نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد شانزدهم، شماره ۴(۶۴)، زمستان ۱۴۰۱، صفحه ۴۵۲-۴۳۵

مقاله پژوهشی DOI:10.30495/JCEP.2023.1897511.1698

اثرات محلول‌پاشی پرولین، مخمر و نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت کشت مخلوط با شنبلیله (*Trigonellafoenum graecum* L.)

ابوالقاسم قراخانی بنی[۱]، حمیدرضا جوانمرد[۲]، عبدالله قاسمی پیربلوطی[۳*]، علی سلیمانی[۴] و احمرضا گلپرور[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۴/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۳۰

چکیده

در این مطالعه، اثر محلول‌پاشی پرولین، مخمر و نیتروژن بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کمّی و کیفی ماده موثره گیاه دارویی و معطر زوفا در شرایط کشت مخلوط با گیاه دارویی شنبلیله مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در دانشگاه شهرکرد اجرا گردید. عامل اصلی الگوی کشت، (کشت خالص زوفا ۱۰۰٪، کشت خالص شنبلیله ۱۰۰٪ و سه نسبت مخلوط زوفا ۵۰٪ + شنبلیله ۵۰٪، زوفا ۷۵٪ + شنبلیله ۲۵٪ و زوفا ۲۵٪ + شنبلیله ۷۵٪ بر اساس سری‌های جایگزینی) و عامل فرعی چهار سطح محلول‌پاشی شامل شاهد، پرولین، مخمر و نیتروژن در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در گیاه زوفا در تیمارهای کشت مخلوط و محلول‌پاشی در مقایسه با کشت خالص و بدون محلول‌پاشی،صفات رشدی و فیزیولوژیکی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و میزان کلروفیل a و کلروفیل b در برگ گیاه زوفا تحت تاثیر قرار گرفتند. تیمارهای کشت مخلوط و محلول‌پاشی در مقایسه با کشت خالص و عدم محلول‌پاشی از نسبت برابری زمین LER بالاتری برخوردار بود. میزان پرولین در تیمارهای کشت مخلوط و محلول‌پاشی نسبت به کشت خالص و بدون محلول‌پاشی کاهش یافته و تفاوت معنی‌داری را نشان داد. اثر کشت مخلوط بر درصد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود ولی محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر روی این دو صفت نداشت. به‌طورکلی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که محلول‌پاشی گیاه زوفا تحت کشت مخلوط آن با شنلیله باعث بهبود صفات مورفو-فیزیولوژیکی وعملکرد کمّی و کیفی ماده موثره یا اسانس گیاه دارویی زوفا می‌گردد.

واژگان کلیدی: اسانس، زوفا، شنبلیله، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۲- استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۳- استاد گیاهان دارویی، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴- استاد زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
۵- دانشیار زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.
نگارنده‌ی مسئول *ghasemi@qodsiau.ac.ir*

مقدمه

گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L. ssp. *angustifolius*) متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) گیاهی چند ساله، بوته‌ای با ساقه‌های متعدد چوبی است و یکی از گیاهان مورد استفاده در صنایع داروسازی می‌باشد که به طور وسیعی در برخی کشورهای اروپایی مانند روسیه، اسپانیا، فرانسه و ایتالیا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. این گیاه به عنوان طعم دهندهٔ غذا وانواع سس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، اسانس این گیاه دارای خواص ضدباکتریایی و ضدقارچی است. این گیاه در طب سنتی و مدرن کاربردهای متعددی به عنوان خلط‌آور، مدر و اشتهاآور داشته و همچنین در درمان ناراحتی‌های گوارشی، التهاب حنجره، آسم، برونشیت، تب‌خال و تسریع بهبود زخم تأثیر مطلوبی دارد (Ghasemi Pirbalouti *et al.*, 2019).

شنبلیله با نام علمی -*Trigonella foenum* *greacum* L. از تیره Fabaceae می‌باشد که ریشه، دانه و اندام هوایی آن از لحاظ میزان متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل‌ها، تریگونلین و ساپونین‌های استروئیدی مختلف مانند دیوزژنین و تیکوژنین بسیار غنی است و دارای ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و برگ‌های متناوب و مرکب از سه برگچه می‌باشد. بذر و قسمت‌های هوایی شنبلیله قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام مورد استقاده بوده و ریشه آن دارای مواد دگرآسیب می‌باشد که این مواد از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (Salehi *et al.*, 2018).

با توجه به روند رو به رشد جمعیت و محدودیت اراضی قابل کشت در جهان و نیز کشور ما، افزایش تولید با صرف هزینه‌های زیاد در واحد سطح، امکان‌پذیر می‌باشد. علاوه بر این، کاربرد بی رویه نهاده‌های شیمیایی نظیر کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها تخریب منابع آب و خاک را به همراه دارد (Poggio, 2005). از این رو پژوهش‌گران سعی دارند تا با طراحی و اجرای سامانه‌های برخوردار ازپایداری و عملکرد بالا، امنیت غذایی را تأمین نمایند. نکته حایز اهمیت در نظام کشاورزی پایدار، افزایش تولید محصولات کشاورزی در زمان و مکان می‌باشد که به شکل دیگری بتوان از عوامل محیطی بهره برد (Thorsted *et al.*, 2006). یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط یک گیاه لگوم مانند شنبلیله با گیاهان دارویی و معطر در کشاورزی پایدار از اهمیت قابل توجهی برخوردار بوده و باعث بهبود کیفیت و بهره‌وری متابولیت‌های ثانویه می‌شود (Moghbeli *et al.*, 2019).

در بررسی اثر کشت مخلوط زعفران و زیره سبز بر رشد، کیفیت و نسبت برابری زمین در شرایط نیمه‌خشک، بهترین تیمار کشت مخلوط سیستم کاشت ۵۰٪ زعفران و ۵۰٪ زیره سبز بود و این تیمار بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) را داشت (Koocheki *et al.*, 2016). بیگناه و همکاران (Bigonah *et al.*, 2014) نشان دادند که تیمار ۲۵ درصدگشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و ۷۵ درصد شنبلیله بیشترین ارتفاع و عملکرد زیست‌توده شنبلیله، بیشترین LER و کمت‌رین درصد و عملکرد اسانس و عملکرد زیست‌توده گیاه گشنیز را به خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع، عملکرد زیست‌توده، درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز و کمترین عملکرد

زیست‌توده گیاه شنبلیله در تیمار ۷۵ درصد گشنیز و ۲۵ درصد شنبلیله مشاهده شد.

محلول‌پاشی یا کوددهی برگی در واقع اسپری کردن عناصر غذایی یا هورمون‌ها بر برگ‌ها و ساقه‌های گیاه و جذب آنها از این مکان می‌باشد (Kuepper, 2003). محلول‌پاشی یک از روش‌های جدید کوددهی بوده که به‌دلیل جذب سریع و کار آمد بودن می‌تواند بسیاری از مشکلات ناشی از استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی را برطرف نموده و به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست کمک نماید (Samani *et al*., 2019; Tavallali *et al*., 2020).

در محلول‌پاشی، عناصر یا سایر ترکیبات مورد نیاز گیاه به سرعت و باکارآیی بالایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. کاهش مصرف کودهای شیمیایی و پیامدهای زیست محیطی ناشی از آن (نظیر آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک) از ویژگی‌های این روش کوددهی است. غلامی زالی و همکاران (Golami Zali and Ehsanzadeh, 2018) بیان داشتند محلول‌پاشی پرولین به‌طور معنی‌داری باعث افزایش کارتنوئیدها، کلروفیل، کربوهیدرات‌ها، عملکرد اسانس، محتوی آب نسبی برگ، عملکرد میوه و راندمان مصرف آب در گیاه رازیانه می‌شود. طبق نتایج آلی و همکاران (Aly *et al*., 2019) یکی از موادی که محلول‌پاشی آن می‌تواند اثرات مثبتی بر رشد و تحریک تولید و سنتز ترکیبات موثره دارویی در گیاهان دارویی و معطر داشته باشد عصاره مخمر است. بنابراین، پژوهش حاضر برای نخستین بار با هدف ارزیابی اثرات الگوی کشت شامل کشت خالص و مخلوط با یک لگوم (شنبلیله) و محلول‌پاشی پرولین، مخمر و نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه دارویی و معطر زوفا اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد باعرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۷ اجرا گردید. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. اندازه هر کرت دو در دو و مساحت آن چهار مترمربع بود. کرت اصلی شامل الگوهای کشت‌خالص زوفا، کشت‌خالص شنبلیله و سه نسبت مخلوط زوفا ۵۰٪ + شنبلیله ۵۰٪، زوفا ۷۵٪ + شنبلیله ۲۵٪ و زوفا ۲۵٪ + شنبلیله ۷۵٪، کرت فرعی چهار سطح محلول‌پاشی شامل شاهد، پرولین، مخمر و نیتروژن در نظر گرفته شد. عملیات تهیه بستر و کاشت در اواخر فروردین سال ۱۳۹۷ انجام شد. کاشت شنبلیله در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه به‌صورت کشت مستقیم در زمین و در ردیف‌هایی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و بوته‌ها با فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم به‌صورت ردیفی کشت شدند و بلافاصله آبیاری انجام گردید. در مرحله دوم نشاءهای زوفا در اوایل خرداد در کرت‌ها در روی ردیف‌هایی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از هم و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها کاشته شد و آبیاری انجام گردید. سایر مراقبت‌های زراعی مانند کنترل علف‌های هرز در صورت نیاز انجام شد. آبیاری با توجه به رطوبت خاک (ظرفیت زراعی) و با اندازه یکسان برای تیمارها انجام شد. کل آب قابل استفاده (TAW) و

رطوبت سهل‌الوصول (RAW) از روابط زیر محاسبه شد (Ramamohan *et al.*, 2014).

$$TAW=((FC-PWP)/100)\times y\times Zr\times 1000 \quad (۱)$$

که در آن FC= رطوبت وزنی ظرفیت زراعی مزرعه (درصد)، PWP = رطوبت وزنی نقطه پژمردگی دایم (درصد)، y= وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و Zr = عمق ریشه (متر) بود.

$$RAW = TAW \times P \quad (۲)$$

که در آن P ضریب سهل الوصول و کمتر از یک می‌باشد که به نوع گیاه و مرحله رشدی گیاه دارد و در این آزمایش ۰/۶ در نظر گرفته شده است (Richard *et al.*, 1998).

بر اساس روابط (۱) و (۲) برای اعمال آبیاری به‌میزان ۱۳۴ لیتر آب در هر کرت در زمانی که رطوبت خاک، ۷۵٪ ظرفیت زراعی بود توسط کنتور تعبیه شده در ابتدای مسیر اعمال گردید. زمان آبیاری توسط دستگاه رطوبت سنج خاک (Lutron PMS-714, Taiwan) تعیین شد. تیمارهای محلول‌پاشی پرولین (۲ گرم بر لیتر)، مخمر (۲ گرم بر لیتر) و نیتروژن (۵ گرم بر لیتر) در سیستم تک‌کشتی و کشت‌مخلوط، در سه مرحله محلول‌پاشی (قبل از گلدهی، شروع گلدهی و ۵۰٪ گلدهی) بر روی شاخ و برگ گیاهان صورت گرفت. به‌منظور انجام تجزیه رشد در گیاهان مورد نظر، نمونه‌برداری از هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای و به‌صورت تصادفی از روی هر ردیف پنج بوته اندازه‌گیری و ثبت شد. صفات مورد بررسی شامل صفات مرفولوژیکی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی)، عملکرد زیست توده، نسبت برابری زمین (معادله ۳)، میزان پرولین با استفاده از روش بیتس (Bates *et al.*, 1973) تعیین گردید. رنگدانه‌های فتوسنتزی (معادله‌های ۴، ۵ و ۶) و درصد و عملکرد اسانس گیاه زوفا بود. ارتفاع گیاه با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری گردید. بوته‌ها در زمان گلدهی کامل برداشت و در سایه خشک شده و بعد از قرار گرفتن در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس، با استفاده از ترازوی دیجیتالی توزین و وزن خشک هر بوته تعیین شد.

نسبت برابری زمین (LER) از رابطه زیر محاسبه شد (Dhima *et al.*, 2007).

$$LER = (Y_{zo}/Y_{zz}) + (Y_{tf}/Y_{tt}) \quad (۳)$$

که در این معادله Y_{zo} و Y_{zz} به‌ترتیب عملکرد زوفا در کشت‌مخلوط و خالص و Y_{tf} و Y_{tt} عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط و خالص می‌باشند. برای سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی جهت تعیین غلظت کلروفیل a و b موجود در برگ از روش آرنون (Arnon, 1967) و کارتنوئیدها از روش لیختن تالر و ولبورن (Lichtenthaler and Wellburn, 1983) استفاده گردید.

معادله(۴)

$$\text{کلروفیل a}=12.7(A_{663})-2.69(A_{645})\times(v/1000)\times w$$

معادله(۵)

$$\text{کلروفیل b}=22.9(A_{645})-4.48(A_{663})\times(v/1000)\times w$$

معادله (۶)

$$\text{کارتنوئید}=[1000(A_{470})3.27(\text{Chl}a)104(\text{Chl}b)]/227$$

در این روابط V=حجم محلول صاف شده (محلول بالایی ناشی از سانتریفیوژ)، A = جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و W= وزن تر نمونه بر حسب گرم بودند.

برای استخراج اسانس از زوفا، به‌میزان ۲۰۰ گرم گیاه (سایه خشک) از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب استفاده شد (Weisany *et al*., 2015). اسانس حاصل به‌وسیله سولفات سدیم آب‌گیری و درصد و عملکرد اسانس بر اساس عملکرد گیاه در مترمربع تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری مربوط به صفات مورد ارزیابی به‌وسیله نرم‌افزار SAS9.4 انجام گردید. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین، برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه زوفا: بر اساس جدول تجزیه واریانس ملاحظه می‌شود که اثرات ساده و متقابل سطوح مختلف کشت‌مخلوط و محلول‌پاشی بر روی ارتفاع گیاه زوفا در سطح یک درصد معنی‌دار می باشد (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد بیشترین مقدار ارتفاع بوته زوفا با میانگین ۵۵/۶۶ سانتی‌متر مربوط به تیمار الگوی کشت ۵۰٪ زوفا + ۵۰٪ شنبلیله و تیمار محلول‌پاشی نیتروژن بوده و کمترین مقدار ارتفاع بوته زوفا با میانگین ۳۳/۷۷ سانتی‌متر مربوط به الگوی کشت خالص و عدم محلول‌پاشی می‌باشد (شکل ۱). کشت مخلوط سیاهدانه– ماش سبب افزایش ارتفاع سیاهدانه شد به‌طوری‌که به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع در کشت سیاهدانه : ماش (۱:۲) و کشت‌خالص حاصل شد (Rezvani Moghadam *et al*., 2009). در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود بیشترین میزان ارتفاع با میانگین ۵۲ سانتی‌متر در کشت مخلوط ۷۵٪ نخود و ۲۵٪ سیاهدانه و کمترین ارتفاع ۳۴ سانتی‌متر در کشت خالص گزارش شد (Gholinezhad and Rezaei-Chiyaneh, 2014). محلول‌پاشی یک درصد نیتروژن در مرحله پر شدن دانه‌ها باعث افزایش ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی و تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در گیاه و وزن صد دانه شد (Amany, 2007). محققان گزارش کردند که کاربرد برگی پرولین، متیونین و سیلیکون تحت شرایط کمبود آب باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه لوبیای چشم بلبلی شد و محلول‌پاشی باعث افزایش صفاتی چون ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک ساقه و غیره می‌شود (Abdel-Rahman *et al*., 2018).

تعداد شاخه جانبی: اثرات ساده سطوح کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر تعداد شاخه جانبی گیاه زوفا در سطح یک درصد معنی‌دار ولی اثرات متقابل این تیمارها بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد بیشترین تعداد شاخه جانبی زوفا در تیمارهای الگوی کشت ۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله و محلول‌پاشی مخمر و کمترین تعداد شاخه جانبی زوفا در تیمارهای کشت‌خالص و عدم محلول‌پاشی می‌باشد (جدول ۳). محققین گزارش کردند در بررسی کشت مخلوط شنبلیله و زنیان گزارش شده است که نسبت‌های مخلوط تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه جانبی زنیان داشتند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد شاخه جانبی زنیان در کشت مخلوط تک‌ردیفی و کمترین تعداد شاخه جانبی زنیان در کشت خالص به‌دست آمد (Mirhashemi *et al*., 2009). بنا به گزارش محققان کاربرد برگی میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر مخمر در لوبیا قرمز باعث افزایش ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و سطح برگ گیاه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد گردید (Rania *et al*., 2011).

عملکرد زیست توده زوفا و شنبلیله: اثر کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر عملکرد زیست

توده گیاه زوفا و شنبلیله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل برای صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۲). در گیاه زوفا، تیمار کشت خالص و محلول‌پاشی نیتروژن به ترتیب با میانگین ۹۳۳۳/۹۱ و ۷۲۲۲/۲۹ (کیلوگرم بر هکتار) بیشترین مقدار و تیمار کشت مخلوط ۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله و محلول‌پاشی پرولین به‌ترتیب با میانگین ۲۸۱۶/۱۶ و ۶۷۵۲/۶۴ (کیلوگرم بر هکتار) کمترین مقدار عملکرد را دارا بودند (جدول ۳). در گیاه شنبلیله، تیمار کشت‌خالص و محلول‌پاشی نیتروژن به‌ترتیب با میانگین ۴۶۳۷/۱۵ و ۳۲۶۳/۸۷ (کیلوگرم بر هکتار) بیشترین مقدار و تیمار کشت مخلوط ۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله و عدم محلول‌پاشی به‌ترتیب با میانگین ۱۵۱۴/۲۵ و ۳۲۲۴/۶۴ (کیلوگرم بر هکتار) کمترین مقدار عملکرد را دارا بودند (جدول ۳). میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi *et al.*, 2009) بیان نمودند که بیشترین و کمترین عملکرد زیست‌توده دو گیاه شنبلیله و زنیان به ترتیب در کشت‌خالص و مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. نتایج این تحقیق با نتایج رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghadam and Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره‌سبز و شنبلیله مطابقت داشت. نتایج تحقیق کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2008) در خصوص کاربرد انواع کودهای نیتروژن، بیانگر بهبود رشد گیاه زوفا و افزایش وزن تر و وزن خشک اندام هوایی این گیاه در نتیجه مصرف کود نیتروژن بود. زاهدی و همکاران (Zahedi *et al.*, 2012) بیان داشتند کاربرد عناصر غذایی به‌دلیل تغذیه بهتر برگ و ساقه و تشدید فتوسنتز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد زیست توده گیاه می‌شود.

نسبت برابری زمین: اثر اصلی تیمار کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین یا LER در سطح یک درصد معنی‌دار شد؛ اما اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر نسبت برابری زمین معنی‌دار نگردید (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد بیشترین مقدار LER با میانگین ۱/۲۹ مربوط به الگوی کشت ۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله می‌باشد (جدول ۵). در کشت مخلوط گلرنگ و نخود، نسبت برابری زمین کل، در تمام الگوهای مخلوط بیشتر از ۱ بود به طوری‌که الگوی کشت مخلوط ۲۵٪ گلرنگ + ۷۵٪ نخود با ثبت عدد ۱/۱۲ کمترین مقدار را نشان داد و با افزایش نسبت گیاه گلرنگ در کشت مخلوط بر مقدار این شاخص افزوده شد و بالاترین نسبت برابری زمین کل (۱/۵۲) در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ گلرنگ + ۱۰۰٪ نخود مشاهده شد (Esmaeilian and Beahzad Amiri, 2021). محققان گزارش کردند در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیشترین مقدار نسبت برابری زمین کل (۲/۱۲) در تیمار کشت مخلوط ۷۵٪ لوبیا + ۲۵٪ ذرت و کاربرد آهن و روی با هم به دست آمد و کمترین مقدار آن (۱/۵۷) در تیمار ۲۵٪ لوبیا + ۷۵٪ ذرت و کاربرد روی به‌دست آمد که بیانگر آن است که برای به‌دست آوردن عملکردی معادل نسبت‌های کاشت در سیستم تک کشتی به‌ترتیب ۱۱۲ و ۵۷ درصد زمین بیشتر مورد نیاز است و نشان‌دهنده اثر مفید کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع است (Khalesi *et al.*, 2022). علت بالا بودن نسبت برابری زمین بیشتر از یک را می‌توان تثبیت و جذب نیتروژن در بقولات دانست (Monti *et al* 2016,). در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نتایج نشان داد که تقریباً تمامی تیمارهای کشت

مخلوط بر کشت خالص آنها برتری دارد، به‌طوری که بالاترین نسبت برابری زمین ۱/۲۲ گزارش شد، که ۲۲ درصد افزایش سودمندی نسبت به تک کشتی دوگونه داشت (Alizadeh *et al*., 2010).

رنگیزه‌ها: اثر کشت مخلوط بر صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها معنی‌دار نمی‌باشد؛ اما اثر محلول‌پاشی بر صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین، اثر متقابل تیمارهای کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر کلروفیل b در سطح ۵ درصد معنی‌دار ولی بر کلروفیل a و کارتنوئیدها معنی‌دار نبود (جدول ۶). نتایج مقایسات میانگین نشان می‌دهد در بین سطوح مختلف محلول‌پاشی، بیشترین میزان کلروفیل a با میانگین ۱۲/۰۹ (میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل b با میانگین ۳/۵۲ (میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن بوده و کمترین میزان این دو صفت مربوط به تیمار عدم محلول‌پاشی می‌باشد. بیشترین میزان کارتنوئیدها با میانگین ۰/۳۸ (میلی‌گرم بر گرم) در تیمار عدم محلول‌پاشی و کمترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۷). همچنین، در بررسی اثر متقابل کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل b بیشترین میزان کلروفیل b در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله و محلول‌پاشی مخمر و نیتروژن به‌دست آمد و کمترین میزان آن مربوط به تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله و عدم محلول‌پاشی می‌باشد (شکل ۲). محلول‌پاشی نیتروژن موجب افزایش کلروفیل برگ شده، پیری آن را به تاخیر انداخته و سرعت فتوسنتز را در اندام‌های فتوسنتز کننده افزایش می‌دهد (Babazadeh *et al*., 2011). محققان گزارش کردند که افزایش در رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر تیمار محلول‌پاشی مخمر، می‌تواند به‌واسطه سیتوکنین موجود در عصاره مخمر و به تاخیر انداختن پیری برگ در اثر کاهش تخریب کلروفیل و افزایش پروتئین و سنتز RNA باشد (Olaiya, 2010).

پرولین: اثر کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر میزان پرولین گیاه زوفا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد اما اثر متقابل برای صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۶). تیمار کشت خالص زوفا با میانگین ۲۶/۳۳ (میلی‌مول بر گرم) بیشترین و تیمار ۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله با میانگین ۲۱/۸۳ (میلی‌مول بر گرم) کمترین میزان پرولین را دارا بودند (جدول ۷). احتمالاً توسعه ریشه در کشت خالص یکنواخت بوده و تخلیله رطوبتی بیشتری در ریزوسفر محتمل است از این رو پرولین بیشتری در برگ گیاهان کشت خالص تجمع یافته است (Kakolvand *et al*., 2016). همچنین، تیمار عدم محلول پاشی با میانگین ۲۵/۹۱ (میلی‌مول بر گرم) بیشترین و تیمار محلول‌پاشی مخمر با میانگین ۲۱/۵ (میلی‌مول بر گرم) کمترین میزان پرولین را دارا بودند (جدول ۷). محققان گزارش کردند که تیمار گیاهان با عصاره مخمر در مقایسه با گیاهان تیمار نشده، منجر به کاهش میزان پرولین شده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت تاثیر عصاره مخمر بر میزان پرولین بسته به نوع گیاه و غلظت مخمر فرق می‌کند (Hammad and Ali, 2014).

درصد و عملکرد اسانس: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کشت مخلوط بر درصد و عملکرد اسانس به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار گردید، اما محلول پاشی تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت.

همچنین، اثر متقابل تیمارهای کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر صفات مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۸). با توجه به نتایج مقایسات میانگین می‌توان اذعان داشت که بیشترین میزان درصد و عملکرد اسانس در شرایط کشت‌خالص به‌دست آمد (جدول ۹). دلیل بالا بودن درصد و عملکرد اسانس در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط را می‌توان به تراکم بالاتر زوفا در این تیمار نسبت داد. لذا از آن‌جایی که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و همچنین عملکرد زیست توده است، بنابراین با توجه به بالا بودن عملکرد زیست‌توده در تیمار کشت خالص، افزایش عملکرد اسانس در این تیمار دور از انتظار نمی‌باشد (Pour Yousef *et al*., 2015). در مطالعه کشت مخلوط زوفا و عدس گزارش گردید که بیشترین مقدار عملکرد اسانس زوفا در کشت خالص زوفا و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس به دست آمد (Habibzadeh and Asghari, 2018). همچنین، محققان گزارش کردند که تیمار ۲۵ درصد تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵ درصد تراکم مطلوب شنبلیله کمترین درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز را به خود اختصاص داد و بیشترین درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز در تیمار ۱۷۵ درصد تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵ درصد تراکم مطلوب شنبلیله به‌دست آمد. با افزایش تراکم گیاه گشنیز درصد اسانس افزایش می‌یابد، چنین به نظر می‌رسد گیاه گشنیز در تراکم بالا با تنش کمبود عناصر غذایی مواجه شده و در نتیجه درصد اسانس گیاه افزایش یافته است (Bighonah *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کشت مخلوط در راستای افزایش تولید و جلوگیری از کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی نظیر کودها، علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و تخریب منابع آب و خاک حایز اهمیت بوده و همچنین در محلول‌پاشی عناصر مورد نیاز گیاه با سرعت و کارآیی بالا در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و به‌طورکلی، استفاده از کشت مخلوط و محلول‌پاشی در گیاه زوفا باعث بهبود صفات مورفولوژیکی و فتوسنتزی و عملکرد گیاه دارویی زوفا می‌گردد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical properties of soil

Texture	N (%)	K $mgKg^{-1}$	P $mgKg^{-1}$	T.N.V (%)	O.C (%)	EC dSm^{-1}	pH -	F.C (%)	P.W.P (%)	BD gcm^{-3}
بافت	**نیتروژن**	**کلسیم**	**پتاسیم**	**درصد آهک**	**کربن آلی**					
Clay loam	0.05	313	22.1	25.5	0.62	0.495	8.09	19.1	5.2	1.15

جدول ۲- تجریه واریانس (میانگین مربعات) اثرات محلول‌پاشی بر برخی صفات گیاه زوفا و شنبلیله تحت شرایط کشت مخلوط با شنبلیله

Table 2- Analysis of variance (mean square) for effects of the foliar applications on some traits of hyssop and fenugreek under intercropping with fenugreek

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	ارتفاع بوته زوفا Height plant of Hyssop	تعداد شاخه جانبی زوفا No. Branch/ plant of Hyssop	عملکرد زیست توده زوفا Biomass yield of Hyssop	عملکرد زیست توده شنبلیله Biomass yield of Fenugreek
Rep.	تکرار	2	55.50^{**}	$1.56^{n.s}$	$1199064.2^{n.s}$	702659.4^{*}
Intercropping	کشت مخلوط	3	292.41^{**}	27.54^{**}	109290431.8^{**}	21781660.57^{**}
Error a	خطای a	6	2.16	2.42	618483.4	78879.63
Foliar application	محلول‌پاشی	3	298.46^{**}	36.32^{**}	528767^{**}	128874.38**
I × F		9	16.98^{**}	$0.80^{n.s}$	$61703.8^{n.s}$	$17683.58^{n.s}$
Error b	خطای b	24	3.01	0.56	75094.9	7976.6
C.V. (٪)	ضریب تغییرات	-	3.70	6.21	3.94	2.85

ns، *، ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non-significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

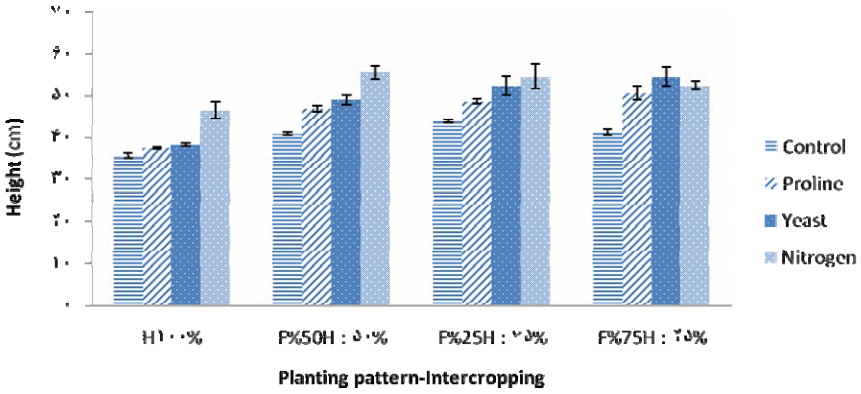
جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات گیاه زوفا و شنبلیله تحت سطوح مختلف کشت مخلوط و محلول‌پاشی

Table 3- The mean comparison of some traits of hyssop and fenugreek under different levels of intercropping and the foliar application

تیمارها Treatments		تعداد شاخه جانبی گیاه زوفا No. Branch/ plant	عملکرد زیست توده زوفا Biomass yield of Hyssop ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیست توده شنبلیله Biomass yield of Fenugreek ($kg.ha^{-1}$)
Intercropping	کشت مخلوط			
%100 Hyssop	۱۰۰٪ زوفا	10.27±0.49	9333.91±112.1	-
%100 Fenugreek	۱۰۰٪شنبلیله	-	-	4637.15±48.91
%50 Hyssop + %50 Fenugreek	۵۰٪ زوفا + ۵۰٪ شنبلیله	11.30±0.38	6584.89±116.36	2648.35±68.80
%75 Hyssop + %25 Fenugreek	۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله	13.44±0.66	9051.82±205.67	1514.25±69.71
%25 Hyssop + %75 Fenugreek	۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله	13.16±0.52	2816.16±88.04	3705.62±88.48
LSD 5%		1.5549	786.61	280.56
Foliar application	محلول‌پاشی			
Control	شاهد	9.44±0.38	6818.58±777.52	3024.64±355.51
Proline	پرولین	12.91±0.59	6752.64±783.23	3142.49±366.88
Yeast	مخمر	13.05±0.49	6993.26±800.05	3074.37±34.37
Nitrogen	نیتروژن	12.77±0.40	7222.29±830.61	3263.87±362.83
LSD. 5%		0.6306	230.9	75.253

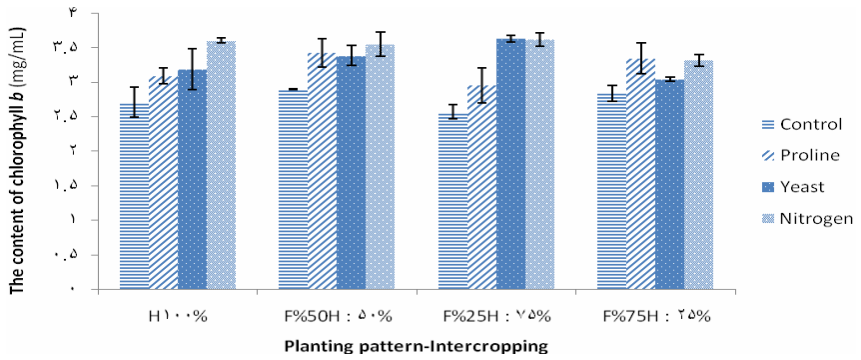
میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگ‌تر است در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD had significant difference at %5 probability level.



شکل ۱- اثر متقابل کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر ارتفاع گیاه زوفا

Figure 1- Effect of intercropping and the foliar application interaction on the height plant of hyssop (LSD = 2.68)



شکل ۲-اثر متقابل کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل b زوفا

Figure 2- Effect of intercropping and the foliar application interaction on the content of chlorophyll b of hyssop (LSD = 0.64)

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات محلول‌پاشی بر روی نسبت برابری زمین گیاه زوفا و شنبلیله تحت شرایط کشت مخلوط با شنبلیله

Table 4- Analysis of variance (mean square) for effects of the foliar application on land equivalent ratio (LER) of hyssop and fenugreek under intercropping with fenugreek

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین زوفا LER Hyssop	نسبت برابری زمین شنبلیله LER Fenugreek	نسبت برابری زمین کل Total LER
تکرار Rep	2	$0.0002^{n.s}$	$0.014^{n.s}$	$0.011^{n.s}$
کشت مخلوط Intercropping	4	2.267^{**}	1.85^{**}	0.252^{**}
خطای a Error a	8	0.0037	0.004	0.006
محلول‌پاشی Foliar application	3	$0.0004^{n.s}$	0.001^{*}	$0.0025^{n.s}$
I × F	12	$0.0003^{n.s}$	$0.0004^{n.s}$	$0.0008^{n.s}$
خطای b Error b	30	0.0005	0.00035	0.001
ضریب تغییرات C.V. (٪)	-	3.91	3.47	2.89

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non-significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین گیاه زوفا و شنبلیله تحت سطوح مختلف کشت مخلوط و محلول‌پاشی

Table 5- The mean comparison of LER of hyssop and fenugreek under different levels of intercropping and the foliar application

تیمارها Treatments		نسبت برابری زمین زوفا LER Hyssop	نسبت برابری زمین شنبلیله LER Fenugreek	نسبت برابری زمین کل Total LER
کشت مخلوط Intercropping				
۱۰۰٪ زوفا %100 Hyssop		1±0.0	0.0±0.0	1±0.0
۱۰۰٪شنبلیله %100 Fenugreek		0.0±0.0	1±0.0	1±0.0
۵۰٪ زوفا + ۵۰٪ شنبلیله %50 Hyssop + %50 Fenugreek		0.7052±0.006	0.5749±0.011	1.28±0.011
۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله %75 Hyssop + %25 Fenugreek		0.9691±0.015	0.3261±0.013	1.29±0.016
۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله %25 Hyssop + %75 Fenugreek		0.3024±0.010	0.7991±0.016	1.10±0.023
LSD 5%		0.0573	0.0596	0.0778
محلول‌پاشی Foliar application				
شاهد Control		0.594±0.116	0.530±0.104	1.125±0.038
پرولین Proline		0.588±0.115	0.534±0.105	1.122±0.036
مخمر Yeast		0.596±0.116	0.551±0.107	1.147±0.043
نیتروژن Nitrogen		0.601±0.118	0.543±-.105	1.144±0.044
LSD 5%		0.0174	0.014	0.0245

میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگ‌تر است در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD had significant difference at %5 probability level.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر محلول‌پاشی بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و پرولین بوته زوفا تحت کشت مخلوط با شنبلیله

Table 6.Analysis of variance (mean square) for effects of the foliar application on the amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, and proline of hyssop under intercropping with fenugreek

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئیدها Carotenoids	پرولین Proline
تکرار Rep	2	$2.04^{n.s}$	$0.103^{n.s}$	$0.002^{n.s}$	$15.25^{n.s}$
کشت مخلوط Intercropping	3	$1.81^{n.s}$	$0.081^{n.s}$	$0.009^{n.s}$	51.13^{**}
خطای a Error a	6	0.704	0.165	0.004	4.36
محلول‌پاشی Foliar application	3	8.95^{**}	1.26^{**}	0.026^{**}	42.40^{**}
I × F	9	$0.763^{n.s}$	0.127^{*}	$0.003^{n.s}$	$1.29^{n.s}$
خطای b Error b	24	0.490	0.049	0.001	0.722
ضریب تغییرات C.V. (٪)	-	6.22	6.97	13.28	3.64

ns، *، ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non-significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین میزان‌های کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و پرولین گیاه زوفا تحت سطوح مختلف کشت مخلوط و محلول‌پاشی

Table 7- The mean comparison of the amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids and proline of hyssop under different levels of intercropping and foliar application

تیمارها Treatments	کلروفیل a Chlorophyll *a* $mg.g^{-1}$	کلروفیل b Chlorophyll *b* $mg.g^{-1}$	کارتنوئیدها Carotenoids $mg.g^{-1}$	پرولین Proline $\mu mol.g^{-1}$
کشت مخلوط Intercropping				
۱۰۰٪ زوفا %100 Hyssop	10.69±0.31	3.14±0.12	0.35±0.01	26.33±0.79
۵۰٪ زوفا + ۵۰٪ شنبلیله %50 Hyssop + %50 Fenugreek	11.52±0.30	3.31±.09	0.290±0.02	22.16±0.54
۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله %75 Hyssop + %25 Fenugreek	11.50±0.33	3.19±0.14	0.306±0.02	22.91±0.69
۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله %25 Hyssop + %75%Fenugreek	10.32±0.32	3.13±0.08	0.307±0.01	21.83±0.45
LSD 5%	0.8382	0.4059	0.0645	2.0861
محلول‌پاشی Foliar application	10.05±0.15	2.75±0.06	0.38±0.011	25.91±0.81
شاهد Control	11.44±0.26	3.20±0.10	0.31±0.016	22.58±0.65
پرولین Proline	11.45±0.33	3.31±0.09	0.29±0.018	21.5±0.69
مخمر Yeast	12.09±0.19	3.52±0.05	0.27±0.015	23.25±0.49
نیتروژن Nitrogen	0.5904	0.188	0.0353	0.7161
LSD 5%	0.5904	0.188	0.0353	0.7161

میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگ‌تر است در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD had significant difference at %5 probability level.

جدول ۸- تجریه واریانس اثر کشت مخلوط و محلول‌پاشی بر میزان اسانس و عملکرد اسانس زوفا

Table 8- Analysis of variance (mean square) for effects of intercropping and foliar application on essential oil content and yield of hyssop

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میزان اسانس Essential oil	عملکرد اسانس Essential oil
تکرار Rep	2	$0.0083^{n.s}$	$0.5471^{n.s}$
کشت مخلوط Intercropping	3	0.0209^{*}	22.71^{**}
خطای a Error a	6	0.0036	0.2290
محلول‌پاشی Foliar application	3	$0.0019^{n.s}$	$0.0915^{n.s}$
I×F	9	$0.0041^{n.s}$	$0.2181^{n.s}$
خطای b Error b	24	0.1131	0.2302
ضریب تغییرات (٪) C.V.	-	17.65	17.38

ns، *، ** به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: non-significant; *, ** significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

جدول ۹- مقایسات میانگین میزان اسانس و عملکرد اسانس بوته زوفا تحت سطوح کشت مخلوط و محلول‌پاشی

Table 9- The mean comparisons on essential oil content and yield of hyssopunder different levels intercropping and foliar application

تیمارها Treatments		عملکرد اسانس Essential oil ($mL.m^{-2}$)	میزان اسانس Essential oil (% $v.w^{-1}$)
Intercropping	کشت مخلوط		
%100 Hyssop	۱۰۰٪ زوفا	0.441±0.019	4.10±0.166
%50 Hyssop + %50 Fenugreek	۵۰٪ زوفا + ۵۰٪ شنبلیله	0.343±0.019	2.27±0.151
%75 Hyssop + %25 Fenugreek	۷۵٪ زوفا + ۲۵٪ شنبلیله	0.399±0.015	3.60±0.146
%25 Hyssop + %75 Fenugreek	۲۵٪ زوفا + ۷۵٪ شنبلیله	0.372±0.021	1.05±0.079
LSD 5%		0.0607	0.4781
Foliar application	محلول‌پاشی		
Control	شاهد	0.397±0.022	2.83±0.420
Proline	پرولین	0.394±0.025	2.73±0.410
Yeast	مخمر	0.370±0.020	2.64±0.346
Nitrogen	نیتروژن	0.393±0.017	2.82±0.355
LSD 5%		0.0579	0.40428

میانگین تیمارهایی که اختلافشان از LSD بزرگ‌تر است در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

Mean treatments greater than LSD had significant difference at %5 probability level.

References منابع مورد استفاده

- Abdel-Rahman, M., A. Merwad, M. Desoky, E. Sayed, and M. Rady. 2018. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or ethionine foliar application. *Scientia Horticulturae*. 228: 132–144.
- Alizadeh, Y., A. Koocheki, and M. Nassiri Mahallati. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean with sweet basil. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 7(2): 541-553. (In Persian).
- Aly, A., N. Eliwa, and M.H. Abd-El Megid. 2019. Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 13: 831-839.
- Amany, A.B. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3(4): 220-223.
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 11-121.
- Babazadeh, Sh., M. Kavoosi, M. Esfandiari, M. Nahvi, and M. Allahgholipour. 2011. Effects of nitrogen rates and application method on grain yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 7: 727-734. (In Persian).
- Bates, I.S., P. Waldern, and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Bigonah R., P. Rezvani Moghadam, and M. Jahan. 2014. The effect of mixed culture on biological performance, nitrogen content and morphological characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. and *Coriandrum sativum* L. *Iranian Journal of Agricultural Research*. 6(1): 67-78. (In Persian).
- Dhima, K.V., A.S. Lithourgidis, I.B. Vasilakoglou, and C.A. Dordas. 2007. Competition indices of vetch and cereal intercrops in two ratio. *Field Crops Research*. 100: 249-256.
- Esmaeiliam, Y., and M. Behzad Amiri. 2021. Agronomic and economic evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and chickpea (*Cicer arietinium* L.) intercropping under micronutrient applications. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15: 1-20. (In Persian).
- Ghasemi Pirbalouti, A., H. Mohamadpoor, I. Bajalan, and F. Malekpoor. 2019. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oils from inflorescences of two landraces of hyssop [*Hyssopusofficinalis* L. subsp. *angustifolius* (Bieb.)] cultivated in Southwestern, Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 22: 1074-1081.

- Gholami Zali, A., and P. Ehsanzadeh. 2018. Exogenously applied proline as a tool to enhance water use efficiency: Case of fennel. *Agricultural Water Management*. 197: 138–146.
- Gholinezhad, E., and E. Rezaei-Chiyaneh. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 16:(3). 236-249. (In Persian).
- Habibzadeh, F., and B. Asghari. 2018. Investigating the effect of intercropping and chemical fertilizers on the amount of essential oil and phenol content and flavonoid and some biological properties of Hyssop. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants.* 23(3). (In Persian).
- Hammad, S.A.R., and O.A.M. Ali. 2014. Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of aminoacids and yeast extract. *Annals of Agricultural Science*. 59: 133-145.
- Kakolvand, R., S. Fallahand, and A. Abbasi. 2016. Effect of species competition on photosynthetic pigments, proline, Relative leaf water content and the essential oil content of *Trigonella foenum graceum* and *Nigella sativa* in drought stress conditions. *Journal of Plant Process and Function.* 6: 10-19 (In Persian).
- Khalesi, A., Gh. Afsharmanesh, and M. H. shirzadi. 2022. Effect of nano zinc and iron chelates ratios on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) in intercropping with cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of Crop Ecophysiology.* 16: 115-132. (In Persian).
- Koocheki, A., A. Javanmard, and M. Morshedloo. 2016. Evaluation of the effects of saffron–cumin intercropping on growth, quality and land equivalent ratio under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*. 201: 190–198.
- Koocheki, A., L. Tabrizi, and R. Ghorbani. 2008. Evaluation of the effect of biological fertikizers on growth characteristics, yield and qualitative characteristics hyssop medicinal plant. *Iranian Journal of Crop Research*. 1(6): 127-137. (In Persian).
- Kuepper, G. 2003. Foliar fertilization. http://www.attra.ncat.org.
- Lichtenthaler, H.K. and A.R. Wellburn. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*. 11: 591-592.
- Mirhashemi, S.M., A. Kouchaki, and N. Parsa. 2009. Investigating the benefits of mixing *Trachyspermum* and fenugreek in different levels of animal manure and planting. *Iranian Journal of Agricultural Research*. 7(1): 269-278. (In Persian).
- Moghbeli, T., S. Bolandnazar, J. Panahande, and Y. Raei. 2019. Evaluation of yield and its components on onion and fenugreek intercropping ratios in different planting densities. *Journal of Cleaner Production*. 213: 634-641.

- Monti, M., A.C. Pellicanò, C. Santonoceto, G. Preiti, and A. Pristeri. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*. 196: 379-388.
- Olaiya, C.O. 2010. Presowing bioregulator seed treatments increase the seedling growthand yield of tomato (*Solanum lycopersicon*). *Journal of Plant Growth Regulation.* 29(3): 349-356.
- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 109: 48-58.
- Pour Yousef, M., A.L. Yousefi, M. Oveisi, and F. Asadi. 2015. Intercropping of fenugreek as living mulch at different densities for weed suppression in coriander. *Journal of Crop Protection.* 69: 60-64.
- Ramamohan Reddy, K., B.V. Rao, V. Raoand and C. Sarala. 2014. Water use efficiency through drip irrigation in water scarcity area-a case study. In: Proceedings of 4th International Conference on Hydrology and Watershed Management (ICHWAM-2014): With a Focal Theme on Ecosystem Resilience-rural and Urban Water Requirements (29th October - 1stNovember). 1265p.
- Rania, M.A., Y. M. Nassar, A. Ahmed, and M.A. Dalia. 2011. Effect of foliar spray with active yeast extract on morphological, anatomical and yield characteristics of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 5(5): 1071-1079.
- Rezvani Moghadam, P., and R.A. Moradi. 2012. Investigating the planting date, biological fertilizer and cultivation mixture on the yield and quantity of cumin and fenugreek essential oil. *Iranian Journal of Crop Science*. 43(2): 217-230 (In Persian).
- Rezvani Moghadam, R., M.R. Raoofi, M.H. Rashed Mohassel, and R. Moradi. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)- black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. *Journal of Agroecology*. 1: 65-79. (In Persian).
- Richard, G.A., S. Pereira, S.D. Rae, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56, Rome Italy.
- Salehi, A., B. Mehdi, S. Fallah, H.P. Kaul, and R.W. Neugschwandtner. 2018. Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. *Nutrinet Cycling in Agroecosystems*. 110: 407-425.
- Samani, MR., A. Ghasemi Pirbalouti, F. Moattar, and A.R. Golparvar. 2019. L-Phenylalanine and bio-fertilizers interaction effects on growth, yield and chemical compositions and content of essential oil from the sage (*Salvia officinalis* L.) leaves. *Industial Crops and Products.* 137: 1-8.

- Tavallali, V., V. Rowshan, H. Gholami, and S.Hojati. 2020. Iron-urea nano-complex improves bioactive compounds in essential oils of *Ocimum basilicum* L. *Scientia Horticulturae*. 265: 1-11.
- Thorsted, M., D.J.E. Olesenand, and J. Weiner. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/clover intercropping. *Field Crops Research*. 95: 280-290.
- Weisany W., Y. Raei, and I. Pertot. 2015. Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. *Industrial Crops and Products.*77: 295-306.
- Zahedi, H., A.H. Shirani-Rad, and H.R. Tohidi-Moghadam. 2012. Zeolite and selenium application and their effects on production and physiological attributes of canola cultivars under water stress. *Agronomy Science*. 46(5): 489-497.

Research Article DOI: 10.30495/JCEP.2023.1897511.1698

Effects of Foliar Application of Proline, Yeast Extract and Urea on Growth and Yield of Hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Intercropping with Fenugreek (*Trigonellafoenum graecum* L.)

Abolghasem Gharakhani-Beni[1], Hamidreza Javanmard[2], Abdollah Ghasemi Pirbalouti[3*], Ali Soleymani[4] and Ahmadreza Golparvar[5]

Received: July 2020 , Revised: 5 August 2021, Accepted: 21 August 2021

Abstract

In this experiment the effect of the foliar applications of proline, yeast extract, and urea on thegrowth, yield, and quality characteristics of active substance of hyssop was investigated. This study was done in a split plot experimentalin randomized complete block design with three replications at the experimental field of Shahrekord University in 2017. The main plot was sole cropping of fenugreek, sole cropping of hyssop, and three intercropping ratios i.e. %50 fenugreek + %50 hyssop, %25 fenugreek + %75 hyssop, and %75fenugreek + %25 hyssop. The sub-plot was four levels foliar sprayings i.e. non-spraying or control and foliar sprayings of proline, yeast, and urea.The results showed that the intercropping and foliar sprayings of proline, yeast, and urea were significantly affected on some characteristics of hyssop such as plant height, number of lateral branches and the contents of chlorophyll a and b. The amount of land equivalent ratio (LER) in the intercropping was more than hyssop monoculture. In addition, LER under the foliar spraying of proline, yeast, and ureawas higher in comparison with non-foliar application.The pattern planting and foliar sprayings of proline, yeast, and urea had significant impacts on the proline content in the hyssop plants. Also, effect of monoculture of hyssop on essential oil content and yield of hyssop wassignificant; however, the foliar application of proline, yeast, and ureahad not influences on two these characteristics. In conclusion, the intercropping hyssop with legume (fenugreek) and the foliar sprayingsof proline, yeast, and urea can improve somegrowth parameters and active substance or the quantity and quality essential oilof hyssop.

Key words: Essential oil, LER, Intercropping, Hyssop, *Trigonellafoenum graecum* L.

1- Ph.D. Student in Agronomy, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2- Assistant Prof. Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3- Prof. Research for Medicinal Plants, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4- Prof. Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
5- Asossiate Prof. Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
*Corresponding Author: *ghasemi@qodsiau.ac.ir*