نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۷، ص. ۶۷۴-۶۶۱

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 4, Sept.-Oct. 2018, p. 661-674

اثر آبیاری سطحی و زیرسطحی با آب شور و مالچ بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت و توزیع املاح در خاک

عبدالمجید لیاقت[1*]- مسعود پورغلام آمیجی[2]- پوریا مشهوری نژاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۷

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب در ایران و شرایط خاص جغرافیایی کشور، استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری با مصرف کمتر آب امری بدیهی خواهد بود. با اعمال مدیریت صحیح در سیستم آب، خاک و گیاه می‌توان ضمن افزایش محصول، یک کشاورزی پایدار ایجاد کرد. بدین منظور در این پژوهش، ۱۲ عدد لایسیمتر بتنی به ابعاد ۱/۲۵×۲×۲ متر استفاده شد تا اثر پوشش گیاهی (مالچ) روی راندمان مصرف آب و عملکرد محصول برای گیاه ذرت، تجمع نمک و همچنین میزان شستشوی نیترات در پروفیل خاک تحت دو سیستم آبیاری سطحی و آبیاری زیرزمینی تراوا موردبررسی قرار گیرد. برای آبیاری از آبی با هدایت الکتریکی ۴ dS/m استفاده شد. طرح مذکور دارای دو تیمار اصلی (آبیاری سطحی و زیرزمینی تراوا) و دو تیمار فرعی (مالچ و بدون مالچ) با آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مرکز تحقیقات آب و هواشناسی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج در سال ۱۳۸۹ اجرا گردید. آبیاری سطحی بر اساس رطوبت موردنیاز خاک و آبیاری زیرزمینی تراوا روزانه به‌اندازه مقدار آب مصرف‌شده، صورت گرفت. نتایج نشان داد که سیستم آبیاری زیرزمینی اثر بسیار معنی‌داری در کاهش آب مصرفی (۵۳ درصد با مالچ و ۴۰ درصد بدون مالچ) و افزایش عملکرد محصول (۴۶ درصد در عملکرد دانه‌ای، ۵۰ درصد در عملکرد علوفه‌ای و ۱۲ درصد در وزن هزار دانه ذرت) نسبت به سیستم آبیاری سطحی دارد. همچنین آبیاری زیرزمینی با کاهش آبشویی نیترات و نمک، از شور شدن و آلودگی لایه‌های زیرین خاک جلوگیری نموده است. وجود مالچ در لایسیمتر ها نیز، اثر بسیار معنی‌داری بر کاهش آب مصرفی و عملکرد ذرت نشان داد. همچنین وجود مالچ در هر دو سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا و سطحی، غلظت نمک در سطح خاک را به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد کاهش داده است. درنتیجه در مناطقی که از آب شور برای آبیاری استفاده می‌کنند، سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا عملکرد بهتری را نسبت به سیستم آبیاری سطحی حاصل می‌کند و استفاده از مالچ، می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کاهش نیاز آبشویی شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرزمینی تراوا، پوشش گیاهی، تجمع نمک، سیستم‌های آبیاری، شستشوی نیترات

مقدمه

آب عنصری حیاتی است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک، گسترش کشت در اراضی مستعد را با محدودیت مواجه می‌سازد. کشور ایران به دلیل نقصان ریزش‌های جوی و نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی، در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان بوده و همواره با مشکل کمبود آب روبه‌رو است (۱۴). همچنین خشک‌سالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشک‌سالی در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. به‌طوری‌که بر اساس گزارش موسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید (۱).

در شرایط حاضر با توجه به محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی اراضی قابل‌کشت (شرایط حاکم بر اکثر مناطق ایران)، هدف اصلی در کشاورزی بایستی بیشتر متمرکز بر بالابردن تولید به ازای واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از این منابع باشد. سامانه‌های آبیاری موضعی همانند آبیاری زیرسطحی تراوا علاوه بر راندمان بالا، کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد محصول را نیز در پی خواهد داشت (۱۳).

عباسی و همکاران (۱) در گزارشی با عنوان ارتقای بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی به این نکته اشاره کردند که متوسط راندمان

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
(*-نویسنده مسئول: (Email: Aliaghat@ut.ac.ir
DOI: 10.22067/jsw.v32i4.69323

کاربرد آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار و سطحی به ترتیب حدود ۶۶/۶ و ۵۳/۶ درصد است. همچنین با مقایسه روش‌های مختلف آبیاری تحت‌فشار نیز ملاحظه می‌شود که میانگین راندمان کاربرد آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی حدود ۶۲/۱ و در روش‌های آبیاری قطره‌ای ۷۱/۱ درصد است. بنابراین با توجه به تلفات بیشتر آب و کم بودن راندمان در آبیاری سطحی، سیستم آبیاری موضعی با توجه مزایایی که دارد می‌تواند جایگزین خوبی باشد و برای محدوده بسیاری از گیاهان و محصولات زراعی به کار رود.

به دلیل شرایط محیطی و تابش مستقیم آفتاب، مقدار زیادی از آب داده‌شده به گیاهان و دیگر محصولات زراعی به‌صورت تلفات تبخیر در روش آبیاری سطحی[1] از بین می‌رود. بنابراین برای دستیابی به راندمان بالا، سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی[2] و زیرسطحی[3] جایگزین مناسبی می‌باشد. از جمله محاسن سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (لوله‌های تراوا) می‌توان به کارایی بالاتر مصرف آب[4]، آلودگی کمتر آب‌های زیرسطحی به دلیل آبشویی کمتر نیترات، کاهش خطرات شوری به دلیل نگهداری زیاد رطوبت خاک و آبیاری پیوسته، یکنواختی بهتر پخش آب، وضعیت بهتر گیاه ازنظر رشد و افزایش کمی و کیفی محصولات، مدیریت مناسب کود و سم و کنترل علف‌های هرز، امکان خودکار سازی سیستم، کاهش خسارات ناشی از حیوانات و انعطاف‌پذیری بالای سیستم اشاره کرد (۳، ۸ و ۱۲).

همچنین نتایج کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر روی بیش از ۳۰ نوع گیاه، افزایش محصول را نسبت به سایر روش‌های آبیاری، از جمله آبیاری قطره‌ای سطحی به همراه داشته است. ضمن اینکه میزان آب کاربردی کمتر بوده است (۶).

نتایج حاصل از تحقیقات ۴ ساله محمدی و عبداللهی (۱۰) برای مقایسه سیستم آبیاری سطحی و زیرسطحی نشان‌دهنده کاهش حداقل ۳۰ تا ۴۰ درصد در مصرف آب با روش آبیاری زیرسطحی در مقایسه با آبیاری سطحی است. همچنین استفاده از سیستم آبیاری زیرسطحی علاوه بر افزایش کارایی و صرفه‌جویی در مصرف آب، باعث افزایش کمی و کیفی عملکرد درختان پسته می‌شود.

با توجه به نکات گفته‌شده و بررسی نتایج پژوهشگران، اهمیت سیستم آبیاری موضعی به‌ویژه آبیاری زیرزمینی تراوا به دلیل کم بودن تلفات و تبخیر کمتر و پخش دقیق آب، به‌وضوح مشخص است. حال به‌مرور مطالعات انجام‌شده در بحث بقایای گیاهی و مواد آلی و به‌کارگیری ترکیبی از آن در کشت محصولات پرداخته می‌شود.

سیستم آبیاری زیرسطحی تراوا به دلیل راندمان بالا و افزایش قابل‌توجه عملکرد به ازای واحد آب مصرفی از یک سو، و باقیمانده بقایای گیاهی همانند کاه و کلش با توجه کاهش تلفات آب به‌صورت تبخیر از سطح و دیگر مزایای گفته‌شده از سوی دیگر، باید موردبررسی قرار گیرد که آیا با ترکیبی از این دو روش، به ازای مصرف آب کمتر محصول بیشتری عاید می‌شود یا خیر.

مطابق مطالعه بهبهانی و همکاران (۴) و ابراهیمیان و بتوخته (۷) افزودن موادی مانند بقایای گیاهی (مالچ[5])، کاه و کلش، پوست، چوب و برگ خردشده گیاهان و درختان و کمپوست[6] می‌تواند علاوه بر اینکه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد، امکان بهره‌وری بیشتر در مصرف آب را فراهم آورد و بستر خاک را به یک بستر خوب تبدیل نماید. مالچ‌ها به دلایل مختلفی نیز به کار می‌روند، اما در مناطق خشک و نیمه‌خشک، صرفه‌جویی در مصرف آب و کنترل فسایش، بدون شک از مهمترین این دلایل می‌باشد. از سایر دلایل استفاده از مالچ‌ها می‌توان به تعدیل درجه حرارت خاک، تاثیر بر میزان عناصر غذایی خاک، کنترل شوری خاک، بهبود ساختمان خاک و کنترل علف‌های هرز اشاره کرد.

استفاده از مالچ‌ها یکی از راهکارهای افزایش بازده آبیاری و بهره‌وری آب است. مالچ‌ها به‌طورکلی به دو صورت آلی (مانند بقایای گیاهی) و غیر آلی (شیمیایی و معدنی) وجود دارند. استفاده از مالچ‌ها ضمن کنترل فرسایش خاک و حفظ رطوبت خاک از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک، مانع از رشد علف‌های هرز و درنتیجه کاهش مصرف آب می‌شود (۲ و ۹). علاوه بر این می‌توان به اثر استفاده از مالچ و افزایش تا ۶۰ درصدی بهره‌وری مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن و کمک به مسائل زیست‌محیطی اشاره کرد (۱۱).

برت و همکاران (۵) تحقیقی در زمینهٔ تأثیر استفاده از مالچ و بقایای گیاهی بر روی خاک لخت انجام دادند. نتایج نشان داد با این روش می‌توان بعد از آبیاری میزان تبخیر از سطح خاک را از ۱۱ تا ۸۴ درصد برای یک دوره کوتاه‌مدت و نصف این میزان را در درازمدت کاهش داد.

امروزه سیستم آبیاری زیرزمینی به روش‌های مختلف در سطح جهان به‌خصوص کشورهایی که در کمبود آب به سر می‌برند، در حال اجرا و کار می‌باشد. یکی از جدیدترین این روش‌ها استفاده از لوله‌های پلاستیکی اسفنجی مانند (tuporex) است که در منطقه ریشه گیاه نصب می‌شود. سپس آب تحت‌فشار ۲-۰/۶ اتمسفر در آن جریان یافته و با تراوش خود موجب مرطوب شدن آن منطقه خواهد شد. بنابراین اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به‌منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات موثر برای

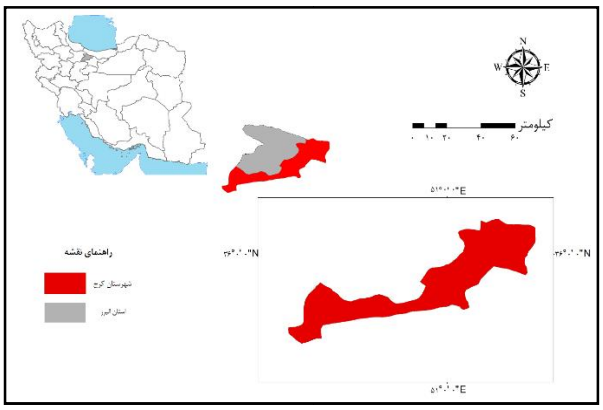
1- Surface Irrigation (SI)
2- Drip Irrigation (DI)
3- Subsurface Drip Irrigation (SDI)
4- Water Use Efficiency (WUE)
5- Mulch
6- Compost

افزایش راندمان آبیاری و درنتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب می‌باشد. روش‌های مختلفی برای کاهش محدودیت‌های ذکرشده پیشنهاد شده است که استفاده از یک سیستم مناسب آبیاری همانند آبیاری زیرزمینی با لوله‌های تراوا همراه با مالچ‌های طبیعی ازجمله آن‌ها می‌باشد که در این پژوهش به آن پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

تحقیق حاضر در مرکز تحقیقات آب و هواشناسی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در شهر کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول جغرافیایی و ارتفاع ۱۲۹۳ متر از سطح دریا در سال ۱۳۸۹ انجام شد. طبق آمار و داده‌های میان‌مدت، منطقه دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد است. برابر آمار موجود، متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر، میانگین سالیانه دمای هوا ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد بوده که بیشینه و کمینه مطلق آن به‌ترتیب ۴۲ و ۲۰- درجه سانتی‌گراد به ثبت رسید. دیگر پارامترهای هواشناسی منطقه شامل میانگین رطوبت نسبی ۵۳ درصد، تبخیر سالانه ۲۱۸۴ میلی‌متر، سرعت متوسط باد روزانه ۲/۲ متر برثانیه و جهت غالب آن شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
Figure 1- Geolocation of the study area

همان‌طور که گفته شد ۱۲ عدد لایسیمتر بزرگ بتنی به ابعاد ۲×۲×۱/۲۵ متر در این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. نمایی از نحوه قرار گیری لایسیمترها و اعمال تیمار در شکل ۲ آمده است. در کف هر لایسیمتر یک لوله سوراخ‌دار پلی‌اتیلن به‌عنوان زهکش نصب شد تا آب خروجی از آن به اتاق کنترل زیر لایسیمترها هدایت شده و بتوان از آن نمونه‌گیری کرد. تیمار های شامل آبیاری سطحی با مالچ، آبیاری سطحی بدون مالچ، آبیاری زیرسطحی، با مالچ و آبیاری زیرسطحی بدون مالچ را شامل شدند. طریقه نامگذاری و اعمال تیمارها در جدول ۲ آمده است.

تکرار اول First Repeat	So	To	Sm	Tm
تکرار دوم Second Repeat	To	So	Tm	Sm
تکرار سوم Third Repeat	Tm	To	Sm	So

شکل ۲- شماتیک طرح آزمایشی در مزرعه مورد مطالعه
Figure 2- Schematic of the experimental design on the studied farm

منابع آب و خاک

آب آبیاری استفاده‌شده در این پژوهش شامل آب شیرین و شور بوده است. آب شیرین، همان آب موجود در منطقه و آب شور هم با شوری ۴ dS/m تهیه شد. به این صورت بوده که دو هفته اول و تا زمان رسیدن گیاه به استقرار، آب شیرین به خاک داده شد اما بعد از این مدت تا آخر دوره کشت، آب شور با هدایت الکتریکی ۴ دسی‌زیمنس بر متر تزریق گردید تا توزیع شوری در خاک هم، در حضور مالچ و انواع سیستم آبیاری بررسی گردد. مشخصات کیفی آب استفاده‌شده در این پژوهش در جدول ۱ ارایه شده است. خاک لایسیمتر ها از خاک مزرعه تهیه شد که با انجام آزمایش، وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب معادل ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب به ثبت رسید. پر کردن لایسیمترها به‌گونه‌ای انجام شد که وزن مخصوص ظاهری خاک با مقدار آن در مزرعه یکسان شود. دانه‌بندی خاک هم به روش الک انجام شد و متوسط بافت خاک لایسیمتر ها SCL به دست آمد. رابطه‌ای بین مقدار رطوبت و نیروی مکش خاک به نام منحنی مشخصه رطوبتی خاک وجود دارد که در کلیه عملیات آبیاری و زهکشی مورداستفاده قرار می‌گیرد. با این توضیح که میزان رطوبت خاک تحت مکش‌های مختلف به‌وسیله دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد و منحنی مربوط به آن در شکل ۳ رسم شد. محور عمودی بیانگر درصد رطوبت حجمی و محور افقی لگاریتم مکش‌های اعمال‌شده می‌باشد.

مشخصات سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا

مواد مورداستفاده در تولید این لوله‌ها، ترکیبی از ۶۵ درصد پودر پلاستیک فرسوده و ۳۵ درصد الیاف پلاستیکی می‌باشد. دیگر مشخصات فنی لوله تراوا شامل؛ قطر داخلی و خارجی به ترتیب ۱۳ و

۱۸ میلی‌متر، وزن هر متر ۱۰۰ گرم، حداقل فشار ۰/۴ و حداکثر آن ۲ اتمسفر بوده است.

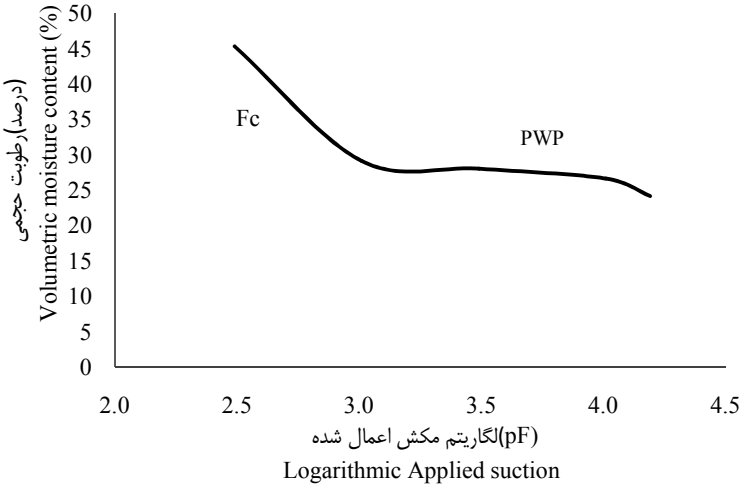
به‌طورکلی فشار توصیه‌شده برای کارکرد مناسب این لوله‌ها ۰/۶ تا ۰/۸ اتمسفر برای دبی ۱/۵ تا ۲ لیتر بر ساعت در هر متر لوله است.

در این آزمایش با توجه به کوتاه بودن طول لایسیمتر (دو متر) فشار دو متر در نظر گرفته شد که کارکرد آن نیز قابل‌قبول بود. نکته دیگر اینکه بقایای گیاهی یا همان مالچ مورداستفاده در این تحقیق، باقیمانده شاخ و برگ گیاه ذرت از کشت قبلی بود.

جدول ۱- مشخصات کیفی آب آبیاری استفاده‌شده

Table 1- Qualitative characteristics of irrigation water used

نمونه آب Water sample	ECw (dS/m)	pH	آنیون و کاتیون‌های محلول (میلی اکی والانت بر لیتر) Dissolved anions and cations (meq/lit)							NO3-N (mg/lit)	SAR (mmol/lit)
			Na	Ca+Mg	Total cation	SO4	Cl	Total anion	HCO3		
شیرین Fresh	0.74	7.43	2.36	8	10.36	0.8	4	8.8	4	1.58	1.18
شور Saline	4	7.11	35.53	25	60.53	8.05	46.25	58.2	3.9	14.51	10.05



شکل ۳- منحنی مشخصه رطوبتی خاک لایسیمتر ها

Figure 3- Soil moisture characteristic curve of lysimeters

جدول ۲- معرفی تیمارهای مورد آزمایش

Table 2-Introducing the tested treatments

نام تیمار ها Name of treatments	تیمار های اعمال‌شده Applied treatments
TM	لایسیمتر های پوشیده شده با بقایای گیاهی ذرت و سیستم آبیاری زیرزمینی با لوله‌های تراوا Mulch-covered lysimeters and Subsurface irrigation systems with permeable tubes
SM	لایسیمتر های پوشیده شده با بقایای گیاهی ذرت و سیستم آبیاری سطحی Mulch-covered lysimeters and surface irrigation systems
TO	لایسیمتر های لخت و سیستم آبیاری زیرزمینی با لوله‌های تراوا Bare lysimeters and Subsurface irrigation systems with permeable tubes
SO	لایسیمتر های لخت و سیستم آبیاری سطحی Bare lysimeters and surface irrigation systems

تیمارهای مورد مطالعه

اهداف این تحقیق شامل: مقایسه مقدار آب مصرفی در دو سیستم آبیاری زیرزمینی و سطحی به همراه مالچ و عدم حضور مالچ، مقایسه غلظت نمک و نیترات در دو سیستم آبیاری زیرزمینی و سطحی به همراه مالچ و عدم حضور مالچ و مقایسه عملکرد دانه‌ای، علوفه‌ای و هزاردانه ذرت در دو سیستم آبیاری زیرزمینی و سطحی به همراه مالچ و عدم حضور مالچ می‌باشد. بنابراین برای رسیدن به اهداف ذکرشده، این طرح در چهار تیمار (هرکدام در سه تکرار) به شرح جدول ۲ نام‌گذاری شدند.

نتایج و بحث

اندازه‌گیری‌ها

همراه با پرکردن لایسیمتر ها از خاک، میله‌های رطوبت‌سنج TDR[1] که رطوبت را به‌صورت حجمی اندازه‌گیری می‌کند، در اعماق ۲۵-۰، ۵۰-۲۵ و ۷۵-۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک نصب شد. دیگر پارامتر مربوطه همانند هدایت الکتریکی به‌صورت عصاره اشباع خاک ثبت گردید. میزان کود ازته (اوره) طبق نیاز منطقه و آنالیز خاک صورت گرفته در تحقیقات قبلی در مرکز مذکور، به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که برای هر لایسیمتر با سطح چهار مترمربع مقدار کود برابر ۱۲۰ گرم محاسبه شد. نیمی از این مقدار در موقع کاشت و نیمی دیگر، ۶۰ روز بعد از کاشت به گیاه داده شد. حجم آب داده‌شده براساس کمبود رطوبت خاک، به تیمار آبیاری سطحی در هر نوبت یادداشت می‌شد تا میزان آب مصرفی مشخص باشد. در تیمار آبیاری زیرزمینی تراوا هم یک منبع ۵۰ لیتری مدرج اختصاص داده شد و حجم آب مصرفی از هر منبع، ۲۴ ساعت بعد به آن اضافه می‌شد تا بدین‌صورت مصرف این تیمار هم مشخص باشد. چون بذر مورداستفاده، یک بذر اصلاح‌شده دومنظوره دانه‌ای و علوفه‌ای بود (رقم KSC ۷۰۴)، درنتیجه برای مقایسه عملکرد محصول در تیمارها، سه عملکرد دانه‌ای، علوفه‌ای و هزار دانه اندازه‌گیری شد. میزان مالچ در این تحقیق، چهار تن در هکتار (۱۸ و ۱۹) در نظر گرفته شد که این مقدار برای هر لایسیمتر برابر ۱/۶ کیلوگرم به‌دست آمد. برای آبیاری هم، آب شور با هدایت الکتریکی ۴ dS/m (در حد قابل تحمل رقم مقاوم سینگل کراس) به تیمارهای شوری و با گذشت دو هفته از کاشت ذرت تزریق شد. همچنین برای تعیین سطح معنی‌دار بودن دو فاکتور سیستم آبیاری و مالچ بر میزان آب مصرفی، تجزیه واریانس آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی همانند جدول ۳ توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

میزان آب مصرفی

شکل ۴ مقادیر کل آب مصرفی در تیمارهای موردمطالعه را نشان می‌دهد. مقدار مصرف تجمعی آب (دو هفته اول آب شیرین و سپس آب شور) در چهار تیمار SM، SO، TM و TO به ترتیب برابر ۵۲۱۷، ۶۷۶۳، ۳۴۴۸ و ۳۹۶۵ لیتر به ثبت رسید. بالاترین میزان آب مصرفی ذرت در طول فصل رشد مربوط به تیمار SO می‌باشد که نشان از مصرف بیشتر آب سیستم آبیاری سطحی در مقایسه با آبیاری زیرزمینی تراوا است. دو تیمار SM و SO با اینکه هر دو از سیستم آبیاری سطحی بهره‌مند بودند، ولی به دلیل حضور مالچ و طی آن نگهداری بیشتر رطوبت در خاک و کاهش بخشیدن تبخیر از سطح خاک، میزان آب مصرفی ذرت در طی فصل رشد در تیمار SM نسبت به SO حدود ۲۳ درصد کاهش یافت. در سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا نیز حضور مالچ به دلایل ذکرشده در فوق، حدود ۱۳ درصد میزان آب مصرفی ذرت در تیمار TM نسبت به TO را کاهش داده است.

وجود مالچ در سیستم آبیاری سطحی (SM) نسبت به سیستم آبیاری زیرزمینی (TM) بیشتر توانسته آب مصرفی را کاهش دهد و این با نتیجه تحقیق حیدری‌نیا و همکاران در تطابق است (۱۸). در توجیه این مساله می‌توان گفت که در آبیاری سطحی مقدار زیادی از رطوبت بدون آنکه مورداستفاده گیاه قرار گیرد، طی عمل تبخیر از خاک خارج می‌شود. بنابراین در تیمار آبیاری سطحی حضور مالچ موثرتر واقع می‌شود، از طرفی هم لوله‌های تراوا در عمق ۴۰ سانتی‌متری از سطح خاک نصب شدند و عمق کمتری از لایه فوقانی را مرطوب می‌ساختند. همچنین اگر تیمار آبیاری سطحی (SO) و آبیاری زیرزمینی (TO) بدون حضور مالچ موردبررسی قرار گیرند، مشاهده می‌شود که در تیمار TO، میزان آب مصرفی ذرت نسبت به تیمار SO حدود ۴۰ درصد کاهش یافته است. که از دلایل آن یکی تبخیر کم در آبیاری زیرزمینی است، درنتیجه تنها به‌اندازه نیاز آبی گیاه از رطوبت خاک کاسته می‌شود و دوم عدم تلفات عمقی و عدم اعمال نیاز آبشویی در سیستم آبیاری زیرزمینی به دلیل رطوبت دایمی و یکنواخت در اطراف لوله‌های تراوا می‌باشد. همچنین با تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مشخص گردید که اثر هر دو فاکتور سیستم آبیاری و مالچ بر میزان آب مصرفی ذرت در طول فصل رشد در سطح یک درصد معنی‌دار است.

عملکرد محصول

به دلیل اینکه ذرت کاشته شده دومنظوره بود، بنابراین عملکرد محصول در حالت‌های عملکرد دانه‌ای (وزن بلال بدون غلاف)، عملکرد علوفه‌ای (وزن تر ساقه به‌علاوه وزن بلال با غلاف) و عملکرد هزاردانه (وزن هزاردانه ذرت) مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط عملکرد دانه‌ای، علوفه‌ای و وزن هزاردانه ذرت در چهار تیمار

1- Time Domain Reflectometry

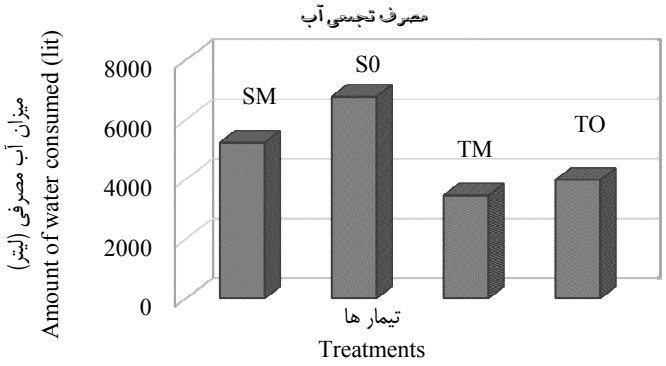
SM، SO، TM و TO در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است.

– عملکرد دانه‌ای به ترتیب تیمار SM، SO، TM و TO: ۶/۵، ۴/۷، ۹/۱ و ۶/۹ تن در هکتار

– عملکرد علوفه‌ای به ترتیب تیمار SM، SO، TM و TO: ۴۹/۴، ۳۸، ۸۰/۲ و ۵۶/۵ تن در هکتار

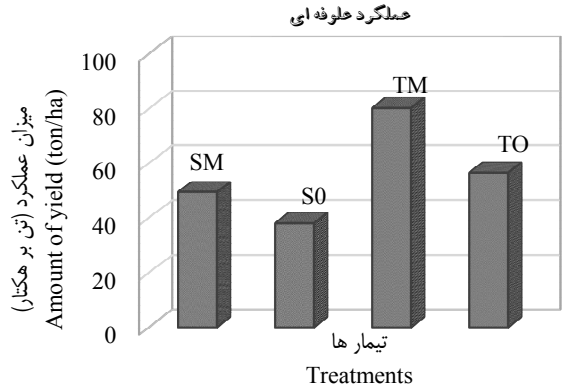
– وزن هزاردانه به ترتیب تیمار SM، SO، TM و TO: ۸۱۰، ۷۵۰، ۹۵۰ و ۸۴۰ گرم

با دقت در نمودارها می‌توان بیان کرد که حضور مالچ در سیستم آبیاری سطحی (SM) به‌تنهایی باعث شده که عملکرد دانه‌ای ۳۸ درصد، علوفه‌ای ۳۰ درصد و وزن هزاردانه ۸ درصد نسبت به تیمار آبیاری سطحی بدون مالچ (SO) افزایش یابد. وجود مالچ در سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا (TM) نیز عملکرد دانه‌ای را ۳۲ درصد، علوفه‌ای ۴۲ درصد و وزن هزاردانه را ۱۳ درصد نسبت به تیمار آبیاری زیرزمینی بدون مالچ (TO) افزایش داده است. به نظر می‌رسد مالچ با نگهداری بیشتر رطوبت خاک، کاهش تبخیر و صعود مویینگی، باعث می‌شود که نمک کمتری در خاک تجمع پیدا کند و درنتیجه تنش کمتری به گیاه وارد شود. همچنین وجود مالچ باعث می‌شود که توزیع آب در ساقه‌ها، چوب و الیاف گیاه بهتر و بیشتر صورت پذیرد زیرا آبدارتر شدن ساقه و دانه ذرت در عملکرد علوفه‌ای و وزن هزاردانه کاملاً مشهود است.



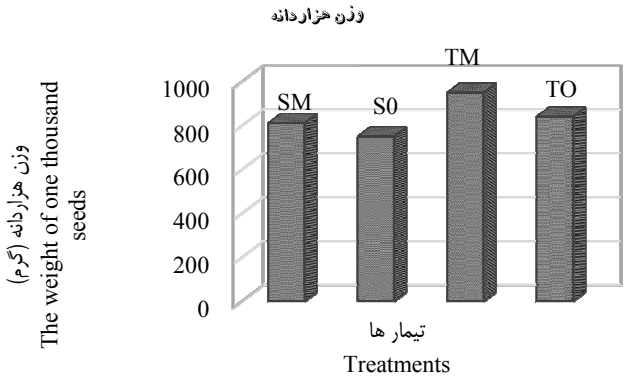
شکل ٤- میزان آب مصرفی در تیمارهای مختلف: آبیاری سطحی (SO)، آبیاری سطحی با مالچ (SM)، آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا (TO) و آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا و مالچ (TM)

Figure 4- The amount of consumed water in different treatments: Surface irrigation (SO), Surface irrigation with mulch (SM), Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM)



شکل ٥- میزان عملکرد دانه‌ای و علوفه‌ای ذرت در تیمارهای مختلف: تیمار آبیاری سطحی (SO)، تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM)، تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا (TO) و تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا و مالچ (TM)

Figure 5- The amount of grain yield and corn forage in different treatments: Surface irrigation (SO), Surface irrigation with mulch (SM), Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM)



شکل ٦- میزان وزن هزاردانه ذرت در تیمارهای مختلف: تیمار آبیاری سطحی (SO)، تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM)، تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا (TO) و تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا و مالچ (TM)

Figure 6- The weight of thousand seeds in different treatments: Surface irrigation (SO), Surface irrigation with mulch (SM), Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM)

جدول ۳- تجزیه واریانس فاکتورهای مؤثر بر میزان آب مصرفی و عملکردهای محصول در تیمارهای مختلف

Table 3-Variance analysis of factors affecting the amount of consumed water and crop yields in different treatments

منابع تغییر Source of variation	درجات آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of squares			
		آب مصرفی Used water	عملکرد دانه grain yield	عملکرد علوفه Forage yield	عملکرد هزار دانه 1000 seeds yield
فاکتور سیستم آبیاری (Irrigation system factor)	1	15640833**	2.69**	294.03**	6440**
فاکتور پوشش سطح خاک (Mulch factor)	1	3193008**	1.85*	148.4**	3536*
خطا (Error)	9	94369	0.2	94369	
کل (Total)	11	-	-	-	-

** معنی‌دار در سطح ۵٪، * معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns بی معنی

* Significant at 5% level, ** significant at 1% level and ns not significant

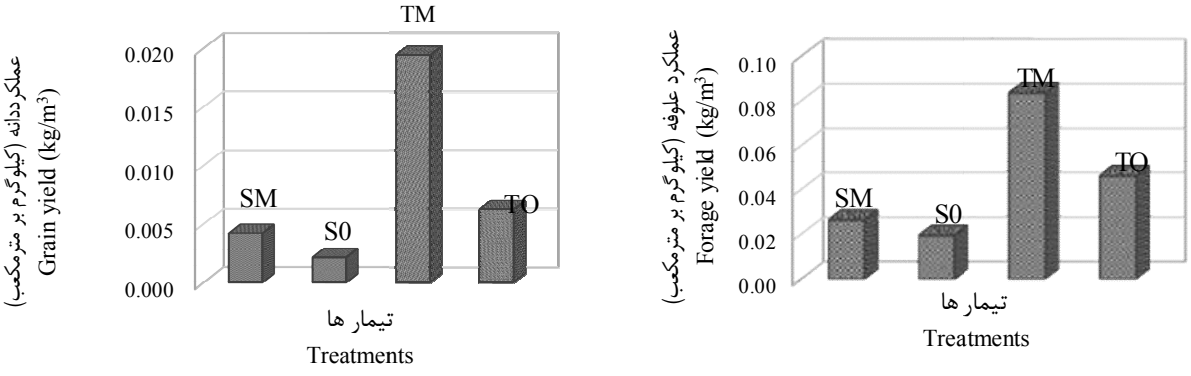
نکته دیگر اینکه وجود مالچ در سیستم آبیاری سطحی (SM) باعث شده که کلیه عملکردها در مقایسه با تیمار آبیاری زیرزمینی تراوا بدون مالچ (TO) تفاوت چندانی نداشته باشد و این مطلب بیانگر اثر تقریب یکسان مالچ و آبیاری زیرزمینی تراوا بر میزان عملکرد است که با نتیجه تحقیق پنگ و همکاران و حیدری‌نیا و همکاران همخوانی دارد (۱۹ و ۱۸). با مقایسه دو تیمار آبیاری زیرزمینی تراوا (TO) و سطحی (SO) بدون حضور مالچ می‌توان اثر نوع سیستم آبیاری بر عملکرد محصول را بررسی نمود. تیمار TO نسبت به SO، عملکرد دانه‌ای را ۴۶ درصد، عملکرد علوفه‌ای را ۵۰ درصد و وزن هزاردانه را ۱۲ درصد افزایش داده است که علت آن توزیع یکنواخت آب در طول لوله و عدم وجود تنش‌های گیاهی در تیمار آبیاری زیرزمینی است. همچنین مطابق جدول ۳، نتیجه تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی نشان داد که در هر سه عملکرد، اثر فاکتور نوع سیستم آبیاری بر میزان عملکرد بسیار معنی‌دار است (کمتر از ۵۰ درصد). وجود مالچ نیز بر میزان عملکردهای محصول اثر بسیار معنی‌داری داشته است (کمتر از ۱ درصد).

بهره‌وری مصرف آب

نکته مهم اینکه بیشترین عملکرد محصول در دو نوع عملکرد، در تیمار آبیاری زیرزمینی تراوا با مالچ (TM) به ثبت رسید و این مطلب زمانی اهمیت دوچندان پیدا می‌کند که به خاطر بیاوریم تیمار TM کمترین مقدار آب مصرفی را داشته است. یعنی با مصرف کمترین مقدار آب، بیشترین مقدار محصول در بین تیمارها حاصل‌شده است. شکل ۷ میزان تولید به ازای واحد آب مصرفی یا همان بهره‌وری مصرف آب عملکرد دانه و عملکرد علوفه ذرت را نشان می‌دهد.

از طرفی، همانطور که انتظار می‌رود تیمار آبیاری سطحی و بدون مالچ

(SO)، کمترین عملکرد به ازای واحد آب مصرفی را داشته است؛ زیرا هم مقدار آب داده‌شده در این نوع سیستم بیشتر است و از طرفی به دلیل عدم حضور پوشش گیاهی، مقدار آب قابل‌توجهی تبخیر شده و بهره‌وری مصرف آب کاهش یافته است. تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM) و آبیاری زیرزمینی تراوا (TO) در هر دو نوع عملکرد، نوسان زیادی نداشته و همیشه مقدار آن کمتر از TM و بیشتر از SO بوده است. ضمن اینکه مقدار بهره‌وری مصرف آب در تیمار آب زیرزمینی تراوا بدون مالچ (TO) از تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM) در هردو نوع عملکرد بیشتر بوده که این نکته قابل‌توجهی است. با اینکه در تیمار SM وجود مالچ از تبخیر و هدر رفت آب جلوگیری کرده و بهره‌وری مصرف آب را بالا می‌برد، اما برتری سیستم آبیاری زیرزمینی حتی بدون حضور پوشش گیاهی نسبت به سیستم آبیاری سطحی کاملاً مشهود است. این نتیجه با یافته تحقیق بلانکو و همکاران در تطابق است (۲۰). از طرفی، همانطور که انتظار می‌رود تیمار آبیاری سطحی و بدون مالچ (SO)، کمترین عملکرد به ازای واحد آب مصرفی را داشته است؛ زیرا هم مقدار آب داده‌شده در این نوع سیستم بیشتر است و از طرفی به دلیل عدم حضور پوشش گیاهی، مقدار آب قابل‌توجهی تبخیر شده و بهره‌وری مصرف آب کاهش یافته است. تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM) و آبیاری زیرزمینی تراوا (TO) در هر دو نوع عملکرد، نوسان زیادی نداشته و همیشه مقدار آن کمتر از TM و بیشتر از SO بوده است. ضمن اینکه مقدار بهره‌وری مصرف آب در تیمار آب زیرزمینی تراوا بدون مالچ (TO) از تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM) در هردو نوع عملکرد بیشتر بوده که این نکته قابل‌توجهی است. با اینکه در تیمار SM وجود مالچ از تبخیر و هدر رفت آب جلوگیری کرده و بهره‌وری مصرف آب را بالا می‌برد، اما برتری سیستم آبیاری زیرزمینی حتی بدون حضور پوشش گیاهی نسبت به سیستم آبیاری سطحی کاملاً مشهود است. این نتیجه با یافته تحقیق بلانکو و همکاران در تطابق است (۲۰).



شکل ۷- بهره‌وری آب برای عملکرد دانه و علوفه ذرت در تیمار های مختلف: تیمار آبیاری سطحی (SO)، تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM)، تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا (TO) و تیمار آبیاری زیرزمینی با لوله های تراوا و مالچ (TM)

Figure 7- Water productivity of grain and forage yield of corn in different treatments: Surface irrigation (SO), Surface irrigation with mulch (SM), Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM)

توزیع غلظت نیترات

غلظت نیترات در هر چهار تیمار SM، SO، TM و TO در سه عمق ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک با دستگاه HPLC[1] اندازه‌گیری شد که در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده‌شده است. به دلیل مشکلات اجرایی ازجمله تهیه پمپ مکش دستی، سبب شد که تنها در چهار هفته آخر نمونه‌گیری از محلول خاک انجام گیرد. شکل ۸ نشان می‌دهد که در آبیاری زیرزمینی تراوا با و بدون مالچ (TM و TO) هرچه که به عمق می‌رویم، غلظت نیترات کاهش می‌یابد. در عمق ۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک، نیترات بیشترین مقدار خود را داراست که اول می‌تواند به علت پدیده مویینگی و صعود نیترات همراه با رطوبت خاک، از منطقه مرطوب شده دور لوله به سطح خاک و دومین دلیل، تغلیظ بیشتر نیترات به دلیل مصرف آب کمتر در این تیمار باشد. در عمق ۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک، به دلیل اینکه تقریباً یک منطقه رطوبتی اشباع وجود دارد، غلظت نیترات رقیق‌تر و سرعت و میزان نیتراتزدایی[2] نیز در این محیط افزایش می‌یابد، زیرا در محیط اشباع اکسیژن کم است و باکتری‌های دگرساز[3] اکسیژن موردنیاز خود را از نیترات گرفته و متعاقب آن ازت را به‌صورت گاز N_2 آزاد می‌نمایند. به همین علت، غلظت نیترات در این عمق ناچیز است.

1- High Performance Liquid Chromatography

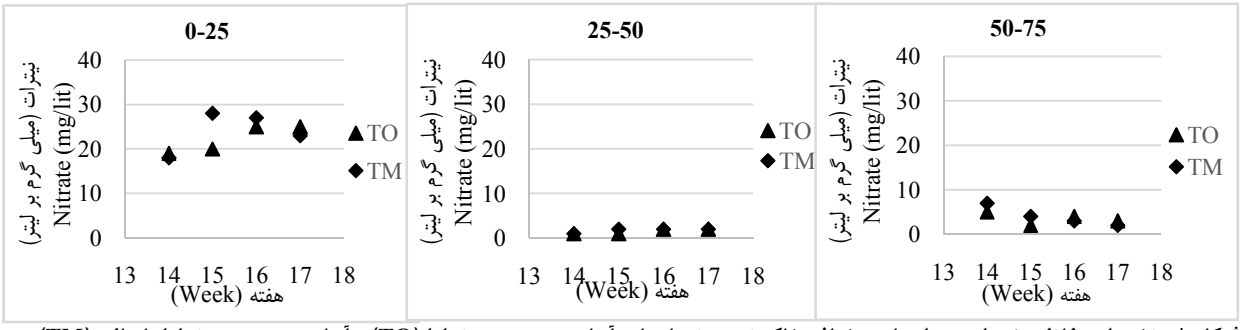
2- Denitrification

3- Heterotroph

در عمق ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک، به دلیل عدم نفوذ عمقی آب آبیاری در سیستم تراوا به اعماق پایین، غلظت نیترات ناچیز است. زیرا شوری نیز در این عمق بسیار ناچیز است.

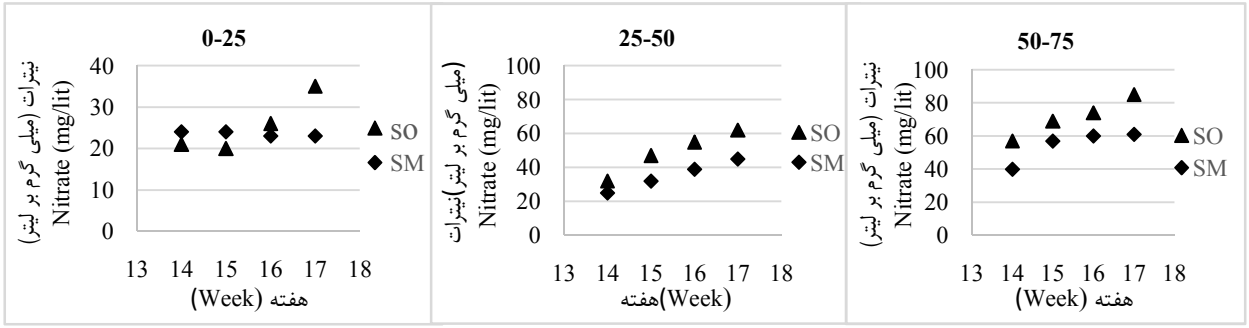
شکل ۹ مربوط به توزیع غلظت نیترات در سیستم آبیاری سطحی با و بدون مالچ (SM و SO) می‌باشد. هرچه که به عمق می‌رویم، غلظت نیترات افزایش می‌یابد که علت آن می‌تواند نفوذ عمقی آب از لایه‌های سطحی به لایه‌های زیرین باشد. از طرفی، آب آبیاری علاوه بر شستشوی نیترات از لایه‌های فوقانی به لایه‌های زیرین، به دلیل اینکه خود حاوی نیترات بوده، سبب افزایش غلظت نیترات در اعماق مختلف شده است. همچنین شکل ۹ نشان می‌دهد که در طول زمان نیز غلظت نیترات در هر سه عمق ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک رو به افزایش است که علت آن را می‌توان شستشوی نیترات از لایه‌های سطحی به زیرین ذکر نمود و با نتیجه تحقیق پنگ و همکاران تطابق دارد (۱۸).

وجود مالچ در آبیاری زیرزمینی تراوا (TM) اثر معنی‌داری بر توزیع غلظت نیترات در زمان و مکان نداشته است که این می‌تواند به علت وجود رطوبت تقریباً یکسان در تیمارهای TM و TO باشد. در آبیاری سطحی در عمق ۲۵ سانتی‌متری از سطح خاک، وجود مالچ اثر معنی‌داری بر غلظت نیترات ندارد اما در اعماق ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک، غلظت نیترات در تیمار دارای مالچ (SM) کاهش می‌یابد که علت آن می‌تواند به دلیل میزان کم‌تر آب آبیاری در تیمار دارای مالچ باشد. با توجه به جدول ۵، تجزیه وتحلیل آماری نیز بیانگر اثر بسیار معنی‌دار اثر فاکتور سیستم آبیاری بر توزیع غلظت نیترات در خاک است. این یافته با نتیجه تحقیقات ژائو و همکاران و پنگ و همکاران تطابق دارد (۱۵ و ۱۸).



شکل ۸- تغییرات غلظت نیترات در اعماق مختلف خاک تحت تیمارهای آبیاری زیرزمینی تراوا (TO) و آبیاری زیرزمینی تراوا با مالچ (TM)

Figure 8- Variations of nitrate concentration at different depths of soil under Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM) treatments



شکل ۹- تغییرات غلظت نیترات در اعماق مختلف خاک تحت تیمارهای آبیاری سطحی (SO) و تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM)

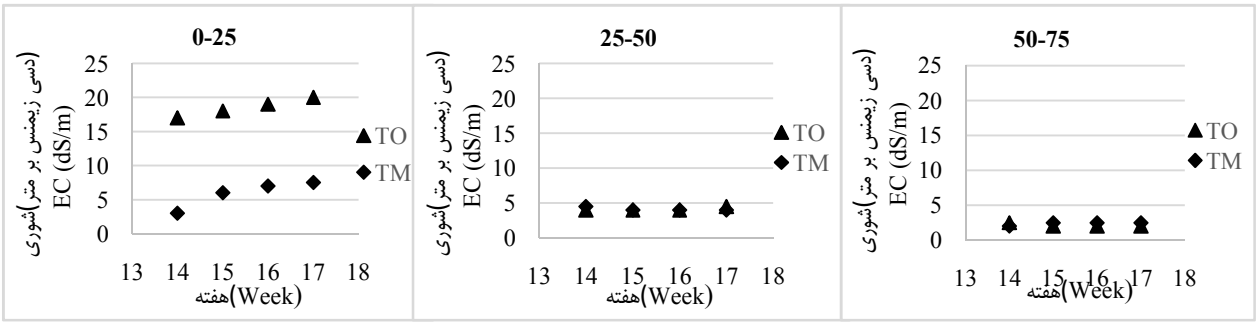
Figure 9- Variation of nitrate concentration at different depths of soil under Surface irrigation (SO) and Surface irrigation with mulch (SM) tratments

توزیع غلظت نمک

برای تعیین غلظت نمک در چهار تیمار SM، SO، TM و TO در سه عمق ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک، از همان نمونه محلول‌هایی که برای آنالیز نیترات جمع‌آوری شد، استفاده گردید که نتایج آن در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده‌شده است. با توجه به شکل ۱۰ در سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا با و بدون مالچ (TM و TO)، میزان شوری در لایه سطحی خاک یعنی ۲۵ سانتی‌متری از سطح زیاد بوده که علت آن، عدم شستشوی نیمرخ سطحی خاک توسط آب آبیاری و انتقال املاح از لایه‌های زیرین به لایه سطحی توسط رطوبت موجود در خاک و تبخیر از سطح می‌باشد. شکل ۱۰ نشان

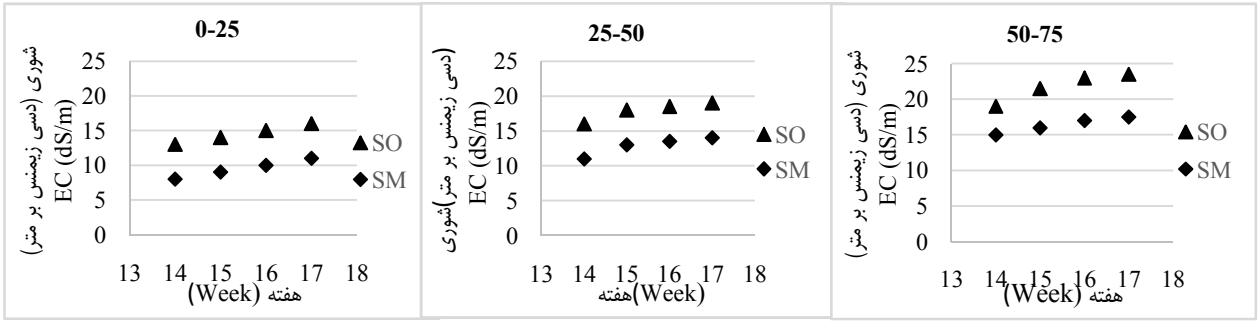
می‌دهد که وجود مالچ در سیستم آبیاری زیرزمین تراوا (TM)، شوری سطح خاک را بیش از ۴۰ درصد بهبود بخشیده است که این به علت کاهش تبخیر و میزان مصرف کم‌تر آب آبیاری در تیمار TM نسبت به TO می‌باشد. همچنین در عمق ۵۰ سانتی‌متری از سطح خاک که منطقه اشباع رطوبتی است، غلظت نمک محلول خاک در حد هدایت الکتریکی آب آبیاری (۴ dS/m) باقی‌مانده است. در عمق ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک غلظت نمک از شوری آب آبیاری نیز کم‌تر می‌باشد که می‌تواند به دلیل عدم حرکت آب به‌طرف پایین و وجود رطوبت باقیمانده از آبیاری‌های قبلی با آب معمولی باشد. ازآنجاکه در سیستم آبیاری زیرزمینی، لایه سطحی خاک خشک‌تر است، حرکت آب در اثر شیب پتانسیل ماتریک خاک صورت می‌گیرد و لذا حرکت آب دائماً به‌طرف بالا می‌باشد. درنتیجه می‌توان گفت که در سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا حرکت آب به‌طرف پایین کمتر بوده و درنتیجه شوری هم در لایه‌های زیرین کمتر بوده است. و مطابق با نتیجه پژوهش ژائو و همکاران می‌باشد (۱۶).

شکل ۱۱ نیز نشان می‌دهد که در سیستم آبیاری سطحی (تیمارهای SM و SO)، غلظت نمک هم در مکان و هم در زمان فزاینده است. نمک منتقل‌شده به لایه‌های سطحی بر اثر صعود مویینگی در یک دور آبیاری، به‌وسیله آب آبیاری دور بعدی شسته شده و به اعماق فرستاده می‌شود و غلظت نمک در لایه‌های زیرین را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر، وجود املاح و شوری در خود آب آبیاری نیز در طول زمان باعث افزایش غلظت نمک در اعماق ۲۵، ۵۰ و ۷۵ سانتی‌متری از سطح خاک شده است. همچنین مشاهده می‌شود که در تیمار دارای مالچ و سیستم آبیاری سطحی (SM)، میزان غلظت نمک در طول نیمرخ خاک حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است. علت آن را می‌توان به وجود مالچ نسبت داد که با کاهش بخشیدن تبخیر از سطح خاک و کم کردن مقدار آب آبیاری باعث ورود کمتر املاح در نیمرخ خاک و درنتیجه پایین نگه‌داشتن غلظت نمک در محلول خاک نسبت به تیمار بدون مالچ (SO) شده است و با نتیجه تحقیق ژائو و همکاران و بزبورودوف و همکاران تطابق دارد (۱۷ و ۱۸).



شکل ۱۰- تغییرات غلظت نمک در اعماق مختلف خاک تحت تیمارهای آبیاری زیرزمینی تراوا (TO) و آبیاری زیرزمینی تراوا با مالچ (TM)

Figure 10- Variation of salt concentration at different depths of soil under Subsurface irrigation by permeable tubes (TO) and Subsurface irrigation by permeable tubes and mulch (TM) treatments



شکل ۱۱- تغییرات غلظت نمک در اعماق مختلف خاک تحت تیمارهای آبیاری سطحی (SO) و تیمار آبیاری سطحی با مالچ (SM)

Figure 11- Variation of salt concentration at different depths of soil under Surface irrigation (SO) and Surface irrigation with mulch (SM) treatments

در تجزیه‌وتحلیل آماری انجام‌شده مطابق جدول ۴، اثر هر دو فاکتور سیستم آبیاری و پوشش سطح خاک بر توزیع غلظت نمک در نیمرخ خاک، بسیار معنی‌دار شده است. شمن اینکه اثر متقابل دو فاکتور برای غلظت نیترات و نمک در خاکی بی‌معنی شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس فاکتورهای مؤثر بر توزیع غلظت نیترات و نمک در تیمارهای مختلف

Table 4- Variance analysis of factors affecting the distribution of nitrate and salt concentration in different treatments

منابع تغییر Source of variation	درجات آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of squares	
		غلظت نیترات Nitrate concentration	غلظت نمک Salt concentration
فاکتور سیستم آبیاری (Irrigation system factor)	1	41300.4**	3276.59**
فاکتور پوشش سطح خاک (Mulch factor)	1	855.07ns	556.92*
اثر متقابل دو فاکتور (Interaction of two factors)	1	1012.83ns	56.46ns
خطا (Error)	32	801.32	
کل (Total)	35	-	-

** معنی‌دار در سطح ۵٪ * معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns بی معنی

* Significant at 5% level, ** significant at 1% level and ns not significant

نتیجه‌گیری

سیستم آبیاری زیرزمینی همراه با مالچ نشان داد که می‌توان حدود ۵۳ درصد در میزان آب مصرفی در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی صرفه‌جویی کرد. درصورتی‌که اگر از مالچ استفاده نشود، صرفه‌جویی آب حدود ۴۰ درصد خواهد شد. پس در مناطقی که کمبود آب وجود دارد، این سیستم توصیه می‌شود. همچنین وجود مالچ‌ها در هر دو سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا و سطحی به‌ترتیب ۱۳ و ۲۳ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب را شامل شده است. میزان صرفه جویی آب در اثر وجود مالچ در سیستم آبیاری سطحی بیشتر بوده است. پس توصیه می‌شود که مقداری از باقیمانده‌های گیاهی به‌عنوان مالچ، بعد از برداشت، روی زمین باقی بماند. سیستم آبیاری زیرزمینی علی‌رغم مصرف کمتر آب نسبت به سیستم آبیاری سطحی، عملکرد محصول را به میزان ۴۶ درصد در عملکرد دانه، ۵۰ درصد در عملکرد علوفه و ۱۲ درصد در وزن هزار دانه افزایش داده است. وجود مالچ نیز در هر دو سیستم آبیاری زیرزمینی و سطحی باعث افزایش عملکرد محصول به مقدار ۳۰ تا ۳۵ درصد شده است. بنابراین تنها با اعمال مالچ‌های باقیمانده از کشت سال قبل در مزرعه، می‌توان ضمن کاهش آب مصرفی، عملکرد بیشتری را به دست آورد.

سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا از شستشوی نیترات به اعماق خاک جلوگیری کرده است. درنتیجه آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از تلفات نیترات در این سیستم ناچیز و حداقل می‌باشد. همچنین در سیستم آبیاری سطحی با نفوذ عمق آب آبیاری، نیترات به لایه‌های زیرین خاک انتقال یافته است. درحالی‌که در سیستم آبیاری زیرزمینی، نیترات مورد نیاز گیاه در منطقه ریشه باقی مانده و به مصرف گیاه می‌رسد. درنتیجه سیستم آبیاری زیرزمینی باعث کاهش تلفات و صرفه‌جویی در مصرف کود می‌شود. غلظت نمک محلول در پروفیل خاک در سیستم آبیاری زیرزمینی، به حد قابل‌توجهی پایین‌تر از غلظت نمک در سیستم آبیاری سطحی به‌دست‌آمده است. همچنین باوجود استفاده از آب شور (با هدایت الکتریکی ۴ dS/m)، عملکرد محصول ذرت در سیستم آبیاری زیرزمینی با عملکرد ذرت در منطقه برابری داشت. وجود مالچ‌ها در هر دو سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا و سطحی نیز، غلظت نمک را در سطح خاک به ترتیب ۳۰ و ۴۰ درصد کاهش داده است. درنتیجه در مناطقی که از آب شور برای آبیاری استفاده می‌کنند، سیستم آبیاری زیرزمینی تراوا عملکرد بهتری را نسبت به سیستم آبیاری سطحی حاصل می‌کند و استفاده از مالچ، می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کاهش نیاز آبشویی شود.

منابع

1- Abbasi F., Naseri A., Sohrab F., Baghani J., Abbasi N. and Akbari A. 2015. Increase water use productivity. Organization of Agricultural Research, Training and Promotion. (In Persian).

2- Afshar H., Sadrghaen S.H. and Mehrabadi H.R. 2013. Evaluation of Application of Plastic Mulch on Water Used and Seed Cotton Yield. Journal of Water and Soil, 26(6): 1421-1427 .(In Persian with English abstract)

3- Ayars J.E., Fulton A. and Taylor B. 2015. Subsurface drip irrigation in California-Here to stay?. Agricultural

Water Management, 157:39-47.
4- Behbahani M.R., Mashhadi R., Rahimi K.A. and Nazarifar M.H. 2009. Study of super absorption polymer (SAP) stakasorb on moisture front of trickle and irrigation physical properties of soil. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 3(1): 91-100. (In Persian with English abstract)
5- Bezborodov G. A., Shadmanov, D. K., Mirhashimov R. T., Yuldashev T., Qureshi A. S., Noble A. D. and Qadir M. 2010. Mulching and water quality effects on soil salinity and sodicity dynamics and cotton productivity in Central Asia. Agriculture, ecosystems & environment, 138(1-2): 95-102.
6- Blanco F. F., Folegatti M. V., Gheyi H. R. and Fernandes, P. D. 2008. Growth and yield of corn irrigated with saline water. Scientia Agrícola, 65(6): 574-580.
7- Burt C.M., Mutziger A., Howes D.J. and Solomon K.H. 2002. The effect of stubble and mulch on soil evaporation. Irrigation Training and Research Center, Bio Resource and Agricultural Engineering, California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
8- Camp C.R. 1998. Subsurface drip irrigation: A Review. Transactions of the ASAE, 41:1353-1367.
9- Ebrahimian H., and Batoukhte F. 2017. Technology needed to improve irrigation water productivity. Secretariat of the Special Commissions of Iran Chamber. (In Persian).
10- Heydari Nia, M., Naseri A. and Boroomandnasab S. 2016. Effect of management of wheat residues and irrigation with saline water on spring maize yield and salinity changes in soil profile. Journal of Water Research in Agriculture, 30(3): 285-299. (In Persian).
11- Johnson R. and Cody B.A. 2015. California Agricultural Production and Irrigated Water Use. Congressional Research Service Report, (R44093).
12- Latify S., Yousefi A. and Jamshidi, Kh. 2015. Effect of Living Mulch Application on Yield and Yield Components of Sunflower (Helianthus annuus L.) Cultivars and Weed Control. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(7):33-45. (In Persian with English abstract)
13- Mohammad Abadi A.M. and Ezat Abadi M.A. 2016. Introduction of subsurface irrigation method with cement pipes in pistachio gardens. Pistachio Research Institute. (In Persian).
14- Pang H. C., Li Y. Y., Yang J. S. and Liang Y. S. 2010. Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions. Agricultural Water Management, 97(12): 1971-1977.
15- Qin W., Hu C. and Oenema O. 2015. Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. Scientific reports, 5.
16- Sedaghati N., Hosseinifard S. and Mohammadi, M.A.A. 2012. Comparing Effects of Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Growth and Yield on Mature Pistachio Trees. Journal of Water and Soil, 26(3):575-585. (In Persian with English abstract)
17- Sepaskhah A.R., Tavakoli A.R. and Mousavi S.F. 2006. Principles and Applications of Deficit Irrigation. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (INCID), Tehran.
18- Seyed Dorraji S., Golchin A. and Ahmadi Sh. 2010. The Effects of Different Levels of a Superabsorbent Polymer and Soil Salinity on water Holding Capacity with three Textures of Sandy, Loamy and clay. Journal of Water and Soil, 24(2):306-316. (In Persian with English abstract).
19- Zhao Y., Pang H., Wang J., Huo L. and Li, Y. 2014. Effects of straw mulch and buried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield. Field Crops Research, 161: 16-25.
20- Zhao Y., Wang J., Li, Y. and Pang H. 2013. Reducing evaporation from phreatic water and soil resalinization by using straw interlayer and plastic mulch. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 29(23): 109-117.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 4, Sept.-Oct. 2018, p. 661-674

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۷، ص. ۶۷۴-۶۶۱

The Effect of Surface and Subsurface Irrigation with Saline Water and Mulch on Corn Yield, Water Productivity and Solute Distribution in the Soil

A. Liaghat[1*] – M. Pourgholam Amiji[2] – P. Mashhouri Nejad[3]

Received: 18-12-2017
Accepted: 18-07-2018

Introduction: With due attention to the limitation of water resources in Iran and specific geographical conditions of the country, using modern methods of irrigation with low water usage is inevitable. By applying suitable management in water system, soil and plant, while increasing product, we can establish a sustainable agriculture. Today, subsurface irrigation systems are used in various methods around the world, especially in the countries encountering water shortage. One of the newest methods is applying sponge plastic pipes such as tuporex which is installed in the area of plant root. Then, water with the pressure of 0/6-2 atmosphere flows inside it and by exuding, it dampens the area.

Materials and Method: For this purpose, in this study number of 12 concrete lysimeters with the dimension of 2×2×1/25 m was used to investigate the effect of vegetation (mulch) on the efficiency of water consumption and product function for corn, salt accumulation as well as the amount of nitrate wash on soil profile under two permeable subsurface irrigation and surface irrigation. For irrigation, a body of water with salinity of 4 ds/m was used. The plan includes two main treatments (permeable subsurface and surface irrigation) and two sub-treatments (mulch and without mulch) withfactorial experiment in a randomized complete block design with three replications at the College of Agriculture Research Campus, Tehran Universityof technology Located in Karaj, Iran in 2010. Surface irrigation was performed based on the moisturein the soil and permeable subsurface irrigation was performed per dayas much water as was consumed.. Lysimeters soil is prepared from farm soil and through examination, its appearance special weight was registered to be 1.4 gr per cm^3 equals to 1400 kg per m^3. The amount of nitrogen fertilizer (Urea) was applied on the lysimeters according to the region convention, was 300 kg per hectare (120 gram per each lysimeter). A half of this amount was used at the time of cultivation and another half was used for the plant 60 days after cultivation; because the amount of water given in this type of system is higher.On the other hand due to the lack of vegetation, the significant amount of evaporated water and water productivity have decreased.

Results and Discussion: Results disclosed that the subsurface irrigation system has important effect in decreasing consumed water (58% with mulch and 40% without mulch) and increasing crop yield (46% in seed corn yield, 50% in forge yield and 12% in weight of one thousands seed corn) in comparison with the surface irrigation system. As well as the subsurface irrigation has prevented lower soil layer from contamination and being salty by decrease salt and nitrate leaching. Besidespresence of mulch in lysimeterhas shown important role in decreasing water consumption and seed corn yield. The important thing is that the highest yield in two type of performance, was recorded in subsurface irrigation treatment with mulch (TM) and this subject is so important when we remind that (TM) treatment had the least amount of water uses. Itmeans that with the least amount of water consumed the highest amount of product was obtained among the treatments.On the other hand, surface and non-mulching (SO) irrigation is expected to have the lowest yield per unit water consumption.

Conclusions: Also in both subsurface irrigation with preamble tube and surface irrigation system, existence of mulch caused to decrease salt concentration to 40% and 30% in soil surface respectively which makes it suitable for the areas facing water shortage. It can be concluded that, existence of mulches in the both subsurface irrigation with permeable tube and surface irrigation system causing water saving 13 and 23 percent, respectively and the rate of saving water in surface irrigation system with presence of mulch has also increased. Thus, it is recommended that some of the plant residuals, like mulch remain on the ground after harvest. The subsurface irrigation with permeable tube system has been prevented from washing nitrate to the depths of the soil. As a result, the environmental pollution caused by nitrate losses in this system is minimal and this system saves fertilizer. Also the concentration of salt solution in the soil profile in subsurface irrigation system was

1, 2 and 3- Professor, Ph.D Student and Graduated MSc.of Irrigation & drainage, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agriculture Engineering & Technology, Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(*-Corresponding Author Email: Aliaghat@ut.ac.ir)

significantly lower than the salt concentration in surface irrigation. As a result in areas that use the saline water for irrigation, the subsurface irrigation with preamble tube confirm better function than surface irrigation system and use mulch can increase yield and reduce leaching.

Keywords: Irrigation Systems, Mulch, Nitrate Leaching, Preamble Subsurface Irrigation, Salt Accumulation