بهره وری اقتصادی و فیزیکی آب محصولات خیار و کلزا در دشت‌های شرقی استان کردستان

عطا امینی
استادیار، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان
ata_amini@yahoo.com
جهانگیر پرهمت
دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران
porhemmat@scwmri.ac.ir
سمیه کاظمی
کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشگاه کردستان
s.kazemi51@gmail.com

چکیده

وضعیت اقلیمی ایران، شرایط بارندگی در سال‌های اخیر و میزان سرانه آب تجدیدپذیر، موضوع حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب را در کشورمان به چالشی جدی تبدیل کرده است. مفهوم آب مجازی به‌عنوان یک ابزار مدیریتی توانمند برای تحلیل مشکلات مربوط به کمبود آب در سطح ملی و مدیریتی منابع آب مطرح است. این پژوهش به‌منظور دستیابی به بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب دو محصول خیار و کلزا در دشتهای واقع در شرق استان کردستان انجام شد. داده‌های هواشناسی و اقلیم، منابع آب، کشاورزی، آبیاری و مدیریتی حوزه آبخیز جمع‌آوری شد. اطلاعات مربوط به رشد این محصولات و میزان آب مصرفی آنها با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات محاسبه شد. نتایج نشان داد که خیار دارای بهره‌وری فیزیکی بالا و بهره‌وری اقتصادی و مقدار آب مجازی کم می‌باشد. حال آنکه محصول کلزا دارای بهره‌وری فیزیکی پایین، بهره‌وری اقتصادی بالا و مقدار آب مجازی بالا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: منابع آب، آب مجازی، کشاورزی، بهره‌وری اقتصادی، بهره‌وری فیزیکی

Physical and Economical Efficiency of Cucumber and Rapeseed in the Eastern Plains of Kurdistan, Iran

Ata Amini
Assistant Prof., Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran
Jahangir Porhemat
Associate Professor, Soil conservation and watershed management Institute;, Tehran, Iran
Somayyeh kazemi
Master of Agricultural Economics, University of Kurdistan

Abstract

conservation and utilization of water resources has become a serious challenge in Iran due to climatic conditions, rainfall conditions in recent years and the per capita renewable water. The concept of virtual water, as a management tool to manage water scarcity and water resources, is raised to analyze related problems at the national level. This study was achieved to evaluate the physical and economic productivity of water at cucumber and rapeseed in fields located in East Kurdistan, Iran. The data of weather and climate, water resources, agriculture, irrigation and watershed management were collected. Information on growing these crops and the amount of water consumption was determined using CROPWATT software. The results showed that cucumber has higher physical productivity while the has lower economic efficiency and virtual water. However the rapeseed is with lower physical productivity and higher economic efficiency and virtual water content.

Keywords: water, virtual water, agriculture, economic efficiency, physical productivity

مقدمه

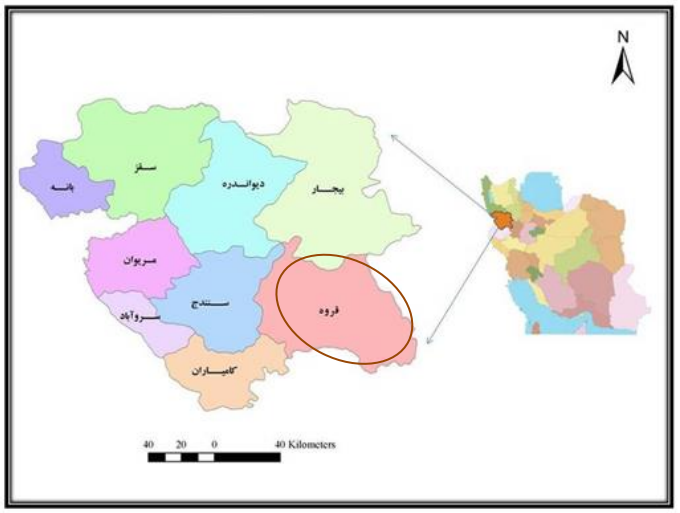
کمبود آب در بخش‌های زیادی از کره زمین، مشکلات زیادی برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و در کل روند عمومی زندگی انسان‌ها به وجود آورده است. در حال حاضر انتقال آب با توجه به حجم زیاد مصرف آن، مشکل‌تر از نفت است و اصولا هیچ جایگزینی نیز برای آن وجود ندارد. هرچند انتقال مستقیم آب از طریق خطوط لوله همانند نفت و گاز بین کشورها چندان رایج نیست، ولی با مطرح شدن ایده آب مجازی در سال‌های اخیر، روشن شده است که حجم زیادی از آب به صورت آب مجازی بین کشورهای مختلف جهان جابجا می‌شود. اصطلاح آب مجازی اولین بار در دهه ۹۰ میلادی توسط تونی آلن برای نشان دادن کل مقدار آب مصرف شده برای تولید یک محصول (اعم از کالای صنعتی و یا محصول کشاورزی) مطرح شد. مطالعات زیادی به منظور نهادینه کردن این مفهوم در مدیریت یکپارچه منابع آب انجام شده است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۴)، در مطالعه‌ای ارزیابی سرمایه‌گذاری به روش آب مجازی در الگوی کشت را برای تولید پنج نوع محصول و در سه منطقه مختلف در چین محاسبه، و الگوکشت‌های موجود را از نقطه نظر آب مجازی بررسی کردند. آنها حذف تعدادی از محصولات، کاهش سطح زیر کشت تعدادی دیگری از آنها و بطور کلی تغییر الگوی کشت را در هر سه منطقه با توجه به پتانسیل منابع آبی مناطق پیشنهاد دادند. آنها همچنین تعادل آب و کاهش فشار بر روی منابع آب در این مناطق را با تبادل آب مجازی ممکن دانستند. برای کاهش تقاضای برخی از محصولات که دارای نیاز آبی و مصرف آبی بالایی بودند نیز تجارت آب مجازی با خارج از این مناطق را پیشنهاد کردند. لیو (۲۰۱۳) با مطالعه آب مجازی و قیمت محصولات در هر منطقه، محصولاتِ با بیشترین درآمدزایی را مشخص کرد. ترغیب کشاورزان به محصولات کم مصرف و پر درآمد پیشنهاد این محقق برای صرفه جویی در آب مصرفی است، بدون اینکه بهره برداران متضرر شوند. احسانی و همکاران (۲۰۰۹) توسعه شبکه های مجازی آب می‌تواند بسیاری از نیازهای آبی و غذایی مناطق مختلف کشور را مرتفع سازد .با این روش می‌توان بخشی از هزینه های کلان ساخت و توسعه زیرساخت‌ها را در راستای بهره‌برداری بهینه از فرصت‌های ایجاد شده و عوامل رها شده سرمایه گذاری نمود .افزایش تولید ناخالص داخلی، استفاده کارآمد از منابع طبیعی، توسعه رفاه اجتماعی و جهت دهی سیاست‌ها در راستای تأمین آیندگان از مزایای این تجارت است. خلیلیان و همکاران(۱۳۹۱) در مطالعه‌ای ضمن اصلاح مدل برنامه‌ریزی خطی در جهت تقویت واردات خالص آب مجازی با استفاده از مدل HSJ[1] نتیجه گرفتند که الگوی کشت منطقه‌ی ورامین الگویی بهینه نبوده و توجه به واردات آب مجازی در منطقه ورامین موجب شده است تا تنها محصول گندم در این منطقه کشت شود. آب مجازی را می‌توان در مناطق کم‌آب به عنوان روش مناسبی جهت مدیریت تقاضای آب مورد استفاده قرار داد و الگوی کشت را به گونه‌ای مدیریت کرد که منابع آب در دسترس منطقه کمتر اتلاف شوند. دهقان منشادی و همکاران (۱۳۹۲) انتقال آب مجازی بعنوان راهکار جایگزینی برای انتقال آب بین حوضه‌ای مطرح کردند. مفهوم بهره‌وری آب کشاورزی، استفاده صحیح از آب به همراه افزایش تولید محصولات کشاورزی است. در این تعریف افزایش همزمان کارایی مصرف آب و افزایش تولید در واحد سطح با مفهوم «افزایش تولید به ازای هر واحد حجم آب مصرفی » ملاک عمل قرار می‌گیرد. زمانی و همکاران (۱۳۹۳)، با برآورد عملکرد، توابع هزینه بویژه تابع هزینه بهره‌برداری و استحصال منابع آب زیرزمینی، بازده ناخالص و بهره‌وری آب در تولید محصولات زراعی در شیوه‌های مختلف آبیاری را بدست آوردند و از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب شامل عملکرد به ازای واحد حجم آب(CPD)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BDP) و بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) برای محاسبه‌ی بهره‌وری آب استفاده کردند. مطالعات مربوط به آب مجازی بیان‌گر این موضوع است که بهره‌وری آب[2] در تولید محصولات در کشورها و مناطق مختلف متفاوت است. لذا مناطق کم‌آب می‌توانند با دخیل نمودن آب مجازی در سیاست‌های آبی علاوه براین‌که میزان دسترسی خود به منابع آب جهانی را افزایش دهند، از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز بکاهند. در این مطالعه ضمن محاسبه نیاز آبی و آب مجازی دو محصول زراعی (خیار و کلزا) حوضه‌ی تلوار، شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی مرتبط با آن نیز اندازه‌گیری و مقایسه شد.

[1] - Hop- Skip- Jumb module
[2]- Water Productivity

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

دشت قروه- دهگلان در استان کردستان، در شرق شهر سنندج و در حوضه تلوار – مهرآباد در ناحیه جنوبی حوزه آبخیز سد سفیدرود بین طول جغرافیایی ″۲۶ ′۴۷°۷ و ″۴۷ ′۱۴ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ″۲۵ ′۵۱ °۳۵ و ″۳۱ ′۱ °۳۵ شمالی واقع شده است (شکل۱). وسعت کل محدوده مطالعاتی ۷۲۸۴ کیلومترمربع است که ۱۵۷۵کیلومترمربع آن را دشت تشکیل می‌دهد. متوسط ریزشهای جوی حوضه در یک دوره مشترک ۴۰ ساله معادل ۳۲۰ میلیمتر، متوسط دمای سالانه معادل ۱۱/۳ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی سالانه حدود ۴۷ درصد، متوسط روزهای یخبدان سالانه حدود ۱۰۹ روز، متوسط سرعت باد سالانه در ارتفاع ۲ متری معادل ۲/۵ متر بر ثانیه، متوسط سالانه ساعات آفتابی ۸/۲ روز و متوسط تبخیر وتعرق پتانسیل معادل ۱۴۰۸ میلیمتر است. با توجه به قرار گرفتن محدوده دشت در شرق رشته‌کوههای، ناحیه دشت قروه- دهگلان دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک سرد می‌باشد. منابع آب زراعی محدوده دشت قروه- دهگلان عمدتا متکی به برداشت از منابع زیرزمینی است.



شکل(۱)- منطقه مورد مطالعه

آب مجازی

آب مصرفی هر محصول بر اساس سطح زیرکشت، راندمان آبیاری و مقدار کل آب مصرفی در بخش کشاورزی استان یا یک حوضه محاسبه می شود. مقدار آب مجازی[2] (VWC_c) در هر محصول به صورت نسبتی از متوسط نیاز آبی($CWR_{[n,c]}$) به متوسط عملکرد محصول در سال ($CY_{[n,c]}$) با استفاده از رابطه (۱) و بر حسب مترمکعب آب به ازای هر تن محصول به دست می آید:

$$VWC_c = \frac{CWR_{[n,c]}}{CY_{[n,c]}} \qquad (۱)$$

با توجه به اینکه راندمان آبیاری نقش مهمی در میزان آب مصرفی دارد، بین نیاز آبی و نیاز آبیاری تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد. از اینرو با استفاده از داده های دفتر تامین آب وزارت جهادکشاورزی و تحقیقات انجام شده در سطح استان در مورد راندمانهای آبیاری، نیاز آبیاری محصولات از رابطهٔ (۲) محاسبه شد.

$$\mathrm{CWU}_c = ET_c/e \qquad (۲)$$

[2] Virtual Water Content

که در آن CWU_c متوسط آب مصرفی گیاه (m^3ton^{-1})، (ET_c) تبخیر و تعرق گیاه (نیاز آبی گیاه) برحسب (mm day^{-1}) در طی دوره رشد کامل گیاه و e بازده یا راندمان آبیاری می‌باشد (باغستانی و بشری مهرآبادی، ۱۳۸۶). آب مصرفی گیاه می‌تواند به دو قسمت آب سبز مصرفی و آب آبی مصرفی تقسیم شود. آب سبز، میزان آبی است که از بارندگی در طول فصل رشد گیاه محاسبه می‌شود. آب آبی معادل نیاز آبیاری گیاه است. معادلات (۳) تا (۵) بیانگر آب مصرفی، آب سبز و آب آبی می‌باشد.

$$W_c = W_{g-c} + W_{b-c} \quad (۳)$$

$$W_{g-c} = p_{e_{cj}} \quad (۴)$$

$$W_{b-nc} = Ir_c \quad (۵)$$

که W_c آب مصرفی گیاه ، W_{g-c} آب سبز مصرفی گیاه ، W_{b-c} آب آبی مصرفی، p_{ec} بارندگی مؤثر گیاه در منطقه‌ی c، Irc نیاز آبیاری گیاه c در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد، جداسازی آب سبز و آب آبی در محاسبه آب مجازی حائز اهمیت است.رابطهٔ (۶) آب مجازی را به تفکیک آب سبز مجازی و آب آبی مجازی مشخص می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۴).

$$VWC_c = VWC_{green} + VWC_{blue} = \frac{VWC_{green}}{CY_{[n,c]}} + \frac{VWC_{blue}}{CY_{[n,c]}} \quad (۶)$$

نیاز آبی محصولات کشاورزی

در تعیین نیاز آبی عوامل متعددی تأثیر گذار هستند. نیاز آبی گیاه با استفاده از تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) بر حسب ($mmday^{-1}$) در طی دوره رشد کامل گیاه محاسبه می‌شود. تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) از حاصلضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (مرجع) (ET_0) در ضریب گیاهی K_c بدست می آید (Allen et al. 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (۷)$$

ضریب گیاهی (K_C) اثر خصوصیات گیاه را در نیاز آبی لحاظ نموده و با معرفی آن نیاز آبی گیاه تعیین می‌شود. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) به شکل نرخ تبخیر و تعرق گیاه فرضی با ارتفاع فرض شده ۱۲cmتعریف شده است. تبخیر وتعرق گیاه مرجع بر مبنای معادله پنمن- مانتیث فائو محاسبه شده است که به شکل رابطه زیر می‌باشد:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma 900/(T+273) U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 u_2)} \quad (۸)$$

که در آن ET_0 تبخیر وتعرق گیاه مرجع ($mm\ day^{-1}$)، R_n تابش خالص برسطح گیاه($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، G جریان گرمای خاک ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، T متوسط دمای هوا (درجه سانتیگراد)، U_2 سرعت باد اندازه گیری شده در ارتفاع ۲ متر(m s^{-1})، e_a فشار بخار اشباع(KPa)، e_d فشار بالقوه (KPa)، e_a-e_d کسری فشار بخار (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار $(KPa°C^{-1})$ و γ ثابت پیزومتریک $(KPa°C^{-1})$ است.

در این تحقیق برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل از داده‌های اقلیمی و نرم افزار CROPWAT استفاده شد. نسبت تجربی تبخیر و تعرق گیاه تحت شرایط استاندارد (ET_c) به تبخیرـ تعرق گیاه مرجع (ET_0)، ضریب گیاهی (K_c) نامیده می‌شود. که به عنوان کل تفاوت فیزیکی و فیزیولوژیکی میان هر گیاه وگیاه مرجع ارائه شده است. در معادله (۷) برای بدست آوردن Etc متناسب با هرگیاه باید ضریب Kc تعدیل شود، برای تعدیل Kc باید پارامترهای جوی؛ مقدار رطوبت و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری برای هر گیاه در دوره‌های میانی و پایانی رشد گیاه تعدیل شدند.

انتخاب محصول

در این پژوهش از میان محصولات کشت شده در سطح حوزه دو گیاه زراعی خیار و کلزا مورد مطالعه قرار گرفت. محاسبات آب مجازی برای این دو محصول در سال زراعی (۹۴-۹۵) انجام شد. کل مساحت اراضی آبی حوضه که در دو شهرستان قروه و دهگلان واقع شده اند معادل ۴۵۶۶۰ هکتار می باشد. از این مقدار مساحت اراضی آبی شهرستان دهگلان

۱۸۷۷۳ هکتار و مساحت اراضی آبی شهرستان قروه ۲۶۸۸۷ هکتار می باشد. امکان سنجی جایگزینی این دو محصول در الگوی کشت منطقه دلیل انتخاب این دو محصول بودند.

بهره‌وری آب

در این مطالعه بهره‌وری آب در کشاورزی از لحاظ فیزیکی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت.

بهره وری فیزیکی آب کشاورزی

بهره وری فیزیکی آب کشاورزی(WP_c) بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، طبق تعریف، رابطه معکوس با میزان آب مجازی دارد و بر اساس رابطه (۹) قابل محاسبه می‌باشد. این شاخص نوعی میانگین متحرک بر مبنای آنالیز دراز مدت است که برای تصمیم گیری در مورد اینکه چه محصولی باید در منطقه کشت شود به‌کار می رود. ساده ترین روشی که در مزارع کشاورزی برای برآورد بهره‌وری فیزیکی آب یک گیاه می‌توان بکار برد، اندازه‌گیری سه عامل عملکرد محصول، مقدار آب آبیاری و مقدار بارش در طی فصل است.

$$WP_c = \frac{1}{VWC_c} = \frac{CY_{[n,c]}}{CWR_c} = \frac{CY_{[n,c]}}{I+P} \quad (۹)$$

I وP به ترتیب حجم آب آبیاری (آب آبی) و باران (آب سبز) بر حسب مترمکعب در هکتار است. WP_c نسبت به آب سبز مصرفی و آب آبی مصرفی با معادله‌های (۱۰) و (۱۱) محاسبه می‌شوند:

$$WP_{c\,\text{green}} = \frac{CY_{[n,c]}}{CWR_{c-\text{green}}} \quad (۱۰)$$

$$WP_{c\,\text{blue}} = \frac{CY_{[n,c]}}{CWR_{c-\text{blue}}} = \quad (۱۱)$$

بهره‌وری اقتصادی آب

مفهوم بهره‌وری اقتصادی آب (بر حسب ریال بر آب مصرفی) این است که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند چقدر درآمد کسب می‌نماید (BPD[1]) و به صورت رابطه‌ی (۱۲) می‌باشد.

$$WP_e(BPD) = \frac{I_N}{I+P} = \frac{I_N}{CWR_c} \quad (۱۲)$$

در این رابطه، WP_e و I_N به ترتیب بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر متر معکب) و درآمد ناخالص ناشی از تولید یک محصول در یک فصل رشد (به ریال) به دست می‌آید. شاخص دیگر، بهره‌وری اقتصادی آب، ارزش هر واحد آب است که بر حسب ($/m^3$ واحد پولی موردنظر) بدست می‌آید. ومطابق رابطه‌ی (۱۳) می‌باشد:

$$UWV_{cn} = \frac{CNY_{cn}}{VW_{cn}} \quad (۱۳)$$

که در آن UWV_{cn} ارزش اقتصادی هر واحد آب (m^3 / واحد پولی مورد نظر)، VW_{cn} آب مجازی محصول c در منطقه‌ی n (m^3/ton)، CNY_{cn} قیمت محصول c در منطقه‌ی n می‌باشد.

نتایج

آب مصرفی

سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ از لحاظ بارندگی ازجمله محدود سال‌های غیر خشک در چند دهه گذشته در استان کردستان بود. در این سال میانگین بارندگی در حد نرمال (۳۶۵ میلی‌متر) و پارامترهای اقلیمی به نسبت چند سال گذشته متفاوت بوده‌اند. مقدار بارندگی مؤثر نیز با استفاده از داده‌های دراز مدت بارندگی و به کمک نرم‌افزار کراپ وات محاسبه گردید. بر این اساس با توجه به انتخاب این سال به‌عنوان سال پایه برای محاسبه بهره‌وری آب، میزان نیاز آبی و بارندگی مؤثر در این سال به تفکیک

[1]- Benefit Per Drop

محصول محاسبه گردید. روشی که در مزارع کشاورزی برای برآورد بهره‌وری فیزیکی آب یک گیاه می‌توان به کاربرد، اندازه‌گیری سه عامل عملکرد محصول، مقدار آب آبیاری و مقدار بارش در طی فصل است. در این تحقیق رابطه (۹) برای محاسبه بهره‌وری آب مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های عملکرد محصولات زراعی منطقه با استفاده از نتایج کل‌گیری سازمان جهاد کشاورزی در مزارع حوضه تلوار و احتساب میانگین‌های داده‌ها به دست آمده است. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه بین ارقام انتشار یافته در دو شهرستان قروه و دهگلان واقع در محدوده مورد مطالعه برای عملکرد تفاوت‌هایی وجود داشت، این دو شهرستان و کل حوضه نیز به‌طور مجزا مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بررسی‌های و محاسبات در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱)- مقدار آب مصرفی و بهره‌وری آب محصولات کلزا و خیار دشت دهگلان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

محصول	عملکرد (Kg)	نیاز آبی (مترمکعب در هکتار)			راندمان آبیاری (٪)	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب Kg/m3
		بارندگی مؤثر	نیاز آبیاری	کل			
شهرستان دهگلان							
کلزا	۸۰۰/۶	۱۰۳۷	۴۸۶۱	۵۸۹۸	۰/۴۶	۱۲۸۲۲	۰/۰۶۲
خیار	۱۸۵۲۷	۴۲۰	۳۵۵۴	۳۹۷۴	۰/۴۶	۸۶۳۹	۲/۱۴
شهرستان قروه							
کلزا	۳۴۰	۱۰۳۷	۴۸۶۱	۵۸۹۸	۰/۴۶	۱۲۸۲۲	۰/۰۲۶
خیار	۲۱۸۲۰	۴۲۰	۳۵۵۴	۳۹۷۴	۰/۴۶	۸۶۳۹	۲/۵۳
حوضه تلوار							
کلزا	۷۳۸/۵	۱۰۳۷	۴۸۶۱	۵۸۹۸	۰/۴۶	۱۲۸۲۲	۰/۰۶
خیار	۲۱۲۸۶/۳	۴۲۰	۳۵۵۴	۳۹۷۴	۰/۴۶	۸۶۳۹	۲/۴۶

در جدول (۱) مقادیر نیاز آبی، بارندگی مؤثر و نیاز آبیاری در سطح دو دشت قروه و دهگلان از نرم افزار کراپ وات برای محصولات استخراج شدند و برای یک هکتار بر حسب مترمکعب محاسبه شدند (بدلیل وجود یک ایستگاه سینوپتیک در منطقه قروه و دهگلان مقادیر نیاز آبی در هردو شهرستان یکسان می‌باشد). کلزا نیاز آبی بیشتری نسبت به خیار دارد. بیشترین بارندگی در طول فصل رشد محصول کلزا اتفاق می‌افتد، راندمان آبیاری بر اساس مطالعات مختلف ۴۶٪مد نظر قرار گرفت. با لحاظ راندمان آبیاری در نیاز آبی گیاه، مقدار آب مصرفی محصول بدست می‌آید. بر این اساس محصول کلزا بیشترین مقدار آب مصرفی را دارد. شاخص بهره‌وری فیزیکی آب در مقیاس Kg/m^3 محاسبه شد بر اساس این شاخص خیار مقدار بهره‌وری بالاتری دارد. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۱) حداکثر عملکرد دانه کلزا)۳۹۶۴ کیلوگرم در هکتار(در استان زنجان را با مصرف ۵۵۷۰ مترمکعب آب در هکتار، گزارش کرده‌اند. ابراهیمی پاک (۱۳۸۱) نیز شته اظهار داشته است که به ازای هر لیتر روغن استحصال شده از گیاه زراعی کلزا بین ۳ تا ۵ مترمکعب آب مصرف میشود. راندمان پایین کلزا در استان کردستان عامل اصلی بالا بودن آب مصرفی و پایین بودن بهره‌وری است. ضمن اینکه در بیشتر تحقیقات قبلی راندمان آبیاری در میزان آب مصرفی لحاظ نشده است.

بهره‌وری اقتصادی

در این تحقیق برای محاسبهٔ شاخص بهره‌وری اقتصادی از رابطه (۱۳) استفاده شد. براساس این شاخص قیمت یک کیلو از هر محصول نسبت به مقدار آب مصرفی در نظر گرفته می‌شود. شاخص اقتصادی دیگری که در این مطالعه استفاده شده است نسبت درآمد ناخالص به آب مصرفی می‌باشد (رابطه ۱۲). در جدول (۲) قیمت هر کیلو از محصولات مورد مطالعه و درآمد هر هکتار آن آورده شده است.

جدول(۲) قیمت و درآمد یک هکتار محصولات زراعی دشت قروه و دهگلان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

محصول	قیمت (کیلوگرم به ریال)	عملکرد (کیلوگرم)		درآمدخالص یک هکتار (ریال)	
		دهگلان	قروه	دهگلان	قروه
کلزا	۲۷۰۰۰	۸۰۰/۵۴	۳۴۰	۱۸۵۲۸۶۸۰	۶۰۹۴۱۰۰
خیار	۱۳۲۴۲	۱۸۵۲۷	۲۱۸۲۰	۲۴۲۲۴۸۶۳۴	۲۸۵۸۵۴۵۴۰

شاخص‌های آب مجازی

نتایج محاسبات شاخصای آب مجازی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳) مقادیر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در دشت دهگلان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۵

محصول	بهره‌وری آب سبز WPgreen (Kg/m3)	بهره‌وری آب آبی WPblue (Kg/m3)	بهره‌وری نیاز آبی (Kg/m3) WP_{ET}	بهره‌وری فیزیکی آب CDP (Kg/m3)	بهره‌وری اقتصادی آب UWV(price/m3)	بهره‌وری اقتصادی آب (BPD) (Income/m3)	آب مجازی VWc (m3/Kg)
شهرستان دهگلان							
کلزا	۰/۷۷	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۰۶	۲/۱۲	۱۶۸۵	۱۶
خیار	۴۴	۵/۲۱	۴/۷	۲/۱۴	۱/۵۳	۲۸۳۹۸	۰/۵
شهرستان قروه							
کلزا	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۲/۱۱	۷۱۶	۳۷/۷
خیار	۵۲	۶/۱۴	۵/۵	۲/۵	۱/۵	۳۰۴۴۵	۰/۴
حوضه تلوار							
کلزا	۰/۷	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۶	۲/۱۱	۱۵۵۵	۱۷/۴
خیار	۵۱	۶	۵/۴	۲/۵	۱/۵	۳۲۶۲۷	۰/۴

در جدول (۳) شاخص‌های مختلف آب مجازی محاسبه شد. این جدول نشان می دهد که خیار به علت بالا بودن میزان عملکرد در واحد سطح دارای بیشترین سطح بهره‌وری (بهره‌وری آب آبیاری و نیاز آبی) است. در مورد بهره‌وری آب سبز چون نسبت عملکرد به آب سبز یا همان بارندگی مؤثر است و مقدار آن در طول فصل رشد محصو خیار بسیارکم است لذا شاخص آن به نسبت بالاتر است. محصول کلزا با توجه به عملکرد پایین آن کمترین سطح بهره‌وری را دارد. بهره‌وری اقتصادی (شاخص BPD) خیار با توجه به عملکرد بالا در واحد سطح، بیشتر از کلزا است. محاسبه‌ی شاخص آب مجازی نشان داد که کلزا مقدار آب مجازی (به علت سطح زیر کشت پایین و عملکرد پایین در واحد سطح در هر دو شهرستان) بیشتری در خود دارد. نتایج این تحقیق با مطالعه سپه وند (۱۳۸۸) و همچنین نتایج مطالعه ی زمانی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد

بحث و نتیجه گیری

این تحقیق به منظور بررسی عملکردهای اقتصادی و فیزیکی محصولات خیار و کلزا با استناد به داده های آماری و محاسبات و آنالیز داده های اقلیمی انجام شد. نتایج بیانگر پایین بودن بهره‌وری فیزیکی محصول کلزا در مقایسه با خیار است. این مسئله بیشتر تحت تاثیر عملکرد پایین این محصول در حوضه تلوار است. بطوریکه عملکرد آن به نسبت سطح کشور نیز پایین می باشد. حال آنکه از لحاظ شاخص اقتصادی UWV محصول کلزا بر محصول خیار ارجحیت دارد. اما شاخص اقتصادی BPD بیان کننده‌ی بهره‌وری بیشتر خیار نسبت به کلزا به علت عملکرد بالای در واحد سطح می‌باشد. محاسبه‌ی آب مجازی و شاخص‌های مربوط به آن نشان می‌دهد؛ مقدار آب مجازی کلزا (عملکرد پایین در واحد سطح) و مقدار آب مصرفی آن نسبت به محصول خیار در سطح بالایی قرار دارد حال آنکه مقادیر آب مجازی و آب مصرفی به علت عملکرد بالای خیار در سطح پایین تری قرار دارد. لذا در صورت بالا بردن عملکرد کلزا این محصول می تواند کارایی اقتصادی بهتری داشته باشد.

منابع:

- ابراهیمی پاک ن.(۱۳۸۱). تأثیر میزان و دور آبیاری بر مقدار روغن کلزا. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
- اسماعیلی م. گلچین ا. و عزیزی م. (۱۳۸۱). بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه کلزا در استان زنجان. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
- احسانی، م (۱۳۸۷). مقدمه‌ای بر آب مجازی. انتشارات تهران، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- احسانی، م و خالدی، ه. (۱۳۸۲). شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به‌منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. یازدهمین همایش ملی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- باغستانی . ع و مهرابی بشرآبادی. ح (۱۳۸۶). مفهوم آب مجازی و کاربرد آن در تعیین الگوی تجارت محصولات کشاورزی ایران. نهمین سمینارسراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، بهمن ۸۶.
- خلیلیان،ص. وچیذری،ا. و افسری بادی،ر. (۱۳۹۱). تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر حداکثر کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی مطالعه موردی منطقه ورامین. اقتصاد کشاورزی وتوسعه، شماره ۷۹.
- دهقان منشادی ح.، نیک سخن م. ح.، اردستانی م. (۱۳۹۲). برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه های انتقال آب بین حوضه ای. *مهندسی منابع آب*، دوره ۶ , شماره ۱۹ ؛۱۰۱-۱۱۴.
- زمانی. ا، مرتضوی. س.ا و بلالی. ح (۱۳۹۳). بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. *پژوهش آب در کشاورزی*، جلد۲۸، شماره ۱:۵۱-۶۲.
- سپه وند. م، (۱۳۸۸). مقایسه نیاز آبی بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال های پرباران. *مجله پژوهش آب ایران*. ۳(۴): ۶۳-۶۸.
- علیزاده ا (۱۳۸۵). طراحی سیستمهای آبیاری .جلد اول :طراحی سیستمهای آبیاری سطحی .انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- فقیه، ه. (۱۳۹۵). برآورد نیاز آبی گیاهان زراعی مهم استان کردستان. طرح تحقیقیاتی، سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی.

- Allen, R.G., L.S.Pereira, D.Raes and M.Smit, 1998, Crop Evapotranspiration Irrig. Drain. Paper 56, FAO, Rome.
- Ehsani, M. Khaledi, H. and Barghi, Y. (2009), Introduction to virtual water. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID), *Publication issue*: 134, pp. 102 (in Persian).
- Hershfield, D. M.; 1964, "Effective Rainfall and Irrigation Water Requirments; *J. Irrig. &. Dr. Div*., ASCE 90: IR2: 3920: 33-47.
- Liu S (2013), Virtual water and the optimization of industrial structure of agriculture in Shandong Province, *J Glaciol Geocryol* 25(6):692–700
- Zhang C., McBean E. A., Huang J., (2014) "A Virtual Water Assessment Methodology for Cropping Pattern Investigation" Water Resour Manage 28:2331–2349