

اثر الگوهای کشت مخلوط بر عملکرد ماده خشک و میزان اسانس نعناع فلفلی و عملکرد دانه باقلا

مصطفی امانی ماچیان^۱، عبدالله جوانمرد^{۲*} و فرید شکاری^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۹)

چکیده

به منظور ارزیابی اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط نعناع فلفلی و باقلا، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در بهار سال ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص نعناع فلفلی، کشت خالص باقلا و کشت‌های مخلوط با نسبت‌های ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱، ۲:۳، ۳:۲، ۳:۱ و ۳:۱ (باقلا: نعناع فلفلی) بودند. نتایج نشان داد بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۴)، تعداد دانه در غلاف (۳/۷) و وزن صد دانه (۱۱۸/۴ گرم) باقلا در نسبت ۲:۳ به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی به تیمارهای ۲:۳ (۲۶۸/۳ گرم در مترمربع) و ۱:۳ (۲۵۰ گرم در مترمربع) تعلق داشت، ولی بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط (۱۸۹/۸ گرم در مترمربع) به کشت خالص باقلا و تیمار ۱:۳ (۱۸۷/۵ گرم در مترمربع) مربوط بود. همچنین بیشترین عملکرد خشک نعناع فلفلی در واحد سطح اشغالی (۶۲۹ گرم در مترمربع) در تیمار ۲:۳ (بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۳:۲ و ۱:۳) به دست آمد. بالاترین عملکرد خشک نعناع فلفلی در واحد سطح مخلوط در کشت خالص (۳۲۰ گرم در مترمربع) و نسبت ۳:۲ (۳۰۳ گرم در مترمربع) بدون تفاوت معنی‌دار با الگوهای ۲:۱، ۲:۳ و ۳:۱ مشاهده شد. بیشترین درصد اسانس (۲/۱۵) و عملکرد اسانس نعناع فلفلی (۵/۶۱ گرم در مترمربع) به ترتیب به تیمارهای ۲:۳ و ۳:۲ تعلق داشت. در همه الگوهای کشت به استثنای الگوی ۱:۱ میزان نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود، در حالی که میزان نسبت برابری استاندارد فقط در الگوهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ بالاتر از یک به دست آمد. بیشترین نسبت برابری زمین استاندارد به الگوی ۲:۳ (۱/۳۱) تعلق داشت. در نتیجه، با توجه به عملکرد دانه باقلا در سطح اشغالی، درصد و عملکرد اسانس نعناع فلفلی و نسبت برابری زمین استاندارد الگوی کاشت ۲:۳ برتر از تیمارهای خالص و مخلوط بود.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، عملکرد دانه، کشت مخلوط، کشاورزی پایدار، نسبت برابری زمین

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکترا و دانشیار، گروه مهندسی تولید گیاهی و ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۳. دانشیار، گروه مهندسی تولید گیاهی و ژنتیک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: A.javanmard@maragheh.ac.ir

مقدمه

سامانه‌های کشاورزی مرسوم به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنوع گیاهی موجود را به حداقل کاهش داده و باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها، کاهش کیفیت محصولات زراعی، فرسایش شدید خاک و از بین رفتن سریع منابع طبیعی شده‌اند (۱). یکی از مهم‌ترین راه‌ها برای افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی، رشد دو یا چند محصول به صورت توأم می‌باشد که امکان برقراری روابط متقابل بین محصولات مختلف را فراهم ساخته و موجب افزایش عملکرد در واحد سطح، کاهش آفات و بیماری‌ها، کاهش رشد علف‌های هرز و استفاده کارآمدتر از منابع می‌شود (۶ و ۱۵). بررسی‌ها نشان داده است که کاشت گیاهان لگوم از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاهان همراه می‌شود (۱۱). هاوگارد نیلسن و همکاران در کشت مخلوط باقلا - جو و نخود فرنگی - جو، نتیجه گرفتند که باقلا به دلیل داشتن اثرات مکملی زمانی و مکانی برتر از نخود فرنگی در کشت مخلوط با جو بوده است. همچنین عملکرد دانه جو در کشت مخلوط با باقلا و بدون مصرف کود نیتروژنه مشابه عملکرد جو در کشت خالص با مصرف کود نیتروژن بود. به‌علاوه عملکرد پروتئین دانه جو در کشت مخلوط با باقلا به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص جو بود، دلیل آن را به تثبیت نیتروژن توسط باقلا و انتقال آن به گیاه جو نسبت دادند (۱۴ و ۱۵). مافی و موسیاری (۲۳) مشاهده کردند که عملکرد نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) در کشت مخلوط با سویا (*Glycine max* L.) ۵۰ درصد افزایش یافت و با افزایش درصد منتول و کاهش درصد منتوفوران و منتیل استات (اجزای تشکیل دهنده اسانس نعنای فلفلی)، افزایش کیفیت اسانس هم مشاهده شد. علاوه بر این، تعداد برگ به ازای هر گره، مساحت برگ‌ها، شاخص سطح برگ (LAI)، میزان کلروفیل، کاروتنوئید، وزن خشک ساقه و برگ در تیمارهای مخلوط بهبود پیدا کردند. رضائی چیانه و قلی‌نژاد (۲۹) در کشت مخلوط نخود

(*Cicer arietinum* L.) و سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود و سیاه‌دانه از کشت خالص به‌دست آمد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود و درصد اسانس سیاه‌دانه از نسبت کاشت ۵۰ درصد نخود + ۱۰۰ درصد سیاه‌دانه حاصل شد. در تحقیق ورما و همکاران (۳۷) مشاهده شد عملکرد و اسانس نعنای فلفلی به‌صورت قابل توجهی تحت تأثیر کشت مخلوط با شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.) قرار گرفت به گونه‌ای که بیشترین میزان عملکرد و کارایی استفاده از منابع در کشت مخلوط به‌دست آمد. همچنین درصد اجزای تشکیل دهنده اسانس نعنای فلفلی و شمعدانی و بازپسندی آن با انجام کشت مخلوط بهبود پیدا کردند. ظریف‌پور و همکاران (۴۲) در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود زراعی گزارش کردند که الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دو گونه داشتند و بیشترین عملکرد اسانس زیره سبز و بالاترین نسبت برابری زمین در نسبت کاشت ۵۰ درصد زیره سبز + ۵۰ درصد نخود زراعی به‌دست آمد. با انجام کشت مخلوط گیاه و تیور (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) با گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، نخود سیاه (*Vigna mungo* L.)، سیر (*Allium sativum* L.)، شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.)، نعنای (*Menthol mint*) و ذرت (*Zea mays*) مشاهده شد که کشت مخلوط گیاه و تیور به‌همراه ریحان اگر چه در شرایط بارانی و فصول سرد باعث کاهش عملکرد اسانس آن تا ۱۶/۷ درصد شد ولی شاخص‌هایی نظیر نسبت برابری زمین (۱/۵۴)، کارایی استفاده از زمین (۱۳۰ درصد) و درآمد خالص (۱/۳۵) نسبت به سایر تیمارهای مخلوط و کشت خالص و تیور برتر بود (۴۰).

حیوانات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین نیازهای غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار بوده و به‌دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا در

طعم تند برگ‌های آن سبب معروفیت این گیاه به نام نعناع فلفلی شده است. عملکرد تر آن ۱۲ تا ۲۰ تن در هکتار است که حاصل آن، ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم اسانس و ۳ تن در هکتار محصول خشک می‌باشد. بیش از ۹۹ درصد غده‌های تولید کننده اسانس در برگ‌ها و سرشاخه‌های گل‌دار این گیاه وجود داشته و شامل ۱ تا ۲ درصد اسانس، تانن، فلاونوئید، کولین و یک ماده تلخ هستند. اسانس نعناع فلفلی دارای ترکیب‌های متول (۴۰ تا ۶۰ درصد)، منتوفوران، متون، پیریتون، پولگون و سینتول است (۲۴). اخیراً تولید گیاهان دارویی باید براساس قوانین عملیات‌های کشاورزی خوب (Good Agricultural Practices) صورت گیرد. براساس این قوانین در کشت‌وکار گیاهان دارویی لازم است مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها به حداقل برسد (۴). یکی از راه‌کارهای رسیدن به این هدف استفاده از کشت مخلوط گیاهان دارویی با بقولات می‌باشد (۲۳ و ۲۵).

بنابراین با توجه به رویکرد روزافزون به استفاده از گیاهان دارویی و نقش این گیاهان در چرخه اقتصادی و از طرف دیگر لزوم استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و ارتقای عملکرد کمی و کیفی گیاهان، پژوهشی با هدف ارزیابی کشت مخلوط نعناع فلفلی با باقلا از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد دو گونه در شرایط آب و هوایی مراغه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۸۵ متر از سطح دریا به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد.

میزان بارندگی، میانگین دمای ماهیانه، مجموع ساعات آفتابی و طول دوره روشنایی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

سیستم‌های کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۸). باقلا با نام علمی *Vicia faba* یکی از گیاهان تیره بقولات می‌باشد. ارزش غذایی دانه باقلا به‌علت دارا بودن مقادیر زیاد پروتئین (۳۰-۴۳ درصد) و مخصوصاً چند اسید آمینه اصلی مثل لیزین، آرژنتین و میتونین برای انسان و دام، برتر از نخود فرنگی و سایر بقولات می‌باشد (۱۸). سطح زیر کشت باقلا در جهان بالغ بر ۲/۴ میلیون هکتار بوده و کشورهای چین، ایتالیایی و اتحادیه اروپا (انگلستان، فرانسه، اسپانیا و ایتالیا) دارای بیشترین میزان تولید باقلا می‌باشند (۹). میزان تولید حبوبات در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایران حدود ۶۱۵ هزار تن بوده است. سطح زیر کشت باقلا به‌عنوان یکی از حبوبات در ایران ۲۰ هزار هکتار بوده که ۲۴ هزار تن محصول می‌دهد. استان آذربایجان شرقی با ۸/۸۹ درصد تولید رتبه چهارم کشور را به خود اختصاص داد (۹).

باقلا به‌عنوان یک گیاه اصلاح کننده خاک در هر بار کشت حدود ۶۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک اضافه خواهد کرد (۱۸). یکی از راه‌کارهای استفاده از مزایای اکولوژیکی باقلا در سیستم‌های کشاورزی به‌کارگیری آن در کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط باقلا با سایر گیاهان می‌تواند کارایی استفاده از زمین، مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن، نور و رطوبت را نسبت به کشت خالص به‌میزان ۵۰-۱۰ درصد بهبود بخشد (۱۴). سودمندی کشت مخلوط از اصل تولید رقابتی (Competitive interference principle) ناشی می‌شود، به‌طوری‌که رقابت بین‌گونه‌ای اجزای تشکیل دهنده مخلوط (به‌دلیل الگوی رشدی متفاوت و استفاده مؤثرتر از نور، آب و مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن در طول فصل رشد) کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص است (۱۴ و ۱۸).

نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) به‌عنوان یک گیاه چند ساله دارویی متعلق به خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است که مقدار مصرف سالانه اسانس آن در جهان به حدود ۷۰۰۰ تن می‌رسد (۳۵). نعناع فلفلی یک گیاه هیبرید است که والدین آن *Mentha spicata* و *Mentha aquatica* ذکر کرده‌اند (۲۴).

جدول ۱. مشخصات اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاهان مورد مطالعه

ماه	میانگین بارش ماهانه (میلی‌متر)	میانگین دمای ماهانه (°C)	میانگین دمای بیشینه ماهانه (°C)	میانگین دمای کمینه ماهانه (°C)	مجموع ماهانه ساعات آفتابی	طول دوره روشنایی (ساعت)
فروردین	۲۳/۸	۱۳/۴	۲۶/۲	- ۶/۲	۲۰۸/۹	۱۲/۵۹
اردیبهشت	۱۷/۳	۱۹/۱	۳۱/۴	۸/۸	۳۰۸	۱۳/۷۵
خرداد	۰/۲	۲۴	۳۶/۴	۱۱/۸	۳۷۷/۳	۱۴/۴۹
تیر	۴/۲	۲۷/۶	۳۹/۸	۱۷/۴	۳۶۵/۶	۱۴/۴۸
مرداد	۰/۳	۲۸/۴	۳۷/۸	۱۹/۲	۳۵۸/۳	۱۳/۷۲
شهریور	۶/۶	۲۳/۱	۳۶/۲	۱۱/۲	۳۰۹/۵	۱۲/۵۶
مهر	۱۱۴/۸	۱۳/۱	۲۶/۶	۳/۲	۲۴۰/۵	۱۱/۳۰

قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک (جدول ۲) تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو در آن اقدام شد. براساس نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی شامل ۲۱ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از کود سوپرفسفات تریپل با ۴۶ درصد اکسید فسفر، ۱۱ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از کود اوره با ۴۶ درصد نیتروژن بود. کود سوپرفسفات تریپل در پاییز هم‌زمان با شخم عمیق به زمین داده شد و کود اوره هم در دو نوبت زمان کشت به‌عنوان استارتر و بعد از برداشت چین اول نعنای فلفلی به‌صورت سرک مصرف شد.

قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک (جدول ۲) تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو در آن اقدام شد. براساس نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی شامل ۲۱ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از کود سوپرفسفات تریپل با ۴۶ درصد اکسید فسفر، ۱۱ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از کود اوره با ۴۶ درصد نیتروژن بود. کود سوپرفسفات تریپل در پاییز هم‌زمان با شخم عمیق به زمین داده شد و کود اوره هم در دو نوبت زمان کشت به‌عنوان استارتر و بعد از برداشت چین اول نعنای فلفلی به‌صورت سرک مصرف شد.

تیمارها شامل کشت خالص نعنای فلفلی و کشت خالص باقلا، ۱ ردیف باقلا + اردیف نعنای فلفلی (۱:۱)، ۱ ردیف باقلا + ۲ ردیف نعنای فلفلی (۲:۱)، ۲ ردیف باقلا + ۱ ردیف نعنای فلفلی (۱:۲)، ۲ ردیف باقلا + ۳ ردیف نعنای فلفلی (۳:۲)، ۳ ردیف باقلا + ۲ ردیف نعنای فلفلی (۲:۳)، ۱ ردیف باقلا + ۳ ردیف نعنای فلفلی (۳:۱) و ۳ ردیف باقلا + ۱ ردیف نعنای فلفلی (۱:۳) بودند. تعداد خطوط کاشت در هر یک از تیمارها به شرح شکل ۱ می‌باشد.

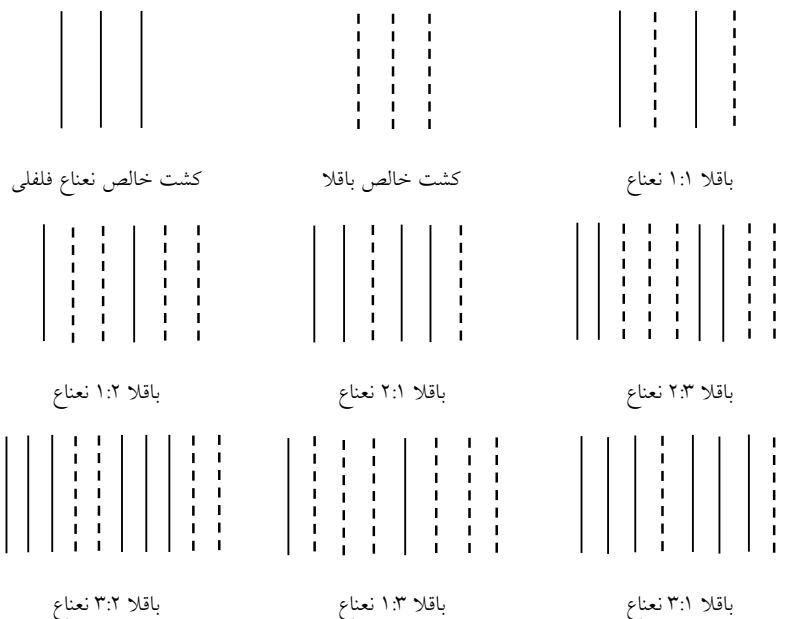
تیمارها شامل کشت خالص نعنای فلفلی و کشت خالص باقلا، ۱ ردیف باقلا + اردیف نعنای فلفلی (۱:۱)، ۱ ردیف باقلا + ۲ ردیف نعنای فلفلی (۲:۱)، ۲ ردیف باقلا + ۱ ردیف نعنای فلفلی (۱:۲)، ۲ ردیف باقلا + ۳ ردیف نعنای فلفلی (۳:۲)، ۳ ردیف باقلا + ۲ ردیف نعنای فلفلی (۲:۳)، ۱ ردیف باقلا + ۳ ردیف نعنای فلفلی (۳:۱) و ۳ ردیف باقلا + ۱ ردیف نعنای فلفلی (۱:۳) بودند. تعداد خطوط کاشت در هر یک از تیمارها به شرح شکل ۱ می‌باشد.

برهمنظر آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۳ شخم نیمه‌عمیق توسط گاواهن برگردان‌دار انجام شد و در بهار سال ۱۳۹۴ پس از انجام شخم سطحی، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود برهم استفاده شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای و با فواصل ۴۰ سانتی‌متر در ۱۰

برهمنظر آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۳ شخم نیمه‌عمیق توسط گاواهن برگردان‌دار انجام شد و در بهار سال ۱۳۹۴ پس از انجام شخم سطحی، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود برهم استفاده شد. کاشت به‌صورت جوی و پشته‌ای و با فواصل ۴۰ سانتی‌متر در ۱۰

جدول ۲. نتیجه آزمون خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	سیلت	شن	رس	شوری	اسیدیته	نیترژن	کربن آلی	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	منگنز	آهن	روی
	(%)	(%)	(%)	(dS m ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
رسی سیلتی	۵۰	۱۰	۴۰	۰/۸۱	۸/۱۱	۰/۰۸	۰/۹۴	۳۴۲	۷/۵۶	۷/۷۶	۷/۴۶	۱/۲۰



شکل ۱. آرایش و تعداد خطوط کشت شده در تیمارهای مختلف آزمایش. خطوط کشیده (-) و منقطع (----) به ترتیب نشانگر خطوط کاشت نعناع فلفلی و باقلا می باشد.

نمونه صدتایی جدا شده و پس از توزین، میانگین وزن صد دانه به دست آمد.

برای محاسبه عملکرد گیاه در واحد سطح مخلوط، عملکرد گیاه مدنظر را به مجموع سطح اشغال شده توسط دو گیاه تقسیم نمود. برای مثال در الگوی ۳:۲، عملکرد هریک از گیاهان نعناع فلفلی و باقلا به طور مجزا به مساحت ۵ خط کشت شده در این الگو که برابر ۴ مترمربع است، تقسیم شدند، ولی برای محاسبه عملکرد در واحد سطح اشغالی، عملکرد هریک گیاهان را به مساحت تعداد ردیف‌های همان گیاه تقسیم شد (۳). برای مثال در الگوی ۳:۲، عملکرد گیاه نعناع فلفلی به مساحت ۳ خط

به هنگام رسیدگی دانه باقلا (با رطوبت وزنی ۱۵ درصد) یعنی موقعی که بیش از ۹۰ درصد غلاف‌های باقلا رنگ زرد به خود گرفتند، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت در تاریخ ۵ شهریور ماه برای اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، پایین‌ترین غلاف از سطح زمین، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، طول غلاف و وزن ۱۰۰ دانه برداشت گردید. برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح براساس نوع تیمار، برداشت از خطوط وسط صورت گرفت. به عنوان مثال در تیمار ۳ ردیف نعناع فلفلی و ۱ ردیف باقلا، ۳ خط نعناع و ۱ خط باقلا به طول ۲ متر برداشت شدند. از محصول دانه هر واحد آزمایشی ۵

(۲) ردیف نعناع فلفلی + ۳ ردیف باقلا) بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۲:۱، ۳:۲، ۳:۱ مشاهده شد (جدول ۴). کمترین ارتفاع بوته هم به تیمارهای کشت خالص باقلا، نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۲ تعلق داشت. در مقایسه بین تیمارها مشاهده می‌شود با افزایش خطوط کاشت بر میزان ارتفاع بوته باقلا افزوده شد، به طوری که ارتفاع بوته در تیمارهای ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱، ۲:۳، ۳:۲، ۳:۳ و ۱:۳ به ترتیب ۴/۱۵، ۵/۲۸، ۱۰/۵۶، ۱۵/۳۴، ۱۲/۲۰، ۱۹/۱۱ و ۱۰/۹۴ درصد نسبت به کشت خالص افزایش پیدا کرد. استولز و ناديو (۳۴) نتایج مشابهی را مبنی بر افزایش ارتفاع بوته باقلا تا ۲۵ درصد در کشت مخلوط با ذرت گزارش کرده‌اند. ارتفاع بوته تحت تأثیر شرایط رویشی گیاه قرار می‌گیرد، به طوری که هر جا از رقابت برون‌گونه‌ای در جهت کسب نور کاسته می‌شود، ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد. تونا و اوراک در کشت مخلوط ماشک با یولاف گزارش کرده‌اند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. به طوری که ارتفاع بوته در صورت رقابت شدید افزایش می‌یابد. دلیل آن به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داده می‌شود (۳۶). در شرایط سایه با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R/FR) و کاهش میزان تابش فعال فتوسنتزی (PAR) افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (۳۹). جرن و همکاران (۱۰) اظهار داشتند که ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص نسبت به ترکیب‌های مختلف ذرت - ماش (*Vigna radiate L.*) و ذرت - لویسا (*Phaseolus vulgaris L.*) کاهش نشان داد. این محققان حداکثر ارتفاع بوته ذرت را در ترکیب‌های مختلف مخلوط ذرت و ماش گزارش نمودند، در حالی که زیست‌توده این گیاه تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت.

آگنهو و همکاران (۱) ارتفاع بوته باقلا در مخلوط با جو را در تیمارهای کشت خالص باقلا، ۳۷/۵ درصد باقلا + ۱۰۰ درصد جو، ۵۰ درصد باقلا + ۱۰۰ درصد جو و ۶۲/۵ درصد باقلا + ۱۰۰ درصد جو به ترتیب ۱۳۱، ۱۲۶، ۱۲۴ و ۱۲۷ سانتی‌متر گزارش نمودند.

کشت شده در این الگو یعنی (عدد ۲/۴) و عملکرد گیاه باقلا به مساحت ۲ خط کشت شده یعنی (عدد ۱/۶) تقسیم شدند (شکل ۱).

بعد از تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اشغالی، شاخص برداشت محاسبه گردید.

۱۰۰ × عملکرد بیولوژیکی / عملکرد دانه = شاخص برداشت
به منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، از شاخص نسبت برابری زمین (LER) طبق رابطه ۳ استفاده شد (۴۱).

$$LER = (Y_{vp}/Y_{vv}) + (Y_{pv}/Y_{pp}) \quad \dots (3)$$

در این رابطه Y_{pv} و Y_{vp} به ترتیب عملکرد باقلا و نعناع فلفلی در کشت مخلوط و Y_{pp} و Y_{vv} به ترتیب عملکرد باقلا و نعناع فلفلی در کشت خالص می‌باشد. همچنین به منظور تعیین سیستم‌های مخلوطی که ضمن بر خورداری از کارایی بیولوژیک بالا، نسبت عملکرد مورد نیاز مربوطه را نیز در برگیرد، از نسبت برابری زمین استاندارد (LER_s) استفاده شد (۴۱). در تعیین نسبت برابری زمین استاندارد برای تیمارهای مختلف، کشت خالصی به کار می‌رود که حداکثر عملکرد را تولید کرد. در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C برای هر یک از گیاهان به طور مجزا صورت پذیرفت. اما در مورد نعناع فلفلی چون دو چین در طول دوره آزمایش برداشت شد، تجزیه واریانس صفات مربوط به آن به صورت اسپلیت پلات در زمان انجام گرفت. همچنین مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته باقلا

ارتفاع بوته باقلا تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته باقلا (۹۴/۷ سانتی‌متر) در تیمار ۱:۳ (۱ ردیف نعناع فلفلی + ۳ ردیف باقلا) و ۲:۳

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک باقلا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با نعناع فلفلی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
طول غلاف	ارتفاع پایین ترین غلاف	ارتفاع بوته		
۰/۶۱ ^{ns}	۱۹/۳ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	۲	بلوک
۲/۰۸*	۴۶/۶**	۷۴/۱**	۷	تیمار
۰/۷۴	۹/۵۸	۱۵/۹	۱۴	اشتباه آزمایشی
۸/۵۸	۱۳/۴	۴/۵۸		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، ارتفاع پایین ترین غلاف و طول غلاف باقلا در تیمارهای کشت خالص

و مخلوط با نعناع فلفلی

طول غلاف	ارتفاع پایین ترین غلاف (cm)	ارتفاع بوته	تیمارهای آزمایشی
۹/۰۶ ^b	۱۸/۸ ^c	۷۹/۵ ^c	کشت خالص باقلا
۸/۸۶ ^b	۱۹/۴ ^c	۸۲/۸ ^{bc}	باقلا ۱:۱ نعناع
۱۰/۱ ^{ab}	۱۹/۳ ^c	۸۳/۷ ^{bc}	باقلا ۱:۲ نعناع
۹/۸۶ ^b	۲۳/۲ ^{bc}	۸۷/۹ ^{ab}	باقلا ۲:۱ نعناع
۱۱/۶ ^a	۳۰/۶ ^a	۹۱/۷ ^a	باقلا ۲:۳ نعناع
۱۰/۳ ^{ab}	۲۳/۷ ^{bc}	۸۹/۲ ^{ab}	باقلا ۳:۲ نعناع
۱۰/۲ ^{ab}	۲۵/۵ ^{ab}	۹۴/۷ ^a	باقلا ۱:۳ نعناع
۱۰/۱ ^{ab}	۲۳/۱ ^{bc}	۸۸/۲ ^{ab}	باقلا ۳:۱ نعناع

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین ویژگی مهمی در برداشت مکانیزه باقلا محسوب می شود که در این آزمایش تحت تأثیر کشت مخلوط نعناع فلفلی و باقلا در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۳). الگوی تغییر ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین با الگوی ارتفاع بوته هم خوانی داشت. به طوری که، بیشترین ارتفاع اولین غلاف (۳۰/۶ سانتی متر) در نسبت های ۲:۳ و ۱:۳ و کمترین هم در کشت خالص باقلا بدون تفاوت معنی دار با نسبت های ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱، ۳:۲ و ۳:۱ مشاهده شد (جدول ۴). در کشت مخلوط به دلیل رقابت نوری بین گیاهان و

عدم تجزیه اکسین در قسمت های پایین کانوبی، غلظت اکسین افزایش یافته و باعث افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد و از آنجایی که ارتفاع پایین ترین غلاف از سطح زمین به ارتفاع بوته بستگی دارد، با افزایش ارتفاع گیاه، ارتفاع پایین ترین غلاف از سطح زمین نیز افزایش می یابد که منجر به تسهیل در برداشت مکانیکی دانه باقلا خواهد شد (۳۹).

طول غلاف و تعداد دانه در غلاف

طول غلاف و تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر معنی دار کشت مخلوط نعناع فلفلی و باقلا به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱

نخود فرنگی (*Pisum sativum L.*) به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای، کاهش اجزاء عملکرد گیاهان مشاهده شد، در حالی که در کشت مخلوط آن با جو (*Hordeum vulgare L.*)، به دلیل وارد کردن گونه همراه و کاهش رقابت درون گونه‌ای، افزایش اجزاء عملکرد حاصل شد. همچنین در شرایطی که رقابت بین گونه‌ای کمتر از درون گونه‌ای باشد، گیاهان در کشت مخلوط برای آشیان‌های یکسان رقابت نکرده و عملکرد و اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (۱۳). خرم‌دل و همکاران (۱۹) در کشت مخلوط جایگزینی زنیان و لوبیا مشاهده کردند بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف لوبیا به ترتیب با ۱۸ شاخه در بوته، ۳۵ غلاف در بوته و ۱۰ دانه در غلاف به نسبت ۷۵ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا تعلق داشت. همچنین مردفر و همکاران (۳) در کشت مخلوط نواری کلزا و گندم (*Brassica napus L.*) و گندم (*Triticum aestivum*) مشاهده کردند که میانگین طول خورجین در سیستم‌های مخلوط بیشتر از کشت خالص کلزا بود که این برتری در تیمارهای ۳:۸ و ۵:۱۶ گندم - کلزا نسبت به کشت خالص کلزا معنی‌دار ولی در تیمار ۴:۱۲ گندم - کلزا غیر معنی‌دار بود.

تعداد غلاف در بوته

اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). غلاف‌ها در برگیرنده دانه‌ها بوده و از طرفی تولید کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها هم می‌باشند. دیواره غلاف‌ها به عنوان مقصد موقت، با ذخیره مواد فتوسنتزی و سپس انتقال آنها به دانه‌ها، تا حدودی در عملکرد دانه گیاه مشارکت دارند (۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد غلاف در بوته (۵/۴۰) در تیمار ۲:۳ مشاهده شد که تفاوت آن فقط با الگوهای کشت ۱:۱، ۱:۲ و کشت خالص باقلا معنی‌دار بود. کمترین تعداد غلاف در بوته در کشت خالص باقلا بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۱:۱ و ۱:۲ حاصل شد (جدول ۶). در

درصد قرار گرفتند (جدول ۳ و ۵). طول غلاف یکی از مهم‌ترین صفات تعیین کننده میزان محصول در باقلا محسوب می‌شود. معمولاً ارقام با طول غلاف‌های بلندتر به طور معنی‌داری محصول بیشتری نسبت به ارقام با طول غلاف کوتاه‌تر تولید می‌کنند (۳۱). با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود بیشترین طول غلاف (۱۱/۶ سانتی‌متر) به نسبت ۲:۳ تعلق دارد که اختلاف آن فقط با تیمارهای کشت خالص و نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ معنی‌دار بود. به همین ترتیب بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار ۲:۳ بدون تفاوت معنی‌دار با الگوهای ۳:۲ و ۱:۳ حاصل شد و کمترین تعداد دانه در غلاف هم به الگوی ۱:۱ بدون تفاوت معنی‌دار با الگوی ۲:۱ و کشت خالص باقلا مربوط بود. الگوهای ۱:۲ و ۳:۱ از این لحاظ در رتبه وسط واقع شدند (جدول ۶). افزایش طول غلاف در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به تراوش H^+ از ریشه باقلا و اسیدی شدن محیط ریزوسفر نسبت داد که به موجب آن جذب فسفر و سایر عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی افزایش می‌یابد (۲۲). گزارش شده که محیط ریزوسفر، با ریشه‌های ذرت با بادام زمینی اصلاح شده و در نهایت قابلیت دسترسی آهن، فسفر، پتاسیم، روی و منگنز بهبود پیدا می‌کند. این تأثیرات در ارتباط با فعالیت فریک ردوکتاز ریشه لگوم و آزاد شدن حاملان آهن گیاهی از ریشه گیاهان غیرلگوم است که به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در کشت مخلوط و به تبع آن منجر افزایش اجزای عملکرد گیاهان می‌شود (۱۷). به نظر می‌رسد، حضور گیاه دارویی نعنای فلفلی از طریق کاهش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های باقلا و از طرفی کاهش جمعیت علف‌های هرز به دلیل سایه‌اندازی آن در سطح زمین باعث بهبود خصوصیات رشد و عملکرد باقلا شده است. علاوه بر این، نتایج برخی مطالعات نشان داده در کشت مخلوط، تثبیت نیتروژن بقولات به دلیل اثرات مکملی، در نتیجه افزایش وزن خشک و تعداد گره‌های فعال، بیشتر شده و این منجر به بهبود رشد و عملکرد بقولات می‌شود (۱۳). نتایج تحقیق هاوگارد نیلسن و همکاران (۱۵) نشان داد در کشت خالص

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد باقلا در کشت مخلوط با نعناع فلفلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در		تعداد دانه در		وزن ۱۰۰ دانه		عملکرد بیولوژیک در		عملکرد بیولوژیک در		عملکرد بیولوژیک در		شاخص برداشت
		بوته	غلاف	غلاف	دانه	واحد سطح اشغالی	واحد سطح مخلوط	سطح اشغالی	سطح اشغالی	سطح اشغالی	سطح اشغالی	سطح اشغالی	سطح اشغالی	
پلوک	۲	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۱۸/۵ ^{ns}	۱۴۳ ^{ns}	۱۰/۱۸ ^{ns}	۲۹۷ ^{ns}	۷۴/۳ ^{ns}	۳۳/۳ ^{ns}	۳۳/۳ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	
تیمار	۷	۰/۴۶ ^{**}	۰/۲۱ ^{**}	۱۶۴*	۱۰۱۴ ^{ns}	۴۷۷۴ ^{**}	۳۴۰۰ ^{**}	۹۳۲۶ ^{**}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	۱۷/۸ ^{ns}	
خطا	۱۴	۰/۰۸	۰/۰۴	۴۴/۹	۵۱۲۴	۱۴۰۳	۱۷۹	۸۱/۱	۴۴/۹	۴۴/۹	۴۴/۹	۴۴/۹	۴۴/۹	
ضریب تغییرات (درصد)	۶/۱۳	۶/۴۰	۶/۴۰	۶/۳۹	۱۴/۲	۱۳/۱	۶/۳۸	۷/۵۲	۱۵/۹	۱۵/۹	۱۵/۹	۱۵/۹	۱۵/۹	

ns و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶. نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد باقلا در تیمارهای مختلف

شاخص برداشت	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیک در		عملکرد بیولوژیک در		عملکرد بیولوژیک در		شاخص برداشت
				واحد سطح اشغالی	واحد سطح مخلوط	واحد سطح اشغالی	واحد سطح مخلوط	واحد سطح اشغالی	واحد سطح مخلوط	
کشت خلص باقلا	۴/۲۷ ^d	۲/۹ ^{bhc}	۱۰۰/۱ ^{bhc}	۴۶۳/۳	۴۶۳/۳	۱۸۹/۸ ^c	۱۸۹/۸ ^c	۱۸۹/۸ ^c	۴۰/۹۳	
باقلا ۱:۱ نعناع	۴/۴۰ ^{cd}	۲/۸ ^{bc}	۹۸/۸ ^{bhc}	۴۸۳/۲	۲۴۱/۶ ^d	۱۸۳/۸ ^c	۹۱/۸ ^d	۹۱/۸ ^d	۳۸/۲۷	
باقلا ۱:۲ نعناع	۴/۶۷ ^{bcd}	۳/۱ ^{ab}	۱۰۰/۸ ^{bhc}	۴۶۵/۴	۳۱۰/۳ ^c	۱۹۳/۸ ^c	۱۲۹/۱ ^c	۱۲۹/۱ ^c	۴۲/۹۷	
باقلا ۲:۱ نعناع	۴/۸۷ ^{abc}	۳/۱ ^{bc}	۹۴/۷ ^{bc}	۴۹۴/۶	۱۶۴/۹ ^{ef}	۱۸۹/۴ ^c	۶۲/۱ ^e	۶۲/۱ ^e	۳۹/۸۷	
باقلا ۲:۳ نعناع	۵/۴ ^{ab}	۳/۷ ^{ab}	۱۱۸/۴ ^a	۶۱۲/۳	۳۶۷/۴ ^{bhc}	۲۶۸/۳ ^a	۱۶/۱ ^b	۱۶/۱ ^b	۴۳/۹۳	
باقلا ۳:۲ نعناع	۵/۷ ^{ab}	۳/۳ ^{ab}	۱۰۹ ^{ab}	۵۱۳/۸	۲۰۵/۵ ^{bhc}	۲۲۴/۸ ^b	۸۹/۹ ^d	۸۹/۹ ^d	۴۴/۶۳	
باقلا ۱:۳ نعناع	۵/۱۳ ^{ab}	۳/۳ ^{ab}	۱۰۸/۱ ^{ab}	۵۶۰/۵	۴۲۰/۴ ^{ab}	۲۵۰ ^{ab}	۱۸۷/۵ ^c	۱۸۷/۵ ^c	۴۵/۱۳	
باقلا ۳:۱ نعناع	۴/۹۳ ^{abc}	۳/۳ ^{ab}	۱۰۸/۱ ^{ab}	۴۳۳/۳	۱۰۸/۳ ^f	۱۷۹/۵ ^c	۴۴/۹ ^{ef}	۴۴/۹ ^{ef}	۴۱/۴۷	

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

گرفتند که وزن صد دانه لوبیا در نسبت‌های ۷۵ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا، ۵۰ درصد زنیان + ۵۰ درصد لوبیا، ۲۵ درصد زنیان + ۷۵ درصد لوبیا، ۱۰۰ درصد زنیان + ۵۰ درصد لوبیا، ۱۰۰ درصد زنیان + ۲۵ درصد لوبیا، ۵۰ درصد زنیان + ۵۰ درصد لوبیا به ترتیب ۱۴، ۱۰، ۱۳، ۵۱، ۵۸ و ۴۵ درصد نسبت به کشت خالص لوبیا افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک باقلا

عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اشغالی تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار نگرفت ولی اثر الگوهای کشت بر عملکرد بیولوژیک باقلا در واحد سطح مخلوط معنی‌دار بود (جدول ۵). با توجه به جدول ۶ مشاهده می‌شود به استثنای تیمار ۳:۱، میزان عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اشغالی بیشتر از کشت خالص باقلا بود. به نظر می‌رسد بهبود قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به دلیل اسیدی شدن محیط ریزوسفر و آزاد شدن حاملان آهن از ریشه باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان در کشت مخلوط شد (۱۷). همچنین کارایی مصرف نور بالاتر (۲۶)، افزایش شکارگرهای طبیعی و کاهش جمعیت علف‌های هرز در کشت مخلوط می‌تواند دلایل بهبود عملکرد بیولوژیک باشد (۲۰). مردفر و همکاران (۳) در کشت مخلوط گندم و کلزا مشاهده کردند که میزان عملکرد بیولوژیک در واحد سطح اشغالی در کشت خالص کلزا به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت مخلوط بود.

بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در واحد سطح مخلوط نیز در کشت خالص باقلا بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار ۱:۳ حاصل شد و کمترین میزان هم به تیمار ۳:۱ بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار ۲:۱ تعلق داشت (جدول ۶). دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح مخلوط کشت خالص به یکنواختی بیشتر محیط آن نسبت داده می‌شود (۳۸). نصیری محلاتی و همکاران نتیجه گرفتند که عملکرد بیولوژیک ذرت و لوبیا در واحد سطح مخلوط به ترتیب ۱۷/۶ و ۴۶/۱ درصد نسبت به کشت خالص کاهش نشان داد (۲۶).

کشت خالص به دلیل کاهش جذب نور توسط پوشش گیاهی و افزایش غالبیت انتهایی، از تعداد شاخه‌های فرعی در ساقه و تعداد غلاف در بوته کاسته شد. زیرا افزایش درصد نور دریافتی در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص موجب رشد رویشی و شاخص سطح برگ بیشتر می‌شود (۳۰). نصیری محلاتی و همکاران (۲۶) گزارش کردند کارایی مصرف نور در کشت مخلوط نواری ذرت با لوبیا به ترتیب ۱۱ و ۱۵ درصد نسبت به کشت خالص ذرت و لوبیا افزایش نشان داد که در نتیجه آن میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک اجزای مخلوط بهبود یافت. مردفر و همکاران (۳) در کشت مخلوط گندم و کلزا مشاهده کردند که سیستم‌های مختلف کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری تعداد خورجین بیشتری را در بوته تولید کرده بودند. نسبت ۴:۱۲ گندم - کلزا با ۵۰/۳۶ و کشت خالص کلزا با ۳۴/۸۲ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته بودند.

وزن صد دانه باقلا

وزن صد دانه نیز عاملی مهم و تعیین کننده عملکرد دانه است و نقش مهمی در پتانسیل عملکرد یک رقم دارد. وزن صد دانه هم تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۵). بیشترین وزن صد دانه در تیمار ۲:۳ بدون تفاوت معنی‌دار با الگوهای ۳:۲، ۱:۳ و ۳:۱ مشاهده شد و کمترین وزن صد دانه باقلا هم به الگوی ۲:۱ بدون اختلاف معنی‌دار با الگوهای کشت خالص، ۱:۱ و ۱:۲ تعلق داشت (جدول ۶). در کشت مخلوط احتمال می‌رود به دلیل افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی (۳۶)، تحریک تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش طول و وزن خشک ریشه (۵) و افزایش کارایی مصرف آب، موجب آسیمپلاسیون بیشتر مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و به تبع آن بهبود ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گل‌دهی شده و در مرحله پس از گل‌دهی، با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن صد دانه باقلا نسبت به کشت خالص بهبود پیدا کرده است (۳۰). خرم‌دل و همکاران (۱۹) نتیجه

عملکرد دانه باقلا

عملکرد دانه باقلا در واحد سطح مخلوط و اشغالی تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۵). کشت مخلوط نواری باقلا به همراه نعناع فلفلی سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه باقلا در سطح اشغالی نسبت به کشت خالص گردید (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی به تیمارهای ۲:۳ و ۱:۳ تعلق داشت و تیمار ۳:۲ در رتبه دوم واقع شد. بقیه تیمارهای مخلوط به همراه کشت خالص باقلا در یک سطح قرار گرفتند. میزان افزایش عملکرد در واحد سطح اشغالی در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۳:۱ به ترتیب ۴۱/۳۵، ۱۸/۴۴، ۳۱/۷۱ درصد بیشتر از کشت خالص باقلا بود (جدول ۶).

بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط به کشت خالص باقلا و نسبت ۱:۳ مربوط بود. کمترین میزان عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط هم به ترتیب در تیمارهای ۳:۱ و ۲:۱ مشاهده شد (جدول ۶). احتمالاً دلیل افزایش عملکرد باقلا در کشت مخلوط را می توان به افزایش تعداد و وزن خشک گره آن نسبت به کشت خالص و تثبیت بیشتر نیتروژن در نتیجه اثر مساعدتی نعناع فلفلی نسبت داد (۵). چپاگین و رایزمن (۷) مشاهده کردند تعداد گره نخود فرنگی در کشت مخلوط با جو ۲۷-۴۵ درصد بیشتر و در نتیجه میزان تثبیت نیتروژن ۱۷-۹ درصد بالاتر از کشت خالص آن بود. در الگوهای کشت مخلوط، هرچه شباهت گیاهان موجود از نظر اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر باشد، میزان استفاده از منابع محیطی مانند نور به حداکثر رسیده و کارایی مصرف نور افزایش می یابد، به طوری که تسهیم مواد فتوسنتزی به غلافها بیشتر و در نتیجه عملکرد افزایش می یابد (۲۶). آگنهو و همکاران (۱) نتیجه گرفتند با افزایش حضور باقلا از ۱۲/۵ تا ۶۲/۵ درصد، عملکرد باقلا در کشت مخلوط با جو افزایش یافت که دلیل این امر را به اصل تولید رقابتی نسبت دادند.

شاخص برداشت

شاخص برداشت باقلا تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار

نگرفت (جدول ۵). با این وجود شاخص برداشت در تیمارهای ۱:۳، ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۲ و ۳:۱ بیشتر از کشت خالص بود (جدول ۶). بهبود شاخص برداشت در کشت مخلوط، اغلب از طریق افزایش ظرفیت گونه ها برای جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع توسط آنها حاصل می شود. همچنین بهبود شاخص برداشت را می توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نسبت داد. زیرا نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم های فتوسنتزی و در نتیجه بهبود عملکرد و شاخص برداشت باقلا می باشد (۲۶).

ارتفاع بوته نعناع فلفلی

ارتفاع بوته نعناع فلفلی تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت و چین قرار گرفت (جدول ۷). بیشترین ارتفاع بوته نعناع فلفلی در نسبت ۲:۳ و ۳:۲ بدون تفاوت معنی دار با تیمارهای ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱ و ۱:۳ و ۳:۱ مشاهده شد (جدول ۸). با توجه به جدول ۹ مشاهده می شود میانگین ارتفاع بوته در چین اول ۲۸/۹۵ درصد بیشتر از چین دوم بود. نتایج حیدری و همکاران (۱۶) نشان داد که گیاه نعناع فلفلی در چین اول نسبت به چین دوم از رشد مناسب تری برخوردار بود که علت آن علاوه بر طول دوره رشد زیاد به روزهای آفتابی و دمای مناسب و طول روز بلند نسبت دادند (۱۶). اختلاف ارتفاع گیاه در کشت مخلوط می تواند به دلیل رقابت برای نور، آب و در دسترس بودن مواد غذایی از جمله نیتروژن باشد (۲۳).

یکی از دلایل افزایش رشد رویشی در سیستم های کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم انتقال مستقیم و غیرمستقیم نیتروژن تثبیت شده توسط گونه لگوم به غیر لگوم می باشد (۱۵). نتایج تحقیقات مافی و موسیاری (۲۳) در کشت مخلوط نعناع فلفلی و سویا نشان داد که ارتفاع گیاه نعناع فلفلی در کشت مخلوط به همراه سویا نسبت به کشت خالص آن بیشتر است. دلیل افزایش ارتفاع گیاه، افزایش طول و ضخامت میانگره ها گزارش شده است.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به نعنای فلفلی تحت تأثیر چین و تیمارهای خالص و کشت مخلوط با باقلا

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد اسانس	درصد اسانس	عملکرد خشک در واحد سطح مخلوط	عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی	ارتفاع بوته		
۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۱۳۴۶۰ ^{ns}	۲۵۳۶۰ ^{ns}	۲۳/۹۲ ^{ns}	۲	بلوک
۰/۲۷ ^{**}	۰/۷۴ ^{**}	۳۷۰۰۱ ^{**}	۸۶۰۵۱ ^{**}	۱۹۵/۱ [*]	۷	تیمار
۰/۰۲	۰/۰۶	۴۳۲۱	۱۳۸۳۶	۵۴/۰۱	۱۴	اشتباه اصلی
۰/۴۰ ^{**}	۰/۹۰ [*]	۴۰۹۹۰ [*]	۱۳۶۸۱۰ ^{**}	۸۰۸/۵ ^{**}	۱	چین
۰/۱۳ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۱۰۴۹۸ ^{ns}	۲۰۵۲۸ ^{ns}	۴/۳۶ ^{ns}	۲	تکرار × چین
۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۳۰۱۸ ^{ns}	۱۰۳۹۵ ^{ns}	۲۳/۳ ^{ns}	۷	تیمار × چین
۰/۰۵	۰/۱۳	۴۹۲۶	۱۴۵۰۲	۱۳/۶۱	۱۴	اشتباه فرعی
۱/۹۳	۲۴/۵۷	۳۱/۱۳	۲۸/۴۰	۵/۸۰		ضریب تغییرات

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۸. مقایسه میانگین تیمارها از لحاظ عملکرد عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی و مخلوط، درصد و عملکرد اسانس نعنای فلفلی

تیمار	ارتفاع بوته	عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی		عملکرد اسانس در واحد سطح مخلوط	
		واحد سطح اشغالی	سطح مخلوط	سطح مخلوط	درصد اسانس
	(سانتی متر)	(گرم در مترمربع)			
کشت خالص باقلا	۵۵ ^b	۳۲۰ ^c	۳۲۰ ^a	۳/۵۶ ^{ab}	۱/۰۸ ^d
باقلا ۱:۱ نعنای	۵۹/۶ ^{ab}	۳۲۷ ^c	۱۶۳ ^{bcd}	۱/۹۱ ^{cd}	۱/۲۰ ^{cd}
باقلا ۱:۲ نعنای	۶۰/۴ ^{ab}	۳۲۹ ^c	۱۰۹ ^d	۱/۴۷ ^d	۱/۳۵ ^{cd}
باقلا ۲:۱ نعنای	۶۰/۹ ^{ab}	۳۷۲ ^{bc}	۲۴۸ ^{abc}	۳/۳۳ ^{abc}	۱/۳۲ ^{cd}
باقلا ۲:۳ نعنای	۷۱/۱ ^a	۶۲۹ ^a	۲۵۱ ^{abc}	۵/۴۴ ^a	۲/۱۵ ^a
باقلا ۳:۲ نعنای	۷۰/۹ ^a	۵۰۶ ^{abc}	۳۰۳ ^a	۵/۶۱ ^a	۱/۸۳ ^{ab}
باقلا ۱:۳ نعنای	۶۶/۹ ^{ab}	۵۴۹ ^{ab}	۱۳۷ ^{cd}	۲/۱۶ ^{bcd}	۱/۵۵ ^{bc}
باقلا ۳:۱ نعنای	۶۴/۰۰ ^{ab}	۳۵۸ ^{bc}	۲۶۸ ^{ab}	۳/۷۵ ^{ab}	۱/۳۹ ^{bcd}

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی (۶۲۹ گرم بر مترمربع) به تیمار ۲:۳ بدون تفاوت معنی دار با تیمارهای ۳:۲ و ۱:۳ تعلق داشت و تیمارهای کشت خالص، ۱:۱، ۱:۲، ۱:۱ و ۲:۱ در رتبه بعدی واقع شدند (جدول ۸). با مقایسه دو چین مشاهده شد که

عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی و مخلوط نعنای فلفلی اثر تیمارهای آزمایشی و چین بر عملکرد خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی و مخلوط معنی دار بود (جدول ۷). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد خشک

جدول ۹. نتایج مقایسه میانگین دو چین از لحاظ از لحاظ عملکرد عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی و مخلوط.

درصد و عملکرد اسانس نعناع فلفلی

نوع چین	ارتفاع بوته (سانتی متر)	عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی (گرم در مترمربع)	عملکرد خشک در سطح مخلوط (گرم در مترمربع)	عملکرد اسانس در واحد سطح مخلوط	درصد اسانس
چین ۱	۶۷/۷ ^a	۴۷۷ ^a	۲۵۴ ^a	۴/۱۳ ^a	۱/۳ ^a
چین ۲	۵۹/۵ ^b	۳۷۰ ^b	۱۹۶ ^b	۲/۶۸ ^b	۱/۳۵ ^b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

عملکرد خشک نعناع فلفلی در واحد سطح مخلوط با شمعدانی ۱۱/۴ درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش پیدا کرد.

درصد اسانس

اثر تیمارهای آزمایشی و چین بر درصد اسانس نعناع فلفلی معنی دار شد (جدول ۷). بیشترین درصد اسانس در تیمار ۲:۳ و بعد از آن در تیمار ۳:۲ مشاهده شد و کمترین میزان در کشت خالص نعناع فلفلی بدون تفاوت معنی دار با تیمارهای ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱ و ۳:۱ به دست آمد (جدول ۸). با توجه به جدول ۹ مشاهده می شود میزان اسانس در چین اول ۲۰/۳۷ درصد بیشتر از چین دوم بوده است. دلیل آن را می توان به طول روز بلندتر، تابش بیشتر نور و طول دوره رشدی بیشتر و گرم تر بودن هوا در چین اول یا کاهش دما و بارندگی در چین دوم نسبت داد (جدول ۱). معمولاً تشکیل و تجمع اسانس در گیاهان دارویی در شرایط محیطی گرم تمایل به افزایش نشان داده که گیاه را در مقابل آسیب های نوری زیاد و کمبود احتمالی آب محافظت می کند (۱۲). هاسیوتیس و همکاران (۱۲) مشاهده کردند میزان اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده آن تحت تأثیر پارامترهای آب و هوایی از قبیل دما و بارش قرار می گیرند، به طوری که بارندگی و کاهش دما در طی دوره رشد گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) بر میزان تولید اسانس آن اثر منفی گذاشتند. دلیل آن را به تخریب غدد ترشح کننده اسانس یا تغییر در مسیر بیوسنتزترین نسبت دادند. همچنین مارکوم و هانسون

چین اول ۲۹/۷۸ درصد عملکرد خشک بیشتری در واحد سطح اشغالی نسبت به چین دوم تولید کرد (جدول ۹). بهبود عملکرد در سیستم های مخلوط به توانایی بهتر گیاهان در جذب نور و استفاده حداکثری از منابع زیست محیطی و انتقال نیتروژن تثبیت شده از لگوم نسبت داده می شود (۲۶). بالاتر بودن عملکرد نعناع فلفلی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است، به طوری که با افزایش ردیف های باقلا و نعناع فلفلی، عملکرد خشک در واحد سطح اشغالی نعناع فلفلی افزایش یافت. دلیل این امر را می توان به اصل تولید رقابتی و مساعدتی نسبت داد (۲۱). لاتاتی و همکاران (۲۱)، افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی ذرت در کشت مخلوط را به اثر مساعدتی و مکملی باقلا نسبت دادند. اله دادی و همکاران (۲) در کشت مخلوط سویا و گل همیشه بهار مشاهده کردند که میزان عملکرد ماده خشک گل همیشه بهار در کشت مخلوط نواری این دو گیاه بیشتر از کشت خالص همیشه بهار بود. بیشترین میزان عملکرد خشک در واحد سطح مخلوط نعناع فلفلی به کشت خالص و نسبت ۳:۲ بدون تفاوت معنی دار با الگوهای ۲:۱، ۲:۳ و ۳:۱ تعلق داشت (جدول ۸). کمترین عملکرد خشک در واحد سطح مخلوط هم به تیمارهای ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳ مربوط بود. با مقایسه دو چین مشاهده شد که چین اول نسبت به چین دوم برتر بود و ۲۲/۹۴ درصد عملکرد خشک بیشتری در واحد سطح مخلوط تولید نمود (جدول ۹). ورما و همکاران (۳۷) نتیجه گرفتند که

به دلیل کاهش عملکرد بیوماس آن ۱۳/۴ درصد نسبت به کشت خالص کاهش یافتند. درحالی که سینگ و همکاران (۳۲) گزارش کردند در کشت مخلوط شمعدانی با سیر، عملکرد اسانس به دلیل رقابت برون‌گونه‌ای کمتر بین گیاهان کاهش پیدا نکرد. با توجه به جدول ۹ مشاهده می‌شود که عملکرد اسانس در چین اول ۵۴/۰۷ درصد بیشتر از چین دوم بوده است. علت این امر آن است که نعنای فلفلی یک گیاه روزبند بوده و در طی روزهای بلند و گرم حداکثر اسانس را تولید می‌کند. از آنجایی که در چین دوم روزها کوتاه‌تر و دمای هوا رو به کاهش بوده بنابراین عملکرد اسانس در چین دوم کاهش معنی‌داری پیدا کرده است. همچنین عملکرد اسانس تابعی از میزان اسانس و عملکرد خشک گیاه می‌باشد. بنابراین هر عاملی که باعث افزایش این دو شاخص گردد می‌تواند بر عملکرد اسانس تأثیر گذاشته و آن را بهبود بخشد. روند تغییرات عملکرد اسانس مشابه تغییرات عملکرد خشک اندام هوایی است. به عبارت دیگر عملکرد اسانس بیشتر تحت تأثیر عملکرد ماده خشک بوده و کمتر متأثر از تغییرات درصد اسانس می‌باشد (۲۴). همچنین از آنجایی که اسانس ترکیبی ترپنئیدی بوده که واحدهای سازنده آن به ATP و NADPH نیاز دارند و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصر ضروری برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد (۲۷)، به نظر می‌رسد کشت مخلوط این گیاه دارویی با باقلا از طریق فراهمی عناصر اصلی سازنده اسانس از جمله نیتروژن موجب افزایش عملکرد اسانس نعنای فلفلی شده است. مافی و موسیاری (۲۳) افزایش طول و ضخامت میانگره‌های نعنای فلفلی و به تبع آن افزایش عملکرد و کیفیت اسانس در کشت مخلوط با سویا را نتیجه بهبود تغذیه‌ای آن بر اثر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در نتیجه افزایش تعداد و وزن خشک گره باقلا (۶) و انتقال آن به نعنای فلفلی ذکر کردند.

نسبت برابری زمین معمولی و استاندارد

نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای مختلف کشت به استثنای تیمار ۱:۱ بیشتر از یک بود (جدول ۱۰). اگر LER برابر

(۲۴) گزارش کردند که بیش از ۹۹ درصد غدد ترشح کننده اسانس در برگ نعنای فلفلی وجود دارد و تعداد آن با گسترش سطح برگ افزایش معنی‌دار پیدا می‌کند. بنابراین، با توجه به بیشتر بودن طول و عرض برگ (داده‌ها گزارش نشده‌اند) در کشت مخلوط در نتیجه تثبیت نیتروژن توسط باقلا و انتقال آن به نعنای فلفلی و به تبع آن افزایش میزان فتوسنتز، افزایش درصد اسانس آن قابل توجه است. با توجه به افزایش کارایی مصرف نور در کشت مخلوط، امکان افزایش درصد اسانس فراهم می‌شود (۲۶). از آنجایی که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است. بنابراین هر عاملی که باعث افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه گردد، در نهایت منجر به افزایش اسانس خواهد شد (۳۳). زیرا گزارش شده است که نیتروژن می‌تواند تولید آلکالوئیدها، ترپن‌ها و سایر اجزای تشکیل دهنده اسانس را با تحریک آنزیم‌های مؤثر در بیوسنتز این ترکیبات افزایش دهد. رضائی چپانه در کشت مخلوط سیاه‌دانه، ریحان و لوبیا مشاهده کرد که بیشترین درصد اسانس سیاه‌دانه در کشت مخلوط ردیفی و کمترین میزان آن در کشت خالص حاصل شد (۲۸).

عملکرد اسانس

عملکرد اسانس در واحد سطح مخلوط نعنای فلفلی تحت تأثیر چین و الگوهای کشت قرار گرفت (جدول ۷). بیشترین عملکرد اسانس به تیمارهای ۳:۲ و ۲:۳ اختصاص یافت و کمترین میزان هم به تیمار ۱:۲ بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۱:۱ و ۱:۳ مربوط بود (جدول ۸). دلیل پایین بودن عملکرد اسانس در الگوهای ذکر شده به کمتر بودن عملکرد خشک در واحد سطح مخلوط نعنای فلفلی نسبت داده می‌شود. یاسین و همکاران (۴۰) نتیجه گرفتند که عملکرد ریشه و اسانس گیاه دارویی وتیور (*Vetiverai zizanioides* L. Nash) به ترتیب ۱۳/۹-۲۵/۱ و ۱۶/۷-۲۶/۸ درصد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش پیدا کرد. ورما و همکاران (۳۷) نتیجه گرفتند که عملکرد اسانس نعنای فلفلی در کشت مخلوط

جدول ۱۰. میزان نسبت برابری زمین معمولی و استاندارد در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

LER استاندارد			LER			تیمار
کل	باقلا	نعناع فلفلی	کل	باقلا	نعناع فلفلی	
۰/۷۹	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۹۹	۰/۴۸	۰/۵۱	باقلا ۱:۱ نعناع فلفلی
۰/۸۵	۰/۶۲	۰/۲۳	۱/۰۲	۰/۶۸	۰/۳۴	باقلا ۱:۲ نعناع فلفلی
۰/۸۴	۰/۳۰	۰/۵۳	۱/۱۰	۰/۳۳	۰/۷۷	باقلا ۲:۱ نعناع فلفلی
۱/۳۱	۰/۷۷	۰/۵۴	۱/۶۳	۰/۸۴	۰/۷۸	باقلا ۲:۳ نعناع فلفلی
۱/۰۸	۰/۴۳	۰/۶۵	۱/۴۲	۰/۴۷	۰/۹۴	باقلا ۳:۲ نعناع فلفلی
۱/۲۰	۰/۹۰	۰/۲۹	۱/۴۱	۰/۹۸	۰/۴۲	باقلا ۱:۳ نعناع فلفلی
۰/۷۹	۰/۲۱	۰/۵۷	۱/۰۷	۰/۲۳	۰/۸۳	باقلا ۳:۱ نعناع فلفلی

وجود اختلاف در سیستم ریشه‌ای اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع دلیل افزایش LER در کشت مخلوط می‌باشد (۵). کوچکی و همکاران در کشت مخلوط گاوزبان اروپایی و لوبیا مشاهده کردند که کشت مخلوط لوبیا با گاوزبان باعث افزایش نسبت برابری زمین شد، به طوری که بالاترین مقدار آن (۱/۵۵) در تیمار ۲:۲ مشاهده شد (۲۰).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با اجرای کشت مخلوط، عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی نسبت به کشت خالص افزایش معنی‌داری پیدا کرد، به طوری که میزان افزایش عملکرد دانه در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ به ترتیب ۴۱/۳۵، ۱۸/۴۴، ۳۱/۷۱ درصد بیشتر از کشت خالص باقلا بود. بیشترین عملکرد خشک نعناع فلفلی در واحد سطح اشغالی به تیمار ۲:۳ (بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۳:۲ و ۱:۳) تعلق داشت. همچنین بیشترین عملکرد اسانس به تیمارهای ۳:۲ و ۲:۳ تعلق داشت. نسبت برابری زمین (LER) در تمامی الگوهای مختلف کشت به استثنای تیمار ۱:۱ بیشتر از یک بود. اما نسبت برابری زمین استاندارد فقط در الگوهای ۲:۳، ۳:۲ و

یک باشد، کشت مخلوط هیچ مزیتی بر کشت خالص ندارد. این حالت در صورتی رخ می‌دهد که رقابت درون‌گونه‌ای با برون‌گونه‌ای برابر است. علاوه بر آن، اگر میزان افزایش یک محصول معادل با کاهش محصول دیگر در کشت مخلوط باشد، مقدار LER برابر یک خواهد شد. اگر LER کوچکتر از یک باشد، کشت خالص بر کشت مخلوط برتری داشته و اگر مقدار LER بزرگتر از یک باشد کشت مخلوط سودمندی بیشتری نسبت به کشت خالص دارد (۴۱). همچنین نسبت برابری جزئی زمین برای نعناع فلفلی در الگوهای ۱:۲ و ۱:۳ و برای باقلا در نسبت‌های ۱:۱، ۲:۱، ۳:۲ و ۳:۱ کمتر از ۰/۵ بود که نشان‌دهنده عدم برتری این الگوهای کشت براساس کارایی استفاده از زمین می‌باشد (۴۱). مونتای و همکاران (۲۵) نتیجه گرفتند که افزایش LER جزئی به بیشتر از ۰/۵ به درجه مکملی اجزای مخلوط بستگی دارد. بیشترین مقادیر LER معمولی و استاندارد در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ مشاهده شد. براساس مقادیر LER استاندارد، ۳۱-۲۰ درصد سطح زیر کشت بیشتری در کشت خالص نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط حاصل شود. استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، تثبیت نیتروژن،

۱:۳ بیشتر از یک به دست آمد، که نشان‌دهنده برتری این الگوهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نعنای فلفلی و باقلا می‌باشد. در نتیجه کشت مخلوط نعنای فلفلی با باقلا در الگوهای ذکر شده، منجر به تولید بیشتر دانه باقلا و افزایش درصد و عملکرد اسانس نعنای فلفلی شد.

منابع مورد استفاده

1. Agegnehu, G., A. Ghizam and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
2. Allahdadi, M., M. R. Shakiba, A. Dabbagh Mohammadi Nasab and R. Amini. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.)-calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 23(3): 47-58 (In Farsi).
3. Amirmardfar, R., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, Y. Raei, S. Khaghaninia, R. Amini and S. H. Tabataba Vakili. 2015. Evaluation of Yield and Yield Components of Oilseed Rape in the Wheat-Oilseed Rape Strip Intercropping Influenced by Chemical and Biological Fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology* 8(4): 437-450 (In Farsi).
4. Anonim, 2006. Guideline on Good Agricultural and Collection Practice (GACP) for Starting Materials of Herbal Origin. European Medicines Agency Evaluation of Medicines for Human Use. London.
5. Banik, P., A. Midya, B. K. Sarkar and S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325- 332.
6. Bargaz, A., M. E. Isaac, E. S. Jensen and G. Carlsson. 2015. Intercropping of faba bean with wheat under low water availability promotes faba bean nodulation and root growth in deeper soil layers. *Procedia Environmental Sciences* 29:111 – 112.
7. Chapagain, T. and A. Riseman. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research* 166: 18–25.
8. Clevenger, J. F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. *Journal of the American Pharmacists Association* 17: 346-349.
9. FAOSTAT. 2012. Available on: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>
10. Geren, H., R. Avcioglu, H. Soya and B. Kir. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology* 7 (22): 4100-4104.
11. Hamzei, J., M. Seyedi, G. Ahmadvand and M. A. Abutalebian. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing* 2: 43- 55 (In Farsi).
12. Hassiotis, C. N., F. Ntana, D. M. Lazari, S. Poulis and K. E. Vlachonassios. 2014. Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial Crops and Products* 62: 359-366.
13. Hauggard-Nielsen, H., P. Ambus and E. S. Jensen. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea- barley intercropping. *Field Crops Research* 70: 101-109.
14. Hauggard-Nielsen, H., B. Jonsgaard, J. Kinane and E. S. Jensen. 2008. Grain legume- cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23: 3–12.
15. Hauggard-Nielsen, H., M. Gooding, P. Ambus, G. Corre-Hellou, Y. Crozat, C. Dahlmann, A. Dibet, P. Fragstein, A. Pristeri, M. Monti and E. S. Jensen. 2009. Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research* 113: 64–71.
16. Heidari, F., S. Zehtab-Salmasi, A. Javanshir, H. Aliari and M. R. Dadpour. 2008. The Effect of Plant Density on Yield and Production of Essential Oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12(45): 501-510 (In Farsi).
17. Inal, A., A. Gunes, F. Zhang and I. Cakmak. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 350-356.

18. Jensen, E. S., M. Peoples and H. Hauggaard-Nielsen. 2010. Faba bean in cropping systems. *Field Crop Research* 115: 203-216.
19. Khorramdel, S., A. Siahmargooyi and M. Ghadriyye. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production* 9(1): 1-24 (In Farsi).
20. Koocheki, A., J. Shabahang, S. Khorramdel and A. Amin Ghafouri. 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. *Journal of Agroecology* 4 (1): 1-11 (In Farsi).
21. Latati, M., A. Bargaz, B. Belarbi, M. Lazali, S. Benlahrech, T. Siham, G. Kaci and J. D. Jean. 2016. The intercropping common bean with maize improves the rhizobial efficiency, resource use and grain yield under low phosphorus availability. *European Journal of Agronomy* 72: 80-90.
22. Li, W., L. Sun, J. Guo, T. Zhang, F. Bao, X. Peng and C. Tang. 2005. Effect of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an Orthic Anthrosol in Northwest China. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 105: 483- 491.
23. Maffi M. and M. Mucciarelli. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229 – 240.
24. Marcum, D. B. and B. R. Hanson. 2006. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. *Agricultural Water Management* 82: 118-128.
25. Monti, M., A. Pellicanò, C. Santonoceto, G. Preiti and A. Pristeri. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in in Mediterranean environment. *Field Crops Research* 196: 379-388.
26. Nasiri Mahallati, M., A. Koocheki, F. Mondani, SH. Amirmoradi and H. Feizi. 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. *Journal of Cleaner Production* 106: 343-350.
27. Ormeño, E. and C. Fernandez. 2012. Effect of soil nutrient on production and diversity of volatile terpenoids from plants. *Current Bioactive Compounds* 8(1): 71–79.
28. Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.), and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agroecology* 8(2): 263-280 (In Farsi).
29. Rezaei-Chiyaneh, E. and E. Gholinezhad. 2105. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology* 7(3): 381-396 (In Farsi).
30. Rezaei-chiyaneh, E., S. Khorramdel and P. Garachali. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. *Journal of Crops Improvement* 17(1): 183-196 (In Farsi).
31. Samizadeh, H., B. Yazdi Samadi, M. R. Ghanadha, M. A. Malbubi, A. R. Talei and G. R. Stringam. 2003. Evaluation of continuous molecular marker with Silique length of oilseed rape (*Brassica napus*) double haploid population. *Journal Agricultural Sciences* 34(4): 871-879 (In Farsi).
32. Singh, M., U. B. Singh, M. Ram, A. Yadav and C. S. Chanotiya. 2013. Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. *Industrial Crops and Products* 46: 234-237.
33. Singh, M., A. Singh, S. Singh, R. S. Tripathi, A. K. Singh and D. D. Patra. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. *Industrial Crops and Products* 31: 289-293.
34. Stoltz, E., E. Nadeau. 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research* 169: 21-29.
35. Tiwari, P. 2016. Recent advances and challenges in trichome research and essential oil biosynthesis in *Mentha arvensis* L. *Industrial Crops Products* 82: 141-148.
36. Tuna, C. and A. Orak. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) / oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science* 2: 14-19.
37. Verma, R. K., A. Chauhan, R. S. Verma, L. Rahman and A. Bisht. 2013. Improving production potential and resources use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit ex Ait) under different plant density. *Industrial Crops and Products* 44: 577-582.
38. Xu, B. C., F. M. Li and L. Shan. 2008. Switchgrass and milk vetch intercropping under 2:1 row replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. *European Journal of Agronomy* 228: 485-492.

39. Yang, F., S. Huang, R. Gao, W. Liu, T. Yong, X. Wang, X. Wu and W. Yang. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. *Field Crops Research* 155: 245-253.
40. Yaseen, M., M. Singh and D. Ram. 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Industrial Crops and Products* 61: 417-421.
41. Yilmaz, S., A. Ozel, M. Atak and M. Erayman. 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39: 135-143.
42. Zarifpour, N., M. T. Naseri Poor Yazdi, and M. Nassiri Mahallati. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(1): 34-43 (In Farsi).

The Effect of Intercropping Patterns on Peppermint (*Mentha piperita* L.) Dry Biomass Yield and Essential Oil Content and Faba Bean (*Vicia faba* L.) Seed Yield

M. Amani Machiani¹, A. Javanmard^{2*} and F. Shekari³

(Received: January 15-2017; Accepted: February 27-2017)

Abstract

In order to evaluate the effect of peppermint and faba bean intercropping patterns, a field experiment was carried out as a randomized complete blocks design (RCBD) with 9 treatments and 3 replications at the Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran during 2015 growing season. Treatments included sole planting of peppermint and faba bean and intercropping patterns with ratios of 1:1, 1:2, 2:1, 2:3, 3:2, 1:3 and 3:1 (peppermint: faba bean). The highest number of pods per plant (5.4), seeds per pod (3.7) and 100-seed weight (118.4 g) were achieved in the ratio of 2:3. The highest seed yield of faba bean per occupied unit of land when the latter species were planted with the ratios of 2:3 (268.3 g m⁻²) and 1:3 (250 g m⁻²). The highest seed yield of faba bean per intercropped unit of land area was related to faba bean sole cropped (189.8 g m⁻²) and 1:3 (187.5 g m⁻²) cropping pattern. Also, the highest dry mass yield of peppermint per occupied unit of land area was obtained in the 2:3 treatment (629 g m⁻²) with no significant difference with 3:2 and 1:3 treatments. The highest dry mass yield of peppermint per intercropped unit land area was observed in the peppermint sole cropped (320 g m⁻²) and ratio of 3:2 (303 g m⁻²) with no significant difference with 2:1, 2:3 and 3:1 cropping patterns. The highest peppermint essential oil percentage (2.15%) and essential oil yield (5.61 g m⁻²) were related to 2:3 and 3:2 treatments. In all cropping patterns (except of 1:1 treatment), the LER value was higher than 1, while LER_s value was higher than 1 in 2:3, 3:2 and 1:3 treatments. The greatest value of LER_s (1.31) was achieved in 2:3 cropping pattern. In conclusion, based on faba bean seed yield, peppermint essential oil content and yield and LER_s, the ratio of 2:3 for peppermint:faba bean was superior to other treatments.

Keywords: Essential oil percentage, Intercropping, Land equivalent ratio, Seed yield, Sustainable agriculture

1, 2. MSc Student and Associate Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.

3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*. Corresponding Author, Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir