

تأثیر تنش رطوبت، کود شیمیایی نیتروژنه، کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان استفاده از آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴

مجید مجیدیان^{۱*}، امیر قلاوند^۱، نجفعلی کریمیان^۲ و علی اکبر کامگار حقیقی^۳

(تاریخ دریافت: ۸۶/۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۵)

چکیده

به منظور بررسی اثرهای تنش رطوبت، کود شیمیایی نیتروژنه، کود دامی و تلفیقی از کود نیتروژن و کود دامی بر عملکرد، اجزای عملکرد و راندمان استفاده از آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس - تک بلال و دندان اسبی)، آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۴ در مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن (شیمیایی (صفر، ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، تلفیقی شیمیایی و دامی (۴۶ کیلوگرم نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن درهکتار کود دامی) و دامی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود دامی) { و سه سطح آبیاری (آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) در نظر گرفته شد. بیشترین عملکرد دانه ذرت در تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی به میزان ۷۹۷۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه ذرت در آبیاری شاهد به میزان ۷۰۴۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تنش رطوبت در آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه عملکرد دانه را به ترتیب ۳۳ و ۱۲ درصد کاهش داد. بیشترین عملکرد در برهمکنش تنش رطوبت و تیمارهای کود نیتروژن در تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد. هم چنین بیشترین راندمان استفاده از آب در بین تیمارهای آبیاری در آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. بیشترین راندمان استفاده از آب در برهمکنش تنش رطوبت و تیمارهای کود نیتروژن در تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که کود نیتروژن کافی به صورت شیمیایی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش رطوبتی به مقدار کم افزایش و کود نیتروژن به صورت تلفیقی (شیمیایی و دامی) عملکرد دانه را تحت شرایط تنش رطوبتی افزایش می‌دهد. ولی با آبیاری کامل عملکرد دانه ذرت را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد. هم چنین زمانی که تنش رطوبتی شدید است کود نیتروژن به ویژه به صورت تلفیقی عملکرد را افزایش می‌دهد. با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و دامی، علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد دانه بهتری حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبت، نیتروژن، تعداد دانه، عملکرد، نظام های کشاورزی، ذرت

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و دانشیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۳. دانشیار آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ma_majidian@yahoo.com

مقدمه

گیاهان پیوسته توسط فاکتورهای محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند بعضی از این تنش‌ها مانند تنش رطوبتی رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (۵). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که اثرات بسیار نامطلوب بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (۲۱ و ۲۶). تنش رطوبتی باعث خسارت به غشا و سیستم فتوسنتزی می‌شود. فتوسنتز می‌تواند به وسیله تنش رطوبتی از دو طریق تحت تأثیر قرار گیرد. ۱- بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه نرسیدن دی اکسید کربن به کلروپلاست‌ها و ۲- از طریق کاهش پتانسیل آب سلول و تأثیر منفی آن روی ساختمان‌های پیچیده فتوسنتزی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. بدین ترتیب تنش رطوبتی رشد ریشه و ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (۱۱).

در آزمایشی سوبرادو (۲۳) روی شش رقم ذرت تحت سه رژیم آبیاری نتیجه گرفت که کاهش مشاهده شده در سطح برگ تحت شرایط رطوبتی ناشی از کاهش در اندازه برگ می‌باشد و نه از تعداد کمتر برگ، هم چنین هم‌بستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده افشانی و عملکرد دانه مشاهده شد. شوسلر و وستگیت (۱۸) نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی در طی گل‌دهی و اوایل نمو دانه، تعداد دانه در بلال ذرت را کاهش می‌دهد. تلفات دانه می‌تواند ناشی از عدم هم‌زمانی نمو گل‌ها، نمو غیر عادی کیسه جنینی قبل از ظهور کاکل و عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و باروری نیز باشد. لورنز و همکاران (۱۵) نشان دادند که تعداد دانه در بلال حساس‌ترین جزء عملکرد به کمبود آب است. در آزمایشی مجیدیان (۱) نتیجه گرفت که کود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش رطوبتی به مقدار کم افزایش می‌دهد ولی با آبیاری کامل عملکرد دانه ذرت را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد. هم چنین زمانی که تنش رطوبتی شدید است افزایش کود نیتروژن عملکرد را به مقدار کم افزایش می‌دهد. بنابراین دلیلی هم وجود ندارد که به خاطر کاهش اثرات تنش آبی میزان‌های کود نیتروژن را کم کنیم. ایک (۶) در مورد برهم کنش اثرات نیتروژن و تنش رطوبتی روی

اجزای عملکرد بیان می‌کند که عمده‌ترین اثرات نیتروژن در افزایش عملکرد از طریق افزایش تعداد دانه می‌باشد. هم چنین تنش رطوبتی ذرت در طول مرحله رشد رویشی عملکرد را از طریق کاهش تعداد دانه کاهش می‌دهد ولی تنش رطوبتی در طی مرحله پر شدن دانه باعث کاهش در وزن دانه شد و در تعداد دانه کاهش به وجود نیامد. سینکلر و همکاران (۲۰) هم‌بستگی زیادی بین عملکرد دانه و وزن بیولوژیک در شرایط تنش رطوبت و بدون تنش ملاحظه کردند. آنها نتیجه گرفتند همان طور که عملکرد دانه در اثر تنش رطوبت کم می‌شود، وزن بیولوژیک نیز در اثر تنش کاهش می‌یابد که خود باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه می‌گردد. شاخص برداشت به نسبت عملکرد اقتصادی (وزن خشک دانه) به عملکرد بیولوژیک (وزن خشک کلیه اندام‌های هوایی گیاه) اتلاق می‌شود (۲۰). شاخص برداشت دارای یک سقف است که در برخی از گیاهان زراعی مدرن به حداکثر خود نزدیک شده است. لذا حفظ شاخص برداشت در شرایط کمبود آب اهمیت بحرانی دارد. سینکلر و همکاران (۲۰) نشان دادند که شاخص برداشت عملاً ثابت است زیرا همان طور که تنش رطوبت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود وزن خشک کل نیز کم می‌شود مگر این که تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

بررسی‌ها نشان داده‌اند که منابع زیستی (ارگانیک) مانند کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند به حاصل‌خیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود، زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارآیی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش خواهد داد (۳، ۴، ۷ و ۱۶). در حال حاضر برای توسعه کشاورزی پایدار در طی دوره گذار از کشاورزی متداول به کشاورزی پایدار راهبرد کشاورزی پایدار با سطح عملکرد بالا با اجرای سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی به صورت تلفیق مصرف کودهای شیمیایی و آلی به عنوان راه‌کاری برای کشاورزی جایگزین برای تولید محصول و حفظ عملکردها در سطح قابل قبول مؤثر می‌باشند (۱۹). کودهای

طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها، از خاک مزرعه تا عمق ۲۵ سانتی متر و کود دامی (گاوی) برای تعیین بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌گیری به عمل آمد (جدول‌های ۱ و ۲). هم‌چنین ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده تعیین شد (جدول ۳). عوامل مورد مطالعه شامل مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن (شیمیایی (صفر، ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، تلفیقی شیمیایی و دامی (۴۶ کیلوگرم نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن درهکتار کود دامی) و دامی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود دامی) { و سه سطح آبیاری (آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) در نظر گرفته شد. از آنجا که تخمین درست و دقیق تبخیر و تعرق برای برنامه‌ریزی آبیاری برای بهینه کردن عملکرد مناسب است و نیاز به نیروی کار کمی دارد، تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A هر هفت روز یک بار صورت گرفت. بدین منظور تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری شده و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی با استفاده از روش FAO محاسبه شد (۱۳). تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق ذرت محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای آبیاری در مزرعه میزان آبیاری هر هفت روز یک بار (روزهای دوشنبه) تعیین و اجرا شد. میزان آب داده شده به هر کرت با استفاده از سیفون و با توجه به ارتفاع سطح آب و جوی اصلی و در کرت تعیین گردید. تیمارهای آبیاری از مرحله دو برگی اعمال گردید. مقدار آب آبیاری در سطوح آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ به ترتیب ۴۰/۳۱، ۶۰/۴۵ و ۸۰/۵۹ سانتی‌متر می‌باشد.

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نهرها و کرت بندی بود. کود دامی کاربردی نسبتاً تازه و کمپوست شده بود. کود دامی پس از پخش در سطح خاک به وسیله دیسک با خاک مخلوط شد تا از انتشار نیتروژن آن به صورت آمونیوم به اتمسفر جلوگیری شود.

دامی علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به علت این که به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند (۱۷). لائور (۱۴) اظهار داشته است که می‌توان در زمین‌های زراعی با مصرف کودهای دامی حدود ۴۲ درصد نیتروژن، ۲۹ درصد فسفر و ۵۷ درصد پتاسیم را تأمین کرد. این امر موجب به دست آمدن حداکثر عملکرد در محصول شده و کارایی مصرف کود شیمیایی را افزایش می‌دهد (۱۴). کمبود نیتروژن عملکرد را کاهش می‌دهد و این کاهش عملکرد هم از طریق کاهش تعداد دانه و هم وزن دانه می‌باشد (۲۴ و ۲۵). علت کاهش دانه ممکن است عدم باروری یا افزایش سقط و یا عدم تکامل آن باشد (۲۵). در آزمایش یوهارت و آندرید (۲۴) بر اثر کمبود نیتروژن وزن دانه ۹ تا ۲۵ درصد و عملکرد دانه بین ۱۴ تا ۸۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش پیدا کردند.

با توجه به مشکل کمبود آب و افزایش قیمت آب آبیاری که منجر به افزایش هزینه تولید این محصول می‌شود و متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی مانند کود نیتروژن در بسیاری از مناطق، مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد و کاربرد کودهای دامی برای بهبود شرایط خاک، عملکرد دانه بهتر (زیرا به تنش رطوبت واکنش بهتری نشان می‌دهند) و هم‌چنین اهمیت توجه به ذرت در پاسخ‌گویی به نیاز غذایی کشور این تحقیق با اهداف زیر به اجرا در آمد: ۱- مطالعه تنش رطوبت در مراحل مختلف رشد و تأثیر آن بر صفات زراعی ذرت ۲- مطالعه تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و کود دامی بر صفات زراعی ذرت ۳- مطالعه بر همکنش تنش رطوبت، کود نیتروژن و کود دامی بر صفات زراعی ذرت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۴ در مزرعه‌ای واقع در مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به اجرا در آمد. رقم مورد استفاده ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس، تک بلال و دندان اسبی) می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب

جدول ۱. بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

تخلخل	وزن مخصوص حقیقی	مخصوص ظاهری	وزن مخصوص	مس	جذب	روی قابل جذب	مگنز قابل جذب	آهن قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کربن آلی	مواد خشتی شونده	کل اشباع	اسیدینه	هدایت الکتریکی (دمی زیمس بر متر)	درصد اشباع	عمق (سانتی متر)
۴۷/۴۱	۲/۳۲	۱/۲۲	۰/۹۶	۰/۳۶	۱۰/۸	۴/۶۲	۲۲۵	۶	۰/۸۶	۱۴	۶/۹۲	۲/۴۳	۳۶	۰-۲۵	سال دوم	۳۰/۴	۵۰/۶۴
۵۰/۶۴	۲/۳۳	۱/۱۵	۰/۹۶	۰/۶۴	۸/۳۸	۵/۲۴	۲۷۰	۱۸/۲	۰/۹۴	۱۴/۱۲	۷/۵۷	۱/۵۵	۳۰/۴	۵ تن کود دامی	۳۳/۵	۵۲	
۵۲	۲/۴۵	۱/۱۸	۱/۰۸	۰/۹۸	۱۱/۰۴	۶/۳۸	۳۱۵	۳۲/۴	۱/۱۶	۱۵/۸۷	۷/۵۴	۲/۶۷	۳۳/۵	۱۰ تن کود دامی	۳۸/۹	۵۲/۸۳	
۵۲/۸۳	۲/۲	۱/۰۴	۰/۹۲	۰/۹۶	۱۱/۴۶	۶/۱۸	۳۶۲	۳۸/۸	۱/۱۶	۱۶/۱۳	۷/۷۴	۲/۸۳	۳۸/۹	۱۵ تن کود دامی	۳۷/۳	۴۹/۱	
۴۹/۱	۲/۲۲	۱/۱۳	۱/۱	۰/۳۶	۸/۱۶	۴/۲	۱۷۰	۲/۸	۰/۶۴	۱۴/۸۷	۷/۹۲	۱/۲۳	۳۷/۳	کود شیمیایی			

جدول ۲. بعضی از خصوصیات کود دامی (گاوی) مورد آزمایش

مس	روی	آهن	منگنز	کربن آلی	پتاسیم کل	فسفر کل	نیتروژن کل	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH
کیلوگرم	میلی گرم در			درصد				۱:۵	۱:۵
۱۳۲۱	۵۰۸۷	۴۲۰۳	۱/۵۴	۴۲	۳/۸۷	۰/۸۱	۲/۰۶	۲۶/۲	۷/۴۶

جدول ۳. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

منگنز	آهن	مس	روی	پتاسیم	نیتريت	نترات	فسفات	سختی کل	کل مواد محلول	هدایت الکتریکی μs/s	pH
میلی در لیتر											
۰/۰۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۹	۰/۰۲۶	۰/۸۲	۰/۰۰۳	۱۷/۵	۰/۰۵	۳۴۰	۸۳۷	۱۱۹۷	۷/۶۶

برداشت و وزن بیولوژیک تعیین گردید. داده‌های به دست آمده از مطالعات زراعی با استفاده از برنامه کامپیوتری SAS تجزیه واریانس شد و میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

مطالعه حاضر نشان داد تنش رطوبتی به طور معنی‌دار منجر به کاهش عملکرد دانه گردید و با افزایش تنش رطوبت عملکرد دانه کاهش یافت (جدول‌های ۴ و ۵). علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار رطوبتی کاهش تعداد دانه در بلال بود. البته وزن هزار دانه هم تأثیر گذاشت ولی بین تیمارها اختلاف معنی‌دار دیده نشد (جدول‌های ۴ و ۵). این یافته مطابق با یافته‌های سایر پژوهشگرانی است که نشان داده‌اند تنش رطوبت تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال و وزن کل بلال را کاهش می‌دهد (۵، ۱۸، ۲۱ و ۲۶). کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن باشد. البته تنش‌های محیطی همچون تنش

تمام کود دامی در اول کاشت مصرف شد. فسفر به میزان ۱۲۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به صورت پیش کاشت استفاده گردید. ابعاد کرت‌ها شامل پنج ردیف هشت متری با فاصله ۷۵ سانتی متر بود و هر کرت توسط دو ردیف نکاشت از کرت بعدی جدا شد. اعمال تیمار کود نیتروژن در دو مرحله (۱/۳) قبل از کاشت و ۲/۳ را در مرحله شش برگی) به واحدهای آزمایشی انجام شد. کاشت با فاصله ۲۰ سانتی متر در هر ردیف و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر صورت گرفت. تاریخ کاشت اول خرداد ماه ۱۳۸۴ بود. در مرحله ۲ تا ۴ برگی تنک کردن انجام شد. مبارزه با علف‌ها به صورت وجین دستی در طول رشد گیاه به طور مرتب انجام گرفت. در طی دوره رشد و نمو گیاه، هیچ نوع آفت و بیماری دیده نشد. برداشت نهایی به هنگام رسیدن فیزیولوژیک دانه‌های ذرت که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می‌شود، صورت گرفت. در برداشت نهایی ۱۵ بوته از وسط هر کرت از سطح خاک بریده شد. تعداد دانه در ردیف، وزن کل دانه در بلال، وزن هزار دانه، طول بلال، قطر بلال در بیشترین قسمت آن، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، وزن کل بلال، عملکرد دانه، شاخص

جدول ۴. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه و راندمان استفاده از آب

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در بال	وزن هزار دانه (گرم)	وزن هزار بال (گرم)	وزن دانه هر (گرم)	وزن کل بال (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد (سانتی متر)	طول بال (سانتی متر)	قطر بال (سانتی متر)	عمق دانه (سانتی متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن بیولوژیک (گرم در بوته)	شاخص برداشت (درصد)	راندمان استفاده از آب (کیلوگرم در متر مکعب آب)
تکرار	۲	۲۰۲۹/۸۱۱ ^{NS}	۲۴/۸۷ ^{NS}	۳۱۸/۳۳۸ ^{NS}	۶۶/۱۶ ^{NS}	۳/۶۱ ^{NS}	۱/۹۱ ^{NS}	۳/۵۹ ^{NS}	۰/۰۷۹ ^{NS}	۰/۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۸ ^{NS}	۱۹۱۳۴۲۸/۲۳ ^{NS}	۲۸۶/۱۷۵ ^{NS}	۴۵/۳۵ ^{NS}	۰/۰۸۳ ^{NS}
آبیاری (A)	۲	۱۲۵۵۶۵/۸۷۸ ^{**}	۶۳/۳۳ ^{NS}	۶۷۹۹/۲۲۴ ^{**}	۸۱۳۳/۰۱۴ ^{**}	۹۲/۵۴ ^{**}	۰/۳۱ ^{NS}	۱۳/۲۰ ^{**}	۰/۱۰۱ [*]	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}	۴۰۴۵۲۴۳۹/۳۱۹ ^{**}	۳۰۲۷۲/۸۹۱ ^{**}	۳۳/۰۵۵ ^{NS}	۰/۶۸۸ ^{**}
نیترژن (B)	۹	۶۶۵۷۴۷/۵۲ ^{**}	۱۶/۰۳۱ [*]	۲۴۵۷/۰۹۲ ^{**}	۳۲۶/۲۵۷ ^{**}	۱۶۷/۱۳۷ ^{**}	۳/۶۳ ^{**}	۱۴/۲۸۸ ^{**}	۰/۲۱۱ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{**}	۰/۰۱۳ ^{**}	۱۴۵۲۱۰۹۹/۵۵۱ ^{**}	۷۷۰۲/۵۷۰ ^{**}	۱۳۴۷۶۹ ^{**}	۰/۴۰۸ ^{**}
A×B	۱۸	۱۱۶۳۸۶۱۹ ^{**}	۹/۱۹۱ ^{NS}	۸۴۳۷/۵۱ ^{**}	۱۰۷۵/۸۳ ^{**}	۳۷/۵۸۱ ^{**}	۱/۳۹ ^{NS}	۳/۱۰۶ ^{**}	۰/۰۵۸ [*]	۰/۰۰۵ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{**}	۵۰۰۸۶۷۸/۱۶۴ ^{**}	۱۷۵/۱۴۲ ^{**}	۱۰۲/۱۴۲ ^{**}	۰/۱۰۸ ^{**}
خطا	۵۸	۵۱۵۱/۳۹۷	۷/۲۴۳	۲۲۹/۹۶۴	۲۸۸/۵۳۲	۱۳۷/۲۹	۱/۰۳۸	۱/۳۸۶	۰/۰۳۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۱۳۶۵۹۳۲/۸۲۷	۳۳۲/۹۳۱	۲۷/۱۲۱	۰/۰۴۸

NS و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و راندمان استفاده از آب

تعداد دانه	وزن هزار دانه (گرم)	وزن هزار هر (گرم)	وزن کل بال (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد (سانتی متر)	طول بال (سانتی متر)	قطر بال (سانتی متر)	عمق دانه (سانتی متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن بیولوژیک (گرم در بوته)	شاخص برداشت (درصد)	راندمان استفاده از آب (کیلوگرم در متر مکعب آب)
۴۷۶ ^c	۱۵/۱۴ ^a	۶۱/۶۳ ^c	۸۳/۲۸ ^c	۳۵ ^b	۱۴ ^a	۱۴/۲۵ ^b	۳/۹۳ ^b	۱/۰۷۹ ^c	۳۷۴ ^c	۱۲۲/۸ ^c	۴۹/۷۰ ^a	۱/۱۷۶ ^a
۷۵ ^{ab}	۱۵/۳۷ ^a	۸۰/۱۳ ^b	۱۰۲/۵ ^b	۳۶ ^b	۱۴ ^a	۱۴/۴۱ ^b	۳/۹۳ ^b	۱/۰۸۱ ^a	۶۱۷ ^b	۱۵۲/۲ ^b	۵۰/۳۵ ^b	۱/۰۲۱ ^b
۱۰۰ ^a	۱۶/۰۳ ^a	۹۱/۴۳ ^a	۱۱۶/۱ ^a	۳۹ ^a	۱۴ ^a	۱۵/۴۳ ^a	۴/۰۳۱ ^a	۱/۰۹۱ ^a	۷۰۴ ^a	۱۸۶/۲ ^a	۴۸/۲۹ ^a	۰/۸۳۳ ^c

*: حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

۱. سطح آبیاری (۵۰=آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۷۵=آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰۰=آبیاری معادل نیاز آبی گیاه).

تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد (شکل ۱). با اعمال تنش رطوبتی و عدم کاربرد نیتروژن کاهش بر عملکرد گیاه مشاهده گردید و با افزایش کود نیتروژن به خصوص به صورت کود دامی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش رطوبتی شد و عملکرد افزایش یافت (شکل ۱). در شکل ۱ مشاهده گردید که سیستم‌های تلفیقی کود نیتروژن در آبیاری معادل نیاز آبی گیاه دارای عملکرد قابل توجه‌ای در مقایسه با سایر تیمارهای مشابه می‌باشند. هم‌چنین زمانی که تنش رطوبتی وجود دارد بهترین کوددهی به صورت تلفیقی و به میزان متعادل می‌باشد، که در این آزمایش مشاهده شد تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی و آبیاری ۷۵ درصد نیاز آب گیاه عملکرد قابل توجه‌ای در مقایسه با سایر تیمارهای مشابه دارد. بنابراین از این آزمایش نتیجه‌گیری می‌شود که کود نیتروژن کافی به صورت شیمیایی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش رطوبتی به مقدار کم افزایش و کود نیتروژن به صورت تلفیقی (شیمیایی و دامی) عملکرد دانه را تحت شرایط تنش رطوبتی افزایش می‌دهد. ولی با آبیاری کامل عملکرد دانه ذرت را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد. هم‌چنین زمانی که تنش رطوبتی شدید است کود نیتروژن به ویژه به صورت تلفیقی عملکرد را افزایش می‌دهد. بنابراین کاربرد کود نیتروژن به صورت کود دامی و شیمیایی برای کاهش اثرهای تنش رطوبتی توصیه می‌شود.

ویژگی‌های بلال

ویژگی‌های بلال رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارند. تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار در وزن کل بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف شد (جدول‌های ۴ و ۵). بیشترین وزن کل بلال، طول بلال، قطر بلال و تعداد دانه در ردیف در آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد و با بقیه سطوح آبیاری اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۵). علت کاهش وزن کل بلال و تعداد دانه در ردیف را می‌توان به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال نسبت داد. علت کاهش طول

رطوبتی و شوری باعث کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه‌ها گردیده و این مسئله منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله می‌شود. هم‌چنین قدرت بقای گلچه‌ها شدیداً تعداد دانه در گل آذین را متأثر کرده و اساساً مهم‌ترین عاملی که باعث کاهش وزن دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌شود، دوره پر شدن دانه است (۸). بنابراین عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد و عملکرد دانه، وزن کل بلال، وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد.

کود نیتروژن و کود دامی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و باعث افزایش عملکرد دانه گردید (جدول‌های ۴ و ۶). بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی در هکتار و کمترین در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد (جدول ۶). دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شد. علت افزایش عملکرد دانه در تیمارهایی که کود نیتروژن دارند، افزایش تعداد دانه در بلال و تا حدودی وزن دانه در بلال بود (جدول ۶). در جدول ۶ دیده شد تیمارهای ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی و ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی دارای بیشترین تعداد دانه در بلال می‌باشند و اختلاف معنی‌دار با هم ندارند، در مورد وزن هزار دانه بیشترین آن متعلق به تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی می‌باشد، به همین علت بیشترین وزن دانه هر بلال، وزن کل بلال و عملکرد متعلق به تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی است. نتایج مشابه نتایج سایر محققینی است که نشان دادند کود نیتروژن تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه را افزایش می‌دهد (۳، ۴، ۷، ۱۴ و ۱۶). هی و واکر (۱۰) گزارش کردند از آنجا که کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک و دوام سطح برگ می‌شود، ممکن است انتظار رود که دانه غلات با افزایش مصرف نیتروژن سنگین تر شود.

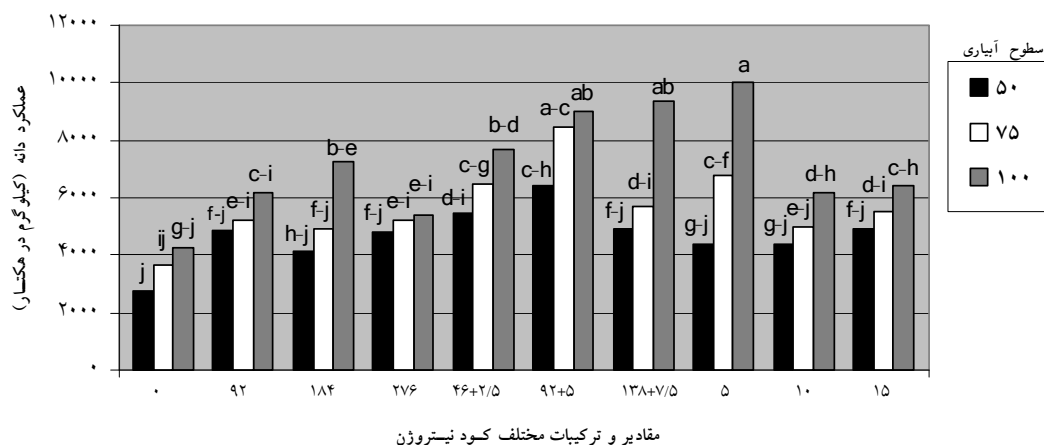
در مورد برهمکنش تنش رطوبت و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه در

جدول ۶. اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و راندمان استفاده از آب

راندمان استفاده از آب (کیلوگرم در هر مترمکعب آب)	شاخص برداشت (درصد)	وزن بیولوژیک (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عمق دانه (سانتی متر)	قطر بلال (سانتی متر)	طول بلال (سانتی متر)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف (گرم)	وزن کل بلال (گرم)	وزن دانه هر بلال (گرم)	وزن حورار دانه (گرم)	تعداد دانه در بلال	نیتروژن
۰/۶۰۹۵ ^e	۴۴/۲۳ ^c	۱۰۵۷ ^d	۳۵۷ ^d	۰/۹۹۹ ^۵	۳/۶۵ ^{۳d}	۱۲/۴۱ ^f	۱۳ ^c	۳۰ ^f	۶۱/۹۴ ^f	۴۶/۳۳ ^f	۱۳/۳۳ ^c	۳۹۰ ^e	۰
۰/۸۸۸ ^d	۴۹/۲۲ ^{bc}	۱۷۶۳ ^b	۴۹۷ ^c	۱/۰۷۳ ^b	۳/۸۱ ^{۲c}	۱۴/۵۶ ^{cd}	۱۴ ^{ab}	۳۶ ^{cd}	۸۸/۵۲ ^e	۶۴/۵۶ ^e	۱۳/۸۱ ^{bc}	۵۲۶ ^{cd}	۹۲
۱/۱۲۶ ^{bc}	۴۷/۹۵ ^{bc}	۱۷۷۲ ^b	۶۵۳ ^{ab}	۱/۰۹۲ ^b	۴/۰۳ ^{۲bc}	۱۴/۹۱ ^{bd}	۱۵ ^a	۳۷ ^{bd}	۱۰۹/۶۲ ^{bd}	۸۴/۸۶ ^{bd}	۱۵/۸۳ ^{bc}	۵۳۸ ^{cd}	۴۶+۲/۵
۱/۱۵۲ ^b	۵۵/۷۸ ^a	۱۶۲۳ ^b	۷۰۷ ^{ab}	۱/۰۸۲ ^b	۳/۹۳ ^{۲c}	۱۴/۲۷ ^{cd}	۱۴ ^{ab}	۳۵ ^{cd}	۱۱۲/۷ ^{bc}	۹۱/۹۳ ^{ab}	۱۶/۱۶ ^{bc}	۵۸۸ ^{bc}	۵
۰/۹۱۲ ^{cd}	۴۷/۸۹ ^{bc}	۱۴۵۳ ^c	۵۴۲ ^{de}	۱/۰۸۸ ^b	۴/۰۱ ^{bc}	۱۵/۴۳ ^{bc}	۱۴ ^{ab}	۴۰ ^{bc}	۹۶/۹۶ ^{bc}	۷۰/۴۹ ^{de}	۱۴/۴۸ ^{bc}	۵۶۳ ^{cd}	۱۸۴
۱/۳۷ ^a	۵۲/۶۸ ^{ab}	۱۹۳۱ ^a	۷۹۷ ^a	۱/۱۴۶ ^a	۴/۱۹ ^a	۱۵/۸۵ ^{ab}	۱۵ ^a	۴۰ ^{ab}	۱۲۹ ^e	۱۰۳/۶۸ ^a	۱۷/۵۷ ^a	۶۱۳ ^a	۹۲+۵
۰/۸۹۵ ^d	۵۱/۲۹ ^{ab}	۱۳۰۸ ^c	۵۱۹ ^c	۱/۰۷۲ ^b	۳/۸۷ ^{۳c}	۱۳/۲۷ ^{ef}	۱۴ ^{bc}	۳۲ ^{ef}	۸۳/۳۵ ^e	۶۷/۵۱ ^e	۱۴/۹۰ ^c	۴۹۴ ^d	۱۰
۱/۱۹۹ ^{ab}	۴۸/۰۳ ^{bc}	۱۳۴۸ ^c	۶۸۲ ^{ab}	۱/۰۷۷ ^b	۴/۰۰ ^{bc}	۱۵/۲۶ ^{bc}	۱۴ ^{ab}	۴۰ ^{ab}	۱۱۲/۸ ^{bc}	۸۸/۶۹ ^{ab}	۱۶/۱۰ ^{bc}	۶۰۴ ^{ab}	۲۷۶
۱/۱۰۶ ^{bd}	۴۲/۹۳ ^c	۱۹۲۳ ^a	۶۶۴ ^{bc}	۱/۱۱۸ ^{ab}	۴/۱۳ ^{۲ab}	۱۶/۸۶ ^a	۱۵ ^a	۴۳ ^{ab}	۱۱۷/۵ ^{bd}	۸۶/۴۷ ^{bc}	۱۶/۲۶ ^{bc}	۶۲۶ ^a	۱۳۸+۷/۵
۰/۹۷۴ ^{bd}	۵۲/۴۹ ^{ab}	۱۳۶۳ ^c	۵۶۰ ^c	۱/۰۸۱ ^b	۳/۹۲ ^{۳c}	۱۳/۹۷ ^{de}	۱۵ ^a	۳۳ ^{de}	۹۳/۷۷ ^{de}	۷۲/۸۳ ^{cc}	۱۶/۶۳ ^{ab}	۵۱۶ ^{cd}	۱۵

*: حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

۱. سطوح نیتروژن (= عدم کاربرد نیتروژن، ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲/۵ + ۲۶ = ۲۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۵ = ۵ تن کود دامی، ۱۸۴ = ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵ + ۹۲ = ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۵ تن کود دامی، ۱۰ = ۱۰ تن کود دامی، ۲۷۶ = ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۱۳۸ = ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵ = ۱۵ تن در هکتار کود دامی).



شکل ۱. اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه.

ستون های دارای حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

سطوح آبیاری (۵۰=۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۷۵=۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰۰=۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه).

مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن (۰=عدم کاربرد نیتروژن، ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲/۵+۴۶=۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۱۸۴=۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵+۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۵ تن کود دامی، ۱۰+۲/۵=۲۷۶=۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷/۵+۱۳۸=۱۳۸+۷/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵=۱۵ تن در هکتار کود دامی).

گردید (جدول های ۴ و ۶). در جدول ۶ دیده می شود بیشترین مقادیر وزن کل بلال، قطر بلال و عمق دانه در تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی در هکتار و بیشترین مقادیر تعداد دانه در ردیف و طول بلال در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی در هکتار به دست آمد (جدول ۶). دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شده است. جاکوبز و پیرسون (۱۲) و یوهارت و آندرید (۲۴ و ۲۵) نیز در یافته های خود نشان دادند کمبود و یا افزایش نیتروژن بر روی ویژگی های بلال اثر می گذارد.

در مورد برهمکنش تنش رطوبت و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر وزن کل بلال، بیشترین وزن کل بلال در تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار به دست آمد که هم بستگی زیادی بین وزن کل بلال و عملکرد دانه وجود دارد (جدول ۷).

و قطر بلال در اثر تنش رطوبت را می توان کاهش آهنگ رشد بلال که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می باشد عنوان نمود، زیرا عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش رطوبتی کاهش می یابد که مطابق با نظر یافته های سایر پژوهشگرانی است که نشان داده اند تنش رطوبتی ویژگی های بلال را کاهش می دهد (۱۸، ۲۰ و ۲۲). تنش رطوبتی باعث کاهش عمق دانه گردید ولی این کاهش دارای اختلاف معنی داری نبود. (جدول ۵). تنش رطوبت بر تعداد ردیف در بلال تأثیر نگذاشت و بین سطوح آبیاری اختلاف معنی دار دیده نشد (جدول های ۴ و ۵). ممکن است به این علت باشد که تعداد ردیف در بلال یک صفت ژنوتیپی است و کمتر تأثیر عوامل محیطی قرار می گیرد و حتی در شرایط تنش رطوبتی تغییر نمی کند.

افزایش نیتروژن باعث افزایش وزن کل بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و عمق دانه

جدول ۷. اثر بر همکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و راندمان استفاده از آب

راندمان استفاده از آب (کیلوگرم در هر متر مکعب آب)	عمق دانه (سانتی متر)	قطر یلال (سانتی متر)	طول یلال (سانتی متر)	در یلال	ردیف	وزن کل یلال (گرم)	وزن دانه هر یلال (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در یلال	تعداد دانه در نیتروژن ۲	آبیاری ۱
۰/۶۹۱۳۱-۱	۱/۰۰۱۱	۳/۶۷۷۰-g	۱۲/۱۱۴	۱۳۱b	۲۹۱	۵۰/۸۲۱	۳۶/۸۸۱	۱۲/۶۷۷۰-g	۳۳۴۱	۰	۰
۱/۲۹۰۴-۱	۱/۰۵۱۳	۳/۹۲۱۰-f	۱۴/۶۸۷۰-h	۱۴۰c	۳۸۱b	۸۹/۸۷۳۰-i	۶۷/۶۳۰۰-i	۱۳/۸۳۱۰-h	۵۲۶۰۰-g	۹۲	۹۲
۱/۳۵۱۳-۱	۱/۰۵۱۳	۳/۹۲۱۰-f	۱۳/۸۳۱۰-i	۱۴۰c	۳۲۱b	۹۴/۶۳۰۰-i	۷۰/۸۲۱۰-i	۱۵/۳۹۰۰-e	۴۶۲۰۰-f	۴۶+۲/۵	۴۶+۲/۵
۱/۰۹۰۴-۱	۱/۰۶۰۳	۳/۷۰۳۰-g	۱۲/۰۴۱	۱۴۰c	۲۸۱a	۷۱/۸۸۱۰-h	۵۷/۰۶۰۳	۱۳/۶۰۳۰-e	۴۴۴۰۰-g	۵	۵
۱/۰۳۰۴-۱	۱/۰۸۸۰-i	۴/۰۳۳۰-d	۱۵/۵۱۰-f	۱۵۱b	۴۱۰a	۷۹/۵۱۰۰-j	۵۳/۹۲۱۰-j	۱۳/۸۰۳۰-e	۴۸۴۰۰-h	۱۸۴	۱۸۴
۱/۵۹۰۳-۱	۱/۱۱۹۰-e	۴/۲۰۱۰-b	۱۵/۵۳۱۰-f	۱۵۱b	۴۰۰a	۱۰۸/۶۰۳۰-g	۸۳/۴۸۰۰-c	۱۷/۴۹۰۰-e	۵۴۰۰۰-g	۹۲+۵	۹۲+۵
۱/۰۸۱۳-۱	۱/۱۱۰۰-f	۳/۹۲۱۰-f	۱۲/۹۴۱۰	۱۴۰c	۳۲۰b	۷۲/۶۳۰۰-i	۵۶/۹۰۳۰-i	۱۵/۳۹۰۰-e	۴۵۸۰۰-f	۱۰	۱۰
۱/۱۹۰۳-۱	۱/۰۹۹۰-g	۳/۶۵۵۰-g	۱۴/۶۶۰۰-h	۱۴۰c	۳۸۱b	۸۵/۸۸۱۰-h	۶۲/۶۹۰۰-f	۱۴/۰۱۰۰-b	۵۰۸۰۰-h	۲۷۶	۲۷۶
۱/۲۱۰۳-۱	۱/۱۵۰۰	۴/۲۴۹۰-a	۱۷/۴۱۰۰-b	۱۴۰c	۴۶۰a	۹۴/۳۹۰۰-i	۶۳/۹۸۰۰-f	۱۷/۲۶۰۰-e	۵۴۸۰۰-g	۱۳۸+۷/۵	۱۳۸+۷/۵
۱/۲۱۰۳-۱	۱/۰۷۷۰-i	۴/۰۰۱۰-e	۱۳/۷۸۰۰-f	۱۵۱b	۳۲۰b	۸۴/۶۰۳۰-i	۶۳/۵۷۰۰-f	۱۷/۸۷۰۰-d	۴۵۸۰۰-g	۱۵	۱۵
۰/۶۰۹۱۳-۱	۱/۰۱۵۰-j	۳/۵۸۲۰-g	۱۲/۰۴۱	۱۴۰c	۲۷۱	۶۲/۸۶۱۰	۴۷/۸۶۱۰	۱۴/۴۸۰۰-e	۳۸۰۰۰-h	۰	۰
۱/۰۲۷۳-۱	۱/۱۳۳۰-c	۳/۹۲۱۰-f	۱۴/۶۷۰۰-h	۱۴۰c	۳۸۱b	۱۰۳/۱۰۰۰-d	۸۰/۶۴۰۰-h	۱۷/۰۵۰۰-e	۵۳۸۰۰-g	۹۲	۹۲
۱/۰۷۰۳-۱	۱/۰۹۰۳-g	۴/۰۳۸۰-d	۱۵/۳۱۰۰-b	۱۶۰a	۳۹۰b	۱۰۸/۳۰۰-g	۸۴/۳۳۰۰-g	۱۶/۵۳۰۰-e	۵۲۶۰۰-h	۴۶+۲/۵	۴۶+۲/۵
۱/۱۲۰۳-۱	۱/۰۹۳۰-h	۳/۸۹۰۰-g	۱۴/۸۴۰۰-h	۱۴۰c	۳۵۰k	۱۰۸/۴۰۰-g	۸۸/۳۵۰-f	۱۶/۳۷۰۰-e	۶۰۴۰۰-f	۵	۵
۰/۸۰۹۱۳-۱	۱/۰۷۷۰-i	۳/۹۲۱۰-f	۱۴/۵۵۰۰-h	۱۴۰c	۳۷۰c	۹۰/۴۴۰۰-i	۶۳/۵۷۰۰-f	۱۳/۶۰۳۰-e	۵۵۲۰۰-g	۱۸۴	۱۸۴
۱/۴۰۳۰-۱	۱/۱۵۸۰	۴/۱۸۲۰-b	۱۵/۱۹۰۰-b	۱۵۱b	۳۹۰a	۱۳۵۰۰-d	۱۱۰/۱۰۰-a	۱۹/۸۶۰۰-a	۶۴۶۰۰-e	۹۲+۵	۹۲+۵
۰/۸۱۸۰-۱	۱/۰۴۹۰-j	۳/۷۱۸۰-d	۱۲/۹۰۰۰	۱۳۱b	۳۰۰a	۷۹/۱۷۰۰-j	۶۴/۹۹۰۰-j	۱۲/۳۰۰-e	۵۱۲۰۰-h	۱۰	۱۰
۰/۸۶۳۰-۱	۱/۰۶۰۳-۱	۴/۰۰۲۰-e	۱۳/۹۹۰۰-i	۱۵۱b	۳۷۰c	۹۳/۰۰۰-i	۶۸/۰۱۰۰-i	۱۳/۹۴۰۰-e	۵۵۶۰۰-g	۲۷۶	۲۷۶
۰/۹۴۲۷-۱	۱/۰۵۳۰-j	۳/۹۲۱۰-f	۱۵/۱۱۰۰-c	۱۵۱b	۳۷۰c	۱۰۲/۱۰۰-d	۷۴/۰۰۰-d	۱۴/۳۳۰۰-e	۵۸۰۰۰-g	۱۳۸+۷/۵	۱۳۸+۷/۵
۰/۹۱۲۰-۱	۱/۰۷۷۰-i	۳/۸۱۰۰-g	۱۳/۵۶۰۰-f	۱۵۱b	۳۳۰b	۹۱/۳۰۰-f	۷۱/۵۹۰۰-h	۱۵/۳۳۰۰-e	۵۰۸۰۰-h	۱۵	۱۵
۰/۵۲۷۷-۱	۰/۹۸۱۰-d	۳/۶۹۹۰-d	۱۳/۰۸۰۰-i	۱۴۰c	۳۳۰b	۷۲/۹۷۰۰-j	۵۵/۲۴۰۰-j	۱۲/۸۰۳۰-e	۴۴۸۰۰-g	۰	۰
۰/۶۰۲۰-۱	۱/۰۳۳۰-j	۳/۸۸۲۰-b	۱۴/۵۰۰۰-d	۱۴۰c	۳۴۰-l	۸۶/۹۹۰۰-i	۶۲/۹۷۰۰-f	۱۳/۴۹۰۰-e	۵۱۳۰۰-h	۹۲	۹۲
۰/۹۵۰۰-۱	۱/۱۲۰۰-d	۴/۱۲۷۰-c	۱۵/۶۰۰۰-f	۱۵۱b	۴۱۰a	۱۲۵۰۰-b	۹۹/۴۳۰۰-d	۱۵/۵۹۰۰-e	۶۲۶۰۰-b	۴۶+۲/۵	۴۶+۲/۵
۱/۲۴۰۳-۱	۱/۱۵۲۰-b	۴/۲۰۹۰-b	۱۷/۲۰۰۰-e	۱۵۱b	۴۲۰-d	۱۵۷/۸۰	۱۳۰/۴۰	۱۸/۴۸۰-b	۷۲۰۰-a	۵	۵
۰/۸۸۰۰-۱	۱/۰۹۸۰-g	۴/۰۶۸۰-e	۱۶/۲۴۰۰-e	۱۵۱b	۴۳۰d	۱۲۰/۹۰۰-f	۹۳/۹۹۰۰-b	۱۵/۹۴۰۰-e	۶۵۶۰۰-d	۱۸۴	۱۸۴
۱/۱۲۰۰-۱	۱/۱۶۲۰-a	۴/۲۱۲۰-b	۱۶/۸۳۰۰-d	۱۴۰c	۴۳۰c	۱۴۵/۸۰-e	۱۱۷/۲۰-b	۱۸/۱۷۰۰-e	۶۵۸۰۰-d	۹۲+۵	۹۲+۵

ادامه جدول ۷.

۰/۸۷۰۰۰ ^h	۱/۰۷۶ ^{h-i}	۳/۹۷۷ ^{ef}	۱۳/۹۳ ^{bc}	۱۴ ^{ac}	۳۳ ^{cd}	۹۸۲ ^{cdh}	۸۰/۶۴ ^{klh}	۱۷/۰۴ ^{ac}	۵۱ ^{cdh}	۱۰
۰/۶۶۷ ⁰	۱/۰۵ ⁰	۳/۹۵۸ ^{ef}	۱۵/۰۲ ⁰	۱۴ ^{ac}	۳۸ ⁰	۹۱/۲۹ ^{fi}	۶۹/۷۹ ⁰	۱۴/۳۳ ^{ac}	۵۳ ⁰	۲۷۶
۱/۱۶ ⁰	۱/۱۴ ⁰	۴/۲۲۷ ⁰	۱۷/۸۳ ⁰	۱۵ ⁰	۴۶ ⁰	۱۵۵ ⁰	۱۲۱/۴ ⁰	۱۷/۲ ⁰	۷۷ ⁰	۱۳۸+۷/۵
۰/۸۹۶ ⁰	۱/۰۹۱ ⁰	۳/۹۵۷ ^{ef}	۱۴/۵۵ ⁰	۱۵ ⁰	۳۶ ⁰	۱۰۵ ⁰	۸۳/۳۳ ⁰	۱۶/۳۳ ^{ac}	۵۱ ⁰	۱۵

*. حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

۱. سطوح آبیاری (۵۰=آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۷۵=آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰۰=آبیاری معادل نیاز آبی گیاه).
۲. سطوح نیتروژن (۰=عدم کاربرد نیتروژن، ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲/۵+۴۶=۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۵=۵ تن کود دامی، ۱۸۴=۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵+۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۵ تن کود دامی، ۱۰=۱۰ تن کود دامی، ۲۷۶=۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷/۵+۱۳۸=۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵=۱۵ تن در هکتار کود دامی).

بیشترین وزن بیولوژیک در سیستم تلفیقی دسترسی بهتر گیاه ذرت به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شده است.

افزایش کود نیتروژن به خصوص کود دامی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش رطوبتی بر وزن بیولوژیک گیاه شد (شکل ۲). با اعمال تنش و عدم کاربرد نیتروژن، کاهش نسبی بر وزن بیولوژیک مشاهده شد و با افزایش کود نیتروژن وزن بیولوژیک گیاه افزایش یافت به طوری که در سطوح آبیاری مشابه در بعضی مقادیر کودی با هم اختلاف معنی دار ندارند (شکل ۲). بیشترین وزن بیولوژیک در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل نیاز گیاه به دست آمد. کاهش وزن بیولوژیک در سطوح ۱۰ و ۱۵ تن کود دامی در هکتار نسبت به تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار در آبیاری معادل نیاز گیاه می تواند به علت ننگه داری آب در کود دامی باشد و در تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار چون کود دامی کمتری در زمین وجود دارد آب را کمتر در خود ننگه داری نموده و در اختیار گیاه قرار می دهد (شکل ۲). کاربرد کود نیتروژن به خصوص به صورت تلفیقی می تواند مقابله با تنش رطوبتی را در گیاه ذرت افزایش دهد. البته در شرایط تنش رطوبتی زیاد بین اثر سطوح نیتروژن بر روی وزن بیولوژیک گیاه اختلافی وجود ندارد. در شکل ۲ مشاهده می شود که تنش رطوبتی مانع از آن شده که وزن بیولوژیک گیاه به حداکثر خود برسد که این کاهش می تواند به دلیل اثر تنش رطوبت بر فتوسنتز باشد.

شاخص برداشت

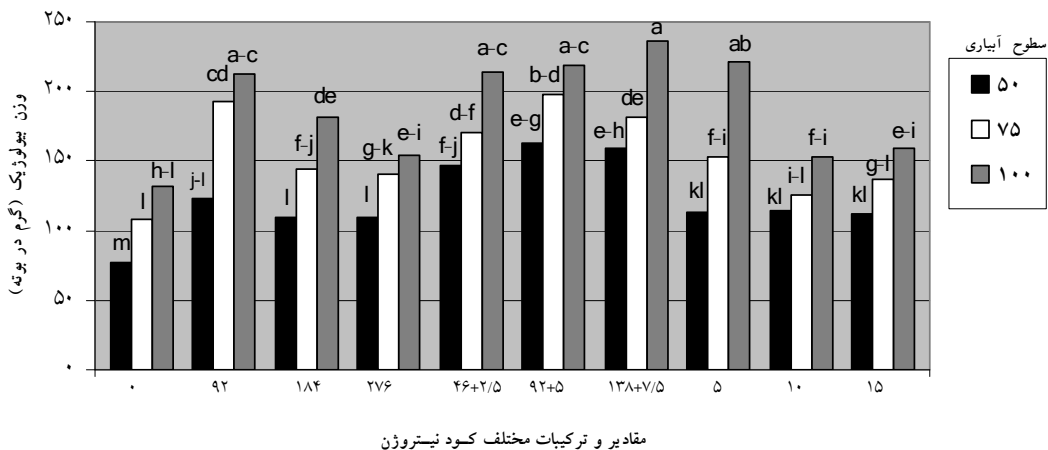
تنش رطوبت بر شاخص برداشت گیاه تأثیر نگذاشت و بین سطوح آبیاری اختلاف معنی دار دیده نشد (جدول های ۴ و ۵). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه های رویشی گیاه و دانه می باشد. از آنجا یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص

در مورد ویژگی های دیگر بلال در جدول ۷ مشاهده شد، تنش رطوبتی باعث روندی کاهشی گردیده است و نیتروژن به ویژه کود دامی باعث شرایط بهتری برای رشد گیاه فراهم نموده است و چون ویژگی های بلال رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارند، بنابراین توصیه می شود، نیتروژن به صورت کود دامی و شیمیایی استفاده گردد.

وزن بیولوژیک

نتایج این مطالعه نشان داد که تنش رطوبتی بر وزن بیولوژیک گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش تنش رطوبت وزن بیولوژیک گیاه کاهش یافت (جدول های ۴ و ۵). وزن بیولوژیک گیاه بیانگر این است که گیاه زراعی چه مقدار فتوسنتز حقیقی خود را قادر است به صورت فتوسنتز خالص در آورد. برای کاهش فتوسنتز خالص دو عامل قابل بررسی وجود دارد، یکی کاهش فتوسنتز حقیقی و دیگری افزایش تنفس گیاه است. هر کدام از این عوامل به تنهایی و یا همراه یکدیگر قادرند فتوسنتز خالص و در نتیجه وزن بیولوژیک گیاه را کاهش دهند. یکی از آثار اولیه تنش رطوبت روی سیستم فتوسنتزی، ناشی از افزایش مقاومت مزوفیلی می باشد به نحوی که ۵۰ درصد کاهش در مقدار فتوسنتز، ۲/۳ مربوط به مقاومت مزوفیلی و ۱/۳ باقیمانده مربوط به افزایش مقاومت روزنه ای است (۹). افزایش مقاومت مزوفیلی و روزنه ای در شرایط تنش رطوبتی باعث کاهش ورود دی اکسید کربن به درون گیاه گردیده و تحت تأثیر این حالت فتوسنتز ظاهری گیاه کاهش می یابد. بنابراین وزن بیولوژیک گیاه در اثر تنش رطوبت کاهش می یابد.

کود نیتروژن هم بر وزن بیولوژیک گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش کود نیتروژن، وزن بیولوژیک گیاه افزایش یافت (جدول های ۴ و ۶). بیشترین وزن بیولوژیک در تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود دامی به میزان ۱۹۳/۱ گرم در بوته به دست آمد. بهترین وزن های بیولوژیک در سیستم تلفیقی (شیمیایی و دامی) به دست آمد و کمترین وزن بیولوژیک در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد (جدول ۶). علت



شکل ۲. اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر وزن بیولوژیک

ستون های دارای حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

سطوح آبیاری (۵۰=آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۷۵=آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰۰=آبیاری معادل نیاز آبی گیاه).
مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن (۰=عدم کاربرد نیتروژن، ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲/۵+۴۶=۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۱۸۴=۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵+۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۵ تن کود دامی، ۱۰+۲/۵=۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷/۵+۱۳۸=۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵=۱۵ تن در هکتار کود دامی).

برداشت در تیمار عدم کاربرد نیتروژن و هم چنین (جدول ۶). بهترین شاخص های برداشت در سیستم کود دامی به دست آمد.

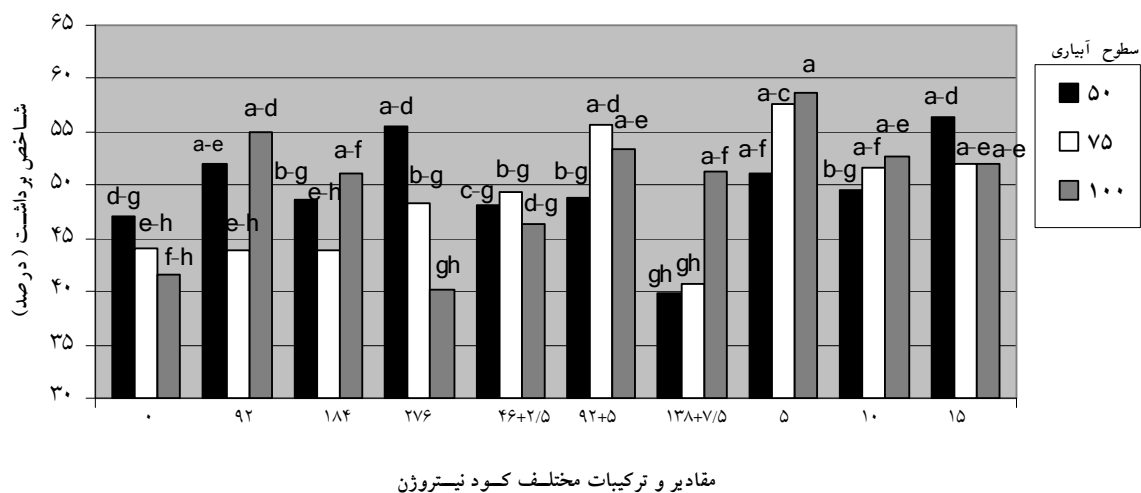
در مورد بر همکنش تنش رطوبت، مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر شاخص برداشت، بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد (شکل ۳). در شکل ۳ دیده می شود که شاخص برداشت در سطوح آبیاری و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن اختلاف معنی دار وجود ندارد.

راندمان استفاده از آب

راندمان استفاده از آب بر اساس نسبت عملکرد دانه تولید شده به میزان آب مصرف شده به دست آمد، تنش رطوبتی تأثیر معنی داری بر راندمان استفاده از آب داشت (جدول ۴). تیمار

برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. ولی بر اساس فرمول شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می شود. در جدول ۵ مشاهده می شود که تنش رطوبت تأثیر معنی دار بر شاخص برداشت ندارد که با آزمایش سینکرو و همکاران (۲۰) مطابقت دارد. آنها عقیده دارند که شاخص برداشت عملاً ثابت است. زیرا همان طور که تنش رطوبت باعث کاهش عملکرد دانه می شود وزن خشک کل نیز کم می شود، مگر این که تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

کود نیتروژن بر شاخص برداشت گیاه تأثیر گذاشت (جدول ۴) و بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۵ تن کود دامی در هکتار به میزان ۵۵/۷۸ درصد و کمترین شاخص



شکل ۳. اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت

ستون های دارای حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد بر طبق آزمون دانکن است.

سطوح آبیاری (۵۰=آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۷۵=آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و ۱۰۰=آبیاری معادل نیاز آبی گیاه).
مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن (۰=عدم کاربرد نیتروژن، ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۲/۵ + ۴۶=۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲/۵ تن کود دامی، ۱۸۴=۱۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۵ + ۹۲=۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۵ تن کود دامی، ۱۰ + ۲۷۶=۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۷/۵ + ۱۳۸=۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵=۱۵ تن در هکتار کود دامی).

دامی در هکتار و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۷). بنابراین مصرف نیتروژن به خصوص کود دامی به همراه کود شیمیایی نیتروژن باعث بالا رفتن راندمان استفاده از آب می گردد، زیرا این عامل مقدار عملکرد را افزایش می دهد، بدون آن که به مصرف آب تأثیر زیادی داشته باشد.

خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج این مطالعه نشان داد که کود دامی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر مثبتی دارد (جدول ۱). مصرف کود دامی به طور چشمگیری باعث بهبود خصوصیات شیمیایی خاک شد. به طوری که در سال اول میزان کربن آلی ۰/۸۶ بود ولی در سال دوم با افزایش میزان کود دامی، کربن آلی هم افزایش یافت، در حالی که در سیستم کشاورزی متداول میزان کربن آلی کاهش یافت. هم چنین مقادیر فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و

آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه دارای بیشترین راندمان استفاده از آب بود و اختلاف معنی داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با کاهش میزان تنش رطوبتی راندمان استفاده از آب نیز کاهش پیدا کرد (جدول های ۵ و ۷). علت این امر را می توان دلایل مختلفی از جمله هدر رفت آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمارهای آبیاری کامل دانست.

کود نیتروژن و آلی هم تأثیر معنی داری بر راندمان استفاده از آب داشت (جدول ۴). بیشترین راندمان استفاده از آب در تیمار ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود دامی در هکتار به دست آمد (جدول ۶). یوهارت و آندرید (۲۵) اظهار داشتند که با افزایش کود نیتروژن راندمان استفاده از آب بیشتر می گردد.

در مورد برهمکنش تنش رطوبت و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر راندمان استفاده از آب، بیشترین راندمان استفاده از آب در تیمار ۹۲ کیلوگرم کود نیتروژن + ۵ تن کود

بهتر می‌شود. این یافته مطابق با نتایج والاس (۲) می‌باشد، که بیان نموده است خاک دارای ساختمان خوب، حاصل‌خیزی خوبی دارد. این امر سبب می‌شود که عملیات مکانیکی با صرف انرژی کمتری انجام شده و نفوذ ریشه گیاه در خاک بهبود یابد. متأسفانه در بیشتر موارد حاصل‌خیزی خاک بر اساس عملکرد گیاه ارزیابی می‌شود، در حالی که حاصل‌خیزی خاک تابعی از ساختمان خاک، باروری و جمعیت گونه‌ای و فعالیت موجودات زنده خاک می‌باشد (۲). بنابراین با توجه به این نتایج، مصرف کود دامی و تلفیقی (دامی و شیمیایی) می‌تواند به عنوان یک راه مؤثر جهت حاصل‌خیزی خاک، بهبود جذب عناصر و افزایش عملکرد ذرت پیشنهاد شود.

روی قابل جذب خاک، در سال دوم بیشتر از سال اول بود و در سیستم کشاورزی متداول این عناصر در خاک کاهش یافت. قابل ذکر است اثرات مفید کود دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی مدت زمان بیشتری دوام می‌آورند از طرفی قسمتی از مواد آلی نیز ممکن است سال‌ها در خاک به جای بماند و عناصر غذایی محلول آن به تدریج وارد خاک گردند. در این مطالعه مشاهده شد افزایش مواد آلی (کود دامی) تا اندازه‌ای موجب فراهم شدن شرایط بهتری برای رشد گیاه ذرت شده است. کود دامی باعث افزایش درصد تخلخل خاک شد (جدول ۱). با افزایش میزان تخلخل، تهویه خاک بهبود یافته و رشد گیاه

منابع مورد استفاده

۱. مجیدیان، م. ۱۳۷۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تنش رطوبت در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در منطقه کوشک در استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۲. والاس، جی. ۱۳۸۴. اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک) (ترجمه: کوچکی، ع. ا. غلامی، ع. مهدوی دامغانی و ل. تبریزی). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
3. Allievi, L., A. Marchesini, C. Salardi, V. Piano and A. Ferrari. 1993. Plant quality and soil residual fertility six years after a compost treatment. *Bioresource Technol.* 43:85-89.
4. Bauer, A. and A. L. Black. 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am.* 58:185-193.
5. Cheong, Y. H., K. N. Kim, G. K. Pandey, R. Gupta, J. J. Grant and S. Luan. 2003. CBL1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell.* 15:1833-1845.
6. Eck, H.V. 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76: 421-428.
7. Eghbal, B., J. F. Binford, D. D. Baltenspreger and F. D. Anderson. 1995. Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application: Fractal analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1360-1364.
8. Francois, L. E., T. J. Danvan and E. V. Maas. 1984. Salinity effects on seed yield, growth and germination of grain sorghum. *Agron. J.* 76:741-744.
9. Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:149-190.
10. Hay, R. K. M. and A. J. Walker. 1989. *An Introduction to the Physiology of Crop Yield.* John Wiley & Sons Inc., Pub., New York.
11. Hopkins, W. G. and N. P. Huner. 2004. *Introduction to Plant Physiology.* 3rd ed., John Wiley & Sons Pub., New York.
12. Jacobs, B. C. and C. J. Pearson. 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. *Field Crops Res.* 27:281-298.
13. Kramer, P. J. and J. S. Boyer. 1995. *Water Relations of Plants and Soils.* 2nd ed., Academic Press., New York.
14. Lauer, D. A. 1975. Limitation of animal waste replacement of inorganic fertilizer. PP. 409-432. In: W. J. Jewell (Ed.), *Energy Agriculture and Waste Management proc. Agriculture Waste Management. Conference Annual Arbor, Sci., Ann. Arbor, MI.*
15. Lorenz, G. F., J. M. Bennett and L. B. Loggale. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component analysis and growth rates. *Agron. J.* 79:808-813.

16. Parmar, D. K. and T. R. Sharma. 1998. Integrated nutrient supply system for DPPG8, vegetable pea (*Pisum sativum* var aravense) in dry temperature zone of himachal pradesh. Indian J. Agric. Sci. 68:247-253.
17. Roe, N. E., J. Stoffella and D. Greatz. 1997. Compost from various municipal solid waste feed stocks affect vegetable crops. II. Growth, Yield and fruit quality. J. Am. Soc. Hort. Sci. 122:433-437.
18. Schussler, J. R. and M. E. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. Crop Sci. 31:1196-1203.
19. Sharma, A. K. 2003. Bio Fertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios Pub., India.
20. Sinclair, T. R., J. M. Bennett and R. C. Muchow. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Sci. 30:690-693.
21. Smallwood, M. F., C. M. Calvert and D. J. Bowles. 1999. Plant Responses to Environmental Stress. BIOS Scientific Pub Oxford.
22. Smith, C. W., J. Betran and E. C. A. Runge. 2004. Corn (Origin, History, Technology and Production). John Wiley & Sons. New York.
23. Sobrado, M. A. 1990. Drought responses of tropical corn. I. Leaf area and yield components in the field. Maydica 35 (3): 221-226.
24. Uhart S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development to dry matter-partitioning, and kernel set Crop Sci. 35:1376-1383.
25. Uhart S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize. II. Effects on crop carbon - nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Sci. 35:1384-1389.
26. Xiong, L., K. S. Schumaker and J. K. Zhu. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The Plant Cell. 14:165-183.