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

هاجر راعی دهقی،جمشید رزمجو*، محمدرضا سبزعلیان 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 درطی سال های ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در فضای باز مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان، در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و بصورت گلدانی انجام شد. تیمار ها شامل: ۵ سطح سایه (آفتاب کامل(شاهد)، ۳۰-۲۰ درصد سایه، ۵۰-٤۰ درصد سایه، ۷۰-٦۰درصد سایه و سایه ۹۰-۸۰ درصد) به عنوان محیط و۹ژنوتیپ (کرج، همدان، اصفهان (گونه پونه *M. longifolia*)، طبس، قزوین و ۷-۱ (گونه *M. piperita*) و۲-۱، ۳-۱۱ و بجنورد (گونه نعناع سبز *M. spicata*) بودند. صفات وزن تر وخشک اندام هوایی ، وزن تر وخشک ریشه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ، درصد و عملکرد اسانس اندام هوایی اندازه گیری شد. تجزیه آماری داده ها مطابق با تجزیه مرکب در چند محیط انجام شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی (١٥٦/٤٦ گرم در گلدان) در ژنوتیپ کرج در سایه ۳۰-۲۰٪ مشاهده شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی (٤٦/٦۰ گرم در گلدان) در ژنوتیپ اصفهان در سطح شاهد دیده شد. بیشترین وزن تر ریشه (۲٦۳/٤۷ گرم در گلدان) در ژنوتیپ کرج و در سایه ۳۰-۲۰٪ مشاهده شد. ژنوتیپ کرج در سایه ۵۰-٤۰٪ بیشترین وزن خشک ریشه (۷۳/۰۳ گرم در گلدان ) را به خود اختصاص داد. بیشترین محتوای کلروفیل b (٦/۸۹ 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 ۳۰-۲۰٪ بدست آمد. بیشترین درصد محتوای اسانس (۱/۸۲٪) به ژنوتیپ طبس در سایه ۳۰-۲۰اختصاص داشت. بیشترین عملکرد اسانس (۸۰/۱٦ میلی گرم بر گرم وزن تر) در ژنوتیپ اصفهان در ۳۰-۲۰ ٪ سایه بود. در سطح شاهد و سایه ۳۰-۲۰٪ ژنوتیپ اصفهان، در سایه ۵۰-٤۰٪ ژنوتیپ کرج، در سایه ۷۰-٦۰٪ و سایه۹۰-۸۰ ٪ ژنوتیپ ۳-۱۱ بیشترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کردند. بالاترین میزان درصد اسانس در سطح شاهد، سایه ۳۰-۲۰٪ و سایه ۵۰-٤۰٪ از ژنوتیپ طبس، در سایه ۷۰-٦۰٪ و سایه ۹۰-۸۰٪ 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:**

نعناع یکی از گیاهان دارویی مهمی است که همواره در طول زمان مورد توجه و استفاده بشر قرار گرفته است. نعناع گیاهی است چند ساله و بسیار معطر که به عنوان سبزی خوردن، برای گرفتن عرق و اسانس مصرف می‌شود (خوشخوی، ۱۳۸۵). اسانس این گیاه در دسته متابولیت‌های ثانویه گیاهان می‌باشند. بدین

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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

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 ٤۰۰ 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 می شود. 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 (٦۰۰تا۷۰۰) به مادون قرمز (۷۰۰تا۸۰۰) اشاره دارد که این نسبت حدود ۱/۱۵ می‌باشد (Holmes *et al*., 1977). گیاهان از طریق رشد طولانی تر ونازک تر برگ ها، تغییر تخصیص منابع از ریشه به شاخساره وافزایش طویل شدن میانگره به تغییر کیفیت نورپاسخ می دهند(Franklin 2008 ).در شرایط پایین بودن تابش، وزن خشک مخصوص برگ ها (به دلیل طویل شدن برگ و میانگره) کم می‌شود (Prioul *et al*., 1980). برگ های شاداب استعداد بیشتری برای ورود عوامل بیماری‌زای قارچی از خود نشان می‌دهند و همچنین تحمل کمتری به تنش های محیطی مانند تنش‌های خشکی یا دمای پایین، از خود نشان می‌دهند(Pessarakli 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 ملاحظه ای درپاسخ به حضور گیاهان مجاور، در بین گونه ها و درون گونه‌های گیاهان دیده می‌شود (Franklin 2008). واریته های متحمل تر به سایه کمتر از واریته های حساس تحت تأثیر قرار می‌گیرد(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 متابولیت های ثانویه یعنی مخازن مواد موثرهٔ 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 اگلی کن» موجود در گیاه آفتاب دوست تاجریزی دارویی را تا یک چهارم تقلیل می‌دهد. اما در میزان مواد مؤثرهٔ مذکور در گیاه سایه پسند گونه دیگری «تاجریزی» هیچ گونه تغیری ایجاد نمی‌کند (امیدبیگی، ۱۳۷۹). در آزمایشی Letchamo وهمکاران (۱۹۹۵) به بررسی تاثیر دو سطح نور (نور طبیعی واستفاده از نور مکمل) وسه سطح رطوبت خاک برروی محتوی وترکیبات اسانس ورشد ۲ ژنوتیپ گیاه آویشن پرداختند. نتایج نشان داد بیشترین درصد محتوی وعملکرد اسانس در رطوبت ۷۰٪ خاک برای ژنوتیپ اول که تحت شرایط استفاده از نور مکمل رشد کرده بود، ثبت شده است. مطالعه ای توسط Hassani Malayeri وهمکاران در سال ۲۰۱۰ روی *Mentha arvensis* L. var. *piperascensa* انجام گرفت که در این مطالعه به بررسی تاثیر طول دوره های نوری مختلف شامل ۸، ۱٦ و ۲٤ ساعت بر روز در ترکیب با دو سطح شدت نور ۱۰۰ و۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه، بر رشد و ترکیب اسانس گیاه نعنای ژاپنی پرداخته شد. منتون و منتول ذخیره شده در گیاهان تیمار شده با ۱٦ ساعت بر روز دوره روشنائی همزمان با ۲۰۰ میکرومول فوتون بر ثانیه، بیشتر از سایر تیمار ها بود. در این تحقیق نتایج نشان داد که طول دوره روشنائی بکار گرفته شده درمقابل شدت نور بکار گرفته شده تاثیر مهمتری داشته است. آزمایشی دیگر در سال ۱۹٦۷ توسط Burbott و همکاران بر روی نعناع.*Mentha piperita* L انجام گرفت که به بررسی تاثیر نور و دما در شرایط اتاقک رشد، بر مونوترپن ها پرداخته شد. نتایج حاکی از آن است که شرایط روز طولانی رشد را افزایش داده که متناسب با آن مقدار کلی مونو ترپن ها نیز افزایش یافت. همچنین در شرایط شب‌های کوتاه یا شب‌های سرد همراه با شدت نور کامل در طول روز

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

به افزایش ساخت منتون و کاهش تجمع منتوفوران 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 مؤثرهٔ نعناع دارد (امیدبیگی، 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 ۱۳۹۲-۱۳۹۱ 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 پلاسم 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 (۲۱۰ -۴۲۰ $\mu E/m^2sec$) ، ۷۰-۶۰ درصد سایه (۶۳۰ -۸۴۰ $\mu E/m^2sec$)، ۵۰-۴۰ درصد سایه (۱۰۵۰ -۱۲۶۰ $\mu E/m^2sec$)، ۳۰ -۲۰ درصد سایه (۱۴۷۰ -۱۶۸۰ $\mu E/m^2sec$) و آفتاب کامل به عنوان شاهد (۲۱۰۰ $\mu E/m^2sec$) 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 ریزوم ها شهریور ماه ۱۳۹۱ بود و از آبان ماه گلدان ها به گلخانه انتقال داده شدند. در دهه دوم فروردین ۱۳۹۲ مجدداً به مزرعه برگردانده شده و پس از کود دهی تیمار ها از آخر اردیبهشت ماه به مدت ۳ ماه اعمال گردید ودر 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 برگ ها با استفاده از روش Lichtenthaler وهمکاران (۱۹۸۷) سنجیده شد؛ به این ترتیب که ۰/۱ گرم از بافت تر ازکل 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 نمونه ها با کاغذ صافی واتمن جذب در طول موج های ۶۶۱/۶، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شده برای کالیبره‌کردن دستگاه از بافر استخراج یعنی استون ۸۰ درصد استفاده می‌شود. با کمک سه فرمول زیر مقدار کاروتنوئید، کلروفیل a وb بر حسب میلی لیتر عصاره در میلی گرم وزن بافت نمونه بدست آمد.

$Ca= ۱۲/۲۵\ A_{۶۶۱.۱} - ۲/۷۹۸\ A_{۶۴۶.۸} \times ml\ acceton\ /\ mg\ leaf$

$Cb= ۲۱/۵۰\ A_{۶۴۶.۸} - ۵/۱۰\ A_{۶۶۱.۱} \times ml\ acceton\ /\ mg\ leaf$

$Cx+c= (۱۰۰۰\ A_{۴۷۰} - ۱/۸۲Ca - ۸۵/۰۲Cb) / ۱۹۸ \times ml\ acceton\ /\ mg\ leaf$

CX +C= محتوای کاروتنوئید، Ca = محتوای کلروفیل a و 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 اسانس گیری برای تمام تکرارها ٤ 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

**جدول۱- مشخصات ژنوتیپ های سه گونه نعناع مورد استفاده**

| گونه | ژنوتیپ | منطقه |
|---|---|---|
| *M. longifolia* | کرج | کرج |
| | همدان | همدان |
| | اصفهان | اصفهان |
| *M. piperita* | طبس | طبس |
| | قزوین | قزوین |
| | ۱-۷ | اصفهان |
| *M. spicata* | ۱-۲ | اصفهان |
| | ۱۱-۳ | اصفهان |
| | بجنورد | بجنورد |

(نسخه ۹/۲) انجام شد و میانگین اثرات متقابل در صورت معنی¬دار 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 معنی¬دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سایه۳۰-۲۰ درصد وزن تر اندام هوایی را ۲۲/۹٪ افزایش داد و سایه ۹۰-۸۰ درصد ۸٤/۸٪ کاهش داد. وزن خشک اندام هوایی با افزایش سطح سایه کاهش چشمگیری پیدا کرد، به گونه ای که در سایه ۹۰-۸۰ درصد با ۹۰٪ کاهش نسبت به شاهد کمترین وزن خشک اندام هوایی را تولید کرده است (جدول ۳). ژنوتیپ کرج بیشترین و طبس کمترین وزن تر اندام هوایی و نیز ژنوتیپ اصفهان بیشترین و ژنوتیپ۲-۱ کمترین وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص داد (جدول ٤). ژنوتیپ کرج در سایه ۳۰-۲۰ درصد بیشترین و قزوین در سایه ۹۰-۸۰ 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 ۹۰-۸۰ درصد کمترین وزن خشک اندام هوایی را از 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 ساقه های فرعی نعناع ژاپنی در طول دوره روشنایی بیشتر، افزایش چشمگیری داشت (Hassani Malayeri *et al.*, 1990). بر اساس گزارش White و همکاران (۱۹۸٤)، 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 بافت ها 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* معادل۶۰/۵۸ گرم و ژنوتیپ شماره ده *M. piperita* وزنی معادل ۵/۶۹ گرم داشت.

جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر سایه،

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

**جدول ٢ - 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 | ٤ | ٣٦٢٩٣/٨٨** | ٣٠٤٤/٦٦** | ١٢٣٣٤٠/٢١** | ٨٤٢٤/٥٤** |
| تکرار*سایه (خطا) | ١٠ | ٥١٣/٠٧ | ٤١/٣١ | ٧٩٩/٦٥ | ٦٣/٩٧ |
| ژنوتیپ | ٨ | ٢٥٨٥/٦٦** | ٣٢٥/٦٠** | ٨١٧٢/٦٥** | ٦٠٧/١٣** |
| ژنوتیپ* سایه | ٣٢ | ٢٣٦٥/٤٥** | ١٩٥/٧٤** | ٤٣٣٦/٣٤** | ٣٣٨/٨٥** |
| خطا | ٨٠ | ١٥١/٦١ | ١٨/٨٥ | ٢٢٤/٩٩ | ١٨/٠٢ |

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، *اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥٪،** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ١٪

**جدول٣- مقایسه میانگین اثرات سایه بر روی وزن‌تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه تحت سطوح مختلف سایه**

| سایه | وزن‌تر اندام هوایی (گرم در گلدان) | وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان) | وزن‌تر ریشه (گرم در گلدان) | وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) |
|---|---|---|---|---|
| آفتاب کامل | ٨٠/٥٦ b | ٢٦/٧١ a | ١٥٠/٩٠ b | ٤٠/٧٤ b |
| ٣٠-٢٠٪ سایه | ٩٩/٠٢٢ a | ٢٥/٤٧ a | ١٧٦/٧١ a | ٤٨/٠٣٦ a |
| ٥٠-٤٠٪ سایه | ٦٢/٤١٩ c | ١٧/١١٠ b | ١٠٧/٧٧ c | ٣٤/١١٦ c |
| ٧٠-٦٠٪ سایه | ٢٤/٩٩ d | ٧/٨٢ c | ٥٣/٢٠ d | ١٨/٧٠٢ d |
| ٩٠-٨٠ سایه | ١٢/١٨ d | ٢/٦٤٣ d | ١٣/١٢ e | ٤/١٨٨ e |

**در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**جدول٤ -مقایسه میانگین اثرات ژنوتیپ بر روی وزن‌تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن‌تر 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 | ٧٩/٦٤ a | ٢٢/٩٩ a | ١٤١/٧٩ a | ٤٠/٤٥ a |
| همدان | ٥٤/٦٩ bc | ١٧/٢٩ b | ١٠٥/٤٢ c | ٣٠/١٥ c |
| اصفهان | ٧١/٢٤ a | ٢٣/٤٢ a | ١٢٨/٧٤ b | ٣٦/٨٢ b |
| طبس | ٣٧/٨٦ e | ١١/٧٥ cd | ٧٢/١٤ g | ٢١/٣٩ f |
| قزوین | ٤٨/٧٣ cd | ١٣/٢٢ cd | ٨٧/٨١ de | ٢٥/٧٨ d |
| ١-٧ | ٥٣/٤٥ bc | ١٤/٥٧ bc | ٩٨/٦٣ cd | ٢٨/٨٧ c |
| ١-٢ | ٤٤/٣٢ de | ١١/٣٠٥ d | ٧٦/٥٢ fg | ٢٢/٦٣ ef |
| ١١-٣ | ٦١/٨١ b | ١٧/١١ b | ١٠٧/٢٦ c | ٣١/٣١ c |
| بجنورد | ٥٠/٧٤ cd | ١١/٨٩ cd | ٨٤/٨٠ ef | ٢٤/٩٧ de |

**در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

**جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح سایه و ژنوتیپ‌های نعناع 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) |
|---|---|---|---|---|---|
| سطح سایه | ژنوتیپ | | | | |
| شاهد | کرج | ۵۹/۵۰ $^{i-l}$ | ۱۳۹/۹٤ $^{ef}$ | ۲۰/۲٦ $^{d-f}$ | ۳۵/۸۵ $^{e-g}$ |
| | همدان | ۱۱٤ $^{c-e}$ | ۲۰۵/۲٦ $^{b}$ | ٤۲/۲٦ $^{a}$ | ۵۵/۱۵ $^{c}$ |
| | اصفهان | ۱۳۷/۰۷ $^{ab}$ | ۲۳۹/۸٤ $^{a}$ | ٤٦/٦۰ $^{a}$ | ٦٤/۹۲ $^{b}$ |
| | طبس | ٤۰/۳۲ $^{k-r}$ | ۱۰۱/۸۸ $^{gh}$ | ۲۰/۵۸ $^{d-f}$ | ۲۵/۳۹ $^{i-n}$ |
| | قزوین | ۵۱/۵۹ $^{J-n}$ | ۹٤/۹۰ $^{gh}$ | ۱٤/۸۲ $^{f-k}$ | ۲۷/۳٦ $^{h-k}$ |
| | ۷-۱ | ۱۱٤ $^{c-e}$ | ۱۸۸/۳٦ $^{bc}$ | ۳۱/۱۹ $^{bc}$ | ۵۱/۷۹ $^{c}$ |
| | ۲-۱ | ٤۳/۸٦ $^{k-p}$ | ۹۱/٦۷ $^{g-i}$ | ۱٤/۹۸ $^{f-k}$ | ۲٤/٤۸ $^{i-o}$ |
| | ۱۱-۳ | ۱۰٤/۷۳ $^{d-f}$ | ۱۸۹/۸۳ $^{bc}$ | ۳۳/۱۰۳ $^{b}$ | ۵۲/۲۱ $^{c}$ |
| | بجنورد | ۵۹/۹۸ $^{i-k}$ | ۱۰۹/٤۷ $^{fg}$ | ۱٦/٦۵ $^{f-h}$ | ۲۹/۵۱ $^{g-j}$ |
| ۳۰-۲۰٪ سایه | کرج | ۱۵٦/٤٦ $^{a}$ | ۲٦۳/٤۷ $^{a}$ | ٤۱/٦۷ $^{a}$ | ۷۱/٦۰ $^{a-b}$ |
| | همدان | ۸۳/٦۷ $^{f-h}$ | ۱۵۸/۸۳ $^{de}$ | ۱۹/۹۹ $^{d-f}$ | ٤۲/۰٤ $^{de}$ |
| | اصفهان | ۱۳۵/۱۸ $^{a-c}$ | ۲۳۹/۱٤ $^{a}$ | ٤۳/۵٦ $^{a}$ | ٦٤/۷۲ $^{b}$ |
| | طبس | ٤۸/٦٤ $^{j-o}$ | ۱۰۲/۹۰ $^{gh}$ | ۱۳/۵۱ $^{f-l}$ | ۲۷/٦۵ $^{h-k}$ |
| | قزوین | ۹۷/۹۲ $^{d-g}$ | ۱۷۸/۱۵ $^{bd}$ | ۲۷/۳۹ $^{b-d}$ | ٤۸/۹۱ $^{cd}$ |
| | ۷-۱ | ۵٤/۳۰ $^{i-m}$ | ۱۳۹/۷۷ $^{e}$ | ۱٦/٤۷ $^{f-i}$ | ۳۸/۰۷ $^{ef}$ |
| | ۲-۱ | ۹۲/٦۰ $^{e-g}$ | ۱۵٤/٦۰ $^{de}$ | ۲۰/۸۳ $^{d-f}$ | ٤۲/۲٦ $^{de}$ |
| | ۱۱-۳ | ۱۱۵/٤۵ $^{bd}$ | ۱۰۸/۷٦ $^{b-d}$ | ۲٤/۹۷ $^{ce}$ | ٤۹/٦۵ $^{cd}$ |
| | بجنورد | ۱۰٦/۹۸ $^{de}$ | ۱۷۲/۸۱ $^{cd}$ | ۲۰/۸۲ $^{d-f}$ | ٤۷/٤۰ $^{cd}$ |
| ۵۰-٤۰٪ سایه | کرج | ۱۵۳/۹۵ $^{a}$ | ۲٤۵/۵۳ $^{a}$ | ٤۳/۹۱ $^{a}$ | ۷۳/۰۳ $^{a}$ |
| | همدان | ٤۸/۲۲ $^{j-o}$ | ۹۳/۷٤ $^{gh}$ | ۱۵/۵۲ $^{f-j}$ | ۳۰/۱۵ $^{g-i}$ |
| | اصفهان | ٤٤/۷٦ $^{k-p}$ | ۹٦/۹٦ $^{gh}$ | ۱۷/۸٦ $^{e-g}$ | ۳۱/۰٦ $^{f-i}$ |
| | طبس | ۷٦/۲۳ $^{g-i}$ | ۱۱۱/۷٦ $^{fg}$ | ۱۵/۳۷ $^{f-j}$ | ۳۵/۲٤ $^{e-h}$ |
| | قزوین | ٦۸/۳۷ $^{h-j}$ | ۱۱۱/۷٤ $^{fg}$ | ۱٦/۳٦ $^{f-i}$ | ۳۵/۲۳ $^{e-h}$ |
| | ۷-۱ | ۳۸/٤۹ $^{k-r}$ | ۷۵/۹٤ $^{h-l}$ | ۱۰/۷۹ $^{g-m}$ | ۲۵/۱۲ $^{i-o}$ |
| | ۲-۱ | ٤۸/۰۹ $^{j-o}$ | ۷٦/۹۹ $^{h-k}$ | ۱۱/۰۷ $^{g-m}$ | ۲۵/٤۲ $^{i-n}$ |
| | ۱۱-۳ | ٤۱/۲۸ $^{k-q}$ | ۷٦/٦۲ $^{h-l}$ | ۱۰/۸٤ $^{g-m}$ | ۲۵/۳۱ $^{i-o}$ |
| | بجنورد | ٤۲/۳۹ $^{k-p}$ | ۸۰/٦٤ $^{h-j}$ | ۱۲/۲۵ $^{g-m}$ | ۲٦/٤۵ $^{i-m}$ |
| ۷۰-٦۰٪ سایه | کرج | ۱۸/۸۲ $^{r-w}$ | ۵۲/۲۷ $^{k-o}$ | ٦/۷۸ $^{l-p}$ | ۱۸/٤۳ $^{n-p}$ |
| | همدان | ۲۳/٤۰ $^{p-w}$ | ٦٤/۸۵ $^{i-m}$ | ۷/۷۸ $^{k-p}$ | ۲۱/۹۹ $^{j-p}$ |
| | اصفهان | ۲٦/٤۸ $^{p-v}$ | ۵٤/۲۱ $^{j-o}$ | ٦/۲۳ $^{l-p}$ | ۱۸/۹۸ $^{m-p}$ |
| | طبس | ۱۵/۵۱ $^{s-w}$ | ٤۲/۷۱ $^{m-o}$ | ۷/۵۳ $^{k-p}$ | ۱۵/۷۳ $^{p-r}$ |

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

**ادامه جدول ۵-**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | قزوین | ۲۲/۷۲ $^{p-w}$ | ۴۴/۵۸ $^{m-o}$ | ۶/۵۲ $^{l-p}$ | ۱۶/۲۶ $^{pq}$ |
| | ۷-۱ | ۳۷/۱۶ $^{l-s}$ | ۶۲/۴۱ $^{j-m}$ | ۹/۰۸ $^{i-o}$ | ۲۱/۳۰ $^{k-p}$ |
| | ۲-۱ | ۲۹/۲۶ $^{n-u}$ | ۵۱/۹۶ $^{k-o}$ | ۸/۰۲ $^{j-p}$ | ۱۸/۳۴ $^{n-p}$ |
| | ۳-۱۱ | ۱۹/۶۴ $^{r-w}$ | ۵۶/۷۴ $^{j-n}$ | ۱۰/۲۶ $^{h-n}$ | ۱۹/۶۹ $^{l-p}$ |
| | بجنورد | ۳۱/۹۳ $^{m-t}$ | ۴۹/۱۳ $^{l-o}$ | ۸/۱۹ $^{j-p}$ | ۱۷/۵۵ $^{o-p}$ |
| ٪۸۰-۹۰ سایه | کرج | ۹/۵۲ $^{u-w}$ | ۱۰/۵۴ $^{pq}$ | ۲/۳۴ $^{op}$ | ۳/۳۵ $^{s-t}$ |
| | همدان | ۴/۲۰ $^{vw}$ | ۴/۴۶ $^{q}$ | ۰/۹۱ $^{p}$ | ۱/۴۴ $^{t}$ |
| | اصفهان | ۱۲/۷۲ $^{t-w}$ | ۱۳/۵۹ $^{pq}$ | ۲/۸۵ $^{n-p}$ | ۴/۴۰ $^{st}$ |
| | طبس | ۸/۶۳ $^{u-w}$ | ۸/۴۳ $^{pq}$ | ۱/۷۹ $^{op}$ | ۲/۹۴ $^{st}$ |
| | قزوین | ۳/۰۵ $^{w}$ | ۲/۷۲ $^{q}$ | ۱ $^{p}$ | ۱/۱۴ $^{t}$ |
| | ۷-۱ | ۲۳/۳۳ $^{p-w}$ | ۲۶/۶۸ $^{o-q}$ | ۵/۳۴ $^{m-p}$ | ۸/۰۹ $^{r-t}$ |
| | ۲-۱ | ۸/۶۳ $^{u-w}$ | ۷/۴۲ $^{pq}$ | ۱/۶۱ $^{op}$ | ۲/۶۲ $^{st}$ |
| | ۳-۱۱ | ۲۷/۹۶ $^{p-u}$ | ۳۲/۳۶ $^{n-p}$ | ۶/۳۸ $^{l-p}$ | ۹/۷ $^{q-s}$ |
| | بجنورد | ۱۲/۴۳ $^{t-w}$ | ۱۱/۹۷ $^{pq}$ | ۱/۵۳ $^{op}$ | ۳/۹۴ $^{st}$ |

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

ژنوتیپ و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی¬دار است. تیمار ۳۰-۲۰ 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 ۹۰-۸۰ درصد، وزن تر ریشه را ۹۱٪ کاهش داد. وزن خشک ریشه نیز در سایه ۳۰-۲۰ درصد نسبت به آفتاب کامل، ۱۷٪ افزایش یافت. با ادامه افزایش سطح سایه، وزن خشک ریشه نسبت به آفتاب کامل کاهش می‌یابد. در سایه ۹۰-۸۰ 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 طبس 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 ۹۰-۸۰ درصد کمترین وزن تر ریشه را تولید نموده است. ژنوتیپ کرج درسایه۵۰-۴۰ درصد بیشترین وزن خشک ریشه و ژنوتیپ قزوین در سایه ۹۰-۸۰ 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 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 معنی¬دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که غلظت کاروتنوئید در سایه ۳۰-۲۰ درصد نسبت به شاهد، ۴۴/۷٪ افزایش یافت ولی با ادامه افزایش سطوح سایه غلظت کاروتنوئید کاهش و در سایه ۹۰-۸۰ 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 ۳۰-۲۰ درصد سایه

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

**جدول ٦ -تجزیه واریانس میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و اسانس تحت سطوح مختلف سایه ژنوتیپ‌های نعناع**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | کلروفیلa | کلروفیلb | کاروتنوئید | درصد اسانس | عملکرد اسانس |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سایه | ٤ | ٥/٠٩٩$^{**}$ | ١٢/٠٩$^{**}$ | ٥/٠٨$^{**}$ | ٣/١٠٤$^{**}$ | ٥٩٧٦/٤٠$^{**}$ |
| تکرار*سایه (خطا) | ١٠ | ٠/١٢٤ | ١/٢١ | ٠/٤٥ | ٠/٠٤٩ | ١٠٣/٥٠ |
| ژنوتیپ | ٨ | ٠/٦٢٢$^{**}$ | ٩/٩٨$^{**}$ | ١٨/٤١$^{**}$ | ٠/٧٦$^{**}$ | ٨٣٠/٢٤$^{**}$ |
| ژنوتیپ* سایه | ٣٢ | ٠/٣٣$^{ns}$ | ٤/١٤$^{**}$ | ٢/١٢٣$^{**}$ | ٠/١٨٣$^{*}$ | ٤٤١/٢٦$^{*}$ |
| خطا | ٨٠ | ٠/٢١٧ | ١/٥٨ | ٠/٩١٩ | ٠/١٠٨ | ٩٩/٧٦ |

$^{ns}$ عدم وجود اختلاف معنی¬دار، * اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ٥٪،** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ١٪

**جدول ٧ – مقایسه میانگین اثرات سایه بر روی کلروفیلa، کلروفیلb، کاروتنوئید و میزان اسانس اندام هوایی تحت سطوح مختلف سایه**

| سایه | کلروفیلa (میلی گرم بر گرم وزن تر) | کلروفیلb (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 | ١/٠٩ $^{c}$ | ٣/٣٢ $^{a}$ | ١/٧٠ $^{b}$ | ١/٠٧$^{c}$ | ٢٧/٥٥ $^{b}$ |
| ٣٠–٢٠٪ سایه | ١/٧٨ $^{a}$ | ٣/٠٣ $^{ab}$ | ٢/٤٦ $^{a}$ | ١/٤٤$^{a}$ | ٣٨/٣٧ $^{a}$ |
| ٥٠–٤٠٪ سایه | ١/٤٠ $^{b}$ | ٢/٥٨ $^{b}$ | ١/٩٢ $^{b}$ | ١/٢٢$^{b}$ | ٢٠/٠٥ $^{c}$ |
| ٧٠–٦٠٪ سایه | ٠/٩٨ $^{c}$ | ٢/٤٨ $^{b}$ | ٢$^{b}$ | ٠/٨٨$^{d}$ | ٧/٠٩ $^{d}$ |
| ٩٠–٨٠ سایه | ٠/٦٣ $^{d}$ | ١/٥٧ $^{c}$ | ١/٢٧ $^{c}$ | ٠/٥٥$^{e}$ | ١/٨٤ $^{d}$ |

**در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**جدول٨ - مقایسه میانگین میزان کلروفیلa، کلروفیلb، کاروتنوئید و میزان اسانس اندام هوایی در ژنوتیپ‌های مختلف نعناع**

| ژنوتیپ | کلروفیلa (میلی گرم بر گرم وزن تر) | b کلروفیل (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 | ٠/٩٦ $^{bc}$ | ٢/٩٠ $^{abc}$ | ٢/٤٧ $^{b}$ | ٠/٩٢ $^{cd}$ | ٢٨/٤٣$^{a}$ |
| همدان | ١/٠١٢$^{bc}$ | ٢/٠٨ $^{cd}$ | ١/٧٣ $^{cd}$ | ٠/٦٧ $^{e}$ | ١٠/٨٦ $^{c}$ |
| اصفهان | ١/٢٣ $^{abc}$ | ٣/٢٨ $^{ab}$ | ٢/٠٨ $^{bc}$ | ١/١٣ $^{bc}$ | ٣٣/٦٧ $^{a}$ |
| طبس | ١/٤٧ $^{a}$ | ٣/٢٢ $^{ab}$ | ١/٥٠ $^{cd}$ | ١/٢٦ $^{ab}$ | ١٨/٤٤ $^{b}$ |
| قزوین | ١/٠٨ $^{bc}$ | ٣/١٩ $^{ab}$ | ٤.٤٥ $^{a}$ | ٠/٩٧ $^{cd}$ | ١٦/٢٦ $^{bc}$ |
| ١–٧ | ١/٢٩ $^{ab}$ | ٢/٤٨ $^{bc}$ | ٠/٨٠٥ $^{e}$ | ١/٠١٥ $^{cd}$ | ١٥/٥٣ $^{bc}$ |
| ٢–١ | ١/٤٧ $^{a}$ | ١/٥٤ $^{d}$ | ١/٦٧ $^{cd}$ | ١/٤٣ $^{a}$ | ١٧/٣٠ $^{bc}$ |
| ٣–١١ | ١/١٤ $^{abc}$ | ٣/٤٣ $^{a}$ | ١/٣٣ $^{de}$ | ١/٠٥ $^{bcd}$ | ١٨/٣٤ $^{b}$ |
| بجنورد | ٠/٩٣ $^{c}$ | ١/٢١ $^{d}$ | ٠/٨٠٣ $^{e}$ | ٠/٨٤ $^{de}$ | ١١/٩٨ $^{bc}$ |

**در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥ درصد اختلاف معنی¬دار ندارند.**

بالاترین و ژنوتیپ ٣–١١ در سایه ٩٠–٨٠ درصد کمترین مقدار کاروتنوئید را داشت (جدول ٩).

کاروتنوئید ها علاوه بر اینکه به عنوان پیگمان های دریافت کننده نور عمل می‌نمایند، در شرایط تنش نیز از کلروپلاست محافظت می‌کنند (راهداری، ١٣٩٠). سیستم فتوسنتزی به دو طریق توسط کاروتنوئید ها محافظت می‌شود: ١)β کاروتن

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

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

| عامل آزمایش | | 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) |
|---|---|---|---|---|---|
| سطح سایه | ژنوتیپ | | | | |
| شاهد | کرج | ۳/۶۳ b-g | ۲/۶۱ e-i | ۰/۹۰۸ h-m | ۱۸/۵۱ d-k |
| | همدان | ۳/۳۰ c-i | ۱/۶۴ h-q | ۰/۴۶ m-q | ۱۳/۲ g-n |
| | اصفهان | ۶/۸۹ a | ۲/۱۲ f-m | ۱/۲۹ b-h | ۶۰/۴ b |
| | طبس | ۵/۵۹ ab | ۲/۲۱ f-l | ۱/۵۹ a-e | ۲۴/۵ d-i |
| | قزوین | ۴/۹۵ a-c | ۴/۲۳ a-d | ۱/۱۲ e-j | ۱۷/۲۵ f-m |
| | ۷-۱ | ۴/۹۶ a-c | ۱/۲۲ i-q | ۰/۹۷ g-m | ۳۱/۸۳ c-f |
| | ۲-۱ | ۲/۴۲ e-m | ۱/۸۴ g-p | ۱/۴۸ a-g | ۲۲/۱۶ d-j |
| | ۳-۱۱ | ۴/۵ b-d | ۱/۶۰ h-q | ۰/۹۷ g-l | ۳۱/۶۸ cf |
| ۳۰-۲۰٪سایه | بجنورد | ۱/۹۱ f-n | ۰/۴۲ n-q | ۰/۸۴ h-o | ۱۴/۲۴ g-n |
| | کرج | ۳/۱۶ c-j | ۳/۶۲ c-f | ۱/۷۹ ab | ۷۴/۴۳ ab |
| | همدان | ۳/۱۱ c-j | ۲/۵۸ e-j | ۱/۰۷ f-k | ۱۷/۴۵ e-l |
| | اصفهان | ۳/۳۸ c-h | ۴/۰۷ b-e | ۱/۸۱ a | ۸۰/۱۶ a |
| | طبس | ۳/۳۸ c-h | ۳/۲۸ c-g | ۱/۸۲ a | ۴۳/۳۶ cd |
| | قزوین | ۳/۹۱ b-f | ۵/۷۱ a | ۱/۵۷ a-f | ۴۲.۵۸ c |
| | ۷-۱ | ۲/۴۹ e-m | ۱/۴۴ i-q | ۱/۲۱ d-i | ۱۹/۱۸ d-k |
| | ۲-۱ | ۱/۳۱ i-n | ۱/۹۲ g-o | ۱/۶۴ a-d | ۳۳/۶ c-e |
| | ۳-۱۱ | ۴/۳۸ b-e | ۱/۷۰ h-q | ۱/۲۸ b-h | ۳۱/۹۷ c-f |
| | بجنورد | ۱/۷۵ g-n | ۱/۲۰ i-q | ۱/۲۷ c-i | ۲۵/۵ d-h |
| | کرج | ۲/۸۲ e-l | ۳/۰۶ c-h | ۰/۹۳ h-m | ۴۲/۵۲ c |
| | همدان | ۲/۰۱ f-n | ۲/۲۱ f-l | ۰/۶۷ j-p | ۱۶/۴۹ f-n |
| | اصفهان | ۳/۱۴ c-j | ۲/۴۶ f-j | ۱/۱۲ e-j | ۲۰/۳۱ d-k |
| | طبس | ۳/۱۵ c-j | ۳/۲۸ c-g | ۱/۷۶ a-c | ۲۷/۱ c-g |
| | قزوین | ۳/۲۴ c-j | ۵/۲۰ a | ۰/۹۲ h-m | ۱۵/۱۷ g-n |
| ۵۰-۴۰٪ سایه | ۷-۱ | ۱/۹۰ f-n | ۰/۶۲ m-q | ۱/۱۴ d-j | ۱۳/۸۹ g-n |
| | ۲-۱ | ۲/۲۴ f-n | ۱/۵۷ h-q | ۱/۶۲ a-e | ۱۸/۶۵ d-k |
| | ۳-۱۱ | ۳/۰۶ c-k | ۱/۵۹ h-q | ۱/۲۷ c-h | ۱۳/۵۴ g-n |
| | بجنورد | ۰/۸۷ l-n | ۱/۰۸ j-q | ۱/۰۲۴ g-l | ۱۲/۷۶ g-n |
| | کرج | ۲/۵۷ e-m | ۱/۹۳ g-n | ۰/۸۷ h-o | ۶/۴۲ j-n |
| | همدان | ۱/۶۳ g-n | ۱/۸۶ g-o | ۰/۷۷ h-o | ۶/۰۹ j-n |
| ۷۰-۶۰٪ سایه | اصفهان | ۱/۵۳ i-n | ۱/۰۵ k-q | ۰/۸۹ h-n | ۵/۸۱ j-n |
| | طبس | ۲/۴۹ e-m | ۱/۲۲ i-q | ۰/۸۷ h-o | ۵/۰۲ k-n |
| | قزوین | ۳/۰۶ c-k | ۴/۶۲ a-c | ۰/۵۰۴ k-q | ۵/۷۲ k-n |

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

ادامه جدول ٩-

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ٧-١ | ١/٨٣ $^{g-n}$ | ٠/٤٢ $^{o-q}$ | ٠/٩٨ $^{g-l}$ | ٨/٥٦ $^{i-n}$ |
| | ١-٢ | ١/٠٨ $^{k-n}$ | ١/٥٤ $^{i-q}$ | ١/٢٦ $^{c-i}$ | ١٠/١٣ $^{h-n}$ |
| | ١١-٣ | ٢/٩٢ $^{e-k}$ | ١/٥٧ $^{h-q}$ | ٠/٨٨ $^{h-o}$ | ٩/٢٢ $^{i-n}$ |
| | بجنورد | ٠/٨٤ $^{l-n}$ | ١/٠١ $^{k-q}$ | ٠/٨٤ $^{h-o}$ | ٦/٨٧ $^{j-n}$ |
| | کرج | ٢/٣٢ $^{f-n}$ | ١/١١ $^{i-q}$ | ٠/٠٨٣ $^{q}$ | ٠/٢٦ $^{n}$ |
| | همدان | ٠/٣٦ $^{n}$ | ٠/٣٤ $^{pq}$ | ٠/٣٩ $^{n-q}$ | ١/٠٧ $^{mn}$ |
| | اصفهان | ١/٤٨ $^{i-n}$ | ٠/٦٨ $^{m-q}$ | ٠/٥٦ $^{k-q}$ | ١/٦١ $^{l-n}$ |
| | طبس | ١/٥١ $^{i-n}$ | ٠/٨٢ $^{l-q}$ | ٠/٥٤ $^{l-q}$ | ١/١٥ $^{mn}$ |
| | قزوین | ٠/٨١ $^{l-n}$ | ٢/٤٨ $^{fj}$ | ٠/٣٧ $^{o-q}$ | ٠/٥٩ $^{n}$ |
| ٪٨٠-٩٠ | ٧-١ | ١/٢٤ $^{j-n}$ | ٠/٣٠ $^{q}$ | ٠/٧٥ $^{i-o}$ | ٤/٢٢ $^{k-n}$ |
| سایه | ٢-١ | ٠/٦٨ $^{mn}$ | ١/٤٦ $^{i-q}$ | ١/١٥ $^{d-j}$ | ١/٩٢ $^{l-n}$ |
| | ٣-١١ | ٢/٢٩ $^{f-n}$ | ٠/٢٢ $^{q}$ | ٠/٨٣ $^{h-o}$ | ٥/٣٠ $^{k-n}$ |
| | بجنورد | ٠/٦٦ $^{mn}$ | ٠/٢٧ $^{q}$ | ٠/٢٣٧ $^{p-q}$ | ٠/٤٧ $^{n}$ |

**در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ٥درصد اختلاف معنی¬دار ندارند.**

به طور مستقیم هم کلروفیل سه تایی ($chl^3$)و هم فرم فعال اکسیژن یا اکسیژن یکتایی($1o^2$) را خاموش می‌کند. ٢) سیکل‌گزانتوفیل، تبدیل قابل برگشت ویولوگزانتین و آنتراگزانتین به زاگزانتین را انجام می‌دهند و باعث خاموشی کلروفیل یکتایی ($chl^1$) می‌گردد (راهداری، ١٣٩٠؛ 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 کاروتنوئید ها همراه است که علت آن دریافت کوانتای مضر با پتانسیل بالا از کلروفیل یک تایی در شرایط تنش نور اضافی می‌باشد بنابراین در شرایط ٢٥ 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 (١٩٦٢) نشان دادند که نور قرمز سنتز کاروتنوئید ها را تحریک کرده و رشد هم در این شرایط افزایش می‌یابد. نور قرمز بیوسنتز کاروتنوئید در گوجه رسیده را تحریک و نور مادون قرمز آن را مهار می‌کند (Fahlen *et al.*, 1999). در آزمایشی دیگر نشان داده شد که نور قرمز سنتز بتا کاروتن را در تربچه 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 درسطح احتمال ١ درصد تفاوت معنی¬دار وجود دارد ولی اثر متقابل آنها معنی¬دار نشد (جدول ٦). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سایه ٣٠-٢٠ درصد مقدار محتوای کلروفیل a نسبت به شاهد، ٦٣٪ افزایش پیدا کرد. با ادامه افزایش سطوح سایه این مقدار کاهش یافت ودر سایه ٩٠-٨٠ درصدمحتوای کلروفیلa نسبت به شاهد ٤٢ ٪ کاهش داشت (جدول ٧). مقایسه میانگین داده های حاصل از ژنوتیپ‌های مختلف نشان دهنده این است که

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

بالاترین میزان محتوای کلروفیلa 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 معنی¬دار گردید (جدول ٦). مقایسه میانگین داده ها نشان می‌دهد، که با افزایش سایه میزان کلروفیلb کاهش می‌یابد به طوری که سایه ۹۰-۸۰ درصد، ۵۲/۷٪ میزان کلروفیلb 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 داده ها نشان دهنده این است که بیشترین میزان محتوای کلروفیل bاز ژنوتیپ اصفهان در آفتاب کامل و کمترین مقدار آن از ژنوتیپ همدان در سایه ۹۰-۸۰ درصد بدست آمد (جدول۹).

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 رنگیزه های کمتری دارد (Wittmann *et al*., 2001). وقتی شدت نور خیلی زیاد باشد، علی رغم جذب انرژی زیاد، کلروفیل واقع در مرکز واکنش کلروپلاست غیر فعال می‌شود (Bertaminia *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 داده اند 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، کلروپلاست ها 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 در سطح احتمال ۵ درصد برای درصد محتوای اسانس معنی¬دار شد (جدول٦). با افزایش سطح سایه تا حدی درصد محتوای اسانس تولیدی افزایش پیدا می‌کند. در سایه۳۰-۲۰ درصد، درصد محتوای اسانس به ۳٤/۵٪ افزایش رسید ولی در سطوح سایه بالاتر درصد محتوای اسانس تولیدی کاهش می‌یابد به طوری که در سایه ۹۰-۸۰ درصد با ٤۸/۵٪ کاهش روبرو می‌شود (جدول۷). مقایسه میانگین داده ها حاکی از این است که در بین ژنوتیپ های نعناع، ژنوتیپ ۱-۲ بالاترین و ژنوتیپ همدان کمترین درصد محتوای اسانس را داشتند (جدول۸). مقایسه میانگین داده های 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 (جدول۹).

طبق جدول تجزیه واریانس برای عملکرد اسانس، تأثیر سایه و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی¬دار شده و اثر متقابل ژنوتیپ در سایه در سطح احتمال ۵ درصد معنی¬دار شد (جدول٦). بیشترین عملکرد اسانس در سطح سایه ۳۰-۲۰ درصد مشاهده شد و پس از آن عملکرد اسانس در شاهد بیشترین مقدار بود (جدول۷). افزایش عملکرد اسانس در سایه ۳۰-۲۰ درصدحدود 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 (جدول۸). 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 (جدول۹).

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) نیزگزارش کردند که میزان اسانس گیاهان تحت شرایط نور اضافی بیشتر از گیاهان تحت شرایط

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

نور معمولی است و بیوسنتز اسانس بستگی زیادی به رژیم های نوری دارد. تولید اسانس در مریم گلی و آویشن رشد داده شده در ١٥٪، ٢٧٪، ٤٥٪ و ١٠٠٪ از نور کامل نشان داد غلظت کل اسانس مریم گلی در ٤٥٪ 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 ١ 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.spicata* و *M. longifolia* غلظت منتول بیشتری در فتوپریود (دوره نوری) طولانی‌تر نسبت به دوره نوری کوتاه تر تولید کردند (Fahlen *et al.*, 1999). درصد محتوای اسانس در گونه‌های نعناع با ویژگی‌هایی همچون، طول برگ، قطر ساقه و طول ساقه رابطه مستقیم دارد. در بررسی دیگری Mirzaie-Nodoushan و همکاران (٢٠٠١) نیز نشان دادند که درصد محتوای اسانس برگ در *M. longifolia* بیشتر از *M. piperita* و *M. spicata* است. بین گونه‌های مختلف نعناع 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.

## منابع:


امید بیگی، ر. (١٣٧٩) رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، ویرایش دوم، انتشارات طراحان نشرتهران.

حیدری، ف.، زهتاب سلماسی، س. ، جوانشیر، ع. ، آلیاری، ه. و دادپور، م. ر. (١٣٨٧) تأثیر نحوه مصرف ریز مغذی‌ها و تراکم بوته بر عملکرد و اسانس نعناع فلفلی *Mentha piperita* L.، مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ٢٤: ٩-١.

خوشخوی، م.، شیبانی، ب.، روحانی، ا. و تفضلی، ع. ا. (١٣٨٥) اصول باغبانی، انتشارات دانشگاه شیراز.

راهداری، پ. (١٣٩٠). میزان رنگدانه های فتوسنتزی، فعالیت فتوسنتزی و فلروئورسانس کلروفیل در گیاه *Triticam aestivuml* تحت تنش نور بالا و کمبود آب، مجله اکوسیستم‌های طبیعی ایران ٣: ٥٤-٤٧.

زرگری، ع. (١٣٧٢) گیاهان دارویی، جلد چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.

زرگری، ع. (١٣٨٣) گیاهان دارویی، جلد پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.

صمصام شریعت، س. ه. (١٣٨٢) پرورش و تکثیر گیاهان دارویی، انتشارات مانی اصفهان.

عباس زاده، ب.، رضایی، م. ب. و لایق حقیقی م. (١٣٩٠) بررسی ویژگی های مورفولوژیک و ترکیبات اسانس٢ اکوتیپ پونه سوسنمبر *Mentha aquatica* L.، مجله گیاهان دارویی، ٨: ٢٤٨-٢٥٧.

قلی زاده، ژ.، برنارد ف. (١٣٩٠) تأثیر شرایط نوری و فاکتور pH در بهینه سازی کشت ریشه های گیاه گلرنگ، مجله علوم دانشگاه تربیت معلم، ٩: ٥٤٦-٥٢٥.

کافی، م.، لاهوتی، م.، زند، ا.، شریفی، ح. و گلدانی، م. (١٣٧٧) فیزیولوژی گیاهی (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

نیکان، م.، خاوری نژاد، ر. و رضایی، م. ب. (١٣٨٣) اثر نسبت های مختلف سه کود N,P,K بر وزن تر، وزن خشک، سطح برگ و میزان اسانس گیاه نعناع فلفلی *Mentha piperita* L.، مجله گیاهان دارویی و معطر ایران، ٢٠: ١٤٨-١٣١.

ولی، ا. (١٣٨٨) بررسی تنوع خصوصیات مورفولوژیکی، دانه و بیولوژی تولید مثلی در گونه‌های مختلف گیاه نعناع، 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


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]

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 incroatia. 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 growh of *Bougainville glabra*. Plant Science 1682-3974.

Todd, A., Peterson, T. M., Blackmer, D. D., Francis, J.and Schepers, K. (2005) Usng a chlorophyll meter to improve N management. Soil Science 93-171.

White, J. and Warrington,I. (1984) Effect of splintnight temprature, 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 aspon *Populus tremula* trees grown under different light regime. Basic And Applied Ecology 2: 145-154.

Bertaminia, M., Muthuchelianb, K., Rubinigga, M., Zorea, R., Velascoa, R. and Nedunchezhiana, 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 flurescence and chlorophyll content of tetrastigma hemsleyanum Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany 65: 177-182.

Dana, E. and Guiamet M. J., (2004) Distortion of the SPAD 502 chlorophill 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

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.13.2.4 ]