مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۱-۲۱
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17533.3303

تأثیر مقدار و عمق توزیع ماده خام و بیوچار چوب گردو بر تبخیر و رطوبت خاک

طاهره جعفری‌کیا[۱]، *احمدرضا قاسمی[۲]، مهدی قبادی‌نیا[۳] و حمیدرضا متقیان[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد،
[۳]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، [۴]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: به‌دلیل محدودیت منابع آبی در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه علل هدررفت آب برای استفاده بهینه از آن ضروری امری است. نتایج این‌گونه پژوهش‌ها می‌تواند در مدیریت آب و افزایش راندمان آبیاری به‌ویژه در مناطق کم‌آب مؤثر باشد. با توجه به این‌که تبخیر از سطح خاک بدون پوشش به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اجزای بیلان آب، باعث هدررفت آب می‌شود، ارائه راهکارهایی برای کاهش آن امری ضروری به‌نظر می‌رسد. استفاده از مواد اصلاحی (مانند بیوچار) در خاک می‌تواند راهکاری مناسبی برای کاهش تبخیر از خاک باشد. از همین‌رو این پژوهش با هدف بررسی تأثیر چوب گردو (خاک‌اره) و بیوچار آن بر تبخیر و رطوبت خاک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد و در یک دوره ۵ ماهه از مرداد تا آذر انجام گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار در دانشگاه شهرکرد انجام شد. فاکتورهای موردبررسی شامل ماده اصلاح‌کننده (ماده خام چوب گردو و بیوچار آن) در دو سطح ۱ و ۲ درصد و نحوه توزیع آن‌ها در خاک (به‌صورت مخلوط در سه عمق، سه و هشت سانتی‌متر خاک بالای گلدان و هم‌چنین توزیع در کل عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک گلدان) می‌باشند. با اندازه‌گیری میزان آب ورودی و خروجی به گلدان‌ها و به کمک رابطه بیلان آبی، میزان تبخیر از خاک در تیمارها به‌دست آمد.

یافته‌ها: مقایسه میانگین تیمارهای مختلف بیوچار و ماده خام چوب گردو نشان داد که تیمارهای ماده خام چوب گردو به‌صورت معنی‌داری میزان تبخیر از سطح خاک را نسبت به تیمار شاهد کاهش داده‌اند. مقدار میانگین تبخیر در تیمارهای حاوی ماده خام ۱٤۵۰ میلی‌لیتر به‌دست آمد درحالی‌که این مقدار در تیمار شاهد حدود ۱۸۰۰ میلی‌لیتر است. میزان رطوبت خاک نیز در تیمارهای حاوی ماده خام (۲۷/۷ درصد) نسبت به تیمار شاهد (۲۵ درصد) به‌صورت معنی‌داری بیش‌تر بود. در ارتباط با تأثیر بیوچار بر میزان تبخیر و رطوبت خاک، نتایج نشان داد که به‌جز تیمار ۲ درصد بیوچار و توزیع در کل خاک گلدان، تفاوت بین تیمارهای دیگر با شاهد و نسبت به یکدیگر معنی‌داری نیست.

* مسئول مکاتبه: ar-ghasemi@sku.ac.ir

هم‌چنین نتایج نشان داد میزان تبخیر از خاک در تیمارهای حاوی ماده خام (۱٤٥۰ میلی‌لیتر) به‌صورت معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای حاوی بیوچار (۱۸۲۰ میلی‌لیتر) است. برخلاف بیوچار، عمق توزیع ماده خام در خاک نیز تأثیر معنی‌داری بر تبخیر نشان داد. مقدار تبخیر در حالت توزیع ماده خام در ۳ و ۸ سانتی‌متری بالای گلدان و هم‌چنین توزیع در کل خاک گلدان (۳۰ سانتی‌متری) به‌ترتیب معادل ۱۳٦۰، ۱٤٤۰ و ۱٥٥۰ میلی‌لیتر به‌دست آمد که تفاوت این مقادیر با تیمار شاهد (۱۸۰۰ میلی‌لیتر) ازنظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری: درمجموع با توجه به تأثیر کاهشی و معنی‌دار استفاده از ۱ و ۲ درصد ماده خام چوب گردو (به‌صورت خاک‌اره) نسبت به بیوچار آن، بر میزان تبخیر از خاک و با توجه به منطقی و اقتصادی بودن استفاده از ۱ و ۲ درصد ماده خام چوب گردو، می‌تواند استفاده از این ماده با درصدهای ذکرشده را برای کاهش تبخیر از سطح خاک توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار چوب گردو، تبخیر، رطوبت خاک، ماده خام چوب گردو

مقدمه

کمبود آب از دغدغه‌های مهم کشورهای جهان در قرن اخیر است. زیرا به‌صورت معنی‌داری بر میزان تولیدات کشاورزی تأثیرگذار است. کل منابع آب تجدیدشونده در ایران حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است که از این مقدار حدود ۸۹ میلیارد مترمکعب قابل‌استفاده است که حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب معادل ۹۳ درصد آن در بخش کشاورزی استفاده می‌شود (۳٦). علاوه بر این به‌دلیل خشک و نیمه‌خشک بودن اقلیم در اغلب مناطق ایران مقدار تبخیر از سطح خاک نیز زیاد است که باعث می‌گردد محدودیت آبی در چنین مناطقی مهم‌ترین عامل مؤثر بر رشد گیاهان باشد (۳۱). تبخیر از سطح خاک بخش مهمی از بیلان آب بوده و به‌ویژه در نواحی خشک می‌توان آن را عمده‌ترین جزء در بیلان آب دانست (۱٤). استفاده بهینه از منابع محدود آب و رسیدن به تولید بیش‌تر به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک از طریق مطالعه تلفات و ذخیره آب امری ضروری است (۹). به‌همین منظور جلوگیری از تبخیر به‌منظور حفظ رطوبت به‌مدت طولانی در خاک، به‌عنوان یکی از شیوه‌های کاهش تلفات آب ارائه گردیده است که در بعضی از نقاط این امر با استفاده از مالچ‌پاشی انجام می‌گیرد (۳۳).

مالچ‌های نفتی موجب کاهش فرسایش خاک به‌وسیله باد و آب می‌شوند و در نفوذ آب به داخل خاک و حفظ رطوبت خاک نقش دارند (۱٤). از محدودیت‌های استفاده از مالچ، هزینه بالای آن است (٤۰). در مناطق خشک و نیمه‌خشک خاک‌ها به لحاظ ماده آلی فقیر بوده و کودهای آلی در اثر دمای بالا تجزیه می‌شود، بنابراین لازم است هرسال این مواد به خاک اضافه شود. بر این اساس در سال‌های اخیر استفاده از مواد پایداری مانند بیوچار به‌منظور افزایش رطوبت و کاهش تبخیر موردتوجه قرارگرفته است (۳۸). بیوچار ماده‌ای است که از زیست‌توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی طی فرآیند پیرولیز (گرماکافت) تهیه می‌شود (۳۵). پیرولیز فرآیندی است که در آن مواد آلی تحت شرایط اکسیژن کم و در اثر گرما تجزیه می‌شوند (٤۲). مواد مختلف زیادی مانند چوب، سبوس، پوست درختان و بقایای گیاهی و کشاورزی برای ساخت بیوچار پیشنهاد شده است (۳۹). اهمیت بیوچار مربوط به پتانسیل آن در بهبود نگهداشت آب و مواد غذایی به‌ویژه در خاک شنی (۱۱) و هم‌چنین جذب آلاینده‌ها است (۲٦).

گردو یکی از محصولات باغی اصلی استان چهارمحال و بختیاری است. سطح زیرکشت این محصول در این استان ۷۱۰٦ هکتار است (۳) که هرساله بخش قابل‌ملاحظه‌ای چوب حاصل از هرس درختان تولید می‌شود. برخی پژوهش‌ها به موضوع استفاده از بیوچار چوب گردو پرداخته‌اند برای نمونه ایرانمنش و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر آن را در کنترل فرسایش بادی، عباسپور و همکاران (۲۰۱۸) اثر آن را بر برخی ویژگی‌های خاک، عملکرد و صفات کیفی سیاه‌دانه، کبیری و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر بیوچار برگ گردو را بر جذب سرب در خاک و سیاوشی و همکاران (۲۰۱۸) نقش آن را در جذب فسفر در خاک‌های اسیدی بررسی نمودند (۱۹، ۲، ۲۰ و ۳٤).

درباره اثر بیوچار بر میزان تبخیر از خاک نتایج متناقضی ارائه شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی دریافتند که اضافه کردن بیوچار به خاک شنی تبخیر را کاهش نداد. دلیل این مسأله ممکن است با بافت خاک و اندازه ذرات بیوچار مرتبط باشد (٤٦). زو و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تأثیر افزودن بیوچار در مقدارهای ۵ و ۱۰ و ۱۵ درصد و اندازه ذرات بین ۲۵ تا ۱ میلی‌متر از چوب بامبو بر ظرفیت نگهداری آب و تبخیر از سطح خاک بیان کردند که افزودن بیوچار می‌تواند ظرفیت نگه داشت آب و تبخیر خاک را تغییر دهد. اما اثرات آن بسته به نوع ماده اولیه بیوچار و اندازه ذرات متفاوت بود. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن ۵ درصد بیوچار به خاک بیش‌ترین تأثیر را بر تبخیر از سطح خاک دارد (٤٤).

ابراهیم و همکاران (۲۰۱۷) بیوچار کنوکارپوس را در خاک لومی شنی استفاده کردند و دریافتند که تبخیر در خاک‌هایی که از بیوچار استفاده شده کم‌تر از خاک‌های بدون بیوچار است (۱۸). وانگ و همکاران (۲۰۱۸) با هدف بررسی تأثیر بیوچار بر تبخیر، با اندازه‌گیری تبخیر خاک رسی در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری بالای سطح خاک و در ٤ مقدار ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد، بیان داشتند که افزودن بیوچار باعث افزایش رطوبت و کاهش تبخیر خاک می‌گردد (٤۳). نتایج پژوهش‌ها در ارتباط با تأثیر استفاده از بیوچار بر نگهداشت آب در خاک نشان می‌دهد که این ماده باعث افزایش نگهداشت آب در خاک می‌شود (۱٦ و ٤۱) هرچند برخی پژوهش‌ها نتایج متفاوت و متناقضی ارائه نموده‌اند. برای مثال کاروالو و همکاران (۲۰۱٦) و ماداری و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از بیوچار باعث کاهش نگهداشت آب در خاک شده است (۱۲ و ۲۵) و یا بایامونته و همکاران (۲۰۱۹) و اوبیا و همکاران (۲۰۱٦) گزارش نمودند استفاده از بیوچار تأثیر معنی‌داری بر رطوبت خاک ندارد (۸ و ۲۹).

در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده بر روی بیوچار از مقادیر زیاد این ماده در خاک استفاده شده است که با توجه به این‌که در استفاده از مواد اصلاح‌کننده خاک باید هزینه اقتصادی و عملی بودن اجرای آن در وسعت‌های زیاد هم مدنظر قرار گیرد، در این پژوهش سعی گردید از مقادیری جهت تعریف تیمارها استفاده شود که اعمال آن‌ها در مساحت‌های زیاد امکان‌پذیر باشد. هم‌چنین نحوه توزیع بیوچار نیز ممکن است بر مقدار تبخیر و رطوبت خاک مؤثر باشد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر ماده خام چوب گردو (خاک‌اره شاخه‌های هرس شده) و بیوچار آن در دو مقدار ۱ و ۲ درصد، بر تبخیر از سطح خاک و هم‌چنین رطوبت خاک انجام شد.

مواد و روش‌ها

شهرکرد در بخش مرکزی کوه‌های زاگرس و با طول و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا، واقع شده است. میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۳۲۲ میلی‌متر در سال است. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار در مجاورت ایستگاه هواشناسی دانشگاه شهرکرد و در هوای آزاد انجام شد. به‌منظور بررسی اثرات متقابل نیز با حذف تیمار شاهد، داده‌ها به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تحلیل شدند. فاکتورهای موردبررسی شامل ماده اصلاح‌کننده (ماده خام چوب گردو و بیوچار آن) در دو سطح ۱ و ۲ درصد و نحوه توزیع در خاک (مخلوط در عمق سه و هشت سانتی‌متر بالای گلدان و مخلوط در خاک کل گلدان) می‌باشند. چوب گردوی مورداستفاده از هرس درختان گردوی واقع در دانشگاه شهرکرد تهیه گردید. جدول ۱ تیمارهای مورد آزمایش و حروف اختصاری مربوط به هر تیمار را نشان می‌دهد.

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی موردبررسی در پژوهش.

Table 1. Experimental treatments in the study.

ردیف Row	شرح تیمار Description of treatment	علامت اختصاری Symbol
1	خاک بدون ماده افزودنی (تیمار شاهد) Non-biochar soil (control treatment)	B_0M_0
2	بیوچار ۱٪ و مخلوط در سه سانتی‌متر بالای گلدان Biochar 1% and mixed at 3 cm above the pot	B_1M_3
3	بیوچار ۱٪ و مخلوط در هشت سانتی‌متر بالای گلدان Biochar 1% and mixed at 8 cm above the pot	B_1M_8
4	بیوچار ۱٪ و مخلوط در کل گلدان Biochar 1% and mixed in whole pot	B_1M_t
5	بیوچار ۲٪ و مخلوط در سه سانتی‌متر بالای گلدان Biochar 2% and mixed at 3 cm above the pot	B_2M_3
6	بیوچار ۲٪ و مخلوط در هشت سانتی‌متر بالای گلدان Biochar 2% and mixed at 8 cm above the pot	B_2M_8
7	بیوچار ۲٪ و مخلوط در کل گلدان Biochar 2% and mixed in whole pot	B_2M_t
8	ماده خام ۱٪ و مخلوط در سه سانتی‌متر بالای گلدان raw material 1% and mixed at 3 cm above the pot	R_1M_3
9	ماده خام ۱٪ و مخلوط در هشت سانتی‌متر بالای گلدان raw material 1% and mixed at 8 cm above the pot	R_1M_8
10	ماده خام ۱٪ و مخلوط در کل گلدان raw material 1% and mixed in whole pot	R_1M_t
11	ماده خام ۲٪ و مخلوط در سه سانتی‌متر بالای گلدان raw material 2% and mixed at 3 cm above the pot	R_2M_3
12	ماده خام ۲٪ و مخلوط در هشت سانتی‌متر بالای گلدان raw material 2% and mixed at 8 cm above the pot	R_2M_8
13	ماده خام ۲٪ و مخلوط در کل گلدان raw material 2% and mixed in whole pot	R_2M_t

به‌منظور تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک موردنظر نمونه‌ای از خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متر)، تهیه شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۲ نشان داده شده است. برای تهیه بیوچار نیاز به شرایط اکسیژن محدود است. بنابراین برای ایجاد این شرایط لوله‌های استوانه‌ای شکل از جنس آهن (با قطر و طول ۲/۵ و ٤٠ سانتی‌متر) از شاخه‌های نازک ریز شده درختان گردو پر نموده و با درپوش فلزی بسته شد تا اکسیژن‌رسانی به آن محدود شود. نمونه‌ها در دمای ٤٠٠ درجه سانتی‌گراد و مدت‌زمان ۲ ساعت (۲۸) در کوره حرارت داده شدند تا بیوچار در دما و زمان موردنظر تولید شود. بعد از تولید، بیوچارها خردشده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و ویژگی‌های آن ازجمله pH (۳۷) و قابلیت هدایت الکتریکی (۲۷) در عصاره ۱:۱۰ آب مقطر به ماده جامد با استفاده از pH متر و EC متر اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

جدول ۲- برخی پارامترهای خاک موردمطالعه.

Table 2. Some parameters of the studied soil.

بافت خاک Soil texture	شن (٪) Sand (%)	سیلت (٪) Silt (%)	رس (٪) Clay (%)	pH	شوری خاک EC ($dS.m^{-1}$)
لوم رسی Clay Lom	30	46	24	7.7	0.43

جدول ۳- برخی ویژگی‌های ماده خام چوب گردو و بیوچار آن.

Table 3. Some properties of raw walnut material and its Biochar.

	EC(dS/m)	pH
بیوچار Biochar	1.26	8.84
ماده خام Raw material	1.28	7.10

برای انجام آزمایش از گلدان‌هایی با ارتفاع ۳۰ و قطر ٤٠ سانتی‌متر استفاده شد که ابتدا یک لایه شن ۱۰ میلی‌متری و به ضخامت ۲ سانتی‌متر برای جلوگیری از گرفتگی آن به‌عنوان فیلتر در انتهای گلدان‌ها ریخته شد و سپس مقدار ۱۵ کیلوگرم خاک داخل گلدان‌ها ریخته شد. خاک مورداستفاده از خاک موجود در دانشگاه برداشت شد که پس از عبور از الک ۸ میلی‌متر مورداستفاده قرار گرفت. به‌منظور جمع‌آوری آب خروجی از گلدان‌ها دو سوراخ در کف گلدان‌ها ایجاد و با قرار دادن یک ظرف در زیر هر گلدان، مقدار آب خروجی جمع‌آوری و با استفاده از ظرف مدرج اندازه‌گیری شد. شکل ۱ نمایی از گلدان‌ها در محیط آزمایش را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای اندازه‌گیری تبخیر از خاک از روش بیلان آبی استفاده شد. این روش با اندازه‌گیری مقادیر ورودی و خروجی آب به گلدان‌ها (لایسی‌مترها)، توانایی اندازه‌گیری مقدار تبخیر را دارد (رابطه ۱).

$$E = P + (I - O) - \Delta S \qquad (۱)$$

که در آن، P بارندگی روی گلدان‌ها در دوره زمانی موردنظر (ml)، I مقدار آب آبیاری ورودی (ml)، O مقدار آب خروجی از کف گلدان‌ها (ml)، E تبخیر از خاک (ml) و ΔS تغییرات رطوبت خاک (ml) در گلدان‌ها در دوره زمانی موردنظر است.

شکل ۱- نحوه قرارگیری تیمارها.

Figure 1. Arrangement of the treatments.

در این آزمایش رطوبت خاک به‌وسیله دستگاه رطوبت‌سنج SM150 به‌صورت روزانه در عمق ۵ سانتی‌متری و ۱۵ سانتی‌متری و به‌صورت درصد حجمی اندازه‌گیری شد (شکل ۲). طول میله‌های این دستگاه ۵ سانتی‌متر است که در خاک گلدان فرو برده می‌شود. برای اندازه‌گیری رطوبت در عمق ۱۵ سانتی‌متری نیز در دیواره گلدان‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری، دو سوراخ ریز به قطر میله‌های دستگاه ایجاد و رطوبت از این طریق اندازه‌گیری شد. این سوراخ‌ها بعد از هر اندازه‌گیری به‌وسیله دو تکه چوب پوشیده می‌شد.

زمان آبیاری با استفاده از رابطه ۱ و براساس رطوبت گلدان‌های شاهد تعیین شد. به‌عبارت‌دیگر، زمانی آبیاری انجام می‌شود که رطوبت‌های گلدان‌های شاهد به حد پایینی رطوبت سهل‌الوصول (θ_c) برسد که مقدار θ_c از رابطه ۲ محاسبه می‌شود (٤).

$$\theta_c = \theta_{fc} - 0.5(\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \qquad (۲)$$

که در آن، θ_{fc} رطوبت ظرفیت زراعی به‌صورت حجمی (٪) و θ_{pwp} رطوبت پژمردگی دائم به‌صورت حجمی (٪) است. عمق آبیاری برای هر گلدان نیز براساس رطوبت خاک همان گلدان و براساس رابطه ۳ محاسبه شد.

$$D = ((\theta_{fc} - \theta_{soil})/100) \times D_{rz} \qquad (۳)$$

که در آن، پارامتر D، عمق آب موردنیاز برای هر گلدان (cm)، D_{rz} عمق گلدان (cm) و θ_{soil} مقدار رطوبت موجود در هر گلدان (cm) است (٤).

علاوه بر موارد بالا مقدار نفوذپذیری آب در خاک نیز با استفاده از روش بار آبی ثابت (۱) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین این پژوهش در تابستان و پاییز سال ۱۳۹٦ به‌مدت ۱٤۰ روز از مرداد تا آذرماه انجام شد.

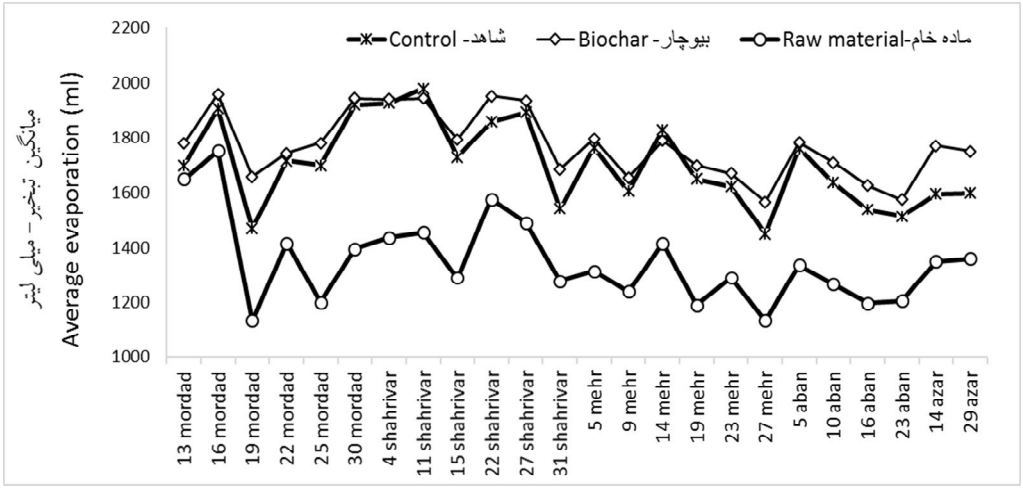
شکل ۲- دستگاه رطوبت‌سنج خاک، MS150.

Figure 2. Soil moisture meter, SM150.

در نهایت آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها با روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

شکل ۳ تغییرات مقدار متوسط تبخیر را در طول دوره ۵ ماهه موردبررسی برای گلدان‌های حاوی ماده خام و بیوچار نشان می‌دهد. محور افقی زمان انجام آبیاری و اندازه‌گیری تبخیر در طول پژوهش را نشان می‌دهد. مقدار تبخیر در گلدان‌های حاوی ماده خام در طول کل دوره آزمایش از تیمارهای حاوی بیوچار کم‌تر است. بیش‌ترین مقدار تبخیر در ۱۶ مرداد و به مقدار حدود ۱۷۵۰ و ۱۹۶۰ میلی‌لیتر به‌ترتیب در گلدان‌های حاوی ماده خام و بیوچار مشاهده شد. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود با سرد شده هوا مقدار تبخیر نیز کاهش یافته است. هم‌چنین تغییرات مقدار تبخیر در گلدان‌های حاوی ماده خام و بیوچار تقریباً از یک الگوی یکسان تبعیت می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر اغلب افزایش و کاهش‌ها هماهنگ می‌باشند.



شکل ۳- تغییرات مقدار میانگین تبخیر در طول دوره آزمایش.

Figure 3. The mean changes of soil evaporation during the experiment.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی منابع تغییر در کل دوره پنج‌ماهه موردبررسی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تبخیر به‌میزان ۱۸٤٥/۲ و ۱۲۱۰/۲ میلی‌لیتر در طول ۵ ماه (کل دوره) مربوط به تیمارهای بیوچار ۲ درصد و مخلوط در هشت سانتی‌متر بالای گلدان (B2M8) و ماده خام ۱ درصد و مخلوط در کل گلدان (R1Mt) است (شکل ٤).

جدول ٤- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تبخیر تحت تیمارهای مختلف در کل بازه زمانی (۵ ماه).

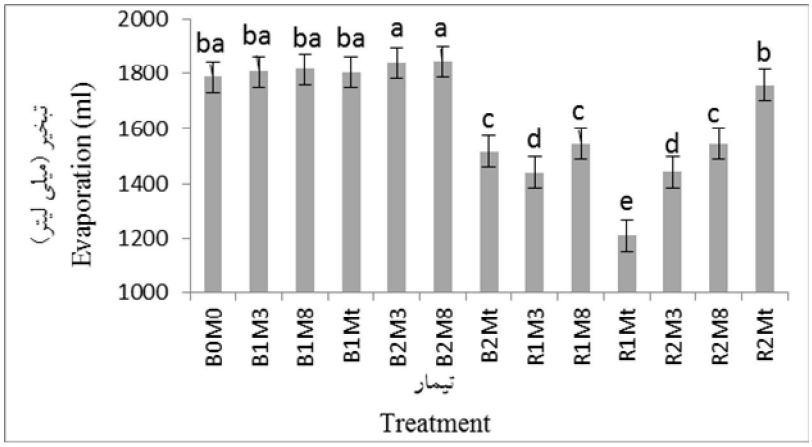
Table 4. Analysis of variance of evaporation in treatments over the whole time period (5 months).

منبع تغییرات Source of Changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares
تیمار Treatment	12	125422**
ماده اصلاحی Amendment	1	1214624**
نحوه توزیع Distribute method	2	35408**
ماده اصلاحی * نحوه توزیع Amendment* Distribute method	2	16965**
خطا Error	26	1523.1
ضریب تغییرات CV		2.37

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد

** Significant at 1% level

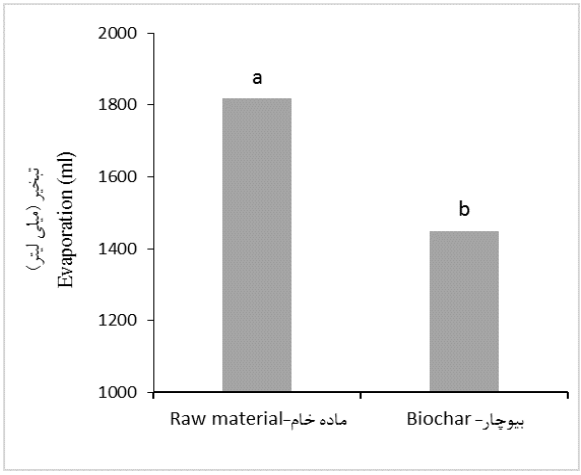
تفاوت بین تیمارهایی که در آن‌ها از بیوچار استفاده شده است با تیمار شاهد و هم‌چنین با یکدیگر معنی‌دار نیست و تنها تبخیر در تیمار بیوچار ۲ درصد و توزیع در کل گلدان (B2Mt) نسبت به دیگر تیمارهای حاوی بیوچار و تیمار شاهد (B0M0) به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته است. بسیاری از پژوهش‌های گذشته نیز اثر کاهشی بیوچار بر مقدار تبخیر را گزارش نموده‌اند (٤۳، ٤٤ و ٤٥). مقدار تبخیر در تمامی تیمارهای حاوی ماده خام نیز نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار نشان می‌دهد (شکل ٤).



شکل ٤- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف برای تبخیر از خاک.

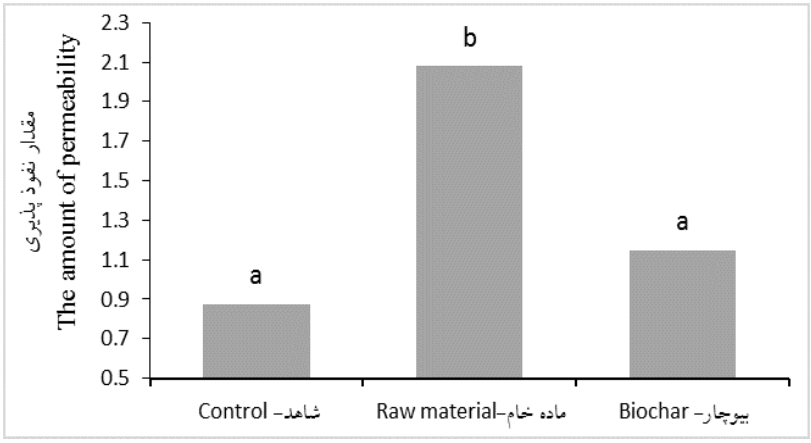
Figure 4. Comparison of mean in different treatments for soil evaporation.

مقایسه تأثیر فاکتور نوع ماده آزمایشی (ماده اصلاح‌کننده)، چوب گردو و بیوچار آن، (شکل ٥) نیز به‌وضوح نشان می‌دهد که مقدار تبخیر در تیمارهای همراه با ماده خام به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمارهای حاوی بیوچار دچار کاهش شده است. این شکل میانگین مقدار تبخیر در تمامی تیمارهای حاوی ماده خام و هم‌چنین برای تیمارهای حاوی بیوچار است. میانگین مقدار تبخیر در تیمارهای حاوی ماده خام ١٤٥٠ میلی‌لیتر است درحالی‌که این مقدار برای تیمارهای حاوی بیوچار بیش‌تر و ١٨٢٠ میلی‌لیتر است. مقدار نفوذپذیری آب در تیمارهای حاوی ماده خام بیش‌تر از تیمارهای همراه با بیوچار است (شکل ٦) که به نفوذ بیش‌تر آب به عمق گلدان کمک می‌کند. این امر به نگهداشت بیش‌تر آب در خاک و کم‌تر شدن تبخیر در تیمارهای حاوی ماده خام کمک می‌کند. تحلیل نتایج مربوط به رطوبت خاک در تیمارهای مختلف نیز این فرضیه را تأیید می‌کند (در بخش رطوبت بررسی خواهد شد). دلیل کاهش نفوذپذیری آب در خاک مخلوط با بیوچار را می‌توان به توانایی این ماده آلی در آب‌گریز کردن خاک نسبت داد. لهمن و جوزف (٢٠٠٩) عنوان نمودند که با تبدیل ماده خام به بیوچار، درجه آب‌گریزی آن افزایش می‌یابد (٢٢).



شکل ٥- مقایسه میانگین اثر نوع ماده اصلاحی بر تبخیر.

Figure 5. Comparison of mean of amendment effect on evaporation.



شکل ٦- مقادیر نفوذپذیری در سه تیمار شاهد، ماده خام و بیوچار.

Figure 6. The permeability values in three treatments, control, raw and Biochar.

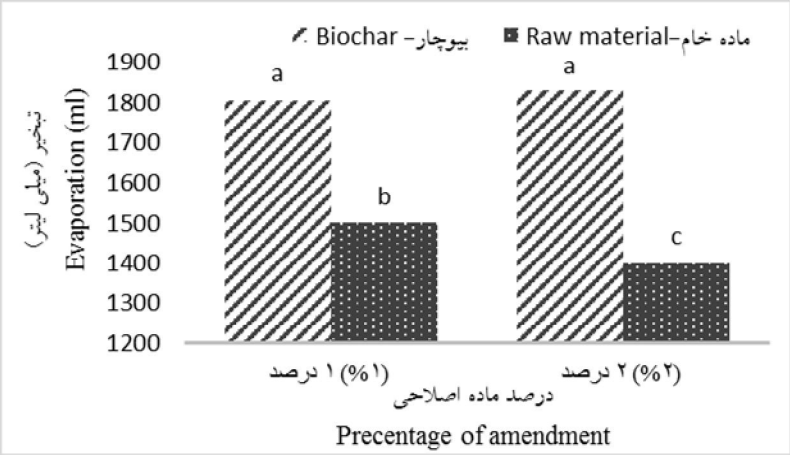
مقایسه مقدار تبخیر در شرایط استفاده از یک و دو درصد بیوچار (شکل ۷) نشان می‌دهد با افزایش مقدار بیوچار از یک به دو درصد مقدار تبخیر تغییر معنی‌داری نشان نداده است. به نظر می‌رسد دو درصد موردبررسی برای تأثیر معنی‌دار بر روی تبخیر از خاک کم است. در مقابل با افزایش درصد استفاده از ماده خام و براساس دلایلی که در بالا اشاره شد، مقدار تبخیر به‌صورت معنی‌دار، کاهش‌یافته است (شکل ۷). ماده خام توانایی بیش‌تری برای جذب آب نسبت به بیوچار دارد. ظرفیت نگهداری آب خاک تحت‌تأثیر ترکیب‌های آلی و معدنی خاک قرار می‌گیرد و با افزایش مواد آلی خاک، ظرفیت نگهداری آب خاک نیز افزایش می‌یابد (۷).

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد به‌جز تیمار بیوچار ۲ درصد و توزیع در کل گلدان، افزودن ۱ یا ۲ درصد بیوچار به خاک تأثیر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بر مقدار تبخیر از سطح خاک نداشته است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهشی دریافتند که اضافه کردن بیوچار به برخی خاک‌ها تبخیر را کاهش نداده است. آن‌ها عنوان نمودند که بافت خاک و اندازه ذرات بیوچار می‌تواند یک عامل تعیین‌کننده در این خصوص باشد (٤٦). در مقابل پژوهش‌های دیگری نشان داده‌اند که بیوچار بر نگهداشت آب در خاک و کاهش تبخیر تأثیرگذار است ولی در نتایج این پژوهش‌ها تناقض و ناهماهنگی وجود دارد (٦). نوع ماده خام مورداستفاده در تولید بیوچار، دمای فرآیند تولید، اندازه ذرات، مقدار اضافه‌شده به خاک و بافت خاک نیز از عوامل مهم و تأثیرگذار در متفاوت بودن نتیجه پژوهش‌ها است.

اویانگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان داشتند که اثرات اصلاحی بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک، علاوه بر شرایط پیرولیز و نوع ماده اولیه به نوع خاک و میزان مصرف بیوچار نیز بستگی دارد (۳۰). لیو و همکاران (۲۰۱۹)، عنوان نمودند که تأثیر بیوچار بر تبخیر از خاک به خصوصیات خاک بستگی دارد (٢٤). رزاقی و همکاران (۲۰۲۰) نیز در یک بررسی عنوان نمودند که بیوچار بر روی مقدار رطوبت زراعی (FC) خاک‌های سنگین تأثیر معنی‌داری ندارد. درحالی‌که رطوبت را در خاک‌های سبک و متوسط را به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد (۳۲). با توجه به سنگین بودن خاک موردبررسی در آزمایش حاضر (لومی رسی)، نتایج این پژوهش با نتایج رزاقی و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد (۳۲).

پژوهش‌های دیگری مانند زو و همکاران (۲۰۱۶) و وانگ و همکاران (۲۰۱۸) بیانگر کاهش تبخیر از سطح خاک در شرایط استفاده از بیوچار است (٤٤ و ٤٣). در این پژوهش‌ها تأثیر معنی‌دار بیوچار بر تبخیر از خاک در مقادیر بالای استفاده از بیوچار (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) به‌دست‌آمده است. در پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۱۸) کم‌ترین مقدار کاهش در تبخیر نسبت به تیمار شاهد، به‌میزان تنها دو درصد (تفاوت غیرمعنی‌دار) مربوط به استفاده از ۱٪ بیوچار گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (٤٣).

درمجموع براساس منابع ارائه‌شده در بالا، عدم کاهش تبخیر از خاک در تیمارهای حاوی بیوچار نسبت به تیمار شاهد در پژوهش حاضر را می‌توان به نوع خاک و مقادیر بیوچار استفاده‌شده نسبت داد. ولی با توجه به تأثیر کاهشی و معنی‌دار استفاده از ۱ و ۲ درصد ماده خام چوب گردو (به‌صورت خاک‌اره) بر میزان تبخیر و با توجه به منطقی و اقتصادی بودن استفاده از ۱ و ۲ درصد ماده خام چوب گردو، می‌تواند استفاده از این ماده با درصدهای ۱ و ۲ درصد را برای کاهش تبخیر به‌جای استفاده از بیوچار آن توصیه نمود.



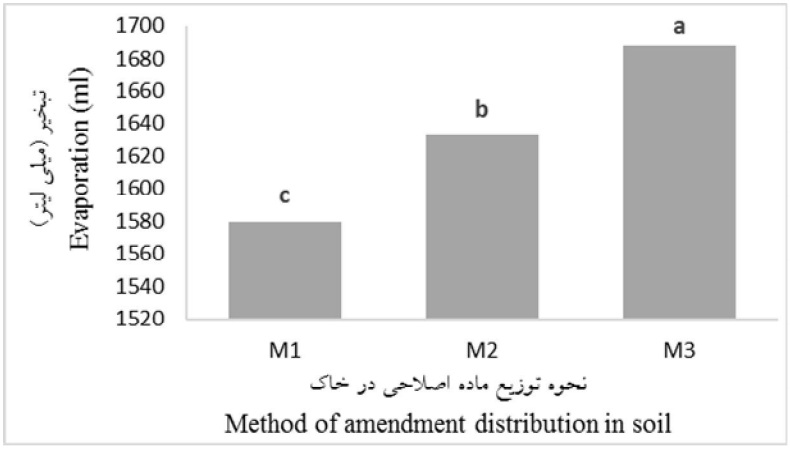
شکل ۷- مقایسه میانگین اثر مقدار ماده اصلاحی بر تبخیر.

Figure 7. Comparison of mean of the effect of amendment amount on evaporation.

در شکل ۸ میزان تبخیر در تمام تیمارهایی که توزیع مواد، فارغ از نوع ماده، در عمق ۳، ۸ و کل گلدان انجام‌شده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج اثر فاکتور نحوه توزیع مواد در خاک (فارغ از نوع ماده) نشان می‌دهد که مقدار تبخیر در تیمارهایی که توزیع مواد در سه سانتی‌متری بالای خاک انجام شده، به‌صورت معنی‌داری نسبت به دیگر حالت‌ها کاهش‌یافته است (شکل ۸). مقدار تبخیر در تیمارهای M1 (توزیع در سه سانتی‌متری بالای خاک) ۱۵۸۰ میلی‌لیتر، در تیمارهای M2 (توزیع در ۸ سانتی‌متری بالای خاک) حدود ۱٦۳۰ میلی‌لیتر و در تیمارهای M3 (توزیع در کل خاک گلدان) ۱٦۹۰ میلی‌لیتر است که تفاوت این مقادیر نسبت به یکدیگر ازنظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

شکل ۹ مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نوع ماده اصلاحی و نحوه توزیع آن در خاک را بر تبخیر نشان می‌دهد. این شکل تأثیر عمق توزیع را بر میزان تبخیر در تمام تیمارهای حاوی ماده خام و بیوچار به‌صورت مجزا نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل نشان داده‌شده است عمق توزیع بیوچار در خاک تفاوت

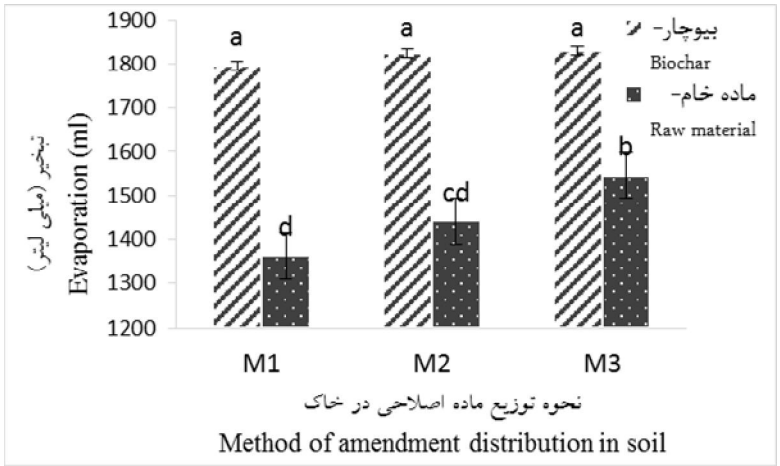
معنی‌داری بر مقدار تبخیر از خاک ایجاد نکرده است. مقدار تبخیر تیمارهای حاوی بیوچار در هر سه حالت حدود ۱۸۰۰ میلی‌لیتر است. ولی در ارتباط با ماده خام چوب گردو تفاوت بین روش توزیع معنی‌دار است. مقدار تبخیر در حالت توزیع در ۳ سانتی‌متری بالای خاک، ۱۳۶۰ میلی‌لیتر، در حالت توزیع در ۸ سانتی‌متری بالای خاک، ۱۴۴۰ میلی‌لیتر و حالت توزیع در کل خاک ۱۵۵۰ میلی‌لیتر به دست آمد.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر نحوه توزیع ماده اصلاحی بر تبخیر (M1، M2 و M3 به‌ترتیب توزیع در عمق‌های ۳، ۸ سانتی‌متری و کل گلدان).

Figure 8. Comparison of mean of the effect of amendment distribution method on evaporation (M1, M2, and M3 are distribution at 3, 8 cm, and total pot, respectively).

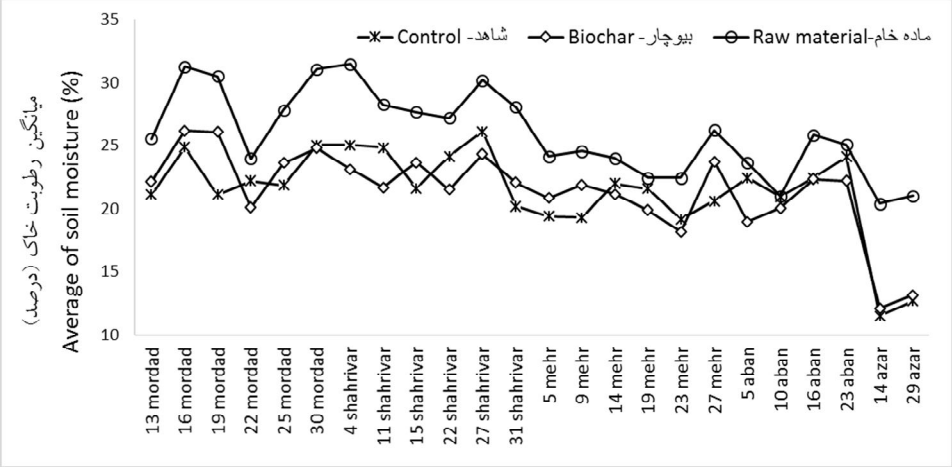
بنابراین و با توجه به تأثیر کاهشی کاربرد ماده خام چوب گردو بر مقدار تبخیر، می‌توان نتیجه گرفت جهت سهولت و هم‌چنین صرفه‌جویی در هزینه‌ها، توزیع این ماده در سطح بالایی خاک و در عمق سه سانتی‌متر (M1) نیز برای تأثیر بر کاهش مقدار تبخیر کفایت می‌کند.



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل نحوه توزیع ماده اصلاحی و بیوچار در خاک بر تبخیر (M1، M2 و M3 به‌ترتیب توزیع در عمق‌های ۳، ۸ سانتی‌متری و کل گلدان).

Figure 9. Comparison of mean of the effect of amendment and Biochar distribution method in soil on evaporation (M1, M2, and M3 are distribution at 3, 8 cm, and total pot, respectively).

تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای موردبررسی: شکل ۱۰ مقدار متوسط رطوبت خاک را در طول دوره ۵ ماهه موردبررسی برای گلدان‌های حاوی ماده خام و بیوچار به‌صورت مجزا نشان می‌دهد. محور افقی زمان انجام آبیاری در طول پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار رطوبت خاک در گلدان‌های حاوی ماده خام در طول کل دوره آزمایش از تیمارهای حاوی بیوچار بیش‌تر است. بیش‌ترین مقدار رطوبت خاک در روز ۱۶ مرداد و به مقدار ۳۱ و ۲۶ درصد برای گلدان‌های حاوی ماده خام و بیوچار مشاهده می‌شود. کم‌ترین مقدار رطوبت نیز در هر دو حالت بیوچار و ماده خام در اواخر آزمایش و در آذرماه اتفاق افتاده است.



شکل ۱۰- تغییرات مقدار میانگین رطوبت خاک در طول دوره آزمایش.

Figure 10. The mean changes of soil moisture during the experiment.

نتایج تجزیه واریانس میزان متوسط رطوبت خاک در طول کل دوره نشان داد که اثر تیمار، نوع ماده و اثر متقابل نوع ماده و نحوه توزیع در خاک، بر مقدار رطوبت کل دوره پنج‌ماهه موردبررسی معنی‌دار است (جدول ۵). مقایسه میزان رطوبت خاک در تیمارها با هدف بررسی تأثیر بیوچار در نگهداشت آب در خاک انجام شد. نتایج این بخش می‌تواند تغییرات تبخیر در تیمارهای مختلف را که در بخش قبل بررسی شد به‌صورت واضح‌تری توجیه کند.

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نیز نشان داد که به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین رطوبت به‌میزان ۳۰/۷ و ۲۳/۳ درصد مربوط به تیمارهای ماده خام ۲ درصد و مخلوط در سه سانتی‌متر بالای گلدان (R2M3) و بیوچار ۱ درصد و مخلوط در کل گلدان (B1Mt) است (شکل ۱۱). در بین تیمارهای حاوی بیوچار نیز تنها تیمار بیوچار ۲ درصد و مخلوط در کل گلدان (B2Mt) نسبت به تیمار شاهد داری رطوبت بیش‌تر و معنی‌دار است. این تیمار تنها تیمار حاوی بیوچار بود که میزان تبخیر را به‌صورت معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد کاهش داد که با نتیجه به‌دست‌آمده در این قسمت همخوانی دارد. به‌عبارت دیگر این تیمار با نگهداشت بیش‌تر آب در خاک، میزان تبخیر را کاهش داده است. میزان رطوبت خاک در دیگر تیمارهای حاوی بیوچار مورداستفاده، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد (شکل ۱۱). میزان رطوبت خاک در تیمارهای حاوی بیوچار و تیمار شاهد حدود ۲۵ درصد به‌دست آمد. نتایج پژوهش‌ها در ارتباط با تأثیر استفاده از بیوچار بر نگهداشت آب

در خاک نشان می‌دهد این ماده باعث افزایش نگهداشت آب در خاک می‌شود (۱۶ و ٤۱). هرچند برخی پژوهش‌ها نتایج متفاوت و متناقضی ارائه نموده‌اند. برای مثال کاروالهو و همکاران (۲۰۱٦) و ماداری و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از بیوچار باعث کاهش نگهداشت آب در خاک می‌شود (۱۲ و ۲۵) و اوبیا و همکاران (۲۰۱٦) و بایامونته و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند استفاده از بیوچار تأثیر معنی‌داری بر رطوبت خاک ندارد (۲۹ و ۸).

درمجموع همان‌گونه که در شکل ۱۲ نیز مشاهده می‌شود ماده خام چوب گردو تأثیر افزایشی و معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بر رطوبت خاک داشته است. میزان متوسط رطوبت خاک در تیمارهای حاوی ماده خام چوب گردو معادل ۲۷/۷ درصد است، درحالی‌که این مقدار در تیمار شاهد ۲۵ درصد به‌دست‌آمده است. برخلاف نتایج سایر پژوهشگران از جمله عباس‌پور و همکاران (۲۰۱۸)، آسایی و همکاران (۲۰۰۹)، کارهو و همکاران (۲۰۱۱) و دملو کاروالهو و همکاران (۲۰۱٤) نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ماده خام چوب گردو نسبت به بیوچار تأثیر بیش‌تری بر رطوبت خاک دارد (شکل ۱۰) (۲، ۵، ۲۱ و ۱۳). افزودن ماده آلی به خاک، با افزایش پلی‌ساکاریدها و جذب آن‌ها روی ذرات رس سبب بهبود بخشیدن خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمانی ذرات خاک می‌شود. هم‌چنین پلی‌ساکاریدها به‌دلیل آب‌دوست بودن، ظرفیت نگهداری آب در خاک را بهبود می‌بخشند (۲۳). مواد آلی در کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و خاکدانه‌سازی نقش دارند. وزن مخصوص ظاهری اندک در مواد آلی باعث تخلخل زیاد آن شده و ظرفیت نگهداری آب را چندین برابر وزن خشک خود افزایش می‌دهد. در این راستا فکری و اشیدری (۲۰۰۳)، هادسون (۱۹۹٤) و بوی کاس (۱۹۹۳) بیان داشتند که افزودن مواد آلی به خاک سبب نگهداری بیش‌تر آب در خاک می‌گردد (۱۵، ۱۷ و ۱۰).

جدول ۵- تجزیه واریانس رطوبت خاک در تیمارهای مختلف.

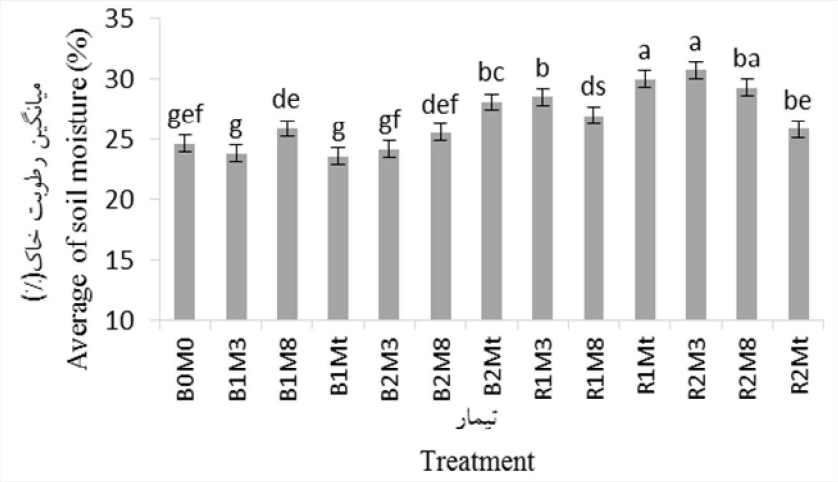
Table 5. Analysis of variance of soil moisture in different treatments.

منبع تغییرات Source of Changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean squares
تیمار Treatment	12	17.48**
ماده اصلاحی Amendment	1	39.73**
نحوه توزیع Distribute method	2	2.52 ns
ماده اصلاحی * نحوه توزیع Amendment* Distribute method	2	22.70*
خطا Error	26	0.786
ضریب تغییرات CV		3.32

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns غیرمعنی‌دار.

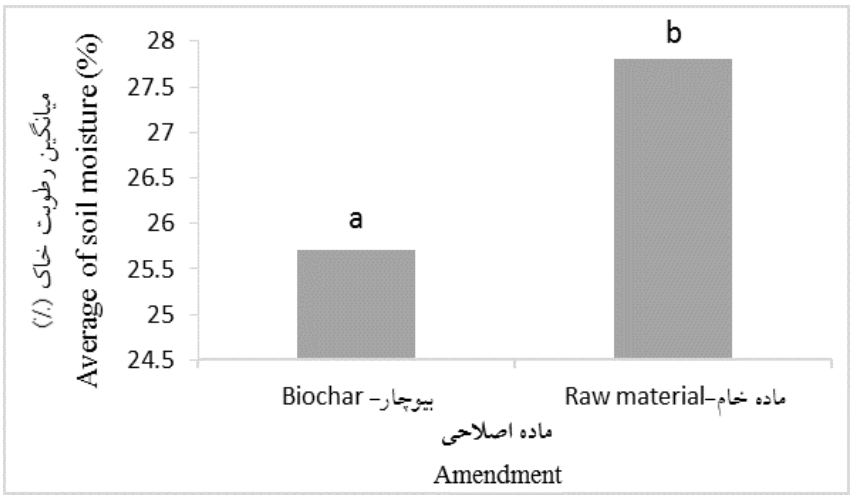
** Significant at 1% level, * Significant at 5% level and ns Non significant

مقدار رطوبت خاک در تیمارهای حاوی ۱ و ۲ درصد بیوچار تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱۳). در مقابل میزان رطوبت در تیمارهای حاوی ۲٪ ماده خام بیش‌تر از ۱٪ ماده خام است که با توجه به مطالب ذکرشده در بالا که دال بر توانایی ماده آلی در جذب و نگهداری آب است همخوانی دارد. هم‌چنین میزان تبخیر از خاک که در تیمارهای ۲٪ ماده خام کم‌تر از ۱٪ بود (شکل ٦) که با نتایج حاصل از تغییرات رطوبت خاک همخوانی دارد. به‌عبارت‌دیگر میزان تبخیر از خاک با مقدار رطوبت باقی‌مانده در خاک رابطه عکس دارند که امری منطقی و مبرهن می‌باشد.



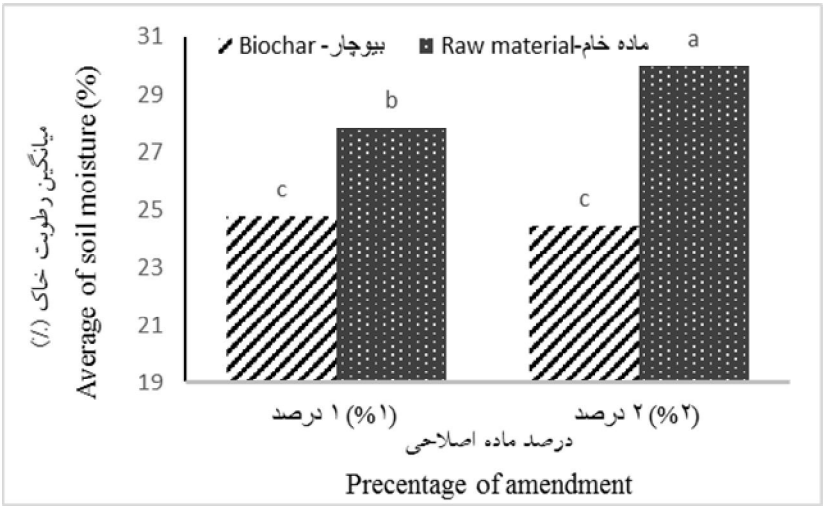
شکل ۱۱- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف برای رطوبت خاک.

Figure 11. Comparison of mean of different treatments for soil moisture.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر نوع ماده اصلاحی (ماده خام و بیوچار) بر رطوبت خاک.

Figure 12. Comparison of mean of the amendment type (raw material and Biochar) on soil moisture.



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر مقدار ماده اصلاحی برای رطوبت خاک.

Figure 13. Comparison of mean of the effect of amendment amount on soil moisture.

نتیجه‌گیری کلی

در سال‌های اخیر برای بالا بردن میزان ماده آلی خاک از مواد پایدار در مقابل تجزیه مانند بیوچار استفاده می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از ۱ و ۲ درصد بیوچار چوب گردو (شاخه‌های هرس شده درخت) تأثیر معنی‌داری بر کاهش تبخیر از سطح خاک نداشته است. به‌نظر می‌رسد تأثیر این ماده بر میزان تبخیر از خاک در درصدهای بالاتر اتفاق می‌افتد هرچند بافت خاک نیز در این زمینه می‌تواند یک عامل تعیین‌کننده باشد. استفاده از مقادیر بالاتر این ماده نیز به‌دلیل هزینه‌بر بودن تولید برای استفاده در سطوح زیاد مقرون‌به‌صرفه نیست. برخلاف بیوچار چوب گردو، ماده خام آن (به‌صورت خاک‌اره) در سطوح یک و دو درصد در تمامی تیمارها تأثیر معنی‌دار و کاهشی بر میزان تبخیر از سطح خاک نشان داد. این ماده به نگهداشت رطوبت در خاک نیز کمک کرده و باعث افزایش میزان رطوبت خاک در تمامی تیمارها نسبت به تیمار شاهد شده است. میانگین مقدار تبخیر در تیمارهای حاوی ماده خام ۱٤٥۰ میلی‌لیتر است درحالی‌که این مقدار برای تیمارهای حاوی بیوچار بیش‌تر و ۱۸۲۰ میلی‌لیتر است. با توجه به این‌که استفاده از ماده خام چوب گردو نسبت به تبدیل آن به بیوچار کم‌هزینه‌تر می‌باشد و همچنین با توجه به تأثیر کاهشی آن بر میزان تبخیر از خاک و افزایش رطوبت خاک که در این پژوهش اثبات گردید، می‌توان استفاده از ماده خام چوب گردو (به‌صورت خاک‌اره) با درصدهای موردبررسی در این پژوهش را با هدف کاهش میزان تبخیر توصیه نمود. هم‌چنین با توجه به این‌که استفاده از این ماده به‌صورت سطحی (مخلوط با سه سانتی‌متری بالای خاک) بیش‌ترین تأثیر را بر روی کاهش تبخیر نشان داد، می‌توان توصیه نمود که این ماده تنها در سطح خاک مخلوط گردد که این مورد نیز از نظر عملی بودن استفاده از این ماده دارای اهمیت است. مقدار تبخیر در تیمارهای حاوی ماده خام چوب گردو در حالت توزیع در ۳ سانتی‌متری بالای خاک ۱۳٦۰ میلی‌لیتر، در حالت توزیع در ۸ سانتی‌متری بالای خاک ۱٤٤۰ میلی‌لیتر و حالت توزیع در کل خاک گلدان ۱٥٥۰ میلی‌لیتر به‌دست آمد.

منابع

1. Abbasi, N., Rahimi, H., and Fakhr, A. 2006. Evaluation of compressibility behavior of soils using hydraulic consolidation test. J. Agric. Engin. Res. 6: 25. 95-112. (In Persian)
2. Abbaspour, F., Asghari, H.R., Rezvani, P., Abbasdokht, H., Shabahang, J., and Baig Babaei, A. 2018. Effect of Biochar and Chemical Fertilizers on Some Soil Properties, Yield and Quality Characteristics of Black Seed (Nigella sativa) under Water Deficit. J. Water Res. Agric. 32: 3. 441-458. (In Persian)
3. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Hossenpur, R., and AbdShahi, H. 2019. Agricultural statistics book. Ministry of agriculture. 159p. (In Persian)
4. Alizadeh, A. 2007. Irrigation System Design. Emamreza Univ. Press. 450p. (In Persian)
5. Asai, H., Samson, B., Stephan, H., Songyikh, K., Homma, K., and Horie, T. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in northern Laos. Field Crops Res. 111: 1. 81-84.
6. Atkinson, C.J. 2018. How good is the evidence that soil-applied biochar improves water holding capacity? Soil Use Manag. 34: 2. 177-186.
7. Azimzade, Y., and Najafi, N. 2017. Effect of biochar on physical, chemical and biological properties of soil. J. Land Manage. 4: 2. 161-173.
8. Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F., and Pasquale, C. 2019. Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. Catena. 175: 294-303.
9. Behbahani, M.R. 2001. Hydrology of Surface Water. Tehran Univ. Press. 484p. (In Persian)
10. Bouyoucos, G.J. 1993. Effected of organic matter on water holding capacity and the wilting point of mineral soils. Soil Sci. 47: 5. 377-383.
11. Benjamin, A., Felix, O., Enoch, B., and Macarius, Y. 2010. Comparative Growth Response of Maize on Amended Sediment from the Odaw River and Cultivated Soil. World J. Agric. Res. 3: 4. 143-147.
12. Carvalho, M., Madari, B., Bastiaans, L., Oort, P., Leal, W., Heinemann, A., Silva, M., Maia, A., and Meinke, H., 2016. Properties of a clay soil from 1.5 to 3.5 years after biochar application and the impact on rice yield. Geoderma. 276: 7-18.
13. De Melo Carvalho, M.T., de Holanda, A., Madari, B.E., Bastiaans, L., van Oort, P., Heinemann, A.B., Soler da Silva, M.A., Petter, F.A., and Meinke, H. 2014. Biochar increases plant-available water in a sandy loam soil under an aerobic rice crop system. Solid Earth. 5: 2. 939-952.
14. Elmi, Z., Bozorgi, A., Ghafari., A., and Shibanian, A. 2016. Investigation of Strategies to Reduce Evapotranspiration from Soil and Plant Surface. Second National Congress on Development of Agricultural Sciences. Gorgan. 3116p.
15. Fekri, M., and Ashidari, D. 2003. Effects of compost on bulk density, porosity and sustainability of aggregate. 8th Soil Science Congress of Iran. Gilan Univ. Pp: 967-968.
16. Glab, T., Zabinski, A., Sadowska, U., Gondek, K., Kopec, M., Mierzwa, M., and Tabor, S. 2018. Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. Geoderma. 315: 27-35.
17. Hudson, B.D. 1994. Soil organic matter and available water Capacity. J. Soil Water Cons. 49: 2. 189-194.
18. Ibrahim, A., Usman, A., Al-Wabel, M.I, Nadeem, M., Ok, Y., and Al-Omran, A. 2017. Effects of conocarpus biochar on hydraulic properties of calcareous sandy soil: influence of particle size and application depth. Arch. Agron. Soil Sci. 63: 2. 185-197.
19. Iranmanesh, M., Gharahi, N., and Pajoohesh, M. 2019. The Effect of Vegetation Pattern, Biochar and Powdery Walnut Shell on Wind Erosion, Using Wind Tunnel. Desert Manag. 13: 135-148. (In Persian)

20. Kabiri, P., Motaghian, H.R., and Hosseinpur, A.R. 2018. Phytoremediation potential of maize (*Zea mays* L.) using biochars produced from Walnut leaves in a contaminated soil. J. Water Soil Cons. 25: 4. 133-152. (In Persian)
21. Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., and Regina, K. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH4 uptake and water holding capacity. Results from a short-term pilot field study. Agric. Ecosys. Environ. 140: 2. 309-13.
22. Lehmann, J., and Joseph, S. 2009. Biochar for Environmental Management. Science and Technology. Quicksilver Drive, Sterling. England, 404p.
23. Lima, D.L., Santos, S.M., Scherer, H.W., Schneider, R.J., Duarte, A.C. Santos, E.B., and Esteves, V.I. 2009. Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties. Geoderma. 15: 2. 38-45.
24. Liu, Y., Liu, X., Ren, N., Feng, Y., Xue, L., and Yang, L. 2019. Effect of Pyrochar and Hydrochar on Water Evaporation in Clayey Soil under Greenhouse Cultivation. Int. J. Environ. Res. Public Health, 16, 2580; doi:10.3390/ijerph16142580.
25. Madari, B.E., Silva, M., Carvalho, M., Maia, A., Petter, F., Santos, J., and Tsai, S.M. 2017. Properties of a sandy clay loam Haplic Ferralsol and soybean grain yield in a five-year field trial as affected by biochar amendment. Geoderma. 305: 100-112.
26. Nabizadeh, S., Sadegh-Zadeh, F., Jalili, B., and Emadi, S.M. 2019. Adsorption of methylene blue using biochar, soil and treated soil with biochar from aqueous solutions. J. Water Soil Cons. 25: 6. 281-292. (In Persian)
27. Nelson, D.W., and Sommer, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. American Society of Agronomy. U.S.A. 1010p.
28. Nowruzi, M., Tabatabai, H., Noori, M., and Motaghian, H.R. 2017. Short-term Effects of Biochar Produced from Date Palm's Leaves on Moisture Retention in Sandy Loam Soil. J. Soil Water Resour. Cons. 6: 2. 137-150. (In Persian)
29. Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G., and Borresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. Soil Till. Res. 155: 35-44.
30. Ouyang, L., Wang, F., Tang, J., Yu, L., and Zhang, R. 2013. Effects of biochar amendment on soil aggregates and hydraulic properties. J. Soil Sci. Plant Nutr. 13: 4. 991-1002.
31. Rahimi, A., Ranjbar, S., and Qureshi, K. 2012. Effective Factors and Strategies to Reduce Evapotranspiration from Soil Surface and Plant. First National Conference on Politics Towards Sustainable Development. Tehran. (In Persian)
32. Razzaghi, F., Obour, P.B., and Arthur, E. (2020). Does biochar improve soil water retention? A systematic review and Metanalysis. Geoderma. 361: 114055.
33. Riyahi, H. 2005. Reduce Evaporation by Using Mulch in Pistachio Gardens. 2nd National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management. Kerman. Iranian Society of Irrigation and Water Engineering. 2687p.
34. Siyavashi, M., Zarabi, M., and Mahdavi, Sh. 2018. Phosphor absorption in acidic soils treated with biochar. The first international conference and the third national conference on sustainable management of soil and environment resources. Kerman-September. (In Persian)
35. Sohi, S., Loez-Capel, E., krull, E., and Bol, R. 2009. Biochars roles in Soil and climate change: a review of research needs. CSIRO Land and Water Sience Report. UK. 64p.
36. Tarafdar, M., Askari, M., and Grigoorian, K. 2016. Productivity Promotion in Agricultural Sector of Iran via Increasing in Irrigation Water Price (Case Study of Kashan Region). Quar. J. Econo. Growth Devel. Res. 6: 23.73-88. (In Persian)
37. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. Soil Science Society of America. Madison Press. U.S.A. 490p.

38. Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Zahoor, A., and Nishihara, E. 2011. Influence of biochar application on sandy soil hydraulic properties and nutrient retention. J. Food Agric. Environ. 9: 4. 1137-1143.
39. Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K., Downie, A., and Rust, S. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis papermill waste on agronomic performance and soil fertility. Plant Soil. 327: 2. 235-246.
40. Vandersypen, K., Raes, D., and Jamin, J.Y. 2005. Tools for participatory water management the modeling approach. Agric. Appl. Biol. Sci. 71: 1. 319-320.
41. Villagra-Mendoza, K., and Horn, R. 2018. Effect of biochar addition on hydraulic functions of two textural soils. Geoderma. 326: 88-95.
42. Wang, T., Catherine, E., Ma, J., and Zhang, X. 2017. Applicability of Five models to simulare water infiltration in to soil with added biochar. J. Arid Land. 9: 5. 701-711.
43. Wang, T., Stewart, C.E., Sun, C., Wang, Y., and Zheng, J. 2018. Effects of biochar addition on evaporation in the five typical loess plateau soils. Catena. 162: 29-39.
44. Xu, J., Zhang, M.Z., Niu, W.Q., and Li, Y. 2016. Effect of biochar addition on soil evaporation. J. Appl. Ecol. 27: 11. 3505-3513.
45. Yuan, C., Lei, T., Mao, L., Liu, H., and Wu, Y. 2009. Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. Catena. 78: 117-121.
46. Zheng, J., Stewart, C., and Cotrufo, M. 2012. Biochar and nitrogen fertilizer alters soil nitrogen dynamics and greenhouse gas fluxes from two temperate soils. J. Environ. Qual. 41: 5. 1361-1370.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(3), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17533.3303

Influence of Amount and Distribution Depth of Walnut Raw Material and Its Biochar on Evaporation and Soil Moisture

T. Jafarikia[1], *A.R. Ghasemi[2], M. Ghobadinia[3] and H.R. Motaghian[4]

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Engineering, Shahrekord University,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University,
[3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Shahrekord University,
[4]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University
Received: 01.04.2020; Accepted: 05.12.2020

Abstract

Background and Objectives: Because of the limited water resources in the world, especially in arid and semi-arid regions, the study of water loss causes is necessary for optimal use of them. The results of such research can be effective in water management and increase irrigation efficiency especially in low water areas. Since evaporation from the uncovered soil surface as one of the most important parts of water balance components, causes water loss, providing solutions to reduce it seems necessary. The use of soil amendment (such as biochar) can be an effective solution for decreasing evaporation from soil. Therefore, this study was conducted to investigate the effect of walnut raw material (sawdust) and it's biochar on evaporation and soil moisture in Shahrekord university research farm, during the 5 moths form Mordad to Azar.

Materials and Methods: The experiment was conducted in a completely randomized design with 13 treatments and 3 replications. The investigated factors include the experimental material including walnut raw material, as sawdust, and its biochar at two levels of 1 and 2% and their distribution depth in soil (mixed at 3 and 8 cm above the pot and mixed in 30 cm or the soil of the whole pot). Evaluation of soil evaporation in the treatments was done by measuring the amount of inlet and outlet water to the pots and based on the water balance equation.

Results: Comparison of the mean of different biochar and walnut raw material treatments showed that walnut raw material treatments significantly reduced evaporation from soil surface compared to the control treatment (soil without any amendment). The average amount of evaporation in treatments containing walnut raw material is 1450 ml, while this amount is higher for treatments containing biochar and 1820 ml. The average of soil moisture content in these treatments is 27.8% that was also significantly higher than the control treatment (25%). Regarding biochar effect on soil evaporation and moisture, the results showed that except for 2% biochar treatment and distribution in the whole pot soil in, the difference between the other treatments and the control was not significant. The results also showed that the soil evaporation in treatments containing raw material (1450 ml) is significantly lower than treatments containing biochar (1820 ml). Unlike biochar, the depth of distribution of the raw material in the soil also had a significant effect on evaporation. The evaporation values for distribution depths of 3, 8 and also mixed in the soil of the whole pot (30 cm), were obtained 1360, 1440 and 1550 ml, respectively, which had significant difference with the control treatment (1800 ml) at 5% significat level.

* Corresponding Author; Email: ar-ghasemi@sku.ac.ir

Conclusion: Overall, due to the decreasing and significant effect of using 1% and 2% of raw walnut material (in the form of sawdust) compared to its biochar, on the soil evaporation and considering the rational and economical use of 1% and 2% raw material, it can be recommended to use this material with the mentioned percentages to reduce evaporation form the soil surface.

Keywords: Evaporation, Soil moisture, Walnut raw material, Walnut wood biochar