نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و ششم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۱۹ تا ۱۳۶

# فاصله بهینه نوار در آبیاری قطره‌ای نواری و کارآیی مصرف آب گندم در بافت خاک لومی رسی‌سیلتی

**مسعود فرزام‌نیا* و مختار میران‌زاده[1]**

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۴)

## چکیده

**به‌منظور تعیین بهترین فاصله نوار تیپ در زراعت گندم از نظر عملکرد و اجزای آن و کارآیی مصرف آب و بررسی روند تغییرات شوری خاک در یک خاک با بافت لومی‌رسی‌سیلتی، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار (فاصله نوار ۴۵ (A)، ۶۰ (B) و ۷۵ (C) سانتی‌متر و تیمار شاهد، آبیاری کرتی (D)) در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در منطقهٔ مهیار استان اصفهان اجرا شد. حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری برای تیمارهای A، B و C یکسان بود و در تیمار D میزان حجم آب آبیاری در هر دور مشابه روش زارع بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر تیمارها بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد و بر کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. میانگین کارآیی مصرف آب در تیمارهای A، B، C و D به‌ترتیب ۰/۷۹، ۰/۷۹، ۰/۷۳ و ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که تیمارهای A، B و D در گروه برتر و تیمار C در رتبه بعدی قرار گرفتند. نتایج مذکور و بررسی روند شوری خاک در انتهای فصل نسبت به ابتدای فصل در تیمارهای آزمایش نشان داد روش آبیاری کرتی نسبت به روش آبیاری تیپ کارآمدتر است. بر اساس نتایج، فواصل نوار ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر از لحاظ کارآیی مصرف آب و عملکرد نسبت به فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر در گروه بالاتری قرار گرفتند، از طرفی میزان مصرف نوار، حجم عملیات اجرایی داخل مزرعه و همچنین بقایای نوار به‌جا مانده در مزرعه، در فاصله نوار ۴۵ نسبت به فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر بیشتر است که از لحاظ اقتصاد کشاورز و مسائل زیست‌محیطی حائز اهمیت است، بنابراین اگر ملزم به استفاده روش آبیاری تیپ در زراعت گندم باشیم، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر برای بافت خاک لومی رسی سیلتی توصیه می‌شود.**

**واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای نواری، فاصله نوار، کارآیی مصرف آب، شوری خاک**

۱. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: masoud_farzamnia@yahoo.com

## مقدمه

ایران کشوری است با اقلیم خشک و نیمه‌خشک که بیشتر نقاط آن از نظر کمبود آب وضعیت بحرانی دارد، اصفهان نیز از این امر مستثنی نیست. هم‌اکنون اکثر اراضی شرق و جنوب اصفهان با محدودیت منابع آبی از نظر کمی و کیفی مواجه هستند، بنابراین با مدیریت صحیح آب در بخش کشاورزی استان می توان تا حدودی بر بحران آب غلبه کرد. در سال زراعی ۹۷- ۹۶ وسعت اراضی کشاورزی استان اصفهان حدود ۵۶۴ هزار هکتار بود که حدود ۱۹۷ هزار هکتار آن به اراضی زراعی اختصاص داشت. در این سال گندم با سهم سطح ۱۷ درصد، تولیدی معادل ۵ درصد تولید محصولات زراعی استان را به‌خود اختصاص داد. در سال زراعی مذکور سطح زیر کشت گندم ۳۴ هزار هکتار بوده است (این میزان در شرایط ترسالی به ۹۰ هزار هکتار قابل افزایش است)، بنابراین در صورت ارتقاء بهره‌وری آب گندم حجم آب قابل توجهی ذخیره خواهد شد (۱). پژوهشگران مختلف میزان بهره‌وری آب گندم را در شهرستان‌های مختلف بین ۰/۳۸ تا ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کرده‌اند (۲، ۹ و ۱۴). در سال‌های اخیر، به‌منظور ارتقای کارآیی مصرف آب گندم، از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) در مزارع گندم استان‌های کشور، از جمله اصفهان، استفاده می‌شود. در این بخش گزارش آزمایش‌های پژوهشگران مختلف در زمینهٔ روش آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم بررسی می‌شود.

سانجی سینگ و همکاران (۱۹) در آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی شهر جبل‌پور هند دو روش آبیاری قطره‌ای و نواری را با هم مقایسه کردند. نتایج نشان داد در روش قطره‌ای میزان صرفه‌جویی در مصرف و بهره‌وری آب به‌ترتیب حدود ۲۸/۴۲ و ۲۴/۲۴ درصد بیشتر از روش نواری بود، هر چند روش قطره‌ای باعث کاهش ۱۰/۸ درصدی عملکرد دانه شده بود. آنها سامانه آبیاری قطره‌ای را (به‌دلیل مدیریت بهتر آبیاری) به‌عنوان گزینه مناسبی برای بهبود بهره‌وری آب در محصولاتی نظیر گندم دانستند. طی آزمایشی در پاکستان، سه رقم گندم در دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و جویچه‌ای مقایسه شد. بر اساس نتایج، مصرف آب در آبیاری قطره‌ای ۱۶/۵۶ درصد کمتر و عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب گندم به‌ترتیب ۱۱/۵۶ و ۳۳/۳۶ درصد بیشتر از آبیاری جویچه‌ای بود (۱۶). به‌منظور بررسی تأثیر فاصله لاترال‌ها (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر) و فاصله قطره‌چکان‌های روی لاترال (۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بر عملکرد و بهره‌وری آب گندم در روش آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر جبل‌پور هند با بافت خاک لوم‌رسی در قالب طرح اسپیلیت پلات در سه تکرار طی فصول زراعی ۱۳- ۲۰۱۲ و ۱۴- ۲۰۱۳ انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل نتایج، فاصله لاترال ۶۰ سانتی‌متر با فاصله قطره‌چکان ۵۰ سانتی‌متر (با عملکرد ۴/۶۴ تن در هکتار و کارآیی مصرف آب ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، توصیه شده است (۱۸). در آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی شهر جبل‌پور هند میزان عملکرد، کارآیی مصرف آب گندم و صرفه‌جویی آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای (فاصله لاترال‌ها ۸۰ سانتی‌متر) و بارانی کلاسیک ثابت با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد در سامانه قطره‌ای نسبت به سامانه بارانی کلاسیک ثابت، حدود ۹/۷ درصد آب کمتری مصرف شد و بهره‌وری آب حدود ۲۱/۷۶ درصد بیشتر بود (۱۷). چایچی و همکاران (۳)، میانگین دو ساله حجم آب مصرفی گندم را با احتساب میزان بارندگی مؤثر در روش‌های جویچه‌ای، بارانی و تیپ (فاصله نوار ۶۱ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۷۱۴۷، ۵۸۵۵ و ۴۳۹۲ مترمکعب در هکتار و کارآیی مصرف آب را در سه روش مذکور به‌ترتیب ۰/۵۹، ۰/۹۲ و ۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آورده‌اند. آزمایشی در چین برای بررسی عمق مناسب آبیاری و فاصله مناسب نوار تیپ در کشت بهاره گندم انجام و سه فاصله نوار، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتی‌متر و سه عمق آبیاری، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ سانتی‌متر مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج، میزان کارآیی مصرف آب از ۱/۵۷ تا ۲/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود که بیشترین میزان آن مربوط به تیمار فاصله نوار ۹۰ سانتی‌متر و عمق آب آبیاری ۴۵ سانتی‌متر بود (۷). در خاکی با بافت لوم‌رسی‌سیلتی اقدام به

کشت گندم به روش آبیاری قطره‌ای نواری شد. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت اصلی آزمایش شامل دو فاصله نوار آبیاری ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر و کرت فرعی شامل سه فاصله ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها روی نوار آبیاری بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و کارآیی مصرف آب مربوط به فاصله نوار ۴۰ سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر بود، اما بر اساس تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و فاصله قطره‌چکان ۱۰ سانتی‌متر روی نوار، پیشنهاد شد (۲۰). در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان آزمایشی برای تعیین بهترین آرایش کاشت گندم و بهترین فاصله نوار آبیاری تیپ انجام و با روش آبیاری شیاری مقایسه شد. بافت خاک محل آزمایش، لوم رسی‌شنی بود. در این پژوهش چهار آرایش کاشت و دو فاصله نوار آبیاری قطره‌ای (۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) در مقیاس مزرعه‌ای (طول ۷۵ متر) و یک تیمار آبیاری شیاری مرسوم (تیمار شاهد) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آبیاری قطره‌ای نواری باعث کاهش ۳۳ درصدی در آب مصرفی و افزایش ۷۳ درصدی بهره‌وری آب نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای شده است. بیشترین و کمترین میانگین دوساله عملکرد دانه و بهره‌وری آب به‌ترتیب مربوط به دو تیمار تیپ (تعداد چهار ردیف کاشت به فاصله ۱۵ سانتی‌متر در دو طرف نوار، با فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) و نشتی به میزان ۷۴۴۳ و ۵۹۹۶ کیلوگرم در هکتار و ۱/۸۹ و ۱ کیلوگرم بر مترمکعب شد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند. بر اساس نتایج، فاصله نوار تیپ ۷۵ سانتی‌متر با تعداد چهار ردیف کشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر از یکدیگر در اطراف هر نوار توصیه شد (۸). بر اساس نتایج آزمایشی که در فریمان استان خراسان انجام شد، هنگام استفاده ار آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم، فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر توصیه شده است. بهترین کارآیی مصرف آب، ۱/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب، مربوط به فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر بوده است. بهترین عملکرد، ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار، مربوط به فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و عملکرد فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر، ۷۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده که این تفاوت معنی‌دار نبوده است (۱۵). در آزمایشی دو روش آبیاری قطره‌ای و سطحی برای گندم با هم مقایسه شد. بر اساس نتایج، در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی ذخیره آب، عملکرد و کارآیی مصرف آب به‌ترتیب ۲۰، ۲۴ و ۲۸ درصد بیشتر بوده است (۱۱). آزمایشی در چین طی دو سال زراعی در یک خاک با بافت لومی انجام شد. تیمارهای این آزمایش فواصل مختلف لاترال (۳۰، ۶۰، و ۹۰ سانتی‌متر) و حجم‌های مختلف آب (۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۶۰۰۰ و ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار) بود که تأثیر آنها بر خصوصیات زراعی گندم، بررسی شد. نتایج نشان داد با افزایش فاصله لاترال‌ها در آبیاری قطره‌ای مقدار عملکرد کاهش یافت. درنهایت تیمار فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و حجم آب ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار توصیه شد. کارآیی مصرف آب این تیمار ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (۴). زین و همکاران (۲۳) طی آزمایشی سه فاصله لاترال (۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر) را طی دو فصل زراعی در یکی از مزارع دشت شمالی چین با بافت خاک لومی‌شنی برای زراعت گندم به‌کار بردند. نتایج هر دو سال نشان داد افزایش فاصلهٔ لاترال از ۴۰ به ۶۰ و از ۶۰ به ۸۰ سانتی‌متر باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد و رشد گندم و کارآیی مصرف آب گندم شد. در مؤسسهٔ فناوری کشاورزی ایالت مهاراشترای هند طی آزمایشی سه فاصله لاترال (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر) و سه فاصله قطره‌چکان (۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) طی دو فصل زراعی برای گندم در یک مزرعه با بافت خاک لومی‌رسی‌سیلتی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متر لاترال و ۲۰ سانتی‌متر قطره‌چکان، به‌میزان ۳۳ درصد آب آبیاری را ذخیره کرده و عملکرد گندم را افزایش داد و توصیه شد (۱۲). در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه شایزی چین، فواصل ۶۰، ۷۵ و ۹۰ سانتی‌متر لاترال آبیاری قطره‌ای برای کشت گندم مورد آزمایش قرار گرفت. بر اساس نتایج، در فواصل بیشتر عملکرد

دانه کمتر بود ولی با توجه به اینکه کاهش عملکرد نسبت به کاهش میزان آب مصرفی قابل قبول بود و همچنین میزان مصرف لاترال در فواصل بیشتر، کمتر بود، فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متر توصیه شده است (۱۳).

بر اساس مطالبی که به آن اشاره شد، پژوهشگران مختلف اذعان دارند تغییر سامانه‌های آبیاری سطحی به قطره‌ای در زراعت گندم می‌تواند باعث صرفه‌جویی حجم آب قابل‌قبولی و بعضی افزایش عملکرد دانه شود. همچنین اکثراً فاصلهٔ مناسب لاترال‌ها را در آبیاری قطره‌ای گندم ۶۰ سانتی‌متر توصیه کردند. به‌تازگی متولیان کشاورزی برای مقابله با کم آبی بدون توجه به کیفیت منابع آب و خاک درصدد تغییر روش آبیاری سطحی به آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم هستند. ولی استفاده از این روش مشکلاتی از قبیل شور شدن زمین‌های زراعی، به‌جا ماندن بقایای نوار در زمین و همچنین در برخی موارد آسیب به اقتصاد کشاورزان دارد، که باید مورد توجه قرار گیرد. از مشکلات دیگر روش آبیاری تیپ در زراعت گندم انتخاب فاصله نوار مناسب (کشاورزان منطقه اعتقاد داشتند با فاصله نوار بیشتر از ۴۵ سانتی‌متر نمی‌توانند تولید مناسب داشته باشند) است. آزمایش اخیر در همین راستا و با هدف بررسی تأثیر فواصل مختلف لاترال‌ها بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گندم در روش آبیاری تیپ و تعیین مناسب‌ترین فاصله لاترال و همچنین بررسی روند تغییرات شوری خاک آخر فصل نسبت به اول فصل کشت اجرا شده است.

## مواد و روش‌ها

این پروژه در مزرعه کشاورز واقع در شهر مهیار شهرستان شهرضای استان اصفهان (طول ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی) با ارتفاع ۱۶۵۳ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه حدود ۱۱۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر طی سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ در قطعه زمینی با بافت خاک لومی‌رسی‌سیلتی و به ابعاد ۲۷ متر در ۱۲۵ متر اجرا شد. شکل ۱ محل اجرای پروژه را نشان می‌دهد. جدول‌های ۱ تا ۳ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصات کیفی آب مزرعه را در دو سال انجام آزمایش نشان می‌دهد. عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن بعد از برداشت محصول سال قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت سیکلوتیلر، لولر، کودپاشی انجام گرفت. در دو سال آزمایش، عملیات کاشت بذر به‌روش مرسوم منطقه، در هر دو روش آبیاری (قطره‌ای نواری و کرتی) با دستگاه کمبینانت با فاصله ردیف ۱۳ سانتی‌متر انجام شد. بذر مورد استفاده بک‌کراس گواهی شده بود و به‌میزان ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. روش آبیاری در این پروژه آبیاری نواری قطره‌ای، با فاصله روزنهٔ ۲۰ سانتی‌متر (دبی هر روزنه حدود ۲ لیتر در ساعت در محدوهٔ فشار ۱- ۰/۸ بار)، و کرتی بود. آبیاری تیمار کرتی از طریق هیدروفلوم انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار (فاصله نوار ۴۵ (A)، ۶۰ (B) و ۷۵ (C) سانتی‌متر و تیمار شاهد، آبیاری کرتی (D)) در سه تکرار اجرا شد. برای هر تکرار کرتی به اندازه ۴۰ × ۶ متر درنظر گرفته شد. طراحی به شکلی انجام شد که تمام کنتورها و شیرفلکه‌ها در یک منطقه ۲ × ۲ متر نصب شدند، بنابراین کنترل و پایش آنها به راحت‌ترین شکل ممکن طی دو سال آزمایش، انجام شد (شکل ۲). در این آزمایش از یک کنتور سه اینچی برای تیمارهایی که به روش کرتی و سه کنتور دو اینچی برای تیمارهایی که به روش تیپ آبیاری شدند، استفاده شد. قبل از نصب کنتورهای گفته شده در زمین، کنتورها با استفاده از دو مخزن ۱۰۰۰ لیتری و یک الکتروپمپ بنزینی، در بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات اصفهان مورد واسنجی قرار گرفتند و مقدار خطای آنها در برآورد حجم آب رد شده، مشخص شد و در طول آزمایش هنگام عمل آبیاری این خطا لحاظ شد (میزان خطای کنتورها ۰/۵ تا ۲ درصد بود). با توجه به محدودیت آبی در مزرعه امکان آبیاری تیمارهای تیپ و کرتی با دور آبیاری متفاوت نبود و کلیه تیمارها همزمان آبیاری شد، برنامهٔ آبیاری در قسمت بعدی مشخص شده است.

**شکل ۱. محل اجرای پروژه**

**جدول ۱. نتایج تجزیهٔ فیزیکی خاک قطعه آزمایش**

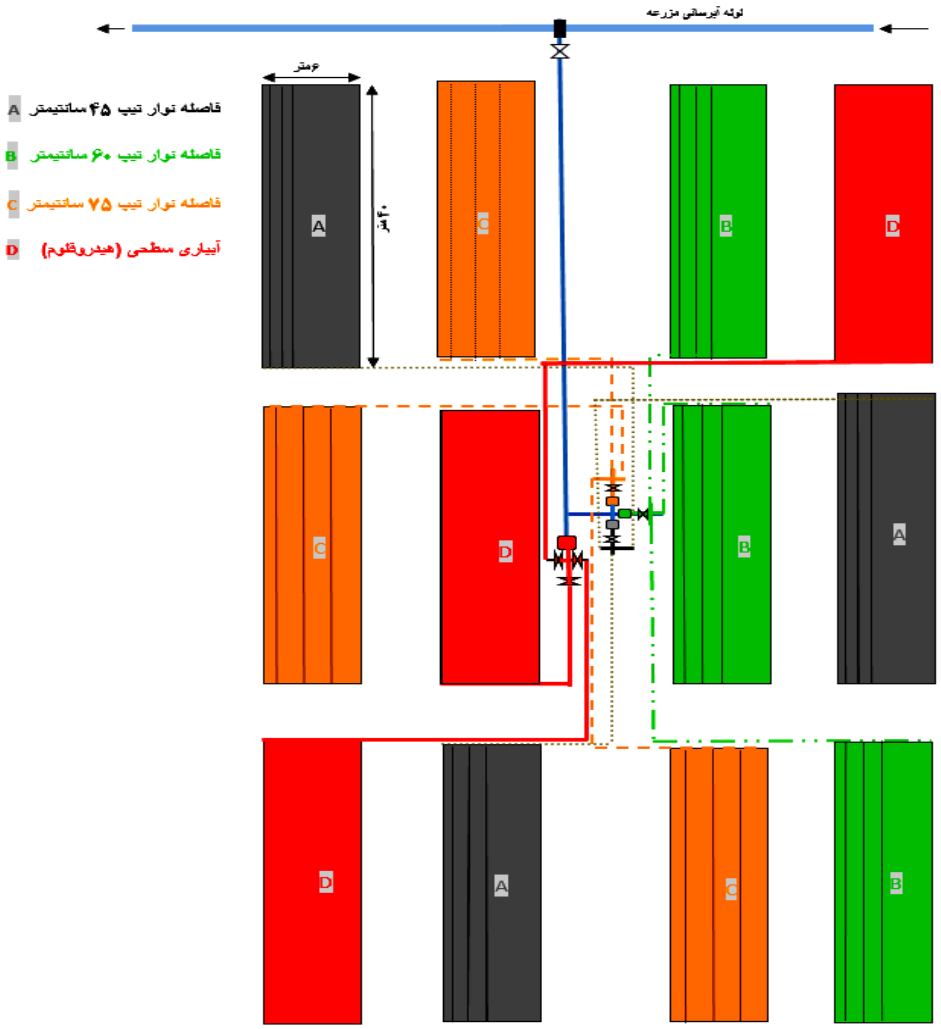
| عمق (سانتی‌متر) | سیلت (درصد) | رس (درصد) | شن (درصد) | بافت خاک | جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی مترمکعب) | ظرفیت زراعی (درصد حجمی) | نقطه پژمردگی (درصد حجمی) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰ -۳۰ | ۵۰ | ۳۳ | ۱۷ | لومی‌رسی‌سیلتی | ۱/۳۹ | ۳۶/۲ | ۲۰/۲ |
| ۳۰ -۶۰ | ۵۷ | ۲۵ | ۱۸ | لومی‌سیلتی | ۱/۴۹ | ۳۲/۵ | ۱۵/۵ |

**جدول ۲. خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش در ابتدای فصل زراعی**

| سال | عمق (cm) | EC (dS/m) | pH | درصدکربن آلی (OC) | فسفر قابل جذب P (ava) | پتاسیم قابل جذب K (ava) | مس قابل جذب CU (ava) | روی قابل جذب Zn (ava) | منگنز قابل جذب Mn (ava) | آهن قابل جذب Fe (ava) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | mg/kg | | | | | |
| اول | ۰-۳۰ | ۹ | ۷/۸ | ۰/۸ | ۷/۴ | ۳۴۸ | ۰/۲۲ | ۰/۱۳ | ۰/۵۶ | ۰/۲۸ |
| | ۳۰ -۶۰ | ۸ | ۷/۸ | ۰/۳ | ۲/۶۶ | ۲۰۵ | – | – | ۰/۴۷ | ۰/۲۹ |
| دوم | ۰-۳۰ | ۱۳/۷ | ۷/۳ | ۰/۵۹ | ۱۰/۱ | ۳۰۰ | ۰/۲۸ | ۰/۵۵ | ۳/۲ | ۰/۶۶ |
| | ۳۰ -۶۰ | ۱۱/۸ | ۷/۴ | ۰/۶۶ | ۶/۵ | ۲۵۲ | ۰/۳ | ۰/۴۸ | ۱ | ۱/۵۴ |

**جدول ۳. نتایج تجزیه شیمیایی آب محل آزمایش در ابتدای فصل زراعی**

| سال | EC (dS/m) | pH | TDS (mg/L) | SAR | کاتیون‌ها و آنیون‌ها برحسب (meq/lit) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $CO_3^{2-}$ | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Na^+$ |
| اول | ۴/۵۵ | ۷ | ۲۹۱۲ | ۸/۵ | ۰ | ۳/۱ | ۳۱/۲۵ | ۱۳/۳ | ۱۷/۵ | ۳ | ۲۶/۶ |
| دوم | ۳/۸۷ | ۶/۹ | ۲۴۷۶ | ۴/۶ | ۰ | ۴ | ۳۰ | ۷/۵ | ۲۱/۳ | ۳/۷ | ۱۶/۴ |




**شکل ۲. شکل نمادین اجرای پروژه در مزرعه (رنگی در نسخه الکترونیکی)**

**روش محاسبه حجم آب آبیاری در تیمارهای نوار تیپ (A، B و C)**

برای محاسبهٔ حجم آب آبیاری در سه آبیاری اول (خاکاب، پی‌آب و بعد از خواب زمستانه) یک روز قبل از آبیاری میزان رطوبت خاک با استفاده از روش وزنی مشخص و با درنظر گرفتن عمق پنج سانتی‌متر برای ریشه، عمق خالص آبیاری و عمق ناخالص آبیاری به‌ترتیب از روابط (۱) و (۳) محاسبه شد. با توجه به متراکم بودن کشت برای محاسبهٔ نیاز خالص آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای نواری از رابطهٔ (۱) که مربوط به روش آبیاری سطحی است، استفاده شد.

در آبیاری‌های بعدی با استفاده از اطلاعات و آمار هواشناسی ۱۳ سال گذشته (۸۲ تا ۹۴) و آمار بارندگی سال زراعی مربوطه، عمق خالص آبیاری از طریق نرم‌افزار ET calculated محاسبه شد، سپس کسر آبشویی (LR)، عمق ناخالص آبیاری ($F_g$) (با فرض بازده کاربرد آب در مزرعه ($E_a$) ۹۰ درصد) و حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری، با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) محاسبه شدند. با توجه به اینکه هدف از این آزمایش مقایسهٔ تأثیر فواصل مختلف نوار بر پارامترهای مورد نظر با حجم مساوی آب بود لذا بازده کاربرد آب در مزرعه برای هر سه فاصله نوار یکسان درنظر گرفته شد (۹۰ درصد)، بنابراین حجم آب آبیاری در هر دور آبیاری برای تیمارهای A، B و C یکسان بود.

$$F_n= (FC - \theta_m) \times D \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، پارامترهای $F_n$، FC، $\theta_m$ و D به‌ترتیب عمق خالص آبیاری برحسب سانتی‌متر، درصد رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه، درصد رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری و عمق ریشه برحسب سانتی‌متر است. میزان رطوبت حجمی در ظرفیت مزرعه و نقطهٔ پژمردگی خاک مزرعه قبلاً در آزمایشگاه مشخص شده بود.

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \quad (۲)$$

$$F_g = \frac{F_n}{E_a(1-LR)} \quad (۳)$$

$$V=Fg \times A \quad (۴)$$

در رابطه (۲)، $EC_{iw}$ شوری آب آبیاری (dS/m) و $EC_e$ شوری عصاره اشباع خاک (dS/m) مطابق با حد تحمل گیاه به شوری با عملکرد ۱۰۰ درصد و در رابطه ۴، V و A حجم آب ورودی به کرت و مساحت کرت هستند.

**محاسبه حجم آب آبیاری در تیمار شاهد یا کرتی (D)**

مدیریت آبیاری برای تیمار D مشابه با زارعین بود به‌طوری که هنگام رسیدن آب به آخر کرت، شیرفلکه بسته و عدد کنتور یادداشت شد (عمق ناخالص آبیاری)، با درنظر گرفتن عمق خالص آبیاری (محاسبه شده توسط نرم‌افزار) و ضریب آبشویی، راندمان کاربرد آب در مزرعه در هر دور آبیاری از رابطه (۳) محاسبه شد.

پس از برداشت گندم، تفاوت بین تیمارها مورد آزمون قرار گرفت. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و کارآیی مصرف آب بود. اندازه‌گیری صفات به‌روش زیر انجام گرفت:

۱- عملکرد بیولوژیکی (بیوماس): در سطح معینی از هر پلات، کل بوته‌ها از نزدیک سطح زمین با داس برداشت شده و وزن کل آن تعیین شد. عملکرد بیولوژیکی برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

۲- عملکرد دانه: در ۱۲ مترمربع از هر پلات محصول دانه برداشت و اندازه‌گیری شد.

۳- شاخص برداشت: با استفاده از رابطه (۵) شاخص برداشت برای هر پلات برحسب درصد تعیین شد:

$$HI= GY/BY * 10 \quad (۵)$$

در رابطه فوق GY عملکرد دانه و BY عملکرد بیولوژیکی (بیوماس) و HI شاخص برداشت برحسب درصد است.

۴- کارآیی مصرف آب: پس از تعیین عملکرد هر کرت و میزان آب مصرفی، کارآیی مصرف آب با استفاده از رابطه (۶) تعیین شد:

$$\text{کارایی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد}}{\text{آب مصرفی}} \quad (۶)$$

در رابطه (۶)، کارآیی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار و آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار است.

در پایان فصل شوری خاک از اعماق ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متری (زیرنوار و بین دو نوار) اندازه‌گیری و با مقدار اولیه آن مقایسه شد.

محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بر اساس موازین طرح آماری مربوطه انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

**حجم آب کاربردی در تیمارهای آزمایش در دو سال**

جدول‌های ۴ تا ۷، برنامهٔ آبیاری تیمارها و حجم آب اعمال شده را در هر دور آبیاری طی دوسال اجرای آزمایش نشان می‌دهد. جدول‌ها نشان می‌دهند حجم آب کاربردی در سال‌های اول و دوم آزمایش در تیمارهای آبیاری تیپ به‌ترتیب ۶۰۸۱ و ۵۵۰۹ مترمکعب در هکتار و در تیمارهای آبیاری کرتی به‌ترتیب ۱۰۵۳۵ و ۹۷۴۵ مترمکعب در هکتار بوده است.

**تغییرات شوری خاک در ابتدا نسبت به انتهای فصل رشد در دو سال اجرای آزمایش**

برای بررسی روند تغییرات شوری خاک در تیمارهای آزمایش

**جدول ۴. برنامهٔ آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال شده در هر دور مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای (سال اول)**

| ردیف | زمان آبیاری | نیاز خالص بر اساس | | بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز) | ضریب آبشویی (LR) | درصد راندمان کاربرد آب ($E_a$) | حجم آب محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت خاک (میلی‌متر) | نرم‌افزار (میلی‌متر در روز) | | | | |
| ۱ | ۹۶/۹/۱۶ | ۵۳ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۷۲۰ |
| ۲ | ۹۶/۱۰/۶ | ۲۳ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۳۰۳ |
| ۳ | ۹۶/۱۲/۱۵ | ۱۹ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۲۵۸ |
| ۴ | ۹۶/۱۲/۲۸ | — | ۱/۷۱ | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۳۰۰ |
| ۵ | ۹۷/۱/۱۵ | — | ۲/۸ | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۶۰۷ |
| ۶ | ۹۷/۱/۲۸ | — | ۳/۲ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۵۲۴ |
| ۷ | ۹۷/۲/۸ | — | ۵/۱ | ۰/۶۷ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۶۶۰ |
| ۸ | ۹۷/۲/۱۸ | — | ۵/۴ | ۰/۳۱ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۶۸۹ |
| ۹ | ۹۷/۲/۲۷ | — | ۵/۴ | ۱/۶ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۴۶۳ |
| ۱۰ | ۹۷/۳/۴ | — | ۵/۶ | ۰/۴ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۵۶۳ |
| ۱۱ | ۹۷/۳/۹ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۳۷۹ |
| ۱۲ | ۹۷/۳/۱۵ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۸ | ۹۰ | ۴۵۵ |
| ۱۳ | بهمن ۹۶ | — | - | ۱۶ | — | — | ۱۶۰ |
| | | | جمع | | | | ۶۰۸۱ |

**جدول ۵. برنامهٔ آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال شده در هر دور مربوط به تیمارهای آبیاری قطره‌ای (سال دوم)**

| ردیف | زمان آبیاری | نیاز خالص بر اساس | | بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز) | ضریب آبشویی (LR) | درصد راندمان کاربرد آب ($E_a$) | حجم آب محاسبه شده (مترمکعب در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت خاک (میلی‌متر) | نرم‌افزار (میلی‌متر در روز) | | | | |
| ۱ | ۹۷/۹/۲۱ | ۶۰ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۷۸۴ |
| ۲ | ۹۷/۱۰/۸ | ۳۸ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۴۹۶ |
| ۳ | ۹۷/۱۲/۱۴ | ۲۲ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۲۸۷ |
| ۴ | ۹۸/۱/۲۵ | ۳۵ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۴۵۷ |
| ۵ | ۹۸/۲/۷ | — | ۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۶۷۹ |
| ۶ | ۹۸/۲/۱۶ | — | ۵/۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۶۲۷ |
| ۷ | ۹۸/۲/۲۳ | — | ۵/۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۴۹۴ |
| ۸ | ۹۸/۲/۳۰ | — | ۵/۵ | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۵۰۳ |
| ۹ | ۹۸/۳/۴ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۰۸۷ | ۹۰ | ۳۴۰ |
| ۱۰ | ۹۸/۳/۱۱ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۵ | ۹۰ | ۵۱۲ |
| ۱۱ | دی ماه ۹۷ | — | - | ۱۳ | — | — | ۱۳۰ |
| ۱۲ | فروردین ۹۸ | — | - | ۲۰ | — | — | ۲۰۰ |
| | | | جمع | | | | ۵۵۰۹ |

**جدول ۶. برنامهٔ آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال شده در هر دور مربوط به تیمار آبیاری کرتی (سال اول)**

| ردیف | زمان آبیاری | نیاز خالص براساس | | بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز) | ضریب آبشویی (LR) | حجم آب (مترمکعب در هکتار) | | راندمان کاربرد آب در مزرعه (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت خاک (میلی‌متر) | نرم افزار (میلی‌متر در روز) | | | خالص (براساس رطوبت خاک یا نرم‌افزار) | ناخالص (اعمال شده در مزرعه) | |
| ۱ | ۹۶/۹/۱۶ | ۵۳ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۵۳۲ | ۱۶۲۳ | ۴۰ |
| ۲ | ۹۶/۱۰/۶ | ۲۳ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۲۲۴ | ۹۰۷ | ۳۰ |
| ۳ | ۹۶/۱۲/۱۵ | ۱۷/۲ | — | ۰ | ۰/۱۸ | ۱۷۲ | ۷۸۰ | ۲۷ |
| ۴ | ۹۶/۱۲/۲۸ | — | ۱/۷۱ | ۰ | ۰/۱۸ | ۲۲۲ | ۸۷۵ | ۳۱ |
| ۵ | ۹۷/۱/۱۵ | — | ۲/۸ | ۰ | ۰/۱۸ | ۴۴۸ | ۹۷۷ | ۵۶ |
| ۶ | ۹۷/۱/۲۸ | — | ۳/۲ | ۰/۲۱ | ۰/۱۸ | ۳۸۷ | ۷۶۰ | ۶۲ |
| ۷ | ۹۷/۲/۸ | — | ۵/۱ | ۰/۶۷ | ۰/۱۸ | ۴۸۷ | ۸۵۱ | ۶۹ |
| ۸ | ۹۷/۲/۱۸ | — | ۵/۴ | ۰/۳۱ | ۰/۱۸ | ۵۰۹ | ۸۸۸ | ۷۰ |
| ۹ | ۹۷/۲/۲۷ | — | ۵/۴ | ۱/۶ | ۰/۱۸ | ۳۴۲ | ۶۶۴ | ۶۲ |
| ۱۰ | ۹۷/۳/۴ | — | ۵/۶ | ۰/۴ | ۰/۱۸ | ۴۱۶ | ۷۱۵ | ۷۱ |
| ۱۱ | ۹۷/۳/۹ | | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۸ | ۲۸۰ | ۶۹۲ | ۴۹ |
| ۱۲ | ۹۷/۳/۱۵ | | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۸ | ۳۳۶ | ۶۴۳ | ۶۳ |
| ۱۳ | بهمن ۹۶ | — | — | ۱۶ | — | — | ۱۶۰ | — |
| | | | | | جمع | ۴۳۵۵ | ۱۰۵۳۵ | — |
| | | | | | | | میانگین | ۵۲/۵ |

**جدول ۷. برنامهٔ آبیاری و روند محاسبه حجم آبیاری اعمال شده در هر دور مربوط به تیمار آبیاری کرتی (سال دوم)**

| ردیف | زمان آبیاری | نیاز خالص براساس | | بارندگی مؤثر (میلی‌متر در روز) | ضریب آبشویی (LR) | حجم آب (مترمکعب در هکتار) | | راندمان کاربرد آب در مزرعه (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت خاک (میلی‌متر) | نرم افزار (میلی‌متر در روز) | | | خالص (براساس رطوبت خاک یا نرم‌افزار) | ناخالص (اعمال شده در مزرعه) | |
| ۱ | ۹۷/۹/۲۱ | ۶۰ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۶۰۰ | ۱۴۹۰ | ۴۷ |
| ۲ | ۹۷/۱۰/۸ | ۳۳ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۳۳۰ | ۹۵۲ | ۴۱ |
| ۳ | ۹۷/۱۲/۱۴ | ۲۴/۲ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۲۴۲ | ۱۰۰۰ | ۲۹ |
| ۴ | ۹۸/۱/۲۵ | ۳۲ | — | ۰ | ۰/۱۵ | ۳۲۰ | ۱۰۰۷ | ۳۸ |
| ۵ | ۹۸/۲/۷ | — | ۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۵۲۰ | ۹۶۰ | ۶۳ |
| ۶ | ۹۸/۲/۱۶ | — | ۵/۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۴۸۶ | ۸۹۰ | ۶۴ |
| ۷ | ۹۸/۲/۲۳ | — | ۵/۴ | ۰ | ۰/۱۵ | ۳۷۸ | ۸۵۱ | ۵۲ |
| ۸ | ۹۸/۲/۳۰ | — | ۵/۵ | ۰ | ۰/۱۵ | ۳۸۵ | ۸۸۸ | ۵۱ |
| ۹ | ۹۸/۳/۴ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۰۸۷ | ۲۸۰ | ۶۶۴ | ۴۶ |
| ۱۰ | ۹۸/۳/۱۱ | — | ۵/۶ | ۰ | ۰/۱۵ | ۳۹۲ | ۷۱۵ | ۶۴ |
| ۱۱ | دی‌ماه ۹۷ | — | — | ۱۳ | — | — | ۱۳۰ | — |
| ۱۲ | فروردین ۹۸ | — | — | ۲۰ | — | — | ۲۰۰ | — |
| | | | | | جمع | ۳۹۳۳ | ۹۷۴۵ | — |
| | | | | | | | میانگین | ۴۹/۵ |

طی دو سال، قبل از آبیاری اول و پس از آخرین آبیاری از اعماق ۲۵- ۰و ۵۰- ۲۵ سانتی‌متری خاک نمونه گرفته شد و شوری آنها اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۸ نشان داده شده است. نمونه‌گیری از تیمارهایی که به‌روش تیپ آبیاری می شدند از وسط دو نوار و از زیر نوار انجام گرفت و میانگین آنها در جدول ۸ ارائه شده است. لازم به ذکر است زمین آزمایش پس از برداشت سال اول رها شده بود (از تیرماه تا اواخر آبان ماه) و همان زمین برای اجرای آزمایش در سال دوم آماده سازی شد و عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن، سیکلوتیلر، لولر و کودپاشی انجام گرفت. کودپاشی فسفاته و پتاسه در شخم انجام گرفت (۱۵ کیلوگرم پتاس و ۱۰ کیلوگرم سوپرفسفات برای هر جریب به زمین اضافه شد) و درنهایت عمل کاشت مانند فصل قبل انجام شد. در هر دو سال، شوری خاک در تیمارهایی که به‌روش تیپ (A، B و C) آبیاری می شدند پس از آخرین آبیاری نسبت به قبل از آبیاری اول، افزایش قابل توجهی داشت، ولی شوری خاک در تیمار شاهد (D) نه تنها افزایش نیافت، بلکه کاهش نیز داشته است و نشان می‌دهد که عمل آبشویی در تیمار شاهد بهتر از تیمارهای تیپ انجام گرفته است (جدول ۸).

شور شدن خاک در آخر فصل نسبت به اول فصل در هر دو سال آزمایش در تیمارهایی که به‌روش تیپ آبیاری شدند نشان می‌دهد میزان آب آبشویی که در طول فصل به مقادیر آب آبیاری اضافه شد، کافی نبوده و سامانهٔ آبیاری تیپ باعث شورتر شدن خاک شده و بایستی مقداری آب برای آبشویی به خاک اضافه شود تا میزان شوری خاک برای کشت بعد تعدیل یابد و این میزان آب بایستی به حجم آب کاربردی تیمارهای تیپ در این دو سال اضافه شود. با توجه به اینکه تعیین میزان آب لازم برای آبشویی نمک‌های محلول از نیمرخ خاک‌های شور، از طریق آزمون‌های مزرعه‌ای ممکن است و انجام این آزمون‌ها زمانبر و از مجال این پروژه خارج بود، برای تعیین میزان آب لازم برای آبشویی خاک بر اساس توصیه هافمن (۱۰) عمل شد. ایشان میزان ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع آب را برای آبشویی اولیه خاک پیشنهاد کرده است. بر این اساس، میزان آب لازم برای آبشویی خاک کرت‌های تیپ، ۱۵ سانتی‌متر آب (۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار) درنظر گرفته شد و این مقدار به حجم آب مصرفی تیمارهای آبیاری تیپ که در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده، اضافه شد. بنابراین بر اساس نتایج جدول‌های ۴ تا ۷ و درنظر گرفتن میزان آبشویی برای تیمارهای آبیاری تیپ، میانگین دو ساله حجم آب مصرفی در تیمارهای روش آبیاری تیپ و سطحی، به‌ترتیب ۷۲۹۵ و ۱۰۱۴۰ مترمکعب در هکتار بوده است که نشان می‌دهد در روش تیپ حدود ۲۸ درصد آب کمتر مصرف شده است. که با نتایج سانجی سینگ (۱۸ و ۱۹) و خارو و همکاران (۱۱) همخوانی دارد، هرچند به‌واسطه تفاوت پارامترهای اقلیمی و شوری آب و خاک در این مناطق و درنتیجه متفاوت بودن نیاز آبی، میزان آب صرفه‌جویی شده در هر یک از این مطالعات با میزان آب صرفه‌جویی شده در این پژوهش متفاوت است.

## نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر تیمارهای آزمایش در هر دو سال آزمایش بر عملکرد دانه و بیولوژیکی در سطح خطای یک درصد بود و بر کارآیی مصرف آب و شاخص برداشت معنی دار نبود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در هر دو سال بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (D) بود و سه تیمار دیگر با قرار گرفتن در گروه آماری مشترک، تفاوت معنی دار آماری با هم نداشتند (جدول ۱۰). از نظر کارآیی مصرف آب، تیمار شاهد (D) در هر دو سال با بقیهٔ تیمارها در یک گروه قرار گرفت که نشان می‌دهد عملکرد بیشتر آن جبران مصرف بیشتر آب را کرده است. تیمار شاهد در هر دو سال بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیکی (بیوماس) را داشت و در هر دو سال در گروه برتر قرار گرفت (جدول ۱۰). مقادیر شاخص برداشت همهٔ تیمارها در هر دو سال به هم نزدیک بود. نتایج عنوان شده با نتایج سایر پژوهشگران همخوانی ندارد و اکثر پژوهشگران اذعان دارند کارآیی مصرف آب گندم در روش آبیاری

**جدول ۸. روند تغییرات شوری خاک تیمارهای آزمایش طی دو سال آزمایش برحسب دسی‌زیمنس بر متر**

| سال | زمان اندازه‌گیری | عمق خاک (cm) | تیمارها | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D |
| اول | قبل از آبیاری اول | ۰ -۲۵ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ |
| | | ۲۵ -۵۰ | ۸ | ۸ | ۸ | ۸ |
| | پس از آخرین آبیاری | ۰ -۲۵ | ۱۲/۴ | ۱۰ | ۱۷/۸ | ۳/۵ |
| | | ۲۵ -۵۰ | ۱۲/۸ | ۸ | ۱۶/۹ | ۵/۲ |
| دوم | قبل از آبیاری اول | ۰ -۲۵ | ۱۶/۸ | ۱۷/۹ | ۱۰/۲ | ۱۰/۲ |
| | | ۲۵ -۵۰ | ۱۱/۶ | ۱۳/۵ | ۱۳ | ۹/۴ |
| | پس از آخرین آبیاری | ۰ -۲۵ | ۱۲ | ۱۹/۸ | ۲۰/۹ | ۳/۲۷ |
| | | ۲۵ -۵۰ | ۱۷/۸۴ | ۱۴ | ۱۷/۶ | ۳/۱۴ |

**جدول ۹. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش**

| سال | منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | عملکرد دانه (Yield) | کارآیی مصرف آب (W.U.E) | عملکرد بیولوژیکی (BY) | شاخص برداشت (HI) |
| اول | بلوک | ۲ | ۲۳۷۳۲۲ | ۰/۰۰۴۰۰۱۵ | ۱۷۷۰۴۳۳ | ۰/۶۸۲۵ |
| | تیمار | ۳ | ۳۵۰۹۷۳۷$^{**}$ | ۰/۰۰۴۶۹۷۵ $^{ns}$ | ۳۱۵۹۸۶۹۸$^{**}$ | ۲۰/۱۹۴۲ $^{n.s}$ |
| | خطا | ۶ | ۱۰۰۲۲۸ | ۰/۰۰۱۷۳۸۳ | ۱۵۳۰۷۹۹ | ۶/۰۷۹۲ |
| دوم | بلوک | ۲ | ۱۴۱۹۷۱/۶ | ۰/۰۰۲۱۵۶۲ | ۱۷۰۴۰۹ | ۲/۹۲۵۸ |
| | تیمار | ۳ | ۴۴۲۹۱۶۱/۶$^{**}$ | ۰/۰۰۴۶۰۵۲ $^{ns}$ | ۱۴۳۵۴۹۱۰/۷ $^{**}$ | ۳/۷۴۷۷۷۷۷ $^{n.s}$ |
| | خطا | ۶ | ۱۲۷۱۹۴/۱ | ۰/۰۰۱۹۱۴۹ | ۳۰۹۹۴۲/۷ | ۲/۷۸۳۶۱۱۱۱ |

$^{**}$ و $^{*}$: به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است و ns معنی‌دار نیست.

**جدول۱۰. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش**

| سال | تیمار | صفات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) |
| اول | A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) | ۶۴۶۵ $^{b}$ | ۰/۸۵ $^{a}$ | ۱۳۲۶۲ $^{b}$ | ۴۸/۷ $^{a}$ |
| | B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر) | ۶۶۱۷ $^{b}$ | ۰/۸۷ $^{a}$ | ۱۴۲۸۶ $^{b}$ | ۴۶/۷ $^{ab}$ |
| | C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) | ۵۹۹۰ $^{b}$ | ۰/۷۹ $^{a}$ | ۱۲۳۴۹ $^{b}$ | ۴۸/۵ $^{a}$ |
| | D (شاهد، کرتی) | ۸۴۵۳ $^{a}$ | ۰/۸۰ $^{a}$ | ۱۹۵۹۴ $^{a}$ | ۴۳/۱ $^{b}$ |
| دوم | A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) | ۵۱۵۱/۷ $^{b}$ | ۰/۷۴ $^{a}$ | ۹۱۸۷/۷ $^{b}$ | ۵۶ $^{a}$ |
| | B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر) | ۴۹۶۲/۷ $^{b}$ | ۰/۷۱ $^{a}$ | ۹۰۶۳ $^{b}$ | ۵۴/۷ $^{a}$ |
| | C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) | ۴۶۳۰ $^{b}$ | ۰/۶۶ $^{a}$ | ۸۶۸۷/۷ $^{b}$ | ۵۳/۳ $^{a}$ |
| | D (شاهد، کرتی) | ۷۳۰۶/۳ $^{a}$ | ۰/۷۴ $^{a}$ | ۱۳۳۳۳/۷ $^{a}$ | ۵۴/۸ $^{a}$ |

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد هستند.

قطره‌ای به‌صورت معنی‌دار از روش آبیاری کرتی بیشتر است، دلیل آن شرایط خاص مزرعهٔ مورد آزمایش از لحاظ داشتن آب و خاک شور است که در قسمت قبلی توضیح داده شد.

## نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله و مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله، اثر تیمارهای آزمایش بر صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد و بر کارآیی مصرف آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و اثر این تیمارها بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود و تفاوت بین سال‌های آزمایش از نظر هر ۴ صفت کاملاً معنی‌دار بوده است (جدول ۱۱). بر اساس جدول ۱۲، بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای D (شاهد) و تیمار C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) به میزان ۷۸۸۰ و ۵۳۱۰ کیلوگرم در هکتار بود و عملکرد دانهٔ تیمارهای A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) و B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر) به‌ترتیب ۵۸۰۸ و ۵۷۹۰ بود. تیمار D در گروه برتر، تیمار C در گروه پایین و تیمارهای A و B در رتبهٔ میانه قرار گرفتند. شکل ۳، عملکرد دانه را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد مقادیر میانگین عملکرد در تیمارهای آبیاری تیپ نسبت به تیمار کرتی تقریبا ۲۸ درصد کاهش داشته است. دلاورپور و همکاران (۶)، سانجی سینگ و همکاران (۱۹) و ترک نژاد و همکاران (۲۲)، عملکرد دانه را در روش آبیاری تیپ کمتر از روش آبیاری سطحی گزارش کرده‌اند ولی قدمی و همکاران (۸)، خارو و همکاران (۱۱)، سلیم و همکاران (۱۶)، دهقانیان و دست‌فال (۵)، چایچی و همکاران (۳) و سیوان آپان (۲۱)، عملکرد دانه را در روش آبیاری تیپ بیشتر از روش آبیاری سطحی گزارش کرده‌اند، دلیل آن می‌تواند تفاوت اقلیمی، توزیع زمانی و میزان بارش و کیفیت متفاوت آب و خاک در مناطق مذکور باشد. لازم به ذکر است در آبیاری تیپ به‌دلیل اینکه سطح خیس شده نسبت به آبیاری سطحی کمتر است، سبز شدن یکنواخت بذر به‌میزان بارش بعد از کاشت بیشتر از آبیاری سطحی وابسته است. جدول‌های ۴ تا ۷ نشان می‌دهد در بازهٔ زمان کاشت هیچ بارشی در منطقه نداشتیم، شوری خاک هم مزید بر علت شده و تراکم کشت را تقلیل داده و درنتیجه کاهش عملکرد در تیمارهای تیپ نسبت به تیمار کرتی بیشتر شده است. اکثر مناطقی که عملکرد گندم در آبیاری تیپ، به واسطهٔ توزیع یکنواخت‌تر آب و کود، نسبت به آبیاری کرتی بیشتر می‌شود دارای میزان بارش مناسب و همچنین کیفیت خاک قابل‌قبول هستند. به‌طور خلاصه در آبیاری تیپ میزان آب اول و دوم (خاکاب و پی‌آب) بسیار اهمیت دارد و لازم است این موضوع توسط پژوهشگران بررسی شود.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱۲ میانگین عملکرد دانه تیمارها در سال اول آزمایش به‌طور قابل توجهی بالاتر از سال دوم آزمایش بوده است که یکی از دلایل آن شوری بیشتر خاک در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش باشد (جدول ۸). دلیل دیگر می‌تواند کشت گندم در دو سال متوالی در یک زمین باشد.

با توجه به داده‌های جدول ۱۲، میزان میانگین دو ساله کارآیی مصرف آب در تیمارهای A، B، C و D به‌ترتیب ۰/۷۹، ۰/۷۹، ۰/۷۳ و ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب است که فقط تیمار C در گروه مجزا و پایین‌تر از بقیه قرار گرفته است. مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمارهای تیپ این آزمایش از مقادیر گزارش شده توسط سایر پژوهشگران کمتر است. میزان کمتر کارآیی مصرف آب گندم در این پروژه نسبت به آنچه پژوهشگران دیگر گزارش کرده‌اند به‌دلیل شوری محسوس آب و خاک مزرعهٔ این آزمایش نسبت به دیگر مزارع بوده است، همان‌طور که قبلاً اشاره شد با وجود اینکه هنگام هر آبیاری مقداری آب محاسبه شده برای آبشویی خاک به آب آبیاری تیمارهای تیپ اضافه شد ولی میزان آب آبشویی درنظر گرفته شده کافی نبوده و در آخر فصل خاک کرت‌هایی که به‌روش تیپ آبیاری می‌شدند به‌طور محسوسی شورتر شده بود ولی در کرت‌هایی که به‌روش کرتی آب شده بودند شوری خاک تغییر نکرده بود (جدول ۸). در این شرایط بایستی مقداری آب برای

**جدول ۱۱. تجزیه واریانس مرکب دوساله صفات مورد بررسی**

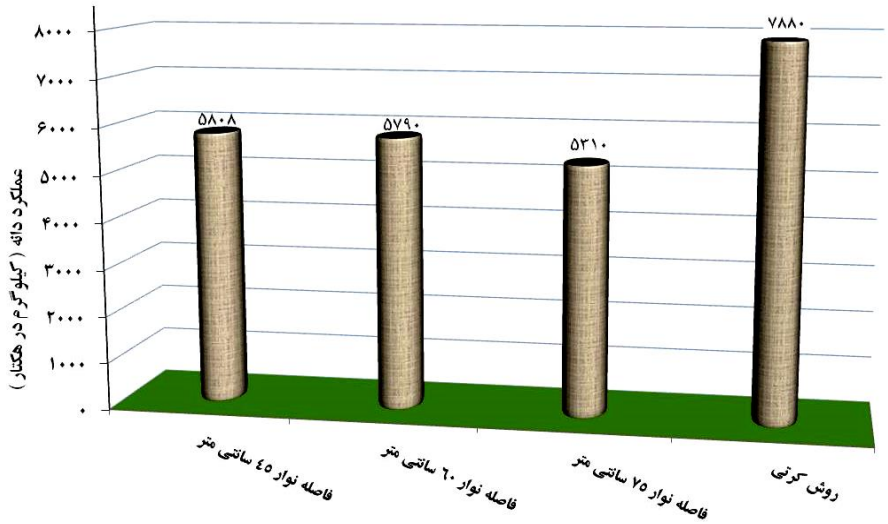
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه (Yield) | کارآیی مصرف آب (W.U.E) | عملکرد بیولوژیکی (BY) | شاخص برداشت (HI) |
| سال | ۱ | ۱۱۲۳۶۷۵۴ ** | ۰/۰۸۰۹۷۲ ** | ۱۳۸۵۲۸۱۵۰ ** | ۳۷۸/۴۲۰۴۲ ** |
| تکرار (سال) | ۴ | ۱۸۹۶۴۷ | ۰/۰۰۳۰۷۸۹ | ۹۷۰۴۲۱ | ۱/۸۰۴۱۷ |
| تیمار | ۳ | ۷۸۷۱۹۳۸ ** | ۰/۰۰۶۰۱۶۷ * | ۴۳۸۸۶۴۶۵ ** | ۱۱/۷۵۳۷۵ n.s |
| تیمار × سال | ۳ | ۶۶۹۶۱ n.s | ۰/۰۰۳۲۸۶ n.s | ۲۰۶۷۱۴۴ n.s | ۱۲/۱۸۸۱۹ n.s |
| خطا | ۱۲ | ۱۳۶۴۵۳۵ | ۰/۰۰۱۸۲۶۶ | ۹۲۰۳۷۱ | ۴/۴۳۱۳۹ |

** و * : به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار است و ns معنی‌دار نیست.

**جدول ۱۲. مقایسه میانگین مرکب دوساله صفات مورد بررسی**

| تیمار | صفات | | | |
|---|---|---|---|---|
| | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) | شاخص برداشت (درصد) |
| سال اول | ۶۸۸۱ a | ۰/۸۳ a | ۱۴۸۷۳ a | ۴۶/۷۸ b |
| سال دوم | ۵۵۱۳ b | ۰/۷۱ b | ۱۰۰۶۸ b | ۵۴/۷۲ a |
| A (فاصله نوار ۴۵ سانتی‌متر) | ۵۸۰۸ b | ۰/۷۹ a | ۱۱۲۲۵ b | ۵۲/۴ a |
| B (فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر) | ۵۷۹۰ b | ۰/۷۹ a | ۱۱۶۷۵ b | ۵۰/۷ ab |
| C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) | ۵۳۱۰ c | ۰/۷۳ b | ۱۰۵۱۹ b | ۵۰/۹ ab |
| D (شاهد، کرتی) | ۷۸۸۰ a | ۰/۷۸ ab | ۱۶۴۶۴ a | ۴۸/۹۷ b |

اعدادی که دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد هستند.




**شکل ۳. میانگین دو ساله عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آزمایش**

آبشویی خاک کرت‌هایی که به‌روش تیپ آبیاری شده بودند درنظر گرفته می‌شد تا شوری خاک برای کشت بعد تعدیل شود و تیمارهای کرتی و تیپ در شرایط مشابه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. به‌همین خاطر بر اساس توصیه هافمن (۱۰) که قبلاً توضیح داده شد، ۱۵۰۰ مترمکعب آب در هر هکتار به‌میزان آب کاربردی تیمارهای تیپ در طول فصل رشد اضافه شد و سپس تجزیه و تحلیل تیمارها انجام گرفت. اضافه کردن میزان آب مذکور به تیمارهای تیپ دلیل کاهش مقدار کارآیی مصرف آب گندم در این تیمارها شده است. لازم به ذکر است میانگین بارش سالانه در مناطق آزمایشی این پژوهشگران از ۲۵۰ تا ۱۳۰۰ میلی‌متر، بعضاً با توزیع مناسب، بوده است که این میزان بارش می‌تواند باعث آبشویی خاک و بالا بردن رطوبت خاک شود درصورتی که میانگین بارش سالانه منطقهٔ آزمایش اخیر ۹۰ میلی‌متر بوده است. مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمار روش آبیاری سطحی این آزمایش مشابه با مقادیر گزارش شده توسط سانجی سینگ و همکاران (۱۷ و ۱۹) است. در شکل ۴ مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمارهای آزمایش با هم مقایسه شده است. از نظر عملکرد بیولوژیکی، بیشترین میزان این صفت در تیمار D (شاهد) به‌دست آمد و سه تیمار دیگر فاقد تفاوت آماری با یکدیگر بودند. میانگین عملکرد بیولوژیکی نیز در سال اول به‌طور قابل توجهی بیش از سال دوم آزمایش بود (جدول ۱۲). بر اساس نتایج دو ساله، تیمارهای تیپ از نظر شاخص برداشت در گروه برتر و تیمار D(شاهد) در گروه بعدی قرار گرفتند. مقدار این شاخص در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۱۲).

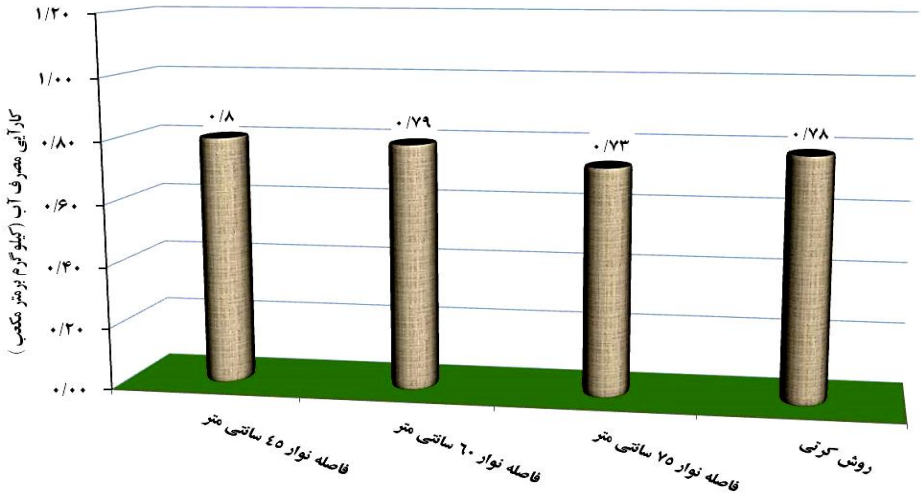
با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، تیمار D (شاهد) از نظر عملکرد و کارآیی مصرف آب در گروه برتر قرار گرفت. نتایج مذکور و بررسی روند شوری خاک در انتهای فصل نسبت به ابتدای فصل در تیمارهای آزمایش نشان داد، در شرایط کیفیت آب و خاک مورد مطالعه، روش آبیاری کرتی نسبت به روش آبیاری تیپ کارآمدتر است. بر اساس نتایج از بین تیمارهای تیپ، تیمارهای A و B (فواصل نوار ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) از لحاظ کارآیی مصرف آب و عملکرد نسبت به تیمار C (فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر) در گروه بالاتری قرار گرفتند، از طرفی میزان مصرف نوار، حجم عملیات اجرایی داخل مزرعه و همچنین بقایای نوار به‌جا مانده در مزرعه در فاصله نوار ۴۵ نسبت به فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر بیشتر است که از لحاظ اقتصاد کشاورز و مسائل زیست‌محیطی حائز اهمیت است، بنابراین اگر ملزم به استفاده روش آبیاری تیپ در زراعت گندم باشیم، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر برای بافت خاک لومی رسی سیلتی توصیه می‌شود. سایر پژوهشگران (۳، ۴، ۱۲، ۱۸ و ۲۰) هم فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر را توصیه کرده‌اند.

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین فاصله بهینه نوار تیپ در زراعت گندم در بافت خاک لومی رسی سیلتی طی دو سال زراعی در منطقهٔ مهیار شهرستان شهرضای استان اصفهان انجام شد. فواصل انتخابی نوار ۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر بودند. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش، کارآیی مصرف آب، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند و نتایج به‌دست آمده در تیمارهای آبیاری قطره‌ای نواری با روش آبیاری کرتی مقایسه شدند. میزان شوری خاک نیز در تیمارهای آزمایش در ابتدا و انتهای فصل اندازه‌گیری و با هم مقایسه شد. نتایج و پیشنهادات به‌دست آمده از آزمایش اخیر عبارتند از:

۱- هنگام استفاده از روش آبیاری تیپ در زراعت گندم در خاک‌های با بافت لوم‌رسی‌سیلتی، فاصله نوار۶۰ سانتی‌متر از لحاظ فنی، اقتصادی و زیست‌محیطی قابل توصیه است.

۲- در شرایط آب و خاک شور و میانگین بارش کم، استفادهٔ مستمر از آبیاری تیپ باعث از بین بردن حاصلخیزی خاک شده و عملکرد گندم کاهش می‌یابد و توصیه نمی‌شود. در این شرایط روش‌های آبیاری سطحی، همراه با مدیریت مناسب، کارآمدتر هستند.




**شکل ۴. میانگین دو ساله کارآیی مصرف آب گندم در تیمارهای مختلف آزمایش**

۳- در شرایط مذکور اگر به‌واسطهٔ کمبود آب ملزم به استفاده از روش آبیاری تیپ در زراعت گندم باشیم حتماً بایستی از روش تیپ و سطحی به‌صورت تلفیقی استفاده شود تا از شورتر شدن خاک ممانعت شود.

۴- در اکثر مناطقی که عملکرد گندم در روش تیپ بیشتر از روش سطحی گزارش شده میانگین بارش سالیانه بیش از ۲۵۰ میلی‌متر بوده است، این اتفاق به یکنواختی سبز شدن بذر کمک می‌کند و تراکم کشت و در نتیجه عملکرد را بالا می‌برد.

۵- در مناطقی که بارش سالیانهٔ مناسب ندارند میزان حجم آب آبیاری گندم در نوبت‌های اول و دوم هنگام استفاده از روش تیپ، به‌خاطر سبز شدن یکنواخت بذر، از اهمیت بیشتری نسبت به آبیاری سطحی برخوردار است، بنابراین میزان حجم آب آبیاری در دو نوبت مذکور در روش آبیاری تیپ بایستی توسط پژوهشگران تعیین شود.

۶- در تجزیه و تحلیل مرکب داده‌های آزمایش اخیر، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر بهترین فاصله بود ولی در تجزیه و تحلیل جداگانهٔ داده‌های هر سال آزمایش اخیر، فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر بهترین فاصله نوار بود، ممکن است با اعمال آب بیشتر در دو آبیاری اول و دوم، فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر هم در بافت خاک مذکور مناسب باشد که احتیاج به بررسی توسط پژوهشگران دارد.

**سپاسگزاری**

نویسندگان این مقاله از مدیریت محترم آب و خاک و امور مهندسی سازمان جهاد کشاورزی اصفهان و همکاران این اداره بابت تأمین کلیه اعتبارات مورد نیاز این پروژه و پشتیبانی لازم برای پیشبرد آن قدردانی می‌کنند.

## منابع مورد استفاده

1. Anonymous. 2019. An overview of the agriculture of Isfahan province (2018- 2019). The Agricultural Jihad Organization of Isfahan, Public Relation Office, 1-24. (In Farsi).
2. Asadi, H., M. Neyshaburi and H. Siadat. 2001. Effect of water stress in different stages of growth on yield, yield components and some wheat relations. In: Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress, Shahrekord. (In Farsi).
3. Chaichi, M., A. Ghadami-Firouzabadi, A. Arjmandian, R. Ahmadi, M. Saidan, H. Hosseini, A. Shahabi, M. Shabanian, H. Saedi, A. Salimi and A. M .Amirabadi. 2010. Evaluation of different wheat genotypes reaction under distinct irrigation methods in Hamedan region. Research Report No. 41461. Seed and Plant Improvement Institute. (In Farsi).

4. Chen, R., W. H. Cheng, J. Cui, J. Liao, H. Fan and Z. Zheng. 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: the effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. *Field Crops Research Journal* 179: 52-62.
5. Dehghanian, S. A. and M. Dastfal. 2009. Determination of water use efficiency potential of wheat cultivars in different irrigation methods (sprinkler, drip and surface) in different climatic conditions of Iran. Research Report No. 88/1217. Agricultural Engineering Research Institute. (In Farsi).
6. Delavarpoor, A., M. Zakerinia and M. Hesam. 2019. Effect of different intervals of tape drip irrigation on wheat yield and water use efficiency. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 6(12): 1563-1573. (In Farsi).
7. Gao, Y., L. Yang, X. Shen, X. Li, J. Sun, A. Duan and L. WU. 2014. Winter wheat with subsurface drip irrigation (SDI): crop coefficients, water-use estimates, and effects of SDI on grain yield and water use efficiency. Agricultural. *Water Management* 146: 1-10.
8. Ghadami-Firouzabadi, A., J. Baghani, M. Jovzi and M. Albaji. 2021. Effects of wheat row spacing layout and drip tape spacing on yield and water productivity in sandy clay loam soil in a semi-arid region. *Agricultural Water Management* 251: 1-11.
9. Heidari, N. 2012. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management* 1(2): 43-57. (In Farsi).
10. Hoffman, G. J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. In: Inter-American Salinity and Water Management Technology Conference. Juarez, Mexico. 11-12 December 1980.
11. Kharrou, M. H., R. Salah, C. Ahmed, D. Benoit, S. Vincent, L. Michel, O. Lahcen and J. Lionel. 2011. Water use efficiency and yield of winter wheat under different irrigation regimes in a semi-arid region. *Agricultural Sciences Journal* 2(3): 273-282.
12. Lokhande, J. N., M. M. Deshmukh, Bal Krishna and S. B. Wadatkar. 2019. Maximizing yield and water use efficiency of wheat crop using drip irrigation systems. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8(07): 2647-2655.
13. Lv, Z., M. Diao, W. Li, J. Cai and Q. Zhou. 2019. Impacts of lateral spacing on the spatial variations inwater use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. *Agricultural Water Management* 212: 252-261.
14. Nirizi, S. and R. Helmi- Fakhrdavood. 2004. Comparison of water use efficiency at several points in Khorasan. Articles of the Eleventh Iranian Irrigationane Drainage Committee. Tehran 391-403. (In Farsi).
15. Rahimian, M. H. 2012. Determination of optimum latral space in drip irrigation of wheat. In: First National Conference on farm water management. (In Farsi).
16. Saleem, M., A. Wagas and R. N. Ahmad. 2010. Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. *International Journal of Agricultural and Applied Sciences* 2(1): 7-28.
17. Sanjay Singh, C., M. K. Awasthi and R. K. Nema. 2014. Maximizing water productivity and yields of wheat based on drip Irrigation systems in clay loam Soil. *International Journal of Engineering Research and Technology* 3(7): 533-535.
18. Sanjay Singh, C., M. K. Awasthi, R. K. Nema and L. D. Koshta. 2015. Effect of dripper spacing on yield and water productivity of wheat under drip irrigation. *Indian Journal of Science and Technology* 16(3): 456-464.
19. Sanjay Singh, C., A. Manoj Kumar and N. Rajendra Kumar. 2015. Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. *Indian Journal of Science and Technology* 8(7): 650–654, April 2015.
20. Shafiierad, S., H. R. Fooladvand and E. Rahimi. 2011. Effect of space between emitters and irrigation strips on wheat yield in surface drip irrigation. In: 11th Seminar of Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran. 7 February 2012. (In Farsi).
21. Sivanappan, P. K. 1988. Economic of drip irrigation for various crops in India. In: Forth International Micro irrigation congress. October 23 -26. Abury. Wodonga, Australia.
22. Torknezhad, A., M. Aghaee-Sarbarzeh, H. Jafari, A. Shirvani, R. Roeentan, A. Nemati and K. H. Shahbazi. 2006. Study and economic evaluation of drip (tape) irrigation method on wheat compared to surface irrigation in water limited areas. *Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture* 72: 36-44. (In Farsi).
23. Zain, M., Z. Si, J. Chen, F. Mehmood, S. U. Rahman, A. N. Shah, S. Li, Y. Gao and A. Duan. 2021. Suitable nitrogen application mode and lateral spacing for drip-irrigated winter wheat in North China Plain. *PloS one* 16(11): 1- 19.

**Journal of Water and Soil Science**
**Vol. 26, No. 4, Winter 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.**

# Optimal Tape Spacing and Water Use Efficiency for Wheat Crop on Silty Clay Loam Soil Texture

**M. Farzamnia* and M. Miranzadeh[1]**

(Received: November 24-2021 ; Accepted: May 25-2022)

## Abstract

The present study was carried out in the Mahyar region of Esfahan Province to determine optimum drip tape spacing for the wheat crops on a silty clay loam soil respecting grain yield as well as yield components, water use efficiency, and variations in the salinity within the soil profile. The experiment was performed for three years from 2017 to 2019 with a randomized complete block design with three replicates and four treatments. The treatments consisted of three tape spacings (A) at 45, (B) at 60, (C) at 75 cm, and the Control (D) was irrigated with the basin method. The same volume of irrigated water was applied to the drip treatments, A, B, and C in every irrigation interval, whereas for treatment D, the local farmers' practice was followed. Based on the results from compound variance analysis, the treatment effect on both grain yield and biological yield, and on water use efficiency and harvest index was significant at 1% and 5% level of confidence, respectively. The mean water use efficiency in treatments A, B, C, and D was measured as 0.79, 0.79, 0.73, and 0.78 kg $m^{-3}$; thus, treatments A, B, and D outperformed treatment C. A comparison between the salinity of the soil profile at the beginning and the end of the growing season revealed that the basin irrigation method was more effective on salt leaching than the drip tape system. The results of this study indicated that concerning water use efficiency and crop yield, drip tapes spaced at 45 or 60 cm outperformed those which were 75 cm apart. On the other hand, the work required for irrigation system installation as well as the amount of drip tape residues left on the field at the end of the growing season is larger for tapes spaced at 45 cm compared to those which are 60 cm apart. This will have a significant impact on farmers' budgets and environmental issues. Therefore, it is recommended to lay the tapes 60 cm apart for the irrigation of wheat crops on silty clay loam soils.

**Keywords**: Drip tape irrigation, Tape spacing, Water use efficiency, Soil salinity

1. Department of Agricultural Engineering Research, Isfahan Agricultural and Natural resources Research and Education center (AREEO), Isfahan, Iran.
*: Corresponding author, Email: masoud_farzamnia@yahoo.com