نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۵ ، آذر - دی ۱۳۸۹، ص ۸۳۶-۸۲۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 5, Nov. – Dec. 2010, p. 824-836

تأثیر نیتروژن و تراکم کاشت روی برخی ویژگی‌های رشد، عملکرد و میزان اسانس در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

زهرا ایزدی*[۱]- گودرز احمدوند[۲]- محمود اثنی‌عشری[۳] - خسرو پیری[۴]

دریافت: ۸۸/۷/۱۵
پذیرش: ۸۹/۲/۲۸

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم کاشت بر رشد، عملکرد، مقدار اسانس برگ و عملکرد اسانس گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) آزمایشی در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی طی دو چین و با سه تکرار بود. کرت‌های اصلی شامل مقادیر ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بودند که نیمی از نیتروژن هر تیمار برای چین اول و نیم دیگر آن نیز برای چین دوم مصرف شد. کرت‌های فرعی نیز شامل تراکم کاشت در سه سطح ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع بودند. برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی شامل ارتفاع گیاه، تعداد گره و برگ در بوته، سطح برگ در بوته، عملکرد تر و خشک، میزان اسانس در برگ و عملکرد اسانس طی دو چین و همچنین روند تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در چین اول مورد ارزیابی واقع شدند. نتایج نشان داد که تیمار نیتروژن در هر دو چین تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده داشت، به طوری که بیشترین مقدار آن‌ها در چین اول با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بدست آمد و در چین دوم مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. علاوه بر این، تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در اثر افزایش مقدار نیتروژن افزایش یافت. تراکم کاشت نیز در چین اول تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ساقه، تعداد گره، تعداد برگ و سطح برگ در بوته، درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس داشت و در چین دوم تأثیر آن بر تعداد و سطح برگ در بوته معنی‌دار شد.

واژه‌های کلیدی: نعناع فلفلی، نیتروژن، تراکم کاشت، عملکرد، شاخص رشد، اسانس

مقدمه

در قرن حاضر تحقیقات گسترده‌ای در مورد گیاهان دارویی انجام پذیرفته و داروهایی با منشأ طبیعی افقهای جدیدی را برای جامعه پزشکان، داروسازان و پژوهشگران گشوده است. نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) متعلق به خانواده نعناعیان[۵] گونه‌ای هیبرید بوده و از تلاقی بین گونه‌های *Mentha aquatica* و *Mentha spicata* حاصل شده است (۱ و ۲). این گیاه از جمله گیاهان دارویی است که به واسطه اثرات دارویی متعدد از دیرباز توجه محققان را به خود معطوف داشته است. مصرف این گیاه در اشکال مختلف دارویی، غذایی و بهداشتی سبب امتیاز این گیاه نسبت به سایر گیاهان دارویی شده است. از مصارف دارویی آن می‌توان به تسکین دردهای سندرم روده تحریک پذیر، ضد نفخ، اثر بر تنفس، درمان سیاه سرفه، خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی اشاره نمود (۵ و ۱۵). اسانس این گیاه از ابتدای رشد در اندام‌های رویشی ساخته و در غده‌ها ذخیره می‌شود. تعداد غده در برگ‌های کوچک کمتر و در برگ‌های طویل بیشتر می‌باشد. ساقه‌ها معمولا دارای اسانس بسیار کمی هستند (۲۳). اثرات ثمر بخش این گیاه به اسانس آن (که جزء متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شود) نسبت داده شده است، بنابراین هر عاملی که بر کمیت و کیفیت اسانس اثر گذار باشد مورد توجه قرار می‌گیرد.

به طور کلی در کاشت گیاهان دارویی ضرورت استفاده از

۱ و۲ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*- نویسنده مسئول: Email: armaghan.izadi@gmail.com)
۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
۴- استادیار گروه بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

5- Lamiaceae

تکنیک‌های زراعی و عوامل محیطی به منظور افزایش میزان مواد موثره امری بدیهی است. عوامل زراعی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارند که از این عوامل می‌توان به تغذیه گیاه و تراکم کاشت اشاره کرد. نیتروژن یکی از مهمترین عناصری است که در تمام دوره‌های رشد گیاه ضروری بوده و در بسیاری از فرآیندهای متابولیسم گیاهان نقش اساسی دارد (۲۸).

اثر قابل توجه نیتروژن در افزایش محصول از یک طرف و کاهش میزان آن در خاک از طرف دیگر سبب شده است که محققان به طور فزاینده‌ای به مطالعه اثرات کودهای نیتروژنی روی آورده و از آن‌ها جهت افزایش تولید استفاده نمایند. از سوی دیگر نیتروژن به عنوان محرک رشد رویشی (از جمله افزایش تعداد و سطح برگ) مدتهاست که توسط پژوهشگران مطرح شده است. گیاه نعناع فلفلی از این امر مستثنی نبوده و در این زمینه می‌توان به گزارش‌های ساهار و همکاران (۲۶) در نعناع فلفلی و سینگ و همکاران (۲۵) در نعناع اشاره نمود.

در خصوص مناسب‌ترین مقدار مصرف کود نیتروژنه جهت افزایش عملکرد و اسانس در نعناع فلفلی گزارش‌های متعدد از مناطقی با اکوسیستم‌های متفاوت ارائه شده است. به عنوان مثال کاسول (۲۰) مقادیر بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را جهت افزایش اسانس و عملکرد در نعناع فلفلی توصیه نمود. تعدادی از محققان گزارش کرده‌اند که در این گیاه زیست توده زیاد و عملکرد اسانس بالا در شرایطی بدست می‌آید که نیتروژن زیاد مصرف شود. در آزمایشی که توسط گولدر و ون گلدر (۱۸) در مورد تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن روی نعناع فلفلی اجرا شد، مشخص گردید مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد گیاه نعناع فلفلی شده است. برخی محققین نیز با کاربرد سطوح مختلفی از نیتروژن روی نعناع فلفلی گزارش کردند که کوددهی موجب افزایش میزان اسانس در مقایسه با عدم کوددهی می‌شود (۲۴).

تراکم کاشت نیز اثرات بسیار زیادی بر عملکرد محصول در گیاهان دارویی دارد و مانند سایر تکنیک‌های مدیریت کشاورزی با اهمیت می‌باشد. هدف از فاصله گذاری مناسب میان بوته‌ها آن است که ترکیبی مناسب از عوامل محیطی (آب، اقلیم، نور و خاک) برای حصول حداکثر عملکرد با کیفیت مطلوب تامین شود. از طرف دیگر، برای انجام عملیات داشت فضای کافی فراهم شود تا کیفیت محصول مطلوب‌تر گردد (۹). بررسی‌ها نشان می‌دهد که با کاشت گونه‌های متفاوتی از نعناع اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کاشت مختلف از نظر ترکیب اسانس وجود ندارد (۳). محققین دیگری نیز با کشت نعناع فلفلی در تراکم‌های کاشت متفاوت گزارش کردند که فاصله گیاهان تاثیر معنی‌داری روی برخی خصوصیات محصول شامل عملکرد برگ، عملکرد کل و ماده موثره نداشت (۱۲). بر اساس نتایج یک مطالعه دیگر که روی کشت نعناع فلفلی صورت گرفت، مشخص شد در تراکم کاشت ۷/۴ بوته در متر مربع، بیشترین عملکرد شاخ و برگ به دست آمد و تراکم کاشت عملکرد را تحت تأثیر قرار داد (۱۱).

بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای در مورد تأثیر نیتروژن و تراکم کاشت به صورت توام بر رشد، عملکرد و میزان اسانس نعناع فلفلی صورت نگرفته است و با توجه به اهمیت گیاه دارویی نعناع فلفلی و مصرف گسترده آن در صنایع مختلف، این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد و سطح برگ در بوته، عملکرد تر و خشک، میزان و عملکرد اسانس و نیز بررسی ارتباط بین سطح برگ و میزان اسانس گیاه مزبور طی دو چین و همچنین برخی از شاخص‌های رشد در چین اول در شرایط اکولوژیکی همدان به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا واقع در همدان با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی انجام شد. میانگین بارندگی سالانه این منطقه ۳۳۵ میلی‌متر بوده و از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک محسوب می‌شود. حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه همدان به ترتیب ۴۰ و ۳۳/۷- درجه سانتی‌گراد تعیین شده است. دمای متوسط مربوط به دوره رشد چین اول معادل ۲۹ درجه سانتی-گراد و برای چین دوم معادل ۱۸ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار طی دو چین اجرا شد. در این آزمایش کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) با ۳ سطح نیتروژن خالص (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو زمان به صورت نصف برای هر چین) در کرت‌های اصلی و تراکم کاشت با ۳ سطح (۸ ، ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

به منظور آماده سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۸۶ شخم نیمه عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام شد. در بهار پس از انجام شخم مجدد، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. کودپاشی در اردیبهشت ۱۳۸۷ صورت گرفت. جهت تامین نیاز غذایی نعناع فلفلی، بر اساس تجزیه خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی، میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۹۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به خاک افزوده شد. پس از تسطیح و ایجاد جوی و پشته به فاصله ۴۵

سانتی‌متر، کرت‌هایی به مساحت ۲/۲۵×۴ متر مربع ایجاد گردید. هر کرت شامل ۴ ردیف به فاصله ۴۵ سانتی‌متر و به طول ۴ متر بود.

جدول۱- مشخصات تجزیه فیزیکو شیمیایی خاک محل انجام تحقیق

عامل اندازه‌گیری شده	مقدار
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۳/۳
پتاس قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)	۹۵
ازت کل (درصد)	۰/۰۶
ماده آلی (درصد)	۰/۴۶
اسیدیته	۷/۶۴
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۰/۵۸
درصد شن	۵۷/۶
درصد رس	۱۷
درصد لای (سیلت)	۲۵/۴
بافت خاک	شنی لومی
ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک)	۱۲/۸

فاصله بین هر دو کرت، ۹۰ سانتی‌متر و فاصله هر دو بلوک ۳ متر تعیین شد. جهت جلوگیری از ورود کود نیتروژن همراه آبیاری از بلوک‌های مجاور، برای هر بلوک یک جوی آبیاری و یک کانال زهکشی جداگانه تعبیه شد. در تاریخ اول خرداد، کاشت نشاءها انجام گرفت. نشاءهای نعناع فلفلی مورد استفاده در این آزمایش از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه گردید. نشاءها در تراکم‌های مورد نظر، در عمق ۶ سانتی‌متری خاک با دست کشت شدند و بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری به صورت نشتی انجام گرفت. یک دوم کود اوره در زمان کاشت نشاءها همراه با آب آبیاری (جهت جلوگیری از تصعید نیتروژن) و بقیه آن به صورت سرک پس از برداشت چین اول (چین اول در اوایل گلدهی برداشت شد) مصرف گردید. با توجه به این که اثر کود نیتروژن و تراکم کاشت بصورت جداگانه در چین‌های اول و دوم مورد بررسی قرار گرفت، لذا در ارائه نتایج سطوح کود نیتروژن در چین اول معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در چین دوم با احتساب مقادیر مصرف شده در چین اول، معادل ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار منظور شده است.

در طول مدت رشد گیاهان، با توجه به شرایط محیطی محل آزمایش هفته‌ای ۲ بار آبیاری انجام گرفت.

عملیات وجین، ۳ تا ۴ بار طی چین اول و ۱ تا ۲ بار طی چین دوم به صورت دستی انجام گرفت. جهت انجام نمونه برداری هر کرت به دو قسمت تقسیم شد. نیمی از هر کرت به منظور نمونه برداری در طی فصل رشد گیاه و نیمی از آن به منظور برداشت چین اول و دوم در نظر گرفته شد. اولین مرحله نمونه برداری در کلیه تیمارها، ۳۰ روز بعد از کشت نشاءها آغاز گردید و بعد از آن هر ۱۵ روز یک‌بار طی ۶ مرحله تکرار شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری در طی فصل رشد، از هر کرت ۴ بوته به صورت تصادفی و با رعایت اثر حاشیه برداشت گردید (۵). به منظور محاسبه روند تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در چین اول، در هر بار نمونه برداری سطح برگ و وزن خشک تعیین گردید. برای تعیین معادلاتی که بهترین برازش را با داده‌های مورد نظر داشته و بتوانند تغییرات وزن خشک کل و شاخص سطح برگ را نسبت به زمان بیان نمایند، ابتدا لگاریتم طبیعی داده‌ها محاسبه شد و سپس از روش حداقل مربعات استفاده گردید. در اوایل مرحله گلدهی در تاریخ ۸۷/۵/۲۵ عمل برداشت چین اول از فاصله ۷ سانتی‌متری سطح زمین از دو ردیف میانی هر کرت با رعایت اثر حاشیه صورت گرفت. برداشت چین دوم نیز در تاریخ ۸۷/۸/۱ صورت گرفت. صفات اندازه-گیری شده در دو مرحله نمونه برداری چین‌های اول و دوم شامل ارتفاع ساقه اصلی، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد و مساحت برگ‌ها در بوته، عملکرد تر و خشک، میزان اسانس (میلی‌لیتر) در برگ (بر اساس صد گرم وزن خشک که بعدا به درصد تبدیل شد) و عملکرد اسانس بودند. استخراج اسانس از گیاه نعناع فلفلی در هر دو چین به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت. روش کار بدین صورت بود که مقدار معینی از برگ خشک نعناع فلفلی (۱۰۰ گرم) از یک تیمار جداگانه توزین شد. برای این منظور نمونه به همراه ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالن به مدت ۱۲۰ دقیقه جوشانده شد و سپس جریان قطع و اندازه‌گیری بر حسب میلی‌لیتر صورت گرفت (۱۰). از نمونه‌های چین دوم نیز به روش فوق اسانس‌گیری به عمل آمد. از آنجایی که اسانس نعناع فلفلی سبک‌تر از آب است به صورت یک لایه روغنی بر روی آب تجمع یافت.

تجزیه آماری اطلاعات بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. تبدیل درصد اسانس برگ به توزیع نرمال با استفاده از رابطه $\text{Arc sin } \sqrt{x}$ انجام شد. جهت تحلیل رابطه رگرسیونی و رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

اثر تیمار نیتروژن و تراکم کاشت در چین اول بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد، در حالیکه اثر متقابل این دو عامل بر ارتفاع بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۷۱ سانتی‌متر حاصل شد، هر چند بین این تیمار و تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر آماری اختلاف معنی‌داری

مشاهده نشد. کمترین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۴). همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در چین اول، بیشترین ارتفاع بوته در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع با میانگین ۷۲/۲ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته در تراکم ۸ بوته در متر مربع حاصل شد. افزایش ارتفاع در اثر افزایش تراکم، به دلیل ورود کمتر نور به داخل کانوپی گیاه و واکنش گیاه برای دریافت نور بیشتر می‌باشد. در همین رابطه در تحقیق انجام شده توسط الژندی (۱۳) روی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) مشاهده شد که همگام با افزایش تراکم بوته، ارتفاع افزایش یافت. در چین دوم فقط تأثیر نیتروژن بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۵).

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت بر تعداد گره در چین اول در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آن‌ها بر روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول۲). افزایش مقدار نیتروژن منجر به افزایش تعداد گره در گیاه گردید، به طوری که بیشترین تعداد گره مربوط به تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب برابر با ۱۷/۴ و ۱۶/۳ گره و کمترین آن مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۴). وهاب و لارسون (۳۱) در مطالعات خود روی بادرنجبویه (*Mclissa officinalis* L.) و ریحان نتایج مشابهی به دست آوردند و ملاحظه نمودند که با افزایش مقدار نیتروژن، تعداد گره در ساقه اصلی افزایش یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تعداد گره با تغییر تراکم کاشت تغییر یافت و بیشترین تعداد گره در تراکم کاشت کمتر تشکیل شد، بطوری که در تراکم ۸ بوته در متر مربع متوسط تعداد گره در هر بوته معادل ۱۷ گره و در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع متوسط تعداد گره در هر بوته معادل ۱۰/۹ گره بود (جدول ۴). دلیل این امر کم شدن رقابت بین گیاهان در تراکم کمتر و افزایش فضای مربوط به هر گیاه است. نتیجه تحقیقات اوزل (۲۷) در نعناع نیز موید این مطلب است که افزایش تراکم بوته، باعث کاهش تعداد گره در ساقه اصلی شد.

تعداد و سطح برگ در بوته

تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت در چین اول بر تعداد و سطح برگ در بوته در سطح یک درصد و در چین دوم در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد و سطح برگ در بوته طی دو چین معنی‌دار نشد (جدول‌های ۲ و ۳). در چین اول مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد و سطح برگ در بوته در مقادیر ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نیتروژن و تراکم کاشت بر برخی از صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و میزان اسانس نعناع فلفلی در چین اول

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع ساقه	تعداد گره در ساقه اصلی	تعداد برگ در بوته	سطح برگ در بوته	عملکرد تر	عملکرد خشک	میزان اسانس در برگ
بلوک	۲	۲۶/۳۳	۸/۹۴	۲۶۳۲/۴۹	۹۴۹۰۸/۹۶	۳۱۴۷۵۴/۱۹	۶۸۳۵۲/۴۴	۰/۰۰۱
کود نیتروژن	۲	۴۲۶/۴۸**	۷۲/۷۵**	۷۵۸۲۲/۴۴**	۲۷۸۷۶۲۷/۳۳**	۲۲۳۱۱۷۵۸/۷۸**	۱۸۲۳۳۴۲/۱۰*	۱/۰۸۰**
خطای اصلی	۴	۲/۲۶	۲/۲۶۸	۱۱۸۳/۴۰	۵۴۶۷۶/۸۰	۹۷۰۲۰۷/۵۶	۱۰۵۸۹/۸۱	۰/۰۱۷
تراکم کاشت	۲	۸۲۶/۱۹**	۲۳/۹۲**	۴۱۸۳/۴۰**	۸۴۸۵۵۱/۳۳**	۳۷۱۱۸۲/۲۳ns	۳۰۵۵۸/۷۷ns	۰/۰۶۲*
کود نیتروژن×تراکم کاشت	۴	۱۷/۰۷ns	۴/۲۵ns	۱۷۴۸/۴۱ns	۸۶۳۷۷/۹۶ns	۳۳۹۴۶۰/۹۷ns	۴۲۱۱۲/۵۰ns	۰/۰۰۳ns
خطای فرعی	۱۲	۱۰/۸۰	۲/۰۰	۳۴۲۸/۹۷	۲۹۵۶۶/۰۶	۱۲۸۵۳۷/۶۳	۲۰۱۹۰/۶۷	۰/۰۲۱
ضریب تغییرات		۱۵/۶۶	۲۰/۷۵	۱۲/۷۰	۱۹/۱۷	۲۰/۲۶	۱۹/۲۶	۲۱/۲۱

** و *: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد
ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

عملکرد اسانس
۱۲۱/۲۵
۵۲۶۸/۵۴**
۱۱/۶۷
۳۲۶/۲۷*
۳۸/۴۵ns
۱۴/۱۵
۱۸/۲۲

جدول۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی نعناع فلفلی تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت در چین اول

تیمار	ارتفاع ساقه (cm)	تعداد گره در ساقه اصلی	تعداد برگ در بوته	سطح برگ در بوته (cm^2)	عملکرد تر ($kgha^{-1}$)	عملکرد خشک ($kgha^{-1}$)	میزان اسانس برگ (٪) (در ۱۰۰ گرم برگ خشک)	عملکرد اسانس (Lha^{-1})
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)								
۵۰	۵۵/۷۱b	۱۲/۰۵b	۶۶۲/۱۷b	۱۸۰۰/۶۰b	۱۰۹۴۸/۹۰b	۴۵۶۷/۸۱b	۲/۱۳b	۱۲/۹۸b
۷۵	۶۷/۰۰ab	۱۶/۳۴a	۸۰۲/۶۳a	۲۹۰۵/۸۱a	۱۳۸۲۸/۳۱ab	۶۴۳۱/۲۰b	۳/۰۴a	۱۶/۵۲a
۱۰۰	۷۱/۰۰a	۱۷/۴۳a	۸۴۲/۲۸a	۳۲۳۹/۸۰a	۱۵۶۸۸/۶۴a	۸۹۵۹/۲۹a	۳/۲۸a	۱۷/۶۹a
تراکم کاشت (بوته در متر مربع)								
۸	۵۳/۳۲c	۱۷/۰۷a	۷۹۲/۸۷a	۳۴۰۰/۰۰a	۱۲۹۴۵/۶۲a	۶۰۲۷/۳۳a	۲/۹۹a	۱۷/۱۶a
۱۲	۶۰/۳۸b	۱۴/۸۵b	۶۸۹/۴۶b	۲۹۰۵/۵۱b	۱۲۷۸۴/۴۱a	۵۹۱/۴۲a	۲/۶۸b	۱۴/۶۸b
۱۶	۷۲/۲۷a	۱۰/۹c	۵۰۱/۶۸c	۱۷۸۵/۵۰c	۱۳۲۱۴/۴۵a	۶۲۱۲/۴۴a	۲/۷۸ab	۱۵/۰۸b

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر نیتروژن و تراکم کاشت بر برخی از صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و میزان اسانس نعناع فلفلی در چین دوم

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	تعداد برگ در بوته	سطح برگ در بوته	عملکرد تر	عملکرد خشک	میزان اسانس در برگ	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۱۰/۲۶	۱۵۱۷۰/۰۲	۶۵۸۲۰/۳۰	۱۴۷۵۴۸/۲۹	۴۶۳۲۲/۰۴	۰/۰۰۲	۱۰۶/۱۱
کود نیتروژن	۲	۱۳/۲۵*	۱۵۷۲۷۲/۴۴*	۱۷۶۸۳۰/۴۱*	۳۵۹۵۵۰۹/۰۸**	۲۰۰۴۹۱/۱۴**	۰/۲۰۷*	۴۹۹۸/۹۳**
خطای اصلی	۴	۱۰/۷۹	۱۹۷۲/۶۲	۱۰۶۰۹/۹۲	۱۷۱۶۲۸/۶۲	۲۸۶۲/۶۷	۰/۰۲۳	۲۵/۰۵
تراکم کاشت	۲	۴/۳۹^{ns}	۳۰۴۶۱/۱۳*	۱۱۱۸۷۱/۲۲*	۲۰۷۳۶۵/۲۲^{ns}	۷۷۸۱/۲۱^{ns}	۰/۰۲۵^{ns}	۸۸/۵۷^{ns}
کود نیتروژن×تراکم کاشت	۴	۲/۸۷^{ns}	۴۶۴/۶۸^{ns}	۲۵۷۹/۹۱^{ns}	۳۱۴۲۰/۳۵^{ns}	۴۵۰۵/۹۹^{ns}	۰/۱۰۴^{ns}	۳۶/۶۶^{ns}
خطای فرعی	۱۲	۳/۲۵	۷۷۳/۹۲	۷۴۹۹/۲۹	۱۴۳۵۵۸/۵۰	۷۷۹۳/۶۱	۰/۰۱۱	۱۵/۰۸
ضریب تغییرات		۱۰/۰۸	۱۸/۸۷	۱۷/۸۳	۱۵/۵۴	۱۸/۱۴	۱۴/۶۰	۱۱/۲۲

* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی نعناع فلفلی تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت در چین دوم

تیمار	ارتفاع ساقه (cm)	تعداد برگ در بوته	سطح برگ در بوته (cm^2)	عملکرد تر ($kgha^{-1}$)	عملکرد خشک ($kgha^{-1}$)	میزان اسانس برگ (٪) (در ۱۰۰ گرم برگ خشک)	عملکرد اسانس (Lha^{-1})
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)							
۱۰۰	۱۹/۴۱c	۱۵۸/۴۷b	۶۸۴/۴۶b	۵۵۱۲/۰۰b	۵۸۴/۰۳b	۱/۰۲b	۷/۴۸b
۱۵۰	۲۳/۰۰b	۳۴۹/۴۷a	۸۲۵/۹۸ab	۶۷۱۵/۴۸a	۸۲۰/۰۷a	۱/۰۹b	۸/۰۹ab
۲۰۰	۲۹/۶۶a	۴۰۲/۶۱a	۹۴۵/۳۲a	۶۸۷۹/۳۱a	۸۶۰/۳۱a	۱/۵۱a	۹/۳۲a
تراکم کاشت (بوته در متر مربع)							
۸	۲۴/۲۲a	۳۰۹/۹۹a	۸۹۲/۳۳a	۶۲۳۹/۶۱a	۶۸۸/۹۵a	۱/۳۱a	۷/۲۴a
۱۲	۲۵/۴۱a	۲۲۹/۶۱b	۶۹۱/۴۲b	۶۵۴۷/۹۹a	۷۰۲/۱۱a	۱/۱۸a	۷/۰۱a
۱۶	۲۵/۴۵a	۱۹۸/۱۷b	۶۳۱/۴۴b	۶۶۴۳/۸۷a	۷۱۲/۲۵a	۱/۱۳a	۷/۱۷a

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

کمترین تعداد و سطح برگ نیز مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۴). در این چین بیشترین تعداد و سطح برگ در بوته، در تراکم ۸ بوته در متر مربع به ترتیب با ۷۹۲/۹ برگ و ۳۴۰۰ سانتی‌متر مربع و کمترین آن‌ها در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۴). نتایج آزمایش نشان داد که گیاه نعناع فلفلی در تراکم کاشت کمتر با تولید شاخه‌های جانبی و تعداد برگ بیشتر در هر شاخه، در مجموع تعداد و سطح برگ بیشتری در هر بوته تولید می‌کند. در چین دوم بیشترین تعداد برگ به ترتیب در تیمارهای ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در این چین بیشترین سطح برگ در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۹۴۵/۳ سانتی‌متر مربع حاصل شد، هر چند بین این تیمار و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین سطح برگ نیز متعلق به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۵). در این چین نیز بیشترین تعداد و سطح برگ در تراکم ۸ بوته در متر مربع حاصل و کمترین آن‌ها متعلق به تراکم‌های ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع بود (جدول ۵). نتایج حاصل نشان داد که هر اندازه تراکم کاشت بیشتر شود، رقابت بین گیاهان افزایش یافته و تعداد و سطح برگ در تک بوته کمتر می‌شود. دی‌لالوز و همکاران (۱۱) نیز در تحقیقات خود گزارش نمودند که تعداد برگ در الگوی کاشت (۲۰×۷۰ سانتی‌متر) بیشتر از تعداد برگ در الگوی کاشت (۱۰×۷۰ سانتی‌متر) می‌باشد. اثر افزایش کود نیتروژن در تعداد برگ به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تامین می‌کند و موجب افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی، مانند تعداد و سطح برگ می‌شود (۲).

زیست توده گیاه

بر اساس نتایج گزارش شده در جدول‌های ۲ و ۳، اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد تر طی دو چین در سطح یک درصد معنی‌دار بود. تراکم کاشت و اثر متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد تر گیاه طی دو چین نداشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد تر در چین اول، در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۱۵۶۸۸/۶ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که تفاوت آن با تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار نبود. در چین دوم نیز بیشترین عملکرد تر در تیمارهای ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین ۶۸۷۹/۳ و ۶۷۱۵/۴ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین عملکرد تر طی دو چین به ترتیب مربوط به تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول‌های ۴ و ۵). در چین اول با کاهش نیتروژن از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن تر بوته‌ها به ترتیب ۱۱ و ۳۰ درصد کاهش یافت و در چین دوم نیز با کاهش نیتروژن از ۲۰۰ به ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن تر بوته‌ها به ترتیب ۲/۳ و ۲۰ درصد کاهش یافت. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد خشک در

چین اول در سطح پنج درصد و در چین دوم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳). تأثیر تراکم کاشت و اثر متقابل تیمارها طی دو چین بر عملکرد خشک معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین تیمارها طی دو چین نشان داد که بیشترین عملکرد خشک در چین اول در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۸۹۵۹/۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن نیز در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۴). در چین دوم بیشترین عملکرد خشک در مقادیر ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین ۸۶۰/۳ و ۸۲۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد خشک نیز در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۵). در چین اول با کاهش نیتروژن از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک بوته‌ها به ترتیب ۲۸ و ۴۹ درصد و در چین دوم نیز با کاهش نیتروژن از ۲۰۰ به ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک بوته‌ها به ترتیب ۴ و ۳۲ درصد کاهش یافت. دلایل اثر نیتروژن بر افزایش وزن تر و خشک را به شرکت این عنصر در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک نسبت داده‌اند (۳۲).

در منابع بررسی شده تاکنون به اثر نیتروژن بر عملکرد ماده خشک طی دو یا چند چین اشاره‌ای نشده است. اما نتایج چین دوم این پژوهش با یافته‌های کاسول (۲۰) و گولدر (۱۸) که به ترتیب مصرف مقادیر بالاتر از ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از کود نیتروژنه را جهت افزایش عملکرد در نعناع فلفلی مناسب دانستند، مطابقت دارد.

تراکم کاشت بر عملکرد تر و خشک طی دو چین تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۲ و ۳). در همین رابطه درازیک و پاولوویچ (۱۲) گزارش کردند که عملکرد تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نمی‌گیرد، زیرا عملکرد به تعداد گره‌ها در ساقه اصلی بستگی دارد. در گیاه نعناع فلفلی تعداد گره با تغییر تراکم کاشت تغییر می‌یابد و بیشترین تعداد گره در تراکم کاشت کمتر تشکیل می‌شود. نتایج بدست آمده با گزارش دی‌لالوز و همکاران (۱۱) که گزارش کرده‌اند در تراکم کاشت کمتر عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد، مطابقت ندارد. زیرا گیاه نعناع فلفلی در تراکم کمتر با تولید گره بیشتر در تک بوته و همچنین افزایش شاخص سطح برگ و به ویژه دوام شاخص سطح برگ، عملکرد تر و خشک در تراکم بیشتر را جبران کرده و تحت تأثیر آن قرار نمی‌گیرد.

درصد اسانس در برگ و عملکرد اسانس

اثر متقابل نیتروژن و تراکم کاشت بر درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس نعناع فلفلی در چین اول معنی‌دار نبود ولی تأثیر نیتروژن در سطح یک درصد و تراکم کاشت در سطح پنج درصد روی درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین درصد اسانس برگ (با میانگین ۳/۲۸ و ۳/۰۴ درصد) و عملکرد اسانس (با میانگین ۱۷/۶۹ و ۱۶/۵۲ لیتر در هکتار) به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و کمترین درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس متعلق به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. همچنین بالاترین درصد اسانس برگ مربوط به تراکم ۸ بوته در متر مربع با ۲/۹۹ درصد بود، هر چند بین این تیمار و تیمار ۱۶ بوته در متر مربع تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین درصد اسانس برگ به تراکم ۱۲ بوته در متر مربع تعلق داشت. بالاترین عملکرد اسانس نیز در این چین به تراکم ۸ بوته در متر مربع تعلق داشت و کمترین عملکرد اسانس در تراکم‌های ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۴). در چین دوم فقط تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر درصد اسانس برگ نعناع فلفلی در سطح پنج درصد و بر عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین درصد اسانس برگ در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۱/۵۱ درصد و کمترین آن در تیمارهای ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول ۵). بالاترین عملکرد اسانس نیز در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۹/۳۲ لیتر در هکتار حاصل شد، هر چند که تفاوت آن با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۵). در چین اول با کاهش نیتروژن از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، درصد اسانس برگ به ترتیب ۷ و ۳۵ درصد و عملکرد اسانس به ترتیب ۶ و ۲۶ درصد کاهش یافت. همچنین با افزایش تراکم کاشت از ۸ به ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع، درصد اسانس برگ به ترتیب ۱۳ و ۷ درصد و عملکرد اسانس به ترتیب ۱۴ و ۱۲ درصد کاهش یافت. در چین دوم نیز با کاهش نیتروژن از ۲۰۰ به ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، درصد اسانس برگ به ترتیب ۲۵ و ۳۲ درصد و عملکرد اسانس به ترتیب ۲/۵ و ۲۰ درصد کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج کلارک و مناری (۸) در گیاه نعناع فلفلی، سینگ و همکاران (۲۵)، فرناندر (۱۴) و گردر و همکاران (۱۷) در گونه *Mentha spicata* L. و آراباسی و بایرام (۴) در ریحان که اظهار داشتند با مصرف نیتروژن، میزان اسانس افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. همچنین گروه پژوهشی کوتاری و همکاران (۲۲) حداکثر تولید اسانس در گونه *Mentha arvensis* L. را در مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ذکر نمودند. تعدادی از محققان گزارش کردند که عملکرد اسانس بالا در نعناع فلفلی به شرط کاربرد نیتروژن زیاد تحقق می‌یابد (۳ و ۸).

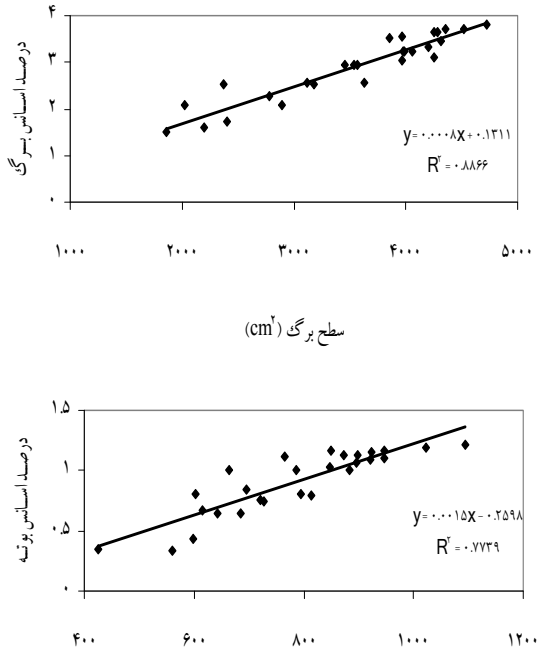
با این که نیتروژن در ساختمان اسانس وجود ندارد، اما کاربرد آن به افزایش غدد ترشحی اسانس در برگ نعناع فلفلی منجر می‌شود (۲۴). علت افزایش غدد ترشحی اسانس، تولید و مصرف قندهای

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 (۶). چنان که قبلا اشاره شد چون در تراکم کاشت پایین‌تر نعناع فلفلی، رقابت بین بوته‌ها کمتر از تراکم‌های بالاتر بوده و در ضمن فضای بیشتری در اختیار هر بوته قرار گرفت، گسترش بوته‌ها به اطراف بیشتر شد و فرصت بیشتری برای رشد تک بوته وجود داشت. بنابراین تولید و سطح برگ در آن افزایش یافت و با توجه به این که تعداد غدد در برگ‌های نعناع فلفلی متفاوت بوده و با افزایش سطح برگ، افزایش می‌یابد (۲۳)، بنابراین بیشترین درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس در تراکم ۸ بوته در متر مربع تولید شده است، از طرفی با تراکم بیشتر معمولا ریزش برگ‌های پایینی نیز بیشتر خواهد بود لذا بیشترین درصد اسانس برگ و عملکرد اسانس را باید به تراکم ۸ بوته در متر مربع نسبت داد.

بررسی ارتباط درصد اسانس برگ با شاخص سطح برگ

وجود ارتباط میان عوامل مربوط به رشد برگ و کمیت و کیفیت اسانس موضوعی است که به عنوان محور تحقیقات برخی از پژوهش‌ها مطرح گردیده است. در این بررسی نوعی ارتباط بین سطح برگ و میزان اسانس برگ طی دو چین مشاهده شد. روابط رگرسیونی درصد اسانس برگ طی دو چین نشان داد که با افزایش سطح برگ، درصد اسانس برگ به صورت خطی افزایش یافت، به طوری که در چین اول و دوم به ازای افزایش هر سانتی‌متر مربع سطح برگ، درصد اسانس برگ به ترتیب حدود ۰/۰۰۰۸ و ۰/۰۰۱۵ درصد افزایش یافت (شکل ۱).

در مطالعات اخیر مشخص شده است که در گیاهان تیره نعناع تعداد غدد ترشح کننده اسانس در برگ ثابت نیست و با گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد (۲۱). به طور کلی سطح برگ از نظر فیزیولوژیکی دارای اهمیت است، زیرا تحقیقات نشان داده است که فتوسنتز و تولید فراورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد (۲۱). همچنین درباره همبستگی بین فتوسنتز و تولید اسانس آزمایش‌ها نشان داده است که گاز کربنیک و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه منوترپن‌ها مطرح هستند (۱۰). با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد که با افزایش سطح برگ، تعداد روزنه‌ها (به عنوان کانال‌های ورودی co_2) و مقدار گلوکز (به عنوان فراورده فتوسنتزی) ازدیاد حاصل نموده و احتمالا سوبسترای لازم در جهت تامین انرژی و سنتز ترکیب‌های موثر در اسانس فراهم می‌شود. کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب جهت دریافت انرژی و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، احتمالا موجب افزایش بازده فتوسنتزی می‌شود. البته در منابع بررسی شده تاکنون به این موضوع اشاره‌ای نشده است.

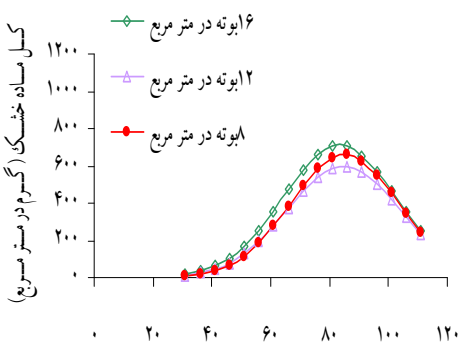


شکل ۱- رابطه رگرسیونی درصد اسانس برگ نعناع فلفلی با سطح برگ در چین اول (راست) و چین دوم (چپ)

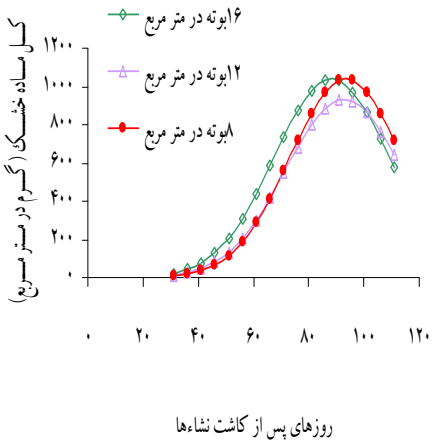
روند تجمع ماده خشک

روند تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی در طی زمان، تحت تأثیر کود نیتروژن و تراکم کاشت در شکل‌های ۲ تا ۴ آمده است. در ابتدای فصل رشد بدلیل پایین بودن دما و کم بودن سطح فتوسنتزی، تجمع ماده خشک روند کندی داشت و این روند در تمامی تیمارها تقریبا تا ۴۰ روز پس از کاشت مشاهده شد. در این زمان تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین ماده خشک کل را تولید کرد و نسبت به سایر تیمارها رشد خطی را زودتر آغاز کرد. پایین‌ترین میزان تجمع ماده خشک کل در زمان رشد خطی به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت. تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز از لحاظ میزان تجمع ماده خشک در این مرحله در حد واسط تیمارهای فوق قرار داشت. تفاوت در مقادیر کود نیتروژن موجب تغییر در تجمع ماده خشک کل شد. بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک کل به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد، به طوری که با کاهش نیتروژن از ۱۰۰ به ۷۵ کیلوگرم در هکتار در تراکم‌های مختلف

کاشت، میزان تجمع ماده خشک بین ۳۱/۸۲ تا ۳۵/۵۰ درصد و از ۱۰۰ به ۵۰ کیلوگرم در هکتار بین ۵۵/۰۴ تا ۵۶/۴۸ درصد کاهش یافت. فراسیس و همکاران (۱۶) نیز نشان دادند که با افزایش مقدار نیتروژن مقدار ماده خشک تولیدی در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) به دلیل افزایش حجم کانوپی گیاه، افزایش سطح برگ و جذب نور بیشتر، افزایش یافت. همچنین بدلیل تأثیر نیتروژن در تداوم رشد رویشی، حداکثر ماده خشک کل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تراکم‌های مختلف کاشت، با تاخیر و حدود ۸۸ تا ۹۴ روز بعد از کاشت بدست آمد. در حالی که در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حدود ۸۲ تا ۸۵ روز بعد از کاشت به حداکثر میزان خود رسید. تراکم کاشت نیز روی تولید ماده خشک کل موثر بود، در ابتدای فصل رشد با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در تمامی تیمارهای نیتروژن میزان تجمع ماده خشک افزایش پیدا کرد، به طوری که در تمامی تیمارها حداکثر تجمع ماده خشک در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع و کمترین آن به تراکم ۸ بوته در متر مربع تعلق داشت. این روند تا ۵۸ روز پس از کاشت نشاءها مشاهده شد، پس از آن تراکم ۸ بوته در متر مربع با افزایش تولید شاخه‌های جانبی در بوته در کلیه تیمارها افزایش چشمگیری در میزان تجمع مواد نشان داد، به طوری که از ۷۰ روز پس از کاشت نشاءها، در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و از ۶۵ روز پس از کاشت نشاءها در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان تجمع مواد در تراکم ۸ بوته در متر مربع بیشتر از تراکم ۱۲ بوته در متر مربع بود. در تمامی تیمارها به جز تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان تجمع ماده خشک در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع بیشتر از ۸ بوته در متر مربع بود، هر چند بین سطوح مختلف تیمار تراکم کاشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که پس از گذشت ۹۵ روز از کاشت، حداکثر میزان تجمع ماده خشک در تراکم ۸ بوته در متر مربع با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع تقریبا برابر شد، احتمالا دلیل آن رشد رویشی و تولید شاخه‌های جانبی بیشتر در تراکم ۸ بوته در متر مربع با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد که در نهایت منجر به تعداد و سطح برگ بیشتر در تک بوته و در نهایت حداکثر تجمع ماده خشک شده است. در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش تجمع ماده خشک در تراکم بیشتر را می‌توان به استفاده بهتر از عوامل محیطی در این شرایط نسبت داد. بولاک و همکاران (۷) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که با ازدیاد تراکم کاشت به دلیل استفاده بهتر از منابع، مقدار تجمع ماده خشک ریحان افزایش یافت.



شکل ۲- روند تجمع ماده خشک کل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت



شکل ۳- روند تجمع ماده خشک کل در تیمار۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

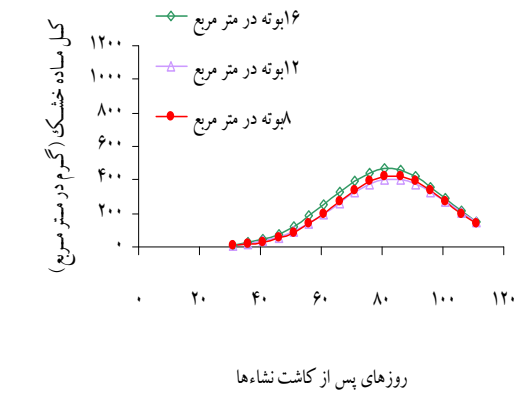
شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ نشانگر ظرفیت فتوسنتزی گیاه بوده و به تعداد و اندازه برگ‌ها در هر مرحله از رشد بستگی دارد. همان طور که در شکل‌های ۵ تا ۷ آمده است روند تغییرات شاخص سطح برگ در گیاهان مورد بررسی به طور کلی مشابه بوده و نشان دهنده روندی افزایشی ولی کند تا حدود ۳۰ روز بعد از کاشت برای همه تیمارها بود. از حدود ۳۰ روز بعد از کاشت روند افزایشی شاخص سطح برگ به دلیل افزایش سریع در تعداد و سطح برگ‌ها آغاز گردید. در این مرحله بیشترین و کمترین مقدار شاخص سطح برگ به ترتیب به تیمار ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت. حداکثر مقدار شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت تأثیر تراکم‌های متفاوت با تاخیر و حدود ۸۲ تا ۹۰ روز و در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت

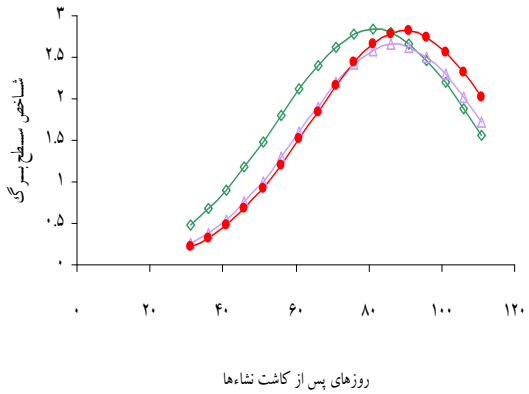
تأثیر تراکم‌های متفاوت حدود ۷۵ تا ۸۳ روز پس از کاشت نشاءها حاصل شد که نشانگر تأثیر نیتروژن در عقب انداختن زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، به مدت ۷ روز می‌باشد. همچنین از این زمان به بعد شاخص سطح برگ به دلیل پیری برگ‌ها و ریزش آن‌ها روند نزولی پیدا کرد. تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر شاخص سطح برگ توسط شریف (۲۹) در زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) نیز گزارش شده است.

همچنین در هر سه تیمار نیتروژن مورد بررسی، در ابتدای فصل رشد با افزایش تراکم بوته در واحد سطح مقدار شاخص سطح برگ نیز افزایش پیدا کرد، به طوری که حداکثر مقدار شاخص سطح برگ در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع بدست آمد و کمترین آن به تراکم ۸ بوته در متر مربع تعلق داشت. این روند تا ۷۰ روز در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۷۵ روز در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد، اما پس از آن تراکم ۸ بوته در متر مربع با تولید شاخه‌های جانبی در تک بوته افزایش چشمگیری در مقدار شاخص سطح برگ نشان داد و در تمامی تیمارها، بالاتر از تراکم ۱۲ بوته در متر مربع قرار گرفت. همچنین در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که حداکثر مقدار شاخص سطح برگ در تراکم ۸ بوته در متر مربع با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع برابر شد، اما در سایر تیمارها، تراکم ۸ بوته در متر مربع، حداکثر شاخص سطح برگ پایین‌تری نسبت به تراکم ۱۶ بوته در متر مربع تولید نمود، احتمالا به دلیل کاهش مقدار نیتروژن در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تراکم ۸ بوته در متر مربع شاخه‌های جانبی، برگ و سطح برگ کمتری در تک بوته تولید نموده و در نتیجه حداکثر مقدار شاخص سطح برگ آن کمتر از تراکم ۱۶ بوته در متر مربع شده است (شکل‌های ۶ و ۷). همچنین حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم ۱۶ بوته در متر مربع در تیمارهای مختلف نیتروژن زودتر از تراکم‌های ۸ و ۱۲ بوته در متر مربع حاصل شد. کریمی و همکاران (۱۹) نیز گزارش نمودند که افزایش تراکم گیاه سبب می‌گردد که شاخص سطح برگ در تراکم های بالا سریعتر از تراکم های پایین به حداکثر مقدار خود برسد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر کود نیتروژن و تراکم کاشت در شکل‌های ۸ تا ۱۰ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در ابتدای رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح برگ برای دریافت نور، روند تغییرات سرعت رشد محصول بطئی بود. این روند در تمامی تیمارها از ۴۰ روز پس از کاشت نشاءها شروع به افزایش نمود تا این که در ۷۰ تا ۸۰ روز پس ازکاشت بسته به کود نیتروژن و تراکم کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و سپس روند کاهشی نشان داد. کاهش CGR[1] می‌تواند بدلیل پیری و از بین رفتن برگ‌ها که اندام اصلی فتوسنتز کننده گیاه محسوب می‌شوند باشد و در مراحل آخر رشد، مقادیر CGR بدلیل ریزش زیاد برگ‌ها منفی می‌گردد.



شکل ٤- روند تجمع ماده خشک کل در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

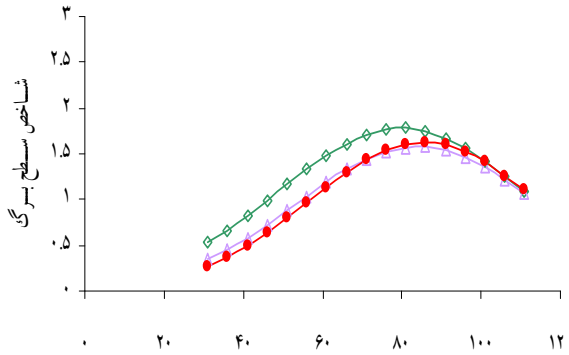


شکل ٥- شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

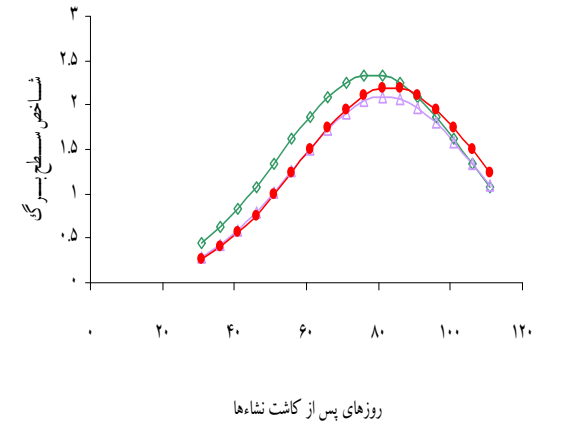
در ابتدای فصل رشد (۴۰ روز پس از کاشت نشاءها) تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین مقدار سرعت رشد محصول را داشت و کمترین مقدار به تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت. تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیز از لحاظ سرعت رشد محصول در این مرحله در حد واسط تیمارهای فوق قرار داشت. بیشترین مقدار CGR در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در تراکم‌های ۸، ۱۲و ۱۶ بوته در متر مربع حدود ۷۴ تا ۷۹ روز بعد از کاشت به ترتیب با مقادیر ۱۸/۱۵، ۱۷/۳۱ و ۱۸/۲۰ گرم

1- Crop Growth Rate (CGR)

در متر مربع در روز، حاصل شد ولی کمترین مقدار CGR در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در تراکم‌های ۸، ۱۲ و ۱۶ بوته در متر مربع حدود ۷۰ تا ۷۵ روز بعد از کاشت به ترتیب با مقادیر ۹/۴۹، ۸/۹۱ و ۱۱/۰۲ گرم در متر مربع در روز ثبت شد.

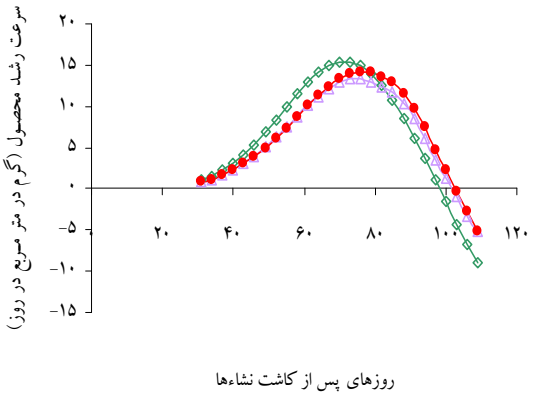


شکل ٦- شاخص سطح برگ در تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

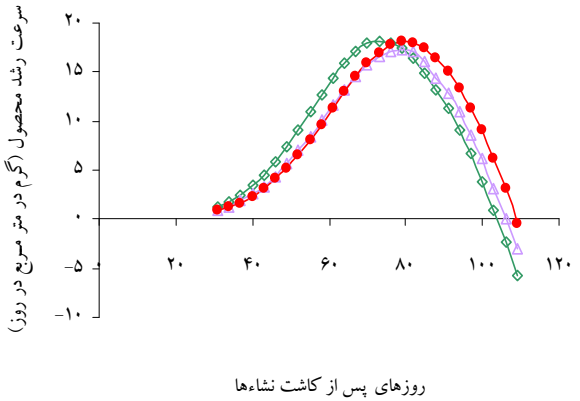


شکل ۷- شاخص سطح برگ در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت سرعت رشد محصول

همچنین در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار روند کاهش CGR زودتر آغاز شد و در اواخر دوره رشد، کاهش CGR در این تیمارها شدیدتر از تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. بررسی اثر تراکم کاشت بر سرعت رشد محصول نشان می‌دهد که در ابتدای فصل رشد بیشترین و کمترین مقدار سرعت رشد محصول به ترتیب در تراکم‌های ۱۶ و ۸ بوته در متر مربع حاصل شد، تراکم ۱۲ بوته در متر مربع نیز از این نظر در حد واسط تیمارهای فوق قرار داشت. مقدار سرعت رشد محصول در تراکم ۸ بوته در متر مربع در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از ۷۰ روز پس از کاشت و در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از ۶۵ روز بعد از کاشت، بیشتر از تراکم ۱۲ بوته در متر مربع شد.

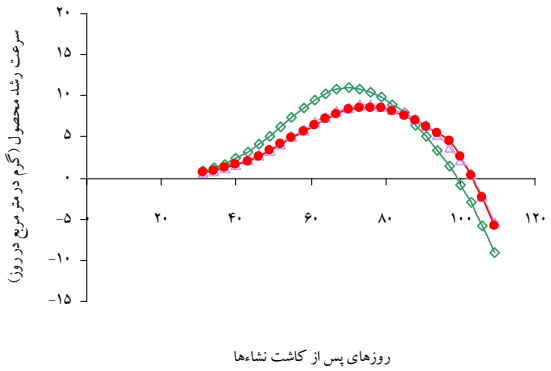


شکل ۸- سرعت رشد محصول در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت



شکل ۹- سرعت رشد محصول در تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

حداکثر CGR در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۶ بوته در متر مربع حاصل شد ولی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر CGR در تراکم‌های ۱۶ و ۸ بوته در متر مربع بدست آمد. از این مطلب استنتاج می‌شود که در این گیاه در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به علت کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در تراکم‌های ۸ و ۱۲ بوته در متر مربع، بسته شدن کانوپی دیرتر رخ می‌دهد و میزان بیشتری از نور خورشید با زمین برخورد می‌کند و درصد جذب آن توسط گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه سرعت رشد محصول کاهش یافته و تولید وزن خشک نیز بالطبع کاهش می‌یابد.



شکل۱۰- سرعت رشد محصول در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تحت سطوح مختلف تراکم کاشت

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشـان داد کـه در منطقـه اکولـوژیکی مـورد آزمایش، مصرف کود نیتروژن و تراکم کاشـت بـر رشـد، عملکـرد و میزان اسانس در گیاه نعناع فلفلی تأثیر معنی‌داری دارد، لذا در مـزارع و موسسات تولیدی گیاه دارویی نعناع فلفلی با شرایط مشابه، تنظـیم تراکم کاشـت و مصـرف مناسـب کـود نیتـروژن از اهمیـت خاصـی برخوردار است. همچنین با توجه به افزایش روزافزون مصرف گیاهان دارویی خصوصا نعناع فلفلی در صنایع دارویـی و تقاضـای زیـاد ایـن گیاه در جهت تولید به شیوه علمی توصیه می‌شود که در چین اول به منظور حصول به حداکثر رشد، عملکرد و میزان اسانس در ایـن گیـاه ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۸ بوتـه در متـر مربـع و در چین دوم ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منظور شود، ولی بـا توجـه به مسائل زیست محیطی، مـدیریت مزرعـه، هزینـه مصـرف کـود و اخـتلاف جزئـی در چـین اول بـین تیمارهـای ۷۵ و ۱۰۰ کیلـوگرم نیتروژن در هکتار و در چین دوم بین تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، بهتر است طی دو چین بـه ترتیـب بـا مصـرف ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار محصول مناسب‌تری تولید نماییم. به هـر حال برای دست‌یابی به عملکرد کمی و کیفی مطلـوب نعنـاع فلفلـی بایستی در هر منطقه نسبت به تحقیقات به زراعی لازم اقدام نمود.

منابع

۱- امید بیگی، ر. ۱۳۸۶. تولید و فراوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی. جلد دوم. چاپ چهارم. ۴۳۸ صفحه.

۲- امید بیگی، ر. ۱۳۸۶. تولید و فراوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی. جلد سوم. چاپ چهارم. ۳۹۷ صفحه.

3- Aflatuni, A. 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha ssp.)* in Ontario. Canada Journal of Essential Oil Research 25: 663-666.

4- Arabasi, D. and E., Bayram. 2005. The effect of nitrogen fertilization and different plant densities on some Agronomic and Technologic characteristic of (*Ocimum basilicum* L.). Essential Oil Research 17: 203-205.

5- Blumenthal, M., 2000. Response of mint species to nitrogen fertilization. Journal of Agricultural Science 55(5): 119-130.

6- Brown, B., 2003. Mint soil fertility research in the PNW. Western Nutrient Management Conf. 5(3): 54-60.

7- Bullock, D.G., R.I., Nielson and W.E., Nyquist. 2000. A growth analysis comparison of sweet basil growth in conventional and equidi plant spacing. Crop Science 29: 256-258.

8- Clark, R.J. and R., Menary. 1999. The effect of irrigation and nitrogen on yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Applied-Plant Science 62(2): 68-71.

9- Crock, J.E. 1999. Effect of nitrogen application and row spacing on Coriander (*Coriandrum sativum* L.) production under irrigated condition in semi arid Rajasthan. Indian Journal of Agriculture Science 58: 568-569.

10- Croteau, R., A.J., Burbott and W.D., Lommis. 2006. Biosynthesis of mono and sesquiterpenes in peppermint. Phytochemistry 71: 2937-2948.

11- De La Luz, L., V., Fiallo and C.R., Ferrada. 2002. Effect of plant density levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. Indian Perfumer 33(3): 182-196.

12- Drazic, S. and S., Pavlovic, 2005. Effect of vegetation space on productive traits of peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 52-54.

13- EI-Gendy, H., 2001. Sweet basil productivity under different organic fertilization and interplant spacing levels in a newly reclaimed landing Egypt. Herba Polonica 52: 22-30.

14- Fernander, C.H. 2006. Nitrogen and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture 132(2): 203-215.

15- Fleming, B. 2001. Optimum nitrogen fertilizer rate for peppermint (*Mentha piperita* L.) in Ontario. Canadian Journal of Essential Oil Research 9:119-124.

16- Fracis, C.A., F.C., Bulter and L.D., King. 2000. Crop growth and relative growth rates in (*Matricaria chamomilla* L.). Crop Science 88: 1207-1212.

17- Gerder, H.V., H., Vangelder and N., Mucciarelli. 1993. Influence of nitrogen fertilizer application level on oil production and quality in *Mentha spp.* Applied Plant Science, 92(2): 68-71.
18- Golder, H.V. and H.M., Vangelder. 1998. Influence of nitrogen fertilizer application level on oil production and quality in (*Mentha piperita* L.). Applied Plant Science 82: 68.71.
19- Karimi, M.M., G., Turowska and K.H.M., Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.
20- Kasual, S., 1999. The effect of nitrogen fertilizer in peppermint. Journal of Essential oil Research 7: 279-289.
21- Kokkini, S., D., Karousou and D., Vokou, 2005. Pattern of geographic variation of Organum trichumes and essential oil content in sweet basil. Journal of Essential Oil Research 28: 209-217.
22- Kothari, S., V.P., Singh, M., Wheelerand and C., Stephens. 2000. The effect of row spacing and nitrogen fertilization on (*Mentha arvensis* L.). Journal of Essential Oil Research 7(1): 279-289.
23- Maffei, M., F., Chialva and T., Sacco. 2004. Are leaf area index (LAI) productivity in peppermint? Flavor and Fragrance Journal 9(3): 119-124.
24- Marotti, M., R., Piccaglia, W., Crout, K., Craufutd and S., Deans. 2004. Effect of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. Flavor and Fragrance Journal 9(3): 125-129.
25- Singh, V.P., B.N., Chatterjee and P., Singh, 2003. Response of mint species to nitrogen fertilization. Journal of Agricultural Science 113(2): 267-271.
26- Sahhar, E.L., G.E., Fahamy, D.B., Fero and E.L., Zanati. 2006. Effect of different rates of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on (*Mentha piperita* L.). Agricultural Research 95: 119-130.
27- Ozel, P. 2002. Effect of plant density levels in Mentha cultivars. Indian Perfumer 34(3): 102-110.
28- Saxena, A. 2004. Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. Indian Perfurmer 33(3): 182-185.
29- Sharif, M. 1999. Supperssion of phosphate- phosphours fixation by farm yard manure. Soil Science 22: 395-401.
30- Slavov, B. 2002. The effect of fertilizer application on peppermint productivity. Plant Science 15(3): 61-65.
31- Wahab, J. and G., Larson. 2002. Response of Sweet basil and Melissa to nitrogen fertilization. Journal of Agriculture Science 35: 267-271.
32- Zhao, j. 2006. The effect of nitrogen fertilization on spearmint. Journal of Essential oil Research 18: 452-455.