نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد9، بهمن - اسفند 1394، ص. 853-842

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 9, Feb.-Mar. 2016, p. 842-853

بررسی اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی، رشد ریشه و اندام هوایی ذرت علوفه‌ای

محمد قربانیان[1]، عبدالمجید لیاقت[2*] و حمیده نوری[3]

تاریخ دریافت: 1394/6/18 تاریخ پذیرش: 1394/11/7

چکیده

به منظور بررسی اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی، عملکرد اندام هوایی و صفات ریشه‌ای 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 میکرولایسیمتر زهکش‌دار استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزودن کود به خاک موجب افزایش ضریب گیاهی ذرت در همه مراحل رشد بجز مرحله ابتدایی رشد گیاه می‌شود. بیشترین و کمترین تاثیر افزودن کود بر افزایش ضریب گیاهی مرحله میانی رشد ذرت 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. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن کود به خاک در هر سه نوع خاک موجب افزایش معنی‌دار صفات اندام هوایی (وزن تر و خشک کل اندام هوایی، وزن خشک برگ، ساقه و بلال، ارتفاع گیاه و فاصله گره‌ها) ذرت می شود لیکن بر صفات ریشه‌ای ذرت تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی ذرت در خاک لوم به ترتیب برابر 46/3 و 55/2 درصد با افزودن دو درصد کود به خاک بود.

واژه های کلیدی : بافت خاک، تبخیر-تعرق، مراحل رشد ذرت، وزن خشک.

مقدمه

افزایش جمعیت و به دنبال آن افزایش نیاز به آب و مواد غذایی، کاهش ریزشهای جوی و پراکندگی نامتناسب این ریزشها تامین آب در بخش مرکزی کشور را به چالشی ملی تبدیل کرده که با حل آن نه تنها مشکل تامین آب بلکه برخی از مشکلات اقتصادی-اجتماعی ناشی از بحران آب برطرف خواهد شد.

برآورد میزان آب مورد نیاز گیاهان از اولین و مهم ترین اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه نیاز آبیاری می‌باشد. برآورد کمتر از میزان واقعی آب مورد نیاز گیاهان منجر به اعمال تنش در گیاهان، تغییر الگوی کشت پیش‌بینی شده و کاهش سوددهی مزارع می‌گردد و برآورد بیشتر از نیاز آبی گیاهان 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، 1385).

با توجه به اینکه تعیین مستقیم تبخیر-تعرق گیاهان نیاز به صرف وقت و هزینه زیادی دارد، در برآورد تبخیر-تعرق گیاهان اغلب از حاصلضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده می شود. این ضرایب توسط دورنباس و پرویت (1977) در نشریه شماره 24 فائو و آلن و همکاران (1998) در نشریه شماره 56 فائو برای برخی از گیاهان باغی و زراعی ارائه شده است (Doorenbos and Pruitt, 1977; Allen et al., 1998). ضرایب گیاهی برای شرایطی که در آن عوامل مدیریت و زراعی به گونه‌ای مطلوب باشد که گیاه در شرایط اقلیمی مشخص بیشترین تولید را داشته باشد ضریب گیاهی استاندارد نامیده می شوند (Allen et al., 1998). این ضریب در شرایط مختلف محیطی (شرایط غیر استاندارد) 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 (Allen et al., 1998).

تان و همکاران (2001) به بررسی تاثیر زهکشی و نحوه شخم

1- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران
2- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران
3- استادیار گروه آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: (Email: aliaghat@ut.ac.ir

خاک بر محتوای آب خاک در منطقه ریشه، رواناب و تبخیر-تعرق ذرت در اونتاریو جنوبی[1] 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 (Tan et al., 2001).

ارکوسا و همکاران (2011) اثر افزودن کود بر افزایش بهره وری ذرت در کشور اتیوپی را مورد بررسی قرار دادند (Erkossa et al., 2011). 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 میلی متر در شرایط خاک فقیر به مقدار 204 میلی متر در شرایط بدون تنش حاصلخیزی می‌گردد. این در حالی است که میزان تعرق از مقدار 146 میلی متر به 355 میلی متر افزایش یافت. به طور کلی بهره وری 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 (Erkossa et al., 2011).

زانگ و شانگوان (2011) 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(Zhang et al., 2011). نتایج تحقات رزاقی و همکاران (2012) 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 دادند که میزان جذب کود در در خاک سنگین تر و آبیاری کامل بیشتر است. 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 میلی متر حاصل گردید (Razzaghi et al., 2012).

اثر افزودن مقادیر مختلف نیتروژن طی سه سال زراعی 2010-2012 بر روی راندمان مصرف آب و تبخیر و تعرق دو رقم گندم زمستانه حساس به کم آبی Zhengmai No. 9023 (ZM) و مقاوم به کم آبی Changhan No.58 (CH) در منطقه شانگسی چین بررسی شده است (Zhong and Shangguan , 2014). 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 ، عملکرد گندم ZM و CH به ترتیب به میزان 34 و 52 درصد افزایش می یابد (Zhong and Shangguan, 2014). 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 با افزودن کود به میزان 270 کیلو گرم بر هکتار طی فصل های 2009-2010، 2010-2011 و 2011-2012 به ترتیب 18/4، 15/8 و 22/1 درصد افزایش داشت. این مقادیر برای تیمار CH به ترتیب برابر 28، 14/1 و 23/1 درصد گزارش گردید. همچنین مجموع تبخیر و تعرق در تیمار N360 به میزان کمی کاهش یافت (Zhong and Shangguan, 2014).

احمدی نژاد و همکاران (1392) نشان دادند که استفاده از کود دامی و اوره موجب افزایش عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه و قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و کارایی مصرف آب گندم می‌شود لیکن بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزر دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که ترکیب 60 کیلوگرم در هکتار کود دامی و 150 کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن بیشترین عملکرد بیولوژیک و تولید دانه را داشت.

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 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 فقیر بودن خاک از نظر مواد آلی و اثرات آنها بر روی تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی اندک می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در مراحل مختلف رشد و عملکرد بیولوژیک و صفات ریشه‌ای ذرت در سه بافت متفاوت خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای: به منظور بررسی اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی، عملکرد و صفات ریشه‌ای ذرت، آزمایش به صورت کشت

1- Southern Ontario

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 خاک (لوم، لوم رسی سیلتی و لومی شنی) و سه تیمار حاصلخیزی خاک (بدون افزودن کود، افزودن یک و دو درصد کود) و در سه تکرار (مجموعاً در 27 میکرولایسیمتر) انجام شد. خاک با بافت لوم رسی سیلتی از محل مزرعه، خاک با بافت لوم شنی از مزرعه کشاورزی در منطقه روشن دشت در فاصله 6 کیلومتری از مزرعه آزمایشی تهیه شد و خاک با بافت لوم از ترکیب و اختلاط مساوی دو بافت لوم شنی و لوم رسی سیلتی 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 ۱،۲ و 3 آورده شده است.

در این تحقیق از میکرولایسیمتر زهکش‌دار به ارتفاع 80 و قطر 32 سانتی‌متر که در آنها لوله 16 میلی‌متری سوراخ‌دار با فیلتر مصنوعی (پارچه‌ای) و فیلتر شنی به عنوان زهکش تعبیه شده بود، استفاده گردید. تیمارهای حاصلخیزی خاک شامل خاک طبیعی مزرعه (بدون افزودن کود)، افزودن کود به میزان یک درصد وزن خشک خاک و افزودن کود به میزان دو درصد وزن خشک خاک است. جهت اعمال سطوح مختلف افزودن کود در تیمارها ابتدا رطوبت 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 شد. 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 خاک‌ها 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 آزمایش کشت گردید.

جدول 1- مشخصات فیزیکی خاکهای مورد مطالعه

بافت	رس (%)	سیلت (%)	شن(%)	رطوبت ظرفیت زراعی (%)	رطوبت پژمردگی دائم (%)	وزن مخصوص ظاهری ($g.cm^{-3}$)
لوم رسی سیلتی	38	26	18	33/7	15/5	1/27
لوم شنی	44	29	19	23/5	11	1/5
لوم	18	45	63	29	12/5	1/38

جدول2- 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 (%)	کربنآلی (%)	فسفرقابل جذب ($mg\ l^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ l^{-1}$)
لوم رسی سیلتی	1/14	7/8	3/1	3/6	2/8	207	30	0/86	13/4	142
لوم شنی	1/62	7/72	6/19	6/35	3/9	312	25/8	0/31	2/4	173
لوم	1/42	7/75	4/95	5/25	3/45	271	27/5	0/53	6/8	161

جدول 3- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری

شوری ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	سدیم	کلسیم	منیزیم	سولفات	کلر	بی‌کربنات	کربنات
1/02	7/4	3/3	4/2	3/1	1/9	5/1	3/1	0

*واحد اسیدیته و سایر عناصر شیمیایی میلی اکی والانت بر لیتر است.

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 (Allen et al. (1998)).

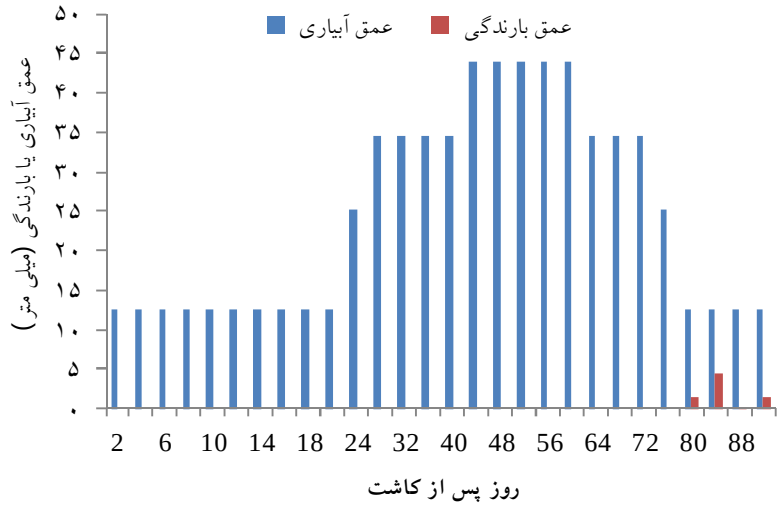
$$ET_c = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW \quad (1)$$

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 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 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 18/84 سانتی متر بوده تا خاک از آب اشباع گشته و آب اضافی از زهکش ها 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)، میکرولایسیمتر ها آبیاری شدند.

شکل 1 مقادیر عمق آب آبیاری در طول فصل رشد ذرت را نشان می‌دهد. پس از رسیدن بوته‌های ذرت به شش برگی تعداد بوته در هر میکرولایسیمتر به یک بوته در هر میکرولایسیمترکاهش داده شد. نهایتا 92 روز پس از کاشت، در اوایل مرحله خمیری شدن دانه‌ها (زمان رسیدن به مرحله برداشت سیلویی)، برداشت ذرت انجام گردید.

برآورد تبخیر و تعق گیاه مرجع

یکی از روش های برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده از روش تشت تبخیر است که در آن تبخیر و تعرق گیاه مرجع از حاصلضرب تبخیر از تشت (ETpan) در ضریب تشت (Kpan) بدست می‌آید (آلن و همکاران، 1982). بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیقات انجام شده در منطقه اصفهان، روش تشت تبخیر با ضریب کانکا (ضریب تشت) بهترین روش تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع می‌باشد (رحیم زادگان، 1370؛ پناهی و همکاران، 1378؛ هاشمی گرم‌دره و همکاران، 1384؛ امیری و همکاران، 1387). لذا در تحقیق حاضر از این روش جهت محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از داده‌های تشت تبخیر کلاس A آمریکایی از ایستگاه هواشناسی فرودگاه شرق اصفهان (نزدیک‌ترین ایستگاه به مزرعه) استفاده گردید.



شکل1- نمودار عمق آبیاری و بارندگی در طول فصل رشد ذرت

در این تحقیق از ضریب کانکا ماهانه تحقیق امیری و همکاران (1387) 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 (Allen et al., 1998)، از اندازه‌گیری تبخیر –تعرق مرجع به صورت مستقیم صرفنظر گردید.

تعیین ضریب گیاهی

دوره رشد گیاه به چهار دوره ابتدایی، توسعه، میانی و پایانی رشد تقسیم می‌شود (Allen et al., 1998) 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 (علیزاده و کمالی، 1386). 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 به خاک، افزودن یک و دو درصد کود به خاک به ترتیب با حروف F0، F1 و F2 نامگذاری شدند.اندازه گیری وزن اندام هوایی و صفات ریشه ای ذرت به منظور اندازه‌گیری عملکرد ذرت پس از برداشت ذرت ابتدا وزن تر کل اندام هوایی ذرت، ارتفاع، تعداد گره در هر بوته اندازه‌گیری شد. پس از آن برگ و بلال ذرت جدا شده، ساقه ذرت قطعه قطعه گردید و به طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی توزین گردید. به منظور اندازه گیری صفات ریشه‌ای، ریشه‌های ذرت با دقت و به آرامی از خاک جداگردیده و شسته شدند. سپس ریشه‌ها بر روی توری فلزی قرار داده شد و پس از آن با ترازوی دیجیتالی توزین گردید. حجم ریشه با استفاده از قانون ارشیمدس و با اندازه گیری میزان افزایش حجم آب در اثر فرو بردن ریشه در استوانه اندازه گیری شد. سطح ریشه از روش اتکینسون با استفاده از رابطه (2) محاسبه شد. طول ریشه 0/89 برابر وزن تر ریشه می‌باشد.

$$\text{سطح ریشه} = 2 \times (\text{حجم ریشه} \times \pi \times \text{طول ریشه})^{0/5} \quad (2)$$

نمونه‌های وزن تر برگ، ساقه، بلال و ریشه برای تعیین وزن خشک، به طور جداگانه بسته بندی و در آون (دمای 75 درجه سانتیگراد به مدت 48 ساعت) قرار داده شدند. پس از آن وزن خشک نمونه ها با ترازوی آزمایشگاهی با دقت 0/01 گرم توزین شد. تحلیل و مقایسه اثر تراکم و بافت خاک بر ضریب گیاهی، صفات اندام هوایی و ریشه‌ای ذرت با استفاده از نمودارها و نرم افزار SAS9.2 انجام شد.

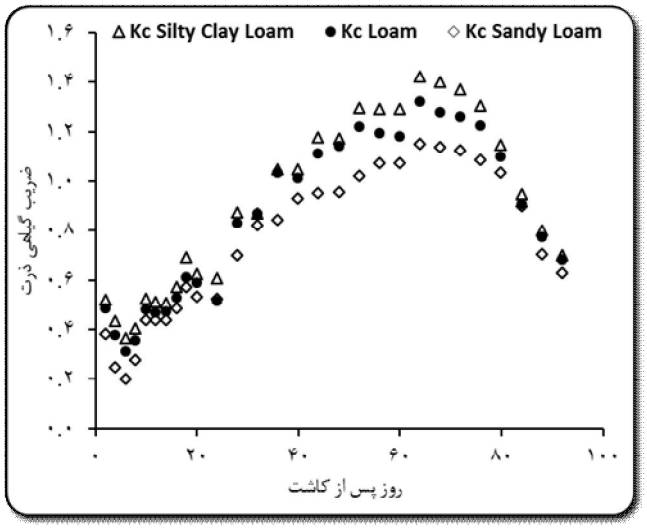
نتایج و بحث

منحنی ضریب گیاهی ذرت در شرایط طبیعی خاکهای مختلف

: نسبت $\frac{ET_C}{ET0}$ ذرت (ضریب گیاهی) برای سه نوع بافت خاک در شکل 2 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 و زمان حداکثر و حداقل آبیاری بیشتر از اینکه تحت تاثیر بافت خاک باشد به شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه بستگی دارد. بافت خاک بر مقدار ضریب گیاهی اثر قابل توجهی داشت به طوریکه بیشترین مقدار ضریب گیاهی ذرت در خاکهای لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی به ترتیب 1/42، 1/32 و 1/15 در روز 64 ام پس از کاشت و کمترین مقدار آن برای هر سه خاک به ترتیب برابر 0/2، 0/25 و 0/36 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 مراحل توسعه و میانی رشد گیاه در این خاکها می‌باشد. رزاقی و همکاران (2012) در تحقیقات خود بر روی تبخیر و تعرق گیاه Quinoa در کشور دانمارک نشان دادند که میزان جذب کود در خاک سنگین تر و آبیاری کامل‌تر بیشتر است. 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 میلی متر حاصل گردید (Razzaghi et al., 2012).

اثر افزودن کود بر ضریب گیاهی ذرت در بافت‌های مختلف خاک

شکل 3 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 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.



شکل 2- ضریب گیاهی ذرت در طول فصل رشد در سه بافت خاک لوم رسی سیلتی، لوم و لومی‌شنی

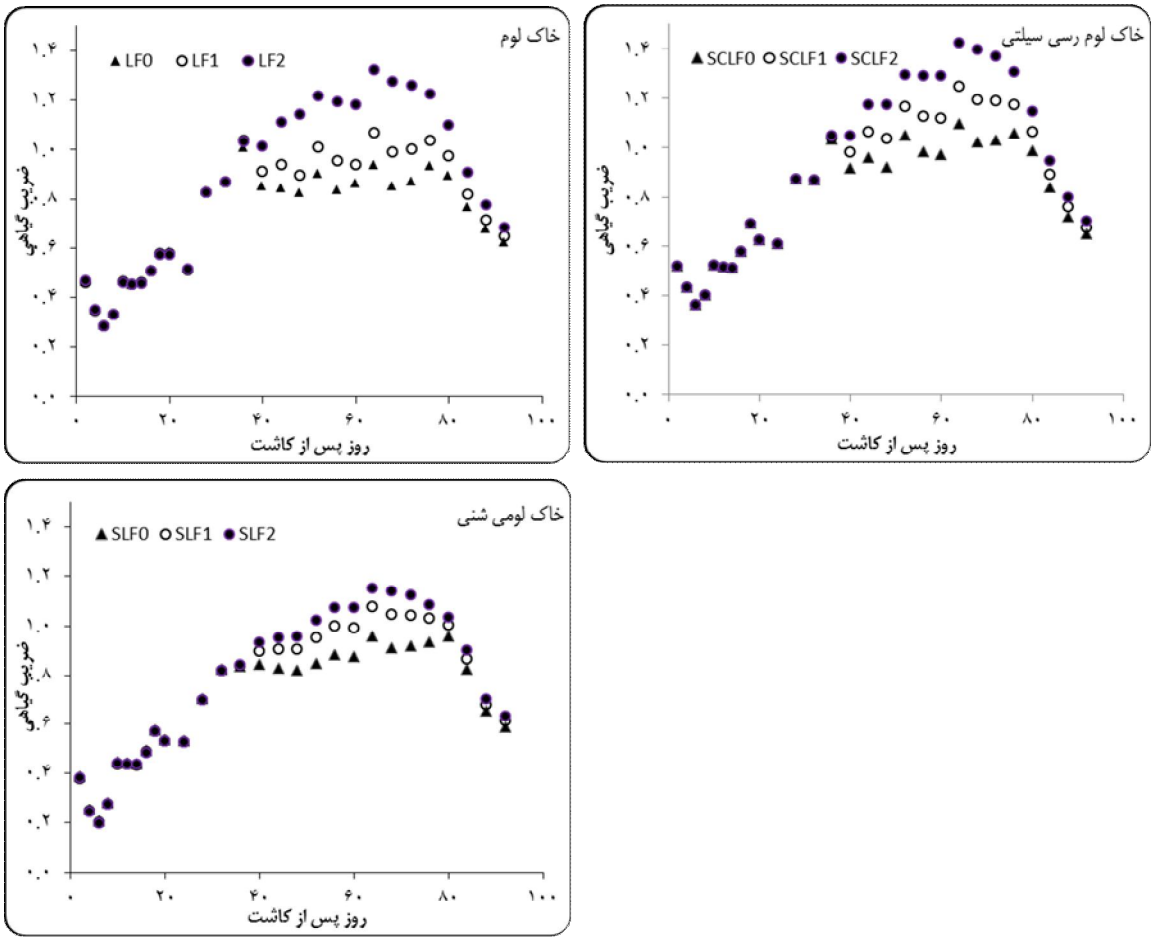
نتایج شکل 3 نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک افزودن کود به خاک اثر چندانی بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد نداشته است ولی با افزایش رشد گیاه و نیاز بیشتر آن به مواد غذایی، جذب مواد غذایی از خاک حاصلخیزتر بیشتر شده و در نتیجه میزان تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی آن نیز افزایش یافته است. در انتهای 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 3 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 لوم و لوم رسی سیلتی بافت بیشتر از خاک لوم شنی است که این امر می‌تواند ناشی از شسته شدن کود در خاک لوم شنی باشد. نتایج تجزیه واریانس مربوط به ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای افزودن کود به خاک برای سه بافت خاک در جدول 4 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 4). 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.

اثر افزودن کود و بافت خاک بر مقدار ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف رشد در جدول 5 ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که افزودن کود به خاک اثر معنی‌داری بر مقدار ضریب گیاهی مرحله ابتدایی 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 آب خاک بیشتر از خاک لوم شنی است، بنابراین میزان تبخیر از سطح خاک و تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی رشد در خاک لوم شنی کمتر می‌باشد. زانگ و همکاران (2011) هم نشان دادند که کمترین اثر افزایش ضریب گیاهی بر اثر افزودن کود در مرحله ابتدایی رشد است (Zhang et al., 2011).

جدول 4-تجزیه واریانس ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و افزودن کود به خاک در مراحل رشد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		Kc initial	Kc development	mid Kc	Kc late
بافت خاک	2	0/029**	0/036**	0/07**	0/041**
افزودن کود به خاک	2	0/0000001	0/013**	0/15**	0/014**
افزودن کود* بافت خاک	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.



شکل 3- اثر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت در بافت‌های مختلف خاک

با این حال تحقیقات ارکوسا و همکاران (2011) در کشور اتیوپی بر روی گیاه ذرت نشان داد که افزودن کود موجب کاهش تبخیر از مقدار 446 میلی متر به 204 میلی متر می شود(Erkossa et al., 2011). 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 5). 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 5). 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 افزودن کود به خاک 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. نتایج جدول 5 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 سیلتی و لوم شنی می‌باشد. به طور کلی بیشترین تاثیر افزودن کود به خاک بر ضریب گیاهی ذرت 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 5).

اثر افزودن کود بر خصوصیات اندام هوایی و صفات ریشه ای ذرت

وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمارهای مختلف بافت خاک تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد داشتند. اثر متقابل بافت خاک و افزودن کود بر وزن تر اندام هوایی ذرت در سطح پنج درصد معنی دارشد و بر وزن خشک اندام هوایی ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین بافت خاک و افزودن کود به خاک بر وزن خشک برگ،

ساقه، بلال و ارتفاع و فاصله گره‌های ذرت اثر معنـی‌داری (در سـطح یک درصد دارد (جدول 6).

جدول 5- مقایسه میانگین ضریب گیاهی ذرت در تیمارهای بافت و افزودن کود به خاک در مراحل رشد

منابع تغییرات		میانگین مربعات						
	درجه آزادی	وزن ترکل اندام هوایی	وزن خشک کل اندام هوایی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک بلال	ارتفاع گیاه	فاصله گره
بافت خاک	2	369893/3**	74401/1**	983/3**	10703/1**	19243/1**	/2** 6320	10/3**
افزودن کود	2	119857/2**	24637/7**	370/8**	8886/1**	1914/9**	/8** 4695	5/6**
بافت خاک* افزودن کود	4	10967/6*	2188/7**	29/6	1003/8*	334/7**	375/7	0/6
خطا	18	3467/3	470/8	15/2	245/6	67/8	193/4	0/4

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

جدول 6- تجزیه واریانس صفات اندام هوایی ذرت در تیمارهای مختلف افزودن کود و بافت خاک

تیمار	میانگین ضریب گیاهی			
	مرحله ابتدایی	مرحله توسعه	مرحله میانی	مرحله نهایی
SCLF0	0/523a	0/929b	1/024d	0/732c
SCLF1	0/523(0)a	0/978(5/3)a	1/160(۱۲/3)bc	0/774(5/7)b
SCLF2	0/523(0)a	1/002(7/9)a	1/300(26/9)a	0/815(11/3)a
LF0	0/451b	0/874c	0/880f	0/684d
LF1	0/451(0)b	0/926(5/9)b	0/994(12/9)de	0/726(6/1)c
LF2	0/451(0)b	0/970(11/0)a	1/213(37/8)ab	0/789(15/4)ab
SLF0	0/411c	0/810d	0/901ef	0/613f
SLF1	0/412(0)c	0/859(6/1)c	1/006(11/6)d	0/644(5/1)ef
SLF2	0/411(0)c	0/863(6/5)c	1/066(18/3)cd	0/666(8/7)de

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

اثر متقابل افزودن کود در بافت‌های مختلف خاک نشان می‌دهـد که افزودن کود به خاک موجب افزایش وزن تر کل اندام هـوایی ذرت می‌شود به طوریکه بیشترین مقدار وزن تر کـل انـدام هـوایی ذرت در تیمارهای SCLF2، LF2 و SLF2 (به ترتیب برابـر 1030، 887/5 و 520 گرم) در سه بافت خاک حاصل گردید (جدول7). نتایج جـدول 7 همچنین نشان می‌دهد که اثر افزودن کود بر وزن تر کل اندام هـوایی در خاک لوم شنی نسبت به دو نوع خاک دیگر کمتر است که علت آن می تواند شسته شدن کود بر اثر آبیاری و از خارج شدن مواد غذایی از دسترسی ریشه باشد. افزودن یک و دو درصد کـود بـه خـاک موجـب افزایش وزن خشک کل اندام هـوایی ذرت در بافتهـای مختلـف شـد لیکن این افزایش در خاکهای مختلف متفـاوت شـد. بیشـترین مقـدار وزن خشک کل انـدام هـوایی ذرت در تیمـار SCLF2 (برابـر 433/5 گـرم)، 42/7 درصـد بیشـتر از کمتـرین مقـدار در تیمـار SCLF0 (برابر303/7 گرم) در حالیکه افزودن دو درصد کود به خاک لوم و لـوم شنی به ترتیب موجب افزایش 55/2 و 28/2 درصد وزن خشک انـدام هوایی ذرت می‌شود (جدول 7). علت اثر بیشتر افزودن کـود در خـاک لوم نسبت به لوم رسی سیلتی و لوم شنی به ترتیـب تهویـه بهتـر و از دسترس خارج نشدن مواد غذایی در خاک لوم نسـبت بـه خـاک لـوم شنی است.

نتایج جدول 7 نشان می‌دهد که وزن خشک برگ با افزودن یـک درصد کود به خاک تفاوت معنی داری در سطح پـنج درصـد نداشـت ولی با افزودن دو درصد کود به خـاک ایـن تفـاوت نسـبت بـه تیمـار افزودن یک درصد کود به خاک (در سطح پنج درصد) در خاکهای لوم و لوم رسی سیلتی معنی‌دار شد ولی در خاک لوم شنی افزودن کود بـه خاک اثر معنی‌داری بر وزن خشـک بـرگ نداشـت (جـدول7). نتـایج جدول 7 برای وزن خشک ساقه و بـلال ذرت در تیمارهـای مختلـف بافت و افزودن کود به خاک مشابه وزن خشک برگ می‌باشـد. ارتفـاع گیاه ذرت در تیمار SCLF2، LF2 و SLF2 (برابـر 257، 267 و 195 سانتی‌متر) به ترتیب 29/6، 26/1 و 12/5 درصد بیشـتر از تیمارهـای (198/3، 211/7 و 173/3 سانتی‌متر) بـود. نتـایج ایـن جـدول نشـان

می‌دهد که در هر سه نوع خاک فاصله گره روی ساقه ذرت بر اثر افزودن یک و دو درصد کود به خاک تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد نداشت (جدول 7).

جدول 7- مقایسه میانگین صفات اندام هوایی ذرت در تیمارهای مختلف افزودن کود و بافت خاک

نوع خاک	تیمار کود	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن خشک برگ (گرم)	وزن خشک ساقه (گرم)	وزن خشک بلال (گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	فاصله گره (سانتی متر)
لوم رسی سیلتی	بدون کود	c720	c303/7	c43/6	c148/3	c111/9	cde198/3	13/5 cde
	یک درصد کود	b887/5	b395/5	bc47/3	b178/9	b133/2	bc220/7	14/1 bcd
	دو درصد کود	a1030	a433/5	a58/2	a212/5	a162/8	a257	ab15/1
لوم	بدون کود	de606/7	d248/7	de35/5	cde121/7	d91/5	bcd211/7	bc14/4
	یک درصد کود	cd693/3	c292/7	cd41/9	c143/1	c107/7	b226/7	14/2 bcd
	دو درصد کود	b887/5	b385/9	ab52/5	a214/9	c118/5	a267	a16/2
لوم شنی	بدون کود	f420	f162/9	f25/9	e97/1	e39/9	f173/3	f12/1
	یک درصد کود	f483	ef191/7	ef30/7	de114/8	e46/2	ef187	ef13/1
	دو درصد کود	f520	e208/8	ef32/5	cd126/3	e49/5	de195	de13/3

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

جدول 8 اثرات بافت و افزودن کود به خاک بر صفات ریشه‌ای ذرت را نشان می‌دهد. تیمارهای بافت خاک تاثیر معنی‌داری بر صفات حجم ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، سطح ریشه در سطح یک درصد و نسبت وزن ساقه به ریشه در سطح پنج درصد داشت (جدول 8). افزودن کود به خاک بر حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه، سطح ریشه تفاوت معنی‌داری نداشت لیکن بر وزن ساقه به ریشه ذرت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. نتایج جدول 8 نشان می‌دهد اثر متقابل بافت و افزودن کود به خاک بر صفات ریشه‌ای ذرت معنی‌دار نبود.

جدول 8- تجزیه واریانس صفات ریشه‌ای ذرت در تیمارهای مختلف افزودن کود و بافت خاک

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	سطح ریشه	وزن ساقه به ریشه
بافت خاک	2	5478/7**	2806/5**	637/1**	43534/3**	1/9*
افزودن کود	2	69/9	28/7	24/3	505/6	2/1*
بافت * افزودن کود به خاک	4	21/6	21/8	3/6	121/5	0/2
خطا	18	33/4	27/7	8/3	321/3	0/1

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

نتایج جدول 9 نشان می‌دهد که افزودن کود به خاک موجب افزایش حجم ریشه ذرت می‌شود لیکن این افزایش معنی‌دار نیست. مقایسه اثر بافت خاک بر حجم ریشه نشان می‌دهد حجم ریشه ذرت در خاک لوم نسبت به دو نوع خاک دیگر به دلیل شرایط فیزیکی مطلوب‌تر بیشتر بود. بیشترین حجم ریشه ذرت در تیمار LF2 (برابر 147/5 سانتی‌متر مکعب) و کمترین مقدار آن در تیمار SLF0 (برابر 96/7 سانتی‌متر مکعب) شد. وزن تر و خشک و سطح ریشه در اثر افزودن کود به خاک در خاک‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین وزن تر و خشک و سطح ریشه به ترتیب برابر 110، 61/1 گرم و 422/3 سانتی‌متر مکعب در تیمار LF2 حاصل شد (جدول 9). نتایج جدول 9 نشان می‌دهد که در هر سه نوع خاک افزودن کود به خاک موجب افزایش وزن ساقه به ریشه می‌شود و این نشان می‌دهد که اثر افزودن کود بر افزایش رشد ساقه بیشتر از افزایش وزن خشک ریشه می‌باشد. افزودن دو درصد کود به خاک موجب افزایش 36/4، 65 و 26/1 درصد به ترتیب در خاکهای لوم رسی سیلتی، لوم و لوم شنی گردید (جدول 9). نتایج تحقیقات زانگ و شانگوان (2014) بر روی عملکرد گیاه گندم زمستانه نشان داد که افزودن کود نیتروژن تا میزان 270 میلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد گندم به میزان 34 و 52 درصد به ترتیب برای گندم حساس به کم آبی و مقاوم به کم آبی می شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان می دهد که با افزودن کود بیشتر میزان محصول را کمی کاهش می‌یابد (Zhong and Shangguan, 2014). احمدی نژاد و همکاران (1392) نشان دادند که استفاده از کود دامی و اوره موجب افزایش عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه و قطر ساقه، تعداد برگ در بوته و کارایی مصرف آب گندم می‌شود لیکن بر تعداد دانه در سنبله، وزن هزر دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت.

جدول 9- مقایسه میانگین صفات ریشه‌ای ذرت در تیمارهای مختلف افزودن کود و بافت خاک

بافت خاک	تیمار کود	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	سطح ریشه (سانتی‌متر مربع)	وزن خشک ساقه به ریشه
لوم رسی سیلتی	بدون کود	d128/7	b101/7	c52/6	c382/3	cd2/86
	یک درصد کود	bcd138/3	b103/3	c53/5	bc399/7	bc3/3
	دو درصد کود	cd136/7	b106/7	c55/0	bc403/7	a3/9
لوم	بدون کود	abc139/0	ab110/0	bc57/0	ab414/9	e2/0
	یک درصد کود	ab145/0	a116/7	a62/1	a434/8	e2/2
	دو درصد کود	a147/5	ab110/0	ab61/1	ab422/3	b3/3
لومی شنی	بدون کود	e96/7	c76/7	d41/8	d287/8	a2/3
	یک درصد کود	e96/8	c78/3	d44/4	d290/9	de2/6
	دو درصد کود	e98/3	c80/0	d44/0	d296/5	bcd2/9

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 لیکن بر ضریب گیاهی ذرت در مرحله ابتدایی رشد تاثیر معنی‌داری نداشت. برای همه تیمارهای بافت خاک بیشترین تاثیر افزودن کود به خاک بر افزایش ضریب گیاهی ذرت در مرحله میانی رشد بدست آمد که این تاثیر برای بافت خاک لوم با افزودن دو درصد کود (37/8 درصد) بیشتر از خاک لوم شنی با افزودن دو درصد کود (18/3 درصد) است. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به علت تبخیر بیشتر از خاک لوم رسی سیلتی مقدار ضریب گیاهی مرحله ابتدایی در این خاک بیشتر از خاک لوم و آن هم بیشتر از خاک لومی شنی است. افزودن کود به خاک موجب افزایش معنی دار (در سطح یک درصد) وزن تر و خشک اندام هوایی ذرت، وزن خشک ساقه، برگ و بلال ذرت و همچنین ارتفاع و فاصله گره‌ها می‌شود. با این حال افزودن کود به خاک بر روی صفات ریشه‌ای ذرت (وزن تر و خشک ریشه، حجم و سطح ریشه) اثر معنی داری (در سطح پنج درصد) نداشت. همچنین افزودن کود به خاک موجب افزایش نسبت ساقه به ریشه شده که بیشترین میزان افزایش در خاک

لوم رسی سیلتی حاصل گردید.

منابع

احمدی نژاد ر.، نجفی ن.، اصغرزاده ن.ع و اوستان ش. 1392. اثر کودهای آلی و نیتروژن بر کارآیی مصرف آب، عملکرد و ویژگی‌های رشد گندم (رقم الوند). نشریه آب و خاک، 23 (2)، ص 177-194.

امیری م. 1387. تعیین ضریب گیاهی خیار، گوجه و فلفل در گلخانه. دانشکده کشاورزی. دانشگاه صنعتی اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. 146 صفحه.

پناهی م. 1378. ارزیابی چند روش محاسباتی برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل، مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، سال 1378، کرمان، صفحه 21. (سال تحقیق 1373-1374، ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان).

رحیم زادگان ر. 1370. جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. 22 (1و2): 1-10.

علیزاده، ا. وکمالی، غ. 1386. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). مشهد، 228 صفحه.

میرزایی م. 1385. 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. 163 صفحه.

هاشمی گرم دره ا. مصطفی زاده ب. و حیدرپور م. 1384. بررسی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. اصفهان، ایران. (سال تحقیق 1383-1384، دانشگاه صنعتی اصفهان).

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.

Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1997). Guidelines for predicting crop water requirements. Revised 1997. FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 24. FAO, Rome, Italy,193 pp.

Erkossa T., Awulachew S.B., 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.

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

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.

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.

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.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 9, Feb.-Mar. 2016, p. 842-853

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره6، جلد9، بهمن - اسفند 1394، ص. 853-842

Investigation the Effect of Adding Fertilizer on the Crop Coefficient, Growth of Roots and Shoots of Maize Forage

M. Ghorbanian[1], A.M. Liaghat[2*] and H. noory[3]
Recived: Sep.09, 2015 Accepted: Jan.27, 2016

Abstract

In order to investigate effect of adding fertilizer on crop coefficient root and shoot growth of maize a factorial experiment in a completely randomized design with three texture treatment including silty clay loam, loam and sandy-loam soil and three fertility treatment was conducted at the experimental farm in Jey and Qahab district of Isfahan was conducted. Reference evapotranspiration and actual evapotranspiration of maize were measured by evaporation pan method and volumetric soil water balance method using micro lysimeters. The results of this study showed that using fertilizer caused increasing of crop coefficient of maize at all growth stages except for the initial stage of plant growth. 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 results also showed that the addition of fertilizer to the soil in each soil type significantly increased shoot yield (fresh and dry weight of shoot dry weight of leaf, stem and ear, plant height and the distance between nodes), but had no significant differences on corn root traits. The highest increase in fresh and dry weight of corn shoots loam soils, respectively 3.46% and 55.2% with the addition of two percent of the fertilizer into the soil, respectively.

Keywords: Dry weight, Evapotranspiration, Growth stages of Maize Soil texture

1 - M. Sc Student of Irrigation & Drainage Engineering. Department of Irrigation & Reclamation University of Tehran
2 - Professor of Irrigation & Drainage Engineering. Department of University of Tehran
3- Asistant Professor of Irrigation & Drainage Engineering. Department of Irrigation & Reclamation University of Tehran
(* - Corresponding Author Email: aliaghat@ut.ac.ir)