

تأثیرات رطوبت خاک و کود اوره بر زنده‌مانی، رشد و برخی صفات فیزیولوژیک نهال زربین

سمانه نقی‌پور^۱، علیرضا علی‌عرب^{۲*}، سید احسان ساداتی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. استادیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴

چکیده

نظر به اهمیت زربین در تولید نهال و جنگلکاری مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، این تحقیق با هدف بررسی واکنش نهال‌های زربین در برابر تغییرات رطوبت و تغذیه نیتروژن خاک اجرا شد. ۲۷۰ گیاهچه سالم و یکنواخت زربین تهیه شد و با استفاده از آزمایش فاکتوریل دو عاملی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار و به مدت پنج ماه (تیر تا آبان) تحت شش سطح رطوبتی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵، ۱۵ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) و سه سطح کوددهی اوره، شامل تیمار شاهد و دو سطح کوددهی کم (75 mgKg^{-1}) و زیاد (150 mgKg^{-1}) قرار گرفت. نتایج نشان داد تا سطح رطوبتی ۲۵ درصد، $82/2$ درصد نهال‌ها تحت تیمار شاهد (بدون کوددهی) زنده‌مانی داشتند. زنده‌مانی تحت تأثیر کود اوره، به‌ویژه به مقدار زیاد تا سطوح رطوبتی ۱۵ و ۱۰ درصد به ترتیب ۱۰۰ و ۶۶/۷ درصد بود. صرف‌نظر از کود اوره، کاهش رطوبت خاک، به‌ویژه در سطوح رطوبتی کمتر از ۵۰ و ۲۵ درصد، به‌طور معنی‌داری موجب کاهش رشد طولی ساقه، وزن خشک اندام‌ها، شاخص کیفیت و صفات فیزیولوژیک (سطح فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل کل) نهال‌ها شد. درحالی‌که با افزایش کود اوره، زنده‌مانی، وزن خشک اندام‌ها، صفات فیزیولوژیک، کارایی مصرف آب، کلروفیل کل و شاخص کیفیت نهال افزایش یافت. پیشنهاد می‌شود که برای تولید نهال زربین، رطوبت خاک از ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کمتر نشود؛ در غیر این صورت، استفاده از کود اوره برای افزایش رشد، بهبود کیفیت و کارایی مصرف آب نهال‌ها ضروری است.

واژه‌های کلیدی: رطوبت خاک، زربین، کود اوره، کیفیت نهال.

مقدمه

عوامل نامساعد محیطی، توسعه سیستم ریشه‌ای مناسب در خاک‌های اسیدی و آهکی، به‌همراه خواص دارویی بذر و اندام‌های این گیاه (مثل درمان التهاب‌های حنجره، دردهای شکمی، دیابت و اختلالات قاعدگی) در طب سنتی و امکان استخراج مواد دارویی و ترکیبات فیتوشیمیایی متعدد (از جمله مشتقات فلاونوئیدی و دیترپین‌ها) از این گیاه سبب شده است که از گذشته‌های دور تا کنون در فعالیت‌های مختلف جنگلکاری، بیشه‌زراعی، باغبانی و توسعه فضای سبز، کاشت و بهره‌برداری شود [۲].

زربین یکی از ۱۵ گونه جنس سرو (*Cupressus*) است که به‌صورت طبیعی در مناطق مدیترانه‌ای و معتدل گرم نیمکره شمالی پراکنش دارد. رویشگاه‌های طبیعی آن بخش‌هایی از سواحل جنوبی دریای خزر، سوریه، ترکیه، مصر، لبنان، فلسطین و برخی از جزایر یونان است [۱]. کاربردهای متنوع این گونه و همچنین ویژگی‌های بارز آن از نظر مقاومت به

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۲۷۸۱۴۷۰

خشک و مدیترانه‌ای بوده است [۹]. افزون‌بر این، تحقیقات نشان می‌دهد که وجود ترکیبات جذب‌شدنی نیتروژن در خاک، بر تغذیه، رشد، فیزیولوژی و عملکرد نهال درختان جنگلی تأثیرگذار است و در بسیاری از مطالعات اخیر، بر آثار چشمگیر کودهای ازته، به‌ویژه کود اوره، بر فیزیولوژی، رشد، عملکرد و مقاومت به خشکی نهال درختان جنگلی از جمله *Thuja plicata* [۱۰]، *Pinus taeda* [۱۱]، *Cupressus macrocarpa* [۱۲] و گونه درختچه‌ای *Sophora davidii* [۱۳] تأکید شده است. بنابراین، با وجود تفاوت‌های ذاتی نهال گونه‌های مختلف، در بسیاری از موارد، کوددهی ازته تأثیر چشمگیری بر فیزیولوژی، رشد، عملکرد و مقاومت به خشکی نهال درختان جنگلی دارد، اما این اثر همواره مثبت و افزایشی نیست و کاربرد بیش از حد کود اوره ممکن است رشد و صفات فیزیولوژیک و مقاومت به خشکی نهال‌ها را کاهش دهد [۱۳]. با توجه به این مطلب، بررسی اثر مقادیر مختلف کود ازته بر رشد، زنده‌مانی و صفات فیزیولوژیک نهال تحت سطوح مختلف رطوبت خاک، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای تولید نهال و جنگلکاری در عرصه‌های تخریب‌یافته فراهم آورد. با وجود اهمیت زیاد زربین در تولید نهال و جنگلکاری، تا کنون تحقیق جامعی در زمینه شناخت واکنش نهال زربین در برابر کاهش رطوبت خاک و افزایش همزمان کود ازته انجام نگرفته است. با عنایت به این موضوع، تحقیق حاضر در نظر دارد از یک‌سو مقاومت به خشکی نهال‌های زربین را در طول یک فصل رویش تعیین کند و از سوی دیگر نحوه اثرگذاری کود اوره بر زنده‌مانی، رشد و برخی صفات فیزیولوژیک نهال‌های زربین را تحت سطوح مختلف رطوبتی بیازماید.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و شیوه آماده‌سازی مواد آزمایشی این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (ارتفاع

در ایران، نهالکاری زربین از سابقه طولانی برخوردار است و برای جنگلکاری در دره‌ها و اراضی کوهستانی میان‌بند با اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک و مدیترانه‌ای با متوسط بارندگی حداقل ۳۰۰ میلی‌متر و حداقل دمای بیش از ۱۱- درجه سانتی‌گراد توصیه شده است [۳]. البته در سال‌های اخیر با طولانی شدن و شدت گرفتن تنش‌های محیطی (خشکی، سرما، شوری و غیره) در رویشگاه‌ها و مناطق کاشت، خطر خشکیدگی و ریسک جنگلکاری این گونه افزایش یافته است. از طرفی، با توجه به حساسیت بیشتر گیاهان در مراحل ابتدایی رویش، این‌گونه شرایط تنش‌زای محیطی می‌تواند استقرار تجدید حیات طبیعی و مصنوعی گیاه و در نتیجه پایداری توده‌ها و ذخیره‌گاه‌های این گونه را با مشکل جدی مواجه کند. افزون‌بر این، محدودیت منابع آب در نهالستان‌های جنگلی می‌تواند موجب کاهش زنده‌مانی و کیفیت نهال‌ها و در نتیجه کاهش بازده تولید نهالستان شود. تا کنون تحقیقات زیادی در مورد اثرهای منفی تنش رطوبتی بر رشد، زنده‌مانی و فیزیولوژی نهال سوزنی‌برگان، از جمله *Thuja plicata*، *Picea asperata* و *Cunninghamia lanceolata* و *Pinus massoniana* همچنین سازوکارهای بردباری آنها انجام گرفته است [۴-۶]. همچنین تحقیقات نشان داده است که مدیریت تغذیه نهال‌ها و تنظیم عناصر غذایی خاک از راه کوددهی، می‌تواند از یک‌سو کیفیت نهال را افزایش و از سوی دیگر نیاز آبی نهال‌ها را کاهش دهد و در مواردی عملکرد جنگلکاری را بهبود بخشد [۷]. تقویت خاک از راه کوددهی، از طریق تغییراتی که در تخصیص کربن و ویژگی‌های معماری هیدرولیک گیاه ایجاد می‌کند، قدرت جذب و کارایی انتقال آب گیاه و همچنین رشد و مقاومت به خشکی نهال‌ها را افزایش می‌دهد [۸]. پژوهش‌های صورت‌گرفته درباره زنده‌مانی نهال برخی گونه‌های کاج، از جمله *P. helepensis*، *P. pinea* و *P. contorta* نشان‌دهنده تأثیرات مثبت حاصلخیزی خاک و کود ازته بر زنده‌مانی نهال‌ها در مناطق

محاسباتی هستند که به ترتیب براساس روابط ۲ و ۳ و با استفاده از مقادیر محتوای شن (S) و رس (C) موجود در خاک تعیین شدند [۱۶]. پس از محاسبه مقدار اصلاح‌شده ظرفیت زراعی، به منظور اجرای تیمارهای رطوبت خاک، وزن مرجع^۱ گلدان‌ها در هر یک از تیمارهای رطوبتی براساس وزن خشک خاک، وزن گلدان و وزن اولیه نهال‌ها مشخص شد. به منظور ثابت نگه داشتن وزن و محتوای رطوبتی خاک گلدان‌ها در طول دوره اجرای آزمایش، با توزین روزانه گلدان‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و محاسبه تفاوت وزن گلدان مورد نظر با وزن مرجع در تیمار رطوبتی مربوط، مقدار آب مورد نیاز هر گلدان مشخص شد و پس از برداشتن پوشش آلومینیومی سطحی خاک، با استفاده از آبپاش در اختیار گلدان‌ها قرار گرفت. با توجه به اهمیت ثابت نگه داشتن رطوبت خاک در تیمارهای مختلف، سطح خاک و بدنه گلدان‌ها به منظور کاهش تبخیر با استفاده از فویل آلومینیومی نازک پوشش داده شد.

$$\Psi_m = A\theta_v^B \quad (1)$$

$$A = \exp[-4.396 - (0.0715(C)) - (4.88E - 4(S))^2] - (4.285E - 5(S)^2(C)) \times 100 \quad (2)$$

$$B = -3.14 - (0.0222(C))^2 - (3.484E - 5(S)^2(C)) \quad (3)$$

افزون بر این، بر اساس توصیه Villar-Salvador و همکاران (۲۰۰۵) [۱۱] در مورد گونه‌های مدیترانه‌ای، برای اعمال تیمارهای کوددهی کم و زیاد، به ترتیب مقادیر ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم کود اوره به‌ازای هر کیلوگرم (معادل ۳۴/۵ و ۶۹ میلی‌گرم ازت) وزن خشک خاک گلدان در آب حل شد و به صورت ماهانه در اختیار نهال‌ها قرار گرفت و در تیمار کوددهی شاهد نیز آبیاری بدون استفاده از کود اوره صورت پذیرفت. برای فراهم آوردن امکان

۱۲۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. بدین منظور ۲۷۰ گیاهچه سالم و یکنواخت زربین (تهیه‌شده از نهالستان جنگلی قرق) در اردیبهشت ۱۳۹۳، پس از چوبی شدن و رسیدن به ابعاد مناسب، در گلدان‌های دو لیتری حاوی خاک سطحی ذخیره‌گاه جنگلی زربین رامیان کاشته شد. مشخصات خاک استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده است. همه گلدان‌ها تا زمان شروع تیمارهای خشکی و کوددهی مورد نظر، در محیط گلخانه به صورت یکنواخت، مراقبت و آبیاری شدند. در اواخر خرداد ۱۳۹۴، پس از استقرار گیاهچه‌ها در گلدان‌ها، آزمایش فاکتوریل دوعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش سطح تیمار رطوبتی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵، ۱۵ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی) اجرا شد. برای جلوگیری از خروج آب از زیر گلدان‌ها، منافذ گلدان با پلاستیک بسته شد.

ظرفیت زراعی خاک براساس روش مزرعه‌ای تعیین شد. بدین منظور ۱۰ گلدان حاوی خاک تحت بررسی، پس از اشیاع رطوبتی، با استفاده از پلاستیک و فویل آلومینیومی پوشش داده شد و پس از باز کردن منافذ تحتانی، گلدان‌ها در دمای اتاق روی صفحه توری قرار گرفتند. در این مرحله هر ۱۲ ساعت از خاک داخل گلدان‌ها نمونه‌گیری شده و درصد رطوبت خاک در آزمایشگاه مشخص شد. وقتی رطوبت خاک در دو اندازه‌گیری متوالی یکسان شد، آن مقدار رطوبت به عنوان ظرفیت زراعی خاک محسوب شد [۱۴]. با توجه به اینکه بخشی از رطوبت موجود در خاک که تحت عنوان نقطه پژمردگی شناخته می‌شود، عملاً قابلیت استفاده برای گیاه را ندارد. این مقدار پس از محاسبه از ظرفیت زراعی خاک کم شد. نقطه پژمردگی خاک بررسی شده براساس روش غیرمستقیم و با استفاده از رابطه ۱ و منحنی رطوبتی خاک در سطح ۱/۵- مگاپاسکال تعیین شد [۱۲، ۱۵]. در رابطه ۱، (Ψ_m) ، پتانسیل ماتریک و (θ_v) محتوی حجمی رطوبت خاک را نشان می‌دهند. همچنین A و B شاخص‌های

جدول ۱. مشخصات خاک سطحی ذخیره‌گاه جنگلی زربین رامیان مورد استفاده در گلدان‌ها

بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	BD (gr/cm ³)	FC (%)	WP (%)	N (%)	P (ppm)
لومی-شنی	۱۷	۱۹	۶۴	۱/۵۵	۱۶/۵	۸/۸	۰/۰۴	۰/۴۵۲

BD, WP, N و P، به ترتیب معرف وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و محتوای ازت و فسفر خاک است.

رابطه حروف اختصاری A، BP و R به ترتیب سطح برگ، تعداد پیکسل‌های سیاه شمارش شده در برگ و وضوح تصویر (پیکسل در سانتی متر) را نشان می‌دهند. به منظور تعیین محتوای نسبی آب برگ (RWC)، سه برگ کامل و سالم از قسمت انتهایی تاج نهال‌ها برداشت شد و وزن تر (FW)، وزن آماس (TW) (بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مقطر تحت دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و وزن خشک (DW) (بعد از ۴۸ ساعت قرارگیری در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد)، به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد [۴]. محتوای کلروفیل برگ‌ها در چهار مرحله به وسیله دستگاه SPAD 502 Plus اندازه‌گیری شد. همچنین کارایی مصرف آب نهال‌ها (WUE) با استفاده مقادیر وزن خشک کل نهال (TB) و مجموع آب مصرف شده توسط هر نهال (SWC) بر اساس رابطه ۷ محاسبه شد [۱۹].

$$SQI = TB / \left(\frac{SB(gr)}{RB(gr)} + \frac{H(cm)}{D(mm)} \right) \quad (4)$$

$$A(cm^2) = BP / R^2 \quad (5)$$

$$RWC = [(FW - DW) / (TW - DW)] * 100 \quad (6)$$

$$WUE = TB / SWC \quad (7)$$

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس دو عاملی بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون^۱ و نرمال بودن باقی‌مانده‌های مدل‌های تجزیه واریانس با استفاده از روش کولموگوروف-اسمیرنوف^۲ بررسی شد. در مواردی که آنالیز واریانس اثرهای اصلی یا متقابل

جذب یکنواخت ازت در طول فصل رویش، با توجه به اینکه وزن خاک همه گلدان‌ها ۲/۲ کیلوگرم در نظر گرفته شد، مقدار کود اوره استفاده شده به ازای هر نهال در تیمارهای کوددهی کم و زیاد، به ترتیب ۱۶۵ و ۳۳۰ میلی‌گرم کود اوره (معادل ۷۶/۹ و ۱۵۱/۸ میلی‌گرم ازت) محاسبه و در ابتدای هر ماه یک‌پنجم از این مقادیر در یک لیتر از آب آبیاری حل شد و در اختیار نهال‌ها قرار گرفت.

اندازه‌گیری‌ها و محاسبات

زنده‌مانی نهال‌ها، با ارزیابی بصری اندام هوایی و به صورت ماهانه بررسی شد. همه نهال‌هایی که تا انتهای فصل رویش (اواخر آبان ۱۳۹۵) زنده‌مانی داشتند، با احتیاط از گلدان خارج شده و پس از شست‌وشوی کامل در آب، از قسمت یقه به دو بخش مجزا شامل اندام‌های هوایی و ریشه تفکیک شدند. سپس طول و قطر ساقه و همچنین وزن خشک ریشه و اندام هوایی هر نهال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و ساقه، هر یک از اندام‌های مورد نظر به صورت جداگانه و به مدت ۴۸ ساعت با استفاده از آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن در دسیکاتور، با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. در این مرحله براساس رابطه ۴ و با استفاده از اطلاعات وزن خشک کل (TB)، وزن خشک ساقه (SB)، وزن خشک ریشه (RB)، طول ساقه (H) و قطر یقه (D) نهال‌ها و شاخص کیفیت نهال (SQI) محاسبه شد [۱۷].

برای تعیین سطح فتوسنتزی نهال‌ها (سطح کل فلس‌ها و شاخه‌های حامل)، ابتدا همه شاخه‌های فلسی نهال‌ها با دقت ۱۰۰ dpi اسکن و سپس با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ و براساس رابطه ۵ محاسبه شد [۱۸]. در این

1. Levene

2. Kolmogorov-Smirnov

گونه‌های کاج (*P. pinea* و *Pinus contorta* و *halepensis*) تأیید شده است [۹].

نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی

در نبود تنش خشکی و در سطح رطوبتی شاهد (رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، نسبت ریشه به اندام هوایی نهال زربین به‌طور متوسط برابر ۰/۶۴ است که این مقدار در حد قابل قبول (بالا تر از ۰/۵ در نهال‌های گلدانی) قرار می‌گیرد [۲۰]. با کاهش رطوبت خاک و تشدید تنش رطوبتی، نسبت ریشه به اندام هوایی نهال‌ها به‌شدت افزایش یافت، به‌طوری که از نخستین سطح کاهش رطوبت (۷۵ درصد ظرفیت زراعی)، افزایش این نسبت شروع شد و در سطوح رطوبتی ۱۵ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی، این مقدار در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ۱/۷۸ و ۲/۲۱ برابر افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به اینکه افزایش نسبت ریشه می‌تواند سبب افزایش قدرت جذب آب توسط گیاه شود، این یافته می‌تواند بر وجود قابلیت واکنش قوی و سازگاری مناسب نهال‌های زربین در برابر تنش رطوبتی تأکید کند. افزون‌بر این، نتایج نشان داد که استفاده از کود اوره به‌طور معنی‌داری نسبت ریشه به اندام هوایی نهال‌های زربین را کاهش داد (جدول ۴). با توجه به نیاز زیاد گیاهان به استفاده از ترکیبات ازته در فعالیتهای رویشی و فیزیولوژیک خویش، کمبود ازت در خاک همواره می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکننده مهم در تسهیم وزن خشک بین ریشه و اندام هوایی گیاه نقش‌آفرینی کند، به‌طوری که با برطرف شدن کمبود ازت در خاک به‌وسیله کود اوره، گیاه مقدار زی‌توده اختصاص یافته به ریشه‌ها را در مقایسه با اندام هوایی کاهش می‌دهد و در نتیجه نسبت ریشه به اندام هوایی در اثر کوددهی ازته کاهش می‌یابد [۲۱].

عامل‌ها را در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشان داد، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش نیومن-کولز انجام گرفت.

نتایج و بحث

زنده‌مانی

نتایج نشان داد که رطوبت خاک و کود اوره اثرهای متقابل معنی‌داری بر زنده‌مانی نهال‌های زربین داشتند (جدول ۲). به‌عبارت دیگر، روند کاهش زنده‌مانی نهال‌های زربین در اثر کاهش رطوبت خاک تحت تأثیر کود اوره قرار گرفته است، به‌طوری که بدون استفاده از کود اوره، کاهش معنی‌دار زنده‌مانی نهال‌ها از سطح رطوبتی ۲۵ درصد شروع می‌شود، اما در تیمارهای کوددهی اوره با مقادیر متوسط و زیاد، سطح رطوبتی که در آن کاهش زنده‌مانی نهال‌ها رخ داد، به‌ترتیب به ۱۵ و ۱۰ درصد رسید. همچنین تحت تیمار رطوبتی ۱۰ درصد، بدون استفاده از کود اوره تمامی نهال‌ها از بین رفتند، اما با استفاده از کود اوره نرخ زنده‌مانی نهال‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). این یافته از یک‌سو قدرت زیاد نهال‌های زربین برای مقاومت در برابر خشکی را نشان می‌دهد و از سوی دیگر بیانگر این است که مقاومت نهال زربین در برابر خشکی به‌شدت تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و مقدار عناصر غذایی در دسترس است.

یکی از مهم‌ترین عواملی که سبب مقاومت زیاد برخی سوزنی‌برگان در برابر خشکی می‌شود، وجود بافت‌های ویژه و تخصصی در آوند آبکش است که از ایجاد حفره و انسداد در جریان شیره خام گیاه جلوگیری می‌کند و امکان مقاومت طولانی‌مدت در برابر خشکی را برای نهال فراهم می‌آورد [۵]. همچنین اثرهای مثبت حاصلخیزی خاک و کود ازته بر افزایش زنده‌مانی نهال در شرایط اقلیمی خشک و مدیترانه‌ای، در تحقیقات صورت‌گرفته در برخی

جدول ۲. مقادیر میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مشخصه‌های درصد زنده‌مانی و برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک نهال‌های زیرین تحت تیمارهای رطوبت خاک و کود اوره

متغیرهای مورد بررسی	بلوک	رطوبت خاک (A)	کوددهی (B)	A*B	خطای آزمایش
زنده‌مانی	۱/۳۷ ^{ns}	۰/۰۴ ^{**}	۰/۰۱۵ ^{**}	۰/۰۰۸ ^{**}	۶/۴۴۵
رشد طولی ساقه	۲/۲۵۸ ^{ns}	۵۱/۱۰۹ ^{**}	۴/۴۲۴ ^{ns}	۱/۶۱۷ ^{ns}	۱/۵۰۶
وزن خشک ساقه	۰/۰۱۹ ^{**}	۰/۲۴۷ ^{**}	۰/۲۳۷ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۳
وزن خشک شاخه	۰/۰۵۷ ^{**}	۰/۸۰۸ ^{**}	۰/۵۸۶ ^{**}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۹
وزن خشک ریشه	۰/۰۸۱ ^{**}	۰/۹۷۳ ^{**}	۰/۲۸۶ ^{**}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۲۲
نسبت ریشه به اندام هوایی	۲/۳۱۳ ^{**}	۰/۳۹۸ ^{**}	۰/۲۱۴ ^{**}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۸
شاخص کیفیت نهال	۰/۰۱۱ ^{**}	۰/۰۵۰ ^{**}	۰/۰۶۱ ^{**}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۳۳
کلروفیل کل	۵۲/۲۰۱ ^{**}	۱۸۸/۸۴۷ ^{**}	۵۲/۷۰۰ ^{**}	۲/۰۰۲ ^{ns}	۲/۷۸۰
سطح فتوسنتزی	۱۷۰/۸۹ ^{**}	۱۰۰۶/۷۰ ^{**}	۷۵۰/۶۳ ^{**}	۵۲/۹۲ ^{**}	۱۱/۳۸
محتوای نسبی آب برگ	۰/۰۰۰ ^{**}	۰/۳۸۳ ^{**}	۰/۰۲۰ ^{**}	۰/۰۰۱ ^{**}	۱/۶۲۱
کارایی مصرف آب	۰/۲۸۵ ^{**}	۰/۸۲۰ ^{**}	۳/۵۸۵ ^{**}	۰/۰۳۵ ^{ns}	۰/۰۵۸

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ^{ns} معرف نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرهای متقابل رطوبت خاک و کوددهی از ته بر زنده‌مانی نهال‌های زیرین

کوددهی اوره	رطوبت خاک (درصد از ظرفیت زراعی)				
	۱۰٪	۱۵٪	۲۵٪	۵۰٪	۷۵٪
شاهد (بدون کوددهی)	۰۰±۰/۰ ^c	۶۶/۶۷±۲۳/۳ ^c	۸۲/۲۲±۹/۶۹ ^b	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a
کم (۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۳/۳۳±۳۳/۳ ^d	۶۶/۶۷±۲۳/۳ ^c	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a
زیاد (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۶۶/۶۷±۲۳/۳ ^c	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a	۱۰۰±۰/۰ ^a

حروف لاتین کوچک مشابه نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار است (α=۰/۰۵).

شاخص کیفیت نهال

شاخص کیفیت نهال در سطح رطوبتی ۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) نشان نداد (جدول ۴)؛ اما با کاهش رطوبت خاک، این شاخص به طور معنی‌داری کاهش یافت. اثر منفی کاهش رطوبت خاک بر شاخص کیفیت نهال در مطالعات صورت‌گرفته در برخی گونه‌های درختی مانند *Fraxinus ormus* تأیید شده است [۲۲]. در اثر کوددهی اوره، شاخص کیفیت نهال افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در نهال‌هایی به‌دست آمد که تحت کوددهی اوره به مقدار زیاد قرار گرفته بودند. افزایش شاخص کیفیت نهال در اثر کوددهی از ته نیز در تحقیقات قبلی در *Cassia grandis* و *Peltophorum dubium* تأیید شده است [۷].

ویژگی‌های فیزیولوژیک نهال

نتایج نشان داد که کاهش رطوبت خاک، اثر منفی بر کلروفیل

کل، سطح فتوسنتزی و محتوای نسبی آب برگ (RWC) دارد (جدول‌های ۴ و ۵). این یافته در تحقیقات صورت‌گرفته در برخی سوزنی‌برگان دیگر مانند *Thuja plicata* نیز تأیید شده است [۶]. کاهش کلروفیل برگ در اثر تنش خشکی می‌تواند بر اثر عملکرد ترکیبات فعال اکسیژن در بافت‌های گیاهی و در نتیجه آسیب دیدن کلروپلاست سلول‌های برگ به وجود آمده باشد. همچنین کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت تنش خشکی و کاهش رطوبت خاک، می‌تواند بر اثر کاهش قدرت تنظیم اسمزی گیاه و در نتیجه وارد آمدن صدمات فیزیکی میکروسکوپی به سیتوپلاسم و دیواره‌های سلولی ایجاد شده باشد [۲۳]. همسو با تحقیقات صورت‌گرفته در *Sophora davidi* [۱۳]، نتایج تحقیق پیش رو نشان داد که کوددهی اوره موجب افزایش محتوای نسبی آب و کلروفیل کل برگ و سطح فتوسنتزی نهال‌ها شد. با توجه به تأثیر مهم ازت در فتوسنتز و فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، اثر مثبت

مواجه می‌شود، با بستن روزنه‌ها و کاهش تعرق برگ‌گی، آب کمتری برای تولید هر واحد وزن خشک خود مصرف می‌کند. همانند تحقیقات صورت گرفته در *Sophora davidi* [۱۳]، در نتایج تحقیق حاضر، استفاده از کود اوره به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف آب نهال‌های زربین را افزایش داده است. مطالعات Wu و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که افزایش کارایی مصرف آب در اثر کوددهی اوره می‌تواند با تغییرات به‌وجودآمده در اندام‌های زمینی و هوایی نهال مرتبط باشد، به‌طوری که با افزایش نیتروژن خاک در اثر کوددهی اوره، سطح فتوسنتزی و وزن خشک کل نهال و از سوی دیگر تراکم ریشه‌های موین و در نتیجه قدرت جذب آب نهال افزایش یافت [۱۳]. از آنجا که شاخص کارایی مصرف آب (WUE) براساس رابطه ۶، از تقسیم وزن خشک کل نهال بر مقدار آب مورد استفاده توسط آن به‌دست می‌آید. افزایش این شاخص در اثر کوددهی اوره دور از انتظار نیست.

کوددهی از ته بر ویژگی‌های فیزیولوژیک نهال‌های زربین دور از انتظار نیست؛ به‌طوری که در شرایط تنش رطوبتی، نیاز گیاه به نیتروژن افزایش می‌یابد، اما مقدار جذب ازت از خاک با توجه به کاهش رطوبت خاک و قدرت جذب گیاه کم می‌شود؛ بنابراین افزودن کود از ته با قابلیت جذب زیاد می‌تواند شرایط فیزیولوژیک گیاه را بهبود بخشد. با کاهش رطوبت خاک تا حد ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کارایی مصرف آب نهال‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که در هر یک از تیمارهای رطوبتی ۲۵ تا ۱۰ درصد ظرفیت زراعی، در مقایسه با تیمار شاهد (ظرفیت زراعی ۱۰۰ درصد) بیش از دو برابر افزایش یافت (جدول ۴). این یافته در تحقیقات صورت گرفته در نهال دیگر سوزنی‌برگان، مثل *Pseudotsuga menziessi* و *Pinus contorta* نیز تأیید شده است [۲۴]. افزایش کارایی مصرف آب تحت تنش خشکی مبین این واقعیت است که وقتی گیاه با تنش خشکی

جدول ۴. اثرهای اصلی رطوبت خاک و کوددهی اوره بر مقادیر زنده‌مانی و برخی صفات رویشی و فیزیولوژیک نهال‌های زربین

متغیرهای مورد بررسی	رطوبت خاک (درصد از ظرفیت زراعی)								
	کوددهی اوره	کم (۷۵mg/Kg)	شاهد	۱۰	۱۵	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
رشد طولی ساقه (cm)	۷/۳۴ ^a	۴/۲۴ ^A	۴/۰۵ ^A	۱/۵۰ ^c	۲/۴۵ ^c	۴/۳۸ ^b	۴/۴۸ ^b	۶/۵۱ ^a	۷/۳۴ ^a
وزن خشک ساقه (gr)	۰/۶۸ ^a	۰/۴۷ ^B	۰/۳۷ ^C	۰/۲۱ ^f	۰/۳۸ ^e	۰/۴۷ ^d	۰/۵۳ ^c	۰/۵۹ ^b	۰/۶۸ ^a
وزن خشک شاخه (gr)	۱/۰۰ ^a	۰/۶۳ ^B	۰/۴۷ ^C	۰/۱۸ ^e	۰/۴۳ ^d	۰/۶۴ ^c	۰/۷۳ ^c	۰/۸۸ ^b	۱/۰۰ ^a
وزن خشک ریشه (gr)	۰/۷۱ ^a	۰/۳۷ ^B	۰/۳۱ ^C	۰/۰۹ ^f	۰/۲۹ ^e	۰/۳۸ ^d	۰/۴۲ ^c	۰/۵۴ ^b	۰/۷۱ ^a
نسبت ریشه به اندام هوایی	۰/۶۴ ^f	۱/۴۰ ^B	۱/۶۹ ^A	۲/۰۶ ^a	۱/۷۸ ^b	۱/۶۱ ^c	۱/۴۴ ^d	۱/۱۲ ^e	۰/۶۴ ^f
شاخص کیفیت نهال	۰/۲۸ ^a	۰/۱۶ ^B	۰/۱۳ ^C	۰/۰۴ ^d	۰/۱۲ ^c	۰/۱۶ ^b	۰/۱۸ ^b	۰/۲۳ ^a	۰/۲۸ ^a
کلروفیل کل (SPAD)	۱۶/۲ ^a	۸/۹ ^B	۷/۷ ^C	۴/۳ ^f	۵/۶ ^e	۶/۷ ^d	۱۰/۰ ^c	۱۲/۸ ^b	۱۶/۲ ^a
کارایی مصرف آب (gr/kg)	۰/۹۰ ^c	۱/۴۵ ^B	۰/۸۶ ^C	۱/۸۸ ^a	۱/۹۹ ^a	۱/۸۲ ^a	۱/۳۵ ^b	۱/۰۷ ^{bc}	۰/۹۰ ^c

حروف لاتین کوچک و بزرگ مشابه، به ترتیب نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطوح رطوبت و کود اوره هستند ($\alpha=0/05$).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرهای متقابل رطوبت خاک و کوددهی از ته بر سطح فتوسنتزی (PA) و محتوای نسبی آب (RWC) برگ زربین

کوددهی	رطوبت خاک (درصد از ظرفیت زراعی)					
	۱۰٪	۱۵٪	۲۵٪	۵۰٪	۷۵٪	۱۰۰٪
PA	شاهد	۲۰/۶۱±۴/۵ ^{cd}	۲۰/۸۴±۲/۸ ^{cd}	۱۵/۱۱±۱/۹ ^{de}	۱۲/۶۳±۰/۳ ^{ef}	۷/۲۷±۱/۳ ^{efg}
	متوسط	۳۴/۴۳±۴/۳ ^a	۲۷/۲۰±۲/۰ ^{bc}	۲۱/۱۰±۲/۳ ^{cd}	۱۵/۲۶±۱/۶ ^{de}	۹/۹۲±۱/۰ ^{efg}
	زیاد	۴۵/۹۴±۱/۸۸ ^a	۳۳/۵۲±۳/۷ ^b	۳۰/۷۲±۴/۷ ^b	۲۷/۸۴±۳/۰ ^{bc}	۱۲/۱۸±۱/۸ ^{ef}
RWC	شاهد	۸۹/۷۸±۰/۳ ^c	۸۲/۳۰±۰/۳ ^f	۷۵/۲۶±۰/۲ ⁱ	۶۲/۰۰±۰/۱ ^l	۵۷/۸۱±۰/۱ ^o
	متوسط	۹۱/۹۷±۰/۱ ^b	۸۴/۲۴±۰/۰ ^e	۷۷/۴۰±۰/۱ ^h	۶۶/۷۳±۰/۳ ^k	۵۸/۲۹±۰/۱ ⁿ
	زیاد	۹۴/۲۲±۰/۲ ^a	۸۷/۴۹±۰/۳ ^d	۷۹/۹۰±۰/۲ ^g	۷۰/۳۰±۰/۳ ^j	۶۰/۲۴±۰/۳ ^m

حروف لاتین کوچک مشابه، نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دارند ($\alpha=0/05$).

water plus heat stress treatments in three coniferous tree seedlings. *Journal of Forestry Research*, 15(1): 24-28.

- [7]. Soares, C.B., Freitas, E.C., Paiva, H.N. and Neves, J.C. (2017). Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. *Revista Árvore*, 41(2): 1-9.
- [8]. Faustino, L.I., Moretti, A.P., and Graciano, C. (2015). Fertilization with urea, ammonium and nitrate produce different effects on growth, hydraulic traits and drought tolerance in *Pinus taeda* seedlings. *Tree Physiology*, 35(10):1062-1074.
- [9]. Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Cuestas, B., Penuelas, J. L., Uscola, M., Heredia-Guerrero, N., and Benayas, J.M.R. (2012). Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New Forests*. 43(5-6): 755-770.
- [10]. Weetman, G.F., Radwan, M.A., Kumi, J., and Schnorbus, E. (1987) Nutrition and fertilization of Western Red Cedar. In: *Proceedings of Western red Cedar-Does it have a future?*. July.13-14 Vancouver, Canada, pp. 47-59.
- [11]. Villar-Salvador, P., Puértolas, J., Peñuelas, J.L., and Planelles, R. (2005). Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. *Forest Systems*, 14(3): 408-418.
- [12]. El-Keltawi, N.E., El-Naggar, A.E., Abdien, S.Sh., and Ibrahim, M.A. (2012). How to improve Lemon cypress as a pot plant using GA₃ and Urea. *Assisut Journal of Agricultural Sciences*, 43(Special Issue):81-92.
- [13]. Wu, F., Bao, W., Li, F., and Wu, N. (2008). Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3):248-255.
- [14]. Alizadeh, A. (1996). Soil- water- plant relationship. Emam Reza University Press, Mashhad.
- [15]. Kirkham, M. B. (2014). Principles of soil and plant water relations. Academic Press.
- [16]. Saxton, K.E., Rawls, W., Romberger, J.S., and Papendick, R.I. (1986). Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Science Society of America Journal*, 50(4):1031-1036.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر نهال‌های زربین توانستند در گلدان‌های حاوی خاک ذخیره‌گاه زربین رامیان، بدون استفاده از کود اوره به مدت ۵ ماه در سطح رطوبتی ۲۵ درصد ظرفیت زراعی زنده‌مانی بیشتر از ۸۰ درصد داشته باشند. در کل با توجه به اثرهای متقابل کود اوره و محتوای رطوبت خاک بر زنده‌مانی نهال‌های زربین، استنباط می‌شود که در سطوح رطوبتی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، نهال‌های زربین بدون استفاده از کود اوره، زنده‌مانی کامل دارند و به استفاده از این کود برای افزایش بازده تولید نهال نیاز نیست؛ اما در شرایط خشکی متوسط و شدید استفاده از این کود ضرورت می‌یابد، به طوری که در سطح رطوبتی ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، استفاده از کود اوره به مقدار کم (۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در شرایط کم‌آبی شدیدتر (۱۵ و ۱۰ درصد ظرفیت زراعی) استفاده از کود اوره به مقدار زیاد (۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) لازم است.

References

- [1]. Orhan, I.E., and Tumen, I. (2015). Potential of *Cupressus sempervirens* (Mediterranean Cypress) in Health. In: Preedy, V.R. and Watson, R.R. (editors), Academic Press.
- [2]. Farahat, E., and Linderholm, H.W. (2015). The effect of long-term wastewater irrigation on accumulation and transfer of heavy metals in *Cupressus sempervirens* leaves and adjacent soils. *Science of the Total Environment*, 512:1-7.
- [3]. Jazirehi, M.H. (2001). To afforest in arid environment. University of Tehran Press, Tehran.
- [4]. Yang, Y., Liu, Q., Han, C., Qiao, Y.Z., Yao, X. Q., and Yin, H.J. (2007). Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. *Photosynthetica*, 45(4): 613-619.
- [5]. Brodribb, T.J., McAdam, S.A., Jordan, G.J., and Martins, S.C. (2014). Conifer species adapt to low-rainfall climates by following one of two divergent pathways. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(40):14489-14493.
- [6]. Fang-yuan, Y.U., and Guy, R.D. (2004). Variable chlorophyll fluorescence in response to

- [17]. Dickson, A., Leaf, A. L., and Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1): 10-13.
- [18]. Bradshaw, J.D., Rice, M.E., and Hill, J.H. (2007). Digital analysis of leaf surface area: effects of shape, resolution, and size. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 339-347.
- [19]. Bacon, M. (2009). *Water use efficiency in plant biology*. John Wiley & Sons.
- [20]. Haase, D.L. (2008). Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52(2): 24-30.
- [21]. Gruffman, L. (2013). Nitrogen nutrition and biomass distribution in conifers, *Aspects of organic and inorganic nitrogen acquisition*. Swedis University of Agricultural Sciences, (22): 1-47.
- [22]. Rahman, M.S., Tsitsoni, T., Tsakaldimi, M., and Ganatsas, P. (2015). Field performance of *Fraxinus ornus* bare root plants to drought stress. *Month*, 6(8): 1-10.
- [23]. Arjenaki, F.G., Jabbari, R., and Morshedi, A. (2012). Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(11):726-729.
- [24]. Smit, J., and Van den Driessche, R. (1992). Root growth and water use efficiency of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) seedlings. *Tree Physiology*, 11(4): 401-410.

Effects of soil moisture content and urea fertilizer on survival, growth and some physiological attributes of Mediterranean cypress seedling

S. Naghipoor; M.Sc. Graduated Student, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

A. R. Ali-Arab¹; Assist. Prof., Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran

S. E. Sadai; Research Assist. Prof., Center of Agricultural and Natural Resources Research of Mazandaran, I.R. Iran

(Received: 15 September 2018, Accepted: 15 December 2018)

ABSTRACT

Due to the importance of Mediterranean cypress in seedling production and forestation practices in dry and semi dry environments of the country, this research was carried out with the aim of investigating the response of Mediterranean cypress seedlings to moisture changes and nitrogen nutrition of the soil. For this purpose, 270 healthy and uniform seedlings of *Cupressus horizontalis* L. were prepared and examined under 6 soil moisture contents (100, 75, 50, 25, 15 and 10 percent of field capacity) and 3 levels of urea fertilizers, including control, low and high concentrations, respectively with 0, 75 and 150 mg/kg urea by using a two-way factorial experiment with 3 replicates based on randomized complete block design for 5 months (from May to November). The results showed that more than 82.2% of seedlings survived up to 25% field capacity (FC) in control (no fertilizer) treatment. Survival of seedlings in 15% and 10% FC under the effect of urea fertilizer, especially under HN treatment, was gained 100% and 66.7%, respectively. Regardless of urea, reduction of soil moisture content particularly in 50% and 25% FC decreased significantly the characteristics of stem length growth, biomass of different parts, quality index (QI) and physiological properties (photosynthetic area, relative water content and total chlorophyll) of seedlings. However, increase of urea fertilizer increased the survival, biomass of different parts of seedlings, physiological properties, WUE, total chlorophyll, and QI of seedlings. Therefore, it is suggested that in order to produce *C. horizontalis* seedlings, soil moisture content should not drop under 50% FC; Otherwise, the use of urea fertilizer is necessary with the aim of improving the growth, quality and water use efficiency of seedlings.

Keywords: Mediteranean Cypress, Seedling quality, Soil moisture content, Urea fertilizer.

¹ Corresponding Author, Email: aliarab@gau.ac.ir, Tel: +989112781470