

تأثیر سایه بر خصوصیات مورفو- فیزیولوژیک و محتوای اسانس ژنوتیپ‌های مختلف از سه گونه نعناع

هاجر راعی دهقی، جمشید رزمجو*، محمدرضا سبزیعلیان و احمدارزانی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۱۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۰۷)

چکیده:

نعناع یکی از مهمترین گیاهان دارویی و معطر دنیاست، با این حال تأثیر سطوح سایه بر تولید و اسانس نعناع شناخته نشده است. لذا این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف سایه دهی بر تولید سه گونه نعناع انجام شد. به همین منظور آزمایشی در طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در فضای باز مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان، در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و بصورت گلدانی انجام شد. تیمارها شامل: ۵ سطح سایه (آفتاب کامل (شاهد)، ۲۰-۳۰ درصد سایه، ۴۰-۵۰ درصد سایه، ۶۰-۷۰ درصد سایه و سایه ۸۰-۹۰ درصد) به عنوان محیط و ژنوتیپ (کرج، همدان، اصفهان (گونه پونه *M. longifolia*)، طبس، قزوین و ۷-۱ (گونه *M. piperita*)، ۲-۱، ۳-۱۱ و بجنورد (گونه نعناع سبز *M. spicata*) بودند. صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ، درصد و عملکرد اسانس اندام هوایی اندازه گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها مطابق با تجزیه مرکب در چند محیط انجام شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی (۱۵۶/۴۶ گرم در گلدان) در ژنوتیپ کرج در سایه ۲۰-۳۰٪ مشاهده شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۴۶۷/۶۰ گرم در گلدان) در ژنوتیپ اصفهان در سطح شاهد دیده شد. بیشترین وزن تر ریشه (۲۶۳/۴۷ گرم در گلدان) در ژنوتیپ کرج و در سایه ۲۰-۳۰٪ مشاهده شد. ژنوتیپ کرج در سایه ۴۰-۵۰٪ بیشترین وزن خشک ریشه (۷۳/۰۳ گرم در گلدان) را به خود اختصاص داد. بیشترین محتوای کلروفیل b (۶/۸۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) در ژنوتیپ اصفهان در سطح شاهد و بیشترین محتوای کاروتنوئید (۵/۷۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) در ژنوتیپ قزوین در سایه ۲۰-۳۰٪ بدست آمد. بیشترین درصد محتوای اسانس (۱/۸۲٪) به ژنوتیپ طبس در سایه ۲۰-۳۰٪ اختصاص داشت. بیشترین عملکرد اسانس (۸۰/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) در ژنوتیپ اصفهان در ۲۰-۳۰٪ سایه بود. در سطح شاهد و سایه ۲۰-۳۰٪ ژنوتیپ اصفهان، در سایه ۴۰-۵۰٪ ژنوتیپ کرج، در سایه ۶۰-۷۰٪ و سایه ۸۰-۹۰٪ ژنوتیپ ۳-۱۱ بیشترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کردند. بالاترین میزان درصد اسانس در سطح شاهد، سایه ۳۰-۲۰٪ و سایه ۴۰-۵۰٪ از ژنوتیپ طبس، در سایه ۶۰-۷۰٪ و سایه ۸۰-۹۰٪ نیز از ژنوتیپ ۲-۱ بدست آمد. نتایج این آزمایش نشان داد که صفات اندازه گیری شده بستگی به ژنوتیپ و سایه داشت و انتخاب ژنوتیپ مقاوم به سایه امکان پذیر می باشد.

کلمات کلیدی: نعناع فلفلی، نعناع سبز، پونه، سایه دهی، درصد اسانس، عملکرد اسانس

مقدمه:

است چند ساله و بسیار معطر که به عنوان سبزی خوردن، برای گرفتن عرق و اسانس مصرف می شود (خوشخوری، ۱۳۸۵). اسانس این گیاه در دسته متابولیت‌های ثانویه گیاهان می باشند. بدین

نعناع یکی از گیاهان دارویی مهمی است که همواره در طول زمان مورد توجه و استفاده بشر قرار گرفته است. نعناع گیاهی

* نویسنده مسئول، نشانی پست الکترونیکی: krazmjoo@cc.iut.ac.ir

ترتیب عوامل محیطی زنده و غیر زنده بر پارامترهای رشد، عملکرد اسانس و ترکیبات آن تأثیر می‌گذارد (Clark et al., 1980). بخشی از انرژی خورشید که توسط چشم انسان قابل مشاهده می‌باشد، در طول موجی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر قرار دارد و تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) نام دارد (Monteith et al., 1959). ۱۰ تا ۱۵ درصد از PAR توسط رنگدانه‌های فتوسنتزی جذب نمی‌شود و از طریق سطح برگ، منعکس می‌شود یا از برگ عبور می‌کند، که عمدتاً نور سبز است. بیشتر نورهای قرمز و آبی توسط کلروفیل جذب می‌شود. نوری که از برگ‌های بالایی عبور می‌کند برای برگ‌هایی که در سایه قرار دارند اهمیت زیادی دارد. کرک‌های سطح برگ، غده‌های نمکی (salt glands) و وضعیت اپیدرم برگ، بر میزان انعکاس نور مؤثر هستند (کافی و همکاران ۱۳۷۷). کیفیت نور که با رشد و توسعه گیاه ارتباط دارد، به نسبت نور قرمز (۶۰۰ تا ۷۰۰) به مادون قرمز (۷۰۰ تا ۸۰۰) اشاره دارد که این نسبت حدود ۱/۱۵ می‌باشد (Holmes et al., 1977). گیاهان از طریق رشد طولانی تر و نازک تر برگ‌ها، تغییر تخصیص منابع از ریشه به شاخساره و افزایش طول شدن میانگره به تغییر کیفیت نور پاسخ می‌دهند (Franklin 2008). در شرایط پایین بودن تابش، وزن خشک مخصوص برگ‌ها (به دلیل طول شدن برگ و میانگره) کم می‌شود (Prioul et al., 1980). برگ‌های شاداب استعداد بیشتری برای ورود عوامل بیماری‌زای قارچی از خود نشان می‌دهند و همچنین تحمل کمتری به تنش‌های محیطی مانند تنش‌های خشکی یا دمای پایین، از خود نشان می‌دهند (Pessaraki 2008). این تغییرات فنوتیپی، به عنوان پاسخ اجتناب از سایه در گیاهان شناخته شده اند زیرا آنها می‌توانند قبل از هر رقابت مستقیمی برای مقدار نور رخ داده باشند. تنوع قابل ملاحظه‌ای در پاسخ به حضور گیاهان مجاور، در بین گونه‌ها و درون گونه‌های گیاهان دیده می‌شود (Franklin 2008). وارپته‌های متحمل تر به سایه کمتر از وارپته‌های حساس تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Allard et al., 1991). حضور گیاهان همسایه باعث کاهش نسبت نور قرمز به مادون قرمز می‌شود؛ این کاهش نسبت نور قرمز به مادون قرمز

سطح برگ را افزایش و طول دم‌برگ را نیز افزایش می‌دهد (Codd et al., 1985). گیاهان دارویی مخازن غنی از متابولیت‌های ثانویه یعنی مخازن مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می‌باشد. مواد مؤثره اگر چه اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی ساخت آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. کاهش شدت روشنایی میزان «استروئیدهای آگلی کن» موجود در گیاه آفتاب دوست تاجریزی دارویی را تا یک چهارم تقلیل می‌دهد. اما در میزان مواد مؤثره مذکور در گیاه سایه پسند گونه دیگری «تاجریزی» هیچ گونه تغییری ایجاد نمی‌کند (امیدبیگی، ۱۳۷۹). در آزمایشی Letchamo و همکاران (۱۹۹۵) به بررسی تأثیر دو سطح نور (نور طبیعی و استفاده از نور مکمل) و سه سطح رطوبت خاک بر روی محتوی و ترکیبات اسانس و رشد ۲ ژنوتیپ گیاه آویشن پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین درصد محتوی و عملکرد اسانس در رطوبت ۷۰٪ خاک برای ژنوتیپ اول که تحت شرایط استفاده از نور مکمل رشد کرده بود، ثبت شده است. مطالعه‌ای توسط Hassani Malayeri و همکاران در سال ۲۰۱۰ روی *Mentha arvensis* L. var. *piperascensa* انجام گرفت که در این مطالعه به بررسی تأثیر طول دوره‌های نوری مختلف شامل ۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت بر روز در ترکیب با دو سطح شدت نور ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه، بر رشد و ترکیب اسانس گیاه نعناعی ژاپنی پرداخته شد. متون و متول ذخیره شده در گیاهان تیمار شده با ۱۶ ساعت بر روز دوره روشنایی همزمان با ۲۰۰ میکرومول فوتون بر ثانیه، بیشتر از سایر تیمارها بود. در این تحقیق نتایج نشان داد که طول دوره روشنایی بکار گرفته شده در مقابل شدت نور بکار گرفته شده تأثیر مهمتری داشته است. آزمایشی دیگر در سال ۱۹۶۷ توسط Burbott و همکاران بر روی نعناع *Mentha piperita* L. انجام گرفت که به بررسی تأثیر نور و دما در شرایط اتافک رشد، بر مونوترپن‌ها پرداخته شد. نتایج حاکی از آن است که شرایط روز طولانی رشد را افزایش داده که متناسب با آن مقدار کلی مونوترپن‌ها نیز افزایش یافت. همچنین در شرایط شب‌های کوتاه یا شب‌های سرد همراه با شدت نور کامل در طول روز

گلخانه انتقال داده شدند. در دهه دوم فروردین ۱۳۹۲ مجدداً به مزرعه برگردانده شده و پس از کود دهی تیمارها از آخر اردیبهشت ماه به مدت ۳ ماه اعمال گردید و در نهایت در اول شهریور ماه برداشت شد. وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی (گرم) اندازه گیری شد. میزان محتوای کلروفیل برگها با استفاده از روش Lichtenthaler و همکاران (۱۹۸۷) سنجیده شد؛ به این ترتیب که ۰/۱ گرم از بافت تر از کل برگ با کمک ازت مایع در هاون چینی سائیده شد بعد از اینکه نمونه‌ها به خوبی پودر شدند و سفید رنگ شدند، با استون ۸۰ درصد، به حجم ۵ سی سی رسانده شد. پس از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن جذب در طول موج های ۶۶۱/۶، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شده برای کالیبره کردن دستگاه از بافر استخراج یعنی استون ۸۰ درصد استفاده می‌شود. با کمک سه فرمول زیر مقدار کاروتنوئید، کلروفیل a و b بر حسب میلی لیتر عصاره در میلی گرم وزن بافت نمونه بدست آمد.

$$Ca = 12/25 A_{661.1} - 2/798 A_{646.8} \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf}$$

$$Cb = 21/50 A_{646.8} - 5/10 A_{661.1} \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf}$$

$$Cx+c = (1000 A_{470} - 1/82Ca - 85/02Cb) / 198 \times \text{ml acetone} / \text{mg leaf}$$

$CX + C =$ محتوای کاروتنوئید، $Ca =$ محتوای کلروفیل a و $Cb =$ محتوای کلروفیل b است.

اسانس گیری به روش تقطیر با آب (Hydro distillation) با دستگاه کلونجر انجام شد. برای اسانس‌گیری از نمونه خشک شده، برای افزایش سطح تماس برگ با آب مقطر باید حتماً نمونه آسیاب شود. بسته به شرایط تیمار بین ۳۰-۱۰ گرم پودر آسیاب شده که را در بالن ریخته و سپس به اندازه ۹ برابر وزن پودر شده آب به بالن اضافه شد. زمان اسانس‌گیری برای تمام تکرارها ۴ ساعت بود. در انتهای کار با دانستن وزن ماده خشک به کار رفته برای تهیه اسانس و وزن اسانس، درصد محتوای اسانس و از ضرب درصد محتوای اسانس در وزن خشک شاخساره، عملکرد اسانس بدست آمد. تجزیه واریانس داده‌های مربوط به هر صفت به کمک نرم افزار آماری SAS

به افزایش ساخت متون و کاهش تجمع متوفوران و پولگون منجر شد. وقتی گیاهان اسانس دار در وضعیت روز بلند قرار می‌گیرند (مثلاً مریم گلی و نعناع) مقدار اسانس این گیاهان افزوده خواهد شد. طول مدت روشنایی تأثیر به سزایی در تولید مواد مؤثره نعناع دارد (امیدبگی، ۱۳۷۹).

کشت نعناع با هدف تولید اسانس انجام می‌شود و با توجه به اینکه این گیاه بیشتر در سایه انداز درختان کشت می‌شود در این آزمایش به بررسی تأثیر میزان سایه بر تولید اسانس گونه های مختلف نعناع انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در سال های ۱۳۹۱-۱۳۹۲ در دانشگاه صنعتی اصفهان، در مزرعه باغ اناری دانشکده کشاورزی روی سه ژنوتیپ گونه *Mentha longifolia* L. سه ژنوتیپ از گونه نعناع فلفلی *Mentha piperita* L. و سه ژنوتیپ نعناع خوراکی *Mentha spicata* L. انجام شد. به ازای هر گلدان تعداد سه عدد ریزوم با حدود ۱۰ سانتی متر طول و حاوی دو ساقه هوایی از ژرم پلاس مزرعه باغ اناری دانشکده کشاورزی تهیه و کشت شد. این ژنوتیپ‌ها قبلاً از مناطق مختلف ایران جمع آوری شده بود (جدول ۱).

تیمار اصلی شامل ۵ سطح سایه به عنوان محیط شامل: ۹۰-۸۰ درصد سایه ($210 - 420 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{sec}$)، ۷۰-۶۰ درصد سایه ($630 - 840 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{sec}$)، ۵۰-۴۰ درصد سایه ($1050 - 1260 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{sec}$)، ۳۰-۲۰ درصد سایه ($1470 - 1680 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{sec}$) و آفتاب کامل به عنوان شاهد ($1680 - 1470 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{sec}$) بود که با کمک دستگاه نورسنج (لوکس متر) مدل A TES-1334 ساخت کمپانی TES تایوان و از طریق سایه اندازی توری‌های پلی اتیلنی در سطح مزرعه اجرا شد. در درون هر سطح سایه تیمار فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نعناع، گنجانده شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار در ۵ محیط سایه اجرا شد. تجزیه آماری داده‌ها مطابق با تجزیه مرکب در چند محیط انجام شده است. زمان کشت ریزومها شهریور ماه ۱۳۹۱ بود و از آبان ماه گلدانها به

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ های سه گونه نعنای مورد استفاده

منطقه	ژنوتیپ	گونه
کرج	کرج	<i>M. longifolia</i>
همدان	همدان	
اصفهان	اصفهان	
طبرس	طبرس	<i>M. piperita</i>
قزوین	قزوین	
اصفهان	۷-۱	
اصفهان	۱-۲	<i>M. spicata</i>
اصفهان	۱۱-۳	
بجنورد	بجنورد	

خود نشان دادند (جدول ۵).

قلی زاده و همکاران (۱۳۹۰) و نیز نیکان و همکاران (۱۳۸۳)، به این نتیجه رسیدند که وقتی گیاه در شرایط افزایش نور (نوری که به طور مصنوعی اضافه شده است) قرار گرفت، نسبت به تیمار نور طبیعی رشد و زیست توده بیشتری را تولید کرد. در شرایط کمبود نور فتوسنتز کمتر شده و در نتیجه سرعت گسترش سطح برگ کمتر از سرعت زوال آنها بوده و مقدار مواد ذخیره کربوهیدرات گیاه نسبت به سطح برگ کاهش می‌یابد ولی مقدار کربوهیدرات مورد نیاز برای رشد گیاه افزایش می‌یابد (Hamrick et al., 1990). وزن خشک ساقه اصلی و برگ‌های ساقه‌های فرعی نعنای ژاپنی در طول دوره روشنائی بیشتر، افزایش چشمگیری داشت (Hassani Malayeri et al., 1990). بر اساس گزارش White و همکاران (۱۹۸۴)، افزایش شدت نور وزن خشک اندام هوایی را افزایش می‌دهد. وقتی شدت نور زیاد می‌شود، مقدار ماده خشک در هر واحد ماده تر گیاه افزایش می‌یابد در این بافت‌ها تجمع مواد ساختاری و کربوهیدرات بیشتر می‌شود (Faust et al., 2005). ولی و همکاران (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای نشان دادند که میانگین وزن تر ساقه در ژنوتیپ یک از گونه *M. spicata* معادل ۶۰/۵۸ گرم و ژنوتیپ شماره ده *M. piperita* وزنی معادل ۵/۶۹ گرم داشت. جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر سایه،

(نسخه ۹/۲) انجام شد و میانگین اثرات متقابل در صورت معنی‌دار بودن بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد مورد آزمون قرار گرفتند. برای انجام محاسبات و رسم شکل‌ها از نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۰۷) استفاده شد.

نتایج و بحث:

جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که تأثیر سایه، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها بر وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سایه ۲۰-۳۰ درصد وزن تر اندام هوایی را ۲۲/۹٪ افزایش داد و سایه ۸۰-۹۰ درصد ۸۴/۸٪ کاهش داد. وزن خشک اندام هوایی با افزایش سطح سایه کاهش چشمگیری پیدا کرد، به گونه‌ای که در سایه ۸۰-۹۰ درصد با ۹۰٪ کاهش نسبت به شاهد کمترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کرده است (جدول ۳). ژنوتیپ کرج بیشترین و طبرس کمترین وزن تر اندام هوایی و نیز ژنوتیپ اصفهان بیشترین و ژنوتیپ ۱-۲ کمترین وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). ژنوتیپ کرج در سایه ۲۰-۳۰ درصد بیشترین و قزوین در سایه ۸۰-۹۰ درصد کمترین وزن تر اندام هوایی را داشتند. مقایسه میانگین داده‌های وزن خشک اندام هوایی نشان می‌دهد که ژنوتیپ اصفهان درآفتاب کامل بیشترین و همدان در سایه ۸۰-۹۰ درصد کمترین وزن خشک اندام هوایی را از

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و وزن خشک ریشه تحت سطوح مختلف سایه و ژنوتیپ‌های نعناع

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
سایه	۴	۳۶۲۹۳/۸۸**	۳۰۴۴/۶۶*	۱۲۳۳۴۰/۲۱**	۸۴۲۴/۵۴**
تکرار*سایه (خطا)	۱۰	۵۱۳/۰۷	۴۱/۳۱	۷۹۹/۶۵	۶۳/۹۷
ژنوتیپ	۸	۲۵۸۵/۶۶**	۳۲۵/۶۰**	۸۱۷۲/۶۵**	۶۰۷/۱۳**
ژنوتیپ*سایه	۳۲	۲۳۶۵/۴۵**	۱۹۵/۷۴**	۴۳۳۶/۳۴**	۳۳۸/۸۵**
خطا	۸۰	۱۵۱/۶۱	۱۸/۸۵	۲۲۴/۹۹	۱۸/۰۲

عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، **اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪^{ns}

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات سایه بر روی وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تحت سطوح مختلف سایه

سایه	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
آفتاب کامل	۸۰/۵۶ ^b	۲۶/۷۱ ^a	۱۵۰/۹۰ ^b	۴۰/۷۴ ^b
۳۰-۲۰٪ سایه	۹۹/۰۲۲ ^a	۲۵/۴۷ ^a	۱۷۶/۷۱ ^a	۴۸/۰۳۶ ^a
۵۰-۴۰٪ سایه	۶۲/۴۱۹ ^c	۱۷/۱۱۰ ^b	۱۰۷/۷۷ ^c	۳۴/۱۱۶ ^c
۷۰-۶۰٪ سایه	۲۴/۹۹ ^d	۷/۸۲ ^c	۵۳/۲۰ ^d	۱۸۷/۰۲ ^d
۹۰-۸۰٪ سایه	۱۲/۱۸ ^d	۲/۶۴۳ ^d	۱۳/۱۲ ^e	۴/۱۸۸ ^e

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ژنوتیپ بر روی وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه در ژنوتیپ‌های مختلف نعناع

ژنوتیپ	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
کرج	۷۹/۶۴ ^a	۲۲/۹۹ ^a	۱۴۱/۷۹ ^a	۴۰/۴۵ ^a
همدان	۵۴/۶۹ ^{bc}	۱۷/۲۹ ^b	۱۰۵/۴۲ ^c	۳۰/۱۵ ^c
اصفهان	۷۱/۲۴ ^a	۲۳/۴۲ ^a	۱۲۸/۷۴ ^b	۳۶/۸۲ ^b
طبرس	۳۷/۸۶ ^c	۱۱/۷۵ ^{cd}	۷۲/۱۴ ^g	۲۱/۳۹ ^f
قزوین	۴۸/۷۳ ^{cd}	۱۳/۲۲ ^{cd}	۸۷/۸۱ ^{de}	۲۵/۷۸ ^d
۱-۷	۵۳/۴۵ ^{bc}	۱۴/۵۷ ^{bc}	۹۸/۶۳ ^{cd}	۲۸/۸۷ ^c
۱-۲	۴۴/۳۲ ^{de}	۱۱/۳۰ ^d	۷۶/۵۲ ^{fg}	۲۲/۶۳ ^{ef}
۱۱-۳	۶۱/۸۱ ^b	۱۷/۱۱ ^b	۱۰۷/۲۶ ^c	۳۱/۳۱ ^c
بجنورد	۵۰/۷۴ ^{cd}	۱۱/۸۹ ^{cd}	۸۴/۸۰ ^{ef}	۲۴/۹۷ ^{de}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح سایه و ژنوتیپ‌های نعنای بر روی وزن تر اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه

عامل آزمایش	وزن تر اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن تر ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)
کرج	۵۹/۵۰ ^{i-l}	۱۳۹/۹۴ ^{ef}	۲۰/۲۶ ^{d-f}	۳۵/۸۵ ^{e-g}
همدان	۱۱۴ ^{c-e}	۲۰۵/۲۶ ^b	۴۲/۲۶ ^a	۵۵/۱۵ ^c
اصفهان	۱۳۷/۰۷ ^{ab}	۲۳۹/۸۴ ^a	۴۶/۶۰ ^a	۶۴/۹۲ ^b
طیس	۴۰/۳۲ ^{k-r}	۱۰۱/۸۸ ^{gh}	۲۰/۵۸ ^{d-f}	۲۵/۳۹ ⁱ⁻ⁿ
قزوین	۵۱/۵۹ ^{J-n}	۹۴/۹۰ ^{gh}	۱۴/۸۲ ^{f-k}	۲۷/۳۶ ^{h-k}
شاهد	۷-۱	۱۸۸/۳۶ ^{bc}	۳۱/۱۹ ^{bc}	۵۱/۷۹ ^c
	۱-۲	۹۱/۶۷ ^{g-i}	۱۴/۹۸ ^{f-k}	۲۴/۴۸ ^{i-o}
	۱۱-۳	۱۸۹/۸۳ ^{bc}	۳۳/۱۰۳ ^b	۵۲/۲۱ ^c
بجنورد	۵۹/۹۸ ^{i-k}	۱۰۹/۴۷ ^{fg}	۱۶/۶۵ ^{f-h}	۲۹/۵۱ ^{g-j}
کرج	۱۵۶/۴۶ ^a	۲۶۳/۴۷ ^a	۴۱/۶۷ ^a	۷۱/۶۰ ^{a-b}
همدان	۸۳/۶۷ ^{f-h}	۱۵۸/۸۳ ^{de}	۱۹/۹۹ ^{d-f}	۴۲/۰۴ ^{de}
اصفهان	۱۳۵/۱۸ ^{a-c}	۲۳۹/۱۴ ^a	۴۳/۵۶ ^a	۶۴/۷۲ ^b
طیس	۴۸/۶۴ ^{j-o}	۱۰۲/۹۰ ^{gh}	۱۳/۵۱ ^{f-l}	۲۷/۶۵ ^{h-k}
قزوین	۹۷/۹۲ ^{d-g}	۱۷۸/۱۵ ^{bd}	۲۷/۳۹ ^{b-d}	۴۸/۹۱ ^{cd}
شاهد	۷-۱	۱۳۹/۷۷ ^e	۱۶/۴۷ ^{f-i}	۳۸/۰۷ ^{ef}
سایه	۱-۲	۱۵۴/۶۰ ^{de}	۲۰/۸۳ ^{d-f}	۴۲/۲۶ ^{de}
	۱۱-۳	۱۰۸/۷۶ ^{b-d}	۲۴/۹۷ ^{ce}	۴۹/۶۵ ^{cd}
بجنورد	۱۰۶/۹۸ ^{de}	۱۷۲/۸۱ ^{cd}	۲۰/۸۲ ^{d-f}	۴۷/۴۰ ^{cd}
کرج	۱۵۳/۹۵ ^a	۲۴۵/۵۳ ^a	۴۳/۹۱ ^a	۷۳/۰۳ ^a
همدان	۴۸/۲۲ ^{j-o}	۹۳/۷۴ ^{gh}	۱۵/۵۲ ^{f-j}	۳۰/۱۵ ^{g-i}
اصفهان	۴۴/۷۶ ^{k-p}	۹۶/۹۶ ^{gh}	۱۷/۸۶ ^{e-g}	۳۱/۰۶ ^{f-i}
طیس	۷۶/۲۳ ^{g-i}	۱۱۱/۷۶ ^{fg}	۱۵/۳۷ ^{f-j}	۳۵/۲۴ ^{e-h}
قزوین	۶۸/۳۷ ^{h-j}	۱۱۱/۷۴ ^{fg}	۱۶/۳۶ ^{f-i}	۳۵/۲۳ ^{e-h}
شاهد	۷-۱	۷۵/۹۴ ^{h-l}	۱۰/۷۹ ^{g-m}	۲۵/۱۲ ^{i-o}
سایه	۱-۲	۷۶/۹۹ ^{h-k}	۱۱/۰۷ ^{g-m}	۲۵/۴۲ ⁱ⁻ⁿ
	۱۱-۳	۷۶/۶۲ ^{h-l}	۱۰/۸۴ ^{g-m}	۲۵/۳۱ ^{i-o}
بجنورد	۴۲/۳۹ ^{k-p}	۸۰/۶۴ ^{h-j}	۱۲/۲۵ ^{g-m}	۲۶/۴۵ ^{i-m}
کرج	۱۸/۸۲ ^{r-w}	۵۲/۲۷ ^{k-o}	۶۷/۷۸ ^{l-p}	۱۸/۴۳ ^{n-p}
همدان	۲۳/۴۰ ^{p-w}	۶۴/۸۵ ^{i-m}	۷/۷۸ ^{k-p}	۲۱/۹۹ ^{j-p}
اصفهان	۲۶/۴۸ ^{p-v}	۵۴/۲۱ ^{j-o}	۶/۲۳ ^{l-p}	۱۸/۹۸ ^{m-p}
طیس	۱۵/۵۱ ^{s-w}	۴۲/۷۱ ^{m-o}	۷/۵۳ ^{k-p}	۱۵/۷۳ ^{p-r}

ادامه جدول ۵-

۱۶/۲۶ ^{Pq}	۶/۵۲ ^{L-P}	۴۴/۵۸ ^{m-o}	۲۲/۷۲ ^{P-w}	قزوین
۲۱/۳۰ ^{k-p}	۹/۰۸ ^{i-o}	۶۲/۴۱ ^{j-m}	۳۷/۱۶ ^{l-s}	۷-۱
۱۸/۳۴ ^{n-p}	۸/۰۲ ^{j-p}	۵۱/۹۶ ^{k-o}	۲۹/۲۶ ^{n-u}	۱-۲
۱۹/۶۹ ^{L-P}	۱۰/۲۶ ^{h-n}	۵۶/۷۴ ^{j-n}	۱۹/۶۴ ^{r-w}	۱۱-۳
۱۷/۵۵ ^{o-p}	۸/۱۹ ^{j-p}	۴۹/۱۳ ^{l-o}	۳۱/۹۳ ^{m-t}	بجنورد
۳/۳۵ ^{s-t}	۲/۳۴ ^{o-p}	۱۰/۵۴ ^{Pq}	۹/۵۲ ^{u-w}	کرج
۱/۴۴ ^t	۰/۹۱ ^p	۴/۴۶ ^q	۴/۲۰ ^{v-w}	همدان
۴/۴۰ st	۲/۸۵ ^{n-p}	۱۳/۵۹ ^{Pq}	۱۲/۷۲ ^{t-w}	اصفهان
۲/۹۴ st	۱/۷۹ ^{o-p}	۸/۴۳ ^{Pq}	۸/۶۳ ^{u-w}	طبرس
۱/۱۴ ^t	۱ ^p	۲/۷۲ ^q	۳/۰۵ ^w	قزوین
۸/۰۹ ^{r-t}	۵/۳۴ ^{m-p}	۲۶/۶۸ ^{o-q}	۲۳/۳۳ ^{p-w}	۷-۱
۲/۶۳ st	۱/۶۱ ^{o-p}	۷/۴۲ ^{Pq}	۸/۶۳ ^{u-w}	۱-۲
۹/۷۴ ^s	۶/۳۸ ^{L-P}	۳۲/۳۶ ^{n-p}	۲۷/۹۶ ^{p-u}	۱۱-۳
۳/۹۴ st	۱/۵۳ ^{o-p}	۱۱/۹۷ ^{Pq}	۱۲/۴۳ ^{r-w}	بجنورد

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

مورفولوژیکی دارد. باید این نکته را نیز در نظر گرفت که رشد ریشه گیاهان در شرایط تاریکی و روشنایی یکسان نیست. قلی زاده و همکاران (۱۳۹۰) به این نتیجه رسیدند که بیشترین وزن تر و خشک ریشه گیاه گلرنگ مربوط به تیمار نوری با دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و با شدت ۲۳۰۰ لوکس بوده است. در این پژوهش نیز بیشترین وزن تر و خشک ریشه در شرایط وجود نور بدست آمد و این بیان کننده این است که شرایط نوری بهتر منجر به افزایش بیوماس و ماده سازی بیشتر می‌شود.

تجزیه واریانس صفات نشان داد که تأثیر تیمار سایه، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها بر مقدار کاروتنوئید معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که غلظت کاروتنوئید در سایه ۲۰-۳۰ درصد نسبت به شاهد، ۴۴/۷٪ افزایش یافت ولی با ادامه افزایش سطوح سایه غلظت کاروتنوئید کاهش و در سایه ۸۰-۹۰ درصد، محتوای کاروتنوئید ۲۵/۲٪ کاهش یافته بود (جدول ۷). ژنوتیپ قزوین بالاترین و ژنوتیپ بجنورد کمترین مقدار کاروتنوئید را تولید کرده بود (جدول ۸). ژنوتیپ قزوین در ۲۰-۳۰ درصد سایه

ژنوتیپ و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. تیمار ۲۰-۳۰ درصد سایه ۱۷/۱٪ وزن تر ریشه افزایش داد و با افزایش سطح سایه، وزن تر ریشه کاهش چشمگیری پیدا کرد به طوری که سایه ۸۰-۹۰ درصد، وزن تر ریشه را ۹۱٪ کاهش داد. وزن خشک ریشه نیز در سایه ۲۰-۳۰ درصد نسبت به آفتاب کامل، ۱۷٪ افزایش یافت. با ادامه افزایش سطح سایه، وزن خشک ریشه نسبت به آفتاب کامل کاهش می‌یابد. در سایه ۸۰-۹۰ درصد، ۸۹/۷٪ نسبت به شاهد وزن خشک ریشه کاهش یافته بود. کرج بیشترین وزن تر و خشک ریشه را تولید کرده است و ژنوتیپ طبرس نیز کمترین وزن تر و خشک را تولید نموده است. مقایسه میانگین اثرات متقابل سایه و ژنوتیپ نشان می‌دهد که ژنوتیپ کرج در ۳۰-۲۰ درصد بیشترین وزن تر ریشه و قزوین در سایه ۸۰-۹۰ درصد کمترین وزن تر ریشه را تولید نموده است. ژنوتیپ کرج در سایه ۵۰-۴۰ درصد بیشترین وزن خشک ریشه و ژنوتیپ قزوین در سایه ۸۰-۹۰ درصد کمترین وزن خشک ریشه را تولید کرده اند. یکی از فاکتورهای محیطی مهم نور است که نقش مهمی در تنظیم فرایند نمو گیاهی و پارامترهای

جدول ۶- تجزیه واریانس میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و اسانس تحت سطوح مختلف سایه ژنوتیپ‌های نعناع

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	درصد اسانس	عملکرد اسانس
سایه	۴	۵/۰۹۹**	۱۲/۰۹**	۵/۰۸**	۳/۱۰۴**	۵۹۷۶/۴۰**
تکرار*سایه (خطا)	۱۰	۰/۱۲۴	۱/۲۱	۰/۴۵	۰/۰۴۹	۱۰۳/۵۰
ژنوتیپ	۸	۰/۶۲۲**	۹/۹۸**	۱۸/۴۱**	۰/۷۶**	۸۳۰/۲۴**
ژنوتیپ*سایه	۳۲	۰/۳۳ ^{ns}	۴/۱۴**	۲/۱۲۳**	۰/۱۸۳*	۴۴۱/۲۶*
خطا	۸۰	۰/۲۱۷	۱/۵۸	۰/۹۱۹	۰/۱۰۸	۹۹/۷۶

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات سایه بر روی کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و میزان اسانس اندام هوایی تحت سطوح مختلف سایه

سایه	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	محتوای اسانس (درصد)	عملکرد اسانس (میلی گرم بر گرم وزن تر)
شاهد	۱/۰۹ ^c	۳/۳۲ ^a	۱/۷۰ ^b	۱/۰۷ ^c	۲۷/۵۵ ^b
۳۰-۲۰٪ سایه	۱/۷۸ ^a	۳/۰۳ ^{ab}	۲/۴۶ ^a	۱/۴۴ ^a	۳۸/۳۷ ^a
۵۰-۴۰٪ سایه	۱/۴۰ ^b	۲/۵۸ ^b	۱/۹۲ ^b	۱/۲۲ ^b	۲۰/۰۵ ^c
۷۰-۶۰٪ سایه	۰/۹۸ ^c	۲/۴۸ ^b	۲ ^b	۰/۸۸ ^d	۷/۰۹ ^d
۹۰-۸۰٪ سایه	۰/۶۳ ^d	۱/۵۷ ^c	۱/۲۷ ^c	۰/۵۵ ^e	۱/۸۴ ^d

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و میزان اسانس اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف نعناع

ژنوتیپ	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	محتوای اسانس (درصد)	عملکرد اسانس (میلی گرم بر گرم وزن تر)
کرج	۰/۹۶ ^{bc}	۲/۹۰ ^{abc}	۲/۴۷ ^b	۰/۹۲ ^{cd}	۲۸/۴۳ ^a
همدان	۱/۰۱۲ ^{bc}	۲/۰۸ ^{cd}	۱/۷۳ ^{cd}	۰/۶۷ ^e	۱۰/۸۶ ^c
اصفهان	۱/۲۳ ^{abc}	۳/۲۸ ^{ab}	۲/۰۸ ^{bc}	۱/۱۳ ^{bc}	۳۳/۶۷ ^a
طبرس	۱/۴۷ ^a	۳/۲۲ ^{ab}	۱/۵۰ ^{cd}	۱/۲۶ ^{ab}	۱۸/۴۴ ^b
قزوین	۱/۰۸ ^{bc}	۳/۱۹ ^{ab}	۴/۴۵ ^a	۰/۹۷ ^{cd}	۱۶/۲۶ ^{bc}
۱-۷	۱/۲۹ ^{ab}	۲/۴۸ ^{bc}	۰/۸۰ ^e	۱/۰۱۵ ^{cd}	۱۵/۵۳ ^{bc}
۱-۲	۱/۴۷ ^a	۱/۵۴ ^d	۱/۶۷ ^{cd}	۱/۴۳ ^a	۱۷/۳۰ ^{bc}
۱۱-۳	۱/۱۴ ^{abc}	۳/۴۳ ^a	۱/۳۳ ^{de}	۱/۰۵ ^{bcd}	۱۸/۳۴ ^b
بجنورد	۰/۹۳ ^c	۱/۲۱ ^d	۰/۸۰ ^e	۰/۸۴ ^{de}	۱۱/۹۸ ^{bc}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

کننده نور عمل می‌نمایند، در شرایط تنش نیز از کلروپلاست محافظت می‌کنند (راه‌داری، ۱۳۹۰). سیستم فتوسنتزی به دو طریق توسط کاروتنوئیدها محافظت می‌شود: β (۱) کاروتن

بالاترین و ژنوتیپ ۳-۱۱ در سایه ۹۰-۸۰ درصد کمترین مقدار کاروتنوئید را داشت (جدول ۹). کاروتنوئیدها علاوه بر اینکه به عنوان پیگمان‌های دریافت

جدول ۹ - مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح سایه و ژنوتیپ بر روی کلروفیل b، کاروتنوئید و میزان اسانس اندام هوایی

عامل آزمایش	ژنوتیپ	عملکرد اسانس		
		کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)	محتوای اسانس (درصد)
شاهد	کرج	۳/۶۳ ^{b-g}	۲/۶۱ ^{e-i}	۰/۹۰۸ ^{h-m}
	همدان	۳/۳۰ ^{c-i}	۱/۶۴ ^{h-q}	۰/۴۶ ^{m-q}
	اصفهان	۶/۸۹ ^a	۲/۱۲ ^{f-m}	۱/۲۹ ^{b-h}
	طیس	۵/۵۹ ^{ab}	۲/۲۱ ^{f-l}	۱/۵۹ ^{a-e}
	قزوین	۴/۹۵ ^{a-c}	۴/۲۳ ^{a-d}	۱/۱۲ ^{e-j}
	۷-۱	۴/۹۶ ^{a-c}	۱/۲۲ ^{i-q}	۰/۹۷ ^{g-m}
	۱-۲	۲/۴۲ ^{e-m}	۱/۸۴ ^{g-p}	۱/۴۸ ^{a-g}
	۱۱-۳	۴/۵ ^{b-d}	۱/۶۰ ^{h-q}	۰/۹۷ ^{g-l}
	بجنورد	۱/۹۱ ^{f-n}	۰/۴۲ ^{n-q}	۰/۸۴ ^{h-o}
	کرج	۳/۱۶ ^{c-j}	۳/۶۲ ^{c-f}	۱/۷۹ ^{ab}
	همدان	۳/۱۱ ^{c-j}	۲/۵۸ ^{e-j}	۱/۰۷ ^{f-k}
	اصفهان	۳/۳۸ ^{c-h}	۴/۰۷ ^{b-e}	۱/۸۱ ^a
	طیس	۳/۳۸ ^{c-h}	۳/۲۸ ^{c-g}	۱/۸۲ ^a
	قزوین	۳/۹۱ ^{b-f}	۵/۷۱ ^a	۱/۵۷ ^{a-f}
	۷-۱	۲/۴۹ ^{e-m}	۱/۴۴ ^{i-q}	۱/۲۱ ^{d-i}
	۱-۲	۱/۳۱ ⁱ⁻ⁿ	۱/۹۲ ^{g-o}	۱/۶۴ ^{a-d}
	۱۱-۳	۴/۳۸ ^{b-e}	۱/۷۰ ^{h-q}	۱/۲۸ ^{b-h}
	بجنورد	۱/۷۵ ^{g-n}	۱/۲۰ ^{i-q}	۱/۲۷ ^{c-i}
	کرج	۲/۸۲ ^{e-l}	۳/۰۶ ^{c-h}	۰/۹۳ ^{h-m}
	همدان	۲/۰۱ ^{f-n}	۲/۲۱ ^{f-l}	۰/۶۷ ^{j-p}
اصفهان	۳/۱۴ ^{c-j}	۲/۴۶ ^{f-j}	۱/۱۲ ^{e-j}	
طیس	۳/۱۵ ^{c-j}	۳/۲۸ ^{c-g}	۱/۷۶ ^{a-c}	
قزوین	۳/۲۴ ^{c-j}	۵/۲۰ ^a	۰/۹۲ ^{h-m}	
۷-۱	۱/۹۰ ^{f-n}	۰/۶۲ ^{m-q}	۱/۱۴ ^{d-j}	
۱-۲	۲/۲۴ ^{f-n}	۱/۵۷ ^{h-q}	۱/۶۲ ^{a-e}	
۱۱-۳	۳/۰۶ ^{c-k}	۱/۵۹ ^{h-q}	۱/۲۷ ^{c-h}	
بجنورد	۰/۸۷ ^{l-n}	۱/۰۸ ^{j-q}	۱/۰۲۴ ^{g-l}	
کرج	۲/۵۷ ^{e-m}	۱/۹۳ ^{g-n}	۰/۸۷ ^{h-o}	
همدان	۱/۶۳ ^{g-n}	۱/۸۶ ^{g-o}	۰/۷۷ ^{h-o}	
اصفهان	۱/۵۳ ⁱ⁻ⁿ	۱/۰۵ ^{k-q}	۰/۸۹ ^{h-n}	
طیس	۲/۴۹ ^{e-m}	۱/۲۲ ^{i-q}	۰/۸۷ ^{h-o}	
قزوین	۳/۰۶ ^{c-k}	۴/۶۲ ^{a-c}	۰/۵۰۴ ^{k-q}	

۲۰-۳۰٪ سایه

۵۰-۴۰٪ سایه

۷۰-۶۰٪ سایه

ادامه جدول ۹-

۸/۵۶ ⁱ⁻ⁿ	۰/۹۸ ^{g-1}	۰/۴۲ ^{o-q}	۱/۸۳ ^{g-n}	۷-۱	
۱۰/۱۳ ^{h-n}	۱/۲۶ ^{c-i}	۱/۵۴ ^{i-q}	۱/۰۸ ^{k-n}	۱-۲	
۹/۲۲ ⁱ⁻ⁿ	۰/۸۸ ^{h-o}	۱/۵۷ ^{h-q}	۲/۹۲ ^{e-k}	۱۱-۳	
۶/۸۷ ^{j-n}	۰/۸۴ ^{h-o}	۱/۰۱ ^{k-q}	۰/۸۴ ^{f-n}	بجنورد	
۰/۲۶ ⁿ	۰/۰۸۳ ^q	۱/۱۱ ^{i-q}	۲/۳۲ ^{f-n}	کرج	
۱/۰۷ ^{mn}	۰/۳۹ ^{n-q}	۰/۳۴ ^{pq}	۰/۳۶ ⁿ	همدان	
۱/۶۱ ^{f-n}	۰/۵۶ ^{k-q}	۰/۶۸ ^{m-q}	۱/۴۸ ⁱ⁻ⁿ	اصفهان	
۱/۱۵ ^{mn}	۰/۵۴ ^{f-q}	۰/۸۲ ^{f-q}	۱/۵۱ ⁱ⁻ⁿ	طبرس	
۰/۵۹ ⁿ	۰/۳۷ ^{o-q}	۲/۴۸ ^{fj}	۰/۸۱ ^{f-n}	قزوین	
۴/۲۲ ^{k-n}	۰/۷۵ ^{i-o}	۰/۳۰ ^q	۱/۲۴ ^{j-n}	۷-۱	۸۰-۹۰
۱/۹۲ ^{f-n}	۱/۱۵ ^{d-j}	۱/۴۶ ^{i-q}	۰/۶۸ ^{mn}	۱-۲	سایه
۵/۳۰ ^{k-n}	۰/۸۳ ^{h-o}	۰/۲۲ ^q	۲/۲۹ ^{f-n}	۱۱-۳	
۰/۴۷ ⁿ	۰/۲۳۷ ^{p-q}	۰/۲۷ ^q	۰/۶۶ ^{mn}	بجنورد	

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

مادون قرمز آن را مهار می‌کند (Fahlen et al., 1999). در آزمایشی دیگر نشان داده شد که نور قرمز سنتز بتا کاروتن را در تریچه تحریک می‌کند (Lichtenthaler et al., 1987). وجود نور شدید در گرمای تابستان بیوسنتز رنگدانه‌ها را با مشکل مواجه می‌کند لذا وجود مقدار کمی سایه باعث افزایش بیوسنتز رنگدانه‌ها از جمله کاروتنوئیدها گردید. ادامه افزایش سطح سایه به علت اینکه سایه باعث کاهش نسبت نور قرمز به مادون قرمز می‌شود، منجر به تخریب رنگدانه‌ها از جمله کاروتنوئید شد.

در این بررسی تأثیر تیمارهای سایه مختلف و ژنوتیپ‌های مختلف بر مقدار محتوای کلروفیل a در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد ولی اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سایه ۳۰-۲۰ درصد مقدار محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد، ۶۳٪ افزایش پیدا کرد. با ادامه افزایش سطوح سایه این مقدار کاهش یافت و در سایه ۸۰-۹۰ درصد محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد ۴۲٪ کاهش داشت (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از ژنوتیپ‌های مختلف نشان دهنده این است که

به طور مستقیم هم کلروفیل سه تایی (chl^3) و هم فرم فعال اکسیژن یا اکسیژن یکتایی ($1o^2$) را خاموش می‌کند. (۲) سیکل‌گزاتوفیل، تبدیل قابل برگشت ویولوگزانتین و آنتراگزانتین به زاگزانتین را انجام می‌دهند و باعث خاموشی کلروفیل یکتایی (chl^1) می‌گردد (راهداری، ۱۳۹۰؛ Kozuka et al., 2005). تابش نور شدید باعث می‌شود که انواع اکسیژن واکنش پذیر در طول تشکیل کلروفیل سه تایی (chl^3)، به وجود آمده و باعث بهم ریختن انتقال الکترون در کلروپلاست شود. حفاظت نوری با تخریب کاروتنوئیدها همراه است که علت آن دریافت کوانتای مضر با پتانسیل بالا از کلروفیل یک تایی در شرایط تنش نور اضافی می‌باشد بنابراین در شرایط ۲۵ درصد سایه هم بیشترین مقدار کلروفیل a و هم بیشترین میزان کاروتنوئید دیده شد. در نور شدید یعنی آفتاب کامل به دلیل محافظت کاروتنوئید از کلروفیل، مقدار هر دو کاهش یافته و کمتر می‌شود (Henshall et al., 1964). در مطالعه ای Cohen و همکاران (۱۹۶۲) نشان دادند که نور قرمز سنتز کاروتنوئیدها را تحریک کرده و رشد هم در این شرایط افزایش می‌یابد. نور قرمز بیوسنتز کاروتنوئید در گوجه رسیده را تحریک و نور

در سطح احتمال ۵ درصد برای درصد محتوای اسانس معنی‌دار شد (جدول ۶). با افزایش سطح سایه تا حدی درصد محتوای اسانس تولیدی افزایش پیدا می‌کند. در سایه ۳۰-۲۰ درصد، درصد محتوای اسانس به ۳۴/۵٪ افزایش رسید ولی در سطوح سایه بالاتر درصد محتوای اسانس تولیدی کاهش می‌یابد به طوری که در سایه ۹۰-۸۰ درصد با ۴۸/۵٪ کاهش روبرو می‌شود (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از این است که در بین ژنوتیپ‌های نعناع، ژنوتیپ ۱-۲ بالاترین و ژنوتیپ همدان کمترین درصد محتوای اسانس را داشتند (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل سایه بر ژنوتیپ نشان دهنده این است که ژنوتیپ طبس در ۳۰-۲۰ درصد سایه بالاترین درصد محتوای اسانس و ژنوتیپ کرج در سایه ۹۰-۸۰ درصد کمترین درصد محتوای اسانس را تولید کرد (جدول ۹).

طبق جدول تجزیه واریانس برای عملکرد اسانس، تأثیر سایه و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده و اثر متقابل ژنوتیپ در سایه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). بیشترین عملکرد اسانس در سطح سایه ۳۰-۲۰ درصد مشاهده شد و پس از آن عملکرد اسانس در شاهد بیشترین مقدار بود (جدول ۷). افزایش عملکرد اسانس در سایه ۳۰-۲۰ درصد حدود ۳۹/۲٪ بوده است و عملکرد اسانس در سایه ۸۰-۷۰ درصد حدود ۹۳٪ کاهش داشت. ژنوتیپ همدان کمترین عملکرد اسانس و ژنوتیپ اصفهان بیشترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص داده بود (جدول ۸). ژنوتیپ کرج کمترین عملکرد اسانس را در سایه ۸۰-۷۰ درصد را تولید کرده و ژنوتیپ اصفهان در سایه ۳۰-۲۰ درصد بیشترین مقدار عملکرد اسانس را خواهد داشت (جدول ۹).

افزایش رشد، منجر به افزایش میزان ماده خشک تولیدی در شدت نورهای بالا می‌شود که همین امر، میزان اسانس را نیز افزایش می‌دهد (Burbott et al., 1967). تجمع اسانس در گیاهان به طور مستقیم یا غیر مستقیم به نور بستگی دارد. نقدی بادی و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش کردند که میزان اسانس گیاهان تحت شرایط نور اضافی بیشتر از گیاهان تحت شرایط

بالاترین میزان محتوای کلروفیل a از ژنوتیپ ۲-۱ و کمترین میزان مربوط به ژنوتیپ بجنورد بود (جدول ۸).

تجزیه واریانس صفات نشان دهنده این است که تأثیر سایه، ژنوتیپ و اثر متقابل آنها بر میزان محتوای کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد، که با افزایش سایه میزان کلروفیل b کاهش می‌یابد به طوری که سایه ۹۰-۸۰ درصد، ۵۲/۷٪ میزان کلروفیل b را کاهش داد (جدول ۷). بیشترین میزان محتوای کلروفیل b در ژنوتیپ ۱۱-۳ و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ بجنورد دیده شد (جدول ۸). مقایسه میانگین داده‌ها نشان دهنده این است که بیشترین میزان محتوای کلروفیل b از ژنوتیپ اصفهان در آفتاب کامل و کمترین مقدار آن از ژنوتیپ همدان در سایه ۹۰-۸۰ درصد بدست آمد (جدول ۹).

طبق بررسی Saifuddin و همکاران (۲۰۱۰) کاهش شدت نور منجر به کاهش کلروفیل شد. به نظر می‌رسد که ممکن است سایه بالاتر از ۵۰ درصد، به سنتز کلروفیل آسیب وارد کند یا از فعالیت آن کم کند. گیاهان روئیده در سایه به نسبت گیاهان روئیده در نور تراکم رنگیزه‌های کمتری دارد (Wittmann et al., 2001). وقتی شدت نور خیلی زیاد باشد، علی‌رغم جذب انرژی زیاد، کلروفیل واقع در مرکز واکنش کلروپلاست غیر فعال می‌شود (Bertamina et al., 2006). در آزمایش دیگری Dai و همکاران (۲۰۰۹)، نیز این کاهش سنتز کلروفیل را که با افزایش تیمار سایه حاصل می‌شود را گزارش نموده‌اند. آنها معتقد هستند که با افزایش به کارگیری نور سنتز کلروفیل افزایش می‌یابد. پژوهش‌های دیگر نشان داده‌اند که تغییر آرایش کلروپلاست در درون سلول میزان کلروفیل را تحت تأثیر قرار می‌دهد منظور این است که در شرایط سایه علاوه بر اینکه میزان کلروفیل کم شده و سبزی‌نگی برگ‌ها هم کاهش می‌یابد، کلروپلاست‌ها هم عمود بر زاویه تابش و موازی دیواره سلولی قرار می‌گیرند (Todd et al., 2005)؛ (Dana et al., 2004).

جدول تجزیه واریانس صفات نشان دهنده این است که، اثر سایه و ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آنها

فتوپریود (دوره نوری) طولانی‌تر نسبت به دوره نوری کوتاه‌تر تولید کردند (Fahlen et al., 1999). درصد محتوای اسانس در گونه‌های نعنای با ویژگی‌هایی همچون، طول برگ، قطر ساقه و طول ساقه رابطه مستقیم دارد. در بررسی دیگری-Mirzaie-Nodoushan و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که درصد محتوای اسانس برگ در *M. longifolia* بیشتر از *M. piperita* و *M. spicata* است. بین گونه‌های مختلف نعنای تنوع زیادی در صفات مورفولوژیکی وجود دارد که همین منجر به ایجاد تفاوت بین آنها از نظر تولید و عملکرد می‌شود (Abbaszadeh et al., 2009). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد اسانس بالاتر در ژنوتیپ‌هایی که وزن تر اندام هوایی بیشتری تولید کرده‌اند، بیشتر خواهد بود.

اکوتیپ پونه سوسنمبر *Mentha aquatica* L. مجله گیاهان

دارویی، ۸: ۲۴۸-۲۵۷.

قلی زاده، ژ.، برنارد ف. (۱۳۹۰) تأثیر شرایط نوری و فاکتور pH در بهینه سازی کشت ریشه های گیاه گلرنگ، مجله علوم دانشگاه تربیت معلم، ۹: ۵۴۶-۵۲۵.
کافی، م.، لاهوتی، م.، زند، ا.، شریفی، ح. و گلدانی، م. (۱۳۷۷) فیزیولوژی گیاهی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

نیکان، م.، خاوری نژاد، ر. و رضایی، م. ب. (۱۳۸۳) اثر نسبت های مختلف سه کود N,P,K بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعنای فلفلی *Mentha piperita* L. مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۰: ۱۴۸-۱۳۱.

ولی، ا. (۱۳۸۸) بررسی تنوع خصوصیات مورفولوژیکی، دانه و بیولوژی تولید مثلی در گونه‌های مختلف گیاه نعنای، پایان نامه کارشناسی ارشد علوم گیاهی، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه پیام نور نجف آباد، اصفهان.

Abbaszadeh, B., Aliabadi Farahani, H., Valadabadi, S. A. and Moaveni P. (2009) Investigation of variations of the morphological values and flowering shoot yield in different mint species at Iran. Journal of Horticulture and Forestry 1:109-112.

Allard, G., Nelson, C. J. and Pallardy S. G. (1991) Shade effects on growth of tall fescue: I. leaf anatomy and dry matter partitioning. Crop Science 31: 163-167

نور معمولی است و بیوستز اسانس بستگی زیادی به رژیم های نوری دارد. تولید اسانس در مریم گلی و آویشن رشد داده شده در ۱۵٪، ۲۷٪، ۴۵٪ و ۱۰۰٪ از نور کامل نشان داد غلظت کل اسانس مریم گلی در ۴۵٪ از نور خورشید بالاترین مقدار بود و بیشترین مقدار اسانس آویشن در نور کامل بدست آمده بود (Li et al. 1996). غلظت اسانس در شوید با افزایش طول روز، افزایش یافت (Halva et al., 1993). در آویشن بیشترین عملکرد اسانس، تحت شرایط نور مکمل برای ژنوتیپ ۱ بدست آمده بود که علت آن افزایش وزن خشک و افزایش درصد محتوای اسانس بود. در نور مکمل، رشد، محتوای نسبی عملکرد آن افزایش یافت (Letchamo et al., 1995). در دو گونه *M. longifolia* و *M. spicata* غلظت متول بیشتری در

منابع:

- امید بیگی، ر. (۱۳۷۹) رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، ویرایش دوم، انتشارات طراحان نشرتهران.
حیدری، ف.، زهتاب سلماسی، س.، جوانشیر، ع.، آلیاری، ه. و دادپور، م. ر. (۱۳۸۷) تأثیر نحوه مصرف ریز مغذی‌ها و تراکم بوته بر عملکرد و اسانس نعنای فلفلی *Mentha piperita* L. مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴: ۹-۱.
خوشخوی، م.، شبیانی، ب.، روحانی، ا. و تفضلی، ع. ا. (۱۳۸۵) اصول باغبانی، انتشارات دانشگاه شیراز.
راهداری، پ. (۱۳۹۰). میزان رنگدانه های فتوستتزی، فعالیت فتوستتزی و فلروئورسانس کلروفیل در گیاه *Triticum aestivum* تحت تنش نور بالا و کمبود آب، مجله اکوسیستم‌های طبیعی ایران ۳: ۵۴-۴۷.
زرگری، ع. (۱۳۷۲) گیاهان دارویی، جلد چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
زرگری، ع. (۱۳۸۳) گیاهان دارویی، جلد پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.
صمصام شریعت، س. ه. (۱۳۸۲) پرورش و تکثیر گیاهان دارویی، انتشارات مانی اصفهان.
عباس زاده، ب.، رضایی، م. ب. و لایق حقیقی م. (۱۳۹۰) بررسی ویژگی های مورفولوژیک و ترکیبات اسانس ۲

- phytochrome in the natural environment characterisation of daylight for studies in photomorphogenesis and photoperiodism. *Photochemistry* 25: 533-538.
- Kozuka, T., Horiguchi, G., Kim, G. T., Ohgishi, M., Sakai T. and tsukaya, H. (2005) The different growth responses of the *Arabidopsis thaliana* leaf blade and the petiole during shade avoidance are regulated by photoreceptors and sugar. *Plant Cell Physiology* 46: 213-223.
- Letchamo, W. and Gosselin, A. (1995) Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme *Thymus vulgaris* L. clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science* 75: 231-238.
- Lichtenthaler, K. H. (1987) Chlorophyll and carotenoids pigments of photosynthetic biomembrances. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- Li, Y., Craker, E. L. and Potter, T. (1996) Effect of light level on essential oil production of Sage (*Salvia officinalis*). *Acta Horticulturae* 426: 321-330.
- Mastelic, J. and Jerkovic, I. (2002) Free and Glycosically bound volatiles of *Mentha longifolia* growing in Croatia. *Chemistry and Natural Compound* 38: 561-564.
- Mirzaie-Nodoushan, H., M. B. Rezaie and K. Jaimand (2001) Path analysis of the essential oil-related characters in *Mentha* spp. *Flavour and Fragrance Journal* 16:340-343.
- Monteith, J. L. (1959) The reflection of short-wave radiation by vegetation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 85: 386-392.
- Pessarakli, M. (2008) Shade avoidance. *Plant Physiology* 200: 1043-1045.
- Prioul, J. L., Brangeon, J. and Reyss, A. (1980) Interaction between external and internal conditions in the development of photosynthetic features in a grass leaf. I. Regional responses along a leaf during and after low-light or high light acclimation. *Plant Physiology* 66: 762-769.
- Saifuddin, M., Hossain, A. M. B. and Normaniza, S. (2010) Impact of shading on flower formation and longevity, leaf chlorophyll and growth of *Bougainville glabra*. *Plant Science* 1682-3974.
- Todd, A., Peterson, T. M., Blackmer, D. D., Francis, J. and Schepers, K. (2005) Using a chlorophyll meter to improve N management. *Soil Science* 93-171.
- White, J. and Warrington, I. (1984) Effect of splint night temperature, light and chlormequat on growth and carbohydrate status of *Pelargonium hortorum*. *Journal - American Society for Horticultural Science* 109: 458-463.
- Wittmann, C., Aschan, G. and Pfanz., H. (2001) Leaf and twig photosynthesis of young beech *Fagussylvatica* and aspen *Populus tremula* trees grown under different light regime. *Basic And Applied Ecology* 2: 145-154.
- Bertaminia, M., Muthuchelianb, K., Rubinigga, M., Zorea, R., Velasco, R. and Neduncheziana, N. (2006) Low- night temperature increased the photoinhibition of photosynthesis in grapevine *Vitis vinifera* L. cv. Riesling leaves. *Environmental and Experimental Botany* 57: 25-31.
- Burbott, A. J. and Loomis W. D. (1967) Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. *Plant Physiology* 42: 20.
- Clark, R. J. and Menary R. C. (1980) Environmental effects on peppermint (*Mentha piperita* L.) II. effects of temperature on photosynthesis, photorespiration and dark respiration in peppermint with reference to oil composition. *Plant Function & Evolutionary Biology* 7:693-697.
- Codd, L. E. (1985) The genus *Mentha*. *Flora of Southern Africa* 28: 107-111.
- Cohen, R. Z. and Goodwin T. W. (1962) The effect of red and far-red light on carotenoid synthesis by etiolated maize seedlings. *Phytochemistry* 1: 67-72.
- Dai, Y., Shen, Z., Liua, Y., Wang, L., Hannaway D. and Lu, H. (2009) Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of tetraastigma hemsleyanum Diels et Gilg. *Environmental and Experimental Botany* 65: 177-182.
- Dana, E. and Guamet M. J., (2004) Distortion of the SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. *Agronomy Journal* 24: 41-46.
- Fahlen, A., Welander M. and Wennersten R. (1999) Effects of light-temperature regimes on plant growth and essential oil yield of selected aromatic plants. *Journal Science Food Agriculture* 73: 111-119.
- Faust, J. E., Holcombe, V., Rajapakse, N. C. and Layne, D. R. (2005) The effect of daily light integral on bedding plant growth and flowering. *HortScience* 40: 645- 649.
- Franklin, K. A. (2008) Shade avoidance. *Plant Physiology*. 179: 930-944.
- Halva, S., Craker, L. E., Simon, J. E., and Charles, D. J. (1993) Growth and essential oil in Dill, *Anethum graveolens* L. in response to temperature and photoperiod. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 1: 47-56.
- Hamrick, J. L. and Godt, M. J. W. (1990) Plant population genetics, breeding, and genetic resources 1990: 43-63.
- Hassani Malayeri, S., Hikosaka, S. and Goto, E. (2010) Effects of light period and light intensity on essential oil composition of Japanese mint grown in a closed production system. *Environment Control in Biology* 48: 141-149.
- Henshall, J. D. and Goodwin, T. W. (1964) The effect of red and far red light on carotenoid and chlorophyll formation in pea seedlings. *Photochemistry and Photobiology* 3: 243-247.
- Holmes, M. G. and Smith, H. (1977) The function of