به‌زراعی کشاورزی
دوره ۱۶ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۳
صفحه‌های ۳۶۸-۳۵۳

بررسی عملکرد زراعی و تنوع حشرات در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید

اسماعیل رضایی چیانه [۱]*، اروج ولیزادگان [۲]، مهدی تاجبخش [۳]، عادل دباغ محمدی نسب [۴] و وحید ریماز [۵]

۱. استادیار گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲. استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. استاد گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴. دانشیار گروه اکوفیزیولوژی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۵. کارشناس ارشد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۹/۰۳

چکیده

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی واقع در شهرستان نقده، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص لوبیا، کشت خالص شوید، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید و کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا) بود. تیمارهای آزمایش از طریق روش جایگزینی اعمال شد. بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی لوبیا (۳۵۹۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۸۷۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت به‌دست آمد. نتایج در مورد گیاه شوید نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳۴۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی شوید (۱۹۲۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت خالص و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۱۵۳ کیل‌گرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید اختصاص داشت. درصد اسانس و عملکرد اسانس در کشت مخلوط ردیفی بیشتر از سایر تیمارها به دست آمد. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین از الگوی کشت مخلوط ردیفی (۱/۹) و کمترین مقدار آن (۰/۸) از کشت مخلوط روی ردیف های کاشت حاصل شد. بیشترین جمعیت آفات در کشت خالص لوبیا و بیشترین جمعیت شکارگرهای طبیعی در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: اسانس، شاخص شانون، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نسبت برابری زمین.

* نویسنده مسئول Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

۱. مقدمه

سلامت محصولات تولیدشده در سیستم‌های مختلف از نظر وجود بقایای سموم و مواد شیمیایی و تأثیر آنها بر سلامت انسان و محیط زیست، توجهات ویژه‌ای را به روش‌های تولید و نهاده‌های به‌کاررفته در امر تولید معطوف داشته است و ضرورت ایجاد تغییر در نظام های زراعی رایج را توجیه می‌کند [۲۱]. بنابراین، بهره‌گیری از اصول اکولوژیک مانند کشت مخلوط در تولید این گیاهان ضروری است. کشت مخلوط به کشت دو یا تعداد بیشتری محصولات زراعی گفته می‌شود که با یکدیگر در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت می‌شوند، به‌نحوی که از لحاظ زراعی با یکدیگر اثر متقابل داشته باشند [۱۵، ۳۶]. این سیستم در بسیاری از نقاط دنیا به‌دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفادهٔ کارامد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، کاهش عوامل بیماری‌زا و آفات، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، افزایش کمیت و کیفیت محصول و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود [۱۹، ۳۶، ۳۸].

تا حدودی بیشتر نتایج منتشرشده در زمینهٔ کشت مخلوط که با برتری عملکرد همراه شده، مخلوط بقولات با غیربقولات بوده است [۲۷]. در مطالعهٔ کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا مشخص شد که بیشترین عملکرد دانهٔ لوبیا از کشت خالص به‌دست آمد، ولی اختلاف عملکرد دانه بین کشت مخلوط ردیفی و کشت خالص لوبیا معنادار نبود. بیشترین نسبت برابری زمین[1] (۱/۳۶) نیز از کشت ردیفی به دست آمد. همچنین، عملکرد اسانس ریحان در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ردیف ریحان + دو ردیف لوبیا بیشتر از همهٔ تیمارها بود، اما از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نشد [۱۰]. نتایج تحقیقات انجام گرفته در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نشان داد که در کشت یک ردیف ذرت + دو ردیف لوبیا و کشت یک ردیف ذرت + یک ردیف لوبیا، عملکرد دانهٔ ذرت به ترتیب ۶۱ و ۵۱ درصد افزایش یافت [۲۸]. تحقیقات در زمینهٔ کشت مخلوط ذرت با باقلا و کشت مخلوط ذرت با ارزن دم‌روباهی نشان داد کلیهٔ تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بالاتری را نسبت به کشت خالص دو گیاه داشتند که نشان‌دهندهٔ مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است [۸، ۳۰].

چرخهٔ زندگی حشرات در سیستم کشت مخلوط تغییر یافته و جمعیت آفات در شرایط مخلوط به‌دلیل وجود گونه‌های همراه کاهش می‌یابد [۱۷]. از جمله دلایل تغییر جمعیت حشرات در الگوهای کشت مخلوط، کاهش ساکن شدن حشرات و تداخل در تخمگذاری آنها است [۲۳]. میزان حملهٔ شب‌پره در کشت مخلوط ذرت و لوبیا در مقایسه با تک‌کشتی ذرت کمتر است [۲۰]. در بررسی کشت مخلوط رازیانه با خردل گزارش شده که جمعیت شته به‌طور معناداری کاهش یافت [۳۱]. در بررسی دیگری جمعیت زنجرهٔ برگخوار و سرخرطومی برگخوار به‌ترتیب ۲۶ و ۴۵ درصد در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص ذرت و لوبیا بوده است [۱۶].

باتوجه به اطلاعات محدود و نتایج انتشاریافته در مورد کشت مخلوط لوبیا و شوید، هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی کشت مخلوط لوبیا و شوید به لحاظ ویژگی‌های زراعی و ارزیابی تنوع و انبوهی جمعیت آفات گیاهان مذکور و شکارگرهای آنها بود.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸–۸۹ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی واقع در شهرستان

1. Land Equivalent Ratio

نقده با طول جغرافیایی ۴۵ و ۲۵ و عرض جغرافیایی ۳۶ و ۵۷ و ارتفاع ۱۳۰۷ متر از سطح آب‌های آزاد اجرا شد. میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دورهٔ ده‌ساله به‌ترتیب ۱۲/۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص لوبیا، کشت خالص شوید، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید و کشت مخلوط روی ردیف های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا) بود. در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت، فضای هر بوتهٔ شوید معادل ۱۰۰۰ سانتی‌متر و فضای هر بوتهٔ لوبیا ۴۰۰ سانتی‌متر در کشت خالص بود. ازاین‌رو برای ایجاد کشت مخلوط روی ردیف با نسبت ۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا به‌ازای حذف هر بوتهٔ شوید در روی ردیف کاشت ۲/۵ بوتهٔ لوبیا یا به عبارت دیگر به ازای حذف هر دو بوتهٔ شوید پنج بوتهٔ لوبیا جایگزین شد. تیمارهای آزمایش از طریق روش جایگزینی اعمال شد. بذر مورد استفاده شوید از تودهٔ محلی نقده[2] و بذر لوبیا از رقم ایستادهٔ درخشان[3] بود.

فاصلهٔ بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر برای هر دو گونه در نظر گرفته شد. بذور شوید به فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر و بذور لوبیا به فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف‌ها با عمق ۲-۴ سانتی‌متر، در تاریخ ۳۰ فروردین ۱۳۸۹ به صورت جوی و پشته، همزمان کشت شدند. همچنین در یک بلوک فاصلهٔ کرت‌ها از هم چهار متر و فاصلهٔ بین دو بلوک پنج متر درنظر گرفته شد تا در مطالعهٔ جمعیت حشرات کرت‌های مجاور روی هم تداخل نداشته باشند. بذور لوبیا قبل از کاشت با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم*[1] آغشته شد. عملیات وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به‌صورت دستی و هنگام لزوم انجام گرفت و آبیاری برحسب شرایط اقلیمی منطقه و به طور متوسط هر هفته یک‌بار به طریقهٔ آبیاری جوی و پشته انجام گرفت. براساس آزمون خاک، کود سوپرفسفات تریپل به‌مقدار ۱۵۰ کیلوگرم تماماً قبل از کاشت و کود اوره به‌مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان کود آغازین برای لوبیا و به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحلهٔ ساقه رفتن) به ردیف‌های شوید اضافه شد. به‌علت زیاد بودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد.

به منظور جمع‌آوری و برآورد انبوهی جمعیت و تنوع گونه‌های حشرات در تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط دو گونه لوبیا و شوید، نمونه‌برداری ۴۵ روز پس از کاشت تا رسیدگی دانه‌ها با استفاده از تور حشره‌گیری (برای بررسی تنوع حشرات بالدار بالای سطح خاک) و قرار دادن تله‌های گودالی در خاک (به‌منظور بررسی تنوع حشرات بدون بال و متحرک و سایه‌پسند بر سطح خاک) که شامل ظروف پلاستیکی یک‌بار مصرف به قطر ۱۵ و ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر بودند، استفاده شد. به‌منظور جلوگیری از خورده شدن نمونه‌ها توسط یکدیگر یا مورچه‌ها، در کف تله‌ها مقداری حشره‌کش کارباریل ریخته شد. تله‌ها پس از نصب، هر ده روز یک بار و تا زمان برداشت محصول بازدید شدند. حشرات به دام‌افتاده در تله‌ها پس از حذف مواد زاید و نمونه‌های غیرهدف جدا شدند. سپس با قید تاریخ و مشخصات تیمار مربوطه، نمونه‌ها تفکیک و تعدادی از آنها در الکل ۷۰ درصد نگهداری شدند و به منظور شناسایی نمونه‌ها با استفاده از منابع معتبر به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای تعیین تنوع حشرات از شاخص شانون طبق

---

1. *Rhizobium leguminozarum*

معادلهٔ ۱ استفاده شد [۲۱]:

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

در این رابطه، ni: تعداد افراد گونه؛ i ام؛ وN: تعداد کل افراد است. هر اندازه مقدار عددی 'H بیشتر باشد، نشان‌دهندهٔ تنوع گونه‌ای بیشتر است.

در پایان فصل رشد، برای هر دو گیاه لوبیا و شوید به‌منظور محاسبهٔ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی با شرایط حذف حاشیه از هر طرف استفاده شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا کردن بذور لوبیا و شوید، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس همراه بذور وزن شدند.

برای ارزیابی کشت مخلوط لوبیا و شوید در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین[۱] (براساس عملکرد دانه) براساس معادلهٔ ۲ استفاده شد [۳۶]:

$$LER=\frac{Y_1}{B_1}+\frac{Y_2}{D_2} \qquad (۲)$$

در این معادله، Y_1 وY_2 به‌ترتیب عملکرد گونه‌های لوبیا و شوید در کشت مخلوط؛ و B_1 و D_2 نیز عملکرد گونه‌های لوبیا و شوید در کشت خالص است.

استخراج اسانس شوید به‌روش تقطیر با آب و به وسیلهٔ دستگاه کلونجر انجام گرفت. بدین منظور، ۳۰ گرم نمونهٔ بذری از هر کرت وزن شد و پس از آسیاب شدن مختصر در ۳۰۰ میلی‌لیتر آب در داخل دستگاه کلونجر به‌مدت سه ساعت جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. سپس درصد اسانس به‌روش وزنی و عملکرد اسانس براساس عملکرد دانه × درصد اسانس محاسبه شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسهٔ میانگین‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

1. Land Equivalent Ratio

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. عملکرد دانه و بیولوژیکی شوید

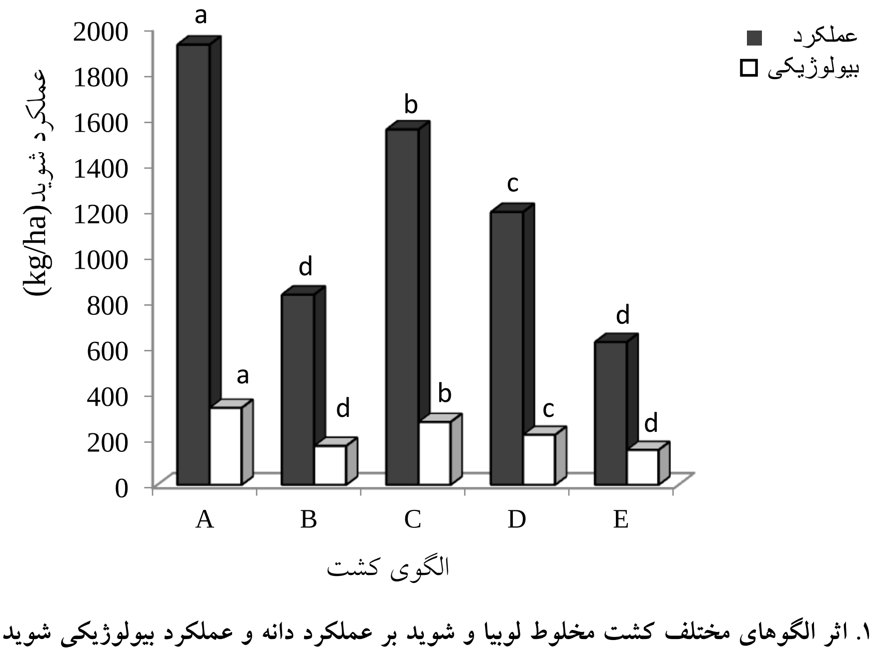
اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی شوید در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود ($P\leq ۰/۰۱$). الگوی‌های کشت مخلوط با کشت خالص آن تفاوت معناداری داشتند، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (۳۴۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۱۹۲۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص به‌دست آمد (شکل ۱). در بین الگوهای کشت مخلوط، بیشترین عملکرد دانه (۲۲۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۱۵۵۶ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ردیفی (۱:۱) و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۱۵۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید حاصل شد (شکل ۱). باتوجه به تراکم بیشتر شوید خالص در واحد سطح عملکرد بالاتر آن طبیعی بود. همچنین در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط، الگوی کشت ردیفی به سود دو گیاه زراعی بود. به‌نظر می‌رسد که در الگوی کشت مخلوط ردیفی شاید به‌دلیل آرایش کانوپی مناسب برای جذب نور و کاهش فشار رقابتی رقابت درون‌گونه‌ای درنهایت به افزایش عملکرد در این شرایط، در مقایسه با سایر الگوهای مخلوط منجر شده است [۱۴]. اگر اجزای تشکیل‌دهندهٔ کشت مخلوط، در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در نحوهٔ استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند، از این منابع به‌طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و درنتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می‌یابد [۳۵، ۳۸].

از طرف دیگر، نتایج سایر تحقیقات نشان می‌دهد که در کشت مخلوط سنتز متابولیت‌های ثانویه، از جمله اسانس افزایش می‌یابد و در این حالت امکان جذب حشرات گرده‌افشان زیادتر شده و تعداد گل‌های تلقیح‌شده

افزایش می‌یابد و تولید دانه بیشتر خواهد شد. شاید یکی از دلایل دیگر بالا بودن عملکرد دانهٔ شوید در کشت ردیفی را می‌توان به این مسئله نسبت داد [۲۴، ۲۶]. در تصدیق این موضوع، محققان در تحقیقات خود نشان دادند که هرچه از سمت کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری سوق داده شود، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی به‌تدریج کاهش می‌یابد [۶، ۱۴]. در بررسی کشت مخلوط نواری شبدر سفید و گندم نشان داده شد که عملکرد گندم ۱۰–۲۵ درصد در کشت مخلوط به‌سبب رقابت برای جذب نور و نیتروژن در مرحلهٔ رویشی و آب در مرحلهٔ پر شدن دانه کاهش یافت [۳۵]. در مطالعهٔ دیگری در کشت مخلوط نواری پنبه و گندم معلوم شد که با افزایش عرض نوارها عملکرد هر دو گونه به‌طور معناداری کاهش یافت که با نتیجهٔ آزمایش حاضر مطابقت دارد [۳۹].

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در این آزمایش

پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	درصد موادآلی	نیتروژن کل (%)	هدایت الکتریکی $EC \times 10^3$ (dS/m)	اسیدیته	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
۴۰۷	۱۰/۵	۱/۴۸	۰/۱۴	۰/۸۳	۷/۷	۲۵	۴۰	۳۵	لومی



شکل ۱. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی شوید

A: کشت خالص شوید، B: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، C: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، D: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، E: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

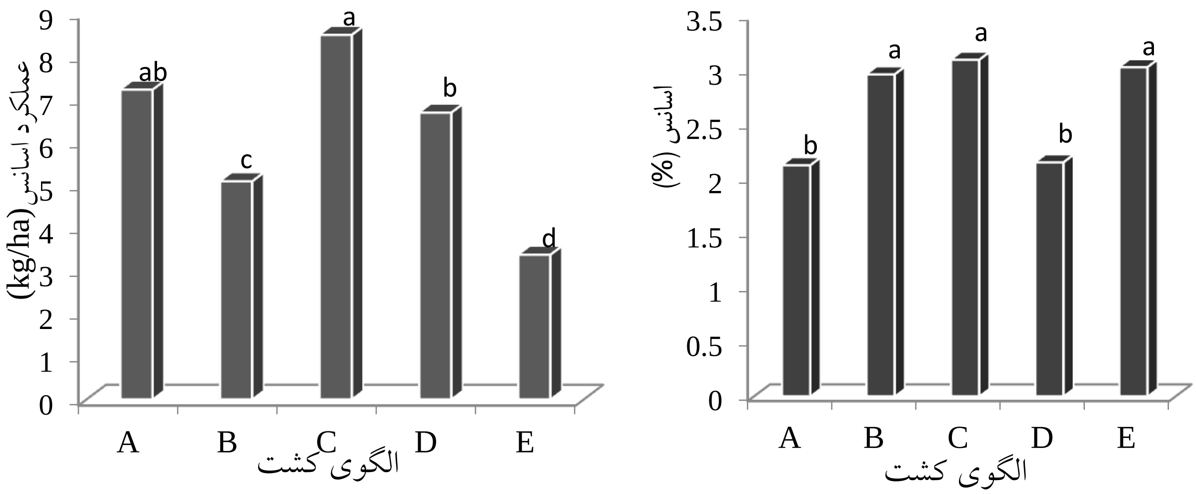
(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گاوزبان اروپایی از کشت خالص و کمترین مقدار آنها از الگوی چهار ردیف لوبیا و گاوزبان (۴:۴) به‌دست آمد [۱۲]. نتایج پژوهش دیگری نشان داد که در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای با لوبیا چشم‌بلبلی، عملکرد دانهٔ ارزن در کشت خالص بیشتر از مخلوط است [۱۱]. محققان دیگری نیز به نتیجهٔ مشابهی دست یافتند [۸].

۳. ۲. درصد و عملکرد اسانس

درصد و عملکرد اسانس تحت تأثیر تیمارهای مختلف الگوی کشت قرار گرفتند (P≤۰/۰۱)، به‌طوری‌که بیشترین درصد اسانس (۳/۱ درصد) از تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار آن (۲/۱۳ درصد) از تیمار کشت خالص حاصل شد. نتایج نشان داد سایر الگوهای کشت مخلوط نیز به جز کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید سبب افزایش معنادار درصد اسانس شوید نسبت به تیمار کشت خالص شدند (شکل ۲).

در مقایسهٔ میانگین‌ها بالاترین عملکرد اسانس مربوط به کشت مخلوط ردیفی با میانگین ۸/۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید با میانگین ۳/۳۷ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). عملکرد اسانس برایندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه است. بنابراین زیاد بودن عملکرد اسانس در کشت مخلوط ردیفی به‌دلیل زیاد بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمار است.



شکل ۲. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر درصد اسانس و عملکرد اسانس شوید

A: کشت خالص شوید، B: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، C: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، D: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، E: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

ازآنجا که اسانس‌ها جزئی از متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهی هستند و مقدار آنها به‌شدت به‌مقدار متابولیت‌های اولیهٔ گیاهی (کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، کلروفیل‌ها و غیره) بستگی دارد، هر عاملی که سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شود می‌تواند متابولیت‌های ثانویهٔ گیاهی از جمله اسانس‌ها را افزایش دهد [۳۲،۲۴]. در کشت مخلوط لگوم‌ها با غیرلگوم‌ها، فشار رقابتی بین دو گونه بر سر جذب نیتروژن کاهش می‌یابد، زیرا لگوم‌ها بیشتر نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق تثبیت بیولوژیکی فراهم می‌آورد و گونهٔ مجاور بیشتر از نیتروژن معدنی خاک استفاده می‌کند. در نتیجه کارایی مصرف عناصر غذایی مانند نیتروژن افزایش و به‌دنبال آن رشد و فتوسنتز گیاهی بهبود می‌یابد [۳۸]. ازآنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و درنتیجه مقدار اسانس گیاهان است، هر عاملی که سبب افزایش جذب نیتروژن گردد، درنهایت به افزایش اسانس گیاه منجر خواهد شد.

در بررسی کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار مشخص شد که بیشترین مقدار اسانس در نسبت‌های کمتر از ۵۰:۵۰ حاصل شده است [۲]. با مطالعهٔ کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا مشاهده شد که بیشترین عملکرد اسانس ریحان از کشت خالص به‌دست آمد. اما از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نشد [۱۰]. با بررسی کشت مخلوط سویا و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش شده است که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود [۲۶]. محققان دیگری [۲۹] در کشت مخلوط شمعدانی عطری و نعناع دریافتند که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از ۶۰ به ۱۲۰ سانتی‌متر به‌طور معناداری کاهش یافت، اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تأثیر عرض نوار قرار نگرفت. بنابه گزارشی در کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی و نعناع، تولید اسانس در کشت مخلوط با کشت خالص تفاوت معناداری را نشان نداد، اما موقعی که به تیمارهای کشت مخلوط کود سبز اضافه شد، به‌دلیل افزایش غلظت نیتروژن و دسترسی نعناع به این عنصر غذایی مقدار اسانس نعناع به‌طور معناداری افزایش یافت [۳۲]. در کشت مخلوط مرزه با شبدر ایرانی، درصد اسانس مرزه بین تیمار کشت خالص و تیمارهای کشت مخلوط اختلاف معناداری را نشان نداد، اما عملکرد اسانس در تیمار کشت خالص به‌طور معناداری بیشتر از تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد [۳]. نتایج سایر محققان نیز با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد [۷].

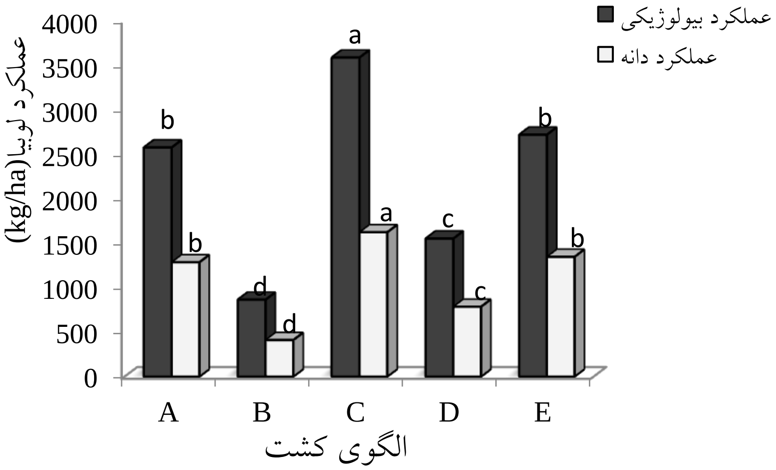
۳. ۳. عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر الگوی کشت بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود ($P\leq ۰/۰۱$). بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۳۵۹۳ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی لوبیا (۸۷۰ کیلوگرم در هکتار) به کشت مخلوط روی ردیف های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا) اختصاص داشت (شکل ۳). کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید دارای رتبهٔ دوم از نظر تولید عملکرد در واحد سطح بود که نشان می‌دهد در کشت نواری تعداد ردیف اصلی‌ترین موضوع در افزایش عملکرد در واحد سطح بود و باتوجه به تعداد ردیف بیشتر لوبیا در کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید در واحد سطح عملکرد بالاتر آن طبیعی بود. البته از نظر آماری اختلاف معناداری بین تیمار نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید با کشت خالص مشاهده نشد (شکل ۳).

در تیمار کشت خالص شاید افزایش رقابت

درون‌گونه‌ای و از طرفی، حضور فراوان آفات متعدد سبب کاهش عملکرد لوبیا در کشت خالص شد. اما در تیمار کشت مخلوط ردیفی به‌دلیل تأثیرات تکمیل و تسهیل‌کنندگی بهتر گونه‌ها، افزایش جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع همچنین افزایش شکارگرهای طبیعی که سبب کاهش جمعیت آفات شد، عملکرد بالاتری را نسبت به سایر تیمارها تولید کرد [۱۴، ۳۶، ۳۸]. یک برگ یا کانوپی حتی در تراکم‌های مطلوب در کشت خالص نمی‌تواند به طور کامل از نور موجود استفاده کند [۳۶]. در واقع در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود [۵]. مقدار این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه میزان جذب تشعشع کل به نسبت تک‌کشتی بیشتر می‌شود. همین مسئله به‌تنهایی می‌تواند عملکرد را افزایش دهد [۴۰].

به‌نظر می‌رسد آرایش کشت مخلوط ردیفی شرایط مطلوبی را برای بوته‌های لوبیا در دستیابی به شرایط و منابع محیطی فراهم کرده است. پایین بودن عملکرد لوبیا نیز در تیمار کشت مخلوط بر روی ردیف‌های کاشت را می‌توان به افزایش رقابت بین‌گونه‌ای شوید با لوبیا روی ردیف‌های کاشت و کاهش فضای زیستی نسبت داد که سبب کاهش جذب نور و رشد و فتوسنتز لوبیا شده و به‌دنبال آن عملکرد آن را کاهش داده است. بنابراین گیاهان مورد استفاده در کشت مخلوط اگر براساس الگوی مناسب کشت انتخاب نشوند، عملکرد کاهش می یابد [۳۶]. نتایج آزمایش کشت مخلوط کنجد و نخود نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هر دو گونه در کشت ردیفی بالاتر از سایر روش‌های کاشت بود. محققان علت آن را به آرایش فضایی مناسب‌تر و استفادهٔ بهینهٔ گیاهان از منابع طبیعی در این نوع کشت نسبت داده‌اند [۱]. محققان نتایج مشابهی را مبنی بر افزایش عملکرد دانهٔ لوبیا در کشت مخلوط ردیفی گزارش کرده‌اند [۱۰].



شکل ۳. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا

A: کشت خالص لوبیا، B: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، C: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، D: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، E: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

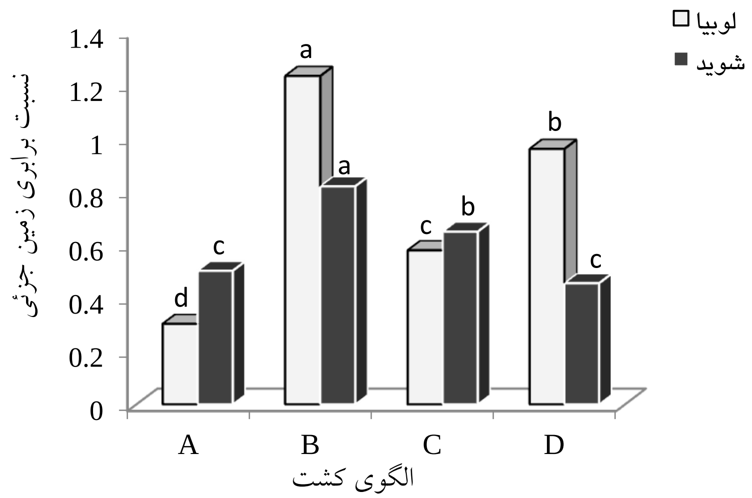
(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

۳. ۴. نسبت برابری زمین جزئی

نسبت برابری زمین جزئی لوبیا و شوید بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که نسبت برابری زمین جزئی لوبیا نسبت به شوید بیشتر بود. بیشترین LER جزئی لوبیا (۱/۰۸) و شوید (۰/۸۲) از تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار LER جزئی لوبیا (۰/۳) و شوید (۰/۵) از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد لوبیا + ۵۰ درصد شوید) به‌دست آمد (شکل۴). باتوجه به اینکه هر دو گونه در تیمار کشت مخلوط ردیفی از عملکرد بیشتری برخوردار بودند، به همین سبب توانسته بودند به LER بالا برسند. LER جزئی لوبیا در تمامی تیمارها بیشتر از شوید بود که می‌توان نتیجه گرفت لوبیا از کشت مخلوط با شوید اثر مثبت دریافت کرده است. در بررسی کشت مخلوط زیرهٔ سبز و نخود مشخص شد که LERجزئی زیرهٔ سبز بیشتر از نخود بود [۹]. در کشت مخلوط کنجد و شاهدانه نشان داده شد که در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LER جزئی شاهدانه بیشتر از کنجد بوده و از کشت مخلوط با کنجد اثر مثبت پذیرفته بود [۱۳]. در کشت مخلوط نواری لوبیا و گاوزبان مشخص شد که مقدار نسبت برابری زمین جزئی هر دو گونه با افزایش عرض نوار به‌دلیل رقابت برون‌گونه‌ای کاهش یافت [۱۲].

۳. ۵. نسبت برابری زمین کل

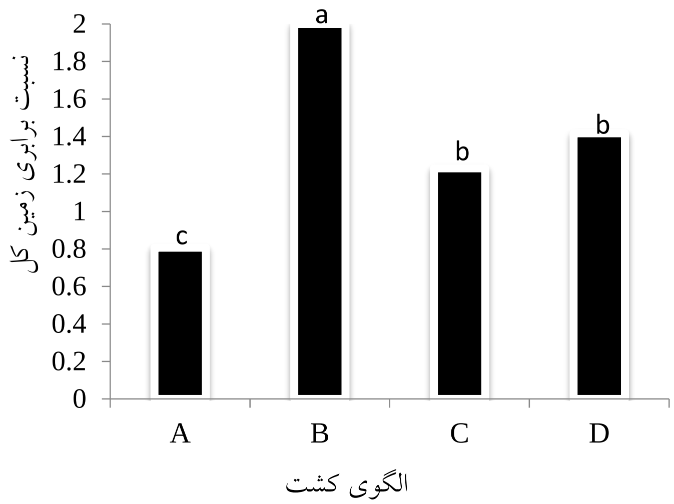
نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای مخلوط به‌جز تیمار کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، نسبت برابری زمین (LER) بیشتر از یک بود که این نشان از برتری عملکرد اقتصادی در کشت مخلوط آن تیمارها نسبت به کشت خالص آنها داشت. بیشترین مقدار LER (۱/۹) از الگوی کشت مخلوط ردیفی حاصل شد که بیانگر سودمندی زراعی ۹۰ درصدی کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص این دو محصول نسبت به یکدیگر است که نشان می‌دهد کارایی بیشتر استفاده از زمین در سیستم کشت مخلوط است. کمترین مقدار LER (۰/۸) از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا) به‌دست آمد که ۲۰ درصد کاهش نسبت به تیمارهای خالص نشان داد. بنابراین، در این تیمار کشت خالص نسبت به کشت مخلوط برتری داشت.



شکل ۴. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر نسبت برابری زمین جزئی

A: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، B: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، C: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، D: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)



شکل ۵. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر نسبت برابری زمین کل

A: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، B: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، C: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید، D: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

مقدار LER در کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید (۱/۴۱) بیشتر از کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید (۱/۲۳) بود، اما از نظر آماری اختلاف معناداری بین این دو تیمار وجود نداشت (شکل ۵). در بررسی حاضر، مقادیر LER کشت مخلوط نواری کمتر از کشت ردیفی و بیشتر از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد لوبیا + ۵۰ درصد شوید) بود. در کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت به‌دلیل زیاد شدن اثر رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای شدید دو گونه سبب کاهش LER در این تیمار شد. در حالت کلی، در این آزمایش مشاهده شد که در الگوی کشت مخلوط ردیفی این عوامل در کل به سود دو گیاه زراعی بود. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانهٔ مخلوط، بیشتر از محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست‌آمده از کشت مخلوط را می‌توان به استفادهٔ بهتر از منابع موجود توسط دو گونه، اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آنها، تثبیت و جذب نیتروژن، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و کاهش رشد و زیست‌تودهٔ علف‌های هرز نسبت داد که موجب افزایش کارایی استفاده از زمین (LER) می‌شوند [۲۲، ۳۶، ۳۸]. در بررسی کشت مخلوط ذرت و باقلا، مقدارLER در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است [۳۰]. در کشت مخلوط زیرهٔ سبز و شنبلیله نیز نتایج مشابهی گزارش شده است [۷]. کشت مخلوط ردیفی لوبیا با گاوزبان سبب افزایش نسبت برابری زمین شد، به‌طوری‌که بیشترین مقدار (۱/۵۵) در عرض نوار ۲:۲ مشاهده شد [۱۲]. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که بیشتر تیمارهای کشت مخلوط ریحان و لوبیا بر کشت خالص آنها برتری دارد و کشت مخلوط ردیفی بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۴۳) را به خود اختصاص داد [۱۰].

۳. ۶. اثر کشت مخلوط لوبیا و شوید بر تراکم نسبی و تنوع حشرات

براساس نتیجهٔ به‌دست‌آمده، یازده گونه حشره در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید مشاهده شد (جدول ۴). مهم‌ترین گونه‌های حشرات زیان‌آور شامل شتهٔ سبز هلو[1]، شتهٔ جالیز[2]، تریپس[3]، سوسک گرده‌خوار[4]، سن بذرخوار[5] و مگس سفید[6] بود. علاوه برآفات مذکور، پنج گونه حشرهٔ مفید (شکارگرهای طبیعی) در ارتباط با حشرات زیان‌آور جمع‌آوری و شناسایی شد که شامل بالتوری سبز[7]، کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای[8]، مگس سیرفید[9]، زنبور پارازیتوئید[10] و سوسک شکارگر[11] بودند (جدول ۴).

کمترین شاخص شانون (۰/۸۷) از کشت خالص لوبیا و بیشترین مقدار آن از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد لوبیا + ۵۰ درصد شوید) (۰/۹۲) بر روی ردیف کاشت به‌دست آمد (شکل ٦). از نظر آماری اختلاف معناداری بین الگوهای مختلف کشت مخلوط با کشت خالص شوید از نظر شاخص شانون مشاهده نشد. به‌نظر می‌رسد که در کشت مخلوط، حضور شوید از طریق جذب حشرات گرده‌افشان و دشمنان طبیعی سبب افزایش تنوع حشرات شده و افزایش شکارگرهای طبیعی نیز موجب کاهش جمعیت شته و سایر آفات شده است.

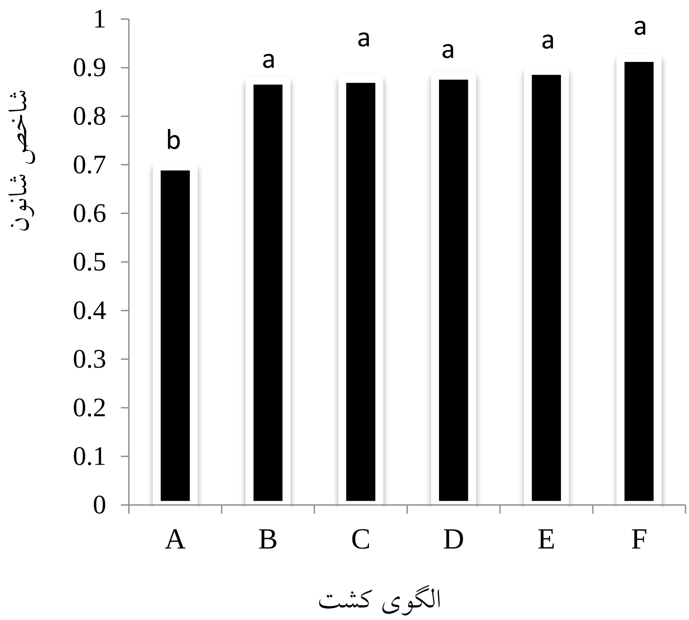
در بین الگوهای مختلف کشت بیشترین دامنهٔ تراکم نسبی را شتهٔ سبز (۴/۷۸- ۳۲/۴۱ درصد) در بین حشرات زیان‌آور در کشت خالص لوبیا به خود اختصاص داد و بیشترین دامنهٔ تراکم نسبی برای شکارگر طبیعی بالتوری سبز (۵/۶۰- ۲۳/۷۵ درصد) در الگوی کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت مشاهده شد (جدول ۴). در آزمایش حاضر کشت مخلوط موجب افزایش جمعیت دشمنان طبیعی و کاهش جمعیت آفات در مقایسه با کشت خالص شد.

توافق عمومی بر این است که تنوع گونه‌ها در سیستم کشت مخلوط بیشتر مشکلات ناشی از آفات را کاهش می‌دهد که ممکن است به‌دلیل افزایش جمعیت شکارگرها و پارازیت‌ها، سیستم منابع غذایی متعدد و کافی در زمان‌های متفاوت در طی فصل رشد برای دشمنان طبیعی، کاهش جعیت یا تکثیر آفات، وجود مواد شیمیایی بازدارنده، سردرگمی آفات در پیدا کردن میزبان، تغییر در شرایط میکروکلیماتیکی کانوپی و حضور گیاه غیرمیزبان در این سیستم باشد. همچنین ترکیبات آروماتیک بعضی گیاهان به‌خصوص گیاهان دارویی می‌تواند رفتار حشرات را تغییر دهد. چراکه بعضی از این ترکیبات جذب‌کننده و برخی دفع‌کنندهٔ حشرات هستند [۴، ۱۷، ۳۶]. کشت مخلوط از طریق کاهش تراکم گیاه میزبان و علف‌های هرز، تغییر کیفیت میزبان از طریق تأثیرات متقابل گیاه-گیاه و افزایش جمعیت دشمنان طبیعی می‌توانند سبب کاهش جمعیت آفات شود [۱۸، ۲۵]. در همین راستا برخی محققان معتقدند که کشت مخلوط با افزایش جمعیت دشمنان طبیعی موجب کاهش جمعیت حشرات آفت می‌شود (جدول ۴). دلیل آن کاهش نوسان جمعیت دشمنان طبیعی در کشت مخلوط به‌علت کاهش تنوع گونه‌های شکارگر و گیاه میزبان و همچنین ایجاد پناهگاهی برای شکار است [۱۷]. با بررسی اثر کشت مخلوط رازیانه با خردل گزارش شده که در کشت مخلوط جمعیت شته به‌طور معناداری کمتر از کشت خالص بود [۳۱]. در بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا مشخص شد که بیشترین جمعیت

1. Myzuspersicae sulzer
2. Aphis gossypii
3. Thrips tabaci
4. Oxythyrea cinctella
5. Nysius cymoides
6. Trialeurodes vaporarium
7. Chrysoperla carnea
8. Coccinella septempunctata
9. Paragus compeditus
10. Trichogramma sp.
11. Carabus sp.

شکارگرهای طبیعی در کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف گاوزبان و بیشترین جمعیت آفات در کشت خالص لوبیا به‌دست آمد [۱۲]. همچنین نتایج تحقیق دیگری نشان داد که جمعیت آفات در کشت مخلوط به دلیل دشمنان طبیعی کاهش می‌یابد [۳۴] که با نتیجهٔ آزمایش حاضر مطابقت دارد. نتایج آزمایش دیگری در کشت مخلوط گندم و کلزا نشان داد که جمعیت آفات به‌خصوص شته‌ها در کشت مخلوط به‌طور معناداری کاهش یافت. آنان علت کاهش جمعیت شته‌ها را به افزایش جمعیت شکارگرهای طبیعی و مقاومت گندم در برابر شته‌ها نسبت دادند، زیرا گندم میزبان اصلی شته‌ها محسوب نمی‌شود و شته‌ها در پیدا کردن میزبان اصلی خود (کلزا) دچار سردرگمی می‌شوند [۳۷].

در بررسی حاضر، شایان ذکر است که کشت مخلوط لوبیا و شوید سبب جذب حشرات مفید و گرده‌افشان به‌خصوص زنبور عسل[1] نیز شد که حضور آنها در اکوسیستم‌های زراعی اهمیت زیادی دارد. ازآنجا که شوید گیاهی دگرگرده‌افشان است و برای تولید بذر به حشرات گرده‌افشان نیاز دارد، در صورت فعالیت زنبورهای گرده‌افشان در مزارع شوید به‌دلیل سنتز متابولیت‌های ثانویه، از جمله اسانس ممکن است با امکان جذب حشرات گرده‌افشان و افزایش تعداد گل‌های تلقیح‌شده، تولید دانه نیز بیشتر شود.



شکل ۶. اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید بر شاخص شانون جمعیت حشرات

A: کشت خالص لوبیا، B: کشت خالص شوید، C: کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت (۵۰ درصد شوید + ۵۰ درصد لوبیا)، D: کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا + یک ردیف شوید)، E: کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا + چهار ردیف شوید،F: کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید

(میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معناداری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.)

1. Apis melliferaL

جدول ۴. تراکم نسبی گونه‌های حشرات در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید

گونه‌های حشرات	تیره	الگوهای مختلف کشت: کشت خالص لوبیا	کشت خالص شوید	کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت	کشت مخلوط ردیفی یک به یک	کشت مخلوط نواری دو ردیف لوبیا با چهار ردیف شوید	کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا با دو ردیف شوید
شتهٔ سبز	Aphididae	۳۲/۴۱	۱۱/۹۸	۷/۹۴	۴/۷۸	۶/۵۳	۹/۳۴
شتهٔ جالیز	Aphididae	۲۴/۹۰	۱۰/۷۹	۳/۳۰	۸/۴۳	۴/۸۸	۸/۴۷
تریپس	Thripidae	۱۵/۸۸	۴/۲۳	۳/۳۱	۳	۲/۵۴	۵/۸۹
سوسک گرده‌خوار	Scarabaeidae	۸/۰۹	۴/۲۳	۲/۵۶	۳/۴۷	۱/۷۱	۳/۱۴
سن بذرخوار	Lygaeidae	–	۱۰/۲۱	۲/۲۶	۱/۵۰	۲/۵۹	۳/۱۴
مگس سفید	Aleyrodidae	۵/۳۲	–	۱/۸۰	۲/۴۹	۱/۷۱	۳/۱۴
بالتوری سبز	Chrysopidae	۵/۶۰	۱۷/۲۳	۲۳/۷۵	۲۵/۲۷	۲۱/۸۰	۱۸/۴۸
کفشدوزک هفت‌نقطه‌ای	Coccinellidae	۷/۸۰	۱۴/۳۰	۱۶/۴۳	۲۰/۹۴	۱۱/۴۰	۱۵/۹۰
مگس سیرفید	Syrphidae	–	۱۱/۳۴	۶/۲۷	۷	۱۲/۳۸	۵/۵۲
زنبور پارازیتوئید	Trichogrammatidae	–	۷/۸۶	۱۸/۴۹	۱۳/۶۴	۲۰/۹۸	۲۰/۵۸
سوسک شکارگر	Carabidae	–	۷/۸۳	۱۳/۸۹	۹/۴۸	۱۳/۴۸	۶/۴۰

۴. نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد لوبیا و شوید تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفت. با تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری به دلیل کاهش تأثیرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد هر دو گونه و LER کاهش یافت. طی تحقیق حاضر اسانس شوید در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت. از طرفی حشرات مفید بیشتری جذب سیستم کشت مخلوط شدند که نشان داد اسانس شوید و از طرفی افزایش تنوع گونه‌ای می‌تواند در جذب حشرات مفید نقش مؤثرتری داشته باشد که این عامل خود در عملکرد نهایی گیاه بی‌تأثیر نیست. همچنین کشت مخلوط از طریق افزایش شکارگرهای طبیعی سبب کاهش جمعیت آفات شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده های خارجی است که در بلندمدت به کاهش یا عدم وابستگی سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی آنها منجر می‌شود.

منابع

۱. پورامیر ف، کوچکی ع، نصیری محلاتی م و قربانی ر (۱۳۸۹) ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۵): ۷۴۷–۷۵۷.

۲. جهان م (۱۳۸۴) بررسی جنبه‌های اکولوژیکی کشت مخلوط بابونه و گل همیشه‌بهار. دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ زراعت.

۳. حسن‌زاده اول ف، کوچکی ع، خزاعی ح ر و نصیری محلاتی م (۱۳۸۹) اثر تراکم بر خصوصیات زراعی و عملکرد مرزه در کشت مخلوط. پژوهش‌های زراعی ایران. ۸(۶): ۹۲۰–۹۲۹.

۴. حسن‌زاده قورت تپه ع و صالح‌زاده ح (۱۳۸۹) تنوع زیستی در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد ارومیه، ارومیه.۲۶۶ ص.

۵. رضایی‌چیانه ا، دباغ محمدی نسب ع، شکیبا م ر، قاسمی گلعذانی ک و اهری‌زاد س (۱۳۸۹) بررسی دریافت نور و برخی ویژگی‌های کانوپی در کشت‌های خالص و مخلوط ذرت و باقلا. بوم‌شناسی کشاورزی. ۳ (۲): ۴۳۷–۴۴۷.

۶. رضوان‌بیدختی ش (۱۳۸۳) مقایسهٔ ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط ذرت و لوبیا. دانشگاه فردوسی مشهد. مشهد. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ زراعت.

۷. رضوانی‌مقدم پ و مرادی ر (۱۳۹۱) بررسی تاریخ کاشت، کود بیولوژیک و کشت مخلوط بر عملکرد و کمیت اسانس زیره سبز و شنبلیله. علوم گیاهان زراعی. ۴۳ (۲): ۲۱۷–۲۳۰.

۸. شایگان م، مظاهری د، رحیمیان مشهدی ح و پیغمبری س ع (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و کشت مخلوط ذرت و ارزن دم‌روباهی بر عملکرد دانهٔ آنها و کنترل علف‌های هرز. علوم زراعی ایران. ۱۰(۱): ۳۱–۴۶.

۹. عباسی‌علی کمر ر، حجازی ا، اکبری غ ع، کافی م و زند ا (۱۳۸۵) بررسی اثر تراکم‌های مختلف کشت مخلوط زیرهٔ سبز و نخود با تأکید بر کنترل علف‌های هرز. پژوهش‌های زراعی ایران. ۴ (۱): ۸۳–۹۵.

۱۰. علی‌زاده، کوچکی ع ر و نصیری محلاتی م (۱۳۸۹) بررسی خصوصیات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه لوبیا و ریحان رویشی در شرایط کشت مخلوط. بوم شناسی کشاورزی. ۳(۲): ۳۸۳–۳۹۷.

۱۱. قنبری ا، نصیرپور م و توسلی ا (۱۳۸۹) بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژیکی کشت مخلوط ارزن دانه-ای لوبیا چشم بلبلی. بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۲): ۵۵۶–۵۶۴.

۱۲. کوچکی ع، شباهنگ ج، خرم دل س و غفوری ا (۱۳۹۱) بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۱): ۱–۱۱.

۱۳. کوچکی ع، نصیری محلاتی م، خرم دل س، انورخواه س، ثابت تیموری م و سنجانی س (۱۳۸۹) مطالعهٔ شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۱): ۲۷–۳۶.

۱۴. کوچکی ع، نصیری محلاتی م، فیضی ح، امیرمرادی ش و مندنی ف (۱۳۸۹) اثر کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا بر عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۲): ۲۲۵–۲۳۵.

۱۵. مظاهری د (۱۳۷۳) زراعت مخلوط. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۲۶۲ ص.

۱۶. مظاهری د وآقا علیخانی م (۱۳۷۷). بوم‌شناسی گیاهان گرمسیری. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۵۰۶ ص.

17. Bukovinszky T, Van Lenteren JC and Vet LEM (2005) Functioning of Natural Enemies in Mixed Cropping Systems. Encyclopedia of Pest Management. www.Informaworld.com.

18. Finck MR and Karpenstein-Machan M (2002) Intercropping for Pest Management. Encyclopedia of Pest Management. www.Informaworld.com.

19. Francis CA (1989) Biological efficiencies in multiple cropping systems. Advances in Agronomy. 42: 1-41.

20. Francis CA, Flor CA and Pragner M (1978) Effets of bean associated on yields and yields components of maize. Crop Sciences. 18: 760-764.

21. Gliessman SR (1997) Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture, Arbor Press, 357 p.

22. Haugaardnielsen H, Ambus P and Jensen ES (2001) Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea – barley intercropping. Field Crops Research. 70: 101-109.

23. Hooks GRR and Johnson MW (2003) Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. Crop Protection. 22: 223-238.

24. Hornok L (1980) Effect of nutrition supply on yield of dill (*Anethun graveolens* L.) and its essential oil content. Acta Horticulture. 96: 337.

25. Johnsoton SA, Springer JK and Lewis GD (1979) Fusarium moniliforme as a cause of stem and crown rot of asparagus and its association with asparagus decline. Phytopathology. 69: 778-780.

26. Maffei M and Mucciarelli A (2003) Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research. 84: 229-240.

27. Morris RA and Garrity DP (1993) Resource capture and utilization in intercropping: Water Field Crops Research. 34: 303-317.

28. Odhiambo GD and Ariga ES (2001) Effect of intercropping maize and beans on Striga incidence and grain yield. Seventh Eastern and Southern Africa Reigenal Maize Conference. Pp. 183-186

29. Rajsawara RBR (2002) Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row Spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens Malin. ex Holmes). Industrial Crops and Products. 16: 133-144.

30. Rezaeichianeh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K and Aharizad S (2011) Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. African Journal of Agricultural Research. 7: 1786-1793.

31. Singh D and Kothari SK (1997) Intercropping effects on mustard aphid (*Lipaphis erysimi Kaltenbach*.) populations. Crop Science. 37: 1263-1264.

32. Singh M, Singh A, Singh RS, Tripathi AK, Singh D and Patra D (2010) Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products. 31: 289-293.

33. Speight MR (1983) The potential of ecosystem management for pest control. Agriculture, Ecosystems and Environment. 10: 183-193.

34. Srinivasa Raoa M, Rama Rao CA, Srinivasc K, Pratibha SM, Vidya Sekhar G, Sree Vani G and Venkateswarlu B (2012) Intercropping for management of insect pests of castor, Ricinus communis, in the semi–arid tropics of India. Insect Science. 12: 1-14.

35. Thorsted MD, Olesen JE and Weiner S (2006) Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Research. 95: 280-290.

36. Vandermeer JH (1989) The Ecology of Intercropping, Cambridge, University Press, 297 p.

37. Wang W, Liu Y, Chen J, Xianglong J, Zhou H and Wang G (2009) Impact of intercropping aphid-resistant wheat cultivars with oilseed rape on wheat aphid (*Sitobion avenae*) and its natural enemies. Acta Ecologica Sinica 29: 186-191.

38. Willey RW (1990) Resource use in intercropping system. Agriculture Water Management. 17: 215-231.

39. Zhang L, Van der WW, Zhang S, Li B and Spiertz JHJ (2007) Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research. 103: 178-188.

40. Zhang L, Van der WW, Bastiaans L, Zhang S, Li B and Spiertz JHJ (2008) Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research. 107: 29-42.