



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۱ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۸

صفحه‌های ۷۵-۹۲

### ارزیابی عملکرد، درصد اسانس و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط ردیفی

#### شنبليله و مرزه

سکینه عبدی\*

استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی، اهر، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۰۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳

#### چکیده

به‌منظور بررسی اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد و درصد اسانس شنبليله و مرزه در کشت مخلوط و همچنین ارزیابی سودمندی زراعی و اقتصادی آن، آزمایش مزرعه‌ای در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر و در سال زارعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل الگوهای کشت مخلوط ردیفی ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱)، ۶۷ درصد مرزه+۳۳ درصد شنبليله (۱:۲)، ۳۳ درصد مرزه+۶۷ درصد شنبليله (۲:۱)، ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبليله (۲:۲)، ۷۵ درصد مرزه+۲۵ درصد شنبليله (۱:۳) و ۲۵ درصد مرزه+۷۵ درصد شنبليله (۳:۱) و کشت خالص شنبليله و مرزه بود. صفات عملکرد و پروتئین دانه شنبليله، درصد و عملکرد اسانس شنبليله، وزن زیست توده مرزه، درصد و عملکرد اسانس مرزه اندازه‌گیری شد و شاخص‌های مورد بررسی شامل شاخص نسبت برابری زمین، افزایش یا کاهش عملکرد واقعی، ضریب نسبی تراکم، شاخص سودمندی، نسبت رقابتی، شاخص کل ارزش نسبی و بهره‌وری سیستم بود. نتایج نشان داد که عملکرد دانه شنبليله در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای کشت مخلوط بود. بیش‌ترین درصد پروتئین دانه شنبليله، عملکرد زیست‌توده مرزه، درصد اسانس و عملکرد اسانس مرزه از کشت ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) حاصل شد. بالاترین عملکرد اسانس شنبليله مربوط به کشت خالص بود که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط با الگوی کشت ۲۵ درصد مرزه+۷۵ درصد شنبليله نداشت. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیش‌ترین مقدار سودمندی کشت مخلوط (۱/۲۹) از الگوی کشت ۲۵ درصد مرزه+۷۵ درصد شنبليله به‌دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۹۴) در کشت ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) بود که نشان‌دهنده ۹۴ درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص است. شاخص بهره‌وری سیستم نیز در الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) بیشتر از الگوهای دیگر (۱۸۶۰/۳) بود. با توجه به عملکرد و شاخص‌های سودمندی زراعی و اقتصادی محاسبه شده به‌نظر می‌رسد که الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبليله (۱:۱) می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

**کلیدواژه‌ها:** بهره‌وری سیستم، پروتئین دانه، زیست‌توده، عملکرد، متابولیت‌های ثانویه.

## مقدمه

با توجه به افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضای مواد غذایی و از طرفی کاهش زمین‌های مناسب برای تولید، به نظر می‌رسد تنها راه افزایش محصولات کشاورزی، افزایش تولید در واحد سطح باشد (Hirpa, 2014). امروزه به‌کارگیری نظام‌های زراعی مناسب به‌عنوان راه‌کاری مؤثر در افزایش پایداری و بهبود تولید محصولات زراعی و ایجاد امنیت غذایی در سطح جهان مطرح می‌باشد. کشت مخلوط در بسیاری از مناطق جهان برای تولید غذا و علوفه مورد استفاده قرار گرفته و در مقایسه با کشت خالص کارآمدتر عمل کرده (Carruthers et al., 2000) و از جمله روش‌های مهم نظام‌های پایدار در کشاورزی، اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیش‌تر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند (Fernandez Aparicio et al., 2007).

شنبليله از جمله گیاهان دارویی است که دارای خاصیت دگرآسیبی می‌باشد. این گیاه با نام علمی *Trigonella foenum-graecum* L. از تیره Fabaceae می‌باشد که ریشه، دانه و اندام هوایی آن از لحاظ میزان متابولیت‌های ثانویه بسیار غنی است و دارای ارتفاع ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و برگ‌های متناوب و مرکب از سه برگچه می‌باشد. بذر و قسمت‌های هوایی شنبليله قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام مورد استفاده بوده است. این گیاه در طب سنتی ایران و ملل مختلف سابقه مصرف دیرینه داشته و خواص درمانی فراوانی از آن گزارش شده است (Mandegary, 2012).

مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی دارویی یکساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده Lamiaceae است که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا ساقه‌های کم‌انگیخته با ارتفاع ۱۰ تا ۶۰ سانتی‌متر به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد. در

سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی وجود دارد که غده نامیده می‌شود که حاوی اسانس است. مرزه از جمله گیاهان ارزشمندی است که از سرشاخه‌های گلدار آن به‌طور وسیعی در صنایع بهداشتی، غذایی و دارویی استفاده می‌شود (Yazdanpanah et al., 2011).

کشت مخلوط لگوم‌ها با گیاهان دیگر علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصل‌خیزی خاک می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله لگوم‌ها به گیاهان همراه آنها منتقل می‌شود و می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاده کمک کند (Banik et al., 2006). در مقایسه با حالت تک‌کشتی، برتری عملکرد کل در سیستم‌های کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم‌ها نظیر باقلا و جو (Vandermeer, 1990)، یونجه و ذرت (Zhang et al., 2008)، گاوآینه و جو (Hamzei, 2012) نخود و جو (Hamzei & Babaei, 2015) و نخود و زعفران (Zhang et al., 2011) گزارش شده است. Lamei Hervani (2013) با بررسی اقتصادی کشت مخلوط خلر با جو و تربیتکاله، کم‌ترین مقدار عملکرد ماده خشک را از تیمار کشت خالص لگوم (خلر) گزارش کردند. تحقیق انجام شده توسط Asadi & Khorramdel (2013) که نسبت‌های کشت آن شامل ۷۵ درصد ماشک + ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد ماشک + ۵۰ درصد جو و ۲۵ درصد ماشک + ۷۵ درصد جو و کشت خالص دو گیاه بود، نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک و دانه از تیمار کشت خالص جو و در بررسی Rostaie et al. (2015) از تیمارهای کشت خالص سیاهدانه و شنبليله به‌دست آمد. در کشت مخلوط نعنای و سویا، عملکرد و کیفیت اسانس کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (Maffei & Mucciarelli, 2003). در بررسی کشت مخلوط گیاه مرزه و شبدر ایرانی مشاهده شد که با افزایش تراکم گیاه دارویی مرزه در کشت مخلوط، عملکرد اسانس

مخلوط این دو گونه به منظور حصول بیشترین عملکرد و بالاترین میزان نسبت برابری زمین و شاخص‌های سودمندی زراعی و اقتصادی کشت مخلوط بود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ای در استان آذربایجان شرقی در منطقه گرنگاه واقع در جنوب شهرستان اهر با مختصات ۳۸ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نسبت‌های جایگزینی یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله (۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله)، دو ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله (۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبلیله)، یک ردیف مرزه + دو ردیف شنبلیله (۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله)، دو ردیف مرزه + دو ردیف شنبلیله (۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله)، سه ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله (۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله)، یک ردیف مرزه + سه ردیف شنبلیله (۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله) و کشت خالص شنبلیله و مرزه بود. خاک محل اجرای آزمایش، خاک زراعی با بافت رسی لومی بود که برخی مشخصات آن در جدول ۱ ذکر شده است. عملیات آماده‌سازی بستر کشت شامل شخم و دیسک در نیمه اول آبان‌ماه سال ۱۳۹۴ بود که به میزان ۲۵ تن در هکتار کود دامی کاملاً پوسیده نیز به خاک مزرعه اضافه گردید (Lamei, 2013)، یک دیسک سبک نیز قبل از کشت زده شد. به دلیل اثرات منفی کودها و سموم شیمیایی بر ترکیبات و اسانس گیاهان دارویی، از روش‌های بوم‌شناختی شامل تهیه بذر مناسب و وجین علف‌های هرز به صورت دستی ۲۰ و ۴۰ روز بعد از کشت گیاهان استفاده گردید و سموم و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت.

در واحد سطح افزایش یافت (Hassanzadeh Aval *et al.*, 2012). Prasad *et al.* (2001) گزارش کردند که کشت مخلوط سیب‌زمینی و شنبلیله سبب افزایش کارایی استفاده از زمین شد. در بررسی Aasim *et al.* (2008) کشت مخلوط پنبه با بادام‌زمینی و سورگوم منجر به کاهش عملکرد واقعی پنبه و افزایش عملکرد واقعی بادام‌زمینی و سورگوم گردید. در بررسی Yilmaz *et al.* (2008) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا و در بررسی Dhima *et al.* (2007) در کشت مخلوط یولاف و جو با ماشک، شاخص افزایش یا کاهش عملکرد واقعی در لگوم منفی و در گیاه دیگر مثبت بود به عبارت دیگر در گیاه لگوم کاهش عملکرد واقعی و در گیاه دیگر افزایش عملکرد واقعی مشاهده شد. Bigonah *et al.* (2014) نشان دادند که تیمار ۲۵ درصد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و ۷۵ درصد شنبلیله بیشترین ارتفاع و عملکرد زیستی شنبلیله، بیشترین نسبت برابری زمین، کمترین درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد زیستی گیاه گشنیز را به خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع، عملکرد زیستی، درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز و کمترین عملکرد زیستی گیاه شنبلیله در تیمار ۷۵ درصد گشنیز و ۲۵ درصد شنبلیله مشاهده شد.

با توجه به سابقه و مزیت کشت مخلوط شنبلیله با سایر گیاهان دارویی مانند زیره (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012)، شوید (Rezaei-chiyaneh *et al.*, 2016)، گشنیز (Bigonah *et al.*, 2014)، رازیانه (Sadri *et al.*, 2015) و آنیسون (Mardani & Balouch, 2015) و زراعی مانند عدس و باقلا (Fernandez Aparicio *et al.*, 2007) و عدم مطالعه کشت مخلوط آن با گیاه دارویی مرزه، این پژوهش به منظور بررسی کشت مخلوط شنبلیله-مرزه با الگوهای مختلف کاشت ردیفی اجرا شد و هدف از آن ارزیابی عملکرد و صفات کیفی دو گونه در کشت مخلوط و تک‌کشتی و تعیین بهترین نسبت کشت

جدول ۱. برخی مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک

پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	نیتروژن (%)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	اسیدیته خاک	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)
۳۲۴	۹/۸	۰/۰۳	۲۴	۴۴	۳۲	۷/۲۵	۰/۷۸	۰/۵۲

گیاه (شامل برگ‌ها و سرشاخه‌ها) بود که در مرحله گل‌دهی کامل برداشت و در سایه خشک شده بودند. نمونه در بالون ته گرد یک و نیم لیتری ریخته شد و مقداری آب مقطر (حدود دو سوم حجم بالون) به آن اضافه گردید و عمل تقطیر به مدت سه ساعت انجام شد. سپس درصد اسانس مربوط به هر نمونه اندازه‌گیری و ثبت گردید.

غلاف‌های شنبليله پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل شده، وزن و عملکرد دانه بر اساس میزان رطوبت ۸ درصد تنظیم و در محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه یک نمونه ۱۰۰ گرمی از هر تیمار در برداشت نهایی انتخاب و پس از آسیاب شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی (Memmert، آلمان) در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس یک گرم از نمونه آسیاب‌شده هر تیمار توزین و طی مراحل مختلف آزمایش توسط دستگاه کج‌دال (2300 Unit Analyzer Kj، دانمارک) مقدار نیتروژن نمونه‌ها به صورت درصد تعیین شد (Hesse, 1971). برای اندازه‌گیری درصد اسانس شنبليله نیز از دستگاه کلونجر استفاده شد. برای این منظور ۵۰ گرم از نمونه بذر به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب را در داخل دستگاه ریخته و پس از گذشت ۳ ساعت حرارت دادن اسانس حاصل را جدا نموده و سپس میزان آن تعیین گردید.

به منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از معیارهای نسبت برابری زمین<sup>۳</sup> (LER)، افزایش یا کاهش عملکرد

واحدهای آزمایشی به ابعاد ۲×۳ متر آماده شد که هر واحد آزمایشی شامل هشت ردیف به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بین واحدهای آزمایشی نیم متر و بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کشت هر دو گیاه مورد تحقیق به صورت هم‌زمان و در نهم اردیبهشت‌ماه، در دو سمت پشته‌ها و با فاصله یکسان ۱۰ سانتی‌متر بین هر بوته در ردیف انجام شد. در کل تراکم گیاهان در هر کرت و هر تیمار کشت مخلوط ثابت بود و تنها آرایش کشت آنها در ردیف‌های کنار هم تغییر نمود. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری گردیده و آبیاری‌های بعدی در طول دوره رشد با توجه به شرایط محیطی و بر اساس نیاز گیاهان و در دوره‌های هفت روزه انجام شد. برداشت اندام‌های رویشی مرزه در زمان گل‌دهی کامل این گیاه (یازدهم مردادماه) و دانه شنبليله زمانی که ۹۰ درصد غلاف‌های شنبليله قهوه‌ای شده بود (نوزدهم مردادماه) انجام شد. برداشت پس از حذف خطوط کناری و نیم متر از انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان اثر حاشیه‌ای صورت گرفت.

نمونه‌های گیاهی مرزه برداشت‌شده در سایه و در دمای اتاق خشک شدند و پس از توزین وزن خشک، ماده گیاهی خشک‌شده توسط آسیاب برقی پودر شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. نمونه‌های گیاهی تا زمان اسانس‌گیری در محلی خنک نگهداری شدند. استخراج اسانس به روش تقطیر با آب<sup>۱</sup> و با استفاده از دستگاه کلونجر<sup>۲</sup> انجام شد. برای این کار از ۱۰۰ گرم نمونه آسیاب‌شده استفاده شد. این نمونه شامل بخش‌های هوایی

1. Hydrodistillation  
2. Clevenger

3. Land Equivalent Ratio

مخلوط کشت شده‌اند. ضریب نسبی تراکم (K) با استفاده از معادله‌های ۷ تا ۹ محاسبه می‌گردد:

$$K_{Total} = K_f \times K_s \quad (7)$$

$$Z_{fs} K_f = Y_{fs} Z_{sf} / (Y_{ff} - Y_{fs}) \quad (8)$$

$$K_s = Y_{sf} Z_{fs} / (Y_{ss} - Y_{sf}) Z_{sf} \quad (9)$$

که  $K_s$  و  $K_f$  به ترتیب ضریب نسبی تراکم شنبلیله و مرزه،  $Y_{fs}$  عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط با مرزه،  $Y_{sf}$  عملکرد مرزه در کشت مخلوط با شنبلیله،  $Z_{sf}$  سهم مرزه در کشت مخلوط،  $Z_{fs}$  سهم شنبلیله در کشت مخلوط،  $Y_{ff}$  عملکرد شنبلیله در تک‌کشت،  $Y_{ss}$  سهم مرزه در تک‌کشتی است. اگر  $K_f = 1$  باشد، در گیاه شنبلیله اثر رقابت درون‌گونه‌ای با برون‌گونه‌ای برابر است. ولی اگر ضریب نسبی تراکم برای هر دو گونه ( $K_s$  و  $K_f$ ) برابر واحد باشد، در مخلوط حالت موازنه یا تعادل رقابت برقرار خواهد بود. در حالتی که ضریب نسبی تراکم برای هر گونه برابر واحد نباشد، گیاهی که ضریب آن بیشتر است گیاه غالب خواهد بود (Ghosh, 2004; Lithourgidis et al., 2011). با استفاده از این معیار، اگر  $K_{Total} < 1$  باشد، میزان محصول به‌دست‌آمده از کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است. اگر  $K_{Total} > 1$  باشد، کشت مخلوط سودمند خواهد بود و در نهایت اگر چنانچه  $K_{Total} = 1$  باشد در کشت مخلوط هیچ‌گونه افزایش یا کاهش نسبی به کشت خالص دیده نمی‌شود (Lithourgidis et al., 2011).

شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA) نیز با استفاده از معادله ۱۰ محاسبه شد (Banik, 1996):

$$IA = \frac{[P_a / (P_a + P_b)] \times AYL_a + [P_b / (P_a + P_b)] \times AYL_b}{P_s} \quad (10)$$

در این رابطه،  $P_f$  قیمت واحد محصول شنبلیله،  $P_s$  قیمت واحد محصول مرزه،  $AYL_f$  افزایش یا کاهش عملکرد واقعی شنبلیله،  $AYL_s$  افزایش یا کاهش عملکرد واقعی مرزه است. در این رابطه قیمت واحد محصول شنبلیله ۱۴۰۰۰۰ ریال و مرزه ۲۶۰۰۰۰ ریال منظور گردید.

واقعی<sup>۱</sup> (AYL)، ضریب نسبی تراکم<sup>۲</sup> (K) و سودمندی کشت مخلوط<sup>۳</sup> (IA) استفاده گردید.

برای محاسبه نسبت برابری زمین از معادله‌های ۱ تا ۳ استفاده شد:

$$LER_{Total} = LER_f + LER_s \quad (1)$$

$$LER_f = Y_{fs} / Y_{ff} \quad (2)$$

$$LER_s = Y_{sf} / Y_{ss} \quad (3)$$

که در این رابطه  $LER_{Total}$ ،  $LER_f$  و  $LER_s$  به ترتیب نسبت برابری زمین کل، نسبت برابری زمین شنبلیله و نسبت برابری زمین مرزه و  $Y_{ff}$ ،  $Y_{fs}$ ،  $Y_{sf}$  و  $Y_{ss}$  به ترتیب عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط، عملکرد شنبلیله در کشت خالص، عملکرد مرزه در کشت مخلوط و عملکرد مرزه در کشت خالص می‌باشد (Prasad et al., 2001).

افزایش یا کاهش عملکرد واقعی (AYL) نیز طبق معادله‌های ۴ تا ۶ محاسبه شد (Banik, 1996):

$$AYL_{Total} = AYL_f + AYL_s \quad (4)$$

$$AYL_f = \left[ \left( \frac{Y_{fs}}{Z_{fs}} \right) / \left( \frac{Y_{ff}}{Z_{ff}} \right) \right] - 1 \quad (5)$$

$$AYL_s = \left[ \left( \frac{Y_{sf}}{Z_{sf}} \right) / \left( \frac{Y_{ss}}{Z_{ss}} \right) \right] - 1 \quad (6)$$

در این رابطه،  $Z_{fs}$  سهم شنبلیله در کشت مخلوط،  $Y_{fs}$  عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط با  $Z_{sf}$  سهم مرزه در کشت مخلوط،  $Y_{sf}$  عملکرد مرزه در کشت مخلوط با شنبلیله،  $Y_{ff}$  عملکرد شنبلیله در تک‌کشت،  $Y_{ss}$  عملکرد مرزه در تک‌کشت،  $Z_{ff}$  سهم شنبلیله در تک‌کشتی و  $Z_{ss}$  سهم مرزه در تک‌کشتی است.

برای تعیین میزان رقابت بین گیاهان و غالبیت نسبی یک گونه بر گونه دیگر در کشت مخلوط، شاخص ضریب نسبی تراکم که توسط Ghosh (2004) مورد استفاده قرار گرفته است، به کار برده شد. این ضریب مشخص‌کننده میزان رقابت بین گیاهی است که با استفاده از روش جایگزینی به صورت

1. Actual Yield Loss or Gain
2. Relative Crowding Coefficient
3. Intercropping Advantage

برای آزمون نرمال بودن، نرم افزار MINITAB (نسخه ۱۴) مورد استفاده قرار گرفت.

### نتایج و بحث

اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه شنبلیله، پروتئین دانه شنبلیله، درصد و عملکرد اسانس شنبلیله، وزن زیست توده مرزه و درصد و عملکرد اسانس مرزه در سطح احتمال یک درصد ( $P \leq 0.01$ ) معنی دار بود (جدول ۲).

### عملکرد دانه شنبلیله

بین الگوهای مختلف کاشت، بیشترین عملکرد دانه شنبلیله (۹۵۷/۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص به دست آمد (جدول ۳). کمترین میزان عملکرد دانه (۲۶۶/۸ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به کشت ۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله بود. چنین به نظر می رسد که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای در کشت خالص، گیاه شنبلیله به عنوان گیاه غالب باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع به‌ویژه نور شده و در نتیجه میزان شاخص سطح برگ و فتوسنتز و به تبع آن تجمع ماده خشک در کشت خالص نسبت به تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایش یافته است (Lamei Hervani, 2013). در کشت خالص شنبلیله، هر بوته شنبلیله برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان با مرزه رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار شنبلیله قرار گرفته است که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد (Rezaei-chiyaneh et al., 2016). در تحقیق حاضر کاهش عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط را می‌توان به تشدید رقابت بین گونه‌ای مرزه با شنبلیله و کاهش فضا نسبت داد که سبب کاهش نور و کاهش رشد و فتوسنتز شنبلیله شده و به دنبال آن عملکرد آن را کاهش داده است. در کشت مخلوط، گونه همراهی که ارتفاع و شاخ و برگ بیشتری دارد نقش گیاه غالب را ایفا می‌کند و سهم عمده‌ای

نسبت رقابت<sup>۱</sup> (CR)، شاخص مهمی برای دانستن توانایی رقابت یک محصول با محصول دیگر است (Willey & Rao, 1980). با بررسی مفهومی به نام نسبت رقابت اگرچه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود، ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف می‌توان نسبت به سودمندی کشت مخلوط قضاوت کرد (Yilmaz et al., 2015).

$$CR_f = (LER_f / LER_s) \times (Z_{sf} / Z_{fs}) \quad (11)$$

$$CR_s = (LER_s / LER_f) \times (Z_{fs} / Z_{sf}) \quad (12)$$

که در این رابطه  $Z_{sf}$  و  $Z_{fs}$  به ترتیب نسبت شنبلیله و مرزه کاشته شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

برای محاسبه شاخص کل ارزش نسبی<sup>۲</sup> (RVT) از رابطه زیر استفاده شد (Sadri et al., 2015):

$$RVT = (aP_f + bP_s) / aM_s \quad (13)$$

در این رابطه  $P_s$  و  $P_f$  به ترتیب عملکرد گونه‌های شنبلیله و مرزه در کشت مخلوط و  $M_s$  عملکرد مرزه در کشت خالص و  $a$  و  $b$  به ترتیب قیمت شنبلیله و مرزه می‌باشد (Vandermeer, 1990).

به منظور برآورد شاخص بهره‌وری سیستم<sup>۳</sup> (SPI) کشت مخلوط نیز از معادله زیر استفاده شد (Agegnehu et al., 2006):

$$SPI = (Y_{ff} / Y_{ss}) \times Y_{sf} + Y_{fs} \quad (14)$$

که در این رابطه  $Y_{ff}$  عملکرد شنبلیله در کشت خالص،  $Y_{ss}$  عملکرد مرزه در کشت خالص،  $Y_{sf}$  عملکرد مرزه در کشت مخلوط و  $Y_{fs}$  عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط است. جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار کامپیوتری MSTAT-C و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال خطای یک درصد استفاده شد.

1. Competitive Ratio
2. Relative Value Total
3. System Productivity Index

شاخ و برگ شنبلیله جذب شده است و بیش‌تر بودن غلظت پروتئین دانه در شرایط کشت مخلوط نسبت به شرایط تک-کشتی شنبلیله مربوط به وقوع اثر تغلیظ می‌باشد (Marschner, 2003)، یا به‌عبارت دیگر، به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه شنبلیله در تیمار کشت خالص و اثر رقت در میزان پروتئین دانه، کاهش درصد پروتئین دانه در این تیمار مشاهده شد. همچنین می‌توان عنوان کرد که در شرایط کشت مخلوط و به‌ویژه در الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله)، سرعت تشکیل دانه از سرعت تشکیل پروتئین کمتر بوده و مقدار پروتئین بیش‌تر در بافت‌ها تجمع یافته است (Mardani & Balouch, 2015).

زمانی‌که بقولات در کنار گونه دیگر به‌صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند به‌دلیل اثر مکملی جزو بقولات جهت تثبیت نیتروژن، مقدار بیش‌تر از نیتروژن تثبیت‌شده و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت تشکیل آن افزایش می‌یابد و افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود. Bigonah *et al* (2014) گزارش کردند که بیش‌ترین درصد پروتئین دانه در کشت خالص شنبلیله و کم‌ترین آن در کشت مخلوط با گشنیز (۱۷۵ درصد تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵ درصد تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده شد. Javanmard *et al* (2018) در کشت مخلوط ذرت با لگوم‌ها (ماشک گل خوشه‌ای، لوبیا، شبدر برسیم و گاوदानه) نیز به این نتیجه رسیدند.

از منابع موجود نصیب آن می‌گردد. Zhang *et al* (2008) نشان دادند که در شرایطی که کشت دو گونه در یک زمان انجام شود، رقابت برای منابع شدیدتر شده و لذا کاهش عملکرد گونه ضعیف در این سیستم‌ها بیشتر به‌چشم می‌خورد.

بین الگوهای مختلف کشت مخلوط نیز کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) عملکرد دانه شنبلیله بالاتری نسبت به بقیه الگوهای کشت مخلوط داشت که علت آن را می‌توان به استفاده بهینه گیاهان از منابع طبیعی در این نوع کشت نسبت داد. با تغییر الگوی کاشت شنبلیله از کشت مخلوط تک ردیفی به سه ردیفی در کنار یک ردیف از گیاه مرزه عملکرد دانه کاهشی بود که این کاهش می‌تواند به‌دلیل ارتفاع بیشتر و تولید ساقه و برگ کمتر و در نتیجه فتوسنتز کمتر گیاه باشد (Lamei Hervani, 2013).

### پروتئین دانه شنبلیله

در کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) بیش‌ترین درصد پروتئین دانه شنبلیله (۲۲/۶۰ درصد) مشاهده شد. در کشت خالص شنبلیله نسبت به الگوهای مختلف کشت مخلوط این گیاه، کم‌ترین درصد پروتئین دانه (۱۳/۹۰ درصد) مشاهده شد (جدول ۳)، به‌نظر می‌رسد کم بودن درصد پروتئین دانه در کشت خالص به این دلیل باشد که نیتروژن بیشتری توسط

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاهان در الگوهای مختلف کشت ردیفی شنبلیله و مرزه

مرزه			شنبلیله			درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد اسانس	درصد اسانس	وزن زیست‌توده	عملکرد اسانس	درصد اسانس	پروتئین دانه		
۰/۳۳۳*	۰/۰۰۳*	۰/۶۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۵۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۳۸ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۳۴۱/۹۸۴**	۱/۸۶۹**	۶۸۶۱۵۳/۴۵**	۶۹۳۸۶**	۱/۴۶۰**	۱۵۲/۹۰**	۷	تیمار
۰/۰۷۶	۰/۰۰۱	۸/۱۷۴	۰/۳۷۱	۰/۰۰۵	۰/۰۷۳	۱۴	خطا
۱۰/۳۶	۱۰/۵۵	۱۰/۲۸	۱۱/۳۵	۷/۷۴	۱۱/۶۸	۳/۵۳	ضریب تغییرات (درصد)

\*, \*\*, ns معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد و ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی شنبليله در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی با مرزه

تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه (kg/ha)	پروتئین دانه (%)	اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
کشت خالص	۹۵۷/۰ <sup>a*</sup>	۱۳/۹۰ <sup>g</sup>	۱/۲۰ <sup>c</sup>	۱۱/۴۸ <sup>a</sup>
۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (۱:۱)	۶۸۲/۵ <sup>b</sup>	۲۲/۶۰ <sup>a</sup>	۰/۴۵ <sup>f</sup>	۳/۰۷ <sup>c</sup>
۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبليله (۱:۲)	۳۷۲/۸ <sup>e</sup>	۱۷/۰۷ <sup>e</sup>	۰/۸۵ <sup>d</sup>	۳/۱۷ <sup>c</sup>
۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبليله (۲:۱)	۵۱۶/۸ <sup>d</sup>	۱۹/۶۳ <sup>c</sup>	۱/۷۰ <sup>b</sup>	۸/۷۷ <sup>b</sup>
۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (۲:۲)	۴۰۹/۶ <sup>e</sup>	۱۸/۴۰ <sup>d</sup>	۰/۵۵ <sup>ef</sup>	۲/۲۴ <sup>c</sup>
۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبليله (۱:۳)	۲۶۶/۸ <sup>f</sup>	۱۵/۴۷ <sup>f</sup>	۰/۶۴ <sup>e</sup>	۱/۷۲ <sup>c</sup>
۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبليله (۳:۱)	۵۶۲/۹ <sup>c</sup>	۲۱/۷۰ <sup>b</sup>	۲/۱۲ <sup>a</sup>	۱۲/۵۰ <sup>a</sup>

\* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

### درصد و عملکرد اسانس شنبليله

بیشترین درصد اسانس (۲/۱۲ درصد) از کشت مخلوط ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبليله و کمترین مقدار آن (۰/۴۵ درصد) از کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبليله) حاصل شد (جدول ۳). در مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین عملکرد اسانس مربوط به کشت خالص (۱۱/۴۸ کیلوگرم در هکتار) بود که اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط با الگوی کشت ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبليله (۱۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت (جدول ۳)، با توجه به بالا بودن عملکرد دانه در کشت خالص می‌توان عنوان نمود که بالا بودن عملکرد اسانس در این تیمار می‌تواند ناشی از وقوع اثر رقت باشد (Marschner, 2003). از آنجایی که اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و میزان آن‌ها به شدت به میزان متابولیت‌های اولیه گیاهی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل‌ها و غیره) بستگی دارد، بنابراین هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد، می‌تواند باعث بالا رفتن متابولیت‌های ثانویه گیاهی از جمله اسانس‌ها گردد (Rezaii-chiyaneh et al., 2016). میزان تجمع اسانس تحت تأثیر عواملی چون

ساختار ژنتیکی، تاریخ کشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصل‌خیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت قرار می‌گیرد (Ayanoglu et al., 2012).

در این آزمایش نیز میزان اسانس تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت. عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس در تیمارها می‌باشد، بنابراین بالا بودن عملکرد اسانس در هر تیمار می‌تواند به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و یا درصد اسانس در این تیمارها باشد. بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شنبليله (جدول ۴) نشان داد که بین درصد اسانس و عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار وجود داشت. بنابراین می‌توان عنوان نمود که یکی از دلایل افزایش عملکرد اسانس شنبليله در شرایط کشت خالص، بیشتر بودن عملکرد دانه در شرایط تک‌کشتی می‌باشد. Zarifpour et al (2014) در کشت مخلوط زیره سبز و نخود نیز نشان دادند که بالاترین عملکرد اسانس گیاهان دارویی مذکور از کشت خالص به دست آمد. اما در کشت مخلوط رازیانه و شنبليله (Sadri et al., 2015) و عناع و سویا (Maffei & Mucciarelli, 2003) عملکرد اسانس در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود.



زیست‌توده در مقایسه با کشت خالص مرزه شده است. کم-ترین مقدار عملکرد زیست‌توده (۹۰۸/۴ کیلوگرم در هکتار) از الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (دو ردیف مرزه + دو ردیف شنبليله) به‌دست آمد (جدول ۵) و کشت تک ردیفی نسبت به دو و سه ردیفی از نظر عملکرد زیست‌توده برتری داشت، دلیل بالاتر بودن عملکرد در تیمار تک‌ردیفی را می‌توان به نزدیک‌تر بودن بوته‌های گیاه مرزه به بوته‌های گیاه شنبليله و استفاده مؤثرتر از نیتروژن تثبیت‌شده توسط شنبليله نسبت داد (Belel et al., 2014; Karanja et al., 2014).

Bigonah et al. (2014) گزارش کرده‌اند که برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است بر اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد، آن‌ها وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط را علت این کارآمدی تشخیص داده‌اند. در بررسی کشت مخلوط گندم با گیاه لگوم باقلا مشاهده شد که عملکرد گندم در کشت مخلوط به دلیل کاهش فشار رقابتی بین دو گونه بر سر جذب نیتروژن و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی از جمله نیتروژن افزایش یافت (Tosti & Guiducci, 2010). Carrubba et al. (2008) در بررسی کشت مخلوط رازیانه و شویب، کاهش عملکرد در شرایط کشت مخلوط را به الگوی کشت و رقابت برون‌گونه‌ای نسبت دادند.

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شنبليله

عملکرد دانه پروتئین دانه درصد اسانس عملکرد اسانس			
عملکرد دانه	۱		
پروتئین دانه	-۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۱	
درصد اسانس	۰/۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۲ <sup>ns</sup>	۱
عملکرد اسانس	۰/۶۴ <sup>**</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۸۸ <sup>**</sup>

\*\*، ns: معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار

### عملکرد زیست‌توده مرزه

اثر الگوی کشت مخلوط ردیفی با شنبليله بر عملکرد زیست‌توده (ساقه، برگ و گل) مرزه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار ( $P \leq 0.01$ ) بود (جدول ۲). عملکرد زیست‌توده در آرایش کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبليله)، ۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبليله و ۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبليله نسبت به کشت خالص برتری داشت و بیش‌ترین مقدار عملکرد (۱۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبليله) حاصل شد (جدول ۵). چنین به‌نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های مرزه از جمله فراهم شدن نیتروژن در شرایط مخلوط با شنبليله، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب‌تر نور توسط کانوپی مخلوط دو گونه باعث بهبود رشد و فتوسنتز و در نهایت افزایش عملکرد

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی مرزه در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی با شنبليله

تیمارهای کشت مخلوط	وزن زیست‌توده (اندام‌های هوایی) (kg/ha)	اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
کشت خالص	۱۲۲۹/۰ d*	۱/۴۷ g	۱۸/۱۰ e
۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (۱:۱)	۱۵۱۰/۰ a	۲/۵۸ a	۳۸/۹۵ a
۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبليله (۱:۲)	۱۲۷۵/۰ c	۱/۷۲ e	۲۱/۹۷ c
۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبليله (۲:۱)	۹۳۷/۶ f	۲/۱۱ c	۱۹/۷۵ d
۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبليله (۲:۲)	۹۰۸/۴ g	۱/۸۵ d	۱۶/۷۷ f
۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبليله (۱:۳)	۱۴۵۵/۰ b	۱/۶۴ f	۲۳/۹۱ b
۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبليله (۳:۱)	۹۴۶/۶ e	۲/۳۸ b	۲۲/۵۰ c

\* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال خطای ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

## درصد و عملکرد اسانس مرزه

مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که درصد و عملکرد اسانس گیاه مرزه تحت تأثیر آرایش و الگوی کشت قرار گرفت و بین درصد و عملکرد اسانس در حالت تک‌کشتی با کشت مخلوط اختلاف معنی‌دار ( $P \leq 0/01$ ) وجود داشت. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بیش‌ترین میزان درصد (۲/۵۸ درصد) و عملکرد اسانس (۳۸/۹۵ کیلوگرم در هکتار) متعلق به الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) بود، درحالی‌که در مورد الگوی کشت ۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله، به دلیل بالا بودن عملکرد زیست‌توده گیاه مرزه در کشت مخلوط، عملکرد اسانس نسبت به درصد اسانس این گیاه برتری داشت. کم‌ترین درصد اسانس (۱/۴۷ درصد) متعلق به کشت خالص و کم‌ترین مقدار عملکرد اسانس (۱۶/۷۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (دو ردیف مرزه + دو ردیف شنبلیله) حاصل شد (جدول ۵).

بررسی همبستگی بین صفات (جدول ۶) نشان داد که بین درصد اسانس با وزن زیست‌توده و همچنین بین عملکرد اسانس با وزن زیست‌توده و درصد اسانس رابطه مستقیم و معنی‌داری وجود دارد. تحقیقات نشان داده است که فتوستتوز و تولید فرآورده‌های فتوستتوزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند (Izadi et al., 2011). همچنین درباره همبستگی بین فتوستتوز و تولید اسانس آزمایش‌ها نشان داده‌اند که گازکربنیک و گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس مطرح است (Izadi et al., 2011). با افزایش سهم لگوم، میزان اسانس مرزه احتمالاً به دلیل افزایش غلظت نیتروژن و دسترسی مرزه به این عنصر غذایی افزایش یافت که می‌توان از این موضوع در تولید این گیاه دارویی بهره جست. بیوستتوز اسانس گیاهان دارویی به رژیم‌های نوری و تنفسی گیاه بستگی دارد، چنین به نظر می‌رسد که با توجه به

اختلافات مورفولوژیکی دو گونه، وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های مرزه از جمله فراهم شدن نیتروژن در شرایط مخلوط با شنبلیله، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب‌تر نور توسط کانوپی مخلوط دو گونه باعث بهبود رشد و فتوستتوز و به تبع آن سبب افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است. Mardani & Balouch (2015) گزارش کردند که در کشت مخلوط شنبلیله و آنیسون، عملکرد اسانس آنیسون در کشت خالص بیش‌ترین مقدار را داشته و تیمارهای دو و سه ردیفی کشت مخلوط کم‌ترین مقدار عملکرد اسانس را داشت که دلیل آن را کاهش عملکرد گیاه آنیسون در این تیمارها عنوان کردند.

## جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در مرزه

وزن زیست‌توده (اندام‌های هوایی)	درصد اسانس	عملکرد اسانس
۱	۰/۷۶**	۱
۰/۸۹**	۰/۸۸**	۱

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد.

## شاخص‌های ارزیابی سودمندی کشت مخلوط

## شاخص نسبت برابری زمین

شاخص نسبت برابری زمین جزئی شنبلیله و مرزه ( $LER_f$ ) و  $LER_s$  بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که شاخص نسبت برابری زمین جزئی مرزه در مقایسه با شنبلیله بالاتر بود (جدول ۷) که نشان‌دهنده اثر مثبت بیشتر کشت مخلوط در مرزه می‌باشد. بیش‌ترین  $LER_f$  به ترتیب از الگوهای کشت مخلوط ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) (۰/۷۱) و ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله (۰/۶۲) به دست آمد درحالی‌که در مورد مرزه ( $LER_s$ ) بیش‌ترین مقدار آن متعلق به ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله)

ردیف گندم+ یک ردیف شنبلیله، یک ردیف گندم+ دو ردیف شنبلیله، یک ردیف گندم+ سه ردیف شنبلیله و یک ردیف گندم+ یک ردیف شنبلیله و Rezvani Moghaddam & Moradi (2012) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله با سه تیمار کشت خالص شنبلیله، کشت خالص زیره سبز و کشت یک در میان شنبلیله و زیره سبز مشاهده کردند که مقدار  $LER_{Total}$  را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کردند. Koocheki et al. (2013) با مطالعه کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش با الگوهای کشت یک ردیف زعفران+ یک ردیف مرزنجوش، دو ردیف زعفران+ یک ردیف مرزنجوش، سه ردیف زعفران+ یک ردیف مرزنجوش و کشت خالص دو گیاه مشاهده کردند که کم‌ترین نسبت برابری زمین (۰/۸۷) در نسبت کاشت سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش حاصل شد (Koocheki et al., 2013).

#### شاخص افزایش یا کاهش عملکرد واقعی

در مورد تمام تیمارهای کشت مخلوط، شاخص افزایش یا کاهش عملکرد واقعی مرزه ( $AYL_s$ ) مثبت بوده و نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاه در کشت مخلوط بیش‌تر بوده است و از عوامل محیطی رشد بیش‌تر استفاده نموده است. به عبارت دیگر، علامت مثبت این شاخص در گیاه مرزه نشان‌دهنده برتری این گیاه در رقابت بین‌گونه‌ای و غالب بودن آن در کشت مخلوط نسبت به گیاه شنبلیله است. دامنه تغییرات این شاخص برای گیاه شنبلیله بین (۰/۱۹-) برای الگوی کشت ۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله و (۰/۴۲) برای کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) بود (جدول ۷) که منفی بودن مقادیر  $AYL_f$  در این تیمار گویای قدرت کم این گیاه در رقابت با مرزه است و حاکی از کاهش عملکرد واقعی گیاه شنبلیله در کشت مخلوط ردیفی با مرزه

(۱/۲۳) و ۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله (۱/۱۸) بود (جدول ۷). با توجه به این‌که هر دو گونه در این تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بودند به همین دلیل نسبت برابری زمین بالاتری به دست آمد. از طرفی با در نظر گرفتن بالاتر بودن نسبت برابری زمین جزئی مرزه نسبت به شنبلیله می‌توان عنوان کرد که احتمالاً به دلیل اثر آللوپاتیک مرزه سهم شنبلیله از  $LER_{Total}$  کاهش یافته و در عوض مرزه از مساعدت شنبلیله استفاده نموده و سهم  $LER_{Total}$  مربوط به مرزه افزایش یافته است. با کاهش نسبت شنبلیله در الگوی کشت، شاخص برابری زمین جزئی شنبلیله کاهش یافت، این در حالی است که با افزایش تعداد ردیف‌های شنبلیله در کشت، اثر آللوپاتیک مرزه کاهش یافته و این الگوهای کشت نسبت برابری زمین جزئی شنبلیله بالاتری را نشان داده است. به‌طور کلی شاخص برابری زمین مرزه در تمام الگوهای کشت مخلوط ردیفی مورد بررسی بیشتر از شنبلیله بوده است.

میزان  $LER_{Total}$  در تمامی تیمارهای مخلوط بیشتر از یک و بین ۱/۱۷ تا ۱/۹۴ بود یعنی ۱۷ تا ۹۴ درصد سطح زمین بیشتری در تک‌کشتی نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط به دست آید. یا به عبارت دیگر این تیمار نشان‌دهنده ۱۷ تا ۹۴ درصد افزایش سودمندی زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گونه است و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مؤثر باشد. در مجموع نسبت برابری زمین بالاتر از یک در این آزمایش نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در این الگوهای کشت می‌باشد. نسبت برابری زمین بیشتر از یک، معیاری از جذب نور بهتر و کارایی مصرف بالاتر آن در مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. Ahmad et al. (2013) در کشت مخلوط گندم و شنبلیله با الگوهای کشت خالص شنبلیله، کشت خالص گندم، یک

به دست آمده از کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است و اگر بیشتر از یک باشد کشت مخلوط سودمند خواهد بود (Lithourgidis et al., 2011).  $K_{Total}$  در این آزمایش در تمام تیمارها بالاتر از یک بود غیر از  $K_f$  در الگوهای کشت ۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد سنبليله (۰/۵۸)، ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد سنبليله (دو ردیف مرزه + دو ردیف سنبليله) (۰/۷۵) و ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد سنبليله (۰/۴۸) (جدول ۸)، بنابراین با توجه به نتایج می توان عنوان نمود که با افزایش سهم مرزه، عملکرد سنبليله به دلیل رقابت برون گونه ای کاهش یافت. در الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد سنبليله (دو ردیف مرزه + دو ردیف سنبليله)، عملکرد سنبليله با کشت خالص اختلاف معنی داری نشان نداد که می تواند به دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی از قبیل نور و کنترل علف های هرز در این الگوی کشت باشد (Neamatollahi et al., 2013). علامت منفی در این شاخص نشان دهنده رقابت بین گونه ای قوی می باشد و علامت مثبت حاکی از ضعیف بودن رقابت است (Willey, 1979)، در این آزمایش گیاه مرزه در الگوهای کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد سنبليله (یک ردیف مرزه + یک ردیف سنبليله)، ۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد سنبليله و ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد سنبليله به عنوان گیاه غالب در کشت مخلوط شناخته شد در حالی گیاه دارویی سنبليله، گیاه مغلوب با قدرت رقابتی ضعیف بوده و در نتیجه اجزای عملکرد آن در کشت خالص بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط بود.

به طور کلی زمانی که در کشت مخلوط گیاه غالب در کنار گیاه مغلوب قرار می گیرد عملکرد آن نسبت به کشت خالص افزایش می یابد، در صورتی که برای گیاه مغلوب این اتفاق نمی افتد. نتایج یک تحقیق نشان داد که سیستم های تک کشتی غلات منجر به کاهش اجزای عملکرد این گیاهان می شوند و کاشت غلات به صورت مخلوط احتمالاً سبب افزایش اجزای عملکرد آن ها می گردد (Weston et al., 2002). در آزمایشی

می باشد به طوری که با نسبت مرزه در الگوهای کشت مخلوط، این شاخص افزایش یافته است. بیشترین مقدار افزایش یا کاهش عملکرد واقعی کل (۱/۹۰) در کشت مخلوط مربوط به الگوی کشت ۳۳ درصد مرزه + ۷۵ درصد سنبليله بود و به طور کلی تمام مقادیر افزایش یا کاهش عملکرد واقعی کل ( $AYL_{Total}$ ) مثبت بوده (جدول ۷) و حاکی از افزایش عملکرد زیست توده مرزه در کشت مخلوط بوده (جدول ۷) که توانسته است کاهش عملکرد دانه سنبليله را جبران نماید. به طوری که تأثیر رقابت دو گیاه به حالت مکملی مثبت می باشد. مقادیر عددی شاخص  $AYL_{Total}$  مثبت حاکی از آن است که کشت مخلوط نسبت به تک کشتی مزیت داشته است. بیشترین میزان این شاخص مربوط به ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد سنبليله بود که نشان دهنده سودمندی الگوی کشت مذکور در بهره وری از منابع موجود با کمترین میزان رقابت درون گونه ای و بین گونه ای است.

Dordas et al. (2012) در بررسی کشت مخلوط نخود و جو دو سر نشان دادند که بیشترین شاخص  $AYL_{Total}$  از کشت ۲۰ درصد جو دو سر + ۸۰ درصد نخود حاصل شد که بیان کردند بالا بودن  $AYL_{Total}$  در مخلوط جو دوسر و نخود نشان از بهره وری بالا و ثبات تولید دارد. Rezaei-chiyaneh et al. (2016) در کشت مخلوط شوید و سنبليله، Sadri et al. (2015) در کشت مخلوط رازیانه و سنبليله دریافتند که در تمام تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش یا افزایش واقعی عملکرد کل مثبت بوده و افت عملکرد وجود نداشت.

### ضریب نسبی تراکم

شاخص ضریب نسبی تراکم (K) مشخص کننده میزان رقابت بین گیاهانی است که به صورت مخلوط کشت شده اند. کمتر از یک بودن این شاخص نشان می دهد که میزان محصول

غذایی در این الگوهای کشت می‌باشد. کم‌ترین مقدار این شاخص (۰/۲۶) از الگوی کشت ۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله حاصل شد که به نظر می‌رسد علت این کاهش سودمندی، افزایش رقابت برون‌گونه‌ای در این الگوی کشت باشد. تفاوت در مقادیر شاخص سودمندی کشت مخلوط به عوامل مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و نیازهای متفاوت غذایی دو گیاه مربوط است. *Banik et al.* (2006) نیز نتایج مشابهی در کشت مخلوط گندم و نخود به دست آوردند و اعلام کردند سودمندی اقتصادی کشت مخلوط این دو گیاه بیشتر از کشت خالص آنها می‌باشد. در بررسی کشت مخلوط جو و ماشک گل خوشه‌ای کم‌ترین میزان شاخص سودمندی کشت مخلوط از سری افزایشی ۱۰۰ درصد ماشک گل خوشه‌ای + ۴۵ درصد جو به دست آمد (*Ahmadi et al.*, 2010).

که روی کشت مخلوط جو و نخود انجام شد مشخص گردید که عملکرد دانه هر دو گیاه به‌طور معنی‌داری در کشت مخلوط نسبت به حالت تک‌کشتی آنها بیش‌تر شده است (*Hauggard Nielson et al.*, 2001).

### شاخص سودمندی

مثبت بودن مقادیر این شاخص (IA) گویای سودمندی و مزیت اقتصادی کشت مخلوط مرزه با شنبلیله و استفاده بهتر از منابع در دسترس توسط این دو گیاه در مقایسه با تک‌کشتی آنها می‌باشد. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیش‌ترین مقدار IA (۱/۲۹) از الگوی کشت ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله حاصل شد (جدول ۸) که احتمالاً ناشی از ایجاد اشکوب‌های مختلف جهت بهره‌برداری بهتر از منابع موجود نظیر نور، آب و عناصر

جدول ۷. نتایج نسبت برابری زمین جزئی و کل و تغییرات عملکرد واقعی کشت مخلوط شنبلیله و مرزه

تغییرات عملکرد واقعی			نسبت برابری زمین			تیمارهای کشت مخلوط
AYL <sub>Total</sub>	AYL <sub>s</sub>	AYL <sub>f</sub>	LER <sub>Total</sub>	LER <sub>s</sub>	LER <sub>f</sub>	
۱/۳۳	۱/۴۶	۰/۴۲	۱/۹۴	۱/۲۳	۰/۷۱	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱)
۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۱۸	۱/۴۳	۱/۰۴	۰/۳۹	۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبلیله (۱:۲)
۱/۱۳	۱/۳۱	-۰/۱۹	۱/۳۰	۰/۷۶	۰/۵۴	۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله (۲:۱)
۰/۳۳	۰/۴۸	-۰/۱۵	۱/۱۷	۰/۷۴	۰/۴۳	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲)
۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۱۱	۱/۴۶	۱/۱۸	۰/۲۸	۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله (۱:۳)
۱/۹۰	۲/۰۸	-۰/۱۸	۱/۳۹	۰/۷۷	۰/۶۲	۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله (۳:۱)

جدول ۸. نتایج ضریب نسبی تراکم و شاخص سودمندی کشت مخلوط شنبلیله و مرزه

شاخص سودمندی (IA)	ضریب نسبی تراکم (K)			تیمارهای کشت مخلوط
	ضریب نسبی تراکم کل	ضریب نسبی تراکم مرزه	ضریب نسبی تراکم شنبلیله	
	K <sub>Total</sub>	K <sub>s</sub>	K <sub>f</sub>	
۱/۱۰	-۱۲/۵۰	-۵/۰۲	۲/۴۹	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱)
۰/۴۲	-۱۷/۶۷	-۱۳/۷۰	۱/۲۹	۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبلیله (۱:۲)
۰/۷۸	۳/۷۹	۶/۵۴	۰/۵۸	۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله (۲:۱)
۰/۲۶	۲/۱۲	۲/۸۳	۰/۷۵	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲)
۰/۴۲	-۲/۴۷	-۲/۱۳	۱/۱۶	۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله (۱:۳)
۱/۲۹	۴/۸۳	۱۰/۰۶	۰/۴۸	۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله (۳:۱)

## نسبت رقابتی

کشت مخلوط شنبلیله و مرزه است. در بررسی کشت مخلوط لویا و شبدر نسبت ۱۰۰ درصد لویا + ۴۰ درصد شبدر مناسب‌ترین تیمار برای تولید اقتصادی دانه لویا شناخته شد (Rezaei-chiyaneh et al., 2016).

## بهره‌وری سیستم

این شاخص، بهره‌وری و کارایی سیستم کشت مخلوط را مشخص می‌سازد و بالاتر بودن آن بیانگر افزایش کارایی سیستم مخلوط می‌باشد. شاخص بهره‌وری سیستم در الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) بیشتر از الگوهای دیگر مورد بررسی در این تحقیق بود (جدول ۹). این امر بیانگر سودمندی بیشتر کشت مخلوط با الگوی ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله بود. Lamei Hervani (2013) در بررسی عملکرد شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای با جو نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم متعلق به کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای و ۲۵ درصد جو بود. Amani Machiani et al. (2017) نشان دادند که در کشت مخلوط باقلا و نعنای فلفلی، کارایی و بهره‌وری سیستم کشت مخلوط بالاتر بود و با افزایش تعداد ردیف‌ها در کشت این شاخص افزایش می‌یابد. Lithourgidis et al. (2011) مشاهده کردند در تیمارهایی که از LER بالاتری برخوردار باشند، میزان بهره‌وری سیستم بالاتر و در نتیجه ثبات عملکرد بیشتر خواهد بود.

با بررسی نسبت رقابتی می‌توان رفتار دو گونه را در نسبت‌های مختلف کشت به صورت دقیق‌تری بررسی کرد. نسبت رقابت شنبلیله در تمام الگوهای کشت مخلوط کمتر از ۱ بود (جدول ۹). 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 (Schultz et al., 1982). بیشتر از ۱ بودن نسبت رقابت مرزه در الگوهای کشت ۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبلیله، ۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله، ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲) و ۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله حاکی از غالب بودن این گیاه در کشت مخلوط با شنبلیله در الگوهای کشت مذکور می‌باشد (جدول ۹).

## شاخص کل ارزش نسبی

بیشترین میزان شاخص ارزش نسبی (۱/۵۳) مربوط به الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱) بود (جدول ۹). مجموع ارزش نسبی کمتر از ۱ در الگوهای کشت ۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله (۲:۱) و ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲) بود که نشان‌دهنده عدم سودمندی اقتصادی این نسبت‌ها برای

جدول ۹. نتایج نسبت رقابت، شاخص کل ارزش نسبی و بهره‌وری سیستم شنبلیله و مرزه در کشت مخلوط

بهره‌وری سیستم (SPI)	شاخص کل ارزش نسبی (RVT)	نسبت رقابت مرزه $CR_s$	نسبت رقابت شنبلیله $CR_f$	تیمارهای کشت مخلوط
۱۸۶۰/۳	۱/۵۳	۱/۷۳	۰/۵۸	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۱:۱)
۱۳۶۷/۳	۱/۲۰	۱/۳۳	۰/۷۵	۶۷ درصد مرزه + ۳۳ درصد شنبلیله (۱:۲)
۱۲۴۸/۱	۰/۹۹	۲/۸۶	۰/۳۵	۳۳ درصد مرزه + ۶۷ درصد شنبلیله (۲:۱)
۱۱۱۸/۲	۰/۹۲	۱/۷۲	۰/۵۸	۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (۲:۲)
۱۳۹۳/۹	۱/۲۹	۱/۳۹	۰/۷۱	۷۵ درصد مرزه + ۲۵ درصد شنبلیله (۱:۳)
۱۳۰۱/۲	۱/۰۲	۳/۷۲	۰/۲۷	۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله (۳:۱)

## نتیجه‌گیری

حضور توأم دو گونه در کشت مخلوط از طریق افزایش فرصت‌ها در استفاده از منابعی مانند نور و مواد غذایی و کاهش اتلاف آن، سودمندی عملکرد را در مقایسه با تک-کشتی به دنبال داشت همچنین مشخص شد که عملکرد شنبلیله و مرزه تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار می‌گیرد. در تحقیق حاضر عملکرد شنبلیله در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تیمارهای کشت مخلوط بود در حالی که بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده مرزه از کشت ۵۰ درصد مرزه+۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) حاصل شد به‌نظر می‌رسد شنبلیله در کشت مخلوط شرایط مطلوبی را برای بوته‌های مرزه در دستیابی به شرایط و منابع محیطی فراهم نمود و سبب افزایش عملکرد مرزه گردید. اما عملکرد شنبلیله به‌دلیل غالبیت مرزه در کشت مخلوط کاهش یافت. انتخاب الگوی کشت مناسب گیاهان دارویی در کشت مخلوط به‌دلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده که این امر منجر به افزایش عملکرد و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین و در نهایت باعث بهبود تداوم بوم نظام‌های زراعی شده و افزایش کارایی هر دو گیاه را در استفاده از موقعیت‌های محیطی در سیستم در پی داشت. به‌طور کلی در مورد شاخص‌های زراعی مورد بررسی در این تحقیق، الگوی کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) می‌تواند در افزایش بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مؤثر باشد، همچنین به‌لحاظ الگوهای کشت ۵۰ درصد مرزه + ۵۰ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + یک ردیف شنبلیله) و ۲۵ درصد مرزه + ۷۵ درصد شنبلیله (یک ردیف مرزه + سه ردیف شنبلیله) با شاخص سودمندی اقتصادی بالا قابل توصیه می‌باشند. با این وجود انجام این تحقیق در شرایط مکانی دیگر نیز پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

- Aasim, M., Umer, E. M. & Karim, A. (2008). Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting pattern, *Tarim Bilimleri Dergisi*, 14(4), 326-333.
- Agegehu, G., Ghizaw, A. & Sinebo, W. (2006). Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ettiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25, 202-207.
- Ahmad, W. R., Hassan, F. H., Ansar, M., Manaf, A. & Sher, A. (2013) Enhancing crop productivity through wheat (*Triticum aestivum* L.) fenugreek intercropping system. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(1), 210-215.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. & Janmohammadi, H. (2010). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(4), 77-87. (In Persian)
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Nasiri, Y. & Morshedloo, M. R. (2017). Advantage of peppermint (*Mentha piperita* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) intercropping in different cropping patterns. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(3), 45-62. (In Persian)
- Asadi, Gh. A. & Khorramdel, S. (2013). Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. *Journal of Crop Production*, 7 (1), 131-156. (In Persian)
- Ayanoglu, F., Mert, A., Aslan, N. & Gurbuz, B. (2012). Seed yields, yield components and essential oil of selected coriander (*Coriandrum sativum* L.) lines. *Journal Herbs Spices Medicinal Plants*, 9, 71 -77.
- Banik, P. (1996). Evaluation of Wheat (*Triticum aestivum*) and legume. *Agronomy and Crop Science*, 176, 289-294.
- Banik, P. A., Midya, B. K., Sarkar, S. & Ghose, S., (2006) Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal Agronomy*, 24, 325-332.
- Belel, M. D., Halim, R. A., Rafii, M. Y. & Saud, H. M. (2014). Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: a review. *Journal of Agricultural Science*, 6, 48-62.
- Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P. & Jahan, M. (2014). Effects of Intercropping on Biological Yield, Percentage of Nitrogen and Morphological Characteristics of Coriander and Fenugreek. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(3), 369-377. (In Persian)

- Carrubba, A., La Torre, R., Saiano, F. & Aiello, P. (2008). Sustainable production of fennel and dill by intercropping. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 247-256.
- Carruthers, K., Prithiviraj, B., Fe, Q., Cloutier, D., Martin, R. C. & Smith, D. L. (2000). Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses. *European Journal of Agronomy*, 12, 103-115.
- Dhima, K. V., Lithourgidis, A. S. & Vasilakoglou, I. B. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100, 249-256.
- Dordas, C. A., Vlachostergios, D. N. & Lithourgidis, A. S. (2012). Growth dynamics and agronomic-economic benefits of pea-oat and pea-barley intercrops. *Crop and Pasture Science*, 63, 45-52.
- Fernandez Aparicio, M., Sillero, J. C. & Rubials, D. (2007). Inter cropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Production*, 26, 1166-1172.
- Ghosh, P. K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping system in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, 88, 227-237.
- Hamzei, J. (2012). Evaluation of yield, SPAD index, landuse efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Crop Production and Processing*, 2(4), 79-92. (In Persian)
- Hamzei, J. & Babaei, M. (2015). Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4), 75-90. (In Persian)
- Hassanzadeh Aval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R. & Nassiri Mahallati, M. (2012). Effect of plant density on growth indices of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian Clover (*Trifolium resupinatum* L.) intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 75-83. (In Persian)
- Hauggard Nielson, H., Ambus, P. & Janson, E. S. (2001). Inter specific competition, N use and interference with weeds in pea barley intercropping. *Journal of Field Crops Research*, 70, 101-109.
- Hesse, P. R. (1971). A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray, London.
- Hirpa, T. (2014). Response of maize crop to spatial arrangement and staggered interseeding of haricot bean. *International Journal of Environment*, 3, 126-138.
- Izadi, Z., Ahmadvand, G. H., Esna-Ashari, M. & Piri M. (2011). The effect of nitrogen and plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4, 824-836. (In Persian)
- Javanmard, A., Amani Machiani, M. & Rasoli F. (2018). Improvement of forage quantity and quality in corn-legumes intercropping with nitroxin biofertilizer application in double cropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 28(1), 1-17. (In Persian)
- Karanja, S. M., Kibe, A. M., Karogo, P. N. & Mwangi, M. (2014). Effects of intercrop population density and row orientation on growth and yields of sorghum-cowpea cropping systems in semi-arid Rongai, Kenya. *Journal of Agricultural Science*, 6, 34-43.
- Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S. & Azimi, R. (2013). The effect of irrigation intervals and intercropped marjoram (*Origanum vulgare*) with saffron (*Crocus sativus*) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(3), 390-400. (In Persian)
- Lamei Hervani, J. (2013). Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province in Iran. *Seed and Plant Production*, 29(2), 169-183. (In Persian)
- Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A. & Damalas, C. A. (2011). Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34, 287-294.
- Maffei, M. & Mucciarelli, M. (2003). Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crop Research*, 84: 229-240. (In Persian)
- Mandegary, A., Pournamdari, M., Sharififar, F., Pournour mohammadi, Sh., Fardiar, R. & Shooli, S. (2012). Alkaloid and flavonoid rich fractions of fenugreek seeds (*Trigonella foenum-graecum* L.) with antinociceptive and antiinflammatory effects. *Journal Food and Chemical Toxicology*, 50, 2503-2507. (In Persian)
- Mardani, F. & Balouch, H. (2015). Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of Fenugreek and Anise. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2), 1-16. (In Persian)
- Marschner, H. (2003). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego, CA, USA.



- Neamatollahi, E., Jahansuz, M. R., Mazaheri, D. & Bannayan, M. (2013). Intercropping. In: Lichtfouse, E. (ed.), Sustainable Agriculture Reviews, Sustainable Agriculture Reviews 12. Springer Dordrecht Heidelberg New York London
- Prasad, R., Singh, R., Sing, S. & Pal, M. (2001). Studies on intercropping potato with fenugreek. *Acta Agronomica Hungarica*, 49 (2), 189-191.
- Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Jamali, M. & Ghiyasi, M. (2016). Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (*Anethum graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Agricultural Crop Management*, 8(1), 15-27. (In Persian)
- Rezvani Moghaddam, P. & Moradi, R. (2012). Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on Yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2): 217-230. (In Persian).
- Rostaie, M., Falah, S., and Souraki, A. (2015). Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. *Journal of Crop Production*, 7(4), 222-197. (In Persian)
- Sadri, S., Poor Yousef, M., and Soleimani, A. (2015). Evaluation of yield, essential oil and productivity indices in fennel and fenugreek intercropping. *Agricultural Crop Management*, 16(4), 921-932. (In Persian)
- Schultz, B. B., Phillips, C., Rossert, P. & Vandermeer, J. (1982). An experiment in intercropping tomatoes and cucumbers in southern Michigan. USA. *Scientia Horticulturaea*, 18, 1-8.
- Tosti, G. & Guiducci, M. (2010). Durum wheat-fababean temporary intercropping: Effects on nitrogen supply and wheat quality. *European Journal of Agronomy*, 33, 157-165.
- Vandermeer, J. (1990). Intercropping. In Agroecology, Mc Graw-Hill publishing Co. The University of Michigan, P: 641.
- Weston, E. J., King, A. J., Strong, W. M., Lehane, K. J., Cooper, J. E. & Holmes, C. J. (2002). Sustaining productivity of a vertisil at warra, Queensland, with fertilizers, no tillage or legumes. Production and nitrogen benefits from annual medic in rotation with wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42, 961-969.
- Willey, R. W. (1979). Intercropping-its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstract*, 32, 1-10.
- Willey, R. W. & Rao, M. R. (1980). A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 16, 117-125.
- Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A. & Abbassi, F. (2011). The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (4), 798-807. (In Persian)
- Yilmaz, S., Atak, M. & Erayman, M. (2008). Identification of advantages of maize legume intercropping over solitary cropping through competition incides in the East Mediterranean region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 111-119.
- Yilmaz, S., Atak, M. & Erayman, M. (2015). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Meditherranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 135-143.
- Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M. T., and Nasiri Mahallati, M. (2014). Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characterastis of species. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1), 34-43. (In Persian)
- Zhang, G., Yang, Z. & Dong, S. (2011). Inter specific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research*, 124, 66-73.
- Zhang, L., Van Der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B. & Spiertz, J. H. J. (2008). Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research*, 107, 29-42.



## Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 21 ■ No. 1 ■ Spring 2019

### Evaluation of Yield, Essential Oil Percentage, and Advantage Indices in Fenugreek and Savory Intercropping Ratios

Sakineh Abdi\*

Assistant Professor, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, East Azerbaijan, Iran.

Received: November 04, 2018

Accepted: January 21, 2019

#### Abstract

In order to investigate the effects of different intercropping ratios of fenugreek and savory on their yield and essential oil, an experiment has been conducted, based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications in Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources. The treatments include different row intercropping ratios, 50% savory + 50% fenugreek (1+1), 33% savory + 67% fenugreek (1+2), 67% savory + 33% fenugreek (2+1), 50% savory + 50% fenugreek (2+2), 25% savory + 75% fenugreek (1+3), 75% savory + 25% fenugreek (3+1), and sole cropping fenugreek and savory. The study measures yield, essential oil percentage and essential oil yield of fenugreek and savory, biomass of savory, land equivalent ratio, actual yield loss or gain, relative crowding coefficient, intercropping advantage, competitive ratio, relative value total, and system productivity index. Results reveal that fenugreek yield in sole cropping are significantly higher than other intercropping ratios, with the highest percentage of seed protein of fenugreek and dry weight, essential oil percentage and essential oil yield of savory, obtained in 1 row savory + 1 row fenugreek. The highest fenugreek essential oil yield is achieved in sole cropping and 1 row savory + 3 rows fenugreek. Among the used intercropping treatments, the highest intercropping advantage (IA) (1.29) belongs to 1 row savory + 3 rows fenugreek, with the maximum land equivalent ratio (LER) values (1.94) obtained in 1 row savory + 1 row fenugreek, indicating yield improvement in intercropping systems by 94%, as compared with sole cropping. System productivity index in 1 row savory + 1 row fenugreek (1860.3) has been more than other intercropping treatments. According to the yield and agronomic and economic benefits, it seems that 1 row savory + 1 row fenugreek is suitable for increasing the yield, the income, and land use efficiency.

**Keywords:** Biomass, intercropping ratio, seed protein, secondary metabolite, system productivity, yield.