نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۰ / شماره ۳ / ۱۳۹۵
DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jwra.2016.107155

تحلیل اقتصادی توابع تولید برای کلزا و خردل در شرایط کم آبیاری در منطقه سیستان

زهرا غفاری مقدم[۱] * و حمیدرضا فنایی

مربی و عضو هیأت علمی پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.

ghaari_m_gh@yahoo.com

استادیار و عضو هیأت علمی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، ایران.

fanay52@yahoo.com

چکیده

به منظور تخمین توابع تولید کلزا و خردل هندی تحت شرایط کم آبیاری، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک واقع در استان سیستان و بلوچستان اجرا گردید. رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از۵۰٪، ۷۰٪ و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده گیاه در خاک)، میزان پتاسیم در سه سطح کاربرد (صفر، ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) بر دو گونه از جنس براسیکا شامل کلزا (هیبرید هایولا ۴۰۱) و خردل (رقم بومی از هند)، فاکتورهای آزمایش بودند. در این پژوهش اثرات کم آبیاری بر توابع تولید، هزینه، سود و درآمد دو گیاه کلزا و خردل هندی مورد بررسی قرار گرفت. چهار نوع تابع تولید شامل درجه دوم، ترانسلوگ، لئونتیف و کاب داگلاس مورد بررسی قرار گرفتند و با استفاده از آزمون ها و معیارهای اقتصاد سنجی بهترین فرم تابع مشخص شد. بهترین شکل تابع از نظر مناسبی برازش در محصول کلزا و خردل تابع درجه دوم تشخیص داده شد. نتایج تحلیل اقتصادی مطالعه نشان داد که تیمار های ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و ۹۰ درصد تخلیه رطوبت خاک به همراه کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم به ترتیب دارای بالاترین سود به ازای آب مصرفی و نسبت منفعت به هزینه می باشند. لذا به عنوان تیمارهای برتر در محصول کلزا و خردل معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، تابع درجه دوم، نسبت منفعت به هزینه، سود به ازای آب مصرفی، کودسولفات پتاسیم.

۱- آدرس نویسنده مسئول: پژوهشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران.

*- دریافت: آبان ۱۳۹٤ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

مقدمه

با سیر افزایشی نرخ رشد جمعیت در جهان، تقاضا برای تولیدات کشاورزی افزایش یافته است. اگرچه گندم، ذرت، برنج و لگوم ها غذای عمده انسان‌ها را تشکیل می‌دهند، اما نقش دانه های روغنی غیرقابل انکار می باشد. به طوری که دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می دهند (شریعتی و قاضی شهنی زاده، ۱۳۷۹). کلزا گیاهی مناسب، برای تناوب با غلات و تولید در مناطق خشک و شور است و به عنوان سومین منبع مهم تامین روغن خوراکی بعد از سویا و نخل روغنی قرار گرفته است (اسکارت و تانگ، ۲۰۰٦و فائو، ۲۰۰۷). خردل هندی نیز به عنوان یک گیاه روغنی مناسب برای مناطق با فصول کوتاه و میزان بارندگی کم معرفی شده است. آب و عناصر غذایی از مهم‌ترین فاکتورهای کنترل‌کننده رشد گیاهان می باشند. با توجه به پیش بینی گرم‌شدن کره زمین، انتظار افزایش شدت و توالی تنش خشکی در مناطق وسیعی از جهان وجود دارد (میهل و تبالدی، ۲۰۰٤) و این بر تولید گیاهان تاثیرگذار خواهد بود، لذا ارائه راهکارهای مدیریتی برای افزایش عملکرد تحت شرایط تشدید خشکی ضروری است. حدود ۷۵ درصد از کل ذخایر آب سرزمین‌های خشک به مصرف بخش کشاورزی می‌رسد. برای بهبود این ذخایر نیازمند افزایش بازده مصرف آب، تولید کشاورزی و همچنین مدیریت مناسب برای استفاده از نزولات آسمانی و مصرف دیگر منابع آبی هستیم.

در این ارتباط مطالعه رفتار گیاهان نسبت به کم آبی و کم آبیاری و برآورد و تاثیر آن در مراحل مختلف رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کمبود آب آبیاری عمده‌ترین عامل بازدارنده در زراعت آبی محسوب می شود. به دلیل بحران فزاینده کمیت و کیفیت منابع آبی، بهینه سازی مصرف آب شایان توجه است. در مناطقی که کمبود آب وجود دارد مصرف بهینه آن غیرقابل اجتناب می‌باشد. از این رو، تلاش برای بهنیه کردن محصول تولیدی در ازای مصرف هرچه کمتر آب منطقی می باشد (قهرمان و سپاسخواه، ۱۳۷۵). در شرایط کمبود آب یکی از راهکارهای مدیریتی موثر و عملی، شیوه کم‌آبیاری است. با استفاده از شیوه کم‌آبیاری می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و ضمن افزایش کارایی مصرف آب سطح بیشتری از محصول را نیز به زیر کشت برد (نادری، ۱۳۸۱). کم‌آبیاری توام با بهنیه سازی مصرف کود، یک راهبرد مطلوب برای حصول تولید مناسب تحت شرایط محدودیت منابع آب است. هدف اصلی از اعمال مدیریت کم آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری-هایی است که کمترین بازدهی را دارند. کم آبیاری به عنوان یک استراتژی سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی مطرح است.

بنابراین تعیین حد بهنیه آب آبیاری با استفاده از مدل‌ها و روابط تجربی- ریاضی و توابع تغییرات مصرف آب- عملکرد، امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (قهرمان و سپاسخواه، ۱۳۷۵). اکبری نودهی (۱۳۹۰) تاثیر کم آبیاری بر عملکرد پنبه، تابع تولید و کارایی مصرف آب را بر روی پنبه رقم ساحل مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که تیمار صفر درصد نیاز آبی و ۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱٦۷۹ و ۳۰۹۹ کیلوگرم در هکتار، کمترین و بیشترین عملکرد در هکتار را داشتند و بر اساس نتایج مطالعه در زراعت پنبه به آبیاری کامل نیاز نبوده و ۷۵ درصد نیاز آبی کفایت می کند. مشعل و همکاران (۱۳۸۷) اثرات کم آبیاری بر توابع تولید و هزینه را در گیاه ذرت رقم سینگل‌کراس ۷۰٤ مورد بررسی قرار دادند. تابع تولید به صورت یک منحنی درجه دوم و تابع هزینه به صورت یک معادله خطی بدست آمد. نتایج همچنین نشان داد که آبیاری کامل، بیشترین عملکرد محصول در واحد سطح را به همراه دارد. آبیاری بیش از نیاز آبی گیاه علاوه بر افزایش هزینه، کاهش محصول را نیز در پی خواهد داشت. ضمنا بیش‌ترین درآمد خالص در تیمار بدون

کاهش مصرف آب به دست می‌آید. عزیزیان و همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی نقش باران فصل رشد، در تابع تولید گندم که دو عامل آب و نیتروژن را شامل می‌شود، پرداخته اند. بیشینه محصول قابل دستیابی بر اساس تابع تولید بدست آمده، ۸/۱۲ تن در هکتار است که با مصرف ۱/۵٦ متر آب و ۱۹۳ کیلوگرم نیتروژن حاصل می شود. کاربرد ۱/٤۷ متر آب و ۱۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار منجر به کسب بیشترین سود در واحد سطح زیر کشت گندم و مصرف ۰/۵۵٦ متر آب و ۱۹۰ کیلوگرم نیتروژن سبب کسب بیشترین درآمد بر واحد حجم آب مصرفی شده است. سپاسخواه و اکبری (۲۰۰۵) اثر بارندگی بر تابع تولید عملکرد–آب مصرفی را بررسی و بر اساس تحلیل کم‌آبیاری به بهینه‌سازی آب آبیاری برای محصولاتی مثل گندم و پنبه پرداختند. تحلیلی نیز بر همین اساس به منظور بهینه‌سازی آب آبیاری و کود نیتروژن برای ذرت توسط زند پارسا و سپاسخواه (۲۰۰۱) انجام شده است. کیانی و کلاته عربی (۱۳۸۸) توابع تولید آب را در شرایط کم آبیاری و آبیاری کامل گندم بدست آوردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مقادیر بهینه عمق آب آبیاری با افزایش مقدار باران فصلی کاهش یافت. مقایسه دو راهبرد کم آبیاری و آبیاری کامل نشان داد که کم آبیاری گزینه کارا در استفاده بهینه از حجم مشخصی از آب و بسیار موثر در افزایش تولید است. داتا و دایال (۲۰۰۰) تابع تولید آب – شوری را برای محصول گندم و خردل برآورد و سپس با استفاده از مفهوم ارزش تولید نهایی، منافع و زیان‌های اقتصادی مصرف آب شور را محاسبه کردند. ساعی (۱۳۹۱)، جهت انتخاب بهترین تیمار در دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در کشت زیر پلاستیک گوجه، ابتدا با استفاده از روش بودجه بندی جزئی، اقتصادی بودن یا نبودن جایگزینی هر تیمار با سایر تیمارها بررسی و سپس با استفاده از روش تجزیه و تحلیل ارحجیت سرمایه گذاری به بررسی نتایج پرداختند. نتایج اقتصادی طرح به روش بودجه بندی جزئی تیمار آبیاری قطره ای با تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به عنوان تیمار ارجح از لحاظ اقتصادی معرفی و تجزیه و تحلیل ارجحیت سرمایه گذاری نیز این نتیجه را تایید کرد.

توکلی (۱۳۹۲)، کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم را در شرایط آبیاری سطحی و بارانی در شهرستان سلسله بررسی نمود. وی در مطالعه خود به این نتیجه رسید که در شرایط آبیاری سطحی، قطع اولین آبیاری بهاره با ۲۲ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری، ضمن این‌که افت عملکرد ندارد، باعث افزایش ۳/۳ درصدی عملکرد نیز می‌شود. در شرایط آبیاری بارانی، کاهش ۲۹/٤ درصدی آب مصرفی در طول دوره آبیاری از طریق کاهش عمق آب، حداکثر بهره وری کل آب مصرفی را به دنبال دارد. فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۲)، مدیریت کم آبیاری و تعیین اعماق شاخص بهینه آبیاری برای آفتابگردان را بررسی نمودند و نشان دادند که بیش‌ترین مقدار آب صرفه جویی شده نسبت به آبیاری کامل، متعلق به عمق معادل آبیاری در حالت محدودیت آب بدست آمد که امکان افزایش سطح زیر کشت نسبت به آبیاری کامل تا ۱۵ درصد وجود دارد و با وجود این‌که بالاترین عملکرد متعلق به آبیاری کامل بوده، اما سود خالص نهایی حداکثر نمی‌شود. با توجه به کاهش منابع آبی بویژه در منطقه سیستان، هدف از پژوهش حاضر یافتن بهترین تیمار که با کاهش آب مصرفی، بالاترین سود اقتصادی را به همراه دارد می باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور تحلیل اقتصادی کم آبیاری کلزا و خردل، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و به مدت دو سال در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان به اجرا درآمد. شهر زابل در موقعیت جغرافیایی ٦۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و در ارتفاع ٤۹۸/۲ متر از سطح دریا قرار دارد. از نظر آب و هوا، این شهرستان دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. این منطقه

بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزو آب و هوای بیابانی خیلی گرم و خشک است. میزان متوسط بارندگی سالیانه آن ۵۸/۹ میلی‌متر (توکلی و تاجبخش، ۱۳۸۷) و متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتی‌گراد است، میزان تبخیر سالانه در آن ٤٨٦٥ میلیمتر است که بیش از ۷۸ برابر بارندگی سالانه منطقه می‌باشد (کیانی و فیروزی جهانتیغ، ۱۳۹۰). به منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اقدام به نمونه برداری خاک از نقاط مختلف مزرعه شد. نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

کربن آلی	اسیدیته عصاره اشباع	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	درصد اجزای بافت خاک			درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی	درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی	جرم مخصوص ظاهری خاک	عمق
				شن	سیلت	رس				
۰/۴۴	۷/۹	۱۲۵	۹/۲	۵۴	۳۳	۱۳	۵/۳	۱۳/۱	۱/۳۴	۰-۳۰
۰/۳۵	۸	۱۱۵	۶							۳۰-۶۰

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل میزان آبیاری در سه سطح شامل (شاهد آبیاری در ۵۰ درصد(W1)، آبیاری در ۷۰ درصد (W_2) و آبیاری در ۹۰ درصد (W3) تخلیه رطوبتی و کود پتاسیم در سه سطح شامل عدم مصرف پتاسیم (K1)، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم (K2) و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم پتاسیم (K3) در هکتار از منبع سولفات پتاسیم بودند. زمان آبیاری کرت‌ها با توجه به منحنی رطوبتی خاک و استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج[۲] (TDR) مدل تریم صورت گرفت. بدین منظور در زمان دو برگی شدن بوته‌ها بین ردیف‌ها در عمق یک متری لوله‌های مخصوص دستگاه TDR نصب گردید و در فواصل زمانی هر سه روز، تخلیه رطوبتی کرت‌های آزمایشی بر اساس درصد حجمی با دستگاه قرائت و سپس بر اساس درصد وزنی محاسبه رطوبت انجام شد. حجم آب در هر نوبت آبیاری برای هر کرت بر اساس رابطه ذیل محاسبه گردید (علیزاده، ۲۰۰٤).

$$d = \frac{(Fc-\theta)\times \rho_b \times D}{100} \qquad (۱)$$

d: عمق آب آبیاری (میلی‌متر) FC : درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای θ: درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاریPb: وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) D: حداکثر عمق توسعه ریشه گیاه (متر)

پس از محاسبه مقدار آب لازم برای تیمارها، از طریق تانکری که بر روی آن کنتور نصب بود، آب بصورت دقیق و کنترل شده وارد کرت‌ها شد. با برآورد میزان آب مورد استفاده قبل از کاشت برای هیرمکاری تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای ۵۰ ،۷۰ و۹۰ درصد تخلیه رطوبتی در سال اول اجرای آزمایش، به ترتیب پنج، چهار ، سه و در سال دوم به ترتیب پنج ،چهار و دو نوبت بود. میانگین میزان آب مصرفی در دو سال برای تیمار آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی (شاهد)، ۵۲۳۸ مترمکعب، برای تیمار۷۰ درصد تخلیه رطوبتی، ٤۷۰۰ مترمکعب و برای تیمار ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی،۳۳۹۲ مترمکعب در هکتار بود. روابط بین خاک، آب، گیاه و اقلیم عموما پیچیده بوده و شامل فرآیندهای جغرافیای طبیعی، بیولوژیک، فیزیولوژیک و شیمیایی است. به همین دلیل برای بیان رابطه کمی بین عملکرد گیاه و عوامل تولید، از تابع تولید استفاده می‌شود. تابع تولید یک رابطه ریاضی بین عملکرد محصول و نهاده های مصرفی در فرآیند تولید است. برای تخمین توابع تولید می‌توان از داده های آماری حاصل از مشاهدات مزرعه ای یا طرح-های آزمایشی کنترل شده استفاده نمود. تابع تولید آب– محصول رابطه بین عملکرد یک محصول با کمیت و

[2]Time Domain Reflectometry

کیفیت آب و سایر متغیرهای موثر را بیان می‌کند. فرم عمومی تابع تولید به صورت زیر می باشد.

$$Q = f(x,z) \qquad (۲)$$

که در آن:

Q میزان تولید، f رابطه تبعی، x بردار نهاده های متغیر و z بردار نهاده های ثابت را نشان می‌دهد. با توجه به تنوع توابع تولید بایستی فرم مناسبی را از میان گروه توابع انتخاب نمود که به عنوان مبنای محاسبات قرار گیرد. به طور کلی توابعی که برای بیان روابط بین متغیر وابسته و مستقل به کار می‌روند، به دو گروه توابع انعطاف‌پذیر و انعطاف ناپذیر تقسیم می‌شوند. توابع نوع اول، محدودیت-هایی را بر پارامترهای الگو اعمال می‌کنند به طوری‌که

فرم درجه دوم تعمیم یافته

$$y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} \beta_{ii}(x_i)^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n} \gamma_{ij} x_i x_j \quad i \neq j \qquad (۳)$$

فرم ترانسلوگ

$$\ln(y) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i lnx_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} \beta_{ii}(lnx_i)^2 + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=2}^{n} \gamma_{ij}(lnx_i)(lnx_j) \quad i \neq j \qquad (٤)$$

فرم لئونتیف

$$y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i (x_i)^{1/2} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \gamma_{ij} x_i^{1/2} x_j^{1/2} \qquad (۵)$$

فرم کاب داگلاس

$$y = \alpha_0 \prod_{i=1}^{n} x_i^{\beta i} \qquad (٦)$$

پس از برآورد این توابع، بهترین فرم تابع با استفاده از آزمون‌ها و معیارهای اقتصادسنجی شناسایی می‌گردد. از دیدگاه تامپسون (۱۹۸۸) مطابقت و سازگاری علامت‌ها و مقادیر پارامترهای تابع و کشش‌ها با تئوری-های اقتصادی نیز از معیارهای مهم در شناسایی الگوی برتر می‌باشد. بر این اساس، علاوه بر معیارهای رایج و شناخته شده اقتصادسنجی نظیر ضریب تعیین *(R^2)*، ضریب معنی داری کل رگرسیون *(F)*، ضریب معنی داری در هریک از ضرایب *(t)*، فروض کلاسیک مانند واریانس ناهمسانی، خود همبستگی و هم‌خطی، از دو معیار دیگر نیز برای شناسایی فرم مناسب تابع، بهره گرفته شده است. این دو معیار عبارتند از معیار خطای تصریح تابع و معیار اطلاعات و آمار گردآوری شده نمی‌توانند به صورت آزاد رفتار عوامل اقتصادی را بازگو کنند. توابع نوع دوم از این جهت محدودیتی را اعمال نکرده و در نتیجه به صورت مناسب‌تری رفتار واقعی عوامل اقتصادی را تصویر می‌کنند (خواجه روشنائی و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه حاضر از میان توابع انعطاف‌ناپذیر، تابع کاب داگلاس و از میان توابع انعطاف‌پذیر نیز سه فرم تابعی ترانسلوگ، درجه دوم و لئونتیف تعمیم یافته که در کارهای علمی، بیشتر مورد توجه پژوهشگران بخش کشاورزی قرار گرفته انتخاب شده اند (واریان، ۱۹۹۲). در ادامه فرم کلی چهار فرم تابعی مورد استفاده در این مطالعه آورده شده است:

نرمال بودن جملات خطا، که به ترتیب با آزمون رمزی و آزمون جارک برا تعیین می شوند. در آزمون جارک برا، فرض صفر بر نرمال بودن توزیع جملات اخلال دلالت دارد. بنابراین اگر مقدار محاسباتی آماره (JB) از مقدار بحرانی جدول کی دو بزرگتر نباشد، نرمال بودن جملات اخلال رد نمی‌شود (گجراتی، ۱۳۷۸).

تولید نهایی نهاده آب MP_w و کود پتاسیم MP_k و نرخ نهایی فنی جایگزینی *($MRTS_{wk}$)* و کشش تولید *(e)* برای عوامل مورد بررسی با استفاده از تابع تولید به صورت زیر محاسبه می شود (بخشوده و اکبری،۱۳۹۲).

$$MP_w = \frac{dy}{dw} \qquad (۷)$$

$$MP_k = \frac{dy}{dk} \qquad (۸)$$

$$MRTS_{wk} = \frac{MP_w}{MP_k} \quad (۹)$$

$$e = \frac{MP}{AP} \quad (۱۰)$$

با برآورد تابع تولید برای هر محصول می‌توان برآوردی از تولید نهایی هر نهاده را بدست آورد که چنانچه در قیمت محصول مربوطه ضرب شود برآوردی از ارزش نهایی تولید که برابر با ارزش اقتصادی نهاده مذکور است حاصل می‌شود. در واقع ارزش تولید نهایی آب اضافه درآمدی است که از بکارگیری یک واحد اضافی از نهاده آب حاصل می شود. بنابراین ارزش اقتصادی آب و کود از رابطه زیر بدست می آید:

$$VMP_w = P_c \times MP_w \quad (۱۱)$$

$$VMP_K = P_c \times MP_K \quad (۱۲)$$

که در آن:

MP_w،P و MP_k به ترتیب نشان‌دهنده قیمت محصول، تولید نهایی آب و تولید نهایی کود می‌باشد (بخشوده و اکبری، ۱۳۹۲). جهت محاسبه تابع هزینه فرض شده است رابطه بین هزینه ها و میزان آب مصرفی و کود مصرفی خطی باشد. بنابراین تابع هزینه به صورت زیر تعریف می شود:

$$C = P_k(K) + P_w(W) \quad (۱۳)$$

در اینجا C میزان هزینه های ثابت، P_k قیمت کود پتاسیم و P_w قیمت آب کشاورزی می باشد. تابع درآمد از ضرب قیمت محصول در تابع تولید بدست می-آید و مقدار سود حاصل از یک هکتار با کسر هزینه ها از درآمد ناخالص حاصل می‌شود (بخشوده و اکبری، ۱۳۹۲). جهت بررسی اقتصادی مطالعه، از نسبت درآمد به هزینه، هزینه، درآمد و سود هریک از تیمارها استفاده شده است. از پارامترهای مهم اقتصادی جهت مقایسه تیمارها نسبت منفعت به هزینه می‌باشد. چنانچه این نسبت بزرگتر از یک باشد تولید محصول اقتصادی می باشد. سود به ازای آب مصرفی نیز عبارت است از سود خالص تقسیم بر میزان آب مصرفی.

نتایج و بحث

نتایج تخمین به همراه تحلیل آماری توابع تولید عملکرد- آب- کود کلزا و خردل به صورت تابع درجه دوم تعمیم یافته، ترانسلوگ، لئونتیف و کاب داگلاس در جداول ۱ و۲ ارائه شده است.

با توجه به تخمین انواع توابع تولید در کلزا و خردل جهت بررسی مشکلات نقض فروض کلاسیک (همخطی، ناهمسانی واریانس، خود همبستگی، نرمال بودن جملات پسماند و خطای تصریح)، از آزمون‌های ارچ و وایت جهت بررسی ناهمسانی واریانس استفاده گردید و با توجه به نتایج حاصله، همسانی واریانس برای کلزا در مدل‌های درجه دوم تعمیم یافته، لئونتیف وکاب داگلاس و برای خردل در مدل‌های کاب داگلاس تایید شده است و فرض صفر پذیرفته شد. از آزمون دوربین واتسون برای بررسی فرض خود همبستگی استفاده شد.

نتایج حاصل از آزمون D.W نیز عدم وجود خودهمبستگی همه مدل‌ها را اثبات نمود. جهت بررسی خطای تصریح از آزمون رمزی استفاده گردید. با توجه به نتایج آزمون در فرم های درجه دوم تعمیم یافته، ترانسلوگ و لئونتیف در کلزا و فرم‌های درجه دوم و ترانسلوگ در خردل فرض صفر پذیرفته می شود. بنابراین سایر فرم‌ها نمی‌توانند ارتباط نهاده‌ها با ستاده را به خوبی نشان دهند. همچنین از آزمون جارک برا جهت بررسی نرمال بودن جملات پسماند استفاده گردید.

جدول۱- نتایج تخمین تابع تولید کلزا

	درجه ۲		ترانسلوگ		لئونتیف		کاب داگلاس	
پارامترها	**ضرایب تابع**	**آماره t**	**ضرایب تابع**	**آمارهt**	**ضرایب تابع**	**آمارهt**	**ضرایب تابع**	**آماره t**
ضریب ثابت	-۳۵۰۴	-۱/۹	-۷۳/۲۵	-۱/۴	-۴۲۱۰	-۶/۱۶	-۰/۳۳	-۱/۲۴
آب	۲/۲	۲/۳	۱۸/۱	۱/۵	۱۰۲/۴	۱۰	۱/۰۲	۱۳/۶
کود	۶/۲۵	۲/۹	۰/۷۶	۳/۵	۱۵۶/۳	۲/۷	۰/۰۴۶	۸/۲۵
مربع آب	-۰/۰۰۰۱۵	-۱/۵	-۱/۹۹	-۱/۳				
مربع کود	۰/۰۰۱۵	۰/۴	۰/۰۶۴	۳/۲				
آب- کود	-۰/۰۰۰۸	-۱/۸	-۰/۱	-۴/۱۶	-۱/۶	-۱/۹		

مأخذ: یافته های پژوهش

جدول۲- نتایج تخمین تابع تولید خردل

	درجه ۲		ترانسلوگ		لئونتیف		کاب داگلاس	
پارامترها	**ضرایب تابع**	**آماره t**	**ضرایب تابع**	**آمارهt**	**ضرایب تابع**	**آمارهt**	**ضرایب تابع**	**آماره t**
ضریب ثابت	۸۲۷۵	۴	۲۴۷/۱	۳/۸	-۸۶/۳۴	-۰/۱۳	۱/۶۵	۴/۳
آب	-۳/۴۴	-۳/۳۶	-۵۸/۲	-۳/۷	۳۲/۲	۳/۲	۰/۴۵	۴/۳
کود	۹/۱۱	۴/۵	۰/۵۹	۲/۷	۶۹/۳۶	۱/۳	۰/۰۶	۱۳
مربع آب	۰/۰۰۰۹	۳/۶۴	۷/۱	۳/۸				
مربع کود	-۰/۰۰۸	-۱/۶	۰/۰۶	۳/۸				
آب- کود	-۰/۰۰۱	-۲/۴	-۰/۰۸	-۳/۲	-۰/۴۲	-۰/۲۵		

مأخذ: یافته های پژوهش

جدول ۳- مقایسه انواع توابع تولید کلزا از نظر خصوصیات و ویژگی های آزمون شده

محصول	**کلزا**				**خردل**			
تابع	**درجه ۲**	**ترانسلوگ**	**لئونتیف**	**کاب داگلاس**	**درجه ۲**	**ترانسلوگ**	**لئونتیف**	**کاب داگلاس**
تعداد ضرایب معنی دار	۴	۳	۴	۲	۶	۶	۱	۳
مقدار LM در آزمون فرم	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۱۴	۸	۱/۲۲	۰/۴۷	۲/۹۱	۱۹/۲
تابعی (رمزی)	(۰۵)*	(۰/۶)*	(۰/۸)*	(۰/۰۰۰۹)	(۰/۳)*	(۰/۶)*	(۰/۰۶)	(۰/۰۰۰۱)
مقدار LM در آزمون نرمالیتی	۰/۶۵	۰/۹	۳/۵۲	۲/۵	۰/۶۹	۰/۸۷	۰/۴۳	۰/۹
(جارگ و برا)	(۰/۷۲)*	(۰/۶۳)*	(۰/۱۷)*	(۰/۲)*	(۰/۷)*	(۰/۶)*	(۰/۸)*	(۰/۳۸)*
مقدار LM در آزمون واریانس	۰/۹۶	۲/۰۴	۰/۷۲	۱/۴	۵/۹۵	۲/۴۰	۲/۵۷	۰/۶۹
ناهمسانی	(۰/۴۷)*	(۰/۰۶)	(۰/۶۷)*	(۰/۲)*	(۰/۰۰)	(۰/۰۳)	(۰/۰۲)	(۰/۶)*
F	۶۱/۵۵	۶۸/۱۲	۸۱/۹۳	۱۲۷	۳۹/۱۸	۴۵/۶۴	۳۳/۲۸	۳۸
	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*	(۰/۰۰)*
R^2	۰/۸۹	۰/۸۹	۰.۸۷	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۷۶
D.W	۲*	۲/۰۲*	۲*	۲*	۲/۰۸*	۲/۰۵*	۱/۹۶*	۱/۹*

مأخذ: یافته های پژوهش، مقادیر داخل پرانتزها، حداقل سطح معنی داری آماره LM هستند به جز آماره F

*پذیرش فرضیه صفر (تصریح مناسب تابع در آزمون رمزی، نرمال بودن جملات اخلال در آزمون جارگ و برا، معنی داری کل رگرسیون در آزمون F، عدم خود همبستگی در آزمون دوربین واتسون، وجود واریانس همسانی در آزمون واریانس ناهمسانی)

لذا با توجه به آماره جارک- برا فرض نرمال بودن جملات پسماند در همه مدل‌ها در سطح پنج درصد تایید گردید.هرچه تعداد ضرایب معنی‌دار در یک الگو بیشتر باشد نشان‌دهنده تصریح مناسب‌تر آن الگو می باشد. با توجه به نتایج، در مدل درجه دوم تعمیم یافته، تعداد ضرایب معنی دار برای هر دو محصول کلزا و خردل بیشتر می باشد. بنابراین با استناد به ملاک‌ها و آزمون‌های فوق الذکر استنباط می‌شود که فرم درجه دوم تعمیم یافته

مناسب‌تر از سایر فرهای تابعی روابط تولید کلزا و خردل را در منطقهٔ مورد مطالعه توضیح می‌دهد، لذا به عنوان تابع تولید برتر انتخاب می‌گردد. وانگ و همکاران (۲۰۰۷) از جمله پژوهشگرانی بودند که تابع درجه دوم را به عنوان مدلی برای برآورد عملکرد پنبه معرفی کرده‌اند. همچنین فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۲) از تابع درجه دوم برای تخمین تابع تولید آفتابگردان استفاده نمودند.

با توجه به نتایج تابع تولید درجه دوم تعمیم یافته در محصول کلزا، ابتدا با افزایش آب مصرفی عملکرد افزایش یافته و در یک نقطه عملکرد به بیشینه مقدار خود می‌رسد و سپس با افزایش مقدار آب عملکرد کاهش می‌یابد. به طور کلی افزایش آب مصرفی و کود پتاسیم باعث افزایش عملکرد در محصول کلزا می‌شود. ضریب تعیین R^2 نشان می‌دهد که با ثابت نگه داشتن مقادیر سایر عوامل موثر بر تولید، ۹۸ درصد تغییرات عملکرد کلزا از تغییرات دو عامل میزان آب مصرفی و کود پتاسیم ناشی می شود.

همچنین برای محصول خردل، با توجه به نتایج، عملکرد در مقادیر کم آبیاری با شیب تندتری افزایش می یابد و با افزایش مقدار رطوبت روند افزایش عملکرد بسیار کند می‌شود، و در نهایت سیر نزولی عملکرد شروع می‌شود. در نتیجه اگر در مناطقی که آبیاری کامل باشد، بخشی از آب صرفه جویی شود، عملکرد تغییر قابل توجهی نخواهد یافت و اگر همین مقدار آب به مصرف گیاهی که در شرایط خشکی قرار دارد برسد، افزایش عملکرد چشمگیر خواهد بود. همچنین ضریب تعیین R^2 نشان می‌دهد که ۸۳ درصد تغییرات عملکرد کلزا از تغییرات دو عامل میزان آب مصرفی و کود پتاسیم ناشی می‌شود. نتایج مشابهی توسط سپاسخواه و بورسما (۱۹۷۹) برای گندم، پارا و رومرو (۱۹۸۰) برای لوبیا و جنسن (۱۹۸۲) برای جو به دست آمده است.نتایج بدست آمده از مطالعه با نتایج مطالعات گاناسکرا و همکاران (۲۰۰۳) که اعلام داشتند در شرایط عدم تنش و تنش ملایم عملکرد خردل نسبت به کلزا کمتر بوده اما در شرایط تنش خشکی شدید میزان کاهش تولید در کلزا بیشتر از خردل بود مطابقت داشت. همچنین مطالعات ما و همکاران (۲۰۰٦) و نیکنام و همکاران (۲۰۰۳) و فنایی و همکاران (۲۰۰۹) که برتر بودن خردل در شرایط تنش نسبت به کلزا را نیز تایید کرده اند، تقریبا مطابقت دارد.

تعیین ارزش اقتصادی آب و کود با استفاده از توابع تولید در کلزا و خردل هندی

با توجه به توابع تولید بدست آمده، ارزش اقتصادی و کشش تولید نهاده آب و کود برای محصولات کلزا و خردل را می‌توان بدست آورد. نتایج محاسبات در جدول ٤ آورده شده است. جهت برآورد ارزش اقتصادی نهاده ها قیمت کلزا و خردل ۱۵۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

جدول ۴-کشش تولید و ارزش اقتصادی آب در تولید کلزا و خردل

	نهاده آب			نهاده کود	
	کشش تولید	تولید نهایی	ارزش تولید نهایی (ریال)	کشش تولید	تولید نهایی	ارزش تولید نهایی (ریال)
کلزا	۰/۹۵	۰/۶۳	۹۴۵۰	۰/۱۴	۳/۰۹	۴۶۳۵۰
خردل	۰/۹	۰/۴۲	۶۳۰۰	۰/۱۴	۳/۶	۵۴۰۰۰

مأخذ: یافته های پژوهش

مقدار تولید نهایی آب برای محصول کلزا نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد آب و با فرض ثابت ماندن میزان کود پتاسیم عملکرد کلزا به طور متوسط ۰/٦ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش یک واحد کود پتاسیم و با فرض ثابت ماندن میزان آب، عملکرد کلزا به طور متوسط سه کیلوگرم افزایش می‌یابد. ارزش تولید نهایی آب برابر۹٤۵۰ ریال می‌باشد. یعنی با افزایش مصرف آب به مقدار یک

مترمکعب در هکتار و فرض ثابت بودن سایر شرایط در هر هکتار، به طور متوسط ۹٤٥۰ریال بر درآمد مزارع کلزا افزوده خواهد شد. ارزش تولید نهایی کود پتاسیم نیز برابر ٤٦۳٥۰ ریال می‌باشد یعنی با افزایش مصرف کود به مقدار یک کیلوگرم در هکتار تا سطح بهینه آن و فرض ثابت بودن سایر شرایط در هر هکتار به طور متوسط ٤٦۳٥۰ ریال بر درآمد مزارع کلزا افزوده می‌شود. مقدار کشش تولید برآورد شده برای آب بیانگر این مسئله است که اگر مصرف آب به طور متوسط یک درصد افزایش یابد، میزان تولید کلزا و خردل به طور متوسط به ترتیب ۹٥ و ۹۰ درصد افزایش خواهد یافت. از آنجائی‌که مقدار کشش بین صفر و یک قرار دارد، بنابراین مقدار مصرف آب در ناحیه دوم تولید، قرار دارد.

نسبت نهایی نرخ جایگزینی آب و کود برای محصول کلزا ٤/۹- به دست آمد. بنابراین چنانچه میزان کود به اندازه یک کیلوگرم افزایش یابد، برای ثابت نگه داشتن تولید در سطح قبلی، مقدار آب بایستی ٤/۹ مترمکعب کاهش یابد. نسبت نهایی نرخ جایگزینی آب و کود برای محصول خردل ۸/۳۷- به دست آمده که نشان می‌دهد چنانچه میزان کود به اندازه یک کیلوگرم افزایش یابد برای ثابت نگه داشتن تولید در سطح قبلی مقدار آب بایستی ۸/۳۷ متر مکعب کاهش نشان دهد. یانگ و همکاران (۲۰۰٤) و هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۱) نیز افزایش کارایی مصرف آب در گیاه از طریق مدیریت تغذیه به ویژه کاربرد پتاسیم را گزارش کرده‌اند. همچنین فنایی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی افزایش کارایی مصرف آب در شرایط تنش شدید (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی) و مصرف سطح بالای پتاسیم (۲٥۰ کیلوگرم پتاسیم درهکتار) با میانگین ۰/۸٤ کیلوگرم در مترمکعب گزارش گردید. این پژوهشگران نتیجه‌گیری کردند که با افزایش مصرف پتاسیم میزان آب لازم برای تولید هر کیلوگرم دانه کاهش می‌یابد. در این مطالعه فرض شده تابع هزینه تابعی از مقدار آب مصرفی و مقدار کود مصرفی باشد. هزینه‌های ثابت شامل هزینه کاشت (هزینه های شخم، دیسک و آماده سازی زمین) هزینه‌های داشت (شامل آبیاری، بذرپاشی، سم پاشی و وجین) و هزینه‌های برداشت می‌باشد. برای بدست آوردن تابع هزینه که تابع خطی است بایستی کل هزینه‌های ثابت تولید و هزینه آب بها و هزینه کود پتاسیم را به دست آورد. با توجه به برآورد کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی سیستان برای کشت یک هکتار کلزا هزینه ثابت تولید ٥٥۷۱۰۰۰ ریال و کشت هر هکتار خردل هندی هزینه ثابت تولید ٥۲۲٦۰۰۰ ریال و هزینه هر مترمکعب آب آبیاری بر اساس نظر کارشناسان وزارت نیرو ۸۰۰ ریال برآورد شده است. از آنجائی‌که قیمت آب در منطقه سیستان صفر می‌باشد و هزینه‌ای بابت آن از کشاورز دریافت نمی‌شود لذا در این مطالعه قیمت آب بر اساس قیمت اعلام شده از وزارت نیرو ۸۰۰ ریال در نظر گرفته شده است و هزینه هر کیلوگرم کود سولفات پتاسیم ۱۱۰۰۰ریال می‌باشد. شایان ذکر است که داده های مربوط به هزینه و قیمت مربوط به سال زراعی ۱۳۹۳ می باشد و داده های عملکرد نیز میانگین عملکرد محصولات در طی دو سال آزمایشی می باشند. بنابراین تابع هزینه کلزا و خردل به صورت زیر می باشد.

$C = 5571000 + 800W + 11000K$:

تابع هزینه کلزا

$C = 5226000 + 800W + 11000K$:

تابع هزینه خردل

با نگاهی به میزان عملکرد تیمارها مشاهده می-شود تیمار W_1k_3 بیشترین عملکرد که همراه با بیشترین مقدار آب مصرفی است بهترین گزینه محسوب می‌شود. اما مقایسه عملکرد تیمارها با این اعداد روش مناسبی نمی‌باشد زیرا سایر پارامترها نظیر هزینه، سود و درآمد در این ارقام دخیل نیستند. از این رو مقادیر عملکرد، هزینه، درآمد، سود به ازای آب مصرفی برای تیمارهای آزمایشی محاسبه و در جدول ٥ آورده شده است.بیشترین درآمد ناخالص و درآمد خالص مربوط به تیمار (٥۰ درصد

تخلیه رطوبت خاک) آبیاری کامل و ۲۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم می‌باشد.

جدول ۵- مقادیر عملکرد، هزینه، درآمد و نسبت منفعت به هزینه برای تیمارهای آزمایشی کلزا

تیمار	میزان عملکرد(کیلوگرم)	هزینه (ریال)	درآمد ناخالص (ریال)	سود (ریال)	سود به ازای آب مصرفی (ریال)	B/C
W_1K_1	۳۱۹۴	۹۷۶۱۴۰۰	۴۷۹۱۰۰۰۰	۳۸۱۴۸۶۰۰	۷۲۸۳	۴/۹۱
W_1k_2	۳۵۳۹/۵	۹۸۳۶۴۰۰	۵۳۰۶۲۵۰۰	۴۱۶۸۱۱۰۰	۷۹۵۷/۴	۴/۶۵
W_1k_3	۳۸۱۴	۹۸۸۶۴۰۰	۵۷۰۰۰۰۰۰	۴۴۴۸۸۶۰۰	۸۴۹۳/۴	۴/۵۶
W_2K_1	۲۸۶۱/۵	۹۳۳۱۰۰۰	۴۲۹۲۲۵۰۰	۳۳۵۹۱۵۰۰	۷۱۴۷	۴/۶۰
W_2k_2	۳۲۶۷	۹۴۰۶۰۰۰	۴۹۰۰۵۰۰۰	۳۸۰۲۴۰۰۰	۸۰۹۰/۲	۴/۴۶
W_2k_3	۳۶۹۳	۹۴۵۶۰۰۰	۵۵۵۰۰۰۰۰	۴۳۴۱۹۰۰۰	۹۲۳۸/۱	۴/۵۹
W_3K_1	۱۷۷۴	۸۲۸۴۶۰۰	۲۶۶۱۰۰۰۰	۱۸۳۲۵۴۰۰	۵۴۰۲/۵	۳/۲۱
W_3k_2	۲۴۱۱	۸۳۵۹۶۰۰	۳۶۱۶۵۰۰۰	۲۶۲۳۰۴۰۰	۷۷۳۳	۳/۶۴
W_3k_3	۲۷۵۴	۸۴۰۹۶۰۰	۴۱۳۱۰۰۰۰	۳۰۲۷۵۴۰۰	۸۹۲۵/۵	۳/۷۴

مأخذ: یافته های پژوهش

بیشترین سود به ازای آب مصرفی مربوط به تیمار ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و ۲۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم می‌باشد. درآمد خالص در این تیمار ۱۰٦/۹ هزار ریال کمتر از حالت آبیاری کامل است اما سود به ازای آب مصرفی ۱۲۸۰/۷ ریال در این تیمار بیشتر از آبیاری کامل می باشد که با لحاظ کردن این تیمار ۱۰ درصد در میزان مصرف آب صرفه جویی می شود که این آب را می‌توان برای کشت محصول دیگر و یا افزایش سطح زیر کشت کلزا به کار برد. از دیگر پارامترهای مهم اقتصادی نسبت منفعت به هزینه می باشد. چنانچه این نسبت بزرگتر از یک باشد تولید محصول اقتصادی می‌باشد. در تمام تیمارهای آزمایشی این نسبت بزرگتر از یک می‌باشد. لذا جهت مقایسه تیماری که بالاترین نسبت منفعت به هزینه را داشته باشد به عنوان تیمار برتر انتخاب می شود. در جدول ۷ تیمارها بر اساس نسبت منفعت به هزینه و سود به ازای آب مصرفی رتبه بندی شده اند.

جدول ۶- مقادیر عملکرد، هزینه، درآمد و نسبت منفعت به هزینه برای تیمارهای آزمایشی خردل

تیمار	میزان عملکرد (کیلوگرم)	هزینه (ریال)	درآمد ناخالص (ریال)	سود (ریال)	سود به ازای آب مصرفی (ریال)	B/C
W_1K_1	۲۵۳۲	۹۴۱۶۴۰۰	۳۷۹۸۰۰۰۰	۲۸۵۶۳۶۰۰	۵۴۵۳	۴/۰۳
W_1k_2	۳۰۴۰	۱۱۰۶۶۴۰۰	۴۵۶۰۰۰۰۰	۳۴۵۳۳۶۰۰	۶۵۹۲/۹	۴/۱۲
W_1k_3	۳۱۴۳	۱۲۱۶۶۴۰۰	۴۷۱۴۵۰۰۰	۳۴۹۷۸۶۰۰	۶۶۷۷/۹	۳/۸۸
W_2K_1			۲۸۸۹۰۰۰۰		۴۲۳۵	
	۱۹۲۶	۸۹۸۶۰۰۰		۱۹۹۰۴۰۰۰		۳/۲۲
W_2k_2	۲۴۴۸	۱۰۶۳۶۰۰۰	۳۶۷۲۰۰۰۰	۲۶۰۸۴۰۰۰	۵۵۴۹/۸	۳/۴۵
W_2k_3	۲۸۲۵	۱۱۷۳۶۰۰۰	۴۲۳۷۵۰۰۰	۳۰۶۳۹۰۰۰	۶۵۱۹	۳/۶۱
W_3K_1	۱۷۵۹	۷۹۳۹۶۰۰	۲۶۳۸۵۰۰۰	۱۸۴۴۵۴۰۰	۵۴۳۸	۳/۳۲
W_3k_2	۲۴۹۵	۹۵۸۹۶۰۰	۳۷۴۲۵۰۰۰	۲۷۸۳۵۴۰۰	۸۲۰۶/۲	۳/۹۰
W_3k_3	۲۸۹۷	۱۰۶۸۹۶۰۰	۴۳۴۵۵۰۰۰	۳۲۷۶۵۴۰۰	۹۶۵۹/۶	۴/۰۷

مأخذ: یافته های پژوهش

بیشترین درآمد ناخالص و درآمد خالص (سود) برای محصول خردل مربوط به تیمار (۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک) آبیاری کامل و ۲۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم می‌باشد. بیشترین سود به ازای آب مصرفی مربوط به تیمار ۹۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و ۲۵۰ کیلوگرم کود پتاسیم می‌باشد. در این تیمار مقدار درآمد خالص ۲۲۱/٤ هزار ریال کمتر از تیمار W_1k_3 می‌باشد، اما سود به ازای آب مصرفی آن ۲۹۸۱/۷ ریال بیشتر از تیمار W_1k_3 می باشد که با اعمال این تیمار ۳۵ درصد در مصرف آب صرفه-جویی‌می‌شود.با توجه به میزان عملکرد و درآمد ناخالص و سود در محصول کلزا، بهترین تیمار مربوط به آبیاری کامل (۵۰ درصد تخلیه رطوبتی) می‌باشد. اما در شرایط

منطقه سیستان که با محدودیت منابع آب مواجه است کسب سود خالص به ازای واحد آب مصرفی و نسبت منفعت به هزینه بیشتر ملاک انتخاب تیمار برتر است.

جدول۷- رتبه بندی تیمارها بر اساس نسبت منفعت به هزینه

کلزا		خردل هندی	
تیمار	نسبت منفعت به هزینه	تیمار	نسبت منفعت به هزینه
W_2k_3	۴/۶۲	W_3k_3	۴/۱۴
W_1K_1	۴/۶۱	W_1k_2	۴/۱۲
W_1k_2	۴/۶۰	W_1K_1	۴/۰۳
W_2K_1	۴/۶۰	W_3k_2	۳/۹۰
W_1k_3	۴/۵۶	W_1k_3	۳/۸۸
W_2k_2	۴/۴۶	W2k3	۳/۶۱
W_3k_3	۳/۷۴	W2k2	۳/۴۵
W_3k_2	۳/۶۴	W3K1	۳/۳۲
W_3K_1	۳/۲۱	W2K1	۳/۲۲

مأخذ: یافته های پژوهش

بنابراین با توجه به نتایج جدول و معیار نسبت منفعت به هزینه و سود به ازای آب مصرفی بهترین تیمار برای محصول کلزا تیمار W_2k_3 (۷۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و ۲۵۰ کیلوگرم کود مصرفی) و برای خردل W_3k_3 (۹۰ درصد تخلیه رطوبتی و ۲۵۰ کیلوگرم مصرف کود پتاسیم) می باشد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به بحران آب در کشور و منطقه سیستان و به منظور استفاده بهینه از آب در کشاورزی، اعمال کم آبیاری در شرایط محدودیت منابع آب برای تمام محصولات زراعی و باغی امری ضروری است. مزیت های نسبی به کارگیری مدیریت بهینه کم آبیاری یعنی کاربرد ٤٧٠٠ مترمکعب آب در کلزا (کاهش ۱۰ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل) شامل بدست آمدن حداکثر سود به ازای واحد آب مصرفی، کاهش هزینه تولید و بالاترین نسبت منفعت به هزینه می باشد. گرچه در تیمارهای کم آبیاری عملکرد دانه کاهش یافت، اما میزان صرفه جویی در آب به ترتیب ۱۰ و ۳۵ درصد نسبت به شاهد برای محصول کلزا و خردل افزایش یافت. با استفاده از آب صرفه جویی شده می توان اراضی بیشتری را زیر کشت برد. همچنین بهبود عملکرد دانه در مقادیر بالای مصرف پتاسیم تحت فراهمی رطوبت بالا (مصرف آب بالا)، از شیب ملایمی برخوردار بود اما تاثیر مثبت مصرف سطوح بالای پتاسیم بر بهبود عملکرد دانه تحت شرایط تنش شدید نسبت به شرایط رطوبتی بیشتر بود. در شرایط خاک و آب منطقه سیستان که تحت تاثیر تنش‌های غیر زنده محیطی بویژه خشکی می باشد، در تعدیل خسارات ناشی از خشکی بر گیاه کلزا، مصرف کود پتاسیم بسیار موثر خواهد بود. با وجود پتانسیل ژنتیکی تولید پایین‌تر خردل، اما میزان افت عملکرد آن در شرایط تنش نسبت به کلزا کمتر بود. از این رو به عنوان یک گزینه مناسب برای کشت در مناطق با محدودیت آبی، بالاخص منطقه سیستان اهمیت دارد.

بنابراین به کارگیری و ترویج علمی و هوشمندانه کم‌آبیاری و تعیین توابع تولید اهمیت فوق العاده‌ای پیدا می‌کند. لذا پیشنهاد می‌شود در تدوین الگوی بهینه کشت در منطقه سیستان مدیریت کم‌آبیاری ملحوظ شود، چرا که با توجه به حد سودآوری کم آبیاری، این مقوله از ابعاد زراعی، تحلیل آماری و اقتصادی توجیه‌پذیر خواهد بود. و با توجه به امکان جایگزینی دو عامل مقدار آب مصرفی و کود پتاسیم، لازم است ترکیبات مناسب آب و کود تعیین شود تا علاوه بر جبران بخشی از کمبود منابع آب، امکان افزایش درآمد کشاورزان نیز فراهم گردد.

فهرست منابع

۱. اکبری نودهی د.۱۳۹۰. تاثیر مقادیر مختلف آب بر عملکرد، کارایی مصرف آب و تعیین تابع تولید پنبه در استان مازندران. دانش کشاورزی و تولید پایدار، (۱)۲۱/۲.: ۱۰۳-۱۱۱

۲. بخشوده م. و اکبری ا. ۱۳۹۲. اقتصاد تولید (کاربرد آن در کشاورزی). انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان. ۳۵۸.

۳. توکلی ع. ۱۳۹۲. کم آبیاری و مدیریت آبیاری تکمیلی گندم آبی و دیم در شهرستان سلسله. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. (٤) ۲۷: ۵۹۰-٦۰۰

٤. توکلی م. و تاجبخش ک. ۱۳۸۷. بررسی و تحلیل میزان سرمایه اجتماعی در مناطق شهری و روستایی مرزی سیستان. فصلنامه روستا و توسعه. (۲)۱۱: ۱٦۲-۱٤۳.

۵. خواجه روشنائی ن.، دانشور کاخکی م. و محتشمی برزادران غ. ۱۳۸۹. تعیین ارزش اقتصادی آب در روش تابع تولید، با بکارگیری مدل‌های کلاسیک و آنتروپی (مطالعه موردی: محصول گندم در شهرستان مشهد). فصل‌نامه اقتصاد و توسعه کشاورزی. (۱)۲٤: ۱۱۳-۱۱۹.

٦. ساعی م. ۱۳۹۱. مقایسه اقتصادی دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای در کشت زیر پوشش پلاستیک محصول گوجه فرنگی در جیرفت. پژوهش آب ایران. (۸)۵: ۸۹-۹۸

۷. شریعتی ش. و قاضی شهنی زاده پ. ۱۳۷۹. کلزا، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. انتشارات مرکز نشر آموزش کشاورزی. ٤۰.

۸. کیانی ع. و کلاته عربی م. ۱۳۸۸. بررسی توابع تولید آب در شرایط آبیاری تکمیلی گندم. مجله آبیاری و زهکشی ایران. (۲)۳: ۱۱۲-۱۲۲.

۹. کیانی ا. و فیروزی جهانتیغ ث. ۱۳۹۰. ساماندهی و توانمندسازی محله سیزده شهر زابل با استفاده از GIS . سمینار ملی کاربرد GIS. در برنامه ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری تهران.

۱۰. گجراتی د. ۱۳۷۸. مبانی اقتصاد سنجی. ترجمه حمید ابریشمی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

۱۱. فنایی ح. ر.، گلوی م.، کافی م.، قنبری بنجار ا. و شیرانی راد ا. ح. ۱۳۸۸. اثرمصرف کود پتاسیم ومیزان آب آبیاری بر عملکرد وکارایی مصـرف آب دو گونـه کلزا و خردل هندی (Brassica napus L.) و (Brassica jukcea L.). مجله علوم زراعی ایران. (۳)۱۱: ۲۷۳-۲۹۱.

۱۲. قدمی فیروزآبادی ع.، شاه‌نظری ع.، و رائینی سرجاز م. ۱۳۹۳. تحلیل اقتصادی مدیریت کم آبیاری و تعیین اعماق شاخص بهینه آبیاری در گیاه آفتابگردان. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. (٦)۲۱: ۲۵۵-۲٦۸

۱۳. قهرمان ب. و سپاسخواه ع. ۱۳۷۵. حداکثر عملکرد نسبی محصولات زراعی: چشم اندازی جدید در کم آبیاری. آب و توسعه. ۱٤: ۲۵-۳۳.

۱٤. عزیزیان ا.، سپاسخواه ع.، توکلی ع. و زیبایی م. ۱۳۸۵. بهینه سازی اقتصادی آب آبیاری و کود نیتروژن برای گندم در مقادیر مختلف بارندگی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (٤)۱۰: ٤۵-۷۵.

۱۵. علیزاده آ. ۱۳۸۳. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد.

۱٦. مشعل م.، راوی پور م.، سادات نوری ا. و زارع زیرک ا. ۱۳۸۷. بهینه سازی عمق آب مصرفی ذرت با کم آبیاری (مطالعه موردی: دشت ورامین). پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی. (٤)۸: ۱۲۳-۱۳٤.

۱۷. نادری ا. ۱۳۸۱. کم آبیاری، روشی برای افزایش بهره وری آب. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی. ۵: ۲٦.

18. Datta K.K. and Dayal B. 2000. Irrigation with poor quality water: Anempirical study of input use economic loss and coping strategies. *Ind.J.of Agr.Economics,* 55:26-37.
19. FAO. 2007. Agricultural Data, FAOSTAT. Available at Food and Agriculture Organization of the United Nations. Http: //faostat.fao.org/faostat/collections.
20. Gunasekera C. P., Martin L. D., French R. J., Siddique K. H. M. and Walton G. H. 2003. Effects of water stress on water relations and yield of Indian mustard (*B. juncea* L.*)* and canola (*B. napus* L.). Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference. Geelong, Victoria. Australian Society of Agronomy.
21. Hatfield J. L., Sauer T. J. and Prueger J. H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agron. J*, 93: 271-280.
22. Jensen C.R. 1982. Effect of soil water osmotic potential on growth and waterrelationship of barley during soil water depletion. *Irrigation Science*, 3: 111-121.
23. Ma Q. Sh., Niknam R. and Turner D. W. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica juncea to soil water deficit at different growth stages. *Aust J Agric. Res*, 57:221-226.
24. Meehl G.A. and Tebaldi C. 2004. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science. 305: 994-997.
25. Niknam S. R., Ma Q. and Turner D. W. 2003. Osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica juncea genotypes in a water-limited environment in south-western Australia. *Aust. J. Exp. Agric*, 43:1127-1135.
26. Parra M.A. and Romero, G.C. 1980. On the dependence of salt tolerance ofbeans on soil water matric potential. *Plant and Soil*, 56: 3-16.
27. Scarth R. and Tang J. 2006. Modification of brassica oil using conventional and transgenic approaches. *Crop Sci*, 46: 1225-1236.
28. Sepaskhah A.R. and Akbari D. 2005. Deficit irrigation planning under variable seasonal rainfall. *Biosys.Eng*, 92 (1): 97-106.
29. Sepaskhah A.R. and Boersma L. 1979. Shoot and root growth exposed toseveral levels of matric potential and NACL induced osmotic potential of soilwater. *Agron. J.,* 71: 746-752.
30. Thompson C.D. 1988. Choice of flexible function forms: Review and appraisal. *Western Journal of Agricultural Economic*, 13:169-183.
31. Varian H. 1992. Microeconomic Analysis. Norton and Company, Inc.
32. Wang Y.R., Kang sh.Zh., Li F.Sh., and Zang L. 2007. Saline water irrigation response of cotton on clay Arkansas Farm. *Research,* 41:4-5.
33. Yang X. E., Liu J. X., Wang W. M., Ye Z. Q. and Luo A. C. 2004. Potassium internal use efficiency relative to growth vigor, potassium distribution and carbohydrate allocation in rice genotypes. *J Plant Nut*, 27:837–852.
34. Zand-Parsa Sh. And Sepaskhah A.R. 2001. Optimal applied water and nitrogen for corn. Agric. *Water Manag*,52: 73-85.