Original Article, Vol. 9, No. 1, Spring, 2021, pp 67-80

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Determining Successful Methods of *Haloxylon Aphyllum* Iljin Planting in Desert and its Effect on Improving of Vegetation and Soil Characteristics (Case Study: Dosangi, Meybod)

A. Zare[1], H. Hakimzadeh[2]*, A. Karimian[2]

1. PhD Student Desert Control Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.
2. Associate professor, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: Hakim@yazd.ac.ir

Received date: 05/04/2020 **Accepted date: 28/05/2020**

doi 10.22034/JDMAL.2021.244521

Abstract

Haloxylon planting and developing artificial forests in arid lands is one of the important actions to combat desertification. In this research, tree planting (by *Haloxylon aphyllum* Iljin) in Dosangi Meybod in different methods including repairing, runoff control, pitting and planting in owed have been compared with control area. For this purpose, in each area, four 300 m transects were considered randomly - systematically, and 15 plots (10 m^2) were randomly collected on each transect. In each plot, vegetation characteristics including total vegetation percentage, density, canopy cover, freshness and depth of root and soil characteristics including moisture, permeability and soil carbon storage were measured. The Shapiro-Wilk test were used to test of normality of the collected data, and were analyzed using one-way analysis of variance and Duncan's test. According to the results of analysis of variance, the effect of planting with different methods on crown cover, density, freshness and deep rooting of Haloxylon shrubs and the percentage of vegetation is significant at 1% level. However, its effect on permeability and soil moisture in May is significant at 1% level and on carbon storage is significant at 5% level. Increase of vegetation cover by 5.1%, density of 249.7 number per hectare, Haloxylon cover of 3.7%, freshness class 1.5, soil moisture in spring 38.1% rooting more than 3 m and permeability 8.03 cm/h was related to the planting in dry river, which had a relative success in vegetation development in this region.

Keywords: Soil infiltration; Carbon sequestration; Runoff; Riperring; Ephemeral river; Soil moisture

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

مقاله پژوهشی، سال نهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۶۷ تا ۸۰

نشریه مدیریت بیابان

www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

شناسایی روش موفق کاشت تاغ (*Haloxylon aphyllum* Iljin) در مناطق بیابانی و تأثیر آن بر بهبود ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک در منطقهٔ دوسنگی میبد

علی زارع[۱]، محمدعلی حکیم زاده اردکانی[۲*]، علی اکبر کریمیان[۲]

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

۲. دانشیار، دانشکدهٔ منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسندهٔ مسئول: Hakim@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۸

doi 10.22034/JDMAL.2021.244521

چکیده

تاغ‌کاری و توسعه جنگل‌های دست کاشت در مناطق خشک یکی از کارهای اساسی برای مقابله با بیابان‌زایی است. در پژوهش حاضر روش‌های کاشت گونه سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* Iljin) از قبیل ریپینگ، هلالی‌آبگیر و حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها در محدودهٔ منطقهٔ بیابانی آسیاب دوسنگی میبد با شاهد مقایسه شد. به این منظور در هر محدوده چهار نوار (ترانسکت) ۳۰۰m به‌صورت تصادفی- نظام‌مند (سیستماتیک) در نظر گرفته شد و بر روی هر نوار ۱۵ قطعه (پلات) ۱۰m^2 به‌صورت تصادفی داده‌برداری شد. در هریک از قطعه‌ها ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل درصد پوشش گیاهی کل، تراکم، تاج پوشش، شادابی و عمق ریشه‌دوانی تاغ و ویژگی‌های خاک شامل رطوبت، نفوذپذیری و ذخیره کربن درخاک اندازه‌گیری و محاسبه شد. داده‌های جمع‌آوری شده از نظر نرمال بودن با آزمون Shapiro-Wilk بررسی و با استفاده از آزمون‌های تجزیه واریانس یک‌طرفه و دانکن تجزیه و تحلیل شد. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر تاغ‌کاری با روش‌های مختلف بر تاج پوشش، تراکم، شادابی و عمق ریشه‌دوانی درختچه تاغ و درصد پوشش گیاهی در سطح ۱٪ معنی‌دار است و تأثیر آن بر نفوذپذیری و رطوبت خاک در اردیبهشت ماه در سطح ۱٪ و ذخیره کربن در سطح ۵٪ معنی‌دار است. افزایش تاج پوشش گیاهی به مقدار ۵/۱٪، تراکم ۲۴۹/۷ اصله در هکتار، تاج پوشش تاغ ۳/۷٪، طبقه شادابی ۱/۵، رطوبت خاک در بهار ۳۸/۱٪ ریشه‌دوانی بیش از ۳m و نفوذپذیری ۸/۰۳cm/h مربوط به کاشت در خشکه‌رودها بوده که موفقیت نسبی در توسعه پوشش گیاهی منطقه داشته است.

واژگان کلیدی: نفوذپذیری خاک؛ ذخیره کربن؛ هلالی آبگیر؛ خشکه‌رود؛ رطوبت خاک؛ ریپینگ

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

■ مقدمه

استان یزد با ۱۳ کانون بحرانی فرسایش بادی به وسعت تقریبی ۵۳۲ هزار هکتار و ۱۴ منطقه تأثیرپذیر از فرسایش بادی به وسعت ۱۱۴۴۳۱۱هکتار به ترتیب از نظر وسعت کانون بحرانی در رتبه پنجم و از نظر وسعت مناطق تأثیرپذیر در رتبه سوم کشوری قرار دارد. شروع فعالیت‌های مقابله با بیابان در استان به سال ۱۳۴۹ بر می‌گردد. نتیجه این فعالیت‌ها ایجاد جنگل‌های دست کاشت بیابانی در سطحی بالغ بر ۴۲ هزار هکتار در دشت یزد- اردکان است (۳۲). جنگل‌های دست کاشت از جمله کارهایی است که در دهه‌های اخیر درراستای کاهش خسارت‌های توفان گرد و خاک و بیابان‌زدایی، در مناطق خشک صورت گرفته است. از جمله گیاهان مورد استفاده در بیابان‌زدایی، گونه‌های مختلف جنس تاغ است که به دلیل برخورداری از شرایط مناسب ساختاری و سامانهٔ ریشه‌ای مناسب، قادر به استفاده از منابع آب زیرزمینی است (۱۰). بزرگ‌ترین محدودیت موجود در مسیر رشد و نمو پوشش گیاهی و توسعه‌ی جنگل‌های دست کاشت در مناطق خشک و نیمه خشک، محدودیت دسترسی به آب است در این مناطق بارندگی، کافی نیست و از توزیع مناسبی برخوردار نمی‌باشد (۱۳).

عکس‌العمل اجزای زی‌توده، نسبت شاخه به ریشه، حجم تاج پوشش گیاه تاغ و در پایان نیاز آبی آن، در شرایط طبیعی با استفاده از لایسیمترهای وزنی و زهکش‌دار و در سه تیمار رطوبتی شامل ۱۰۰، ۳۵ و ۱۵٪ ظرفیت زراعی در طول مدت سه سال و در شرایط اقلیمی فراخشک سرد در محدودهٔ شهر یزد و محاسبهٔ مقدار تولید به ازای مصرف هر واحد آب نشان داد که هر اصله درخت بالغ سیاه تاغ برای رشد مطلوب به طور میانگین سالانه نیاز به ۲/۴ m^3 آب دارد (۲۶). نتایج بررسی در تاغزارهای کشور ترکمنستان با بارندگی متوسط سالانه حدود ۱۹۵ mm نشان می‌دهد کـه جنگـل‌هـای تاغ موجود، بخش قـابل توجهی (حدود۳۰٪) از نیـازهـای آبی خود را از منابع زیرزمینی تامین می‌کنند (۲۵). لذا تاغزارهای دست‌کاشت در مناطقی از رشد مناسبی برخوردارند که حداقل بارندگی آنها ۱۲۰mm در سال باشند و بتوانند کمبود آن را از سفره‌های آب زیرزمینی برداشت کنند (۳۲).

یکی دیگر از عوامل ایجاد محدودیت در استقرار و رشد گیاه در مناطق خشک وجود سخت لایه[1] زیرین خاک است. این لایه، از گسترش و نفوذ ریشهٔ گیاه جلوگیری و امکان جذب رطوبت از اعماق پایین را با مشکل مواجه می‌سازد. ریپینگ توام با نهال‌کاری بر ویژگی‌های پوشش گیاهی مؤثر بوده به‌طوری‌که بیشترین زنده‌مانی قره داغ (*Nitraria schoberi* L.) ٪۹۴، رشد ارتفاعی ۴۰/۷cm، قطر تاج پوشش ۵۱۱m و تولید علوفه هر بوته ۱۴۱۳/۳ gr تحت تیمار ریپینگ[2] بوده است. همچنین تیمار ریپینگ بر روی تمام ویژگی‌های گیاه قیچ (*Zygophyllum eichwaldii* L.) مؤثر بوده و بیشترین زنده‌مانی ۸۴٪، رشد ارتفاع ۴۰/۴cm، قطر تاج پوشش ۷۰/۴cm و تولید علوفه هر بوته ۲۸۷gr حاصل شده است (۱). علاوه‌بر این عمق نفوذ رطوبت خاک پس از ریپرزدن خاک، از ۲/۵cm به ۹۱cm افزایش پیدا کرد (۱۸).

برای بیشتر کردن مقدار موفقیت طرح های اصلاحی و احیایی و استقرار پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌توان از تکنیک‌های ذخیره نزولات جوی استفاده کرد (۳، ۱۵). ذخیره نزولات آسمانی با هدف اصلی جمع‌آوری رواناب دریک مکان در مناطق با بارندگی کمتر از ۳۰۰mm، در راستای کمک به استقرار گیاهان اجرا می‌شود (۱۷). روش‌های ذخیره و حفاظت آب شامل پروژه‌های بندسار، بندخاکی، بندسنگی ملاتی، پیتینگ[3]، گوراب، تورکینست[4]، پخش سیلاب، کنتورفارو[5]، میکرو کچمنت‌ها[6] و هلالی‌های آبگیر[7] است. افزایش پوشش گیاهی ناشی از جمع‌آوری رواناب را به‌ترتیب در بانکت[8]، کنتور فارو، ریپینگ و پیتینگ با میزان ۷۹/۷، ۷۵، ۷۲/۷ و ۶۵٪ گزارش شده که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب مقدار پوشش‌گیاهی ۱/۸، ۱/۷، ۱/۶ و ۱/۵ برابر بیشتر شده است. در مقایسه بین مقدار رطوبت خاک تیمارهای

1 Hard Pan
2 Riperring
3 Pitting
4Turkeynest
5Contour Furrowing
6 Micro-catchment
7 Instance
8 Contour Trenching

مختلف به‌ترتیب کنتور فارو، بانکت، ریپینگ و پیتینگ با میانگین ۱۱/۵۶، ۱۱/۱، ۱۰/۵۳ و ۱۰/۰۳٪ اولویت‌های یک تا چهار را به خود اختصاص داده و تیمار شاهد با مقدار رطوبت ۷/۰۵٪کمترین مقدار رطوبت خاک را دارد (۱۹). ایجاد هلالی‌ها در مراتع نارون سیستان و بلوچستان باعث افزایش تنوع گیاهان در منطقه شده بطوری‌که کلیه شاخص‌های تنوع در منطقه اصلاحی با شاهد تفاوت معنی‌دار دارد. همچنین باعث شده پوشش گیاهی به طور یکنواخت درمنطقه وجود داشته باشد (۷). در زیر حوضه بختگان نیز با توجه به شرایط بوم‌شناختی (اکولوژیک) منطقه به منظور بهره‌برداری بهینه از آبهای سطحی و جلوگیری از هدر رفت آب، عملیات احداث هلالی‌آبگیر انجام شد و نتایج حاکی از بهبود وضعیت کمی و کیفی پوشش گیاهی منطقه بود (۱۳). ذخیره نزولات آسمانی در مراتع بلبل استان یزد موجب افزایش درصد پوشش گیاهی و تراکم آن در منطقه طرح شده و اختلاف آن با شاهد معنی‌دار شده است (۱۶).

اجرای اقدام اصلاحی فارو در ناحیه ایوانکی سمنان منجر به افزایش ۳۲٪ و ۳۷٪ به‌ترتیب در ذخیره کربن و ازت کل بوم‌نظام شده است. انجام اقدامات اصلاحی در مناطق مناسب و مدیریت شده اثر قابل توجهی در افزایش توان ترسیب کربن[1] اکوسیستم‌ها خواهد داشت، ولی اجرای پروژه‌های کارشناسی نشده با وجود صرف هزینه، اثری در افزایش مقدار کربن و ازت کل بوم‌نظام‌ها نخواهد داشت (۱۵).

ایجاد جنگل‌های دست کاشت تاغ در مناطق خشک طی دهه‌های اخیر یکی از برنامه‌های اصلی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در راستای مقابله با بیابان‌زایی بوده است. آماده‌سازی بستر، تهیه نهال، کاشت و مراقبت و آبیاری آن بسیار هزینه‌بر است و به همین دلیل ارزیابی مقدار موفقیت و تأثیرگذاری آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تاکنون بارها مشاهده شده که پس از کاشت نهال در نواحی بیابانی موفقیت قابل قبولی به‌دلیل عدم لحاظ محدودیت‌های خاکی و اقلیمی و بی‌توجهی به توان بوم‌شناختی منطقه، حاصل نشده و چه بسا در مواردی به شکست منتهی شده است. بنابراین نیاز به انجام پژوهش‌هایی در این زمینه برای تعیین مقدار موفقیت و شناسایی نقاط قوت و ضعف آن‌ها و انتخاب مناسب‌ترین روش کاشت تاغ، ضروری است. هدف پژوهش حاضر ارزیابی روش‌های مختلف تاغ‌کاری، بررسی مقدار موفقیت و مقایسه عملکرد آنها در زمینه درصد پوشش گیاهی، تراکم، شادابی و ریشه‌دوانی تاغ و نیز نفوذپذیری، رطوبت و ذخیره کربن خاک است، همچنین شناسایی شیوه اجرایی موفق در راستای تقویت پوشش گیاهی با لحاظ توان اکولوژیک منطقه از دیگر اهداف پژوهش حاضر است.

■ مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

محدودهٔ آسیاب دوسنگی میبد در فاصله ۸ km شهر میبد در محدودهٔ طول جغرافیایی "۵۷ '۵۷ °۵۳ و "۴ '۰۰ °۵۴ و عرض جغرافیایی "۲۶ '۹ °۳۲ و "۳۱ '۵ °۳۲ واقع شده است (شکل۱). این منطقه جزء محدودهٔ کانون‌های بحرانی فرسایش بادی میبد-اشکذر بوده و متوسط بارندگی سالیانه در حدود ۶۴mm است. قسمت اعظم محدوده مطالعاتی را رسوبات متوسط تا ریز دانه سنگریزه‌دار تشکیل می‌دهد که در سطح رویی آنها به دلیل فرسایش مواد ریز دانه توسط آب و باد، یک لایه سنگریزه متوسط تا ریز دانه با قطر کمتر از ۱cm تشکیل شده است (شکل ۲-الف).

سیاه‌تاغ گونه‌ای فراتوفیت از خانوادهٔ اسفناجیان (Chenopodiaceae) است که با دارا بودن سه ویژگی اصلی خشکی‌پسندی[2]، شورپسندی[3] و شن‌دوستی[4]، سازگارترین گونه بین گیاهان مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی قلمداد می‌گردد. سیاه‌تاغ دارای تنه نسبتا قطور و دارای شاخه‌های باریک، خمیده، آویزان و گوشتی است که ترک‌خورده به‌نظر می‌آید و به رنگ خاکستری روشن تا قهوه‌ای در می‌آید. برگ‌های کوتاه به‌صورت فلس‌هایی ظاهر می‌شود و فلس‌ها در بندهای شاخه کمی مثلثی

1 Carbon sequestration

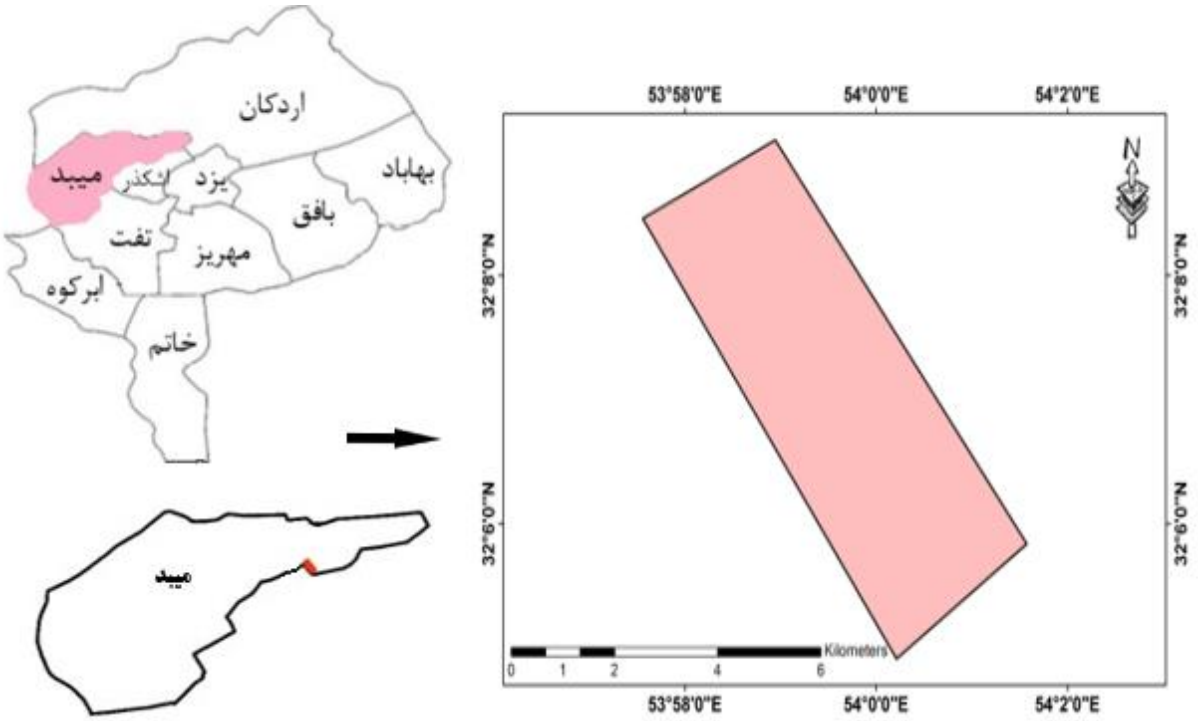
2 Xerophytic
3 Halophytic
4 Psamophytic

شکل است و در انتها چسبیده هستند. پوست درخت خاکستری تیره است (۵).

هلالی آبگیر سازه‌ی آبی- خاکی است به شکل هلالی نزدیک به نیم دایره با پشته‌هایی به ضخامت کمتر از یک متر که معمولا با تراکتور ایجاد می‌شوند و از جمله تجارب موفق در بیابان‌زدایی کشور است (۳۰). ریپینگ عبارت است از شکستن و متلاشی کردن سخت‌لایه‌های فشرده شده و نفوذ ناپذیر خاک در مناطق بیابانی که از نفـوذ آب و توسعه ریشه گیاهان جلوگیری می‌کنند (۱). حفر چاله و کاشت نهال تاغ صرفا در مسیل‌ها و خشکه‌رودها در انتهای دشت‌سر پخش آب با شیب کمتر از ۲٪ در منطقه آسیاب دوسنگی میبد در دهه هشتاد اجرا شده که در پژوهش حاضر با نام کاشت نهال در خشکه‌رود نام برده شده است.

در منطقه مورد مطالعه اجرای عملیات تاغ‌کاری بر روی دشت‌سر پخش آب انجام شده است (جدول۱). آبیاری تاغ‌های کاشت شده در سال اول ۶ مرتبه و در سال‌های دوم و سوم هر کدام سه مرتبه صورت گرفته و پس از پایان سال سوم و ۱۲ مرتبه آبیاری رها شده‌اند. تاغ‌کاری‌های صورت گرفته با گونهٔ سیاه‌تاغ (*Haloxylon aphyllum* Iljin) انجام، و به جنگل‌کاری‌های مناطق خشک معروف است.

در منطقه مورد مطالعه در دهه‌های هفتاد و هشتاد، تاغ‌کاری با چهار روش به شرح جدول ۱ اجرا شده است.



شکل۱. محدوده مورد مطالعاتی آسیاب دوسنگی میبد

جدول ۱. اطلاعات کلی منطقه آسیاب دوسنگی

محدوده مطالعاتی	سطح	سال اجرا	بارندگی mm	بافت خاک	PH	درصد سنگریزه	*پوشش گیاهی
شاهد	۱۰۰	-	۶۴	SCL	۷/۵	۲۶	۰/۴۳۵
ریپینگ	۹۰۰	۱۳۷۵	۶۴	SCL	۷/۵	۲۶	۰/۴۳۵
هلالی آبگیر	۳۵۰	۱۳۸۰	۶۴	SCL	۷/۵	۲۶	/۴۳۵
کاشت در اوئد	۷۰۰	۱۳۸۵	۶۴	SL	۷/۵	۳۵	۰/۴۳۵

*درصد پوشش گیاهی مربوط به قبل از اجرای طرح است

اندازه‌گیری پوشش گیاهی

برای آماربرداری از ویژگی‌های پوشش گیاهی شامل: درصد پوشش گیاهی منطقه، تراکم، تاج پوشش و شادابی تاغ از روش نوار (ترانسکت)- قطعه (پلات) در چهار محدوده شاهد، هلالی‌آبگیر، ریپینگ و کاشت در خشکه‌رودها استفاده شد. تعداد قطعه با روش آماربرداری ۶۰ نمونه برای هریک از محدوده‌ها به‌دست آمد. طول نوارها بر اساس شرایط منطقه کاشت و وسعت آن ۳۰۰m تعیین شد اولین نوار به صورت تصادفی و بقیه به موازات آن مستقر شدند در هر محدوده ۴ نوار مستقر و آماربرداری به صورت تصادفی- نظام‌مند، انجام شد. سطح قطعه‌ها با عنایت به پوشش درختچه‌ای منطقه $10m^2$ منظور شد (۲۰ و ۲۳). در مجموع برای هر محدوده ۴ نوار و۶۰ قطعه و برای چهار محدوده منطقه دوسنگی ۱۶ نوار و ۲۴۰ قطعه لحاظ شد. در هریک از قطعه‌ها پس از شناسایی گونه‌های گیاهی و شمارش پایه‌ها، درصد تاج پوشش گونه‌های موجود در قطعه اندازه‌گیری، و بر اساس داده‌های بدست آمده شاخص‌های مورد نظر محاسبه شد (جدول۲). برای بررسی شادابی درختچه‌های تاغ رصد شده در قطعه‌ها، از دستورالعمل طرح مدیریت جنگل‌های دست کاشت بیابانی استفاده شد (۲۱). در پژوهش حاضر برای محدوده شاهد با توجه به اینکه تاغ نبوده در محاسبات کلاس ۴ منظور شد. برای اندازه‌گیری عمق ریشه‌دوانی تاغ از روش حفر ترانشه و مشاهده نیمرخ خاک اقدام شد در طول نوار دو پایه‌ی تاغ و در مجموع برای هر محدوده ۸ درختچه انتخاب و نسبت به حفر ترانشه و اندازه‌گیری عمق ریشه اقدام شد (شکل۲ ب).

اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک

در پژوهش حاضر در هر محدودهٔ یک پروفیل خاک حفر و تشریح شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک در فصل‌های مختلف، نفوذپذیری و ذخیره کربن خاک در محدوده‌های شاهد، هلالی آبگیر، ریپینگ و کاشت در خشکه‌رودها انجام شد. در طول هر نوار دو نقطه به‌صورت تصادفی انتخاب و نسبت به برداشت نمونه خاک در عمق ۳۰-۰cm، اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک با روش استوانهٔ مضاعف و درصد رطوبت خاک از روش TDR اقدام شد (۲۹). در مجموع در هر محدوده و کل منطقه به ترتیب ۸ و ۳۲ مورد اندازه‌گیری نفوذ آب و رطوبت خاک برای هر فصل و برای سه فصل بترتیب ۲۴ و ۹۶ مورد اندازه‌گیری شد. برای برآورد ذخیره کربن در خاک در هر محدوده و کل منطقه به‌ترتیب ۸ و ۳۲ نمونه خاک برداشت شد. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل، در هوای آزاد خشک و بعد از الک ۲ میلیمتر عبور داده شدند، برای تعیین کربن آلی، از روش والکلی و بلاک و بر پایه اکسیداسیون تر توسط دیکرومات پتاسیم و تیتراسیون دیکرومات باقیمانده با فروسولفات آهن انجام شد. در این روش مقدار کربن آلی برحسب درصد کربن آلی بدست می‌آید. مقدار ذخیره کربن خاک بر حسب تن در هکتار بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد (۲۲):

$$Cs = 100 \times OC\ (\%) \times Bd \times e \qquad (1)$$

در رابطه(۱) فاکتورها عبارتند از: Cs کربن آلی بر حسب ton/ha و OC درصد کربن آلی و Bd وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب g/Cm^3 و e عمق نمونه برداری بر حسب m

جرم مخصوص ظاهری از روش کلوخه اندازه‌گیری شد (۸). در پیمان کیوتو در ارتباط با کنترل انتشار کربن، مقدار کربن خاک در عمق ۳۰ سانتیمتری به‌عنوان استاندارد انتخاب شد (۲۲). اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک بر اساس استانداردهای بین‌المللی و استاندارد آمریکا صورت گرفت (۲). برای محاسبه مقدار نفوذ آب در خاک از مدل کوستیاکف استفاده شد (۲۴) که به صورت رابطه (۲) ارائه شده است.

$$I(t)=at^b \qquad (2)$$

که در آن: I نفوذ تجمعی، t زمان و a و b ضرایب متفاوتی برای خاک‌های مختلف است. برای اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک با روش استوانه‌ی مضاعف، اقدام به اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک در زمان‌های ۲، ۴، ۶، ۱۱، ۱۶، ۲۱، ۳۱، ۴۱، ۵۱، ۶۶ و ۸۰ دقیقه بر سانتیمتر شد (شکل۲ ج).

پس از جمع‌آوری داده‌های پوشش گیاهی و خاک، شاخص‌های گیاهی و خاک محاسبه شد (جدول ۲). از آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تجزیه واریانس یک طرفه و آزمون دانکن استفاده شد (۶).

■ نتایج

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر تاغ‌کاری با روش‌های ریپینگ، هلالی‌آبگیر و حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها بر درصد پوشش گیاهان و تاج پوشش، تراکم، شادابی و عمق ریشه‌دوانی درختچه تاغ در سطح ۱٪ معنی‌دار است (جدول۳). میانگین درصد پوشش گیاهی در منطقه دوسنگی در محدوده‌های شاهد، حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ، هلالی‌آبگیر و ایجاد هلالی بترتیب ۰/۴۳۵، ۵/۵۹، ۱/۸۴ و ۴/۲۱٪ محاسبه شد و از نظر آماری تفاوت بین آنها معنی‌دار شد (سطح۱٪). درصد پوشش گیاهی عملیات حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها، هلالی آبگیر و ریپینگ به‌ترتیب ۵/۱۵، ۳/۱۶ و ۱/۴٪ نسبت به محدوده شاهد افزایش یافته است. تفاوت بین میانگین درصد پوشش گیاهی هر چهار محدوده معنی‌دار است (جدول۴). میانگین درصد تاج پوشش تاغ با آزمون دانکن در محدوده‌های شاهد، حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ و احداث هلالی به‌ترتیب صفر، ۳/۷۲، ۱/۳۵ و ۲٪/۹۲ محاسبه شد. تفاوت بین میانگین تاج پوشش تاغ در هر چهار محدوده معنی‌دار است (جدول۴).

شکل۲. تصاویر وضعیت عرصه مورد مطالعه (الف)، حفر نیم‌رخ واندازه‌گیری عمق ریشه‌دوانی تاغ (ب) و اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک (ج)

جدول ۲. شاخص‌های مورد بررسی پوشش گیاهی و خاک در منطقه دوسنگی

شاخص‌های پوشش گیاهی	درصد پوشش گیاهی	درصد تاج پوشش تاغ	تراکم تاغ	شادابی تاغ	عمق ریشه‌دوانی تاغ (CM)
شاخص‌های خاک	درصدرطوبت اردیبهشت	درصد رطوبت مرداد	درصد رطوبت آبان	نفوذپذیری خاک	ذخیره کربن در خاک

جدول۳. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های پوشش گیاهی در چهار محدوده آسیاب دوسنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات/ معنا دار بودن				
		درصد کل پوشش گیاهی	درصد تاج پوشش تاغ	تراکم تاغ	شادابی تاغ	عمق ریشه‌دوانی تاغ
عملیات	۳	۱۰/۴۳۹**	۱۰/۹۹۵**	۴۴۶۲۵**	۴/۶۶**	۶۱۱۲۰**
خطا	۱۵	۰/۷۶۱	۰/۷۰۸	۴۶۹۷	۰/۱۴۹	۴۰/۶۲

**معنی‌داری در سطح ۱٪

میانگین تراکم درختچه تاغ در محدوده‌های شاهد، حفر چاله وکاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ و احداث هلالی به‌ترتیب صفر، ۲۴۹/۷۵، ۱۰۰، ۱۶۶/۵ پایه در هکتار محاسبه شد. اختلاف تراکم تاغ در محدوده اوئد با هلالی‌آبگیر معنی‌دار نبوده درصورتیکه اختلاف آن با دو محدوده ریپینگ و شاهد معنی‌دار است. افزایش تراکم تاغ در هلالی بیشتر از محدوده ریپینگ و شاهد بوده و تفاوت آن با شاهد معنی‌دار ولی با ریپینگ معنی‌دار نشد. افزایش تراکم در محدوده ریپینگ بیشتر از شاهد ولی اختلاف آن معنی‌دار نشد (جدول۴). میانگین شادابی درختچه تاغ در محدوده‌های شاهد، حفر چاله و کشت در اوئد، ریپینگ و احداث هلالی به ترتیب ۴، ۱/۵۵، ۲/۶۲۵ و ۱/۹۲۵ محاسبه شد. در مقایسه مقدار افزایش شادابی در محدوده کاشت در خشکه‌رودها با هلالی‌آبگیر، اختلاف معنی‌دار نبوده در صورتیکه در مقایسه با دو محدوده ریپینگ و شاهد معنی‌دار است. افزایش شادابی در هلالی بیشتر از محدوده ریپینگ و شاهد بوده و اختلاف آن با شاهد و ریپینگ معنی‌دار است (جدول۴). میانگین عمق ریشه‌دوانی درختچه تاغ در محدوده‌های شاهد، کاشت در خشکه‌رود، ریپینگ و احداث هلالی به ترتیب صفر، ۳۰۰، ۷۴/۷۵ و ۱۳۴/۲۵cmمحاسبه شد. تفاوت بین میانگین عمق ریشه‌دوانی گیاه در هر چهار محدوده معنی‌دار است (جدول۴).

جدول۴. مقادیر میانگین و اشتباه از معیار ویژگی‌های پوشش گیاهی دوسنگی

پارامتر	محدوده مطالعاتی	میانگین	انحراف معیار	اشتباه از معیار	معنی‌داری
درصد پوشش گیاهی	شاهد	۰/۴۳۵ d	۰/۱۷۵	۰/۸۷	**
	کشت در اوئد	۵/۵۹ a	۱/۳۷	۰/۶۸	
	ریپینگ	۱/۸۴ c	۰/۸۳	۰/۴۱	
	هلالی‌آبگیر	۴/۲ b	۰/۶۶	۰/۳۳	
درصد تاج پوشش تاغ	شاهد	۰ c	۰	۰	**
	کشت در اوئد	۳/۷۲۵ a	۱/۳۲	۰/۶۶	
	ریپر بر روی کازه‌ها	۱/۳۵۲b	۰/۷۸	۰/۳۹	
	هلالی‌آبگیر	۲/۹۲۲ a	۰/۶۷	۰/۳۳	
تراکم تاغ(اصله در هکتار)	شاهد	۰c	۰	۰	**
	کشت در اوئد	۲۴۹/۷۵a	۶۳/۶۲	۳۱/۸۱	
	ریپینگ	۱۰۰bc	۸۵/۹۸	۴۲/۹۹	
	هلالی‌آبگیر	۱۶۶/۵ab	۸۵/۷۲	۴۲/۸۶	
	شاهد	۴a	۰	۰	
شادابی تاغ	کشت در اوئد	۱/۵۵c	۰/۴۲	۰/۲۱	**
	ریپینگ	۲/۶۲b	۰/۴۷	۰/۲۳	
	هلالی‌آبگیر	۱/۹۲ c	۰/۴۳	۰/۲۱	
	شاهد	۰a	۰	۰	
عمق ریشه دوانی تاغ (cm)	کشت در اوئد	۳۰۰c	۰	۰	**
	ریپینگ	۷۴/۷۵b	۴/۵	۲/۲۵	
	هلالی‌آبگیر	۱۳۴/۲۵ c	۱۱/۹۲	۵/۹۶	

**معنی‌داری در سطح۱٪ - میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنادار ندارند

در تشریح نیم‌رخ خاک مشخص شد که در محدوده‌های ریپینگ، احداث هلالی و شاهد تا عمق ۳۰cm خاک، ساختمان بلوکی متوسط دارند و پایداری آن در حالت خشک نرم و در حالت خیس چسبنده و بافت خاک لومی- رسی- شنی است. در عمق۳۰ تا ۱۰۰cm، خاک بدون ساختمان بوده و پایداری آن در حالت خشک به‌شدت سخت است. بافت خاک در این افق رسی- سیلتی است. تشریح پروفیل خاک در محدوده خشکه‌رودها نشان داد تا عمق ۳۰cmخاک، پایداری خاک در حالت خشک نرم و در حالت خیس، کمی چسبنده و شکل‌پذیر است مقدار سنگریزه سطح خاک ۳۵٪ بوده و بافت خاک لومی- شنی است. در عمق ۳۰ تا ۱۰۰cm، خاک بدون ساختمان بوده و پایداری آن در حالت خشک نسبتا سخت و حدود ۳۰٪ سنگریزه دارد.

طبق نتایج حاصل ازتجزیه واریانس تأثیر تاغ‌کاری به روش‌های ریپینگ، هلالی‌آبگیر وحفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها بر رطوبت خاک در اردیبهشت ماه و نفوذپذیری خاک در سطح ۱٪، ذخیره کربن در خاک در سطح ۵٪ معنی‌دار است روش‌های فوق تأثیری بر رطوبت خاک در مرداد و آبان نداشته و اختلاف آنها معنی‌دار نشد (جدول۵).

میانگین ذخیره کربن درخاک در محدوده‌های شاهد، کاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ و هلالی به ترتیب۳/۶۴، ۹/۱۶، ۸/۱۵ و ton/ha ۸/۵۹ است. آزمون دانکن نشان داد میانگین ذخیره کربن در خاک در روش‌های مختلف تاغ‌کاری، علیرغم افزایش ذخیره کربن در اوئد اختلاف بین آنها معنی‌دار نیست (جدول۶).

میانگین درصد رطوبت خاک در محدوده شاهد، کاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ و احداث هلالی به‌ترتیب در اردیبهشت ماه ۲۶/۲۵، ۳۸/۱، ۳۰ و ۳۷٪ و در مرداد ماه ۸/۷۵، ۹/۵، ۸/۷۵ و ۹٪ و در آبانماه ۱۱/۲۵، ۱۱/۵، ۱۲/۵، و ۱۱/۲۵٪ است. تفاوت میانگین درصد رطوبت خاک در اردیبهشت در محدوده‌های کاشت در خشکه‌رودها و هلالی معنی‌دار نبوده ولی اختلاف این دو با محدوده‌های ریپینگ و شاهد معنی‌دار است. افزایش رطوبت خاک در محدوده ریپینگ نسبت به شاهد معنی‌دار نشد (جدول۶). آزمون دانکن نشان داد درصد رطوبت خاک در مرداد و آبانماه بین روش‌های مختلف تاغ‌کاری و شاهد معنی‌دار نیست.

میانگین نفوذ آب درخاک در منطقه دوسنگی در محدوده شاهد، کاشت در خشکه‌رودها، ریپینگ و احداث هلالی به‌ترتیب ۳/۵۶، ۸/۰۳، ۴/۱۸ و ۳/۵۵cm/h است. آزمون دانکن نشان داد بیشترین مقدار نفوذپذیری مربوط به محدوده کاشت در خشکه‌رودها بوده که اختلاف آن با سایر روش‌ها و شاهد معنی‌دار است. اختلاف بین مقدار نفوذ آب در خاک در محدوده‌های ریپینگ، هلالی‌آبگیر و شاهد معنی‌دار نیست (جدول۶). بر اساس طبقه‌بندی نفوذپذیری سطحی خاک محدوده کاشت در خشکه‌رودها در طبقه کمی سریع و سایر محدوده‌ها در طبقه متوسط قرار می‌گیرد (۲۷).

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های خاک درچهار محدودهٔ آسیاب دوسنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات/ معنا دار بودن				
		رطوبت خاک اردیبهشت	رطوبت خاک مرداد	رطوبت خاک آبان	نفوذپذیری خاک	ذخیره کربن در خاک
عملیات	۳	۱۲۸/۹۷**	۰/۵ns	۰/۸۹ns	۱۸/۵۶**	۲۴/۷۹*
خطا	۱۵	۱/۸	۳/۲	۱/۶	۰/۲۳	۲/۴۹

*،**،ns به ترتیب معنی‌داری در سطح۵٪ در سطح ۱٪، عدم وجود تفاوت معنی‌دار

جدول۶. مقدارهای میانگین و اشتباه از معیار ویژگی‌های خاک دوسنگی

پارامتر	محدوده مطالعاتی	میانگین	انحراف معیار	اشتباه از معیار	معنی‌داری
درصد رطوبت خاک در اردیبهشت	شاهد	۲۶/۲۵b	۲/۹۸	۱/۴۹	**
	کشت در اوئد	۳۸/۱۲a	۱/۳۱	۰/۶۵	
	ریپینگ	۳۰b	۱/۸۲	۰/۹۱	
	هلالی‌آبگیر	۳۷a	۴/۳۲	۲/۱۶	
درصد رطوبت خاک درمرداد	شاهد	۸/۷۵a	۱/۷	۰/۸۵	ns
	کشت در اوئد	۹/۵a	۱/۷۳	۰/۸۶	
	ریپینگ	۸/۷۵a	۲/۲۱	۱/۱	
	هلالی‌آبگیر	۹a	۱/۴۱	۰/۷	
درصد رطوبت خاک در آبان	شاهد	۱۱/۲۵a	۱/۷	۰/۸۵	ns
	کشت در اوئد	۱۱/۵a	۱/۲۹	۰/۶۴	
	ریپینگ	۱۲/۲۵a	۰/۹۵	۰/۴۷	
	هلالی‌آبگیر	۱۱/۲۵a	۰/۹۵	۰/۴۷	
نفوذپذیری خاک	شاهد	۳/۵۶b	۰/۳۸	۰/۱۹	**
	کشت در اوئد	۸/۰۳a	۰/۱۳	۰/۰۶	
	ریپینگ	۴/۱۸b	۰/۸۴	۰/۴۲	
	هلالی‌آبگیر	۳/۵۵b	۰/۲۵	۰/۱۳	
ذخیره کربن در خاک	شاهد	۳/۶۴b	۰/۱۸	۰/۹۱	*
	کشت در اوئد	۹/۱۶a	۳/۰۹	۱/۵۴	
	ریپینگ	۷/۵۴a	۰/۱۸	۰/۹۱	
	هلالی‌آبگیر	۸/۵۹a	۰/۵۸	۰/۲۹	

*،**،ns به ترتیب معنی‌داری در سطح۵٪ در سطح ۱٪، عدم وجود تفاوت معنی‌دار – میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنادار ندارند

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج فوق نشان داد که بیشترین افزایش پوشش گیاهی (۵/۱۵٪)، ریشه‌دوانی (بیش از ۳m) و نفوذپذیری (۸/۰۳cm/h) مربوط به نهال‌کاری درخشکه‌رودها بوده که اختلاف آن با دیگر روش‌ها و شاهد در سطح ۱٪معنی‌دار است همچنین بیشترین تراکم تاغ (۲۴۹/۷۵ اصله در هکتار)، تاج پوشش تاغ (۳/۷۲٪)، شادابی (۱/۵۵)، رطوبت خاک در بهار (۱۲٪/۳۸) نیز مربوط به نهال‌کاری در خشکه‌رودها بوده که اختلاف آن با روش هلالی‌آبگیر معنی‌دار نیست. بیشترین ذخیرهٔ کربن در خاک (ton/ha ۹/۱۶) در خشکه‌رودها بوده و اختلاف آن با شاهد معنی‌دار است و علیرغم افزایش نسبی، اختلاف آن با دیگر روش‌ها معنی‌دار نیست. هر اصله درخت بالغ سیاه تاغ برای رشد مطلوب به طور میانگین سالانه ۲/۴ m^3 آب نیاز دارد (۲۶) در مناطقی که بارندگی سالانه آن ۱۲۰mm باشد تاغزارهای دست‌کاشت از رشد مناسبی

برخوردارند (۳۱). میانگین بارندگی منطقه دوسنگی میبد ۶۴mm است که با عنایت به پژوهش‌های قبلی، نمی‌تواند نیاز آبی تاغ‌های کاشت شده را تامین نماید. درختچه‌های تاغ کمبود نیاز آبی حاصل از بارندگی را با توسعه ریشه‌ای از آب‌های زیرزمینی تامین می‌کنند (۲۵، ۳۱). عمده محدودیت توسعه ریشه در اعماق و استفاده از آب‌های زیرزمینی وجود سخت لایه زیرین خاک است. این لایه از گسترش و نفوذ ریشه‌ی گیاه جلوگیری و امکان جذب رطوبت از اعماق پایین را با مشکل مواجه می‌سازد (۱). در خشکه‌رودها بدلیل جریان آب، سخت‌لایه زیرین که در سایر محدوده‌ها از عمق ۳۰cm خاک شروع شده، از بین رفته و نفوذپذیری خاک بهبود یافته است (۸/۰۳cm/h) لذا امکان ریشه‌دوانی تاغ دراعماق خاک و استفاده از آب‌های زیرزمینی میسر شده که موجب موفقیت نسبی روش کاشت در خشکه‌رودها نسبت به دیگر روش‌ها شده است. بعد از کاشت در خشکه‌رودها موفق‌ترین روش هلالی‌آبگیر بر روی آبراهه‌های درجه یک است و افزایش پوشش گیاهی آن ۳/۱۶٪ است که اختلاف آن با سایر روش‌ها و شاهد معنی‌دار است. در این روش تاج پوشش تاغ به‌مقدار ۲/۹۲٪، شادابی تاغ با کلاس۱/۹۲، ریشه‌دوانی تاغ ۱۳۴/۲۵cm و رطوبت خاک در بهار ۳۷٪ محاسبه شد که اختلاف آن با روش ریپینگ و شاهد معنی‌دار بوده و نسبت به کاشت در خشکه‌رودها معنی‌دار نیست. تراکم تاغ در روش هلالی‌آبگیر ۱۶۶/۵ اصله در هکتار محاسبه که ۶۶/۵ اصله در هکتار بیشتر از روش ریپینگ بوده که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار بوده و علیرغم موفقیت نسبی اختلاف آن با ریپینگ و کاشت در خشکه‌رودها معنی‌دار نیست. ذخیره کربن در خاک در محدوده هلالی ۸/۵۹ ton/ha است که اختلاف آن با شاهد معنی‌دار و با سایر روش‌ها معنی‌دار نیست اجرای هلالی‌های آبگیر موجب افزایش رطوبت خاک شده و رطوبت خاک روی ساختار و ترکیب جوامع گیاهی بسیار مؤثر است. آب قابل دسترس یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر ساختار و عملکرد اکوسیستم است، به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک که فعالیت‌های بیوفیزیکی، ارتباط تنگاتنگی با آب قابل دسترس دارد (۳۰). اجرای سامانه‌های ذخیرهٔ نزولات آسمانی در منطقه هریشت اردکان باعث افزایش حدود ۱/۵ برابر رطوبت خاک نسبت به منطقه شاهد شده و به دنبال آن موجب افزایش درصد پوشش و تولید گیاهان مرتعی شده است. افزایش درصد پوشش گیاهی و تولید علوفه در روش چاله‌های هلالی به‌طور معنی‌داری (سطح۱٪) بیشتر از فارو است (۲۸). نتایج پژوهش دیگر محققان نیز نشان داده است که با استفاده از روش‌های ذخیره نزولات در مراتع بیابانی، مقدار نفوذ آب در خاک بیشتر شده و ویژگی‌های پوشش گیاهی توسعه یافته‌اند (۱۶، ۱۷، ۱۹). نفوذپذیری خاک در روش هلالی ۳/۵۵ cm/h است که در طبقه متوسط قرار می‌گیرد (۲۷). اجرای پروژه هلالی موجب کاهش نفوذپذیری خاک در منطقه شده که اختلاف آن با کاشت در خشکه‌رودها معنی‌دار و با محدوده‌های ریپینگ و شاهد معنی‌دار نیست. مطالعهٔ زارع مهرجردی (۳۳) نیز نشان داد مقدار نفوذپذیری آب در منطقهٔ عملیات اصلاحی در سال دوم نسبت به سال اول کمتر شده که مهمترین علت کاهش نفوذپذیری بدلیل تجمع رسوبات در سطح خاک است.

همچنین نتایج فوق نشان داد که کمترین افزایش پوشش‌گیاهی (۱٪/۸۴)، ریشه‌دوانی (۷۴/۷۵cm) تاج‌پوشش تاغ (۱/۳۵٪)، تراکم تاغ (۱۰۰ اصله در هکتار) و شادابی (۲/۶۲) مربوط به محدوده ریپینگ است. ریپینگ در منطقه موجب از بین بردن قسمتی از سخت لایه حداکثر تا عمق ۸۰cm سطح خاک شده است. لذا محدود شدن عمق و وسعت ریشه‌دوانی تاغ و عدم امکان استفاده از آبهای زیرزمینی و عدم جمع‌آوری هرزآب‌های اطراف در محل کاشت نهال باعث شده ریپینگ در بین روش‌های اصلاحی کمترین موفقیت را داشته باشد. در صورتیکه ریپینگ سخت لایه را کامل از بین ببرد گیاهان با بهره‌گیری از ریشه‌های راست و عمیق از آب‌های عمیق‌تر استفاده می‌کنند (۱). نتایج پژوهش حاضر برخلاف مطالعاتی که ریپینگ توأم با نهال‌کاری بیشترین تأثیر بر درصد زنده‌مانی، رشد ارتفاعی، قطر تاج‌پوشش و تولید گیاهان و رطوبت خاک داشته، نشان داد که ریپینگ در بین روش‌های نهال‌کاری کمترین موفقیت در توسعهٔ پوشش گیاهی و افزایش رطوبت خاک منطقه دوسنگی داشته است (۱، ۳۰).

با عنایت به نتایج تحقیق حاضر در بررسی روش‌های مختلف نهال‌کاری (ایجاد هلالی‌آبگیر، ریپینگ و کاشت در خشکه‌رودها) در منطقهٔ دوسنگی میبد موارد ذیل قابل تأمل و توجه است. تاغ‌کاری در منطقه دوسنگی با بارندگی سالانه ۶۴mm و عدم امکان استفاده از آب‌های زیرزمینی بدلیل سخت لایه عمیق و بدون انجام فنآوری‌های جمع‌آوری هرزآب موفق نخواهد بود (۱، ۲۵، ۳۱). اجرای عملیات ریپینگ تا عمق حداکثر ۸۰cm سخت لایه ضخیم موجود را از بین نبرده و امکان استفاده از آب‌های زیرزمینی برای گیاه فراهم نشده است. اجرای هلالی و چاله‌های آبگیر باعث ذخیره آب در پشت بندها شده و رطوبت بیشتری و در زمان طولانی‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۱۹، ۳۰) این روش مزیت‌های بیشتری نسبت به روش ریپینگ داشته و از هرزآب‌ها استفاده بیشینه می‌نماید.

حفر چاله و کاشت نهال در مسیل‌ها که معمولا سخت لایه آنها از بین رفته این امکان را به گیاه می‌دهد تا از آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه استفاده نماید بررسی الگوی طبیعی منطقه نیز نشان می‌دهد که پوشش گیاهی طبیعی و نادر منطقه مربوط به خشکه‌رودها است. حداکثر توان اکولوژیک منطقه برای افزایش پوشش گیاهی حدود ۵٪ بوده که مربوط به خشکه‌رودها است لذا برای اجرای عملیات نهالکاری در مناطق بیابانی با شرایط مشابه منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی، خاکی و ژئومورفولوژی، روش حفر چاله و کاشت در خشکه‌رودها پیشنهاد می‌گردد.

■ سپاسگزاری

نگارندگان برخود لازم می‌دانند از آقای دکتر ناصر باغستانی میبدی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده و آقایان مهندس هدایت الله میرشمسی معاونت محترم فنی، محمود فتاحی رئیس اداره امور بیابان و علیرضا کارگر کارشناس بیابان‌زدایی اداره کل منابع طبیعی وآبخیزداری استان یزد برای همکاری در انجام این پژوهش تشکر نمایند.

■ References

1. Abtahi, S.M. (2016). Evaluation of increasing the production through selection of appropriate species of range and the influence of different planting methods on the amount of their production (Case study: Shoorab ranges of Kashan). *Natural Ecosystems of Iran*, *7*(1), 45-55. (in Farsi)
2. American Society for Testing Materials. (1998). Standard Test Method for Particle- Analysis of Soils. D422-63.
3. Bahmadi, M.H., & Shahryari, A.R. (2016). Effects of different rainfall storage methods on vegetation restoration (Case study: Romeh and Dehno watershed, Nehbandan city). *Range and Desert Research*, *23*(1), 51-57. (in Farsi)
4. Baghestani, M. N. (2008). Determining Of an Optimum Sample Size For Annual Yield Estimation In The Steppic Rangeland Of Yazd Province. *Rangeland*, 2, 162-171. (in Farsi)
5. Baghestani, M. N., & Zarekia, S. (2019). *Haloxylon* and *Haloxylon* planting In Desert Areas.Tehran. Research Institute of Forests and Rangelands. (in Farsi)
6. Bihamta, M.R., & Zare Chahouki, M. A. (2010). Principles of Statistics For The Natural Resources Science. Tehran. Tehran University. (in Farsi)
7. Delavari, A., Bashari, H., Tarkesh, M., & Mosaddeghi, M. (2017). Effects of small micro-catchment semi-circular bunds on the diversity indices and frequency distribution models in Narron rangelands (Sistan & Baluchistan Province). *Rangeland*, *11*(3), 331-341. (in Farsi)
8. Dianati, Gh., Naghipour, A., Tavakoli, H., Heydariyan Aghakhani, M., & Afkhami, M. (2010). Influence of enclosure on carbon sequestration of soil and plant biomass in semi-arid Rangelands of North Khorasan. *Rangeland*, *3*(4), 679-668. (inFarsi)

9. Ebrahimi, M., Arab, M., & Ajorloo, M. (2014). Effects of Enclosure on Ecological Indexes of Rangeland Health Using Landscape Function Analysis Method (Case Study: Jiroft Jbalbarez Rangeland). *Rangeland*, *8*(3), 261- 271. (in Farsi)

10. Ekhtesasi, M. (2003). Determine of minimum density of *Haloxylon* seedlings for design wind Breaks tree and control wind erosion in Central Iran. In Proceedings of the first national Conference on saxaul, Iran. PP. 17-19. (in Farsi)

11. Esfandiari, M., & Ardakani, M. A. H. (2011). Evaluation of active desertification with emphasis on the soil degradation by IMDPA model (Case study: Abadeh-Tashk, Fars). *Range and Desert Research, 17*(4), 624-631. (in Farsi)

12. Esfandiari, M., Hakimzadeh, M.A., Jamali, R, & Riahi, A. (2009). Investigation of waste water in Bakhtegan basin using semi lunar pool, 1st International conference of water crisis, 10-12 March, Zabol University.

13. Ghasemi, A., & Heydari, A. (2009). Assessment of the effects of flood spreading on soil properties and vegetative characteristics of Nubk, common mesquite and gum Arabic in Tangestan, Boshehr province. *Wood and Forestry Science and Technology*, *16*(4), 59-72. (in Farsi)

14. Hakimzadeh, M.A. (2014).Assessment of desertification risk in agricultural land in south of Iran. *Advanced Biological and Biomedical Research,* 2(3), 669 – 681.

15. Jafari, H.J., Azarnivand, H., Chahouki, M. Z., Jafari, M, & Kargari, E. (2013). Effects of contour furrow on carbon sequestration and nitrogen fixation in *Artemisia sieberi* rangelands of Semnan province. *Range and Desert Research, 20*(2), 298-308. (in Farsi)

16. Jafarian, Z., & Mirjalili, A. (2017). The effect of contour furrow and pitting on increase of vegetation cover in rangelands (Case study: Bolbol region in yazd province). *Ecohydrology, 4*(2) ,369-377. (in Farsi)

17. Jangjou, B. M., Delavari, A., & Ganjali, A. (2009). Seeding Perennial Forge Grass, *Bromus kopetdaghensis*, In Shurblands. *Rangeland*, *2*(4), 314-328. (in Farsi)

18. KhajeDangolani, S. & Narob, M. C. (2013). Bio-control of bacterial species isolated from diseased citrus fruits by methanolic extracts of weeds in vitro. *European Journal of Exprimental Biology*, *3*(1):694-698.

19. Khazaei, M., & Shahrivar, A. (2017). Effects of integrating biological and mechanical practices on vegetation cover, soil moisture, runoff and sediment yield (Case Study: Margon region of kohgiloyeh va Boyerahmad province). *Rangeland*, *11*(1), 16-26. (in Farsi)

20. Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*, *QH541*. 15. S72. K74 1999. New York: Harper & Row.

21. Mahmoudi, A. A., Zahedi, G., & Etemad, V. (2013). The investigation on the relationship between soil physical and chemical properties and succulence of natural and planted Saxaul (*Haloxylon spp*)(Case study: Hosseinabad Plain, Southern Khorasan Province). *Forest*, *4*(4), 289-299. (in Farsi)

22. Mckenzie, N., Ryan, P., Fogarty, P. & Wood, J. (2000). Sampling measurement and analytical protocols for carbon estimation in soil, litter and coarse woody debris. *National Carbon Accounting System-Technical Report*, *14*,17p.

23. Mesdaghi, M. (1998). Management of Iranian's rangelands. Astan-e- ghods Publication, Mashhad. 259 pp. (in Farsi)

24. Mousavi, S. B., Neyshaburi, M., & Feiziasl, V. (2005). Infiltrability and Coefficients of Infiltration Equations Using Double Rings, Rainfall Simulator and Raindrop Methods. *Agricultural Scince (University of Tabriz)*, *15*(1), 79-91. (in Farsi)

25. Rad, M.H., Mirhosseini, S., Meshkat, M. A., & Soltani, M. (2008). Effect of soil moisture on *Haloxylon*'s root development. *Forest and Poplar Research*, *16*(1), 112-123. (in Farsi)

26. Rad M.H., M.A. Meshkat, M. Soltani, & Mirjalili M.R. (2011). Determination of saxual (*Haloxylon aphyllum*) water requirements by lysimeter experiments. *Arid Biom*, *1*(3), 14-24. (in Farsi)

27. Rajaie, S.H., Esmaili, K., Abbasi, A.A., & Ziaei, A.N. (2013). Study Of Permability Changes In Water Spreading Projects.(Case Study: Jajarm Projects). *Irrigation And Drainage*, *7*(1), 114-121. (in Farsi)

28. Rostami, A., Khavaninzadeh, A., & Bagestani Maybodi, N. (2017). The effect of run off harvesting methods on vegetation condition in arid lands (Case Study: Godar Herisht). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *6*(16), 25-34. (in Farsi)

29. Roth, K.,R., Schulin, R., Fluhler, H., & Attinger, W. (1990). Calibration of time domain reflectrometry for water content measurement using a composite dielectric approach. *Water Resources Research*, *26*(10), 2267-2273.

30. Saghari, M., Rostampour, M., Mahmoudi Moghaddam, G., & Chakoshi, B. (2019). Investigation of the Effect of Constructing Small Arc Basins System on Vegetation Composition and Biodiversity in Arid land Ecosystems in the East of Iran (Case study: Rangelands of Sarbisheh, South Khorasan Province). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *8*(23), 33-44. (in Farsi)

31. Telvari A. R. (1984). Technical report of sand dune fixation in salt plain. Research institute of forests and rangeland press. (in Farsi)

32. Zare, C. A., Barzegari, F., & Zare, A. (2018). Effect of Yazd-Ardakan afforested *Haloxylon aphyllum* on ground water resources. *Desert Management*, *5*(10), 87-98. (in Farsi)

33. Zaremehrjardi, M., Mahdian, M.H. & Barkhordari, J. (2013). In vestigation on the Effects of floodwather spreading on soil infiltration rate (Case study: Floodwater Spreading of Sarchahan, Hormozgan Province). *Watershed Management Science and Engineering*, *7*(20), 1-8. (in Farsi)