

سودمندی کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

در الگوهای مختلف کشت

مصطفی امانی ماجپانی^۱، عبدالله جوانمرد^{۲*}، یوسف نصیری^۳، محمدرضا مرشدلو^۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۰۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۴- استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

*پست الکترونیک: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی کشت مخلوط نعناع فلفلی و باقلا، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص دو گونه نعناع فلفلی و باقلا، ۱ ردیف نعناع فلفلی + ۱ ردیف باقلا، ۱ ردیف نعناع فلفلی + ۲ ردیف باقلا، ۲ ردیف نعناع فلفلی + ۱ ردیف باقلا، ۲ ردیف نعناع فلفلی + ۲ ردیف باقلا، ۳ ردیف نعناع فلفلی + ۱ ردیف باقلا، ۳ ردیف نعناع فلفلی + ۲ ردیف باقلا، ۳ ردیف نعناع فلفلی + ۳ ردیف باقلا و ۳ ردیف نعناع فلفلی + ۱ ردیف باقلا بودند. الگوهای مختلف کشت مخلوط بر اساس شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)، نسبت برابری زمین استاندارد (LERs)، نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان (ATER)، نسبت معادل سطح برداشت (AHER)، کارایی استفاده از زمین (LUE)، معادل عملکرد نعناع فلفلی (EYP)، ضریب ازدحام نسبی (K)، غالبیت (A)، نسبت رقابت (CR)، افت واقعی عملکرد (AYL)، برتری مالی (IA)، سودمندی کشت مخلوط (MAI)، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) و مجموع ارزش نسبی (RVT) ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی و مخلوط تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت، به طوری که بیشترین عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی به تیمارهای ۲:۳ و ۱:۳ تعلق داشت. همچنین بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط به کشت خالص باقلا و بعد از آن به تیمار ۲:۳ مربوط بود. بیشترین مقادیر LER معمولی و استاندارد، ATER، AHER، LUE، IA، MAI، RVT و معادل عملکرد نعناع فلفلی در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ مشاهده شد که بیانگر سودمندی این تیمارها از لحاظ زراعی و اقتصادی می‌باشد. مقادیر A، CR و AYL نعناع فلفلی بیشتر از باقلا بود که نشان‌دهنده توانایی رقابتی بیشتر و غالبیت نعناع فلفلی نسبت به باقلا می‌باشد. در کل با توجه به بیشتر بودن شاخص‌های زراعی و اقتصادی در الگوی کشت ۲:۳، این الگوی کشت برتر از سایر تیمارها بود.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری سیستم، ضریب ازدحام نسبی، عملکرد دانه، غالبیت، کارایی استفاده از زمین

Advantage of Peppermint (*Mentha piperita* L.) and Faba Bean (*Vicia faba* L.) Intercropping in Different Cropping Patterns

Mostafa Amani Machiani¹, Abdollah Javanmard², Yousef Nasiri³, Mohammadreza Morshedloo⁴

Received: 21 December, 2016 Accepted: 24 April, 2017

1-MSc Student of Agroecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

2-Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

3-Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

4-Assist. Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.

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

Abstract

In order to evaluate of peppermint and faba bean intercropping, a field experiment was carried out as a randomized complete blocks design (RCBD) with eight treatment and three replication at the faculty of Agriculture, University of Maragheh during 2015 growing season. Treatments were included sole planting of peppermint and faba bean, 1 row peppermint+ 1 row faba bean, 1 row peppermint+ 2 rows faba bean, 2 rows peppermint+ 1 row faba bean, 2 rows peppermint+ 3 rows faba bean, 3 rows peppermint+ 2 rows faba bean, 1 row peppermint+ 3 rows bean and 3 rows peppermint+ 1 row bean. Intercropping different patterns were calculated by means of land equivalent ratio (LER), standard land equivalent ratio (LERS), area time equivalent ratio (ATER), area harvest equivalent ratio (AHER), land use efficiency (LUE), peppermint equivalent yield (EYP), relative crowding coefficient (RCC or K), aggressivity (A), competitive ratio (CR), actual yield loss (AYL), monetary advantage index (MAI), intercropping advantage (IA), system productivity index (SPI) and relative value total (RVT). Results showed that seed yield of faba bean per occupied unit area and per intercropped unit area were affected significantly by intercropping patterns. The highest seed yield of faba bean per occupied unit was obtained in the 2:3 and 1:3 treatments. In addition, the highest seed yield of faba bean per intercropped unit area observed in faba bean sole crop. The highest values of LER, LERS, ATER, AHER, LUE, EYP, IA, MAI and SPI obtained in 2:3, 3:2 and 1:3 intercropping patterns, indicating that the intercropping systems were the most profitable on basis of agronomical and economical. Generally, the A, CR and AYL values in peppermint were higher than bean, indicating that peppermint was more competitive and dominant than faba bean. Generalley, in basis of more agronomy and economic indices in 2:3 cropping pattern, this cropping pattern was superier than other treatments.

Keywords: Aggressivity, Land Use Efficiency, Relative Crowding Coefficient, Seed Yield, System Productivity Index

مقدمه

سیستم‌های کشاورزی مرسوم گرچه با بالا بردن راندمان تولید در واحد سطح توانسته‌اند تا حدی نیازهای جمعیت رو به رشد را تأمین نمایند، ولی این سیستم‌ها به هزینه و انرژی فراوان نیاز دارند. از نظر بوم‌شناختی، تک‌کشتی مشکلاتی از قبیل استفاده بیش از حد از منابع انرژی، آلودگی آب و خاک، فرسایش شدید خاک و از بین رفتن سریع منابع طبیعی را بوجود آورده است (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین، بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی ضروری است (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵). کشت مخلوط به عنوان یکی از مهمترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا می‌تواند به جهت افزایش تنوع و سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (ابراهیم و همکاران ۲۰۱۴). از جمله مزایای کشت مخلوط می‌توان به افزایش عملکرد (بارکر و دنت ۲۰۱۳ و کائو و همکاران ۲۰۱۵)، کاهش آفات، بیماری و علف‌های هرز (کائو و همکاران ۲۰۱۵ و حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۲) و بهبود راندمان استفاده از منابع (بارگاز و همکاران ۲۰۱۵) اشاره کرد. نتایج تحقیقات مافی و موسیاری (۲۰۰۳) نشان داد که عملکرد نعنای فلفلی (*Mentha piperita* L.) در کشت مخلوط با سویا (*Glycine max* L.) ۵۰ درصد افزایش یافت. ورما و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که عملکرد و اسانس نعنای فلفلی بصورت قابل توجهی تحت تاثیر کشت مخلوط با شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.) قرار گرفت، به گونه‌ای که بیشترین میزان عملکرد و کارایی استفاده از منابع در کشت مخلوط حاصل شد. همچنین شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)^۱، نسبت معادل سطح زیرکشت و زمان (ATER)^۲، کارایی استفاده از زمین (LUE)^۳ و درصد اجزای تشکیل دهنده اسانس نعنای فلفلی و شمعدانی و بازارپسندی آن با انجام کشت

مخلوط بهبود پیدا کردند. سینگ و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند تیمار دو ردیف شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.) + دو ردیف سیر (*Allium sativum* L.) منجر به تولید پیازچه سیر بیشتر، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد اسانس شمعدانی شد. این مقدار افزایش عملکرد باعث افزایش ۶۰/۵-۵۹ درصد کارایی استفاده از زمین و افزایش ۸۱/۳-۲۹ درصد درآمد خالص شد. بهادر و همکاران (۲۰۱۴) با انجام کشت مخلوط سیر با گیاهان اسفرزه (*Plantago psyllium* L.)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، زنیان (*Carum copticum* L.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، همیشه بهار (*Callendula officinalis* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) نتیجه گرفتند گیاهانی مانند زنیان و رازیانه که دارای نیاز آبی بالایی بودند عملکرد سیر را بشدت کاهش دادند، اما بدلیل این‌که سهم عملکرد بالاتری در کشت مخلوط داشتند از شاخص ارزش نسبی بیشتری برخوردار بودند. همچنین بالاترین مجموع ارزش نسبی (RVT)^۴ در کشت مخلوط سیر و همیشه بهار بدست آمد. علاوه بر این، بیشترین مقدار افزایش افت عملکرد واقعی (AYL)^۵ به کشت مخلوط سیر با اسفرزه با میزان ۱/۷۸ مربوط بود. متقیان و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) نتیجه گرفتند که ترکیب‌های ۵۰ درصد ریحان + ۵۰ درصد کنجد و ۷۵ درصد ریحان + ۲۵ درصد کنجد از حداکثر عملکرد مخلوط (به ترتیب ۱۱۴۱/۸۰ و ۱۰۹۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار) و کارایی استفاده از زمین (به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۲۹) برخوردار بودند. مهدیاسین و همکاران (۲۰۱۴) با انجام کشت مخلوط گیاه وتیور (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) با گیاهان ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، نخود سیاه (*Vigna mungo* L.)، سیر (*Allium sativum* L.)، شمعدانی (*Pelargonium*

1 - Land Equivalent Ratio

2 - Area Time Equivalent Ratio

3 - Land Use Efficiency

4 - Relative value total

5 - Actual Yield Loss

هکتار است که حاصل آن، ۳۰ تا ۶۰ کیلوگرم اسانس و ۳ تن در هکتار محصول خشک می‌باشد. بیش از ۹۹ درصد غده‌های تولیدکننده اسانس در برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار این گیاه وجود داشته و شامل ۱ تا ۲ درصد اسانس، تانن، فلاونوئید، کولین و یک ماده تلخ است. اسانس نعناع فلفلی دارای ترکیب‌های منتول (۴۰ تا ۶۰ درصد)، منتوفوران، منتون، پپیریتون، پولگون و سینئول است. نعناع فلفلی دارای خواصی مانند ضد اسپاسم، پیشگیری کننده از استفراغ، ضد نفخ، خنک کننده و آنتی باکتریال است (مارکوم و هانسون ۲۰۰۶). 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 کمی و کیفی عملکرد گیاهان دارویی و زراعی، پژوهشی با هدف ارزیابی کشت مخلوط نعناع فلفلی با باقلا در شرایط آب و هوایی مراغه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی سال زراعی 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 نه تیمار و سه تکرار اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک (جدول ۱) تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو اقدام شد. براساس تجزیه خاک، توصیه کودی شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود. کود سوپرفسفات تریپل در پاییز همزمان با شخم عمیق به زمین داده شد و کود اوره هم در دو نوبت زمان کشت به عنوان استارتر و بعد از برداشت چین اول نعناع فلفلی به صورت سرک مصرف شد. تیمارها شامل کشت خالص نعناع فلفلی و باقلا، ۱ ردیف باقلا+ ۱ ردیف

graveolens L.، نعناع (*Menthol mint*) و ذرت (*Zea mays*) نتیجه گرفتند کشت مخلوط گیاه و تیور به همراه 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) آن نسبت به سایر الگوهای کشت برتر بود. رأو و همکاران (۲۰۰۲) در کشت مخلوط نعناع صحرایی (*Menta arvensis L.*) و شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens L.*) نتیجه گرفتند بین الگوهای کشت مختلف از لحاظ بیوماس، عملکرد و کیفیت اسانس شمعدانی و کیفیت اسانس صحرایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی بیوماس و عملکرد اسانس نعناع صحرایی به ترتیب ۵۳/۴ و ۵۹/۱ درصد در کشت مخلوط با شمعدانی کاهش یافت.

میزان تولید حبوبات در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ حدود ۶۱۵ هزار تن می‌باشد. استان آذربایجان شرقی با ۸/۸۹ درصد تولید رتبه چهارم کشور را به خود اختصاص داد. سطح زیر کشت باقلا (*Vicia faba L.*) به عنوان یکی از حبوبات در ایران ۲۰ هزار هکتار بوده که ۲۴ هزار تن محصول می‌دهد (آمارنامه کشاورزی ۱۳۹۳). باقلا به عنوان گیاه اصلاح کننده خاک در نظر گرفته می‌شود. بطوری که با کشت آن ۶۰ الی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک اضافه خواهد شد (جنسن و همکاران ۲۰۱۰).

نعناع فلفلی (*Mentha Piperita L.*) یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است که مقدار مصرف سالانه‌ی اسانس آن در جهان به حدود ۷۰۰۰ تن می‌رسد. نعناع فلفلی یک گیاه دورگ (هیبرید) است که بطور خود به خودی در طبیعت بوجود آمده و والدین آن را *Mentha aquatic* و *Mentha spicata* ذکر کرده‌اند. طعم تند برگ‌های آن سبب معروفیت این گیاه به نام نعناع فلفلی شده است. عملکرد تر آن ۱۲ تا ۲۰ تن در

گردید. برای تعیین وزن خشک نعناع فلفلی براساس نوع تیمار، برداشت از خطوط وسط انجام شد. به عنوان مثال در تیمار ۳ ردیف نعناع فلفلی و ۲ ردیف باقلا، ۳ خط نعناع و ۲ خط باقلا به طول ۲ متر برداشت شدند. بعد از تعیین وزن تر بوته‌های برداشت شده آن‌ها را در محیط سایه تا ثابت شدن وزن نگهداری و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد گیاهان در واحد سطح اشغالی، وزن دانه باقلا و بیوماس خشک نعناع فلفلی را براساس نوع تیمار بر سطحی از زمین که آن گیاهان اشغال کرده بودند، تقسیم و برای محاسبه عملکرد در واحد سطح مخلوط بر سطحی از زمین که توسط هر دو گونه اشغال شده بود، تقسیم گردید (امیرمردفر و همکاران ۲۰۱۵). همچنین به منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، از شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)، نسبت برابری زمین استاندارد (LERS)^۱، عملکرد معادل نعناع فلفلی در کشت مخلوط (EYP)^۲، نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان (ATER)، نسبت معادل سطح برداشت (AHER)^۳، کارایی استفاده از زمین (LUE)، نسبت رقابت (CR)^۴، ضریب تراکم نسبی (K)^۵، غالبیت (A)^۶، کاهش واقعی عملکرد (AYL)، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)^۷، سودمندی کشت مخلوط (IA)^۸، شاخص برتری مالی کشت مخلوط (MAI)^۹ و مجموع ارزش نسبی (RVT) استفاده شد.

مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص برای هر نسبت کاشت با استفاده از نسبت برابری زمین (LER) محاسبه می‌شود. نسبت برابری زمین بر اساس سطح زیر کشت محاسبه می‌گردد و بوسیله آن مشخص می‌شود که برای بدست آوردن

نعناع فلفلی، ۱ ردیف باقلا+ ۲ ردیف نعناع فلفلی، ۲ ردیف باقلا+ ۱ ردیف نعناع فلفلی، ۲ ردیف باقلا+ ۳ ردیف نعناع فلفلی، ۳ ردیف باقلا+ ۲ ردیف نعناع فلفلی، ۱ ردیف باقلا+ ۳ ردیف نعناع فلفلی و ۳ ردیف باقلا+ ۱ ردیف نعناع فلفلی بودند. در کشت‌های خالص نعناع فلفلی و باقلا عرض هر کرت ۱/۲ متر و طول آن ۴ متر لحاظ شد و در هر کرت ۳ خط با فواصل ردیفی ۴۰ سانتی‌متری کشت شد. در کشت مخلوط ۱:۱ هر کرت شامل ۵ خط کشت و طول و عرض آن به ترتیب ۴ و ۲ متر بود. در کشت مخلوط ۱:۲ (۱ ردیف نعناع فلفلی و ۲ ردیف باقلا) و ۲:۱ (۲ ردیف نعناع فلفلی و ۱ ردیف باقلا) هر کرت شامل ۸ خط کشت با طول و عرض ۴ و ۳/۲ متر، در کشت مخلوط نواری ۳:۲ (۳ ردیف نعناع فلفلی و ۲ ردیف باقلا) و ۲:۳ (۲ ردیف نعناع فلفلی و ۳ ردیف باقلا) هر کرت شامل ۱۲ خط کشت با طول و عرض ۴ و ۴/۸ متر، در کشت مخلوط نواری ۱:۳ (۱ ردیف نعناع فلفلی و ۳ ردیف باقلا) و ۳:۱ (۳ ردیف نعناع فلفلی و ۱ ردیف باقلا) هر کرت شامل ۱۰ خط کشت با طول ۴ و عرض ۴ متر بود. به منظور آماده‌سازی زمین جهت کاشت، در اوایل پاییز ۱۳۹۴ شخم نیمه‌عمیق توسط گاواهن برگرداندار انجام شد و در بهار پس از انجام شخم سطحی، جهت نرم کردن خاک از دو نوبت دیسک عمود بر هم استفاده شد. کاشت به صورت جوی و پشته‌ای و با فواصل ۴۰ سانتی متر در ۵ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۵ به صورت همزمان انجام شد. قبل از کشت، بذور باقلا رقم محلی با باکتری *Rhizobium Leguminosarum* تلقیح گردید. همچنین کشت نعناع فلفلی از طریق ریزوم صورت گرفت. تراکم مطلوب برای نعناع فلفلی و باقلا به ترتیب ۱۲ و ۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کشت آبیاری انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز در طول دوره رشد در دو نوبت صورت پذیرفت. برداشت نعناع فلفلی در دو چین انجام شد، چین اول در ۵ مرداد و چین دوم در ۵ مهرماه صورت گرفت. در هر دو چین، نعناع فلفلی در ۵۰ درصد گلدهی برداشت

1 - Land Equivalent Ratio Standard

2 - Peppermint Equivalent Yield

3 - Area Harvest Equivalent Ratio

4 - Competition Ratio

5 - Relative Crowding Coefficient

6 - Aggressivity

7 - System Productivity Index

8 - Intercropping advantage

9 - Monetary advantage intercropping

در این رابطه t_v طول دوره رشد باقلا، t_p طول دوره رشد نعنای فلفلی و t طول دوره رشد در کشت مخلوط می‌باشد.

نسبت معادل سطح برداشت (AHER) شاخصی است برای نشان دادن کارایی یا بازده مصرف منابع محیطی که به صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{AHER} = \frac{(Y_{vp}/Y_{vv} \times n_i) + (Y_{pv}/Y_{pp} \times n_i)}{\quad} \quad \text{[رابطه ۴]}$$

n_i : بیانگر این است که در طول دوره کشت مخلوط چند بار می‌توان گیاه را بصورت خالص کاشت یا برداشت نمود.

کارایی استفاده از زمین (LUE)، توسط دو شاخص LER و ATER از طریق رابطه زیر محاسبه شد. به دلیل این که LER بیش از اندازه واقعی و ATER کمتر از عدد حقیقی سودمندی کشت مخلوط را نشان می‌دهد، بهتر است میانگین این دو شاخص برای ارزیابی کشت مخلوط استفاده گردد (سینگ و همکاران ۲۰۱۳).

$$\text{LUE} (\%) = \frac{(\text{LER} + \text{ATER})}{2} \times 100 \quad \text{[رابطه ۵]}$$

همچنین عملکرد گیاه باقلا به عنوان همراه در کشت مخلوط به معادل عملکرد نعنای فلفلی (گیاه اصلی) تبدیل و عملکرد معادل نعنای فلفلی در الگوهای مختلف کشت مخلوط از طریق روابط زیر محاسبه شد (آگیگنهو و همکاران ۲۰۰۶).

$$\begin{aligned} EY_v &= Y_v \times P_v / P_p \\ EY_p &= Y_p + EY_v \end{aligned} \quad \text{[رابطه ۶]}$$

EY_v عملکرد معادل باقلا (گرم در متر مربع)، Y_v عملکرد باقلا (گرم در متر مربع)، P_v قیمت باقلا (۸۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم)، P_p قیمت نعنای فلفلی (۵۰۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم)، Y_p عملکرد نعنای فلفلی (گرم در متر مربع) و EY_p عملکرد معادل نعنای فلفلی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

محصول حاصل از یک هکتار کشت مخلوط، چه مقدار از زمین به صورت خالص مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود (ژانگ و همکاران ۲۰۱۱).

$$\text{LER} = (Y_{vp}/Y_{vv}) + Y_{pv}/Y_{pp} \quad \text{[رابطه ۱]}$$

در این رابطه Y_{pv} و Y_{vp} بترتیب عملکرد باقلا و نعنای فلفلی در کشت مخلوط و Y_{vv} و Y_{pp} بترتیب عملکرد باقلا و نعنای فلفلی در کشت خالص می‌باشد. به‌منظور تعیین سیستم‌های مخلوطی که ضمن برخورداری از کارایی بیولوژیک بالا، نسبت عملکرد مورد نیاز مربوطه را نیز در برگیرد، از نسبت برابری زمین استاندارد استفاده می‌شود. در تعیین نسبت برابری زمین استاندارد برای تیمارهای مختلف، کشت خالصی به کار می‌رود که حداکثر عملکرد را در بردارد. نسبت برابری زمین استاندارد (LER_s) از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{LER}_s = \frac{(Y_{vp}/Y_{vv \text{ Max.}}) + (Y_{pv}/Y_{pp \text{ Max.}})}{\quad} \quad \text{[رابطه ۲]}$$

در این $Y_{vv \text{ Max.}}$ و $Y_{pp \text{ Max.}}$ بترتیب حداکثر عملکرد

باقلا و نعنای فلفلی در کشت خالص می‌باشد.

یکی از معایب نسبت برابری زمین این است که عامل زمان در نظر گرفته نمی‌شود. در کشت مخلوط گاهی اتفاق می‌افتد که دوره رویش گیاهان بیش از کشت خالص است و یا به عبارتی دیگر زراعت مخلوط زمین را بیشتر از کشت خالص یک گیاه اشغال می‌کنند. با توجه به این امر و در نظر گرفتن عامل زمان، شاخص نسبت معادل کشت و زمان (ATER) توسط عده‌ای از محققین پیشنهاد شده است (ویلی ۱۹۷۹). نسبت معادل کشت و زمان در حقیقت بیانگر کارایی تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی بر حسب واحد زمان و سطح زیر کشت می‌باشد که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ATER} = \frac{(Y_{vp}/Y_{pp} \times t_v) + (Y_{pv}/Y_{vv} \times t_p)}{t} \quad \text{[رابطه ۳]}$$

اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف می‌توان نسبت به سودمندی کشت مخلوط قضاوت کرد (یلماز و همکاران ۲۰۱۵).

$$CR_V = (LER_V / LER_P) \times (Z_{PV} / Z_{VP})$$

[رابطه ۷]

$$CR_P = (LER_P / LER_V) \times (Z_{VP} / Z_{PV})$$

ضریب تراکم نسبی (RCC)، میزان رقابت بین گیاهانی را نشان می‌دهد که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند.

$$K = k_V \times K_P$$

$$K_V = (Y_{VP} \times Z_{PV}) / [(Y_{VV} - Y_{VP}) Z_{VP}]$$

[رابطه ۸]

$$K_P = (Y_{PV} \times Z_{VP}) / [(Y_{PP} - Y_{PV}) Z_{PV}]$$

ضریب غالبیت، میزان غالبیت گیاهان را نسبت به همدیگر در کشت مخلوط نشان می‌دهد (هاگارد نیلسن و همکاران ۲۰۰۹).

$$A_V = (Y_{VP} / Y_{VV} \times Z_{VP}) - (Y_{PV} / Y_{PP} \times Z_{PV})$$

[رابطه ۹]

$$A_P = (Y_{PV} / Y_{PP} \times Z_{PV}) - (Y_{VP} / Y_{VV} \times Z_{VP})$$

جهت بدست آوردن کاهش واقعی عملکرد (AYL) از رابطه زیر استفاده شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

$$AYL = AYL_V + AYL_P$$

$$AYL_V = ((Y_{VP} / Z_{VP}) / (Y_{VV} / Z_{VV}) - 1$$

[رابطه ۱۰]

$$AYL_P = ((Y_{PV} / Z_{PV}) / (Y_{PP} / Z_{PP}) - 1$$

مخلوط می‌باشد. برای تعیین شاخص بهره وری سیستم کشت مخلوط (SPI) از رابطه زیر استفاده شد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

$$SPI = (Y_{PP} / Y_{VV}) Y_{VP} + Y_{PV}$$

[رابطه ۱۱]

نسبت رقابت، شاخص مهمی برای دانستن توانایی رقابت یک محصول با محصول دیگر است (ویلی و رائو ۱۹۸۰). با بررسی مفهومی به نام نسبت رقابت اگر چه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود، ولی با

در این رابطه Z_{PV} و Z_{VP} به ترتیب نسبت نعنای فلفلی و باقلا کاشته شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

در این رابطه A_V و A_P به ترتیب ضریب غالبیت برای باقلا و نعنای فلفلی در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

در این روابط AYL_V و AYL_P به ترتیب کاهش واقعی عملکرد کل، کاهش واقعی عملکرد باقلا و کاهش واقعی عملکرد نعنای فلفلی در الگوهای مختلف کشت

جهت تعیین سودمندی اقتصادی از شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط (IA)، سودمندی مالی (MAI) و مجموع ارزش نسبی (RVT) استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران، ۲۰۱۱).

$$IA = IA_V + IA_P$$

$$IA_V = AYL_V \times P_V$$

$$IA_P = AYL_P \times P_P$$

[رابطه ۱۲]

$$MAI = (Y_{VI} \times P_V + Y_{PI} \times P_P) \times (LER-1/LER)$$

[رابطه ۱۳]

$$RVT = (Y_{pv} \times P_p + Y_{vp} \times P_v) / Y_{pp} P_p$$

$$Y_{pp} P_p > Y_{vv} P_v$$

[رابطه ۱۴]

پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C صورت

جدول ۱- نتیجه آزمون خاک قبل از اجرای آزمایش

کلاس بافت خاک	سیلت (%)	شن (%)	رس (%)	اسیدیته	نیتروژن (%)	فسفر قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg.kg ⁻¹)	کربن آلی (%)	منگنز (mg.kg ⁻¹)	آهن (mg.kg ⁻¹)	روی (mg.kg ⁻¹)
رسی سیلتی	۵۰	۱۰	۴۰	۸/۱۱	۰/۰۸۴	۵/۷۶	۳۴۲	۰/۸۴	۷/۷۶	۷/۴۶	۱/۲۰

نتایج و بحث

عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی و مخلوط

عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی و مخلوط تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت (جدول ۲). کشت مخلوط نواری باقلا به همراه نعنای فلفلی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی نسبت به کشت خالص گردید (جدول ۳). 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 در یک سطح قرار گرفتند. میزان افزایش عملکرد در واحد سطح اشغالی در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ به ترتیب ۴۱/۳۵، ۱۸/۴۴، ۳۱/۷۱ درصد بیشتر از کشت خالص باقلا بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در

واحد سطح مخلوط به کشت خالص باقلا و بعد از آن به تیمار ۱:۳ مربوط بود. کمترین میزان عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط هم به ترتیب در تیمارهای ۳:۱ و ۲:۱ مشاهده شد. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد باقلا در کشت مخلوط را می‌توان به افزایش تعداد و وزن خشک گره آن نسبت به کشت خالص و تثبیت بیشتر نیتروژن در نتیجه اثر مساعدتی نعنای فلفلی نسبت داد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). چپاگین و رایزمن (۲۰۱۴) 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. استفاده از منابع نیتروژن در کشت مخلوط نخود فرنگی با جو ۳۱-۱۷ درصد بیشتر از کشت خالص گزارش شد (هاگارد نیلسن و همکاران ۲۰۰۹). در الگوهای کشت مخلوط، هر

همکاران (۲۰۰۶) در کشت مخلوط جو و باقلا مشاهده کردند که با افزایش حضور باقلا از ۱۲/۵ تا ۶۲/۵ درصد، عملکرد باقلا افزایش یافت که دلیل این امر را به اصل تولید رقابتی و استفاده حداکثری از منابع محیطی نسبت دادند.

چه قدر 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 می‌یابد، به طوری که تسهیم مواد فتوسنتزی به غلاف‌ها بیشتر و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (گائو و همکاران ۲۰۱۰). آگنهو و

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد باقلا تحت تاثیر کشت مخلوط با نعنای فلفلی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد دانه در سطح مخلوط	عملکرد دانه در سطح اشغالی		
۷۴/۲۳۳ ^{ns}	۲۹۷/۴۵۳ ^{ns}	۲	بلوک
۹۳۲۶/۶۴۰ ^{**}	۳۴۰۰/۰۴۸ ^{**}	۷	تیمار
۸۱/۰۵۴	۱۷۹/۲۰۸	۱۴	اشتباه آزمایشی
۷/۵۲	۶/۳۸		ضرب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه باقلا در واحد سطح اشغالی و مخلوط

عملکرد دانه در سطح اشغالی (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه در سطح مخلوط (گرم در متر مربع)	تیمار
۱۸۹/۸ a	۱۸۹/۸ c	کشت خالص باقلا
۹۱/۸۷ d	۱۸۳/۸ c	باقلا ۱:۱ نعنای
۱۲۹/۱ c	۱۹۳/۷ c	باقلا ۱:۲ نعنای
۶۳/۱۳ e	۱۸۹/۴ c	باقلا ۲:۱ نعنای
۱۶۱ b	۲۶۸/۳ a	باقلا ۲:۳ نعنای
۹۳/۸۹ d	۲۲۴/۸ b	باقلا ۳:۲ نعنای
۱۸۷/۵ a	۲۵۰ a	باقلا ۱:۳ نعنای
۴۴/۹۰ f	۱۷۹/۵ c	باقلا ۳:۱ نعنای

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

نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی (۶۲۹ گرم بر متر مربع) به تیمار ۲:۳ بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۳:۲ و ۱:۳ تعلق داشت و تیمارهای کشت خالص، ۱:۱، ۱:۲، ۲:۱ و ۳:۱ در رتبه بعدی واقع شدند. با مقایسه دو چین مشاهده شد

عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی و مخلوط

اثر تیمارهای آزمایشی و تعداد چین بر عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی و مخلوط معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین

که چین اول ۲۹/۷۸ درصد عملکرد ماده خشک در واحد سطح اشغالی بیشتری نسبت به چین دوم تولید کرد (شکل ۱). جهانسوز و همکاران (۲۰۰۷) بهبود عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را به توانایی بهتر گیاهان در جذب نور و استفاده حداکثری از منابع زیست‌محیطی نسبت دادند. نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) دلیل برتری عملکرد در کشت مخلوط را کارآیی مصرف نور بالاتر و انتقال نیتروژن تثبیت شده از لگوم ذکر کردند. این محققان مشاهده کردند در تیمارهای ۲ ردیف لوبیا+ ۲ ردیف ذرت و ۳ ردیف لوبیا+ ۳ ردیف ذرت، بهبود عملکرد بیشتر از سایر الگوهای کشت بود. در تحقیق حاضر بالاتر بودن عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نعناع فلفلی نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است، به طوری که با افزایش ردیف‌های باقلا و نعناع فلفلی، عملکرد ماده خشک در واحد سطح اشغالی نعناع فلفلی افزایش یافت. دلیل این امر را می‌توان به اصل تولید رقابتی و مساعدتی نسبت داد. اثرات مکملی باقلا از طریق تثبیت نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن برای نعناع فلفلی (شن و چو ۲۰۰۴) نمایان می‌شود که به موجب آن میزان فتوسنتز و عملکرد ماده خشک نعناع افزایش می‌یابد (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵). کوچکی و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند در الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف گاوزبان اروپایی رقابت برون‌گونه ای کمتر از سایر الگوهای کشت بوده که به

موجب آن گیاهان در این الگوی کشت برای نیچ‌های یکسانی رقابت نکرده که به موجب آن عملکرد افزایش می‌یابد. لاتاتی و همکاران (۲۰۱۶)، افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی ذرت در کشت مخلوط را به اثر مساعدتی و مکملی باقلا نسبت دادند. رضوانی مقدم و مرادی (۲۰۱۳) در کشت مخلوط شنبلیله و زیره سبز مشاهده کردند که استفاده از شنبلیله در کشت مخلوط از طریق فراهمی نیتروژن سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه زیره سبز گردید. اله دادی و همکاران (۲۰۱۳) 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 معنی‌دار با الگوهای ۲:۱، ۳:۱ و ۳:۱ تعلق داشت. 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 تولید نمود (شکل ۲). ورما و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که عملکرد خشک نعناع فلفلی در کشت مخلوط با شمعدانی ۱۱/۴ درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش پیدا کرد. همچنین رائو (۲۰۰۲) مشاهده کرد عملکرد شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.) و نعناع صحرایی (*Mentha arvensis* L.) در کشت مخلوط تفاوت چندانی با کشت خالص نداشت.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به نعنای فلفلی

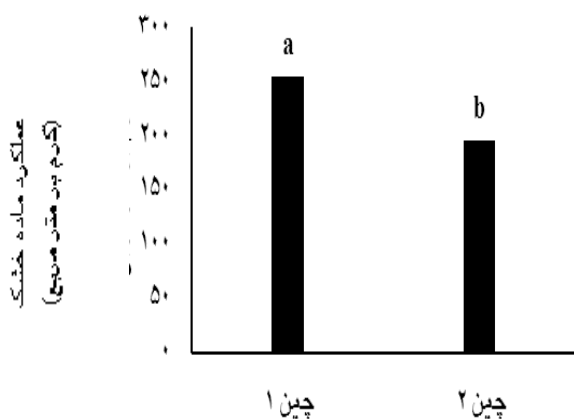
میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد ماده خشک در واحد سطح مخلوط	عملکرد ماده خشک در واحد سطح اشغالی		
۱۳۴۶۰/۸ ^{ns}	۲۵۳۶۰/۹ ^{ns}	۲	بلوک
۳۷۰۰۱/۵۰ ^{**}	۸۶۰۵۱/۶ ^{**}	۷	تیمار
۴۳۲۱/۲۱۹	۱۳۸۳۶/۲	۱۴	اشتباه اصلی
۴۰۹۹۰/۹۸۸ [*]	۱۳۶۸۱۰/۸۰ ^{**}	۱	چین
۱۰۴۹۸/۳ ^{ns}	۲۰۵۲۸/۰۹ ^{ns}	۲	تکرار × چین
۳۰۱۸/۶ ^{ns}	۱۰۳۹۵/۶ ^{ns}	۷	تیمار × چین
۴۹۲۶/۷۲	۱۴۵۰۲/۶۳	۱۴	اشتباه فرعی
۳۱/۱۳	۲۸/۴۰		ضریب تغییرات (درصد)

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

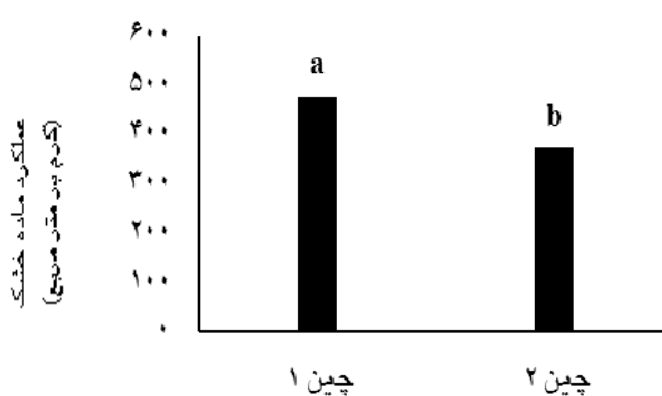
جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین (میانگین دو چین) نسبت‌های مختلف از لحاظ عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی

عملکرد ماده خشک در واحد سطح اشغالی (گرم در متر مربع)	عملکرد ماده خشک در سطح مخلوط (گرم در متر مربع)	تیمار
۳۲۰/۳ c	۳۲۰/۳ a	کشت خالص باقلا
۳۲۷/۳ c	۱۶۳/۶ bcd	باقلا ۱:۱ نعنای
۳۲۹/۹ c	۱۰۹/۹ d	باقلا ۱:۲ نعنای
۳۷۲/۶ bc	۲۴۸/۴ abc	باقلا ۲:۱ نعنای
۶۲۹ a	۲۵۱/۶ abc	باقلا ۲:۳ نعنای
۵۰۶/۵ abc	۳۰۳/۹ a	باقلا ۳:۲ نعنای
۵۴۹ ab	۱۳۷/۳ cd	باقلا ۱:۳ نعنای
۳۵۸/۳ bc	۲۶۸/۷ ab	باقلا ۳:۱ نعنای

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



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح مخلوط در دو چین



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی در دو چین

شاخص های ارزیابی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین (LER): نسبت برابری

زمین در تمامی الگوهای مختلف کشت به جزء تیمار ۱:۱ بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط باقلا با نعنای فلفلی نسبت به کشت خالص می باشد. نسبت برابری جزیی زمین برای نعنای فلفلی در الگوهای ۱:۲ و ۱:۳ و برای باقلا در نسبت های ۱:۱، ۲:۱، ۳:۲ و ۳:۱ کمتر از ۰/۵ بود که نشان دهنده عدم برتری این الگوهای کشت بر اساس کارایی استفاده از زمین می باشد (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). با افزایش خطوط کشت باقلا بر میزان نسبت برابری جزیی آن افزوده شده است. به طوری که نسبت برابری جزیی باقلا در الگوهای ۱:۳، ۲:۳، ۱:۲ و بیشتر از نسبت برابری جزیی نعنای فلفلی بوده است. بنابراین در این الگوهای کشت باقلا از کشت مخلوط با نعنای فلفلی اثر مثبت بیشتری پذیرفته است. مونتی و همکاران (۲۰۱۶) نتیجه گرفتند که افزایش LER جزیی 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، ۲۰-۳۱ درصد سطح زیرکشت 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 علف های هرز، تثبیت نیتروژن، وجود اختلاف در سیستم ریشه ای اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع دلیل افزایش LER در کشت مخلوط می باشد (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). کوچکی و همکاران (۲۰۱۲) 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. محققان دیگری در در کشت مخلوط سویا با همیشه بهار (اله دادی و همکاران ۲۰۱۳) و کشت مخلوط نخود با سیاهدانه (رضایی چیاپانه و قلی نژاد ۲۰۱۵) میزان نسبت برابری زمین را بالاتر از یک گزارش کرده اند.

جدول ۶- میزان LER معمولی و استاندارد در نسبت های مختلف کشت مخلوط

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

نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان (ATER)،
نسبت معادل سطح برداشت (AHER) و کارایی
استفاده از زمین (LUE)

با توجه به جدول ۷ مقدار ATER فقط در تیمارهای ۲:۳ و ۳:۲ بالاتر از یک بدست آمد. همچنین

بیشترین مقدار AHER به تیمارهای ۲:۳ و ۱:۳ تعلق داشت. نسبت معادل سطح برداشت بیانگر کارایی یا بازده مصرف منابع محیطی در کشت مخلوط می باشد. بالاتر بودن شاخص ATER و AHER در کشت مخلوط می تواند به دلیل افزایش کارایی مصرف نور و جذب

را بالاتر بودن میزان LER و ATER در این تیمار نسبت به الگوهای مختلف کشت مخلوط بیان نمودند. براساس شاخص معادل عملکرد، بیشترین مقادیر معادل عملکرد نعنای فلفلی در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ مشاهده شد. به طور کلی مشاهده می‌شود با افزایش خطوط نعنای فلفلی و باقلا در کشت مخلوط، معادل عملکرد نعنای فلفلی نیز افزایش پیدا کرده است. بانیک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که بالا بودن این شاخص بیانگر افزایش کارایی کشت مخلوط نعنای فلفلی با باقلا در استفاده از منابع محیطی و کارایی استفاده از زمین می‌باشد.

بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی، کاهش رشد علف‌های هرز و کاهش رقابت بین دو گونه اشاره کرد (ورما و همکاران، ۲۰۱۳ و سینگ و همکاران ۲۰۱۳). سینگ و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط شمعدانی و سیر گزارش کردند که میزان ATER در کلیه الگوهای کشت مخلوط بزرگتر از یک بدست آمد. روند LUE شبیه ATER و LER بود. به طوری که بالاترین میزان LUE در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ بدست آمد. سینگ و همکاران (۲۰۱۳) در کشت مخلوط سیر و شمعدانی مشاهده کردند که بالاترین مقدار LUE در تیمار دو ردیف سیر+ یک ردیف شمعدانی بدست آمد که دلیل آن

جدول ۷- میزان ATER، AHER، LUE و عملکرد معادل نعنای فلفلی در تیمارهای مخلوط

تیمار	ATER	AHER	LUE	عملکرد معادل نعنای فلفلی
باقلا ۱:۱ نعنای	۰/۷۱۸	۰/۷۳۹	۸۵/۶۳	۳۱۱/۱
باقلا ۱:۲ نعنای	۰/۶۹۳	۰/۸۵۲	۸۵/۷۹	۳۱۷/۲
باقلا ۲:۱ نعنای	۰/۸۵۱	۰/۷۲۰	۹۷/۹۸	۳۴۹/۸
باقلا ۲:۳ نعنای	۱/۱۶۵	۱/۲۴۱	۱۳۹/۹۶	۵۱۰/۱
باقلا ۳:۲ نعنای	۱/۰۸۱	۰/۹۴۸	۱۲۵/۵۰	۴۴۸/۳
باقلا ۱:۳ نعنای	۰/۹۴۷	۱/۲۰۲	۱۱۸/۱۸	۴۳۸/۴
باقلا ۳:۱ نعنای	۰/۸۴۸	۰/۶۵۶	۹۶/۱۷	۳۴۰/۸

شاخص‌های رقابتی

با بررسی شاخص‌های رقابتی می‌توان رفتار دو گونه را در نسبت‌های مختلف کشت، دقیق‌تر بررسی نمود. ضریب غالبیت (A) بیانگر معیاری از ارتباطات رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط است (ویلی، ۱۹۷۹). نتایج نشان داد که میزان غالبیت در همه نسبت‌های کشت برای نعنای فلفلی مثبت و برای باقلا منفی بود که بیانگر توانایی رقابتی بیشتر نعنای فلفلی نسبت به باقلا است (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). نتایج غالبیت با نتایج شاخص نسبت رقابت (CR) مطابقت دارد. به طوری که در همه نسبت‌های کشت میزان CR نعنای فلفلی بیشتر از باقلا بوده است. بنا بر گزارش ویلی

و راثو (۱۹۸۰) شاخص نسبت رقابت معیار مناسب‌تری برای ارزیابی توانایی رقابتی اجزای کشت مخلوط است و در مقایسه با شاخص‌های دیگر مانند شاخص ضریب غالبیت (A) و ضریب تراکم نسبی (K) توانایی بیشتری را در ارزیابی رقابت در کشت مخلوط دارد. در همه الگوهای کشت مقادیر CR باقلا کمتر از یک بود. کمتر بودن نسبت رقابت گونه‌ای به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود، ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از ۱ باشد مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (صادق پور و همکاران، ۲۰۱۳).

است که نعنای فلفلی در کشت مخلوط مقاومت بیشتری به کاهش عملکرد در مقایسه با باقلا دارد (یلماز و همکاران ۲۰۱۵).

ضریب تراکم نسبی نعنای فلفلی در همه نسبت‌های کشت بیشتر از ۱ بود که بیانگر برتری عملکرد نعنای فلفلی نسبت به باقلا در کشت مخلوط است. در تأیید این نتیجه می‌توان به غالبیت و نسبت رقابت بیشتر نعنای فلفلی در مقایسه با باقلا اشاره کرد. مقدار ضریب تراکم نسبی (K) برای باقلا هم در همه تیمارها به استثنای نسبت‌های ۱:۱ و ۳:۱ بالاتر از یک بود. مقدار K کل در همه تیمارها به جزء نسبت ۱:۱ بالاتر از یک بدست آمد که بیانگر سودمندی کشت مخلوط دو گیاه نسبت به کشت خالص آن‌ها است (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵). بیشترین مقدار K کل در تیمارهای ۱:۳، ۲:۳ و ۳:۲ بدست آمد. هر اندازه مقدار K بزرگتر باشد بدان معنی است که هر دو جزء در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در نتیجه آن کارایی کشت مخلوط افزایش خواهد یافت (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

شاخص افت واقعی عملکرد (AYL) اطلاعات دقیق‌تری نسبت به دیگر شاخص‌ها درباره رقابت درون و برون‌گونه‌ای محصولات و رفتار هر گونه در کشت مخلوط می‌دهد (دباغ محمدی نسب و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به مقادیر بدست آمده در جدول ۸ بیشترین مقادیر AYL در تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ بدست آمد. مقدار AYL در همه تیمارها به استثنای تیمار ۱:۱ مثبت بود. بنابراین فقط در نسبت ۱:۱ آن هم به مقدار ۱ درصد نسبت به کشت خالص کاهش عملکرد وجود داشت. مثبت بودن میزان AYL در کشت مخلوط بیانگر تأثیر مفید این گیاهان بر یکدیگر و سودمندی کشت مخلوط بوده است (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶). زو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که AYL مثبت بیانگر آن است که محصول واقعی گیاهان در کشت مخلوط بیشتر از محصول پیش بینی شده بوده و از عوامل محیطی رشد استفاده بیشتری کرده‌اند. دامنه تغییرات AYL برای نعنای فلفلی و باقلا به ترتیب (۰/۰۹۶-۰/۰۲) و (۰/۰۵۱-۰/۰۰۵) بود. مقادیر AYL برای نعنای فلفلی در کلیه نسبت‌های کشت بیشتر از باقلا بود. این بدان معنی

جدول ۸- ضریب غالبیت، نسبت رقابت و کاهش عملکرد واقعی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

تیمار	A		CR		AYL		K	
	نعناع فلفلی	باقلا	نعناع فلفلی	باقلا	نعناع فلفلی	باقلا	نعناع فلفلی	باقلا
باقلا ۱:۱ نعنای	۰/۰۵۳۵	-۰/۰۵۳۵	۱/۰۶	۰/۹۵	۰/۰۲۱۵	-۰/۰۳۱۹	۱/۰۴	۰/۹۴
باقلا ۱:۲ نعنای	۰/۰۰۹۲	-۰/۰۰۹۲	۱/۰۱	۰/۹۹	۰/۰۳۹۷	۰/۰۳۰۶	۱/۰۴	۱/۱۱
باقلا ۲:۱ نعنای	۰/۱۶۷۱	-۰/۱۶۷۱	۱/۱۷	۰/۸۶	۰/۱۷۵۰	۰/۰۰۷۹	۱/۷۳	۱/۷۲
باقلا ۲:۳ نعنای	۰/۵۵۰۰	-۰/۵۵۰۰	۱/۳۹	۰/۷۲	۰/۹۶۳۸	۰/۴۱۳۸	۵/۴۹	۳/۷۳
باقلا ۳:۲ نعنای	۰/۳۹۶۸	-۰/۳۹۶۸	۱/۳۳	۰/۷۵	۰/۵۸۱۳	۰/۱۸۴۵	۱۲/۳۵	۱/۳۵
باقلا ۱:۳ نعنای	۰/۳۹۷۵	-۰/۳۹۷۵	۱/۳۰	۰/۷۷	۰/۷۱۴۶	۰/۳۱۷۲	۲/۲۵	۲۷/۱۷
باقلا ۳:۱ نعنای	۰/۱۷۲۳	-۰/۱۷۲۳	۱/۱۸	۰/۸۵	۰/۱۱۸۵	-۰/۰۵۳۷	۱/۷۴	۰/۹۳

(RVT) در هر یک از تیمارهای کشت مخلوط به تفکیک در جدول ۹ ارائه شده است. مثبت بودن مقادیر این شاخص‌ها گویای سودمندی و مزیت اقتصادی کشت

شاخص‌های اقتصادی

مقادیر شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط (IA)، سودمندی مالی (MAI) و مجموع ارزش نسبی

خالص گزارش کردند که دلیل آن را به مساعدت و بهبود دسترسی به منابع در نتیجه کشت مخلوط با شنبلیله نسبت دادند. شاخص دیگری که بهره‌وری و کارایی سیستم کشت مخلوط را نمایان می‌سازد، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) می‌باشد. بالاتر بودن این شاخص بیانگر افزایش کارایی سیستم مخلوط است. با توجه به مقادیر بدست آمده در جدول ۹، با افزایش تعداد ردیف کشت میزان SPI افزایش یافته است، به طوری که بیشترین میزان SPI به تیمارهای ۲:۳، ۳:۲ و ۱:۳ تعلق داشت. دلیل آن به LER و LUE بالاتر این تیمارها برمی‌گردد. لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند در تیمارهایی که از LER و K بالاتری برخوردار باشند میزان SPI بالاتر و در نتیجه ثبات عملکرد بیشتری داشتند.

مخلوط باقلا با نعنای فلفلی و استفاده بهتر از منابع در دسترس توسط این دو گیاه در مقایسه با کشت خالص آنها می‌باشد. همه نسبت‌های کشت به استثنای ۱:۱ دارای IA و MAI مثبت بودند. بیشترین میزان IA کل و MAI در تیمارهای ۲:۳، ۱:۳ و ۳:۲ مشاهده شد. بالاتر بودن مقادیر نسبت برابری زمین (LER) و ضریب ازدحام نسبی (K) در تیمارهای مذکور سبب افزایش مقادیر MAI شده است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱). مقادیر مجموع ارزش نسبی (RVT) در همه تیمارها به استثنای ۱:۱ و ۱:۲ بالاتر از یک بدست آمد، که نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی این تیمارها نسبت به کشت خالص می‌باشد. صدری و همکاران (۲۰۱۴) در کشت مخلوط ۱۰۰ درصد رازیانه + ۳۳ درصد شنبلیله، ۱۱ درصد افزایش درآمد ناخالص را نسبت به کشت

جدول ۹- مقادیر شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط (IA)، سودمندی مالی (MAI)، بهره‌وری سیستم (SPI) و مجموع ارزش نسبی (RVT) نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

RVT	SPI	MAI	IA			تیمار
			کل	باقلا	نعنای فلفلی	
۰/۹۷۱	۳۱۸/۶۴	-۲/۳۰۶	-۰/۰۴۲	-۰/۰۷۳	۰/۰۲۱	باقلا ۱:۱ نعنای
۰/۹۹۰	۳۲۷/۷۶	۱۰/۲۵۸	۰/۱۲۶	۰/۰۷۰	۰/۰۵۶	باقلا ۱:۲ نعنای
۱/۰۹۲	۳۵۴/۹۴	۴۸/۴۶۶	۰/۲۶۷	۰/۰۱۸	۰/۲۴۹	باقلا ۲:۱ نعنای
۱/۵۹۳	۵۲۳/۳۰	۲۸۰/۹۹۱	۲/۳۱۲	۰/۹۴۳	۱/۳۶۹	باقلا ۲:۳ نعنای
۱/۴۰۰	۴۵۵/۶۶	۱۸۹/۱۰۷	۱/۲۴۶	۰/۴۲۱	۰/۸۲۵	باقلا ۳:۲ نعنای
۱/۳۶۹	۴۵۳/۷۲	۱۸۳/۰۴۰	۱/۷۳۸	۰/۷۲۳	۱/۰۱۵	باقلا ۱:۳ نعنای
۱/۰۶۴	۳۴۴/۴۷	۳۳/۹۵۷	۰/۰۴۶	-۰/۱۲۳	۰/۱۶۸	باقلا ۳:۱ نعنای

نتیجه گیری کلی

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 طوری‌که 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 ماده خشک نعنای فلفلی در واحد سطح اشغالی نیز به تیمار ۲:۳ بدون تفاوت معنی‌دار با تیمارهای ۳:۲ و ۱:۳ تعلق داشت. همچنین بالاترین نسبت برابری زمین استاندارد (LERs)، کارایی استفاده از زمین (LUE)، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)، سودمندی کشت مخلوط (IA)، سودمندی مالی (MAI) و مجموع ارزش نسبی (RVT) به این الگوهای کشت تعلق داشت. در کل

مخلوط باقلا با نعنای فلفلی با الگوی کشت ۲:۳، علاوه بر ایجاد تنوع و پایداری در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی بطور قابل ملاحظه‌ای موثر می‌باشد.

با توجه به بیشتر بودن عملکرد دانه باقلا و عملکرد ماده خشک نعنای فلفلی در الگوی کشت ۲:۳ می‌توان این الگو را به عنوان تیمار برتر از لحاظ شاخص‌های زراعی و اقتصادی در نظر گرفت. بنابراین می‌توان گفت کشت

منابع مورد استفاده

- Agegehu G, Ghizam A and Sinebo W, 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202-207.
- Allahdadi M, Shakiba MR, Dabbagh Mohammadi Nasab A and Amini R, 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 23(3): 47-58. (In Persian).
- Amirmardfar R, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Raei Y, Khaghaninia S, Amini R and Tabataba Vakili SH, 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 Persian).
- Bahador M, Abdali-Mashhadi A, Koochekzade A, Lotfi A and Yousefian H, 2014. Evaluation of intercropping of garlic (*Allium sativum* L.) with some medicinal plants in Ahvaz climatic conditions. *Journal of Agroecology*, 6(3): 488-494. (In Persian).
- Banik P, Midya A, Sarkar B K and Ghose SS, 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24: 325-332.
- Bargaz A, Isaac ME, Jensen ES and Carlsson G, 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.
- Barker S and Dennett M D, 2013. Effect of density, cultivar and irrigation on spring-sown monocrops and intercrops of wheat (*Triticum aestivum* L.) and faba beans (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 51: 108– 116.
- Cao S, Luo H, Jin M, Jin S, Duan X, Zhou Y, Chen W, Liu T, Jia Q, Zhang B, Huang J, Wang X, Shang X and Sun Z, 2015. Intercropping influenced the occurrence of stripe rust and powdery mildew in wheat. *Crop Protection*, 70: 40-46.
- Chapagain T and Riseman A, 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166: 18–25.
- Dabbagh Mohammadi Nasab A, Amon T and Kaul HP, 2011. Competition and yield in intercrops maize and sunflower for biogas. *Industrial Crops and Products*, 34: 1203-1211.
- Hamzei J, Seyedi M, Ahmadvand G and Abutalebian MA, 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.
- Gao Y, Duana A, Qiua X, Liua Z, Suna J, Zhang J and Wanga H, 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management*, 98: 199-212.
- Hauggaard-Nielsen H, Gooding M, Ambus P, Corre-Hellou G, Crozat Y, Dahlmann C, Dibet A, Von Fragstein P, Pristeri A, Monti M and Jensen ES, 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.
- Ibrahim M, Ayub M, Maqbool MM, Nadeem SM, Haq T, Hussain S, Ali A, Lauriault LM, 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research*, 169: 140-144.
- Jahansooz MR, Yunusa IAM, Coventry DR, Palmer AR, Eamus D, 2007. Radiation and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. *European Journal of Agronomy*, 26: 275-282.
- Jensen ES, Peoples Mb and Hauggaard-Nielsen H, 2010. Faba bean in intercropping systems. *Field Crop Research*, 115: 203-216.
- Koocheiki A, Shabahang J, Khorramdel S and Amin G, 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 Persian).
- Latati M, Bargaz A, Belarbi B, Lazali M, Benlahrech S, Siham T, Kaci G and Jean JD, 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.
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA, 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Maffi M and Mucciarelli M, 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, 84: 229 – 240.
- Marcum DB and Hanson BR, 2006. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. *Agricultural Water Management*, 82: 118-128.
- Monti M, Pellicanò A, Santonoceto C, Preiti G and Pristeri A, 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 196: 379-388.
- Motaghian A, Pirdashti H, Akbarpour V, Sarajpour G, Yaghoubi Khanghahi M and Shariatnejad S, 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixtures via competition indices. *Journal of Agroecology*, 5(3): 243-254. (In Persian).
- Nasiri Mahallati M, Koocheiki A, Mondani F, Amirmoradi Sh and Feizi H, 2015. Evaluation of Maize (*Zea mays* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Growth Indices in Strip Intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1): 14-23. (In Persian).
- Rao BR, 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with commint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens Malinv. Ex Holmes). *Industrial Crops and Products*, 16: 133-144.
- Rezvani Moghadam P and Moradi R, 2013. Evaluation of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essence quantity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2): 217-230. (In Persian).
- Rezaei-Chiyaneh E and Gholinezhad E, 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Agroecology*, 7 (3): 381-396. (In Persian).
- Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaeili A, Hosseini MB, Hashemi M, 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research*, 148: 43–48.
- Sadri S, Poor Yousef M and Soleimani A, 2014. Evaluation of yield, essential oil and productivity indices in fennel and fenugreek intercropping. *Agricultural Crop Management*, 16 (4):921-932.
- Shen QR and Chu GX, 2004. Bi-directional nitrogen transfers in an intercropping system of peanut with rice cultivated in aerobic soil. *Biology and Fertility of Soils*, 40: 81-87.

- Singh M, Singh UB, Ram M, Yadav A and Chanotiya CS, 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.
- Verma RK, Chauhan A, Verma RS, Rahman L and Bisht A, 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.
- Willey RW, Rao MR, 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 16:117-125.
- Willey RW, 1979. Intercropping its importance and research needs: Part I. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts*, 32:1-10.
- Xu BC, Li FM and Shan L, 2008. Switch grass 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.
- Yaseen M, Singh M and Ram D, 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 61: 417-421.
- Yilmaz S, Ozel A, Atak M and Erayman M, 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.
- Zhang G, Yang Z and Dong S, 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research*, 124: 66-73.