مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۵ ، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی مهم در دشت میاندوآب

معراج فلاحی[۱]، سعید صوفی‌زاده[۲]*، علی‌اکبر باغستانی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- استادیار گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- استادیار پژوهش، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۲

چکیده

انتخاب الگوی بهینه کشت که هم از نظر محیط زیستی پایدار و هم مناسب برای شرایط خاص اقلیمی در هر منطقه جغرافیایی باشد، می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای کارآمد برای رفع چالش‌ها و افزایش سوددهی فعالیت‌های کشاورزی در نظر گرفته شود. بدین منظور در این مطالعه تلاش شده است تا الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در دشت میاندوآب به عنوان چهارمین دشت مهم کشور واقع در استان آذربایجان غربی طراحی شود. بهینه‌سازی الگوی کشت در قالب دو هدف جداگانه حداکثرسازی سود و حداقل‌سازی مصرف آب صورت پذیرفت. بدین منظور داده‌های مورد نیاز برای سه سال ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸ از دستگاه‌های مختلف استانی و ملی جمع‌آوری شد و از میانگین داده‌های سه سال ذکر شده برای پیشنهاد الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در قالب هر یک از اهداف مورد اشاره، استفاده شد. در این پژوهش از ۱۲ محصول مهم زراعی تحت کشت در این دشت استفاده شده است. نتایج نشان داد که دو محصول نخود دیم و آفتابگردان آجیلی با تحت کشت رفتن کل زمین‌های زراعی دشت به ترتیب حدوداً با ۵۷ هزار هکتار و ۵۵۰۰ هکتار و سود ناخالص ۱۶۱۴ میلیارد ریالی به عنوان الگوی بهینه پیشنهادی با هدف حداکثر سازی سود ناخالص معرفی شد. در الگوی کشت پیشنهادی با هدف حداقل سازی مصرف آب نیز دوباره کشت نخود دیم و آفتابگردان آجیلی در سطحی معادل ۵۷/۶۰۰ هکتار و ۵۳۰۰ هکتار سبب بهینه‌سازی مصرف آب می‌شود. به عبارت دیگر با زیرکشت بردن نخود دیم و آفتابگردان آجیلی دو هدف حدکثرسازی سود و حداقل سازی مصرف آب تحقق می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی، الگوی کشت، برنامه ریزی خطی، کشاورزی پایدار

* نگارنده مسئول (s_soufizadeh@sbu.ac.ir)

مقدمه

وابستگی کشاورزی به اقلیم و شرایط آب و هوایی از یک سو و کمیابی نهاده‌های کشاورزی از سوی دیگر سبب شده است تا نقش برنامه‌ریزی و طراحی الگوی کشت محصولات زراعی اهمیت بیشتری یابد. طراحی الگوی کشت با اهداف مختلفی انجام می‌شود. معمولاً هدف کشاورز و بهره‌بردار حداکثرسازی سود است که ممکن است سبب فشار بر منابع پایه مانند آب و خاک کشاورزی شده و با اصول کشاورزی پایدار سازگار نباشد. همچنین ممکن است الگوی کشت اجرا شده توسط کشاورز مصرف یک یا چند منبع کمیاب مانند آب را از حد بهینه خارج نماید. در چنین شرایطی اهمیت تعیین الگوی کشت بهینه که یک یا چند هدف را در نظر می‌گیرد، بیشتر می‌شود.باید توجه داشت که یک برنامه ریزی جامع الگوی کشت سطح بالایی از روابط متقابل جنبه‌های زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی سیستم های کشاورزی را در نظر می‌گیرد (Amini Fasakhodi *et al.*, 2010) در گذشته نگرش غالب در طراحی الگوی کشت عموماً اولویت دادن به جنبه‌های اقتصادی تولید بوده که توسط بازدهی ناخالص تولید، مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌گرفت. در این نگرش، هر محصولی که بتواند در واحد زمین ارزش تولیدی بیشتری ایجاد کند، به عنوان محصول غالب در الگوی کشت در نظر گرفته می‌شود. این در حالیست که باتوجه به تغییر سریع جمعیت و شهرنشینی، منابع زمین و آب بسیار محدودمی شوند. زمین و آب از عوامل کلیدی توسعه پایدار کشاورزی یک ملت هستند (Osama *et al.* 2017). الگوی کشت عبارت است از نسبت سطح و توزیع مکانی محصولات یا زمین‌های غیر قابل کشت که در اثر آب و هوا و خاک در دسترس در طول زمان و مکان تغییر می‌کند (Mohammadzadeh *et al.*, 2020). امروزه بهینه سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی مورد توجه سیاستگذاران قرار گرفته و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای تعیین استفاده بهینه از منابع موجود برای به حداکثر رساندن منافع خالص تحت برخی محدودیت‌ها توسعه یافته اند.

محدودیت شدید منابع آب ناشی از رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای آن از یک سو و تهدیدهای ناشی از تغییر اقلیم از سوی دیگر، جهت گیری‌های علمی و اجرایی در توسعه‌ی بخش کشاورزی را از الگوهای مبتنی بر رشد به الگوهای مبتنی بر پایداری سوق داده است (باغبانی و همکاران، ۱۳۹۵). بهینه‌سازی الگوی کشت یکی از راهبردهای اصلی کاهش مصرف آب در کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف کننده منابع آب است (Honar *et al.* 2020). توسعه پایدار درادبیات اقتصادی به معنای «حداکثر کردن منافع خالص توسعه‌ی اقتصادی مشروط به حفظ خدمات و کیفیت محیط زیست در طول زمان» است. بحث تخصیص بهینه منابع آب به ویژه در مطالعاتی در ابعاد ناحیه‌ای و کوچک، نقش تعیین کننده‌تری نسبت به سایر شاخص‌های کشاورزی در بحث تعیین الگوی کشت را دارد (امینی و نوری، ۱۳۹۰). تغییرالگوی زمین زیر کشت (CLP) تأثیر بسزایی بر امنیت سیستم زمین کشت (CLSS) دارد و پایه و اساس تضمین تأمین کافی زمین زیر کشت و پیش فرض دستیابی به توسعه پایدار جامعه است (Chen *et al*, 2021). ازآنجایی که به طور متوسط در سطح جهانی کشاورزی ۷۰ درصد از آب شیرین برداشت شده را به خوداختصاص می‌دهد، به نظر می‌آید اقدامات برای تولید بیشتر با آب کمتر، تا حد زیادی سبب انطباق با تغییرات اقلیمی خواهد بود (IPCC, 2023) معیارهای اساسی در ارزیابی پایداری منابع آب برای بخش کشاورزی عبارت از: گردش آب قابل دسترس موجودی، کیفیت آب و بهره‌وری آب است. علاوه بر آب، عوامل مهم دیگری مانند حداکثرسازی درآمد خالص وعایدی اقتصادی، ایجاد حداکثر فرصت‌های اشتغال و حداقل‌سازی هزینه‌ها نیز به‌عنوان جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی پایداری یک سیستم زراعی، در کنار محدودیت‌های زمین قابل کشت و موجودی آب مورد توجه قرار گرفته است (امینی و نوری، ۱۳۹۰). به عبارتی الگوی کشت با هدف به حداکثر رساندن سود حاصل از فعالیت‌های آبیاری و همچنین به حداکثر رساندن بهره برداری از مقادیر آب سطحی موجود انتخاب خواهد شد (Tsakiris & Spiliotis, 2006).

تناوب زراعی یک عامل مهم در انتخاب ترکیب کشت است که تحت تأثیر میزان عملکرد و نوسانات قیمت قرار دارد. با توجه به تغییرات آب و هوایی در سراسر جهان و کاهش بارندگی و افزایش دما و نیز شدت گرفتن این موضوع در ایران، نیاز است تا کشت اصولی و برنامه‌ریزی شده‌ی محصولات کشاورزی انجام شود تا علاوه بر حفظ منافع اقتصادی و اجتماعی فعالان این حوزه، بهترین بهره از منابع آب و خاک با توجه به نیازهای اساسی کشاورزی در منطقه برده شود. به دلیل محدودیت منابع آب کشاورزی در اکثر نواحی قابل کشت کشور، بسیاری از متخصصان معتقدند الگوی کشت با هدف حداقل سازی مصرف آب برنامه‌ریزی شود (کریم زاده و همکاران، ۱۳۹۵). پایداری منابع آب سهم عمده ای در وجود و دوام سیستم‌های کشاورزی دارد و به شدت به شیوه‌های الگوی کشت بستگی دارد (Amini Fasakhodi *et al*, 2010). اگر نوآوری خاصی در سال‌های آینده بروز نکند، کمبود منابع آب زیرزمینی نیز پدیدار خواهد شد که برامنیت غذایی تأثیر می‌گذارد (Rani, 2018). شهرستان میاندوآب واقع در استان آذربایجان غربی نیز به عنوان یکی از جلگه‌های مهم کشور و یکی از مناطق مهم استان در تولید محصولات زراعی محسوب می‌شود که متاثر از روند خشک شدن دریاچه ارومیه، با تغییرات آب‌وهوایی همراه بوده و به سمت خشکی پیش می‌رود. همچنین با در نظر گرفتن این موضوع که آب اصلی مورد نیاز کشاورزی میاندوآب وابسته به آب رودخانه‌های سیمینه رود (جغاتو) و زرینه رود (تاتائو) از حوضه آبریز دریاچۀ ارومیه است و این حوضه ۶ درصد از کل منابع آب تجدید شونده کشور را داراست و حدود ۴۰ درصد از آبریز دریاچه ارومیه از رودخانه زرینه رود است که مهم‌ترین منبع آبی کشاورزی شهرستان می‌باشد. در پنجاه سال اخیر پیاده‌سازی الگوهای کشت نامناسب در این حوضۀ آبریز، انتقال آب مخازن اصلی سد نوروزلو به شهرستان‌های مجاور و تبریز، تغییرات آب‌وهوایی شدید در اثر خشک شدن تدریجی دریاچه ارومیه و احداث سدهای کوچک کشاورزی، در این منطقه را با مشکلات و آسیب‌های جدی روبرو کرده است بطوری‌که

حقابه شهرستان با کاهش بیش از ۵۰ درصدی همراه بوده است.. با ارائه الگوی مناسب کشت با توجه به محدودیت آبی به‌عنوان مهم‌ترین محدودیت می‌توان تولید و عملکرد محصولات زراعی و باغی را بهینه‌سازی کرد و در راستای پایداری آن‌ها گام برداشت(Zhang & Gu. 2018). تصمیم گیری در مورد الگوی کشت با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند ویژگی‌های خاک و تناسب زمین برای محصولات خاص مورد توجه پژوهشگران نیز است (Kumar *et al.* 2022). کشت محصولات زراعی با در نظر گرفتن محدودیت منابع آبی و خاکی، شناسایی پتانسیل‌های منطقه‌ای و شرایط اقتصادی و اجتماعی حاکم بر منطقه می‌تواند نقش مهمی را در افزایش سودآوری کشاورزی در شهرستان در عین حفاظت از منابع پایه عهده‌دار باشد. از این رو در این مطالعه تلاش شده است تا با در نظر گرفتن دو معیار حداکثر سازی سود و حداقل سازی مصرف آب، ترکیب کشت محصولات زراعی مهم در دشت میاندوآب، پیشنهاد شود.

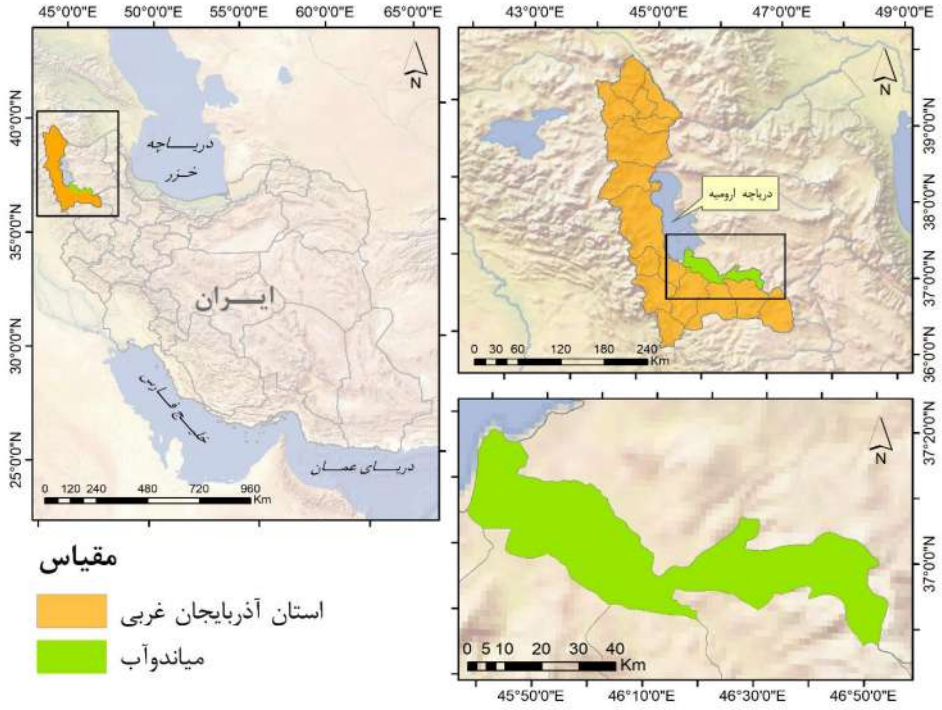
مواد و روش ها

معرفی منطقه

استان آذربایجان غربی یکی از قطب‌های تولید محصولات زراعی و باغی کشاورزی در ایران است است که براساس اطلاعات معاونت زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، کل زمین‌های قابل کشت کشاورزی در آن ۷۱۱۱۷۱ هکتار می‌باشد که ۳۹۰۸۵۵ هکتار آن مربوط به اراضی آبی و ۳۲۰۳۱۶ هکتار مربوط به اراضی دیم می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان میاندوآب که از مهم ترین شهرهای استان و چهارمین جلگه بزرگ کشور می‌باشد. میاندوآب یا قوشاچای شهری میان زرینه رود (جغاتو) و سیمینه رود (تاتائو)، در جنوب شرقی استان آذربایجان غربی است که در وسط جلگه‌های منتهی به دریاچه ارومیه با ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا قرار دارد می‌باشد که از شرق و غرب به کوه‌های منطقه و از شمال به دریاچه ارومیه محدود می‌شود.

حوضه آبریز سیمینه رود و زرینه رود

حوضه آبریز (سیمینه رود و زرینه رود تا صوفی چای) با مساحتی معادل ۴/۱۷۵۶۳ کیلومترمربع بزرگ‌ترین زیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه را شامل می‌شود که حدود ۳۴ درصد از کل مساحت این حوضه آبریز را در بر می‌گیرد. که قسمت عمده آن در استان آذربایجان غربی و بخش کوچکی از آن در استان‌های آذربایجان‌شرقی و کردستان واقع شده است. از این میزان ۱۳۴۶ کیلومترمربع مربوط به وسعت دشت(بزرگترین دشت حوضه آبریز دریاچه ارومیه) که ۳۵۰کیلومترمربع آن در استان آذربایجان شرقی (دشت ملکان) و ۹۹۶کیلومترمربع در استان آذربایجان غربی (دشت میاندوآب) قرار دارد (بیلان منابع آب میاندوآب، ۱۳۹۳). از سازه‌های مهم ذخیره و انتقال آب در این حوضه می‌توان به سد ساروق تکاب، سد شهید کاظمی بوکان و سد انحرافی نوروزلو اشاره نمود.



شکل ۱- موقعیت استان آذربایجان غربی و شهرستان میاندوآب در ایران

وضعیت کشاورزی منطقه

بر پایه اطلاعات اخذ شده از معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی، سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی در پایاب سد، به سه پهنه‌ی آبی که از پرآب به کم آب است تقسیم شده است که سطح زیرکشت محصولات زراعی غالب در هر ۳ پهنه به ترتیب شامل گندم، چغندرقند، یونجه، سبزیجات، صیفی‌جات و ذرت می‌باشد. سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی در این شهرستان در سال زراعی ۱۳۹۸ از مجموع ۹۳۰۰۰ هکتار زمین قابل کشت که ۶۱۰۰۰ هکتار آن مربوط به زمین‌های آبی و ۳۲۰۰۰ هکتار آن مربوط به زمین‌های دیم می‌باشد، برابر ۷۱۸۹۰ هکتار با تولید کل ۶۹۴۵۶۰ تن در هکتار بوده است که کل سطح زیرکشت آبی ۴۹۵۲۲ هکتار و کل سطح زیرکشت دیم ۲۲۳۶۸ هکتار می‌باشد. همچنین سهم محصولات زراعی ۷۲/۸٪ و باغی ۱۸/۲٪ بوده است(سیمای کشاورزی شهرستان میاندوآب، ۱۳۹۸).

شکل ۲- سهم سطح زیرکشت دشت میاندوآب به تفکیک دیم و آبی در سال ۱۳۹۸ واحد: درصد

وضعیت آب و هوایی و منابع آبی شهرستان

بر اساس سیستم طبقه بندی اقلیمی، شهر میاندوآب جزو مناطق سرد کشور می‌باشد. فصل سرد طولانی، تابستان معتدل و کوتاه و ریزش جوی بالا یا میانگین بارش سالانه‌ی ۲۸۰/۰۴ میلی‌متری و میانگین دمای ۱۱/۵ درجه سانتیگراد از جمله ویژگی‌های این شهرستان محسوب می‌شود. همچنین براساس برنامه‌های سازمان امور آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، آب برنامه ریزی شده برای بخش کشاورزی شهرستان در سال ۸۴-۸۵ از ۲۹۹/۰۳ میلیون مترمکعب به ۱۰۳ میلیون متر مکعب در سال ۱۴۰۱ رسیده است.

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز

برای تعیین الگوی کاشت بهینه مناسب به سه گروه داده نیاز بود که از طریق مراجعه حضوری به ارگان‌های دولتی مربوطه، استفاده از وبگاه‌های دولتی و مراجعه به خبرگان صورت پذیرفت. برای پژوهش حاضر دوازده محصول مهم زراعی به عنوان متغیرهای تصمیم هستند و بیش از ۸۰ درصد زمین‌های تحت کشت را به خود اختصاص داده‌اند که شامل: گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، نخود دیم، سیب زمینی، گوجه فرنگی، چغندرقند، خیار، یونجه، ذرت علوفه‌ای و آفتابگردان آجیلی می‌باشد.

۱- داده های مدیریتی و زراعی: مهم‌ترین بخش اطلاعات شامل سطح و ترکیب کشت محصولات مختلف منطقه وعملکرد و تولیدات محصولات مختلف زراعی به ترتیب برای بازه ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸ می‌باشد و همچنین سایر اطلاعات شامل، هزینه‌های متغیر کل کشت هر یک از محصولات زراعی (هزینه‌های آماده سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت، اجاره بها، وام و بیمه)، قیمت سرخرمن محصولات، سیما و سطح اراضی کشاورزی شهرستان، از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی و شهرستان میاندوآب جمع آوری و تفکیک شده است.

۲- داده های آبی: اطلاعات مورد نیاز شامل بیلان آبی گزارشی از منطقه شامل میزان

آب‌های موجود در آبخوان‌های سطحی و زیرزمینی و میزان آب برداشتی در بخش‌های مختلف کشاورزی و تعداد چاه‌های مجاز و بهره بردارن آن از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی و راندمان آبیاری هر یک از محصولات از اداره جهاد کشاورزی استان جمع آوری گردید. همچنین برای محاسبه نیاز ناخالص آبی استاندارد هر یک از محصولات میزان تبخیر و تعرق ماهانه و بارش موثر فصلی که نمایانگر نیاز آب خالص هر محصول است از پایگاه اینترنتی موسسه تحقیقات آب و خاک و همچنین نرم افزار NETWAT[1] استفاده و محاسبات با در نظرگرفتن راندمان آبیاری ۴۰٪ انجام شده است.

$$\text{نیاز ناخالص آبی} = \frac{\text{نیاز آب خالص}}{\text{راندمان آبیاری ٪۴۰}}$$

توابع هدف در پژوهش و مدل‌های مدنظر مستلزم به حداکثر رساندن هدف اقتصادی یعنی سود ناخالص با در نظر گرفتن محدودیت زمین زراعی و محدودیت منابع آب و به حداقل رساندن هدف محیط زیستی یعنی مصرف آب با در نظر گرفتن محدودیت زمین زراعی و محدودیت منابع کودی می‌باشد. کشاورزان معمولاً محصولاتی را کشت می‌کنند که قیمت و سود بیشتری در بازار دارند. از این رو، سطح زیرکشت و قیمت محصول به عنوان پارامترهایی با تأثیر مثبت در انتخاب الگوهای کشت در نظر گرفته می‌شوند (Honar. 2020). در تعیین الگوی کشت بهینه، هدف اصلی تصمیم گیرندگان به حداکثر رساندن سود خالص کل که یک هدف کلیدی در انتخاب الگوی کشت بهینه در نظر گرفته می شود می‌باشد (Osama *et al.* 2017). معمولا تصمیم گیرنده برخی از محصولات را برای بهینه سازی الگوی کشت با در نظر گرفتن اهداف مختلف مانند به حداکثر رساندن سود مزرعه انتخاب می‌کند (Honar, 2020). محاسبات و آنالیزهای انجام شده برای بهینه سازی الگوی کشت بر اساس توابع هدف مورد انتظار با استفاده از نرم‌افزار WinQSB انجام شده است.

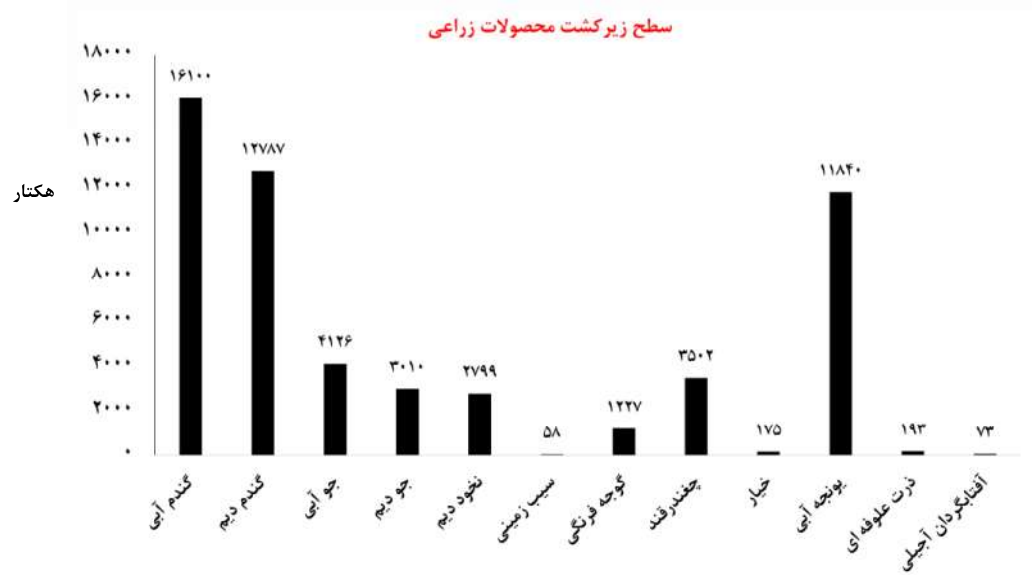
[1]- http://niwr.ir/

نتایج و بحث

از ۱۲ محصول مهم زراعی که در بهینه سازی الگوی کشت در نظر گرفته شده‌اند میانگین درآمد ناخالص و سود ناخالص، نیاز خالص آبی، میزان آب مورد نیاز ناخالص، هزینه‌های متغیر کشت زراعی، سطح زیرکشت محصولات سالانه سه سال ۱۳۹۶، ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ شمسی در نظر گرفته شده است که مقادیؤ آن در نمودارهای زیر آمده است.

سطح زیرکشت محصولات زراعی در دشت میاندوآب

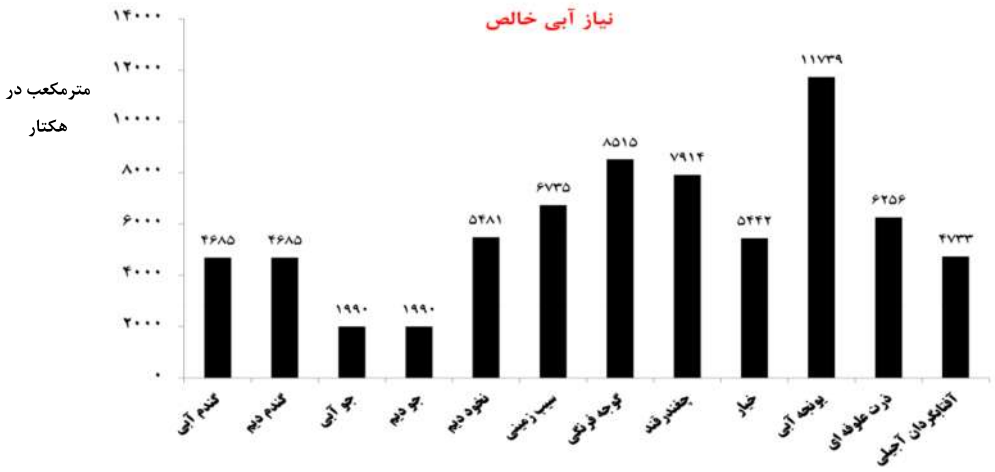
در شکل ۲ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، گندم آبی با ۱۶۱۰۰ هکتار و گندم دیم ۱۲۷۸۷ هکتار و یونجه با ۱۱۸۴۰ هکتار و چغندر قند با ۳۵۰۲ هکتار بیشترین سطح زیر کشت و سیب زمینی با ۵۸ هکتار و آفتابگردان آجیلی با ۷۳ هکتار کمترین سطح زیرکشت محصولات را به خود اختصاص داده اند و این امر نشان دهنده‌ی کشت غالب غلات و گیاهان علوفه‌ای و گیاهان صنعتی می‌باشد و صیفی جات و سبزیجات از اقبال کمی برای کشت بین کشاورزان برخوردارند. همچنین از مقـایسه شـکل ۲ و شکل ۵ و بررسی نتایج آن مشخص می‌شود که محصولات مهم و استراتژیک از سطح زیرکشت بالا و هزینه‌های متغیر مربوط به کشت پایینی برخوردارند و در جهت مقابل سطح زیرکشت محصولات جالیزی و سبزیجات با هزینه‌های متغیر بالا از سطح زیرکشت کمی در شهرستان میاندوآب برخوردارند.



شکل ۳- سطح زیرکشت محصولات زراعی در دشت میاندوآب (الگوی موجود)

نیاز خالص آبی محصولات زراعی در دشت میاندوآب

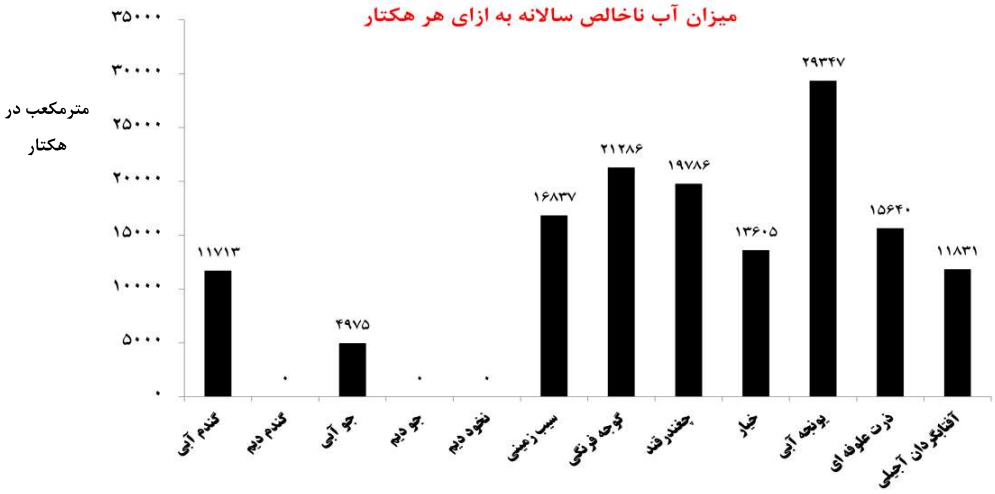
در شکل ۴ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، یونجه با ۱۱۷۳۹ متر مکعب و گوجه فرنگی با ۸۵۱۵ مترمکعب در هکتار و چغندر قند با ۷۹۱۴ متر مکعب در هکتار که محصولات پرمصرف آبی هستند بیشترین نیاز آبی خالص مورد نیاز کشاورزی و جو دیم و جو آبی با ۱۹۹۰ مترمکعب در هکتار و گندم آبی و گندم دیم با ۴۶۸۵ مترمکعب در هکتار و آفتابگردان آجیلی با ۴۷۳۳ مترمکعب در هکتار کمترین نیاز آبی خالص را به خود اختصاص داده اند.



شکل ۴- نیاز خالص آبی (مترمکعب در هکتار) محصولات زراعی در دشت میاندوآب

نیاز ناخالص آبی محصولات زراعی در دشت میاندوآب

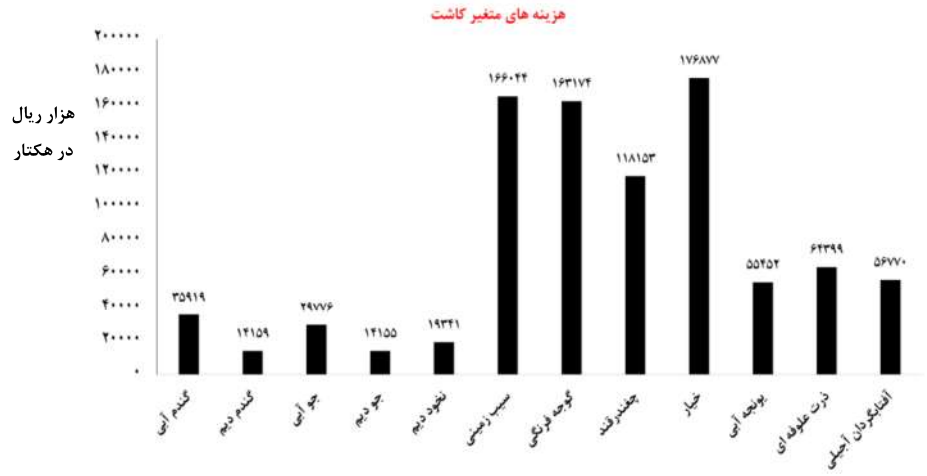
در شکل ۵ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، یونجه و گوجه فرنگی و چغندر قند به ترتیب با ۲۹۳۴۷ متر مکعب در هکتار و ۲۱۲۸۶ مترمکعب در هکتار و ۱۹۷۸۶ متر مکعب در هکتار بیشترین میزان آب ناخالص مورد نیاز کشاورزی و جو دیم و گندم دیم و نخود بنابه دلیل عدم آبیاری و تامین آب موردنیاز که از طریق باران تامین می‌شود کمترین نیاز آبی خالص را به خود اختصاص داده اند.



شکل ۵- نیاز ناخالص آب (متر مکعب در هکتار) محصولات زراعی در دشت

هزینه‌های متغیر تولید محصولات زراعی در دشت میاندوآب

در شکل ۶ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، محصولات صیفی و سبزیجات خیار، سیب زمینی و گوجه فرنگی و چغندر قند به ترتیب با ۱۷۶۸۷۷ هزار ریال در هکتار و ۱۶۶۰۴۴ هزار ریال در هکتار و ۱۶۳۱۷۴ ریال در هکتار و ۱۱۸۱۵۳ هزار ریال در هکتار بیشترین میزان هزینه‌های متغیر کشت محصولات کشاورزی زراعی را به خود اختصاص داده اند در مقابل گروه غلات کترین هزینه‌های متغیر کشت را با توجه به کمترین نیاز به نیروی کار کشاورزی و مصرف کود و هزینه‌های کاشت و داشت و برداشت به خود اختصاص داده‌اند.

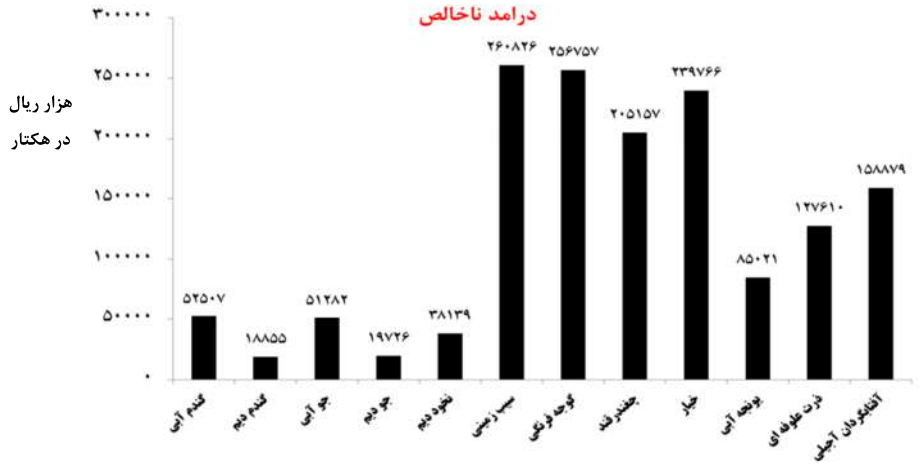


شکل ۶- هزینه‌های متغیر کاشت (هزار ریال در هکتار) محصولات زراعی در دشت میاندوآب

درامد ناخالص تولید محصولات زراعی در دشت میاندوآب

بازده خالص، نشان‌دهنده درآمد نهایی محصولات در واحد سطح کشاورزی، با در نظر گرفتن عملکرد محصول بالقوه، قیمت بازار و هزینه تولید محاسبه شد (Amini Fasakhodi *et al*, 2010). در شکل ۶ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، سه محصول سیب زمینی، گوجه فرنگی و خیار به ترتیب با ۲۶۰۸۲۶ هزار ریال در

هکتار و ۲۵۶۷۵۷ هزار ریال در هکتار و ۲۳۹۷۶۶ هزار ریال در هکتار بیشترین درامد ناخالص را با توجه به این‌که قیمت بالا و و عملکرد در هکتار بیشتری دارند بیشترین درامد ناخالص را به خود اختصاص داده و در مقابل گندم دیم و جو دیم به ترتیب با ۱۸۸۵۵ هزار ریال در هکتار و ۱۹۷۲۶ هزار ریال در هکتار و همچنین جو آبی با ۵۱۲۸۲ هزار ریال در هکتار، گندم آبی با ۵۲۵۰۷ هزار ریال در هکتار و نخود دیم با ۳۸۱۳۹ هزار ریال در هکتار کمترین درامد ناخالص را با توجه به قیمت کم و عملکرد کم نسبت به صیفی‌جات به خود اختصاص داده‌اند.

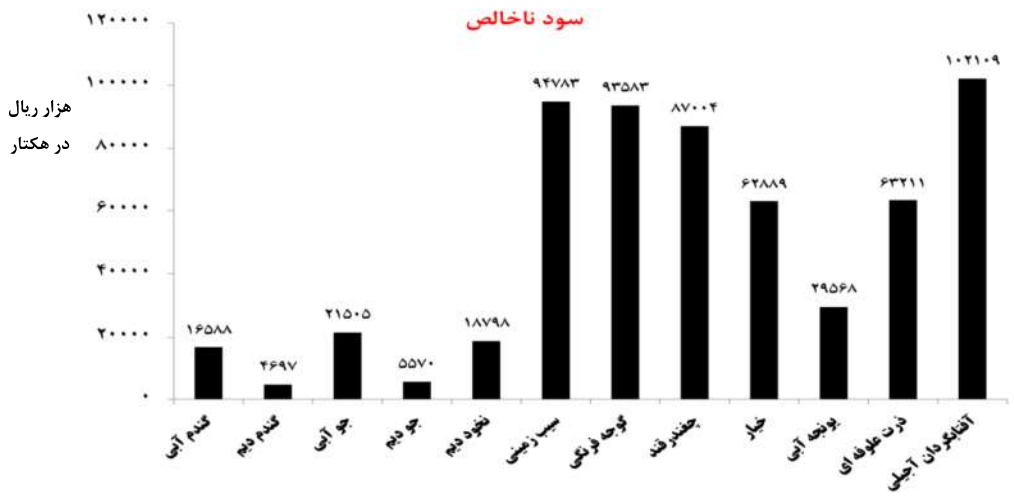


شکل ۷- درامد ناخالص (هزار ریال در هکتار) محصولات زراعی در دشت میاندوآب

سود ناخالص تولید محصولات زراعی در دشت میاندوآب

در شکل ۸ مشاهده می‌شود که از بین ۱۲ محصول زراعی، چهار محصول آفتابگردان آجیلی، سیب زمینی، گوجه فرنگی و چغندرقند به ترتیب با ۱۰۲۱۰۹ هزار ریال در هکتار و ۹۴۷۸۳ هزار ریال در هکتار و ۹۳۵۸۳ هزار ریال در هکتار و ۸۷۰۰۴ هزار ریال در هکتار بیشترین سود ناخالص را به خود اختصاص داده اند. در مقابل گندم دیم و جو دیم به ترتیب با ۴۶۹۷ هزار ریال در هکتار و ۵۵۷۰ هزار ریال در هکتار و همچنین گندم آبی با ۱۶۵۸۸ هزار ریال در هکتار، جو آبی با ۲۱۵۰۵ هزار ریال در هکتار و نخود دیم با

۱۸۷۹۸ هزار ریال در هکتار کمترین سود ناخالص را با توجه به قیمت کم و عملکرد کم نسبت به صیفی‌جات و گیاهان صنعتی به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۸- سود ناخالص (هزار ریال در هکتار) محصولات زراعی در دشت میاندوآب

بهینه سازی الگوی کشت به منظور حداکثر سازی سود ناخالص در دشت میاندوآب

نتایج حاصل از بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداکثر سازی سود ناخالص کشاورزی در دشت میاندوآب نشان می‌دهد که از میان ۱۲ محصول زراعی که در حال حاضر در منطقه کشت می‌شوند، تنها دو محصول توانسته است وارد الگوی کشت شود و وارد شدن این دو محصول در الگوی کشت سبب حداکثرسازی سود ناخالص گردید (جدول ۱). بر این اساس، چنانچه کل سطح زیر کشت محصولات زراعی فعلی به کشت دو محصول نخود دیم و آفتابگردان اختصاص یابد سود ناخالص بخش زراعت حداکثر خواهد بود. طبق محاسبات انجام شده در پژوهش حاضر، مجموع سود ناخالص حاصل الگوی فعلی کشت در منطقه و بر مبنای میانگین سال‌های ۱۳۹۶ الی ۱۳۹۸ معادل ۶۰/۴۵۴ هزار ریال است و چنانچه

سطح زیر کشت فعلی که قریب به ۶۳۰۰۰ هکتار است به کشت دو محصول نخود دیم و آفتابگردان اختصاص یابد سود ناخالص حاصل از زراعت این دو محصول برابر با ۱۶۴۱ میلیارد ریال خواهد بود که مشاهده می‌شود نسبت به کشت ۱۲ محصول بیشتر می‌باشد. بر مبنای نتایج به دست آمده و خروجی‌های مدل، ۵۷,۵ هزار هکتار به کشت نخود و ۵,۵ هزار هکتار به کشت آفتابگردان باید در دشت میاندوآب اختصاص یابد. همچنین، سود ناخالص حاصل از هر یک از زراعت‌های نخود دیم و آفتابگردان به ترتیب ۱/۰۸۱/۱۷۲/۰۰۰ و ۵۶۰/۰۴۱/۷۰۰ هزار ریال برآورد گردیده است.

با دقت در جدول ۱ ملاحظه می‌شود که کل سطح زیر کشت و منابع آبی موجود به مصرف تولید این دو محصول رسیده است. با دقت در وضعیت کود مشاهده می‌شود که کشت این دو محصول سبب صرفه‌جویی ۱۱/۳۸۴/۲۹۰ تن کود شیمیایی می‌شود که این مسئله به معنای افزایش بهره‌وری عناصرغذایی در الگوی کشت پیشنهادی می‌باشد. علت مشاهده این یافته را اینطور می‌توان تفسیر کرد که گیاه نخود از خانواده بقولات است که قادر می‌باشد تا نیروژن مولکولی موجود در اتمسفر را به نیتروژن قابل جذب توسط گیاه به واسطه رابطه همزیستی با باکتری رایزوبیوم نماید و به طور طبیعی وابستگی کمی به کابرد کودهای شیمیایی به ویژه نیتروژن دارد. از آنجائیکه محصول غالب در الگوی پیشنهادی نخود است دستیابی به چنین نتیجه‌ای قابل انتظار است.

جدول ۱- الگوی کشت پیشنهادی به منظور حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزی در دشت میاندوآب

ردیف	متغیر تصمیم	سطح زیرکشت انتخابی	سود ناخالص/هزار ریال	سود کلی/هزار ریال
۱	نخود دیم	۵۷/۵۱۵/۲۶۰۰	۱۸/۷۹۸/۰۰۰۰	۱/۰۸۱/۱۷۲/۰۰۰/۰۰۰۰
۲	آفتابگردان آجیلی	۵/۴۸۴/۷۴۴۰	۱۰۲/۱۰۹/۰۰۰۰	۵۶۰/۰۴۱/۷۰۰/۰۰۰۰

ردیف	محدودیت	سمت راست	جهت	سمت چپ
۱	کل زمین های زراعی	۶۳/۰۰۰/۰۰۰۰	≤	۶۳/۰۰۰/۰۰۰۰
۲	میزان منابع آب	۶۴/۸۹۰/۰۰۰/۰۰۰۰	≤	۶۴/۸۹۰/۰۰۰/۰۰۰۰
۳	منابع کودی	۱۰/۳۱۵/۷۱۰/۰۰۰۰	≤	۲۱/۷۰۰/۰۰۰/۰۰۰۰

ماخذ: یافته‌های مطالعه

بهینه سازی الگوی کشت به منظور حداقل سازی مصرف آب در دشت میاندوآب

نتایج حاصل از بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداقل سازی مصرف آب کشاورزی در دشت میاندوآب نشان می‌دهد که از میان ۱۲ محصول زراعی که در حال حاضر در منطقه کشت می‌شوند، تنها دو محصول توانسته است وارد الگوی کشت شود و وارد شدن این دو محصول در الگوی کشت سبب حداقل سازی مصرف آب گردید (جدول ۲). بر این اساس، چنانچه کل سطح زیر کشت محصولات زراعی فعلی به کشت دو محصول نخود دیم و آفتابگردان اختصاص یابد آب مصرفی بخش زراعت حداقل خواهد بود. طبق محاسبات انجام شده در پژوهش حاضرنشان می‌دهد چنانچه سطح زیر کشت فعلی که قریب به ۶۳۰۰۰ هکتار است به کشت دو محصول نخود دیم و آفتابگردان اختصاص یابد میزان آب مصرفی حاصل از زراعت این دو محصول برابر با ۶۳/۲۵۳/۳۲۰ میلیون متر مکعب در هکتار خواهد بود که مشاهده می‌شود نسبت به کل منابع آبی که برای بخش کشاورزی زراعی به میزان ۶۴/۰۰۰/۰۰۰ میلیون متر مکعب در

هکتار است کمتر است. بر مبنای نتایج به دست آمده و خروجی‌های مدل، ۵۷/۶۵۳ هزار هکتار به کشت نخود دیم و ۵/۳۴۶ هزار هکتار به کشت آفتابگردان باید در دشت میاندوآب اختصاص یابد. همچنین، نیاز ناخالص حاصل زراعت‌های نخود دیم به علت اینکه نیاز ناخالص آبی از باران تامین می‌شود، لحاظ شده است.

با دقت در جدول ۲ ملاحظه می‌شود که کل سطح زیر کشت برای تولید این دو محصول صرف شده است. با دقت در وضعیت سود ناخالص مشاهده می‌شود که کشت این دو محصول سبب رسیدن به حداکثر سود ناخالص نیز می‌شود. ملاحظه می‌شود کل منابع آب به گیاه آفتابگردان آجیلی اختصاص داده شده است. در عین اینکه کشت این دو محصول آب مقدار مصرف آب مصرفی را از آب قابل برنامه ریزی در دشت میاندوآب کمتر می‌کند، سود را نیز حداکثر می‌کند و دو هدف سود بالا و مصرف آب کمتری را نشان می‌دهد ولی لازم به ذکر است که گیاه آفتابگردان آجیلی گیاه راهبردی و مهم در منطقه و سیاست های کشاورزی نیست بنابرین چنین می‌توان نتیجه گرفت که اگر هدف صرفا منابع آب و سود بیشتر باشد آفتابگردان آجیلی در الگوی کشت می‌تواند حفظ شود ولی اگر با توجه به سیاست‌های اجرایی کشور هدف دستیابی به خودکفایی در محصولات راهبردی باشد این آب که صرف آفتابگردان می‌شود صرف محصولات راهبردی شود، علیرغم اینکه می-دانیم مصرف آب را حداقل نمی‌کند. اینکه آیا آفتابگردان با این سطح زیرکشت در منطقه کشت شود بستگی به سیاست‌های مسئولان متولی دارد.

جدول ۲- الگوی کشت پیشنهادی به منظور حداقل سازی مصرف آب در دشت میاندوآب

ردیف	متغیر تصمیم	سطح زیرکشت انتخابی	نیاز ناخالص آبی/میلیون متر مکعب	کل نیاز ناخالص آبی/میلیون متر مکعب
۱	نخود دیم	۵۷/۶۵۳/۵۹۰۰	۰	۰
۲	آفتابگردان آجیلی	۵/۳۴۶/۴۰۵۰	۱۱/۸۳۱/۰۰۰۰	۶۳/۲۵۳/۳۲۰/۰۰۰۰

ردیف	محدودیت	سمت راست	جهت	سمت چپ
۱	سود ناخالص	۱/۶۲۹/۶۸۸/۰۰۰/۰۰۰۰	≤	۱/۶۲۹/۶۸۸/۰۰۰/۰۰۰۰
۲	میزان منابع آب	۶۳/۰۰۰/۰۰۰۰	=	۶۳/۰۰۰/۰۰۰۰

ماخذ: یافته‌های مطالعه

نتیجه گیری

هدف اصلی این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین الگوی کشت با بکارگیری روش برنامه‌ریزی ریاضی خطی در مناطق تحت کشت آبی و دیم دشت میاندوآب بود. به عبارت دیگر، این تحقیق تلاش می‌کند تا یک مدل کشت بهینه را ارائه دهد که ملاحظات اقتصادی (مانند حداکثر سازی سود)، نگرانی‌های زیست محیطی (به ویژه کاهش مصرف آب) را در نظر بگیرد. این مطالعه به دنبال ایجاد تعادل بین کارایی اقتصادی، پایداری زیست محیطی است. دستیابی به این اهداف منوط به محدودیت‌های خاصی است، یعنی در دسترس بودن زمین-های زراعی، در دسترس بودن آب است.

نتایج بدست آمده از میانگین داده‌های ۳ سال آخر نشان می‌دهد در حداکثر سازی سود ناخالص نخود دیم و آفتابگردان آجیلی با بکار گرفتن تمام زمین‌های تحت کشت زراعی را به که به میزان ۶۳۰۰۰ هکتار بود را به خود اختصاص داده بطوریکه نخود دیم با ۵۷/۵۱۵ هکتار و آفتابگردان آجیلی با ۵/۴۸۴ هکتار، بقیه ی محصولات زراعی را از مدل ارائه شده خارج می‌کند و حداکثر سود را با استفاده از تمام منابع آبی موجود، به خود اختصاص می‌دهد و در فرض عدم محدودیت در زمین

زراعی سود می‌تواند از مقداری که حداکثرسازی شده نیز بیشتر باشد. همچنین در بهینه سازی الگوی کشت با هدف حداقل سازی مصرف آب با سود ناخالص بیشتر نیز هردو محصول نخود دیم و آفتابگردان آجیلی نیز با بکار گرفتن تمام زمین‌های تحت کشت زراعی را به که به میزان ۶۳۰۰۰ هکتاراست، به ترتیب با سطح زیر کشت ۵۷/۶۵۳ هکتار و ۵/۳۴۶ هکتار دوباره توسط مدل به عنوان محصولاتی که با بیشترین بهره وری مفید از مصرف آب را داشته و در عین حال سود ناخالص بیشتری را ارائه می‌دهد، پیشنهاد می‌کند.

از این رو پیشنهاد می‌شود، اقدامات مناسب ترویجی برای جایگزین نمودن محصولات نخود و آفتابگردان آجیلی در الگوی کشت کشاورزان منطقه در دستور کار قرار گیرد. همچنین انجام مشاوره‌های فنی ویژه این دو محصول و ایجاد بازارهای منطقه‌ای می‌تواند بر پایداری الگو اضافه نماید. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به اهدافی مانند اشتغال و مدیریت کود و سموم، این معیارها نیز در برنامه‌ریزی‌های آتی مدنظر قرار گیرد.

منابع

امینی، ع. و س. ه. ا. نوری. ۱۳۹۵. ارزیابی پایداری و تعیین الگوی کشت سیستم‌های زراعی بر اساس بهینه‌سازی و بهره‌برداری از منابع آب و خاک با استفاده از الگوهای غیرخطی برنامه‌ریزی ریاضی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۵ (۵۵).

بی‌نام. گزارش بهره وری آب کشاورزی در استان آذربایجان غربی. سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی.

بی‌نام. ۱۳۹۵. طرح پیشنهادی برای اصلاح الگوی کشت اقتصادی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (با توجه به تغییرات اقلیمی). معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی. سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی.

کوچکی، ع. و م، نصیری محلاتی. ۱۳۹۵. تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: پیشبینی

تولید محصولات زراعی و راهکارهای سازگاری . نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱(۱۴): ۲۰- ۱.

کریم زاده، م.، ا، علیزاده، ح، انصاری، م، قربانی، و م، بنایان اول. ۱۳۹۵. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۱۰): ۸۴۹-۸۵۹.

ملکوتی خواه، ز. و ز، فرج زاده. ۱۳۹۹. اثر تغییر اقلیم بر ارزش افزوده کشاورزی ایران. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۸ (۱۱۱).

میرکریمی، ش.، ر، جولایی، ف، اشراقی، ف، شیرانی بید آبادی. ۱۳۹۵. مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی (مطالعه موردی شهرستان آمل). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸: ۲۶۳-۲۵۳.

بی نام. ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی. جلد اول محصولات زراعی. مرکز فنآوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، وزارت جهاد کشاورزی.

مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار. ۱۳۹۳. مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز دریاچه ارومیه منتهی به سال آبی ۹۰-۸۹. جلد پنجم : بیلان منابع آب. شرکت آب منطقه ای آذربایجان غربی.

Amini Fasakhodi, A., S.H. Nouri, and M. Amini. 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. Water resources management, 24: 4639-4657.

Chen, L., H. Zhao, G. Song, and Y. Liu. 2021. Optimization of cultivated land pattern for achieving cultivated land system security: A case study in Heilongjiang Province, China. Land Use Policy, 108, 105589.

Dury, J., N. Schaller, F. Garcia, A. Reynaud, and J.E. Bergez. 2012. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. Agronomy for sustainable development, 32: 567-580.

Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34.

Mohammadzadeh, A., J. Vafabakhsh, A. MahdaviDamghani, and R. Deihimfard. 2022**.** Optimal land allocation to crop production in different decision priorities and water availability scenarios: East Azerbaijan province of Iran. Archives of Agronomy and Soil Science, 68(5): 597-614.

Neamatollahi, E., J. Vafabakhshi, M.R. Jahansu, and F. Sharifzadeh. 2017**.** Agricultural Optimal Cropping Pattern Determination Based on Fuzzy System. Fuzzy Information and Engineering, 9(4): 479-491.

Osama, S., M, Elkholy, and R.M, Kansoh. 2017. Optimization of the cropping pattern in Egypt. Alexandria Engineering Journal, *56*(4): 557-566.

Rani, S. 2019. Assessment of the consequences of changing cropping pattern on land and water productivity: A case study of Haryana state, India. Agricultural Research, 8: 252-261.

Raul, S.K, and S.N. Panda. 2013**.** Simulation-optimization modeling for conjunctive use management under

FAO. 2023**.** Food and Agricultural Organization of the United Nation (FAO).

Ganesh Kumar, S.B., B.R. Ramesh, and H.J. Surendra. 2022**.** Optimal cropping pattern for a tail-end distributary canal of Bhadra command area using linear programming model. Modeling Earth Systems and Environment, 8(3): 3897-3906.

Honar, T., M. Ghazali, and M.R. Nikoo. 2021**.** Selecting the right crops for cropping pattern optimization based on social choice and fallback bargaining methods considering stakeholders' views. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 45: 1077-1088.

IPCC, 2007. Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon S *et al.* (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, 2023. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the

Zhang, R., Q. Tiana, L. Jiangb, A. Crooksa, S. Qid, and R. Yang. 2018**.** Projecting cropping patterns around Poyang Lake and prioritizing areas for policy intervention to promote rice: A cellular automata model Land Use Policy, 74, 248-260.

hydrological uncertainty. Water resources management, 27: 1323-1350.

Tsakiris, G, and M. Spiliotis. 2006**.** Cropping pattern planning under water supply from multiple sources. Irrigation and Drainage Systems, 20: 57-68.

Vivekanandan, N., K. Viswanathan, and S. Gupta. 2009. Optimization of cropping pattern using goal programming approach. Opsearch, 46: 259-274.

Optimization of the cropping pattern of agricultural products in Miandoab plain

M. Fallahi.[1] , S. Soufizadeh[2*], A.A. Baghestany[3]

1- M.Sc student, Department of Agroecology, Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2-Assistant Professor, Agroecology Department, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran.Iran.
3-Assistant Professor, Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI). Tehran, Iran.

Abstract

Choosing the optimal cropping pattern that is both environmentally sustainable and suitable for specific climatic conditions in each geographical region can be considered as one of the efficient solutions to solve challenges and increase the profitability of agricultural activities. For this purpose, in this study, an attempt has been made to design the optimal pattern of crop cultivation in Miandoab plain, which is the fourth most important plain of the country, located in West Azarbaijan province. Optimizing the cropping pattern was carried out in the form of two separate goals: maximizing profit and minimizing water consumption. For this purpose, the required data for the three years 2016-2018 were collected from various provincial and national institutions, and the average data of the mentioned three years were used to propose the optimal pattern of crop cultivation in the form of each of the mentioned goals. In this research, 12 important crops cultivated in this plain have been used. The results showed that the two crops of rainfed chickpea and nut sunflower were introduced as the suggested optimal model with the aim of maximizing the gross profit by cultivating the entire agricultural land of the plain with approximately 57 thousand hectares and 5500 hectares respectively and gross profit of 1614 billion Rials. In the proposed cultivation model with the aim of minimizing water consumption, the re-cultivation of rainfed chickpeas and nut sunflowers on an area equal to 57.600 hectares and 5300 hectares will result in the optimization of water consumption. In other words, two goals of profit maximization and water consumption minimization will be achieved by sub-cultivating dry peas and sunflower seeds.

keywords*:* Cropping pattern, Linear programming of food security, Optimization, Sustainable agriculture

* Corresponding author (s_soufizadeh@sbu.ac.ir)