

بررسی ارتباط ضریب گیاهی با تراکم لایه زیرین خاک

محمد قربانیان

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
ghorbanian110@ut.ac.ir

حمیده نوری

استادیار گروه آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
hnoory@ut.ac.ir

عبدالمجید لیاقت

استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران
aliaghat@ut.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی ارتباط ضریب گیاهی با تراکم لایه زیرین خاک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار تراکم خاک در خاکهای لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی و در سه تکرار در مزرعه آزمایشی در شهرستان اصفهان به اجرا در آمد. به منظور تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش تشت تبخیر و جهت تعیین تبخیر-تعرق واقعی گیاه ذرت از روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکروولایسیمتر زهکش دار استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش تراکم خاک تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد کاهش می‌یابد ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بیشتر از مراحل دیگر تحت تاثیر تیمارهای متفاوت تراکم خاک قرار گرفته است. بیشترین تاثیر افزایش تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد (۴۰/۳ درصد) در خاک لوم با دومین سطح تراکم و کمترین اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد گیاه (صفر درصد) می‌باشد.

واژه های کلیدی : تبخیر، تبخیر-تعرق، فشردگی خاک، نوع خاک.

مقدمه

آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. از طرف دیگر استفاده بی رویه و خشکسالی‌های اخیر باعث مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب کشور شده است که برای جلوگیری و خروج از بحران آب به مدیریت مناسب کشاورزی و منابع آب نیاز است. یکی از مولفه‌های مهم در این راستا تعیین آب مورد نیاز گیاهان می‌باشد (قمر نیا و همکاران، ۱۳۹۰).

برآورد میزان آب مورد نیاز از اولین و مهم ترین اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیاز آبیاری می‌باشد. برآورد کمتر از میزان واقعی آب مورد نیاز منجر به اعمال تنش در گیاهان، تغییر الگوی کشت پیش‌بینی شده و کاهش سوددهی مزارع می‌گردد. بیش برآورد میزان آب مورد نیاز نیز منجر به افزایش هزینه احداث شبکه انتقال آب و گاهی غیراقتصادی بودن طرح یا پروژه، کاهش راندمان کاربرد آب، افزایش تلفات کود و در نتیجه افزایش تولید زهاب با کیفیت پایین می‌گردد (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۵).

سازمان خوار و بار جهانی (فائو) جهت تخمین تبخیر-تعرق گیاهان مختلف ضرایب گیاهی (Kc) را معرفی نموده است. با توجه به اینکه تعیین مستقیم تبخیر-تعرق گیاهان نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد دارد، در برآورد تبخیر-تعرق گیاهان اغلب از این ضرایب استفاده می‌گردد. بن لی^۱ و همکاران (۲۰۰۱) با انجام تحقیقاتی بر روی بررسی ضریب گیاهی یونجه در هند نشان دادند که مقدار ضرایب گیاهی بدست آمده از روش فائو برای شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در هند و آسیا مناسب نیست و کشیپ^۲ و پاندا^۳ (۲۰۰۱) بر ضرورت منطقه‌ای شدن ضرایب گیاهی با توجه به شرایط اقلیمی این مناطق تاکید کردند. ضریب گیاهی در شرایط مختلف محیطی مانند کم آبیاری، شوری و کشت مخلوط تغییر می‌کند که در نشریه ۵۶ فائو روابطی به منظور اصلاح این ضرایب در شرایط مذکور ارائه گردیده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

بررسی اثر کم آبیاری بر میزان تبخیر-تعرق گیاه ذرت در منطقه شانگسی^۴ چین نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش معنی‌دار تبخیر-تعرق گیاه ذرت در طول فصل رشد می‌گردد و این اثر در مرحله میانی رشد ذرت بیشتر از مراحل ابتدایی و نهایی رشد بود (شوزهانگ و همکاران، ۲۰۰۰). اثر دو نوع زهکشی و دو نوع شخم خاک بر محتوای آب خاک در منطقه ریشه، رواناب و تبخیر-تعرق ذرت در اونتاریو جنوبی^۵ و بر روی خاک لوم رسی مورد بررسی قرار گرفت (تان و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت آبیاری با زهکشی کنترل شده موجب افزایش میزان تبخیر-تعرق ذرت شده است. تیمارهای شخم خاک اثری بر میزان تبخیر-تعرق گیاه ذرت نداشته است ولی موجب افزایش رواناب سطحی در فصل غیر رشد شده است. کم آبیاری و اثر آن بر ضریب گیاهی پنبه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جرجیا^۶ آمریکا مورد بررسی قرار گرفت (سلیمان و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج این تحقیق نشان داد که روش ارائه شده در نشریه ۵۶ فائو یک روش دقیق جهت محاسبه تبخیر-تعرق واقعی گیاه پنبه تحت شرایط کم آبیاری است و مقدار Kc تیمار ۹۰ درصد تبخیر-تعرق می‌تواند به عنوان آبیاری کامل در مناطق مرطوب به کار رود.

صحت روش ارائه شده در نشریه ۵۶ فائو برای برآورد تبخیر-تعرق در شرایط تنش شوری در منطقه مدیترانه‌ای ایتالیای جنوبی و بر روی گیاه زمستانه باقلا و گیاه بهاری سیب‌زمینی در لایسیمتر و بر روی دو نوع خاک رسی و لومی و در تیمارهای متفاوت شوری خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که روش ارائه شده در نشریه ۵۶ فائو مقدار ضریب تنش شوری را به طور متوسط ۱۲ درصد کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند (کاترجی و همکاران، ۲۰۱۱). زینگ^۷ و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی در منطقه جنوب چین نشان دادند که افزودن کود، وجود مالچ و همچنین شخم عمیق موجب افزایش میزان محصول گیاه گندم زمستانه و ذرت تابستانه گردیده است. همچنین میزان تبخیر-تعرق و راندمان کاربرد آب بر اثر افزودن کود و شخم عمیق افزایش یافته است.

بررسی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در زمینه تنش‌های شوری و کم آبی و اثرات این تنش‌ها بر تبخیر-تعرق گیاهان مطالعات متعددی انجام شده است لیکن تحقیقات در مورد تاثیر تراکم خاک بر ضریب گیاهی بسیار اندک می‌باشد (تا تحقیق حاضر مطالعه‌ی مشابهی مشاهده نشد). لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر تراکم بر ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی ارتباط ضریب گیاهی ذرت با تراکم خاک در بافتهای مختلف خاک، آزمایش به صورت کشت لایسیمتری در مزرعه آزمایشی در بخش جی و قهاب شهرستان اصفهان در تابستان ۱۳۹۱ به اجرا درآمد. این محل با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه و ۱۸ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۴۲ ثانیه شمالی دارای آب و هوای خشک و

²Kashyap

³Panda

⁴Shaanxi

⁵Southern Ontario

⁶Georgia

⁷Xiyingzhang

نیمه خشک می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار بافت و سه تیمار تراکم خاک در سه تکرار و مجموعاً در ۲۷ میکرولایسیمتر انجام شد. در این تحقیق از میکرولایسیمتر زهکش‌دار به ارتفاع ۸۰ و قطر ۳۲ سانتی‌متر که در آنها لوله ۱۶ میلی‌متری سوراخ‌دار با فیلتر مصنوعی (پارچه‌ای) و فیلتر شنی به عنوان زهکش تعبیه شده بود، استفاده گردید. خاک مورد مطالعه در این تحقیق شامل سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک می‌باشد. خاک سنگین با بافت لوم رسی سیلتی و با ۱۸ درصد شن، ۴۴ درصد سیلت و ۳۸ درصد رس از محل مزرعه تهیه گردید. خاک سبک با بافت لوم شنی با ۶۳ درصد شن، ۱۹ درصد سیلت و ۱۸ درصد رس از مزرعه کشاورزی در منطقه روشن دشت در فاصله ۶ کیلومتری از مزرعه تحقیقاتی تهیه شد. بافت متوسط از ترکیب و اختلاط مساوی دو بافت سبک و سنگین تهیه شد که دارای ۴۵ درصد شن، ۲۹ درصد سیلت و ۲۶ درصد رس می‌باشد. آب آبیاری از چاه آب در نزدیکی محل مزرعه تهیه گردید. رطوبت ظرفیت زراعی و پژمردگی دائم برای خاک لوم رسی سیلتی ۳۳/۷، ۱۵/۵، خاک لوم ۲۹، ۱۲/۵ و خاک لوم شنی ۲۳/۵، ۱۱ درصد حجمی می‌باشد. نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و آب آبیاری در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول (۱): نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

بافت	شوری (dS m^{-1})	اسیدیته	سدیم (meq l^{-1})	کلسیم (meq l^{-1})	منیزیم (meq l^{-1})	نترات (meq l^{-1})	آهک (٪)	کربنالی (٪)	فسفر قابل جذب (mg l^{-1})	پتاسیم قابل جذب (mg l^{-1})
لوم رسی سیلتی	۱/۱۴	۷/۸	۳/۱	۳/۶	۲/۸	۲۰۷	۳۰	۰/۸۶	۱۳/۴	۱۴۲
لوم شنی	۱/۶۲	۷/۷۲	۶/۱۹	۶/۳۵	۳/۹	۳۱۲	۲۵/۸	۰/۳۱	۲/۴	۱۷۳
لوم	۱/۴۲	۷/۷۵	۴/۹۵	۵/۲۵	۳/۴۵	۲۷۱	۲۷/۵	۰/۵۳	۶/۸	۱۶۱

جدول (۲): نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

شوری (dS m^{-1})	اسیدیته (meq l^{-1})	سدیم (meq l^{-1})	کلسیم (meq l^{-1})	منیزیم (meq l^{-1})	سولفات (meq l^{-1})	کلر (meq l^{-1})	بی‌کربنات (meq l^{-1})	کربنات (meq l^{-1})
۱/۰۲	۷/۴	۳/۳	۴/۲	۳/۱	۱/۹	۵/۱	۳/۱	۰

برای اعمال سطوح تراکم خاک در میکرولایسیمترها ابتدا جرم مخصوص ظاهری خاک دست نخورده با اندازه‌گیری حجم و وزن خشک خاک تعیین گردید. جرم مخصوص ظاهری بدست آمده به عنوان شاهد تراکم برای خاک طبیعی مزرعه در نظر گرفته شد و دو سطح دیگر تراکم خاک‌ها بر اساس آزمایش‌های استاندارد پراکتور (۲۵ و ۵۰ ضربه بر روی خاک) اعمال گردید (حیدریان، ۱۳۹۰). جدول ۳ وزن مخصوص ظاهری تیمارهای مختلف خاک شامل تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک را نشان می‌دهد.

جدول (۳): وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) در سطوح متفاوت تراکم خاک

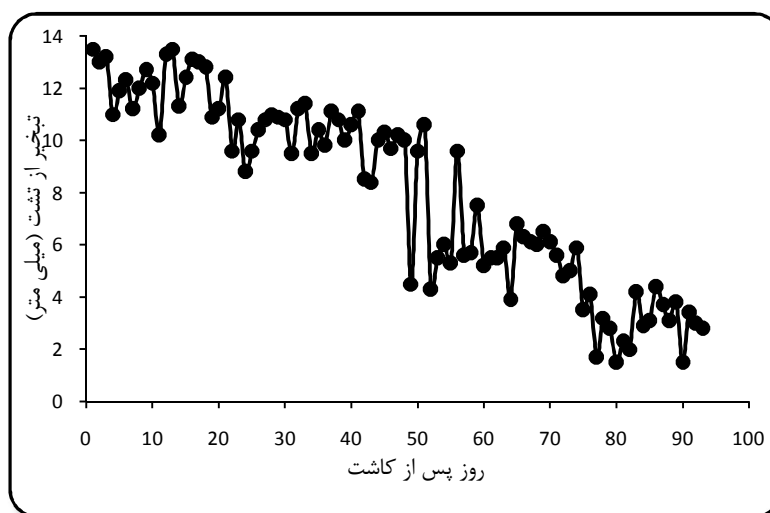
بافت خاک	تراکم طبیعی	اولین تراکم خاک	دومین تراکم خاک
لوم	۱/۳۸	۱/۶۳	۱/۷۸
لوم رسی سیلتی	۱/۲۷	۱/۵۳	۱/۷۳
لوم شنی	۱/۵	۱/۷۲	۱/۸۴

در مزارع کشاورزی اغلب ۲۰ سانتی‌متر بالایی خاک شخم خورده و دارای تراکم طبیعی می‌باشد. بنابراین در همه تیمارهای تراکم خاک، ۲۰ سانتی‌متر بالایی خاک درون میکرولایسیمتر با تراکم طبیعی از خاک پر گردید. با مشخص بودن حجم میکرولایسیمتر و جرم مخصوص ظاهری خاک در سطوح مختلف تراکم خاک (تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک) وزن خاک لازم که بایستی در هر میکرولایسیمتر ریخته شود محاسبه و تراکم خاک در دو لایه ۲۵ سانتی‌متری با رها کردن وزنه ۲/۵ کیلوگرمی از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر اعمال گردید (حیدریان، ۱۳۹۰). لازم به ذکر است به منظور تطبیق بیشتر شرایط کشت

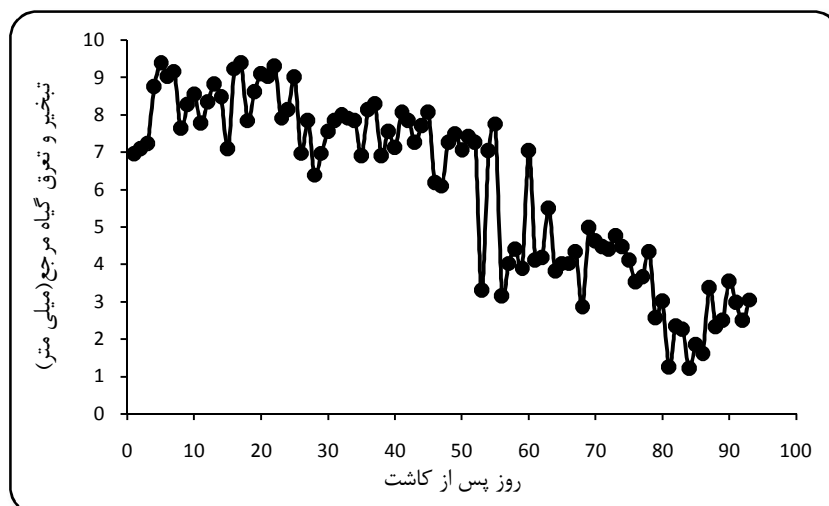
با شرایط مزرعه گودالی به عمق ۲۵ سانتی متر و طول و عرض ۳۰۰ و ۲۴۰ سانتی متر حفر گردید و میکروولایسیمترها در سه ردیف (سه تکرار) به فاصله ۷۵ سانتی متر، کنار هم قرار داده شدند. پس از تهیه تیمارها تعداد چهار بذر ذرت رقم N.S.540 (رقم میان رس) در عمق ۳-۵ سانتی متری خاک در ۱۵ مرداد ماه کاشته شد. به منظور کاهش اثر حاشیه‌ای بر تبخیر-تعرق، اطراف محل طرح به مساحت ۵۰۰ متر مربع، ذرت مشابه شرایط آزمایش کشت گردید. پس از رسیدن بوته‌های ذرت به ۶ برگی تعداد بوته در هر میکروولایسیمتر به یک بوته در هر میکروولایسیمتر کاهش داده شد.

بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیقات انجام شده در منطقه اصفهان، روش تشت تبخیر با ضریب کانکا بهترین روش تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌باشد (رحیم زادگان، ۱۳۷۰؛ پناهی و همکاران، ۱۳۷۸؛ هاشمی گرمدره‌ای و همکاران، ۱۳۸۴ و امیری و همکاران، ۱۳۸۷). لذا در تحقیق حاضر از این روش جهت محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه شرق اصفهان (نزدیک‌ترین ایستگاه به مزرعه) استفاده گردید. در این تحقیق از ضریب کانکا ماهانه تحقیق امیری و همکاران (۱۳۸۷) به دلیل نزدیکی به زمان تحقیق حاضر که اثر تغییر اقلیم در آن ناچیز می‌باشد استفاده شد. این ضرایب در شرایط مزرعه‌ای برای ماههای مرداد، شهریور، مهر و آبان به ترتیب برابر ۰/۶۹۵، ۰/۷۲۷، ۰/۷۳۳ و ۰/۸۰۴ می‌باشد. لازم به ذکر است به دلیل عدم امکان کشت چمن به عنوان گیاه مرجع در اراضی اطراف مزرعه آزمایشی (به دلیل مالکیت خصوصی اراضی) با هدف ایجاد شرایط استاندارد اندازه‌گیری تبخیر - تعرق و کنترل اثر حاشیه‌ای (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)، از اندازه‌گیری تبخیر - تعرق مرجع به صورت مستقیم صرف‌نظر گردید.

شکل ۱ میزان تبخیر از تشت در طول کشت ذرت در این آزمایش (۱۵ مرداد ماه تا ۱۵ آبان ماه) را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تبخیر از تشت در ۲۷ مرداد ماه و کمترین مقدار آن در ۲ و ۱۲ آبان ماه اتفاق افتاده است. تبخیر-تعرق گیاه مرجع از حاصلضرب ضریب کانکا در تبخیر از تشت بدست می‌آید (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). در شکل ۲ تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن در طول دوره رشد نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود بیشترین میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن برابر ۹/۳۸ میلی‌متر و کمترین مقدار آن برابر ۱/۲۱ میلی‌متر به ترتیب ۵ و ۸۴ روز پس از کشت می‌باشد.



شکل (۱) تبخیر از تشت کلاس A در طول دوره رشد



شکل (۲): تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن در طول فصل رشد

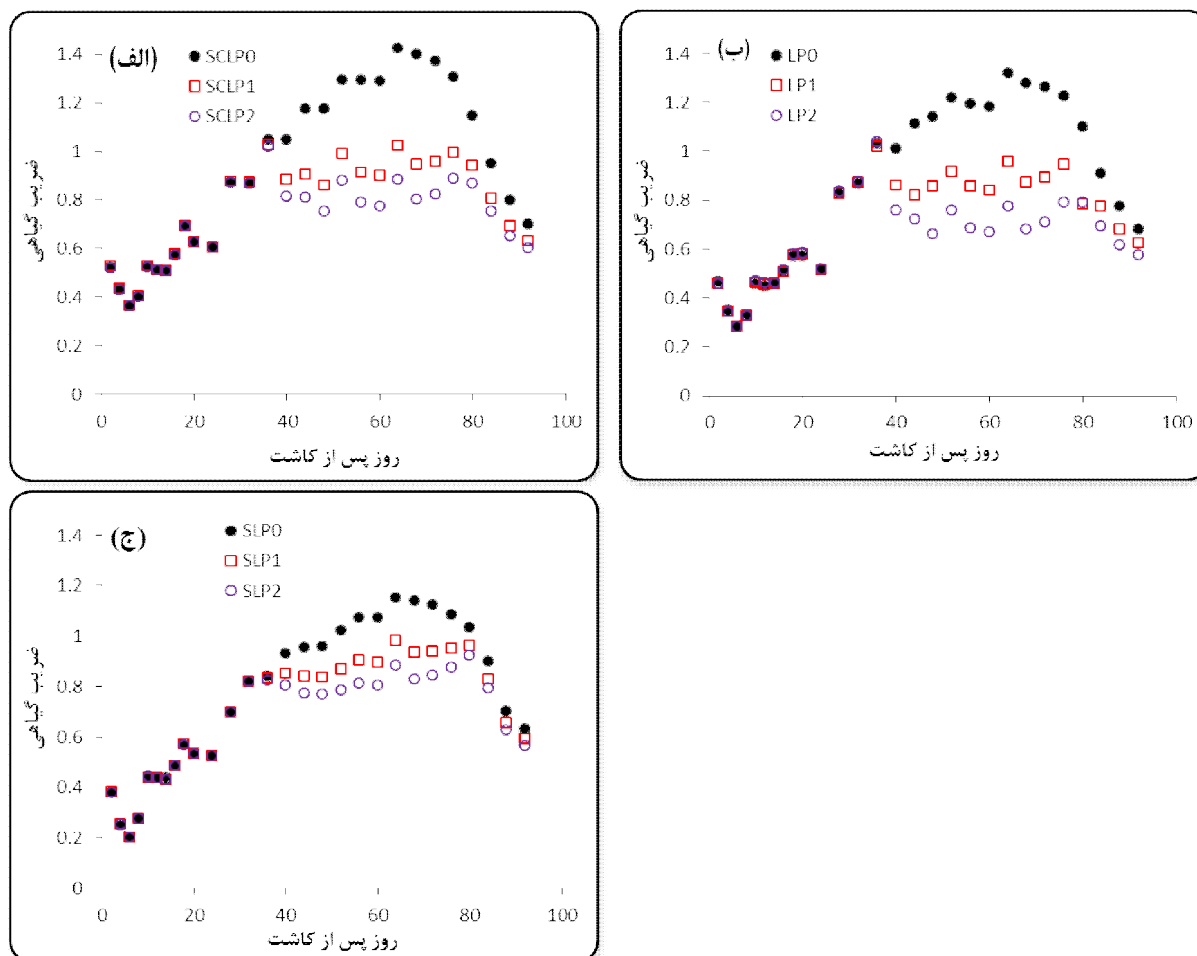
تبخیر-تعرق گیاه ذرت به صورت مستقیم و به روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکرولاسیمتر زهکش دار اندازه گیری شد. با استفاده از رابطه (۱) که بیلان آب در خاک را بیان می کند، میزان تبخیر-تعرق ذرت بین دو آبیاری متوالی در طول فصل زراعی تعیین گردید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$ET_c = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW \quad (1)$$

در این رابطه I مقدار آب آبیاری، P میزان بارندگی، RO میزان رواناب، DP مقدار آب خروجی از زهکش، CR مقدار صعود موئینه از سطح ایستابی بالا، ΔSF تغییرات آب زیر زمینی و ΔSW تغییرات رطوبت یا آب خاک همگی بر حسب میلی متر و در فاصله زمانی دو آبیاری می باشد. با توجه به کشت ذرت در میکرولاسیمتر زهکش دار و عدم وجود سطح ایستابی، میزان RO، ΔSF و CR صفر لحاظ گردید. مقدار آب آبیاری و آب خروجی از زهکش ها با استفاده استوانه مدرج اندازه گیری شد و حجم آب بارندگی از داده های ایستگاه هواشناسی استخراج گردید. نحوه انجام آبیاری به این صورت بود که ابتدا (آبیاری اول) خاک درون میکرولاسیمترها از آب اشباع گردید. پس از خارج شدن آب ثقیلی از خاک (۱۲ تا ۴۸ ساعت بسته به بافت خاک) رطوبت خاک برابر رطوبت ظرفیت زراعی (FC) می شود. با تبخیر آب از سطح خاک و مصرف آب توسط گیاه از میزان رطوبت خاک تا آبیاری بعدی کاسته می شود. با آبیاری مجدد و پس از گذشت ۱۲ تا ۴۸ ساعت رطوبت خاک مجدداً به میزان رطوبت در ظرفیت زراعی می رسد. بنابراین تغییرات رطوبت خاک بین دو آبیاری (FC-FC) صفر می باشد و میزان تبخیر-تعرق برابر اختلاف مقدار آب ورودی و خروجی خواهد بود. لازم بذکر است که آبیاری تیمارها در ۲۰ روز اول رشد که ریشه گیاه سطحی است یک روز در میان و در بقیه دوره رشد هر چهار روز یکبار انجام گردید. بر طبق تعریف فائو دوره رشد گیاه به چهار دوره ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی رشد تقسیم می شود، که ضریب گیاهی در هر دوره رشد از تقسیم مقدار تبخیر-تعرق اندازه گیری شده ذرت بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در همان دوره زمانی بدست می آید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). در این تحقیق با توجه تعریف ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو، دوره رشد گیاه ذرت تعیین گردید و سپس ضریب گیاهی برای دوره مورد نظر تعیین شد. بافت های خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی با حروف SCL، L و SL و سطوح تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک به ترتیب با حروف P0، P1 و P2 نامگذاری شدند. تحلیل و مقایسه اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی با استفاده از نمودار ها و نرم افزار SAS9.2 انجام شد. نهایتاً ۹۲ روز پس از کاشت، در اوایل مرحله خمیری شدن دانه ها (زمان رسیدن به مرحله برداشت سیلویی)، برداشت ذرت انجام گردید.

نتایج و بحث

شکل ۳ اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاکهای مختلف را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLP0، LP0 و SLP0 به ترتیب ۱/۴۲، ۱/۳۲ و ۱/۱۶ در روز ۶۴ ام از زمان کاشت و کمترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLP2، LP2 و SLP2 به ترتیب برابر ۰/۳۷، ۰/۲۸ و ۰/۲ در روز ششم فصل رشد حاصل گردید. نتایج شکل ۳ نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک افزایش تراکم خاک اثر چندانی بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است ولی با افزایش رشد گیاه و برخورد ریشه با لایه‌های متراکم پایینی پروفیل خاک، متراکم رشد گیاه محدود و در نتیجه تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی کاهش می‌یابد که این کاهش در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی بیشتر از خاک لوم شنی می‌باشد. در انتهای فصل رشد اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی در هر سه نوع خاک کمتر از مرحله میانی رشد گیاه شده است که علت آن کاهش سرعت رشد ریشه در مرحله انتهایی رشد و در نتیجه اثر کمتر تراکم خاک بر رشد ریشه و بدنبال آن اثر کمتر بر رشد گیاه، تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت می‌باشد.



شکل (۳): اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت (الف) خاک لوم رسی سیلتی (ب) خاک لوم (ج) خاک لوم شنی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و تراکم خاک در جدول ۴ ارائه شده است. تراکم خاک در هر سه نوع خاک در مراحل توسعه، میانی و نهایی رشد گیاه اثر معنی‌داری (در سطح یک درصد) بر ضریب گیاهی ذرت نداشته است لیکن تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد که نوع خاک اثر معنی‌داری (در سطح یک درصد) بر ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد دارد. اثر متقابل تراکم و بافت خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی و پایانی رشد گیاه (در سطح پنج و یک درصد) معنی‌دار شده است.

جدول (۴): تجزیه واریانس ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و تراکم خاک در مراحل رشد

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
Kc late	Kc mid	Kc development	Kc initial		
۰/۰۱۹**	۰/۰۲**	۰/۰۲۲**	۰/۰۲۹**	۲	بافت خاک
۰/۰۵۲**	۰/۳۷**	۰/۰۳۹**	۰/۰۰۰۰۰۴	۲	تراکم خاک
۰/۰۰۳۶**	۰/۰۱۸*	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱	۴	تراکم* بافت خاک
۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱۸	خطا
*** و * نشان دهنده تفاوت تیمارها به ترتیب در سطح یک و پنج درصد می باشد.					

مقایسه میانگین ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک در جدول ۵ ارائه شده است. بیشترین و کمترین ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد به ترتیب در تیمار SCLP0 (۰/۵۲۵) و تیمار SLP2 (۰/۴۱۱) حاصل گردید (جدول ۵). در ابتدای رشد گیاه تبخیر از خاک بیشترین سهم در تبخیر-تعرق را دارد. در خاک لوم رسی سیلتی حجم خلل و فرج و قابلیت نگهداری آب خاک بیشتر از خاک لوم شنی است و لذا تبخیر از خاک و در نتیجه تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی در خاک لوم رسی سیلتی بیشتر از خاک لوم و در خاک لوم بیشتر از خاک لوم شنی است. نتایج جدول ۵ همچنین نشان می دهد که تراکم خاک در مرحله ابتدایی رشد که ریشه و اندام هوایی گیاه کوچک است اثر معنی داری بر ضریب گیاهی ذرت نداشت. افزایش تراکم خاک از SCLP0 (تیمار شاهد) به SCLP1 و SCLP2 به ترتیب منجر به کاهش ۹/۹ و ۱۴/۶ درصدی ضریب گیاهی ذرت در مرحله توسعه گیاه شده است (جدول ۵). افزایش تراکم خاک از تیمار LP0 (تیمار شاهد) به LP1 و LP2 در مرحله توسعه گیاه ذرت نتایج مشابهی داشت. در خاک لوم شنی افزایش تراکم خاک از تیمار SLP0 به SLP1 و SLP2 به ترتیب موجب کاهش ۵/۳ و ۹/۸ درصدی ضریب گیاهی مرحله توسعه گیاه ذرت شده است. نتایج جدول ۵ نشان می دهد که ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بیشتر از مراحل دیگر تحت تاثیر تیمارهای متفاوت تراکم خاک قرار گرفته است. بیشترین و کمترین تاثیر تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد به ترتیب در تیمارهای LP2 (۴۰/۳ درصد) و SLP1 (۱۳/۳ درصد) بود (جدول ۵). تاثیر تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی مرحله پایانی رشد ذرت در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی مشابه و بیشتر از خاک لوم شنی بود. به طور کلی بیشترین تاثیر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در تیمار LP2 (۴۰/۳ درصد) و کمترین مقدار هم صفر در مرحله ابتدایی و در تیمار SCLP2 و SLP2 حاصل گردید.

جدول (۵): مقایسه میانگین ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک

میانگین ضریب گیاهی (درصد تغییرات نسبت به تیمار شاهد)				تراکم خاک
مرحله نهایی	مرحله میانی	مرحله توسعه	مرحله ابتدایی	
۰/۸۱۵a	۱/۲۹۹a	۱/۰۰۲a	۰/۵۲۳ a	SCLP0
۰/۷۰۸(۱۳/۱)b	۰/۹۵۸(۲۶/۳)bc	۰/۹۰۳(۹/۹)b	۰/۵۲۵(-۰/۴)a	SCLP1
۰/۶۲۶(۲۳/۲)de	۰/۸۲۸(۳۶/۳)de	۰/۸۵۶(۱۴/۶)cd	۰/۵۲۳(۰)a	SCLP2
۰/۷۸۹a	۱/۲۱۲a	۰/۹۷۰a	۰/۴۵۱c	LP0
۰/۶۹۳(۱۲/۲)bc	۰/۸۷۸(۲۷/۶)cd	۰/۸۸۱(۹/۲)bc	۰/۴۵۱(۰)c	LP1
۰/۵۹۶(۲۴/۵)e	۰/۷۲۴(۴۰/۳)e	۰/۸۰۷(۱۶/۸)e	۰/۴۵۵(-۰/۹)b	LP2
۰/۶۶۶cd	۱/۰۶۶b	۰/۸۶۶bcd	۰/۴۱۱d	SLP0
۰/۶۲۳(۶/۵)e	۰/۹۲۴(۱۳/۳)cd	۰/۸۲۰(۵/۳)de	۰/۴۱۱(۰)d	SLP1
۰/۵۹۵(۱۰/۷)e	۰/۸۴۵(۲۰/۷)cde	۰/۷۸۱(۹/۸)e	۰/۴۱۱(۰)d	SLP2
در هر ستون تیمارهای دارای حروف مشترک بر اساس آزمون Lsd تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد ندارند.				

نتیجه گیری

بررسی اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت نشان داد که تراکم خاک موجب کاهش ضریب گیاهی ذرت در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد گردید. به دلیل کوچک بودن ریشه گیاه و وجود تراکم طبیعی در ۲۰ سانتی متر بالایی خاک تمام تیمارها، تراکم خاک اثر معنی داری بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است. بیشترین (۴۰/۳ درصد) تاثیر تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد و کمترین تاثیر (صفر) آن در مرحله ابتدایی رشد بدست آمد. تاثیر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی به دلیل مقاومت بیشتر خاک در مقابل حرکت ریشه بر اثر تراکم خاک، بیشتر از خاک لوم شنی شده است.

منابع

- ۱- امیری، م.، عابدی کوپایی، ج. و اسلامیان، س.س. ۱۳۸۷. تعیین ضریب گیاهی خیار، گوجه و فلفل در گلخانه. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد.
- ۲- پناهی، م. ۱۳۷۸. ارزیابی چند روش محاسباتی برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل، مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، سال ۱۳۷۸، کرمان، ص ۲۱.
- ۳- حیدریان، ه. ۱۳۹۰. روش های استاندارد آزمون های آزمایشگاه مکانیک خاک جلد اول و دوم. انتشارات آوند اندیشه. شیراز. ۳۱۲ صفحه.
- ۴- رحیم زادگان، ر. ۱۳۷۰. جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۲(۱ و ۲): ۱-۱۰.
- ۵- علیزاده، ا. و کمالی، غ. ۱۳۸۶. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). مشهد، ۲۲۸ صفحه.
- ۶- قمرنیا، ه. جعفری زاده، م. میری ا و اقبال قبادی، م. ۱۳۹۰. برآورد ضریب گیاهی گیشنیز در منطقه ای با اقلیم نیمه خشک. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۷۳-۸۳.
- ۷- میرزایی، م و لیاقت ع. ۱۳۸۵. تعیین ضریب تبخیر و تعرق گیاهی در شرایط واقعی برای ذرت و چغندر قند در دشت قزوین و مقایسه آن با روش FAO. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد.
- ۸- هاشمی، گرم دره، ا.، مصطفی زاده، ب. و حیدرپور، م. ۱۳۸۴. بررسی روش های برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. اصفهان، ایران.

- 9- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation Drainage Paper No. 56, FAO. Rome, Italy. pp 1-326.
- 10- Benli B., Kodal S., Ilbeyim A., Ustun, H. 2006. Determination of evapotranspiration & basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. Agricultural Water Management. 81: 358-370.
- 11- Kashyap P.S. and Panda R.K. 2001. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop coefficients for potato crop in a sub-humid region. Agricultural water management. 50: 9-25.
- 12- Katerji N., Mastrorilli M and Lahmar F. 2011. Fao-56 methodology for the stress coefficient evaluation under saline environment condition , validation on potato & broad bean crops. Agriculture water management. 98: 588-596.
- 13- Suleiman A.A., Tojo S.C and Hoogenboom G. 2007. Evaluation of FAO-56 crop coefficient procedures for deficit irrigation management of cotton in a humid climate. Agricultural Water Management. 91: 33-42
- 14- Shaozhong K., Huanjie C and Jianhua Z. 2000. Estimation of maize evapotranspiration under water deficit s in semiarid. Agriculture water management. 43: 1-14.
- 15- Tan C.S., Drury C.F., Gaynor J.D., Welacky T.W and Reynolds W.D. 2001. Effect of tillage & water table control on evapotranspiration , surface runoff, till drainage & soil water content under maize on a clayloam soil. Agriculture water management. 54: 173-188.

- 16- Zhang X., Chen S., Sun H., Shao L and Whang Y. 2011. change of evapotranspiration over irrigated winter wheat and maize in north china plain over treedecades. *Agriculture water management*. 98: 1097-1104.