نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۴۴-۲۷، نیمهٔ دوم ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 27-44
DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.42232

مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش‌سبز (*Vigna radiata* L.) تحت شرایط کنترل و عدم‌کنترل علف‌های‌هرز

علیرضا کوچکی[1*]، حسام‌الدین سلوکی[2] و ثنا کاربر[3]

۱- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ hsolooki@alumni.ut.ac.ir

۳- دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۰

چکیده

هجوم علف‌های‌هرز سبب کاهش شدید عملکرد در گیاهان زراعی خواهد شد. علاوه‌براین، افزایش تنوع گیاهان در بوم نظام‌های زراعی، توزیع بیوماس بین گونه‌ها در اجتماع علف‌های‌هرز را تغییر خواهد داد. این نکته باعث کاهش تعداد و تراکم گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی و مطالعه جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط جایگزینی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش‌سبز (*Vigna radiata* L.) تحت شرایط کنترل و عدم‌کنترل علف‌های‌هرز انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خُردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه‌تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل تیمارهای کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش‌سبز، کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز : ۷۵درصد کنجد)، کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز بودند. نتایج نشان‌داد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز : ۷۵درصد کنجد)، کمترین تراکم نسبی علف‌های‌هرز را در بین الگوهای مختلف کاشت دارا بود. این تیمار کمترین میزان شاخص شانون را در مقایسه با سایر تیمارها داشت. بررسی صفاتی همچون تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف برای گیاه ماش، تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول برای گیاه کنجد و ارتفاع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت برای هر دو گیاه نشان داد که اختلاف قابل‌توجهی در هر کدام از این صفات، بین دو سطح وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز وجود داشت. در رابطه با نسبت برابری زمین بین الگوهای مختلف کشت مخلوط نیز نتایج حاکی از آن بود که مقدار این نسبت در هر دو سال برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط به‌همراه کنترل علف‌های‌هرز، بالاتر از یک (میانگین ۱/۱ برای سال ۹۲ و ۱/۲۴ برای سال ۹۳) بود. اما برای تیمارهای کنترل‌نشده تنها در تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز : ۷۵درصد کنجد) بالاتر از یک (۱/۰۴ برای سال ۹۲ و ۱/۳۸ برای سال ۹۳) بود. از این‌رو کاربرد سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی، استفاده از علف‌کش‌ها را در کشاورزی کاهش داده و به‌عنوان جاگزینی مناسب مانع از تجمع سموم در محیط‌زیست شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تنوع، تراکم علف‌های‌هرز، کنترل اکولوژیکی، نسبت برابری زمین

مقدمه

علف‌های‌هرز از طریق رقابت برای جذب عناصر غذایی، آب و نور به گیاهان زراعی آسیب رسانده و از این‌طریق منجر به کاهش عملکرد آن‌ها می‌شوند (Rostami *et al*., 2009). از سویی استفادهٔ ناصحیح از تکنولوژی علف‌کش‌ها برای از بین‌بردن خسارات ناشی از علف‌های‌هرز نیز منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر پسماند علف‌کش‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی و مقاوم‌شدن علف‌های‌هرز به علف‌کش‌ها شده است (Bakhtiari Moghaddam *et al*., 2012). مدیریت علف‌های‌هرز که در چند دههٔ گذشته در تضاد با اصول اکولوژیکی و پایداری نظام‌های تولید عمل نموده، به‌تدریج از روش تک‌بعدی به تکنیک‌های تلفیقی مبتنی بر روش‌های متنوع غیرشیمیایی تغییر پیدا کرده است (Ghorbani *et al*., 2010). به‌طور کلی مدیریت علف‌های‌هرز علاوه‌بَر روش‌های شیمیایی از طریق روش‌های زراعی، روش‌های مکانیکی و روش‌های بیولوژیکی نیز امکان‌پذیر است (Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008).

***نویسنده مسئول:** مشهد، میدان آزادی پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکدهٔ کشاورزی، گروه زراعت، akooch@um.ac.ir

کشت مخلوط از جمله قدیمی‌ترین روش‌ها در سیستم‌های زراعی برای کنترل علف‌هـای‌هرز می‌بـاشـــد (Spliid *et al*., 2004). این نوع کشـت به‌معنای تولید بیش از یک گیاه در یک سـال زراعی در یک‌قطعه زمین می‌باشـد (Mazaheri, 1994; Black & Ong, 2000; Sastawa *et al*., 2003). توانایی نظام‌های کشـــت مخلوط برای رقابت با علف‌های‌هرز و کنترل آن‌ها به‌عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان، ارقام، تراکم یا نسـبت‌های کشـت مخلوط و حاصـلخیزی خاک بسـتگی دارد. علاوه‌براین، کاهش آشـیانه‌های خالی و منابع در دسترس برای رشـــد علف‌های‌هرز نیز تا حدود زیادی کاهش قدرت تهاجم علف‌های‌هرز را موجب می‌شـود. همچنین به‌دلیل متفاوت‌بودن سـاختار کانوپی و آناتومیکی گیاهان به‌کاربرده‌شـده در کشـت مخلوط، این سـیسـتم کشـت با سـایه‌اندازی و خفه‌کردن علف‌های‌هرز و در برخی موارد با خاصیت دگرآسیبی، از رشد و گسـترش علف‌های‌هرز جلوگیری می‌کند (Shaygan *et al*., 2008). بنابراین کنترل علف‌های‌هرز در کشـت مخلوط بسـیار مؤثرتر از زمانی اسـت که گیاهان به‌تنهایی کشـت می‌شـوند (Eskandari & Kazemi, 2011). از طرفی فرایند رقابت بین گیاهان در کشـت مخلوط از جمله مهم‌ترین عواملی است که بر عملکرد نهـایی تأثیرگذار اسـت (Hauggaard Nielsen & Jensen, 2001). لذا با آگاهی از وضـعیت توان رقابتی هر یک از گیاهان در شـرایط مخلوط و ارتباط آن با تغییرات عملکرد می‌توان شـرایط را بـه‌گونـه‌ای فراهم آورد کـه عملکرد نهایی مخلوط از عملکرد تک‌کشتی هریک بیشتر باشد (Anil *et al*., 1998).

در آزمایشـــی با هدف مهار علف‌هرز اِسـتریگا (*Striga hermonthica*) و افزایش عملکرد در کشـــت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.) نتـایج نشان‌داد که عملکرد دانه در سیستم کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیشـتر از سـیسـتم تک‌کشـتی بوده اسـت (Odhiambo & Ariga, 2001). همچنین آزمایشات دیگر انجام‌شده در رابطه با کشـــت مخلوط سـورگوم (*Sorghum bicolor*) بـا لوبیـا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) نشـان‌داده اسـت که کشت مخلوط همواره باعث کاهش هجوم و حضـور علف‌هرز اِسـتریگا شـده اسـت (Babiker & Hamdoun, 1990). در مطالعه‌ای دیگر نتایج حاصـل از کشـت مخلوط ذرت و لوبیا نشـان‌داد که تراکم علف‌های‌هرز در کشت مخلوط به‌میزان قابل‌توجهی نسبت به کشت خالص ذرت کاهش یافت (Bilalis *et al*., 2010). در آزمایشـــی در رابطه با اثر کشـــت مخلوط نواری ذرت و لوبیا بر عملکرد ماده خشـک و نسـبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم‌کنترل علف‌های‌هرز، گزارش شـــد که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نواری نسبت برابری زمین بیشتر از کشت خالص (LER>1) بود و با افزایش عرض نوار مقدار آن کاهش یافت. از طرفی در ردیف‌های حاشـیه‌ای LER کشـت مخلوط در حضور علف‌های‌هرز به‌میزان ۰/۲۹ افزایش یافت که این‌امر نشان‌دهنده توانـایی بـالقوه کشـــت مخلوط در رقابت با علف‌های‌هرز بدون اسـتفاده از وجین و یا علف‌کش بوده است (Koocheki *et al*, 2010). آزمـایش دیگری کـه بـه بررســـی اکولوژیک الگوهای مختلف کشـــت مخلوط ردیفی گـاوزبـان اروپـایی (*Borago officinalis* L.) و لوبیـا پرداخته بود، نشـــان‌داد که با افزایش تنوع، تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت، به‌طوری‌که تیمارهای کشـــت مخلوط کمترین وزن خشـــک علف‌های‌هرز را داشـــتند (Koocheki *et al*., 2012). در رابطه با کشت مخلوط ذرت و ماش، مشخص شد که پـایین‌ترین وزن خشـــک علف‌هـای‌هرز در تیمار ۵۰درصـــد ذرت+۱۰۰درصد ماش به‌دست آمد. این تیمار سبب کاهش وزن خشـک علف‌های‌هرز سلمه‌تره، تاج‌خروس ریشه‌قرمز و قیاق در مقایسه با سایر تیمارها گردید (Nazari *et al*., 2012).

برخی محققان با بررسی انواع نظام‌های کشت مخلوط بیان داشـتند که در بعضی موارد، الگوی ردیفی از جنبه‌های مختلف نسـبت به‌سـایر روش‌ها کارآیی بالاتری دارد. کشـت مخلوط ردیفی، یکی از انواع روش‌های مورد اسـتفاده در کشـت مخلوط می‌باشـــد که در آن حداقل یکی از گیاهان در ردیف‌های منظم کاشـته شـده و گیاه دیگر به‌صـورت ردیفی و یا به‌طور تصادفی کاشته می‌شود (Grossman & Quarles, 1993).

بررســـی کشـــت مخلوط افزایشـــی و جایگزینی کنجد و شـاهدانه (*Cannabis sativa* L.) نشـان‌داد که کشت مخلوط شـاهدانه با کنجد به‌دلیل سـایه‌اندازی شـاهدانه بر روی کانوپی کنجد و ممانعت از جذب نور برای کنجد منجر به کاهش رشـد در این گیاه شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص‌های رشدی در کشـت خالص کنجد مشـاهده گردید (Koocheki *et al*, 2010).

سـیستم‌های کشت مخلوط در راستای بهره‌گیری از اصول کشـاورزی اکولوژیک ازجمله روش‌های بسـیارمناسب با حداقل اثرات سـوء بر روی محیط‌زیسـت می‌باشـند. از طرفی بررسـی مطالعات صورت‌گرفته در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که بیشتر این مطـالعات در جهت حصـــول به حداکثر عملکرد در گیاهان زراعی بوده و متأسـفانه عوارض زیسـت‌محیطی آن مَدنظر قرار نگرفته اسـت. از این‌رو این آزمایش با هدف بررسـی اثر کشـت

مخلوط ردیفی کنجد و ماش‌سبز بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گیاه، کنترل علف‌های‌هرز و تعیین بهترین ترکیب مخلوط در مقایسه‌ی با تک‌کشتی دو گیاه در شرایط آب‌وهوایی مشهد انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰کیلومتری جنوب‌شرقی شهر مشهد (با طول‌جغرافیایی ۵۹درجه و ۳۶دقیقه طول‌شرقی و عرض‌جغرافیایی ۳۶درجه و ۱۵دقیقه عرض‌شمالی و ارتفاع ۹۸۵متری از سطح دریا) و در زمینی به مساحت ۵۰۰مترمربع انجام شد.

نوع خاک محل آزمایش

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک مزرعه توسط اوگر به‌صورت تصادفی چند نمونه برداشت و پس از مخلوط‌کردن، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان‌داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (میانگین دو سال)

Table 1. Physical and chemical properties of field soil (the average of two years)

EC ($dS\ m^{-1}$)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	pH	پتاسیم Potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	بافت خاک Soil texture
1.1	0.88	8.44	162.52	10.9	0.081	سیلت-لومی Loam- Silt

طرح آماری و تیمارهای آزمایش

آزمایش در قالب طرح کرت‌های خُردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه‌تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل تیمارهای کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش‌سبز، کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز : ۷۵درصد کنجد)، کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز بودند.

عملیات آماده‌سازی زمین در هر دو سال در اوایل اردیبهشت‌ماه انجام شد و زمین مورد آزمایش به‌صورت یکنواخت ۳۰تن کود دامی کاملاً پوسیده شده در هکتار دریافت کرد. دو گیاه در تاریخ اول خردادماه سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به‌صورت همزمان در زمین کشت شدند. در این پژوهش از کنجد توده کلات و ماش‌سبز توده گنبدکاووس استفاده شد. تراکم بوته برای گیاه کنجد به‌عنوان گیاه اصلی ۴۰بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف و روی ردیف به‌ترتیب ۵۰ و ۵سانتی‌متر درنظر گرفته شد. تراکم ماش‌سبز نیز ۲۰بوته در مترمربع با فاصله بین ردیف ۵۰سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰سانتی‌متر درنظر گرفته شد. روش کاشت گیاهان در الگوهای مختلف کشت مخلوط بدین‌شکل بود که با توجه به الگوی موردنظر و سهم هر گونه، نسبت معینی از بوته‌های یک‌گونه حذف و معادل گیاهی آن از گونه دوم جایگزین شد (معادل گیاهی بر اساس تراکم مطلوب دو گیاه در کشت خالص محاسبه شد). همچنین فاصله کرت‌ها از هم ۰/۵متر و فاصله بلوک‌ها از هم یک‌متر بود.

بذرهای هر دو گونه به‌صورت شیاری کشت شدند و عملیات تُنک‌کردن پس از سبزشدن و رسیدن بوته‌ها به‌اندازهٔ مطلوب انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سپس تا آخر فصل رشد هر شِش‌روز یک‌بار انجام شد. علف‌های‌هرز مزرعه نیز به‌صورت دستی در سه‌مرحله کنترل شدند. همچنین به‌منظور اجرای یک سیستم اکولوژیک و کم‌نهاده تا آخر فصل رشد از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی استفاده نشد.

نمونه‌برداری در طول فصل رشد

نمونه‌برداری‌های تخریبی از علف‌های‌هرز در چهار مقطع زمانی از ۳۰روز پس از کاشت آغاز شد و در طول فصل رشد هر ۱۵روز یک‌بار انجام گرفت. در هر مرحله نمونه‌برداری چهار گونه غالب علف‌هرز مزرعه شامل خرفه (*Protulaca oleraceae*)، تاج‌خروس (*Amaranthus* sp.)، سلمه‌تَره (*Chenopodium album*) و تاج‌ریزی (*Solanum nigrum*)، با کوادراتی به ابعاد ۵۰×۱۰۰ سانتی‌متر به‌صورت عمود بر ردیف‌های کشت، برداشت و پس از جداسازی به تفکیک نوع گونه شمارش شدند.

برای تعیین تنوع علف‌های‌هرز از شاخص شانون (H') طبق معادله (۱) استفاده شد (Gliessman, 1997).

معادله (۱) $H'=-\Sigma ni/N\times Ln\ ni/N$

که در این رابطه ni: تعداد گونه افراد iام و N: تعداد کل افراد می‌باشد.

در هر واحد آزمایشی قبل از برداشت، برای هر دو گونه پنج‌بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته، تعداد گل‌آذین در هر بوته، تعداد دانه در هر گل‌آذین و وزن ۱۰۰۰دانه تعیین شدند. همچنین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) در هر کرت پس از حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت از سطحی معادل چهار مترمربع تعیین شد.

جهت مقایسه عملکرد کشت‌های مخلوط با خالص، نسبت برابری زمین (LER) از طریق معادله (۲) محاسبه شد (Gliessman, 1997).

معادله (۲)

$$LER=\Sigma\frac{Ypi}{Ymi}$$

که در این معادله Ypi: عملکرد هر محصول در کشت مخلوط و Ymi: عملکرد هر محصول در کشت خالص می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS, Version 9.1 انجام گرفت. کلیهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای پنج‌درصد مقایسه شدند. همچنین ترسیم شکل‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر تراکم و شاخص شانون علف‌های‌هرز

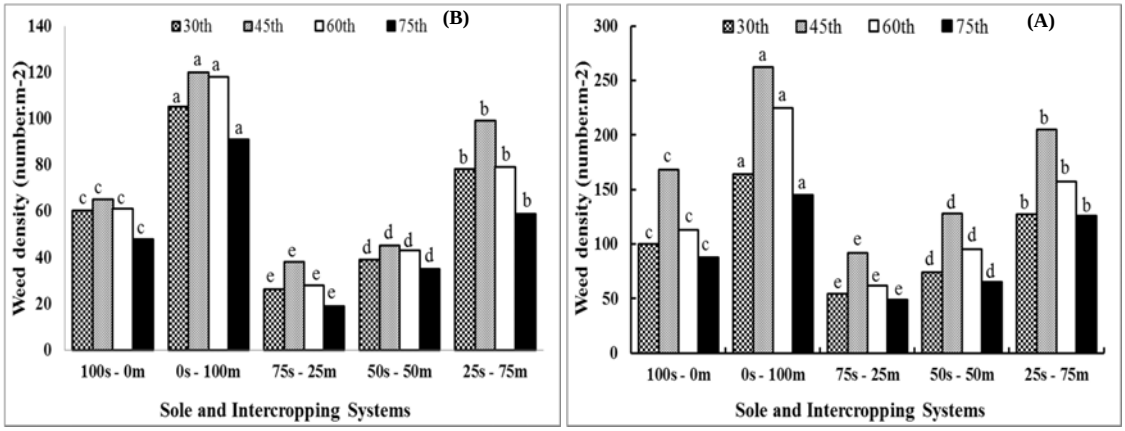
نتایج حاصل از تراکم و شاخص شانون چهار گونه غالب علف‌هرز عمده مزرعه که شامل خرفه، تاج‌خروس، سلمه‌تَره و تاج‌ریزی بودند، در سال‌های ۹۲ و ۹۳ نشان‌داد که بین الگوهای کشتی مختلف از نظر تعداد علف‌های‌هرز طی مراحل مختلف نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود داشت (شکل ۱ و ۲)؛ به‌طوری‌که کمترین و بیشترین تراکم نسبی علف‌های‌هرز در تمامی مراحل نمونه‌برداری به‌ترتیب مربوط به الگوی کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز : ۷۵درصد کنجد) و کشت خالص ماش‌سبز بود (شکل ۱). همچنین میزان تراکم علف‌های‌هرز در الگوی کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) در مقایسه با تیمارهای کشت خالص کنجد و ماش‌سبز، کاهش نشان‌داد. به‌نظر میرسد به‌دلیل متفاوت‌بودن ساختار کانوپی و آناتومیکی گیاهان به‌کاربرده‌شده در کشت مخلوط، این سیستم کشتی با سایه‌اندازی و خفه‌کردن علف‌های‌هرز، از رشد و گسترش علف‌های‌هرز جلوگیری می‌کند. ساده‌ترین و در عین‌حال دقیق‌ترین روش توصیف رقابت و کاهش عملکرد ناشی از آن مبتنی بر تراکم علف‌های‌هرز (تعداد بوته‌های علف‌های‌هرز در واحد سطح) می‌باشد. بر این اساس تراکم بیشتر علف‌های‌هرز به‌معنی تسخیر منابع به‌وسیله این گونه‌ها و در نتیجه بروز محدودیت برای گیاهان زراعی خواهد بود (Kropff & Spitters, 1991; Koocheki & Khajeh Hosseini, 2008). بنابراین با مقایسه الگوهای مختلف کشت در سال‌های اول و دوم، علی‌رغم وجود تراکم بالاتر علف‌های‌هرز در سال اول، می‌توان به اثرات مثبت سیستم کشت مخلوط به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی در جهت کنترل علف‌های‌هرز در مقایسه با سیستم تک‌کشتی اشاره کرد.

میانگین شاخص شانون برای الگوهای کشت خالص کنجد، کشت خالص ماش‌سبز، کشت مخلوط ۳:۱، کشت مخلوط ۱:۱ و کشت مخلوط ۱:۳ به‌ترتیب ۰/۵۰، ۰/۵۴، ۰/۳۹، ۰/۴۷ و ۰/۵۱ برای سال اول و ۰/۵۸، ۰/۵۹، ۰/۵۴، ۰/۵۸ و ۰/۵۸ برای سال دوم بود که بر این اساس کمترین میزان شاخص شانون در هر دو سال مربوط به تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) بود (شکل ۲).

با توجه به نتایج حاصله از هر دو سال می‌توان این‌گونه استنباط کرد که کشت مخلوط با حفظ تعادل اکولوژیک و ثبات سیستم از طریق کاهش تعداد و تنوع علف‌های‌هرز، خسارت ناشی از علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهد.

در آزمایشی در رابطه با بررسی ترکیب‌های مختلف کاشت و اثر کنترل علف‌های‌هرز در کشت مخلوط ماش و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) ملاحظه شد که الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با الگوی تک‌کشتی اثر کاهنده‌ای بر تعداد گونه، جمعیت، بیوماس و فراوانی هر یک از گونه های علف‌هرز داشت (Rezvani moghaddam *et al*., 2009).

همچنین آزمایشات دیگر انجام‌شده در این زمینه نیز با نتایج به‌دست‌آمده مطابقت دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus*) و زیره سیاه (*Carum carvi*) (Mesgaran *et al*., 2008)، کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor*) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) (Sanjani *et al*., 2009) و کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) و حبوبات (Leguminosae) (Fernandez-aparicio *et al*., 2008) اشاره کرد.



الف) سال۱۳۹۲، ب) سال۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

شکل ۱- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر تراکم علف‌های‌هرز در طی روزهای پس از کاشت

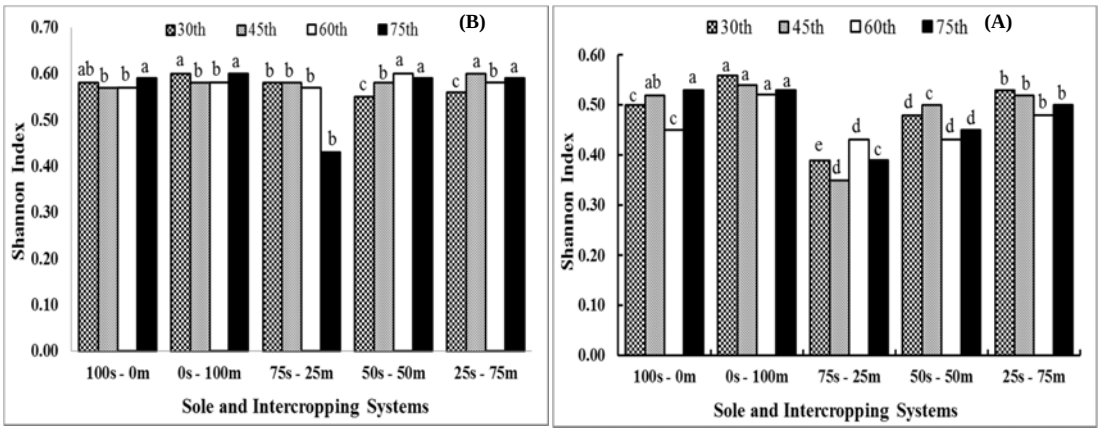
کشت خالص کنجد (۰- ۱۰۰)، کشت خالص ماش‌سبز (۱۰۰- ۰)، (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد)، (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) و (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد)

Fig. 1. The effect of different intercropping systems on weed density during the days after sowing

Sole crop of Sesame (100 – 0), Sole crop of Mung bean (0 – 100), (75% Sesame -25% Mung bean), (50% Sesame -50% Mung bean) and (25% Sesame -75% Mung bean)

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)



الف) سال۱۳۹۲، ب) سال۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

شکل ۲- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر شاخص شانون علف‌های‌هرز در طی روزهای پس از کاشت

کشت خالص کنجد (۰- ۱۰۰)، کشت خالص ماش‌سبز (۱۰۰- ۰)، (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد)، (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) و (۷۵درصد ماش‌سبز : درصد کنجد)

Fig. 2. The effect of different intercropping systems on Shannon index of weeds during the days after sowing

Sole crop of Sesame (100 – 0), Sole crop of Mung bean (0 – 100), (75% Sesame -25% Mung bean), (50% Sesame -50% Mung bean) and (25% Sesame -75% Mung bean)

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)

ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌داد که بین تیمارهای مختلف تفاوت‌ها از نظر ارتفاع معنی‌دار بود (جدول۲). تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) و کشت خالص کنجد به‌ترتیب با ۹۳/۱ و ۱۱۶/۳سانتی‌متر طول، بیشترین ارتفاع را در سال اول و سال دوم در مقایسه با سایر تیمارها دارا بودند. همچنین بین تیمارهای وجین‌شده و تیمارهای عدم وجین علف‌های‌هرز اختلاف بارزی از نظر ارتفاع وجود داشت (جدول ۳).

در سال دوم، آرایش کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه کنجد نداشت؛ اما بین تیمارهای وجین‌شده و تیمارهای عدم وجین علف‌های‌هرز مانند سال اول اختلاف بارزی از نظر ارتفاع وجود داشت (جدول ۲).

اثر عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط) بر طول بوته‌های ماش‌سبز در هر دو سال غیرمعنی‌دار بود. همچنین اثر عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین) و اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های‌هرز در گیاه ماش‌سبز در هر دو سال از نظر آماری معنی‌داری بود (جدول ۴). همچنین ارتفاع بوته در تیمارهای بدون وجین علف‌های‌هرز کاهش یافت. از طرفی ارتفاع بوته‌های کنجد و ماش‌سبز در سال اول در مقایسه با سال دوم کشت کمتر بود (جدول ۵). که این موضوع ناشی از وقوع تنش‌های محیطی بیشتر در سال اول از جمله تگرگ و باران‌های شدید و تراکم بالای علف‌های‌هرز در سال اول بود که در نهایت موجب خوابیدگی و کاهش رشد تعدادی از بوته‌ها و ایجاد شرایط رقابتی بازدارنده‌ی رشد برای هر دو گیاه شد.

نتایج آزمایشی در رابطه با کشت مخلوط پنبه با سورگوم، سویا (*Glycine max* L.) و کنجد جهت کنترل اویارسلام (*Cyperus rotondus* L.) حاکی از آن بود که ارتفاع پنبه در تیمار کشت خالص بدون وجین علف‌های‌هرز در حداقل مقدار خود قرار داشت (Iqbal *et al*., 2007).

تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول کنجد

بین الگوهای مختلف آرایش کاشت، دو سطح وجین و عدم وجین و اثر متقابل آن‌ها از نظر تعداد کپسول در هر بوته برای گیاه کنجد در سال اول و دوم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط (عامل اصلی) بر تعداد دانه در هر کپسول کنجد در سال دوم کشت اختلافات معنی‌داری نشان نداد. اما اثر عامل فرعی (وجین و عدم وجین) و اثر متقابل آرایش کاشت و علف‌های‌هرز بر تعداد دانه در هر کپسول کنجد در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲). همچنین تیمارهای وجین‌شده در هر دو سال تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول بالاتری نسبت به تیمارهای عدم وجین داشتند (جدول ۳).

مطابق با جدول ۳، بیشترین تعداد کپسول در هر بوته در سال اول کشت، با ۳۵عدد کپسول برای تیمارهای کنترل‌شده کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) و کشت خالص کنجد به‌دست آمد. در سال دوم نیز بیشترین تعداد کپسول در هر بوته (۹۷کپسول) برای تیمار کنترل‌شده کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) به‌دست آمد. در بین تیمارهای کنترل‌نشده علف‌های‌هرز نیز تیمار کشت خالص کنجد کمترین تعداد کپسول در هر بوته (۹کپسول) را در مقایسه با سایر تیمارها در سال دوم دارا بود (جدول ۳). از نظر تعداد دانه در هر کپسول نیز تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) وجین‌شده و ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) عدم وجین به‌ترتیب بیشترین (۵۷/۳ و ۵۰عدد دانه در هر کپسول در سال اول و دوم) و کمترین (۲۶ و ۲۱/۳عدد دانه در هر کپسول در سال اول و دوم) تعداد دانه در هر کپسول را در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). به‌دلیل این‌که گیاهان مختلف از نظر بهره‌برداری از منابع توانایی‌های متفاوتی دارند، کشت مخلوط بر کشت خالص برتری دارد (Azam- Ali *et al*., 1990). در پژوهشی که در رابطه با کشت مخلوط کنجد و نخود انجام شد، تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گیاه کنجد تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول بالاتری داشتند. همچنین در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین تعداد کپسول در هر بوته و تعداد دانه در هر کپسول در تیمارهای ۲۵- ۷۵ و ۵۰-۵۰ کنجد- نخود مشاهده شد (Pouramir *et al*., 2010). در آزمایش دیگری که در رابطه با کشت مخلوط کنجد و لوبیا انجام گرفت نیز بیشترین و کمترین تعداد کپسول در هر بوته به‌ترتیب از نسبت ۱:۱ و ۳:۳ به‌دست آمد (Asadi, 2007).

تعداد غلاف در هر بوته و تعداد دانه در هر غلاف ماش

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان‌داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط، کنترل علف‌های‌هرز و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد غلاف در هر بوته، در هر دو سال معنی‌دار بود. همچنین اثر این تیمارها بر تعداد دانه در هر غلاف تنها در سال اول معنی‌دار بود و در سال دوم تنها بین دو سطح وجین و عدم وجین اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) و ۱:۳

(۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) به‌ترتیب بیشترین (۲۶غلاف) و کمترین (هفت‌غلاف) تعداد غلاف در هر بوته را در سال اول به‌خود اختصاص دادند. در سال دوم نیز تیمارهای ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) و ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) به‌ترتیب بیشترین (۳۷غلاف) و کمترین (۱۱غلاف) تعداد غلاف در هر بوته را دارا بودند (جدول ۵). در سال اول کشت تیمار کشت خالص ماش بیشترین تعداد دانه در هر غلاف (۷/۱) را در مقایسه با سایر تیمارها دارا بود و در سال دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر تعداد دانه وجود نداشت (جدول ۵). در ارتباط با کشت مخلوط ماش و سیاهدانه گزارش شده است که بین تیمارهای وجین و عدم وجین از نظر تعداد غلاف اختلافی وجود نداشت، ولی اثر کشت مخلوط بر روی تعداد غلاف در هر بوته مثبت بوده که این امر می‌تواند به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای باشد (Rezvani moghaddam *et al*., 2009).

برخی محققان با بررسی کشت مخلوط ماش با ذرت و برنج (*Oryza sativa* L.) گزارش کردند که ماش در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از تعداد غلاف بیشتری برخوردار بود و تعداد غلاف بیشتر در تیمارهای کشت مخلوط را ناشی از فضای قابل‌دسترس بیشتر در اطراف کانوپی دانسته‌اند (Mandal *et al*., 1990; Dhingra *et al*., 1991).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد

Table 2. Analysis of variance for morphological characteristics, yield and yield components of Sesame

سال کشت Cropping year	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد کپسول در هر بوته Number of capsule per plant	تعداد دانه در هر کپسول Number of grains per capsule	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
	R	2	61.11	39.54	7.29	0.025	4226.54	35867.04	0.53
	A	3	200.37**	17.80**	32.72	0.019	734053.82**	9437541.71**	5.6**
۱۳۹۲	E (a)	6	22.49	4.21	25.68	0.008	698.32	6363.04	0.53
2013	B	1	7960.68**	4320.17**	3800.17**	0.081**	9847047.04**	95828077.04**	1108.4**
	AB	3	162.49**	44.61*	24.94*	0.006**	686202.49**	5411339.82**	21.38**
	E (T)	8	17.53	7.88	15.75	0.002	887.88	5758.6	0.47
ضریب تغییرات (%)	-	-	7.341	15.518	9.211	2.147	4.201	6.110	3.145
	R	2	63.84	0.22	13.62	0.151	15400.13	150426.2	0.0388
	A	3	27.88	300.15**	97.16*	0.003	2559993.44**	26864184.4**	40.91**
۱۳۹۳	E (a)	6	72.03	18.17	22.29	0.005	6002.74	186216.3	5.06
2014	B	1	7287.13**	28.263.21**	2604.16**	0.281**	20218032.67**	186065859.4**	940**
	AB	3	40.94*	154.97**	16.5*	0.122**	1272893.89**	11020448.5**	5.1*
	E (T)	8	29.50	19.77	15.29	0.003	5211.83	92438.5	1.88
ضریب تغییرات (%)	-	-	5.746	9.615	10.938	2.415	6.327	7.341	5.972

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد

R: تکرار، A: عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی)، B: عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین)، AB: اثر متقابل عامل اصلی و عامل فرعی، E (a): خطای عامل اصلی و (T): خطای کل.

** and * are significant at 1 & 5 percent probability level, respectively.

R: replication, A: main factor (different patterns of substitution intercropping), B: sub factor (presence and absence of weed control), AB: interaction effect between main factor and sub factor, E (a): main factor error and E (T): total error.

وزن ۱۰۰۰دانه

برای هر دو گیاه از نظر وزن ۱۰۰۰دانه بین الگوهای مختلف کشت تفاوت معنی‌داری در سال اول و دوم کشت مشاهده نشد؛ اما در رابطه با اثرات تیمارهای وجین و عدم وجین و همچنین اثر متقابل الگوی کشت و کنترل علف‌های‌هرز تفاوت‌ها در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). همچنین وزن ۱۰۰۰دانه در تیمارهای عدم‌کنترل علف‌های‌هرز کاهش نشان‌داد. از طرفی در تمامی الگوهای کاشت، تیمارهای وجین‌شده وزن ۱۰۰۰دانه بیشتری نسبت به تیمار بدون وجین داشتند (جدول ۳ و ۵). نتیجه اغلب آزمایشات انجام شده حاکی از آن بوده که وزن ۱۰۰۰دانه به‌عنوان یکی از اجزایی است که بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی است تا فاکتورهای محیطی. بنابراین، تنش‌های زراعی و محیطی قادر به کاهش وزن ۱۰۰۰دانه از یک مقدار مشخصی نخواهند بود. گزارشات زیادی تصدیق‌کننده این امر است (El-Gengaihi & Ab-Dallah, 1978; Hornok, 1992; Sadeghi *et al*., 2005).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های‌هرز بر صفات مورد ارزیابی گیاه کنجد

Table 3. mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on evaluated characteristics of Sesame

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg/ha)	عملکرد دانه Grain yield (Kg/ha)	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 Grain weight (g)	تعداد دانه در هر کپسول Number of grains per capsule	تعداد کپسول در هر بوته Number of capsule per plant	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تیمار Treatment	سال کشت Cropping year
29.5^{a}	6584^{a}	1946^{a}	3.7^{a}	56^{a}	35^{a}	84.2^{a}	کشت خالص کنجد W1 (Sole sesame) W1	۱۳۹۲ 2013
19.1^{b}	889^{e}	170^{e}	3.5^{bc}	34.3^{b}	5^{c}	60.5^{b}	کشت خالص کنجد W2 (Sole sesame) W2	
29.9^{a}	6128^{b}	1835^{b}	3.6^{ab}	57.3^{a}	34^{a}	93.1^{a}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	
19.6^{b}	736^{ef}	144^{e}	3.5^{bc}	32.7^{b}	5^{c}	51.7^{b}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	
31.5^{a}	3760^{c}	1185^{c}	3.6^{ab}	57^{a}	35^{a}	81.1^{a}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1	
15.3^{c}	535^{f}	82^{ef}	3.6^{ab}	26^{b}	6^{c}	48.2^{bc}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2	
31.3^{a}	1845^{d}	578^{d}	3.6^{ab}	52.3^{a}	22^{b}	84.6^{a}	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1	
13.9^{c}	172^{g}	24^{f}	3.4^{c}	29^{b}	3^{c}	37^{c}	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2	
27.4^{ab}	9698^{a}	2656^{b}	3.6^{ab}	48^{a}	70^{b}	116.3^{a}	کشت خالص کنجد W1 (Sole sesame) W1	۱۳۹۳ 2014
16.2^{d}	2215^{cd}	353^{e}	3.4^{c}	29.6^{bc}	9^{c}	75.4^{b}	کشت خالص کنجد W2 (Sole sesame) W2	
31.9^{a}	9839^{a}	3140^{a}	3.6^{ab}	50.3^{a}	97^{a}	108.3^{a}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	
20.9^{c}	1966^{cd}	412^{e}	3.5^{bc}	28.3^{bc}	14^{c}	75.9^{b}	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	

30.8^{ab}	6190^{b}	1909^{c}	3.5^{bc}	46.3^{a}	81^{b}	111.2^{a}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1
15.8^{d}	1287de	203d^{ef}	3.5^{bc}	21.3^{c}	14^{c}	74.1^{b}	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2
26.8^{b}	2514^{c}	674^{d}	3.6^{ab}	40^{ab}	74^{b}	110.8^{a}	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1
13.9^{d}	498^{e}	68^{f}	3.2^{d}	22^{c}	10^{c}	81^{b}	کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each column for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)

W1: کنترل علف‌های‌هرز (Weed-free)، W2: عدم‌کنترل علف‌های‌هرز (Weedy)

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ماش‌سبز

Table 4. Analysis of variance for morphological characteristics, yield and yield components of Mung bean

سال کشت Cropping year	منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول بوته Plant length	تعداد غلاف در هر بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در هر غلاف Number of seed per pod	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
	R	2	9.21	0.04	0.95	3.73	1797.88	33303.50	0.95
	A	3	7.71	24.15**	2.04**	6.09	868730.33**	8263386.06**	22.73**
۱۳۹۲	E (a)	6	40.82	6.65	0.09	2.94	2469.38	52065.56	9.8
2013	B	1	2620.86**	1027.04**	3.84**	1232.67**	3755668.17**	31574616**	163.28**
	AB	3	27.54*	14.82*	0.71*	3.89**	231188.5**	1863158.11**	5.55*
	E (T)	8	14.87	2	0.17	0.09	1011.42	15170.21	1.94
ضریب تغییرات C.V (%)	-	-	8.887	8.955	6.542	2.671	4.708	5.693	4.714
	R	2	136.95	66.16	5.54	0.007	166.63	69751.17	8.30
	A	3	54.73	43.93*	0.15	0.008	1064665.61**	6980032.61**	43.26**
۱۳۹۳	E (a)	6	30.38	7.72	0.98	0.004	2524.9	3256.11	3.18
2014	B	1	339.75**	2035.04**	5.04**	1119.30**	4856400.67**	30033962.67**	200.11**
	AB	3	65.67*	48.38*	1.15	0.091**	296782.56**	1593555.56**	5.30*
	E (T)	8	12.74	7.92	0.38	0.005	2666.33	3495.46	3.19
ضریب تغییرات C.V (%)	-	-	6.755	12.912	9.733	1.168	6.691	4.797	5.138

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد

R: تکرار، A: عامل اصلی (الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی)، B: عامل فرعی (دو سطح وجین و عدم وجین)، AB: اثر متقابل عامل اصلی و عامل فرعی، E (a): خطای عامل اصلی و E (T): خطای کل.

** and * are significant at 1 & 5 percent probability level, respectively.

R: replication, A: main factor (different patterns of substitution intercropping), B: sub factor (presence and absence of weed control), AB: interaction effect between main factor and sub factor, E (a): main factor error and E (T): total error.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنجد در هر دو سال تحت تأثیر تیمارهای مختلف آرایش کاشت، کنترل علف‌های‌هرز و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). با کنترل علف‌های‌هرز میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد. از طرفی کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنجد در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی ناشی از کاهش تعداد بوته‌های این گیاه در الگوی کشت مخلوط بود؛ به‌طوری‌که تیمار کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) عدم وجین، کمترین عملکرد دانه (۲۴کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۶۸کیلوگرم در هکتار در سال دوم) و عملکرد بیولوژیک (۱۷۲کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۴۹۸کیلوگرم در هکتار در سال دوم) را در مقایسه با سایر تیمارها داشت (جدول ۳).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل (A×B) آرایش کاشت و کنترل علف‌های‌هرز بر صفات مورد ارزیابی گیاه ماش‌سبز

Table 5 – mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on evaluated characteristics of Mung bean

سال کشت Cropping year	تیمار Treatment	طول بوته Plant length (cm)	تعداد غلاف در هر بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در هر غلاف Number of grains per pod	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (Kg h^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg h^{-1})	شاخص برداشت Harvest index
۱۳۹۲ 2013	کشت خالص ماش W1 (Sole Mung bean) W1	53^{a}	19^{c}	7.1^{a}	50.4^{a}	1767^{a}	5274^{a}	33.6^{a}
	کشت خالص ماش W2 (Sole Mung bean) W2	31.6^{b}	11^{d}	5.9^{ab}	35.4^{d}	553^{d}	1843^{d}	30^{ab}
	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	53.9^{a}	26^{a}	6.8^{a}	51.3^{a}	440^{e}	1297^{e}	33.9^{a}
	کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	34.4^{b}	10^{d}	5.9^{ab}	38.8^{b}	104^{g}	368^{g}	28.2^{bc}
	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1	50.6^{a}	24^{ab}	6^{ab}	51^{a}	812^{c}	2620^{c}	31^{ab}
	کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2	34.5^{b}	10^{d}	4.8^{b}	37.4^{c}	200^{fg}	734^{fg}	27.2^{bc}
	کشت مخلوط ۳:۱ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1	57.8^{a}	20^{bc}	6.6^{a}	51.3^{a}	1265^{b}	4049^{b}	31.3^{ab}

کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2	31.3^{b}	7^{d}	6.8^{a}	35.1^{d}	264^{f}	1119^{ef}	23.6^{c}	
کشت خالص ماش W1 (Sole Mung bean) W1	59.4^{ab}	28^{ab}	7^{a}	48.9^{a}	1917^{a}	4907^{a}	39.1^{ab}	
کشت خالص ماش W2 (Sole Mung bean) W2	52.2^{abc}	16^{cd}	5.3^{a}	35.2b	599^{d}	1716^{d}	34.9^{abcd}	
کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W1 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W1	51.3^{abc}	37^{ab}	6.7^{a}	48.8a	521d^{e}	1318^{e}	39.5^{a}	
کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) W2 Intercropping (75% Sesame-25% Mung bean) W2	51.2^{abc}	12^{d}	5.7^{a}	35.3b	122^{g}	374^{g}	32.8^{cd}	
کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W1 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W1	63^{a}	25^{bc}	7^{a}	49.1a	865^{c}	2617^{c}	33^{bcd}	**۱۳۹۳ 2014**
کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) W2 Intercropping (50% Sesame-50% Mung bean) W2	46.8^{bc}	11^{d}	5.7^{a}	35.1b	210^{fg}	733^{f}	28.8^{d}	
کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W1 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W1	52.7^{abc}	34^{a}	6.3^{a}	48.8a	1582^{b}	4084^{b}	38.9^{abc}	
کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) W2 Intercropping (25% Sesame-75% Mung bean) W2	46.1^{c}	12^{d}	6.7^{a}	35.4b	355^{ef}	1154^{e}	30.9^{d}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد)

Means of each column for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%)

W1: کنترل علف‌های‌هرز (Weed-free)، W2: عدم‌کنترل علف‌های‌هرز (Weedy)

همچنین تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) در سال دوم کشت علی‌رغم دارابودن تعداد بوته کمتر در واحد سطح در مقایسه با تیمار کشت خالص، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بالاتری داشت (جدول ۳). گزارشات زیادی مبنی بر افزایش عملکرد گیاهان در سیستم کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی وجود دارد (Song *et al*., 2007; Zhang *et al*., 2010; Chao Dai *et al*., 2012). در آزمایش دیگری در رابطه با کشت مخلوط کنجد و نخود گزارش شده است که عملکرد بالا در تیمارهای ۷۵درصد کنجد : ۲۵درصد نخود و ۵۰درصد کنجد : ۵۰درصد نخود می‌تواند به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب منابع رشدی و

در نتیجه افزایش تعداد شاخه‌ها، تعداد کپسول و تعداد دانه در گیاه باشد (Pouramir *et al*, 2010).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ماش‌سبز نیز در سال اول و دوم کشت نشان‌داد که بین تیمارهای مختلف کشت، تیمارهای وجین و عدم وجین علف‌های‌هرز و اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بر این اساس با تغییر الگوی کشت و کاهش سهم گیاه ماش‌سبز در الگوی کشت از میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک آن کاسته شد؛ به‌طوری‌که در بین تیمارهای مختلف آرایش کاشت تیمار کشت خالص ماش‌سبز عاری از علف‌های‌هرز، دارای بیشترین عملکرد دانه (۱۷۶۷کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۱۹۱۷کیلوگرم در هکتار در سال دوم) و عملکرد بیولوژیک (۵۲۷۴کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۴۹۰۷کیلوگرم در هکتار در سال دوم) بود. همچنین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تمامی تیمارهای کنترل‌شده بالاتر از تیمارهای عدم وجین علف‌های‌هرز بود (جدول ۵).

گزارش‌های زیادی مبنی بر کاهش عملکرد در نتیجه کاهش تراکم کشت در الگوهای مخلوط نسبت به کشت خالص وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به آزمایش انجام‌شده در خصوص کشت مخلوط ماش‌سبز و سیاهدانه اشاره کرد. در آزمایش آن‌ها تیمار کشت خالص ماش‌سبز و تیمار کشت مخلوط نواری سه‌ردیف سیاهدانه- سه‌ردیف ماش‌سبز به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را در مقایسه با سایر تیمارها داشتند (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2009). همچنین در آزمایشی دیگر در رابطه با کشت مخلوط ماش و ذرت گزارش شده است که عملکرد ماش در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بوده است (Pandita, 2000).

شاخص برداشت

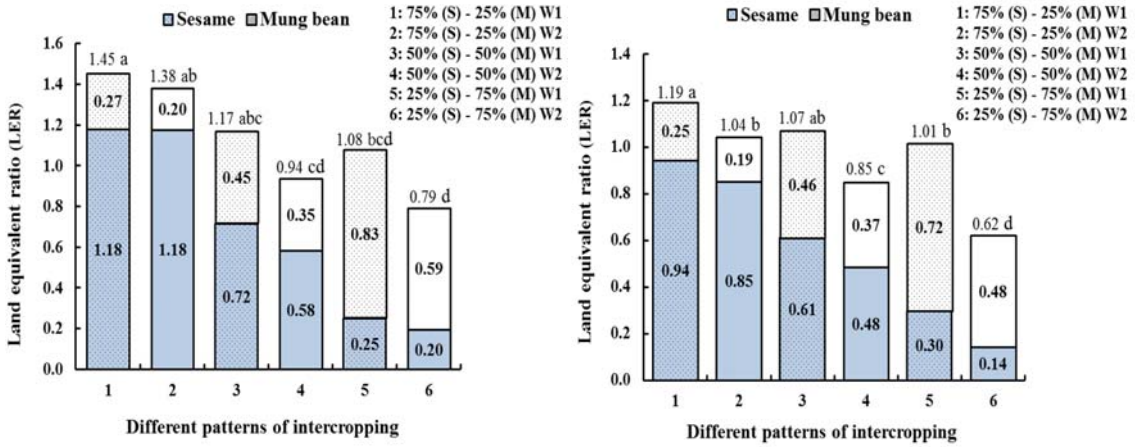
اثر تیمارهای مختلف آرایش کاشت، کنترل علف‌های‌هرز و اثر متقابل آن‌ها بر شاخص برداشت هر دو گیاه در هر دو سال معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۴). تمامی تیمارهای بدون علف‌هرز شاخص برداشت بالاتری از تیمارهای کنترل‌نشده داشتند (جدول ۳ و ۵). مقدار شاخص برداشت کنجد در بین تیمارهای موردبررسی نشان‌داد که تیمارهای کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) و کشت مخلوط ۱:۱ (۵۰درصد ماش‌سبز : ۵۰درصد کنجد) در هر دو سال شاخص برداشت بالاتری از تیمار کشت خالص کنجد داشتند (جدول۳). در رابطه با تیمارهای کنترل‌نشده نیز نتایج حاکی از آن بود که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) در هر دو سال شاخص برداشت بالاتری (۱۹/۶درصد در سال اول و ۲۰/۹درصد در سال دوم) نسبت به سایر تیمارها به خصوص کشت خالص کنجد داشت (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که کشت مخلوط با ایجاد تنوع در ساختار یک بوم‌نظام زراعی می‌تواند به‌عنوان راهکاری اکولوژیکی، سهم ویژه‌ای در کنترل علف‌های‌هرز، بالابردن عملکرد و در نتیجه بالابردن شاخص برداشت داشته باشد. در این رابطه با بررسی کشت مخلوط کنجد و نخود گزارش شده است که نسبت کشت مخلوط ۵۰درصد کنجد + ۵۰درصد نخود در بین نسبت‌های کاشت با ۲۹/۳درصد، بیشترین و تک‌کشتی کنجد هم با ۲۷/۳۴درصد کمترین شاخص برداشت را داشت (Pouramir *et al*, 2010). در رابطه با گیاه ماش نیز نتایج حاکی از آن بود که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) بیشترین شاخص برداشت را نسبت به سایر تیمارها داشت. همچنین با کنترل علف‌های‌هرز شاخص برداشت در تمامی تیمارها افزایش پیدا کرد (جدول۵). شاخص برداشت تیمارها در سال دوم نسبت به سال اول افزایش پیدا کرد که دلیل آن احتمالاً شرایط رشدی مناسب‌تر ازجمله تراکم کمتر علف‌های‌هرز در زمین زراعی و در نتیجه کسب منابع بیشتر بوده است. بررسی کشت مخلوط ماش و سیاهدانه نشان‌داده که دلیل بالاتربودن شاخص برداشت ماش در الگوهای مخلوط، کاهش رقابت درون گونه‌ای، ایجاد فضای بیشتر در کانوپی ماش و دریافت نور بیشتر بوده است (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2009).

نسبت برابری زمین

نتایج حاصل از مقایسه میانگین نسبت برابری زمین در بین الگوهای مختلف آرایش کاشت و کنترل علف‌های‌هرز در سال اول و دوم کشت نشان‌داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۳). تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) وجین‌شده، در مقایسه با سایر تیمارها بالاترین میزان نسبت برابری زمین را در سال اول (۱/۱۹) و سال دوم (۱/۴۵) دارا بود که با افزایش سهم گیاه ماش‌سبز در الگوهای کشت این نسبت کاهش یافت، به‌طوری‌که تیمار کشت مخلوط ۱:۳ (۷۵درصد ماش‌سبز : ۲۵درصد کنجد) دارای حداقل مقدار نسبت برابری زمین (۰/۶۲ در سال اول و ۰/۷۹ در سال دوم) در مقایسه با سایر تیمارها بود (شکل ۳). مقایسه بین تیمارهای وجین و عدم وجین نیز نشان‌داد که این دو سطح اختلاف معنی‌داری از نظر نسبت برابری زمین داشتند. همچنین میزان نسبت برابری زمین بین سال‌های مختلف کشت حاکی از افزایش این مقدار در سال دوم نسبت به سال اول داشت که دلیل این‌امر تراکم کمتر علف‌های‌هرز، دسترسی

بیشتر به منابع رشدی و ایجاد فضای مناسب رشدی در سال دوم نسبت به سال اول برای گونه‌های زراعی بود. در رابطه با اثرات مفید کشت مخلوط و افزایش میزان LER گزارش‌های زیادی وجود دارد (Rahimian *et al*., 1992; Koocheki *et al*., 1995; Trydemanknudsen *et al*., 2004; Putnam & Allen, 1992). این نتایج ناشی از استفاده کارآمدتر از منابع محیطی، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف‌های‌هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت به سیستم تک‌کشتی است (Nassiri Mahallati *et al*., 2001; Zhang *et al*., 2003; Aynehband, 2007).

مقایسه الگوهای مختلف سیستم کشت مخلوط با سیستم تک‌کشتی در سال اول و دوم نشان از برتری این راهکار اکولوژیکی و بوم‌سازگار در مقایسه با کشت خالص هر کدام از گونه‌ها داشت. نتایج مطالعات انجام‌شده در رابطه با کشت مخلوط حاکی از آن بوده است که بررسی عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همیاری و به‌کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم کاشت و نسبت اختلاط) می‌باشد (Mutungamiri *et al*., 2001; Nachigera *et al*., 2008).



الف) سال۱۳۹۲، ب) سال۱۳۹۳

A) 2013; B) 2014

شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آرایش کاشت و کنترل علف‌های‌هرز بر نسبت برابری زمین

W1: کنترل علف‌های‌هرز (Weed-free)، W2: عدم‌کنترل علف‌های‌هرز (weedy).

Fig. 3. Mean comparison of the interaction effect of sowing pattern and weed control on land equivalent ratio

میانگین‌های دارای حروف مشابه برای هر مرحله در هر دو سال تفاوت معنی‌داری ندارند (دانکن پنج‌درصد).

Means of each stage for two years followed by similar letters are not significantly different (Duncan 5%).

در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط مشخص شد که عملکرد نسبی کل (RYT) در نسبت‌های ۲۰درصد نخود+۱۰۰درصد کنجد، ۳۰درصد نخود+۱۰۰درصد کنجد، ۱۰درصد نخود + ۱۰۰درصد کنجد در الگوی کاشت ردیفی به‌ترتیب ۳۹درصد (RYT=۱/۳۹)، ۲۸درصد (RYT=۱/۲۸) و ۲۴درصد (RYT=۱/۲۴) بیشتر از تک‌کشتی بود و لذا این‌گونه استنباط شده است که در مخلوط دو گونه با نسبت‌های فوق این دو گیاه از عوامل محیطی بهتر از تک‌کشتی استفاده کرده‌اند (Pouramir *et al*., 2010). در آزمایشی دیگر در رابطه با ارزیابی رفتارهای رقابتی در کشت مخلوط کنجد و بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) نتایج حاکی از افزایش LER در الگوی کشت مخلوط دو ردیف کنجد-یک‌ردیف بادام زمینی نسبت به تک‌کشتی بوده است (Haruna *et al*., 2013). همچنین نتایج آزمایش دیگری در رابطه با کشت مخلوط کنجد با گیاهانی نظیر ماش‌سبز، بادام زمینی و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) نشان‌داد که کشت مخلوط کنجد با بادام زمینی با نسبت ۱:۲ بیشترین نسبت برابری زمین را در مقایسه با کشت مخلوط با سایر گیاهان داشت (Sarkar & Kandu, 2001).

نتیجه‌گیری

سیستم‌های کشت مخلوط با ایجاد حالت مکملی بین گیاهان، کاهش منابع قابل‌دسترس برای علف‌های‌هرز و همچنین ایجاد تداخل در رشد رویشی آن‌ها باعث کاهش تراکم نسبی و تعداد گونه‌های علف‌های‌هرز می‌شود. در این آزمایش نیز اثر الگوهای کشت مخلوط بر تراکم علف‌های‌هرز نشان داد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) کمترین تراکم نسبی علف‌های‌هرز را نسبت به سایر تیمارها داشت. از طرفی با مقایسه الگوهای مختلف کاشت مشخص شد که تیمار کشت مخلوط ۳:۱ (۲۵درصد ماش‌سبز: ۷۵درصد کنجد) در بسیاری از صفات موردآرزیابی نسبت به الگوهای دیگر کشت به‌خصوص کشت خالص برتری دارد. به‌طور کلی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که مهم‌ترین مزیت کشت مخلوط اثر تکمیل‌کنندگی آن در استفاده از منابع محیطی است، که نتیجه آن پایداری و افزایش عملکرد، بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک، افزایش تنوع و کنترل بهتر علف‌های‌هرز می‌باشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهه از محل طرح شماره ۲۸۲۳۳/۲ مصوب ۱۳۹۲/۷/۲۹ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass Forage Sciences 53: 301-317.
2. Asadi, H. 2007. Effect of intercropping on growth indices and yield components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Bean (*Phaseolous vulgaris* L.). MSc. Thesis. Department of agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English summary).
3. Ayneh Band, A. 2007. The Ecology of Agroecosystems. Shahid Chamran University of Ahvaz Press. Iran. P. 374. (In Persian).
4. Azam-Ali, S.N., Mathews, R.B., Williams, J.H., and Peacock, M. 1990. Light use, water uptake and performance of individual components of a Sorghum-Groundnut intercrop. Experimental Agriculture 26: 413-417.
5. Babiker, A.G.T., and Hamdoun, A.M. 1990. Towards an integrated strategy for Striga hermonthica in Sorghum. pp 333-338. In: Proc. Earsam 7th Regional Workshop on Sorghum and Millet Improvement in Eastern Africa.
6. Bakhtiari Moghaddam, M., Vazan, S., Hamidi, A., Darvishi, B., Esfini Farahani, M., Aziz Khani, S., and Rezaee, K. 2012. The effect of Mung bean (*Vigna radiata* L.) living mulch on weeds management and yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). Journal of Crop Science 8(3): 57-67. (In Persian).
7. Bilalis, D., Papastylianou, P., Konstantas, A., Patsiali, S., Karkanis, A., and Efthimiadou, A. 2010. Weed-suppressive effects of maize-legume intercropping in organic farming. International Journal of Pest Management 56(2): 173-181.
8. Black, C., and Ong, C. 2000. Utilisation of light and water in tropical agriculture. Agricultural and Forest Meteorology 104: 25-47.
9. Chao Dai, C., Chen, Y., Xing-Xiang, W., and Pei-Dong, L. 2012. Effects of intercropping of Peanut with the medicinal plant *Atractylodes lancea* on soil microecology and Peanut yield in subtropical China. Agroforestry Systems 87(2): 417-426.
10. Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S., and Sharma, K. 1991. Performance of Maize and Mung bean intercropping in different planting patterns and row orientations. Indian Journal of Agronomy 36: 207-212.
11. El-Gengaihi. S., and Ab-Dallah, N. 1978. The effect of date of sowing and plant spacing on yield of seed and volatile oil of fennel (*Foniculum vulgare* Mill). Pharmazie 33: 605-606.
12. Eskandari, H., and Kazemi, K. 2011. Weed control in Maize-Cowpea intercropping system related to environmental resources consumption. Notulae Scientia Biologicae 3(1):57-60.
13. Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D. 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Crop Protection 27: 653-659.

14. Ghorbani, M., Yazdani, S., and Zare Mirak Abadi, H. 2010. The Introduction to Sustainable Agriculture (Economic Approaches). Ferdowsi University of Mashhad Publications. P. 538. (In Persian).
15. Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press 357 pp.
16. Grossman, J., and Quarles, W. 1993. Strip intercropping for biological control. IPM Practitioner 15(2): 1-11.
17. Haruna, M., Aliyu, L., and Maunde, S.M. 2013. Competitive behavior of Groundnut in Sesame/Groundnut intercropping system under varying poultry manure rates and planting arrangement. Sustainable Agriculture Research 2(3): 22-26.
18. Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluation pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.
19. Hornok, L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Academic publ. Budapest, pp. 338.
20. Iqbal, J., Cheema, Z.A., and An, M. 2007. Intercropping of field crops in cotton for the management of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Plant and Soil 300: 163-171.
21. Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M., 2008. Modern Agronomy. 2nd Edition. Jahad Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran. P. 704. (In Persian).
22. Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemi Dezfuli, A. 1995. Sustainable Agriculture (translated). Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press. pp. 118 (In Persian).
23. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feyzi, H., Amirmoradi, S., and Mandani, F. 2010. Effect of Maize and Bean strip intercropping on dry matter yield and land equivalent ratio in the presence and absence of weed control. Journal of Agroecology. 2(2): 225-235. (In Persian).
24. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teymouri, M., and Sanjani, S. 2010. Study of growth indices in substitution and additive intercropping of Canabis (*Cannabis sativa* L.) and Sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 27-36. (In Persian).
25. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Ecological study of different patterns Borage (*Borago officinalis* L.) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) substitution intercropping. Journal of Agroecology 4(1): 1-11 (In Persian).
26. Kropff, M.J., and Spitters, C.J.T. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leafe area of the weeds. Weed Research 31: 97-105.
27. Mandal, B.K., Dhara, M.C., Mandal, B.B., Das, S.K., and Nandy, R., 1990. Rice, Mung bean, Soybean and Blackgram yield under different intercropping systems. Agronomy Journal 82: 1063-1066.
28. Mazaheri, D. 1996. Support production in intercropping. 4th Irainian Crop Science Congress. Isfahan University of Technology. (In Persian).
29. Mesgaran, M.B., Mashhadi, H.R., Khosravi, M., Zand, E., and Alizadeh, M.H. 2008. Weed community response to Saffron-Black Zira intercropping. Weed Science Society of America 56(3): 400-407.
30. Mutungamiri, A., Margia, I.K., and Chivinge, O.A. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize-bean intercropping. Tropical Agriculture 78(1): 8-12.
31. Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64(2):180-188.
32. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A., 2001. Agroecology (translated). Ferdowsi University of Mashhad Publication. pp. 459 (In Persian).
33. Nazari, S., Zand, A., Asadi, S., and Golzardi, F. 2012. Effect of substitution and additive intercropping sries of corn and Mung bean on yield, yield components and weeds biomass. Journal of Weeds Research 4(2): 97-109 (In Persian).
34. Odhiambo, G.D., and Ariga, E.S. 2001. Effect of intercropping Maize and Beans on Striga incidence and grain yeild. 7th Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. 183-186.
35. Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S., 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. Indian Journa of Agronomy 45: 48-53.
36. Pour Amir, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Study of different patterns of sowing on yield and yield components of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Chickpea (*Cicer*

arietinum L.) in additive intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 393-402 (In Persian).
37. Putnam, D.H., and Allen, D.L. 1992. Mechanism for over yielding in Sunflower-Mustard intercrop. Agronomy Journal 84: 188-195.
38. Rahimian, H., Salahi Moghaddam, M., and Galvi, M. 1992. Intercropping of potato with corn and sunflower. Agriculture Science and Technology Journal 9(1): 48-58 (In Persian).
39. Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H., and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek)- Black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. Journal of Agroecology 1(1): 65-79 (In Persian with English Summary).
40. Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various Corn and Bean intercropping densities on crop yield and weed populations. Journal of Weeds Research 1(2): 37-51 (In Persian).
41. Sadeghi, S., Rahnavard, A., and Ashrafi, Z. 2005. Effect of planting date and plant density on yield of Black cumin. International Journal of Biological Research 2(2): 94-98.
42. Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beydokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 85-95. (In Persian).
43. Sarkar, R.K., and Kundu, C. 2001. Sustainable intercropping system of sesame (*sesamum indicum*) with pulse and oilseed crops on rice fallow land. Indian Journal of Agricultural Sciences 71(2): 545-550.
44. Sastawa, B.M., Lawan M., and Maina, Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23: 155-161.
45. Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping Maize (*Zea mays* L.) and Foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Science 10:31-46 (In Persian with English Summary).
46. Song, Y.N., Zhang, F.S., Marschner, P., Fan, F.L., Gao, H.M., Bao, X.G., Sun, J.H., and Li, L. 2007. Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.). Biology and Fertility of Soils 43: 565-574.
47. Spliid, N.H., Carter, A., and Helweg, A. 2004. Non-agricultural use of pesticides-environmental issues and alternatives. Pest Management Science 60: 523.
48. Trydemanknudsen, M., Hauggard-Nielsen, H., Jornsgard, B., and Steenjensen, E. 2004. Comparison of interspecific competition and N Use in Pea-Barely, Faba bean-Barley and Lupin-Barley intercrops grown at two temperate locations. Journal of Agricultural Science (Camb.) 142: 617-627.
49. Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. Plant Soil 248: 305-312.
50. Zhang, N.N., Mei Sun, Y., Li, L., Tao Wang, E., Xin Chen, W., and Li Yuan, H. 2010. Effects of intercropping and Rhizobium inoculation on yield and rhizosphere bacterial community of faba bean (*Vicia faba* L.). Biology and Fertility of Soils 46: 625-639.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 27-44

Study of ecological aspects of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) intercropping in weed control

Koocheki[1*], A., Solouki[2], H. & Karbor[3], S.

1. Professor, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
2. Ph.D. Student of Agronomy, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad
3. MSc., Weed Science, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 27 December 2014
Accepted: 11 July 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.42232

Introduction

Weed infestation causes an extremely reduction of crops yield. On the other hand, increasing the diversity of crops in agro-ecosystems will change the biomass distribution of weeds community, thereby reducing the number and density of different weed species. Weed management in the past few decades has been in conflict with ecological principles and sustainability of the production systems. As well as, it has changed from the one dimensional methods to integrated techniques based on the various non-chemical methods. Generally, weed management is possible through agronomical, mechanical and biological techniques in addition to chemical methods. One of these non-chemical methods is intercropping which has been used in farming systems since many years ago. The ability of intercropping systems to compete with weeds and proper control of weeds depends on various factors, including the composition of plants, varieties, density or proportion of intercropping and soil fertility. Besides, reduction of vacant niches and available resources for the growth of weeds are also reduce the ability of weeds invasion. So, the weed control in intercropping is much more effective than when the plants are planted alone. Majority of studies in recent years show that most of these researches have been performed in order to achieve maximum crops yield and its environmental effects is not considered. So, this research was aimed to investigate the effect of Sesame and Mung bean intercropping on yield, yield components, weed control, and determination of the best intercropping proportion in comparison with sole cropping in Mashhad, Iran.

Materials and Methods

This research was carried out to investigate the ecological aspects of substitution intercropping of Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Mung bean (*Vigna radiata* L.) in the presence and absence of weed control. The experiment was arranged as a split plot based on a randomized complete block design with three replications at research farm of faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2013 and 2014 growing seasons. The main plots included five treatments: sole Sesame, sole Mung bean, 3:1 intercropping (75% sesame-25% Mung bean), 1:1 intercropping (50% sesame-50% Mung bean), 1:3 intercropping (25% sesame-75% Mung bean), and sub plots were two levels of weed control (Weedy and weed-free). In order to implement an ecological and low input system, no chemical inputs (fertilizers and pesticides) was applied. Weeds were harvested every 15 days corresponding to 4 harvests during the days after sowing and after separating were counted based on the type of species.

To determine the variation of weeds, Shannon index was used, according to below equation:

$H'=-\Sigma ni/N \times Ln\ ni/N$

* **Corresponding Author:** akooch@um.ac.ir

H': Shannon index, ni: the number of the desired weed species and N: total number of weeds.

At the end of the growing season plant height, number of inflorescences per plant, number of grains per inflorescence and 1000 grain weight were determined for each plant. Grain yield, biological yield and harvest index were also calculated.

To compare the performance of intercropping treatments, land equivalent ratio (LER) was used, according to below equation:

$$LER = \Sigma \frac{Ypi}{Ymi}$$

Ypi: yield of each plant in intercropping, Ymi: yield of each plant in sole cropping.

The data statistical analysis and draw the figures were performed by SAS, Version 9.1 and Excel. Means were also compared by Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

Results and Discussion

Results indicated that 3:1 intercropping treatment (75% sesame-25% Mung bean) had the lowest relative weed density. Shannon index was the lowest for 3:1 treatment (75% sesame-25% Mung bean). Plant height, number of inflorescence per plant, number of seeds per inflorescence, seed yield, biological yield, and harvest index represented a significant difference between weedy and weed-free treatments in both plants. Land equivalent ratio (LER) among the different patterns of intercropping showed that the amount of this ratio in weed-free treatments was greater than one, especially in comparison with weedy treatments. Results of the weedy treatments also showed that the amount of LER was only in 3:1 intercropping treatment (75% sesame-25% Mung bean) greater than one (1/04 in 2013 and 1/38 in 2014).

Conclusion

Therefore, intercropping systems can be used as an ecological approach to reduce the use of herbicides in agriculture. It also can be as a suitable alternative to prevent the accumulation of chemical inputs in the environment.

Key words: Ecological control, Evaluation of diversity, Land equivalent ratio, Weed density