Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره سوم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.14109.2267

ارزیابی عملکرد، اسانس و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط افزایشی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) و عدس (*Lens culinaris*)

***فرهاد حبیب‌زاده[۱]، سعید حضرتی[۲]، بهور اصغری[۳]، مجید غلامحسینی[۴] و محمدجواد نیکجویان[۵]**

[۱]گروه ژنتیک و بهنژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران،
[۲]گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران،
[۳]گروه مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران،
[۴]مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
[۵]دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته سیستماتیک- اکولوژی گیاهی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌های افزایش عملکرد و پایداری تولید در واحد سطح مطرح باشد. همچنین، گیاهان دارویی نقش بسیار مهمی در سلامت انسان دارند. بسیاری از مردم در کشورهای مختلف جهان به سمت مصرف این داروها گرایش پیدا کرده‌اند. نیاز برای این گیاهان به‌دلیل تولید داروهای گیاهی، محصولات آرایشی و بهداشتی در بازارهای ملی و بین‌المللی رو به افزایش است. بنابراین بهبود کیفیت فرآورده‌های طبیعی از گیاهان دارویی ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌منظور بهبود کیفیت گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis*) و حاصلخیزی خاک به‌وسیله تثبیت زیستی نیتروژن با باکتری‌ها توسط عدس (*Lens culinaris*)، آزمایشی به‌صورت ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زوفا و عدس انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش در سال ۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص زوفا (A)، کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا (F) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک زوفا در واحد سطح، از کشت خالص آن (A) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C) به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان اسانس زوفا در حالت کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D) حاصل گردید که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. مقایسه میانگین عملکرد اسانس زوفا در واحد سطح نشان داد که کشت خالص زوفا (A) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C) بیش‌ترین مقدار را نشان داده و از لحاظ آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیش‌ترین مقدار عملکرد عدس در کشت خالص آن به‌دست آمد که با حالت‌های مختلف کشت مخلوط تفاوت

* مسئول مکاتبه: habibzadeh_f@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری نشان داد. کم‌ترین عملکرد عدس در واحد سطح از تیمار C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) به‌دست آمد. همچنین نتایج مقایسات میانگین نشان داد که تیمار D (۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) بالاترین میزان وزن هزاردانه را به خود اختصاص داد که با تیمارهای B (کشت خالص عدس) و C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) در یک گروه آماری قرار گرفت. علاوه بر این مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت خالص زوفا (تیمار A) و ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا (تیمار E) بالاترین میزان نیتروژن برگ زوفا و کشت خالص عدس (تیمار B) بالاترین میزان نیتروژن دانه عدس را به همراه داشت. تمام نسبت‌های اختلاط زوفا و عدس (به‌استثنای کشت مخلوط ۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا – تیمار F)، LER بزرگ‌تر از یک داشتند که برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که تیمارهای C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) و D (۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) بالاترین میزان LER را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج نشان داد که کشت مخلوط زوفا و عدس می‌تواند با بهبود استفاده از منابع، موجب ثبات در تولید گردد. همچنین از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی با تثبیت نیتروژن در جهت تولید پایدار گیاهان دارویی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: زوفا، عملکرد اسانس، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشاورزی پایدار نمونه‌ای از توجه به قوانین طبیعی می‌باشد (۱۲). از اجزای کشاورزی پایدار می‌توان جنگل زراعی، مدیریت تلفیقی آفات، تناوب زراعی و کشت مخلوط گیاهان زراعی را نام برد (۹). کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار، امروزه مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است (۱۸ و ۳٦). پژوهشگران متعددی مزیت کشت مخلوط را در مقایسه با کشت خالص حتی در شرایط مکانیزه گزارش نموده‌اند. علت افزایش محصول در زراعت مخلوط، استفاده بیش‌تر گیاهان از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور است (٤۰).

هنگامی‌که دو گونه مختلف با ارتفاع بوته و الگوی رشد متفاوت به‌صورت هم‌زمان در کشت مخلوط قرار گیرند، کم‌ترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع سبب افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌شود (۳). در کشت مخلوط، جامعه گیاهی در زمانی کوتاه‌تر زمین را پوشانده و بدین‌ترتیب جذب یا کارآیی استفاده از تشعشع افزایش می‌یابد (۳۷).

امروزه عوارض جانبی و ناخواسته مصرف داروهای شیمیایی سبب توجه به استفاده از گیاهان دارویی شده است (۲٤). زوفا (*Hyssopus officinalis*) متعلق به خانواده نعناعیان و بومی مناطق گرم و نیمه‌خشک است. این گیاه دارویی برای تقویت دستگاه گوارش، رفع ناراحتی‌های عصبی و افسردگی، ضدباکتری و درمان سرماخوردگی استفاده می‌شود (۳۵).

حبوبات، پس از غلات دومین منبع غذایی بشر هستند. سطح زیر کشت عدس در کشور در حدود ۲٦۱۰۰۰ هکتار می‌باشد و کشور ایران از نظر کشت رتبه چهارم را به خود اختصاص داده است (۲۵). استفاده از لگوم‌ها در کشت مخلوط موجب تثبیت زیستی نیتروژن می‌شود؛ در نتیجه مصرف کود نیتروژن کاهش می‌یابد و بر اثر آن از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می‌شود (۲۳). بنابراین کشت مخلوط لگوم‌ها با گیاهان دیگر علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصلخیزی خاک نیز می‌شود. در این روش کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله بقولات

www.SID.ir

Archive of SID

به گیاهان همراه آن‌ها منتقل شده و می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک کند (۷). پژوهش‌های محدودی در مورد ارزیابی تولید و سودمندی کشت مخلوط گیاهان دارویی با گیاهان خانواده حبوبات صورت گرفته و در اکثر موارد نتایج بیانگر سودمندی کشت مخلوط بوده است از جمله در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، مشاهده شد که نسبت برابری زمین و عملکرد دانه زیره سبز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیش‌تر شد (۲۰).

معیاری که اغلب برای ارزیابی در مؤثر بودن کشت مخلوط استفاده می‌شود، نسبت برابری زمین است. نتایج برخی از پژوهشگران بیانگر آن است که عملکرد کشت مخلوط ارقام در مقایسه با کشت خالص بیش‌تر است. در بسیاری از موارد نسبت برابری زمین (LER)[1] بیش‌تر از یک بوده است و تنها در موارد معدودی خلاف آن گزارش شده است. مطالعه‌ای روی کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) نشان داد که نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک و بین ۱/۰٤ تا ۱/۳۹ بود که LER بالاتر از یک، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این الگوهای کشت می‌باشد (۲۹). از پژوهشی که روی کشت مخلوط ذرت و سویا و همچنین ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی انجام گردید، نتیجه گرفته شد که مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی ۲۷ تا ۳۲ درصد نسبت به کشت خالص هرکدام، برتری عملکرد نشان داد (۲).

کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از منابع به‌طور مؤثرتری استفاده می‌نماید و از طرف دیگر، کشت مخلوط با سایه‌اندازی، خفه کردن و خواص دگرآسیبی از رشد و گسترش گونه‌های مختلف علف‌های هرز جلوگیری می‌کند (۱۱ و ۳۲). بررسی تأثیر کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع نشان داد که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود (۲۸). به‌دلیل تأثیرات مثبت کشت مخلوط کدو پوسته کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همراهی با گونه‌های بقولات هم‌چون نخود (*Cicer arietinum* L.) و عدس (*Lens esculenta*.)، بهره‌گیری از این الگوهای کاشت برای این گیاه توصیه شده است (۲٤). در بررسی کشت مخلوط نعناع با گوجه‌فرنگی و مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) با زعفران (*Crocus sativus* L.) نشان داده شد که کشت مخلوط موجب بهبود عملکرد اقتصادی و در نتیجه نسبت برابری زمین در مقایسه با کشت خالص گردید (۲٦ و ۳۱). نظر به این‌که رشد و تولید ترکیبات گیاهی تحت‌تأثیر عوامل متعددی از جمله جذب عناصر غذایی قرار می‌گیرد، از این‌رو در نظام کشت مخلوط که بین ریشه‌های گیاهان برای جذب عناصر غذایی رقابت وجود دارد، ضروری است که وضعیت جذب عناصر غذایی نیز مورد مطالعه قرار گیرد (۷ و ۳۰).

با توجه به موقعیت ویژه دو گیاه زوفا و عدس در سطح جهانی و کشوری، الگوی رشد یکسان، قابلیت تثبیت نیتروژن در گیاه عدس و عدم سایه‌اندازی متقابل دو گونه و استفاده بهینه از عوامل محیطی و همچنین نظر به ضرورت کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌منظور رسیدن به کشاورزی پایدار، لازم به‌نظر می‌رسد که در مورد کشت مخلوط این دو گونه زراعی و دارویی پژوهش انجام شود. هدف از این پژوهش بررسی آرایش‌های مختلف کشت مخلوط دو گیاه زوفا و عدس به‌منظور دستیابی به مناسب‌ترین ترکیب یا آرایش‌های کشت این دو گونه از نظر حداکثر عملکرد و کارآیی استفاده از منابع بود.

1- Land Equivalent Ratio

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٦ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. الگوهای مختلف کاشت به روش افزایشی در کرت‌های آزمایشی قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل: کشت خالص زوفا (A)، کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F) بود.

قبل از اجرای آزمایش با نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). جهت بهبود حاصلخیزی خاک، کود شیمیایی حاوی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (مقادیر ۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌عنوان کود پایه) در انطباق با نتایج آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفت.

هر کرت آزمایشی دارای ٤ خط کاشت به طول ٤ متر (هر کرت به ابعاد ٤×۱/۵ متر) و فاصله بین خطوط کاشت ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین بلوک‌ها یک متر و فاصله بین کرت‌ها نیز نیم متر منظور شد. رقم سبز کوهین عدس در این پژوهش از مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب کوهین تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. کاشت گیاهان به‌صورت هم‌زمان در نیمه اول اردیبهشت انجام شد. آبیاری زمین به روش نشتی (جوی و پشته‌ای) انجام گرفت. تنک کردن و وجین علف‌های هرز پس از کاشت به روش دستی انجام شد. برداشت زوفا در مرحله گل‌دهی (۳۰ خرداد) و گیاه عدس در مرحله رسیدگی کامل (۱۳ تیر) انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of soil used in experiments.

بافت Texture	پتاسیم قابل‌دسترس Available K	فسفر قابل‌دسترس Available P	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش خاک pH
	پی‌پی‌ام (ppm)					
لومی شنی Sandy-Loam	238	4.6	0.04	0.39	0.33	7.85

در این پژوهش ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت و یک خط از هر سمت کرت از همه کرت‌ها جهت حذف اثر حاشیه‌ای، حذف گردید و قسمت باقی‌مانده جامعه آماری مورد نمونه‌گیری آزمایش را تشکیل داد. عملکرد در سطح یک مترمربع محاسبه گردید.

به‌منظور ارزیابی عملکرد هر یک از دو گیاه زوفا و عدس در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن‌ها و همچنین مقایسه سودمندی کل کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین (LER)، از معادلات زیر به‌دست آمد.

$$LER_{Hyssop} = \frac{\text{عملکرد زوفا در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد زوفا در کشت خالص}}$$

$$LER_{Lentil} = \frac{\text{عملکرد عدس در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد عدس در کشت خالص}}$$

$$LER_{Total} = LER_{Hyssop} + LER_{Lentil}$$

www.SID.ir

Archive of SID

استخراج اسانس زوفا با استفاده از روش تقطیر با آب (در دستگاه کلونجر) به‌مدت ۲ ساعت از پنجاه گرم ماده خشک انجام شد (۳۵). اندازه‌گیری نیتروژن با روش کجلدال اصلاح‌شده از طریق معدنی‌شدن با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و یک کاتالیزور به نیتروژن آمونیاکی انجام گردید. فسفر به‌صورت ارتوفسفات در عصاره وجود دارد که با یون‌های وانادات و مولیبدات یک کمپلکس فسفو وانادو مولیبدات به رنگ زرد تشکیل داده که از طریق اسپکتروفتومتری در ناحیه ٤٣٠ نانومتر قابل اندازه‌گیری می‌باشد. میزان ۲ میلی‌لیتر عصاره خاکستر (از طریق حل کردن خاکستر حاصله از یک گرم نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک یک مولار که به‌مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شود) و ٦ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر معرف نیترو وانادو مولیبدات را مخلوط کرده و یک ساعت صبر گردید. سپس جذب این نمونه را با دستگاه اسپکتروفتومتر (Biowave II Spectrophotometer, Biochrom Ltd., Cambridge, UK) در طول موج ٤٣٠ نانومتر اندازه‌گیری شد. از طریق منحنی استاندارد، غلظت فسفر تعیین گردید. جهت سنجش یون پتاسیم از دستگاه فلیم‌فتومتر استفاده شد. ۰/۲۵ گرم از ماده خشک در ۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ ۸۵ درصد سائیده و سوسپانسیون حاصل به‌مدت ٢٤ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد تا نمونه‌های گیاهی به‌خوبی در اسید حل شوند. بعد از این مدت نمونه‌ها روی اجاق برقی با درجه حرارت ملایم جهت هضم قرار گرفتند. سرانجام حجم محلول‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شده و صاف گردیدند. در نهایت با استفاده از منحنی‌های مقدار یون پتاسیم در نمونه تعیین گردید (۲۱).

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 مورد آنالیز قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک زوفا و عملکرد دانه عدس: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک زوفا و عملکرد دانه عدس در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی گیاه زوفا و عدس در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط.

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for quantitative traits of hyssop and lentil in different intercropping arrangements.

تعداد دانه در بوته عدس Lentil seeds No. plant	وزن هزاردانه عدس Lentil 1000-seed weight	عملکرد دانه عدس Lentil seed yield	عملکرد اسانس زوفا Hyssop essential oil yield	درصد اسانس زوفا Hyssop essential oil content	وزن ترزوفا Hyssop fresh weight	وزن خشک زوفا Hyssop dry weight	درجه آزادی Df	منابع تغییر S.O.V
4.650^{ns}	4.967^{ns}	87.26^{ns}	0.0547^{ns}	0.0027^{ns}	52122.5^{ns}	6106.6^{ns}	2	تکرار Replication
28.733**	52.787*	975.27**	4.5269**	0.0565**	644984.3**	63026.7**	4	تیمار Treatment
1.133	8.73	20.67	0.2240	0.0037	12294.9	1506.6	8	خطا Error
3.74	9.26	8.57	19.97	10.53	9.49	10.36	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

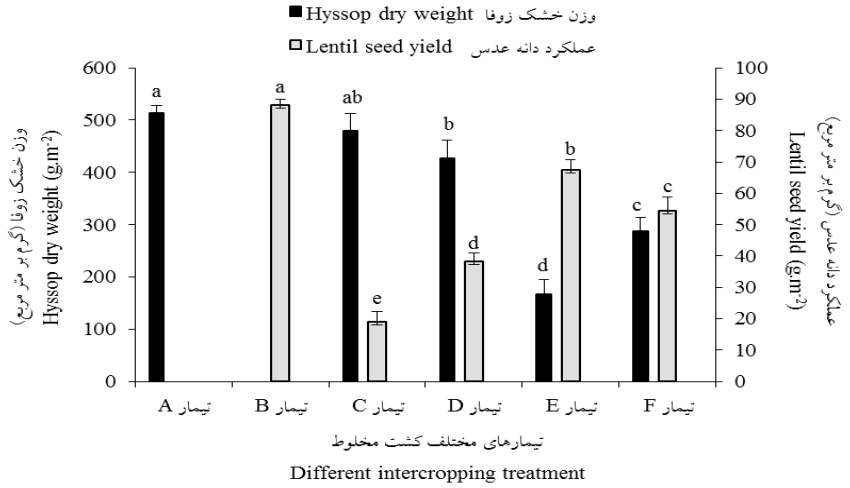
^{ns}، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان وزن خشک زوفا در واحد سطح از کشت خالص آن (تیمار A) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (تیمار C) به‌دست آمد. تیمار E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) کم‌ترین وزن خشک در واحد سطح را به خود اختصاص داد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین وزن خشک زوفا و عملکرد دانه عدس در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص زوفا (A)، کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 1. Mean comparison of Hyssop dry weight and lentil seed yield in different intercropping treatment [Hyssop sole culture (A), Lentil sole culture (B), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

عملکرد عدس در کشت خالص آن، بیش‌ترین مقدار بود که با حالت‌های مختلف کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری نشان داد. کم‌ترین عملکرد عدس در واحد سطح از تیمار C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) به‌دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱).

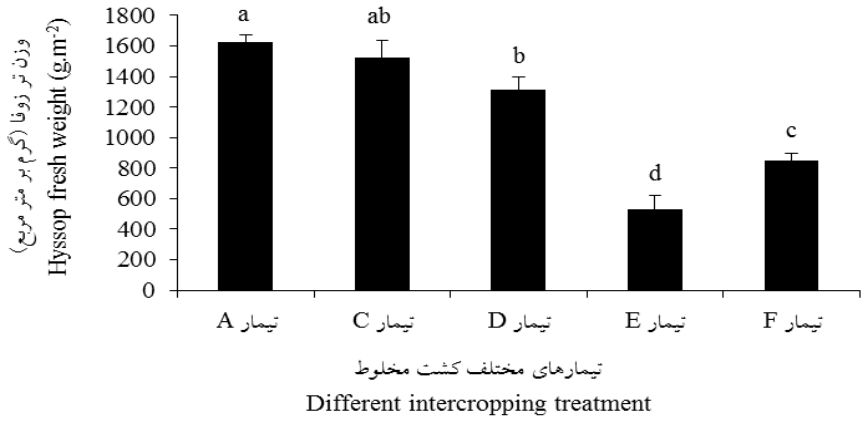
مافی و موسیارلی (۲۰۰۳) بیان داشتند که رشد و عملکرد نعناع فلفلی تحت‌تأثیر کشت مخلوط با سویا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. پژوهشگران دلیل آن را به فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی توسط سویا نسبت دادند (۲۸). پژوهش دیگری نیز نشان داد که کشت مخلوط ۷۵ درصد بذر شبدر برسیم (*Trifulium alexandrinum* L.) با ۲۵ درصد بذر چچم پر گل (*Lulium multiflorum*) بیش‌ترین عملکرد علوفه تر را دارا بود (٦). جهانی و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و اجزای عملکرد زیره سبز شامل وزن هزاردانه و تعداد دانه در چتر در کشت مخلوط با عدس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۲۰). رضوانی‌مقدم و مرادی (۲۰۱۲) نشان دادند که بهره‌گیری از کشت مخلوط با شنبلیله از طریق فراهمی نیتروژن سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زیره سبز گردید (۳٤). در همین راستا، بررسی‌ها نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف افزایش می‌یابد (۱۶). طبق نتایج به‌دست آمده توسط رضایی‌چیانه و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشخص گردیده هنگامی‌که ساختار تاج پوشش در کشت مخلوط طوری طراحی گردد که فشار رقابت بین‌گونه‌ای کم‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای باشد، نفوذ نور و جذب آن توسط کانوپی گیاهی افزایش می‌یابد که در نهایت، عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان همراه را بهبود می‌بخشد (۳۳). بانیک و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان نمودند که خصوصیات رشد و عملکرد گیاه همراه با لگومینوز به‌دلیل ایجاد حالت مکملی استفاده از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی بین دو گونه در کشت مخلوط بالاتر از خالص به‌دست آمد (۵). بنابراین، توصیه می‌شود که به‌منظور بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی به‌ویژه در نظام‌های مدیریت بوم‌شناختی و کم‌نهاده، علاوه بر انتخاب گونه مناسب همراه بقولات جهت فراهمی نیتروژن به‌عنوان عنصری ضروری و محدودکننده رشد از آرایش و تراکم مناسب جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط بهره‌گیری گردد تا کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای، موجب بهبود رشد و عملکرد گردد. برخی پژوهشگران گزارش کرده‌اند که برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است بر اثر تلفیقی از عوامل مختلف هم‌چون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد. آن‌ها وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط را علت این کارآمدی بیان نموده‌اند (۱۰).

وزن تر، درصد و عملکرد اسانس زوفا: تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن تر، درصد و عملکرد اسانس زوفا در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیش‌ترین میزان وزن تر زوفا در واحد سطح از کشت خالص آن (تیمار A) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (تیمار C) به دست آمد. در مقابل تیمار E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) کم‌ترین وزن تر در واحد سطح را به خود اختصاص داد (شکل ۲).



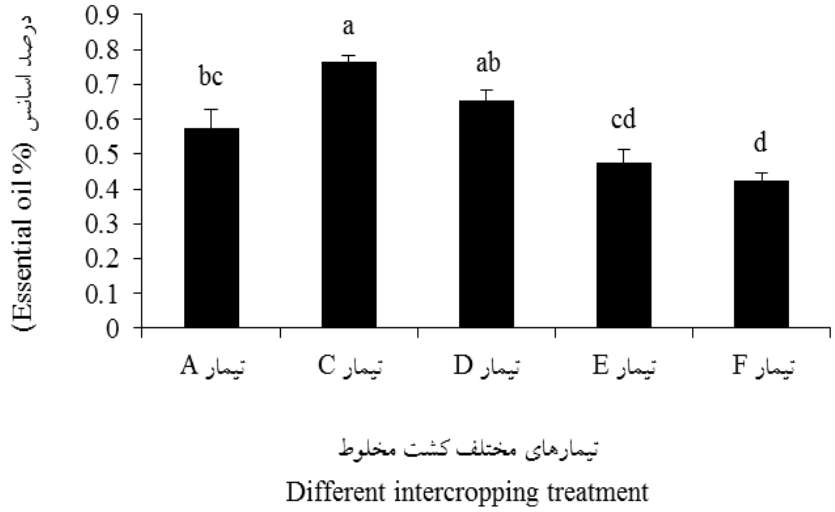
شکل ۲- مقایسه میانگین وزن تر زوفا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص زوفا (A)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 2. Mean comparison of Hyssop fresh weight in different intercropping treatment [Hyssop sole culture (A), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین میزان اسانس زوفا در حالت کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (تیمار C) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (تیمار D) حاصل گردید که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. در مقابل کم‌ترین میزان درصد اسانس زوفا در تیمارهای F (۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) و E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۳). به احتمال زیاد گیاه عدس از طریق تثبیت زیستی موجب افزایش نیتروژن قابل‌دسترس گردیده، بنابراین گیاه زوفا به میزان کم‌تری تحت‌تأثیر تنش کمبود این عنصر قرار گرفته و اسانس کم‌تری را تولید نموده است. البته عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد ماده خشک گیاه است، بنابراین افزایش در هر یک از این دو سبب افزایش در عملکرد اسانس گیاه می‌شود.



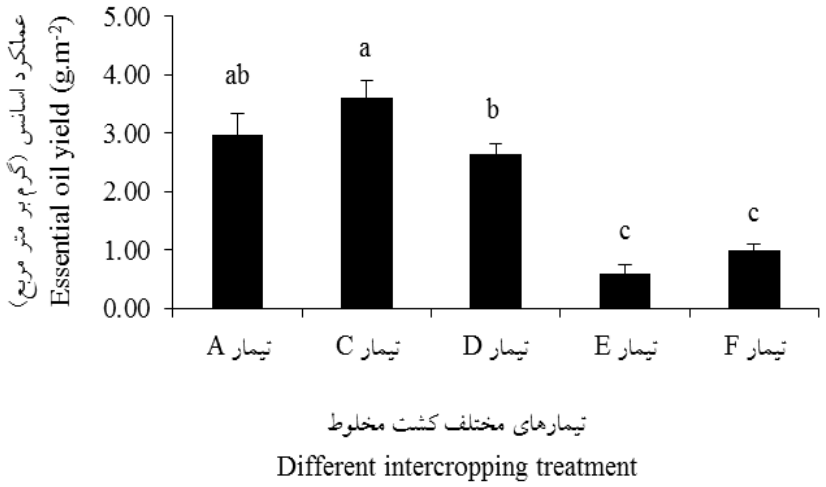
شکل ۳- مقایسه میانگین درصد اسانس زوفا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص زوفا (A)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 3. Mean comparison of Hyssop essential oil content in different intercropping treatment [Hyssop sole culture (A), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

محاسبه عملکرد اسانس زوفا در واحد سطح نشان داد که کشت خالص زوفا (تیمار A) و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (تیمار C) بیش‌ترین مقدار را نشان داده و از لحاظ آماری نیز با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. کم‌ترین عملکرد اسانس در واحد سطح به تیمارهای E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) و F (۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) اختصاص داشت که با هم در یک گروه قرار گرفتند (شکل ٤).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- مقایسه میانگین عملکرد اسانس زوفا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص زوفا (A)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 4. Mean comparison of Hyssop essential oil yield in different intercropping treatment [Hyssop sole culture (A), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

از آن‌جا که اسانس، ترکیبی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن نیاز به ATP و NADPH دارد و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصر ضروری برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد (۳۰)، به نظر می‌رسد که کشت مخلوط این گیاه دارویی با عدس از طریق فراهمی عناصر اصلی سازنده اسانس موجب افزایش عملکرد اسانس شده است.

راجسوارا (۲۰۰۲) در کشت مخلوط شمعدانی عطری و نعناع دریافت که عملکرد اسانس نعناع با کاهش عرض نوار از ۱۲۰ به ٦۰ سانتی‌متر به‌دلیل بهبود اثرات مثبت گونه همراه، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۱). نتایج مطالعه حسن‌زاده اول و همکاران (۲۰۱۰) روی بررسی کشت مخلوط مرزه با شبدر ایرانی نشان داد اگرچه درصد اسانس مرزه بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط اختلاف معنی‌داری نشان نداد، ولی عملکرد اسانس در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت مخلوط به‌دست آمد (۱۵).

علی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا بیان نمودند که بالاترین عملکرد اسانس از کشت خالص به‌دست آمد. البته از نظر محتوی اسانس اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کشت مخلوط مشاهده نشد (۱). نتایج جهان (۲۰۰٤) در بررسی کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار نشان داد که بالاترین محتوی اسانس در نسبت‌های کم‌تر از ۵۰:۵۰ حاصل شد (۱۹).

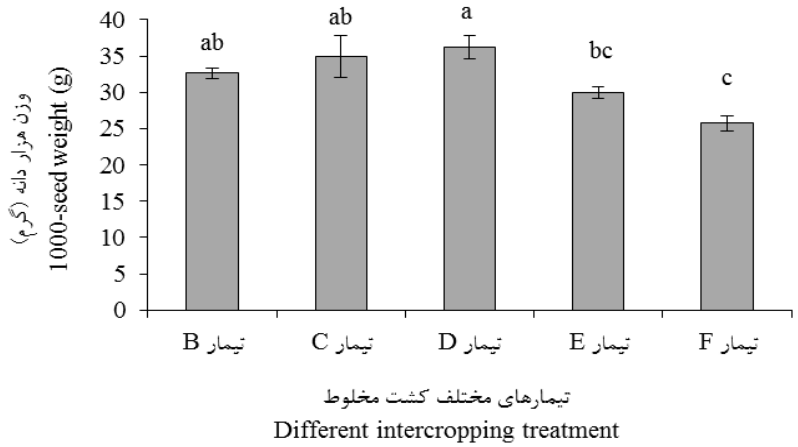
اجزای عملکرد عدس: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن هزاردانه و تعداد دانه در بوته عدس به‌ترتیب در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه‌های میانگین نشان داد که تیمار D (۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) بالاترین میزان وزن هزاردانه را به خود اختصاص داد که با تیمارهای B (کشت خالص عدس) و C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) در یک گروه آماری قرار گرفت. در

www.SID.ir

Archive of SID

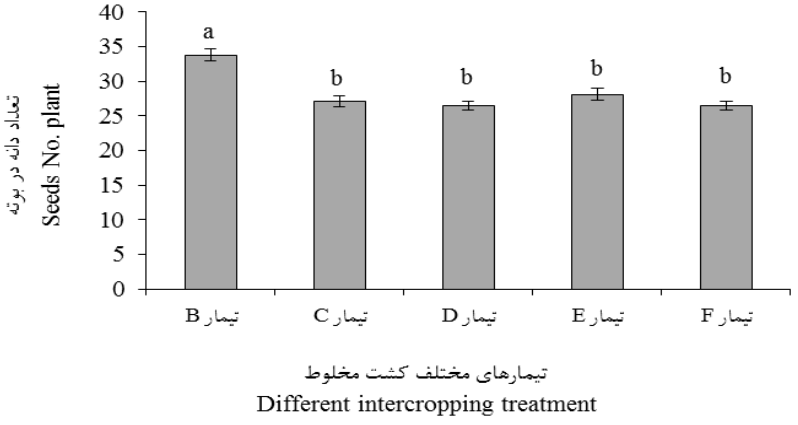
مقابل کم‌ترین میزان وزن هزاردانه در تیمار F (۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) مشاهده شد که با تیمار E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۵).



شکل ۵- مقایسه میانگین وزن هزاردانه عدس در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 5. Mean comparison of Lentil 1000-seed weight in different intercropping treatment [Lentil sole culture (B), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت خالص عدس (تیمار B) بالاترین میزان تعداد دانه در بوته را به همراه داشت. در مقابل بقیه تیمارها کم‌ترین میزان تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص داده و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ٦).



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد دانه در بوته عدس در تیمارهای مختلف کشت مخلوط [کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد)].

Figure 6. Mean comparison of seed number in lentil plant in different intercropping treatment [Lentil sole culture (B), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%)].

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش‌های واتسون و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که نظام‌های تک‌کشتی غالباً به‌دلیل افزایش رقابت درون‌گونه‌ای منجر به کاهش اجزاء عملکرد گیاهان شد، در حالی‌که کشت مخلوط به‌دلیل وارد کردن گونه همراه و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای معمولاً سبب افزایش اجزاء عملکرد می‌گردد (۳۹). هوگارد- نیلسون و همکاران (۲۰۰۱) نیز خاطرنشان ساختند در شرایطی که رقابت بین‌گونه‌ای کم‌تر از درون‌گونه‌ای باشد، گیاهان در کشت مخلوط برای آشیانه‌های یکسان رقابت نکرده و عملکرد افزایش می‌یابد. علاوه بر این، از آن‌جا که عملکرد حبوبات به‌شدت تحت‌تأثیر رقابت با آفات و بیماری‌ها کاهش می‌یابد (۱۶)، احتمال می‌رود که حضور گیاهان غیرمیزبان زوفا در کشت مخلوط از طریق ایجاد موانع فیزیکی، شیمیایی و رفتاری برای تهاجم و مهاجرت آفات و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی موجب بهبود عملکرد گردید (۲۷). دلیل افزایش جمعیت دشمنان طبیعی به کاهش تنوع گونه‌های شکارگر، گیاه میزبان و ایجاد پناهگاهی برای شکارچیان نسبت داده شده است (۸). کوچکی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی خصوصیات بوم‌شناختی الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا بیان داشتند که کشت مخلوط از طریق افزایش جمعیت شکارگرهای طبیعی از جمله کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای باعث کاهش جمعیت شته و سایر آفات شد که این امر موجب افزایش خصوصیات رشد و عملکرد لوبیا گردید (۲۵).

نسبت برابری زمین: محاسبه نسبت برابری زمین (LER) و مقایسه آن‌ها (جدول ۳) نشان داد که تمام نسبت‌های اختلاط زوفا و عدس (به‌استثنای کشت مخلوط ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا- تیمار F)، LER بزرگ‌تر از یک داشتند که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی دارد. البته تیمارهای C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) و D (۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) بالاترین میزان LER را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

جدول ۳- مقادیر نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط.

Table 3. Amount of LER in different intercropping treatments.

تیمار Treatment	نسبت برابری جزئی زوفا Partial LER *Hyssopus*	نسبت برابری جزئی عدس Partial LER *Lentil*	نسبت برابری کل Total LER
A	-	-	-
B	-	-	-
C	1.267	0.217	1.484
D	0.917	0.435	1.352
E	0.259	0.765	1.024
F	0.289	0.617	0.907

کشت خالص زوفا (A)، کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F).

Hyssop sole culture (A), Lentil sole culture (B), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F).

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، نسبت برابری زمین جزئی عدس در تیمارها E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) و F (۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا) بالاتر از نسبت برابری زمین جزئی زوفا بود. بدین‌ترتیب، می‌توان چنین استنباط نمود که در الگوهای کشت مخلوط، عدس تأثیر بیش‌تری از همراهی زوفا پذیرفته که این امر باعث بهبود بیش‌تر نسبت برابری زمین جزئی آن در مقایسه با زوفا شده است. به‌طورکلی، کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد مخلوط بیش‌تر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه، اختلافات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک بین آن‌ها و کاهش جمعیت علف‌های هرز در سیستم‌های کشت مخلوط نسبت داده شده است (۱۷). بالاتر بودن نسبت برابری زمین از یک، علاوه بر هم‌یاری مثبت دو گیاه مربوط به تثبیت زیستی نیتروژن و فراهمی این عنصر پرمصرف می‌باشد (۱۳). اگرچه حضور گونه‌ها در کنار یکدیگر باعث افزایش رقابت برای جذب منابع محیطی می‌شود، ولی اگر یکی از گونه‌ها دارای قابلیت تثبیت نیتروژن باشد، فشار رقابتی کاهش می‌یابد، زیرا گونه بقولات در جذب نیتروژن به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین و محدودکننده‌ترین عامل با گونه همراه رقابت کم‌تری خواهد داشت (۳۸).

نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (۲۰۱۳) روی ترکیب‌های کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین به ترکیب یک ردیف با ۱/۲۱ و کم‌ترین نسبت به ترکیب سه ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش با ۰/۸۷ تعلق داشت (۲٦). این پژوهشگران بیان نمودند که عملکرد نسبی زعفران در تمامی ترکیب‌های مخلوط بالاتر از مرزنجوش بود که این امر نشان‌دهنده تأثیرپذیری بیش‌تر زعفران از همراهی با مرزنجوش بود (۲۵). علی‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان دادند که تمامی تیمارهای کشت مخلوط بر کشت خالص برتری داشت، به‌طوری‌که بالاترین نسبت برابری زمین با ۱/۲۲ گزارش کردند که برابر ۲۲ درصد افزایش سودمندی نسبت به تک‌کشتی بود (۱). رضوانی‌مقدم و مرادی (۲۰۱۲) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۳٤).

غلظت فسفر، نیتروژن و پتاسیم برگ زوفا و دانه عدس: تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان فسفر برگ زوفا و پتاسیم دانه عدس در سطح احتمال خطای یک درصد و بر میزان نیتروژن و پتاسیم برگ زوفا و نیتروژن و فسفر دانه عدس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ٤).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت خالص زوفا (تیمار A) و تیمار C (۱۰۰ درصد زوفا+ ۲۵ درصد عدس) و ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (تیمار E) بالاترین میزان نیتروژن برگ زوفا را به‌همراه داشت. بین تیمارهای E، F و C (۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا، ۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا و ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) نیز از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. کم‌ترین میزان نیتروژن برگ زوفا در تیمار D (۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) مشاهده شد (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه زوفا و دانه عدس در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط.

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) for nitrogen, phosphorus and potassium of hyssop plants and lentil seed in different intercropping arrangements.

پتاسیم Potassium		فسفر Phosphorus		نیتروژن Nitrogen		درجه آزادی Df	منابع تغییر S.O.V
دانه عدس Lentil seed	گیاه زوفا Hyssop plant	دانه عدس Lentil seed	گیاه زوفا Hyssop plant	دانه عدس Lentil seed	گیاه زوفا Hyssop plant		
0.577^{ns}	0.494^{ns}	0.001^{ns}	0.0091^{ns}	7.748^{ns}	3.966^{ns}	2	تکرار Replication
11.342**	1.421*	0.190*	0.0963**	9.568*	9.369*	4	تیمار Treatment
1.627	0.269	0.031	0.0081	1.390	1.798	8	خطا Error
12.23	4.14	11.96	7.26	3.02	4.47	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

^{ns}، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین صفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه زوفا و دانه عدس در تیمارهای مختلف کشت مخلوط.

Table 5. Mean comparison of nitrogen, phosphorus and potassium in hyssop plants and lentil seed in different intercropping arrangements.

پتاسیم Potassium		فسفر Phosphorus		نیتروژن Nitrogen		تیمار
میلی‌گرم بر گرم ($mg\ g^{-1}$)						
دانه عدس Lentil seed	گیاه زوفا Hyssop plant	دانه عدس Lentil seed	گیاه زوفا Hyssop plant	گیاه زوفا Hyssop plant	گیاه زوفا Hyssop plant	
-	13.40^{a}	-	1.54^{a}	-	32.51^{a}	A
12.63^{a}	-	1.81^{a}	-	43.10^{a}	-	B
9.19^{bc}	12.92^{ab}	1.27^{bc}	1.25^{b}	39.72^{b}	29.25^{ab}	C
10.06^{b}	11.93^{bc}	1.16^{c}	1.15^{bc}	38.83^{b}	27.66^{c}	D
10.85^{ab}	12.63^{abc}	1.55^{ab}	1.22^{bc}	40.13^{b}	30.49^{ab}	E
7.39^{c}	11.75^{c}	1.52^{ab}	1.07^{c}	39.40^{b}	29.87^{bc}	F

کشت خالص زوفا (A)، کشت خالص عدس (B)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس (C)، ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس (D)، ۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا (E) و ۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا (F). میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت آماری معنی‌داری ندارند (α=۵ درصد).

Hyssop sole culture (A), Lentil sole culture (B), 100% Hyssop + 25% Lentil (C), 100% Hyssop + 50% Lentil (D), 100% Lentil + 25% Hyssop (E) and 100% Lentil + 50% Hyssop (F). Means within a column followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (α=5%).

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت خالص زوفا (تیمار A) بالاترین میزان فسفر برگ زوفا را به‌همراه داشت. بین تیمارهای C، E و D (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا و ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) نیز از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. کم‌ترین میزان فسفر برگ زوفا در تیمار F (۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا) مشاهده شد (جدول ۵).

مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف نشان داد که کشت خالص زوفا (تیمار A) بالاترین میزان پتاسیم برگ زوفا را به همراه داشت. بین تیمارهای C، E و D (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا و ۱۰۰ درصد زوفا + ۵۰ درصد عدس) نیز از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. کم‌ترین میزان پتاسیم برگ زوفا در تیمار F (۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) مشاهده شد (جدول ۵).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت خالص عدس (تیمار B) بالاترین میزان نیتروژن دانه عدس را به همراه داشت. در مقابل بقیه تیمارها (تیمارهای C، D ، E و F) کم‌ترین میزان نیتروژن دانه عدس را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). بیش‌ترین میزان فسفر دانه عدس مربوط به تیمار کشت خالص عدس (تیمار B) می‌باشد که با تیمارهای E (۱۰۰ درصد عدس+ ۲۵ درصد زوفا) و F (۱۰۰ درصد عدس+ ۵۰ درصد زوفا) در یک سطح آماری قرار دارد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار B (کشت خالص عدس) بالاترین میزان پتاسیم دانه عدس را به همراه داشت که با تیمار E (۱۰۰ درصد عدس + ۲۵ درصد زوفا) در یک سطح آماری قرار گرفت. در مقابل کم‌ترین میزان پتاسیم دانه عدس در تیمار F (۱۰۰ درصد عدس + ۵۰ درصد زوفا) مشاهده شد که با تیمار C (۱۰۰ درصد زوفا + ۲۵ درصد عدس) در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ۵).

عدم وجود رقابت قابل‌توجه برای جذب نیتروژن در کشت مخلوط به احتمال زیاد به این دلیل است که زوفا بیش‌تر از نیتروژن معدنی خاک استفاده کرده و عدس نیز نیتروژن مورد نیاز خود را غالباً از طریق تثبیت زیستی تامین نموده است. بقولات می‌توانند نیتروژن را به‌طور زیستی تثبیت کنند و نیتروژن کم‌تری از خاک برداشت نمایند؛ در نتیجه نیتروژن بیش‌تری برای گیاهان زراعی در دسترس خواهد بود (۲۲). توزیع بیش‌تر نیتروژن در خاک از طریق تثبیت نیتروژن و ریزش برگ‌های پایینی بقولات باعث بهبود حاصلخیزی خاک و بهبود رشد گیاه مجاور در مخلوط می‌شود (٤). همچنین به‌نظر می‌رسد عدس از طریق تثبیت نیتروژن باعث اسیدی شدن ریزوسفر شده و در نتیجه حلالیت فسفر را افزایش داد که به‌موجب آن جذب فسفر توسط زوفا در تیمار C (نسبت به تیمار F) زیاد گردید. هر چند این موضوع در مورد تیمارهای A و C در رابطه با حلالیت فسفر صادق است، به احتمال زیاد نسبت پایین‌تر زوفا در مخلوط به استفاده کم‌تر از فسفر موجود منجر شده است و در مورد کشت مخلوط زوفا و عدس، قدرت رقابتی پایین زوفا باعث جذب کم‌تر فسفر شده است. در نسبت‌های مختلف کاشت با کاهش سهم زوفا، از مقدار عنصر پتاسیم جذب‌شده توسط این گیاه (به‌جز تیمار E) کاسته شده است. گزارش شده است که ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه بقولات حدود ۲ برابر ریشه سایر گیاهان است (١٤). بنابراین، افزایش سهم عدس به احتمال زیاد به جذب بیش‌تر کاتیون‌ها منجر شده و در نتیجه جذب این عنصر توسط زوفا کاهش یافته است. نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که وقتی گونه‌های بقولات در کنار گونه‌ای همراه

www.SID.ir

Archive of SID

به‌صورت مخلوط کاشته می‌شوند، به‌دلیل اثر مکملی، تثبیت نیتروژن تحریک می‌گردد که در نتیجه به‌دلیل افزایش تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آن‌ها رشد و عملکرد گونه لگوم افزایش می‌یابد (٤١).

نتیجه‌گیری کلی

کشت مخلوط گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات ریخت‌شناسی متفاوت که کم‌ترین رقابت را در یک آشیانه بوم‌شناختی ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. نتایج این آزمایش روی تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی عدس با زوفا نشان داد که بهره‌گیری از کشت مخلوط به‌دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد هر دو گونه شد. بدین‌ترتیب، بر اساس نتایج مشخص است که کشت مخلوط زوفا با عدس علاوه بر ایجاد تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری و ثبات تولید، می‌تواند از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی بر مبنای تثبیت نیتروژن در راستای تولید پایدار گیاهان دارویی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مؤثر باشد. به‌طوری‌که بالاترین نسبت برابری زمین کل برای تیمار C (١٠٠ درصد زوفا + ٢٥ درصد عدس) و D (١٠٠ درصد زوفا + ٥٠ درصد عدس) به‌ترتیب با ١/٤٨ و ١/٣٥ به‌دست آمد.

منابع

1.Alizadeh, Y., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iran. J. Field Crop Res. 7: 2. 541-553. (In Persian)

2.Allen, J.R. and Obura, R.K. 1983. Yield of corn, cowpea and soybean under different intercropping systems. Agron. J. 75: 6. 1005-1009.

3.Andersen, M.K., Haugard, K., Weiner, J. and Jensen, E.S. 2007. Competitive dynamics in two-and three-component intercrops. J. Appl. Ecol. 44: 3. 545-551.

4.Asseng, S., Fillery, I.R.P. and Gregory, P.J. 1998. Wheat response to alternative crops on a duplex soil. Aust. J. Exp. Agr. 38: 5. 481-488.

5.Banik, B., Midya, A., Sarkar, B.K. and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. Eur. J. Agron. 24: 325-332.

6.Banisadr, N. and Bazgosha, F. 1997. Investigation of intercropping between *Trifolium alexandrinum* and *Lolium multiflorum*. Seed. Plant. Prod. J. 13: 1-13. (In Persian)

7.Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Prieur, L. and Justes, E. 2014. Eco-functional intensification by cereal-grain legume intercropping in organic farming systems for increased yields, reduced weeds and improved grain protein concentration. In: Bellon S, Penvern S (eds.) Organic farming, Prototype for sustainable agricultures. Springer Science, Dordrecht, Pp: 47-63.

8.Bukovinszky, T., Van Lenteren, J.C. and Vet, L.E.M. 2005. Functioning of natural enemies in mixed cropping systems. Encyclopedia of Pest Management. *www.Informaworld.com.*

9.Delonge, M.S., Miles, A. and Carlisle, L. 2016. Investing in the transition to sustainable agriculture. Environ. Sci. Policy. 55: 266-273.

10.Duchene, O., Vian, J.F. and Celette, F. 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: Complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. Agric. Ecosyst. Environ. 240: 148-161.

www.SID.ir

Archive of SID

11.Fernández-Aparicio, M., Emeran, A.A. and Rubiales, D. 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Crop Prot. 27: 3. 653-659.
12.German, R.N., Thompson, C.E. and Benton, T.G. 2017. Relationships among multiple aspects of agriculture's environmental impact and productivity: a meta-analysis to guide sustainable agriculture. Biol Rev. 92: 2. 716-738.
13.Ghanbari-Bonjar, A. and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass Forage Sci. 58: 28-36.
14.Goh, C.H., Nicotra, A.B. and Mathesius, U. 2016. The presence of nodules on legume root systems can alter phenotypic plasticity in response to internal nitrogen independent of nitrogen fixation. Plant Cell Environ. 39: 4. 883-896.
15.Hassanzadeh Aval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R. and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of plant density on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) Intercropping. Iran. J. Field Crop Res. 8: 920-929. (In Persian)
16.Hauggard-Nielson, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crop Res. 70: 101-109.
17.Hemayati, S., Siadat, A. and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities. Iran. J. Agri. Sci. 25: 73-87. (In Persian)
18.Iijima, M., Awala, S.K., Watanabe, Y., Kawato, Y., Fujioka, Y., Yamane, K. and Wada, K.C. 2016. Mixed cropping has the potential to enhance flood tolerance of drought-adapted grain crops. J. Plant Physiol. 192: 21-25.
19.Jahan, M. 2004. Study of ecological aspects intercropping of chamomile (*Matricaria chamomile*) and ever green (*Calendula officinalis*) with manure. MSc Thesis Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian)
20.Jahani, M., Koocheki, A. and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iran. J. Field Crop Res. 6: 1. 67-78. (In Persian)
21.Jones, J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC press.
22.Karpenstein-Machan, M. and Stuelpnagel, R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant Soil. 218: 1. 215-232.
23.Kermah, M., Franke, A.C., Adjei-Nsiah, S., Ahiabor, B.D., Abaidoo, R.C. and Giller, K.E. 2017. Maize-grain legume intercropping for enhanced resource use efficiency and crop productivity in the Guinea savanna of northern Ghana. Field Crop Res. 213: 38-50.
24.Khorrami Vafa, M., Eftekharnasab, N., Saeidian, K. and Najafi, A. 2011. Water use efficiency in *Cucurbita pepo* L., *Cicer arietinum* L. and *Lens esculenta* intercropping in relation with different nitrogen levels. J. Agroecol. 3: 2. 245-253. (In Persian)
25.Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S. and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. J. Agroecol. 4: 1. 1-11. (In Persian)
26.Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S. and Azimi, R. 2013. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Iran. J. Field Crop Res. 11: 3. 390-400. (In Persian)
27.Kostal, V. and Finch, S. 1994. Influence of background on host-plant selection and subsequent oviposition by the cabbage root fly (*Delia radicum*). Entomol. Exp. Appl. 70: 153-163.

www.SID.ir

Archive of SID

28. Maffei, M. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crop Res. 84: 3. 229-240.
29. Mardani, F. and Balouchi, H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. J. Agric. Know. Sust. Prod. 25: 1-16. (In Persian)
30. Ormeno, E. and Fernandez, C. 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. Curr. Bioact. Compd. 8: 1. 71-79.
31. Rajsawara, R.B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row Spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis*). Ind. Crop Prod. 16: 133-144.
32. Rao, B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing's and intercropping with cornmint. Ind. Crop Prod. 16: 2. 133-144.
33. Rezaei Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezani, K. and Aharizad, S. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L). J. Agroecol. 2: 437-447. (In Persian)
34. Rezvani Moghaddam, P. and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iran. J. Field Crop Sci. 2: 217-230. (In Persian)
35. Schulz, G. and Stahl-Biskup, E. 1991. Essential oils and glycosidic bound volatiles from leaves, stems, flowers and roots of *Hyssopus officinalis* L. (*Lamiaceae*). Flavour Frag. J. 6: 1. 69-73.
36. Thamo, T., Addai, D., Pannell, D.J., Robertson, M.J., Thomas, D.T. and Young, J.M. 2017. Climate change impacts and farm-level adaptation: economic analysis of a mixed cropping-livestock system. Agric. Syst. 150: 99-108.
37. Umesh, M.R., Chittapur, B.M. and Jagadeesha, N. 2017. Solar radiation utilization efficiency in cereal-legume intercropping systems. Agric. Rev. 38: 1. 72-75.
38. Vandermeer, J.H. 1989. The ecology of intercropping Cambridge University Press. Cambridge. 237p.
39. Weston, E.J., King, A.J., Strong, W.M., Lehane, K.J., Cooper, J.E. and Holmes, C.J. 2002. Sustaining productivity of a vertisoil at warra. Queens land, with fertilizers, no tillage or legumes. Production and nitrogen benefits from annual medic in rotation with wheat. Aust. J. Exp. Agri. 42: 961-969.
40. Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J.F., Ferrer, A. and Peigné, J. 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 34: 1. 1-20.
41. Zhao, M., Jones, C.M., Meijer, J., Lundquist, P.O., Fransson, P., Carlsson, G. and Hallin, S. 2017. Intercropping affects genetic potential for inorganic nitrogen cycling by root-associated microorganisms in *Medicago sativa* and *Dactylis glomerata*. Appl. Soil Ecol. 119: 260-266.

www.SID.ir

www.SID.ir