فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۴ شماره ۲، صفحه ۲۸۳-۲۷۳، (۱۳۹۵)

اثر رطوبت خاک و سایه بر رویش و تخصیص زی‌توده نهال‌های بنه (*Pistacia atlantica* Desf.)

محمدحسین صادق‌زاده حلاج[۱*]، داوود آزادفر[۲]، حسین میرزایی ندوشن[۳]، محمدحسین ارزانش[۴] و مسعود توحیدفر[۵]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
پست الکترونیک: h_sadeqzade@outlook.com
۲- دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۵- دانشیار پژوهش، گروه مهندسی بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی انرژی و فناوری‌های نوین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۷

چکیده

پژوهش پیش‌رو به‌منظور بررسی اثر رطوبت خاک و نیز سایبان‌های مصنوعی بر روند رشد، تولید و تسهیم زی‌توده در اندام‌های مختلف نهال بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) در ایستگاه تحقیقات البرز کرج انجام شد. نهال‌های بنه به‌مدت شش ماه از خرداد تا آذرماه ۱۳۹۳ تحت تیمارهای رطوبت خاک (در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) و سایبان مصنوعی (در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۳۰ درصد نور کامل) در قالب طرح کرت‌های خردشده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عامل رطوبت خاک اثر معنی‌داری بر ارتفاع، قطر یقه و زی‌توده تر و خشک ساقه و برگ و زی‌توده تر کل داشت. رژیم سایبان به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع، زی‌توده خشک ریشه و کل و نسبت زی‌توده تر ریشه به کل شد. براساس نتایج، نهال‌های بنه در سطوح مختلف رطوبت رفتار متفاوتی نسبت به سایه از خود نشان دادند، به‌ویژه افزایش سایه باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع، زی‌توده تر برگ و نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی در رطوبت کامل و افزایش این مشخصه‌ها در نهال‌های تحت تنش شد. بررسی روند تغییرات مشخصه‌ها تحت سطوح مختلف رطوبت و نور نشان داد که سایه در حالت بروز تنش خشکی برای نهال‌های بنه کمک‌کننده بوده است و باعث کاهش عوارض ناشی از تنش خشکی بر این گونه شده است.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، اندام، بنه، زی‌توده، قطر یقه.

مقدمه

بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) یکی از مهم‌ترین گونه‌های درختی جنگل‌های خارج از شمال کشور است که علاوه‌بر حضور گسترده در مناطق رویشی ارسباران، زاگرس، ایران- تورانی و دامنه‌های ناحیه خلیج فارس و عمانی مانند کمربندی اطراف کویرهای ایران را احاطه کرده است (Owji & Hamzepour, 2003). تحقیقات زیادی درخصوص ویژگی‌های جنگل‌شناسی و نیازهای رویشگاهی این گونه در کشور انجام شده است که برآیند آنها حکایت از نرمش اکولوژیک فوق‌العاده و بردباری زیاد این گونه به شرایط سخت محیطی دارد، به‌طوری‌که در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی، ادافیکی و فیزیوگرافی در مناطق مختلف

کشور رویش دارد و بسته به شرایط رویشگاه، تیپ‌های خالص یا مخلوط با گونه‌های دیگر درختی تشکیل می‌دهد (Emadi, 1996). با این‌حال و برخلاف سرشت مقاوم این گونه، زادآوری طبیعی بنه در نواحی رویشی مختلف با مشکلات بسیار زیادی روبرو است. دوپایه بودن درخت، برداشت وسیع میوه توسط مردم محلی و عشایر، سرشاخه‌زنی، سقزگیری، پوکی و عدم وجود قوه نامیه در بذرها، فرسایش خاک، فقدان بارش و گرمای شدید هوا در فصل رویش، زراعت زیراشکوب، چرای دام، طغیان جوندگان و از بین رفتن پوشش درختچه‌ای و بوته‌ای زیراشکوب این جنگل‌ها ازجمله عامل‌های نقصان زادآوری جنسی و سیر پس‌رونده این جنگل‌ها بوده است که در گزارش‌های متعددی به آن اشاره شده است (Sohrabi, 1995; Emadi, 1996). در این میان نقش درختچه‌های پرستار در زادآوری جنسی بنه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به‌نحوی‌که اندک بذرهای جوانه‌زده و نهال‌های مستقرشده نیز به‌دلیل حضور وسیع دام و جوندگان و کاهش شدید رطوبت در فصل رویش از آینده مطلوبی برخوردار نیستند و از بین می‌روند (Sabeti, 1994; Negahdare & Saber, 2010). زادآوری بنه بستگی کامل به حضور گیاه پرستار ازجمله بادام وحشی به‌ویژه تنگرس در اشکوب زیرین دارد. هنگامی‌که بذر درختان به‌طور عادی یا توسط پرندگان در داخل این درختچه‌ها و بوته‌ها می‌افتد، کلیه شرایط سبز شدن آن مانند رطوبت، هوموس و محافظت در برابر تابش شدید نور خورشید فراهم است و از هجوم پرندگان، دام و جانوران در امان می‌ماند. پس از استقرار کامل، گیاه پرستار خشک می‌شود و جای خود را به نهال بنه می‌دهد (Hamzepour *et al*., 2006). به‌نظر می‌رسد که در توضیح علل این رفتار نهال‌های بنه، مصون ماندن از گرما و نور شدید و دریافت رطوبت بیشتر از اهمیت بیشتری در مقایسه با حفاظت از چرای دام و آسیب وحوش برخوردار است؛ چنان‌چه نتیجه تحقیقات Hamzepour و همکاران (۲۰۰۶)، Jahanpour و همکاران (۲۰۱۰) و Negahdare وSaber Abbasi (۲۰۱۰) نشان داد که حتی در شرایط قرق کامل نیز نهال‌های مستقرشده در سایه گیاهان پرستار از شرایط کمی و کیفی بهتری در مقایسه با کاشت در عرصه‌های باز برخوردار بودند. عدم توجه به این مسأله مهم سبب شده است که عملیات احیایی انجام‌شده در استان‌های بنه‌خیز اعم از بذرکاری و نهال‌کاری از موفقیت چندانی برخوردار نباشد (Jahanpour *et al*., 2010).

اگرچه در بررسی منابع خارج از کشور، پژوهش‌ها درخصوص اثر تنش‌های نوری و رطوبتی بر نهال بنه کمتر است، اما برخی تحقیقات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انجام‌شده در داخل کشور درخصوص اثر تنش خشکی بر مشخصه‌های نهال‌های بنه بیانگر این است که تنش خشکی باعث کاهش میزان آب و پتانسیل اسمزی برگ، مقدار کلروفیل a و b، نسبت کلروفیل a/b، هدایت روزنه‌ای، نرخ فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم II (Ranjbar Fordoei *et al*., 2000)، کاهش محتوای نسبی آب برگ و ساقه، کارایی فتوسیستم II، نرخ خالص فتوسنتز، نسبت کلروفیل کل به کاروتنوئید، مساحت و محیط کانال‌های رزینی، افزایش پرولین و تراکم کانال‌های رزینی شده است (Joulaei-Manesh, 2011). همچنین این تنش سبب کاهش زنده‌مانی، ارتفاع، قطر یقه، طول ریشه، حجم ریشه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه‌ای، کلروفیل برگ، طول جوانه انتهایی و افزایش پرولین و آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در نهال‌های بنه شده است (Mirzaei, 2011). درخصوص اثر سایه بر نهال‌های بنه تحقیقات انجام‌شده به جنگل‌های لرستان و کهگیلویه و بویراحمد محدود می‌شود که در یکی سطوح سایه ۷۵ و ۱۰۰ درصد (Jahanpour *et al*., 2010) و در دیگری سطح سایه ۱۵ تا ۳۰ درصد (Yousefi, 2007) بهترین نتایج را در زنده‌مانی نهال‌های بنه نشان داده‌اند.

تأثیر سایه بر گونه‌های دیگر نیز بسته به سرشت نوری گونه مورد مطالعه دارای نتایج متفاوت بوده است و ثابت شده است که سایه باعث کاهش چنگالی شدن نهال بلندمازو در شدت نور ۷۰ درصد (Karimi-Doust, 2001)، افزایش

زنده‌مانی این گونه در شدت نور ۷۵ درصد (Ghelichkhani *et al.*, 2005)، کاهش قطر یقه، هدایت روزنه‌ای، تعداد روزنه‌ها در واحد سطح برگ، کارایی فتوسیستم II و نرخ فتوسنتز، افزایش سطح برگ، مقدار کلروفیل در واحد وزن خشک و نسبت کلروفیل/ کاروتنوئید برگ و همچنین عدم تأثیر بر ارتفاع نهال‌های *Quercus rubor* و *Q. petraea* در شدت نور ۵۰ درصد (Gross *et al.*, 1996) می‌شود. کاهش قطر یقه، ارتفاع، زی‌توده ریشه، جوانه و برگ و محتوای کلروفیل نهال‌های *Grevillea robusta* و *Tectona grandis* و افزایش این مشخصه‌ها در نهال *Ailanthus triphysa* در شدت نور ۲۵ درصد (Saju *et al.*, 2000)؛ افزایش زنده‌مانی و ارتفاع نهال سرو نقره‌ای در شدت نور ۳۳ درصد (Hoseini *et al.*, 2007) و افزایش ارتفاع، سطح برگ، میزان کلروفیل، کاهش ضخامت برگ، وزن ریشه و نسبت ساقه به ریشه نهال‌های *Q. petraea* و *Q. rubor* (Vera, 2000) از دیگر نتایج گزارش‌شده درخصوص اثر سایه بر گونه‌های مختلف است.

باید توجه داشت که علت رفتار سایه‌پسند بسیاری از گونه‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌دلیل عدم تحمل شدت نور کامل توسط آنها نیست، بلکه برای فرار از تنش خشکی و قرارگیری در شرایط رطوبتی مساعدتر در پناه سایه درختان مادری و گیاهان پرستار است؛ چنان‌چه برخلاف نتایج تحقیقات Fattahi و Tavakoli (۱۹۹۹)، Hoseini و همکاران (۲۰۰۸) و Najafifar و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر سایه‌پسندی نهال‌های بلوط ایرانی (*Q. brantii*)، گزارش تحقیقات Pilevar و همکاران (۲۰۱۲) در شرایط نهالستان نشان داد که در حالت عدم وجود محدودیت رطوبت، نهال‌های این گونه تحت نور کامل وضعیت بهتری دارند.

برای بررسی اثر همزمان رطوبت و نور بر گونه‌های گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک علاوه‌بر تحقیقات میدانی در عرصه‌های رویشی، انجام تحقیقات گلخانه‌ای و نهالستانی به‌منظور ارزیابی نقش سایه در تعدیل یا تشدید اثرات تنش خشکی ضروری است. در این خصوص تحقیقات زیادی در خارج از کشور در مورد گونه‌های چوبی و غیرچوبی از جنبه‌های مختلف رویشی، ریخت‌شناسی و فیزیولوژی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های Aranda و همکاران (۲۰۰۵) در مورد *Q. ruber*، Climent و همکاران (۲۰۰۶) درخصوص *Pinus canariensis*، Sofo و همکاران (۲۰۰۹) در مورد زیتون (Olea europaea) و Li و همکاران (۲۰۱۱) درخصوص درختچه پر (*Cotinus coggygria*) اشاره کرد. این پژوهش نیز با همین هدف در مورد نهال بنه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های جنگلی ایران طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات البرز کرج واقع در جنوب شهر کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی با ۱۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. براساس آمار ایستگاه هواشناسی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، میانگین بارندگی سالانه ۲۳۰ میلی‌متر، حداقل مطلق ۲۱/۷- ، حداکثر مطلق ۴۱ و میانگین درجه حرارت منطقه مذکور ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Ghasemi *et al.*, 2012).

روش پژوهش

در اواخر زمستان ۱۳۹۲ نهال‌های همگن یک‌ساله بنه به گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۳۰×۳۵ سانتی‌متر منتقل شدند و پس از سه ماه مهلت‌دهی به‌منظور استقرار کامل در گلدان‌ها، در خرداد ۹۳ تحت تیمارهای رطوبت و سایبان قرار گرفتند. انتخاب تیمارهای رطوبت خاک با توجه به پژوهش‌های پیشین انجام‌شده درخصوص اثر تنش خشکی بر بنه و با اعمال رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان تیمار شاهد، رطوبت ۵۰ درصد به‌عنوان حد وسط ظرفیت زراعی خاک و رطوبت ۲۰ درصد به‌عنوان تیمار تنش انجام شد. سطوح فاکتور سایبان نیز با توجه به رعایت شبیه‌سازی عرصه‌های طبیعی و درنظر گرفتن اقلام تجاری

موجود در بازار، در سه سطح صفر درصد به‌عنوان تیمار شاهد، ۳۰ درصد به‌عنوان سایه خفیف و ۵۰ درصد به‌عنوان سایه متوسط انتخاب شدند. طرح آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، ۲۷ کرت و ۱۰ گلدان در هر کرت اجرا شد. عامل‌های مورد آزمایش شامل رطوبت خاک (در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۰ درصد) به‌عنوان فاکتور اصلی و سایبان مصنوعی در (در سه سطح صفر، ۳۰ و ۵۰ درصد) به‌طور تصادفی در بلوک‌ها مرتب شدند.

قبل از اعمال تیمارها و با توجه به همسانی وزن تمام گلدان‌ها، ظرفیت زراعی گلدان‌ها با استفاده از روش توزین به‌دست آمد و براساس آن وزن هدف برای سطوح تیمارهای مختلف رطوبتی محاسبه شد. گلدان‌ها در ابتدای هر روز با استفاده از ترازوی پرتابل با دقت دو گرم توزین شدند و به‌وسیله آبیاری با استوانه مدرج یک‌لیتری به وزن هدف رسانده شدند. تیمارهای سایبان با استفاده از توری‌های سایبان پلی‌اتیلنی با درصد سایه‌اندازی ۳۰ و ۵۰ درصد (۷۰ و ۵۰ درصد، نور کامل) و با نصب پایه بر کرت‌های مورد نظر مستقر شدند.

در آبان‌ماه ۹۳ و پس از اندازه‌گیری قطر یقه و ارتفاع، نهال‌ها با دقت کامل از خاک خارج شدند و پس از تفکیک اندام‌های ریشه، وزن تر ساقه و برگ آنها با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های ریشه، ساقه و برگ به‌تفکیک کرت‌ها در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و وزن خشک آنها نیز به‌دست آمد. با استفاده از وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ مقادیر زی‌توده کل تر و خشک نهال و همچنین نسبت زی‌توده تر و خشک ریشه به اندام هوایی محاسبه شد.

بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk در نرم‌افزار SPSS، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در نرم‌افزار Mstat-c و ترسیم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج

براساس جدول‌های تجزیه واریانس مقادیر آماره F برای همه مشخصه‌های مورد بررسی استخراج شد که در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- مقدار آماره F متغیرهای مورد بررسی تحت تیمارهای مختلف رطوبت، سایه و اثر متقابل آنها (استخراج‌شده از تجزیه واریانس طرح کرت‌های دوبار خردشده با پایه بلوک کامل تصادفی)

متغیر	تکرار	رطوبت	سایبان	رطوبت × سایبان
ارتفاع نهال	۵/۸۲۱۴^{ns}	۵۸/۰۲۲۸**	۰/۱۳۹۳^{ns}	۴/۸۶۳۶*
قطر یقه	۱۱/۷۳۰۴*	۲۳/۱۸۷۸**	۰/۰۳۰۲^{ns}	۰/۳۳۱۹^{ns}
زی‌توده تر ریشه	۲/۱۹۸^{ns}	۲/۲۲۵۸^{ns}	۲/۰۲۴^{ns}	۰/۵۳۲۶^{ns}
زی‌توده تر ساقه	۶/۱۸۰۲^{ns}	۱۲/۷۴۴۷*	۰/۱۳۳۷^{ns}	۰/۲۱۳^{ns}
زی‌توده تر برگ	۵/۰۳۵۳^{ns}	۱۳۴/۵۶۳۴**	۱/۳۰۸۴^{ns}	۵/۲۴۶۴*
زی‌توده تر کل	۲/۸۴۰۴^{ns}	۷/۳۸۱۹*	۱/۳۳۲۶^{ns}	۰/۳۰۰۹^{ns}
نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی	۱/۰۳۳۲^{ns}	۱/۷۴۲۵^{ns}	۶/۴۸۲۷*	۳/۳۰۰۷*
زی‌توده خشک ریشه	۱/۳۳۶۷^{ns}	۰/۹۴۹۳^{ns}	۴/۳۷۵۵*	۰/۴۷۲۱^{ns}
زی‌توده خشک ساقه	۶/۳۲۴۱^{ns}	۱۲/۷۵۳۹*	۰/۲۲۳۸^{ns}	۰/۳۱۶۴^{ns}
زی‌توده خشک برگ	۳/۸۶۸۳^{ns}	۱۱۰/۸۵۷۳**	۰/۲۸۵^{ns}	۲/۷۴۸^{ns}
زی‌توده خشک کل	۲/۰۰۱^{ns}	۴/۴۷۴۲^{ns}	۴/۹۱۳۴*	۰/۵۰۲۳^{ns}
نسبت زی‌توده خشک ریشه به اندام هوایی	۰/۳۹۳۹^{ns}	۱/۳۶۰۱^{ns}	۳/۲۷۰۴^{ns}	۰/۹۱۴۹^{ns}

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد؛ *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ^{ns} غیرمعنی‌دار

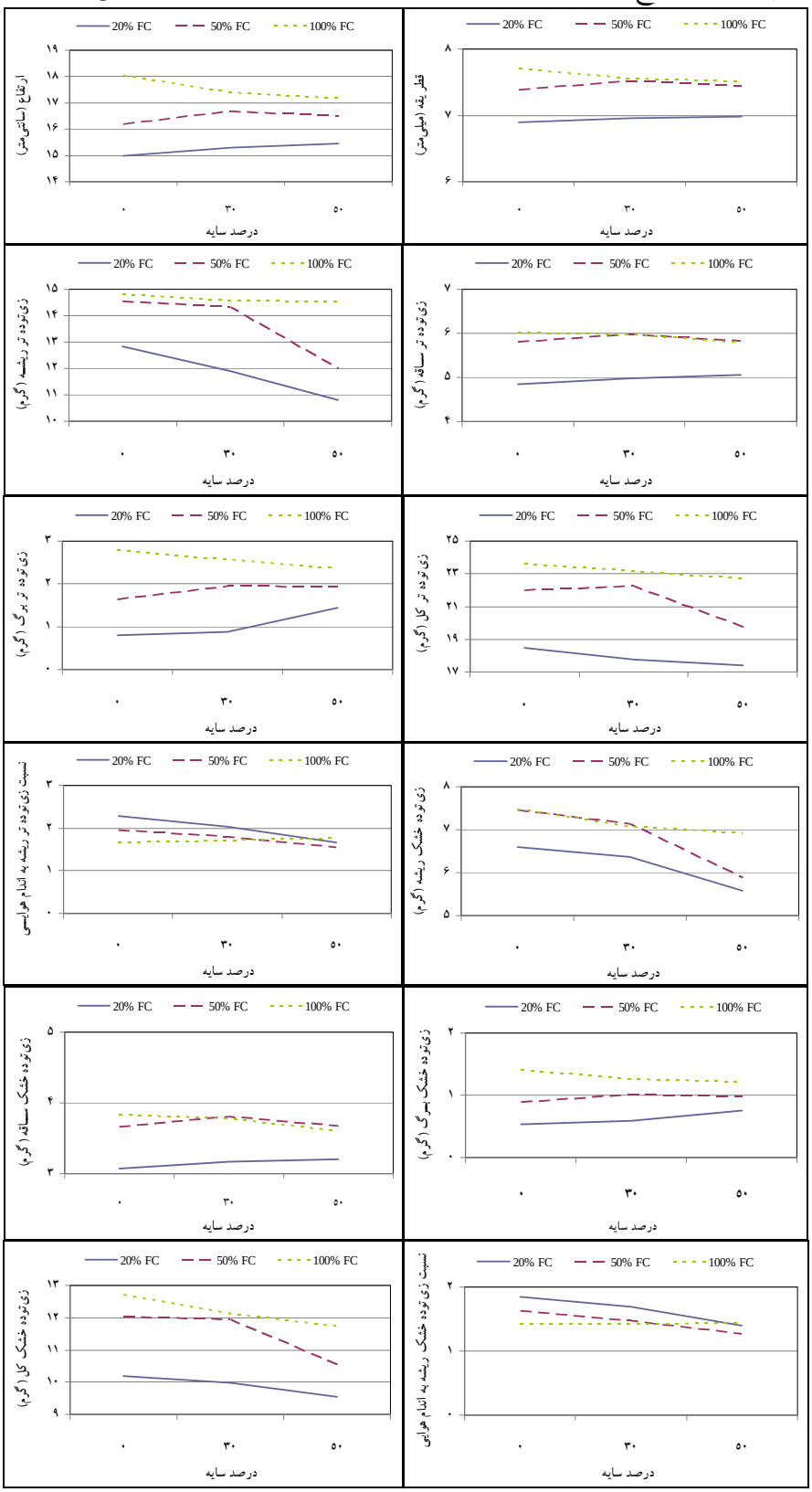
همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، رطوبت خاک اثر معنی‌داری بر متغیرهای ارتفاع، قطر، زی‌توده تر و خشک ساقه و برگ و زی‌توده تر کل داشت. اثر معنی‌دار سایبان بر متغیرهای نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی، زی‌توده خشک ریشه و کل و اثر متقابل سایبان × رطوبت خاک بر متغیرهای ارتفاع، زی‌توده تر برگ و نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی مشاهده شد. جدول ۲ مقایسه میانگین‌های تیمارهای مختلف براساس آزمون LSD را نشان می‌دهد (تنها سطوحی از فاکتورهایی که اثرات آنها معنی‌دار شد، مقایسه شدند). عامل رطوبت خاک به‌جز متغیرهای زی‌توده تر و خشک ریشه، نسبت زی‌توده تر و خشک ریشه به اندام هوایی و همچنین زی‌توده خشک کل، بر بقیه متغیرهای مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت، به‌نحوی‌که افزایش رطوبت سبب افزایش ارتفاع، قطر، زی‌توده تر و خشک ساقه و برگ و همچنین زی‌توده تر کل شد. تیمار سایه فقط بر متغیرهای نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی، زی‌توده خشک ریشه و زی‌توده خشک کل اثر معنی‌دار داشت و افزایش سایه سبب کاهش معنی‌دار متغیرهای مزبور شد. معنی‌داری اثر متقابل رطوبت و سایه برای متغیرهای ارتفاع، زی‌توده تر برگ و زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی نشان از وابستگی اثر سایه به سطوح مختلف رطوبت خاک در این مشخصه‌ها داشت؛ به‌نحوی‌که افزایش مقدار سایه در سطوح رطوبت خاک ۲۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع و زی‌توده برگ شد و در رطوبت خاک ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی باعث کاهش این متغیرها شد. این در حالی است که در متغیر نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی، کاهش این متغیر همراه با افزایش سایه در سطوح رطوبت ۲۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و افزایش آن در رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشهود بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون LSD (فقط تیمارهای دارای اثرات معنی‌دار مورد مقایسه قرار گرفته‌اند).

تیمار		ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر یقه (میلی‌متر)	زی‌توده تر ریشه (گرم)	زی‌توده تر ساقه (گرم)	زی‌توده تر برگ (گرم)	زی‌توده تر کل (گرم)	نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی	زی‌توده خشک ریشه (گرم)	زی‌توده خشک ساقه (گرم)	زی‌توده خشک برگ (گرم)	زی‌توده خشک کل (گرم)	نسبت زی‌توده خشک ریشه به اندام هوایی
بلوک	۱	۱۶/۸۳۴	۷/۵۳۹a	۱۴/۹۶۱	۵/۹۹۸	۱/۷۲۱	۲۲/۶۸	۱/۹۵۳	۷/۳۹۹	۳/۷۹۴	۰/۹۰۹	۱۲/۱۰۲	۱/۵۷۸
	۲	۱۶/۱۷۳	۷/۰۶۱b	۱۲/۸۸۳	۵/۲۵۷	۱/۹۸۸	۲۰/۱۲۸	۱/۷۸۶	۶/۴۸۲	۳/۳۳۷	۱/۰۳۱	۱۰/۸۵	۱/۵۰۹
	۳	۱۶/۲۴	۷/۳۸۷a	۱۲/۳۰۱	۵/۵۰۸	۱/۷۳۹	۱۹/۵۴۸	۱/۷۴۱	۶/۲۸۹	۳/۴۶۸	۰/۹۴۷	۱۰/۷۰۳	۱/۴۴۹
رطوبت خاک (درصد ظرفیت زراعی)	۲۰ درصد	۱۵/۲۴۳c	۶/۹۴۱b	۱۱/۸۷	۴/۹۶۳b	۱/۰۳۶c	۱۷/۸۶۹b	۱/۹۹۲	۶/۱۷۹	۳/۱۴۷b	۰/۶۲۷c	۹/۹۵۲	۱/۶۴۹
	۵۰ درصد	۱۶/۴۶۴b	۷/۴۵۲a	۱۳/۶۲۲	۵/۸۷a	۱/۸۳۶b	۲۱/۳۲۸ab	۱/۷۶۸	۶/۸۳	۳/۷۱۳a	۰/۹۶۳b	۱۱/۵۰۷	۱/۴۶
	۱۰۰ درصد	۱۷/۵۴a	۷/۵۹۳a	۱۳/۶۵۳	۵/۹۲۹a	۲/۵۷۷a	۲۳/۱۵۹a	۱/۷۲	۷/۱۶۱	۳/۷۳۹a	۱/۲۹۷a	۱۲/۱۹۷	۱/۴۲۷
سایبان (درصد سایه)	صفر درصد	۱۶/۴۱۱	۷/۳۲۹	۱۴/۰۶۴	۵/۵۵۶	۱/۷۴۱	۲۳/۳۶۱	۱/۹۷a	۷/۱۷Aa	۳/۵۲۴	۰/۹۴۸	۱۱/۶۵a	۱/۶۳۴
	۳۰ درصد	۱۶/۴۵۷	۷/۳۴۴	۱۳/۶۰۴	۵/۶۵۲	۱/۷۹۷	۲۱/۰۵۳	۱/۸۴۷ab	۶/۸۶۳ab	۳/۵۸۴	۰/۹۵۲	۱۱/۴b	۱/۵۳۳
	۵۰ درصد	۱۶/۳۸	۷/۳۱۳	۱۲/۴۷۷	۵/۵۵۴	۱/۹۱	۱۹/۹۴۱	۱/۶۶۳b	۶/۱۲۹b	۳/۴۹	۰/۹۸۷	۱۰/۶۰۶c	۱/۳۶۸
رطوبت × سایبان	۲۰ × ۰	۱۵/۰۰e	۶/۸۹	۱۲/۸۳۷	۴/۸۴۳	۰/۷۹۳e	۱۸/۴۷۳	۲/۲۸۳a	۶/۵۸۷	۳/۰۷۳	۰/۵۳۷	۱۰/۱۹۷	۱/۸۴۷
	۲۰ × ۳۰	۱۵/۲۸۷e	۶/۹۵۳	۱۱/۸۹۳	۴/۹۸۳	۰/۸۷e	۱۷/۷۴۷	۲/۰۳ab	۶/۳۷۳	۳/۱۶۳	۰/۵۸۳	۱۰/۱۲	۱/۶۹۷
	۲۰ × ۵۰	۱۵/۴۴۳e	۶/۹۸	۱۰/۸۸	۵/۰۶۳	۱/۴۴۳d	۱۷/۳۸۷	۱/۶۶۳cd	۵/۵۷۷	۳/۲۰۳	۰/۷۶	۹/۵۴	۱/۴۰۳
	۵۰ × ۰	۱۶/۱۹d	۷/۳۹	۱۴/۵۴۳	۵/۸۰۳	۱/۶۴cd	۲۱/۹۸۷	۱/۹۵۷bc	۷/۴۶۷	۳/۶۶۷	۰/۸۹۷	۱۲/۰۳	۱/۶۳۳
	۵۰ × ۳۰	۱۶/۶۹cd	۷/۵۲۳	۱۴/۳۲۷	۵/۹۸۷	۱/۹۴۳c	۲۲/۲۵۷	۱/۸۰۳bcd	۷/۱۳۳	۳/۸۰۳	۱/۰۱	۱۱/۹۴۷	۱/۴۸
	۵۰ × ۵۰	۱۶/۵۱۳d	۷/۴۴۳	۱۱/۹۹۷	۵/۸۲	۱/۹۲۳c	۱۹/۷۴	۱/۵۴۳d	۵/۸۹	۳/۶۷	۰/۹۸۳	۱۰/۵۴۳	۱/۲۶۷
	۱۰۰ × ۰	۱۸/۰۴۳a	۷/۷۰۷	۱۴/۸۱۳	۶/۰۲	۲/۷۹a	۲۳/۶۲۳	۱/۶۷cd	۷/۴۸	۳/۸۳۳	۱/۴۱	۱۲/۷۲۳	۱/۴۲۳
	۱۰۰ × ۳۰	۱۷/۳۹۳b	۷/۵۵۷	۱۴/۵۹۳	۵/۹۸۷	۲/۵۷۷ab	۲۳/۱۵۷	۱/۷۰۷cd	۷/۰۸۳	۳/۷۸۷	۱/۲۶۳	۱۲/۱۳۳	۱/۴۲۳
	۱۰۰ × ۵۰	۱۷/۱۸۳bc	۷/۵۱۷	۱۴/۵۵۳	۵/۷۸	۲/۳۶۳b	۲۲/۶۹۷	۱/۷۸۳bcd	۶/۹۲	۳/۵۹۷	۱/۲۱۷	۱۱/۷۳۳	۱/۴۳۳

حروف انگلیسی متفاوت، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد را نشان می‌دهد.

روند تغییرات متغیرها در سطوح مختلف فاکتورهای رطوبت خاک و سایه در شکل ۱ ارایه شده است.



شکل ۱- روند تغییرات مشخصه‌های مورد مطالعه در سطوح مختلف رطوبت و سایه

بحث

تفاوت‌ها در تحمل تنش و حداقل نیازهای گیاهان، به‌ویژه برای نور و رطوبت مهم‌ترین عامل در الگوی توزیع جنگل در اکوسیستم‌های جنگلی است (Gibbons & Newbery, 2002). شناخت تعامل میان این عامل‌ها می‌تواند به درک چگونگی سازگاری گیاهان به اکوسیستم‌های مختلف و توسعه تکنیک‌های جنگل‌کاری مناسب در مناطق پرتنش کمک کند (Walters & Reich, 1997)، بنابراین امروزه تحقیقات در حال تمرکز تدریجی بر پاسخ گیاهان به ترکیب عامل‌های نور و رطوبت است (Ashton *et al*., 2006). اثرات همزمان خشکی و سایه به‌دلیل تفاوت‌های میان گونه‌ها، فنوتیپ‌ها و جمعیت‌ها بسیار متغیر و تقریباً غیرممکن است که بتوان یک نتیجه‌گیری کلی برای تمام گونه‌های گیاهی ارایه کرد (Valladares *et al*., 2005). از این‌رو، نتایج متفاوت و گاهی متناقضی درخصوص این اثرات بر گونه‌های مختلف گیاهی ارائه شده است که منجر به توسعه تئوری‌های متفاوتی در این مورد شده است؛ به‌طوری‌که عده‌ای معتقد به نقش مخرب سایه بر گیاهان تحت تنش خشکی (Smith & Huston, 1989; Climent *et al*., 2006; Niinements & Valladares, 2006)، عده‌ای معتقد به تعدیل عوارض تنش خشکی توسط سایه (Canham *et al*., 1996; Holmgren, 2000; Castro *et al*., 2004) و برخی مدافع استقلال اثرات این دو عامل هستند (Sack & Grubb, 2002).

با توجه به نتایج پژوهش پیش‌رو به‌نظر می‌رسد که برای توجیه رفتار نهال بنه به اثرات همزمان رطوبت و سایه در تنش خشکی شدید (رطوبت ۲۰ درصد ظرفیت زراعی) تئوری دوم (نقش تعدیل‌کننده سایه) مناسب‌تر است. چنان‌چه نهال‌های بنه تحت این تیمار تغییرات افزایشی قطر، ارتفاع و زی‌توده اندام هوایی و کاهش زی‌توده ریشه و به‌دنبال آن نسبت زی‌توده ریشه به اندام هوایی و نیز زی‌توده کل (به‌دلیل سهم زیاد ریشه از این متغیر) را به موازات افزایش سایه از خود نشان دادند. این تغییرات در برخی مشخصه‌ها مانند نسبت زی‌توده تر ریشه به اندام هوایی، زی‌توده خشک ریشه و زی‌توده خشک کل به‌طور کامل معنی‌دار و در مورد مشخصه‌های دیگر به‌طور غیرمعنی‌دار اما با روند مشهود کاهشی و یا افزایشی بروز کرده است. براساس این تئوری، سایه با کاهش مشخصه‌هایی مانند دمای برگ، دمای هوای اطراف برگ، نقصان فشار بخار و تنش‌های اکسیداتیو سبب تعدیل تنش‌های ناشی از خشکی به گیاه می‌شود. برگ‌های واقع در سایه به آب کمتری برای تعریق نیاز دارند و گیاه قادر به نگهداری آب بیشتر و افزایش محتوای آب بافت‌ها می‌شود، بنابراین زی‌توده ریشه و نسبت آن به زی‌توده اندام هوایی افزایش نیافته و یا کاهش می‌یابد. به‌عبارت بهتر، گیاه نیازی برای توسعه سیستم ریشه‌ای به‌منظور جذب آب بیشتر احساس نمی‌کند (Holmgren, 2000). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده شد، این مکانیسم در نهال‌های بنه تحت تنش شدید خشکی به‌طور کامل مشهود بود و به احتمال زیاد دلیل وابستگی نهال‌های بنه به گیاهان پرستار در رویشگاه‌های این گونه به‌شمار می‌رود.

تفاوت روند تغییرات مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده و وجود اختلافات معنی‌دار بین سطوح مختلف تیمارهای ترکیبی رطوبت و سایه در برخی از آنها نشان از وابستگی اثر سایه به سطح تیمار رطوبت اعمال‌شده بر نهال داشت. چنان‌چه برخلاف رطوبت ۲۰ درصد، بهترین مقادیر متغیرها در رطوبت ۱۰۰ درصد به‌طور عموم تحت نور کامل اتفاق افتاد و سایه سبب کاهش عملکرد نهال در بیشتر مشخصه‌ها شد. این کاهش در اندام هوایی با شیب بیشتری نسبت به ریشه اتفاق افتاد و به احتمال زیاد به‌دلیل کاهش ظرفیت فتوسنتزی (A_{max}) برگ‌های موجود در سایه نسبت به برگ‌های قرارگرفته در نور کامل است (Lambers *et al*., 2008). در این میان رطوبت ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در عمده مشخصه‌ها رفتار بینابینی از خود بروز داد. همان‌گونه که مشاهده شد، گرچه در این سطح رطوبت، افزایش سایه تا ۳۰ درصد سبب افزایش قطر، ارتفاع و زی‌توده تر و خشک ساقه و برگ و کل شده است، اما پس از آن با افزایش سایه مقادیر مشخصه‌های مذکور کاهش یافته است که در

مشخصه‌هایی مانند زی‌توده تر و خشک ریشه و کل این کاهش بسیار شدید بود. به‌نظر می‌رسد کاهش نور دریافتی در سایه ۵۰ درصد، کاهش فتوسنتز و به‌دنبال آن کاهش تولید زی‌توده در اندام‌های هوایی و زمینی را به‌دنبال داشته است. گرچه با توجه به‌مقدار آب در دسترس گیاه، مقادیر این مشخصه‌ها کماکان بیشتر از رطوبت ۲۰ درصد ظرفیت زراعی است. مشابه این نتیجه توسط Pilevar و همکاران (۲۰۱۲) برای بلوط ایرانی گزارش شده است.

همان‌گونه که مشاهده شد، در عمده مشخصه‌های بررسی‌شده رطوبت خاک اهمیت به‌مراتب بیشتری نسبت به‌میزان نور دریافتی ایفا کرده است. چنان‌چه در اغلب آنها سایه باعث کاهش و یا افزایش عملکرد نهال به کمتر یا بیشتر از درصد رطوبت مجاور نشده است که این خود نشان‌دهنده نقش بسیار مهم رطوبت در تنظیم رفتار نهال بنه و فعال‌سازی مکانیسم‌های دفاعی در این گونه بوده است. کاهش معنی‌دار مشخصه‌های قطر، ارتفاع، زی‌توده تر و خشک ساقه و برگ و زی‌توده تر کل به موازات کاهش رطوبت خاک مؤید این ادعا است. این یافته با نتایج تحقیق Mirzaei (۲۰۱۱) هم‌خوانی دارد. همچنین افزایش نسبت زی‌توده ریشه به اندام هوایی، هرچند به‌طور غیرمعنی‌دار در اثر کاهش آب دردسترس، حکایت از توانمندی این گونه در مقابله با خشکی خاک دارد.

با توجه به نتایج این پژوهش، نمی‌توان بنه را حتی در سنین نهالی گونه‌ای سایه‌پسند محسوب کرد. کاهش معنی‌دار زی‌توده خشک ریشه، زی‌توده کل و نسبت زی‌توده ریشه به کل و عملکرد بهتر نهال‌های آبیاری شده با رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت ظراعی تحت نور کامل، درستی این فرضیه را اثبات می‌کند. می‌توان نتیجه گرفت که در حالت بروز تنش خشکی، وجود سایه می‌تواند برای نهال بنه نقش کمک‌کننده را ایفا کند و تعدیل عوارض ناشی از تنش خشکی را در پی داشته باشد. اگرچه در بلندمدت عوارض ناشی از وجود سایه مانند کاهش زی‌توده ریشه و به‌دنبال آن نقصان احتمالی در جذب آب باید مورد توجه جنگلداران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

References

- Aranda, I., Castro, L., Pardos, M., Gil, L. and Pardos, J.A., 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus ruber* L.) seedlings. Forest Ecology and Management, 210: 117-129.
- Ashton, M.S., Singhakumara, B.M.P. and Gamage, H.K., 2006. Interaction between light and drought affect performance of Asian tropical tree species that have differing topographic affinities. Forest Ecology and Management, 221: 42-51.
- Canham, C.D., Berkowitz, A.R., Kelly, V.R., Lovett, G.M., Ollin- Ger, S.V. and Schnurr, J., 1996. Biomass allocation and multiple resource limitation in tree seedlings. Canadian Journal of Forest Research, 26: 1521-1530.
- Castro, J., Zamora, R., Hodar, J.A., Gomez, J.M. and Gomez-Aparicio, L., 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. Restoration Ecology, 12: 352-358.
- Climent, J.M., Aranda, I., Alonso, J., Pardos, J.A. and Gil, L., 2006. Developmental constraints limit the response of Canary Island pine seedlings to combined shade and drought. Forest Ecology and Management, 231: 164-168.
- Emadi, M.H., 1996. Study Plan on Wild Pistachio (Beneh). Published by Rural Research Institute, Tehran, 186p (In Persian).
- Fattahi, M. and Tavakoli, A., 1999. Suitable methods for seed sowing of oak trees in Zagros forests. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 243p (In Persian).
- Ghasemi, R., Modir Rahmati, A.R. and Baghery, R., 2012. An investigation on optimal number of shoots in different Poplar clones at short rotation system. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(4): 539-550.
- Ghelich-Khani, M.M., Tabari, M., Akbari-Nia, M., Espahbodi, K. and Jalali, Gh.A., 2005. Effects of light intensity and root pruning on survival and vitality of *Quercus castaneifolia* seedlings. Pajouhesh & Sazandegi, 69: 82-92 (In Persian).
- Gibbons, J.M. and Newbery, D.M., 2002. Drought avoidance and the effect of local topography on trees in the understorey of

Bornean lowland rain forest. Plant Ecology, 164: 1-18.
- Gross, K., Homlicher, A., Weinreich, A. and Wagner, E., 1996. Effect of shade on stomatal conductance, net photosynthesis, photochemical efficiency and growth of oak sapling. Annals des Sciences Forestiers, 53: 279-290.
- Hamzepour, M., Bordbar, S.K., Joukar, L. and Abbasi, A.R., 2006. The potential of rehabilitation of wild pistachio forests through straight seed sowing and seedling planting. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 14(3): 207-220 (In Persian).
- Holmgren, M., 2000. Combined effects of shade and drought on tulip poplar seedlings: trade-off in tolerance or facilitation. Oikos, 90: 67-78.
- Hoseini, S.M., Aliarab, A.R., Rasouli Akradi, Y.A., Akbari-Nia, M., Jalali, S.Gh.A., Tabari Koucheksaraei, M. and Elmi, M.R., 2007. Effect of shade on height growth and mortality of *Cupressus arizonica* seedlings. Journal of Environmental Studies, 43: 61-72 (In Persian).
- Hoseini, A., Moayeri, M.H. and Heydari, H., 2008. Effect of altitude on natural regeneration and other quantitative and qualitative characteristics of Manna oak (Case study: Hianan forests of Ilam province). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1): 1-10 (In Persian).
- Jahanpour, F.A., Fatahi, M. and Karamian, R., 2010. Studying the influence of light on surviving of pistachio saplings in Lorestan province. Iranian Journal of Forest, 3(2): 91-98 (In Persian).
- Joulaei-Manesh, N., 2011. Study on anatomical, physiological and biochemical responses of Atlas mastic tree (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*) seedlings under drought stress. M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, 64p (In Persian).
- Karimi-Doust, A.A., 2001. Effects of shade and seed provenance on fork shaping of oak seedlings at Ghorogh Nursery. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 40p (In Persian).
- Lambers, H., Chapin, F.S. and Pons, Th.L., 2008. Plant Physiological Ecology. Springer, New York, 604p.
- Li, Y., Zhao, H., Duan, B., Korpelainen, H. and Li, Ch., 2011. Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygria* seedlings under two different light conditions. Environmental and Experimental Botany, 71(1): 107-113.
- Mirzaei, J., 2011. Identification of *Arbuscular mycorrhizal* fungi associated with *Pistacia atlantica* and *P. khinjuk* in Ilam province and their effects on seedlings growth under drought stress. Ph.D. thesis, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, 157p (In Persian).
- Najafifar, A., Sagheb-Talebi, KH. and Saeb, K., 2011. Effect of light intensity on survival of Manna oak seedlings considering aspect and distance from parent tree. Journal of Forest and Wood Products, 64(4): 461-473 (In Persian).
- Negahdar Saber, M.R. and Abbasi, A.R., 2010. Impacts of ground cover vegetation on natural regeneration of wild pistachio (*Pistacia atlantica*) (Case study: wild pistachio experimental forest, Fars province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 630-638 (In Persian).
- Niinemets, Ü. and Valladares, F., 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs. Ecological Monographs, 76: 521-547.
- Owji, M.Gh. and Hamzepour, M., 2003. Comprehensive study on Baneh (*Pistacia atlantica*) Experimental Forest of Fars province of Iran. Iranian Journal of Forests and Poplar Research, 10 (1): 283-308 (In Persian).
- Pilevar, B., Kakavand, M., Akbari, H., Ismaeilii, A., Soosani, J. and Mirazadi, Z., 2012. Growth and morphological responses of Manna oak (*Quercus brantii*) seedlings to different light levels at nursery in the first growing year. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(1): 74-83 (In Persian).
- Ranjbar Fordoei A., Samson R., Van Damme P. and Lemeur R., 2000. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on pigment content and photosynthetic gas exchange of *Pistacia khinjuk* and *P. mutica*. Photosynthetica, 38(3): 443-447.
- Sabeti, H., 1994. Forests, Trees and Shrubs of Iran. Published by Yazd University, Yazd, 874p (In Persian).
- Sack, L. and Grubb, P.J., 2002. The combined impacts of deep shade and drought on the growth and biomass allocation of shade-tolerant

and Pardos, J.A., 2005. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental-Mediterranean sites. Tree Physiology, 25: 1041-1052.
- Vera, F.W.M., 2000. Grazing Ecology and Forest History. CAB International, Wallingford, UK, 528p.
- Walters, M.B. and Reich, P.B., 1997. Growth of *Acer saccharum* seedlings in deeply shaded understories of northern Wisconsin: effects of nitrogen and water availability. Canadian Journal of Forest Research, 27: 237-247.
- Yousefi, M., 2007. The study and compartment to success of survival of *Pistacia atlantica* and *Pistacia khinjuk* under different crown coverage in the forest of Kohgiluyeh and Boyerahmad province. Final Report of Research Project, Published by Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 24p (In Persian).

woody seedlings. Oecologia, 131: 175-185.
- Saju, P.U., Gopikumar, K., Asokan, P.K. and Ani, J.R., 2000. Effect of shade on seedling growth of *Grevillea robust*, *Tectona grandis* and *Ailanthus triphysa* in the nursery. The Indian Forester, 126 (1): 57-61.
- Smith, T. and Huston, M., 1989. A theory of the spatial and temporal dynamics of plant communities. Vegetatio, 83: 49-69.
- Sofo, A., Dichio, B., Montanaro, G. and Xiloyannis, C., 2009. Shade effect on photosynthesis and photoinhibition in olive during drought and rewatering. Agricultural Water Management, 96: 1201-1206.
- Sohrabi, A., 1995. Impacts of harvesting on natural regeneration of wild pistachio in Lorestan province. The First National Symposium on *Pistacia atlantica*. Ilam, 3-4 Nov. 1995: 337-340 (In Persian).
- Valladares, F., Arrieta, S., Aranda, I., Lorenzo, D., Tena, D., Sánchez-Gómez, D., Suarez, F.

Impacts of soil humidity and shade on growth and biomass allocation of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) saplings

M.H. Sadeghzadeh Hallaj[1*], D. Azadfar[2], H. Mirzaei Nadoushan[3], M.H. Arzanesh[4] and M. Tohidfar[5]

1*- Corresponding author, Ph.D. Student Forest Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: h_sadeqzade@outlook.com

2- Associate Prof., Department of Silviculture and Forest Ecology, Grogan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Prof., Research Institute of Forest and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4- Assistant Prof., Research Division of Soil and Water, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran

5- Associate Prof, Department of Biotechnology Engineering, Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 30.09.2015 Accepted: 18.11.2015

Abstract

A study on the impacts of soil humidity and artificial shading on growth, biomass production and its allocation to different organs of wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) saplings was carried out in Alborz research station complex (Karaj, Iran). One year seedlings were treated by soil humidity (20, 50 and 100 percent of field capacity) and shading (100, 70 and 50 percent of full sunlight) factors in a split plot experiment based on a randomized complete block design from June to December 2014. Results showed significant impact of oil humidity on height, collar diameter, fresh and dry biomass of leaves and stem as well as on total fresh biomass. Shade significantly decreased height, root and total dry biomass and root to shoot fresh biomass ratio. Moreover, wild pistachio saplings with different soil humidity treatments show different responses to shade. In particular, shade significantly decreases height, fresh leaves biomass and R/S fresh biomass ratio for well-irrigated saplings and increases these parameters for saplings under drought stress. Response trends of different parameters under humidity × shade treatments showed that shade can reduce undesirable effects of drought stress on wild pistachio saplings.

Keywords: Height, organ, *Pistacia atlantica*, biomass, collar diameter.