

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

محمد قربانیان، عبدالمجید لیاقت^{۱*} و حمیده نوری

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

ghorbanian110@ut.ac.ir

استاد گروه آبیاری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

aliaghat@ut.ac.ir

استادیار گروه آبیاری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

hnoory@ut.ac.ir

چکیده

به منظور تدوین برنامه آبیاری مناسب و دقیق، تعیین نیاز آبی گیاهان در شرایط مختلف محیطی ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش، اثر تراکم و بافت خاک بر ضریب گیاهی و تبخیر-تعرق گیاه ذرت بررسی شد. 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 تراکم خاک (تراکم طبیعی خاک‌های مزرعه، تراکم با رها کردن ۲۵ و ۵۰ بار وزنه ۲/۵ کیلوگرمی (بر اساس آزمایش استاندارد پراکتور))، در سه تکرار در مزرعه آزمایشی در بخش جی و قهاب شهرستان اصفهان به اجرا درآمد. به منظور تعیین تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش تشت تبخیر و برای تعیین تبخیر-تعرق واقعی از روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکرولاسیمتر زهکش‌دار به قطر ۳۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد با افزایش تراکم خاک تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد کاهش می‌یابد. بیشترین میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی با تراکم طبیعی (جرم مخصوص ظاهری ۱/۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) برابر با ۸/۷۶ میلی‌متر بر روز و در دهه پنجم رشد بدست آمد و از کمترین میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در این دهه ۷۰ درصد بیشتر شد. افزایش تراکم خاک (دومین تراکم) موجب کاهش ۲۳٪، ۲۰٪/۸ و ۱۲٪/۸ درصدی مجموع تبخیر-تعرق ذرت به ترتیب در خاک لوم، لوم رسی سیلتی و لوم شنی شد. در هر سه بافت خاک کمترین و بیشترین تاثیر فشردگی خاک بر ضریب گیاهی ذرت به ترتیب در مرحله ابتدایی و میانی رشد حاصل شد. بیشترین و کمترین تاثیر افزایش تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد به ترتیب ۳/۴۰ درصد در خاک لوم با دومین سطح تراکم و ۷/۲۰ درصد در خاک لوم شنی با دومین سطح تراکم بود.

واژه‌های کلیدی: رشد ریشه، میکرولاسیمتر، مراحل رشد ذرت، نیاز آبی، نوع خاک

۱ - آدرس نویسنده مسئول: کرج، چهار راه دانشکده، گروه آبیاری دانشکده کشاورزی، کد پستی ۳۱۵۸۷-۷۷۸۷۱

* دریافت: دی ۱۳۹۲ و پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

مقدمه

میزان تبخیر-تعرق ذرت شده است. تیمارهای شخم خاک اثری بر میزان تبخیر-تعرق گیاه ذرت نداشته، ولی موجب افزایش رواناب سطحی در فصل غیر رشد شده است (تان و همکاران، ۲۰۰۱).

اخوان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی نشان دادند تراکم خاک موجب کاهش عملکرد اندام هوایی (وزن ساقه، برگ و سنبله) و زیرزمینی (وزن و حجم ریشه) گیاه گندم شده، لیکن تفاوت معنی‌داری در وزن ساقه در خاک شنی مشاهده نشده است. تیلور و راتلیف (۱۹۶۹) نشان دادند در شرایطی که مقاومت مکانیکی خاک ۰/۵ مگاپاسکال است، نسبت رشد ریشه گیاهان پنبه و بادام زمینی در خاک کاهش پیدا می‌کند. زینگ‌زانگ و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که افزودن کود، وجود مالچ و همچنین شخم عمیق موجب افزایش میزان محصول گندم و ذرت شده است. همچنین، میزان تبخیر-تعرق و روانمان 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.

شرایط رشد گیاهان در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل شخم نامناسب و تراکم خاک زیرین متفاوت از شرایط استاندارد پتانسیل رشد - شرایطی که در آن بیشترین عملکرد محصول در اقلیمی مشخص تولید شود - (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) است. بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که در زمینه تنش‌های شوری و کم آبی و اثرات این تنش‌ها بر تبخیر-تعرق گیاهان مطالعات متعددی انجام شده، لیکن به نظر می‌رسد پژوهش‌های چندانی در مورد تاثیر تراکم خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی انجام نشده باشد. لذا، هدف از این پژوهش، بررسی اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-

رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع آب و خاک، بازنگری در استفاده از این منابع را ضروری می‌سازد. سیاست‌گذاری‌ها برای آینده اساساً باید مبتنی بر استفاده کارآتر از منابع آب و خاک باشد. برآورد میزان آب مورد نیاز از اولین و مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیاز آبیاری است. برآورد کمتر از میزان واقعی آب مورد نیاز منجر به اعمال تنش در گیاهان، تغییر الگوی کشت پیش‌بینی شده و کاهش سوددهی مزارع می‌شود. بیش برآورد میزان آب مورد نیاز نیز منجر به افزایش هزینه احداث شبکه انتقال آب و گاه‌ها غیراقتصادی بودن طرح یا پروژه، کاهش روانمان کاربرد آب، افزایش تلفات کود و در نتیجه افزایش تولید زهاب با کیفیت پایین می‌شود (میرزایی، ۱۳۸۵).

سازمان خوار و بار جهانی برای برآورد 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 می‌شود. لیکن نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که استفاده از ضرایب گیاهی ارائه شده در نشریه فائو برای منطقه هند و جنوب آسیا مناسب نیست و اصلاح این ضرایب با توجه به شرایط اقلیمی ضروری است (بن‌لی و همکاران، ۲۰۰۶ و کشیاب و پاندا، ۲۰۰۱). 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 یادشده ارائه شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

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^۲ و بر روی خاک لوم رسی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد مدیریت آبیاری با زهکشی کنترل شده موجب افزایش

²Southern Ontario

شامل سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک است. خاک سنگین با بافت لوم رسی سیلتی و با ۱۸ درصد شن، ۴۴ درصد سیلت و ۳۸ درصد رس از محل مزرعه تهیه شد. 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 شش کیلومتری از مزرعه پژوهشی 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 می باشد. آب آبیاری از چاه آب در نزدیکی مزرعه تهیه شد. 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 می باشد. نتایج تجزیه شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه و آب آبیاری در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است.

تعرق و 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 است.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار بافت و سه تیمار تراکم خاک (شامل تراکم طبیعی خاک مزرعه، تراکم با رها کردن ۲۵ و ۵۰ بار وزنه ۲/۵ کیلوگرمی (بر اساس آزمایش استاندارد پراکتور (حیدریان، ۱۳۹۰)، در سه تکرار و مجموعاً در ۲۷ میکرو لایسیمتر انجام شد. در این پژوهش از میکرو لایسیمتر زهکش‌دار به ارتفاع ۸۰ و قطر ۳۲ سانتی متر که در آن‌ها لوله ۱۶ میلی متری سوراخ‌دار با پوشش مصنوعی (پارچه‌ای) و پوشش شنی به عنوان زهکش تعبیه شده بود، استفاده شد. خاک استفاده شده

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) | نیترات (meq l ⁻¹) | آهک (%) | کربن آلی (%) | 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 | 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 | سدیم | کلسیم | منیزیم | سولفات (meq l ⁻¹) | کلر | بی کربنات | کربنات |
|----------------------------|---------|------|-------|--------|-------------------------------|-----|-----------|--------|
| ۱/۲ | ۷/۴ | ۳/۳ | ۴/۲ | ۳/۱ | ۱/۹ | ۵/۱ | ۳/۱ | ۰ |

دو سطح دیگر تراکم خاک‌ها بر اساس آزمایش‌های استاندارد پراکتور (۲۵ و ۵۰ ضربه بر روی خاک) اعمال شد (حیدریان، ۱۳۹۰). جدول (۳) وزن مخصوص ظاهری تیمارهای مختلف خاک شامل تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک را نشان می‌دهد.

برای اعمال سطوح تراکم خاک در میکرو لایسیمترها، ابتدا جرم مخصوص ظاهری خاک دست نخورده با اندازه‌گیری حجم و وزن خشک خاک تعیین شد. جرم مخصوص ظاهری بدست آمده به عنوان شاهد تراکم برای خاک طبیعی مزرعه در نظر گرفته شد و

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 سانتی متر بالایی خاک شخم خورده و دارای تراکم طبیعی است. بنابراین، در همه تیمارهای تراکم خاک، ۲۰ سانتی متر بالایی خاک درون میکرولاسیمتر با تراکم طبیعی از خاک پر شد. با مشخص بودن حجم میکرولاسیمتر و جرم مخصوص ظاهری خاک در سطوح مختلف تراکم خاک (تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک) وزن خاک لازم که باید در هر میکرولاسیمتر ریخته شود، محاسبه و تراکم خاک در دو لایه ۲۵ سانتی متری با رها کردن وزنه ۲/۵ کیلوگرمی از ارتفاع ۵۰ سانتی متر اعمال شد (حیدریان، ۱۳۹۰).

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 شد و میکرولاسیمترها در سه ردیف (سه تکرار) به فاصله ۷۵ سانتی متر، کنار هم قرار داده شد. پس از تهیه تیمارها، تعداد چهار بندر ذرت رقم N.S.540 (رقم میان رس) در عمق ۳-۵ سانتی متری خاک در ۱۵ مرداد ماه کشت شد. به منظور کاهش اثر حاشیه‌ای بر تبخیر-تعرق، اطراف محل طرح به مساحت ۵۰۰ متر مربع، ذرت مشابه شرایط آزمایش کشت شد. پس از رسیدن بوته‌های ذرت به شش برگی، تعداد بوته در هر میکرولاسیمتر به یک بوته در هر میکرولاسیمتر کاهش داده شد.

بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش‌های انجام شده در منطقه اصفهان، روش تشت تبخیر با ضریب کانکا بهترین روش تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌باشد (هاشمی گرمدره‌ای و همکاران، ۱۳۸۴ و امیری و همکاران، ۱۳۸۷). لذا، در این پژوهش، از این روش برای

محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه شرق اصفهان (نزدیک‌ترین ایستگاه به مزرعه) استفاده شد. ضریب کانکا ماهانه بدست آمده در پژوهش امیری و همکاران (۱۳۸۷) به دلیل نزدیکی به زمان پژوهش حاضر که اثر تغییر اقلیم در آن ناچیز است، 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 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 صرف نظر شد.

تبخیر-تعرق گیاه ذرت به صورت مستقیم و به روش بیلان حجمی آب خاک با استفاده از میکرولاسیمتر زهکش‌دار اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه (۱) که بیلان آب در خاک را نشان می‌دهد، میزان تبخیر-تعرق ذرت بین دو آبیاری متوالی در طول فصل زراعی تعیین شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

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

که در آن:

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

و مقایسه اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی با استفاده از نمودارها و نرم افزار SAS9.2 انجام شد. نهایتاً، ۹۲ روز پس از کاشت، در اوایل مرحله خمیری شدن دانه‌ها (زمان رسیدن به مرحله برداشت سیلویی)، برداشت ذرت انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق روزانه ذرت

در شکل (۱) اثر تراکم خاک بر تبخیر-تعرق روزانه ذرت در خاک‌های لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی ارائه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد با افزایش تراکم خاک، تبخیر-تعرق ذرت در مراحل مختلف رشد در هر سه نوع خاک کاهش می‌یابد شکل (۱-الف)، (ب و ج). این شکل نشان می‌دهد که اثر تراکم خاک بر تبخیر-تعرق ذرت در مرحله ابتدایی رشد ناچیز است. زیرا در این مرحله ریشه‌ها کوچک بوده و برای تیمارهای مختلف خاک در ۲۰ سانتی‌متر بالایی میکرولاسیمتر، خاک با تراکم طبیعی در نظر گرفته شد و ریشه برخوردی با لایه متراکم‌تر نداشته است.

با افزایش رشد گیاه و برخورد ریشه با لایه متراکم، رشد ریشه محدود شده و لذا رشد گیاه کاهش یافته و تعرق گیاه کمتر می‌شود. در انتهای فصل رشد نسبت به مرحله میانی رشد ذرت از سرعت رشد ریشه کاسته می‌شود و مشاهده می‌شود اثر افزایش تراکم خاک بر رشد ریشه و گیاه و به دنبال آن بر کاهش تبخیر-تعرق کاهش یافته است. مقایسه شکل‌های (۱-الف) و (۱-ب) با شکل (۱-ج) نشان می‌دهد که اثر افزایش فشردگی خاک بر کاهش تبخیر-تعرق ذرت در مرحله میانی رشد گیاه در خاک لوم رسی سیلتی و لوم (به علت وجود رس بیشتر و مقاومت بیشتر در مقابل حرکت ریشه در شرایط تراکم خاک زیرین) بیشتر از خاک لوم شنی است.

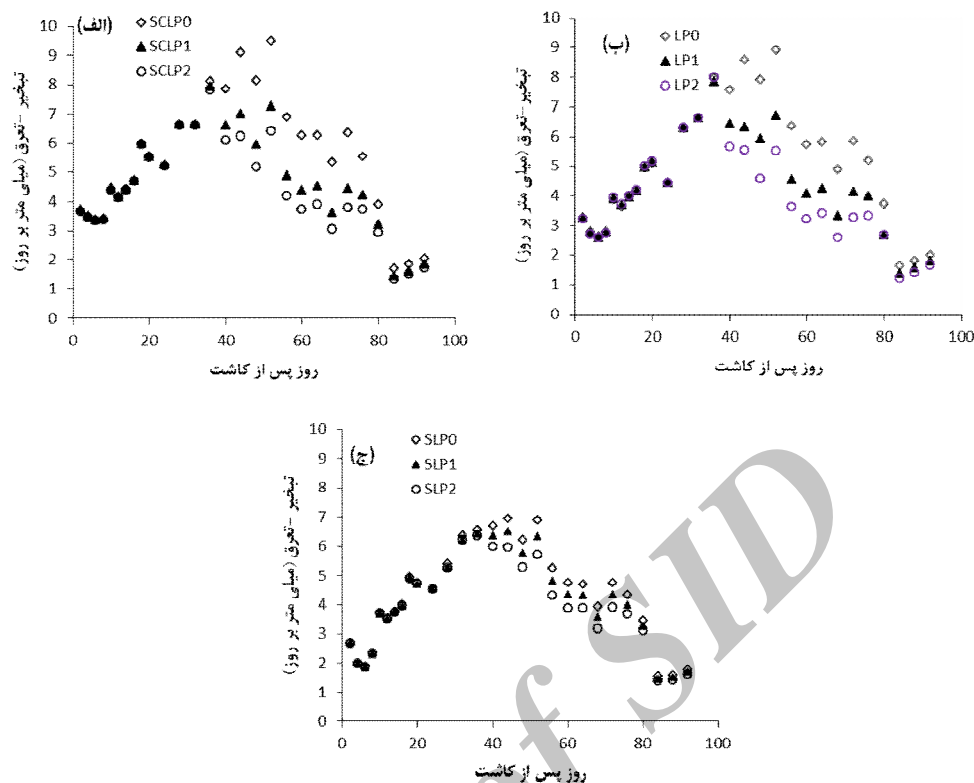
است. با توجه به کشت ذرت در میکرولاسیمتر زهکش دار و عدم وجود سطح ایستابی، میزان CR, RO و ΔSF صفر لحاظ شد.

مقدار آب آبیاری و آب خروجی از زهکش‌ها با استفاده استوانه مدرج اندازه‌گیری شد و حجم آب بارندگی از داده‌های ایستگاه هواشناسی استخراج شد. نحوه انجام آبیاری به این صورت بود که ابتدا (آبیاری اول) خاک درون میکرولاسیمترها از آب اشباع شد. 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 به وسیله 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. 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 شد.

بر طبق تعریف فائو دوره رشد گیاه به چهار دوره ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی رشد تقسیم می‌شود که ضریب گیاهی در هر دوره رشد از تقسیم مقدار تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده ذرت بر تبخیر-تعرق گیاه مرجع در همان دوره زمانی بدست می‌آید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

در این پژوهش، با توجه تعریف ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو، دوره رشد گیاه ذرت تعیین و سپس ضریب گیاهی برای دوره مورد نظر تعیین شد. بافت‌های خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی با حروف SCL, L, SL و سطوح تراکم طبیعی، اولین و دومین تراکم خاک به ترتیب با حروف P0, P1 و P2 نامگذاری شد. تحلیل



شکل ۱- اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق ذرت در خاک (الف) لوم رسی سیلتی (ب) لوم (ج) لوم شنی

معنی‌داری داشتند و در کل دوره رشد تفاوت تیمارهای بافت خاک در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق ذرت در دهه‌های اول و سوم و چهارم و نهم غیر معنی‌دار و لیکن در دهه‌های دوم و پنجم در سطح یک درصد و بقیه دهه‌های رشد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل تراکم و بافت خاک بر کل تبخیر-تعرق ذرت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تبخیر-تعرق گیاه ذرت در تیمارهای بافت و تراکم خاک در جدول (۴) ارائه شده است. مقادیر تبخیر-تعرق ذرت در دوره‌های ۱۰ روزه و در کل دوره رشد در تیمارهای مختلف تراکم خاک (به جز دهه اول و سوم رشد) در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. مقادیر تبخیر-تعرق ذرت در دوره‌های ۱۰ روزه در تیمارهای مختلف بافت خاک در ۵۰ روز اول به جز دهه چهارم در سطح یک درصد و در دهه چهارم و ۵۲ روز آخر در سطح پنج درصد تفاوت

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس تبخیر-تعرق ده روزه ذرت در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک

| مجموع تبخیر-تعرق | میانگین مربعات در دهه | | | | | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات | |
|------------------|-----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|------------|---------------|------------------|
| | نهم | هشتم | هفتم | ششم | پنجم | چهارم | سوم | دوم | | | اول |
| ۷۳۹۹* | ۰/۰۱۷* | ۰/۲۸* | ۰/۴۷* | ۰/۷۶* | ۱/۶۱** | ۱/۹۲* | ۱/۷۷* | ۱/۴۴** | ۲/۹۸** | ۲ | بافت خاک |
| ۱۹۳۹۹** | ۰/۱۸۹** | ۴/۳** | ۹/۳** | ۱۲/۳** | ۱۴/۸** | ۰/۹۷** | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۰۱** | ۰/۰۰۰۰۹ | ۲ | تراکم خاک |
| ۸۰۴* | ۰/۰۰۶ | ۰/۲۱* | ۰/۳۸* | ۰/۴۷* | ۰/۷۴** | ۰/۰۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۲** | ۰/۰۰۰۵ | ۴ | تراکم * بافت خاک |
| ۲۵۹ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۷ | ۰/۱۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۲ | ۱۸ | خطا |

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

شده است. مقایسه اثر بافت خاک بر تبخیر-تعرق ذرت در مرحله ابتدایی رشد نشان می‌دهد که در دهه اول و دوم

مقایسه میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک در جدول (۵) ارائه

در ۲۰ سانتی متر بالایی خاک و عدم برخورد ریشه با لایه متراکم خاک در مرحله ابتدایی رشد گیاه اثر چندانی بر تبخیر-تعرق ذرت نداشته است. با افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش رشد ریشه، افزایش تراکم در خاکها از P0 به P1 و P2 منجر به کاهش تبخیر-تعرق ذرت می شود. با افزایش تراکم خاک رشد ریشه محدود شده و موجب کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تبخیر-تعرق ذرت می شود.

بیشترین میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی با تراکم طبیعی برابر با ۸/۷۶ میلی متر بر روز و در دهه پنجم رشد است و از کمترین میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در این دهه ۷۰ درصد بیشتر شد. کمترین میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در این دهه (۵/۱۶ میلی متر در روز) در تیمار LP2 می باشد.

رشد گیاه، بیشترین تبخیر-تعرق روزانه ذرت (۳/۶۷ و ۴/۹۵ میلی متر بر روز) در خاک لوم رسی سیلتی با تراکم طبیعی و کمترین مقدار (۲/۵۰ و ۴/۱۶ میلی متر بر روز) در خاک لوم شنی با تراکم طبیعی می باشد جدول (۵). قابلیت نگهداری آب خاک در خاکهای با بافت سنگین 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 می دهد که میزان تبخیر-تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی بیشتر از خاک لوم و در خاک لوم بیشتر از خاک لوم شنی است که علت آن تبخیر بیشتر از خاکهای با بافت سنگین و همچنین وجود مواد آلی بیشتر جدول (۱) در این خاکها می باشد. نتایج جدول (۵) نشان می دهد تراکم خاک به دلیل وجود تراکم طبیعی

جدول ۵- مقایسه میانگین ۱۰ روزه تبخیر-تعرق ذرت در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک

| مجموع تبخیر-تعرق | میانگین تبخیر-تعرق ده روزه (میلی متر بر روز) در دهه | | | | | | | | منابع تغییرات | |
|------------------|---|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|---------------|-------|
| | نهم | هشتم | هفتم | ششم | پنجم | چهارم | سوم | دوم | | اول |
| ۵۱۳/۱۳a | ۱/۸۳a | ۵/۰۲a | ۵/۹۰a | ۷/۱۳a | ۸/۷۶a | ۷/۶۸a | ۶/۰۴a | ۴/۹۴a | ۳/۶۴b | SCLP0 |
| ۴۳۴/۳۲b | ۱/۶۰bc | ۳/۸۴cd | ۴/۱۲c | ۵/۱۳c | ۶/۶۲bc | ۷/۱۳b | ۶/۰۶a | ۴/۹۵a | ۳/۶۷a | SCLP1 |
| ۴۰۶/۱۱cd | ۱/۵۱cde | ۳/۴۲de | ۳/۵۴de | ۴/۴۵de | ۵/۸۶de | ۶/۸۹cd | ۶/۰۴a | ۴/۹۴a | ۳/۶۴b | SCLP2 |
| ۴۷۷/۷۰a | ۱/۷۸a | ۴/۷۲ab | ۵/۴۴a | ۶/۶۰a | ۸/۳۶a | ۷/۵۳a | ۵/۵۹b | ۴/۳۴d | ۳/۰۶c | LP0 |
| ۴۰۲/۶۳cd | ۱/۵۷cd | ۳/۸۴de | ۴/۷۸cd | ۴/۷۸cd | ۶/۲۴cd | ۷/۰۳bc | ۵/۶۰b | ۴/۷c | ۳/۰۵c | LP1 |
| ۳۶۷/۷۶e | ۱/۴۳e | ۳/۰۷e | ۳/۰۶de | ۳/۸۵e | ۵/۱۶e | ۶/۸۱de | ۵/۶۴b | ۴/۴۲b | ۳/۰۵c | LP2 |
| ۴۲۴/۳۸bc | ۱/۶۷b | ۴/۲۷bc | ۴/۸۰b | ۵/۸۴b | ۷/۰۷b | ۶/۶۲e | ۵/۱۶c | ۴/۱۸e | ۲/۵۰d | SLP0 |
| ۳۸۹/۰۳de | ۱/۵۵cd | ۳/۷۷d | ۴/۰۱cd | ۴/۹۲cd | ۶/۱۷cd | ۶/۳۴f | ۵/۱۶c | ۴/۱۷e | ۲/۵۰d | SLP1 |
| ۳۶۹/۷۰e | ۱/۴۸de | ۳/۵۰e | ۳/۶۰cde | ۴/۴۲de | ۵/۶۵de | ۶/۱۹f | ۵/۱۶c | ۴/۱۶e | ۲/۵۰d | SLP2 |

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

کل تبخیر-تعرق ذرت می شود. مقایسه اثر تراکم اول (P1) بر مجموع تبخیر-تعرق در سه خاک نشان می دهد که تراکم اول خاک در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی اثر یکسانی داشته و اثر تراکم در این دو نوع خاک بیشتر از خاک لوم شنی است.

بیشترین اثر تراکم خاک (تراکم دوم، P2) بر کاهش تبخیر-تعرق در خاک لوم (۲۳ درصد) و کمترین مقدار آن در خاک لوم شنی (۱۲ درصد) می باشد جدول (۵). علت این امر مقاومت بیشتر در مقابل حرکت ریشه در خاک لوم بر اثر تراکم خاک نسبت به خاک لوم

مقایسه مجموع تبخیر-تعرق ذرت در تیمارهای مختلف بافت خاک در شرایط تراکم طبیعی نشان می دهد که بیشترین مقدار تبخیر-تعرق ذرت در خاک لوم رسی سیلتی (۵۱۳/۱۳ میلی متر) و کمترین مقدار آن در خاک لوم شنی (۴۲۴/۳ میلی متر) است جدول (۵). علت این امر می تواند تبخیر بیشتر آب از سطح خاک لوم رسی و حاصلخیزی بیشتر خاک لوم رسی سیلتی نسبت به خاک لوم شنی (با توجه به جدول (۱) در این پژوهش باشد.

مقایسه اثر تراکم خاک بر مجموع تبخیر-تعرق ذرت نشان می دهد که تراکم خاک موجب کاهش معنی دار

۰/۲۸ و ۰/۲ در روز ششم فصل رشد حاصل شد. نتایج شکل (۲) نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک، افزایش تراکم خاک اثر چندانی بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته، 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 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.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و تراکم خاک در جدول (۶) 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 داشته، لیکن تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد اثر معنی‌داری نداشت (جدول (۶)). نتایج جدول یادشده 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.

شنی و در نتیجه محدودیت بیشتر رشد ریشه در خاک لوم نسبت به خاک لوم شنی می‌باشد.

مقایسه اثر تراکم خاک بر مجموع تبخیر-تعرق در خاک‌های لوم و لوم رسی سیلتی نشان می‌دهد که اثر تراکم خاک بر کاهش تبخیر-تعرق در خاک لوم بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی است (جدول (۵)).

علیرغم وجود رس بیشتر در خاک لوم رسی سیلتی و به دنبال آن مقاومت بیشتر این خاک در مقابل حرکت ریشه نسبت به خاک لوم، وجود مواد آلی بیشتر در خاک لوم رسی سیلتی و به دنبال آن افزایش رشد گیاه و افزایش تبخیر-تعرق نسبت به خاک لوم و همچنین شرایط تهیه‌ای مناسب‌تر و رشد بیشتر ریشه در خاک لوم در شرایط تراکم طبیعی نسبت به خاک لوم رسی سیلتی در شرایط تراکم طبیعی موجب شده است که با اعمال تراکم، محدودیت اثر تراکم در خاک لوم بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی می‌باشد. مقایسه اثر متقابل تراکم و بافت خاک نشان می‌دهد که بیشترین میزان کل تبخیر-تعرق ذرت در تیمار SCLP0 (۵۱۳/۱۳ میلی‌متر) از کمترین مقدار آن در تیمار LP2 (۳۶۷/۷۶ میلی‌متر)، ۳۹ درصد بیشتر می‌باشد.

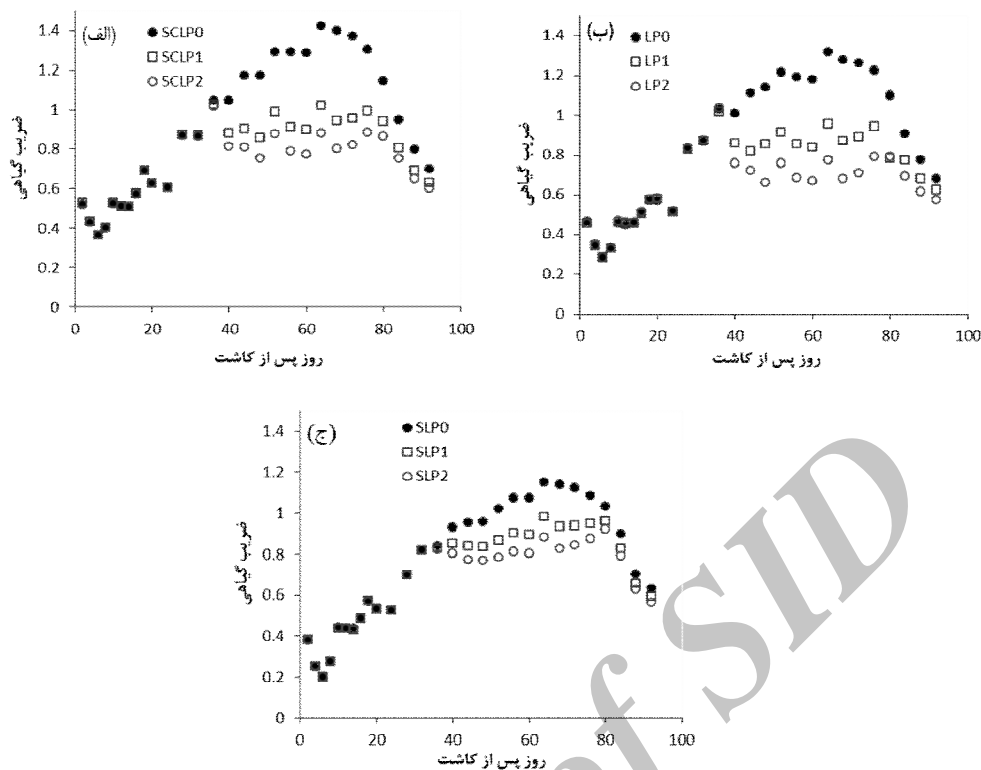
اثر تراکم و بافت خاک بر ضریب گیاهی ذرت

شکل (۲) 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،

جدول ۶- تجزیه واریانس ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و تراکم خاک در مراحل رشد

| میانگین مربعات | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|----------------|--------|----------------|------------|------------|-----------------|
| Kc late | mid Kc | Kc development | Kc initial | | |
| ۰/۰۱۹** | ۰/۰۲** | ۰/۰۲۲** | ۰/۰۲۹** | ۲ | بافت خاک |
| ۰/۰۵۲** | ۰/۳۷** | ۰/۰۳۹** | ۰/۰۰۰۰۴ | ۲ | تراکم خاک |
| ۰/۰۰۳۶** | ۰/۰۱۸* | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰۰۱ | ۴ | تراکم* بافت خاک |
| ۰/۰۰۰۰۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۰۰۷ | ۰/۰۰۰۰۰۰۱ | ۱۸ | خطا |

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



شکل ۲- اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت (الف) خاک لوم رسی سیلتی (ب) خاک لوم (ج) خاک لوم شنی

شده است. 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 یادشده نشان می‌دهد 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. 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 SLP2 و SCLP2 حاصل شد.

مقایسه میانگین ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد در تیمارهای مختلف تراکم و بافت خاک در جدول (۷) ارائه شده است. بیشترین و کمترین ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد به ترتیب در تیمار SCLP0 (۵۲۵/۰) و تیمار SLP2 (۴۱۱/۰) حاصل شد جدول (۷). 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 (۷) همچنین نشان می‌دهد که تراکم خاک در مرحله ابتدایی رشد که ریشه و اندام هوایی گیاه کوچک است اثر معنی‌داری 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

جدول ۷- 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 | ۰/۹۰۲(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 | ۱/۳۱۲a | ۰/۹۷۰a | ۰/۴۵۱c | LP0 |
| ۰/۶۹۳(۱۲/۲)bc | ۰/۸۷۸(۳۷/۶)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 معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند.

نتیجه‌گیری

خاک، بیشتر از خاک لوم شنی شده است. کمترین اثر تراکم خاک بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد در خاک لوم شنی (بافت سبک) به میزان ۲۰/۷ درصد مشاهده شد. نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد کشت بدون خاک‌ورزی زیر خاک‌پوش گیاهی موجب کاهش تبخیر-تعرق ذرت شده (خالدیان و روثل، ۱۳۹۱) و شخم عمیق موجب افزایش میزان تبخیر-تعرق گیاه ذرت و گندم می‌شود که بیشترین اثر افزایشی در مرحله میانی و کمترین میزان افزایش آن در مرحله ابتدایی رشد است (زینگ زانگ و همکاران، ۲۰۱۱). با این حال، پژوهش دیگری نشان می‌دهد که نحوه شخم، اثری بر روی تبخیر-تعرق گیاه ذرت نداشته است (تان و همکاران، ۲۰۰۱).

بررسی اثر تراکم و بافت خاک بر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت نشان داد که تراکم خاک موجب کاهش تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی ذرت در مراحل توسعه، میانی و پایانی رشد شد. به دلیل کوچک بودن ریشه گیاه و وجود تراکم طبیعی در ۲۰ سانتی‌متر بالایی خاک تمام تیمارها، تراکم خاک اثر معنی‌داری بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است. بیشترین تاثیر تراکم خاک بر کاهش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد (۴۰/۳ درصد) و کمترین تاثیر 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

فهرست 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. ۱۳۸۷. تعیین ضریب گیاهی خیار، گوجه و فلفل در گلخانه. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۱۴۶ صفحه.
۳. حیدریان ه. ۱۳۹۰. روش‌های استاندارد آزمون‌های آزمایشگاه مکانیک خاک جلد اول و دوم. انتشارات آوند اندیشه. شیراز. ۳۱۲ صفحه.
۴. خالدیان م. و روثل پ. ۱۳۹۱. بررسی سیستم کشت بدون خاک ورزی زیر خاک‌پوش گیاهی بر میزان تبخیر و تعرق. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶(۲): ۳۷۲-۳۸۰.
۵. رحیم زادگان ر. ۱۳۷۰. جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۲ (۲۰۱): ۱-۱۰.
۶. میرزایی م. ۱۳۸۵. تعیین تبخیر و تعرق و ضریب 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. ۱۶۳ صفحه.

۷. 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. (سال تحقیق ۱۳۸۳-۱۳۸۴، دانشگاه صنعتی اصفهان).

8. Allen, R.G. Pereira L.S. Raes D and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO. Rome, Italy. 326 pp.
9. 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.
10. 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.
11. Katerji, N. Mastrorilli M. and Lahmar F. 2011. Fao-56 methodology for the stress coefficient evaluation under saline environment condition. Validation on potato & board bean crops. *Agriculture Water Management*, 98(4): 588-596.
12. 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(1-3): 33-42
13. Shoazhong, K. Huanjie C. and Jianhua Z. 2000. Estimation of maize evapotranspiration under water deficit s in semiarid arid. *Agriculture Water Management*, 43(1): 1-14.
14. 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(1): 173-188.
15. Taylor, H.M. and Ratliff L.F. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. *Soil Sci.*, 108(2): 113-119.
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 three decades. *Agriculture Water Management*, 98(6): 1097-1104.