تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۳/ تابستان ۱۴۰۰/ص ۱۰۴-۸۳

نوع مقاله: علمی - پژوهشی

ارزیابی اقتصادی و بهره وری آبیاری بارانی در تولید گندم (مطالعهٔ موردی استان اردبیل)

صفت‌اله رحمانی اندبیلی*

استادیار سازمان تحقیقات؛ آموزش و ترویج کشاورزی- دفتر امور اقتصادی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۷

چکیده

آب از جمله سرمایه‌های حیاتی بشر و دیگرموجودات روی کره زمین است، جایگزین ندارد، و نیروی محرکه اصلی فعالیت‌های کشاورزی است. در بسیاری از کشورها، مثل ایران، آب برای تولید و عمل‌آوری محصولات کشاورزی اهمیت بیشتری دارد. به‌رغم وجود محدودیت‌های شدید منابع آبی، بهره‌وری استفاده ازاین نهاده پایین است. اعمال مدیریت مناسب بر مصرف بهینهٔ آب در مزارع و واحدهای بهره‌برداری در قالب سیاست و برنامه‌های اجرایی، مهم‌ترین اقدام در استفادهٔ بهینه از منابع آبی و مقابله با کم آبی و بی‌آبی در مناطق مختلف کشور است. از جمله اقدامات به‌منظور بهبود بهره‌وری و صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی، توسعه روش‌های آبیاری بارانی است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اقتصادی و برآورد بهره‌وری آبیاری بارانی در محصول گندم در استان اردبیل در سال ۱۳۹۶ اجرا شده است. برای این منظور با تکمیل ۳۴۰ پرسش نامه از دو گروه کشاورزان منطقه (کشاورزان دارای آبیاری بارانی و کشاورزان دارای آبیاری سنتی) داده‌ها جمع آوری و برای تجزیه و تحلیل از تابع تولید استفاده شد. نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که با اجرای آبیاری بارانی، در مصرف آب تا ۱۷ درصد و در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی شده است؛ با اجرای این شیوه آبیاری، میزان تولید گندم و سطح بهره‌وری آب افزایش یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد به ازای هر متر مکعب آب در روش آبیاری بارانی ۱/۰۴ کیلو گرم گندم تولید شده که در روش آبیاری سنتی این میزان ۰/۶۲ کیلوگرم است.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی اقتصادی، بهره وری، آبیاری بارانی، گندم

مقدمه

آب کالایی منحصر به فرد و ماده‌ای بسیار حیاتی است. محدودیت‌های این مادهٔ حیاتی ظرفیت‌های سایر منابع را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در برخی از فقیرترین و ثروتمندترین کشورهای جهان نیز سرانهٔ استحصال آب به دلایل زیست محیطی، افزایش هزینه‌ها و کمیابی در حال کاهش است. توزیع جریان‌های آبی نیز در سطح جهان نامتعادل است یعنی با توزیع جمعیت تناسب ندارد. با توجه به کمبود بارندگی‌ها درکشور و توزیع نا مناسب زمانی و مکانی بارش‌ها، همچنین بروز خشکسالی‌های پی‌درپی در دو دههٔ اخیر، ضرورت تبدیل و تغییر روش‌های آبیاری از سنتی به نوین، از جمله آبیاری بارانی، با هدف صرفه جویی و کاهش در مصرف آب، بیش از پیش احساس می‌شود.

یکی از دغدغه‌های اساسی بشر کمبود آب است،

* نگارنده مسئول: Email: s.rahmani@areeo.ac.ir

http://doi: 10.22092/idser.2021.353233.1451

کمبودی که هر ساله بر شدت آن افزوده می‌شود. در حال حاضر بسیاری از افراد کشورهای در حال توسعه از آب کافی برای برآوردن نیازهای اصلی خود محروم هستند. از آنجایی که حدود ۷۰ درصد کل برداشت آب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، این نگرانی وجود دارد که کمبود آب در جهان به معنای کمبود آب کشاورزی باشد. شصت درصد از آب شیرین جهان به این ۹ کشور اختصاص دارد: کانادا، چین، کلمبیا، پرو، برزیل، روسیه، ایالات متحده آمریکا، اندونزی و هند. در مقابل حدود ۸۰ کشور جهان با کمبود شدید آب مواجه هستند. برخی از آنها تقریبا به هیچ منبع آب شیرین دسترسی مناسبی ندارند. دسترسی به آب کافی و مناسب در برخی از کشورها از جمله کویت، بحرین، مالت، امارات متحده عربی، سنگاپور، اردن و لیبی به بحرانی جدی تبدیل شده است. براساس مطالعات سازمان ملل، بیش از ۹۰۰ میلیون نفر از جمعیت جهان در نقاطی ساکن‌اند که با خطر تغییر آب و هوا و گسترش بیابان رو به رو هستند؛ ۱/۴ میلیارد نفر انسان از دسترسی به آب سالم محروم هستند (United, Nations, 2020). از مجموع کل آب‌های جهان،۹۷/۴ درصد آن را آب شور دریاها و اقیانوس‌ها تشکیل می‌دهند که در واقع برای کشاورزی قابل استفاده نیستند.

بخش اعظم ۲/۶ درصد آب‌های جهان (که ذخایر آب شیرین را تشکیل می‌دهد) به صورت یخ در قطب‌های شمال و جنوب کره زمین و یخچال‌های طبیعی (۱/۹۸درصد) و آب‌های زیرزمینی (۰/۵۹درصد) است که در دسترس نیستند. میانگین مصرف آب شیرین در سطح جهان در بخش شرب و بهداشت ۱۰ درصد، فعالیت‌های صنعتی و تفریحی و تجاری و سایر موارد حدود ۲۰ درصد و کشاورزی به تنهایی ۷۰ درصد است. در برخی از کشورها، به ویژه کشورهای آفریقایی، در مناطق صحرایی و ساحل آفریقا تا ۹۰ درصد از منابع آب شیرین صرف بخش کشاورزی می‌شود. در ایران نیز سهم بخش کشاورزی از آب مصرفی ۹۰ درصد است (Ministry of Energy, 2020).

جدول۱- میانگین شاخص بهره‌وری آب دربخش‌های اقتصادی دربرخی ازکشورها

(واحد: تولید ناخالص داخلی(دلار) به ازای یک متر مکعب آب)

Table 1- Average water productivity index in economic sectors in some countries (Unit: Gross Domestic Product (USD) per cubic meter of water)

ردیف row	نام کشور Country	کشاورزی Agriculture	صنعت Industry	کل Total	ردیف row	نام کشور Country	کشاورزی Agriculture	صنعت Industry	کل Total
۱	ازبکستان	۲/۵	۰/۱	۰/۳	۱۶	آرژانتین	۰/۶	۲۱/۶	۷/۳
۲	آذربایجان	۰/۱	۰/۶	۰/۴	۱۷	مکزیک	۰/۴	۲/۳۳	۷/۵
۳	قرقیزستان	۰/۱	۱/۲	۰/۱	۱۸	ژاپن	۱/۲	۹۱/۹	۵۳/۶
۴	عراق	-	۱	۰/۵	۱۹	فرانسه	۸/۸	۴/۹	۳/۳۴
۵	امریکا	۰/۵	۹/۶	۲۰/۹	۲۰	هند	۰/۲	۳/۵	۰/۸
۶	کانادا	۲/۵	۷/۱	۱۶/۴	۲۱	آلمان	۲/۳	۱۵/۹	۴۰/۹
۷	استرالیا	۰/۶	۴۱/۲	۱۷/۴	۲۲	ترکیه	۱	۱۰/۴	۵/۳
۸	سوریه	۰/۳	۱۳/۹	۱	۲۳	روسیه	۱/۳	۲	۳/۷
۹	سودان	۰/۱	۱۱/۲	۰/۴	۲۴	چین	۰/۴	۲	۲/۲
۱۰	پاکستان	۰/۲	۴/۷	۰/۵	۲۵	مالزی	۱/۵	۲۴/۲	۱۰/۵

ادامه جدول۱- میانگین شاخص بهره‌وری آب دربخش‌های اقتصادی دربرخی ازکشورها

(واحد: تولید ناخالص داخلی(دلار) به ازای یک متر مکعب آب)

Table 1- Average water productivity index in economic sectors in some countries (Unit: Gross Domestic Product (USD) per cubic meter of water)

ردیف row	نام کشور Country	کشاورزی Agriculture	صنعت Industry	کل Total	ردیف row	نام کشور Country	کشاورزی Agriculture	صنعت Industry	کل Total
۱۱	ایران	۰/۳	۲۶/۲	۱/۶	۲۶	آفریقای جنوبی	۰/۵	۵۳	۱۱/۳
۱۲	مصر	۰/۶	۰/۸	۱/۶	۲۷	کشورهایی با درآمد پائین	۰/۳	۰/۷	۰/۸
۱۳	ارمنستان	۰/۹	۲۱/۶	۸/۳	۲۸	کشورهایی با درآمد متوسط	۰/۶	۱۹	۳/۳
۱۴	اسپانیا	۱/۳	۲۴/۹	۱۷/۳	۲۹	کشورهایی با درآمد بالا	۲/۷	۳۳/۶	۲۸/۲
۱۵	ایتالیا	۰/۶	۱۷/۲	۲۴/۷	۳۰	میانگین جهان	۱	۱۸/۷	۸/۶

ماخذ: گزارش بانک جهانی- ۲۰۱۲

در جدول ۱ بهره‌وری کل آب برای کشورهای مختلف جمع جبری بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و صنعت نیست، بلکه نسبت تولید ناخالص کل به کل میانگین جهانی بهره‌وری آب مصرفی در بخش کشاورزی معادل یک و در صنعت معادل ۱۸/۷ واحد است. این رقم برای ایران به ترتیب ۰/۳و ۲۶/۲ برآورد می‌شود. در کشورهای توسعه یافته، به دلیل سهم بالای بخش‌های صنعت و خدمات از تولید ناخالص داخلی و نیز فناوری‌های بالاتر در استفاده از منابع آب، شاخص بهره‌وری آب بالاتر است و ارزش افزودهٔ بیشتری نیز نسبت به کشورهای کمتر توسعه یافته دارند. در بسیاری از کشورهای منطقه از جمله چین، هند، یمن، مصر، سوریه، پاکستان و استرالیا آب در حال تبدیل شدن به کالایی کمیاب است، نگرانی‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را به همراه دارد. در این کشورها سیاست‌های آب مهم‌ترین بحث سیاست اقتصادی است. در این قبیل کشورها اقتصاد در درجهٔ اول بر اساس کشاورزی بنا شده است و استراتژی برای تولید محصولات کشاورزی و خودکفایی در محصولات اساسی غذایی بوده است (Food and Agriculture Organization, 2020).

قرار گرفتن ایران درکمربند خشک کره زمین با متوسط بارش سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر (سازمان هواشناسی)، در بلند مدت آب را به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی قلمداد کرده است؛ آب در این کشور از لحاظ اقتصادی اهمیت بالای دارد. در کشاورزی آبی، آب عامل اصلی در امنیت غذایی و چرخهٔ اقتصادی کشور به شمار می‌آید (Tajrishi *et al.*, 2017). از جمله سیاست‌های حمایتی دولت‌ها در بخش کشاورزی، حمایت از توسعهٔ آبیاری تحت فشار از جمله روش آبیاری بارانی با هدف کاهش میزان مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن است.

هدف از این مطالعه، بررسی اثر اقتصادی اجرای برنامهٔ آبیاری نوین در مصرف آب، کاهش هزینه‌های تولید و بالابردن میزان تولید گندم و بهره‌وری آب مصرفی در تولید گندم از دیدگاه کشاورزان است.

گندم محصول استراتژیک بخش کشاورزی است که در جهان مجموعا ۷۱۲ میلیون تن در سال تولید می‌شود و ۲۸ درصد غلات جهان را تشکیل می‌دهد. کشورهای عمدهٔ تولید کنندهٔ گندم عبارت‌اند از چین ۱۳۲میلیون‌تن ؛ هند ۹۳/۵میلیون‌تن؛ روسیه ۷۳ میلیون‌تن؛ آمریکا ۶۳ میلیون‌تن؛ کانادا ۳۰ میلیون تن؛ فرانسه ۲۹/۵ میلیون‌تن؛ اوکراین ۲۶/۵ میلیون تن؛ پاکستان ۲۶ میلیون‌تن؛ آلمان ۲۵ میلیون‌تن؛ استرالیا ۲۳ میلیون‌تن و ایران با سطح زیر کشت ۷ میلیون هکتار (۲/۵ میلیون هکتار آبی و ۴/۵ میلیون هکتار دیم) و تولید ۱۵ میلیون تن درسال در رتبه سیزدهم جهان قرار دارد (Food and Agriculture Organization, 2020) . استان اردبیل با سطح زیر کشت ۳۵هزار هکتار و با تولید۷۴۰هزار تن گندم در رتبه چهارم کشور قرار دارد (Ardabil Agricultural Jihad Organization, 2018).

گمرکچی و همکاران در ارزیابی قابلیت مدل‌های مبتنی بر داده‌کاوی در پیش‌بینی عملکرد گندم آبی در کشور، نتیجه گرفتند که ضریب تبیین مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی چند متغیره به ترتیب برابر ۰/۶۷۲ و ۰/۵۷۷ است که با اعمال گروه‌بندی داده‌ها به روش درختی ضریب تبیین مدل پیش‌بینی به ۰/۷۶۲ افزایش می‌یابد (Gomrokchi *et al*., 2021). نتایج خروجی مدل درختی هم نشان داد مناطق عمدهٔ تولید گندم در سطح کشور از نظر حجم آب مصرفی به ۴ گروه مستقل قابل تفکیک است. این محققان نتیجه گرفتند که مدل درختی با اعمال گروه‌بندی هدفمند در داده‌های ورودی می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند در تخمین عملکرد گندم آبی در قطب‌های عمدهٔ تولید گندم در سطح کشور به‌کارگرفته شود.

طاهری و همکاران در مطالعهٔ تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب در قطب‌های تولید گندم به این نتیجه رسیدند که در بین روش‌های به‌کار گرفته شده، روش کریجینگ معمولی با مدل نیم‌تغییرنمای نمایی، شرایط مناسبی برای تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی بهره‌وری آب گندم دارد (Taheri *et al*., 2020). برآیند ارزیابی تحلیل مکانی شاخص بهره‌وری آب گندم موید این مطلب است که زمین‌آمار توانسته است با دقت قابل قبولی(MBE = ۰/۰۰۵) در تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی شاخص بهره‌وری آب گندم به‌کارگرفته شود. بر پایهٔ نتایج تجزیهٔ خوشه‌ای (کلاستر) عوامل تاثیرگذار (شوری آب آبیاری، شوری خاک، و رقم) در شاخص بهره‌وری آب گندم، مناطق مستعد کشت گندم به ۱۳ گروه مستقل در سطح پنج درصد در محدودهٔ مطالعاتی تفکیک شد به نحوی که بیشترین و کمترین میانگین بهره‌وری آب گندم به ترتیب در گروه ۵ (کیلوگرم بر مترمکعب ۰/۸۴ = میانگین) و گروه ۱۰ (کیلوگرم بر مترمکعب ۰/۴۱ = میانگین) مشاهده شد

در مطالعهٔ مروری سلطانی (Soltani, 2019) با عنوان "بازنگری کارآیی مصرف و بهره‌وری آب کشاورزی با تأکید بر حقابه‌های زیست‌محیطی "نشان داده شده است که باید ابتدا مفاهیم اساسی کارآیی مصرف آب کشاورزی با در نظر گرفتن پیوند میان سه نوع کارآیی مذکور تشریح گردد. پس از آن امکان صرفه‌جویی آب از طریق کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری بررسی می‌شود وضمن مطرح کردن محدودیت هیدولوژی و سایر محدودیت‌ها نشان داده شده است که کاربرد فناوری‌های به اصطلاح "آب اندوز" می‌تواند به گسستگی چرخهٔ آب و کاهش حقابه‌های زیست‌محیطی منجر شود. در پایان ضمن ارائه شواهدی از ایران و جهان برخی از محدودیت‌ها و موارد مربوط به بهبود کارآیی و کاربرد فناوری‌های پیشرفته آبیاری ارائه گردیده است.

سلامتی و همکاران در تعیین بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی گندم (مطالعهٔ موردی در بهبهان) نشان دادند که راندمان کاربرد مزرعه از ۲۲/۷ تا ۹۹/۷ درصد در نوسان است. میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم در مزارع با سامانهٔ آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان معادل ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب است (Salamati *et al.*, 2018). بالاترین مصرف آب در مزارع زیرپوشش چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب بر هکتار به ثبت رسید. نتایج مقایسه میانگین نیاز آبی در آزمون تی (t-Test) نشان داد که میانگین سند ملی و به‌روز شده به ترتیب با ۴۸۳/۴ و ۴۵۵/۰ میلی‌متر در کل دورهٔ رشد، اختلاف معنی‌داری با هم دارند. ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد که روند تغییرات حجم آب مصرفی، تغییراتی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و غیر هم‌راستا با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و بهره‌وری مصرف آب دارد. هرچه دبی مزرعه و حجم آب مصرفی افزایش یابد بهره‌وری مصرف آب کاهش پیدا می‌کند.

مطالعهٔ شکاف عملکرد و شکاف بهره‌وری آب گندم، جو و ذرت در استان قزوین نشان داد شکاف عملکرد گندم، جو و ذرت در این استان به ترتیب ۵/۵، ۵/۴ و ۶/۷ تن بر هکتار و شکاف بهره‌وری آب گندم، جو ذرت به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۴۷ و ۱/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب است (Jenab & Nazari, 2018). در بین نواحی اقلیمی مختلف، شکاف عملکرد و بهره‌وری آب متفاوت بوده بهره‌وری آب در سال‌های مختلف تغییراتی داشته است. متوسط شاخص بهره‌وری نسبی آب (نسبت بهره‌وری فعلی به بهره‌وری پتانسیل) نیز برای گندم، جو و ذرت به ترتیب ۰/۳۷، ۰/۵۴ و ۰/۳۹ درصد برآورد گردید. از این منظر، در بین محصولات مورد مطالعه، جو وضعیت بهتری داشته است. بالا بودن شکاف بین وضعیت موجود و وضعیت پتانسیل نشان از نقاط ضعف قابل‌توجه در مدیریت تولید کشاورزی و مدیریت آبیاری دارد. این شکاف همچنین نشان می‌دهد که فرصت‌های بالقوه‌ای برای ارتقای بهره‌وری آب و کاهش فشار به منابع آب و افزایش امنیت غذایی وجود دارد.

نتایج مطالعات کریمی و جلینی (Karimi & Joleini, 2017) نشان داد اولویت کشت محصولات تا رتبهٔ سوم بر اساس شاخص CPD به ترتیب پیاز، گوجه فرنگی و چغندرقند و بر اساس شاخص‌های BPDو NBPD به ترتیب سیب زمینی، پیاز و گوجه فرنگی هستند. با توجه به نتایج این تحقیق، کشت‌های با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین مانند یونجه باید از الگوی کشت حذف شود. این کار هم باعث کاهش مصرف و استحصال آب می‌شود و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان و بهره برداران کشاورزی است.

در مطالعات علیزاده و ابراهیمیان (Alizadeh & Ebrahimian 2016) با عنوان "بررسی وضعیت بهره‌وری آب آبیاری در سه استان البرز، تهران، قزوین"، نتایج نشان می‌دهد که مقادیر متوسط بهره‌وری آب گیاه ذرت (دانه‌ای) در استان البرز (۱/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب) بیشتر است تا در استان قزوین (۱/۱۴کیلوگرم بر مترمکعب) ؛ متوسط مقدار بهره‌وری آب گیاهان جو، گندم و چغندرقند (ریشه) (به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۸۳ و ۲/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب) در استان البرز بیشتر از استان قزوین (به ترتیب۰/۷۴ و ۰/۷۹ و ۱/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب) است؛ و مقدار بهره وری آب محصولات یونجه و سیب زمینی (غده) (به ترتیب ۰/۹۸ و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در استان قزوین بیشتر از استان البرز (به ترتیب ۰/۳۱و ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب) بدست آمد.

کریمی و همکاران در ارزیابی فنی و اقتصادی روش‌های آبیاری قطره‌ای و شیاری در کشت پنبه تحت اعمال کم‌آبیاری، به این نتیجه رسیدند که

عملکرد به میزان ۸ درصد و بهره‌وری آب مصرفی به میزان ۴۸ درصد در سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری شیاری بیشتر است و میزان آب مصرفی هم۴۰ درصد کاهش داشته است (Karimi *et al.*, 2014). مطالعات کراری قره‌باغی و همکاران (Karari Qarabagh *et al.*, 2014) در منطقهٔ شهرستان ارومیه نشان داده است که ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب در تولید گندم ۷۲۶ ریال است، درحالی که کشاورزان تنها ۱۷درصد آن را (۱۲۵ریال به ازای هر متر مکعب) پرداخت می‌کنند و کشاورزان انگیزه لازم برای صرفه جویی در مصرف آب را ندارند. اسپلیمن و همکاران با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارآیی مصرف آب عوامل موثر برآن را در مزارع آفریقای جنوبی تجزیه و تحلیل کردند و نشان دادند که میانگین کارایی آب در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب۴۳ و ۶۷ درصد است و عواملی چون شیوهٔ آبیاری، مالکیت زمین، اندازهٔ زمین و انتخاب محصول برکارایی آب آبیاری موثر بوده‌اند(Spliman *et al.*, 2008). یلماز و همکاران (Yelmaz *et al.*, 2009) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی آب مصرفی حوضهٔ آبریز مندراس ترکیه را بررسی و کارایی واحدهای تصمیم گیرنده را با توجه به محدودیت‌ها ارزیابی کردند. فریجاد و همکاران (Farijad *et al.*, 2009) کارایی مصرف آب در گلخانه‌های تونس و عوامل موثر برآن را با استفاده از روش تحلیل پوششی داده-ها بررسی کردند و نشان دادند که میانگین کارایی آب در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۴۲ و۵۲ درصد است.

بر اساس نتایج تحقیق آبسالان و همکاران (Absalan *et al.*, 2007) برای مناطق با آب و خاک شور تا نسبتاً مطلوب، بهره‌وری آب گندم از ۰/۲۴ تا ۱/۲کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. بر اساس نتایج مطالعه حیدری (Heydari, 2014) شاخص بهره‌وری آب پتانسیل و فعلی در حوضهٔ آبریز کرخه به ترتیب برابر با ۲/۰۵ و۰/۸۲ کیلوگرم بر متر مکعب است. در حالی که در کشور ترکیه متوسط دامنهٔ تغییرات بهره‌وری آب ذرت بین ۱/۶۵ تا ۲/۵کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Doug Delon *et al.*, 2005)، در این کشور، متوسط بهره‌وری آب برابر ۱/۲ کیلوگرم بر متر مکعب آب است(Burak, 2005). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که بهبود شیوه‌های مدیریتی آب و خاک در سال‌های اخیر باعث افزایش بهره‌وری آب شده، به-طوری که با کاربرد روش‌های جدید آبیاری از جمله روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای، با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه، بهره‌وری آب به میزان قابل توجهی افزایش یافته است (Dehghani *et al.*, 2006).

جلالیان در مطالعه‌ای با عنوان "تحلیل اثرات نظام‌های آبیاری نوین بر وضعیت بهره‌برداران کشاورزی در شهرستان خدابنده" نتیجه گرفته است که اجرای طرح آبیاری نوین اثرهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بر وضعیت کشاورزی منطقه داشته است، به طوری که بر اساس آزمون میزان عملکرد در واحد سطح و همچنین اشتغال‌زایی طرح بعد از اجرای آن تفاوت معنی‌داری با قبل از اجرا نشان می‌دهد و روند افزایشی داشته است (Jalalian, 2012). (Ezzati *et al.*, 2014) هم در بررسی موانع و مشکلات گندمکاران در کاربرد فناوری آبیاری تحت فشار از دیدگاه اعضای تعاونی‌های تولید کشاورزی شهرستان‌های اردبیل و بیله سوار نشان دادند که بین میزان گندم تولیدی هر هکتار زمین زراعی قبل و بعد از اجرای سیستم آبیاری تحت فشار و نیز میزان درآمد خالص سالانهٔ هر هکتار گندم قبل و بعد از اجرای این سیستم در

سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج تحلیل عاملی چالش‌های کاربرد فناوری آبیاری تحت فشار از دیدگاه کشاورزان مورد مطالعه، این چالش‌ها در چهار گروه (عوامل فنی، اجتماعی، طبیعی و اقتصادی) دسته‌بندی شدند. این چهار عامل در مجموع ۶۴/۲۱ درصد از واریانس کل را تبیین کردند.

جمع بندی نتایج تحقیقات نشان می دهد که استفاده از روش آبیاری نوین، از جمله آبیاری بارانی، می تواند در صرفه‌جویی مصرف آب در تولیدات کشاورزی موثر باشد. ولی به دیدگاه‌های کشاورزان کمتر پرداخته شده است. همچنین، میزان افزایش تولید و صرفه‌جویی در مصرف نهاده ها و کاهش هزینهٔ تولید از مواردی است که کمتر به‌آنها پرداخته شده‌است؛ در این تحقیق این قبیل موضوعات به تفصیل بررسی شده اند.

مواد و روش ها

در مطالعات اقتصادی و اجتماعی معمولا از دو روش سنجی و برنامهٔ ریاضی برای رسیدن به هدف‌های تحقیق استفاده می‌شود. در این مطالعه، بنا به دلایلی، از روش سنجی تابع تولید استفاده شده است. این تحقیق از لحاظ هدف، کاربردی و از لحاظ نحوهٔ جمع‌آوری اطلاعات نیز از نوع تحقیقات توصیفی است و در آن از روش پیمایشی(پرسش‌نامه) برای دستیابی به هدف‌ها بهره گرفته شده است. جامعهٔ آماری مورد نظر کشاورزان استان اردبیل هستند.

دو روش متداول برای تعیین حجم نمونه در تحقیقات یکی استفاده از فرمول شارل کوکران و دیگری جدول مورگان است. استفاده از روش فرمول کوکران ساده‌ترین روش برای تعیین حجم نمونه است. برای مطالعه حاضر ۱۷۰ نمونه از جامعه آماری گروه کشاورزان دارای آبیاری بارانی (۱۷۵۰نفر)، و از گروه کشاورزان دارای آبیاری سنتی نیز به همین تعداد افراد به عنوان نمونه انتخاب شدند. در مجموع ۳۴۰ فقره پرسش‌نامه از دو گروه کشاورزان مذکور تکمیل شد و اطلاعات آن پس از استخراج؛ با استفاده از نرم افزار ایویوز (Eviews)، شاخصه‌های آماری و مدل‌های اقتصاد سنجی(تابع تولید) تجزیه و تحلیل گردید.

متغیرهایی‌که مورد نیاز مطالعه بوده و تعریف شده‌اند عبارت‌اند از:

- سطح زیر کشت
- تعداد کارگر خانوادگی
- مقدار بذر، کود و سم مصرفی
- نسبت درآمد به هزینه
- سابقه فعالیت کشاورزی
- سواد و آگاهی کشاورز
- شغل دوم کشاورز
- محل سکونت کشاورز
- هزینه‌های قبل از اجرای طرح آبیاری نوین
-برخورداری کشاورزان ازدوره‌های‌آموزشی و ترویجی

تابع تولید روشی منظم برای نشان دادن رابطهٔ بین مقادیر مختلف نهاده یا منابع است که برای تولید محصول (ستاده) و یا عملکرد مربوط به آن محصول به کار می‌رود. به عبارتی، تابع تولید رابطه‌ای است فنی بین عوامل تولید (نهاده‌ها) و محصول. طبق نظریه‌های تولید، مقدار تولید معینی از هر محصول تابعی است از مصرف نهاده‌های مختلف. اگر Y بیانگر مقدار تولید باشد خواهیم داشت:

$$Y= f(\bar{X}_1 , \bar{X}_2) \qquad (۱)$$

که درآن،

f =رابطهٔ تابعی؛ X =بردار نهاده‌های متغیر؛ و $\overline{X}$ = بردار نهاده‌های ثابت یا شبه ثابت (موسی نژاد و نجارزاده،۱۳۷۶). به عبارت دیگر، تابع تولید رابطهٔ فیزیکی بین مقدار تولید و مقدار نهاده‌های مصرفی را تبیین می‌کند. بیش از ۳۰ مدل برای برآورد تابع تولید وجود دارد. از آنجا که مدل تابع تولید ترانسلوگ، در مقایسه با سایر مدل‌های توابع تولید، در تحقیقات اقتصادکشاورزی بیشترین کاربرد را دارد، در این مطالعه نیز از این مدل استفاده شده است. در این نوع از تابع، توان یک، توان دو و اثرهای متقابل متغیرهای مستقل مورد توجه است. فرم تابع تولید ترانسلوگ با n نهاده متغیر به صورت زیر است:

$$logy=log\alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i logx_i + \sum_{i=:}^{n} + u_i \quad (۲)$$
$$_1 \gamma_i (logx_i)^2 + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \delta_{ij} logx_i logx_j$$

که در آن،

y = بیانگر مقدار تولید؛ و x_i = نهاده‌ها؛ و u_i = هم جمله خطای تصادفی.

این تابع درحالتی‌که $\beta_i + \gamma_{ij} = 0$ باشد به تابع تولیدکاب-داگلاس تبدیل می‌شود (Akbari & Renani, 1996) . پس از محاسبهٔ بهره‌وری نهایی، می‌توان از رابطهٔ زیر ارزش بهره‌وری نهایی را محاسبه کرد.

$$VMPXi= MPxi* PY \quad (۳)$$

باتوجه به اینکه بازار محصولات کشاورزی از لحاظ قیمت تا حدودی از بازار رقابتی پیروی می‌کند، اگر ارزش بهره‌وری نهایی نهاده برابر قیمت آن باشد در این حالت می‌توان گفت که مقدار مصرف نهادها اپتیمم است.

$$VMPXi=PXi \Rightarrow \frac{VMP_{X_i}}{P_{X_i}} =1 \quad (۴)$$

برای تعیین استفادهٔ کارا از عوامل تولید، از نسبت $\frac{vmp_{xi}}{Pxi}$ استفاده می‌شود. این نسبت اگر برابر یک باشد نشان می‌دهد که از نهادهi ام بهینه استفاده می‌شود و مقدار مصرف باید در این حد بماند.

نتایج و بحث

تعداد افراد تحت تکفل خانوار نشان دهنده بعد خانوار در مناطق روستایی و از لحاظ تأمین نیروی کار مورد نیاز برای فعالیت‌های کشاورزی و دامداری با اهمیت است.

بعد خانوار می‌تواند از نظر اقتصادی در ایجاد درآمد و تامین بخشی از هزینه‌های تولید و همچنین هزینه‌های خانواده، موثر و نقش آفرین باشد. حدود ۵۰ درصد از جامعهٔ آماری مورد مطالعه دارای تعداد افراد تحت تکفل بین ۴ تا ۵ نفر است. سی و هشت (۳۸) درصد نیز دارای کمتر از ۳ نفر هستند. فقط ۱۲ درصد بیش از ۶ نفر تحت تکفل دارند. متوسط افراد تحت تکفل کشاورزان مورد مطالعه ۳/۸۳ نفر است که با توجه به آمار مرکز آمار ایران، بیشتر از متوسط بعد خانوار کشور در مناطق روستایی(۳/۴) است. از لحاظ وضعیت سنی نیز، بیشتر کشاورزان منطقه مورد مطالعه در رده سنی ۴۰ تا ۵۹ (۵۷ درصد) قرار دارند؛ سن ۲۸ درصد از کشاورزان هم بالای ۶۰ سال است.

جدول۲- وضعیت سنی کشاورزان مورد مطالعه(درصد)

Table 2- Age status of the farmers involved in the project (percentage)

گروه سنی age category	کشاورزان دارای آبیاری سنتی Farmers practising traditional irrigation	کشاورزان دارای آبیاری نوین Farmers practising Sprinkler irrigation method	میانگین average
کمتر از ۳۹ سال Less than 39 years	۱۷	۱۴	۱۵
بین ۴۰ و ۵۹ سال Between 40-59 years	۵۳	۶۰	۵۷
سن بالای ۶۰ سال over 60 years	۳۰	۲۶	۲۸
میانگین average	۵۲/۴۳	۵۴/۱۶	۵۳/۲۹

مأخذ: یافته تحقیق

پانزده درصد از کشاورزان کمتر از ۳۹ سال دارند. میانگین سنی کشاورزان منطقه ۵۳/۲۹ سال و در سطح کشور ۵۰ سال است. از لحاظ سطح سواد، در جامعهٔ مورد مطالعه ۱۷درصد از کشاورزان بی‌سواد، ۳۳ درصد دارای سواد مقطع ابتدایی و خواندن و نوشتن، ۱۶ درصد دارای سواد مقطع راهنمایی، ۱۶درصد دارای دیپلم، ۵ درصد فوق‌دیپلم، ۱۰ درصد دارای سواد کارشناسی و ۱ درصد هم دارای سواد کارشناسی ارشد هستند. به عبارتی، در جامعه مورد مطالعه فقط ۳۲ درصد دارای سواد دیپلم و بالاترند. طبق آمار موجود در کشور، میزان بی‌سوادی در جوامع روستایی کشور بیش از ۲۰ درصد است که این رقم برای جامعه مورد مطالعه ۱۷ درصد برآورد شده است.

میزان برخورداری کشاورزان دارای آبیاری بارانی از خدمات و برنامه‌های آموزشی و ترویجی ویژهٔ آبیاری بارانی و اصول کاشت، داشت و برداشت محصول، بیش از میزان برخورداری کشاورزان دارای آبیاری سنتی است. جدول ۳ نشان می‌دهد که ۷۳ درصد از کشاورزان از خدمات آموزشی و ترویجی ویژه آبیاری تحت فشار برخوردار هستند.

جدول ۳- درصد کشاورزان برخوردار از خدمات آموزشی وترویجی ویژهٔ آبیاری بارانی

Table 3- Percentage of farmers with special education and extension services for Sprinkler irrigation method

ردیف row	گزینه ها Options	درصد Percentage
۱	شرکت در کلاس آموزشی و ترویجی Participate in educational and extension classes	۷۳
۲	برنامه رادیویی و تلویزیونی Radio and television program	۵۵
۳	نشریه و پوستر ترویجی Extention publication	۹۱
۴	خدمات مشاوره‌ای کارشناسان Expert consulting services	۶۸
۵	میانگین average	۷۱.۸

ماخذ: یافته تحقیق

سابقهٔ فعالیت کشاورز بیانگر دانش، تجربه و سطح اطلاعات وی در زمینهٔ فعالیت کشاورزی است. این دانش می‌تواند شامل تجربهٔ عملی، دانش بومی و دانش علوم روز کشاورزی باشد. در برنامه‌ریزی‌ها، اجرای طرح‌ها و پروژه‌ها و در بسیاری از تصمیم‌گیری‌هایی که به صورت محلی و منطقه‌ای اتخاذ می‌شوند، سابقهٔ فعالیت کشاورز می‌تواند تاثیر مثبت داشته باشد. میانگین سابقهٔ فعالیت کشاورزی جامعه کشاورزی مورد مطالعه نزدیک به ۳۰/۵ سال است. به‌طور کلی حدود۴۲ درصد از بهره‌برداران بین ۲۰ تا ۳۹ سال، ۳۳ درصد بیش از ۴۰ سال و ۲۴ درصد هم کمتر از ۱۹ سال سابقه فعالیت کشاورزی دارند.

از لحاظ اقتصاد کشاورزی، اندازه قطعات زمین‌های زراعی و تعداد آنها درکاهش هزینه‌ها و افزایش تولید و درآمد موثر است. یکی از راهکارهای مهم اولیه در اجرای سیستم آبیاری نوین، تجمیع زمین‌های زراعی است. در نظام بهره‌برداری کشاورزی خُرد، از جمله مشکلات مهم در مسیر اقتصادی‌کردن تولید و تحقق توسعه کشاورزی پایدار، تعدد قطعات زمین‌های زراعی و کوچک بودن اندازهٔ آنهاست. کشاورزی ایران عمدتا خرده مالکی است و با گذشت زمان، اندازهٔ قطعات زمین‌های کشاورزی به دلیل اجرای قانون ارث، کوچک‌تر و خُرد می‌شود تا آنجا که گاهی فعالیت‌های کشاورزی در آنها غیر اقتصادی خواهد بود. سطح کشت سرانه در کشاورزی کشور، کمتر از ۲هکتار است. حدود ۸۶/۷ درصد از واحدهای بهره‌برداری کشاورزی کشور کمتراز ۱۰ هکتار هستند. از این تعداد، ۳۴/۶ درصد آن واحدهای زیر یک هکتاری، ۱۵/۴ درصد، واحدهای یک تا ۲ هکتاری، ۲۲/۹ درصد، واحدهای ۲تا ۵ هکتاری و۱۴/۱درصد واحدهای ۵- تا ۱۰هکتاری هستند (General Agricultural Census, 2014).

جدول ۴- تعداد قطعات زمین و اندازهٔ متوسط آن

Table 4- Number of land plots and their average size

تعداد قطعات زمین‌های کشاورزی کشاورزان **Number of agricultural plots of farmers**						
تعداد قطعات number of plots	**کمتر از ۵ قطعه Less than 5 plots**	**بین ۶-۱۰ Between 6-10**	**بین ۱۱-۱۵ Between 11-15**	**بین ۱۶-۲۰ Between16-20**	**بیش از ۲۱ More than 21**	**میانگین average**
درصد Percentage	۲۷	۴۲/۵	۱۵/۵	۸/۵	۶/۵	۸/۳
متوسط اندازه قطعات اراضی کشاورزان(هکتار) Average size of farmers' plots (hectares)						
اندازه قطعات size	**کمتر از ۲ Less than 2**	**بین۲/۱ تا ۵ Between 2/1 to 5**	**بین ۵/۱ تا ۸ Between 5/1 to 8**	**بیش از ۸/۱ هکتار More than 8/1**		**میانگین average**
درصد Percentage	۱۷	۴۶/۵	۲۴/۵	۷		۱/۷۳

ماخذ: یافته تحقیق

در جدول ۴ دیده می‌شود که متوسط تعداد قطعات زمین‌های زراعی بهره‌برداران ۸/۳ است، ۲۷ درصد از کشاورزان دارای کمتر از ۵ قطعه، ۴۲/۵ درصد بیش از ۵ قطعه و کمتر از ۱۰ قطعه، ۱۵/۵ درصد بیش از ۱۱ و کمتر از ۱۵ قطعه و ۱۵درصد هم بیش از ۱۵ قطعه زمین زراعی دارند. اندازهٔ قطعات زمین‌های زراعی ۱۷ درصد از کشاورزان کمتر از دو هکتار، ۴۶/۵ درصد بیش از دو و کمتر از پنج هکتار، ۲۴/۵درصد بیش از ۵ و کمتر از ۸ هکتار و ۷ درصد هم بیش از ۸ هکتار است. از هدف‌های اجرای سیستم آبیاری نوین در سطح مزارع، ارتقا و بهبود شاخص‌های اقتصادی مصرف آب و تولید بیشتر محصولات کشاورزی است. انتظار می‌رود با اجرای سیستم آبیاری بارانی، امکان تجمیع قطعات زمین‌های زراعی فراهم شود تا تولید اقتصادی شود و با صرفه جویی در مصرف آب و کاهش دیگر نهاده-های مصرفی، تولید بیشتر محقق گردد.

از کل نیاز آبی گندم در منطقهٔ مورد مطالعه، حدود ۲۵ درصد آن از بارندگی و ۷۵ درصد باقیمانده با آبیاری طی دورهٔ زمانی رشد گیاه تامین می‌گردد. نیاز آبی گندم ۴۷۱۰ متر مکعب در هکتار است، که آب قابل تامین از طریق آبیاری ۳۵۳۲ متر مکعب در هکتار خواهد شد. در صورتی که میزان آب کاربردی در دو روش آبیاری (سنتی و نوین) بیش از مقدار مورد نیاز است. همان طوری که جدول ۵ نشان می‌دهد، در روش آبیاری بارانی۵ درصد و در روش آبیاری سنتی ۲۴ درصد آب بیش از نیاز آبی قابل تامین از طریق آبیاری به مصرف گیاه می‌رسد.

جدول۵- مقایسهٔ نیاز آبی با آب کاربردی در دو روش آبیاری سنتی و بارانی گندم(متر مکعب در هکتار)

Table 5- Comparison of water requirement with applied water in traditional and sprinkler irrigation methods of wheat (cubic meters per hectare)

مولفه Component	متر مکعب Cubic meters
کل نیاز آبی Total water requirement	۴۷۱۰
آب قابل تامین از طریق باران Water supplied by rain	۱۹۹۰
آب قابل تامین از طریق آبیاری بارانی Water supplied by sprinkler irrigation	**۳۵۳۲**
حجم مصرف آب در روش آبیاری سنتی water consumption in traditional irrigation method	۴۳۸۰
نسبت آب مصرفی روش سنتی به آب قابل تامین گیاه از طریق آبیاری بارانی Ratio of water consumption of traditional method to plant water supply by sprinkler irrigation	۱/۲۴
حجم مصرف آب در روش آبیاری بارانی water consumption in sprinkler irrigation method	۳۶۹۵
نسبت آب مصرفی روش نوین به آب قابل تامین گیاه از طریق آبیاری بارانی Ratio of water consumption of the new method to the water supply of the plant through sprinkler irrigation	۱/۰۵
نسبت آب مصرفی در روش بارانی به سنتی Ratio of water consumption in sprinkling method to traditional method	۰/۸۴
صرفه جویی درمصرف آب با اجرای روش بارانی(درصد) Saving water consumption when sprinkling method is used (percentage)	۱۶

ماخذ: یافته تحقیق

جدول ۵ مقایسهٔ میزان آب کاربردی در دو روش آبیاری را نشان می‌دهد. به‌رغم اینکه در آبیاری بارانی حدود ۱۷ درصد، نسبت به روش آبیاری سنتی، آب کمتر مصرف شده است، ولی در هر دو روش (آبیاری سنتی و بارانی) میزان آب کاربردی برای گندم بیش از مقدار مورد نیاز است.

در جدول ۶ وضعیت هزینه‌های تولید و سهم هزینهٔ آب و هزینهٔ آبیاری از کل هزینه‌های تولید در دو روش تولید (روش آبیاری بارانی و سنتی) مقایسه شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که نسبت هزینهٔ کل تولید در هکتار با روش آبیاری نوین بارانی به هزینهٔ کل تولید با آبیاری سنتی، برای گندم ۱/۰۷ برآورد شده است، و هزینهٔ آب در روش تولید با آبیاری بارانی نیز بیشتر از هزینهٔ آب در تولید به روش آبیاری سنتی (۱/۱۲) است.

جدول۶- مقایسهٔ هزینه تولید در دو روش آبیاری (میلیون ریال در هکتار)

Table 6- Comparison of production costs in two irrigation methods (million Rials per hectare)

هزینه cost	روش سنتی Traditional method	روش بارانی Sprinkler method	نسبت بارانی به سنتی Sprinkler/ traditional
هزینهٔ کل Total cost	۱۷/۶	۱۹	۱/۰۷
هزینهٔ آب The cost of water	۲/۸	۳/۲	۱/۱۲
سهم هزینهٔ آب از کل هزینه Share of water cost from total cost	۱۵	۱۶	۱/۰۷

ماخذ: یافته تحقیق

دلیل بالا بودن سهم هزینهٔ آب از هزینهٔ تولید در روش آبیاری بارانی این است که اولا اجرای روش آبیاری بارانی نیاز به تجهیزات آبیاری دارد که هزینهٔ استهلاک آن (با عمر مفید۲۰ سال) در مجموع هزینه‌ها منظور شده است.

از طرف دیگر براساس قانون آب بها، در سیستم آبیاری بارانی تا ۳ درصد ارزش محصول و در سیستم آبیاری سنتی یک درصد ارزش محصول، از کشاورزان به عنوان آب بها دریافت می‌شود، این امر نیز باعث افزایش هزینه آب در تولید با روش آبیاری بارانی شده است.

مقایسهٔ تولید در دو روش آبیاری

طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۸، میانگین تولید گندم در استان ۲۷۸۸/۶کیلوگرم در هکتار بوده است. جدول ۱۱ نشان می‌دهد که در جامعهٔ آماری مورد مطالعه، این رقم برای کشاورزان دارای آبیاری سنتی ۲۶۹۸ و برای کشاورزان دارای آبیاری بارانی ۳۸۵۰کیلوگرم در هکتار است.

جدول۷- مقایسهٔ میانگین تولید در دو روش آبیاری(کیلو گرم در هکتار)

Table 7- Comparison of average production in two irrigation methods (kg / ha)

عنوان Title	روش سنتی Traditional method	روش بارانی Sprinkler method	نسبت بارانی به سنتی Sprinkler/ traditional
گندم تولید شده در هکتار Wheat produced per hectare	۲۶۹۸	۳۸۵۰	۱/۴۲
تولید به ازای هر متر مکعب آب kg. og wheat per cubic meter of water	/۶۲	۱/۰۴	۱/۷۰

ماخذ: یافته تحقیق

در جدول ۷، میانگین تولید گندم در آبیاری سنتی، بسیار نزدیک به میانگین تولید در سطح استان و در روش تولید با آبیاری بارانی نسبت به تولید با آبیاری سنتی است. به ازای هر متر مکعب آب در روش آبیاری سنتی معادل ۰/۶۲ کیلو گرم و در روش آبیاری بارانی معادل ۱/۰۴ کیلو گرم تولید گندم برآورد شده است که نسبت این دو عدد ۱/۷ است. به عبارت دیگر راندمان مصرف آب در روش آبیاری نوین نسبت به روش آبیاری سنتی در تولید گندم ۱/۷ برآورد می شود.

جدول۸- مقایسهٔ درآمد و هزینه تولید در دو روش آبیاری(میلیون ریال در هکتار)

Table 8- Comparison of income and production cost in two irrigation methods (million Rials per hectare)

واحد the unit	درآمد Income		هزینه cost		نسبت درآمد به هزینه Revenue to cost ratio	
	روش سنتی Traditional method	روش بارانی Sprinkler method	روش سنتی Traditional method	روش بارانی Sprinkler method	روش سنتی Traditional method	روش بارانی Sprinkler method
میلیون ریال در هکتار Million Rials per hectare	۳۷	۴۹	۱۷/۶	۱۹	۲/۱	۲/۵۸

ماخذ: یافته تحقیق

در جدول ۸، سود حاصل از تولید گندم با استفاده از روش آبیاری بارانی برابر ۴۹ میلیون ریال و با استفاده از آبیاری سنتی ۳۷ میلیون ریال در هکتار برآورد شده است. به عبارتی دیگر، میزان سود در تولید گندم با استفاده از روش آبیاری بارانی، نسبت به میزان سود حاصل با استفاده از روش آبیاری سنتی، حدود ۱/۷۶ برابر است. افزایش تولید و درآمد نتیجه تاثیر مثبت مستقیم و غیر مستقیم روش آبیاری بارانی است.

به منظور بررسی دقیق تاثیر مستقیم و غیر مستقیم روش آبیاری بارانی بر تولید، از تابع تولید استفاده شده است. در این تابع، روش آبیاری به صورت متغیر مجازی در عرض از مبدا و ضرایب متغیرهای مستقل دیگر تابع اعمال و نتایج به‌دست آمده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

جدول۹- متغیرهای مستقل تابع تولید

Table 9- Independent variables of production function

متغیر variable	تعریف description	متغیر variable	تعریف description
X_1	سطح زیر کشت (هکتار) Area under cultivation (hectares)	X_6	میزان ماشین الات استفاده شده (ساعت) machines used (hours)
X_2	حجم آب مصرفی (متر مکعب) Volume of water consumption (cubic meters)	X_7	سابقه فعالیت کشاورز (مجازی) Farmer activity history (virtual)
X_3	مقدار بذر مصرفی (کیلوگرم) Seed consumption (kg)	X_8	برخورداری کشاورزازآموزش (مجازی) Agricultural training (virtual)
X_4	میزان کود مصرفی (کیلوگرم) Fertilizer consumption (kg)	X_9	سواد کشاورز (مجازی) Farmer Literacy (Virtual)
X_5	میزان سم مصرفی (کیلوگرم) biocides consumed (kg)	X_{10}	نیروی کارآبیاری (نفر روز) Irrigation labourer (day person)
X_{11}	روش آبیاری (برخورداری فعالیت کشاورزی از روش آبیاری بارانی d= ۱و درحالت روش آبیاری سنتیd =۰) Irrigation method (agricultural activity using modern irrigation method d = 1 and traditional irrigation method d = 0)		

با اجرای سیستم آبیاری بارانی، انتظار می‌رود تغییراتی در میزان مصرف نهاده‌های به‌کارگرفته‌شده در تولید، از جمله آب، نیروی‌کار، کود، بذر، ماشین‌آلات, سم و دیگر نهاده‌ها به‌وجود آید. به دلیل برخورداری تابع تولید ترانسلوگ از انعطاف‌پذیری بیشتر و همچنین به دلیل اثرهای متقابل نهاده‌ها، ترجیح داده شد برای برآورد رابطهٔ عوامل و نهاده‌ها با تولید از مدل تابع تولید ترانسلوگ استفاده شود. طبق جدول ۱۰، در تابع تولید ترانسلوگ برآورد شده، با توجه به مقدار R^2، متغیر وابسته (میزان تولید) توسط متغیرهای مستقل به میزان ۰/۸۴ درصد توضیح داده شده و با توجه به مقدار F و معنی‌داری آن با یک درصد خطا، بیانگر تائید تابع تولید برآورد شده است. از طرف دیگر، مقدار آماره D.W برآورد شده که نزدیک به عدد دو (۱/۸۹) است، نشان می‌دهد که در متغیرهای به‌کار گرفته شده در تابع، خود همبستگی وجود ندارد. همچنین برای شناسایی و تشخیص هم‌خطی، از ضرایب همبستگی جزئی استفاده شده است. ضرایب به‌دست آمده کمتر از مقدار $\sqrt{R^2}$ است و هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی با یکدیگر ضعیف و قابل چشم‌پوشی است. برای بررسی اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده، از آزمون ثبات پارامتری (cumum) و آزمون نرمال بودن اجزای اخلال استفاده شده که نتایج نشان می‌دهد هیچ یک از خطاهای تجمعی از مرزها خارج نشده‌است و این آزمون هیچ گونه تغییر ساختاری را نشان نمی‌دهد. برای بررسی واریانس ناهمسانی، از آماره وایت استفاده شد. نتایج این آماره نیز نشان می‌دهد، با توجه به پایین بودن مقدار R^2 و F در آماره وایت، مشخص گردید که اختلاف بین R^2 به‌دست آمده در آماره وایت و تابع تولید برآورد شده، معنی‌دار بوده و فرض H_0 (یعنی ثابت بودن واریانس) تائید می‌شود و تابع تولید برآورد شده از پایداری بیشتری برخوردار است.

جدول۱۰- نتایج برآورد شده تابع تولید ترانسلوگ

Table 10- Results of the translog production function

متغییر Variable	ضریب Coefficient	خطای معیار Standard error	آمارهT t statistics	سطح معنی دار Significant level
عرض از مبدا Width of origin	۴/۵۶	۱/۴۸	۳/۸۱	۰/۰۰۲
حجم آب مصرفی Volume of water	-۰/۴۱	۰/۱۷	-۱/۷۳	۰/۰۱۳
بذر مصرفی Seed consumed	۱/۱۱	۰/۳۳	۲/۵۲	۰/۰۱۲
میزان ماشین آلات استفاده شده machines used	۰/۴۲	۰/۲۱	۲/۰۲	۰/۰۳۶
سطح زیر کشت به توان دو The area under cultivation to the power of two	-۰/۴۴	۰/۲۳	-۲/۰۰	۰/۰۴۱
اثر متقابل سطح زیر کشت و حجم آب مصرفی Interaction between the area under cultivation and the volume of water consumed	۰/۱۸	۰/۰۷۶	۲/۴۰	۰/۰۱۶
اثر متقابل سطح زیر کشت و بذر مصرفی Interaction of area under cultivation and seed consumption	-۰/۲۱	۰/۰۷	-۲/۴۱	۰/۰۱۵
اثر متقابل سطح زیر کشت وکود مصرفی Interaction of area under cultivation and fertilizer application	۰/۱۲	۰/۰۸	۱/۷۰	۰/۰۸۲
اثر متقابل سطح زیرکشت و ماشین آلات استفاده شده Interaction of cultivated area and used machinery	-۰/۰۵	۰/۰۱	-۱/۹۱	۰/۰۵۰
اثر متقابل آموزش و نیروی کار آبیاری Interaction between training and irrigation labourer	۰/۹۲	۰/۵۱	۱/۷۹	۰/۰۷۰
اثر متقابل آموزش و سم مصرفی The interaction between education and toxin consumption	۰/۲۱	۰/۱۰	۱/۷۳	۰/۰۷۵
اثر متغیر مجازی آموزش بر بذر مصرفی The interaction between education and biocide consumption	-۰/۷۱	۰/۳۲	-۲/۲۳	۰/۰۲۲
اثرمتغیر مجازی روش آبیاری بر بذر مصرفی و آموزش Thr effect of virtual variation of irrigation method on seed consumption and education	۰/۵۰	۰/۱۶	۳/۱۶	۰/۰۰۶
اثرمتغیر مجازی روش آبیاری در آموزش The effect of virtual variation of irrigation method in education	-۰/۲۲	۰/۱۱	-۱/۹۳	۰/۰۵۱
متغیر مجازی روش آبیاری Virtual variable of irrigation method	۰/۶	۱/۷۸	۲/۱۷	۰/۰۳۱
Adjusted R-squared ۰/۸۲		۰/۸۴		R-squared
S.E. of regression ۰/۳۴		۴۲/۳۷		Sum squared resid
Durbin-Watson stat ۱/۸۹		۱۳۱/۷۲		F-statistic
۰/۰۰۱				Prob(F-statistic)

ماخذ: یافته های تحقیق

در جدول ۱۰ با توجه به معنی‌دار بودن ضریب متغیر مجازی(روش آبیاری)، نشان داده می‌شود که روش آبیاری نوین (بارانی) در جابه‌جایی عرض از مبدأ تابع تولید به سمت بالا تاثیرگذار است. همچنین، تاثیر متغیر آموزش در تولید با روش آبیاری بارانی موثر بوده و اثر مثبتی بر شیب منحنی تولید(به سمت بالا)داشته است. بنابراین، روش آبیاری بارانی می‌تواند به عنوان تکنولوژی موثر در بهبود روند تولید با ترکیب بهینه منابع و نهاده های مورد مصرف، مورد توجه باشد. البته رعایت اصول صحیح به‌کارگیری نهاده‌ها و زمان استفاده از آنها در بهبود روند تولید بی‌تاثیر نخواهد بود و علاوه بر اینکه سبب کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید محصول می شود، زمینه را برای پایداری و حفظ منابع و نهاده‌های پایه تولید فراهم می‌کند. نتایج تحقیق همچنین نشان می‌دهد به‌رغم اینکه تغییر روش آبیاری از سنتی به نوین موجب کاهش مصرف آب شده است، ولی هنوز هم حجم آب مصرفی بیش از میزان حجم آب مورد نیاز گیاه است و باز هم امکان کاهش مصرف آب وجود دارد. جدول ۱۰ نشان می‌دهد که در کشاورزی با روش آبیاری بارانی، بین میزان بذر مصرفی با میزان محصول تولید شده رابطهٔ مستقیم برقرار است و اثرهای متقابل سطح زیرکشت و حجم آب، اثرهای متقابل سطح زیر کشت و کود مصرفی، اثرهای متقابل آموزش و نیروی کار آبیاری، اثرهای متقابل آموزش و میزان سم مصرفی بر میزان محصول تولید شده هم‌جهت و مثبت هستند. از طرف دیگر، بین اثرهای متقابل سطح زیرکشت و بذرمصرفی، اثرهای متقابل سطح زیرکشت و ماشین آلات استفاده شده و اثرهای متقابل آموزش بر بذر مصرفی بر میزان محصول تولید شده رابطهٔ معکوس و منفی برقرار است. برای محاسبهٔ بهره‌وری جزئی و تعیین وضعیت اقتصادی مصرف نهاده‌ها، از مفاهیم بهره‌وری متوسط (AP) و بهره‌وری نهایی(MP) استفاده می‌شود.

برای حالت بهینه، نتیجه نسبت vmp/px برابر با یک است. اگر مقدار این نسبت بالاتر از یک باشد به این معنی است که از نهادهٔ مورد نظر در تولید، کمتر از حد بهینه استفاده می‌شود.

کمتر بودن این نسبت از یک به این مفهوم خواهد بود که مقدار نهادهٔ مصرفی در تولید محصول بیش از حد بهینه است. در جدول ۱۱ برای نهادهٔ آب در دو حالت آبیاری سنتی و بارانی محاسبه صورت گرفته است.

جدول ۱۱- مقایسهٔ بهره‌وری آب در دو روش آبیاری (بارانی-سنتی) تولید گندم

Table 11- Comparison of water efficiency in two irrigation methods (sprinkler-traditional) wheat production

روش آبیاری Irrigation method	تولید در هکتار (کیلو گرم) Production per hectare (kg)	آب مصرفی در هکتار(متر مکعب) Water consumption per hectare (cubic meters)	ارزش محصول (هزار ریال) Product value (thousand Rials)	قیمت واحد آب(ریال) Unit price of water (Rials)	متوسط تولید در هکتار (کیلو گرم) Average production per hectare (kg)	تولید نهایی آب (کیلو گرم) Final water production (kg))	ارزش تولید نهایی آب (ریال) Value of final water production (Rials)	نسبت ارزش تولید نهایی آب به قیمت آب The ratio of the final production value of water to the price of water
روش سنتی traditional method	۲۶۹۸	۴۳۸۰	۳۳۷۲۵	۱۵۸۹	۲/۱۲	-۰/۰۴	-۵۰۰	-۰/۳۱
روش بارانی Sprinkler method	۳۸۵۰	۳۶۹۰	۴۸۱۲۵	۹۱۷۶	۳/۰۱	۰/۰۱۱	۱۳۷۵	۰/۰۱۵

جدول ۱۱ نشان می‌دهد که نسبت ارزش نهایی تولید به قیمت نهاده آب (vmp/px)، در حالت تولید با روش آبیاری سنتی منفی و کمتر از یک است و در تولید با روش آبیاری نوین بارانی مثبت و کمتر از یک است. به این مفهوم که در هر دو روش، حجم آب برای تولید محصول بیشتر از حد مورد نیاز مصرف می‌شود. ولی میزان مصرف آب در تولید با روش آبیاری سنتی نسبت به روش آبیاری بارانی بیشتر است. از این رو لازم است در هر دو حالت حجم آب مصرفی کاهش یابد. مهم‌ترین نهاده‌ای که می‌تواند در استفاده بهینه از سایر نهاده‌ها در فرآیند تولید محصولات کشاورزی موثر باشد مدیریت است، اینکه نهاده‌ای به چه مقدار و در چه مقطع زمانی و با چه اصول و روشی استفاده شود. بنابراین، آموزش دادن و آگاهی دادن نیروی انسانی و کشاورز می‌تواند اعمال مدیریت صحیح بر فرایند تولید را فراهم کند. در مدل برآوردی نیز نشان داده شده است که آموزش می‌تواند با تسهیل پذیرش تکنولوژی جدید توسط کشاورز، بر افزایش تولید محصول اثر مثبت داشته باشد.

نتیجه‌گیری

برآوردها نشان می‌دهد که حجم آب کاربردی در روش آبیاری بارانی نسبت به حجم آب کاربردی در روش آبیاری سنتی به میزان ۱۷ درصد کاهش داشته است، این اختلاف با خطای ۵ درصد معنی دار است. ولی حجم آب مصرفی در روش تولید با آبیاری بارانی نسبت به نیاز آبی گیاه (گندم) حدود۳۰ درصد بیشتر است. که امکان کاهش مصرف آب در روش آبیاری بارانی باز هم وجود دارد. اگر بهره‌وری را میزان محصول تولید شده از هر واحد نهاده مصرفی در نظر بگیریم، طبق برآوردها به ازای هر متر مکعب آب مصرف شده در روش آبیاری بارانی ۱/۰۴ کیلو-گرم گندم تولید شده است. در صورتی که در روش آبیاری سنتی میزان گندم تولید شده به ازای هر متر مکعب آب ۰/۶۲کیلوگرم است. مقایسهٔ این دو عدد نشان می‌دهد که بهره‌وری آب در روش آبیاری بارانی، نسبت به بهره‌وری آب در روش آبیاری سنتی، بیش از ۱/۸ برابر است.

به‌طورکلی، تابع تولید برآورد شده نشان می‌دهد با اعمال روش آبیاری بارانی، به عنوان تکنولوژی تولید، تابع تولید به سمت بالا منتقل و کشاورزی با روش آبیاری بارانی موجب بهبود در ترکیب نهاده‌ها و مصرف مناسب و به موقع آنها شده است و در نتیجه، میزان محصول تولید شده نیز افزایش یافته است. بنابراین، با اجرای سیستم آبیاری بارانی هم در مصرف حجم آب صرفه جویی شده و میزان نهاده های مصرف شده و هزینه‌های تولید کاهش یافته و هم اینکه میزان تولید گندم افزایش داشته است.

مراجع

Abbasi, F. Sohrab, F & Abbasi, N. (2016). Evaluation of irrigation water efficiency in Iran. Journal of Engineering Research on Irrigation and Drainage Structures, 67(17), pp. 128-113. (In Persian)

Absalan, S. Heydari. N. Abbasi, F. Farahani, H. Siadat, H. & Oweis, T. (2007). Determination and Evaluation of Water Productivity in the Saline Areas of Lower Karkheh River Basin

(KRB), Iran. International Workshop on Improving Water productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin. (In Persian).

Alizadeh, A. & Ebrahimian, H. (2015). Study of irrigation water efficiency in three provinces of Alborz, Tehran and Qazvin. Fourth International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences. (In Persian)

Borzoi, M. et al. (2015). An overview of the challenges and consequences of the water crisis with emphasis on groundwater resources (Taybad Plain). The first national conference on water management with the approach of optimal water consumption in agriculture. (In Persian)

Burak, S.(2005). Water Use Efficiency Report/Turkey. Water Use Efficiency Experts Meeting.

Dagdelen, N. Yilmaz, E. Sezgin, F. & Gurbuz, T. (2005). Water-yield Relation and Water Use Efficiency of Cotton (Gossypium Hirsutum L.) and Second Crop Corn (Zea mays L.) in western Turkey. Agric. Water Manage, 82(1-2),pp. 63-85

David, D. (1997). Economics of agricultural production. Translation: Musa Nejad, M. Tehran: Tarbiat Modares University Press.

Doppler,W. Salman, A . Z. Al-Karablieh, E.K. & Wolff, H.P.(2002).The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: the case of the jodan valley.Agricultural water management,5.pp.171-182 .

Ezzati, R. et al. (2014). Obstacles and problems of wheat farmers in the application of pressurized irrigation technology from the perspective of members of agricultural production cooperatives in Ardabil and Bilesvar. Cooperative and Agriculture Quarterly, 3(9), pp. 1-17. (In Persian)

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Online. (2020).

Gilory, M. & Webster, A. (2020) Labour skills & the UK´s comparative advantage with its European Union Partner, Applied Economics, 27,pp. 327-342.

Frija,A. Chebil,A. Speelman,S. Buysse, J. & Van Haylenbroeck, C. (2009). Water use and technical efficiencies in horticultural green houses in tunisia.AGWAT,2808,pp.1-80.

Gomrokchi, A. Baghani, J. & Abbasi, F. (2021). Assessing the capability of data mining models in predicting irrigated wheat yield in the country. Journal of Water and Soil, 35(2), pp. 202-189. (In Persian)

Heydari, N. (2014). Evaluation of agricultural water productivity indicators and performance of water management policies and programs in this field. parliament and Strategic Quarterly, 21(80).

Ishraqi, F. et al. (2012). Investigating the productivity of water consumption economy in Golestan. Journal of Water Research in Agriculture, 26(3). (In Persian)

Jenab, M. & Nazari, B. (2018). Study of yield gap and water productivity gap of wheat, corn and barley in Qazvin province. Iranian Journal of Soil and Water Research (Iranian Agricultural Sciences), University of Tehran, 49(6). (In Persian)

Karimi, P. A. S. Qureshi. Bahramloo, R & Molden, D . (2012). Reducing carbon emissions through improved irrigation and groundwater management: A case study from Iran. Agricultural Water Management 108, pp. 52-60.

Karimi, M. & Joleini, M. (2017). Study of agricultural water productivity indices in important agricultural products (Case study of Mashhad plain. Journal of Sustainable Development Water, 4(1).

Karimi, Sh. Asadi, R. & Wide, M. (2014). Technical and economic evaluation of drip and furrow irrigation methods in cultivation under low irrigation. Journal of Water Research in Agriculture , 28(1). (In Persian)

Ministry of Agriculture. (2017). Statistical yearbook of the agricultural sector of Khorasan Razavi province in 2016. (In Persian)

Ministry of Jihad Agriculture. (2014). Strategic plan of resistance economy in agriculture and natural resources.

National Center for Strategic Studies in Agriculture and Water. (2018). The state of world land and water resources for food and agriculture. Online International Journal Available, 4(2), pp. 660-666.

Salamati, N. Baghani J. & Abbasi, F. (2018). Determining water consumption efficiency in surface and sprinkler irrigation systems of wheat (Case study in Behbahan). Iranian Journal of Soil and Water Research, 49(4), pp. 830-821. (In Persian)

Speelman,S. D, Haese,M. Baysse,j. & Haese, L. (2008). Ameasure for the efficiency of water use and its determinants,study at small-scale irrigation schames in north-west province, south Africa. Agric.syst.,981,pp.31-39.

Soltani, Gh. (2019). Review of agricultural water use efficiency and productivity with emphasis on environmental watersheds. Journal of Agricultural Economics, 8. (In Persian)

Taheri, M. Vardinejad, R. Behmanesh, J. Abbasi, F. & Baghani, J. (2020). Spatial analysis of water productivity index in wheat production poles. Water Research in Agriculture, 34(2), pp. 228-217. (In Persian)

Tajrishi, M. et al. (2017). Analysis of water resources exploitation policies in the catchment with the system dynamics method. Water and Sewerage Quarterly. 18(63). (In Persian)

United Nations . (2003). Water report and the third millennium AD.

World commission on Environment and Development(WCED). (2020). Our common Future. Oxford: Oxford university press.

Water: The Environmental Outlook to 2050. (2011). Organization for Economic Co-operation and Development (OECD)

Yilmaz, B. Yurduse, m. & Harmancioglu, N. (2009).The Assessment of irrigation efficiency in buyuk menderes basin. Water. Resour. Manage, 23, pp.1081-1095.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.83/ Summer 2021/P:83- 104

Economic Evaluation and Efficiency of Sprinkler Irrigation Method in Wheat Production (Case Study of Ardabil Province)

S. Rahmani*

* Corresponding Author: Assistant professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization - Office of Economic Affairs, Tehran, Iran. Email: s.rahmani@areeo.ac.ir
Received: 16 January 2021, Accepted: 29 August 2021

Extended Abstract:

Introduction:

Water is a unique commodity and a very vital substance, and the limitations of this vital substance affect the capacities of other vital resources such as food, energy, fish and wildlife. One of the main concerns of human beings is water shortage, a shortage that is increasing every year. Many people in developing countries now lack enough water to meet their basic needs. One of the most important signs of water scarcity is the drying up of rivers, which is now observed in a number of important rivers in the world.Of the world's total water, 97.4% is the brackish water of the seas and oceans, only 2.6% is the freshwater reserves. Most of it is in the form of ice in the poles of the earth and glaciers (1.98%) and groundwater (0.59%), which are not available. Globally, the average consumption of fresh water in the drinking and health sector is 10%, industrial, recreational and commercial activities and other cases is about 20% and agriculture alone 70%. In some countries, especially African countries, up to 90% of freshwater resources are spent on agriculture in the desert and coastal areas of Africa. In Iran, the share of the agricultural sector in water consumption is estimated at 93%.

Including the strategic product of the agricultural sector; It is a wheat crop that produces a total of 712 million tons in the world, which is 28% of the world's grain. Iran is the 13th largest wheat producer in the world with a cultivated area of 7 million hectares (2.5 million hectares irrigated and 4.5 million hectares dryland) and a production of 15 million tons. In the production of which water is of great importance. Despite severe water resource constraints, the efficiency of using this input is low. Implementing proper management on the optimal use of water in farms and exploitation units in the form of policies and executive programs, is the most important action that is taken in the optimal use of water resources and combating water shortage and dehydration in different regions of the country.Among the measures taken to improve productivity and save agricultural water consumption is the development of pressurized irrigation systems. The present study was conducted with the aim of economic evaluation and estimating the efficiency of pressurized irrigation methods in wheat crop in Ardabil province.

Methodology:

In economic and social studies, usually two methodologies and mathematical program are used to achieve research objectives. In this study, for some reason, production function methodology has been used. This is a descriptive and applied research that uses the method of (questionnaires) to reach the top of the research. The study population is farmers in Ardabil province (in some crops, the Sprinkler method has been introduced and in others it has not been implemented).

Results and Discussion:

Estimates showed that the amount of water used in the Sprinkler irrigation method compared to the volume of water used in the traditional irrigation method has decreased by 17%. At the level of 5%, they have given meaning. But the volume of water used in the production

method with Sprinkler irrigation is about 30% more than the water requirement of the plant (wheat). It is possible to reduce it by another 20%. In other words, by implementing the Sprinkler irrigation method, up to 37% of agricultural water consumption can be saved. If we consider productivity as the amount of product produced from each unit of input input, according to the estimates made in this study, per cubic meter of water used in the Sprinkler irrigation method has been produced 1.04 kg of wheat. Whereas in the traditional irrigation method, the amount of wheat produced per cubic meter of water is 0.62 kg.

Conclusions and Acknowledgment:

Comparison of these two numbers shows that water efficiency in Sprinkler irrigation method is more than 1.8 times compared to water efficiency in traditional irrigation method. In general, the estimated production function shows that the use of Sprinkler irrigation method has improved the composition of inputs and their proper and timely consumption. As a result, the amount of product produced has increased compared to the agricultural situation with traditional irrigation. And with the implementation of the new irrigation system, both the volume of water consumption has been reduced, and production costs have been reduced, and that wheat production has increased.

Keywords: Ardabil Province, Economic Evaluation, Efficiency, Irrigation, Wheat.