بهره‌وری آب و عملکرد ذرت در تناوب با گندم در روش‌های مختلف آبیاری و خاک‌ورزی

سید ابراهیم دهقانیان و صادق افضلی‌نیا[۱]*

مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

sed1348@yahoo.com

دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

sja925@mail.usask.ca

چکیده

تاکنون در زمینه اثرات روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و آبیاری هر یک به صورت جدا بر محصول ذرت، پژوهش‌های زیادی انجام شده، اما اثرات توأم این دو عامل در کشت ذرت کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، در این پژوهش اثر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و آبیاری بر خصوصیات خاک، بهره‌وری مصرف آب و عملکرد ذرت در قالب طرح کرت‌های خرد شده با نه تیمار و سه تکرار بررسی شد. روش‌های آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای نواری، سطحی و بارانی به عنوان عامل اصلی و سه روش خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. پارامترهای جرم مخصوص ظاهری خاک، میزان آب مصرفی، رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه، عملکرد ذرت و بهره‌وری مصرف آب آبیاری تعیین شد. نتایج این پژوهش نشان داد که در انتهای آزمایش، تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و مرسوم جرم مخصوص ظاهری را در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری خاک اندکی افزایش داد (به ترتیب نه و چهار درصد)، اما روش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری خاک نداشت. روش آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت داشت (در سال اول در سطح پنج درصد و در سال دوم در سطح یک درصد) به گونه‌ای که روش‌های آبیاری تحت فشار بیش‌ترین عملکرد را به خود اختصاص دادند و کم‌ترین مقدار عملکرد مربوط به روش آبیاری سطحی بود، در حالی که عملکرد ذرت تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار نگرفت. بیش‌ترین حجم آب آبیاری در روش آبیاری سطحی و کم‌ترین آن در روش آبیاری قطره‌ای نواری اتفاق افتاد، به طوری که در قطره‌ای نواری نسبت به بارانی و سطحی به ترتیب ۳۴ و ۵۷ درصد در حجم آب آبیاری ذرت صرفه‌جویی شد. بهره‌وری آب آبیاری تحت تأثیر روش آبیاری قرار گرفت، در حالی که روش خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر بهره‌وری آب آبیاری ذرت نداشت. بیشترین بهره‌وری آب آبیاری دانه ذرت (میانگین ۱/۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب) مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری و کم‌ترین آن (میانگین ۰/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب) مربوط به روش سطحی بود.

واژه‌های کلیدی: جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت علوفه، کشت مستقیم

---

۱ – آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، شیراز، ایران.

*– دریافت: آبان ۱۳۹۶ و پذیرش: دی ۱۳۹۶

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

منابع آب و خاک از جمله عوامل محدود کننده توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور ایران هستند. استان فارس به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور بوده که قرار گرفتن آن در اقلیم خشک و نیمه خشک باعث وارد آمدن خسارات زیادی بر منابع آب و خاک این استان شده‌است. حدود ۸۰ درصد منابع تامین آب در بخش کشاورزی در استان فارس را منابع آب زیر زمینی تشکیل می‌دهد. پایین بودن بازده آبیاری در آبیاری سطحی و همچنین نقصان منابع آب زیر زمینی باعث شده استان فارس در استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار از جایگاه ممتازی در سطح کشور برخوردار باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان فارس،۱۳۸۷). روش‌های آبیاری به دلیل داشتن راندمان متفاوت، مصرف آب آبیاری، عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مقایسه سه روش آبیاری قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و سطحی جویچه‌ای در محصول ذرت نشان می‌دهد که بیش‌ترین صرفه جویی در مصرف آب، عملکرد ذرت و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی و کم‌ترین آن در آبیاری جویچه‌ای به دست می‌آید (حسنلی و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج پژوهش دیگری نشان می‌دهد که عملکرد ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای ۲۱ درصد بیش‌تر از آبیاری جویچه‌ای و ۳۰ درصد بیش‌تر از آبیاری بارانی بوده، ضمن این که کارآیی مصرف آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای، جویچه‌ای و بارانی به ترتیب ٤/٨٧، ٣/٨٧ و ٢/٣٦ کیلوگرم بر هکتار بر میلیمتر آب مصرفی است (ستین و بیگل، ۲۰۰۲). مقدار کاهش آب مصرفی در آبیاری بارانی نسبت به سطحی در گیاهان مختلف بین ٤٦ تا ٦٥ درصد است (لطیف، ۱۹۹۰) و آبیاری بارانی بهره‌وری مصرف آب را در مقایسه با آبیاری سطحی ٤٣ درصد افزایش می‌دهد (حق،۱۹۹۰). همچنین نتایج پژوهش دیگری نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سطحی می‌تواند بهره‌وری مصرف آب گندم را تا دو برابر افزایش دهد (ترک نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). در تولید گندم زمستانه در شمال چین، بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در روش‌های آبیاری تحت فشار کمتر از بهره‌وری اقتصادی آن در آبیاری سطحی است (فانگ و همکاران، ۲۰۱۸).

سرعت نفوذ آب در خاک از مهمترین عوامل تولید در محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان بوده (کربی و همکاران، ۲۰۰۷) و ضربات قطره‌های باران می‌تواند باعث عملیات گل خرابی در لایه سطحی خاک شده و در نتیجه نفوذپذیری لایه سطحی خاک را کاهش دهد (کرس، ۲۰۰٤). نتایج پژوهش دیگری نیز نشان می‌دهد که ایجاد خاک‌پوشش بر روی سطح خاک، جلوی انرژی جنبشی قطرات باران را می‌گیرد و به حفظ سرعت نفوذ اولیه آب در خاک کمک می‌کند (ورووررت و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین، در صورت استفاده از روش بی‌خاک‌ورزی، فعالیت موجودات زنده خاکی از قبیل کرم‌های خاکی زیاد می‌شود که باعث افزایش هدایت هیدرولیکی و نفوذ آب در خاک می‌شود (مک گری و همکاران، ۲۰۰۰). روش‌های خاک‌ورزی نیز ممکن است به دلیل تفاوت در میزان به هم زدن خاک سطحی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، مصرف آب، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب را تحت تأثیر قرار دهند. در بین روش‌های خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حفاظتی خاک را کم‌تر به‌هم می‌زند و بقایای بیش‌تری را در سطح خاک حفظ می‌کند که می‌تواند به کاهش مصرف آب آبیاری کمک کند. خاک‌ورزی حفاظتی روشی است که در آن با کم‌ترین عملیات خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک، رطوبت حاصل از آبیاری و نزولات جوی در راستای پایداری عملکرد محصولات کشاورزی دخیره و حفظ می‌شود (هالورسون و همکاران، ۲۰۰۰). حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب گندم می‌شود (اسدی و رزاقی، ۱۳۹۰). از

Archive of SID

www.SID.ir

مهم‌ترین اهداف خاک‌ورزی حفاظتی حفظ رطوبت خاک و افزایش کارآیی مصرف آب بوده به‌گونه‌ای که عملکرد محصولات کاهش زیادی نداشته باشد. از سوی دیگر، خاک‌ورزی حفاظتی ممکن است اثر معنی‌داری بر عملکرد محصولات کشاورزی نداشته باشد (اکسای و همکاران، ۲۰۰۷) یا عملکرد محصول را قدری کاهش دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷، گااو و همکاران، ۲۰۰۵، لوپز و همکاران، ۲۰۰۷)، بنابراین درصورت کاهش عملکرد محصول در خاک‌ورزی حفاظتی، ممکن است بهره‌وری مصرف آب کاهش یابد. نتایج بررسی اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در آمریکا نشان می‌دهد که روش بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث کاهش عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت می‌شود (هالورسون و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین، ارزیابی عملکرد ذرت در سه روش خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در چین نشان می‌دهد که بی‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، عملکرد ذرت، دمای خاک و رواناب را کاهش و رطوبت و ذخیره آب درخاک را افزایش می‌دهد (چن و همکاران، ۲۰۱۱). در تناوب ذرت-گندم-ماش، روش‌های بی‌خاک‌ورزی و کاشت بر روی پشته‌های دائمی در مقایسه با خاک ورزی مرسوم، مصرف آب را کاهش و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد (پاریهار و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج بررسی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی همراه با پوشش پلاستیکی خاک بر حفظ رطوبت، کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت نشان می‌دهد که تیمار بی‌خاک‌ورزی همراه با پوشش پلاستیکی عملکرد ذرت، کربن آلی خاک و رطوبت خاک را افزایش می‌دهد، ولی کارایی مصرف آب را تغییر نمی‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، نتایج پژوهش دیگری نشان می‌دهد که خصوصیات خاک و عملکرد ذرت تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار نمی‌گیرد (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲). چنانچه خاک‌ورزی حفاظتی در محصولی باعث افزایش عملکرد شود (معمولاً در شرایط دیم و مناطق خشک و نیمه خشک چنین می‌شود)، کارایی مصرف آب را نیز بهبود می‌بخشد. بر همین اساس، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش عملکرد گندم و کارایی مصرف آب باران در شرایط دیم می‌شود (فنگ و همکاران، ۲۰۰۹، برزگر و همکاران، ۲۰۰۲) و در شرایط خشک (بارندگی سالیانه کم‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر) نیز، کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) عملکرد و کارایی مصرف آب گندم را افزایش می‌دهد (بونفیل و همکاران، ۱۹۹۹).

نتایج تحقیقات موجود نشان دهندهٔ کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن در روش‌های آبیاری تحت فشار نسبت به آبیاری سطحی است. از سوی دیگر، نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که خاک‌ورزی حفاظتی باعث حفظ رطوبت بیشتر در خاک، کاهش مصرف آب و افزایش اندکی در جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود، اما اثر متقابل روش‌های آبیاری و خاک‌ورزی حفاظتی کمتر مورد تحقیق قرار گرفته است. بنابراین، در این پژوهش، اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و آبیاری بر جرم مخصوص ظاهری خاک، میزان مصرف آب، رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه، بهره‌وری مصرف آب و عملکرد ذرت در تناوب با گندم بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان مرودشت فارس با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ٤٨ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع ١٦٠٨ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های نواری یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در نه تیمار و سه تکرار از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ اجرا شد. برای تعیین خصوصیات خاک محل انجام پژوهش، قبل از شروع آزمایش نمونه‌های مرکب خاک برداشت شد که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است. فاکتور اصلی آزمایش سه روش آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای (نواری)،

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری سطحی (با استفاده از لولهٔ دریچه‌دار) و آبیاری بارانی (قرقره‌ای) بود. روش‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک، لولر و کاشت گندم با خطی‌کار و کاشت ذرت با ردیف‌کار)، کم‌خاک‌ورزی (خاک‌ورزی با خاک‌ورز مرکب و کاشت گندم با خطی‌کار و کاشت ذرت با ردیف‌کار) و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم گندم و ذرت) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد.

جدول ۱ - خصوصیات خاک مزرعهٔ مورد آزمایش

عمق (cm)	خاک	کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	جرم مخصوص ($g.cm^{-3}$)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
۱۰-۰		۰/۷۲	۰/۹۴	۸/۲۲	۱/۳۴	۴۲	۳۴	۲۴	رسی
۲۰-۱۰		۰/۷۰	۰/۸۴	۸/۲۰	۱/۴۱	۴۵	۴۴	۱۱	سیلتی-رسی

در تمام تیمارهای خاک‌ورزی، بقایای بریده شدهٔ گندم (خارج شده از انتهای کمباین) از مزرعه خارج شد و بقایای ایستاده در مزرعه حفظ شد، همچنین بقایای ذرت به طور کامل در کرت‌ها حفظ شد. در روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی)، هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام نشد و با یک بار حرکت مستقیم کار در مزرعه کاشت انجام شد. در روش کم‌خاک‌ورزی، بستر بذر با استفاده از یک دستگاه خاک‌ورز مرکب در یک مرحله (با یک بار عبور خاک‌ورز) تهیه و در روش مرسوم برای تهیه بستر بذر از گاوآهن برگردان‌دار، دیسک و لولراستفاده شد. سپس ذرت رقم ۷۰٤ به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار با ردیف‌کار و گندم رقم چمران به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار با خطی‌کار در کرت‌های آماده شده، کشت شد. گندم در آبان ماه کشت و اواخر خرداد ماه برداشت شد، در حالی که ذرت دراوایل تیرماه کشت و آبان ماه برداشت شد.

ابعاد کرت‌ها ۲۰×٦ متر انتخاب شد و هر کرت فرعی برای کشت گندم شامل ۳۰ خط کاشت به طول ۲۰ متر با فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. در کشت ذرت، هر کرت شامل هشت خط کاشت به طول ۲۰ متر با فاصلهٔ خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر، فاصلهٔ بین کرت‌ها دو متر و فاصلهٔ بین تکرارها پنج متر در نظر گرفته شد. برای این‌که آب پاشیده شده در آبیاری بارانی تیمارهای مجاور را تحت تأثیر قرار ندهد، فاصلهٔ کرت اصلی آبیاری بارانی با کرت اصلی مجاور (آبیاری سطحی) ۲۰ متر در نظر گرفته شد.

آبیاری بارانی با روش آب پاش و لوله لترال متحرک با آب پاش تنظیمی پیروت ZK30 با فشار کارکرد سه اتمسفر، آبدهی ۰/۷ لیتر در ثانیه و شعاع پاشش ۱۹ متر با آرایش ۱۵×۲۰ متر مربع بود. در روش آبیاری قطره‌ای (نواری)، فاصله قطره چکان‌ها ۲۰ سانتی‌متر، آبدهی هر قطره چکان ۱/۲ لیتر در ساعت و فاصله نوارها، ۷۵ سانتی‌متر بود و به ازاء هر سه خط کشت گندم و یک ردیف کشت ذرت یک لولهٔ آبیاری نواری استفاده شد. تیمار آبیاری سطحی به صورت کرت‌های نواری با لوله دریچه‌دار با فاصله دریچه ۷۵ سانتیمتر انتخاب شد. نیاز آبی از فرمول پنمن مانتیث اصلاح شده با استفاده از کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور (فرشی و همکاران، ۱۳۷٦) و با احتساب راندمان ۷۰، ۹۰ و ۵۰ درصد به ترتیب برای آبیاری بارانی، قطره‌ای و سطحی (بر اساس نتایج آزمایش‌های اولیه)، محاسبه شد. آب مورد نیاز در هر نوبت و در هر تیمار روش آبیاری برای سه تیمار خاک ورزی مربوط به آن روش به طور یکسان و با کنتور حجمی واسنجی شده (مدل TWMI 80 کارخانه آبفار با قطر داخلی ۸۰ میلی‌متر و خطای ۲٪±)، به کرت‌ها داده شد.

دور آبیـــاری برای هر سه روش آبیاری بر اساس میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه، ظرفیت ذخیرهٔ آب در خاک منطقه و نیز میزان تخلیهٔ مجاز رطوبتی تعیین و اعمال شد. پارامترهای جرم مخصوص ظاهری خاک در دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری، رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه، مصرف آب، عملکرد محصول و

Archive of SID

www.SID.ir

بهره‌وری مصرف آب در این پژوهش اندازه‌گیری شد. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک، با استفاده از استوانه های نمونه‌گیری از اعماق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری هرکرت در سه مرحله شامل قبل از اعمال تیمارها در کشت ذرت سال اول (تیر ماه ۱۳۸۹)، بعد از برداشت ذرت در سال اول (آذرماه ۱۳۸۹) و بعد از برداشت ذرت در سال دوم (آبان ماه ۱۳۹۰) نمونه‌برداری شد. نمونه‌های دست نخورده به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد درآون خشک و با استفاده از رابطهٔ ۱ جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد:

$$BD = \frac{W_d}{V} \qquad (۱)$$

که درآن:

BD جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، W_d جرم خاک خشک (گرم) و V حجم کل خاک (سانتی‌متر مکعب) است. در پایان فصل رشد و پس از حذف حاشیه‌های هر کرت، محصول هر کرت به صورت دستی برداشت و عملکرد ذرت اندازه‌گیری شد. آزمایش براساس تناوب غالب منطقه یعنی ذرت دانه‌ای-گندم طراحی شده بود، اما از شروع سال دوم مشاهده شد که به دلیل خشک‌سالی و کمبود آب، تناوب منطقه به ذرت علوفه‌ای-گندم در حال تغییر است. بنابراین در این پژوهش، در سال اول عملکرد دانه ذرت تعیین شد و در سال دوم هم عملکرد علوفه و هم عملکرد دانه تعیین شد. همچنین رطوبت علوفه (بوته ذرت) در مرحله خمیری دانه با برداشت یک نمونه مرکب از هر کرت تعیین شد. به منظور تعیین بهره‌وری مصرف آب، حجم آب مصرفی در هر روش آبیاری با استفاده از کنتور اندازه‌گیری و با داشتن عملکرد محصول در هر کرت و با استفاده از رابطهٔ (۲)، بهره‌وری مصرف آب در هر تیمار محاسبه شد:

$$WP = \frac{Y}{W} \qquad (۲)$$

که در آن:

WP بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و W آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار) است. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شد و برای مقایسهٔ میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان داد که فقط در مرحله سوم اندازه‌گیری (آبان ماه ۱۳۹۰)، روش خاک‌ورزی اثر معنی‌داری (سطح پنج درصد) بر جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری داشت و در بقیه مراحل اندازه‌گیری، جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر روش خاک‌ورزی قرار نگرفت (جدول ۲). روش آبیاری و اثر متقابل آبیاری و خاک‌ورزی در هیچ کدام از مراحل اندازه‌گیری تأثیر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری در عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتی‌متری خاک نداشتند. با توجه به این که در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی خاک‌ورزی حذف می‌شود (بی‌خاک‌ورزی) یا به حداقل می‌رسد (کم‌خاک‌ورزی)، با گذشت زمان فشردگی خاک افزایش می‌یابد و باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. بنابراین، برای همین است که اثر روش خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک در دو مرحله اول اندازه‌گیری معنی‌دار نشده‌است، اما در مرحله سوم اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر معنی‌دار روش خاک‌ورزی قرار گرفته است.

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری از نظر جرم مخصوص ظاهری خاک نشان داد که در هر سه مرحله اندازه‌گیری و دو عمق خاک، تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس داده‌های جرم مخصوص ظاهری خاک در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری (اعداد ارائه شده در جدول، مقادیر F هستند)

منابع تغییر	تیر ۱۳۸۹		آذر ۱۳۸۹		آبان ۱۳۹۰	
	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰
تکرار	۰/۸۰ ns	۰/۳۶ ns	۰/۱۸ ns	۰/۳۱ ns	۰/۰۵ ns	۰/۲۷ ns
آبیاری	۳/۶۵ ns	۰/۱۱ ns	۰/۰۸ ns	۰/۶۳ ns	۱/۲ ns	۰/۷۲ ns
خاک‌ورزی	۰/۴۷ ns	۰/۵۱ ns	۵/۳۲ ns	۳/۵۹ ns	۶/۳۱ *	۰/۳۵ ns
اثر متقابل	۱/۱۴ ns	۰/۸۴ ns	۲/۵۸ ns	۱/۵۵ ns	۲/۵۷ ns	۰/۳۵ ns

ns نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها و* نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح پنج درصد است

در آبیاری بارانی برخورد قطرات آب با سطح خاک می‌تواند فشردگی سطحی خاک را تحت تأثر قرار دهد (کرس، ۲۰۰٤) و آبیاری سطحی نیز با ته نشین کردن ذرات رس خاک به ویژه در خاک‌ورزی مرسوم، می‌تواند فشردگی لایه پایین‌تر خاک را افزایش دهد. علیرغم معنی‌دار نبودن اثر روش آبیاری بر جرم مخصوص ظاهری خاک، جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای آبیاری بارانی و سطحی در مقایسه با تیمار آبیاری قطره‌ای نواری بیش‌تر بود.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$) در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار اصلی (روش آبیاری)	تیر ۱۳۸۹		آذر ۱۳۸۹		آبان ۱۳۹۰	
	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰
بارانی	۱/۲۵a	۱/۳۰ a	۱/۳۰ a	۱/۳۰ a	۱/۳۱ a	۱/۳۱ a
قطره‌ای نواری	۱/۲۱a	۱/۳۱ a	۱/۲۷ a	۱/۳۶ a	۱/۲۷ a	۱/۳۰ a
سطحی	۱/۲۸ a	۱/۲۹ a	۱/۳۲ a	۱/۳۸ a	۱/۳۱ a	۱/۳۴ a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

نتایج مقایسه میانگین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر جرم مخصوص ظاهری خاک در جدول (٤) نشان داد که در مراحل اول و دوم اندازه گیری (تیرماه ۱۳۸۹ و آذرماه ۱۳۸۹) تمام روش‌های خاک‌ورزی در هر دو عمق خاک در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری بین میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی وجود نداشت. در مرحله سوم اندازه‌گیری (آبان ماه ۱۳۹۰)، تیمار بی‌خاک‌ورزی بیش‌ترین مقدار جرم مخصوص ظاهری را در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری خاک به خود اختصاص داد که با جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار کم‌خاک‌ورزی اختلاف معنی دار داشت، اما با جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمار خاک‌ورزی مرسوم تفاوت معنی‌دار نداشت. در مرحله سوم اندازه‌گیری در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، جرم مخصوص ظاهری در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در یک گروه آماری قرار گرفتند و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند. به نظر می‌رسد به دلیل متفاوت بودن شدت خاک‌ورزی (مقدار به هم خوردگی خاک) در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، باید مقدار فشردگی خاک در روش‌های مختلف خاک‌ورزی متفاوت باشد، اما بروز و ظهور این اختلاف نیاز به زمان دارد. بنابراین، به همین دلیل است که در مراحل اول و دوم اندازه‌گیری، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی مشاهده نمی‌شود، اما در مرحله سوم اندازه‌گیری، این تفاوت نمایان می‌شود. نکته قابل توجه این است که در اکثر مراحل اندازه‌گیری، جرم مخصوص ظاهری تیمار خاک‌ورزی مرسوم کم‌ترین مقدار نبوده که نشان می‌دهد به هم خوردگی زیاد خاک در این روش خاک‌ورزی و پودر شدن بیش از حد آن، باعث

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود که رس خاک در اثر آبیاری‌های پیاپی به صورت متراکم درآمده و در انتهای فصل رشد، جرم مخصوص آن به حد جرم مخصوص ظاهری تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی برسد (افضلی نیا و ذبیحی، ۲۰۱٤). البته باید توجه داشت که این نتایج مربوط به اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک در انتهای فصل رشد است، در حالی که از شروع فصل رشد تا اواسط آن، جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی و به ویژه کشت مستقیم به مراتب بیش‌تر از جرم مخصوص ظاهری خاک در خاک‌ورزی مرسوم است (افضلی نیا و ذبیحی، ۲۰۱٤). در تمام روش‌های خاک-ورزی، جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق ۲۰-۱۰ سانتی‌متری خاک بیش از مقدار این پارامتر در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر بود که این نتیجه منطقی است، زیرا عمق پایین‌تر به دلیل داشتن درصد رس بیش‌تر و تمرکز فشارهای خارجی وارد بر خاک در لایه‌های پایین، معمولاً دارای جرم مخصوص ظاهری بیش‌تری می‌باشد. در منابع علمی نیز نتایج برخی تحقیقات نشان دهنده افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک تحت اثر خاک‌ورزی حفاظتی است (فابریزی و همکاران، ۲۰۰۵، لیو و همکاران، ۲۰۰۵، تاسر و متین اغلو، ۲۰۰۵)، در حالی که برخی حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار خاک‌ورزی حفاظتی بر جرم مخصوص ظاهری خاک است (رسولی و همکاران، ۲۰۱۲، لاگسدان و کارلن، ۲۰۰٤).

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین جرم مخصوص ظاهری خاک ($g.cm^{-3}$) در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمار فرعی (روش خاک‌ورزی)	تیر ۱۳۸۹		آذر ۱۳۸۹		آبان ۱۳۹۰	
	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰	عمق ۱۰-۰	عمق ۲۰-۱۰
خاک‌ورزی مرسوم	۱/۲۴ a	۱/۲۸ a	۱/۳۰ a	۱/۳۷ a	۱/۳۰ ab	۱/۳۳ a
کم‌خاک‌ورزی	۱/۲۶ a	۱/۲۹ a	۱/۲۱ a	۱/۲۹ a	۱/۲۴ b	۱/۳۰ a
بی‌خاک‌ورزی	۱/۲۴ a	۱/۳۲ a	۱/۲۶ a	۱/۳۵ a	۱/۳۵ a	۱/۳۱ a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند

رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه

مقایسه میانگین رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه نشان داد که روش آبیاری بر رطوبت علوفه اثر معنی‌دار دارد (در سطح پنج درصد)، اما رطوبت علوفه تحت تأثیر معنی‌دار روش خاک‌ورزی قرار نگرفت (جدول ۵). رطوبت علوفه در آبیاری سطحی بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد و با رطوبت علوفه در دو روش آبیاری دیگر اختلاف معنی‌دار داشت (در سطح پنج درصد)، اما دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای از نظر رطوبت علوفه اختلاف معنی‌داری نداشتند. هر سه روش خاک‌ورزی از نظر رطوبت علوفه در یک گروه آماری قرار گرفتند، هرچند رطوبت علوفه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی بیش‌تر بود. بررسی رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه در روش‌های مختلف آبیاری و خاک‌ورزی به این دلیل اهمیت دارد که هر چه رطوبت بوته در این مرحله بیش‌تر باشد، حساسیت آن نسبت به سرمازدگی پاییزی افزایش می‌یابد.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین رطوبت علوفه در مرحله خمیری دانه در تیمارهای مختلف

تیمار اصلی	رطوبت بر پایه تر (٪)	تیمار فرعی	رطوبت بر پایه تر (٪)
آبیاری بارانی	۶۷/۳ b	خاک‌ورزی مرسوم	۶۸/۹ a
آبیاری قطره‌ای نواری	۶۹/۴ b	کم‌خاک‌ورزی	۷۰/۸ a
آبیاری سطحی	۷۵/۸ a	بی‌خاک‌ورزی	۷۲/۷ a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد محصول

نتایج تجزیه واریانس‌داده‌های عملکرد ذرت مشخص نمود که در هر دو سال انجام پژوهش، روش آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ذرت داشت (سطح پنج درصد)، اما عملکرد علوفه ذرت را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ٦). احتمالاً دلیل این که روش آبیاری عملکرد دانه ذرت را تحت تأثیر معنی‌دار قرار می‌دهد، اما اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه ذرت ندارد، این است که مقدار آب داده شده به محصول در روش‌های مختلف آبیاری متفاوت است که این موضوع می‌تواند زمان رسیدگی محصول و در نتیجه عکس‌العمل گیاه در برابر سرمای زودرس پاییزی را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین، تیماری که آب بیش‌تری مصرف می کند، دیرتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی می‌رسد و در نتیجه به سرمازدگی حساس‌تر می‌شود. براساس نتایج ارائه شده در جدول (٦)، روش خاک‌ورزی و اثر متقابل روش آبیاری و خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و علوفه ذرت نداشتند. معنی‌دار نشدن اثر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند جایگزین خاک‌ورزی مرسوم در کشت ذرت شوند، بدون این که کاهش معنی‌دار در عملکرد محصول ایجاد کنند.

جدول ۶- تجزیهٔ واریانس داده‌های عملکرد ذرت (اعداد ارائه شده در جدول، مقادیر F هستند)

منابع تغییر	عملکرد دانه در سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
		عملکرد علوفه	عملکرد دانه
تکرار	۱/۵۱ ns	۲/۰۲ ns	۰/۶۸ ns
آبیاری	۵/۵۴ *	۲/۷۳ ns	۷/۵۷ **
خاک‌ورزی	۲/۴۴ ns	۰/۲۷ ns	۰/۳۲ ns
اثر متقابل	۱/۵۹ ns	۰/۱۶ ns	۲/۹۸ ns

ns نشان دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها، * نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح پنج درصد و ** نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح یک درصد است.

مقایسه میانگین تیمارهای مختلف آبیاری از لحاظ عملکرد ذرت نشان داد که در سال اول کشت ذرت، آبیاری قطره‌ای نواری بیش‌ترین میانگین عملکرد ذرت را به خود اختصاص داد که این عملکرد با عملکرد روش آبیاری بارانی اختلاف معنی‌دار نداشت و تیمار آبیاری سطحی کم‌ترین میانگین عملکرد را داشت (جدول ۷). در سال دوم، بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه و علوفه ذرت مربوط به آبیاری بارانی بود که با میانگین عملکرد آبیاری قطره‌ای نواری اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میانگین عملکرد مانند سال اول مربوط به تیمار آبیاری سطحی بود. نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان دهنده افزایش عملکرد ذرت در آبیاری تحت فشار نسبت به آبیاری سطحی است (حسنلی و همکاران، ۲۰۰۹، ستین و بیگل، ۲۰۰۲). میانگین عملکرد دانه ذرت در سه روش آبیاری در سال اول ٨٤٦٤ کیلوگرم در هکتار بود که در سال دوم به ٥٦٤١ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (۳۳ درصد کاهش) که دلیل آن خسارت سرمازدگی در سال دوم بود. به نظر می‌رسد دلیل کاهش شدیدتر عملکرد دانه ذرت در تیمار آبیاری سطحی در سال دوم نسبت به سال اول (بیش از ۵۰ درصد)، مصرف آب بیشتر (جدول ۹) و در نتیجه رطوبت بیشتر گیاه در در زمان وقوع سرمازدگی (جدول ۵) بوده که حساسیت گیاه به سرمازدگی را بیش‌تر کرده است. همچنین دلیل کم‌تر بودن عملکرد ذرت در تیمار آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری بارانی در سال دوم، کندی تجزیهٔ بقایای گیاهی در آبیاری نواری قطره‌ای به خاطر حجم کم آب مصرفی و خیس نشدن بقایای موجود در بین ردیف‌های کشت و در نتیجه افزایش تجمعی حجم بقایای گیاهی تجزیه نشده طی دو سال بوده است. حجم زیاد بقایا در این تیمار آبیاری احتمالاً بر کارایی مستقیم کار و کیفت تماس بذر با خاک تأثیر گذاشته و استقرار مناسب گیاه در این تیمار را با مشکل مواجه کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسهٔ میانگین عملکرد ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار اصلی	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
آبیاری بارانی	۸۴۰۹ab	۶۸۸۶ a	۷۳۴۳a
آبیاری قطره‌ای نواری	۱۰۰۴۹a	۵۹۷۸۶ a	۶۲۰۸a
آبیاری سطحی	۶۹۳۴b	۵۵۵۹۷ a	۳۳۷۱b

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

نتایج مقایسه میانگین عملکرد ذرت در تیمارهای خاک‌ورزی نشان داد که در هر دو سال انجام پژوهش، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر عملکرد دانه و علوفه ذرت وجود نداشت (جدول ۸). عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر عملکرد ذرت در هر دو سال و افزایش اندک عملکرد در تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در سال دوم نشان داد که گیاه ذرت با گذشت زمان خود را با خاک‌ورزی حفاظتی وفق داده است. بنابراین، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی می‌توانند بدون کاهش عملکرد ذرت جایگزین خاک‌ورزی مرسوم در مناطق معتدل استان فارس شوند.

جدول ۸- مقایسهٔ میانگین عملکرد ذرت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمار فرعی	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)
خاک‌ورزی مرسوم	۹۴۶۹a	۵۹۶۶۷ a	۵۱۵۷ a
کم‌خاک‌ورزی	۷۸۳۷a	۶۳۷۹۶ a	۵۸۴۷ a
بی‌خاک‌ورزی	۸۰۸۶a	۶۰۷۸۶ a	۵۹۱۷ a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

بهره‌وری آب آبیاری

مقایسه میانگین حجم آب آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین حجم آب آبیاری در هر دو سال مربوط به آبیاری سطحی و کم‌ترین آن مربوط به آبیاری قطره‌ای نواری است (جدول ۹). این نتایج همچنین نشان داد که آبیاری قطره‌ای نواری و بارانی نسبت به آبیاری سطحی، حجم آب آبیاری ذرت را به ترتیب ۵۷ و ۳۶ درصد کاهش داده‌اند. دلیل بیش‌تر بودن حجم آب آبیاری در تیمار آبیاری سطحی نسبت به دو تیمار دیگر، بیش‌تر بودن تلفات آب، پایین بودن راندمان آبیاری و کندی حرکت آب در کرت‌ها به خصوص با حضور بقایای گیاهی در این تیمار بوده است. در نتایج تحقیقات گذشته نیز کاهش حجم آب آبیاری در روش‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی نسبت به آبیاری سطحی گزارش شده‌است (حسنلی و همکاران، ۲۰۰۹، لطیف، ۱۹۹۰، افضلی نیا و همکاران، ۱۳۹۵).

جدول ۹- مقایسهٔ میانگین حجم آب آبیاری ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار اصلی	حجم آب آبیاری (m^3)		
	سال ۱۳۹۰	سال ۱۳۹۱	میانگین
آبیاری بارانی	۱۰۷۸۱b	۱۰۳۷۱b	۱۰۵۷۶
آبیاری قطره‌ای نواری	۶۰۹۰c	۷۹۶۰c	۷۰۲۵
آبیاری سطحی	۱۴۱۵۱a	۱۸۷۲۷a	۱۶۴۳۹

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری آب آبیاری در محصول ذرت نشان داد که در هر دو سال انجام پژوهش، اثر روش آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بود (در سطح یک درصد)، در حالی که روش خاک‌ورزی و اثر متقابل آبیاری و خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر بهره‌وری آب آبیاری نداشتند (جدول ۱۰). با توجه به مقادیر متفاوت حجم آب آبیاری (جدول ۹) و عملکرد ذرت (جدول ۷) در روش‌های مختلف آبیاری، اختلاف معنی‌دار بین روش‌های مختلف آبیاری از نظر بهره‌وری آب آبیاری قابل پیش بینی بود.

جدول ۱۰- تجزیه واریانس داده‌های بهره‌وری آب مصرفی در ذرت (اعداد ارائه شده، مقادیر F هستند).

منابع تغییر	بهره‌وری آب مصرفی دانه در سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
		بهره‌وری آب مصرفی علوفه	بهره‌وری آب مصرفی دانه
تکرار	۱/۸۲ ns	۱/۴۷ ns	۰/۹۰ ns
آبیاری	۱۱۳/۵۴ **	۳۰/۰۸ **	۲۲/۳۸ **
خاک‌ورزی	۲/۹۴ ns	۱/۲۹ ns	۰/۰۸ ns
اثر متقابل	۱/۳۶ ns	۱/۹۶ ns	۳/۶۴ *

ns نشان دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها و ** نشان دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح یک درصد است

مقایسه نتایج میانگین بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای مختلف آبیاری مشخص نمود که در هر دو سال، آبیاری قطره‌ای نواری دارای بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری بود (میانگین ۱/۲۲ کیلوگرم دانه ذرت بر متر مکعب) و آبیاری سطحی کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری (میانگین ۰/۳٤ کیلوگرم دانه ذرت بر متر مکعب) را به خود اختصاص داد (جدول ۱۱). در سال اول، تفاوت بین هر سه روش آبیاری از نظر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار شد، ولی در سال دوم به‌دلیل عملکرد پایین ذرت در آبیاری قطره‌ای نواری، اختلاف بین میانگین بهره‌وری آب آبیاری در آبیاری بارانی و قطره‌ای نواری معنی‌دار نشد. با توجه به اینکه بهره‌وری آب آبیاری تحت تأثیر دو عامل حجم آب آبیاری و عملکرد محصول است، بنابراین تغییرات میانگین بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای آبیاری تابع هر دو عامل بود. افزایش بهره‌وری مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی (حسنلی و همکاران، ۲۰۰۹، ستین و بیگل، ۲۰۰۲، ترک نژاد و همکاران، ۱۳۸۵) و همچنین افزایش کارایی مصرف آب در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی (حق،۱۹۹۰) در نتایج تحقیقات گذشته نیز گزارش شده است.

جدول ۱۱- مقایسهٔ میانگین بهره‌وری آب آبیاری ذرت در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار اصلی	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
	بهره‌وری آب آبیاری دانه ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب آبیاری علوفه ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب آبیاری دانه ($kg.m^{-3}$)
آبیاری بارانی	۰/۷۸b	۲/۱۶ a	۰/۷۱a
آبیاری قطره‌ای نواری	۱/۶۵a	۲/۳۲ a	۰/۷۸a
آبیاری سطحی	۰/۴۹c	۰/۷۲ b	۰/۱۸b

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

نتایج مقایسه اثر تیمار خاک‌ورزی بر بهره‌وری آب آبیاری نشان داد که در هر دو سال انجام پژوهش، تمام روش‌های خاک‌ورزی از نظر بهره‌وری آب آبیاری در یک گروه آماری قرار گرفتند و با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۱۲). با توجه به این‌که اختلاف بین عملکرد ذرت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی در هر دو سال معنی‌دار نبود (جدول ۸) و حجم آب داده شده به تمام تیمارهای خاک‌ورزی در هر روش آبیاری یکسان بود، بنابراین در هر دو سال اختلاف معنی‌داری بین میانگین تیمارهای خاک‌ورزی از نظر بهره‌وری آب آبیاری مشاهده نشد و تمام تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفتند. در سال اول، بیش‌ترین میانگین بهره‌وری آب

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری دانه ذرت به روش خاک‌ورزی مرسوم تعلق گرفت، ولی در سال دوم تیمار کم‌خاک‌ورزی بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری را به خود اختصاص داد. تیمار خاک‌ورزی مرسوم علیرغم عملکرد علوفه‌تر کم‌تر نسبت به دو تیمار دیگر (جدول ۸) و مصرف آب یکسان، دارای بهره‌وری آب آبیاری علوفه خشک بیش‌تری نسبت به دو تیمار دیگر بود که دلیل آن رطوبت کمتر علوفه در این تیمار می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۱۲- مقایسهٔ میانگین بهره‌وری آب آبیاری ذرت در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی

تیمار فرعی	سال ۱۳۸۹	سال ۱۳۹۰	
	بهره‌وری آب مصرفی دانه ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب مصرفی علوفه خشک ($kg.m^{-3}$)	بهره‌وری آب مصرفی دانه ($kg.m^{-3}$)
خاک‌ورزی مرسوم	۱/۰۸a	۱/۸۸ a	۰/۵۴a
کم‌خاک‌ورزی	۰/۹۰a	۱/۸۰ a	۰/۵۸ a
بی‌خاک‌ورزی	۰/۹۴a	۱/۵۳ a	۰/۵۵ a

در هر ستون، اعداد دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی جرم مخصوص ظاهری خاک را در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم اندکی افزایش دادند، ولی روش آبیاری اثر معنی‌داری بر جرم مخصوص ظاهری خاک نداشت. روش‌های آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد ذرت داشتند، اما عملکرد ذرت تحت تأثیر معنی‌دار روش خاک‌ورزی قرار نگرفت. بیش‌ترین مقدار مصرف آب در روش آبیاری سطحی و کم‌ترین آن در روش آبیاری قطره‌ای نواری اتفاق افتاد، به طوری که آبیاری قطره‌ای نواری نسبت به آبیاری بارانی و سطحی باعث صرفه جویی در مصرف آب ذرت به ترتیب به میزان ۳٤ و ۵۷ درصد شد. کارائی مصرف آب ذرت تحت تأثیر روش آبیاری قرار گرفت، در حالی که روش خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر کارائی مصرف آب ذرت نداشت. بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب مربوط به روش آبیاری قطره‌ای نواری و کم‌ترین آن مربوط به روش آبیاری سطحی بود.

تشکر و قدردانی

از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس به دلیل حمایت مالی از این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقای فرزاد استخری که این پژوهش در مزرعه ایشان انجام شد، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

فهرست منابع

۱. افضلی نیا، ص.، ع. ضیایی، س. ا. دهقانیان و س. م. علوی‌منش. ۱۳۹۵. اثر خاک‌ورزی حفاظتی و روش‌های آبیاری بر بهره‌وری مصرف آب و عملکرد گندم در تناوب با پنبه (مطالعهٔ موردی در استان فارس). مجله تحقیقات مهندسی سامانه ها و مکانیزاسیون کشاورزی، جلد ۱۷، شماره ٦٦، ۵۷-۷۰.

۲. ترک نژاد، ا.، م. آقایی سربزه، ح. جعفری، ع. ر. شیروانی، ر. روئین تن، ع. نعمتی و خ. شهبازی. ۱۳۸۵. ارزیابی فنی و اقتصادی روش آبیاری قطره‌ای در گندم و مقایسه آن با روش آبیاری سطحی. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۲، ۳٦-٤٤.

۳. سازمان جهاد کشاورزی استان فارس. ۱۳۸۷. تامل و تدبیر در مقابله با بحران آب زراعی استان فارس. انتشارات روابط عمومی سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، شیراز، ۱۸۳ صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

٤. فرشی، ع. ا.، م. ر. شریعتی، ر. جارالله‌ی، م. ر. قائمی، م. شهابی فر و م. ح. تولایی. ۱۳۷٦. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول: گیاهان زراعی، وزارت جهاد کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۹۱۸ صفحه.

5. Afzalinia, S., and J. Zabihi. 2014. Soil compaction variation during corn growing season under conservation tillage. Soil and Tillage Research, 137: 1-6.
6. Asadi, M.E., and M.H. Razzaghi. 2011. Determination of maize water use efficiency under different managements of tillage, Workshop on Conservation Agriculture and Its Impact on water productivity, September 2011, Karaj, Iran, 131-152.
7. Barzegar A.R, A.Yousefi, and A. Daryashenas. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. Plant and Soil, 247 (2): 295-301.
8. Bonfi, D.J., I. Mufradi, S. Klitman, and S. Asido. 1999. Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment. Agronomy Journal, 91:368– 373.
9. Cetin, O., and L. Bilgel. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. Agricultural Water Management, 54: 1- 15.
10. Chen, Y., S. Liu, H. Li, X. F. Li, C.Y. Song, R. M. Cruse, and X.Y. Zhang. 2011. Effects of conservation tillage on corn and soybean yield in the humid continental climate region of Northeast China. Soil and Tillage Research, 115 & 116: 56-61.
11. Cruse, R., and D. Ressler. 2004. Lesson 8: Water flow in soil. Agronomy 502: Chemistry, physics, and biology of soils. CD-ROM. Iowa State University, Ames, USA.
12. Fang, Q., X. Zhang, L. Shao, S. Chen, H. Sun. 2018. Assessing the performance of
13. different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. Agricultural Water
14. Management, 196, 133-143.
15. Feng, F.X, G.B. Huang, A.Z. Yu, Q. Chai, M. Tao, and J. Li. 2009. Effects of different conservation tillage measures on winter wheat water use in Wuwei oasis irrigated area. Chinese Journal of Applied Ecology, 20: 1060-1065.
16. Gao, Y.J., and S.X. Li. 2005. Cause and mechanism of crop yield reduction under straw mulch in dry land. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 21: 15-19.
17. Halvorson, A.D., A.R. Mosier, C.A. Reule, and W.C. Bausch. 2006. Nitrogen and tillage effects on irrigated continuous corn yields. Agronomy Journal, 98: 63–71.
18. Halvorson, A.D., C.A. Reule, and L.S. Murphy. 2000. No-tillage and N fertilization enhance soil carbon sequestration. Fluid Journal, 8(3): 8-11.
19. Haq, N. 1990. Evaluation of modern irrigation techniques for sandy loam soil having low slopes. M. Sc. Thesis, Dept. of Irrigation and Drainage, University of Agriculture, Faisalabad, Pakestan.
20. Hassanli, A.M., Ebrahimizadeh, M.A., and S. Beecham. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agricultural Water Management, 96(1): 93-99.
21. Kerby, R. K. 2007. Infiltration rate comparison of no-tillage and conventional-tillage soils. M. Sc. Thesis, Graduate College Iowa State University, Ames, USA.
22. Latif, M. 1990. Sprinkler irrigation to harness potential of water scarcity area in Pakistan. Technical Report No. 41. CEWRE. Pub. No. 37.
23. Liu, C.A., S.L. Jin, L.M. Zhou, Y. Jia, F.M. Li, Y.C. Xiong, and X.G. Li. 2009. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters. European Journal of Agronomy, 31(4): 241-249.
24. López, M.V., and J.L. Arrúe. 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. Soil and Tillage Research, 44: 35-54.
25. McGarry D., B.J. Bridge, and B.J. Radford. 2000. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 53: 105-115.

Archive of SID

www.SID.ir

26. Parihar, C.M., S.L. Jat, A.K. Singh, A. Ghosh, N.S. Rathore, B. Kumar, S. Pradhan,
27. K. Majumdar, T. Satyanarayana, M.L. Jat, Y.S. Saharawat, B.R. Kuri, D. Saveipune.
28. 2017. Effects of precision conservation agriculture in a maize-wheat-mungbean rotation on
29. crop yield, water-use and radiation conversion under a semiarid agro-ecosystem.
30. Agricultural Water Management, 192, 306- 319.
31. Shirani, H., M.A. Hajabbasi, M. Afyuni, and A. Hemmat. 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil & Tillage Research, 68: 101–108.
32. Taser, O., and F. Metinoglu. 2005. Physical and mechanical properties of a clay soil as affected by tillage systems for wheat growth. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-soil and Plant, 55: 186-191.
33. Vervoort, R. W., S. M. Dabney, and M. J. M. Romkens. 2001. Tillage and row position effects on water and solute infiltration characteristics. Soil Society of America Journal, 65: 1227–1234.
34. Wang, X.B., D.X. Cai, W.B. Hoogmoed, O. Oenema, and U.D. Perdok. 2007. Developments in conservation tillage in rainfed regions of North China. Soil and Tillage Research, 93: 239-250.

Archive of SID

www.SID.ir

Water Productivity and Corn Yield in Corn-Wheat Rotation Affected by Irrigation and Tillage Methods

S. I. Dehghanian and S. Afzalinia[1] *

Researcher, Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

sed1348@yahoo.com

Associate Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

sja925@mail.usask.ca

Abstract

Individual effects of conservation tillage and irrigation methods on corn yield and water productivity have been adequately investigated so far, but simultaneous effects of these treatments on corn production have not received enough attention. Therefore, in this research, effect of conservation tillage and irrigation methods on soil properties, water productivity, and corn yield was evaluated using a split plot experimental design with nine treatments and three replications. Main plots were allocated to irrigation methods including surface irrigation (gated pipe), tape irrigation, and sprinkler irrigation. Tillage methods including zero tillage (direct drilling), reduced tillage, and conventional tillage were in the sub plots. Soil bulk density, forage moisture content, water consumption, corn yield, and water productivity were measured in different tillage and irrigation treatments. Results showed that no-till increased soil bulk density at soil depth of 0-10 cm compared to the reduced and conventional tillage methods (9 and 4%, respectively); while, irrigation method had no significant effect on soil bulk density. Irrigation method had a significant effect on corn grain yield so that pressurized irrigation methods had the maximum corn yield, while the minimum corn yield was obtained from the surface irrigation. However, corn yield was not affected by tillage method. The maximum water consumption occurred in surface irrigation, and drip irrigation had the minimum. Drip irrigation saved 34% and 57% water compared to the sprinkler and surface irrigation methods, respectively. Water productivity in corn was significantly affected by irrigation methods; while, tillage methods had no significant effect on water productivity. The maximum water productivity (1.22 kg/m^3 on average) was obtained in drip irrigation and the minimum water productivity (0.34 kg/m^3 on average) belonged to the surface irrigation.

Keywords: Direct seeding, Silage water content, Soil bulk density

1- Corresponding author: Associate Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran.

*- Received: November 2017 and Accepted: January 2018

Archive of SID

www.SID.ir