

ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی

- احمد ترک‌نژاد، پژوهشیار سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
- مصطفی آقایی سربرزه، پژوهشیار موسسه تحقیقات کشاورزی دیم،
- حسین جعفری، کارشناس ارشد آبیاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
- علیرضا شیروانی، کارشناس ارشد آبیاری موسسه تحقیقات کشاورزی دیم- سرارود
- رمضان روئین‌تن، سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه
- عادل نعمتی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
- خسرو شهبازی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۸۵

Email: maghaee@yahoo.com

چکیده

به منظور ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای و مقایسه آن با آبیاری سطحی، آزمایشی به صورت استریپ اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۱۲ ترکیب سطوح ۳ فاکتور شامل دو طول ۹۰ و ۱۲۰ متر نوار به عنوان فاکتور افقی و دو دور آبیاری بر اساس ۲۵ و ۴۰ میلی‌متر تیخیر از تشتک به عنوان فاکتور عمودی و تیمار فاصله لترال با سه سطح ۰/۵، ۰/۶ و ۰/۷ متر به عنوان کرت فرعی روی محصول گندم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲ اجراء شد. عملکرد محصول، یکنواختی پخش آب و ارزیابی اقتصادی سیستم آبیاری قطره‌ای و سطحی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه آماری از بین ترکیبات مختلف، تیمار ۷۰-۴۰-۹۰ (فاصله نوارها، درصد نیاز آبی، طول لترال) را با بیشترین عملکرد ترکیب تیماری برتر نشان داد. تحلیل اقتصادی دو روش آبیاری نشان داد هرچند نسبت منفعت به هزینه در آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری قطره‌ای بدست آمد، اما بهره‌وری مصرف آب به ازاء هر واحد آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای (۲/۵۷) در مقایسه با روش سطحی (۱/۳۸) حدود دو برابر بود. نتایج این آزمایش اجرائی بودن روش آبیاری قطره‌ای در گندم را به خوبی نشان داد. با توجه به وسیع بودن آزمایش و اکتفا نکردن به شرایط مرسوم آزمایشات تحقیقاتی، نتایج این بررسی با اطمینان بسیار بیشتری قابل تعمیم خواهد بود. بر اساس این نتایج و سایر مزایای این سیستم‌ها شامل صرفه جویی در منابع و مدیریت بهتر، ارزان تر و قابل کنترل تر گسترش این سیستم‌ها قابل توصیه می‌باشد.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای، ارزیابی اقتصادی، گندم

pajouhesh & Sazandegi No:72 pp: 36-44

Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water limited areas .

By: Torknezhad A., Agricultural Research and Education Organization, Tehran, Iran

M. Aghaee-Sarbarzeh, Dryland Agricultural Research Institute, Kermanshah, Iran

Jafari H., Kermanshah Agricultural and Natural Resource Research Center, Kermanshah, Iran

Shirvani A., Dryland Agricultural Research Institute, Kermanshah, Iran

Roentan R., Kermanshah Agricultural Org., Kermanshah, Iran

Nemati A., Kermanshah Agricultural and Natural Resource Research Center, Kermanshah, Iran

Shahbazi Kh. Kermanshah Agricultural and Natural Resource Research Center, Kermanshah, Iran

Various aspects of drip (tape) irrigation method were evaluated on wheat. Economic evaluation and water productivity of this method were also compared with the traditional method of irrigation (surface irrigation) in water limited area of Kermanshah, Iran. Lateral length (m), lateral space (cm), and limited irrigation based on water requirement of irrigated wheat in the area, and several other morphological traits were studied in a Strip-Split plot design during 2002-03 in, Kermanshah. The results revealed that in tape irrigation the most efficient treatment was 70-40-90 (lateral distances (cm) - %water requirement - lateral length (m)). Significant differences observed between tape and surface irrigation methods. Though economic evaluation based on benefit/cost ratio revealed that the surface irrigation method is more economic, but the water productivity of drip irrigation (2.57) was almost doubled with compared to the surface irrigation (1.38), which is very important in water limited areas such as dry lands. Feasibility of this method in wheat is also presented in this paper.

Key words: Surface Irrigation, Drip Irrigation, Economic Evaluation, Wheat

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل محدودیت بیشتر منابع آب، ضروری است برای آبیاری محصولات زراعی از سیستم‌های آبیاری جدید با راندمان بالا استفاده گردد تا ضمن صرفه جویی در مصرف آب از مزایای دیگر این سیستم‌ها شامل یکنواختی توزیع آب و امکان آبیاری اراضی دارای توپوگرافی نامنظم بهره‌مند شد. با استفاده از این روش‌های آبیاری می‌توان با مقدار آب ثابت (نسبت به روش آبیاری سطحی یا ثقلی) سطح زیر کشت آبی را به دلیل بالا بودن راندمان سیستم گاه‌ها تا سه برابر افزایش داد و حتی با مصرف مقدار آب کمتر نسبت به آبیاری متداول (آبیاری سطحی) محصول بیشتری تولید نمود. لذا با توجه به محدودیت منابع آب و خاک و نیاز به تولید غذای بیشتر استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا (علی‌رغم هزینه سرمایه‌گذاری اولیه زیاد) به خصوص برای محصولاتی که نیاز آبی بالایی دارند توجه پذیر می‌باشد.

استفاده از سیستم آبیاری میکرو برای محصولات زراعی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۹، ۱۰). تحقیقات داخلی کمتری در این زمینه صورت گرفته که به برخی از این تحقیقات در زیر اشاره می‌گردد. اخیراً تحقیقاتی بر روی اثر سیستم میکرو بر روی محصولاتی نظیر سیب زمینی، هندوانه و خربزه و ... انجام شده است که نشان می‌دهد با مصرف آب کمتر می‌توان عملکرد مطلوب تولید نمود (۱، ۲، ۵، ۱۰). در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از این سیستم آب مصرفی در زراعت چغندر قند کاهش یافت و محصولی در حدود ۶۰ تن در هکتار با عیار قند ۱۸ درصد بدست آمد (۷). آزمایشات انجام شده روی سیستم آبیاری نواری^۱ با هدف مطالعه کنترل شستشوی نترات خاک و استفاده بهینه از آب نشان داد که مقادیر محصول قند تولید شده در چغندر قند به میزان ۳ تا ۲۸ درصد بیشتر از روش نشتی است. همچنین کارایی مصرف آب^۲ و کارایی مصرف کود^۳ در سیستم آبیاری نواری بیشتر از آبیاری نشتی بود. به طور کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که با استفاده از این سیستم می‌توان چغندر قند بیشتری را با مصرف آب و کود کمتر تولید نمود (۷).
آزمایش بررسی اثرات کم آبیاری و ارزیابی اقتصادی آن در زراعت چغندر قند در کرمانشاه نشان داده که از نظر اقتصادی مصرف ۸۰ درصد نیاز آبی یا ۷۱۲۰ متر مکعب (در این منطقه نیاز آبی صد درصد حدود ۸۹۰۰ متر مکعب برآورد شده است) بیشترین سود خالص را داشته است (۴).
Sammis سه سیستم آبیاری فارو، قطره‌ای و بارانی را بر روی محصول کاهو و گوجه فرنگی مقایسه نمود که میزان آب مصرفی در سیستم فارو کمتر بود. بیشترین عملکرد گوجه فرنگی در سیستم قطره‌ای حاصل شد. عملکرد کاهو در دو سیستم قطره‌ای و فارو به طور مشابه و یکسان گزارش شد (۱۵). Grimes و Schweers گزارش کردند که عملکرد گوجه فرنگی تازه در سیستم آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش جویچه‌ای بیشتر است (۱۶). باغانی به منظور مقایسه تاثیر دو روش آبیاری شیاری و قطره‌ای بر عملکرد و کیفیت محصول و کارایی مصرف آب در زراعت هندوانه، خربزه و گوجه فرنگی آزمایش‌هایی را در شرایط مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق (مشهد) در سال ۷۶-۷۵ انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که به طور متوسط کارایی مصرف آب روش قطره‌ای در هندوانه، خربزه و گوجه فرنگی به ترتیب حدود ۳، ۳ و ۲ برابر روش شیاری بود (۱، ۲، ۸). Sanders و Phene افزایش عملکرد سیب زمینی قابل ارائه به بازار در روش قطره‌ای را نسبت به روش شیاری ۷۶ درصد گزارش نمودند (۱۴). Sing و همکاران مقایسه‌ای بین روش‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و شیاری بر روی کدو، کدوی حلواپی و هندوانه انجام داده و گزارش کردند که عملکرد محصول در روش قطره‌ای نسبت به بارانی و شیاری برای کدو به ترتیب ۴۵ و ۴۷ درصد، کدو حلواپی ۲۱ و ۳۸ درصد و هندوانه ۱۰ و ۲۲ درصد افزایش داشته است (۱۸). نتایج مشابهی در سایر محصولات توسط محققین گزارش شده است

(۵،۱۱،۱۲،۱۳،۱۷،۱۹،۲۰).

ارزیابی فنی سیستم آبیاری قطره‌ای

یکی از موارد بسیار مهم در انتخاب سیستم آبیاری کارایی مصرف آب می‌باشد. جهت مقایسه بهره وری مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری سطحی سه کرت به ابعاد 15×5 متر گندم کشت و به صورت سطحی و به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گندم آبیاری گردید. در انتهای فصل میزان میانگین عملکرد در هکتار هم در آبیاری قطره‌ای نواری و هم در آبیاری سطحی محاسبه و سپس با استفاده از رابطه نسبت میزان عملکرد در هکتار به میزان آب مصرفی در هکتار بهره‌وری مصرف آب در این دو سیستم محاسبه گردید. جهت بررسی یکنواختی توزیع، آب خارج شده از قطره‌چکان‌ها در فشارهای مختلف ($0.5 - 2$ اتمسفر) در فواصل ۵ درصدی از صفر تا ۱۰ درصد طول لترال‌ها، توسط قوطی‌هایی که دارای حجم مشخص بودند هر سه هفته یکبار اندازه‌گیری شد و با استفاده از رابطه نسبت متوسط یک چهارم کمترین عمق‌های جمع شده در قوطی‌های اندازه‌گیری به متوسط عمق‌های جمع شده در کل قوطی‌ها، یکنواختی پخش آب محاسبه شد و جهت بررسی قطر نوارها ۷۲ نمونه نوار انتخاب و قطر آنها اندازه‌گیری شد. جهت بررسی قطر نوارها ۷۲ نمونه نوار انتخاب و قطر آنها اندازه‌گیری شد که فراوانی و اندازه قطر آنها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. اصولاً یک سیستم آبیاری به این منظور احداث می‌شود تا ضمن استفاده بهینه از منابع آب سود آور نیز باشد یعنی درآمدهای حاصله از آن از هزینه‌هایی که صرف سیستم می‌شود بیشتر باشد. هر چند برخی طرح‌ها ممکن است به دلایل اجتماعی سیاسی و یا اهداف غیر اقتصادی به اجرا درآیند اما اگر در دراز مدت به آنها بنگریم این طرح‌ها نیز به‌طور غیر مستقیم باید به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند. بنابراین تحلیل‌های اقتصادی بخش مهمی از طراحی سیستم‌های آبیاری را شامل می‌شود به طوری که انتخاب گزینه‌های مختلف آبیاری بر اساس تحلیل‌های اقتصادی صورت می‌گیرد. در این طرح علاوه بر مسائل فنی، به تحلیل اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری سطحی نیز پرداخته شد.

نتایج و بحث

تعیین فشار کارکرد سیستم

جهت تعیین فشار کارکرد سیستم با استفاده از فشارسنج و شیر فلکه نصب شده در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری فشارهای متفاوت از 0.5 تا 2 اتمسفر ایجاد و در هر یک از فشارها یکنواختی پخش آب توسط قطره‌چکان‌ها و دبی در واحد طول لترال اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج حاصله، فشار 0.8 اتمسفر بهترین یکنواختی (0.92) و دبی مطابق با نظر سازنده نوارها یعنی ۴ لیتر در ساعت در هر متر از طول لترال حاصل گردید. این در حالی است که کارخانه سازنده نوار این فشار را 0.6 اتمسفر اعلام کرده بود که در این فشار یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها 0.72 و دبی در واحد طول لترال 3.2 لیتر بر ساعت حاصل گردید در ضمن نوارها در فشار 2 اتمسفر شروع به پاره شدن نمودند.

یکنواختی پخش آب و بررسی

قطر نوارها در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری

بررسی یکنواختی توزیع آب خارج شده از قطره‌چکان‌ها از رابطه نسبت متوسط یک چهارم کمترین عمق‌های جمع شده در قوطی‌های اندازه‌گیری به متوسط عمق‌های جمع شده در کل قوطی‌ها، صورت گرفت. نتایج این

Sharmasarker و همکاران حرکت نیترات را در سه رژیم آبیاری قطره‌ای (20 ، 35 و 50 درصد تخلیه رطوبت) و یک رژیم آبیاری جویچه‌ای (65 درصد تخلیه رطوبت) در زراعت چغندر قند ارزیابی نمودند و گزارش کردند که تلفات نیترات در هر پروقیل عمقی از سیستم آبیاری قطره‌ای نسبت به سیستم سطحی کمتر است (17).

نتایج نشان داده است که از نظر اقتصادی مصرف 80 درصد نیاز آبی بیشترین سود خالص را داشته است. ترکمانی و جعفری (3) با مطالعه‌ای در زمینه عوامل مؤثر بر توسعه و به‌کارگیری روش‌های آبیاری تحت فشار در همدان گزارش کردند که 60 درصد از بهره‌برداران علت استفاده از آبیاری تحت فشار را کمبود آب، حدود $17/1$ درصد اعتبارات ارزان و استفاده از مزایای بانکی و $14/3$ درصد تبلیغات را بیان کرده‌اند، تنها 3 درصد از بهره‌برداران به دلیل اقتصادی بودن طرح از آن استفاده کرده‌اند (3).

همانطور که ملاحظه می‌شود تحقیقات انجام شده در زمینه آبیاری قطره‌ای اکثراً اختصاص به محصولات ردیفی داشته و تحقیق مدونی بر روی روش آبیاری قطره‌ای در محصولاتی مانند گندم بسیار محدود است.

مواد و روش‌ها

تاثیر تیمارها بر عملکرد گندم

به منظور بررسی اثر روش آبیاری قطره‌ای با نوارهای Tape بر عملکرد گندم، آزمایشی به صورت استریپ اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تیمارهایی به شرح زیر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد به اجرا گذاشته شد.

فاکتور A (فاکتور افقی): طول لترال در دو سطح 90 و 120 متر
فاکتور B (فاکتور عمودی): دور آبیاری بر اساس میزان 25 و 40 میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A
فاکتور C (فاکتور فرعی): فاصله لترال‌ها که شامل سه سطح 50 ، 60 و 70 سانتیمتر در کرت‌های فرعی

از ترکیب عوامل فوق، 12 تیمار حاصل شد که در سه تکرار مقایسه شدند. عرض کرت‌ها به ترتیب 2 ، $4/2$ و $8/2$ متر، و فاصله هر تیمار با تیمار مجاور $1/5$ متر در نظر گرفته شد. قبل از شروع آبیاری، کیفیت آب تعیین و با توجه به املاح موجود جهت استفاده در آبیاری قطره‌ای مطلوب ارزیابی گردید. جهت تعیین عناصر غذایی و املاح موجود در خاک و تعیین هدایت الکتریکی آن، نمونه‌هایی قبل از کاشت، تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. کلیه مراحل کاشت شامل تاریخ کاشت، تراکم، مقدار بذر و رقم مورد استفاده (مرودشت) بر اساس توصیه بخش غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال صورت گرفت. در تمام طول فصل رشد حجم آب مصرفی توسط کنتور نصب شده در ابتدای هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد، از هر کرت آزمایشی 3 نمونه که هر نمونه شامل دو ردیف کشت مجاور به طول 5 متر در وسط هر کرت بود برداشت شد و سپس عملکرد در هکتار محاسبه گردید و با استفاده از مدل طرح تجزیه‌های آماری صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن انجام شد.

۹۰ متر، دور آبیاری بر اساس ۴۰ میلیمتر تشتک تخییر و فاصله نوار ۷۰ سانتیمتری است که در این ترکیب عملکرد گندم ۹۶۲۸/۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (جدول ۲).

بهره‌وری مصرف آب

برای محاسبه بهره‌وری مصرف آب در دو سیستم قطره‌ای و سطحی، میانگین عملکرد در هکتار در هر دو سیستم محاسبه و سپس با استفاده از رابطه نسبت میزان عملکرد در هکتار به میزان آب مصرفی در هکتار بهره‌وری مصرف آب محاسبه گردید. بهره‌وری مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری و سطحی به ترتیب برابر ۲/۵۷ و ۱/۳۸ بدست آمد (جدول ۴) و نشان داد که به دلیل ماهیت و خصوصیات فنی سیستم آبیاری قطره‌ای نواری، در کاهش مصرف آب، از واحد حجم آب نسبت به آبیاری سطحی استفاده بیشتری می‌شود. یکی از موارد بسیار مهم در انتخاب سیستم آبیاری استفاده بهینه از واحد حجم آب برای بدست آوردن حداکثر محصول (بهره‌وری مصرف آب) می‌باشد.

تحلیل اقتصادی

در ارزیابی اقتصادی طرح آبیاری قطره‌ای نواری مقایسه ای بین این روش و روش آبیاری سطحی از لحاظ اختلاف درآمد به هزینه (سود) صورت گرفت که بدین منظور تحلیل اقتصادی برای ۱۵ سال با بهره بانکی ۲۰ درصد و نرخ تورم ۱۳/۵ درصد انجام شد. به منظور متفاوت بودن طول عمر ادوات بکار گرفته شده در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری ادوات را بر اساس طول عمر آنها به سه دسته ۳، ۵ و ۳۰ سال تقسیم شد سپس کلیه هزینه و درآمدها در دو روش آبیاری در طول ۱۵ سال به ارزش کنونی و سپس به هزینه سالیانه تبدیل و با هم مقایسه گردید و بهترین روش سیستم آبیاری از لحاظ اقتصادی معرفی گردید.

هزینه‌های سیستم آبیاری قطره‌ای نواری و سطحی

همانطور که گفته شد بهترین تیمار قابل توصیه طول نوار ۹۰ متری و دور آبیاری بر اساس ۴۰ میلیمتر تخییر از تشتک و فاصله نوار ۷۰ سانتیمتری می‌باشد لذا هزینه‌های صورت گرفته برای چنین تیماری محاسبه گردید. بر این اساس هزینه‌های صورت گرفته در سیستم آبیاری قطره‌ای برای یک هکتار مطابق جدول ۵ برآورد گردید که در آن ستون اول شامل اجزائی از سیستم است که دارای یک طول عمر می‌باشند و ستون دوم عمر مفید اجزا و ستون سوم قیمت‌های اولیه و ستون چهارم ارزش اسقاطی آنها که معادل ۱۰٪ قیمت اولیه در نظر گرفته شد می‌باشد. جهت برآورد هزینه‌های آب به این صورت عمل شد که میزان آب صرفه جویی شده در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری سطحی و با توجه به نرخ مصرف آب در هکتار توسط سیستم آبیاری قطره‌ای صرف افزایش سطح زیر کشت فرضی گندم تحت پوشش آبیاری قطره‌ای گردید که مطابق آن عملکرد محصول و هزینه‌های جدید آبیاری قطره‌ای محاسبه گردید که این هزینه‌ها در جدول ۶ آمده است. به بیان دیگر با میزان آب مصرف شده اضافی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای در هکتار توسط سیستم آبیاری سطحی چه سطحی از مزرعه گندم را می‌توانیم تحت پوشش آبیاری قطره‌ای ببریم که در این صورت قیمت آب هرچقدر که

بررسی نشان داد که بالاترین یکنواختی پخش آب در فشار ۰/۸ اتمسفر در ابتدای لترال‌ها و برابر ۹۲ درصد حاصل می‌گردد.

بررسی قطر ۷۲ نمونه نوار در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. فراوانی و اندازه قطر نمونه‌های نوار بررسی شده نشان داد که دامنه تغییرات قطر نوارها گسترده است. این موضوع باعث عدم آب‌بندی نوارها در محل اتصال نوارها به یکدیگر توسط رابط یا در ابتدای لترال شده که در نتیجه کاهش یکنواختی پخش آب و کاهش عملکرد به دنبال دارد. لازم

جدول ۱: فراوانی و اندازه قطر لترال‌ها

ردیف	فراوانی	قطر (میلیمتر)
۱	۷	۱۵/۶
۲	۷	۱۵/۹
۳	۱۵	۱۶/۲۳۴
۴	۱۶	۱۶/۵۵
۵	۹	۱۶/۸۷
۶	۱۰	۱۷/۲
۷	۶	۱۷/۵
۸	۱	۱۷/۸
۹	۱	۱۸/۱

به ذکر است که در سال اول طرح هیچ گونه گرفتگی قطره‌چکان وجود نداشت.

تجزیه واریانس و مقایسه عملکرد تیمارها

در جدول شماره ۲ تجزیه واریانس ساده میزان عملکرد گندم درج شده است. ضریب تغییرات آزمایش در دامنه قابل قبول قرار داشت $(CV = 17/46\%)$ که بیانگر دقت مناسب اجرای آزمایش می‌باشد. اثر تکرار معنی دار نبود که این موضوع نشان می‌دهد زمین اجرای آزمایش و شرایط نگهداری مزرعه در سه تکرار تقریباً یکنواخت و مشابه بوده است. به جز اثر فاکتور A (طول نوار) که در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری داشت سایر فاکتورها و اثرات متقابل آنها معنی‌دار نبودند. بنابر این در انتخاب نوع تیمارها و یا ترکیب آنها باید موارد دیگری از جمله سهولت اجرا و اقتصادی بودن طرح اجرائی را به عنوان ملاک اصلی در نظر گرفت.

در جدول شماره ۳ مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای عملکرد گندم بر اساس کیلوگرم در هکتار برای عوامل بررسی شده ارائه شده است. مقایسه طول نوارها (۹۰ و ۱۲۰ متر) نشان داد طول نوار ۹۰ متر در سطح آماری ۵٪ برتری معنی‌داری نسبت به فاصله ۱۲۰ متری داشت. بنابر این بدون در نظر گرفتن سایر متغیرها و سطوح تیماری با استفاده از لترال به طول ۹۰ متر حدود ۱/۱ تن در هکتار عملکرد بیشتری تولید می‌شود. مقایسه دور آبیاری بر اساس ۴۰ میلیمتر تخییر برتر از تیمار ۲۵ میلیمتر بود. مقایسه فاصله نوارها شامل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ سانتیمتر نیز با اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. بنابر این استفاده از نوار با فاصله ۷۰ سانتیمتر در مقایسه با سایر فواصل در مزارع گندم اقتصادی‌تر می‌باشد. مقایسه ترکیبات تیماری مختلف نشان داد که برترین ترکیب تیماری، تیمار با طول نوار

جدول ۲: تجزیه واریانس طرح استریپ اسپلیت پلات برای صفت عملکرد دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
تکرار	۲	۲۴۱۳۶۸۴/۳۶	۱۱/۴۶
طول لترال (A)	۱	۹۶۵۷۵۹۲/۱۱	۴۵/۸۶*
اشتباه ۱	۲	۲۱۰۵۹۰/۳۶	
مقدار آب (B)	۱	۲۶۳۱۹۶۵/۴۴	۴/۱۷
اشتباه ۲	۲	۶۳۱۲۹۲/۸۶	
AB	۱	۸۵۳۱۶۰/۱۱	۶/۲۷
اشتباه ۳	۲	۱۳۵۹۶۴/۵۳	
فاصله لترال (C)	۲	۳۱۰۱۱۳۵/۴۴	۱/۶۳
AC	۲	۱۲۱۲۷۸۰/۱۱	۰/۶۴
BC	۲	۲۷۸۸۷۸/۷۸	۰/۱۵
ABC	۲	۴۳۰۵۶۵۶/۴۴	۲/۲۷
اشتباه ۴	۱۶	۱۸۹۹۱۷۲/۷۸	
کل	۳۵		

* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد $CV = 1.17/46$

که به میزان ۵۴۳۶ مترمکعب در هکتار آب مصرف کرد (۲۱۵۶ = ۳۲۸۰ - ۵۴۳۶) می‌توان ۰/۶ هکتار از مزرعه را زیر پوشش آبیاری قطره‌ای برد که در این صورت عملکردی معادل ۱۳۹۹۶ کیلوگرم حاصل می‌شود که با احتساب ۱۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم درآمدی معادل ۲۰۹۹۴۰۶۰ ریال حاصل می‌شود که درآمد سالیانه آن در ۱۵ سال برابر با:

$$\text{ریال } 2099406 \times 1/863 = 39111940$$

میانگین عملکرد گندم در روش آبیاری سطحی ۷۴۸۰ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که درآمدی معادل ۱۱۲۲۰۰۰ تومان داشت. و معادل سالیانه آن برابر شد با ۲۰۹۰۲۸۶۰ ریال

اختلاف درآمد و هزینه در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری برابر شد با:

$$\text{ریال } 39111940 - 2901270 = 1099240$$

و اختلاف درآمد و هزینه در سیستم آبیاری سطحی برابر شد با:

$$\text{ریال } 2090286 - 1460000 = 630286$$

در تجزیه و تحلیل صورت گرفته فرض شده است که فاصله بین محل ورود آب به مزرعه تا پمپ با خطوط انتقال ۱۰۰ متر باشد و همچنین تجزیه و تحلیل فوق در زمانی صورت می‌گیرد که مشکل زمین وجود نداشته باشد به عبارتی زمین به اندازه کافی موجود باشد اما به دلیل کمبود آب قادر به زیرکشت بردن زمین نباشیم در غیر این صورت آبیاری سطحی توصیه می‌شود و سعی می‌شود که راندمان آبیاری را در این سیستم بالا ببریم. با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل‌های هزینه و درآمد در دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی بر اساس روش منفعت به هزینه (B/C) ارزیابی اقتصادی و مقایسه دو سیستم صورت گرفت که در جدول ۸ آورده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده هر دو طرح به دلیل $B/C > 1$ دارای توجیه اقتصادی هستند. بنابر این هر دو روش از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه می‌باشند. اما با توجه به اینکه B/C آبیاری سطحی

باشد برای هر دو سیستم یکسان و از لیست هزینه‌ها حذف می‌شود. هزینه تعمیرات پمپ معادل ۷/۵ درصد قیمت اولیه پمپ در نظر گرفته شد. مجموع هزینه سالیانه صرف شده در سیستم آبیاری قطره‌ای از حاصل ضرب مجموع ارزش کنونی هزینه‌های صرف شده در سیستم آبیاری قطره‌ای در ضریب برگشت سرمایه (CRF) بدست آمد که مقدار CRF با توجه به نرخ بهره ۲۰ درصد و تورم ۱۳/۵ درصد در ۱۵ سال برابر است با:

$$CRF = 0.214$$

که در این صورت مجموع هزینه سالیانه برابر ۱۰۵۶۹۰۰۰ ریال شد هزینه‌های راهبردی سیستم شامل سوخت و انرژی، نگهداری و تعمیرات و کارگر در سال اول محاسبه و سپس با اعمال ضریب معادل هزینه‌های سالیانه EACF با توجه به نرخ بهره ۲۰ درصد و تورم ۱۳/۵ درصد برای ۱۵ سال، هزینه سالیانه آنها محاسبه شد.

$$EACF = 1/863$$

بنابراین جمع کل هزینه‌های سالیانه سیستم آبیاری قطره‌ای برابر شد با:

$$\text{ریال } 1056900 + 1844370 = 2901270$$

هزینه‌های سیستم آبیاری سطحی مطابق جدول شماره ۷ برآورد شد. در ستون دوم این جدول هزینه‌های انجام شده در سال اجرای آزمایش و در ستون چهارم با اعمال ضریب برگشت سرمایه و ضریب معادل هزینه‌های سالانه، معادل هزینه‌های سالانه سیستم محاسبه شد.

درآمدها

میانگین عملکرد گندم در روش آبیاری قطره‌ای ۸۴۴۵ کیلوگرم در هکتار و میانگین میزان آب مصرفی ۳۲۸۰ مترمکعب در هکتار حاصل شد که با احتساب آب صرفه‌جویی شده در این روش نسبت به آبیاری سطحی

جدول ۳: مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن برای عملکرد گندم بر اساس کیلوگرم در هکتار

طول لترال	میزان آبیاری	فاصله لترال‌ها	میانگین عملکرد (Kg/ha)	
۹۰ متر			۸۴۰۸/۹	a*
۱۲۰ متر			۷۳۷۳/۰	b
	۲۵ میلی‌متر		۷۶۲۰/۶	a
	۴۰ میلی‌متر		۸۱۶۱/۳	a
۹۰ متر	۲۵ میلی‌متر		۸۲۹۲/۴	b
۹۰ متر	۴۰ میلی‌متر		۸۵۲۵/۳	a
۱۲۰ متر	۲۵ میلی‌متر		۶۹۴۸/۷	c
۱۲۰ متر	۴۰ میلی‌متر		۷۷۹۷/۳	b
		۵۰ سانتیمتر	۷۷۸۱/۳	a
		۶۰ سانتیمتر	۷۴۴۶/۳	a
		۷۰ سانتیمتر	۸۴۴۵/۲	a
۹۰ متر		۵۰ سانتیمتر	۸۶۴۰/۳	a
۹۰ متر		۶۰ سانتیمتر	۷۶۷۶/۲	a
۹۰ متر		۷۰ سانتیمتر	۸۹۱۰/۲	a
۱۲۰ متر		۵۰ سانتیمتر	۶۹۲۲/۳	c
۱۲۰ متر		۶۰ سانتیمتر	۷۲۱۶/۵	bc
۱۲۰ متر		۷۰ سانتیمتر	۷۹۸۰/۲	ab
	۲۵ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۷۵۹۴/۲	b
	۲۵ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۷۲۶۸/۷	b
	۲۵ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۷۹۹۸/۸	ab
	۴۰ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۷۹۶۸/۵	ab
	۴۰ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۷۶۲۴/۰	a
	۴۰ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۸۸۹۱/۵	a
۹۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۸۳۴۸/۳	abc
۹۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۸۳۳۷/۳	abc
۹۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۷/۸۱۹۱	bcd
۹۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۸۹۳۲/۳	ab
۹۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۷۰۱۵/۰	ab
۹۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۷/۹۶۲۸	a
۱۲۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۶۸۴۰/۰	de
۱۲۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۶۲۰۰/۰	e
۱۲۰ متر	۲۵ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۷۸۰۶/۰	bcd
۱۲۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۵۰ سانتیمتر	۷/۷۰۰۴	cde
۱۲۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۶۰ سانتیمتر	۸۲۳۳/۰	abcd
۱۲۰ متر	۴۰ میلی‌متر	۷۰ سانتیمتر	۳/۸۱۵۴	bcd
میانگین کل			۷۸۹۰/۹	

* حروف غیر مشابه در هر مقایسه، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۴- مقایسه عملکرد، میزان و بهره‌وری مصرف آب در دو روش آبیاری قطره‌ای و آبیاری سطحی

روش آبیاری	میانگین عملکرد kg/ha	متوسط آب مصرفی m ³	بهره‌وری مصرف آب (kg/ha/m ³)
قطره‌ای	۸۴۴۵	۳۲۸۰	۲/۵۷
سطحی	۷۴۸۰	۵۴۳۶	۱/۳۸

جدول ۵: هزینه اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در یک هکتار

جزء	طول عمر (سال)	قیمت اولیه (ریال)	ارزش اسقاطی (ریال)
۱	۳	۶۵۰۰۰۰	۶۵۰۰۰۰
۲	۱۵	۴۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰۰
۳	۳۰	۳۱۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰
هزینه سوخت	۱	۵۰۰۰۰۰	-
تعمیرات موتور و پمپ	۱	۳۰۰۰۰۰	-
نگهبانی و انبار	۱	۴۰۰۰۰۰	-
کارگری	۱	۳۰۰۰۰۰	-
جمع (تومان)	-	۲۱۴۰۰۰۰	۱۳۶۰۰۰۰

جدول ۶: هزینه اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در ۱/۶ هکتار

جزء	طول عمر (سال)	قیمت اولیه (ریال)	ارزش اسقاطی (ریال)
۱	۳	۱۰۲۵۰۰۰۰	۱۰۲۵۰۰۰۰
۲	۱۵	۶۴۰۰۰۰۰	۶۴۰۰۰۰۰
۳	۳۰	۴۹۰۰۰۰۰	۴۹۰۰۰۰۰
هزینه سوخت	۱	۸۰۰۰۰۰۰	-
تعمیرات موتور و پمپ	۱	۳۰۰۰۰۰۰	-
نگهبانی و انبار	۱	۴۰۰۰۰۰۰	-
کارگری	۱	۴۸۰۰۰۰۰	-
جمع (تومان)	-	۳۱۴۵۰۰۰۰	۲۱۵۵۰۰۰۰

ریال $PW1 = 38978780 =$ ارزش کنونی جزء (۱)

ریال $PW2 = 6677600 =$ ارزش کنونی جزء (۲)

ریال $2695000 =$ ارزش اسقاطی جزء (۳)

ریال $3730000 =$ ارزش کنونی جزء (۳)

لترال - ۴۰ درصد نیاز آبی - ۷۰ سانتیمتر فاصله نوارها) را با بیشترین عملکرد ترکیب تیماری برتر نشان داد. با توجه به وسیع بودن آزمایش و اکتفا نکردن به شرایط مرسوم آزمایشات تحقیقاتی (پلات‌های کوچک و تعمیم آن در سطح وسیع) نتایج این بررسی با اطمینان بسیار بیشتری قابل تعمیم خواهد بود. با این وجود تکرار آزمایش در سال‌های متعدد بر صحت نتایج خواهد افزود. با توجه به هزینه بر بودن اجرای روش‌های آبیاری قطره‌ای و امکان هدر رفت منابع، ارزیابی اقتصادی طرح با تکیه بر داده‌های قابل اطمینان نتیجه‌گیری را معتبرتر و با اطمینان بیشتر می‌سازد. اقتصادی بودن طرح با توجه به نسبت منفعت به هزینه این اطمینان خاطر

بیشتر از آبیاری قطره‌ای است، لذا از نظر اقتصادی برای گندم آبیاری سطحی توصیه می‌شود. البته باید توجه داشت در بحث اقتصاد آب و به‌منظور صرفه‌جویی در این مهم امتیازاتی را دولت برای گسترش سیستم‌های تحت فشار به کشاورزان داوطلب ارائه دهد تا توجه طرح هر چه بیشتر افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

در انتخاب سیستم آبیاری علاوه بر بهره‌وری از واحد حجم آب برای بدست آوردن حداکثر محصول (بهره‌وری مصرف آب)، یکنواختی توزیع، اقتصادی بودن آن نیز حائز اهمیت است. نتایج تجزیه آماری از بین ترکیبات تیماری مورد بررسی تیمار ۷۰-۴۰-۹۰ (۹۰ مترطول

جدول ۷: هزینه‌های سیستم آبیاری سطحی در یک هکتار

هزینه معادل سالیانه	عمر مفید	هزینه‌ها (ریال)	قسمت‌های مختلف سیستم
۳۴۲۴۰۰۰	۱۵	۱۶۰۰۰۰۰۰	خطوط انتقال
۱۸۶۳۰۰۰	۱	۱۰۰۰۰۰۰	کانال مزرعه
۱۸۶۳۰۰۰	۱	۱۰۰۰۰۰۰	نگهداری
۷۴۵۲۰۰۰	۱	۴۰۰۰۰۰۰	کارگری
۱۴۶۰۲۰۰۰	-	۲۲۰۰۰۰۰۰	جمع (ریال)

مجموع کل هزینه‌های سالیانه سیستم آبیاری سطحی برابر با ۱۴۶۰۲۰۰۰ ریال حاصل شد.

جدول ۸: مقایسه منفعت به هزینه دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی در گندم.

آبیاری سطحی		آبیاری قطره‌ای	
هزینه	درآمد	هزینه	درآمد
۱۴۶۰۰۰۰	۲۰۹۰۲۸۶	۲۹۰۱۲۷۰	۳۹۱۱۱۹۴
B/C = ۱/۴۳		B/C = ۱/۳۴	

2- Water use efficiency, WUE

3- Fertilizer use efficiency, FUE

منابع مورد استفاده

- ۱- باغانی، جواد. ۱۳۷۹؛ تا اثر دور آبیاری و تعداد قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و کیفیت هندوانه. مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان. نشریه شماره ۱۵۱.
- ۲- باغانی، ج. ۱۳۷۹؛ عملکرد و کیفیت هندوانه در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری. مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان. نشریه شماره ۱۵۳.
- ۳- ترکمانی، م. و جعفری، ۱۳۷۶؛ عوامل مؤثر بر توسعه و بکارگیری روش‌های آبیاری تحت فشار در همدان. اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۲۲.
- ۴- جلیلیان، ع.ع.، نعمتی و ع. شیروانی. ۱۳۷۷؛ بررسی اثرات کم آبیاری و ارزیابی اقتصادی آن در زراعت چغندر قند و ارزیابی اقتصادی آن. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی.
- ۵- خزاعی، م. ۱۳۷۶؛ مقایسه عملکرد و کیفیت خربزه در دو روش آبیاری قطره‌ای و شیاری در شرایط آب و هوایی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۶- فرهادی، م. ۱۳۷۶؛ مقایسه آبیاری قطره‌ای و شیاری بر خصوصیات کمی و کیفی خربزه در منطقه تربت جام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۷- نوشاد، ح. ۱۳۸۰؛ گزارش بازدید از طرح آبیاری Tape زراعت چغندر قند در شهرستان بروجن استان چهارمحال و بختیاری.
- 8- Bonano, R. and Lomont, J. R., 1987; Irrigation method and row covers on soil and a temperature and yield of musk melon. J. Am. Soc. Hort. Sci., 112(25):735-739
- 9- Clinton, Shock, Erick, B. G. and Lemont, D., 2000; Micro

را در زمینه اقتصادی بودن روش آبیاری قطره‌ای ایجاد می‌نماید. با توجه به نتایج تحلیل و مقایسه اقتصادی دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای، هر دو طرح به دلیل $B/C > 1$ (منفعت به هزینه) دارای توجیه اقتصادی هستند. بنابر این هر دو روش از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشند. اما با توجه به اینکه B/C آبیاری سطحی بیشتر از آبیاری قطره‌ای است، لذا از نظر اقتصادی برای گندم آبیاری سطحی توصیه می‌شود. البته در بحث اقتصاد آب و به منظور صرفه‌جویی در منابع محدود به‌ویژه در مناطقی که با کمبود جدی آب و حتی اراضی مستعد کشاورزی مواجه هستند موارد متعدد دیگری از جمله راندمان بالا (تا حد ۹۰٪)، میزان آب صرفه‌جویی شده، بهره‌وری مصرف آب، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، امکان افزایش سطح زیر کشت، امکان کشت در اراضی شیب‌دار، جلوگیری از فرسایش خاک، امکان آبیاری در هر زمان، و صرفه‌جویی در نهاده‌های کشاورزی مانند کودهای شیمیایی و سموم نباتی به دلیل امکان تلفیق روش‌های مدیریت مزرعه با سیستم آبیاری تحت فشار را باید در نظر گرفت. به هر حال نتایج این بررسی که در نوع خود از بررسی‌های جامع در زمینه مطالعه روش‌های آبیاری است، اجرائی بودن روش آبیاری قطره‌ای در گندم را به‌وضوح نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

در طول این تحقیق از همکاری‌ها و مساعدت‌های همکاران و محققین مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه به‌ویژه همکاران ایستگاه تحقیقات اسلام آباد غرب بهره‌مند بودیم که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌نمائیم.

پاورقی‌ها

1- Tape irrigation

subsurface and furrow irrigation method for row crops. *Agron. J.*, 75(2):701-704

16- Schweers, V. H. and Grimes, D. W., 1967; Drip and furrow irrigation on fresh market tomatoes on a slowly permeable soils: part 1: *Calif. Agric.*, 30(2):8-10.

17- Sharmasarker, F. C. , 2001; Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiency for sugar beets. *Agric. water management*, PP.241-251 .

18- Singh, S. D. ,1978; Effect of planting configuration on water use and economic of drip irrigation system. *Agron. J.*, 70:951-955.

19- Tugnoli, V. ,2001; Aumentare il reddito bieticoltura con L'irrigazione. *L'informatore agrario*, Vol 18.

20- Uifang, P., Ronggui, Y., 1988; Drip irrigation of cucumbers in plastic sheds. Fourth international micro irrigation congress. October 23-27, Albury, Wodonga, Australia.

irrigation alternative for hybrid poplar production. 2000 trial, Malheur experiment station, Oregon Stat University.

10- Dawwood, S. A. and Hamed, S. N., 1985; A comparison of on farm irrigation system performance. In drip/ trickle irrigation in action -proceedings of the third international drip/ trickle irrigation congress, November, Fresno.

11- Jensen, M., 1993; Water management and conservation: Is Yuma ready for drip. Arizona published. Vol 1, Issue 2

12- Koteswara, P. ,1990; Field studies drip and other method of irrigation on yields and water use of tomato. 5th international micro irrigation congress. April 2-6, Orlando, Florida.

13- Neibing, H. and Findly, J., 1998; Sugar beet drip irrigation: Good for water quality.

14- Phene, C. J. Sanders, D. C., 1976; High frequency trickle irrigation and row spacing effects on yield and quality of potatoes *Agron. J.*, 88:602-607.

15- Sammis, T., 1980; Comparison of sprinkler, trickle,

