

مقایسه بهره‌وری عوامل تولید در سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و نشتی در مزارع سیب‌زمینی کبودراهنگ استان همدان

رضا بهراملو^{۱*} و سید محسن سیدان

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

r.bahramloo@areeo.ac.ir

استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

seyedan1969@gmail.com

چکیده

روند رشد جمعیت و محدودیت منابع تولید، ضرورت و اهمیت ارتقاء بهره‌وری این منابع را بیش از پیش نمایان می‌سازد. با توجه به محدودیت منابع آب و خاک، تنها راه ارتقاء کمیت تولیدات کشاورزی افزایش اثر عوامل تولید است که در پژوهش حاضر در مورد محصول سیب‌زمینی در دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی تحت مدیریت زارعین مورد بررسی قرار گرفته است. این پژوهش با روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی شده و با تکمیل پرسشنامه از ۹۵ سیب‌زمینی‌کار در منطقه انجام شده است. مقدار آب مصرفی در سیستم نشتی با استفاده از دستگاه WSC فلوم و در سیستم بارانی که از نوع کلاسیک ثابت بود با استفاده از نصب کنتور در ابتدای قطعات و در سه مرحله، با اندازه‌گیری دبی آبیاری انجام شد. در سنجش بهره‌وری نهاده‌ها از تابع تولید استفاده شد. برای این هدف و به منظور تعیین رابطه محصول با نهاده‌های تولید، تابع تولید کاب داگلاس به کار رفت. بر اساس نتایج حاصله، در سیستم آبیاری بارانی میانگین بهره‌وری بذر و کود فسفات به ترتیب ۱۰/۹ و ۱۶۹/۱ کیلوگرم محصول برای هر کیلوگرم بذر و کود فسفات و بهره‌وری آب، ۶/۵ کیلوگرم محصول در هر مترمکعب آب اندازه‌گیری شد. در سیستم آبیاری نشتی میانگین بهره‌وری بذر و کود فسفات به ترتیب ۹/۸ و ۱۵۸/۶ کیلوگرم محصول برای هر کیلوگرم بذر و کود فسفات بود. بهره‌وری آب در این روش آبیاری سه کیلوگرم محصول در هر متر مکعب آب به دست آمد. بنابراین ضرورت دارد برای افزایش بهره‌وری عوامل تولید و استفاده بهینه از منابع آبی از روش‌های نوین آبیاری بجای روش آبیاری نشتی استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید، تابع کاب داگلاس، بهره‌وری بذر، بهره‌وری کود فسفات.

۱- آدرس نویسنده مسئول: همدان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان.

*- دریافت: مهر ۱۳۹۵ و پذیرش: دی ۱۳۹۶

مقدمه

در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، استفاده هر چه بهتر و مؤثرتر از منابع کشاورزی، بالاخص آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و برای سنجش این موضوع ابزارهای متعددی وجود دارد. تابع تولید از جمله روشهایی است که جهت انتخاب راهبردهای مناسب در تصمیم‌گیری‌های مربوط به تولید و تخصیص بهینه منابع از سوی محققان استفاده می‌شود. چنانچه توابع تولید به -درستی برآورد شود، با کمک آنها می‌توان به بسیاری از مسائل اقتصادی موجود در یک واحد کشاورزی و یا یک منطقه را پاسخ داد (دشتی، ۱۳۷۴). به پیروی از کاربرد روز افزون روش برآورد تابع تولید در سیاست‌گذاری بخش کشاورزی کشورهای توسعه یافته، در سال‌های اخیر کاربرد این تکنیک در زمینه‌های مختلف بخش کشاورزی ایران نیز گسترش یافته و نتایج مطلوبی برای تصمیم‌گیری در سطح کلان بخش کشاورزی و در سطح خرد، برای واحدهای تولیدی به همراه داشته است. ترکیب مناسب عوامل تولید و یا تخصیص این عوامل بین تولیدات مختلف از جمله مواردی است که با استفاده از تابع تولید قابل حل است (عبدل‌قوزلوجه و حاجی رحیمی، ۱۳۹۲).

هم‌اکنون منابع آب زیرزمینی ۸۵/۵ درصد منابع آب قابل دسترس استان همدان را تشکیل می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۹۴). وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی در دهه‌های اخیر و از طرفی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی منجر به افت شدید سطح ایستابی در دشت‌های این استان شده است. در حال حاضر رویکرد مبتنی بر مدیریت عرضه در منابع آب استان همدان با محدودیت‌های زیادی مواجه می‌باشد. لذا لزوم ایجاد تغییر در دیدگاه حاکم بر مدیریت منابع آب و چرخش به سمت مدیریت تقاضا در بخش‌های مختلف شرب، صنعت و بالاخص کشاورزی احساس می‌شود (بی‌نام، ۱۳۹۴).

هدف کلی در مدیریت تقاضا و بهره‌برداری بهینه از آب در بخش کشاورزی افزایش راندمان و بهره‌وری آن است. یکی از راهکارهای مبتنی بر مدیریت تقاضا در

سطح مزرعه استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری است. در شرایط حاضر روش آبیاری تحت فشار از شیوه‌های نوین آبیاری است که به عنوان راه حلی در استفاده بهینه از منابع آب به آن توجه زیادی شده است. عباسی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی مقادیر راندمان کاربرد آب را در سیستم‌های آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای به ترتیب ۵۳/۶، ۶۲/۱ و ۷۱/۱ درصد عنوان کرده‌اند. همچنین اظهار نموده‌اند که از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۲ راندمان کل آبیاری در کشور، سالانه حدود یک درصد رشد داشته است. آنها یکی از دلایل اصلی این رشد را توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار عنوان کرده‌اند. در این گزارش اشاره شده که تا سال ۱۳۹۴ حدود ۱/۴۵ میلیون هکتار از اراضی کشور به انواع سامانه‌های آبیاری تحت فشار مجهز شده است.

بهره‌وری در متون مربوط به اقتصاد توسعه، به عنوان میزان ستاده حاصل از مقدار معینی از یک یا چند نهاده تعریف می‌شود. این معیار نشان دهنده نحوه استفاده از عوامل تولید در یک برهه‌ای از زمان است و آثار سه گانه تغییر فناوری، تغییر مقیاس و تغییر در راندمان استفاده از نهاده‌ها، یعنی حرکت به سمت تابع تولید مرزی را نشان می‌دهد (سلامی، ۱۳۷۶). در این راستا در دهه‌های اخیر بسیاری از پژوهش‌های انجام شده برای اشاعه فرهنگ بهره‌وری و بکارگیری فنون و روش‌های ارتقاء آن، صورت گرفته است.

عباسی و همکاران (۱۳۹۴) مطالعه‌ی را به منظور تعیین بهره‌وری آب در بخش کشاورزی کشور در دهه ۹۲-۱۳۸۲ انجام دادند. نتیجه مطالعه آنها نشان داد که میزان بهره‌وری آب در سیستم‌های مختلف آبیاری بین ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ متغیر و به‌طور متوسط در این دهه ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب است. حیدری و همکاران (۱۳۸۴) متوسط بهره‌وری محصول سیب‌زمینی در کشور با سیستم‌های مختلف آبیاری، تحت مدیریت زارع را ۲/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین نمودند. بهراملو (۱۳۸۸) عملکرد و کارایی مصرف آب را در محصول سیب‌زمینی و برای ارقام آگریا، مارفونا و سانته، تحت سیستم‌های آبیاری

گزارش کردند که با استفاده از هیدروفلوم، عمده تلفات آب در مزارع سیب‌زمینی بیشتر بصورت نفوذ عمقی بوده ولی در مزارعی که به روش سنتی آبیاری می‌شوند، تلفات آب بصورت رواناب و نفوذ عمقی است. مقدار تلفات رواناب سطحی در دو روش توزیع سنتی و هیدروفلوم بترتیب حدود ۳۵/۹ و ۱۳/۱ درصد می‌باشد. در این تحقیق مقدار کارایی مصرف آب در روش هیدروفلوم، سنتی و بارانی بترتیب ۲/۸۶، ۱/۲۳ و ۴/۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شده است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داده که در روش آبیاری هیدروفلوم، درآمد خالص مزرعه به میزان ۳۹/۴ میلیون ریال نسبت به روش آبیاری سنتی افزایش می‌یابد. نسبت منفعت به هزینه در روش آبیاری هیدروفلوم مشخص نموده که به ازاء هر ۱۰ ریال هزینه در این روش، ۶۰ ریال منافع ایجاد می‌شود. اکبری و همکاران (۱۳۷۷) روش‌های آبیاری بارانی و شیاری را روی محصول سیب‌زمینی به منظور بررسی اثر آن بر راندمان آبیاری، آفات و بیماری‌ها مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش شیاری از عملکرد بالاتری برخوردار بوده و علاوه بر آن بیش از ۳۵ درصد نسبت به آبیاری شیاری در مصرف آب صرفه‌جویی دارد. آنان اشاره کرده‌اند که با این مقدار آب صرفه‌جویی شده در روش آبیاری بارانی می‌توان سطح زیر کشت را به میزان ۵۰ درصد افزایش داد. همچنین در روش آبیاری بارانی ارزیابی تراکم جمعیت آفات یک روند رو به کاهش را نسبت به آبیاری شیاری نشان داده است. حسن‌لی (۱۳۸۱) به منظور بررسی و ارزیابی بهره‌وری آب در روش‌های مختلف آبیاری، چهار روش آبیاری (آبیاری زیر سطحی تراوا، آبیاری قطره‌ای نواری، آبیاری قطره‌ای تنظیمی) را به عنوان روش‌های مدرن و آبیاری جویچه‌ای را به عنوان روش مرسوم در تولید محصول ذرت مورد تحقیق قرار دادند. نتایج پژوهش او نشان داده که بهره‌وری آب با روش زیر سطحی تراوا بیشترین مقدار و برابر ۱/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب و در روش قطره‌ای تنظیمی،

بارانی و قطره‌ای در همدان مورد مقایسه قرار داده است. ایشان نتیجه‌گیری نمود که ارقام مذکور تحت سیستم بارانی با متوسط عملکرد ۳۷ تن نسبت به سیستم قطره‌ای با عملکرد ۲۹ تن دارای برتری معنی‌داری است. در خصوص کارایی مصرف آب این موضوع برعکس است. سیستم آبیاری قطره‌ای با متوسط مقدار ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به طور معنی‌داری بالاتر از مقدار آن در سیستم بارانی (۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) است. در تحقیقی دیگر، بهراملو (۱۳۹۰) در بررسی تأثیر تأخیر آبیاری در مرحله آغازین رشد سیب‌زمینی بر عملکرد و کارایی مصرف آب، تحت سیستم آبیاری نشتی در همدان نتیجه‌گیری نمود که در این سیستم آبیاری، متوسط عملکرد محصول ۲۵/۴ تن و کارایی مصرف آب دو کیلوگرم بر مترمکعب است. رضوانی و جعفری (۱۳۸۳) گزارش کردند که در مزارع سیب‌زمینی در استان همدان، در سیستم آبیاری قطره‌ای با نوارهای تیپ با حداقل میزان آب، ۵۸۲۰ متر مکعب در هکتار و در سیستم کلاسیک ثابت، حداکثر با ۶۹۷۲ متر مکعب در هکتار آب مصرف می‌شود. از نظر عملکرد، سیستم ویل موو با ۴۸/۵ تن در هکتار بالاترین و سیستم قطره‌ای با ۳۳/۵ تن در هکتار کمترین عملکرد در هکتار را دارند. شاخص مقدار محصول تولید شده از هر متر مکعب آب نشان داده که کمترین مقدار مربوط به سیستم آبیاری کلاسیک متحرک و بیشترین آن مربوط به ویل موو است.

میانگین کارایی در کلیه سیستم‌ها برابر با ۶/۵ کیلوگرم گزارش شده است. قدمی و سیدان (۱۳۸۵) در تحقیقی گزارش کردند که دامنه تغییرات بازده کاربرد آب آبیاری در مزارع سیب‌زمینی بسیار وسیع و بسته به نوع سیستم سنتی تا قطره‌ای از حداقل ۹/۸ تا حداکثر ۹۰/۳ درصد متغیر می‌باشد. میزان متوسط بهره‌وری آب بر حسب مقدار محصول ۲/۶ کیلوگرم محاسبه شده است. شاخص بهره‌وری آب بر حسب درآمد ناخالص و درآمد خالص به ترتیب ۱۸۲۹ و ۳۱۲- ریال برای هر کیلوگرم محصول است. در تحقیقی دیگر قدمی و سیدان (۱۳۸۵)

وری عوامل تولید پائین بوده و به عبارتی می‌توان گفت که جای‌کاران کارائی پائینی دارند. در مجموع به جز نهاده کود، بهره‌وری نهاده‌ها در سطح بیشتر از یک هکتار همواره بیشتر است. در نهایت توصیه نمودند که با استفاده بهینه از نهاده‌ها، نه تنها منجر به جلوگیری از هدر رفتن منابع می‌شود بلکه کاهش متوسط هزینه تولید جای را در پی خواهد داشت. از این رو به منظور افزایش بهره‌وری باید کمیت و کیفیت عوامل تولید مد نظر قرار گیرد.

براساس مطالعات شرکت آب منطقه‌ای استان همدان (بی‌نام، ۱۳۹۴)، دشت کبودرآهنگ با بارندگی متوسط ۳۳۲ میلی‌متر در سال یکی از دشت‌های حوزه رودخانه قره‌چای، در استان همدان است. وسعت این محدوده مطالعاتی برابر ۳۳۹۴ کیلومتر مربع و در فاصله ۶۰ کیلومتری شمال شهر همدان (مرکز استان) واقع شده است. مرکز شهرستان کبودرآهنگ با موقعیت جغرافیائی طول ۲۷° ۴۸' و عرض ۳۳° ۳۴' و با ارتفاع ۱۶۸۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. بررسی منابع پژوهشی مختلف نشان داد که در خصوص بهره‌وری عوامل تولید محصول سیب‌زمینی تحت مدیریت بهره‌بردار در این منطقه اطلاعاتی در دست نیست. از طرف دیگر سطح ایستابی آب در دشت کبودرآهنگ سالانه بیش از ۱/۵ متر افت داشته که این امر باعث شده دشت کبودرآهنگ از جمله دشت‌های بحرانی استان محسوب شود. لذا در پژوهش حاضر به بررسی بهره‌وری عوامل مختلف تولید، بالاخص آب در دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت و نشتی در محصول سیب‌زمینی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

بطور کلی دو گروه از داده‌ها در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. گروه اول از طریق آمار میدانی که در آن جامعه آماری کلیه کشاورزان تولید کننده سیب‌زمینی است که با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه بندی شده، ۹۵ بهره‌بردار انتخاب گردید. در این قسمت با مراجعه به کشاورزان در مراحل مختلف

کمترین مقدار و برابر ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان این شاخص در روش‌های قطره‌ای نوار تیپ و جویچه‌ای به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب برآورده شده است. شهبازی و همکاران (۱۳۸۰) با مقایسه فنی و کارایی مصرف آب در سه روش آبیاری بارانی، نشتی سنتی و نشتی مدرن در زراعت چغندر قند به این نتیجه رسیدند که عملکرد ریشه در تیمار آبیاری بارانی نسبت به روش‌های دیگر آبیاری بالاتر و اختلاف موجود در سطح پنج درصد معنی‌دار است. بالاترین میزان مصرف آب، با ۱۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار مربوط به تیمار آبیاری نشتی سنتی است. همچنین در تیمار روش آبیاری بارانی با ۹۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی چغندر بیشترین کارایی مصرف آب را داشته است.

در این روش راندمان مصرف آب نسبت به روش‌های آبیاری نشتی سنتی و مدرن به ترتیب ۴۸ و ۶۸ درصد افزایش را نشان داده است. ایشان در نهایت به این نتیجه رسیدند که بین سه روش آبیاری موجود بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب با استفاده از سیستم آبیاری بارانی و با ۹۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی چغندر قند حاصل خواهد شد. مهرابی‌آبادی و موسی نژاد (۱۳۷۴) در تحقیقی به بررسی بهره‌وری عوامل تولید پسته با آبیاری مرسوم سنتی در شهرستان رفسنجان پرداخته‌اند. تابع مورد استفاده در این تحقیق تابع تولید چند جمله‌ای درجه سوم است. آنها نتیجه گرفتند که در استفاده از کود حیوانی، کود شیمیایی، سموم شیمیایی، نیروی کار و ماشین آلات به ترتیب ۳۳/۳، ۱۷/۴، ۳۲/۶، ۱۰/۴، ۲/۰۸ درصد از کشاورزان دارای بهره‌وری نهایی منفی می‌باشند. همچنین به دلیل کمبود آب در منطقه، کشاورزان از آب کمتر از حد بهینه استفاده می‌کنند. لذا به منظور افزایش راندمان آبیاری توصیه نمودند که روش‌های نوین آبیاری جایگزین روش‌های مرسوم منطقه شود. کوپاهی و کاظم‌نژاد (۱۳۷۵) در مطالعه‌ای با استفاده از تابع تولید ترانسندنتال (متعالی) به بررسی بهره‌وری عوامل مؤثر در تولید چای پرداختند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که بهره-

سپس برای مقایسه بهترین شکل تابع تولید از آزمون نسبت درستی‌مایی و آزمون نرمالیته جمله اختلال استفاده و بهترین فرم تابع، تابع کاب-داگلاس انتخاب شده است (گجراتی، ۱۳۸۷). بنابراین با برآورد تابع تولید، بهره‌وری نهاده‌های تولید محاسبه شده است. به این منظور دو نوع بهره‌وری، که از مفاهیم شاخص بهره‌وری جزئی است، محاسبه گردیده است:

۱- بهره‌وری متوسط^۴: که ستاده حاصل از یک واحد نهاده معین تعریف می‌شود.

۲- بهره‌وری نهایی^۵: که عبارت است از مقداری که هر واحد عامل ورودی (داده) به ستاده کل می‌افزاید.

فرم کلی تابع مورد استفاده در این تحقیق به صورت رابطه ۴ می‌باشد.

$$Y = a \sum_{i=1}^{10} Xi^{ai} + \sum_{i=1}^{10} dXi^{bi} + cd + ui \quad (۴)$$

با گرفتن لگاریتم از دو طرف این رابطه، تابع عملکرد به شکل خطی و به صورت رابطه ۵ تبدیل می‌شود.

$$\begin{aligned} \ln Y = & a + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 \\ & + a_4 \ln X_4 + a_5 \ln X_5 + a_6 \ln X_6 \\ & + a_7 \ln X_7 + a_8 \ln X_8 + a_9 \ln X_9 \\ & + a_{10} \ln X_{10} + b_1 \ln dX_1 + b_2 \ln dX_2 + \\ & b_3 \ln dX_3 + b_4 \ln dX_4 + b_5 \ln dX_5 \\ & + b_6 \ln dX_6 + b_7 \ln dX_7 + b_8 \ln dX_8 + \\ & b_9 \ln dX_9 + b_{10} \ln dX_{10} + cd + Ui \end{aligned} \quad (۵)$$

در روابط ۴ و ۵:

Y = عملکرد محصول (کیلوگرم)، X_1 = تعداد کل کارگران در فصل زراعی (روز - نفر)، X_2 = میزان بذر مصرفی (کیلوگرم)، X_3 = میزان کود ازت (کیلوگرم)، X_4 = میزان کود فسفات (کیلوگرم)، X_5 = میزان کود پتاس (کیلوگرم)، X_6 = میزان کود ریزمغزی (کیلوگرم)، X_7 = میزان کود حیوانی (کیلوگرم)، X_8 = میزان سم علف کش

کاشت، داشت و برداشت، مقادیر مصرف نهاده‌ها توسط کشاورزان مشخص گردید. گروه دوم از داده‌ها مربوط به اطلاعات کتابخانه‌ای بود که در این زمینه از مطالعات قبلی شامل نتایج طرح‌ها و پروژه‌ها و کتب و مقالات علمی استفاده گردید.

در این مطالعه برای بررسی روایی پرسشنامه از نظرات کارشناسان اقتصاد کشاورزی و آبیاری بهره گرفته و جهت بررسی پایایی سوالات از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است. با نظر خواهی از گروهی از متخصصان کشاورزی، روایی محتوایی و صوری پرسشنامه تأیید گردید. برای تعیین این که پرسشنامه در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد (پایایی)، نسبت به تکمیل آن در یک نمونه ۳۰ تایی اقدام شد و مقدار آلفای کرونباخ ۰/۸۱ بدست آمد.

برای محاسبه بهره‌وری از روش اقتصاد سنجی، نیاز به برآورد تابع تولید است. برای برقراری روابط بین نهاده‌ها و ستاده، پس از استخراج داده‌ها نسبت به برازش و گزینش تابع تولید مناسب اقدام شد (گجراتی، ۱۳۸۷). برای این منظور توابع کاب - داگلاس^۱، ترانسندنتال (متعالی)^۲ و درجه دوم^۳ تخمین زده شدند. فرم این توابع به ترتیب در روابط شماره ۱ الی ۳ نشان داده شده است.

$$\ln Y = \ln \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln X_i + U \quad (۱)$$

$$\ln Y = \ln \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln X_i + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + U \quad (۲)$$

$$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \beta_{ii} (X_i)^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} (X_i)(X_j) + U \quad i \neq j \quad (۳)$$

در روابط فوق:

Y_i : تولید محصول سیب زمینی (کیلوگرم)

β_i, β_{ij} و α : پارامترهای مدل

X_i : نشان دهنده متغیرهای مدل است.

^۴ - Average product

^۵ - marginal product

^۱ - Cobb-Douglass Functional Form

^۲ - Transendental Functional Form

^۳ - Quadratic Functional Form

توسط بهره‌بردار Z است. i و Z به ترتیب نشان دهنده عامل تولید و بهره‌بردار است.

نتایج و بحث

برآورد تابع تولید

برای محاسبه بهره‌وری از روش اقتصادسنجی، نیاز به برآورد تابع تولید است. برای برقراری روابط بین نهاده‌ها و ستاده، پس از استخراج داده‌ها نسبت به برازش و گزینش تابع تولید مناسب اقدام شد. به منظور تخمین تابع تولید ابتدا باید مناسب‌ترین فرم تابعی مدل تعیین شود. بدین منظور تابع تولید از نوع توابع انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر، شامل توابع کاب - داگلاس، ترانسندنتال (متعالی) و درجه دوم برآورد شدند. بر اساس نتایج حاصله هر سه فرم تابع از نظر قدرت توضیح‌دهندگی بر اساس آماره ضریب تعیین مناسب است. همچنین معنی‌داری آماره F در هر یک از مدل‌ها بیانگر معنی‌داری کل رگرسیون است. بنابراین برای دستیابی به بهترین مدل و کاهش خطای تصریح سعی شد از میان سه الگو برآورد شده، برترین آن انتخاب شود. برای این منظور از آماره LR و آزمون نرمالیتت توزیع جملات اخلال استفاده گردید. نتایج این دو آزمون در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد تابع ترانسندنتال (متعالی) از نظر نرمال بودن توزیع جملات اخلال در سطح یک درصد رد می‌شود. از میان دو فرم تابع دیگر بر اساس نتایج جدول ۲ و با استفاده از آماره LR، برتری تابع کاب داگلاس نسبت به تابع درجه در سطح اطمینان یک درصد قبول می‌شود.

بنابراین در جدول شماره ۳ نتایج حاصل از برآورد تابع به فرم کاب داگلاس نشان داده شده است.

(کیلوگرم)، X_9 = میزان سم آفت کش (کیلوگرم)، X_{10} = میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)، a عرض از مبدا و a_1 الی a_{10} و b_1 الی b_{10} و c ضرایب متغیرها می‌باشد.

d = متغیر موهومی ($d=0$) در سیستم آبیاری بارانی و $d=1$ در روش آبیاری نشتی) و Ln = نشانه لگاریتم در پایه نپر (e) است. U_i = جز تصادفی جمله خطا است.

تعیین مقدار آب مصرفی

مقدار آب مصرفی برای آبیاری در سیستم بارانی با استفاده از نصب کنتور در ابتدای قطعات و همچنین سه مرحله تعیین دبی آبپاش‌ها انجام شد. در سیستم آبیاری نشتی با استفاده از دستگاه فلو دبی سنج مدل WSC حجم آب مصرفی در هر آبیاری اندازه‌گیری شد.

بهره‌وری

با فرض اینکه تولید کنندگان، عوامل تولید را از یک بازار رقابتی تأمین می‌کنند بهره‌وری متوسط، بهره‌وری نهایی و کشش تولید نهاده‌ها با استفاده از روابط ۶، ۷ و ۸ تعیین شده است.

$$MP_{ij} = \frac{\partial Y}{\partial X_{ij}} \quad (6)$$

$$AP_{ij} = \frac{Y_j}{X_{ij}} \quad (7)$$

$$E_{Xij} = \frac{MP_{ij}}{AP_{ij}} \quad (8)$$

$$J = 1, \dots, 95 \quad i = 1, \dots, 10$$

در روابط ۶، ۷ و ۸:

MP_{ij} : بهره‌وری نهایی بهره‌بردار Z از عامل تولید i ام،
 AP_{ij} : بهره‌وری متوسط بهره‌بردار Z از عامل تولید i ام،
 E_{ij} : کشش تولید بهره‌بردار Z از عامل تولید i ام، Y_j : عملکرد سیب‌زمینی بهره‌بردار Z ام، X_{ij} : عامل تولید i ام

جدول ۱- مقایسه کاب - داگلاس و درجه دوم تعمیم یافته (ضرایب برآورد شده و آزمون نرمالیتیه جمله اخلاص)

نام تابع	تعداد کل ضرایب	تعداد ضرایب معنی دار	مقدار آماره جاکر برا	سطح احتمال
کاب داگلاس	۷	۶	۲/۹۶ ^{NS}	(۰/۱۸)
درجه دوم تعمیم یافته	۲۸	۱۹	۲/۷ ^{NS}	(۰/۲۵)
ترانستندنتال (متعالی)	۱۴	۱۰	۱۴/۹ ^{***}	(۰/۰۰)

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۲- مقایسه توابع کاب - داگلاس و درجه دوم تعمیم یافته (آزمون نسبت درستنمایی)

تابع	مقدار تابع درستنایی	تعداد پارامترها	LR	مقدار بحرانی LR($\alpha = 0.01$)
کاب - داگلاس	۳/۴	۶	۹/۵	۱۰/۵
درجه دوم تعمیم یافته	۱۴/۵	۱۹		

مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۳- نتایج حاصل از برآورد تابع به فرم کاب-داگلاس

متغیر مستقل	ضرایب	انحراف معیار	T	P - Value
Constant	۵/۲۷۶	۱/۲۴۵	۴/۲۳۶	۰/۰۰۰*
LnX _۲	-۰/۴۱۲	-۰/۱۳۱	۳/۱۳۷	۰/۰۰۳*
LnX _۴	-۰/۰۴۶	-۰/۰۱۵	-۳/۰۷۶	۰/۰۰۴*
LnX _۵	-۰/۱۴۱	-۰/۰۵۶	-۲/۵۰۷	۰/۰۰۱*
LnX _۸	-۰/۱۹۶	-۰/۰۴۹	۴/۰۱۱	۰/۰۰۰*
LnX _۹	-۰/۲۴۴	-۰/۰۷۲	۳/۳۷۱	۰/۰۰۲*
LnX _{۱۰}	-۰/۱۹۸	-۰/۰۵۴	۳/۶۵۵	۰/۰۰۱*
LndX _۲	-۰/۲۰۱	-۰/۰۹۶	۲/۰۸۹	۰/۰۴۳**
LndX _۴	-۰/۵۴۶	-۰/۰۷۸	-۷/۰۳۵	۰/۰۰۰*
LndX _۸	-۰/۱۴۸	-۰/۰۳۲	-۴/۵۸۰	۰/۰۰۰*
LndX _۹	-۰/۰۴۶	-۰/۰۱۱	۴/۱۴۶	۰/۰۰۰*
LndX _{۱۰}	-۰/۰۴۶	-۰/۰۱۱	۴/۱۴۶	۰/۰۰۰*

مأخذ: یافته های تحقیق، * و ** و *** به ترتیب نمایانگر معنی دار بودن در سطح ۵، ۱ و ۱۰ درصد

توضیح می دهند. معنی دار بودن مقدار F نشان می دهد تمام ضرایب تابع به طور همزمان معنی دار می باشد (ضرایب مخالف صفر می باشند). لازم به ذکر است که از میان متغیرهای مورد بررسی، متغیرهای $X_۱$ ، $X_۲$ ، $X_۳$ و $X_۷$ به دلیل معنی دار نشدن از مدل حذف شده است. از میان متغیرهای موهومی متغیرهای $X_۴$ ، $X_۵$ ، $X_۶$ ، $X_۸$ و $X_۹$ معنی دار نشده، همچنین متغیر موهومی مربوط به عرض از مبدأ نیز معنی دار نشده و از مدل حذف شده است.

فرم ریاضی تابع کاب - داگلاس در رابطه ۹ نشان داده شده است.

$$\begin{aligned} \ln y = & 5.276 + 0.412 \ln X_1 - 0.046 \ln X_4 - \\ & 0.141 \ln X_5 + 0.196 \ln X_8 + 0.244 \ln X_9 + \\ & 0.198 \ln X_{10} + 0.201 \ln dX_2 - \\ & 0.546 \ln dX_4 - 0.148 \ln dX_8 + \\ & 0.046 \ln dX_9 + 0.046 \ln dX_{10} + U_i \\ R^2 = & 0.72 \quad \bar{R}^2 = 0.66 \quad F = 11.397 \end{aligned} \quad (9)$$

براساس آماره R^2 می توان گفت که متغیرهای توضیحی ۷۲ درصد از تغییرات متغیرهای وابسته را

$$\begin{aligned} \ln Y = & 5.276 + 0.152 \ln X_2 + \\ & 0.06 \ln X_4 - 0.35 \ln X_8 + \\ & 0.07 \ln X_9 + 0.046 \ln X_{10} \end{aligned} \quad (11)$$

در جدول شماره ۴ میزان متوسط مصرف عوامل تولید در دو روش آبیاری بارانی و نشتی در سطح مزارع کشاورزان سیب‌زمینی کار نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بجزء کود فسفات و پتاسه مابقی عوامل تولید در روش آبیاری نشتی بیش از روش آبیاری بارانی می‌باشد. میزان تولید بطور متوسط در روش آبیاری بارانی بیش از روش آبیاری نشتی است. با استفاده از این مقادیر و توابع تولید بهره‌وری و کشش تولید محاسبه می‌شود.

روش آبیاری		عوامل تولید
بارانی (کلاسیک ثابت)	نشتی	
۳۰۰۰	۳۲۰۰	بذر (کیلوگرم)
۲۵۰۰	۱۰۰۰	کود فسفات (کیلوگرم)
۱۷۵۰	۲۵۰	کود پتاس (کیلوگرم)
۴	۶	سم علف کش (لیتر)
۳	۵	سم آفت کش (لیتر)
۶۳۰۰	۹۰۰۰	آب (مترمکعب)
۳۲	۲۴	مقدار تولید (تن)

شماره ۵ نتایج حاصل از محاسبه بهره‌وری و کشش عوامل تولید به تفکیک دو سیستم آبیاری بارانی و نشتی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود با استفاده از یک متر مکعب آب اضافی در دو روش آبیاری بارانی و نشتی به ترتیب ۱/۵۹ و ۰/۲۹ کیلوگرم به مقدار تولید اضافه می‌شود. بهره‌وری متوسط آب به معنی تولید متوسط هر واحد از این نهاده است. بنابراین به ازای هر متر مکعب آب در دو روش آبیاری بارانی و نشتی به ترتیب ۶/۵۲ و ۳/۰۵ کیلوگرم محصول تولید می‌شود. این نتایج نشان می‌دهد که بازده این عامل محدود و کمیاب در روش آبیاری بارانی بسیار بیشتر از روش آبیاری نشتی است. کشش تولید آب در روش آبیاری بارانی برابر ۰/۲۴ و در روش آبیاری نشتی برابر با ۰/۰۹ است. بنابراین یک درصد

بهره‌وری و تخصیص بهینه عوامل تولید

براساس نوع سیستم آبیاری توابع ۱۰ و ۱۱ تفکیک و بهره‌وری عوامل تولید بررسی شده است.

الف) با در نظر گرفتن $d=0$ (نشان دهنده سیستم آبیاری بارانی)

$$\begin{aligned} \ln Y = & 5.276 + 0.142 \ln X_2 - 0.046 \ln X_4 - \\ & 0.141 \ln X_5 + 0.196 \ln X_8 \\ & + 0.244 \ln X_9 + 0.412 \ln X_{10} \end{aligned} \quad (10)$$

ب) با در نظر گرفتن $d=1$ (نشان دهنده روش آبیاری نشتی)

از آنجا که نقش نهاده‌ها در تولید در متون اقتصادی با تولید کرانه‌ای مشخص می‌شود. این شاخص با مشتق اول تابع نسبت به هر نهاده مشخص به دست می‌آید. در تولید هر محصول، هر نهاده با تولید کرانه‌ای بیشتر، نهاده با ارزش‌تر محسوب و در بازار عوامل تولید بهای بیشتری برای آن پرداخت می‌شود. بنابر این همانطور که ذکر شد بهره‌وری نهایی مشتق اول تابع تولید نسبت به این نهاده می‌باشد. بهره‌وری نهایی به معنی تغییر تولید به ازای آخرین واحد نهاده است. همین‌طور بهره‌وری متوسط از تقسیم تولید بر مقدار عامل مصرف شده به دست می‌آید.

بنابراین با توجه به روابط ۶ و ۷ و نتایج به دست آمده از معادلات شماره ۱۰ و ۱۱ بهره‌وری نهایی و متوسط کلیه عوامل مهم تولید محاسبه شده است. جدول

افزایش در مصرف آب در روش آبیاری بارانی و نشتی به ترتیب منجر به افزایش ۰/۲۴ و ۰/۰۹ درصد محصول می-شود.

بازده بذر مصرفی در هر دو روش آبیاری تقریباً به یک اندازه است؛ اما همانطور که نشان داده شده میزان بهره‌وری متوسط در روش آبیاری بارانی به میزان ۱۱ درصد بیشتر از روش آبیاری نشتی است. نتایج حاصله در مورد کود فسفات نشان می‌دهد که بهره‌وری نهایی در روش آبیاری بارانی منفی است. این نتیجه به این مهم اشاره می‌کند که باید در این روش آبیاری میزان مصرف کود فسفات کاهش یابد. در مقابل در روش آبیاری نشتی بهره‌وری نهایی کود فسفات مثبت است. بنابر این در روش

آبیاری نشتی با افزایش مصرف این کود تولید افزایش می-یابد. در روش آبیاری نشتی متغیر کود پتاسه معنی‌دار نشده است. در روش آبیاری بارانی همانند کود فسفات بهره‌وری نهایی این متغیر منفی است. لذا با مصرف بیشتر این کود، بر میزان تولید اثر منفی دارد. در میزان مصرف آفت‌کش در هر دو روش آبیاری میزان بهره‌وری نهایی مثبت است؛ اما این شاخص در روش آبیاری بارانی بیشتر می‌باشد. بهره-وری نهایی مصرف علف‌کش در روش آبیاری بارانی مثبت ولی در روش نشتی منفی است. لذا باید در این روش با کاهش مصرف این نهاده امکان افزایش بهره‌وری آن را فراهم کرد.

جدول ۵- بهره‌وری و کثکث عوامل تولید در دو روش آبیاری نشتی و بارانی

عامل تولید	آبیاری نشتی			آبیاری بارانی		
	بهره‌وری متوسط	بهره‌وری نهایی	کثکث تولید	بهره‌وری متوسط	بهره‌وری نهایی	کثکث تولید
بذر	۹/۹	۴/۰۶	۰/۴	۱۰/۹	۴/۵	۰/۴
کود فسفات	۱۵۸/۷	۲۴/۱	۰/۱۵	۱۶۹/۱	-۷/۹	-۰/۰۵
کود پتاس	-	-	-	۲۶۴/۱	-۱۲/۲	-۰/۰۵
سم علف‌کش	۱۳۵۲۳/۵	-۸۱۱/۴	-۰/۰۶	۱۵۴۳۸/۴	۲۱۷۶/۸	۰/۱۴
سم آفت‌کش	۹۱۱۰/۱	۳۱۸۸/۵	۰/۳۵	۱۵۲۰۶/۸	۲۹۸۰/۵	۰/۲
آب	۳/۱	۰/۳	۰/۰۹	۶/۵	۱/۵۹	۰/۲۴

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

همانطور که اشاره شد بهره‌وری متوسط آب در سیستم آبیاری بارانی بیش از دو برابر در سیستم آبیاری نشتی است. این نتیجه با نتایج بهراملو (۱۳۸۸ و ۱۳۹۰) منطبق است. لذا در جهت ارتقاء بهره‌وری آب خصوصاً در شرایط بحران آب موجود در منطقه، توصیه می‌گردد که سیستم آبیاری بارانی جایگزین سیستم آبیاری نشتی شود. میزان بهره‌وری بذر در دو سیستم تفاوتی را نشان نمی-دهد؛ اما با توجه به مثبت بودن بهره‌وری نهایی آن، با در نظر گرفتن قیمت بذر و محصول، استفاده بیشتر از بذر توجیه اقتصادی دارد. نتایج نشان می‌دهند که مقدار

مصرف کود فسفات و کود پتاس نسبت به کشاورزانی که از روش آبیاری نشتی استفاده می‌کنند بیشتر است؛ اما در روش آبیاری نشتی میزان استفاده از کود فسفات معقول می‌باشد. در مقابل در این روش باید مصرف سموم علف‌کش متعادل تر و در جهت استفاده بهینه میزان آن کاهش یابد. لذا به منظور افزایش سطح سود آوری مزارع و حفظ محیط زیست ضروری است مصرف سموم علف‌کش در مزارعی که از روش آبیاری نشتی استفاده می‌کنند و مصرف کود فسفات و پتاسه در مزارعی که از سیستم آبیاری بارانی استفاده می‌کنند، کاهش یابد.

فهرست منابع

۱. اکبری، م. ۱۳۷۷. مقایسه روشهای آبیاری بارانی و سطحی (شیاری) روی عوامل کمی و کیفی سیب‌زمینی. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۱۲۱.
۲. بهراملو، ر. ۱۳۸۸. بررسی فنی و اقتصادی دو روش آبیاری بارانی و تیپ در سه رقم سیب زمینی در همدان. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۸/۲۱۷.
۳. بهراملو، ر. و ا. ناصری. ۱۳۸۹. تاثیر پذیری کارائی مصرف آب و عملکرد سیب زمینی رقم سانتا از آبیاری محدود. مجله آبیاری و زهکشی. جلد ۱. شماره ۴.
۴. بهراملو، ر. ۱۳۹۰. بررسی اثر تاخیر در آبیاری در مرحله آغازین رشد بر روی عملکرد و بیماری‌های مهم سه رقم سیب زمینی در استان همدان. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۹۰/۴۶۳.
۵. حسن‌لی، ع.م. ۱۳۸۱. بهره‌وری آب در کشاورزی و راهکارهای افزایش آن، نشریه کمیته بهره‌وری، وزارت جهاد کشاورزی، شماره ۳۶.
۶. کوپاهی، م. و کاظم نژاد، م. ۱۳۷۵. محاسبه بهره‌وری عوامل تولید جای با استفاده از تابع تولید ترانسندنتال (متعالی).
۷. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۱۴ ص ۵۹-۴۳.
۸. گجراتی، د. ۱۳۸۷. مبانی اقتصاد سنجی، ترجمه حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۴۵ صفحه.
۹. سلامی، ح.ا. ۱۳۷۶. مفاهیم و اندازه گیری بهره‌وری در کشاورزی، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۱۸.
۱۰. شهبازی، ح.، م.ح. صدر و م. صالحی. ۱۳۸۰. مقایسه فنی و بررسی راندمان مصرف آب و عملکرد محصول در دو روش آبیاری بارانی و نشتی بر روی چغندر قند، بیست و سومین سمینار سالانه کارخانه‌های قند و شکر ایران. شهریورماه ۱۳۸۰، مشهد.
۱۱. دشتی، ق. ۱۳۷۴. اهمیت بهره‌وری در فرآیند توسعه کشاورزی، مجله جهاد. شماره ۲۲.
۱۲. جعفری، ع.م. و س.م. رضوانی. ۱۳۸۰. راهکارهای مقابله با بحران آب. گزارش نهایی. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان همدان. شماره ۲۷۵.
۱۳. حسین‌زاده، ج. سلامی، ح و صدر، س.ک. ۱۳۸۶. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات زراعی با استفاده از توابع تولید انعطاف‌پذیر (مطالعه موردی: دشت مراغه - بناب)، دانش کشاورزی، ۱۷(۲): ۱-۱۴.
۱۴. حیدری، ن.، عباسی، ف.، اشرفی، ف. و سهراب، ف. ۱۳۸۸. برنامه راهبردی بهره‌وری آب کشاورزی. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۸/۶۵. ۲۹۴ صفحه.
۱۵. رضوانی، س.م. و ع.م. جعفری. ۱۳۸۳. ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم‌های آبیاری بارانی اجرا شده در مزارع سیب زمینی در استان‌های همدان و اصفهان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان. همدان.
۱۶. سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. ۱۳۹۴. آمار پایه‌ای سال ۱۳۹۳. سایت سازمان جهاد کشاورزی استان همدان. <http://hamedan.agri-jahad.ir>
۱۷. بی‌نام. ۱۳۹۴. سیمای آب در استان همدان. شرکت آب منطقه‌ای استان همدان. نشریه شماره ۷۷. ۴۰ صفحه.
۱۸. عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۶۵ صفحه.

۱۹. عبدل قوزلوجه، ع. و حاجی رحیمی، م. ۱۳۹۲. تحلیل بهره‌وری نهاده آب در تولید سیب‌زمینی به روش آبیاری تحت فشار در دشت همدان- بهار. ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی. دانشگاه کردستان.
۲۰. قدمی، ع. و س.م.سیدان. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی و اقتصادی مصرف آب در آبیاری سطحی سیب‌زمینی در منطقه بهار. گزارش نهایی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۵/۲۱۷.
۲۱. گجراتی، د. ۱۳۸۷. مبانی اقتصاد سنجی، ترجمه حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران. ۲۴۵ صفحه.
۲۲. مهربانی بشرآبادی، ح. و موسی‌نژاد، م. ع. ۱۳۷۴. بررسی بهره‌وری عوامل تولید پسته در شهرستان رفسنجان. دانشگاه تربیت مدرس. پایان نامه. کارشناسی ارشد.
23. Bahramloo, R. and Nasser, A. 2009. Optimum Irrigation Events for Potato Cultivar Agria. *Intrnational journal of agriculture & biology*. 11(6), 712-716.
24. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. 1977. Crop water requirements, Irrigation and Drainage. Paper No. 24. FAO. Rome. Italy.
25. Droogers, P. 2001. Simulation models to assess water productivity at different scales. IWMI. P.O.Box 2075. Colombo. Srilanka.
26. Nasser, A., Bahramloo, R., 2009. Potato cultivar Marfuna yield and water use efficiency responses to early-season water stress. *Intrnational journal of agriculture & biology*. 11(2), 201-204.
27. Rosegrant, M.W. and Cai, x. 2006. Water productivity and cereal production: A global perspective. IFPRI, 2033, k.St., N.W. Washington DC.