نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 2، خرداد – تیر 1395، ص. 471-459

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 2, May.-Jun. 2016, p. 459-471

بررسی اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای

محمد قربانیان کردآبادی[1]- حمیده نوری*[2]- عبدالمجید لیاقت[3]

تاریخ دریافت: 1392/10/03
تاریخ پذیرش: 1394/03/16

چکیده

در این تحقیق اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر ضریب گیاهی و تبخیر- تعرق گیاه ذرت بررسی گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار بافت خاک شامل لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی و سه تیمار حاصلخیزی خاک، در سه تکرار در مزرعه آزمایشی در بخش جی و قهاب شهرستان اصفهان به اجرا در آمد. به منظور تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش تشت تبخیر و جهت تعیین تبخیر- تعرق واقعی از روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکرولایسیمتر زهکش‌دار استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش حاصلخیزی خاک تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ذرت افزایش یافت. بیشترین میانگین ده روزه تبخیر- تعرق ذرت در دهه پنجم رشد در خاک لوم رسی سیلتی با افزودن دو درصد کود برابر با 8/76 میلی‌متر بر روز بدست آمد که از کمترین میانگین ده روزه تبخیر- تعرق ذرت در این دهه 45/5 درصد بیشتر شد. ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بیشتر از مراحل دیگر تحت تاثیر تیمارهای متفاوت حاصلخیزی خاک قرار گرفت. بیشترین و کمترین تاثیر افزایش حاصلخیزی خاک بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد به ترتیب 37/8 درصد در خاک لوم با افزودن دو درصد کود و 18/3 درصد در خاک لوم شنی با افزودن دو درصد کود بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: کود، مراحل رشد ذرت، نوع خاک، نیاز آبی

مقدمه

استفاده بی رویه و نامطلوب از آب در بخش کشاورزی و خشکسالی‌های اخیر باعث مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب کشور شده 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 (5 و 7).

برآورد میزان آب مورد نیاز از اولین و مهم‌ترین 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 گاهاً غیراقتصادی بودن طرح یا پروژه، کاهش راندمان کاربرد آب، افزایش تلفات کود و در نتیجه افزایش تولید زهاب با کیفیت پایین، می‌گردد (11).

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 و همکاران (4) 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 (4) و کشیاپ و پاندا (9) 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 56 فائو روابطی به منظور اصلاح این ضرایب در شرایط مذکور ارائه گردیده است (3).

بررسی اثر افزودن کود به خاک بر بهره وری آب ذرت در کشور اتیوپی نشان داد که افزودن کود، موجب افزایش بهره وری آب ذرت می گردد (6). در این تحقیق با در نظر گرفتن سه سطح حاصلخیزی (شرایط فقیر بودن خاک، خاک با شرایط حاصلخیزی نزدیک به شرایط بهینه و خاک بدون تنش حاصلخیزی)، عملکرد و نیاز آبی ذرت اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن کود به خاک موجب کاهش تبخیر از مقدار 446 میلی‌متر در شرایط خاک فقیر به

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و استاد گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج
(*- نویسنده مسئول : Email: hnoory@ut.ac.ir)

مقدار 204 میلی‌متر در شرایط بدون تنش حاصلخیزی می‌گردد. این در حالی است که میزان تعرق از مقدار 146 میلی‌متر به 355 میلی‌متر افزایش یافت. به طور کلی بهره‌وری آب دانه ذرت (وزن دانه به مقدار نیاز آبی) در تیمارهای حاصلخیزی خاک نزدیک به شرایط بهینه و شرایط بدون استرس نسبت به تیمار خاک فقیر به ترتیب 48 و 54 درصد افزایش یافت (6).

نتایج تحقیقات بر روی عملکرد و تبخیر و تعرق گیاه Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) با در نظر گرفتن دو تیمار آبیاری کامل و آبیاری ناقص (50 درصد آبیاری) و با افزودن کود نیتروژن و بر روی سه خاک شنی، لومی شنی و لوم رسی شنی در کشور دانمارک و در سال 2009 نشان داد که میزان جذب کود در خاک سنگین‌تر بیشتر و آبیاری کامل بیشتر است (14). همچنین نتایج نشان داد که میزان تبخیر و تعرق گیاه Quinoa به ترتیب در سه خاک شنی، لومی شنی و لوم رسی شنی 194، 258 و 289 میلی‌متر حاصل گردید (14).

اثر افزودن مقادیر مختلف نیتروژن طی سه سال زراعی 2010-2012 تحقیقات انجام شده بر روی راندمان مصرف آب و تبخیر و تعرق دو رقم گندم زمستانه حساس به کم آبی .Zhengmai No (ZM) 9023 و مقاوم به کم آبی Changhan No.58 (CH) در منطقه شانگسی چین بررسی شده است (15). در این مطالعه تیمارهای افزودن کود نیتروژن شامل بدون افزودن کود، افزودن 90، 180، 270 و 360 کیلوگرم بر هکتار کود نیتروژن به خاک بود. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزودن کود به خاک از تیمار N0 به N270 موجب افزایش عملکرد گندم ZM و CH به ترتیب به میزان 34 و 52 درصد می شود (15). با افزودن کود در تیمار N360 میزان محصول کمی کاهش می یابد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با افزودن کود تا میزان 270 کیلوگرم بر هکتار میزان تبخیر و تعرق در هر دو نوع گندم افزایش می یابد. مجموع تبخیر و تعرق در تیمار ZM به ترتیب 18/4، 15/8 و 22/1 درصد افزایش طی فصل های 2009-2010، 2010-2011 و 2011-2012 داشت. این مقادیر برای تیمار CH به ترتیب برابر 28، 14/1 و 23/1 درصد گزارش گردید. مجموع تبخیر و تعرق در تیمار N360 به میزان کمی کاهش یافت (15).

صحت روش ارائه شده در نشریه 56 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 56 فائو مقدار ضریب تنش شوری را به طور متوسط 12 درصد کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد می‌کند (10).

زینگ زانگ[1] و همکاران (16) 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.

شرایط رشد گیاهان در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل فقیر بودن خاک‌ها از مواد آلی و کمبود مواد غذایی مورد نیاز گیاهان متفاوت از شرایط استاندارد (3) می‌باشد. حاصلخیزی پایین خاک‌های کشور و کمبود مواد غذایی به عنوان یک تنش محیطی برای گیاهان باعث می‌شود که میزان تبخیر- تعرق گیاهان متفاوت از تبخیر- تعرق محاسباتی بر اساس نشریه 56 فائو باشد. علاوه بر این ضرایب گیاهی ارائه شده در نشریه 56 فائو عمدتاً مربوط به خاک‌های آمریکای شمالی و اروپا بوده که این خاک‌ها از نظر مواد آلی غنی می‌باشند. 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 تنش‌های دیگر مانند حاصلخیزی خاک (افزودن کود) و اثرات آنها بر روی تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی اندک می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر بافت و حاصلخیزی خاک بر تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ذرت، آزمایش به صورت کشت لایسیمتری در مزرعه آزمایشی در بخش جی و قهاب شهرستان اصفهان در تابستان 1391 به اجرا درآمد. این محل با طول جغرافیایی 51 درجه و 44 دقیقه و 18 ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی 32 درجه و 38 دقیقه و 42 ثانیه شمالی دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار بافت و سه تیمار حاصلخیزی خاک در سه تکرار و مجموعاً در 27 میکرولایسیمتر انجام شد. خاک مورد مطالعه در این تحقیق شامل سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک می‌باشد. خاک سنگین با بافت لوم رسی سیلتی و با 18 درصد شن، 44 درصد سیلت و 38 درصد رس از محل مزرعه تهیه گردید. خاک سبک با بافت لوم شنی با 63 درصد شن، 19 درصد سیلت و 18 درصد رس از مزرعه‌ای در منطقه روشن دشت در فاصله 6 کیلومتری از مزرعه تحقیقاتی تهیه شد. بافت متوسط (لوم) از ترکیب و اختلاط مساوی دو بافت سبک و سنگین تهیه شد که دارای 45 درصد شن، 29 درصد سیلت و 26 درصد رس می‌باشد. آب آبیاری از چاه آب در نزدیکی محل مزرعه تهیه گردید. نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و آب آبیاری در جداول 1 و 2 آورده شده است.

1- Xiyingzhang

جدول 1- نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Table 1- Chemical analysis of studied soils

بافت (Texure)	ECe dS) (m^{-1}	pH	Na meq) (l^{-1}	Ca meq) (l^{-1}	Mg meq) (l^{-1}	NO3 meq) (l^{-1}	CaCO3 (%)	کربن آلی Organic) (Carbon (%)	فسفر قابل جذب (Phosphorus) (mg l^{-1})	پتاسیم قابل جذب (Potassium) (mg l^{-1})
لوم رسی سیلتی Silty Clay) (Loam	1.14	7.8	3.1	3.6	2.8	207	30	0.86	13.4	142
لوم شنی Sandy) (Loam	1.62	7.72	6.19	6.35	3.9	312	25.8	0.31	2.4	172
لوم (Loam)	1.42	7.75	4.95	5.25	3.45	271	27.5	0.53	6.8	161

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Chemical analysis of irrigation water

ECiw (dS m^{-1})	pH (meq l^{-1})	Na (meq l^{-1})	Ca (meq l^{-1})	Mg (meq l^{-1})	So4 (meq l^{-1})	Cl (meq l^{-1})	HCO3 (meq l^{-1})	CO3 (meq l^{-1})
1.02	7.4	3.3	4.2	3.1	1.9	5.1	3.1	0.0

تبخیر- تعرق گیاه ذرت به صورت مستقیم و به روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکرولایسیمتر زهکش‌دار به ارتفاع 80 سانتی‌متر و قطر 32 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. از لوله 16 میلی‌متری سوراخ‌دار با فیلتر مصنوعی (پارچه‌ای) و فیلتر شنی به عنوان زهکش در میکرولایسیمتر استفاده گردید.

حاصلخیزی طبیعی خاک (بدون افزودن کود)، افزودن کود به میزان یک درصد وزن خشک خاک و افزودن کود به میزان دو درصد وزن خشک خاک به عنوان سه تیمار حاصلخیزی خاک در این تحقیق در نظر گرفته شد. برای اعمال سطوح مختلف حاصلخیزی خاک در میکرولایسیمترها ابتدا رطوبت خاک‌ها و وزن مخصوص ظاهری خاک‌ها در شرایط تراکم طبیعی خاک مزرعه تعیین گردید و سپس با توجه به حجم میکرولایسیمتر وزن خشک خاک‌ها برای بافت‌های مختلف لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی محاسبه شده و قبل از پر کردن میکرولایسیمترها کود کاملا نرم و پوسیده مشابه با کود مورد استفاده در منطقه (مخلوط کود گاو، گوسفند، مرغ، برگ خشک پوسیده و ضایعات شلتوک) به میزان یک و دو درصد وزن خشک با خاک به خوبی مخلوط گردید. به منظور تطبیق بیشتر شرایط کشت با شرایط مزرعه گودالی به عمق 25 سانتی متر و طول و عرض 300 و 240 سانتی‌متر حفر گردید و میکرولایسیمترها در سه ردیف (سه تکرار) به فاصله 75 سانتی‌متر، کنار هم قرار داده شدند. پس از تهیه تیمارها تعداد چهار بذر ذرت رقم N.S.540 (رقم میان رس) در عمق 5- 3 سانتی‌متری خاک در 15 مرداد ماه کاشته شد. به منظور کاهش اثر حاشیه‌ای بر تبخیر- تعرق، در اطراف محل طرح به مساحت 500 متر مربع، ذرت مشابه با شرایط تحقیق کشت گردید.

با استفاده از رابطه (1) که بیلان آب در خاک را بیان می‌کند، میزان تبخیر- تعرق ذرت بین دو آبیاری متوالی در طول فصل زراعی تعیین گردید (9).

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

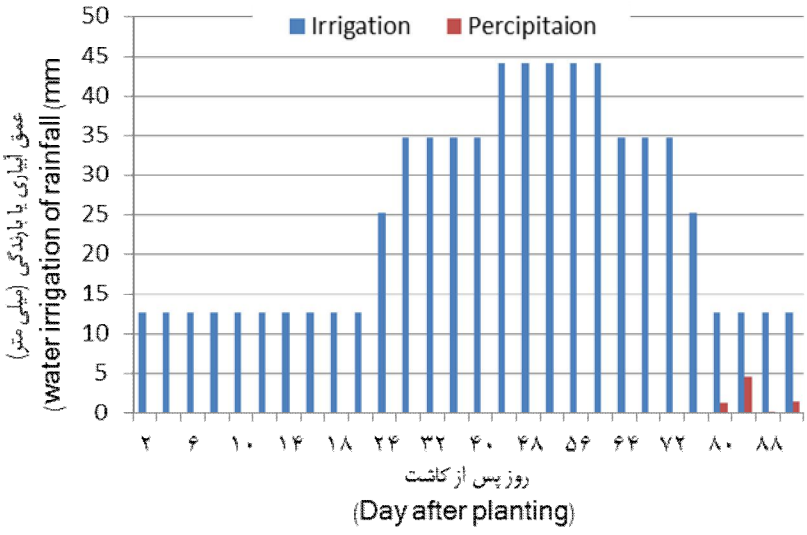
در این رابطه I مقدار آب آبیاری، P میزان بارندگی، RO میزان رواناب، DP مقدار آب خروجی از زهکش، CR مقدار صعود موئینه از سطح ایستابی بالا، ΔSF تغییرات آب زیرزمینی و ΔSW تغییرات رطوبت یا آب خاک همگی بر حسب میلی‌متر و در فاصله زمانی دو آبیاری می‌باشد. با توجه به کشت ذرت در میکرولایسیمتر زهکش‌دار و عدم وجود سطح ایستابی، میزان RO، CR و ΔSF صفر در نظر گرفته شد. مقدار آب آبیاری و آب خروجی از زهکش‌ها با استفاده استوانه مدرج اندازه‌گیری شد و حجم آب بارندگی از داده‌های ایستگاه هواشناسی استخراج گردید. نحوه انجام آبیاری به این صورت بود که ابتدا (در آبیاری اول) خاک درون میکرولایسیمترها از آب اشباع گردید. پس از خارج شدن آب ثقلی از خاک (12 تا 48 ساعت بسته به بافت خاک) رطوبت خاک به ظرفیت زراعی مزرعه (FC) می رسد. 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

12 تا 48 ساعت رطوبت خاک مجدداً به میزان رطوبت در ظرفیت زراعی می‌رسد. بنابراین تغییرات رطوبت خاک بین دو آبیاری (FC-FC) صفر می‌باشد و میزان تبخیر- تعرق برابر اختلاف مقدار آب ورودی و خروجی خواهد بود. لازم بذکر است که آبیاری تیمارها در 20 روز اول رشد که ریشه گیاه سطحی است یک روز در میان و در بقیه دوره رشد هر چهار روز یکبار انجام گردید. عمق آبیاری در آبیاری اول یا خاکاب برابر 188/4 میلی‌متر بوده تا خاک از آب اشباع گشته و آب اضافی از زهکش‌ها خارج گردد. سپس متناسب با شدت برداشت آب از خاک (که عامل اصلی آن در ابتدای دوره رشد تبخیر از سطح خاک و سپس میزان تبخیر و تعرق است) میکرولایسیمترها آبیاری شدند. عمق آبیاری برای آبیاری‌های بعدی در شکل (1) آورده شده است.

پس از رسیدن بوته‌های ذرت به شش برگی تعداد بوته در هر میکرولایسیمتر به یک بوته در هر میکرولایسیمتر کاهش داده شد. نهایتا 92 روز پس از کاشت، در اوایل مرحله خمیری شدن دانه‌ها (زمان رسیدن به مرحله برداشت سیلویی)، برداشت ذرت انجام گردید.

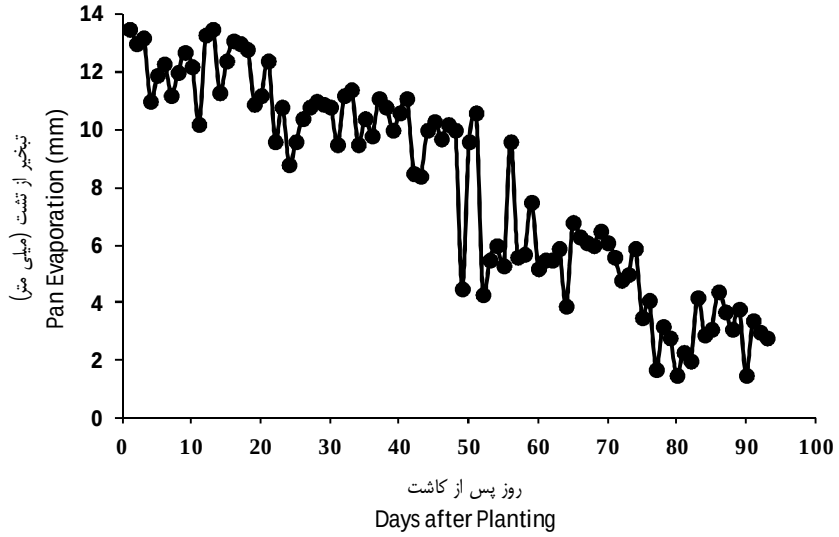
بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیقات انجام شده در منطقه اصفهان، روش تشت تبخیر با ضریب کانکا بهترین روش تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع می‌باشد (1، 2، 13 و 8). لذا در تحقیق حاضر از این روش جهت محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های تشت تبخیر کلاس A آمریکا ایستگاه هواشناسی فرودگاه شرق اصفهان (نزدیک‌ترین ایستگاه به مزرعه، در فاصله 18 کیلومتری از مزرعه آزمایشی) استفاده گردید. در ایستگاه هواشناسی فرودگاه شرق اصفهان تشت تبخیر کلاس A در انتهای سمت راست پلات فرم بر طبق استاندارد سازمان هواشناسی جهانی (WMO) قرار داشت. در این تحقیق از ضریب کانکا ماهانه تحقیق امیری و همکاران (1) به دلیل نزدیکی به زمان تحقیق حاضر (سال 1387) 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 0/695، 0/727، 0/733 و 0/804 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 (3)، از اندازه‌گیری تبخیر– تعرق مرجع به صورت مستقیم صرف‌نظر گردید.

شکل 2 میزان تبخیر از تشت در طول کشت ذرت در این آزمایش (15 مرداد ماه تا 15 آبان ماه) را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تبخیر از تشت در 27 مرداد ماه و کمترین مقدار آن در 2 و 12 آبان ماه اتفاق افتاده است. تبخیر- تعرق گیاه مرجع از حاصلضرب ضریب کانکا در تبخیر از تشت بدست می‌آید (2). در شکل 3 تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن در طول دوره رشد نشان داده شده است. همانطور که در شکل 3 مشاهده می‌شود بیشترین میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن برابر 9/38 میلی‌متر و کمترین مقدار آن برابر 1/21 میلی‌متر به ترتیب 5 و 84 روز پس از کشت می‌باشد.

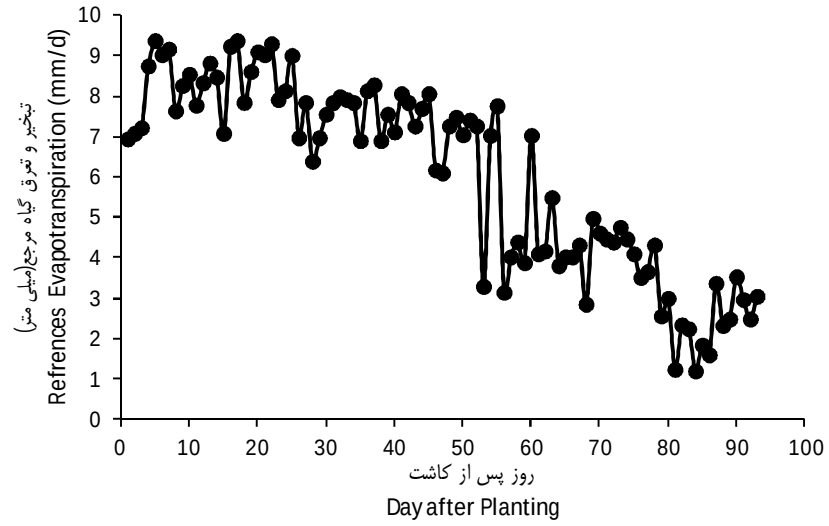


شکل 1- عمق آب آبیاری و بارندگی در طول فصل رشد

Figure 1- Depth of irrigation water and rainfall during growing season



شکل 2- تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A آمریکایی در طول دوره رشد
Figure 2- Class 'A' pan evaporation data during growing season



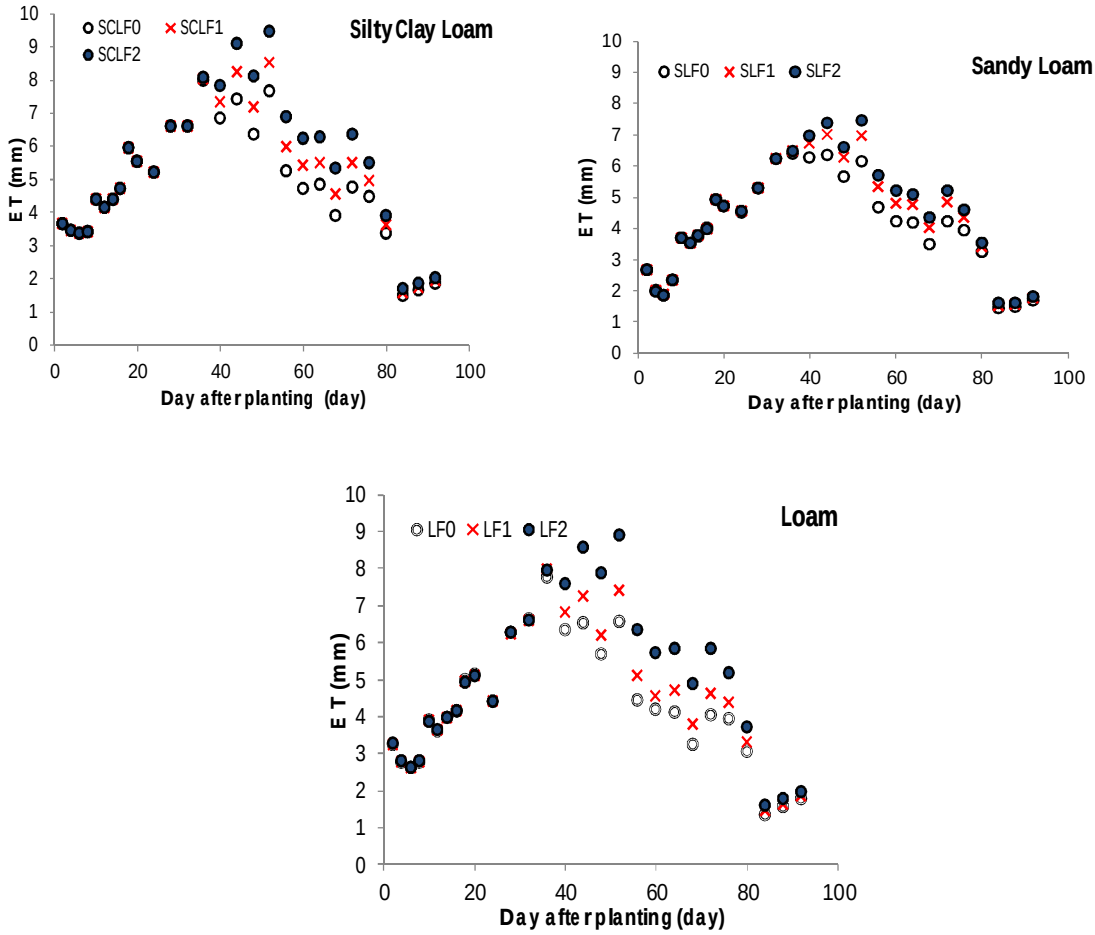
شکل 3- تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن در طول فصل رشد با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A آمریکایی
Figure 3- Grass reference evapotranspiration during growing season using class 'A'pan evaporation

دوره رشد گیاه به چهار دوره ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی رشد تقسیم می‌شود (3) و 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 آمد (2). در این تحقیق با توجه تعریف ارائه شده در نشریه شماره 56 فائو، دوره رشد گیاه ذرت تعیین گردید و سپس ضریب گیاهی برای دوره مورد نظر تعیین شد. بافت‌های خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی با حروف SCL، L و SL و سطوح بدون افزودن کود، افزودن یک و دو درصد کود به خاک به ترتیب با حروف F0، F1 و F2 نامگذاری شدند. تحلیل و مقایسه اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی با استفاده از نمودارها و نرم افزار SAS9.2 انجام شد.

نتایج و بحث

اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر تبخیر-تعرق روزانه ذرت

در شکل 4 اثر حاصلخیزی خاک بر تبخیر- تعرق روزانه ذرت در خاک‌های لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی ارائه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش حاصلخیزی خاک تبخیر- تعرق ذرت در مراحل مختلف رشد در هر سه نوع خاک افزایش می‌یابد (شکل 4).



شکل 4- اثر حاصلخیزی خاک بر تبخیر-تعرق ذرت در بافت‌های خاک

Figure 4- Effect of soil fertility on maize evapotranspiration in different soil types

شکل 4 نشان می‌دهد که اثر حاصلخیزی خاک بر تبخیر- تعرق ذرت در مرحله ابتدایی رشد ناچیز است، زیرا در این مرحله گیاه کوچک بوده و نیاز کمی به مواد غذایی دارد که این نیاز کم از مواد غذایی اولیه موجود در خاک (جدول 1) بدون افزودن کود تامین می‌شود. با توسعه گیاه و افزایش نیاز آن به مواد غذایی، جذب بیشتر مواد غذایی از خاک حاصلخیزتر انجام گردیده و گیاه رشد بیشتری نموده است و در نتیجه با افزایش سطح برگ میزان تعرق گیاه افزایش یافته است. در انتهای فصل رشد از سرعت رشد گیاه کاسته شده و نیاز آن به مواد غذایی نسبت به مرحله میانی کاهش می‌یابد، در نتیجه اثر تنش حاصلخیزی بر کاهش رشد گیاه و کاهش تبخیر- تعرق نسبت به مرحله میانی رشد کاهش یافته است.

مقایسه اثر حاصلخیزی بر افزایش تبخیر- تعرق ذرت در سه نوع بافت خاک نشان می‌دهد که اثر افزایش حاصلخیزی بر تبخیر- تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی و لوم بیشتر از خاک لوم شنی بوده است. علت این امر ممکن است وجود ماده آلی بیشتر در خاک‌های با بافت سنگین‌تر و همچنین آب‌شویی بیشتر در خاک لوم شنی باشد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تبخیر- تعرق گیاه ذرت در تیمارهای بافت و حاصلخیزی خاک در جدول 3 ارائه شده است. مقادیر تبخیر- تعرق در دوره‌های ده روزه و در کل دوره رشد در تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک به جز سه دهه اول رشد در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشت (تفاوت تبخیر- تعرق در تیمارهای حاصلخیزی خاک در سه دهه اول معنی‌دار نشد). تفاوت مقادیر تبخیر- تعرق در تیمارهای مختلف بافت خاک در همه دهه‌های رشد و در کل دوره رشد در سطح یک درصد معنی‌دار شد لیکن اثر متقابل حاصلخیزی و بافت خاک در دوره‌های ده روزه و در کل فصل رشد بر مقدار تبخیر- تعرق ذرت معنی‌دار نشد. همچنین اثر متقابل حاصلخیزی و بافت خاک بر مجموع تبخیر- تعرق ذرت معنی‌دار نشد.

جدول 3- جدول تجزیه واریانس تبخیر-تعرق ده روزه ذرت در تیمارهای مختلف حاصلخیزی و بافت خاک

Table 3- Analysis of variance for ten-day evapotranspiration of maize in different soil texture and fertility

منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی (Degree of Freedom)	میانگین مربعات در دهه (Mean squares in decade)									
		اول (First)	دوم (Second)	سوم (Third)	چهارم (Fourth)	پنجم (Fifth)	ششم (Sixth)	هفتم (Seventh)	هشتم (Eigth)	نهم (Ninth)	مجموع تبخیر-تعرق (Total ET)
بافت خاک (Soil Texture)	2	2.9**	1.45**	1.76**	2.41**	3.78**	2.23**	1.54**	0.72**	0.05**	12789**
حاصلخیزی خاک (Soil Fertility)	2	0.00004	0.0001	0.0001	2.42**	6.15**	5.2**	4.13**	1.77**	0.07**	8259.2**
حاصلخیزی * بافت خاک (Soil Texture* Soil Fertility)	4	0.000007	0.0002	0.0002	0.014	0.22	0.18	0.16	0.08	0.002	328.8
خطا (Error)	18	0.0001	0.0001	0001	0.009	0.12	0.11	0.086	0.04	0.002	167.7

**و * نشان دهنده تفاوت تیمارها به ترتیب در سطح یک و پنج درصد می‌باشد

*and ** Represents the a significant difference between treatments at one and five percent

مقایسه میانگین ده روزه تبخیر- تعرق ذرت در تیمارهای مختلف حاصلخیزی و بافت خاک در جدول 4 ارائه شده است. مقایسه اثر بافت خاک بر تبخیر- تعرق ذرت در مرحله ابتدایی رشد نشان می‌دهد که در دهه اول و دوم و سوم رشد گیاه، بیشترین تبخیر- تعرق روزانه ذرت (3/64، 4/94 و 6/05 میلی‌متر بر روز) در خاک لوم رسی سیلتی و کمترین مقدار آن (2/50، 4/17 و 5/16 میلی‌متر بر روز) در خاک لوم شنی بوده است (جدول 4). قابلیت نگهداری آب خاک در خاک-های سنگین بافت بیشتر از خاک‌هایی با بافت سبک است و در نتیجه تبخیر که جزء اصلی تبخیر- تعرق در مرحله ابتدایی رشد است در خاک‌های سنگین بیشتر از خاک‌هایی با بافت سبک است. مقایسه اثر بافت خاک از دهه سوم تا پایان فصل رشد نشان می‌دهد که میزان تبخیر- تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی و لوم بیشتر از خاک لوم شنی بوده است که علت آن تبخیر بیشتر از خاک‌های سنگین بافت و همچنین وجود مواد آلی بیشتر در این خاک‌ها می‌باشد (جدول 4).

مقایسه میانگین ده روزه تبخیر- تعرق ذرت در سه دهه ابتدایی رشد در تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک نشان می‌دهد که افزودن کود اثری بر تبخیر- تعرق ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشت (جدول 4)، در مرحله ابتدایی رشد تبخیر از سطح خاک جزء اصلی تبخیر- تعرق ذرت را تشکیل می‌دهد و افزودن یک و دو درصد کود به کل خاک نمی‌توانسته اثری بر روی تبخیر از سطح خاک داشته باشد. ضمن اینکه در مرحله ابتدایی رشد گیاه کوچک بوده و نیاز کمی به مواد غذایی داشته است که این نیاز کم بدون افزودن کود به خاک هم قابل تامین بوده است. با رشد گیاه و نیاز بیشتر آن به مواد غذایی، جذب مواد غذایی از خاک حاصلخیزتر افزایش یافته است و در نتیجه شاخص سطح برگ و میزان تبخیر- تعرق آن افزایش یافته است. بیشترین میانگین ده روزه تبخیر- تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی با افزودن دو درصد کود (تیمار SCLF2) برابر با 8/76 میلی لیتر بر روز و در دهه پنجم رشد بدست آمد که از کمترین میزان تبخیر- تعرق (6/02 میلی لیتر بر روز) در این دهه در خاک لوم شنی بدون افزودن کود 45/5 درصد بیشتر می‌باشد.

مقایسه اثر حاصلخیزی خاک بر مجموع تبخیر- تعرق ذرت نشان می‌دهد که افزودن یک و دو درصد کود به خاک موجب افزایش تبخیر- تعرق ذرت در هر سه نوع خاک شده است که این افزایش تبخیر- تعرق به جز در تیمارهای SLF1 و SLF2 در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 4). علت این امر می‌تواند اثر افزایش حاصلخیزی بر افزایش عملکرد و شاخص سطح برگ باشد.

مقایسه مجموع تبخیر- تعرق ذرت در تیمارهای مختلف بافت خاک نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تبخیر- تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی با افزودن دو درصد کود (تیمار SCLF2) برابر513/10 میلی‌متر و کمترین مقدار در خاک لوم شنی در شرایط طبیعی (تیمار SLF0) و برابر 383/70 میلی‌متر می‌باشد.

جدول 4- مقایسه میانگین ده روزه تبخیر-تعرق ذرت در تیمارهای مختلف حاصلخیزی و بافت خاک

Table 4- Comparision of ten-day evapotranspiration of maize in different soil texture and fertility

منابع تغییرات (Sources of variation)	میانگین تبخیر-تعرق ده روزه (میلی‌متر بر روز) در دهه Ten-day average evapotranspiration (mm/day)									مجموع تبخیر-تعرق (Total ET)
	اول (First)	دوم (Second)	سوم (Third)	چهارم (Fourth)	پنجم (Fifth)	ششم (Sixth)	هفتم (Seventh)	هشتم (Eigth)	نهم (Ninth)	
SCLF0	3.64a	4.94a	6.05a	7.25c	7.04c	5.50d	4.43de	4.07d	1.66c	449.01c
SCLF1	3.64a	4.94a	6.04à	7.46b	7.86b	6.27bc	5.11bc	4.52bc	1.75b	479.40b
SCLF2	3.64a	4.94a	6.04a	7.68a	8.76a	7.13f	5.09a	5.02a	1.84a	513.10a
LF0	3.05a	4.37b	5.59b	6.96d	6.19d	4.75f	3.75g	3.60f	1.55de	401.10ef
LF1	3.05b	4.36b	5.57b	7.22c	6.86c	5.22de	4.30ef	3.99de	1.64c	426.70d
LF2	3.06b	3.34b	5.59b	7.53ab	8.36ab	6.60ab	5.44ab	4.72ab	1.78ab	477.70b
SLF0	2.50c	4.17c	5.16c	6.31f	6.02d	4.78ef	3.90fg	3.70ef	1.53e	383.70f
SLF1	2.50c	4.17c	5.16c	6.51e	6.68d	5.42d	4.45de	4.05d	1.61cd	408.95de
SLF2	2.50c	4.17c	5.16c	6.61e	7.07c	5.85cd	4.80cd	4.27cd	1.67c	424.40d

در هر ستون تیمارهای دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند

Treatments with common letters in each column are not significantly different at the five percent

علت این امر می‌تواند تبخیر بیشتر آب از سطح خاک لوم رسی و حاصلخیزی بیشتر خاک لوم رسی سیلتی نسبت به خاک لوم شنی (با توجه به جدول 1) و همچنین امکان آب شویی بیشتر در خاک لوم شنی در این آزمایش باشد.

مقایسه تبخیر- تعرق ذرت در تیمارهای مختلف حاصلخیزی و بافت خاک نشان می‌دهد که بیشترین اثر حاصلخیزی بر افزایش تبخیر-تعرق ذرت در خاک لوم، لوم رسی سیلتی و لومی‌شنی به ترتیب برابر 19/1، 14/3 و 10/6 درصد و در تیمارهای SLF2، SCLF2، SLF2 حاصل شد (جدول 4). علت بیشتر بودن اثر حاصلخیزی بر میزان تبخیر- تعرق در خاک لوم نسبت به خاک لوم رسی سیلتی می‌تواند شرایط تهویه بهتر در این خاک و راندمان بیشتر جذب کود نسبت به خاک لوم رسی سیلتی باشد و علت بیشتر بودن اثر حاصلخیزی بر تبخیر-تعرق در خاک لوم نسبت به خاک لوم شنی، شسته شدن کمتر مواد غذایی در خاک لوم باشد.

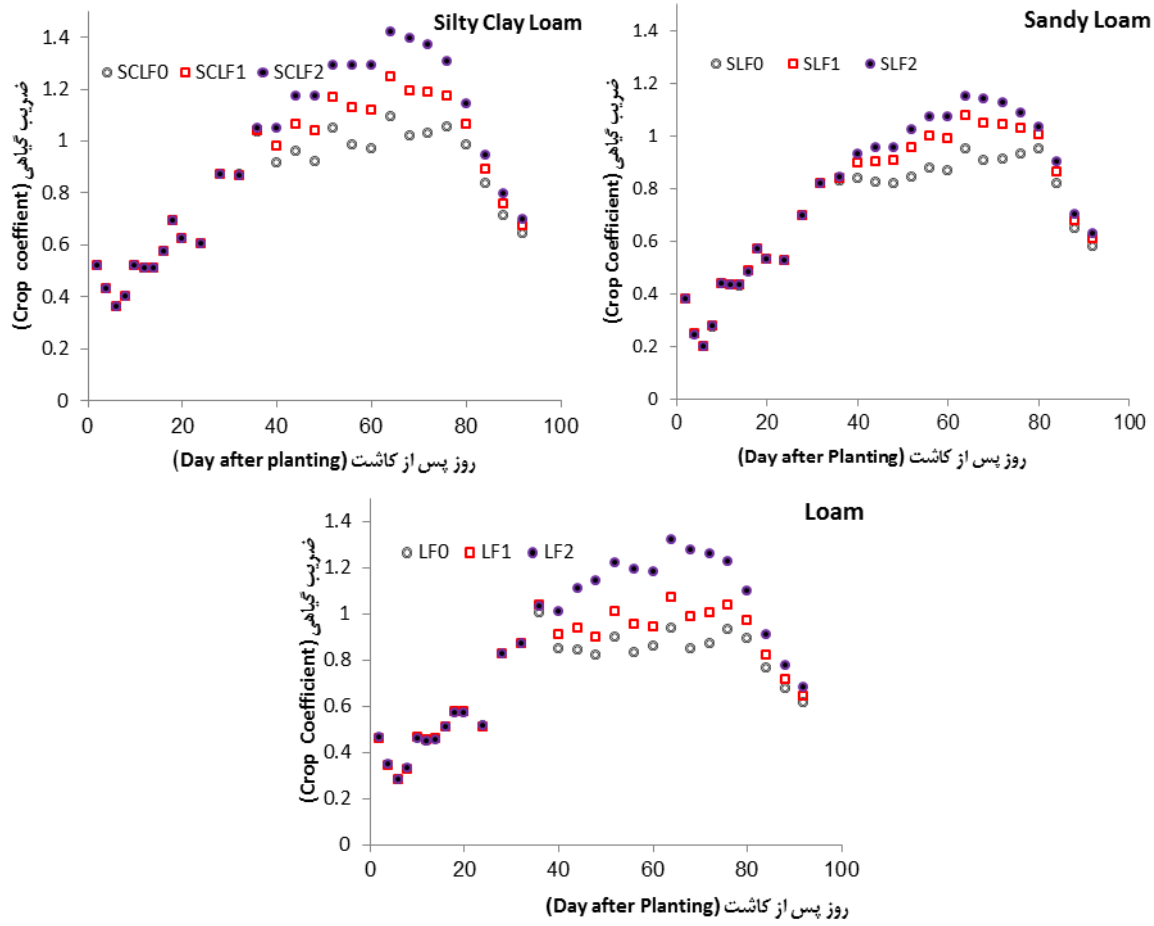
تحقیق انجام شده بر روی گیاه گندم زمستانه و ذرت تابستانه در منطقه جنوب چین نیز نشان داد که افزودن کود موجب افزایش میزان تبخیر- تعرق گیاه می‌شود که بیشترین اثر افزایشی در ضریب گیاهی در مرحله میانی و کمترین میزان افزایش آن در مرحله ابتدایی رشد می‌باشد (16).

اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر ضریب گیاهی ذرت

شکل 5 اثر حاصلخیزی خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاکهای مختلف را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLF2 ، LF2 و SLF2 به ترتیب 1/42، 1/32 و 1/16 در روز 64 ام از زمان کاشت و کمترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLF0، LF0 و SLF0 به ترتیب برابر 0/36، 0/28 و 0/2 در روز ششم فصل رشد حاصل گردید. نتایج شکل 5 نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک افزایش حاصلخیزی خاک اثر چندانی بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است ولی با افزایش رشد گیاه و نیاز بیشتر آن به مواد غذایی، جذب مواد غذایی از خاک حاصلخیزتر افزایش یافته است و میزان تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی آن نیز افزایش یافته است. در انتهای فصل رشد ضمن جذب مواد غذایی از تیمارهای مختلف خاک توسط گیاه، رشد گیاه نسبت به مرحله میانی رشد تثبیت شده است و اثر تنش حاصلخیزی بر کاهش تبخیر- تعرق کاهش یافته است.

مقایسه نمودارهای شکل 5 برای سه نوع خاک نشان می‌دهد که اثر افزودن دو درصد کود بر افزایش ضریب گیاهی ذرت بیشتر از اثر افزودن یک درصد کود بوده است، ضمن اینکه فاصله نمودارهای در خاکهای سنگین بافت بیشتر از خاک لوم شنی می‌باشد. علت این امر می‌تواند شسته شدن کود در خاک لوم شنی باشد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و حاصلخیزی خاک در جدول 5 ارائه شده است. نوع خاک در تمام مراحل رشد اثر معنی‌داری (در سطح یک درصد) بر ضریب گیاهی ذرت داشته است. تفاوت ضریب گیاهی در تیمارهای مختلف حاصلخیزی در مرحله ابتدایی رشد معنی‌دار نشد ولی در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد گیاه (در سطح یک درصد) معنی‌دار شده است (جدول 5). اثر متقابل حاصلخیزی و بافت خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد (در سطح یک و پنج درصد) معنی‌دار نشد.



شکل 5- اثر حاصلخیزی بر ضریب گیاهی ذرت در بافت‌های مختلف خاک

Figure 5- Effect of soil fertility on maize crop coefficient in different soil type

جدول 5- تجزیه واریانس ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و حاصلخیزی خاک در مراحل رشد

Table 5- Analysis of variance for maize crop coefficient in different soil texture and fertility

منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی (Degree of Freedom)	میانگین مربعات (Mean squares)			
		Kc initial	Kc development	Mid Kc	Kc late
بافت خاک (Soil Texture)	2	0.029**	0.036**	0.07**	0.041**
حاصلخیزی خاک (Soil Fertility)	2	0.0000001	0.013**	0.15**	0.14**
حاصلخیزی* بافت خاک (Soil Texture* Soil Fertility)	4	0.000003	0.0004	0.007	0.0006
خطا	18	0.0000001	0.0005	0.003	0.0003

** و * نشان دهنده معنی‌داری تفاوت تیمارها به ترتیب در سطح یک و پنج درصد می‌باشد

* and ** Represents the a significant difference between treatments at one and five percent

اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر مقدار ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد در جدول 6 ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که افزودن کود به خاک اثر معنی‌داری بر مقدار ضریب گیاهی ذرت در خاک‌های مختلف نداشته است. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد در خاک لوم رسی سیلتی (0/523) و کمترین مقدار آن در خاک لوم شنی (0/410) شد. در مرحله ابتدایی رشد تبخیر جزء اصلی تبخیر- تعرق را تشکیل می‌دهد و در خاک لوم و لوم رسی سیلتی قابلیت نگهداری خاک بیشتر از خاک لوم شنی بوده

و در نتیجه میزان تبخیر از سطح خاک و تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی رشد در خاک لوم شنی کمتر می‌باشد.

افزودن یک و دو درصد کود به تیمار SCLF0 به ترتیب موجب افزایش 5/3 و 7/9 درصدی ضریب گیاهی مرحله توسعه ذرت شده است. این مقادیر برای تیمارهای LF1 و LF2 به ترتیب برابر 6 و 11 درصد و برای تیمارهای SLF1 و SLF2 به ترتیب برابر با 6/1 و 6/5 درصد بود (جدول 6). مقایسه ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد در تیمارهای مختلف حاصلخیزی خاک نشان می‌دهد که اثر افزایش حاصلخیزی خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بیشتر از بقیه مراحل رشد گیاه می‌باشد (جدول 6). نتایج این جدول نشان می‌دهد افزودن یک و دو درصد کود به خاک موجب افزایش 13/3 و 27 درصد در ضریب گیاهی مرحله میانی ذرت در خاک لوم رسی سیلتی می‌شود. مقایسه این مقادیر با مقادیر مشابه خاک لوم نشان می‌دهد که اثر حاصلخیزی بر ضریب گیاهی مرحله میانی رشد ذرت در خاک لوم بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی است که علت آن شرایط تهویه مناسب‌تر و راندمان جذب بیشتر در خاک لوم می‌باشد. اثر افزودن دو درصد کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاک لوم شنی کمتر از خاک لوم است که علت آن آبشویی بیشتر در خاک لوم شنی نسبت به خاک لوم می‌باشد.

تاثیر افزایش حاصلخیزی خاک بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله پایانی رشد گیاه در خاک لوم بیشتر از خاک‌های لوم رسی سیلتی و لوم شنی می‌باشد. به طور کلی بیشترین تاثیر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد گیاه در تیمار LF2 (37/8 درصد) و کمترین مقدار آن صفر در مرحله ابتدایی رشد ذرت و در تیمارهای SCLF1، SCLF2 و SLF2 می‌باشد(جدول 6).

جدول 6- مقایسه میانگین ضریب گیاهی ذرت درتیمارهای مختلف حاصلخیزی و بافت خاک

Table 6- Comparision mean of maize crop coefficient in different of soil texture and soil fertility

تیمارها (Treatments)	میانگین ضریب گیاهی (Average crop coefficient)			
	مرحله ابتدایی (Initial stage)	مرحله توسعه (Development)	مرحله میانی (Middle stage)	مرحله نهایی (Final)
SCLF0	0.523(24)a	0.929(24)a	1.024(32)d	0.732(12)c
SCLF1	0.523(24)a	0.978(24)a	1.160(32)bc	0.744(12)b
SCLF2	0.523(24)a	1.002(20)a	1.300(36)a	0.815(12)a
LF0	0.451(24)a	0.874(24)a	0.880(28)a	0.684(12)a
LF1	0.451(24)a	0.926(28)a	0.994 (28)de	0.776(12)c
LF2	0.451(24)a	0.970(20)b	1.213(36)ab	0.789(12)ab
SLF0	0.411(24)C	0.810(28)d	0.901(32)ef	0.613(8)f
SLF1	0.412(24)c	0.859(28)c	1.006(32)d	0.644(8)f
SLF2	0.411(24)C	0.863(24)f	1.066(36)cd	0.666(8)d

در هر ستون تیمارهای دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

نتایج جدول 6 نشان می‌دهد که افزودن کود به خاک بر طول مرحله ابتدایی رشد ذرت اثری نداشته لیکن افزودن دو درصد کود به خاک موجب کاهش طول مرحله توسعه و افزایش طول مرحله میانی ذرت شده است. افزودن دو درصد کود بر مرحله پایانی رشد نیز اثر نداشته است. این امر به علت زمان برداشت یکسان برای تمام تیمارها است که در این صورت انتظار می رود که میزان خمیری شده و وزن بایومس در تیمارهای مختلف حاصلخیزی متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی اثر حاصلخیزی و بافت خاک بر تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی ذرت نشان داد که حاصلخیزی خاک موجب افزایش مجموع تبخیر- تعرق (6/4 تا 19/1 درصد افزایش) و ضریب گیاهی ذرت در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد گردید. بیشترین مقدار تبخیر- تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی با افزودن دو درصد کود (تیمار SCLF2) برابر513/10 میلی‌متر و کمترین مقدار در خاک لوم شنی در شرایط طبیعی (تیمار SLF0) و برابر 383/70 میلی‌متر حاصل گردید. افزودن یک و دو درصد کود اثری بر روی تبخیر از سطح خاک نداشته و لذا حاصلخیزی خاک اثر معنی‌داری بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است. بیشترین تاثیر حاصلخیزی خاک بر ضریب گیاهی ذرت (37/8 درصد افزایش) در مرحله میانی رشد در خاک لوم با افزودن دو درصد کود (LF2) بدست آمد. تاثیر حاصلخیزی خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاک‌های لوم و لوم رسی سیلتی به دلیل وجود مواد آلی و تبخیر بیشتر از سطح این دو خاک (لوم و لوم رسی سیلتی) و آب‌شویی بیشتر از خاک لوم شنی می‌باشد.

منابع

1- Amiri M. 1999. Determination of plant cucumbers, tomatoes and peppers in the greenhouse. College of Agriculture. Isfahan University of Technology. Master thesis. (in Persian with English abstract).
2- Alizadeh A., and Kamali Gh. 1998. Crop water requirement in Iran. Publication of Emam Reza. pp. 228. (in Persian)
3- 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.
4- Benli B., Kodal S., Ilbeyim A., and Ustun H. 2006. Determination of evapotranspiration & basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. Agricultural Water Management. 81: 358–370.
5- Edalatnasab M. 2002. Fertilizer prices reduces the profits of wheat. Iranian Journal. 19th years. 5496: 24-25. (in Persian)
6- Erkossa T., Awulachew S.B., and Aster D. 2011. Soil fertility effect on water productivity of maize in the upper Blue Nile basin, Ethiopia, Agricultural Scinences, Vol.2, No.3, 238-247.
7- Ghamarnia H., Jafari Zadeh M., Miri E., and Eghbal Ghobadi E. 2002. Coriandrum sativum L. crop coefficient determination in a semi-arid climate. Journal of Water and Irrigation Management. 1(2): 73-83. (in Persian with English abstract).
8- Hashemi Garmdarrei. S. E., Mostafa Zadeh B., and Heidarpour M. 1996. Investigating methods of Estimating crop evapotranspiration in Isfahan. 2th Conference on Water Resources Management. Isfahan, Iran. (in Persian)
9- 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.
10- Katerji N., Mastrorilli M., and Lahmar F. 2011. Fao-56 methodology for the stress coefficient evaluation under sline environment condition, validation on potato & board bean crops. Agriculture water management. 98: 588-596.
11- Mirzaei M. 1997. Determination of evapotranspiration under real conditions for maize and sugar beet in Qazvin and comparison with FAO. College of Agriculture and Natural Resources. Tehran University. Master thesis. (in Persian with English abstract).
12- Panahi M., Aghdaee M., and Rezaee M. 1997. Determination of sugar beet standard evapotranspiration by lysimeter method in Kabotar-Abad, Esfahan. Sugar beet Journal, 22 (1): 25-37. (in Persian)
13- Rahimzadegan R. 1991. Determination of an appropriate estimating method of evapotranspiration in Isfahan. Iranian Journal of Agriculture Sciences, Volume 22 (1, 2): 1-10. (in Persian with English abstract).
14- Razzaghi F., Plauborg F., Jacobsen S.E., and Richardt Jensen Ch. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agricultural Water Management 109: 20– 29
15- Zhong Y., and Shangguan Zh. 2014. Water Consumption Characteristics and Water Use Efficiency of Winter Wheat under Long-Term Nitrogen Fertilization Regimes in Northwest China. PLoS ONE 9(6): e98850. doi:10.1371/journal. pone. 0098850.
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.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 2, May.-Jun. 2016, p. 459-471

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 2، خرداد – تیر 1395، ص. 471-459

Investigating the Effect of Soil Texture and Fertility on Evapotranspiration and Crop Coefficient of Maize Forage

M. Ghorbanian Kerdabadi[1]- H. Noory[2] - A.M. Liaghat[3]
Received: 24-12-2013
Accepted: 06-06-2015

Introduction: Crop coefficient varies in different environmental conditions, such as deficit irrigation, salinity and intercropping. The effect of soil fertility and texture of crop coefficient and evapotranspiration of maize was investigated in this study. Low soil fertility and food shortages as a stressful environment for plants that makes it different evapotranspiration rates of evapotranspiration calculation is based on the FAO publication 56. Razzaghi et al. (2012) investigate the effect of soil type and soil-drying during the seed-filling phase on N-uptake, yield and water use, a Danish-bred cultivar (CV. Titicaca) was grown in field lysimeters with sand, sandy loam and sandy clay loam soil. Zhang et al (2014) were investigated the Effect of adding different amounts of nitrogen during three years (from 2010 to 2012) on water use efficiency and crop evapotranspiration two varieties of winter wheat. The results of their study showed. The results indicated the following: (1) in this dry land farming system, increased N fertilization could raise wheat yield, and the drought-tolerant Changhan No. 58 showed a yield advantage in drought environments with high N fertilizer rates; (2) N application affected water consumption in different soil layers, and promoted wheat absorbing deeper soil water and so increased utilization of soil water; and (3) comprehensive consideration of yield and WUE of wheat indicated that the N rate of 270 kg/ha for Changhan No. 58 was better to avoid the risk of reduced production reduction due to lack of precipitation; however, under conditions of better soil moisture, the N rate of 180 kg/ha was more economic.

Materials and Methods: The study was a factorial experiment in a completely randomized design with three soil texture treatment, including silty clay loam, loam and sandy-loam soil and three fertility treatment, including without fertilizer, one and two percent fertilizer) It was conducted at the experimental farm in Jey and Qahab district of Isfahan. Reference evapotranspiration and actual evapotranspiration of maize were measured by evaporation pan method and volumetric soil water balance method using micro lysimeters, respectively. In order to accommodate the growing field conditions, a ditch with a depth of 25 cm, length of 240 cm and width of 300 cm were dug and micro-lysimeters were placed it in three rows (three replications) with a distance of 75 cm. After preparing the treatments, four seed Maize with variety of NS540 were planted at a depth of 3-5 cm on 5 August. To reduce the oasis effect on evapotranspiration, the same corn was planted in the vicinity of the project area with 500 square meters..

Results and Discussion: The results showed that using fertilizer caused increasing of crop evapotranspiration and crop coefficient of maize. Maximum of the ten-day average evapotranspiration of maize in the silty clay loam soil with two percent fertilizer was obtained 8.76 (mm/ day) on the fifth decade of growth and this value was found 45.5 percent higher than the lowest mean evapotranspiration value of the ten-day. Comparison evapotranspiration of maize in different soil fertility treatments showed that the greatest impact on increasing of maize evapotranspiration in SLF2, SCLF2, SLF2 treatments were obtained that was equal %19.1, %14.3 and %10.6, respectively (table 4). Most of the effects of fertility the crop coefficient of maize at the middle stage of growth was influenced more than other stages by the different treatments of soil fertility. Adding one and two percent of the fertilizer to treatment SCLF0 increased maize crop coefficient about 3.5 and 9.7 percent at development stage, respectively, That measured %6 and 11% for LF1 and LF2 treatments, respectively, and about 1.6 and 5.6% for SLF2 SLF1 treatment, respectively (Table 6). Comparison of maize middle crop coefficient in SLF2 and SLF1 for different soil fertility treatments showed that effect of increasing soil fertility on middle Kc of maize was more than other stages of plant growth (Table 6). The obtained results showed that the addition of one and two percent fertilizer to the silty clay loam soil increased, the middle crop coefficient 13.3% and 27%, respectively in.

Conclusion: Maximum and minimum effect of soil fertility on increasing crop coefficient of maize in the middle stage was equal to 37.8% in the loamy soil and 18.3% in the sandy loam soil with two percent fertilizer. The greatest effect of soil fertility on crop coefficient of maize was measured 8.37% in the middle stage of growth in LF2. The effect of soil fertility on crop coefficient of maize in loam and silty clay loam soils more

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Asistant Professor and Professor of Irrigation & Drainage Engineering. Department of Irrigation and Reclamation University of Tehran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: hnoory@ut.ac.ir)

than sandy loam soil, Because can be a further organic matter in these soils (loam and silty clay loam and also decreasing evaporation in sandy loam soil.

Keywords: Fertilizer, Growth Stages of Maize, Soil Type, Water Requirement