Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture Vol. 13, Issue 1, 2026 p: 3-17

OPEN ACCESS

Research Paper

Evaluation of the Microclimatic Effect of Netting on Soybean Yield and Farmers' Income (Case Study: Sari County)

Bahareh Shamgani Mashhadi[1], Saeid Shiukhy Soqanloo[2], Mohammad Mehdi Mardanshahi[3]

1- Ph.D. Candidate of Agricultural Meteorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Assistant Professor of Agricultural Meteorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,
(Corresponding author: saeid.shiukhy@gmail.com)
3- Ph.D. in Entrepreneurship, Entrepreneurship Center, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 20 August, 2025 Revised: 04 November, 2025 Accepted: 14 November, 2025

Background: Today, human societies face various challenges, such as climate change and global warming, environmental degradation, and food security concerns. One of the approaches proposed in recent decades to mitigate the adverse effects of climatic factors and enhance agricultural productivity is to use shading nets, which create favorable microclimatic conditions and consequently improve plant growth and yield. Therefore, the microclimatic effects of shading nets in soybean cultivation have the potential to increase yield per unit area, leading to higher income levels, improved livelihoods, and enhanced economic prosperity for farmers.
Methods: To evaluate the microclimatic effects of shading nets on the quantitative and qualitative performance of soybean and farmers' income, a field experiment was conducted based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the research farm of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, located at 53°00′ E and 36°33′ N. According to the extended De Martonne climatic classification, the study area has a humid temperate climate. The treatments included four shading levels: no shading (control) and nets reducing light transmission by 30%, 50%, and 80%. Surface irrigation was applied, and soil moisture was monitored using a tensiometer. Irrigation was carried out when the soil water content reached 70% (SWC = 70). The measured quantitative traits were plant height, the number of pods per plant, the number of seeds per pod, 100-seed weight, biomass, harvest index, and seed yield. Soluble protein content and seed oil percentage were analyzed for qualitative performance. Water productivity was evaluated under three conditions: irrigation water productivity (WPI), irrigation plus precipitation productivity (WPI+P), and evapotranspiration productivity (WPET). The economic performance of shading nets in soybean cultivation was assessed using the indicators NBPD, BPD, and the P/C and B/C ratios.
Results: Increasing shading intensity led to a reduction in the number of pods per plant, the number of seeds per pod, 100-seed weight, and biomass. The highest mean pod number and seed number per pod were obtained under the 30% shading treatment, while these traits decreased significantly under 50% and 80% shading. The greatest and lowest biomass values were recorded for the 30% and 80% shading treatments, with 5500 and 3800 kg ha^{-1}, respectively. A positive and direct correlation was observed between soybean biomass and grain yield, indicating that reductions in biomass led to significant decreases in grain yield. Conversely, plant height increased with shading intensity, with the tallest plants observed under 80% shading, though this treatment exhibited lower grain yield than 30% and 50% shading. The highest harvest index values were recorded under 80% and 50% shading (23.4% and 23.6%, respectively), while the lowest value was found in the control (19.3%). Grain yield under 30% shading increased by about 10% compared with the control (1066.7 kg ha^{-1}), whereas yields under 50% and 80% shading decreased by 9% and 16%, respectively. The highest soluble protein content was observed in the control and 30% shading treatments (41.8 and 41.4 µg g^{-1}, respectively), and the highest oil content (0.93%) occurred under 30% shading. In contrast, the lowest values of both protein and oil content were recorded under 80% shading (32.2 µg g^{-1} and 0.78%, respectively). Moreover, water productivity indices (WPI, WPI+P, and WPET) were highest under 30% shading, followed by the other treatments. Despite reduced irrigation water use under 50% and 80% shading, their water productivity remained lower than that of 30% shading. Economically, the highest NBPD

Copyright ©2026 Shamgani Mashhadi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

and BPD values were obtained under 30% shading (804,653 and 819,163 million IRR m^{-3}, respectively), and the P/C and B/C ratios were also superior in this treatment, while the lowest economic indices were observed in the control.
Conclusion: Different shading intensities significantly affected the quantitative and qualitative traits of soybean. Compared with the control, 30% shading resulted in a notable increase in grain yield and the highest water productivity indices. Economic analysis also confirmed the superiority of 30% shading in terms of profitability and efficiency. Therefore, using 30% shading nets in soybean cultivation can serve as a practical and strategic approach to modifying the crop microclimate, enhancing yield per unit area, increasing farmers' income, and contributing to sustainable agricultural production.

Keywords: Food security, Water productivity, Protein, biomass, Economic indices, B/C ratio

How to Cite this Article: Shamgani Mashhadi, B., Shiukhy Soqanloo, S., & Mardanshahi, M. A. (2026). Evaluation of the Microclimatic Effect of Netting on Soybean Yield and Farmers' Income (Case Study: Sari County). *J Entrepreneurial Strategies Agric,* 13(1), 3-17. DOI: 10.61882/jea.2026.457

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر خرداقلیمی پوشش‌های توری بر عملکرد سویا و درآمد کشاورزان (مطالعه موردی: شهرستان ساری)

بهاره شامگانی مشهدی[۱]، سعید شیوخی سوغانلو[۲] و محمدعلی مردانشاهی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: saeid.shiukhy@gmail.com)
۳- دکتری کارآفرینی، مرکز کارآفرینی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۳
صفحه: ۳ تا ۱۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: امروزه جوامع بشری با چالش‌های متفاوتی از جمله تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، تخریب محیط زیست و تأمین امنیت غذایی رو به رو هستند. یکی از رویکردهایی که در دهه‌های اخیر برای کاهش اثرات منفی عوامل اقلیمی و ارتقای بهره‌وری تولیدات کشاورزی مطرح شده است، استفاده از پوشش‌های توری است که با ایجاد شرایط خرداقلیمی مطلوب، باعث بهبود شرایط کشت و رشد گیاهان می‌شوند. بنا بر این، نقش اثر خرداقلیمی پوشش‌های توری در کشت سویا، پتانسیل افزایش عملکرد در واحد سطح و به تبع آن افزایش میزان درآمد، بهبود وضعیت کسب و کار و افزایش رونق اقتصادی برای کشاورزان را به‌همراه خواهد داشت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی اثر خرداقلیمی پوشش‌های توری بر عملکرد کمی و کیفی سویا و درآمد کشاورزان، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی با طول و عرض به‌ترتیب با (53° 00´ E) و (36° 33´ N) واقع شده است. شرایط آب و هوایی محل آزمایش بر اساس سیستم طبقه‌بندی اقلیمی گسترش یافته دومارتن، معتدل مرطوب است. تیمارهای آزمایش شامل (بدون پوشش توری (شاهد)، پوشش‌های توری ۳۰ درصد، ۵۰ درصد و ۸۰ درصد ممانعت از عبور نور) بودند. روش آبیاری سطحی بود و از تانسیومتر برای پایش رطوبت خاک استفاده شد. به این ترتیب، زمانی که رطوبت خاک به ۷۰ درصد می‌رسید (SWC = 70)، آبیاری انجام می‌گرفت. برای ارزیابی عملکرد کمی سویا، صفاتی از جمله؛ ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند و برای عملکرد کیفی، محتوای پروتئین محلول و میزان روغن دانه مورد سنجش قرار گرفتند. میزان بهره‌وری آب نیز در حالت‌های (بهره‌وری آب بر حسب آبیاری) WPI، (بهره‌وری آب بر حسب مجموع بارندگی و آبیاری) WPI + P و (بهره‌وری بر حسب تبخیر) WPET بررسی شد. ارزیابی اقتصادی پوشش‌های توری در کشت سویا نیز با استفاده از شاخص‌های NBPD، BPD و نسبت‌های P/C و B/C انجام گرفت.

یافته‌ها: افزایش شدت سایه‌دهی در پوشش‌های توری، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و زیست‌توده را به‌همراه داشت. بیشترین میانگین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد مشاهده شد اما با افزایش شدت سایه‌دهی در پوشش‌های ۵۰ و ۸۰ درصد، دچار کاهش قابل توجهی شد. همچنین، بیشترین و کمترین میانگین زیست‌توده در پوشش‌های توری ۳۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب برابر ۵۵۰۰ و ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بودند. ارتباط عملکرد دانه و زیست‌توده سویا نشانگر وجود رابطه‌ی مستقیم و مثبت بین زیست‌توده و عملکرد دانه بود که در نهایت، منجر به کاهش چشمگیری در عملکرد دانه گردید (وجود همبستگی مثبت میان اجزای عملکرد با عملکرد دانه). در مقابل، بیشترین میانگین ارتفاع گیاه در تیمار پوشش توری ۸۰ درصد مشاهده شد که نسبت به پوشش‌های توری ۳۰ و ۵۰ درصد، میزان عملکرد دانه کمتری را به خود اختصاص داد. همچنین، بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به تیمارهای پوشش توری ۸۰ و ۵۰ درصد به‌ترتیب با ۲۳/۴ و ۲۳/۶ درصد بود و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد با ۱۹/۳ درصد مشاهده شد (وجود همبستگی منفی ارتفاع گیاه و شاخص برداشت با عملکرد دانه). عملکرد دانه در پوشش توری ۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار) با افزایش ۱۰ درصدی همراه بود. در حالی که عملکرد دانه در پوشش‌های توری ۵۰ درصد و ۸۰ درصد به‌ترتیب ۹ و ۱۶ درصد کاهش یافت. بیشترین محتوای پروتئین محلول مربوط به تیمارهای شاهد و پوشش توری ۳۰ درصد با ۴۱/۸ و ۴۱/۴ میکرو گرم بر گرم بود و بالاترین میزان روغن دانه در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد با ۰/۹۳ درصد مشاهده شد. این در حالی بود که کمترین میزان پروتئین محلول و میزان روغن دانه را تیمار پوشش توری ۸۰ درصد، به‌ترتیب با ۳۲/۲ میکرو گرم بر گرم و ۰/۷۸ درصد به‌خود اختصاص داد. همچنین، نتایج حاکی از برتری تیمار پوشش توری ۳۰ درصد در میزان بهره‌وری آب WPI، WPI+P و WPET در مقایسه با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد بودند. در واقع، کاهش چشمگیر عملکرد دانه در تیمارهای پوشش توری ۵۰ و ۸۰ درصد به‌قدری بود که حتی با کاهش میزان آب مصرفی (آبیاری)، باز هم میزان بهره‌وری کمتری را در مقایسه با تیمار پوشش توری ۳۰، نشان دادند، اما در مقایسه با تیمار شاهد، میزان بهره‌وری آب به‌ویژه در حالت‌های WPI و WPI+P بالاتر بود. بر اساس نتایج، بیشترین مقدار شاخص‌های NBPD و BPD در پوشش توری۳۰ درصد، به‌ترتیب با ۸۰۴۶۵۳ و ۸۱۹۱۶۳ میلیون ریال بر متر مکعب مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقدار نسبت‌های P/C و B/C مربوط به پوشش توری ۳۰ درصد بود و کمترین آنها نیز در تیمار شاهد مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: سایه‌دهی با پوشش‌های توری مختلف، عملکرد کمی و کیفی سویا را به‌طور قابل توجه و چشمگیری تحت تأثیر قرار داد و نتایج متفاوتی را نشان دادند. در مقایسه با تیمار شاهد، پوشش توری ۳۰ درصد با افزایش عملکرد دانه برتری محسوسی را نسبت به پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد داشت. همچنین، بیشترین میزان بهره‌وری آب در شرایطی حاصل گردید که از پوشش توری ۳۰ درصد استفاده شد. ارزیابی شاخص‌های اقتصادی کاربرد پوشش‌های توری نیز دال بر برتری پوشش توری ۳۰ درصد در مقایسه با سایر تیمارها بود. بنا بر این، می‌توان این‌گونه اظهار داشت که بهره‌گیری از پوشش توری ۳۰ درصد در کشت سویا می‌تواند با تغییر در خرداقلیم پیرامون گیاه، راهکاری راهبردی و در عین حال ساده و عملیاتی در راستای افزایش تولید در واحد سطح، ارتقاء درآمد کشاورزان و دستیابی به تولید پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی، بهره‌وری آب، پروتئین، زیست‌توده، شاخص‌های اقتصادی، نسبت B/C

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

مقدمه

بخش کشاورزی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، یکی از ارکان اصلی تأمین امنیت غذایی، اشتغال‌زایی و توسعه کارآفرینی و کسب و کارهای روستایی در راستای دستیابی به تولید پایدار محسوب می‌شود (FAO, 2019). در این میان، محصول سویا به‌دلیل دارا بودن پروتئین گیاهی بالا، اهمیت استراتژیک و کاربرد گسترده در صنایع غذایی و دامی، جایگاه ویژه‌ای دارد (Shiukhy-Soqanloo *et al*., 2025). با وجود این اهمیت، تولید پایدار و اقتصادی سویا در کشور همواره با چالش‌های متعددی مواجه بوده است. تغییرات اقلیمی، نوسانات دما، افزایش شدت تابش خورشید و پراکنش نامنظم بارش‌ها، شرایط کشت این محصول را به‌ویژه در مناطق شمالی کشور مانند استان مازندران با محدودیت‌هایی مواجه ساخته‌اند (Darzi naftchali *et al*., 2016). چنین شرایطی سبب شده‌اند که کشاورزان علاوه بر کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول، با پیامدهای اقتصادی نامطلوبی نظیر افت درآمد، افزایش هزینه‌های تولید و کاهش بهره‌وری منابع روبه‌رو شوند (Azizi –khalkheili *et al*., 2025).

رشد اقتصادی و توسعه روستاها ارتباط تنگاتنگی با فعالیت بخش کشاورزی دارند. همین امر سبب شده است که توجه نظام‌های بهره‌برداری در بخش کشاورزی در راستای تأمین معیشت و حمایت از کسب و کار روستاییان قرار گیرد (Jamshidi *et al*., 2023). بنا بر این، لزوم توجه به تغییرات ایجادشده در بازار و شرایط جامعه و همچنین آگاهی از سیاست‌های روز دنیا نقش بسیار کلیدی و حائز اهمیتی را در ارتقای کارآفرینی در بخش کشاورزی بازی می‌کنند (Lorestani *et al*., 2023). شیوخی و همکاران بیان نمودند که در راستای تحقق بهره‌وری و توانمندسازی روستایی، کارآفرینی روستایی استراتژی بسیار کارآمدی است که می‌تواند باعث شکاف شهر و روستا شود و با ایجاد برابری اقتصادی و اجتماعی گامی مؤثر در تغییر الگوی زندگی کنونی کشاورزان به‌ویژه روستاییان تلقی می‌شود (Shiukhy-Soqanloo *et al*., 2024). در نهایت، استفاده از فنآوری‌های نوین و قابل دسترس که به دوره‌های آموزشی پیشرفته و گاهاً پیچیده نیاز ندارند، می‌توانند ابزاری کارآمد و مورد اقبال کشاورزانی باشند که معمولاً از سطح دانش و سواد بالایی برخوردار نیستند.

یکی از رویکردهایی که در دهه‌های اخیر برای کاهش اثرات منفی عوامل اقلیمی و ارتقای بهره‌وری تولیدات کشاورزی مطرح شده است، استفاده از پوشش‌های توری است. این پوشش‌ها می‌توانند با ایجاد تغییرات هدفمند در شرایط خرداقلیمی مزرعه، محیط پیرامون گیاه را از اقلیم کلی منطقه متمایز سازند. خرداقلیم، به‌عنوان شرایط جوی خاص در مقیاس کوچک از طریق کاهش شدت تابش مستقیم، تعدیل نوسانات دمایی روزانه، افزایش رطوبت نسبی و کاهش تبخیر–تعرق، شرایط خرداقلیمی مطلوب‌تری برای گیاهان حساس به تنش‌های دمایی و تابشی فراهم می‌آورد و نقش تعیین کننده‌ای را در فرآیندهای رشد و نمو و عملکرد محصول ایفا می‌کند (Shahak, 2014). پژوهش‌های متعددی در جهان و ایران نشان داده‌اند که کاربرد پوشش‌های توری می‌تواند موجب افزایش عملکرد، بهبود کیفیت محصولات زراعی و باغی، و کاهش خسارت‌های ناشی از تنش‌های محیطی شود (Castro *et al*., 2019). اکثر محصولات می‌توانند تا ۱۵ درصد کاهش تابش خورشیدی را با حداقل کاهش عملکرد تحمل کنند. با این‌حال، محصولاتی مانند ذرت و حبوبات دانه‌ای حتی در سطوح سایه کم نیز کاهش قابل توجهی در عملکرد نشان می‌دهند (Laub *et al.,* 2022). استفاده از پوشش‌های توری در محصولات باغی مانند سیب و انگور، منجر به کاهش آفتاب سوختگی میوه‌ها و افزایش کیفیت بازارپسندی آن‌ها شده است (Murphy, 2025). همچنین، در برخی محصولات زراعی گزارش شده است که به‌کارگیری این فناوری ساده، ضمن ارتقای عملکرد، به بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیک و کاهش تبخیر و تعرق منجر می‌شود (Almeida, 2020). از طرفی، پوشش‌های توری به کاهش دمای هوا کمک می‌کنند که می‌تواند راندمان مصرف آب و سلامت کلی گیاه را افزایش دهد (Mohawesh *et al.,* 2022). با وجود این شواهد، بیشتر پژوهش‌های گذشته بر ابعاد فنی و زیستی این فناوری متمرکز بوده‌اند و کمتر به پیامدهای اقتصادی آن برای کشاورزان پرداخته‌اند. در واقع، اگرچه اثربخشی پوشش‌های توری در بهبود شرایط اقلیمی و عملکرد محصول تا حدی روشن شده است، اما هنوز شواهد کافی در خصوص این‌که این فناوری تا چه اندازه می‌تواند بر درآمد، سودآوری، توسعه کسب و کار و پایداری اقتصادی کشاورزان تأثیر بگذارد، وجود ندارد (Smith, 2020). این موضوع به‌ویژه در شرایطی اهمیت بیشتری می‌یابد که هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی به‌طور مستمر در حال افزایش هستند و بسیاری از کشاورزان خرد در ایران با حاشیه سود اندکی فعالیت می‌کنند (Shirzadi Laskookalayeh, 2025). بنا بر این، هر فناوری جدیدی در بخش کشاورزی، تنها زمانی می‌تواند مقبولیت و کاربرد عملی پیدا کند که علاوه بر بهبود عملکرد محصول، به بهبود درآمد و رفاه اقتصادی کشاورزان نیز منجر شود (Shiukhy-Soqanloo *et al*., 2024).

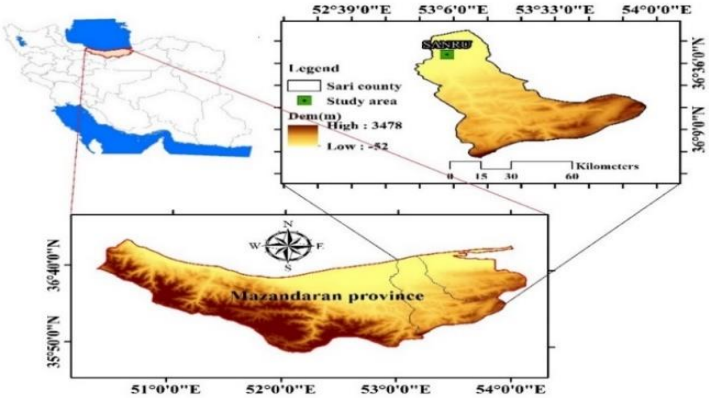
در ایران، مطالعات اندکی به بررسی جامع اثر پوشش‌های توری بر ترکیب سه‌گانه خرداقلیم، عملکرد کمی و کیفی محصول، و توسعه کسب و کارهای مشاغل خرد روستایی (جنبه‌های اقتصادی) پرداخته‌اند. این خلأ دانشی به‌ویژه در مناطق مستعد کشت سویا همچون شهرستان ساری کاملاً مشهود است. بیشتر تحقیقات داخلی یا صرفاً بر ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیک سویا تمرکز داشته‌اند یا بدون در نظر گرفتن شرایط واقعی مزرعه و معیشت کشاورزان، تنها نتایج آزمایشگاهی را گزارش کرده‌اند. در نتیجه، پاسخ به این پرسش اساسی که "آیا استفاده از پوشش‌های توری می‌تواند علاوه بر بهبود کمی و کیفی سویا، منجر به افزایش درآمد کشاورزان، توسعه کارآفرینی و کسب و کارهای خرد روستایی و ارتقای پایداری اقتصادی آن‌ها شود؟" همچنان مغفول مانده است. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف دانشی طراحی شده است. در این تحقیق، اثر پوشش‌های توری بر شرایط خُرداقلیمی مزرعه، عملکرد کمی و کیفی دانه سویا و پیامدهای

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

اقتصادی آن بر درآمد کشاورزان در شهرستان ساری به‌صورت یکپارچه بررسی می‌شود. نتایج این مطالعه علاوه بر ارائه شواهد علمی، می‌توانند به‌عنوان ابزاری کاربردی برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی و کشاورزان مورد استفاده قرار گیرند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که فناوری‌های ساده و کم‌هزینه‌ای مانند پوشش‌های توری، علاوه بر بهبود شرایط محیطی و کاهش اثرات تغییرات اقلیمی، می‌توانند به افزایش درآمد، کاهش ریسک مالی و ارتقای پایداری اقتصادی کشاورزان منجر شوند (Cohen *et al.,* 2018). از این رو، این نتایج می‌توانند زمینه‌ساز توسعه کاربرد این فناوری در کشاورزی پایدار، و همچنین ایجاد فرصت‌های کارآفرینی و توسعه کسب و کارهای مرتبط با مدیریت نوین مزرعه و افزایش بهره‌وری منابع باشند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در شهرستان ساری در استان مازندران، به‌ترتیب با طول و عرض جغرافیایی (53° 00´ E) و (36° 33´ N) انجام شد. شهرستان ساری دارای ارتفاع ۱۵- متر از سطح دریا، میانگین دمای سالانه بلندمدت ۱۷/۳ درجه سانتیگراد و میانگین بارش ۶۳۸/۷ میلی‌متر است (Asgari *et al*., 2021). در طول فصل کشت سویا، مجموع کل بارندگی به ۲۰۳/۴ میلی‌متر رسید که تقریباً ۲۳٪ از کل میزان تبخیر (۸۸۷/۳ میلی‌متر) را جبران نمود. کمترین دما در این دوره ۱۶/۸درجه سانتیگراد در ماه ژوئن و بیشترین دما ۳۲/۱ درجه سانتیگراد در ماه جولای بود. سایر اطلاعات و جزئیات موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش به‌ترتیب در شکل (۱) و جدول (۱) ارائه شده‌اند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Geographical location of the study area (Shamgani *et al.*, 2024)

به‌منظور ارزیابی اثر خرداقلیمی پوشش‌های توری بر عملکرد سویا، درآمد و کسب و کار کشاورزان، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل (۰ (شاهد)، ۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد ممانعت از عبور نور) بودند. تمام توری‌های استفاده‌شده از جنس پلی‌پروپیلن و به رنگ سبز بودند که پر کاربردترین نوع در کشت های گلخانه‌ای و زراعی هستند. عملیات کاشت بذور سویا رقم آرین، در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۲×۲ با فاصله خطوط کاشت ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. فاصله بوته‌ها در هر ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر در تاریخ ۱۲خرداد در نظر گرفته شد و تاریخ برداشت ۱۹ مهر سال ۱۴۰۳ بود. فاصله بین بلوک‌ها نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. بلافاصله پس از پایان عملیات کاشت، اولین آبیاری انجام شد. روش آبیاری سطحی بود و از تانسیومتر برای پایش رطوبت خاک استفاده شد. به این ترتیب، زمانی که رطوبت خاک به ۷۰ درصد می‌رسید (SWC=70)، آبیاری صورت می‌گرفت. لازم به ذکر است که تانسیومتر پیش از نصب واسنجی و پایدار شد و ازآب مقطر برای پرکردن محفظه استفاده گردید تا از تشکیل حباب هوا جلوگیری شود. زمان کاشت بذر، آبیاری به‌طور معمول به‌صورت سطحی انجام و میزان آب مصرفی نیز به‌دقت پایش گردید. اطلاعات مربوط به خاک مزرعه آزمایش نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد و نمو سویا
Table 1. A summary of climatic conditions during the growing seasons of soybean

فصل رشد Growing season	دمای کمینه Tmin (mm)	دمای بیشینه Tmax (mm)	دمای متوسط Tmean (mm)	بارندگی Rain (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	تبخیر Evaporation (mm)
Jun	19	30.4	24.7	7.6	69	193.6
Jul	22.1	32.1	27.1	22	71	173.5
Aug	23	32	27.5	30.8	74	136.3
Oct	21.4	31.6	26.5	41.3	71	142.5
Sept	16.8	26.6	21.7	76.3	74	80
Oct	21.3	31.5	26.4	25.4	71.2	161.4

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2. Selected physical and chemical characteristics of the soil at the experimental site

Texture			pH	EC ($ds.m^{-1}$)	O.C (%)	O.M (%)	N (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K($mg.kg^{-1}$)
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)							
23	40	37	7.6	1.8	1.2	2	0.1	13	370

برای ارزیابی صفات عملکرد و اجزای آن، با رعایت اثر حاشیه‌ای از دو ردیف میانی هر کرت، تعداد ۶ بوته سالم، یکنواخت و هم‌اندازه به‌صورت تصادفی برداشت شدند. سپس، سنجش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در هر غلاف (شمارش)، عملکرد دانه و زیست‌توده با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد. شاخص برداشت نیز با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید که در آن، GY: عملکرد دانه بر حسب (کیلوگرم در هکتار)، BY: عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) و HI: شاخص برداشت بر حسب (درصد) هستند.

$$HI = \frac{GY}{BY} \quad (۱)$$

- سنجش روغن و پروتئین محلول

مقدار ۰/۵ گرم بذر پودرشده از هر تکرار جهت اندازه‌گیری میزان روغن استفاده شد. استخراج روغن از دانه‌های سویا با استفاده از روش سوکسله و حلال هگزان (Christie, 1993) بر اساس روش استاندارد AOAC 920.39 صورت گرفت. روش دوماس یک روش مطلق برای تعیین کل محتوای نیتروژن در یک ماتریس معمولاً آلی است. محتوای پروتئین محلول دانه بر اساس محتوای نیتروژن کل که با استفاده از روش Dumas تعیین شده بود، محاسبه شد. مقدار ۵/۷۱ برای ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین استفاده شد (Sugiyama *et al*., 2022).

- بهره‌وری آب

در این پژوهش، شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب بر اساس روابط ۲، ۳ و ۴ محاسبه شده‌اند (Wang *et al*., 2023). این شاخص‌ها بینشی را در مورد استفاده بهینه از منابع آب فراهم و به شناسایی شیوه‌های آبیاری پایدار در شرایط زیست‌محیطی متنوع کمک می‌کنند (Shamgani *et al*., 2024) که در آن، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I و P به ترتیب حجم آب آبیاری و بارندگی (مترمکعب در هکتار) و ET تبخیر و تعرق (مترمکعب در هکتار) هستند.

$$WP_{I+P} = \frac{GY}{I+P} \quad (۲)$$

$$WP_{ET} = \frac{GY}{ET} \quad (۳)$$

$$WP_{T} = \frac{GY}{T} \quad (۴)$$

- شاخص‌های اقتصادی

به‌منظور ارزیابی اقتصادی سناریوهای مورد بررسی، شاخص‌های اقتصادی بر اساس روابط ۵ تا ۸ محاسبه شدند. شاخص سود ناخالص در واحد حجم آب با رابطه (۵) به‌دست آمد که سود ناخالص را نسبت به میزان آب مصرفی در نظر می‌گیرد. در رابطه (۶)، به‌جای در نظر گرفتن سود ناخالص در صورت کسر، مقدار سود خالص به‌عنوان عدد کسری تعیین می‌شود (Najafi *et al*., 2021). در رابطه (۷)، نسبت سود به هزینه (Fathi *et al*., 2020) و در رابطه (۸) نیز نسبت درآمد به هزینه به‌دست آمدند.

$$BPD = \frac{GM}{TWc} \quad (۵)$$

$$GM = GY \times SP$$

$$NBPD = \frac{NB}{TWc} \quad (۶)$$

$$NB = GM - TCP$$

$$B/Cration = \frac{NB}{TCP} \quad (۷)$$

$$P/Cration = \frac{PC}{TCP} \quad (۸)$$

در روابط فوق، GM: سود ناخالص (ریال)، GY: عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، SP: قیمت محصول (ریال)، NB: سود خالص، TCP: کل هزینه‌های انجام شده تولید محصول (ریال در هکتار)، PC: درآمد کل و TWc: حجم آب مصرف شده (مترمکعب در هکتار) هستند. در پایان، داده‌های به‌دست آمده با بهره‌گیری از نرم‌افزار SASver9.2 تجزیه و تحلیل شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات کمی و کیفی

نتایج تجزیه واریانس تأثیر سایه‌دهی بر صفات کمی و کیفی سویا در جدول ۳ ارائه شده‌اند. سطوح مختلف سایه‌دهی صفات ارتفاع گیاه، تعداد غلاف دربوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین، تأثیر سایه‌دهی بر میزان پروتئین محلول و درصد روغن دانه سویا بسیار معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$).

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر سایه‌دهی بر صفات کمی و کیفی سویا در طول فصل رشد و نمو

Table 3. The results of analysis of variance for shading effects on the qualitative and quantitative traits of soybean at the growth season

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)								
		صفات کمی (Quantitative traits)							صفات کیفی (Qualitative traits)	
		PH ارتفاع گیاه	PNPP تعداد غلاف در بوته	SNPP در غلاف تعداد دانه	100-SW وزن صد دانه	BS زیست توده	GY عملکرد دانه	HI شاخص برداشت	Protein پروتئین	Oil روغن
بلوک (Block)	2	4.0833ns	0.0758ns	0.0758ns	0.0758ns	6158.333ns	108.6908ns	0.0833ns	2.0033ns	0.0003ns
سایه‌دهی (Shading)	3	1966.0000**	2.1100**	5.8433**	1.6000**	2038786.111**	39517.0208**	15.6666*	65.3986**	0.0160**
خطا (Error)	6	3675.00	0.0391	0.0391	0.0425	85269.444	97.9808	3.0833	1.90	0.0004
کل (Total)	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (C.V)		4.56	1.59	1.81	1.29	6.11	0.94	7.92	3.65	2.41

**، *و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

**, *, and ns indicate significance at 1%, 5%, and non-significance levels, respectively ($P \leq 0.05$).

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

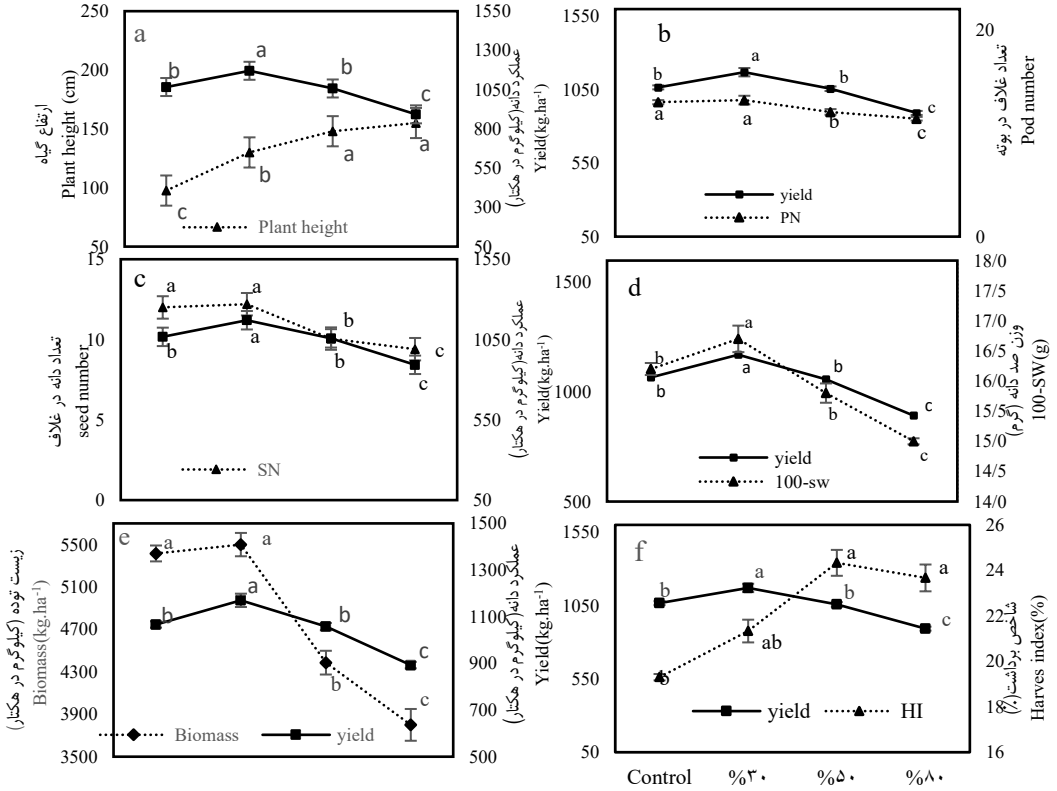
شکل ۲ رابطه بین عملکرد دانه با صفات کمی و کیفی در سویا را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به‌ترتیب در پوشش‌های توری ۳۰ و ۸۰ درصد برابر ۱۱۷۰/۲ و ۸۹۲/۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردیدند. همچنین، عملکرد دانه در تیمار شاهد ۱۰۶۶/۷ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده شد. استفاده از پوشش توری ۳۰ درصد سبب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در مقابل، پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب با ۹ و ۱۶ درصد، عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند. بیشترین میانگین ارتفاع گیاه مربوط به پوشش های توری ۵۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب با ۱۴۸ و ۱۵۵ سانتی‌متر بود، و کمترین آن در تیمار شاهد با ۹۸ سانتی‌متر مشاهده شد. بررسی همبستگی میان ارتفاع گیاه و عملکرد دانه نشان داد که هر چه میزان شدت سایه‌دهی در پوشش‌های توری افزایش یافت، ارتفاع گیاهان نیز افزایش یافت اما در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. بیشترین میزان عملکرد دانه به تیمار پوشش توری ۳۰ درصد که ارتفاع کمتری نسبت به تیمارهای پوشش توری ۵۰ و ۸۰ درصد داشت، اختصاص داشت. از طرفی، پوشش‌های توری۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد، سبب افزایش۳۳، ۵۱ و ۵۸ درصدی ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل ۲- الف). بیشترین میانگین تعداد غلاف در بوته در تیمارهای شاهد و پوشش توری ۳۰ درصد با مقدار ۱۳ و کمترین آن در پوشش توری ۸۰ درصد با ۱۱ بودند. نتایج مقایسه تیمار پوشش توری ۳۰ درصد با تیمار شاهد حاکی از آن بودند که علی‌رغم عدم تفاوت در تعداد غلاف در بوته، میزان عملکرد دانه در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد سبب افزایش عملکرد گردید. این در حالی بود که تعداد غلاف در بوته در پوشش های توری۵۰ و ۸۰ درصد روند کاهشی داشت و سبب کاهش عملکرد دانه نیز گردید. مقادیر تعداد غلاف در بوته در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۸ و ۱۵ درصد کاهش یافتند. به‌علاوه، در شرایط سایه‌دهی متوسط تا شدید، کاهش تعداد غلاف یکی از دلایل اصلی افت عملکرد بود (شکل۲- ب). بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمارهای پوشش‌های توری ۳۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب با مقادیر ۱۲/۲ و ۹/۴ مشاهده شدند. بر اساس شکل (۲- پ)، تغییرات تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه روندی مشابه را نشان می‌دهند؛ به‌گونه‌ای که استفاده از پوشش توری ۳۰ درصد سبب افزایش و پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد سبب کاهش تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه گردیدند. این هم‌گرایی در الگوی تغییرات بیانگر وجود رابطه‌ای مستقیم و مثبت میان عملکرد و تعداد دانه در غلاف است. در پوشش توری ۳۰ درصد، ترکیب مطلوبی از عوامل رشد و مدیریت زراعی فراهم بود و سبب افزایش دو درصدی دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. در مقابل، با افزایش سایه‌دهی در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد، تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب ۱۶ و ۲۲ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت. بیشترین و کمترین میانگین وزن صد دانه در پوشش‌های توری ۳۰ درصد و۸۰ درصد به‌ترتیب برابر ۱۶/۷ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شدند. همبستگی بین وزن صد دانه و عملکرد دانه سویا روندی مشابه را نشان داد؛ به‌گونه‌ای که هر دو در پوشش توری ۳۰ درصد افزایش یافتند و سپس استفاده از پوشش‌های توری ۵۰ درصد و ۸۰ درصد سبب کاهش آنها گردید (شکل۲- پ). میانگین وزن صد دانه در پوشش توری ۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد چهار درصد افزایش و در پوشش‌های توری۵۰ و ۸۰ درصد، به‌ترتیب پنج و هشت درصد کاهش یافت. این کاهش ناشی از محدودیت در دسترسی به منابع رشد از جمله آب و نور، یا تأثیر نامطلوب شرایط محیطی بر فرآیند پر شدن دانه بود (شکل۲- ت). همان‌طور که در شکل ۲- ج نیز مشاهده می‌گردد، مقایسه تغییرات میزان زیست‌توده در تیمار شاهد با تیمار پوشش توری ۳۰ درصد، تفاوت چندانی نداشت اما در مقایسه با تیمارهای پوشش توری ۵۰ و ۸۰ درصد دچار کاهش بسیار محسوس و قابل توجهی شد. به‌طوریکه میزان زیست‌توده تولیدی در تیمارهای پوشش توده در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد با کاهش قابل توجه ۱۹ و۳۰ درصدی مواجه شد. همچنین، بررسی ارتباط میان میزان زیست‌توده تولیدی و عملکرد دانه نشانگر وجود همبستگی مثبت و ارتباط مستقیم میان آنها بود. علاوه بر این، میزان سایه‌دهی پوشش توری ۳۰ درصد، باعث افزایش عملکرد زیست‌توده و دانه شد که تقریباً دارای شیب افزایشی ملایمی بود. اما با افزایش شدت سایه‌دهی در تیمارهای پوشش توری ۵۰ و ۸۰ درصد، کاهش شدید میزان زیست‌توده، میزان عملکرد دانه را نیز تحت تأثیر قرار داد. به‌طوریکه کاهش ۲۰ درصدی زیست‌توده در تیمار پوشش توری ۵۰ درصد، موجب کاهش ۱۰ درصدی در عملکرد دانه شد و کاهش ۳۱ درصدی در تیمار پوشش توری ۸۰ درصد، میزان عملکرد دانه را به‌میزان ۲۳ درصد در مقایسه با تیمار پوشش توری ۳۰ درصد کاهش داد (شکل۲- ج). بیشترین شاخص برداشت در تیمارهای پوشش توری ۸۰ و ۵۰ درصد به‌ترتیب با ۲۳/۴ و ۲۳/۶ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد با ۱۹/۳ درصد مشاهده شدند. بر اساس نتایج ارائه شده در (شکل۲- د)، افزایش میزان سایه‌دهی در پوشش‌های توری باعث افزایش شاخص برداشت گردید اما در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه شد. بر اساس نتایج بدست آمده، پوشش توری ۸۰ درصد کمترین عملکرد را دارد، اما شاخص برداشت نسبتاً بالایی دارد. میزان تغییرات شاخص برداشت در پوشش‌های توری ۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد به‌ترتیب ۱۱، ۲۶ و ۲۳ درصد بیشتر از تیمار شاهد مشاهده شد. این حالت اغلب نشان دهنده شرایطی است که گیاه در تبدیل ماده خشک کل به دانه تأثیر بیشتری دارد.

بیشترین محتوای پروتئین در تیمارهای شاهد و پوشش توری ۳۰ درصد به‌ترتیب با ۴۱/۸۴ و ۴۱/۴ میکروگرم بر گرم و کمترین مقدار آن در پوشش توری ۸۰ درصد با ۳۲/۲۶ میکروگرم بر گرم مشاهده شدند. با افزایش سطوح سایه‌دهی، محتوای پروتئین کاهش یافت. به‌طور کلی، افزایش سایه‌دهی فیزیولوژی و سنتز مواد در گیاه را مختل کرد، در حالی‌که پوشش توری ۳۰ درصد و تیمار شاهد، بهینه‌ترین حالت برای کسب حداکثر پروتئین بودند. بنا بر این، مقادیر پروتئین در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۵ و ۲۳ درصد کاهش یافتند. همچنین، درصد کاهش محتوای پروتئین

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به پوشش توری ۳۰ درصد به‌ترتیب ۱۴ و ۲۲ درصد مشاهده شد (شکل ۳- الف). بیشترین و کمترین درصد روغن در پوشش‌های توری ۳۰ درصد و ۸۰ درصد به‌ترتیب با ۰/۹۳ و ۰/۷۸ درصد مشاهده شدند. با افزایش سطح سایه‌دهی در پوشش‌های توری، درصد روغن نیز کاهش یافت بطوری که درصد روغن در پوشش‌های توری ۵۰ و ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد و پوشش توری ۳۰ درصد به‌ترتیب ۱۰ و ۱۶درصد کاهش یافت (شکل۳- ب).

سایه‌دهی معمولاً منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود زیرا گیاهان برای رسیدن به نور طویل می‌شوند. با این‌حال، ارتفاع بیش از حد می‌تواند منجر به ساقه‌های ضعیف‌تر و کاهش پتانسیل عملکرد شود (Mohebodini *et al*., 2018). گیاهان در مواجهه با کمبود نور به‌جای تخصیص حداکثری منابع فتوسنتزی به اندام‌های زایشی که تعیین کننده عملکرد نهایی است، بخش عمده‌ای از این منابع را صرف رشد رویشی و افزایش ارتفاع جهت افزایش توان رقابتی برای جذب نور نمودند. این تغییر در الگوی تخصیص منابع، منجر به افزایش ارتفاع در سطوح بالاتر سایه‌دهی شد (Hussein *et al*., 2019). کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف ناشی از محدودیت فتوسنتزی و کاهش تولید آسیمیلات[1] قابل انتقال به دانه است. این نتایج با یافته‌های علم و همکاران (Alam *et al*., 2022) کادر و همکاران (Kader *et al*., 2021) مبنی بر تأثیر سایه‌دهی بر کاهش تعداد غلاف و دانه همسو هستند. همان‌طور که نتایج نیز نشان می‌دهند، وزن صد دانه نیز با الگوی مشابه تغییر کرد؛ بیشترین وزن در پوشش توری ۳۰ درصد و کمترین آن در پوشش ۸۰ درصد مشاهده شدند. کاهش وزن دانه تحت سایه‌دهی شدید به محدودیت منابع نور و کاهش فرآیند پرشدن دانه مرتبط است (Steinmetz *et al*., 2016). تحلیل زیست‌توده نشان داد که پوشش توری ۳۰ درصد میزان زیست‌توده و عملکرد دانه را حفظ یا کمی افزایش داد، در حالی که پوشش‌های شدیدتر باعث کاهش قابل توجه زیست‌توده شدند. این کاهش با افت عملکرد دانه همسو است و نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بین تولید ماده خشک و عملکرد نهایی است. یافته‌های مشابه در مطالعات ژو و همکاران (Xu *et al*., 2020) و حسین و همکاران (Hussein *et al*., 2019) نیز گزارش شده‌اند که کاهش نور منجر به کاهش زیست‌توده و عملکرد محصول می‌شود. شاخص برداشت نیز با افزایش سایه‌دهی افزایش یافت، به ویژه در پوشش‌های ۵۰ درصد و ۸۰ درصد، اما این افزایش با کاهش عملکرد دانه همراه بود. این الگو نشان می‌دهد که تحت سایه شدید، توانایی گیاه در تبدیل ماده خشک کل به دانه حفظ می‌شود، اما کاهش تولید کل دانه باعث کاهش عملکرد نهایی می‌شود.

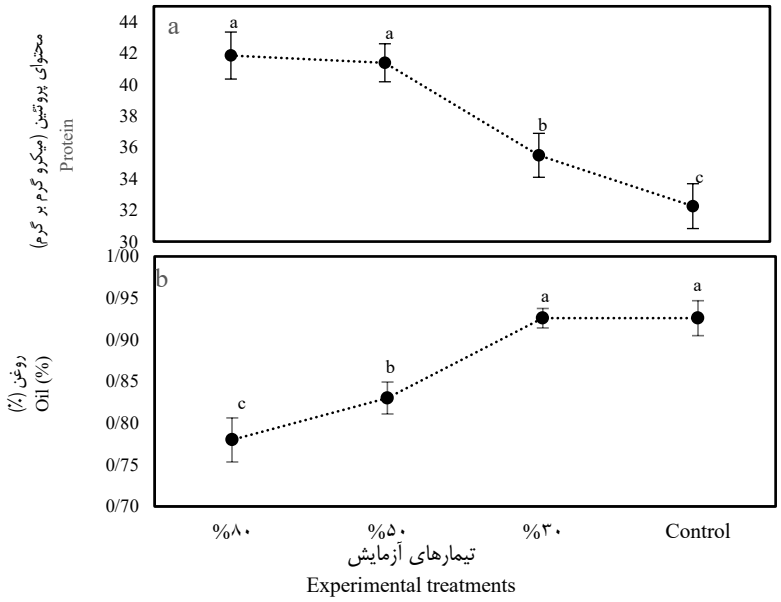


شکل ۲- ارزیابی اثر ساده سایه‌دهی بر ارتفاع گیاه (الف)، عملکرد دانه (ب)، تعداد دانه در غلاف (پ)، وزن صد دانه (ت)، زیست‌توده (ج) و شاخص برداشت (د) سویا

Figure 2. Evaluation of the shading affects on the plant height (a), yield (b), seed number per pod (c), 100-seed weight (d), biomass (e), and harvest index (f) of soybean

[1] Assimilate

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]



شکل ۳- ارزیابی اثر ساده سایه‌دهی بر محتوای پروتئین (الف) و درصد روغن (ب) سویا
Figure 3. Evaluation of the shading affects on the protein content and oil percentage of soybean

بر اساس نتایج پیشین (Chandra, 2024)، عملکرد دانه اغلب تحت تأثیر منفی سایه‌دهی قرار می‌گیرد، زیرا دسترسی به نور برای فتوسنتز را محدود می‌کند. عملکرد زیست‌توده همچنین ممکن است به‌دلیل کاهش سرعت رشد در شرایط سایه‌دهی کاهش یابد. در مجموع، نتایج حاکی از آن بودند که پوشش توری ۳۰ درصد شرایط بهینه‌ای را برای افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و کیفیت دانه فراهم می‌کند، در حالی‌که پوشش‌های شدیدتر اثر منفی بر عملکرد و زیست‌توده دارند. این یافته‌ها اهمیت مدیریت نور و انتخاب درصد مناسب پوشش توری را در بهبود عملکرد کمی و کیفی سویا تأکید می‌کنند و با نتایج مطالعات پیشین کاملاً همسو هستند. انواع مختلف سویا حساسیت متفاوتی به شدت نور نشان می‌دهند که بر محتوای پروتئین آنها تأثیر متفاوتی می‌گذارد (Nacer *et al*., 2012). افزایش سایه‌دهی منجر به کاهش قابل توجه درصد پروتئین و روغن می‌شود که تأثیر شدت نور بر ترکیب دانه را برجسته می‌کند. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهند که با افزایش سایه‌دهی، محتوای پروتئین در دانه‌های سویا کاهش می‌یابد (Xu *et al*., 2020; Alam *et al*., 2022). شدت نور کمتر منجر به کاهش سطح پروتئین، با کاهش قابل توجه جذب نیتروژن و غلظت کلروفیل برگ در شرایط سایه‌دهی می‌شود. از طرفی، محتوای روغن نیز با افزایش سایه‌دهی کاهش می‌یابد. در واقع، متناسب با کاهش میزان پروتئین در اثر افزایش میزان سایه‌دهی، میزان روغن نیز کاهش می‌یابد و رابطه معکوس محسوسی را بین قرار گرفتن در معرض نور و درصد روغن نشان می‌دهد (Nacer *et al*., 2012). تعادل بین غلظت روغن و پروتئین تحت تأثیر سایه‌دهی قرار می‌گیرد، به‌طوری که شرایط نور کمتر منجر به کاهش تجمع روغن می‌شود (Graef, 2022). در مقابل، اگرچه سایه‌دهی بر این صفات تأثیر منفی می‌گذارد، اما ممکن است مزایایی مانند کاهش رقابت علف‌های هرز و بهبود حفظ رطوبت در شرایط خاص را نیز به‌همراه داشته باشد. این دوگانگی، پیچیدگی مدیریت رشد سویا را در شرایط محیطی متغیر برجسته می‌کند.

بهره‌وری آب

نتایج تجزیه واریانس تأثیر سایه‌دهی بر بهره‌وری آب سویا در جدول ۴ ارائه شده‌اند. تاثیر سایه‌دهی بر بهره‌وری آب براساس آبیاری (WP_I)، آبیاری و بارندگی (WP_{I+P}) و تبخیر تعرق (WP_{ET}) بسیار معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که میزان بهره‌وری آب با شاخص WP_I در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد بیشترین مقدار را با ۲/۳ کیلوگرم بر متر مکعب به‌خود اختصاص داد در حالی‌که در تیمار شاهد کمترین مقدار شاخص WP_I با ۱/۴ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده شد. این یافته بیانگر آن است که سایه‌دهی ملایم می‌تواند از طریق کاهش تبخیر سطحی و بهبود تعادل آبی گیاه، به افزایش کارایی مصرف آب کمک کند (Ahmad *et al*., 2020). به‌طور مشابه، نتایج میزان بهره‌وری آب مربوط به شاخص WPI+P نشان دادند که بیشترین مقادیر بهره‌وری آب در پوشش‌های توری ۳۰ و ۵۰ درصد به‌ترتیب با ۲/۱ و ۲ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شدند و کمترین مقدار آن نیز در تیمار شاهد با ۱/۳ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده شد. این امر مؤید اثر مثبت سایه‌دهی ملایم و متوسط بر بهبود بهره‌وری آب و فتوسنتز است (Kitta *et al*., 2019).

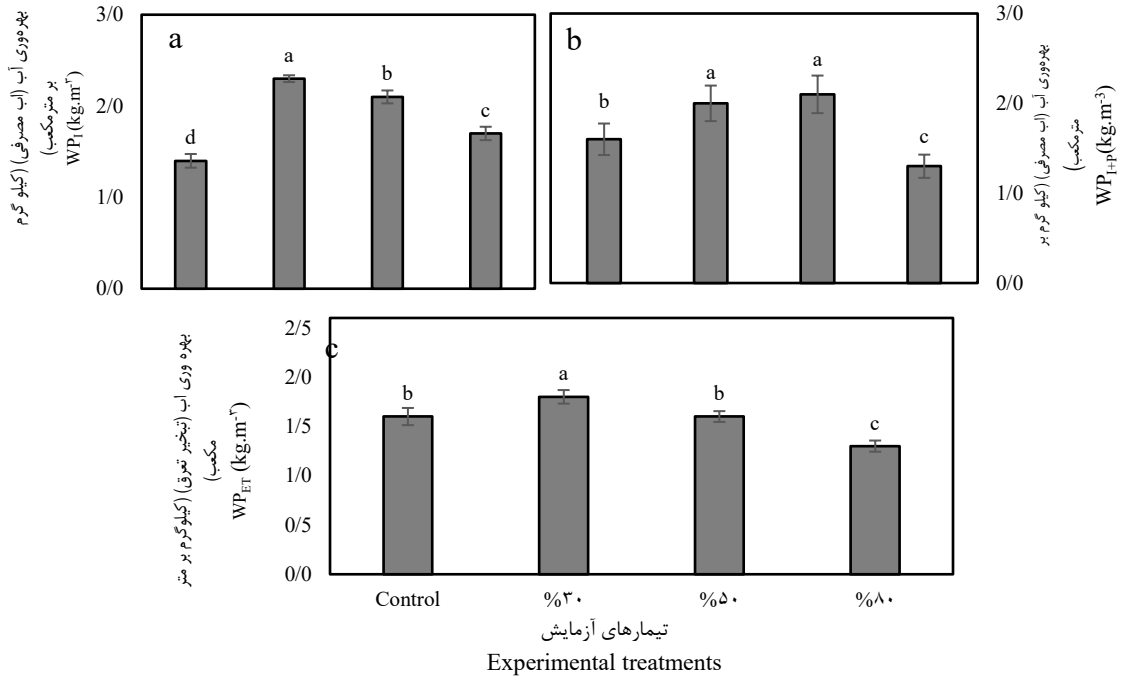
[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر سایه‌دهی بر شاخص‌های بهره‌وری آب سویا
Table 4. ANOVA results for the effect of shading on soybean Water Productivity indices

میانگین مربعات (Mean squares)			درجه آزادی	منبع تغییرات
WP_{ET}	WP_{I+P}	WP_I	df	Source of variation
0.0003^{ns}	0.00968^{ns}	0.0004^{ns}	2	بلوک (Block)
0.0948^{**}	0.3616^{**}	0.5006^{**}	3	سایه‌دهی (Shading)
0.0002	0.0110	0.0003	6	خطا (Error)
-	-	-	11	کل (Total)
5.87	1.0	0.97	-	ضریب تغییرات (C.V)

**، *و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.
**, *, and nsindicate significance at 1%, 5%, and non-significance levels, respectively (Duncan, $P \leq 0.05$).

از سوی دیگر، بیشترین میزان شاخص WPET در پوشش توری ۳۰ درصد با ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده شد و کمترین مقدار آن به تیمار پوشش توری ۸۰ درصد با ۱/۳ کیلوگرم بر متر مکعب تعلق داشت. این نتایج حاکی از آن هستند که افزایش بیش از حد شدت سایه، با محدودکردن تابش مورد نیاز برای فرایند فتوسنتز، می‌تواند منجر به کاهش رشد و در نهایت کاهش راندمان مصرف آب شود (Li *et al*., 2021). در حالی‌که نتایج نشان می‌دهند سایه‌دهی ملایم، بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد، ضروری است که در نظر داشت سایه‌دهی بیش از حد، همان‌طور که در پوشش توری ۸۰ درصد مشاهده می‌شود، ممکن است منجر به کاهش راندمان مصرف آب و رشد گیاه شود. بنا بر این، نیاز به استراتژی‌های سایه‌دهی بهینه در شیوه‌های کشاورزی را برجسته می‌کند (Ayala-Tafoya *et al*., 2018; Übelhör *et al*., 2018). یافته‌های این پژوهش با گزارش‌های مشابه هم‌خوانی دارند که نشان داده‌اند سایه‌دهی در سطوح ملایم و متوسط (۳۰ و ۵۰ درصد) سبب تعادل میان دما، رطوبت و شدت نور می‌شود و در نتیجه عملکرد و بهره‌وری آب گیاه را بهبود می‌بخشد (Nassar *et al*., 2018; Shahak *et al*., 2016).



شکل ۴- ارزیابی اثر سایه‌دهی بر شاخص‌های بهره‌وری آب WP_I (الف)، WP_{I+P} (ب) و WP_{ET} (پ) سویا
Figure 4. Evaluation of the shading affects on the water productivity indices WPI (a), WPI+P (b), and WPET (c) of soybean

شاخص‌های اقتصادی

به‌نظور بررسی شاخص‌های اقتصادی، محاسبات عملیات مختلف بر اساس قیمت‌های سال ۱۴۰۳ انجام شدند. در پژوهش حاضر، هزینه‌ها شامل، نهاده‌ها، مصرف آب و قیمت دانه سویا بودند که بسته به کیفیت آن در بازار متفاوت است. درآمد کل بر پایه عملکرد دانه و قیمت فروش سویا (۳۰۰,۰۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم) و هزینه هر متر مکعب آب مصرفی ۱۰۰۰۰ ریال محاسبه شد. سایر هزینه‌های متغیر نیز در تولید سویا در نظر گرفته شدند. جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس تأثیر سایه‌دهی بر شاخص‌های اقتصادی عملکرد سویا را نشان می‌دهد. تاثیر سایه‌دهی بر بسیار شاخص‌های سود خالص (NBPD) و ناخالص (BPD) و همچنین بر نسبت درآمد به هزینه (P/C ratio) و نسبت سود به هزینه (B/C ratio) بسیار معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$).

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر سایه‌دهی بر شاخص‌های اقتصادی عملکرد سویا

Table 5. ANOVA results for the effect of shading on soybean economic yield indices

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean square) NBPD شاخص سود خالص	BPD شاخص سود ناخالص	P/C ratio نسبت درآمد به هزینه	B/C ratio نسبت سود به هزینه
بلوک (Block)	2	44914285.736^{ns}	44865069.408^{ns}	0.2433^{ns}	0.75^{ns}
سایه‌دهی (Shading)	3	6058942525552**	61322331031**	174.2233**	170.889**
خطا (Error)	6	47865981	47892955.185	0.2233	0.2033
کل (Total)	11	-	-	-	-
ضریب تغییرات (C.V)	-	1.05	1.03	0.95	0.93

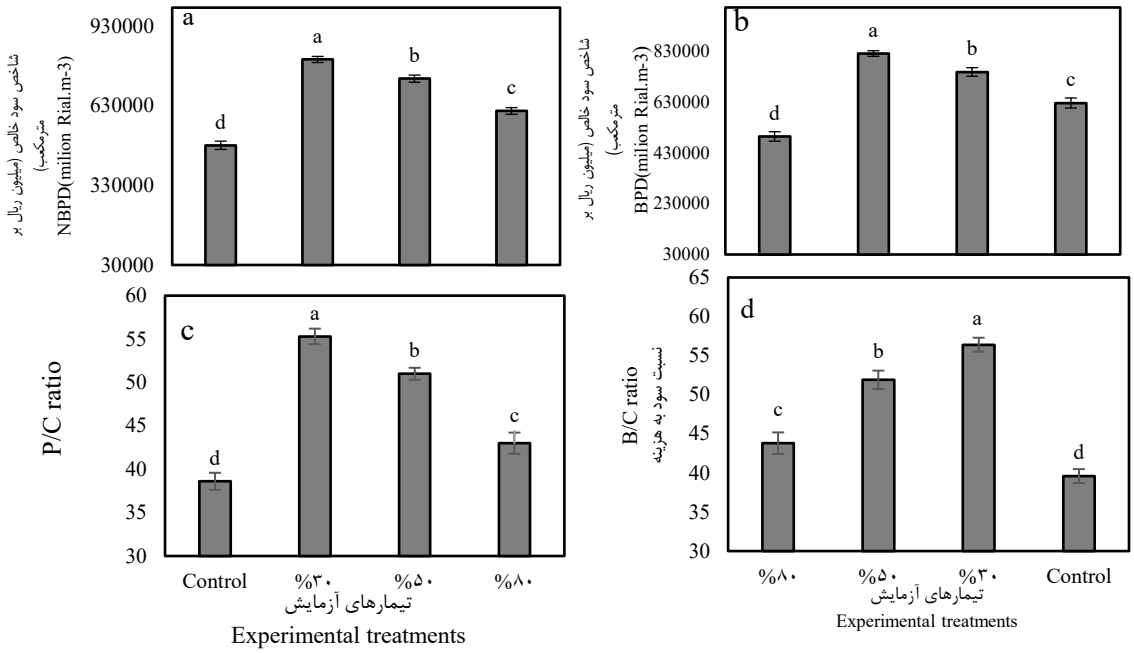
**، *و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱، ۵ درصد و عدم معنی‌داری را نشان می‌دهند.

**, *, and ns indicate significance at 1%, 5%, and non-significance levels, respectively (Duncan, $P \leq 0.05$).

همان‌طور که در شکل ۵ نیز ملاحظه می‌شود، بررسی شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی آب برای محصول سویا نشان داد که تیمار پوشش توری ۳۰ درصد از نظر تمامی شاخص‌های اقتصادی شامل بازده سود خالص (NBPD)، بازده سود ناخالص (BPD)، نسبت درآمد به هزینه (P/C) و نسبت سود به هزینه (B/C) عملکرد برتری نسبت به سایر تیمارها داشت. بیشترین مقادیر شاخص‌های NBPD و BPD به‌ترتیب با ۸۰۴۶۵۳ و ۸۱۹۱۶۳ میلیون ریال بر متر مکعب در تیمار توری ۳۰ درصد مشاهده شدند، در حالی که کمترین مقادیر این شاخص‌ها در تیمار شاهد به‌ترتیب برابر با ۴۸۱۰۶۳ و ۴۹۳۵۰۸ میلیون ریال بر متر مکعب بودند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، انتظار می‌رفت که به‌واسطه شرایط کشت یکسان همه تیمارها و هزینه‌های مصرفی، میزان این شاخص‌ها در تیمار پوشش توری ۸۰ درصد در مقایسه با تیمار شاهد بالاتر باشد. اما به‌دلیل هزینه قابل توجه مربوط به میزان آب مصرفی در تیمار شاهد (۵۰ درصد بیشتر نسبت به تیمار پوشش توری ۸۰ درصد)، میزان شاخص‌های NBPD و BPD به میزان ۲۱ درصد کمتر از تیمار پوشش توری ۸۰ درصد بود. این نتایج نشان می‌دهند که سایه‌دهی ملایم با بهبود شرایط خرداقلیمی و کاهش تبخیر از سطح خاک، ضمن حفظ عملکرد گیاه، به‌گونه‌ای که کاهش نور دریافتی جبران‌پذیر بود، موجب افزایش بازده اقتصادی مصرف آب می‌شود (El-Sharkawy *et al*., 2021; Abdel-Ghany & Al-Helal, 2019). از سوی دیگر، انتظار می‌رفت که شاخص‌های اقتصادی در تیمار پوشش توری ۸۰ درصد نسبت به تیمار شاهد مقادیر بالاتری داشته باشند، زیرا هزینه‌های تولید در میان تیمارها تقریباً یکسان بودند. با این‌حال، به‌دلیل افزایش قابل توجه هزینه آب در تیمار شاهد (حدود ۵۰ درصد بیشتر از تیمار پوشش توری ۸۰ درصد)، شاخص‌های NBPD و BPD در تیمار شاهد به‌میزان ۲۱ درصد کمتر از تیمار پوشش توری ۸۰ درصد گزارش شدند. این یافته بیانگر آن است که هزینه آب یکی از مؤلفه‌های کلیدی در تعیین کارایی اقتصادی تولید تحت شرایط آبیاری است و مدیریت بهینه مصرف آب می‌تواند مستقیماً بر سودآوری نهایی تأثیرگذار باشد (Pereira *et al*., 2020). این شاخص‌ها تصمیمات تخصیص آب را هدایت می‌کنند و تضمین می‌کنند که آب به‌سمت محصولاتی هدایت می‌شود که مزایای اقتصادی را به حداکثر می‌رسانند. این امر به‌ویژه در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، اهمیت دارد، جایی که استفاده کارآمد از آب برای پایداری اقتصادی حیاتی است (Silva *et al*., 2023). بر پایه یافته‌ها، بیشترین و کمترین مقدار نسبت درآمد به هزینه (P/C) مربوط در تیمارهای پوشش توری ۳۰ درصد و شاهد به‌ترتیب با ۵۵/۳ و ۳۸/۶ مشاهده گردیدند. همچنین، نتایج حاصل از بررسی نسبت سود به هزینه (B/C) مشابه با نتایج تغییرات نسبت P/C بودند و بیشترین و کمترین مقدار نسبت B/C مربوط به تیمارهای پوشش توری ۳۰ درصد و شاهد به‌ترتیب با ۵۶/۴ و ۳۹/۶ بودند. در ارزیابی نسبت درآمد به هزینه (P/C) و نسبت سود به هزینه (B/C) نیز الگوی مشابهی مشاهده شد؛ به‌گونه‌ای که بیشترین مقادیر این شاخص‌ها به‌ترتیب با ۵۵/۳ و ۵۶/۴ در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد و کمترین مقادیر آن با ۳۸/۲ و ۳۹/۶ در تیمار شاهد حاصل شدند. این روند تأیید می‌کند که پوشش توری ۳۰ درصد نه‌تنها از نظر کارایی مصرف آب بلکه از نظر بازده اقتصادی نیز بهینه‌ترین شرایط را فراهم می‌کند (Zhang *et al*., 2022). در مقابل، سایه‌دهی بیش از حد (پوشش توری ۸۰ درصد) اگرچه باعث کاهش هزینه آبیاری می‌شود، اما می‌تواند با افت رشد و عملکرد محصول همراه باشد و در نتیجه سود خالص را کاهش دهد. به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش حاکی از آن هستند که انتخاب سطح سایه‌دهی مناسب می‌تواند تأثیر قابل توجهی را بر شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب داشته باشد. بر اساس نتایج، سایه‌دهی در حد متوسط (۳۰ درصد) با ایجاد تعادل میان عملکرد زراعی و هزینه‌های تولید، بیشترین سود اقتصادی را در واحد حجم آب مصرفی به‌همراه دارد. این موضوع با مطالعات مشابه در مورد محصولات زراعی هم‌راستا است که تأکید دارند استفاده از پوشش‌های توری با شدت ملایم و متوسط می‌تواند راهبردی مؤثر در مدیریت اقتصادی منابع آب محسوب شود (Li *et al*., 2021; Kitta *et al*., 2019).

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]



شکل ۵– ارزیابی اثر سایه‌دهی بر شاخص‌های اقتصادی سود خالص (الف)، سود ناخالص (ب)، نسبت درآمد به هزینه (پ) و نسبت سود به هزینه (ت) کشت سویا

Figure 5. Evaluation of the shading affects economic indices, NBPD (a), BPD (b), P/C ratio (c), and B/C ratio (d) on soybean cultivation

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که استفاده از پوشش‌های توری با شدت سایه‌دهی متفاوت، تأثیر معناداری بر عملکرد، کیفیت دانه، بهره‌وری آب و شاخص‌های اقتصادی محصول سویا دارد. به‌طور خاص، تیمار پوشش توری با شدت سایه‌دهی ۳۰ درصد با ایجاد تعادل مناسب میان نور، دما و تبخیر، بیشترین عملکرد دانه، وزن صد دانه و کیفیت پروتئینی را به‌همراه داشت. همچنین، این تیمار بیشترین مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب (WP_I، WP_{ET} و WP_{I+P}) و شاخص‌های اقتصادی شامل بازده سود خالص (NBPD)، بازده سود ناخالص (BPD)، نسبت درآمد به هزینه (P/C) و نسبت سود به هزینه (B/C) را به خود اختصاص داد. این یافته‌ها حاکی از آن هستند که سایه‌دهی ملایم نه‌تنها عملکرد زراعی و کیفیت محصول را افزایش می‌دهد، بلکه موجب افزایش بازده اقتصادی و درآمد کشاورزان نیز می‌شود. بالاترین شاخص‌های NBPD و BPD در تیمار پوشش توری ۳۰ درصد، نشان‌دهنده امکان کسب سود بیشتر برای کشاورزان و بهبود کارایی منابع مالی و آب مصرفی است، که می‌تواند به رونق اقتصادی مزارع و منطقه‌های کشت سویا کمک کند. در مقابل، سایه‌دهی شدید (۸۰–۵۰ درصد) موجب کاهش عملکرد دانه، وزن صد دانه و درصد پروتئین شد، هر چند که مصرف آب کاهش یافت، اما شاخص‌های اقتصادی و درآمد کشاورزان تحت تأثیر منفی قرار گرفتند. بنا بر این، می‌توان نتیجه گرفت که بهینه‌سازی سطح سایه‌دهی (۳۰ درصد) با حفظ رشد زایشی، افزایش عملکرد و کارایی مصرف منابع، بهترین راهکار برای افزایش بهره‌وری اقتصادی و ارتقای درآمد کشاورزان است. این یافته‌ها نشان می‌دهند که مدیریت نور و سایه‌دهی می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی مؤثر در کشت پایدار سویا و ارتقای سودآوری و رونق اقتصادی مزارع مورد استفاده قرار گیرد. با تجزیه و تحلیل NBPD و BPD، برنامه‌ریزان کشاورزی می‌توانند محصولاتی را که بهترین بازده اقتصادی را ارائه می‌دهند، در اولویت قرار دهند و با استفاده از این شاخص‌ها برای بهینه‌سازی بهره‌وری مصرف آب در مناطق مختلف ارزیابی می‌شوند. در نهایت، نتایج این پژوهش علاوه بر جنبه‌های فنی و زراعی، ظرفیت قابل توجهی برای توسعه فعالیت‌های کارآفرینانه و گسترش کسب وکارهای مرتبط با کشاورزی پایدار دارند. استفاده از سامانه‌های سایه‌دهی بهینه می‌تواند زمینه‌ساز توسعه فناوری‌های نوین در مدیریت مزرعه، افزایش ارزش افزوده تولید سویا و ایجاد فرصت‌های جدید سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی شود. همچنین، تجاری‌سازی این راهکارها و توسعه کسب‌وکارهای دانش‌بنیان مرتبط با مدیریت هوشمند آب و نور، می‌تواند به ارتقای مزیت رقابتی تولیدکنندگان، افزایش پایداری اقتصادی مزارع و تقویت زنجیره ارزش در صنعت سویا منجر شود. ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود که مطالعات آینده بر بررسی اثرات تلفیقی سایه‌دهی و رژیم‌های آبیاری، با رویکردی مبتنی بر توسعه پایدار، تجاری‌سازی فناوری و افزایش ظرفیت‌های اقتصادی و کارآفرینانه در بخش کشاورزی تمرکز داشته باشند.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

References

Abdel-Ghany, A. M., & Al-Helal, I. M. (2019). Toward sustainable agriculture: net-houses instead of greenhouses for saving energy and water in arid regions. *In Sustaining Resources for Tomorrow*, Cham: Springer International Publishing, 83-98. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27676-8_4

Ahmad, S., Khan, M., & Ali, N. (2020). Effect of shading on water productivity and growth performance of vegetable crops under arid conditions. *Agricultural Water Management*, 241, 106-109.

Alam, M. A., Luo, H., Zhang, H., & Sun, R. (2022). Colored plastic mulches affect strawberry growth, yield, and fruit quality under different microclimates. *Scientia Horticulturae*, 294, 110771.

Asgari, A., Darzi-Naftchali, A., Nadi, M., & Saberali, S. F. (2021). Improvement in canola yield and growth indices and water-use efficiency with subsurface drainage in a humid climate. *Paddy and Water Environment*, 19(1), 23-33. https://doi.org/10.1007/s10333-020-00817-4

Azizi-Khalkheili, T., Razzaghi Borkhani, F., & Menatizadeh, M. (2023). The Analysis of Challenges and Strategies of Marketing of Medicinal Plants Based on Farmers' Perspective in Mazandaran Province. *Journal of Studies in Entrepreneurship and Sustainable Agricultural Development*, 10(3), 19-37. https://doi.org/10.22069/jead.2023.21498.1738

Castro, P., Puertolas, J., & Dodd, I. C. (2019). Stem girdling uncouples soybean stomatal conductance from leaf water potential by enhancing leaf xylem ABA concentration. *Environmental and Experimental Botany*, 159, 149–156. https://hdl.handle.net/11441/183194

Chandra, S. (2024). Integration of Plant Functional Traits in Sustainable Agriculture. In Plant Functional Traits for Improving Productivity, 329-342. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1510-7_17

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). Research Methods in Education (8th ed.). Routledge.

Daneshian, J., Hadi, H., & Jonoubi, P. (2009). Study of quantitative and quality characteristics of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(4), 393-409. DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.4.6.2 [In Persian]

Darzi-Naftchali, A., Maldar-Badeli, M., Ziatabar-Ahmadi, M., & Karandish, F. (2016). Analyzing climate change effects on agriculture sustainability in Mazandaran province. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage,* 9(6), 994-1004. [In Persian]

El-sharkawy, k. m., El-kassas, H. I., & Halem, H. E. A. (2021). Desalination of saline water using solar thermal energy for the production of cultured barley, *Journal of Environmental Sciences*, 50(7), 497-516.

Fathi, R., Asoodar, M. A., & Yeganeh, R. (2020). The role of different levels of utilization in economic and energy indicators of irrigated wheat production (A case study: Dehloran township). *Cereal Research*, 9(4), 373-384. https://doi.org/10.22124/cr.2020.15706.1567 [In Persian]

Graef, G. (2022, October). High-yield soybean lines with improved seed protein and oil balance. *In Journal of the American Oil Chemists Society*, 99, 147-147.

Hussein, A., Farooq, M., Sultana, R., & Lee, D. J. (2019). Shading and microclimate management in high-value crops. *Agronomy*, 9(5), 250. https://doi.org/10.3390/agronomy9050250

Jamshidi, O., Sobhani, M. j., Mokhber Dezfoli, A., & Hajimirrahimi, D. (2023). Strategic Analysis of the Development of Agricultural Businesses (Case Study of Karaj County). *Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture*, 10(19), 93-106. https://doi.org/10.61186/jea.10.19.93 [In Persian]

Kitta, E., Katsoulas, N., & Kittas, C. (2019). Influence of shading intensity on microclimate and crop water use efficiency in greenhouse crops. *Horticultural Science*, 54(2), 67–75.

Laub, M., Pataczek, L., Feuerbacher, A., Zikeli, S., & Högy, P. (2022). Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: a meta-analysis: Contrasting yield responses at varying levels of shade suggest different suitability of crops for dual land-use systems: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(3), 51. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00783-7

Li, T., Yang, Q., & Zhang, Y. (2021). Effects of shading levels on photosynthesis and water use efficiency in tomato plants. *Horticultural Science*, 281, 109-114.

Lorestani, B. Rostami, F., Shiri, N., & Khoshmaram, M. (2023). Factors Affecting Entrepreneurial Marketing among Gardeners in Kermanshah: Application of the three-Pronged Model. *Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture*, 10(19), 55-68. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147286 [In Persian]

Mohebodini, M., Sabaghnia, N., & Janmohammadi, M. (2018). Interrelationships between seed yield and 16 related traits of 81 garden cress landraces. *Horticultural Science*, 53(7), 946-948. http://dx.doi.org/10.61186/jea.10.19.55

Mohawesh, O., Albalasmeh, A., Deb, S., Singh, S., Simpson, C., AlKafaween, N., & Mahadeen, A. (2022). Effect of colored shading nets on the growth and water use efficiency of sweet pepper grown under semi-arid conditions. *Horttechnology*, 32(1), 21-27. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04895-21

Murphy, D.J. (2025). Agronomy and Environmental Sustainability of the Four Major Global Vegetable Oil Crops: Oil Palm, Soybean, Rapeseed, and Sunflower. *Agronomy*. 15, 1465. https://doi.org/10.3390/agronomy15061465

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]

Nacer, B., James R, S., Anne M, G., Daniel K, F., & Alemu, M. (2011). Effect of shade on seed protein, oil, fatty acids, and minerals in soybean lines varying in seed germinability in the early soybean production system. *American Journal of Plant Sciences*, 3(1), 84-95. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.31008

Najafi, S., Khaledian, M., & Rezaei, M., 2021. Evaluation of water productivity with three rice genotypes under different irrigation regimes and nitrogen fertilizer treatments in Rasht, northern Iran. *Irrigation and Drainage*, 70(4), 679–689. https://doi.org/10.1002/ird.2582

Nassar, A., Hassan, A., & El-Sharkawy, M. (2018). Optimizing shading nets for water productivity improvement in arid agriculture. *Journal of Arid Environments*, 156, 45–52.

Shahak, Y. (2014). Photoselective netting: An overview of the concept, R&D, and applications. *Acta Horticulturae*, 1037, 35-42. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.10375

Shahak, Y., Gussakovsky, E. E., Cohen, Y., & Lurie, S. (2016). Colored shade nets: Agricultural and physiological aspects. *Acta Horticulturae*, 770, 193–203.

Shirzadi Laskookalayeh, S. (2025). Identifying and Prioritizing Factors Affecting the Prosperity of Rice Production Business in Mazandaran Province with the View of Sustainable Rural Employment. Journal of Entrepreneurial Strategies in Agricultural, 12(1), 34- 48. http://dx.doi.org/10.61186/jea.2024.409 [In Persian.]

Shiukhy-Soqanloo, S., Gholami Sefidkouhi, M., & Aref Rad, M. (2025). Evaluation of physiological response and growth parameters of Soybean to combined effects of drought stress and irrigation management. *Journal of Agricultural Meteorology*, 12(2), 62-74. https://doi.org/10.22125/agmj.2024.456389.1168 [In Persian].

Shiukhy-Soqanloo, S., Mardanshahi, M. M., Ghasemi, Y., Shamgani, B., & Asadi, Z. (2024). The Effect of Colored Plastic Mulch Microclimates in The Strawberry Rise-bed on Rural Business and Micro-Economy (Case study: Mazandaran province). *Journal of Entrepreneurial Strategies in Agriculture*, 11(1), 57-66. https://doi.org/10.61186/jea.11.1.57 [In Persian].

Smith, P. (2020). Durkheim and After: The Durkheimian Tradition, 1893–2020. *Cambridge: Polity Press*. https://doi.org/10.1057/s41290-022-00182-1

Sugiyama, M., Samoto, M., Ichinose, T., Nakamura, A., Matsumiya, K., & Matsumura, Y. (2023). Evaluation of the contents and ratios of five fractionated proteins to elucidate the protein composition in soybean seeds. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 100(12), 1003-1013. https://doi.org/10.1002/aocs.12725

Tafoya, F. A., Juárez, M. G. Y., Orona, C. A. L., López, R. M., Alcaraz, T. D. J. V., & Valdés, T. D. (2018). Sunlight transmitted by colored shade nets on photosynthesis and yield of cucumber. *Ciência Rural*, 48, e20170829. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170829

Übelhör, A., Gruber, S., Schlayer, M., & Claupein, W. (2014). Influence of row covers on soil loss and plant growth in white cabbage cultivation. *Plant Soil and Environment,* 60(9), 407-412.

Wang, S., Xiong, J., Yang, B., Yang, X., Du, T., Steenhuis, T.S., & Kang, S. (2023). Diversified crop rotations reduce groundwater use and enhance system resilience. *Agricultural Water Management*, 276, 108067. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108067

Xu, C., Li, X., Zhang, Y., & Chen, L. (2020). Interactions between shading and soil management: Implications for fruit quality and plant health. *Scientia Horticulturae*, 272, 109563. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109563.

Zhang, H., Zhang, J., Song, J. (2022). Analysis of the threshold effect of agricultural industRial agglomeration and industRial structure upgrading on sustainable agricultural development in China. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130818. https://doi.org/ 10.1016/j.jclepro.2022.130818.

[Downloaded from jea.sanru.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.61882/jea.2026.457]