Volume 4, Issue 12, October 2025, 1526-1536.

Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Water Productivity in Soybean Cultivation and Its Determinants in Golestan Province

Noormohammad Abyar[1], Mostafa Alinaghizadeh*[2], Pouria Ataei[3]

[1] Department of Socio-Economic and Agricultural Extension Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.
[2] Assistant Prof., Dept. of Agricultural, Payame Noor University (PNU), P.O. Tehran, Iran.
[3]Department of Socio-Economic and Agricultural Extension Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

Keywords

Water productivity, soybean, Golestan Province, water–yield function.

A B S T R A C T

This study was conducted with the aim of examining and analyzing water input productivity in soybean cultivation in Golestan Province, one of the main hubs of soybean production in Iran. Using data collected from 48 soybean farmers and applying various indices of partial and value-based water productivity, the research assessed the current status and its determinants. The findings revealed that the average partial physical water productivity in soybean fields was 0.74 kg of soybean per cubic meter of water, with a range between 0.26 and 2.69 kg. This variation reflects the potential for increasing productivity through improved farm management and optimal resource utilization. From an economic perspective, each cubic meter of water generated an average gross income of 115,847 IRR and a gross profit of approximately 78,719 IRR. These figures highlight the significant role of efficient water allocation in enhancing farmers' profitability. Estimation of the water–yield function using the Cobb–Douglas form indicated that a one-percent increase in water use led to only a 0.035 percent increase in soybean yield, while the marginal productivity of each cubic meter of water was about 0.023 kg of soybean. This demonstrates that under current conditions, increasing water consumption has little effect on yield growth, and improving productivity requires technological innovation and enhanced management skills. An analysis of farmers' individual and managerial characteristics showed that factors such as farm altitude, type of irrigation network, and irrigation method had a significant effect on water productivity. Notably, farms equipped with modern pressurized irrigation systems exhibited much higher water productivity compared to traditional farms. In contrast, variables such as farm size and seed type did not produce significant differences in productivity. The results suggest that improving water productivity in soybean cultivation, in addition to upgrading irrigation technologies and farm management, necessitates supportive policies in education, extension services, and infrastructure provision. Ultimately, the findings can serve as a basis for policymakers and planners in the agricultural sector to increase domestic oilseed production and reduce dependency on imports.

*Corresponding Author: Mostafa Alinaghizadeh
Email Adresses: alinaghizadeh@pnu.ac.ir

Abyar,N. , Alinaghizadeh,M. and Ataei,P. (2025). Water Productivity in Soybean Cultivation and Its Determinants in Golestan Province. *Human Ecology*, *4*(12), 1526-1536.

Doi: https://doi.org/10.22034/he.2025.563906.1174

سال چهارم، شماره دوازدهم، پاییز ۱۴۰۴،۱۵۲۶-۱۵۳۶.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

بهره‌وری آب در زراعت سویا و عوامل مؤثر بر آن در استان گلستان

نورمحمد آبیار[۱]، مصطفی علی نقی زاده*[۲]، پوریا عطائی[۳]

۱ بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲ گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳ بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی و تحلیل بهره‌وری نهاده آب در زراعت سویا در استان گلستان، به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی تولید این محصول در کشور، انجام شده است. این پژوهش با استفاده از داده‌های گردآوری شده از ۴۸ بهره‌بردار سویاکار و به‌کارگیری شاخص‌های مختلف بهره‌وری جزئی و ارزشی آب، به تحلیل وضعیت موجود و عوامل مؤثر بر آن پرداخته است. یافته‌ها نشان داد که میانگین بهره‌وری جزئی فیزیکی آب در مزارع سویا برابر با ۰/۷۴ کیلوگرم سویا به ازای هر مترمکعب آب است که دامنه تغییرات آن بین ۰/۲۶ تا ۲/۶۹ کیلوگرم قرار دارد. این اختلاف بیانگر ظرفیت بالقوه افزایش بهره‌وری از طریق بهبود مدیریت مزرعه و استفاده بهینه از منابع است. از نظر اقتصادی نیز، هر مترمکعب آب به‌طور میانگین ۱۱۵۸۴۷ ریال درآمد ناخالص و حدود ۷۸۷۱۹ ریال سود ناخالص ایجاد کرده است. این ارقام حاکی از اهمیت بالای تخصیص کارآمد آب در افزایش سودآوری کشاورزان است. برآورد تابع عملکرد-آب با فرم کاب- داگلاس نشان داد که با افزایش یک درصدی مصرف آب، عملکرد سویا تنها ۰/۰۳۵ درصد افزایش می‌یابد و بهره‌وری نهایی هر مترمکعب آب حدود ۰/۰۲۳ کیلوگرم سویا است. این امر نشان می‌دهد که در شرایط موجود، افزایش مصرف آب اثر چندانی بر رشد عملکرد ندارد و افزایش بهره‌وری نیازمند نوآوری فناورانه و بهبود مهارت‌های مدیریتی است. بررسی ویژگی‌های فردی و مدیریتی کشاورزان نیز نشان داد که عواملی چون ارتفاع مزرعه از سطح دریا، نوع شبکه و روش آبیاری بر بهره‌وری آب اثر معنی‌داری دارند. به‌ویژه مزارع دارای سیستم‌های آبیاری مدرن و تحت فشار، بهره‌وری آب به‌مراتب بالاتری نسبت به مزارع سنتی دارند. در مقابل، عواملی مانند اندازه مزرعه و نوع بذر تفاوت معناداری در بهره‌وری ایجاد نکردند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که ارتقای بهره‌وری آب در کشت سویا، افزون بر ارتقای فناوری‌های آبیاری و مدیریت مزرعه، نیازمند سیاست‌های حمایتی در زمینه آموزش، ترویج و تأمین زیرساخت‌های لازم است. درنهایت، یافته‌ها می‌توانند مبنای تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی در مسیر افزایش تولید داخلی دانه‌های روغنی و کاهش وابستگی به واردات قرار گیرند.

واژگان کلیدی

بهره‌وری آب، سویا، استان گلستان، تابع عملکرد-آب

ارجاع به این مقاله: آبیار، نورمحمد، علی نقی زاده، مصطفی و عطائی، پوریا. (۲۰۲۵). بهره‌وری آب در زراعت سویا و عوامل مؤثر بر آن در استان گلستان. اکولوژی انسانی، ۱۲(۴)، ۱۵۲۶–۱۵۳۶.

۱. مقدمه

رشد پیش‌بینی شده جمعیت جهان به میزان بیش از دو میلیارد نفر طی دهه‌های آتی، همراه با تغییرات اقلیمی، یکی از چالش‌های اساسی پیش روی امنیت غذایی به شمار می‌آید (Silva, 2018). فائو ضرورت افزایش تولید ۷۰ درصدی مواد غذایی را برای تغذیه جمعیت رو به رشد جهان تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده است (Boussemart and Parvulescu, 2019).

بر اساس نظریه‌های اقتصادی، رشد تولیدات از دو منبع تأمین می‌شود. رشد منابع محور[1] که بر گسترش کمی منابع و عوامل تولید تأکید دارد و رشد بهره‌وری‌محور که مبتنی بر افزایش تولید در سطح معین منابع با ابداع فناوری‌های نوین می‌باشد (Khaksar Astaneh et al., 2019). در حالی که در ادوار گذشته رشد تولیدات کشاورزی با رویکرد منابع محور یا کاربرد بیشتر زمین، سرمایه، آب و نهاده‌های واسطه‌ای حاصل می‌شد، امروزه رشد بهره‌وری‌محور از مهم‌ترین رویکردهای سیاستی بخش کشاورزی محسوب می‌شود.

تعریف کلی از بهره‌وری، توانایی نهاده در تولید ستانده یا محصول است و به‌صورت نسبت ستانده یا خروجی یک سیستم به نهاده‌ها یا ورودی آن سیستم محاسبه می‌شود (Bernard et al., 2025). هر چه این نسبت بزرگ‌تر باشد، بیانگر کارآمدی و عملکرد مطلوب در مصرف نهاده‌ها است؛ بنابراین بهره‌وری از معیارهای ارزیابی کارکرد سیستم‌های مختلف به‌ویژه بنگاه‌های اقتصادی در یک مقطع و یا یک بازه زمانی معین می‌باشد. رشد بهره‌وری باعث می‌شود در سطح فعلی منابع و فناوری‌های موجود، تولیدات کشاورزی و مواد غذایی افزایش یافته و ضمن صرفه‌جویی در منابع، قیمت واقعی محصولات کشاورزی و سهم آن از کل هزینه‌های مصرف‌کننده کاهش یابد (Borrero, 2025; Li & Zhu, 2025)؛ بنابراین در شرایط محدودیت منابع و ضرورت تأمین نیازهای تغذیه‌ای جمعیت فزاینده، رشد بهره‌وری منابع به‌عنوان راهکار اساسی افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی و مواد غذایی در کانون توجهات برنامه‌ریزان کلان بخش کشاورزی کشورهای مختلف قرار گرفته است.

بهره‌وری عوامل تولید کشاورزی را می‌توان برای یک مزرعه، محصول یا گروهی از مزارع در هر مقیاس جغرافیایی یا در گذر زمان اندازه‌گیری کرد. این سنجه باید منعکس‌کننده هدف نهایی تحقیق باشد. اگر به‌عنوان مثال، هدف مقایسه بهره‌وری مزارع است، سنجه‌های خرد- مبنا و اگر نیاز به ارزیابی سیاست‌های کشاورزی در سطح کشور باشد، سنجه‌های کلان مورد نیاز است. مسائل اندازه‌گیری مربوط به استخراج شاخص‌های مختلف یکسان هستند. با این حال نیازهای داده ممکن است بسته به نوع شاخص متفاوت باشد. اندازه‌گیری بهره‌وری در سطح مزرعه برای یک محصول و یک نهاده (به‌عنوان مثال بهره‌وری آب در مزارع سویا) ممکن است فقط به اطلاعات اساسی در مورد مقدار محصول و مصرف نهاده نیاز داشته باشد، در حالی که تولید سنجه‌های کلان نیازمند داده‌های قیمت محصولات و نهاده‌ها است.

ایران نیز در سال‌های گذشته به دلایل گوناگون ازجمله رشد جمعیت، تغییر الگوهای مصرف، تحولات اقلیمی، فرسایش اراضی، تخریب محیط‌زیست و محدودیت منابع به‌ویژه آب (Zamani et al., 2021; Rahimi & Nobar, 2023) با ضرورت گریزناپذیر تحول در شاخص‌های بهره‌وری کشاورزی مواجه شده است. تجربیات جهانی بر نقش بهره‌وری در افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی دلالت دارند (Kolapo & Sieber, 2025; Nirosha & Vennila, 2025; Tanveer & Kalim, 2025; Yadav & Goyari, 2025)؛ اما نماگرهای آماری از وضعیت نه‌چندان قابل‌قبول شاخص‌های بهره‌وری در کلیت اقتصاد و به‌ویژه در بخش کشاورزی ایران حکایت می‌کنند. بر پایه داده‌های آماری میانگین رشد شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید بخش کشاورزی در بازه زمانی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۸ برابر ۰/۸ درصد بوده که در مقایسه با کشورهای آسیایی و نیز کشورهای توسعه‌یافته پایین می‌باشد (Khaksar Astaneh et al., 2019).

بدیهی است برای افزایش شاخص‌های بهره‌وری در اقتصاد ایران، بخش کشاورزی باید به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم اقتصادی مورد توجه خاص قرار گیرد و از این رو رشد و بهبود بهره‌وری نهاده‌های تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات راهبردی مانند دانه‌های روغنی مورد توجه نظام برنامه‌ریزی و پژوهشی کشور قرار گیرد.

دانه‌های روغنی به‌ویژه سویا که بیش از ۶۰ درصد کل پروتئین گیاهی تولیدی در جهان را تأمین می‌کند (Silva, 2018)، از مهم‌ترین محصولات راهبردی کشور می‌باشند که با توجه به واردات ۹۵ درصدی روغن خوراکی مصرفی، افزایش تولید آن به واسطه بهبود و ارتقاء بهره‌وری عوامل به ویژه نهاده‌ی آب، از مهم‌ترین اهداف بخش کشاورزی و اقتصاد ملی است. با توجه به موارد بیان شده این تحقیق به‌منظور سنجش و تحلیل بهره‌وری نهاده آب مصرفی در زراعت سویا در استان گلستان، ایران انجام شده است که بخش اعظم محصول سویای کشور را تولید می‌کند.

با توجه به اهمیت مقوله بهره‌وری در فرایند رشد و توسعه بخش کشاورزی، یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌ریزان و مدیران این بخش بهبود شاخص‌های بهره‌وری در سطوح مختلف می‌باشد. در این میان اشراف بر مقادیر بهره‌وری عوامل و نهاده‌های تولید نقش به‌سزایی در مدیریت مزرعه و بهره‌مندی هرچه بیشتر از ظرفیت‌های آن خواهد داشت. از این رو با توجه به ضرورت محاسبه و اندازه‌گیری بهره‌وری بنگاه‌های

1 Resource-driven growth

اقتصادی به ویژه بهره‌برداری‌های کشاورزی، رهیافت‌های گوناگونی برای این منظور ابداع و بسط داده شده‌اند. همچنین، باید توجه داشت که یک سنجه واحد به ندرت اطلاعات کامل و جامع در اختیار سیاست‌گذاران و تحلیل‌گران قرار می‌دهد تا بدون هیچ گونه ابهامی بهترین سیاست‌ها را تجویز کنند. به‌عنوان مثال تفسیر بهره‌وری زمین که در آن عملکرد بالاتر به مثابه بهره‌وری بیشتر است، چالش‌برانگیز است، چراکه عملکرد بیشتر ممکن است متأثر از نیروی کار با آموزش بهتر، استفاده کارآمدتر از سرمایه و یا عوامل فرای کنترل کشاورزان، مانند شرایط آب و هوایی باشد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحلیل اقتصادی بهره‌وری عوامل تولید کشاورزی به‌ویژه نهاده‌ی آب از دیرباز مورد توجه اقتصاددانان کشاورزی در ایران و خارج از کشور بوده و بررسی ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق بیانگر آن است که محققان مختلف این موضوع را از زوایای مختلف مورد بررسی و توجه قرار داده‌اند. بر اساس نتایج شایان‌فر (Shayanfar, 2003) در استان آذربایجان شرقی، بیشترین بهره‌وری فیزیکی آب در زراعت گوجه‌فرنگی با هشت کیلوگرم/مترمکعب، پیاز و سیب‌زمینی با شش کیلوگرم/مترمکعب و چغندرقند با پنج کیلوگرم/مترمکعب مشاهده شده است. بیشترین بهره‌وری ارزشی یا اقتصادی آب نیز مربوط به گردو با ۶۳۷۹ ریال/ مترمکعب و سپس گوجه‌فرنگی با ۳۳۹۹ ریال/مترمکعب و زردآلو با ۳۴۸۵ ریال/مترمکعب گزارش شده است. کمترین بهره‌وری اقتصادی نهاده آب در زراعت ذرت دانه‌ای با ۴۲۴ ریال/مترمکعب، شبدر و اسپرس با ۵۴۶ ریال/مترمکعب و جو آبی با ۵۶۲ ریال/مترمکعب گزارش شده است. بهراملو و سیدان (Bahramloo & Seyedan, 2017) بهره‌وری عوامل تولید سیب‌زمینی را در دو سیستم آبیاری کلاسیک ثابت و نشتی در مزارع همدان بررسی و مقایسه نموده‌اند. این پژوهش با رهیافت تابع تولید، روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده انجام شده است. بر پایه یافته‌های تحقیق در سیستم‌های آبیاری بارانی و نشتی، میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب به ترتیب ۶/۵ و سه کیلوگرم محصول در هر مترمکعب آب اندازه‌گیری شده است.

گراسینی و همکاران (۲۰۱۵) بهره‌وری آب محصول سویا را در ایالت نبراسکا بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج تخمین تابع عملکرد–آب مرزی، بهره‌وری پایدار آب ۹/۹ کیلوگرم در هکتار بوده است. بر اساس نتایج تحقیق ویدلا– منسگو همکاران (۲۰۲۴)، شکاف بهره‌وری نهاده آب مصرفی زراعت سویا در آرژانتین به‌طور میانگین ۲/۲۴ کیلوگرم بر هکتار بر میلی‌متر یا ۳۳ درصد حد بالای بهره‌وری آب برآورد شده است. عوامل محیطی ۵۵ درصد تغییرات شکاف بهره‌وری آب را توضیح دادند که از میان آن‌ها، تأمین آب، بارندگی پیش از شروع فصل رشد، وجود سطح ایستابی، مصرف کود فسفره، کاربرد قارچ‌کش و تاریخ کاشت، بیشترین سهم را داشتند. در تحقیق زلکه و نندال (۲۰۲۴) که با هدف ارزیابی اثر تیمارهای مختلف آبیاری و تاریخ‌های کاشت بر بهره‌وری نهاده آب در زراعت سویا انجام شد، مشاهده گردید که تیمار آبیاری کامل به‌طور معنی‌داری بهره‌وری آب بالاتری نسبت به تمامی سطوح کم آبیاری نشان داد.

بهره‌وری کل عوامل تولید در کشت سویا در دو منطقه اقلیمی–کشاورزی ژاپن و عوامل مؤثر بر آن توسط کوبایاشی و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از آمار هزینه تولید سویا طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ و رگرسیون بهره‌وری کل عوامل تولید و عملکرد بر حسب اندازه مزرعه، روند زمانی و متغیرهای ورودی مرتبط با تولید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با وجود کاهش سالانه ۰/۷ درصدی عملکرد متوسط، بهره‌وری کل عوامل در دو منطقه مورد بررسی سالانه بین ۱/۵ و ۲/۴ درصد افزایش داشته است. در منطقه زیرقطبی، بهره‌وری کل عوامل طی دوره مطالعه به دلیل افزایش اندازه زمین و پیشرفت فناوری بین ۹ تا ۱۵ درصد بهبود یافت. در مقابل، در منطقه معتدل، افزایش ۱۴ درصدی بهره‌وری کل عوامل ناشی از افزایش اندازه زمین، عمدتاً به‌وسیله اثر منفی پسرفت فناوری خنثی شد. نتایج نشان داد که تغییرات فناورانه، به‌ویژه در روش‌های کشت، رخ داده است. افزایش اندازه زمین که بهبود بهره‌وری کل عوامل را به همراه داشت، در منطقه جزیره اصلی (که ۸۵ درصد سطح زیر کشت سویا در ژاپن را شامل می‌شود) به‌طور ناخواسته باعث کاهش ۹ درصدی عملکرد گردید. همچنین نتایج نشان داد که بهبود بهره‌وری کل عوامل در هر دو منطقه با صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌های تولید (مانند کود) به ازای واحد سطح حاصل شد و در عین حال، عملکرد بسته به منطقه، با افزایش مصرف بذر، مواد شیمیایی کشاورزی و خدمات اجاره‌ای افزایش یافت. این مطالعه نشان داد که در سراسر ژاپن، بهره‌وری کل عوامل تولید سویا به‌طور مستمر به دلیل افزایش اندازه مزرعه و صرفه‌جویی در نهاده‌ها، همراه با پیشرفت‌های فناورانه منطقه‌ای در روش‌های کشت، بهبود یافته است.

لرما و صدیق(۲۰۰۹) تولید محصولات کشاورزی و رشد بهره‌وری را در دو کشور تاجیکستان و ازبکستان بررسی نموده‌اند مشخصه هر دو کشور تحول نظام بهره‌برداری از مدل سنتی کشاورزی اشتراکی شوروی سابق به کشاورزی فردی و خانوادگی مبتنی بر نظام بازار است. در هر دو کشور افزایش قابل توجه‌ای در بهره‌وری زمین و نیروی کار مشاهده شده است. این یافته نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری می‌تواند متاثر از تغییر در ساختار نظام بهره‌برداری کشاورزی در آسیای مرکزی باشد. لیو و لی (۲۰۱۰) بهره‌وری کل عوامل تولید و عوامل مؤثر بر آن را در بخش تولید سویا در چین با بهره‌مندی از تابع تولید کاب–داگلاس برآورد نمودند. یافته‌ها نشان داد که بهره‌وری کل عوامل تولید سویا به‌طور متوسط سالانه ۰/۴۴ درصد رشد داشته، هرچند این رشد با نوسانات آشکار همراه بوده است. نتایج بیانگر آن است که عواملی نظیر الگوی

کشت، سیاست‌های واردات و صادرات و دستاوردهای فناورانه، نقش مهمی در ایجاد این نوسانات ایفا کرده‌اند. نتایج نشان داد که عوامل اصلی محرک (پیشران) بهره‌وری آب آبیاری شامل میزان آبیاری، کوددهی و تراکم کاشت بودند. نتایج بیانگر آن است که در مقیاس مناطق آبیاری کوچک، از دیدگاه کشاورزان، بهبود بهره‌وری آب آبیاری عمدتاً باید از طریق مدیریت مزرع کنترل شود؛ اما در مقیاس بزرگ‌تر حوضه آبریز، تفاوت‌های مکانی در ویژگی‌های خاک نیز باید توسط نهادهای مدیریتی دولتی در نظر گرفته شود، به ویژه هنگامی که هدف، افزایش بهره‌وری آب آبیاری از طریق تنظیم اقدامات مدیریتی است.

۳. مواد و روش‌ها

بهره‌وری نهاده آب بر اساس هدف و رویکرد مطالعات، در قالب سنجه‌ها و شاخص‌های مختلفی تعریف و تبیین می‌گردد. دو روش مهم محاسبه بهره‌وری عوامل تولید کشاورزی، رهیافت‌های داده– ستانده و توابع تولید می‌باشند. در رهیافت داده– ستانده از نسبت‌های ستانده (محصول) به داده (نهاده) استفاده می‌شود. در این روش برای محاسبه بهره‌وری یک عامل تولید، حجم یا ارزش ستانده را بر حجم مصرفی آن عامل تولید تقسیم می‌کنند این روش محدودیت‌ها و کاستی‌هایی را دارد. برای مثال در محاسبه بهره‌وری نیروی کار و قضاوت درباره آن ممکن است نتایج گمراه‌کننده‌ای به دست دهد، زیرا استفاده از شاخص نسبت ستانده به نیروی کار برای تعیین بهره‌وری نیروی کار در مزارع مختلف ممکن است برای برخی مزارع بالاتر و برای بعضی پایین‌تر باشد و این در صورتی بیانگر بهره‌وری نیروی کاراست که سطح فناوری برای همه مزارع مورد بررسی یکسان باشد، اما عملاً چنین چیزی وجود ندارد و بنابراین نتایج گمراه کننده خواهد بود. برای رفع این مشکل از شاخص‌های مکمل استفاده می‌شود، بدین ترتیب که شاخص ساده بهره‌وری نیروی کار را با شاخص‌های دیگر ازجمله شاخص بهره‌وری کل عوامل تلفیق می‌کنند تا بتوانند به‌طور دقیق‌تر به علت و چگونگی تغییرات بهره‌وری پی ببرند. در محاسبه بهره‌وری عوامل به روش تابع تولید، با تخمین توابع تولید، مقادیر بهره‌وری عوامل تولید (نهاده‌ها) برآورد می‌شود.

در هر یک از دو رهیافت یادشده، بهره‌وری در مفهوم کلی به دو نوع بهره‌وری جزئی عوامل[1] و بهره‌وری کل عوامل[2] تقسیم و اندازه‌گیری می‌شود. در کاربرد بهره‌وری جزئی، بهره‌وری هر یک از عوامل تولید به‌طور مستقل و جداگانه اندازه‌گیری می‌شود. بهره‌وری جزئی در واقع بیانگر توانایی یا سهم یک نهاده (به‌عنوان مثال نهاده آب) در تولید محصول می‌باشد؛ بنابراین بهره‌وری جزئی یک عامل تولید عبارت از مقدار یا ارزش تولید منسوب به یک واحد از آن نهاده خواهد بود. مهم‌ترین سنجه‌های بهره‌وری جزئی عوامل در بخش کشاورزی شامل بهره‌وری نهاده‌های آب، نیروی کار، سرمایه، انرژی، زمین و کودهای شیمیایی می‌باشد. بهره‌وری کل عوامل، نسبت ستانده به جمع کل نهاده‌ها است. این سنجه بیانگر سهم میانگین وزنی نهاده‌ها در تولید محصول است؛ به عبارت دیگر بهره‌وری کل عوامل عبارت از نسبت ارزش یا مقدار ستانده به جمع ارزش یا مقدار وزنی همه‌ی نهاده‌های به کار گرفته شده در تولید ستانده است (Nazari & Liaqaat, 2016). این سنجه بهره‌وری غالباً در یک چارچوب پویا استفاده می‌شود که در آن تغییر در بهره‌وری کل عوامل به‌مثابه بهبود بهره‌وری در گذر زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد. بهره‌وری عوامل تولید اعم از جزئی یا کل را می‌توان به دو صورت بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری ارزشی (اقتصادی) اندازه‌گیری و بیان نمود.

بهره‌وری جزئی فیزیکی یک نهاده، مقدار تولید منسوب به یک واحد از آن نهاده می‌باشد. بر اساس این دیدگاه بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی است؛ اما بهره‌وری جزئی ارزشی یک نهاده یا عامل تولید بیانگر ارزش تولید منسوب به یک واحد از آن نهاده است. بر اساس این دیدگاه، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای کسب سود بیشتر به ازای واحد حجم آب مصرفی است. برای محاسبه بهره‌وری جزئی هر یک از عوامل تولید کشاورزی از معادله ۱ استفاده می‌شود.

$$PP_X = \frac{Q}{X} \qquad (۱)$$

$$EP_X = \frac{VQ}{X} \qquad (۲)$$

در رابطه (۱) که معرف بهره‌وری فیزیکی جزیی نهاده X می‌باشد، Q بیانگر مقدار یا حجم تولید، X میزان نهاده مصرفی و PP_X بیانگر بهره‌وری فیزیکی جزیی یک واحد نهاده مصرفی X است. به همین ترتیب در رابطه (۲) که معرف بهره‌وری ارزشی جزیی نهاده X می‌باشد، VQ بیانگر ارزش تولید، X میزان نهاده مصرفی و EP_X بیانگر بهره‌وری ارزشی یک واحد نهاده مصرفی X می‌باشد. به همین ترتیب بهره‌وری جزیی هر یک از عوامل تولید قابل اندازه‌گیری است. از آن‌جایی‌که واحد اندازه‌گیری نهاده‌های تولید متفاوت هستند، مقادیر بهره‌وری

1 Partial Productivity
2 Total Factor Productivity

جزیی محاسبه شده به این روش قابلیت مقایسه با یکدیگر را نخواهند داشت و در بهترین حالت برای مقایسه با بهره‌وری مزارع دیگر و یا بررسی روند تغییرات بهره‌وری در طول زمان می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

بهره‌وری نهاده آب بر اساس هدف و رویکرد مطالعات، در قالب سنجه‌ها و شاخص‌های مختلفی تعریف و تبیین می‌گردد. در دهه‌های اخیر، در زمینه توسعه شاخص‌هایی که فرآیندهای متفاوت و همچنین کارآیی سامانه‌های آبی را توصیف کنند، تلاش‌های قابل ملاحظه‌ای صورت گرفته است. شاخص‌های ارائه شده در این بخش، عمدتاً مربوط به استفاده آب در بخش کشاورزی است، هرچند در سایر بخش‌ها نیز با تعمیم قابل استفاده است. بنابراین با توجه به اهمیت و نقش نهاده آب در تولید محصولات کشاورزی، سنجه‌های مختلفی به‌طور خاص برای تعیین بهره‌وری آن تعریف و ارائه شده است. در سنجه‌های بهره‌وری فیزیکی آب، ستانده‌ها به‌صورت واحدهای فیزیکی و عموماً به‌صورت مقدار تولید اندازه‌گیری می‌شوند. مقدار تولید محصول غالباً برحسب کیلوگرم در هکتار است. مهم‌ترین انواع سنجه‌های بهره‌وری جزیی فیزیکی یا ارزشی نهاده آب به شرح زیر می‌باشند.

عملکرد به ازای واحد حجم آب

این سنجه در واقع نسبت مقدار محصول تولید شده به حجم آب مصرف شده است. بنابراین هرچه این نسبت بیشتر باشد، نشان دهنده قابلیت افزون تر نهاده آب در فرایند تولید است. مقدار آب مصرف شده می‌تواند آب تحویلی به شبکه، آب تحویلی به مزرعه، آب تحویلی به گیاه و یا حتی تبخیر- تعرق باشد. که در این تحقیق مقدار آب تحویلی به مزرعه است. در شرایطی که آب، نهاده‌ی محدودکننده‌ی کشاورزی است، این سنجه می‌تواند بیان‌کننده‌ی کارآیی مصرف آب باشد (Nazari & Liaqaat, 2016). اما نمی‌توان گفت هرچه تولید محصول به‌ازای آب مصرفی بالاتر برود، لزوماً اثربخش خواهد بود، زیرا ارزش مقدار محصول گیاهان مختلف، هم به لحاظ ارزش ریالی و هم به لحاظ جایگاهی که در ایجاد امنیت غذایی دارند متفاوت است.

سود ناخالص به ازای واحد حجم آب

بر اساس این سنجه که معرف بهره‌وری ارزشی نهاده آب است، بهره‌وری آب بر حسب نسبت مقدار سود ناخالص (درآمد خالص) محصول به مقدار آب مصرف شده در هکتار، و با کمیت ریال بر مترمکعب آب محاسبه می‌شود. سود ناخالص برابر تفاوت درآمد ناخالص (ارزش تولیدات) و هزینه‌های متغیر تولید می‌باشد. از آن‌جایی که در این شاخص مقدار سود ناشی از فروش محصول مد نظر قرار می‌گیرد، دقت آن بیشتر از بهره‌وری فیزیکی نهاده آب است و می‌توان از آن برای مقایسه بهره‌وری آب در گیاهان مختلف استفاده نمود (Nazari & Liaqaat, 2016).

سود خالص به ازای واحد حجم آب

این سنجه نیز که معرف بهره وری ارزشی نهاده آب است، برابر نسبت سود خالص (تفاوت درآمد ناخالص و هزینه کل تولید) در هر هکتار به مقدار آب مصرفی اندازه‌گیری می‌شود. این شاخص، قابلیت اندازه‌گیری و پایش دارد و از جامعیت نسبی برخوردار است. همچنین اثربخشی اقتصادی را نشان می‌دهد. اگرچه محاسبه این شاخص نسبتا مشکل است، اما از دقت بالاتری نسبت به شاخص‌های دیگر برخوردار است.

بهره‌وری کل عوامل در واقع بهره‌وری همه عوامل تولید را تواما و تجمیع شده اندازه‌گیری می‌کند که عبارت از نسبت ارزش یا مقدار ستانده به جمع ارزش یا مقدار وزنی همه‌ی نهاده‌های به کار گرفته شده در فرایند تولید می‌باشد. بهره‌وری کل عوامل تولید یک محصول نیز با کاربرد رابطه زیر اندازه‌گیری می‌شود.

$$TFP = \frac{Q}{W_1X_1 + \ldots\ldots\ldots W_nX_n} \qquad (۳)$$

که در آن Q مقدار یا ارزش تولید، x_1 تا x_n مقادیر نهاده‌های مصرفی در فرایند تولید و W_1 تا W_n ضرایب اهمیت آنها می‌باشند. در این پژوهش برای سنجش بهره‌وری نهاده آب در زراعت سویا از سنجه‌های بهروه‌وری جزیی فیزیکی و ارزشی استفاده به عمل می‌آید.

در روش تابع تولید بهره‌وری عوامل اغلب به صورت بهره‌وری نهایی بیان می‌شود. در این روش ضرایب تخمینی هر متغیر (نهاده) تولید بیانگر بهره‌وری نهایی آن است که نشاندهنده تغییرات محصول به ازای یک واحد تغییر در مصرف آن نهاده است. ضرایب تخمینی تابع تولید ارزش تفسیری خوبی دارند و در ابعاد کلان سیاستگذاری و نیز در بعد خرد (مدیریت مزرعه) کاربرد دارند. معمول‌ترین شکل تابع تولید برای بررسی بهره‌وری عوامل تولید یک محصول، تابع تولید کاب- داگلاس می‌باشد که در عین سهولت تخمین، از قابلیت‌های تحلیلی ارزشمندی برخوردار است. شکل کلی تابع تولید کاب داگلاس به صورت زیر تصریح می‌گردد:

$$Q = AX_1^{\beta_1}.X_2^{\beta_2}.....X_n^{\beta_n} \qquad (۴)$$

که در آن Q مقدار تولید محصول و x_1 تا x_n بیانگر مقادیر نهاده‌های تولید می‌باشند. ضرایب تخمینی β_1 تا β_n کشش عوامل تولید و آنتی‌لگاریتم جزء ثابت (عرض از مبدأ) بیانگر سطح تکنولوژی یا پارامتر بهره‌وری کل است. بر پایه روابط زیر، بهره‌وری نهایی هر یک از

عوامل تولید از حاصل ضرب کشش آن عامل در بهره‌وری جزیی آن به دست می‌آید. برای مثال بهره‌وری جزیی و نهایی نهاده آب (I) با کاربرد روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$P_I = \frac{Q}{I}$$

$$E_L = \frac{dQ}{dI}.\frac{I}{Q} = \frac{MP_I}{AP_I} \qquad (۵)$$

$$MP_I = E_I AP_I$$

که در آن P، E و MP به‌ترتیب بیانگر بهره‌وری جزیی، کشش تولید و بهره‌وری نهایی نهاده آب می‌باشند. برای سایر نهاده‌ها نیز به همین ترتیب می‌توان مقادیر بهره‌وری نهایی را برآورد کرد.

۴. یافته‌ها

در این پژوهش با توجه به اهداف متصور و نیز نوع داده‌های در دسترس، سنجه‌ی بهره‌وری جزئی نهاده آب به سه صورت فیزیکی، ارزشی (اقتصادی) و نیز نهایی محاسبه گردید. لازم به ذکر است که بهره‌وری جزئی نهاده آب در سه سناریو با منظور نمودن مقدار محصول، ارزش ناخالص و سود ناخالص محصول سویا اندازه‌گیری شده است. جدول ۱ بیانگر مقادیر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب و سایر نهاده‌ها ازجمله بذر، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و نیروی کار در زراعت سویا در استان گلستان می‌باشد. بر اساس نتایج، بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده آب ۰/۷۴ و بدان معناست که با مصرف هر مترمکعب آب آبیاری، به‌طور متوسط ۰/۷۴ کیلوگرم سویا در مزارع مورد بررسی تولید شده است. کمینه و بیشینه بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده آب به ترتیب ۰/۲۶ و ۲/۶۹ می‌باشد. این دامنه تغییرات بیانگر آن است که بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده آب با ارتقاء مهارت‌های مدیریتی سویاکاران و بهبود کارایی مصرف منابع آب قابل افزایش خواهد بود.

بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده‌های بذر، سموم، کودهای شیمیایی و نیروی کار به ترتیب ۴۰/۵، ۸۶۴، ۴۹/۵ و ۸۰ کیلوگرم می‌باشد. این یافته‌ها دلالت بر آن دارند که با مصرف یک واحد از نهاده‌های مذکور به‌طور متوسط و به ترتیب ۴۰/۵، ۸۶۴، ۴۹/۵ و ۸۰ کیلوگرم سویا تولید شده است. لازم به ذکر است که بهره‌وری جزئی نهاده‌های مصرفی در تولید یک محصول کشاورزی با یکدیگر قابل‌مقایسه نمی‌باشند، زیرا واحد اندازه‌گیری آن‌ها متفاوت می‌باشند.

جدول ۱. بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده‌های مصرفی در زراعت سویا

سنجه‌های بهره‌وری	آب	بذر	سموم شیمیایی	کود شیمیایی	نیروی کار
بهره‌وری فیزیکی	۰/۷۴	۴۰/۵	۸۶۴	۴۹/۵	۸۰
کمینه بهره‌وری فیزیکی	۰/۲۶	۱۲/۵	۱۲۴	۶/۶	۱۸/۶
بیشینه بهره‌وری فیزیکی	۲/۷	۸۲/۵	۴۸۰۰	۶۷/۷	۳۸۰

جدول ۲ بیانگر بهره‌وری جزئی ارزشی نهاده آب و سایر نهاده‌ها در مزارع سویا است. این سنجه در واقع بیانگر درآمد یا ارزش ناخالص محصول سویای منسوب به هر مترمکعب آب آبیاری و سایر نهاده‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است که در این پژوهش، مقادیر بهره‌وری ارزشی نهاده‌ها بر اساس قیمت بازاری سویا در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اندازه‌گیری شده است. محصول سویای تولیدی در سال زراعی یادشده به قیمت هر کیلوگرم حدود ۱۲۸۰۰۰ ریال در بازارهای کشاورزی خریداری شده است. بر این مبنا مقادیر بهره‌وری ارزشی هر مترمکعب نهاده آب به ترتیب ۱۱۵۸۴۷ ریال و همچنین کمینه و بیشینه آن به ترتیب برابر ۳۳۱۰۵ و ۸۹۵۰۰۴ ریال محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهند که با تخصیص هر مترمکعب آب در زراعت سویا به‌طور متوسط ۱۱۵۸۴۷ ریال درآمد ناخالص عاید سویاکاران شده است. همچنین کمترین و بیشترین درآمد ناخالص حاصل از مصرف یک مترمکعب آب در مزارع سویای استان به ترتیب ۳۳۱۰۵ و ۸۹۵۰۰۴ ریال بوده است. جدول ۲ همچنین بیانگر مقادیر بهره‌وری ارزشی دیگر نهاده‌های مصرفی در مزارع استان گلستان می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بهره‌وری ارزشی یا درآمد ناخالص منسوب به هر واحد نهاده‌های بذر، سموم شیمیایی، کودهای شیمیایی و نیروی کار به ترتیب ۵۱۷۷۸۶۳، ۱۱۰۶۳۰۳۹۸، ۹۳۳۳۷۴۰ و ۱۰۲۴۰۹۶۸ ریال محاسبه شده است.

جدول ۲. بهره‌وری ارزشی نهاده آب و سایر نهاده‌ها در زراعت سویا بر حسب درآمد ناخالص

بهره‌وری ارزشی	آب	بذر	سموم شیمیایی	کود شیمیایی	نیروی کار
میانگین بهره‌وری ارزشی	۱۱۵۸۴۷	۵۱۷۷۸۶۳	۱۱۰۶۳۰۳۹۸	۶۳۳۳۷۴۰	۱۰۲۴۰۹۶۸
کمینه بهره‌وری ارزشی	۳۳۱۰۵	۱۶۰۰۰۰۰	۱۵۹۲۸۸۸۹	۲۳۸۳۴۴۳	۸۴۱۱۴۳
بیشینه بهره‌وری ارزشی	۸۹۵۰۰۴	۱۰۵۶۰۰۰۰	۶۱۴۴۰۰۰۰۰	۱۰۲۴۰۹۶۸	۴۲۲۴۰۰۰۰

داده‌های مندرج در جدول ۳ بیانگر بهره‌وری ارزشی نهاده آب در زراعت سویای استان گلستان بر حسب سود ناخالص در هکتار می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تخصیص هر یک مترمکعب آب در زراعت سویا به طور میانگین ۶۹۲۷۰ ریال سود ناخالص ایجاد می‌کند. کمینه و بیشینه این نوع بهره‌وری نهاده آب به ترتیب ۳۷۳- و ۷۸۷۱۹ ریال اندازه‌گیری شده است. ملاحظه می‌شود که دامنه تغییرات این شاخص بهره‌وری نیز در مزارع سویای مورد بررسی بیانگر امکان‌پذیری افزایش آن است.

جدول ۳. بهره‌وری ارزشی آب در زراعت سویای استان گلستان برحسب سود ناخالص

سنجه‌های بهره‌وری ارزشی	مقادیر بهره‌وری
میانگین بهره‌وری ارزشی	۶۹۲۷۰
کمینه بهره‌وری ارزشی	-۳۷۳
بیشینه بهره‌وری ارزشی	۷۸۷۱۹

بهره‌وری نهایی و مقادیر مصرف بهینه نهاده آب

به منظور مدیریت مصرف بهینه و اندازه‌گیری بهره‌وری نهایی آب در تولید محصولات کشاورزی از تخمین تابع عملکرد-آب استفاده می‌شود. این تابع یک مدل یا رابطه ریاضی است که بیانگر مقادیر عملکرد محصول در سطوح مختلف مصرف آب می‌باشد. تابع عملکرد- آب با کاربرد روش‌های تحلیل رگرسیونی برآورد می شود و قابلیت های مفیدی برای مدیریت آب و نیز تحلیل عملکرد محصول در سطوح مختلف مصرف آب دارد. ازجمله این قابلیت‌ها می‌توان به برآورد مقادیر متناظر محصول در سطوح مختلف نهاده آب اشاره نمود. افزون بر این با برآورد این تابع می‌توان بهره‌وری نهایی و مقادیر مصرف بهینه فنی و اقتصادی نهاده آب را مشخص کرد.

در تابع عملکرد-آب، ضریب تخمینی متغیر یا نهاده آب مبین بهره‌وری نهایی آن است که نشان دهنده تغییرات تولید به ازای یک واحد تغییر در مصرف آب زراعی است. این ضریب تخمینی در تحلیل مدیریت مصرف نهاده آب در مزارع کاربرد دارد. بهینه فنی یک نهاده آن مقدار نهاده است که با مصرف آن، تولید محصول به بیشینه خود می‌رسد؛ اما منظور از بهینه اقتصادی مصرف نهاده، آن مقدار نهاده است که با مصرف آن بیشینه سود ممکن حاصل می‌شود؛ بنابراین در مدیریت مصرف نهاده‌های تولید می‌بایست بین بهینه‌های فنی و اقتصادی مصرف نهاده‌ها انتخاب صورت گیرد. اگر هدف سیاست‌گذار یا مدیر مزرعه دستیابی به بیشینه تولید باشد، می‌بایست مصرف بهینه فنی نهاده مورد توجه قرار گیرد؛ اما چنانچه تولیدکنندگان دستیابی به بیشینه سود را مورد توجه قرار دهند، نهاده باید در سطح بهینه اقتصادی آن مصرف شود. با توجه به موارد مذکور، با برآورد تابع عملکرد- آب، مدیریت مصرف نهاده آب در زراعت سویا در استان گلستان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. برای این منظور ابتدا اشکال تابعی مختلف این تابع برآورد و آنگاه مناسب‌ترین آن به لحاظ خوبی برازش تابع انتخاب گردید که فرم تابعی لگاریتمی یا کاب-داگلاس تعیین گردید.

همان‌طور که پیش تر بیان شد، مصرف بهینه فنی نهاده آب، آن مقدار آب زراعی است که با مصرف آن، تولید محصول در سطح فناوری فعلی به بیشینه خود می‌رسد. از آن‌جایی که مناسب‌ترین برازش تابع عملکرد-آب سویا دارای فرم تابعی لگاریتمی یا کاب-داگلاس تعیین شده است، لذا برآورد مقادیر بهینه فنی و اقتصادی مصرف نهاده آب ممکن نمی‌باشد، زیرا منحنی این تابع دارای نقطه ماکزیمم نمی‌باشد.

جدول ۴ بیانگر نتایج تابع عملکرد-آب تخمینی سویا می‌باشد. آماره F این تابع ۱۰/۴ و بیانگر معنی‌داری کلی آن است. ضریب تبیین ($R2$) تابع ۰/۱۸ تعیین گردید. با توجه به اینکه در تابع عملکرد-آب فقط اثر نهاده آب مورد بررسی قرار می‌گیرد، انتظار نمی‌رود که ضریب تبیین مقادیر بالایی را اختیار کند، زیرا در عمل افزون بر نهاده آب، عوامل و نهاده‌های دیگری نیز تغییرات عملکرد یا تولید سویا را تحت تأثیر قرار می‌دهند که در این تابع مدنظر قرار نگرفته‌اند. ضریب تبیین تابع بیانگر آن است که ۱۸ درصد تغییرات عملکرد سویا متأثر از تغییرات نهاده آب مصرفی می‌باشد که قابل‌توجه بوده و به‌نوعی بیانگر اهمیت نهاده آب در زراعت سویا در استان گلستان است؛ زیرا با وجود نهاده‌ها و عوامل گوناگون مؤثر بر تغییرات عملکرد سویا، این نهاده به‌تنهایی ۱۸ درصد تغییرات آن را توجیه می‌کند.

کشش یا حساسیت تولید (B) نهاده آب در تابع عملکرد – آب تخمینی ۰/۰۳۵ برآورد گردید. این کشش مبین این نکته است که با ثابت بودن سایر شرایط، افزایش یک درصدی نهاده آب، ۰/۰۳۵ درصد بر عملکرد یا تولید سویا در هکتار خواهد افزود. بهره‌وری نهایی نهاده آب نیز برابر ۰/۰۲۳ برآورد گردید که نشان می‌دهد در شرایط مزارع مورد بررسی با افزایش یک مترمکعب آب مصرفی سویا، بر عملکرد یا تولید آن به میزان ۰/۰۲۳ کیلوگرم در هکتار افزوده خواهد شد. این یافته بیانگر این نکته است که در شرایط مزارع مورد بررسی، افزایش میزان نهاده آب تأثیر نهایی قابل‌توجهی بر افزایش عملکرد سویا نخواهد داشت، زیرا از بیشینه ظرفیت و پتانسیل تولیدی آن استفاده شده است؛ بنابراین افزایش بهره‌وری نهایی آب نیازمند پیشرفت و تحول در فناوری تولید سویا و مهارت‌های مدیریتی سویاکاران خواهد بود.

جدول ۴. نتایج تخمین تابع عملکرد-آب و مقادیر بهره‌وری نهایی، بهینه فنی و اقتصادی نهاده آب

متغیر	ضرایب تخمینی	tآماره	p-value
ثابت یا عرض از مبدأ (LnC)	۷/۶	۹۷/۱	۰/۰۰۰
لگاریتم نهاده آب (LnW)	۰/۰۳۵	۳/۲	۰/۰۰۲
ضریب تبیین تابع (R^2)	۰/۱۸۴		
آماره F	۱۰/۴		
آماره دوربین واتسون	۱/۵		
کشش تولید نهاده آب (درصد)	۰/۰۳۵		
بهره‌وری نهایی نهاده آب (MP_w)	۰/۰۲۳		

تأثیر برخی ویژگی‌های فردی و مدیریتی سویاکاران بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب

در این پژوهش با کاربرد ضریب همبستگی و آزمون مقایسه میانگین به روش آنالیز واریانس تأثیر برخی از ویژگی‌های سویاکاران و مزارع آنان مانند ارتفاع مزرعه از سطح دریا، اندازه مزرعه، دانش کشاورزی سویاکاران، نوع شبکه آبیاری، روش آبیاری و رقم بذر سویا بر سنجه‌های بهره‌وری نهاده آب در استان گلستان بررسی قرار گرفتند که نتایج آن در استان گلستان به شرح زیر ارائه می‌گردد.

تأثیر موقعیت مزرعه از سطح دریا و اندازه مزرعه بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۵، ضریب همبستگی بین میزان بهره‌وری فیزیکی نهاده آب و ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۰/۴۹۶- می‌باشد که با توجه به ارزش آماره P در سطح احتمال کمتر از ۵ درصد معنی‌دار است؛ بنابراین استنباط می‌شود که هر چه بر ارتفاع موقعیت مزرعه سویا از سطح دریا افزوده شود، از بهره‌وری فیزیکی نهاده آب کاسته شده است. همچنین داده‌های این جدول بیانگر آن است که بین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب و اندازه مزرعه سویاکاران همبستگی معنی‌داری مشاهده نشده است. ضریب همبستگی این دو متغیر ۰/۰۵۲- و سطح احتمال معنی‌داری آن ۰/۷۵۷- است که بیانگر نبود همبستگی و رابطه معنی‌دار و قابل توجه بین این دو ویژگی مزارع سویای مورد بررسی است؛ به عبارت دیگر اندازه مزارع سویاکاران تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر میزان بهره‌وری فیزیکی نهاده آب ندارد.

جدول ۵. ضریب همبستگی بهره‌وری فیزیکی نهاده آب با اندازه مزرعه و ارتفاع آن از سطح دریا

ویژگی	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری (P-Value)
ارتفاع مزرعه از سطح دریا	۰/۴۹۶-	۰/۰۰۲-
اندازه مزرعه سویا	۰/۰۵۲-	۰/۷۵۷-

تأثیر نوع بهره‌بردار (پیشرو و معمولی) بر بهره‌وری فیزیکی آب

نتایج مقایسه میانگین بهره وری فیزیکی دو گروه از سویاکاران معمولی و پیشرو به روش آزمون T مندرج در جدول ۶ بیانگر آن است که بهره‌وری فیزیکی نهاده آب دو گروه از سویاکاران معمولی و پیشرو به ترتیب ۰/۸۱۷ و ۱/۱۱۷ می‌باشد که با توجه به مقادیر آماره T و P-Value تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند؛ بنابراین استنباط می‌شود که بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاران پیشرو با بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاران معمولی تفاوت معنی‌دار و قابل‌توجهی ندارد.

جدول ۶. مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب بین سویاکاران معمولی و پیشرو

نوع بهره‌بردار	میانگین بهره‌وری فیزیکی آب	انحراف معیار	آماره T	P-Value
سویاکاران معمولی	۰/۸۱۷	۰/۵۸۸	۰/۵۱	۰/۴۸۲
سویاکاران پیشرو	۱/۱۱۷	۱/۵۰۳		

تأثیر نوع شبکه آبیاری مزرعه سویا بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب

نتایج آزمون مقایسه میانگین مندرج در جدول ۷ بیانگر آن است که نوع شبکه آبیاری (سنتی و مدرن) مزارع سویا تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی آب دارد. بر اساس نتایج میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع دارای شبکه آبیاری سنتی و مدرن به ترتیب ۰/۸۳ و ۱/۹۰۴ می‌باشد که با توجه به ارزش آماره T و سطح احتمال (P-Value) تفاوت معنی‌دار و قابل توجهی با یکدیگر دارند. مشاهده می‌شود بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاری استان دارای شبکه آبیاری مدرن بیش از دو برابر آن در مزارع دارای شبکه آبیاری سنتی است.

جدول ۷. مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب و نوع شبکه آبیاری مزارع سویاکاران

شبکه آبیاری	میانگین بهره‌وری فیزیکی آب	انحراف معیار	آماره T	P-Value
شبکه آبیاری سنتی	۰/۸۳	۷۷۸۱	۴/۱۳	۰/۰۵
شبکه آبیاری مدرن	۱/۹۰۴	۱/۲۳		

تأثیر روش آبیاری سویا بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب

نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی دو گروه از سویاکاران معمولی و پیشرو که از روش های آبیاری سنتی و شبکه آبیاری مدرن استفاده کرده اند، به روش آزمون T مندرج در جدول ۸ ، بیانگر آن است که روش آبیاری نیز همانند نوع شبکه آبیاری تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاری استان گلستان دارد. بر اساس نتایج این آزمون، میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع با روش آبیاری تحت فشار ۱/۷۶ و فراتر از بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاری دارای روش آبیاری سنتی یا مرسوم است که برابر ۰/۸۳ است. ارزش آماره T و سطح احتمال (P-Value) آزمون به ترتیب ۳/۴۳ و ۰/۰۷۲ است.

جدول ۸. مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در دو روش آبیاری مرسوم و تحت فشار

روش آبیاری	میانگین بهره‌وری فیزیکی آب	انحراف معیار	آماره T	P-Value
روش آبیاری مرسوم	۰/۸۳	۱/۱۹۷	۳/۴۳	۰/۰۷۲
روش آبیاری تحت فشار	۱/۷۶	۱/۱۹		

تأثیر رقم بذر سویا بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب

نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی دو گروه از سویاکاران استان که به‌ترتیب از رقم کتول و سایر ارقام مانند گرگان ۳ ، ساری و .... استفاده کرده‌اند، در جدول ۹ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نوع رقم بذر سویای مورد استفاده سویاکاران تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارع سویاکاری آنان نداشته است. بر اساس نتایج این آزمون، میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در مزارعی که از رقم کتول و مزارعی که از ارقام دیگر مانند گرگان ۳ و ساری استفاده کرده‌اند، به ترتیب ۱/۲ و ۰/۶ است. هر چند سطح احتمال معنی‌داری حدود ۰/۱۷ است که با اندک اغماض می‌توان به تفاوت تأثیر این نوع ارقام بر بهره‌وری فیزیکی نهاده آب اذعان نمود.

جدول ۹. مقایسه میانگین بهره‌وری فیزیکی نهاده آب در ارقام سویا

سطح	میانگین بهره‌وری فیزیکی آب	انحراف معیار	آماره T	P-Value
رقم کتول	۱/۲	۱/۵	۱/۹۳	۰/۱۷
سایر ارقام(گرگان ۳، ساری و...)	۰/۶	۰/۱۷		

۵.بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج، بهره‌وری جزیی فیزیکی نهاده آب در زراعت سویا در استان گلستان ۰/۷۴ بوده و بدان معناست که با مصرف هر مترمکعب آب آبیاری، به طور متوسط ۰/۷۴ کیلوگرم سویا در مزارع مورد بررسی تولید شده است. کمینه و بیشینه بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده آب به ترتیب ۰/۲۶ و ۲/۶۹ می‌باشد. این دامنه تغییرات بیانگر آن است که بهره‌وری جزئی فیزیکی نهاده آب با ارتقاء مهارت‌های مدیریتی سویاکاران و بهبود کارایی مصرف منابع آب قابل افزایش خواهد بود. همچنین بهره‌وری ارزشی هر مترمکعب نهاده آب (برحسب درآمد ناخالص) در مزارع سویای مورد بررسی ۱۱۵۸۴۷ ریال و کمینه و بیشینه آن به ترتیب ۳۳۱۰۵ و ۸۹۵۰۰۴ ریال محاسبه شده است. این نتایج نشان می‌دهند که با تخصیص هر مترمکعب آب در زراعت سویا به طور متوسط ۱۱۵۸۴۷ ریال درآمد ناخالص عاید سویاکاران شده است. همچنین میانگین، کمترین و بیشترین سود ناخالص حاصل از مصرف یک مترمکعب آب در مزارع سویای استان به ترتیب ۶۹۲۷۰ ، ۳۷۰- و ۷۸۷۱۹ ریال بوده است. میانگین سود ناخالص حاصل از مصرف یک مترمکعب آب یا بهره‌وری ارزشی نهاده آب بیانگر آن است که تخصیص هر یک مترمکعب آب در زراعت سویا به‌طور میانگین ۷۸۷۱۹ ریال سود ناخالص ایجاد می‌کند. از سوی دیگر می‌توان استنباط کرد که با توجه به دامنه تغییرات سود ناخالص، بهره‌وری ارزشی نهاده آب برحسب سودناخالص نیز قابل افزایش است.

بر اساس نتایج تابع عملکرد-آب، با ثابت بودن سایر شرایط، افزایش یک درصدی نهاده آب، ۰/۰۳۵ درصد بر عملکرد یا تولید سویا در هکتار خواهد افزود. بهره‌وری نهایی نهاده آب نیز برابر ۰/۰۲۳ برآورد گردید که نشان می‌دهد در شرایط مزارع مورد بررسی با افزایش یک مترمکعب آب مصرفی، بر عملکرد یا تولید سویا ۰/۰۲۳ کیلوگرم در هکتار افزوده خواهد شد. این یافته بیانگر این نکته است که در شرایط مزارع مورد بررسی، افزایش مصرف نهاده آب تأثیر قابل توجهی بر افزایش عملکرد سویا نخواهد داشت، زیرا از بیشینه ظرفیت و پتانسیل تولیدی آن استفاده شده است؛ بنابراین افزایش بهره‌وری نهایی آب نیازمند پیشرفت و تحول در فناوری تولید سویا و مهارت‌های مدیریتی سویاکاران خواهد بود.

بر اساس دیگر نتایج تحقیق، مقادیر بهره‌وری نهاده آب در مزارع سویای مورد بررسی استان گلستان دامنه تغییرات نسبتاً زیادی دارد که ویژگی‌های فردی و اجتماعی و سطح مهارت‌های مدیریتی سویاکاران، مشخصات فنی مزرعه، نوع شبکه و روش آبیاری سویا، ارقام مورد استفاده و دسترسی به خدمات ترویجی و آموزشی و سطح فناوری مزرعه در آن تأثیرگذارند؛ بنابراین هر نوع چاره‌جویی برای افزایش بهره‌وری نهاده آب در مزارع سویا نیازمند توجه جدی به مجموعه عوامل و ویژگی‌های یادشده خواهد بود. در این میان نهاد ترویج به‌عنوان حلقه واسط پژوهش و بهره‌برداران کشاورزی تعیین‌کننده است. سیاست‌های حمایتی دولت به‌ویژه حمایت‌های زیرساختی، آموزشی، پژوهشی، ترویجی و فناورانه می‌تواند سویاکاران را در بهینه‌سازی مصرف آب، افزایش عملکرد سویا و بهبود شاخص‌های بهره‌وری آب یاری دهد.

۶. منابع

1. Bahramloo, R., & Seyedan, S. M. (2017). Comparison of Productivity of Production Factors in Fixed Classic Sprinkler and Furrow Irrigation Systems in Potato Fields of Kaboodrahang Plane in Hamedan Province. *Journal of Water Research in Agriculture, 31*(4), 559-569. doi:10.22092/jwra.2018.115717 (in Persian).
2. Bernard, B. M., Song, Y., & Wang, X. (2025). Assessing the impact of climate variability on total factor productivity in African agriculture: Insights from non-parametric and parametric analyses. *Journal of Cleaner Production, 513*. doi:10.1016/j.jclepro.2025.145549
3. Borrero, H. (2025). Land Inequality, Farm Size, and Productivity: Insights From Peruvian Agriculture. *Agricultural Economics (United Kingdom), 56*(5), 839-849. doi:10.1111/agec.70036
4. Boussemart, J.P and Parvulescu, R. 2019. Agriculture productivity gains and their distribution for the main EU members. IESEG Working paper series 2019-EQM-07.
5. Grassini, P.T, 2015. Soybean yield gaps and water productivity in the westernU.S. Corn Belt. 2015. Field crops research. v.179. pp. 150-163.
6. Khaksar Astaneh, S., Johari, P., Mosayebi, N., Sadeghi, H., Jahangiri, M., & Mahdian, p. (2019). Report on productivity indices during 2005–2018. National Iranian Productivity Organization, Document Code: PER-9808-01-00, 16 pages. (in Persian).
7. Kobayashi, S. and Yoji Kunimitsu, Y. 2024. Assessment of soybean productivity and its changing factors in Japan based on the production cost statistics. Heliyon. Volume 10, Issue 20. e38396.
8. Kolapo, A., & Sieber, S. (2025). From vulnerability to viability: Climate-Smart agriculture as drivers of productivity and food security in Nigerian maize-based farming households. *Environmental Challenges, 20*. doi:10.1016/j.envc.2025.101268
9. Lerma,z and Sedik.D. 2009. Sources of Agricultural Productivity Growth in Central Asia: The Case of Tajikistan and Uzbekistan. FAO Regional Office for Europe and Central Asia Policy Studies on Rural Transition No. 2009-5.
10. Li, L., & Zhu, X. (2025). The Impact of Digital Agriculture on Green Productivity in Agriculture: Evidence from China. *Journal of the Knowledge Economy, 16*(3), 13429-13453. doi:10.1007/s13132-024-02502-x
11. Liu, M and Li, D. 2010. An Analysis on Total Factor Productivity and Influencing Factors of Soybean in China, Journal of Agricultural Science, Vol. 2, No. 2,
12. Nazari, B., & Liaqaat, A. (2016). Principles and indicators of water productivity in agriculture. Report No. 19574. Iran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture. (in Persian).
13. Nirosha, U., & Vennila, G. (2025). Enhancing crop yield prediction for agriculture productivity using federated learning integrating with graph and recurrent neural networks model. *Expert Systems with Applications, 289*. doi:10.1016/j.eswa.2025.128312
14. Ohlan.R.2013. Efficiency and total factor productivity growth in Indian dairy sector. Quarterly Journal of International Agriculture. 52. No. 1: 51-77.
15. Rahimi, A., & Nobar, Z. (2023). The impact of planting scenarios on agricultural productivity and thermal comfort in urban agriculture land (case study: Tabriz, Iran). *Frontiers in Ecology and Evolution, 11*. doi:10.3389/fevo.2023.1048092
16. Shayanfar, H. (2003). An investigation of agricultural water productivity in the economic production of crops. The 11th Conference of the Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran. (in Persian).
17. Silva, G. (2018). Feeding the World in 2050 and Beyond–Part 1: Productivity Challenges. Michigan State UniversityExtension. https://www.canr.msu.edu/news/feeding-the-world-in-2050-and-beyond-part-1
18. Tanveer, Z., & Kalim, R. (2025). An empirical analysis of climate transition: a global outlook of agriculture productivity. *Journal of Economic Studies, 52*(6), 1025-1042. doi:10.1108/JES-07-2024-0466
19. Yadav, I. S., & Goyari, P. (2025). The effects of financial development on crop productivity: ARDL evidence from Indian agriculture. *Journal of Financial Economic Policy, 17*(4), 530-558. doi:10.1108/JFEP-05-2023-0126
20. Zamani, O., Azadi, H., Mortazavi, S. A., Balali, H., Movahhed Moghaddam, S. M., & Jurík, L. (2021). The impact of water-pricing policies on water productivity: Evidence of agriculture sector in Iran. *Agricultural Water Management, 245*. doi:10.1016/j.agwat.2020.106548