Research Paper

Technical and Economic Analysis of Drip Irrigation System (Surface and Subsurface) in Grain Maize Cultivation under Different Irrigation Levels

Mohamad Reza Ebrahimi [1], Ali Neshat[*2]
1. Master, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
2. Associate Prof. of Water Engineering, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran

Received:25/06/2022
Revised:17/07/2022
Accepted:12/10/2022

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/wej.2024.30639.2361

Keywords:
Drip Irrigation, Economic Analysis, Tensiometer, Grain Maize

Abstract

Background and objective: Limited water resources indicate the need for optimal use of water in the agricultural sector. One of the best ways to use water is to apply deficit irrigation in modern irrigation methods, such as drip irrigation.

Methods: In this study, in order to technically and economically analyze the drip irrigation system (surface and subsurface) in the cultivation of grain maize under different levels of irrigation, an experiment in the form of split-plot and randomized complete block design with three replications was conducted in Orzooieh region of Kerman province in 2019. The treatments included three potential levels (I_1= 35, I_2 =50, I_3=65 cm to start irrigation) as the main factor and two drip irrigation systems (surface = S_1 and subsurface = S_2) as the secondary factor.

Findings: The results showed that the highest volume of water use, crop yield, number of grain rows per maize, and number of grains per row were 9430 m^3 per hectare, 11.32 tons per hectare, 23.45, and 48.85, respectively, in 35 centibar treatment applied in the subsurface drip irrigation system.

Discussion and conclusions: While the water used efficiency in the 50 centibar treatment applied in the subsurface drip irrigation system was about 4% higher than the above-mentioned treatment, but the economic analysis showed that this treatment is in the C position. Therefore, according to the economic analysis, it is suggested that the potential point of 35 centibar applied in the subsurface drip irrigation system be used in grain maize cultivation.

Citation: Ebrahimi M.R, Ali N. Technical and Economic Analysis of Drip Irrigation System (Surface and Subsurface) in Grain Maize Cultivation under Different Irrigation Levels. Water Resources Engineering Journal. 2024; 17 (60): 1-11.

***Corresponding author:** Ali Neshat
Address: Department of Water Engineering ،Kerman Branch ،Islamic Azad University ،Kerman ،Iran
Tell: +989121142761
Email: Neshat@iauk.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) در کشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

محمدرضا ابراهیمی[۱]، علی نشاط[۲*]
۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۲. دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۴/۰۴
تاریخ داوری:۱۴۰۱/۰۴/۲۶
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۷/۲۰

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:
10.30495/wej.2024.30639.2361

واژه‌های کلیدی:
کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای، ارزیابی اقتصادی، تانسیومتر، ذرت دانه‌ای

چکیده

زمینه و هدف: محدودیت منابع آب، ضرورت استفاده بهینه از آب در بخش کشاورزی را نشان می‌دهد. یکی از راه‌های استفاده بهینه از آب، اعمال کم آبیاری در روش‌های مدرن آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای است.

روش بررسی: در این تحقیق به‌منظور ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) در کشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه ارزوئیه استان کرمان در سال زراعی ۱۳۹۸ اجرا گردید. تیمارها سه سطح پتانسیلی (I_1=۳۵، I_2=۵۰، I_3=۶۵ سانتی بار جهت شروع آبیاری) به‌عنوان عامل اصلی و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی=S_1 و زیرسطحی =S_2) به‌عنوان عامل فرعی بودند.

یافته ها: نتایج تحقیق نشان داد که بالاترین حجم آب مصرفی، عملکرد محصول، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در هر ردیف به ترتیب با مقادیر ۹۴۳۰ مترمکعب در هکتار، ۱۱/۳۲ تن در هکتار، ۲۳/۴۵ عدد و ۴۸/۸۵ عدد در تیمار ۳۵ سانتی‌باری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: این درحالی است که کارایی مصرف آب در تیمار ۵۰ سانتی‌باری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حدود ۴ درصد نسبت به تیمار یاد شده بیشتر بود اما تحلیل اقتصادی نشان داد که این تیمار در جایگاه C قرار گرفته است. لذا با توجه به تحلیل اقتصادی صورت گرفته پیشنهاد می‌گردد که نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت ذرت دانه‌ای استفاده گردد.

* **نویسنده مسئول:** علی نشاط
نشانی: گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران.
تلفن: ۰۹۱۲۱۱۴۲۷۶۱
پست الکترونیکی: Neshat@iauk.ac.ir

مقدمه

تأمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به رشد جهان مستلزم افزایش سطح زیرکشت و یا اتخاذ راهکارهای مدیریتی جهت افزایش میزان عملکرد در واحد سطح می‌باشد (۱). این در حالی است که محدودیت جهانی منابع آب، افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیرکشت را محدود می‌سازد (۲) . در چنین شرایطی، اعمال مدیریت جهت مصرف صحیح این منابع محدود، در راستای افزایش کارآیی مصرف آب اهمیت بسیاری خواهد داشت (۳). به نظر می‌رسد کاربرد سامانه‌های نوین آبیاری در جهت استفاده مناسب‌تر از آب، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش سطح زیرکشت و عملکرد را در پی داشته باشد (۴). علیرغم مزایا بسیار، بهره‌برداری‌های از سامانه‌های آبیاری تحت فشار غالباً به دلیل فقدان دانش و اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان دقیق آب مورد نیاز گیاه با نارسایی‌هایی روبه‌رو می‌باشد (۵). تعیین میزان آب مورد نیاز در طول فصل کشت از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر میزان عملکرد محصولات زراعی بوده و برآورد غیرواقع آن می‌تواند خسارات اقتصادی بسیاری را به‌همراه داشته باشد. این مسأله به‌ویژه در مورد گیاهانی همچون ذرت دانه‌ای که حساسیت ویژه‌ای به تنش آبی دارد ، از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود. در چنین شرایطی، تعیین و تأمین نیاز آبی این گیاه امر مهمی در راستای جلوگیری از کاهش معنی‌دار عملکرد آن خواهد بود(۶) .

در مطالعه‌ای که به بررسی ۴ تیمار آبیاری (نیاز آبی خالص گیاه (تیمار شاهد) و سه تیمار مکش ۱/۲ FC، ۱/۵ FC، ۱/۸ FC) پرداختند. نتایج نشان داد، که در سه تیمار مکش ۱/۲ FC، ۱/۵ FC، ۱/۸ FC نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۱، ۱۳ و ۱۷ درصد در میزان آب مصرفی صرفه‌جویی شده است. این در صورتی است که میزان عملکرد محصول در تیمارهای یاد شده نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴/۵، ۲۸ و ۳۴ درصد کم شد. با این وجود بهره‌وری آب کاربردی در تیمار مکش ۱/۲ FC نسبت به تیمار شاهد ۶/۵ درصد افزایش داشت که نشان از توجیه پذیرتر بودن این تیمار نسبت به سایر تیمارهاست (۷).

اگرچه در بسیاری از پژوهش‌های پیشین، تأثیر روش‌ها و سطوح مختلف کاهش عمق آب آبیاری بر خصوصیات کیفی و کمی ذرت دانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است، لکن بهره‌وری اقتصادی آب در چنین روش‌هایی کمتر مورد توجه بوده است. این در حالی است که قبول یک فن‌آوری جدید توسط زارعان، تنها از طریق توجیه‌های اقتصادی امکان‌پذیر خواهد بود (۸). در پژوهشی، به ارزیابی اقتصادی آبیاری قطره‌ای در کشت ذرت پرداخته شد (۹). در این آزمایش تیمار اصلی شامل سه فاصله ۶۰، ۷۰ و ۷۵ سانتی‌متر برای نوارهای آبیاری و عامل فرعی دو آبیاری کامل و یک‌درمیان بود. اگرچه نتایج تجزیه و تحلیل‌های فنی آزمایش نشان‌دهنده آن بود که تیمار ۶۰ سانتی‌متر فاصله نوارهای آبیاری توأم با آبیاری کامل دارای بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب است، اما نتایج اقتصادی این آزمایش بر مبنای روش بودجه‌بندی جزیی نشان داد که تیمار ۶۰ سانتی‌متر فاصله نوارهای آبیاری توأم با آبیاری به صورت یک‌درمیان، علی‌رغم نداشتن بالاترین سطح عملکرد، مناسب‌ترین گزینه اقتصادی است. که لزوم بررسی تبعات اقتصادی در روش‌های آبیاری نوین را مشهود می‌سازد.

از طرف دیگر ذرت از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد غذایی و فرآورده‌های دامی، در اشتغال‌زایی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی دارد (۱۰). این گیاه به علت قدمت و قدرت انطباق و سازگاری زیاد با اقلیم‌های مختلف در تمام دنیا گسترده شده است (۱۱). همچنین از لحاظ سطح زیرکشت در بین گیاهان زراعی دنیا، ذرت پس از گندم و برنج در جایگاه سوم از نظر میزان عملکرد این گیاه بعد از نیشکر مقام دوم را به خود اختصاص داده است (۱۲). لازم به ذکر است که این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین است که بین ۸ تا ۱۸ درصد پروتئین مورد نیاز دنیا را تأمین می‌نماید (۲).

با توجه به این که بیشترین تلفات آب آبیاری، در داخل مزرعه رخ می‌دهد (۵). عدم تعیین آستانه پتانسیل لازم جهت شروع عملیات آبیاری و عدم ارزیابی الگوی کارگذاری لوله آبده در کشت ذرت دانه‌ای از یک سو و از سوی دیگر عدم وجود اطلاعات کافی در مورد بهره‌وری اقتصادی روش‌های آبیاری در این منطقه از سوی دیگر، لزوم انجام تحقیقی در خصوص بررسی تأثیر این پارامترها بر عملکرد ذرت دانه‌ای و همچنین انتخاب مناسب‌ترین تیمار آبیاری از لحاظ اقتصادی را به اثبات می‌رساند. به همین منظور، در این پژوهش پس از کشت ذرت دانه‌ای و اجرای الگوهای مختلف کارگزاری لوله‌های آبده و ارزیابی اقتصادی عملکرد به‌دست آمده از آستانه‌های مختلف پتانسیلی جهت شروع آبیاری و الگوهای مختلف کارگزاری لوله‌های آبرسان، به تعیین مناسب‌ترین آستانه پتانسیلی جهت شروع آبیاری و الگوی کارگزاری لوله آبده بر اساس شاخص‌های اقتصادی پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) در کشت ذرت دانه‌ای تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری آزمایشی در مزرعه تحقیقات کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان واقع در شهرستان ارزوئیه در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. منطقه ارزوئیه واقع در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غربی شهر کرمان در محدوده جغرافیایی ′۱۹ °۲۸ تا ′۳۸ °۲۸ عرض شمالی و ′۷ °۵۷ تا ′۳۲ °۵۹ طول شرقی و با ارتفاع ۱۱۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. آمارنامه اداره هواشناسی استان کرمان نشان می‌دهد که این منطقه در آب و هوای خشک واقع شده است. میانگین مقدار بارندگی سالانه در این ایستگاه ۵۵/۲ میلی‌متر می‌باشد. بالاترین میانگین حداکثر درجه حرارت در تیرماه با ۴۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین میانگین درجه حرارت در دی ماه با ۵/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۳).

این آزمایش در زمینی به مساحت ۶۳۰ مترمربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی عبارتند از: سه سطح پتانسیلی (I_1=-۳۵، I_2=-۵۰، I_3=-۶۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) به‌عنوان عمل اصلی و دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی =S_1 و زیرسطحی =S_2) به‌عنوان فرعی لحاظ شدند. در این آزمایش هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت می‌باشد.

عرض هر کرت ۴ متر و طول آن ۶ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌ها کاشت صد سانتی‌متر و بین بوته‌ها ۴ سانتی‌متر بود. فاصله بین عوامل اصلی و فرعی و همچنین تکرارهای آزمایش که به‌صورت عمودی کنار هم قرار می‌گیرند ۱ متر می‌باشد. تعداد تیمارها برابر با ۶= (۲×۳) و کل کرت‌های آزمایشی با احتساب تکرار برابر با ۸ کرت بود. لازم به ذکر است در آبیاری قطره‌ای سطحی، نوارهای‌آبرسان بر روی سطح خاک و در کنار ساقهٔ گیاه قرار گرفتند، ولی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نوارهای مزبور در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده می‌شوند.

در این تحقیق برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه، قبل از کاشت از عمق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری انجام گردید که در جداول ۱ و ۲، تجزیه این خصوصیات آمده است. همچنین از آب مورد استفاده نیز نمونه‌ایی به آزمایشگاه ارسال گردید که نتایج به‌دست آمده از تجزیه پارامترهای شیمایی آب در جدول ۳ ارائه شده است. لذا با توجه به توصیه آزمایشگاه خاک و آب که بر اساس نتایج تجزیه خاک و آب مورد استفاده انجام گردید، در طول فصل زراعی مقدار ۴۵ کیلوگرم کود ازته و ۴۰ کیلوگرم کود فسفات به تمامی قطعه آزمایشی به‌طور یکسان تزریق شد.

جدول ۱. بافت خاک محل انجام تحقیق

Table 1. Soil texture of the study site

وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی مترمکعب)	درصد رطوبت وزنی در نقطه ظرفیت زراعی	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی
۱/۴۳	۳۵	۹

عمق خاک (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک
۵۰-۰	۵۲/۶	۲۱/۹	۲۵/۵	لوم رسی شنی

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی خاک منطقه

Table 2. Results of chemical decomposition of soil in the site

EC (ds/m)	pH	SAR	0
۱/۹	۷/۳	۳/۲	۰/۰۳

عمق خاک (سانتی‌متر)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)
۵۰-۰	۱۵۰	۱۵

جدول ۳. برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

Table 2. Some chemical properties of the studied water

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)					
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	K^+	Na^+
۶/۹	۱/۲	۴/۲	۲	۱/۵	۵	۳/۴	۰/۸

زمان آبیاری بر اساس قرائت از تانسیومترهای فلزی تعیین شد. این تانسیومترها قبل از کاشت، در سه عمق ۱۵، ۴۵ و ۷۵ سانتی‌متری خاک و در وسط هر کرت و در بین دو خط کشت نصب شدند. از تانسیومتری که در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک نصب شده بود، برای قرائت در مرحله اولیه رشد و از تانسیومترهایی نصب شده در اعماق ۳۵ و ۷۰ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده شد. جهت انجام آبیاری در نقطه پتانسیلی مدنظر، نانسیومترها به‌طور کامل کنترل می‌شدند و زمانی که صفحه مدرج تانسیومتر نقطه پتانسیلی مورد نظر را نشان می‌داد آبیاری انجام می‌شد و فرآیند آبیاری تا جایی ادامه پیدا می‌کرد که رطوبت موجود در خاک به حد ظرفیت زراعی برسد (رابطه ۱). به‌منظور تعیین میزان پتانسیل مکش در محدوده عمقی مورد نظر، عمق توسعه ریشه گیاه از روش نمونه‌برداری در مراحل مختلف رشد تعیین و آبیاری بر اساس پتانسیل مکش در محدوده ریشه صورت گرفت. عمق توسعه ریشه در مرحله اولیه، توسعه، میانی و نهایی رشد به‌ترتیب بین هشت تا ۱۵، ۱۰ تا ۳۰، ۲۵ تا ۵۵ و ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر متغیر بود.

$$d_i = d_r(\theta_{FC} - \theta_I)MAD \quad (۱)$$

در این رابطه d_i: نیاز آبیاری (mm)، d_r: عمق توسعه ریشه (mm)، θ_{FC}: رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت مزرعه (اعشار)،

θ_r: رطوبت حجمی در نقاط پتانسیلی (اعشار) و MAD: حد مجاز تخلیه رطوبت از خاک که با توجه به گزارشات موجود این مقدار برای گیاه ذرت دانه‌ای ۰/۶۵ است می‌باشد (۷).

به‌منظور تعیین میزان عملکرد محصول در انتهای فصل کشت، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، به منزلهٔ اثر حذف حاشیه‌ای، نمونه‌برداری فقط از دو ردیف وسط انجام شد (۱۴). بدین منظور ده بوته از هر تکرار برداشت و صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که کارایی مصرف آب از رابطه (۲) محاسبه شد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری یک درصد انجام شد.

$$WUE=Y_T/V_T \quad (۲)$$

در این رابطه؛ WUE: کارایی مصرف آب (kg/m^3 /hec)، Y_T: عملکرد قابل ارائه به بازار (kg/hec) و V_T: حجم آب آبیاری (m^3) می‌باشد.

مقایسه اقتصادی

با توجه به اینکه به‌کاری‌گیری روش آبیاری قطره‌ای در محصولات زراعی هزینه‌هایی را در بر دارد و از طرف دیگر اعمال کم آبیاری باعث کاهش هزینه‌های تولید محصول می‌شود لذا در این تحقیق برای مقایسه اقتصادی دو سیستم آبیاری و همچنین اعمال سطوح مختلف پتانسیلی از تکنیک اقتصادی نسبت منفعت به هزینه (Benefit / Cost Ratio: B/C) استفاده گردید.

در این روش میانگین منافع احتمالی سالانه و یا معادل یکنواخت سالانه پروژه، محاسبه می‌شود و نسبت محاسبه شده با معیار یک مقایسه گردید. چناچه $B/C \geq 1$ باشد انجام طرح اقتصادی و اگر $B/C < 1$ باشد انجام طرح غیراقتصادی می‌باشد. در این روش برای مقایسه بین تیمارهای مختلف، لازم است که ابتدا نسبت منفعت به هزینه هر پروژه را طبق دستورالعمل فوق محاسبه کرده و هر تیمار را نسبت منفعت به هزینه آن کمتر از یک بود مردود شمرد، سپس تیمار بهینه را در آن‌هایی که نسبت منفعت به هزینه آن‌ها بیشتر از یک می‌باشد را دوبه‌دو مقایسه می‌کنیم (۱۵).

نتایج

حجم آب مصرفی و دور آبیاری

در این پژوهش، میزان آب مصرفی برای تیمارهای فرعی در یک تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد. اما حجم آب مصرفی در تیمارهای آبیاری بر اساس آستانه پتانسیل مکش، متفاوت بود. حجم آب مصرفی در کل فصل رشد در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب ۹۴۳۰، ۸۰۸۵ و ۶۸۰۰ مترمکعب در هکتار بود. علاوه بر حجم آب مصرفی، تنظیم زمان آبیاری بر اساس پتانسیل مکش، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. صرف نظر از نوع تیمار، در اوایل فصل رشد، دورهای آبیاری کوتاه‌تر و با افزایش سن گیاه، دور آبیاری به دلیل توسعه ریشه و امکان استفاده از رطوبت موجود در اعماق پایین‌تر افزایش یافت. تغییر دور آبیاری متناسب با رشد گیاه در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است (۱۶). بر اساس جدول (۴)، بیشترین فراوانی در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب به دورهای آبیاری سه روزه، چهار روزه و پنج روزه متعلق بود. مقایسه حداکثر فراوانی در تیمارهای مختلف مکش و حجم آب مصرفی نشان می‌دهد که افزایش دور آبیاری، کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد را موجب شده است. به نحوی که تغییر آستانه مکش جهت شروع آبیاری از ۳۵ به ۵۰ و ۶۵ سانتی‌بار به دلیل افزایش دورهای آبیاری به‌ترتیب ۱۴/۳ و ۲۷/۹ درصد کاهش حجم آب مصرفی شده است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین نیز مطابقت دارد (۱۶،۷).

جدول۴. فراوانی دوره‌های آبیاری برای هر تیمار در طول دوره فصل رشد

Table 4. Frequency of irrigation periods for each treatment during the growing season

دور آبیاری	۳۵ سانتی‌بار	۵۰سانتی‌بار	۶۵ سانتی‌بار
۲ روزه			
فراوانی	۱۰		
۳ روزه			
فراوانی	۴۵	۱۵	
۴ روزه			
فراوانی	۱	۲۵	۱۲
۵ روزه			
فراوانی		۳	۱۸
۶ روزه			
فراوانی			۴

ادراک از تضاد آب کشاورزی

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر نقاط پتانسیلی جهت شروع آبیاری و نوع سیستم آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب، تعداد دانه در هر ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه در جدول ۵ نشان داده شده است. این نتایج حاکی از آن است که اثر نقاط پتانسیلی و نوع سیستم آبیاری بر تمامی صفات مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار است. اما اثر متقابل دو عامل بر صفات عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و وزن هزار دانه اثر معنی‌دار و بر صفات تعداد دانه در ردیف و ردیف دانه در بلال تأثیر غیرمعنی‌دار گذاشت. ۴/۵۵ به‌دست آمد که نشان می‌دهد برداشت یا ادراک کشاورزان از میزان تضاد موجود در ارتباط با آب کشاورزی در حد متوسط می‌باشد.

جدول۵. خلاصه تجزیه واریانس

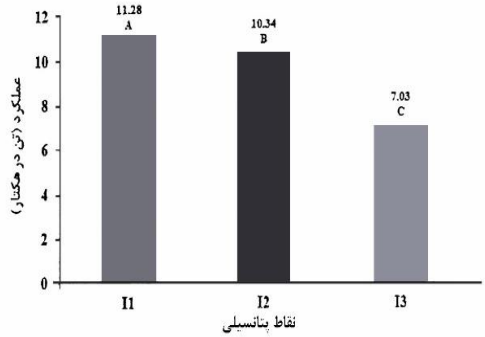
Table 5. Summary of analysis of variance

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف	وزن هزار دانه
تکرار	۲	۲۵۴۸۲/۷	۰/۰۸۷	۱۶/۱۵	۲۵/۵۲	۴۸/۲۲
نقاط پتانسیلی	۲	۱۲۹۴/۱۳**	۰/۰۵۴**	۲۰۲/۷۸**	۲۵۷/۷۸**	۲۶۸۲/۱۳**
خطا	۴	۹/۶۴۵	۰/۰۱۶	۱/۰۳۵	۱/۰۷	۰/۲۴
سیستم آبیاری	۱	۲۲/۸**	۰/۰۰۸**	۱/۸۷**	۲۱۶/۲۱۶**	۸۹/۹۵**
اثر متقابل	۲	۳۱/۸۲**	۰/۹۹۷**	۴/۱۴۴ ns	۰/۹۱ns	۳/۱۲**
خطا	۷	۴۷/۵۲	۰/۰۰۳	۰/۵۸	۱/۹۸	۷/۲۲

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد خطا

عملکرد محصول

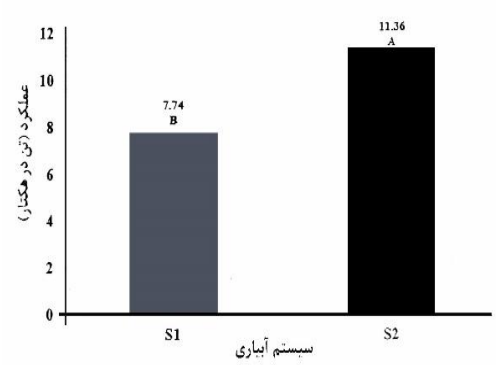
شکل ۱ مقایسه میانگین عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تأثیر نقاط پتانسیلی مختلف را که توسط آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۹ درصد به‌دست آمده است، نشان می‌دهند. بر این اساس مشخص می‌شود که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار با عملکرد ۱۱/۲۸ تن در هکتار درحالی در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است که دارای اختلاف ۸/۳ و ۳۷/۷ درصدی به‌ترتیب با نقاط پتانسیلی ۵۰ و ۶۵ سانتی‌بار دارد. لازم به ذکر است که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار از لحاظ آماری در جایگاه (b) و تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی۶۰ سانتی‌بار از لحاظ آماری در جایگاه (c) قرار گرفته‌اند. جستجوهای صورت گرفته در خصوص تأثیر تنش خفیف رطوبتی بر رشد گیاه ذرت دانه‌ای نشان داد که تنش رطوبتی خفیف باعث کاهش رشد رویشی گیاه از جمله ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ شده اما تأثیری بر رشد زایشی گیاه از جمله تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه ندارد، بنابر این در این شرایط مواد فتوسنتزی ایجاد شده در گیاه که مازاد بر رشد رویشی می‌باشند، می‌تواند در اختیار اندام‌های زایشی گیاه قرار گیرد که از کاهش زیاد میزان تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه جلوگیری می‌نماید (۱۱).



شکل ۱. مقایسه اثر نقاط پتانسیلی مختلف بر عملکرد

Figure 1. Comparison of the effect of different potential points on performance

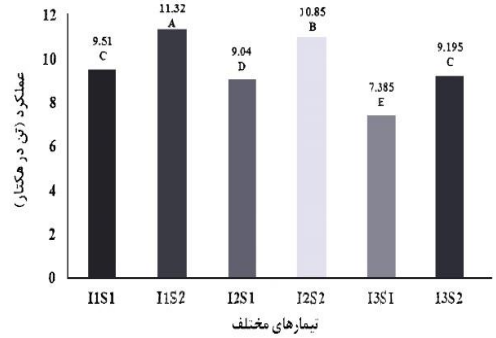
نتایج مقایسه میانگین عملکرد ذرت دانه‌ای حاصل از اثر تیمار نوع سیستم آبیاری که توسط آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد خطا به‌دست آمده است، در شکل ۲ نشان داده شده است. به توجه به این شکل می‌توان گفت که عملکرد ذرت دانه‌ای در تیمار آبیاری شده توسط سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان ۳۱/۹ درصد نسبت به عملکرد به‌دست آمده در روش آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر است. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی کاهش تبخیر، کنترل علف‌های هرز و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه، نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی بهتر صورت می‌گیرد و این عامل نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد محصول در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارند (۶).



شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد محصول حاصل از اثر سیستم آبیاری

Figure 2. Comparison of mean crop yield from irrigation system effect

از دیگر نکات قابل ذکر در مورد صفت عملکرد محصول می‌توان به این موضوع اشاره نمود که نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عملکرد ۱۱/۳۲ تن در هکتار در بهترین جایگاه آماری و بعد از آن نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عملکرد ۱۰/۸۵ تن در هکتار با اختلاف ۴/۵ درصدی نسبت به نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته است (شکل ۳). همچنین دو نقطه پتانسیلی ۳۵ و ۶۵ سانتی‌بار اعمال شده به‌ترتیب در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با وجود اختلاف ۲/۳ درصدی در عملکرد محصول از لحاظ آماری در جایگاه c قرار گرفته‌اند.

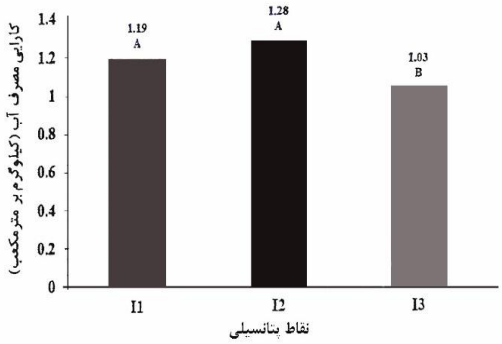


شکل ۳. مقایسه میانگین عملکرد محصول تحت تأثیر اثر متقابل سطوح پتانسیلی و سیستم آبیاری

Figure 3. Comparison of mean crop yield under the interaction of potential levels and irrigation system

کارایی مصرف آب

شکل ۴ مقایسه میانگین کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای تحت تأثیر نقاط پتانسیلی مختلف را که توسط آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۹ درصد به‌دست آمده است، نشان می‌دهند که تیمارهای آبیاری شده در نقاط پتانسیلی ۳۵ و ۵۰ سانتی‌بار به‌ترتیب با کارایی مصرف آب ۱/۱۹ و ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب، به رغم اختلاف ۷ درصدی نسبت به یکدیگر، از لحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار گرفته‌اند. لذا می‌توان چنین ادغان داشت که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار به رغم عملکرد کمتر به میزان ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار و صرفه‌جویی ۱۲۴۵ مترمکعبی آب نسبت به تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار، از کارایی مصرف آب بهتری برخوردار است. لذا می‌توان به کارآمدی این تکنیک مدیریتی (کم – آبیاری) در کشت ذرت دانه‌ای در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص و کارایی مصرف آب اشاره نمود (۱۲).

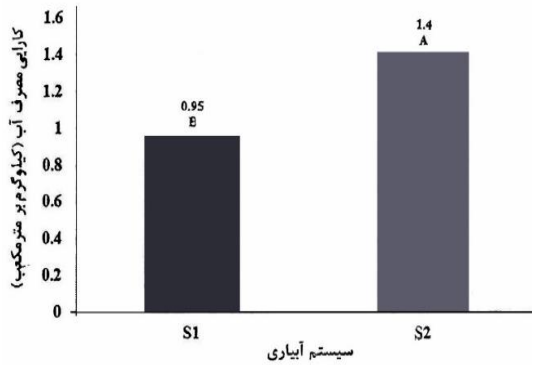


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر نقاط پتانسیلی مختلف بر کارایی مصرف آب

Figure 4. Comparison of the mean effect of different potential points on water use efficiency

از دیگر نکات قابل ذکر در این قسمت می‌توان به این نکته اشاره نمود که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار با کارایی مصرف آب ۱/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب در حالی لحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفته است که میزان مصرف آب در این تیمار نسبت به تیماری که دارای بالاترین کارایی مصرف آب است (تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی۵۰ سانتی‌بار) به میزان ۱۲۸۵ مترمکعب در هکتار (۱۵/۹ درصد) کمتر است.

با توجه به شکل ۵ می‌توان گفت که کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در تیمار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان۳۲/۱ درصد نسبت به کارایی مصرف آب به‌دست آمده در روش آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر است. در این راستا طی طرح تحقیقاتی به بررسی تأثیر دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر کارایی مصرف آب ذرت‌دانه‌ای پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کارایی مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای سطحی ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب بود که نسبت به کارایی مصرف آب در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان ۲۹/۵ درصد کمتر است همچنین این نتایج با نتایج به‌دست آمده با تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد (۱۷).

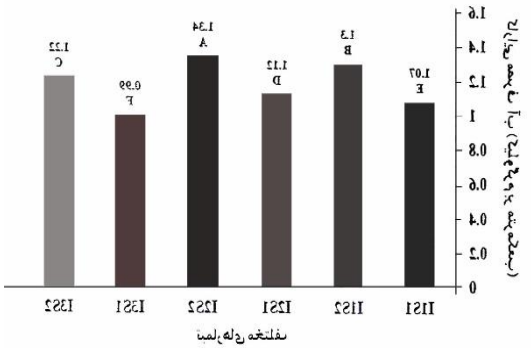


شکل ۵. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب حاصل از اثر نوع سیستم آبیاری

Figure 5. Comparison of mean water use efficiency due to the type of irrigation system

از دیگر نکات قابل ذکر در مورد صفت کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای می‌توان به این موضوع اشاره نمود که نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کارایی مصرف آب ۱/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب در بهترین جایگاه آماری و بعد از آن دو نقطه پتانسیلی ۳۰ و ۶۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب با اختلاف ۳ و ۹ درصدی نسبت به پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از لحاظ آماری در جایگاه‌های (b) و (c) قرار گرفته‌اند (شکل ۶) لازم به ذکر است که همین سیکل در تیمارهای نقاط پتانسیلی اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی اجرا شده است به‌طوری‌که نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی با کارایی مصرف آب ۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در جایگاه (d) و بعد از آن دو، دو نقطه پتانسیلی ۳۰ و ۶۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی به‌ترتیب با اختلاف ۴/۵ و ۱۱/۶ درصد نسبت به نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی از لحاظ آماری در جایگاه‌های (e) و (f) قرار گرفته‌اند. لذا می‌توان به

این نکته اشاره نمود که اعمال تنش خفیف کم‌آبی (نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار) در قالب استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای بهترین کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در بین سایر تیمارها است.

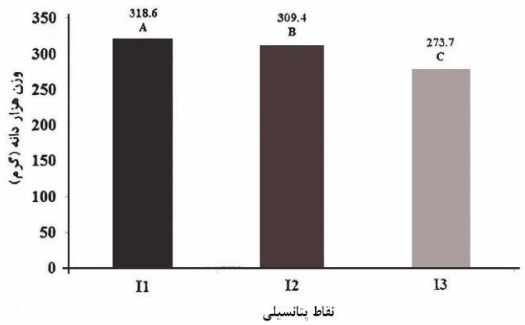


شکل۶. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب تحت تأثیر اثر متقابل سطوح آبیاری و سیستم آبیاری

Figure 6. Comparison of mean water use efficiency under the interaction of irrigation levels and irrigation system

وزن هزار دانه

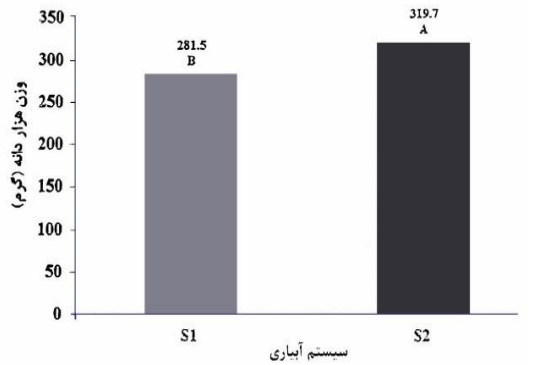
شکل ۷ مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر نقاط مختلف پتانسیلی را که توسط آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۹ درصد به‌دست آمده است، نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان گفت که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار با وزن هزار دانه ۳۱۸/۶ گرم و با اختلاف ۲/۹ و ۱۴ درصد نسبت به تیمارهای آبیاری شده با نقاط پتانسیلی ۵۰ و ۶۵ سانتی‌بار از لحاظ آماری در بهترین جایگاه قرار گرفته است. این نتیجه با نتایج به‌دست آمده از تحقیقات انجام شده همسو می‌باشد و این مطلب را عنوان می‌کنند که افزایش رطوبت موجود در خاک باعث افزایش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد محصول می‌شود (۱۶–۱۸).



شکل۷. مقایسه میانگین اثر نقاط پتانسیلی مختلف بر وزن هزار دانه

Figure 7. Comparison of the mean effect of different potential points on 1000-grain weight

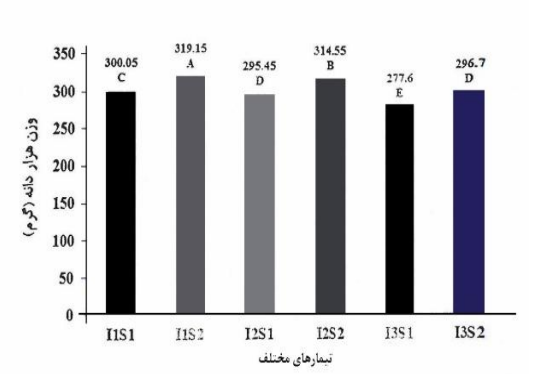
نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه حاصل از اثر تیمار نوع سیستم آبیاری که توسط آزمون دانکن به‌دست آمده است، در شکل ۷ نشان داده شده است. با توجه به این شکل می‌توان گفت که وزن هزار دانه در تیمار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان ۱۱/۹ درصد نسبت به وزن هزار دانه به‌دست آمده در روش آبیاری قطره‌ای سطحی بیشتر است.



شکل ۷. مقایسه میانگین وزن هزار دانه حاصل از اثر سیستم آبیاری

Figure 7. Comparison of the mean 1000-grain weight obtained from the effect of irrigation system

از دیگر نکات قابل ذکر در مورد صفت وزن هزار دانه می‌توان به این موضوع اشاره نمود که نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با وزن هزار دانه ۳۱۹/۱۵ گرم در بهترین جایگاه آماری و بعد از آن نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با وزن هزار دانه ۳۱۴/۵۵ و با اختلاف ۱ درصدی نسبت به نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته است (شکل ۸). همچنین نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی از لحاظ آماری در جایگاه c قرار گرفته است.



شکل ۸. مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر اثر متقابل سطوح پتانسیلی و سیستم آبیاری

Figure 8. Comparison of mean 1000-grain weight under the effect of the interaction of potential levels and irrigation system

تعداد دانه در هر ردیف و ردیف دانه در بلال

جدول ۶ مقایسه میانگین صفات تعداد دانه در هر ردیف و ردیف دانه در بلال تحت تأثیر نقاط مختلف پتانسیلی و نوع سیستم آبیاری را که توسط آزمون دانکن در سطح اعتماد ۹۹ درصد به‌دست آمده است، نشان می‌دهند. با توجه به این جدول می‌توان گفت که تیمار آبیاری شده با نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار در هر دو صفت دارای بهترین جایگاه آماری می‌باشد و بعد از آن دو سطح ۶۰ و ۶۵ سانتی‌بار قرار گرفته‌اند. همچنین با اعمال سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دو صفت مذکور دارای اختلاف معنی‌داری با سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی می‌باشند.

جدول۶. مقایسه میانگین صفات تعداد دانه در هر ردیف و ردیف دانه در بلال تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی

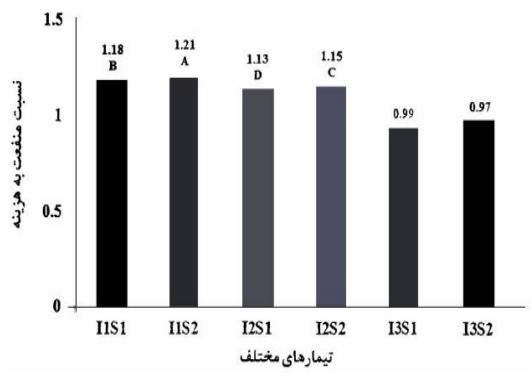
Table 6. Comparison of mean number of grains per row and grain rows per ear under the effect of the studied treatments

تیمارها	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف
I_1	۲۳/۲ a	۴۸/۶ a
I_2	۲۰/۱ b	۴۵/۱ b
I_3	۱۶/۷ c	۳۷/۵ c
S_1	۱۶/۳ b	۳۸/۴ b
S_1	۲۳/۷ a	۴۹/۱ a

تحلیل اقتصادی

این تحقیق با بهاء هر متر مکعب آب ۲۷۰۰۰۰ ریال و هزینه بهره‌برداری که شامل هر کیلوگرم بذر ۸۰۰۰۰۰ریال، هر کیلوگرم کود شیمیایی ۸۰۰۰۰ ریال، هر متر لوله آبده ۲۲۰۰۰۰ ریال، هر متر نصب لوله آبده و عملیات وجین برای سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی ۲۵۰۰۰۰ ریال، هر متر نصب لوله آبده و عملیات وجین برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۳۵۰۰۰۰ ریال و فروش هر کیلوگرم ذرت دانه‌ای ۱۵۰۰۰ ریال (بر اساس قیمت تضمین شده) مورد ارزیابی قرار گرفت (جداول ۷ و ۸).

با توجه به نتایج حاصل از محاسبات اقتصادی انجام شده (شکل ۹)، بیشترین نسبت منفعت به هزینه در نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دست آمد. بعد از این تیمار، نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی دارای بیشترین نسبت منفعت به هزینه را دارد. لازم به ذکر است دو نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به ترتیب با نسبت منفعت به هزینه ۱/۱۵ و ۱/۱۳ در جایگاه بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین دو نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به‌ترتیب با نسبت منفعت به هزینه ۰/۹۷ و ۰/۹۳ به دلیل زیر یک بودن نسبت منفعت به هزینه از گردانه مقایسات حذف شدند.



شکل ۹. نسبت منفعت به هزینه در تیمارهای مختلف

Figure 9. Benefit to cost ratio in different treatments

جدول ۷. میزان اقلام مصرفی و هزینه آن‌ها در هر کرت

Table 7. The amount of consuming items and their cost per plot

تیمار	متوسط میزان آب		متوسط میزان لوله		هزینه نصب	متوسط میزان بذر		متوسط میزان کود		هزینه	جمع کل
	مصرفی (m^3)	هزینه (ریال)	مصرفی (m)	هزینه (ریال)	لوله (m)	مصرفی (g)	هزینه (ریال)	مصرفی (kg)	هزینه (ریال)	وجین	(ریال)
I_1S_1	۲۲/۴۱	۶۰۵۰۷۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۲۵۳۱۸/۲
I_1S_2	۲۲/۴۱	۶۰۵۰۷۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۲۵۰۰	۱۴۹۸۱۸/۲
I_2S_1	۱۹/۰۴	۵۱۴۰۸۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۲۵۳۱۸/۲
I_2S_2	۱۹/۰۴	۵۱۴۰۸۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۲۵۰۰	۱۴۹۸۱۸/۲
I_3S_1	۱۶/۳۲	۴۴۰۶۴۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۲۵۳۱۸/۲
I_3S_2	۱۶/۳۲	۴۴۰۶۴۰۰	۲۵	۵۵۰۰۰۰۰	۷۷۵۰۰۰۰	۶۲	۴۹۶۰۰	۰/۲	۱۶۰۰۰	۲۵۰۰	۱۴۹۸۱۸/۲

جدول ۸. درآمد در هر کرت

Table 8. Income per plot

تیمار	عملکرد در هر کرت (کیلوگرم)	قیمت فروش (ریال)	جمع کل (ریال)
I_1S_1	۲۲/۸۲	۱۵۰۰۰	۳۴۲۳۰۰
I_1S_2	۲۷/۸۹	۱۵۰۰۰	۴۱۸۳۵۰
I_2S_1	۲۱/۶۹	۱۵۰۰۰	۳۲۵۳۵۰
I_2S_2	۲۶/۲۸	۱۵۰۰۰	۳۹۴۲۰۰
I_3S_1	۱۷/۷۲	۱۵۰۰۰	۲۶۵۸۰۰
I_3S_2	۲۲/۰۷	۱۵۰۰۰	۳۳۱۰۵۰

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که بالاترین حجم آب مصرفی، عملکرد محصول تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در هر ردیف به‌ترتیب با مقادیر ۹۴۳۰ مترمکعب در هکتار، ۱۱/۳۲ تن در هکتار، ۲۳/۴۵ عدد و ۴۸/۸۵ عدد در تیمار ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دست آمد. این در حالی است که کارایی مصرف آب در تیمار ۵۰ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در حدود ۴ درصد نسبت به تیمار یاد شده بیشتر بود اما تحلیل اقتصادی نشان داد که این تیمار در جایگاه C قرار گرفته است. لذا با توجه به تحلیل اقتصادی صورت گرفته پیشنهاد می‌گردد که نقطه پتانسیلی ۳۵ سانتی‌بار اعمال شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت ذرت دانه‌ای استفاده گردد.

References

1 Giménez L, Petillo MG, Paredes P, Pereira LS. Predicting Maize Transpiration, Water Use and Productivity for Developing Improved Supplemental Irrigation Schedules in Western Uruguay to Cope with Climate Variability. Water 2016, Vol 8, Page 309 [Internet]. 2016 Jul 22 [cited 2024 Apr 16];8(7):309. Available from: https://www.mdpi.com/2073-4441/8/7/309/htm

2 Rivera-Hernández B, Carrillo-Ávila E, Obrador-Olán JJ, Juárez-López JF, Aceves-Navarro LA. Morphological quality of sweet corn (Zea mays L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. Agric Water Manag. 2010 Sep 1;97(9):1365–74.

3 Safontas J, Paola J. Drip irrigation of maize. 1985 [cited 2024 Apr 16]; Available from: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19861904252

4 Hu T, Kang S, Li F, Zhang J. Effects of partial root-zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize. Agric Water Manag. 2009 Feb 1;96(2):208–14.

5 Feyzbakhsh MT, Kamkar B, Mokhtarpour H, Asadi ME. Effect of soil water management and different sowing dates on maize yield and water use efficiency under drip irrigation system. Arch Agron Soil Sci. 2015 Nov 2;61(11):1581–92.

6 Kang S, Hu X, Goodwin I, Jerie P. Soil water distribution, water use, and yield response to partial root zone drying under a shallow groundwater table condition in a pear orchard. Sci Hortic. 2002 Feb 14;92(3–4):277–91.

7 Increasing water use efficiency of Corn in Orzoueyeh, Kerman province. Iranian Water Research Journal [Internet]. 2015;8(15):235–9. Available from: https://www.magiran.com/paper/1370784

8 Asadi R, Karandish F. Influence of irrigation management and drip irrigation laterals on water use, yield and net benefits in greenhouse cucumber. Iranian Journal of Soil and Water Research [Internet]. 2016;47(1):13–24. Available from: https://ijswr.ut.ac.ir/article_57974.html

9 Fooladmand H, Zarrinbal A, Zare E. Economic Evaluation of Surface DripTape Irrigation in Corn Cropping. Journal of Water and Soil Science [Internet]. 2013;22(4):173. Available from: https://www.magiran.com/paper/1109490

10 Asadi R, Kouhi N, Food NYJ of, Agriculture undefined, 2012 undefined. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. researchgate.netR Asadi, N Kouhi, N YazdanpanahJournal of Food, Agriculture and environment, 2012•researchgate.net [Internet]. 2005 [cited 2024 Apr 16]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Nader-Kouhi/publication/285951911_Applicability_of_micro_irrigation_system_on_cotton_yield_and_water_use_efficiency/links/5a3df1bea6fdcce1970003d2/Applicability-of-micro-irrigation-system-on-cotton-yield-and-water-use-efficiency.pdf

11 Karandish F, Salari S, Darzi-Naftchali A. Application of Virtual Water Trade to Evaluate Cropping Pattern in Arid Regions. Water Resources Management. 2015 Sep 27;29(11):4061–74.

12 J.Fereidooni M, Farajee H. Effect of Different Irrigation Levels and Cultivation Techniques on Water Use Efficiency and Quantity and Quality yield of Sweet Corn (Zea mays var. saccharata). Water and Soil [Internet]. 2017;31(4):1001–14. Available from: https://jsw.um.ac.ir/article_38570.html

13 Meteorological statistics of Kerman province. 2014.

14 Asadi R, Kouhi N, Food NYJ of, Agriculture undefined, 2012 undefined. Applicability of micro irrigation system on cotton yield and water use efficiency. researchgate.net [Internet]. 2005 [cited 2024 Apr 16]; Available from: https://www.researchgate.net/profile/Nader-Kouhi/publication/285951911_Applicability_of_micro_irrigation_system_on_cotton_yield_and_water_use_efficiency/links/5a3df1bea6fdcce1970003d2/Applicability-of-micro-irrigation-system-on-cotton-yield-and-water-use-efficiency.pdf

15 ShaoZhong KK, WenJuan SS. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. 2000 [cited 2024 Apr 16]; Available from: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20000712129

16 Zhang Y, Kendy E, Qiang Y, … LCAW, 2004 undefined. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. Elsevier [Internet]. [cited 2024 Apr 16]; Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377403002014

17 Lamm FR, Trooien TP. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. Irrig Sci. 2003;22:195–200.

18 Kang S, Shi W, Zhang J. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. Field Crops Res. 2000 Aug 10;67(3):207–14.