814/fa [In Persian]

Smith, B., Wilson, JB., 1996, A Consumer's Guide to Evenness Indices. *Oikos*. 76(1),70-82.

Tavakoli, A. (2014). Determination of technical characteristics of rainwater harvesting systems for dryland almond cultivation. *Agricultural Engineering Research*, 14(2), 1–16. https://sid.ir/paper/27983/fa [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]

Tilman, D., Isbell, F., & Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning. Annual Review of Ecology, *Evolution and Systematics*, 45, 471–493. **doi:** 10.1146/annurev ecolsys 120213 091917

UNCCD. (2022). Global land outlook (2nd ed.). United Nations Convention to Combat Desertification.

Walker, B., & Salt, D. (2006). Resilience thinking: Sustaining ecosystems and people in a changing world. Washington, DC: Island Press.

Wang, X., Li, X., & Gong, J. (2011). Effects of water harvesting on vegetation restoration in arid regions. *Ecological Engineering*, 37(2), 246–253.

Zhao, Y., Li, Y., & Xie, Z. (2016). Vegetation restoration in arid environments under water harvesting practices. *Journal of Arid Land*, 8(3), 367–379.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-14]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.2.6.5]