نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۷۳۱-۷۲۲

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 722-731

تبخیر از سطح خاک سنگ‌ریزه‌ای بدون پوشش، متاثر از مقدار سنگ‌ریزه و بافت خاک

زهرا شاهی[1*]، علی شعبانی[2]، محسن زارعی ورزنه[3] و علی‌رضا سپاسخواه[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۶

چکیده

در کشت دیم، کاهش هدر رفت رطوبت خاک از مهم‌ترین عوامل موفقیت محسوب می‌گردد. در تحقیق حاضر، به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف سنگ‌ریزه و بافت خاک بر میزان رطوبت خاک فاقد پوشش، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه نوع بافت خاک: لومی‌شنی، لومی و سیلتی‌رسی حاوی صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه بودند. نتایج نشان دادکه هر دو عامل بافت و سنگ‌ریزه تاثیر آماری معنی‌داری بر مقدار آب موجود در خاک دارند. به‌طوری که بیش‌ترین میزان درصد کاهش آب خاک در خاک سیلتی‌رسی با ۲۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه (۹۹/۴ درصد) و کم‌ترین میزان آن در خاک لومی با ۱۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه (۸۸/۱ درصد) اتفاق افتاد. بررسی اثر بر هم کنش بین بافت و درصد سنگ‌ریزه نیز، تنها بر تبخیر تجمعی از سطح خاک معنی‌دار بود. به‌طوری که افزایش حجم سنگ‌ریزه باعث کاهش درصد حجمی خاک و در نتیجه کاهش آب موجود در خاک و تبخیر گردید. بنابراین جمع‌آوری سنگ‌ریزه‌های مزرعه و استفاده از آن‌ها به‌عنوان خاک‌پوش و یا کشت در مناطقی که سنگریزه‌های کم‌تری وجود دارد، کمک شایانی به حفظ رطوبت خاک در کشت دیم خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، تبخیر، خاک بدون پوشش، سنگ‌ریزه

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تبخیر از سطح خاک بخش عمده‌ای از بیلان آب را شامل می‌شود (Gardner., 1958; Hillel., 1998). در مزرعه تبخیر می‌تواند از پوشش گیاهی، سطح خاک و یا از سطوح آزاد آب صورت پذیرد. در غیاب پوشش گیاهی، سطح خاک در معرض تابش و باد قرار می‌گیرد و همین امر موجب می‌شود که تبخیر به طور کامل از سطح خاک صورت پذیرد (سلاح‌ورزی و همکاران، ۱۳۹۲). در شرایط دیم نیز، آب از مهم‌ترین عوامل محدودیت در تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. به‌طوری که با افزایش نفوذپذیری آب و کاهش رواناب، می‌توان مقدار رطوبت ذخیره شده در خاک را تا جایی افزایش داد که اثرات مفیدی بر تولید محصولات دیم داشته باشد (Wilhelm etal., 2004). نتایج تحقیقات حاکی از آن است که وجود سنگ‌ریزه در خاک، باعث تغییر در خصوصیات فیزیکی خاک شامل رطوبت حجمی، نفوذپذیری، رواناب و هم‌چنین خصوصیات شیمیایی خاک نظیر تغییر در مقدار کربن و نیتروژن می‌گردد (Cousin et al., 2003). بایسنس و همکاران گزارش کردند که به ازای پتانسیل ماتریک بیش از ۰/۳- کیلوپاسکال، سنگ‌ریزه اثر غیرمستقیم معنی‌دار روی منحنی مشخصه آب - خاک دارد که این امر می‌تواند به دلیل تاثیر مستقیم بر توزیع منافذ خاک باشد (Baetens etal., 2009). پوزن و لاوی نیز اظهار داشتند که وجود سنگ‌ریزه به صورت آزادانه و غیرپیوسته روی سطح خاک، از ایجاد سله در سطح خاک جلوگیری کرده و باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود. در صورتی‌که ایجاد یک سطح پیوسته از سنگ‌ریزه بر سطح خاک (به‌طوری که نیمی از سنگ‌ریزه‌ها در خاک فرو رفته باشند) موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب می‌گردد (Poesen and Lavee., 1994). نتایج تحقیقات راوینا و مگیر بر خاک‌های رسی، حاکی از آن است که با افزایش میانگین قطعات سنگ تا درشت در خاک، احتمال تراکم‌پذیری خاک کاهش می‌یابد. در خاک‌های متراکم نیز، افزایش تعداد این سنگ‌ها، افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را به دنبال داشت. بررسی چگالی ظاهری خاک‌های حاوی سنگ‌ریزه نیز حاکی از آن بود که چگالی ظاهری در این خاک‌ها کم‌تر از خاک‌های فاقد سنگ‌ریزه می‌باشد (Ravina and Magier., 1984). طی تحقیقات متعددی محققین به این نتیجه دست یافتند که افزایش تعداد قطعات سنگ، موجب کاهش ظرفیت نگهداشت آب خاک و در نتیجه کاهش تبخیر می‌گردد (Ingelmo et al.,1994; Wesemael et al., 1995; Fies et al., 2002; Ketdan et al., 2017).

۱- دانش آموخته کارشناسی علوم و مهندسی آب، دانشگاه فسا
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا
۳- دانش آموخته کارشناسی علوم و مهندسی آب، دانشگاه فسا
۴- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: Email:zahra94shahi@gmail.com)

وسیمایل و همکاران نیز اظهار داشتند که برای خاک‌هایی که رطوبت آن‌ها در حد ظرفیت زراعی است، با افزایش تعداد قطعات سنگ از مقدار اولیه آب خاک کاسته شده و همین امر موجب می‌گردد که آب کم‌تری برای تبخیر وجود داشته باشد. نتایج تحقیقات آن‌ها در مورد خاک‌های هوا خشک شده که مقدار کمی باران دریافت می‌کنند (حدود ۱۰ تا ۲۰ میلی متر)، حاکی از آن بود که با افزایش تعداد قطعات سنگی، تبخیر افزایش خواهد یافت (Wesemaelet al., 1996). همچنین تعدادی از محققین طی تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که استفاده از سنگ‌ریزه و فیلترهای شنی و ماسه‌ای در اعماق مختلفی از سطح خاک، تاثیر متفاوتی بر میزان رطوبت خاک در انتهای آزمایش داشته است. در تحقیقات مذکور، مشاهده گردید که میزان رطوبت خاک نسبت به خاک‌های بدون سنگ‌ریزه بیش‌تر بوده است (Yanni et al., 2003؛ حسینی و همکاران، ۱۳۸۴). از دیگر مطالعات صورت گرفته در زمینه کاهش تبخیر از سطح خاک، می‌توان به استفاده از خاک‌پوش‌هایی از جنس پلاستیک، بقایای گیاهی، مواد آلی، سنگ‌ریزه، کلش، کوکوپیت و غیره اشاره کرد (Bruand and Tessier, 2000; Cartaul, 2005; Zhang et al., 2005; جلینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۰؛ خاشعی سیوکی و باربد، ۱۳۹۴). تاکنون بیش‌تر تحقیقات انجام شده در مورد اثر خاک‌پوش سنگ‌ریزه‌ای بر کاهش تبخیر از سطح خاک بوده و موضوع اثر سنگ‌ریزه داخل خاک (مدفون شده) بر تبخیر از سطح خاک کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. اگرچه نمی‌توان میزان سنگ‌ریزه‌های موجود در خاک را به راحتی تغییر داد، اما با استفاده از نتایج این آزمایش می‌توان در مورد مکان ایجاد باغ و محل‌های کشت درخت در مناطقی که دارای خاک سنگ‌ریزه‌ای می‌باشد تصمیم‌گیری نمود. به‌خصوص در مناطقی مثل استهبان که عمدتا رشد درختان به صورت دیم بوده و تبخیر از سطح خاک در باغات دیم بسیار مهم می‌باشد. بنابراین در این تحقیق سعی شد اثر مقادیر مختلف سنگ‌ریزه در بافت‌های مختلف خاک بر میزان تبخیر، رطوبت موجود در خاک و مقدار آب خاک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

روش انجام آزمایش

به‌منظور بررسی تبخیر از سطح خاک حاوی سنگ‌ریزه، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با سه نوع بافت و چهار میزان مختلف درصد حجمی سنگ‌ریزه و در سه تکرار انجام گرفت. خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق از سه منطقه واقع در شهرستان فسا تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه فسا منتقل گردید. شهرستان فسا با ۱۴۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا، در جنوب‌شرقی استان فارس و بین طول جغرافیایی '۱۹ °۵۳ تا '۱۵ °۵۴ شرقی و عرض '۳۱ °۲۸ تا '۲۴ °۲۹ شمالی واقع شده است. در جدول ۱ مشخصات فیزیکی و محل تهیه خاک‌های مورد استفاده ذکر گردید.

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک و محل نمونه‌برداری

بافت خاک	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	رطوبت اولیه خاک (g/g)	چگالی ظاهری خاک دست‌خورده (g/cm^3)	محل نمونه‌برداری	موقعیت
لومی‌شنی	۷۴/۷۶	۲۰/۳۶	۴/۸۸	۰/۰۱۵	۱/۴۱	گربایگان	۶۰ کیلومتری جاده فسا- جهرم
لوم	۲۵/۱۲	۴۸	۲۶/۸۸	۰/۰۲۳	۱/۳۲	نوبندگان	۲۵ کیلومتری جنوب‌شرقی فسا
سیلتی‌رسی	۳/۷۶	۵۵/۳۶	۴۰/۸۸	۰/۰۹۲	۱/۱۰	کوشک قاضی	۸ کیلومتری جنوب‌شرقی فسا

برای تهیه تیمارهای آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با اندازه میانگین با ظرفیت ۵ لیتر استفاده گردید. به‌منظور یکنواختی، خاک‌ها از الک ۲ میلی متری و سنگ‌ریزه‌های مورد استفاده از الک شماره چهار با اندازه منافذ ۴/۷۶ میلی متر استفاده شد. به‌عبارت دیگر اندازه قطر سنگ‌ریزه‌ها بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر و کوچک‌تر از ۴/۷۶ میلی‌متر بود. سپس رطوبت اولیه هر کدام از خاک‌ها تعیین گردید. هم‌چنین در کف تمامی گلدان‌ها فیلترهایی به ارتفاع یک سانتی‌متر و از جنس همان سنگ‌ریزه‌های مورد استفاده در مخلوط خاک قرار داده شد. هر یک از خاک‌های مذکور قبل از انتقال به گلدان‌ها، به‌ترتیب به میزان صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از حجم گلدان‌ها، با سنگ‌ریزه مخلوط شدند. به منظور تعیین حجم سنگ‌ریزه‌های مورد استفاده در هر گلدان از یک ظرف مدرج حاوی آب استفاده گردید. به‌طوری که با اضافه کردن سنگ‌ریزه، تغییر حجم آب درون ظرف برابر درصد حجمی مورد نظر در هر آزمایش گردد. پس از تعیین وزن تمامی گلدان‌ها به‌همراه محتویات درون هر یک (گلدان، فیلتر، خاک و سنگ‌ریزه)، تمام آن‌ها تا حد اشباع آبیاری گردیدند. پس از آبیاری، به منظور جلوگیری از

تبخیر قبل از خروج کامل آب ثقلی، سطح تمامی گلداها با پلاستیک پوشانده شدند. پس از گذشت سه روز، با خروج آب ثقلی، پوشش‌های پلاستیکی برداشته شد و نسبت به تعیین وزنی گلدان‌ها اقدام گردید. در روزهای ابتدایی آزمایش، به علت بالا بودن سرعت تبخیر، تعیین وزن گلدان‌ها به صورت روزانه انجام گرفت. تعیین وزن گلدان‌ها از روز هفتم تا هفدهم آزمایش، به صورت یک روز در میان و از روز هفدهم تا بیست و چهارم هر سه روز یک بار صورت گرفت. لازم به ذکر است که در طول آزمایش، گلدان‌ها در محیط آزمایشگاه و با دمای نسبتا خنک نگه‌داری شدند.

محاسبه مقدار آب موجود در خاک، درصد وزنی آب خاک و تبخیر تجمعی

با اتمام آزمایش، مقدار آب موجود در خاک، رطوبت خاک و تبخیر تجمعی در هر یک از گلدان‌ها با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۳ محاسبه گردید:

$$W_i = (W_p - W_{p_0}) \quad (۱)$$

$$\theta_i = [(W_p - W_{p_0})/w_s] \times 100 \quad (۲)$$

$$E_i = \left[\sum_{i=1}^{n}(E_{i-1} + W_p - W_{p-1})\right] \quad (۳)$$

در معادلات فوق، W_i وزن آب موجود در خاک در هر روز (گرم)، W_p وزن گلدان و محتویات موجود در آن در هر روز (گرم)، W_{p_0} وزن گلدان قبل از اشباع شدن (مجموع وزن خاک خشک، سنگ‌ریزه، فیلتر و گلدان خالی، گرم)، θ_i درصد وزنی آب خاک، W_s وزن خاک خشک، E_i تبخیر تجمعی در هر روز (گرم)، E_{i-1} تبخیر تجمعی در روز قبل (گرم) و W_{p-1} وزن گلدان و محتویات داخل آن در روز قبل (گرم) می باشد. هم‌چنین در خاک‌های مورد آزمایش، درصد تغییرات تبخیر در گلدان‌های حاوی صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه، نسبت به یکدیگر محاسبه گردیدند.

آزمون‌های آماری

به‌منظور بررسی معنی‌داری اختلاف میانگین پارامترهای وزن آب موجود در خاک، درصد وزنی آب خاک و تبخیر تجمعی روز آخر بین تیمارهای آزمایش که با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه گردیدند، پس از انتقال داده‌ها به محیط نرم‌افزار SPSS و محاسبه شاخص‌های توصیفی، نسبت به آنالیز واریانس پارامترهای مزبور اقدام گردید. هم‌چنین پس از اطمینان از معنی‌دار بودن اختلاف میانگین تجمعی تبخیر بین تیمارهای آزمایش، از آن‌جا که جدول تجزیه واریانس آزمون F به تنهایی نمی‌تواند بیان کند که کدام یک از تیمارها با بقیه اختلاف دارند (فارسی، ۱۳۸۷) از آزمون چند دامنه‌ای دانکن جهت تعیین اختلاف بین آن‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

وزن آب موجود در خاک

بررسی نتایج آنالیز واریانس وزن آب موجود در خاک در روز آخر آزمایش نشان می‌دهد که اثر درصد سنگ‌ریزه و بافت خاک بر میزان آب موجود در خاک در روز آخر آزمایش معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). در انتهای آزمایش، تیمارهای حاوی خاک لومی بیش‌ترین میزان آب خاک را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). بررسی اثر درصدهای حجمی سنگ‌ریزه مورد استفاده در این آزمایش نیز نشان می‌دهد که تیمارهای فاقد سنگ‌ریزه از بیش‌ترین میزان آب خاک برخوردارند. هم‌چنین نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد که برهمکنش درصد سنگ‌ریزه و بافت خاک بر مقدار آب موجود در خاک معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۲).

در تحقیق حاضر، به‌دلیل اضافه شدن سنگ‌ریزه و کاهش حجم خاک موجود در گلدان‌ها، مقدار آب خاک موجود در هر یک از گلدان‌ها در ابتدای آزمایش با هم متفاوت بودند. از این رو، به منظور مقایسه بهتر بین تیمارها از نظر توانایی حفظ آب خاک، نیاز است که مقدار آب موجود در خاک در هر روز و به‌ویژه در روز آخر نسبت به مقدار اولیه آب موجود در خاک سنجیده شود. شکل‌های ۱ و ۲ درصد کاهش وزن آب موجود در خاک در هر یک از روزهای اندازه‌گیری نسبت به مقدار آب موجود در خاک روز اول اندازه‌گیری را به‌ترتیب برای مقادیر مختلف سنگ‌ریزه و بافت‌های مختلف خاک نشان می‌دهند. در شکل ۱ ملاحظه می‌گردد که با افزایش درصد سنگ‌ریزه، درصد کاهش مقدار آب موجود در خاک نیز افزایش پیدا کرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مقدار آب موجود در خاک، درصد وزنی آب خاک و تبخیر تجمعی تحت تاثیر درصد سنگ‌ریزه و بافت خاک در روز آخر آزمایش

تیمار	میانگین مربعات		
	مقدار آب موجود در خاک (g)	درصد وزنی آب خاک (g/g)	تبخیر تجمعی (g)
سنگ‌ریزه	۴۴۸۳/۴*	۰/۰۰۳ns	۱۲۰۸۶۸/۰۱*
بافت خاک	۳۹۳۴۸/۶*	۰/۰۰۰۱۲۵*	۸۴۱۸۴*
برهم کنش بافت و درصد سنگ‌ریزه	۱۶۴۹/۷ns	$۹/۵۹\times۱۰^{-۵}$ns	۶۴۴۴۴/۷*
خطا	۱۳۸۲/۵	$۹/۴۳\times۱۰^{-۵}$	۷۸۵/۵

* معنی‌داری در سطح آماری ۵٪، ns عدم معنی‌داری

جدول ۳- مقایسه میانگین مقدار آب موجود در خاک، درصد وزنی آب خاک و تبخیر تجمعی*

بافت خاک	مقدار آب موجود در خاک در روز آخر اندازه‌گیری (g)				
	درصد حجمی سنگ‌ریزه				
	۰	۱۰	۲۰	۳۰	میانگین
لومی‌شنی	۱۱۸/۳^{cde}	۶۱/۷^{abc}	۴۷/۷^{ab}	۳۳/۳^{ab}	۶۵/۳^{B}
لومی	۱۶۱/۷^{de}	۱۶۸/۳^{e}	۱۳۸/۳^{de}	۹۸/۳^{bcd}	۱۴۱/۷^{C}
سیلتی‌رسی	۳۳/۳^{ab}	۴۰^{ab}	۸/۳^{a}	۳۶/۷^{ab}	۲۹/۶^{A}
میانگین	۱۰۴/۴^{B}	۹۰^{AB}	۶۴/۸^{A}	۵۱/۶^{A}	
درصد وزنی آب خاک در روز آخر اندازه‌گیری (g/g)					
لومی‌شنی	۳^{bcd}	۰/۰۲^{abc}	۱/۵^{ab}	۱/۲^{ab}	۱/۹^{B}
لومی	۴^{d}	۴/۷^{d}	۴/۲^{d}	۳/۳^{cd}	۴/۱^{C}
سیلتی‌رسی	۰/۸^{a}	۰/۹^{a}	۰/۲^{a}	۱/۱^{a}	۰/۸^{A}
میانگین	۲/۶^{A}	۲/۵^{A}	۲^{A}	۱/۹^{A}	
تبخیر تجمعی تا روز آخر اندازه‌گیری (g)					
لومی‌شنی	۱۲۴۶/۷^{d}	۱۰۶۳/۳^{b}	۱۰۶۹^{b}	۹۸۰^{a}	۱۰۸۹/۸^{A}
لومی	۱۲۸۵^{de}	۱۲۴۱/۷^{d}	۱۱۶۵^{c}	۱۰۸۵^{b}	۱۱۹۴/۲^{B}
سیلتی‌رسی	۱۳۵۶/۷^{f}	۱۳۶۰/۳^{f}	۱۲۹۸/۳^{e}	۱۱۳۳/۳^{c}	۱۲۹۰/۴^{C}
میانگین	۱۲۹۶/۱^{D}	۱۲۲۶/۱^{C}	۱۱۷۷/۴^{B}	۱۰۶۶/۱^{A}	

*: حروف مشابه در هر ردیف یا ستون نشان دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف بین اعداد بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ می‌باشد.

بنابراین وجود سنگ‌ریزه در خاک باعث کاهش مقدار آب موجود در خاک در بافت‌های مختلف شد. کم‌ترین میزان کاهش آب موجود در خاک نیز در خاک‌های فاقد سنگ‌ریزه اتفاق افتاد. در شکل ۲ نیز ملاحظه می‌گردد که کم‌ترین درصد کاهش آب موجود در خاک مربوط به گلدان‌های حاوی خاک لومی است. هم‌چنین در هر دو شکل ۱ و ۲ بررسی روند تغییرات درصد کاهش آب موجود در خاک نشان می‌دهد که در تمام تیمارهای مورد بررسی،۱۴ الی ۱۵ روز بعد از شروع فرایند تبخیر، شیب منحنی روند نزولی پیدا نمود. به عبارت دیگر، تا قبل از روز ۱۴ الی ۱۵ آزمایش، تبخیر در مرحله اول و بعد از آن وارد مرحله دوم می‌گردد. بنابراین شدت تبخیر در مرحله اول دارای روندی ثابت و بعد از آن دارای روند کاهشی است. طولانی شدن مرحله اول تبخیر را می‌توان ناشی از تشکیل ترک در خاک گلدان‌ها و به‌خصوص ایجاد فاصله بین جدار گلدان و خاک و هم‌چنین خنک بودن محیط آزمایش دانست.

با مقایسه مقادیر میانگین درصد کاهش آب موجود در خاک در روز آخر نسبت به روز اول آزمایش در جدول ۴، ملاحظه می‌گردد که از بین تیمارهای آزمایش، به‌ترتیب تیمارهای حاوی خاک لومی با ۱۰، صفر و ۲۰ درصد سنگ‌ریزه از کم‌ترین میزان کاهش آب موجود در خاک برخوردارند. به عبارت دیگر آب باقی‌مانده در خاک‌های لومی در روز آخر نسبت به خاک‌های سنگین و سبک بافت بیش‌تر بوده و آب کم‌تری تبخیر شده است. بیش‌ترین میزان کاهش آب موجود در خاک مربوط به تیمار حاوی خاک سیلتی‌رسی با ۲۰ درصد سنگ‌ریزه می‌باشد.

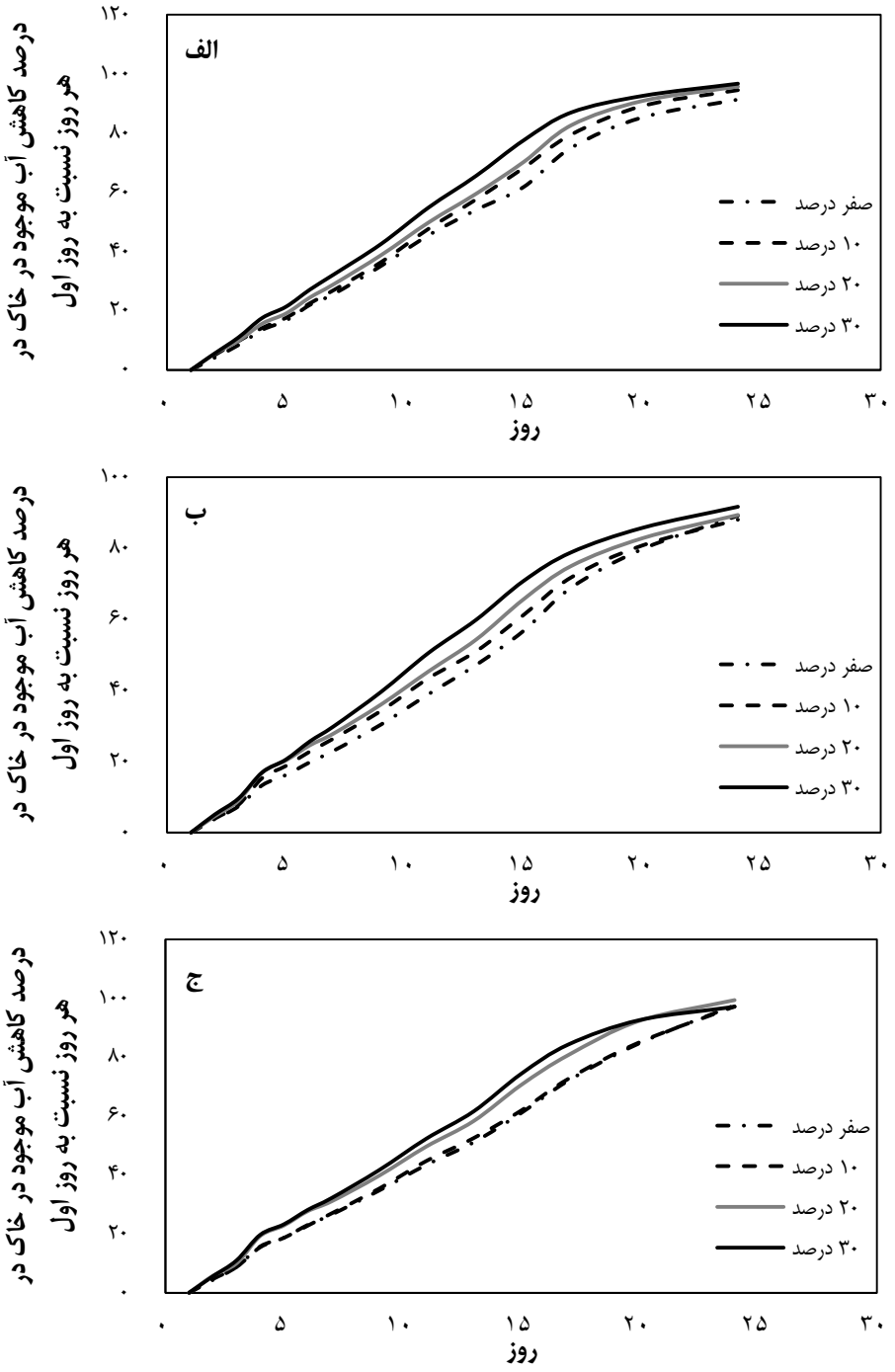
درصد وزنی آب خاک

در جدول ۲، بررسی نتایج آنالیز واریانس درصد وزنی آب خاک در روز آخر آزمایش نشان می‌دهد که تنها اثر بافت خاک بر میزان درصد وزنی آب خاک در روز آخر آزمایش معنی‌دار می‌باشد. در جدول ۳ نیز ملاحظه می‌گردد که در انتهای آزمایش، تیمارهای حاوی خاک لومی از بیش‌ترین درصد وزنی آب خاک برخوردارند. بررسی درصدهای حجمی سنگ‌ریزه مورد استفاده در این آزمایش نیز نشان می‌دهد که تیمارهای فاقد سنگ‌ریزه بیش‌ترین درصد وزنی آب خاک را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد، برهمکنش درصد سنگ‌ریزه و بافت خاک بر درصد وزنی آب خاک معنی‌دار نیست (جدول ۲).

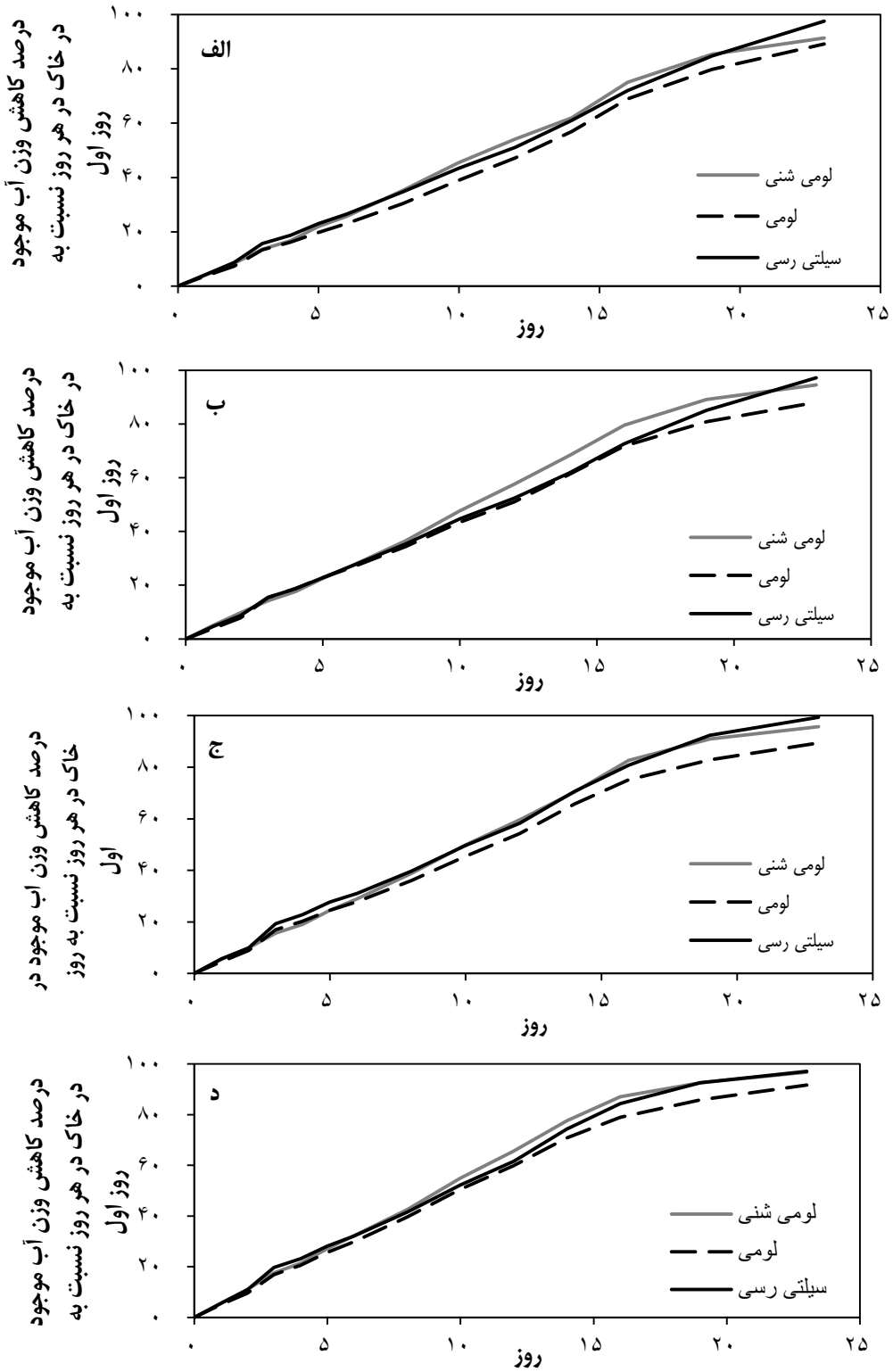
تبخیر تجمعی

نتایج تجزیه واریانس تبخیر تجمعی نشان می‌دهد که اثر درصد سنگ‌ریزه و بافت خاک بر تبخیر تجمعی از سطح خاک معنی‌دار می‌باشد (جدول۲). هم‌چنین اثر بر هم‌کنش بین بافت و درصد سنگ-ریزه بر تبخیر تجمعی از سطح خاک نیز معنی‌دار می‌باشد. در جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین تبخیر تجمعی تا روز آخر آزمایش مشاهده می‌گردد. در جدول مذکور ملاحظه می‌گردد که بیش‌ترین میزان تبخیر تجمعی به‌ترتیب در خاک‌های سیلتی‌رسی، لومی و لومی‌شنی اتفاق افتاده است. این را می‌توان به دلیل بیش‌تر بودن هدایت هیدرولیکی خاک‌های سنگین بافت (سیلتی‌رسی) در رطوبت‌های

پایین و قابلیت انتقال آب به سطح خاک به واسطه صعود مویینگی نسبت به خاک‌های دارای بافت سبک دانست. هم‌چنین با افزایش درصد سنگ‌ریزه موجود در خاک مقدار تبخیر کاهش پیدا کرد. به‌طوری که در هر سه نوع بافت خاک، کم‌ترین میزان تبخیر در گلدان‌های حاوی ۳۰ درصد سنگ‌ریزه اتفاق افتاد.



شکل۱- روند کاهش آب موجود در خاک در هر روز نسبت به روز اول در گلدان‌های حاوی خاک لومی‌شنی (الف)، لومی (ب) و سیلتی‌رسی (ج)



شکل۲- روند کاهش مقدار آب موجود در خاک در گلدان‌های حاوی صفر درصد سنگ‌ریزه (الف)، ۱۰ درصد سنگ‌ریزه (ب)، ۲۰ درصد سنگ‌ریزه (ج)، ۳۰ درصد سنگ‌ریزه (د)

جدول٤- میانگین آب موجود در خاک در تیمارهای مختلف

بافت خاک	درصد سنگریزه	میانگین آب موجود در خاک در روز اول (g)	میانگین آب موجود در خاک در روز آخر (g)	میانگین درصد کاهش آب موجود در خاک در روز آخر نسبت به روز اول
لومی شنی	۰	۱۳۶۵	۱۱۸/۳	۹۱/۳
	۱۰	۱۱۲۵	۶۱/۷	۹۴/۵
	۲۰	۱۱۱۶/۷	۴۷/۷	۹۵/۷
	۳۰	۱۰۱۳/۳	۳۳/۳	۹۶/۷
لومی	۰	۱۴۴۶/۷	۱۶۱/۷	۸۸/۸
	۱۰	۱۴۱۰	۱۶۸/۳	۸۸/۱
	۲۰	۱۳۰۳/۳	۱۳۸/۳	۸۹/۴
	۳۰	۱۱۸۳/۳	۹۸/۳	۹۱/۷
سیلتی رسی	۰	۱۳۹۰	۳۳/۳	۹۷/۶
	۱۰	۱۳۸۷/۵	۴۰	۹۷/۱
	۲۰	۱۳۰۶/۷	۸/۳	۹۹/۴
	۳۰	۱۱۷۰	۳۶/۷	۹۶/۹

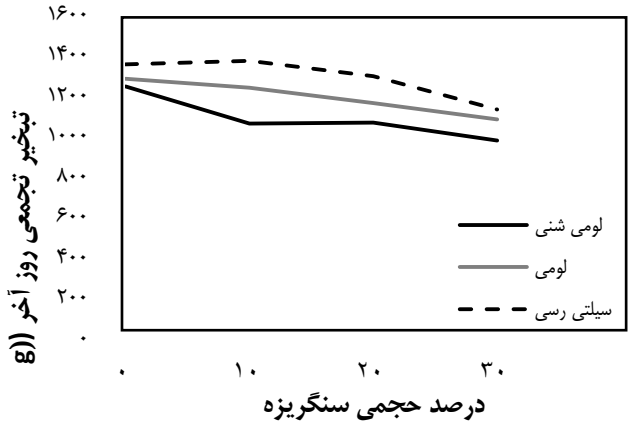
از این رو به‌دلیل پایین بودن قابلیت جذب آب توسط سنگ‌ریزه، ظرفیت نگه‌داری آب در خاک‌های دارای سنگ‌ریزه نیز کاهش می‌یابد. همان‌طور که قبلا بیان شد، نتایج شکل ۱ و جدول ۳ نشان می‌دهند که در صورت وجود سنگ‌ریزه در خاک، مقدار آب کم‌تری در خاک وجود دارد تا در معرض تبخیر قرار گیرد. هم‌چنین نتایج حاصل از مقایسه مقادیر سنگ‌ریزه بین تیمارهای آزمایش در جدول ۳، حاکی از آن است که بیش‌ترین میزان تبخیر در خاک سیلتی رسی بدون سنگ‌ریزه وحاوی ۱۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه و کم‌ترین میزان تبخیر در خاک سبک، بافت لومی‌شنی حاوی ۳۰ درصد حجمی سنگ‌ریزه اتفاق افتاد. این درحالی است که در شکل ۲ نیز کم‌ترین میزان کاهش آب موجود در خاک در تیمار حاوی خاک لومی مشاهده گردید. از این رو با توجه به بررسی نتایج حاصل از شکل‌های ۱ و ۲ و جدول ۳، می‌توان اظهار داشت که افزایش درصد سنگ‌ریزه در خاک‌های دارای بافت سبک، بیش‌ترین تاثیر را بر کاهش آب موجود در خاک خواهد گذاشت و همین امر موجب می‌گردد که در چنین خاک‌هایی تبخیر کم‌تر اتفاق بیافتد. در جدول ۵ با بررسی میانگین درصد تغییرات تبخیر بین درصدهای مختلف سنگ‌ریزه در هر کدام از خاک‌های مورد آزمایش نسبت به خاک بدون سنگ‌ریزه، مشاهده می‌گردد که در هر سه نوع بافت خاک، گلدان‌های حاوی ۳۰ درصد سنگ‌ریزه، به طور هم‌زمان نسبت به گلدان‌های حاوی ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد سنگ‌ریزه، بیش‌ترین میزان کاهش تبخیر را به خود اختصاص داده‌اند و با افزایش درصد سنگ‌ریزه خاک، میزان تبخیر کاهش یافت. ملاحظه می‌گردد که نتایج مذکور با نتایج حاصل از شکل ۱ مطابقت دارند. به‌طوری که افزایش میزان سنگ‌ریزه‌های موجود در خاک موجب کاهش میزان آب موجود در خاک و در نتیجه کاهش تبخیر از چنین خاک‌هایی می‌گردد.

جدول ۵- میانگین درصد کاهش تبخیر نسبت به مقادیر متغیر سنگریزه

	خاک لومی شنی	خاک لومی	خاک سیلتی رسی
۱۰ درصد سنگریزه نسبت به ۰ درصد سنگریزه	-۱۷/۲	-۳/۵	۱/۲
۲۰ درصد سنگریزه نسبت به ۰ درصد سنگریزه	-۱۶/۶	-۱۰/۳	-۴/۵
۳۰ درصد سنگریزه نسبت به ۰ درصد سنگریزه	-۲۷/۲	-۱۸/۴	-۱۹/۷
۲۰ درصد سنگریزه نسبت به ۱۰ درصد سنگریزه	۰/۵	-۶/۶	-۵/۸
۳۰ درصد سنگریزه نسبت به ۱۰ درصد سنگریزه	-۲۷/۲	-۱۸/۴	-۱۹/۷
۳۰ درصد سنگریزه نسبت به ۲۰ درصد سنگریزه	-۹/۱	-۷/۴	-۱۴/۶

بررسی تغییرات تبخیر تجمعی تا روز آخر در شکل ۳، نشان می‌دهد که کم‌ترین میزان تبخیر در خاک لومی شنی اتفاق افتاده است. از طرفی با توجه به اعداد مربوط به میانگین آب موجود در خاک در روز اول آزمایش در ستون سوم جدول۴، ملاحظه می‌گردد که در ابتدای آزمایش، مقدار آب موجود در خاک، تیمارهای حاوی خاک لومی‌شنی نسبت به سایر تیمارها با بافت متفاوت و مقادیر مشابه سنگ‌ریزه، کم-تر می‌باشد از این رو می‌توان گفت، خاک لومی‌شنی به دلیل دارا بودن بافتی سبک نسبت به سایر خاک‌های مورد آزمایش، دارای کم‌ترین مقدار آب موجود در خاک بوده و از این جهت در خاک مذکور تبخیر کم‌تر اتفاق افتاده است.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر و هم‌چنین تحقیقات محققینی نظیر اینجلمو و همکاران (Ingelmo et al., 1994)، وسیمایل و همکاران (Wesemael et al., 1995-1996)، فایز و همکاران (Fies et al., 2002)و کتدان و همکاران (Khetdan et al., 2017)، به نظر می‌رسد که وجود سنگ‌ریزه در خاک، مقدار اولیه آب موجود در خاک را کاهش می‌دهد و همین امر موجب می‌گردد که آب کم‌تری در معرض تبخیر قرار بگیرد و درنتیجه در خاک‌های حاوی قطعات سنگ‌ریزه میزان تبخیر نسبت به خاک‌های فاقد سنگ‌ریزه کم‌تر باشد.



شکل ۳- تغییرات تبخیر تجمعی تا روز آخر نسبت به مقادیر حجمی مختلف سنگ‌ریزه

نتیجه‌گیری

در کشت دیم دسترسی گیاهان به آب نسبت به کشت آبی کم‌تر می‌باشد. از این رو در کشت دیم، قابلیت نگه‌داری آب خاک حایز اهمیت می‌باشد. در تحقیق حاضر نتایج بررسی میزان تبخیر از هر سه نوع خاک مورد آزمایش حاکی از آن است که خاک لومی از کم‌ترین میزان کاهش آب موجود در خاک نسبت به سایر خاک‌ها برخوردار می‌باشد. هم‌چنین افزایش حجم سنگ‌ریزه در خاک باعث کاهش ظرفیت نگه‌داری آب خاک و کاهش هدر رفت آب خاک از طریق تبخیر می‌گردد. از آن‌جایی که افزایش حجم سنگ‌ریزه از میزان خاک موجود در هر گلدان می‌کاهد، حجم آب موجود در خاک آن نیز کاهش یافته و در نتیجه از میزان تبخیر کاسته می‌شود. بنابراین در مزارعی که دارای خاک‌های سنگ‌ریزه‌ای می‌باشند، جمع‌آوری سنگ‌ریزه‌های درون خاک، باعث افزایش ظرفیت نگه‌داری آب خاک می‌شود. در حالی‌که با این اقدام، احتمال تبخیر افزایش خواهد یافت. از این رو در صورت جمع‌آوری سنگ‌ریزه‌های درون خاک و استفاده از آن‌ها به-عنوان خاک‌پوش، می‌توان شرایط نگه‌داری آب خاک را افزایش و میزان تبخیر را کاهش داد. در شرایطی که امکان جمع آوری سنگ-ریزه‌های موجود در خاک وجود ندارد، کشت در مناطقی که سنگ‌ریزه کم‌تری وجود دارد، بهترین راهکار برای کشت دیم می‌باشد.

تشکر و قدردانی

علی‌رضا سپاسخواه، حمایت مالی کرسی پژوهشی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران را قدردانی می‌نماید.

منابع

جلینی،م. ۱۳۹۰. بررسی اثر سطوح مختلف آب و مالچ پلاستیک بر عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی در روش آبیاری قطره-ای سطحی و زیرسطحی. مجله آب و خاک. ۲۵. ۵: ۱۰۲۵-۱۰۳۲.

حسینی،م.، کریمی،س.ع و عطاپور،ع. ۱۳۸۴. تاثیر بانکت در کنترل رواناب و حفظ رطوبت خاک (مطالعه موردی منطقه

طالقان). دومین کنفرانس سراسری آبخیز داری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان. ۱: ۵۱-۴۴.

حسینی،م.، عطاپور،ع.، کرمی،س.ع.، خلیل‌پور،ا و روغنی،م. ۱۳۹۰. سامانه‌های آبگیر و نقش آن‌ها در نگه‌داشت آب و کاهش تبخیر. مجله مهندسی و مدیریت آبخیزداری. ۳. ۲: ۱۲۲-۱۳۰.

خاشعی سیوکی،ع و باربد،م. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر پوشش‌های مختلف سطح خاک در کاهش میزان تبخیر. مجله محیط زیست و مهندسی آب. ۱. ۱: ۱۱۱-۱۲۲.

سلاح‌ورزی،م.، قهرمان،ب.، انصاری،ح و داوری،ک. ۱۳۹۲. تفکیک مرحله اول و دوم تبخیر از سطح خاک بدون پوشش. دومین کنفرانس همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه-خشک، ابرکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه.

فارسی،م. ۱۳۸۷. طرح‌های آزمایشی در علوم کشاورزی. چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۱۱۴.

Baetens,J.M., Verbist,K., Cornelis,W.M., Gabriels,D and Soto,G. 2009. On the influence of coarse fragment on soil water retention. Water Resource Research. 45. 7:1-14.

Bruand,A and Tessier,D. 2000. Water-retention properties of the clay in soils developed on clayey sediments: Significance of parent material and soil history. European Journal of Soil Science. 51. 4: 479-688.

Cartaud,F., Touze Foltz,N and Duval,Y. 2005. Experimental investigation of the influence of a geotextile beneath the geomembrane in a composite liner on leakage through a hole in the geomembrane. Geotext. Geomembr. 23. 2:117-143.

Cousin,I., Nicoullaud,B and Coutadeur,C. 2003. Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil. CATENA. 53. 2:97–114.

Fies,J.C., Delouvegny,N and Chanzy,A. 2002. The role of stones in soil water retention. European Journal of Soil Science. 53. 1: 95–104.

Gardner,W.R. 1958. Some Steady State solution of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Science. 85: 228-232.

Hillel,D.I. 1998. Environmental soil physics. Chapter 18: Evaporation from bear-surface soils and winds erosion. Academic press. 508-522.

Ingelmo,F., Cuadrado,S., Ibanez,A and Hemandez,J. 1994. Hydric Properties of some Spanish soils in relation to their rock fragments content: implications for runoff and vegetation. Catena. 23:73–85.

Khetdan,C., Chittamart,N., Tawornpruek,S., Kongkaew,T., Onsamrarn,W and Garré,S. 2017. Influence of rock fragments on hydraulic properties of Ultisols in Ratchaburi Province, Thailand. Geoderma Regional. 10. 1: 21-28.

Poesen,J and Lavee,H. 1994. Rock fragments in top soils: significance and processes. CATENA. 23: 1-28.

Ravina,I and Magier,J. 1984. Hydraulic conductivity and water retention of clay soils containing coarse fragments. Soil Science Society of America Journal. 48:736-740.

Wesemael,B.V., Poesen,J., Kosmas,C.S and Danalatos,N.G. 1995. The role of rockfragments in evaporation from cultivated soils under Mediterranean climaticconditions. Journal of Physics and Chemistry of The Earth. 20. 3-4: 293-299.

Wesemael,B.V., Poesen,J., Kosmas,C.S., Danalatos,N.G and Nachtergaele,J. 1996. Evaporation from cultivated soils containing rock fragments. Journal of Hydrology. 182. 1: 65-82.

Wilhelm,W.W., Johnson,J.M.F., Hatfield,J.L and Linden,D.R. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal. Agronomy journal. 96. 1: 1-17.

Yanni,S., Nimah,M.N and Bashour,I. 2003. Gravel vertical mulching for improving water irrigated orchards. ISHS: IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. Acta Hortic. 664: 673-681.

Zhang,X., Chen,S., Liu,M., Pei,D and Sun,H. 2005. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the north China plain. Agronomy Journal. 97. 3: 783-790.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 12, Agu.-Sep. 2018, p. 722-731

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۲، مرداد - شهریور ۱۳۹۷، ص. ۷۳۱-۷۲۲

Evaporation From Bare Gravelly Soil Influenced by Embedded Gravel and Soil Texture

Z. Shahi[1*], A. Shabani[2], M. Zarei Varzaneh[3], A. R. Sepaskhah[4]
Recived: Feb.13, 2018 Accepted: May.27, 2018

Abstract

In dry farming, reduction of soil water losses is one of the most important factors of success. In this study, to investigate the effect of different levels of gravel and soil texture on evaporation and soil water content of bare soil,an experiment was conducted in a completely randomized design with 12 treatments and 3 replications.Soil textures were sandy loam, loam and silty clay contain 0, 10, 20 and 30% volumetric gravel. Results showed that soil texture and gravel resulted in significant effect on the amount of content soil water.Maximum and minimum soil water loss was occurred in silty clay soil with 20% volumetric gravel (99.4%) and loam soil with 10% volumetric gravel (88.1%), respectively. The effect of interaction between texture and gravel content was only significant in cumulative evaporation from soil surface. As the amount of gravel increased, the amount of soil decreased. Therefore, soil water content and evaporation decreased. Therefore. collecting gravels from the field and using them as mulch, or cultivating in areas with low gravels level can be resulted in soil water saving in dry farming.

Keywords: Bare soil, Evaporation, Gravel, Soil texture

1- Former B.SC. Student in Water Science and Engineering, Fasa University, Iran
2- Assistant Professor, Water Science and EngineeringDepartment, Fasa University, Iran
3- Former B.SC. Student in Water Science and Engineering, Fasa University, Iran
4- Professor, Water Science and EngineeringDepartment, Shiraz University, Iran
(*-Corresponding Author Email: zahra94shahi@gmail.com)