نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۴-۱

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 1-14

مقاله پژوهشی

تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برای کشت کینوا

صابر جمالی[۱]، حسین انصاری[۲]* و نرگس صالح‌نیا[۳]

چکیده

بحران آب یکی از مهم‌ترین عواملی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای تولید محصولات کشاورزی محدودیت ایجاد می‌کند و برای نیل به امنیت غذایی مطلوب باید آب در بخش کشاورزی به‌صورت بهینه مصرف شود. به‌منظور بررسی بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن بر روی گیاه کینوا پژوهشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در تابستان ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای موردبررسی در این پژوهش شامل ۳ روش آبیاری جویچه‌ای (متداول، یک‌درمیان ثابت و متغیر) و ۳ سطح کود نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. روش‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای بر صفات بهره‌وری اقتصادی کود، بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)، شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی (BPD) و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب (NBPD) و عامل جزئی سودمندی (PFP) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و سطوح مختلف کود نیتروژن نیز بر بهره‌وری اقتصادی کود، BPD، NBPD و PFP در سطح احتمال یک درصد و بر CPD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. لازم به ذکر است که اثر متقابل روش آبیاری و سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفات بهره‌وری اقتصادی کود و PFP در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر NBPD و BPD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش مقدار نیتروژن نسبت به مقدار توصیه‌شده (۵۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری جویچه‌ای متداول سبب کاهش بهره‌وری اقتصادی آب و کاهش بهره‌وری اقتصادی کود می‌شود. بر این اساس، بیشترین مقدار بهره‌وری اقتصادی آب، بهره‌وری فیزیکی آب و شاخص درآمد به ازای هر واحد آب مصرفی در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر و در شرایط اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی کود، بهره‌وری جزئی عامل تولید، بهره‌وری فیزیکی آب، شاخص درآمد به آب مصرفی، عملکرد

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عواملی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای تولید محصولات کشاورزی محدودیت ایجاد می‌کند، آب باکیفیت بوده (خشائی و همکاران، ۱۳۹۸) و یکی از راهکارهای مقابله با بحران آب و بهبود در عملکرد محصولات کشاورزی از نظر کمی و کیفی، ارتقای بهره‌وری آب با اعمال روش‌های مدیریتی است (حقیقتی و همکاران، ۱۳۹۴). بهره‌وری فیزیکی آب در پژوهش احمدی و همکاران برای گیاه کینوا رقم Q5 در تراکم‌های ۱۵۰، ۱۸۵ و ۲۷۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۰/۱۷۹، ۰/۲۴۴ و ۰/۱۷۸ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد (Ahmadi et al., 2019).

در پژوهشی مهدی و هریج قیمت هر کیلوگرم دانه کینوا در مزرعه ۲/۳۵ دلار و قیمت آن در رستوران‌ها ۲۸/۸۸ دلار در

[۱] دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۲] استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران (*نویسنده مسئول: Ansary@um.ac.ir)
[۳] استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۰
DOR: 20.1001.1.24764531.1400.8.2.1.7

کیلوگرم است که به ترتیب ۸ و ۵۰ درصد درآمد حاصل از فروش این محصول عاید کشاورز و رستوران‌ها می‌شود (Mehdi and Hirich, 2018). در پژوهشی دیگر که در مصر بر روی کینوا انجام شد، نتایج نشان داد که کم‌آبیاری منجر به بهبود در بهره‌وری مصرف آب شده است، به‌طوری‌که در شرایط اعمال کم‌آبیاری به میزان ۴۰ و ۷۰ درصد مقدار بهره‌وری فیزیکی آب برابر با ۳/۵۸ و ۲/۸۸ کیلوگرم در مترمکعب بود؛ لازم به ذکر است که میزان بهره‌وری مصرف آب در شرایط آبیاری کامل برابر با ۲/۸۱ کیلوگرم در مترمکعب بود (Telahigue et al., 2017). در پژوهشی دیگر بر روی گیاه کینوا رقم Titicaca در شرایط اعمال شوری و کم‌آبیاری که در باجگاه توسط طالب نژاد و سپاسخواه (۲۰۱۶) انجام شد، بهره‌وری اقتصادی آب با توجه به قیمت ۳/۵ دلار هر کیلو دانه این گیاه برابر با ۲/۸ دلار در مترمکعب محاسبه شد، همچنین ایشان اظهار داشتند که بهره‌وری اقتصادی آب در گیاه کینوا به‌مراتب از بهره‌وری اقتصادی برنج (۰/۴۸ دلار بر مترمکعب با توجه به قیمت ۲/۵ دلاری برنج به ازای هر کیلوگرم در ایران) بیشتر است (Talebnejad and Sepaskhah, 2016).

در پژوهشی مقیمی و سپاسخواه بر روی ذرت و برنج در سال‌های مرطوب، نرمال و خشک نشان دادند که کسر کاهش آب آبیاری به میزان ۰/۱۶ و ۰/۲۹ منجر به افزایش بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در این گیاهان در راندمان‌های کاربرد آب در مزرعه ۷۰، ۶۰ و ۵۰ درصد شده است؛ همچنین نتایج ایشان نشان داد که در اکثر موارد حداکثر بهره‌وری آب در سناریو آبیاری کامل اتفاق نمی‌افتد. در آبیاری گیاه ذرت در روش‌هایی از برنامه ریزی کم‌آبیاری که در آن‌ها در مرحله گلدهی آبیاری کامل انجام‌شده بود، کاهش بیشتر آب از نظر اقتصادی قابل‌قبول بود. برای برنج با افزایش بازده کاربرد آب و کسر کاهش آب، بهره‌وری آب افزایش یافت و کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر بود. با درنظرگرفتن قیمت واقعی آب، نسبت بهره‌وری اقتصادی آب تا حد زیادی کاهش یافت به‌طوری‌که برای داشتن درآمد خالص مثبت در سیستم آبیاری سطحی باید بازده کاربرد آب در مزرعه افزایش یابد (Moghimi and Sepaskhah, 2015).

سیدان و منصوری (۱۳۹۸) بهره‌وری فیزیکی آب (PWP[1])، شاخص درآمد به ازای هر واحد حجم آب (BPW[2]) و بهره‌وری اقتصادی آب (NBPW[3]) در گیاه چغندرقند در سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای و بارانی کلاسیک در استان همدان را بررسی کردند و نتایج پژوهش نشان داد که در آبیاری جویچه‌ای PWP برابر با ۴/۷۱ کیلوگرم در مترمکعب، BPW برابر با ۱۳۷۵۷ ریال در مترمکعب و NBPW برابر با ۶۸۰۶ ریال در مترمکعب بود، همچنین در آبیاری بارانی کلاسیک نیز مقادیر این شاخص‌ها برابر با ۶/۸۵ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۹۹۸۰ ریال در مترمکعب و ۱۱۰۷۸ ریال در مترمکعب است.

بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در گندم در این استان به ترتیب در آبیاری سنتی برابر با ۰/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب و ۳۲۶۳ ریال بر مترمکعب و در آبیاری بارانی کلاسیک برابر با ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب و ۷۲۳۷ ریال بر مترمکعب بود (سیدان و متقی، ۱۳۹۸؛ سیدان و همکاران، ۱۳۹۷). درگاهی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی برای تحلیل و بررسی بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در گیاهان گندم، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ی، جو و یونجه در استان قزوین نشان دادند که بیشترین و کمترین میزان از بهره‌وری فیزیکی به ترتیب برای گیاه ذرت علوفه‌ی (۲/۷۴ کیلوگرم در مترمکعب) و یونجه (۰/۷۱ کیلوگرم در مترمکعب) بود. شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب نیز با ۸۳۳۴ ریال بر مترمکعب (گندم) و ۳۳۸۱ ریال بر مترمکعب (یونجه) دارای بیشترین و ۲۴۸۶ ریال بر مترمکعب (ذرت علوفه‌ای) و ۶۶۰ ریال بر مترمکعب (ذرت علوفه‌ای) دارای کمترین میزان بود.

در پژوهشی دیگر بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی دشت مشهد موردبررسی قرارگرفته و مقادیر CPD، BPD و NBPD در گیاه گندم (۰/۴۶ کیلوگرم در مترمکعب، ۳۵۵۳ ریال در مترمکعب و ۴۰۰ ریال در مترمکعب)، جو (۰/۵۴ کیلوگرم در مترمکعب، ۳۷۸۱ ریال در مترمکعب و ۳۹۶ ریال در

[1] Physical Water Productivity
[2] Benefit Per Water
[3] Net Benefit Per Water

مترمکعب)، گوجه‌فرنگی (۲/۵۶ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۰۲۷۵ ریال در مترمکعب و ۷۴۲۳ ریال در مترمکعب)، پیاز (۳/۷۳ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۲۳۱۳ ریال در مترمکعب و ۸۶۷۶ ریال در مترمکعب)، سیب‌زمینی (۱/۸۲ کیلوگرم در مترمکعب، ۲۵۷۶۶ ریال در مترمکعب و ۲۱۸۲۶ ریال در مترمکعب)، چغندرقند (۱/۹۷ کیلوگرم در مترمکعب، ۳۸۴۳ ریال در مترمکعب و ۱۸۶۷ ریال در مترمکعب) و یونجه (۰/۴۵ کیلوگرم در مترمکعب، ۲۸۹۷ ریال در مترمکعب و ۱۴۳۳ ریال در مترمکعب) به دست آمد (کریمی و جلینی، ۱۳۹۶).

تافته و سپاسخواه (۱۳۹۰) نشان دادند که اعمال آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر در شرایط اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن منجر به حصول بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب در گیاه کلزا شده و ایشان این تیمار را در منطقه باجگاه برای گیاه کلزا توصیه نموده‌اند. در پژوهشی دیگر بهره‌وری فیزیکی آب (CPD[1])، شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی (BPD[2]) و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب (NBPD[3]) در ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای و گندم در سامانه‌های آبیاری سنتی و مدرن در استان همدان موردبررسی قرارگرفته و مقادیر CPD، BPD و NBPD در ذرت دانه‌ای به ترتیب در آبیاری سنتی برابر با ۰/۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب، ۸۳۹۶ ریال بر مترمکعب و ۲۸۴۹ ریال بر مترمکعب و در آبیاری مدرن برابر با ۱/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۰۹۵۴ ریال بر مترمکعب و ۳۶۶۵ ریال بر مترمکعب، در ذرت علوفه‌ای به ترتیب در آبیاری سنتی برابر با ۵/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۵۱۴۷ ریال بر مترمکعب و ۷۶۷۸ ریال بر مترمکعب و در آبیاری مدرن برابر با ۶/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب، ۱۹۷۶۰ ریال بر مترمکعب و ۱۰۰۶۸ ریال بر مترمکعب بود.

شاخص‌های زراعی مورداستفاده در کارایی استفاده از عناصر به‌صورت: ۱. بهره‌وری جزئی عامل تولید[4] کیلوگرم محصول تولیدی در کیلوگرم عنصر غذایی به‌کاررفته)؛ ۲. کارایی زراعی (کیلوگرم محصول افزایش‌یافته در کیلوگرم عنصر غذایی کاربردی)؛ ۳. کارایی بازیافت (کیلوگرم عنصر غذایی جذب‌شده در کیلوگرم عنصر غذایی به‌کاررفته) بیان‌شده است (سرخوش و ابوطالبیان، ۱۳۹۲).

بدین منظور در این پژوهش از بهره‌وری جزئی عامل تولید و کارایی زراعی کود استفاده‌شده است. با توجه به اینکه تاکنون بر روی گیاه کینوا با توجه به ارزش غذایی بالای این گیاه و تأثیری که بر بهبود چرخه نیتروژن داشته (Angeli et al., 2020; Wieme et al., 2020) و در شرایط آبیاری جویچه‌ای و اعمال سطوح مختلف کودی پژوهشی انجام‌نشده، پژوهش حاضر با اهداف ذیل انجام شد:

در حال حاضر در کشور برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی پژوهش‌های زیادی در حال انجام است و در این پژوهش به‌منظور کاهش میزان آب مصرفی کینوا از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان استفاده شد.

در این پژوهش از گیاهان متحمل به تنش‌های خشکی و آبی (گیاه کینوا) برای بهبود در بهره‌وری فیزیکی آب استفاده شد و برای کاهش اثر منفی تنش آبی از سطوح مختلف کود نیتروژن استفاده شد.

تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در شرایط آبیاری جویچه‌ای (یک‌درمیان ثابت و متغیر و آبیاری جویچه‌ای متداول) در کشت کینوا در شرایط اقلیمی مشهد. تعیین بهترین روش آبیاری جویچه‌ای و کود نیتروژن بر اساس بهره‌وری اقتصادی آب و کود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود در آبیاری جویچه‌ای در کشت گیاه کینوا، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و بر روی رقم Titicaca در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با موقعیت جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، در تابستان سال ۱۳۹۷ اجرا شد.

[1] Crop Per Drop
[2] Benefit Per Drop
[3] Net Benefit Per Drop
[4] PFP (Partial Factor Productivity)

فاکتور اصلی در این پژوهش روش آبیاری (آبیاری جویچه‌ای مرسوم FI۱، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت FAFI۲ و آبیاری جویچه‌ای متغیر (VAFI۳) و فاکتور فرعی نیز سطوح مختلف کود نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. آزمایش در ۲۷ کرت (به ابعاد ۳ × ۳ مترمربع) که شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول ۳ متر و در زمینی به مساحت ۳۶۰ مترمربع (۳۰×۱۲ مترمربع) اجرا شد.

بذرهای کینوا در عمق ۱/۵ سانتی‌متری خاک و با تراکم بوته‌ای ۶۰ بوته در هر مترمربع کاشته شدند. برای آماده‌سازی زمین برای کاشت، شخم نیمه عمیق، کولتیواتور، دیسک و لولر در پاییز و بهار بر روی خاک اجرا شد. قبل از کشت و پس از آماده‌سازی زمین نمونه مرکبی از خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به‌صورت تصادفی از چند نقطه از زمین تهیه و نتیجه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت	عمق سانتی‌متر	EC دسی زیمنس بر متر	pH	ماده آلی درصد
لوم سیلتی	۳۰-۰	۰/۵۸	۷/۹۲	۱/۰۷
	کربن آلی درصد	نیتروژن درصد	فسفر پی پی ام	پتاسیم پی پی ام
	۰/۶۲	۰/۰۵۸	۲۹/۲	۱۸۶

زمان کاشت بذرها در تاریخ ۵ مرداد ۱۳۹۷ بود. آبیاری گیاهان در این پژوهش با استفاده از سیستم آبیاری جویچه‌ای و انتقال آب تا زمین زراعی با استفاده از لوله‌های PVC و شیرهای تعبیه‌شده بر روی آن انجام شد. کنترل حجم آب تحویلی به هر یک از تیمارها با استفاده از کنتور حجمی آب، صورت گرفت.

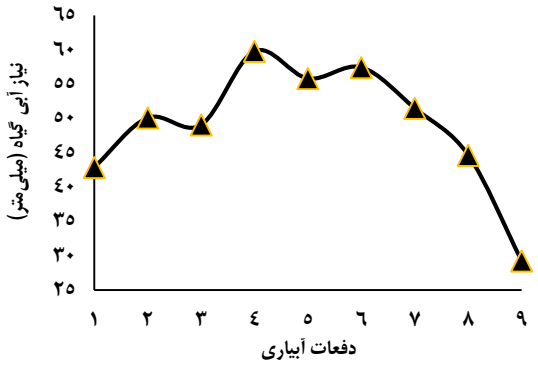
تیمارهای کودی به‌صورت تقسیطی ۲۵:۵۰:۲۵ درصد به ترتیب قبل از کشت، شروع نمایان شدن گل‌آذین و دانه بستن به گیاهان داده شد. دور آبیاری در نظر گرفته‌شده برای این پژوهش بر اساس شرایط زارعین و شرایط رایج در منطقه هفتگی در نظر گرفته شد. نیاز آبی بر اساس مقدار تجمعی آب تبخیر شده از تشت تبخیر، پس از اعمال ضریب تشت محاسبه و از روش پیشنهادشده در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن در محل (به‌طور میانگین ۰/۷) تعیین شد.

برای تعیین متوسط مقدار تبخیر تعرق گیاه در مراحل رشدی از داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی واقع در مزرعه استفاده و مقدار تبخیر تعرق گیاه بر اساس رابطه (۱) برآورد شد (لازم به ذکر است برای مقدار Kc در این پژوهش از جدول (۲) استفاده شد).

$$ETc = Kc \times Kp \times Epan \qquad (۱)$$

در رابطه فوق ETc (تبخیر تعرق روزانه بر حسب میلی‌متر بر روز)، Kp (ضریب تشت)، Epan (تبخیر از سطح تشت بر حسب میلی‌متر در روز) و Kc (ضریب گیاهی) است.

آبیاری گیاهان تا ۲ هفته قبل از برداشت اعمال‌شده و در زمان رسیدگی محصول با حذف حاشیه‌ها در هر کرت آزمایشی، بوته‌های واقع در یک مترمربعی وسط هر کرت کف بری شدند. پس از عملیات برداشت گیاهان در هوای آزاد خشک‌شده و برای برآورد عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مربوط به هر تیمار به آزمایشگاه منتقل شدند. در شکل (۱) مقدار نیاز آبی گیاه در طول فصل رشد گیاه ارائه شده است. در طول فصل رشد ۳ مرحله علف‌های هرز وجین شدند.



شکل ۱- نیاز آبی گیاه کینوا در طول فصل رشد

[۱] در هر نوبت آبیاری تمامی جوی‌ها آبیاری می‌شود (Furrow Irrigation)

[۲] در هر نوبت آبیاری و به‌صورت ثابت تنها یک طرف ردیف کشت آبیاری می‌شود (Fixed Alternate Furrow Irrigation)

[۳] در هر نوبت آبیاری و به‌صورت تناوبی تنها یک طرف ردیف کشت آبیاری می‌شود (Variable Alternate Furrow Irrigation)

جدول ۲- ضریب گیاهی، گیاه کینوا رقم Titicaca (Talebnejad and Sepaskhah, 2015)

مرحله رشدی	میزان ضریب گیاهی
ابتدایی	۰/۵۵
میانی	۱/۲
انتهایی	۰/۷۵

به‌منظور ارزیابی اقتصادی بین تیمارهای موردبررسی، هزینه عملیات مختلف کاشت، داشت و برداشت بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۹۷ به دو گروه هزینه‌های ثابت و متغیر تقسیم‌شده و در جدول (۳) ارائه‌شده است. قیمت دانه کینوا بسته به کیفیت آن در بازار متفاوت است. در این پژوهش درآمد کل حاصل فروش دانه با ارزش هر کیلوگرم ۴۰۰ هزار ریال (معادل ۳/۵ دلار) و بر مبنای پژوهش طالب‌نژاد و سپاسخواه محاسبه شد (Talebnejad and Sepaskhah, 2016). بر اساس معادله‌های ۲ تا ۶ مقادیر مرتبط با بهره‌وری اقتصادی آب (NBPD)، بهره‌وری اقتصادی کود، بهره‌وری فیزیکی آب (CPD)، شاخص درآمد به ازای هر واحد حجم آب (BPD) و بهره‌وری جزئی عامل تولید (PFP) محاسبه شد. قیمت هر مترمکعب آب مصرفی بر اساس پژوهش صداقت و همکاران (۱۳۹۵) برابر با ۲۰۳۰ ریال در نظر گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9.4)، مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

$$\text{بهره‌وری فیزیکی آب} = \frac{\text{میزان محصول تولید شده}}{\text{حجم آب مصرف شده در هکتار}} \quad (۲)$$

$$\text{بهره‌وری اقتصادی آب} = \frac{\text{سود حاصل}}{\text{حجم آب مصرف شده در هکتار}} \quad (۳)$$

$$\text{بهره‌وری اقتصادی کود} = \frac{\text{سود حاصل}}{\text{میزان کود مصرف شده در هکتار}} \quad (۴)$$

$$\text{شاخص درآمد به‌ازای آب مصرفی} = \frac{\text{کل درآمد}}{\text{حجم آب مصرف شده در هکتار}} \quad (۵)$$

$$\text{بهره‌وری جزئی عامل تولید} = \frac{\text{میزان محصول تولید شده}}{\text{میزان کود مصرف شده در هکتار}} \quad (۶)$$

جدول ۳- هزینه ثابت و متغیر در کشت هر هکتار کینوا در سال ۱۳۹۷

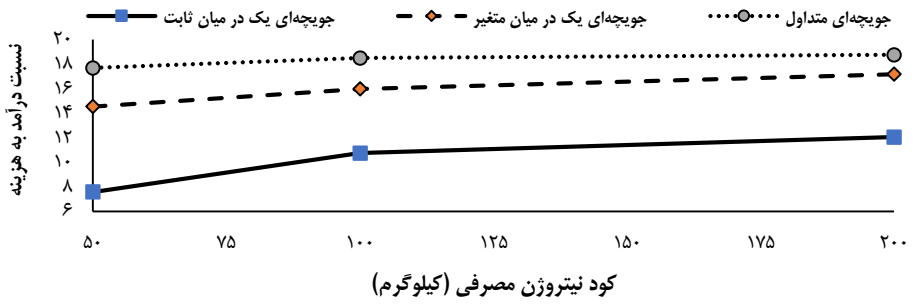
هزینه	شرح عملیات	تعداد	مبلغ کل (میلیون ریال)
ثابت	شخم، دیسک، لولر و مرزبندی (هکتار)	-	۹/۱
	سم حشره‌کش، آفت‌کش و علف‌کش (لیتر)	-	۶/۵
	سم‌پاشی	۳	۲/۴
	بذر (کیلوگرم)	۱۵	۴/۵
	کمباین	۱	۳/۵
متغیر	کارگری (نفر-روز)	-	۲۳/۰
	کود اوره (۵۰ کیلوگرم)	۷	۲/۸
	هزینه متفرقه (حمل‌ونقل، برق و استهلاک پمپ آب)		۱۲/۰

برای محاسبه هزینه‌های ثابت از قیمت‌های سال ۱۳۹۷ استفاده‌شده است.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای گیاه کینوا، در ابتدا هزینه تولید و درآمد ناخالص حاصل از فروش دانه محاسبه و در جدول (۴) ارائه‌شده است. بر اساس نتایج جدول (۴) هزینه تولید به میزان آب مصرفی و کود مصرفی بستگی دارد، به‌طوری‌که افزایش میزان کود نیتروژن در هر سه روش آبیاری جویچه‌ای منجر به افزایش هزینه‌های تولیدشده است؛ از طرفی در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول با توجه به ماهیت آن بر میزان آب مصرفی افزوده‌شده و در این روش علاوه بر افزایش هزینه در اثر افزایش کود مصرفی، هزینه آب مصرفی نیز عاملی برای افزایش هزینه تولید است. بیشترین میزان هزینه تولید در هکتار زراعت کینوا در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با ۷۱/۱۴ میلیون ریال مشاهده شد. درآمد ناخالص در روش آبیاری یکسان به میزان نیتروژن مصرفی و عملکرد تولیدی بستگی داشت. بیشترین میزان درآمد ناخالص در این پژوهش بر اساس نتایج جدول (۴) در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۱۴۰۵ میلیون

ریال) مشاهده شد. کمترین میزان درآمد ناخالص نیز در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با ۵۶۵ میلیون ریال مشاهده شد. در شرایط اعمال آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر نیز بیشترین درآمد ناخالص با ۱۲۱۲ میلیون ریال در شرایط اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد. کود دهی به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در آبیاری جویچه‌ای متداول منجر به بهبود در درآمد ناخالص به میزان ۴/۹ و ۶/۸ درصد شد. استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن منجر به بهبود درآمد ناخالص در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت (۳۷/۹ درصد) و متغیر (۱۰/۹ درصد) شد. نتایج جدول (۴) نشان‌دهنده‌ی بهبود در درآمد ناخالص در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متغیر در شرایط استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، به میزان ۵۴/۲ و ۱۸/۴ درصد شد. بر اساس نتایج جدول (۴) بیشترین و کمترین سود خالص در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای متداول و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۱۳۳۴ میلیون ریال) و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۴۹۹ میلیون ریال) مشاهده شد. در شرایط استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و روش آبیاری جویچه‌ای متداول (به ترتیب ۵/۱ و ۷/۲ درصد)، یک‌درمیان متغیر (به ترتیب ۱۰/۵ و ۱۹/۵ درصد) و یک‌درمیان ثابت (به ترتیب ۴۲/۷ و ۶۱/۱ درصد) بر میزان سود خالص افزوده شد. بر اساس نتایج شکل (۲) و نتایج تحلیل اقتصادی ارائه‌شده در جدول (۴) می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری جویچه‌ای متداول در شرایط اعمال ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بیشترین میزان درآمد به هزینه را در مقایسه با دو روش دیگر دارا بود. بر اساس نتایج شکل (۲) بیشترین میزان درآمد به هزینه در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول و در شرایط استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد. روند تغییرات درآمد به هزینه در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت>یک‌درمیان متغیر>متداول (در شرایط اعمال سطوح کودی نیتروژن ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. بر اساس نتایج جدول (۵) روش‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای بر صفات بهره‌وری اقتصادی کود، بهره‌وری فیزیکی آب، شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی، شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی و تغییرات بهره‌وری جزئی عامل تولید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده و سطوح مختلف کود نیتروژن نیز بر بهره‌وری اقتصادی کود، بهره‌وری فیزیکی آب، شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی، شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی و تغییرات بهره‌وری جزئی عامل تولید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر بهره‌وری فیزیکی آب در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. لازم به ذکر است که اثر متقابل روش آبیاری و سطوح مختلف کود نیتروژن بر صفات بهره‌وری اقتصادی کود و تغییرات بهره‌وری جزئی عامل تولید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج جدول (۴) حجم آب مورداستفاده در طول دوره رشد برای سه روش آبیاری ارائه‌شده است. بر اساس نتایج، حجم آب آبیاری مورداستفاده در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب و ثابت در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای مرسوم، حدود ۴۴ درصد کاهش یافته است.



شکل ۲- روند تغییرات نسبت درآمد به هزینه در تیمارهای موردبررسی

جدول ٤- مقادیر عملکرد، هزینه تولید، درآمد ناخالص و سود خالص تحت تیمارهای مورد بررسی

روش آبیاری	نیتروژن مصرفی کیلوگرم در هکتار	آب مصرفی مترمکعب در هکتار	عملکرد تن در هکتار	هزینه کل	درآمد ناخالص میلیون ریال	سود خالص
جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت	۵۰	۲۴۰۰	۱/۴۱	۶۵/۸۷	۵۶۵	۴۹۹
	۱۰۰		۱/۹۵	۶۶/۲۷	۷۷۹	۷۱۲
	۲۰۰		۲/۱۸	۶۶/۶۷	۸۷۱	۸۰۴
جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر	۵۰		۲/۵۶	۶۵/۸۷	۱۰۲۴	۹۵۸
	۱۰۰		۲/۸۱	۶۶/۲۷	۱۱۲۵	۱۰۵۹
	۲۰۰		۳/۰۳	۶۶/۶۷	۱۲۱۲	۱۱۴۵
جویچه‌ای متداول	۵۰	۴۳۰۰	۳/۲۹	۷۰/۳۴	۱۳۱۵	۱۲۴۴
	۱۰۰		۳/۴۵	۷۰/۷۴	۱۳۷۹	۱۳۰۸
	۲۰۰		۳/۵۱	۷۱/۱۴	۱۴۰۵	۱۳۳۴

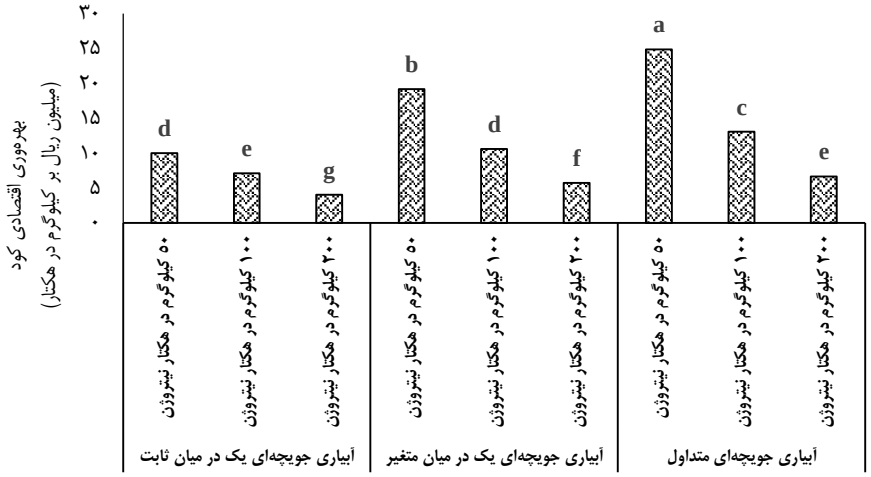
جدول ۵- تجزیه واریانس بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری فیزیکی آب گیاه کینوا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		بهره‌وری اقتصادی کود	CPD	BPD	NBPD	PFP
بلوک	۲	۰/۶۷ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۶ ns	۴/۱۹ ns
روش آبیاری	۲	۱۴۰/۲ **	۰/۶۵۸ **	۰/۱۱ **	۰/۰۹۶ **	۸۸۷/۹ **
خطای A	۴	۰/۱۰ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۰/۶۵ ns
کود نیتروژن	۲	۳۶۰/۲ **	۰/۰۹۷ *	۰/۰۱۵ **	۰/۰۱۵ **	۲۶۳۱/۳ **
روش آبیاری × کود نیتروژن	۴	۳۰/۷ **	۰/۰۱۸ *	۰/۰۰۳ *	۰/۰۰۳ *	۱۹۳/۵ **
خطای کل	۱۲	۰/۲۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۱/۵
ضریب تغییرات		۴/۴	۳/۹	۳/۹	۳/۹	۴/۱

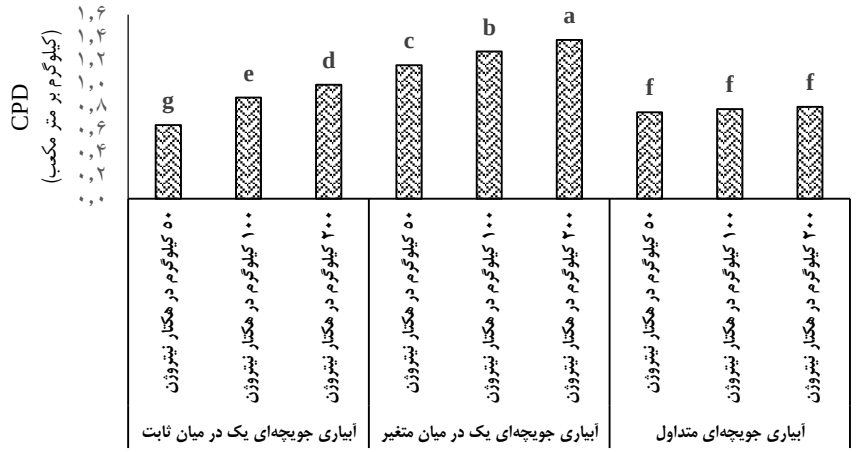
**، * و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری است.

بر اساس شکل (۳) صفت بهره‌وری اقتصادی کود بین ۴/۰۲ و ۲۲/۸۸ میلیون ریال بر کیلوگرم نوسان داشته و بیشترین و کمترین میزان آن نیز به ترتیب در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول و استفاده از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و استفاده از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شده است. افزایش کود مصرفی در هر یک از روش‌های آبیاری منجر به کاهش بهره‌وری اقتصادی کود شده است، به‌طوری‌که در آبیاری جویچه‌ای متداول، یک‌درمیان متغیر و ثابت به ترتیب استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن سبب کاهش بهره‌وری اقتصادی کود به میزان ۲۸/۶، ۴۴/۷ و ۴۷/۴ درصد و ۵۹/۸، ۷۰/۱ و ۷۳/۲ درصد شد. لازم به ذکر است که مقایسه میانگین‌های آبیاری جویچه‌ای متداول + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و یک‌درمیان ثابت + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و بین تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر + ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و یک‌درمیان ثابت + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نشد. در شرایط اعمال آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان (به‌عبارت‌دیگر خشکی ناحیه‌ی ریشه) عملکرد دانه کینوا کاهش‌یافته که در جدول (۴) قابل‌مشاهده است و خود می‌تواند دلیلی بر کاهش بهره‌وری اقتصادی کود باشد؛ همچنین کاهش بهره‌وری اقتصادی کود در شرایط استفاده از ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیز با توجه به اینکه مخرج رابطه (۴) زیاد شده، قابل‌انتظار است. بر اساس شکل (۴) افزایش کود مصرفی در کشت گیاه کینوا منجر به بهبود در بهره‌وری فیزیکی آب در هر سه روش آبیاری جویچه‌ای شده است. بر اساس نتایج شکل (۴) در هر سه سطح کودی ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در آبیاری جویچه‌ای متداول تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد در بهره‌وری

فیزیکی آب بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها مشاهده نشد، به‌عبارت‌دیگر در این روش آبیاری بهره‌وری فیزیکی آب به‌نوعی مستقل از میزان کود مصرفی عمل کرده و ممکن است در این روش آبیاری آبشویی کود اتفاق افتاده باشد؛ همچنین میزان آب مصرفی در این روش آبیاری دو برابر دو روش دیگر آبیاری بوده و خود می‌تواند دلیلی بر کم بودن بهره‌وری فیزیکی آب در این شرایط باشد. افزایش مصرف کود منجر به بهبود بهره‌وری فیزیکی آب شده است، به‌طوری‌که در شرایط استفاده از سطوح کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار میزان بهبود در این صفت در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت ۳۷/۵ و ۵۴/۷ درصد، آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر ۱۰/۳ و ۱۹/۰ درصد و آبیاری جویچه‌ای متداول ۴/۰ و ۶/۷ درصد بود. نتایج بیانگر کاهش اثر خشکی ناحیه‌ای ریشه در آبیاری جویچه‌ای ثابت در شرایط استفاده از کود نیتروژن بوده و این میزان از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر به‌مراتب بیشتر است. در این صفت بیشترین و کمترین میزان به ترتیب با ۰/۶۴ و ۱/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مشاهده شد.



شکل ۳- تغییرات بهره‌وری اقتصادی کود در گیاه کینوا در شرایط آبیاری جویچه‌ای و سطوح مختلف کودی



شکل ٤- تغییرات بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) در گیاه کینوا در شرایط آبیاری جویچه‌ای و سطوح مختلف کودی

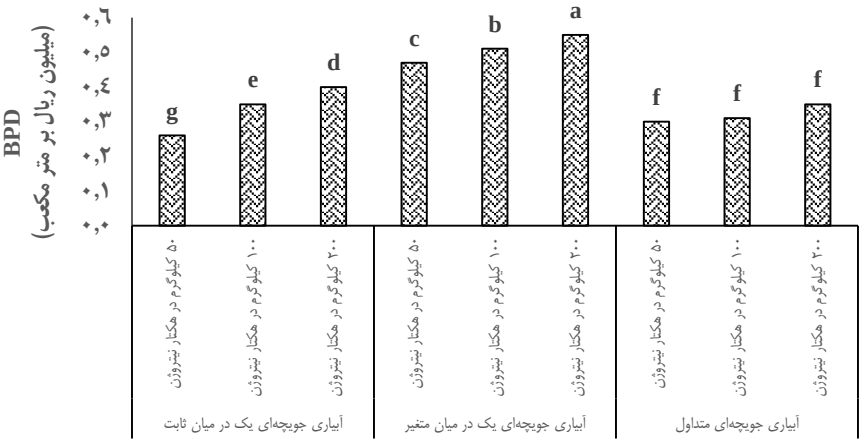
بر اساس شکل ۵ و ۶ بیشترین میزان از شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به ترتیب با ۰/۵۵ و ۰/۵۱۷ میلیون ریال بر مترمکعب در هکتار مشاهده شد.

بر اساس نتایج هر دو شکل افزایش میزان کود مصرفی در سه روش آبیاری سبب افزایش صفات شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی و شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی شد که دلیل بهبود در روش یک‌درمیان متغیر و ثابت نسبت به متداول می‌تواند کاهش میزان آب مصرفی باشد. سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مصرفی در این پژوهش در هر یک از روش‌های آبیاری سبب بهبود در شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی به میزان ۳۴/۶ و ۵۳/۸ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت)، ۸/۵ و ۱۷/۰ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر) و ۳/۳ و ۱۶/۷ درصد (آبیاری جویچه‌ای متداول) شد.

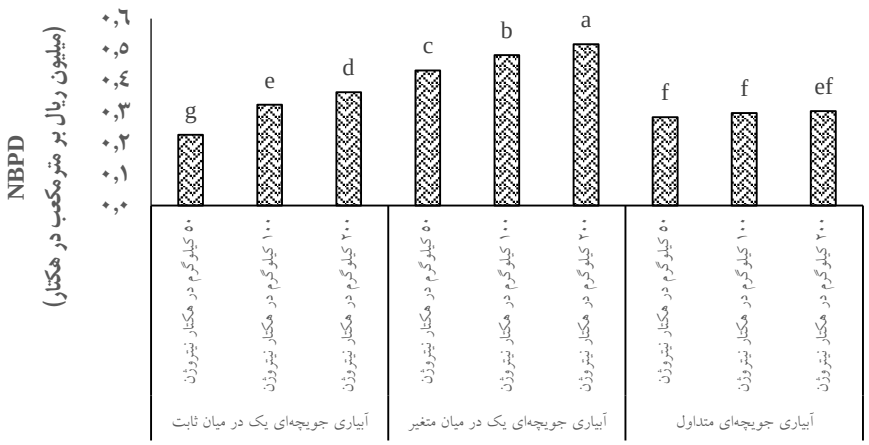
همچنین سطوح موردبررسی کود مصرفی در این پژوهش سبب بهبود در شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی به میزان ۴۲/۳ و ۵۹/۹ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت)، ۱۱/۵ و ۱۹/۴ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر) و ۴/۹ و ۷/۱ درصد (آبیاری جویچه‌ای متداول) شد.

نتایج بیانگر این است که اعمال آبیاری یک‌درمیان منجر به بهبود معنی‌دار بهره‌وری اقتصادی آب شده است. دلیل افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در شرایط افزایش سطح کودی می‌تواند عملکرد بیشتر در این سطوح باشد که خود منجر به بهبود درآمد و به‌تبع آن بهره‌وری اقتصادی آب می‌شود.

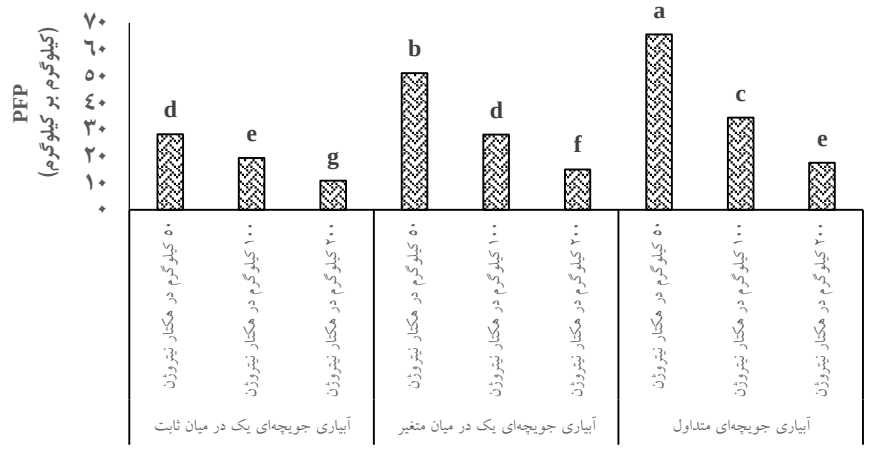
بر اساس نتایج شکل (۷) عامل جزئی سودمندی در تیمار آبیاری جویچه‌ای متداول + ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۶۵/۷ کیلوگرم دانه در هر کیلوگرم کود نیتروژن) و کمترین میزان این صفت در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (۱۰/۸۸ کیلوگرم دانه در هر کیلوگرم کود نیتروژن) مشاهده شد. دلیل کاهش این صفت در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متغیر نسبت به آبیاری جویچه‌ای متداول می‌تواند این باشد که در شرایط اعمال آبیاری یک‌درمیان گیاه با تنش مواجه شده و عملکرد کمتری نسبت به تیمار متداول دارد.



شکل ۵- تغییرات شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی (BPD) در گیاه کینوا در شرایط آبیاری جویچه‌ای و سطوح مختلف کودی



شکل ٦- تغییرات شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی (NBPD) در گیاه کینوا در شرایط آبیاری جویچه‌ای و سطوح مختلف کودی



شکل ۷- تغییرات بهره‌وری جزئی عامل تولید (PEP) در گیاه کینوا در شرایط آبیاری جویچه‌ای و سطوح مختلف کودی

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش مقدار نیتروژن نسبت به مقدار توصیه‌شده (۵۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری جویچه‌ای متداول سبب کاهش بهره‌وری اقتصادی آب و کاهش بهره‌وری اقتصادی کود شد. شاخص سود به ازای مترمکعب آب مصرفی به میزان ۳۴/۶ و ۵۳/۸ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت)، ۸/۵ و ۱۷/۰ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر) و ۳/۳ و ۱۶/۷ درصد (آبیاری جویچه‌ای متداول) در شرایط اعمال کود به میزان ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد؛ همچنین سطوح موردبررسی کود مصرفی در این پژوهش سبب بهبود در شاخص سود خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی به میزان ۴۲/۳ و ۵۹/۹ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت)، ۱۱/۵ و ۱۹/۴ درصد (آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر) و ۴/۹ و ۷/۱ درصد (آبیاری جویچه‌ای متداول) شد. بر اساس نتایج این پژوهش بیشترین مقدار بهره‌وری اقتصادی آب، بهره‌وری فیزیکی آب و شاخص درآمد به ازای هر واحد آب مصرفی در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متغیر و در شرایط اعمال ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد، به‌عبارتی‌دیگر این تیمار توصیه می‌شود. در پایان پیشنهاد می‌شود با اعمال سیاست‌های تشویقی سطح زیر کشت این محصول در تیمارهایی که بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب را بر اساس شاخص سود

خالص به ازای مترمکعب آب مصرفی نشان می‌دهد، افزایش یابد. ضمناً با توجه به اینکه کودهای شیمیایی دارای یارانه پنهان بوده پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی این مهم نیز در محاسبات لحاظ گردد.

منابع

تافته، آ. و سپاسخواه، ع.ر. ۱۳۹۰. تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برای کشت کلزا. حفاظت منابع آب‌وخاک. ۱(۱): ۱-۹.

حقیقتی، ب.، برومند نسب، س. و ناصری، ع. ۱۳۹۴. تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سیب‌زمینی و بهره‌وری آب. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۲): ۱۸۱-۱۹۳.

خشائی، ف.، بهمنش، ج.، رضاوردی‌نژاد، و. و آزاد، ن. ۱۳۹۸. تأثیر مقدار آبیاری و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۳(۴): ۶۰۱-۶۱۲.

درگاهی، ز.، نظری، ب.، رمضانی اعتدالی، ه. و مازندرانی‌زاده، ح. ۱۳۹۷. ارزیابی سامانه‌های نوین آبیاری با مفاهیم بهره‌وری اقتصادی آب و راندمان آبیاری در استان قزوین. آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲ (۳): ۶۸۳-۶۹۵.

سرخوش، ع. و ابوطالبیان، م.ع. ۱۳۹۲. کارایی مصرف نیتروژن، عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت تحت پرایم بذر و زمان کاربرد نیتروژن. به‌زراعی کشاورزی. ۱۵(۳): ۱۱۷-۱۲۸.

سیدان، س.م. و متقی، م. ۱۳۹۸. تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای تحت سامانه‌های آبیاری مدرن و سنتی در استان همدان. آب و توسعه پایدار. ۶(۱): ۱-۸.

سیدان، س.م. و منصوری، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی بهره‌وری آب در زراعت چغندرقند در سامانه‌های آبیاری نشتی و کلاسیک در استان همدان. بوم‌شناسی کشاورزی. ۱۱(۲): ۶۷۳-۶۸۶.

سیدان، س.م.، بهراملو، ر. و ناصری، ا. ۱۳۹۷. تعیین بهره‌وری مصرف آب در زراعت گندم با سیستم آبیاری بارانی و نشتی در استان همدان. آبیاری و زهکشی ایران. ۱۲(۳): ۷۳۲-۷۴۳.

صداقت، ن.ا.، پیردشتی، ه.ا.، صبوری، ح. و صداقت، م. ۱۳۹۵. تحلیل اقتصادی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد برنج. تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳(۲): ۲۳-۴۰.

کریمی، م. و جلینی، م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد (یادداشت فنی). آب و توسعه پایدار. ۴(۱): ۱۳۳-۱۳۸.

Ahmadi, S.H., Solgi, S. and Sepaskhah, A.R. 2019. Quinoa: A super or pseudo-super crop? Evidences from evapotranspiration, root growth, crop coefficients, and water productivity in a hot and semi-arid area under three planting densities. Agricultural Water Management. 225: 1-10.

Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Waleed Khan, M., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S. and Piatti, C. 2020. Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. Foods. 9(2): 1-31.

Mehdi, C. and Hirich, A. 2018. Analysis of International Market of Quinoa based products. Conference: Conference: Managing Water Scarcity in River Basins: Innovation and Sustainable Development, Agadir, Morocco. 73 P

Moghimi, M.M. and Sepaskhah, A.R. 2015. Consideration of water productivity for farm water management in different conditions of water availability for dominant summer crops. Iran Agricultural Research. 33(2): 47-62.

Talebnejad, R. and Sepaskhah, A.R. 2015. Effect of deficit irrigation and different saline groundwater depths on yield and water productivity of quinoa. Agricultural Water Management. 159: 225-238.

Talebnejad, R. and Sepaskhah, A.R. 2016. Quinoa: a new crop for plant diversification under water and salinity stress conditions in Iran. In International Symposium on the Role of Plant Genetic Resources in Reclaiming Lands and Environment Deteriorated by Human and 1190 (pp. 101-106).

Telahigue, D. C., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K. and Toumi, L. 2017. Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) under drought stress. Journal of Scientific Agriculture. 1: 222-232.

Wieme, R.A., Reganold, J.P., Crowder, D.W., Murphy, K.M. and Carpenter-Boggs, L.A. 2020. Productivity and soil quality of organic forage, quinoa, and grain cropping systems in the dryland Pacific Northwest, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment. 293: 1-13.

Water Management in Agriculture
Vol. 8, No. 2, Autumn and Winter, 2022, 1-14

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، پاییز و زمستان، ۱۴۰۰، ص. ۱۴-۱

Economic Productivity Analysis of Water and Nitrogen in Alternate Furrow Irrigation for Quinoa

S. Jamali[1], H. Ansari[2*] and N. Salehnia[3]

Abstract

The water crisis is one of the most important factors that limit the production of agricultural products in arid and semi-arid regions, which requires the optimal consumption of water in agriculture to achieve food security in these regions. To investigate the economic efficiency of water and nitrogen fertilizer on Quinoa, an experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications in 2018 at Ferdowsi University of Mashhad. Treatments included three irrigation methods (furrow irrigation (FI), fixed alternate furrow irrigation (FAFI), and variable alternate furrow irrigation (VAFI)) and three-level of nitrogen fertilizing (50, 100, and 200 Kg/ha). The different furrow irrigation methods on the economic productivity of fertilizer, CPD, BPD, NBPD, and PFP were highly significant ($P<0.01$). The different levels of nitrogen fertilizer on the economic productivity of fertilizer, BPD, NBPD, and PFP were significant at 1 percent levels ($P<0.01$), and on CPD was significant at 5 percent levels ($P<0.05$). The interaction effects on the economic productivity of fertilizer and PFP were highly significant ($P<0.01$) and on NBPD and BPD were significant at 5 percent levels ($P<0.05$). The results showed that under traditional furrow irrigation conditions, increasing the nitrogen fertilizer reduce the economic efficiency of water and fertilizer (compared to using 50 kg/ha N). The results showed that the highest economic and physical water productivity and BPD were obtained in the treatment of variable alternate furrow irrigation + 200 kg/ha of nitrogen.

Keywords: Benefit per water index, Economic productivity of fertilizer, Partial factor productivity, Physical water productivity, Yield

[1] PhD Candidate, Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[2] Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran (*Corresponding Author Email: Ansary@um.ac.ir)
[3] Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
Received: 20 May 2021
Accepted: 11 Aug 2021