افزایش زنده‌مانی و بهبود رشد نهال‌های بلوط ایرانی در پروژه‌های جنگل‌کاری با اعمال کود سیلیکا

نگارش

مهرداد زرافشار

محمد متینی‌زاده

۱۴۰۱

عنوان پروژه منتج به نشریه فنی	کد مصوب
افزایش سازگاری و مقاومت نهال‌های بلوط ایرانی نسبت به تنش های محیطی با استفاده از کودهای بیولوژیک مایکوریزا و کود شیمیایی سیلیکا	24-50-09-083-971123

عنوان نشریه فنی: افزایش زنده‌مانی و بهبود رشد نهال‌های بلوط ایرانی در پروژه‌های جنگل‌کاری با اعمال کود سیلیکا

نگارش:

مهرداد زرافشار – استادیار پژوهش بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

محمد متینی‌زاده – دانشیار پژوهش بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویرایش علمی: هومن روانبخش، محمدحسین صادق‌زاده

ویرایش ادبی: اصغر احمدی

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی / مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس

نشانی: اتوبان تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵

تلفن: ۵- ۴۴۷۸۷۲۸۲- ۰۲۱ **وب‌سایت:** www.rifr-ac.ir

شمارگان: الکترونیکی

نوبت و سال انتشار: اول - ۱۴۰۱

این نشریه به شماره ۶۱۷۲۴ در تاریخ ۱۴۰۱/۰۳/۲۸ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

9789644734915

مخاطبان نشریه:

محققان، کارشناسان سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و مدیران ادارات منابع طبیعی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه فنی با:

- تأثیر کود سیلیکا بر زنده‌مانی و مشخصه‌های رویشی نهال‌های بلوط ایرانی در یک پروژه جنگل‌کاری

آشنا خواهید **شد.**

فهرست مطالب

چکیده ۱

مقدمه ۱

نقش عنصر سیلیس در گیاهان ۲

مواد و روش‌ها ۴

نتایج ۶

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها یک ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی ۶

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها دو ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی ۷

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها چهار ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی ۹

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها دو سال پس از کاشت در عرصه طبیعی ۱۰

نتیجه‌گیری ۱۴

منابع ۱۶

چکیده

موفقیت پروژه‌های نهال‌کاری برای احیاء رویشگاه‌های شکننده زاگرس تا حد زیادی به کیفیت نهال‌های تولیدی بستگی دارد. از سویی، امروزه محققان دریافته‌اند که در صورت مدیریت صحیح تغذیه می‌توان به‌صورت نسبی گیاهان را در مقابل تنش‌های زیستی و غیرزیستی مقاوم کرد. البته، اثرهای امیدبخش تغذیه گیاهان با کود سیلیکا در علوم زراعی به اثبات رسیده است، بنابراین در یک پروژه تحقیقاتی اثرهای کود سیلیکا بر زنده‌مانی و رشد نهال‌های بلوط ایرانی در راستای مقاوم‌سازی آنها در عرصه‌های طبیعی بررسی شد.

در این نشریه فنی به بررسی اثر غلظت‌های مختلف کود سیلیکا بر نهال‌های بلوط ایرانی و اثرهای متعاقب آن بر رشد آنها پس از کاشت در عرصه مورد نظر پرداخته می‌شود. از آنجایی که در این پژوهش اثرهای امیدبخش کود سیلیکا بر نهال جنگلی مشاهده شده و اطلاعات مفیدی در رابطه با قابلیت این کود در جهت کاهش اثرهای مخرب تنش‌های محیطی و غیرمحیطی ارائه می‌گردد، ازاین‌رو نتایج آن نکات فنی ارزشمندی را برای کارشناسان و مدیران منابع طبیعی فراهم کرده است.

واژه‌های کلیدی: کود سیلیکا، نهال مقاوم، جنگل‌کاری، زاگرس، بلوط.

مقدمه

با توجه به روند تخریب جنگل‌های طبیعی و افزایش جمعیت انسانی و نیاز روزافزون به خدمات جنگل‌ها، توسعه جنگل و جنگل‌کاری در سال‌های اخیر اهمیت زیست محیطی و اقتصادی-اجتماعی فزاینده‌ای یافته است و به‌عنوان شاخص توسعه، در سطح بین‌المللی مطرح می‌باشد. بااین‌حال، به‌طور اصولی هدف هر طرح جنگل‌کاری دستیابی به بیشینه درصد زنده‌مانی

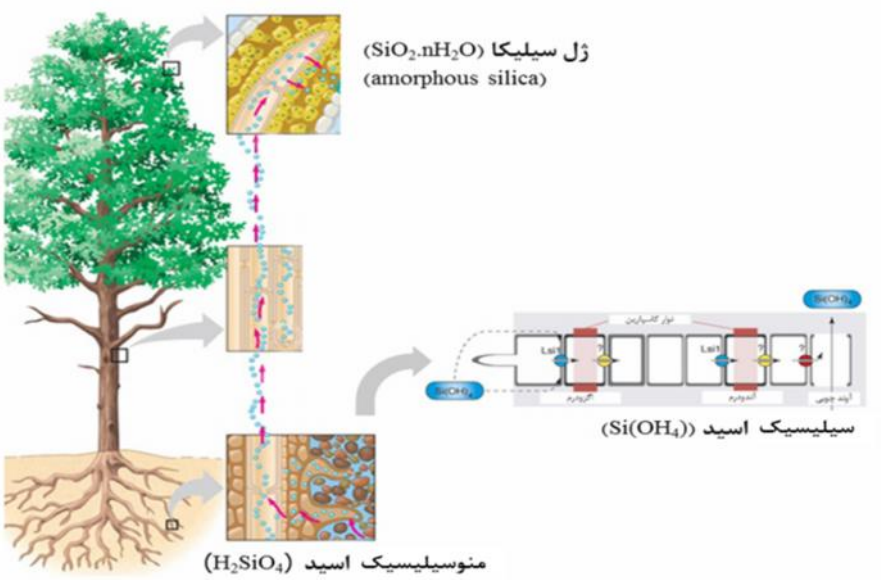
و رشد مطلوب نهال‌های کاشته شده در عرصه است. از سوی دیگر، درصد موفقیت جنگل‌کاری و استقرار نهال‌ها در عرصه‌های منابع طبیعی به کیفیت نهال تولیده شده در نهالستان وابسته است (مصدق، ۱۳۸۹). بنابراین با افزایش سرمایه‌گذاری در نهالستان و تولید نهال با کیفیت مطلوب می‌توان هزینه‌های جنگل‌کاری را کاهش و میزان بازده را افزایش داد. این موضوع در ارتباط با اکوسیستم‌های سخت و شکننده ازجمله جنگل‌های زاگرس اهمیت بیشتری پیدا کرده، زیرا انواع تنش‌های زیستی (آفات، قارچها و ...) و غیرزیستی (شوری، خشکی، سرما و ...) می‌تواند ادامه حیات نهال‌های کاشته شده را با خطر جدی روبرو کند و شدت و حدت این موضوع با توجه به روند کاهش نزولات آسمانی و افزایش دما بیشتر شود. امروزه، شناسایی و استفاده از پایه‌های مقاوم و یا مقاوم‌سازی نهال‌ها با فنون مختلف به‌عنوان راهکارهای اصلی مورد توجه هستند که در این زمینه مدیریت تغذیه از اهمیت بسزایی برخوردار است.

نقش عنصر سیلیس در گیاهان

اثرهای مثبت کود سیلیس (Si) به‌عنوان یک عنصر غیرضروری بر رشد، کیفیت محصول، فتوسنتز، تثبیت نیتروژن و افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیره زنده شامل بیماری‌ها، فلزات سمی، درجه حرارت بالا و پایین، اشعه ماوراءبنفش، کمبود یا زیاد بودن مواد مغذی، کم آبی و شوری در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی به اثبات رسیده است (Siddiqui و Al-Whaibi، ۲۰۱۳؛ Pei و همکاران، ۲۰۱۰؛ Chen و همکاران، ۲۰۱۱؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۱؛ Coskun و همکاران، ۲۰۱۶).

سیلیس به‌عنوان یک مانع فیزیکی-مکانیکی (Physicomechanical) و رسوب بر دیواره‌های اپیدرمی و بافت‌های آوندی در ساقه، غلاف برگ و پوست قرار گرفته (Siddiqui و Al-Whaibi، ۲۰۱۳؛ Ma و Yamaji، ۲۰۰۶؛ Parveen و Ashraf، ۲۰۱۰)، به‌طوری‌که سبب کاهش تعرق

گیاه و حفظ رطوبت آن شده و همچنین در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاهان نقشی مهم دارد (Bao-shan و همکاران، ۲۰۰۴). با وجود فراوان بودن این عنصر در سطح کره زمین، به دلیل همراه بودن آن با سایر عناصر از دسترس گیاه خارج است، بنابراین می‌توان با افزودن کودهای سیلیس که حاوی شکل قابل استفاده آن (SiO_2 $(OH)_4$) می‌باشد، گیاه را در برابر تنش‌های محیطی مقاوم کرد (زرافشار، ۱۳۹۳). در صورت اعمال کود سیلیکا بر گیاه، چه در شرایط نرمال و چه تحت تنش، می‌تواند رشد گیاه را بهبود ببخشد که البته بر حسب نوع گونه و غلظت‌های استفاده شده نتایج متفاوت است (Parveen و Ashraf، ۲۰۱۰). سیلیکا حتی در ملکردهای بیوشیمیایی گیاه و در سنتز برخی از ترکیبات آلی نیز نقش داشته و جایگاه ویژه‌ای در مدیریت تنش در گیاهان زراعی دارد (Matichenkov و Bocharnikova، ۲۰۰۱؛ Mitani و Ma، ۲۰۰۵).

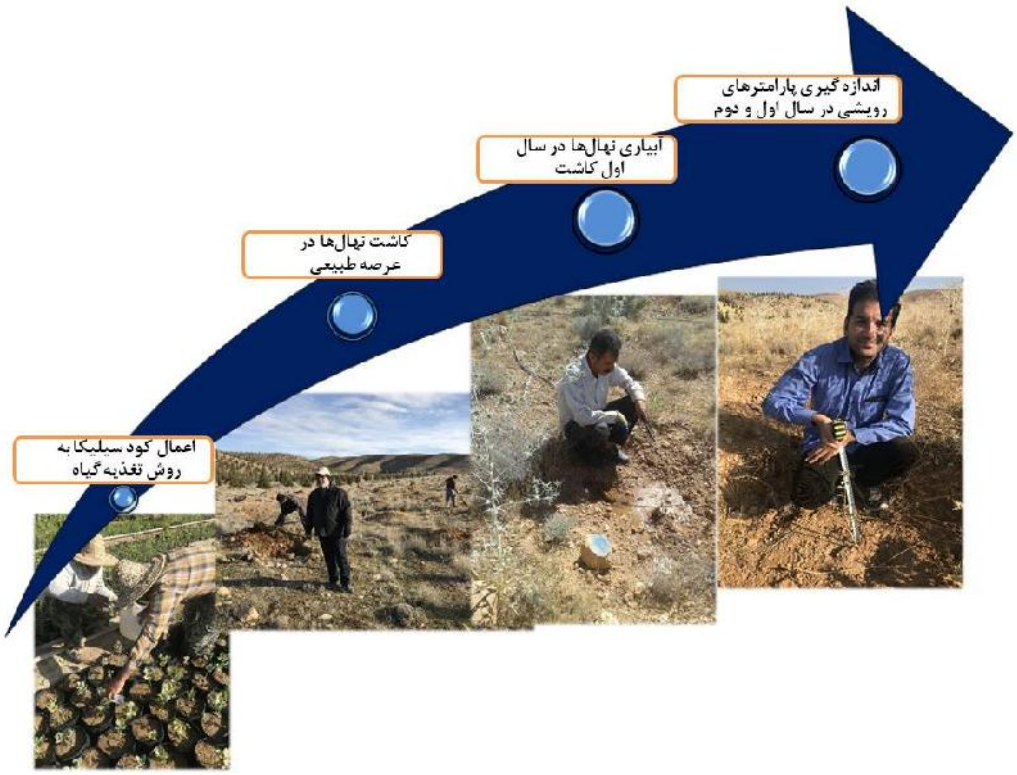


شکل ۱. جذب و انتقال عنصر سیلیس در یک درخت

مواد و روش‌ها

نظر به اثرهای مفید کود سیلیکا، در این تحقیق از قابلیت کودهای سیلیکا برای افزایش مقاومت و بردباری نهال‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) به هنگام مواجهه با تنش‌های محیطی به‌ویژه خشکی در عرصه‌های طبیعی استفاده شد. نهال‌های دوساله بلوط ایرانی مورد نیاز برای این تحقیق از نهالستان شهید روستا، تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس تهیه شد. در نهالستان، نهال‌های همگن از لحاظ قطر و ارتفاع در گلدان-های ۳ لیتری بازکاشت شدند. برای بازکاشت نهال در گلدان‌های مورد نظر، از خاک رایج در این نهالستان شامل ماسه رودخانه و خاک زراعی استفاده شد. پس از بازکاشت، نهال‌های یادشده به مدت یک ماه و تحت سیستم آبیاری بارانی و طبق روش مرسوم نهالستان آبیاری شدند. برای اعمال کود سیلیکا، از روش تغذیه گیاه از طریق آبیاری استفاده شد، ازاین‌رو نهال‌ها به مدت دو ماه با غلظت‌های ۰ (کنترل)، ۵۰، ۱۵۰، ۳۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر از کود سیلیکا آبیاری شدند (هفته‌ای یک‌مرتبه). برای هر تیمار نیز ۶۰ گلدان در نظر گرفته شد. سپس به نهال‌ها فرصت رشد در نهالستان داده شد تا در اواخر زمستان برای کاشت در عرصه طبیعی آماده شوند. قبل از آغاز فصل رویش و در بهمن‌ماه ۱۳۹۸، نهال‌های تیمار شده با کود سیلیکا برای بازکاشت به عرصه طبیعی منتخب واقع در ایستگاه چشمه‌انجیر در نزدیکی شهر شیراز انتقال داده شد و در گودال‌های تعبیه شده کاشته شدند. طرح کاشت در عرصه به‌صورت یک طرح بلوک کاملا تصادفی با سه تکرار و ۲۰ نهال در هر تکرار اجرا گردید. در سال اول کاشت علاوه بر بهره‌مندی از نزولات آسمانی در فصل بهار، در فصل تابستان سه مرتبه نهال‌های بازکاشت شده از آبیاری به مقدار حدود ۲۰ لیتر بهره‌مند شدند. اما در سال دوم برای اعمال تنش خشکی بیشتر و بررسی اثر تیمارهای سیلیکا در شرایط استرس، نهال‌های یادشده فقط از نزولات آسمانی بهره بردند و آبیاری نشدند. در ادامه، زنده‌مانی، رشد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی نهال‌های مورد تحقیق

در طول دو سال ارزیابی شد. ذکر این نکته ضروری است که در همین عرصه مورد مطالعه که تحت مدیریت اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس می‌باشد، برای تمامی گونه‌های کاشته شده در قالب طرح‌های نهال‌کاری، در سه سال اول پس از کاشت، آبیاری به‌صورت نواری و هر دو هفته یکبار به میزان ۵۰ لیتر برای هر نهال انجام می‌شود، در حالی که در این پژوهش برای اعمال تنش آبیاری در سال اول آبیاری به صورت محدود و در سال دوم قطع شد. در سال اول (پایان ماه‌های اول، دوم و چهارم پس از کاشت) و در سال دوم (چهارده ماه پس از کاشت) ویژگی‌های رویشی نهال‌ها ازجمله درصد زنده‌مانی به همراه قطر ساقه و ارتفاع هر نهال به‌ترتیب با استفاده از کولیس دیجیتالی (با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) و خط‌کش (با دقت ۱ سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. در پایان سال دوم به علت تنش شدید آبی تعداد کثیری از نهال‌ها به‌ویژه نهال‌های کنترل خشک شده و از بین رفتند، ازاین‌رو از معدود نهال‌های باقی مانده از برخی تیمارها در سال دوم محتوای نسبی رطوبت برگ طبق روش معمول اندازه‌گیری و ثبت شد (Martínez *et al*., 2007). همچنین میزان نشت الکترولیت نیز به‌عنوان شاخص آسیب غشایی طبق روش معمول اندازه‌گیری شد (Campos *et al*., 2009). برای تجزیه‌وتحلیل آماری از روش تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد.

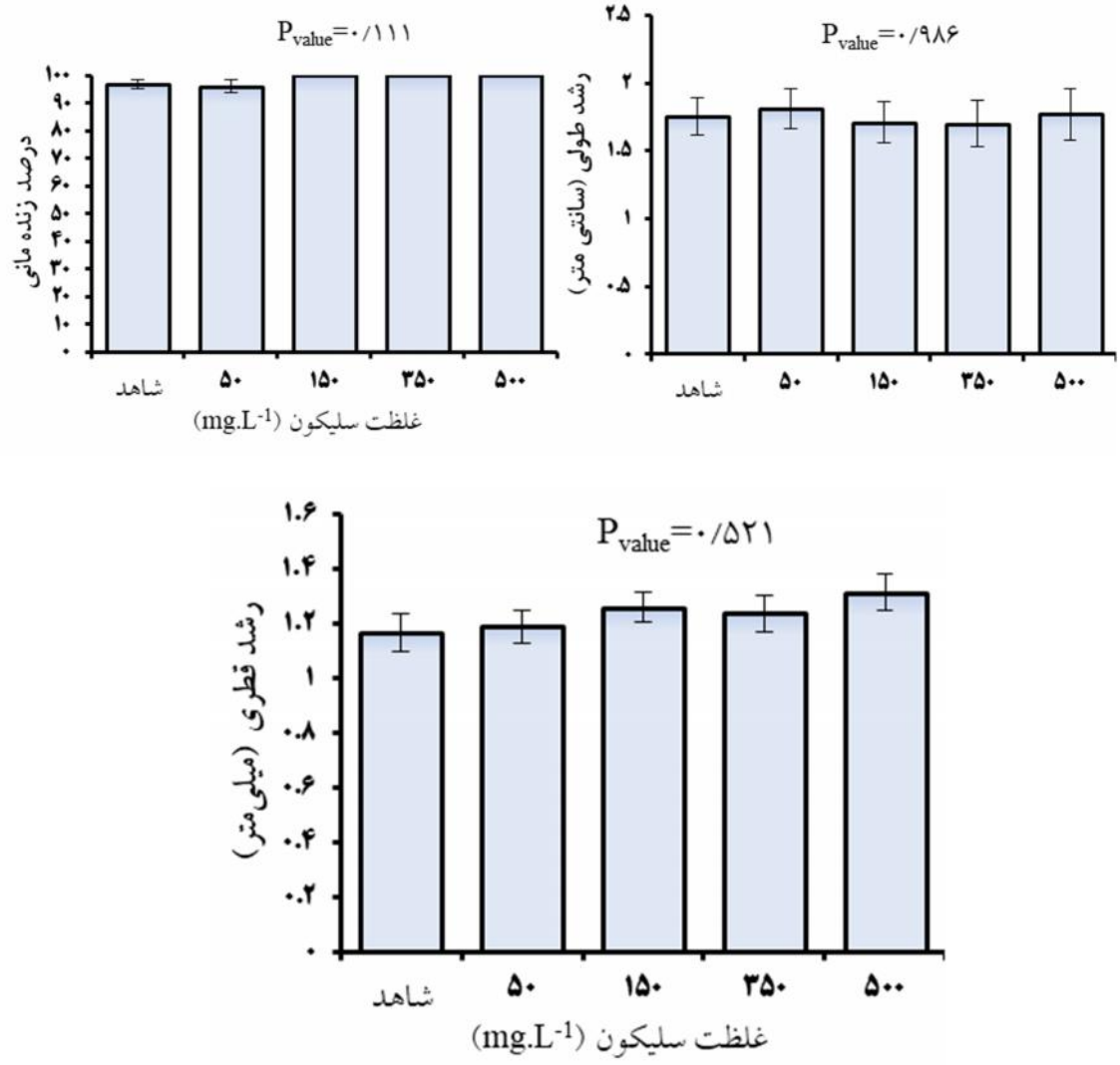


شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

نتایج

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها یک ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی

برداشت اطلاعات یک ماه پس از کاشت نهال‌های مورد نظر نشان داد که زنده‌مانی نهال‌ها بین ۱۰۰-۹۵ درصد بوده و اختلافی بین تیمارها وجود نداشت. از سوی دیگر از لحاظ رشد قطری و ارتفاعی نیز تفاوتی یافت نشد (شکل ۳).

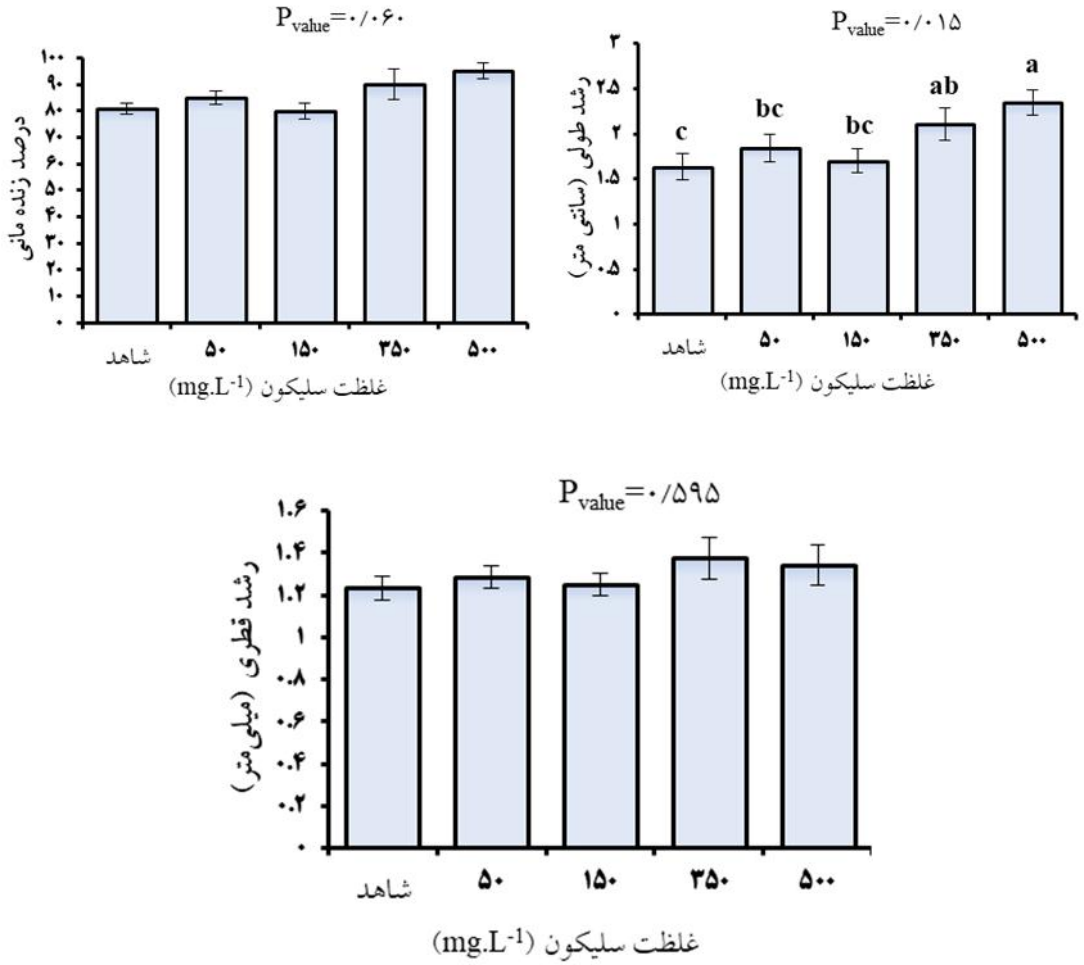


شکل ۳. درصد زنده‌مانی، رشد طولی و رشد قطری نهال‌های بلوط ایرانی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکا یک ماه بعد از کاشت

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها دو ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی

بعد از گذشت دو ماه از کاشت نهال‌ها در عرصه طبیعی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد زنده‌مانی نهال‌ها مشاهده نشد ولی باید ذکر کرد که تعدادی از نهال‌ها از هر تیمار مستقر نشد که این موضوع در طول فرایند کاشت نهال در عرصه کاملا طبیعی است (شکل ۴). این در حالی

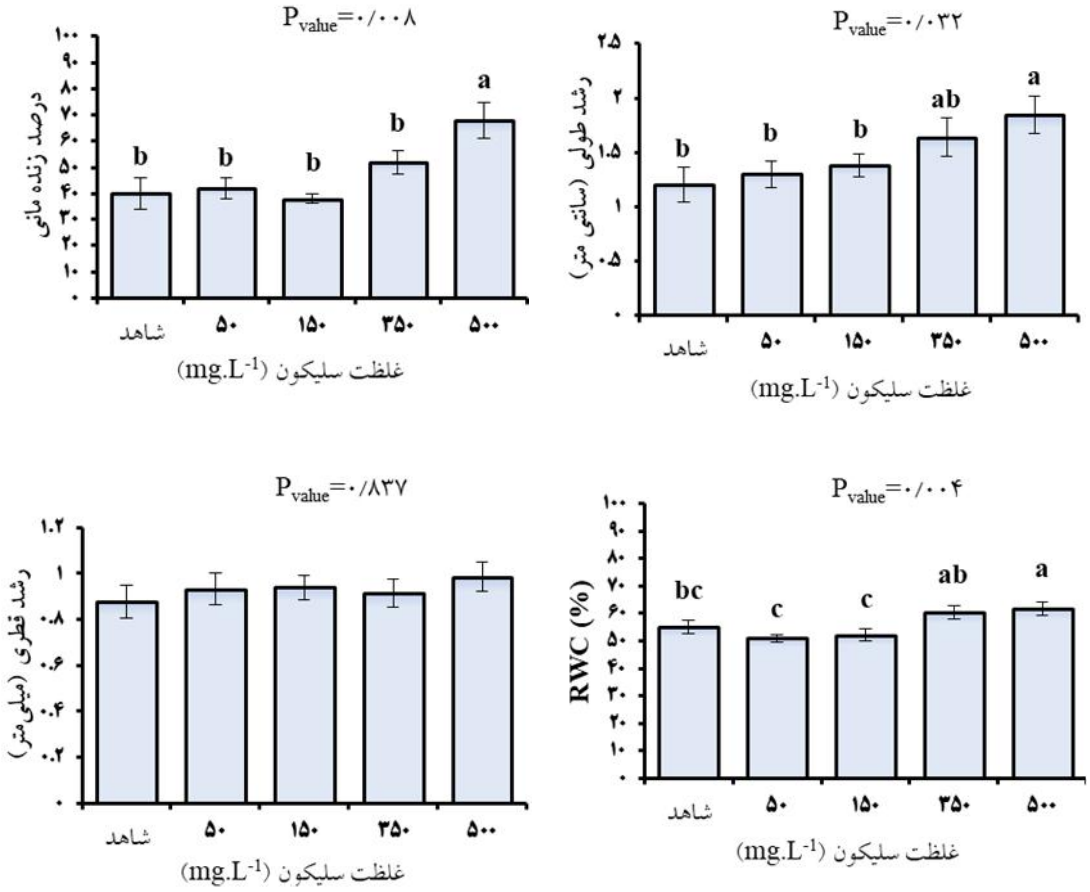
است که اگرچه رویش طولی نهال‌ها تحت تأثیر سیلیکا قرار گرفت و با افزایش غلظت سیلیکا میزان رشد طولی نهال‌ها افزایش داشته، اما رویش قطری نهال‌ها از نظر آماری تحت تأثیر سیلیکا قرار نگرفت (شکل ۴).



شکل ۴. درصد زنده‌مانی، رشد طولی و رشد قطری نهال‌های بلوط ایرانی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکا دو ماه بعد از کاشت

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها چهار ماه پس از کاشت در عرصه طبیعی

در حالی که چهار ماه پس از کاشت نهال‌ها، زنده‌مانی نهال‌ها کنترل و تیمارهای ۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر از سیلیکا بین ۳۸ تا ۵۲ درصد متغیر بود. تیمار ۵۰۰ با داشتن ۶۸ درصد زنده‌مانی از سایر تیمارها موفق‌تر بود. به‌طوری‌که بیشترین میزان رشد طولی نیز مربوط به نهال‌ها در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود (شکل ۵). بااین‌حال، تیمار سیلیکا تأثیر معنی‌داری بر رشد قطری نهال‌ها پس از گذشت چهار ماه از کاشت آنها نداشت. با مشاهده علائم خشکی در این مرحله میزان رطوبت نسبی برگ در آنها مطالعه شد و نتایج نشان داد که اثر سیلیکا بر رطوبت نسبی برگ نهال‌ها چهار ماه بعد از کاشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (شکل ۴). در این میان، بالاترین میزان رطوبت نسبی برگ در تیمارهای ۳۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم ثبت شد که نشان‌دهنده وضعیت بهتر رطوبت گیاه با وجود تنش خشکی است.

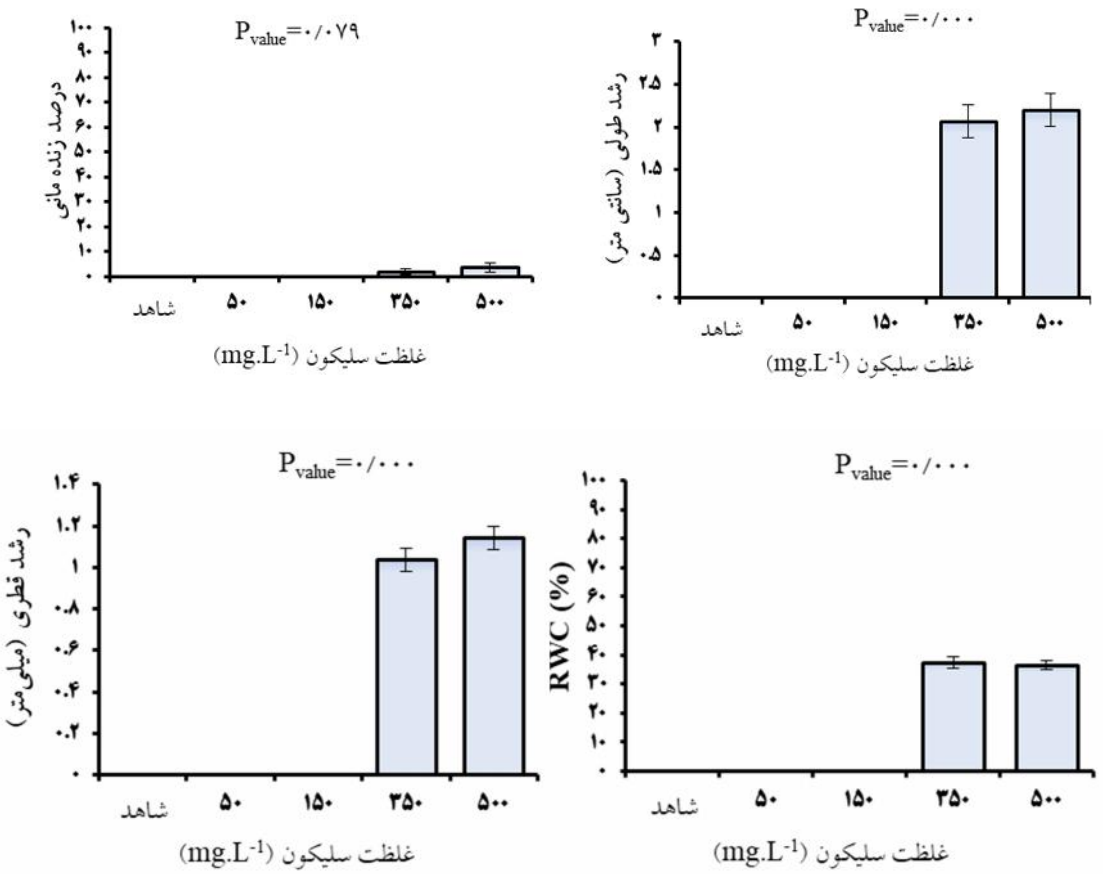


شکل ۵. درصد زنده‌مانی، رشد طولی، رشد قطری و رطوبت نسبی برگ نهال‌های بلوط ایرانی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکا چهار ماه بعد از کاشت

رشد و زنده‌مانی نهال‌ها دو سال پس از کاشت در عرصه طبیعی

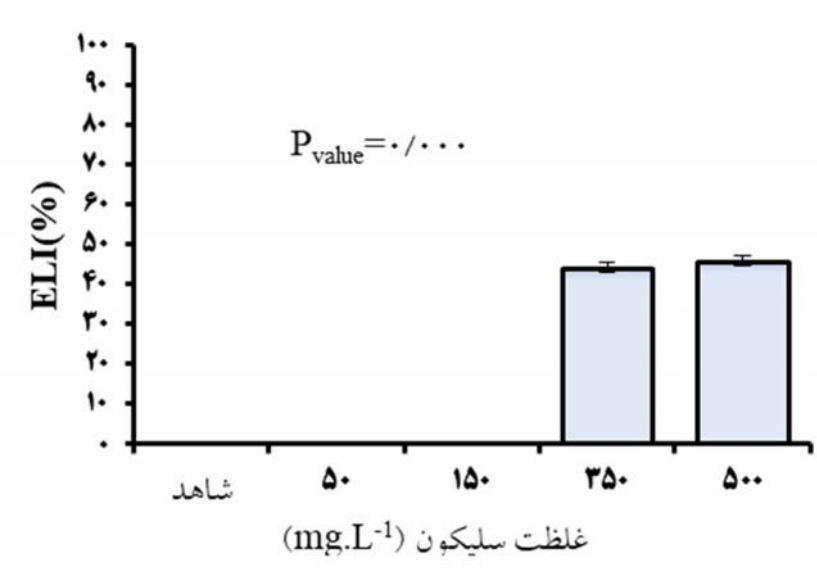
بعلت راهبرد کم آبیاری در سال اول و قطع آبیاری در سال دوم، پس از چهارده ماه از کاشت نهال‌ها در عرصه تنها بخش کوچکی از نهال‌ها زنده ماندند. این موضوع بر اهمیت مدیریت آبیاری پروژه‌های نهال‌کاری تأکید می‌کند. مشاهدات نشان داد که اندک نهال‌های زنده مانده مربوط به نهال‌هایی بودند که در نهالستان غلظت بالای سیلیکا را دریافت کرده بودند، به‌طوری‌که دو درصد از نهال‌های تیمار ۳۵۰ میلی‌گرم و ۳/۶ درصد از تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر زنده بودند، این در

حالی بود که نهال‌های شاهد کاملا خشک شده بودند (شکل ۶). نکته قابل توجه این بود که حتی تیمارهای ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم سیلیکا نیز در زنده‌مانی در شرایط بدون آبیاری نیز مؤثر نبود. مقدار رشد طولی نهال‌های باقی مانده در تیمارهای یادشده در حدود ۲ سانتی‌متر و رشد قطری آنها یک میلی‌متر بود. همچنین میزان رطوبت نسبی نهال‌های باقی مانده بین ۳۵ تا ۴۰ اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده تنش آبی شدید است (شکل ۶).



شکل ۶. درصد زنده‌مانی، رشد طولی، رشد قطری و رطوبت نسبی برگ نهال‌های بلوط ایرانی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکا در سال دوم پس از کاشت

همچنین نتایج مربوط به آزمایش میزان تخریب سلول گیاهی در پایان سال دوم نشان داد که اندک نهال‌های باقی مانده نیز تحت تنش شدید هستند، زیرا این اعداد حکایت از اثرهای سوء تنش بر سلول گیاهی داشتند (شکل ۷).



شکل ۷. درصد نشت الکترولیت برگ نهال‌های بلوط ایرانی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف سیلیکا در سال دوم بعد از کاشت و بدون آبیاری در سال دوم

افزایش زنده‌مانی و بهبود رشد نهال‌های بلوط ایرانی در پروژه‌های جنگل‌کاری با اعمال کود سیلیکا / ۱۳

شکل ۸. مراحل انجام تحقیق از فاز نهالستان و کاشت در عرصه و نتایج بدست آمده بعد از اتمام آن

نتیجه‌گیری

- زنده‌مانی نهال‌های تیمار شده با غلظت‌های بالای سیلیکا در پایان دوره آزمایش و در شرایط قطع آبیاری بیشتر از سایر تیمارها ازجمله نهال‌های شاهد بود.
- نهال‌های بلوط تیمارشده با سیلیکا در مقایسه با نهال‌های شاهد دارای رشد طولی و قطری بیشتری بودند.
- در پایان دوره چهارده ماهه و به‌علت عدم آبیاری نهال‌ها، رطوبت نسبی در نهال‌های تیمار شده با سیلیکا نیز بین ۳۵ تا ۴۰ بوده است که نشان‌دهنده تنش آبی شدید است، در حالی که نهال‌های شاهد توانایی زنده‌مانی تحت شرایط بی آبی را نداشته و از بین رفتند.

- قطع آبیاری برای نهال‌های بلوط ایرانی چه در حالت شاهد و چه در حالت تیمار شده با سیلیکا قابل پیشنهاد نیست، این یافته با اطلاعات مربوط به نشت الکترولیت در پایان چهارده ماه تأیید شد.
- بر اساس مشاهدات تأثیر مثبت کود سیلیکا در افزایش بیوماس ریشه نهال‌های بلوط بسیار قابل ملاحظه بود که این به نوبه خود می‌تواند بردباری نهال را در شرایط بی‌آبی تقویت کند.

بنابراین با عنایت به اینکه گونه بلوط یکی از گونه‌های مهم جنگل‌های زاگرس می‌باشد و در اغلب جنگل‌کاری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، نتایج این تحقیق می‌تواند مورد توجه مدیران منابع طبیعی، نهالستان‌های جنگلی و مجریان پروژه‌های جنگل‌کاری قرار گرفته تا بدینوسیله به درصد موفقیت بیشتری در جنگل‌کاری‌های انجام شده رسید.

شکل ۹. استقرار و رشد نهال‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف سیلیکا در بهار سال اول

منابع

۱. مصدق، ا.، ۱۳۸۹: جنگلکاری و نهالستانهای جنگلی، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۴۶ ص.

۲. زرافشار، م.، ۱۳۹۳: پاسخ نهال‌های گلابی وحشی (تلکـا) (*Pyrus biosseriana* Buhse.) به تنش خشکی و کارایی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم و سیلیکون در بهبود اثرات مخرب خشکی. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۶ ص.

3. Bao-shan, L., shao-q, D., Chun-hui, L., Li-jun, F., Shu-chun, Q., Min, Y., 2004. Effect of TMS (nanostructured silicon dioxide) on growth of Changbai larch seedlings. Journal of Forestry Research, 15(2): 138-140.
4. Campos, P. S., Quartin. V., Ramalho, J. C., Nunes, M. A., 2009. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. Plants, Journal of Plant Physiology, 160: 283–292.
5. Chen, W., Yao, X., Cai, K., Chen, J., 2011. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. Biological trace element research, 142(1): 67-76.
6. Coskun, D., Britto, D.T., Huynh, W.Q. and Kronzucker, H.J., 2016. The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. Frontiers in Plant Science, 7, p.1072.
7. Ma, J. F., Yamaji, N., 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants, Trends in Plant Science, 11(8): 392-397.
8. Matichenkov, V.V., Bocharnikova, E.A., 2001. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer H (eds), pp. 209-219. Elsevier, Amsterdam.
9. Parveen, N. U. S. R. A. T., Ashraf M. U. H. A. M. M. A. D., 2010. Role of silicon in mitigating the adverse effects of salt stress on growth and photosynthetic attributes of two maize (*Zea mays* L.) cultivars grown hydroponically. Pakistan Journal of Botany, 42(3): 1675-1684.
10. Pei, Z. F., Ming, D. F., Liu, D., Wan, G. L., Geng, X. X., Gong, H. J., Zhou, W. J., 2010. Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings, Journal of Plant Growth Regulation, 29(1): 106-115.
11. Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, H .M. 2013. Role of nano-SiO2 in the germination of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). Saudi Journal of Biological Sciences. 21(1):13-17.
12. Wang X., Wei Z., Liu D., Zhao G., 2011. Effects of NaCl and silicon on activities of antioxidative enzymes in roots, shoots and leaves of alfalfa. African Journal of Biotechnology, 10(4): 545-549.