نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۱ / بهار ۱۴۰۳/ صفحات ۲۰-۱

# Investigating the Effect of Intercropping by Replacement and Additive Series on Yield, Yield Components of Camellia and Lentil under Rainfed and Irrigation Conditions

**Azita Yari[1], Abbasi, Nosratolah[2], Somayeh Hajinia[3]**

Received: 01 February 2023 Accepted: 12 April 2023
1-Ph.D. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.
2- Assist. Prof., Dept. of Agriculture and Plant Breeding, Ilam University, Iran.
3- Visiting Prof., Dept. of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.
*Corresponding Author Email: n.abbasi@ilam.ac.ir

**Abstract**

**Background and Objective:** This research was carried out in order to evaluate the effect of intercropping of replacement and addition series on the yield and yield components of Camelina and Lentil under rainfed and irrigated conditions.

**Materials and Methods:** The experiment was carried out in the form of split plots in the form of a basic design of randomized complete blocks with three replications in the research farm of the Faculty of Agriculture of Ilam University during the growing season in 2020-2021 and 2021-2022. The main plots include irrigation on two levels (rainfed and irrigated) and the subplots include alternative and incremental mixed cropping patterns in nine levels including (75% Camelina+ 25% lentils, 50% Camelina+ 50% lentils, 25% Camelina+ 75% lentils), 100% Camelina+ 25% lentils, 100% Camelina+ 50% lentils, 100% Camelina+ 75% lentils, 100% Camelina+ 100% lentils, monoculture of Camelina and lentils).

**Results:** The results showed the highest grain yield (1827 kg $ha^{-1}$) and biological yield of camelina (7012 kg $ha^{-1}$) in the series of 100% camelina+ 25% lentil and the highest grain and biological yield of lentil was 750 and 1950, respectively, related to monoculture lentil cultivation. The evaluation of the ratio of land equality showed the superiority of all ratios of camellia and lentil intercropping over their monoculture, and the incremental rows of 100% camellina+ 75% lentils and 100% camellina+ 100% lentils had the highest LER. The calculation of the aggressivity coefficient showed that under rainfed conditions, lentils had more dominance than Camelina and Camelina was dominant in irrigation conditions.

**Conclusion:** The results showed that the intercropping of camelina and lentils under irrigation and rainfed conditions were beneficial and superior compared to their monoculture.

**Keywords:** Aggressivity Index, Camelina, Competition, Drought Stress, LER, Planting Pattern

CC BY NC

**DOI: 10.22034/SAPS.2023.55206.2986**

# بررسی اثر کشت مخلوط سری‌های جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد کاملینا و عدس تحت شرایط دیم وآبی

آزیتا یاری[۱]؛ نصرت اله عباسی[۲*]؛ سمیه حاجی‌نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۳
۱. دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳. استاد مدعو گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
*مسئول مکاتبه: Email: n.abbasi@ilam.ac.ir

**چکیده**

**اهداف:** این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثر کشت مخلوط سری‌های جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیـاه کاملینا و عدس تحت شرایط دیم و آبی اجرا شده است.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری در دو سطح (دیم و آبی) و کرت‌های فرعی شامل الگوی‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی در نُه سطح شامل (۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس، ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس، کشت خالص کاملینا و عدس) بودند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بیشترین عملکرد دانه (۱۸۲۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی کاملینا (۷۰۱۲ کیلوگرم در هکتار) در سری افزایشی ۱۰۰درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس و بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس به‌ترتیب ۷۵۰ و ۱۹۵۰ مربوط به کشت خالص عدس مشاهده شد. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان‌دهنده برتری تمام نسبت‌های کشت مخلوط کاملینا و عدس بر تک‌کشتی آنها بود و سری‌های افزایشی ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس و ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس بیشترین نسبت برابری زمین را به خود اختصاص دادند. محاسبه ضریب غالبیت نشان داد که تحت شرایط دیم عدس از غالبیت بیشتری نسبت به کاملینا برخودار بود و در کشت آبی گیاه کاملینا غالب بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد کشت مخلوط جایگزینی کاملینا و عدس تحت شرایط دیم و آبی در مقایسه با تک‌کشتی آنها سودمند و برتر بودند.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کاشت، تنش خشکی، رقابت، شاخص غالبیت، کاملینا، نسبت برابری زمین

**مقدمه**

بخش زیادی از اراضی کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است. در این مناطق مهمترین عامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی کمبود آب می‌باشد که در شرایط دیم به‌دلیل تغییرات در میزان و نحوه پراکنش نزولات آسمانی شدت بیشتری دارد. از این‌رو تولید محصولات زراعی در شرایط دیم هموار با ریسک همراه است که ممکن است درجه ثبات و پایداری تولید را کاهش دهد (اسکندری و علیزاده امرایی ۲۰۱۶). همچنین تغییر شرایط آب و هوایی در چند دهه اخیر منجر به کاهش میزان و توزیع بارندگی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله خاورمیانه شده است. لذا به‌نظر می‌رسد با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی، تغییر در استراتژی‌های مناسب برای کاهش اختلاف عملکرد واقعی و پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی در این مناطق لازم و ضروری است. یکی از راهکارهای زراعی برای افزایش بهره‌وری از آب و استفاده حداکثر از رطوبت خاک، کشت مخلوط می باشد (علیزاده ۲۰۰۱). کشت مخلوط، عبارت از کشت دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین و در طول یک سال زراعی است (اسکندری و همکاران ۲۰۱۶). کشت مخلوط به عنوان راهکاری پایدار برای افزایش بهره‌وری کشاورزی و کاهش نوسانات عملکرد در طی سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مکانیسم‌های ثبات عملکرد در کشت مخلوط این است که اگر یک محصول از بین برود یا رشد محدودی داشته باشد محصول دیگرمی‌تواند کمبود عملکرد را تا حدودی جبران کند. ویژگی‌های دیگر کشت‌های مخلوط این است که به عنوان بافری در برابر آفات و بیماری‌ها عمل می‌کند (راسدوزامن و جانسون ۲۰۱۷). کشت مخلوط دارای کارایی بالا در استفاده از عوامل محیطی و حفاظت بیشتر محصولات در مقابل ناملایمات طبیعی است (هونگ و همکاران ۲۰۱۹).

کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و بهبود استفاده از زمین میشود (یانگ و همکاران ۲۰۱۸). به‌کارگیری کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران نیز می‌تواند به‌عنوان یک راهکار اکولوژیک به‌منظور استفاده حداکثری از تشعشع بالای خورشیدی و بهبود بهره‌وری منابع آبی نیز مورد استفاده قرار گیرد (تانزلور و همکاران ۲۰۱۷). مسئله انتخاب گیاهان در کشت مخلوط دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای می‌باشد و این انتخاب باید به گونه‌ای صورت پذیرد که در نهایت گیاهان انتخاب شده در کنار یکدیگر باعث افزایش عملکرد در واحد سطح شوند و برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی نمایان گردد که لازمه این کار شناخت کامل گیاهان در ارتباط با نیازهای بوم‌شناختی و نحوه واکنش آن‌ها به محیط است (طریقی و همکاران ۲۰۱۸). یکی از شرط‌های موفقیت در کشت مخلوط این است که گونه‌های همراه دارای اختلافات مورفولوژیکی و به عبارت دیگرآشیان‌های بوم‌شناختی متفاوتی باشند، در این حالت گونه‌ها به صورت مکمل عمل می‌نمایند و حداکثر استفاده از منابع محیطی را دارند؛ بنابراین انتخاب گونه‌های گیاهی با خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت حائز اهمیت می‌باشد (کوچکی و همکاران ۲۰۱۶ و مرادی و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین معرفی گیاهان زراعی متحمل به تنش‌های غیرزیستی با پتانسیل صنعتی بالا و سازگار با هم سودمند است.

کاملینا (*Camelina sativa* L.) گیاهی روغنی یک‌ساله، بومی شمال اروپا و متعلق به خانواده شب‌بو (Brassicaceae) است؛ که با عنوان کتان‌کاذب نیز شناخته شده است. طول دوره زندگی این گیاه کوتاه (۸۵ تا ۱۰۰ روز) دارای سیستم ریشه‌ای کم‌عمق است. این گیاه با مناطق نیمه‌خشک سازگاری خوبی دارد، اما افز ایش دما و شروع گرما در فصل تابستان می‌تواند عملکرد دانه آن را تحت تأثیر قرار دهد (حسنی بلیانی و همکاران ۲۰۲۰). دانه‌های این گیاه کوچک و دارای سطح زبر است که بالاترین درصد روغن (۳۵ تا ۴۵ درصد) و بیشترین کارایی مصرف آب نسبت به سایر دانه‌های روغنی مانند کلزا (*Brassica napus* L.) دارد (حسنی بلیانی و همکاران ۲۰۲۰). همچنین پژوهش‌های بسیاری سازگاری بالای کاملینا نسبت به شرایط نامساعد محیطی مانند تنش‌های دمایی، خشکی (واواریچ و همکاران ۲۰۲۰)، شوری (مورالز و همکاران ۲۰۱۷) و کمبودهای عنصرهای غذایی

(سین‌تیم و همکاران ۲۰۱۶) را گزارش نموده‌اند. بر اساس نتایج به‌دست آمده توسط واواریچ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند با افزایش شدت تنش کم‌آبی صفات رشدی گیاه کاملینا مانند شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد روغن و اجزای آن و صفات کیفی مانند درصد پروتئین و روغن دانه کلزا و کاملینا به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند، اما عملکرد، مقدار پروتئین دانه و کیفیت روغن کاملینا در مقایسه با کلزا بیشتر بود که نشان‌دهنده تحمل بیشتر آن در مقایسه با کلزا تحت شرایط تنش کم‌آبی است. امیری‌دربانی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن دانه کاملینا در شرایط قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی به‌ترتیب ۴۶، ۸/۵ و ۵۱/۲ درصد و از مرحله گلدهی ۵۱، ۱۸/۷ و ۸۷/۷ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافتند. همچنین در اولین مطالعه ارائه شده از تحقیقات کاملینا در کشور ایران کهریزی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کاملینا می‌تواند گزینه مناسبی برای توسعه کشت آن در دیمزارهای کشور باشد.

عدس(*Lens culinaris* Medik) از مهمترین حبوبات سرمادوست است که با داشتن ۳۵-۲۲ درصد پروتئین، فیبر، کربوهیدرات و املاح معدنی، نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارد (واسیشتا و سریواستاوا ۲۰۱۲). عدس از مهمترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم به‌خصوص در تناوب در مناطق با بارندگی کم تا متوسط به حساب می‌آید با توجه به ارزش اقتصادی، زراعی و نقشی که این گیاه در تناوب با گیاهان دارد یکی از مناسب‌ترین گیاهان زراعی در تناوب زراعی بوده، به‌طوری که در آزمایش‌های تناوب زراعی کاشت آن در مناطق دیم توصیه شده است (پارسا و باقری ۲۰۱۳). باید توجه داشت که عامل اصلی موفقیت کاشت پاییزه، وجود گیاهان متحمل به شرایط سخت زمستان است و موفقیت در کاشت زمستانه گیاهان، مشروط به تحمل شرایطی است که در طول زمستان رخ میدهد (هومر و همکاران ۲۰۱۶). لگوم‌ها یکی از مرسوم‌ترین گیاهان همراه در کشت مخلوط هستند که با اکثر گیاهان زراعی در الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار می‌گیرند ودر پایداری تولید یک روش مناسب محسوب می‌شوند. معلوم گردیده است که لگوم‌ها در سیستم‌های کشت مخلوط، ارزش غذایی و تولید در مقایسه با تک‌کشتی محصولات را افزایش می‌دهد (اسفندیاری و همکاران ۲۰۱۹). اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین لگوم و غیرلگوم در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دوجانبه مثبت می‌باشد. تفاوت در عمق ریشه‌دهی، گسترش شعاعی و تراکم طول ریشه احتمالاً از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای جذب آب و عناصر غذایی تأثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین می‌شوند (نصیری محلاتی و همکاران ۲۰۱۵)؛ که این ویژگی‌ها در هر دو گیاه کاملینا و عدس دیده می‌شود و به همین دلیل می‌توان به‌صورت کشت مخلوط با هم به‌کار برده شوند. محصول بیشتر در کشت مخلوط زمانی به‌دست می‌آید که گیاهان تشکیل‌دهنده آن از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر تفاوت داشته باشند (داودیان و حمزه‌ئی ۲۰۱۹).

استفاده از کشت مخلوط گیاهان روغنی با لگوم به‌منظور افزایش و کارایی تولید مدتهای زیادی است که مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است که در مطالعات مختلف به ارزیابی سیستم‌های متنوع کشت مخلوط پرداخته‌اند. بر همین اساس مهدی‌پور و همکاران (۲۰۱۹ ) گزارش کردند ماش در ترکیب با گیاه کنجد علاوه بر کنترل موثرعلف هرز سبب افزایش عملکرد دانه کنجد می‌شود. برخی مطالعات نشان داده‌اند هنگامی که گونه‌های لگومینوز در کنار گونه‌ای دیگر به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند. نتایج آزمایش بررسی شاخص‌های رشد و تنوع علف‌های هرز در سری‌های جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi* L.)و لوبیا ( *Phaseolus vulgaris* L.) نشان داده است که کشت مخلوط با افزایش تنوع، موجب کاهش تعداد، وزن خشک و شاخص‌های اکولوژیکی تنوع علف‌هایهرز گردید (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶). در تحقیقی دیگر سیدی و حمزه ئی (۲۰۲۰) در کشت مخلوط لوبیا و سویا با آفتابگردان گزارش کردند که کشت‌های مخلوط در تراکم‌های بیش از ۹۱ درصد لوبیا یا سویا با آفتابگردان در مقایسه با کشت خالص، از سودمندی بالاتری برخوردار بودند.

چنانچه گیاهان موجود در کشت مخلوط به گونه‌ای انتخاب گردند که حداقل رقابت درون گونه‌ای را داشته باشند و بر سر منابع مشترک رقابت نکنند، در این صورت به نحو مطلوب از منابع موجود استفاده می‌گردد. کاهش رقابت بین گونه‌ای سبب افزایش فتوسنتز، افزایش رشد به طبع آن افزایش سطح برگ، تجمع ماده خشک و در نتیجه، افزایش سرعت رشد محصول می‌گردد. با توجه به موقعیت ویژه دو محصول کاملینا و عدس در سطح جهانی و موقعیت آنها در سطح کشور، الگوی رشد یکسان، قابلیت تثبیت نیتروژن در گیاه عدس و کاهش مصرف نیتروژن، عدم سایه اندازی متقابل دو گونه و استفاده بهتر از عوامل محیطی، لزوم تحقیقات بیشتر روی این دو گونه زراعی را طلب می کند. آزمایش حاضر با هدف ارزیابی رشد و عملکرد دو گونه کاملینا و عدس در سری‌های جایگزینی و افزایشی در کشت مخلوط و مقایسه آن با کشت خالص این گیاهان در شرایط دیم و آبی به اجرا در آمد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام با عرض جغرافیای ۳۳ درجه شمالی و طول جغرافیای ۴۶ درجه شرقی و ارتفاع ۱۴۴۵ متر از سطح دریا طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. آبیاری با دو سطح (دیم و آبی) به‌عنوان فاکتور اصلی در کرت‌های اصلی قرار گرفت. الگوهای مختلف کشت مخلوط با نُه سطح (کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس، ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس، کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس، ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس و کشت خالص کاملینا (۱۰۰ درصد کاملینا+ ۰ درصد عدس) و عدس (۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در هر دو سال در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تعیین شد (جدول ۱). بافت خاک در هر دو سال لوم رسی بوده است (جدول ۱). بر اساس خصوصیات آب و هوایی سال دوم در مقایسه با سال اول دارای زمستان خیلی‌سرد و خشک بود (جدول ۲).

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)**

| سال | بافت خاک | اسیدیته | هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | ماده آلی (%) | فسفر قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم قابل‌جذب ($mg.kg^{-1}$) | نیتروژن کل (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اول | لوم رسی | ۷/۸۸ | ۰/۵۴ | ۲/۹۸ | ۹/۱۱ | ۳۵۰/۵ | ۰/۱۰ |
| دوم | لوم رسی | ۸/۰۶ | ۰/۶۸ | ۳/۱۱ | ۸/۶۳ | ۳۷۰/۲ | ۰/۱۱ |

بذر کاملینا رقم سهیل از شرکت بیستون شفا کرمانشاه دانشگاه رازی و و بذر عدس رقم کیمیا مرکز خرید نهاده‌های کشاورزی ایوان تهیه شدند. زمین محل اجرای آزمایش در هر دو سال در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام بوده ولی موقعیت واحدهای آزمایشی در هر دو سال یکسان نبوده و مکان اجرای آزمایش در سال اول و دوم در دو قطعه زمین کنار هم انجام شده است. در هر دو سال کاشت هر دو گیاه به‌صورت همزمان در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه پس از آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق و تسطیح زمین کاشت صورت گرفت. کشت به صورت ردیفی صورت درصد عدس (دو ردیف کاملینا و شش ردیف عدس) بود. در همه الگوهای کشت افزایشی گیاه کاملینا ابتدا در هشت ردیف کاشته شد و سپس بر اساس نسبت الگوهای کاشت عدس با تراکم مورد نظر بین ردیف‌ها کشت گردید. با توجه به اهمیت کشاورزی پایدار و معرفی نتایج این پژوهش در راستای کشاورزی پایدار در این آزمایش از کودهای شیمیایی استفاده نشده و کوددهی صورت نگرفته است.

**جدول ۲- خصوصیات هواشناسی در طول دوره رشد کاملینا و عدس در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ (ایستگاه هواشناسی سینوپتیک استان ایلام)**

| سال | ماه | حداقل دما | حداکثر دما (oC) | متوسط دما | بارش (mm) | رطوبت نسبی (٪) | تبخیر (mm) | تعداد روزهای یخبندان |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ | آبان | ۸/۹۴ | ۲۲/۶۷ | ۱۵/۸۰ | ۳۸/۴ | ۴۰/۷۲ | ۱۱۱/۹ | ۰ |
| | آذر | ۳/۶۳ | ۱۴/۳۷ | ۹/۰۰ | ۱۵۶/۴ | ۷۰/۳۸ | ۳۷/۶ | ۲ |
| | دی | ۰/۳۷ | ۱۴/۶۸ | ۷/۵۲ | ۱۰/۱ | ۴۷/۶۵ | ۰/۰ | ۱۴ |
| | بهمن | ۲/۳۶ | ۱۴/۲۹ | ۸/۳۳ | ۱۲۶/۰ | ۵۴/۶۰ | ۰/۰ | ۸ |
| | اسفند | ۲/۷۶ | ۱۵/۰۷ | ۸/۹۱ | ۳۳/۸ | ۵۶/۴۵ | ۰/۰ | ۶ |
| | فروردین | ۸/۰۵ | ۲۲/۴۶ | ۱۵/۲۶ | ۴/۹ | ۳۸/۳۲ | ۱۱۴/۶ | ۱ |
| | اردیبهشت | ۱۴/۷۵ | ۳۰/۴۰ | ۲۲/۵۷ | ۰/۱ | ۲۸/۲۷ | ۲۷۲/۸ | ۰ |
| متوسط پارامترهای هواشناسی در سال اول | | متوسط ۵/۸ | متوسط ۱۹/۱ | متوسط ۱۲/۵ | مجموع ۳۶۹/۷ | متوسط ۴۸/۱ | مجموع ۵۳۶/۹ | مجموع ۳۱ |
| سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ | آبان | ۷/۹۵ | ۲۱/۴۰ | ۱۴/۶۸ | ۲۱/۴ | ۴۵/۳۸ | ۹۵/۵ | ۰ |
| | آذر | ۴/۷۵ | ۱۶/۹۵ | ۱۰/۸۵ | ۴۰/۹ | ۵۲/۲۲ | ۳۷/۶ | ۰ |
| | دی | ۰/۴۴ | ۱۰/۷۳ | ۵/۵۹ | ۶۷/۶ | ۶۶/۲۷ | ۰/۰ | ۱۵ |
| | بهمن | -۰/۹۶ | ۱۱/۷۳ | ۵/۳۸ | ۵۰/۶ | ۵۷/۳۲ | ۰/۰ | ۱۸ |
| | اسفند | ۳/۹۰ | ۱۴/۱۳ | ۹/۰۲ | ۵/۳ | ۵۱/۵۵ | ۰/۰ | ۴ |
| | فروردین | ۷/۹۸ | ۲۲/۸۷ | ۱۵/۴۲ | ۴/۴ | ۳۲/۰۰ | ۱۳۰/۵ | ۲ |
| | اردیبهشت | ۱۱/۷۴ | ۲۴/۹۳ | ۱۸/۳۴ | ۵۱/۷ | ۴۱/۰۳ | ۲۱۴/۰ | ۰ |
| متوسط پارامترهای هواشناسی در سال دوم | | متوسط ۵/۱ | متوسط ۱۷/۵ | متوسط ۱۱/۳ | مجموع ۲۴۲ | متوسط ۴۹/۴ | مجموع ۷۵۰/۴ | مجموع ۳۹ |

گرفت. تعداد ردیف‌های کشت در هر کرت فرعی شامل هشت ردیف که فاصله هر ردیف ۳۰ سانتی‌متر به طول سه متر بود. فاصله بین بوته‌های کاملینا و عدس پنج سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر در نظر گرفته شد. برای اجرای الگوهای مختلف کشت مخلوط گیاه کاملینا به‌عنوان گیاه اصلی در نظر گرفته شد. در کشت‌های خالص هر هشت ردیف کاشت به کشت خالص کاملینا و عدس اختصاص یافت. در الگوهای کشت جایگزینی در نسبت ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس (شش ردیف کاملینا و دو ردیف عدس)، ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس (ردیف‌های کاشت به‌صورت یک درمیان به عدس و کاملینا تعلق داشت چهار ردیف عدس و چهار ردیف کاملینا)، ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵

برای بخش دیم، آبیاری صورت نگرفته بود و بر اساس مقدار بارش گیاهان رشد یافته بودند. برای کشت آبی، آبیاری گیاهان بر اساس رطوبت ظرفیت زراعی مزرعه به‌صورت نشتی با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن انجام گرفت. برای اعمال آبیاری، قبل از انجام هر آبیاری از خاک نمونه‌برداری و رطوبت وزنی خاک در آزمایشگاه قبل از آبیاری تعیین شد. بدین صورت از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه مرکب تهیه شد که پس از وزن تر نمونه خاک در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شد و پس از توزین وزن خشک نمونه، درصد رطوبت وزنی خاک از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$DW\ (\%) = \frac{FW-DW}{DW} \times 100$$ رابطه (۱)

در این معادله، DW: رطوبت وزنی خاک، FW: وزن خاک مرطوب و DW وزن خاک خشک است.

برای تعیین ظرفیت زراعی، خاک مورد نظر در داخل گلدان پلاستیکی زهکش‌دار ریخته شد و آبیاری گلدان

به‌صورت کامل و در حد اشباع انجام شد. پس از خارج‌شدن کامل آب ثقلی، نمونه خاکی از گلدان گرفته شد. نمونه برداشت‌شده بلافاصله وزن گردید (وزن مرطوب خاک) و سپس در آون الکتریکی با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت منتقل گردید و بدین وسیله وزن خاک خشک نیز مشخص گردید. درصد رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی از معادله ۲محاسبه شد.

معادله ۲ $$FC\ (\%) = \frac{FW-DW}{DW}\times 100$$

در این معادله، FC: ظرفیت زراعی، FW: وزن خاک مرطوب و DW وزن خاک خشک است.

حجم آب در هر بار آبیاری برای هر کرت فرعی بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه (۲) $$V= [(FC- DW)\times Bd\times A\times D]+R/Ea$$

در این معادله، V حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب، FC درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی (۲۷/۳ درصد)، DW درصد وزنی رطوبت خاک قبل از آبیاری، Bd وزن مخصوص اهری خاک بر حسب گرم بر مترمکعب، A مساحت هر کرت، D عمق توسعه ریشه، R میزان بارش و Ea راندمان آبیاری است.

برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گیاه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی کاملینا (زرد شدن اندام‌های هوایی و قهوه‌ای شدن دانه‌ها در کپسول) و عدس (هنگامی که برگ‌ها زرد شدن و ۷۰ درصد نیام‌ها به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای تغییر رنگ داده باشند و رطوبت بذرها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی حدود ۱۲-۱۴ درصد است)، کاملینا در تاریخ ۱۳ اردیبهشت‌ماه و عدس در ۱۷ اردیبهشت‌ماه، اقدام به برداشت نمونه‌ها از هر کرت شد و صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاملینا و تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن صد دانه، عملکرد دانه و بیولوژیکی عدس اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری این صفات در انتهای فصل رشد اواسط اردیبهشت ماه بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، برداشت بوته از شش ردیف وسط هر کرت صورت گرفت. در کشت‌های خالص و افزایشی یک مترمربع برداشت و در کشت‌های جایگزینی ۰/۵ مترمربع برداشت صورت گرفت. بعد از جداسازی دانه از بافت‌های خشک شده عملکرد دانه دو محصول در واحد سطح محاسبه گردید. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید. نسبت برابری زمین بر اساس رابطه ۱ محاسبه و تعیین شد (وایلی ۱۹۷۹).

رابطه (۳) $$LER = (Y_{CL}/Y_{CC}) + (Y_{LC}/Y_{LL})$$

در این روابط $Y_{CL}$ و $Y_{CC}$ به‌ترتیب عملکرد در کشت مخلوط و کشت خالص کاملینا و $Y_{LC}$ و $Y_{LL}$ به‌ترتیب عملکرد در کشت مخلوط و کشت خالص عدس است.

همچنین برای محاسبه روابط رقابتی بین دو گیاه از شاخص غالبیت استفاده شد (وایلی ۱۹۷۹). اگر این ضریب برابر صفر باشد نشان می‌دهد که بین دو گونه هیچ نوع رقابتی وجود دارد و به‌عبارت دیگر رقابت درون گونه با رقابت برون‌گونه‌ای برابر است. علامت‌های مثبت و منفی به‌ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است (دهیما و همکاران ۲۰۰۷).

رابطه (۴)
$$Aggressivitya\ (C)= (Y_{CL}/Y_{CC}\times Z_{CL}) - (Y_{LC}/Y_{LL}\times Z_{LC})$$
$$Aggressivitya\ (L)= (Y_{LC}/Y_{LL}\times Z_{LC}) - (Y_{CL}/Y_{CC}\times Z_{CL})$$

$Z_{CL}$ و $Z_{LC}$ به‌ترتیب نسبت گیاه کاملینا در کشت مخلوط و نسبت گیاه عدس در کشت مخلوط است.

قبل از انجام تجزیه واریانس، یکنواختی خطاهای آزمایش با استفاده از آزمون بارتلت توسط نرم‌افزار Minitab مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه واریانس آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS و دستور Proc glm و برای سطح معنی‌داری منابع تغییرات آبیاری و سال× آبیاری از خطای اصلی و برای منابع تغییرات کشت مخلوط، آبیاری× کشت مخلوط، سال× کشت مخلوط و سال× آبیاری× کشت مخلوط از خطای فرعی استفاده شده است. رسم نمودارها با Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد کپسول در بوته کاملینا

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد اثرات سال، آبیاری، کشت مخلوط و اثرات متقابل (آبیاری× کشت مخلوط) بر تعداد کپسول در بوته کاملینا معنی‌دار بود (جدول ۳).

**جدول ۳- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملینا**

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد کپسول در بوته | تعداد دانه در کپسول | وزن صد دانه | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه | شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۱۰۵۳/۳۷$^{**}$ | ۰/۰۹۴$^{ns}$ | ۰/۱۳۵۰$^{ns}$ | ۲۲۸۱۰۳۲۰$^{**}$ | ۸۹۸۵۹۴$^{**}$ | ۱۵۵/۳۴۷$^{**}$ |
| تکرار (سال) | ۴ | ۴۶/۱۴ | ۸/۴۲۷ | ۰/۰۵۷۷ | ۴۴۰۴ | ۳۱۸۶۵ | ۱۷/۹۰۹ |
| آبیاری | ۱ | ۱۴۷۰۱/۵۰$^{**}$ | ۶۷۷/۳۴۴$^{**}$ | ۰/۱۰۶۷$^{ns}$ | ۷۳۴۷۶۹۰۱$^{**}$ | ۶۱۵۸۳۸۱$^{**}$ | ۰/۰۴۸$^{ns}$ |
| سال× آبیاری | ۱ | ۳/۳۷$^{ns}$ | ۰/۰۱۰$^{ns}$ | ۰/۱۸۳۷$^{ns}$ | ۱۰۱۲۸۳$^{ns}$ | ۷۰۹۷۵$^{ns}$ | ۸/۹۵۵$^{ns}$ |
| خطای اصلی | ۴ | ۴۷/۹۴ | ۴/۷۳۹ | ۰/۰۸۱۴ | ۱۱۳۲۹۶ | ۱۶۶۶۳ | ۲۸/۵۳۱ |
| کشت مخلوط | ۷ | ۵۴۳/۶۷$^{**}$ | ۶۶/۵۱۰$^{**}$ | ۰/۱۲۹۹$^{ns}$ | ۱۲۲۷۴۷۷۴$^{**}$ | ۸۸۸۹۰۲$^{**}$ | ۶/۸۷۲$^{ns}$ |
| آبیاری× کشت مخلوط | ۷ | ۳۶/۵۹$^{*}$ | ۱۰/۳۶۷$^{**}$ | ۰/۰۴۷۶$^{ns}$ | ۱۴۵۶۷۰۹$^{**}$ | ۱۰۹۶۰۶$^{**}$ | ۶/۷۱۸$^{ns}$ |
| سال× کشت مخلوط | ۷ | ۷/۶۱$^{ns}$ | ۲/۸۳۲$^{ns}$ | ۰/۱۴۶۴$^{ns}$ | ۴۱۱۶۰۳$^{**}$ | ۱۳۵۷۰$^{ns}$ | ۹/۴۰۹$^{ns}$ |
| سال× آبیاری× کشت مخلوط | ۷ | ۱۰/۶۶$^{ns}$ | ۵/۲۲۵$^{ns}$ | ۰/۱۸۷۱$^{ns}$ | ۱۹۷۶۴۸$^{**}$ | ۱۴۲۱۶$^{ns}$ | ۵/۵۳۹$^{ns}$ |
| خطای فرعی | ۵۶ | ۱۵/۵۵ | ۲/۴۸۸ | ۰/۰۹۶۹ | ۶۵۲۴۵ | ۱۲۱۵۰ | ۱۸/۹۳۱ |
| ضریب تغییرات (%) | - | ۱۱/۳۲ | ۱۲/۳۰ | ۲۲/۴۱ | ۸/۲۱ | ۱۲/۵۷ | ۱۵/۱۴ |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار می باشد.

تعداد کپسول در بوته در سال اول و دوم به‌ترتیب ۳۸/۱۵ و ۳۱/۵۲ کپسول بود که اختلاف بین این دو مقدار ۱۷/۳۷ درصد می‌باشد (جدول ۴).

از طرفی اثرمتقابل کشت مخلوط و آبیاری بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین تعداد کپسول (۵۶/۳ کپسول در بوته) در الگوی کشت مخلوط جایگزینی ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس مربوط تحت شرایط کشت آبی و کمترین مقدار آن (۱۴ کپسول در بوته) مربوط به الگوی کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس تحت شرایط دیم می‌باشد؛ که با توجه به داده‌های موجود تفاوت تعداد کپسول در بوته کاملینا بین این دو مقادیر، کاهش ۷۴/۷۰ درصدی را نشان می‌دهد (جدول ۵).

**جدول ۴- خصوصیات کاملینا در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰**

| سال | تعداد کپسول در بوته | عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) | شاخص برداشت (%) |
|---|---|---|---|
| سال اول | ۳۸/۱۵$^{a}$ | ۹۷۳/۹$^{a}$ | ۲۷/۴۵$^{b}$ |
| سال دوم | ۳۱/۵۲$^{b}$ | ۷۸۰/۴$^{b}$ | ۳۰/۰۰$^{a}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند .

یکی از دلایل کاهش تعداد کپسول در کاملینا در سال دوم، کاهش دما و بارندگی در طول دوره رشد گیاه می‌باشد. کاهش شدید رطوبت هوا، باعث کاهش عمل تلقیح گلچه‌ها شده و تعداد کمتری از آنها تبدیل به دانه شده است. از طرفی در الگوی افزایشی کشت مخلوط رقابت بین گونه‌ایی شدید شده و درنتیجه تعداد دانه در کپسول کاهش یافته است. افزایش تراکم کاشت کامل هر دو گیاه باعث رقابت شدید بین دو گونه گیاهی شده است.

در حالی‌که در کشت جایگزینی این رقابت چشمگیر نبوده و فضا برای رشد گیاه مهیا شده،که با تأمین مواد غذایی مورد نیاز خود، و از طرفی اثر تثبت گیاه لگوم (عدس) تعداد دانه افزایش یافته است.

**جدول ۵- اثر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کاملینا تحت شرایط دیم و آبی**

| آبیاری | نسبت‌های کاشت | تعداد کپسول در بوته | تعداد دانه در کپسول | عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) | عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | سال اول | سال دوم |
| آبی | ۱۰۰ کاملینا+ ۰ عدس | ۴۵/۲$^{b}$ | ۱۵/۳۳$^{b}$ | ۱۴۴۱/۹$^{b}$ | ۵۵۶۷/۲$^{b}$ | ۴۵۴۰/۹$^{d}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۵۵/۵$^{a}$ | ۱۸/۶۷$^{a}$ | ۱۶۳۲/۲$^{a}$ | ۶۷۸۲/۰$^{a}$ | ۵۲۶۹/۰$^{bc}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۴۰/۸$^{bc}$ | ۱۳/۳۳$^{cd}$ | ۱۳۰۹/۴$^{c}$ | ۵۰۱۷/۵$^{c}$ | ۴۰۹۲/۰$^{de}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۳۹/۲$^{cd}$ | ۱۲/۶۷$^{d}$ | ۱۰۹۶/۹$^{d}$ | ۴۲۱۱/۹$^{d}$ | ۳۴۹۹/۷$^{fg}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۱۰۰ عدس | ۳۵/۸$^{d}$ | ۱۱/۸۳$^{d}$ | ۱۰۶۲/۰$^{d}$ | ۴۴۴۳/۳$^{d}$ | ۲۹۲۵/۵$^{hij}$ |
| | ۷۵ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۵۲/۰$^{a}$ | ۱۵/۰۰$^{bc}$ | ۱۱۵۰/۶$^{d}$ | ۴۳۷۳/۱$^{d}$ | ۳۶۵۸/۲$^{efg}$ |
| | ۵۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۵۶/۳$^{a}$ | ۱۹/۱۷$^{a}$ | ۸۸۸/۶$^{e}$ | ۳۳۵۵/۷$^{fgh}$ | ۲۷۶۰/۸$^{jk}$ |
| | ۲۵ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۵۲/۸$^{a}$ | ۱۷/۸۳$^{a}$ | ۴۶۱/۷$^{g}$ | ۱۷۶۰/۶$^{mno}$ | ۱۴۸۵/۸$^{po}$ |
| دیم | ۱۰۰ کاملینا+ ۰ عدس | ۲۲/۳$^{gh}$ | ۹/۸۳$^{e}$ | ۸۵۲/۹$^{e}$ | ۳۷۴۵/۶$^{efg}$ | ۲۴۰۱/۴$^{kl}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۲۳/۵$^{fg}$ | ۹/۵۰$^{e}$ | ۸۵۰/۹$^{e}$ | ۳۷۷۰/۶$^{ef}$ | ۲۴۱۴/۰$^{kl}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۱۶/۷$^{i}$ | ۸/۵۰$^{ef}$ | ۶۸۲/۳$^{f}$ | ۲۸۷۱/۰$^{ij}$ | ۲۱۳۳/۷$^{lm}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۱۸/۷$^{hi}$ | ۸/۱۷$^{ef}$ | ۶۶۲/۴$^{f}$ | ۳۲۸۵/۰$^{ghi}$ | ۱۳۸۲/۴$^{poq}$ |
| | ۱۰۰ کاملینا+ ۱۰۰ عدس | ۱۴/۰$^{i}$ | ۷/۳۳$^{f}$ | ۴۲۷/۱$^{g}$ | ۱۹۷۰/۴$^{lmn}$ | ۱۰۲۸/۸$^{qr}$ |
| | ۷۵ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۲۶/۰$^{fg}$ | ۱۲/۳۳$^{d}$ | ۶۹۴/۳$^{f}$ | ۲۹۱۲/۸$^{hij}$ | ۲۰۴۷/۴$^{lm}$ |
| | ۵۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۳۱/۰$^{e}$ | ۱۳/۰۰$^{d}$ | ۵۲۹/۷$^{g}$ | ۲۲۹۴/۳$^{l}$ | ۱۵۷۶/۸$^{npo}$ |
| | ۲۵ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۲۷/۵$^{ef}$ | ۱۲/۶۷$^{d}$ | ۲۹۱/۲$^{h}$ | ۱۱۸۳/۶$^{pq}$ | ۷۲۹/۹$^{r}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

**تعداد نیام در بوته عدس**

بر طبق جدول تجزیه مرکب داده‌ها اثر سال، آبیاری، سال× آبیاری، کشت مخلوط، آبیاری× کشت مخلوط و سال× کشت مخلوط بر تعداد نیام در بوته عدس معنی‌دار شد (جدول ۶).

**جدول ۶- تجزیه مرکب (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه عدس**

| منابع تغییر | درجه آزادی | تعداد نیام در بوته | تعداد دانه در نیام | وزن صد دانه | عملکرد بیولوژیکی | عملکرد دانه | شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۳۸۳/۲۰$^{**}$ | ۰/۱۳۹۵$^{ns}$ | ۱/۴۰۹۹$^{ns}$ | ۱۷۴۶۹$^{*}$ | ۷۱۶۶۲$^{**}$ | ۶۳۴/۰۲$^{**}$ |
| تکرار (سال) | ۴ | ۱۷/۵۸ | ۰/۱۸۹۸ | ۰/۶۷۵۴ | ۱۳۰۳ | ۶۰۹ | ۱۵/۱۶ |
| آبیاری | ۱ | ۴۱۳۱/۷۵$^{**}$ | ۰/۰۷۴۸$^{ns}$ | ۲۳/۲۰۶۷$^{**}$ | ۱۹۸۷۶۶۱$^{**}$ | ۳۴۲۲۶۰$^{**}$ | ۷۴/۶۱$^{ns}$ |
| سال× آبیاری | ۱ | ۱۸۲/۳۸$^{*}$ | ۰/۰۲۵۳$^{ns}$ | ۱/۷۰۶۷$^{ns}$ | ۲۱۵۸۸$^{ns}$ | ۳۶۰۸۰$^{*}$ | ۱۴۷/۲۴$^{ns}$ |
| خطای اصلی | ۴ | ۲۳/۵۵ | ۰/۵۷۹۱ | ۰/۵۰۵۳ | ۱۴۱۳۵ | ۱۹۶۸ | ۲۱/۴۲ |
| کشت مخلوط | ۷ | ۲۹۲/۷۹$^{**}$ | ۰/۰۵۳۷$^{ns}$ | ۱/۳۷۵۴$^{**}$ | ۱۴۷۳۳۰۲$^{**}$ | ۱۷۷۸۳۶$^{**}$ | ۳/۱۶$^{ns}$ |
| آبیاری× کشت مخلوط | ۷ | ۲۵/۸۸$^{*}$ | ۰/۰۸۰۵$^{ns}$ | ۰/۵۵۵۹$^{ns}$ | ۵۳۴۲۲$^{**}$ | ۱۱۲۴۸$^{**}$ | ۱۳/۱۸$^{ns}$ |
| سال× کشت مخلوط | ۷ | ۴۰/۱۱$^{**}$ | ۰/۰۴۱۹$^{ns}$ | ۰/۴۶۶۵$^{ns}$ | ۴۲۱۱$^{ns}$ | ۱۳۰۹$^{ns}$ | ۶/۲۲$^{ns}$ |
| سال× آبیاری× کشت مخلوط | ۷ | ۱۵/۴۶$^{ns}$ | ۰/۲۸۱۵$^{ns}$ | ۰/۳۱۸۲$^{ns}$ | ۸۲۷۶$^{ns}$ | ۱۷۰۰$^{ns}$ | ۳/۷۲$^{ns}$ |
| خطای فرعی | ۵۶ | ۱۰/۹۹ | ۰/۱۳۶۴ | ۰/۴۵۸۵ | ۵۴۱۵ | ۱۶۰۹ | ۲۷/۲۴ |
| ضریب تغییرات (درصد) | - | ۱۵/۱۱ | ۱۹/۰۵ | ۲۴/۴۳ | ۸/۳۲ | ۱۳/۰۴ | ۱۵/۰۲ |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیرمعنی‌دار می باشد.

بیشترین تعداد نیام در بوته (۳۱/۸) در سال اول تحت شرایط کشت آبی به‌دست آمد و بین کشت دیم در هر دو سال تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷).

بیشترین تعداد نیام در بوته عدس در الگوهای کشت مخلوط ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس، ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس و ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس تحت شرایط کشت آبی و کمترین مقدار در الگوهای کشت مخلوط افزایشی تحت شرایط دیم مشاهده گردید (جدول ۸).

**جدول ۷- خصوصیات عدس تحت شرایط دیم و آبی در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰**

| سال | آبیاری | تعداد نیام در بوته | عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) |
|---|---|---|---|
| سال اول | آبی | ۳۱/۸$^{a}$ | ۴۱۳/۹$^{a}$ |
| | دیم | ۱۵/۹$^{c}$ | ۲۵۵/۸$^{c}$ |
| سال دوم | آبی | ۲۵/۱$^{b}$ | ۳۲۰/۵$^{b}$ |
| | دیم | ۱۴/۷$^{c}$ | ۲۳۹/۹$^{c}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

**جدول ۸- اثر کشت مخلوط بر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه عدس تحت شرایط دیم و آبی**

| نسبت‌های کاشت | عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) | | عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$) | | تعداد نیام در بوته | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | دیم | آبی | دیم | آبی | دیم | آبی |
| ۰ کاملینا+ ۱۰۰ عدس | ۴۲۰/۹$^{c}$ | ۶۱۳/۳$^{a}$ | ۱۲۵۸/۹$^{c}$ | ۱۷۰۵/۰$^{a}$ | ۱۴/۱$^{fg}$ | ۲۸/۲$^{b}$ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۱۴۸/۷$^{fg}$ | ۱۸۰/۶$^{fg}$ | ۴۳۴/۳$^{hi}$ | ۵۲۶/۷$^{g}$ | ۱۸/۹$^{de}$ | ۳۶/۱$^{a}$ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۱۹۱/۴$^{f}$ | ۲۷۵/۹$^{e}$ | ۵۲۸/۷$^{g}$ | ۸۰۸/۶$^{f}$ | ۱۲/۹$^{fg}$ | ۲۳/۲$^{c}$ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۲۵۲/۲$^{e}$ | ۴۰۰/۷$^{c}$ | ۷۵۵/۰$^{f}$ | ۱۱۲۵/۴$^{d}$ | ۱۱/۶$^{fg}$ | ۲۲/۶$^{cd}$ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۱۰۰ عدس | ۲۴۲/۳$^{e}$ | ۴۲۷/۳$^{c}$ | ۷۵۶/۵$^{f}$ | ۱۱۷۶/۸$^{cd}$ | ۱۰/۳$^{g}$ | ۱۸/۸$^{de}$ |
| ۷۵ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۱۳۶/۷$^{g}$ | ۱۷۷/۱$^{fg}$ | ۳۹۷/۲$^{i}$ | ۴۹۶/۳$^{gh}$ | ۱۹/۱$^{de}$ | ۳۲/۸$^{a}$ |
| ۵۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۲۵۴/۳$^{e}$ | ۳۸۴/۳$^{c}$ | ۷۶۷/۲$^{f}$ | ۱۰۳۹/۵$^{e}$ | ۲۰/۱$^{cde}$ | ۳۴/۰$^{a}$ |
| ۲۵ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۳۳۶/۳$^{d}$ | ۴۷۸/۸$^{b}$ | ۱۰۲۴/۹$^{e}$ | ۱۳۴۶/۷$^{b}$ | ۱۶/۱$^{ef}$ | ۳۲/۱$^{a}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نقش پررنگ‌تر کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در افزایش تعداد نیام در بوته در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل سایه‌اندازی کاملینا روی بوته‌های عدس باشد. چرا که وجود سایه کاملینا توانسته است هم میزان تبخیر از سطح خاک و هم میزان تعرق بوته‌های عدس را کاهش دهد. احتمالاً قرارگیری عدس در سایه کاملینا باعث تعدیل اثر منفی گرما شده و از این طریق تعداد نیام در بوته در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بهبود یافته است. در آزمایشات دیگر نیز تأیید شده است که در سیستم کشت مخلوط، سایه‌اندازی گونه‌ای که ارتفاع بالاتری دارد روی گیاهانی که ارتفاع کمی دارند می‌تواند به‌میزان قابل‌قبولی از تبخیر خاک و همچنین تعرق گیاهی کاسته و سبب بهبود شرایط رشد در کشت مخلوط شود (بای و همکاران ۲۰۱۶ و شیمونیو و همکاران ۲۰۱۶). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه از طریق محدودیت در فراهمی مواد فتوسنتزی بر گرده‌افشانی و باروری گلچه‌ها تأثیر گذاشته و باعث سقط گلچه‌ها و در نهایت کاهش تعداد دانه در نیام می‌شود (مروجی و همکاران ۲۰۱۶). به‌طورکلی وجود سازوکار جبرانی و تنظیم دقیق منبع- مخزن باعث بهبود

فتوسنتز و تخصیص بیشتر ماده خشک به اندام زایشی شده است (کراسا و همکاران ۲۰۱۸). افزایش تراکم در کشت مخلوط، تعداد نیام در بوته را کاهش داد. دلیل این امر می‌تواند افزایش رقابت و کاهش منابع محیطی (آب، نور و مواد غذایی) در تراکم‌های بالا باشد. حسین‌زاده و همکاران (۲۰۲۱) دلیل کاهش تعداد نیام لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در کشت مخلوط عاری از علف‌هرز را افزایش ارتفاع کنجد (*Sesamum indicum* L.) و سایه‌اندازی افزایش رقابت بین گونه‌ای دانستند که مانع از رسیدن نور کافی به لوبیا چشم‌بلبلی شد؛ در نتیجه سبب کاهش گل‌های باور شد. در پژوهشی که در رابطه با کشت مخلوط کنجد و لوبیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد کپسول در بوته در تیمار ۵۰ درصد لوبیا: ۵۰ درصد کنجد با میانگین ۳۰/۸۸ عدد به‌دست آمد (قلعه نویی و همکاران ۲۰۱۷).

**تعداد دانه در کپسول کاملینا**

با توجه به نتیجه تجزیه داده‌ها تعداد دانه در کپسول کاملینا تحت تأثیر آبیاری، کشت مخلوط و اثرات متقابل آبیاری× کشت مخلوط قرار گرفت (جدول ۳). براساس جدول مقایسه میانگین داده‌ها بین الگوهای کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی آبی و دیم اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و بیشترین تعداد دانه در کپسول (۱۹/۱۷ دانه در کپسول) در کشت مخلوط جایگزینی، ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس و کمترین تعداد دانه (۷/۳۳ دانه در کپسول) در کشت مخلوط افزایشی دیم ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۱۰۰ درصد عدس می‌باشد؛ که ۶۰/۷۰ درصد کاهش تعداد دانه را نشان می‌دهد (جدول ۵). در کشت مخلوط کلزا و نخود محققین اظهار داشتند عملکرد کل دانه دو گونه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه به‌دلیل استفاده بهتر از منابع برتری داشت (داودیان و حمزه‌ئی ۲۰۱۹). بالاتر بودن تعداد دانه در نیام در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط در مخلوط ذرت: لوبیا و آفتاب‌گردان: کنجد: لوبیا توسط محققان نیز گزارش شده است (کوچکی و همکاران ۲۰۱۶).

**تعداد دانه در نیام عدس**

بر اساس نتیجه تجزیه داده‌ها هیچ‌کدام از تیمارها و اثر متقابل آنها بر تعداد دانه در نیام عدس اثر معنی‌دار نداشتند (جدول ۶).

**وزن صد دانه کاملینا**

وزن صد دانه کاملینا در تمامی تیمار های اعمال شده غیرمعنی‌دار می‌باشد (جدول ۳).

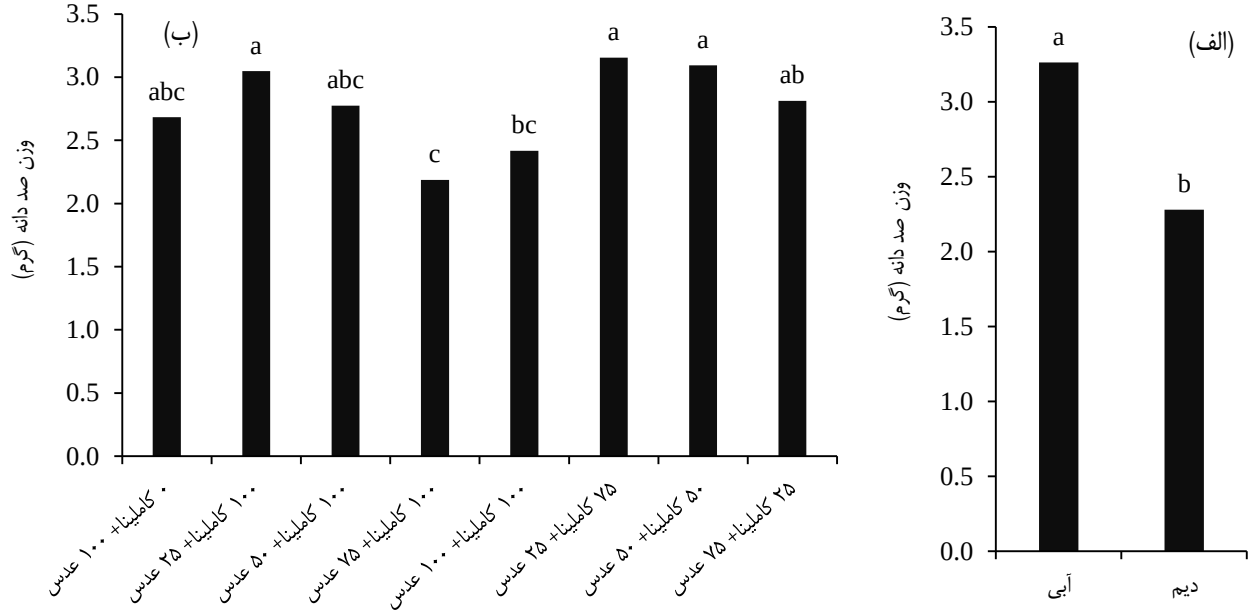
به‌دلیل سایز ریز دانه کاملینا اثرات اعمال شده معنی‌دار نشده و از طرفی با افزایش سایر اجزای عملکرد معنی‌دار نشدن وزن صد دانه اثر مکملی این اجزای تشکل دهنده عملکرد را بیشتر آشکار می‌کند. وزن دانه یکی از اجزایی است که بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی است تا فاکتورهای محیطی و بنابراین تنش‌های زراعی و محیطی قادر به کاهش وزن صد دانه از یک مقدار مشخصی نخواهند بود.

**وزن صد دانه عدس**

بر طبق جدول تجزیه واریانس اثر کشت مخلوط و همچنین اثر آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). وزن صد دانه تحت شرایط کشت آبی بیشتر از کشت دیم بود (شکل ۱ الف). بیشترین وزن صد دانه با توجه به مقایسه میانگین مربوط به نسبت کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس و کمترین مربوط به کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کاملینا ۱۰۰+ ۲۵ درصد عدس می‌باشد. که اختلاف این دو ۳۰/۶۵ درصد است (شکل ۱ ب).

در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی نیز بالاترین وزن صد دانه در تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۱ مشاهده شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد که به‌نظر می‌رسد در سری‌های جایگزینی، رقابت بین گونه‌ای گلرنگ نسبت به رقابت درون گونه‌ای نخود کمتر بوده است و فضای بیشتری برای رشد نخود فراهم شده است؛ در نتیجه ماده فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها انتقال یافته است و افزایش وزن صد دانه نخود را موجب شده است (نصراله‌زاده و همکاران ۲۰۱۶). کاهش وزن دانه در کشت مخلوط به‌دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه

ناشی از افزایش به‌کارگیری این مواد در رشد رویشی برای افزایش ارتفاع و تولید برگ با هدف غلبه در رقابت با گیاه همراه توسط بخیت و گالال (۲۰۰۲) نیز گزارش گردیده است. نتیجه اغلب آزمایش‌های انجام‌شده حاکی از آن بود که وزن هزار دانه، به‌عنوان یکی از اجزایی است که بیشتر تحت تأثیر فاکتورهای ژنتیکی قرار دارد تا فاکتورهای محیطی؛ بنابراین تنش‌های زراعی و محیطی، قادر به کاهش وزن هزار دانه از یک مقدار مشخصی نخواهند بود؛ گزارش‌های زیادی تصدیق‌کننده این امر است (ربیعی و همکاران ۲۰۱۵).




**شکل ۱- اثر آبیاری (الف) و کشت مخلوط (ب) بر بر وزن صد دانه عدس**

**عملکرد بیولوژیک کاملینا**

بر اساس جدول تجزیه واریانس مرکب اثر متقابل سال، آبیاری،کشت مخلوط، سال× آبیاری، آبیاری× کشت مخلوط، سال× کشت مخلوط و سال× آبیاری× کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی کاملینا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بر طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها بین نسبت‌های کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیکی (۶۷۸۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به الگوی کشت مخلوط جایگزینی ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد :عدس و کمترین (۷۲۹/۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به الگوی کشت مخلوط ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس می‌باشد که کاهش ۸۹ در صدی را نشان می‌دهد (جدول ۵).

**عملکرد بیولوژیک عدس**

بر طبق جدول تجزیه واریانس مرکب اثر سال، آبیاری، کشت مخلوط و اثرات متقابل آبیاری و کشت مخلوط آبیاری× کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی عدس معنی‌دار بود (جدول ۶). بیشترین عملکرد بیولوژیکی عدس (۱۱۲۵/۴۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت خالص عدس و الگوی کشت مخلوط ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس تحت شرایط کشت آبی و کمترین مقدار (۳۹۷/۱۷ کیلوگرم در هکتار) در الگوی کشت مخلوط جایگزینی ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس تحت شرایط دیم به‌دست آمد (جدول ۸). سال اول در مقایسه با سال دوم عملکرد بیولوژیکی بیشتری داشت (جدول ۹).

**جدول ۹- خصوصیات عدس در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰**

| سال | عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$) | شاخص برداشت (٪) |
|---|---|---|
| سال اول | ۸۹۷/۷$^{a}$ | ۳۷/۳۳$^{a}$ |
| سال دوم | ۸۷۰/۷$^{b}$ | ۳۲/۱۹$^{b}$ |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

.

کاهش عملکرد بیولوژیکی در اکثر مطالعات کشت مخلوط گزارش شده است (کامپلیگا و همکاران ۲۰۱۴ و کروکول و همکاران ۲۰۱۴). در بررسی کشت مخلوط نخود و سیاهدانه (*Nigella Sativa* L.) نیز بیشترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیکی در کشت خالص این گیاه حاصل شد و دلیل آن رقابت بوته‌های نخود با سیاهدانه بیان گردید (رضایی‌چیانه و قلی‌نژاد ۲۰۱۴). محققان در کشت مخلوط کلزا و نخود مشاهده نمودند که عملکرد بیولوژیکی در کشت خالص کلزا ۴۳ درصد نسبت به کشت مخلوط ۵۰ درصد کلزا + ۵۰ درصد نخود و ۶۵ درصد نسبت به کشت مخلوط ۲۵ درصد کلزا + ۷۵ درصد نخود بیشتر بود (محفوظ و میگور ۲۰۱۴). در کشت مخلوط نخود و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گزارش شد که نخود در کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ گردیده و محققین دلیل افزایش عملکرد گیاه گلرنگ را تأمین نیتروژن گلرنگ توسط نخود در کشت مخلوط بیان داشتند (سالاری و همکاران ۲۰۲۰ و زعفریان ۲۰۱۵). طی بررسی کشت‌های مخلوط کنجد: نخود و کنجد: لوبیا مشاهده شد که بیشترین عملکرد زیستی کنجد درکشت خالص به دست آمد و کاهش عملکرد کنجد در شرایط مخلوط، به کاهش تراکم کنجد نسبت داده شد(امینی‌فر و همکاران ۲۰۱۶).

**عملکرد دانه کاملینا**

نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر سال، آبیاری، کشت مخلوط و اثر متقابل آبیاری و کشت مخلوط بر عملکرد دانه کاملینا در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). میانگین عملکرد در سال اول و دوم به‌ترتیب ۹۷۳/۹ و ۷۸۰/۴ کیلوگرم در هکتار بود که سال دوم نسبت به سال اول کاهش ۱۹/۸۷ درصدی داشت (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۲ کیلوگرم در هکتار) در الگوی کشت مخلوط ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس تحت شرایط کشت آبی و کمترین عملکرد دانه کاملینا به‌ترتیب در الگوی کشت مخلوط آبی جایگزینی ۲۵ درصد کاملینا+ ۷۵ درصد عدس تحت شرایط دیم است (جدول ۵).

**عملکرد دانه عدس**

جدول تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، آبیاری، سال× آبیاری، کشت مخلوط و اثر متقابل کشت مخلوط و آبیاری در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه عدس ۴۱۳/۹ کیلوگرم در هکتار در کشت آبی در سال اول مشاهده شد و کشت دیم کمترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۷). بیشترین عملکرد دانه عدس (۶۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص تحت شرایط کشت آبی و کمترین مقدار در الگوی کشت جایگزینی ۷۵ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس (۱۳۶/۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید (جدول ۸).

سیدی و حمزه‌یی (۲۰۲۰) گزارش دادند که اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه در کلیه الگوهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی آفتابگردان کاسته شد. عملکرد دانه لوبیا و سویا (*Glycine max*) نیز تحت تأثیر تیمار الگوهای کشت قرار گرفتند، ولی اثر سال بر این دو صفت معنی‌دار نبود. در کشت مخلوط، اغلب نیتروژن تثبیت شده توسط گیاهان تیره لگومینوز در خاک می‌تواند مورد استفاده گیاه همراه قرار گیرد و منجر به بهبود اجزای عملکرد و در نهایت، افزایش محصول آن شود (رضایی‌چیانه و همکاران ۲۰۱۴). سایر محققان در مطالعه‌ی کشت مخلوط گلرنگ و نخود، گزارش کردند کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد گلرنگ

شده است اما بیشترین عملکرد نخود در کشت خالص این گیاه حاصل شد (سالاری و همکاران ۲۰۲۰ و اسماعیلیان و بهزادمیری ۲۰۲۰). بر اثر تشدید رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط و در نتیجه کاهش منابع محیطی در دسترس عملکرد گونه‌ها در مقایسه با کشت خالص کاهش یافته است. از آن جایی‌که تراکم و فضای اختصاص یافته به هر گونه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود و تراکم اولین و مهمترین عامل مطرح در عملکرد می‌باشد، لذا در نسبت‌های کشت مخلوط کمتر بودن تراکم هر گونه نسبت به کشت خالص دلیل اصلی پائین‌تر بودن عملکرد می‌باشد. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که اثر کشت مخلوط سه گونه آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، کنجد و لوبیا قرمز بر عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در کشت خالص نسبت به ترکیب‌های مخلوط بود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۶). مهدی پور و همکاران (۲۰۱۹) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا چشم‌بلبلی، داودیان و حمزه‌ئی (۲۰۱۹) در کشت مخلوط کلزا و نخود و پیری و همکاران (۲۰۱۶) در کشت مخلوط ذرت و سویا گزارش شد، عملکرد هر کدام از گونه‌ها در تک‌کشتی بیشتر از کشت مخلوط بود که عامل اصلی این برتری تراکم قلمداد گردید.

**شاخص برداشت کاملینا**

بر طبق جدول تجزیه مرکب اثر سال بر شاخص برداشت در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). سال دوم شاخص برداشت بیشتری نسبت به سال اول نشان داد.

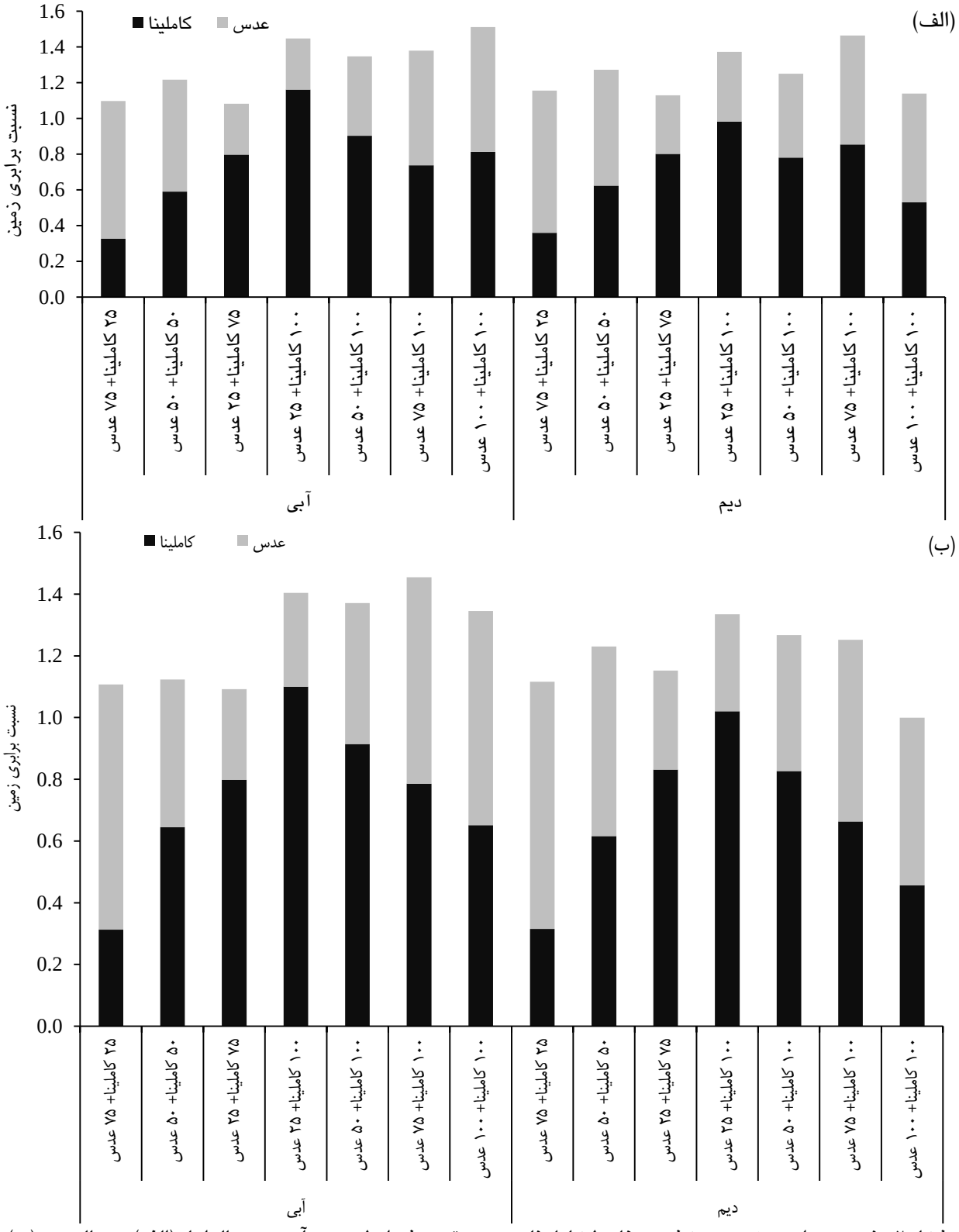
**شاخص برداشت عدس**

بر اساس جدول تجزیه واریانس مرکب اثر سال بر شاخص برداشت عدس معنی‌داردر سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). در سال اول شاخص برداشت عدس (۳۷/۳۳ درصد) نسبت به سال دوم (۳۲/۱۹ درصد) بیشتر بود (جدول ۹).

شاخص برداشت مشخص کننده چگونگی تسهیم مواد پرورده بین بخش‌های رویشی و زایشی گیاه می‌باشد (حسینی و حسیبی ۲۰۱۳). شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی است که بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌هاست (درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن). صفت شاخص برداشت، توسط عوامل ژنتیک و محیطی کنترل می‌شود، اما نقش عوامل ژنتیک در کنترل این صفت به‌مراتب بیشتر است (زکویک و کنزویک ۱۹۹۷).

**نسبت برابری زمین**

مطابق شکل ۲ نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و مخلوط جایگزینی هر دو سال در تمامی تیمارها بالاتر از یک شد. به‌طوری‌که بیشترین (۱/۵۱۲) در سال اول مربوط به الگوی ۱۰۰ درصد کاملینا+۱۰۰ درصد عدس تحت شرایط کشت آبی و در سال دوم الگوی کشت ۱۰۰ درصد کاملینا+۷۵ درصد عدس کاملینا (۱/۴۵۵) تحت کشت آبی می‌باشد (شکل ۲ الف و ب). از آنجا که نسبت برابری زمین جزئی بیانگر اثر متقابل گیاهان همراه بر یکدیگر و تأثیرپذیری هر یک از آنها در مخلوط می‌باشد، به‌نظر می‌رسد حضور عدس در کشت مخلوط از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و فراهمی این عنصر ضروری برای رشد بوته تأثیر مثبتی بر حضور کاملینا در نسبت‌های مختلف داشته است. بالاترین نسبت برابری جزئی در تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط برای کاملینا محاسبه گردید. که دلیل این امر احتمالاً مربوط به غالب بودن کانوپی این گیاه و بهره‌گیری بهتر این گونه نسبت به گونه دیگر در ترکیب‌های کشت مخلوط می‌باشد. بالاتر بودن نسبت برابری زمین در تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط بیانگر اثر مثبت همراهی این دو گونه در کشت مخلوط می‌باشد.




**شکل ۲- نسبت برابری زمین در کشت مخلوط کاملینا و عدس تحت شرایط دیم و آبی در سال اول (الف) و سال دوم (ب)**

نتایج پژوهش کوچکی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه در کشت مخلوط آفتابگردان، کنجد و لوبیا مربوط به تیمار مخلوط ردیفی سه گونه با ۱/۳۳ بود. نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گلرنگ و نخود بیشتر از نسبت برابری زمین در کشت خالص این دو گیاه بود (اسماعیلیان و

بهزادمیری ۲۰۲۰). در بررسی کشت مخلوط نخود و گلرنگ مشاهده شد که کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد دانه در هر دو گیاه شده و کارایی استفاده از منابع را نیز افزایش داد (زعفریان ۲۰۱۵). در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و لوبیا مشخص شد که عملکرد کنجد و لوبیا در کشت خالص نسبت به سایر ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر بود، با این وجود، بیشترین نسبت برابری زمین در تیمارهای مربوط به کشت مخلوط مشاهده شد؛ این امر امکان بهره‌برداری بیشتر از واحد سطح را در کشت مخلوط نشان می‌دهد. مقایسه بین روش کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی نیز نشان می‌دهد که در کشت مخلوط جایگزینی، نسبت برابری زمین بیشتری به‌دست آمد (قلعه‌نویی و همکاران ۲۰۱۷). کومار و همکاران (۲۰۱۷) گزارش دادند که کشت مخلوط کنجد، لوبیا چشم‌بلبلی و ماش (*Vigna radiata*) به این نتیجه رسیدند که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، افزایش یافت در آزمایشی بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا نشا ن دادند با افزایش سهم سویا در نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی نسبت برابری زمین عملکرد دانه و بیولوژیک افزایش می‌یابد و نسبت برابری زمین در نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی به‌مراتب بالاتر از نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی است (پیری و همکاران ۲۰۱۶). برخی دیگر از پژوهشگران نیز در مطالعات خود دریافتند که در سیستم‌های کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین افزایش می یابد (پوتئز و همکاران ۲۰۱۹). با مطالعه کشت مخلوط کنجد، لوبیا چشم‌بلبلی و ماش به این نتیجه رسیدند که نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، افزایش یافت و الگوی کشت ۳ کنجد: ۲ ماش بیشترین نسبت برابری زمین را دارا بود (عبدل‌قانی و همکاران ۲۰۱۴).

**شاخص غالبیت**

با توجه به نتایج داده‌ها بیشترین شاخص غالبیت در شرایط دیم مربوط به گیاه عدس می‌باشد و در کل نسبت به کاملینا از درصد غالبیت بالایی برخوردار است. در سال اول بیشترین شاخص غالبیت (۰/۵۸۱) در الگوی کاشت ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس با درصد بالای غالبیت عدس در شرایط دیم بود و سودمندی بیشتری نسبت به سایر الگوهای دیگر کشت داشت. کمترین درصد شاخص غالبیت (۰/۰۰۲) مربوط به سری افزایش ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس با غالبیت کاملینا می‌باشد (جدول ۱۰).

با توجه به شکل مورفولوژیکی شاخساره عدس، باعث کاهش تبخیر و تعرق کمتر و انتقال سریع مواد فتوسنتزی به مخازن و سازگاری بهتر در شرایط دیم نسبت به کاملینا می‌باشد. شاخص غالبیت نشان می‌دهد که افزایش عملکرد نسبی یک گونه در کشت مخلوط چه مقدار بیشتر از گونه دیگر است. در کشت آبی در میان نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی و بعضی سری‌های جایگزینی کاملینا غالبیت نسبی داشت. نتایج پژوهشی بر اساس شاخص غالبیت نشان داد که در همه تیمارهای کشت مخلوط، گیاه آفتابگردان نسبت به گیاهان لوبیا و سویا دارای غالبیت بالاتری بوده و قدرت رقابتی بیشتری داشت (سیدی و حمزه‌یی ۲۰۲۰) این محققان گزارش کردند که ارتفاع بیشتر و نیز شاخص سطح برگ و وزن خشک بالای آفتابگردان باعث شده است که این گیاه در رقابت با گیاهان لگوم موفق‌تر عمل نماید. این نتایج با یافته‌های مشهدی و همکاران (۲۰۱۵ ) مطابقت دارد. در بررسی نخ‌زری‌مقدم و همکاران (۲۰۱۶) روی تأثیر سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط سری جایگزینی بر عملکرد جو و نخودفرنگی، غالبیت جو بر نخودفرنگی بسیار چشمگیر گزارش شده است.

**جدول ۱۰- ضریب غالبیت کاملینا و عدس در الگوهای مختلف کشت تحت شرایط دیم و آبی در سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰**

| نسبت‌های کاشت | سال اول | | | | نسبت‌های کاشت | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | آبی | | دیم | | آبی | | دیم | |
| | کاملینا | عدس | کاملینا | عدس | کاملینا | عدس | کاملینا | عدس |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۲۵ عدس | ۰/۰۱۲ | -۰/۰۱۲ | -۰/۵۸۱ | ۰/۵۸۱ | -۰/۱۱۶ | ۰/۱۱۶ | -۰/۲۳۹ | ۰/۲۳۹ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | ۰/۰۱۲ | -۰/۰۱۲ | -۰/۱۵۶ | ۰/۱۵۶ | ۰/۰۰۲ | -۰/۰۰۲ | -۰/۰۵۴ | ۰/۰۵۴ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۷۵ عدس | -۰/۱۱۷ | ۰/۱۱۷ | ۰/۰۴۲ | -۰/۰۴۲ | -۰/۱۰۷ | ۰/۱۰۷ | -۰/۱۲۱ | ۰/۱۲۱ |
| ۱۰۰ کاملینا+ ۱۰۰ عدس | ۰/۱۱۵ | -۰/۱۱۵ | -۰/۰۷۶ | ۰/۰۷۶ | -۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | -۰/۰۸۶ | ۰/۰۸۶ |
| ۷۵ کاملینا+ ۲۵ عدس | -۰/۰۷۵ | ۰/۰۷۵ | -۰/۲۴۳ | ۰/۲۴۳ | -۰/۱۱۲ | ۰/۱۱۲ | -۰/۱۷۶ | ۰/۱۷۶ |
| ۵۰ کاملینا+ ۵۰ عدس | -۰/۰۷۲ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۶۰ | -۰/۰۶۰ | ۰/۰۳۷ | -۰/۰۳۷ | ۰/۰۰۴ | -۰/۰۰۴ |
| ۲۵ کاملینا+ ۷۵ عدس | ۰/۲۷۹ | -۰/۲۷۹ | ۰/۳۷۵ | -۰/۳۷۵ | ۰/۱۹۳ | -۰/۱۹۳ | ۰/۱۹۳ | -۰/۱۹۳ |

## نتیجه‌گیری

به نظر میرسد پایداری عملکرد اقتصادی از اهداف مهم فعالیتهای پژوهشی و همچنین سیستمهای توسعهیافته است .برای رسیدن به این هدف، کشت مخلوط نقش اساسی را بازی میکند و گیاهانی نظیر کاملینا و عدس از این نظر مستثنی نیستند. نتایج نشان داد که کشت مخلوط کاملینا و عدس میتواند از نظر اقتصادی و احتمالا محیطی در منطقه ایلام امیدبخش باشد.

نتایج نشان داد که سیستم‌های کشت مخلوط با ایجاد حالت مکملی بین گیاهان، باعث کاهش اثر تنش خشکی شده و بیشترین افزایش عملکرد در بین الگوهای سری جایگزینی ۵۰ درصد کاملینا+ ۵۰ درصد عدس مشاهده گردید. از طرفی عملکردهای بیولوژیک و دانه در کاملینا در الگوی کشت ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس و در عدس بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه در کشت خالص عدس بود واین نشان‌دهنده این است که در شرایط کشت مخلوط افزایشی کاملینا با دریافت نیتروژن از عدس، شرایط رشد مناسب تری داشته باشد. در الگوی کشت مخلوط افزایشی، مقاوم‌ترین گیاه به شرایط دیم ، عدس می‌باشد. نسبت برابری زمین همه نسبت‌های الگوی کشت بالاتر از یک بود بهترین الگوی کاشت با توجه به نتیجه این تحقیق الگوی کشت افزایشی ۱۰۰ درصد کاملینا+ ۲۵ درصد عدس می‌باشد. از طرفی در شاخص غالبیت در شرایط دیم و کاهش رطوبت، عدس و در شرایط آبی کاملینا گونه غالب می‌باشند. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط به دلیل استفاده بهتر از منابع محیطی، سبب پایداری و افزایش عملکرد، بهبود چرخه عناصر غذایی در خاک و افزایش تنوع می‌شود.

## سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه ایلام اجرا شده است که بدین وسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه ایلام، تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع مورد استفاده

Abdel-Galil AM and Abdel-Ghany REA. 2014. Effect of groundnut–sesame intercropping and nitrogen fertilizer on yield, yield components and infection of root–rot and wilt diseases. International Journal of Plant & Soil Science, 3(6): 623-643

Alizadeh A. 2001. Drought and necessity of increase in water productivity. Quarterly Science Extension of Aridity and Agricultural Drought, 2: 3-8.

Amiri, DN, Nourmohammadi G, Shiranim RAH, Mirhadi SMJ and Majidi HI. 2020. Investigating the effect of ammonium sulfate and potassium sulfate application on seed and oil yields of Camelina (*Camelina sativa* L.) under late-season drought stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(2): 239-251. (In Persian).

Bai Y, Feng X, Xing H, Xu Y, Kim BK, Baig N and Zimmerman SC. 2016. A highly efficient single-chain metal–organic nanoparticle catalyst for alkyne–azide reactions in water and in cells. Journal of the American Chemical Society, 138(35): 11077-11080.

Campiglia E, Mancinelli R, Radicetti E and Baresel JP. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and sub clover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. Field Crops Research, 169: 49-57.

Chimonyo VGP, Modi AT and Mabhaudhi T. 2016. Simulating yield and water use of a sorghum–cowpea intercrop using APSIM. Agricultural Water Management, 177: 317-328.

Corassa GM, Amado TJ, Strieder ML, Schwalbert R, Pires JL, Carter PR and Ciampitti IA. 2018. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. Agronomy Journal, 110(6): 2430-2438.

Crusciol CAC, Nascente AS, Mateus GP, Pariz CM, Martins PO and Borghi E. 2014. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. European Journal of Agronomy, 58: 53-62.

Davoodian R and Hamzei J. 2019. Evaluation of advantage and yield quality in rapeseed (*Brassica napus* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping under nitrogen fertilizer. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(4): 19-36. (In Persian).

Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA. 2007. Competition indices of vetch and cereal intercrops in two ratios. Field Crop Research, 100: 249-256.

Eskandari H and Alizadeh-Amraie A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. Journal of Agroecology, 8: 227-240. (In Persian).

Ghale Noyee SG, Koocheki A, Yazdi MTNP and Jahan M. 2017. Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(3): 588-602. (In Persian).

Hasani Balyani M, Tadayon MR and Fadaei Tehrani AA. 2020. Evaluation of some growth and yield traits of *Camelina sativa* L. under the influence of biological and chemical fertilizers. Journal of Crop Production and Processing, 10(1): 39-51. (In Persian)

Homer A, Sahin M and Kucukozdemir U. 2016. Evaluation of pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for winter hardiness in central Anatolia, Turkey, using field and controlled environment. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 52(2): 55-63

Hong Y, Berentsen P, Heerink N, Shi M and van der Wer W. 2019. The future of intercropping under growing resource scarcity and declining grain prices - A model analysis based on a case study in Northwest China. Agricultural Systems, 176: 1-13.

Hosseini SM, and Hassibi P, 2013. Effects of water deficit stress on several quantitative and qualitative characteristics of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Notulae Scientia Biologicae, 3(3): 120-125.

Hosseinzadeh M, Hoseini SMB and Alizadeh H. 2021. Study of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping under weed control and non-control conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 52(3): 147-162.

Ismailian Y and Behzadamiri M. 2020. Agricultural and economic evaluation of safflower and chickpea mixed cultivation under micronutrient application conditions. Scientific Journal of Crop Ecophysiology, 15: 1-20. (In Persian).

Kahrizi D, Rostami AH and Akbarabadi A. 2015. Feasibility cultivation of Camelina (*Camelina sativa*) as medicinal-oil plant in rainfed conditions in Kermanshah-Iran's first report. Journal of Medicinal Plants and By-Products, 2: 215-217.

Khorramdel S, Siahmargue A and Mahmoodi Q. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Crop Production, 9(1): 1-24. (In Persin).

Koocheki A, Nourbakhsh F and Cheshmi M. 2016. Assessment of yield, nitrogen and phosphorus use efficiency in wheat and canola. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(3): 559-574. (In Persian)

Koocheki A, Zarghani H and Norooziyan A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research, 14 (2): 226-243. (In Persian).

Kumar D, Ardeshna RB, Patel AK and Singh N. (2017). Economic assessment and biological feasibility of summer sesamum based intercropping systems. International Journal of Agricultural Sciences, 7(7): 1332-1337.

Mahfouz H and Migawer EA. 2014. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 19(4): 84-101.

Mashhadi T, Nakhzari Moghaddam A and Sabouri H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat and chickpea under nitrogen consumption. Journal Agroecological, 7(3): 344-355. (In Persian).

Mehdipour H, Abbasi R, Abbasian A. 2019. Effect of mung bean (*Vigna radiata* L.) cover crop density on seed yield and yield components of Ssesame (*Sesame indicum* L.) and weed Control. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 29(2): 255-266. (In Persian)

Moradi P, Asghari J, Mohsen Abadi GR and Samiezadeh HA. 2015. The role of triple cultures in weed control and yield of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production.

Morales D, Potlakayala S, Soliman M, Daramola J, Weeden H, Jones A, Kovak E, Lowry E, Patel P. and Puthiyaparambil J. 2017. Effect of biochemical and physiological response to salt stress in *Camelina sativa*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 48(7): 716-729.

Moravveji S, Zamani GR, Kafi M and Alizadeh Z., 2016. Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 10(3), 445-457. (In Persian).

Nakhzari Moghaddam A, Dehghanpour Inchehbron O and Rahemi Karizaki A. 2016. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley and pea. Electronic Journal of Crop Production. 9: 1. 199-214. (In Persian).

Nasiri Mahallati M, Koocheki A, Mondani F, Amirmoradi Sh and Feizi H. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and bean (Phaseolus vulgaris L.) growth indices in strip intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1): 14-23. (In Persian).

Nasrollahzadeh Asl A and Talebi M. (2016). Evaluation of sunflower (*Heliantus annuus* L.) and corn (*Zea mays* L.) intercropping based on replacement method in Khoy region. Journal of Plant Ecophysiology, 8(27): 204-215. (In Persian).

Parsa M and Bagheri A. 2013. Pulses. Publications by Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian).

Piri I, Zendehdel B and Tavassoli A. 2016. Study of Agronomical and Ecological Parameters of Additive and Replacement Intercropping Systems of Corn (*Zea maize* L.) and Soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology, 19(3): 705-721. (In Persian).

Potzsch F, Lux G, Lewandowska S, Bellingrath-Kimurac SD and Schmidtke K. 2019. Optimizing relative seed frequency of intercropped pea and spring barley. European Journal of Agronomy, 105: 32- 40.

Rabiee M and Jilani, M. 2015. Effect of row spacing and seed rate on yield and yield component of Common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars in Guilan Province. Iranian Journal of Pulses Research, 6(1): 9-20. (In Persian).

Raseduzzaman M and Jensen ES. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. European Journal of Agronomy, 91: 25-33.

Rezaei Chianeh A and Qoli Nejad A. 2014. Study of agronomic characteristics and usefulness indices in intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.). Agroecology, 7: 381-396. (In Persian).

Rezaei Chiyaneh E, Tajbakhsh M and Fotohi Chiyaneh S. 2014. Yield and yield components off enugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. Agricultural Science and Sustainable Production, 24(4): 1-15. (In Persin).

Salari F, Khalesro S, Heidari G and Ghobari H. 2020. Comparison of quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in replacement and additive intercropping systems. Field Crop Science, 51(3): 129-138. (In Persian).

Seyedi SM and Hamzei J. 2020. Evaluation of advantageous of sunflower-grain legume intercropping. Journal of Crop Production, 13(1): 85-98. (In Persian).

Sintim HY, Zheljazkov VD, Obour AK, Garcia Y, Garcia A and Foulke TK. 2016. Evaluating agronomic responses of camelina to seeding date under rain-fed conditions. Agronomy Journal, 108(1): 349-357.

Srivastava R.P. and Vasishtha H. 2012. Saponins and lectins of Indian chickpeas (*Cicer arietinum*) and lentils (*Lens culinaris*). Indian Journal of Agricultural Biochemistry, 25: 44-47.

Tanzeelur R, Xin L, Sajad H, Shoaib A, Guopeng C, Feng Y, Lilian C, Junbo D, Weiguo L and Wenyu Y. 2017. Water use efficiency and evapotranspiration in maize-soybean relay strip intercrop systems as affected by planting geometries. PLoS ONE, 12(6).

Waraich EA, Ahmad R, Ahmad Z, Barutcular C, Erman M, Cig F, Saneoka H and OzturkF. 2020. Comparative study of growth, physiology and yield attributes of camelina (*Camelina sativa* L.) and canola (*Brassica napus* L.) under different irrigation regimes. Pakistan Journal of Botany, 52(5): 1537-1544.

Willey RM. 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. Journal of Field Crop Abstracts, 32: 1-10.

Yang, C., Fan, Zh. & Chai, Q. (2018). Agronomic and economic benefits of pea/maize intercropping systems in relation to N fertilizer and maize density. Agronomy, 8(4), 14p. DOI: 10.3390/agronomy8040052

Zafaranieh M. 2015. Effect of various combinations of safflower/chickpea intercropping on yield and yield components of safflower. Agriculture Science Developments, 4: 31-34. (In Persian).