



## مقایسه عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در کشت خالص و کشت مخلوط با لوبیا / سویا در شرایط اقلیمی همدان

سیدمحسن سیدی<sup>۱\*</sup>، جواد حمزه‌ئی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

<sup>۲</sup>دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** یکی از راهکارهای کلیدی در کشاورزی پایدار بازگرداندن تنوع به محیط‌های کشاورزی و مدیریت مؤثر آن است. کشت مخلوط عبارت است از کشت هم‌زمان دو یا بیش از دو گونه در یک قطعه زمین در طول یک فصل زراعی، که یک روش مهم در توسعه سیستم تولید پایدار به‌ویژه در سیستم‌هایی که هدف آن‌ها محدود ساختن مصرف نهاده‌های خارجی مانند کود، علف‌کش‌های شیمیایی و ... است. در قیاس با تک‌کشتی، سیستم کشت مخلوط استفاده بالاتری از منابع مثل کارایی مصرف مواد غذایی، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف زمین دارد.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور مقایسه عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در کشت خالص و کشت مخلوط با لوبیا / سویا آزمایشی در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان طی دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی الگوهای مختلف کاشت شامل کشت خالص آفتابگردان، لوبیا و سویا با و بدون وجین و کشت‌های مخلوط افزایشی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان و کشت‌های مخلوط افزایشی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان بودند. صفات مورد ارزیابی گیاهان شامل عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن و پروتئین و میزان فسفر و پتاسیم دانه بود. ارزیابی کشت مخلوط بر اساس شاخص نسبت برابری زمین صورت گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج آزمایش نشان داد عملکرد دانه هر سه گونه تحت تأثیر الگوهای کشت قرار گرفتند. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه آفتابگردان، لوبیا و سویا (به‌ترتیب ۳۴۸۰، ۳۰۲۵ و ۳۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص با وجین به دست آمد و کشت مخلوط عملکرد دانه را کاهش داد. همچنین، بیش‌ترین عملکرد پروتئین و روغن و عناصر فسفر و پتاسیم آفتابگردان دانه، لوبیا و سویا متعلق به کشت خالص با وجین این گیاهان بود. با این حال نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط با ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا و سویا بالاتر از یک بود که نشان دهنده سودمندی سیستم کشت مخلوط است. به‌طورکلی، بر اساس شاخص نسبت برابری زمین کشت مخلوط آفتابگردان و لگوم (لوبیا و سویا) در بیش‌تر تیمارها برتر از کشت خالص گیاهان بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این مطالعه نشان داد که سیستم‌های کشت مخلوط باعث کاهش عملکرد دانه آفتابگردان، لوبیا و سویا در مقایسه با تیمار تک‌کشتی با وجین می‌شوند، اما به‌طورکلی، در اکثر تیمارها ترکیب آفتابگردان-حبوبات (لوبیا و سویا) از لحاظ بهبود عملکرد اقتصادی و کارایی استفاده از زمین بهتر از تک‌کشتی آن‌ها بود.

**واژه‌های کلیدی:** دانه روغنی، رقابت، عملکرد پروتئین، عملکرد روغن، نسبت برابری زمین.

\*مسئول مکاتبه: [mohsensayyedi@yahoo.com](mailto:mohsensayyedi@yahoo.com)

## مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی یک‌ساله و یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی و آجیلی در جهان می‌باشد. در حدود ۱۲ درصد از تولید جهانی روغن نباتی به آفتابگردان اختصاص دارد. به دلیل عملکرد بالای روغن و نیز بالا بودن ارزش غذایی، سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی افزایش یافته است. آفتابگردان یک محصول زراعی متحمل به خشکی و با سیستم ریشه‌ای عمیق است که ریشه این گیاه در شرایط خشکی در مقایسه با دیگر گیاهان زراعی می‌تواند آب را به طور معنی‌داری از لایه‌های زیرین و عمیق‌تر خاک جذب کند (۱).

حبوبات از جمله گیاهان زراعی هستند که در سراسر دنیا کشت می‌شوند و به شرایط آب و هوایی متفاوت از معتدل تا گرمسیر و از مرطوب تا خشک، سازگاری یافته‌اند. این گیاهان، ارزش غذایی زیادی دارند و یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی سرشار از پروتئین می‌باشند. به طوری که حبوبات بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌روند و نیز در تغذیه دام و در نتیجه تأمین پروتئین حیوانی، نقش بسیار مهمی دارند. این گیاهان به خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هوا، در حاصلخیزی خاک تأثیر بسیار مثبتی دارند. علاوه بر این، حبوبات به صورت کود سبز برای تقویت و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک به کار می‌روند (۳۱، ۳۷). لویسا (*Glycine max*) و سویا (*Phaseolus vulgaris* L.) دو گیاه مهم از خانواده حبوبات هستند که علاوه بر مصارف خوراکی و صنعتی، اهمیت بالایی در حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک دارند. کاربرد گیاهان لگوم در کشت مخلوط با دیگر گیاهان سابقه طولانی دارد (۳۱).

روند تخریب و بهم خوردن تعادل اکولوژیک سامانه‌های زراعی درحالی ادامه دارد که جمعیت

جهان رو به افزایش است و اگر چاره‌ای برای افزایش تولیدات کشاورزی و حفظ محیط زیست نشود، بروز قحطی دور از واقعیت نیست. بشر تاکنون تدابیر گوناگونی اتخاذ کرده و با به کار بردن تکنولوژی، استفاده از ژنتیک، دادن کودهای شیمیایی فراوان، مصرف سموم گیاهی مختلف و غیره توانسته است بخشی از نیاز به مواد غذایی را به صورت منطقه‌ای برآورده کند. شیوه‌های رایج، تولید آینده را به قیمت افزایش تولید فعلی به خطر انداخته است. بنابراین، علائم زوال و نابودی در گذر زمان، شرایط مورد نیاز برای تولید پایدار را بیش از پیش آشکار کرده است (۳۳). با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از افزایش تولید، امروزه گرایش به سمت نظام‌های پایدار در کشاورزی اهمیت پیدا کرده است. در همین راستا یکی از مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده و مؤثر در افزایش تولید پایدار، سیستم کشت مخلوط گیاهان زراعی می‌باشد (۴، ۲۹، ۳۳).

در کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح از طریق کشت بیش از یک گیاه در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی تأمین می‌شود. در این راستا انتخاب گیاهانی که کم‌ترین رقابت را با هم داشته باشند قدم عمده‌ای محسوب می‌شود (۳۳). کشت مخلوط به صورت کاشت دو یا چند گونه زراعی با یکدیگر در مناطق مختلف جهان به طور گسترده‌ای متداول می‌باشد. کشت مخلوط عبارت از رویاندن بیش از یک گیاه در یک سال زراعی و در یک قطعه زمین است (۳۳).

مهم‌ترین امتیاز نظام چند کشتی آن است که در این نظام‌ها مواد مختلف می‌توانند حالت چرخه‌ای و بسته داشته باشند و مورد استفاده مجدد قرار گیرند که در این صورت کارایی استفاده از منابع به حداکثر می‌رسد (۲۳). کشت مخلوط، به دلیل استفاده بهینه و حداکثر از منابع تولید، کاهش میزان آلودگی محیط

افزایش عملکرد کل بیولوژیک و دانه دانستند (۲۲). پژوهشگرانی در مطالعه خود روی کشت برخی گیاهان لگوم و جو دریافتند که حضور اعضای خانواده لگوم در کشت مخلوط باعث افزایش مزایای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گیاهان می‌گردد (۴۲). در واقع، از مهم‌ترین مزایای حضور گیاهان لگوم در کشت مخلوط تثبیت نیتروژن است که سبب بهبود سودمندی کشت مخلوط می‌شوند (۸، ۱۵، ۱۹، ۲۰، ۲۶، ۴۲). یکی از راهکارهای عملی اکولوژیک برای کنترل علف‌های هرز، استفاده از کشت مخلوط می‌باشد. کشت مخلوط به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت تلفیقی علف‌های هرز همراه با اثر کمتر بر محیط در مقایسه با علف‌کش‌های شیمیایی است (۴۵، ۴۶). سرکوب علف‌های هرز و کاهش رشد علف هرز بر اثر تداخل گیاه زراعی به عنوان یک عامل تعیین کننده برتری عملکرد کشت مخلوط قلمداد می‌گردد (۴۶، ۲۰).

هدف مهم از آزمایش‌های کشت مخلوط، افزایش عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصول می‌باشد و اکثر آزمایش‌های کشت مخلوط شامل گیاهان خانواده بقولات هستند. گیاهان غیر لگوم مثل آفتابگردان از نظر ماده خشک دارای عملکرد بالا هستند، اما برخلاف بقولات از حیث پروتئین فقیر می‌باشند. لذا کشت مخلوط غیرلگوم‌ها و لگوم‌ها منجر به تولید محصول با کیفیت بالا خواهد شد. کشت مخلوط لگوم‌ها با غیر لگوم‌ها اغلب موجب افزایش میزان پروتئین خام برداشت شده در هکتار نسبت به کشت خالص غیر لگوم‌ها می‌شود (۶، ۱۵، ۱۹، ۲۳، ۴۵). در کشت مخلوط غیرلگوم - لگوم، نیتروژن تثبیت شده به وسیله لگوم‌ها توسط غیرلگوم‌ها جذب می‌شود و ترکیبات نیتروژنی آن‌ها افزایش می‌یابد (۱۹، ۲۷). در مطالعه‌ای اظهار شد که کشت مخلوط گندم با باقلا باعث افزایش میزان پروتئین دانه گندم از ۱۱ درصد

زیست، حفاظت خاک، موازنه در امر تغذیه گیاهی و به‌دست آوردن حداکثر سود، اهداف مشترک اکرونومیست و اکولوژیست را که همانا توسعه پایدار است در بر می‌گیرد (۲۰، ۲۱). برای استفاده مطلوب از عوامل محیطی (نور، مواد غذایی و آب) از لحاظ تئوری به یک تیپ ایده آل نیاز است. به طوری که، قادر باشد در کم‌ترین زمان تمام نیچ‌های ممکن را به طور کامل اشغال کند. مثلاً عناصر غذایی و آب را از تمام پروفیل خاک جذب نماید و بتواند از تمام نور رسیده به طور مؤثری استفاده نماید (۲۵). در حالت کلی، در سیستم کشت مخلوط بیشتر به استراتژی‌هایی که استفاده بیشتر از زمین و افزایش تولید را مد نظر دارند توجه می‌شود (۱۴، ۴۱). چند کشتی امکان استفاده از نظام‌های تلفیقی را نیز افزایش می‌دهد، به طوری که برخی از گیاهان زراعی، فقط به منظور حمایت و فراهم آوردن شرایط رشد برای سایر گیاهان کشت می‌شوند (۲۵). دستیابی به کشاورزی پایدار از جمله کشت مخلوط از اهداف اکولوژیست‌ها و فیزیولوژیست‌ها بوده و از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و سیاسی مورد توجه است (۳۴، ۴۷).

محققین دیگری نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط ذرت و کدو کشت مخلوط اثر معنی‌داری را بر روی عملکرد کدو داشت (۱۷). میزان شاخص کارایی استفاده از زمین در اکثر تیمارها بزرگ‌تر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. در کشت مخلوط گیاهان همیشه بهار و نخود گزارش شد که صفات کمی و کیفی همیشه بهار نسبت به تک کشتی بهبود یافتند که احتمالاً مربوط به مزایای کشت مخلوط گیاهان مختلف با یکی از اعضای خانواده لگوم می‌باشد (۴۸). در پژوهشی روی کشت مخلوط افزایشی جو با نخود، این الگوی کشت را موثرتر و بهتر از تک کشتی جو از نظر صفاتی مانند شاخص کارایی استفاده از زمین و

قابل دسترس آن را بالا می‌برد و این عمل موجب افزایش عملکرد ذرت شده است (۲۸). همچنین، جذب بیشتر نیتروژن توسط گندم در کشت مخلوط با سویا را به متفاوت بودن نحوه جذب نیتروژن توسط این دو محصول و انتقال نیتروژن تثبیت شده توسط سویا به گندم نسبت داده‌اند (۲۷). از این‌رو، هدف این پژوهش مقایسه بیوماس علف هرز و عملکرد کمی و کیفی دانه گیاهان آفتابگردان، لوبیا و سویا در کشت خالص و سیستم کشت مخلوط آفتابگردان + لگوم (لوبیا / سویا) بود.

### مواد و روش‌ها

آزمایشی در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ۱۶۹۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد. نتایج آزمون خاک، بافت خاک را لوم رسی و pH آن را ۷/۴۹ نشان داد. سایر ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

در تک کشتی به ۱۳ درصد در کشت مخلوط شده است (۳۸). در کشت مخلوط، منابع غذایی موجود به طور مؤثرتری در مکان و زمان معین مورد استفاده گیاهان زراعی قرار می‌گیرد. در مناطقی که کشت مخلوط متداول است، با توجه به نیازهای خاص گیاهان ترکیب شونده فضاهای خالی بین ردیف‌ها و بین بوته‌ها بهتر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (۳۳). در آزمایشی مشاهده شد که در کشت مخلوط گندم و سویا جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح مشخصی از زمین بیش‌تر از میزان جذب آن‌ها توسط هر یک از کشت‌های خالص است (۲۷). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که در کشت مخلوط باقلا و ذرت راندمان مصرف نیتروژن و فسفر نسبت به تک کشتی بالا رفت و استفاده بهینه این دو گیاه زراعی از این منابع باعث افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش شستشوی آن‌ها گردید (۲۸). همچنین، در این آزمایش مشاهده شد که در کشت مخلوط ذرت با باقلا میزان فسفر قابل دسترس در خاک بالا رفت، زیرا باقلا با تثبیت نیتروژن و پائین آوردن pH باعث آزادسازی فسفر نامحلول خاک شده و مقدار فسفر

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳.

Table 1- Soil physical and chemical properties in experimental site at 2013 and 2014 growing seasons.

کربن آلی (درصد) OC (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) total N (%)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) K available (ppm)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) P available (ppm)	بافت خاک Soil texture
1.18	0.428	7.49	0.11	362	26	لوم رسی Clay loam 2013
1.20	0.426	7.49	0.11	359	25	لوم رسی Clay loam 2014

سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ حدود ۲۳/۰ درصد سانتی‌گراد بود. خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش در طول فصول رشد در جدول ۲ ارائه شده است.

میزان بارندگی طی فصل رشد گیاهان در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ زیر ۳ میلی‌متر گزارش شد. همچنین، متوسط دما طی ماه‌های اجرای آزمایش در

جدول ۲- خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش در طول فصل رشد.

Table 2- Weather characteristics of the experimental area among growing season.

مولفه‌ها Parameter	خرداد		تیر		مرداد		شهریور	
	Jun 2013	Jun 2014	Jul 2013	Jul 2014	Aug 2013	Aug 2014	Sep 2013	Sep 2014
دمای حداقل (درجه سلسیوس) Min temperature (°C)	12	13	16	15	14	15	9	10
دمای حداکثر (درجه سلسیوس) Max temperature (°C)	30	31	36	35	34	35	30	29
بارندگی کل (میلی متر) Total rainfall (mm)	0	0	0	0	1.9	1.5	0.6	1.0

به ترتیب ۶۰ و ۱۸/۵ سانتی متر و با تراکم نهایی ۹ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. قابل ذکر است که تراکم آفتابگردان، لوبیا و سویا طبق توصیه محققین مرکز تحقیقات کشاورزی همدان، انتخاب شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در کشت خالص لوبیا و سویا به عنوان استراتژی و در زمان کشت به خاک اضافه گردید. همچنین، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در بقیه الگوهای کشت استفاده شد که نصف آن به صورت پایه و در زمان کشت و نصف دیگر به صورت سرک و در مرحله ۶ تا ۸ برگی آفتابگردان مصرف گردید. آبیاری به صورت بارانی (کلاسیک ثابت) و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت و پس از سبز شدن با توجه به نیاز مزرعه آبیاری شد. میزان آب مصرفی در پلات‌های آزمایشی یکسان بوده و از طریق تعیین دبی آب‌پاش‌ها و ثبت دقیق مدت آبیاری برآورد گردید. میزان مصرف آب در این آزمایش حدود ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار بود. در کرت‌های آزمایشی عاری از علف‌هرز (کشت‌های خالص)، چندین مرتبه علف‌های هرز در طول فصل رشد و به صورت دستی وجین شدند ولی در کرت‌های بدون وجین (الگوهای کشت مخلوط) به علف‌های هرز اجازه رشد داده شد. عملیات برداشت هر سه گونه گیاهی در مهر ماه سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ انجام گرفت. بدین صورت که بعد از حذف دو ردیف از هرطرف و

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی الگوهای مختلف کاشت شامل کشت خالص با وجین آفتابگردان، لوبیا و سویا (به ترتیب T<sub>1</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub>)، کشت خالص بدون وجین آفتابگردان، لوبیا و سویا (به ترتیب T<sub>2</sub>، T<sub>4</sub> و T<sub>6</sub>) و کشت‌های مخلوط افزایشی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>7</sub>، T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>) و کشت‌های مخلوط افزایشی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>10</sub>، T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>) بودند. در این آزمایش، آفتابگردان گیاه اصلی بود و لوبیا و سویا به عنوان گیاه همراه برای کنترل علف‌های هرز مزرعه آفتابگردان در کشت مخلوط استفاده شد. ارقام یوروفلور، اختر و هابیت به ترتیب در گیاهان آفتابگردان، لوبیا و سویا انتخاب شدند. بذر رقم یوروفلور از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و بذر رقم اختر و هابیت نیز به ترتیب از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر لوبیا خمین و مرکز دانه‌های روغنی استان لرستان تهیه شدند.

عملیات کاشت هر سه گونه گیاهی (آفتابگردان، لوبیا و سویا) در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۹۲ و ۸ خرداد ۱۳۹۳ به طور هم‌زمان و با دست انجام گرفت. برای لوبیا و سویا در هر کرت ۶ ردیف کاشت به طول ۴/۵ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و با تراکم نهایی ۴۰ بوته در متر مربع و برای آفتابگردان در هر کرت ۵ ردیف کاشت به طول ۴/۵ متر و با فاصله ردیف و بوته

و مقایسه میانگین‌ها (بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد) توسط نرم افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت.

### نتایج و بحث

**بیوماس علف هرز:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بیوماس علف‌های هرز تحت تأثیر تیمارهای الگوهای کشت قرار گرفت (جدول ۳). در میان الگوهای کشت، تیمار تک کشتی بدون وجین آفتابگردان دارای بیوماس بالایی از علف‌های هرز بود (شکل ۱). با اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از بیوماس علف‌های هرز کاسته شد. کم‌ترین بیوماس کل علف‌های هرز (۸۶۶ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد آفتابگردان تعلق گرفت (شکل ۱). سرکوب علف‌های هرز و کاهش رشد علف هرز بر اثر تداخل گیاه زراعی به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده برتری عملکرد کشت مخلوط قلمداد می‌گردد (۲). حضور گیاه زراعی، سلسله مراتب گونه‌های اجتماع علف هرز را تغییر می‌دهد. به عبارت دیگر، اضافه کردن گونه دوم گیاه زراعی به کشت خالص توزیع بیوماس بین گونه‌ها در اجتماع علف‌های هرز را تغییر خواهد داد (۱۶، ۱۹). قدرت رقابتی سیستم کشت مخلوط با توجه به افزایش تراکم گونه‌های زراعی نسبت به کشت خالص هر گونه بیشتر خواهد بود که این عامل مهار مناسب علف‌های هرز را در پی دارد (۲، ۴، ۲۰، ۴۵). در مطالعه‌ای، پژوهشگران نشان دادند که کشت مخلوط ذرت با سه گونه مختلف لوبیا چشم بلبلی موجب کاهش وزن خشک علف هرز نسبت به کشت خالص ذرت گردید (۴۶).

نیم متر از ابتدا و انتهای تمام ردیف‌ها برای تعیین عملکرد دانه هر سه گونه گیاهی ۳ متر مربع از هر کرت برداشت شد. برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین بر اساس رابطه (۱) استفاده شد (۳۳):

$$\text{رابطه ۱: } (Y_{AB}/Y_A) + (Y_{BA}/Y_B)$$

در این رابطه  $Y_A$  و  $Y_{AB}$  به ترتیب عملکرد دانه گونه A در کشت مخلوط و کشت خالص (با وجین) است همچنین،  $Y_B$  و  $Y_{BA}$  به ترتیب عملکرد دانه گونه B در کشت مخلوط و کشت خالص (با وجین) است. اگر نسبت برابری زمین برابر یک باشد، محصول زراعت‌های تک کشتی و مخلوط یکسان می‌باشد. ولی چنانچه نسبت برابری زمین بیش از یک شود نمایانگر سودمندی سیستم کشت مخلوط است (۳۳).

درصد پروتئین نمونه‌ها با دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک، مدل D-40599 ساخت شرکت Behr کشور آلمان اندازه‌گیری شد (۳۰). روغن موجود در دانه‌های آفتابگردان و سویا از طریق روش سوکسله و توسط حلال آلی متانول کلروفرم با نسبت ۱ به ۲ در سه تکرار استخراج شد. این روش توسط برای ارقام مختلف کلزا استفاده شده است. این روش یکی از متداول‌ترین روش‌ها جهت عصاره‌گیری و استخراج چربی، موم و مواد رنگی از اجزای گیاهی می‌باشد (۳۹).

میزان فسفر دانه با روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Varian spectra 220 شرکت Varian ساخت کشور استرالیا اندازه‌گیری شد (۲۴). برای تعیین غلظت عنصر معدنی پتاسیم در دانه گونه‌های زراعی مورد کاشت از وسیله فلیم فتومتر یا نورسنج شعله‌ای مدل Corning 410 ساخت کشور انگلستان استفاده گردید (۴۰). تجزیه مرکب داده‌ها

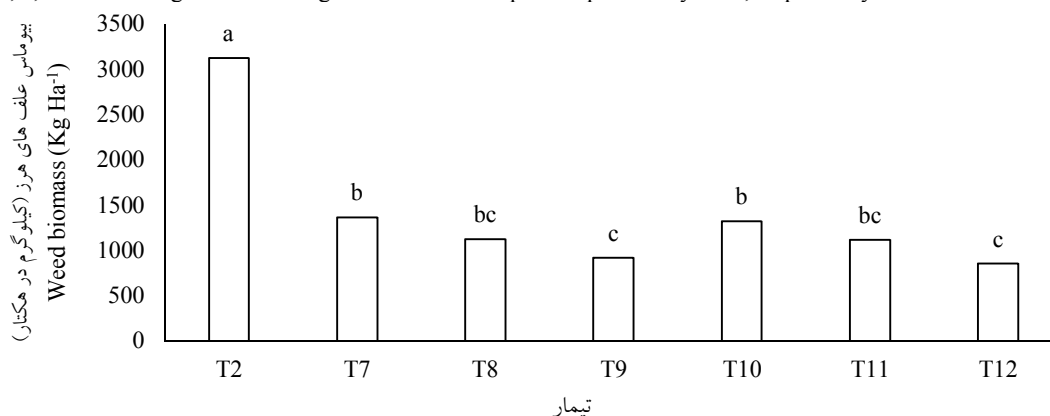
جدول ۳- میانگین مربعات اثر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانه.

Table 3- Mean squares of variance for the effect of planting patterns on grain yield.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	بیوماس علف‌های هرز Weed biomass	درجه آزادی d.f.	عملکرد دانه آفتابگردان Sunflower grain yield	درجه آزادی d.f.	عملکرد دانه لوبیا Bean grain yield	عملکرد دانه سویا Soybean grain yield
سال Year (Y)	1	34.50 <sup>ns</sup>	1	13.77 <sup>ns</sup>	1	90.19 <sup>ns</sup>	958.66 <sup>ns</sup>
تکرار × سال Replication/Y	4	8356.33	4	16955.45	4	4669.95	1777.69
الگوی کشت Planting pattern (P)	6	12126.45 <sup>**</sup>	7	15695.19 <sup>**</sup>	4	73850.33 <sup>**</sup>	77113.39 <sup>**</sup>
الگوی کشت × سال P×Y	6	1028.81 <sup>ns</sup>	7	2345.75 <sup>ns</sup>	4	15.54 <sup>ns</sup>	839.87 <sup>ns</sup>
خطا Error	24	1245.25	28	1916.54	16	544.12	611.30
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		16.50	--	15.85	--	14.91	15.88

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد هستند.

ns, \*, \*\* are non-significant and significant at 5 and 1 percent probability level, respectively.



شکل ۱- کشت خالص بدون وجین آفتابگردان (T<sub>2</sub>), کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>) و کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>). بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حروف مشابه انگلیسی نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

Figure 1- Sunflower sole cropping without weeding (T<sub>2</sub>), additive intercropping of 30, 60 and 90% bean + sunflower (T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> and T<sub>9</sub>, respectively) and additive intercropping of 30, 60 and 90% soybean + sunflower (T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> and T<sub>12</sub>, respectively). According to LSD test similar English letters indicate no significant differences between the treatments in terms of the studied traits.

با وجین و بدون وجین به دست آمد. کم‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان در بین تیمارهای کشت مخلوط متعلق به تیمار ۹۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان بود (جدول ۴). مقدار عملکرد دانه در کشت مخلوط ۹۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان نسبت به کشت خالص در حدود ۳۷ درصد افت نشان داد. وجود

عملکرد دانه آفتابگردان: ویژگی عملکرد دانه، در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوهای کشت قرار گرفت، ولی اثر سال بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در بین الگوهای کشت بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان (به ترتیب ۳۴۸۰ و ۲۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمار تک کشتی

رقابت برون گونه‌ای با گیاهان زراعی دیگر و با علف‌های هرز در تیمار کشت مخلوط ۹۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان سبب کاهش عملکرد دانه شد (جدول ۴). با اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه در کلیه الگوهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی با وجین آفتابگردان کاسته شد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد تشدید رقابت بین گونه‌های زراعی در تیمارهای کشت مخلوط ۹۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان باعث افت قابل توجه عملکرد دانه آفتابگردان شده است. برخی پژوهشگران گزارش کردند افزایش تراکم گونه‌های زراعی در کشت مخلوط کاهش معنی‌دار عملکرد دانه را در پی دارد (۲۰، ۴۵). بیش‌ترین عملکرد دانه آفتابگردان در الگوهای کشت مخلوط به تیمارهای کشت مخلوط ۶۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان تعلق گرفت، زیرا احتمالاً در تیمارهای ۳۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان رقابت شدید با علف‌های هرز و در تیمار ۹۰ درصد لگوم، رقابت درون و برون گونه‌ای گونه‌های زراعی با هم

سبب کاهش عملکرد دانه شده است (۲۱، ۲۲).  
**عملکرد دانه لوبیا و سویا:** ویژگی‌های عملکرد دانه لوبیا و سویا نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار الگوهای کشت قرار گرفتند، ولی اثر سال بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). در این صفات هم بیش‌ترین میزان در تیمارهای تک کشتی با وجین دو محصول مشاهده شد (به‌ترتیب ۳۰۲۵ و ۳۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) و بعد از آن با کاهش تراکم لوبیا و سویا و البته رقابت آن‌ها با آفتابگردان و علف‌های هرز، عملکرد دانه در تیمارهای کشت مخلوط کاهش بسیار چشم‌گیری یافت (جدول ۴). کم‌ترین میزان عملکرد دانه لوبیا و سویا به به علت کاهش تراکم و نیز رقابت گونه‌های زراعی با یکدیگر و نیز با علف‌های هرز، به تیمار کشت ۳۰ درصد این دو محصول + آفتابگردان تعلق گرفت (به‌ترتیب ۳۵۳ و ۴۳۰ کیلوگرم در هکتار). در مطالعات دیگر نیز افت عملکرد محصولات زراعی در کشت مخلوط به دلیل رقابت گزارش شده است (۷، ۹).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر الگوهای کشت بر عملکرد دانه.

Table 4- Means comparison of the effect of planting patterns on grain yield.

الگوهای کشت Planting pattern	عملکرد دانه آفتابگردان (کیلوگرم در هکتار) Sunflower grain yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه لوبیا (کیلوگرم در هکتار) Bean grain yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه سویا (کیلوگرم در هکتار) Soybean grain yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	3480 <sup>a</sup>	-	-
T <sub>2</sub>	2030 <sup>d</sup>	-	-
T <sub>3</sub>	-	3025 <sup>a</sup>	-
T <sub>4</sub>	-	1730 <sup>b</sup>	-
T <sub>5</sub>	-	-	3158 <sup>a</sup>
T <sub>6</sub>	-	-	1591 <sup>b</sup>
T <sub>7</sub>	2413 <sup>c</sup>	353 <sup>d</sup>	-
T <sub>8</sub>	3320 <sup>a</sup>	1420 <sup>c</sup>	-
T <sub>9</sub>	2217 <sup>c</sup>	1893 <sup>b</sup>	-
T <sub>10</sub>	2481 <sup>bc</sup>	-	430 <sup>d</sup>
T <sub>11</sub>	2995 <sup>ab</sup>	-	1317 <sup>c</sup>
T <sub>12</sub>	2330 <sup>c</sup>	-	1658 <sup>b</sup>

کشت خالص با وجین آفتابگردان، لوبیا و سویا (به‌ترتیب T<sub>1</sub>، T<sub>3</sub> و T<sub>5</sub>)، کشت خالص بدون وجین آفتابگردان، لوبیا و سویا (به‌ترتیب T<sub>2</sub>، T<sub>4</sub> و T<sub>6</sub>)، کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به‌ترتیب T<sub>7</sub>، T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>) و کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به‌ترتیب T<sub>10</sub>، T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>). بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حروف مشابه انگلیسی نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

Sunflower, bean and soybean sole cropping with weeding (T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub> and T<sub>5</sub>, respectively), sunflower, bean and soybean sole cropping without weeding (T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> and T<sub>6</sub>, respectively), additive intercropping of 30, 60 and 90% bean + sunflower (T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> and T<sub>9</sub>, respectively) and additive intercropping of 30, 60 and 90% soybean + sunflower (T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> and T<sub>12</sub>, respectively). According to LSD test similar English letters indicate no significant differences between the treatments in terms of the studied traits.



گونه‌ای باز می‌گردد. با اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از میزان درصد دانه روغن و عملکرد روغن کاسته شد (جدول ۶). در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط کم‌ترین درصد و عملکرد روغن دانه آفتابگردان متعلق به تیمار ۹۰ درصد لوبیا و سویا + آفتابگردان بود (جدول ۶). بخش مهمی از این کاهش عملکرد روغن در تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند به سبب رقابت با گونه‌های دیگر بر سر منابع محیطی مختلف مانند مواد غذایی باشد. در واقع، رقابت با گونه‌های دیگر بر سر منابع محیطی باعث کاهش عملکرد دانه و درصد جذب مواد غذایی می‌گردد (۱۶، ۴۹).

درصد و عملکرد روغن دانه آفتابگردان: نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد اثر الگوهای کاشت در سطح احتمال یک درصد بر این صفات معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین درصد روغن دانه آفتابگردان (به ترتیب ۴۵/۴۰ و ۳۸/۱۷ درصد) در میان الگوهای مختلف کاشت متعلق به تک کشتی آفتابگردان با وجین و بدون وجین بود. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد روغن در میان الگوهای مختلف کاشت نیز متعلق به همین تیمارها بود (جدول ۶). به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل افزایش عملکرد روغن در کشت خالص با وجین آفتابگردان، عملکرد دانه بالا بوده است که دلیل آن به عدم وجود رقابت برون

جدول ۵- میانگین مربعات اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی صفات کیفی دانه آفتابگردان.

Table 5- Means squares of the effect of planting patterns on some quality properties of sunflower.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	درصد روغن دانه Seed oil (%)	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K
سال Year (Y)	1	2.78 <sup>ns</sup>	291.02 <sup>ns</sup>	2.04 <sup>ns</sup>	248.20 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.004 <sup>ns</sup>
تکرار × سال Replication/Y	4	7.99	11589.63	3.99	5521.76	0.66	0.28
الگوی کشت Planting pattern (P)	7	81.06 <sup>**</sup>	13569.81 <sup>**</sup>	10.11 <sup>*</sup>	2675.81 <sup>**</sup>	0.11 <sup>**</sup>	0.07 <sup>**</sup>
الگوی کشت × سال P×Y	7	0.95 <sup>ns</sup>	98.87 <sup>ns</sup>	3.08 <sup>ns</sup>	45.65 <sup>ns</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>	0.0004 <sup>ns</sup>
خطا Error	28	4.56	303.33	2.28	98.87	0.003	0.003
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	11.95	15.97	12.20	16.90	12.49	12.33

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \*, \*\* non-significant and significant at 5 and 1 percent probability level, respectively

+ آفتابگردان بود (جدول ۶). البته این تیمار با هیچ‌کدام از الگوهای کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری نداشت و تنها کشت خالص با وجین و بدون وجین آفتابگردان به‌طور معنی‌داری از این تیمار کم‌تر بودند (جدول ۶). به نظر می‌رسد در الگوهای کشت مخلوط علاوه بر کود نیتروژن مصرفی شاید

درصد و عملکرد پروتئین دانه آفتابگردان: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار الگوی کاشت بر درصد پروتئین و عملکرد پروتئین آفتابگردان معنی‌دار بود (جدول ۵). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین درصد پروتئین (۲۲/۵۱ درصد) متعلق به تیمار کشت مخلوط ۹۰ درصد لوبیا

دلیل افزایش عملکرد پروتئین کشت خالص با وجین آفتابگردان عدم رقابت برون گونه‌ای با گونه زراعی دیگر و علف‌های هرز در این تیمار است که سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. در پژوهشی، اظهار شد بیش‌ترین جذب عنصر نیتروژن در تیمار تک کشتی ارزن با وجین بود (۵). کاهش عملکرد دانه در اثر رقابت، باعث کاهش عملکرد پروتئین می‌شود (۱۷)، (۲۲).

بتوان تثبیت بیولوژیک این عنصر توسط لگوم‌ها را دلیل افزایش درصد پروتئین دانست (۱۸). بیش‌ترین عملکرد پروتئین (۷۳۷ کیلوگرم در هکتار) هم در الگوهای کاشت متعلق به تک کشتی با وجین آفتابگردان بود که البته با تیمار کشت مخلوط ۶۰٪ لوبیا + آفتابگردان اختلاف معنی‌داری نداشت. از آنجا که در تعیین عملکرد پروتئین دو جزو درصد پروتئین و عملکرد دانه نقش دارند، به نظر می‌رسد مهم‌ترین

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های کیفی دانه آفتابگردان.

Table 6- Mean comparison for the effect of planting patterns on some quality properties of sunflower.

الگوهای کشت Planting pattern	درصد روغن دانه Seed oil (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	فسفر دانه (میلی گرم در گرم) Seed P (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم دانه (میلی گرم در گرم) Seed K (mg g <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	45.40 <sup>a</sup>	1579 <sup>a</sup>	21.19 <sup>b</sup>	737 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	38.17 <sup>d</sup>	773 <sup>d</sup>	19.43 <sup>c</sup>	389 <sup>d</sup>	0.39 <sup>c</sup>	0.31 <sup>c</sup>
T <sub>7</sub>	43.08 <sup>b</sup>	1036 <sup>c</sup>	22.01 <sup>a</sup>	530 <sup>c</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.35 <sup>c</sup>
T <sub>8</sub>	42.19 <sup>bc</sup>	1397 <sup>b</sup>	22.10 <sup>a</sup>	734 <sup>a</sup>	0.45 <sup>bc</sup>	0.40 <sup>bc</sup>
T <sub>9</sub>	41.18 <sup>c</sup>	911 <sup>c</sup>	22.51 <sup>a</sup>	497 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>
T <sub>10</sub>	43.05 <sup>b</sup>	1066 <sup>c</sup>	21.98 <sup>a</sup>	545 <sup>c</sup>	0.41 <sup>c</sup>	0.34 <sup>c</sup>
T <sub>11</sub>	43.26 <sup>b</sup>	1294 <sup>b</sup>	22.04 <sup>a</sup>	658 <sup>b</sup>	0.43 <sup>c</sup>	0.39 <sup>bc</sup>
T <sub>12</sub>	42.15 <sup>bc</sup>	979 <sup>c</sup>	22.27 <sup>a</sup>	512 <sup>c</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.44 <sup>b</sup>

کشت خالص با وجین و بدون وجین آفتابگردان (به ترتیب T<sub>1</sub> و T<sub>2</sub>)، کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>7</sub>، T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>) و کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>10</sub>، T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>). بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حروف مشابه انگلیسی نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

Sunflower sole cropping with and without weeding (T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub>, respectively), additive intercropping of 30, 60 and 90% bean + sunflower (T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> and T<sub>9</sub>, respectively) and additive intercropping of 30, 60 and 90% soybean + sunflower (T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> and T<sub>12</sub>, respectively). According to LSD test similar English letters indicate no significant differences between the treatments in terms of the studied traits.

محیطی است (۴۵، ۴۶). همچنین، در سیستم کشت مخلوط کم‌ترین فسفر و پتاسیم دانه (به ترتیب ۰/۴۱ و ۰/۳۴ میلی گرم در گرم) در تیمار ۳۰٪ سویا + آفتابگردان به دست آمد. به نظر می‌رسد عامل افزایش فسفر و پتاسیم دانه سویا در کشت خالص با وجین آفتابگردان در عدم وجود رقابت برون گونه‌ای است (۲). برعکس در تیمار کشت مخلوط ۳۰٪ سویا + آفتابگردان که وجین نیز صورت نگرفته بود احتمالاً رقابت شدید آفتابگردان با علف‌های هرز و سویا باعث کاهش میزان این صفات شده است (۱۳، ۳۰).

محتوای فسفر و پتاسیم دانه آفتابگردان: میانگین مربعات داده‌های آزمایشی نشان داد که اثر الگوهای کاشت بر محتوای فسفر و پتاسیم دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین میزان فسفر و پتاسیم دانه آفتابگردان (به ترتیب ۰/۵۸ و ۰/۵۴ میلی گرم در گرم) متعلق به تک کشتی با وجین آفتابگردان بود. کم‌ترین میزان این ویژگی‌ها نیز متعلق به تیمار تک کشتی بدون وجین آفتابگردان بود که نشان‌دهنده رقابت شدید این گیاه با علف‌های هرز بر سر منابع

لوبیا کاسته شد. همچنین، با کاهش درصد پروتئین دانه و کاهش تراکم بوته‌های لوبیا عملکرد پروتئین این محصول هم روند نزولی داشت به طوری که کم‌ترین میزان عملکرد پروتئین (۸۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت مخلوط ۳۰٪ لوبیا + آفتابگردان مشاهده شد. در تحقیقی که تأثیر تداخل ریشه‌ای روی گندم و یولاف وحشی به مراتب بیشتر از تداخل اندام هوایی بود. به طوری که، در مورد گندم تداخل اندام هوایی کاهش معنی‌دار تعداد برگ در بوته را موجب شد ولی روی میزان کلروفیل و سطح برگ پرچم کاهش معنی‌داری را ایجاد نکرد اما تداخل ریشه‌ای باعث کاهش معنی‌دار در کلیه صفات مورد مطالعه گندم از جمله جذب نیتروژن شد (۴۴).

رقابت گونه‌های زراعی مختلف در کشت مخلوط یکی از اصول تفکیک ناپذیر در این سیستم می‌باشد، ولی به طور کلی برآیند این الگوی کاشت مثبت خواهد بود (۱۶، ۴۹)، همچنان که در این مطالعه نیز سیستم کشت مخلوط دارای برتری نسبی نسبت به کشت خالص بدون کنترل علف‌های هرز آفتابگردان از نظر فسفر و پتاسیم دانه بود.

**درصد و عملکرد پروتئین دانه لوبیا:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوهای کاشت بر این ویژگی‌ها معنی‌دار بود (جدول ۷). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین درصد و عملکرد پروتئین متعلق به تک کشتی با وجین لوبیا بود (جدول ۸) که احتمالاً عامل اصلی آن عدم رقابت برون گونه‌ای با گونه زراعی دیگر و علف‌های هرز است. در سیستم کشت مخلوط درصد پروتئین دانه

جدول ۷- میانگین مربعات اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی صفات کیفی دانه لوبیا.

Table 7- Means squares of the effect of planting patterns on some quality properties of bean.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K
سال Year (Y)	1	8.36 <sup>ns</sup>	15.74 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>
تکرار × سال Replication/Y	4	84.51	13.06	0.05	0.17
الگوی کشت Planting pattern (P)	4	57.89*	12206.33**	0.03**	0.45**
الگوی کشت × سال P×Y	4	1.63 <sup>ns</sup>	5.97 <sup>ns</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>
خطا Error	16	8.50	63.24	0.003	0.01
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	12.03	18.55	19.11	13.84

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \*, \*\* non-significant and significant at 5 and 1 percent probability level, respectively

لوبیا متعلق به تک کشتی با وجین لوبیا بود (جدول ۸). در تک کشتی بدون وجین لوبیا و کشت مخلوط از مقدار عناصر غذایی دانه کم شد و کم‌ترین آن متعلق به کشت مخلوط ۳۰٪ لوبیا + آفتابگردان بود (جدول ۸). به نظر می‌رسد عامل افزایش فسفر و

**محتوای فسفر و پتاسیم دانه لوبیا:** میانگین مربعات داده‌های آزمایش نشان داد که اثر الگوهای کاشت بر محتوای فسفر و پتاسیم دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین میزان فسفر و پتاسیم دانه

تفکیک‌ناپذیر در کشت مخلوط است ولی با انتخاب آگاهانه گیاهان، به صورت معمول به‌نظر می‌رسد برآیند این رقابت در عملکرد کل سیستم کشت مخلوط مثبت باشد (۱۶، ۴۹).

پتاسیم دانه لوبیا در کشت خالص با وجین در عدم رقابت برون‌گونه‌ای با گونه زراعی دیگر و علف‌های هرز است (۱۳). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های دیگر مطابقت دارد (۵). رقابت گونه‌های زراعی مختلف در کشت مخلوط یکی از اصول مهم و

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی ویژگی‌های کیفی دانه لوبیا.

Table 8- Mean comparison for the effect of planting patterns on some quality properties of bean.

الگوهای کشت Planting pattern	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	فسفر دانه (میلی‌گرم در گرم) Seed P (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم دانه (میلی‌گرم در گرم) Seed K (mg g <sup>-1</sup> )
T <sub>3</sub>	25.84 <sup>a</sup>	781 <sup>a</sup>	0.30 <sup>a</sup>	1.29 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	22.67 <sup>b</sup>	395 <sup>bc</sup>	0.23 <sup>bc</sup>	1.13 <sup>b</sup>
T <sub>7</sub>	22.85 <sup>b</sup>	87 <sup>d</sup>	0.20 <sup>c</sup>	1.05 <sup>b</sup>
T <sub>8</sub>	23.26 <sup>b</sup>	330 <sup>c</sup>	0.22 <sup>bc</sup>	1.11 <sup>b</sup>
T <sub>9</sub>	23.35 <sup>b</sup>	442 <sup>b</sup>	0.25 <sup>b</sup>	1.13 <sup>b</sup>

کشت خالص با وجین و بدون وجین لوبیا (به‌ترتیب T<sub>3</sub> و T<sub>4</sub>)، کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به‌ترتیب T<sub>7</sub>، T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>). بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حروف مشابه انگلیسی نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

Bean sole cropping with and without weeding (T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub>, respectively), additive intercropping of 30, 60 and 90% bean + sunflower (T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> and T<sub>9</sub>, respectively). According to LSD test similar English letters indicate no significant differences between the treatments in terms of the studied traits.

تیمار تک‌کشتی با وجین باعث افزایش ویژگی عملکرد پروتئین نیز شد (جدول ۱۰). در پژوهشی دیگر نیز اظهار شد بیش‌ترین عملکرد پروتئین دانه لوبیا چشم‌بلبلی در تیمار تک‌کشتی با وجین بود (۵). **درصد و عملکرد روغن دانه سویا:** نتایج میانگین مربعات داده‌ها نشان داد که اثر تیمار الگوی کاشت بر ویژگی درصد روغن دانه سویا و عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۹). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار درصد روغن در بین الگوهای کاشت به‌ترتیب متعلق به کشت خالص با وجین و بدون وجین بود که اختلاف این تیمار با الگوهای کشت مخلوط آفتابگردان با سویا معنی‌دار نبود (جدول ۱۰). در اینجا نیز بیش‌ترین سهم کاهش درصد روغن دانه سویا به رقابت با علف‌هرز در تیمار تک‌کشتی و رقابت گونه‌های زراعی با هم و با علف‌هرز در الگوهای کشت مخلوط برمی‌گردد (۵). بیش‌ترین عملکرد روغن (۷۴۷ کیلوگرم در هکتار) در

**درصد و عملکرد پروتئین دانه سویا:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوی کاشت بر ویژگی درصد پروتئین دانه سویا و عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۹). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین درصد پروتئین (۳۲/۵۱ درصد) در تیمار کشت خالص با وجین سویا مشاهده شد. همچنین، بیش‌ترین میزان عملکرد پروتئین در بین الگوهای مختلف کشت متعلق به همین تیمار بود (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل افزایش درصد پروتئین دانه سویا در تیمار کشت خالص سویا (با وجین علف‌هرز) عدم رقابت برون‌گونه‌ای سویا با گونه زراعی دیگر و علف‌های هرز در این تیمار باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دسترسی گیاهان به عناصر غذایی بحث رقابت با گونه‌های دیگر است که سبب کاهش درصد جذب این عناصر می‌گردد (۴۴). بیشتر بودن عملکرد و درصد پروتئین دانه سویا در

میان الگوهای مختلف کاشت متعلق به تک کشتی با وجین سویا بود (جدول ۱۰). مهم ترین دلایل این امر بالا بودن درصد روغن دانه و افزایش عملکرد دانه در این تیمار است. با اجرای کشت مخلوط به طور معنی داری از میزان عملکرد روغن کاسته شد. بخش مهمی از این کاهش به کم شدن تراکم سویا در این تیمارها باز می گردد ولی دلیل دیگر این کاهش می تواند رقابت بر سر منابع محیطی مختلف مانند آب، نور و مواد غذایی باشد که باعث کم شدن عملکرد دانه و روغن می گردد (۱۶، ۴۹).

جدول ۹- میانگین مربعات اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی صفات کیفی دانه سویا.

Table 9- Means squares of the effect of planting patterns on some quality properties of soybean.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f.	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield	درصد روغن دانه Seed oil (%)	عملکرد روغن Oil yield	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K
سال Year (Y)	1	29.06 <sup>ns</sup>	217.48 <sup>ns</sup>	22.78 <sup>ns</sup>	6.92 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>
تکرار × سال Replication/Y	4	147.61	1125.36	163.29	1123.41	0.09	0.19
الگوی کشت Planting pattern (P)	4	63.55*	17797.57**	70.89**	9795.22**	0.03**	0.51**
الگوی کشت × سال P×Y	4	2.90 <sup>ns</sup>	28.61 <sup>ns</sup>	2.35 <sup>ns</sup>	11.68 <sup>ns</sup>	0.0008 <sup>ns</sup>	0.005 <sup>ns</sup>
خطا Error	16	9.07	141.27	4.82	82.25	0.004	0.02
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	--	12.03	19.06	13.68	19.62	12.25	13.49

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \*, \*\* non-significant and significant at 5 and 1 percent probability level, respectively

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر برخی ویژگی های کیفی دانه سویا.

Table 10- Mean comparison for the effect of planting patterns on some quality properties of soybean.

الگوهای کشت Planting pattern	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)	عملکرد پروتئین در (کیلوگرم در هکتار) Protein yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	درصد روغن دانه Seed oil (%)	عملکرد روغن در (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (Kg Ha <sup>-1</sup> )	فسفر دانه (میلی گرم در گرم) Seed P (mg g <sup>-1</sup> )	پتاسیم دانه (میلی گرم در گرم) Seed K (mg g <sup>-1</sup> )
T <sub>5</sub>	34.66 <sup>a</sup>	1094 <sup>a</sup>	22.95 <sup>a</sup>	747 <sup>a</sup>	0.63 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>
T <sub>6</sub>	30.97 <sup>b</sup>	493 <sup>b</sup>	18.98 <sup>b</sup>	302 <sup>b</sup>	0.56 <sup>b</sup>	1.21 <sup>bc</sup>
T <sub>10</sub>	31.55 <sup>b</sup>	135 <sup>d</sup>	19.30 <sup>b</sup>	83 <sup>d</sup>	0.49 <sup>c</sup>	1.11 <sup>c</sup>
T <sub>11</sub>	31.69 <sup>b</sup>	415 <sup>c</sup>	19.54 <sup>b</sup>	251 <sup>c</sup>	0.54 <sup>bc</sup>	1.20 <sup>bc</sup>
T <sub>12</sub>	31.87 <sup>b</sup>	526 <sup>b</sup>	19.95 <sup>b</sup>	330 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	1.28 <sup>b</sup>

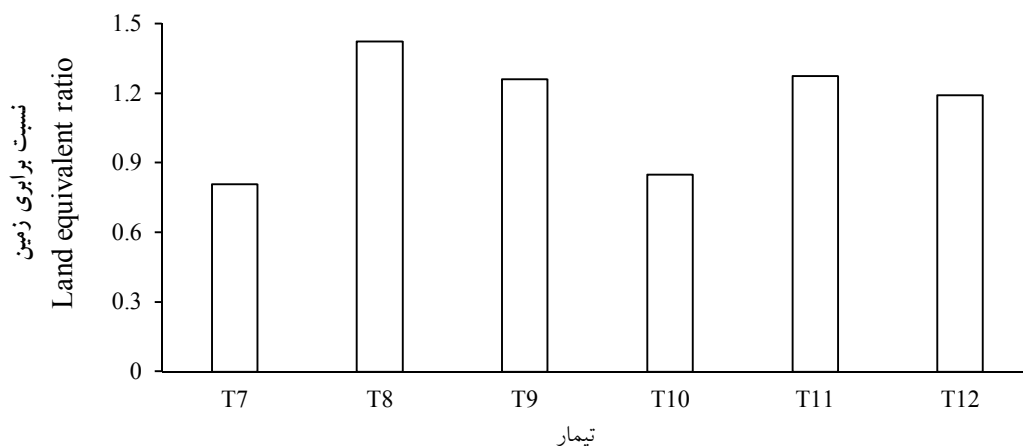
کشت خالص با وجین و بدون وجین سویا (به ترتیب T<sub>5</sub> و T<sub>6</sub>) و کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>10</sub>، T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>). بر

اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار حروف مشابه انگلیسی نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار میان تیمارها از نظر صفات مورد بررسی است.

Soybean sole cropping with and without weeding (T<sub>5</sub> and T<sub>6</sub>, respectively) and additive intercropping of 30, 60 and 90% soybean + sunflower (T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> and T<sub>12</sub>, respectively). According to LSD test similar English letters indicate no significant differences between the treatments in terms of the studied traits.

بیشتر از یک داشتند. کم‌ترین میزان نسبت برابری زمین به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۳۰ درصد لوبیا + آفتابگردان تعلق گرفت (شکل ۲). به نظر می‌رسد افزایش نسبت برابری زمین در این تیمارها حاکی از تولید نسبتاً خوب لگوم در واحد سطح است. بیش‌ترین میزان نسبت برابری زمین از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا + آفتابگردان به دست آمد (شکل ۲). این افزایش نسبت برابری زمین مویب آن است که برای رسیدن به سودمندی در تک کشتی زمین بیشتری لازم است (۱۲). نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط ذرت با ماش و لوبیا چشم بلبلی بالاتر از یک و در تیمارهای مخلوط ذرت با سویا و بادام زمینی کمتر از یک گزارش شده است (۴۳). در ارزیابی سودمندی عملکرد و بهره‌وری اقتصادی کشت مخلوط سویا با ریحان و گاوزبان اروپایی در اکثر تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بالاتر از یک گزارش شد (۳). پژوهشگران در تحقیقی دیگر روی الگوهای کشت مخلوط بادام زمینی و ذرت، کشت مخلوط را راهی مناسب جهت بهبود بهره‌وری کارایی زمین دانستند (۱۱)

محتوای فسفر و پتاسیم دانه سویا: میانگین مربعات داده‌های آزمایشی نشان داد که اثر الگوهای کاشت بر محتوای فسفر و پتاسیم دانه سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱۰). در میان الگوهای مختلف کاشت بیش‌ترین و کم‌ترین میزان فسفر دانه سویا (به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در گرم) متعلق به تک کشتی با وجین سویا و کشت مخلوط افزایشی ۳۰ درصد سویا + آفتابگردان بود. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پتاسیم دانه سویا نیز در همین تیمارها به دست آمد (جدول ۱۰). به نظر می‌رسد عامل افزایش فسفر و پتاسیم دانه سویا در کشت خالص با وجین در عدم رقابت برون گونه‌ای با گونه زراعی دیگر و علف‌های هرز است. با اجرای سیستم کشت مخلوط در اغلب الگوهای کشت به‌طور معنی‌داری از میزان فسفر و پتاس دانه سویا کاسته شد (جدول ۱۰). نتایج این آزمایش با یافته‌های برخی دیگر از پژوهشگران هماهنگ است (۳۶، ۴۹).  
نسبت برابری زمین: نتایج مطالعه حاضر نشان داد کشت‌های مخلوط ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا و سویا با آفتابگردان شاخص نسبت برابری زمین برابری زمین



شکل ۲- میانگین اثر الگوهای مختلف کشت بر نسبت برابری زمین. کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>7</sub>، T<sub>8</sub> و T<sub>9</sub>) و کشت مخلوط ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد سویا با آفتابگردان (به ترتیب T<sub>10</sub>، T<sub>11</sub> و T<sub>12</sub>).

Figure 2- Means Value for the effect of planting patterns on land equivalent ratio. Additive intercropping of 30, 60 and 90% bean + sunflower (T<sub>7</sub>, T<sub>8</sub> and T<sub>9</sub>, respectively) and additive intercropping of 30, 60 and 90% soybean + sunflower (T<sub>10</sub>, T<sub>11</sub> and T<sub>12</sub>, respectively).

الگوهای کشت مخلوط روند کاهش نشان داد. با این حال، شاخص نسبت برابری زمین برتری کشت مخلوط آفتابگردان + لوبیا/سویا را نسبت به کشت خالص تایید کردند، به نحوی که در الگوهای کشت مخلوط ۶۰ و ۹۰ درصد لوبیا/سویا + آفتابگردان، میزان شاخص نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط است. به‌طور کلی و با توجه به یافته‌های این مطالعه، تیمار ۶۰ درصد لوبیا + آفتابگردان سودمندی بیشتری نسبت به سایر الگوهای کشت داشت.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد دانه کشت خالص با وجین گیاهان آفتابگردان، لوبیا و سویا بیش از کشت مخلوط این گونه‌ها بود. ولی در کشت خالص بدون وجین عملکرد دانه آفتابگردان به شدت کاهش پیدا کرد. همچنین، کلیه ویژگی‌های کیفی مورد بررسی آفتابگردان، لوبیا و سویا از جمله درصد پروتئین و روغن و میزان عناصر فسفر و پتاسیم دانه (به جز درصد پروتئین دانه آفتابگردان) در الگوهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص با وجین کاهش یافتند. عملکرد پروتئین و روغن این گیاهان نیز در

### References

1. Akbarloo, H., Dehrooie, A.R., and Arshi, Y. 2013. Sunflower cropping. Iran Textbook Publishing Company. 153p. (In Persian).
2. Amossé, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., and David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. *Eur. J. Agron.* 49: 158-167.
3. Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V., and Asadi, G. 2012. Evaluation of yield advantage and economic productivity of soybean intercropping with sweet basil and borage. *J. Agroecol.* 2: 2. 42-57. (In Persian).
4. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *Eur. J. Agron.* 24: 4. 325-332.
5. Beigi, S. 2014. Effect of spring barley (*Hordeum vulgare*) and chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping on grain yield and weed control in Hamedan. Thesis submitted for Master of Science in field of Agronomy. Agriculture Faculty, Bu-Ali Sina Hamedan University. (In Persian).
6. Campiglia, E., Mancinelli, R., De Stefanis, E., Pucciarmati, S., and Radicetti, E. 2015. The long-term effects of conventional and organic cropping systems, tillage managements and weather conditions on yield and grain quality of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) in the Mediterranean environment of Central Italy. *Field Crop Res.* 176: 34-44.
7. Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Baresel, J.P. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat and sub clover intercropping systems. *Field Crop Res.* 169: 49-57.
8. Chen, P., Song, C., Liu, X., Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., Zhou, Y., Du, Q., Pang, T., Fu, Z., Wang, X., Liu, W., Yang, F., Shu, K., Du, J., Liu, J., Yang, W., and Yong, T. 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. *Sci. Total Environ.* 657: 987-999.
9. Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Mateus, G.P., Pariz, C.M., Martins, P.O., and Borghi E. 2014. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. *Eur. J. Agron.* 58: 53-62.
10. Daryaei, F., Agha Alikhani, M., and Chaichi, M.R. 2008. Comparison advantage index of intercropping chickpea and barley in forage manufacture. *Agric. Nat. Resour. Syst.* 6: 21. 35-40. (In Persian).

11. Doroodian, H. M., and Fateh, E. 2012. Effect of different planting patterns on LER, yield and yield components of peanut and two corn hybrids in intercropping system. *J. Plant Prod.* 35: 3. 69-80. (In Persian).
12. Egbe, O.M., Alibo, S.E., and Nwueze, I. 2010. Evaluation of some extra-early-and early-maturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savanna of Nigeria. *Agric. Biol. J. North America.* 1: 5. 845-858.
13. Eskandari, H., and Javanmard, A. 2013. Evaluation of Forage Yield and Quality in Intercropping Patterns of Maize and Cow pea. *Sci. Sustain. Prod.* 23: 4. 101-110. (In Persian).
14. Fan, Z., An, T., Wu, K., Zhou, F., Zi, S., Yang, Y., Xue, G., and Wu, B. 2016. Effects of intercropping of maize and potato on sloping land on the water balance and surface runoff. *Agric. Water Manage.* 166: 9-16.
15. Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agric. Ecosyst. Environ.* 203: 1-10.
16. Fuente, E.B., Suárez, S.A., Lenardis, A.E., and Poggio, S.L. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. *NJAS – Wagen. J. Life Sci.* 70: 47-52.
17. Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghafari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of intercropping of maize and cucurbit and effect on weed control. *Iranian J. Field Crop Sci.* 41: 1. 43- 55. (In Persian).
18. Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay Ajay, K.K., Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. *Agron. J.* 98: 4. 1097-1108.
19. Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Brandhuber, R., Wilbois, K., and Heb, J. 2015. Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. *Soil Till. Res.* 148: 59-73.
20. Hamzei, J., and Seyedi, S. M. 2014b. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 24: 4-1. 75-90. (In Persian).
21. Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. *Crop Prod. Process.* 2: 5. 109-119. (In Persian).
22. Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014a. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. *Water Soil.* 24: 4. 261-271. (In Persian).
23. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N<sub>2</sub>-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crop Res.* 113: 1. 64-71.
24. Hussein, A.H.A. 2009. Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at different phosphorus fertilizer application rates. *Res. J. Appl. Sci.* 4: 2. 85-93.
25. Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Intercropping ecology. Mashhad, Jahad Daneshgahi. 222p. (In Persian)
26. Lal, B., Rana, K.S., Rana, D.S., Shivay, Y.S., Sharma, D.K., Meena, B.P., and Gautam, P. 2019. Biomass, yield, quality and moisture use of Brassica carinata as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 18: 1. 61-71.
27. Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat - maize or wheat-soybean strip intercropping I. Yield advantage and interspecific interaction on nutrients. *Field Crop Res.* 71: 2. 123- 137.



28. Li, W., Li, L., Sun, J., Gua, T., Zhang, F., Bao, X., Peng, A., and Tang, C. 2004. Effects of inter cropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of orthic and orthic anthrosol west china. *Agric. Ecosys. Environ.* 105: 483- 491.
29. Mafakheri, S. 2017. Effect of Some Organic and Chemical Fertilizers on Morphological and Biochemical Factors of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *J. Plant Prod.* 40: 3. 27-40. (In Persian).
30. Magomya, A.M., Kubmarawa, D., Ndahi, J.A., and Yebpella, G.G. 2014. Determination of Plant Proteins via the Kjeldahl Method and Amino Acid Analysis: A Comparative Study. *Int. J. Sci. Technol. Res.* 3: 4. 68-72.
31. Majnoun Hosseini, N. 2008. Agronomy and production of legume. *Jahad Daneshgahi Press.* Tehran, Iran. 284p. (In Persian).
32. Mashhadi, T., Nakhzari Moghaddam, A., and Sabouri, H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat and chickpea under nitrogen consumption. *J. Agroecol.* 7: 3. 344-355. (In Persian).
33. Mazaheri, D. 2008. *Intercropping.* 2nd Ed. Tehran, Iran. 262p. (In Persian).
34. Midega, C.A. O., Salifu, D., Bruce, T.J., Pittchar, J., Pickett, J.A., and Khan, Z.R. 2014. Cumulative effects and economic benefits of intercropping maize with food legumes on *Striga hermonthica* infestation. *Field Crop Res.* 155: 144-152.
35. Mosapour, H., Ghanbari, A., Sirousmehr, A.R., and Asgharipour, M.R. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain and isabgol intercropping. *Iranian J. Crop Sci.* 17: 2. 139-152. (In Persian).
36. Oelbermann, M., Regehr, A., and Echarte, L. 2015. Changes in soil characteristics after six seasons of cereal-legume intercropping in the Southern Pampa. *Geoderma Region.* 4: 100-107.
37. Parsa, M., and Bagheri, A. 2013. *Pulses.* Publications by Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 528p. (In Persian).
38. Prin, S.U., and Dwit, J. 2005. Intercropping cereal and grain legumes. A Farmers Perspective, Research at the Louis Bolk Institute live Stock Department, w.w.w.ggic.nsw.gov.au.
39. Pritchard, F.M., Eagles, H.A., Norton, R.M., Salisbury, P.A., and Nicolas, M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Aust. J. Exp. Agric.* 40: 5. 679-685.
40. Rayan, J.R., Estefan, G., and Rashid, A. 2007. *Soil and plant analysis laboratory manual.* ICARDA.
41. Ren, Y., Liuc, J., Wangd, Z., and Zhanga, S. 2016. Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrops affected competitive interactions and water-use efficiencies on the Loess Plateau, China. *Eur. J. Agron.* 72: 70-79.
42. Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovicova, B., Gelsomino, A., Lindstrom, K., and Monti, M. 2015. Legume-barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biol., Biochem.* 89: 150-161.
43. Sherma, A.R., and Behera, U.K. 2009. Recycling of legume residues for nitrogen economy and higher productivity in maize (*Zea mays* L.) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 83: 3. 197-210.
44. Sorkhy, F., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., and Javanshir, A. 2008. Assessment of Leaf Characteristics and Root to Shoot Ratio in Above and Below Ground Interference of Wheat (*Triticum aestivum*) and Different Densities of Wild Oat (*Avena fatua*). *J. Sci. Technol. Agric. Nat. Resour.* 12: 45. 435-446. (In Persian).
45. Stoltz, E., and Nadeau, E. 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize and faba bean. *Field Crop Res.* 169: 21-29.
46. Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in a intercropping system. MSc Thesis. University of Pretoria. 149p.
47. Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo, H., and Walker, S. 2005. Productivity of maize-

- bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. *Water Res. Comm.* 29: 4. 381-388.
48. Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantiting in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. *J. Sustain. Agric. Prod. Sci.* 25: 3. 15-30. (In Persian).
49. Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., and Meng, Z. 2014. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*) maize intercropping. *J Proteomics.* 109: 111-124.