فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۲۳ شماره ۳، صفحه ۴۵۱-۴۳۹، (۱۳۹۴)

پاسخ برخی مشخصه‌های رویشی و مورفولوژیکی نونهال سمر (*Prosopis juliflora* (Swartz) DC.) تحت تأثیر عامل‌های بوم‌شناختی نور و رطوبت

بابک پیله‌ور[1*]، حمزه جعفری سرابی[2] و زهرا میرآزادی[3]

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. پست الکترونیک: pilehvar.b@lu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۲۸

چکیده

اهمیت نور و رطوبت به عنوان عامل‌های بوم‌شناختی ضروری برای رشد و تولید نهال‌هایی با ویژگی‌های کمی و کیفی بهتر ایجاب می‌کند که مناسب‌ترین ترکیب تیماری عامل‌های فوق برای هر گونه به‌طور علمی محاسبه شود. پژوهش پیش‌رو اثر برخی از تیمارهای مختلف شدت نور و دوره آبیاری را بر برخی از مشخصه‌های رویشی و مورفولوژیکی نونهال سمر (*Prosopis juliflora* (Swartz) DC.) مورد مطالعه قرار می‌دهد. بدین منظور بذرهای با مبدأ مشخص جمع‌آوری شدند و مطالعه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در سه مرحله نمونه‌برداری به اجرا درآمد. در هر ترکیب تیماری از ۱۰ گلدان به‌عنوان ۱۰ تکرار و درمجموع ۱۸۰ گلدان استفاده شد. پس از کاشت، تیمارهای دوره آبیاری در دو سطح روزانه و یک روز در میان و شدت نور در سه سطح نور کامل، ۷۵٪ نور کامل و ۵۰٪ نور کامل اعمال شد. سپس مشخصه‌های کمی مورد بررسی با نمونه‌برداری تصادفی از نونهال‌ها در سه مرحله اندازه‌گیری شد. براساس نتایج، در هر سه مرحله نمونه‌برداری، اعمال تیمارهای نور و رطوبت باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در اکثر مشخصه‌های رویشی و مورفولوژیکی مورد اندازه‌گیری شد، به‌طوری که مناسب‌ترین پاسخ مورفولوژیکی‌رویشی مشخصه‌های کمی و شاخص کیفی نونهال سمر در پاسخ به تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان مشاهده شد. اعمال تیمارها تأثیر معنی‌داری بر نسبت زی‌توده اندام هوایی به زی‌توده ریشه نداشت، اما باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در مقادیر ضریب کشیدگی نهال‌ها شد. نتایج همچنین نشان داد که بیشترین میزان نرخ جذب خالص در تیمار نور کامل با آبیاری روزانه و بیشترین میزان نرخ رشد نسبی در تیمارهای نور کامل می‌باشد. با توجه به نتایج مشخص شد که گونه سمر نیاز به نور کامل دارد و سایه عاملی محدود کننده برای رشد نونهال‌های این گونه محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفیت نهال، نرخ جذب خالص، نرخ رشد نسبی، نهالستان.

مقدمه

افزایش جمعیت انسانی و مدیریت نادرست طی دو قرن پیش سبب شده است که کمیت و کیفیت منابع جنگلی روز به روز کاهش یابد، بنابراین اعمال روش‌های جامع مدیریتی و

علمی جنگل‌کاری مناسب‌ترین راه جلوگیری از کاهش نگران‌کننده سطح کمی و کیفی جنگل‌ها است. میزان موفقیت هر جنگل‌کاری وابسته به عامل‌های مختلفی مانند میزان رشد و کیفیت نهال‌های تولید شده در نهالستان است. رشد و کیفیت نهال‌ها خود برآیندی از اثر متقابل عامل‌های محیطی با عامل‌های درونی و فیزیولوژیک گیاه است (Lavendar, 1984). بر این اساس، میزان نور و رطوبت بهینه دو عامل مؤثر در تولید نهال در نهالستان است که بررسی علمی آنها می‌تواند موفقیت جنگل‌کاری‌ها را تحت تأثیر قرار دهد.

در سال‌های اخیر نهال‌های سمر (*Prosopis juliflora* (Swartz) DC.) به‌صورت انبوه برای جنگل‌کاری در سطوح وسیعی از مناطق گرمسیری جنوب کشور استفاده شده است. سمر با تاجی پهن، خاردار و همیشه‌سبز متعلق به خانواده Mimosaceae است (Najafi Tireh Shabankareh & Jalili, 2008). این گونه ابتدا به‌منظور توسعه فضای سبز حاشیه خیابان‌ها و کاشت در پارک‌های جنگلی به استان‌های جنوبی کشور وارد شد، اما بعدها مورد توجه دست اندرکاران طرح‌های جنگل‌کاری و تثبیت ماسه‌های روان قرار گرفت (Khosroshahi, 2013). در مقیاس جهانی، نگرانی از جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی و کمبود سوخت در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ ورود این گونه را به محیط‌های جدید در سراسر جهان (Hailu *et al*., 2004) ازجمله ایران میسر ساخت. سمر برای ایجاد فضای سبز، سایه، تغذیه دام، بادشکن، تولید هیزم، چوب (Dominguez *et al*., 2012) و جنگل‌کاری در تپه‌های شنی متحرک، بستر رودخانه‌ها، زمین‌های شور و اراضی تخریب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Najafi Tireh Shabankareh & Jalili, 2008). مقاومت زیاد و قدرت سازگاری فراوان این گونه با شرایط اقلیمی جنوب کشور باعث شده است که به‌سرعت ازدیاد یابد و مناطق وسیعی را پوشش دهد (Toghraie *et al*., 2006). این امر باعث شده است که در سال‌های اخیر سمر گونه اصلی در ترکیب جنگل‌کاری استان‌های هرمزگان و بلوچستان باشد (Najafi Tireh Shabankareh & Jalili, 2008).

نور و رطوبت از مهمترین عامل‌های اکولوژیکی مؤثر بر رشد و کیفیت نهال‌های موجود در نهالستان هستند. ReyBenayas و Camacho-Cruz (۲۰۰۴) اثر سایه‌بان را بر رشد نهال‌های بلوط همیشه‌سبز (*Quercus ilex*) مؤثرتر از اثر آبیاری ارزیابی کردند. در بررسی مشابه با افزایش میزان سایه (۲۰ ٪ نور کامل)، رویش ارتفاعی، ضریب کشیدگی، نسبت زی‌توده اندام‌های هوایی به زی‌توده ریشه و میانگین سطح برگ افزایش یافت، حال آنکه اندازه قطر یقه، زی‌توده ریشه، نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی نونهال‌ها کاهش یافت (Pilehvar *et al*., 2012). نتایج اثر متقابل سایه و رژیم‌های آبیاری بر نونهال‌های سه گونه بلوط مدیترانه‌ای نیز نشان داد که آبیاری روزانه می‌تواند رشد نونهال‌ها را افزایش دهد (Castro-diez & Navarro, 2007). همچنین Loveys و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین نرخ رشد نسبی و نرخ جذب خالص وجود دارد. به‌طوری‌که نور با تغییر در مقدار نرخ جذب خالص، میزان نرخ رشد نسبی را تغییر می‌دهد (Shipley, 2002).

در سال‌های اخیر نهال‌های سمر به‌صورت انبوه در نهالستان‌های استان ایلام برای جنگل‌کاری در قسمت‌های گرمسیری این استان تولید می‌شود. هدف از پژوهش پیش‌رو تعیین مناسبترین تیمار ترکیبی نور و آبیاری برای تولید نهال‌هایی با بهترین ویژگی‌های کمی و کیفی است.

مواد و روش‌ها

نهالستان اداره منابع طبیعی شهرستان دهلران در پارک جنگلی شهید باهنر و در ۱۶ کیلومتری جنوب شرقی این شهرستان واقع شده است. طول و عرض جغرافیایی منطقه بین"۵۷ '۲۳ °۴۷ و" ۱۷ '۲۶ °۴۷ شرقی و"۱۰ '۳۴ °۳۲ تا "۱۹ '۳۵ °۳۲ شمالی می‌باشد. متوسط ارتفاع و شیب منطقه به‌ترتیب ۲۴۵ متر از سطح دریا و ۱/۵ درصد است. میانگین درجه حرارت سالانه ۲۵/۸ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالانه ۲۶۴/۴ میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه، بیابانی گرم شدید با زمستان‌های سرد و کم‌باران و

تابستان‌های گرم و خشک است. بیشترین درجه حرارت منطقه در مرداد ماه (۳۹/۱ درجه سانتی‌گراد) و کمترین درجه‌حرارت در دی‌ماه (۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد) برآورد شده است. خاک منطقه عمیق و از نوع آریدی‌سول با بافت شنی- رسی- لومی است (Kianfar, 2014).

برای اعمال تیمارهای مختلف شدت نور و دوره آبیاری بر نونهال‌های سمر، ابتدا بذرهای این گونه از درختان سمر اطراف شهرستان دهلران در استان ایلام جمع‌آوری شد. بذرها برای بررسی وزن هزار دانه، درصد رطوبت، اندازه و درجه خلوص به آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان انتقال داده شدند. اندازه‌گیری وزن هزار دانه و میزان رطوبت بذور براساس قوانین انجمن بین‌المللی بذر و قوه نامیه با تیمار خیساندن در آب به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد. پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل دوعامله در قالب طرح کامل تصادفی با ۱۰ تکرار در هر نوبت نمونه‌برداری و سه نوبت نمونه‌برداری به اجرا درآمد. بدین منظور در هر تیمار ۸۰ گلدان قرار گرفت و در هر نوبت نمونه‌برداری ۱۰ گلدان به‌عنوان ۱۰ تکرار به‌صورت کامل تصادفی از بین گلدان‌ها انتخاب شد. از بین گلدان‌های کشت‌شده درمجموع ۱۸۰ گلدان به‌صورت کامل تصادفی در سه مرحله نمونه‌برداری انتخاب شد. مدت زمان هر مرحله ۳۰ روز به طول انجامید. ابتدا کاشت بذرها در اردیبهشت و در کیسه‌های پلاستیکی ۲۰×۱۵ سانتی‌متری انجام گرفت، سپس دوره آبیاری در دو سطح روزانه و یک روز در میان و شدت نور در سه سطح نور کامل، ۷۵٪ نور کامل و ۵۰٪ نور کامل به مدت سه ماه اعمال شد. برای کنترل شدت نور رسیده به نونهال‌ها می‌توان یا تراکم کشت را تغییر داد یا از سایبان استفاده کرد (Duryea & Landis, 1984). در پژوهش پیش‌رو سایبان مصنوعی با میزان عبوردهی نور ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و صفر درصد تعبیه شد. پیش از استقرار سایبان‌ها، با استفاده از دستگاه نورسنج در فاصله زمانی ۱۰ صبح تا دو بعدازظهر چندین بار نور ۱۰۰ درصد اندازه‌گیری شد، سپس با استفاده از سایبان پلاستیکی با ضخامت‌های مختلف شدت نور ۷۵ و ۵۰ درصد تنظیم شد. در پایان هر مرحله با نمونه‌برداری کامل تصادفی از نونهال‌ها در هر تیمار (در هر نوبت ۱۰ نونهال به‌عنوان ۱۰ تکرار)، پارامترهای تعداد و مساحت برگ، طول ریشه و اندام هوایی، قطر یقه، وزن ریشه و اندام‌هوایی، زی‌توده ریشه و اندام هوایی، وزن و زی‌توده کل، ضریب کشیدگی ، نسبت زی‌توده اندام‌هوایی به زی‌توده ریشه، نرخ جذب خالص، نرخ رشد نسبی و شاخص کیفیت برای هر سطح از تیمارها طی سه مرحله نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. قطر یقه توسط کولیس برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد و میزان زی‌توده ریشه و اندام هوایی پس از شستشو و قرار دادن نونهال‌ها در دستگاه آون (۷۴ درجه سانتی‌گراد) به‌مدت ۴۸ ساعت (Cobb *et al.*, 2008) برحسب گرم محاسبه شد.

باتوجه به اینکه نونهال سمر دارای برگ مرکب شانه‌ای است، میانگین مساحت برگ هر نهال با اندازه‌گیری تصادفی سطح چهار برگ توسط دستگاه سطح‌برگ‌سنج برحسب سانتی‌مترمربع محاسبه شد، سپس میانگین سطح برگ هر نونهال در تعداد برگ‌های مرکب هر نونهال ضرب شد تا سطح برگ هر نونهال محاسبه شود. در هر بار نمونه‌برداری از تیمارها نرخ جذب خالص نونهال‌ها (Net Assimilation Rate)، نرخ رشد نسبی (Relative Growth Rate) در سه بازه زمانی و شاخص کیفیت نونهال (Seedling Quality Index) در سه مرحله نمونه‌برداری براساس رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد. بازه اول بین مرحله اول و دوم نمونه‌برداری (۳۰ روز)، بازه دوم بین مرحله دوم و سوم نمونه‌برداری (۳۰روز) و بازه سوم بین مرحله اول و سوم نمونه‌برداری (۶۰ روز) درنظر گرفته شد. نرخ جذب خالص درواقع وزن گیاه به ازاء واحد سطح برگ در واحدی از زمان است و نرخ رشد نسبی معادل حاصل‌ضرب نسبت سطح برگ در نرخ جذب خالص می‌باشد (Cardillo & Bernal, 2006).

$$NAR = \frac{(TB_2 - TB_1)}{(T_2 - T_1)} \cdot \frac{2}{(TLA_1 + TLA_2)} \quad mg/day/cm^2 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

$$RGR = \frac{(TB_2 - TB_1)}{(T_2 - T_1)} \cdot \frac{2}{(TB_1 + TB_2)} \quad mg/day/gr \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه‌های فوق: NAR نرخ جذب خالص، TB (Total Biomass) زی‌توده کل در هر نوبت نمونه‌برداری، T (Time) زمان هر مرحله از نمونه‌برداری، TLA (Total Leaf Area) مجموع کل سطح برگ و RGR نرخ رشد نسبی است.

$$SQI = \frac{T}{RW/(SW+D/H)} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه فوق: SQI شاخص کیفیت نهال، T (Total dry weight) وزن خشک کل نهال، RW (Root dry weight) وزن خشک ریشه، SW (Shoot dry weight) وزن خشک اندام هوایی، D قطر و H ارتفاع اندام‌هوایی است (Marianthi, 2006).

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار $SPSS_{16}$ انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- سمیرنوف تست شد، سپس با تجزیه واریانس، اختلاف آماری میانگین داده‌ها در تیمارهای مختلف مشخص شد و در صورت معنی‌دار بودن F، همگنی واریانس داده‌ها با آزمون لون بررسی شد. برای انجام مقایسه‌های چندگانه در صورت همگنی واریانس‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج مقایسه میانگین مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان داد که فاکتورهای نور و رطوبت اثر معنی‌داری بر برخی مشخصه‌های مورد اندازه‌گیری داشته‌اند (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین مشخصه‌های اندازه‌گیری‌شده در مرحله اول نمونه‌برداری نشان داد که اعمال تیمارهای ترکیبی نور و رطوبت تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه، مساحت برگ، قطر طوقه، زی‌توده ریشه، زی‌توده اندام هوایی و زی‌توده کل داشته است (جدول ۲).

در مرحله دوم نمونه‌برداری تنها اختلاف معنی‌داری در طول اندام هوایی، مساحت برگ و زی‌توده ریشه مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج مرحله سوم نمونه‌برداری نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین تمام مشخصه‌ها به‌جز مساحت برگ را نشان داد (جدول ۴).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس در سه نوبت نمونه‌برداری

متغیرهای اندازه‌گیری‌شده	منابع تغییرات در نوبت اول			منابع تغییرات در نوبت دوم			منابع تغییرات در نوبت سوم		
	آبیاری	نور	آبیاری×نور	آبیاری	نور	آبیاری×نور	آبیاری	نور	آبیاری×نور
تعداد برگ	۰/۵۶^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۲/۸۵ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}	۲/۹۶ ^{ns}	۱/۰۱ ^{ns}	۵/۱۹**	۱/۵۵ ^{ns}
طول ریشه (سانتی‌متر)	۰/۷۳ ^{ns}	۳/۶۷*	۳/۰۹ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۲/۴۱ ^{ns}	۳/۳ ^{ns}	۶/۹۶**	۳/۳۶*
طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	۰/۶۶ ^{ns}	۱/۰۱ ^{ns}	۲/۴۲ ^{ns}	۳/۴۸ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۵/۶۹**	۸/۲۳**	۷/۶۲**	۰۷/۴۶**
مساحت برگ (سانتی‌مترمربع)	۸/۷۹**	۷/۶۲**	۲/۳ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۵/۳**	۳/۹۹*	۱/۲۵ ^{ns}	۳/۵۳*	۰/۹۴ ^{ns}
قطر طوقه (سانتی‌متر)	۰/۲۴ ^{ns}	۹/۱**	۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۱/۳۱ ^{ns}	۱/۱۶ ^{ns}	۱۹۷/۳۵**	۳۲۲/۷۶**	۴۴۲/۵۷**
زی‌توده ریشه (گرم)	۰/۶۷ ^{ns}	۱۱/۵**	۱/۶۹ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۵/۸۵*	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۵/۸۸**	۵/۶۴**
زی‌توده هوایی (گرم)	۰/۱ ^{ns}	۱۶/۴۸**	۵/۲**	۰/۳۱ ^{ns}	۲/۹۲ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۸/۱۱**	۹/۵۳**	۱/۴۹ ^{ns}
وزن کل (گرم)	۱۰/۴۴**	۶۲/۴۷**	۹/۳**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۲/۷۵ ^{ns}	۳/۲۷ ^{ns}	۷/۰۶**	۲/۴۶ ^{ns}
زی‌توده کل (گرم)	۰/۰۳ ^{ns}	۴۱/۷۱**	۸/۸۷**	۰/۲۲ ^{ns}	۳/۶*	۱/۰۶ ^{ns}	۵/۳*	۱۱/۳۲**	۱/۳۷ ^{ns}

**معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ^{ns}بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در نوبت اول نمونه‌برداری

شدت نور	دوره آبیاری	تعداد برگ	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع)	قطر طوقه (سانتی‌متر)	زی‌توده ریشه (گرم)	زی‌توده اندام هوایی (گرم)	زی‌توده کل (گرم)
	روزانه	۹/۹ ±۲/۰۷^{a}	۲۷/۳۱ ±۶/۲^{b}	۱۲/۰۹±۳/۵۸^{a}	۸/۰۲±۱/۶۱^{b}	۱/۸۵±۰/۳۶^{c}	۰/۱۳±۰/۰۶^{c}	۰/۲۷±۰/۱۲^{c}	۰/۴±۰/۱۶^{cd}
کامل	یک روز در میان	۸/۸ ±۳/۱۱^{a}	۲۶/۳۱ ±۴/۶۳^{b}	۱۱/۸۹±۳/۰۱^{a}	۶/۲±۱/۶۱^{a}	۱/۷۸±۰/۳۶^{c}	۰/۱۲±۰/۰۸^{bc}	۰/۳۴±۰/۱۴^{c}	۰/۴۶±۰/۱۱^{d}
	روزانه	۸/۹ ±۲/۳۳^{a}	۲۳/۷۲ ±۶/۵۱^{ab}	۹/۸۴±۲/۳۷^{a}	۸/۰۸±۲/۰۷^{b}	۱/۷۲±۰/۲۷^{bc}	۰/۰۸±۰/۰۳^{bc}	۰/۱۸±۰/۰۷^{b}	۰/۲۶±۰/۰۹^{b}
٪ ۷۵	یک روز در میان	۱۰/۴ ±۲/۴۵^{a}	۲۶/۷۳±۵/۵۱^{b}	۱۲/۲۸±۲/۰۶^{a}	۸/۰۶±۲/۰۳^{b}	۱/۶۴±۰/۲۷^{abc}	۰/۱±۰/۰۲^{c}	۰/۲۵±۰/۱۱^{bc}	۰/۳۵±۰/۱۱^{c}
	روزانه	۸/۹ ±۱/۲۸^{a}	۲۴/۹۹±۵/۳۷^{b}	۱۲/۳۸±۱/۵۶^{a}	۱۰/۲۵±۱/۸۳^{c}	۱/۴۲±۰/۱۳^{a}	۰/۰۵±۰/۰۲^{ab}	۰/۱۷±۰/۰۴^{b}	۰/۲۲±۰/۰۵^{b}
٪ ۵۰	یک روز در میان	۷/۷ ±۰/۹۴^{a}	۱۹/۳۲±۴/۶۳^{a}	۱۱/۶۷±۱/۰۹^{a}	۸/۰۸±۰/۹۹^{b}	۱/۴۶±۰/۲۱^{ab}	۰/۰۳±۰/۰۱^{a}	۰/۱۱±۰/۰۴^{a}	۰/۱۴±۰/۰۳^{a}

میانگین‌های دارای حروف انگلیسی مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه‌گیری شده در نوبت دوم نمونه‌برداری

شدت نور	دوره آبیاری	تعداد برگ	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع)	قطر طوقه (سانتی‌متر)	زی‌توده ریشه (گرم)	زی‌توده اندام هوایی (گرم)	زی‌توده کل (گرم)
	روزانه	۱۲/۳ ±۴/۲۴^{a}	۲۷/۸ ±۱۱/۰۱^{a}	۱۵/۲۲±۷/۰۳^{a}	۱۹/۸±۶/۷۲^{a}	۲/۶۲±۰/۵۳^{a}	۰/۳۱±۰/۲^{bc}	۰/۶۵±۰/۵۷^{a}	۰/۹۶±۰/۷۷^{a}
کامل	یک روز در میان	۱۶/۷±۶/۶۶^{a}	۲۷/۷۱ ±۹/۵۹^{a}	۱۵/۳۳±۶/۵۵^{a}	۲۴/۶۶±۹/۹۷^{ab}	۲/۸۱±۰/۷۲^{a}	۰/۴±۰/۳^{c}	۰/۸۰±۰/۵۸^{a}	۱/۲۱±۰/۸۸^{a}
	روزانه	۱۷/۲±۸/۰۵^{a}	۳۱/۴۵ ±۱۲^{a}	۲۰/۷۵±۶/۴۸^{b}	۳۰/۱۴±۱۲/۱۸^{b}	۲/۷۷±۰/۶۳^{a}	۰/۳±۰/۱۷^{abc}	۰/۸۲±۰/۲۶^{a}	۱/۱۲±۰/۷۰^{a}
٪ ۷۵	یک روز در میان	۱۲/۷±۲/۸۳^{a}	۲۴/۲۳±۶/۰۵^{a}	۱۱/۲۳±۲/۸^{a}	۲۰/۷۳±۳/۹۹^{a}	۲/۴۶±۰/۵۳^{a}	۰/۲۱±۰/۰۸^{abc}	۰/۴۶±۰/۲۰^{a}	۰/۶۷±۰/۲۸^{a}
	روزانه	۱۴/۹±۴/۲۵^{a}	۲۴/۹۹±۶/۱۲^{a}	۱۲/۹۲±۳/۰۸^{a}	۳۰/۷۲±۶/۶۹^{b}	۲/۲۷±۰/۵۳^{a}	۰/۱۷±۰/۰۸^{ab}	۰/۴۰±۰/۲۲^{a}	۰/۵۸±۰/۳۰^{a}
٪ ۵۰	یک روز در میان	۱۵/۲±۴/۰۲^{a}	۳۰/۰۰±۶/۰۱^{a}	۱۵/۰۰±۶/۳۲^{a}	۳۰/۲۱±۵/۹۸^{b}	۲/۵۷±۰/۷۵^{a}	۰/۱۵±۰/۰۹^{a}	۰/۴۰±۰/۲۰^{a}	۰/۵۵±۰/۲۳^{a}

میانگین‌های دارای حروف انگلیسی مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۴- میانگین و انحراف‌معیار پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در نوبت سوم نمونه‌برداری

شدت نور	دوره آبیاری	تعداد برگ	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	مساحت برگ (سانتی‌متر مربع)	قطر طوقه (سانتی‌متر)	زی‌توده ریشه (گرم)	زی‌توده اندام هوایی (گرم)	زی‌توده کل (گرم)
	روزانه	۳۳/۰ ±۱۲/۰^{bc}	۳۸/۱ ±۹/۴^{b}	۱۸/۲±۵/۷۸^{b}	۶۱/۰۶±۲۰/۷۲^{a}	۰/۱۱±۰/۰۲^{a}	۰/۴۲±۰/۳۲^{b}	۱/۴۵±۱/۲۱^{b}	۱/۸۸±۱/۳۸^{c}
کامل	یک روز درمیان	۳۷/۹±۱۷/۵^{c}	۴۰/۰ ±۱۵/۷۴^{b}	۱۷/۷±۶/۱۸^{b}	۶۳/۶۸±۲۹/۸۷^{a}	۳/۲۶±۰/۷۴^{d}	۰/۶۲±۰/۳۴^{c}	۱/۰۷±۰/۶۵^{b}	۱/۷±۰/۸۹^{c}
	روزانه	۲۸/۴±۸/۶^{abc}	۲۹/۰۵ ±۵/۱۴^{ab}	۱۹/۲±۲/۰۹^{b}	۵۳/۸۶±۱۶/۴^{a}	۰/۱۰±۰/۰۱^{a}	۰/۳۳±۰/۱۴^{b}	۱/۰۹±۰/۵۶^{b}	۱/۴۲±۰/۶۸^{bc}
٪ ۷۵	یک روز در میان	۲۱/۹±۵/۷۶^{a}	۳۰/۴±۱۰/۱۶^{ab}	۱۰/۵±۲/۵۴^{a}	۳۸/۸۹±۱۱/۲۳^{a}	۲/۶۸±۰/۴۸^{c}	۰/۳۷±۰/۱۸^{b}	۰/۵۲±۰/۲۸^{a}	۰/۸۹±۰/۴۳^{ab}
	روزانه	۲۸/۹±۱۰/۰۱^{abc}	۳۴/۴±۸/۷۸^{b}	۱۲/۹±۳/۴۷^{a}	۵۱/۸۴±۲۵/۳۶^{a}	۲/۱۱±۰/۵۸^{b}	۰/۳۴±۰/۱۵^{b}	۰/۵۹±۰/۲۴^{a}	۰/۹۳±۰/۳۹^{ab}
٪ ۵۰	یک روز در میان	۲۴/۶±۵/۵۸^{ab}	۲۲/۸±۴/۱۳^{a}	۱۳/۱±۱/۹۱^{a}	۴۶/۶۱±۱۰/۵۸^{a}	۲/۳۰±۰/۲۳^{bc}	۰/۱۷±۰/۰۴^{a}	۰/۴۰±۰/۱۵^{a}	۰/۵۷±۰/۱۹^{a}

میانگین‌های دارای حروف انگلیسی مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

نتایج آنالیز واریانس سه مرحله نمونه‌برداری نشان داد که نسبت زی‌توده هوایی به زی‌توده ریشه، ضریب کشیدگی، نرخ جذب خالص، نرخ رشد نسبی و شاخص کیفیت نونهال‌ها به‌طور عمده تحت تأثیر فاکتور نور، آبیاری و اثر متقابل این دو قرار نگرفت (جدول ۵).

بررسی نسبت زی‌توده اندام هوایی به زی‌توده ریشه (SRR) و ضریب کشیدگی (SC) در سه مرحله نمونه‌برداری نشان داد که تیمارها بدون تأثیر معنی‌دار بر میزان نسبت زی‌توده اندام هوایی به زی‌توده ریشه، باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در مقادیر ضریب کشیدگی شده‌اند (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس در سه نوبت نمونه‌برداری

متغیرهای اندازه‌گیری شده در سه نوبت نمونه‌برداری	منابع تغییرات در مرحله اول			منابع تغییرات در مرحله دوم			منابع تغییرات در مرحله سوم		
	آبیاری	نور	آبیاری×نور	آبیاری	نور	آبیاری×نور	آبیاری	نور	آبیاری×نور
زی‌توده هوائی به زی‌توده ریشه	۰/۲۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۵۶ ns	۰/۳۸ ns	۲/۳۶ ns	۱/۳۵ ns	۰/۱۷ ns	۱/۲۳ ns	۱/۰۹ ns
ضریب کشیدگی	۰/۵۷ ns	۳/۸۷ *	۲/۱۱ ns	۰/۹۴ ns	۲/۳۵ ns	۰/۰۴ ns	۸۴/۳۳ **	۶۵/۹ **	۴۵/۷ **
نرخ جذب خالص (میلی‌گرم/ روز/ سانتی‌متر مربع)	۰/۱۸ ns	۲/۹۹ ns	۱/۰۶ ns	۲/۳۱ ns	۸/۴۶ **	۱/۷۹ ns	۵/۵۴ **	۱۰/۲۵ **	۱/۰۹ ns
نرخ رشد نسبی (میلی‌گرم/ روز/ گرم)	۰/۰۱ ns	۰/۶۱ ns	۱/۳ ns	۱/۸۵ ns	۰/۷۴ ns	۰/۷۷ ns	۰/۶۵ ns	۰/۸۷ ns	۱/۱۵ ns
شاخص کیفیت	۰/۰۵ ns	۱۰/۴۷ **	۳/۲۳ *	۰/۷۲ ns	۲/۳۲ ns	۱/۳۵ ns	۰/۶۱ ns	۰/۸۲ ns	۰/۴۳ ns

** معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، * معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۶- مقادیر زی‌توده اندام هوایی به زی‌توده ریشه و ضریب کشیدگی در مراحل مختلف نمونه‌برداری

تیمارها	مرحله اول نمونه‌برداری		مرحله دوم نمونه‌برداری		مرحله سوم نمونه‌برداری	
	SRR	SC	SRR	SC	SRR	SC
نورکامل، هر روز آبیاری	۲/۵۹ ±۱/۸۶ a	۶/۹۷ ±۳/۴۱ ab	۲/۰۳ ±۰/۴۳ a	۵/۶۲ ±۱/۴۳ a	۶/۰۹ ±۸/۱۵ a	۶/۹۷ ±۳/۴۱ a
نور کامل، آبیاری یک روز در میان	۹/۳۸ ±۱۵/۷۷ a	۶/۸۳ ±۱/۹۴ ab	۲/۰۱ ±۰/۲۸ a	۵/۲۷ ±۱/۲۴ a	۱/۸۵ ±۰/۶۴ a	۶/۸۳ ±۱/۹۴ b
۷۵ ٪ نور، هر روز آبیاری	۲/۴۸ ±۱/۳۴ a	۵/۷۷ ±۱/۵۴ a	۲/۸۴ ±۱/۰۹ a	۷/۴۶ ±۱/۴۸ b	۳/۲۲ ±۰/۹۸ a	۵/۷۷ ±۱/۵۴ a
۷۵٪ نور، آبیاری یک روز در میان	۲/۶۲ ±۱/۲۱ a	۷/۷۴ ±۲/۴۳ ab	۲/۱۸ ±۰/۴۲ a	۴/۶ ±۰/۹۴ a	۱/۴۸ ±۰/۵۵ a	۷/۷۴ ±۲/۴۳ b
۵۰ ٪ نور، هر روز آبیاری	۳/۶۴ ±۱/۸۷ a	۸/۷۲ ±۰/۸۶ b	۲/۳۸ ±۰/۶ a	۵/۶۹ ±۰/۶۳ a	۱/۷۶ ±۰/۴۱ a	۸/۷۲ ±۰/۸۶ c
۵۰ ٪ نور، آبیاری یک روز در میان	۳/۰۱ ±۰/۸۴ a	۸/۱۳ ±۱/۴۴ b	۳/۶۲ ±۳/۷۲ a	۵/۸۲ ±۱/۴۸ a	۲/۳۶ ±۰/۷۹ a	۸/۱۳ ±۱/۴۴ b

میانگین‌های دارای حروف انگلیسی مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

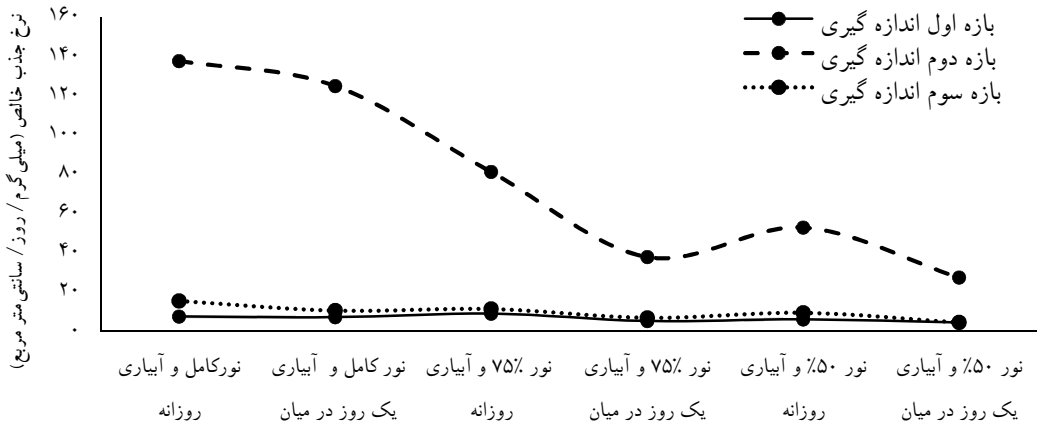
نتایج بررسی میزان نرخ جذب خالص (NAR) و نرخ رشد نسبی (RGR) در سه بازه زمانی اول (فاصله زمانی نمونه‌برداری اول و دوم)، دوم (فاصله زمانی نمونه‌برداری دوم و سوم) و سوم (فاصله زمانی نمونه‌برداری اول و سوم) نشان داد که طی بازه زمانی دوم و سوم اختلاف معنی‌داری در این مقادیر ایجاد شد (جدول ۷).

بررسی روند تغییرات نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی طی سه بازه اندازه‌گیری نشان داد که هرچه مقدار نور و رطوبت خاک افزایش می‌یابد، نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی نیز افزایش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین مقدار نرخ جذب خالص در تیمار نور کامل با آبیاری روزانه در بازه زمانی دوم و بیشترین مقادیر نرخ رشد نسبی در تیمارهای نور کامل مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲).

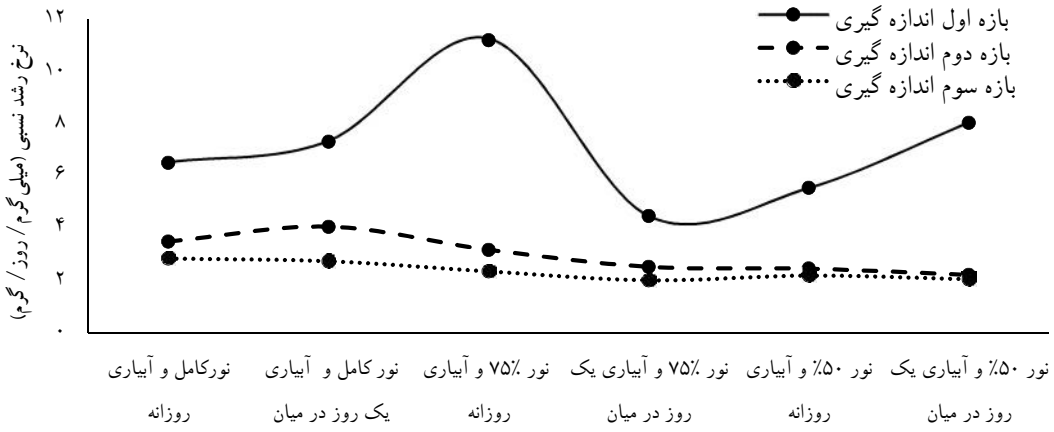
جدول ۷- مقادیر نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی در سه بازه اندازه‌گیری اول، دوم و سوم

تیمارها	بازه زمانی اول		بازه زمانی دوم		بازه زمانی سوم	
	NAR (میلی‌گرم/ روز/ سانتی‌متر مربع)	**RGR** (میلی‌گرم/ روز/ گرم)	**NAR** (میلی‌گرم/ روز/ سانتی‌متر مربع)	**RGR** (میلی‌گرم/ روز/ گرم)	**NAR** (میلی‌گرم/ روز/ سانتی‌متر مربع)	**RGR** (میلی‌گرم/ روز/ گرم)
نورکامل، هر روز آبیاری	۷/۵۶ ±۵/۳۶^{a}	۶/۵۳ ±۶/۶۱^{a}	۱۳۷/۶۵ ±۱۴۳/۸۵^{b}	۳/۵۱ ±۱/۲۷^{bc}	۱۵/۵۲ ±۱۲/۹۸^{c}	۲/۸۶ ±۱/۰۴^{c}
نور کامل، آبیاری یک روز در میان	۷/۱۳ ±۵/۶۵^{a}	۷/۳۴ ±۶/۰۸^{a}	۱۲۴/۹۳ ±۱۲۱/۶۸^{b}	۴/۰۸ ±۲/۶۴^{c}	۱۰/۶۱ ±۵/۶۲^{c}	۲/۷۶ ±۰/۴۷^{bc}
۷۵ ٪ نور، هر روز آبیاری	۸/۹۷ ±۷/۲۳^{a}	۱۱/۲۳ ±۷/۷^{a}	۸۱/۱۶ ±۶۲/۲۶^{b}	۳/۲ ±۰/۷^{abc}	۱۱/۴۲ ±۶/۵۱^{bc}	۲/۳۷ ±۰/۲۶^{ab}
۷۵٪ نور، آبیاری یک روز در میان	۵/۱۸ ±۲/۰۹^{a}	۴/۵ ±۱/۸۹^{a}	۳۷/۸۸ ±۲۷/۴۴^{b}	۲/۵۵ ±۰/۵۱^{ab}	۶/۹۲ ±۳/۰۸^{ab}	۲/۰۳ ±۰/۱۹^{ab}
۵۰ ٪ نور، هر روز آبیاری	۶/۰۱ ±۳/۶۴^{a}	۵/۵۷ ±۲/۸۸^{a}	۵۲/۸۸ ±۴۵/۳^{b}	۲/۴۸ ±۰/۳۶^{ab}	۹/۴۷ ±۴/۱۵^{ab}	۲/۲۱ ±۰/۱۱^{a}
۵۰ ٪ نور، آبیاری یک روز در میان	۴/۴۹ ±۱/۹۳^{a}	۸/۰۶ ±۴/۰۹^{a}	۲۷/۳۹ ±۱۴/۶۸^{a}	۲/۲۴ ±۰/۲^{a}	۴/۵۴ ±۱/۳۶^{a}	۲/۰۷ ±۰/۰۲^{a}

میانگین‌های دارای حروف نامشابه برای هر مشخصه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار آماری بین بازه‌های زمانی است.



شکل ۱- روند تغییرات نرخ جذب خالص



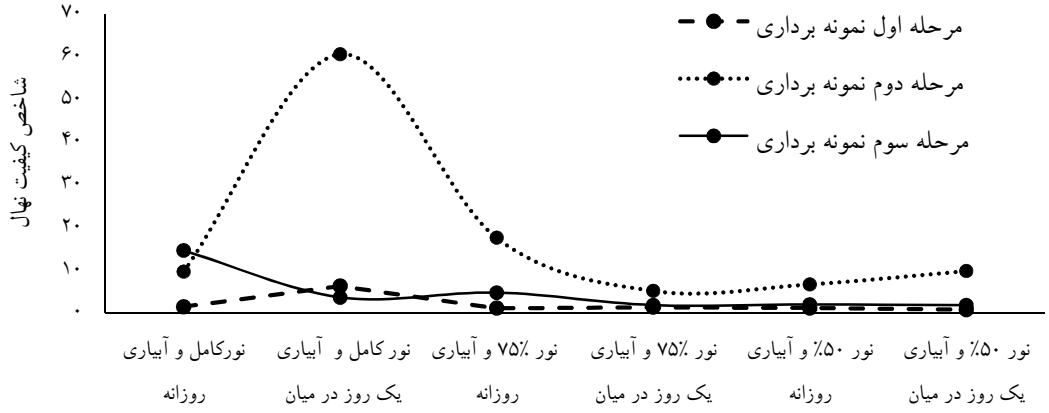
شکل ۲- روند تغییرات نرخ رشد نسبی

نتایج تجزیه واریانس شاخص کیفیت نونهال تحت تأثیر تیمارهای مختلف نشان داد که تنها در مرحله اول نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار در میزان شاخص کیفیت نونهال وجود دارد (جدول ۸).

جدول ۸- مقادیر شاخص کیفیت نونهال در مراحل مختلف نمونه‌برداری

تیمارها	مرحله اول نمونه‌برداری	مرحله دوم نمونه‌برداری	مرحله سوم نمونه‌برداری
نورکامل، هر روز آبیاری	۱/۶۳ ±۰/۹۵^{bc}	۹/۸۶ ±۱۵/۰۸^{a}	۱۴/۷۷ ±۲۶/۰۳^{a}
نور کامل، آبیاری یک روز درمیان	۶/۴۷ ±۱۰/۸۲^{c}	۶۰/۷۴ ±۱۴۴/۰۳^{a}	۳/۸۱ ±۲/۶۹^{a}
۷۵ % نور، هر روز آبیاری	۱/۲۹ ±۰/۶۵^{b}	۱۷/۷۸ ±۱۸/۱۵^{a}	۴/۹۲ ±۳/۲۳^{a}
۷۵% نور، آبیاری یک‌روز درمیان	۱/۵۱ ±۰/۸۵^{bc}	۵/۳۵ ±۳/۹۵^{a}	۱/۹۹ ±۰/۸۹^{a}
۵۰ % نور، هر روز آبیاری	۱/۳۲ ±۰/۵^{b}	۶/۸۸ ±۳/۸۷^{a}	۲/۱۲ ±۰/۷۲^{a}
۵۰ % نور، آبیاری یک‌روز درمیان	۰/۹۴ ±۰/۲۱^{a}	۹/۹۸ ±۸/۰۵^{a}	۲/۰۱ ±۰/۸۷^{a}

میانگین‌های دارای حروف انگلیسی مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.



شکل ۳- روند تغییرات شاخص کیفیت نونهال

بحث

نتایج اعمال تیمارهای شدت نور و دوره آبیاری نشان داد که مشخصه‌های رویشی- مورفولوژیکی نونهال سمر بیشتر از آنکه تحت تأثیر رطوبت خاک باشند، تحت تأثیر فاکتور اکولوژیک نور قرار دارند. تیمار نور کامل با دوره آبیاری یک روز در میان نیز مؤثرترین ترکیب تیماری اعمال شده برای تولید نونهال‌هایی با مشخصه‌های کمی و شاخص کیفی بهتر بود. تیمارهای نور کامل با آبیاری روزانه به‌همراه بیشترین میزان شاخص کیفیت نونهال نیز در مرحله دوم نمونه‌برداری و در تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان مشاهده شد (شکل ۳).

تیمار نور ۷۵٪ با آبیاری روزانه در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. همچنین تیمارها بدون تأثیر بر نسبت زی‌توده هوایی به زی‌توده ریشه باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در ضریب کشیدگی نونهال‌ها شدند. براساس نتایج، با کاهش نور و دوره آبیاری نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان نرخ جذب خالص در تیمار نور کامل با آبیاری روزانه و بیشترین میزان نرخ رشد نسبی در تیمارهای نور کامل مشاهده شد.

با اینکه بیشترین تعداد برگ طی سه مرحله نمونه‌برداری در تیمار نور کامل و آبیاری یک روز در میان مرحله سوم مشاهده شد، اما نتایج نشان داد که تعداد برگ نونهال سمر تحت تأثیر فاکتور و تیمار خاصی نیست. این امر نشان می‌دهد که تعداد برگ‌های نونهال سمر بیشتر از آنکه تحت تأثیر عامل‌های اکولوژیک نور و رطوبت تغییر کند، تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی گونه می‌باشد. هرچند مناسب‌ترین شرایط محیطی برای افزایش تعداد برگ‌های نونهال سمر، شرایط نوری کامل با آبیاری یک روز در میان است. پژوهش‌های مشابه نشان داده است که با افزایش سطح تنش خشکی تعداد برگ‌ها کاهش می‌یابد (Akbari & Jalili Marandi, 2014) و حساسیت گیاه برای تولید برگ جدید بیشتر از رشد برگ می‌شود (Mohd *et al*., 2004). زیاد بودن طول ریشه در تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان نشان داد که این مشخصه بیشتر از آنکه تحت تأثیر رطوبت خاک باشد، تحت تأثیر فاکتور نور قرار دارد، به‌طوری‌که با کاهش نور طول ریشه کاهش یافت. این بدان علت است که با کاهش نور میزان فتوسنتز و پیرو آن مواد ذخیره شده در ریشه کاهش یافته است. از سوی دیگر، بیشتر بودن طول ریشه در تیمار آبیاری یک روز در میان نسبت به آبیاری روزانه چندان دور از انتظار نبود، زیرا بررسی‌ها نشان داده است که سرعت رشد ریشه به‌طور مستقیم به میزان رطوبت خاک بستگی دارد (Dichio *et al*., 2002). این بدان معنی است که با کاهش آبیاری، طول ریشه نونهال‌ها افزایش می‌یابد تا در شرایط ضروری نونهال‌ها بتوانند آب را از عمق و حجم بیشتری از خاک جذب کنند. به‌عبارت دیگر، نونهال اثرات نامطلوب خشکی را با توسعه ریشه، عمیق‌تر شدن ریشه‌ها، تغییر سیستم توزیع ریشه و تغییر اندازه آوندهای ریشه جبران می‌کند (Turner, 1986).

هرچند بیشترین طول اندام هوایی در تیمار نور ۷۵٪ با آبیاری روزانه مشاهده شد، اما براساس نتایج، با کاهش نور و آبیاری طول اندام هوایی نونهال‌ها کاهش یافت. کاهش ارتفاع نونهال‌ها تحت افزایش تنش خشکی نتیجه سازگاری گیاه در مقابل خشکی است، زیرا گیاه در این شرایط انرژی خود را صرف افزایش ارتفاع نمی‌کند و برای افزایش حجم و طول ریشه از آن بهره می‌برد تا بتواند در مقابل خشکی مقاومت کند (Ehsani Tabatabai, 2006). درواقع تنش آبی از طریق کاهش طویل شدن سلول‌ها، تقسیم سلولی و فشار تورژسانس باعث کاهش رشد رویشی می‌شود (Jaleel *et al*., 2009). نتایج پژوهش‌های مشابه نیز نشان داده است که خشکی سبب کاهش رشد اندام هوایی نونهال‌ها می‌شود (Nagakura *et al*., 2004) و آبیاری روزانه می‌تواند رشد نونهال‌های بلوط مدیترانه‌ای را افزایش دهد (Castro-diez & Navarro, 2007). Dichio و همکاران (۲۰۰۲) نیز کاهش تقریبی طول اندام هوایی درخت زیتون را مکانیسمی تدافعی برای غلبه بر تنش خشکی طولانی‌مدت دانسته‌اند.

براساس نتایج به‌دست‌آمده، سطح برگ نونهال‌های سمر به‌طور عمده تحت تأثیر فاکتور نور و سپس آبیاری قرار گرفت، به این معنی که با کاهش نور و افزایش رطوبت سطح برگ افزایش پیدا کرد. ازنظر تیمار نیز مساحت برگ بیشتر تحت تأثیر تیمار نور۵۰ درصد و آبیاری روزانه قرار گرفت. باید توجه داشت که این پاسخ‌های گونه سمر به فاکتور نور و رطوبت در طی تکامل تدریجی گیاه به‌وجود آمده است، بدین معنی که کاهش سطح برگ یکی از مکانیسم‌های طبیعی گیاهان برای اجتناب از استرس خشکی است (Belaygue *et al*., 1996). این کاهش سطح برگ در سطوح میانی استرس (در دوره‌های کوتاه‌مدت خشکی) رخ می‌دهد، اما با طولانی شدن این دوره از تعداد برگ‌ها نیز کاسته می‌شود. از سوی دیگر، افزایش نسبی سطح برگ در شرایط کم نوری، مکانیسم طبیعی دیگر گیاه برای جذب نور بیشتر است، هرچند این عمل می‌تواند آسیب‌پذیری برگ را در مقابل تنش‌های آبی افزایش دهد (Jones & McLeod, 1990). قطر طوقه نیز به‌طور عمده تحت تأثیر نور و سپس آبیاری قرار داشت، به‌طوری‌که قطر طوقه با کاهش نور کاهش و با آبیاری یک روز در میان افزایش پیدا کرد. این مشخصه نیز مانند بیشتر مشخصه‌ها بهترین پاسخ را به نور کامل و آبیاری یک روز در میان نشان داد. کاهش نور از طریق کاهش میزان فتوسنتز و پیرو آن کاهش مواد ذخیره شده، قطر طوقه

را کاهش می‌دهد، چنانچه بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش میزان سایه قطر یقه کاهش می‌یابد (Pilehvar *et al*., 2012). به‌طور معمول با کاهش رطوبت خاک و در پی آن افزایش تنش رطوبتی، قطر یقه نونهال‌ها تحت تأثیر کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی، کاهش می‌یابد (Akbari & Jalili Marandi, 2014; Asri *et al*., 2008) که علت این امر سیستم تکاملی گیاه برای مقابله با خشکی است.

در پژوهش پیش‌رو با تغییر آبیاری روزانه به آبیاری یک روز در میان، قطر طوقه افزایش پیدا کرد. در توجیه آن می‌توان گفت از آنجایی‌که کاهش و توقف رشد در طول شرایط تنش تا حد زیادی بستگی به شدت تنش دارد، بنابراین محتمل آن است که تیمار آبیاری یک روز در میان آستانه تنش برای کاهش قطر طوقه نباشد. بیشترین مقادیر زی‌توده (ریشه، ساقه و کل) در تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان مشاهده شد. همچنین تأثیر فاکتور نور بر میزان زی‌توده اندام‌ها مهمتر از فاکتور رطوبت ارزیابی شد، بدین معنی که کاهش زی‌توده اندام‌ها تحت تأثیر کاهش نور شدیدتر از کاهش زی‌توده اندام‌ها تحت تأثیر رطوبت بود. Aranda و همکاران (۲۰۰۵) نیز تغییرات زی‌توده در پاسخ به تیمارهای مختلف نور را شدیدتر از پاسخ زی‌توده به محدودیت رطوبتی دانستند. در رابطه با اثر رطوبت بر کاهش زی‌توده نیز چنین استنباط می‌شود که مکانیسم طبیعی گیاهان برای مقاومت در برابر تنش خشکی از طریق کاهش رشد رویشی ارتفاع، قطر ساقه، تعداد و طول شاخه‌های جانبی، طول ریشه، تعداد و سطح برگ‌ها منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام‌ها می‌شود (Akbari & Jalili Marandi, 2014; Dichio *et al*., 2002)، به‌طوری که بررسی‌ها نشان داده است که با کاهش ۱۵ درصدی آب در دسترس، رشد زی‌توده نهال‌ها ۴۲ درصد کاهش می‌یابد (Ogaya *et al*., 2003). کاهش وزن خشک ریشه در اثر تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل کاهش تجمع کربوهیدرات‌ها در ریشه و عدم رشد آنها باشد (Arji *et al*., 2002).

براساس نتایج، تیمارها باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در ضریب کشیدگی نونهال‌ها شد. این ضریب در جنگل‌کاری‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد (Cardillo & Bernal, 2006). هرچه مقدار این ضریب بیشتر باشد، مقاومت و پایداری جنگل‌کاری در برابر عامل‌های نامساعد محیطی مانند برف، طوفان و باد غالب کمتر و احتمال آسیب به نهال‌ها بیشتر می‌شود. بر این اساس تیمار ۷۵ درصد نور با هر روز آبیاری مناسب‌ترین تیمار برای تولید نونهال‌های سمر با پایداری زیاد (ضریب کشیدگی کم) می‌باشد. نسبت زی‌توده اندام هوایی به زی‌توده ریشه معیاری برای میزان فتوسنتز گیاهان و نمایه‌ای برای ارزیابی رابطه بین قسمت‌های هوایی گیاه و قسمت‌های زیرزمینی آن است. این نسبت زمانی معنی‌دار می‌شود که در طول دوره رشد گیاه محاسبه و ارزیابی شود (Alizadeh, 2011). براساس نتایج، هرچند بیشترین میزان آن در نور کامل با آبیاری یک روز در میان مشاهده شد، اما تیمارها تأثیر معنی‌داری بر میزان زی‌توده هوایی به زی‌توده ریشه نداشتند. از آنجا که تحت تأثیر تنش‌های وارده به ریشه یا ساقه این نسبت تغییر می‌کند، این امر نشان می‌دهد که تنش شدیدی در نهال‌ها رخ نداده است تا این نسبت در بین تیمارها معنی‌دار شود.

بررسی روند تغییرات نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی طی سه بازه زمانی نشان داد که هرچه مقدار نور و رطوبت خاک افزایش یابد، میزان نرخ جذب خالص و نرخ رشد نسبی نیز افزایش می‌یابد. در شرایط بدون تنش خشکی Tبرگ‌ها بزرگ و زیاد می‌شوند، به همین دلیل نور کافی جذب می‌کنند و با افزایش میزان فتوسنتز نرخ جذب خالص را افزایش می‌دهند (Valadabadi *et al*., 2009). Loveys و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که ارتباط مثبت و معنی‌داری بین نرخ رشد نسبی و نرخ جذب خالص وجود دارد، به‌طوری که نور با افزایش میزان فتوسنتز می‌تواند میزان نرخ جذب خالص و در نهایت نرخ رشد نسبی را تحت تأثیر قرار دهد (Shipley, 2002). بدین معنی که نرخ رویش نسبی با افزایش میزان نور در دسترس افزایش و با تنش خشکی کاهش می‌یابد (Ghasemi Golazani *et al*., 1997). با گذشت زمان از بازه زمانی اول تا بازه زمانی سوم اندازه‌گیری میزان نرخ جذب خالص و

نرخ رشد نسبی کاهش یافت، این کاهش به دو دلیل است: ۱- بخش‌هایی که با افزایش سن به گیاه افزوده می‌شوند، دارای بافت ساختمانی و ازنظر متابولکیی غیرفعالند، بنابراین نقشی در فتوسنتز گیاه ندارند. ۲- با افزایش سن به‌دلیل قرار گرفتن برگ‌های اولیه در سایه، ریزش برگ‌های پایینی و افزایش تنفس فعالیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد (Tarighaleslami *et al*., 2012). ازنظر شاخص کیفیت نونهال، بهترین پاسخ نونهال‌های سمر در تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان مشاهده شد. از آنجا که این شاخص به‌طور معمول برای ارزیابی وضعیت نهال گونه‌های گیاهی استفاده می‌شود، بزرگتر بودن آن بدان معنی است که نسبت زنده‌مانی و شانس موفقیت نونهال‌های سمر تحت تأثیر تیمار نور کامل با آبیاری یک روز در میان بیشتر از سایر تیمارها است، چراکه نونهال‌ها از قطر، ارتفاع و نسبت زی‌توده مناسب‌تری برخوردار بودند.

به‌طورکلی و با توجه به نتایج پژوهش پیش‌رو می‌توان بیان کرد که نونهال‌های سمر در شرایط نور کامل با آبیاری یک روز در میان دارای مناسب‌ترین مشخصه‌های رویشی‌مورفولوژیکی و شاخص کیفیت نونهال بودند، به‌طوری‌که نونهال‌های تولید شده در این شرایط نوری و رطوبتی می‌توانند میزان موفقیت جنگل‌کاری‌های بخش اجرایی را افزایش دهند.

References

- Akbari, V. and Jalili Marandi, R., 2014. Effect of cycocel on growth and photosynthetic pigments of tow olive cultivars under different irrigation intervals. Journal of Horticultural Science, 27(4): 460-469 (In Persian).
- Alizadeh, A., 2011. Soil, Water - Plant Relationship. Ferdowsi University of Mashhad Press, 615p (In Persian).
- Aranda, I., Castro, M., Pardos, J.A. and Gil, L., 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber L.*) seedlings. Forest Ecology and Management, 210(1): 117-129.
- Arji, I., Arzani, K. and Mirlatifi, M., 2002. Effect of different irrigation amounts on physiological and anatomical responses of olive (*Olea europaea* L. cv. Zard). Journal of Water and Soil Science, 16(1): 110-120 (In Persian).
- Asri, M., Tabari, M., Alawi-Panah, S. and Mahdawi, R., 2008. Growth and development of *Quercus castaneifolia* seedlings at different irrigation treatments. Pajouhesh & Sazandegi, 78: 167-176 (In Persian).
- Belaygue, C., Wery, J., Cowan, A. and Tardieu, F., 1996. Contribution of leaf expansion, rate of leaf appearance and stolen branching to growth of plant leaf area under water deficit in white clover. Crop Science, 36(5): 1240-1246.
- Cardillo, E. and Bernal, C.J., 2006. Morphological response and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings at different shade levels. Forest Ecology and Management, 222: 296-301.
- Castro-Diez, P. and Navarro, J., 2007. Effects of moderate shade and irrigation with eutrophicated water on the nitrogen economy of Mediterranean oak seedlings. Flora -Morphology Distribution Functional Ecology of Plants, 203(3): 243-253.
- Cobb, W.R., Will, R.E., Daniels, R.F. and Jacobson, M.R., 2008. Above ground biomass and nitrogen in four short-rotation woody crop species growing with different water and nutrient availabilities. Forest Ecology and Management, 255(12): 4032-4039.
- Dichio, B., Romano, M., Nuzzu, V. and Xiloyannis, C., 2002. Soil water availability and relationship between canopy and roots in young olive trees (cv., Coratana). Acta Horticulturae, 586: 419-422.
- Dominguez-Nuñez, J.A., Muñoz, D., Planelles, R., Grau, J.M., Artero, F., Anriquez, A. and Albanesi, A., 2012. Inoculation with *Azospirillum brasilense* enhances the quality of mesquite *Prosopis juliflora* seedlings. Forest Systems, 21(3): 364-372.
- Duryea, M.L. and Landis, T.D., 1984. Forest Nursery Manual: Production of Bare Root Seedling. Dr.W.Junk Press, pp. 133-139.
- EhsaniTabatabai, F., 2006. Plant Stress Physiology. Payam-e Noor University Press, 247p (In Persian).
- Ghasemi Golozani**,** K., Mohamadi, S., Rahim zadeh, P. and Moghadam, M., 1997. Quantitative connection between density and yield of three chickpea cultivars on different planting dates. Journal of Plant Physiology and Breeding, 7: 59-73 (In Persian).
- Hailu, S., Teketay, D., Sileshi, N. and Assefa, F., 2004. Some biological characteristics that foster the invasion of *Porsopis juliflora* (SW.) DC. at middle Awash Rift valley area, north-eastern Ethiopia. Journal of Arid Environments, 58(2): 135-154.
- Jaleel C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Jubuti, H.j., Somaasundrram, R. and

and open area of *Prosopis juliflora* (SW.) DC in Hormozgan. Pajouhesh & Sazandegi, 80: 176-184 (In Persian).
- Ogaya, R., Peñuelas, J., Martínez-Vilalta, J. and Mangirón, M., 2003. Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. Forest Ecology and Management, 180(1-3): 175-184.
- Pilehvar, B., Kakavand, M., Akbari, H., Ismailii, 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).
- Rey Benayas, J.M. and Camacho-Cruz**,** A., 2004. Performance of *Quercus ilex* saplings planted in abandoned Mediterranean cropland after long-term interruption of their management, Forest Ecology and Management, 194: 223-233.
- Shipley, B., 2002. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: Relationship with daily irradiance. Functional Ecology, 16(5): 682–689.
- Tarighaleslami, M., Zarghami, R., Mashadi Akbar Boojar, M. and Oveysi, M., 2012. Effect of nitrogen fertilizer and water deficit stress on physiological indices of corn (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 161-174 (In Persian).
- Toghraie, N., Riyahi, h. and Hosseinzadeh, A., 2006. A study of mesquite wood (*Prosopis spicigera* L.) in Khuzestan, Iran. Pajouhesh & Sazandegi, 73: 117-122 (In Persian).
- Turner, N.C., 1986. Adaptation to water deficit: A changing perspective. Australian Journal of Plant Physiology, 13(1): 175-190.
- Valadabadi, S.A.R., Lebaschi, M.H. and Aliabadi Farahani, H., 2009. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), P_2O_5 fertilizer and irrigation according to physiological growth indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 25(3)**:** 414-428 (In Persian).

Panneerselvam, R., 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. Agriculture Biology, 11: 100-105.
- Jones, R.H. and McLeod, K.W., 1990. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree and Carolina ash seedlings. Forest Science, 36(4): 851-862.
- Khosroshahi, M., 2013. Estimating water requirement of *Prosopis juliflora* at different habitates of Persian Gulf - Aman Sea region of Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(2): 300-315 (In Persian).
- Kianfar, M., 2014. The effect of different irrigation and shade treatments for producing seedlings species of *celtis caucasica*. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, 81p (In Persian).
- Lavendar, D.P., 1984. Plant physiology and nursery environment: Interactions affecting seedling growth. In: Duryea, M.L and Landis, T.D. Forest Nursery Manual: Production of Bare Root Seedlings (Eds.). Martinus Nijhoff/ Dr.W. Junk Publication, The Hague, pp. 133-141.
- Loveys, B.R., Scheurwater. I., Pons, T.L., Fitter, A.H. and Atkin, O.K., 2002. Growth temperature influences the underlying components of relative growth rate: An investigation using inherently fast- and slow- growing plant species. Plant Cell & Environment, 25(8): 975-988.
- Marianthi, T., 2006. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing (*Pinus halepensis* M.) seedlings. Bioresource Technology Journal, 97(14): 1631-1639.
- Mohd, R., Ismail, M., Yusoff, K. and Mahmood, M., 2004. Growth, water relations, stomata conductance and proline concentration in water stressed banana (*Musa spp*.) plants. Asian Journal of Plant Sciences, 3(6): 709-713.
- Nagakura, J., Shigenaa, H.A. and Takahashi, M., 2004. Effects of simulated drought stress on the fine roots of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in a plantation forest on the Kanto Plain, eastern Japan. Journal of Forest Research, 12(2):143-151.
- Najafi Tireh Shabankareh, K. and Jalili, A., 2008. Comparison of vegetation cover under canopy cover

Response of vegetative and morphological characteristics of common mesquite (*Prosopis juliflora* (Swartz) DC.) seedling, under different humidity and light factors

B. pilehvar[1*] H. Jafari Sarabi[2] and Z. Mirazadi[3]

1*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran. E–mail: pilehvar.b@lu.ac.ir

2- Ph.D. Student of Silviculture and Forest Ecology, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

3- Ph.D. Student of Forestry, Agriculture Faculty, Lorestan University, Khorramabad, Iran

Received: 01.31.2015 Accepted: 04.23.2015

Abstract

Light and moisture are two important environmental factors that influence seedling growth, therefore the choice of appropriate combinations of these factors is important for afforestation projects. This study aimed to determine the effects of different light and moisture combination treatments on some morphologic and vegetative characteristics of common mesquite (*Prosopis juliflora* (Swartz) DC.). To this aim, seeds were first collected in consistent region and season. The study was performed as a factorial experiment in a complete randomized design 180 plots distributed in 10 replicates. Two irrigation levels (daily and every other day) and three irradiance levels (full sunlight, 75% and 50% sunlight) were performed in six treatments. Quantitative characteristics of seedlings were measured three times by random sampling (10 seedlings from each treatment). At each measurement time, results showed significant differences in majority of the measured characteristics amongst the six treatments. The best response of vegetative traits and seedling quality index were observed by combining full sunlight and two-day irrigation interval. However, different treatments did not affect shoot/root biomass ratio, yet led to significant differences in seedlings slenderness coefficient. Results also showed that the highest net assimilation rate was observed under full sunlight and daily irrigation treatment. Moreover, the highest relative growth rate was observed in full sunlight treatments. This study concludes that shade is a restricting factor for growth of *Prosopis juliflora* seedlings, thus they entail full sunlight.

Keywords: Seedling quality index, net assimilation rate, relative growth rate, nursery.