Home Page: ije.ut.ac.ir Online ISSN: 2423-6101
Iranian Journal of
ECO HYDROLOGY

The use of Plantbac Panels in the Soil and Its Role on the Growth of Haloxylon persicum in the desert Areas of Kashan

SH. Banj Shafiei[1] | H. Batoli[2] | Y.Gh. Aryan[*3] | A.A. Jafari[4]

1. Associated Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.
2. Associated Prof., Kashan Botanical Garden, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. ghasemiaryan@rifr-ac.ir
4. Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I.R. Iran.

Article History

Received November 19, 2023
Revised March 03, 2024
Accepted March 17, 2024

Abstract

For this purpose, in this study, was the effect of a fully biological hydrophilic material called plantbac plates on the growth of species (Haloxylon persicum) in Kashan in Dry and Desert Research Station investigated and lasted three years (1397-1399). For this purpose the seedlings were planted in the holes of a depth 30-40 cm. The irrigation of all seedlings was done in two years in spring and summer at intervals every four and two weeks at a rate of 10 and 20 liters per plant.The performance of this project was organized as twice split plots in a complete randomized block design with four replications. The statistical analysis of the data was carried out using the SAS software program and the comparison of the means according to Duncan's method at a statistical level of 5%.The results of this research showed that the effect of water consumption on crown diameter, crown volume and biomass is significant. The highest biomass production in last year was achieved with 1050 g at plantbac with the irrigation cycle of 2 weeks with 10 liters of water consumption which showed a 45% increase compared to control. The interaction effects of significant treatments resulted that Plantbac on average is more than 20% superior to control. That means that the use of Hydrophilic Plantbac plates was more effective in reducing water consumption by at least the same amount compared to the control.

Keywords

biological stabilization, plantbac, Irrigation, hydrophilic plates, *Haloxylon Aphylum*, biomass

سایت نشریه: ije.ut.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۶۱۰۱-۲۴۲۳
اکوهیدرولوژی

به‌کارگیری صفحات آب‌دوست پلانت‌بک در خاک و نقش آن بر رشد نهال تاغ در منطقهٔ بیابانی کاشان

شهرام بانج شفیعی[۱] | حسین بتولی[۲] | یاسر قاسمی آریان[۳*] | علی‌اشرف جعفری[۴]

۱. دانشیار پژوهشی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲. دانشیار پژوهشی، باغ گیاه‌شناسی کاشان، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳. استادیار پژوهشی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران ghasemiaryan@rifr-ac.ir
۴. استاد پژوهشی، مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ‌های مقاله
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده
ذخیره‌سازی آب در خاک به هنگام نهال‌کاری، از چالش‌های اصلی تثبیت بیولوژیکی به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی است. به همین منظور، اثر استفاده از صفحه‌های آب‌دوست و کاملاً بیولوژیک پلانت‌بک در حفظ و نگهداری آب طی سه سال (۱۳۹۷-۱۳۹۹) روی گونهٔ تاغ (Haloxylon persicum) در مزرعهٔ تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان مورد آزمون قرار گرفت. کاشت نهال‌ها روی صفحه‌های پلانت‌بک درون چاله‌هایی به عمق ۳۰-۴۰ سانتی‌متر انجام شد. آبیاری نهال‌ها به صورت دو هفته و چهار هفته یک‌بار بود که طی شش ماه در دو سال (در فصل‌های بهار و تابستان) در مقادیر ۱۰ و ۲۰ لیتر برای هر پایه اعمال شد. اجرای این پروژه از لحاظ آماری به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. تجزیهٔ آماری داده‌ها با استفاده از برنامهٔ نرم‌افزار SAS[1] و مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد اثر مصرف آب بر قطر تاج، حجم تاج‌پوشش و میزان بیوماس معنادار است. بالاترین میزان تولید بیوماس در سال آخر در تیمار پلانت‌بک در دو هفته آبیاری و مصرف ۱۰ لیتر آب به ۱۰۵۰ گرم رسید که نسبت به شاهد خود بیش از ۴۵ درصد افزایش داشت. از برهم‌کنش تیمارهای معنادار در تولید بیوماس نتیجه شد که پلانت‌بک به طور میانگین نسبت به شاهد بیش از ۲۰ درصد برتری داشت. بنابراین، می‌توان گفت که صفحه‌های پلانت‌بک در مجموع نسبت به شاهد لااقل به همین مقدار در کاهش مصرف آب مؤثرتر بودند.

کلیدواژگان
تثبیت بیولوژیکی، صفحه‌های آب‌دوست پلانت‌بک، آبیاری، تاغ، بیوماس

1. Statistical Analysis System

مقدمه

کاهش بارش و منابع آبی، همراه با افزایش دما و تبخیر در کشور اهمیت تأکید بر افزایش بهره‌وری از آب را در بخش‌های منابع طبیعی و کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار می‌دهد. بدیهی است روش‌های آبیاری، کیفیت آب و نوع خاک نیز به همان اندازه در افزایش بهره‌وری مصرف آب دخالت دارند. شور شدن تدریجی خاک‌ها ناشی از نوع آبیاری و یا آبیاری با آب‌های کم‌کیفیت به معنای کاهش بهره‌وری و تولید است. به همین صورت در خاک نیز ماندابی شدن خاک‌های سنگین و یا کاهش قدرت نگهداری آب در خاک‌های سبک در کاهش بهره‌وری آب مؤثرند. با اصلاح خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌توان به رفع این کاستی‌ها کمک کرد و شرایط تولید را بهبود بخشید. دسترسی و انتخاب روش آبیاری در کشاورزی کاملاً متفاوت و آسان‌تر از شرایط مربوطه در منابع طبیعی است. در بخش کشاورزی دسترسی زارع به منبع آب (چاه)، موضوع هزینهٔ انتقال آب از منبع به مزرعه، داشتن شبکهٔ برق، خاک مرغوب‌تر، کیفیت آب مناسب‌تر، انجام عملیات به‌زراعی و نظارت بیشتر از جمله مواردی هستند که سبب افزایش بهره‌وری آب در این بخش می‌شوند. در مقابل در حوزهٔ منابع طبیعی که امکان دسترسی به منابع آبی بسیار محدودتر و نیز انتقال آب برای آبیاری با هزینهٔ بیشتری همراه است، ناگزیر باید روش‌های تأمین آب گیاه متفاوت‌تر از بخش کشاورزی باشد. در مناطق بیابانی که خاک‌ها غالباً سبک هستند، نفوذپذیری زیاد خاک سبب می‌شود که حتی در صورت ریزش ناچیز بارش‌ها، قسمتی از آن به فوریت از دسترس ریشه خارج شود. در چنین شرایطی، استفاده از انواع اصلاح‌کننده‌های آب‌دوست می‌تواند از جمله راهکارهایی باشد که برای تأمین رطوبت گیاه در بخش منابع طبیعی مورد توجه قرار گیرد. این مواد می‌توانند مانند پلیمرهای سوپرجاذب، مصنوعی باشند و یا مانند کمپوست، بایوچار، خاک‌اره و بنتونیت (نوعی رس) منشأ طبیعی داشته باشند. بهره‌گیری از انواع مواد آب‌دوست طبیعی می‌تواند به علت دسترسی آسان‌تر و سازگاری با محیط زیست از جمله مزایای استفاده از این مواد نسبت به انواع آب‌دوست‌های مصنوعی یا پلیمری باشد، اگرچه سوپرجاذب‌های پلیمری نسبت به مواد آب‌دوست طبیعی از نظر جذب و نگهداری رطوبت، ده‌ها تا صدها برابر برتری دارند. در این ارتباط آصیف و همکاران (۲۰۲۲) و بانج شفیعی (۱۳۹۴) نشان دادند استفاده از پلیمرهای آب‌دوست کاهش هدررفت آب و آب‌شویی عناصر مغذی از خاک را همراه با بهبود وظایف فیزیولوژیکی گیاه به دنبال داشت [۱ و ۲]. مطالعات رای و همکاران (۲۰۲۱) نیز بیانگر آن بود که اثر سادهٔ افزودن نوعی پلیمر آب‌دوست در بالاترین سطح مصرف یعنی ۴ کیلوگرم در هکتار در خاک، محصول ارزن (Pennisetum glaucum L.) را به بالاترین مقدار یعنی ۱/۹۸ تن در هکتار افزایش داد، اما از اثر سادهٔ زمان‌های آبیاری ۱/۸۸ تن محصول نتیجه شد [۳]. شاخص برداشت محصول (HI[1]) که از نسبت مقدار دانه به مجموع اندام هوایی نتیجه می‌شود، در همان تیمارهای پلیمر و زمان‌های آبیاری در تحقیق یادشده ۳۰/۷۹ درصد و ۳۰/۲۴ درصد گزارش شد [۳]. از افزودن نوعی پلیمر آب‌دوست توسط بانج شفیعی (۲۰۰۶) به سه نوع خاک سبک، متوسط و سنگین در نسبت وزنی ۰/۳ درصد در دوره‌های آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ روزه نتیجه شد که پلیمر افزایش میزان مادهٔ خشک گیاه Panicum antidotale را به همراه داشت [۴]. در ارتباط با اصلاح‌کننده‌های طبیعی باید گفت که استفاده از این نوع افزودنی‌ها از دیرزمان مورد توجه بوده است. برای مثال تحقیق اجرسجای (۱۹۶۴) نشان داد قرار دادن لایه‌های آلی در پروفیل خاک‌های شنی با افزایش بهره‌وری آب، افزایش تولید و کیفیت محصول همراه است [۵]. از مقایسهٔ استفاده از انواع اصلاح‌کننده‌های طبیعی شامل خاک اره، کلش برنج و ساقهٔ ذرت که در یک خاک شنی توسط دشش و همکاران (۲۰۱۹) انجام گرفت نشان داده شد که اثربخشی خاک‌اره نسبت به سایر افزودنی‌ها بر میزان آب قابل استفادهٔ گیاه (رطوبت خاک در حد فاصل نقطهٔ ظرفیت زراعی و نقطهٔ پژمردگی) برتری داشت. علت این اثربخشی،

1. Harvest Index

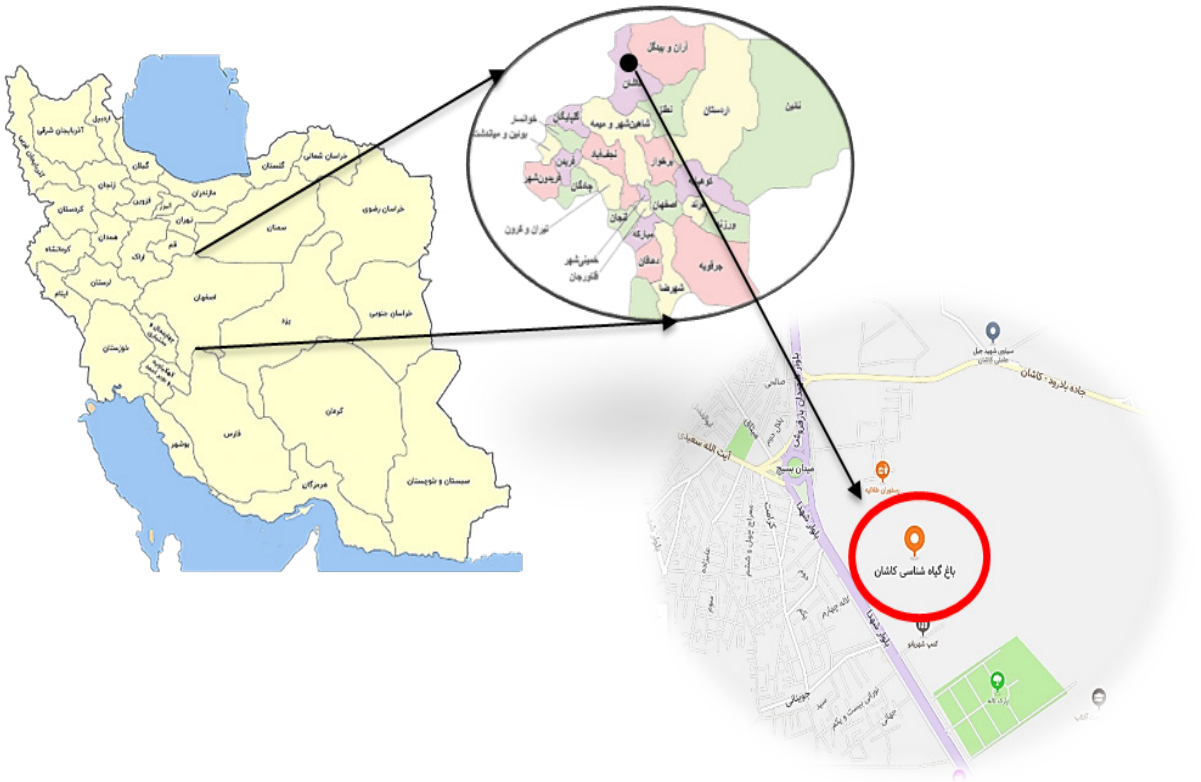
ماندگاری و سخت‌تخریب‌پذیری خاک‌اره در خاک و تشکیل بیشتر خاکدانه بود [۶]. قربانی و همکاران (۱۴۰۰) که به اثر انواع مواد آب‌دوست طبیعی (خاک‌برگ و خاک‌اره) و نوعی پلیمر آب‌دوست بر عملکرد نهال کهور پاکستانی در یک منطقهٔ بیابانی در استان ایلام پرداختند، نتیجه گرفتند که تأثیر پلیمر و خاک‌برگ به‌ترتیب بیش از خاک‌اره بود. در این بررسی مصرف پلیمر به ازای هر نهال ۲۵۰ گرم ذکر شد که با توجه به اقتصادی نبودن آن، استفاده از خاک‌برگ توصیه شد [۷]. در مطالعهٔ دیگری توسط اجونیای و همکاران (۲۰۲۱) آمده است که افزودن نوعی رس متشکل از کائولن و بنتونیت به پیت در دو نوع خاک لومی‌شنی و شنی به صورت اختلاط تأثیر بیشتری بر نگهداری آب در مقایسه با مصرف جداگانهٔ هر یک از افزودنی‌های به‌کاربرده‌شده داشت. افزایش کاتیون‌های تبادلی به عنوان عامل برقراری پیوند ملکول‌های آب توسط رس و نیز تشکیل کمپلکس‌های مادهٔ آلی با رس در این تحقیق علت افزایش قدرت نگهداری آب بود [۸]. در آزمایش مشابهی دیگر که زین‌الدین و همکاران (۲۰۲۱) در عربستان به بررسی انواع افزودنی‌ها نظیر خاک رس، بایوچار حاصل از برگ خرما، کود دامی و یک نوع پلیمر آب‌دوست به یک خاک شنی پرداختند، نتیجه گرفتند که استفاده از افزودنی‌های طبیعی در نگهداری آب بسیار مؤثرند، به طوری که از اثر اضافه کردن بایوچار به خاک هدایت هیدرولیکی اشباع نسبت به شاهد ۷۴ درصد با کاهش همرا بود، در صورتی که اضافه کردن پلیمر نه‌تنها سبب کاهش هدایت هیدرولیکی نشد، بلکه موجب افزایش آن تا ۳۱ درصد شد. علت این افزایش، تشدید تخلخل خاک عنوان شد. در ادامهٔ همین تحقیق با اندازه‌گیری منحنی رطوبتی خاک نشان داده شد که پلیمر در مکش ۱۵- بار، ۸۳ درصد از آب موجود اولیهٔ خود را از دست داد و یا به بیانی میزان آب نگهداری‌شده در پلیمر در این فشار فقط ۱۷ درصد مقدار اولیهٔ خود بود [۹]. به‌کارگیری پلیمر در خاک‌های حاوی املاح نیز با محدودیت همراه و مطرح است. در این خصوص بانج شفیعی و دورنر (۲۰۱۵) بیان داشتند که آبگیری پلیمرها در مجاورت املاح نمکی به‌تدریج و با گذشت زمان کاهش پیدا کرده، به طوری که این شدت کاهش به نوع نمک و ظرفیت یون‌های نمکی در محلول بستگی داشت [۱۰]. در پژوهشی دیگر از بانج شفیعی و همکاران (۱۳۸۵) که به مقایسهٔ یک خاک ماسه‌بادی حاوی پلیمر و یک خاک رسی به عنوان شاهد از بابت ذخیرهٔ آب قابل استفادهٔ گیاه پرداختند، نتیجه شد که ماسه‌بادی دارای پلیمر اگرچه در مقیاس حجمی از نظر نگهداری و ذخیرهٔ آب از عملکرد بهتری نسبت به خاک رسیِ شاهد برخوردار بود [۱۱]، اما از نظر تولید مادهٔ خشک پانیکوم (panicum antidotale) بین این دو خاک تفاوت معناداری مشاهده نشد [۱۲]. زنگ و همکاران (۲۰۲۳) اعلام داشتند به‌رغم گزارش‌های علمی متعدد در رابطه با تأثیر پلیمرهای آب‌دوست بر افزایش محصول، لازم است که به‌کارگیری این مواد مورد مطالعهٔ وسیع و گسترده‌تری قرار گیرند [۱۳].

در راستا و اهمیت اصلاح‌کننده‌های طبیعی آب‌دوست سبب شد در این تحقیق استفاده از نوعی صفحه‌های آب‌دوست موسوم به پلانت‌بک با هدف تأثیرگذاری بر صفات رویشی نهال تاغ (Haloxylon persicum) مورد آزمون قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

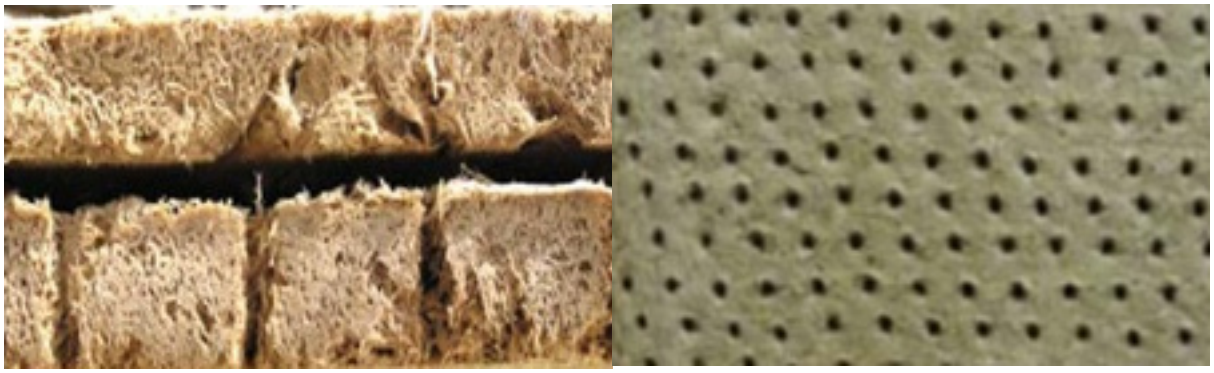
اجرای این تحقیق در ایستگاه تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان در استان اصفهان در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقهٔ شرقی، عرض ۳۳ درجه ۵۹ دقیقهٔ شمالی و در ارتفاع ۱۰۰۰ متری از سطح دریا صورت گرفت. به استناد آمار ایستگاه سینوپتیک کاشان، میانگین بارندگی سالانه ۱۴۰ میلی‌متر است که بیشتر ریزش‌های جوی در فصل زمستان و اوایل بهار می‌بارد. میانگین کمینه و بیشینهٔ دما به‌ترتیب ۸/۳ و ۳۳/۵ درجهٔ سانتی‌گراد است که به‌ترتیب در دی و تیر ماه ثبت شده‌اند. ساختار اصلی پوشش گیاهی طبیعی اراضی ایستگاه به صورت جنگل‌های دست کاشت تاغ است. به منظور تأثیر صفحه‌های آب‌دوست پلانت‌بک بر صفات رویشی تاغ، عملیات مقدماتی طرح از ابتدای مهر سال ۱۳۹۶

آغاز شد. عملیات میدانی طرح از بهمن همان سال با کاشت نهال تاغ در سطحی به اندازهٔ ۴ هزار مترمربع شروع و تا پایان سال زراعی ۱۳۹۹ ادامه داشت. شکل ۱ محدودهٔ جغرافیایی محل اجرای طرح در باغ گیاه‌شناسی کاشان را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت محل اجرای طرح در باغ گیاه‌شناسی در کاشان

صفحه‌های استفاده‌شدهٔ آب‌دوست پلانت‌بک توسط یک شرکت در آلمان پس از ارسال به کشور برای اجرای پایلوت در اختیار طرح قرار گرفت. اساس و ساختار این صفحه‌ها کاملاً تخریب‌پذیر و بدون امکان آلودگی‌های محیط زیستی بود که در تهیهٔ آن از ترکیبات الیاف چوب و انواع کانی‌ها استفاده شد. این صفحه‌ها در اندازه‌های معادل ۶۰ در ۸۰ سانتی‌متر مربع و به ضخامتی در حد دو سانتی‌متر عرضه شدند. قابلیت ذخیره‌سازی آب در آن‌ها به اندازهٔ ۱۰ تا ۳۵ لیتر در مترمربع گزارش شد[۱۴]. شکل ۲ نمونه‌هایی از این صفحه‌ها را نشان می‌دهد. در این مطالعه از نوع «الف» آن با امکان ذخیره‌سازی آب به مقدار ۱۰ لیتر در مترمربع استفاده شد.



شکل ۲. نمونه‌هایی از صفحه‌های پلانت‌بک

بر اساس شیوه‌نامهٔ شرکت تولیدی صفحه‌های پلانت‌بک، به هنگام کاشت نهال چاله‌هایی در حد همان ابعاد صفحه‌ها حفر و سپس در هر چاله فقط یک صفحه کارگذاری و روی آن یک نهال تاغ غرس شد. در آخر چاله‌ها خاک‌پوش و نهال‌ها آبیاری شدند (شکل ۳). عمق جاگذاری صفحه‌ها در هر چاله حدود ۳۰-۴۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ طوقه یا یقهٔ گیاه با در نظر گرفتن تشتک آبیاری تا سطح صفحه به ۲۰-۲۵ سانتی‌متر می‌رسید (شکل ۳). برای تیمار شاهد (بدون صفحهٔ آب‌دوست) نیز جهت آماده‌سازی بستر کشت مانند پلانت‌بک عمل شد. نهال‌های گلدانی کاشته‌شده از نهالستان تهیه شده بودند.

شکل ۳. آماده‌سازی مزرعه برای کارگذاری صفحه‌های پلانت‌بک (سمت راست) و نحوهٔ کاشت نهال در چاله‌ها (سمت چپ)

هم‌زمان هنگام آماده‌سازی مزرعه، از خاک نیز از دو عمق مختلف صفر تا ۵۰ و ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر برای انجام آنالیز فیزیکو.شیمیایی نمونه‌برداری شد (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک منطقهٔ اجرای طرح

عمق نمونه cm	pH در گل اشباع	EC در عصارهٔ اشباع (dS/m)	N %	OC %	Clay %	Silt %	Sand %	کلاس بافت
۰-۵۰	۸/۲	۱/۹	۰/۰۱	۰/۱	۹/۴	۲/۰	۸۸/۶	Sand
۵۰-۱۰۰	۸/۴	۱/۱	۰/۰۱	۰/۱	۷/۴	۲/۰	۹۰/۶	Sand

اندازه‌گیری آزمایشگاهی مربوط به خاک طبق روش‌های زیر صورت گرفت:

- تعیین بافت طبق روش بایکاس به کمک هیدرومتر اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا سوسپانسیون خاک تهیه و بعد از اینکه ذرات خاک در آن با کمک یک نمک سدیمی متلاشی شدند، میزان ذرات شن، سیلت (لای) و رس هر یک با کمک هیدرومتر (چگالی‌سنج) در زمان‌های معین در سوسپانسیون یادشده اندازه‌گیری شد [۱۵].
- تعیین اسیدیته در خمیر اشباع و قرائت آن با دستگاه WTW مدل level ۲ و هدایت الکتریکی در عصارهٔ اشباع و قرائت آن با دستگاه Jenway مدل ۴۳۱۰ انجام شد.
- درصد رطوبت اشباع خاک پس از تهیهٔ گل اشباع صورت گرفت؛ به این صورت که نمونه پس از توزین اولیه تا تثبیت وزن در آون در دمای ۱۰۵ درجه قرار می‌گرفت. سپس در نهایت تعیین آب از دست‌رفته به ازای وزن گل خشک بر حسب درصد محاسبه شد.
- تعیین نیتروژن کل به روش کجلدال با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ جهت هضم و سپس تقطیر عصاره برای

آزادسازی نیتروژن و تیتر نمونهٔ به‌دست‌آمده با کمک اسید کلریدریک صورت گرفت [۱۶].

- اندازه‌گیری کربن آلی مطابق با روش والکی و بلاک انجام شد، به طوری که پس از اکسیداسیون کربن آلی با استفاده از بی‌کرومات پتاسیم، باقی‌ماندهٔ بی‌کرومات، با فروآمونیوم سولفات تیتر شد تا محاسبهٔ مقدار بی‌کرومات مصرف‌شده برای اکسیداسیون کربن آلی میسر شود [۱۶].

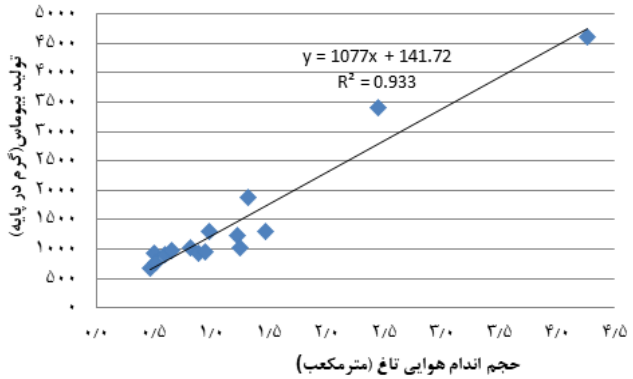
پس از کاشت و استقرار نهال‌ها، عملیات آبیاری طبق روش تحقیق طرح در مقادیر ۱۰ و ۲۰ لیتر طی دو سال (۱۳۹۷-۱۳۹۸) به مدت شش ماه در فصل‌های بهار و تابستان و در فواصل دو و چهار هفته صورت گرفت. در سال سوم اجرای طرح (۱۳۹۹) هیچ‌گونه عملیات آبیاری انجام نشد و نهال‌ها مانند معمولِ عرصه‌های طبیعی در وضعیت دیم قرار داشتند.

به منظور بررسی اثر نهایی صفحه‌های آب‌دوست بر رشد نهال‌ها در پایان اجرای طرح (پاییز ۱۳۹۹) رشد ارتفاع، قطر تاج‌پوشش، حجم تاج‌پوشش، بیوماس اندام هوایی و درصد زنده‌مانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر تاج‌پوشش از متر با دقت میلی‌متر استفاده شد. جهت تعیین حجم تاج نهال‌ها طبق Westwood (۱۹۷۸) عمل شد [۱۷]. از آنجا که لازم بود اثر صفحه‌های پلانت‌بک بر صفات رویشی نهال‌ها و خاک اطراف ریشه در سال‌های بعد از پایان اجرای طرح مورد ارزیابی واقع شوند، امکان کف‌بر شدن همهٔ نهال‌ها برای اندازه‌گیری وزن بیوماس اندام هوایی مقدور نبود. به این منظور، در پایان اجرای طرح از مجموع ردیف‌های کشت (هشت ردیف)، به طور تصادفی از هر ردیف دو نهال از ارتفاع ۱۰-۱۵ سانتی‌متری از سطح خاک کف‌بر شدند. قبل از تعیین وزن بیوماس، نهال‌ها به مدت ده شبانه‌روز در مردادماه هوا‌خشک شدند. سپس از قوی‌ترین رابطهٔ همبستگی بین بیوماس اندام هوایی با سایر صفات رویشی استفاده شد تا بر همین اساس وزن بیوماس هر پایه برآورد شود. برای تعیین معادلهٔ خط رگرسیون و رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل و برای تجزیهٔ واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری ۵ درصد صورت گرفت. اجرای طرح به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود که در چیدمان آن دوره‌های آبیاری (دو و چهار هفته) به عنوان کرت‌های اصلی، مقادیر مصرف آب (۱۰ و ۲۰ لیتر) در کرت‌های فرعی و در نهایت تیمار صفحه‌های آب‌دوست پلانت‌بک و شاهد در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بنابراین با احتساب چهار تکرار و هشت واحد آزمایشی متشکل از هفت نهال در هر واحد تعداد نهال‌ها درمجموع به ۲۲۴ اصله رسید.

نتایج

الف: برآورد بیوماس هوایی تیمارها به روش همبستگی و رگرسیون

نتایج تجزیهٔ همبستگی نشان داد بیوماس اندام هوایی با حجم اندام هوایی از بیشترین مقدار همبستگی برخوردار است. بر همین اساس در رابطهٔ رگرسیونی از حجم اندام هوایی به عنوان متغیر مستقل و از بیوماس اندام هوایی به عنوان متغیر وابسته جهت برآورد تولید بیوماس اندام هوایی تاغ استفاده شد (شکل ۴).



شکل ۴. معادلهٔ خط رگرسیون بین حجم اندام هوایی و تولید بیوماس در تاغ

ب: تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین تیمارها

نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس تاغ در پایان اجرای طرح در جدول ۲ نشان می‌دهد اثر دور آبیاری بر هیچ‌یک از صفات رویشی معنادار نیست. اثر آب مصرفی بر قطر تاج و بیوماس و همچنین اثر خاک بر قطر تاج و زنده‌مانی در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد. اثر دوگانهٔ دور آبیاری و آب مصرفی بر زنده‌مانی و همچنین اثر متقابل سه‌گانهٔ تیمارها بر تمامی صفات به‌استثنای درصد زنده‌مانی نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس تیمارهای آزمایش بر صفات اندازه‌گیری‌شده تاغ در پایان اجرای طرح

منابع تغییرات	df	ارتفاع	قطر تاج	حجم تاج‌پوشش	بیوماس	زنده‌مانی
دور آبیاری	۱	۲۸۸/۰۰	۲۲۰/۵۰	۰/۰۰۹	۶۴۹۸/۰۰	۶/۳۰
آب مصرفی	۱	۳/۱۳	۱۰۳۵/۱۰*	۰/۱۲۸	۴۴۶۵۱۲/۵۰*	۶/۶۶
تیمار خاک	۱	۱۵۳/۱۳	۷۴۱/۱۲*	۰/۱۶۰	۲۱۵۸۲۴/۵۰	۱۶۸/۳۰*
دور آبیاری × آب مصرفی	۱	۳۲/۰۰	۴/۵۰	۰/۰۰۸	۳۱۲۵۰/۰۰	۱۵۹/۳۰*
آب مصرفی × تیمار خاک	۱	۲/۰۰	۲۶۴/۵۰	۰/۰۴۲	۶۴۴۴۰/۵۰	۵۷/۷۸
دور آبیاری × تیمار خاک	۱	۶/۱۳	۱۹۰/۱۳	۰/۰۰۰۱	۱۴۴۵۰/۰۰	۶/۳۰
دور آبیاری × آب مصرفی × تیمار خاک	۱	۶۴۸/۰۰*	۱۵۱۲/۵۰*	۰/۳۴۸۶*	۲۵۲۷۶۰/۵۰*	۹/۴۲
خطای آزمایش	۲۴	۱۴۲/۰۶	۲۸۵/۶۵	۰/۰۸۵	۸۶۲۶۸/۸۳	۵۳/۰۴
ضریب تغییرات (CV)	-	۱۰/۱۱	۱۳/۸۰	۳۰/۹۴	۳۲/۴۷	۸/۰۴* معنادار در سطح احتمال ۵ درصد، ns غیر معنادار

اثر سادهٔ تیمارها بر صفات رویشی تاغ

اثر سادهٔ دوره‌های آبیاری بر هیچ‌یک از صفات رویشی معنادار نشد. از این‌رو آبیاری در فاصلهٔ طولانی‌تر نسبت به دو هفته برتری می‌یابد. اثر مصرف آب بر قطر تاج و بیوماس معنادار بود و بیشترین عملکرد از آبیاری ۲۰ لیتر نتیجه شد (جدول ۳). اثر پلانت‌بک در تیمار خاک بر قطر تاج در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۴). در مقابل درصد زنده‌مانی در شاهد بیشتر از پلانت‌بک بود و آن به این دلیل که در نیمهٔ اول سال اجرای طرح ابتدا تعدادی از نهال‌ها در تیمار پلانت‌بک تلف شدند و لذا امکان واکاوی مجدد روی صفحات میسر نبود، اما اثر تیمارها روی این صفت در طرح

مورد ارزیابی قرار گرفت.

در خصوص ارتفاع، حجم تاج و تولید بیوماس اگرچه تفاوت پلانت‌بک با شاهد از لحاظ آماری نبود، ولی بیشترین میانگین از به‌کارگیری صفحه‌های پلانت‌بک نتیجه شد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین تأثیر میزان مصرف آب بر صفات اندازه‌گیری‌شدهٔ تاغ

آب مصرفی	ارتفاع (cm)	قطر تاج (cm)	حجم تاج پوشش (m۳)	بیوماس (g)	زنده‌مانی (%)
۱۰ لیتر	۱۱۷/۶۳a	۱۱۶/۷۵b	۰/a۸۷۹	۷۸۶/b۴۰	۹۱/۰۰a
۲۰ لیتر	۱۱۸/۲۵a	۱۲۸/۱۲a	۱/a۰۰۶	۱۰۲۲/a۶۰	۹۰/۰۹a

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیر به‌کارگیری پلانت‌بک بر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ تاغ

تیمار خاک	ارتفاع (cm)	قطر تاج (cm)	حجم تاج پوشش (m۳)	بیوماس (g)	زنده‌مانی (%)
شاهد	۱۱۵/۷۵a	۱۱۷/۶۲b	۰/a۸۷۲	۸۲۲/۴۰a	۹۲/۷۷a
پلانت‌بک	۱۲۰/۱۳a	۱۲۷/۲۵a	۱/a۰۱۳	۹۸۶/a۶۰	۸۸/۳۱b

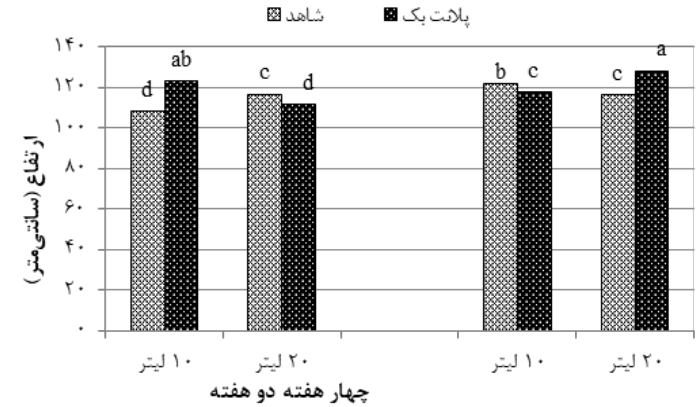
حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهندهٔ اختلاف معنادار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل تیمارها بر صفات رویشی

اثر متقابل سه‌گانهٔ تیمارها بر تمامی صفات رویشی به‌استثنای زنده‌مانی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنادار شد (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین این تیمارها بر افزایش ارتفاع نشان داد استفاده از پلانت‌بک در دور دو هفته آبیاری و مصرف ۱۰ لیتر آب سبب برتری ۱۲ درصد و در دور چهار هفته آبیاری و مصرف ۲۰ لیتر آب سبب افزایش ۱۰ درصد ارتفاع نسبت به شاهد شد، ولی در بقیهٔ تیمارها شاهد برتری داشت (شکل ۵). در رابطه با قطر تاج نتیجه شد که در دوره‌های آبیاری دو و چهار هفته با مصرف ۱۰ و ۲۰ لیتر آب پلانت‌بک نسبت به شاهد از افزایش ۲۵ و ۱۰ درصد برخوردار بود، اما در بقیهٔ تیمارها اختلاف معناداری بین شاهد و پلانت‌بک مشاهده نشد (شکل ۶). مقایسهٔ حجم تاج‌پوشش نشان داد در اکثر تیمارها پلانت‌بک در مقایسه با شاهد از افزایش معناداری برخوردار بود (شکل ۷). این افزایش در فاصلهٔ دو هفته آبیاری و حداقل مصرف آب در پلانت‌بک به حدود ۴۰ درصد در قیاس با شاهد رسید. در فاصلهٔ چهار هفته آبیاری و همان حداقل مصرف آب، شاهد نسبت به پلانت‌بک حدود ۱۴ درصد برتری داشت. با افزایش مصرف آب به ۲۰ لیتر حجم تاج در پلانت‌بک نسبت به شاهد ۲۳ درصد بیشتر شد (شکل ۷). تولید بیوماس تاغ تحت اثر متقابل سه‌گانهٔ تیمارها نشان داد پلانت‌بک در دور دو هفته آبیاری و مصرف ۱۰ لیتر آب با تولید بیش از هزار گرم بیوماس در هر پایه نسبت به شاهد بیش از ۴۵ درصد افزایش رشد داشت. در مصرف ۲۰ لیتر آب اگرچه پلانت‌بک نسبت به شاهد خود در همان فاصلهٔ آبیاری از عملکرد بالاتری برخوردار شد، ولی این افزایش تفاوت معناداری با شاهد نداشت. در دور آبیاری چهار هفته و مصرف

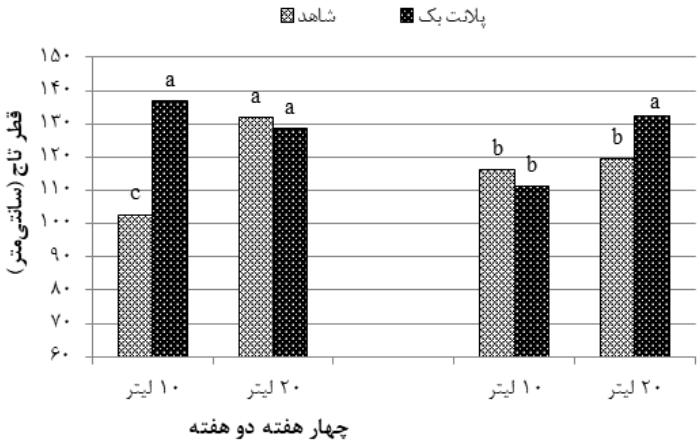
۱۰ لیتر آب، شاهد اما با تولید ۸۷۶ گرم نسبت به پلانت‌بک ۱۶ درصد افزایش داشت. با افزایش مقدار مصرف آب به ۲۰ لیتر در چهار هفته آبیاری پلانت‌بک با تولید ۱۱۲۴ گرم در هر پایه نسبت به شاهد از افزایشی معادل ۲۶ درصد برخوردار شد (شکل ۸).

از نظر زنده‌مانی، اثر متقابل سه‌گانهٔ تیمارها بر این صفت تأثیر معناداری را نشان نداد که علت آن می‌تواند مقاومت زیاد تاغ نسبت به شرایط خشکی باشد. (حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معناداری و حروف غیر مشابه تفاوت



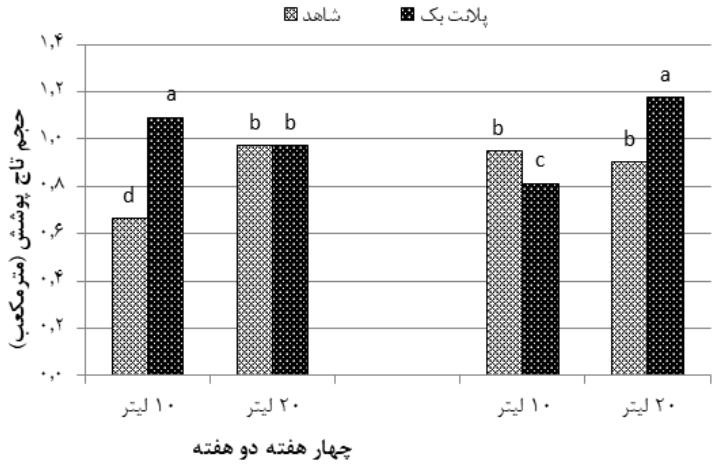
شکل ۵. مقایسهٔ میانگین ارتفاع تاغ در دوره‌ها و مقادیر مختلف آبیاری در شاهد و تیمار پلانت‌بک

معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند).



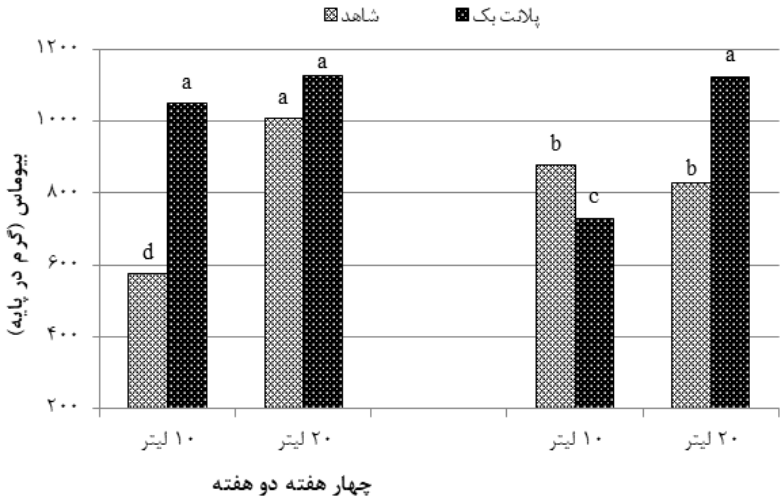
شکل ۶. مقایسهٔ میانگین قطر تاج تاغ در دوره‌ها و مقادیر مختلف آبیاری در شاهد و تیمار پلانت‌بک

(حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معناداری و حروف غیر مشابه تفاوت معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند).



شکل ۷. میانگین حجم تاج پوشش تاغ در دوره‌ها و مقادیر مختلف آبیاری در شاهد و تیمار پلانت بک

(حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معناداری و حروف غیر مشابه تفاوت معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند).



شکل ۸. میانگین بیوماس اندام هوایی تاغ در دوره‌ها و مقادیر مختلف آبیاری در شاهد و تیمار پلانت بک

(حروف مشابه در ستون‌ها عدم تفاوت معناداری و حروف غیر مشابه تفاوت معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهند).

بحث

مطابق با نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس اثر آّب مصرفی بر قطر تاج و بیوماس و همچنین اثر تیمار خاک بر صفات قطر تاج و زنده‌مانی تاغ معنادار شد. از اثر دوگانه تیمار دور آبیاری و آب مصرفی بر زنده‌مانی و نیز از اثر سه‌گانهٔ تیمار دور آبیاری، مقدار مصرف آب و تیمار خاک نتایج معناداری بر تمامی صفات به‌استثنای زنده‌مانی به دست آمد. اگرچه اثر توأم تیمارها بر شاخص ارتفاع معنادار بود، اما راد و همکاران (۱۳۸۸) بیان داشتند که رشد ارتفاع برای ارزیابی میزان رطوبت قابل دسترس شاخص مناسبی نیست و علت آن را رشد ضعیف ارتفاع به خصوص در سال‌های ابتدایی رویش و دورهٔ جوانی تاغ عنوان کردند [۱۸]. طبق پژوهش لی و همکاران (۲۰۱۸) برای ارزیابی رشد و سلامت زیست‌توده در جنگل دو

شاخص مهم یعنی اندازهٔ سطح برگ و تولید بیوماس مورد توجه است [۱۹]. در ارتباط با قطر تاج راد و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند بین آبیاری به اندازهٔ ظرفیت زراعی و کاهش آن به مقدار یک سوم ظرفیت زراعی اثر معناداری در میزان قطر تاج پوشش حاصل نشد که علت آن متعادل شدن وضعیت رطوبتی خاک در این دو شرایط عنوان شد، اما بین آبیاری در ظرفیت زراعی و تنش خشکی، اثر معناداری در اندازهٔ قطر تاج نسبت به شرایط خشکی (قطع آبیاری) مشاهده شد [۱۸]. افزایش معنادار قطر تاج در این مطالعه نسبت به شاهد می‌تواند بر بهبود و اثربخشی پلانت‌بک در حفظ و نگهداری آب تلقی شود.

با در نظرگرفتن شاخص بیوماس در تیمارهای معنادار حاصل از اثر متقابل سه‌گانه در شکل ۸ نتیجه شد پلانت‌بک به طور متوسط بیش از ۲۰ درصد نسبت به شاهد بر تولید بیوماس مؤثر است. به بیانی، می‌توان گفت که تولید به ازای متوسط مصرف آب در پلانت‌بک در مقایسه با شاهد بیش از ۲۰ درصد مؤثرتر واقع شد. از افزایش متوسط تولید بیوماسِ بیشتر در پلانت‌بک می‌توان نتیجه گرفت که پلانت‌بک دست‌کم با امکان ذخیره‌سازی آب بیشتر در خاک توانست از نفوذ آب به مکانی دورتر از محل توسعهٔ ریشه جلوگیری کند. با نظر به ظرفیت زراعی خاک شنی مزرعه در حد ۱۰ درصد حجمی و ابعاد چالهٔ کاشت (۶۰×۸۰ سانتی‌متر) نتیجه می‌شود که خاک در مصرف ۱۰ لیتر آب در فاصلهٔ سطح تشتک تا سطح زیرین ریشه (۲۰-۲۵ سانتی‌متر) فقط توان نگهداری حداکثر ۱۱ لیتر آب را داشت. با افزایش مقدار آبیاری به ۲۰ لیتر در این شرایط امکان دسترسی کمتر ریشه در شاهد به آب به دلیل نفوذ آن به اعماق پایین‌تر و دورتر از محل توسعهٔ ریشه سبب کاهش کمتر بیوماس در تیمار شاهد نسبت به پلانت‌بک شد. راد و همکاران (۱۳۸۷) در ارتباط با اثر رطوبت خاک بر گسترش ریشهٔ تاغ در سال‌های ابتدایی رویش در آزمایش‌های لایسیمتری دریافتند که در شرایط رطوبتی مناسب، ۳۹ درصد از ریشه با بیشترین گسترش در یک پنجم از لایهٔ سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) قرار داشتند و باقی در لایه‌های پایینی خاک (۳۰-۱۵۰ سانتی‌متر) پراکنش داشتند [۲۰]. تحقیق زو و همکاران (۲۰۱۶) نیز تجمع و تولید ریشهٔ تاغ را در عمق‌های مختلف خاک در یک منطقهٔ بیابانی در چین وابسته به میزان رطوبت خاک دانستند [۲۱]. افزایش متوسط حجم تاج پوششِ بیشتر به موازات تولید بیوماس در پلانت‌بک همچنین نشان‌دهندهٔ آن است که طی فرایند تعرق آب بیشتری نسبت به شاهد طی دورهٔ رویش تاغ از خاک خارج و در اختیار گیاه قرار می‌گرفته است. در تیمار مصرف ۱۰ لیتر آب و دور چهار هفته آبیاری، تولید بیوماس در شاهد افزایش بیشتری نسبت به پلانت‌بک نشان داد. این مورد می‌تواند احتمالاً به عاملی غیر از عامل تیمارهای آزمایش نظیر ناهمگن بودن خاک در محل برداشت نمونه در وسعت مزرعه مرتبط باشد. برتری پلانت‌بک در بقیهٔ تیمارهای آزمایش عامل تصادفی شدن این تیمار را تقویت می‌کند. نتیجهٔ پژوهش بهادری و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد استفاده از صفحه‌های آب‌دوست پلانت‌بک عملکرد خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب در قره‌داغ را نسبت به شاهد به میزان ۸۲ و ۸۱ درصد ارتقا داد [۲۲]. نتایج مشابهی از مطالعات کیانیان و همکاران (۲۰۱۹) با گیاه قره‌داغ به دست آمد [۲۳]. این محققان دریافتند که استفاده از صفحه‌های پلانت‌بک در مقایسه با سایر مواد آب‌دوست (هیدروژل زیستی، کاه و کلش جو) در خاک افزایش ذخیره‌سازی آب را به دنبال داشت. بانج‌شفیعی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که اثر پلانت‌بک بر ارتفاع و قطر یقه تاغ در عملیات آبیاری بیش از شاهد مؤثر بود [۲۴]. اثر تیمار آبیاری در جدول واریانس نشان داد مقدار آب بر افزایش قطر تاج پوشش مؤثر بود. این نتیجه با نتایج تحقیق انجام‌شده توسط راد و دشتکیان (۱۳۸۰) با نهال تاغ مطابقت داشت [۲۵]. توکلی‌نکو و همکاران (۱۴۰۱) نیز امکان ذخیره‌سازی آب توسط صفحه‌های پلانت‌بک را عامل افزایش قطر تاج پوشش تاغ در مطالعهٔ خود در قم عنوان کردند [۲۶]. بانج‌شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) از کارگذاری صفحه‌های پلانت‌بک در خاک نتیجه گرفتند که استفاده از این مواد آب‌دوست تأثیر مثبت و معناداری بر صفات رویشی اسکنبیل داشت [۲۷]. نتایج مربوط به صفت زنده‌مانیِ

تاغ اختلاف معناداری را از اثر متقابل سه‌گانهٔ تیمارها نشان نداد. علت این عدم اختلاف می‌تواند به دلیل مقاومت زیاد تاغ نسبت به شرایط خشکی باشد. رهبر (۱۳۶۶) پایین‌ترین میزان پتانسیل آب برای سفید تاغ را در قره‌قوم ترکمنستان در تابستان (تیرماه) ۷۹- بار ذکر کرده است. در ارتباط با پتانسیل اسمزی وی این رقم را به طور میانگین برای سفید تاغ در دورهٔ رویش معادل ۴۸- بار بیان کرد [۲۸]. گفتنی است که پتانسیل آب خاک در حالت ظرفیت زراعی ۰/۱- تا ۱- بار و در وضعیت نقطهٔ پژمردگی دائم ۱۵- بار است [۲۹].

از آنجا که تحلیل هزینه - فایده، لازمهٔ معرفی و به‌کارگیری هر نوع فناوری در بخش‌های اجرایی است، در اینجا نگاهی گذرا به این مهم انجام گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان داد هزینهٔ استفاده از صفحه‌های پلانت‌بک (شامل خرید صفحه‌ها، گمرکی و حمل) با احتساب کارگذاری یک صفحه برای هر چاله معادل ۲ میلیون ریال است. اگر تعداد پایه تاغ در هر هکتار جنگل‌کاری در مناطق بیابانی (با هدف کنترل کانون‌های بحرانی فرسایش بادی) را ۱۵۰ پایه در نظر بگیریم، به این معناست که هزینهٔ به‌کارگیری صفحه‌های پلانت‌بک در هر هکتار معادل ۳۰۰ میلیون ریال برآورد می‌شود. با توجه به اینکه سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور مطابق با فهرست بهای واحد پایه آبخیزداری و منابع طبیعی سال ۱۴۰۲، میانگین هزینهٔ هر هکتار نهال‌کاری در مناطق بیابانی را معادل ۲۵۰ میلیون ریال در هکتار ارزیابی می‌کند، لذا هزینهٔ به‌کارگیری این صفحه‌ها از هزینهٔ اجرای کامل پروژه‌های نهال‌کاری بیشتر است و از این نظر استفادهٔ آن به‌صرفه نیست. اگرچه در ارتباط با اقدامات محیط زیستی لازم است تمام خدمات بازاری و به خصوص غیربازاری در نظر گرفته شود، اما در اینجا ذکر این نکته ضروری است که هزینهٔ زیاد استفاده از پلانت‌بک بیشتر به دلیل خرید و انتقال آن از کشور سازنده یعنی آلمان بوده است. در حالی که مواد اولیهٔ آن شامل پسماندهای کشاورزی و... در داخل کشور به فراوانی وجود داشته و تولید آن در داخل بسیار کم‌هزینه و به‌صرفه‌تر خواهد بود. لذا با توجه به اثرات مثبت پلانت‌بک، استفاده از آن زمانی منطقی است که این محصول در داخل کشور تولید شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از اجرای این تحقیق نشان داد صفات رویشی اندازه‌گیری‌شده در تیمار پلانت‌بک نسبت به شاهد برتری داشت. چنانچه پیش‌تر اشاره شد، برای ارزیابی عملکرد صفات رویشی، تولید بیوماس بهترین نشانه بر چگونگی شرایط رشد است. تأثیر رطوبت خاک بر میزان بیوماس اندام هوایی در تاغ در فواصل کمتر آبیاری برتری پلانت‌بک را نسبت به شاهد به خوبی نشان داد. در رابطه با زنده‌مانی نتیجه شد که پلانت‌بک در واکنش به اثر توأم سه‌گانهٔ تیمارها با شاهدهای خود اختلاف معناداری نداشت. این نتیجه می‌تواند به علت مقاومت زیاد تاغ نسبت به شرایط خشکی باشد.

در این تحقیق به دلیل محدود بودن تعداد صفحه‌های آب‌دوست و عدم دسترسی به مقادیر بیشتر آن، ناگزیر برای هر نهال فقط از یک صفحه استفاده شد. انتظار می‌رود چنانچه تعداد صفحه‌ها در چاله‌ها افزایش یابد و یا اینکه به قطر آن‌ها اضافه شود، به همان نسبت اثربخشی بیشتری در وضعیت نگهداری آب و صفات رویشی مشاهده شود. از این‌رو، لازم است چنانچه امکان تولید و دسترسی به این صفحه‌ها میسر شود، به موارد زیر به طور جداگانه و تفصیل پرداخته شود:

۱) تأثیر کارگذاری صفحه‌های آب‌دوست در تعداد و عمق‌های مختلف خاک بر تأمین رطوبت گیاه و بهره‌وری مصرف آب؛

۲) اثر صفحه‌ها بر تولید بیوماس اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه و نیز اثر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک با تأکید بر مواد آلی.

بدیهی است چنانچه تولید این صفحه‌ها به صورت استاندارد و دانش‌بنیان میسر باشد، می‌تواند علاوه بر کاهش

مصرف آب از جنبهٔ اشتغال‌زایی نیز مورد توجه ویژهٔ دستگاه‌های اجرایی واقع شود.

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از زحمات آقای دکتر عبدی، مدیر عامل شرکت پلانت‌بک، برای ارسال صفحه‌ها از آلمان به کشور صمیمانه قدردانی شود. همچنین از آقای مهندس بیات، مدیر عامل شرکت بهارآوران نسترن، نیز بابت حمایت مالی اجرای پروژه و سایر حمایت‌های بی‌دریغشان طی اجرای پروژه سپاسگزاری می‌شود. از زحمات آقای مهندس علی کریمی، از همکاران بخش بیابان در مؤسسهٔ متبوع و تمامی همکاران در ایستگاه تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان که در گرمای طاقت‌فرسا به خصوص در فصل تابستان همواره در اجرای پروژه یاری‌بخش و همراه بودند، نیز صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

منابع

[1] Asif J, Hussain S, Hussain S, Matloob A, Awan T.H, Irshad F, et al. Super absorbent polymer application under suboptimal environments: implications andchallenges for marginal lands and abiotic stresses. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2022;(46): 662-676

[2] Banedjschafie S. Effect of a superabsorbent polymer on the growth of Panicum antidotale and nitrogen leaching. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1394; 22(3):595-605. [Persian].

[3] Ray S, Umesha C, Meshram M. R, and Sanodiya L. K. The Influence of irrigation and hydrogel application on yield and economics of pearl millet (Pennisetum glaucum L.) under Eastern UP condition. Environment Conservation Journal. 2021;(3): 31–36.

[4] Banedjschafie S, Herzog H.Wirkungen eines polymeren Bodenverbesserers auf die Ertragsbildung von Hirse unter ariden Bedingungen. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics 2006;(107): 55-66.

[5] Egerzegi S. Plant physiological principles of efficient sand amelioration. Agrokemia es Talajtan. 1964 (13):209–214.

[6] Deshesh T.H.M.A, Akl A.A, El-Kamar A. Influence of some natural soil conditioners under different levels of mineral nitrogen on sandy soil properties and maize productivity. Menoufia J. Soil Sci. 2019; 4(5):261-274.

[7] Ghanbari F, Tavakoli M, Heydari M, and Fathizad H. The effect of superabsorbent polymer, humus and sawdust on vegetative traits and physiology of of Prosopis juliflora in desert area (Case Study: Mehran Region). Iranian Journal of Range and Desert Research. 1400; 28(1):164-180. [Persian].

[8] Ogunniyi E, Olowookere B.T, Burns I. G, Lillywhite R, Rickson R.J. Effect of Clay and Organic Matter Amendments on Water and Nutrient Retention of Sandy Soils: Column Leaching Experiment. International Journal of Agriculture and Earth Science. 2021; 7(2):1-16.

[9] Zeineldin F, Biro K, Alghannam A.O. Influence of Natural and Artificial Soil Conditioners on Water Holding Capacity and Hydraulic Conductivity of Sandy Soils. International Journal of Food Science and Agriculture 2021; 5(2): 219-227.

[10] Banedjschafie S, Durner W. 2015. Water retention properties of a sandy soil with superabsorbent polymers as affected by aging and water quality. Journal of Plant Nutrition and Soil Science.178, 798-06.

[11] Banedjschafie S, Rahbar E, and Khaksarian F. Effect of a super absorbent Polymers on moisture characteristics of sandy soils. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1385; 13(2):139-144. [Persian].

[12] Banedjschafie S, Rahbar E, and Khaksarian F. The effect of polymer composition with desert sand on Panicum antidotale growth. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1388; 16(3):305-316. [Persian].

[13] Zheng H, Mei P, Wang W, Yin Y, Li H, Zheng M, et al. Effects of super absorbent polymer on crop yield, water productivity and soil properties: A global meta-analysis. Agricultural Water

Management. 2023;(282): 1-15.
[14] Abdi Baghi, R. 2013. The Green Innovaition. Plantbacter International GmbH Hohenzollern-damm 152 D-14199 Berlin. www.plantbacter.com
[15] Bouyoucos G.J. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. 1962. Agronomy Journal 54: 464-465.
[16] Pagel H. P, Enzmann J, Mutscher H. Pflanzennährstoffe in tropischen Boden. 1982. VEB, DLV Berlin, 272p.
[17] Westwood M. N. Temperat-zone pomologie. 1978. translate by Rasulzadegan, Y. (1370) Isfahan University of Technology pp:759.
[18] Rad M.H, Meshkat M.A, Soltani M. The Effects of Drought Stress on some Saxual‘s (Haloxylon aphyllum) Morphological Characteristics. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1388; 16(1):34-43. [Persian].
[19] Li D, Gu X, Pang Y, Chen B, and Liu L. Estimation of Forest Aboveground Biomass and Leaf Area Index Based on Digital Aerial Photograph Data in Northeast China. Forests, 2018;9, 275; doi:10.3390/f9050275.
[20] Rad M.H, Mirhoseini S.R, Meshkat M.A, Soltani M. Effect of soil moisture on Haloxylon’s root development. Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 1387; 16(1):112-123. [Persian].
[21] Zhou H, Zhao W, Yang Q. Root biomass distribution of planted Haloxylon ammodendronin a duplex soil in an oasis: desert boundary area. Ecological Research 2016(31):673-681.
[22] Bahadori F, Amirjan M, Solat M, Banej shafii S, Baseri R, Kianirad M. Technical investigation of different mulch and hydro absorbent materials on establishment and growth responses on Nitraria schoberi seedlings, 2014 pp:84. Ministry of Jihad-e-Agriculture Publisher: Research Institute of forests and Rangelands. [Persian].
[23] Kianian, M.K., Asgari, H.R. and Bahadori, F. Impact of Organic, Inorganic and Superabsor-bent Polymer Materials on Soil Properties under Plant Community of Nitraria schoberi in Deserts of Semnan. Iran. Journal of Rangeland Science,2019; 9(1):40-51.
[24] Banedjschafie S, Khosroshahi S, Rouhipour H, Jafari A. A, Khaksarian F, Kashi Zenouzi L. Effects of superabsorbent polymer and Plantbac panels on water consumption and growth in Saxaul in order to create green space in desert regions. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1397; 24(1):224-237. [Persian].
[25] Rad M.H, Dashtakian K. Determination of suitable seedling Planting method on Halorylon spp. for reducing water consumption, during early stages of Plantation. Iranian Journal of Range and Desert Research. 1380; 8(2):93-144. [Persian].
[26] Tavakoli Neko H, Banedjschafie S, Pourmeidani A, Mohebbi Kia M. The effects of hydro-phillic plant-bac plates on seedling establishment and growth of Holoxylon persicum Bunge for biological regeneration of desert areas 1401; 9(1):173-184. [Persian].
[27] Banedjschafie S, Batooli H, Jafari A. A, Kashi Zenouzi L. Effects of plantbac panels on seedling establishment and plant growth of Calligonum comosum L’Herit. in desert areas of Iran Iranian Journal of Range and Desert Research. 1399; 28(4):323-334. [Persian].
[28] Rahbar E. The effect of density and rainfall on the growth and greenness of Haloxylon Aphylum

forest. First Edition, Publication No. 44, Research Institute of Forest and Rangelands.

[29] *Heydari Sharifabad* H. *Water uptake* and *transpiration*. *Ministry* of *Agriculture*- Jahad. *National Committee* for *Drought* and *Agricultural Drought. 2004.* 194p.