نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۳۶-۲۷

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spring 2010, p. 27-36

مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی

علیرضا کوچکی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۱]، سرور خرم دل[۲*]، سپیده انورخواه[۲]، مژگان ثابت تیموری[۲] و سارا سنجانی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش:۸۹/۳/۲۲

چکیده

بمنظور مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، آزمایشی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع کشت مخلوط جایگزینی (۷۵٪کنجد و ۲۵٪شاهدانه، ۲۵٪کنجد و ۷۵٪شاهدانه و ۵۰٪کنجد و ۵۰٪شاهدانه) و افزایشی (۵۰٪کنجد و ۱۰۰٪شاهدانه و ۱۰۰٪کنجد و ۵۰٪شاهدانه) و کشت خالص کنجد و شاهدانه بود. نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک شاهدانه در سری جایگزینی ۵۰٪کنجد و ۵۰٪ (به ترتیب با ۲/۹۹ و ۱۹۲۱/۷ گرم بر متر مربع) و کمترین میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در سری افزایشی ۵۰٪کنجد و ۱۰۰٪شاهدانه (به ترتیب با ۱/۰۶ و ۹۲۹/۹ گرم بر متر مربع) مشاهده شد. بیشترین شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک کنجد در کشت خالص (بترتیب با ۱/۳۴ و ۵۵۱/۲۷ گرم بر متر مربع) و کمترین میزان در سری افزایشی ۵۰٪کنجد و ۱۰۰٪شاهدانه (بترتیب با ۰/۲۳ و ۵۱/۷۳ گرم بر متر مربع) بدست آمد. بیشترین سرعت رشد گیاه در شاهدانه و کنجد بترتیب در سری جایگزینی ۵۰٪کنجد و ۵۰٪شاهدانه (۷۶/۵۸ گرم بر متر مربع در روز) و کشت خالص (۲۲/۷۸ گرم بر متر مربع در روز) مشاهده شد. بطورکلی نتایج نشان داد که کشت مخلوط شاهدانه با کنجد بدلیل سایه‌اندازی و ممانعت از جذب نور برای کنجد باعث کاهش رشد در مخلوط شد، بطوریکه بالاترین میزان شاخص‌های رشد در کشت خالص مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ، ماده خشک

مقدمه

کشت گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند. تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای محصولات طبیعی در جهان به ویژه در شرایط ارگانیک رو به افزایش می‌باشد (Griffe et al., 2003). چنین بنظر می‌رسد که استفاده از کشت مخلوط گیاهان دارویی با گیاهان زراعی بدلیل خاصیت آللوپاتی گیاهان دارویی، قادر به کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز باشد.

کشت مخلوط به کاشت دو یا چند محصول در یک زمین، گفته می‌شود (Francis, 1986; Federer, 1993). اهداف متنوعی برای کشت مخلوط ذکر شده است که عمده‌ترین آن‌ها شامل استفاده بهتر از عوامل محیطی و افزایش عملکرد در واحد سطح (Singh & Ram, 1991; Randhawa et al., 1989; Singh et al., 1998)، ایجاد ثبات عملکرد بویژه در شرایط نامساعد محیطی (Mandal et al., 1987; Aggarwell et al., 1992)، افزایش کمیّت و کیفیّت محصول (Putnam & Allan, 1992)، افزایش راندمان مصرف آب (Morris et al., 1990)، کنترل فرسایش خاک (Triplett, 1962; Vandermeer, 1989) و کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی (De Bach, 1974) می‌باشد. علاوه بر این، نظام‌های مخلوط یکی از انواع سیستم‌های پایدار هستند که از طریق افزایش تنوع و پیچیدگی منجر به افزایش پایداری و ثبات در نظام‌های زراعی می‌شوند (Zhang & Li, 2003). مافی و موسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) با بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و نعناع (*Mentha piperita L.*.) بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: su_khorramdel@yahoo.com)

گزارش نمودند که عملکرد و کیفیت اسانس در کشت مخلوط به مراتب بالاتر از کشت خالص این گیاه بود. همچنین تعداد برگ در گره، وزن خشک ساقه و برگ، تعداد کرک‌های ترشحی در برگ و شاخص سطح برگ نعناع در کشت مخلوط با سویا در مقایسه با کشت خالص افزایش یافت. رائو (Rao, 2002) گزارش کرد که کشت مخلوط شمعدانی معطر (*Pelargonium* sp.) و نعناع (*M. arvensis* L. f. Piperascens Malinv) منجر به کاهش رشد علفهای هرز شد که به تبع آن زیست توده علفهای هرز تا حدود ۴۰ درصد کاهش یافت. راندهاوا و همکاران (Randhawa et al., 1989)، سینگ و رام (Singh & Ram, 1991) و سینگ و همکاران (Singh et al., 1998) نیز با انجام آزمایشاتی به دلیل افزایش عملکرد و سود اقتصادی به ترتیب کشت مخلوط نعناع با نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)، (*Citronella java* L.) با لپه‌هندی (*Vigna unguiculata* L.) و تعدادی از گونه‌های نعناع و اوکالیپتوس (*Eucalyptus citriodora*) با تعدادی از گیاهان دارویی را توصیه نمودند. رودریگوئز و همکاران (Rodrigues-Gomez et al., 2003) گزارش کرد که کشت مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum* L.) و گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.) باعث کاهش معنی‌دار بلایت زودرس گوجه فرنگی در مقایسه با تک‌کشتی این گیاه شد. آن‌ها دلیل این امر را اثرات آللوپاتی جعفری بر جوانه‌زنی کنیدی‌های بلایت، تأثیر جعفری بر تغییر میکروکلیمای اطراف بوته گوجه فرنگی و در نتیجه ایجاد محدودیت رطوبتی در اطراف گیاه و ایجاد مانعی فیزیکی در جلوگیری از انتشار کنیدی‌های بلایت ذکر کردند. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) با مقایسه ترکیب-های مختلف کشت مخلوط ردیفی و نواری زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* M.) گزارش نمودند که با تغییر الگوی کاشت از کشت مخلوط ردیفی به کشت خالص عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک زیره سبز کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک عدس نیز در شرایط کشت خالص بدست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ردیفی حاصل شد و با تغییر الگوی کشت مخلوط از ردیفی به نواری نسبت برابری زمین کاهش یافت. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) بیان نمودند که مخلوط تک ردیفی بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد. بیشترین نسبت برابری زمین نیز در کشت خالص تک‌ردیفی بدست آمد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) با مقایسه عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط کشت خالص و مخلوط با سه گروه از گیاهان زراعی شامل غلات (گندم (*Triticum aestivum* L.) بهاره و پاییزه)، حبوبات (عدس (*Lens culinaris* Medik.) و نخود (*Cicer arietinum* L.)) و گیاهان دارویی (اسفرزه (*Plantago ovata* L.)، خاکشیر (*Descurinia Sophia* L.)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، زنیان و زیره سبز) گزارش کردند که مجموع ارزش نسبی تنها در کشت مخلوط زعفران با سیاهدانه و زنیان مشاهده شد. نتایج بررسی انجام شده بر روی تأثیر کشت مخلوط ردیفی و نواری لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان بذری (*Ocimum basilicum* L.) بر کنترل علف هرز نشان داد که بیشترین وزن خشک علفهای در کشت خالص لوبیا و کمترین وزن خشک در کشت خالص ریحان و کشت نواری با چهار ردیف ریحان بدست آمد. همچنین کشت مخلوط ردیفی ریحان و لوبیا بر کشت خالص این دو گیاه برتری داشت و بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۲) در کشت مخلوط ردیفی حاصل شد (Alizadeh et al., 2010). میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) با بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد زنیان و شنبلیله در کشت خالص و مخلوط در شرایط ارگانیک بیان داشتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک زنیان و شاخص سطح برگ شنبلیله در کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) با بررسی تأثیر فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) و زعفران بر خنک شدن بنه‌ها بمنظور کاهش اثرات نامطلوب تغییر اقلیم،گزارش کردند که کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش احتمالاً بدلیل خنک شدن سطح خاک باعث افزایش تولید گل و در نهایت افزایش عملکرد اقتصادی زعفران شد. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داده است که کشت مخلوط نعناع با گوجه فرنگی (Ramaswamy et al., 1988)، بامیه (*Hibiscus esculentus* L.) با ماش (*Vicia sativa* L.) (Ram, 1998) و تربچه (*Raphanus sativus* L.) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) (Singh et al., 1998) باعث افزایش کارایی استفاده از زمین و در نتیجه ارزش اقتصادی شد.

اکثر مطالعات انجام شده در مورد شاهدانه و کنجد بر مبنای کشت خالص این دو گیاه بوده است و گزارشی مبنی بر کشت مخلوط این دو گیاه در دسترس نیست. لذا این آزمایش با هدف مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بمنظور مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی، آزمایشی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیایی درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر) به اجرا درآمد. خاک محل اجرای آزمایش

دارای بافت سیلتی لومی بود. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع کشت مخلوط جایگزینی (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه و ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه) و افزایشی (۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه و ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه) و کشت خالص کنجد و شاهدانه بود.

عملیات کاشت شاهدانه و کنجد بصورت همزمان در آخر اردیبهشت ماه بر روی ردیف‌هایی با طول سه متر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر انجام شد. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر (برای شاهدانه و کنجد به ترتیب ۱۷ و ۲۷ بوته در متر مربع) گیاهان در مرحله ۶-۴ برگی تنک شدند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یکبار تا آخر فصل رشد انجام شد. علفهای هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند.

به منظور مطالعه آنالیزهای رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک دو گیاه، نمونه‌برداری‌های تخریبی برای تعیین شاخص سطح برگ و وزن خشک (برای شاهدانه و کنجد به ترتیب از ۵ و ۲ بوته) از ۴۰ روز پس از سبز شدن تا پایان فصل رشد انجام شد. ارتفاع دو گیاه نیز اندازه‌گیری و ثبت شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (Leaf area meter) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند و در نهایت برای تعیین وزن خشک (DM) و سرعت رشد گیاه (CGR) مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور محاسبه CGR در طول فصل رشد از معادله (۱) استفاده شد (Gardner et al., 1988):

معادله (۱) گرم بر متر مربع در روز $$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

در این معادله: W_1: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری اول (گرم) و W_2: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم (گرم)، t_1: زمان نمونه‌گیری اول (روز) و t_2 : زمان نمونه‌گیری دوم (روز) می‌باشد.

برای ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شاهدانه و کنجد شاخص نسبت برابری زمین[1] (بر اساس حداکثر شاخص‌های رشد) طبق معادله (۲) محاسبه گردید:

معادله (۲) $$LER = \sum \frac{Ypi}{Ymi}$$

که در این رابطه *Ypi* حداکثر شاخص رشد هر محصول در کشت مخلوط و *Ymi* حداکثر شاخص رشد همان محصول در کشت خالص بود (Gliessman, 1997).

برای تجزیه آماری و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای MINITAB -ver 13 و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و بر اساس آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی بر شاخص‌های رشدی شاهدانه و کنجد در طول فصل رشد در جدول ۱ و مقایسه میانگین آنها در جدول ۲ نشان داده شده‌است. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع نهایی کنجد و بیشترین میزان شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد دو گیاه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود.

اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر ارتفاع

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی بر روند تغییرات ارتفاع (سانتی‌متر) شاهدانه و کنجد در طول فصل رشد در شکل ۱ نشان داده شده است. روند تغییرات ارتفاع در تیمارهای مختلف کشت مخلوط دو گیاه یکسان و زمان رسیدن به ارتفاع نهایی در همه تیمارها یکسان بود. بیشترین و کمترین ارتفاع شاهدانه در پایان فصل رشد به ترتیب در سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه و سری جایگزینی ۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه با ۱۵۲ و ۱۴۳ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به غالب بودن کانوپی شاهدانه در مقایسه با کنجد، چنین بنظر می‌رسد که افزایش تراکم شاهدانه بدلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور باعث افزایش ارتفاع شده است.

روند تغییرات ارتفاع کنجد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی کنجد و شاهدانه نشان داد که ارتفاع کنجد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت. روند تغییرات ارتفاع کنجد در همه تیمارها تا ۹۴ روز پس از سبز شدن افزایشی بود و پس از آن ثابت شد (شکل ۱). بطوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع نهایی کنجد به ترتیب در کشت خالص (۱۱۰ سانتی‌متر) و سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه (۳۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط بیشترین ارتفاع کنجد احتمالاً بدلیل رقابت کمتر بوته‌های شاهدانه و در نتیجه سایه‌اندازی بر کنجد، در سری جایگزینی ۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه (۴۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). افزایش مشاهده شده در ارتفاع کنجد در کشت خالص در مقایسه با تیمارهای مختلف کشت مخلوط، بدلیل عدم سایه‌اندازی شاهدانه و بهبود شرایط برای رشد و فتوسنتز گیاه منطقی به نظر می‌رسد.

1 Land Equivalent Ratio (LER)

اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر شاخص سطح برگ

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در شکل ۲ نشان داده شده است. در تیمارهای مختلف روند افزایش شاخص سطح برگ شاهدانه تا ۶۵ روز پس از سبز شدن کند بود و بعد از آن تا ۸۵ روز پس از سبز شدن افزایش پیدا کرد و سپس بدلیل زرد شدن و ریزش برگ‌ها کاهش یافت. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ شاهدانه در ۸۵ روز پس از سبز شدن به ترتیب در سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه با ۲/۹۹ و ۱/۰۶ مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر ارتفاع نهایی، حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و حداکثر سرعت رشد محصول

Table 1- Analysis of variance for final height and also peak Leaf Area Index (LAI), dry matter accumulation and crop growth rate (CGR) in intercropping with additive and replacement series for hemp and sesame

منابع تغییر Change resources	درجه آزادی DF	ارتفاع نهایی Final height		شاخص سطح برگ Leaf Area Index$_{max}$		میزان تجمع ماده خشک Dry matter accumulation$_{max}$		سرعت رشد گیاه Crop growth ratemax	
		شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame
تکرار Rep.	2	100.35	4.072	0.04	0.016	234.00	4689.00	10.20	9.20
تیمار Treat.	5	111.21^{ns}	17.554**	0.99**	0.525**	18802.00**	114241.00**	1435.90**	172.75**
خطا Error	10	82.60	2.33	0.03	0.094	1369.00	4335.00	1.00	0.95
کل Total	17	-	-	-	-	-	-	-	-

ns و ** به ترتیب بی معنی و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

^{ns} and ** are non- significant and significantly at α=0.01, respectively.

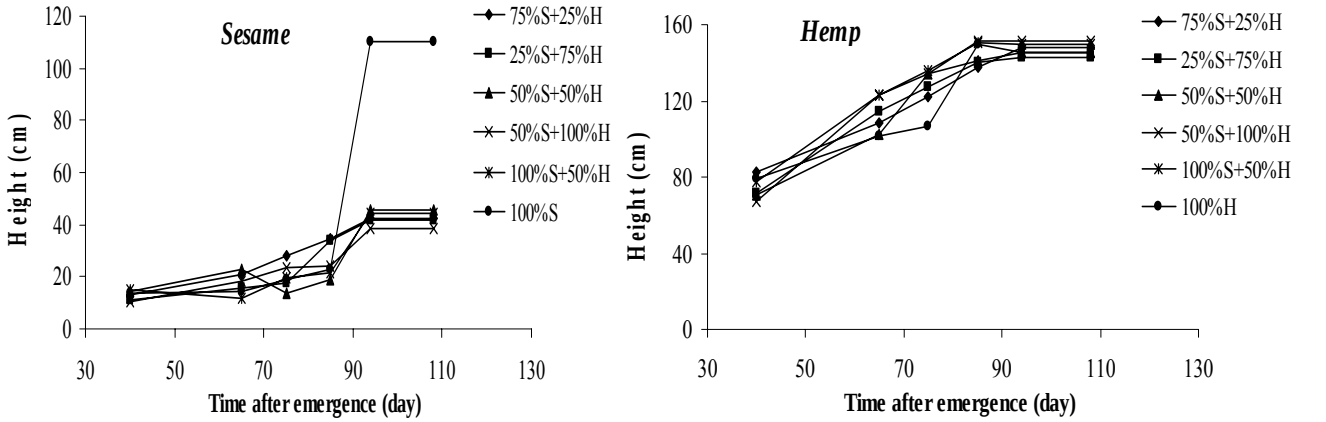
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر ارتفاع نهایی، حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و حداکثر سرعت رشد محصول

Table2- Comparison of means for final height and also peak LAI, dry matter accumulation$_{max}$ and CGR$_{max}$ in intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%S+ 25%H, 25%S+ 75%H, 50%S+ 50%H, 50%S+ 100%H and sesame and hemp monoculture)

تیمار Treatment	ارتفاع نهایی (سانتیمتر) Final height (Cm)		حداکثر شاخص سطح برگ Leaf Area Index$_{max}$		حداکثر تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع) Dry matter accumulation$_{max}$ (g.m^{-2})		حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) Crop growth rate$_{max}$ (g.m^{-2}.day^{-1})	
	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame	شاهدانه Hemp	کنجد Sesame
۷۵٪ کنجد+۲۵٪شاهدانه 75%S+25%H	151.80a	45.93b	2.55b	0.94ab	1145.55d	121.97b	42.07d	0.45cd
۲۵٪ کنجد+۷۵٪شاهدانه 25%S+75%H	147.9a	41.43d	1.19e	0.32c	1183.97d	68.76b	50.50c	0.79c
۵۰٪ کنجد+۵۰٪شاهدانه 50%S+50%H	145.60a	42.33cd*	2.99a	0.58bc	1921.68a	86.81b	76.58a	0.42cd
۵۰٪ کنجد+۱۰۰٪شاهدانه 50%S+100%H	149.40a	44.50bc	1.06e	0.23c	929.90e	51.73b	30.42e	0.09d
۱۰۰٪ کنجد+۵۰٪شاهدانه 100%S+50%H	143.00a	38.33e	1.61d	0.47bc	1851.90b	57.36b	21.68f	1.65b
کشت خالص Monoculture	145.57a	110.47a	2.04c	1.34a	1335.55c	551.27a	71.16b	22.78a

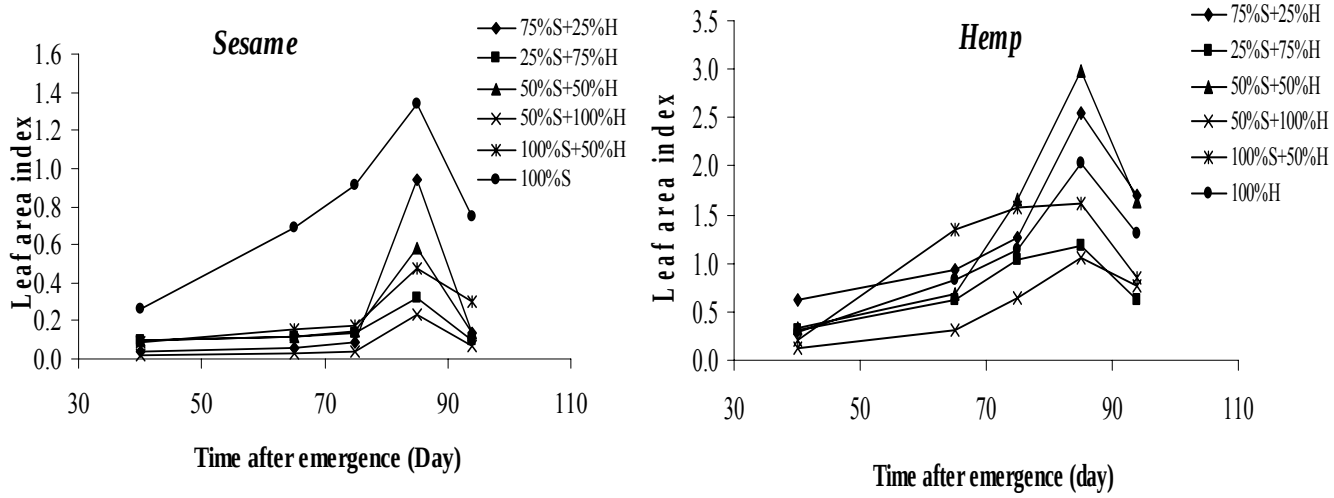
* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر روند تغییرات ارتفاع (سانتی‌متر)

Fig. 1- The effect of intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%S+ 25%H, 25%S+ 75%H, 50%S+ 50%H, 50%S+ 100%H and sesame and hemp monoculture) on the their height (Cm) trend



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر روند تغییرات شاخص سطح برگ

Fig. 2- The effect of intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%S+ 25%H, 25%S+ 75%H, 50%S+ 50%H, 50%S+ 100%H and sesame and hemp monoculture) on the their LAI trend

با توجه به کوتاهتر بودن ارتفاع و حجم کانوپی کنجد در مقایسه با شاهدانه چنین بنظر می‌رسد که رشد بوته‌های شاهدانه عمدتاً تحت تأثیر رقابت درون گونه‌ای باشد، بطوریکه کاهش رقابت درون گونه‌ای منجر به بهبود شرایط برای رشد و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ شاهدانه شده است. نتایج بررسی انجام شده بر روی شاخص سطح برگ زنیان در شرایط مخلوط با شنبلیله نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ زنیان و شنبلیله به ترتیب در کشت مخلوط دو ردیفی (۱/۷۴) و سه ردیفی (۰/۳) مشاهده شد (Mirhashemi 2010 et al.,).

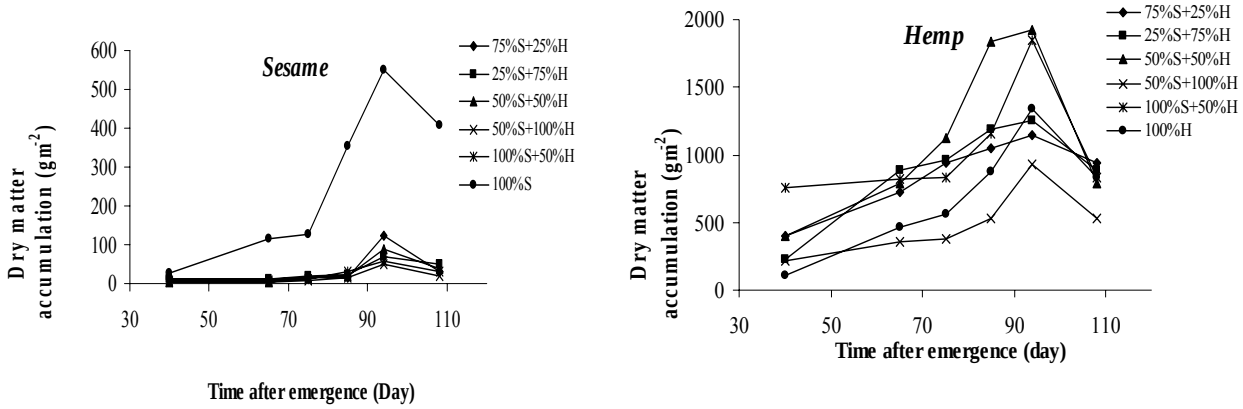
روند تغییرات شاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشد در شرایط مخلوط با شاهدانه در مقایسه با کشت خالص نشان داد که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به خالص کاهش یافت. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، افزایش شاخص سطح برگ کنجد تا ۷۵ روز پس از سبز شدن بسیار کند بود و بعد از آن تا ۸۵

روز پس از سبز شدن افزایش و سپس کاهش یافت، اما در کشت خالص روند افزایش شاخص سطح برگ از ابتدای فصل رشد تا ۸۵ روز پس از سبز شدن افزایشی و پس از آن کاهشی بود (شکل ۱). در ۸۵ روز پس از سبز شدن بیشترین شاخص سطح برگ کنجد در کشت خالص (۱/۳۴) و کمترین میزان آن در سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه (۰/۲۳) بدست آمد. در بین تیمارهای مختلف افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط نیز بیشترین شاخص سطح برگ کنجد در سری جایگزینی ۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه با ۰/۹۴ مشاهده شد (جدول ۲). از آنجا که جذب نور و عناصر غذایی، رشد رویشی و به تبع آن فتوسنتز گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gardner et al., 1988)، چنین بنظر می‌رسد که در شرایط کشت خالص کنجد در مقایسه با تیمارهای مخلوط با شاهدانه، رشد و فتوسنتز کنجد و به تبع آن شاخص سطح برگ افزایش یافته است. نتایج آزمایشی که بر روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا انجام شد، نشان داد که شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت خالص بالاتر از کشت مخلوط بود (Rezvan Beydokhti, 2005).

اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر میزان تجمع ماده خشک

روند تغییرات تجمع ماده خشک شاهدانه و کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط در طول فصل رشد در شکل ۳ نشان داده شده است. روند افزایش تجمع ماده خشک شاهدانه در کشت مخلوط با کنجد، در تمام تیمارها تا ۷۵ روز پس از سبز شدن کند بود و بعد از آن تا ۹۴ روز پس ا ز سبز شدن افزایش و سپس بدلیل زرد شدن و ریزش برگها کاهش یافت (شکل ۳). بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک شاهدانه در ۹۴ روز پس از سبز شدن به ترتیب در کشت مخلوط سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و سری افزایشی ۱۰۰٪ شاهدانه و ۵۰٪کنجد با ۱۹۲۱/۷ و ۹۲۹/۹ گرم بر متر مربع مشاهده شد. با تغییر از الگوی کشت مخلوط به سمت کشت خالص از میزان تجمع ماده خشک کاسته شد (جدول ۲). بنظر می‌رسد که در کشت مخلوط سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، کاهش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های شاهدانه (بعنوان گیاه غالب) منجر به افزایش جذب نور و مواد غذایی و بهبود فتوسنتز شده و به تبع آن تجمع ماده خشک افزایش یافته است. نتایج آزمایش انجام شده بر روی کشت مخلوط سویا و نعناع نیز نشان داد که که میزان ماده خشک در کشت مخلوط ردیفی در مقایسه با کشت خالص بالاتر بود (Maffei & Mucciarelli, 2003).

روند افزایش تجمع ماده خشک کنجد در تمام تیمارهای کشت مخلوط با شاهدانه نسبتاً مشابه بود ولی در کشت مخلوط تجمع ماده خشک در مقایسه با کشت خالص به دلیل رقابت بر سر جذب منابع و عمدتاً نور، به میزان زیادی کاهش یافت. روند افزایش تجمع ماده خشک کنجد در تیمارهای کشت مخلوط با شاهدانه تا ۸۵ روز پس از سبز شدن کند بود و بعد از آن تا ۹۴ روز پس از سبز شدن افزایش پیدا کرد و سپس روند کاهشی مشاهده شد. روند افزایشی تجمع ماده خشک در کشت خالص کنجد نسبت به تیمارهای کشت مخلوط زودتر و در ۷۵ روز پس از سبز شدن اتفاق افتاد (شکل ۳). در ۹۴ روز پس از سبز شدن بیشترین تجمع ماده خشک کنجد در کشت خالص (۵۵۱/۲۷ گرم بر متر مربع) و کمترین میزان آن در سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه (۵۱/۷۳ گرم بر متر مربع) بدست آمد.



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر روند تغییرات تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع)

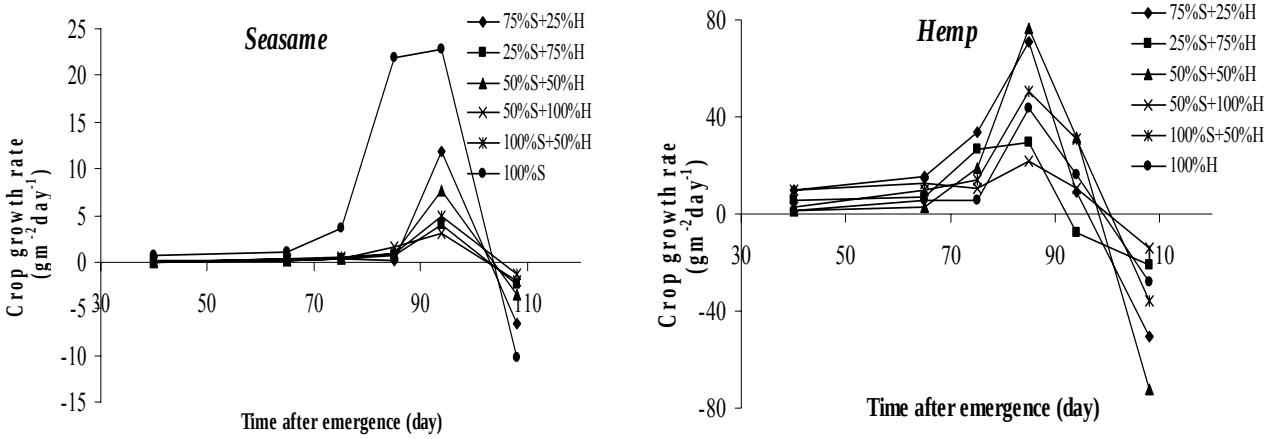
Fig. 3- The effect of intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%S+ 25%H, 25%S+ 75%H, 50%S+ 50%H, 50%S+ 100%H and sesame and hemp monoculture) on the their dry matter accumulation ($g.m^{-2}$)

در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز بیشترین میزان تجمع ماده خشک کنجد در سری جایگزینی ۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه (۱۲۱/۹۷ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲). چنین بنظر می‌رسد که عدم وجود رقابت بین گونه‌ای در کشت خالص کنجد (شاهدانه به عنوان گیاه غالب)، باعث بهره‌گیری بهتر از عناصر غذایی و منابع بویژه 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. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) بیان داشتند که بالاترین شاخص سطح برگ شنبلیله در شرایط مخلوط با زنیان در کشت مخلوط تک ردیفی (۲۳۶/۱۴ گرم بر متر مربع) بدست آمد و با تغییر از الگوی کشت مخلوط به سمت کشت خالص از میزان تجمع ماده خشک این گیاه کاسته شد.

اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر سرعت رشد گیاه

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر روند سرعت رشد محصول در طول فصل رشد در شکل ۴ نشان داده شده است. تغییرات سرعت رشد شاهدانه در تیمارهای کشت خالص و مخلوط تا حدود ۸۵ روز پس از سبز شدن افزایشی و پس از آن کاهشی بود. بیشترین و کمترین سرعت رشد شاهدانه در ۸۵ روز پس از سبز شدن به ترتیب در کشت مخلوط سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و سری افزایشی ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه با ۷۶/۵۸ و ۲۱/۶۸ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد (جدول ۲). بنظر می‌رسد که با کاهش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های شاهدانه و ایجاد کانوپی موجی در کشت مخلوط، نور بیشتری به برگ‌های پایینی رسیده و این امر باعث افزایش فتوسنتز و به تبع آن سرعت رشد شاهدانه شده است. نتایج مطالعه انجام شده بر روی سرعت رشد محصول در کشت مخلوط ردیفی ذرت و لوبیا نیز نشان داد که با تغییر ترکیب کشت از خالص به سمت مخلوط ردیفی سرعت رشد محصول افزایش یافت (Rezvan Beydokhti, 2005). میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) نیز گزارش کردند که حداکثر سرعت رشد زنیان در تیمارهای مختلف کشت مخلوط تک ردیفی و دو ردیفی و کمترین میزان آن در کشت خالص این گیاه مشاهده شد.

در تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی، سرعت رشد کنجد ابتدا افزایش و سپس روند کاهشی پیدا نمود، منتهی سرعت رشد محصول در کشت خالص تا ۹۴ روز پس از سبز شدن (۲۲/۷۸ گرم بر متر مربع در روز) (جدول ۲) و بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط افزایش یافت. زمان رسیدن به حداکثر سرعت رشد محصول در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص نیز مشابه بود، بطوریکه تغییرات سرعت رشد گیاه کنجد در تمام تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی با شاهدانه از روند نسبتاً یکسانی برخوردار و به مراتب کمتر از کشت خالص این گیاه بود (شکل ۴). از آنجا که جذب نور عامل اصلی و موثر در رشد و فتوسنتز گیاهان می‌باشد (Gardner et al., 1988)، کشت خالص کنجد به دلیل عدم سایه‌اندازی و رقابت بین گونه‌ای با شاهدانه باعث جذب بهتر نور و افزایش رشد و فتوسنتز شده و به دنبال آن سرعت رشد گیاه را افزایش داده است.



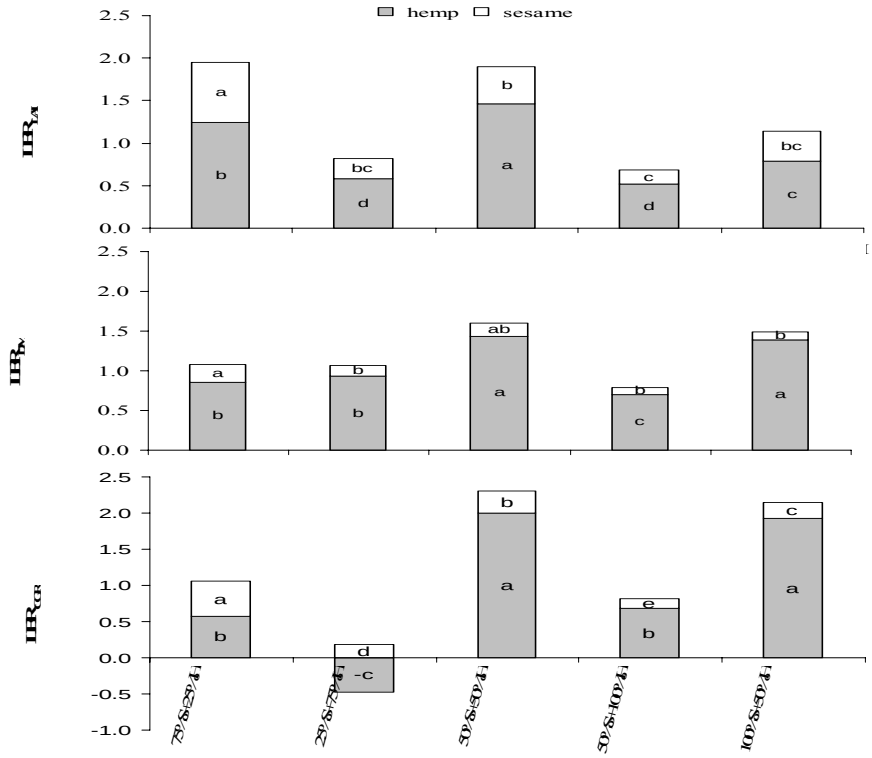
شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر روند تغییرات سرعت رشد گیاه (گرم بر متر مربع در روز)

Fig. 4- The effect of intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%S+ 25%H, 25%S+ 75%H, 50%S+ 50%H, 50%S+ 100%H and sesame and hemp monoculture) on the their crop growth rate ($g.m^{-2}.day^{-1}$)

اثر کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد بر نسبت برابری زمین (LER)

تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه و کنجد از نظر نسبت برابری زمین برای حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و حداکثر سرعت رشد محصول تفاوت معنی‌داری داشتند.

کشت مخلوط سری‌های جایگزینی ۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه و ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و سری افزایشی ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه برای حداکثر شاخص سطح برگ، تمام تیمارهای کشت مخلوط بجز سری افزایشی ۵۰٪کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه برای حداکثر تجمع ماده خشک و کشت مخلوط سری‌های جایگزینی ۵۰٪کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و سری افزایشی ۱۰۰٪کنجد و ۵۰٪شاهدانه برای حداکثر سرعت رشد گیاه نسبت برابری زمین بالاتر از یک داشتند (شکل ۵). نسبت برابری زمین برای شاخص‌های رشد شاهدانه تقریباً در کلیه تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزینی و افزایشی، بالاتر از کنجد بود که می‌توان چنین استنباط نمود که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، شاهدانه گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته است. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) بیان داشتند که بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله به ترتیب در تیمار مخلوط ردیفی و دو ردیفی با ۱/۴۷ و ۱/۲۸ مشاهده شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) نیز با مطالعه کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش گزارش کردند که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۲۱) برای الگوی کاشت یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش و کمترین آن (۰/۸۷) درالگوی کاشت سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش مشاهده شد.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی شاهدانه (H) و کنجد (S) (۷۵٪ کنجد و ۲۵٪ شاهدانه، ۲۵٪ کنجد و ۷۵٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه، ۵۰٪ کنجد و ۱۰۰٪ شاهدانه، ۱۰۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص) بر نسبت برابری زمین برای شاخص سطح برگ حداکثر، تجمع ماده خشک حداکثر و سرعت رشد گیاه حدکثر

Fig. 5- The effect of intercropping with additive and replacement series for hemp (H) and sesame (S) (75%sesame+ 25% hemp, 25%sesame+ 75% hemp, 50%sesame+ 50% hemp, 50%sesame+ 100% hemp and sesame and hemp monoculture) on the LER_{LAI}, LER_{DM} and LER_{CGR}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means in each shape followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

نتیجه‌گیری

چون جذب نور عامل اصلی در رشد و فتوسنتز گیاهان محسوب می‌شود، برای دستیابی به حداکثر بازده در کشت مخلوط با وجود مزایای بیشمار این الگوی کشت، انتخاب مناسب گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی، حجم بالای کانوپی شاهدانه در مقایسه با کنجد باعث سایه‌اندازی بر کنجد و در نتیجه کاهش جذب نور شد که این امر منجر به کاهش رشد، فتوسنتز و به تبع آن کاهش ارتفاع، شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک و سرعت رشد در این گیاه گردید، بطوریکه بالاترین میزان کلیه شاخص‌های رشد در کشت خالص کنجد مشاهده گردید. همچنین با توجه به غالب بودن شاهدانه و بالاتر بودن نسبت برابری زمین برای شاخص‌های رشد این گیاه در مقایسه با کنجد، چنین بنظر می‌رسد که شاهدانه از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته است.

منابع

1- Aggarwell, P.K., Garrity, D.P., Liboon, S.P., and Morris, R.A. 1992. Resource use and interaction in a rice-mungbean intercrop. Agronomy Journal 84: 71-78.
2- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 541-553. (In Persian with English Summary)
3- De Bach, P. 1974. Biological Control by Natural Enemies. Cambridge University Press.
4- Federer, W.T. 1993. Statistical design and analysis for intercropping experiment, two crops. Springer Verlag INC.
5- Francis, C.A. 1986. Biological efficiencies in multiple cropping systems. Advances in Agronomy Journal 42: 1-41.
6- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1988. Physiology of Crop Plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
7- Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357 pp.
8- Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.
9- Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.).Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)
10- Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalegani, B. 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 175-184. (In Persian with English Summary)
11- Koochecki, A., Shabahang J., Khorramdel, S., and Azimi, R. 2010. The effect of irrigation intervals and intecropped marjoram (*Origanum vulgare* L.) with saffron (*Crocus sativus* L.) on possible cooling effect of corms for climate change adaptation. Iranian Journal of Field Crops Research In Press. (In Persian with English Summary)
12- Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Research 84: 229-240.
13- Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
14- Mandal, B.K., Ghosh, R.K., Das, N.C., and Choudhury, A.K.S. 1987. Studies on cotton based multiple cropping. Experimental Agriculture 23(4): 443-450.
15- Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 685-694. (In Persian with English Summary)
16- Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 685-694. (In Persian with English Summary)
17- Morris, R.A., Villegan, A.N., Polthanee, A., and Centeno, H.S. 1990. Water use by monocropped and intercropped cowpea and sorghum after rice. Agronomy Journal, 82: 664-668.
18- Putnam, D.H., and Allan, D.L. 1992. Mechanisms for over yielding in a sunflower-mustard intercrop. Agronomy Journal 84: 188-195.
19- Ram, K.S.M. 1998. Intercropping medicinal species and oil seed crops with geranium (*Pelargonium graveolens* L.) for improving productivity in assured input system of a subtropical environment. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 20: 1060-1066.
20- Ramaswamy, S.K., Briscese, P., Gargiullo, R.J., and von Geldern, T. 1988. Sesquiterpene hydrocarbons: from mass confusion to orderly line-up. In: Lawrence, B.M., Mookherjee, B.D., and Willis B.D. (Eds.).

21- Randhawa, G.S., Sidhu, B.S., and Mahey, R.K. 1989. Intercropping of mint in sugarcane. Indian Journal of Agronomy 34: 498-500.
22- Rao, B.R.R. 2002. Biomass yield, essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L. f. Piperascens Malinv). Industrial Crops and Products 16: 133-144.
23- Rezvan Beydokhti, S. 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. MSc. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
24- Rodrigues-Gomez, O., Zavaleta-Mejia, E., Gonzales-Hernandes, V.A., Livera-Munoz, M., and Cardenas-Soriano, E. 2003. Allelopathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. Field Crop Research 83(1): 27-34.
25- Singh, K., and Ram, P. 1991. Production potential in intercropping of *Citronella java* with cowpea and mint species. Annual Agricultural Research 12: 128-133.
26- Singh, K., Rao, B.R., Singh, C.P., Bhattacharya, A.K., and Kaul, P.N. 1998. Production potential of aromatic crops in the alley of *Eucalyptus citriodora* L. in semi-arid tropical climate of south India. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 20: 749-752.
27- Triplett, Jr. G.B. 1962. Intercrops in corn and soybean cropping systems. Agronomy Journal 54: 106-109.
28- Vandermeer, J. 1989. Ecology of Intercropping. Elsevier Publisher, Netherlands.
29- Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.
30- Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357 pp.