

مقاله علمی - پژوهشی

بهره‌وری مصرف آب ذرت علوفه‌ای در کشت نشائی و بذری تحت سامانه‌های مختلف آبیاری

رحیم علیمحمدی نافچی^{۱*}، سیدجلیل نوربخشیان^۲

چکیده

این پژوهش به منظور افزایش ضریب امنیت غذایی و افزایش بهره‌وری با استفاده از سامانه‌های آبیاری (قطره‌ای، بارانی و جویچه‌ای) با دو روش کشت (نشاکاری و بذری) ذرت علوفه‌ای در دو تاریخ کاشت (۱۵ خرداد ماه و ۱۵ تیرماه) در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته با اقلیم نیمه خشک و سرد، بمدت دو سال اجرا گردید. هر آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کشت و انتقال نشاءها در مزرعه، همزمان با کشت‌های بذری انجام شد. صفاتی شامل، میزان آب آبیاری، عملکرد علوفه‌تر و خشک در پایان هر فصل زراعی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در بین سه سامانه آبیاری تفاوت معنی‌داری از نظر تولید علوفه‌تر و خشک مشاهده نگردید. متوسط بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای برابر با ۲/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب بود که در مقایسه با دو سامانه جویچه‌ای و بارانی بیشتر بود. بیشترین بهره‌وری آب با ۳/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب به آبیاری قطره‌ای و کشت نشائی در تاریخ کاشت اول تعلق داشت. در تاریخ کشت دوم، ۱۰۷۰ متر مکعب در هکتار آب کمتری نسبت به تاریخ کاشت اول مصرف گردید. بهره‌وری آب در تاریخ کاشت اول ۸/۶ درصد بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود. بهره‌وری آب در کاشت نشائی ۹/۴ درصد بیشتر از بذری بود. به منظور مصرف بهینه و افزایش بهره‌وری آب، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای، تاریخ کاشت تیرماه و کشت نشائی می‌تواند به عنوان روش‌های مؤثر در کاهش مصرف آب و تولید علوفه ذرت در مناطق نیمه خشک و سرد مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تاریخ کاشت، سامانه‌های آبیاری، عملکرد، کشت مستقیم و غیر مستقیم ذرت

مقدمه

خسارت سرمای زودرس در مناطق سرد است. با کشت نشائی (غیر مستقیم) ذرت تعداد دفعات آبیاری برای این محصول ۲ تا ۳ نوبت کاهش می‌یابد (Fanadzo et al., 2010). معمولاً در منطقه مورد مطالعه، ذرت بعد از برداشت جو یا گندم قصیل (سبز)، کشت می‌شود که ممکن است زمان کاشت مناسب ذرت نباشد. لذا در تناوب گندم و جو با ذرت می‌توان از نشاء کاری ذرت بهره برد و به نوعی جبران تأخیر در کاشت ذرت گردد. از طرف دیگر افزایش کارایی مصرف آب در سامانه‌های مختلف آبیاری در زراعت ذرت (بذری و نشاکاری) می‌تواند الگوی مناسب کشت این گیاه را در منطقه با توجه به نوع سامانه آبیاری ارائه و توسعه دهد. مقدار و حجم آب آبیاری بر رشد و نمو زایشی گیاه و عملکرد گیاه ذرت تأثیر گذار می‌باشد (Wolfe et al. 1988, a, b). حسام و کیانی (۱۳۹۳) تأیید نمودند که بهره‌وری آب آبیاری تابع زمان آبیاری، میزان دبی، ابعاد زمین، یکنواختی مزرعه، قدرت جذب آب توسط خاک، نوع سامانه آبیاری، مسائل اقتصادی و اجتماعی در مناطق مختلف است و در استان گلستان راندمان آبیاری سطحی ۲۲ لغایت ۸۱ درصد و بارانی ۵۴ تا ۸۰ درصد بوده است. در شرایط ایتیم ذرت به ۵۰۰ تا ۵۵۰ میلیمتر آب در طول فصل رشد

عدم تعادل بین عرضه و تقاضای مصرف آب یکی از چالش‌های اصلی و تنش‌زای دنیای امروز است. افزایش تقاضای فرآورده‌ها و تولیدات دامی، باعث توسعه دامداری‌های صنعتی و در نهایت افزایش تقاضای گیاهان علوفه‌ای شده است. ذرت سیلویی یکی از گیاهان علوفه‌ای و سرشار از منابع مغذی برای دام‌ها است. با توجه به اهمیت تولید ذرت علوفه‌ای در منطقه، مقایسه کارایی مصرف آب در سامانه‌های مختلف آبیاری و در زمان‌های مختلف کشت می‌تواند بهترین الگوی کشت و سامانه آبیاری را ارائه نماید. استفاده از نشاکاری یکی از راهکارهای کاهش طول فصل رشد و جلوگیری از

^۱ استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران (*- نویسنده مسئول: Nafchi38@gmail.com)

^۲ استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

نیاز دارد (۷۴۰۰ تا ۸۱۵۰۰ بوته در هکتار) و عمق توسعه ریشه در حدود ۱۰۰ سانتیمتر در شرایط بهینه است و ریشه گیاه ۷۰ درصد از آب مورد نیاز خود را از عمق ۰ تا ۵۰ سانتیمتری دریافت می‌کند (Agriculture and Rural Development, 2013). دهقانان و افضل‌نیا (۱۳۹۷) تایید نمودند که، روش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ذرت دارد، به گونه‌ای که در روش آبیاری جویچه‌ای با بیشترین میزان مصرف آب، کمترین عملکرد حاصل گردید. اما در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به بارانی و جویچه‌ای بترتیب ۳۴ و ۵۷ درصد در مصرف آب صرفه جویی گردید. طاهری و همکاران (۱۴۰۰) در دانشگاه گرگان، ضمن انجام شبیه سازی کشت نشائی در تاریخ‌های مختلف کشت، نتیجه گرفتند که در تاریخ کشت ۲۰ خرداد، کشت‌های نشائی نسبت به کشت بذری ۱۶ تا ۲۶ روز زودتر رسیدند. اما تأثیری در عملکرد (۱۳۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) و نیاز خالص آبیاری (۴۳۵ میلیمتر در هکتار) نداشت. از طرفی هم موجب بروز اختلال در کشت محصول بعدی هم نمی‌گردد. و در تاریخ کشت ۴ تیرماه، کشت نشائی باعث زودرسی معادل ۱۶ تا ۳۳ روز نسبت به بذری گردید. اما در تاریخ ۲۳ تیر ماه کشت نشائی نتوانست تا اول آذر ماه به مرحله رسیدگی برسد. قلخانی و همکاران (۱۴۰۱) در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج نتیجه گرفتند که معمولاً تأخیر در کشت موجب کاهش عملکرد دانه و شاخص بهره‌وری مصرف آب می‌گردد. و کشت نشائی هم موجب افزایش پارامترهای اخیر خواهد شد. و بیشترین عملکرد و بهره‌وری در کشت نشائی و در تاریخ ۱۰ تیر ماه حاصل گردید. زارعی و همکاران (۱۳۹۷) در دانشگاه رازی کرمانشاه، تایید نمودند که نشاءکاری زود هنگام باعث افزایش عملکرد، بهره‌وری و زودرس نمودن محصول ذرت خواهد شد. مو و وانگ، تایید نمودند که در آبیاری زیرزمینی در عمق‌های ۳۰ و ۳۵ سانتیمتری در کشت‌های جوی و پشته‌ای و قرار گرفتن بذر ذرت در عمق ۵ سانتیمتری کف فارو، عملکرد و بهره‌وری آب ۱۰/۲ درصد نسبت به روش بارانی افزایش داشت. آبیاری زیرسطحی در عمق ۳۰ سانتیمتری با تیمارهای دیگر، دارای اختلاف معنی‌داری بودند (Mo and Wang, 2010). سگویا- کاردوزو و همکاران، نیاز آب آبیاری ذرت در حوضه رودخانه دوروی اسپانیا طی سال‌ها و سامانه‌های مختلف آبیاری ۶۹۸۸ لغایت ۷۳۶۲ مترمکعب در هکتار برآورد نمودند. و نسبت آب آبیاری به آب مورد نیاز گیاه ذرت را در منطقه بین ۰/۷۷

لغایت ۱/۴۷ محاسبه گردید (Segovia-cardozo et al., 2019). عبدالواحد و علی، عملکرد ذرت تحت سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به سامانه بارانی، ضمن صرفه جویی ۱۵ درصدی در مصرف آب دارای عملکرد بیشتری بود. و بیشترین عملکرد در هر سامانه آبیاری برای تیمار با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل گردید (Abdel-Wahed and Ali, 2012). ذوالفقاران و همکاران (۱۳۹۵) تایید نمودند که بهره‌وری آب در کشت‌های نشائی بهاره نوبت اول در تولید و عملکرد بلال نسبت به بقیه تیمارها بیشتر و در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌داری بودند. و نشاکاری باعث افزایش عملکرد و صرفه جویی در مصرف آب گردید. براین و همکاران، کشت ذرت تحت سامانه آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری فارو دارای عملکرد بیشتری بود و ۳۵ درصد در مصرف آب صرفه جویی گردید (Brien et al., 2001). حدادی و محسنی (۱۳۸۵) در پژوهشی در قائم شهر نتیجه گرفتند که، ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۳۰۱) با تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار دارای بیشترین عملکرد (۴۴ تن در هکتار) در تاریخ کاشت اول تیر ماه بعد از برداشت محصول گندم حاصل گردید. الکیسی و ین، در شمال شرقی کلرادو، با کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری معادل ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تعداد ۵۷، ۶۹ و ۸۱ هزار بوته ذرت در هکتار، عملکرد و کارایی مصرف آب را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با ۶۹ هزار بوته در هکتار دارای عملکرد و کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به بقیه تیمارها بودند (Al-Kaisi and Yin, 2003). وانگ و همکاران، کشت بدون خاک‌ورزی^۱ هیچ تأثیری بر عملکرد ذرت در سه سال اول نداشت. ولی بهره‌وری آب را به میزان ۵/۶ درصد افزایش داد. و در تیمار عدم رعایت تناوب کشت، عملکرد ذرت کاهش داشت. اما در نهایت عملکرد و بهره‌وری آب در شمال و شمال غرب چین به مدیریت اجرا، شرایط محیطی و آب و هوایی منطقه بستگی دارد (Wang et al., 2018). شارما و همکاران و اولابود و همکاران، کشت نشائی ذرت باعث افزایش عملکرد و کاهش طول دوره رشد محصول می‌گردد و اختلافات بین آنها هم معنی‌دار می‌باشند (Sharma et al., 1988). اولابود و همکاران، کشت نشائی ذرت در افریقای جنوبی باعث گلدهی زودتر (۱۱ تا ۱۵ روز) گردید و تولید دانه

بیشتری برای کاشت نشاءهای دو هفته‌ای گزارش گردید (Fanadzo et al., 2010). اولابود و همکاران، کشت نشایی نسبت به کشت بذری ذرت (مستقیم) سودمندتر است. و عملکرد محصول ذرت بین تیمارهای نشایی ۱، ۲ و ۳ هفته ای دارای اختلاف معنی داری نبود اما عملکرد در تیمار ۱ هفته ای نسبت به بقیه بیشتر بود (Olabode et al., 2018). بررسی‌های صورت پذیرفته شده بیانگر تبعیت میزان آب مصرفی از شرایط آب و هوایی، میزان و پراکنش بارش‌ها، مدیریت مزرعه و روش آبیاری است. در کشت‌های نشائی بهره‌وری مصرف آب افزایش یافته است. لذا در مناطق نیمه‌خشک و سرد به دلیل فرا رسیدن سرما در اواخر شهریور ماه و اوایل پاییز، به منظور جلوگیری از سرمازدگی با کاهش طول فصل رشد و افزایش بهره‌وری آب و عملکرد در واحد سطح این پروژه با دو روش کشت (بذری و نشائی)، دو تاریخ کشت (اواسط خرداد و اواسط تیر ماه) تحت سه سامانه آبیاری (قطره‌ای، بارانی و جویچه‌ای) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بمدت دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) در ایستگاه تحقیقات چهارتخته، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، اجرا گردید. در این مطالعه از آمار ایستگاه هواشناسی مستقر در ایستگاه تحقیقاتی چهارتخته در ارتفاع ۲۰۷۳ متری از سطح دریا استفاده شد. بر اساس طبقه بندی اقلیمی و بیوکلیماتیک ایران و بر طبق روش گوسن، این منطقه در اقلیم استپی سرد قرار دارد و بر طبق روش آمبرژه، این منطقه جزء مناطق خشک می‌باشد. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۲۹۵ میلیمتر، میانگین رطوبت نسبی ایستگاه ۴۱/۷ درصد و میزان تبخیر سالیانه ۱۷۱۰ میلیمتر است. آزمایش‌ها جداگانه تحت سه سامانه آبیاری (بارانی، قطره‌ای و جویچه‌ای)، اجرا شدند. هر آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بودند. تاریخ‌های کاشت (۱۵ خرداد و ۱۵ تیر) به عنوان پلات اصلی و شیوه کاشت بصورت کشت مستقیم (بذری) و کشت غیر مستقیم (نشاکاری) در پلات‌های فرعی در هر آزمایش اجرا شدند. هر پلات دارای ۴ فارو، ۶۰ سانتی‌متری به طول ۶ متر بود (خدادادی ۱۳۷۹). نشاکاری در مرحله رشد دو تا سه برگی گیاهچه‌ها که سنی معادل ۱۴ تا ۱۶ روز داشتند همزمان با کشت‌های مستقیم یا بذری در کرت‌ها و در تاریخ‌های کاشت خرداد و

تیرماه انجام شد. فاصله کشت نشا و بذری ۱۷ سانتی‌متر روی ردیف‌ها بود که تراکمی حدود ۹۸۰۰۰ بوته در هکتار حاصل گردید (Welde and Gebremariam, 2016). کشت بذری و نشاها هر دو توسط دست انجام پذیرفت و رقم ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ بود. صفات و ویژگی‌های زراعی مورد بررسی شامل: میزان مصرف آب، عملکرد و خشک و وزن بلال ثبت و محاسبه شدند. زمان برداشت محصول برای تاریخ کاشت خرداد و تیر ماه در ۲۹ شهریور و ۲۲ مهرماه، موقعیکه بلال‌ها در مرحله شیریه-خمیری بودند انجام پذیرفت. اندازه گیری میزان آب آبیاری مصرفی در سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای از فلوم‌های WSC تیپ یک در ابتدای هر فارو، سامانه‌های آبیاری قطره‌ای^۱ با استفاده از نوارهای پلاستیکی دارای چکاننده‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و نصب کنتور و در سامانه‌های آبیاری بارانی با نصب قوطی در فواصل ۵*۵ متری استفاده گردید. خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک در اعماق مختلف برای هر سامانه آبیاری قبل از کاشت اندازه گیری شدند. برای محاسبه ارتفاع آب مورد نیاز در سامانه‌ها از رابطه (۱) استفاده شد (Walker and Skogerboe 1987).

$$d_w = (F_c - \theta) \times \frac{D}{E_a} \quad (1)$$

d_w ارتفاع آب آبیاری (سانتی‌متر)، F_c ظرفیت زراعی (درصد حجمی)، θ میزان رطوبت خاک (درصد حجمی) در زمان اندازه گیری، D عمق ریشه برای ذرت از ۲۰ تا ۹۰ سانتیمتر متغیر بود، نمونه‌های خاک به صورت تصادفی قبل از هر نوبت آبیاری تا عمق توسعه ریشه برداشت و در آزمایشگاه مرکز اندازه گیری شدند. E_a راندمان کاربرد آب (برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ۹۵ درصد، بارانی ۷۵ درصد و جویچه‌ای ۴۸ درصد). برای آبیاری فاروها از روش حداکثر دبی فرسایشی (لیتر بر ثانیه) با استفاده از (رابطه ۲)، S شیب فارو (درصد)، α و β ضرایب معادله مرتبط با بافت خاک جدول (۱) تعیین و مورد استفاده قرار گرفت، (Hamad and Stringham 1978).

$$Q_{max} = \frac{\alpha}{S^\beta} \quad (2)$$

جدول ۱- ضرایب الفا و بتا برای حداکثر جریان در فاروها

β	α	بافت خاک
۰/۹۳۷	۰/۸۹۲	سنگین
۰/۵۵۰	۰/۹۸۸	متوسط تا سنگین
۰/۷۳۳	۰/۶۱۳	متوسط
۰/۶۱۵	۱/۱۱۱	سبک
۰/۵۴۸	۰/۶۶۵	بسیار سبک

نتایج و بحث

مقادیر آب آبیاری مصرف شده در سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای در تاریخ کشت اول بذری معادل ۱۲۴۵۵، ۸۰۲۰ و ۶۳۰۵ مترمکعب در هکتار بود. حجم آب آبیاری برای تاریخ کشت اول با روش نشایی به دلیل کشت بذور در خزانه که حدود دو هفته زودتر بود مقداری افزایش مصرف آب را نشان می‌دهند (جدول ۲). در تاریخ کشت دوم (کشت با تأخیر یک‌ماهه) مصرف آب به دلیل کاهش فصل رشد در تمام سامانه‌ها کاهش داشته است (جدول ۲). بطور متوسط در روش‌های مختلف آبیاری کمترین مصرف آب در سامانه آبیاری قطره‌ای در کشت بذری و در تاریخ کشت دوم به میزان ۵۵۸۵ مترمکعب در هکتار حاصل شد و بیشترین میزان مصرف آب در سامانه آبیاری جویچه‌ای با کشت نشایی و در تاریخ کشت اول با مصرف ۱۲۵۱۰ متر مکعب در هکتار اندازه گیری شد (جدول ۲). لازم به یادآوری است که مقادیر مصرف آب در مزرعه برای کشت بذری و نشاکاری یکسان بود اما مقادیری آب جهت تولید نشا و قبل از کشت در مزرعه مصرف شده است. بطور متوسط در طی دو سال و تاریخ کشت اول در کشت بذری (مستقیم)، میزان حجم آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سامانه‌های بارانی و جویچه‌ای و به ترتیب ۲۱/۴ و ۴۹/۴ درصد کمتر بود (جدول ۲) و برای نشاءکاری به ترتیب ۲۱/۲ و ۴۹۸/۲ درصد کمتر بود. این مقادیر در تاریخ کشت دوم برای کشت مستقیم ۱۹/۷ و ۴۹/۴ و برای کشت نشاکاری ۱۹/۵ و ۴۹/۱ درصد به ترتیب، کمتر بود (جدول ۲). که با نتایج دهقانیان و افضل‌نیا ۱۳۹۷، Abd El-Wahed and Ali 2012 و ذوالفقاران و همکاران ۱۳۹۵، مطابقت دارند. میزان آب آبیاری در طی دو سال در تاریخ کشت دوم نسبت به تاریخ کشت اول مقادیر کمتری را در بر داشت این عدد بطور متوسط برابر با ۸۸/۰۸ درصد بود که

آب سهل الوصول^۱ (RAW) نسبتی از آب قابل استفاده گیاه در خاک می‌باشد، که براحتی قابل جذب گیاه است (رابطه ۳). و گیاه تنش رطوبتی نخواهد دید. (Rechard et al. 1998)

$$RAW = MAD \times (F_c - PWP) \quad (3)$$

که در معادله فوق PWP رطوبت حجمی خاک در حد نقطه پژمردگی، است.

آبیاری، زمانی که متوسط آب موجود در عمق توسعه ریشه به مرز پایین آب سهل الوصول θ_c می‌رسید انجام پذیرفت (رابطه ۴): به عبارت دیگر رطوبت خاک به طور مرتب در روزهای نزدیک به آبیاری در هر سامانه آبیاری، اندازه‌گیری می‌شد و زمانی که رطوبت خاک در حد مرز پائین آب سهل الوصول بود، آبیاری انجام می‌گردید.

$$\theta_c = F_c - (MAD \times (F_c - PWP)) \quad (4)$$

ضریب حداکثر تخلیه مجاز (MAD) برای ذرت ۰/۵۵ در نظر گرفته شد (Kramer and Boyer 1995 و Allen et al. 1998).

معادله بهره‌وری آب^۲ (رابطه ۵) تابعی از نسبت عملکرد^۴ (Kg) به میزان حجم آب آبیاری (m³) هر محصول می‌باشد (Jensen 1983 و Tennakoon and Milroy 2003).

$$WP = \frac{Yield}{V_w} \quad (5)$$

در این تحقیق جهت تجزیه واریانس سالانه و مرکب دو ساله از نرم افزار آماری SAS استفاده گردید و میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه دانکن^۵ در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

- 1 Readily Available Water
- 2 Maximum Allowable Depletion
- 3 Water productivity (WP)
- 4 Yield
- 5 Duncan's Multiple Range Test

معادل ۱۱/۹۲ درصد در مصرف آب صرفه جویی داشته است که از نظر حجمی بطور متوسط در کشت نشائی ۱۰۶۵ و در کشت مستقیم ۱۰۷۰ متر مکعب در هکتار بود (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) برای سامانه‌های مختلف آبیاری در طی دو سال اجرای پروژه

تاریخ کشت اول		تاریخ کشت دوم		سامانه آبیاری
بذری	نشایی	بذری	نشایی	
۶۳۰۵	۶۳۶۰	۵۵۸۵	۵۶۴۵	قطره‌ای
۸۰۲۰	۸۰۷۵	۶۹۵۵	۷۰۱۵	بارانی
۱۳۴۵۵	۱۲۵۱۰	۱۱۰۳۰	۱۱۰۹۰	جویچه‌ای
۸۹۲۶/۷	۸۹۸۱/۷	۷۸۵۶/۷	۷۹۱۶/۷	میانگین آب آبیاری در تاریخ کاشت در سه سامانه
-----	-----	۸۸/۰۱ درصد	۸۸/۱۵ درصد	درصد آب آبیاری شده در تاریخ کاشت دوم
-----	-----	۱۰۷۰/۰	۱۰۶۳/۳	نسبت به تاریخ اول
-----	-----	-----	-----	میانگین حجم آب صرفه جویی شده در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ اول (مترمکعب)

بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای بیانگر آن است که تلفات کمتری از آب در مزرعه وجود داشته است، بنابراین استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در مزارع ذرت هر چند که مستلزم پرداخت هزینه است اما می‌تواند در کاهش مصرف آب بسیار مؤثر واقع گردد. اثر روش کاشت بر عملکرد علوفه‌تر و خشک، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک به ترتیب با ۷۵۵۱۸/۸ و ۱۸۱۶۹/۴ کیلوگرم در هکتار از روش نشاکاری بدست آمد (جدول ۴). در روش کشت نشایی ذرت، به دلیل داشتن رشد اولیه در خزانه مراحل رشد و گلدهی زودتری را در مزرعه داشته است که این عوامل بر تولید علوفه و عملکرد محصول مؤثر بودند (Oswald 2001, Fanadoz et al. 2009, Rueber et al. 2013). نتایج مقایسه میانگین دو ساله کل تیمارهای آزمایش بیانگر آن است که بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک از تاریخ کاشت اول در هر سه روش آبیاری بدست آمد و کمترین مقادیر در تاریخ کاشت دوم حاصل شد (جدول‌های ۳ و ۴). به نظر می‌رسد برتری تولید علوفه در تاریخ کاشت اول به دلیل شرایط دمایی مناسب در طول فصل رشد در

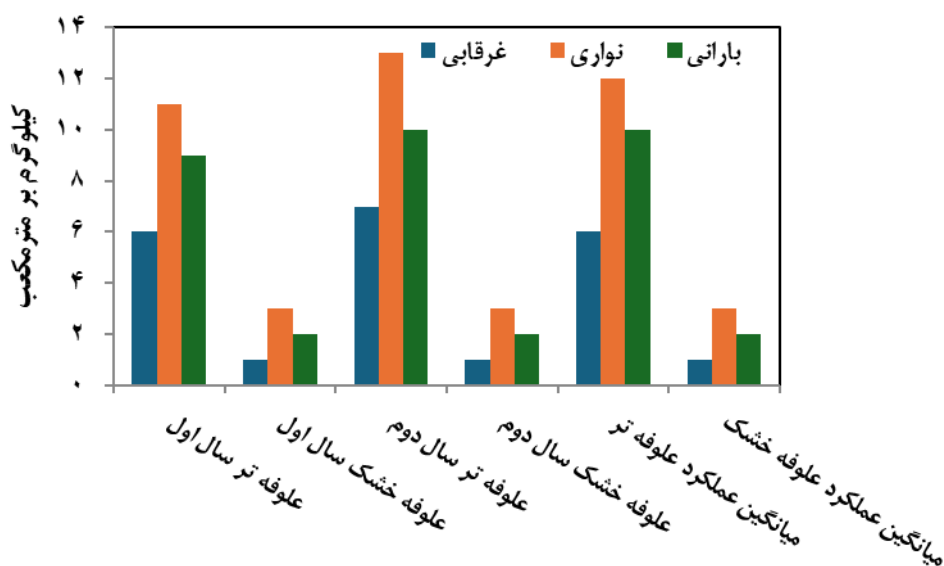
مقایسه با تاریخ کاشت دوم باشد. در تاریخ کاشت دوم، رشد در طول مهرماه ادامه داشت. شرایط دمایی مهرماه در مقایسه با ماه‌های تابستان روند کاهشی در منطقه دارد. بطوریکه میانگین دمای حداقل هوا در مهرماه برابر با ۶/۷ و ۴/۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برای دو سال آزمایش بود. بنابراین می‌توان استنباط داشت که تداوم رشد ذرت در مهرماه در منطقه می‌تواند با کندی رشد و خطر سرمازدگی مواجه گردد. لذا یکی از دلایل کاهش عملکرد در تاریخ کاشت دیرتر یا ۱۵ تیرماه (تاریخ کاشت دوم) تداوم رشد در مهرماه و مصادف شدن با دمای پایین می‌باشد. گزارش شده است که حداقل دمای پایه برای ذرت ۷ تا ۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Garcia et al., 2009, Warrington and Kanemasu., 1983). می‌توان نتیجه گرفت که تاریخ کاشت ۱۵ خرداد ماه زمان مناسبی برای کاشت با عملکرد مطلوب ذرت رقم ۷۰۴ در منطقه نسبت به ۱۵ تیرماه می‌تواند باشد. نتایج سایر محققان نیز بیانگر آن است که با تاخیر در کاشت، عملکرد ذرت علوفه‌ای و دانه ذرت کاهش نشان داد (حدادی و محسنی ۱۳۹۵ و استخر و دهقانپور ۱۳۸۹).

جدول ۳- میزان بهره‌وری آب (Kg/m^3) در سامانه‌های مختلف آبیاری، تاریخ‌های کاشت و روش کاشت ذرت علوفه‌ای.

سامانه آبیاری	تاریخ کشت	نوع کشت	بهره‌وری آب (۱۳۹۴)	بهره‌وری آب (۱۳۹۵)	میانگین
			عملکرد تر	عملکرد خشک	عملکرد خشک
جویچه‌ای	اول	نشایی	۶/۵۰	۱/۵۲	۶/۷۱
		بذری	۶/۱۰	۱/۳۸	۶/۱۹
	دوم	نشایی	۶/۱۵	۱/۳۹	۶/۳۴
		بذری	۵/۸۰	۱/۲۷	۶/۰۴
قطره‌ای	اول	نشایی	۱۱/۸۵	۲/۹۵	۱۲/۶۸
		بذری	۱۱/۱۶	۲/۵۱	۱۱/۹۱
	دوم	نشایی	۱۱/۱۳	۲/۵۴	۱۱/۹۰
		بذری	۱۰/۶۸	۲/۲۷	۱۱/۳۷
بارانی	اول	نشایی	۱۰/۱۰	۲/۶۲	۱۰/۲۵
		بذری	۹/۰۳	۲/۲۹	۹/۱۸
	دوم	نشایی	۹/۶۶	۲/۱۵	۹/۷۱
		بذری	۸/۹۹	۱/۹۶	۹/۰۷
جویچه‌ای			۶/۱۴	۱/۳۹	۶/۳۲
قطره‌ای			۱۱/۲۱	۲/۵۷	۱۱/۹۸
بارانی			۹/۴۵	۲/۲۵	۹/۵۵
تاریخ کاشت	اول		۹/۱۳	۲/۲۱	۹/۴۸
	دوم		۸/۷۴	۱/۹۳	۹/۰۸
روش کاشت	نشایی		۹/۲۳	۲/۲۰	۹/۶۱
	بذری		۸/۶۳	۱/۹۵	۸/۹۶
سال	۱۳۹۴				۸/۹۳
	۱۳۹۵				۹/۷۵

بهره‌وری آب در کشت اول ۴/۲ درصد برای علوفه‌تر نسبت به کشت دوم بیشتر می‌باشد و برای علوفه خشک این اختلاف به ۱۲/۹ درصد رسیده است (جدول ۳). و با نتایج (Iramak et al. 2016, Alkisi and Yin 2003) مطابقت دارند. همچنین تیمارهای نشاکاری بهره‌وری آب بیشتری را در مقایسه با کشت بذری در تاریخ کاشت دوم برای علوفه تر ۶/۷۶ درصد و برای علوفه خشک ۱۲/۱۲ درصد اختلاف داشتند. بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای بطور متوسط ۶/۳۲، ۹/۵۵ و ۱۱/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای تولید علوفه تر و به منظور تولید علوفه خشک معادل ۱/۴۴، ۲/۳۰ و ۲/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشند (جدول ۳ و شکل ۱).

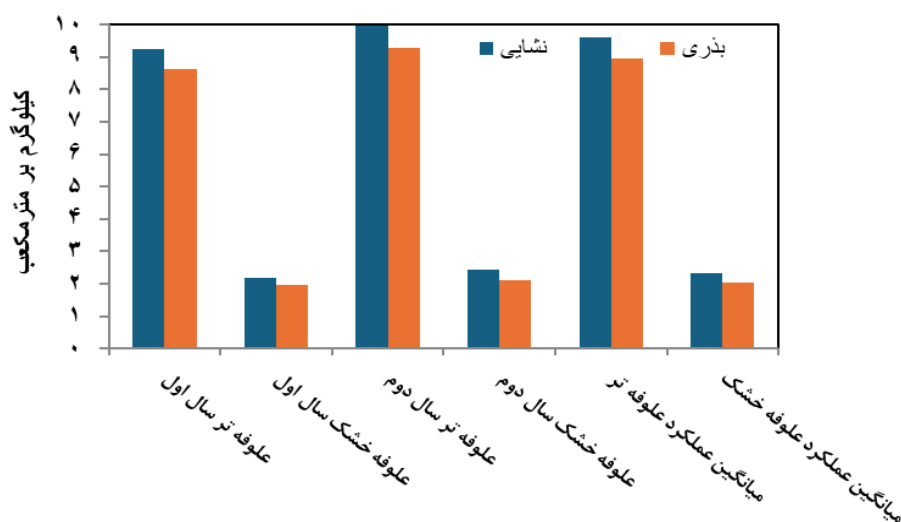
بر اساس نتایج حاصله، بطور متوسط در طی دو سال بیشترین بهره‌وری آب برای عملکرد علوفه‌تر از سامانه آبیاری قطره‌ای با مقادیر ۱۱/۳۷ تا ۱۲/۶۸ کیلوگرم به ازاء مصرف هر متر مکعب آب در تاریخ‌های کشت اول و دوم بدست آمده‌است (جدول ۳ و شکل‌های ۱ و ۲). در سامانه آبیاری بارانی، این شاخص بین ۹/۰۷ تا ۱۰/۲۵ کیلوگرم در مترمکعب بود و در سامانه جویچه‌ای بین ۶/۰۴ تا ۶/۷۱ کیلوگرم به ازاء مصرف هر متر مکعب آب محاسبه شد. برای عملکرد علوفه خشک روند مشابه عملکرد تر بود و بیشترین بهره‌وری آب با مقادیر ۲/۴۳ تا ۳/۱۵ در سامانه آبیاری قطره‌ای بدست آمد و برای سامانه بارانی بین ۱/۹۸ تا ۲/۶۷ و غرقابی بین ۱/۲۷ تا ۱/۵۹ کیلوگرم به ازاء مصرف هر متر مکعب آب بودند. بهره‌وری آب در تاریخ کاشت دوم در مقایسه با تاریخ کاشت اول مقادیر کمتری را نشان داد، میزان



شکل ۱- بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف (عملکردهای مختلف)

کشت‌های مستقیم (علوفه‌تر) ۸/۹۶ و در کشت‌های غیرمستقیم ۹/۶۱ و برای عملکرد خشک ۲/۰۳ و ۲/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب بدست آمده است. ولی این اختلاف‌ها در عملکردهای تر و خشک برای کشت‌های مستقیم و غیر مستقیم معنی‌دار نبودند (جدول ۳ و شکل ۲).

بهره‌وری آب در کشت‌های مستقیم (بذری) طی سال‌های اجرای پروژه نسبت به کشت‌های غیر مستقیم (نشایی) کمتر بوده است. به گونه‌ای که در سال اول و بهره‌وری آب در خصوص عملکردتر کشت مستقیم ۸/۶۳ و در کشت غیر مستقیم ۹/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب است. در سال دوم ۹/۲۹ و ۹/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده‌است. بطور متوسط بهره‌وری آب در



شکل ۲- بهره‌وری آب در کشت‌های مستقیم و غیر مستقیم (عملکردهای مختلف)

اثر سامانه آبیاری بر عملکرد علوفه تر و خشک، معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج دوسال آزمایش می‌توان استنباط کرد که بطور میانگین کمترین میزان مصرف آب از روش آبیاری قطره‌ای ثبت شد (جدول ۲). این روش به ترتیب $49/25$ و $20/52$ درصد در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای و بارانی صرفه جویی آب را به دنبال داشته است. همچنین عملکرد علوفه تر و خشک در سه سامانه آبیاری تفاوت معنی‌داری را نداشتند. لذا بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای بیشتر خواهد بود. مقادیر عددی شاخص بهره‌وری آب نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب بطور میانگین طی دو سال از روش آبیاری قطره‌ای با $11/98$ و $2/76$ به ترتیب برای علوفه تر و خشک، صرف نظر از تاریخ کاشت و روش کاشت بدست آمد که در مقایسه با آبیاری جویچه‌ای و بارانی مقادیر بیشتری را داشت (جدول‌های ۲ و ۳). بالا بودن مقدار مقادیر مصرف آب (آب آبیاری) در تاریخ کاشت اول (۱۵ خرداد ماه) بیشتر از تاریخ کاشت دوم (۱۵ تیرماه) اندازه‌گیری شد. بطور متوسط در تاریخ کاشت خردادماه 375 متر مکعب در هکتار، آب بیشتری در مقایسه با تاریخ کاشت تیر ماه مصرف گردید. هرچند که شاخص بهره‌وری آب برای تولید

علوفه تر و خشک مقادیر کمتری را برای تاریخ کاشت دوم، بطور متوسط برای هر سه روش آبیاری نشان دادند اما این تفاوت چندان چشمگیر نبود. به منظور کاهش مصرف آب می‌توان تاریخ کاشت ذرت را از اواسط خرداد ماه به تیرماه در منطقه انتقال داد. هرچند که عملکرد علوفه تر و خشک کاهش می‌یابد اما بهره‌وری آب تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد و این موضوع صرفه جویی (حدود ۱۲ درصد) در مصرف آب را به همراه دارد. میانگین مصرف آب برحسب مترمکعب در هکتار، در تیمارهای مختلف در شکل (۳) ارائه شده است. متوسط مصرف آب در سال اول معمولاً از سال دوم بیشتر است. که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌داری بود. میزان مصرف آب در سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و قطره‌ای بترتیب دارای بیشترین میزان مصرف طی دو سال اجرای پروژه بودند. مصرف آب در تاریخ کشت اول نسبت به مصرف آب آبیاری در تاریخ کشت دوم، بیشتر بود. متوسط حجم آب مصرفی در تیمارهای نشاکاری از بذری هم بیشتر بودند. ولی این اختلاف معنی‌دار نبود (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین مصرف آب در تیمارهای مختلف در زمان اجرای پروژه

جدول ۴- مقایسه میانگین دو ساله صفات ذرت علوفه‌ای در روش‌های مختلف آبیاری، تاریخ‌های مختلف کاشت و روش کاشت

تیمار	عملکرد علوفه تر (kg/ha)		عملکرد علوفه خشک (kg/ha)		میانگین	میانگین
	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵		
جوپچه‌ای	۷۱۵۴۶/۳۵ a	۷۷۴۵۲/۱۵ a	۷۴۴۹۹/۲۵ a	۱۶۲۲۱/۳۰ a	۱۷۸۲۶/۷۰ a	۱۷۰۲۴/۰۰ a
سامانه آبیاری	۶۷۸۵۸/۵۵ b	۷۵۴۱۹/۸۵ a	۷۱۶۳۹/۲ a	۱۵۶۰۸/۱۳ a	۱۷۵۱۷/۳۸ a	۱۶۵۶۲/۷۵ a
بارانی	۶۹۳۳۶/۷۵ ab	۷۴۴۶۴/۱۵ a	۷۱۹۰۰/۴۵ a	۱۶۶۵۰/۲۸ a	۱۸۲۴۰/۳۳ a	۱۷۴۴۵/۳۰ a
تاریخ کشت	۷۵۸۱۴/۹۷ a	۸۱۸۵۴/۵۳ a	۷۸۸۳۴/۷۵ a	۱۸۲۸۹/۶۸ a	۲۰۱۱۴/۰۸ a	۱۹۲۰۱/۸۸ a
۱۵ خرداد	۶۳۳۴۶/۱۳ b	۶۹۷۰۲/۹۰ b	۶۶۵۲۴/۵۲ b	۱۴۰۳۰/۱۲ b	۱۵۶۰۸/۸۵ b	۱۴۸۱۹/۴۸ b
۱۵ تیر	۷۲۲۳۵/۶۲ a	۷۸۸۰۱/۹۸ a	۷۵۵۱۸/۸۰ a	۱۷۱۵۶۹ a	۱۹۱۸۱/۹۷ a	۱۸۱۶۹/۴۳ a
روش کاشت	۶۶۹۲۵/۴۸ b	۷۲۷۵۵/۴۵ b	۶۹۸۴۰/۴۷ b	۱۵۱۶۲۹ b	۱۶۵۴۰/۹۷ b	۱۵۸۵۱/۹۳ b
نشاکاری						
مستقیم						
سال	۱۳۹۴		۶۹۵۸۰/۵۵ b			۱۶۱۵۹/۹۰ b
	۱۳۹۵		۷۵۷۷۸/۷۲ a			۱۷۸۶۱/۴۷ a

* در هر ستون حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد می باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین دو ساله تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، روش کاشت و روش آبیاری بر عملکرد محصول ذرت علوفه‌ای

تیمار	علوفه تر (کیلوگرم در هکتار)		علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)		میانگین	میانگین
	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۹۵		
آبیاری جوپچه‌ای	T _۱	۸۰۴۵۷/۲ a	۸۷۳۶۴/۰ a	۸۳۹۱۰/۶ a	۱۸۷۵۶/۲ b	۲۱۰۱۴/۴ ab
	S _۱	۷۵۱۲۱/۳ b	۷۹۰۹۰/۵ b	۷۷۱۰۵/۹ b	۱۷۰۰۲/۳ bc	۱۷۵۹۵/۲ cd
	T _۲	۶۷۳۵۲/۳ d	۷۳۲۶۸/۳ c	۷۰۳۱۰/۳ d	۱۵۲۳۰/۲ c	۱۶۵۹۰/۲ de
	S _۲	۶۳۲۵۴/۶ e	۷۰۰۸۵/۸ d	۶۶۶۷۰/۲ e	۱۳۸۹۶/۵ d	۱۴۰۲۵/۳ f
آبیاری قطره‌ای	T _۱	۷۶۳۳۱/۵ b	۸۴۷۹۹/۳ a	۸۰۵۶۰/۴ a	۱۹۰۲۳/۲ ab	۲۱۰۰۷/۴ ab
	S _۱	۷۱۲۱۲/۳ c	۷۸۹۱۹/۱ b	۷۵۰۶۵/۷ bc	۱۶۰۳۶/۸ c	۱۸۳۸۲/۶ b
	T _۲	۶۳۵۴۶/۲ e	۷۱۳۷۴/۸ c	۶۷۴۶۰/۵ e	۱۴۵۲۱/۳ cd	۱۶۴۲۹/۳ cd
	S _۲	۶۰۳۵۴/۲ f	۶۶۵۸۶/۲ e	۶۳۴۷۰/۲ f	۱۲۸۵۱/۲ d	۱۴۲۴۹/۲ d
آبیاری بارانی	T _۱	۸۰۴۱۲/۳ a	۸۵۱۰۸/۷ a	۸۲۷۶۰/۵ a	۲۰۸۵۴/۳ a	۲۲۳۰۵/۷ a
	S _۱	۷۱۳۶۵/۲ c	۷۵۸۴۵/۶ b	۷۳۶۰۵/۴ c	۱۸۰۶۵/۳ b	۱۹۷۸۵/۳ b
	T _۲	۶۵۳۳۴/۲ de	۷۰۸۹۶/۸ cd	۶۸۱۱۰/۵ de	۱۴۵۵۶/۲ cd	۱۶۳۸۴/۸ cd
	S _۲	۶۰۲۴۵/۳ f	۶۶۰۰۵/۵ e	۶۳۱۲۵/۴ f	۱۳۱۲۵/۳ d	۱۴۴۸۵/۵ d

T=نشاکاری، S=کشت بذری یا مستقیم (۱=تاریخ کاشت ۱۵ خرداد ماه، ۲=تاریخ کاشت ۱۵ تیرماه) * در هر ستون حروف مشترک بیانگر عدم معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد می باشد.

مقادیر بیشتری را در مقایسه با کشت مستقیم داشت. شاخص بهره‌وری آب برای تولید علوفه تر و خشک در کشت نشایی به ترتیب ۶/۷ درصد و ۱۲/۱۲ درصد بیشتر از کشت مستقیم بود (جدول ۳). لذا می‌توان استنباط کرد که نشاکاری افزایش بهره‌وری آب در مزرعه را باعث شده است. بطور کلی نتایج نشان داد که در هر سه سامانه آبیاری عملکرد علوفه تر و خشک در تاریخ کاشت اول و شرایط نشاکاری بیشترین مقادیر را داشتند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر و خشک ارائه شده در جدول (۵)، نیز گویای عملکرد بیشتر در روش نشاء کاری در تاریخ‌های اول و دوم نسبت به روش کشت مستقیم (بذری) در همان تاریخ‌ها می‌باشند. و بیشترین

کرت‌های نشاکاری در تاریخ کاشت اول بیشترین مقادیر تولید علوفه تر و خشک، را در بین تیمارها داشتند (جدول ۴). این برتری می‌تواند به دلیل استفاده بیشتر از فصل رشد باشد، کرت‌های نشاکاری حدود دو هفته رشد بیشتری در مقایسه با کشت بذری در زمان کاشت داشتند. این موضوع دلیل برتری کشت نشایی در مقایسه با بذری می‌تواند باشد به ویژه در تاریخ کاشت اول که محدودیت دمایی برای ذرت در انتهای فصل کمتر است. نتایج (Olade et al. 2018) و ذوالفقاران و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیانگر برتری نشاکاری ذرت در تاریخ کاشت اول در مقایسه با کشت تأخیری دارد (جدول ۴). شاخص بهره‌وری آب برای تیمارهای نشاکاری در سه سامانه آبیاری و دو تاریخ کاشت

عملکردها معمولاً در تاریخ کشت اول و در روش نشاءکاری است (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای (نواری) در مقایسه با دو سامانه جویچه‌ای و بارانی بیشتر بود و حجم آب کمتری در سامانه قطره‌ای مصرف گردید. در بین سه روش آبیاری تفاوت معنی‌داری از نظر تولید علوفه‌تر و خشک مشاهده نگردید. بین دو تاریخ کاشت، تفاوت چشمگیری در خصوص شاخص بهره‌وری آب مشاهده نشد. هر چند که عملکرد علوفه در تاریخ کاشت اول بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود. در روش نشاءکاری عملکرد علوفه و بهره‌وری آب در مقایسه با کاشت بذری بیشتر بود. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که به منظور افزایش بهره‌وری آب، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای، تاریخ کاشت تیرماه و کشت نشائی می‌توانند به عنوان روش‌های مؤثر در مدیریت مصرف آب و تولید علوفه ذرت مورد توجه قرار گیرند. هر چند که میزان تولید علوفه در تاریخ کاشت اول و در شرایط نشاءکاری بیشتر بود. لذا نشاءکاری باعث افزایش بهره‌وری آب شده است. به منظور مصرف بهینه و افزایش بهره‌وری آب، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای، تاریخ کاشت تیرماه و کشت نشائی می‌توانند به عنوان روش‌های مؤثر در بهره‌وری آب و تولید علوفه ذرت در اقلیم مشابه منطقه آزمایش (نیمه خشک و سرد) مورد توجه قرار گیرند. با توجه به برتری آبیاری قطره‌ای پیشنهاد می‌شود مقادیر کمتر آب آبیاری در این سامانه بر عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه مورد ارزیابی قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

از کلیه همکارانم در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری که در اجرای این پروژه یاری رسانده‌اند کمال امتنان را دارم.

منابع

استخر، ا. و دهقانپور، ز. ۱۳۸۹. تعیین تاریخ کاشت مناسب برای ارقام جدید زودرس ذرت در کشت دوم در مناطق معتدل استان فارس. نشریه به زراعی نهال و بذر، ۲۶(۲): ۱۶۳-۱۹۱.
10.22092/sppj.2017.110402
حسام، م. و کیانی، ع. ۱۳۹۳. بررسی راندمان آبیاری در مزارع استان گلستان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۲ (۸): ۳۳۶-۳۴۳.

حدادی، م.، ح. و محسنی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی عملکرد علوفه سیلوئی در گروه‌های مختلف زودرسی ذرت. (پس از برداشت گندم). مجله علوم کشاورزی، ۸(۱): ۶۵-۵۸.
20.1001.1.15625540.1385.8.1.5.4

خدادادی، ح. ۱۳۷۹. اثر فاصله ردیف و تاریخ کاشت بر عملکرد سه هیبرید ذرت سیلویی در منطقه شهرکرد. نهال و بذر، ۱۶(۱): ۵۲-۶۵.
10.22092/spij.2017.110907

دهقانیان، س.، ا. و افضلی‌نیا، ص. ۱۳۹۷. بهره‌وری آب و عملکرد ذرت در تناوب با گندم در روش‌های مختلف آبیاری و خاکورزی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۲(۱): ۱۵-۲۸.
10.22092/jwra.2018.116597

ذوالفقاران، ا.، علیزاده، ا.، خاوری، س.، بنایان، م. و انصاری، ح. ۱۳۹۵. بررسی و مقایسه بهره‌وری آب در کشت نشائی و مستقیم ذرت در رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۱۰): ۵۰۸-۵۱۹.

زارعی، ز.، حیدری، ح.، نصرتی، ا. و خرمی‌وفا، م. ۱۳۹۷. مقایسه سیستم کشت مستقیم و نشائی ذرت در تاریخ کاشت معمول و هراکشت. تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی)، ۴۱(۱): ۹۷-۱۰۹.
<https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13553>

طاهری، ش.، ساطانی، ا.، کام‌مکار، ب.، ناظری، م. و شاکری، ا. ۱۴۰۰. مدل‌سازی تأثیر کشت نشائی بر عملکرد و مصرف آب ذرت در شرایط محیطی گرگان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۳(۲): ۳۰۷-۳۲۴.
10.22067/jag.v13i2.84053

قلخانی، ا.، پاک‌نژاد، ف.، ماهرخ، ع.، اردکانی، م. و گل‌زردی، ف. ۱۴۰۰. اثر روش و تاریخ کاشت بر عملکرد، کارایی مصرف آب و خصوصیات ریخت‌شناسی دو رقم ذرت دانه‌ای. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۲(۱): ۱-۱۵.

Abd El-Wahed, M. H. and Ali, E.A. 2012. Effect of irrigation systems, amounts of irrigation water and mulching on corn yield, water use efficiency and net profit. Agricultural water management, 120: 64-71.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.017>
Agriculture and Rural Development. 2016. Alberta irrigation management manual. Irrigation Management Branch Irrigation and Farm Water Branch, 54 pp.

- Olabode, O. S. Oladapo, O. S. and Sangodele, A. O. 2018. Influence of Age at Transplanting on the Growth and Yield Performance of Maize Transplants. *Asian Journal of Research in Crop Science*. 1(4): 1-4. DOI:10.9734/AJRCS/2018/41797
- Oswald, A., Ransom, J.K., Kroschel, J. and Sauerborn, J. 2001. Transplanting maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) reduces *Striga hermonthica* damage. *Weed Sciences*. 49: 346-353. DOI:10.1614/0043-1745(2001)049[0346:TMSRS]2.0.CO;2
- Rechard, G.A., Pereira, S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper No. 56, Rome, Italy.
- Rueber, D., Elmore, R. and Warren, P. 2013. Transplanting and row cover effect on corn. Iowa State Research Farm Progress Reports. Iowa State University, Northern Research and Demonstration Farm ISRF12-22..p 8. http://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/1963
- Segovia-Cardozo, D.A., Rodríguez-Sinobas, L., and Zubelzu, S. 2019. Water use efficiency of corn among the irrigation districts across the Duero river basin (Spain): Estimation of local crop coefficients by satellite images. *Agricultural Water Management*, 212: 241- 251. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.042>
- Sharma, R.K., Brar, H.S., Khehra, A.S. and Duillon, B.S. 1988. Gap Filling Through Transplanting in Maize during Winter. *Agronomy & Crop Science*, 162: 145-148. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1989.tb00701.x>
- Tennakoon, S.B. and Milroy, S.P. 2003. Crop water use and water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. *Agricultural Water Management*. Vol. 61, pp.179-194. DOI:10.1016/S0378-3774(03)00023-4
- Walker, W.R. and Skogerboe G.V. 1987. *Surface Irrigation: Theory and Practice*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 07632, pp 386.
- Wang, Y., Zhang, Y., Zhou, S. and Wang, Z. 2018. Meta-analysis of the no-tillage effect on wheat and maize water use efficiency in China. *Science of the Total Environment*, 635: 1372- 1382. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.202>.
- Warrington, J., and Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod i. seedling Al-Kaisi, M.M. and Yin, X. 2003. Effects of Nitrogen Rate, Irrigation Rate, and Plant Population on Corn Yield and Water Use Efficiency. *Agronomy journal*, 95: 1475- 1482. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1475>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy (Irrigation and Drainage Paper No. 56).
- Brien, D.M., lamm, F.R., stone, L.R. and Rogers, D.H. 2001. Corn yields and profitability for low-capacity Irrigation systems. *Agricultural Engineering*. 17 (3): 315-321. DOI:10.13031/2013.6217
- Fanadzo, M., Chiduzza, S. and Mnkeni, P.N. 2010. Comparative response of direct-seeded and transplanted maize to nitrogen fertilization at Zanyokwe Irrigation Scheme, Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (8): 689-694. Available online at <http://www.academicjournals.org/AJAR>
- Garcia, A.G., Guerra, L.C., and Hoogenboom, G. 2009. Impact of planting date and hybrid on early growth of sweet corn. *Agronomy Journal*. 101:193–200. DOI:10.2134/agronj2007.0393.
- Hamad, N. S. and Stringham, G. E. 1978. Maximum non-erosive furrow irrigation stream size. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. American Society of Agricultural Engineers. 104: 275- 279. <https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001208>
- Kramer, P. S. and Boyer, J. S. 1995. *Water relations of plants and soils*. Academic press Inc, New York, 482 pp.
- Irmak, S., Djman, K. and Rudnick, D.R. 2016. Effect of full and limited irrigation amount and frequency on subsurface drip-irrigated maize evapotranspiration, yield, water use efficiency and yield response factors. *Irrigation Science*, 34: 271- 286. DOI:10.1007/s00271-016-0502-z
- Jensen, M.E. 1983. *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. ASAE, Michigan, USA, p. 827.
- Mo, Y., Li, G. and Wang, D. 2017. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn. *Agricultural Water Management*. 179: 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.005>

- duration, nitrogen distribution, and yield. *Agronomy Journal*, 80: 859–864. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000060004x>
- Wolfe, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C. and Alvino, A. 1988b. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy journal*, 80: 865–870. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.00021962008000060005x>
- emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agronomy journal*, 75:749-754. <https://doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500050008x>
- Welde, K., and Gebremariam, H.L. 2016. Effect of different furrow and plant spacing on yield and water use efficiency of maize. *Agricultural Water Management*, 177: 215- 220. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.026>
- Wolfe, D.W., Henderson, D.W., Hsiao, T.C. and Alvino, A. 1988a. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area

Water Productivity of Forage Corn Transplanting and Seeding under Different Irrigation Systems

R. Alimohammadi Nafchi¹ and S. J. Noorbakhshian²

Abstract

This project was conducted over two years to enhance food security and increase productivity through various irrigation methods, including drip, sprinkler, and Furrow irrigation, along with two cultivation techniques: transplanting and direct seeding. It focused on forage corn planted on June 15 and July 15 at the Chahartakhte research station, located in a semi-arid, cold climate. Each experiment was arranged as a split-plot within a randomized complete block design with three replications. Transplants were planted simultaneously with seed crops. At the end of each crop cycle, traits such as irrigation water use and both wet and dry forage yields were measured. Results showed no significant differences in forage yields among the three irrigation systems. The average water productivity for drip irrigation was 2.76 kg/m³, higher than that of the surface and sprinkler systems. The highest water productivity, 3.15 kg/m³, was observed with drip irrigation and seedling cultivation on the first planting date. On the second planting date, 1070 m³/ha less water was used compared to the first. Water productivity on the first planting date was 8.6% higher than on the second, and seedling cultivation was 9.4% more water productivity than seed cultivation. To optimize water use and increase water productivity, adopting a drip irrigation system, planting on July 15, and using seedling cultivation are effective strategies for reducing water consumption and producing forage corn in semi-arid, cold regions.

Keywords: Direct and indirect sowing, Irrigation systems, Sowing date, yield, water productivity

¹ Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran (*- Corresponding Author Email: Nafchi38@gmail.com)

² Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran

Received: 11 Oct 2025

Accepted: 01 Dec 2025