

تأثیر انواع آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و سطوح آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای

مظاهر امینی نجف‌آبادی^{۱*}، روح‌الله فتاحی^۲، بهزاد قربانی^۳ و حمیدرضا سالمی^۴

چکیده

پژوهش حاضر با هدف مطالعه اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای تحت تنش رطوبتی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۶ تیمار آبیاری قطره‌ای نواری پلاک‌دار ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری و کنار دوخت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری و ۵ تیمار سطوح آبیاری ۱۰۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک با ۳ تکرار روی ذرت علوفه‌ای در اصفهان انجام شد. ۲۲ مرتبه آبیاری بر اساس تأمین کمبود رطوبتی تا سطح ظرفیت زراعی با لحاظ کم‌آبیاری، انجام شد. برای هر تیمار - تکرار، وزن محصول، وزن بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، بهره‌وری محصول و بلال محاسبه شد. نتایج نشان داد که اثرات اصلی و متقابل نوع نوار و میزان آبیاری بر اجزای عملکرد در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. از نظر نوع نوار کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری با عملکرد محصول و بهره‌وری آب در به‌ترتیب ۷۰۱۱۲ کیلوگرم و ۱۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب برتر بود. از نظر میزان آبیاری، تیمار تأمین ۱۰۰٪ تخلیه رطوبتی با عملکرد محصول ۶۶۵۰۷ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب بهترین تیمار بود. قطره‌ای نواری کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری با تأمین ۱۰۰٪ تخلیه رطوبتی خاک، با عملکرد ۸۱۲۷۹ کیلوگرم بر هکتار و بهره‌وری آب ۱۴/۲ کیلوگرم بر مترمکعب در بین کلیه تیمارها بهترین بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، اجزای عملکرد، کم‌آبیاری، ذرت علوفه‌ای.

ارجاع: امینی نجف‌آبادی م. فتاحی ر. قربانی ب. و سالمی ح. ۱۳۹۹. تأثیر انواع آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) و سطوح آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجله پژوهش آب ایران. ۳۹: ۱۷۹-۱۸۷.

۱- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۴- استادیار پژوهش بخش فنی مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان اصفهان.

* نویسنده مسئول: rasoolam1360@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۲

مقدمه

در ایران روش‌های آبیاری تحت فشار از دهه ۵۰ رونق گرفت و در شهریور ۱۳۶۸ اولین گردهمایی آبیاری تحت فشار برگزار و سیاست‌گذاری کلی برای توسعه روش‌های نوین آبیاری از آن زمان آغاز شد (ولی‌زاده، ۱۳۸۲). تا پایان برنامه پنجم توسعه ۱/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور تحت پوشش سامانه‌های نوین آبیاری قرار گرفته است و پیش‌بینی می‌شود طی برنامه ششم توسعه این میزان به ۳/۵ میلیون هکتار افزایش یابد (سایت وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۹). عباسی و همکاران (۱۳۹۵) با جمع‌بندی بررسی‌های مزرعه‌ای در اراضی سنتی و پایاب سدهای کشور بازدهی کاربرد آب آبیاری در کشور را بین ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد با میانگین ۵۶٪ گزارش دادند. سطح اراضی زراعی ایران در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ حدود ۱۱/۳۸ میلیون هکتار بوده که محصول ذرت به لحاظ تولید بعد از گندم در مرتبه دوم قرار داشته است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). این گیاه از زراعت‌های تابستانه با نیاز آبی زیاد است که عمدتاً بعد از برداشت جو یا گندم، با محدودیت شدید آب کشت می‌شود؛ لذا با کم‌آبیاری امکان افزایش سطح و به تبع آن سود بیشتر میسر می‌شود (علیزاده و عباسی، ۱۳۹۵). طی دو دهه اخیر، روشی به نام آبیاری قطره‌ای نواری یا تیپ برای گیاهان ردیفی از جمله چغندرقد، ذرت و پنبه استفاده شده و نتایج موفقیت‌آمیزی داشته است (اخوان، ۱۳۹۴). آبیاری قطره‌ای نواری، از جمله بهترین روش‌ها برای کشاورزی در خاک‌های با شوری بالاست و می‌توان از این سامانه در وضعیت آب و هوایی خشک با آب شور، با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب برای محصول ذرت استفاده کرد (وان و همکاران، ۲۰۱۲). دهقانیان و افضل‌نیا (۱۳۹۷)، طی مطالعه‌ای که روی محصول ذرت دانه‌ای انجام دادند، نشان دادند روش آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه دارد و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری مربوط روش آبیاری قطره‌ای نواری است. عبدی و فتاحی (۱۳۹۶) با هدف بررسی اثر فاصله قطره‌چکان‌ها بر میزان گرفتگی فیزیکی نوارهای آبیاری قطره‌ای، طی تحقیقی از دو نوع نوار آبیاری پلاک‌دار و کنار دوخت با فاصله قطره‌چکان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر استفاده کرد. نتایج نشان داد در هر دو نوع نوار آبیاری، فاصله قطره‌چکان اثر معنی‌داری بر گرفتگی و نوار آبیاری پلاک‌دار با فاصله قطره‌چکان ۳۰ سانتی‌متر با

میزان گرفتگی ۲۲٪ کمترین گرفتگی را دارد. مقایسه مقادیر میزان گرفتگی و ضریب یکنواختی توزیع آب، کارایی بالای نوار آبیاری پلاک‌دار در وضعیت گرفتگی را نشان داد. باغانی (۱۳۸۷) با مقایسه روش آبیاری شیباری و قطره‌ای نواری در زراعت‌های ردیفی، نتیجه گرفت برای محصول ذرت علوفه‌ای ۴۹٪ در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود و بهره‌وری آب ۱۱۶٪ افزایش می‌یابد. زنگ و همکاران (۲۰۱۷)، چهار تیمار شامل سطوح آبیاری ۶۰۰، ۵۴۰، ۴۸۰ و ۴۲۰ میلی‌متر را در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری همراه بر روی شش رقم ذرت اعمال کردند. نتایج نشان داد با کاهش ۱۰٪ سطح آبیاری نسبت به آبیاری کامل، عملکرد دانه و بازده اقتصادی کاهش قابل توجهی نداشتند، ولی میزان تبخیر و تعرق کاهش و بهره‌وری آب افزایش یافت. افراسیاب و همکاران (۱۳۹۵) طی پژوهشی که برای تعیین آثار کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری، تراکم بوته و آرایش کشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در منطقه اسلام‌آباد غرب انجام دادند، چهار تیمار آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵٪ میزان تبخیر و تعرق را اعمال و نتیجه گرفتند که بالاترین بهره‌وری مربوط به تیمار ۱۰۰٪ و بیشترین عملکرد محصول مربوط به تیمار ۱۲۵ تبخیر و تعرق است. لیو و همکاران (۲۰۱۷)، شش تیمار کم آبیاری شامل ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰٪ تبخیر و تعرق (ETc) را برای گیاه ذرت اعمال کردند و نتیجه گرفتند که فاکتورهای رشد بطور معنی‌داری برای تیمار ۴۰٪ نسبت به تیمارهای ۸۰-۱۲۰ درصد کاهش یافت ولی در بازه ۸۰-۱۲۰٪ تفاوت معنی‌دار نبود. بهترین وضعیت از نظر عملکرد، سود، بهره‌وری آب و تعادل نمک خاک، برای سطح آبیاری ۱۰۰٪ گزارش شد. شهسواری و همکاران (۱۳۹۷)، تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای را با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در منطقه حاجی‌آباد استان هرمزگان بررسی و آبیاری به مقدار ۸۰٪ نیاز آبی گیاه ذرت در آن منطقه را توصیه کردند. جعفری و همکاران (۱۳۸۴) تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری شامل ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی را بر بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در روش آبیاری قطره‌ای نواری مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با بهره‌وری آب معادل ۱/۵۲

جغرافیایی ۳۶۳۳۵۲۲ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی عبارت از: نوع آبیاری قطره‌ای نواری شامل پلاک‌دار ۱۵ سانتی‌متری (P15)، پلاک‌دار ۲۰ سانتی‌متری (P20)، پلاک‌دار ۳۰ سانتی‌متری (P30)، کنار دوخت ۱۰ سانتی‌متری (K10)، کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری (K20) و کنار دوخت ۳۰ سانتی‌متری (K30) و ۵ تیمار سطوح آبیاری شامل ۱۰۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰٪ کمبود رطوبتی خاک (اختلاف رطوبتی خاک تا سطح ظرفیت زراعی). مشخصات اسمی نوارهای استفاده شده در مطالعه و نتیجه اندازه‌گیری دبی برای نوارها در جدول ۱ نشان داده شده است.

پیش از اجرای آزمایش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و مشخصات کیفی آب مزرعه تعیین شد (جدول‌های ۲ و ۳). رطوبت در سطح ظرفیت زراعی بر اساس روش استوانه عمودی طی ۹۶ ساعت به دست آمد (کسل و نلسن، ۱۹۹۰). منبع تأمین آب اراضی یک چاه اختصاصی با دبی حدود ۱۰ لیتر بر ثانیه بود. قبل از اجرای طرح، در دهه سوم تیرماه عملیات شخم با گاوآهن و عملیات آماده‌سازی و کاشت با دستگاه ردیف‌کار ذرت به تعداد حدود ۱۵۰ ردیف ۱۰۰ متری انجام شد. رقم ذرت کشت شده سینگل کراس ۷۰۴ (KSC704) بود.

فاصله خطوط کشت و فاصله نوارها، ۷۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت بذر ۴ تا ۵ سانتی‌متر و طول خط کشت ۵۰ متر در نظر گرفته شد. برای حذف آثار حاشیه‌ای، برای هر تیمار-تکرار سه ردیف نوار آبیاری مشابه اجرا و برداشت نتایج از ردیف میانی صورت گرفت. تعداد ۵ مانیفولد (لوله سایز ۷۵ میلی‌متر) با طول‌های حدود ۲۳ متر عمود بر خطوط کشت و نوارهای آبیاری، به شبکه آبرسانی مزرعه وصل شد. برای هر مانیفولد یک شیر قطع و وصل و کنتور حجمی نصب شد. هر نوار آبیاری قطره‌ای در سطح مزرعه بوسیله یک لوله ۱۶ میلی‌متر و شیر مربوطه به مانیفولدها متصل شد.

عملیات آبیاری از اواخر تیرماه آغاز و تا پایان فصل ۲۲ مرتبه آبیاری بر اساس اندازه‌گیری رطوبت محدوده ریشه در دو عمق ۲۰-۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متری به روش وزنی و سنسور رطوبتی ساخت شرکت لترون، با دوره ۴ روزه انجام شد. برای این منظور در تیمار ۱۰۰٪، میزان کمبود رطوبت تا سطح ظرفیت زراعی تعیین و بر مبنای آن حجم

کیلوگرم بر مترمکعب، بهترین عملکرد را داشت. صمدوند و همکاران (۱۳۹۳) طی تحقیق مشابهی نشان دادند برای ذرت دانه‌ای تیمار ۸۰٪ آبیاری قطره‌ای نواری با بهره‌وری آب ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب نسبت به سطوح ۱۰۰ و ۱۲۰٪ عملکرد بهتری داشته است. اوکتم (۲۰۰۸) با اعمال تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ کاهش در عمق آبیاری (محاسبه نیاز آبی بر اساس تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به این نتیجه رسید که بیشترین بهره‌وری آب در تیمار ۱۰٪ کاهش در عمق آبیاری حاصل شده است.

سیستم آبیاری بارانی تأثیر مثبتی بر بهبود بازده آبیاری در کشور داشت؛ ولی باید در نظر داشت که عمده مشکل این سیستم مربوط به تلفات تبخیر و بادبردگی است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). از طرفی به دلایل مختلف، معمولاً طرح آبیاری قطره‌ای نواری بصورت تلفیقی با طرح آبیاری بارانی یا طرح آبیاری کم‌فشار اجرا می‌شود تا متناسب با نیاز الگوی کشت، امکان تغییر در شبکه آبیاری و بهره‌برداری بهینه از سامانه وجود داشته باشد. عمده نوارهای آبیاری قطره‌ای نواری به کار رفته در کشور از نوع غیرپلاک‌دار (کنار دوخت) است.

همان‌گونه که ذکر شد مطالعات متعددی در زمینه تأثیر مثبت استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری بر اجزای عملکرد و بهره‌وری آب برای محصولات مختلف انجام شده است. همچنین در خصوص بررسی تأثیر کم آبیاری بر اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری برای محصولات مختلف نیز، مطالعات متعددی انجام شده است. در اغلب مطالعات گذشته عموماً بسته به نوع محصول و وضعیت کشت از یک نوع نوار آبیاری قطره‌ای استفاده و در خصوص مقایسه انواع نوار آبیاری، مطالعات محدودی انجام شده است و نیاز به مطالعات جامع وجود دارد. در خصوص آثار متقابل انواع نوار و انواع سطوح آبیاری نیاز به مطالعه احساس می‌شود. بر همین اساس در پژوهش حاضر آثار اصلی و متقابل نوع نوار و میزان آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت یک سال (سال ۱۳۹۶) در مزرعه‌ای به وسعت حدود یک هکتار در منطقه حبیب‌آباد شهرستان برخوار اصفهان با طول جغرافیایی ۰۵۷۴۶۶۵ و عرض

شد. در مرحله مزرعه‌ای حدود ۵ مترمربع (طول ۷/۱۴ متر از ردیف کشت) از هر تیمار - تکرار انتخاب و در این سطح، وزن کل بوته‌ها با بلال و وزن کل بلال‌ها اندازه‌گیری و با نسبت‌گیری، عملکرد بر هکتار کل محصول سبز و بلال محاسبه شد. در مرحله آزمایشگاهی، ۵ بوته به تصادف از هر تکرار به آزمایشگاه منتقل و برای هر کدام از بوته‌ها، ارتفاع بوته و طول بلال انتهایی اندازه‌گیری و ثبت شد. شاخص بهره‌وری آب بر اساس نسبت عملکرد بر حسب کیلوگرم و میزان آب آبیاری بر حسب مترمکعب محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹/۴ انجام و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

مورد نیاز آب برای سایر سطوح آبیاری مشخص شد. پس از آن مدت آبیاری برای هر تیمار متناسب با میزان شدت ریزش خروجی هر نوار، محاسبه و با قطع شیر ابتدای نوار اعمال و ثبت شد. دبی واقعی نازل‌های نوارهای آبیاری ممکن است در شرایط مزرعه متفاوت با دبی اسمی باشد. با توجه به این‌که هم‌زمان با مطالعه حاضر، فرایند ارزیابی عملکرد برای کلیه تیمارها انجام شد، دبی واقعی نازل نوارها در آبیاری چهارم و نهم در سطح مزرعه اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها معیار برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت. سایر عملیات داشت شامل کوددهی (اسید هیومیک دو مرتبه و اوره شش مرتبه)، سم پاشی و مبارزه با علف‌های هرز (یک مرتبه) به‌طور یکسان برای تمام تیمارها اعمال شد. در پایان فصل کشت (اویل آبان ماه)، عملیات نمونه‌برداری در دو سطح مزرعه‌ای و آزمایشگاهی انجام

جدول ۱- مشخصات نوارهای آبیاری استفاده شده در مطالعه

علامت اختصاری	رقب	فاصله نازل (cm)	نازل دبی اسمی (lit/hr)	میزان ریزش (lit/hr)	متری متر (lit/hr)
P15	پلاکدار	۱۵	۲/۵	۰/۹۲۰	۳۰۶/۷۷۶
P20	پلاکدار	۲۰	۲/۵	۱/۰۲۵	۲۵۶/۱۸۹
P30	پلاکدار	۳۰	۲/۵	۱/۰۷۳	۱۷۸/۹۱۱
K10	کنار دوخت	۱۰	۲	۰/۵۹۴	۲۹۷/۲۳۴
K20	کنار دوخت	۲۰	۳	۰/۸۰۷	۲۰۱/۶۶۳
K30	کنار دوخت	۳۰	۲	۰/۵۲۰	۸۶/۶۶۷

جدول ۲- خلاصه نتایج مربوط به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عنوان	مشخصه	مقدار
اسیدیته	۷/۳	۴/۲
شن (درصد)	۲۸	۷/۱
سیلت (درصد)	۳۸	۴۴/۶
رس (درصد)	۳۴	۴۴/۲
بافت	لومی رسی	۲۶۹۰
Fc (درصد)	۲۷/۴۷	۱۰۰۰
چگالی ظاهری (gr/cm ³)	۱/۳۹	

جدول ۳- نتایج مربوط به کیفیت آب چاه

نام مشخصه	مقدار
هدایت الکتریکی (dS/m)	۴/۲
اسیدیته	۷/۱
مجموع آنیون‌ها (meq/l)	۴۴/۶
جمع کاتیون‌ها (meq/l)	۴۴/۲
TDS (mg/l)	۲۶۹۰
سختی کل (mg/l)	۱۰۰۰

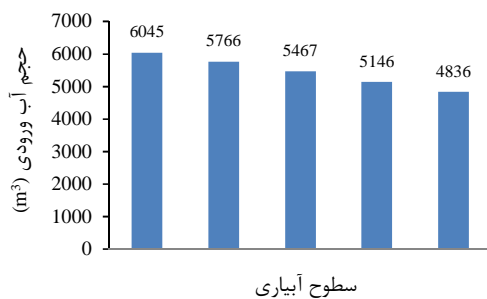
نتایج و بحث

پس از جمع‌بندی ساعت‌های آب ورودی به تیمارها، میانگین میزان حجم آب ورودی به تیمارهای ۱۰۰، ۹۰، ۸۰، ۷۰ و ۶۰٪ آبیاری به ترتیب ۶۰۴۵، ۵۷۶۶، ۵۴۶۷، ۵۱۴۶ و ۴۸۳۶ مترمکعب بر هکتار به دست آمد. در شکل ۱، میانگین میزان حجم آب اعمال شده برای ۵ سطح آبیاری نشان داده شده است.

عملکرد محصول و بلال

تأثیر عوامل آزمایش بر اجزای عملکرد در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق این جدول اثر انواع نوارهای آبیاری قطره‌ای در سطح ۱٪ بر عملکرد محصول و بلال دارای اختلاف معنی‌دار هستند. با عنایت به گروه‌بندی آن‌ها طبق جدول ۵، می‌توان نتیجه گرفت که نوار آبیاری قطره‌ای کنار دوخت با فاصله نازل ۲۰ سانتی‌متر (K20) با

محدوده ریشه با عملکرد محصول و عملکرد بلال به ترتیب ۶۶/۵ تن بر هکتار و ۱۱/۳ تن بر هکتار، تیمار برتر بوده است. در تیمار تأمین ۶۰٪، به عنوان تیمار ضعیف، به ترتیب برای این دو جزء عملکرد ۳۷٪ و ۵۷٪ افت در عملکرد محصول و بلال نسبت به تیمار ۱۰۰٪ اتفاق افتاده است. طبق جدول ۶، بین دو تیمار تأمین ۷۰٪ و ۶۰٪ تخلیه رطوبت محدوده ریشه اختلاف معنی دار وجود ندارد. لذا دو تیمار ۶۰٪ و ۷۰٪ توصیه نمی شود. در تیمار ۹۰٪، با کاهش ۱۰٪ در عمق آبیاری عملکرد کل و عملکرد بلال به ترتیب ۱۷٪ و ۱۹٪ کاهش یافت. این ارقام برای تیمار ۸۰٪ به ترتیب ۲۵٪ و ۳۴٪ بود. نتایج مطالعه بوزگورت و همکاران (۲۰۱۸) و لیو و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد که تیمار تأمین ۱۰۰٪ تخلیه رطوبتی خاک دارای بالاترین عملکرد محصول بوده است.



شکل ۱- نمودار میانگین حجم آب اعمال شده برای سطوح آبیاری

ارتفاع بوته و بلال

تأثیر عوامل آزمایش بر ارتفاع بوته و بلال در جدول ۵ نشان داده شده است. طبق این جدول، اثر انواع آبیاری قطره‌ای نواری در سطح ۱٪ بر ارتفاع این دو عملکرد دارای اختلاف معنی دار بوده است و با عنایت به گروه بندی آنها طبق جدول ۶، می توان نتیجه گرفت که نوار آبیاری قطره‌ای کنار دوخت با فاصله نازل ۲۰ سانتی متر (K20) با ارتفاع بوته و بلال به ترتیب ۱۹۵/۴ و ۱۹/۴ سانتی متر در کنار نوار آبیاری پلاک دار ۱۵ سانتی متری (P15) در گروه برتر قرار گرفتند. از طرف دیگر ضعیف ترین تیمار طبق این دو شاخص، کنار دوخت ۳۰ سانتی متری (K30) و پس از آن تیمار پلاک دار ۳۰ سانتی متری (P30) است. همانند دو شاخص مربوط به عملکرد، به نظر می رسد با وجود بافت نسبتاً سنگین خاک، فاصله ۳۰ سانتی متری نازلها در نوار آبیاری، هم پوشانی مناسب در محدوده ریشه گیاه را ایجاد

عملکرد کل محصول و عملکرد بلال به ترتیب ۷۰۱۱۲ و ۱۴۵۹۳ کیلوگرم بر هکتار بهترین تیمار بوده است. از طرفی طبق شاخص عملکرد محصول تیمارهای پلاک دار ۳۰ سانتی متری (P30) و کنار دوخت ۳۰ سانتی متری (K30) و از نظر عملکرد بلال تیمار کنار دوخت ۳۰ سانتی متری (K30) ضعیف ترین تیمار بوده اند. در خاکهای با بافت سنگین نسبت به خاک با بافت سبک، عرض خیس شدگی وسیع تری ایجاد می شود. با وجود بافت نسبتاً سنگین در این پژوهش، فاصله ۳۰ سانتی متری نازلها در نوار آبیاری، هم پوشانی مناسب در توسعه رطوبت در محدوده ریشه گیاه را ایجاد نکرد. بر این اساس می توان توصیه کرد که در کشت ذرت علوفه‌ای در وضعیت مشابه مزرعه حاضر، به دلیل کاهش حدود ۳۳٪ عملکرد محصول در انواع نوارهای آبیاری قطره‌ای نواری ۳۰ سانتی متری و همچنین کاهش بالای ۹۰٪ عملکرد بلال در نوع کنار دوخت و حدود ۵۷٪ در نوع پلاک دار، نوار آبیاری با فاصله ۳۰ سانتی متری توصیه نشود. نوار آبیاری کنار دوخت با فاصله ۱۰ سانتی متری (K10) نسبت به تیمار برتر از نظر عملکرد کل ۱۸٪ و از نظر عملکرد بلال ۳۵٪ پایین تر است. در مشاهدات مزرعه‌ای و مطالعه مجزایی که در زمینه تغییر شوری در افق خاک و محاسبه یکنواختی توزیع در طول نوارها انجام شد، گرفتگی بالای نازلها در طول این نوار نیز به وضوح قابل مشاهده بود. لذا استفاده از این نوع نوار در وضعیت استفاده از آب شور و وضعیت مشابه با مطالعه حاضر با توجه به امکان انسداد نازلها توصیه نمی شود. آبیاری قطره‌ای نواری پلاک دار با فاصله ۱۵ سانتی متر (P15) نسبت به تیمار برتر از نظر عملکرد کل و عملکرد بلال به ترتیب ۷٪ و ۱۵٪ افت داشته است. با مقایسه دبی عبوری از این نوار (حدود ۳۰۷ لیتر بر ساعت) و نوار کنار دوخت با فاصله نازل ۱۰ سانتی متر (K10) (حدود ۲۹۷ لیتر بر ساعت) می توان نتیجه گرفت که نوارهای آبیاری پلاک دار دارای حساسیت کمتری نسبت به شوری آب آبیاری نسبت به نوع کنار دوخت هستند. به طور کلی می توان پیشنهاد کرد که برای گیاه ذرت علوفه‌ای استفاده از نوار آبیاری کنار دوخت ۲۰ سانتی متری بهترین گزینه است.

گروه بندی نتایج مقایسه میانگین اجزای عملکرد نسبت به سطح آبیاری اعمال شده، در جدول ۶ گزارش شده است. بر این اساس، تیمار تأمین ۱۰۰٪ تخلیه ظرفیت رطوبتی

نکرد. گفتنی است طی فرایند ارزیابی مجزا در مطالعه حاضر، شاخص‌های ارزیابی در سطح مناسب بودند. می‌توان توصیه کرد که در کشت ذرت علوفه‌ای، از انواع نوار آبیاری با فاصله ۳۰ سانتی‌متری استفاده شود. نوار آبیاری کنار دوخت با فاصله ۱۰ سانتی‌متری (K10) از نظر ارتفاع بلال در گروه برتر قرار گرفته و نسبت به تیمار برتر از نظر ارتفاع بوته ۱۲٪ پایین‌تر است. مشاهدات مزرعه‌ای به صورت ملموس اختلاف ارتفاع محصول در طول ردیف کشت به خصوص از فاصله حدود ۱۵ متری ابتدای نوار را نشان می‌دهد. نوار آبیاری پلاک‌دار با فاصله ۱۵ سانتی‌متر (P15) و فاصله ۲۰ سانتی‌متر (P20) از نظر دو شاخص ارتفاع بوته و بلال، یکسان نشان داده شده است. گروه‌بندی نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته و بلال نسبت به سطح آبیاری اعمال شده در جدول ۷ گزارش شده است. بر این اساس، تیمار تأمین ۱۰۰٪ تخلیه ظرفیت رطوبتی محدوده ریشه با ارتفاع بوته و بلال به ترتیب ۱۷۹/۳ و ۱۵/۳ سانتی‌متر، تیمار برتر بوده است. همچنین از نظر ارتفاع بلال اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۸۰٪، ۹۰٪ و ۱۰۰٪ وجود ندارد. در تیمار تأمین ۶۰٪ به عنوان تیمار ضعیف‌تر، به ترتیب برای این دو جزء عملکردی ۲۶٪ و ۳۷٪ افت اتفاق افتاده است. اعمال تنش رطوبتی در سطوح ۶۰٪، برای ارتفاع محصول نسبتاً کمتر و برای ارتفاع بلال تقریباً به همین نسبت کاهش یافته است. به این معنی که به ازای کاهش یک واحد آب مصرفی، کمتر از یک واحد افت در ارتفاع این دو شاخص بوده است. لذا تیمار ۶۰٪ پذیرفتنی است ولی در تیمار ۷۰٪، دو شاخص ذکر شده به ترتیب ۱۳٪ و ۲۴٪ حاصل شد، لذا انتخاب تیمار ۷۰٪ نسبت به تیمار ۶۰٪ منطقی به نظر می‌رسد. در تیمار ۹۰٪، با کاهش ۱۰٪ در عمق آبیاری ارتفاع کل و ارتفاع بلال هر دو حدود ۷٪ کاهش یافت و برای تیمار ۸۰٪ کاهش این دو شاخص به ترتیب ۱۳٪ و ۵٪ بود. بر این اساس می‌توان بر اساس شاخص‌های ارتفاع بوته و بلال، تیمار ۸۰٪ را پیشنهاد کرد.

بهره‌وری آب محصول و بلال

از سه پارامتر عملکرد محصول و عملکرد بلال بر حسب کیلوگرم بر هکتار و مقدار آب آبیاری بر حسب مترمکعب بر هکتار در محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب محصول و بلال استفاده می‌شود. گیاه ذرت دارای مسیر فتوسنتزی

چهار کربنه است و بهره‌وری آب نسبتاً بالایی دارد، اما تغییر در عوامل محیطی و زراعی ممکن است بر این آیتیم در طول فصل کشت تأثیر بگذارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع نوار آبیاری بر دو شاخص بهره‌وری آب محصول و بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار است. بر اساس جدول ۶، نوار آبیاری کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری (K20) با بهره‌وری آب محصول و بلال به ترتیب ۱۳/۴ و ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بهترین گزینه است. هرچند نوار آبیاری کنار دوخت ۳۰ سانتی‌متری (K30) از نظر شاخص بهره‌وری آب محصول در گروه برتر قرار گرفته است؛ ولی از نظر شاخص بهره‌وری بلال، قابل توصیه نیست. در نوار آبیاری پلاک‌دار ۳۰ سانتی‌متری (P30) این دو شاخص به ترتیب ۹/۱ و ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در نوار آبیاری کنار دوخت ۱۰ سانتی‌متری (K10) این دو شاخص به ترتیب ۸/۴ و ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمدند که هر دو جزء تیمارهای ضعیف طبقه‌بندی شدند. دو تیمار پلاک‌دار ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متری (P15 و P20) از نظر این دو شاخص در یک گروه طبقه‌بندی شده‌اند و پس از تیمار برتر قرار گرفتند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس دو شاخص بهره‌وری آب محصول و بلال، گزینه برتر کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری است. تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطح کم آبیاری بر دو شاخص بهره‌وری آب محصول و بهره‌وری آب بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار است. طبق جدول ۷ مشاهده می‌شود که بالاترین بهره‌وری آب برای محصول و بلال در تیمار ۱۰۰٪ و کمترین آن در تیمار ۶۰٪ اتفاق افتاده که این امر ناشی از کاهش عملکرد بوده است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر کم‌آبیاری توصیه شده در سیستم‌های آبیاری سطحی که به دلیل کاهش رواناب و نفوذ عمقی باعث بهبود بهره‌وری آب می‌شود، در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری قابل توصیه نیست. بنابراین توصیه می‌شود در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری میزان نیاز آبی با لحاظ نیاز آبشویی محاسبه و ۱۰۰٪ آن اعمال شود. نتایج مطالعات لی و همکاران (۲۰۱۷) و افراسیاب و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان داد که بالاترین میزان بهره‌وری آب در سطح ۱۰۰٪ تأمین نیاز آبی محصول اتفاق افتاده است. در صورت وجود محدودیت آبی، اعمال تنش در سطح ۹۰٪ نسبت به سطح ۸۰٪ اولویت دارد.

جدول ۴- تجزیه واریانس نتایج آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد محصول	عملکرد بلال	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	بهره‌وری آب محصول تر	بهره‌وری آب بلال
تکرار	۲	۱۷۶۳۸۴۵۱۲	۱۵۹۷۵۰۴۶	۴۰۱/۲۹	۳/۲۲	۵/۸۹	۰/۵۳
نوع نوار	۵	۴۷۱۳۵۲۰۲۷۴**	۴۷۶۹۴۶۴۳۱**	۲۶۷۶۸/۱۹**	۸۶۱/۸۴**	۱۷۳/۸۴**	۱۴/۱۰**
سطح آبیاری	۴	۱۹۹۳۷۱۷۶۳۶**	۱۴۲۴۸۴۶۶۲**	۶۸۴۸/۵۹**	۱۱۹/۶۶**	۳۳/۳۲**	۲/۵۳**
نوع نوار* سطح	۲۰	۲۲۹۲۵۷۱۱۳**	۳۱۴۷۵۵۹۷**	۱۱۱/۸۳**	۲۸/۴۱**	۱۳/۶۲**	۰/۸۶**
خطا	۷۰	۴۱۵۵۵۷۷۰	۴۷۲۶۰۱۷	۱۷۳/۳۱	۴/۵۹	۱/۴۱	۰/۱۴
CV		۱۲	۲۸	۸	۱۶	۱۲	۲۹

ns معنی دار نبودن، معنی داری در سطح احتمال ۵% و ** معنی داری در سطح احتمال ۱% را بیان می‌کند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد از تأثیر نوار آبیاری

تیمار	عملکرد محصول (kg)	عملکرد بلال (kg)	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع بلال (cm)	بهره‌وری آب محصول (kg/m ²)	بهره‌وری آب ذرت (kg/m ²)
P15	۶۵۰۲۱ b	۱۲۴۴۸ b	۱۸۷ ba	۱۹ ba	۱۰/۰ b	۱/۹ b
P20	۵۸۵۷۱ c	۱۰۴۱۸ c	۱۸۰ bc	۱۷ b	۹/۷ c b	۱/۷ b
P30	۴۷۲۵۴ d	۶۳۴۴ d	۱۶۱ d	۱۲ c	۹/۱ c d	۱/۲ c
K10	۵۷۳۱۶ c	۹۴۷۱ c	۱۷۱ c	۱۸ a b	۸/۴ d	۱/۴ c
K20	۷۰۱۱۲ a	۱۴۵۹۳ a	۱۹۵ a	۱۹ a	۱۳/۴ a	۲/۸ a
K30	۴۶۵۶۷ d	۶۹۵ e	۱۲۶ e	۵ d	۱۳/۲ a	۰/۲ d

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد نسبت به سطح آبیاری اعمال شده

تیمار	عملکرد محصول (kg)	عملکرد بلال (kg)	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع بلال (cm)	بهره‌وری آب محصول تر (kg/m ²)	بهره‌وری آب بلال (kg/m ²)
۱۰۰	۶۶۵۰۷ a	۱۱۳۰۶ a	۱۷۹ a	۱۵ a	۱۱/۶ a	۱/۸ a
۹۰	۵۵۱۶۶ b	۹۱۵۹ b	۱۶۷ b	۱۴ a	۱۰/۰ b	۱/۵ b
۸۰	۴۹۶۰۰ c	۷۴۹۶ c	۱۵۶ c	۱۵ a	۹/۱ c	۱/۳ b
۷۰	۴۵۱۱۲ d	۵۷۳۵ d	۱۵۶ c	۱۲ b	۸/۸ c	۱/۱ c
۶۰	۴۱۶۶۴ d	۴۸۵۳ d	۱۳۳ d	۱۰ c	۸/۴ c	۰/۹ c

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، سیستم آبیاری قطره‌ای نواری با هدف کاهش تلفات آبیاری و حصول عملکرد بالا، توصیه می‌شود. سطوح مختلف آبیاری و نوع نوار آبیاری تأثیر معنی‌داری روی عملکرد محصول، بهره‌وری آب و سایر

خصوصیات کمی ذرت علوفه‌ای دارد. نوار آبیاری کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری با توجه به بالا بودن شاخص‌های مرتبط با اجزای عملکرد در مقایسه با نوارهای آبیاری پلاکدار و نوارهای کنار دوخت ۱۰ سانتی‌متری و ۳۰ سانتی‌متری برای کشت ذرت علوفه‌ای توصیه می‌شود.

عملکرد محصول در زارعت‌های ردیفی. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۲): ۱۱-۱۸.

۵. جعفری ح. حامدی ف. رضایی زنگنه ر. و صیادیان ک. ۱۳۸۴. ارزیابی فنی و تعیین آرایش بهینه طول و فاصله لترال‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در محصول گندم. نهمین کنگره علوم خاک ایران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. تهران. ۶ شهریور. ۱۲ ص.

۶. خرمیان م. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی در شمال استان خوزستان. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۸(۲): ۱۶۱-۱۷۰.

۷. دهقانیان ا. و افضل‌نیا 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.

۸. سایت وزرات جهاد کشاورزی. ۱۳۹۹. <http://maj.ir/portal/Home/Default.aspx>

۹. شهسواری گوغری م. رضایی استخرویه ع. ایران دوست م. و نشاط ع. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی‌آباد. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۲(۱): ۵۱-۷۰.

۱۰. صمدوند س. تاجبخش م. انوری ک. و احمدآلی ج. ۱۳۹۳. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری (tape) و نشتی در کشت یک و دو ردیفه بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۸(۷۰): ۱۱۳-۱۱۹.

۱۱. عباسی ف. سهراب ف. و عباسی ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷(۶۷): ۱۱۳-۱۲۸.

۱۲. عبدی چ. و فتحی پ. ۱۳۹۶. اثر فاصله قطره چکان‌ها بر گرفتگی فیزیکی نوارهای آبیاری قطره‌ای. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۱(۳): ۸۵-۹۵.

۱۳. علیزاده ح. ع. و عباسی ف. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی

نوارهای آبیاری کنار دوخت و پلاک‌دار با فاصله ۳۰ سانتی‌متر برای کشت ذرت علوفه‌ای توصیه نمی‌شود. با توجه به این‌که بالاترین بهره‌وری آب برای تولید محصول و بلال در تیمار ۱۰۰٪ و کمترین آن در تیمار ۶۰٪ اتفاق افتاده است، در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی توصیه می‌شود. بر اساس اثر متقابل نوع نوار آبیاری و سطح آبیاری، تیمار نوار آبیاری کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متری که در آن ۱۰۰٪ تخلیه رطوبتی خاک تأمین شده بود، با عملکرد علوفه و بهره‌وری آب ۸۱۲۷۹ کیلوگرم بر هکتار و ۱۴/۲ کیلوگرم بر مترمکعب در بین کلیه تیمارها برتر بود.

سیاس‌گذاری

مزرعه و امکانات مورد نیاز این پژوهش را توسط کشاورزان پیشرو، آقایان مرتضی رفیعی و محسن رحیمی تأمین کردند. همچنین امکانات تحقیقاتی این پژوهش توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان و دانشگاه شهرکرد تأمین شد. از همکاری کلیه استادان، دوستان و کشاورزان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

۱. احمدی ک. قلی‌زاده ح. عبادزاده ح. ر. حاتمی ف. فضل‌ی استبرق م. حسین‌پور ر. کاظمیان آ. و رفیعی م. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳. جلد اول. انتشارات مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزرات جهاد کشاورزی. ۱۶۳ ص.

۲. اخوان ک. ۱۳۹۴. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم. انتشارات مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل. ۲۲ ص.

۳. افراسیاب پ. دلبری م. و جعفری ح. ۱۳۹۵. بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت در روش آبیاری قطره‌ای نواری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در اسلام آباد غرب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۷(۴): ۷۳۱-۷۴۱.

۴. باغانی ج. ۱۳۸۷. مقایسه اثرات تغییر روش آبیاری شباری به قطره‌ای بر میزان و کارایی مصرف آب و

مصرف آب و کود در کود آبیاری ذرت دانه‌ای.
نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۴): ۴۴۶-
۴۵۴.

۱۴. ولی‌زاده ن. ۱۳۸۲. روند توسعه و چشم‌انداز آبیاری
تحت فشار در ایران. انتشارات کمیته ملی آبیاری و
زهکشی ایران. ۱۲۸ ص.

15. Bozkurt S. and SayilkanMansuroglu G. 2018. Responses of unheated greenhouse grown green bean to buried drip tape placement depth and watering levels. *Agricultural Water Management*. 197: 1-8
16. Cassel D. K. and Nielsen D. R. 1990. Field Capacity and Available Water Capacity. 25 pp.
17. Liu H. Wang X. Zhang X. Zhang L. Li Y. and Huang G. 2017. Evaluation on the responses of maize (*Zea mays* L.) growth, yield and water use efficiency to drip irrigation water under mulch condition in the Hetao irrigation District of China. *Agricultural Water Management*. 179: 144-157.
18. Oktem A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweetcorn in sustainable agricultural systems. *Journal Agric. Water Manage*. 95: 1003-1010.
19. Wan S. Jiao Y. Hu W. Jiang S. Tan J. and Liu W. 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) fir production in highly saline condition. *Agricultural Water Management*. 104: 210-220.
20. Zhang G. Liu C. Xiao C. Xie R. Ming B. Hou P. Liu G. Xu W. Shen D. Wang K. and Li S. 2017. Optimizing water use efficiency and economic return of super high yield spring maize under drip irrigation and plastic mulching in arid areas of China. *Field Crops Research*. 211: 137-146.

