



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۳ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۰

صفحه‌های ۶۱۹-۶۰۷

مقاله پژوهشی:

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

زینب کبری پیشوا^۱، مجید امینی‌دهقی^{۲*}، امیر بستانی^۳، امیرمحمد ناجی^۴

۱. دانش‌آموخته دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه خاکشناسی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام گرفت. در این آزمایش کرت اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح (بدون تنش، تنش ملایم یا آبیاری براساس تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده و تنش شدید یا آبیاری براساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل‌استفاده) و کرت فرعی شامل تیمارهای کودی نیتروژن در چهار سطح ۱۰۰ و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن (اوره)، اعمال کود زیستی (نیتروکسین) به‌صورت بذر مال و تیمار ترکیبی کود زیستی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود. نتایج نشان داد که افزایش تنش کم‌آبیاری در سطح ملایم و شدید گرچه موجب افزایش درصد اسانس شد، اما اثر منفی آن بر صفات عملکردی و اجزای عملکردی، کلروفیل کل، غلظت نیتروژن ساقه و برگ گیاه و عملکرد اسانس قابل ملاحظه بود. مصرف کود نیتروژن تلفیقی (اوره+ نیتروکسین) نیز ضمن افزایش عملکرد و اجزای عملکردی زیره سبز، میزان درصد و عملکرد اسانس و همچنین غلظت نیتروژن ساقه و برگ گیاه را افزایش داد و به‌طور کلی مطلوب‌ترین عملکرد کمی و کیفی زیره سبز را موجب شد.

کلیدواژه‌ها: اسانس، تنش کم‌آبیاری، کلروفیل، کود اوره، نیتروکسین

The Effect of Nitrogen Fertilizer Treatments on Yield Traits, Essence Percentage, and Shoot Nitrogen Content of Cumin under Different Irrigation Regimes in the Southern Region of Tehran

Zeynab-Kobra Pishva¹, Majid Amini-Dehaghi^{2*}, Amir Bostani³, Amir-Mohammad Naji⁴

1. Former Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

3. Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

4. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

Received: May 4, 2020

Accepted: September 21, 2020

Abstract

In order to study the effect of nitrogen fertilizer treatments on yield traits, essence percentage, and the amount of nitrogen in cumin stem and leaves under different irrigation regimens, an experiment has been conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications in the 2016-2017 crop season at the Research Field of Agriculture Faculty, Shahed University, Tehran, Iran. In this experiment, the main plot is consisted of different irrigation regimes at three levels (no stress, mild stress or irrigation based on draining 40% of available water, and severe stress or irrigation based on draining 80% of available water) and the subplot includes four levels of nitrogen fertilizer treatments (100% and 50% fertilizer recommendation of nitrogen (urea), seed stained biofertilizer application (Nitroxin), and combination treatment of biofertilizer and 50% fertilizer recommendation nitrogen). The results show that increasing deficit irrigation at a mild level and, above that, at a severe level, while increasing the percentage of essence, has had a significant negative effect on yield and yield components, total chlorophyll, shoot nitrogen concentration, and essence yield. Application of combination nitrogen fertilizer (urea + Nitroxin) while increasing the yield and yield components of Cumin, increase the percentage and yield of essence, and shoot nitrogen concentration, generally causing the most desirable quantitative and qualitative yield of Cumin.

Keywords: Chlorophyll, deficit irrigation stress, essence, nitroxin, urea fertilizer.

۱. مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع بسیار ارزشمند در گستره وسیع منابع طبیعی ایران هستند که در صورت شناخت علمی، کشت، توسعه و بهره‌برداری صحیح می‌توانند نقش مهمی در سلامت جامعه، اشتغال‌زایی و صادرات غیر نفتی داشته باشند (Kashfi Bonab, 2011). یکی از گیاهانی که از لحاظ صادرات، درآمد و نیز افزایش بهره‌وری و احیاء زمین‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک و استفاده اندک از آب حائز اهمیت است، زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) می‌باشد (Ehteramian, 2003). از جمله مهم‌ترین خواص زیره سبز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کومین‌آلدهید^۱ موجود در اسانس آن است که به دلیل دارا بودن ساختار فنلی و گروه فعال هیدروکسی، دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Mirhosseini, 2004).

آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و همچنین مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد. کمبود آب در جریان تولید گیاهان می‌تواند صدمات زیادی بر رشد و همچنین مواد مؤثره دارویی گیاهان وارد نماید (Omidbaigi, 2007). از جمله اثرات کمبود آب، کاهش توسعه سلولی به دلیل کمبود آماس سلول است، که این امر باعث کاهش طول‌شدن ساقه، رشد برگ و کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Boyer, 2017). تغییرات بیوشیمیایی از جمله بهبود درصد و کیفیت اسانس از معدود اثرات مثبت کمبود آب بوده که در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است. زیره سبز در اکثر نقاط ایران با حدود ۲۰۰-۱۸۰ میلی‌متر بارندگی و پراکنش مناسب آن قابل کشت است، لیکن در بسیاری از مناطق به دلیل عدم پراکنش مناسب، نیاز به آبیاری تکمیلی می‌باشد (سالنامه مرکز ملی خشکسالی، ۱۳۹۵-۱۳۹۶). زیره سبز اغلب در مراحل گلدهی تا مرحله

دانه‌بندی با تنش خشکی مواجه است و عملکرد دانه آن تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد (Bahraminejad *et al.*, 2011). پژوهش‌گران اظهار داشتند در کاشت بهاره گیاهان دارویی از جمله زیره سبز، به دلیل قرارگرفتن گیاه در معرض تنش گرما و در نتیجه کمبود آب، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Khorasani *et al.*, 2009).

یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است. نتایج پژوهش‌ها حاکی از نقش مثبت کودهای زیستی به صورت جداگانه و همراه با کودهای شیمیایی (تلفیقی) در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زیره سبز است (Foroughian Arani & Zeinali, 2013). استفاده از کودهای زیستی جهت تأمین نیتروژن، موجب افزایش کمیت و کیفیت فعالیت آنزیم‌ها و پروتئین‌ها شده و مقاومت گیاه در شرایط تنش و در نتیجه آن ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیک را بهبود می‌بخشد (Karimzadeh-Asl & Baghbani Arani, 2019). نیتروژن در ترکیب شیمیایی گیاهان، مثل اسیدهای آمینه، آمیدها، پروتئین‌ها، اسیدنوکلئیک، کلروفیل، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و غیره اهمیت به‌سزایی دارد. نیتروکسین به‌عنوان یکی از انواع کودهای زیستی، حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت از جنس آزوسپیریلوم^۲، ازتوباکتر^۳ و باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس سودوموناس^۴ می‌باشد.

هم‌زیستی زیره سبز با میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی از جمله نیتروکسین به دلیل تولید هورمون‌های محرک رشد و مواد بیولوژیکی فعال باعث

2. Azospirillum
3. Azotobacter
4. Pseudomonas

1. Cuminaldehyde

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارش سالیانه منطقه ۱۶۳/۵۷ میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ گزارش شد. در این آزمایش کرت اصلی شامل رژیم‌های مختلف آبیاری در سه سطح (بدون تنش، تنش ملایم یا آبیاری براساس تخلیه ۴۰ درصد آب قابل‌استفاده و تنش شدید یا آبیاری براساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل‌استفاده) و کرت فرعی شامل تیمارهای کودی نیتروژن در چهار سطح ۱۰۰ درصد توصیه کودی نیتروژن یا ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن یا ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، اعمال کود زیستی (نیتروکسین) به‌صورت بذرمال و تیمار ترکیبی ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن+ اعمال کود زیستی به‌صورت بذرمال بود. قبل از کشت، جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت که مشخصات کامل آن در جدول (۱) ارائه شده است.

پس از تسطیح زمین، کرت‌بندی به ابعاد ۲×۲ انجام شد که هر کرت ۱۰ ردیف کشت و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر داشت (Baghizadeh & Shahbazi, 2013). در این آزمایش از توده سبزواری زیره سبز استفاده شد و کشت در ۲۵ بهمن‌ماه به‌صورت دست‌پاش انجام گرفت (Ghane, 2016). فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. تراکم زیره سبز ۱۲۰ بوته در مترمربع بود (Azizi et al., 2008). سطوح دقیق رژیم آبیاری بعد از انجام تجزیه خاک مزرعه و مشخص شدن ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم نمونه خاکی، به‌صورت کرتی اعمال شد. در واقع اندازه‌گیری رطوبت خاک برای انجام آبیاری با استفاده از روش وزنی Gravimetric با نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک و تعیین منحنی رطوبتی خاک بود (Qiu et al., 2001).

افزایش رشد رویشی و در نتیجه بهبود عملکرد این گیاه می‌شود (Talaei & Dehaghi, 2015). این کود می‌تواند بخش عمده‌ای از نیازهای نیتروژن گیاه دارویی زیره سبز را تأمین کند. همچنین باکتری‌های موجود در آن سبب انحلال فسفات‌های نامحلول در خاک شده و از طریق تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه و باعث جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه مورد مطالعه می‌شوند (Habibi et al., 2007). در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است که اعمال تلفیقی کودهای تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات، سبب افزایش معنی‌دار صفات کمی و کیفی از جمله اسانس گیاهان دارویی می‌شود. با توجه به این نکته که در مسیر ساخت اجزای اسانس پیش‌ماده‌هایی مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات، دی متیل آلایل پیروفسفات و ژرانیل پیروفسفات، عنصر فسفر نقشی ساختاری و حیاتی دارد، به‌نظر می‌رسد که تیمار گیاهان با کود زیستی حل‌کننده فسفات منجر به افزایش جذب فسفر توسط گیاه شده و مقدار ترکیبات پیش‌ماده مذکور افزایش یافته است (Degenhardt et al., 2009).

هدف از اجرای پژوهش حاضر دستیابی به بهترین و پایدارترین راه‌کار تعدیل اثرات نامطلوب تنش کم آبیاری و بهبود ویژگی‌های عملکردی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی زیره سبز در شرایط اقلیمی منطقه جنوب تهران است.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. محل اجرای آزمایش در

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک

نیترژن کل (%)	هدایت الکتریکی (dS/m ¹)	اسیدیته (pH)	کربن آلی (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
۰/۱۹	۴/۲	۷/۸	۰/۱۰	۷۵	۱۵	۱۰	لومی شنی

استخراج اسانس از دستگاه تقطیر با آب از نوع کلونجر^۱ استفاده و عملکرد اسانس از حاصل ضرب درصد اسانس در عملکرد دانه محاسبه شد (Ahmadi, 2000). هم‌چنین برای تعیین غلظت عنصر نیترژن از نمونه‌های ساقه و برگ، پس از خشک‌شدن در آن و پودرشدن، عصاره (به‌روش هضم توسط اسیدسولفوریک، اسیدسالیسیلیک، آب اکسیژنه) تهیه شد. این عصاره پس از رقیق‌سازی با آب مقطر (یک به نه) به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Shimadzu UV-1601 PC، ژاپن) در طول موج ۶۶۰ نانومتر قرائت شد. سپس غلظت نیترژن در ماده خشک گیاهی برحسب درصد از رابطه ذیل محاسبه شد:

$$= \text{غلظت نیترژن در ماده خشک گیاهی} \times \frac{a-b}{0.07139} \times v/w$$

در این فرمول، a غلظت نیترژن در نمونه (میلی‌گرم در لیتر)، b غلظت نیترژن در شاهد (میلی‌گرم در لیتر)، v حجم عصاره حاصل از عمل هضم (میلی‌لیتر) و w وزن هضم شده نمونه گیاه (گرم) می‌باشد (Temminghoff & Houba, 2004).

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها به‌ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹/۴) و اکسل (Excel) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها نیز از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

زمان اعمال تنش کم‌آبایی بعد از استقرار کامل در مرحله ۵ برگی صورت گرفت (Alinian et al., 2016). وجین هم به‌صورت دستی انجام شد.

صفات مورد‌مطالعه عبارت از ارتفاع بوته، کلروفیل کل، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اسانس و عملکرد اسانس بود. به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی دانه (براساس ظهور علائم رسیدگی گیاه شامل زردشدن برگ‌ها، قهوه‌ای‌شدن بذور و دوره کشت ۱۲۰ روزه) (Afshari et al., 2008) از هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای، پنج بوته به‌طور تصادفی انتخاب و برای اندازه‌گیری و شمارش به آزمایشگاه منتقل شد. در ادامه پنج بوته مذکور از هر کرت آزمایشی در آن به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن وزن بوته‌ها با ترازو توزین و میانگین آن‌ها به عنوان عملکرد بیولوژیک تعیین شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از هر کرت به مساحت یک مترمربع برداشت انجام و نمونه‌ها در هوای آزاد و دور از نور مستقیم خورشید (حدود یک هفته) خشک شد و پس از رسیدن رطوبت نمونه‌ها به حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد، بذور از کاه و کلش جدا و وزن گردید. برای تعیین غلظت کلروفیل کل (برداشت نمونه در مرحله گلدهی) از روش Arnon (1967) استفاده شد. به‌منظور

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

۳. نتایج و بحث

۳.۱. ارتفاع بوته

نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش نشان داد که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن به‌تنهایی در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار بدون تنش بود و با افزایش تنش کم‌آبیاری دست‌یابی به ارتفاع بوته مطلوب میسر نشد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی، تخصیص مواد فتوسنتزی به ساقه کاهش می‌یابد که به‌نظر می‌رسد، همین امر از افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با سایر تیمارها ممانعت می‌نماید. این موضوع با نتایج پژوهش اثر تنش خشکی روی زیره سبز مطابقت دارد (Yazdani, Chamheidary et al., 2014). در مقایسه میانگین

تیمارهای کودی نیتروژن، بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود (جدول ۴). علت بالا بودن ارتفاع بوته در تیمار تلفیقی (اوره+ نیتروکسین) می‌تواند به‌دلیل افزایش توسعه ریشه و بیش‌تر بودن قابلیت دسترسی ریشه‌های گیاه به عناصر غذایی باشد. در واقع تیمار تلفیقی در قیاس با دیگر تیمارها توانسته میزان مکفی نیتروژن موردنیاز گیاه را فراهم کند و به‌دنبال آن ارتفاع گیاه افزایش یافته است. نتیجه آزمایشی نشان داد که نیتروژن تأثیر مثبتی در افزایش رشد طولی گیاه زیره سبز دارد (Rezaei Chiyaneh et al., 2015). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته گیاه زنیان به‌ترتیب از تیمار اوره کند رها به‌همراه ورمی‌کمپوست و شاهد به‌دست آمد (Saydi et al., 2017).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر برخی صفات اندازه‌گیری شده زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته	کلروفیل کل	تعداد چتر در بوته
تکرار (R)	۲	۰/۱	۳۷/۲۰	۳۹/۴۱
آبیاری (S)	۲	۷۱/۳۴**	**۹۱۵	**۱۸۲۲
خطای اول	۴	۲/۰۹	۵/۳۲	۱۳/۱۸
نیتروژن (F)	۳	۲۸/۸۲**	۴۹/۳۳**	۱۶۰/۲**
SxF	۶	۰/۰۴ ns	۰/۵۲ ns	۰/۵۹ ns
خطای دوم	۱۸	۰/۶۲	۳/۱۶	۱۸/۲
ضریب تغییرات (%)		۴/۳۶	۴/۶۸	۱۶/۰۸

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد (مقدار R^۲F از خطای فرعی جدا شد و به‌دلیل عدم معنی‌داری و تأثیر بر کاهش خطای فرعی دوباره ادغام شد).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده زیره سبز

رژیم‌های مختلف آبیاری	ارتفاع بوته (cm)	کلروفیل کل (mg/g)	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه (g)
بدون تنش	۲۰/۳۵ a	۴۵/۵۷ a	۳۷/۸۷ a	۵۲۹/۱۲ a	۲/۷۶a
تنش ملایم	۱۸/۴۶ b	۳۹/۸۶b	۲۸/۳ b	۴۳۳/۶b	۲/۶۱b
تنش شدید	۱۵/۵۱ c	۲۸/۴۲ c	۱۳/۴۲ c	۲۳۳/۵۷c	۲/۵۱c

میانگین‌های با حروف مشترک براساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر برخی صفات اندازه گیری شده زیره سبز

تیمارهای کودی نیتروژن	ارتفاع بوته (cm)	کلروفیل کل (mg/g)	تعداد چتر در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزاردانه (g)
۱۰۰ درصد کود اوره	۱۹ b	۳۸/۶۵b	۲۷/۵۱b	۴۱۶/۴۹b	۲/۶۷b
۵۰ درصد کود اوره	۱۶/۲۲ d	۳۵/۳۷c	۲۲/۲۹c	۳۰۲/۱۳d	۲/۴۶c
کود زیستی	۱۷/۰۷ c	۳۶/۹۵bc	۲۴/۳۴bc	۳۳۹/۱۶c	۲/۵۴c
۵۰ درصد کود اوره+ کود زیستی	۲۰/۱۴ a	۴۰/۸۳a	۳۱/۹۸a	۵۳۷/۲۷a	۲/۸۳a

میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳.۲. غلظت کلروفیل کل

بنابراین در شرایط کمبود آن، کلروفیل کم‌تری تشکیل می‌شود. به‌علاوه، نیتروژن در ترکیب شمار زیادی از آنزیم‌های مؤثر در سنتز کلروفیل نقش دارد (Fageria et al., 2010). هم‌چنین نیتروژن در ترکیب پروتئین‌های همراه کلروفیل وجود دارد که نقش اساسی در محافظت و حفظ کارکرد صحیح کلروفیل دارند (Marschner, 2011). نتایج حاصل با نتیجه پژوهشی روی گیاه نعنا گربه‌ای (*Nepeta cataria*) مطابقت دارد (Boveiri et al., 2017).

نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش نشان داد که اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر غلظت کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، بیش‌ترین غلظت کلروفیل کل مربوط به تیمار بدون تنش بود و با افزایش تنش کم‌آبیاری از غلظت کلروفیل کل کاسته شد (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش کلروفیل طی تنش خشکی تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌باشد که سبب تجزیه و در نتیجه کاهش رنگدانه‌ها می‌شود. تنش خشکی هم‌چنین با افزایش برخی تنظیم‌کننده‌های رشد نظیر اتیلن و آبسزیک‌اسید، فعالیت کلروپلاست را تحریک و باعث تجزیه کلروفیل می‌شود. از دلایل دیگر کاهش محتوای کلروفیل، ممانعت از سنتز آن می‌باشد (Müller-Xing et al., 2014). این موضوع با نتیجه پژوهش روی گیاه انیسون (*Pimpinella anisum*) مطابقت دارد (Asadi-kavan et al., 2010). مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کلروفیل کل به‌ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود (جدول ۴). شواهد نشان می‌دهد که استفاده از کود نیتروژن تلفیقی تأثیر مثبتی بر افزایش کلروفیل کل داشته و نیاز نیتروژنی گیاه را به‌خوبی تأمین کرده است. نیتروژن جزو ترکیب اصلی کلروفیل‌های a و b بوده است،

۳.۳. تعداد چتر در بوته

نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۲) بیانگر آن است که اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر تعداد چتر در بوته معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین تعداد چتر در بوته از تیمار بدون تنش حاصل شد و با افزایش تنش کم‌آبیاری از تعداد چتر در بوته کاسته شد (جدول ۳). با اعمال تنش خشکی تعداد چتر کاهش می‌یابد، این کاهش به‌دلیل ریزش گل و سقط دانه‌های تازه تشکیل شده است که باعث کاهش تعداد چتر و دانه می‌شود (Alizadeh et al., 2004). نتیجه آزمایشی نشان داد که در شرایط تنش خشکی تعداد چتر در بوته گیاه زیره سبز کاهش یافت (Yazdani et al., 2014). مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

تعداد چتر در بوته به ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود (جدول ۴). نتایج آزمایشی نشان داد که تیمار تلقیح با کود زیستی نیتروکسین + ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن با تولید ۲۹/۷۳ عدد چتر در بوته زیره سبز بیش‌ترین مقدار را در مقایسه با سایر تیمارهای کودی داشت (Talaei & Dehaghi, 2015). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که با کاربرد منابع مختلف نیتروژن، تعداد چتر در بوته گیاه زنیان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Saydi *et al.*, 2017). استفاده از کود نیتروژن به‌صورت تلفیقی (اوره + نیتروکسین) در قیاس با دیگر تیمارها با تسهیل دستیابی به نیتروژن توانسته نیاز نیتروژنی گیاه را به‌خوبی مرتفع سازد و موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد شود. واضح است که نتایج کاربرد این تیمار کودی در آزمایش به‌دلیل اثر هم‌افزایی کود اوره و هم‌زیستی ایجادشده زیره سبز با میکروارگانیسم‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین بوده است. هم‌چنین Darzi *et al.* (2007) بیان نمودند که افزایش فراهمی نیتروژن برای گیاه سبب افزایش تعداد چتر در بوته زیره سبز می‌شود.

۳.۴. تعداد دانه در بوته

براساس نتیجه تجزیه واریانس، اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، بیش‌ترین تعداد دانه در بوته مربوط به تیمار بدون تنش بود و با افزایش تنش کم‌آبیاری از تعداد دانه در بوته کاسته شد (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی می‌تواند به‌علت کاهش آسمیلات‌ها به‌واسطه کاهش سطح برگ گیاه و فتوسنتز در مرحله پرشدن دانه باشد (Tavakkoli Zeinali, 2002). نتایج آزمایشی نشان داد که

۳.۵. وزن هزاردانه

نتایج به‌دست‌آمده در جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن به‌تنهایی در سطح یک درصد بر وزن هزاردانه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین وزن هزاردانه از تیمار بدون تنش حاصل شد و با افزایش تنش کم‌آبیاری میزان وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۳). تنش خشکی با کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای به دانه به‌علت

۶.۳. عملکرد بیولوژیک

براساس نتیجه تجزیه واریانس، اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار بدون تنش بود و با افزایش تنش کم‌آبیاری از میزان عملکرد بیولوژیک کاسته شد (جدول ۶). در شرایط تنش کمبود آب، کاهش عملکرد بیولوژیک می‌تواند به دلیل کاهش فشار آماس سلول و یا ناشی از کاهش سطح برگ گیاه باشد. در مجموع، می‌توان گفت مقدار فتوسنتز خالص کم‌تر و همچنین کاهش هدایت روزنه‌ای و مقدار کلروفیل کم‌تر در شرایط تنش می‌تواند منجر به تولید مقدار کم‌تری بیوماس شود (Liu *et al.*, 2004). نتایج آزمایشی حاکی از آن بود که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز در دور آبیاری ۵ روز (بدون تنش) حاصل شد (Yazdani Chamheidary *et al.*, 2014). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود و بین دو تیمار دیگر تفاوت معناداری مشاهده نشد (جدول ۷). در تیمار تلفیقی به دلیل اثرات مختلف این ریزموجودات در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر فسفر برای گیاه، روندی افزایشی در بهبود رشد گیاه ملاحظه شد. فراهم‌بودن آب و عناصر غذایی، رشد رویشی مطلوب گیاه را به دنبال داشته و شرط اساسی برای تولید ماده خشک بیش‌تر در واحد سطح می‌باشد. نتایج آزمایشی نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی زیره سبز از تیمار تلفیقی تلقیح با کود زیستی نیتروکسین و ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد (Talaei & Dehaghi, 2015).

محدودیت آب، یا با کاهش سهم فتوسنتزی برگ‌ها در پرشدن دانه بر وزن هزاردانه تأثیر می‌گذارد (Chaves *et al.*, 2002). کاهش وزن هزاردانه زیره سبز در اثر تنش خشکی در آزمایشی دیگر نیز گزارش شده است (Yazdani Chamheidary *et al.*, 2014). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن، بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزاردانه به ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود. اگرچه تیمار کود زیستی (نیتروکسین) تفاوت معناداری با تیمار ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن نداشت (جدول ۸). باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موردنیاز گیاه با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی گیاه شده که این مسأله سبب تولید آسیمیلات بیش‌تر و انتقال آن‌ها به دانه و افزایش وزن هزاردانه می‌شود (Han & Lee, 2006). با مقایسه نتایج تیمارها واضح است که اثر هم‌افزایی میان کود اوره و کود زیستی سبب افزایش وزن هزاردانه شده است. در پژوهش روی زیره سبز (توده محلی مشهد) اثر سه تیمار کود بیولوژیک نیتروژن شامل مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس سودوموناس و مخلوط این سه باکتری و تیمار کود شیمیایی شامل ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تلقیح باکتری و مصرف کود) بر وزن هزاردانه بررسی شد. نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای مذکور موجب افزایش معنی‌دار این صفت در مقایسه با تیمار شاهد شد اما درون تیمارهای کودهای بیولوژیک و شیمیایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Saeednejad & Rezvani Moghaddam, 2010).

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر برخی صفات اندازه‌گیری شده زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات					درجه آزادی (df)	منابع تغییر
عملکرد اسانس	میزان اسانس	نیتروژن ساقه و برگ	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک		
۵/۱۵	۰/۱۱	۰/۲۴	۵۵۴۸	۰/۰۲	۲	تکرار (R)
۵۱/۱۱**	۰/۷۳**	۰/۳۵ ns	۱۴۲۲۴۸**	۰/۲۴**	۲	آبیاری (S)
۱/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۹	۵۷۶/۷	۰/۰۰۳	۴	خطای اول
۲۱۹/۸**	۲/۴۷**	۰/۳۸*	۴۶۸۸۰**	۰/۱۱**	۳	نیتروژن (F)
۲/۵ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۷ ns	۲۸۷۱ ns	۰/۰۰۳ ns	۶	S×F
۷/۵۶	۰/۰۴	۰/۱۲	۵۱۶۷	۰/۰۰۲	۱۸	خطای دوم
۱۷/۳۵	۶/۶۴	۱۸/۱۰	۱۳/۸۹	۷/۰۸		ضریب تغییرات (%)

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد (مقدار R*F از خطای فرعی جدا شد و به دلیل عدم معنی‌داری و تأثیر بر کاهش خطای فرعی دوباره ادغام شد).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر برخی صفات اندازه‌گیری شده زیره سبز

عملکرد اسانس	میزان اسانس	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	رژیم‌های مختلف آبیاری
(kg.ha ⁻¹)	(%)	(kg.ha ⁻¹)	(g in the bush)	
۱۷/۷۵a	۲/۸۱ c	۶۲۰/۵a	۰/۸۴ a	بدون تنش
۱۶/۱۴b	۳/۰۲ b	۵۲۸/۹۲b	۰/۷۴ b	تنش ملایم
۱۳/۶۵c	۳/۳ a	۴۰۳/۶۲c	۰/۵۶c	تنش شدید

میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر برخی صفات اندازه‌گیری شده زیره سبز

عملکرد اسانس	میزان اسانس	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تیمارهای کودی نیتروژن
(kg.ha ⁻¹)	(%)	(kg.ha ⁻¹)	(g in the bush)	
۱۶/۳۴b	۳/۲۳b	۵۱۰/۷۷b	۰/۷۱b	۱۰۰ درصد کود اوره
۱۰/۷۹c	۲/۴۳d	۴۵۰/۲۴b	۰/۶۱c	۵۰ درصد کود اوره
۱۳/۸۳b	۲/۸۴c	۴۹۰/۵۶b	۰/۶۷b	کود زیستی
۲۲/۴۳a	۳/۶۵a	۶۱۹/۱۵a	۰/۸۶a	۵۰ درصد کود اوره + کود زیستی

میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون LSD حفاظت‌شده در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳.۷. عملکرد دانه

میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، بیش‌ترین عملکرد دانه (۶۲۰/۵) کیلوگرم در هکتار از تیمار بدون تنش به‌دست آمد و با افزایش تنش کم‌آبیاری از عملکرد دانه کاسته شد (جدول ۶). تنش خشکی در گیاه با کاهش آب

نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۵) نشان داد که اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. در مقایسه

کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژن حاصل شد (Talaei & Dehaghi, 2015).

۳.۸. غلظت نیتروژن ساقه و برگ

براساس نتیجه تجزیه واریانس، اثر اصلی تیمارهای کودی نیتروژن در سطح پنج درصد بر غلظت نیتروژن ساقه و برگ معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین تیمارهای کودی نیتروژن نشان داد که بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن ساقه و برگ با مقادیر (۱/۸ و ۱/۳۴ درصد) به ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود. از طرفی بین تیمار کود زیستی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۱). از جمله دلایل قابل ذکر در این زمینه می توان به افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر فعالیت باکتری ها و همچنین توسعه سطح ریشه برای جذب نیتروژن از خاک اشاره نمود که موجب بالارفتن میزان نیتروژن برگ و ساقه گیاه شده است. نتایج آزمایشی نشان داد که تیمار نیتروکسین بیشترین نیتروژن برگ و بیشترین درصد نیتروژن ساقه در سرخارگل را به خود اختصاص داد (Agha Alikhani et al., 2013).

برگ، بسته شدن روزنه ها و افت فتوستتوز از یک سو و متأثر کردن فعالیت های آنزیمی و فرایندهای مربوطه از سوی دیگر، موجب افت عملکرد دانه می شود (Farrokhinia et al., 2011). این موضوع با نتیجه پژوهشی روی گیاه زیره سبز مطابقت دارد (Yazdani Chamheidary et al., 2014). مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی بود و دیگر تیمارها تفاوت معناداری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷). به طور کلی نیتروژن نقش اساسی در ساختمان کلروفیل دارد و از طرفی مهم ترین عنصر در سنتز پروتئین ها می باشد و افزایش آن در شرایط مطلوب تا حد مشخصی، موجب افزایش میزان پروتئین می شود. با افزایش پروتئین ها گیاه به توسعه سطح برگ، تعداد گل ها، تعداد شاخه ها، ارتفاع و قطر تاج گیاه می پردازد که افزایش این صفات، افزایش مواد فتوستتوزی را به دنبال دارد. با افزایش مواد فتوستتوزی میزان گل و گلبرگ و در نهایت عملکرد دانه افزایش می یابد (Rahmani et al., 2010). نتایج پژوهشی در مورد زیره سبز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه زیره سبز از تیمار تلفیقی نیتروکسین و ۲۵



شکل ۱. اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر غلظت نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز

اثر تیمارهای کودی نیتروژن بر صفات عملکردی، درصد اسانس و مقدار نیتروژن ساقه و برگ زیره سبز تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه جنوب تهران

۳.۹. درصد و عملکرد اسانس

طبق نتایج به دست آمده از جدول (۵)، اثر اصلی رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی نیتروژن در سطح یک درصد بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که با افزایش تنش، درصد اسانس افزایش و عملکرد اسانس کاهش یافت. به طوری که بیش‌ترین درصد اسانس از تیمار تنش شدید حاصل شد و در مقابل بیش‌ترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار بدون تنش بود (جدول ۶). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی نیتروژن، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد و عملکرد اسانس به ترتیب مربوط به تیمار کود نیتروژن تلفیقی و ۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن بود. لازم به ذکر است که دو تیمار دیگر تأثیر مشابهی بر عملکرد اسانس داشته‌اند (جدول ۷). به طور کلی تنش خشکی و کمبود آب یکی از عوامل اصلی در افزایش درصد اسانس در اکثر گیاهان دارویی است و هر چه گیاهی بیش‌تر در شرایط کمبود آب قرار گیرد، میزان اسانس آن نیز افزایش خواهد یافت (Omidbaigi, 2007). اسانس‌ها ترکیب‌هایی تریپنوییدی هستند و واحدهای سازنده آن‌ها نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این رو، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در کنار مصرف کود اوره موجب افزایش اسانس این گیاه دارویی شدند. عملکرد اسانس، حاصلضرب درصد اسانس در عملکرد دانه است و از آنجایی که شرایط بدون تنش و اعمال کود نیتروژن تلفیقی سبب افزایش عملکرد دانه شد، این نتیجه کاملاً درست و منطقی می‌باشد که عملکرد اسانس تحت تأثیر عملکرد دانه قرار بگیرد و بیش‌ترین عملکرد اسانس در شرایط بدون تنش باشد. تیمار کود نیتروژن تلفیقی نیز اثر مثبتی بر میزان اسانس داشت و سبب افزایش میزان اسانس شد و در نتیجه آن موجب

افزایش عملکرد اسانس نیز شد. نتایج آزمایشی روی زیره سبز نشان داد که اعمال تنش کم آبیاری سبب افزایش درصد اسانس و استفاده از کود زیستی موجب بهبود عملکرد دارویی (درصد و عملکرد اسانس) شد (Karimzadeh-Asl & Baghbani Arani, 2019). نتایج آزمایشی دیگر نشان داد که تیمار ترکیبی نیتروژن (کود اوره ۴۶ درصد + ترکیب باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت شامل ازتوباکتر و آزوسپیریولوم)، عملکرد اسانس زیره سبز را در قیاس با شاهد افزایش داد (Pishva et al., 2014).

۴. نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش، افزایش تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد، اجزای عملکرد، کلروفیل کل و عملکرد اسانس زیره سبز می‌شود. از طرفی افزایش تنش کم آبیاری سبب افزایش درصد اسانس حاصل از بذور این گیاه شد. در میان تیمارهای کودی نیتروژن، تیمار کود نیتروژن تلفیقی (۵۰ درصد توصیه کودی نیتروژن + کود زیستی) بیش‌ترین اثر را در افزایش عملکرد، اجزای عملکرد، کلروفیل کل، درصد و عملکرد اسانس و غلظت نیتروژن موجود در ساقه و برگ زیره سبز داشت. بنابراین در شرایط مطلوب رطوبتی و فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر، بیش‌ترین عملکرد اسانس زیره سبز برای کشاورزان و بهره‌برداران موردانتظار است.

۵. تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد تهران به خاطر فراهم‌سازی بستر این پژوهش و اجرای تحقیقات مزرعه‌ای، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Afshari, M., Valadabadi, M., Daneshian, J., & Akbarinia, A. (2008). Study of agronomical properties of local population of *cuminum cyminum* L. in different nitrogen fertilizing levels. *New Finding in Agriculture*, 2(3), 213-223. (In Persian)
- Agha Alikhani, M., Iranpor, A., & Nghdi Abadi, H. (2013). Crop yield and phytochemical of herb (*Echinacea purpurea* L.) under the influence urea fertilizer and bio. *Iranian Journal of Medicinal Plants*, 46(2), 121-136. (In Persian)
- Ahmadi, L. (2000). Identifying the compositions of the essential oil from Cumin. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant*, 6, 97-113. (In Persian)
- Alinian, S., Razmjoo, J., & Zeinali, H. (2016). Flavonoids, anthocynins, phenolics and essential oil produced in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) accessions under different irrigation regimes. *Industrial Crops and Products*, 81, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.040>
- Alizadeh, A., Tavvosi, M., Inanlou, M., & Nassiri, M. (2004). Effect of different irrigation regimes on the yield and yield components of Cumin. *Journal of Agricultural Research*, 1, 1-8. (In Persian)
- Arnon, A. N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23(1), 112-121.
- Asadi-kavan, Zh., Ghorbanli, M., & Sateci, A. (2010). The effect of drought stress and exogenous ascorbate on photosynthetic pigments, flavonoids, phenol compounds and lipid peroxidation in *Pimpinella anisum* L. *Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants*, 25(4), 456-469. doi: 10.22092/IJMAPR.2010.6999 (In Persian)
- Azizi, K., Amini, M., Sabouri, B., & Shabani, G. (2008). Effect of different levels of nitrogen fertilizer and plant density on quantitative and qualitative Cumin function in Lorestan. In *10th Congress of Agronomy and Plant Breeding, Tehran*. (In Persian)
- Baghizadeh, A., & Shahbazi, M. (2013). Effect of Zn and Fe foliar application on yield, yield components and some physiological traits of Cumin (*Cuminum cyminum*) in dry farming. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(12), 3231-3237.
- Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, Gh., & Khadir, M. (2011). Genetic diversity evaluation of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) based on phenotypic traits. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 301-307.
- Boveiri, D. P., Mahmoodi, S. M., Zolfaghari, M., & Enayatizamir, N. (2017). The study on the effect of biological and chemical fertilizers and humic acid on the growth, physiological characteristics and essential oil content of catnip (*Nepeta cataria* L.). doi: 10.22069/JOPP.2017.10923.2029 (In Persian)
- Boyer, J. S. (2017). Plant water relations: a whirlwind of change. In *Progress in Botany Vol. 79* (pp. 1-31). Springer, Cham.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L., ... & Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of botany*, 89(7), 907-916. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf105>
- Darzi, M., Ghalavand, A., Rejali, F., & Sefidkon, F. (2007). Effects of biofertilizers application on yield and yield components in Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 22(4), 276-292. (In Persian)
- Degenhardt, J., Köllner, T. G., & Gershenzon, J. (2009). Monoterpene and sesquiterpene synthases and the origin of terpene skeletal diversity in plants. *Phytochemistry*, 70(15-16), 1621-1637.
- Ehteramian, K. (2003). *The effects of different levels of nitrogen fertilizer and plant dating on Cumin (Cuminum cyminum L.) in Kooshkak region in the Fars province. Master of Science Thesis of arid area management. Shiraz Univ., Shiraz, Iran*. (In Persian)
- Fageria, N. K., De Morais, O. P., & Dos Santos, A. B. (2010). Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. *Journal of plant nutrition*, 33(11), 1696-1711. doi: 10.1080/01904167.2010.496892
- Farrokhinia, M., Roshdi, M., PasebanEslam, B., & Sasandoust, R. (2011). Evaluation of some physiological characteristics on yield of spring safflower under water stress. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 42(3), 545-553. (In Persian)
- Foroughian Arani, M., & Zeinali, H. (2013). Study of quantitative yield of medicinal plant Cumin under the influence of biological and chemical fertilizers, *First National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan, Hegmataneh Environmental Assessors Association*.
- Ghane, H. (2016). *Influence of Priming and Cultivation Date on Yield and Yield Components of Two Cumin ecotypes. Master of Science Degree in Agriculture. Shahed Univ., Tehran, Iran*. (In Persian)
- Habibi, H., Mazaheri, D., Majnonhosseini, N., Chachichi, M. R., Tabatabayi, M., & Bigdeli, M. (2007). *Evaluation of the Effect of Organic (Biological) and Nitrogenous (Urea) Sources on yield and amount of secondary metabolites of two species of wild thyme (Thymus spp.)*. Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture. University of Tehran. (In Persian)

- Han, H. S., & Lee, K. D. (2006). Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant soil and Environment*, 52(3), 130. <https://doi.org/10.17221/3356-PSE>
- Karimzadeh-Asl, K., & Baghbani Arani, A. (2019). Effect of different irrigation regimes and bio-fertilizers on grain yield, essential oil content, some physiologic traits and uptake of nutrient status in Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(3), 817-830. <http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1565.1352> (In Persian)
- Kashfi Bonab, A. (2011). The relative economic advantage the cultivation and trade of medicinal plants in Iran and its value in world markets. *Commercial Surveys*, 44(8), 67-78. (In Persian)
- Khorasani, Z., Nezami, A., Nasiri Mahalati, M., & Mohammadabadi, A. A. (2009). Effect of autumn cultivation history on the phenological and morphological characteristics of Cumin ecotypes in Mashhad weather conditions. *Iranian Scientific Conference on Medicinal Plant Industry Development*, 204.
- Liu, F., Andersen, M. N., & Jensen, C. R. (2004). Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. *Field Crops Research*, 85(2-3), 159-166. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00165-5)
- Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Academic press.
- Mirhosseini, M. (2004). Cumin status in pharmaceutical, food and export industries. *Proceedings of the First National Cumin Conference. Islamic Azad University of Sabzevar Branch*. Pp. 36-25. (In Persian)
- Müller-Xing, R., Xing, Q., & Goodrich, J. (2014). Footprints of the sun: memory of UV and light stress in plants. *Frontiers in plant science*, 5, 474. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00474>
- Omidbaigi, R. (2007). *Production and processing of medicinal plants. Beh-Nashr: Mashhad, Iran*. (In Persian)
- Pishva, Z. K., Dehaghi, M. A., Gholami, S., & Hosein, G. (2014). Effect of biological nitrogen and chemical nitrogen fertilizer on yield quality and quantity of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *International Journal of Biosciences (IJB)*, 5(1), 14-20. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/5.1.14-20>
- Qiu, Y., Fu, B., Wang, J., & Chen, L. (2001). Soil moisture variation in relation to topography and land use in a hillslope catchment of the Loess Plateau, China. *Journal of Hydrology*, 240(3-4), 243-263. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00362-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00362-0)
- Rahmani, N., Jalali-Yekta, A., Taherkhani, T., & Daneshian, J. (2010). Effect of different levels of plant density and nitrogen on essential oil yield of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 2(1), 347-354. (In Persian)
- Rezaei Chiyaneh, I., Pirzad, A., & Farjami, A. (2015). Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supplier bacteria on seed yield and essential oil of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 71-83.
- Saeednejad, A. H., & Rezvani Moghaddam, P. (2010). Evaluation of the effect of biological and chemical fertilizers on morphological characteristics, yield, yield components and essential oil percentage of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Horticultural Science*, 24(1), 38-44. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1389i1.3643> (In Persian)
- Saydi, Z., Fateh, E., & Ayneband, A. (2017). The effect of different sources of nitrogen and organic fertilizers on the yield and yield components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1), 115-128. <https://doi.org/10.22067/jag.v9i1.49334> (In Persian)
- Talaei, G. H., & Dehaghi, M. A. (2015). Effects of bio and chemical fertilizers on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 30(6). doi:10.22092/ijmapr.2015.11928 (In Persian)
- Tavakkoli Zeinali, A. (2002). *The effect of irrigation cessation at different growth stages on yield and its components in safflower seed*. M.Sc. thesis, Tehran University. (In Persian)
- Temminghoff, E. E., & Houba, V. J. eds. (2004). *Plant analysis procedures* (Vol. 179). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Yazdani Chamheidary, Y., Ramroudi, M., & Asgharipour, M. R. E. (2014). Evaluation the effects of drought stress on yield, yield components and quality of (*Cuminum cyminum* L.) under Fe and Zn foliar spraying conditions. *Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology. Gonbad Kavous Univ.*, 1(3), 81-96. (In Persian)
- Zahir, Z. A., Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81(1), 98-169.