

اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد

محمد قربانیان

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

عبدالمجید لیاقت

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

حمیده نوری

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

چکیده

به منظور بررسی اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار بدون افزودن کود و افزودن یک و دو درصد کود به خاک در سه بافت خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی و 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 میکروولایسیمتر زهکش‌دار استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که با افزودن کود به خاک ضریب گیاهی ذرت افزایش یافت. کمترین و بیشترین میزان افزایش ضریب گیاهی ذرت به ترتیب در مرحله ابتدایی و میانی رشد بود. بیشترین و کمترین تاثیر افزایش حاصلخیزی خاک بر افزایش ضریب گیاهی مرحله میانی رشد ذرت به ترتیب ۳۷/۸ درصد در خاک لوم با افزودن دو درصد کود و ۱۸/۳ درصد در خاک لوم شنی با افزودن دو درصد کود بدست آمد.

واژه های کلیدی : تبخیر از سطح خاک، تبخیر-تعرق، مرحله میانی رشد، بافت خاک.

مقدمه

افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش نیاز به آب و مواد غذایی، کاهش ریزشهای جوی و پراکندگی نامتناسب این ریزشها و کاهش سطح آب زیرزمینی در کشور، تامین آب برای منطقه مرکزی کشور را به چالشی ملی تبدیل کرده که با حل آن نه تنها مشکل تامین آب برطرف شده بلکه برخی از مشکلات اقتصادی-اجتماعی ناشی از مشکل کم آبی را برطرف می‌نماید. بنابراین سیاست‌گذاری‌ها برای آینده اساساً باید مبتنی بر استفاده کارآتر از منابع آب و خاک باشد. 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 گاهاً 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. دورنباس و پروت (۱۹۷۷) در نشریه شماره ۲۴ فائو و آلن و همکاران (۱۹۹۸) در نشریه شماره ۵۶ فائو ضرایب گیاهی برای برخی از گیاهان ارائه نموده است. در صورتی که عوامل مدیریت و زراعی به گونه‌ای مطلوب باشد که گیاه در شرایط اقلیمی مشخص بیشترین تولید داشته باشد ضریب گیاهی بدست آمده را ضریب گیاهی استاندارد می‌نامند (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین 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). کانگ شوزهانگ و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند کم آبیاری موجب کاهش معنی‌دار تبخیر-تعرق گیاه ذرت در طول فصل رشد می‌گردد، این اثر در مرحله میانی رشد ذرت بیشتر از مراحل ابتدایی و نهایی رشد بود. کاترجی و همکاران (۲۰۱۰) صحت روش ارائه شده در نشریه ۵۶ فائو برای برآورد تبخیر-تعرق در شرایط تنش شوری در منطقه مدیترانه‌ای ایتالیای جنوبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق بر روی گیاه زمستانه باقلا و گیاه بهاری سیب‌زمینی در لایسیمتری در تیمارهای مختلف شوری خاک 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. تان و همکاران (۲۰۰۱) به بررسی تاثیر زهکشی و نحوه شخم خاک بر محتوای آب خاک در منطقه ریشه، رواناب و تبخیر-تعرق ذرت در اونتاریو جنوبی^۱ و بر روی خاک لوم رسی پرداختند. 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. اخوان و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی نشان دادند که تراکم خاک موجب کاهش عملکرد اندام هوایی و زمینی گیاه گندم شده است لیکن تفاوت معنی‌داری در وزن ساقه در خاک شنی مشاهده نگردیده است. زینگ‌زانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که افزودن کود، وجود مالچ و همچنین شخم عمیق موجب افزایش میزان محصول گندم و ذرت گردیده است. همچنین میزان تبخیر-تعرق و راندمان کاربرد آب بر اثر افزودن کود و شخم عمیق افزایش یافته است که بیشترین اثر افزایشی در ضریب گیاهی در مرحله میانی و کمترین میزان افزایش آن در مرحله ابتدایی رشد می‌باشد.

فقیر بودن خاک‌های مناطق مرکزی کشور و کمبود مواد آلی خاکها به عنوان یک تنش محیطی برای گیاهان باعث می‌شود که میزان تبخیر-تعرق گیاهان متفاوت از تبخیر-تعرق محاسباتی بر اساس نشریه ۵۶ فائو باشد. علاوه بر این ضرایب گیاهی ارائه شده در نشریه ۵۶ 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 فقیر بودن خاک از نظر مواد آلی و اثرات آنها بر روی تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی اندک می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثر افزودن کود به خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در سه بافت متفاوت خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت، 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 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 میکرو لایسیمتر انجام شد. در این تحقیق از میکرو لایسیمتر 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. خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک می‌باشد. خاک سنگین با بافت لوم رسی از محل

¹Southern Ontario

مزرعه، خاک سبک با بافت لوم شنی از مزرعه کشاورزی در منطقه روشن دشت در فاصله ۶ کیلومتری از مزرعه آزمایشی تهیه شد و خاک با بافت لوم از ترکیب و اختلاط مساوی دو بافت سبک و سنگین تهیه گردید. آب آبیاری از چاه آب در نزدیکی محل مزرعه تهیه شد. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و آب آبیاری در جداول ۲، ۱ و ۳ آورده شده است.

جدول (۱): مشخصات فیزیکی خاکهای مورد مطالعه

وزن مخصوص ظاهری ($g \cdot cm^{-3}$)	درصد رطوبت پژمردگی دائم ($cm^3 \cdot cm^{-3}$)	درصد رطوبت ظرفیت زراعی ($cm^3 \cdot cm^{-3}$)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت
۱/۲۷	۱۵/۵	۳۳/۷	۱۸	۲۶	۳۸	لوم رسی سیلتی
۱/۵	۱۱	۲۳/۵	۱۹	۲۹	۴۴	لوم شنی
۱/۳۸	۱۲/۵	۲۹	۶۳	۴۵	۱۸	لوم

جدول (۲): نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

بافت	شوری ($dS m^{-1}$)	اسیدیته	سدیم ($meq l^{-1}$)	کلسیم ($meq l^{-1}$)	منیزیم ($meq l^{-1}$)	نیترات ($meq l^{-1}$)	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 (۳): 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

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 افزودن کود خاک در این تحقیق در نظر گرفته شد. برای اعمال سطوح مختلف افزودن کود خاک در میکروولایسیمترها ابتدا رطوبت خاک‌ها و وزن مخصوص ظاهری خاک‌ها در شرایط تراکم طبیعی خاک مزرعه تعیین گردید و سپس با توجه به حجم میکروولایسیمتر وزن خشک خاک‌ها برای بافت‌های مختلف لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی محاسبه شده و قبل از پر کردن میکروولایسیمترها کود کاملاً نرم و پوسیده مشابه با کود مورد استفاده در منطقه (مخلوط کود گاو، کوسفند، 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 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، در اطراف محل طرح به مساحت ۵۰۰ متر مربع، ذرت مشابه با شرایط تحقیق کشت گردید.

با استفاده از رابطه (۱) که بیان آب در خاک را بیان می‌کند، میزان تبخیر-تعرق ذرت بین دو آبیاری متوالی در طول فصل زراعی تعیین گردید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$ET_c = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW$$

در این رابطه I مقدار آب آبیاری، P میزان بارندگی، RO میزان رواناب، DP مقدار آب خروجی از زهکش، CR مقدار صعود مؤئینه 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 میکرولاسیمتر 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 میکرولاسیمترها از آب اشباع گردید. پس از خارج شدن آب ثقلی از خاک (۱۲ تا ۴۸ ساعت بسته به بافت خاک) رطوبت خاک برابر رطوبت ظرفیت زراعی (FC) می‌شود. با تبخیر آب از سطح خاک و مصرف آب توسط گیاه از میزان رطوبت خاک تا آبیاری بعدی کاسته می‌شود. با آبیاری مجدد و پس از گذشت ۱۲ تا ۴۸ 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 ۲۰ روز اول رشد که ریشه گیاه سطحی است یک روز در میان و در بقیه دوره رشد هر چهار روز یکبار انجام گردید. پس از رسیدن بوته‌های ذرت به شش برگی تعداد بوته در هر میکرولاسیمتر به یک بوته در هر میکرولاسیمتر کاهش داده شد. نهایتاً ۹۲ 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 تشتت تبخیر با ضریب کانکا بهترین روش تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌باشد (۱، ۲، ۳، ۸). 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 (۱) به دلیل نزدیکی به زمان تحقیق حاضر (سال ۱۳۸۷) 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.

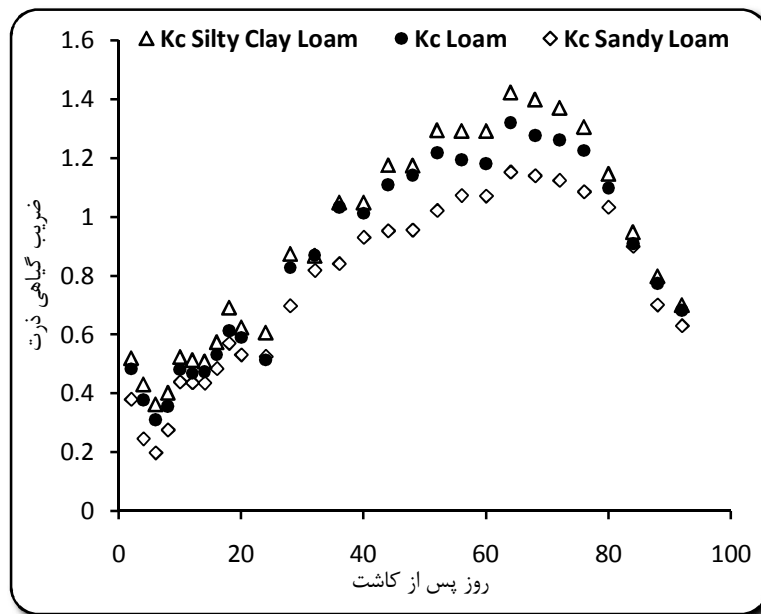
دوره رشد گیاه به چهار دوره ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی رشد تقسیم می‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) و ضریب گیاهی در هر دوره رشد از تقسیم مقدار تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده ذرت بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در همان دوره زمانی بدست آمد (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۶). در این تحقیق با توجه تعریف ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو، دوره رشد گیاه ذرت تعیین گردید و سپس ضریب گیاهی برای دوره مورد نظر تعیین شد. بافت‌های خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی با حروف SCL، L و SL و سطوح بدون افزودن کود به خاک، 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

- منحنی ضریب گیاهی ذرت در شرایط طبیعی خاکهای مختلف

نسبت $\frac{ET_c}{ET_0}$ ذرت (ضریب گیاهی) برای سه نوع بافت خاک در شکل ۱ آورده شده است. نتایج این شکل نشان می‌دهد که ضریب گیاهی ذرت در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی در مراحل مختلف رشد بیشتر از ضریب گیاهی ذرت در خاک لوم شنی می‌باشد. مقایسه نمودارهای ضریب گیاهی ذرت برای سه بافت خاک نشان می‌دهد که بافت خاک بر روی مقدار حداکثر یا

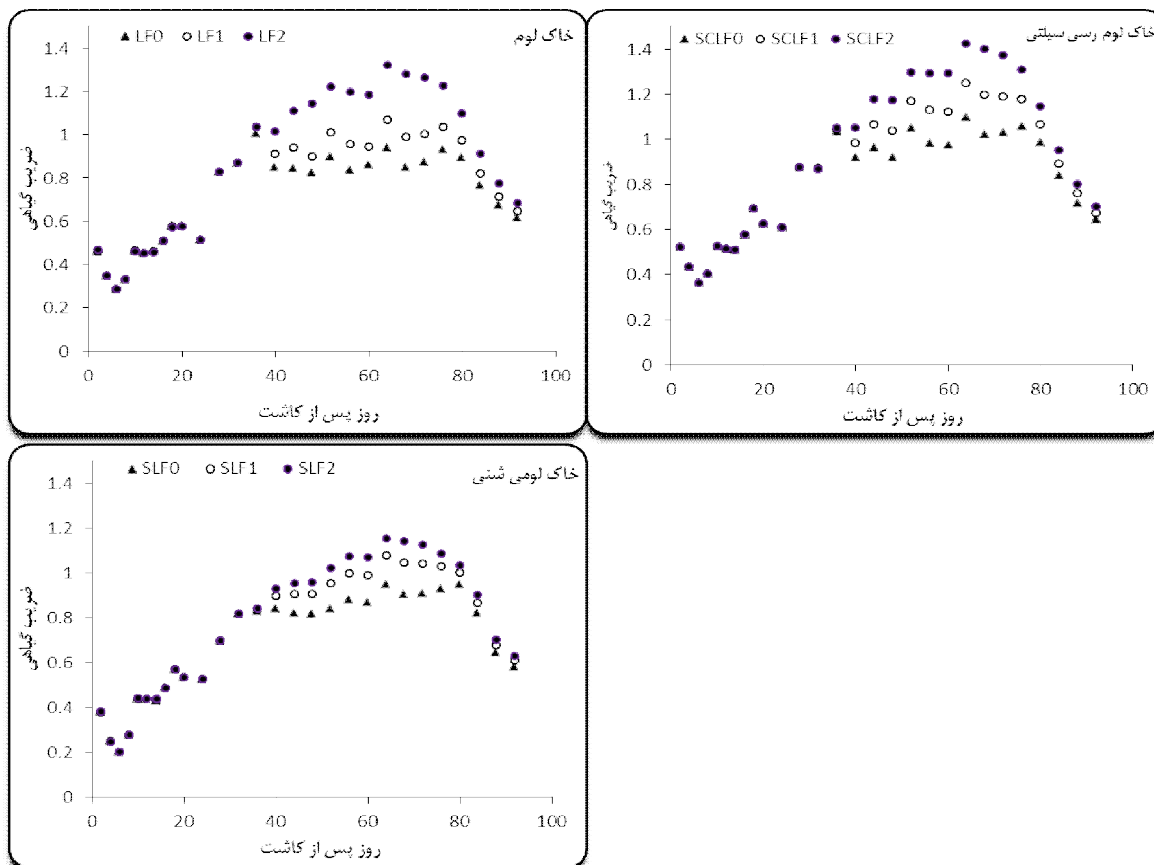
حداقل ضریب گیاه موثر بود ولی بر روی زمان آن اثری نداشت. این امر نشان می‌دهد زمان حداکثر و حداقل آبیاری بیشتر از اینکه تحت تاثیر بافت خاک باشد به شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه بستگی دارد ولی در مقدار ضریب گیاهی، بافت خاک اثر قابل توجهی داشت. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در خاکهای لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی به ترتیب ۱/۴۲، ۱/۳۲ و ۱/۱۵ در روز ۶۴ ام پس از کاشت و کمترین مقدار آن برای هر سه خاک به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲۵ و ۰/۳۶ در روز هشتم از فصل رشد ذرت از کاشت حاصل گردید. علت بیشتر بودن مقدار ضریب گیاهی در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی، تبخیر بیشتر آب از سطح این خاکها نسبت به خاک لوم شنی در مرحله ابتدایی رشد گیاه و بیشتر بودن رشد و مقدار تعرق گیاه در این خاکها می‌باشد.



شکل (۱): ضریب گیاهی ذرت در طول فصل رشد در سه بافت خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لومی شنی

- اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت در بافتهای مختلف خاک

شکل ۲ اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاکهای مختلف را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLF2، LF2 و SLF2 به ترتیب ۱/۴۲، ۱/۳۲ و ۱/۱۶ در روز ۶۴ ام از زمان کاشت و کمترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای SCLF0، LF0 و SLF0 به ترتیب برابر ۰/۳۶، ۰/۲۸ و ۰/۲ در روز ششم فصل رشد حاصل گردید. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک افزودن کود به 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 ۲ 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.



شکل (۲): اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در بافت‌های مختلف خاک

نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای افزودن کود به خاک برای سه بافت خاک در جدول ۴ ارائه شده است. نوع خاک در تمام مراحل رشد اثر معنی‌داری (در سطح یک درصد) بر ضریب گیاهی ذرت داشته است. در هر سه نوع خاک، تفاوت ضریب گیاهی در تیمارهای مختلف افزودن کود به خاک در مرحله ابتدایی رشد معنی‌دار نشد ولی در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد گیاه (در سطح یک درصد) معنی‌دار شده است (جدول ۴). اثر متقابل افزودن کود به خاک و بافت خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد (در سطح یک و پنج درصد) معنی‌دار نشد.

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

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
Kc late	mid Kc	Kc development	Kc initial		
۰/۰۴۱**	۰/۰۷**	۰/۰۳۶**	۰/۰۲۹**	۲	بافت خاک
۰/۰۱۴**	۰/۱۵**	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۱	۲	افزودن کود به خاک
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۳	۴	افزودن کود* بافت خاک
۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۱۸	خطا

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

اثر افزودن کود به خاک و بافت خاک بر مقدار ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد در جدول ۵ 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 (۰/۵۲۳) و کمترین مقدار آن در خاک لوم شنی (۰/۴۱۰) شد. در مرحله ابتدایی رشد تبخیر جزء اصلی تبخیر-تعرق را تشکیل می‌دهد و در خاک لوم و لوم

رسی سیلنتی 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 ۵/۳ و ۷/۹ درصدی ضریب گیاهی مرحله توسعه ذرت شده است. این مقادیر برای تیمارهای LF1 و LF2 به ترتیب برابر ۶ و ۱۱ درصد و برای تیمارهای SLF1 و SLF2 به ترتیب برابر با ۶/۱ و ۶/۵ درصد بود (جدول ۵). مقایسه ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد در تیمارهای مختلف افزودن کود به خاک نشان می‌دهد که اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بیشتر از بقیه مراحل رشد گیاه می‌باشد (جدول ۵). نتایج این جدول نشان می‌دهد افزودن یک و دو درصد کود به خاک موجب افزایش ۱۳/۳ و ۲۷ درصد در ضریب گیاهی مرحله میانی ذرت در خاک لوم رسی سیلنتی می‌شود. مقایسه این مقادیر با مقادیر مشابه خاک لوم نشان می‌دهد که اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی مرحله میانی رشد ذرت در خاک لوم بیشتر از خاک لوم رسی سیلنتی 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.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد تاثیر افزودن کود به خاک بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله پایانی رشد گیاه در خاک لوم بیشتر از خاک‌های لوم رسی سیلنتی و لوم شنی می‌باشد. به طور کلی بیشترین تاثیر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در تیمار LF2 (۳۷/۸ درصد) و کمترین مقدار آن صفر در مرحله ابتدایی رشد ذرت و در تیمارهای SCLF1، SCLF2 و SLF2 می‌باشد (جدول ۵).

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

میانگین ضریب گیاهی				تیمار
مرحله نهایی	مرحله میانی	مرحله توسعه	مرحله ابتدایی	
۰/۷۳۲c	۱/۰۲۴d	۰/۹۲۹b	۰/۵۲۳a	SCLF0
۰/۷۷۴b	۱/۱۶۰bc	۰/۹۷۸a	۰/۵۲۳a	SCLF1
۰/۸۱۵a	۱/۳۰۰a	۱/۰۰۲a	۰/۵۲۳a	SCLF2
۰/۶۸۴d	۰/۸۸۰f	۰/۸۷۴c	۰/۴۵۱b	LF0
۰/۷۲۶c	۰/۹۹۴de	۰/۹۲۶b	۰/۴۵۱b	LF1
۰/۷۸۹ab	۱/۲۱۳ab	۰/۹۷۰a	۰/۴۵۱b	LF2
۰/۶۱۳f	۰/۹۰۱ef	۰/۸۱۰d	۰/۴۱۱c	SLF0
۰/۶۴۴ef	۱/۰۰۶d	۰/۸۵۹c	۰/۴۱۲c	SLF1
۰/۶۶۶de	۱/۰۶۶cd	۰/۸۶۳c	۰/۴۱۱c	SLF2

در هر ستون تیمارهای دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

بررسی اثر افزودن کود در سه بافت خاک نشان داد که افزودن کود به خاک موجب افزایش ضریب گیاهی ذرت در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد گردید. در ابتدای رشد گیاه، ریشه گیاه کوچک بوده و نیاز آن به مواد غذایی کم است. از طرف دیگر تبخیر جزء اصلی تبخیر-تعرق را تشکیل می‌دهد و افزودن یک و دو درصد کود اثری بر روی تبخیر از سطح خاک نداشته و لذا افزودن کود به خاک اثر معنی‌داری بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است. بیشترین تاثیر افزودن کود به خاک بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بدست آمد. تاثیر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در خاک‌های لوم و لوم رسی سیلنتی به دلیل وجود مواد آلی و تبخیر بیشتر از سطح خاک‌های لوم و لوم رسی سیلنتی و آب شویی بیشتر از خاک لوم شنی می‌باشد.

منابع

- ۱- اخوان، س.، شعبانپور، م. و اصفهانی، م. ۱۳۹۱. اثر تراکم و بافت خاک بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی گندم. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی ایران)، ۲۶(۳): ۷۳۵-۷۲۷.
- ۲- 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.
- ۳- 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.
- ۴- رحیم زادگان، ر. ۱۳۷۰. جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۲(۲و۱): ۱-۱۰.
- ۵- عزیززاده، 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 منطقه‌ای 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 روش‌های 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 sline environment condition ,validation on potato & board 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- Shoazhong K., Huanjie C and Jianhua Z. 2000. Estimation of maize evapotranspiration under water deficit s in semiarid arid. *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.