مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۲۳

ص ۷۲۵-۷۳۸

بررسی تأثیر استفاده از پلیمر فراجاذب آب در نهال‌کاری عرصه‌های بیابانی از نظر میزان استقرار و هزینه (مطالعهٔ موردی: استان سمنان)

❖ **محمد جعفری؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **علی طویلی؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **یحیی اسماعیل‌پور** *؛ استادیار دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان
❖ **حسین آذرنیوند؛** استاد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **محمد زارع چاهوکی؛** دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **حمیدرضا اصغری؛** دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شاهرود

چکیده

در این پژوهش تأثیر و هزینهٔ کاربرد دو نوع هیدروژل به نام‌های تجاری آکوازورب و هربوزورب بر افزایش استقرار نهال‌ها در دو نوع خاک با شوری ۴٫۵ و ۸ دسی‌زیمنس/ متر) مطالعه شد. فراجاذب‌ها در دو سطح ۰٫۵ و ۱ درصد وزنی در هنگام کاشت نهال‌ها به صورت هیدراته با خاک مخلوط شد. کاشت نهال‌ها در عرصهٔ طبیعی با استانداردهای دستورالعمل فنی کاشت نهال منابع طبیعی انجام گرفت. در پایان نتایج نشان داد میزان استقرار نهال‌ها در تیمار شاهد حدود ۴۰ درصد است و درصد استقرار نهال‌ها در بستر غنی‌شده با هیدروژل به طور معنی‌دار و تا حد مطلوب (۸۰ درصد) افزایش یافته است. شوری خاک تفاوت معنی‌داری در استقرار نهال‌ها ایجاد نکرد. با مقایسهٔ نتایج با طرحی اجراشده در زمان و شرایط مشابه، مقدار افزایش هزینه و صرفه‌جویی در مصرف آب تعیین شد. مقایسهٔ مذکور نشان داد مصرف آب در هر دور ۳۰ درصد و تعداد دورهٔ آبیاری ۳۳ تا ۵۰ درصد کاهش یافته است. میزان افزایش هزینه نسبت به طرح شاخص از ۲- تا ۲۹ درصد به‌ترتیب برای هربوزورب با سطح ۰٫۵ درصد و آکوازورب با سطح ۱ درصد اندازه‌گیری شد. با توجه به این نتایج کاربرد فراجاذب هربوزورب با سطح ۰٫۵ درصد و آکوازورب ۰٫۵ با حدود ۲٫۵ درصد افزایش استقرار به ازای هر یک درصد افزایش هزینه بهترین تیمار بودند. کاربرد فراجاذب به میزان ۱ درصد در مقدار استقرار نسبت به تیمار ۰٫۵ درصد افزایش معنی‌داری نداشت، بنابراین، موجب اتلاف منابع می‌شود و در این شرایط پیشنهاد نمی‌شود.

واژگان کلیدی: استان سمنان، شوری خاک، نهال‌کاری، هزینه، هیدروژل.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۸۹۱۲۶۳۱۳۷۳۱+
Email: y.esmaeilpour@hormozgan.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

بهترین راه کنترل اراضی تخریب شده و در معرض خطر بیابانی‌شدن استقرار پوشش گیاهی مناسب در این مناطق است. پوشش گیاهی، علاوه بر تثبیت خاک، باعث حاصل خیزی، کاهش شوری و پایداری آن در مقابل خطر فرسایش می‌شود. اما، عمدتاً کمبود بارش، نامناسب‌بودن فصل ریزش آن و تبخیر و تعرق زیاد باعث از بین رفتن نهال‌ها و شکست پروژه‌های بوته‌کاری و نهال‌کاری می‌شود. این مشکل در ماه‌های گرم سال و دورهٔ کاشت و استقرار نهال‌ها بیشتر مشهود است. از سوی دیگر، آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک بزرگ‌ترین عامل محدودکنندهٔ عملیات بیولوژیکی و درخت‌کاری است و تأمین آب در این مناطق معمولاً بسیار پُرهزینه و مقدار آن نیز محدود است [۲۱]. این مشکلات و اجرای بی‌وقفهٔ طرح‌های نهال‌کاری در دهه‌های اخیر در بسیاری از مناطق کشور با صرف هزینه‌های زیاد همواره کارشناسان را به سویی سوق داده است تا با ابداع روش‌های گوناگون شانس موفقیت را بیشتر کنند و از هزینه‌ها بکاهند. یکی از این روش‌ها، علاوه بر تحقیقات گسترده‌ای که در دنیا برای شناخت عوامل ژنتیکی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در گیاهان انجام می‌شود، کاربردِ مواد پلیمری است. مواد پلیمری قابلیت و ظرفیت بسیاری در نگه‌داری آب دارند و، با کاهش میزان تبخیر و نفوذ آب آبیاری به اعماق خاک، موجب افزایش میزانِ آبِ در دسترس گیاه می‌شوند. با توجه به این موضوع، در این مطالعه سعی شده است به پرسش‌هایی که در پی می‌آید پاسخ داده شود: «آیا کاربرد هیدروژل در بهبود استقرار نهال‌های کاشته‌شده در طرح‌های بیابان‌زدایی مؤثر است؟» و «اگر تأثیر مثبتی دارد، آیا این کار صرفهٔ اقتصادی دارد؟»

یکی از نکات مهم در کاربرد این گونه مواد عدم ایجاد ضرر و زیان بلندمدت و غیر قابل چشم‌پوشی از لحاظ زیست‌محیطی یا اکولوژیک است. در این زمینه می‌توان به نتایج تحقیقات متعدد استناد کرد [۸، ۹، ۱۰، ۱۶، ۲۵]؛ تحقیقات یادشده غیرسمّی و سازگاربودن این پلیمرها را با محیط زیست تأیید می‌کنند. در بررسی اثر پلی اکریل آمید بر میکروارگانیسم خاک‌های جنگلی بیان شد که این ماده در موجودات خاک‌زی تأثیر منفی نداشته است [۳، ۴].

دربارهٔ تأثیر کاربرد این مواد در عملیات کشت گیاهان مختلف تحقیقات انجام گرفته است. در مطالعه‌ای با عنوان «اثر کاربرد هیدروژل بر بهبود ویژگی‌های شیمیایی و اکولوژیک مناطقی با خاک آلوده و یا تخریب‌یافته» به بررسی و جمع‌بندی نتایج بسیاری از تحقیقات انجام‌شده بر روی هیدروژل در طرح‌های احیای منابع طبیعی پرداخته و بیان شد که هزینهٔ استفاده از SAP [1] در جنگل‌کاری بسته به میزان استفاده در واحد سطح (هکتار) دامنهٔ تغییراتی از ۲۰۰ تا ۴۰۰ دلار در هر هکتار دارد [۱۱]. در این مطالعه، با در نظر گرفتن متوسط ۲۰ و ۴۰ گرم هیدروژل به ازای هر نهال و با در نظر گرفتن تراکم ۱۶۰۰ اصله نهال در هکتار، مقدار مصرف بین ۳۲ تا ۶۴ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد و با در نظر گرفتن قیمت ۲ تا ۴ دلار برای هر کیلوگرم SAP، حداکثر هزینه در هر هکتار حدود ۲۵۰ دلار برآورد شد. در نتایج این بررسی هزینهٔ ماشین‌آلات در مقایسه با هزینهٔ کلی طرح بسیار ناچیز و صرف‌نظرشدنی ارزیابی شد و در

1. Super Absorbent Polymer

Archive of SID
www.SID.ir

کاشت نهال‌ها با استفاده از روش‌ها و ماشین‌آلات مرسوم مشکلی مشاهده نشد. بر اساس این مطالعه، کاربرد فراجاذب به صورت کاملاً هیدراته‌شده و دوغاب‌مانند در زمان کاشت نهال‌ها بسیار مهم است.

در ارزیابی اقتصادی چنین طرح‌هایی باید به دو نکته توجه کرد: نخست آنکه استفاده از SAP موجب افزایش راندمان طرح از لحاظ میزان استقرار می‌شود و نیاز به تکرار عملیات کاشت را در نقاطی که گیاهان مستقر نشده‌اند کاهش می‌دهد. میزان صرفه‌جویی به شرایط اکولوژیک منطقهٔ اجرای طرح وابسته است و هرچه این شرایط محیطی سخت‌تر باشد بهره‌وری اقتصادی بهتر خواهد بود [۲۵]. دیگر آنکه در هنگام مساعدبودن شرایط رویشگاهی و فقدان عوامل محدودکننده در خاک و آب افزایش میزان رشد گیاهان و تولید در واحد سطح باعث جبران درصدی از هزینه‌های کاربرد هیدروژل می‌شود [۱۱]، زیرا نتایج کاربردِ این مواد محدود به افزایش استقرار و زنده‌مانی نیست، بلکه باعث تقویت بنیه و شادابی و تولید گیاهان نیز می‌شود.

در کشت خیار گلخانه ای با اختلاط فراجاذب با خاک شنی و آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و میزان کارایی مصرف آب و کود ۲٫۳۷ برابر نسبت به شاهد بهبود یافته است [۱۱] و تعداد دفعات محلول دهی در کشت بدون خاک گیاه در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری کمتر است [۱۴].

در زمینهٔ ارزیابی اقتصادیِ چنین تیمارهایی در پژوهش‌های داخلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. مصرف پلیمر در شرایط فعلی با قیمت بسیار زیاد آن به شرطی اقتصادی خواهد بود که تأمین آب در طرح قیمت زیادی داشته باشد؛ اگر کاربرد هیدروژل فواصل آبیاری را دو تا سه برابر افزایش دهد، می‌توان انتظار داشت که در هزینه‌های آبیاری صرفه‌جویی شود و مصرف آن توجیه اقتصادی داشته باشد [۱۳]. در مطالعه‌ای دیگر اشاره شده است که، با توجه به کاهش زهکشی در بسترهای آمیخته با فراجاذب، این تیمار از طریق افزایش ظرفیت نگه داری آب باعث کاهش هدررفت آب و عناصر غذایی می شود و از این طریق به گیاه کمک می‌کند تا بخش بیشتری از محلول مصرفی دریافتی را در فرایند تولید به کار گیرد؛ در نتیجه، مقدار کارایی مصرف آب و کود بهبود می‌یابد [۱].

بر اساس بررسی پژوهش‌های یادشده، نتایج آن‌ها را می‌توان در سه زمینهٔ اصلی طبقه‌بندی کرد:

۱. کاربرد هیدروژل تأثیر مثبتی در افزایش استقرار نهال، کاهش آبیاری و مصرف کود و در نتیجه کاهش هزینه دارد؛

۲. کاربرد هیدروژل موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیک خاک و بستر رشد می‌شود؛

۳. کاربرد هیدروژل موجب افزایش تولید و کیفیت رویشی گیاهان می‌شود.

با توجه به مطالبی که بیان شد و ضرورتِ بررسی دقیق هزینه و فایدهٔ کاربرد این تیمارها در طرح‌های نهال‌کاری و احیای بیولوژیک رایج در کشور این تحقیق طراحی و اجرا شد.

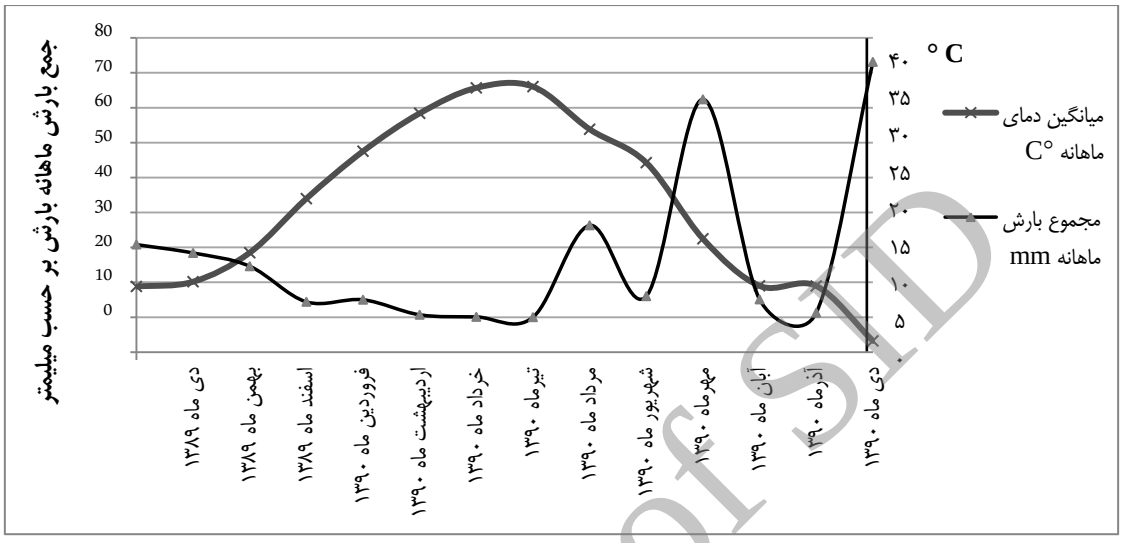
۲. روش‌شناسی

این پژوهش در زمینی به وسعت تقریبی دو هکتار متعلق به ایستگاه پژوهشی سمنان وابسته به مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران انجام شد. بر اساس آمار بلندمدت ادارهٔ هواشناسی استان سمنان، رژیم بارش این استان از نوع مدیترانه‌ای است. توزیع

Archive of SID

www.SID.ir

زمانی بارش به‌ترتیب شامل فصل زمستان (۴۸ درصد)، بهار (۳۳ درصد)، پاییز (۱۶ درصد) و تابستان (۳ درصد) است. میانگین بلندمدت بارش و دمای سالانه در منطقهٔ اجرای طرح به‌ترتیب ۱۴۴٫۷ میلی‌متر و ۱۸٫۴ درجهٔ سلسیوس است. با توجه به اهمیت شرایط آب و هوایی دورهٔ اجرای تحقیق، منحنی آمبروترمیک[1] منطقه در ماه‌های اجرای طرح به روش Gaussen محاسبه شد [۲] (شکل ۱).



شکل ۱. منحنی آمبروترمیک منطقه در ماه‌های اجرای طرح محاسبه‌شده به روش Gaussen [۷]

جدول ۱. مشخصات دو نوع خاک موجود در منطقه

ویژگی	خاک نوع یک	خاک نوع دو
بافت	Sandy Loam، درصد ذرات تعیین‌شده به روش هیدرومتری: رس: ۲۰، سیلت: ۱۳ و شن: ۶۷	Sandy Clay Loam، درصد ذرات تعیین‌شده به روش هیدرومتری: رس: ۲۲، سیلت: ۲۰ و شن: ۵۸
Ec (dsm^{-1})	۸	۴٫۵
وزن مخصوص ظاهری (gcm^{-3})	۱٫۶۳	۱٫۵۸
هدایت هیدرولیکی اشباع[2] (mm/hr)	۱۵٫۵	۳٫۴۵
Field Capacity[3] (percent)	۱۸٫۶	۲۷٫۷
Willing Point[4] (percent)	۱۱٫۶	۱۷٫۳
PAW[5] (percent)	۷	۱۰

1. ombrothermic curve
2. Saturated Hydraulic Conductivity

۳. ظرفیت زراعی
۴. نقطهٔ پژمردگی
۵. درصد آب در دسترس گیاه

Archive of SID
www.SID.ir

دو نوع خاک در منطقهٔ مورد مطالعه وجود داشت که از لحاظ بافت تفاوت چندانی نداشتند، اما شوری آن‌ها متفاوت بود. کلیهٔ تیمارها بر روی هر دو نوع خاک عیناً انجام شد تا اثر احتمالی شوری خاک بر کارایی فراجاذب بررسی شود. جدول ۱ اطلاعات این خاک‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به هدف تحقیق، یکی از طرح‌های کاشت نهال منابع طبیعی استان سمنان شاخص و معیار در نظر گرفته شد. این طرح در منطقهٔ حاجی‌آباد شهرستان سمنان با مختصات جغرافیایی "۴۰ '۱۵ °۵۳ تا "۴۴ '۳۳ °۵۳ طول شرقی و "۳۸ '۲۳ °۳۵ تا "۳۸ '۳۶ °۳۵ عرض شمالی قرار گرفته و دارای وسعتی معادل ۲۵۷۲۵ هکتار است. دلیل انتخاب این طرح موقعیت جغرافیایی نزدیک و شباهت آن از لحاظ شرایط اقلیم، خاک و آب مورد استفاده در آبیاری با تحقیق حاضر است. ضمن اینکه به دلیل نزدیکی منطقهٔ حاجی‌آباد به منابع تأمین آب و نیروی انسانی و تجهیزات هزینه‌های اجرای طرح نهال‌کاری در این منطقه حداقل است و در صورت توجیه اقتصادی در این منطقه به دیگر مناطق نیز تعمیم‌پذیر است [۲۳].

پلیمرهای جاذب رطوبت انواع مختلفی دارند، اما در منابع مختلف ویژگی اصلی این دسته از مواد قابلیت آن‌ها در جذب ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر آب نسبت به وزن یا حجم اولیهٔ آن‌هاست. بنابراین، به عنوان اَبَرجاذب در کشاورزی کاربرد دارند. قابلیت جذب آب این پلیمرها به گونه‌ای است که بیش از ۹۹ درصد از یک ذرهٔ پلیمر را واکوئل‌هایی تشکیل می‌دهند که به وسیلهٔ پل‌های شش‌وجهی از پلیمر به هم متصل می‌شوند و در صورت وجود آب آن را جذب می‌کنند [۱۸]. در پلیمر متورم‌شده حدود ۸۰ ـ ۸۵ درصد آب درون واکوئل‌ها به عنوان مخازن کوچک متعدد ذخیره می‌شود و بقیهٔ آن ۱۵ ـ ۲۰ درصد ـ که به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کل آب قابل دسترس یک خاک شنی با بافت درشت است ـ با نیروی بیشتری جذب پلیمر می‌شود، ولی برای گیاه قابل دسترس است [۱۲]. فراجاذب‌های به‌کاررفته در این آزمایش ـ PR3005A[1] ساخت شرکت فرانسوی SNF و پلیمر چندخطی Herbosorb®[2] ـ دو نوع رایج هیدروژل پتاسیم پلی‌اَکریل‌آمید[3] هستند. دلیل انتخاب این دو محصول داشتن پایهٔ یونی K^+ به جای Na^+ است تا از آثار منفی احتمالی یون‌های Na^+ پیشگیری شود. سطوح کاربرد مواد فراجاذب در دو سطح ۰٫۵ و ۱ درصد وزنی در نظر گرفته شد.

در این طرح کشت نهال‌ها از نیمهٔ دی‌ماه ۱۳۸۹ تا نیمهٔ بهمن‌ماه ۱۳۸۹ انجام گرفت. با توجه به بارش مناسب پیش از اجرای عملیات کاشت، همهٔ گیاهان به صورت هم‌زمان و پس از پایان کامل عملیات کشت آبیاری شدند. برای آبیاری هر نهال ۲۰ لیتر آب در هر دورهٔ آبیاری به کار رفت. فاصلهٔ آبیاری در روش معمول در طرح حاجی‌آباد سمنان سی‌روزه بود. مقادیر مورد نظر برای افزایش فاصلهٔ آبیاری در این تحقیق با توجه به سوابق مطالعات و نظر کارشناسان ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان سمنان تعیین شد؛ به این صورت که در سطح یک کم‌آبیاری در سطح کاربرد فراجاذب ۰٫۵ و یک درصد فاصلهٔ آبیاری به‌ترتیب به میزان ۳۳ و ۵۰ درصد نسبت به

1. Aquasorb®
2. Cross-Linked Polymer
3. Potassium Ammonium Polyacrylate / Polyacrylamide Copolymer

Archive of SID

www.SID.ir

حالت معمول افزایش یافت. سطح دو کم‌آبیاری نیز با افزایش ۵۰ و ۶۷ درصدی فاصلهٔ دورهٔ آبیاری به‌ترتیب برای دو سطح کاربرد فراجاذب ۰٫۵ و یک درصد و به منظور شناسایی حداکثر توان فراجاذب در افزایش فاصلهٔ زمانی بین دوره‌های آبیاری تعیین و اجرا شد.

۱.۲. روش تحقیق

نهال‌ها با توجه به «مشخصات فنی طرح‌های نهال‌کاری ادارهٔ کل منابع طبیعی استان سمنان» در زمین ایستگاه پژوهشی سمنان وابسته به مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان با افزودن فراجاذب به محیط ریشه کاشته شد [۲۳]. گودهای لازم برای کشت نهال، بر اساس دستورالعمل، با استفاده از مته به عمق ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۴۰ ـ ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد.

افزودن فراجاذب به محیط ریشه با توجه به سوابق تحقیق با افزودن ۴۰ لیتر آب به هر کیلوگرم پودر هیدروژل و تولید ژل صورت گرفت. کاربرد آب به میزان کمتر باعث چسبندگی زیاد ژل می‌شود و امکان ندارد که با خاک مخلوط شود. افزایش بیش از حد آب نیز مخلوط نهایی را به گل تبدیل می‌کند و باعث کندی عملیات کاشت خواهد شد. ژل تولیدشده حاوی یک کیلوگرم پودر فراجاذب است؛ در نتیجه، برای تهیهٔ تیمار ۱ درصد با ۱۰۰ کیلوگرم خاک و برای تهیهٔ تیمار ۰٫۵ درصد با ۲۰۰ کیلوگرم خاک مخلوط شد (شکل ۲). در هنگام قراردادن نهال، گودهها با مخلوط خاک و ژل به ضخامت ۲۰ سانتی‌متر پُر شد. سپس، با لایه‌ای از خاک عادی به ضخامت حدود ۱۰ سانتی‌متر پوشانده شد تا از هدررفتن آب در اثر تبخیر از سطح جلوگیری شود. در نهایت، به منظور کاشت نهال‌ها (با تراکم ۱۵۰ نهال در هکتار) مقدار مادهٔ فراجاذب لازم در سطوح مصرف ۰٫۵ و ۱ درصد وزنی به‌ترتیب ۱۸٫۷۵ و ۳۰ کیلوگرم در هر هکتار ثبت شد.

کاربرد فراجاذب به این شیوه مزایایی دارد؛ از جمله:

ـ سرعت بیشتر کار در عین حفظ دقت اندازه‌گیری میزان هیدروژل به‌کاررفته؛

ـ آسان‌بودن روش کاربرد و بی‌نیاز بودن از تجهیزات خاص و آموزش نیروی انسانی؛

ـ همگن‌بودن مخلوط حاصل و بهبود چشمگیر ساختمان و بافت خاک.

شکل ۲. روش مخلوط‌کردن خاک و ژل و خاکدانه‌های حاصل

Archive of SID

www.SID.ir

در عین حال، برخی از اشکالات مصرف هیدروژل، که در منابع به آن اشاره شده است، در این روش روی نخواهد داد. از جمله در یک بررسی نشان داده شد که مصرف دو سطح درصد وزنی پلیمر از دو نوع تجاری در خاک Sandy loam اگر با محدودیت برای گسترش حجمی پلیمرها در خاک به هنگام آبگیری باشد، در افزایش ظرفیت نگه‌داری خاک تأثیری ندارد [۲۴]. همچنین، در تحقیقی دیگر به تأثیر مخرب انقباض و انبساط این ماده بر ریشه‌های مویین گیاهان به‌ویژه در شرایط تحت تنش اشاره شده است [۲۲]. دلیل این امر تولید مخلوط خاک و هیدروژل به صورت ژل و وجود فضای کافی برای گسترش حجمی پلیمرها به دلیل توزیع یکنواخت پلیمر در فضای گستردهٔ اطراف ریشه است و نیز وجود فضای کافی برای ریشه‌دوانی نهال‌ها در میان خاکدانه‌ها است. در حالی که با افزودن فراجاذب به صورت توده‌ای و غیریکنواخت مشکل انبساط بیش از حد در برخی از نقاط و قطع ریشهٔ نهال‌ها در این نقاط و عدم توانایی جذب آب برای گیاه وجود خواهد داشت.

۲.۲. روش بررسی هزینه

به منظور بررسی هزینه، میزان پودر فراجاذب به‌کاررفته در کاشت هر نهال محاسبه شد. سپس، با در نظر گرفتن تراکم متوسط ۱۵۰ نهال در هکتار (تراکم مورد قبولِ دستورالعمل فنی طرح نهال‌کاری)، میزان هزینه در واحد سطح نیز محاسبه شد. با افزودن هزینهٔ نیروی انسانی لازم برای تهیهٔ مخلوط خاک و ژل کل هزینهٔ لازم در واحد سطح مشخص شد. سپس، هزینه‌های طرح حاجی‌آباد سمنان (به عنوان طرح شاخص) از اسناد و جدول‌های ادارهٔ منابع طبیعی سمنان استخراج شد و در سه بخش آماده‌سازی عرصه، کاشت و آبیاری و مراقبت طبقه‌بندی شد. با تشکیل جدول هزینه برای اجرای طرح به روش استاندارد مورد استناد در طرح‌های رایج اداره‌های منابع طبیعی و جدول هزینه- فایدهٔ مربوط به اجرای این تحقیق با استفاده از فراجاذب و مقایسهٔ این جداول، هزینهٔ خالص محاسبه شد. با توجه به اینکه کاربرد فراجاذب باعث کاهش آب مصرفی هر نهال در هر دورهٔ آبیاری و نیز تعداد کل دوره‌های آبیاری شد، با بررسی تقویم آبیاری میزان کاهش مصرف آب محاسبه و به ارزش ریالی تبدیل شد. مقدار هزینهٔ نهایی از جمع هزینه‌ها و ارزش ریالی صرفه‌جویی صورت‌گرفته به‌دست آمد. در پایان، به منظور مقایسهٔ هزینهٔ تیمارها، همهٔ نتایج ریالی به درصد تبدیل شد و کم‌هزینه‌ترین روش مشخص و پیشنهاد شد.

ویژگی مورد ارزیابی به منظور سنجش تأثیر و هزینهٔ کاربرد فراجاذب در این پژوهش درصد زنده‌مانی و استقرار نهال‌ها بود. تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS بر مبنای تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین انجام گرفت.

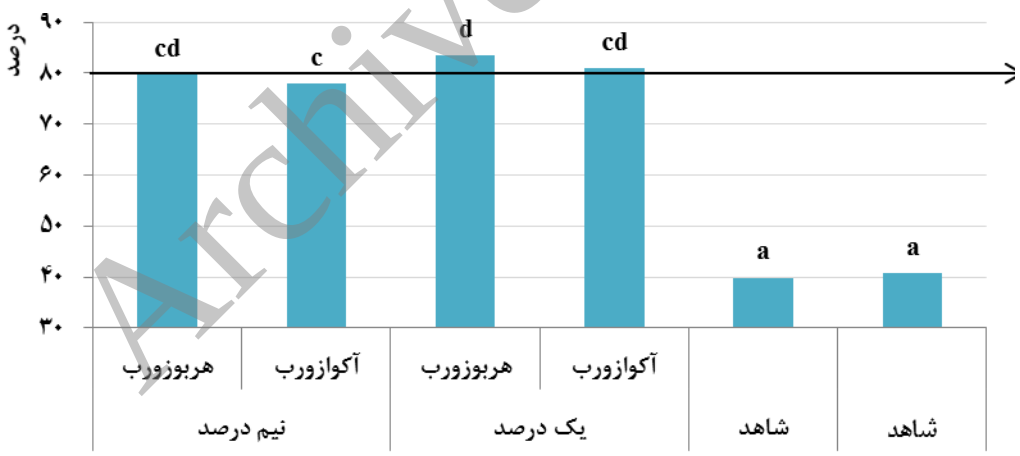
۳. نتایج

عوامل شوری خاک، نوع و سطح هیدروژل و گونه در مدل تجزیهٔ واریانس داده‌های استقرار وارد شد و جدول تجزیهٔ واریانس به روش Univariate محاسبه شد (جدول ۲). بر اساس نتایج اثر مستقل هر دو عامل نوع و سطح مصرف هیدروژل در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار شد. عامل شوری خاک، گونه و

Archive of SID

www.SID.ir

کلیهٔ آثار متقابل در تغییرات متغیر وابسته، یعنی درصد استقرار نهال‌ها، تأثیر معنی‌داری نداشت. ادارات منابع طبیعی در هنگام ارزیابی طرح‌های نهال‌کاری نتایج درصد استقرار را تفکیک نکردند؛ علت این امر تجربیات بلندمدت کارشناسان این نهادهاست که حاکی از فقدانِ تفاوت معنی‌دار در میزان استقرار نهال‌های سه گونهٔ یادشده است. معنی‌دارنشدن اثر خاک نیز نشان‌دهندهٔ قدرت سازگاری زیاد گونه‌های یادشده در مقابله با شرایط شوری خاک است که افزایش شوری از حدود ۴ تا ۸ دسی‌زیمنس بر متر را تحمل کرده‌اند و تغییر درخور توجهی در درصد استقرار نداشته‌اند. این نتیجه همچنین نشان‌دهندهٔ اثر مطلوب دو نوع هیدروژل یادشده و سطوح مصرف مورد آزمایش در دو حالت شوری خاک است. به دلیل معنی‌دارنشدن اثر شوری خاک و همچنین اثر گونه، میانگین درصد استقرار گونه‌های آزمایشی در تیمارهای مشابه در دو نوع خاک مورد بررسی با یکدیگر تلفیق شد. میانگین درصد استقرار تیمارهای شاهد، با اطمینان ۹۹ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. این نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای فراجاذب در اثر تفاوت‌های موجود بین دو نوع خاک عملکرد متفاوتی نداشته‌اند و به شکل یکسانی بر روی هر دو نوع خاک باعث تغییر میانگین درصد استقرار شده‌اند. در عین حال، میانگین استقرار نهال‌های سه گونه‌ـ آتریپلکس، تاغ و قره‌داغ‌ـ متفاوت ارزیابی نشده است. معنی‌دارنشدن اثر متقابل نوع خاک و تیمارهای هیدروژل و نوع گونهٔ گیاهی نشان می‌دهد که گونه‌های مورد بررسی نیز به تغییرات خاک و نوع تیمار واکنش یکسانی نشان داده‌اند. شکل ۳ این اطلاعات را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نتایج مقایسهٔ درصد استقرار نهال‌ها در اثر کاربرد نوع و سطوح متفاوت پلیمر فراجاذب با تیمار شاهد

مقایسهٔ میانگین درصد استقرار تیمارهای شاهد نیز نشان داد تفاوت معنی‌داری بین نتایج ثبت‌شدهٔ درصد زنده‌مانی در این دو تیمار وجود ندارد. درصد استقرار در این دو کرت حدود ۴۰ درصد است و به صورت آشکار با میزان مطلوب، که در دستورالعمل فنی طرح‌های نهال‌کاری که مورد استناد ادارهٔ کل منابع طبیعی در ارزیابی حسن اجرای کار است (۸۰ درصد)، فاصله دارد. به‌رغم اینکه میزان استقرار

Archive of SID
www.SID.ir

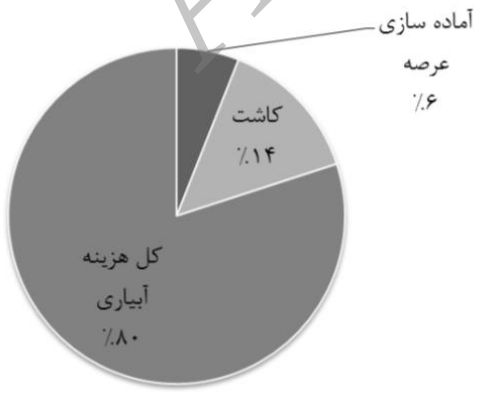
نهال‌ها در سطوح و نوع متفاوت هیدروژل تفاوت معنی‌داری داشت، مقایسهٔ نتایج، با معیار ۸۰ درصد به روش آزمون آماری t، قابل قبول بودن نتایج نسبت به شاخص مذکور را اثبات کرد.

پس از بررسی و اثبات کارایی کاربرد هیدروژل در افزایش استقرار نهال‌ها، تحلیل اقتصادی و مقایسهٔ هزینه- فایده در تصمیم‌گیری به منظور کاربرد یا عدم کاربرد این گونه تیمارها و مواد در پروژه‌های مشابه تعیین‌کننده خواهد بود. در این زمینه، با بررسی اسناد مربوط به اجرای طرح نهال‌کاری در حاجی‌آباد، هزینه‌های طرح در جدول ۲ طبقه‌بندی شد.

جدول ۲. هزینه‌های طرح نهال‌کاری در حاجی‌آباد سمنان [۲۳]

مرحلهٔ	هزینه (ریال در هکتار)	تکرار	هزینهٔ خالص در کل دورهٔ کاشت و داشت	هزینهٔ نهایی: هزینهٔ خالص به علاوهٔ ۳۰ درصد *	درصد از کل هزینه در هکتار
آماده‌سازی عرصه	۲۱۰،۰۰۰	۱	۲۱۰،۰۰۰	۲۷۳،۰۰۰	۶
کاشت	۳۷۱،۸۰۰	۱	۳۷۱،۸۰۰	۴۸۳،۳۴۰	۱۴
آب	بهای آب ۴۰،۰۰۰	۷	۲۸۰،۰۰۰	۳۶۴،۰۰۰	۱۰
	هزینهٔ حمل ۱۰۰،۰۰۰	۷	۷۰۰،۰۰۰	۹۱۰،۰۰۰	۲۴
آبیاری و مراقبت	۱۹۰،۰۰۰	۷	۱،۳۳۰،۰۰۰	۱،۷۲۹،۰۰۰	۴۶
جمع کل هزینهٔ خالص و ناخالص در هکتار			۲،۸۹۱،۸۰۰	۳،۷۵۹،۳۴۰	۱۰۰
متوسط کل هزینهٔ خالص و ناخالص به ازای هر اصله نهال:			خالص: ۱۹،۲۷۹	ناخالص: ۲۵،۰۶۲	
هزینهٔ کل یک هکتار نهال‌کاری با گونه‌های تاغ، آتریپلکس و قره‌داغ (طرح حاجی‌آباد سمنان ۱۳۸۹ ـ ۱۳۹۰)					۳،۷۵۹،۳۴۰
**: هزینهٔ تجهیز کارگاه، بالاسری و بیمه طبق دستورالعمل نظارتی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری ۳۰ درصد کل هزینهٔ خالص است.					

همچنین، به منظور مقایسهٔ هزینه‌ها با و بدون استفاده از هیدروژل، جدول هزینه- فایدهٔ کاربرد تیمارهای یادشده در ادامه آمده است (جدول ۳). با توجه به جدول ۲، مشاهده می‌شود که عملیات آبیاری و مراقبت ۸۰ درصد کل هزینهٔ پروژه را در بر می‌گیرد (شکل ۴).



شکل ۴. سهم هر یک از مراحل کاشت نهال از کل هزینهٔ طرح

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. جدول هزینه- فایدهٔ کاربرد هیدروژل در طرح‌های کشت نهال در عرصه‌های بیابانی بر اساس قیمت در زمان اجرای طرح

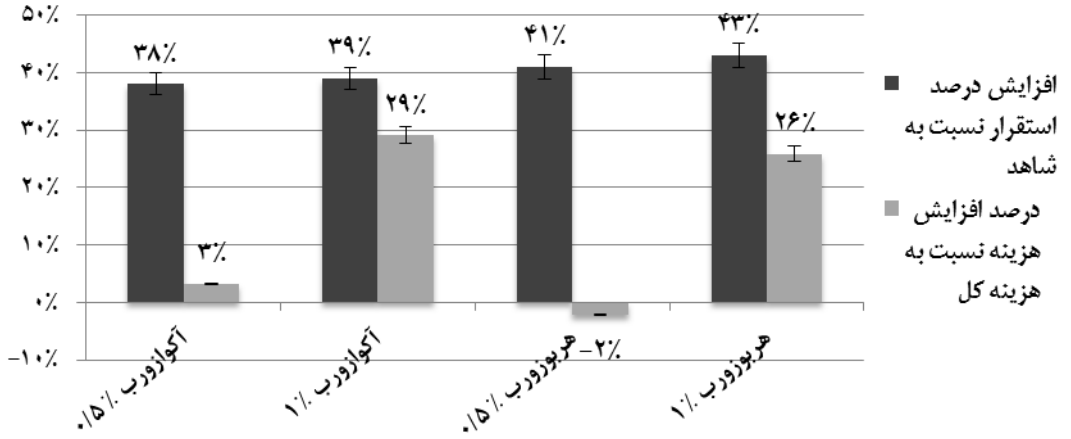
نوع فعالیت		قیمت واحد (ریال)	هزینه- فایده در واحد سطح (ریال در هکتار)			
			سطوح تیمار			
			آکوازورب		هربوزورب	
			۰٫۵ درصد	۱ درصد	۰٫۵ درصد	۱ درصد
خرید هیدروژل (کیلوگرم)	آکوازورب	۱۳۵،۰۰۰	۱۸٫۷۵کیلوگرم: +۲،۵۳۱،۲۵۰	۳۰ کیلوگرم: +۴،۰۵۰،۰۰۰	۱۸٫۷۵کیلوگرم: +۲،۴۳۷،۷۵۰	۳۰ کیلوگرم: +۳،۹۰۰،۰۰۰
	هربوزورب	۱۳۰،۰۰۰				
نیروی انسانی برای مخلوط‌کردن خاک و ژل		۲۰۰،۰۰۰	۱ نفر- روز در هکتار: +۲۰۰،۰۰۰			
کاهش میزان آبیاری در هر مرحله از ۴۰۰۰ لیتر به ۳۰۰۰ لیتر در هکتار		۱۰	۱۰۰۰ لیتر: -۱۰،۰۰۰			
درصد کاهش تعداد دورهٔ آبیاری نسبت به شاهد در بازهٔ زمانی یکسان (هزینهٔ هر دورهٔ آبیاری)		۳،۰۰۳،۰۰۰	۳۳ درصد: -۹۹۰،۹۹۰	۵۰ درصد: -۱،۵۰۱،۵۰۰	۳۳ درصد: -۹۹۰،۹۹۰	۵۰ درصد: -۱،۵۰۱،۵۰۰
درصد افزایش استقرار نهال نسبت به تیمار شاهد (کل هزینهٔ کاشت و آبیاری و مراقبت در یک هکتار معادل ۳،۷۵۹،۳۴۰ است. با ضرب‌کردن این رقم در درصد افزایش استقرار تیمار نسبت به شاهد ارزش ریالی این افزایش محاسبه می‌شود.)		۳،۷۵۹،۳۴۰	۳۸ درصد: -۱،۴۲۸،۵۴۹			
				۳۹ درصد: -۱،۴۶۶،۱۴۳		
					۴۱ درصد: -۱،۵۴۱،۳۲۹	
						۴۳ درصد: -۱،۶۱۶،۵۱۶
جمع کل هزینه- فایدهٔ هر تیمار			+۱۲۱،۷۱۱	+۱،۰۹۲،۳۵۷	-۸۴،۵۶۹	+۹۷۱،۹۸۴
افزایش هزینه به ازای هر نهال			+۸۱۱	+۷،۲۸۲	-۵۶۴	+۶،۴۸۰

* اعداد مثبت نشان‌دهندهٔ هزینه و اعداد منفی مشخص‌کنندهٔ صرفه‌جویی در هزینه‌هاست.

این موضوع اهمیت فراوان صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی را به‌خوبی نشان می‌دهد. تلفیق نتایج افزایش درصد استقرار و درصد افزایش هزینه به منظور کاربرد فراجاذب در شکل ۵ نشان می‌دهد که تیمارهای چهارگانهٔ فراجاذب از لحاظ صرفهٔ اقتصادی به‌ترتیب عبارت‌اند از: هربوزورب ۰٫۵، آکوازورب ۰٫۵، هربوزورب ۱ و آکوازورب ۱ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. میزان افزایش درصد استقرار و هزینه در واحد سطح با کاربرد فراجاذب

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در بخش نتایج آشکار شد که کاربرد هیدروژل بر میزان استقرار گیاهان در شرایط کم‌آبیاری تأثیر مثبت دارد؛ این نتیجه با نتایج ارائه‌شده در تحقیقات مشابه همخوانی دارد. در این زمینه، تأثیر مثبت کاربرد هیدروژل آکوازورب بر شرایط رویشی و شادابی نهال‌های کاج و بادام قبلاً گزارش شده است [۶]. با توجه به فقدان تفاوتِ معنی‌دار بین تیمارها، کاربرد سطح ۰٫۵ درصد، که به لحاظ اقتصادی باصرفه‌تر است، توجیه می‌شود.

در این زمینه پژوهشی به منظور بررسی تأثیر کاربرد پلیمر آکوازورب بر آبیاری نهال‌های کاج، آتریپلکس و زیتون با سطوح مصرف دو و چهار درصد وزنی با مطالعه و ثبت صفات رویشی و استقرار نهال‌ها انجام شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمار هیدروژل از نظر نتیجهٔ مشاهده‌شده وجود ندارد و استفاده از سطح یک پلیمر صرفهٔ اقتصادی بیشتری دارد و پیشنهاد می‌شود که استفاده از پلیمر در زمان کاشت نهال گونه‌های مذکور به منظور کاهش میزان و تعداد دورهٔ آبیاری و حفظ زنده‌مانی آن‌ها انجام شود؛ نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد [۲۱]. نتایج کلی بسیاری از تحقیقاتِ دیگر در بیشتر موارد نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت این گونه مواد بر استقرار و شادابی گیاهان، افزایش بیومس و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است. مثلاً، با در نظر گرفتن بهای دو تا چهار دلار به ازای هر کیلوگرم هیدروژل (بسته به کشورهای محل خرید) و با صرف‌نظرکردن از هزینه‌های ماشین‌آلات و نیروی انسانی، که در این تحقیق ناچیز ارزیابی شد، حداکثر هزینهٔ مورد نیاز در هکتار ۲۵۰ دلار برآورد شد [۱۵]. با مقایسهٔ این هزینه با هزینه‌های جنگل‌کاری در کشورهای مختلف از قبیل اتریش [۲۰]، کانادا [۱۹] و چین (به‌ترتیب ۳۵۰۰، ۱۷۵۰ و ۹۰ دلار در هکتار) [۱۶] و با توجه به افزایش میزان رشد گیاهان، که به طور متوسط دو برابر مقدار معمول اندازه‌گیری شد، نرخ بازگشت سرمایه برای کشورهای اتریش، کانادا و چین در پروژه‌های مشابه، که بدون استفاده از هیدروژل

Archive of SID

www.SID.ir

به‌ترتیب ۳٫۸، ۵٫۱ و ۴۱ درصد بود، با استفاده از این روش به مقادیر ۶٫۶، ۱۵٫۵ و ۶۵ درصد تغییر یافت. بنابراین، می‌توان گفت که کاربرد هیدروژل حتی در پروژه‌های جنگل‌کاری نیز، که در مناطقی اجرا می‌شود که مشکلی از لحاظ درصد استقرار وجود ندارد، به صرفه است. بر اساس نتایج محققان، کاربرد هیدروژل به صورت کاملاً آشکار میزان تولید را در همهٔ گونه‌های تحت بررسی افزایش می‌دهد. محققان کاربرد هیدروژل را در پروژه‌های نهال‌کاری و همچنین در نهالستان پیشنهاد کردند [۱۱].

از نظر اقتصادی، با توجه به جدول ۳ و شکل ۵، تیمار هیدروژل هربوزورب، با سطح ۰٫۵ درصد، صرفاً، با ۱۵ درصد هزینهٔ بیشتر، به میزان ۴۰ درصد استقرار را بهبود می‌بخشد. این در حالی است که در این تحقیق منافع بلندمدت حاصل از تثبیت مناطق بیابانی و جلوگیری از گسترش بیابان و همچنین بسیاری از خدمات دیگر، که در اثر بهبود درصد استقرار گیاهان به‌دست می‌آید، از قبیل تثبیت کربن، تولید علوفه، حفاظت محیط زیست و بهبود زیستگاه گونه‌های جانوری و اکوتوریسم، به محاسبات وارد نشد. اگر این موارد در نظر گرفته شود، قطعاً اثبات می‌شود که این روش نه‌تنها هزینهٔ اضافی به مجریان تحمیل نخواهد کرد، بلکه منفعت اقتصادی نیز دارد.

این نکته را نیز باید در نظر گرفت که طرح حاجی‌آباد سمنان، در میان طرح‌های استان، کمترین هزینهٔ اجرا را در واحد سطح داشت؛ با توجه به ثابت‌بودن هزینهٔ کاربرد فراجاذب در دیگر نقاط، با افزایش هزینهٔ طرح‌های مشابه به دلیل مسافت بیشتر تا منابع آب، توجیه اقتصادی بیشتر نیز خواهد بود. مثلاً، با افزایش قیمت هر لیتر آب به میزان ۱۰ ریال، هزینهٔ تمام‌شدهٔ کاربرد فراجاذب نسبت به کل هزینهٔ پروژه یک درصد کاهش خواهد یافت. همچنین، با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود تحقیقاتی در زمینهٔ تولید فراجاذب با کیفیت مناسب در کشور صورت گیرد؛ این موضوع می‌تواند باعث کاهش قیمت و افزایش انگیزهٔ استفاده از این محصول در پروژه‌های مشابه شود.

سپاسگزاری

از همکاری مسئولان ایستگاه پژوهشی سمنان وابسته به مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، آقایان دکتر رضایی توابع و مهندس علی افضلی، و کارشناسان ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان سمنان، به‌ویژه جناب آقای مهندس ترابی، قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

[1] Ahrar, M., Delshad, M. and Babalar, M. (2009). Improving Water/Fertilizer Use Efficiency of Hydroponically Cultured Greenhouse Cucumber by Grafting and Hydrogel Amendment, *Journal of Horticultural Sciences* (23)1, 69-77.

[2] Bagnouls, F. and Gaussen, H. (1957). Les climats biologiques et leur classification, In *Annales de Géographie* (pp. 193-220), Armand Colin.

[3] Basanta, M., Díaz-Raviña, M., González-Prieto, S. and Carballas, T. (2002). Biochemical properties of forest soils as affected by a fire retardant, *Biology and fertility of soils*, 36(5), 377-383.

[4] Díaz-Raviña, M., Bååth, E., Martín, A. and Carballas, T. (2006). Microbial community structure in forest soils treated with a fire retardant, *Biology and fertility of soils*, 42(6), 465-471.

[5] El-Hady, O.A. and Wanas, S.A. (2006). Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acryl amide hydro gels, *Journal of Applied Science Research*, 2(12), 1293-1297.

[6] Eslamifar, M. (2007). *The Effects of Aquasorb Super Absorbent on Soil Moisture Curve in Pine Tree and Sweet Almond*, Desert Management Master's Thesis, Department of Natural Resources, University of Tehran, 90 p (In Persian).

[7] Esmaeilpour, Y. (2012). *Investigation on the effect of Hydrogel applied and Mycorrhiza inoculation on establishment of some rangeland species*, Doctoral Dissertation, University of Tehran, 166p (In Persian).

[8] Garay-Jimenez, J. C., Young, A., Gergeres, D., Greenhalgh, K., and Turos, E. (2008). Methods for purifying and detoxifying sodium dodecyl sulfate–stabilized Polyacrylate nanoparticles. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 4(2), 98-105.

[9] Hamilton, J.D., Reinert, K.H. and McLaughlin, J.E. (1995). Aquatic risk assessment of acrylates and methacrylates in household consumer products reaching municipal wastewater treatment plants, *Environmental technology*, 16(8), 715-727.

[10] Haselbach, J., Hey, S. and Berner, T. (2000). Short-term oral toxicity study of FAVOR PAC in rats, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32(3), 310-316.

[11] Huettermann, A., Orikiriza, L.J. and Agaba, H. (2009). Application of superabsorbent polymers for improving the ecological chemistry of degraded or polluted lands, *CLEAN–Soil, Air, Water*, 37(7), 517-526.

[12] Hüttermann, A., Zommorodi, M. and Reise, K. (1999). Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of Pinus halepensis seedlings subjected to drought, *Soil and Tillage Research*, 50(3), 295-304.

[13] Koupai, J.A. and Sohrab, F. (2004). Evaluating The Application of Superabsorbent Polymers on Soil Water Capacity and Potential on Three Soil Textures, *Iranian polymer journal*, 17, 163-173 (In Persian).

[14] Kumar, R., Parmar, B.S., Kumar, A. and Singh, M.C. (2005). Performance of a new superabsorbent polymer on seedling and post planting growth and water use pattern of

Archive of SID

www.SID.ir

chrysanthemum grown under controlled environment, In *International Conference and Exhibition on Soilless Culture: ICESC 2005 742* (pp. 43-49).

[15] Ma, H.C. and Nelles-Schwelm, E. (2004). *Application of hydrogels for vegetation recovery in dry—Hot Valley of Yangtze*, Yunnan Academy of Sciences, Yunnan.

[16] Ma, Q. (2004). Appraisal of Tree Planting Options to Control Desertification: Experiences from Three-North Shelterbelt Programme 1, *International Forestry Review*, 6(4), 327-334.

[17] McGrath, J.J., Purkiss, L., Christian, M., Proctor, N.H. and McGrath, W.R. (1993). Teratology study of a cross-linked polyacrylate superabsorbent polymer, *International Journal of Toxicology*, 12(2), 127-137.

[18] McGuire, E., Carrow, R.N. and Troll, J. (1978). Chemical soil conditioner effects on sand soils and turfgrass growth, *Agronomy Journal*, 70(2), 317-321.

[19] McKenney, D.W., Yemshanov, D., Fox, G. and Ramlal, E. (2006). Using bioeconomic models to assess research priorities: a case study on afforestation as a carbon sequestration tool, *Canadian journal of forest research*, 36(4), 886-900.

[20] Neumann, M. (2000). Pflanzverbände und Folgewirkung—Eine ertragskundlich-betriebswirtschaftliche Betrachtung, *Forstschutz-Aktuell, Wien*, 25, 8-10 (In German).

[21] Pourmaydany, A. and Khakdaman, H. (2004). Effect of super absorbent polymer (Aquasorb) on pine (*Pinus eldarica*) olive (*Olea europea*) and Atriplex (*Atriplex canescens*) seedlings irrigation, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(1) (In Persian).

[22] Tavakoli, A. (2009). *Different methods of harvesting and collecting rainwater: Part III: super absorbents*, collected rainwater harvesting workshop in different ways, Bandar Abbas (In Persian).

[23] Technical design (2010). Planting seedlings in Haji Abad (Semnan Province), *Office of Natural Resources Semnan Province* (In Persian).

[24] Volkmar, K.M. and Chang, C. (1995). Influence of hydrophilic gel polymers on water relations and growth and yield of barley and canola, *Canadian Journal of Plant Science*, 75(3), 605-611.

[25] Wang, J., Sun, J. and Wang, Z. (1993). Studies on a Series of Techniques in Applying Superabsorbents in Planting at South Hillside in Lower Mountain Area of Beijing (V): Analysis of Cost for Applying Superabsorbents in Afforestation. J. Beijing For. Univ.۱۵۵ ,۱۳ .

[26] Zondlo, F.M. (2002). Final report on the safety assessment of Acrylates Copolymer and 33 related cosmetic ingredients, *International journal of toxicology*, 21, 1.

Archive of SID

www.SID.ir