



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۹

صفحه‌های ۱۱۷-۱۰۳

تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و مقدار اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی

احمد گلچین^۱، فائزه فرهمند مفرد^۲، نادر خادم مقدم ایگدهلو^{۳*}

۱. استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
 ۲. دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر، زنجان، ایران.
 ۳. دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۰۷

چکیده

نعناع فلفلی یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی و معطر دنیاست که مقدار اسانس آن از نقطه‌ای به نقطه دیگر در اثر کوددهی، سایه‌اندازی، آبیاری و دوره نوردگی تغییر می‌کند. به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سایه‌اندازی و نیتروژن بر رشد و عملکرد اسانس این گیاه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. فاکتور سایه‌اندازی در چهار سطح (S_0 : بدون سایه‌اندازی، S_{25} : ۲۵ درصد، S_{50} : ۵۰ درصد و S_{75} : ۷۵ درصد سایه‌اندازی) و فاکتور نیتروژن نیز در چهار سطح (N_1 : بدون نیتروژن، N_2 : ۶۰، N_3 : ۱۲۰ و N_4 : ۱۸۰ mg/kg نیتروژن) فاکتورهای آزمایش را تشکیل می‌دادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته (۹۳۶)، سطح برگ (mm^2) (۱۶۸۸)، شاخص کلروفیل (۵۱/۳۲)، میزان اسانس (۲/۴۵۵ درصد وزنی-وزنی) و عملکرد اسانس (۰/۳۷ g/box) در تیمار $S_{25}N_3$ دیده شدند. بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار $S_{50}N_4$ به دست آمد که تیمار $S_{25}N_3$ با اختلاف ۸/۳۶ درصد در رتبه دوم قرار گرفت. بیش‌ترین وزن خشک برگ در تیمار $S_{25}N_3$ به میزان ۱۱/۵۵ g/box مشاهده گردید. تیمارهای اعمال شده بر ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی تأثیر معنی‌دار نداشتند. لذا جهت نیل به حداکثر درصد و عملکرد اسانس و هم‌چنین تعداد برگ در بوته و سطح برگ به منظور بازاریابی جهت مصارف خوراکی نعناع فلفلی، استفاده از ۲۵ درصد سایه‌اندازی به همراه کاربرد ۱۲۰ mg/kg نیتروژن توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اوره، سطح برگ، کلروفیل، نور، وزن خشک.

Effect of Shadow and Different Levels of Nitrogen on Growth and Essential Oil Content of Peppermint

Ahmad Golchin¹, Faezeh Farahmand Mofard², and Nader Khadem Moghadam Igdelou^{3*}

1. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanzan University, Zanzan, Iran.
2. Former M.Sc. Student, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Abhar Azad University, Zanzan, Iran.
3. Ph.D. Candidate, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Zanzan University, Zanzan, Iran.

Received: April 28, 2019

Accepted: July 29, 2019

Abstract

Peppermint is an important medicinal and aromatic plant, whose content varies from one region to another, not to mention as a function of fertilization, shadow, irrigation, and photoperiod. In order to study the effect of different levels of shadow and nitrogen on growth and oil performance of this plant, a factorial experiment has been conducted using a completely randomized design with three replications in the Faculty of Agriculture, University of Zanzan during the 2014-2015 cropping season. The experimental factors are shadow factor in four levels (S_0 : without shadow, S_{25} : 25%, S_{50} : 50%, and S_{75} : 75% shadow) and nitrogen factor as Urea in four levels (N_1 : without nitrogen, N_2 : 60, N_3 : 120, and N_4 : 180 mg N/kg). Results show that the highest number of leaves per plant (936), leaf surface area ($1688mm^2$), chlorophyll index (51.32), essential oil content (2.455%), and essential oil yield (0.37 g/box) have been obtained from the $S_{25}N_3$ treatment. The highest shoot dry weight belongs to $S_{50}N_4$ and $S_{25}N_3$ treatment with an 8.36% gap to the second place. The highest leaf dry weight has been observed in $S_{25}N_3$ (11.55 g/box). Treatments applied to plant height and the numbers of branches have not been significantly affected; therefore, to obtain the highest concentration and performance of essential oil in peppermint, as well as to increase the number of leaves per plant and leaf surface area for marketable and edible consumption, the use of 25% shadow and the application of 120 mg/kg nitrogen are recommended.

Keywords: Chlorophyll, dry weight, leaf area, light, urea.

۱. مقدمه

دیده می‌شود (Franklin, 2008). به‌طور کلی در کاشت گیاهان دارویی ضرورت استفاده از تکنیک‌های زراعی و عوامل محیطی به‌منظور افزایش میزان مواد مؤثره امری بدیهی است. عوامل زراعی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند که از این عوامل می‌توان به تغذیه گیاهان اشاره کرد.

نیترژن یکی از مهم‌ترین عناصری است که در تمام دوره‌های رشد گیاه ضروری بوده و در بسیاری از فرایندهای متابولیسم گیاهان نقش اساسی دارد (Bhardwaj & Kaushal, 1989). اثر قابل توجه نیترژن در افزایش محصول از یک طرف و کاهش میزان آن در خاک از طرف دیگر سبب شده است که پژوهش‌گران به‌طور فزاینده‌ای به مطالعه اثرات کودهای نیترژنی روی آورده و از آن‌ها جهت افزایش تولید استفاده نمایند. از سوی دیگر نیترژن به‌عنوان محرک رشد رویشی (از جمله افزایش تعداد و سطح برگ) مدت‌هاست که توسط پژوهش‌گران مطرح شده است (Izadi et al., 2011). درخصوص مناسب‌ترین مقدار مصرف کود نیترژنه جهت افزایش عملکرد و اسانس در نعناع فلفلی گزارش‌های متعدد از مناطقی با اکوسیستم‌های متفاوت ارائه شده است. به‌عنوان مثال Zeinali et al. (2014) طی تحقیقی در منطقه کاشان گزارش کردند که مصرف ۲۰۰ kg/ha نیترژن در زمان شروع غنچه‌دهی موجب بیش‌ترین عملکرد اندام هوایی و ۳۰۰ kg/ha نیترژن در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی موجب تولید بالاترین میزان منتول شد. Poshtdar et al. (2016) طی پژوهشی روی گیاه نعناع فلفلی در منطقه خوزستان عنوان کردند که کاربرد ۲۸۰ kg/ha نیترژن از منبع کود اوره آمونیوم نترات در سال اول موجب حداکثر عملکرد نسبی اسانس شد. Izhar et al. (2015) عنوان کردند که با کاربرد ۲۵۵ kg/ha نیترژن و ۶۰ kg/ha فسفر و پتاسیم بیش‌ترین ارتفاع گیاه نعناع

امروزه اهمیت گیاهان دارویی بر همگان آشکار شده و داروهای با منشأ طبیعی افق‌های جدیدی را برای جامعه پزشکیان، داروسازان و محققین گشوده است. نعناع فلفلی^۱ متعلق به خانواده نعناعیان، گونه‌ای هیبرید بوده و از تلاقی بین گونه‌های *Mentha aquatica* و *Mentha spicata* به‌دست آمده است (Machiani et al., 2018). نعناع فلفلی از جمله گیاهان دارویی و معطری است که اسانس آن مصارف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی فراوانی دارد. این گیاه قابض، آنتی‌سپتیک، تب‌بر، ضداسپاسم، ضداستفراغ، ضدنفخ، معرق، اشتهاآور خفیف، ضد درد، ضداسهال، ضد میکروب و محرک و مدر است (Yazdani et al., 2002). از دیگر مصارف دارویی نعناع فلفلی می‌توان به تسکین دردهای سندروم روده تحریک‌پذیر، اثر بر تنفس و درمان سیاه سرفه اشاره نمود (Court et al., 1993). اثرات ترمبربخش نعناع فلفلی به اسانس آن نسبت داده شده است، بنابراین هر عاملی که بر کمیت و کیفیت اسانس اثرگذار باشد، مورد توجه قرار می‌گیرد. تولید اسانس در گیاهان دارویی و معطر علاوه بر کنترل ژنتیکی، تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Farzaneh et al., 2010). از جمله این عوامل محیطی می‌توان به نور خورشید اشاره کرد که می‌تواند بر مقدار اسانس و فنوتیپ گیاهان تأثیرگذار باشد. گیاهان از طریق رشد طولانی‌تر و نازک‌تر برگ‌ها، تغییر تخصیص منابع از ریشه به شاخساره و افزایش طویل شدن میانگره به تغییر کیفیت نور پاسخ می‌دهند. این تغییرات فنوتیپی، به‌عنوان پاسخ اجتناب از سایه در گیاهان شناخته شده‌اند. زیرا این تغییرات می‌توانند قبل از هر رقابت مستقیمی برای مقدار نور رخ داده باشند. تنوع قابل ملاحظه‌ای در پاسخ به گیاهان مجاور (سایه‌اندازی)، در بین گونه‌ها و درون گونه‌های گیاهان

1. *Mentha piperita* L.

تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و مقدار اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی

مورد بررسی قرار گرفتند. در مجموع ۱۶ تیمار و با لحاظ نمودن سه تکرار، ۴۸ واحد آزمایشی وجود داشت. هر واحد آزمایشی از یک جعبه حاوی ۲۰ کیلوگرم خاک با ابعاد ۳۰×۴۰×۵۰ سانتی‌متر مکعب تشکیل شده بود که در آن تعداد ۱۰ عدد نشای نعناع فلفلی با طول ۷ سانتی‌متر و با ۳-۵ برگ در تاریخ ۱۳۹۳/۰۳/۱۰ کشت شد و آزمایش به مدت ۷۲ روز اجرا گردید. در طول این مدت رطوبت خاک پیوسته در حالت ظرفیت مزرعه (FC) نگه داشته می‌شد. به این صورت که ابتدا منحنی رطوبتی خاک ترسیم و مکش معادل FC به دست آمد و با استفاده از تانسومتر رطوبت جعبه‌ها پیوسته در حالت FC نگه داشته می‌شد. خاک مورد استفاده در این آزمایش، پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و سپس ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن از قبیل pH و EC در عصاره اشباع، بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، درصد کربن آلی به روش والکلی و بلک (Nelson & Sommers, 1982)، درصد کربنات کلسیم معادل (Loeppert & Suarez, 1996)، نیتروژن کل خاک با استفاده از هضم کج‌دال (Bremner & Mulvaney, 1996)، پتاسیم قابل جذب با استفاده از استات آمونیوم (Hemke & Spark, 1996)، غلظت فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen, 1954)، غلظت عناصر میکرو نظیر آهن، روی، مس و منگنز خاک با استفاده از DTPA (Lindsay & Norvell, 1987) تعیین شد که در جدول (۱) ارائه شده است.

حاصل شد و بیش‌ترین عملکرد اسانس این گیاه با کاربرد ۱۵۰ kg/ha نیتروژن و ۴۵ kg/ha پتاسیم و فسفر به دست آمد. Alizadeh *et al.* (2010) نشان دادند که کاربرد ۵۰۰ mg/plant و ۱۰۰۰ mg/plant کود کامل می‌تواند عملکرد اسانس را در گیاه دارویی مرزه افزایش دهد. بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات بسیار اندکی درباره اثر سایه‌اندازی بر عملکرد و مقدار اسانس و همچنین تأثیر توأم سایه‌اندازی و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر برخی ویژگی‌های گیاه دارویی نعناع فلفلی صورت گرفته است، لذا هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و سایه‌اندازی بر برخی از ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک گیاه دارویی نعناع فلفلی است.

۲. مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد نمو و مقدار اسانس نعناع فلفلی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ در فضای آزاد به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف نیتروژن ($N_2=60$, $N_1=0$), Peter *et al.*, ($N_4=180$ mg/kg و $N_3=120$ mg/kg) از منبع اوره (Peter *et al.*, 2015; Preedy *et al.*, 2012) و سطوح مختلف سایه‌اندازی (بدون سایه‌اندازی (S_0), ۲۵ درصد سایه‌اندازی (S_{25}), ۵۰ درصد سایه‌اندازی (S_{50}) و ۷۵ درصد سایه‌اندازی (S_{75})) بودند که هر کدام با سه تکرار

جدول ۱. نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت خاک	pH	EC (dS/m)	کربنات کلسیم (%)	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	مس قابل جذب (mg/kg)	آهن قابل جذب (mg/kg)	منگنز قابل جذب (mg/kg)	روی قابل جذب (mg/kg)	بور قابل جذب (mg/kg)
لوم رسی	۷/۵۲	۰/۵	۱/۸	۰/۴۹	۰/۰۴۹	۸	۳۴۰	۱/۲۵۲	۷/۷۳۲	۸/۱۵۸	۰/۷۹۶	۰/۹

$$\text{وزن اسانس } (g) = \frac{\text{وزن خشک ماده اولیه } (g)}{\text{درصد اسانس}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$\text{عملکرد اسانس} = \frac{\text{عملکرد ماده خشک} \times \text{درصد اسانس}}{100} \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$GDD = \sum \left[\frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b \right] \quad (\text{رابطه ۳})$$

برای محاسبه درجه-روز رشد، از داده‌های هواشناسی در طول آزمایش و دمای پایه (T_b) ۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد و درجه-روز رشد تا زمان برداشت گیاهان محاسبه شد. در رابطه (۳) T_{max} ، T_{min} و T_b به ترتیب حداکثر دمای روزانه، حداقل دمای روزانه و دمای پایه (درجه سانتی‌گراد) برای گیاه نعنای فلفلی در طول دوره رشد می‌باشد. شاخص کلروفیل برگ ۷۰ روز پس از کاشت گیاهان (معادل ۱۷۰۰ درجه-روز رشد) توسط دستگاه SPAD (مدل MILOTA-502 JAPAN) سنجیده شد. اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (Leaf Area Meter مدل DELTA-T) صورت گرفت. ارتفاع بوته، وزن خشک بخش هوایی در بوته، وزن خشک برگ، تعداد شاخه فرعی در بوته و تعداد برگ در بوته هر واحد آزمایشی اندازه‌گیری شدند.

تجزیه آماری اطلاعات به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۷) و مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. جهت رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن و سایه‌اندازی بر برخی صفات مورفولوژیک و میزان اسانس گیاه نعنای فلفلی در جدول (۲) ارائه شده است.

به منظور ایجاد ۲۵ درصد سایه‌اندازی از پوشش تک‌لایه پلاستیکی سفید، برای ۵۰ درصد سایه‌اندازی از پوشش تک‌لایه پلاستیکی آبی و برای سایه‌اندازی ۷۵ درصد از پوشش دو لایه پلاستیکی آبی رنگ استفاده شد (Raie *et al.*, 2015). نورسنجی به کمک دستگاه لوکس‌متر مدل A TES-1334 در ساعت دو بعد از ظهر انجام شد و این کار به مدت چندین روز ادامه یافت تا متوسطی از شدت نور در سایه‌های مختلف حاصل شود، به این صورت که در شرایط بدون سایه‌اندازی $2000 \mu E/m^2.S$ و در ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد سایه‌اندازی به ترتیب ۱۴۷۵، ۹۵۰ و $425 \mu E/m^2.S$ شدت نور اندازه‌گیری شد. با توجه به سطوح نیتروژن مصرفی، مقدار نیتروژن و در نهایت مقدار اوره مورد نیاز هر جعبه مشخص گردید و ۱۴ روز پس از کشت، در نیم‌لیتر آب حل و به خاک اضافه گردید. افزودن اوره به خاک به صورت کلی در سه مرحله و با فاصله زمانی ۱۴ روز تکرار شد. ۳۰ روز پس از آخرین کوددهی برداشت صورت گرفت. نمونه‌ها پس از برداشت، در سایه و در دمای محیط تا ثابت شدن وزن خشک نگه‌داری شدند. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب با دستگاه کلونجر انجام شد. برای اسانس‌گیری، ابتدا برگ‌های خشک‌شده آسیاب و بلافاصله بسته به شرایط تیمار بین ۳۰-۱۰ گرم پودر آسیاب‌شده را در بالن ریخته و سپس به اندازه ۹ برابر پودر وزن شده (Telci *et al.*, 2011) آب مقطر به بالن اضافه شد. زمان اسانس‌گیری برای تمام تکرارها ۴ ساعت تعیین شد (Clevenger, 1982). در انتهای کار با دانستن وزن ماده خشک به کاررفته برای تهیه اسانس و وزن اسانس، درصد وزنی-وزنی محتوای اسانس از رابطه (۱)، عملکرد اسانس در جعبه از رابطه (۲) (Dastborhan *et al.*, 2011) و درجه-روز رشد^۱ از رابطه (۳) (Nezami *et al.*, 2016) به دست آمد.

1. Growing Degree Days (GDD)

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی گیاه نعنای فلفلی تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و

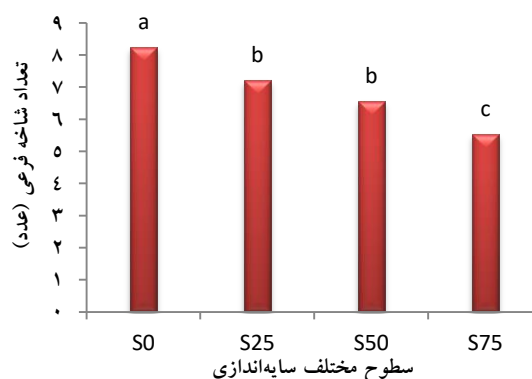
سایه‌اندازی

منبع تغییرات	df	وزن خشک بخش هوایی	وزن خشک برگ	سطح برگ	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته	تعداد شاخه شاخص فرعی	میزان کلروفیل	میزان اسانس	عملکرد اسانس
سایه‌اندازی (S)	۳	۱/۲۰ns	۵۲/۴۲**	۶۴۹۶۹۲**	۱۵۲۹۰۰**	۴۳۲۶ns	۱۵/۳۹**	۷۹۰**	۰/۰۰۰۰۰۷۷**	۴/۱۴ **
نیتروژن (N)	۳	۱۷/۱۴**	۴۷/۹۸**	۱۲۶۳۲۴۶**	۳۱۵۶۳۵**	۸۱۵۹ns	۱/۳۴ns	۹۴۰**	۰/۰۰۰۰۰۸۹۶**	۳/۱۹ **
N×S	۹	۵/۱۱**	۳/۴۰**	۱۳۶۸۹۰**	۱۵۵۰۰**	۵۲۸۲ns	۱/۷۹ns	۱۵۶**	۰/۰۰۰۰۱۰۰۵**	۰/۵۰ **
خطا	۳۲	۱/۴۱	۰/۴۹	۲۰۷۹۴	۴۱۸۹	۳۳۲۳	۱/۳۴	۱۱/۹۴	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۴
ضریب تغییرات (/)		۱۸/۵۷	۹/۴۷	۱۳/۹۶	۹/۷۰	۲۱/۶۴	۱۶/۸۶	۱۳/۳۶	۴/۶۷۵	۰/۱۳

ns و **: نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

۳.۱. تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی بر تعداد برگ و وزن خشک بخش هوایی

تأثیر سطوح مختلف سایه‌اندازی بر تعداد شاخه فرعی در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱. مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی (عدد) تحت تأثیر سطوح مختلف سایه‌اندازی

(میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند).

مطابق با جدول (۲) اثر مستقل سایه‌اندازی به‌غیر از وزن خشک بخش هوایی و ارتفاع بوته برای سطح برگ، تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، تعداد شاخه فرعی در بوته، شاخص کلروفیل، میزان اسانس و عملکرد

اسانس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر مستقل نیتروژن، همانند اثر متقابل سایه‌اندازی و نیتروژن به‌غیر از ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته، برای سایر صفات مورد اندازه‌گیری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد.

با افزایش سطوح نیتروژن وزن خشک بخش هوایی افزایش یافت. با توجه به این که با افزایش سطح نیتروژن خاک، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی افزایش نیافت، افزایش وزن خشک بخش هوایی می‌تواند به‌دلیل افزایش معنی‌دار سطح برگ، تعداد برگ و وزن خشک برگ باشد. زمانی که آب و عناصر غذایی عوامل محدودکننده نباشد، تولید ماده خشک به‌طور عمده توسط مقدار تشعشع موجود در داخل کانوپی گیاه تعیین می‌شود. بازده مصرف نور عاملی است که توانایی گیاهان را در تبدیل انرژی دریافتی از خورشید به ماده خشک نشان می‌دهد و بسته به محیط و نوع گیاه متفاوت است (Nasri & Khalatbari, 2015). در شرایط پایین بودن تابش، وزن خشک برگ‌ها (به‌دلیل طولیل شدن برگ و میانگرمه) کم می‌شود (Prioul et al., 1980). در چنین شرایطی برگ‌های شاداب تحمل کم‌تری به شرایط نامساعد محیطی از جمله سایه‌اندازی از خود نشان می‌دهند (Raie Dehaghi et al., 2015). مطابق با شکل (۲) بیش‌ترین وزن

(شکل ۳). کم‌ترین و بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار تیمار مذکور ($S_{25}N_3$) با تیمارهای $S_{50}N_4$ و $S_{75}N_1$ به ترتیب به میزان $4/24$ و $76/89$ درصد به دست آمد. با افزایش سایه‌اندازی از S_{25} به S_{75} تعداد برگ در بوته کاهش یافت (شکل ۳)، به نظر می‌رسد در این سطح از سایه‌اندازی نور رسیده به گیاهان به قدری کم می‌شود که انرژی لازم برای افزایش تعداد برگ به مقدار کافی وجود ندارد. برعکس S_0 در S_{25} نیز تعداد برگ در بوته کم بود و دلیل این امر می‌تواند عدم وجود محرک برای افزایش تعداد برگ به منظور افزایش جذب نور باشد (سایه‌اندازی ۲۵ درصد به عنوان محرک افزایش تعداد برگ در بوته عمل کرده است). در اکثر گیاهان زراعی که اجتناب‌کننده از سایه محسوب می‌شوند، در شرایط سایه‌اندازی یک‌سری سازگاری‌هایی در مورفولوژی آن‌ها ایجاد می‌شود. تصور می‌شود که این گونه سازگاری‌ها از طریق افزایش طول ساقه، افزایش برگ‌ها و همین‌طور کاهش شاخه‌های فرعی و تسریع در گلدهی، موجب افزایش رشد رقبات این گیاهان می‌شود (Fiorucci & Fankhauser, 2017). شکل (۴) نشان می‌دهد که بیش‌ترین سطح برگ در تیمار $S_{25}N_3$ حاصل شد که این تیمار کم‌ترین و بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار را با تیمارهای S_0N_4 و $S_{75}N_1$ به ترتیب به میزان $4/80$ و $73/80$ درصد دارد. افزایش سطح برگ در سایه‌اندازی ۲۵ درصد می‌تواند به دلیل تغییر نسبت نور قرمز به مادون قرمز باشد، به طوری که Raie Dehaghi *et al.* (2015) گزارش کردند که کاهش نسبت نور قرمز به مادون قرمز سطح برگ و طول دم‌برگ را افزایش می‌دهد، کیفیت نور که با رشد و توسعه گیاه ارتباط دارد، به نسبت نور قرمز (۶۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر) به مادون قرمز (۷۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر) اشاره دارد که این نسبت حدود $1/15$ می‌باشد. به نظر می‌رسد با افزایش سطوح سایه‌اندازی از ۲۵ به ۷۵ درصد، فتوسنتز مختل شده و سطح برگ‌ها

خشک بخش هوایی در تیمار $S_{50}N_4$ حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. کم‌ترین اختلاف تیمار مذکور ($S_{50}N_4$) با تیمار $S_{25}N_3$ به اندازه $8/36$ درصد به دست آمد. بیش‌ترین اختلاف تیمار $S_{50}N_4$ با تیمار $S_{50}N_1$ مشاهده گردید که $61/56$ درصد بود. بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی در سایه‌اندازی ۵۰ درصد حاصل شد، درحالی‌که تیمارهای بدون سایه‌اندازی و سایه‌اندازی ۷۵ درصد وزن خشک کم‌تری به دست آمد. Hadi *et al.* (2006) در بررسی تأثیر سطوح سایه روی گیاه لوبیا، افزایش وزن خشک بخش هوایی و سطح برگ را به دلیل دوام بیش‌تر دوره رشد رویشی بر اثر سایه و بدون اثر معنی‌دار بر وزن دانه گزارش کردند. در سایه‌اندازی بیش‌تر (S_{75}) به دلیل اختلال در سیستم فتوسنتزی، ماده خشک تولیدی و به تبع آن وزن خشک بخش هوایی نیز کاهش می‌یابد. کاربرد نیتروژن از طریق افزایش سطح برگ و فراهم‌نمودن زمینه مناسب برای دریافت انرژی و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، احتمالاً موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود. از آنجایی‌که نیتروژن در رشد رویشی دخیل است (Izadi *et al.*, 2011)، عدم مصرف کود نیتروژن و همچنین تأثیر سایه‌اندازی ۵۰ درصد باعث شده که در تیمار $S_{50}N_1$ کم‌ترین وزن خشک بخش هوایی حاصل شود. بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار $S_{50}N_4$ به دست آمد و در رتبه بعدی تیمار $S_{25}N_3$ قرار گرفت، که بیان‌کننده این است که شرایط ۵۰-۲۵ درصد سایه‌اندازی همراه با مصرف کود نیتروژنه منجر به افزایش بیوماس و ماده‌سازی بیش‌تر می‌شود.

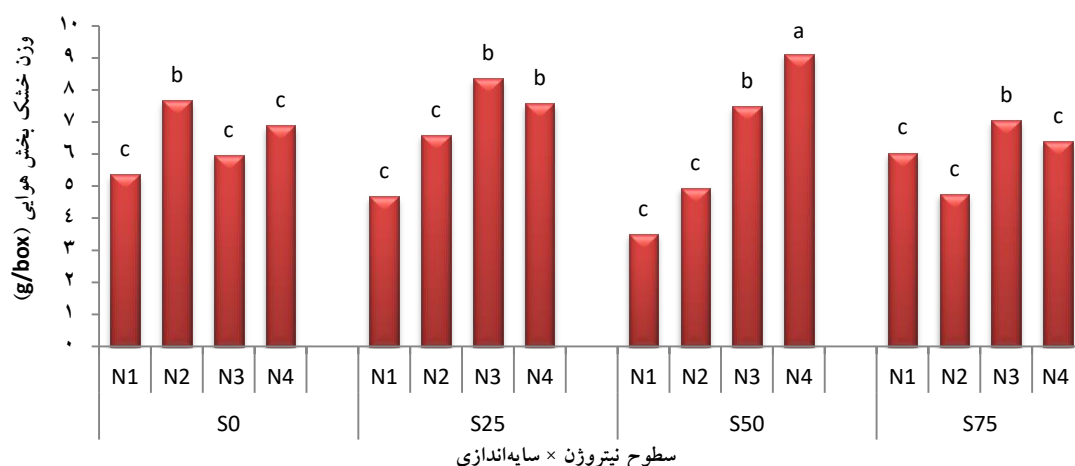
۳.۲. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و سایه‌اندازی بر تعداد برگ در بوته و سطح برگ

اطلاعات حاصل از تعداد برگ در بوته نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته در تیمار $S_{25}N_3$ وجود دارد

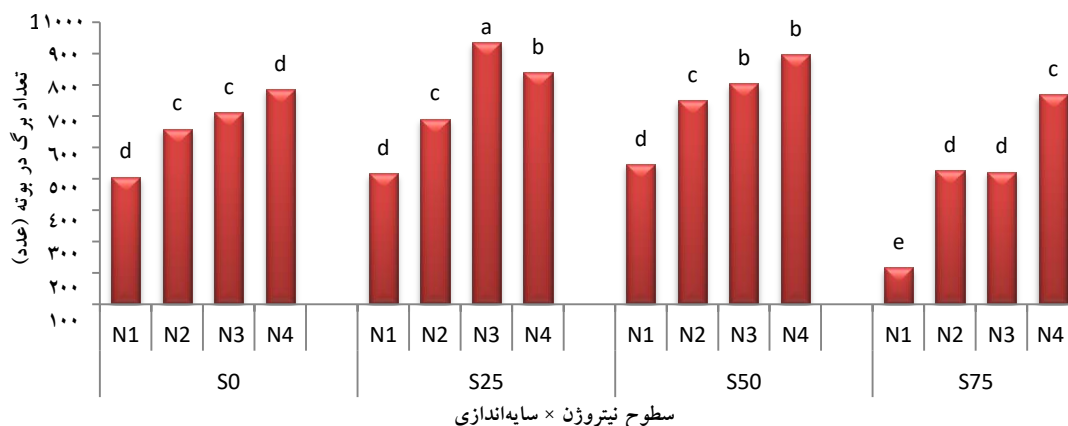
تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و مقدار اسانس گیاه دارویی نعنای فلفلی

(2015). آنان هم‌چنین گزارش کردند که بین شاخص سطح برگ و شدت نور همبستگی منفی وجود دارد، به طوری که بعضی از گیاهان شاخص سطح برگ را در واکنش به سایه افزایش می‌دهند. اثر افزایش کود نیتروژن در تعداد برگ به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تأمین می‌کند و موجب افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی مانند تعداد و سطح برگ و در نهایت وزن خشک برگ‌ها می‌شود (Izadi et al., 2011). افزایش تعداد برگ به دنبال افزایش کاربرد کود نیتروژن در نعنای فلفلی توسط Mehrafarin et al. (2011) گزارش شده است. Machiani et al. (2018) عنوان کردند که تثبیت نیتروژن توسط لگوم‌ها (سویا) و رهاسازی آن در محیط ریزوسفر باعث افزایش معنی‌دار زیست‌توده و مقدار اسانس نعنای فلفلی در کشت مخلوط نعنای فلفلی و سویا می‌گردد. بررسی نیاز کودی گیاه نعنای مشخص کرد که بسته به حاصلخیزی خاک و محصول سال قبل، کاربرد ۲۵۰-۱۰۰ kg/ha نیتروژن، ۸۰ kg/ha فسفر به صورت P_2O_5 و ۴۰ kg/ha پتاسیم به صورت K_2O در کشت نعنای می‌تواند مفید باشد (Peter, 2012).

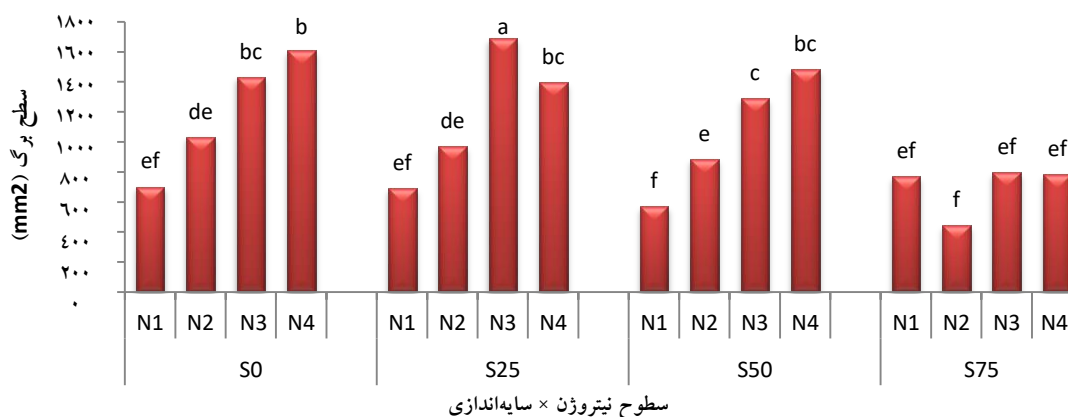
کاهش می‌یابد. از یک سو برگ‌های در معرض سایه سطح بیش‌تری نسبت به برگ‌های در معرض نور نشان می‌دهند (Fails et al., 1982) و از سوی دیگر، تحت شرایط سایه مقدار کربوهیدرات در دسترس به دلیل کاهش تولیدات فتوسنتزی محدود می‌شود (Darabi et al., 2016). بنابراین متابولیسم ازت مختل شده و ازت در گیاهان تجمع می‌یابد و منجر به مسمومیت و کاهش رشد خواهد شد. از این رو است که کاهش سطح برگ با افزایش سطح سایه‌اندازی (S_{75}) و سطح نیتروژن همراه شده است (N_4 و N_3) (شکل ۴). بیش‌ترین سطح برگ در سایه‌اندازی S_{25} رخ داد که حتی بیش‌تر از نور کامل (S_0) بود، دلیل این امر می‌تواند سایه‌اندازی ۲۵ درصد باشد که به عنوان محرک افزایش سطح برگ و همین‌طور تعداد برگ عمل کرده است (شکل‌های ۳ و ۴). افزایش شاخص سطح برگ بر اثر سایه‌اندازی یکی از راه‌هایی است که برای افزایش سطح فتوسنتزکننده به منظور تضمین عملکرد در شدت‌های نوری پایین رخ می‌دهد. بنابراین، جبران فتوسنتز پایین در واحد سطح برگ، از ویژگی برگ‌های قرار گرفته در سایه محسوب می‌شود (Darabi et al.,)



شکل ۲. مقایسه میانگین وزن خشک بخش هوایی (g/box) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند).



شکل ۳. مقایسه میانگین تعداد برگ در بوته (عدد) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند).



شکل ۴. مقایسه میانگین سطح برگ (mm²) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند).

سایه‌اندازی حاصل شد. Cohen *et al.* (2005) گزارش کردند که سایه‌اندازی در بعضی از گیاهان و متعاقب آن افزایش کلروفیل بیش‌تر، یک مکانیسم سازگاری در مقابل کمبود نور است و ذخیره کلروفیل بیش‌تر، دریافت نور را افزایش داده و ظرفیت فتوسنتزی را بالا می‌برد. در شدت‌های نوری بالا، مولکول‌های کلروفیل به اکسیداسیون نوری حساس هستند و تعادل در سطوح پایین نوری برقرار می‌شود. بنابراین، برگ‌های موجود در سایه، کلروفیل بیش‌تری نسبت به برگ‌های رشد کرده در

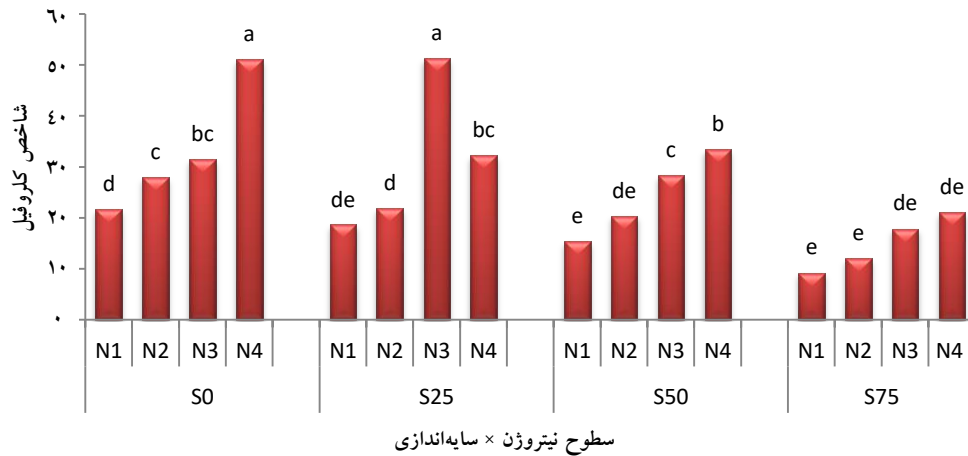
۳.۳. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و سایه‌اندازی بر شاخص کلروفیل

همان‌طوری که در شکل (۵) دیده می‌شود، در تیمار S₂₅N₃ بیش‌ترین شاخص کلروفیل مشاهده شد که با تیمار S₀N₄ با اختلاف اندکی (۰/۶۴ درصد) در یک گروه آماری قرار گرفت. بیش‌ترین اختلاف معنی‌دار تیمار S₂₅N₃ با تیمار S₇₅N₁ برابر با ۸۲/۰۲ درصد به‌دست آمد. در این پژوهش بیش‌ترین تعداد برگ، سطح برگ و شاخص کلروفیل با مصرف ۱۲۰ mg/kg نیتروژن و در تیمار ۲۵ درصد

تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و مقدار اسانس گیاه دارویی نعنای فلفلی

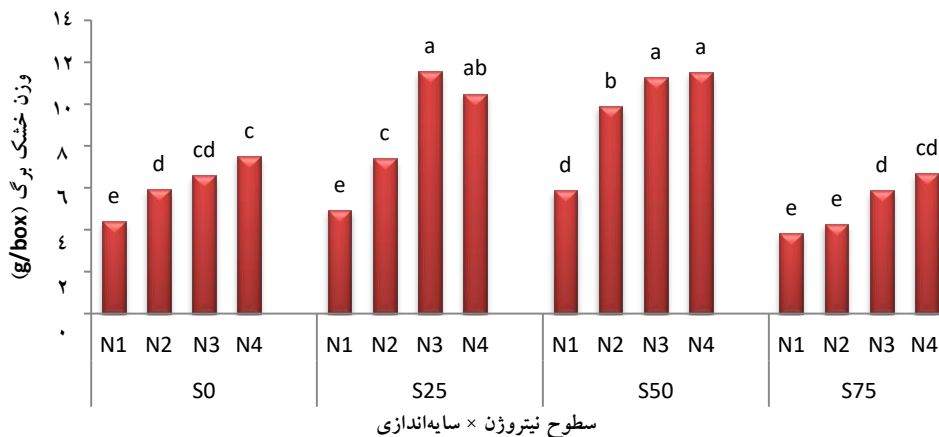
نور کامل خورشید دارا هستند. وقتی گیاه به هر دلیلی نتواند به حد مطلوب تشعشع دریافت کند به‌منظور جبران این نقصان با افزایش تعداد کلروپلاست و تراکم کلروفیل برگ از نقاطی که حداقل نور تابیده و جذب می‌شود، می‌تواند به فتوسنتز فعال خود ادامه دهد (Darabi et al., 2015). در برگ‌های تحت سایه، برخلاف حجم کوچک استروما، گرانا که بخش اعظم کلروفیل را در خود جای داده است، بزرگ‌تر می‌باشد (Nasrollah-Zadeh et al., 2010). از این‌رو، حاوی کلروفیل بیشتری می‌باشند. نیتروژن از اجزای مهم سازنده مولکول کلروفیل و پروتئین‌های موجود این مولکول محسوب می‌شوند (White & Brown, 2010). نیتروژن به شکل یون‌های آمونیوم و نترات به‌وسیله گیاه جذب و بعد به ترکیبات دیگر نیتروژن‌دار تبدیل می‌شود. رشد برگ‌ها به‌وسیله نیتروژن کنترل می‌شود و بر میزان کلروفیل برگ‌ها اثر می‌گذارد (Hokmalipour, 2017).

نور کامل خورشید دارا هستند. وقتی گیاه به هر دلیلی نتواند به حد مطلوب تشعشع دریافت کند به‌منظور جبران این نقصان با افزایش تعداد کلروپلاست و تراکم کلروفیل برگ از نقاطی که حداقل نور تابیده و جذب می‌شود، می‌تواند به فتوسنتز فعال خود ادامه دهد (Darabi et al., 2015). در برگ‌های تحت سایه، برخلاف حجم کوچک استروما، گرانا که بخش اعظم کلروفیل را در خود جای داده است، بزرگ‌تر می‌باشد (Nasrollah-Zadeh et al., 2010).



شکل ۵. مقایسه میانگین شاخص کلروفیل تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی

(میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.)



شکل ۶. مقایسه میانگین وزن خشک برگ (g/box) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی

(میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.)

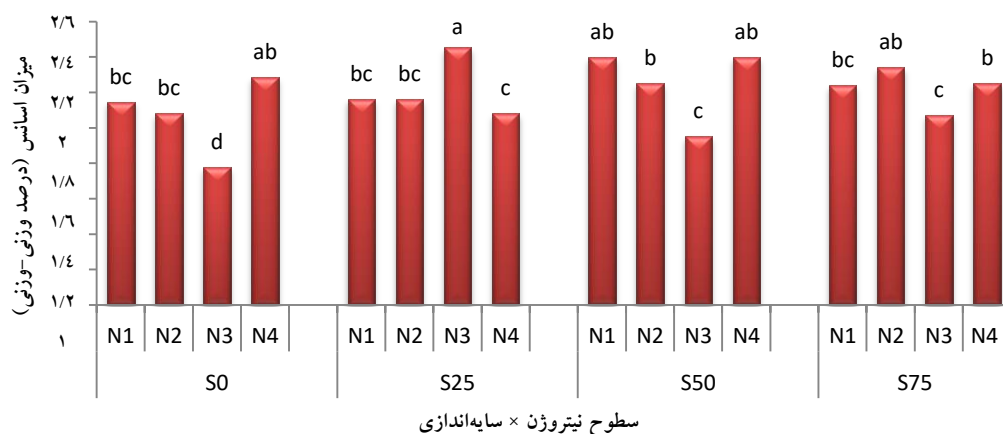
۴.۳. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و سایه‌اندازی بر وزن خشک برگ

بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک برگ به ترتیب از تیمارهای $S_{25}N_3$ و $S_{75}N_1$ با اختلاف معنی‌داری برابر با $66/78$ درصد به دست آمد (شکل ۶). تیمار $S_{25}N_3$ کم‌ترین اختلاف در وزن خشک برگ را با تیمارهای $S_{50}N_3$ و $S_{50}N_4$ به ترتیب به میزان $2/29$ و $0/35$ درصد داشت. در کل، بیش‌ترین وزن خشک برگ در تیمارهای S_{25} و S_{50} به همراه کاربرد 120 و 180 mg/kg نیتروژن حاصل شد. با افزایش سطوح سایه‌اندازی گیاهان برای جبران کمبود فتوسنتز اقدام به گسترش سطح برگ و تعداد برگ می‌کنند (با افزایش سطح برگ و تعداد برگ، وزن خشک برگ‌ها افزایش می‌یابد) تا از شدت کم نور رسیده به برگ‌ها بیش‌ترین استفاده را بکنند (Darabi et al., 2015) و از طرفی، افزایش سطوح نیتروژن، سنتز کلروفیل و رشد رویشی را تسهیل می‌کند ولی، در تیمار بدون سایه‌اندازی (S_0) به دلیل عدم وجود سایه تعداد برگ‌ها (شکل ۳) چندان افزایش نیافته (Fails et al., 1982) و به تبع آن وزن خشک نیز افزایش نیافت. با افزایش کاربرد تیمارهای نیتروژن تا حدودی وزن خشک برگ‌ها افزایش یافت، با آن‌که این

افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در تیمار S_{75} به دلیل افزایش شدت سایه‌اندازی فتوسنتز مختل شده و تولید زیست‌توده کاهش یافت (با آن‌که در این سطح از سایه‌اندازی نیز با افزایش کاربرد نیتروژن، وزن زیست‌توده افزایش یافت). بررسی اثر سایه‌اندازی بر برخی صفات مهم فیزیولوژیک در عدس توسط Darabi et al. (2015) نشان داد که رقم زیبا در سطوح بالاتر سایه (75 و 100 درصد) از شاخص سطح برگ، میزان نسبی آب برگ و میزان کلروفیل a بیش‌تری برخوردار بود.

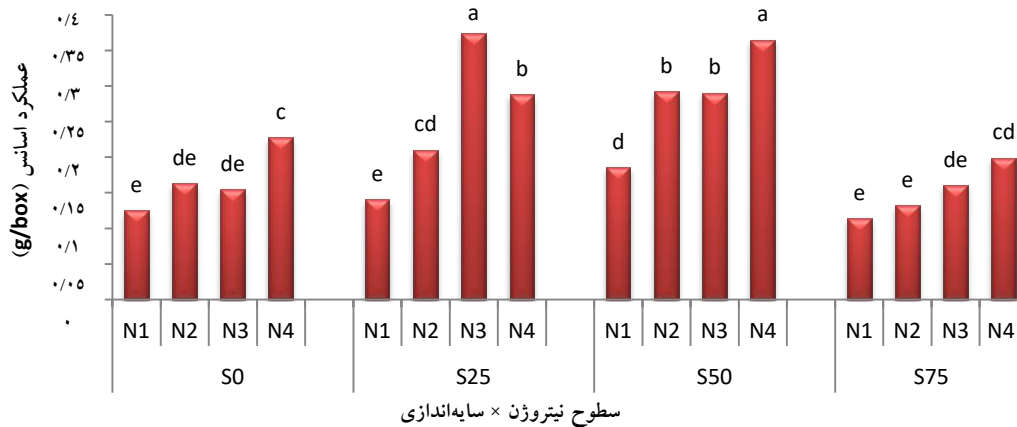
۵.۳. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و سایه‌اندازی بر میزان و عملکرد اسانس

شکل (۷) نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان اسانس در تیمار $S_{25}N_3$ حاصل شده که حداقل اختلافی برابر با $2/24$ درصد با تیمارهای $S_{50}N_1$ و $S_{50}N_4$ داشت. بیش‌ترین اختلاف میزان اسانس تیمار $S_{25}N_3$ با تیمار S_0N_2 مشاهده گردید که برابر با $27/58$ درصد بود. برعکس تیمار $S_{25}N_3$ در تیمارهای S_0N_3 و $S_{50}N_3$ و $S_{75}N_3$ کم‌ترین میزان اسانس به دست آمد (سطح نیتروژن ثابت ولی سطوح سایه‌اندازی متفاوت).



شکل ۷. مقایسه میانگین میزان اسانس (درصد وزنی - وزنی) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی. میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

تأثیر سایه‌اندازی و سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و مقدار اسانس گیاه دارویی نعنای فلفلی



شکل ۸. مقایسه میانگین عملکرد اسانس (g/box) تحت تأثیر سطوح نیتروژن و سایه‌اندازی (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند).

در تیمار $S_{25}N_3$ بیش‌ترین تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک برگ حاصل شده بود (شکل‌های ۳، ۴ و ۶). با افزایش صفات مذکور، تعداد غدد حاوی اسانس نیز در برگ‌ها بیش‌تر خواهد شد و لذا میزان اسانس افزایش خواهد یافت (Izadi et al., 2011). Raie Dehaghi et al. (2015) در بررسی تأثیر سایه بر خصوصیات مورفولوژیک و محتوای اسانس ژنوتیپ‌های مختلف از سه گونه نعنای، بیان کردند که بیش‌ترین محتوای اسانس (۱/۸۲ درصد) به ژنوتیپ طیس در سایه ۳۰-۲۰ درصد اختصاص داشت و بیش‌ترین عملکرد اسانس (۱۶/۸۰ mg/gfw) در ژنوتیپ اصفهان در ۳۰-۲۰ درصد حاصل شد. Ruminska & Nieweglowska (1965) عنوان کردند که گیاهان نعنای فلفلی رشد کرده در شرایط سایه نسبت به گیاهان رشد کرده در نور کامل مقدار اسانس بیش‌تری را تولید کردند. مقدار اسانس (شکل ۷) در چهار گروه آماری قرار گرفت و اختلاف‌ها تفاوت زیادی با هم نداشت، ولی صفت عملکرد اسانس تفاوت‌ها را به دلیل ارتباط دادن عملکرد گیاه با مقدار اسانس برجسته‌تر کرد (شکل ۸). بیش‌ترین عملکرد اسانس در جعبه از تیمار $S_{25}N_3$ به‌دست آمد که تیمار $S_{50}N_4$ با اختلاف اندکی در رتبه دوم قرار گرفت

(۲/۶۱ درصد). بیش‌ترین اختلاف عملکرد اسانس تیمار $S_{25}N_3$ با تیمار $S_{75}N_1$ مشاهده گردید (۶۹/۶۴ درصد) (شکل ۸). چون در تیمار $S_{25}N_3$ بیش‌ترین تعداد، سطح و وزن خشک برگ حاصل شده بود. بنابراین بالاترین عملکرد اسانس نیز به‌دست آمد. مطابق با شکل (۹)، بیش‌ترین تأثیر سایه‌اندازی بر وزن خشک برگ در ۲۵ درصد سایه‌اندازی دیده شد که در رتبه بعدی سایه‌اندازی ۵۰ درصد قرار داشت. از این‌رو، در این دو تیمار نیز بیش‌ترین عملکرد اسانس به‌دست آمد. مقدار اسانس نعنای فلفلی به‌وسیله شرایط محیطی مانند حاصلخیزی خاک، دما، بارندگی، طول روز و مقدار نور رسیده به گیاه (سایه‌اندازی) متأثر می‌شود (Rioba et al., 2015). علت افزایش غدد ترشحی اسانس با کاربرد نیتروژن، تولید و مصرف قندهای ساده و در نتیجه توسعه بیش‌تر سطح برگ و تولید ترکیبات اولیه بیش‌تر جهت تولید اسانس است. هم‌چنین نیتروژن باعث تداوم رشد رویشی، توسعه برگ‌ها و در نتیجه افزایش تولید اسانس می‌شود (Brown, 2003). بررسی‌ها نشان داده‌اند که در گیاهان تیره نعنای تعداد غدد ترشح‌کننده اسانس در برگ ثابت نیست و با گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد (Kokkini et al.,



شکل ۹. مقایسه میانگین وزن خشک برگ (g/box) تحت تأثیر سایه‌اندازی.

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

۴. نتیجه‌گیری

نور و تغذیه، فاکتورهایی هستند که نقش مهمی در تنظیم فرایند نمو گیاهی و صفات مورفولوژیکی گیاهان دارند. به‌طورکلی می‌توان اظهار داشت که سایه‌اندازی و مصرف کود نیتروژن بر رشد، عملکرد و میزان اسانس در گیاه نعنای فلفلی تأثیر معنی‌داری دارد، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد برگ در بوته، سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن خشک برگ، میزان اسانس و عملکرد اسانس در جعبه در تیمار $S_{25}N_3$ مشاهده گردید. بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار $S_{50}N_4$ به‌دست آمد و تیمار $S_{25}N_3$ با اختلاف ۸/۳۶ درصد در رتبه دوم قرار گرفت، ولی تأثیر تیمارهای اعمال‌شده بر صفات ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی غیرمعنی‌دار بود. مطلوب‌ترین عملکرد گیاه نعنای فلفلی در سایه‌اندازی ۲۵ درصد و کاربرد 120 mg/kg نیتروژن حاصل شد که موجب افزایش معنی‌دار تعداد برگ در بوته، سطح برگ، شاخص کلروفیل، وزن خشک برگ، میزان و عملکرد اسانس در جعبه گردید.

۵. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۲۰۰۵). می‌توان این گونه استنباط کرد که با افزایش سطح برگ و تعداد برگ در بوته، تعداد روزنه‌ها که عمل جذب دی‌اکسیدکربن از طریق آن‌ها صورت می‌گیرد و در نتیجه مقدار گلوکز افزایش یافته و از این‌رو سوسترای لازم برای تأمین انرژی و سنتز ترکیب‌های مؤثر در اسانس فراهم می‌شود. به‌طورکلی سطح برگ از نظر فیزیولوژیکی دارای اهمیت است، زیرا پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (Kokkini et al., 2005). Yeşil & Kara (2016) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن و فسفر تأثیر معنی‌داری بر ترکیب اسانس نعنای و به‌ویژه مقدار کارون^۱ دارد. در این مطالعه نیز از همان تیمارهایی که بیش‌ترین سطح برگ، تعداد برگ در بوته، شاخص کلروفیل، وزن خشک بخش هوایی و برگ به‌دست آمد، بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس نیز حاصل شد (Raie Dehaghi et al., 2015). $(S_{25}N_3)$ بررسی تأثیر سایه‌اندازی بر مقدار و عملکرد اسانس سه گونه نعنای، عنوان کردند که بیش‌ترین مقدار و عملکرد اسانس در سایه‌اندازی ۳۰-۲۰ درصد حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. (Kothari et al., 2000) و Zeinali et al. (2014) طی تحقیقی بر روی نعنای فلفلی عنوان کردند که حداکثر عملکرد اسانس به‌ترتیب با مصرف ۳۰۰ و 1 kg/ha نیتروژن حاصل شد. در مطالعه‌ای اثرات کاربرد کود نیتروژنه HN_4NO_3 بر روی مقدار اسانس دو رقم شوید^۲ (رقم زمستانه و بهاره)، مشخص گردید که در رقم زمستانه کاربرد کود نیتروژنه مقدار اسانس را تحت تأثیر قرار نداد، ولی در رقم بهاره کاربرد 900 kg/ha نیتروژن نسبت به سایر سطوح نیتروژن (۱۵۰، ۴۵۰ و 1350 kg/ha) تأثیر معنی‌داری بر مقدار اسانس گیاه شوید داشت (Preedy, 2015).

1. Carvone
2. *Anethum graveolens* L.

۶. منابع

- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E. & Khalighi, A. (2010). Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(1), 033-040.
- Bhardwaj, S. D. & Kaushal, A. N. (1989). Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. *Indian Perfumer*, 33(3), 182-195.
- Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. (1996). *Nitrogen total*. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R., (eds.). Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, WI, pp. 1085-1122.
- Brown, B. (2003). Mint soil fertility research in the PNW. In *Western Nutrient Management Conf. USA*, 5(3), 54-60.
- Clevenger, J.F. (1928). Apparatus for determination of essential oil. *Journal of the American Pharmacists Association*, 17, 346-349. <https://doi.org/10.1002/jps.3080170407>
- Cohen, S., Raveh, E., Li, Y., Grava, A. & Goldschmidt, E. E. (2005). Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grape fruit trees under reflective shade screens. *Scientia Horticulturae*, 107(1), 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.06.004>
- Court, W. A., Roy, R. C., Pocs, R., More, A. F. & White, P. H. (1993). Optimum nitrogen fertilizer rate for peppermint (*Mentha piperita* L.) in Ontario. *Canada. Journal of Essential Oil Research*, 5(6), 663-666. <https://doi.org/10.1080/10412905.1993.9698301>
- Darabi, F., Hatami, A., Zarea, M. J. & Naseri, R. (2015). Effect of Shading on some Important Physiological Traits in Lentil Crop. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(33), 109-122. (in Persian)
- Darabi, F., Hatami, A., Zarea, M. J. & Naseri, R. (2016). Investigation of important morphological traits and grain yield of lentil under shading and bio-priming. *Iranian journal of Pulses Research*, 7(1), 145-160. (in Persian)
- Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S. & Tavassoli, A. R. (2011). Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3), 290-305. (in Persian)
- Fails, B. S., Lewis, A. J. & Barden, J. A. (1982). Net photosynthesis and transpiration of sun-and shade-grown *Ficus benjamina* leaves. *Journal American Society for Horticultural Science*. 107, 758-761.
- Farzaneh, A., Ghani, A. & Azizi, M. (2010). The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Production Research*, 17(1), 103-111. (in Persian)
- Fiorucci, A. S. & Fankhauser, C. (2017). Plant strategies for enhancing access to sunlight. *Current Biology*, 27(17), 931-940. DOI: 10.1016/j.cub.2017.05.085
- Franklin, K. A. (2008). Shade avoidance. *New Phytologist*, 179(4), 930-944. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02507.x>
- Gee, G. W. & Bauder, J. W. (1986). *Physical and mineralogical methods*. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 1. Klute, A., (Ed.). Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 383-411.
- Hadi, H., Ghassemi-Golezani, K., Rahimzade Khoei, F., Valizadeh, M. & Shakiba, M. R. (2006). Responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to different levels of shade. *Journal of Agronomy*, 5(4): 595-599. DOI: 10.3923/ja.2006.595.599
- Hemke, P. H. & Spark, D. L. (1996). *Potassium*. In: *Method of soil analysis*. Sparks, DL, Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 551-574.
- Hokmalipour, S. (2011). The study of phyllochron and leaf appearance rate in three cultivar of maize (*Zea mays* L.) at nitrogen fertilizer levels. *World Applied Sciences Journal*, 12, 850-856.
- Hokmalipour, S. (2017). Evaluate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and some agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Ecophysiology*, 9(28), 133-144. (in Persian)
- Izadi, Z., Ahmadvand, G., Esna-Ashari, M. & Piri, M. (2011). The effect of nitrogen and plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 824-836. (in Persian)
- Izhar, M., Khan, M., Yasmin, T. & Zahid, N. Y. (2015). Differential effect of fertilizers on menthol contents in mint (*Mentha arvensis*).

- American Research Journal of Agriculture*, 1(1), 55-60. DOI:10.21694/2378-9018.15015
- Kokkini, S., Karousou, D. & Vokou, D. (2005). Pattern of geographic variation of Organum trichomes and essential oil content in sweet basil. *Journal of Essential Oil Research*, 28, 209-217.
- Kothari, S., Singh, V. P., Wheelerand, M. & Stephens, C. (2000). The effect of row spacing and nitrogen fertilization on (*Mentha arvensis* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 7(1), 279-289. <https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698521>
- Lindsay, W. L. & Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil science society of America journal*, 42(3), 421-428. DOI:10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x
- Loeppert, R. H. & suarez, D. L. (1996). Carbonate and gypsum, In: *Methods of Soil Analysis*, Part3-Chemical Methods. Sparks, D. L., Page, A. L., Sumner, M. E., Tabatabai, M. A. and Helmke, P. A., (Ed.). Soil Science Society of America Inc., Madison, WI, USA. (pp. 437-474).
- Machiani, M. A., Javanmard, A., Morshedloo, M. R. & Maggi, F. (2018). Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of cleaner production*, 171, 529-537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.062>
- Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Poorhadi, M., Hadavi, E., Qavami, N. & Kadkhoda, Z. (2011). Phytochemical and Agronomical Response of Peppermint (*Mentha piperita* L.) to Bio-fertilizers and Urea Fertilizer Application. *Journal of Medicinal Plants*, 4(40), 107-118. (in Persian)
- Nasri, M. & Khalatbari, M. (2015). The effect of different values of nitrogen, potassium and zinc fertilizers on physiological characteristics of Green Bean (*Phaseolous vulgaris* gen. Sunray) in Iran. *In Biological Forum*, 7(2), 467-472.
- Nasrollah-Zadeh, S., Ghassemi-Golezani, K. & Raey, Y. (2010). Evaluation of the relationship of shading with growth and grain yield of faba bean. *Journal of Agricultural Science*, 21(3), 75-87. (in Persian)
- Nelson, D. W. & Sommers, L. E. (1982). *Total carbon, organic carbon, and organic matter*. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Sparks, D. L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. and Sumner, M.E., (Eds.). Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA, pp. 539-579.
- Nezami, S., Nemati, S.H., Arouei, H. & Bagheri, A. (2016). Effect of soil moisture regimes under controlled conditions on growth and biomass in *Mentha* species. *Journal of Plant Production Research*, 23(2), 51-72. (in Persian)
- Olsen, S. R. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. United States Department of Agriculture. Washington.
- Peter, K. V. (2012). *Handbook of herbs and spices*. Elsevier, New Delhi, India.
- Poshtdar, A., Abdali Mashhadie, A. R., Moradi, F. & Siadat, S. A. (2016). Effect of source and rate of nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(1), 13-31. (in Persian)
- Preedy, V. R. (2015). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press, San Diego, USA.
- Prioul, J. L., Brangeon, J. & 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(4), 762-769. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.66.4.762>
- Raie Dehaghi, H., Razmjoo, J., Sabzalian, M. R. & Arzani, A. (2015). The effect of shade on Physiol- Morphplogical characteristics and essential oil of Mint. *Journal of Plant Process and Function*, 4(13), 57-69. (in Persian)
- Rioba, N. B., Itulya, F. M., Saidi, M., Dudai, N. & Bernstein, N. (2015). Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(1), 21-29. DOI: 10.1016/j.jarmap.2015.01.003
- Ruminska, A. & Nieweglowska, A. (1965). Influence of shading of peppermint (*Mentha piperita* L.) on some of its morphological features, on the yield and content of volatile oil and reducing sugars. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 22, 480-487.
- Telci, I., Kacar, O., Bayram, E., Arabacı, O., Demirtaş, İ., Yılmaz, G., Özcan, I, Sönmez, C. & Göksu, E. (2011). The effect of ecological conditions on yield and quality traits of selected peppermint (*Mentha piperita* L.) clones. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 1193-1197. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.04.010
- White, P. J. & Brown, P. H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health.

- Annals of botany*, 105(7), 1073-1080. DOI: 10.1093/aob/mcq085
- Yazdani, D., Jamshidi, A. & Mojab, F. (2002) Comparison on menthol content of cultivated peppermint at different regions of Iran. *Journal of Medicinal Plants*. 3(3), 73-77. (in Persian)
- Yeşil, M. & Kara, K. (2016). The effects of different nitrogen and phosphorus doses on essential oil components of some *Mentha* genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(6), 882-893. DOI: 10.3906/tar-1604-4
- Zeinali, H., Hosseini, H. & Shirzadi, M. H. (2014). Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(3), 486-495. (in Persian)
- Zeinali, H., Hosseini, H. & Shirzadi, M. H. (2014). Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 30(3), 486-495. (in Persian)