



۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



## دستنامه فنی: آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

هادی افشار

2  
D15-L60



# AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی  
تلفن: ۰۲۶۳۶۱۵۰۰۰۰ و ۰۲۶۳۲۷۰۵۲۴۲، ۰۲۶۳۲۷۰۵۳۲۰  
دورنگار: ۰۲۶۳۲۷۰۶۲۷۷، آدرس دسترسی: [www.aeri.ir](http://www.aeri.ir) (بخش انتشارات الکترونیکی)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

راهنمای جامع:

آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

تهیه و تدوین:

هادی افشار

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع

طبیعی خراسان رضوی

سال انتشار:

۱۴۰۰





وزارت جهاد کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: دستنامه فنی

عنوان نوشتار: آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

نگارنده: هادی افشار

همکاران: مهدی اکبری، جواد باغانی، سید ابراهیم دهقانیان، علی قدمی فیروزآبادی،

اسماعیل مقبلی دامنه و حیدر طایفه رضائی، مهدی نخجوانی مقدم، سالومه سپهری

ویراستار علمی: حسین دهقانی سانچ

ویراستار ادبی: محمدرضا داهی

صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۴۰۰



مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.

شماره ثبت ۶۰۷۲۶ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی  
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

## مخاطبان نشریه:

کارشناسان مهندسی آب شاغل در مراکز خدمات جهاد کشاورزی و مزارع کشاورزی، کشاورزان تولید کننده گندم و کارشناسان نظارت بر بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های نوین آبیاری.

## اهداف آموزشی:

### شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- اصول به‌کارگیری نوار تیپ در زراعت گندم
- فاصله‌های نوار آبیاری در زراعت گندم
- حدود مقدار آب کابردی در زراعت گندم در روش آبیاری قطره‌ای تیپ
- مسائل قابل توجه در ارتباط با شوری خاک

## آشنا خواهید شد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار
۱	مقدمه
۳	فاصله مناسب نوارهای آبیاری قطره‌ای در خاک‌های مختلف در زراعت گندم
۱۰	مقدار مناسب آب آبیاری گندم در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)
۱۵	بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی و بهره‌وری به ازای تیخیر و تعرق واقعی
۲۳	اثر آبیاری قطره‌ای (تیپ) بر خصوصیات کیفی خاک و مدیریت آبیاری
۲۷	مقدار آب آبیاری در آب اول و دوم
۲۸	تراکم بوته و مقدار بذر مصرفی
۲۸	دستاوردها
۳۱	توصیه‌های کاربردی برای اجرای آبیاری قطره‌ای (تیپ)
۳۴	توصیه‌های مدیریتی
۳۵	پژوهش‌های مورد نیاز (کاستی‌ها)
۳۷	منابع

### پیشگفتار

استفاده از آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم مقوله‌ی جدیدی است. مبانی علمی آن تفاوت چندانی با دیگر روش‌های آبیاری قطره‌ای ندارد، اما تجربه‌های عملی و کاربردی آن اندک است و نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. در این نوشتار، ابتدا به مسائل آب و زراعت گندم پرداخته شده و پس از آن در چهار زیر بخش پژوهش‌های مرتبط با آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم و اهم مسائل مربوط به آبیاری قطره‌ای (تیپ) در گندم و نتایج به‌دست آمده از آنها به تفکیک بررسی شده است. سپس دستاوردها و روش کاربرد آنها، اهم پژوهش‌های مورد نیاز (کاستی‌ها)، نیازهای تحقیقاتی و میدانی، توصیه‌های کاربردی و تجربه‌های میدانی ارائه شده است.

### مقدمه

ایران از جمله کشورهای خشک و کم آب محسوب می‌شود و منابع آبی محدودی دارد. به همین دلیل لازم است که از هر واحد آب مصرفی مقدار محصول بیشتری تولید شود.

گندم، یکی از محصولات استراتژیک کشور، با سطح زیر کشت متوسط نزدیک به دو میلیون هکتار کشت آبی، بیشترین مقدار مصرف آب را در بخش کشاورزی دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به میانگین حجم آب کاربردی گندم در کشور، ۵۴۵۵ متر مکعب آب در هکتار (باغانی و همکاران، ۱۳۹۷)، میزان آب کاربردی این محصول در کل کشور نزدیک ۱۱ میلیارد مترمکعب در سال تخمین زده می‌شود. بنابراین کاهش مصرف آب در کشت این محصول و در نتیجه افزایش بهره‌وری آن به‌منظور تولید پایدار آن ضروری است. در این راستا، گروه‌های مختلفی تلاش می‌کنند تا هر یک به نوبه‌ی خود توانایی‌های بالقوه

موجود را به عمل نزدیک کنند. از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر افزایش عملکرد گندم، نحوه مصرف آب است. به‌رغم پایین بودن سطح زیر کشت گندم آبی، نسبت به گندم دیم، سهم تولید گندم آبی به مراتب بیشتر از سهم تولید گندم دیم است. بنابراین، ضرورت استفاده بهینه از منابع آب موجود و قابل استحصال و افزایش بهره‌وری مصرف واقعی آب اجتناب ناپذیر است. برای رسیدن به این هدف، انتخاب روش‌های مناسب آبیاری، از جمله آبیاری قطره‌ای، اهمیت خاصی دارد.

دو عبارت " آب مصرف شده یا آب آبیاری " و " بهره‌وری آب " که در این نوشتار به کار برده شده است به صورت زیر تعریف شده‌اند.

### **آب مصرف شده یا آب آبیاری**

آب مصرف شده یا آب آبیاری عبارت است از مقدار آبی که به‌طور ناخالص از طریق آبیاری به مزرعه وارد شده است.

### **بهره‌وری آب آبیاری**

بهره‌وری آب عبارت است از نسبت عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) بر مقدار آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)

استفاده از آبیاری قطره‌ای (تیپ) در گیاهان ردیفی از سال‌های گذشته شروع شد. گندم از جمله گیاهانی است که آرایش کاشت آن با سایر گیاهان ردیفی مانند سیب زمینی، چغندر قند و خیار متفاوت است و آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم در دو دهه اخیر رایج شده و در سال‌های اخیر رو به توسعه گذاشته است.

برای آبیاری گندم عمدتاً از روش‌های سطحی و بارانی استفاده می‌شود، اما با توجه به تلفات تبخیر و باد بردگی در آبیاری بارانی، فقدان شرایط مناسب مانند تسطیح زمین و خاک‌ورزی نامناسب در روش آبیاری سطحی و محدودیت

در آب آبیاری و همچنین مسایل کارگری، کشاورزان به استفاده از روش قطره‌ای (تیپ<sup>۱</sup>) برای آبیاری گندم روی آورده‌اند. استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) می‌تواند سبب صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری در بخش کشاورزی و افزایش بهره‌وری مصرف آب شود. با این همه، توسعه آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم با پرسش‌ها و ابهام‌هایی همراه است. پاره‌ای از کشاورزان به‌صورت موفق از آن استفاده می‌کنند. برخی فقط به پشتوانه حمایت دولتی به آن روی می‌آورند. با توجه به مسایل کاربردی و اقتصادی، در آبیاری قطره‌ای گندم از نوارهای قطره‌ای تیپ استفاده می‌شود که نسبت به لوله‌های قطره چکان‌دار به مراتب ارزان‌تر است و در صورت آسیب‌دیدگی امکان جایگزینی آن بعد از یک فصل کشت ممکن خواهد بود. عمده‌ترین مسائل کاربرد نوارهای آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم عبارت‌اند از:

- فاصله مناسب نوارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) در خاک‌های مختلف
- مقدار مناسب آب آبیاری گندم در روش آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ)
- اثر آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) بر ویژگی‌های کیفی خاک
- مقدار آب آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در آب اول و دوم
- تراکم بوته در هکتار و میزان بذر مورد نیاز در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)

### فاصله مناسب نوارهای آبیاری قطره‌ای در خاک‌های مختلف در زراعت گندم

در سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)، فاصله نوارها یکی از مهم‌ترین مولفه‌های مؤثر بر توزیع رطوبت آب در خاک و هزینه اولیه سیستم آبیاری است.

---

1. Tape



نوع بافت خاک و نوع گیاه بیشترین تأثیر را در تعیین بهینه فاصله نوارها خواهند داشت.

در پژوهشی در چین، آزمایشی در نظر گرفته شد که در آن فاصله بین نوارهای آبیاری ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر و مقدار آب آبیاری ۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۶۰۰۰ و ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار با دور آبیاری ۱۰ روزه در یک بافت خاک لومی بود. اقلیم این منطقه معتدل و خشک با میانگین دمای سالانه ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی ۲۰۴ میلی‌متر بود. نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد دانه و رشد گیاه هر دو با افزایش فاصله نوارهای آبیاری کاهش می‌یابند. فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر و مقدار آب ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار بیشترین رطوبت پایدار را در طول فصل رشد نشان داد. این فاصله نوار بیشترین عملکرد را نیز دارا بود (چن<sup>۱</sup> و همکاران ۲۰۱۵). در منطقه شین چیانگ<sup>۲</sup> کشور چین که با کمبود آب مواجه است به کارگیری آبیاری قطره‌ای (تیپ) برای تولید گندم با موفقیت همراه بوده است. با این همه، استفاده از نوار (تیپ) در روش‌های مرسوم کاشت (یک نوار آبیاری به‌ازای چهار ردیف کاشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر) هزینه زیادی دارد. در پژوهشی فاصله‌های مختلف نوار آبیاری به‌ازای تعداد ردیف کاشت در خاکی با بافت لوم بررسی و گزارش شد که با افزایش این نسبت، عملکرد کاهش آشکاری دارد، اما نسبت کاهش عملکرد به نسبت کاهش آب دریافتی کمتر است که دلیل آن کاهش شاخص سطح برگ است. بنابراین، نتیجه‌گیری شد که می‌توان الگوهای جدیدی برای آبیاری گندم با نوار آبیاری پیدا کرد که هزینه‌های آن را کاهش دهد (لو و همکاران ۲۰۱۹). در ایران، در پژوهشی با بررسی تأثیر فاصله قطره‌چکان‌ها و نوارهای آبیاری قطره‌ای بر میزان عملکرد گندم در خاکی با بافت

1. Chen  
2. Xinjiang

لوم رسی نشان داد که بیشترین عملکرد و بهره‌وری آب مربوط به فاصله نوارهای ۴۰ سانتی‌متر و فاصله قطره چکان‌های ۱۰ سانتی‌متر است (شفیعی‌راد ۱۳۸۹). در پژوهشی تأثیر فاصله‌های مختلف نوارهای آبیاری قطره‌ای بر عملکرد گندم و کارایی مصرف آب را در یک بافت لومی بررسی کردند و نشان دادند که فاصله نوار آبیاری ۵۰ سانتی‌متر معمولی بیشترین عملکرد محصول و کمترین میزان کارایی مصرف آب را دارد، درحالی‌که بیشترین بهره‌وری آب در تیمار با فاصله نوارهای آبیاری ۷۰ سانتی‌متر و نوع آبیاری یک‌درمیان متغیر بوده است (دل‌اورپور و همکاران ۱۳۹۷). در تحقیقی اثر آرایش کاشت و فاصله نوار آبیاری قطره‌ای را بر عملکرد و بهره‌وری گندم در همدان در خاکی با بافت لومی رسی شنی بررسی و گزارش کردند که فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر با فاصله ردیف‌های گندم ۱۵ سانتی‌متری بیشترین مقدار بهره‌وری آب را دارد. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که حداکثر فاصله نوار در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم می‌تواند تا ۷۵ سانتی‌متر باشد، به طوری که هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد باید فاصله نوارها کمتر شود (قدمی فیروزآبادی و همکاران ۲۰۲۱).

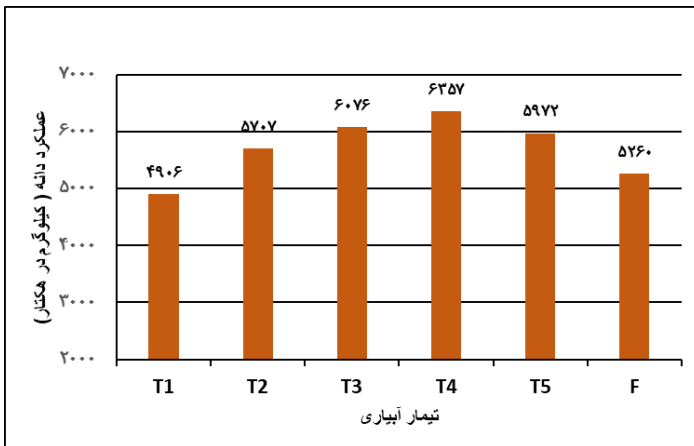
در پژوهشی با عنوان "اثر آرایش کاشت‌های مختلف در آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) بر خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری گندم" در استان‌های خراسان رضوی، فارس، جنوب کرمان (جیرفت)، همدان و آذربایجان غربی در مقیاس مزرعه‌ای اثر آرایش کاشت‌های مختلف گندم و همچنین فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای در مدت ۲ سال زراعی (۹۶-۹۵ و ۹۷-۹۶) بررسی شد (باغانی و همکاران ۱۳۹۸). تیمارهای مورد بررسی به شرح زیر بودند:

۱) فاصله ردیف کاشت ۱۵ سانتی‌متر، با فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر (T1).

۲) فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر، با فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر (T2).

- ۳) فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر، با فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر (T3).
- ۴) فاصله ردیف کاشت ۱۵ سانتی‌متر، با فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر (T4).
- ۵) فاصله ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر، با فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر (T5).
- ۶) آبیاری شیاری، تعداد ۴ ردیف کاشت روی پشته و فاصله شیارها ۶۰ سانتی‌متر (F).

در جمع‌بندی کل استان‌ها مشاهده شد که فاصله نوار آبیاری ۶۰ سانتی‌متر، در مقایسه با فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر، عملکرد بالاتری به‌دست داده است. به عبارتی، افزایش فاصله نوار باعث کاهش عملکرد تیمارها شده است. این کاهش ممکن است به دلیل نرسیدن رطوبت خاک مزرعه در بین نوارها به حد کفایت باشد. متوسط عملکرد در روش آبیاری سطحی، فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متری و ۷۵ سانتی‌متری به ترتیب ۵۲۶۰، ۶۱۳۵ و ۵۸۰۶ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب بود (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- میانگین عملکرد هر تیمار در کل مناطق اجرا



شکل ۲- میانگین کل عملکرد در فاصله نوارهای مختلف و آبیاری سطحی

نتیجه کلی نشان داد که میانگین عملکرد در کلیه تیمارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) در همه مناطق اجرای آزمایش ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در آبیاری سطحی ۵۲۶۰ کیلوگرم در هکتار است. به عبارتی، در آبیاری قطره‌ای (تیپ) عملکرد دانه گندم نسبت به آبیاری سطحی ۱۴ درصد افزایش نشان داد. در خراسان رضوی، فاصله نوار (تیپ) ۶۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر در اغلب صفات مورد بررسی نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری نشان داد. به طوری که عملکرد در سال اول و دوم اجرای طرح به ترتیب ۶۰۰۰ و ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میانگین عملکرد آبیاری قطره‌ای (تیپ) مورد نظر نسبت به تیمار آبیاری سطحی به ترتیب ۲۵ و ۵۵ درصد افزایش نشان داد.

در جیرفت بهترین عملکرد و اجزای عملکرد متعلق به فاصله نوار (تیپ) ۶۰ و فاصله ردیف کاشت ۲۰ و ۳۰ سانتی متر به دست آمده است. علت این امر به بافت سبک خاک منطقه برمی گردد زیرا در تیمارهای با فاصله نوار ۷۵ سانتی متر فواصل بین دو نوار به خوبی خیس نمی شدند و در برخی نقاط خشک باقی مانده سبب کاهش عملکرد گردیده است. مقایسه پژوهش‌ها نشان داد که میزان عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به آبیاری سطحی ۳۷ درصد افزایش داشته است.

در همدان میزان عملکرد دانه در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) با فاصله نوار ۷۵ و ۶۰ سانتی متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۱۵ سانتی متر به ترتیب ۷۴۴۳ و ۷۰۶۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و فاصله نوار قطره‌ای (تیپ) ۷۵ سانتی متر با تعداد ۴ ردیف کاشت با فاصله ۱۵ سانتی متر از یکدیگر در اطراف هر نوار توصیه شد.

در آذربایجان غربی عملکرد دانه در فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی متر با فاصله نوار قطره‌ای (تیپ) ۶۰ سانتی متر، نسبت به آبیاری سطحی، حدود ۲۷ درصد افزایش نشان داد. در مجموع، تفاوت معنی‌داری بین فاصله نوارهای ۶۰ و ۷۵ سانتی متر مشاهده نشد. از این رو فاصله نوار ۷۵ سانتی متر و فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی متر توصیه شد.

خلاصه آرایش کاشت و فاصله نوار قطره‌ای (تیپ) توصیه شده برای استان‌های مختلف بدون در نظر گرفتن مباحث اقتصادی، در جدول ۱ ارائه شده است.

## آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

جدول ۱- توصیه آرایش کاشت و فاصله نوار آبیاری قطره‌ای (تیپ) برای مناطق مختلف

منطقه اجرا	نسی زمینش بر متر	شوری آب	بافت خاک	S60-P30	S60-P15	S60-P20	S75-P20	S75-P15
فارس	۱/۷۵	متوسط	✓					
همدان	۳/۱۹	متوسط		✓				
خراسان	۰/۸	متوسط		✓				
آذربایجان غربی	۰/۹۴	متوسط				✓		
چیرفت	۰/۹۵ و ۳	سبک		✓		✓		

S60, P15, P20, P30: به ترتیب فاصله کاشت ۱۵، ۲۰، و ۳۰ سانتی‌متر و S60

S75: به ترتیب فاصله نوار ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر است.

به‌طور کلی می‌توان گفت که فاصله نوار قطره‌ای (تیپ) برای زراعت

گندم با توجه به شرایط جغرافیایی متفاوت است. براساس نتایج به‌دست آمده، حداکثر فاصله نوار آبیاری ۷۵ سانتی‌متر به‌دست آمده است. این فاصله نوار قطره‌ای (تیپ) علاوه بر کاهش مصرف آب آبیاری، عملکرد دانه را نیز افزایش داده است.

## مقدار مناسب آب آبیاری گندم در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)

نتایج پژوهشی در استان فارس افزایش کارایی آب آبیاری را در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)، در مقایسه با روش آبیاری سطحی،  $1/49$  برابر نشان داد (دهقانیان و دستقال ۱۳۸۸). هم چنین در تحقیقی دیگر نشان داده شد که سامانه‌های آبیاری‌های بارانی و قطره‌ای (تیپ) به‌طور متوسط باعث کاهش ۳۰ تا ۵۷ درصد در آب آبیاری و افزایش حداقل ۴۰ درصد در کارایی کاربرد آب آبیاری می‌شود (معیری ۱۳۹۲) و آبیاری کامل در مراحل مختلف رشد لاین‌های امیدبخش گندم نان متحمل به خشکی آخر فصل را برای دستیابی به حداکثر عملکرد  $6/063$  تن در هکتار توصیه کردند که البته بهره‌وری آب در این شرایط کمتر از تیمارهای کم آبیاری بود (اکبری و نجفیان ۱۳۸۸).

مطالعات در شمال و شمال شرق چین نشان داد که افزایش راندمان مصرف آب مهم‌ترین راهکار برای مواجهه با کمبود منابع آب است و کاهش مصرف آب آبیاری با روش‌هایی مانند آبیاری کم فشار، آبیاری شیاری، آبیاری قطره‌ای و استفاده از مالچ امکان پذیر خواهد بود (دنگ و همکاران ۲۰۰۶). در مصر، در بررسی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، زیرسطحی و آبیاری بارانی روی گندم نشان داد با اینکه عملکرد دانه در دو روش آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و سطحی نسبت به آبیاری بارانی به ترتیب  $16/33$  و  $26/57$  درصد کمتر است، اما کارایی کاربرد آب آبیاری در این دو روش به ترتیب  $43/13$  و  $76$  درصد نسبت به آبیاری بارانی بیشتر بوده‌است (ارفع و همکاران ۲۰۰۹). در شمال چین با توجه به کاهش منابع آب در کشاورزی، گرایش کشاورزان به روش‌های آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم در حال افزایش است.



کاربرد آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم - ذرت باعث افزایش عملکرد ذرت به میزان ۱۴ درصد و گندم به میزان ۲۳ درصد نسبت به روش آبیاری شیاری گردیده‌است (ساندهو و همکاران ۲۰۱۹). در شبیه‌سازی واکنش عملکرد گندم به زمانبندی و عمق آب آبیاری آبیاری قطره‌ای (تیپ)، در مقایسه با روش‌های مرسوم، می‌تواند ۳۳ درصد در مصرف آب صرفه جویی کند و عملکرد دانه ۸/۳ درصد و بهره‌وری آب ۹/۳ درصد افزایش یابد (احمد دار و همکاران ۲۰۱۷). برای صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و رسیدن به عملکرد دانه و بهره‌وری آب بالاتر در شرایط کاهش رطوبت خاک تا ۱۵ درصد کمتر از ظرفیت زراعی، آبیاری قطره‌ای را، در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری، توصیه کردند (احمد دار و همکاران ۲۰۱۷).

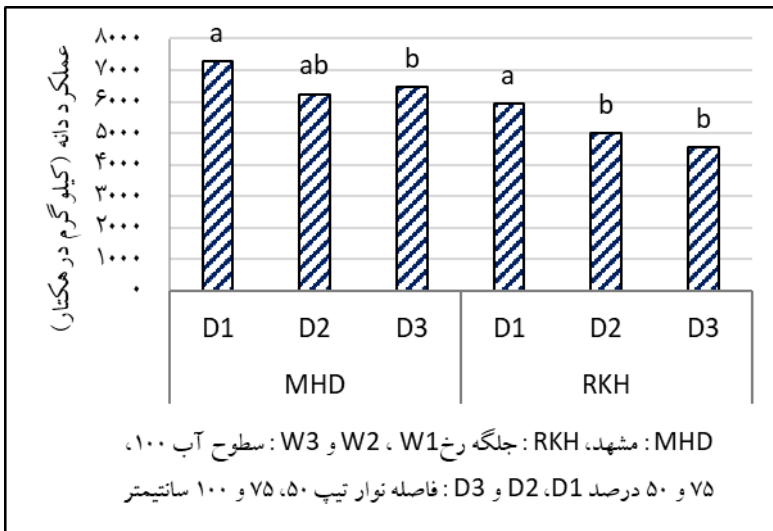
در همدان، سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به روش آبیاری نشتی در زراعت گندم توانست مصرف آب را حدود ۳۳ درصد کاهش دهد.

در استان فارس آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌طور متوسط باعث کاهش ۳۵ درصد در آب آبیاری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای شده است. در بین آرایش‌های کاشت و فاصله بین نوارها، روش ۴ ردیف کاشت به فاصله ۱۵ سانتی‌متر (یک نوار بین ۴ ردیف کاشت، بدون احداث شیاری)، با فاصله نوارهای ۷۵ سانتی‌متر، بیشترین عملکرد را داشته‌است. این روش به دلیل نوار مصرفی کمتر به لحاظ کاهش هزینه، نسبت به فاصله ۶۰ سانتی‌متری برتری دارد.

در آزمایشی در آذربایجان غربی، میزان آب آبیاری به اضافه مقدار بارش مؤثر در روش سطحی و میانگین آرایش کاشت‌های قطره‌ای (تیپ) به ترتیب معادل ۵۴۶۴ و ۴۵۵۰ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شده است. به عبارتی، با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای (تیپ) حدود ۱۹ درصد مصرف آب کاهش پیدا کرد. عملکرد دانه در روش سطحی و میانگین عملکردهای آرایش

کاشت‌های قطره‌ای (تیپ) به ترتیب معادل ۴۶۰۰ و ۵۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارتی با تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای (تیپ) (میانگین همه تیمارهای قطره‌ای) حدود ۱۴ درصد عملکرد دانه افزایش پیدا کرده است.

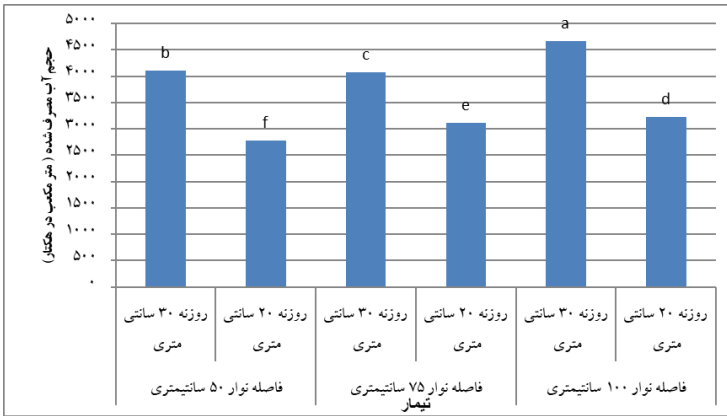
در پژوهشی به منظور بررسی تأثیر فاصله بین نوارها و مقدار آب آبیاری بر بهره‌وری آب گندم در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) و مقایسه آن با آبیاری شیاری در دو مزرعه واقع در مشهد و تربت‌حیدریه-جلگه رخ، با بافت خاک به ترتیب لوم و لوم رسی، در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیشترین مقدار آب آبیاری ۶۱۵۰ متر مکعب در هکتار در مزرعه واقع در مشهد مصرف شد و مربوط به فاصله نوار ۵۰ سانتی‌متر و آبیاری کامل بود. کمترین میزان مصرف آب، ۳۶۷۰ متر مکعب در هکتار، مربوط بود به ۵۰ درصد آبیاری کامل و فاصله نوار ۱۰۰ سانتی‌متر. در شکل ۳، تفاوت عملکرد در فاصله نوارهای مختلف نشان داده شده است.



شکل ۳ - میانگین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف فاصله نوار

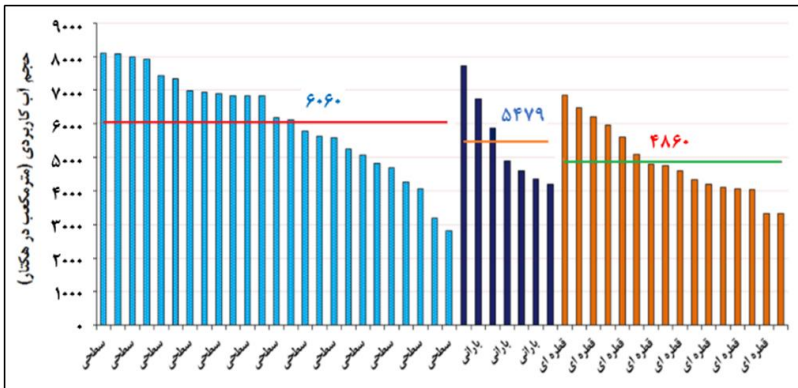
طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۷-۱۳۹۶ پژوهشی در سطح ۱۵۷ مزرعه از مزارع استان‌های خراسان رضوی-همدان-جنوب کرمان-آذربایجان غربی-فارس با هدف ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم با مدیریت کشاورزان اجرا شد. با کاربرد سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) بیشترین متوسط عملکرد در سطح پنج استان مورد مطالعه (۵۶۵۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که در مقایسه با متوسط به دست آمده از روش آبیاری سطحی (۵۰۹۱ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری داشت. حجم آب آبیاری در مزارع بهره‌مند از سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌طور میانگین ۵۰۱۰ مترمکعب در هکتار و در مزارع دارای سامانه آبیاری سطحی ۶۷۱۸ مترمکعب در هکتار تعیین شد. این نتایج نشان می‌دهد که در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)، علاوه بر افزایش عملکرد محصول، میزان آب آبیاری نیز به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است (اکبری و همکاران ۱۳۹۸).

بررسی اثر فاصله‌های مختلف لترال و روزنه و اثرهای متقابل آنها در آبیاری قطره‌ای (تیپ) بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب گندم در شهرستان فریمان نشان داد که بیشترین میزان آب آبیاری برابر ۴۶۶۷ مترمکعب در هکتار، در فاصله نوار ۱۰۰ سانتی‌متری و فاصله روزنه ۳۰ سانتی‌متری مشاهده شده و کمترین میزان آن نیز در فاصله لترال ۵۰ سانتی‌متری و فاصله روزنه ۲۰ سانتی‌متر اتفاق افتاده است (شکل ۴) (افشار ۱۳۹۱).



شکل ۴- مقایسه اثر متقابل فاصله نوار و روزنه بر حجم آب مصرف شده

میزان آب آبیاری در مزارع گندم استان فارس در سه روش آبیاری مقایسه شد و میانگین مقدار آب آبیاری گندم در سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای (تیپ) به ترتیب برابر ۶۰۶۰، ۵۴۷۹ و ۴۸۶۰ مترمکعب بر هکتار به دست آمد (شکل ۵).



شکل ۵- حجم آب آبیاری گندم در روش‌های مختلف آبیاری در استان فارس

میانگین عملکرد محصول در سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای (تیپ) به ترتیب برابر ۵۲۶۸، ۷۱۹۱ و ۵۷۳۱ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شده است.

به‌طور خلاصه نتایج این بخش نشان می‌دهد که به‌کارگیری آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم به کاهش مقدار آب آبیاری می‌انجامد بدون تاثیر منفی بر عملکرد دانه. به‌طور میانگین، مقدار آب آبیاری اندازه‌گیری شده حاصل از طرح‌های پژوهشی در کل کشور حدود ۴۸۰۰ متر مکعب در هکتار است و مقدار آن در مزارع تحت مدیریت کشاورزان حدود ۵۰۱۰ تا ۵۵۰۰ متر مکعب در هکتار به‌دست آمده است.

## بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی و بهره‌وری به ازای تبخیر و تعرق واقعی

بهره‌وری آب آبیاری با اندازه‌گیری عملکرد دانه در هکتار و حجم آب آبیاری در دو حالت با احتساب بارندگی و بدون احتساب بارندگی از معادله‌های ۱ و ۲ به دست آمد.

افزایش بهره‌وری آب آبیاری، یا بهره‌وری مجموع آب آبیاری و باران مؤثر، الزاما و جز در موارد خیلی خاص کاهش واقعی مصرف آب را به همراه نخواهد داشت. اما در شرایط تولید مساوی منجر به کاهش برداشت آب از منابع می‌شوند.

$$WP(I) = \frac{Y}{V} \quad (1)$$

$$WP(I + Re) = \frac{Y}{V + Re} \quad (2)$$

که در آن:

WP(I) : بهره‌وری آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب

WP(I+ Re) : بهره‌وری آب آبیاری و بارندگی بر حسب کیلوگرم بر

مترمکعب

Y : عملکرد دانه گندم حسب کیلوگرم در هکتار

V : حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب در هکتار

Re : حجم آب حاصل از بارندگی بر حسب مترمکعب در هکتار که به

مصرف گیاه رسیده است.

تغییر روش آبیاری و مدیریت‌های به زراعی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بهره‌وری آب آبیاری را افزایش دهد. بهره‌وری به ازای تبخیر و تعرق واقعی از معادله زیر محاسبه می‌شود. افزایش بهره‌وری به ازای تبخیر و تعرق واقعی می‌تواند در کاهش مصرف آب، یا افزایش تولید به ازای واحد آب مصرفی، مؤثر باشد.

$$WP(Eta) = \frac{Y}{V(Eta)} \quad (3)$$

V(Eta) : حجم آب تبخیر و تعرق بر حسب مترمکعب در هکتار

نتایج تحقیقات ترک نژاد و همکاران (۱۳۸۵) در زمینه ارزیابی سامانه آبیاری قطره‌ای و مقایسه آن با آبیاری سطحی، روی محصول گندم نشان داد که بهره‌وری آب به ازای هر واحد آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای ( $2/57 \text{ kg/m}^3$ ) درمقایسه با روش سطحی ( $1/38 \text{ kg/m}^3$ ) حدود دو برابر است. نتایج این آزمایش اجرایی بودن روش آبیاری قطره‌ای در گندم را به خوبی نشان می‌دهد. مقایسه اقتصادی این دو روش نیز نشان داد که نسبت سود به هزینه (B/C) در روش

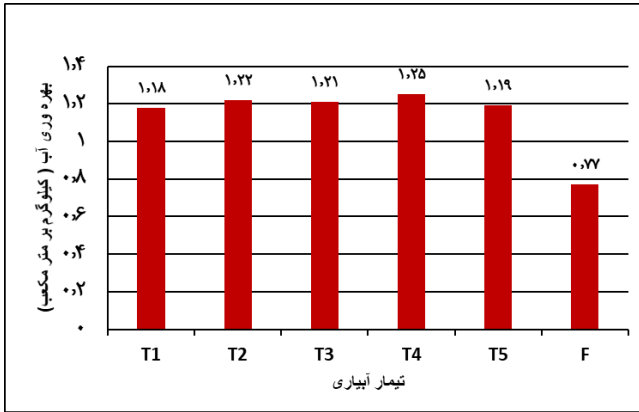
آبیاری قطره‌ای برابر  $1/34$  و در روش سطحی  $1/43$  و در هردو روش بیشتر از یک است و بنابراین هر دو روش از نظر اقتصادی با صرفه هستند.

در پژوهشی مقدار بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)، بارانی و جویچه‌ای به ترتیب  $1/6$ ،  $1/1$  و  $0/69$  کیلوگرم بر متر مکعب گزارش داده‌اند. این پژوهش نشان داد که آبیاری تیپ باعث افزایش  $132$  و  $45$  درصد در بهره‌وری مصرف آب، به ترتیب نسبت به روش جویچه‌ای و بارانی، شده است. ارزیابی اقتصادی نشان می‌دهد استفاده از هر دو روش آبیاری بارانی و تیپ، به جای روش جویچه‌ای، برای تمامی ارقام گندم مورد استفاده دارای توجیه اقتصادی است (قدمی فیروزآبادی و همکاران ۱۳۹۶).

در پژوهشی با هدف مدیریت آبیاری قطره‌ای گندم در خاک با بافت سنگین برای افزایش عملکرد محصول گندم و افزایش بهره‌وری آب و صرفه جویی در مصرف آب در دوره‌های مختلف آبیاری، با به کارگیری یک و دو ردیف نوار به ازای هر بستر کشت، نشان داده شد که بیشترین عملکرد گندم در آبیاری قطره‌ای با دور ۸ و ۱۲ روز به ترتیب  $8/28$  و  $7/62$  تن در هکتار به ازای دو خط لترال به دست آمد. در حالی که عملکرد در روش شیاری در کمترین مقدار بود (مصطفی و همکاران ۲۰۱۸).

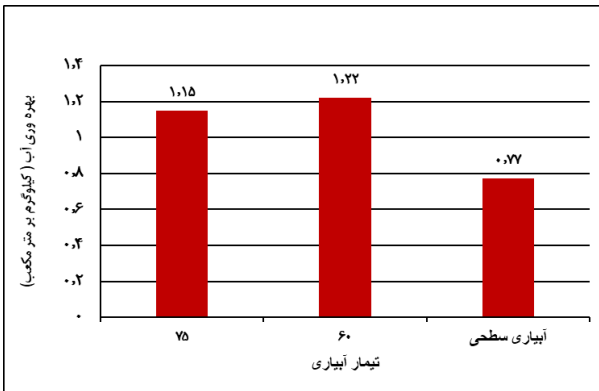
نتایج پژوهشی با عنوان "اثر آرایش کاشت‌های مختلف در آبیاری نواری قطره‌ای (تیپ) بر خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری گندم" در استان‌های خراسان رضوی، فارس، جنوب کرمان (جیرفت)، همدان و آذربایجان غربی، نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر بیشتر از تیمارهای آبیاری با فاصله نوار ۷۵ سانتی‌متر است (شکل ۶).





شکل ۶- میانگین بهره‌وری آب و بارش هر تیمار در کل مناطق اجرا

جمع‌بندی کل نتایج پژوهش‌ها در پنج منطقه یادشده نشان می‌دهد که میانگین کل بهره‌وری آب آبیاری و بارش مؤثر در تیمارهای آبیاری قطره‌ای با فاصله نوار ۶۰ سانتی‌متر بالاتر از ۷۵ سانتی‌متر است (شکل ۷).



شکل ۷ میانگین بهره‌وری آب و بارش در آبیاری سطحی و قطره‌ای (تیپ) با فاصله نوارهای مختلف

نتیجه کلی نشان می‌دهد میانگین بهره‌وری آب آبیاری و بارش در کلیه تیمارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) در همه مناطق که آزمایش‌ها اجرا شده است ۱/۱۹ و در آبیاری سطحی ۰/۷۷ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب بوده‌است. به‌عبارتی، در آبیاری قطره‌ای (تیپ) بهره‌وری آب آبیاری و بارش نسبت به آبیاری سطحی ۵۳/۶ درصد افزایش نشان می‌دهد.

در خراسان رضوی، فاصله لترال ۶۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت ۱۵ سانتی‌متر در اغلب صفات مورد بررسی نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری نشان داده‌است، به‌طوری که بهره‌وری مصرف آب آبیاری و بارش مؤثر در دو سال به‌ترتیب ۰/۷۸ و ۱/۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد.

در جیرفت، مقایسه نتایج بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به آبیاری سطحی، ۸۴ درصد افزایش نشان داده‌است.

در همدان، سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به روش آبیاری نشتی در زراعت گندم باعث افزایش ۷۳ درصد در بهره‌وری مصرف آب شده‌است. بیشترین میزان بهره‌وری مصرف آب در فاصله نوارهای ۷۵ و ۶۰ سانتی‌متر، به‌ترتیب به میزان ۱/۸۹ و ۱/۸ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب به‌دست آمد.

در استان فارس، در بررسی اثر آبیاری قطره‌ای (تیپ) و شیاری بر بهره‌وری آب آبیاری مشخص شد بهره‌وری آب مصرفی نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای ۶۰ درصد افزایش داشته است.

در پژوهشی دیگر در منطقه مشهد، بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری در مقدار ۵۰ درصد آب مصرفی و فاصله نوار آبیاری ۵۰ سانتی‌متر به میزان ۱/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد. و کمترین مقدار آن در تیمار آبیاری کامل با فاصله نوار ۱۰۰ سانتی‌متر به میزان ۱/۳۴ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب به دست آمد (شکل ۸). اختلاف بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری نسبت به

میانگین ۰/۲۴ و اختلاف کمترین ۰/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (افشار و همکاران ۱۳۹۸).

در منطقه جلگه رخ، بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری در ۵۰ درصد آب مصرفی و فاصله نوار آبیاری ۵۰ سانتی‌متر به میزان ۱/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب به دست آمد؛ کمترین مقدار آن در آبیاری کامل و فاصله نوار ۱۰۰ سانتی‌متر به میزان ۰/۷۴ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد. اختلاف بیشترین و کمترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری نسبت به میانگین به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۴ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب بود.

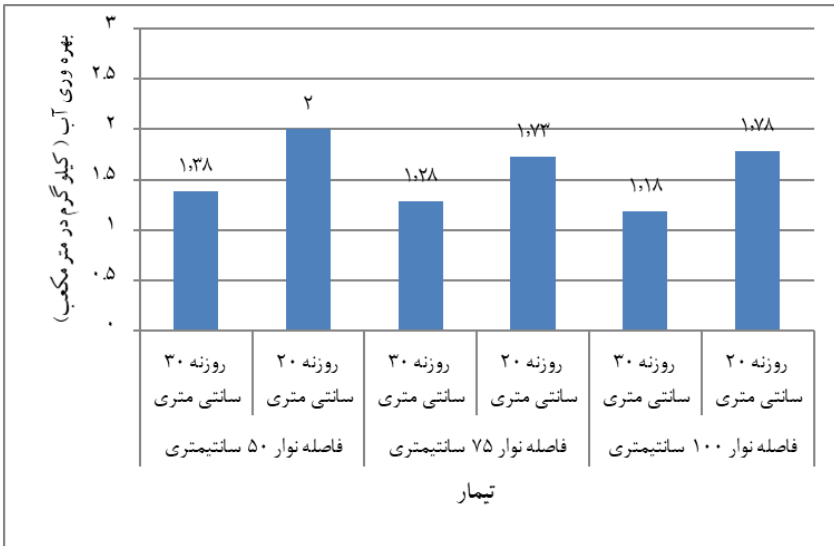


شکل ۸- میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف

پژوهشی دیگر طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در سطح ۱۵۷ مزرعه در استان‌های خراسان رضوی- همدان- جنوب کرمان-

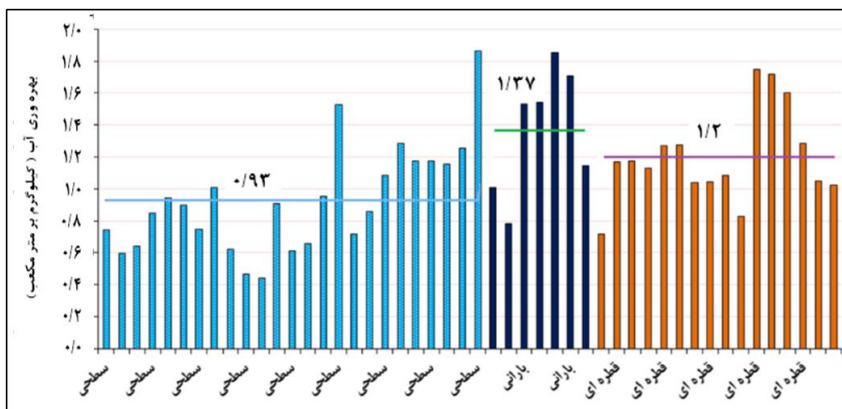
آذربایجان غربی- فارس روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم تحت مدیریت کشاورزان از لحاظ فنی و اقتصادی ارزیابی شد. مقایسه بین میزان بهره‌وری مصرف آب آبیاری و بارندگی مؤثر در دو روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) و شیاری نشان داد که میانگین بهره‌وری در مزارعی که با روش سطحی آبیاری می‌شدند برابر با ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب است، در صورتی که در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) این شاخص برابر با ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب به‌دست آمده است. به عبارتی با تغییر روش آبیاری، بهره‌وری مصرف آب آبیاری و بارش مؤثر به میزان ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب (حدود ۳۶ درصد) افزایش یافته است.

نتایج یک آزمایش به منظور بررسی اثر فاصله‌های مختلف لترال و روزنه و اثر متقابل آنها در آبیاری قطره‌ای (تیپ) بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب گندم نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب آبیاری (۲ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب) مربوط است به تیمار فاصله لترال ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روزنه ۲۰ سانتی‌متر، و کمترین آن (۱/۱۸ کیلوگرم به‌ازای هر متر مکعب آب) در تیمار ۱۰۰ سانتی‌متر و فاصله روزنه ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمده است (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه اثر متقابل فاصله نوار و روزنه بر بهره‌وری آب آبیاری

در استان فارس، میانگین بهره‌وری آب آبیاری در سه روش آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای (تیپ) به ترتیب برابر  $۰/۹۳$ ،  $۱/۳۷$  و  $۱/۲$  کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. میانگین بهره‌وری آب آبیاری همه مزارع و روش‌های آبیاری  $۱/۰۸$  کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- بهره‌وری آب آبیاری گندم در روش‌های مختلف آبیاری

## اثر آبیاری قطره‌ای (تیپ) بر خصوصیات کیفی خاک و مدیریت آبشویی

روش آبیاری مورد استفاده در مزارع گندم بر عوامل محیطی محلی مانند رطوبت نسبی داخل پوشش گیاهی، دمای خاک، وزن مخصوص ظاهری لایه سطحی خاک، پتانسیل ماتریک خاک و مواد مغذی خاک اثر می‌گذارد و این تغییرات می‌تواند بر رشد ریشه و بالطبع رشد گیاه و عملکرد محصول نیز تأثیرگذار باشد. در این زمینه، نتیجه آزمایش‌هایی لو و همکاران (۲۰۱۵) برای بررسی اثر روش آبیاری (سطحی، بارانی و قطره‌ای) بر میکروکلیمای پوشش گیاهی و توزیع ریشه در گیاه گندم زمستانه نشان داد که وزن مخصوص ظاهری لایه بالایی خاک، رطوبت نسبی داخل کانوپی و پتانسیل ماتریک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر روش آبیاری قرار داشته‌اند. تغییر در پتانسیل ماتریک دلیل اصلی تغییر در الگوی توزیع ریشه بوده‌است. در روش آبیاری نواری در مناطقی که رطوبت خاک

کمتر و وزن مخصوص ظاهری سطح خاک بیشتر شده بود، ریشه‌های نازک بیشتری دیده شد. رشد ریشه در روش آبیاری قطره‌ای بیشتر در لایه‌های بالا دیده شد. جها و همکاران ۲۰۱۷ در بررسی اثر مدیریت و روش‌های مختلف آبیاری بر توسعه ریشه گندم در چین به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری قطره‌ای بیشترین تراکم ریشه را در لایه بالایی خاک ایجاد و گندم تقریباً ۹۰ درصد کل آب موردنیاز خود را از ۶۰ سانتی‌متر بالای خاک دریافت می‌کند. یان و همکاران (۲۰۱۹) اثر مدیریت آب و کود را بر پر شدن دانه گندم در روش قطره‌ای بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که زمان حداکثر سرعت پر شدن

دانه و زمان خاتمه آن با افزایش میزان کود آبیاری بیشتر و باکم شدن میزان کود آبیاری این زمان کوتاه شده است. این محققان همچنین می‌گویند که کمبود خفیف آب باعث افزایش میزان رشد دانه شده است.

در آزمایشی در خراسان رضوی، متوسط شوری خاک مزرعه پس از برداشت محصول نسبت به زمان قبل از کاشت در نوارهای آبیاری با فاصله ۷۵ سانتی‌متر، حدود ۹۶ درصد (نزدیک به ۲ برابر) افزایش یافته است که نشان می‌دهد لازم است خاک مزارعی که فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) در آن‌ها بیش از ۶۰ سانتی‌متر است، حتماً با استفاده از یک روش دیگر آبیاری غیر از قطره‌ای (تیپ) و در خارج فصل زراعی آبشویی شود و گر نه شور شدن خاک‌ها بدون آبشویی خارج فصل کاشت، معضلی جدی ایجاد خواهد کرد.

آب مورد نیاز برای آبشویی (کسر و یا نسبت آبشویی) مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی از معادله ۴ و روش آبیاری قطره‌ای از معادله ۵ برآورد می‌شود:



$$LR = \frac{EC_w}{5(ECe) - EC_w} \quad (۴)$$

$$LR = \frac{EC_w}{2 * EC_{max}} \quad (۵)$$

LR = نسبت یا کسر آشویی

EC<sub>w</sub> = هدایت الکتریکی آب آبیاری

EC<sub>e</sub> = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با ۱۰ درصد کاهش

محصول

EC<sub>max</sub> = هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با عملکرد صفر

آبیاری قطره‌ای توانایی آبیاری با دوره‌های خیلی کم را فراهم می‌کند. به کار بردن دور آبیاری کوتاه و مقدار آب آبیاری کم سبب می‌شود تا مقدار نمک وارد شده به خاک به حداقل ممکن برسد. اگر ضریب آشویی نیز لحاظ شود شوری خاک در حد شوری آب آبیاری باقی خواهد ماند.

براساس معادلات محاسبه ضریب آشویی، چنانچه شوری آب آبیاری کمتر از ۳ دسی زیمنس بر متر باشد، نیاز به اعمال ضریب آشویی در آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم نخواهد بود. اما چنانچه شوری آب آبیاری بیشتر از ۳ دسی زیمنس بر متر باشد، ضریب آشویی باید اعمال گردد. بارندگی در دوره رشد چنانچه بیش از مقدار نیاز آبی باشد که بتواند از منطقه ریشه عبور کند به کاهش شوری خاک کمک خواهد کرد.

در جیرفت، با توجه به سبکی خاک منطقه و سهولت آشویی املاح و نیز مشکلات پیشروی آب در شیار و نفوذپذیری زیاد خاک‌ها، چنانچه آبیاری بر اساس نیاز آبی باشد و از هدررفت آب جلوگیری شود، آبیاری قطره‌ای (تیپ) روشی مناسب و توجیه‌پذیر برای آبیاری مزارع گندم است (باغانی و همکاران، ۱۳۹۸). در خصوص خطر شور شدن زمین‌ها نیز می‌توان گفت چنانچه کیفیت آب

و خاک مناسب باشد آبیاری قطره‌ای (تیپ) به شرط آبخوبی قبل از کاشت نمی‌تواند مشکلی ایجاد کند. اما اجرای صرفاً آبیاری قطره‌ای (تیپ) برای همه کشت‌ها در سال‌های متمادی در شرایطی که آب یا خاک زمین‌ها کیفیت پایین داشته باشد، می‌تواند باعث شور شدن خاک و افت عملکرد گردد.

درهمدان، یکی از مسائل مهم دیگری که باید با توجه به این پژوهش مد نظر داشت، تجمع نمک در فاصله بین نوارها یا زیر نوارهای آبیاری قطره‌ای (تیپ) است. چنانچه شوری آب آبیاری بالا باشد و کشاورز بعد از برداشت محصول گندم قصد داشته باشد محصول دیگری را پیش از بارندگی‌های پاییزه بکارد، باید پیش از آن نمک را از منطقه ریشه بزدايد تا جوانه‌زنی محصول با مشکل مواجه نشود (باغانی و همکاران، ۱۳۹۸).

تغییرات شوری خاک در استان فارس در فصل زراعی نشان دادمیانگین میزان شوری خاک در انتهای فصل رشد نسبت به اوایل فصل آبیاری در فصل بهار در خاک مزرعه افزایش یافته است. اگر قرار باشد از آبیاری قطره‌ای (تیپ) به‌طور مستمر و برای زراعت‌های تابستانه نیز استفاده شود، خاک مزارع با استفاده از روش بارانی یا سطحی خارج فصل باید آبخوبی شود تا پایداری کشاورزی تضمین شود (باغانی و همکاران، ۱۳۹۸).

در منطقه جنوب استان کرمان (جیرفت) به علت سبک بودن بافت خاک و نفوذپذیری زیاد، آبیاری سطحی با راندمان قابل قبول امکان‌پذیر نیست و آبیاری بارانی نیز به علت بالا بودن دمای هوا و وجود باد، قابل توصیه نخواهد بود. به همین علت تنها راهکار برای کاشت غلات (گندم) استفاده از آبیاری قطره‌ای (تیپ) با شرط آبخوبی خاک پیش از کاشت یا انتهای فصل برداشت قابل توصیه است (باغانی و همکاران، ۱۳۹۸).

در دیگر مناطق، آبیاری قطره‌ای (تیپ) فقط به شرط آبخوبی خاک مزرعه قبل از کاشت یا در انتهای فصل برداشت توصیه می‌شود. مقدار آب لازم برای آبخوبی خاک بستگی به شوری آب آبیاری و خاک منطقه دارد.

در پژوهشی با ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم با مدیریت کشاورزان در استان‌های خراسان رضوی، همدان، جنوب کرمان، آذربایجان غربی و فارس گزارش شد که میزان شوری خاک پس از برداشت محصول (انتهای فصل) مخصوصاً در بین دو نوار آبیاری و در عمق لایه سطحی خاک (صفر تا ۲۵ سانتی‌متری) به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد. افزایش شوری خاک در شرایطی که شوری آب آبیاری بالا باشد، بیشتر نمایان می‌شود. با منظور کردن میزان آب آبخوبی سالیانه، میزان آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) به ۵۶۶۷ مترمکعب در هکتار رسید که در مقایسه با روش آبیاری سطحی (۶۷۱۸ متر مکعب در هکتار) اختلاف معنی‌داری ندارد. میانگین بهره‌وری آب (با احتساب آب آبیاری، بارش مؤثر و آب آبخوبی) در تولید گندم با سامانه‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای (تیپ) به ترتیب ۰/۶۳ و ۰/۷۹ مترمکعب در هکتار به دست آمده است. این تفاوت از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است، بنابراین از نظر این شاخص تولید گندم با سامانه آبیاری قطره‌ای (تیپ)، نسبت به سامانه آبیاری سطحی، برتری دارد (اکبری و همکاران ۱۳۹۸).

### مقدار آب آبیاری در آب اول و دوم

در خصوص مقدار آب مورد نیاز در آبیاری اول و دوم در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم هیچگونه برآورد و مطالعه مدونی وجود ندارد. خاکاب یکی از مهمترین و تاثیر گذارترین آبیاری‌ها بر درصد سبز و متعاقباً

عملکرد و اجزای عملکرد است. بنابراین در روش جدید آبیاری باید این موضوع نیز تحقیق شود. شکل ۱۱ روند نشت آب در آبیاری اول در روش قطره‌ای (تیپ) را نشان می‌دهد.

### تراکم بوته و مقدار بذر مصرفی

بذر مصرفی در آزمایش‌های اجرا شده در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) حدود ۴۵۰ عدد در مترمربع (۴/۵ میلیون بذر در هکتار) برآورد شده است و عملیات کاشت با دستگاه خطی کار شرکت ماشین برزگر همدان یا کارنده‌های موجود در هر استان و بر اساس آرایش‌های مورد نظر دنبال شده است. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، با توجه به تغییر آرایش کاشت در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ)، لازم است که دستگاه‌های کارنده بر اساس شرایط جدید کالیبره شوند.

### دستاوردها

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) در گندم می‌تواند عملکرد و بهره‌وری آب را افزایش دهد. اما مسائل جانبی دیگری وجود دارد که نیاز به بررسی‌های تکمیلی دارد. در برخی از مناطق با شرایط اقلیمی پر باران و مناطقی با بافت خاک سبک، مشکل شوری کمتر بروز کرده است. اما در مناطق با بافت خاک سنگین و آبیاری با آب شور و همچنین کمبود بارندگی بهاره از افزایش شوری خاک در زیر ناحیه آبیاری تیپ حکایت دارد. البته گزارش‌ها

## آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

عمدتاً مربوط به یک سال اندازه‌گیری در هر مزرعه است و تغییرات طولانی مدت شوری خاک بررسی نشده است.



شکل ۱۱- روند گسترش سطح خیس شده در آبیاری اول گندم پس از ۷ ساعت

اقتصادی بودن کاربرد نوار (تیپ) در زراعت گندم یکی دیگر از پرسش‌هایی است که نمی‌توان به صراحت پاسخ مثبت یا منفی برای آن یافت زیرا سیستم‌های آبیاری تحت فشار تحت تاثیر نواسان‌های قیمت‌ها در سال‌های

خیر بوده‌اند و شاید بتوان گفت افزایش قیمت محصولات کشاورزی به اندازه‌ای نبوده است تا بتواند افزایش قیمت نهاده‌ها و لوازم آبیاری را جبران کند. از طرفی، یارانه تخصیص داده شده به سیستم‌های نوین آبیاری می‌تواند قسمتی از هزینه‌ها را پوشش دهد و در سطح مزرعه اقتصادی بودن کاربرد نوار تیپ در گندم را توجیه نکند. نکتهٔ دیگر آن است که در حال حاضر تعدادی از کشاورزان مناطق مختلف کشور برای آبیاری گندم از روش آبیاری با نوار (تیپ) استفاده می‌کنند که نشان می‌دهد حداقل در کوتاه مدت از نظر اقتصادی برای آنها با صرفه بوده است. در این خصوص به این نکته نیز باید توجه داشت که سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد استفاده در این مزارع اغلب سال‌های پیش (حداقل ۵ تا ۱۰ سال گذشته) نصب و اجرا شده‌اند و در حال حاضر نیاز به تاسیسات ثابت و زیر بنایی ندارند.

به‌طور کلی برای تصمیم‌گیری در استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم، مولفه‌های حداکثر عملکرد، حداکثر بهره‌وری فیزیکی آب و حداکثر بهره‌وری اقتصادی به شرح زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

- چنانچه حداکثر عملکرد مورد نظر باشد، روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) با فاصلهٔ نوار ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و تامین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز، مناسبترین روش خواهد بود.

- از نظر بهره‌وری اقتصادی، چنانچه از آب صرفه‌جویی شده در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به روش آبیاری سطحی استفاده نشود، روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) با فاصلهٔ نوار ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گزینهٔ مناسب است.

- از نظر بهره‌وری اقتصادی، چنانچه از آب صرفه‌جویی شده در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) نسبت به روش آبیاری سطحی استفاده شود، روش آبیاری

قطره‌ای (تیپ) با فاصله نوار ۱۰۰ سانتی‌متر و تامین ۵۰ درصد نیاز آبی گزینه مناسب خواهد بود.

### توصیه‌های کاربردی برای اجرای آبیاری قطره‌ای (تیپ)

برای رسیدن به حداکثر بهره‌وری از سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم، لازم است به این نکات توجه شود.

- فاصله نوار (تیپ) مهم‌ترین عامل در بحث اقتصادی کاربرد آن است که در شرایط مختلف بافت خاک و اقلیم می‌تواند متغیر باشد.

- در خاک‌های با بافت سبک و اقلیم خشک، فاصله نوار باید به حداقل ممکن کاهش یابد ( البته فاصله نوار کمتر از ۵۰ سانتی‌متر اقتصادی و کاربردی نخواهد بود).

- در خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین و شرایط اقلیمی دارای بارندگی پاییزه، فاصله نوار تیپ می‌تواند تا ۷۵ سانتی‌متر یا کمی بیشتر افزایش یابد.

- دبی روزه‌های تیپ باید به گونه‌ای انتخاب شود که رواناب ایجاد نکند. معمولاً دبی روزه‌ها بین ۱/۴ تا ۲ لیتر در ساعت برای گندم مناسب است. در خاک‌های دارای بافت سبک، از دبی بیشتر و در خاک‌های با بافت سنگین از دبی روزه کمتر باید استفاده کرد.

- فاصله روزه‌ها در نوار تیپ نیز اگر چه از نظر اقتصادی تاثیر قابل توجهی بر هزینه خرید اولیه نوار (تیپ) ندارد، اما این فاصله کمتر (مثلاً ۲۰ سانتی‌متر) بهتر از فاصله روزه بیشتر (مثلاً ۳۰ سانتی‌متر) خواهد بود.

- فاصله روزه‌ها در نوار (تیپ) نیز هرچه کمتر باشد توزیع آب یکنواخت‌تر می‌شود اما با کاهش فاصله روزه، تعداد آن در واحد طول افزایش می‌یابد و برای تامین دبی مشخص در واحد طول، نیاز به استفاده از روزه‌های با

دبی کمتر خواهد بود. در روزنه‌های با دبی کمتر خطر گرفتگی روزنه نیز بیشتر است.

- پهن کردن نوار (تیپ) باید همزمان با کاشت باشد و توجه شود که روزنه‌های نوار (تیپ) رو به بالا باشد. تا از گرفتگی روزنه‌ها جلوگیری شود (شکل ۱۲).

- برای جلوگیری از جابه‌جایی نوارها (تیپ‌ها) بر اثر باد، باید به روش مناسب آنها را تثبیت کرد. میخ تثبیت یکی از روش‌های مناسب است. یا اینکه در هنگام نصب، نوار در عمق کمتر از ۵ سانتی‌متر نصب شود.

- یکی از الزام‌های کاربرد نوار (تیپ)، در هر زراعتی جمع‌آوری آن پس از برداشت محصول است. ه گندم نیز از این امر مستثنی نیست.

- بیشترین ملاحظات در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم مربوط به آبیاری‌های اول است. که اگر به عملیات خاک ورزی و روش کاشت توجه نشود، می‌تواند باعث ناکارآمدی سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم شود.

- در روش قطره‌ای (تیپ) گندم هنگام خاک ورزی سعی شود از دستگاه‌های کم‌خاک‌ورز که خاک ورزی عمیقی ندارند استفاده شود، تا نفوذ عمقی کم شود.

- در روش قطره‌ای (تیپ) بهتر است شیوه کاشت با استفاده از دستگاه خطی کار بدون ایجاد شیار در زمین مسطح باشد تا آب از نوار (تیپ) به اطراف یا سرعت بیشتری نشت یابد (شکل ۱۳).

- با توجه به اینکه آرایش کاشت در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) با روش‌های سطحی تفاوت دارد، به مسئله تراکم بوته و کالیبره کردن دستگاه‌های کارنده باید توجه شود.

- تجربه‌های میدانی نشان داده است که آبیاری اول برای مدت حدود



## آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم

نصف زمان آبیاری در نظر گرفته و پس از آن آبیاری قطع شود و پس از حدود ۲۴ ساعت آبیاری مجدد ادامه یابد؛ در این روش، نشت آب بهتر صورت می‌گیرد.

- برای جلوگیری از شور شدن خاک، لازم است با توجه به شوری آب آبیاری مقدار نیاز آبشویی به نیاز آبی گیاه نیز اضافه گردد. به این ترتیب با رعایت آبشویی منظم شوری خاک در حد شوری آب آبیاری باقی خواهد ماند.

- برنامه آبیاری گندم در روش قطره‌ای (تیپ) باید مطابق با محاسبات نیاز آبی باشد و از نظر کارشناسان آبیاری در این زمینه استفاده گردد.

- کودآبیاری از مزایای سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) است که در گندم نیز باید به خوبی از این مزیت در جهت صرفه‌جویی در مصرف کود و افزایش عملکرد استفاده شود.



شکل ۱۲- دستگاه کمبینات بذرکار و بهن کننده نوار آبیاری قطره‌ای (تیپ) (به صورت همزمان)



شکل ۱۳ - کاشت با دستگاه خطی کار غلات بدون ایجاد شیار

### توصیه‌های مدیریتی

- نکات مورد توجه در استفاده از روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم در زیر آمده است:
- روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) منجر به افزایش عملکرد محصول می‌شود که در نتیجه آن بهره‌وری آب نیز افزایش می‌یابد.
  - آب کاربردی در صورت اجرا و مدیریت مناسب کاهش می‌یابد، ضمن اینکه با کاهش پتانسیل تبخیر می‌توان انتظار داشت تلفات غیر مفید هم کاهش یابد.
  - روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) هزینه‌های سرمایه‌گذاری مزرعه را افزایش می‌دهد که با توجه به افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌های کارگری و انرژی، این هزینه می‌تواند مستهلک شود و آورد اقتصادی همچنان در مزرعه برقرار باشد.
  - شوری خاک باید مورد توجه باشد و در مناطقی که میزان بارش محدود

است به آبخوی خاک توجه بشود.

- برای پیشگیری از محدودیت‌های زیست محیطی، برنامه‌ریزی لازم برای جمع‌آوری نوارها از مزرعه در نظر گرفته شود.

### پژوهش‌های مورد نیاز (کاستی‌ها)

▪ اگر چه این نوشتار بیان‌کننده نتایج تحقیقات برای اجرای موفق روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم است، تحقیقات تکمیلی در زمینه‌های زیر می‌تواند این اقدام را هدفمندتر کند.

#### ▪ آبیاری اول و دوم

با توجه به اینکه سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در گندم در آبیاری‌های اولیه مقدار زیادی آب برای جوانه زنی و سبز کردن گیاه مصرف می‌کند و مقدار مناسب آن در دسترس نیست پیشنهاد می‌شود در زمینه آب مورد نیاز در آبیاری اول و دوم تحقیقات بیشتری بشود و روش‌های اجرایی آن ارائه گردد. همچنین، نفوذ عمقی در آبیاری اول و دوم بیش از نیاز است و لازم خواهد بود که در این زمینه نیز بررسی‌های علمی و عملی لازم صورت گیرد.

#### کودآبیاری

یکی از مهم‌ترین مزایای جانبی آبیاری قطره‌ای (تیپ) در زراعت گندم کودآبیاری است که در این خصوص تحقیقات قابل توجهی وجود ندارد و نحوه و میزان بهینه مصرف کود در این روش بررسی نشده است. کودآبیاری یکی از مزایای قابل توجه روش‌های نوین آبیاری است که علاوه بر کاهش مصرف نهاده‌ها و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، می‌تواند عملکرد گندم را به میزان قابل توجهی افزایش دهد.

## ▪ دبی و فاصله روزنه‌های نوارهای آبیاری در بافت‌های مختلف خاک

اگر چه توصیه‌های لازم در این خصوص بر اساس کارهای مزرعه و مدل‌ها وجود دارد، تحقیقات تکمیلی می‌تواند شاخص‌های طراحی را تدقیق کند. دبی و فاصله روزنه‌های نوار (تیپ) بر سرعت پخش آب در سطح و پروفیل خاک مؤثر است و می‌تواند بر بهره‌وری آب گندم اثر گذار باشد.

### ▪ ارقام مناسب در آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم

با توجه به اینکه الگوی رطوبتی پروفیل خاک در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) و شیاری با هم متفاوت است، به نظر می‌رسد که ارقام مختلف گندم در مواجهه با این دو سیستم آبیاری واکنش متفاوتی داشته باشند. از این رو بررسی در این زمینه نیز پیشنهاد می‌گردد. همچنین، الگوی پخش ریشه در روش آبیاری قطره‌ای (تیپ) و شیاری در استفاده از مواد مغذی خاک نیاز به بررسی دارد.

### ▪ کشاورزی حفاظتی و آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم

اجرای کشاورزی حفاظتی و آبیاری قطره‌ای (تیپ) گندم می‌تواند با توجه به اینکه لوله‌ها در زیر خاک دفن می‌شوند، طول عمر لوله‌ها را افزایش و هزینه‌های سرمایه‌گذاری را کاهش دهد، ضمن اینکه ماده‌آلی خاک را افزایش می‌دهد. این راهکار را کشاورزان پیشرو اجرا کرده‌اند و موفق بوده است. از این رو لازم است این تجربه مستندسازی شود تا دیگر کشاورزان آن را به کار بندند.

## منابع

- احمدی، ک. عبادزاده، ح. ر. حاتمی، ف. عبدشاه، ه. و کاظمیان، آ. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- افشار، ه. ۱۳۹۱. اثر فاصله لترال و فاصله روزنه در آبیاری قطره‌ای بر روی عملکرد گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۵. ۴۲۳۸۸.
- افشار، ه. شریفان، ح. قهرمان، ب. و بنیان اول، م. ۱۳۹۸. بررسی بهره‌وری آب گندم در روش آبیاری قطره‌ای تیپ (مطالعه موردی مشهد و تربت حیدریه). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۱۴(۱): ۳۹-۴۸.
- اکبری، م. و نجفیان، گ. ۱۳۸۸. تعیین کارایی مصرف آب در لاین‌های امید بخش گندم نان متحمل به خشکی آخر فصل با کاربرد روش آبیاری قطره‌ای. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۸۸/۱۰۷۳.
- اکبری، م. جلیلی، م. قدمی فیروزآبادی، ع. مقبلی دامنه، ا. طایفه رضائی، ح. دهقانیان، س. ا. و جعفری، ع. م. ۱۳۹۸. ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای نواری گندم تحت مدیریت زارعین. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۵۶۲۱۶. ۱۴۵.
- باغانی، ج. افشار، ه. دهقانیان، س. ا. قدمی فیروزآبادی، ع. مقبلی دامنه، ا. و طایفه رضائی، ح. ۱۳۹۸. اثر آرایش کاشت‌های مختلف در آبیاری نواری قطره‌ای بر خصوصیات شیمیایی خاک، عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری

گندم. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۵۶۷۴۲. ۱۶۱.

ترک نژاد، ا. آقایی، م. جعفری، ح. شیروانی، ع. ر. روئین تن، ر. نعمتی، ع. و شهبازی، خ. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۲: ۴۴-۳۶.

دلاورپور، ع. ذاکری‌نیا، م. و حسام، م. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر فواصل مختلف نوارهای آبیاری قطره‌ای (tape) بر عملکرد گندم و کارایی مصرف آب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۶. ۱۲: ۱۵۷۳ - ۱۵۶۳.

دهقانیان، س.ا. و دستفال، م. ۱۳۸۸. تعیین پتانسیل کارایی مصرف آب ارقام گندم در روش‌های مختلف آبیاری (بارانی، قطره‌ای و سطحی) در شرایط اقلیمی مختلف کشور. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۸۸/۱۲۱۷/۵۰.

شفیعی‌راد، س. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر فاصله قطره چکان‌ها و نوارهای آبیاری قطره‌ای از یکدیگر بر روی میزان عملکرد گندم در روش آبیاری قطره‌ای نواری سطحی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

قدمی فیروزآبادی، ع. چایچی، م. وسیدان، س.م. ۱۳۹۶. اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی/ ب/ جلد (۳۱) ۲.

معیری، م. ۱۳۹۲. تعیین پتانسیل کارایی مصرف آب ارقام گندم در روش‌های مختلف آبیاری (بارانی، قطره‌ای و سطحی) در شرایط اقلیمی مختلف

کشور. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۳۵۵۳.

- Ahmad-Dar, E., Brar, A. S. and Singh K. B. 2017. Water use and productivity of drip irrigated wheat under variable climatic and soil moisture regimes in North-West, India. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 248: 9-19
- Arafa, Y. E., Wasif, E. A. and Mehawed, H. E. 2009. Mximizing Water Use Efficiency in Wheat Yields Based on Drip Irrigation Systems. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2): 790–796.
- Chen, R., Cheng, W., Cui, J., Liao, J., Fan, H., Zheng, Z. and Ma, F. 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effects on soil moisture , yield , and water use efficiency. *Field Crops Research*, 179: 52–62.
- Deng, X., Shan, L., Zhang, H. and Turner, N. C. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. *Agricultural Water Management*, 80: 23–40.
- Ghadami Firouzabadi, A., Baghani, J., Jovzi, M. and Albaji, M. 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. 106868.
- Jha S. K., Gao Y., Liu H. Huang Z., Wang G., Liang Y and Duan A. 2017. Root development and water uptake in winter wheat under different irrigation methods and scheduling for North China. *Agricultural Water Management*. Vol. 182: 139-150.
- Jha S. K., Ramatshaba T. S., Wang G., Liang Y., Liu H., Gao Y. and Duan A. 2019. Response of growth, yield and water use efficiency of winter wheat to different irrigation methods

- and scheduling in North China Plain. *Agricultural Water Management*. 217: 292-302.
- Lv, Z., Diao, M., Li, W., Cai, J., Zhou, Q., Wang, X., Dai, T., Cao, W. and Jiang, D. 2019. Impacts of lateral spacing on the spatial variations in water use and grain yield of spring wheat plants within different rows in the drip irrigation system. *Agricultural Water Management*. 212: 252-261.
- Mostafa H., El-Nady R., Awad M. and El-Ansary M. 2018. Drip irrigation management for wheat under clay soil in arid conditions. *Ecological Engineering*. Vol. 121: 35-43
- Sandhu O. S., Gupta R. K., Thind H. S., Jat M.L., Sidhu H.S. and Singh Y. 2019. Drip irrigation and nitrogen management for improving crop yields, nitrogen use efficiency and water productivity of maize-wheat system on permanent beds in north-west India. *Agricultural Water Management*. Vol. 219: 19-26.