



۱۴۰۰

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



آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت

دستنامه فنی:

محمد خرمیان و شهرام اشرفی



آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir (بخش انتشارات الکترونیکی)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامه فنی:

آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت

تهیه و تدوین:

محمد خرمیان و شهرام اشرفی

اعضای هیئت علمی به ترتیب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

صفی آباد- دزفول؛ و مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

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 ذرت
نگارندگان: محمد خرمیان و شهرام اشرفی
سایر نگارندگان: سید ابراهیم دهقانیان، سالومه سپهری، علیرضا کیانی، محمد جلینی،
اردلان ذولفقاران، نادر سلامتی، سید حسن موسوی فضل، منصور معیری،
مهدی نخجوانی مقدم
سرپرستار علمی: حسین دهقانی سانچ
ویراستاران علمی: سید ابوالقاسم حقایقی و محمد جلینی
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۰



شماره ثبت ۶۱۱۰۷ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به
تاریخ ۱۴۰۰/۱۱/۲۴

مخاطبان دستنامه:

کارشناسان، مروجان، مهندسان ناظر و کشاورزان پیشرو

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این دستنامه با:

- کاربرد سامانه آبیاری نوار قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت
- ضرورت، موانع و چالش‌های استفاده از آبیاری نوار قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت
- راهکارهای فنی حل چالش‌ها در زراعت ذرت
- نیازهای پژوهشی آبیاری نوار قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

صفحه	مطالب
۱	۱- مقدمه
۲	۲- جایگاه آبیاری نوار قطره‌ای در زراعت ذرت
۴	۳- آبیاری نوار قطره‌ای و نحوه تهیه زمین و کاشت ذرت
۶	۴- آرایش لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی در آبیاری نوار قطره‌ای
۶	۴-۱- قرارگیری مانیفولد زیر سطح خاک
۷	۴-۲- قرارگیری مانیفولد روی سطح خاک
۸	۵- آبیاری زیرسطحی قطره‌ای ذرت
۱۰	۶- مشخصات فنی نوارهای تیپ
۱۱	۶-۱- طول بهینه و آبدهی
۱۳	۶-۲- روش اندازه‌گیری آبدهی روزنه‌های تیپ در مزرعه
۱۴	۷- کارگذاری نوارهای تیپ
۱۵	۸- آبیاری نوار قطره‌ای و نیاز آبی ذرت
۱۷	۹- برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت
۱۷	۹-۱- دور آبیاری
۱۸	۹-۲- راندمان کاربرد آب در مزرعه
۱۹	۹-۳- مقدار آبیاری
۱۹	۹-۴- خاک آب
۲۰	۱۰- کم‌آبیاری قطره‌ای در زراعت ذرت
۲۳	۱۱- شوری آب و خاک و آبیاری نوار قطره‌ای تیپ ذرت
۲۵	۱۲- بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب
۲۷	۱۲-۱- جایگاه آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در بهبود بهره‌وری آب
۲۷	۱۲-۲- کودآبیاری و بهره‌وری آب
۳۰	۱۲-۳- کاهش آفات، بیماری‌ها و رشد علف‌های هرز در سامانه قطره‌ای و بهره‌وری آب
۳۰	۱۳- مشکلات فنی و اجرایی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در ایران
۳۰	۱۳-۱- هزینه اولیه خرید نوار تیپ و اتصالات
۳۱	۱۳-۲- باد بردگی نوارهای تیپ در مناطق بادخیز
۳۱	۱۳-۳- شستشوندن فیلترها در فاصله‌های زمانی مناسب

-
- ۱۳-۴- رعایت نکردن طول بهینه، فشار کارکرد و نوع نوار تیپ مصرفی ۳۲
- ۱۳-۵- کیفیت نامناسب نوار تیپ ۳۲
- ۱۳-۶- بریدگی، سوراخ شدگی، پیچ خوردگی و جابه‌جایی نوارهای تیپ ۳۲
- ۱۳-۷- نداشتن معیار مناسب در آبیاری اول (خاک‌آب) ۳۳
- ۱۳-۸- متناسب نبودن دور و عمق آب آبیاری با مراحل رشد ذرت ۳۳
- ۱۳-۹- انسداد مسیر حرکت آب با ریشه‌های هوایی ۳۴
- ۱۳-۱۰- قرار دادن نوارهای تیپ در کف فارو ۳۴
- ۱۳-۱۱- تجمع آب خروجی از نوارهای تیپ در نقاط پست ۳۴
- ۱۳-۱۲- معضل جمع‌آوری نوارهای تیپ پس از برداشت ذرت ۳۵
- ۱۳-۱۳- آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت و مشکلات زیست‌محیطی ۳۶
- ۱۳-۱۴- استقبال کم از آبیاری زیرسطحی قطره‌ای ۳۶
- ۱۴- مشکلات راهبردی توسعه آبیاری نوار قطره‌ای ذرت ۳۶
- ۱۴-۱- مشارکت اندک بهره‌برداران در پروژه‌های آبی - خاکی ۳۶
- ۱۴-۲- یکپارچه نبودن زمینهای کشاورزان و در نتیجه تمایلنداشتن کشاورزان به اجرای آبیاری قطره‌ای تیپ ۳۷
- ۱۴-۳- نبود دقت لازم در مطالعات اولیه و طراحی سامانه آبیاری قطره‌ای ۳۷
- ۱۴-۴- مدیریت نامناسب بهره‌برداران ۳۷
- ۱۴-۵- شکل‌نگرفتن شرکت‌های خدماتی و تخصصی برای رفع اشکالات احتمالی در مناطق مختلف کشور ۳۷
- ۱۴-۶- میزان محدودیت منابع آب در دشت ۳۷
- ۱۵- کاهش موانع توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ در کشت ذرت ۳۹
- ۱۵-۱- استفاده از معیارهای علمی در برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت ۳۹
- ۱۵-۲- نظارت دوره‌ای بر وضعیت کارکرد نوارهای تیپ در مزرعه ۳۹
- ۱۵-۳- آرایش کاشت و فواصل نوار تیپ ۴۰
- ۱۵-۴- توسعه ارقام پر محصول ذرت ۴۶
- ۱۵-۵- به‌کارگیری ارقام زودرس و یا متحمل به خشکی ذرت ۴۶
- ۱۵-۶- مدیریت کودآبیاری قطره‌ای در ذرت ۴۷
- ۱۵-۷- آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در تناوب با محصولات زراعی ۴۷
- ۱۵-۸- آبیاری قطره‌ای تیپ و کشاورزی حفاظتی ۴۸
- ۱۵-۹- آبیاری قطره‌ای و کشت نشایی ذرت ۴۹
-

۱۰-۱۵	آبیاری پالسی	۵۰
۱۱-۱۵	کم آبیاری قطره‌ای	۵۱
۱۲-۱۵	هوشمند سازی آبیاری قطره‌ای تیپ در مزارع ذرت	۵۱
۱۳-۱۵	قرارگیری نوارهای تیپ در عمق کم	۵۲
۱۴-۱۵	تأمین نوارهای تیپ با کیفیت از تولید به مصرف	۵۲
۱۵-۱۵	استفاده از ماشین برای توزیع و جمع‌آوری نوارهای تیپ	۵۲
۱۶-۱۵	آموزش و ترویج	۵۲
۱۶	نیازهای پژوهشی تکمیلی	۵۳
۱۷	نتیجه‌گیری	۵۴
۱۸	منابع	۵۶

غالب زمین‌های کشاورزی در دنیا به کشت محصولات فاریاب اختصاص دارد و در نتیجه بخش اعظم آب استحصالی (حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد) صرف تولید محصولات زراعی و باغی می‌شود. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضا برای مصرف محصولات کشاورزی و دامی از ۲۸۳۱ کیلوکالری / فرد / روز در سال ۲۰۰۹ به ۳۱۲۹ کیلوکالری / فرد / روز در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (تنکابیل^۱، ۲۰۱۰) و در نتیجه به دلیل محدودیت منابع آب، امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد و باید در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح به‌صورت بهبود بهره‌وری آب، خاک، انرژی و نهاده‌های کشاورزی گام برداشت. ذرت سومین گیاه مهم غله‌ای دنیا پس از گندم و برنج و مؤثر در تأمین نیاز غذایی انسان و دام است. این گیاه اغلب در تناوب با گیاهانی مانند گندم، جو و کلزا کشت می‌شود و به دلیل تابستانه بودن، نیاز آبی نسبتاً بالایی دارد و بنابراین یکی از عوامل محدودکننده سطح زیر کشت آن، کمبود منابع آب (افشار، ۱۳۸۶) و پایین بودن بازده آبیاری است. نتایج تحلیل شاخص بهره‌وری آب حاصل از ۴۷۳ مطالعه منتشر شده از ۳۱ کشور با ۵۵۵۳ اندازه‌گیری نشان داده‌است که میانگین جهانی بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای در مناطق فاریاب ۱/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب است که این مقدار خود تابع عواملی مختلف مانند بارندگی فصلی، رژیم‌های آبیاری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک است (زننگ و همکاران^۲، ۲۰۱۸). نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که راهکارهای مؤثر در بهبود بهره‌وری آب ذرت وجود دارد که اجرانشدن آنها موجب شده فقط ۲۰ تا ۴۶ درصد از بهره‌وری آب بالقوه حاصل شود. این بدان مفهوم است که اگر بهره‌وری آب از شرایط فعلی به ۸۵ درصد از مقدار بالقوه تا سال ۲۰۵۰ افزایش یابد، می‌توان به ۱۰۰ درصد افزایش تولید ذرت با ۲۰ درصد مساحت کاشته شده و ۲۱ درصد مصرف آب کمتر نسبت به سال ۲۰۰۵ دست یافت (تنکابیل، ۲۰۱۰). این امر حاکی از شرایط ویژه ذرت همچون قدرت سازگاری با اقلیم‌های مختلف است که با انتخاب راهکارهای مختلف فنی و مدیریتی، افزایش بهره‌وری آب را امکان‌پذیر می‌کند. یکی از این راهکارها، کاربرد روش آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای است که در کنار کاربرد کلیه فنون و دانش روز از جمله توسعه ارقام جدید، تغذیه، مکانیزاسیون، کنترل آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، بدون فشار بر منابع آبی زمینه‌ساز کاهش تلفات تبخیر، افزایش تولید در واحد سطح و افزایش نسبت سود به هزینه است.

مطالب این کتاب بر مبنای مراحل کاشت تا برداشت ذرت مرتب شده است. به این صورت که در ابتدا مختصری در زمینه نقش و جایگاه سامانه قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت و نحوه تهیه زمین توضیح داده شده و پس از آن در خصوص آرایش لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی، انواع نوارهای قطره‌ای تیپ، خصوصیات هیدرولیکی، طول بهینه و نحوه کارگذاری آنها در مزرعه مطالب مختصری مطرح شده است. در این بخش، سعی شده مطالب به‌گونه‌ای مطرح شود تا مشکلات موجود در مزرعه مطرح گردد و از مطالب تکراری موجود در سایر نشریات پرهیز شود. طراح پس از طراحی و اجرا، عملیات برنامه‌ریزی آبیاری در سامانه قطره‌ای تیپ را برای محصولات مختلف در اختیار بهره‌بردار قرار می‌دهد. در این گفتار، مطالبی در زمینه نیاز آبی ذرت و چگونگی برنامه‌ریزی آبیاری مطرح شده است. بهره‌وری آب ذرت در ایران و جهان و جایگاه آبیاری قطره‌ای تیپ در افزایش آن و شیوه‌ها و راهکارهای فنی برای توجیه اقتصادی استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ و چالش‌های موجود

¹ - Thenkabail

² - Zheng et al.

در این زمینه از مطالب دیگری است که در این مجموعه به آن پرداخته شده است. با توجه به اینکه محدودیت آب موضوع بسیار جدی در کشور است، ضرورت پژوهش در رفع چالش‌های آبیاری قطره‌ای ذرت با هدف توسعه آن اهمیت بالایی دارد. از این رو، در انتهای این کتاب عناوین مطالعات جدیدی برای رفع چالش‌ها پیشنهاد شده است. اهمیت ارائه این پیشنهادها در آن است که کشاورزانی با تجربه فراوان وجود دارند که می‌توانند در حل این مشکلات با مروجان و محققان همراهی کنند. این نوشتار اقتباسی است از مجموعه فعالیت‌های پژوهشی و تجارب کارشناسی که امید است در بهبود مدیریت آبیاری قطره‌ای زراعت ذرت در چارچوب کشاورزی پایدار مفید و گامی مؤثر در راستای افزایش ضریب خوداتکایی این محصول باشد.

۲- جایگاه آبیاری نوار قطره‌ای در زراعت ذرت

متوسط بارش سالیانه در ایران در سال‌های اخیر کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر و مقدار تبخیر سالانه از تشت تبخیر در حدفاصل ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌متر بوده است که با مقایسه این مقادیر به راحتی می‌توان متوجه شد که تولید محصولات زراعی و باغی در ایران وابستگی شدید به آبیاری دارد. در این شرایط، در صورت تأمین نشدن نیاز آبی گیاه، تنش آبی در دوره رشد موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود. از این رو، در شرایطی که منابع آبی محدود است، یکی از راهکارهای ضروری انتخاب سامانه آبیاری مناسب برای توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه است. مهم‌ترین محصول پس از گندم در ایران، ذرت دانه‌ای است که بیش از ۱۳۷ هزار هکتار در سال زراعی ۱۳۹۸ زیر کشت این محصول بوده است. بنابراین، هرگونه راهکار یا تجربه عملی که بتواند در بهبود بهره‌وری آب مؤثر باشد باید مد نظر قرار گیرد. در حال حاضر برای تولید دانه ذرت یا ذرت علوفه‌ای، از سامانه‌های مختلف آبیاری سطحی و تحت فشار استفاده می‌شود که در این بین آبیاری سطحی روش غالب در بسیاری از مناطق ایران به شمار می‌رود. مشکل عمده آبیاری سطحی ذرت و دیگر گیاهان زراعی، توزیع غیریکنواخت آب در مزرعه و تبخیر از سطح خاک است. در برخی نقاط کشور، سهم رواناب و نفوذ عمقی در آبیاری سطحی تا ۴۵ درصد از حجم آب کاربردی را تشکیل می‌دهد. این حجم آب بی‌آنکه نقشی در تولید محصول داشته باشد از دسترس گیاه خارج می‌شود (کارو و همکاران^۱، ۲۰۱۲). در مراحل اولیه رشد گیاه، تلفات تبخیر از سطح خاک در نواحی گرمسیری بسیار بالا و در مواردی ۳۰ تا ۳۵ درصد از مجموع آب کاربردی در آبیاری‌های اول است (کوپر و همکاران^۲، ۱۹۸۷). آبیاری قطره‌ای تیپ به دلیل دور پایین و مقدار کم آب کاربردی در هر نوبت آبیاری، علاوه بر توزیع تقریباً یکنواخت آب در سطح مزرعه و کاهش سطح خیس شدگی، نقش مهمی در کاهش نفوذ عمقی، رواناب و تلفات تبخیر از سطح خاک دارد و حجم آب کاربردی را بین ۲۰ تا ۵۶ درصد کاهش و عملکرد محصول را ۵ تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد (جدول ۱).

¹ - Karrou et al.

² - Cooper et al.

جدول ۱- نتایج برخی مطالعات خارجی کاربرد سامانه قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت

منبع	نتیجه	محل	سامانه‌های مورد مقایسه
بروسز و ویرسما ^۱ ، ۱۹۷۴	کاهش ۲۰٪ آب کاربردی در قطره‌ای و زیرسطحی قطره‌ای و افزایش عملکرد به ترتیب ۵ و ۱۵٪	آمریکا	آبیاری بارانی، قطره‌ای سطحی و زیرسطحی قطره‌ای
کلارک ^۲ ، ۱۹۷۹	عملکرد سه روش آبیاری به ترتیب ۱۴، ۱۱/۵ و ۱۱/۹ تن در هکتار	آمریکا	آبیاری قطره‌ای، بارانی و جویچه‌ای
کزینسکی ^۳ ، ۱۹۸۰	عملکرد ذرت بر حسب تن در هکتار به ترتیب ۱۰/۶۸ و ۱۲/۱۴		لوله‌های تراوا و قطره‌ای
کمپ ^۴ و همکاران، ۱۹۸۹	کاهش آب کاربردی در آبیاری زیرسطحی قطره‌ای		قطره‌ای سطحی و زیرسطحی
ابو-آواد ^۵ ، ۱۹۹۴	عملکرد مشابه در دو روش در حالت بدون محدودیت آب و برتری عملکرد و کارایی مصرف آب در روش قطره‌ای در حالت محدودیت آب	آمریکا	مقادیر آب کاربردی در قطره‌ای و بارانی
لام و همکاران ^۶ ، ۱۹۹۵	اعمال ۰/۷۵ برابر تبخیر و تعرق پتانسیل و مقادیر بالاتر موجب نگهداری رطوبت خاک در حد ۵۵٪ به بالا (حد مجاز) می‌شود	آمریکا	سطوح آبیاری قطره‌ای تیپ در شرایط بارش سالانه ۴۷۴ میلی‌متر
اکتم و همکاران ^۷ ، ۲۰۰۳	حداکثر کارایی مصرف آب در دور ۴ روزه با مقدار آب کاربردی ۹۰٪ تبخیر از تشت تبخیر	ترکیه	دور و مقدار آبیاری در قطره‌ای
لام، ۲۰۰۵	۲۰ تا ۲۵٪ کاهش کاربرد آب در زیرسطحی قطره‌ای	آمریکا	زیرسطحی قطره‌ای و روش مرسوم منطقه
سورنسن و باتس ^۸ ، ۲۰۰۵	تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی بدون کاهش عملکرد ذرت		آبیاری قطره‌ای ذرت در تناوب‌های مختلف

بهره‌وری آب در شرایط مدیریت بهره‌برداران برای ذرت علوفه‌ای، (۱۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب)، بیش از دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی (به ترتیب ۷/۹ و ۷ کیلوگرم بر مترمکعب) گزارش شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۷). باید توجه داشت که تأکید بر توسعه سامانه قطره‌ای تیپ به مفهوم ناکارآمدی سامانه آبیاری سطحی نیست. برای نمونه، تولید ذرت در اقتصاد ایالات متحده نقش اساسی دارد؛ این کشور با اختصاص سالانه ۳۹ میلیون هکتار از زمین‌های فاریاب خود به کشت ذرت، بزرگ‌ترین تولیدکننده ذرت در جهان به شمار می‌رود. منطقه یوما در آریزونا از مناطق مهم کشاورزی در آمریکاست که با تغییرات گسترده در فناوری‌های آبیاری، تغییر در شیوه تولید و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آبیاری، کشاورزی آن از تولید محصولات چندساله و تابستانی محور به چند محصول زمستانی محور تبدیل و بر محصولات زراعی با ارزش بالا متمرکز شده است. این نوآوری‌ها منجر به بهبود بهره‌وری آب آبیاری و در کل حفظ منابع آبی شده است. علاوه بر این،

1 - Brosz and Wiersma
 2 - Clark
 3 -Csizinszky
 4- Camp et al.
 5- Abu-Awwad
 6 - Lamm et al.
 7 - Oktem
 8 - Sorensen and Butts

استفاده از جریان‌های برگشتی که زمانی به‌عنوان شاخص ناکارآمدی شناخته می‌شد، خدمات زیست‌محیطی با ارزشی را برای اکوسیستم سواحل رودخانه کِلرادو به ارمغان آورد. این در حالی است که بیش از دوسوم زمین‌های فاریاب آریزونا به آبیاری سطحی اختصاص دارد (جدول ۲). این موضوع نشان می‌دهد که بهبود سامانه‌های آبیاری سطحی حتی در کشورهای پیشرفته اهمیت بالایی دارد.

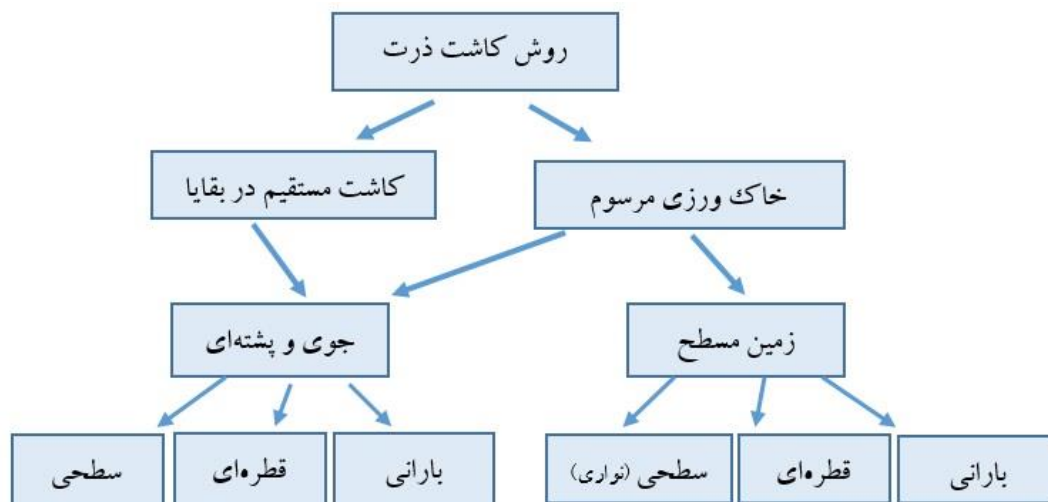
جدول ۲- درصد زمین‌های اختصاص یافته به سامانه‌های آبیاری در آریزونا و کالیفرنیا

کالیفرنیا		آریزونا		سامانه آبیاری
(تعداد مزرعه و مجموع مساحت)		(تعداد مزرعه و مجموع مساحت)		
۳۰۵۳۰۲۷	۴۴۳۴۷	۳۴۴۵۶۴	۴۳۸۰	مزرعه
(هکتار)	مزرعه	(هکتار)	مزرعه	
۲۲	۳۰/۴	۲۸/۳	۳۷/۴	بارانی
۳۶/۹	۵۷/۳	۵/۹	۱۰/۸	قطره‌ای
۶۰/۲	۳۴/۳	۸۷/۹	۶۸/۶	سطحی
۱۱۹/۱	۱۲۲	۱۲۲/۱	۱۱۶/۸	مجموع (%)

۱- در برخی مزارع از دو سامانه آبیاری استفاده شده است.

۳- آبیاری نوار قطره‌ای و نحوه تهیه زمین و کاشت ذرت

روش تهیه زمین نخستین گام برای کاشت ذرت و مؤثر در تعیین شیوه آبیاری ذرت (شکل ۱)، بهره‌وری آب و بهره‌وری انرژی است. پیش از تهیه زمین، با یک نوبت آبیاری (آبیاری قبل از کاشت و یا در اصطلاح محلی آب ماخار) خاک مرطوب و پس از گاو رو شدن رطوبت خاک، برای به هم زدن اولیه سطح خاک از دیسک سبک استفاده می‌شود.



شکل ۱- روش تهیه زمین و کاشت در تعیین شیوه آبیاری ذرت مؤثر است

پس از گذشت دو تا سه روز، زمین را با گاوآهن برگردان دار شخم می‌زنند و زمانی که خاک شخم خورده در شرایط رطوبتی مناسب قرار گرفت، برای نرم کردن خاک و ایجاد بستر مناسب برای بذر، اقدام به دیسک زدن زمین می‌گردد. یکی دیگر از روش‌های شخم‌زدن زمین، استفاده از دیسک سنگین به جای گاوآهن برگردان دار است. عمق نفوذ دیسک‌های مذکور به مراتب بیشتر از عمق نفوذ دیسک‌های معمولی است و با این روش هر دو عمل شخم و نرم کردن خاک به یک‌باره انجام می‌پذیرد. پس از اتمام دیسک زنی، گاهی از ماله برای هموار کردن زمین استفاده می‌شود. ضرورت ماله‌زنی در زمین‌هایی که برای شخم زدن زمین از گاوآهن برگردان دار استفاده شده بیش از زمین‌هایی است که برای تهیه آنها فقط از دیسک استفاده شده است. اعمال کود پایه با استفاده از کودپاش‌های سانتریفوژ، دیسک مجدد برای مخلوط کردن کود با خاک، استفاده از فاروئر مجهز به باله‌های پهن به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر (شکل ۲)، استفاده از شیپیر برای دوزنقه‌ای کردن سطح و دیواره‌های فاروها (شکل ۳) و سرانجام به کارگیری ردیف‌کار ذرت برای کاشت بذر روی پشته‌های ۷۵ سانتی‌متر، مراحل است رایج برای تهیه زمین تا کاشت ذرت. در صورتی که مراحل استفاده از فاروئر و شیپیر حذف شوند، آنگاه کشت روی زمین مسطح صورت خواهد گرفت. در این صورت، برای استفاده از آبیاری سطحی نیاز خواهد بود تا پشته‌هایی به فاصله‌های ۳ تا ۱۲ متر ایجاد شود. استفاده از این شیوه در بسیاری از مناطق ایران منسوخ است و از آن برای سامانه‌های تحت فشار استفاده می‌شود.



شکل ۲- عملیات گاوآهن و دیسک در روش مرسوم برای تهیه بستر کاشت ذرت تابستانه



شکل ۳- ایجاد جوی و پشته با فاروئر (سمت راست) و شکل دادن پشته با شیپیر (سمت چپ)

استفاده از الگوهای مختلف کاشت در شیوه‌های کاشت در زمین صاف (تغییر فاصله خطوط کشت برای کاهش مصرف لوله تیپ در واحد سطح) و در حالت جوی و پشته‌ای (کشت یک یا دو ردیف روی پشته یا کشت کف جویچه) از موضوع‌های مهمی است که علاوه بر تأثیر در عملکرد محصول و شاخص بهره‌وری آب، در افزایش منافع اقتصادی مؤثر است که به واسطه اهمیت آن به صورت کامل تشریح خواهد شد. در این کتابچه سعی شده است نحوه بهره‌برداری از سامانه آبیاری قطره‌ای (قطره‌ای سطحی و زیرسطحی قطره‌ای) در مزارع ذرت از زاویه‌های مختلف بررسی شود و به موضوع‌های مرتبط با سایر سامانه‌های آبیاری کمتر اشاره خواهد شد.

۴- آرایش لوله‌های اصلی و نیمه‌اصلی در آبیاری نوار قطره‌ای

پس از کاشت ذرت لازم است که نوارهای تیپ در مزرعه پهن و ابتدای آن‌ها به مانیفولد وصل شود. سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ به لحاظ ایستگاه پمپاژ، تصفیه آب، لوله‌های اصلی، نیمه‌اصلی (مانیفولدها) و شیرفلکه‌ها مشابه سایر سامانه‌های قطره‌ای در گیاهان باغی است، با این تفاوت که لوله‌های آبدار از نوارهای تیپ تشکیل شده‌اند که مناسب برای گیاهان زراعی ردیفی یک‌ساله و چندساله هستند. در سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ، لوله‌های اصلی در زیر خاک قرار دارند و وظیفه آنها انتقال آب به لوله‌های نیمه‌اصلی (یا اصطلاحاً مانیفولدها) است. نوارهای تیپ، که به آنها لاترال یا نوار آبدار نیز می‌گویند، به لوله‌های نیمه‌اصلی وصل می‌شوند. وظیفه لوله نیمه‌اصلی تأمین آب موردنیاز هر واحد آبیاری است. منظور از واحد آبیاری بخشی از مزرعه است که در زیر یک شیر دستی یا برقی قرار دارد و با قطع و وصل شیر، جریان ورودی به آن واحد آبیاری به صورت هم‌زمان قطع یا وصل می‌شود. طراح موظف است با توجه به دبی منبع آب، سطح مزرعه و مسائل اقتصادی، طراحی را به گونه‌ای پیش برد که هزینه‌های اولیه خرید لوازم کاهش یابد و آب موردنیاز قطعات در زمان اوج نیاز گیاه تأمین شود. از این رو، ممکن است در یک مزرعه فقط یک واحد در حال آبیاری باشد و در مزرعه دیگر دو تا سه واحد به صورت هم‌زمان در حال آبیاری باشند. یکی از مشکلات در زمان بهره‌برداری در این روش آبیاری، اجرائشدن صحیح برنامه آبیاری توسط بهره‌برداران است. به این صورت که بهره‌برداران برای سرعت عمل بیشتر، تمام واحدها یا واحدهایی بیشتر از حد توصیه شده را باز می‌کنند که نتیجه آن کاهش فشار در سامانه، کاهش آبدهی و نایکناختی در توزیع آب و در نتیجه کاهش عملکرد محصول است.

مانیفولدها ممکن است در عمق یا روی سطح خاک قرار گیرند. هر یک از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارد:

۴-۱- قرارگیری مانیفولد زیر سطح خاک

در حالتی که مانیفولد در عمق خاک قرار گیرد، برای اتصال نوار تیپ به مانیفولد از لوله ۱۶ میلی‌متری به طول ۱ تا ۲ متر و رابط مخصوص نوار تیپ استفاده می‌شود (شکل ۴). آب‌بندی نامناسب اتصالات یا از بین رفتن واشر بست ابتدایی نوار ۱۶ میلی‌متر که اغلب در زیر خاک مدفون است، موجب نشت آب و ماندابی شدن مسیر لوله مانیفولد خواهد شد (شکل ۵). بهره‌برداران پیشرو با استفاده از اتصالات با کیفیت بالا و تعویض به موقع اتصالات معیوب، مانع از افزایش نشت آب در اطراف لوله مانیفولد می‌شوند. در اغلب موارد اتصالات معیوب به موقع تعمیر نمی‌شوند و نتیجه آن تلفات آب، کاهش راندمان آبیاری و رشد بیش از حد علف‌های هرز خواهد بود (شکل ۵).



شکل ۴- لوله ۱۶ میلی‌متر و رابط برای اتصال نوار تیپ به لوله مانیفولد زیر خاک



شکل ۵- رشد علف‌های هرز در اثر نشست آب از مانیفولد

۴-۲- قرارگیری مانیفولد روی سطح خاک

در برخی موارد ممکن است که مانیفولدها روی سطح زمین قرار داشته باشند. از این رو می‌توان نوارهای تیپ را به صورت مستقیم با بست ابتدایی به لوله مانیفولد وصل کرد. در این حالت ممکن است از لوله‌های پلی‌اتیلن یا از لوله‌های تاشو (لیف لت) به عنوان مانیفولد استفاده شود (شکل ۶).



شکل ۶- استفاده از لوله پلی‌اتیلن (سمت راست) یا لیف لت (سمت چپ) به عنوان مانیفولد

از مزیت‌های این روش، کاهش تلفات سطح اختصاص یافته به مانیفولد و لوله‌های متصل به آن است، ضمن آنکه امکان جمع‌آوری مانیفولدها، تهیه زمین و از بین بردن علف‌های هرز اطراف لوله نیمه‌اصلی به راحتی وجود دارد.

۵- آبیاری زیرسطحی قطره‌ای ذرت

آبیاری زیرسطحی قطره‌ای از شیوه‌های پیشرفته آبیاری است که با استفاده از این شیوه آب کاربردی در مزرعه یا باغ در حدفاصل عمق‌های ۳۵ تا ۴۰ سانتی‌متری در زیر سطح خاک در اختیار ریشه گیاه قرار می‌گیرد. برای این منظور، نوارهای قطره‌چکان دار به فاصله‌ای مشخص از ردیف گیاه در طول خط کشت در عمق خاک کار گذاشته می‌شود و انتظار می‌رود که برای چندین سال در آبیاری زیرسطحی گیاهان زراعی/باغی استفاده شوند. قطره‌چکان‌ها به فاصله‌های مشخص ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری روی نوار آبدار قرار دارند، وظیفه آنها انتقال آب از نوار به محیط خاک اطراف در ناحیه ریشه گیاه است. استفاده از این روش آبیاری در کشورهای پیشرفته مانند آمریکا از سال ۱۹۸۰ آغاز شده و در حال حاضر سطح وسیعی از زمین‌های ایالت‌های کالیفرنیا و کانزاس به این روش آبیاری مجهز شده است.

با ورود نوارهای تیپ در عرصه آبیاری قطره‌ای سطحی در کشت گیاهان زراعی، با توجه به قیمت ارزان آن، تفکر استفاده از نوارهای مذکور در زیر سطح خاک در حدفاصل ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر عمق خاک نیز شکل گرفت (شکل ۷). در مقایسه با آبیاری نوار قطره‌ای سطحی، مرطوب نشدن سطح خاک و در نتیجه کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک و صرفه‌جویی ۲۰ تا ۳۰ درصد در آب کاربردی، توزیع رطوبت یکسان در محدوده رشد ریشه گیاه و ثابت نگه داشتن مقدار رطوبت خاک از ویژگی‌های این شیوه آبیاری محسوب می‌شود. از مزیت‌های عمده دیگر آن، حذف مشکل باد بردگی نوارهای تیپ و امکان تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، امکان استفاده از نوارهای تیپ برای چندین فصل کاشت (به شرط اینکه خاک‌ورزی صورت نگیرد) و کاهش هزینه‌های کارگری است (شکل ۷). در خاک‌های با بافت سبک، برای جلوگیری از نفوذ عمقی آب بهتر است که نوارهای تیپ در عمق کمتری قرار گیرند. با اتمام آبیاری‌ها و برداشت محصول لازم است نوارهای تیپ از زیر خاک بیرون کشیده شوند. بنابراین کارگذاری عمیق نوارهای تیپ، جمع‌آوری آنها را با مشکل روبه‌رو خواهد کرد.



شکل ۷- آبیاری زیرسطحی قطره‌ای ذرت

به‌رغم مزیت‌هایی که سامانه زیرسطحی قطره‌ای دارد، برخی معایب آن موجب شده توسعه چندان‌ی پیدا نکند. هزینه نسبتاً بالای نصب، نفوذ ریشه و ذرات خاک در روزنه قطره‌چکان‌ها و در نتیجه گرفتگی آنها (شکل ۸)، ایجاد شوری موضعی، آلودگی زیست‌محیطی پس از پایان عمر مفید آن‌ها و دانش پایین نحوه نگهداری از این سامانه از جمله موارد توسعه نیافتگی این نوع سامانه، به ویژه در زراعت، به شمار می‌رود.



شکل ۸- انسداد مسیر حرکت آب در لوله‌های نوار قطره‌ای تیپ

استفاده از این روش آبیاری در ایران مراحل اولیه خود را طی می‌کند و تجربه‌های اندک کسب‌شده بیانگر موفقیت‌آمیز بودن کاربرد این روش در زراعت ذرت به شمار می‌رود. برای مثال، کارگذاری نوارهای تیپ در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و تأمین کل نیاز آبی گیاه ذرت رقم ۷۰۰ در منطقه کرج نشان داد که با کشت یک ردیف روی پشته می‌توان عملکرد (۱۲/۵ تن در هکتار) و بهره‌وری آب بالایی را انتظار داشت (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۳). برای دستیابی به عملکرد بالا و کاهش هزینه‌های اولیه در این سامانه لازم است که به نکات زیر توجه شود که بیشتر تأکید بر جلوگیری از گرفتگی روزنه‌هاست.

۱- روش آبیاری زیرسطحی قطره‌ای پرهزینه و گران است بنابراین تجهیزات آن هرچه طول عمر بیشتری داشته باشند منافع حاصل از آن می‌تواند هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری را پوشش دهد.

۲- طراحی دقیق و استفاده از نوارهای قطره‌چکان دار با کیفیت بالا.

۳- جلوگیری از ورود ذرات به داخل سامانه با فیلتراسیون منظم و شستشوی فیلترها.

۴- نصب شیرهای تخلیه هوا برای جلوگیری از مکش معکوس ذرات خاک به داخل قطره‌چکان‌ها.

۵- تصفیه شیمیایی شامل اسید شویی سامانه.

۶- تزریق دوره‌ای علف‌کش‌های مخصوص در سامانه برای جلوگیری از ورود ریشه به داخل قطره‌چکان‌ها.

۷- احتمال دارد اصلاح در سطح زمین، به ویژه در مناطق با کیفیت نامناسب آب، تجمع یابد، از این‌رو لازم است پیش از اجرای سامانه، ارزیابی‌های لازم توسط کارشناس صورت گیرد.

۶- مشخصات فنی نوارهای تیپ

شرکت های سازنده مشخصات فنی محصول خود را با نصب برچسب روی هر یک از کلاف های تیپ ارائه می دهند که بیشتر نشان دهنده فشار کارکرد مناسب، قطر، ضخامت، فاصله ها و آبدهی روزنه ها و حتی قطر روزنه های فیلتر مورد نیاز برای جلوگیری از گرفتگی است (شکل ۹).



شکل ۹- نمونه ای از برچسب مشخصات لوله تیپ پلاک دار و کنار دوخت

حداکثر فشار ورودی آب در نوار تیپ در بیشتر تیپ های تولیدی در داخل کشور ۱ بار و فشار بهینه بین ۰/۷ تا ۰/۸ بار است. نوارهای تیپ در ضخامت های مختلف (۱۷۵، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میکرون)، به صورت کلاف های با طول متفاوت (۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر)، به دو شکل پلاک دار و درزدار (زیپی یا کنار دوخت) با فاصله های روزنه ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی متر تولید و به بازار عرضه می شوند (شکل ۱۰). با این همه، ممکن است نوارهای تیپ با فاصله های روزنه متنوع (۱۵، ۲۵، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی متر) و آبدهی متفاوت (به ترتیب ۰/۸، ۱/۳، ۱/۵، ۱/۶، ۲، ۵/۵ و ۳/۸ لیتر در ساعت به ازای هر روزنه) در بازار وجود داشته باشد.



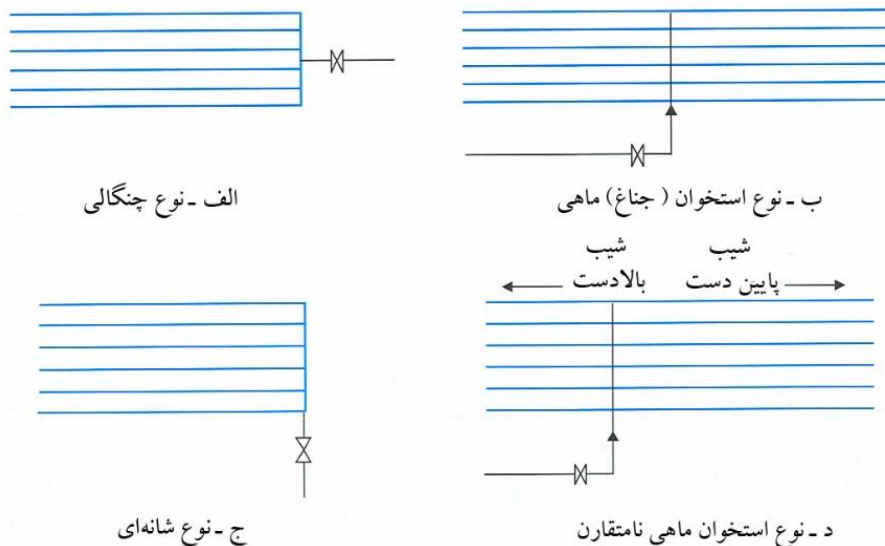
شکل ۱۰- تیپ کنار دوخت (تصویر سمت راست) و پلاکدار (تصویر سمت چپ)

در زراعت ذرت اغلب از نوارهای تیپ با فاصله‌های روزنه ۲۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱۷۵ میکرون با آبدهی ۱/۸ تا ۲/۱ لیتر در ساعت در کلاف‌های ۱۰۰۰ متری استفاده می‌شود. در خاک‌های با بافت سبک، برای همپوشانی رطوبت و ایجاد نوار رطوبتی یکسان، بهتر است که از تیپ‌های با فاصله‌های روزنه ۱۰ سانتی‌متر استفاده شود. به‌رغم اینکه یکنواختی آبدهی و کیفیت جنس تیپ‌های پلاک‌دار به مراتب بهتر از تیپ‌های کنار دوخت است، قیمت ارزان تیپ‌های کنار دوخت موجب شده تا بسیاری از بهره‌برداران برای کاهش هزینه‌ها از این نوع نوارهای تیپ استفاده کنند.

۶-۱- طول بهینه و آبدهی

طول بهینه نقش مهمی در یکنواختی آبدهی روزنه‌ها و در نتیجه یکنواختی توزیع رطوبت دارد. فشار آب در لوله عامل تنظیم آبدهی روزنه‌ها در سامانه‌های قطره‌ای است. هرچه مقدار فشار از مقدار توصیه شده (بین ۰/۶ تا حداکثر ۱ بار) کمتر باشد از مقدار آبدهی روزنه‌ها کاسته خواهد شد. از طرفی، هرچه طول لوله افزایش یابد به دلیل افت فشار ناشی از اصطکاک در مسیر حرکت آب، موجب کاهش فشار آب در انتهای نوار و در نتیجه کاهش مقدار آبدهی روزنه‌ها و غیریکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه خواهد شد. تعداد خروجی در هر متر طول نیز در طول بهینه مؤثر است. برای مثال، مقدار آبدهی نوار تیپ در طول ۷۰ متر با فاصله‌های خروجی ۱۰ سانتی‌متر بیشتر از آبدهی تیپ با فاصله روزنه ۳۰ سانتی‌متر است. بنابراین، با قطر یکسان میزان افت فشار در لوله تیپ با خروجی‌های ۱۰ سانتی‌متر بیشتر خواهد بود.

شیب زمین در مقدار آبدهی روزنه‌ها نیز مؤثر است. قرارگیری نوار تیپ روی زمین شیب‌دار موجب می‌شود تا بخشی از تلفات فشار جبران شود، بنابراین، طول نوار تیپ می‌تواند بیشتر از حالتی باشد که زمین بدون شیب یا کم‌شیب است. در عوض، در شرایطی که نوار تیپ روی شیب مثبت (شیب بالادست) قرار دارد، برای جبران اختلاف ارتفاع باید طول کوتاه‌تری در نظر گرفت (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- آرایش مختلف لوله نیمه اصلی نسبت به شیب و نحوه آبیاری نوار تیپ

در این زمینه شرکت‌های سازنده حداکثر طول نوار تیپ را بر مبنای فاصله‌های بین روزنه‌ها، آبدهی روزنه و قطر نوارهای تیپ متناسب با یکنواختی توزیع به صورت جدول راهنما ارائه می‌دهند که در تخمین طول بهینه نوار تیپ مؤثر است (جدول ۳ و ۴). عمق آب خروجی از نوار تیپ تابعی از زمان کارکرد، فاصله‌های کارگذاری نوارهای تیپ، فاصله‌های روزنه‌ها روی نوار و آبدهی روزنه‌هاست. در غالب مناطق ایران از تیپ‌های کنار دوخت با فاصله‌های روزنه ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی ۱/۸ تا ۲/۱ لیتر در ساعت استفاده می‌کنند. جدول ۵، مقدار عمق آب خروجی از نوارهای تیپ کنار دوخت را برای آرایش رایج (فاصله‌های تیپ از یکدیگر ۷۵ سانتی‌متر) نشان می‌دهد. برای مثال، اگر فاصله‌های روزنه نوار تیپ کنار دوخت ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی هر یک از آن‌ها ۱/۸ لیتر در ساعت باشد آنگاه عمق آب خروجی در هر ساعت حدود ۱۲ میلی‌متر یا ۱۲۰ مترمکعب در هکتار است.

جدول ۳- طول بهینه نوار تیپ کنار دوخت برای زمین‌های کم‌شیب (فشار کارکرد ۱ بار و ضخامت ۱۷۵ میکرون)

درصد یکنواختی	آبدهی روزنه (لیتر در ساعت)	۲	۱/۶۵	۱/۸	۲/۱	۲/۵	۱/۶۵
	فاصله روزنه‌ها (سانتی‌متر)	۱۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰
۸۵		۸۰	۱۲۵	۱۱۵	۱۰۰	۸۰	۱۸۰
۹۰	طول نوار تیپ (متر) ^۱	۷۰	۱۱۵	۱۰۵	۹۰	۷۵	۱۷۵
۹۵		۶۵	۱۰۵	۱۰۰	۸۰	۷۰	۱۶۰

۱- اگر جهت جریان در نوار تیپ در جهت شیب‌های تند (۱ تا ۲ درصد) باشد به اعداد بالا ۱۰ تا ۱۵ درصد اضافه شود و اگر در خلاف شیب تند (شیب ۱ تا ۲ درصد) باشد ۲۵ تا ۳۵ درصد از طول نوارها برای جبران فشار کم شود

جدول ۴- طول بهینه نوار تیپ پلاک دار برای اراضی کم‌شیب (فشار کارکرد ۱ بار و ضخامت ۱۷۵ میکرون)

آبدهی (لیتر بر ساعت)	تغییرات جریان (%)	فاصله روزنه‌ها (سانتی‌متر)	۲۵	۳۰	۴۰
۱/۶۵	۵	۷۴	۱۰۵	۱۲۳	۱۵۵
	۱۵	۹۲	۱۳۴	۱۶۳	۲۰۱
۲/۲	۵	۶۵	۷	۹۲	۱۱۰
	۱۵	۷۶	۹۶	۱۲۰	۱۴۲

جدول ۵- عمق آب خروجی از روزنه‌های تیپ کنار دوخت در یک ساعت (فاصله کارگذاری ۷۵ سانتی‌متر و فاصله روزنه‌ها ۲۰ سانتی‌متر)

عمق آب آبیاری در هر ساعت (میلی‌متر)	۱/۶۵	۱/۸	۲/۱	۲/۵
	۱۱	۱۲	۱۴	۱۶/۷

آبدهی نوارهای تیپ ممکن است به مرور زمان نسبت به مقدار اولیه کاهش یابد، از این رو لازم است پس از چند نوبت آبیاری به صورت موردی آبدهی روزنه‌های تیپ در سطح مزرعه اندازه‌گیری و مبنای برنامه‌ریزی آبیاری قرار گیرد. در صورتی که اعداد آبدهی در جدول فوق وجود نداشته باشد می‌توان از فرمول زیر مقدار عمق آب تخلیه شده از روزنه‌های تیپ را برای فاصله روزنه، فاصله‌های کارگذاری نوارهای تیپ و مدت کارکرد یک ساعت به دست آورد.

$$(1) \quad \text{فواصل روزنه به سانتی متر} \times \text{فواصل تیپ به سانتی متر} = \frac{\text{دبی روزنه به لیتر بر ساعت} \times 10000}{\text{عمق آبیاری به میلی متر}}$$

۶-۲- روش اندازه‌گیری آبدهی روزنه‌های تیپ در مزرعه

بسیاری از مزارع مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ فاقد کنتور هستند و مدت زمان آبیاری بر مبنای میزان آبدهی روزنه‌ها و مطابق با جدول راهنمای ارائه شده از سوی شرکت‌های سازنده است. از این رو، اگر آبدهی روزنه‌ها به عللی کمتر از مقادیر ارائه شده از سوی طراح باشد، این امکان وجود دارد که به صورت ناخواسته گیاه در دوره رشد تحت تنش قرار گیرد. برای رفع این مشکل می‌توان آبدهی روزنه‌ها را با آزمایشی ساده در مزرعه به دست آورد و مدت زمان آبیاری را اصلاح کرد. برای این کار، یکی از خطوط نوار تیپ را انتخاب کنید. یک لوله پلیکا با قطر ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر و به طول ۱۲۰ سانتی‌متر را که در جهت طولی به دو نیم تقسیم شده در زیر نوار تیپ قرار دهید به نحوی که آب خروجی چند روزنه وارد لوله پلیکا شود. هدف از این کار جمع‌آوری هم‌زمان آب خروجی از چند روزنه است. یک قوطی با ظرفیت حدود ۲ تا ۳ لیتر را در جهت شیب و در انتهای لوله پلیکا در داخل خاک قرار دهید به نحوی که آب جمع‌آوری شده در لوله پلیکا به داخل قوطی هدایت شود. به مدت ۵ دقیقه حجم آب ورودی به قوطی را جمع‌آوری کنید.

روش ساده‌تر آن است که فقط آبدهی یک روزنه اندازه‌گیری شود. به این صورت که خاک زیر یکی از روزنه‌ها را حفاری کنید و یک بشر یا قوطی زیر آن قرار دهید و مقدار آب خروجی از روزنه را در فاصله زمانی ۵ دقیقه اندازه بگیرید (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- نحوه اندازه‌گیری آبدهی روزنه‌های تیپ در مزرعه

حجم آب جمع‌آوری شده را با استوانه مدرج بر حسب میلی‌لیتر قرائت کنید. اگر این عدد بر ۱۰۰۰ تقسیم شود، حجم آب بر حسب لیتر به دست می‌آید. این مقدار آب طی ۵ دقیقه از روزنه تیپ تخلیه شده است که برای تبدیل آن به یک ساعت باید در عدد ۱۲ ضرب شود. عدد حاصل آبدهی چند روزنه (حالت استفاده از لوله پلیکا) یا یک روزنه در مدت یک ساعت است.

اگر از لوله پلیکا استفاده شده است، این مقدار دبی باید به تعداد روزنه در طول لوله پلیکا تقسیم شود تا میانگین آبدهی یک روزنه به دست آید. این عدد ممکن است به دلیل گرفتگی تدریجی یا فشار کمتر از حد مجاز، کمتر از مقدار اسمی ارائه شده در جدول‌های ۳ و ۴ یا برچسب روی نوارهای تیپ یا مقادیر ارائه شده در دفترچه طراحی باشد. با فرض اینکه سامانه فیلتراسیون شرایط استاندارد داشته باشد، این مقدار آبدهی باید مبنای محاسبات برای تعیین مدت زمان آبیاری قرار گیرد.

۷- کارگذاری نوارهای تیپ

فاصله‌های پشته در حالت مرسوم کاشت ذرت ۷۵ سانتی‌متر است و نوارهای تیپ پس از کاشت یا هم‌زمان با کاشت روی پشته قرار می‌گیرند و ابتدای آنها به مانیفولد متصل می‌شود. نوار تیپ به دو صورت دستی و ماشینی کار گذاشته می‌شود. در حالت دستی، محور کلاف نوار تیپ داخل لوله‌ای افقی متصل به پایه‌های نگهدارنده قرار داده می‌شود. پایه‌های نگهدارنده بلبرینگ دارند به طوری که با کشیدن نوار تیپ از روی کلاف، چرخش کلاف و باز شدن تدریجی نوار به راحتی صورت می‌گیرد. چند کلاف نوار تیپ روی این قرقره سوار شده‌اند و ۲ تا ۳ کارگر آنها را به طور هم‌زمان می‌کشند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نصب دستی و ماشینی نوارهای تیپ

در شیوه ماشینی، چهار کلاف از نوارهای تیپ روی دستگاه سوار می‌شود و با ثابت نگه داشتن ابتدای نوار تیپ و حرکت تراکتور، نوارها روی پشته یا زیر سطح خاک قرار می‌گیرند (شکل ۱۳). روشن است که نوارهای تیپ در روش ماشینی، نسبت به روش دستی، با هزینه کمتر و سرعت بالاتری پهن می‌شوند. کارگذاری نوارهای تیپ (وصل کردن به مانیفولد و پهن کردن آن) همواره بدون اشکال نیست. در برخی موارد ممکن است مسیر لوله پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر (رابط نوار تیپ به مانیفولد مدفون در خاک) به دلایلی مانند بریدگی یا پیچ‌خوردگی معیوب باشد. از این رو بهره‌بردار، بدون آنکه مسیر حرکت آب را اصلاح کند، برای راحتی کار خروجی را مسدود می‌کند و از یک لوله ۱۶ میلی‌متر برای دو خط تیپ انشعاب می‌گیرد. این امر موجب کاهش فشار ورودی و در نتیجه کاهش آبدهی خروجی‌های تیپ و سرانجام کاهش یکنواختی کاربرد آب در سطح مزرعه می‌شود.

۸- آبیاری نوار قطره‌ای و نیاز آبی ذرت

نیاز آبی گیاه متشکل از آب تبخیر شده از سطح خاک و تعرق شده از سطح برگ در حدفصل زمان جوانه‌زنی بذر تا رسیدن کامل محصول است. مقدار نیاز آبی گیاهان از حاصل ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع به دست می‌آید. نیاز آبی ذرت در مراحل مختلف رشد متفاوت است. نیاز آبی ذرت در مرحله اولیه رشد کم است و در مرحله توسعه گیاه به تدریج افزایش می‌یابد و در مرحله میانی رشد به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در مرحله نهایی رشد کاهش می‌یابد. متناسب با مراحل مختلف رشد (جدول ۶)، ضریب‌های متفاوتی برای محاسبه نیاز آبی این گیاه در نظر گرفته شده است. به واسطه سطح سبز کم در مرحله اولیه رشد، ضریب گیاهی پایین است و متناسب با رشد و نمو گیاه، ضریب مذکور افزایش و در مرحله میانی رشد به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از تلقیح و تشکیل دانه، با پیر شدن برگ‌ها و تکمیل مراحل رشد و نمو دانه، به تدریج از مقدار ضریب گیاهی کاسته می‌شود. از این رو، مقدار نیاز آبی ذرت (حاصل ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع) از زمان جوانه‌زنی تا رسیدگی فیزیولوژیکی هیبریدهای مختلف به شرح جدول ۷ با یکدیگر متفاوت است. یادآوری می‌شود طول دوره رشد تابعی از شرایط اقلیمی است. از این رو، هر یک از گروه‌های ارائه شده در جدول ۷ ممکن است طول دوره رشد متفاوت در مناطق مختلف کشور داشته باشد.

جدول ۶- مراحل رشد ذرت دانه‌ای در مناطق مختلف ایران (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶)

مراحل رشد	دوره رشد	تعداد روز
اولیه	از جوانه‌زنی تا ۶ برگی	۱۵ - ۳۰
رشد و توسعه	تا ظهور گل آذین نر	۲۵ - ۴۰
میانی	تا شیری شدن دانه بلال	۳۵ - ۴۵
پایانی	تا رسیدگی فیزیولوژیکی	۲۵ - ۳۵
	کل دوره رشد	۱۰۰ - ۱۵۰

تابستان فصل اصلی رایج در کاشت ذرت است. برای کاشت ذرت، از ارقام متوسط‌طرس و دیررس این گیاه استقبال بیشتری می‌شود تا ارقام زودرس آن، زیرا ارقام زودرس به‌رغم پایین‌تر بودن آب مصرفی، عملکرد پایین‌تری دارند. با این توصیف در مجموع می‌توان گفت که برای مناطق مختلف ایران در شرایط بدون تنش‌های زنده و غیرزنده با تراکم توصیه شده، نیاز آبی ذرت (تبخیر و تعرق) بین ۴۴۹ تا ۹۶۰ میلی‌متر است که با تأمین آن در فاصله‌های معین (دور آبیاری)، شرایط رطوبتی مناسب برای تبخیر و تعرق مهیا می‌شود.

جدول ۷- سه گروه عمده ذرت از لحاظ طول دوره رشد

گروه	دوره رشد (روز)	مثال
زودرس	۸۰ تا ۱۰۰	هیبرید ذرت فجر، دهقان، کوشا و طاها.
متوسط رس	۱۰۰ تا ۱۲۰	هیبرید مبین، تری وی کراس ۶۴۷ و سیمون
دیررس	۱۲۰ تا ۱۴۰	هیبرید ۷۰۴

مقدار تبخیر و تعرق از دو جزء جداگانه تبخیر از سطح خاک و تعرق از روزنه‌های گیاه تشکیل شده است. در ابتدای فصل کاشت، به دلیل پایین بودن سطح سایه‌انداز ذرت (مساحتی از سطح خاک که بوته‌های ذرت روی آن سایه‌اندازی کرده‌اند)، سهم تبخیر از سطح خاک بالاست، اما با افزایش درصد پوشش گیاهی، تبخیر از سطح خاک مزرعه کاهش و متقابلاً تعرق از سطح گیاه افزایش می‌یابد. با کامل شدن درصد پوشش گیاهی یا سطح سایه‌انداز، بیشترین تعرق در مرحله زایشی تا شیری شدن صورت می‌پذیرد که در این مرحله حداکثر نیاز آبی گیاه ذرت شکل می‌گیرد. شدت تبخیر و تعرق ذرت در برخی از نواحی ایران به شرح جدول ۸ است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶).

جدول ۸- شدت تبخیر و تعرق ذرت در برخی مناطق ایران (برحسب میلی‌متر بر روز)

ماه	دهه	دزفول	تبریز	اصفهان	حک	گرگان	ورامین	فارس	مشهد	مرو دشت	قزوین
اردیبه	۳			۲/۶۵	۲/۵۵		۲/۹		۲/۵		۲/۴
خرداد	۱			۲/۸۲	۲/۹۲		۳/۲۴		۲/۸۳		۲/۷
	۲			۳/۰۳	۳/۹۳		۴/۲۸		۳/۲۵		۳/۵۹
	۳			۳/۷۶	۵/۶۶		۶/۰۶		۴/۲۴		۵/۱
تیر	۱		۲/۶۸	۴/۹۴	۷/۱۱	۷/۵	۳/۵۲	۵/۴۷	۳/۷۸	۳/۳۶	۶/۳۶
	۲		۲/۸۵	۶/۲۴	۸/۲۴	۲/۶۸	۸/۵۷	۶/۷	۳/۸۲	۷/۲۳	۷/۲۳
	۳		۳/۶۵	۷/۵۴	۸/۷۴	۲/۷	۸/۹۷	۳/۲۵	۷/۹۷	۷/۵۹	۷/۵۹
مرداد	۱	۴/۴۵	۴/۸۸	۷/۸۲	۸/۴۷	۳/۲۱	۸/۵۹	۳/۷۹	۸/۳۶	۴/۴	۷/۵۵
	۲	۴/۵۷	۵/۹۳	۷/۵۵	۸/۱۶	۴/۲	۸/۱۶	۴/۸۴	۸/۲۸	۵/۵	۷/۵۹
	۳	۵/۵	۶/۳۲	۷/۳۶	۷/۸۱	۵/۱۱	۷/۷	۵/۱	۸/۱۶	۶/۴۶	۷/۴۷
شهریور	۱	۶/۸۵	۵/۹	۶/۹	۶/۵۸	۵/۴۹	۶/۴۵	۶/۶	۷/۴	۷/۱۱	۶/۱۸
	۲	۷/۹۸	۵/۳۵	۶/۲۹	۵	۵/۳۷	۴/۸۷	۶/۹۴	۶/۴۴	۷/۱۳	۴/۵۶
	۳	۸/۴۲	۴/۲۱	۵/۲۲	۳/۶۳	۵/۰۶	۳/۵	۶/۷۸	۵/۱۲	۶/۶۷	۳/۲۵
مهر	۱	۷/۹	۲/۵۷	۳/۷۷	۴/۵۲	۴/۵۲	۵/۹۸	۵/۶۹	۳/۶۹	۶/۰۶	
	۲	۷/۱۷	۲/۵۵		۳/۹۲	۳/۹۲	۵/۰۶	۲/۴۸	۵/۴۴		
	۳	۶/۳۴			۳/۰۷	۳/۰۷	۴/۱۹	۴/۷۵			
آبان	۱	۴/۹۳			۲/۱۸	۲/۱۸	۳/۴۴	۳/۷۱			
	۲	۳/۳۳			۱/۴۴	۱/۴۴	۲/۵۷	۲/۵۷			
	۳	۲/۱					۱/۷۸	۱/۶۶			

تاریخ کاشت ذرت در یک منطقه بسیار متنوع است و بهره‌بردار ممکن است بنا به نوع تناوب و شرایط اقتصادی (برداشت به صورت علوفه‌ای) از تاریخ کاشت‌های متفاوتی استفاده کند. از این رو اعداد جدول می‌تواند به عنوان راهنمای اولیه برای تشخیص نیاز آبی ذرت، محاسبه مقدار آب کاربردی و مدت زمان آبیاری در آبیاری قطره‌ای ذرت به کار رود. مقادیر جدول ۸ حالتی است که کل سطح خاک مرطوب شود. اما در سامانه آبیاری قطره‌ای یک نوار ممتد خیس شدگی روی پشته ایجاد می‌شود و در حد فاصل بین دو ردیف، درصدی از سطح خاک رطوبت دریافت نمی‌کند. از این رو مقدار تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه تبخیر و تعرق کمتر از حالت رایج در سامانه‌های بارانی و سطحی است. اما در آبیاری قطره‌ای تیپ در صورتی که فاصله بین ردیف‌های کاشت زیاد باشد (مانند هندوانه، خربزه و گوجه‌فرنگی) لازم است که مقادیر نیاز آبی موجود در جدول ۸ با توجه به سطح سایه‌انداز در ضریبی کمتر از یک ضرب شود. ذرت از گیاهانی است که متراکم کشت می‌شود و در برخی موارد از یک نوار تیپ برای تأمین دو ردیف کشت استفاده خواهد شد. از این رو ضرورتی به استفاده از این ضریب نیست.

۹- برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت

دور و عمق آب کاربردی در هر نوبت آبیاری دو عامل مهم تعیین‌کننده برنامه‌ریزی آبیاری در زراعت ذرت برای افزایش محصول و در مجموع بهره‌وری آب به شمار می‌رود. همگام با برنامه‌ریزی آبیاری می‌توان دیگر عملیات کشاورزی از جمله کود دهی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مزرعه را به درستی دنبال کرد. تعیین دقیق این دو عامل در زراعت ذرت همواره از مشکلات اصلی کاربران سامانه قطره‌ای به ویژه در مناطقی به شمار می‌رود که آشنایی اندکی با سامانه‌های قطره‌ای دارند. شیوه‌های مختلفی برای تخمین دور و زمان آبیاری قطره‌ای وجود دارد که می‌توان به استفاده از تشت تبخیر موجود در ایستگاه‌های هواشناسی، تانسئومتر، بلوک گچی، دستگاه دماسنج مادون قرمز و حس‌گرهای سنجش رطوبت اشاره کرد که تشریح هر یک از آنها از حوصله این کتابچه خارج است. آنچه مسلم است هیچ‌یک از این روش‌ها برای برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع بهره‌برداران و حتی کشت و صنعت‌های بزرگ پیاده نشده است. اگرچه استفاده از داده‌های سند ملی آب کشاورزی یا منابع مشابه ممکن است دقت لازم را برای محاسبه نیاز آبی و در نتیجه دیگر محاسبات نداشته باشد، سهولت دسترسی به این منابع که نمونه آن در جدول ۸ ارائه شده در کاربردی شدن آن موثر است. از این رو استفاده از این شیوه توضیح داده شده است.

۹-۱- دور آبیاری

فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری پی‌درپی را دور آبیاری گویند. به‌رغم اینکه انتخاب دور آبیاری مناسب در شیوه قطره‌ای تیپ ساده‌تر است تا در آبیاری سطحی، انتخاب نادرست آن موجب کاهش محصول و در اغلب موارد باعث افزایش مقدار آب کاربردی در دوره رشد می‌شود. دور آبیاری معمولاً در آبیاری قطره‌ای تیپ نسبت به آبیاری سطحی کوتاه‌تر است به طوری که پس از سبز شدن بوته‌ها، در محدوده ۲ تا ۴ روز و به طور میانگین ۳ روزه پیشنهاد شده است (اسفندیاری، ۱۳۸۹). دور آبیاری کوتاه‌تر از ۲ روز موجب می‌شود تا لایه سطحی خاک همواره مرطوب ماند و تبخیر از سطح خاک افزایش یابد به گونه‌ای که فرصت کافی برای نفوذ آب در عمق توسعه ریشه گیاه حاصل نشود؛ مگر آنکه مدت زمان آبیاری

و حجم آب کاربردی بیش از حد توصیه شده افزایش یابد. افزایش دور آبیاری بیش از ۴ روز نیز موجب تنش احتمالی و افزایش مدت زمان آبیاری در هر نوبت و در نتیجه افزایش رواناب خواهد شد. در اواخر دوره رشد ذرت که مصادف با خنک شدن هوا و در نتیجه کاهش شدت تبخیر و تعرق و شروع بارش‌هاست، مقدار نیاز آبیاری کاهش می‌یابد و می‌توان دور آبیاری را به بیش از ۴ روز افزایش داد.

مثال: با فرض اینکه ذرت در استان فارس در دهه اول تیر کاشته شود، مقدار نیاز آبی ذرت در سامانه قطره‌ای تیپ در دهه دوم ماه تیر چقدر است؟

پاسخ: بنا به جدول ۸، شدت تبخیر و تعرق در دهه دوم تیر حدود $3/35$ میلی‌متر در روز است. با فرض اینکه دور آبیاری سه روزه باشد کل نیاز آبی ذرت در این محدوده برابر $3 \times 3/35$ یا $10/1$ میلی‌متر است.

۹-۲- راندمان کاربرد آب در مزرعه

نسبت بین مقدار آب ذخیره شده در ناحیه ریشه گیاه به مقدار آب ورودی به مزرعه راندمان کاربرد نامیده می‌شود. در زمین‌های فاریاب، برای تأمین نیاز آبی گیاه از سامانه‌های مختلف آبیاری استفاده می‌شود و هر یک از سامانه‌های آبیاری به واسطه مقادیر متفاوت تلفات تبخیر از سطح خاک، نفوذ عمقی و رواناب خروجی از انتهای مزرعه، راندمان کاربرد متفاوتی دارد. آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت، نسبت به روش آبیاری بارانی، علاوه بر مصرف انرژی کمتر راندمان کاربرد بالاتری دارد، دلیل آن پایین بودن تلفات تبخیر و تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه به صورت تقریباً مساوی در طول خطوط کشت است. با این همه، غیریکنواختی توزیع از عوامل مهم کاهش راندمان آبیاری محسوب می‌شود. غیریکنواختی توزیع آب به مفهوم متفاوت بودن مقدار جریان خروجی از روزنه‌های نوار تیپ است که ناشی از کیفیت نامناسب نوارها یا گرفتگی تدریجی روزنه‌ها و در نتیجه کاهش آبدی روزنه‌هاست (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- گرفتگی کامل در چند روزنه متوالی از نوار تیپ و ظهور تنش آبی

بسیاری از بهره‌برداران با مشاهده گرفتگی روزنه‌های تیپ مدت زمان آبیاری را افزایش می‌دهند به طوری که شعاع خیس شدگی حاصل از روزنه‌های باز بتواند نقاط خشک یا روزنه‌های دارای گرفتگی را پوشش دهد. این امر باعث نفوذ

عمقی زیاد در برخی نقاط می‌شود و در کاهش راندمان آبیاری مؤثر است. گاهی فشار کارکرد نوارهای تیپ بسیار پایین (حدود ۰/۱ تا ۰/۲ بار) و در نتیجه آبدهی روزنه‌ها کمتر از حد ارائه شده توسط شرکت سازنده است. بنابراین راندمان کاربرد آب با توجه به نوع مدیریت بهره‌برداری در مزارع مختلف متفاوت است. برای مثال، راندمان کاربرد آبیاری قطره‌ای در مزرعه‌ای در ایالت کالیفرنیا آمریکا بین ۷۷ تا ۹۵ و میانگین آن حدود ۸۶ درصد است. حال آنکه راندمان کاربرد در آبیاری جویچه‌ای در همین ایالت بین ۶۰ تا ۸۵ و با میانگین ۷۳ درصد است (ساندوال و همکاران^۱، ۲۰۱۳). نتایج تحلیل داده‌های موجود در ایران نشان می‌دهد که میانگین راندمان آبیاری قطره‌ای ۷۱/۱ درصد و آبیاری جویچه‌ای ۵۲/۵ درصد است (عباسی، ۱۳۹۶). با رعایت اصول برنامه‌ریزی آبیاری می‌توان راندمان آبیاری قطره‌ای را به راحتی به مقادیر ۷۵ تا ۸۵ درصد افزایش داد.

۹-۳- مقدار آبیاری

منظور از مقدار آبیاری، عمق آبی است که در هر نوبت باید به مزرعه داده شود تا نیاز آبی گیاه تأمین شود. این مقدار از حاصل ضرب دور (بر حسب روز) در میزان آب کاربردی به دست می‌آید. مقدار آب کاربردی در هر نوبت آبیاری تابعی است از مرحله رشد گیاه، اقلیم منطقه، کیفیت آب و خاک و شرایط مدیریت زارع. برای محاسبه مقدار آبیاری باید نیاز آبی گیاه در فاصله زمانی دو نوبت آبیاری، تلفات آب ناشی از غیریکنواختی توزیع آب در مزرعه، و مقدار آب لازم برای آبرسانی خاک لحاظ شود. کاشت ذرت زمانی است که کمترین بارش وجود دارد، از این رو آبیاری به اندازه نیاز آبی ممکن است به تدریج موجب شور شدن خاک شود. بنابراین، در هر نوبت آبیاری با توجه به کیفیت آب آبیاری و شوری خاک، باید برای شستشوی املاح تجمع یافته در منطقه ریشه گیاه، مقداری به عمق آب آبیاری اضافه کرد. در صورتی که در برخی از مراحل رشد ذرت بارش وجود داشته باشد، بخشی از نیاز آبی گیاه توسط بارش تأمین خواهد شد. در این صورت با کسر باران مؤثر، نیاز خالص آبیاری محاسبه می‌شود.

مثال: با فرض اینکه محدودیت شوری وجود نداشته باشد، مقدار آب کاربردی و زمان کارکرد سیستم را برای مقادیر مثال قبل مشخص کنید.

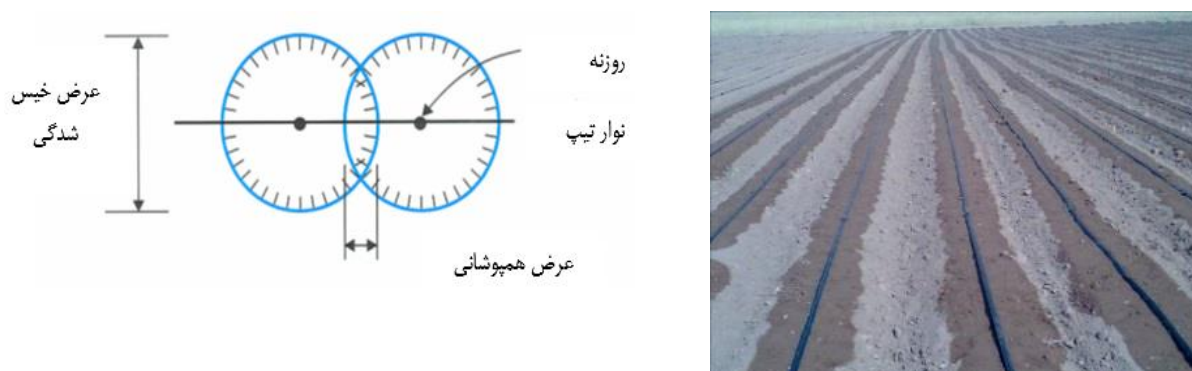
پاسخ: آب کاربردی از تقسیم نیاز آبی گیاه در آن مرحله، که ۱۰/۱ میلی‌متر است، بر راندمان کاربرد سامانه قطره‌ای، که ۸۰ درصد یا ۰/۸ است، عدد ۱۲/۶ میلی‌متر حاصل می‌شود. در صورتی که از نوار تیپ کنار دوخت با فاصله روزنه ۲۰ سانتی‌متر و آبدهی هر روزنه ۱/۸ لیتر در ساعت استفاده شود، طبق جدول ۵ حدود یک ساعت برای آبیاری مزرعه کفایت می‌کند.

۹-۴- خاک آب

خاک آب اولین آبیاری پس از کاشت بذر است و آب کاربردی در آن بیش از مقداری است که برای جوانه‌زنی بذر نیاز باشد. مدت زمان آبیاری مزرعه ذرت در شرایط آبیاری سطحی تا زمانی است که محل قرارگیری بذر مرطوب شود و این امر افزایش تلفات آب را در پی خواهد داشت. در شیوه آبیاری قطره‌ای تیپ که معمولاً نوارها روی پشته و در کنار خط کاشت

¹ - Sandoval et al.

مستقر هستند، تداوم آبیاری باید تا حدی باشد که شعاع خیس شدگی هر روزنه با روزنه مجاور همپوشانی (۲۰ درصد یا اندکی بیشتر) ایجاد کند و در نتیجه آن نوار ممتد خیس شدگی روی پشته حاصل شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- الگوی خیس شدگی در آبیاری اول

برای رسیدن به این وضعیت عوامل مختلفی مؤثرند:

الف- عوامل اقلیمی: بالا بودن دمای هوا و وجود بادهای گرم و سوزان (مانند منطقه خوزستان) موجب افزایش دمای خاک و تبخیر می‌شود و در نتیجه این نوار ممتد ممکن است در مدت زمان بیشتری تشکیل شود.

ب- عوامل خاک (بافت خاک، فشردگی خاک و رطوبت اولیه): پس از کاشت ذرت، رطوبت اولیه خاک بسیار پایین است و در نتیجه مدت زمان بیشتری نیاز است تا نوار خیس شدگی ایجاد شود.

ج- عوامل آبیاری (فاصله خروجی‌ها، میزان آبدهی خروجی‌ها و مدت آبیاری): هرچه فاصله خروجی‌ها کمتر و آبدهی آنها بیشتر باشد، نوار خیس شدگی با سرعت بیشتری تشکیل خواهد شد. به این دلیل در خاک‌های با بافت‌های سبک از نوار تیپ با فاصله‌های روزنه کم استفاده می‌شود.

به‌طور کلی می‌توان گفت تعیین دقیق مدت زمان آبیاری، به ویژه در خاک آب، پیچیده است. تجربه نشان داده‌است که مدت زمان آبیاری ۶ تا ۸ ساعت لازم است تا نوار ممتد خیس شدگی روی پشته (محل قرارگیری بذر) ایجاد شود. این مدت زمان در شرایط مدیریت بهره‌برداران حداقل ۱۲ ساعت است که تلفات آب و رشد بی‌رویه علف‌های هرز را در پی دارد.

۱۰- کم‌آبیاری قطره‌ای در زراعت ذرت

تنش آبی در اثر عوامل مختلفی مانند مدیریت نامناسب، کمبود آب یا حقایق ثابت در کل دوره رشد اتفاق می‌افتد. به‌کارگیری فاصله‌های آبیاری زیاد، مقدار آب دریافتی کمتر از حد در هر نوبت آبیاری بدون توجه به مرحله رشد گیاه، یا ترکیبی از این دو، سبب تنش آبی در گیاه می‌شود. تنش آبی در مزارع خردمالک که حقایق ثابت دارند در مرحله میانی رشد اتفاق می‌افتد که نیاز آبیاری ذرت بیشتر است، در صورتی که در مراحل ابتدایی و نهایی رشد بیش‌آبیاری دیده می‌شود. در شرایط بدون تنش آبی یا به عبارتی تأمین کل نیاز آبی گیاه در هر دور آبیاری، تخلیه رطوبتی خاک در هر مرحله از رشد و

نمو ذرت کمتر از ۴۵ درصد رطوبت قابل استفاده یا در دسترس (پاندا و همکاران^۱، ۲۰۰۴) است و مکش خاک (پتانسیل ماتریک) در لایه ۳۰ سانتی‌متری بالایی در خاک‌های سبک کمتر از ۱۰ و برای خاک‌های رسی کمتر از ۴۰ کیلو پاسکال (رودس و همکاران^۲، ۱۹۸۹) است که این مقادیر در شرایط تنش آبی افزایش می‌یابد که بهره‌بردار این شرایط را در عمل به صورت لوله‌ای شدن برگ‌ها در اواسط روز و کاهش رشد و نمو گیاه مشاهده خواهند کرد. باید توجه داشت که کم‌آبیاری راهکاری بهینه و از پیش طراحی شده برای تولید محصول در شرایط کمبود آب است و نباید مدیریت نادرست آب در مزرعه را به حساب کم‌آبیاری گذاشت.

در شرایط کم‌آبیاری، به دلیل محدودیت و کمبود آب، برنامه‌ریزی آبیاری به نحوی صورت خواهد گرفت که علاوه بر افزایش راندمان کاربرد آب، حداقل تنش آبی و حداقل کاهش عملکرد محصول و حداکثر بهره‌وری آب اتفاق افتد. برای مثال، کارگذاری نوارهای تیپ در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر برای سه مقدار کاربرد آب (تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی)، در منطقه کرج نشان داده‌است که با کاهش تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد به ۵۰ درصد در کل دوره رشد، عملکرد از ۱۲/۵ به ۳/۷ تن در هکتار کاهش یافته اما کم‌آبیاری با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی، بیشترین بهره‌وری مصرف آب (۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب) را داشته است (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۳).

تنش آبی در هر مرحله از رشد موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود. میزان حساسیت مراحل رشد ذرت به تنش آبی متفاوت است. به این صورت که در مرحله رشد و توسعه و مرحله پایانی رشد این گیاه مقاومت بیشتری نسبت به کمبود آب دارد اما تنش آبی در مرحله گلدهی (مراحل تشکیل گل آذین نر و ظهور کاکل یا ابریشم و گرده‌افشانی) باعث عقیم شدن گرده‌ها و در نهایت کاهش تعداد دانه در بلال و در مرحله تشکیل دانه موجب کاهش وزن دانه‌ها و کاهش قابل توجه عملکرد دانه می‌شود.

یکی از برتری‌های آبیاری قطره‌ای، امکان اعمال کم‌آبیاری با دقت بالا در مراحل مختلف رشد و نمو ذرت است، به گونه‌ای که کمترین تنش آبی به گیاه وارد شود. کم‌آبیاری به شکل‌های مختلفی مانند افزایش فاصله بین آبیاری‌ها یا کاهش درصدی از آب کاربردی در هر یک از نوبت‌های آبیاری صورت می‌گیرد. مطالعات فراوانی نشان می‌دهد که در مناطق مختلف ایران در شرایط محدودیت آب، با قبول اندک کاهش محصول می‌توان فقط با تأمین ۷۵ تا ۸۰ درصد آب کاربردی، بهره‌وری آب در ذرت علوفه‌ای و دانه‌ای را افزایش داد (جدول ۹).

جدول ۹- نتایج مطالعات استفاده از کم‌آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت

سامانه‌های مورد مقایسه	محل	نتیجه	منبع
------------------------	-----	-------	------

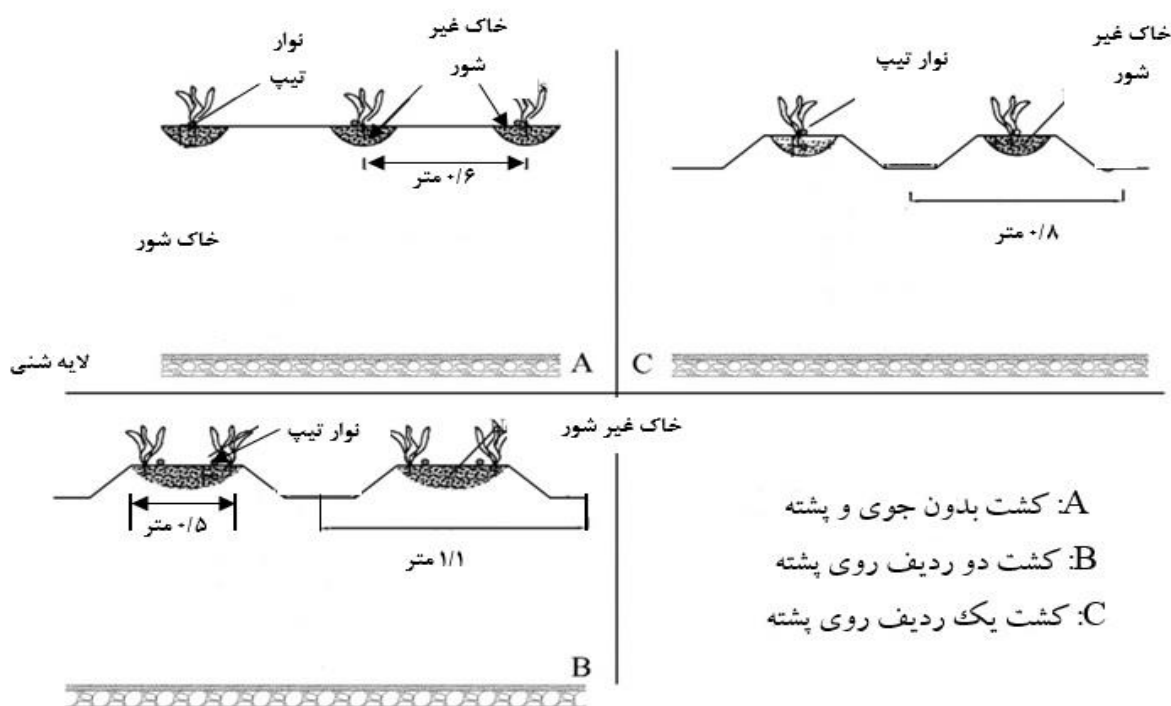
¹ - Panda et al.

² - Rhodes et al.

۱۳۸۴	حامدی و جعفری، ۱۳۸۴	بیشترین کارایی مصرف آب با تأمین ۸۰٪ نیاز آبی در آبیاری قطره‌ای تیپ	سطوح آبیاری قطره‌ای (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ نیاز آبی) و سطحی
۱۳۸۶	آذری و همکاران، ۱۳۸۶	بیشترین بهره‌وری آب با تأمین ۸۰٪ نیاز آبی در آبیاری قطره‌ای تیپ	جویچه‌ای و قطره‌ای تیپ در ذرت دانه ای
۱۳۸۶	باغانی و خوشبزم، ۱۳۸۶	۴۹٪ کاهش آب کاربردی و ۱۱۶٪ افزایش کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در قطره‌ای تیپ.	جویچه‌ای و قطره‌ای تیپ ذرت علوفه‌ای
۱۳۸۹	اسفندیاری و افشار منش، ۱۳۸۹	دور آبیاری ۳ روز با تأمین ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب برای مناطق بدون محدودیت آب و با محدودیت آب	دور آبیاری مناسب در قطره‌ای تیپ
۱۳۸۹	کوهی چله کران، ۱۳۸۹	توصیه بر مبنای مکش $FC * 1/2$ (معادل دور ۳ تا ۴ روزه)	کاربرد تانسیمتر برای تشخیص درست زمان آبیاری در قطره‌ای تیپ
۱۳۹۱	شاهرخ نیا، ۱۳۹۱	کاهش ۲۵ تا ۳۰٪ آب کاربردی و افزایش ۲۹٪ بهره‌وری آب نسبت به مدیریت کشاورزی. از بین روش‌های سند ملی، دمای پوشش، رطوبت‌سنج، تانسیمتر و بلوک گچی استفاده از سند ملی باعث صرفه‌جویی در آبیاری قطره‌ای نشد، اما موجب افزایش کارایی مصرف آب شد	استفاده از ابزار سنجش در مدیریت آبیاری قطره‌ای تیپ و مقایسه با مدیریت آبیاری بهره‌بردار
۱۳۹۲	دهقانی سانیچ، ۱۳۹۲	کاهش تبخیر و تعرق مرحله اولیه دوره رشد در روش زیرسطحی قطره‌ای و برتری عملکرد و بهره‌وری آب در زیرسطحی قطره‌ای	مقایسه تلفات تبخیر در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی ذرت
۱۳۹۹	کوهی چله کران و همکاران، ۱۳۹۹	کاهش ۳۵٪ آب کاربردی در قطره‌ای تیپ نسبت به جویچه‌ای و کارایی مصرف آب ۱/۸۴ و ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب در سامانه‌های قطره‌ای و سطحی	جویچه‌ای و قطره‌ای تیپ

۱۱- شوری آب و خاک و آبیاری نوار قطره‌ای تیپ ذرت

آستانه خسارت دیدن ذرت در اثر شوری آب آبیاری ۱/۷ دسی زیمنس بر متر (ماس و هافمن^۱، ۱۹۷۷) و میزان کاهش عملکرد برای هر ۱ دسی زیمنس بر متر افزایش شوری آب، ۱۲ درصد است (کانگ و همکاران^۲، ۲۰۱۰) که نشان می‌دهد ذرت نسبت به شوری حساس است. دورونبوس و کاسام^۳ (۱۹۷۹) کاهش عملکرد ذرت در مقادیر مختلف شوری آب و خاک را به صورت جدولی ارائه دادند. با این همه، در شرایط محدودیت آب شیرین، آبیاری با آب شور یک مزیت محسوب می‌شود به شرط آنکه در تضاد با کشاورزی پایدار نباشد. به این مفهوم که با راهکارهای مناسب مانند احداث زهکش و اعمال تکنیک‌های مؤثر در تخلیه نمک از پروفیل خاک، عملکرد اقتصادی تولید شود. یکی از شیوه‌های مناسب آبیاری در شرایط خاک شور، آبیاری قطره‌ای تیپ است. مطالعات نشان داده که کاشت روی پشته‌هایی با ارتفاع کمتر از ۱۵ و عرض کمتر از ۵۰ سانتی‌متر، در شرایط آبیاری قطره‌ای اثر بیشتری در کنترل شوری خاک نسبت به روش کاشت سطح ذرت به شرح شکل ۱۶ داشته است (لی و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۱۶- الگوهای کاشت ذرت در خاک سبک و شور (لی و همکاران، ۲۰۱۷)

1- Maas and Hoffman
 2- Kang et al.
 3- Dooronbos & Kassam
 4- Li

جدول ۱۰- تکنیک‌های کاربرد آب شور در سامانه آبیاری قطره‌ای ذرت در ایران و جهان

منبع	نتیجه	محل	موضوع
کیانی و مساوات، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۴	تولید بیشتر و بهره‌وری آب بالاتر در آبیاری یک‌درمیان با آب شور (۸ دسی زیمنس بر متر) و غیر شور (۱/۵ دسی زیمنس بر متر) نسبت به مدیریت کم‌آبیاری با آب غیر شور. کاهش عملکرد نسبت به آبیاری کامل کمتر از ۷٪ و ۵۰٪. صرفه‌جویی در آب غیر شور	گلستان	کاربرد آب شور در آبیاری قطره‌ای ذرت
خوش‌سیما و نوری، ۱۳۹۸	کاهش عملکرد با افزایش شوری. مقاومت بیشتر هیبرید ۷۰۴ نسبت به هیبرید ۴۰۰ و ۲۶۰	کرج	کاربرد سطوح شوری (۰/۷، ۳ و ۵ دسی زیمنس بر متر)
حسن لی و همکاران، ۱۳۹۳	آبیاری یک در میان با آب شور و غیر شور تأثیری در افزایش شوری خاک در آخر فصل ندارد.	کرج	کاربرد آب شور و غیر شور در قطره‌ای تیپ ذرت
لئوگرانده ^۱ و همکاران، ۲۰۱۶	اختلاف ناچیز کاربرد آب شور (۶ دسی زیمنس بر متر) نسبت به آب غیر شور بر عملکرد ذرت و نقش مثبت بارش در جلوگیری از تجمع املاح در خاک.	جنوب ایتالیا	کاربرد سطوح شوری آب بر عملکرد و شوری خاک در آبیاری قطره‌ای
فنگ ^۲ و همکاران، ۲۰۱۷	برای کنترل شوری خاک، عمق زهکش ۰/۸ متر بهتر از بدون زهکش و عمق ۱/۲ متر است. در این حالت حتی شوری آب ۶/۲۵ دسی زیمنس بر متر برای ذرت قابل کاربرد است.	چین	سطوح شوری آب و عمق زهکش زیرزمینی در آبیاری قطره‌ای ذرت
آمر ^۳ ، ۲۰۱۰	تجمع نمک در خاک با افزایش شوری آب یا کاهش مقدار آب. کاهش عملکرد دانه ذرت با کاهش مقدار آب و یا افزایش شوری	مصر	اختلاط آب شور (۴/۷۳ دسی زیمنس بر متر) و غیر شور (۰/۸۹ دسی زیمنس بر متر)
لیلی ^۴ و همکاران، ۲۰۲۱	آبیاری قطره‌ای با شوری آب کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر و کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها	چین	شوری آب و گرفتگی قطره‌چکان‌ها

استفاده هم‌زمان از آب شور و غیر شور در مقایسه با آبیاری با آب غیر شور، عملکرد و بهره‌وری آب ذرت بهاره را به ترتیب ۵/۳ و ۲/۶ درصد نسبت به آب شیرین کاهش داده‌است (زو و رن^۵، ۲۰۱۷). آبیاری به مقدار کم و دفعات زیاد به روش قطره‌ای تیپ منجر به نگهداشت رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه گیاه در حد مطلوب و کاهش غلظت املاح خواهد شد. بنابراین هنگام استفاده از آب شور، خطر شوری منطقه توسعه ریشه گیاه کاهش خواهد یافت (گویال^۶، ۲۰۱۵). درزمینه

¹ - Leogrande et al.

² - Feng et al.

³ - Amer

⁴ - Lili et al.

⁵ - Xue and Ren

⁶ - Goyal

آبیاری قطره‌ای با آب یا پساب شور در زراعت ذرت در ایران با اینکه مطالعات اندک است اما نتایج به دست آمده از آنها امیدوارکننده و بیانگر امکان استفاده از آب شور برای تولید ذرت دانه‌ای است (کیانی و مساوات، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵). در این زمینه استفاده از الگوی کاشت مناسب، تکنیک‌های اختلاط آب شور و شیرین و آبیاری یک در میان با آب شور و غیر شور (کاربرد تناوبی) در شرایط آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در تولید ذرت خواهد داشت (جدول ۱۰).

۱۲- بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب

نسبت مقدار تولید محصول به مقدار آب کاربردی، بهره‌وری فیزیکی آب نامیده می‌شود و واحد آن کیلوگرم بر مترمکعب است. به این مفهوم که به ازای یک مترمکعب آب کاربردی (مقدار آب آبیاری به اضافه مقدار بارش مؤثر) چه مقدار محصول تولید شده است.

بهره‌وری اقتصادی، از نسبت بین سود خالص دریافتی به مقدار آب کاربردی (آب آبیاری به اضافه بارش مؤثر) بر حسب ریال بر مترمکعب بیان می‌شود. البته شاخص‌های دیگری در این زمینه وجود دارد که همگی آنها برای کمک به کاربرد درست آب به همراه پیاده‌سازی راهکارهای به‌زراعی در زراعت ذرت است به نحوی که حاصل آن تولید محصول بیشتر در واحد سطح به ازای هر مترمکعب آب باشد. بررسی ۲۷ مطالعه در ۱۰ کشور جهان، عمدتاً در کشورهای آمریکا و چین، نشان داده‌است که مقدار بهره‌وری آب محصول ذرت بر مبنای تبخیر و تعرق در محدوده ۰/۲۲ تا ۳/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب قرار دارد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای بر مبنای تبخیر و تعرق (زوارت^۱ ۲۰۱۰)

میانگین (کیلوگرم بر مترمکعب)	حداکثر (کیلوگرم بر مترمکعب)	حداقل (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب بر مبنای تبخیر و تعرق	
			(زوارت، ۲۰۱۰)	نشریه FAO33
۱/۸	۳/۹۹	۰/۲۲	۱/۱ - ۲/۷	۰/۸ - ۱/۶

طبق این مطالعه، در ۶۷ درصد نقاط، حداکثر بهره‌وری آب بیش از ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب، معادل مقدار در نظر گرفته شده توسط FAO است (زوارت^۲، ۲۰۱۰). تحلیل فراداده‌ای در بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۶، از ۴۳ سایت ذرت در مناطق مختلف دنیا نشان داده‌است که بهره‌وری فیزیکی آب بر مبنای آب کاربردی در محدوده ۰/۶۵ تا ۳/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب قرار دارد. در این مطالعه، بهره‌وری آب بر اساس عوامل اقلیمی، عرض جغرافیایی و نوع خاک ارزیابی شده‌است. نتایج این ارزیابی نشان داده که بهره‌وری آب ذرت را می‌توان به سه ناحیه تقسیم کرد: مقادیر کمتر از ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب که نشان‌دهنده پایین بودن بهره‌وری آب و مقادیر بهره‌وری بالاتر از ۱/۷۵ که بیانگر بهره‌وری بالای آب است که امریکا، چین، رومانی، آرژانتین و مجارستان در این محدوده قرار دارند. بر اساس داده‌های این مطالعه، بالاترین

¹ - Zwart

² - Zwart

مصرف کنندگان آب در ذرت (امریکا و چین) بیشترین پتانسیل را در صرفه‌جویی آب دارند. به‌طور کلی، تمرکز بر بهبود بهره‌وری آب در مناطقی که بیشترین میزان استفاده از آب زراعی را دارند، به صرفه‌جویی بیشتر آب منجر خواهد شد (فولی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). تحلیل فراداده‌ای دیگر در زمینه بهره‌وری آب ذرت، که حاصل از بررسی در ۲۳۵۴ نقطه در شمال چین در حد فاصل سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ میلادی است، حاکی از اهمیت آبیاری مطلوب، کاربرد مالچ یا خاک‌پوش پلاستیکی، خاک‌ورزی عمیق، بدون حذف کاه و کلش و کاشت روی پشته در افزایش بهره‌وری آب است (زنگ و همکاران^۲، ۲۰۲۰). بنابراین، افزایش بهره‌وری آب برآیندی از کل فعالیت‌های مهندسی شده است که شروع این فعالیت‌ها از زمان قبل از کاشت (رعایت تناوب مناسب، خاک‌ورزی، حذف ناهمواری‌های سطح خاک به کمک لولرهای معمولی و لیزری و...) تا برداشت ذرت ادامه دارد. در این بین مدیریت آبیاری به ویژه اجرا، مدیریت بهره‌برداری و نگهداری سامانه نوار قطره‌ای نقش مهمی در بهبود شاخص بهره‌وری آب خواهد داشت.

میانگین بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایران کمتر از ۱/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب (جدول ۱۲) و بیانگر پایین بودن بهره‌وری آب در زراعت ذرت است. البته این موضوع فقط اختصاص به آب ندارد و بهره‌وری از منابع خاک و انرژی نیز متأسفانه پایین است (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین، استفاده از راهکارهای فنی به ویژه آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در کاهش کاربرد آب و پایداری در استفاده از منابع آب خواهد داشت.

جدول ۱۲- میزان آب کاربردی و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای در ایران

آبیاری	نوع کشت	محل اجرا	آب کاربردی (متر مکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	مأخذ
سطحی	دانه‌ای	خوزستان	۱۱۴۱۵-۱۴۳۶۰	۰/۴-۰/۵۲	اویس ^۳ و همکاران، ۲۰۰۹
سطحی	دانه‌ای	فارس	۱۰۳۰۰-۱۶۰۰۰	۰/۶-۰/۹	محمدی و همکاران، ۱۳۹۰ شاهرخ نیا و همکاران، ۱۳۸۹
سطحی	دانه‌ای	ایران	-	۰/۴۵	کشاورز و همکاران، ۱۳۹۹
قطره‌ای	علوفه‌ای	کرج	۳۸۰۰-۹۴۰۰	۷-۸/۳	کنعانی و همکاران، ۱۳۹۴ و موسوی، ۱۳۸۷
قطره‌ای	علوفه‌ای	فارس	۵۷۱۸	۱۸/۷	شیخ‌الاسلامی و نائل، ۱۳۸۸
سطحی	علوفه‌ای	فارس	۸۴۲۳	۷/۴۹	
سطحی	علوفه‌ای	ایران	۶۷۲۷	۷	عباسی و همکاران، ۱۳۹۷
بارانی	علوفه‌ای	ایران	۷۰۳۰	۷/۹	
قطره‌ای	علوفه‌ای	ایران	۷۱۹۲	۱۰/۷	

1- Foley

2 - Zheng et al.

3 - Oweis et al.

۱۲-۱- جایگاه آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در بهبود بهره‌وری آب

کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک، نفوذ عمقی و حذف کامل رواناب نسبت به سامانه‌های بارانی و سطحی از عوامل مؤثر در افزایش بهره‌وری آب است که در این زمینه سامانه قطره‌ای جایگاه نخست را نسبت به دو سامانه دیگر دارد. برای مثال، خاک‌های با بافت متوسط بهترین شرایط را برای تولیدات گیاهی دارند اما در عمل ممکن است بافت خاک مزرعه خیلی سبک یا سنگین باشد.

استفاده از روش آبیاری سطحی در خاک‌های با بافت سبک باعث افزایش نفوذ عمقی و توزیع غیریکنواخت آب در پروفیل خاک در طول مزرعه می‌شود و در خاک‌های با بافت سنگین موجب سخت شدن سطح خاک و ایجاد سله و همچنین رواناب سطحی می‌شود. در صورتی که استفاده از شیوه آبیاری قطره‌ای تیپ در این نوع از خاک‌ها مانع از تلفات آب می‌شود و در عوض سرعت جوانه‌زنی بذر را نسبت به روش آبیاری سطحی افزایش می‌دهد. در زمین‌های دارای بافت خاک سبک، با کاهش دور و عمق آب در آبیاری قطره‌ای تیپ به راحتی می‌توان از تلفات نفوذ عمقی جلوگیری کرد. از سوی دیگر در زمین‌های با بافت خاک سنگین و نفوذپذیری پایین می‌توان دور و عمق آب را در هر نوبت آبیاری با توجه به نیاز آبی گیاه افزایش و تعداد نوبت آبیاری را کاهش داد. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که قابلیت انعطاف روش آبیاری قطره‌ای بیش از سایر روش‌های آبیاری است. در بسیار از مطالعات نشان داده شده که مقدار آب کاربردی به یک سوم آبیاری سطحی کاهش یافته است.

اجرای روش کم آبیاری در شیوه آبیاری سطحی بسیار مشکل است. زیرا اعمال عمق‌های کم آب باعث کاهش شدید در یکنواختی کاربرد آب در سطح مزرعه می‌گردد. از این رو، در این شرایط باید فاصله‌های آبیاری را زیاد در نظر گرفت که این عمل منجر به تنش خشکی شدید برای گیاه می‌شود. با اجرای آبیاری قطره‌ای تیپ به راحتی می‌توان بدون افزایش فاصله آبیاری و بدون کاهش یکنواختی کاربرد آب در سطح مزرعه، فقط با کاهش درصدی از مدت زمان آبیاری، کم آبیاری کرد که این خود در حفظ منابع آبی و افزایش بهره‌وری آب مؤثر است.

اجرای درست سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ در مزارع ذرت علاوه بر کاهش آب کاربردی نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد ذرت دارد. به کارگیری این سامانه یکی از معدود راهکارهایی است که جایگاه مهمی در افزایش بهره‌وری آب محصول ذرت دارد. عواملی که در افزایش عملکرد ذرت در سامانه قطره‌ای تیپ مؤثرند به صورت مختصر در زیر توضیح داده شده است.

۱۲-۲- کودآبیاری و بهره‌وری آب

کود دهی هم‌زمان با آبیاری و امکان کنترل دقیق کود داده شده به مزرعه از مزیت‌های عمده کودآبیاری قطره‌ای به شمار می‌رود. امروزه استفاده از انواع کودهای ریزمغذی در زراعت ذرت، به‌رغم قیمت بالای آن، رایج است. از این رو، به کارگیری روش آبیاری با قابلیت توزیع یکنواخت این کودها در دفعات مختلف، منطبق با نیاز گیاه برای جذب مؤثر ریشه گیاه، بسیار با اهمیت است و نقش مهمی در توجیه اقتصادی استفاده از ریزمغذی‌ها در زراعت ذرت خواهد داشت. آبیاری قطره‌ای تیپ یکی از روش‌های مؤثر برای توزیع یکنواخت کودهای شیمیایی در مزارع در عمق توسعه ریشه گیاه است. در این شیوه، محلول آب و کود در کنار بوته قرار می‌گیرد و مقدار هدر رفت آن به صورت نفوذ عمقی بسیار ناچیز است. از این رو، میزان کارایی مصرف کود در روش آبیاری قطره‌ای تیپ در کشت گیاهان ردیفی بیش از دیگر سامانه‌های آبیاری است. در حال حاضر در غالب مزارع ذرت نیتروژن موردنیاز گیاه از کود اوره به صورت سرک در دو نوبت ۶ تا ۸ برگی و قبل از ظهور گل نر

تأمین می شود. مقدار کود نیتروژن لازم بر اساس درصد نیتروژن کل خاک و با توجه به عملکردی که از ذرت مور انتظار است قابل محاسبه و تزریق به سامانه است (جدول ۱۳). طبیعی است که در سامانه قطره‌ای، برخلاف سامانه آبیاری سطحی، می توان کود را بیش از دو تقسیط در اختیار گیاه قرار داد تا علاوه بر افزایش کارایی مصرف کود، عملکرد بیشتری به دست آورد.

مثال: با فرض اینکه میزان نیتروژن کل خاک ۰/۰۷ درصد باشد و با توجه به تجربه‌های سال‌های قبل بهره‌بردار، عملکرد ۹ تن در هکتار دانه ذرت با رطوبت ۱۴ درصد مورد انتظار باشد چه مقدار کود اوره باید در سراسر دوره رشد ذرت مصرف شود؟

پاسخ: با توجه به جدول ۱۳، مقدار ۳۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار توصیه می‌شود. در شرایط آبیاری سطحی یک سوم این مقدار به صورت پایه (پخش با کودپاش به همراه کودهای فسفاته و پتاسه) مصرف می‌شود اما در سامانه قطره‌ای برای افزایش کارایی مصرف کود می‌توان پس از جوانه‌زنی گیاه عملیات کود دهی را به صورت تزریق در سامانه شروع کرد. پس از محاسبه مقدار کود اوره، نحوه تزریق و مدت زمان تزریق کود در سامانه اهمیت بالایی دارد. مکش کود محلول از کنار لوله مکش پمپ، استفاده از پمپ تزریق و همچنین تزریق با ایجاد اختلاف فشار از جمله روش‌هایی هستند که می‌تواند در انتقال محلول آب و کود در لوله‌های تیپ و در نهایت به پای بوته استفاده شوند. استفاده از مکش کود محلول از کنار لوله مکش پمپ روشی است ابتدایی و غیر اصولی که ممکن است در برخی مناطق به علت نبود سامانه تزریق از آن استفاده شود. استفاده از این شیوه موجب کاهش بازدهی انتقال کود به سیستم می‌شود.

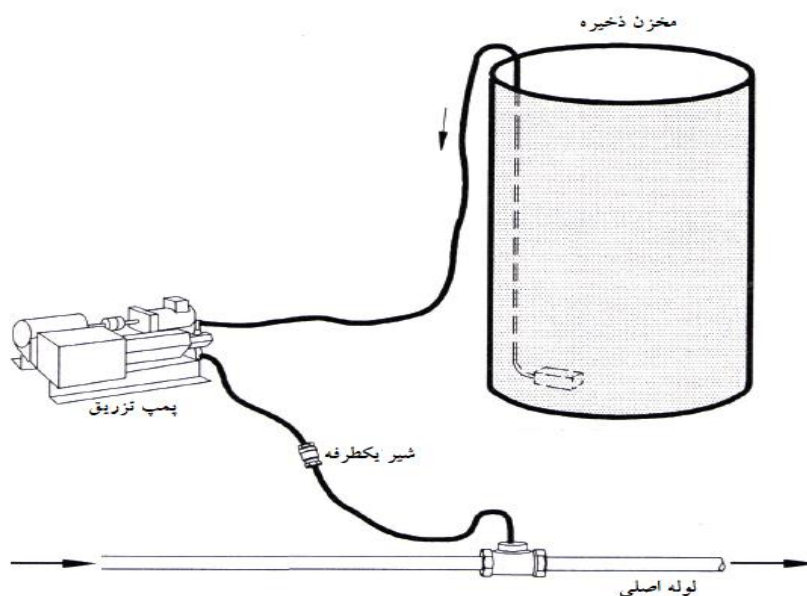
جدول ۱۳- توصیه کودی اوره به کیلوگرم در هکتار برای ذرت دانه‌ای (آفرینش و همکاران، ۱۴۰۰)

عملکرد مورد انتظار ذرت (تن در هکتار)							درصد نیتروژن کل خاک
۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	
۵۲۵-۵۰۵	۵۰۰-۴۸۰	۴۷۵-۴۵۵	۴۵۰-۴۳۰	۴۲۵-۴۰۵	۴۰۰-۳۸۰	۳۷۵-۳۵۵	۰/۰۲۵-۰/۰۳۵
۴۹۵-۴۷۵	۴۷۰-۴۵۰	۴۴۵-۴۲۵	۴۲۰-۴۰۰	۳۹۵-۳۷۵	۳۷۰-۳۵۰	۳۴۵-۳۲۵	۰/۰۴-۰/۰۵
۴۶۵-۴۴۵	۴۴۰-۴۲۰	۴۱۵-۳۹۵	۳۹۰-۳۷۰	۳۶۵-۳۴۵	۳۴۰-۳۲۰	۳۱۵-۲۹۵	۰/۰۵۵-۰/۰۶۵
۴۳۵-۴۱۵	۴۱۰-۳۹۰	۳۸۵-۳۶۵	۳۶۰-۳۴۰	۳۳۵-۳۱۵	۳۱۰-۲۹۰	۲۸۵-۲۶۵	۰/۰۷-۰/۰۸
۴۰۵-۳۸۵	۳۸۰-۳۶۰	۳۵۵-۳۳۵	۳۳۰-۳۱۰	۳۰۵-۲۸۵	۲۸۰-۲۶۰	۲۵۵-۲۳۵	۰/۰۸۵-۰/۰۹۵
۳۷۵-۳۵۵	۳۵۰-۳۳۰	۳۲۵-۳۰۵	۳۰۰-۲۸۰	۲۷۵-۲۵۵	۲۵۰-۲۳۰	۲۲۵-۲۰۵	۰/۱-۰/۱۱
۳۴۵-۳۲۵	۳۲۰-۳۰۰	۲۹۵-۲۷۵	۲۷۰-۲۵۰	۲۴۵-۲۲۵	۲۲۰-۲۰۰	۱۹۵-۱۷۵	۰/۱۱۵-۰/۱۲۵
۳۱۵-۲۹۵	۲۹۰-۲۷۰	۲۶۵-۲۴۵	۲۴۰-۲۲۰	۲۱۵-۱۹۵	۱۹۰-۱۷۰	۱۶۵-۱۵۰	۰/۱۳-۰/۱۴
۲۸۵-۲۶۵	۲۶۰-۲۴۰	۲۳۵-۲۱۵	۲۱۰-۱۸۰	۱۸۵-۱۶۵	۱۶۰-۱۵۰	۱۵۰	۰/۱۴۵-۰/۱۵۵
۲۵۵-۲۳۵	۲۳۰-۲۱۰	۲۰۵-۱۸۵	۱۷۰-۱۵۰	۱۵۵-۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۰/۱۶-۰/۱۷

الف- پمپ تزریق

این پمپ محلول آب و کود را از مخزن روباز به داخل لوله اصلی سامانه قطره‌ای تزریق می‌کند (شکل ۱۷).

برای شروع کودآبیاری بهتر است که مدت زمانی از شروع آبیاری گذشته باشد و قبل از اینکه آبیاری به اتمام برسد (حدود نیم تا یک ساعت)، تزریق کود به پایان رسیده باشد. استفاده از پمپ تزریق در مزارع کوچک رایج نیست.



شکل ۱۷- تزریق کود با استفاده از پمپ تزریق

ب- استفاده از تانک کود

استفاده از تانک کود یکی از روش‌های رایج در انتقال کود محلول به سامانه قطره‌ای تیپ است. این تانک‌ها تحت فشار هستند و با دو شیرفلکه ورودی و خروجی به دستگاه کنترل مرکزی به‌طور موازی بسته می‌شود. با اختلاف فشار آب بین ورودی و خروجی تانک کود، آب به تانک کود وارد و پس از مخلوط شدن با کود محلول درون تانک به شبکه اضافه می‌شود. برای ایجاد اختلاف فشار، لازم است که شیرفلکه بین ورودی و خروجی تانک کود به اندازه‌ای بسته شود که اختلاف فشار بین ورودی و خروجی تانک به مقدار مناسب برسد. اختلاف فشار زیاد (حدود ۵ متر) باعث تخلیه سریع کود و اختلاف فشار کم (حدود ۱/۵ متر) باعث تخلیه آهسته کود از تانک کود می‌شود.

تانک‌های کود ظرفیت‌های متنوع دارند (از ۶۰ تا ۴۰۰۰ لیتر). حجم تانک کود بستگی به سطح واحدهایی دارد که به طور هم‌زمان آبیاری می‌شوند. از این رو هرچه مساحت مزرعه و واحدهای آبیاری بزرگ‌تر باشد از تانک کود با ظرفیت بیشتر استفاده می‌شود.

محاسبه مقدار کود لازم برای تزریق در سیستم از حاصل ضرب مقدار کود توصیه شده (برحسب کیلوگرم) در مساحت زمین که هم‌زمان آبیاری می‌شود (برحسب هکتار) به دست می‌آید. برای مثال، در صورتی که کارشناس تغذیه ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره را توصیه کند و قرار بر این باشد که به صورت تقسیتی در چهار نوبت به گیاه داده شود و با فرض اینکه به صورت هم‌زمان ۰/۵ هکتار از مزرعه آبیاری شود، آنگاه مقدار کودی که باید در مخزن ریخته شود ۴۵ کیلوگرم خواهد بود. علاوه بر کود اوره ممکن است کارشناس مربوط کودهای ریزمغذی دیگری را توصیه کند که هم‌زمان با کود اوره باید

در سامانه تزریق شود. در اینجا لازم است دقت شود که اگر این مقدار کود به داخل مخزن ریخته شود بخشی از آن ممکن است به راحتی در آب حل نشود و در انتهای آبیاری داخل مخزن به صورت رسوب باقی بماند. در این صورت بهتر است که کود مورد نظر را در یک مخزن دیگر در آب حل کرد و محلول با غلظت مورد نظر را در تانک کود ریخت تا مشکل رسوب کود ایجاد نشود. پس از آن سیستم روشن شود. سپس با چرخاندن شیرفلکه مخصوص، اختلاف فشار مورد نظر ایجاد شود. توجه شود در مواقعی که کود در سیستم مصرف نمی‌شود برای جلوگیری از پوسیدگی، ضروری است تانک کود از آب خالی و داخل آن تمیز شود.

ج- استفاده از ونتوری

ونتوری دارای یک قسمت تنگ‌شدگی در مسیر حرکت آب است که موجب افزایش سرعت حرکت آب و کاهش فشار می‌شود. با کاهش فشار، کود موجود در مخزن به داخل لوله مکیده و با آب مخلوط می‌شود. استفاده از ونتوری برای تزریق کود در سامانه قطره‌ای مزارع وسیع ذرت مناسب نیست.

۱۲-۳- کاهش آفات، بیماری‌ها و رشد علف‌های هرز در سامانه قطره‌ای و بهره‌وری آب

بخش مهمی از گسترش آفات، بیماری‌ها و رشد علف‌های هرز به واسطه آبیاری‌های بی‌رویه و رطوبت بالای خاک است که با اجرای آبیاری قطره‌ای تیپ و اعمال مدیریت درست، علاوه بر افزایش عملکرد، از رشد و انتشار بیماری‌های قارچی و باکتریایی جلوگیری می‌شود و تراکم جمعیت علف‌های هرز نیز در مزرعه کاهش می‌یابد.

۱۳- مشکلات فنی و اجرایی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در ایران

استفاده از هر سامانه آبیاری مشکلات خاص خود را دارد. آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت نیز از این امر مستثنی نیست و ممکن است در روند بهره‌برداری از این سامانه محدودیت‌ها و موانعی به شرح زیر وجود داشته باشد:

۱۳-۱- هزینه اولیه خرید نوار تیپ و اتصالات

در حال حاضر هزینه خرید هر رول تیپ در فروشگاه‌های معتبر ۴۰۰ تا ۵۰۰ هزار تومان است که برای بهبود یکنواختی، بهره‌برداران مجبورند از تیپ‌های با کیفیت بالا و گران‌تر استفاده کنند. حال اگر مراحل بارگیری، حمل و کارگذاری نوارهای تیپ و اتصالات در زمان نصب و اتصالات لازم در مرحله بهره‌برداری (بریدگی و یا سوراخ شدگی نوارها) به این مجموعه اضافه شود، هزینه نهایی در هکتار حدود ۷ میلیون تومان است که بیش از هزینه دیگر نهاده‌ها، به غیر از اجاره زمین است. از این رو به‌رغم علاقه‌مندی بهره‌برداران به استفاده از شیوه آبیاری قطره‌ای، گرانی و تورم بزرگ‌ترین عامل در استفاده نشدن از این سامانه در برخی مناطق محسوب می‌شود.

۱۳-۲- باد بردگی نوارهای تیپ در مناطق بادخیز

وزش باد در مناطق بادخیز مانع از قرارگیری نوارهای تیپ روی سطح خاک می‌شود و از این رو برای جلوگیری از باد بردگی، از میخ‌های پلاستیکی خاص استفاده می‌شود که در افزایش هزینه اولیه، کارگذاری و جمع‌آوری آنها در پایان فصل بی‌تأثیر نیست (شکل ۱۸). استفاده از ماشین‌هایی که هم‌زمان با کاشت، نوارهای تیپ را نیز پهن می‌کند سبب می‌شود چند سانتی‌متر خاک روی نوار تیپ ریخته شود که از بادبردگی جلوگیری شود.



شکل ۱۸- میخ پلاستیکی برای مهار نوار تیپ

۱۳-۳- شستشونشدن فیلترها در فاصله‌های زمانی مناسب

سامانه قطره‌ای در برخی مزارع فاقد سیستم تصفیه آب است. در برخی موارد ممکن است سامانه فیلتراسیون وجود داشته باشد اما بهره‌بردار استانداردهای لازم را برای شستشوی فیلترها رعایت نکند. در مواردی دیگر نوع فیلترها ممکن است مناسب برای آبیاری قطره‌ای تیپ نباشد. برای مثال، استفاده از فیلترهای دیسکی ۱۰۰ مش موجب می‌شود ذرات کوچک‌تر از ۱۶۵ میکرون (شن نرم تا خیلی نرم) و سیلت و رس از روزنه‌ها بگذرند و در مسیر حرکت آب در روزنه‌های لوله تیپ، مسیری که از سرعت حرکت آب کاسته شده‌است، رسوب کنند (شکل ۱۹). هر یک از این عوامل به همراه شرایط کیفیت شیمیایی آب و اقلیم منطقه باعث می‌شود تا پیش از اتمام فصل آبیاری مشکلاتی مانند گرفتگی روزنه‌ها، کاهش آبدهی، کاهش یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و در نتیجه کاهش عملکرد محصول اتفاق افتد.



شکل ۱۹- استفاده از فیلترهای نامناسب موجب گرفتگی لوله‌های تیپ خواهد شد

۱۳-۴- رعایت نکردن طول بهینه، فشار کارکرد و نوع نوار تیپ مصرفی

طراحی، بهره‌برداری و مدیریت درست سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ بستگی به انتخاب ترکیب مناسبی از دبی خروجی از روزنه‌ها، فاصله بین روزنه‌ها و فاصله بین نوارهای تیپ، عمق توسعه ریشه و پارامترهای هیدرولیکی خاک دارد. رعایت نکردن برخی موارد مانند طول بهینه، فشار کارکرد مناسب و یا انتخاب نوار تیپ با فاصله روزنه زیاد در غیریکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و در نتیجه تأمین نشدن نیاز آبی گیاه و ایجاد تنش آبی در سطح مزرعه مؤثر خواهد بود. نتیجه این شیوه طراحی، اجرا و مدیریت موجب کاهش عملکرد و بهره‌وری آب می‌شود. برای مثال، در مرحله بهره‌برداری ممکن است مواردی مانند اتصال دو خط نوار تیپ با یک سه‌راهی به مانیفولد یا آبیاری هم‌زمان تعداد واحدهای بیشتر از حد توصیه شده (با هدف افزایش سطح آبیاری) اتفاق افتد که نتیجه آن کاهش فشار و آبدهی روزنه‌های تیپ و غیریکنواختی توزیع آب است.

۱۳-۵- کیفیت نامناسب نوار تیپ

گرفتگی یا پایین بودن آبدهی روزنه‌ها معمولاً به دلیل کیفیت پایین نوار تیپ است که این وضعیت در تیپ‌های از نوع کنار دوخت بیشتر مشاهده می‌شود. غیریکنواختی آبدهی روزنه‌ها، علاوه بر افزایش کاربرد آب، موجب می‌شود تا در مراحل رشد گیاه آثار تنش و کاهش سرعت رشد و در نتیجه کاهش عملکرد در برخی از خطوط کاشت مشاهده شود.

۱۳-۶- بریدگی، سوراخ شدگی، پیچ خوردگی و جابه‌جایی نوارهای تیپ

هجوم پرندگان، موش صحرایی و در برخی مناطق حیوانات وحشی مانند گراز ممکن است باعث سوراخ شدن، جابه‌جایی، بریدگی (شکل ۲۰) یا حتی مدفون شدن نوار تیپ در اثر ریزش خاک‌های حفاری شود. تا زمانی که پوشش گیاهی در سطح مزرعه کامل نشده باشد، مشکلات یادشده را می‌توان دید و اصلاح کرد. با کامل شدن پوشش گیاهی، تشخیص و مکان‌یابی

محل بریدگی و سوراخ شدن نوار تیپ نامشخص باقی خواهد ماند و در نتیجه آثار تنش، خشکیدگی و رشد غیریکنواخت گیاه در سطح مزرعه مشاهده خواهد شد.



شکل ۲۰- سوراخ شدگی یا بریدگی نوارهای تیپ و تجمع آب در قسمتی از مزرعه

۱۳-۷- نداشتن معیار مناسب در آبیاری اول (خاک‌آب)

برخی از بهره‌برداران برای حصول اطمینان از جوانه‌زنی، مدت زمان آبیاری بیشتری را برای خاک‌آب در نظر می‌گیرند، به طوری که کل سطح مزرعه کاملاً مرطوب می‌شود. با فرض اینکه مدت زمان آبیاری اول بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت، آبدهی هر خروجی $\frac{1}{3}$ لیتر در ساعت و فواصل روزنه‌ها روی نوار تیپ ۲۰ سانتی‌متر باشد، مقدار عمق آب کاربردی ۱۰۴ تا ۲۰۸ میلی‌متر خواهد بود که این مقدار مشابه و یا حتی بیش از یک نوبت آبیاری سطحی است. به نظر می‌رسد که یکی از عوامل مؤثر در این زمینه تجربه‌ای است که آبیاری از شیوه آبیاری سطحی دارد. روشن است که افزایش عمق آب آبیاری، افزایش نفوذ عمقی و آبشویی عناصر غذایی و متراکم شدن خاک، ایجاد مشکل در تهویه خاک و کاهش عملکرد محصول را در پی خواهد داشت (کولازی^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

۱۳-۸- متناسب نبودن دور و عمق آب آبیاری با مراحل رشد ذرت

علاوه بر اینکه در آبیاری اول حجم آب کاربردی بیش از مقدار لازم برای جوانه‌زنی گیاه است، در مراحل بعدی رشد، مقدار آب کاربردی ممکن است کمتر یا بیشتر از نیاز آبی گیاه باشد و تناسب چندانی با میزان نیاز آبی گیاه در آن مرحله از رشد نداشته باشد. در بیشتر زمین‌های مجهز به آبیاری قطره‌ای تیپ، دور و مقدار آب کاربردی متناسب با نیاز آبی گیاه و خصوصیات خاک اعمال نمی‌شود.

¹- Colaizzi

۱۳-۹- انسداد مسیر حرکت آب با ریشه‌های هوایی

ریشه‌های هوایی در ذرت ریشه‌هایی نابجا هستند که از دو یا چند گره بالاتر از سطح خاک، روی ساقه اصلی می‌رویند و خود را به سطح خاک می‌رسانند. این ریشه‌ها در ارقام گرمسیری ذرت خیلی بیشتر و قوی‌تر رشد می‌کنند و پس از ورود به خاک، افزون بر جذب آب و مواد غذایی باعث استحکام گیاه می‌شوند. در صورتی که نوار تیپ در کنار ردیف ذرت قرار گیرد، ریشه‌های مذکور نوار تیپ را محاصره می‌کنند و آن را به تدریج به سطح خاک می‌فشارند. در این شرایط، به مرور زمان سطح مقطع هیدرولیکی نوار تیپ کاهش می‌یابد و باعث انسداد مسیر حرکت آب در نوار تیپ می‌گردد. این حالت در مراحل میانی رشد، که درصد پوشش گیاهی به حداکثر می‌رسد، اتفاق می‌افتد و باعث تنش رطوبتی و از بین رفتن بوته‌های موجود پس از نقطه انسداد می‌شود.

۱۳-۱۰- قرار دادن نوارهای تیپ در کف فارو

وجود ریشه‌های هوایی ذرت و احتمال انسداد نوار تیپ موجب می‌شود برخی بهره‌برداران پس از کاشت ذرت، نوارهای تیپ را در کف فارو قرار دهند (شکل ۲۱). این امر موجب خواهد شد مدت زمان آبیاری اول بیش از ۲۴ ساعت به طول انجامد. پیامد استفاده از این روش افزایش حجم آب کاربردی به ویژه در مراحل ابتدایی رشد و افزایش تراکم بیش از حد علف‌های هرز در مزرعه است. در این زمینه پیشنهاد می‌گردد که در ابتدای فصل رشد نوارهای تیپ روی پشته قرار داده‌شوند و پس از چهار برگی شدن بوته‌ها و توسعه ریشه گیاه، نوارهای تیپ به کف جویچه‌ها انتقال یابند. با این عمل مقدار حجم آب کاربردی نسبت به حالت قبل کاهش اما هزینه کارگری افزایش می‌یابد.



شکل ۲۱- قرارگیری نوار تیپ داخل جویچه و کشت یک یا دو ردیف روی پشته

۱۳-۱۱- تجمع آب خروجی از نوارهای تیپ در نقاط پست

قرارگیری نوار تیپ روی سطوح ناهموار موجب غیریکنواختی توزیع آب و تجمع آن در نقاط پست می‌شود (شکل ۲۲). در شرایطی که نوار تیپ روی پشته قرار داشته باشد، ایجاد شیاری کوچک در وسط پشته و قراردادن نوار تیپ داخل شیار، علاوه بر اینکه از تجمع آب خروجی از روزنه‌ها در یک نقطه جلوگیری می‌شود، مشکلات باد بردگی نیز تا حدی رفع خواهد شد.



شکل ۲۲- قرارگیری تیپ روی سطوح ناهموار و تجمع آب در نقاط پست

۱۳-۱۲- معضل جمع‌آوری نوارهای تیپ پس از برداشت ذرت

پس از برداشت ذرت، نوارهای تیپ به راحتی قابل جمع‌آوری نیستند زیرا بخش زیادی از این نوارها در لابه‌لای ریشه‌های هوایی و ساقه‌های باقیمانده محصور شده است که خارج کردن آنها از داخل مزرعه مشکل خواهد بود. برای سایر محصولات، این مشکل با استفاده از ماشین تیپ جمع کن مرتفع شده است (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- ماشین تیپ جمع کن

در مزارع مجهز به روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به علت فشرده شدن خاک روی نوار تیپ، مشکل جمع‌آوری نوارها به مراتب بیشتر است تا در روش آبیاری قطره‌ای سطحی، به نحوی که بهره‌بردار باید هزینه بیشتری برای جمع‌آوری نوارهای تیپ در نظر بگیرد.

۱۳-۱۳- آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت و مشکلات زیست‌محیطی

پس از اتمام آبیاری‌ها در آخر فصل، ممکن است برخی کشاورزان (به ویژه در حالتی که زمین اجاره‌ای باشد) نوارهای تیپ، میخ‌های پلاستیکی و سایر اتصالات را در زمین رها کنند که با تهیه زمین برای کشت بعدی، این نوارها به قطعات کوچک‌تر تقسیم می‌شوند و در مجموع مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را به وجود خواهند آورد. در برخی مناطق، نوارهای تیپ مستعمل به فروش می‌رود.

۱۳-۱۴- استقبال کم از آبیاری زیرسطحی قطره‌ای

آبیاری زیرسطحی قطره‌ای به‌رغم داشتن ویژگی‌های مثبت مانند کاهش بیشتر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاهش تبخیر از سطح خاک، عیب‌هایی نیز دارد از جمله: هزینه نسبتاً بالا، نیاز به طراحی دقیق برای فاصله و عمق کارگذاری نوارها در بافت‌های مختلف خاک، نفوذ ریشه در روزنه‌ها و گرفتگی آنها، نیاز به مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری، و لزوم فیلتراسیون قوی و مناسب. استفاده از این روش آبیاری برای کلیه گیاهان زراعی دیگر غیر از ذرت نیز یک مشکل اساسی است زیرا پس از برداشت محصول باید زمین را برای کاشت گیاه بعدی آماده کرد. از این‌رو، کشاورزان تمایل چندانی به استفاده از روش آبیاری زیرسطحی ندارند.

۱۴- مشکلات راهبردی توسعه آبیاری نوار قطره‌ای ذرت

با وجود نقش مثبت آبیاری نوار قطره‌ای تیپ در کاهش آب کاربردی و افزایش عملکرد، توسعه آبیاری نوار قطره‌ای ذرت با چالش‌های متعددی همراه است که با توجه به شرایط خاص در هر منطقه، مشکلات موجود نیز اهمیتی متفاوت دارند. محدود کردن مشکلات توسعه آبیاری قطره‌ای به یک گیاه زراعی خاص اشتباه است و باید این موضوع همراه با سایر عوامل تأثیرگذار، مانند تناوب و الگوی کشت، بررسی شود. این امکان وجود دارد که استفاده از روش آبیاری قطره‌ای به تنهایی در زراعت ذرت اقتصادی نباشد، اما در الگوی کشت و تناوب مورد توجه بهره‌بردار، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای در کشت گیاهان زراعی کاملاً به‌صرفه و دارای توجیه اقتصادی باشد. علاوه بر مشکلات فنی، برخی از چالش‌های آبیاری قطره‌ای ذرت، راهبردی و گریبان‌گیر بسیاری از پروژه‌های آبیاری تحت فشار است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱۴-۱- مشارکت اندک بهره‌برداران در پروژه‌های آبی - خاکی

بسیاری از سامانه‌های تحت فشاری که تا کنون اجرا شده‌اند به‌گونه‌ای هستند که کلیه بخش‌های آن، از تعیین نوع سامانه آبیاری تا طراحی و اجرا، در بخش دولتی مطرح و روی آنها بحث شده و نظر بهره‌بردار در پروژه لحاظ نشده است. همین امر یکی از عوامل ناکارآمدی سامانه‌های آبیاری تحت فشار به‌شمار می‌آید.

۱۴-۲- یکپارچه نبودن زمین‌های کشاورزان و در نتیجه تمایل نداشتن کشاورزان به اجرای آبیاری قطره‌ای تیپ

نظام بهره‌برداری خرده مالکی از یک سو و پراکندگی قطعات کشاورزان از سوی دیگر باعث شده تا بهره‌برداری و نگهداری از این سامانه‌ها در قطعات مختلف برای بهره‌بردار مشکل ساز و غیر اقتصادی باشد.

۱۴-۳- نبود دقت لازم در مطالعات اولیه و طراحی سامانه آبیاری قطره‌ای

بسیاری از طراحان متأسفانه بدون بازدید از مزرعه و درک درست از روابط بین آب، خاک و گیاه، دست به طراحی می‌زنند و همین امر در کیفیت کارکرد، مدیریت و نگهداری سیستم اثر منفی خواهد داشت.

۱۴-۴- مدیریت نامناسب بهره‌برداران

بسیاری از بهره‌برداران اطلاعی از نحوه مدیریت و نگهداری سامانه آبیاری قطره‌ای ندارند یا اطلاعات آنها در این زمینه اندک است. از این رو، با وقوع کوچک‌ترین مشکل، سیستم را رها می‌کنند و بار دیگر به آبیاری سطحی روی می‌آورند.

۱۴-۵- شکل‌نگرفتن شرکت‌های خدماتی و تخصصی برای رفع اشکالات احتمالی در مناطق مختلف کشور

کشاورزان تجربه کافی و آگاهی لازم از نحوه بهره‌برداری، نگهداری و رفع مشکلات احتمالی سامانه قطره‌ای ندارند. در این زمینه، لازم است معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی برای توسعه سامانه آبیاری قطره‌ای تمهیداتی در نظر بگیرد تا در هر منطقه شرکت‌های بهره‌بردار برای ارائه خدمات پس از اجرا در زمان بهره‌برداری به کشاورزان تأسیس گردد. افزون بر ارائه خدمات فنی به بهره‌برداران، نظارت بر اجرای صحیح پروژه‌های تحت فشار در هر منطقه باید از دیگر وظایف این شرکت‌ها باشد.

۱۴-۶- میزان محدودیت منابع آب در دشت

وضعیت اقلیمی منطقه، توپوگرافی مزرعه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عوامل انتخاب یا توسعه سامانه‌های تحت فشار از جمله آبیاری قطره‌ای تیپ محسوب می‌شود، ولی وضعیت منابع آب و میزان بحران آب در هر یک از استان‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در توسعه روش آبیاری قطره‌ای برای گیاهان زراعی دارد و از این شاخص می‌توان برای طبقه‌بندی توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت یا محصولات دیگر در مناطق مختلف ایران استفاده کرد. کلدزیک^۱ و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش سطح زیر کشت، هزینه‌های آبیاری در کلیه شیوه‌های آبیاری کاهش می‌یابد و در این بین کارایی اقتصادی روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار در مزارع تحت کشت ذرت دانه‌ای بستگی به سطح زیر کشت و دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی دارد. در خشک‌سالی‌ها، استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی برای سطوح بالاتر از ۵ هکتار اقتصادی است. با این توصیف استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ در مناطق مختلف ایران را می‌توان بر مبنای محدودیت منابع آب مورد بررسی قرار داد. در این ارتباط طبقه‌بندی کلی زیر پیشنهاد می‌شود:

1 Kledzik

الف- زمین‌هایی که منبع تأمین‌کننده آب آنها فقط آب زیرزمینی با بیلان منفی است

بررسی وضعیت دشت‌های مطالعاتی در استان‌های مختلف در سال ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که از مجموع ۶۰۹ دشت، حدود ۴۰۹ دشت ممنوعه و بحرانی وجود دارد (دفتر حفاظت و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی، ۱۳۹۹). در این مناطق (مانند زمین‌های واقع در استان‌های فارس، مشهد، سیستان و بلوچستان، یزد و کرمان)، محدودیت منابع آب به حدی است که استفاده از آبیاری سطحی نامعقول می‌نماید و باید سامانه آبیاری را جایگزین روش سطحی کرد تا از راندمان کاربرد بالایی برخوردار باشد. از این‌رو، سرمایه‌گذاری در توسعه آبیاری قطره‌ای و شناسایی عوامل محدودکننده و ارائه راهکارهای فنی و در صورت لزوم پیاده‌سازی طرح‌های تحقیقاتی تکمیلی می‌تواند مشکلات این مناطق را تا حدودی مرتفع کند. اعمال ۷۵ درصد آب کاربردی یکی از راهکارهای پیشنهادی برای آبیاری مزارع ذرت در این مناطق است (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۳). در این مناطق، افزون بر آبیاری قطره‌ای سطحی، مباحثی همچون آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به همراه استفاده از خاک‌پوش‌ها برای کاهش تبخیر از سطح خاک، هوشمندسازی سامانه قطره‌ای، نشا کاری ذرت و کاشت مستقیم در بقایا (کشاورزی حفاظتی) می‌تواند جزو راهکارهای توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ قرار گیرد. علاوه بر این، در صورتی که محدودیت آب خیلی شدید باشد، دیدگاه‌های کارشناسی در خصوص آیش قرار دادن بخشی از زمین‌ها یکی از گزینه‌های مورد بررسی است.

ب- زمین‌هایی با منبع تأمین‌کننده آب زیرزمینی بدون بیلان منفی

تغذیه آب زیرزمینی برخی از مناطق (مانند شمال خوزستان، کهگیلویه و بویر احمد، کردستان) به نحوی است که با اعمال مدیریت صحیح در برداشت، کاربرد سامانه‌های مختلف آبیاری امکان‌پذیر است. از این‌رو، می‌توان در این نوع از مناطق راهکارهای مناسب را برای توسعه بیشتر آبیاری قطره‌ای در کشت گیاهان ردیفی در نظر گرفت و به موازات آن بهبود بهره‌وری آب در آبیاری سطحی را در دستور کار قرار داد.

ج- شبکه‌های آبیاری و زهکشی که محدودیت تأمین آب در فصل کاشت دارند

محدودیت آب در برخی شبکه‌های آبیاری و زهکشی مانع از تأمین آب مورد نیاز کل زمین‌های زیر شبکه خواهد شد. بنابراین، با توجه به میزان کمبود آب و سطح زیر کشت محصولات تابستانه، می‌توان گزینه تأمین نیاز آبی کامل یا کم آبیاری قطره‌ای تیپ را بررسی کرد.

د- شبکه‌های آبیاری و زهکشی که محدودیت تأمین آب در فصل کاشت ندارند

وجود شبکه کانال‌های بتنی، تسطیح، قطعه‌بندی مزارع و وجود زهکش‌های سطحی و در مواردی زیرزمینی تخلیه‌کننده آب مازاد سطحی و زیرسطحی باعث شده تا بهره‌برداران با استفاده از تجربه‌های خود به‌خوبی از آبیاری سطحی استفاده کنند. در این‌گونه مناطق، هزینه آب بها ممکن است کمتر از ۱۰ درصد کل هزینه‌ها را پوشش دهد و کاهش آب کاربردی نقشی در آب بها نداشته باشد، زیرا تحویل آب به‌صورت هکتاری است و نه حجمی. در این‌گونه مناطق، پایین بودن ارزش واقعی آب نسبت به سایر نهاده‌های کشاورزی مانند کود، سم و بذر و اجاره زمین باعث شده تا بهره‌برداران فقط با وجود خشک‌سالی‌ها و وجود محدودیت مقطعی آب مجبور به استفاده درست و دقیق از آب باشند و گاهی با اعمال کم‌آبیاری، دوره

مذکور را طی کنند. بنابراین، در این مناطق آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت به شرطی قابل توصیه است که افزایش عملکرد محصول و کاهش مصرف کود و نهاده‌های دیگر، هزینه‌های حاصل از اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای را پوشش دهد.

۱۵- کاهش موانع توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ در کشت ذرت

یکی از موانع مهم توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ، هزینه بالای خرید و پیاده‌سازی وسایل و اجزای موردنیاز سیستم است. بنابراین، هر راهکاری که بتواند هزینه‌های مختلف (اعم از خرید نوارهای تیپ و اجرای سیستم یا سایر نهاده‌های کشاورزی) را کاهش دهد و منجر به افزایش عملکرد شود، در اقتصادی شدن استفاده از سامانه قطره‌ای تیپ مؤثر است. برخی از این راهکارها که ممکن است حاصل تجربه‌های کشاورزان یا نتایج مطالعات تحقیقاتی داخل یا خارج کشور باشد به طور مختصر در زیر توضیح داده شده است.

۱۵-۱- استفاده از معیارهای علمی در برنامه‌ریزی آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت

کشاورزان اغلب با استفاده از تجربه دیگر بهره‌برداران یا فروشندگان لوازم آبیاری به تجهیز مزارع خود به سیستم آبیاری قطره‌ای تیپ دست می‌زنند ولی در زمان بهره‌برداری هیچ اطلاعاتی از نیاز آبی گیاه متناسب با دوره‌های مختلف رشد ندارند. از این رو، ایجاد تجربه در این زمینه و تنظیم دور و عمق آبیاری در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد، در استفاده بهینه از آب و فراهم کردن مقدمات کم‌آبیاری در شرایط خشک‌سالی کمک کند. مطالعات نشان داده است که استفاده از وسایل و ادوات سنجش رطوبت خاک (مانند تانسومتر) می‌تواند حجم آب کاربردی را کاهش و متقابلاً عملکرد محصول و بهره‌وری آب را افزایش دهد (شاهرخ نیا، ۱۳۹۱). استفاده از ابزارهای سنجش رطوبت در مناطقی که محدودیت آب زیاد و منبع تأمین‌کننده آب بیشتر زیرزمینی است، در کاهش هرچه بیشتر آب کاربردی و افزایش عملکرد مؤثر خواهد بود.

۱۵-۲- نظارت دوره‌ای بر وضعیت کارکرد نوارهای تیپ در مزرعه

علاوه بر بازدید کلی بهره‌بردار از مزرعه، که معمولاً به صورت روزانه است، نظارت دوره‌ای بر عملکرد اجزای مختلف (به صورت هفتگی)، قبل یا در حین آبیاری نقش مؤثری در افزایش کارکرد سیستم خواهد داشت. بازرسی میزان فشار در ابتدای خط چه به صورت فشردن نوار تیپ با دست یا استفاده از فشارسنج و بررسی آبدهی نوارهای تیپ به دو حالت چشمی یا اندازه‌گیری حجم آب خروجی از روزنه در فاصله زمانی چند دقیقه‌ای می‌تواند وضعیت کارکرد سیستم را به بهره‌بردار نشان دهد. بررسی وضعیت رطوبتی با حفر زمین و لمس نمونه‌های خاک برداشت شده از فاصله‌ها و عمق‌های مختلف در اطراف نوار تیپ، این امکان را فراهم می‌کند تا بهره‌بردار با نحوه توزیع رطوبت در خاک در شرایط آبیاری قطره‌ای تیپ آشنایی بیشتری پیدا کند. در این حالت، بهره‌بردار برنامه آبیاری را متناسب با نیاز آبی گیاه (به ویژه در زمان خاک‌آب تا جوانه‌زنی بذر)، مدیریت می‌کند که نتیجه آن جلوگیری از کاربرد بیش از حد آب خواهد بود.

۱۵-۳- آرایش کاشت و فواصل نوار تیپ

ذرت دانه‌ای یا علوفه‌ای روی پشته‌هایی به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر کاشته می‌شود و نوارهای تیپ با ماشین مخصوص یا کارگر روی پشته در محل خط کاشت قرار می‌گیرند. هرگونه تغییر در فاصله‌های خطوط کاشت در ذرت دانه‌ای باید به گونه‌ای باشد که هد کمباین‌های معمولی امکان برداشت را داشته یا هد کمباین منطبق با فاصله‌های ردیف کشت در منطقه وجود داشته باشد. با این توصیف، مصرف نوار تیپ برای شرایط رایج کاشت، بین ۱۳ تا ۱۴ هزار متر در هکتار است. با تغییر آرایش کاشت می‌توان هزینه‌های تیپ را در واحد سطح کاهش یا تعداد بوته را در واحد سطح و در نتیجه عملکرد را افزایش داد (شکل ۲۴). افزون بر این، می‌توان با تغییر آرایش کاشت شوری خاک را در زمین‌های شور کنترل کرد و نفوذ عمقی آب را در خاک‌های سبک کاهش داد. نمونه‌ای از آرایش‌های مختلف کاشت به شرح زیر ارائه شده است.



شکل ۲۴- تغییر آرایش کاشت ذرت و کاهش تیپ مصرفی در واحد سطح

الف- کاشت در کف جویچه و قرارگیری نوار تیپ در کنار خطوط کاشت

این شیوه در مناطقی رایج است که خاک با بافت سبک یا شور دارند. در این حالت، پس از ایجاد جویچه‌های کم‌عمق به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر و کاشت بذر با ماشین ردیف‌کار در کف جویچه، نوارهای تیپ در کنار خطوط کاشت قرار داده می‌شوند (شکل ۲۵). با مرطوب شدن محل قرارگیری نوار تیپ در کف جویچه، املاح به تدریج به نقاط خشک (روی پشته) انتقال می‌یابند و شرایط مناسبی برای جوانه‌زنی در کف جویچه فراهم می‌آید. نوار تیپ مصرفی و آب کاربردی در این روش مشابه حالت مرسوم (کاشت روی پشته) است. از مزیت‌های این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- خشک باقی ماندن پشته‌ها و کاهش جمعیت علف‌های هرز

۲- کاهش بادبردگی نوارهای تیپ

۳- امکان کاشت مستقیم محصول بعدی روی پشته‌ها

معایب عمده کشت کف جویچه به قرار زیر است:

۱- مقدور نبودن کاربرد کولتیواتور تیغه‌ای یا بیلچه‌ای در مرحله ۴ تا ۶ برگگی .

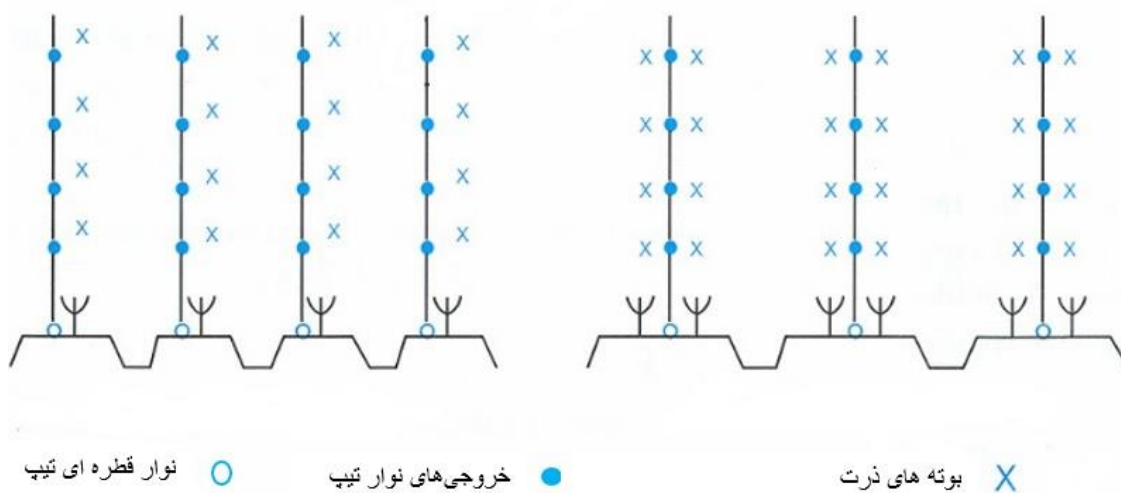
۲- در ذرت علوفه‌ای، تیغه برش قابل تنظیم تا روی پشته است و در نتیجه قسمتی از ساقه ذرت در زمین باقی خواهد ماند.



شکل ۲۵- کاشت بذر در کف جویچه و استقرار نوار تیپ در کنار خطوط کاشت

ب- کاشت دو ردیف روی پشته ۷۵ سانتی‌متر

در این آرایش، با ایجاد جوی و پشته به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر و استفاده از شیپر برای تعریض پشته‌ها، شرایط لازم برای ایجاد دو خط کاشت روی یک پشته فراهم می‌شود. دو ردیف کاشت به فاصله‌های ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر روی پشته و قرار دادن نوار تیپ در بین آن‌ها، آرایش دو ردیفه روی یک پشته شکل می‌گیرد (شکل ۲۶).



شکل ۲۶- مقایسه آرایش کاشت یک و دو ردیفه ذرت روی پشته

در این آرایش کاشت، نوار تیپ مصرفی مشابه حالت عادی است اما تراکم بوته در واحد سطح و در نتیجه عملکرد محصول، به ویژه ذرت علوفه‌ای، افزایش می‌یابد که به‌واسطه آن بخشی از هزینه‌های خرید نوار تیپ سرشکن می‌شود. مشکل عمده این روش نبود هد (head) مناسب دستگاه برای برداشت محصول است. جدول ۱۴ خلاصه‌ای از مطالعاتی چند در این زمینه را نشان می‌دهد.

ج- کاشت دو ردیف روی پشته عریض

در این آرایش کاشت، با ایجاد جویچه‌هایی به فاصله‌های ۱/۵ متر از یکدیگر، شرایط لازم برای تشکیل پشته‌های عریض در حدفاصل بین جویچه‌ها فراهم می‌شود. با استفاده از بذرکار پنوماتیک، دو خط کاشت به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متر روی هر یک از پشته‌ها ایجاد می‌گردد. در این شرایط، نوار تیپ روی پشته و در حدفاصل بین دو خط کاشت، دقیقاً در وسط پشته (آکس پشته) قرار می‌گیرد و به دلیل حذف یک جویچه، فاصله نوارهای تیپ از یکدیگر ۱/۵ متر و تعداد رول‌های مصرفی در واحد سطح به نصف کاهش می‌یابد. دیگر مزیت این آرایش کاشت، وجود فاصله مناسب بین نوار تیپ و بوته ذرت (دقیقاً ۳۷/۵ سانتی‌متر) و جلوگیری از گیر افتادن نوار تیپ در لابه‌لای ریشه‌های هوایی است. از معایب این آرایش کاشت افزایش حجم آب کاربردی به‌ویژه در آبیاری اول یا خاک‌آب، نسبت به حالت رایج، است. این آرایش کاشت در خاک‌های با بافت سبک باعث افزایش حجم آب کاربردی در طول فصل زراعی می‌شود.

جدول ۱۴- راهکارهای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در زراعت ذرت

منبع	نتیجه	محل اجرا	راهکار
حامدی و جعفری، ۱۳۸۴، آذری و همکاران، ۱۳۸۶	بیشترین بهره‌وری آب ذرت (۱/۵۲) کیلوگرم بر مترمکعب) با کاربرد قطره‌ای تیپ با ۸۰٪ نیاز آبی	خوزستان	آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای سطحی تیپ
افشار و همکاران، ۱۳۸۶	کشت دوردیفه با تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار و تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب)	مشهد	قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با دو آرایش یک و دو ردیفه و سه تراکم
پوربناد کوکی و همکاران، ۱۳۸۷	یکسانی کارایی مصرف آب در حالت تأمین ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی		آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تیپ در دو آرایش یک و دو ردیفه با سه
کریمی، ۱۳۸۸	افزایش عملکرد با تأمین نیاز آبی از ۸۰ به ۱۲۰٪. کاهش ۵۶ درصد در آب کاربردی در قطره‌ای، برتری تراکم ۱۰۵ هزار بوته در هکتار و کاشت یک ردیفه نسبت به دو ردیفه. بیشترین کارایی مصرف آب در حالت تأمین ۸۰٪ نیاز آبی با تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار با آرایش کاشت یک ردیفه	قزوین	سطوح آبیاری قطره‌ای و تراکم ۷۵ تا ۱۰۵ هزار بوته در هکتار و آرایش یک و دو ردیفه
اخوان و شیرینی، ۱۳۸۸	کاربرد آبیاری قطره‌ای تیپ با کشت یک ردیفه و تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار با ۱۲۵ درصد نیاز آبی در شرایط بدون محدودیت آب. در شرایط محدودیت آب تأمین ۸۰٪ نیاز آبی	مغان و آذربایجان غربی	آبیاری قطره‌ای تیپ با سطوح آبیاری و سه تراکم

ادامه جدول ۱۴- راهکارهای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در زراعت ذرت

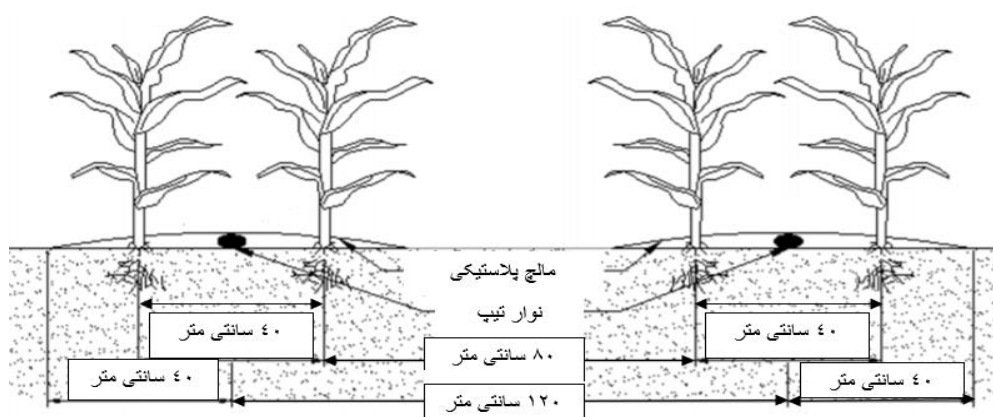
منبع	نتیجه	محل اجرا	راهکار
اشرفی و نجفی، ۱۳۸۹	اختلاف ناچیز عملکرد در تراکم ۶۵ تا ۸۵ هزار بوته در هکتار و آرایش کاشت یک یا دو ردیفه. در مناطق کم آب تأمین ۷۵٪ نیاز آبی با تراکم ۶۵ و آرایش یک ردیفه و در دیگر مناطق تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی با تراکم ۶۵ تا ۸۵ هزار بوته در هکتار و آرایش کاشت یک ردیفه توصیه می‌شود	کرج	آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی تیپ با سه تراکم و آرایش کاشت یک و دو ردیفه
اشرفی و همکاران، ۱۳۹۳ صمدوند و همکاران، ۱۳۹۲ افراسیاب و همکاران، ۱۳۹۵ کوهی چله کران و همکاران، ۱۳۸۹	در کرج تأمین ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی به ترتیب با مقادیر ۱، ۰/۹۵ و ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب، بیشترین مقادیر کارایی مصرف آب و بیشترین کارایی مصرف آب با کشت دو ردیفه و تراکم کاشت ۸۵ هزار بوته در هکتار و تأمین ۱۲۵٪ در میاندوآب توصیه کشت دو ردیفه با تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی. در اسلام آباد غرب کشت دو ردیفه با تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار و تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی در تمام شرایط ترسالی و خشک‌سالی	کرج، میاندوآب و اسلام آباد غرب	سطوح آبیاری قطره‌ای سطحی تیپ، سه تراکم و آرایش کاشت یک و دو ردیفه
معیری و همکاران، ۱۳۹۳	آبیاری قطره‌ای تیپ با کشت یک ردیفه با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار و در کشت دو ردیفه با تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار با ۱۰۰ درصد نیاز آبی و در شرایط محدودیت آب تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی	خوزستان، آذربایجان غربی و قزوین	سطوح آبیاری قطره‌ای و مقایسه آن با جویچه‌ای در سه تراکم و آرایش کاشت یک و دو ردیفه
خرمیان و اشرفی زاده، ۱۳۹۷	توصیه در کاشت مستقیم ذرت در بقایا و آبیاری قطره‌ای. در شرایط محدودیت آب با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی و در شرایط بدون محدودیت آب، تأمین کل نیاز آبی گیاه	خوزستان	سطوح آبیاری قطره‌ای تیپ و مقایسه دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی با سه هیبرید ذرت
علیمحمدی نافچی و نوربخشیان، ۱۳۹۷	بالا بودن بهره‌وری آب در قطره‌ای تیپ نسبت به بارانی و نشتی. توصیه در استفاده از کشت نشایی در ماه تیر و آبیاری قطره‌ای تیپ	شهرکرد	کشت نشایی ذرت علوفه‌ای در روش‌های مختلف آبیاری

در این آرایش کاشت، هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد میزان حجم آب کاربردی بیشتر می‌شود. زیرا با توجه به فاصله ۳۷/۵ سانتی‌متری نوار تیپ از هر یک از ردیف‌های کاشت، برای مرطوب شدن محل قرارگیری بذر زمان آبیاری بیشتری نسبت به آرایش کاشت معمول باید صرف شود. از این رو، این آرایش کاشت مناسب برای خاک‌های با بافت سبک نیست. در

برخی موارد ممکن است بهره‌بردار تا زمان سبز شدن، نوارهای تیپ را به صورت قرار دادن در کنار ردیف کاشت جابه‌جا کند و پس از استقرار گیاه، نوارها تا انتهای دوره رشد در وسط پشته باقی نگه داشته شوند. در این شرایط هزینه کارگری برای جابه‌جایی نوار تیپ بسیار بالا و در زمین‌های بزرگ اجرا ناشدنی است.

د- کاشت دو ردیف روی پشته ۱۲۰ سانتی‌متری

در این آرایش، الگوی کاشت از یک خط روی پشته‌های به فاصله‌های ۷۵ سانتی‌متری به دو خط روی پشته‌های به فاصله‌های ۱۲۰ سانتی‌متری تغییر می‌کند (شکل ۲۷). همان‌طور که در شکل ۲۷ نشان داده شده است، فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر روی یک پشته ۴۰ سانتی‌متر و فاصله دو خط کاشت از یکدیگر در حدفاصل بین پشته‌های هم‌جوار ۸۰ سانتی‌متر است. از این رو تراکم بوته در واحد سطح نسبت به حالت مرسوم (فاصله‌های پشته ۷۵ سانتی‌متر و یک ردیف کاشت روی هر پشته) افزایش خواهد یافت.



شکل ۲۷- الگوی کاشت ذرت و استفاده از خاک‌پوش در شرایط آبیاری قطره‌ای تیپ (وانگ و همکاران^۱، ۲۰۲۱)

این شیوه در ایران مرسوم نیست، اما در صورت نیاز به افزایش تراکم بوته، با وجود هد (head) مناسب برای ماشین‌های کاشت، داشت و برداشت می‌توان با توسعه این روش عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را افزایش داد.

ه- کاشت در زمین مسطح با فاصله‌های نوار تیپ ۷۵ سانتی‌متر

در این حالت، جوی و پشته حذف می‌شوند و فاصله بین ردیف‌های کاشت روی زمین مسطح ۷۵ سانتی‌متر است و نوار تیپ در کنار هر ردیف قرار می‌گیرد. اگر هدف تولید ذرت علوفه‌ای باشد، برای افزایش تراکم بوته در هکتار می‌توان به جای یک ردیف، دو ردیف کاشت به فاصله ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر ایجاد کرد. در این شرایط، فاصله باز بین هر جفت ردیف کاشت مجاور به ۵۰ تا ۵۵ سانتی‌متر کاهش می‌یابد و نوارهای تیپ نیز در فاصله ۱۰ تا ۱۲/۵ سانتی‌متری از ردیف‌های جفتی (در

¹ - Wang et al.

حداقل فاصله ردیف‌های جفتی) قرار می‌گیرد (شکل ۲۸). یکی از معایب این آرایش کاشت گیر افتادن نوار تیپ بین ریشه‌های هوایی و غیریکنواختی توزیع آب کاربردی در سطح مزرعه است.



شکل ۲۸- کشت دو ردیفه ذرت علوفه‌ای بر روی زمین مسطح در منطقه سمنان

و- کاشت در زمین مسطح با فاصله‌های نوار تیپ ۱/۵ متر

در این آرایش، جوی و پشته حذف می‌شود و فاصله بین ردیف‌های کاشت روی زمین مسطح ۷۵ سانتی‌متر است و نوارهای تیپ به فاصله ۱/۵ متری از یکدیگر قرار می‌گیرند. در این شرایط، از یک نوار تیپ برای آبیاری دو خط کاشت استفاده می‌گردد. در ابتدای فصل کشت در هر نوبت از آبیاری، نوار تیپ در کنار یک خط قرار می‌گیرد و در نوبت آبیاری بعد جابه‌جا و در کنار ردیف مجاور قرار داده می‌شود (شکل ۲۹). این عمل تا قبل از کامل شدن پوشش گیاهی در سطح مزرعه به صورت متناوب تکرار می‌شود و هدف اصلی از آن، کاهش هزینه نوار تیپ در واحد سطح است. پس از کامل شدن پوشش گیاهی، نوار تیپ در حداقل دو ردیف مجاور به صورت دائمی قرار داده می‌شود و تا آخر فصل زراعی هر دو ردیف گیاه با یک خط نوار تیپ آبیاری می‌شود. افزایش قابل توجه حجم آب کاربردی در آبیاری‌های اول تا سبز شدن بذر، به ویژه در خاک‌های با بافت سبک تا متوسط، و نیاز به نیروی کارگری زیاد برای جابه‌جایی نوارهای تیپ از معایب این آرایش کاشت است.

در حالت دیگر، نوارهای تیپ در فاصله ۱/۵ متری به صورت ثابت تا آخر فصل کشت روی زمین قرار می‌گیرند ولی در طرفین هر نوار تیپ به فاصله ۱۵ سانتی‌متر یک ردیف کاشته می‌شود. در این شرایط فاصله داخلی بین یک جفت ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله خارجی ردیف‌های جفتی ۱۲۰ سانتی‌متر است. این شیوه مناسب برای ذرت علوفه‌ای است و طول نوار تیپ به کاررفته در واحد سطح نصف و حجم آب کاربردی نیز ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از حالت مرسوم خواهد شد. استفاده از این شیوه‌ها در بین برخی از بهره‌برداران مناطق مختلف رایج است و مطالعات نشان می‌دهد که با تغییر تراکم و آرایش کاشت دو ردیف روی پشته می‌توان تا حد زیادی عملکرد و بهره‌وری آب را افزایش داد (جدول ۱۴).



شکل ۲۹- قرارگیری متناوب نوار تیپ کنار خطوط کاشت برای کاهش هزینه اولیه خرید تیپ

۱۵-۴- توسعه ارقام پر محصول ذرت

یکی از عواملی که به صورت غیرمستقیم در توجیه اقتصادی استفاده از نوار تیپ برای آبیاری قطره‌ای نقش اساسی دارد، استفاده از هیبریدهای پر محصول توصیه شده از طرف موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای شرایط بدون محدودیت آب است. ارقام پر محصول ممکن است نسبت به تنش آبی حساسیت بیشتری نشان دهند، اما با استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ و تأمین رطوبت موردنیاز، عملکرد بیشتری به دست می‌آید و در نتیجه استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ توجیه اقتصادی خواهد داشت.

۱۵-۵- به کارگیری ارقام زودرس و یا متحمل به خشکی ذرت

انتخاب هیبریدهای زودرس یا میان‌رس و هیبریدهایی که با شرایط اقلیمی، کیفیت و کمیت آب موجود حداکثر تطابق را داشته باشند و به ازای هر واحد آب مصرفی محصول بیشتری تولید کنند در کاهش آب کاربردی مؤثر است. طول دوره رشد ذرت دیررس ۱۴۳-۱۳۱ روز، میان‌رس ۱۳۰-۱۰۱ روز و زودرس ۱۰۰-۸۵ روز است و این تفاوت در دوره رشد در کاهش یا افزایش میزان آب کاربردی در سراسر دوره رشد نقش مهمی خواهد داشت. برای مثال هیبرید ۷۰۴ که بین کشاورزان رایج است، بیشترین سطح زیر کشت را دارد و از ارقام میان‌رس محسوب می‌شود. در این شرایط، معرفی و تولید ارقام زودرس و میان‌رس مانند سینگل کراس ۲۰۱ (کوشا)، سینگل کراس ۲۶۰ (فجر)، سینگل کراس ۴۰۰ (دهقان) و سینگل کراس ۴۱۰ (طاها) نیاز آبی کمتری دارند. گرچه ارقام زودرس عملکرد کمتری نسبت به ارقام دیررس دارند اما به لحاظ کاربرد آب، ارقام زودرس، نسبت به ارقام دیررس، ۳ تا ۴ نوبت آبیاری کمتر دریافت می‌کنند. با توجه به اینکه در هر نوبت آبیاری حدود ۶۰۰ تا ۷۰۰ مترمکعب آب در هکتار مصرف می‌شود، بنابراین مقدار کاربرد آب در ارقام زودرس ۲ تا ۳ هزار مترمکعب در هکتار کمتر از ارقام دیررس خواهد بود (ماهرخ، ۱۳۹۶).

۱۵-۶- مدیریت کودآبیاری قطره‌ای در ذرت

غالب توصیه‌های کودی بر مبنای آبیاری سطحی است. از این رو بهره‌برداران کود را بیش از مقدار توصیه شده و با کارایی مصرف پایین‌تری در اختیار گیاه قرار می‌دهند. کارایی مصرف کود در روش آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت بالاتر از کارایی مصرف کود در روش آبیاری سطحی است. در صورت استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ می‌توان کودهای محلول را متناسب با نوع بافت خاک و مراحل رشد گیاه تقسیم کرد و همراه با آب آبیاری در اختیار گیاه قرار داد. با این شکل می‌توان مقدار مصرف کود را حداقل ۲۰ درصد کاهش داد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۵). در روش آبیاری قطره‌ای تیپ با تقسیم چندمرحله‌ای، متناسب با بافت خاک، نیاز و مقدار جذب گیاه، از تجمع نیتروژن اضافی در پروفیل خاک و از تلفات آبشویی نترات جلوگیری می‌شود (آزاد و همکاران، ۱۳۹۷). نکته مهم دیگر در این زمینه تأثیر مصرف بهینه کودها در مرحله رشد رویشی گیاه است که از یک سو موجب جذب بیشتر پرتوهای خورشیدی و از سوی دیگر با سایه‌اندازی سریع‌تر روی سطح خاک از مقدار تبخیر سطحی کاسته می‌شود (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۳). با این توصیف، کودآبیاری قطره‌ای علاوه بر کاهش مصرف کود و تلفات ناشی از آبشویی آن، به طور غیر مستقیم در کاهش تبخیر از سطح خاک نیز مؤثر خواهد بود.

۱۵-۷- آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در تناوب با محصولات زراعی

بررسی چالش‌های آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت، بدون در نظر گرفتن دیگر محصولات کشاورزی در مزرعه و نوع تناوبی که در پیش گرفته می‌شود، نادرست است. یعنی اینکه توسعه آبیاری قطره‌ای تیپ را باید در مجموعه کشاورزی منطقه در نظر گرفت. رعایت اصول تناوب و مبتنی بر شرایط خشکسالی علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک در افزایش تولید و بهره‌وری آب مؤثر است. برای مثال، کشاورزی متراکم و دائم غلات پس از احداث سد بزرگ اسوان در مصر، باعث شد تا به تدریج مواد آلی و نیتروژن زمین‌های دره نیل و دلتا کم شود و فعالیت میکرو ارگانیسم‌های خاک کاهش یابد.

جدول ۱۵- اصلاح تناوب در اراضی قدیم مصر

سال اول	سال دوم	سال سوم
گندم/پنبه	چغندر/قند/باقلا	شیدر
ذرت/سویا	ذرت/لوبیا چشم‌بلیلی/علوفه ای	ذرت/سویا
شیدر	گندم/پنبه	چغندر/قند/باقلا
ذرت/سویا	ذرت/لوبیا چشم‌بلیلی/علوفه‌ای	ذرت/سویا
چغندر/قند/باقلا	شیدر	گندم/پنبه
ذرت/لوبیا چشم‌بلیلی/علوفه‌ای	ذرت/سویا	ذرت/سویا

این امر منجر به کاهش توانایی خاک در نگهداری آب و کاهش مواد مغذی در محدوده ریشه گیاه شد. از این رو، بر اساس جدول ۱۵ در تناوب توصیه شده برای منطقه مذکور، کلیه گیاهان روی پشته کاشته شدند و بخشی از تناوب در فصل تابستان به کشت مخلوط ذرت و سویا اختصاص داده شد تا از این طریق بهره‌وری منابع آب و زمین و نهاده‌های کشاورزی

افزایش یابد (زهری، ۲۰۰۵). در زمینه تناوب گیاهان زراعی و اثر آن بر افزایش بهره‌وری آب متأسفانه در ایران تحقیقی به صورت سیستماتیک صورت نگرفته است. به نظر می‌رسد با اجرای تناوب درست، استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ اثر مثبتی در افزایش محصول و بهره‌وری آب و همچنین حاصلخیزی خاک داشته باشد.

۱۵-۸- آبیاری قطره‌ای تیپ و کشاورزی حفاظتی

مشکلات ناشی از روش خاک‌ورزی مرسوم باعث شده تا در دنیا به کشاورزی حفاظتی، که در رأس آن خاک‌ورزی حفاظتی است، توجه جدی بشود. کشاورزی حفاظتی بر سه اصل مهم استوار است: حفظ بقایای کشت قبل، کاهش یا حذف عملیات خاک‌ورزی، و استفاده از تناوب‌های اقتصادی (شکل ۳۰). با رعایت اصول سه‌گانه گفته‌شده، افزون بر کاهش چشمگیر مصرف انرژی، ماده آلی خاک حفظ می‌شود و به تدریج افزایش می‌یابد، روند فرسایش خاک کاهش می‌یابد، تبخیر از سطح خاک کاهش پیدا می‌کند و متقابلاً راندمان کاربرد آب و کود افزایش خواهد یافت (خرمیان و اشرفی زاده، ۱۳۹۷). استفاده از این روش در منطقه شمال خوزستان موجب حذف آب مربوط به تهیه زمین می‌شود، اما در برخی استان‌ها از جمله استان فارس ممکن است در کاهش دو تا سه نوبت آبیاری مؤثر باشد (افشار و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل ۳۰- کاشت مستقیم ذرت در بقایای گندم و تأمین آب موردنیاز با نوارهای تیپ در استان خوزستان

در کاشت مستقیم ذرت به روش بی خاک‌ورزی، مازاد بقایای مزرعه پس از برداشت محصول قبل (که در خوزستان معمولاً گندم است) با دستگاه بیلر بسته‌بندی و از زمین خارج می‌شود. آنچه باقی می‌ماند بقایای ایستاده‌ای به طول تقریبی ۳۰ سانتی‌متر هستند که تمام سطح مزرعه را می‌پوشانند و ذرت باید روی آنها کشت شود. این بقایای سرپا باید از خطر آتش‌سوزی، چرای دام، تردد دام سنگین، نشت آب از مزارع تحت آبیاری مجاور، تردد بی‌رویه تراکتورها و ادوات مزرعه آنها و عوامل مشابه در امان ماند تا بستری مناسب برای کشت ذرت فراهم شود. نکته مهم آن است که محصول قبل (مثلاً گندم) باید با خطی کاری کشت شده باشد که فارو ۷۵ سانتی‌متر هنگام کاشت استفاده کرده است، در این صورت پس از برداشت محصول قبل یک بستر مناسب با فاصله‌های پشته ۷۵ سانتی‌متر برای آغاز کاشت بی‌خاک‌ورزی ذرت ایجاد

1 - Zohry

می‌شود. ردیف کار کاشت مستقیم مجهز به دو سری مخزن مجزا برای کود و بذر است، به طوری که هنگام حرکت در زمین در یک مرحله عبور روی سطح خاک، کود و بذر را به طور مجزا اما هم‌زمان در دو عمق مختلف خاک قرار می‌دهد و از زمین خارج می‌شود. پس از کاشت می‌توان نوارهای تیپ را روی سطح پشته‌ها قرار داد و مانند شیوه‌های رایج مراحل نصب سیستم را طی کرد.

باید دقت شود که در مرحله کارگذاری، لوله‌های تیپ تحت تأثیر بقایا آسیب نبینند. یکی از ویژگی‌های کاشت مستقیم در بقایا حذف ماشین‌های خاک‌ورز است، از این رو اگر نوارهای تیپ در عمق مناسب (حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) قرار داده شوند می‌توان برای چند فصل کاشت از لوله‌های تیپ استفاده کرد، در نتیجه هزینه‌های خرید نوارهای تیپ به شدت کاهش می‌یابد و استفاده از سامانه قطره‌ای در کلیه مناطق توجیه اقتصادی خواهد داشت.

۹-۱۵- آبیاری قطره‌ای و کشت نشایی ذرت

در این روش، ابتدا بذر ذرت در محیط گلخانه‌ای به صورت انبوه کاشته می‌شود و پس از دو تا سه برگه شدن، با ماشین‌های نشاکار در مزرعه اصلی نشاکاری می‌شوند (شکل ۳۱). استفاده از نشای سه‌هفته‌ای ذرت در مشهد برای کاشت در اواسط خرداد نسبت به کشت مستقیم بذر، به دلیل عملکرد بالاتر توصیه شده است (غیاث‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳). مقایسه کشت نشاهای ۲۰ و ۳۰ روزه با روش کشت بذری ذرت فوق شیرین، در استان خراسان رضوی، نشان داد عملکرد آن در حالت تأمین کل نیاز آبی گیاه، در حالت کشت بذری، نشایی ۳۰ روزه و نشایی ۲۰ روزه به ترتیب ۳/۳، ۵/۴ و ۴/۷ تن در هکتار و حجم آب کاربردی آنها به روش قطره‌ای تیپ به ترتیب ۴۲۵۳، ۴۰۵۵ و ۴۰۵۳ مترمکعب در هکتار بوده است (ذوالفقاران، ۱۳۹۵).



شکل ۳۱- ماشین نشاکار در حال کاشت نشای ذرت

مطالعات نشان داده‌است که کشت نشایی بهاره نسبت به کشت بذری عملکرد بالاتری دارد اما در کشت تابستانه این چنین نیست. زیرا در کشت تابستانه سرعت رشد کاشت بذری بیش از سرعت رشد کاشت نشایی ذرت است و همین امر موجب

شده تا اختلاف معنی‌داری در بهره‌وری آب کشت نشایی و بذری در کشت تابستانه وجود نداشته باشد. مقایسه دو روش کاشت نشایی و بذری ذرت در کرت‌های کوچک آزمایشی در منطقه چهارمحال بختیاری نشان داده‌است که بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک و بلال از کشت نشایی به دست می‌آید. در کشت نشایی ذرت اندکی مراحل رشدی جلوتر از کشت بذری اتفاق می‌افتد و به‌نوعی طول دوره رشد، نسبت به کشت بذری، بیشتر است و بنابراین پیش از شروع فصل سرما، ظهور گل‌آذین در ذرت (تاسل) و تشکیل بلال اتفاق می‌افتد (علی‌محمدی نافچی و نوربخشان، ۱۳۹۷).

یکی از مشکلات کشت نشایی ذرت، لزوم آبیاری سریع پس از نشانیدن نشا در زمین باهدف جلوگیری از وارد آمدن تنش آبی به گیاه است. در حالت رایج در زمین‌های زیر شبکه، فاصله بین کاشت نشا تا آبیاری آن یک روز است. در این فاصله زمانی و با توجه به خشکی خاک و دمای بالای هوا در برخی مناطق مانند استان خوزستان، ممکن است تنش آبی شدیدی به نشا وارد شود. از طرفی، ذرت دانه‌ای یا علوفه‌ای معمولاً در قطعات با وسعت بالاتر از چند هکتار کشت می‌شود. بنابراین اگر قرار باشد دستگاه نشاکار روزی ۲ تا ۳ هکتار کشت کند، آبیاری تمام قطعه به صورت هم‌زمان امکان‌پذیر نخواهد بود. آنچه مسلم است کاشت نشایی ذرت دانه‌ای یا علوفه‌ای تابستانه در مناطق گرم، به‌رغم امکان کاهش مصرف آب، توجیه فنی و اقتصادی کافی ندارد. کشت نشایی ذرت ممکن است مشکلات دیگری نیز داشته باشد مانند: هزینه‌های تولید و انتقال نشا به زمین اصلی، لزوم به‌کارگیری نیروی کارگری ماهر برای اجرای عملیات اپراتوری نشاکار، سرعت کم دستگاه نشاکار، وارد شدن شوک به نشاها در زمان انتقال از خزانه به زمین اصلی. با پیشرفت فناوری، این مشکلات مرتفع خواهد شد. کشت نشایی ذرت با وجود این مشکلات مزیت‌هایی نیز دارد. بهبود استفاده از نهاده‌های بذر و کود در واحد سطح، کاهش دوره رشد در مزرعه و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید، حذف حجم آب آبیاری در مرحله خاک‌آب تا جوانه‌زنی بذر که حداقل ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است، و در نهایت افزایش کارایی مصرف آب، رسیدن به تراکم مطلوب، کنترل مؤثرتر آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز از جمله این مزیت‌ها هستند.

۱۵-۱۰- آبیاری پالسی

آبیاری پالسی^۱ عبارت است از یک دوره کوتاه آبیاری و در ادامه آن یک دوره کوتاه استراحت که این چرخه تا زمان تأمین آب موردنیاز گیاه تکرار می‌شود (اریک^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌صورت پالسی این امکان را فراهم می‌آورد که نفوذ عمقی در خاک‌های سبک، و رواناب در خاک‌های سنگین به حداقل ممکن کاهش یابد و میزان خیس شدگی اطراف نوار تیپ متناسب با الگوی رشد ریشه باشد. استفاده از روش آبیاری پالسی در مرحله خاک‌آب تأثیر بسزایی در کاهش مدت زمان آبیاری، افزایش یکنواختی توزیع و کاربرد آب دارد. در شرایطی که منابع آب محدود است، استفاده از روش آبیاری پالسی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان در یک روز واحدهای بیشتری از مزرعه را آبیاری کرد. مطالعات اولیه نشان می‌دهد که استفاده از این روش در ذرت علوفه‌ای با برنامه کاربرد عمق آب آبیاری در چهار پالس، در شرایط اقلیمی کرج موجب افزایش بهره‌وری آب به میزان ۱۷ درصد می‌شود (محمدی و همکاران، ۱۳۹۹).

1 - Pulsed Irrigation

2 - Eric

۱۵-۱۱- کم‌آبیاری قطره‌ای

نتایج مطالعات مؤید این نکته است که برای افزایش بهره‌وری آب، به‌ویژه در مناطقی با محدودیت منابع آب، پیشنهاد می‌شود از روش کم‌آبیاری برای کاشت ذرت استفاده گردد (زوارت^۱، ۲۰۱۰). یکی از ویژگی‌های مهم استفاده از روش آبیاری قطره‌ای در کشت گیاهان زراعی، تأمین کل یا بخشی از نیاز آبی گیاه به‌صورت تقریباً یکنواخت در کل مزرعه است. کم‌آبیاری شیوه‌ای است مدیریتی که در شرایط کمبود آب به‌طور آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود با دریافت آب کمتر، محصول خود را کاهش دهد. با اعمال کم‌آبیاری ملایم، به‌رغم کاهش عملکرد، مقدار بهره‌وری آب افزایش خواهد یافت (شکل ۳۲). کاهش عملکرد در تأمین ۷۵ تا ۸۰ درصد آب کاربردی ناچیز است و گیاه به نوعی برای مقابله با آن و تأمین نیاز آبی خود مجبور به ریشه دوانی بیشتر برای جذب آب از پروفیل خاک است. در این شرایط، مقدار بهره‌وری آب با اعمال کم‌آبیاری به میزان معنی‌داری افزایش می‌یابد. بنابراین، مناطقی که با محدودیت جدی منابع آب مواجه‌اند ولی در اثر بارش‌های پاییزی و زمستانه ذخیره رطوبتی مناسبی در پروفیل خاک وجود داشته باشد، می‌توان به‌جای آیش گذاشتن زمین با رعایت کامل اصول کم‌آبیاری اقدام به کشت کرده و سود لازم را به‌دست آورد. در این نوع بهره‌برداری از زمین زراعی، باید به این نکته توجه داشت که با توجه به استفاده حداکثر از رطوبت و فقدان نفوذ عمقی آب به لایه‌های پایین پروفیل خاک، امکان شور شدن زمین‌ها در درازمدت وجود خواهد داشت. از این رو برای پایداری استفاده از منابع خاک، در این استراتژی باید برای انتقال نمک تجمع یافته در لایه‌های تقریباً سطحی پروفیل حداقل یک‌بار در سال خاک را شست.



شکل ۳۲- وضعیت ظاهری ذرت در کم‌آبیاری (سمت راست) و آبیاری کامل (سمت چپ)

۱۵-۱۲- هوشمندسازی آبیاری قطره‌ای تیپ در مزارع ذرت

بیشتر مزارع ذرت مجهز به آبیاری قطره‌ای تیپ ابزار پایش رطوبت یا سامانه هوشمند آبیاری ندارند. حال آنکه هوشمندسازی آبیاری قطره‌ای نسبت به دیگر سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به مراتب ساده‌تر است و از مزیت‌های این

¹ Zwart

روش محسوب می‌شود. هوشمندسازی آبیاری قطره‌ای تیپ موجب می‌شود به راحتی بتوان از راهکارهای دیگر آبیاری مانند کم‌آبیاری و آبیاری پالسی به خوبی بهره‌گرفت و شرایط را برای افزایش بیشتر بهره‌وری آب مهیا کرد.

۱۵-۱۳- قرارگیری نوارهای تیپ در عمق کم

قرارگیری نوارهای تیپ در عمق اندکی از سطح زمین (حداکثر ۵ سانتی‌متر) و هم‌زمان با کاشت بذر با استفاده از دستگاه تیپ پهن کن موجب می‌شود تا از جابه‌جایی نوارهای تیپ بر اثر هجوم پرندگان یا وزش باد جلوگیری شود. ضمن آنکه قرارگیری نوارهای تیپ در عمق کم موجب می‌شود تا در انتهای فصل نوارها به راحتی از زیر خاک بیرون آورده شوند.

۱۵-۱۴- تأمین نوارهای تیپ با کیفیت از تولید به مصرف

بخش قابل توجهی از هزینه سامانه آبیاری قطره‌ای، تأمین نوارهای تیپ با کیفیت مرغوب است. به نظر می‌رسد اگر کشاورزان بتوانند تعاونی‌های توزیع نوارهای تیپ را در کنار سایر تعاونی‌های توزیع کود و سم ایجاد کنند، بتوان نوارهای مرغوب تیپ را با صرف هزینه کمتر و از شرکت‌های معتبر خریداری کرد.

۱۵-۱۵- استفاده از ماشین برای توزیع و جمع‌آوری نوارهای تیپ

بخشی از هزینه‌های استفاده از نوارهای تیپ در آبیاری گیاهان ردیفی مربوط به پهن کردن نوارهای تیپ توسط کارگر است که زمان بر بودن نیز هست (شکل ۳۳). با مجهز شدن به امکانات فنی، تا حد زیادی می‌توان هزینه‌های اولیه پهن کردن نوارهای تیپ را کاهش داد.



شکل ۳۳- استفاده از ماشین برای پهن کردن نوارهای تیپ روی پشته‌ها

۱۵-۱۶- آموزش و ترویج

بهره‌برداری و نگهداری نادرست از سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ و بازدید از مزارعی با این نوع بهره‌برداری، تمایل کشاورزان را به استفاده از این روش از بین می‌برد که نتیجه آن محقق نشدن هدف‌های در نظر گرفته شده است. آشنایی اندک

بهره‌برداران با نحوه سرویس و نگهداری سامانه و مدیریت و برنامه‌ریزی نامناسب در دوره رشد از موانع اصلی افزایش بهره‌وری محسوب می‌شود. بسیاری از کارشناسان پهنه که با کشاورزان در ارتباط‌اند، اغلب تخصص زراعت دارند و به‌رغم وجود نشریات متنوع و برگزاری کلاس‌های متنوع آموزشی در زمینه سامانه‌های آبیاری، توانایی رفع مشکلات فنی سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ یا دیگر سامانه‌ها را ندارند. با این همه، استمرار در توانمندسازی مروجان از یک طرف و برگزاری کلاس‌های آموزشی کاربردی مختصر و مفید برای کشاورزان می‌تواند تا حد زیادی در افزایش عملکرد محصول، کاربرد بهینه آب و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب مؤثر باشد.

۱۶- نیازهای پژوهشی تکمیلی

محدودیت منابع آب و متعاقب آن اهمیت استفاده بهینه و مؤثر از آب ورودی به مزرعه، لزوم آینده‌نگری در توسعه و بهبود روش آبیاری قطره‌ای تیپ برای محصولات مختلف و از جمله ذرت دانه‌ای یا علوفه‌ای را دوچندان کرده است. همان‌طوری که در این نشریه اشاره گردید، بیشترین مطالعات آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت در زمینه الگوی کاشت یک و دو ردیفه با سطوح مختلف آب کاربردی است که خوشبختانه قسمتی از نیازهای فنی بهره‌برداران را پوشش می‌دهد. با این همه، برای افزایش هرچه بیشتر بهره‌وری آب و توجیه اقتصادی استفاده از نوارهای تیپ در زراعت ذرت لازم است که پژوهش‌های تکمیلی صورت گیرد که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

الف- آرایش نوارهای تیپ

- ✓ ارزیابی الگوهای کاشت غیرمتعارف با هدف کاهش مقدار نوار تیپ مصرفی در بافت‌های مختلف خاک.
- ✓ استانداردسازی آرایش نوارهای تیپ و فاصله قطره‌چکان‌ها با هدف استفاده در بافت‌های مختلف خاک.

ب- مدیریت آبیاری با استفاده از ابزارهای پایش رطوبت خاک

- ✓ ارزیابی و مقایسه شیوه‌های مختلف مدیریت آبیاری با استفاده از ابزارهای پایش رطوبت.
- ✓ هوشمندسازی سامانه برای کاربردی کردن روش‌های کم آبیاری، آبیاری پالسی و

ج- آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

در کشورهای پیشرفته، روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت گیاهان زراعی و باغی به گونه‌ای است که از نوارهای تیپ برای چندین سال در آبیاری مزارع استفاده می‌شود. در این زمینه، کشورهایی مانند آمریکا از دهه ۸۰ میلادی تحقیقات خود را آغاز کرده‌اند و در حال حاضر در ارتباط با طراحی سیستم و نحوه مدیریت آبیاری برای جلوگیری از نفوذ ریشه به داخل قطره‌چکان‌ها توفیقات بسیار زیادی به دست آورده‌اند. در مقایسه با سایر روش‌ها، که سیستم آبیاری فقط نقش تحویل دهنده آب به خاک را دارند و ریشه گیاه هیچ تأثیری بر عملکرد سیستم آبیاری ندارد، در این روش آبیاری لوله آبده و مشخصاً قطره‌چکان‌ها جزئی از مجموعه خاک و گیاه هستند. در این شرایط، رشد و نمو ریشه در خاک و حرکت آن به طرف گسیلنده باعث به وجود آوردن مشکلاتی در سیستم آبیاری می‌شود. بنابراین، برای رسیدن به جایگاهی که بتوان از لوله‌های آبده قطره‌چکان‌دار برای آبیاری گیاهان زراعی و باغی طی سالیان زیاد استفاده کرد، به تحقیقات گسترده و برنامه‌ریزی شده با پشتوانه مالی و مدت زمان کافی برای کسب تجربه در خاک‌های با بافت مختلف و شرایط آب و هوایی

متفاوت نیاز خواهد بود. از این رو آنچه در این دستنامه از آن به نام آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نامبرده شده، فقط قراردادن نوارهای تیپ در عمق بسیار کم (حداکثر ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) زیر خاک برای مدت زمان کوتاه یک یا حداکثر دو فصل زراعی است.

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با نوارهای تیپ برای دو حالت قابل بررسی است:

۱- خاک‌ورزی مرسوم و استفاده برای یک یا حداکثر دو فصل کاشت

۲- کشاورزی حفاظتی و استفاده برای چند دوره تناوب زراعی

با توجه به اینکه در روش کشاورزی حفاظتی زمین به صورت مرسوم تهیه نمی‌شود، نوار تیپ می‌تواند زیر سطح خاک قرار گیرد و برای یک دوره تناوب استفاده شود. در صورت موفقیت این روش، هزینه‌های مربوط به خرید، کارگذاری و جمع کردن نوارهای تیپ با توجه به دوره تناوب به شدت کاهش می‌یابد و به دلیل وجود بقایا روی سطح خاک از یک طرف و قرارگیری تیپ در زیر سطح خاک، تلفات تبخیر به حداقل ممکن کاهش خواهد یافت.

با این همه، پرسش‌های دیگری در زمینه بهره‌رایی مطرح است که با اجرای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط کشاورزی حفاظتی می‌توان پاسخ‌های مستندی ارائه داد. از جمله این پرسش‌ها می‌توان به موضوع‌های زیر اشاره کرد:

✓ روند تبخیر و ترق ذرت و تعیین میزان کاهش تبخیر در مقایسه با شرایط خاک‌ورزی مرسوم

✓ کم‌آبیاری ذرت

✓ ارزیابی چالش‌های گرفتگی روزنه‌های تیپ و نحوه رفع آنها

✓ آرایش کاشت و فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

د- مدیریت‌های به‌زراعی در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

✓ استانداردسازی حد بهینه مصرف کود و روش‌های مصرف آن، وضعیت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

✓ تحقیق در زمینه کشت نشایی و نیز هماهنگ شدن مکانیزاسیون برای استفاده از دستگاه‌های نشاکار.

۱۷- نتیجه‌گیری

در حال حاضر بهره‌وری آب ذرت در ایران پایین‌تر از بهره‌وری آب ذرت در کشورهای مهم تولیدکننده این محصول است و تجربه‌های جهانی در زمینه بهبود بهره‌وری آب در محصول ذرت نشان می‌دهد که بخشی از آن مدیون پیشرفت‌های فناورانه در زمینه‌های مختلف و از جمله توسعه آبیاری قطره‌ای است. توسعه آبیاری قطره‌ای ذرت دانه‌ای یا علف‌های متأثر از وضعیت محدودیت منابع آب و نسبت سود به هزینه حاصل از اجرای سامانه قطره‌ای، در مقایسه با آبیاری سطحی، است. روش آبیاری قطره‌ای تیپ ذرت، به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا، ممکن است برای کشاورزان خرده‌پا در برخی مناطق ایران مقدور نباشد اما با شناسایی مناطقی که با محدودیت منابع آبی مواجه‌اند می‌توان چالش‌های موجود در توسعه آبیاری قطره‌ای ذرت را که بیشتر اقتصادی است، با راهکارهای فنی ارائه شده در این دستنامه مرتفع کرد به طوری که

استفاده از این سامانه توجیه اقتصادی داشته باشد. برای موفقیت‌آمیز بودن استفاده از آبیاری قطره‌ای تیپ در زراعت ذرت باید مسائل فنی به خوبی رعایت شود. برخی از این موارد به شرح زیر است:

۱- استفاده از نوارهای تیپ پلاک دار با ضخامت ۱۷۵ میکرون تولید شده در شرکت‌های معتبر با طول توصیه شده (۷۰ تا ۸۰ متر) و فشار کارکرد مناسب (۰/۷ تا ۰/۸ بار) برای کاشت ذرت توصیه می‌شود. در این خصوص فاصله روزنه‌ها در نوارهای تیپ باید با بافت خاک مطابقت داشته باشد تا همپوشانی رطوبت اتفاق افتد (استفاده از تیپ‌های با فاصله‌های روزنه ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر برای خاک‌های با بافت به ترتیب سبک، متوسط و سنگین).

۲- کارگذاری نوارهای تیپ با ماشین‌های مخصوص و مراقبت از نوارهای تیپ در حین کارگذاری، در طول دوره رشد و در صورت نیاز تعویض اتصالات معیوب.

۳- احتمال گرفتگی نوارهای تیپ برای یک فصل کاشت ذرت ناچیز است به شرط آنکه از سامانه فیلتراسیون مناسبی استفاده شود و برنامه شستشوی فیلترها در دوره رشد به خوبی رعایت شود.

۴- فاصله قرارگیری نوارهای تیپ در زراعت ذرت ۷۵ سانتی‌متر است که با استفاده از آرایش کاشت‌های دیگر که به صورت مفصل در این نشریه توضیح داده شد، می‌توان آن را افزایش و هزینه خرید و کارگذاری در واحد سطح را کاهش داد.

۵- کارآمدی آبیاری قطره‌ای تیپ در رعایت برنامه‌ریزی آبیاری (دور و مقدار آب آبیاری) است که معمولاً این برنامه در دفترچه طراحی برای گیاهان مختلف و از جمله ذرت ارائه شده است. طرح‌هایی که به صورت خودیاری و بدون طراحی توسط بهره‌بردار اجرا می‌شود نیاز به آموزش‌های ترویجی دارد.

۶- بخشی از افزایش عملکرد ذرت ناشی از کاربرد و مدیریت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی است و بخش مهم دیگر مهیا بودن شرایط لازم از جمله: نور، دما و مواد مغذی در خاک، و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مزرعه است. بنابراین، با اعمال مدیریت‌های بهزرایی می‌توان عملکرد را افزایش داد. در این زمینه کاربرد درست کودهای ماکرو و میکرو نقش اساسی در افزایش عملکرد خواهد داشت.

۷- ذرت یکی از کشت‌های مکانیزه به شمار می‌رود. کولتیواتور زدن (استفاده از کولتیواتور تیغه‌ای و بیلچه‌ای) و در مواردی کاربرد سموم برای کنترل علف‌های هرز در مرحله ۴ تا ۶ برگ ذرت از عملیات مکانیزه رایج در زراعت ذرت به شمار می‌رود. در مزارع مجهز به سیستم آبیاری قطره‌ای تیپ، به دلیل کاهش آب کاربردی، تراکم علف هرز پایین‌تر از مزارعی است که روش آبیاری سطحی رواج دارد. بنابراین، در صورتی که مزرعه مجهز به سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ وسعت کمی داشته باشد (کمتر از ۵ هکتار)، می‌توان از سم‌پاش پستی به صورت لکه‌ای (در نقاطی که تراکم علف هرز زیاد است) برای کنترل علف هرز استفاده نمود. در صورتی که سطح مزرعه زیاد باشد، کنترل علف هرز بدون استفاده از کولتیواتور و سمپاشی با تراکتور امکان‌پذیر نیست. در این حالت به علت قرارگیری چرخ‌های تراکتور روی نوار تیپ در مسیر دور زدن تراکتور احتمال آسیب دیدگی (بریدگی یا سوراخ شدگی) لوله تیپ وجود دارد که پس از عملیات کولتیواتور بایستی ترمیم شوند.

۸- ذرت گیاهی است آب‌دوست و در مقابل کم‌آبی یا تنش آبی بسیار حساس است. بنابراین با توجه به میزان محدودیت منابع آبی، می‌توان نواحی کشت ذرت را به سه منطقه کم آب، متوسط و پر آب تقسیم کرد و برای هر یک از این مناطق مدیریت جداگانه‌ای را اعمال کرد:

برای مناطق کم آب، تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی با تراکم بوته ۷۵۰۰۰ در هکتار و آرایش کاشت یک ردیفه؛ مناطق با منابع آبی متوسط، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته و آرایش کاشت دو ردیفه؛ و برای مناطق با منابع آبی غنی،

تأمین ۱۲۵ درصد نیاز آبی با تراکم ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار و آرایش کاشت دو ردیفه توصیه می‌شود. این توصیه‌ها در حالتی است که سایر نهاده‌های تولید شامل نور، دما و مواد مغذی در خاک برای حصول به حداکثر تولید مهیا باشند.

۹- با توجه به اینکه راندمان کاربرد آبیاری قطره‌ای بالاتر از سایر سامانه‌های آبیاری است (حدود ۸۰ تا ۹۵ درصد)، بنابراین اگر ۷۵ درصد نیاز آبی (کم‌آبیاری) یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت تأمین شود، آنگاه نفوذ عمقی آب در پروفیل خاک بسیار ناچیز خواهد بود. این شیوه مدیریتی ممکن است در درازمدت باعث تجمع نمک در لایه سطحی خاک شود. به ویژه در مناطقی که میزان بارش سالانه در آنها کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است. در این شرایط لازم است پس از برداشت محصول، یک نوبت آبیاری سنگین در فصل پاییز یا زمستان اجرا شود تا نمک‌های تجمع یافته در لایه سطحی خاک شسته و به عمق پروفیل خاک انتقال داده شود.

۱۰- محدودیت منابع آب شیرین باعث شده تا از آب‌های شور و لب‌شور در کشاورزی استفاده شود. آستانه خسارت ذرت در اثر شوری آب آبیاری حدود ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و میزان کاهش عملکرد بلال تازه برای هر ۱ دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب آبیاری حدود ۱۲ درصد است. با این توصیف، بهترین سامانه آبیاری در شرایط استفاده از منابع آب شور، آبیاری قطره‌ای تیپ است زیرا استفاده از این شیوه، در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری، باعث شده تا به‌صورت مداوم غلظت املاح در محل ریشه پایین بماند و شرایط مناسب‌تری برای جذب آب فراهم آید. در صورتی که منابع محدود آب شیرین در اختیار باشد به جای کم‌آبیاری با آب شیرین می‌توان آبیاری یک در میان با آب شور و شیرین را به کار بست. عملی کردن این راهکار موجب افزایش عملکرد و افزایش توجیه اقتصادی استفاده از نوارهای تیپ را به همراه خواهد داشت.

۱۱- یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش هزینه‌ها، کاشت مستقیم ذرت در بقایای کشت قبلی، مانند گندم، است. در این حالت، علاوه بر کاهش تردد ماشین‌های کشاورزی از ۹ بار به ۲ بار، وجود بقایای کشت قبلی موجب کاهش تبخیر از سطح می‌شود. در این حالت بهره‌وری آب و کارایی مصرف کود در آبیاری قطره‌ای تیپ بالاتر خواهد بود تا در آبیاری سطحی به شرط آنکه علف‌های هرز به خوبی کنترل شده باشند.

۱۸- منابع

- آخوان، ک. و شیرینی، م.ر. ۱۳۸۸. بررسی سطوح مختلف آب و آرایش کاشت ذرت دانه‌ای به روش قطره‌ای نواری در منطقه مغان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۸۸/۱۴۰۵
- اسفندیاری، ص. و افشارمنش، غ.ر. ۱۳۸۹. اثر دور آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای با روش آبیاری تیپ در منطقه جیرفت. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- اشرفی، ش. و صدر قائن. ۱۳۹۳. بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۰ در آبیاری قطره‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۳. جلد ۸. ص. ۴۶۱-۴۵۳
- اشرفی، ش. و نجفی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، تراکم بوته و آرایش کاشت بر بهره‌وری آب ذرت دان ای رقم سینگل کراس ۷۰۰. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

- اشرفی، ش.، صدر قائن، ح. و باغانی، ج. ۱۳۹۳. بررسی اثر تراکم بوته و سطوح مختلف آب بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۰. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۲۸. شماره ۶. ص. ۴۶۱-۴۵۳
- افراسیاب، پ.، دلبری، م. و جعفری، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری، تراکم بوته، و آرایش کاشت در روش آبیاری قطره‌ای- نواری بر عملکرد اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در اسلام‌آباد غرب. تحقیقات آب و خاک. دوره ۴۷، شماره ۴. ص. ۷۴۱-۷۳۱.
- افشار، ا.، زارع، ا. و نجفی نژاد، ح. ۱۴۰۰. بهینه‌سازی مصرف آب در تولید ذرت با کاربرد روش‌های مختلف کاشت و آبیاری. نشر آموزش کشاورزی. شماره ثبت ۵۹۳۸۴.
- افشار، ه.، اشرفی، ش. و حسن‌زاده مقدم، ه. ۱۳۸۶. کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطوح مختلف آبیاری در زراعت ذرت دانه‌ای رقم کرج ۷۰۰ در منطقه مشهد. سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار. ص. ۲۹۳-۲۸۳.
- آذری، ا.، برومند نسب، م. و بهزادم. معیری، م. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای نواری. نشریه علمی کشاورزی شماره ۳۰، جلد ۲. ص. ۸۸-۸۱.
- آزاد، ن.، بهمنش، ج.، رضاوردی نژاد، و.، عباسی، ف. و نوایان، م. ۱۳۹۷. کاربرد مدل HYDRUS-2D در شبیه‌سازی آبشویی نیترات و جذب نیتروژن در کشت ذرت تحت سناریوهای مختلف کودآبیاری قطره‌ای. مدیریت آب و آبیاری. دوره ۸. شماره ۱. ص. ۱۳۱-۱۴۸.
- آفرینش، ع. اشرفی زاده، س. ر.، خرمیان، م. رضا بیگی، م.، زاده دباغ، غ.، ماکنالی، آ.، معیری، م. و میرزاشاهی، ک. ۱۴۰۰. راهنمای کاشت، داشت و برداشت ذرت در استان خوزستان. انتشارات موسسه آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۷۴ صفحه.
- باغانی، ج. و خوشبزم، ر. ۱۳۸۶. بررسی تولید و کارایی مصرف آب آبیاری در محصولات زراعی چغندر قند، سیب‌زمینی گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه‌ای در روش‌های آبیاری قطره‌ای و سطحی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- بخشایش، م.، کشاورز، ع.، شریعتمدار، م. ح.، فکاری سردهایی، ب. ۱۳۹۹. گزارش اقتصاد کشاورزی. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب.
- پوربنادکوک، ن.، دادمهر، ر. اشرفی، ش. و نجفی، ا. ۱۳۸۷. تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای رقم جدید سینگل کراس ۷۰۰. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده مهندسی علوم آب. ۸ الی ۱۰ بهمن‌ماه.
- حسن لی، م. ابراهیمیان، ح. و پارسی نژاد، م. ۱۳۹۳. بررسی امکان کاربرد آب شور در آبیاری قطره‌ای در جهت پایداری اراضی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۸، شماره ۵: ۹۲۹-۹۱۸.
- خرمیان، م. و اشرفی زاده، س. ر. ۱۳۹۷. اثر آبیاری قطره‌ای و بی خاک‌ورزی بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری سه هیبرید ذرت در شمال استان خوزستان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۴۷۰۳.
- خوش‌سیمام، م. و نوری، ح. ۱۳۹۸. اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و صفات زراعی سه هیبرید ذرت با استفاده از آبیاری قطره‌ای نواری. تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۵۰، شماره ۸. ص. ۲۰۳۸-۲۰۴۹.
- دفتر حفاظت و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی، شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۹. دشت‌های ممنوعه کشور. ۷۸ صفحه.

- دهقانی سانج، ج. ۱۳۹۲. بررسی بیلان انرژی به منظور تخییر و تعرق گیاه ذرت و اجرای آن در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۴۴۴۵۴
- ذوالفقاران، ا. علیزاده، ا. خاوری، س.، بنایان، م. و انصاری، ح. ۱۳۹۵. بررسی و مقایسه بهره‌وری آب در کشت نشایی و مستقیم ذرت در رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۰ شماره ۴. ۵۰۸-۵۱۹.
- ذوالفقاران، ا. علیزاده، ا. خاوری، س.؛ بنایان، م. و انصاری، ح. ۱۳۹۵. بررسی و مقایسه بهره‌وری آب در کشت نشایی و مستقیم ذرت در رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۰، شماره ۴، ص. ۵۰۸-۵۱۹.
- رسولزاده، م.ع.؛ صدرآبادی حقیقی، ر. و خاوری، س. ۱۳۹۵. مقایسه دو روش کشت نشایی و مستقیم بر روی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین، چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، تهران، موسسه آموزش عالی نیکان.
- شاهرخ نیا، م.ع. ۱۳۹۱. مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های مختلف اندازه‌گیری رطوبت خاک در آبیاری مزارع ذرت. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- شاهرخ نیا، م.ع.، زارع، ا. و استخر، ا. ۱۳۸۹. تعیین میزان آب مصرفی، راندمان آبیاری و کارایی مصرف آب در مزارع چهار شهرستان استان فارس. مجموعه مقالات دومین کنگره سراسری مدیریت جامع منابع آب. ۹ و ۱۰ بهمن ۱۳۸۹. دانشگاه شهید باهنر. کرمان. ایران.
- شیخ‌الاسلامی، م.ب. و نائل، م.ک. ۱۳۸۸. بررسی و مقایسه میزان مصرف آب و عملکرد تولید گیاه ذرت با دو روش آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری سنتی. همایش ملی مدیریت بحران آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
- صمدوند، س.، تاج‌بخش، م. انوری، ک. و احمدآلی، ج. ۱۳۹۳. تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری و نشتی در کشت یک و دو ردیفه بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای. نشریه علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۷۰، ص. ۱۱۳-۱۱۹.
- عباسی، ف.، ناصری، ا.، نجخوانی مقدم، م. سلامتی، ن. جلینی، م. خرمیان، م. اکبری، م. ۱۳۹۷. مقایسه برخی شاخص‌های مدیریت مصرف آب در تولید ذرت علوفه‌ای در پایاب شبکه‌های آبیاری مدرن و سنتی. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۷۳(۱۹): ص. ۱۴۳-۱۵۶.
- عباسی، ن. ۱۳۹۶. تحلیل‌های فنی در مدیریت و مهندسی کشاورزی ایران (جلد دوم). انتشارات موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۴-۹۶ک.
- علیمحمدی نافچی، ر. و نوربخشیان، س. ج. ۱۳۹۷. ارزیابی عملکرد ذرت علوفه‌ای در کشت نشایی و بذری و برآورد کارایی مصرف آب در سه سیستم تیپ، بارانی و سطحی. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۵۴۰۴۰.
- غیاث‌آبادی، م.؛ خواجه حسینی، م. و محمدآبادی، ع. الف. ۱۳۹۳. بررسی اثر تاریخ نشاکاری بر شاخص‌های رشد و عملکرد علوفه ذرت در منطقه مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، دوره ۱۲، شماره ۱، صفحات ۱۳۷ الی ۱۴۵.
- فریدونی، م.ج.، فرجی، ه. و صدقی اصل، م. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد و صفات مورفولوژیک ذرت شیرین با کاربرد سطوح مختلف آبیاری و روش‌های کشت. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد نهم، شماره دوم.

- فرشی، ع.، شریعتی، م.ر.، جباراللهی، ر.، قائمی، م.ر.، شهبابی فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول، گیاهان زراعی. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۸۹۹ صفحه.
- کریمی، ا.، همایی، م.، معزاردلان، م.، لیاقت، ع. و رئیسی، ف. ۱۳۸۵. اثر کودآبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت به روش آبیاری قطره‌ای خطی. مجله علوم کشاورزی. سال دوازدهم. شماره ۳.
- کریمی، م. ۱۳۸۸. بررسی کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کشت یک ردیفه و دو ردیف تحت سیستم‌های نشتی و میکرو. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- کشاورز، ع.، فکاری سردهایی، ب.، بیکی، ا.، خسروی، ع.، فارسی، م.م.، ملکیان، ر. و نزنند علی، ع. ۱۳۹۹. چالش‌های بخش کشاورزی کشور. مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب. ۴۴ صفحه.
- کنعانی، آ.، اخوان، س. و دهقانی، ح. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر-سطحی. کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب. مقاله CEWE01_061.
- کوهی چله کران، ن.، علیزاده، ا.، اشرفی، ش. و نجفی، ا. ۱۳۸۴. تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای و تراکم بوته بر کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کشت یک و دو ردیف. مجله پژوهشنامه علوم کشاورزی. جلد ۱ شماره ۶: ۵۸-۴۹.
- کوهی چله کران، ن. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب ذرت در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری در کرمان. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ثبت ۸۹/۷۳۷.
- کوهی چله کران، ن.، دهقانی سانچ، ح. نقوی، ه. و کنعانی، ا. ۱۳۹۹. بررسی تغییرات عملکرد و بهره‌وری آب در ارقام مختلف ذرت دانه‌ای تحت مدیریت آبیاری با روش‌های آبیاری قطره‌ای نواری و شیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۵ جلد ۱۴: ص. ۱۶۴۹-۱۶۳۹.
- کیانی، ع. ر. و مساوات، ا. ۱۳۹۵. اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری یک‌درمیان با آب شور-غیر شور بر روی عملکرد ذرت و توزیع رطوبت و شوری در نیمرخ خاک. نشریه آب و خاک، جلد ۳، شماره ۵ ص. ۱۶۰۶-۱۵۹۵.
- کیانی، ع. ر. و مساوات، ا. ۱۳۹۴. بررسی راهکارهای مختلف آبیاری یک‌درمیان با استفاده از آب شور-غیر شور در عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای. تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۱. ۱-۱۰.
- ماهرخ، ع. ۱۳۹۶. پنج راهکار بهبود عملکرد کشت ذرت در ایران. خبرگزاری کشاورزی ایران (ایانا)، ۳ مهر ۱۳۹۶.
- محمدی، س.، میر لطیفی، س.م.، دهقانی سانچ، ح. و همای، م. ۱۳۹۹. تأثیر مدیریت پالسی در سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای. تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۵۱، شماره ۱۲. ص. ۳۱۳۶-۳۱۴۵.
- معیری، م.، احمدآلی، ج. و کریمی، م. ۱۳۹۳. بررسی کارایی مصرف آب سیستم‌های نشتی و میکرو در کشت یک ردیفه و دو ردیف ذرت دانه‌ای. گزارش نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- موسوی، ۱۳۸۷. ارزیابی تأثیر اجرای خودکارسازی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای (مطالعه موردی منطقه کرج). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ناصری، ا. تحلیل تابع تولید و بازدهی مصرف آب ذرت دانه‌ای در ایران. مجموعه مقالات موسسه فنی و مهندسی کشاورزی شماره ۱۳.
- هاشمی دزفولی، س.ا. ۱۳۷۳. مفهوم کارایی مصرف آب. پژوهش و سازندگی. شماره ۲۵.

- Abu-Awwad, A. 1994. Irrigation method and water quantity effects on sweet corn. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 173(3-4): 271-278.
- Amer, K. H. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agricultural Water Management*. 97(10): 1553–1563.
- Brosz, D. D., and Wiersma, J. L. 1974. Comparing trickle, subsurface and sprinkler irrigation systems. Presented at annual meeting of the ASAE, June 23- 26, paper No: 74-2045
- Cai, X., and M. W. Rosegrant. 2003. 10 World Water Productivity: Current Situation and Future Options. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement 1*: 163–178.
- Camp, C.R., Sadler, E.J. and Busscher, W.J. 1989. Subsurface and alternate middle micro irrigation for the southeastern coastal plain. *Transaction of the ASAE*. 32 (2): 451-456.
- Clark, R.N. (1979). Furrow sprinkler, and drip irrigation efficiencies in corn. ASAE paper No. 79-2111. St. Joseph, Mich. ASAE.
- Colaizzi, P.D., Schneider, A.D., Evett, S.R. and Howell, T.A. 2004. Comparison of SDILEPA, and spray irrigation performance for grain sorghum. *Trans. ASAE*, 47: 1477–1492.
- Cooper, P.J.M., Gregory, P.J., Keatinge, J.D.H. and Brown, S.C., 1987. Effects of fertilizer, variety and location on barley production under rainfed conditions in Northern Syria 2. Soil water dynamics and crop water use. *Field Crops Research*, 16(1): pp.67-84.
- Csizinszky, A. A. 1980. Yield and water use of vegetable crops with seepage and drip irrigation systems. *Florida Scientist*, 43(4)285-295.
- Csizinszky, A. A. 1980. Yield and water use of vegetable crops with seepage and drip irrigation systems. *Florida Scientist*: 43(4)285-295.
- Dooronbos, J., Kassam, A.H., 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy, 193 p
- Eric, S., S. David, and Robert H. 2004. To pulse or not to pulse drip irrigation that is the question. UF/IFAS, horticulture science department. Florida, USA NFREC-SV-Vegetarian. 04-05.
- FAO. 2013. Promoting investment in agriculture for increased production and productivity. FAO, March 2013
- Feng, G., Zhang, Z., Wan, C., Lu, P. and Bakour, A., 2017. Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface drainage system. *Agricultural water management*: 193, pp.205-213.
- Foley, D. J., Thenkabail, P. S., Aneece, I. P., Teluguntla, P. G., Oliphant, A. J. 2019. A meta-analysis of global crop water productivity of three leading world crops (wheat, corn, and rice) in the irrigated areas over three decades. *International Journal of Digital Earth*.
- Goyal, M. R. 2015. *Research Advances in Sustainable Micro Irrigation*, 1st edn. Oakville: Apple Academic Press, Canada.
- Kang, Y., Chen, M., & Wan, S. (2010). Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1303–1309.
- Karrou M.; T. Oweis, A. E. R. Enein and M. Sherif. 2012. Yield and water productivity of maize and wheat under deficit and raised bed irrigation practices in Egypt. *Afr J Agric Res*. 7:1755–1760
- Kledzik, R., Kropkowski, M., Dudek, S., Kuśmierk-tomaszewska, R., & Źarski, J. 2017. Evaluation of economic efficiency of irrigation in corn for grain production in 2005-2016, (ii), 587–598.

- Lamm, F. R. 2005. SDI for conserving water in corn production. Northwest research and extension center, Kansas state university. EWRI
- Lamm, F., Manges, H. B., Stonc, L. R., Khan, A. and Rogers, D. 1995. Water requirement of subsurface drip irrigated corn in Kansas. *ASAE*, 38(2):441-448.
- Lamm, F.R. and Trooien, T.P. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Journal of Irrigation Science*, 22:195–200.
- Leogrande, R., Vitti, C., Lopodota, O., Ventrella, D., & Montemurro, F. 2016. Effects of Irrigation Volume and Saline Water On Maize Yield and Soil in Southern Italy. *Irrigation and Drainage*, 65(3), 243–253.
- Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., Liu, S., & Xu, J. 2017. Effect of ridge planting on reclamation of coastal saline soil using drip-irrigation with saline water. *Catena*, 150, 24–31.
- Lili, Z., Peiling, Y., Wengang, Z., Yunkai, L., Yu, L. and Chong, Z., 2021. Effects of water salinity on emitter clogging in surface drip irrigation systems. *Irrigation Science*, 39(2), pp.209-222.
- Liu, S., Kang, Y., Wan, S., Wang, Z., Liang, Z., Jiang, S., Wang, R., 2012. Germination and growth of *Puccinellia tenuiflora* in saline-sodic soil under drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 109, 127–134.
- Maas, E. V. and Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. *Irrigation and Drainage*, 103,115-134.
- Oktem, A., M. Siesk and G. Oktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays* Soccharata Sturt) with drip irrigation system in a semi arid region. I:Water-yield relationship. *Agric. Water Manag.* 61(1): 63-74
- Oweis, T.Y., Siadat, H. and Abbasi, F., 2009. Improving on-farm agricultural water productivity in the Karkheh River Basin. ICARDA.Project Number 08.78p.
- Panda, P.K., S.K. Behera and P.S. Kashyap. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed condition. *Agric. Water Manag.* 66(3): 181-203.Rome, Italy.
- Rhodes, D., Rich, P.J., Brunk, D.G., Ju, G.C., Rhodes, J.C., Pauly, M.H. and Hansen, L.A., 1989. Development of two isogenic sweet corn hybrids differing for glycinebetaine content. *Plant Physiology*, 91(3), pp.1112-1121.
- Sandoval, S., Orang, M., Snyder, R. L., Orloff, S., Williams, K. E., & Rodriguez, J. M. 2013. *Spatial Analysis of Application Efficiencies in Irrigation for the State of California*.
- Sorensen, R. B. and C. L. Butts. 2005. Cotton, corn and peanut yield under subsurface drip irrigation. Impact of global climate change on world water and environmental resources congress
- Sun, J., Kang, Y., Wan, S., 2013. Effects of an imbedded gravel-sand layer on reclamation of coastal saline soils under drip irrigation and on plant growth. *Agric. Water Manag.* 123, 12–19
- Thenkabail, P. S. 2010. Global Croplands and Their Importance for Water and Food Security in the Twenty-First Century: Towards an Ever Green Revolution that Combines a Second Green Revolution with a Blue Revolution. *Remote Sensing Guest Editorial for Special Issue Global Croplands 2 (9): 2305–2312.*
- Wang, D., Li, G., Mo, Y., Zhang, D., Xu, X., Wilkerson, C.J. and Hoogenboom, G., 2021. Evaluation of subsurface, mulched and non-mulched surface drip irrigation for maize production and economic benefits in northeast China. *Irrigation Science*, 39(2), pp.159-171.

- Xue, J., Ren, L., 2017. Conjunctive use of saline and non-saline water in an irrigation district of Yellow River Basin. *Irrig. Drain.* 66, 147–162.
- Zheng, H., Bian, Q., Yin, Y., Ying, H., Yang, Q., & Cui, Z. 2018. Closing water productivity gaps to achieve food and water security for a global maize supply. *Scientific Reports*, 8(1), 2–11.
- Zheng, H., Shao, R., Xue, Y., Ying, H., Yin, Y., Cui, Z., Yang, Q. H. 2020. Water productivity of irrigated maize production systems in Northern China: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 234 (July 2019), 106119.
- Zohry AA. 2005. Effect of preceding winter crops and intercropping on yield, yield components and associated weeds in maize. *Ann Agric Sci Moshtohor* 43(1):139–148.
- Zwart, S.J., 2010. Benchmarking water productivity in agriculture and the scope for improvement-remote sensing modelling from field to global scale.