اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۵، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص ۶۱۳-۶۰۳

ارزیابی کارایی مالچ‌پاشی در افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک

محمدابراهیم بنی‌حبیب[1*]، بهمن وزیری[2]

۱. دانشیار، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۷/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۱۰/۱٤)

چکیده

یکی از روش‌هایی که تا کنون برای کاهش میزان تبخیر به کار گرفته شده، استفاده از مالچ است. بر همین اساس، در تحقیق حاضر سعی شد تا کارایی مالچ‌ها در افزایش میزان تغذیهٔ مستقیم آب‌های زیرزمینی ناشی از افزایش میزان نفوذ آب باران بررسی شود. به این منظور، تعداد هشت بارش با مدت زمان و عمق‌های مختلف آزمایش شده و میزان نفوذ عمقی این بارش‌ها در خاک، در چهار لایسیمتر با شرایط یکسان و مالچ‌های متفاوت شامل مالچ شن، مالچ ماسه، مالچ مخلوط شن و ماسه با نسبت یکسان و همچنین خاک بدون مالچ آزمایش شد. طی دو ماه آزمایش، تعداد ۱۹۲ داده برای هریک از پارامترهای رطوبت خاک و میزان نفوذ عمقی آب باران برداشت شد. این نتایج نشان داد میانگین میزان نفوذ عمقی آب باران با استفاده از مالچ شن، ماسه و مخلوط شن و ماسه به‌ترتیب مقدار ۱۹/۵۲، ۲/٤۵ و ۱٦/٦۰ درصد نسبت به خاک بدون مالچ افزایش یافته است. به این‌ترتیب، مشخص شد استفاده از مالچ‌پاشی می‌تواند با کاهش میزان تلفات تبخیر آب باران موجب افزایش میزان نفوذ عمقی شود و تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی را بهبود دهد. بنابراین، نتایج تحقیق حاضر برای احیای آبخوان‌ها می‌تواند استفاده شود.

کلیدواژگان: آب زیرزمینی، احیای آبخوان، تبخیر، مالچ، نفوذ عمقی آب باران.

* نویسندهٔ مسئول

Email: banihabib@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، آب‌های زیرزمینی تأثیر زیادی در تأمین نیازهای آبی بخش‌های مختلف دارند. آب‌های زیرزمینی حدود چهار درصد از مجموعه آب‌هایی را که به طور فعال در چرخهٔ آب دخالت دارند، تشکیل می‌دهند. حدود ۵۰ درصد جمعیت دنیا از نظر آب شرب به این آب‌ها متکی اند [۱]. به همین دلیل و نیز به دلیل پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون جمعیت جهان، استفاده از آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک در سراسر جهان در حال افزایش است [۲]. بنابراین، با توجه به سهم زیاد تأمین آب از سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران و همچنین افت سطح ایستابی در مناطق یادشده، حفظ و نگهداری این منابع ارزشمند، امری ضروری است.

از طرفی، کارکرد بارندگی در چرخهٔ هیدرولوژی بر بیلان هیدروکلیماتولوژی و همچنین از طریق نفوذ به داخل زمین بر بیلان آب زیرزمینی بسیار اهمیت دارد و به صورت مستقیم بر منابع آب سطحی و زیرزمینی تأثیرگذار است. از آنجا که عامل اصلی تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی، رواناب‌های سطحی و بارندگی است [۳]، در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، که اغلب رواناب‌های سطحی کارکرد کم‌رنگ‌تری دارند، بارندگی سالیانه حتی در مقادیر کم از اهمیت زیادی برای تغذیهٔ آبخوان‌ها به عنوان منابع اصلی تأمین آب در این مناطق برخوردار است. بنابراین، بررسی راهکارهای ممکن برای کاهش تلفات و افزایش میزان نفوذ بارش به آبخوان حتی در مقادیر کم می‌تواند آثار مطلوبی بر حفظ و نگهداری منابع آب زیرزمینی کشور داشته باشد.

یکی از مواردی که همواره سبب اتلاف و هدررفت آب به‌خصوص در اقلیم‌های خشک جهان شده است، میزان زیاد تبخیر[1] در این مناطق است. تلفات زیاد تبخیر در این مناطق بسیار اهمیت دارد و می‌تواند سبب افت سطح ایستابی شود [۴]. به همین دلیل، کنترل و کاهش میزان تبخیر به عنوان یکی از عوامل هدررفت آب می‌تواند کارکرد مؤثری در حفظ منابع آب در این مناطق داشته باشد [۵]. یکی از روش‌هایی که تا کنون برای کاهش میزان تبخیر از سطح خاک به کار گرفته شده، استفاده از مالچ[2] است. هر ماده‌ای که روی خاک پوشانده شود و آن را از تابش آفتاب یا تبخیر آب حفاظت کند، مالچ (خاک‌پوش) نامیده می‌شود [۶]. تا کنون تأثیر مثبت مالچ‌ها بر کاهش میزان تبخیر از سطح خاک [۷ــ ۹]، کاهش فرسایش بادی [۱۰ و ۱۱]، کنترل گردوغبار [۱۲ و ۱۳] و کاهش فرسایش خاک و رواناب [۱۴ و ۱۵] در تحقیقات مختلف مشاهده شده است.

هو و همکارانش (۲۰۱۰) تأثیرات مالچ پلاستیکی را بر دمای خاک، میزان تبخیر و تعرق، رشد و عملکرد گیاه در یک منطقهٔ خشک در چین بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان‌دهندهٔ افزایش دو تا نُه درجه‌ای دمای خاک با استفاده از این نوع مالچ و کاهش میزان تبخیر و تعرق طی ۶۰ روز آزمایش بود [۷]. همچنین، یاماناکا و همکارانش (۲۰۰۴) به اندازه‌گیری میزان تأثیر ضخامت مالچ در تبخیر از سطح خاک پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش ضخامت مالچ میزان تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد [۸]. ونگ و همکارانش (۲۰۱۴) نیز تأثیر ضخامت مالچ شن و ماسه را بر دمای خاک، تبخیر از سطح خاک، بهره‌وری آب و عملکرد گیاه هندوانه در یک ناحیهٔ نیمه‌خشک در چین در خاک سیلتی لوم بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد ضخامت مالچ تأثیر مثبت بر میزان تبخیر و کنترل نوسانات دمایی خاک دارد [۹]. چن و همکارانش (۲۰۱۵) در تحقیقی دیگر تأثیر استفاده از نوع دیگری از مالچ (مالچ پلاستیکی به همراه مالچ کاه) بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه گندم زمستانه در یک اقلیم خشک در چین را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد استفاده از مالچ توانسته در مقاطع مختلف زمانی به صورت میانگین بین ۲۵ تا ۳۵ درصد سبب افزایش کارایی مصرف آب شود [۱۶]. در بیشتر تحقیقات سعی شده با توجه به عملکرد مثبت مالچ‌ها در کاهش تبخیر و در نتیجه نگهداشت آب بیشتر در خاک ضمن بررسی تأثیر مالچ‌های مختلف بر عملکرد گیاه کشت شده، کارایی آنها در کاهش میزان مصرف آب آبیاری بررسی شود. با این‌وجود، کمتر به تأثیر مثبت این مالچ‌ها در نگهداشت آب باران در خاک از طریق کاهش تبخیر و همچنین افزایش میزان نفوذ عمقی آب به آبخوان و در نتیجه تغذیهٔ آنها پرداخته شده است. در برخی از تحقیقات نیز که تا حدی سعی بر آن بوده تا میزان نفوذپذیری بررسی شود، از آنجا که هدف اصلی بررسی تأثیر آنها در جلوگیری از فرسایش خاک و همچنین تشکیل رواناب قرار داده شده است. بنابراین، همیشه سعی بر آن بوده است تا این تحقیقات در کانال‌های آزمایشگاهی با

1. Evaporation
2. Mulch

Archive of SID

www.SID.ir

طول‌های زیاد و عمق خاک کمتر از یک متر و حتی در حد ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر در نظر گرفته می‌شود. این در حالی است که تغذیهٔ مستقیم آب‌های زیرزمینی از باران ناشی از نفوذ آن در داخل خاک و در عمقی بیش از عمق ناحیهٔ ریشه است که به آن نفوذ عمقی[1] گویند و هرچه میزان بارش بیشتر باشد، میزان این نفوذ و در نتیجه تغذیهٔ آبخوان نیز بیشتر خواهد بود [۱۷]. با توجه به این مسئله و درنظرگرفتن اینکه عمق ریشهٔ بعضی از گیاهان حتی به یک متر نیز می‌رسد، بنابراین اندازه‌گیری میزان نفوذ در فلوم‌ها، که عمقی کمتر از یک متر دارند، نمی‌تواند مبنای خوبی برای اندازه‌گیری میزان تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی ناشی از نفوذ باران باشد. بنابراین، با درنظرگرفتن موارد یادشده می‌توان دریافت هرچند تا کنون تأثیر مالچ‌ها در حفظ رطوبت خاک، افزایش عملکرد گیاهان و جلوگیری از فرسایش خاک بررسی شده، به تأثیر مالچ‌ها در افزایش میزان تغذیهٔ آبخوان ناشی از افزایش میزان نفوذپذیری عمقی باران در داخل خاک پرداخته نشده است. در تحقیق حاضر سعی شد تا کارایی مالچ‌های ماسه‌ای و شنی در افزایش میزان تغذیهٔ مستقیم آب‌های زیرزمینی ناشی از افزایش میزان نفوذ آب باران بررسی شود. به این ترتیب، مشخص می‌شود که مالچ‌ها تا چه میزان می‌توانند با حفظ رطوبت خاک و کاهش میزان تبخیر، در افزایش میزان نفوذپذیری عمقی باران به داخل خاک و در نتیجه تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی مؤثر باشند.

مواد و روش‌ها

بقایای گیاهان (برگ و کاه و...)، پلاستیک، شن، زئولیت، کاغذ، مالچ‌های مایع و پارچه رایج‌ترین مالچ‌هایی هستند که تا کنون در تحقیقات مختلف برای کاهش تبخیر و جلوگیری از فرسایش خاک استفاده شده است. کارایی این مالچ‌ها در کاهش تبخیر و افزایش رطوبت خاک به‌خوبی در تحقیقات گذشته بررسی شده و نتایج نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت آنها در حفظ رطوبت خاک است [۱۸ــ ۲۱]. از آنجا که هدف از تحقیق حاضر بررسی کارایی مالچ‌ها در افزایش میزان نفوذپذیری عمقی آب باران است، لازم است مالچی بررسی شود تا ضمن عملکرد مثبت در جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک، بتواند با افزایش میزان نفوذپذیری آب در خاک بر نفوذپذیری عمقی آب باران به افق‌های زیرین خاک تأثیر مثبت داشته باشد. همچنین، مالچ انتخابی باید از بین مالچ‌های ارزان‌قیمت و رایج باشد تا استفاده از آن توجیه اقتصادی داشته باشد. بنابراین، تنها مالچ مناسب برای این منظور مالچ‌های شنی و ماسه‌ای هستند که ضمن داشتن قیمت مناسب، دردسترس‌بودن، نفوذپذیربودن، سازگار با محیط زیست نیز باشند. بنابراین، در این تحقیق سه ترکیب مختلف شن و ماسه شامل: ۱. ۱۰۰ در صد شن؛ ۲. ۱۰۰ در صد ماسه و ۳. مخلوط شن و ماسه به نسبت مساوی (۵۰:۵۰) به عنوان مالچ استفاده شده‌اند.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، نفوذ آب باران به داخل خاک برای تغذیهٔ آبخوان باید نفوذ عمقی داشته باشد. بنابراین، مقادیری از آب باران که تا عمق کمی نفوذ می‌کنند و در محدودهٔ عمق ریشهٔ گیاه قرار می‌گیرند، قابلیت تغذیهٔ آب زیرزمینی را نخواهند داشت. در این تحقیق به منظور ارزیابی کارایی مالچ در افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک از لایسیمترهای حجمی دایره‌ای‌شکل به عمق یک متر و ۴۰ سانتی‌متر و قطر ۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. استفاده از این لایسیمترها امکان اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب را به منظور عمق زیاد آن فراهم می‌کند.

به منظور بررسی کارایی مالچ در افزایش نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک نیاز به ایجاد باران مصنوعی با شدت و مدت‌های مختلف است. به این منظور، در تحقیق حاضر از یک دستگاه شبیه‌ساز باران با ابعادی مشابه با سطح لایسیمترهای آزمایش‌شده استفاده شد. این دستگاه از سه بخش تشکیل شده است که شامل: منبع آب، شیر کنترل جریان و نازل‌ها است. در این روش برای هر لایسیمتر یک نازل در نظر گرفته شده که از طریق یک مسیر جداگانه به منبع آب متصل می‌شود. وظیفهٔ این منبع ایجاد یک فشار ثابت آب روی منافذ هریک از آبپاش‌هاست. این منبع به کمک یک شناور در بخش فوقانی به جریان آب شهری متصل می‌شود و در نتیجه با ثابت‌ماندن سطح آب در آن از نوسانات احتمالی فشار جلوگیری خواهد کرد. همچنین، در مسیر انتقال آب از منبع آب به آبپاش‌های هر یک از لایسیمترها یک شیر کنترل جریان مدرج قرار داده شده که امکان تغییر فشار آب روی منافذ خروجی جریان در بخش بالایی هریک از لایسیمترها را به طور جداگانه فراهم می‌کند. بر این اساس با تنظیم فشار آب پشت منافذ پخش آب در هر لایسیمتر امکان تنظیم میزان دبی آب خروجی از آنها و در نتیجه تغییر شدت

1. Deep Percolation

Archive of SID

www.SID.ir

بارش شبیه‌سازی‌شده فراهم می شود. این دستگاه در شکل ۱ نمایش داده شده است.

در این تحقیق به منظور ارزیابی کارایی مالچ‌های مطالعه‌شده در افزایش میزان نفوذپذیری عمقی آب باران، چهار مدت زمان مختلف بارش شامل دو، چهار، شش و هشت ساعت با عمق‌های متفاوت آزمایش شد. به این‌ترتیب، برای هریک از سه مالچ آزمایش‌شده و یک نمونهٔ شاهد بدون مالچ جمعاً هشت ترکیب مختلف عمق و مدت بارش آزمایش شد که مقادیر عمق هریک از بارش‌ها در جدول ۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱. لایسیمترها و شبیه‌ساز بارش استفاده‌شده در آزمایش

جدول ۱. عمق و مدت بارش‌های ایجادشده در هر آزمایش

مشخصات بارش	شمارهٔ آزمایش							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مدت (ساعت)	۲	۸	۲	۸	۶	۴	۴	۶
عمق (میلی‌متر)	۱۵/۰۰	۳۴/۳۹	۱۱/۵۵	۲۵/۶۳	۲۱/۸۴	۱۷/۳۷	۲۲/۲۹	۲۸/۷۳

همچنین، به منظور اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک طی آزمایش تعداد پنج بلوک گچی در هر لایسیمتر در عمق‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۱۰ و ۱۲۵ سانتی‌متری نسبت به کف لایسیمتر نصب و داده‌های رطوبتی خاک طی آزمایش به کمک این بلوک‌های گچی اندازه‌گیری و ثبت شد. بررسی میزان تأثیر استفاده از مالچ‌ها بر افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران نیز توسط اندازه‌گیری میزان آب خروجی از انتهای لایسیمترهای با پوشش مالچ و مقایسهٔ آن با لایسیمتر بدون مالچ انجام شد. با اندازه‌گیری این مقادیر طی آزمایش مقدار نفوذ عمقی آب باران، که همان زهکش انتهایی لایسیمترها بوده، در هر یک از ترکیبات مالچ‌های آزمایش‌شده به دست می‌آید و میزان تأثیر هر یک از ترکیب‌های مالچ‌ها در افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک قابل ارزیابی است.

بررسی میزان تأثیر استفاده از مالچ‌ها بر تغذیهٔ آب زیرزمینی از طریق کاهش تبخیر توسط اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و میزان آب اضافی خروجی از انتهای لایسیمترها انجام شده و این برآورد براساس رابطهٔ ۱، که نشان‌دهندهٔ بیلان آب خاک است، انجام شد [۴].

$$E = P - O + \Delta S \quad (1)$$

در رابطهٔ ۱ E میزان تبخیر، P میزان بارش، O میزان تخلیهٔ آب از خاک (نفوذ عمقی) و ΔS تغییرات رطوبتی خاک همگی بر حسب میلی‌متر هستند. بنابراین، با اندازه‌گیری مقدار O و ΔS در رابطهٔ ۱ طی مدت آزمایش و با توجه به مشخص‌بودن مقدار بارش P که به صورت مصنوعی ایجاد می شود، می‌توان مقدار پارامتر E را به ازای هر نوبت اندازه‌گیری به دست آورد.

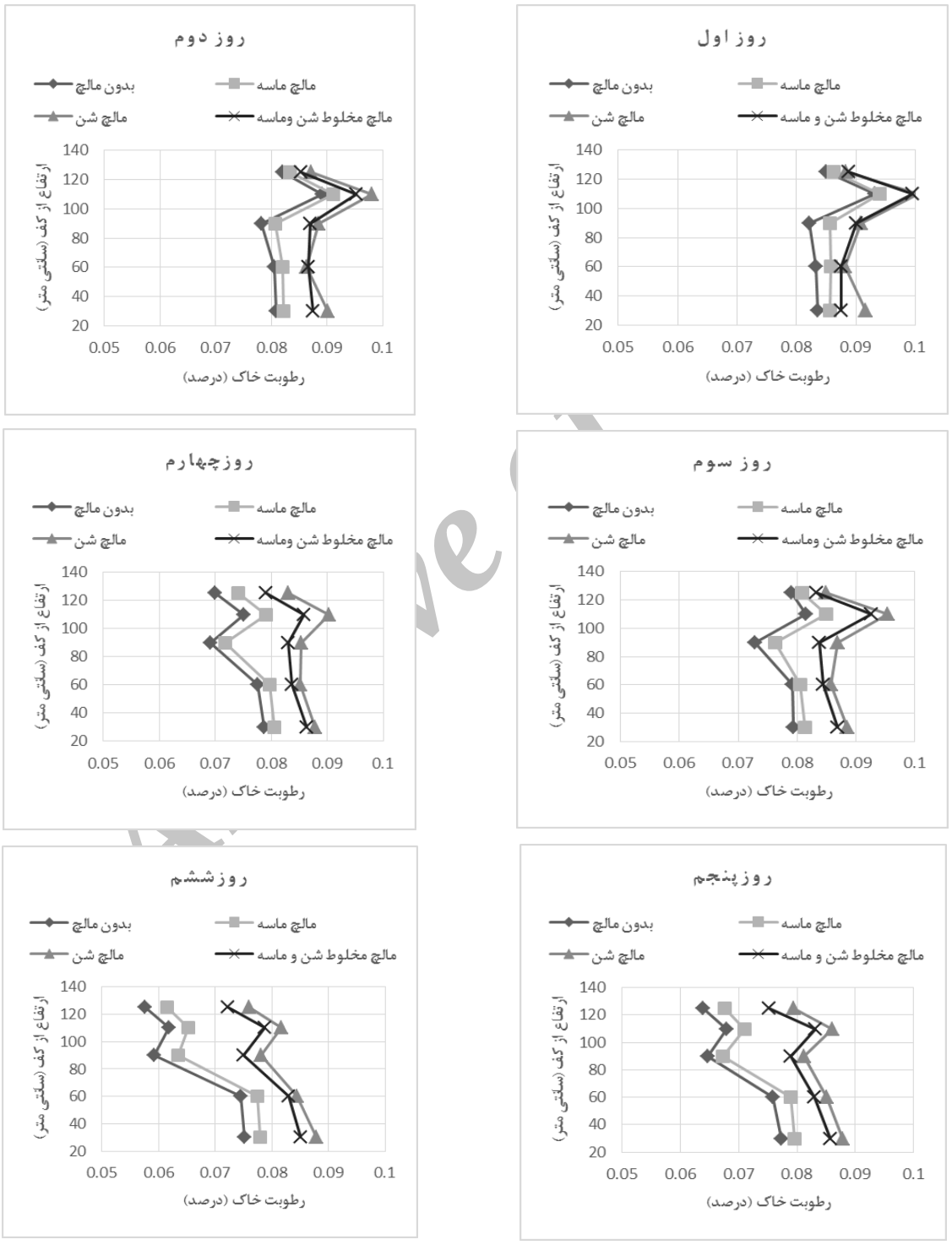
نتایج و بحث

همان‌طور که بیان شد، به منظور ارزیابی میزان کارایی هریک از مالچ‌ها در حفظ رطوبت خاک و افزایش میزان نفوذپذیری عمقی آب باران در خاک تعداد هشت بارش با مدت زمان‌های

Archive of SID

www.SID.ir

دو، چهار، شش و هشت ساعت و عمق‌های مختلف آزمایش شد. به منظور ثبت تغییرات رطوبتی خاک طی هر آزمایش، داده‌برداری به صورت روزانه در زمان‌های مشخص انجام شد. با توجه به ممکن نبودن نمایش تغییرات پروفیل رطوبتی خاک در مالچ‌های مختلف برای همهٔ آزمایش‌ها، در این بخش، آزمایش ۲ که بیشترین عمق بارش را دارد، از جدول ۱ انتخاب شد. در شکل ۲ به‌منظور امکان مقایسهٔ تأثیر مالچ‌های مختلف بر رطوبت خاک، تغییرات پروفیل رطوبتی خاک در هر سه مالچ آزمایش شده و تیمار خاک بدون مالچ برای روزهای اول تا ششم این آزمایش نمایش داده شده است.

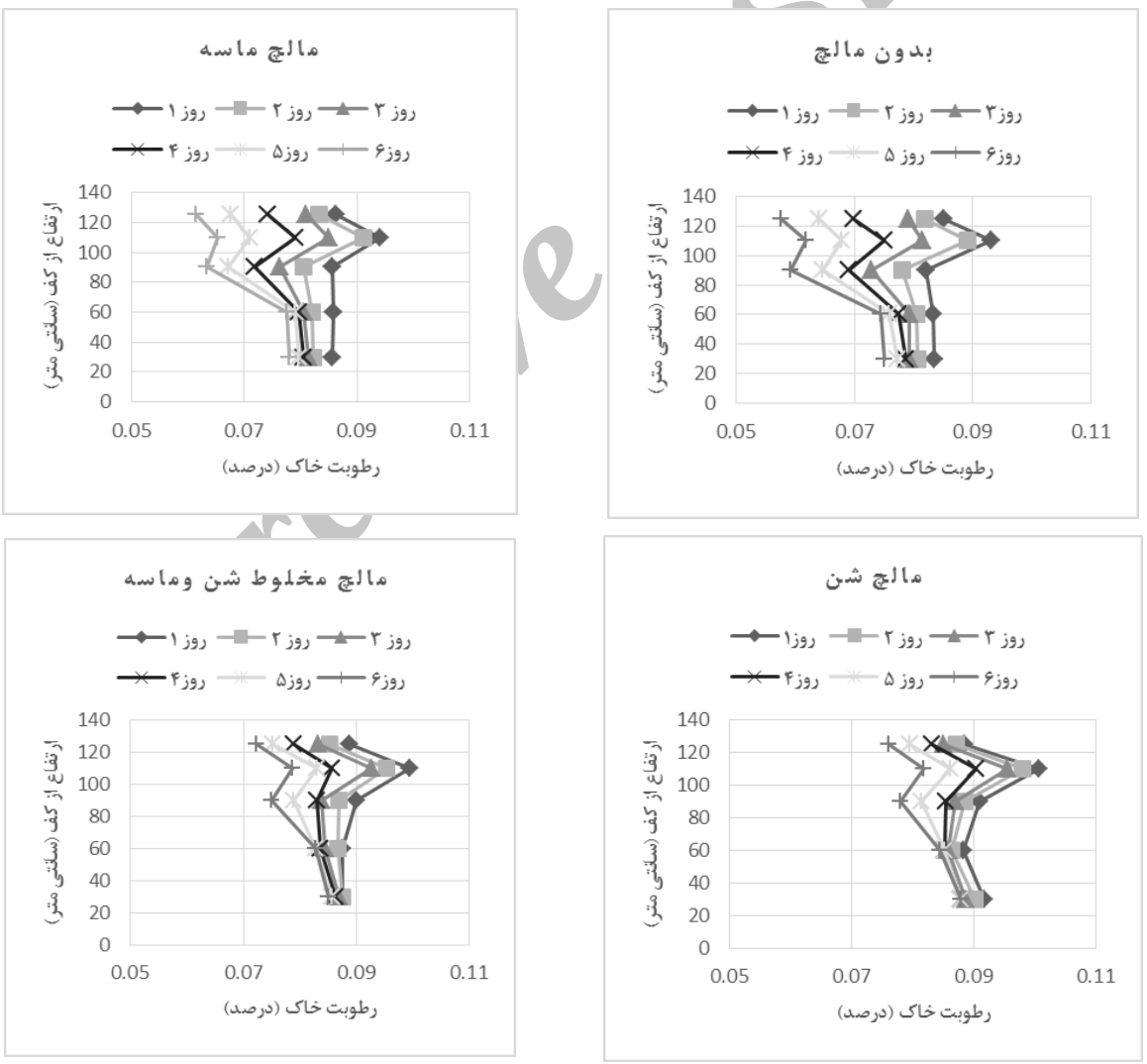


شکل ۲. تغییرات پروفیل رطوبتی خاک لایسیمترها

www.SID.ir

با توجه به شکل ۲، در روز نخست آزمایش مقدار رطوبت در عمق‌های مختلف خاک در هر سه مالچ آزمایش‌شده و تیمار خاک بدون مالچ تقریباً یکسان هستند و به‌تدریج با سپری‌شدن زمان، مقدار رطوبت در عمق‌های مختلف تیمارهای خاک بدون مالچ و مالچ ماسه نسبت به تیمارهای مالچ شنی و مالچ مخلوط شن و ماسه بیشتر کاهش می‌یابد. این امر نشان می‌دهد رطوبت خاک توسط مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه نسبت به مالچ ماسه و خاک بدون مالچ طی زمان بیشتر حفظ شده است. همچنین، در روزهای اول و دوم با توجه به بارش باران که در ابتدای آزمایش رخ داده، میزان کاهش رطوبت در سطح در هر سه تیمار مالچ آزمایش شده و تیمار خاک بدون مالچ کمتر بوده و به دلیل تخلیهٔ آب از داخل لایسیمترها شاهد کاهش رطوبت بیشتر در عمق هستیم. اما در ادامهٔ تحقیق، در روز ششم میزان کاهش رطوبت در افق سطحی خاک بیشتر شده در حالی که تغییرات رطوبت در عمق چندان محسوس نیست. هر چند به‌خوبی مشخص است که تغییرات رطوبتی در پروفیل خاک تیمارهای مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه طی شش روز کمتر از تیمارهای بدون مالچ و مالچ ماسه است که نشان‌دهندهٔ عملکرد بهتر تیمارهای مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه در حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر است.

در شکل ۳ مقدار تغییرات پروفیل رطوبتی خاک به تفکیک برای تیمارهای مختلف، برای همین آزمایش نمایش داده شده است.

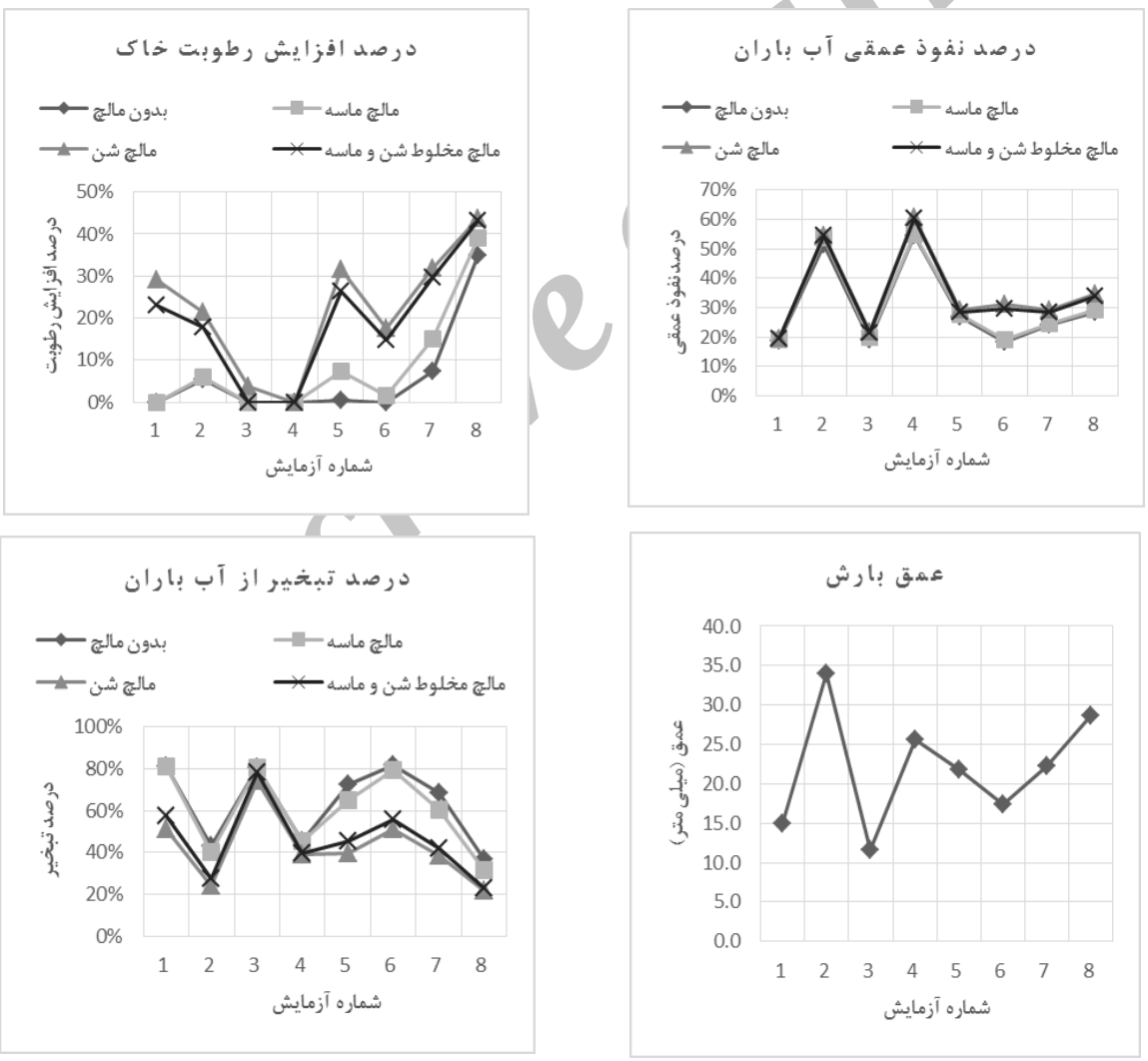


شکل ۳. تغییرات پروفیل رطوبتی خاک لایسیمترها به تفکیک نوع مالچ

www.SID.ir

موقعیت منحنی‌های شکل ۳ نشان می‌دهد میزان تغییرات رطوبت در لایه‌های مختلف خاک طی زمان در تیمارهای خاک بدون مالچ و مالچ ماسه نسبت به تیمارهای خاک با مالچ مخلوط شن و ماسه و مالچ شن بیشتر بوده است. چرا که پروفیل رطوبتی خاک در روزهای مختلف در تیمارهای مالچ شنی و مالچ مخلوط شن و ماسه نسبت به تیمارهای خاک بدون مالچ و مالچ ماسه تراکم بیشتری داشته که نشان‌دهندهٔ نزدیک‌تربودن میزان رطوبت خاک طی روزهای مختلف آزمایش در تیمارهای مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه و درنتیجه حفظ بیشتر رطوبت خاک در این دو مالچ نسبت به تیمارهای مالچ ماسه و خاک بدون مالچ است.

با توجه به شکل ۳، فشرده‌تربودن منحنی‌های پروفیل رطوبتی خاک در عمق نسبت به سطح خاک در روزهای مختلف آزمایش نشان می‌دهد تغییرات رطوبتی خاک در هر سه مالچ آزمایش‌شده و تیمار خاک بدون مالچ در سطح خاک بیشتر از عمق خاک است که این مسئله به دلیل تابش مستقیم آفتاب و بیشتربودن دمای سطح خاک و در نتیجه افزایش میزان تبخیر از سطح خاک است. هر چند فشرده‌تربودن منحنی‌های رطوبتی خاک در اعماق خاک در تیمارهای مالچ شنی و مخلوط شن و ماسه می‌تواند ناشی از نفوذ بیشتر آب باران به عمق به دلیل تبخیر کمتر آب از خاک و در نتیجه حفظ بیشتر رطوبت خاک در عمق خاک باشد.



شکل ۴. عمق بارش به همراه درصد افزایش رطوبت خاک، تبخیر و نفوذ عمقی آب باران در هر آزمایش به تفکیک نوع مالچ

www.SID.ir

در شکل ۴ درصد نفوذ عمقی آب باران در هر آزمایش به همراه درصدی از آن که در داخل خاک به صورت رطوبت ذخیره شده و همچنین درصد تبخیریافتهٔ بارش طی آن آزمایش برای هریک از پوشش‌های به‌کاررفته در این تحقیق نمایش داده شده است. در این نمودارها درصد افزایش رطوبت خاک و نفوذ عمقی در هر آزمایش از طریق اندازه‌گیری و درصد تبخیر از تفاوت این دو مقدار با مقدار بارش به دست آمده است. همچنین، در نموداری که در سمت راست پایین شکل ۴ نمایش داده شده، عمق بارش‌ها در هر آزمایش به دلیل امکان بررسی و تحلیل تأثیر آن در نتایج به‌دست‌آمده نمایش داده شده است.

شکل ۴ نشان می‌دهد بیشترین عمق بارش به‌ترتیب مربوط به آزمایش‌های ۲، ۸ و ۴ است. با نگاهی به نمودار درصد تبخیر مشخص می‌شود که کمترین میزان تبخیر از آب باران نیز در هر سه مالچ بررسی‌شده در این تحقیق و همچنین تیمار خاک بدون مالچ در همین آزمایش‌ها اتفاق افتاده است. همچنین، بیشترین میزان نفوذ عمقی از آب باران نیز در هر سه مالچ آزمایش‌شده و تیمار خاک بدون مالچ مربوط به همین آزمایش است. در عین حال، کمترین میزان عمق بارش به‌ترتیب مربوط به آزمایش‌های ۳، ۱ و ۶ است که بیشترین میزان تبخیر از آب باران نیز در هر سه مالچ آزمایش شده و تیمار خاک بدون مالچ در این آزمایش‌ها اتفاق افتاده است. بنابراین، می‌توان گفت که کمترین میزان نفوذ عمقی در هر سه مالچ آزمایش‌شده و تیمار خاک بدون مالچ نیز در آزمایش‌های ۳، ۱ و ۶ به ثبت رسیده است. با توجه به مطالب یادشده می‌توان نتیجه گرفت که عمق بارش در مقدار تبخیر آب باران و میزان نفوذ عمقی آب باران مؤثر بوده به طوری که در بارش‌های با عمق کم درصد تبخیر بیشتر بوده و درصد نفوذ عمقی کمتر است و به عکس بارش‌هایی با عمق بیشتر می‌تواند درصد نفوذ عمقی بیشتری داشته باشد و درصد تبخیر از آب باران در این بارش‌ها کمتر است.

به همین منظور، با توجه به شکل ۴ و با توجه به نتایج آزمایش‌های ۳، ۱ و ۶ که کمترین عمق بارش را داشته‌اند مشخص می‌شود، مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه که در این تحقیق بیشترین کارایی را در افزایش نفوذ عمقی و حفظ رطوبت خاک داشته، توانسته‌اند در بارش‌های با عمق کم نیز، که بیشترین تلفات تبخیر را دارد، عملکرد مناسبی در حفظ رطوبت خاک و افزایش میزان نفوذ عمقی داشته باشند. به طوری که در آزمایش‌های ۱ و ۶ به‌ترتیب استفاده از این مالچ‌ها توانسته میزان تبخیر را به‌ترتیب حدود ۲۵ و ۲۸ درصد کاهش دهد. این میزان کاهش تبخیر موجب افزایش رطوبت خاک شده و درنهایت در آزمایش ۶ توانسته میزان نفوذ عمقی را نسبت به تیمار خاک بدون مالچ تا ۱۱ درصد افزایش دهد. در آزمایش ۳ نیز، که کمترین عمق بارش را در این بین دارد، مالچ شن فقط توانسته حدود ۴ درصد موجب افزایش رطوبت خاک نسبت به سایر مالچ‌ها و تیمار خاک بدون مالچ شود. نتایج نشان می‌دهند استفاده از مالچ شنی و مخلوط شن و ماسه می‌تواند موجب حفظ رطوبت خاک و افزایش نفوذ عمقی در بارش‌های با عمق کم شود که البته این میزان تأثیر با افزایش عمق بارش بیشتر خواهد بود.

نتایج آزمایش‌های ۴ تا ۸ نشان داد استفاده از مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه توانسته مستقل از عمق بارش میزان تبخیر از آب باران را در عمق‌های مختلف نسبت به تیمار خاک بدون مالچ تا ۲۶ درصد کاهش داده و موجب افزایش رطوبت خاک تا ۳۰ درصد و افزایش میزان نفوذ عمقی در این آزمایش‌ها تا ۱۱ درصد شده است. که این مسئله نشان‌دهندهٔ عملکرد مناسب مالچ شنی و مخلوط شن و ماسه در کاهش تبخیر و افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران است.

با توجه به شکل ۴ نوسانات میزان نفوذ عمقی آب باران در خاک روند مشابهی با میزان عمق بارش در هر سه مالچ آزمایش شده و تیمار خاک بدون مالچ دارد که نشان‌دهندهٔ تأثیر عمق بارش بر میزان نفوذ عمقی آب باران است. در عین حال، در آزمایش‌های ۵ تا ۸ با زیادشدن درصد افزایش رطوبت خاک ناشی از آب باران، در تیمارهای مالچ شنی و مالچ مخلوط شن و ماسه، میزان نفوذ عمقی آب باران در این خاک‌ها به‌تدریج زیاد می‌شود که نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت افزایش رطوبت خاک در میزان نفوذ عمقی آب باران است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مالچ می‌تواند با کاهش تبخیر و در نتیجه افزایش رطوبت خاک در افزایش مقدار نفوذ عمقی آب باران تأثیرگذار باشد.

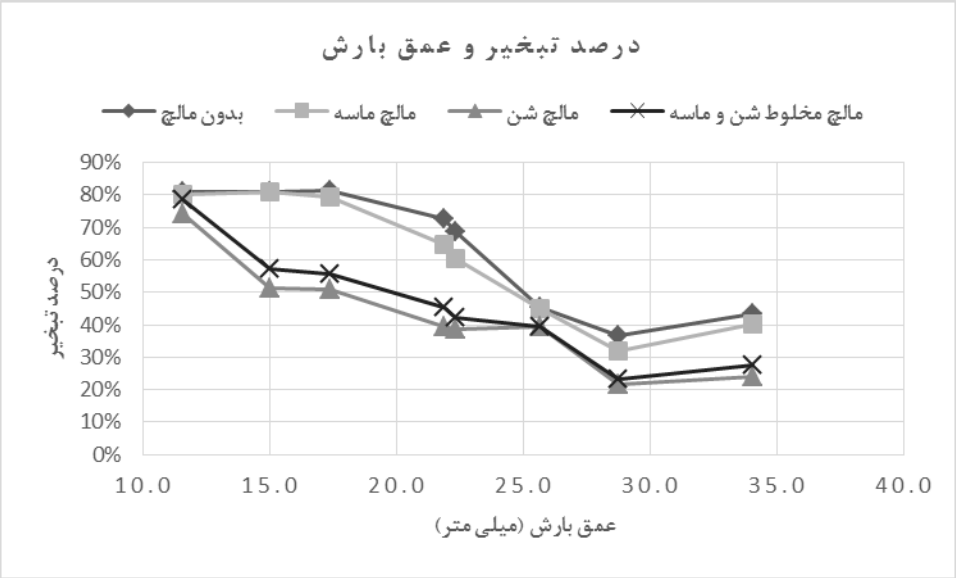
همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، میزان تبخیر از آب باران با افزایش عمق بارش در هر سه مالچ استفاده‌شده در این تحقیق و همچنین تیمار خاک بدون مالچ کاهش می‌یابد. این مسئله نشان می‌دهد درصد بیشتری از

Archive of SID

www.SID.ir

بارش‌های با عمق زیاد به رطوبت خاک و نفوذ عمقی تبدیل شده و در عین حال در بارش‌های با عمق کم بخش بزرگ‌تری از بارش تبخیر می شود. شکل ۵ نشان می‌دهد تیمارهای مالچ شنی و مخلوط شن و ماسه بیشترین اختلاف در میزان تبخیر از آب باران را با تیمار خاک بدون مالچ و مالچ ماسه در عمق‌های بین ۱۵ تا ۲۵ میلی متر داشته که نشان‌دهندهٔ توانایی این مالچ‌ها در حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از تبخیر آب باران در عمق‌های کم بارش که تبخیر بیشتری دارند، است. در عین حال، با کاهش عمق بارش تا ۱۰ میلی‌متر به‌تدریج این میزان اختلاف بین میزان تبخیر در تیمار مالچ شنی و مالچ مخلوط شن و ماسه با تیمار خاک بدون مالچ کاسته شده تا در نهایت کلیهٔ مالچ‌های بررسی‌شده در این عمق بارش عملکرد مشابهی را با تیمار خاک بدون مالچ در میزان تبخیر از آب باران در این عمق نشان می‌دهد. نتایج نشان داد بهترین عملکرد در کاهش تبخیر از آب باران مربوط به مالچ شن و مالچ شن و ماسه در عمق‌های بین ۱۵ تا ۲۵ میلی‌متر است (شکل۵).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین میانگین میزان افزایش نفوذ عمقی آب باران نسبت به تیمار خاک بدون مالچ در تیمار مالچ شنی با مقدار ۱۹/۵۲ درصد بوده و پس از آن تیمار مالچ مخلوط شن و ماسه با میزان ۱۶/۶۰ درصد در رتبهٔ بعدی است. تیمار مالچ ماسه نیز فقط توانسته این میزان نفوذ را تا ۲/۴۵ درصد افزایش دهد. به این‌ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین عملکرد را در افزایش نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک مالچ شنی داشته است (جدول ۲).



شکل ۵. میزان تبخیر از آب باران و عمق بارش در آزمایش‌های مختلف به تفکیک نوع مالچ

جدول ۲. درصد میزان افزایش نفوذ عمقی آب باران در هر آزمایش نسبت به تیمار خاک بدون مالچ

نوع مالچ	عمق بارش(میلی‌متر)								میانگین
	۱۱/۵۵	۱۷/۳۷	۲۱/۸۴	۲۵/۶۳	۱۵/۰۰	۲۲/۲۹	۲۸/۷۳	۳۴/۳۹	
مالچ شن	۱۳/۹۸	۶۹/۲۳	۷/۵۷	۱۱/۳۴	۳/۹۳	۲۲/۱۷	۲۱/۶۱	۶/۳۰	۱۹/۵۲
مالچ ماسه	۲/۵۱	۲/۷۳	۲/۸۴	۰/۶۳	۱/۱۲	۲/۸۳	۲/۰۳	۴/۸۹	۲/۴۵
مالچ مخلوط شن و ماسه	۱۲/۱۹	۵۹/۸۰	۴/۸۶	۱۱/۰۰	۲/۸۱	۱۷/۸۶	۱۷/۹۳	۶/۴۰	۱۶/۶۰

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر سعی شد تأثیر مالچ‌پاشی بر افزایش میزان نفوذ عمقی آب باران به داخل خاک از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک بررسی شود. به این منظور، تعداد هشت بارش با مدت زمان‌های دو، چهار، شش و هشت ساعت و عمق‌های مختلف آزمایش شد و میزان نفوذ عمقی این بارش‌ها در خاک، در چهار لایسیمتر با شرایط یکسان و مالچ‌های متفاوت شامل: مالچ شن، مالچ ماسه، مالچ مخلوط شن و ماسه با نسبت مساوی (۵۰:۵۰) و همچنین خاک بدون مالچ آزمایش شد. نتایج بررسی پروفیل‌های رطوبتی خاک در لایسیمترها نشان داد دو مالچ شن و مالچ مخلوط شن و ماسه توانسته با کاهش تبخیر از سطوح بالایی خاک، فرصت نفوذ بیشتری به آب باران داده و ضمن افزایش رطوبت لایه‌های عمقی خاک، با کاهش تبخیر سطحی موجب شود آب نفوذ یافته در لایه‌های عمیق‌تر خاک نیز حفظ شود. مالچ ماسه نیز هرچند توانسته در حفظ رطوبت خاک و کاهش تبخیر از آن مؤثر باشد، ولی نسبت به دو مالچ قبلی کارایی کمتری دارد. قبلاً ناچترگیل و همکارانش (۱۹۹۸) با اندازه‌گیری دمای خاک در عمق مختلف مشخص کردند که مالچ شن و ماسه سبب افزایش دمای یک تا ۱/۵ درجه‌ای در عمق سه و ۱۰ سانتی‌متری از سطح خاک خواهد شد [۲۲]، اما به بررسی میزان تبخیر و نفوذ عمقی نپرداخته‌اند. لی و همکارانش (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر استفاده از مالچ کاه بر کاهش تبخیر و عملکرد گیاه ذرت پرداختند [۲۳]. نتایج پژوهش آنها نشان‌دهندهٔ کاهش میزان تبخیر تا ۱۵ درصد در خاک با پوشش مالچ نسبت به خاک بدون پوشش است که این مقدار در تحقیق حاضر تا ۲۸ درصد کاهش را نشان می‌دهد که علت آن می‌تواند به دلیل تفاوت در مالچ استفاده‌شده و همچنین تأثیر گیاه در افزایش میزان تبخیر و تعرق در تحقیق لی و همکارانش باشد. همچنین، در تحقیق لی و همکارانش به بررسی نفوذ عمقی آب پرداخته نشده است. همچنین، نتایج بررسی میزان تبخیر از آب باران در آزمایش‌های مختلف نشان داد درصد بیشتری از بارش‌های با عمق زیاد به رطوبت خاک و نفوذ عمقی تبدیل شده و در عین حال در بارش‌های با عمق کم بخش بزرگ‌تری از بارش تبخیر می‌شود و این در حالی است که مالچ‌های شن و مخلوط شن و ماسه توانسته‌اند عملکرد بهتری در حفظ رطوبت خاک و جلوگیری از تبخیر آب باران در عمق‌های کم بارش که تبخیر بیشتری دارند، داشته باشند. همچنین، بررسی میزان آب نفوذیافته در لایسیمترها نیز نشان داد بیشترین میانگین میزان افزایش نفوذ عمقی آب باران نسبت به تیمار خاک بدون مالچ در تیمار مالچ شنی با مقدار ۱۹/۵۲ درصد است و این مالچ توانسته علاوه بر کاهش تبخیر و حفظ رطوبت خاک در افزایش نفوذ عمقی آب باران نیز بیشترین تأثیر را داشته باشد. در این بررسی مالچ ماسه فقط توانست میزان نفوذ عمقی آب باران را در خاک به میزان ۲/۴۵ درصد بهبود بخشد. بنابراین، مشخص شد که مالچ‌پاشی از طریق کاهش میزان تبخیر می‌تواند موجب افزایش نفوذ آب باران بین ۲/۴۵ تا ۱۹/۵۲ درصد نسبت به خاک بدون مالچ شود که با توجه به تأثیر بارندگی در تغذیهٔ سفره‌های آب زیرزمینی این میزان افزایش نفوذپذیری می‌تواند موجب تغذیهٔ بیشتر آبخوان‌ها شود. بنابراین، استفاده از مالچ در کنار سایر مزایا نظیر افزایش بهره‌وری آب، کاهش میزان تبخیر، افزایش عملکرد گیاهان زراعی و... که پیش‌تر به آن پرداخته شده بود، می‌تواند موجب تغذیهٔ بیشتر آبخوان‌ها توسط آب باران شود.

منابع

[1].Taheri A, Roshani E. Groundwater resources management. 1st ed. Kermanshah: Razi University Press; 2010.[Persian]

[2].Seely M, Henderson J, Heyns P, Jacobson P, Nakale T, Nantanga K, Schachtschneider K. Ephemeral and endoreic river systems: Relevance and management challenges. Transboundary Rivers, Sovereignty and Development: Hydropolitical Drivers in the Okavango River Basin. 2003:187-212.

[3].Jabari P, Ghanbarpoor M. Evaluation of groundwater balance Sari-Neka. The Fifth National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering. Iran Karaj; 2010.[Persian]

[4].Piri J, Amin S, Moghaddamnia A, Keshavarz A, Han D, Remesan R. Daily pan evaporation modeling in a hot and dry climate. Journal of Hydrologic Engineering. 2009; 14(8):803-811.

[5].Sohelifar Z, Mirlatifi SM, Naseri AA, Asari M. Estimating Actual Evapotranspiration of Sugarcane by Remote Sensing. (A Case Study: Mirza Kochakkhan Sugarcane Agro-Industry Company Farms). Water and soil science. 2013; 23(1):151-163. [Persian]

[6].Yaghi T, Arslan A, Naoum F. Cucumber (Cucumis sativus, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. Agricultural water management. 2013; 128:149-157.

Archive of SID

www.SID.ir

[7].Hou XY, Wang FX, Han JJ, Kang SZ, Feng SY. Duration of plastic mulch for potato growth under drip irrigation in an arid region of Northwest China. Agricultural and Forest Meteorology. 2010; 150(1):115-121.

[8].Yamanaka T, Inoue M, Kaihotsu I. Effects of gravel mulch on water vapor transfer above and below the soil surface. Agricultural Water Management. 2004; 67(2):145-155.

[9].Wang Y, Xie Z, Malhi SS, Vera CL, Zhang Y. Gravel-sand mulch thickness effects on soil temperature, evaporation, water use efficiency and yield of watermelon in semi-arid Loess Plateau, China. Acta Ecologica Sinica. 2014; 34(5):261-265.

[10]. Hagen LJ. Erosion by Wind: Modeling. Encyclopedia of Soil Science, Second Edition, London: Taylor and Francis publishers; 2010.

[11]. He JJ, Cai QG, Tang ZJ. Wind tunnel experimental study on the effect of PAM on soil wind erosion control. Environmental monitoring and assessment. 2008; 145(1-3):185-193.

[12]. Goodrich BA, Koski RD, Jacobi WR. Monitoring surface water chemistry near magnesium chloride dust suppressant treated roads in Colorado. Journal of environmental quality. 2009; 38(6):2373-2381.

[13]. Edvardsson K. Evaluation of dust suppressants for gravel roads: Methods development and efficiency studies (Doctoral dissertation, KTH). 2010.p.70.

[14]. Adekalu KO, Olorunfemi IA, Osunbitan JA. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. Bioresource technology. 2007; 98(4):912-917.

[15]. Huang J, Wu P, Zhao X. Effects of rainfall intensity, underlying surface and slope gradient on soil infiltration under simulated rainfall experiments. Catena. 2013; 104: 93-102.

[16]. Chen Y, Liu T, Tian X, Wang X, Li M, Wang S, Wang Z. Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau. Field crops research. 2015; 172:53-58.

[17]. Orr LA, Bauer HH, Wayenberg JA. Estimates of ground-water recharge from precipitation to glacial-deposit and bedrock aquifers on Lopez, San Juan, Orcas, and Shaw Islands, San Juan County, Washington. 2002.

[18]. LI LX, LIU GC, YANG QF, ZHAO XW, ZHU YY. Research and application development for the techniques of whole plastic-film mulching on double ridges and planting in catchment furrows in dry land. Agricultural Research in the Arid Areas. 2009; 1:1-24.

[19]. Li R, Hou X, Jia Z, Han Q, Yang B. Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on soil water, temperature, and maize yield in Loess Plateau region of China. Soil Research. 2012; 50(2):105-113.

[20]. Chakraborty D, Garg RN, Tomar RK, Singh R, Sharma SK, Singh RK, Trivedi SM, Mittal RB, Sharma PK, Kamble KH. Synthetic and organic mulching and nitrogen effect on winter wheat (Triticum aestivum L.) in a semi-arid environment. Agricultural Water Management. 2010; 97(5):738-748.

[21]. Zhou JB, Wang CY, Zhang H, Dong F, Zheng XF, Gale W, Li SX. Effect of water saving management practices and nitrogen fertilizer rate on crop yield and water use efficiency in a winter wheat–summer maize cropping system. Field Crops Research. 2011; 122(2):157-163.

[22]. Nachtergaele J, Poesen J, Van Wesemael B. Gravel mulching in vineyards of southern Switzerland. Soil and Tillage Research. 1998; 46(1-2):51-59.

[23]. Li SX, Wang ZH, Li SQ, Gao YJ, Tian XH. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. Agricultural water management. 2013; 116: 39-49.

Archive of SID

www.SID.ir