Archive of SID

مدیریت آب و آبیاری
دوره ۹ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۸
صفحه‌های ۱۹۸-۱۸۵

ارزیابی اقتصادی عملکرد ذرت دانه‌ای در استراتژی کم‌آبیاری و آبیاری موجی (مطالعه موردی: ایستگاه اسلام‌آباد غرب)

امیرحسین ناظمی[1*]، محمدامین پرندین[2]، سیدعلی‌اشرف صدرالدینی[1]، هوشنگ قمرنیا[3]
۱. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.
۲. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران.
۳. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی اقتصادی رفتار گیاه ذرت دانه‌ای نسبت به استراتژی کم‌آبیاری و آبیاری موجی در منطقه اسلام‌آبادغرب تحت آبیاری جویچه‌ای، پژوهشی در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آبادغرب انجام شد. طرح آماری مربوط به پژوهش، طرح فاکتوریل (به صورت تجزیه مرکب طی دو سال زراعی) در قالب بلوک کامل تصادفی بود که دارای دو فاکتور در ۳ و ٤ سطح بود. فاکتور A (مقدار آب آبیاری) و هم‌چنین فاکتور B (روش آبیاری سطحی) بود. لذا تعداد تیمارها ۱۲ و تعداد تکرارها نیز ۳ تکرار بود. نتایج ارائه‌شده نشان داد در روش‌های آبیاری، بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی درسال ۱۳۹۵ برای روش آبیاری S1-2 و به‌ترتیب به مقدار ٦/٤٦ و ۲/۸٤ هزار ریال بر مترمکعب و در سال ۱۳۹٦ نیز برای روش آبیاری S1-2 و به‌ترتیب به مقدار ٦/٤۹ و ۲/٦۲ هزار ریال بر مترمکعب می‌باشد در رژیم‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی در سال ۱۳۹۵ برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۸ و ۳/۵ هزار ریال بر مترمکعب و در سال ۱۳۹٦ نیز برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی و به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۱ و ۳/۲ هزار ریال بر مترمکعب می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری جویچه‌ای، بهره‌وری، تنش خشکی، نیاز آبی.

Economic evaluation of Zea Maize yield in Deficit irrigation and Surge irrigation strategy (Case study: Islamabad-Gharb Area)

Amir Hossein Nazemi[1*], Mohammad Amin Parandin[2], Ali Ashraf Sadraddini[1], Houshang Ghamarnia[3]
1. Professor, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.
2. Ph.D. Candidate, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.
3. Professor, Water Engineering Department, Razi University, Kermanshah, Iran.
Received: July 07, 2019 Accepted: December 01, 2019

Abstract

Some experiments were performed around the Agricultural and Natural Resources Research Station of Islamabad-Gharb city in order to determine the economic evaluation of corn crop behavior to deficit irrigation and surge irrigation strategy in Islamabad-Gharb Area under ferrow irrigation. The statistical design of the research was Factorial design (as compound analysis in two years) in a randomized complete block design Which has two factors at 3 and 4 levels. Factor A (irrigation water quantity) and factor B (surface irrigation method), so there was 12 treatments and 3 replications. The results showed that in different irrigation methods The highest net and net profit than the amount of water consumed at 2016 occurred of S1-2 treatment respectively 6.46 and 2.84 billion rials per cubic meter also at 2017 occurred of S1-2 treatment respectively 6.49 and 2.62 billion rials per cubic meter and in different irrigation regimes The highest net and net profit than the amount of water consumed at 2016 occurred of 75% water requirement treatment respectively 6.98 and 3.5 billion rials per cubic meter also at 2017 occurred of 75% water requirement treatment respectively 6.91 and 3.2 billion rials per cubic meter.

Keywords: Drought stress, Forrow irrigation, Efficiency, Water requirements.

* نویسنده مسئول
Email: ahnazemi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کم‌آبیاری یک روش مناسب برای تولید محصولات در شرایط کمبود آب می‌باشد که با کاهش محصول روبرو می‌شود (۲). کم‌آبیاری برای گسترش سطح کشت و به حداکثررساندن و یا تثبیت تولید محصولات یک منطقه نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (٤). کاربرد متناوب آب آبیاری در مسیرهای آبیاری و ایجاد یک‌سری سیکل‌های زمانی قطع و وصل[1] با مدت زمان ثابت و یا متغیر آبیاری موجی می‌باشد (۲). روش موجی که توسط استرینگهام و کلر پیشنهاد شد، طبق تعریف بیشاب عبارت است از کاربرد متناوب آب آبیاری در شیار یا نوار که با یک‌سری از فواصل زمانی متغیر یا ثابت قطع و وصل شکل می‌گیرد (٢٦). یکی از مشکلات اصلی آبیاری سطحی، نفوذ زیاد آب در خاک و عدم یکنواختی نیمرخ رطوبتی در زیر سطح خاک است که موجب کاهش بازده می‌گردد (٤). انگلیش و راجا طی تحقیقی در زیمبابوه نشان دادند که با ۵۹ درصد کاهش آب مصرفی ذرت و با افزایش سطح زیر کشت با آب مازاد، تولید کل ٦٨ درصد افزایش داشت (۲۱). یازار و همکاران اثر شش سطح آبیاری را در ذرت مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند تیماری که ۸۰ درصد از آب مصرفی را دریافت کرده بود، دارای بیش‌ترین عملکرد ماده خشک بود (۲۹). پاندی و همکاران طی آزمایشی با اِعمال کم‌آبیاری در طی دوره رشد ذرت به این نتیجه رسیدند که کمبود شدید آب باعث کاهش ماده خشک گیاه می‌شود (۲۳). پایرو و همکاران گزارش دادند که مقادیر مختلف آب فصلی در تیمارهای عمق آبیاری به میزان قابل‌توجهی تولید ماده خشک و اجزای عملکرد ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هم‌چنین آنها دریافتند که بهره‌وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد (٢٤). میرزایی و همکاران پژوهشی انجام دادند که هدف آن مقایسه شاخص‌های عملکرد نسبت چرخه میزان مناسب جریان ورودی در جریان موجی با روش جریان پیوسته و یافتن نسبت چرخه تناوب و جریان ورودی مناسب و یهم‌چنین، مقایسه سرعت پیشروی جبهه رطوبتی در طول جویچه در آبیاری موجی نسبت به آبیاری پیوسته بود، به این منظور، جویچه‌هایی به طول ۷۰ متر و دو شدت جریان ۰/۵ و ۲ لیتر بر ثانیه و نسبت چرخه تناوب‌های گوناگون (۲:۳ و ۱:٤و ۱:۳) در جریان موجی ایجاد شد. از نتایج شبیه‌سازی جریان‌ها مشخص شد که سرعت نفوذ نهایی در جریان موجی بسیار کم‌تر از جریان پیوسته بوده و سرعت پیشروی جبهه رطوبتی در تیمارهای موجی به‌علت کاهش شدت نفوذ بیش‌تر از تیمارهای پیوسته با شدت جریان یکسان بوده است. در مجموع، در منطقه موردمطالعه، تیمار S22 (شدت جریان ۰/۵ لیتر بر ثانیه و نسبت دوره ۱:٤) بهترین عملکرد را داشته و تیمار S13 (شدت جریان ۰/۵ لیتر بر ثانیه) و نسبت دوره ۲:۳) حتی از تیمارهای جریان پیوسته نیز ضعیف‌تر عمل کرده است (۱۲).

کوشش‌های اقتصادی انسان همواره به گونه‌ای بوده است که حداکثر نتیجه را از حداقل تلاش‌ها و امکانات دست آورد. به‌طورکلی و به‌عبارتی ساده بهره‌وری به میزان و چگونگی استفاده از نهاده‌ها یا عوامل تولید در یک فرایند تولید ویژه، یک دوره معین و یک محدوده جغرافیایی مشخص برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده، مربوط می‌باشد بنابراین ارتقای سطح بهره‌وری هدفی ارزشمند محسوب می‌شود. با اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، می‌توان روند تغییرات این شاخص‌ها را مشخص نموده و راهکارهای مناسبی برای ارتقای آن در آینده تدوین کرد. به‌طورکلی بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه‌های مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

1. On-time, Off-time

www.SID.ir

Archive of SID

معمول‌ترین این دیدگاه‌ها بهره‌وری از دیدگاه فیزیکی، بهره‌وری از دیدگاه مالی و بهره‌وری از دیدگاه اشتغال می‌باشد. بهره‌وری براساس دیدگاه فیزیکی، به معنای تولید محصول بیش‌تر به‌ازای واحد حجم آب است اما بهره‌وری از دیدگاه مالی، به معنای کسب سود بیش‌تر به‌ازای واحد حجم آب است و بهره‌وری از دیدگاه اشتغال به معنای ایجاد اشتغال بیش‌تر به‌ازای واحد حجم آب است. عملکرد به‌ازای واحد حجم آب یا محصول در قطره یکی از شاخص‌های مطرح درخصوص سنجش میزان بهره‌وری آب کشاورزی است. این شاخص در واقع نسبت مقدار محصول تولیدشده، نسبت به حجم آب مصرف شده است. بنابراین هرچه این نسبت بیش‌تر باشد نشان‌دهنده مصرف صحیح‌تر آب است.

$$CPD = \frac{C}{D} \quad (۱)$$

در این رابطه CPD عملکرد به‌ازای واحد حجم آب، C مقدار محصول تولیدشده وD مقدار آب مصرف شده است.

سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب یا میزان سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب میزان سود ناخالص نسبت به مقدار آب مصرف شده است.

$$BPD = \frac{B}{D} \quad (۲)$$

در این رابطه BPD سود ناخالص به‌ازای واحد حجم آب، B سودناخالص و D مقدارآب مصرف شده است.

سود خالص به‌ازای واحد حجم آب یا سود خالص در قطره که یکی از بهترین شاخص‌ها برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی است. در این روش برخلاف روش قبل، به‌جای در نظرگرفتن سود ناخالص در صورت کسر، میزان سود خالص در صورت قرار می‌گیرد. بنابراین اگر منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب از منظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری آب کشاورزی، روشی مناسب است.

$$NBPD = \frac{NB}{D} \quad (۳)$$

در این رابطه NBPD سود خالص به‌ازای واحد حجم آب، NB سودخالص و D مقدارآب مصرف شده است.

مشعل و همکاران تحقیقی تحت عنوان بهینه‌سازی عمق آب مصرفی ذرت با کم‌آبیاری در دشت ورامین انجام دادند که در آن اثرات کم‌آبیاری بر توابع تولید و هزینه گیاه ذرت از رقم سینگل‌کراس ۷۰٤ مورد بررسی قرار گرفت. و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی معادل ٤/۸۲ سانتی‌متر عمق آبیاری در واحد سطح) بیش‌ترین عملکرد محصول در واحد سطح (به‌میزان ۷۷۳٦۰ کیلوگرم در هکتار) را به‌همراه دارد. از کشت ذرت بدون آبیاری تا ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه، تنها ضرر و زیان مالی نصیب زارع می‌گردد. علاوه بر آن بیش‌ترین درآمد ناخالص، مربوط به تیمار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، و بیش‌ترین درآمد خالص مربوط به تیمار با کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب نسبت به حالت آبیاری کامل می‌باشد. بالاترین درآمد ناخالص و خالص "به‌ازای واحد آب مصرفی" نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار با کاهش ۵۰ درصدی و تیمار با کاهش ۳۰ درصدی است (۱٤). براون ورث و مک، در پژوهشی برروی ذرت با پنج تیمار آبی به این نتیجه رسیدند که تیمار بدون آبیاری، ٤٤ درصد عملکرد ماکزیمم را دارد. بیش‌ترین عملکرد و حداکثر تبخیر- تعرق در ۸۵ درصد حداکثر آب کاربردی به‌دست می‌آید. بالاترین راندمان مصرف آب در تبخیر- تعرق ٤۰۷تا ٤۱۸ میلی‌متر می‌باشد. بیش‌ترین راندمان کاربرد آب با ۳۱۲ میلی‌متر آبیاری حاصل می‌گردد که عملکرد این تیمار به میزان ۱۰ درصد از حداکثر عملکرد کم‌تر است. لازم به ذکر است که حداکثر عملکرد با ٤٤۹ تا ۵۱۸ میلی‌متر آب آبیاری به‌دست می‌آید (۱۷). سیواناپان در هند نشان داد که نسبت سود به هزینه در حالت صرفه‌جویی آب بین ۱/۳۵ تا ۱۳/۲۵ و در حالت غیرصرفه‌جویی آب بین ۲/۷۸ تا ۳۲/۳۲ تغییر می‌کند (۲۵). انگلیش و راجا سه مورد کم‌آبیاری را بیان

www.SID.ir

Archive of SID

کردند که در آنها کاهش هزینه‌های آبیاری بیش از کاهش درآمد (ناشی از کاهش محصول) بوده است (۲۱).

باتوجه به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای در کشور و مصارف آن در تولید روغن مایع خوراکی و تأمین دان مرغی و با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب و هم‌چنین تلاش برای کسب درآمد بیش‌تر از مقدار مشخصی از منابع، این تحقیق با هدف بررسی ارزیابی اقتصادی استراتژی کم‌آبیاری و هم‌چنین آبیاری موجی بر عملکرد گیاه ذرت دانه‌ای که نیاز آبی بالایی دارد انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آبادغرب واقع در طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ٢٨ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ٧ دقیقه شمالی انجام گردید. در سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ از خاک‌های منطقه موردمطالعه برای هر سال در سه عمق مختلف نمونه‌برداری انجام شد، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه به شرح جدول (١) می‌باشد. هم‌چنین متوسط آنالیز خصوصیات آب به شرح جدول (٢) است. نمونه اخذشده از خاک در این آزمایش نمونه دست‌نخورده با استفاده از سیلندر نمونه‌برداری از عمق‌های مختلف ذکرشده در جدول (١) بوده که پس از نمونه‌گیری و انتقال به آزمایشگاه جهت تعیین ویژگی‌های مختلف خاک آزمایشهای لازم صورت گرفت. اندازه‌گیری بافت خاک به‌روش هیدرومتر، تعیین کلاس بافت خاک براساس روش USDA و جرم مخصوص ظاهری خاک با استفاده از نمونه دست‌نخورده و به‌روش سیلندر، رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم به‌ترتیب در مکش‌های معادل ٣٣٠ و ١٥٠٠٠ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و غشای فشاری انجام شد (١٩).

جهت کاشت ذرت از رقم سینگل‌کراس ٧٠٤ به میزان ٢٠ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. روش کاشت دستی بوده و با توجه به دو ساله بودن آزمایش، کاشت گیاه در سال اول در تاریخ ١٣٩٥/٠٢/٣ و درسال دوم در تاریخ ١٣٩٦/٠٢/١٥ انجام گرفت و عمق کاشت ٦-٤ سانتی‌متر بوده و فاصله بوته‌ها در ردیف‌ها ٢٠-١٩ سانتی‌متر بود. برداشت محصول در نیمه اول مهرماه به‌صورت دستی انجام شد. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت از وسط خط کاشت میانی هر کرت انجام گرفت.

جدول ١. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه‌گیری	عمق cm	هدایت الکتریکی dS m^{-1}	pH	نفوذپذیری m h^{-1}	FC درصد حجمی	PWP درصد حجمی	BD g cm^{-3}	%Sand	%Silt	%Clay	نوع بافت
١٣٩٥	٩٥/٠٢/٢٤	٠-٣٠	٠/٦	٧/٦٥		٣٧	١٩	١/٢٨	١٩/٤	٣٨/١	٤٢/٥	Clay loam
		٣٠-٦٠	٠/٦	٧/٦٢	١	٣٦/٥	١٩					
		٦٠-٩٠	٠/٥	٧/٧٥		٣٦	١٨/٥					
١٣٩٦	٩٦/٠٢/٢٤	٠-٣٠	٠/٦٥	٧/٦		٣٦/٥	١٨/٥					
		٣٠-٦٠	٠/٦٥	٧/٦٥	٠/٩	٣٦	١٨	١/٢٦	١٩/٧	٤٠/٥	٣٩/٨	Clay loam
		٦٠-٩٠	٠/٦	٧/٧		٣٦	١٨					

FC درصد حجمی رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای در مکش ٣٣٠ سانتی‌متر، PWP درصد حجمی رطوبت نقطه پژمردگی دائم در مکش ١٥ اتمسفر، BD جرم مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم در سانتی‌متر مکعب.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ویژگی‌های آب منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه‌گیری	آنیون‌ها ($meq\ L^{-1}$)		کاتیون‌ها ($meq\ L^{-1}$)		EC ($\mu moh\ cm^{-1}$)	pH	TDS ($mg\ L^{-1}$)
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲٤	CO_3^{--}	۲/۱	Ca^{++}	٦/۳	٦۱۰	۷/٦	۳۹۰
		HcO_3^-	۳/۱	Mg^{++}	۳/۱			
		Cl^-	۲/۵	Na^+	۱/۱۵			
		SO_2^{--}	۲/۹	K^+	۰/۰۵			
۱۳۹٦	۹٦/۰۲/۱۵	CO_3^{--}	۲/۰۵	Ca^{++}	٦/۱	٦۰۰	۷/٤	۳۸۵
		HcO_3^-	۳/۰۵	Mg^{++}	۳/۱۵			
		Cl^-	۲/۵	Na^+	۱/۱۵			
		SO_2^{--}	۲/۸۵	K^+	۰/۰۵			

EC هدایت الکتریکی خاک برحسب میکرو موس در سانتی‌متر، pH اسیدیته خاک، TDS کل مواد جامد محلول برحسب میلی‌گرم در لیتر.

اگر ذرت به‌منظور برداشت دانه کشت شود باید برداشت زمانی صورت گیرد که گیاه از نظر فیزیولوژی و زراعت کاملاً رسیده باشد. تعیین زمان برداشت از نظر زراعی به نوع رقم، مقدار کود، جنس خاک، آبیاری، تراکم بوته، آب‌و هوا، و سایر عوامل محیطی وابسته است. از نظر فیزیولوژی دانه‌های رسیده ذرت حداکثر ماده خشک را دارا هستند و بایستی رطوبت آنها به حدود ۲۰ ٢٤ درصد برسد تا از نظر زراعی قابل برداشت باشد و این زمان موقعی است که پوسته به‌راحتی از بلال جدا می‌گردد و چنانچه بلال را در دست تاب بدهند دانه‌ها از بلال جدا خواهند شد (۱). روش آبیاری در این آزمایش روش جویچه‌ای بوده و طول جویچه‌ها ۱۵۰ متر و فاصله آنها ۷۵ سانتی‌متر بود. جهت تعیین زمان آبیاری از روش بیلان آبی استفاده شد (۱۰). در این روش مقدار مشخصی آب به مزرعه داده می‌شود و نوبت بعدی آبیاری زمانی خواهد بود که مجموع نیاز آبی محاسبه شده طی روزهای سپری‌شده نزدیک آب آبیاری قبل شود طرح آماری مربوط به پژوهش، طرح فاکتوریل (به‌صورت تجزیه مرکب طی دو سال زراعی) در قالب بلوک کامل تصادفی بود که دارای دو فاکتور در ۳ و ٤ سطح بود. فاکتور A (مقدار آب آبیاری) شامل آبیاری با ۱۰۰٪ نیاز آبی (a_1)، آبیاری با ۷۵٪ نیاز آبی (a_2) و آبیاری با ۵۰٪ نیاز آبی (a_3) و هم‌چنین فاکتور B: (روش آبیاری سطحی) شامل آبیاری جویچه‌ای با جریان پیوسته با دبی ثابت (C)، آبیاری جویچه‌ای با روش موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل ۱ به ۱ تا زمان تکمیل پیشروی (S1-1)، آبیاری جویچه‌ای با روش موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل ۲ به ۱ تا زمان تکمیل پیشروی (S1-2)، آبیاری جویچه‌ای با روش موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل ۳ به ۱ تا زمان تکمیل پیشروی (S1-3) بود. لذا تعداد تیمارها ۱۲ بود و تعداد تکرارها نیز ۳ تکرار بود. لذا تعداد کرت‌های آزمایشی ۳٦ عدد بود. با توجه به طول، عرض و مشخصات جویچه‌ها و هم‌چنین دبی و سایر پارامترها زمان و فرکانس چرخه یا مدت زمان قطع و وصل و به‌عبارتی فرکانس موج طوری تنظیم شد که در طول دوره پیشروی بین ۳ تا ۷ موج وجود داشته باشد. براساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده جهت تعیین عملکرد محصول در هنگام برداشت محصول، میزان تولید محصول ذرت طبق اندازه‌گیری‌های اولیه و براساس وزن دانه ذرت در تیمارهای مختلف محاسبه گردید و با توجه به این‌که عملکرد محصول ذرت با احتساب رطوبت ١٤٪ محاسبه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گردد، بنابراین بعد از برداشت محصول در هر تیمار سه نمونه تصادفی گرفته شده و جهت تعیین رطوبت دانه ذرت به آزمایشگاه منتقل شد و با استفاده از نتایج حاصله، عملکرد واقعی محصول محاسبه شد.

نتایج و بحث

براساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده جهت تعیین عملکرد محصول در هنگام برداشت محصول، میزان تولید محصول طبق اندازه‌گیری‌های اولیه و براساس وزن دانه ذرت در تیمارهای مختلف و هم‌چنین مقدار آب مصرفی برای هر یک از تیمارها در سال‌های مختلف در جدول (۳) ارائه شده است. برای محاسبه سود ناخالص هر یک از تیمارها، مقادیر عملکرد، در قیمت تضمینی خرید ذرت توسط وزارت جهاد کشاورزی ضرب می‌شود. این قیمت برای سال ۱۳۹۵ به‌ازای هر کیلوگرم ۱۰.۳۶۸ ریال و برای سال ۱۳۹۶ به‌ازای هر کیلوگرم ۱۰.۶۵۰ ریال بوده است.

جدول ۳. میانگین عملکرد محصول، مقدار آب مصرفی، سود ناخالص و BPD برای هر تیمار در سال‌های مختلف

سال	روش آبیاری	مقدار آبیاری	وزن دانه با کسر رطوبت (Kg/ha)	کل حجم آب داده‌شده (مترمکعب در هکتار)	سود ناخالص (هزار ریال)	BPD (هزار ریال بر مترمکعب)
۱۳۹۵		۱۰۰٪ آبیاری	۸۲۵۲	۱۶۹۶۲/۷	۸۵.۵۵۷	۵/۰۴
	جریان پیوسته	۷۵٪ آبیاری	۸۴۸۵	۱۳۲۰۵/۸	۸۷.۹۷۲	۶/۶۶
		۵۰٪ آبیاری	۵۵۷۱	۹۶۶۶/۸	۵۷.۷۶۰	۵/۹۸
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۲۸۹	۱۵۲۵۹/۲	۸۵.۹۴۰	۵/۶۳
	موجی ۱ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۰۸۴	۱۱۹۵۳/۶	۸۳.۸۱۵	۷/۰۱
		۵۰٪ آبیاری	۵۶۹۵	۸۸۸۶/۵	۵۹.۰۴۶	۶/۶۴
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۲۸۷	۱۵۳۳۳/۴	۸۵.۹۲۰	۵/۶
	موجی ۲ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۲۸۷	۱۱۹۲۰/۹	۸۵.۹۲۰	۷/۲۱
		۵۰٪ آبیاری	۵۶۳۴	۸۸۹۰/۷	۵۸.۴۱۳	۶/۵۷
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۳۵۸	۱۵۳۳۳/۴	۸۶.۶۵۶	۵/۶۹
	موجی۳ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۱۰۲	۱۱۹۲۰/۹	۸۴.۰۰۲	۷/۰۵
		۵۰٪ آبیاری	۵۵۸۹	۸۸۹۰/۷	۵۷.۹۴۷	۶/۵۱
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۱۳۵	۱۷۱۷۹/۵	۸۶.۶۳۸	۵/۰۴
۱۳۹۶	جریان پیوسته	۷۵٪ آبیاری	۸۳۸۲	۱۳۴۷۱/۳	۸۹.۲۶۸	۶/۶۳
		۵۰٪ آبیاری	۵۷۹۲	۹۹۹۶/۶	۶۱.۶۸۵	۶/۱۷
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۱۷۳	۱۵۴۶۲/۹	۸۷.۰۴۲	۵/۶۳
	موجی ۱ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۰۸۵	۱۲۲۷۵/۱	۸۶.۱۰۵	۷/۰۱
		۵۰٪ آبیاری	۵۸۲۸	۹۲۰۲/۸	۶۲.۰۶۸	۶/۷۴
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۲۶۲	۱۵۴۵۶/۵	۸۷.۹۹۰	۵/۶۹
	موجی ۲ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۰۸۲	۱۲۲۴۸/۸	۸۶.۰۷۳	۷/۰۳
		۵۰٪ آبیاری	۵۸۱۹	۹۱۷۷/۶	۶۱.۹۷۲	۶/۷۵
		۱۰۰٪ آبیاری	۸۱۶۸	۱۵۴۵۴/۳	۸۶.۹۸۹	۵/۶۳
	موجی۳ به ۱	۷۵٪ آبیاری	۸۰۱۸	۱۲۲۴۴	۸۵.۳۹۲	۶/۹۷
		۵۰٪ آبیاری	۵۷۸۲	۹۲۰۱/۵	۶۱.۵۷۸	۶/۶۹

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر سود ناخالص حاصله در تیمارهای مختلف و هم‌چنین باتوجه به رابطه (۱)، مقادیر BPD برای هر تیمار طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در جدول (۳) ارائه شده است. جهت محاسبه سود خالص حاصل‌شده باید هزینه‌های صورت‌گرفته برای تولید محصول در اختیار باشد. هزینه‌های تولید یک هکتار ذرت در استان کرمانشاه برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ که به دو بخش ثابت و متغیر تقسیم می‌شود، در جدول (٤) ارائه شده است.

با داشتن مقادیر هزینه ثابت و متغیر می‌توان کل هزینه‌ها و به‌تبع آن سود ناخالص را محاسبه نمود.

$$Ct = Wp \times W + Cp \times Cm \quad (٤)$$

$$CT = Cs + Ct \quad (٥)$$

$$NB = B - CT \quad (٦)$$

در این روابط Ct هزینه متغیر، Wp آب‌بها، W مقدار آب مصرفی، Cp هزینه برداشت، Cm وزن دانه برداشت شده، CT کل هزینه‌ها، Cs هزینه ثابت، NB سود خالص و B سود ناخالص است.

مقادیر هزینه‌های کل برای هر هکتار کاشت ذرت دانه‌ای در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و سود ناخالص و در نهایت سود خالص به‌ازای واحد حجم آب برای هر کدام از تیمارها در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ٤. هزینه تولید یک هکتار ذرت در استان کرمانشاه (۱۳۹۵و ۱۳۹۶)

	هزینه‌های تولید	واحد	قیمت واحد (هزار ریال)		تعداد	قیمت کل (هزار ریال)	
			۱۳۹۵	۱۳۹۶		۱۳۹۵	۱۳۹۶
هزینه‌های ثابت	شخم	عدد	۸۰۰	۱۰۰۰	۲	۱۶۰۰	۲۰۰۰
	دیسک	عدد	٤۵۰	۵۰۰	۲	۹۰۰	۱۰۰۰
	کولتیواتور	عدد	٤۵۰	۵۰۰	۱	٤۵۰	۵۰۰
	سایر عملیات تسطیح	عدد	٤۵۰	۵۰۰	۱	٤۵۰	۵۰۰
	بذر و ضدعفونی بذر	کیلوگرم	۸۰	۱۰۰	۲۵	۲۰۰۰	۲۵۰۰
	بذر کاری	عدد	۸۰۰	۱۰۰۰	۱	۸۰۰	۱۰۰۰
	کود و ریزمغذی‌ها	عدد	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱	۵۰۰۰	۵۰۰۰
	کودپاشی	عدد	۳۰۰	۳۰۰	۳	۹۰۰	۹۰۰
	سموم	عدد	٤۰۰۰	٤۰۰۰	۱	٤۰۰۰	٤۰۰۰
	سم‌پاشی	عدد	٤۵۰	۵۰۰	۵	۲۲۵۰	۲۵۰۰
	حمل و نقل	عدد	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰
	کارگری	عدد	۱۵×٤۵۰	۱۶×۵۰۰	۱	۶۷۵۰	۸۰۰۰
	کمباین	هکتار	۵۰۰۰	۶۰۰۰	۱	۵۰۰۰	۶۰۰۰
	جمع هزینه‌های ثابت					۳۱۱۰۰	۳٤۹۰۰
هزینه‌های متغیر	آب ها	مترمکعب	۰/۶	۰/۶	–	–	–
	برداشت محصول و حمل و ...	کیلوگرم	۰/۵	۰/۵	–	–	–

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. میانگین عملکرد محصول ذرت دانه‌ای و مقدار آب مصرفی برای هر تیمار در سال‌های مختلف

سال	روش آبیاری	سود ناخالص (هزار ریال)	کل حجم آب داده‌شده (مترمکعب در هکتار)	وزن دانه با کسر رطوبت (Kg/ha)	کل هزینه‌ها (هزار ریال)	سود خالص (هزار ریال)	NBPD (هزار ریال بر مترمکعب)
۱۳۹۵		۸۵۵۵۷	۱۶۹۶۲/۷	۸۲۵۲	٤٥٤٠٤	٤٠١٥٣	۲/۳۷
	جریان پیوسته	۸۷۹۷۲	۱۳۲۰۵/۸	۸٤۸۵	٤۳۲٦٦	٤٤۷۰٦	۳/۳۹
		۵۷۷٦۰	۹٦٦٦/۸	۵۵۷۱	۳۹٦۸٦	۱۸۰۷٤	۱/۸۷
		۸۵۹٤۰	۱۵۲۵۹/۲	۸۲۸۹	٤۵۱۸۲	٤۱۵٤۰	۲/۷۲
	موجی ۱ به ۱	۸۳۸۱۵	۱۱۹۵۳/٦	۸۰۸٤	٤۲۸۷۹	٤۱۵۰۱	۳/٤۷
		۵۹۰٤٦	۸۸۸٦/۵	۵٦۹۵	۳۹٦۲۲	۱۹۷٦۷	۲/۲۲
		۸۵۹۲۰	۱۵۳۳۳/٤	۸۲۸۷	٤۵۲۲٦	٤۱٤۷٦	۲/۷
	موجی ۲ به ۱	۸۵۹۲۰	۱۱۹۲۰/۹	۸۲۸۷	٤۲۹۵۸	٤۳۵۲٤	۳/٦۵
		۵۸٤۱۳	۸۸۹۰/۷	۵٦۳٤	۳۹٦۱٤	۱۹۱٦۲	۲/۱٦
		۸٦٦۵٦	۱۵۳۳۳/٤	۸۳۵۸	٤۵۱۹٤	٤۲۲٤۲	۲/۷۷
	موجی۳ به ۱	۸٤۰۰۲	۱۱۹۲۰/۹	۸۱۰۲	٤۲۸٦۰	٤۱۷۰۷	۳/۵
		۵۷.۹٤۷	۸۸۹۰/۷	۵۵۸۹	۳۹۵۹۱	۱۸۷۱٦	۲/۱
		۸٦.٦۳۸	۱۷۱۷۹/۵	۸۱۳۵	٤۹۲۷۵	۳۷۳٦۳	۲/۱۷
	جریان پیوسته	۸۹.۲٦۸	۱۳٤۷۱/۳	۸۳۸۲	٤۷۱۷٤	٤۲۰۹٤	۳/۱۲
		٦۱.٦۸۵	۹۹۹٦/٦	۵۷۹۲	٤۳۷۹٤	۱۷۸۹۱	۱/۷۹
		۸۷.۰٤۲	۱۵٤٦۲/۹	۸۱۷۳	٤۹۰٤۰	۳۸۷۷۸	۲/۵۱
	موجی ۱ به ۱	۸٦.۱۰۵	۱۲۲۷۵/۱	۸۰۸۵	٤٦۸۷٤	۳۹۷۹۷	۳/۲٤
		٦۲.۰٦۸	۹۲۰۲/۸	۵۸۲۸	٤۳۷۱٦	۱۸۷۳۲	۲/۰٤
۱۳۹٦		۸۷.۹۹۰	۱۵٤۵٦/۵	۸۲٦۲	٤۹۰۸۵	۳۹٦۸۵	۲/۵۷
	موجی ۲ به ۱	۸٦.۰۷۳	۱۲۲٤۸/۸	۸۰۸۲	٤٦۸۵۹	۳۹۷۸۳	۳/۲۵
		٦۱.۹۷۲	۹۱۷۷/٦	۵۸۱۹	٤۳٦۹٦	۱۸٦۵٦	۲/۰۳
		۸٦.۹۸۹	۱۵٤۵٤/۳	۸۱٦۸	٤۹۰۳۷	۳۸۷۳۲	۲/۵۱
	موجی۳ به ۱	۸۵.۳۹۲	۱۲۲٤٤	۸۰۱۸	٤٦۸۲٤	۳۹۱۳۷	۳/۲
		٦۱.۵۷۸	۹۲۰۱/۵	۵۷۸۲	٤۳٦۹۲	۱۸۲٦٦	۱/۹۹

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها برای پارامترهای BPD و NBPD طی سال‌های ۱۳۹۵و۱۳۹٦ و هم‌چنین نتایج تجزیه مرکب داده‌ها که در جدول (٦) ارائه شده نشان داد برای فاکتور A (روش آبیاری) و فاکتور B (رژیم آبیاری)، BPD و NBPD در سال‌های مختلف بین تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نیز نشان داد برای فاکتور A (روش آبیاری) و هم‌چنین فاکتور B (رژیم آبیاری)، BPD و NBPD بین تیمارها در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای صفات BPD و NBPD به‌روش LSD برای روش‌های مختلف آبیاری در سطح ۵٪ نیز که

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (۷) ارائه‌شده، نشان داد بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی در سال ۱۳۹۵ برای روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل ۲ به ۱ و به‌ترتیب به مقدار ٦/٤٦ و ۲/۸٤ هزار ریال بر مترمکعب و در سال ۱۳۹٦ نیز برای روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل ۲ به ۱ و به‌ترتیب به مقدار ٦/٤۹ و ۲/٦۲ هزار ریال بر مترمکعب می‌باشد، که البته این برتری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری موجی تفاوت معنی‌داری ندارد. نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها به‌روش LSD برای رژیم‌های مختلف آبیاری درسطح ۵٪ نیز نشان داد بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی در سال ۱۳۹۵ برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۸ و ۳/۵ هزار ریال برمترمکعب و در سال ۱۳۹٦ نیز برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی و به‌ترتیب به مقدار ٦/۹۱ و ۳/۲ هزار ریال بر مترمکعب می‌باشد.

هم‌چنین نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها به‌روش LSD برای تیمارهای مختلف آبیاری در سطح ۵٪ نشان داد بیش‌ترین مقدار BPD و NBPD در سال ۱۳۹۵برای کل تیمارها در روش آبیاری موجی S1-2 و رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با مقدار ۷/۲۱ و ۳/٦۵ هزار ریال در مترمکعب و در سال ۱۳۹٦ نیز در روش آبیاری موجی S1-2 و رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی با مقدار ۷/۰۳ و ۳/۲۵ هزار ریال در مترمکعب می‌باشد. البته این برتری با برخی تیمارها معنی‌دار نبود. طبق نتایج به‌دست‌آمده تیمار روش آبیاری پیوسته و رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی، طی هر دو سال زراعی بالاترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها دارد. اما مقایسه عملکرد به این شکل روش مناسبی نمی‌باشد، زیرا سایر پارامترها مثل هزینه و راندمان در این ارقام دخیل نیستند. از این‌رو مقادیر عملکرد، هزینه و درآمد برای تیمارهای آزمایشی محاسبه و در جدول (۸) آورده شده است. در ستون چهارم جدول‌های یادشده عملکرد واحد آب مصرفی (بهره‌وری) برحسب کیلوگرم در مترمربع، جهت بهینه‌سازی ارائه شده است.

بررسی آن نشان می‌دهد تیمار آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل ۲ به ۱ با ۷۵ درصد نیازآبی بالاترین مقدار را دارد. در ستون ششم جدول‌ها مقدار هزینه تولید به‌ازای واحد آب مصرفی (هزینه واحد) تیمارهای مختلف آبیاری، ذکر گردیده است.

جدول ٦. نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای BPD و NBPD به‌روش LSD برای روش‌های مختلف آبیاری درسطح ۵٪

صفت	فاکتور A	۱۳۹۵		۱۳۹٦		فاکتور B	۱۳۹۵		۱۳۹٦	
		مقدار	LSD	مقدار	LSD		مقدار	LSD	مقدار	LSD
BPD	C	۵/۸۹	B	۵/۹۵	B	۱۰۰٪ نیازآبی	۵/٤۹	C	۵/۵	C
	S1-1	٦/٤۲	A	٦/٤٦	A	۷۵٪ نیازآبی	٦/۹۸	A	٦/۹۱	A
	S1-2	٦/٤٦	A	٦/٤۹	A	۵۰٪ نیازآبی	٦/٤۳	B	٦/۵۹	B
	S1-3	٦/٤۲	A	۵/٤۳	A					
NBPD	C	۲/۵٤	B	۲/۳٦	B	۱۰۰٪ نیازآبی	۲/٦٤	B	۲/٤٤	B
	S1-1	۲/۸۱	A	۲/٦	A	۷۵٪ نیازآبی	۳/۵	A	۳/۲	A
	S1-2	۲/۸٤	A	۲/٦۲	A	۵۰٪ نیازآبی	۲/۰۹	C	۱/۹٦	C
	S1-3	۲/۷۹	A	۲/۵٦	A					

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای BPD و NBPD به‌روش LSD برای کل تیمارها در سطح ۵٪

فاکتور A	فاکتور B	۱۳۹۵		۱۳۹۶		۱۳۹۵		۱۳۹۶	
		مقدار	LSD	مقدار	LSD	مقدار	LSD	مقدار	LSD
صفت		BPD				NBPD			
C	۱۰۰٪ نیازآبی	۵/۰٤	E	۵/۰٤	D	۲/۳۷	E	۲/۱۷	CD
C	۷۵٪ نیازآبی	٦/٦٦	AB	٦/٦۳	B	۳/۳۹	AB	۳/۱۲	A
C	۵۰٪ نیازآبی	۵/۹۸	CD	٦/۱۷	F	۱/۸۷	BC	۱/۷۹	E
S1-1	۱۰۰٪ نیازآبی	۵/٦۳	D	۵/٦۳	C	۲/۷۲	D	۲/۵۱	BC
S1-1	۷۵٪ نیازآبی	۷/۰۱	AB	۷/۰۱	AB	۳/٤۷	A	۳/۲٤	A
S1-1	۵۰٪ نیازآبی	٦/٦٤	B	٦/۷٤	DE	۲/۲۲	A	۲/۰٤	DE
S1-2	۱۰۰٪ نیازآبی	۵/٦	DE	۵/٦۹	C	۲/۷	CD	۲/۵۷	B
S1-2	۷۵٪ نیازآبی	۷/۲۱	A	۷/۰۳	A	۳/٦۵	A	۳/۲۵	A
S1-2	۵۰٪ نیازآبی	٦/۵۷	B	٦/۷۵	DE	۲/۱٦	A	۲/۰۳	DE
S1-3	۱۰۰٪ نیازآبی	۵/٦۹	D	۵/٦۳	C	۲/۷۷	D	۲/۵۱	BC
S1-3	۷۵٪ نیازآبی	۷/۰۵	AB	٦/۹۷	AB	۳/۵	A	۳/۲	A
S1-3	۵۰٪ نیازآبی	٦/۵۱	BC	٦/٦۹	EF	۲/۱	A	۱/۹۹	DE

با رسم معادله هزینه تولید مشخص می‌گردد که هزینه تولید با افزایش میزان آب مصرفی، روندی صعودی و خطی دارد که کم‌ترین هزینه، متعلق به تیمار اول و بیش‌ترین آن متعلق به تیمار ششم است در ستون هفتم جدول‌های مذکور درآمد ناخالص (حاصل‌ضرب عملکرد در قیمت محصول) آورده است. میزان درآمد ناخالص به ازای واحد آب مصرفی نیز محاسبه و در ستون هشتم جدول‌ها آورده شده است. میزان درآمد خالص هر تیمار نیز در ستون نهم جدول‌ها آورده شده است.

شکل عمومی روابط مربوط به بهینه‌سازی درآمد خالص (آب مصرفی) یا مدل انگلیش و همکاران به صورت زیر است (۲۰):

$$Y(w)=a_1+b_1.w+c_1.w^2 \quad (۷)$$

$$C(w)=a_2+b_2.w \quad (۸)$$

در این رابطه‌ها Y(w) عملکرد، C(w) هزینه، w عمق آب مصرفی می‌باشد.

برای به‌دست‌آوردن تابع هزینه که تابعی خطی است، بایستی کل هزینه‌های ثابت تولید و هزینه متغیر را به‌دست آورد. با توجه به روابط ٤ تا ٦ می‌توان تابع هزینه را به این صورت تعریف نمود:

$$C(w) = a_2 + b_2.w + c_2. Y(w) \quad (۹)$$

براساس جدول (٤) هزینه هر مترمکعب آب آبیاری ٦۰۰ ریال و هزینه برداشت و حمل و ... برای هر کیلوگرم محصول ۵۰۰ ریال است، بنابراین معادله هزینه تولید طبق رابطه ۹ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

برای سال ۱۳۹۵ $C(w)=31.100.000+600w+500Y(w)$

برای سال ۱۳۹٦ $C(w)=34.900.000+600w+500Y(w)$

هم‌چنین باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌ها برای هر تیمار مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) و عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) که در جدول (۵) آورده شده، با رسم نمودار درجه دوم، تابع عملکرد محصول آب مصرفی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

برای سال ۱۳۹۵ $Y(w)=-0.984.w^2+284.76w-12023$

برای سال ۱۳۹۶ $Y(w)=-0.8876.w^2+261.59w-10845$

در این رابطه (w) عملکرد محصول برحسب کیلوگرم در هکتار و w عمق آب مصرفی بر حسب سانتی‌متر است.

ضریب رگرسیون منحنی‌های مذکور با اعداد حاصل شده برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به‌ترتیب ۰/۹۴۸۱ و ۰/۹۵۱۹ است، که نشان‌دهنده نزدیک‌بودن منحنی برازش داده با اعداد موجود است.

میزان عملکرد محصول براساس مقدار آب مصرفی برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ که به‌صورت منحنی تابع عملکرد محصول بیان می‌شود، در شکل‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

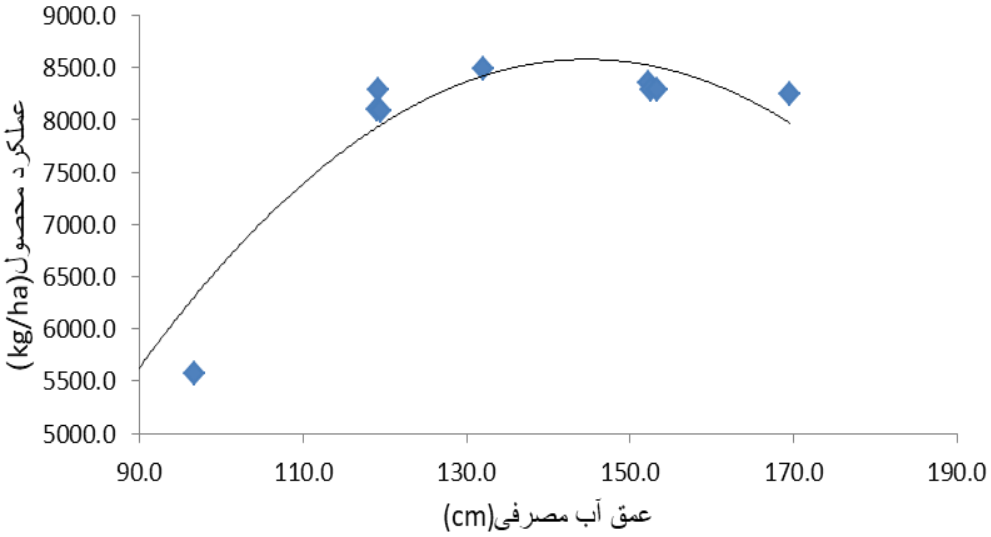
جدول ۸. مقادیر عملکرد و هزینه و درآمد تیمارهای آزمایشی

سال	ردیف	تیمار	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
۱۳۹۵	۱	روش آبیاری	پیوسته	پیوسته	پیوسته	موجی ۱ به ۱	موجی ۱ به ۱	موجی ۱ به ۱	موجی ۲ به ۱	موجی ۲ به ۱	موجی ۲ به ۱	موجی ۳ به ۱	موجی ۳ به ۱	موجی ۳ به ۱
		رژیم آبیاری	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۵۰	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۵۰	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۵۰	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۵۰
	۲	آب مصرفی (cm)	۱۶۹/۶	۱۳۲/۱	۹۶/۷	۱۵۲/۶	۱۱۹/۵	۸۸/۹	۱۵۳/۳	۱۱۹/۲	۸۸/۹	۱۵۲/۲	۱۱۹/۱	۸۸/۹
	۳	عملکرد (kg/ha)	۸۲۵۲	۸۴۸۵	۵۵۷۱	۸۲۸۹	۸۰۸۴	۵۶۹۵	۸۲۸۷	۸۲۸۷	۵۶۳۴	۸۳۵۸	۸۱۰۲	۵۵۸۹
	٤	بهره‌وری آب (kg/m^3)	۰/۴۹	۰/۶٤	۰/۵۸	۰/۵٤	۰/۶۸	۰/۶٤	۰/۵٤	۰/۷	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۶۳
	۵	هزینه تولید (هزار ریال)	٤۵٤۰٤	٤۳۲۶۶	۳۹۶۸۶	٤٤٤۰۰	٤۲۳۱٤	۳۹۲۷۹	٤٤٤٤٤	٤۲۳۹۶	۳۹۲۵۱	٤٤٤۱٤	٤۲۲۹۵	۳۹۲۳۱
	۶	هزینه به‌ازای واحد آب (ریال بر مترمکعب)	۲۶۷۷	۳۲۷۶	٤۱۰۵	۲۹۱۰	۳۵٤۰	٤٤۲۰	۲۸۹۸	۳۵۵۶	٤٤۱۵	۲۹۱۷	۳۵۵۲	٤٤۱۱
	۷	درآمد ناخالص (هزار ریال درهکتار)	۸۵۵۵۷	۸۷۹۷۲	۵۷۷۶۰	۸۵۹٤۰	۸۳۸۱۵	۵۹۰٤۶	۸۵۹۲۰	۸۵۹۲۰	۵۸٤۱۳	۸۶۶۵۶	٨٤٠٠٢	۵۷۹٤۷
	۸	درآمد ناخالص به‌ازای واحد آبیاری (ریال برمترمکعب)	۵۰٤٤	۶۶۶۲	۵۹۷۵	۵۶۳۲	۷۰۱۲	۶۶٤٤	۵۶۰۳	۷۲۰۷	۶۵۷۰	۵۶۹۲	۷۰۵۵	۶۵۱۵
	۹	درآمد خالص (هزار ریال درهکتار)	٤۰۱۵۳	٤٤۷۰۶	۱۸۰۷٤	٤۱۵٤۰	٤۱۵۰۱	۱۹۷۶۷	٤۱٤۷۶	٤۳۵۲٤	۱۹۱۶۲	٤۲۲٤۲	٤۱۷۰۷	۱۸۷۱۶
	۱۰	درآمد خالص به‌ازای واحد آبیاری (ریال برمترمکعب)	۲۳۶۷	۳۳۸۵	۱۸۷۰	۲۷۲۲	۳٤۷۲	۲۲۲٤	۲۷۰۵	۳۶۵۱	۲۱۵۵	۲۷۷۵	۳۵۰۳	۲۱۰٤
	۱۱	نسبت درآمد به هزینه	۰/۸۸	۱/۰۳	۰/٤۶	۰/۹٤	۰/۹۸	۰/۵	۰/۹۳	۱/۰۳	۰/٤۹	۰/۹۵	۰/۹۹	۰/٤۸
۱۳۹۶	۲	آب مصرفی (cm)	۱۷۱/۸	۱۳٤/۷	۱۰۰	۱۵٤/۶	۱۲۲/۸	۹۲	۱۵٤/۶	۱۲۲/۵	۹۱/۸	۱۵٤/۵	۱۲۲/٤	۹۲
	۳	عملکرد (kg/ha)	۸۱۳۵	۸۳۸۲	۵۷۹۲	۸۱۷۳	۸۰۸۵	۵۸۲۸	۸۲۶۲	۸۰۸۲	۵۸۱۹	۸۱۶۸	۸۰۱۸	۵۷۸۲
	٤	بهره وری آب (kg/m^3)	۰/٤۷	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/٤۳	۰/۵۳	۰/۶۵	۰/۶۳
	۵	هزینه تولید (هزار ریال)	٤۹۲۷۵	٤۷۱۷٤	٤۳۷۹٤	٤۸۲۶٤	٤۶۳۰۸	٤۳۳۳۶	٤۸۳۰۵	٤۶۲۹۰	٤۳۳۱۶	٤۸۲۵۷	٤۶۲۵۵	٤۳۳۱۲
	۶	هزینه به‌ازای واحد آب (ریال بر مترمکعب)	۲۸۲۶	۳۵۰۲	٤۳۸۱	۳۱۲۱	۳۷۷۲	٤۷۰۹	۳۱۲۵	۳۷۷۹	٤۷۲۰	۳۱۲۳	۳۷۷۸	٤۷۰۷
	۷	درآمد ناخالص (هزارریال درهکتار)	۸۶۶۳۸	۸۹۲۶۸	۶۱۶۸۵	۸۷۰٤۲	۸۶۱۰۵	۶۲۰۶۸	۸۷۹۹۰	۸۶۰۷۳	۶۱۹۷۲	۸۶۹۸۹	۸۵۳۹۲	۶۱۵۷۸
	۸	درآمد ناخالص به‌ازای واحد آبیاری (ریال بر مترمکعب)	۵۰٤۳	۶۶۲۷	۶۱۷۱	۵۶۲۹	۷۰۱۵	۶۷٤٤	۵۶۹۳	۷۰۲۷	۶۷۵۳	۵۶۲۹	۶۹۷٤	۶۶۹۲
	۹	درآمد خالص (هزارریال در هکتار)	۳۷۳۶۳	٤۲۰۹٤	۱۷۸۹۱	۳۸۷۷۸	۳۹۷۹۷	۱۸۷۳۲	۳۹۶۸۵	۳۹۷۸۳	۱۸۶۵۶	۳۸۷۳۲	۳۹۱۳۷	۱۸۲۶۶
	۱۰	درآمد خالص به‌ازای واحد آبیاری (ریال بر مترمکعب)	۲۱۷۵	۳۱۲۵	۱۷۹۰	۲۵۰۸	۳۲٤۲	۳۰۳۶	۲۵۶۸	۳۲٤۸	۲۰۳۳	۲۵۰۶	۳۱۹۶	۱۹۸۵
	۱۱	نسبت درآمد به هزینه	۰/۷۶	۰/۸۹	۰/٤۱	۰/۸	۰/۸۶	۰/٤۳	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/٤۳	۰/۸	۰/۸۵	۰/٤۲

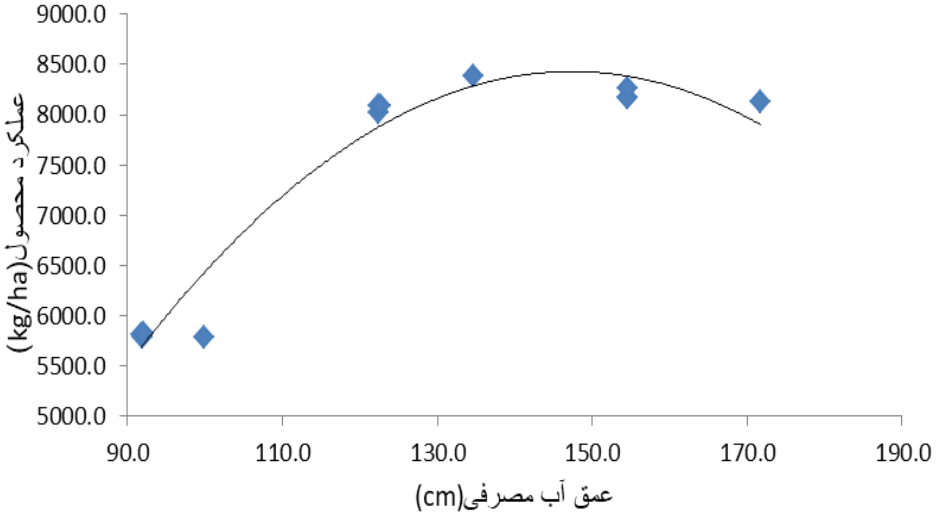
www.SID.ir

Archive of SID

در حقیقت عملکرد محصول در ابتدای تابع عملکرد روندی صعودی داشته و در یک نقطه به حداکثر خود رسیده است و پس از آن روند نزولی پیدا می‌کند، علت آن این است که در حالت آبیاری خیلی کم، گیاه نمی‌تواند به حیات خود ادامه دهد و در همان ابتدای فصل از بین می‌رود. اما با آبیاری زمین، میزان محصول به‌صورت یک تابع درجه دوم با افزایش آب، زیاد می‌شود و این روند تا مرحله‌ای که همه آب داده شده به زمین، مورد استفاده قرار گیرد و خاک از حالت ظرفیت زراعی خارج نشود ادامه می‌یابد. با افزایش میزان رطوبت خاک، هوای موجود در خاک، تخلیه می‌گردد که این سبب خفگی ریشه و کاهش در عملکرد می‌شود.



شکل ۱. تابع عملکرد تولید محصول ذرت دانه‌ای در سال ۱۳۹۵



شکل ۲. تابع عملکرد تولید محصول ذرت دانه‌ای در سال ۱۳۹۶

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

نتایج ارائه‌شده نشان داد در روش‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی برای روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل ۲ به ۱ می‌باشد، که البته این برتری نسبت به سایر تیمارهای موجی تفاوت معنی‌داری ندارد. هم‌چنین در رژیم‌های مختلف آبیاری بیش‌ترین سود ناخالص و خالص نسبت به مقدار آب مصرفی برای رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی می‌باشد. نتایج ارائه‌شده نشان داد بیش‌ترین مقدار BPD و NBPD برای کل تیمارها در روش آبیاری موجی S1-2 و رژیم آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی می‌باشد. مشعل و همکاران نشان دادند که آبیاری کامل بیش‌ترین عملکرد محصول در واحد سطح (به میزان ۷۷۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) را به‌همراه دارد (۱٤). از کشت ذرت بدون آبیاری تا ۳۰ درصد نیاز آبی گیاه، تنها ضرر و زیان مالی نصیب زارع می‌گردد. علاوه بر آن بیش‌ترین درآمد ناخالص، مربوط به تیمار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، و بیش‌ترین درآمد خالص مربوط به تیمار با کاهش ۱۰ درصدی در مصرف آب نسبت به حالت آبیاری کامل بود. بالاترین درآمد ناخالص و خالص "به‌ازای واحد آب مصرفی" نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار با کاهش ۵۰ درصدی و تیمار با کاهش ۳۰ درصدی بود.

منابع

۱. اسماعیلی، مع.، فردویی، م. و ابراهیمی، ک. (۱۳۹۷). تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با رویکرد قیمت‌گذاری براساس نوع محصول در استان مرکزی. مدیریت آب و آبیاری، ۸(۱): ۱٦۳-۱٤۹.

۲. اکبری نودهی، د. (۱۳۹٦). تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و راندمان مصرف آب ذرت. مدیریت آب و آبیاری، ۷(۲): ۳۱۸-۳۰۵.

۳. خواجه‌پور، م. (۱۳۸٦). اصول و مبانی زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ٤۲۷ صفحه.

٤. خیرابی، ج.، توکلی، ع.، انتصاری، م. ر. و سلامت، ع. (۱۳۷۵). دستورالعمل‌های کم‌آبیاری. کمیته ملی آبیاری زهکشی. چاپ اول. ۲۱۸ صفحه.

۵. سپاسخواه، ع، قهرمان، ب. (۱۳۸۵). مقایسه دو روش کم‌آبیاری سورگوم . تحقیقات منابع آب ایران. ۱۲٤ صفحه.

٦. سهرابی، ت ن.، حیدری، ع. و توکلی، س. (۱۳۷۵). آبیاری موجی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. چاپ اول. ۷٦ صفحه.

۷. صدرالدینی، س.ع.ا.، منعم، م.ج. و ناظمی، ا.ح. (۱۳۸۵). بهینه‌سازی آبیاری موجی با روش جستجوی ممنوع. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۷ (۱): ۱۱۷- ۱۲۹.

۸. عسگری‌نیا، پ.، میرلوحی، ا.ف.، سعیدی، ق.، قیصری، م.، محمدی میریک، ع.ا. و رضوی، و. (۱۳۹۳). ارزیابی تحمل به خشکی به منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب در بزرک. مدیریت آب و آبیاری. ٤(۱): ۳۲-۱۹.

۹. علیزاده، ا. (۱۳۷٤). اصول طراحی سیستم‌های آبیاری (چاپ دوم)، انتشارات آستان قدس رضوی. ۱۰۹ صفحه.

۱۰. علیزاده، ا. (۱۳۸۵). طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد اول: طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۷۵ صفحه.

۱۱. قربانی کهریزسنگی، ع.، نظری، س. و زرگانی، م. (۱۳۹۱). مقایسه میزان مصرف آب ذرت سیلویی در دو روش آبیاری شیاری معمولی مرسوم و شیاری موجی در منطقه اقلید. اولین کنفرانس ملی راه کارهای دستیابی به توسعه پایدار، تهران، وزارت کشور، ۱۱۱: ۱٤-۱۸.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲. میرزایی، ع.، صدرالدینی، س.ع.ا. و ناظمی، ا.ح. (۱۳۹۰). شبیه‌سازی آبیاری موجی و مقایسه آن با جریان پیوسته. مهندسی منابع آب. ٤: ۷۵- ۸۵.

۱۳. میرئی، م. و فرشی، ع. (۱۳۸۲). چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: ۲۰۳-۲۱۳.

۱٤. مشعل، م.، ورادی‌پور، م.، نوری، س.ا. و زارع زیرک، ا. (۱۳۸۷). بهینه‌سازی عمق آب مصرفی ذرت با کم آبیاری (مطالعه موردی: دشت ورامین)، پژوهش کشاورزی. ۸ (٤): ۱۲۳-۱۳٤.

۱۵. ولی‌زاده، م. و مقدم، م. (۱۳۸۳). طرح‌های آزمایشی در کشاورزی، چاپ هشتم، ویراست سوم، انتشارات پریور. ۱۸٤ صفحه.

16. Bishop, A., Walker, A., Allen, W.R. & Poole, G.J. (1981). Furrow advance rates under surge flow systems. *Irrig and Drain Engin*, 107(3), 257-265.
17. Braunworth Jr, W. S. & Mack, H. J. (1989). Crop-water production functions for sweet corn. *Journal of the American Society for Horticultural Science (USA)*, 114 (2): 210-215.
18. Coolidge, P. S., Walker, W. R. & Bishop, A. A. (1982). Advance rate & runoff surge flow furrow irrigation. Irrig. Drain. Division. ASCE, 108 (IR1): 35-42.
19. Chaudhery, M.R. & A.S. Qureshi (1991) Irrigation technique to improve application efficiency and crop yield. 3(1): 14-18.
20. English, M.J., Musick, I.J. & V.V. Murty (1990) Deficit irrigation, farm irrigation systems, ASAE, 12(3): 222-230.
21. English, M.J., Raja, S.N (1996) Review Perspectives on Deficit Irrigation, Agri. Wat. Mang.32(1996),1-14.
22. Kuo, S (1996) Phosphorus. In Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods; Sparks, Madison, Wisconsin, 869–919.Lam, F., Manges, H.B., Stonc, L.R., Khan & A. Rogers (1995) Water requairment of subsurface drip irrigated corn in dorthuest kansus. ASAE, 38(2): 441-448
23. Panday, R.K., J.W. Marienville, & A. Adum (2000) Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a sahelian environment. I. Grain yield components. Agricultural water management. 46: 1-13.
24. Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davison, D. & J.L. Petersen (2008) Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate–Agricultural of water management. 95: 895–908.
25. Sivanapan RK (1994) Prospects of micro irrigation in India. Irrigation and Drainage Systems 8: 49-58.
26. Stringham G. E. & Keller J (1979) Surge flow for automatic irrigation. Proc Irrig Drain Div Specialty Conf, CE, Albuquerque, New Mex. pp. 132-142.
27. Walker, W.R. & G.V. Skogerboe (1982) Surface irrigation, Theory and practice. Prentice-Hall New Jersey of Drainage and Reclaim. 3(1): 14-18.
28. Walker, W.R, & Skogerboe, G.V (1987) Surface Irrigation Tneory and Practice, Prentice-I lall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
29. Yazar, A., T.A. Howell, D.A. Dusek & K.S. Copeland (1999) Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. Irrig. Sci. 18(4): 171-180.

www.SID.ir