Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2019.267849.668036 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۶، آبان ۱۳۹۸ (ص ۱۳۶۱- ۱۳۵۱)

Optimization of Cropping Pattern and Water Resources at Different Levels of Irrigation for Hot and Dry Areas (Case study: Dehloran Plains, Ilam Province)

HAMIDREZA SHAKARI[1], MOHSEN NAJARCHI[2*], REZA JAAFARNIA[3], SHAHROO MOKHTARI[4], HAMZEH ALI ALIZADE[5]

1. Graduated PhD of Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak,Iran
2. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak,Iran
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak,Iran
4. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak,Iran
5. Assistant Professor, Department of Water and Soil Engineering, Faculty of Agriculture, University of Ilam,Iran

(Received: Oct. 28, 2018- Revised: Jan. 5, 2019- Accepted: Jan. 19, 2019)

ABSTRACT

The objective of this research was to save water resources, using nonlinear programming model to optimize the crop pattern under full and deficit irrigation techniques in eight observation fields for eleven predominant irrigated crops, including winter wheat, barley, rapeseed, autumn sugar beet, corn, sorghum, tomato, onion and potatoes, bean and autumn watermelon in the downstream lands of Doyraj Dehloran reservoir located in the southwest of Iran. The yield reduction and net income of each crop were calculated for 50, 60, 70, 80, 90 and 100% of water requirements during the growing season. The objective function for maximizing net profit with different constraints including constant cultivated area was determined for the existing cropping pattern, the policies of the Ministry of Agriculture Jihad and the proposed pattern. In the case of full irrigation, the results showed that the net profit of the Ministry of Agriculture Jihad cropping pattern was increased 1.33, 1.19 and 1.05% for 100, 90 and 80% of water requirement, respectively. Under deficit irrigation conditions (90 and 80%), water resources are saved 18 and 34%, respectively. The proposed cropping pattern, including four crops of wheat, canola, autumn sugar beet and grain corn increased the net profit of 60, 70, 80 and 90% of the crop water requirement treatments by 14.4, 33.6, 54 and 74.7%, respectively, as compared to the existing cropping pattern. In the proposed deficit irrigation treatments, the water resources were saved 60%, 49%, 35% and 19%, respectively. The results of nonlinear programing model showed that the optimization of cropping pattern with deficit irrigation technique, not only increases the net profits, but also it can be effective in conserving surface and ground water resources.

Keywords: Hot and dry climate, Nonlinear programming, Water use efficiency, Application efficiency, Irrigation levels

* Corresponding Author's Email: m-najarchi@iau-arak.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بهینه‌سازی الگوی کشت و منابع آب در سطوح مختلف آبیاری برای مناطق گرم و خشک (مطالعه‌ی موردی، دشت‌های دهلران استان ایلام)

حمیدرضا شکری[۱]،محسن نجارچی*[۲]،رضا جعفری نیا[۳]، شهرو مختاری[۴]، حمزه علی علیزاده[۵]

۱. دانش آموخته دکتری آبیاری زهکشی، گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۲. استادیار، گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۳. استادیارگروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۴.گروه مهندسی آب، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۵. استادیار گروه مهندسی آب،دانشکده کشاورزی،دانشگاه ایلام،ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۶- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹)

چکیده

این پژوهش با هدف صرفه‌جویی در منابع آب با رویکرد تکنیک‌های کم‌آبیاری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی با اعمال بهینه‌سازی الگوی کشت موجود در هشت مزرعه مشاهداتی برای یازده محصول آبی غالب، شامل گندم زمستانه، جو، کلزا، چغندرقند پاییزه، ذرت دانه‌ای، سورگوم، گوجه فرنگی، پیاز و سیب زمینی، باقلا سبز و هندوانه پاییزه در اراضی پایاب سد مخزنی دویرج دهلران واقع در جنوب غرب کشور انجام گردید. کاهش عملکرد و سود خالص حاصل از کشت هر محصول برای سطوح نیاز آبی ۵۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪، ۹۰٪ و ۱۰۰٪ در طول فصل رشد محاسبه گردید. تابع هدف برای بیشینه نمودن سود خالص با محدودیت‌های مختلف از جمله ثابت بودن سطح زیر کشت، برای سناریوهای الگوی کشت موجود، سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی و الگوی پیشنهادی محاسبه گردید. نتایج مقایسه سناریوها نشان داد در شرایط آبیاری کامل، سود خالص الگوی کشت وزارت کشاورزی نسبت به الگوی کشت موجود، ۱/۳۳٪ و برای ۹۰٪ و۸۰٪ نیاز آبی به‌ترتیب ۱/۱۹٪، ۱/۰۵٪ افزایش گردید، در این شرایط به‌ترتیب ۱۸٪ و ۳۴٪ از منابع آب صرفه‌جویی گردید. همچنین نتایج الگوی کشت پیشنهادی محصولات گندم، کلزا، چغندر پاییزه و ذرت دانه‌ای نشان داد که سود خالص سناریوهای نیاز آبی ۶۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪ و۹۰٪ به‌ترتیب ۱۴/۴٪، ۳۳/۶٪، ۵۴٪، ۷۴/۷٪ نسبت به شرایط الگوی کشت موجود افزایش یافت و به میزان ۶۰٪، ۴۹٪، ۳۵٪ و ۱۹٪، از منابع آب صرفه‌جویی گردید. استفاده از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی نشان داد با بهینه‌سازی الگوی کشت همراه با تکنیک کم آبیاری علاوه بر افزایش سود خالص وصرفه‌جویی مصرف آب کشاورزی نسبت به شرایط کشت موجود، می‌تواند در حفظ و پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم و خشک، برنامه‌ریزی غیرخطی، بهره‌وری آب، راندمان کاربرد، سطوح آبیاری

مقدمه

مهمترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی، تولید بیشتر غذا با آب کمتر می‌باشد. این هدف تنها در صورتی تحقق می‌یابد که راهکارهای مناسبی برای استفاده مؤثرتر ازمنابع آب در بخش کشاورزی به کارگرفته شوند (Parhizkari *et al*., 2015). الگوی کشت بهینه با میزان آب مصرفی، تولید و سود بهینه در تعامل بوده و از این رو می‌تواند از دو جنبه افزایش درآمد و کارایی مصرف آب، نقش قابل‌توجهی در بهبود مدیریت شبکه‌های آبیاری ایفا نماید (Nazarifar and Momeni, 2011). محدودیت منابع آب و پایین بودن عملکرد اغلب شبکه‌های آبیاری، ضرورت توجه بیش از پیش به بازنگری و اصلاح مدیریت توزیع و بهره‌برداری آب و اتخاذ رویه‌های اصولی و کارا به منظور استفاده بهینه از منابع آب موجود را ضروری می‌نماید (Nazarifar *et al*., 2018). بهینه‌سازی الگوی کشت با رویکرد تکنیک‌های کم‌آبیاری و لحاظ‌نمودن محصولات استراتژیک با ضریب حساسیت پایین به کم‌آبیاری در الگوی کشت بهینه، یکی از مهمترین راه‌کارهای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی و جلوگیری از مصرف بی‌رویه منابع آبهای سطحی و زیرزمینی به ویژه برای مناطق گرم و خشک که با کمبود آب مواجه هستند، می‌باشد (Dehestani *et al*., 2011). آبیاری کامل برای به‌دست آوردن حداکثر محصول در واحد سطح که مربوط به ظرفیت ژنتیکی گیاه است در مناطقی که آب کافی در دسترس است، قابل قبول است. در مناطق خشک و نیمه خشک باید از

*نویسنده مسئول: m-najarchi@iau-arak.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

تکنیک کم‌آبیاری برای حداکثر بهره‌وری اقتصادی استفاده شود (Azimi *et al*., 2013). نظر به اینکه اثر شدت، مدت و زمان اعمال کمبود آب بر روی عملکرد محصول متفاوت است لذا مد سازی واکنش محصول به کمبود آب بسیار سخت و پیچیده است (Hsiao *et al*., 1976). توابع تولید به طور گسترده در تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی پاسخ عملکرد محصول به آب، مورد استفاده قرار گرفته است. واکنش عملکرد به آب در نشریه ۳۳ آبیاری و زهکشی فائو (Doorenbos, J. and A.H. Kassam, 1979)، مورد بحث قرار گرفته است. مدل زمانبندی آبیاری کراپ وات (Smith,1992) نیز یکی دیگر از نرم افزارهای توسعه یافته به وسیله فائو است که کمبود آب را به همین روش شبیه‌سازی می‌کند. این روش بصورت حاصل ضربی میزان عملکرد را در برابر کاهش آب آبیاری برآورد می‌نماید. نتایج نشان می‌دهد که تابع تولید عملکرد محصولات زراعی نسبت به آب مصرفی یک تابع درجه دوم می‌باشد وغیرخطی بودن توابع تولید به علت وجود نفوذ عمقی و رواناب سطحی می‌باشد (Fereres and Soriano. 2007; GarcíaVilaa and Fereresa. 2012). برای بهینه سازی الگوی کشت در یک دشت یا منطقه، مدل ها و روش های مختلفی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به برنامه‌ریزی خطی (Kangrang and Compliew, 2010; Shreedhar *et al*., 2015) برنامه‌ریزی غیرخطی (Chiu *et al*., 2010) الگوریتم ژنتیک (Ghasemi *et al*., 2016) منطق فازی (Mirkarimi *et al*., 2013)و الگوریتم سلسله مراتبی (Hassani *et al.,* 2016) اشاره کرد. محققین متعددی با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی به روش غیرخطی، مطالعاتی را در زمینه الگوی کشت بهینه به منظور بیشینه‌سازی سود خالص از اراضی کشاورزی انجام داده‌اند. (Banihabib *et al*., 2015) از روش برنامه‌ریزی غیرخطی برای بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت در شرایط کم‌آبیاری در استان‌های تهران و البرز استفاده نمودند نتایج نشان داد با تغییر در الگوی کشت محصولات و استفاده از تکنیک کم آبیاری، در بهینه ترین حالت، سود اقتصادی بخش کشاورزی استان تهران ۲۳/۵ درصد در مقایسه با شرایط فعلی الگوی کشت و آبیاری، افزایش می یابد.(Garga and Dadhich (2014 از روش کم‌آبیاری و برنامه‌ریزی غیرخطی برای بهینه‌سازی الگوی کشت و منابع آب سطحی و زیرزمینی در اراضی حوزه ایندوس هند استفاده نمودند. نتایج آنها نشان داد سود خالص الگوی کشت بهینه در مقایسه با الگوی موجود ۹۲/۵درصد افزایش یافت. (Parhizkari *et al*., 2015) از روش کم‌آبیاری توأم با کاهش آب در دسترس و برنامه-ریزی غیرخطی برای بهینه‌سازی منابع آب و الگوی کشت تحت سناریوهای ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد بر الگوی کشت موجود مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که بکارگیری روش کم‌آبیاری توأم با سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس اگرچه منجر به کاهش سود ناخالص کشاورزان می‌شود، اما به حفظ و پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی استان قزوین کمک شایانی می‌کند. Osama *et al*. (2017) با حفظ محصولات استراتژیک و افزایش محصولات با سود و قیمت فروش بالا و kassahun *et al*. (2015) و Shreedhar *et al*. (2015) با بهینه نمودن سطح زیر کشت و استفاده از تکنیک‌های کم‌آبیاری ضمن افزایش سودخالص، بهره-وری مصرف آب را افزایش دادند. در این تحقیق با توجه به کمبود شدید منابع آب و نداشتن الگوی کشت مناسب برای دشت‌های دهلران که در اقلیم گرم و خشک قرار دارند مدلی ارائه گردید که در صورت اجرایی شدن می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف آب و افزایش درآمدها به حفظ و پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی کمک نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

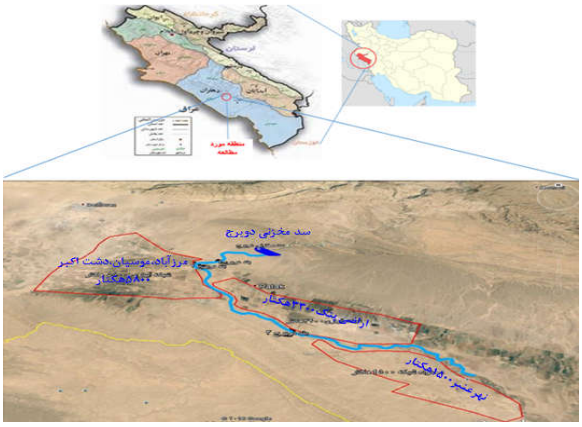
محدوده مورد مطالعه در شهرستان دهلران واقع در جنوب غرب کشور در فاصله ۲۲۰ کیلومتری جنوب غربی مرکز استان ایلام قرار دارد و از شمال به شهرستان دره شهر، از شرق به شهرستان آبدانان، از جنوب شرقی به شهرستان دزفول، از جنوب و غرب به کشور عراق و از شمال‌غربی به شهرستان مهران محدود می‌گردد. وسعت شهرستان دهلران ۶۸۱۷ کیلومترمربع است. ارتفاع مرکز شهرستان از سطح دریا ۲۳۰ متر است.

شبکه آبیاری دویرج دشت دهلران

شبکه آبیاری دویرج واقع در استان ایلام، شهرستان دهلران با موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و۱۷ دقیقه تا ۴۷درجه و۲۲دقیقه طول شرقی و۳۲درجه و۳۲دقیقه تا ۳۲ درجه و۳۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. مساحت خالص شبکه آبیاری، ۱۰۶۸۰ هکتار و میزان آب سالیانه تخصیص داده شده به‌آن ۱۲۳/۶میلیون متر مکعب درسال می‌باشد که مقدار ۱۰۲ میلیون متر مکعب آن از آب سد مخزنی شهدای محرم و ۲۱/۶ میلیون متر مکعب دیگرآن از ۶۱ حلقه چاه آب کشاورزی تامین می‌گردد. (Studies of Iran Water Resources,2012 Management Company).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. موقعیت دشت‌های مورد مطالعه در تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث

برآورد نیاز آبی محصولات الگوی کشت

برای محاسبه نیاز آبی الگوی کشت با استخراج مقادیر اولیه ضرایب رشد از جداول نشریه ۵۶ سازمان خوار و بار جهانی (Richard *et al*.,1998) برای هر محصول و با استفاده از داده‌های آماری ۲۳ ساله (۱۳۷۲-۹۵) از ایستگاه هواشناسی شهرستان دهلران، پارامترهای اقلیمی سرعت باد در ارتفاع ۲متری و درصد رطوبت نسبی و ارتفاع گیاه، ضرایب مراحل میانی و پایانی رشد محصولات واسنجی شد. برای ضرایب حساسیت به کم‌آبیاری محصولات ذکر شده در الگوی‌های کشت، از اطلاعات نشریه شماره ۶۶ سازمان خوار و بار جهانی (FAO) Pasquale *et al*., (2012) و طول مراحل مختلف رشد از داده‌های مرکز تحقیقات کشاورزی استان ایلام استفاده گردید. با توجه به داده‌های تبخیر وتعرق گیاه مرجع، نتایج آزمایش‌های خاک مزارع و همچنین ضریب گیاهی اصلاح شده و تدوین تقویم زراعی، انطباق آن با مقادیر نشریه فائو ۵۶ برای اقلیم گرم وخشک داده شد و با اندازه-گیری راندمان آبیاری در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در هشت مزرعه که به روش دبی ورودی و خروجی در اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری پایاب سد مخزنی در سطح ۱۰۶۰۰ هکتار که غالبا آبیاری آن به روش نواری بود، انجام گردید و پارامترهای راندمان کاربرد، راندمان نیاز آبی، کفایت آبیاری، میزان رواناب، مقدار تلفات نفوذ عمقی به‌دست آمد. نیاز آبی محصولات الگوی کشت منطقه با استفاده از نرم‌افزار کراپ وات نسخه ۸ به روش فائو پنمن مانتیث برآورد گردید.

در این تحقیق از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی برای بهینه-سازی استفاده شد و بهینه‌سازی در سه سناریو برای الگوی کشت موجود، وزارت جهاد کشاورزی (سیاست‌ها) و الگوی کشت پیشنهادی با در نظر گرفتن کم آبیاری در سطوح ۵۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪، ۹۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی انجام گردید و از نرم افزار LINGO نسخه ۱۴ استفاده شد.

برای به دست آوردن عملکرد هر یک از محصولات به ازای مقادیر مختلف آب آبیاری از رابطه (۱ و ۲) روش جنسن Jensen, (1968) استفاده شد.

$$1-\frac{Y_a}{Y_m}=\mathrm{K_y}\left(1-\frac{\mathrm{ET}a}{\mathrm{ET_m}}\right) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن، Y_a: عملکرد واقعی محصول (کیلو گرم بر هکتار)، Y_m: عملکرد ماکزیمم (کیلوگرم بر هکتار)، ET_a: تبخیر و تعرق واقعی (میلی متر)، $\mathrm{ET_m}$: تبخیر و تعرق ماکزیمم (میلی متر)، $\mathrm{K_y}$: ضریب حساسیت گیاه به کم آبی است.

برای محاسبه ضریب حساسیت گیاه به کم آبی در کل دوره رشد از رابطه حاصل‌ضربی (رابطه شماره ۲) استفاده گردید (Jensen, 1968).

$$\frac{\mathrm{Y_a}}{\mathrm{Y_m}}=\prod_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}}\left[1-\mathrm{K_{y,i}}\left(1-\frac{\mathrm{ETa,i}}{\mathrm{ET_{m.i}}}\right)\right] \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه $\mathrm{K_{y,i}}$: ضریب حساسیت گیاه به کم‌آبی در مراحل مختلف رشد و N: تعداد مراحل رشد گیاه است.

هزینه‌های تولید، طول دوره رشد و تاریخ کاشت و برداشت محصولات الگوی کشت از طریق مصاحبه با محققین مرکز تحقیقات، کارشناسان خبره معاونت تولیدات گیاهی و واحد آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام به‌دست آمد و در محاسبات این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت(Agriculture organization of ilam province,2015).

مقدار سود خالص که از تفاضل درآمد ناخالص و هزینه نهاده‌های تولید حاصل گردید، برای سطوح نیاز آبی و عملکرد حاصل از آن، از رابطه (۳) برای هر محصول بدست آمد (Najarchi, 2013).

(رابطه ۳)

$$N_r=Y_a\times C_p-(T_{ve}\times\frac{Y_a}{Y_m}+L_e\times N_i+F_e+W_c\times G_v+E_w\times G_v)$$

که در آن N_r: سود خالص برای هر محصول (ریال در هکتار)، Y_a: عملکرد واقعی محصول (کیلوگرم در هکتار)، C_p: قیمت محصول (ریال در کیلوگرم)، T_{ve}: کل هزینه‌های متغیر

www.SID.ir

Archive of SID

برای دستیابی به بیشترین عملکرد (ریال در هکتار)، $\frac{Y_a}{Y_m}$ نسبت عملکرد واقعی محصول به عملکرد ماکزیمم، L_e: هزینه کارگری برای هر آبیاری (ریال در هکتار)، N_i: تعداد آبیاری برای هر محصول، F_e هزینه‌های ثابت هر محصول (ریال در هکتار)، W_c: هزینه آب آبیاری (ریال به ازای هر متر مکعب)، G_v: حجم ناخالص آبیاری، و E_w: هزینه انتقال و توزیع و کاربرد آب آبیاری (ریال در هکتار). با استفاده از معادله فوق سود خالص برای هر محصول برای سطوح ۵۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪، ۸۰٪، ۹۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی محاسبه گردید. به استناد مطالعات اقتصادی، اجرای سد مخزنی دویرج و شبکه آبیاری و بازنگری آن بر اساس تعرفه های سال۱۳۹۶، توسط شرکت منابع آب ایران، قیمت تمام شده هر متر مکعب آب تا سر مزرعه برای منطقه مورد مطالعه ۱۰۵۴ریال محاسبه شده است (Studies of Iran Water Resources,2012 Management Company).

تابع سود حاصل از آب آبیاری

رابطه بین سود خالص و آب مصرفی برای هر محصول از طریق رگرسیون درجه یک و دو برای کلیه سطوح کم‌آبیاری در محیط نرم‌افزار Excel استخراج گردید و بر اساس کمترین میزان RMSE و بالاترین میزان R^2 تابع عملکرد نسبی محصولات برای رگرسیون درجه دوم حاصل گردید که در جدول (۱) نشان داده شده است. برای به دست آوردن سود خالص به ازای سطوح مختلف نیاز آبی برای محصولات الگوی کشت از رابطه شماره (۴) استفاده گردید (Najarchi, 2013).

$$N_{ri}=a_0+a_1W_i+a_2W_i^2 \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

که در آن N_{ri}: تابع سود یا درآمد خالص برای محصول iام برحسب هزار ریال در هکتار, $a_0 a_2$,a_1 ,: ضرایب ثابت و W_i: آب مصرفی برای محصولi ام می‌باشد.

برای حداکثرنمودن سود خالص حاصل از کشت محصولات مختلف، تابع هدف به صورت رابطه شماره (۵) تعریف گردید .

$$\text{MaX: } Z=\sum_{i=1}^{n} N_{ri}\times A_i \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

در این رابطه A_i : سطح زیر کشت محصول iام بر حسب هکتار می‌باشد.

محدودیت ها

محدودیت آب در دسترس

یکی از چالش‌های اصلی کشاورزی در منطقه گرم و خشک، کمبود منابع آب می باشد. حداکثر تخصیص آب قابل دسترس از سد مخزنی و چاه‌های آب کشاورزی ۱۲۳/۶ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد که به عنوان یک محدودیت به مدل معرفی شد. این محدودیت با توجه به سطوح مختلف کم‌آبیاری در بهینه‌یابی الگوی کشت تغییر می‌نماید.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \times A_i \le NIW \qquad \text{(رابطه ۶)}$$

که در آن: w_i آب مورد نیاز برای محصول (iام) در هکتار و NIW: حجم آب خالص قابل دسترس است.

محدودیت زمین

محدودیت اراضی کشاورزی با توجه به مساحت کل شبکه و سطحی که هر ساله به عنوان آیش در نظر گرفته می‌شود وارد مدل گردید که بیشترین مقدار آن برای حالتی است که هیچگونه سطح آیشی برای مدل در نظر گرفته نشود و برابر ۱۰۶۸۰ هکتار می‌باشد.

$$\sum_{i=1}^{n} A_i \le A_t$$

A_t : کل مساحت زمین در دسترس برای کشت در فصول مختلف سال

جدول ۱. تابع عملکرد نسبی محصولات نسبت به آب آبیاری

محصولات کشاورزی	تابع عملکرد نسبی	محصولات کشاورزی	تابع عملکرد نسبی
گندم	y = -۳E-۲/۰۵w ²+ ۸۹۱۸w + ۵۰۸۱	سیب زمینی	y = -۶E-۵/۰۵w ²+ ۳۲۶۵w + ۱۰۲۰۷
کلزا	y = -۷/۰w ² + ۵۴۰۴/۰۰۰۶w + ۱۴۵۴۷	پیاز	y = -۷/۰w ²+ ۲۸۴۹/۰۰۰۲w + ۵۳۸۹
جو	y = -۴/۰w ²+ ۵۲۴۶/.۰۰۰۴w – ۳۱۶۰/۵	باقلا سبز	y = -۵/۰w ²+ ۴۱۰۱/۰۰۰۲w – ۱۵۸۹/۵
ذرت دانه‌ای	y = -۴E-۲/۰۵w ²+ ۵۰۵۱w + ۷۴۰/۵	هندوانه پاییزی	y = -۱۱/۰w ²+ ۸۰۲/۰۰۰۸w + ۹۰۰/۶۸
سورگم علوفه‌ای	y = -۴E-۲/۰۵w ²+ ۲۵۸۸w + ۴۰۵۹/۷	گوجه	y = -۸E-۵/۰۵w ²+ ۱۲۳۵w + ۴۸۲۸/۶
چغندر پاییزه	y = -۰/۸/۰۰۰۲۰w ²+۸۷۸۳w + ۱۵۰۶۶	-	-

محدودیت سناریوهای الگوی کشت

الف) محدودیت‌های الگوی کشت وزارت کشاورزی

برای تعیین سطوح الگوی کشت وزارت کشاورزی با مصاحبه حضوری با معاونت تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان ایلام و استناد به سیاست‌های بالادستی برای منطقه مورد مطالعه، محدودیت‌های ذیل در الگوی کشت وزرات کشاورزی در نظر

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته شد. شایان ذکر است الگوی کشت مورد نظر سیاست‌های وزارت کشاورزی تا اکنون در منطقه اجرا نشده است.

محدودیت‌ها در کشت زمستانه برای آبیاری کامل

A1: سطح زیر کشت گندم حداکثر ۵۰ درصد کل اراضی
$A1 \leq 0.50 \times At$

A2: سطح زیر کشت محصول جو با میزان حداکثر ۵ درصد کل اراضی $A2 \leq 0.05 \times At$

A3: سطح زیر کشت محصول کلزا حداکثر ۱۷درصد کل اراضی
$A3 \leq 0.17 \times At$

A4: سطح زیر کشت محصول چغندرقند با میزان حداکثر۲۰درصد کل اراضی $A4 \leq 0.20 \times At$

A5: سطح زیر کشت محصول باقلا سبز با میزان حداکثر ۵ درصد کل اراضی $A5 \leq 0.05 \times At$

A6: سطح زیر کشت محصول سیب زمینی با میزان حداکثر ۱/۵ درصد کل اراضی $A6 \leq 0.015 \times At$

A7: سطح زیر کشت محصول پیاز با میزان حداکثر ۱/۵ درصد کل اراضی $A7 \leq 0.015 \times At$

– محدودیت ها الگوی وزارت کشاورزی در کشت تابستانه برای آبیاری کامل

در کشت تابستانه دو محصول ذرت دانه‌ای و سورگوم علوفه‌ای لحاظ شده است

A10: ذرت دانه ای، برابر با ۷۰ درصد مجموع سطح زیر کشت $A10=0.7 \times (A10+A11)$

A11: سورگوم علوفه‌ای، برابر با ۳۰ درصد مجموع سطح زیر کشت $A11=0.3 \times (A10+A11)$

محدودیت‌های الگوی کشت پیشنهادی

با توجه به پتانسیل مکانیزاسیون بخش کشاورزی و شروع به احداث کارخانه تولید قند در منطقه مورد مطالعه و لحاظ تناوب زراعی، محدودیت‌های سطح زیر کشت ذیل در الگوی پیشنهادی برای بهینه‌سازی سود خالص نسبت به الگوی کشت موجود لحاظ گردید.

محدودیت‌ها در کشت زمستانه برای آبیاری کامل:

A1: گندم حداقل ۲۰ درصد کل سطح اراضی قابل کشت $A1 \geq 0.2 \times At$

A2: کلزا حداقل ۳۰ درصدکل سطح اراضی قابل کشت $A2 \geq 0.3 \times At$

A3: چغندرقند پاییزه حداکثر ۵۰ درصد کل سطح اراضی قابل کشت $A3 \leq 0.5 \times At$

A4: چغندرقند پاییزه حداکثر۵۰ درصد کل سطح اراضی قابل کشت $A1+A2+A3=10680$

محدودیت‌ها الگوی پیشنهادی در کشت تابستانه برای آبیاری کامل

باقی‌مانده منابع آب حاصل از سد مخزنی و چاه‌های آب کشاورزی به محصول استراتژیک ذرت دانه‌ای با درصد سطح ثابت ذیل اختصاص گردید.

A4 : ذرت دانه‌ای با سطح ثابت ۱۷ درصد کل اراضی $A4=0.17 \times At$

در فرآیند بهینه‌سازی سود خالص حاصل از سناریوهای نیاز آبی این پژوهش، برای سطح زیر کشت به میزان ثابت ۱۰۶۸۰ هکتار در نظر گرفته شد و آب صرفه‌جویی شده حاصل از بهینه-سازی سناریوهای کم‌آبیاری در منابع آب سد مخزنی و چاه‌های آب کشاورزی ذخیره گردید.

نتایج و بحث

نتایج محاسبات راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده در شکل (۲) نشان داده شده است. حداقل و حداکثر راندمان کاربرد به‌ترتیب ۶۰/۳ و ۸۰/۵ درصد و میانگین آن ۶۹/۷ درصد به‌دست آمد که از متوسط راندمان کاربرد بیان شده با میزان۵۳/۶ درصد، توسط عباسی و همکاران (Abbasi *et al*., 2017) در کشور بیشتر است. از عمده دلایل افزایش راندمان کاربرد آب آبیاری و کاهش تلفات نفوذ عمقی، در کم‌آبیاری‌های اعمال شده ناشی از سوء مدیریت کشاورزان در آبیاری مزارع عنوان می‌شود. همچنین از دلایل بالا بودن رواناب، به‌میزان زیاد گچ (۳۱ درصد) در خاک کرت مورد آزمایش و اثر آن در سفت شدن سطح مزرعه می‌توان اشاره کرد.

سود خالص از محصولات الگوی‌های کشت

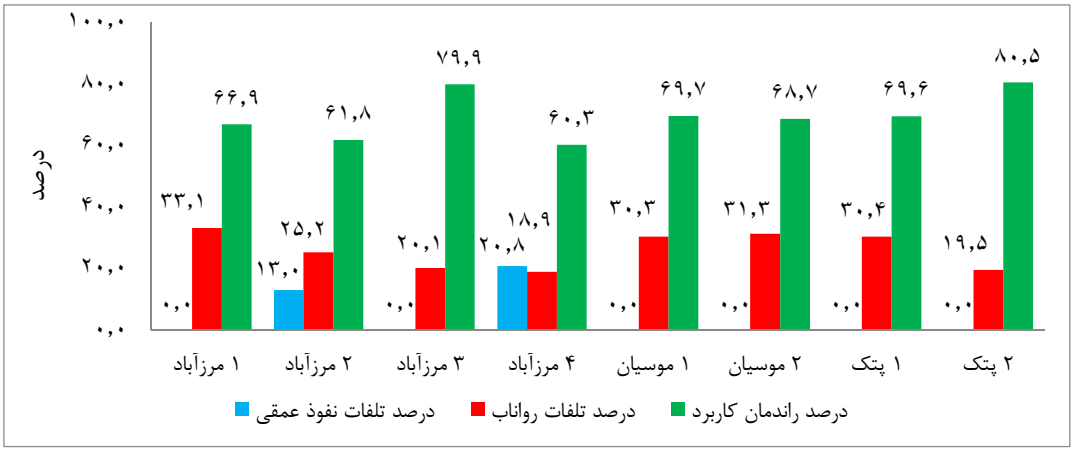
سود خالص محصولات الگوی‌های کشت در شکل (۳) نشان داده شده است. حداقل و حداکثر سود خالص محصولات در الگوی کشت برای منطقه مورد مطالعه به ترتیب به میزان ۹۱۶۰ و ۱۰۰۴۷۰ هزار ریال در هر هکتار برای محصولات جو و چغندرقند پاییزه به‌دست آمد. میزان آب مصرفی در چغندرقند به میزان دو برابر نسبت به محصول گندم بیشتر می‌باشد، اما سود خالص چغندرقند ۳۳۳٪ از سود خالص گندم بیشتر است و به همین دلیل در الگوی کشت وزارت کشاورزی و پیشنهادی به ترتیب با سطح بهینه۲۰ و۵۰ درصد نسبت به الگوی موجود اضافه گردید. در مقابل، سطح زیر کشت گندم در الگوی کشت وزارت کشاورزی و نیز الگوی کشت پیشنهادی نسبت به الگوی کشت موجود، تا میزان۷۰ درصد کاهش یافت. اگر چه محصول جو در الگوی کشت وزارت کشاورزی به عنوان محصول علوفه‌ای اضافه گردید، ولی به دلیل پایین بودن میزان سود خالص در الگوی کشت پیشنهادی حذف گردید.

www.SID.ir

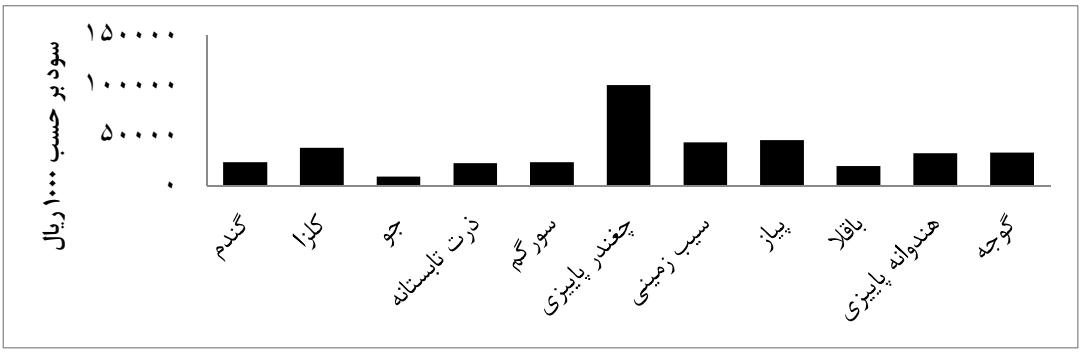
Archive of SID

تراکم کشت در الگوی کشت موجود

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد در سناریو الگوی کشت موجود، گندم با سطح زیر کشت ۹۰/۳ درصد و ذرت دانه‌ای در کشت دوم با ۴۸/۶ درصد به‌ترتیب بیشترین مقادیر را در تراکم کشت به خود اختصاص داده‌اند. محصول کلزا به میزان ۵/۹ درصد و سایر محصولات هر یک با میزان ۰/۹۳ درصد، کمترین میزان را در تراکم کشت دارند. سطح زیر کشت محصولات الگوی کشت موجود ۱۵۹۶۸ هکتار با میزان تراکم ۱۴۸/۵ درصد حاصل گردید.



شکل ۲. تلفات نفوذ عمقی، رواناب و راندمان کاربرد آبیاری



شکل۳. سود خالص محصولات الگوی کشت منطقه مورد مطالعه

بهینه‌سازی سطح کشت در سناریوی آبیاری کامل

نتایج جدول (۲) نشان می‌دهد در الگوی کشت وزارت کشاورزی، سطح بهینه کشت گندم ۵۳۴۰ هکتار معادل ۵۰ درصد کل اراضی است و ۴۰/۳ درصد نسبت به الگوی کشت موجود کاهش یافته است. محصول جو به میزان ۵۳۴ هکتار معادل ۵ درصد، نسبت به الگوی کشت موجود افزایش یافته است. سطح زیر کشت کلزا به میزان ۱۱/۱ درصد افزایش یافت و مجموع مساحت آن به ۱۸۱۵/۶ هکتار رسید. چغندر پاییزه با میزان سطح بهینه ۲۱۳۶ هکتار به میزان۲۰ درصد نسبت به الگوی موجود افزایش یافت. باقلا سبز با ۵ درصد معادل با ۵۳۴ هکتار افزایش گردید و سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای ۲۹/۶ درصد نسبت به الگوی کشت موجود کاهش یافت و به ۲۰۳۲/۳ هکتار رسید. هندوانه پاییزه و گوجه فرنگی از الگوی کشت موجود حذف شدند و محصولات سیب-زمینی و پیاز به میزان ۰/۵۷درصد افزایش یافتند. سطح زیر کشت محصولات در این الگوی کشت به میزان ۱۳۵۸۳ هکتار رسید و تراکم کشت با ۱۲۷/۲ درصد کمتر از تراکم الگوی کشت موجود تعیین گردید. در الگوی کشت پیشنهادی، محصولات جو، باقلا سبز، سیب زمینی، سورگوم و سایر صیفی‌جات حذف شدند. در این الگو، سطح زیر کشت گندم ۲۱۳۶ هکتار به‌دست آمد که نسبت به الگوی کشت موجود و الگوی کشت وزارت کشاورزی به‌ترتیب ۷۰/۳ و ۳۰ درصد کاهش یافت. کلزا با میزان ۳۲۰۴ هکتار نسبت به الگوی موجود ۲۴/۱ درصد و نسبت به الگوی وزارت کشاورزی ۱۳درصد افزایش یافت. سطح زیر کشت چغندر پاییزه در این الگو به ۵۳۳۹/۹ هکتار رسید که نسبت به الگوی کشت موجود و الگوی وزارت کشاورزی به ترتیب به‌میزان۵۰ و

www.SID.ir

Archive of SID

۳۰ درصد افزایش گردید. ذرت دانه‌ای نسبت به الگوی کشت موجود به میزان ۳۱/۴ درصد و نسبت به الگوی کشت وزارت کشاورزی ۱/۸ درصد کاهش یافت. سایر محصولات از الگوی کشت پیشنهادی با توجه به سودآوری پایین حذف گردیدند. تراکم الگوی کشت پیشنهادی نسبت به تراکم کشت موجود و سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی به ترتیب ۲۰/۹ و ۷/۶ درصد کاهش یافت.

جدول۲. سطح زیر کشت و تراکم کشت محصولات در الگوی‌های کشت

محصولات	سطح کشت (هکتار)			درصد کشت		
	موجود	سیاست‌ها	پیشنهادی	موجود	سیاست‌ها	پیشنهادی
گندم	۹۶۴۸	۵۳۴۰	۲۱۳۶	۹۰/۳	۵۰	۲۰
جوآبی	-	۵۳۴	-	-	۵	-
کلزا	۶۳۲		۳۲۰۴	۵/۹	۱۷	۳۰
چغندرپاییزه	-	۲۱۳۶	۵۳۳۹/۹	-	۲۰	۵۰
باقلاسبز	-	۵۳۴	-	-	۵	-
ذرت دانه‌ای	۵۱۸۹/۹	۲۰۳۲/۳	۱۸۶۹	۴۸/۶	۱۹	۱۷/۲
سورگم علوفه‌ای	-	۸۷۱	-	-	۸/۲	-
سیب زمینی	۱۰۰	۱۶۰/۲	-	۰/۹۳	۱/۵	-
پیاز	۱۰۰	۱۶۰/۲	-	۰/۹۳	۱/۵	-
هندوانه پاییزه	۱۰۰	-	-	۰/۹۳	-	-
گوجه	۱۰۰	-	-	۰/۹۳	-	-
درصد تراکم کشت	-	-	-	۱۴۸/۵	۱۲۷/۲	۱۱۷/۵
جمع کل	۱۵۸۶۹	۱۳۵۸۳	۱۲۵۴۸	-		-

نتایج بهینه‌سازی سود خالص و آب مصرفی

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که در الگوی کشت وزارت کشاورزی و در آبیاری کامل، سود خالص ۳۲/۶٪، در سطوح آبیاری۹۰ و۸۰ درصد به‌ترتیب ۱۴٪ و ۳/۸٪ نسبت به الگوی کشت موجود افزایش یافت. به ترتیب ۱۸/۱٪ و ۳۳/۸٪ از منابع آب در مقایسه با الگوی کشت موجود ذخیره گردید. در سطح کم‌آبیاری ۷۰٪ نیاز آبی، درآمد خالص ۸/۷ درصد کمتر از شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد اما به میزان ۴۷/۲ درصد در مصرف منابع آب صرفه‌جویی گردید. نتایج الگوی کشت پیشنهادی محصولات گندم، کلزا، چغندر پاییزه و ذرت دانه‌ای در جدول شماره (۴) نشان می‌دهد که سود خالص حاصل از آبیاری کامل، ٪۹۷ نسبت به الگوی کشت موجود افزایش می‌یابد و برای سطوح آبیاری ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ نیاز آبی، سود خالص به‌ترتیب ۱۶، ۳۵/۵، ۵۶/۲، ۷۷/۱ درصد نسبت به الگوی موجود افزایش یافته و صرفه‌جویی در مصرف آب به‌ترتیب ۶۰/۴، ۴۸/۷، ۳۵، ۱۸/۹ درصد حاصل گردید. نتایج حاصل از سود خالص بهینه‌سازی الگوی کشت پیشنهادی برای سناریوی ۱۰۰٪ نیاز آبی این تحقیق با نتایج سود خالص حاصل از پژوهش Garga and Dadhich (2014) در منطقه ایندوس هند (با میزان ۹۲/۵درصد) مطابقت دارد.

همچنین در الگوی کشت پیشنهادی، سود خالص تیمار ۵۰٪ آبیاری به میزان ۱/۸٪ از الگوی کشت موجود کاهش می‌یابد و در این شرایط ذخیره منابع آب به مقدار ۷۰/۲ درصد حاصل می‌گردد که با نتایج Parhizkari *et al*. (2015) برای سطوح کم-آبیاری۱۰٪ تا ۴۰٪ نیاز آبیاری، با صرفه‌جویی ۶۲/۵ تا ۲۵۰ میلیون مترمکعب آب در الگوی کشت بهینه نسبت به الگوی موجود مطابقت دارند.

مقادیر بهره‌وری الگوی کشت پیشنهادی منطقه مورد مطالعه (شکل ۴) برای سطوح آبیاری ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ درصد نیازآبی، نشان داده شده است. در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی افزایش چشمگیری در بهره‌وری محصولات الگوی کشت حاصل شده است به طوری که در این سطح از آبیاری میزان بهره‌وری محصولات گندم، کلزا، ذرت و چغندر پاییزه به ترتیب تا ۱/۱۳، ۱/۰۴، ۰/۹۸، ۷/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب افزایش داشته است.

نتایج بهینه‌سازی منابع آب

برای بهینه‌سازی منابع آب سد مخزنی از داده‌های آماری ۵۰ ساله آبدهی رودخانه دویرج منتهی به سال ۱۳۹۵ شر کت آب منطقه‌ای استان و با در نظر گرفتن تخصیص‌های زیست محیطی، شرب، مصارف صنعتی و میزان تبخیر از سطح دریاچه سد برای بررسی عملکرد سد مخزنی و چاه‌های آب کشاورزی جهت رسیدن به حالت بهینه از مدل شبیه سازی MODSIM استفاده گردید.

جدول (۴) نتایج بهینه‌سازی حجم آب مورد نیاز ماهانه دوره رشد

www.SID.ir

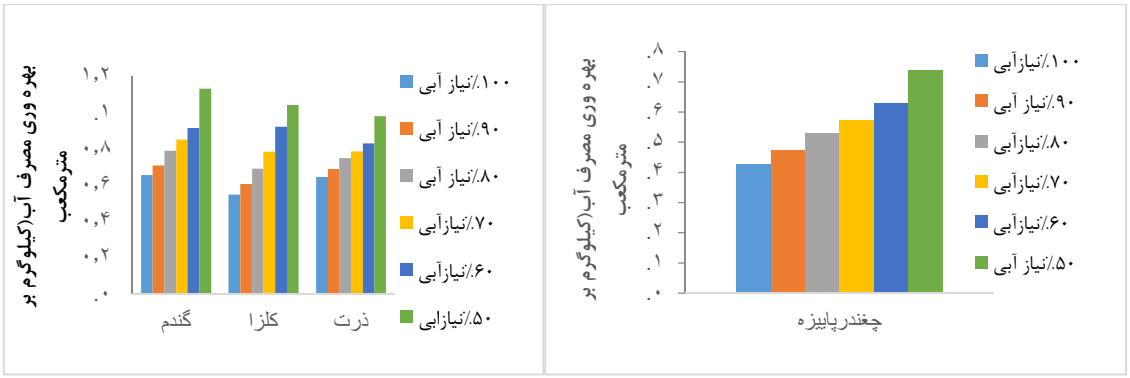
Archive of SID

گیاهان الگوی کشت پیشنهادی را نشان می‌دهد. نتایج شبیه-سازی منابع آب نشان داد، سناریو الگوی کشت پیشنهادی برای آبیاری با ۱۰۰٪ نیاز آبی، به میزان ۳/۴ درصد با کمبود آب رو به رو می‌شود و این میزان کمبود را می‌توان با اعمال مدیریت مصرف آب در مزرعه و افزایش راندمان آبیاری جبران نمود. نتایج بهینه-سازی نشان داد که بیشترین حجم آب مورد نیاز در ماه فروردین به میزان ۲۲/۸۳ درصد کل منابع آب برای محصولات چغندرقند و گندم مورد نیاز است که به میزان ۱۸/۸۴ درصد آن از سد مخزنی دویرج و ۳/۹۹ درصد از آب چاه‌های کشاورزی تامین می‌گردد. کمترین حجم آب مورد نیاز در ماه آذر با میزان ۳/۲۵ درصد منابع آب به محصول کلزا اختصاص یافت که میزان ۲/۶۸ درصد آن از آب سد و ۰/۵۷ درصد آن از آب چاه‌ها تامین می‌شود.

جدول۳. نتایج سود خالص و صرفه‌جویی آب در سناریوهای الگوی کشت

سناریو	سطوح آبیاری	سود (۱۰۰۰ ریال)	مصرف آب (M^3)	صرفه‌جویی آب (M^3)	صرفه‌جویی آب* (٪)	افزایش سود* (۱۰۰۰ ریال)	افزایش سود* (٪)
موجود	۱۰۰	۳۷۷۹۰۵۱۰۰	۱۲۳۶۰۰۰۰۰	-	-	-	-
سیاست ها	۱۰۰	۵۰۱۰۱۳۷۰۰	۱۲۳۶۰۰۰۰۰	۰	۰	۱۲۳۱۰۸۶۰۰	۳۲/۶
	۹۰	۴۴۷۹۹۳۸۰۰	۱۰۱۲۲۳۹۰۰	۲۲۳۷۶۱۴۰	۱۸/۱	۷۰۰۸۸۷۰۰	۱۴
	۸۰	۳۹۴۷۱۴۴۰۰	۸۱۸۸۳۷۲۰	۴۱۷۱۶۲۸۰	۳۳/۸	۱۶۸۰۹۳۰۰	۳/۸
	۷۰	۳۴۳۵۴۹۹۰۰	۶۵۲۳۵۹۸۰	۵۸۳۶۴۰۲۰	۴۷/۲	-۳۴۳۵۵۲۰۰	-۸/۷
	۶۰	۲۹۵۷۷۴۹۰۰	۵۰۹۱۷۱۷۰	۷۲۶۸۲۸۳۰	۵۸/۸	-۸۲۱۳۰۲۰۰	-۲۳/۹
	۵۰	۲۵۲۲۳۱۵۰۰	۳۸۶۵۸۴۱۰	۸۴۹۴۱۵۹۰	۶۸/۷	-۱۲۵۶۷۳۶۰۰	-۴۲/۵
پیشنهادی	۱۰۰	۷۴۴۵۹۰۳۰۰	۱۲۳۶۰۰۰۰۰	۰	۰	۳۶۶۶۸۵۲۰۰	۹۷
	۹۰	۶۶۹۳۸۸۰۰۰	۱۰۰۲۵۰۰۰۰	۲۳۳۴۹۹۹۰	۱۸/۹	۲۹۱۴۸۲۹۰۰	۷۷/۱
	۸۰	۵۹۰۱۱۱۳۰۰	۸۰۳۲۰۲۵۰	۴۳۲۷۹۷۵۰	۳۵	۲۱۲۲۰۶۲۰۰	۵۶/۲
	۷۰	۵۱۲۰۸۰۰۰۰	۶۳۳۸۱۴۷۰	۶۰۲۱۸۵۳۰	۴۸/۷	۱۳۴۱۷۴۹۰۰	۳۵/۵
	۶۰	۴۳۸۳۷۳۲۰۰	۴۹۰۰۲۸۸۰	۷۴۵۹۷۱۲۰	۶۰/۴	۶۰۴۶۸۱۰۰	۱۶
	۵۰	۳۷۰۹۲۷۳۰۰	۳۶۸۵۷۷۲۰	۸۶۷۴۲۲۸۰	۷۰/۲	-۶۹۷۷۸۰۰	-۱/۸

*نسبت به الگوی موجود



شکل ۴. بهره‌وری محصولات الگوی کشت پیشنهادی

جدول۴. تخصیص بهینه حجم آب مورد نیاز ماهیانه برای سناریو پیشنهادی در شرایط ۱۰۰٪ آبیاری

ماه	گندم	کلزا	چغندر پاییزه	ذرت دانه‌ای	آب سد مخزنی	آب چاه‌ها	حجم کل
	(M³/ha)				٪	٪	٪
دی	۰	۰	۹۵۸	۰	۳/۴۲	۰/۷۲	۴/۱۴
بهمن	۷۴۰	۱۸۸۰	۱۰۱۷	۰	۷/۸۹	۱/۶۷	۹/۵۶
اسفند	۲۵۴۰	۱۸۸۰	۲۰۶۰	۰	۱۵/۴۶	۳/۲۷	۱۸/۷۳
فروردین	۳۷۲۰	۰	۳۰۵۲	۰	۱۸/۸۴	۳/۹۹	۲۲/۸۳
اردیبهشت	۰	۰	۲۰۹۰	۰	۷/۴۵	۱/۵۸	۹/۰۳
مرداد	۰	۰	۰	۳۴۳۹	۸/۷۱	۱/۸۴	۱۰/۵۵
شهریور	۰	۰	۰	۳۵۴۰	۸/۹۶	۱/۹۰	۱۰/۸۶
مهر	۰	۰	۹۷۵	۲۲۲۹	۹/۱۲	۱/۹۳	۱۱۰/۰۵
آذر	۰	۱۸۸۰	۰	۰	۲/۶۸	۰/۵۷	۳/۲۵
جمع	۷۰۰۰	۵۶۴۰	۱۰۱۵۲	۹۲۰۸	۸۲/۵۲	۱۷/۴۸	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از روش مدل برنامه‌ریزی غیرخطی نشان داد که برای سطح زیر کشت ثابت، الگوی کشت موجود از نظر سوددهی و صرفه‌جویی در مصرف آب برای منطقه مناسب نمی‌باشد و به تغییر در سطح و نوع محصولات شبکه نیاز است. در این تحقیق، با اجرای الگوی کشت مورد نظر وزارت کشاورزی تا ۲۰٪ کم آبیاری، سود خالص با ۳/۸درصد همچنان بیشتر از الگوی کشت موجود است و در این شرایط نیز می‌توان ۳۳/۸درصد از منابع آب ذخیره کرد. در این پژوهش برای حداکثر سازی سود خالص با در نظر گرفتن محدودیت‌ها، امکانات و زیرساخت‌ها، اقدام به طراحی الگوی کشت پیشنهادی گردید. نتایج نشان داد با اجرای الگوی کشت بهینه (پیشنهادی) و اعمال کم آبیاری تا ۴۰٪، می‌توان سود خالص را همچنان بیشتر از سود حاصل از شرایط کشت موجود افزایش داد و در این شرایط تا ۶۰٪ از منابع آب سد و چاه‌ها صرفه‌جویی و ذخیره شود. استفاده از محصولات با ضریب حساسیت پایین به تنش آبی، افزایش سود خالص محصول چغندرقند پاییزه نسبت به سایر محصولات و کاهش سطح محصولات با نیاز آبی بالا در الگوی کشت پیشنهادی با حفظ تناوب زراعی مناسب (۵۰٪ سطح محصولات گندم و کلزا و ۵۰٪ سطح چغندرقند پاییزه) نسبت به الگوی کشت موجود، منجر به حداکثر نمودن سود خالص وصرفه‌جویی درمنابع آب گردید. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد بهینه‌سازی الگوی کشت و استفاده از تکنیک‌های کم‌آبیاری یک راهکار اساسی و مدیریتی است و می‌تواند برای مناطق گرم و خشک نیز علاوه بر افزایش درآمدهای خالص و ارتقاء بهره‌وری محصولات کشاورزی، در حفظ و پایداری آبهای سطحی و به ویژه منابع آبهای زیرزمینی موثر واقع شود.

REFERENCE

Abbasi, F. Sohrab, F and Abbasi, N. (2017). Assessing the Efficiency of Irrigation Water in Iran, *Journal of Applied Engineering Research on Irrigation and Drainage Structures*, Vol17, No67,113-128 pp. (in Persian).

Azimi, V., Salmasi, F., Entekhabi, N., Tabari, H. and Niaghi, R. (2013). Optimization of Deficit Irrigation Using Non-Linear Programming (Case Study: Mianeh Region, Iran). *Intl J Agri Crop Sci.* 6 (5), 252-260.

BaniHabib,M.E., Hosseinzadeh,M and Ghareh Goz, M. (2015). Compilation of Nonlinear Planning Model for Water Allocation and Cultivar Pattern in Irrigation Condition (Case Study: Tehran and Alborz Provinces). *Iranian Water Researches Journal*, 9(4),159-163.(In Farsi).

Chiu, Y. C., Nishikawa, T., and Yeh, W. W. G. (2010). Optimal pump and recharge management model for nitrate removal in the Warren Groundwater basin, California. *J Water Res. Pl,* 136(3), 299-308.

Dehestani, M., Tavakoli, M., Forodi, M., and Salmani, M. (2011). Challenges and strategies for optimal management of water resources in agriculture, *Fifth National Conference on Watershed Management have improved Soil and Water Resources*, pp: 3-8.

Fereres, E. and Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use.*J. Exp. Bot.* 58, 147–159.

García-Vilaa, M., and Fereresa, E. (2012). Combining the simulation crop model AquaCrop with an economic model for the optimization of irrigation management at farm level. *Europ. J. Agronomy* 36, 21– 31.

Garga, S. and Dadhich, M. (2014). Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. *Agricultural Water Management* (140) 1–13.

Ghasemi, M.M., Karamouz, M. and Shui, L.T. (2016). Farm-based cropping pattern optimization and conjunctive use planning using piece-wise genetic algorithm (PWGA): a case study. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(1), 1-12.

Hassani S, Ramroodi M, Naghashzadeh M. (2016). Designing cropping pattern by using analytical hierarchy process to allow for optimal exploitation of water. Electronic Journal of Biology. 12, 43-47.

Hsiao, T.C., E. Fereres, E. Acevedo, and D.W. Henderson (1976). Water stress and dynamics of growth and yield of crop plants. *Water and plant life. Springer Berlin Heidelberg*, 281-305.

Jensen, M. E. (1968). Water consumption by agricultural plants, in T.T kozlowaki (end). Water deficit and plants growth, vol (11), *academic press, New York.*

Kangrang, A., & Compliew, S. (2010). An application of linear programming model for planning dry-seasonal irrigation system. *Trends in Applied Sciences Research*, 5(1), 64-70.

Kassahun, T.B., Alamirew, A., Olumana, H.D., Ayave, S and Aklog,D. (2015). Optimizing Cropping Pattern Using Chance Constraint Linear Programming for Koga Irrigation Dam, Ethiopia. *Irrigation & Drainage Systems Engineering Journal*,4(2).

Ministry of Jahad-Agriculture. (2015). Office of Statistics and Information Technology, a Report on Prices of Agricultural Crops and Production Costs of Agricultural Crops (in Persian).

Ministry of Energy, Ilam Regional Water Authority (2006). Review of Planning of Water Resources and Water Requirements for the Reservior Dam Dehloran Dam. 708230-2060.

Mirkarimi, S. H., Joolaie, R., Eshraghi, F., & Abadi, F. S. B. (2013). Application of fuzzy goal

www.SID.ir

Archive of SID

programming in cropping pattern management of selected crops in Mazandaran province: Case study of Amol township. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(15), 1062-1067.

Najarchi, M. (2013). Determination of Optimum Water Consumptive Using Deficit Irrigation Model for Winter Wheat (Case study: Arak, Iran). *Natura Journal*, 17(7).

Nazarifar, M.H., and Momeni, R. (2011). Validation and evaluation of plant growth model of CropSyst in determination of proper cropping pattern under deficit irrigation conditions. Case study of Shahid Chamran irrigation and drainage network. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(56), 49-61. (In Farsi).

Nazarifar, M.H, Salari, A and Momeni, R. (2018). Development of a Nonlinear Programming Model for determination of Optimal Cropping Pattern Based on Deficit Irrigation Scenarios.Iranian *Journal of Soil and Water Research*, 49(5):1055-1070.

Osama, S., elkholy, M., Kansoh., R. (2017). Optimization of cropping pattern in Egypt, Alexandria engineering journal.(In Press).

Parhizkari, A., mozaffari ,M.M., khaki,M and Taghizade Ranjbari, H. (2015). Optimal allocation of water and land resources in Rudbaralmoot area using FGFP model. *Water and Soil Conservation Journal*.4(4). (In Farsi)

Pasquale, S., Theodore, C., Hsiao, E. F and Dirk,Rr. (2012). Yield responses to water. *Irrigation and Drainage Paper No*. 66. Rome, FAO.

Richard, G.A., Luis, S.P., Dirk, R and Martin,S. (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). *Irrigation and Drainage Paper*, No. 56. Rome, FAO.

Shreedhar, R., Hiremath, C.G., Shetty, G.G. (2015). Optimization of Croping pattern using Linear Programming Model for Markandeya Command Area. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 6(9), 1311-1326

Smith, M. 1992. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. *FAO Irrigation and Drainage Paper No*. 46. FAO, Rome.

www.SID.ir