

Research Paper

Externality Effects of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Production Under Saline Irrigation Conditions

Samane Ghazali^{1*}, Hossein Beyrami²

1. Assistant Professor of National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.
2. Associate Professor of National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

Received: 2025/1/27

Accepted:/.../..

PP:

Use your device to scan and read the article online

Doi:

Keywords:

Economic value of water, Environmental production function, Economic welfare, Halophytes

Abstract

Introduction: Climate change and resulting in water resources limitation make the need to use low-quality water resources inevitable in Iran. In this regard, quinoa is important due to its high nutritional value and its ability to be cultivated in saline areas and irrigated with saline water. Thus, the aim of this study is to evaluate the externality effects of quinoa production under the influence of saline irrigation.

Materials and Methods: The environmental production function in the Cobb-Douglas form was used to estimate the effect of salinity and the volume of water consumed on the quinoa yield. To evaluate the externality effects of quinoa production under saline irrigation conditions, the effect of salinity and water volume on income, cost, and profit was examined.

Findings: The results of this study in the Sadouq Salinity Research Farm located in Ashkezar County, Yazd Province indicate that the externality effects of quinoa cultivation under saline irrigation conditions are faced with a loss of 40,823,100 Iranian Rials per hectare. Thus, it is recommended that the cost of water input be determined based on the economic value of this input to be used properly.

Conclusion: Raising farmers' awareness about the use of water-saving technologies can be effective in achieving the goal of improving agricultural sustainability in the long term.

Citation:

*Corresponding author: Samane Ghazali

Address: National Salinity Research Center (NSRC), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran

Tell: 0098 35 3521 8700

Email: s.ghazali@areeo.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Climate change is a global phenomenon that has led to water scarcity and increased water and soil salinity (1). A large part of the country's lands and waters are becoming salinized due to climate change problems. The limited freshwater resources in Iran make it inevitable to use plants that can tolerate salinity and may replace common agricultural crops. Quinoa has special characteristics to survive against salinity stress and adapt to the saline environment throughout its growth stages (5, 6). Quinoa has attracted global attention due to its nutritional value, tolerance to abiotic stresses, and extensive genetic diversity (7). Considering the climatic characteristics and water scarcity in the country, as well as the necessity of developing the cultivation of this halophyte, it is of particular importance to pay attention to evaluating the externality effects of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) production under saline irrigation conditions. Thus, the main objective of the current study is to investigate the externality effects of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) production under saline irrigation conditions.

Materials and Methods

The experiment was conducted as a factorial in a randomized complete block design with two levels of irrigation water salinity at the Sadouq Salinity Research Farm located in Ashkezar County, Yazd Province, during the period of September to November 2022. The volume of water consumed at a salinity level of 5 dS/m and four irrigation levels was 2832, 3712, 4385, and 5472 cubic meters/hectare, respectively, and at a salinity level of 12 dS/m and four irrigation levels was 2499, 3426, 4048, and 4822 cubic meters/hectare, respectively.

To evaluate the externality effects of quinoa production under saline irrigation conditions, the relationship between quinoa plant yield and water in terms of salinity and volume consumed was first estimated through an appropriate production function as follows:

Where, Y is the quinoa plant production (kg/ha), x_{EC} is the water salinity level (dS/m), and x_w is the volume of water used (cubic

meters/ha). i represents the number of replicates in the experiment. Considering that in this study, the Cobb-Douglas functional form was identified as the appropriate functional form, the profit function is as follows:

Thus, P_y is the product price, C_f is the fixed production costs (Iranian Rials), r_1 is the price of water used for soil leaching (Iranian Rials per cubic meter), and r_2 is the price of water used to meet the plant's water needs (Iranian Rials per cubic meter).

In the next step, the partial derivative of the profit function with respect to water salinity and water volume consumed was taken and set equal to zero.

Findings

Based on the results of the Cobb-Douglas function, the partial elasticity of production with respect to water salinity and water consumption was calculated to be -0.16 and 0.36, respectively. In other words, a one percent increase in water salinity and water consumption reduces quinoa yield by an average of 16% and increases it by 36%, respectively.

The change in income, cost, and economic profit of quinoa production resulting from a one-unit increase in water salinity was found to be -41,025,000, -300, and -41,025,300 Iranian Rials per hectare, respectively. In other words, an increase in water salinity of one unit above the average of 8.5 dS/m leads to a decrease in income (equivalent to 41 million Iranian Rials per hectare), an increase in cost (equivalent to 300 Iranian Rials per hectare), and a decrease in economic profit (equivalent to a loss of 41 million Iranian Rials per hectare). In addition, the change in income, cost, and economic profit of quinoa production resulting from a one-unit increase in water consumption was found to be 202,500, -300, and 202,200 Iranian Rials per hectare, respectively. In other words, an increase in water consumption by one unit above the average of 3,899 cubic meters per hectare leads to an increase in income (equivalent to 202,000 Iranian Rials per hectare), an increase in cost (equivalent to 300 Iranian Rials per hectare), and an increase in economic profit

(equivalent to a profit of 202,000 Iranian Rials per hectare).

Discussion and Conclusion

The results of this study indicate that the Cobb-Douglas production function form is the best form of environmental production function for quinoa under saline irrigation conditions, based on the coefficient of determination, F-statistic, Durbin-Watson, and the significance of all estimated coefficients. The environmental production function of quinoa, based on the partial elasticity of water salinity and water consumption volume, is in the third and second production zones, respectively. This means that to improve quinoa plant performance, it is recommended to reduce water salinity and increase water consumption volume. Finally, the results of this study recommend that irrigation of quinoa crop under average salinity conditions of 5.8 dS/m and above is not economically viable. In addition, increasing the volume of water used should be done by increasing the water available to the plant using water harvesting

methods that have high irrigation efficiency. In this context, providing low-interest facilities and encouraging farmers to use tip irrigation methods can be effective in increasing irrigation efficiency.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

This work was supported by the National Salinity Research Center (NSRC), Yazd, Iran [No. 990740].

Authors' contributions

Design and conceptualization: Samane Ghazali; Methodology and data analysis: Samane Ghazali and Hossein Beyrami; Supervision: Samane Ghazali and Hossein Beyrami and final writing: Samane Ghazali

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest

مقاله پژوهشی

اثرات جنبی تولید گیاه کینوا (رقم تیتیکاکا) تحت شرایط آبیاری شور

سمانه غزالی^{۱*}، حسین بیرامی^۲

۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲. دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

چکیده

مقدمه و هدف: تغییر اقلیم و در پی آن محدودیت منابع آب در ایران نیاز به استفاده از منابع آبی کم کیفیت را اجتناب ناپذیر می سازد. در این راستا، گیاه کینوا با دارا بودن ارزش غذایی بالا به دلیل قابلیت کشت در نواحی شور و آبیاری با آب های شور دارای اهمیت است. در این راستا، هدف این مطالعه ارزیابی اثرات جنبی تولید گیاه کینوا تحت تاثیر آبیاری شور است.

مواد و روش ها: تابع تولید محیطی به فرم کاب-داگلاس برای برآورد اثر شوری و حجم آب مصرفی بر عملکرد گیاه کینوا استفاده گردید. برای ارزیابی اثرات جنبی تولید کینوا تحت شرایط آبیاری شور، اثر شوری و حجم آب بر درآمد، هزینه، و سود بررسی گردید.

یافته ها: نتایج این مطالعه در مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در شهرستان اشکذر استان یزد حاکی از این است که اثرات جنبی کشت کینوا در شرایط آبیاری شور با ضرر ۴۰۸۳۳۱۰۰ ریال در هکتار مواجه است. بدین ترتیب، توصیه می شود آب بهای نهاده آب بر اساس ارزش اقتصادی این نهاده تعیین شود تا استفاده صحیح از آن صورت پذیرد.

بحث و نتیجه گیری: آگاه سازی کشاورزان نسبت به استفاده از فناوری های آب اندوز در راستای دستیابی به هدف بهبود پایداری کشاورزی در بلندمدت می تواند کارساز باشد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۸

تاریخ پذیرش: .../.../...

شماره صفحات:

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن
مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

Doi:

واژه های کلیدی:

ارزش اقتصادی آب، تابع تولید محیطی، رفاه
اقتصادی، گیاه شورزیست

* نویسنده مسئول: سمانه غزالی

نشانی: استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تلفن: ۰۳۵۳۵۳۱۸۷۰۰

پست الکترونیکی: s.ghazali@areeo.ac.ir

تغییر اقلیم یک پدیده جهانی است که کمبود منابع آب، آلودگی های محیطی و افزایش شوری آب و خاک همراه داشته است. شوری از مهمترین مسائلی است که باعث کاهش عمده سطح اراضی قابل کشت و همچنین میزان تولید و کیفیت محصول می شود (۱). حدود یک میلیارد هکتار اراضی سراسر دنیا دچار شوری هستند که قاره استرالیا با حدود ۳۶۰ میلیون هکتار و قاره آسیا با حدود ۳۱۰ میلیون هکتار اراضی شور دارای بیشترین سطح اراضی شور است. در آسیا، پس از چین، هند و پاکستان، بیشترین سطح خاک های شور به ایران تعلق دارد (۲). از طرف دیگر، در ایران، شوری یک مسئله فراگیر و محدودکننده تولید پایدار در بخش کشاورزی است، به طوری که بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور، به ویژه در فلات مرکزی با درجات مختلف به شوری مبتلا هستند.

در ایران، خاک های شور بالغ بر ۳۲ میلیون هکتار است که نزدیک به ۳۰ درصد از سطح کل کشور و ۵۵ درصد از اراضی قابل کشت را شامل می شوند (۳). علاوه بر این، حدود ۱۳/۸ میلیارد مترمکعب (۳۱٪) آب های زیرزمینی و ۴/۴ میلیارد مترمکعب (۲۰٪) آب های سطحی مصرفی در بخش کشاورزی در ایران دارای شوری های بالاتر از دو دسی زیمنس بر متر هستند (۴). به گونه ای که، بخش عظیمی از اراضی و آب های کشور به دلیل مشکلات تغییر اقلیم به سمت شور شدن پیش می روند. محدودیت منابع آب شیرین در ایران نیاز به استفاده از گیاهانی که قادر به تحمل شوری هستند را اجتناب ناپذیر می سازد و چه بسا جایگزین محصولات دیگر کشاورزی شوند.

گیاه کینوا^۱ از ویژگی های خاصی برای زنده ماندن در برابر تنش شوری و سازگاری با محیط شور در کل مراحل رشد برخوردار است (۵، ۶). کینوا به دلیل ارزش غذایی و تحمل به تنش های غیرزنده و تنوع ژنتیکی گسترده، توجه جهانی را به خود جلب کرده است (۷). کینوا یک گیاه امیدبخش برای تأمین کالری موردنیاز از طریق کشت در اراضی کم بازده و شور می باشد. طبق مستندات موجود، کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری است و کشت آن تا شوری سطح دریا امکان پذیر است (۵، ۸). به طور کلی، کینوا یکی از گیاهانی است که در بین شورزیست ها دارای خصوصیات برجسته اقتصادی و زراعی بوده و علاوه بر تولید روغن و پروتئین، از نظر تولید علوفه نیز حائز اهمیت است (۹). کینوا به دلیل ارزش غذایی بالا با پروتئین زیاد (حدود ۱۶ درصد) و تعادل مناسب کربوهیدرات، اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و اسانس شناخته شده است. علاوه بر این، این گیاه

منبع خوبی از ویتامین ها، روغن، و آنتی اکسیدان های طبیعی است. کینوا مقدار پروتئین زیادتری نسبت به اکثر غلات داشته و کیفیت پروتئین آن بالاتر و از توازن اسیدآمینه بیشتری برخوردار است که دارای یک سیستم بسیار کارآمد برای تنظیم فشار اسمزی در برابر تنش افزایش ناگهانی نمک است (۱۰). کینوا را می توان در بسیاری از محیط های حاشیه مبتلا به خشکی و یا تنش شوری که در حال حاضر دارای بهره وری بسیار پایین هستند، کشت کرد (۱۱).

با توجه به خصوصیات اقلیمی و کمبود آب در کشور و همچنین ضرورت توسعه کشت این گیاه شورزیست، توجه به ارزیابی اثرات جنبی^۲ تولید کینوا (رقم تیتیکاکا) تحت شرایط آبیاری شور اهمیت خاصی پیدا می کند. مطالعات متعددی عملکرد گیاه کینوا را تحت سطوح مختلف شوری و حجم آب مصرفی مورد بررسی قرار داده اند (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵). در این راستا، جمالی و شریفیان (۱۲) به بررسی اثر سطوح متفاوت شوری بر عملکرد گیاه کینوا تحت شرایط گلخانه ای پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دهنده اثر منفی شوری بر عملکرد کینوا است به گونه ای که افزایش شوری از صفر به ۱۵ درصد اختلاط آب دریا کاهش عملکرد ۲ درصدی برای کینوا در پی داشته است. همچنین، جمالی و انصاری (۱۳) به بررسی اثر آبیاری با روش تلفیق آب شور و آب چاه بر عملکرد گیاه کینوا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از تیمار آب شور با شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر در کل دوره رشد منجر به کاهش حدود ۲۱ درصدی عملکرد دانه شد. بیرامی و همکاران (۱۴) آزمایشی را برای بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد کینوا در کشت بهاره انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان از کاهش معنی دار عملکرد کینوا با افزایش شوری آب آبیاری دارد به گونه ای که افزایش شوری از ۵ به ۲۰ دسی زیمنس بر متر موجب کاهش ۷۷ درصدی عملکرد دانه گردید. همچنین، بیرامی و همکاران (۱۵) نشان دادند که تغییرات سطوح شوری و حجم آب منجر به تغییر معناداری در عملکرد دانه گیاه کینوا می گردد. بر اساس نتایج این مطالعه، میزان آب مصرفی برابر ۴۹۰۰ مترمکعب در هکتار منجر به حداکثر عملکرد در گیاه کینوا در شرایط کاربرد آب آبیاری ۵ دسی زیمنس بر متر شده است.

مشخصه این مقاله این است که با برآورد تابع تولید محیطی مناسب برای گیاه کینوا، زمینه را برای ارزیابی اثرات جنبی کشت کینوا (رقم تیتیکاکا) ناشی از آبیاری آب شور فراهم می

² Externality effects

¹ Quinoa

آورد. بدین ترتیب، هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی اثرات جنبی تولید کینوا (رقم تیتیکاکا) تحت شرایط آبیاری شور است.

روش تحقیق

آزمایش مزرعه ای

آزمایشی در مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در شهرستان اشکذر استان یزد با مختصات جغرافیایی $32^{\circ}31'0''$ شمالی و $54^{\circ}14'13''$ شرقی انجام شد. منطقه مطالعاتی از نظر اقلیمی بر اساس روش دومارتن اصلاح شده، دارای اقلیم فرا خشک سرد می باشد. میانگین بارندگی سالانه ۶۹ میلی متر، میانگین پتانسیل تبخیر سالانه ۳۰۹۰ میلی متر، میانگین دمای سالانه ۲۰ درجه سانتی گراد و بیشینه و کمینه مطلق دمای سالانه به ترتیب ۴۴ و ۶/۵- درجه سانتی گراد اندازه گیری شده است (۱۷).

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با دو سطح شوری آب آبیاری ۵ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر و چهار سطح آبیاری ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، و ۱۲۰ درصد تأمین مقدار تخلیه مجاز رطوبتی (MAD برابر ۵۰ درصد) از عمق ریشه بود که هر کدام در سه تکرار به صورت کشت پاییزه انجام گردید. حجم آب مصرفی در سطح شوری ۵ دسی زیمنس بر متر و چهار سطح آبیاری به ترتیب معادل ۲۸۳۲، ۳۷۱۲، ۴۳۸۵، و ۵۴۷۲ مترمکعب بر هکتار و در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر و چهار سطح آبیاری به ترتیب معادل ۲۴۹۹، ۳۴۲۶، ۴۰۴۸، و ۴۸۲۲ مترمکعب بر هکتار بود. کرت های آزمایشی در ابعاد ۷×۵ متر طراحی شد. شروع کشت، روز دوم شهریور ۱۴۰۱ و تاریخ برداشت آخر آبان ۱۴۰۱ بود. کشت به صورت بذری و فاصله خطوط کشت از هم ۳۰ سانتی متر بود و برای سهولت کنترل و دقت در اعمال میزان آب مورد نیاز، آبیاری ها از طریق لوله گذاری و نصب کنتور حجمی انجام شد (۱۷).

ارزیابی اثرات جنبی

برای ارزیابی اثرات جنبی تولید کینوا تحت شرایط آبیاری شور ابتدا ارتباط میان عملکرد گیاه کینوا و آب از نظر شوری و حجم مصرفی از طریق تابع تولید مناسب برآورد شده است. عملکرد گیاه کینوا با تغییرات شوری آب و حجم آب مصرفی به مراحل رشد گیاه، عوامل اقلیمی مانند تبخیر، عوامل خاک، از جمله نوع خاک، رطوبت و شوری خاک، و طول دوره رشد بستگی دارد. در این تحقیق، پنج فرم مختلف تابع تولید، یعنی کاب-داگلاس، ترانسندنتال، ترانسلوگ، لئونتیف تعمیم یافته، و درجه دوم تعمیم یافته، مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۶). در این راستا، تابع تولید مورد استفاده در این مطالعه به صورت رابطه ۱ است.

(۱)

در این رابطه، Y تولید گیاه کینوا (کیلوگرم بر هکتار)، X_w حجم آب مصرفی (دسی زیمنس بر متر)، و i نشان دهنده تعداد تکرار در (مترمکعب بر هکتار) است. با توجه به محدود بودن تعداد مشاهدات، از ورود نهاده های دیگر نظیر کود شیمیایی، بذر، سموم، ماشین آلات، و نیروی کار چشم پوشی شد. در نهایت، یک تابع تولید محیطی که به شوری آب و حجم آب مصرفی بستگی دارد، برآورد شد. پارامترهای برآورد شده در تابع تولید محیطی برای محاسبه ارزش اقتصادی نهاده آب مصرفی در تولید گیاه کینوا استفاده می شود. بدین ترتیب، مبنای تعیین قیمت جدید این نهاده که آبی شور است، می باشد. لذا، دقت در انتخاب فرم تابع اهمیت ویژه دارد. بدین ترتیب، بهترین فرم تابع تولید پس از برآورد فرم های مختلف با استفاده از آزمون ها و معیارهای اقتصاد سنجی شناسایی می شود. در این زمینه، ارزش اقتصادی نهاده در تولید محصول طبق رابطه ۲ محاسبه می شود.

(۲)

P_w و P_y به ترتیب نشانگر قیمت محصول کینوا (ریال بر کیلوگرم) و ارزش اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب) می باشد. همچنین، تولید نهایی نهاده آب (MP_w) مشتق جزئی تولید کینوا بر نهاده آب مصرفی است. پس، قیمت نهاده آب از تابع تولید اولیه تاثیر می پذیرد و هر نوع تغییر در فرم تابع تولید که بر پارامترهای برآورد شده اثر بگذارد، بر ارزش اقتصادی آب نیز اثر خواهد گذاشت. در نتیجه، تلاش در انتخاب فرم درست تابع تولید امری ضروری است. با توجه به اینکه در این مطالعه، فرم تابعی کاب-داگلاس به عنوان فرم تابع مناسب تشخیص داده شد، تابع سود به صورت رابطه ۳ می باشد:

(۳)

که در رابطه فوق، C_f هزینه های ثابت تولید (ریال)، r_1 آب بهای آب مصرفی برای آیشویی خاک (ریال بر مترمکعب)، و r_2 آب بهای آب مصرفی برای تامین نیاز آبی گیاه (ریال بر مترمکعب) می باشند. در مرحله بعد از تابع سود نسبت به شوری آب و حجم آب مصرفی مشتق جزئی گرفته و برابر صفر قرار داده شد. معادلات ۴ و ۵ به ترتیب مشتق تابع سود را نسبت به شوری آب و حجم آب مصرفی نشان می دهند.

(۴)

(

۵)
(

آمده از جدول ۱ در محاسبه ارزش اقتصادی نهاده آب بکار می روند. در این زمینه، تابع تولید برتر می تواند مناسب ترین و منطقی ترین قیمت مبنای آب را نتیجه دهد. ارزش اقتصادی آب در تولید کینوا علاوه بر حجم آب مصرفی تابعی از شوری آب نیز می باشد. به عبارتی با تغییر سطح شوری آب، ارزش اقتصادی آب نیز تغییر می یابد.

نتایج و بحث

نتایج برآورد تابع تولید محیطی گیاه کینوا

نتایج برآورد پنج فرم تابعی تولید شامل کاب-داگلاس، ترانسندنتال، ترانسلوگ، لئونتیف تعمیم یافته، و درجه دوم تعمیم یافته در جدول ۱ نشان داده شده است. پارامترهای به دست

جدول ۱. نتایج برآورد فرم های مختلف توابع تولید کینوا

متغیر	کاب-داگلاس	ترانسندنتال	ترانسلوگ	لئونتیف تعمیم یافته	درجه دوم تعمیم یافته
عرض از مبدا	۵/۳۴*** (۰/۳۶)	-۵/۳۶ (۷/۳۱)	-۶/۷۵ (۶/۸۳)	-۳/۳۱ (۲/۶۵)	-۰/۰۶ (۰/۸۵)
حجم آب مصرفی	-۰/۰۲ (۰/۰۳)	-۰/۰۲ (۰/۰۳)	-۰/۰۲ (۰/۰۳)	-۰/۱۳*** (۰/۰۶)	-۰/۱۱*** (۰/۰۴)
شوری آب	-۰/۰۵ (۰/۴۴)	-۰/۰۵ (۰/۴۴)	-۰/۰۵ (۰/۴۴)	۰/۱۴** (۰/۰۶)	۰/۱۱* (۰/۰۶)
لگاریتم حجم آب مصرفی	۰/۳۶*** (۰/۰۴)	۱/۰۸ (۰/۸۶)	۱/۲۱* (۰/۶۵)	۰/۲۱*** (۰/۰۷)	۰/۱۱*** (۰/۰۴)
لگاریتم شوری آب	-۰/۱۶*** (۰/۰۲)	-۰/۰۷ (۳/۵۵)	۰/۰۶ (۳/۷۵)	-۰/۱۶*** (۰/۳۷)	-۰/۰۷* (۰/۰۴)
جذر حجم آب مصرفی					-۰/۱۱*** (۰/۰۴)
جذر شوری آب					-۰/۰۷* (۰/۰۴)
مجدور حجم آب مصرفی			-۰/۰۷ (۰/۱۶)		-۰/۱۱*** (۰/۰۴)
مجدور شوری آب			-۰/۰۴ (۰/۲۸)		-۰/۰۷* (۰/۰۴)
اثر متقابل			-۰/۰۳ (۱/۰۹)	-۰/۰۱ (۰/۱۰)	-۰/۱۱ (۰/۱۰)
حجم آب مصرفی × شوری آب					
$\bar{R}^2$	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۸۸
F	۸۰/۴۳	۳۴/۵۹	۲۶/۵۳	۳۶/۳۳	۳۶/۶۸
D.W.	۱/۷۵	۱/۷۱	۱/۷۲	۲/۱۳	۱/۹۵
df	۲۱	۱۹	۱۸	۱۸	۱۸

***، **، * و * سطح معنی داری به ترتیب در ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱۰

() نشانگر خطای استاندارد است.

مأخذ: یافته های تحقیق

اند و دلیلی برای رد این فروض وجود ندارد. بدین ترتیب، تنها معیار مقایسه این توابع تعداد ضریب معنی دار می باشد. از این لحاظ، فرم تابعی کاب-داگلاس دارای مناسب ترین تصریح الگو بوده و تمامی ضرایب در این فرم تابعی معنی دار هستند. پارامترهای برآورد شده در این تابع برای محاسبه کشش تولید

مقایسه نتایج الگوهای مختلف تابع تولید محیطی نشان می دهد که تمام توابع برآوردی از لحاظ توضیح دهنده بر اساس آماره R^2 و نیز آماره دوربین واتسون (D.W) مشابه یکدیگر بوده و برتری قابل توجهی ندارند. علاوه بر این، هیچ یک از توابع تولید محیطی کینوا فروض کلاسیک حداقل مربعات را نقض نکرده

نسبت به شوری آب، کشتش تولید نسبت به مصرف آب، و ارزش اقتصادی آب استفاده گردید که نتایج در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس نتایج تابع کاب-داگلاس، کشتش جزئی تولید نسبت به شوری آب و مصرف آب به ترتیب $0/16$ و $0/36$ محاسبه شده است. به عبارتی، افزایش یک درصد شوری آب و مصرف آب به ترتیب عملکرد کینوا را به طور متوسط ۱۶ درصد کاهش و ۳۶ درصد افزایش می دهند. بر اساس آزمایش انجام شده در مزرعه تحقیقات شوری صدوق سال ۱۴۰۱، مقدار آب مصرفی به طور متوسط ۳۸۹۹ مترمکعب در هکتار می باشد که ۳۱۲۰ مترمکعب در هکتار آن نیاز خالص آبیاری برای گیاه کینوا در منطقه مورد مطالعه است (۱۷) و ۷۷۹ مترمکعب در هکتار برای آبیروی خاک به منظور کاهش سطح شوری در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه بازده آبیاری روش غرقابی با بکارگیری هیدرانت و کنتور ۶۰ درصد در منطقه (۱۷) است، آب قابل دسترس برای گیاه کینوا $2339/4$ مترمکعب بر هکتار بوده که این میزان $780/6$ مترمکعب بر هکتار کمتر از نیاز خالص

کینوا در منطقه می باشد. به عبارتی، نیاز آبی گیاه به دلیل هدر رفتن آب در مزرعه (تبخیر یا نفوذ به سطح آب زیرزمینی) به طور کامل برطرف نمی شود. ارزش تولید نهایی مصرف آب بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید. با توجه به اینکه قیمت محصول کینوا در سال ۱۴۰۱ برابر ۷۵۰۰۰ ریال بر کیلوگرم بوده است، ارزش اقتصادی آب یا قیمت سایه ای آب برابر ۲۰۲۵۰۰ ریال برای هر مترمکعب آب تعیین شد که بسیار بیشتر از قیمت تعیین شده در لایحه بودجه ۱۴۰۱ برای آب بهای کشاورزی معادل ۳۰۰ ریال می باشد. مجموع ضرایب برآورد شده با توجه به فرم تابع تولید، بیانگر بازدهی نسبت به مقیاس است. با توجه به اینکه مجموع ضرایب معنی دار الگو معادل $0/20$ برآورد شده است، لذا بازدهی نسبت به مقیاس نزولی است. بدین ترتیب، افزایش هم زمان شوری آب و حجم آب مصرفی به میزان ۱۰۰ درصد بدون افزایش سطح زیر کشت منجر به افزایش تولید در واحد سطح معادل ۲۰ درصد می شود.

جدول ۲. نتایج محاسبه کشتش تولیدی و ارزش اقتصادی آب با استفاده از تابع کاب-داگلاس

کشتش تولید نسبت به شوری آب	$-0/16$
کشتش تولید نسبت به مصرف آب	$0/36$
تولید نهایی شوری آب (کیلوگرم بر دسی زمینس بر متر)	$-54/70$
تولید نهایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)	$0/27$
ارزش تولید نهایی مصرف آب (ریال بر مترمکعب)	202500

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج ارزیابی تغییر درآمد، هزینه، و سود اقتصادی

جهت ارزیابی تغییر درآمد، هزینه، و سود اقتصادی کشت کینوا تحت شرایط آبیاری شور از روابط ۴ و ۵ استفاده شد که نتایج آن به صورت زیر است:

سود اقتصادی کشت کینوا ناشی از یک واحد افزایش مصرف آب به ترتیب برابر ۲۰۲۵۰۰، ۳۰۰- و ۲۰۲۲۰۰ ریال در هکتار به دست آمده است. به عبارتی، افزایش مصرف آب به اندازه یک واحد بیش از متوسط ۳۸۹۹ مترمکعب در هکتار منجر به افزایش درآمد (معادل ۲۰۲ هزار ریال در هکتار)، افزایش هزینه (معادل ۳۰۰ ریال در هکتار)، و افزایش سود اقتصادی (معادل سود ۲۰۲ هزار ریال در هکتار) می شود. در مجموع، نتایج ارزیابی اثرات جنبی کشت کینوا در شرایط آبیاری شور نشان از ضرر 40823100 ریال در هکتار دارد.

بنابراین همانطور که مشاهده شد، سوال مطرح شده در این مطالعه این است که آبیاری شور گیاه کینوا تا چه اندازه رفاه اقتصادی را تحت تاثیر قرار می دهد. همانطور که ملاحظه شد نتایج این تحقیق وجود تابع تولید محیطی کاب-داگلاس را مورد تایید قرار داد و نشان داد که کاربرد این تابع تولید محیطی نسبت به سایر فرم های تابع تولید برتری دارد. بدین ترتیب، عدم استفاده از فرم تابعی کاب-داگلاس می تواند منجر به انحراف در نتایج شود. با توجه به منفی و معنی دار بودن ضریب

بدین ترتیب، تغییر درآمد، هزینه، و سود اقتصادی کشت کینوا ناشی از یک واحد افزایش شوری آب به ترتیب برابر 41025000 ، 300 ، و 41025300 ریال در هکتار به دست آمده است. به عبارتی، افزایش شوری آب به اندازه یک واحد بیش از متوسط $8/5$ دسی زمینس بر متر منجر به کاهش درآمد (معادل ۴۱ میلیون ریال در هکتار)، افزایش هزینه (معادل ۳۰۰ ریال در هکتار)، و کاهش سود اقتصادی (معادل ضرر ۴۱ میلیون ریال در هکتار) می شود. علاوه بر این، تغییر درآمد، هزینه، و

شوری آب، تاثیر منفی آبیاری شور گیاه کینوا بر عملکرد مشهود است. لذا در برآورد تابع تولید محیطی بر خلاف مطالعات قبلی، مانند فتحی و زیبایی (۱۸)، تقی زاده و سلطانی (۱۹)، و سیدان و بهراملو (۲۰) متغیر سطح شوری آب استفاده شد.

به طور کلی نتایج نشان می دهد، میزان رفاه اقتصادی به ازای هر واحد شوری و هر واحد مصرف آب در کشت کینوا در مزرعه تحقیقات شوری صدوق به ترتیب حدود ۴۱ میلیون ریال در هکتار کاهش و ۲۰۲ هزار ریال در هکتار افزایش می یابد. مقایسه نتایج حاصل از این مطالعه با سایر پژوهش های مرتبط قابل توجه است. غزالی و اسماعیلی (۲۱) کاهش رفاه را نزدیک به ۱/۲ میلیون ریال در هکتار برای گندمکاران دشت پریشان برآورد کرده اند. همچنین، فتحی و زیبایی (۱۸) با انتخاب محصول گندم این کاهش را حدود ۴ میلیون ریال در هکتار برای کشاورزان دشت فیروزآباد محاسبه کرده اند. تقی زاده و سلطانی (۱۹) کاهش رفاه ناشی از افزایش مصرف آب را حدود ۱/۲ میلیون ریال در هکتار برای گندمکاران شهرستان فسا تخمین زده اند. سیدان و بهراملو (۲۰) با انتخاب محصول گندم کاهش رفاه به ازای هر متر کاهش آب را نزدیک به ۷ میلیون ریال در هکتار در شهرستان گرگان به دست آورده اند. همان طور که اشاره شد نتیجه این مطالعه با تحقیقات قبلی متفاوت است. علت این تفاوت عمدتا به مدل مورد استفاده، زمان تحقیق، و نوع محصول مربوط می شود. طبق محاسبه انجام شده زیان حاصل از آبیاری تحت شرایط شور نهایتا برابر ۴۰/۸ میلیون ریال در هکتار است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج این مطالعه حاکی از این است که فرم تابع تولید کاب-داگلاس بر اساس ضریب تعیین، آماره F ، دوربین واتسون، و معنی داری تمامی ضرایب برآورد شده، بهترین شکل تابع تولید محیطی برای گیاه کینوا تحت شرایط آبیاری شور است. ضرایب این تابع نشانگر کشش جزئی نهاده های تولید محیطی، یعنی شوری آب و حجم آب مصرفی به ترتیب برابر $-۰/۱۶$ و $۰/۳۶$ هستند. بدین ترتیب، افزایش ۱۰۰ درصد شوری آب منجر به کاهش ۱۶ درصد عملکرد کینوا و افزایش ۱۰۰ درصد حجم آب مصرفی منجر به افزایش ۳۶ درصد عملکرد این گیاه می گردد. به عبارت دیگر، تابع تولید محیطی کینوا بر اساس کشش جزئی شوری آب و حجم آب مصرفی به ترتیب در نواحی سوم و دوم تولید قرار دارد یعنی برای بهبود عملکرد گیاه کینوا کاهش شوری آب و افزایش حجم آب مصرفی توصیه می گردد.

ارزش تولید نهایی شوری آب با توجه به منفی بودن تولید نهایی آن، منفی می شود. به عبارتی، شوری آب فاقد ارزش اقتصادی است. با این حال، ارزش اقتصادی برای حجم آب مصرفی بر

اساس الگوی کاب داگلاس برابر ۲۰۲۵۰۰ ریال بر مترمکعب است که معادل ۰/۲۷ کیلوگرم محصول کینوا با قیمت سال ۱۴۰۱ برابر ۷۵۰۰۰۰ ریال بر کیلوگرم است. به عبارتی، با در نظر گرفتن متوسط آب مصرفی برابر ۳۸۹۹ مترمکعب بر هکتار، و متوسط عملکرد گیاه کینوا برابر ۲۹۰۶ کیلوگرم در هکتار، ارزش اقتصادی آب برابر ۲۰۲۵۰۰ ریال بر مترمکعب است و هزینه نهاده آب معادل ۳۶ درصد ارزش تولید محصول کینوا در هکتار است. این درحالی است که این سهم با توجه به در نظر گرفتن آب بهای موجود برای نهاده آب به کمتر از یک درصد از کل ارزش تولید محصول کینوا کاهش پیدا می کند. بدین ترتیب، توصیه می شود برای بهبود پایداری کشاورزی، آب بهای نهاده آب بر اساس ارزش اقتصادی این نهاده تعیین شود تا استفاده صحیح از این نهاده صورت پذیرد. این سیاست با توجه به اختلاف قیمت قابل توجه بین ارزش حقیقی و آب بهای کشاورزی در کوتاه مدت می تواند منجر به نارضایتی کشاورزان گردد. اما در بلندمدت، آگاه سازی کشاورزان نسبت به استفاده از فناوری های آب اندوز در راستای دستیابی به هدف مورد نظر می تواند کارساز باشد.

نهایتا، نتایج این تحقیق توصیه می کنند که آبیاری محصول کینوا تحت شرایط شوری متوسط ۸/۵ دسی زیمنس بر متر و بالاتر به لحاظ اقتصادی مناسب نمی باشد. علاوه براین، افزایش حجم آب مصرفی باید از طریق افزایش آب قابل دسترس برای گیاه با استفاده از روش های آب اندوز که دارای بازده آبیاری بالا می باشند، صورت پذیرد. در این زمینه، ارائه تسهیلات کم بهره و تشویق کشاورزان به استفاده از روش آبیاری تیپ می تواند در افزایش بازدهی آبیاری موثر باشد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی ها تکمیل شد.

حامی مالی

این مقاله برگرفته از پروژه تحقیقاتی به شماره ۹۹۰۷۴۰ مرکز ملی تحقیقات شوری می باشد که بدین وسیله از معاونت پژوهشی مرکز سپاسگزاری می شود.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: سمانه غزالی؛ روش شناسی و تحلیل داده ها: سمانه غزالی، حسین بیرامی؛ نظارت: سمانه غزالی، حسین بیرامی و نگارش نهایی: سمانه غزالی.

References

- 1.FAO, 2022. GLOBAL SYMPOSIUM ON SALT-AFFECTED SOILS. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- 2.Khoshkhalq Sima N, Ebadi A, Riahi Samani N, Darvish-Rouhani B. Salicornia: uses, economic potential, cultivation and exploitation. Agricultural Education Publication; 2021.
- 3.Momeni A. Geographical distribution and salinity levels of Iranian soil resources. Soil Research. 2010; 24 (3): 203-215. [DOI: 10.22092/ijsr.2011.126633].
- 4.Rahimian MH, Gholami H. An Analysis of the Salinity Status of Water Resources in Use in the Agricultural Sector. Journal of Water and Sustainable Development. 2022; 9 (3): 107-116. [DOI: 10.22067/jwsd.v9i3.2204.1135].
- 5.Adolf VI, Jacobsen SE, Shabala S. Salt tolerance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Environmental and Experimental Botany. 2013; 92: 43-54. [DOI: 10.1016/j.envexpbot.2012.07.004].
- 6.Jacobsen SE, Liu F, Jensen CR. Does rootsourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Scientia Horticulturae. 2009; 122: 281-287. [DOI: 10.1016/j.scienta.2009.05.019].
- 7.Hinojosa L, González JA, Barrios-Masias FH, Fuentes F, Murphy KM. Quinoa abiotic stress responses: a review. Plants. 2018; 7: 106. [DOI: 10.3390/plants7040106].
- 8.Jacobsen SE, Quispe H, Mujica A. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century. 2001; 403-408.
- 9.Bhargava A, Shukla S, Rajan S, Ohri D. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution. 2007; 54: 167-173. [DOI: 10.1007/s10722-005-3011-0].
- 10.Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, Jacobsen SE, Shabala S. Ionic and osmotic relations in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of experimental botany. 2011; 62 (1): 185-193. [DOI: 10.1093/jxb/erq257].
- 11.Jacobsen SE, Monteros C, Corcuera LJ, Bravo LA, Christiansen JL, Mujica A. Frost resistance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). European Journal of Agronomy. 2007; 26: 471-475. [DOI: 10.1016/j.eja.2007.01.006].
- 12.Jamali S, Sharifan H. Investigation the effect of different Salinity levels on Yield and Yield components of Quinoa (Cv. Titicaca). Journal of Water and Soil Conservation. 2018; 25 (2): 251-266. [DOI: 10.22069/jwsc.2018.13721.2841].
- 13.Jamali S, Ansari H. Effects of Water Quality and Irrigation Management on Growth and Yield of Quinoa. Journal of Water Research in Agriculture. 2019; 33 (3): 339-351. [DOI: 10.22092/jwra.2019.120464].
- 14.Beyrami H, Rahimian MH, Salehi M, Yazdani-Biouki R. Effect of different levels of irrigation water salinity on quinoa (Chenopodium quinoa) yield and yield components in spring planting. Crop Production. 2020; 12 (4): 111-120. [DOI: 10.22069/ejcp.2020.16239.2209].
- 15.Beyrami H, Parvizi H, Parnian A, Hatami H. Effects of Different Moisture and Salinity Levels on Some Morphological Traits and Yield of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) in Field Condition. Agricultural Engineering. 2024; 47 (1): 111-127. [DOI: 10.22055/agen.2024.45547.1702].
- 16.Golzary Z, Eshraghi F, Keramatzadeh A. Estimating the Economic Value of Water in Wheat Production in Gorgan County. Journal of Water Research in Agriculture. 2016; 30 (4): 457-466. [DOI: 10.22092/jwra.2017.109008].
- 17.Beyrami H. Determination of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) irrigation requirement under two different irrigation water salinity in field conditions. NATIONAL SALINITY RESEARCH

18. Fathi F, Zibaei M. Loss of Social Welfare Due to Overexploitation of Groundwater in Firozabad Plain. Journal of Agricultural Economics and Development. 2011; 25 (1). [DOI: [10.22067/jead2.v1390i1.8872](https://doi.org/10.22067/jead2.v1390i1.8872)].
19. Taghizadeh S, Soltani Gh. The impact of groundwater over-extraction on farmers, welfare: The case of wheat producers in Fasa county. Journal of Agricultural Economics Research. 2013; 5 (1): 1-22.
20. Seyedan SM, Bahramloo R. The Effect of Excessive Water Extraction from Groundwater Resources on the Welfare of Farmers in the Malayer Plain. Journal of Water and Soil Science. 2019; 22 (4) :357-370. [DOI: [10.29252/jstnar.22.4.357](https://doi.org/10.29252/jstnar.22.4.357)].
21. Ghazali S, Esmaeili A. Incorporate externalities of water extraction from agricultural wells around Parishan lake, case study: Wheat product. Agricultural Economics and Development. 2011; 25 (2), 161-171. [DOI: [10.22067/jead2.v1390i2.9706](https://doi.org/10.22067/jead2.v1390i2.9706)].