Assessment of Water Productivity and Comparison of Alternative Cropping-Pattern Scenarios in the Yamchi and Ghorichay Irrigation Networks, Ardabil Plain, Iran

Abstract

Water scarcity and increasing agricultural water demand make it important to assess water supply, water productivity, and the economic implications of cropping patterns together. This study assessed water-supply conditions and compared four predefined cropping-pattern scenarios in the upstream Yamchi sprinkler irrigation network and the Ghorichay low-pressure irrigation network in the Ardabil Plain, Iran. Crop water requirements were estimated using meteorological data from the Ardabil synoptic station and CROPWAT. Water-supply adequacy was evaluated using the Agricultural Relative Irrigation Supply (ARIS) index. Physical water productivity (WP), irrigation water productivity (IWP), gross benefit per unit of irrigation water (BPD), and net benefit per unit of irrigation water (NBPD) were used to assess water productivity. Four scenarios—current cropping pattern, replacement of potato with sugar beet, replacement of potato with canola, and a 50:50 potato–canola split—were compared under deficit-irrigation and full-water-supply conditions. During the historical study period, average irrigation deficits were reported as 28% for Yamchi and 43% for Ghorichay. Mean WP was 1.52 and 2.15 kg/m³, and mean IWP was 2.16 and 4.08 kg/m³, respectively. Replacing potato with canola in Yamchi was a potentially suitable option in terms of calculated water requirement and the smaller reduction in cropped area needed under full-water-supply conditions. In Ghorichay, the existing pattern was comparatively favorable for economic water-productivity indicators under the historical prices and costs used. These results are scenario comparisons rather than the outcome of a mathematical optimization model; economic rankings should not be generalized to current conditions without updated prices and costs or sensitivity analysis.

Keywords: *Alternative cropping-pattern scenarios; Deficit irrigation; Economic water productivity; Irrigation water management; Water productivity*

ویرایشاری نشده

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Water scarcity, rising food demand, and climate change have made sustainable water-resource management a major challenge in agriculture, particularly in arid and semi-arid regions. Deficit irrigation and cropping-pattern adjustment are strategies for managing agricultural water demand, but their effects depend on crop type, growth stage, climate, yield, and economic value. This study evaluated water-supply conditions and compared predefined cropping-pattern scenarios in the upstream Yamchi sprinkler network and the Ghorichay low-pressure network in the Ardabil Plain, Iran. The study objectives were to assess irrigation-water supply adequacy using ARIS, compare physical and economic water-productivity indicators, and examine four cropping-pattern scenarios under deficit irrigation and full-water-supply conditions.

- Assess the adequacy of irrigation-water supply in each network using the Agricultural Relative Irrigation Supply (ARIS) index.
- Assess physical water productivity (WP), irrigation water productivity (IWP), gross benefit per unit of irrigation water (BPD), and net benefit per unit of irrigation water (NBPD).
- Compare the existing cropping pattern, replacement of potato with sugar beet, replacement of potato with canola, and a 50% potato–50% canola split under deficit-irrigation and full-water-supply conditions. These are predefined scenarios, not a mathematical optimization model.

Method

Meteorological data from the Ardabil synoptic station and network-level information on cultivated area, cropping pattern, irrigation-water volume, crop yield, and production costs and revenues were used. Water requirements were estimated using CROPWAT. The available source documents do not report all model inputs needed for exact replication (including complete crop calendars, growth-stage lengths, crop-coefficient settings, and soil parameters); these values have therefore not been inferred. Water-supply adequacy was evaluated using ARIS, defined as the ratio of irrigation water supplied to net irrigation requirement. WP and IWP were calculated from yield divided by total applied water (irrigation plus effective rainfall) and irrigation water, respectively. BPD and NBPD were calculated from gross revenue and net benefit per unit of irrigation water. Prices and production costs were obtained from the Agriculture Jihad organization. Four predefined cropping-pattern scenarios were compared under deficit-irrigation and full-water-supply conditions; in the latter case, cropped area was reduced to match the available water supply.

Results

The historical mean irrigation deficits were reported as approximately 28% for Yamchi and 43% for Ghorichay. Mean WP was 1.52 kg/m³ in Yamchi and 2.15 kg/m³ in Ghorichay; mean IWP was 2.16 and 4.08 kg/m³, respectively. The scenario-level deficit percentages derived from ARIS differ from these historical means. In Yamchi, replacing potato with canola required a smaller reduction in cropped area under full-water-supply conditions than the other alternatives, making it a potentially useful option for further evaluation. In Ghorichay, the existing pattern was comparatively favorable for economic water-productivity indicators under the historical

price and cost assumptions. Sugar-beet replacement showed favorable values for some relative productivity indicators, but it also increased water demand and could require a substantial reduction in cropped area under full-water-supply conditions. Crop yield responses to deficit irrigation were not independently measured in this study, so yield-loss statements should be interpreted as potential risks rather than quantified predictions.

Conclusions

The two irrigation networks experienced irrigation-water supply limitations during the historical period examined. The results support evaluating cropping-pattern scenarios using water-supply adequacy, physical productivity, and economic indicators together. Because the networks differ in irrigation system, crop mix, and water-supply conditions, their productivity values should not be interpreted as a direct ranking of management quality. Canola replacement in Yamchi and retention of the existing pattern in Ghorichay are options for consideration under the historical assumptions, not universally optimal recommendations. The study is limited by historical economic data, incomplete reporting of some CROPWAT inputs, lack of sensitivity analysis, and absence of independently measured crop-specific water deliveries and yield-response functions.

ویراستاری نشده

ارزیابی بهره‌وری آب و مقایسه سناریوهای جایگزین الگوی کشت در شبکه‌های آبیاری یامچی و قوریچای، دشت اردبیل

چکیده

محدودیت منابع آب و افزایش تقاضای بخش کشاورزی، ضرورت ارزیابی همزمان تأمین آب، بهره‌وری و پیامدهای اقتصادی الگوی کشت را افزایش داده است. در این پژوهش، وضعیت عرضه آب و شاخص‌های بهره‌وری در دو شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای در دشت اردبیل بررسی و چهار سناریوی از پیش تعریف‌شده الگوی کشت مقایسه شد. نیاز آبی محصولات با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اردبیل و نرم‌افزار CROPWAT برآورد و کفایت عرضه آب با شاخص عرضه نسبی آب آبیاری (ARIS) ارزیابی شد. شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی آب (WP)، بهره‌وری آب آبیاری (IWP)، سود ناخالص به ازای واحد آب آبیاری (BPD) و سود خالص به ازای واحد آب آبیاری (NBPD) نیز محاسبه شدند. سناریوها شامل حفظ الگوی کشت موجود، جایگزینی سیب‌زمینی با چغندرقند، جایگزینی سیب‌زمینی با کلزا و تقسیم برابر سطح سیب‌زمینی و کلزا بود که در دو وضعیت کم‌آبیاری و تأمین کامل آب بررسی شدند. میانگین کمبود عرضه آب در دوره تاریخی بررسی‌شده برای یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۲۸ و ۴۳ درصد گزارش شد. میانگین WP در این دو شبکه به‌ترتیب ۵۲/۱ و ۱۵/۲ و میانگین IWP به‌ترتیب ۱۶/۲ و ۰۸/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. جایگزینی سیب‌زمینی با کلزا در یامچی، با توجه به نیاز آبی محاسباتی کمتر و کاهش کمتر سطح زیرکشت در وضعیت تأمین کامل آب، گزینه‌ای قابل بررسی است. در قوریچای، الگوی موجود بر پایه شاخص‌های اقتصادی محاسبه‌شده و قیمت‌ها و هزینه‌های تاریخی، در برخی مقایسه‌ها مطلوب‌تر بود. این نتایج حاصل مقایسه سناریوهای از پیش تعریف‌شده‌اند و نه حل یک مدل ریاضی بهینه‌سازی؛ بنابراین تعمیم رتبه‌بندی اقتصادی به شرایط فعلی، بدون به‌روزرسانی قیمت‌ها و هزینه‌ها یا تحلیل حساسیت، باید با احتیاط انجام شود.

کلیدواژه‌ها: *بهره‌وری آب؛ بهره‌وری اقتصادی آب؛ سناریوهای الگوی کشت؛ کم‌آبیاری؛ مدیریت آب آبیاری.*

ویراستاری نشده

مقدمه

محدودیت منابع آب، افزایش تقاضای غذایی و تغییرات اقلیمی، مدیریت پایدار منابع آب در بخش کشاورزی را به یکی از چالش‌های اساسی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تبدیل کرده است. در چنین شرایطی، افزایش بهره‌وری آب و استفاده کارآمدتر از منابع موجود، از مهم‌ترین راهکارهای حفظ تولید کشاورزی و کاهش فشار بر منابع آب به شمار می‌رود.(Ahmed et al., 2023)

مدیریت صحیح آبیاری یکی از مؤثرترین راهکارها برای افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی است. استفاده بیش از نیاز از آب نه‌تنها موجب اتلاف منابع می‌شود، بلکه می‌تواند با کاهش بهره‌وری آب و تشدید برداشت از منابع آب زیرزمینی، پایداری سامانه‌های کشاورزی را نیز تهدید کند. در مقابل، بهینه‌سازی مقدار و زمان آبیاری می‌تواند ضمن حفظ عملکرد، مصرف آب را کاهش و بهره‌وری آب را افزایش دهد. (Himanshu et al., 2021)

در شرایط کمبود آب، کم‌آبیاری به‌عنوان یکی از راهبردهای مهم مدیریت منابع آب مطرح است. با این حال، پاسخ گیاه به کم‌آبیاری به نوع محصول، مرحله رشد، شرایط اقلیمی و میزان تنش آبی وابسته است و اعمال یک سطح ثابت از کاهش آب برای همه محصولات نمی‌تواند نتایج یکسانی ایجاد کند. مطالعات انجام‌شده نشان داده‌اند که اعمال کم‌آبیاری مناسب می‌تواند در برخی شرایط ضمن کاهش مصرف آب، بهره‌وری آب را افزایش دهد. (Ahmadpour et al., 2022; Saad et al., 2023)

از سوی دیگر، زمان اعمال تنش آبی و مرحله رشد گیاه نیز نقش مهمی در تعیین میزان تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب دارد. با بررسی اثر کمبود آب و مدیریت آبیاری بر گندم زمستانه در چین نشان دادند که حساسیت گیاه به تنش آبی در مراحل مختلف رشد یکسان نیست و تأمین آب در مراحل بحرانی رشد می‌تواند ضمن کاهش اثرات کمبود آب، به حفظ عملکرد و افزایش بهره‌وری آب کمک کند (Zeng et al., 2023). همچنین، با بررسی راهبردهای کم‌آبیاری و کم‌آبیاری تنظیم‌شده در ذرت نشان دادند که بهینه‌سازی زمان و مقدار آبیاری می‌تواند ضمن حفظ عملکرد محصول، مصرف آب را کاهش داده و بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری را افزایش دهد (Wang et al., 2023).

در کنار مدیریت آبیاری، اصلاح الگوی کشت یکی از راهکارهای اساسی برای کنترل تقاضای آب در مقیاس شبکه‌های آبیاری است. الگوی کشت مناسب می‌تواند با تغییر سهم محصولات پرمصرف و کم‌مصرف، میزان تقاضای آب آبیاری را کاهش داده و پایداری سامانه‌های آبیاری را بهبود بخشد (Fan et al., 2022). نتایج این پژوهش در مناطق خشک شمال‌غرب چین نشان داد که اصلاح الگوی کشت می‌تواند با تغییر سهم محصولات دارای نیاز آبی متفاوت، ضمن کاهش فشار بر منابع آب، بر بازده اقتصادی تولید نیز اثرگذار باشد (Huang et al., 2023).

اهمیت همزمان الگوی کشت و کم‌آبیاری در مطالعات جدید نیز مورد توجه قرار گرفته است. یک مطالعه با استفاده از سناریوهای مختلف الگوی کشت و کم‌آبیاری نشان داد که این دو عامل می‌توانند به‌طور قابل توجهی بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب اثرگذار باشند. همچنین، واکنش اقتصادی محصولات به کم‌آبیاری یکسان نیست و علاوه بر حساسیت گیاه به تنش، قیمت محصول، هزینه تولید و مقدار آب مصرفی نیز در تعیین بهره‌وری اقتصادی نقش دارند.

از دیدگاه اقتصادی، توجه صرف به مقدار محصول تولیدشده به ازای واحد آب برای انتخاب الگوی کشت کافی نیست. ممکن است محصولی از نظر بهره‌وری فیزیکی آب عملکرد مطلوبی داشته باشد، اما به دلیل هزینه تولید بالا یا ارزش اقتصادی پایین، از نظر بهره‌وری اقتصادی گزینه مناسبی نباشد. بنابراین، ارزیابی همزمان راهبردهایی مانند اصلاح الگوی کشت، کم‌آبیاری و توسعه سامانه‌های نوین آبیاری می‌تواند آثار متفاوتی بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب داشته باشد؛ به‌طوری‌که انتخاب راهبرد مناسب به شرایط محصول، میزان آب مصرفی و بازده اقتصادی تولید وابسته است (Nazari et al., 2023).

این موضوع در ایران اهمیت بیشتری دارد؛ زیرا کمبود آب و برداشت بیش از ظرفیت منابع، ضرورت بازنگری در الگوی کشت مناطق کشاورزی را افزایش داده است. مطالعه‌ای در دشت قزوین نشان داد که تغییر الگوی کشت می‌تواند به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب و همزمان دستیابی به اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Shabanzadeh-

(Khoshrody et al., 2023). بنابراین، تعیین الگوی کشت مناسب باید با در نظر گرفتن همزمان محدودیت منابع آب، نیاز آبی محصولات، عملکرد، بهره‌وری آب و بازده اقتصادی انجام شود.

با وجود مطالعات متعدد درباره مدیریت آبیاری و اصلاح الگوی کشت، ارزیابی گزینه‌های جایگزین در هر شبکه به اطلاعات همزمان درباره عرضه آب، نیاز آبی محصولات و شاخص‌های اقتصادی وابسته است. سهم این پژوهش، مقایسه همزمان شاخص عرضه نسبی آب آبیاری، بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی و چهار سناریوی از پیش تعریف‌شده در دو شبکه با سامانه‌های آبیاری متفاوت است؛ این طراحی به معنای توسعه مدل بهینه‌سازی ریاضی نیست. نتایج دو شبکه باید با توجه به تفاوت نوع سامانه آبیاری، ترکیب محصولات، سطح زیرکشت و شرایط تأمین آب تفسیر شوند.

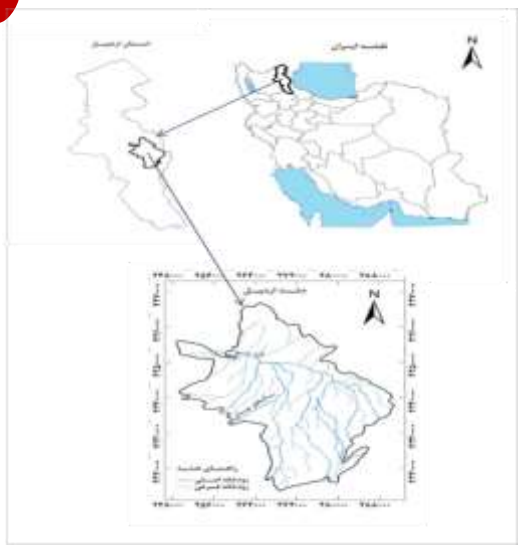
دشت اردبیل به دلیل اهمیت فعالیت‌های کشاورزی و وابستگی بخشی از تولیدات آن به آب آبیاری، نیازمند مدیریت متناسب با ظرفیت منابع آب است. هدف این پژوهش، ارزیابی عرضه آب و مقایسه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی در شبکه‌های آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای و بررسی چهار سناریوی مشخص الگوی کشت بود. سناریوها با استفاده از شاخص‌های عرضه آب و بهره‌وری مقایسه شدند؛ انتخاب گزینه‌های قابل بررسی بر پایه مجموعه‌ای از شواهد مربوط به نیاز آبی، سطح زیرکشت باقیمانده و شاخص‌های اقتصادی انجام شد، نه بر اساس تابع هدف بهینه‌سازی یا رتبه‌بندی چندمعیاره رسمی.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در دو شبکه آبیاری شامل شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال سد یامچی و شبکه آبیاری کم‌فشار قوریچای در دشت اردبیل انجام شد. دشت اردبیل در شمال‌غرب ایران و در محدوده استان اردبیل واقع شده است. این دشت در محدوده جغرافیایی ′۰۳ °۳۸ تا ′۲۷ °۳۸ عرض شمالی و ′۵۵ °۴۷ تا ′۲۰ °۴۸ طول شرقی قرار دارد و مساحت آن حدود ۱۰۷۴ کیلومترمربع است. از نظر تقسیمات حوضه آبریز، دشت اردبیل بخشی از حوضه آبریز رودخانه ارس محسوب می‌شود.

سد مخزنی یامچی بر روی رودخانه بالیخلوچای و در فاصله حدود ۲۵ کیلومتری جنوب‌غرب شهر اردبیل احداث شده است. اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی حدود ۱۸۸۵ هکتار وسعت دارد و سامانه آبیاری آن از نوع آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک است. این شبکه شامل ۹ مزرعه ۶P، ۸P، ۱۰P، ۱۲P، ۱۴P، ۱۶P، ۱۸P، ۲۰P و ۲۲ P است. شبکه آبیاری کم‌فشار قوریچای نیز در حدود ۱۵ کیلومتری جنوب‌شرق اردبیل و در محدوده روستاهای آراللوی بزرگ و کوچک، نوشهر، کوزه‌تپراقی و رضی‌آباد قرار دارد. مساحت اراضی تحت پوشش این شبکه حدود ۲۰۰۰ هکتار بوده و اجرای آن در دو فاز انجام شده است (اسدزاده، ۱۳۹۷).



ویرایش اولیه

شکل ۱. موقعیت دشت اردبیل و محدوده شبکه‌های آبیاری مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اردبیل و اطلاعات سطح زیرکشت، ترکیب محصولات، حجم آب آبیاری، عملکرد محصولات، قیمت فروش و هزینه تولید برای سه سال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۲، ۱۳۹۲–۱۳۹۳ و ۱۳۹۳–۱۳۹۴ (۲۰۱۲–۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴–۲۰۱۵) استفاده شد. در برخی بخش‌های پایان‌نامه، شاخص‌های عرضه آب برای چهار سال زراعی گزارش شده‌اند؛ بنابراین میانگین‌های کمبود عرضه آب (۲۸ درصد برای یامچی و ۴۳ درصد برای قوریچای) از میانگین‌های سه‌ساله شاخص‌های بهره‌وری متمایز هستند. قیمت فروش و هزینه تولید بر اساس داده‌های سازمان جهاد کشاورزی گزارش شده‌اند و به‌عنوان قیمت‌های تاریخی باید تفسیر شوند.

تعیین نیاز آبی محصولات

نیاز آبی محصولات الگوی کشت با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اردبیل و نرم‌افزار CROPWAT برآورد شد. در محاسبات، تبخیر و تعرق مرجع و نیاز آبی محصولات با توجه به شرایط اقلیمی و ویژگی‌های محصولات برآورد و نیاز خالص آبیاری با در نظر گرفتن بارش مؤثر تعیین شد.

ارزیابی وضعیت عرضه و مصرف آب

برای ارزیابی کفایت عرضه آب آبیاری، شاخص عرضه نسبی آب آبیاری (ARIS) محاسبه شد. ARIS از نسبت حجم آب آبیاری تأمین‌شده به نیاز خالص آبیاری به دست می‌آید: $ARIS = IWA / IRn$؛ که در آن IWA حجم آب آبیاری تأمین‌شده و IRn نیاز خالص آبیاری، هر دو برحسب مترمکعب هستند. این شاخص نسبت تأمین آب به نیاز خالص آبیاری را نشان می‌دهد و به‌تنهایی معادل اندازه‌گیری مستقیم آب مصرف‌شده در مزرعه نیست.

محاسبه بهره‌وری فیزیکی آب

از نسبت عملکرد محصول به مجموع حجم آب آبیاری و بارش مؤثر، بهره‌وری آب آبیاری (IWP) از نسبت عملکرد محصول به حجم آب آبیاری محاسبه شد: $WP = Y/(I + Pe)$ و $IWP = Y/I$؛ که در آن Y عملکرد محصول، I حجم آب آبیاری و Pe بارش مؤثر است. برای به‌دست‌آوردن واحد kg/m^3، عملکرد به کیلوگرم و حجم آب به مترمکعب تبدیل می‌شود. چون حجم آب تحویلی به تفکیک محصول اندازه‌گیری نشده بود، تخصیص آب میان محصولات بر اساس نیاز خالص آبیاری و سطح زیرکشت انجام شد؛ ازاین‌رو مقادیر شاخص‌ها تابع این روش تخصیص هستند.

ارزیابی بهره‌وری اقتصادی آب

برای ارزیابی اقتصادی مصرف آب، سود ناخالص به ازای واحد آب آبیاری (BPD) و سود خالص به ازای واحد آب آبیاری (NBPD) محاسبه شدند. روابط مورد استفاده به‌صورت $BPD = GB/I$ و $NBPD = (GB - C)/I$ تعریف شدند؛ در این روابط GB درآمد ناخالص، C هزینه تولید و I حجم آب آبیاری است. برای سازگاری واحدها، درآمد و هزینه باید بر حسب ریال و حجم آب بر حسب مترمکعب بیان شود؛ بنابراین واحد شاخص‌های اقتصادی ریال بر مترمکعب است. قیمت‌ها و هزینه‌های تولید از داده‌های سازمان جهاد کشاورزی اخذ شده‌اند؛ سال پایه اقتصادی دقیق‌تر از اسناد موجود قابل احراز نیست و هیچ تعدیل تورمی در این مطالعه گزارش نشده است.

تشریح سناریوهای الگوی کشت

برای بررسی اثر تغییر الگوی کشت بر نیاز آبی، سطح زیرکشت و شاخص‌های اقتصادی، چهار سناریوی از پیش تعریف‌شده در دو وضعیت بررسی شد: (۱) اعمال کم‌آبیاری در سطح زیرکشت سناریو؛ و (۲) تأمین کامل نیاز آبی با کاهش سطح زیرکشت تا حدی که نیاز آب اراضی باقی‌مانده با آب تخصیص‌یافته سازگار شود. بنابراین «تأمین کامل آب» به معنی آبیاری کامل کل سطح اولیه نیست،

ویراستاری نشده

بلکه به معنی کاهش سطح زیرکشت و تأمین کامل نیاز آبی سطح باقی‌مانده است. اولویت‌بندی مستقل محصولات برای حذف سطح زیرکشت در داده‌های در دسترس مستند نشده است؛ ازاین‌رو نتایج این وضعیت باید به‌عنوان برآورد سناریویی تفسیر شود.

سناریو ۱:الگوی کشت موجود شبکه

در این سناریو، ترکیب و سطح زیرکشت محصولات مطابق الگوی کشت موجود در شبکه حفظ شد و هیچ‌گونه جایگزینی بین محصولات صورت نگرفت.

سناریو ۲: جایگزینی چغندرقند به جای سیب‌زمینی

در این سناریو، سطح زیرکشت سیب‌زمینی موجود در الگوی پایه به طور کامل با چغندرقند جایگزین شد و سطح سایر محصولات بدون تغییر در نظر گرفته شد.

سناریو ۳: جایگزینی کلزا به جای سیب‌زمینی

در این سناریو، کل سطح اختصاص یافته به سیب‌زمینی در الگوی کشت پایه با کلزا جایگزین شد و سطح زیرکشت سایر محصولات ثابت باقی ماند.

سناریو ۴: کاهش ۵۰ درصدی سطح سیب‌زمینی و جایگزینی با کلزا

در این سناریو، ۵۰ درصد از سطح زیرکشت سیب‌زمینی موجود حفظ و ۵۰ درصد باقی‌مانده با کلزا جایگزین شد. به‌عبارت دیگر، سطح زیرکشت سیب‌زمینی به نصف کاهش یافته و سطح معادل آن به کلزا اختصاص یافت.

فرمول ها

برای محاسبه شاخص‌های استفاده‌شده در این پژوهش، روابط زیر به کار رفتند

رابطه (۱) ـ نسبت تأمین آب آبیاری (ARIS)

$$ARIS = \frac{I_{WA}}{IR_n}$$

رابطه (۲) ـ بهره‌وری آب (WP)

$$WP = \frac{Y}{I + P_e}$$

رابطه (۳) ـ بهره‌وری آب آبیاری (IWP)

$$IWP = \frac{Y}{I}$$

رابطه (۴) ـ سود ناخالص به‌ازای واحد آب آبیاری (BPD)

$$BPD = \frac{GB}{I}$$

رابطه (۵) ـ سود خالص به‌ازای واحد آب آبیاری (NBPD)

$$NBPD = \frac{GB - C}{I}$$

تعریف نمادها و واحدها

I: حجم آب آبیاری (مترمکعب).

IWA: حجم آب آبیاری تأمین‌شده در شبکه (مترمکعب).

IR_n: حجم نیاز خالص آبیاری (مترمکعب).

Pe: بارش مؤثر (مترمکعب، بر مبنای محاسبه آب مورد استفاده).

Y: عملکرد محصول (کیلوگرم).

ویراستاری نشده

GB: درآمد ناخالص (ریال).
C: هزینه تولید (ریال).
ARIS: نسبت تأمین آب آبیاری (بدون واحد).
WP و IWP: کیلوگرم بر مترمکعب.
BPD و NBPD: ریال بر مترمکعب.
D: کسری تأمین آب به‌صورت نسبت (بدون واحد).

نتایج و بحث

بررسی سناریوهای تعریف شده

جدول ۱ میانگین داده‌های سه سال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۲، ۱۳۹۲–۱۳۹۳ و ۱۳۹۳–۱۳۹۴ را برای سطح زیرکشت، نیاز خالص آبیاری، عملکرد، قیمت فروش و هزینه تولید نشان می‌دهد. قیمت فروش و هزینه تولید بر مبنای اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی است؛ مقادیر اقتصادی، قیمت‌های تاریخی‌اند و برای شرایط فعلی تعدیل نشده‌اند.

جدول ۱. مساحت زیرکشت، درصدکشت، نیازآبی، عملکرد، قیمت و هزینه تولید متوسط سه سال زراعی مورد بررسی، محصولات شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای

محصول	شبکه آبیاری	سطح زیرکشت (هکتار)	نیاز خالص آبی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد (تن در هکتار)	قیمت فروش (ریال بر کیلوگرم)	هزینه تولید (ریال بر کیلوگرم)
گندم	یامچی	۲۸۸	۲۹۵۹	۲/۶۳	۹۴۰۰	۴۳۴۶
جو	یامچی	۱۶	۲۳۹۴	۲/۲۲	۷۷۶۶/۶۷	۴۱۵۹
سیب‌زمینی	یامچی	۳۲۰	۵۴۲۹	۱۴/۷۷	۶۵۳۳/۳۳	۴۹۹۲/۳۳
لوبیا	یامچی	۹۶	۴۱۶۵	۰/۶	۳۰۶۶۶/۶۷	۶۰۲۸۵
یونجه	یامچی	۸۰	۴۶۱۰	۵/۵	۶۳۳۳/۳۳	۳۹۱۸/۳۳
گندم	قوری‌چای	۶۳۱	۲۹۵۹	۲/۵۶	۸۰۶۳/۶۷	۴۹۱۶
جو	قوری‌چای	۵۰۱	۲۳۹۴	۲/۲۸	۶۳۸۱/۳۳	۴۳۴۲/۳۳
سیب‌زمینی	قوری‌چای	۶۰۰	۵۴۲۹	۱۹/۴۶	۵۷۲۲	۴۱۰۸
یونجه	قوری‌چای	۱۱۷	۴۶۱۰	۶	۵۵۸۲/۳۳	۳۳۶۱/۳۳

نیازآبی، عملکرد، قیمت و هزینه تولید متوسط سه سال زراعی ۹۲–۹۱، ۹۳–۹۲و ۹۴–۹۳، گیاه کلزا و چغندرقند و متوسط حجم آب تخصیص یافته به شبکه‌های بالادست کانال یامچی و قوریچای در سه سال زراعی مورد بررسی در جدول ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۲. نیازآبی، عملکرد، قیمت و هزینه تولید متوسط سه سال زراعی مورد بررسی، محصولات کلزا و چغندرقند در شهرستان اردبیل و متوسط حجم آب تخصیص یافته به شبکه آبیاری بالادست یامچی و قوریچای

محصولات	متوسط نیازخالص (هکتار/مترمکعب)	متوسط عملکرد (هکتار/تن)	متوسط قیمت فروش (ریال/کیلوگرم)	متوسط هزینه تولید (ریال/کیلوگرم)	متوسط حجم آب تخصیص یافته	
					شبکه یامچی	شبکه قوریچای
چغندرقند	۶۵۰۸	۴۵	۲۰۵۰	۱۰۰۴	۳۴۰۰	۲۱۶۶
کلزا	۲۳۹۴	۲/۵	۱۷۰۰۰	۵۰۰۰		

در جدول ۳ متوسط حداکثر عملکرد محصولات شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و شبکه قوریچای در سه سال زراعی ۹۱-۹۲، ۹۳-۹۲و ۹۴-۹۳ ارائه گردیده است.

جدول۳. متوسط حداکثر عملکرد محصولات در سه سال زراعی ۹۱-۹۲، ۹۳-۹۲و ۹۴-۹۳ شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و شبکه قوریچای

محصول	متوسط حداکثر عملکرد (هکتار/ تن)	
	شبکه بالادست یامچی	شبکه قوریچای
گندم	۵	۶
جو	۴	۵
سیب‌زمینی	۳۰	۴۰
کلزا	۳	۳
چغندرقند	۷۰	۷۰
لوبیا	۱	–
یونجه	۷/۵	۸

نتایج بدست آمده برای مساحت و حجم آب مورد نیاز محصولات چهار سناریو تعریف شده برای شبکه‌ها، به ترتیب برای شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای در جداول ۴ و ۵ ارائه گردیده است.

جدول۴. نتایج بدست آمده برای مساحت زیر کشت و حجم آب مورد نیاز محصولات الگوی کشت در چهار سناریو تعریف شده در شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی

سناریو اول و دوم شبکه بالادست کانال یامچی

محصول	مساحت (هکتار)				حجم آب مورد نیار (متر مکعب)			
	با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم‌آبیاری		با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری	
	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲
گندم	۲۸۸	۲۸۸	۱۸۴	۱۶۷	۸۵۱۰۳۱	۸۸۱۰۳۱	۵۴۴۶۶۰	۴۹۴۹۳۴
جو	۱۶	۱۶	۱۰	۹	۳۸۲۵۶	۳۸۲۵۶	۲۴۵۲۲	۲۲۲۴۹
سیب‌زمینی	۳۲۰	۰	۲۰۵	۰	۱۷۳۵۱۰۸	۰	۱۱۱۲۲۰۴	۰
چغندرقند	۰	۳۲۰	۰	۱۸۶	۰	۲۰۷۹۹۵۷	۰	۱۲۰۹۶۴۰
لوبیا	۹۶	۹۶	۶۱	۵۶	۳۹۹۳۰۸	۳۹۹۳۰۸	۲۵۵۹۵۷	۲۳۲۲۲۶
یونجه	۸۰	۸۰	۵۱	۴۶	۳۶۸۳۶۶	۳۶۸۳۶۶	۲۳۶۱۲۲	۲۱۴۲۳۰
جمع	۷۹۹	۷۹۹	۵۱۲	۴۶۵	۳۳۹۲۰۶۹	۳۷۳۶۹۱۸	۲۱۷۳۴۶۵	۲۱۷۳۲۷۹

سناریو سوم و چهارم شبکه بالادست کانال یامچی

محصول	مساحت(هکتار)				حجم آب مورد نیاز (مترمکعب)			
	با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم‌آبیاری		با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری	
	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴
گندم	۲۸۸	۲۸۸	۲۵۸	۲۱۵	۸۵۱۰۳۱	۸۵۱۰۳۱	۷۶۳۶۱۳	۶۳۵۸۹۰
جو	۱۶	۱۶	۱۴	۱۲	۳۸۲۵۶	۳۸۲۵۶	۳۴۳۲۶	۲۸۵۸۵
سیب‌زمینی	۰	۱۶۰	۰	۱۲۰	۰	۸۶۸۶۴۰	۰	۶۴۹۰۴۸
کلزا	۳۲۰	۱۶۰	۲۸۷	۱۲۰	۷۶۵۱۲۲	۳۸۳۰۴۰	۶۸۶۵۲۹	۲۸۶۲۰۷
لوبیا	۹۶	۹۶	۸۶	۷۲	۳۹۹۳۰۸	۳۹۹۳۰۸	۳۵۸۲۹۱	۲۹۸۳۶۳
یونجه	۸۰	۸۰	۷۲	۶۰	۳۶۸۳۶۶	۳۶۸۳۶۶	۳۳۰۵۲۷	۲۷۵۲۴۳
جمع	۷۹۹	۷۹۹	۷۱۷	۵۹۷	۲۴۲۲۰۸۳	۲۹۰۸۶۴۱	۲۱۷۳۲۸۷	۲۱۷۳۳۳۶

ویراستاری نشده

جدول ۵. نتایج بدست آمده برای مساحت زیر کشت و حجم آب مورد نیاز محصولات الگوی کشت در چهار سناریو تعریف شده در شبکه آبیاری قوریچای

سناریو اول و دوم شبکه قوریچای

محصول	مساحت (هکتار)				حجم آب مورد نیار (متر مکعب)			
	با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری		با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری	
	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۱	سناریو۲
گندم	۶۳۱	۶۳۱	۲۷۶	۲۵۲	۱۸۶۶۰۳۱	۱۸۶۶۰۳۱	۸۱۶۶۸۴	۷۴۶۲۶۳
جو	۵۰۱	۵۰۱	۲۱۹	۲۰۰	۱۱۹۹۰۳۵	۱۱۹۹۰۳۵	۵۲۴۲۸۶	۴۷۹۵۱۸
سیب‌زمینی	۶۰۰	۰	۲۶۲	۰	۳۲۵۶۲۲۴	۰	۱۴۲۲۳۹۸	۰
چغندرقند	۰	۶۰۰	۰	۲۴۰	۰	۳۹۰۳۳۹۰	۰	۱۵۶۱۰۴۴
یونجه	۱۱۷	۱۱۷	۵۱	۴۷	۵۴۱۶۳۷	۵۴۱۶۳۷	۲۳۵۱۱۰	۲۱۶۶۱۲
جمع	۱۸۴۹	۱۸۴۹	۸۰۹	۷۳۹	۶۸۶۲۹۲۷	۷۵۱۰۰۹۳	۲۹۹۸۴۷۸	۳۰۰۳۴۳۶

سناریو سوم و چهارم شبکه قوریچای

محصول	مساحت (هکتار)				حجم آب مورد نیار (متر مکعب)			
	با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری		با اعمال کم آبیاری		بدون اعمال کم آبیاری	
	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴	سناریو۳	سناریو۴
گندم	۶۳۱	۶۳۱	۳۷۶	۳۱۸	۱۸۶۶۰۳۱	۱۸۶۶۰۳۱	۱۱۱۱۴۰۸	۹۴۱۴۶۹
جو	۵۰۱	۵۰۱	۲۹۸	۲۵۳	۱۱۹۹۰۳۵	۱۱۹۹۰۳۵	۷۱۴۱۴۵	۶۰۴۹۴۹
سیب‌زمینی	۰	۳۰۰	۰	۱۵۱	۰	۱۶۲۸۷۰۰	۰	۸۲۱۷۲۸
کلزا	۶۰۰	۳۰۰	۳۵۷	۱۵۱	۱۴۳۵۸۸۱	۷۱۸۲۰۰	۸۵۵۲۱۱	۳۶۲۳۵۳
یونجه	۱۱۷	۱۱۷	۷۰	۵۹	۵۴۱۶۳۷	۵۴۱۶۳۷	۳۲۲۵۹۹	۲۷۳۲۷۲
جمع	۱۸۴۹	۱۸۴۹	۱۱۰۱	۹۳۳	۵۰۴۲۵۸۵	۵۹۵۳۶۰۳	۳۰۰۳۳۶۳	۳۰۰۳۷۷۱

در جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که در شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی برای اینکه به شبکه کم آبیاری اعمال نشود و باعث افت کیفیت و کاهش عملکرد محصول نگردد در سناریو اول (الگوی کشت موجود شبکه) باید ۲۸۷ هکتار، در سناریو دوم (جایگزینی چغندرقند به جای سیب‌زمینی) ۳۳۴ هکتار، در سناریو سوم (جایگزینی کلزا به جای سیب‌زمینی) ۸۲ هکتار و در سناریو چهارم (کلزا و سیب زمینی با درصد کشت مساوی) ۲۰۲ هکتار از کل مساحت زیر کشت شبکه (۷۹۹ هکتار) کم شود.

در شبکه آبیاری قوریچای طبق جدول ۶ برای اینکه به شبکه کم‌آبیاری اعمال نشود در سناریو اول (الگوی کشت موجود شبکه) باید ۱۰۴۰ هکتار، در سناریو دوم (جایگزینی چغندرقند به جای سیب‌زمینی) ۱۱۱۰ هکتار، در سناریو سوم (جایگزینی کلزا به جای سیب‌زمینی) ۷۴۸ هکتار و در سناریو چهارم (کلزا و سیب زمینی با درصد کشت مساوی) ۹۱۶ هکتار از کل مساحت زیر کشت شبکه (۱۸۴۹ هکتار) کم شود.

در هر دو شبکه با جایگزینی کلزا به جای سیب‌زمینی به دلیل کاهش حجم آب مورد نیاز شبکه به جهت نیاز آبی کمتری که دارد، در حالت بدون اعمال کم آبیاری، مساحت کمتری نسبت به سناریوهای دیگر از مساحت زیرکشت شبکه کاسته می‌شود.

در سناریو دوم در هر دو شبکه به دلیل نیاز آبی بالایی که چغندرقند نسبت به سایر محصولات دارد حجم آب مورد نیاز شبکه افزایش یافته در نتیجه در حالت بدون اعمال کم آبیاری مساحت بیشتری نسبت به سناریوهای دیکر از مساحت زیرکشت شبکه‌ها کم می‌شود.

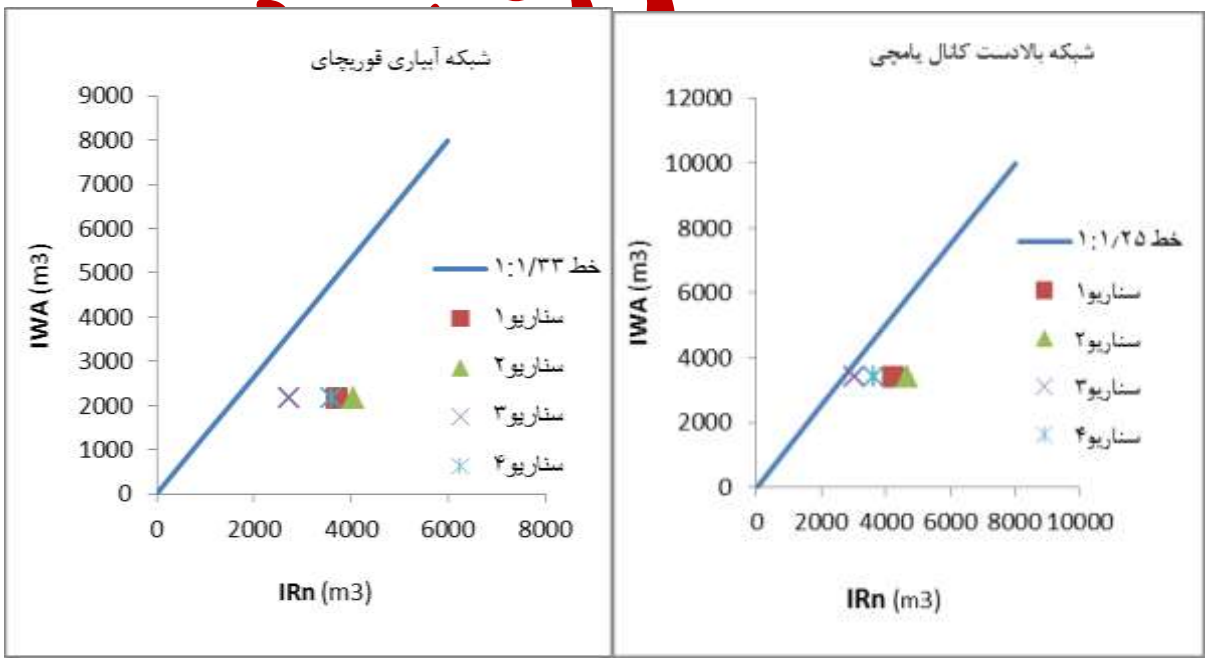
مقادیر شاخص ARIS و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی IWP و اقتصادی مصرف آب آبیاری NBPD و BPD در چهار سناریو تعریف شده برای شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و قوریچای در جدول۶ ارائه گردیده است.

ویرایش شده

جدول۶. مقادیر بدست آمده شاخص‌های ARIS، BNPD و BPD در چهار سناریو تعریف شده در شبکه‌های آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی و قوریچای

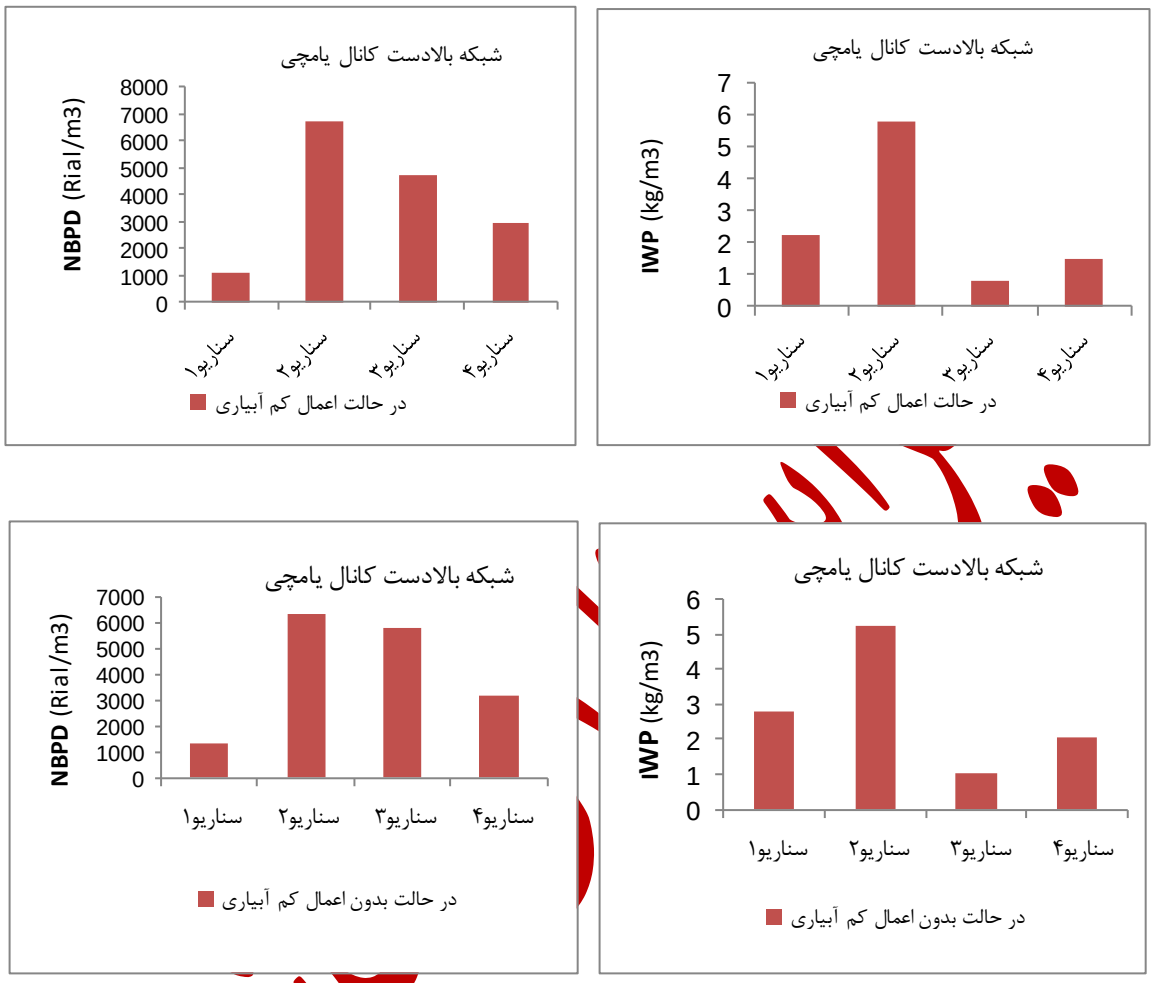
شبکه بالادست کانال یامچی									
شبکه آبیاری		با اعمال کم آبیاری				بدون اعمال کم آبیاری			
		NBPD (Rial/m³)	BPD (Rial/m³)	IWP (kg/m³)	ARIS	NBPD (Rial/m³)	BPD (Rial/m³)	IWP (kg/m³)	ARIS
سناریو۱	یامچی	۴۰۷۰	۱۵۹۲۰	۲/۲۱	۰/۸	۳۱۹۷	۱۷۹۴۴	۲/۷۸	۱/۲۵
سناریو۲	یامچی	۶۷۵۷	۱۵۲۴۹	۵/۷۷	۰/۷۳	۶۳۱۷	۱۴۲۶۱	۵/۲۶	۱/۲۵
سناریو۳	یامچی	۴۷۴۹	۹۳۹۶	۰/۷۷	۱/۱۲	۵۸۱۷	۱۲۲۳۸	۱/۰۴	۱/۲۵
سناریو۴	یامچی	۴۴۱۲	۱۲۶۶۷	۱/۴۹	۰/۹۳	۴۳۱۶	۱۵۵۷۳	۲/۰۶	۱/۲۵
سناریو۱	قوریچای	۶۹۴۳	۲۲۷۲۴	۳/۷۸	۰/۵۸	۶۳۱۹	۲۰۶۵۵	۳/۴۱	۱/۳۳
سناریو۲	قوریچای	۹۲۸۹	۱۹۸۶۳	۷/۶	۰/۵۳	۶۲۹۴	۱۳۷۶۳	۴/۹۱	۱/۳۳
سناریو۳	قوریچای	۶۷۵۲	۱۲۴۱۲	۱/۲۴	۰/۷۹	۶۰۶۷	۱۲۲۴۵	۱/۳۴	۱/۳۳
سناریو۴	قوریچای	۶۸۴۹	۱۷۵۷۰	۲/۵۱	۰/۶۷	۶۲۱۳	۱۷۰۹۵	۲/۵۴	۱/۳۳

در این پژوهش، درصد کمبود عرضه سناریویی از رابطه کمبود = ۱ − (ARIS / ARIS آستانه) محاسبه شد. آستانه ARIS برای یامچی ۲۵/۱ و برای قوریچای حدود ۳۳/۱ در نظر گرفته شده است. بر این اساس، درصدهای سناریویی یامچی برای سناریوهای ۱ تا ۴ به‌ترتیب حدود ۳۶، ۶/۴۱، ۴/۱۰ و ۶/۲۵ درصد و برای قوریچای حدود ۵۶، ۶۰، ۴۱ و ۵۰ درصد است. این درصدها برآورد سناریویی‌اند و با میانگین تاریخی کمبود عرضه آب در الگوی موجود (۲۸ درصد برای یامچی و ۴۳ درصد برای قوریچای) یکسان نیستند. همچنین کاهش سطح زیرکشت در وضعیت تأمین کامل آب، با اعمال کم‌آبیاری در سطح زیرکشت اولیه تفاوت دارد.



شکل ۲. نتایج شاخص ARIS در چهار سناریو تعریف شده شبکه های آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای

مقایسه مقادیر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب آبیاری شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی در چهار سناریو تعریف شده برای این شبکه در دو حالت اعمال کم‌آبیاری و بدون اعمال کم‌آبیاری در شکل ۳ ارائه گردیده است.



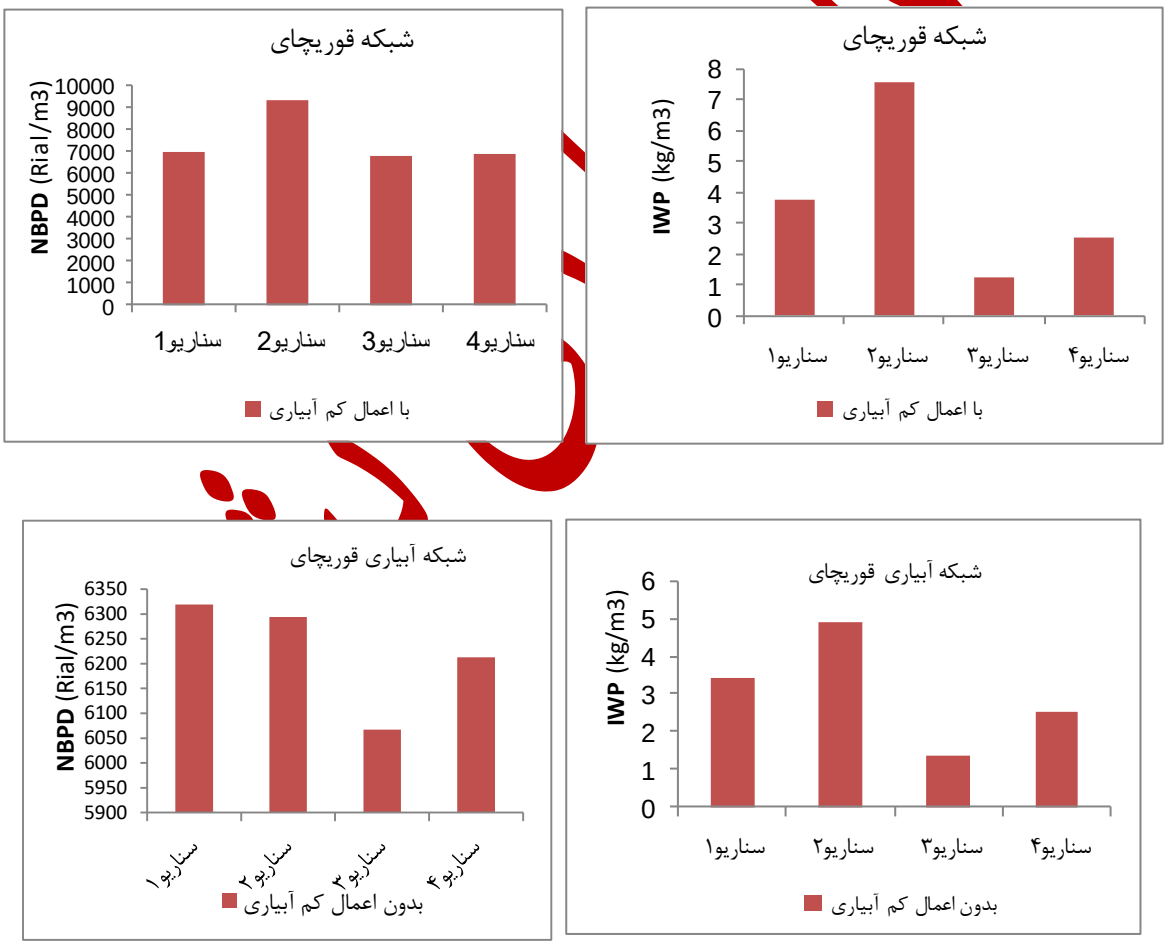
شکل۳. نتایج بدست آمده شاخص‌های IWP و NBPD در چهار سناریو تعریف شده شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی در حالت اعمال کم آبیاری و بدون اعمال کم آبیاری

نتایج بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری (IWP) و بهره‌وری اقتصادی (BPD وNBPD) در چهار سناریو تعریف شده شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی در حالت اعمال کم‌آبیاری و بدون اعمال کم‌آبیاری به شبکه در (جدول ۶ و شکل۲)، گویای این هست که اعمال کم‌آبیاری سناریو دوم (کشت چغندرقند به جای سیب‌زمینی) بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی، بیشتری نسبت به چهار سناریو تعریف شده دارد، ولی در این حالت بیشترین کم‌آبیاری نسبت به سه سناریو دیگر به شبکه اعمال می‌شود و قطعا عملکرد محصولات از جمله چغندرقند کاهش خواهد داشت. در واقع درصورت کشت این محصول در این شبکه و اعمال ۴۱/۶٪ کم‌آبیاری، عملکرد محصولات افت خواهد داشت. با توجه به اینکه گیاه چغندرقند کشت بهاره است و بیشتر نیاز آن باید از طریق آبیاری تامین شود، در نتیجه بهره‌وری اقتصادی شبکه کمتر از این مقدار بدست آمده خواهد شد. در این حالت بعد از سناریو دوم، سناریو سوم (کشت کلزا به جای سیب زمینی) بیشترین بهره‌وری اقتصادی را دارد.

در حالتی که به شبکه کم آبیاری اعمال نشود در صورت کشت چغندرقند به جای سیب‌زمینی حدود ۴۲٪ مساحت زیرکشت کاهش خواهد داشت، در این حالت هم سناریو دوم بیشترین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی را دارد، بعد از آن سناریو سوم بیشترین بهره‌وری اقتصادی را در این شبکه دارد.

از بین دو سناریو دوم و سوم، با توجه به اینکه در سناریو دوم در حالت اعمال کم‌آبیاری فقط ۱۰/۴٪ به شبکه کم‌آبیاری اعمال می‌شود در نتیجه عملکرد محصولات شبکه از مقداری که در محاسبات استفاده شده است بهتر خواهد شد، دلیل بر اینکه در الگوی کشت موجود ۳۶٪ کم‌آبیاری به شبکه اعمال شده است پس در صورت کاهش آن از ۳۶٪ به ۱۰/۴٪ عملکرد محصولات بیشتر خواهد شد در نتیجه بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی در این سناریو بیشتر از مقدار محاسبه شده خواهد بود. علاوه بر آن بازه زمانی آب تخصیص یافته از سدها به شبکه‌های مورد بررسی در بازه زمانی اواخر فروردین تا ۱۵ مرداد می‌باشد. گیاه چغندر باید تا اواخر شهریور آبیاری شود تا غده‌دهی و عملکرد مناسبی داشته باشد با شرایط آبدهی این شبکه‌ها علی‌رغم اینکه در ماه‌های دیگر هم به گیاه کم-آبیاری و تنش اعمال می‌شود در اواخر رشد هم نمی‌توان آبیاری انجام داد درنتیجه عملکرد بسیار پایینی خواهد داشت.

مقایسه مقادیر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مصرف آب آبیاری شبکه آبیاری قوریچای، در چهار سناریو تعریف شده برای این شبکه، در دو حالت اعمال کم‌آبیاری و بدون اعمال کم‌آبیاری، در شکل ۴ ارائه گردیده است.



شکل ۴. نتایج بدست آمده شاخص‌های IWP و NBPD در چهار سناریو تعریف شده شبکه آبیاری قوریچای در حالت اعمال کم آبیاری و بدون اعمال کم آبیاری

نتایج بهره‌وری فیزیکی مصرف آب آبیاری (IWP) و بهره‌وری اقتصادی (NBPD وBPD)، در چهار سناریو تعریف شده شبکه آبیاری قوریچای، در حالت اعمال کم‌آبیاری و بدون اعمال کم‌آبیاری به شبکه (جدول ۶ و شکل ۴) نشان داد که در حالت اعمال کم

آبیاری سناریو دوم (کشت چغندرقند به جای سیب‌زمینی) بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی، بیشتری نسبت به چهار سناریو تعریف شده دارد، ولی در این حالت بیشترین کم‌آبیاری نسبت به سه سناریو دیگر به شبکه اعمال می‌شود و قطعا عملکرد محصولات از جمله چغندرقند کاهش خواهد داشت، در صورت کشت این محصول در این شبکه و اعمال ۶۰٪ کم‌آبیاری، عملکرد آن افت خواهد داشت در نتیجه بهره‌وری اقتصادی شبکه کمتر از این مقدار بدست آمده خواهد شد. در این حالت بعد از سناریو دوم سناریو اول (الگوی کشت موجود) بیشترین بهره‌وری اقتصادی را دارد.

در حالتی که به شبکه کم آبیاری اعمال نشود، در صورت کشت چغندرقند به جای سیب‌زمینی، حدود۶۰٪ مساحت زیرکشت کاهش خواهد داشت. در این حالت در شبکه قوریچای سناریو دوم دیگر بیشترین بهره‌وری اقتصادی را ندارد، سناریو اول است که در حالت بدون اعمال کم‌آبیاری به شبکه، بیشترین بهره‌وری اقتصادی را دارد. در شبکه قوریچای هم به دلایلی چون نیاز آبی زیاد چغندرقند و اعمال شدید کم‌آبیاری به شبکه و کاهش شدید عملکرد محصولات و مطابق نبودن دوره رشد گیاه چغندرقند با بازه زمانی آب تحویلی به شبکه، جهت داشتن بهره‌وری اقتصادی بالای شبکه، سناریو اول (الگوی کشت موجود شبکه) توصیه می‌گردد.

نتایج این پژوهش نشان داد که هر دو شبکه آبیاری مورد بررسی با کمبود آب مواجه بوده‌اند، به‌طوری‌که متوسط میزان کم‌آبیاری در شبکه‌های بالادست یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۲۸ و ۴۳ درصد برآورد شد. این وضعیت نشان می‌دهد که مقدار آب تأمین‌شده برای محصولات الگوی کشت موجود، در هیچ‌یک از دو شبکه به‌طور کامل پاسخگوی نیاز آبی محصولات نبوده است. تداوم چنین شرایطی می‌تواند ضرورت بازنگری در مدیریت مصرف آب و انتخاب محصولاتی متناسب با ظرفیت منابع آب هر شبکه را افزایش دهد. در مطالعه‌ای در دشت قزوین نیز، کمبود آب و برداشت بیش از ظرفیت منابع، ضرورت تغییر الگوی کشت و حرکت به سمت محصولات با نیاز آبی کمتر را مورد تأکید قرار داده است.(Shabanzadeh-Khoshrody et al., 2023) یافته‌های پژوهش حاضر همچنین نشان داد که کاهش آب آبیاری لزوماً به معنای کاهش بهره‌وری آب نیست و رابطه میان مقدار آب مصرفی و بهره‌وری آب به نوع محصول و نحوه مدیریت آبیاری وابسته است. این موضوع با نتایج Nazari et al. (2023) در دشت قزوین همخوانی دارد؛ آنان نشان دادند که اعمال کم‌آبیاری در مقیاس مزرعه می‌تواند بهره‌وری فیزیکی آب را برای اغلب محصولات افزایش دهد، در حالی که واکنش بهره‌وری اقتصادی در بین محصولات متفاوت است. بنابراین، ارزیابی همزمان شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی برای انتخاب راهبرد مناسب مدیریت آب ضروری است.

میانگین WP در شبکه‌های یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۵۲/۱ و ۱۵/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و میانگین IWP به‌ترتیب ۱۶/۲ و ۰۸/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. تفاوت این مقادیر ممکن است با ترکیب محصولات، عملکرد، حجم آب تخصیص‌یافته و نوع سامانه آبیاری مرتبط باشد؛ بنابراین اختلاف شاخص‌ها به‌تنهایی شاهدی بر مدیریت بهتر یکی از شبکه‌ها نیست. افزون بر این، WPشامل بارش مؤثر است، در حالی که IWP بر آب آبیاری مبتنی است و تفاوت شرایط بارش باید هنگام مقایسه در نظر گرفته شود.

نتایج اقتصادی بر قیمت‌ها و هزینه‌های تاریخی متکی‌اند و بدون داده‌های به‌روز یا تحلیل حساسیت، برای توصیه مستقیم به شرایط کنونی کافی نیستند. در قوریچای، الگوی موجود در برخی شاخص‌های اقتصادی محاسبه‌شده مطلوب‌تر بود. بااین‌حال، شاخص‌های نسبی به‌تنهایی جایگزین مقایسه درآمد کل، سود کل، تولید کل و سطح زیرکشت نمی‌شوند. این مطالعه داده‌های مستقل کافی برای مقایسه کامل این مقادیر در همه سناریوها فراهم نمی‌کند.

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مقایسه سناریوهای الگوی کشت باید محدودیت عرضه آب، نیاز آبی، سطح زیرکشت، شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی و امکان‌پذیری اجرایی را همزمان در نظر بگیرد. با توجه به نبود تحلیل حساسیت، نبود تابع مستقل پاسخ عملکرد به کم‌آبیاری و نبود اطلاعات کامل درباره آب تحویلی هر محصول، نتایج به‌عنوان مقایسه سناریوهای تعریف‌شده در دوره تاریخی تفسیر می‌شوند و نباید به‌عنوان یک الگوی بهینه قطعی یا توصیه اقتصادی جاری معرفی شوند.

ویرایش شده

نتیجه‌گیری

در دوره تاریخی بررسی‌شده، هر دو شبکه آبیاری بالادست کانال یامچی و قوریچای با محدودیت عرضه آب مواجه بوده‌اند. میانگین کمبود عرضه گزارش‌شده برای یامچی و قوریچای به‌ترتیب ۲۸ و ۴۳ درصد بود. این میانگین‌های تاریخی با درصدهای کمبود محاسبه‌شده برای سناریوهای مختلف یکسان نیستند و باید جداگانه تفسیر شوند.

میانگین WP و IWP در قوریچای از مقادیر گزارش‌شده برای یامچی بیشتر بود؛ بااین‌حال، تفاوت ترکیب محصولات، عملکرد، تخصیص آب، بارش و سامانه آبیاری مانع از آن است که این اختلاف به‌تنهایی به مدیریت بهتر یک شبکه نسبت داده شود. شاخص‌های بهره‌وری نسبی باید همراه با محدودیت‌های داده و سطح زیرکشت و تولید تفسیر شوند.

در میان سناریوهای تعریف‌شده، جایگزینی سیب‌زمینی با کلزا در یامچی به دلیل نیاز آبی محاسباتی کمتر و کاهش کمتر سطح زیرکشت در وضعیت تأمین کامل آب، گزینه‌ای قابل بررسی است؛ اما این پژوهش یک مدل بهینه‌سازی ریاضی یا تحلیل چندمعیاره رسمی اجرا نکرده است. در قوریچای، الگوی کشت موجود بر پایه برخی شاخص‌های اقتصادی محاسبه‌شده مطلوب‌تر گزارش شد، ولی این نتیجه به قیمت‌ها و هزینه‌های تاریخی وابسته است.

جایگزینی سیب‌زمینی با چغندرقند در برخی شاخص‌های اقتصادی نتایج مطلوبی نشان داد، اما نیاز آبی بالاتر، زمان‌بندی تحویل آب، احتمال افت عملکرد تحت کم‌آبیاری و دسترسی به ماشین‌آلات کاشت و برداشت باید در تصمیم‌گیری لحاظ شوند. محدودیت‌های اصلی مطالعه شامل تاریخی بودن داده‌های اقتصادی، گزارش‌نشدن کامل ورودی‌های CROPWAT، نبود تحلیل حساسیت، نبود اندازه‌گیری مستقل آب تحویلی به تفکیک محصول و نبود تابع پاسخ عملکرد به کم‌آبیاری است. بنابراین، نتایج برای مقایسه سناریوهای مشخص در دوره مطالعه مناسب‌اند، اما پیش از توصیه اجرایی جاری به داده‌های جدید و تحلیل تکمیلی نیاز دارند.

منابع

بینام، (۱۳۸۳)، گزارش فنی طرح شبکه آبیاری بارانی بالادست کانال یامچی،جلد دهم، صص.۷۰-۵۰

Ahmadpour, A., Farhadi Bansouleh, B., & Azari, A. (2022). Proposing a combined method for the estimation of spatial and temporal variation of crop water productivity under deficit irrigation scenarios based on the AquaCrop model. Applied Water Science, 12, 154. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01666-8

Ahmed, Z., Gui, D., Murtaza, G., Yunfei, L., & Ali, S. (2023). An overview of smart irrigation management for improving water productivity under climate change in drylands. Agronomy, 13(8), 2113. https://doi.org/10.3390/agronomy13082113

Fan, Y., He, L., Liu, Y., & Wang, S. (2022). Optimal cropping patterns can be conducive to sustainable irrigation: Evidence from the drylands of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 274, 107977. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107977

Himanshu, S. K., Fan, Y., Ale, S., & Bordovsky, J. (2021). Simulated efficient growth-stage-based deficit irrigation strategies for maximizing cotton yield, crop water productivity and net returns. *Agricultural Water Management*, 250, 106840. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106840

Huang, H., Xie, P., Duan, Y., Wu, P., & Zhuo, L. (2023). Cropping pattern optimization considering water shadow price and virtual water flows: A case study of Yellow River Basin in China. *Agricultural Water Management*, 284, 108339. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108339

ویرایش اولیه

Liu, Q., Niu, J., Wood, J. D., & Kang, S. (2022). Spatial optimization of cropping pattern in the upper-middle reaches of the Heihe River basin, Northwest China. *Agricultural Water Management*, 264, 107479. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107479

Naroua,I. Rodríguez Sinobas, L. Sánchez Calvo,R. 2014, *International Journal of Agricultural Policy and Research* Vol.2 (12), pp. 484-491, December 2014 Available online at http://www.journalissues.org/IJAPR/.

Nazari, B., Kanani, E., & Sepehri, S. (2023). Assessment of water productivity improvement strategies using system dynamics approach. *Applied Water Science*, 13, 240. https://doi.org/10.1007/s13201-023-02044-8

Saad, A. M., Elhabbak, A. K., Abbas, M. H. H., et al. (2023). Can deficit irrigations be an optimum solution for increasing water productivity under arid conditions? A case study on wheat plants. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103537. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103537

Shabanzadeh-Khoshrody, M., Azadi, H., Shahabi Ahangarkolaee, S., et al. (2023). Water shortage and optimal pattern of field cropping cultivation: Addressing economic and environmental concerns in Qazvin Plain, Iran. *Journal of Cleaner Production*, 399, 136512. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136512

Wang, F., Meng, H., Xie, R., Wang, K., Ming, B., Hou, P., Xue, J., & Li, S. (2023). Optimizing deficit irrigation and regulated deficit irrigation methods increases water productivity in maize. *Agricultural Water Management*, 280, 108205. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108205

Ximing, Cai., Yi-chen, E., Claudia, R., Zhao, J. and You, L. 2011. Agricultural water productivity assessment for the Yellow River Basin. *Agricultural Water Management*. Elsevier, vol. 98(8), pages 1297-1306, May. https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2011.03.010

Zeng, R., Lin, X., Welch, S.M., Yang, S., Huang, N., Sassenrath, G.F., et al. (2023). Impact of water deficit and irrigation management on winter wheat yield in China. *Agricultural Water Management*, Sep 2023.

ویرایشاری نشده