

Soybean Yield and Yield Components, Competitive Index and advantage in Relay Intercropping with wheat

Alireza Samandar¹, Morteza Barmaki^{2*}, Adel Dabbagh Mohammadi Nasab³ , Raouf Seyed Sharifi⁴

Received: 23 July 2025

Accepted: 6 October 2025

1-PhD Student in Agrotechnology (Crop Ecology), Dept. of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Prof., Dept. of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- Prof., Dept. of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4- Prof., Dept. of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Technology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: barmakimorteza@gmail.com

Abstract

Background & Objectives: Due to the increase in world population and the need for food using traditional agricultural methods does not meet the needs of society. Relay intercropping is one of the ways to achieve sustainability in agriculture. However, studying its economic and competitive indicators is critical to optimizing production. Therefore, the aim of this study was Investigation of soybean yield and yield components, land equivalence ratio and competitive index in relay intercropping with wheat.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a factorial design within a completely randomized block design with three replications in the Bile-Savar Moghan County, during the 2019-2020 and 2021-2022 in two agricultural years. The treatments included soybean planting dates (including May 15 and June 10) as the main factor and soybean cultivars (early-ripening (Williams), medium-ripening (L17) and late-ripening (DPX) genotypes) and soybean planting density among wheat (15 and 25 plants per square meter)) as the sub-factor.

Results: The results showed that the highest number of seeds per pod, thousand-seed weight, and single plant weight were observed in 2019-2020 year at a density of 15 plants per square meter. The highest soybean yield was also obtained on the delayed planting date of June 10 with a density of 25 plants per square meter with an average of 932.50 kg per hectare. Based on the results, the highest harvest index (34.28%) and biological yield (3220 kg per hectare) were observed on the planting date of May 15 with 25 plants per square meter in the medium-ripening (L17) and early-ripening (Williams) cultivars, respectively. Also, the highest land equivalence ratio in the first and second agricultural years was obtained on the planting date of May 15 with 25 plants per square meter in the late-ripening (DPX) (1.204) and early-ripening (Williams) (1.100) cultivars, respectively. The highest productivity index (10920.5) of the first agricultural year was obtained in the delayed planting date of June 10 with a density of 15 plants per square meter in the medium-ripening variety (L17). The competition index and the total relative value of the first agricultural year were obtained in the planting date of May 15 with a density of 15 plants per square meter in the medium-ripening (L17) (0.401) and late-ripening (DPX) (0.972) varieties, respectively, and the highest dominance index (0.331 and 0.478) was obtained in both agricultural years with a planting date of June 10 with a density of 15 plants per square meter in the medium-ripening (L17) variety.

Conclusions: The results of the present study showed that the late-ripening (DPX) had the highest yield (716 kg/ha) in relay intercropping compared to other cultivars, and the use of relay intercropping results in better utilization of environmental resources and increased crop production compared to monoculture of the same species.

Keywords: Biological Yield, Dominance Index, Productivity Index, Relative Value, Thousand-Grain Weight



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2026 Morteza Barmaki E-mail: barmakimorteza@gmail.com

<https://doi.org/10.22034/saps.2025.63261.3386>



عملکرد و اجزای عملکرد سویا، شاخص رقابتی و مزیت نسبی در کشت مخلوط تأخیری با گندم

علیرضا سمندر^۱، مرتضی برمکی^۲، عادل دباغ محمدی نسب^۳، رئوف سیدشریفی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲
--------------------------	-------------------------

- ۱- دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی (اکولوژی گیاهان زراعی)، گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۲- استاد گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
- ۴- استاد گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و فناوری کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: با توجه به افزایش جمعیت جهان و نیاز به غذا، استفاده از روش‌های سنتی کشاورزی پاسخگوی نیازهای جامعه نیست. کشت مخلوط تأخیری یکی از راه‌های دستیابی به پایداری در کشاورزی است. هدف از این مطالعه بررسی عملکرد و اجزای عملکرد سویا، نسبت برابری زمین و شاخص رقابتی در کشت مخلوط تأخیری با گندم بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در طرح قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بيله‌سوار مغان در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل تاریخ‌های کاشت سویا (شامل ۱۵ اردیبهشت و ۱۰ خرداد ماه) به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام سویا (شامل ژنوتیپ‌های زودرس (Williams)، متوسط‌رس (L17) و دیررس (DPX)) و تراکم کاشت سویا در بین گندم (۱۵ و ۲۵ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتورهای فرعی بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه و وزن تک بوته در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع مشاهده شد. بیش‌ترین عملکرد سویا نیز در تاریخ کاشت تأخیری ۱۰ خرداد با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع با میانگین ۹۳۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. براساس نتایج، بیش‌ترین شاخص برداشت (۳۴/۲۸ درصد) و عملکرد بیولوژیکی (۳۲۲۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت با ۲۵ بوته در مترمربع به‌ترتیب در ارقام متوسط‌رس (L17) و زودرس (ویلیامز) مشاهده شد. همچنین، بیش‌ترین نسبت برابری زمین در سال اول و دوم زراعی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت با ۲۵ بوته در مترمربع به‌ترتیب در ارقام دیررس (DPX) (۱/۲۰۴) و زودرس (ویلیامز) (۱/۱۰۰) به‌دست آمد. بیش‌ترین شاخص بهره‌وری (۱۰۹۲۰/۵) سال اول زراعی در تاریخ کاشت تأخیری ۱۰ خرداد با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسط‌رس (L17) بود. شاخص رقابت و مجموع ارزش نسبی سال اول زراعی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به‌ترتیب در ارقام متوسط‌رس (L17) (۰/۴۰۱) و دیررس (DPX) (۰/۹۷۲) از بیش‌ترین مقدار برخوردار بود و بیش‌ترین شاخص غالبیت (۰/۳۳۱ و ۰/۴۷۸) نیز در هر دو سال زراعی با تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسط‌رس (L17) به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رقم دیررس (DPX) بیش‌ترین عملکرد (۷۱۶ کیلوگرم در هکتار) را در کشت مخلوط تأخیری نسبت به ارقام دیگر داشت و استفاده از کشت مخلوط تأخیری راه‌کار مناسبی برای استفاده بهتر از منابع محیطی و افزایش عملکرد در مقایسه با کشت خالص است.

واژه‌های کلیدی: ارزش نسبی، شاخص بهره‌وری، شاخص غالبیت، عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه

مقدمه

سویا (*Glycine max* L.) یک محصول دانه روغنی با ارزش اقتصادی بالا می‌باشد، که عمدتاً به‌دلیل پروتئین بالا (۴۰ درصد)، محتوای روغن (۲۰ درصد) و همچنین سایر مواد مغذی ارزشمند، کشت می‌شود. این گیاه زراعی متعلق به خانواده حبوبات می‌باشد که به‌دلیل تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، توانایی تقویت خاک را دارد، که به‌دنبال آن بهره‌وری و پایداری بافت خاک را افزایش داده و مصرف کودهای شیمیایی را برای محصولات بعدی در تناوب کاهش می‌دهد (منصوری دانشور و همکاران ۲۰۱۹). کشت این گیاه در پنج استان مختلف کشور، از جمله شمال (اردبیل، گلستان و مازندران)، غرب (لرستان) و جنوب (خوزستان) با دامنه بهره‌وری حدود ۲/۵ و ۱/۵ تن در هکتار، به‌ترتیب در شرایط آبی و دیم توزیع شده است. استان‌های گلستان، اردبیل و مازندران با تولید به‌ترتیب ۲۶۵۰۰، ۶۲۵۱ و ۲۵۲۰۰ تن در هکتار، تولیدکنندگان پیشرو سویا در ایران هستند (ستاری یوزباشکندی و خلیلیان ۲۰۲۰)، که در سال‌های اخیر عوامل مختلفی از جمله وقوع تنش‌های محیطی (زیستی و غیرزیستی)، تنوع محدود در ارقام سویا، مکانیزاسیون ناکافی برای کشت و سیاست‌های اقتصادی موجب کاهش تولید سویا در ایران شده است (مجیدیان و همکاران ۲۰۲۴). همچنین، عوامل محدودکننده‌ای نظیر نور، آب، خاک و مدیریت زراعی موجب شده است که در بسیاری از مناطق کشت گیاه، فاصله قابل توجهی بین عملکرد بالفعل گیاه زراعی و بالقوه ژنتیکی عملکرد آن ایجاد شود (رسام و سلطانی ۲۰۱۴).

امروزه کمبود مواد غذایی به‌دلایل مختلف از جمله افزایش جمعیت، تخریب محیط زیست و پایین بودن راندمان تولید در واحد سطح خود را به‌طور روز افزون نشان می‌دهد. بنابراین، بازنگری در روش‌های متداول

کشاورزی و راهکارهای مربوط به استفاده بیشتر و بهتر از زمین و افزایش تولید بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد (آزنا-سانچز و همکاران ۲۰۲۰). سیستم‌های کشاورزی پیشرفته و تک‌کشتی گرچه با بالا بردن راندمان محصول در واحد سطح توانسته‌اند تا حدی نیازهای جمعیت رو به افزایش را تامین نمایند، ولی این سیستم‌ها به صرف هزینه و انرژی فراوان نیاز دارند. از نظر بوم شناختی و زیست‌محیطی نیز تک‌کشتی یک سری مشکلات جدی به وجود آورده است. استفاده بیش از حد از منابع و از بین رفتن سریع منابع طبیعی نمونه‌هایی از مشکلات فراوانی هستند که بشر در قرن حاضر با آن‌ها مواجه است (دبارما و دبارما ۲۰۱۸). بسیاری از کشاورزان نیز تک‌کشتی را ساده‌ترین راه‌حل برای تامین نیاز دائمی رو به رشد به غذا می‌دانند. علی‌رغم تولید بالا و سهولت در تولید، به‌دلیل اثرات زیان‌بار تک‌کشتی علاقه مجددی به سیستم‌های چندکشتی ایجاد شده است که کشت مخلوط یکی از امیدوارکننده‌ترین شیوه‌های کشت در این زمینه است که می‌تواند جایگزین تک‌کشتی محصولات شود (بورک و همکاران ۲۰۲۱). کشت مخلوط، کشت دو یا چند گونه زراعی با عادات رشدی متفاوت در ردیف‌ها یا نوارهای جداگانه در یک مزرعه برای قسمتی یا کل دوره رشد آن‌ها است (هو و همکاران ۲۰۱۷). کشاورزی زیستی با استفاده از کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مولفه‌های موثر کشاورزی پایدار، ضمن افزایش تنوع بوم شناختی و اقتصادی، موجب افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش راندمان مصرف آب، کنترل فرسایش خاک، کاهش مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی و ثبات در اکوسیستم‌های زراعی شده است (لیو و همکاران ۲۰۱۸). کشت مخلوط را می‌توان نوعی کشاورزی فشرده، در زمان و مکان به حساب آورد و

زمانی موفقیت آمیز به حساب می آید که رقابت بین گونه ای برای کسب منابع از رقابت درون گونه ای کمتر باشد (لیو و همکاران ۲۰۱۸). به طور کلی کشت مخلوط از نظر اقتصادی نسبت به کشت خالص عملکرد بهتری دارد، چرا که با استفاده بهینه از کل فضای قابل دسترس، صرفه جویی در کاربرد ماشین ها و خاکورزی، استفاده از مواد مغذی و رطوبت در فضای استفاده نشده (نسبت به کشت خالص) می تواند بهره وری را در مقایسه با کشت خالص افزایش دهد (کوآرترو و همکاران ۲۰۲۲). برخی از محققین اظهار داشتند که سیستم کشت مخلوط سویا و غلات می تواند مشکل پایداری یا افزایش تولید حبوبات و غلات را در زمین های زراعی محدود برطرف کند و در عین حال اثرات منفی آن را بر محیط زیست کاهش دهد (فنگ و همکاران ۲۰۲۰). تحقیقات نشان داده است که کشت مخلوط گندم و سویا علاوه بر بهبود اجزای عملکرد، عملکرد کل و کارایی مصرف آب به پایداری اکوسیستم و حداکثر بهره وری از زمین کمک می کند (حمزه‌ئی و زارعی ۲۰۲۴). از دیگر عوامل مدیریتی مهم به منظور از بین بردن خلاء عملکرد و افزایش عملکرد دانه تعیین تاریخ کاشت مناسب می باشد (لولاتو و همکاران ۲۰۱۹). تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل مهم در مدیریت کارآمد زراعی است که با انطباق فرآیندهای فیزیولوژیک، مورفولوژیک و مراحل فنولوژیک گیاه مانند جوانه زنی و سبز شدن، رشد رویشی و رسیدگی با شرایط مطلوب آب و هوایی، نقش بسزایی در موفقیت تولید دارد (عرفانی و همکاران ۲۰۲۰). در واقع مطالعات نشان داده است که زمان کاشت به دلیل تغییر در عوامل محیطی (بارش، دما، رطوبت نسبی، رطوبت خاک و دوره نوری)، بر فاز فنولوژیک گیاه و در نهایت بر عملکرد اقتصادی گیاه تاثیر می گذارد (مندیس و همکاران ۲۰۲۰). پاسخ گیاه سویا به تاریخ کاشت نیز تابعی از شرایط محیط کشت است. مهم ترین عوامل محیطی موثر بر تعیین تاریخ کاشت طول روز یا فتوپریود، درجه حرارت و رطوبت می باشند. شناخت عوامل محدودکننده عملکرد و تجزیه و تحلیل آن در رفع خلاء عملکرد نقش به سزایی دارد (رسام و سلطانی ۲۰۱۴). تنظیم تاریخ کاشت بهینه با هدف دریافت انرژی حرارتی لازم، جهت تکمیل مراحل

تکوینی گیاه، انطباق طول دوره رشد با شرایط محیطی انجام می گیرد (نورمحمدی و همکاران ۲۰۱۴). به طوری که کاهش عملکرد دانه در تاریخ کاشت های دیر به چگونگی عکس العمل ژنوتیپ ها از نظر انعطاف پذیری برای تکمیل نمو که در آن ها اجزای عملکرد دانه تشکیل می شوند، مرتبط است. بالاترین عملکرد دانه در ارقام دیررس و متوسط ترس در تاریخ کاشت به موقع حاصل می شود و با تاخیر در کاشت، عملکرد آن ها به طور خطی کاهش می یابد (باخائو و همکاران ۲۰۱۸). به طوری که گزارش شده است، تاخیر در کاشت و مواجه شدن مراحل زایشی گیاه با دماهای بالا، به دلیل کاهش تعداد روز مورد نیاز برای رسیدن به مراحل فنولوژیک و در نتیجه عدم دریافت مقدار حرارت برای تکمیل رشد و رسیدگی گیاه، موجب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می شود (سمنانی نژاد و همکاران ۲۰۲۴). در این راستا لازم می آید همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند، سخت تر شدن شرایط طبیعی و افزایش دمای محیط در اثر تاخیر در کاشت، از طریق ایجاد محدودیت در دسترسی گیاه به منابع، موجب کاهش تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا شد.

با توجه به اهمیت گیاه سویا در تامین پروتئین مورد نیاز جوامع بشری و همچنین لزوم توجه به تاریخ و تراکم کاشت جهت حصول عملکرد بالا، آزمایش حاضر با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد سویا، نسبت برابری زمین و شاخص رقابتی در کشت مخلوط تاخیری با گندم انجام گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد سویا، نسبت برابری زمین و شاخص رقابتی در کشت مخلوط تاخیری با گندم در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان بيله سوار مغان واقع در شمال شرقی استان اردبیل با مشخصات جغرافیایی: ۴۸ درجه ۲۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۹ درجه ۲۳ دقیقه عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح دریا در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. براساس آمار بلند مدت ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی

شهرستان بيله سوار، طبق طبقه‌بندی آمبرژه، اقلیم منطقه مورد آزمایش نیمه‌خشک سرد ($Q2=39.5$ و $m=-0.3$) می‌باشد. که مطابق آمار هواشناسی منطقه، به‌طور متوسط ماه‌های تیر و مرداد با میانگین دمای معادل ۲۶/۹ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین و دی ماه نیز با میانگین ۰/۳- درجه سانتی‌گراد، سردترین ماه می‌باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مناطق مورد آزمایش

بافت	رس	سیل ت	شن	کربن آلی	نیترون	فسفر	پتاسیم	pH	هدایت ($dS.m^{-1}$)	الکتریکی
	(%)					($mg.kg^{-1}$)				
لوم سیلتی	۳۲/۸	۴۴	۲۳/۲	۱/۵۸	۰/۱۴	۱۱/۳	۳۳۵	۷/۳۳	۱/۰۷	

جدول ۲- داده‌های هواشناسی شهرستان بيله سوار در سال‌های زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ (اول) و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ (دوم)

سال زراعی	ماه‌ها	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
اول	حداقل دما ($^{\circ}C$)	۱۳/۸	۶/۴	۵/۰	۰/۶	۱/۵	۳/۷	۶/۸	۱۲/۷	۱۶/۴	۲۱/۶	۲۴/۴	۱۸/۳
دوم		۱۳/۹	۱۰/۵	۴/۱	۱/۱	۱/۵	۱/۰	۷/۵	۱۲/۸	۱۹/۳	۲۱/۹	۲۲/۱	۲۰/۵
اول	حداکثر دما ($^{\circ}C$)	۲۰/۷	۱۵/۷	۱۵/۲	۱۰/۹	۱۲/۲	۱۷/۷	۱۹/۰	۲۳/۲	۳۱/۱	۳۴/۳	۳۴/۲	۳۱/۹
دوم		۲۴/۱	۱۸/۳	۹/۱	۹/۹	۱۱/۷	۱۰/۲	۲۰/۲	۲۵/۷	۳۱/۸	۳۵/۲	۳۵/۴	۳۱/۴
اول	متوسط دما ($^{\circ}C$)	۱۷/۲	۱۱/۰	۱۰/۱	۵/۷	۶/۸	۷/۷	۱۲/۹	۱۷/۹	۲۳/۷	۲۷/۹	۲۷/۸	۲۵/۱
دوم		۱۹/۰	۱۴/۴	۶/۶	۵/۵	۶/۶	۵/۶	۱۳/۸	۱۹/۲	۲۵/۵	۲۸/۵	۲۸/۷	۲۵/۹
اول	بارندگی (mm)	۵۱/۱	۴۴/۵	۱۲/۹	۱۵/۹	۱۳/۱	۱۱/۷	۱۰/۴	۱۸/۱	۱۳/۹	۰/۶	۸/۰	۶/۸
دوم		۲۸/۰	۱۰/۱	۳۶/۵	۳۸/۱	۳۵/۱	۷۷/۰	۱۷/۵	۱۵/۲	۰/۱	۰/۳	۰/۶	۱/۶

ردیف کاشت به فاصله بین ردیف ۱۹ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر وجود داشت. در کشت مخلوط سویا فاصله روی ردیف به‌ترتیب ۳۵ سانتی‌متر (تراکم ۱۵ بوته در مترمربع) و ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۵ بوته در مترمربع) وجود داشت. ابعاد کرت‌های آزمایش ۹ مترمربع (3×3) بود. بین کرت‌ها در داخل هر بلوک و بین بلوک‌ها به‌ترتیب نیم متر و یک و نیم متر فاصله در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین از جمله آبیاری قبل از شخم، دیسک، عملیات تسطیح زمین، آماده‌سازی کرت‌ها و نمونه‌برداری از خاک انجام گرفت و سپس

تیمارهای مورد آزمایش شامل تاریخ‌های کاشت سویا (شامل ۱۵ اردیبهشت و ۱۰ خرداد ماه) به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام سویا (شامل ژنوتیپ‌های زودرس (Williams)، متوسط‌رس (L17) و دیررس (DPX)) و تراکم کاشت سویا در بین گندم (۱۵ و ۲۵ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. الگوهای مختلف کشت شامل کشت خالص سویا (تراکم ۳۵ بوته در مترمربع)، کشت خالص گندم رقم زاگرس (تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع) و کشت مخلوط دو ردیف سویا و چهار ردیف گندم بود. در کشت خالص سویا در هر کرت پنج

Yba: محصول واقعی گونه گندم در مخلوط با سویا،
Eab: محصول مورد انتظار سویا در مخلوط با گندم،
Eab: محصول مورد انتظار گندم در مخلوط با سویا
داده‌های حاصل از آزمایش پس از بررسی نرمال
بودن، با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و SPSS مورد
تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌های آماری
داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام
شد.

نتایج و بحث

تعداد نیام در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال
اجرای آزمایش، تاثیر تاریخ کاشت و تراکم کاشت و
همچنین تاثیر برهم‌کنش توام سال کاشت × تاریخ کاشت
× تراکم کاشت بر تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول
۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیش‌ترین تعداد نیام در
بوته (۵۴/۰ ± ۲۲/۶۱^a) عدد) در سال اول زراعی با تاریخ
کشت ۱۵ اردیبهشت ماه و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع و
کم‌ترین مقدار این صفت (۲۲/۰ ± ۱۴/۵۵^d) عدد) در سال
دوم زراعی با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۲۵ بوته در
مترمربع به‌دست آمد (جدول ۴). بررسی نتایج نشان داد
که افزایش تراکم بوته در تمام تاریخ‌های کاشت، موجب
کاهش تعداد نیام در بوته شد، به‌طوری‌که در هر یک
تاریخ‌های کاشت، بیش‌ترین تعداد نیام در بوته در تراکم
۱۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین تعداد این صفت در تراکم
۲۵ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۴). در واقع، با
افزایش تراکم بوته، منابع در دسترس هر بوته کاهش پیدا
کرده و این امر موجب می‌شود تا تعداد نیام در بوته
کاهش پیدا کند، به‌طوری‌که برای به‌دست آوردن عملکرد
قابل قبول و جلوگیری از کاهش تعداد نیام در بوته،
استفاده از کشت مخلوط تأخیری به‌صورت ردیفی با
گندم سودمندی دارد؛ چراکه به‌علت همزمانی کمتر
دوره‌ی رشدی سویا و گندم در کشت مخلوط تأخیری،
افزایش رقابت بین‌گونه‌ای این گیاهان کاهش یافته و از
ریزش گل‌ها و کاهش تعداد نیام در بوته جلوگیری شده
است (حسین‌زاده و همکاران ۲۰۲۱). به عبارت دیگر، در
کشت مخلوط با کاهش تراکم کاشت سویا و در نتیجه

عملیات کشت اجرا در تاریخ‌های ۱۵ اردیبهشت و ۱۰
خرداد ماه هر دو سال زراعی به‌صورت همزمان طبق
نقشه موجود در بین ردیف‌های کاشت گندم، سویا با
فاصله حدود ۳۵ سانتی‌متر انجام گرفت. در این آزمایش
گندم به‌صورت تأخیری با سویا کشت شد.

برای برآورد اجزای عملکرد در انتهای فصل رشد و
پس از رسیدگی کامل مزرعه از هر واحد آزمایشی ۱۰
بوته تقریباً یکنواخت به‌طور تصادفی برداشت و در
آزمایشگاه اجزای عملکرد گیاه از جمله تعداد نیام در بوته
و تعداد دانه اندازه‌گیری شد. همچنین مساحت یک
مترمربع از هر واحد آزمایشی برای محاسبه عملکرد
بیولوژیک و عملکرد دانه برداشت شد.

برای محاسبه نسبت برابری زمین (LER) از رابطه ۱،
مجموع ارزش نسبی (RVT) از رابطه ۲، شاخص
بهره‌وری (PI) از رابطه ۳ (بلانکو-کانکی و لال، ۲۰۰۹)،
شاخص رقابت (CI) از رابطه ۴ (ویلی و را ۱۹۸۰) و
شاخص غالبیت از رابطه ۵ (مظاهری ۱۹۹۸) استفاده شد.

$$LER = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} \right) + \left(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} \right) \quad (\text{رابطه ۱})$$

Y_{aa} و Y_{ab} : به‌ترتیب عملکرد سویا در کشت مخلوط و
کشت خالص، Y_{ba} و Y_{bb} : به‌ترتیب عملکرد گندم در کشت
مخلوط و کشت خالص

$$RVT = \frac{(aP_1 + bP_2)}{aM_1} \quad (\text{رابطه ۲})$$

P_1 و P_2 : به‌ترتیب عملکرد سویا و گندم در کشت
مخلوط، M_1 : حداکثر عملکرد در کشت خالص سویا: a و b
به‌ترتیب قیمت دانه سویا و گندم

$$PI = \left(\frac{Y_{aa}}{Y_{bb}} \right) \times Y_{ba} + Y_{ab} \quad (\text{رابطه ۳})$$

Y_{aa} و Y_{bb} : به‌ترتیب عملکرد گونه سویا و گندم در
کشت خالص، Y_{ba} و Y_{ab} : به‌ترتیب عملکرد سویا و گندم
در کشت مخلوط

$$CI = \frac{((N'A - NA) \times (N'B - NB))}{(NA \times NB)} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$N'A$ و NA : به‌ترتیب محصول گیاه سویا در کشت
خالص و مخلوط، $N'B$ و NB : به‌ترتیب محصول گیاه
گندم در کشت خالص و مخلوط

$$Aab = \left(\frac{Y_{ab}}{E_{ap}} \right) - \left(\frac{Y_{ba}}{E_{ba}} \right) \quad (\text{رابطه ۵})$$

Aab : مقدار غالبیت گونه سویا نسبت به گونه گندم،
 Yab : محصول واقعی گونه سویا در مخلوط با گونه گندم،

سایه‌اندازی کمتر گندم بر سویا، تعداد نیام در بوته افزایش یافت. به‌طوری که در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع، به‌دلیل رقابت درون بوته‌ای بر سر فتوآسمیلات‌ها، میزان ریزش گل‌ها افزایش یافته و از تعداد نیام در بوته کاسته می‌شود. همچنین، افزایش تعداد نیام در بوته سویا در الگوهای کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل تشکیل ساختار کانوپی غیریکنواخت، وجود فضای مناسب و نفوذ نور بیشتر باشد که در نتیجه موجب افزایش تعداد نیام در بوته شده است (عباسی و نامداری ۲۰۲۳). همچنین یو و همکاران (یو و همکاران ۲۰۱۶) اظهار داشتند که تحت شرایط کشت مخلوط، توسعه بیشتر شاخه‌های جانبی، تشکیل سریع‌تر پوشش گیاهی و بسته شدن کانوپی و بهره‌گیری بیشتر در جذب نور، موجب افزایش تعداد نیام‌ها در بوته سویا می‌شود (یو و همکاران ۲۰۱۶). همچنین، تاخیر در کاشت، ضمن کوتاه‌تر کردن طول دوره رشد رویشی موجب گل‌انگیزی زودتر از موعد گیاه

می‌شود که به نوبه‌ی خود کاهش تعداد شاخه و تعداد نیام در بوته را در پی خواهد داشت (سلیمانی و ناصری ۲۰۲۰). گزارش شده است، کاهش منابع در دسترس هر بوته، به‌دلیل سخت‌تر شدن شرایط طبیعی و افزایش دمای محیط در اثر تاخیر در کاشت، موجب کاهش تعداد نیام در بوته می‌شود (الازمنی و همکاران ۲۰۲۳). سایر محققین نیز اظهار داشتند که با تاخیر در کاشت در نتیجه طولانی شدن دوره رشد و در معرض قرار گرفتن مراحل رشد گیاه در برابر تنش خشکی و درجه حرارت بالا، پوشش سبز و دوام سطح برگ کاهش می‌یابد که تاثیر نامطلوبی بر توانایی تولید مواد می‌گذارد، که تحت چنین شرایطی با وجود مواد فتوسنتزی کمتر، رقابت در داخل گیاه بیشتر می‌شود که منجر به کاهش فتوسنتز می‌شود. در نتیجه گل‌های کمتری در هر بوته تولید می‌شود که موجب ریزش بیشتر گل و در نهایت نیام کمتر در بوته می‌شود (وگار و همکاران ۲۰۰۹).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تیمارهای مختلف در کشت مخلوط

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن هزار دانه	وزن تک بوته	عملکرد	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
سال	۱	۱۰۰/۸۲ **	۱۷۵۴/۲۹ **	۴۲۱۶/۶۸ **	۲۶/۰۴ **	۱۶۶۴۴۰/۱۲ **	۱۷۸۹۲۰/۱/۳۹ **	۱۹۸۶/۶۰ **
سال (بلوک)	۴	۱/۹۰ ns	۱/۰۸ ns	۵/۴۷ ns	۵/۵۶ **	۴۸۷/۲۷ ns	۴۴۰۴۵۴/۹۷ **	۲۹/۸۲ **
تاریخ کاشت	۱	۳۳۷/۱۳ **	۲۲/۰۰ **	۱۵/۱۲ ns	۶/۳۰ **	۲۴۶۱/۶۸ ns	۱۲۸۱۸۶/۷۲ ns	۱۳۷/۷۸ **
تراکم کاشت	۱	۵/۴۴ *	۱۶۴/۴۰ **	۱۴۱/۶۸ **	۶/۷۸ **	۱۲۸۲۴۰/۱/۱۲ **	۲۲۹۵۰۳۱۲/۵۰ **	۱۰۲/۲۴ **
رقم کاشت	۲	۰/۲۴ ns	۳۵/۹۲ **	۲۹/۰۱ ns	۱/۲۹ ns	۱۲۶۰۴/۵۹ **	۸۷۳۱۳/۰۱ ns	۵۵/۲۷ **
تاریخ کاشت × تراکم کاشت	۱	۱۲/۵۰ **	۰/۴۶ ns	۰/۱۲ ns	۲/۶۸ ns	۱۲۶۱۴/۰۱ **	۲۱۹۸۰/۰۶ ns	۰/۲۲ ns
تاریخ کاشت × رقم کاشت	۲	۰/۰۶ ns	۲/۸۲ ns	۱۴/۵۴ ns	۰/۷۷ ns	۱۱۶۶/۳۴ ns	۱۸۰۸۷/۹۳ ns	۸/۶۶ *
تراکم کاشت × رقم کاشت	۲	۱/۵۴ ns	۶/۴۳ ns	۹/۱۸ ns	۱/۱۶ ns	۳۲۴۲/۷۹ ns	۲۹۸۱۰/۳۸ ns	۱۶/۱۸ **
تاریخ کاشت × تراکم کاشت × رقم کاشت	۲	۰/۰۱ ns	۱/۳۴ ns	۲۷/۸۷ ns	۸/۸۱ **	۱۷۹۴/۵۹ ns	۲۶۲۵۸۶/۵۱ *	۱۹/۴۹ **
سال × تاریخ کاشت	۱	۱۳/۰۰ **	۰/۱۰ ns	۲۵/۶۸ ns	۵/۹۵ **	۳۷۸/۱۲ ns	۱۵۰۷۰۰/۵۰ ns	۰/۰۰ ns
سال × تراکم کاشت	۱	۱/۲۲ ns	۴/۴۰ **	۴۰۶/۱۲ **	۲/۹۲ *	۹۵/۶۸ ns	۸۵۸۰/۵۰ ns	۱۴/۰۴ *
سال × رقم کاشت	۲	۰/۱۲ ns	۱۲/۶۶ *	۵۴/۲۶ *	۰/۰۵ ns	۸۸/۲۹ ns	۳۶۵۲۴/۱۸ ns	۰/۷۷ ns
سال × تاریخ کاشت × تراکم کاشت	۱	۱۱/۸۴ **	۸/۲۶ ns	۵/۰۱ ns	۰/۷۴ ns	۳۹۶/۶۸ ns	۳۶۱۸۰/۵۰ ns	۸/۲۶ ns
سال × تاریخ کاشت × رقم کاشت	۲	۰/۴۱ ns	۰/۷۰ ns	۴/۱۸ ns	۰/۳۰ ns	۸۷۵/۰۴ ns	۳۳۸۷۳/۰۴ ns	۰/۷۰ ns
سال × تراکم کاشت × رقم کاشت	۲	۰/۱۹ ns	۰/۲۶ ns	۱۴/۰۴ ns	۰/۶۴ ns	۲۳۶۵/۴۳ ns	۱۷۴۱۵/۵۴ ns	۰/۲۶ ns
سال × تاریخ کاشت × تراکم کاشت × رقم کاشت	۲	۰/۲۴ ns	۳/۱۰ ns	۴/۰۱ ns	۰/۴۴ ns	۳۵۰/۶۸ ns	۱۰۴۳۱/۲۹ ns	۳/۱۰ ns
خطا	۴۴	۰/۹۰	۲/۵۲	۱۲/۳۵	۰/۷۰	۱۲۹۳/۸۶	۶۰۷۵۶/۱۵	۲/۵۲
ضریب تغییرات (CV%)	-	۵/۰۷	۴/۸۶	۲/۸۱	۶/۳۳	۴/۵۴	۹/۳۴	۴/۸۶

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

جدول ۴- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × تراکم × تاریخ کاشت در کشت مخلوط سویا با گندم ۶۰:۴۰ بر برخی صفات سویا

سال اجرایی	تراکم کاشت	تعداد دانه در نیام (no.)	وزن هزار دانه (g)	وزن تک بوته (g)	شاخص برداشت (%)
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۵ بوته در متر مربع	$39/31^a \pm 0/63$	$136/16^a \pm 1/40$	$14/36^a \pm 0/26$	$37/81^a \pm 0/82$
	۲۵ بوته در متر مربع	$35/79^b \pm 0/40$	$128/61^b \pm 0/67$	$13/34^b \pm 0/17$	$34/55^b \pm 0/48$
۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۵ بوته در متر مربع	$28/94^c \pm 0/38$	$116/11^c \pm 0/52$	$12/75^{bc} \pm 0/31$	$26/42^c \pm 0/80$
	۲۵ بوته در متر مربع	$26/41^d \pm 0/42$	$118/05^c \pm 0/57$	$12/54^c \pm 0/33$	$24/92^c \pm 0/57$
LSD ($P < 0.05$)		۱/۳۳	۲/۴۵	۰/۷۹	۱/۹۵

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

تعداد دانه در نیام

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش، اثر تاریخ کاشت و برهم‌کنش توام سال کاشت × تراکم کاشت و سال کاشت × ارقام سویا بر تعداد دانه در نیام معنی‌دار بود (جدول ۳). تاثیر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در نیام نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در نیام ($33/16^a \pm 0/93$ عدد) در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت ماه بود (جدول ۴). همچنین، مقایسه میانگین تاثیر برهم‌کنش سال کاشت × تراکم کاشت نشان داد، بیش‌ترین تعداد دانه در نیام ($39/31^a \pm 0/63$ عدد) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت ماه و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال کاشت × ارقام سویا نیز بیش‌ترین تعداد دانه در نیام ($39/80^a \pm 0/78$ عدد) در سال اول زراعی در رقم دیررس (DPX) و کم‌ترین تعداد این صفت ($27/29^c \pm 0/44$ عدد) در سال دوم زراعی در رقم متوسط‌رس (L17) مشاهده شد (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد دلیل بیش‌تر بودن تعداد دانه در نیام در کشت مخلوط احتمالا می‌تواند به خاطر رقابت کمتر درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای با یکدیگر و همچنین با بوته‌های گندم است، در نهایت از منابع و عناصر غذایی به نحو مطلوب‌تری استفاده کرده و این امر موجب افزایش

تعداد دانه در نیام شده است. علاوه بر این، تثبیت زیستی نیتروژن در گونه‌های بقولات از جمله سویا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش می‌یابد، علت آن می‌تواند به خاطر تحریک تثبیت زیستی نیتروژن به‌وسیله بقولات از طریق کاهش بیشتر محتوای نیتروژن خاک باشد. در نتیجه، هر اندازه دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر باشد، محتوای کلروفیل برگ‌ها افزایش یافته که افزایش فتوسنتز و در نهایت تعداد دانه را به‌دنبال خواهد داشت (رضایی چیاپانه و همکاران ۲۰۱۵). با افزایش تراکم، تعداد دانه در نیام کاهش پیدا کرد (جدول ۶). چون با افزایش تراکم منابع کمتری در اختیار هر دانه قرار می‌گیرد، و این باعث کاهش تعداد دانه در نیام می‌شود. گزارش شده است، کاشت زود هنگام و همچنین بهبود تراکم کاشت، از طریق طولانی کردن دوره رویشی و ایجاد فضای کافی برای رشد موجب تخصیص بیشتر مواد غذایی و نور و در نهایت بهبود تعداد در نیام گیاه می‌شود (ربیعی و جیلانی ۲۰۱۴). سالاری و بحرانی (۲۰۲۲) نیز اظهار داشتند که تاریخ کاشت نامطلوب به‌دلیل وجود گرمای تابستان و شرایط نامساعد محیطی برای تشکیل دانه، موجب کاهش تعداد دانه در نیام سویا شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در نیام سویا برای تاریخ

کاشت در کشت مخلوط

تاریخ کاشت سویا	تعداد دانه در نیام سویا (no.)
۱۵ اردیبهشت	$33/16^a \pm 0/93$
۱۰ خرداد	$32/18/06^b \pm 0/91$
LSD ($P < 0.05$)	۰/۷۵

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × تراکم کاشت در کشت مخلوط سویا- گندم ۶۰:۴۰ برای تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، وزن تک بوته و شاخص برداشت سویا

سال اجرایی	تراکم کاشت سویا	تعداد دانه در نیام سویا (no.)	وزن هزار دانه سویا (g)	وزن تک بوته سویا (g)	شاخص برداشت (%)
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۵	$39/31^a \pm 0/63$	$136/16^a \pm 1/40$	$14/36^a \pm 0/26$	$37/81^a \pm 0/82$
	۲۵	$35/79^b \pm 0/40$	$128/61^b \pm 0/67$	$13/34^b \pm 0/17$	$34/55^b \pm 0/48$
۱۴۰۰-۱۴۰۱		$28/94^c \pm 0/38$	$116/11^c \pm 0/52$	$12/75^{bc} \pm 0/31$	$26/42^c \pm 0/80$
	۲۵	$26/41^d \pm 0/42$	$118/05^c \pm 0/57$	$12/54^c \pm 0/33$	$24/92^c \pm 0/57$
LSD ($P < 0.05$)	-	۱/۳۳	۲/۴۵	۰/۷۹	۱/۹۵

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × ارقام سویا در کشت مخلوط سویا- گندم ۶۰:۴۰ برای تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه سویا

سال اجرایی	ارقام سویا	تعداد دانه در نیام (no.)	وزن هزار دانه (g)
۱۳۹۹-۱۴۰۰	زودرس (ویلیامز)	$36/51^b \pm 0/61$	$132/75^{ab} \pm 1/68$
	متوسط‌رس (L17)	$36/34^b \pm 0/67$	$134/50^a \pm 1/75$
	دیررس (DPX)	$39/80^a \pm 0/78$	$129/91^b \pm 1/61$
۱۴۰۰-۱۴۰۱	زودرس (ویلیامز)	$27/50^c \pm 0/65$	$115/66^c \pm 0/96$
	متوسط‌رس (L17)	$27/29^c \pm 0/44$	$117/50^c \pm 0/37$
	دیررس (DPX)	$28/25^c \pm 0/72$	$118/08^c \pm 0/55$
LSD ($P < 0.05$)		۱/۸۶	۳/۶۲

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش، تاثیر برهم‌کنش سال کاشت × تراکم کاشت و سال کاشت × ارقام سویا بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کاشت × تراکم کاشت در کشت مخلوط سویا و گندم نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه سویا ($136/16^a \pm 1/40$ گرم) در سال اول زراعی با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع و کم‌ترین مقدار این صفت ($116/11^c \pm 0/52$ گرم) در سال دوم زراعی با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۶). همچنین، براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل سال کاشت × ارقام سویا نشان داد که بیش‌ترین وزن هزار دانه سویا ($134/50^a \pm 1/75$ گرم) در سال اول زراعی در رقم متوسط‌رس (L17) و کم‌ترین مقدار این صفت ($115/66^c \pm 0/96$ گرم) در سال دوم زراعی در رقم زودرس (ویلیامز) به‌دست آمد (جدول

۷). به‌نظر می‌رسد، نوع رقم سویا کشت شده در کشت مخلوط موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شده است (جدول ۷). وزن هزار دانه یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر عملکرد دانه می‌باشد، که مقدار آن توسط مواد فتوسنتزی قابل دسترس طی مرحله پرشدن دانه و تعداد دانه‌های رقابت‌کننده تعیین می‌شود (آنجلینی و همکاران ۲۰۲۰). لذا با توجه به اینکه وزن هزار دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در گیاهان زراعی است (احمد و همکاران ۲۰۲۱)، شناسایی عوامل موثر بر افزایش میزان این صفت جهت حصول عملکرد دانه مناسب و پایدار امری ضروری است (شیرانی راد و صفوی فرد ۲۰۲۴). در این راستا گزارش شده است، ساختار کانوپی سویا در کشت مخلوط در به دام انداختن تشعشع خورشیدی مفید بوده که این امر به‌دلیل افزایش جذب نور، وزن هزار دانه سویا را افزایش داده است (عباسی و نامداری ۲۰۲۳). کلانتری خاندانی و همکاران (۲۰۱۸) در آزمایش

کشت مخلوط ذرت و سویا اعلام کردند که وزن هزار دانه سویا در هر دو سال کشت با افزایش نسب سویا در الگوهای کشت مخلوط روند افزایشی داشت و این به دلیل دسترس راحت به منابع محیطی است، زیرا با کاهش تراکم بوته سویا، سایه اندازی کمتر شده در نتیجه سرعت پرشدن دانه ها افزایش می یابد. همچنین، براساس مطالعه انجام شده تاخیر در کشت گیاه نیز موجب کاهش تعداد دانه و وزن صد دانه می شود که علت آن احتمالا درجه حرارت بالا اواخر فصل رشد و کاهش طول دوره رشد است که به دنبال آن میزان فتوسنتز گیاه کاهش می یابد و منجر به تولید دانه های کوچک با وزن کم می شود (مندنی و جلیلیان ۲۰۱۹). الازمنی و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که کاهش منابع در دسترس هر بوته با افزایش تراکم و همچنین سخت تر شدن شرایط طبیعی و افزایش دمای محیط در اثر تاخیر در کاشت، موجب کاهش وزن هزار دانه سویا می شود.

وزن تک بوته و عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر برهم کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت × رقم کاشت، سال کاشت × تاریخ کاشت و سال کاشت × تراکم کاشت بر وزن تک بوته معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهم کنش تاثیر سال کاشت × تراکم کاشت بر وزن تک بوته نشان داد که بیشترین وزن تک بوته ($0.26 \pm 0.14/36^a$ گرم) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به دست آمد (جدول ۵). همچنین، براساس نتایج تاثیر برهم کنش سال کاشت × تاریخ کاشت، بیشترین وزن تک بوته ($0.23 \pm 0.13/86^a$ گرم) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۰ خرداد بود (جدول ۸). علاوه بر این، مقایسه میانگین تاثیر برهم کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت × ارقام سویا نیز نشان داد که بیشترین وزن تک بوته ($0.44 \pm 0.14/76^a$ گرم) در تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم زودرس (ویلیامز) و کمترین مقدار این صفت ($0.52 \pm$

$0.12/12^d$ گرم) در تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) مشاهده شد (جدول ۹).

براساس نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش، اثر سال کاشت و برهم کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت × رقم کاشت بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تاثیر برهم کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت × ارقام سویا نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (220.97 ± 3324.2^a کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) و کمترین مقدار این صفت (65.37 ± 1883.5^c کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) به دست آمد (جدول ۹). با توجه به کاهش تراکم بوته سویا در واحد سطح طبیعی است که از میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا در واحد سطح کاسته شود. در واقع، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید می شود. همچنین، تاثیر سال در کشت مخلوط سویا و گندم نیز نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک سویا (2794.78 ± 103.90 کیلوگرم در هکتار) در سال اول زراعی مشاهده شد (جدول ۱۰). به نظر می رسد در کشت مخلوط سویا و گندم، فضای مناسبی در اختیار هر دو گونه قرار گرفته و گونه های مورد مطالعه توانسته اند تشعشعات فعال فتوسنتزی بیشتری را جذب کرده که این امر موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و تولید بیشتر فتوآسیمیلات ها و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک شده است (حمزهئی و زارعی ۲۰۲۴). همچنین الازمنی و همکاران (۲۰۲۳) اظهار داشتند که افزایش تراکم کاشت و کشت زود هنگام موجب می شود تا علاوه بر افزایش تعداد بوته در واحد سطح، شرایط محیطی مساعد برای رشد گیاه سویا فراهم شود که تحت چنین شرایطی، عملکرد بیولوژیک سویا افزایش می یابد.

جدول ۸- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سال × تاریخ کاشت سویا در کشت مخلوط سویا و گندم ۶۰:۴۰ برای وزن تک بوته سویا

سال اجرایی	تاریخ کاشت سویا	وزن تک بوته سویا (g)
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۵ اردیبهشت	$13/84^a \pm 0/27$
	۱۰ خرداد	$13/86^a \pm 0/23$
۱۴۰۰-۱۴۰۱	۱۵ اردیبهشت	$12/06^b \pm 0/30$
	۱۰ خرداد	$13/23^a \pm 0/28$
LSD ($P < 0.05$)		۰/۷۷

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۹- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تاریخ × تراکم × رقم کاشت در کشت مخلوط سویا گندم ۶۰:۴۰ برای وزن تک بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گیاه سویا

تاریخ کاشت	تراکم کاشت	رقم کاشت	وزن تک بوته (g)	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	
۱۵ اردیبهشت	۱۵بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	b-d ± ۰/۷۰ ۱۳/۲۱	۱۹۹۶/۷ ^{bc} ± ۱۰۲/۵۸	۳۱/۸۵ ^{ab} ± ۲/۵۷	
		متوسطرس (L17)	a-d ± ۰/۸۴ ۱۳/۴۰	۲۰۴۲/۸ ^{bc} ± ۱۶۳/۰۵	۳۴/۲۸ ^a ± ۳/۳۵	
		دیررس (DPX)	ab ± ۰/۴۹ ۱۳/۷۵	۲۱۰۴/۰ ^{bc} ± ۹۰/۳۴	۳۴/۲۱ ^a ± ۲/۶۱	
	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	b-d ± ۰/۵۴ ۱۳/۰۳	۳۲۲۰/۰ ^a ± ۱۱۵/۹۷	۲۹/۷۸ ^{ab} ± ۲/۱۹	
		متوسطرس (L17)	cd ± ۰/۴۲ ۱۲/۳۱	۳۲۰۰/۷ ^a ± ۱۸۴/۹۳	۳۱/۰۳ ^{ab} ± ۲/۱۰	
		دیررس (DPX)	d ± ۰/۵۲ ۱۲/۰۱	۳۰۰۵/۵۷ ^a ± ۱۳۰/۰۲	۳۲/۷۱ ^{ab} ± ۲/۲۲	
	۱۰ خرداد	۱۵بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	a ± ۰/۴۴ ۱۴/۷۶	۲۳۰۳/۳ ^b ± ۱۰۲/۷۸	۲۷/۸۵ ^{ab} ± ۲/۶۸
			متوسطرس (L17)	a-c ± ۰/۳۷ ۱۳/۷۱	۲۱۰۵/۰ ^{bc} ± ۷۱/۴۵	۳۰/۰۶ ^{ab} ± ۲/۲۶
			دیررس (DPX)	b-d ± ۰/۴۴ ۱۲/۵۰	۱۸۸۳/۵ ^c ± ۶۵/۳۷	۳۴/۴۶ ^a ± ۲/۷۹
۲۵بوته در متر مربع		زودرس (ویلیامز)	b-d ± ۰/۳۱ ۱۲/۷۳	۳۱۸۲/۵ ^a ± ۷۶/۰۳	۲۸/۹۱ ^{ab} ± ۲/۲۶	
		متوسطرس (L17)	ab ± ۰/۴۱ ۱۳/۸۶	۳۳۲۴/۲ ^a ± ۲۲۰/۹۷	۲۷/۰۵ ^b ± ۲/۳۰	
		دیررس (DPX)	a-c ± ۰/۲۲ ۱۳/۷۰	۳۳۷۷/۵ ^a ± ۱۹۰/۱۴	۲۸/۹۳ ^{ab} ± ۲/۲۵	
LSD (P < 0.05)		-	۱/۴۲	۲۸۳/۵	۷/۰۵	

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

عملکرد دانه

براساس نتایج، در هر دو سال اجرای آزمایش، اثر سال کاشت، ارقام سویا و تاثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت بر عملکرد سویا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تأثیر سال کاشت در کشت مخلوط سویا و گندم نشان داد که بیش‌ترین عملکرد سویا (۷۸۵/۸۱ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی دوم مشاهده شد (جدول ۱۰). در رابطه با ارقام سویا نیز، بیش‌ترین عملکرد سویا (۸۱۶/۲۱)

کیلوگرم در هکتار) در رقم دیررس (DPX) و کم‌ترین مقدار این صفت (۷۷۰/۸۳ کیلوگرم در هکتار) در رقم زودرس (ویلیامز) به‌دست آمد (جدول ۱۱). علاوه بر این، مقایسه میانگین تاثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت هم نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه سویا (۹۳۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت ۱۰ خرداد با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بود (جدول ۱۲). اگرچه اجزای عملکرد دانه با افزایش تراکم در بوته کاهش پیدا می‌کند، اما به‌علت افزایش تعداد بوته در واحد سطح در

نتیجه عملکرد در واحد سطح افزایش پیدا کرده است. در واقع، کشت مخلوط در مراحل اولیه رشد نور در سطح برگ بیشتری توزیع شده و با افزایش فتوسنتز و تولید فتوآسیمیلاتها و انتقال به اندامهای زایشی نظیر نیام و دانه موجب افزایش عملکرد می‌شود (حمزه‌ئی و زارعی ۲۰۲۴). در حالت کلی، برخی از مطالعات مرتبط با کشت مخلوط بقولات و غلات، افزایش کارایی استفاده از منابع نسبت به شرایط تک کشتی را نشان می‌دهد (مونت و همکاران ۲۰۱۶). در کشت مخلوط تأخیری به علت عدم رقابت شدید بین گونه‌های مخلوط، عملکرد و اجزای عملکرد زیاد تأثیر قرار نمی‌گیرند. بنابراین، مزیت کشت تأخیری در زمینه‌ی کاهش رقابت بین گیاهان است، زیرا بیشتر تقاضای موجود برای جذب منابع در زمان‌های

مختلفی اتفاق می‌افتد (محاویه‌اسعدی و همکاران ۲۰۱۸). نه‌بندانی و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند، تأخیر در کاشت موجب می‌شود گیاهان در دوره رشد رویشی و به‌خصوص در دوره زایشی با درجه حرارت بالا مواجه شده و همچنین به‌دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشدی گیاه و کاهش وزن خشک گیاه، دوره پرشدن دانه به حد کافی نبوده و در نتیجه موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. همچنین گزارش شده است، با سخت‌تر شدن شرایط طبیعی و افزایش دمای محیط در اثر تأخیر در کاشت، تعداد دانه در بوته و وزن دانه کاهش می‌یابد که دلیل این امر کاهش منابع در دسترس هر بوته می‌باشد، که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه سویا می‌شود (الازمنی و همکاران ۲۰۲۳).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد سویا و عملکرد بیولوژیک در کشت مخلوط سویا و گندم ۶۰:۴۰ برای دو سال آزمایش

سال اجرا	عملکرد سویا (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹)
سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰	۷۹۷/۵۰ ^a	۲۷۹۴/۷۸ ^a ± ۱۰۳/۹۰
سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱	۷۸۵/۸۱ ^a	۲۴۷۹/۵۰ ^b ± ۱۰۹/۵۴
LSD (P<0.05)	۱۷/۸	۱۱۷/۰۹

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین ارقام مختلف سویا در کشت مخلوط سویا و گندم ۶۰:۴۰ برای عملکرد سویا

ارقام سویا	عملکرد سویا در کشت مخلوط (kg.ha ⁻¹)
زودرس (ویلیامز)	۷۷۰/۸۳ ^b
متوسط‌رس (L17)	۷۸۷/۹۲ ^b
دیررس (DPX)	۸۱۶/۲۱ ^a
LSD (P<0.05)	۲۰/۹۲

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

شاخص برداشت

در رابطه با صفت شاخص برداشت نیز تأثیر برهم‌کنش تاریخ کاشت × تراکم کاشت × ارقام سویا و همچنین، سال کاشت × تراکم کاشت بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس جدول مقایسه

میانگین‌های برهم‌کنش سال کاشت × تراکم کاشت در کشت مخلوط سویا و گندم، بیش‌ترین شاخص برداشت سویا (۰/۸۲ ± ۳۷/۸۱^a درصد) در سال اول زراعی با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۶). همچنین، مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × تراکم

رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی رقابت درون بوته‌ای وجود دارد، با افزایش تراکم بوته و رقابت بین گیاهان، این رقابت داخلی نیز تشدید می‌شود و از این جهت که مخازن زایشی دیرتر از مخازن رویشی به وجود می‌آیند، معمولاً اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخازن زایشی (عملکرد اقتصادی) اثر گذاشته (قلی‌نژاد و همکاران ۲۰۰۹) و موجب کاهش شاخص برداشت می‌شود (جدول ۹) (فرهمندراد و همکاران ۲۰۱۹). همچنین، این محققین بیان کردند که در تراکم‌های پایین، سایه‌اندازی کم‌تر بوته‌های مجاور و کاهش تنفس نگهداری و در نتیجه انتقال فعال مواد فتوسنتزی به دانه را می‌توان از دلایل دیگر برتری شاخص برداشت دانست (فرهمندراد و همکاران ۲۰۱۹).

کاشت $\times$ ارقام سویا نشان داد که در سال اول زراعی، تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) از بیش‌ترین شاخص برداشت ($2/79 \pm 34/46^a$ درصد) و تاریخ کشت ۱۰ خرداد با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم متوسط‌رس (L17) از کم‌ترین مقدار این صفت ($2/30 \pm 27/05^b$ درصد) برخوردار بود (جدول ۹). به نظر می‌رسد در تاریخ کاشت اول به دلیل ریزش شدید برگ‌ها در مرحله رسیدگی و تاثیر عوامل محیطی به خصوص دما بر زمان و شدت بروز این پدیده (سرعت ریزش برگ‌ها) با افت بیشتر عملکرد دانه، موجب کاهش شاخص برداشت گردید (کلانتر احمدی و همکاران ۲۰۱۲). از طرف دیگر، با توجه به این که بین اندام‌های

جدول ۱۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تاریخ و تراکم کاشت در کشت مخلوط سویا گندم ۶۰:۴۰ برای عملکرد سویا

تاریخ کاشت سویا	تراکم کاشت سویا (بوته در متر مربع)	عملکرد سویا در کشت مخلوط (kg.ha ⁻¹)
۱۵ اردیبهشت	۱۵	۶۶۷/۳۷ ^b
	۲۵	۹۱۷/۷۳ ^a
۱۰ خرداد	۱۵	۶۳۹/۱۱ ^c
	۲۵	۹۳۲/۵۰ ^a
LSD ($P < 0.05$)	-	۲۷/۴۷

میانگین‌های هر ستون با حروف مشابه فاقد تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

مجموع نسبت برابری زمین بالاتر نشان‌دهنده رقابت بین گونه‌ای کمتر در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (یانگ و همکاران ۲۰۱۴). بررسی شاخص نسبت برابری زمین در این تحقیق نشان داد نسبت برابری زمین در هر دو سال زراعی بیشتر از یک بود (جدول ۱۳ و ۱۴)، که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی سویا دارد. نتایج نشان داد با افزایش بوته‌های سویا در کشت مخلوط نسبت برابری زمین افزایش یافت و بالاترین نسبت مربوط به رقم دیررس (DPX) در مقایسه با ارقام متوسط‌رس (L17) و زودرس (Williams) بود، که نشان‌دهنده نسبت برابری زمین بالاتر رقم دیررس (DPX) نسبت به ارقام متوسط‌رس (L17) و زودرس (Williams) است. علت این امر می‌تواند به اختلافات

نسبت برابری زمین (LER)

بیش‌ترین نسبت برابری زمین ($1/204^a \pm 0/016$) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) به دست آمد (جدول ۱۳). همچنین، در سال دوم زراعی نیز بیش‌ترین نسبت برابری زمین ($1/100^a \pm 0/021$) با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم زودرس (Williams) بود (جدول ۱۴). نسبت برابری زمین معیاری برای سنجش کارایی استفاده از زمین در کشت مخلوط است که سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص برای استفاده از منابع محیطی را نشان می‌دهد. زمانی که نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک باشد، کشت مخلوط به سود رشد و عملکرد گونه است. از طرف دیگر،

مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین گونه‌ها، تثبیت نیتروژن در خاک توسط سویا، استفاده بهتر از منابع محیطی، افزایش کارایی مصرف نور، کاهش رقابتی بین دو گونه نسبت داد (رضایی چپانه و همکاران ۲۰۱۱؛ هاگاردنیلسن و همکاران ۲۰۰۱). حمزه‌ئی و زارعی (۲۰۲۴) نیز کشت مخلوط ذرت و سویا را از نظر کارایی

استفاده از زمین بسیار کارآمد دانستند و حداکثر شاخص نسبت برابری زمین را ۱/۵۶ گزارش کردند. همچنین، نسبت برابری زمین جزئی برای دو گیاه سویا و گندم نشان داد که افزایش کارایی مخلوط مربوط به گیاه گندم بوده است (جدول ۱۵).

جدول ۱۳- مقادیر LER، شاخص بهره‌وری، شاخص برداشت، شاخص غالبیت و شاخص ارزش نسبی در تیمارهای مختلف آزمایشی در سال اول

تاریخ کاشت	تراکم کاشت	رقم کاشت	نسبت برابری زمین	شاخص بهره‌وری	شاخص رقابت	شاخص غالبیت	مجموع ارزش نسبی
۱۵ اردیبهشت	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۰۸۵ ^{cd} ± ۰/۰۱۰	۱۰۵۶۳/۸ ^{ab} ± ۴۵۹/۷۵	۰/۳۲۴ ^{ab} ± ۰/۰۱۶	۰/۳۲۹ ^a ± ۰/۰۲۰	۰/۸۹۵ ^{d-f} ± ۰/۰۱۴
		متوسطرس (L17)	۱/۰۶۶ ^d ± ۰/۰۰۶	۹۹۲۳/۲ ^{ab} ± ۸۲۰/۴۰	۰/۴۰۱ ^a ± ۰/۰۰۹	۰/۲۰۹ ^c ± ۰/۰۰۶	۰/۸۶۴ ^f ± ۰/۰۰۵
		دیررس (DPX)	۱/۱۵۵ ^{a-c} ± ۰/۰۱۳	۹۹۲۶/۹ ^{ab} ± ۳۹۸/۳۹	۰/۲۶۸ ^b ± ۰/۰۰۹	۰/۲۴۰ ^{bc} ± ۰/۰۳۱	۱/۹۷۲ ^a ± ۰/۰۱۴
	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۱۹۰ ^a ± ۰/۰۱۷	۱۰۳۰۳/۰۲ ^{ab} ± ۴۰۶/۴۹	۰/۲۷۷ ^b ± ۰/۰۰۷	۰/۰۸۴ ^{dc} ± ۰/۰۲۴	۱/۹۶۱ ^{a-c} ± ۰/۰۰۹
		متوسطرس (L17)	۱/۱۹۹ ^a ± ۰/۰۰۰۴	۱۰۵۱۸/۱ ^{ab} ± ۲۹۰/۴۶	۰/۲۶۸ ^b ± ۰/۰۰۴	۰/۱۰۴ ^d ± ۰/۰۰۷	۱/۹۶۸ ^{ab} ± ۰/۰۱۵
		دیررس (DPX)	۱/۲۰۴ ^a ± ۰/۰۱۶	۱۰۵۰۵/۸ ^{ab} ± ۲۲۶/۲۰	۰/۲۶۶ ^b ± ۰/۰۱۲	۰/۰۸۶ ^d ± ۰/۰۰۴	۰/۹۷۴ ^{d-f} ± ۰/۰۱۰
۱۰ خرداد	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۰۵۹ ^d ± ۰/۰۱۶	۱۰۴۲۵/۵ ^{ab} ± ۲۰۵/۵۹	۰/۳۵۱ ^{ab} ± ۰/۰۱۴	۰/۳۲۸ ^a ± ۰/۰۲۹	۰/۸۷۴ ^{ef} ± ۰/۰۱۵
		متوسطرس (L17)	۱/۱۰۵ ^{b-d} ± ۰/۰۰۷	۱۰۹۲۰/۵ ^a ± ۲۰۴/۳۸	۰/۳۰۸ ^b ± ۰/۰۱۴	۰/۳۳۱ ^a ± ۰/۰۰۲	۰/۹۰۵ ^{b-f} ± ۰/۰۱۱
		دیررس (DPX)	۱/۰۹۴ ^{cd} ± ۰/۰۴۰	۱۰۴۵۹/۶ ^{ab} ± ۳۵۵/۷۶	۰/۳۲۶ ^{ab} ± ۰/۰۳۴	۰/۲۹۸ ^{ab} ± ۰/۰۱۷	۰/۹۰۲ ^{c-f} ± ۰/۰۳۰
	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۱۷۷ ^{ab} ± ۰/۰۱۴	۹۷۳۴/۰۰ ^b ± ۳۲۷/۳۷	۰/۳۰۸ ^{ab} ± ۰/۰۱۴	۰/۰۱۰ ^f ± ۰/۰۱۵	۰/۹۳۴ ^{a-c} ± ۰/۰۰۲
		متوسطرس (L17)	۱/۱۷۲ ^{ab} ± ۰/۰۲۱	۱۰۳۲۹/۳ ^{ab} ± ۳۰۷/۳۶	۰/۳۱۷ ^{ab} ± ۰/۰۲۳	۰/۰۱۰ ^{ef} ± ۰/۰۱۶	۰/۹۰۶ ^{b-f} ± ۰/۰۱۴
		دیررس (DPX)	۱/۱۹۹ ^a ± ۰/۰۱۱	۱۰۵۱۴/۸ ^{ab} ± ۷۷/۳۹	۰/۲۷۶ ^b ± ۰/۰۱۱	۰/۰۶۵ ^{dc} ± ۰/۰۱۴	۰/۹۵۷ ^{a-d} ± ۰/۰۱۰
LSD (<i>P</i> < 0.05)		-	۰/۰۰۷	۱۱۱۸/۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷۵	۰/۰۰۶۴

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۱۴- مقادیر نسبت برابری زمین، شاخص بهره‌وری، شاخص برداشت، شاخص غالبیت و شاخص ارزش نسبی در تیمارهای مختلف آزمایشی در سال دوم

تاریخ کاشت	تراکم کاشت	رقم کاشت	نسبت برابری زمین	شاخص بهره‌وری	شاخص رقابت	شاخص غالبیت	مجموع ارزش نسبی
۱۵ اردیبهشت	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۰۱۵ ^d ± ۰/۰۱۰	۱۰۳۳۰/۶ ^{a-c} ± ۵۸/۰۶	۰/۳۴۵ ^{b-c} ± ۰/۰۱۲	۰/۴۵۷ ^a ± ۰/۰۰۶	۰/۸۳۸ ^{a-c} ± ۰/۰۰۸
		متوسط‌رس (L17)	۱/۰۴۰ ^{cd} ± ۰/۰۰۴	۱۰۶۳۰/۲ ^a ± ۱۹۸/۷۸	۰/۳۲۳ ^{de} ± ۰/۰۰۳	۰/۴۵۸ ^a ± ۰/۰۰۸	۰/۸۵۴ ^{ab} ± ۰/۰۰۱
		دیررس (DPX)	۱/۰۴۸ ^{b-d} ± ۰/۰۰۳	۱۰۰۰/۲ ^c ± ۱۳۹/۹۳	۰/۳۲۳ ^{c-e} ± ۰/۰۰۲	۰/۳۹۴ ^b ± ۰/۰۱۰	۱/۸۶۱ ^{ab} ± ۰/۰۰۳
	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۱۰۰ ^a ± ۰/۰۲۱	۹۲۳۹/۳ ^d ± ۱۹۴/۹۵	۰/۳۷۳ ^{a-d} ± ۰/۰۱۷	۰/۱۳۶ ^c ± ۰/۰۱۲	۰/۸۴۵ ^{a-c} ± ۰/۰۰۶
		متوسط‌رس (L17)	۱/۰۶۴ ^{a-d} ± ۰/۰۱۴	۸۷۸۷/۱ ^{ef} ± ۱۶۷/۳۲	۰/۴۲۶ ^a ± ۰/۰۱۴	۰/۱۰۲ ^d ± ۰/۰۱۱	۰/۸۱۵ ^{bc} ± ۰/۰۱۰
		دیررس (DPX)	۱/۰۶۵ ^{a-d} ± ۰/۰۳۰	۸۵۷۱/۴ ^f ± ۶/۹۷	۰/۴۲۴ ^a ± ۰/۰۳۷	۰/۰۹۵ ^{de} ± ۰/۰۱۴	۱/۸۲۹ ^{ab} ± ۰/۰۳۰
	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۰۲۲ ^d ± ۰/۰۰۸	^{bc} ± ۱۰۰/۱۰ ۱۰۱۵۵/۸	۰/۳۲۵ ^{de} ± ۰/۰۱۰	۰/۴۷۱ ^a ± ۰/۰۰۶	۰/۸۵۴ ^{ab} ± ۰/۰۰۵
		متوسط‌رس (L17)	۱/۰۳۹ ^{cd} ± ۰/۰۰۱	۱۰۴۲۲/۵ ^{ab} ± ۷۳/۲۲	۰/۳۰۸ ^e ± ۰/۰۰۷	۰/۴۷۸ ^a ± ۰/۰۱۰	۱/۸۶۵ ^a ± ۰/۰۰۶
		دیررس (DPX)	۱/۰۵۲ ^{a-d} ± ۰/۰۲۳	^{a-c} ± ۱۳۴/۴۴ ۱۰۳۹۵/۷	۰/۳۰۲ ^c ± ۰/۰۱۷	۰/۴۶۵ ^{ab} ± ۰/۰۱۴	۱/۸۷۳ ^a ± ۰/۰۱۶
۱۰ خرداد	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۱/۰۷۷ ^{a-c} ± ۰/۰۳۱	۹۲۳۰/۵ ^d ± ۱۳۸/۹۷	۰/۴۲۱ ^{ab} ± ۰/۰۴۸	۰/۱۱۲ ^{cd} ± ۰/۰۰۴	۰/۸۰۶ ^c ± ۰/۰۳۵
		متوسط‌رس (L17)	۱/۰۹۶ ^{ab} ± ۰/۰۱۸	۹۱۸۴/۹ ^{cd} ± ۱۸۷/۰۳	۰/۳۹۵ ^{a-c} ± ۰/۰۲۸	۰/۰۹۷ ^{de} ± ۰/۰۱۴	۰/۸۲۷ ^{a-c} ± ۰/۰۲۱
		دیررس (DPX)	۱/۰۸۶ ^{a-c} ± ۰/۰۰۳	۸۸۹۲/۲ ^{d-f} ± ۹۹/۲۸	۰/۴۰۸ ^{ab} ± ۰/۰۰۶	۰/۰۷۰ ^e ± ۰/۰۰۷	^{a-c} ± ۰/۰۰۳ ۰/۸۲۷
LSD (<i>P</i> < 0.05)		–	۰/۰۵۱	۴۰۰/۸۳	۰/۰۶۳	۰/۰۳۱	۰/۰۴۷

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۱۵- مقادیر نسبت برابری زمین جزئی در تیمارهای مختلف آزمایشی در سال اول و دوم

تاریخ کاشت	تراکم کاشت	رقم کاشت	نسبت برابری زمین جزئی گندم سال اول	نسبت برابری زمین جزئی سویا سال اول	نسبت برابری زمین جزئی گندم سال دوم	نسبت برابری زمین جزئی سویا سال دوم
۱۵ اردیبهشت	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۰/۶۲۴	۰/۴۶۲	۰/۶۴۷	۰/۳۶۸
		متوسط‌رس (L17)	۰/۵۶۸	۰/۴۹۸	۰/۶۵۶	۰/۳۸۴
		دیررس (DPX)	۰/۶۴۸	۰/۵۱۰	۰/۶۳۹	۰/۴۰۹
	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۰/۵۸۷	۰/۶۰۳	۰/۵۴۱	۰/۵۵۹
		متوسط‌رس (L17)	۰/۵۹۷	۰/۶۰۲	۰/۵۱۲	۰/۵۵۳
		دیررس (DPX)	۰/۵۹۵	۰/۶۰۹	۰/۵۱۸	۰/۵۴۸
	۱۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۰/۶۱۰	۰/۴۴۹	۰/۶۶۳	۰/۳۵۹
		متوسط‌رس (L17)	۰/۶۲۹	۰/۴۷۵	۰/۶۷۲	۰/۳۶۸
		دیررس (DPX)	۰/۶۱۸	۰/۴۷۶	۰/۶۷۳	۰/۳۷۹
۱۰ خرداد	۲۵ بوته در متر مربع	زودرس (ویلیامز)	۰/۵۴۲	۰/۶۳۵	۰/۵۰۹	۰/۵۶۷
		متوسط‌رس (L17)	۰/۵۳۲	۰/۶۴۱	۰/۵۱۷	۰/۵۷۹
		دیررس (DPX)	۰/۵۷۸	۰/۶۲۱	۰/۵۰۷	۰/۵۸۰

مجموع ارزش نسبی (RVT)

بیشترین مجموع ارزش نسبی ($0.14 \pm 1/972^a$) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) و کمترین مقدار این صفت ($0.57 \pm 1/864^f$) با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) به دست آمد (جدول ۱۳). همچنین، در سال دوم زراعی نیز بیشترین مجموع ارزش نسبی ($0.16 \pm 1/873^a$) با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم دیررس (DPX) و کمترین مقدار این صفت ($0.35 \pm 1/806^c$) با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم زودرس (Williams) بود (جدول ۱۴). مجموع ارزش نسبی نشان دهنده نسبت کل درآمد ناخالص کشت مخلوط به بیشترین درآمد کشت خالص است. بررسی شاخص مجموع ارزش نسبی نشان از برتری کشت مخلوط است. به نظر می رسد افزایش مجموع ارزش نسبی در این تیمارها نشان از تولید نسبتاً خوب سویا در واحد سطح است. در این تحقیق، مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط بالاتر از صفر بود که سودمندی اقتصادی کشت های مخلوط نسبت به کشت خالص سویا را نشان می دهد (دهقانیان و همکاران ۱۳۹۹). بنابراین، کشت مخلوط سویا با گندم بر افزایش پایداری و ایجاد تنوع در اکوسیستم های زراعی، در افزایش درآمد اقتصادی و راندمان استفاده از زمین های کشاورزی می تواند موثر باشد.

شاخص بهره‌وری (PI)

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص بهره‌وری ($2.4/38 \pm 1.92/5^a$) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) به دست آمد (جدول ۱۳). همچنین، در سال دوم زراعی نیز بیشترین شاخص بهره‌وری ($1.98/78 \pm 1.63/2^a$) با تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) مشاهده شد (جدول ۱۴). شاخص بهره‌وری (PI) از دیگر

شاخص های ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط می باشد که داده های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی به دست می آیند (آگنهو و همکاران ۲۰۰۶)، به طوری که گزارش شده است، بالاتر بودن شاخص بهره‌وری نشان دهنده‌ی کارایی بالای سیستم کشت مخلوط می باشد (قنبری و همکاران ۲۰۱۷).

شاخص رقابت (CI)

بر اساس نتایج در سال اول زراعی ترکیب تیماری تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) از بیشترین شاخص رقابت ($0.99 \pm 0/401^a$) برخوردار بود (جدول ۱۳). همچنین، در سال دوم زراعی نیز بیشترین شاخص رقابت ($0.14 \pm 0/426^a$) در تاریخ کشت ۱۵ اردیبهشت و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) مشاهده شد (جدول ۱۴). شاخص رقابتی ابزار مهمی جهت شناخت درجه رقابت یک گونه گیاهی با گونه دیگر است (وهلا و همکاران ۲۰۰۹). بررسی نسبت رقابتی سویا و گندم، بیانگر توانایی رقابتی بیشتر سویا نسبت به گندم می باشد. این نسبت در تیمار کشت مخلوط ۴۰ درصد سویا و ۶۰ درصد گندم بود. در این تحقیق، نسبت رقابتی رقم متوسطرس (L17) در هر دو سال زراعی کشت های مخلوط بیشتر از ارقام زودرس (Williams) و دیررس (DPX) بود (جدول ۱۳ و ۱۴). این امر حاکی از این است که می توان ارقام زودرس (Williams) و دیررس (DPX) سویا را گیاهی مناسب برای کشت مخلوط با گندم معرفی کرد. در این راستا برخی محققین با بررسی ارزیابی شاخص های رشد، محصول تولیدی و سودمندی در کشت مخلوط گندم، سویا و ذرت، اظهار داشتند که شاخص رقابت در کشت گندم و ذرت در تمام کشت های مخلوط بیشتر از نسبت رقابتی سویا بود و این امر نشان دهنده‌ی مناسب بودن گیاه سویا برای کشت مخلوط با گندم و ذرت می باشد (حمزه‌ئی و زارعی ۲۰۲۳).

شاخص غالبیت (A)

بیشترین شاخص غالبیت ($0.02 \pm 0/331^a$) در سال اول زراعی با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۱۵

بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) به دست آمد (جدول ۱۳). همچنین، در سال دوم زراعی نیز بیشترین شاخص غالبیت ($0.478^a \pm 0.10$) با تاریخ کشت ۱۰ خرداد و تراکم ۱۵ بوته در مترمربع در رقم متوسطرس (L17) مشاهده شد (جدول ۱۴). شاخص غالبیت برابر صفر نشان دهنده‌ی برابری قدرت رقابتی دو گیاه است. وقتی که شاخص غالبیت یک گونه بزرگ‌تر از صفر شود، غالب بودن آن گونه بر گونه دیگر را نشان می‌دهد (دیما و همکاران ۲۰۰۷). در واقع، شاخص غالبیت افزایش عملکرد نسبی یک گونه در کشت مخلوط نسبت به گونه دیگر را نشان می‌دهد (لیتورگیدیس و همکاران ۲۰۱۱). در این تحقیق، شاخص غالبیت برای سویا در تمام الگوهای کشت مخلوط در هر دو سال زراعی بزرگ‌تر از صفر بود (جدول ۱۳ و ۱۴)، که نشان دهنده غالب بودن گیاه سویا و قدرت رقابتی بیشتر آن است. در بررسی حمزه‌ئی و زارعی (۲۰۲۴) بر روی گیاه گندم، سویا و ذرت، نیز مقدار عددی شاخص غالبیت برای گندم و ذرت در تمام الگوهای کشت مخلوط بزرگ‌تر صفر به دست آمد، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

استفاده از کشت مخلوط تأخیری به دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده‌ی بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه سویا می‌شود. براساس نتایج این آزمایش، بیشترین تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه و وزن تک بوته در سال اول زراعی در تراکم ۱۵ بوته در مترمربع مشاهده شد. افزایش تراکم منجر به افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی سویا شد، در واقع، افزایش بوته‌های سویا در کشت مخلوط سبب افزایش تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه شده و به دنبال آن عملکرد دانه نیز افزایش یافت. بیشترین شاخص رقابت و مجموع ارزش نسبی نیز در سال اول زراعی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت با تراکم ۱۵ بوته در مترمربع به ترتیب در ارقام متوسطرس (L17) و دیررس (DPX) به دست آمد. بنابراین، به نظر می‌رسد کشت مخلوط تأخیری سویا با گندم به عنوان یک تکنیک زراعی جهت بهبود تولید و حداکثر بهره‌بری از زمین و منابع محیطی، قابل توصیه به کشاورزان است.

سیاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت‌های صمیمانه و خالصانه یکایک همکاران ارجمند در اجرای این طرح در بخش‌های مختلف مزرعه‌ای و آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اعلام دارند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، کشت مخلوط تأخیری سویا با گندم به دلیل تفاوت‌های مورفولوژیکی و نیازهای اکولوژیکی موجود در بین گونه‌ها، اثرات مکملی مثبت و همیاری را در کشت مخلوط فراهم کرد. نتایج این آزمایش درباره‌ی تأثیر کشت مخلوط تأخیری سویا و گندم نشان داد که

منابع مورد استفاده

- Abbasi R and Namdari M. 2023. Effect of soybean and sesame intercropping on grain yield and yield components under the low-nitrogen condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 54(1): 1-10. <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2021.324886.654833>
- Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202-207. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>
- Ahmad M, Waraich EA and Tanveer A. 2021. Foliar applied thiourea improved physiological traits and yield of Camelina and Canola under normal and heat stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21: 1666- 1678. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00470-8>
- Ahmadi K, Daneshban SA and Seyadat J. 2012. Evaluation of Reaction Soybean Cultivars to Differences of Planting Dates in North of Khouzestan Conditions. *Plant Productions*, 35(1): 23-41.

- Alazmani¹ A, Naeemi M, Faraji A, Rahemi Karizki A and Ahangar L. 2023. Effect of Temperature Limits and Crop Density on Quality Characteristics of Oils and Fatty Acids in Regression Relationship with Soybean Yield. *Journal of Crop Ecophysiology*, 17(1):51-66. <https://doi.org/10.30495/JCEP.2023.1928321.1796>
- Angelini LG, Abou Chehade L, Foschi L and Tavarini S. 2020. Performance and potentiality of Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz) genotypes in response to sowing date under mediterranean environment. *Agronomy*, 10(12): 1929-1937. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121929>
- Aznar-Sánchez JA, Velasco-Muñoz JF, García-Arca D and López-Felices B. 2020. Identification of opportunities for applying the circular economy to intensive agriculture in Almería (SouthEast Spain). *Agricultural Journal*, 10(10): 1499. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101499>
- Bachhao KS, Kolekar PT, Nawale SS and Kadlag AD. 2018. Response of different wheat varieties to different sowing dates. *Journal of Pharmacology and Phytochemistry*, 7(1): 2178-2180. <https://doi.org/10.3923/ja.2003.190.194>
- Blanco-Canqui H and Lal R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28: 139-163. <https://doi.org/DOI:10.1080/07352680902776507>
- Bourke PM, Evers JB, Bijma P, Van Apeldoorn DF, Smulders MJM, Kuyper TW, Mommer L and Bonnema G. 2021. Breeding beyond monoculture: Putting the “intercrop” into crops. *Frontiers in Plant Science*, 12: 2602. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.734167>
- Cuartero J, Pascual JA, Vivo JM, Özbolat O, Sánchez-Navarro V, Egea-Cortines M, Zornoza R, Mena MM, Garcia E and Ros M. 2022. A first-year melon/cowpea intercropping system improves soil nutrients and changes the soil microbial community. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 328: 107856. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107856>
- Debbarma A and Debbarma A. 2018. Perspectives on Rubber Monoculture in Tripura, North-East India. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 44(1): 27-31.
- Dehghanian H, Morteza Barmaki M, Dabbagh Mohammadi Nassab A and Seifdavati J. 2020. Forage Yield and Relay Intercropping Advantage of Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and Annual Cereals at Different Cropping Patterns. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1): 41-56. <https://doi.org/20.1001.1.24764310.1399.30.1.3.4>
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008>
- Erfani R, Sattari M, Mohaddesi A, Tavasoli F, Rahim Sourorsh H, Saeedi M, Mohammad Yousefi M, Fathi N, Abadian H and Abbasian A. 2020. Determination of the proper transplanting date based on GDD and the best plant density in promising line of rice 926 (Tisa). *Applied Agricultural Research*, 33(1): 125-137. <https://doi.org/10.22092/aj.2020.126741.1413>
- Feng LY, Raza MA, Shi J, Ansar M, Titriku JK, Meraj TA, Shah GA, Ahmed Z, Saleem A and Liu W. 2020. Delayed maize leaf senescence increases the land equivalent ratio of maize soybean relay intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 118: 126092. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126092>
- Frahmand Rad N, Moosavi SG and Saberi MH. 2019. Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and yield components of Cannabis sativa L. *Applied Research in Field Crops*, 32(1): 28-52. <https://doi.org/10.22092/aj.2019.115031.1180>
- Gholinejad E, Aenehband A, Hasanzade Ghorttappe A, Barnoosi I and Rezaei H. 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmieh climate conditions. *Journal of Plant Production*, 16(3): 1-27. <https://doi.org/20.1001.1.23222050.1388.16.3.1.0>

- Hamzei J and Zarei M. 2024. Evaluation of Growth Indices, Yield Performance and Advantages in Intercropping of wheat, Soybean and Corn. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 34(3):1-18. <https://doi.org/10.22034/saps.2023.54328.2953>
- Haugaardnielsen H, Ambus P and Jensen ES. 2001. Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea – barley intercropping. Field Crops Research, 70: 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00126-5)
- 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. <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2020.294043.654669>
- Hu F, Feng F, Zhao C, Chai Q, Yu A, Yin W and Gan Y. 2017. Integration of wheat-maize intercropping with conservation practices reduces CO2 emissions and enhances water use in dry areas. Soil and Tillage Research, 169: 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.005>
- Kalantari Khandani, S, Koocheki A and Nassiri Mahallati M. 2018. Effects of maize-soybean cultivars as replacement series in intercropping on yield and land equivalent ratio. Applied Research in Field Crops, 31(2): 21-45. <https://doi.org/10.22092/AJ.2018.121536.1286>
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy, 34(4): 287-294. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.007>
- Liu CLC, Kuchma O and Krutovsky KV. 2018. Mixed-species versus monocultures in plantation forestry: Development, benefits, ecosystem services and perspectives for the future. Global Ecology and Conservation, 15: e00419. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00419>
- Lollato RP, Ruiz Diaz DA, DeWolf E, Knapp M, Peterson DE and Allan KF. 2019. Agronomic practices for reducing wheat yield gaps: a quantitative appraisal progressive producers. Crop Science. 59(1): 333-350. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0249>
- Majidian P, Ghorbani HR and Farajpour M. 2024. Achieving agricultural sustainability through soybean production in Iran: Potential and challenges. Heliyon, 10(4): e26389. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26389>
- Mandić V, Đorđević S, Đorđević N, Bijelić Z, Krnjaja V, Petričević M and Brankov M. 2020. Genotype and sowing time effects on soybean yield and quality. Agriculture, 10(11): 502-511. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110502>
- Mansouri Daneshvar MR, Ebrahimi M and Nejadsoleymani H. 2019. An overview of climate change in Iran: facts and statistics. Environmental Systems Research, 8:1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Mazaheri D. .1998 Mixed Cropping. Publication of Tehran University. (In Persian with English Abstract).
- Mohavieh Asadi N, Bijanzadeh E and Behpoori A. 2018. Evaluation of Seed Yield and Competitive Indices in Relay Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Late Season Low Water Stress. Agroecology, 11(3): 1169-1182. <https://doi.org/10.22067/JAG.V11I3.79532>
- Mondani F and Jalilian, A. 2019. Evaluation of the Interaction between Sowing Date and Cultivar on Different Traits of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah Climate Conditions. Plant production technology, 19: 51-37. <https://doi.org/10.22084/PPT.2018.9470.1533>
- Monti M, Pellicanò A, Santonoceto C, Preiti G and Pristeri A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crops Research, 196: 379-388. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.07.017>
- Nehbandani A, Soltani A and Darvishirad P. 2015. Effect of terminal drought stress on water use, growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L). Journal of Plant Ecophysiology, 7: 17-27. <https://doi.org/20.1001.1.20085958.1394.7.23.5.1>

- Noormohammadi Q, Siadat S and Kashani A. 2014. Agriculture. Publication of Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian with English Abstract).
- Rabiee M and Jilani M. 2014. Effect of the planting date, row spacing and seed rate on grain yield and protein yield of faba bean (*Vicia faba* L.) in Rasht. Iranian Journal of Pulses Research, 5(1): 9-22. <https://doi.org/10.22067/IJPR.V139311.46052>
- Rassam GA and Soltani A. 2014. A simple model to simulate growth and yield of soybean. Journal of Plant Production Research, 21(2): 87-105. <https://doi.org/10.1001.1.23222050.1393.21.2.5.7>
- Rezaeichianeh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K and Aharizad S. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. African Journal of Agricultural Research, 7: 1786-1793.
- Rezaei-chiyaneh E, Khorramdel S and Garachali P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. Journal of Crops Improvement, 17(1): 183-196. <https://doi.org/10.22059/jci.2015.54797>
- Salari M and Bahrani A. 2022. Study the effect of different sowing dates on qualitative and quantitative traits of soybean in Khuzestan region. Bi-Quarterly Journal of Plant Production science, 12(2): 179-189. <https://doi.org/10.2. /JPPS.2023.703388>
- Satari Yuzbashkandi S and Khalilian S. 2020. On projecting climate change impacts on soybean yield in Iran: an Econometric approach. Environmental Processes, 7: 73-87. <https://doi.org/10.1007/s40710-019-00400-y>
- Semnaninejad H, Nourmohammadi G, Rameeh V and CheratiAraei A. 2024. Effect of sowing date and planting density on yield, yield components and protein percentage of spring wheat cultivars in Neka region. Crop physiology journal, 16(61):65 -84. URL: <http://cpj.ahvaz.iau.ir/article-1-1504-fa.html>
- Shirani rad AH and Safavi Fard N. 2024. Study on the Effects of Planting Date and Density and Humic Acid on Quantitative and Qualitative Traits of Camelina Oil-seed Plant. Journal of Crop Production and Processing, 14(1):1-16. URL: <http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-3174-fa.html>
- Soleymani F and Naseri R. 2020. Responses of seed yield and morphophysiological traits of mungbean (*Vigna radiate* L.) cv. Gohar to GDD and plant density in Ilam region. Journal of Crop Ecophysiology, 14(3): 433-446. 10.30495/JCEP.2020.679071
- Vaghar MS, NoorMohammadi GH and Shams K. 2009. Effect of Sowing Time on Yield and Yield Components of Dryfarming Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah Region. Agronomy and plant breeding, 5: 1-18.
- Wahla IH, Ahmad R, Ehsanullah A and Jabbar A. 2009. Competitive functions of components crop in some barley based intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology, 11(1): 69-72.
- Willey RW and Rao MR. 1980. A Competitive Ratio for Quantifying Competition between Intercrops. Experimental Agriculture, 16: 117-125. <http://dx.doi.org/10.1017/S0014479700010802>
- Yang F, Huang S, Gao R, Liu W, Yong T, Wang X, Wu X and Yang W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: Far- red ratio. Field Crops Research, 155: 245-253. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.011>
- Yu Y, Stomph TJ, Makowski D and van der Werf W. 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: a metaanalysis. Field Crops Research. 184: 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.010>