نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، ص. ۵۲-۳۹

Water Management in Agriculture
Vol. 3, No. 2, Autumn and Winter 2016, 39-52

کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و پارامترهای مدیریت آن در زراعت ذرت

حسین دهقانی سانیج[۱*]، الهه کنعانی[۲] و مجید حمامی[۳]

چکیده

روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یک روش بسیار کارآمد برای استفاده بهینه از آب با به حداقل رسانیدن تلفات آب از طریق تبخیر از سطح خاک، کاهش نفوذ عمقی و درنتیجه کمک به حفظ ذخیره آب و حفظ مواد مغذی مورداستفاده گیاه است. این روش آبیاری در نقاط مختلفی از جهان بر روی محصولات مختلف ردیفی (ازجمله ذرت)، باغی و سبزیجات ارجحیت نسبتاً بالایی نسبت به سایر روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی، بارانی و سطحی به خود اختصاص داده است. همچنین در محصولات پرمصرف در کشور ایران مثل ذرت که از سطح زیر کشت بالایی نیز برخوردار است و می‌تواند نقش مؤثری در بیلان آب کشور داشته باشد دارای بازده قابل‌قبولی بوده است. در این مقاله هدف معرفی مزایا و محدودیت‌های روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای زراعت ذرت و ارائه توصیه‌های فنی برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از این سیستم در زراعت ذرت می‌باشد. به این منظور مطالعاتی بر روی نتایج تحقیقات انجام‌شده در خصوص عملکرد گیاه ذرت و بهره‌وری آب تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام شد. نتایج ارائه‌شده از مطالعات صورت گرفته نشان داد با توجه به بافت خاک ک عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار در محدوده عمق ۰/۱۵ تا ۰/۴۵ متر متغیر بود. همچنین فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر ۱/۵ متر برای ذرت کشت‌شده بافاصله ردیف‌های ۰/۷۶ متر مقرون‌به‌صرفه بود. همچنین نتایج نشان داد که عملکرد دانه ذرت، بیوماس گیاه و جذب کود نیتروژن گیاه با استفاده از کودآبیاری در طول فصل رشد تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای افزایش بیشتری بود. به‌طورکلی زمانی که با شرایط کمبود آب و تنش آبی محصول مواجه هستیم، کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند با طراحی و مدیریت صحیح باعث افزایش سطح تولید، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت و همچنین بالا بردن بهره‌وری آب آبیاری شود.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، ذرت، عملکرد، قطره‌ای زیرسطحی، مدیریت آبیاری.

مقدمه

ذرت (Zea mays L.) در قسمت اعظم دنیا یک گیاه غذایی بسیار مهم به شمار می‌آید و ازنظر تولید و سطح زیر کشت، بعد از گندم و برنج سومین محصول در میان غلات است (FAO, 2011). در سال ۲۰۱۶ کل سطح زیر کشت ذرت در جهان ۱۸۱/۱۸ میلیون هکتار برآورد شده است (USDA, 2016). در ایران طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳، حدود ۲۴۳/۳۸ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی به ترتیب با ۹۹/۵۹ و ۰/۴۱ درصد به سطح زیرکشت آبی و دیم ذرت اختصاص داشته است (آمارنامه کشاورزی ایران، ۹۴-۱۳۹۳). با توجه به قرار گرفتن ایران درمنطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک و نیز تلاش برای بالا بردن بهره‌وری مصرف آب و نیز اهمیت محصول ذرت و از طرف دیگر کاهش منابع آب شیرین در دسترس برای مصارف کشاورزی، کاهش در مقدار آب آبیاری اهمیت زیادی را در ثبات و پایداری کشاورزی دارد و در این راستا تعیین دقیق مقدار آب موردنیاز و انتخاب روش‌های توسعه‌یافته‌تر آبیاری مبتنی بر حداقل تلفات آبیاری، مبنای قابل‌قبولی برای به دست‌یابی به این هدف است (Marino et al., 2014; Liu et al, 2017). در چند دهه اخیر، روش آبیاری قطره‌ای سطحی (DI[۴]) به‌عنوان یک راه‌حل بالقوه برای شرایط کمبود آب توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Venot et al., 2014; Ayars et al., 2015). سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI[۵]) ازجمله روش‌های آبیاری است که درنتیجه کاربرد آن در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری ازجمله آبیاری سطحی، آبیاری بارانی و آبیاری قطره‌ای سطحی علاوه بر کاهش در میزان آب ورودی به مزرعه، افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب را به دنبال داشته است (Albasha et al., 2015; Lamm, 2016).

[۱] دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (* نویسنده مسئول: h.dehghansanij@areo.ir)
[۲] کارشناس ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
[۳] استاد دانشکده محیط‌زیست، البرز، کرج، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

[۴] Surface drip irrigation
[۵] Subsurface drip irrigation

سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای پتانسیل کاهش حجم آب آبیاری با کاهش سطح خیس شده خاک و درنتیجه کاهش تلفات تبخیر در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری است. از مزیت‌های سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محیط‌زیست، خاک و آب می‌توان به استفاده کارآمدتر از آب با توجه به کاهش یا حذف تبخیر از سطح خاک، رواناب سطحی و تلفات نفوذ اشاره کرد (Palacios – Diaz et al., 2009). با افزایش دور آبیاری، تنش رطوبتی و اسمزی و در موارد استفاده از پساب فاضلاب (با کاهش پاتوژن)، بو و تماس با انسان‌ها و حیوانات را به حداقل می‌رساند و همچنین رشد بوته، عملکرد و کیفیت محصول را افزایش می‌دهد (Ayars et al., 2015). تلاش برای جایگزینی تکنیک‌های آبیاری مرسوم، به‌ویژه آبیاری شیاری و بارانی با سیستم آبیاری قطره‌ای در نقاط مختلفی از جهان ازجمله در ترکیه (Karasahin, 2014)، اسپانیا (Couto et al., 2013) و در ایتالیا (Di Paolo and Rinaldi, 2008) در حال پیشرفت است. به‌طورکلی نتایج حاصل از این مطالعات کاهش در مصرف آب را به میزان ۵۵ درصد و افزایش عملکرد دانه ذرت را به میزان ۲۳–۲۱ درصد گزارش کرده است. بنابراین سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌طور مؤثر می‌تواند تولید ذرت را با افزایش تعرق محصول، کاهش یا حذف رواناب آبیاری، کاهش نفوذ عمقی، و کاهش تبخیر از سطح خاک افزایش دهد (Kosari et al., 2013). تحقیقات زیادی در نقاط مختلفی از جهان به‌منظور ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دیگر روش‌های آبیاری مرسوم و تحت‌فشار بر روی محصول ذرت اجرا شده است که در همه این تحقیقات برتری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را نسبت به دیگر سیستم‌های آبیاری به تثبیت رسانده است. ازجمله این تحقیقات می‌توان به تحقیق صورت گرفته توسط Hassanli و همکاران در سال ۲۰۰۹ اشاره کرد که در نتیجه آن عملکرد ذرت تحت دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با اعمال دو تیمار آب شیرین و فاضلاب در یک خاک لوم‌رسی مورد مقایسه قرار گرفت و به ترتیب افزایش عملکرد ۹ و ۱۲درصدی برای تیمار آب شیرین و فاضلاب تحت سیستم قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی مشاهده شد (Hassanli et al., 2009). همچنین می‌توان به تحقیق صورت گرفته توسط Douh و Boujelben در سال ۲۰۱۱ در کشور تونس اشاره کرد که در این تحقیق نیز عملکرد گیاه ذرت را تحت دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در دو عمق ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متری خطوط قطره‌چکان در یک خاک رس‌شنی مورد ارزیابی قرارداد و نتایج تحقیق افزایش عملکرد ۱۹ و ۳۰ درصدی را به ترتیب برای دو عمق ۲۰ و ۳۵ سانتی‌متری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش کرد (Douh and Boujelben., 2011). همچنین افزایش عملکرد ۳۳ و ۳۸ درصدی عملکرد ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم قطره‌ای سطحی در یک خاک لوم‌رس‌شنی در عمق خطوط قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر در کشور مصر گزارش شد (Abuarab et al., 2013). ازجمله نتایج مشابه با این تحقیق می‌توان به تحقیق دهقانی سانیج در سال ۱۳۹۲ در منطقه کرج اشاره کرد که بالاتر بودن عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم قطره‌ای سطحی به ارجحیت رساند و سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را برای مدیریت بهینه آبیاری در مزارع ذرت توصیه کرد (دهقانی سانیج، ۱۳۹۲). در تحقیق دیگری در جنوب فرانسه عملکرد ذرت و بهره‌وری آب آبیاری تحت دو سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری گان (RGI[۴]) و نیز دو فاصله لترال‌های آبیاری (۱۲۰ و ۱۶۰ سانتی‌متر) و با کارگزاری لوله‌های قطره‌چکان در عمق ۳۵ سانتی‌متری از سطح خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاهش مقدار آب آبیاری به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد توسط سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و میزان افزایش ۸ درصدی بهره‌وری آب آبیاری در مقایسه با سیستم آبیاری گان مشاهده شد و مقدار بهره‌وری برابر ۶/۳ و ۴ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و RGI بدست آمد (Albasha et al., 2015). همچنین نتایج ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در یک خاک لومی در منطقه نیمه‌خشک کرج در ایران تحت استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان داد که بالاترین عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت به سیستم قطره‌ای زیرسطحی اختصاص یافت (Kanani et al., 2016). نتایج کاربرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی بیش از ۳۰ نوع گیاه، افزایش محصول را نسبت به سایر روش‌های آبیاری، ازجمله آبیاری قطره‌ای سطحی به همراه داشته است. همچنین استفاده از سیستم قطره‌ای زیرسطحی مزایای بسیاری را برای تولید محصول ارائه می‌دهد که می‌توان به شستشوی مقادیر کمتری از مواد مغذی در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، عملکرد بالاتر محصول، سطح خاک خشک برای بهبود کنترل علف‌های هرز و سلامتی محصول و توانایی کاربرد آب و مواد مغذی به فعال‌ترین بخش منطقه ریشه اشاره کرد (Badr et al., 2010; Enciso et al., 2015). در این مقاله هدف معرفی مزایا و محدودیت‌های روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای

[۶] RainGun Irrigation

زراعت ذرت و ارائه توصیه‌های فنی برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در زراعت ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با توجه به‌ضرورت کاهش تلفات آبیاری در کشور، ضرورت دارد کاربرد روش‌های کم آب‌بر مانند روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که از مزایای زیادی ازنظر مصرف آب و تولید برخوردار است، توسعه یابد. قبل از هرگونه توسعه بایستی نقاط قوت و ضعف سیستم شناسایی‌شده و توصیه‌هایی لازم ارائه شود در این مقاله نتایج پژوهش‌های مختلف در زمینه مدیریت بهره‌برداری آبیاری قطره‌ای زیرسطحی درکشت ذرت در داخل و یا خارج از کشور مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. ضمن بررسی تأثیر روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی کاهش آب مصرفی، کارآیی آب مصرفی و عملکرد، به چگونگی اثر این روش آبیاری در کاهش مسائل و مشکلات در مقایسه با روش‌های دیگر آبیاری مورد تحلیل قرار گرفت. در این مقاله نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده و مقالات ارائه‌شده در مجامع و مجلات بین‌المللی، کنفرانس‌ها و گزارش‌های مکتوب استفاده‌شده است.

نتایج و بحث

مقایسه سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با دیگر روش‌های آبیاری برای ذرت

تحقیقات صورت‌گرفته بر روی تأثیر سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی ذرت در مقایسه با دیگر سیستم‌های آبیاری عملکرد مساوی یا بیشتر در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ارائه‌شده است (جدول ۱). در این تحقیقات نشان داده شد که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی عملکرد ذرت را در محدوده ۵۱- تا ۳۰+ درصد افزایش داد و یک میانگین افزایشی مثبتی را به خود اختصاص داد. در این مطالعات عملکرد ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۷، ۱۶ و صفر درصد بزرگ‌تر از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، آبیاری ثقلی و آبیاری بارانی بود. در یک مطالعه ۷ ساله برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آبیاری قطره‌ای سطحی و سیستم آبیاری بارانی LEPA[۵] در یک خاک لوم‌سیلتی عمیق در کانزاس بر روی ذرت، عملکرد آن به‌طور گسترده‌ای با شرایط آب و هوایی سالانه متنوع بود و نتایج حاکی از آن بود که عملکرد ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تقریباً ۵ درصد در مقایسه با سیستم بارانی بیشتر بود. اگرچه شواهد کمی وجود دارد که پیشنهاد می‌کند که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تا حد زیادی عملکرد ذرت را نسبت به سیستم‌های آبیاری دیگر که خوب مدیریت شده‌اند را افزایش می‌دهد، همچنین Lamm در سال ۲۰۱۴ پیشنهاد کرد که تحت رژیم کم‌آبیاری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند افزایش عملکرد ذرت را در سطح بیشتری نسبت به سیستم سنترپیوت به ثبات برساند. به‌طورکلی نتایج تحقیقات حاکی از آن بود که بهره‌وری آب ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در بسیاری از تحقیقات بالابود و این ممکن است به دلایلی از قبیل تبخیر کمتر از سطح خاک، نفوذ عمقی کمتر و رواناب آبیاری کمتر باشد. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند ازلحاظ اقتصادی با هزینه‌های کمتری نسبت به سیستم‌های آبیاری بارانی سنترپیوت به رقابت بپردازد (Lamm et al., 2015). تحقیقی به‌منظور مقایسه تأثیر آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر صرفه‌جویی و عملکرد ذرت انجام شد. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی منجر به عملکرد بیشتر و صرفه‌جویی در مصرف آب ۲۳/۲ درصد نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی شد (Douh and Boujelben, 2011). در شکل ۱ نماهایی از اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی محصول ذرت نشان داده‌شده است.

مزایا و معایب آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

مزایا و معایب سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با دیگر سیستم‌های آبیاری ازنظر مفهومی موردبحث قرارگرفته و به سه دسته تقسیم می‌شود:

- مسائل آب‌وخاک
- مسائل مربوط به کاشت
- مسائل مربوط به زیرساخت‌های سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

لیست بالا به‌عنوان مزایای بالقوه سیستم قطره‌ای زیرسطحی زمانی تحقیق می‌یابد که مدیریت درست و شرایط منطقه و سیستم‌های کشت اجازه دهد، علاوه بر این، برخی از کشاورزان ممکن است از یک نظر جنبه‌هایی را به‌عنوان یک مزیت ببینید، درحالی‌که دیگری ممکن است همان جنبه را به‌عنوان یک نقطه‌ضعف ببینید.

- مزایای مربوط به آب‌وخاک

این سامانه بسته به طراحی و مدیریت سیستم می‌تواند همیشه یک رطوبت مناسب در خاک جهت جوانه‌زنی بذر فراهم کند، ضمن اینکه میزان آب کاربردی نیز کمتر بوده است. در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب‌شور می‌توان محصول قابل قبولی بدست آورد. ضمن اینکه در این سیستم نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی رایج، توزیع رطوبت و شوری در خاک نیز بهتر با الگوی توزیع ریشه همخوانی دارد. آبیاری گیاهان دائمی با سیستم آبیاری قطره‌ای

[۷] Low energy precision application

جدول ۱- عملکرد ذرت (تن در هکتار) تحت تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و متوسط افزایش عملکرد مربوط به سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

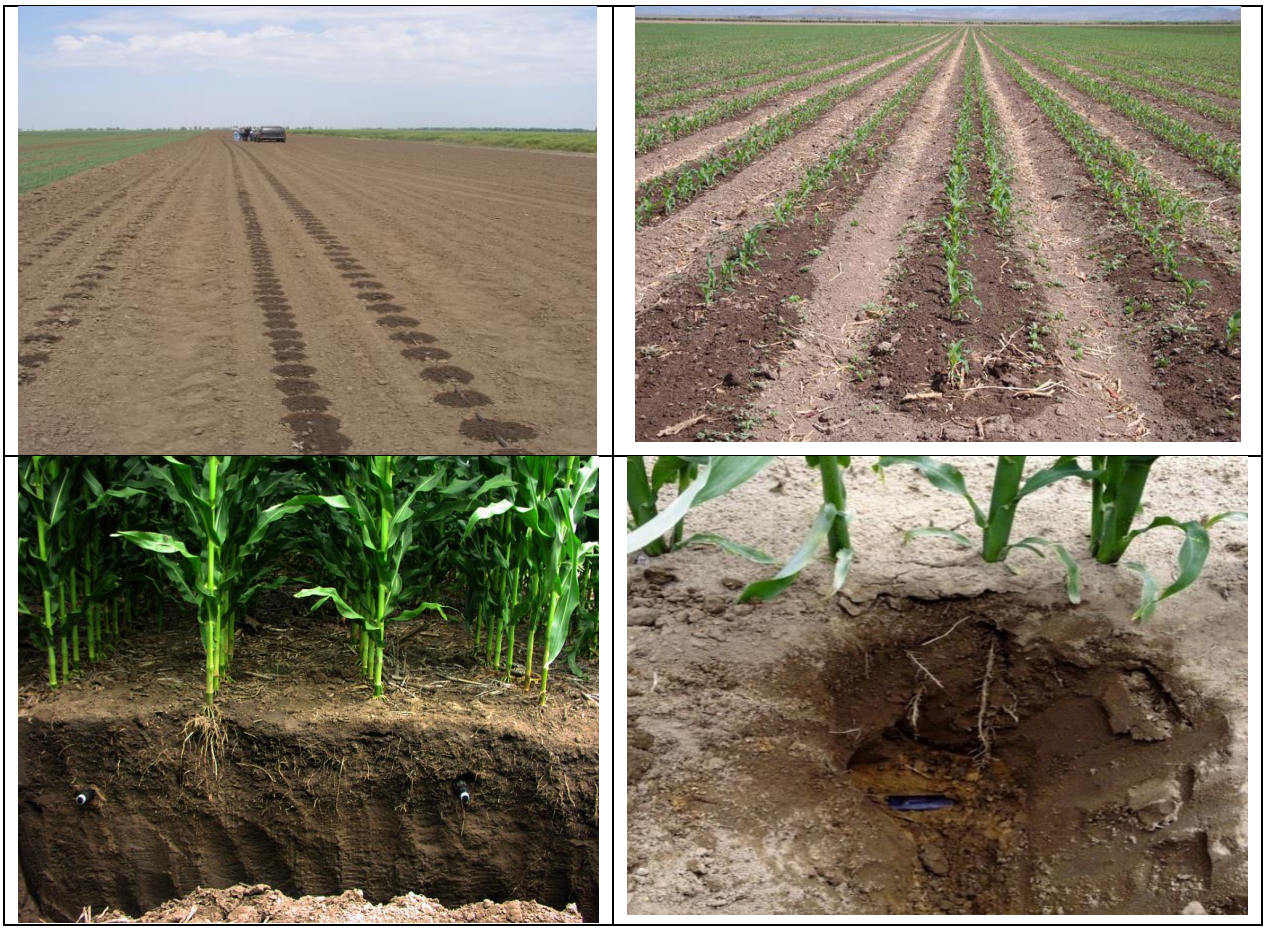
تحقیقات انجام‌شده	فاکتورهای آزمایش	بافت خاک	عمق Dripline	سیستم‌های آبیاری							افزایش عملکرد SDI نسبت به سیستم‌های دیگر
				قطره‌ای زیرسطحی (SDI)	قطره‌ای سطحی (DI)	سطحی	بارانی	بارانی MESA	بارانی LESA	بارانی LEPA	
Abuarab et al., 2013	SDI بدون تزریق هوا	لوم رس شنی	۰/۲	۱۱/۳	۹/۲	–	–	–	–	–	۳۳
	SDI با تزریق هوا			۱۲/۷	۹/۲	–	–	–	–	–	۳۸
Adamsen, 1992	آب حاوی سدیم و آب فاقد سدیم	شن لومی		۱۰	۱۰	–	–	–	–	۹/۹	۱
Douh and Boujelben, 2011	سیستم SDI در عمق ۲۰ /۰ متری	رس شنی		۱۲/۴	۱۰/۴	–	–	–	–	–	۱۹
	سیستم SDI در عمق ۰/۳۵ متری			۱۳/۵	۱۰/۴	–	–	–	–	–	۳۰
Hassanli et al., 2009	آب شیرین	لوم رسی	۰/۲– ۰/۱۵	۱۱/۸	۱۱/۴	۹/۶	–	–	–	–	۹
	فاضلاب			۱۲	۱۱/۶	۱۰/۴	–	–	–	–	۱۲
Howell et al., 1997	۱۰۰٪ تبخیر–تعرق روزانه	لوم رسی	۰/۳	۱۲/۹	۱۲/۸	–	–	–	–	–	۱
	۱۰۰٪ تبخیر–تعرق هفتگی			۱۳/۱	۱۳	–	–	–	–	–	۰
	۶۷٪ تبخیر–تعرق هفتگی			۱۱/۶	۱۰/۹	–	–	–	–	–	۷
	۱۰۰٪ تبخیر–تعرق روزانه			۶/۶	۶/۴	–	–	–	–	–	۱
Mitchell and Sparks, 1982	Chiseled treatment	شن لومی	۰/۳۶	۱۰/۶	۹/۱						۱۶
Schultz, 2000	تعداد لوله قطره چکان دار زیرسطحی	لوم رسی	۰/۲۰– ۰/۱۵	۹/۳	۹/۵	۳/۸					۴
Stone et al., 2008	فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر یک متر	لوم شنی	۰/۳۰	۵/۷	۵/۶						۲
Lamm, 2004	سالهای نرمال، ۶/۴ میلیمتر بر روز ظرفیت آبیاری	لوم سیلتی	۰/۴۵– ۰/۴	۱۷/۱						۱۵/۷	۸
	سالهای نرمال، ۴/۲ میلیمتر بر روز ظرفیت آبیاری			۱۶/۵						۱۵/۵	۶
Oron et al., 1991a	یک لوله قطره‌چکان در بستر کشت	لوم سیلتی	۰/۳	۱۰/۶	۱۰/۲	–	–	–	–	–	۴
	دو تا لوله قطره‌چکان در بستر کشت			۱۰/۱	۱۰	–	–	–	–	–	۱

میانگین افزایش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در تمام مطالعات و تیمارها: ۱۰/۷۲

میانگین افزایش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری ثقلی سطحی در تمام مطالعات:۱۹/۱۴

میانگین افزایش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به تیمار آبیاری بارانی در تمام مطالعات: ۷/۵

میانگین افزایش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی در تمام مطالعات: ۱۰/۲۴



شکل ۱- نماهایی از آبیاری ذرت و توزیع رطوبت خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دز مراحل مختلف رشد

زیرسطحی، حتی زمانی که از آب‌های با شوری بالا استفاده می‌شود باعث پایین نگه‌داشتن شوری در ناحیه ریشه گیاه می‌گردد و کم-آبیاری تنظیم‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث تحریک رشد عمیق‌تر ریشه‌ها (۴۰-۸۰ سانتی‌متر) نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی (۰-۴۰ سانتی‌متر) گردید. با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ضمن کاهش میزان آب مصرفی، افزایش میزان محصول نیز نسبت به سایر روش‌های آبیاری ازجمله سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی مشاهده‌شده است (Lamm, 2002).

- مزایای مربوط به کشت

از مزایای مربوط به این دسته می‌توان به افزایش رشد گیاه و همچنین افزایش عملکرد و کیفیت محصول نسبت به روش‌های دیگر آبیاری اشاره کرد. بیماری و آفت‌های قارچی در این روش آبیاری به دلیل سایبان گیاه و نیز سطح مرطوب کمتر کاهش و درنتیجه گیاه از سلامت بهتر و بیشتری برخوردار است. این سیستم همچنان می‌تواند برای تزریق ضدعفونی‌کننده‌های خاک مورداستفاده قرار گیرد. مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق استفاده از کود و آفت‌کش‌ها از طریق این سیستم می‌تواند اثربخشی بیشتر داشته باشد و در برخی موارد استفاده از آن‌ها کاهش یابد. همچنین باعث کنترل بهتر علف-های هرز و کاهش در جوانه‌زنی آن‌ها می‌شود. ازآنجایی‌که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیاز به جمع‌کردن و نصب مجدد ندارد می‌تواند در بهبود فرصت‌های کشت دوگانه مؤثر واقع شود. علاوه بر آن تراکم خاک و سله‌بستن ناشی از آبیاری تا حد زیادی کاهش می-یابد. درروش سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی محدودیت‌های مربوط به آب‌وهوا ازجمله بادهای تند، دمای انجماد و رطوبت سطح خاک اهمیت کمتری دارند. توانایی آبیاری در شرایط انجماد می‌تواند بسیار مفید باشد. همچنین تجهیزات آبیاری کمتر در معرض آسیب و صدمه دیدن قرار می‌گیرد (Lamm, 2002).

- مزایای مربوط به زیرساخت‌های سیستم

از مزایای این دسته می‌توان به قابلیت خودکار بودن سیستم آبیاری اشاره کرد. این سیستم می‌تواند یک نماینده ایده‌آل برای پیشرفت‌های کنترل آبیاری است. با توجه به اینکه فشار آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌مراتب کمتر از سیستم آبیاری بارانی است صرفه‌جویی انرژی در آن بیشتر است، یعنی با هر مقدار صرفه‌جویی در مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیز هزینه‌های انرژی کاهش می‌یابد. از دیگر مزایای این دسته می‌توان به یکپارچگی سیستم در مقایسه با سیستم آبیاری بارانی اشاره کرد. ازآنجایی‌که اکثر قطعات مورداستفاده در این سیستم پلاستیکی هستند کمتر در معرض خوردگی قرار می‌گیرد. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیاز به حذف و نصب و جابجایی در بین محصولات زراعی ندارد و این خود در کمتر آسیب دیدن سیستم مؤثر است و همچنین خرابکاری‌های سیستم نیز کاهش می‌یابد. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم آبیاری بارانی دارای انعطاف‌پذیری بیشتری است. از دیگر مزایای آن می‌توان به توزیع به‌موقع آب اشاره کرد. در هر محصول کشاورزی به‌طور گسترده فاصله لوله‌های قطره‌چکانی را می‌توان برای جذب آب و مواد غذایی به‌طور مطلوب در نظر گرفت. نصب و راه‌اندازی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی هنگامی‌که به‌درستی طراحی و مدیریت‌شده باشد دارای عمر طولانی خواهد بود (Lamm, 2002).

معایب سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

علیرغم موفقیت‌هایی که در آبیاری قطره‌ای حاصل‌شده است این روش مشکلاتی را نیز دربر دارد .این معایب نیز ممکن است در امتداد مسائل خطوط آب‌وخاک، شیوه‌های کشت و مسائل مربوط به زیرساخت سیستم تقسیم شوند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- معایب مربوط به آب‌وخاک

تجمع نمک در سطح خاک و نزدیک گیاه و در هنگام آبیاری با آب‌شور با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک زیاداست. این امر باعث می‌شود که اگر در فصل رشد باران رخ دهد نمک‌های تجمع یافته در سطح خاک به‌طرف پایین شسته شده و وارد منطقه توسعه ریشه‌ها شود، بنابراین، وقتی بعد از دوره تجمع نمک باران می‌آید، آبیاری بایستی طبق برنامه ادامه یابد تا نمک‌ها را از ناحیه ریشه گیاه خارج سازد. در خلال آبیاری قطره‌ای، نمک‌ها در زیر سطح خاک و پیرامون حجم خیس شده خاک با قطره‌چکان نیز تجمع می‌یابد. همچنین با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حرکت آب به سمت بالا کاهش می‌یابد و این خود بسته به عمق نصب و راه‌اندازی لوله‌های قطره‌چکان و ویژگی‌های خاک باعث می‌شود جوانه‌زنی بذر محدود شود. بعضی خاک‌ها دارای سرعت نفوذ نهایی کافی برای دریافت دبی تخلیه قطره‌چکان‌ها نبوده و ایجاد شرایط ماندابی می‌نمایند. معمولاً خاک‌های شنی، به‌ویژه با لایه‌بندی افقی اندک، برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بسیار مناسب می‌باشند؛ زیرا حرکت جانبی آب را افزایش داده و حجم بیشتری از خاک را مرطوب می‌سازد. تجربه نشان داده است که خاک‌های دارای بافت متوسط مناسب سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بوده، اما برخی خاک‌های بافت ریز رواناب تولید کرده‌اند (Lamm, 2002).

- معایب مربوط به کشت گیاه

عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه با قرار دادن لوله‌های قطره‌چکانی محدود می‌شود. فاصله بین ردیف‌ها و بذرها در محصولات مختلف ممکن است متفاوت باشد. به همین دلیل در برخی از محصولات ممکن است نیاز به فاصله نزدیک‌تر لوله‌های قطره‌چکان باشد که این خود ازلحاظ اقتصادی غیرعملی است. برخی از محصولات ممکن است به‌درستی تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی توسعه پیدا کنند ولی مثلاً بعضی از محصولات باغی و درختان باید از یک الگوی رطوبتی بزرگ‌تری بهره‌مند شوند (Lamm, 2002).

- معایب مربوط به زیرساخت‌های سیستم

بزرگ‌ترین مشکل در آبیاری قطره‌ای گرفتگی قطره‌چکان‌ها با مواد مختلف و مسدود شدن روزنه‌ها در آن است. گرفتگی قطره‌چکان‌ها به‌تدریج باعث عدم توزیع یکنواخت آب می‌شود. خطر مسدود شدن قطره‌چکان باعث بالا رفتن هزینه‌های نگهداری سیستم مانند کنترل قطره‌چکان‌ها و تعویض یا تعمیر آن‌ها نیز می‌شود. برای رفع این مشکل دو راه می‌توان انتخاب کرد. یکی استفاده از وسایل یا قطره‌چکان‌هایی که امکان گرفتگی آن‌ها کم است و دوم اینکه به کیفیت آب و تصفیه آن قبل از ورود به سیستم توجه بیشتری شود. بعلاوه سایر مشکلات مانند نشت آب از اتصالات و یا زیان‌های ناشی از جوندگان و حیواناتی مانند خرگوش، شغال، سگ و غیره نیز وجود دارد که از اهمیت چندانی برخوردار نمی‌باشند (Lamm, 2002).

توصیه‌های فنی برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در زراعت ذرت

فاصله بین ردیف‌های قطره‌چکان، عمق قرار دادن قطره‌چکان، فاصله بین قطره‌چکان‌ها متغیرهایی هستند که یک سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را تعریف می‌کند، این متغیرها باید با نوع خاک،

آب قابل‌دسترس، ظرفیت پمپ و آب محصول همخوانی داشته باشند.

- عمق لوله‌های قطره‌چکان

سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی چندساله در طولانی‌مدت دارای تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد محصولاتی باارزش کالایی پایین مانند ذرت می‌باشند. ازاین‌رو عمق‌های عمیق‌تر لوله‌های قطره‌چکان‌دار می‌تواند از آسیب‌های مکانیکی به علت خاک‌ورزی و احتمالات آسیب‌های آفت پیشگیری کند (Lamm and Camp, 2007). بر طبق نتایج تحقیقات صورت گرفته عملکرد دانه ذرت با عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار در محدوده ۰/۲ تا ۰/۴ متری بی‌تأثیر بود و تنها کاهش عملکرد کمی در ۰/۵ و ۰/۶ عمق لوله‌های قطره‌چکان در یک خاک سیلت لوم در کانزاس مشاهده شد. این محققین به این نتیجه رسیدند که عوامل خارجی در مطالعه شامل تنظیمات سازنده، طرح‌های خاک‌ورزی، مدیریت جوندگان، نیازمند بودن به سطح خیس شده برای هر بوته، نصب و راه‌اندازی و هزینه سیستم ممکن است تأثیر زیادی را در انتخاب عمق لوله‌های قطره‌چکان داشته باشد (Lamm and Aiken, 2005).

در یک مطالعه‌ای در Bushland در تگزاس در یک خاک لوم رسی بر روی محصول ذرت عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر با ۰/۱۵، ۰/۲۳ و ۰/۳ با کارگزاری لوله‌های قطره‌چکان با فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر با ۱/۵ متر در زیر ردیف‌های محصول مورد ارزیابی قرار گرفت. نویسندگان گزارش کردند که عملکرد دانه ذرت به‌طور میانگین برای یک طراحی استاندارد در عمق ۰/۳ در مقایسه با عمق‌های ۰/۱۵ و ۰/۲۳ متر بیشتر بود (Bordovsky et al., 2012). همچنین عملکرد دانه‌های ذرت در یک طراحی استاندارد برای محصولات یک ردیفی با عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر ۰/۲۳ و برای محصولات دو ردیفی با عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر ۰/۳۰ دارای میانگین عملکرد بالاتری نسبت به عمق‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر با ۰/۲۵، ۰/۳۵ و ۰/۴۵ در یک خاک لومی در مکزیک مشاهده شد (Montemayor Trejo et al., 2006). در یک مطالعه‌ای در نیومکزیکو تحت ارزیابی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی محصول ذرت در یک خاک لوم شنی ایستادگی بیشتر گیاه، افزایش عملکرد و افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف آب گیاه در عمق ۰/۱۵ و ۰/۲۰ در مقایسه با عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار ۰/۲۵ و ۰/۳۰ گزارش شد (Pablo et al., 2007). عملکرد ذرت شیرین برای عمق نصب لوله قطره‌چکان‌دار برابر با ۰/۲۳ متر در مقایسه با عمق ۰/۳۳ متر در یک خاک شنی با زهکشی خوب در فلوریدا ۳۱ درصد بزرگ‌تر بود محققین همچنان به کاهش ۲۴ درصد نفوذ عمقی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با آبیاری بارانی اشاره کردند. کاهش تبخیر سالانه از سطح آب از ۲۳ تا ۶۴ درصد برای عمق ۰/۱۵ و ۰/۳ متر لوله‌های قطره‌چکان در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مشاهده شد. اگرچه کارگزاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در اعماق بیشتر تلفات تبخیر از سطح خاک را به حداقل می‌رساند، اما این جنبه باید با پتانسیل افزایشی تلفات نفوذی با توجه به منطقه عمیق ریشه ذرت و شدت توزیع سیستم ریشه متعادل شود (Dukes and Scholberg, 2005). لوله‌های قطره‌چکان عمیق‌تر همچنین می‌تواند در کنترل علف‌های هرز در مزارع ذرت مؤثر باشد با عمق کارگزاری لوله‌های قطره‌چکان برابر ۰/۳ متر در یک خاک loessial، رشد علف‌های هرز تقریباً به میزان ۲۸ درصد در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کاهش یافت (Bar-Yosef et al., 1989). در خلاصه نتایج بدست آمده از مطالعات ارائه شده در جدول ۱ میانگین، با توجه به بافت خاک، عمق لوله‌های قطره‌چکان در محدوده عمق ۰/۱۵ تا ۰/۴۵ متر متغیر بود. در نتیجه‌گیری کلی از نتایج ارائه شده برای عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار می‌توان گزارش کرد که با توجه به وسیع بودن سیستم توزیع ریشه ذرت امکان به‌کارگیری مقدار آب کاربردی از منطقه خاک با عمق عمیق‌تر لوله‌های قطره‌چکان‌دار (۰/۳ تا ۰/۴) وجود. نکته دیگر در تعیین عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار این است که اگر هدف اصلی کاهش میزان تبخیر خاک و جذب بالقوه بهره‌وری مصرف آب با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باشد، ممکن است قرار دادن عمق‌های عمیق‌تر (۴۵ سانتی‌متر) لازم باشد.

- فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار برای ذرت

فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار تا حد زیادی هزینه‌های سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نباید تعجب‌آور باشد که این موضوع تمرکز بسیاری از مطالعات را برای یک محصول با ارزش کالایی پایین مانند ذرت را به خود جلب کرده باشد. به‌عنوان یک قاعده کلی فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مضرب صحیحی از فاصله ردیف گیاه است و فاصله ردیف‌های محصول یا بستر کشت گیاه معمولاً با شیوه‌های فرهنگی برای محصول در یک منطقه خاص به کار گرفته می‌شوند. به نظر می‌رسد که مطالعات مربوط به فاصله بیشتر لوله‌های قطره‌چکان‌دار برای محصول ذرت در مناطق مرطوب و نیمه‌خشک نسبت به مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر انجام‌شده است و این احتمالاً می‌تواند به دلیل سودآوری سالانه درنتیجه تغییرات

بیشتر آبیاری در مناطق مرطوب باشد و محققان به دنبال آن هستند که راه‌های ممکن و عملی را به‌منظور کاهش هزینه‌های سرمایه-گذاری ارائه دهند. تولید ذرت برای شرایط کاربرد لوله‌های قطره‌چکان دار بافاصله یک‌متری، ۱۰ و ۲۸ درصد بزرگ‌تر از فاصله ۱/۵ و ۲ متری بود (Mitchell et al., 1969). با این حال فاصله لوله‌های قطره‌چکان دار برابر ۲ متر از هم هنوز نسبت به تولید دیم ۱۸ درصد افزایش عملکرد دارد. میانگین عملکرد ذرت تحت آبیاری کامل در خاک شن لومی ۱۰۰، ۹۳ و ۹۴ درصد به ترتیب برای فاصله لوله‌های قطره‌چکان ۰/۹۱، ۱/۳۸ و ۲/۷۴ متری در مناطق مرطوب ویرجینیا بدست آمد (Powell and Wright, 1993). همچنین در یک مطالعه هشت‌ساله در یک خاک لوم شنی در منطقه Georgia فاصله کم لوله‌های قطره‌چکان‌دار باعث افزایش عملکرد دانه ذرت به میزان ۵۰٪ شد (Sorensen et al., 2013). با این حال به دلیل اینکه فاصله باریک لوله‌های قطره‌چکان دار تنها به افزایش ۴ درصدی عملکرد (۹/۲ در مقابل ۸/۸ میلی‌گرم بر هکتار) منجر شد، نویسندگان به این نتیجه رسیدند که فاصله‌های باریک‌تر لوله-های قطره‌چکان نمی‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. فاصله یک-متری لوله‌های قطره‌چکان عملکرد ذرت را در مقایسه بافاصله ۲ متری ۱۲ درصد افزایش داد (جدول ۱). عملکرد دانه ذرت برابر ۱۳/۶، ۱۲/۹، ۱۲/۳ و ۱۱/۷ تن بر هکتار به ترتیب برای فاصله لوله-های برابر با ۰/۷۶، ۱/۵۲، ۲/۲۸ و ۳/۰۴ متر برای محصول ذرت بافاصله ردیف‌های کشت ۰/۷۶ متر که در یک خاک لوم‌سیلتی کشت‌شده بود گزارش شد (Spurgeon et al., 1991). بااین‌حال عملکرد ذرت برای فاصله ۰/۷۶ متری لوله‌های قطره‌چکان دار در یک مطالعه سه‌ساله بزرگ‌تر بود و نویسندگان نتیجه گرفتند که با افزایش عملکرد گیاه هزینه اضافی لوله‌های قطره‌چکان در اینجا توجیه نخواهد داشت. علاوه بر آن تحقیقات مشابه نشان داد که فاصله بیشتر لوله‌های قطره‌چکان‌دار به نفوذ عمقی بیشتر در زیر منطقه ریشه منجر شده و کاهش عملکرد بیشتری را در ردیف‌هایی که دورتر از لوله‌های قطره‌چکان هستند را به دنبال داشت. اگرچه توزیع آب خاک تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اغلب وابسته به درصدهای ترکیب بافت خاک (ازجمله: درصد شن و ماسه، گل‌ولای و خاک رس) است، اما مرطوب کردن خاک‌های لایه‌ای می‌تواند بسیار متفاوت با خاک‌های با بافت یکسان باشد (Thorburn et al., 2003). در یک جمع‌بندی از بررسی فاصله لوله‌های قطره‌چکان برای ذرت، می‌توان گفت که فاصله بیشتر لوله-های قطره‌چکان‌دار در خاک‌هایی دارای لایه‌بندی ممکن است مناسب باشد و این به توزیع مجدد رطوبت در بالای لایه‌های خاک و در مناطقی که کمتر به آبیاری وابسته هستند و نیز به تولید بهتر محصول کمک می‌کند. به‌طورکلی زمانی که با کمبود آب و تنش آبی مواجه هستیم، کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می-تواند در سطح بیشتری افزایش عملکرد داشته باشد. فاصله لوله‌های قطره‌چکان برابر ۱/۵ متر برای ذرت کشت‌شده در فاصله ردیف‌های ۰/۷۶ متر مقرون‌به‌صرفه بود، بعلاوه نوع خاک، عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان، نوع محصول و مقدار بارش فصلی از عوامل اصلی تعیین‌کننده حداکثر فاصله لوله‌های قطره‌چکان هستند همچنین در یک خلاصه‌ای از نتایج ارائه‌شده برای فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار می‌توان گفت که فاصله وسیع‌تر لوله‌های قطره‌چکان‌دار برای محصول ذرت در خاک‌های دارای لایه‌بندی مناسب باشد و می‌تواند توزیع رطوبتی را در بین لایه‌های خاک و در مناطقی که وابستگی به آبیاری برای تولید محصول کم است را افزایش دهد در پژوهش ارائه‌شده توسط دهقانی سانیج مدیریت بهره‌برداری آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط کاربرد آب‌شور با پایش توزیع رطوبت و شوری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی موردمطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که در طراحی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در شرایط کاربرد آب‌شور با توجه به بافت خاک و تغییرات رطوبت در خاک، فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار (یک متر از ردیف درختان) و عمق نصب ۴۰ سانتی‌متر مناسب تشخیص داده شد (دهقانی سانیج، ۱۳۹۵).

- فاصله قطره‌چکان‌ها

ویژگی‌های خاک و فاصله گیاه تعیین‌کننده فاصله قطره‌چکان‌ها است. فاصله‌ای که در کوئینزلند[۶] استفاده می‌شود، بیشتر بین ۳۰ تا ۷۵ سانتی‌متر برای محصولات ردیفی است، به همین ترتیب فاصله-ی ۳۰ سانتی‌متر برای تولید ذرت برای خاک‌های لوم‌سیلتی عمیق تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مناسب بود (Lamm and Aiken, 2005). در یک محیط نیمه‌خشک، فاصله قطره‌چکان‌ها برابر با ۴۵ سانتی‌متر در خاک‌های لوم‌سیلتی برای ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی استفاده شد. به‌طورکلی، فاصله بین قطره‌چکان‌ها به‌طورمعمول باید کمتر از فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار باشد و نزدیک به فاصله بین گیاهان زراعی باشد. Arbat و همکاران در سال ۲۰۱۰ فاصله‌ای از قطره‌چکان‌هایی برابر با ۰/۳۰، ۰/۶۰، ۰/۹۰ و ۱/۲ متر را برای توزیع مجدد آب خاک، عملکرد دانه‌دانه، اجزای عملکرد، مصرف آب فصلی و بهره‌وری آب در یک سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در ۴ سال تحقیقات

[۸] Queensland

صحرایی (۲۰۰۸ – ۲۰۰۵) را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش بهتر حرکت و توزیع جانبی آب در طول لوله‌های قطره‌چکان نسبت به توزیع عمودی آب تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی وجود دارد و این پدیده بخشی از تفسیر گسترده فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار را ازلحاظ توزیع مجدد آب جبران می‌کند و همچنین در این تحقیق نشان داده شد که عملکرد ذرت و بهره‌وری مصرف آب (WP) با استفاده از یک رژیم کامل آبیاری تحت تأثیر فاصله قطره‌چکان‌ها قرار نگرفت. انتخاب عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تحت تأثیر محصول، خاک، ویژگی‌های آب و هوایی و شیوه‌های فرهنگی پیش‌بینی‌شده بود، اما معمولاً از ۲۰ تا ۷۰ سانتی‌متر متغیر است. بااین‌حال، باید از فاصله بیش‌ازحد قطره‌چکان‌ها برای جلوگیری از توزیع نامناسب آب در ناحیه ریشه اجتناب شود، چون یکی دیگر از معایب افزایش فاصله قطره‌چکان‌ها این است هنگامی‌که قطره‌چکان‌ها مسدود شده‌اند توزیع مجدد آب مشکل است و درنتیجه آن آبیاری گیاهان به‌طور کافی صورت نمی‌پذیرد (Lamm and Camp, 2007).

– دور آبیاری برای ذرت

هنگامی‌که مقدار آب خاک در محدوده قابل‌قبول تنش مدیریت‌شده باشد دور آبیاری ذرت اعم از روزانه تا هفتگی تأثیر بسیار کمی را بر تولید ذرت داشته است (Howell et al., 1997). بررسی‌ها نشان داد که با کم شدن دور آبیاری از هفت به یک روز کارایی مصرف آب ۱۶ درصد افزایش پیدا کرد. در مطالعه بعدی ذرت در کانزاس تحت شرایط استفاده از ظرفیت‌های کم آبیاری برابر ۳/۸ میلی‌متر بر روز مشاهده شد که کاهش دور آبیاری از یک به هفت روز تأثیر مهمی در عملکرد ذرت نداشت و دور آبیاری فقط در یکی از این سه مطالعه در سالی که خشک‌سالی بود و تیمار دور آبیاری ۷ روز عملکرد دانه ذرت بیشتری را به خود اختصاص داد. تحقیقات صورت‌گرفته در محیط کاشت دارای بافت خاک سنگین نشان داد که دور آبیاری بیشتری می‌تواند در بافت خاک سبک‌تر مهم باشد. لازم به ذکر است که تأثیر عمده دور آبیاری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از یک تا هفت روز گزارش شد (Lamm and Aiken, 2005).

– مدیریت آب و مواد مغذی برای ذرت

کودآبیاری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند سازگاری بیشتری با محیط‌زیست داشته باشد و همچنین به‌طور بالقوه می‌تواند عملکرد ذرت را از طریق بهبود دادن تغذیه و رشد گیاه افزایش دهد. برخی از ترکیبات ازت به‌آسانی قابلیت عبور دارند، بنابراین سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند یک ابزار خوب برای برنامه‌های کاربردی به‌موقع با قرار دادن دقیق کود و مواد غذایی در منطقه ریشه گیاه باشد. مدیریت ترکیبی آبیاری و کود و مواد مغذی از مدت‌ها قبل به‌عنوان یک ابزار لازم برای مدیریت کود نیتروژن در یک خاک شنی مدنظر بوده است. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب حاوی نیترات اوره–آمونیوم (UAN, 32-0-0) می‌تواند هر دو را به همراه هم به گیاه عرضه کند و اما نیترات نیتروژن به‌آسانی و به‌طور مستقیم توسط گیاه جذب شود. نتایج نشان داد که کل نیتروژن برای تولید ذرت به‌طور بالقوه می‌تواند هنگام استفاده از کودآبیاری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با کاربرد سطحی نیتروژن در نوارهای آبیاری شیاری کاهش یابد. در یک مطالعه دیگری در کانزاس، بهترین شیوه مدیریت (BMP[۷]) برای کودآبیاری نیتروژن تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای ذرت، با استفاده از شاخص باقیمانده سطح آمونیوم–نیتروژن و نیترات – نیتروژن در پروفیل خاک، عملکرد دانه، جذب نیتروژن گیاهی و بهره‌وری آب توسعه پیدا کرد (Lamm et al., 2004). در تحقیق دیگری در اوایل فصل رشد عرضه میزان کل نیتروژن کاربردی به‌صورت یک‌بار باعرضه کود نیتروژن به‌صورت چند بار در یک خاک لوم‌سیلتی در نبراسکا مورد مقایسه قرار گرفت. به‌طور متوسط در طی سه سال انجام تحقیق با مجموع سه میزان نیتروژن فصلی (۱۲۸، ۱۸۶ و ۲۷۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد دانه ذرت، بیوماس گیاه و جذب نیتروژن گیاه به ترتیب برابر ۴، ۱ و ۱۰ درصد بدست آمد و با استفاده از عرضه کودآبیاری در دفعات چندگانه در طول فصل رشد دارای افزایش بیشتری بود (Tarkalson and Payero, 2008). همچنین در مطالعات متعددی تأثیر کودآبیاری فسفر را بر روی تولید ذرت موردبررسی قرار داده شد. تحت شرایط استفاده از کودآبیاری فسفر از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی عملکرد بلال بازارپسند را در مقایسه با سیستم قطره‌ای سطحی ۱۲ درصد افزایش داشت و تراکم ریشه را به اعماق بیشتر خاک منتقل کرد (به‌عنوان‌مثال ۰/۳ متر برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ۰/۱ متر برای سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی). اگرچه کل فسفر قابل‌جذب تحت تأثیر روش‌های آبیاری نبود ولی افزایش واکنش عملکرد ذرت به سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی چشمگیرتر بود با توجه به این نکته که فسفر یک ماده مغذی نسبتاً بی‌حرکتی در نظر گرفته‌شده است ولی کود آبیاری مکرر تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌طور بالقوه می‌تواند فسفر را تحت جریان توده‌ای به

[۹] best management practice

منطقه فعال ریشه گیاه انتقال دهد(Ben-Gal and Dudley, 2003). در خلاصه مطالعات مربوط به کودآبیاری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای ذرت، می‌توان گفت که سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند یک سیستم آبیاری عالی برای بهبود مدیریت مواد غذایی باشد. نتایج تأکید می‌کند که تولید عملکرد ذرت همچنین می‌تواند در هر دو مورد مواد غذایی و آب مصرفی سازگار با محیط‌زیست باشد. بااین‌حال، یک نکته لازم به ذکر است که هنگامی‌که آب و مواد غذایی برای تأثیر بیشتری بر روی عملکرد گیاه مدیریت شود حاشیه کمتری از خطا را می‌تواند داشته باشد. در نهایت ازجمله مزایای کودآبیاری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیر-سطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مواد مغذی به‌طور بهتری به مرکز سیستم ریشه عرضه می‌شود.
- با سطوح خیسیدگی کمتر و پخش کود کمتر در سطح خاک در کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز کمک می‌کند.
- ریشه‌ها عمیق‌تر رشد می‌کنند، بنابراین بافت گیاهی را در برابر تنش آبی و تنش‌های ناشی از کمبود مواد مغذی مقاوم‌تر می-سازد.

نتیجه‌گیری

ذرت یکی از محصولات عمده آبی در جهان است که موردتوجه بسیاری از محققین سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی قرارگرفته است. به‌طورکلی عملکرد دانه ذرت تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم‌های آبیاری دیگر با داشتن مدیریت خوب افزایش پیدا کرد. بر طبق تحقیقات انجام‌شده در نقاط مختلف جهان میانگین عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار، با توجه به بافت خاک در محدوده عمق ۰/۱۵ تا ۰/۴۵ متر متغیر بود و میانگین عمق لوله-های قطره‌چکان‌دار برابر ۰/۳ متر بدست آمد. بعلاوه می‌توان گزارش کرد که با توجه به وسیع بودن سیستم توزیع ریشه ذرت امکان به‌کارگیری مقدار آب کاربردی از منطقه خاک با عمق عمیق‌تر لوله-های قطره‌چکان‌دار (۰/۳ تا ۰/۴ متر) نیز وجود دارد. فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار برابر ۱/۵ متر برای ذرت کشت‌شده بافاصله ردیف‌های ۰/۷۶ متر مقرون‌به‌صرفه بود، بعلاوه نوع خاک، عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان و نوع محصول از عوامل اصلی تعیین‌کننده حداکثر فاصله لوله‌های قطره‌چکان هستند. به‌طورکلی، فاصله بین قطره‌چکان‌ها به‌طورمعمول باید کمتر از فاصله لوله‌های قطره‌چکان‌دار باشد و نزدیک به فاصله بین گیاهان زراعی باشد. رقابت اقتصادی برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سیستم بارانی سنترپیوت که قادر به کسر بیشتری از آبیاری برای مزارع هستند و برای زمانی که قیمت فروش عملکرد دانه ذرت زیاد باشد توسعه پیداکرده است. تحقیقات انجام‌شده در نقاط مختلفی از جهان نشان داد که عملکرد دانه ذرت، بیوماس گیاه و جذب کود نیتروژن گیاه با استفاده از عرضه کودآبیاری در دفعات چندگانه در طول فصل رشد، دارای افزایش بیشتری بود، همچنین افزایش کارایی استفاده از کود نیتروژن هنگام استفاده از کودآبیاری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با کاربرد نیتروژن سطحی برای تولید ذرت در یک خاک لوم سیلتی گزارش شد. تکرار آبیاری بیشتر می‌تواند در خاک‌های با بافت سبک‌تر مهم باشد. بر طبق گزارش‌های ارائه‌شده تأثیر عمده دور آبیاری تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از یک تا هفت روز گزارش شد. به‌طورکلی زمانی که با کمبود آب و تنش آبی مواجه هستیم، کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند با طراحی و مدیریت صحیح باعث افزایش سطح تولید، افزایش عملکرد گیاه، بالا بردن بهره‌وری آب آبیاری شود.

مراجع

دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۲. بررسی بیلان انرژی به منظور تبخیر-تعرق گیاه ذرت و اجرای آن در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

دهقانی سانیج، ح. ۱۳۹۵. شاخص‌های طراحی، اجرا و مدیریت در آبیاری زیرسطحی و ارزیابی آن در باغات سمنان. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

وزارت جهاد کشاورزی، ۹۴-۱۳۹۳. آمارنامه کشاورزی. جلد اول: محصولات زراعی.

Abuarab, M., Mostafa, E. and Ibrahim, M. 2013. Effect of air injection under subsurface drip irrigation on yield and water use efficiency of corn in a sandy clay loam soil. Journal of advanced research, 4(6):493-499.

Adamsen, F.J. 1992. Irrigation method and water quality effects on corn yield in the mid-Atlantic coastal plain. Agronomy journal, 84(5):837-843.

Albasha, R., Dejean, C., Mailhol, J.C., Weber, J., Weber, J., Bollègue, c. and Lopez, J.M. 2015. Performances of subsurface drip irrigation for maize under Mediterranean and temperate oceanic climate conditions. 26th Euro-Mediterranean Regional Conference and Workshops. 12-15 October 2015, Montpellier, France.

Arbat, G. P., Lamm, F. R. and Abou Kheira, A. A., 2010. Subsurface drip irrigation emitter spacing effects on soil water redistribution, corn yield, and water productivity. Appl. Eng. in Agric. 26 (3), 391–399.

Southern High Plains. Transactions of the ASAE, 40(3):635-641.

Kanani, E., Dehghanisanij, H. and Akhavan, S. 2016. Effects of different irrigation methods and mulch on corn (Zea Mayz L) evapotranspiration, yield, water use efficiency in a semi-arid climate. 2nd world Irrigation Forum (WIF2), 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.

Karaşahin, M. 2014. Effects of different irrigation methods and plant density on silage yield and yield components of PR 31Y43 hybrid corn cultivar. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38:159-297.

Kosari, H., Dehghanisanij, H., Mirzaei, F. and Liaghat, A.M. 2013. Soil and canopy energy balances in a maize field with subsurface drip irrigation. IAHS-AISH publication, 278-282.

Lamm, F.R. and Aiken, R.M. 2005. Effect of irrigation frequency for limited subsurface drip irrigation of corn. In Proc. Intl. Tech. Conf. November (pp. 6-8).

Lamm, F.R. and Camp, C.R. 2007. Subsurface drip irrigation, Micro irrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management (pp. 473-551). Amsterdam, The Netherlands.

Lamm, F.R., Bordovsky, J.P., Schwankl, L.J., Grabow, G.L., Enciso-Medina, J., Peters, R.T., Colaizzi, P.D., Trooien, T.P. and Porter, D.O. 2012. Subsurface drip irrigation: Status of the technology in 2010. Transactions of the ASABE, 55(2):483-491.

Lamm, F.R., O'Brien, D.M.and Rogers, D.H. 2015. Using the KState center-pivot sprinkler and SDI economic comparison spreadsheet-2015. In Proc. 27th Ann. Central Plains Irrig. Conf. (pp. 108-116). Colby, Kans.: Central Plains Irrigation Association.

Lamm, F.R. 2016. Cotton, tomato, corn, and onion production with subsurface drip irrigation: A review. Transactions of the ASABE, 59(1):263-278.

Lamm, F. R. 2002. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands (p. 13).

Lamm, F. R., Schlegel, A. J. and Clark, G. A. 2004. Development of a best management practice for nitrogen fertigation of corn using SDI. Appl. Eng. Agric., 20(2), 211-220.

Liu, H., Wang, X., Zhang, X., Zhang, L., Li, Y. and Huang, G. 2017. Evaluation on the responses of maize (Zea mays L.) growth, yield and water use efficiency to drip irrigation water under mulch condition in the Hetao irrigation District of China. Agricultural Water Management, 179:144-157.

Marino, S., Aria, M., Basso, B., Leone, A. and Alvino, A. 2014. Use of soil and vegetation

Ayars, J.E., Fulton, A. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. Agricultural Water Management, 157:39-47.

Badr, M.A., Hussein, S.A., El-Tohamy, W.A. and Gruda, N. 2010. Efficiency of subsurface drip irrigation for potato production under different dry stress conditions. Gesunde Pflanzen, 62(2):63-70.

Bar-Yosef, B., Sagiv, B. and Markovitch, T. 1989. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorous fertigation. Agronomy Journal, 81(3):443-447.

Ben-Gal, A. and Dudley, L.M. 2003. Phosphorus availability under continuous point-source irrigation. Soil Science Society of America Journal, 67(5):1449-1456.

Bordovsky, J.P., Emerson, C.L. and Mustian, J.T. 2012. Irrigation interval effects on cotton production using subsurface drip systems. In 2012 Dallas, Texas, July 29-August 1, 2012 (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Couto, A., Padín, A. R. and Reinoso, B., 2013. Comparative yield and water use efficiency of two maize hybrids differing in maturity under solid set sprinkler and two different lateral spacing drip irrigation systems in Leon, Spain. Agric. Water Manage. 124, 77–84.

Di Paolo, E. and Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research 105:202-210.

Douh, B. and Boujelben, A. 2011. Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of maize (Zea mays L.) under Tunisian climatic condition. Journal of Natural Product and Plant Resources, 1(3):8-14.

Dukes, M.D. and Scholberg, J.M. 2005. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. Applied Engineering in Agriculture, 21(1):89-101.

Enciso, J., Jifon, J., Anciso, J. and Ribera, L. 2015. Productivity of onions using subsurface drip irrigation versus furrow irrigation systems with an internet based irrigation scheduling program. International Journal of Agronomy, 2015.

FAO. 2011. Subset production crops database. Accessed 18 Feb 2015. FAO, Rome. http://faostat3.fao.org/ home/index.html

Hassanli, A.M., Ebrahimizadeh, M.A. and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agricultural Water Management, 96(1):93-99.

Howell, T.A., Schneider, A.D. and Evett, S.R. 1997. Subsurface and surface microirrigation of corn,

spectroradiometry to investigate crop water use efficiency of a drip irrigated tomato. European journal of agronomy, 59:67-77.

Mitchell, W.H., McVaine, J.E. and Mueller, J.P. 1969. Subsurface irrigation with perforated plastic tubing. Bulletin 99. Agricultural Extension Service.

Montemayor Trejo, J.A., Gómez Monsivais, A.O., Olague Ramírez, J., Zermeno González, A., Ruiz Cerda, E., Fortis Hernández, M., Salazar Sosa, E. and Aldaco Nuncia, R. 2006. Effect of three driptape installation depths on water use efficiency and yield parameters in forage maize. Técnica Pecuaria en México, 44(3):359-364.

Oron, G., DeMalach, Y., Hoffman, Z. and Cibotaru, R. 1991. Subsurface microirrigation with effluent. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(1):25-36.

Pablo, R.G., O'Neill, M.K., McCastin, B.D., Remmenga, M.D., Keenan, J.G. and Onken, B.M. 2007. Evaluation of corn grain yield and water use efficiency using subsurface drip irrigation. Journal of sustainable agriculture, 30(1):153-172.

Palacios-Díaz, M.P., Mendoza-Grimón, V., Fernández-Vera, J.R., Rodríguez-Rodríguez, F., Tejedor-Junco, M.T. and Hernández-Moreno, J.M. 2009. Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. Agricultural water management, 96(11):1659-1666.

Powell, N. L. and Wright, F. S. 1993 Grain yield of subsurface microirrigated corn as affected by irrigation line spacing. Agron. J., 85(6), 1165-1170.

Schulz, M. 2000. Microirrigation of maize. In Proc. Natl. Conf. and Exhibition (pp. 398-405). Hornsby, NSW, Australia: Irrigation Association of Australia.

Sorensen, R. B., Butts, C. L., and Lamb, M. C. 2013. Corn yield response to deep subsurface drip irrigation in the southeast. Crop Mgmt., 12(1), doi: 10.1094/CM-2013-0122-01-RS.

Spurgeon, W. E., Manges, H. L. and Makens, T. P. 1991. Drip line spacing and plant population for corn. ASAE Paper No. 912592. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Stone, K.C., Bauer, P.J., Busscher, W.J. and Millen, J.A. 2008. Narrow row corn production with subsurface drip irrigation. Applied engineering in agriculture, 24(4):455-464.

Tarkalson, D.D. and Payero, J.O. 2008. Comparison of nitrogen fertilization methods and rates for subsurface drip irrigated corn in the semi-arid Great Plains. Transactions of the ASABE, 51(5):1633-1643.

Thorburn, P.J., Cook, F.J. and Bristow, K.L. 2003. Soil dependent wetting from trickle emitters: Implications for system design and management. Irrigation Science, 22(3):121-127.

USDA. 2016. United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. World Agricultural Production. Circular Series, WAP 12-16.

Venot, J.P., Zwarteveen, M., Kuper, M., Boesveld, H., Bossenbroek, L., Kooij, S.V.D., Wanvoeke, J., Benouniche, M., Errahj, M., Fraiture, C.D. and Verma, S. 2014. Beyond the promises of technology: a review of the discourses and actors who make drip irrigation. Irrigation and Drainage Journal, 63:186-194.

Water Management in Agriculture
Vol. 3, No. 2, Autumn and Winter 2016, 39-52

نشریه مدیریت آب در کشاورزی
جلد ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، ص. ۵۲-۳۹

Application of Subsurface Drip Irrigation System and Management Parameters in Corn Production

H. Dehghanisanij*[۱], E. Kanani[۲] and M. Hamami[۳]

Abstract

Subsurface drip irrigation is a highly efficient method to optimal use of water by minimizing water losses through evaporation from the soil surface, reduce deep percolation, and thus helping to keep water and preserve the nutrients used by crops. This irrigation method have high priority in different parts of the world on different row crops, garden and vegetables compared to other methods irrigation such as of surface drip irrigation, sprinkler and surface irrigation. In Iran, for the crops with cultivated area, such as corn, were been very productive which may have an important role in the water balance of country's. In this article, the goal is introduction of benefits and limitations of subsurface drip irrigation for corn and provide technical advice for design, implementation and operation of this system in corn farming. For this purpose reports and publications on the yield and water productivity of corn under subsurface drip irrigation system were studied. The results showed that depth of dripline due to the soil texture was variable, and was in range from 0.15 to 0.45 meters. Also, the distance between the dripline was affordable with 1.5 meters for cultivated corn with a row spacing of 0.76 m. Also, the results showed that grain yield of corn, plant biomass and absorb plant nitrogen fertilizer by fertigation during the growing season has increased under the subsurface drip irrigation system. Generally, when we are faced with water shortage and water tension of the product, application of subsurface drip irrigation with a proper design and management will increase corn production levels, yield and yield components and, also increase the irrigation water productivity.

Key Words: Corn, Irrigation management, subsurface drip irrigation, Water productivity, yield

[1] Associate Researcher, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (*Corresponding Author: E-mail: h.dehghanisanij@areo.ir)

[۲] Master of Science, Department of Water Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

[۳] Professor, Faculty of Environment, Alborz, Karaj, Iran.

Received: Nov 12, 2016
Accepted: Jan 30, 2016