نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۴۷-۱۳۷

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 137-147

بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای

حمزه علی علیزاده[۱*]- عبدالمجید لیاقت[۲] – فریبرز عباسی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۸

چکیده

آب و نیتروژن مهمترین عوامل محدود کنندهٔ موثر بر تولید محصولات کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک هستند. بنابراین افزایش کارایی مصرف آنها ضروری است. روش پخش کود نقشی اساسی در افزایش کارایی مصرف آب و کود دارد. در این پژوهش به منظور مطالعه و بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم دابل کراس ۳۷۰، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۸۷- ۱۳۸۶روی جویچه‌های انتها باز با طول ۱۶۵ متر در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذرکرج انجام شد. بافت خاک لومی، شیب متوسط جویچه‌های آزمایشی ۰/۰۰۶ متر بر متر و فاصله جویچه‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر بود. فاکتور اول شامل چهار سطح آب (W) : ۶۰٪، ۸۰٪، ۱۰۰٪ و۱۲۰٪ آبیاری کامل و فاکتور دوم شامل چهار سطح کود (N) : شاهد بدون کود، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه کودی به روش کودآبیاری می‌باشد. تیمارهای ۱۶ گانه فوق در نهایت با روش معمول پخش کود (عرف منطقه)، مقایسه میانگین شدند. کود مصرفی در تیمارهای کودآبیاری طی چهار تقسیط مساوی (قبل از کاشت، مرحله هفت برگی، مرحله ساقه رفتن و مرحله سنبله‌دهی) و در روش پخش سطحی مطابق با عرف منطقه در دو تقسیط مساوی (قبل از کاشت و مرحله هفت برگی) اضافه گردید. نتایج نشان داد که در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه، ارتفاع بوته تا گل تاجی، طول و عرض برگ، قطر ساقه در سطوح مختلف کود و آب وجود داشت. با افزایش مقدار کود، کارایی مصرف آب و کود به ترتیب افزایش و کاهش یافت. با افزایش مقدار آب تا سطح ۱۰۰ درصد کارایی مصرف نیتروژن افزایش و از آن به بعد کاهش یافت. بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (ارتفاع بوته، طول و عرض برگ و ....) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اتفاق افتاد. هرچند در بیشتر موارد بین سطوح آب ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ تفاوت معنی‌دار وجود نداشت اما از لحاظ رتبه بندی، سطح آبی ۸۰٪ همواره بالاتر از سطح ۱۲۰٪ قرار داشت. بنابراین به منظور افزایش سطح زیر کشت، سطح آبی ۸۰٪ توصیه می‌شود. کودآبیاری باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و کود گردید. بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب به ترتیب در تیمارهای $W_{80\%}N_{100\%}$ و $W_{100\%}N_{60\%}$ با مقادیر ۲/۲۴ و ۰/۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب و بیشترین و کمترین کارایی مصرف کود به ترتیب در تیمارهای $W_{100\%}N_{100\%}$ و تیمار عرف منطقه با مقادیر ۲۹/۵۸ و ۸/۵۲ کیلوگرم بر کیلوگرم بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: کودآبیاری، کارایی مصرف کود، عملکرد، ذرت

مقدمه

ذرت یکی از محصولات تابستانه با نیاز آبی زیاد است که معمولاً بعد از برداشت جو یا گندم، هنگامی که آب برای کشاورزان کم می‌شود، کاشت می‌شود. با کم آبیاری در شرایط محدودیت آب می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف آب، سطح زیر کشت را افزایش داده و از این طریق سود بیشتری را نسبت به شرایط آبیاری کامل بدست آورد (۱۷). ذرت به کم آبی بسیار حساس است (۱۳ و ۳۴). علائم تنش آبی در ذرت به صورت کاهش رشد، به تأخیر افتادن بلوغ، کاهش زیست توده و عملکرد دانه ظاهر می‌شوند. برای مثال تنش آبی روی ذرت باعث کاهش ارتفاع بوته (۱۳ و ۴۲)، شاخص سطح برگ (۳۴ و ۴۴)، عملکرد دانه (۱۹ و ۳۷) و رشد ریشه (۲۳) می‌شود. با این حال، با اعمال تنش‌های آبی ملایم در ذرت می‌توان در مقدار آب مصرفی صرفه جویی کرد (۲۰).

ذرت علاوه بر آب، به مقدار زیاد نیتروژن نیاز دارد. بر اساس گزارش یولتر و همکاران (۴۷) با افزایش سطوح کود نیتروژنی

۱و۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و دانشیار گروه آبیاری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول: (Email: Alizadeh.hamzeh@gmail.com
۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، کرج

مصرفی، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، قطر بلال، طول بلال و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز در مورد بهبود عملکرد با افزایش سطح کود نیتروژن توسط دیگر پژوهشگران گزارش شده است (۲۹ و ۴۱). بدیهی است که وجود هر یک از نهاده‌های آب و کود برای رشد و افزایش عملکرد ضروری است و کمبود یکی از آنها بر کارایی مصرف دیگری مؤثر است. زمانی که آب به کار رفته از طریق آبیاری کمتر از مقدار نیاز آبی گیاه باشد به کار بردن کود بر مبنای آبیاری کامل باعث افزایش پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی در آینده می‌شود (۴۵). زیرا با کاهش رطوبت خاک، مقدار معدنی شدن نیتروژن آلی و انتقال نیترات به سمت ریشه‌ها کاهش و به تبع آن جذب نیتروژن در گیاهان کاهش یافته و نیتروژن در خاک باقی می‌ماند (پتانسیل تلف شدن این نیتروژن زیاد است). هر چند با افزایش مقدار آب و نیتروژن عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد (۳۴ و ۴۹). اما مصرف بیش از اندازه نیز باعث هدرروی منابع و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود (۳۵). لیو و ژانگ (۳۰) نشان دادند که عملکرد ذرت با افزایش مقدار آب و نیتروژن تا سطوح بهینه مصرف افزایش می‌یابد. در آزمایشی دیگر اُیکه و همکاران (۳۳) در نیجریه نشان دادند که با افزایش میزان نیتروژن از صفر تا ۱۰۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار عملکرد دانه افزایش یافته و افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۹ تا ۱۲۰ کیلوگرم در میزان عملکرد دانه تغییری ایجاد نمی‌کند.

با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف آب افزایش و کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد (۴۴). کارایی مصرف کود به نوع و مقدار کود مصرفی و نیز زمان و روش کوددهی بستگی دارد. کودها باید براساس یک برنامهٔ مدیریت تغذیه‌ای که کل عناصر غذایی قابل دسترس موجود در مزرعه را مدنظر قرار می‌دهد، مصرف شوند. زمان مصرف کودها نیز مهم است، زیرا نیازهای گیاه در مراحل مختلف نموی، متفاوت است. مثلاً با توجه به اینکه دوره بحرانی تشکیل دانه بین یک یا دو هفته قبل از کاکل‌دهی تا سه هفته بعد از کاکل‌دهی است (۲۶) فراهم بودن مواد غذایی در این دوره ارتباط زیادی با تولید دانه دارد و یکی از مهمترین این مواد نیتروژن است. کودها بیشتر به دو صورت: روش پخش سطحی (۱۵ و ۲۷) و روش کودآبیاری (۶، ۳۲، ۲۵ و ۲۱) به کار می‌روند.

مؤثرترین و کارآمدترین مدیریت پخش کود زمانی حاصل می‌شود که در طول دوره رشد گیاه و روزهایی که گیاه به مواد غذایی بیشتری نیازمند است، بتوان مقدار کافی مواد غذایی محلول را در خاک مرطوب با تهویه مناسب در اختیار ریشه گیاه قرار داد. آب آبیاری سریع‌ترین، مؤثرترین و کم هزینه‌ترین وسیله جهت نیل به اهداف فوق است. به این تکنیک مدیریت کودی که در آن کود همراه با آب آبیاری به کار می‌رود کودآبیاری گفته می‌شود. کودآبیاری باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و کود می‌شود (۴۶). در مناطقی که کودآبیاری انجام نمی‌گیرد کشاورزان به ناچار مقدار زیادی کود را هنگام کاشت به کار می‌برند. در این راستا مشاهده می‌شود کمتر از ۵۰ درصد کود نیتروژنی به کار رفته مورد استفاده و مابقی از طریق آبشویی، رواناب و تصعید گازی از دسترس گیاه خارج شده و تلف می‌شود. صرف نظر از ارزش اقتصادی، تلفات این نهاده مهم سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شود (۴۸). کودآبیاری در سیستم‌های آبیاری تحت فشار به علت بازده آبیاری بیشتر، رایج‌تر است. رالستون و همکاران (۳۸) گزارش کردند که با مصرف پیاپی کود ازته با آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های رایج کوددهی، جذب نیترات وکارآیی مصرف آن افزایش می‌یابد. پاپادوپولوس (۳۶) اثر مصرف کودهای شیمیایی را به روش کودآبیاری بر کارآیی مصرف کود و عملکرد محصولات مختلف مانند سیب زمینی، گوجه فرنگی، هویج، خیار، هندوانه و توت فرنگی مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که کارآیی مصرف کود و عملکرد در این روش بسیار بیشتر از روش پخش سطحی است. چامپیون و باتولومی (۱۴) با مصرف کود ازته به همراه آب آبیاری نشان دادند که عملکرد ذرت نسبت به روش‌های رایج کوددهی ۱۲ درصد افزایش یافت و کارآیی مصرف کود بیشتر گردید. نتایج تحقیقات ۱۱ ساله بات و همکاران (۹) و محمد (۳۲) روی کودآبیاری با آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهد که این روش پخش کود علاوه بر افزایش عملکرد، باعث افزایش کارایی مصرف آب و کود می‌شود. در تحقیقی مشابه بات و سوجاتا (۹) نشان دادند که کودآبیاری در آبیاری قطره‌ای باعث افزایش جذب نیترات، کلسیم و فسفر می‌شود. داسبرگ و اُر (۱۶) گزارش کردند که کودآبیاری باعث کاهش تلفات کود و افزایش کارایی مصرف آن بیشتر می‌شود. لام و همکاران (۲۸) در یک آزمایش چهار ساله با آبیاری قطره‌ای ذرت نشان دادند که کودآبیاری عملکرد و کارایی مصرف آب را تا ۳ برابر روش‌های پخش سطحی افزایش داد. بولاک و همکاران (۱۲) اثر مصرف کود ازته به همراه آبیاری بارانی بر کارآیی مصرف نیترات و عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد آزمایش قرار داده و نتیجه گرفتندکه با کودآبیاری با مصرف ۴۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی عملکرد بیشتری تولید می‌گردد. هاچموت و همکاران (۲۴) با بررسی اثر مصرف کود ازته، به روش کودآبیاری بر عملکرد توت فرنگی در یک خاک لوم شنی نشان دادند که با مصرف ۲۵ تا ۵۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتری بدست می‌آید. گرندبری و همکاران (۲۲) نیز گزارش دادند که با اجرای روش کودآبیاری می‌توان با مصرف ۲۰ تا ۵۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر و کیفیت بهتری بدست آورد. مید (۳۱) با بررسی اثر کودآبیاری بر کارایی مصرف نیترات در کلم وکاهو گزارش داد که با مصرف کود ازته همراه با آب آبیاری، کارایی مصرف کود تا دو برابر افزایش می‌یابد. بر اساس تحقیقات اسدی (۷ و ۸) کودآبیاری در آبیاری بارانی سبب یکنواختی

پخش کود و افزایش راندمان مصرف آن می‌گردد. در آزمایشی مشابه واعظی و همکاران (۵) نشان دادند کودآبیاری با مصرف کود کمتر نسبت به روش پخش سطحی کود، کارآیی مصرف کود، عملکرد وکارآیی مصرف آب را بالا برد.

کودآبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی، به دلیل کافی نبودن روابط طراحی و دستورالعمل‌های مدیریتی چندان گسترش نیافته است. احتمال تلفات به صورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی از مشکلات کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی است (۶). در ابتدا کودآبیاری سطحی به وسیله کودهای جامد صورت می‌گرفت. شیوه‌ای که هنوز هم در بعضی جاها به این صورت که کود جامد به صورت آنی در جریان آب آبیاری ریخته شود رایج است. معمولاً یکنواختی توزیع چنین پخشی کم است. اخیراً نیتروژن محلول به صورت مداوم و در طول مدت آبیاری به آب آبیاری تزریق می‌شود. در این حالت یکنواختی توزیع کود با یکنواختی توزیع آب برابر است. بولت و همکاران (۱۱) کودآبیاری در آبیاری موجی را با استفاده از یک مدل ریاضی بررسی نمودند. نتایج شبیه سازی آنها نشان داد که استفاده از کود در سیکل نهایی بالاترین یکنواختی توزیع را دارد. هو و همکاران (۲۵) تأثیر زمان تزریق کود بر جذب و کارایی مصرف نیترات در گیاه کتان تحت شرایط کودآبیاری درگلخانه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که به کار بردن کود در زمان‌های انتهایی آبیاری نسبت به سایر مدیریت‌های تزریق کود (تزریق در نیمه اول آبیاری و تزریق در تمام مدت زمان آبیاری) باعث ایجاد کمترین تلفات نیترات و بیشترین کارآیی مصرف کود می‌گردد.

عباسی و همکاران (۳) نشان دادند که تزریق کود در نیمه دوم آبیاری و یا در زمان‌های انتهایی آبیاری یکنواختی بیشتری را ایجاد می‌نماید. در این تحقیق نیز با توجه به نتایج آزمایش‌های فوق و همچنین نتیجه آزمایش پلایان و فاسی (۳۹)، تزریق کود در زمان‌های انتهایی آبیاری انجام شد. نظر به اینکه بیش از ۹۰ درصد اراضی آبی جهان با سیستم‌های آبیاری سطحی آبیاری می‌شوند (۴۵) پیش‌بینی می‌شود که در آینده هم آبیاری سطحی به عنوان یکی از رایج ترین سیستم‌های تامین آب در مزارع کشاورزی مطرح باشد و کودآبیاری به عنوان بهترین راه تأمین مواد غذایی مورد نیاز محصولات کشاورزی خواهد بود. زیرا روش های معمول (پخش سطحی) هم گران هستند و هم اینکه فقط در دوره کوتاهی از فصل داشت قابل پخش هستند. لذا ضرورت تحقیق در خصوص کودآبیاری با سیستم‌های آبیاری سطحی آشکار می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) با طول جغرافیایی ۵۰/۵۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵/۵۶ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متری از سطح دریا انجام شد. برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک مزرعه با روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری با روش استوانه دست نخورده تعیین شد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای به روش فاکتوریل دو عاملی با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در ۴ تکرار روی جویچه‌های انتها باز اجرا گردید. فاکتور اول شامل چهار سطح آبیاری (W): ۶۰٪، ۸۰٪، ۱۰۰٪ و۱۲۰٪ نیاز آبی و فاکتور دوم شامل چهار سطح کود (N): شاهد (بدون کود)، ۶۰٪، ۸۰٪ و۱۰۰٪ توصیه کودی بود. تیمارهای ۱۶ گانه فوق در نهایت با روش معمول پخش کود (عرف منطقه)، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی مقایسه شدند. توصیه کودی طبق آزمون تجزیه خاک، و آب مورد نیاز برای آبیاری کامل بر اساس تبخیر از سطح تشت کلاس A و اعمال ضرایب تشت تبخیر (Kp) و گیاهی (Kc) تعیین گردید. کودهای پتاسیم و سوپر فسفات تریپل با توجه به نیاز خاک پیش از کاشت در تمام تیمارها به صورت یکسان در سطح خاک پخش گردید. نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کود اوره تأمین و همراه آب آبیاری (در تیمارهای کودآبیاری) طی دوره رشد در چهار تقسیط مساوی (قبل از کاشت، مرحله هفت برگی، مرحله ساقه رفتن و مرحله سنبله زدن) مورد استفاده قرار گرفت. تعیین زمان مناسب اعمال تقسیط‌های کودی بر اساس دوره‌های حساس ذرت به مواد غذایی صورت گرفت (۴).

پنج جویچه برای هر بلوک (سه جویچه اصلی برای برداشت و دو جویچه کناری به عنوان حاشیه)، دو جویچه برای تفکیک هر بلوک از بلوک مجاور، دو جویچه برای اثر حاشیه دو بلوک کناری و ۱۳ جویچه برای تیمار عرف منطقه در نظر گرفته شد. تیمار عرف به تیماری اطلاق می شود که مقدار کود و میزان آب آبیاری آن مطابق عرف منطقه اعمال می شود. در این تیمار کود با روش پخش سطحی در دو تقسیط مساوی (قبل از کاشت و مرحله هفت برگی) اضافه شده و مقدار آب آبیاری تقریباً ۱/۲ برابر نیاز آبی گیاه بود. شیب عمومی مزرعه ۰/۰۰۶ متر بر متر، فاصله جویچه‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر و طول جویچه‌ها طول قطعه زراعی (۱۶۵ متر) در نظر گرفته شد. در همه آبیاری‌ها، به منظور کاهش رواناب و تلفات کود از رژیم کاهش جریان استفاده شد. سطوح آبیاری ۲۵ روز بعد از کاشت اعمال گردید. برای اعمال تیمارهای آبیاری، ابتدا با استفاده از داده‌های تشت تبخیر (داده‌ها به صورت روزانه از یک ایستگاه هواشناسی که در فاصله حدود ۲ کیلومتر مزرعه قرار داشت، تهیه می‌شد.) نیاز آبی هر تیمار تعیین می‌شد. سپس با استفاده از دبی‌های ورودی و خروجی مقدار آب مورد نیاز اعمال می‌گردید. دبی‌های ورودی از طریق قرائت کنتور و دبی‌های خروجی از طریق فلومهای WSC اندازه‌گیری گردید. دور آبیاری بین ۶ تا ۹ روز طی فصل رشد متغیر بود. بذر مصرفی ذرت از نوع هیبرید دابل کراس ۳۷۰ بود که با تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار در

اواخر خرداد ماه کاشته شد. مبارزه با علف‌های هرز از طریق سم‌پاشی قبل از کاشت و وجین دستی انجام شد.

برای تزریق کود به جویچه‌ها از بشکه‌های بزرگ (۲۲۰ لیتری) استفاده گردید. محلول کود از طریق بشکه بزرگ وارد بشکه کوچکتری (۲۰ لیتری) می‌شد. در بشکه کوچک شناوری جهت ثابت نگه داشتن دبی تزریق کود نصب گردید. به دلیل اینکه تزریق کود در اواخر آبیاری یکواختی توزیع بیشتری را به همراه دارد (۳، ۶ و ۳۹)، تزریق کود در ۲۰ – ۳۰ دقیقه آخر آبیاری انجام شد.

اجزای عملکرد شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، ارتفاع تا بلال، طول و عرض برگ چسبیده به بلال اصلی و تعداد برگ در زمان پر شدن دانه‌ها و تعداد بلال در هر بوته، تعداد دانه در هر بلال، وزن هزار دانه در برداشت نهایی از طریق نمونه‌گیری ۱۰ بوته تصادفی از هر تکرار اندازه‌گیری شد. پس از برداشت محصول عملکرد نهایی برای همه تیمارها در رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. کارایی مصرف آب[1] (WUE)، آبیاری[2] (IWUE) و کود[3] (FUE) از روابط زیر محاسبه شد.

$$WUE = \frac{Y}{V} \quad (۱)$$

$$IWUE = \frac{Y}{V_i} \quad (۲)$$

$$FUE = \frac{dY}{F} \quad (۳)$$

در این روابط Y: عملکرد محصول (کیلوگرم)، V: حجم آب مصرفی خالص (متر مکعب)، V_i: حجم آب ناخالص آبیاری (متر مکعب)، dY: اختلاف عملکرد محصول از حالت بدون کود (کیلوگرم) و F: مقدار کود مصرفی (کیلوگرم).

نتایج و بحث

نیاز آبی

نیاز آبی و عمق ناخالص آبیاری اعمال شده تیمارهای مختلف آبی (محاسبه شده با استفاده از داده‌های تشت تبخیر و ضریب K_C) در جدول ۲ ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهد که مقدار نیاز آبی ذرت دانه‌ای (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در منطقه کرج در سال ۱۳۸۷ حدود ۷۴۶ میلیمتر بوده است. این نتیجه با مقدار بدست آمده توسط فرشی و همکاران (۲) که نیاز آبی ذرت دانه‌ای را ۷۹۰ میلیمتر برآورد کرده‌اند بسیار نزدیک است (حدود ۶ درصد اختلاف).

عملکرد و اجزای آن

پس از اتمام آزمایش، داده‌های برداشت شده از تیمارهای کودآبیاری (تیمارهای ۱۶گانه) با استفاده از نرم‌افزارMSTATC تجزیه و تحلیل آماری شد. جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد (تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه، ارتفاع بوته، ارتفاع تا بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه) ذرت را در سطوح مختلف آبی و کودی و اثرات متقابل آنها نشان را می‌دهد.

همانطوری‌که مشاهده می‌شود اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. اثر مقدار آب بر عملکرد، ارتفاع بوته (تا گل تاجی)، قطر ساقه و عرض برگ در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار ولی بر ارتفاع تا بلال، طول و تعداد برگ و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل کود و آب بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. به منظور مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در سطوح مختلف آبی و کودی، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد. نتایج آزمون دانکن در جدول ۴ برای سطوح آبی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (ارتفاع بوته، طول و عرض برگ و ....) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اتفاق می‌افتد. هرچند در بیشتر موارد بین سطوح آبی ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد اما از لحاظ رتبه بندی، سطح آبی ۸۰٪ همواره بالاتر از سطح ۱۲۰٪ قرار دارد. از نظر عملکرد سطوح آبی ۸۰٪ و ۱۰۰٪ با تیمار ۶۰٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌دار دارند. با توجه به این که در بیشتر صفات اندازه‌گیری شده بین سطح آبی ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، به منظور افزایش سطح زیر کشت، سطح آبی ۸۰٪ توصیه می‌شود. این نتایج با نتایج قیصری و همکاران (۲۱) که در کودآبیاری با آبیاری بارانی (در منطقه ورامین) نشان دادند در میان چهار سطح آبی ۰/۷، ۰/۸۵، ۱/۰ و ۱/۱۳ نیاز آبی، سطح ۰/۸۵ نیاز آبی سطح آبیاری بهینه بود، مطابقت دارد.

نتایج آزمون دانکن در جدول ۵ برای سطوح کودی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد در سطح کودی N_1 حاصل می‌شود. در بیشتر موارد بین سطوح کودی N_1و N_3 تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین استفاده از سطح کودی N_3 توصیه نمی‌شود. بین سطوح کودی N_1 و N_2 در تعداد برگ عرض برگ ارتفاع بوته وقطر ساقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به منظور استفاده از علوفه فقط سطح کودی N_1 توصیه می‌شود. در مجموع با توجه به جداول ۴ و ۵ تیمار W_2N_1 (۱۰۰٪ نیاز آبی و ۱۰۰٪ توصیه کودی) بهینه‌ترین ترکیب آب و کود برای تولید حداکثر محصول و علوفه می‌باشد.

1- Water use efficiency
2- Irrigation water use efficiency
3- Fertilizer use efficiency

(جدول ۱)- برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

عمق خاک cm	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	EC (dS/m)	pH
۰-۲۰	لوم	۱/۳۴	۱/۱۶	۷/۷۷
۲۰-۴۰	لوم	۱/۴۶	۰/۸۲	۷/۶۷
۲۰-۶۰	لوم	۱/۴۷	۰/۸۰	۷/۸۵
۶۰-۸۰	لوم	۱/۵	۰/۸۷	۷/۶۹

(جدول ۲)- مقادیر آب مصرفی تیمارهای مختلف آبی

تیمارهای آبی / آب مصرفی	$W_{60\%}$	$W_{80\%}$	$W_{100\%}$	$W_{120\%}$	عرف منطقه
خالص (میلی‌متر)*	۵۲۵	۶۴۵	۷۴۶	۸۵۸	۸۶۰
ناخالص (میلی‌متر)**	۶۹۸	۸۴۷	۱۱۳۷	۱۲۶۱	۱۲۶۵

*- مقدار آب آبیاری بدون احتساب تلفات و ** - مقدار آب آبیاری با احتساب تلفات

(جدول ۳)- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد در سطوح مختلف کودی و آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد (تن در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع تا بلال (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	تعداد برگ
فاکتور آب	۳	۱۵۵/۲**	۱۱۹۲/۶	۴۱۶/۳	۴۷۲۷/۵ **	۰/۲۸ **	۲/۹۴ **	۷۱/۸	۱/۶۱
فاکتور کود	۳	۵۴۲/۰**	۱۸۰۴۴/۹ *	۷۳۹۰/۶ **	۲۹۹۷/۹ **	۱/۴۴ **	۸/۵۱ **	۱۷۳۲/۲ **	۵/۵۹ **
آب × کود	۹	۱۱۸/۰	۱۷۹۳۴/۰	۶۳۹/۴	۸۵۴/۹	۰/۱۹	۱/۷۵	۱۰۰/۸	۰/۶۲
خطا	۴۵	۵۲۸/۸	۷۲۴۲۹/۰	۳۷۶۹/۹	۵۵۰۹/۰	۰/۵۷	۷/۱۵	۵۵۸/۲	۱۰/۴۸

** و * - به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد

(جدول ٤)- مقایسه میانگین ها در سطوح مختلف آبی

سطوح آبی	عملکرد (ton/ha)	ارتفاع تا بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	طول برگ (cm)	تعداد برگ
W_1=120%ET_C	۹/۴ ab	۱۰۲/۹ ab	۱۹۵/۹ ab	۱/۹ b	۸/۴bc	۷۲/۵ ab	۱۲/۵ a
W_2=100%ET_C	۱۱/۵ a	۱۰۶/۴ a	۲۰۰/۰ a	۲/۰ a	۸/۷ a	۷۳/۸ a	۱۲/۴ ab
W_3=80%ET_C	۱۱/۲ a	۱۰۰/۸ ab	۱۸۱/۹ bc	۱/۲ b	۸/۵ ab	۷۳/۸ ab	۱۲/۲ ab
W_4=60%ET_C	۸/۱ b	۹۹/۷ b	۱۸۱/۹ c	۱/۴ b	۸/۲ c	۷۱/۲ c	۱۲/۰ c

*- میانگین‌های با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

همانطور که در قسمت مواد و روش‌ها ذکر شد، به منظور مقایسه تیمار عرف منطقه با تیمارهای ۱۶گانه کودآبیاری از طرح بلوک کامل تصادفی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. جدول ۶ نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده بین تیمارهای کودآبیاری و تیمار عرف منطقه را با روش LSD در سطح ۵ درصد نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که تیمار عرف منطقه از نظر عملکرد پایینتر از تیمارهای W2N1، W3N1، W2N2 و W3N2 قرار دارد. از نظر ارتفاع بوته و ارتفاع بوته تا بلال کمتر از تیمارهای W1N1، W2N1، W3N1، W1N2، W2N2 و بالاتر از W4N3، W1N4، W3N4، W4N4، W2N4 و با بقیه تیمارها در یک سطح قرار گرفت. از نظر قطر ساقه پایینتر از تیمارهای W1N1، W2N1 و بالاتر از تیمارهای W4N3، W1N4، W3N4، W4N4و W4N3 قرار دارد. از نظر عرض برگ پایینتر از W1N1 و از نظر طول و تعداد برگ بالاتر از

تیمارهای W4N4، W3N4 و W1N4 قرار دارد. به هر حال با توجه به رتبه بندی تیمارها و همچنین مقایسه تیمارهای مختلف پخش کود به روش سنتی با لحاظ مقدار آب و کود مصرفی بیشتر، عملکرد و اجزای عملکرد کمتری نسبت به روش کودآبیاری دارد.

کارایی مصرف کود و آب

کارایی مصرف آب، آبیاری و کود در سطوح مختلف آب، کود و آبیاری در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین کارایی مصرف آب و آبیاری مربوط به تیمار W3N1 و بیشترین کارایی مصرف کود مربوط به تیمار W2N1 می‌باشد. کارایی مصرف آب بین ۰/۶۲ تا ۲/۲ متغیر بود. لام و همکاران (۲۸) در یک سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی با مصرف ۶ سطح کود ازته (به صورت کودآبیاری)، کارایی مصرف آب در ذرت دانه‌ای را بین ۰/۷ تا ۱/۹۸ بدست آوردند. آذری و همکاران (۱) نیز کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری (T-Tape) را در سطوح آبی ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی ذرت به ترتیب ۱/۴۷، ۱/۳۵ و ۱/۱۱ محاسبه کردند. کارایی مصرف کود ازته بین ۸/۵۲ تا ۲۹/۸۵ متغیر بود. ایل- هندوای و همکاران (۱۸) با مصرف ۲۸۸ کیلوگرم کود نیتراته به صورت کودآبیاری در آبیاری قطره‌ای و در شرایط بدون محدودیت آب، عملکرد ذرت را ۸۸۰۰ کیلوگرم (یعنی کارایی مصرف کود نیتراته ۳۰/۵۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری کردند.

نمودار کارایی مصرف کود بر حسب مقدار کود مصرفی برای سطوح مختلف آب در شکل (۱) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار نیتروژن کارایی مصرف آن ابتدا افزایش یافته و بعد از رسیدن به سطح بهینه مصرف دوباره کاهش می‌یابد. سطح بهینه کود برای سطوح آبی مختلف متفاوت است. به طوری‌که بهینه سطح کود مصرفی در سطوح آبی۶۰٪، ۸۰٪، ۱۰۰٪ و ۱۲۰٪ به ترتیب ۲۴۰، ۳۲۰، ۴۰۰ و ۳۲۰ کیلوگرم بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش آبی افزایش مقدار کود مصرفی نه تنها باعث افزایش عملکرد نمی‌شود بلکه مقدار آن را کاهش می‌دهد. همچنین با افزایش مقدار آب مصرفی تا سطح ۱۰۰٪ نیاز آبی، کارایی مصرف کود افزایش و به ازای افزایش بیشتر عمق آب مصرفی، کارایی مصرف کود به علت شستشوی نیترات و رخ دادن پدیده نیترات زدایی (در شرایط مرطوبتر) کاهش می‌یابد. از طرف دیگر افزایش مقدار نیتروژن برای خنثی کردن اثر تنش خشکی بر کاهش عملکرد راهکار درستی نیست بلکه مقدار کود بکار رفته در شرایط کم آبی باید کاهش یابد. این نتایج با نتایج آذری و همکاران (۱) در کودآبیاری قطره‌ای و واعظی و همکاران (۵) در کودآبیاری بارانی مشابهت دارد.

در شکل‌های ۲ و ۳ نمودار کارایی مصرف آب و آبیاری بر حسب مقدار خالص و ناخالص آبیاری در سطوح مختلف کودی رسم شده است. این شکل‌ها نشان می‌دهند که با افزایش آب آبیاری ابتدا کارایی مصرف آب افزایش و سپس کاهش می‌یابد. از طرف دیگر با افزایش مقدار کود نیتروژنی مصرفی کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. به طوریکه بیشترین کارایی مصرف آب در سطح کودی ۱۰۰٪ توصیه کودی حاصل می‌شود.

محاسبه کارایی مصرف آبیاری از آن جهت اهمیت می‌یابد که در تیمار آبی ۱۲۰٪، مقدار ۴۰۳ میلی‌متر به ترتیب معادل ۷۶، ۶۲ و ۵۴ درصد آب مورد نیاز سطوح آبی ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ به صورت رواناب سطحی از مزرعه خارج می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده و با توجه به اینکه بین سطوح آبی ۸۰٪ و ۱۰۰٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه وجود ندارد، اعمال کم آبیاری خفیف ۸۰٪ نیاز آبی برای گیاه ذرت توصیه می‌شود. کارایی مصرف آبیاری به اقلیم و حاصلخیزی بستگی دارد. کارایی مصرف آبیاری در مناطق مرطوب (مناطقی که آبیاری سهم اندکی در تأمین نیاز آبی گیاه دارد) بسیار بیشتر از مناطق خشک و نیمه خشک است (پایرو و همکاران (۳۸) را ببینید).

(جدول ۵)- مقایسه میانگین‌های مقادیر متفاوت کود اوره

سطوح کودی	عملکرد (tn/h)	ارتفاع تا بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	طول برگ (cm)	تعداد برگ
۱۰۰٪ توصیه کودی (N_1)	۱۳/۷ a	۱۱۳/۷ a	۲۰۹/۵ a	۲/۱۳ a	۸/۹ a	۷۶/۷ a	۱۲/۵ a
۸۰٪ توصیه کودی(N_2)	۱۲/۱ ab	۱۰۸/۱ ab	۲۰۰/۸ b	۱/۹۶ b	۸/۶ b	۷۶/۴ ab	۱۲/۷ a
۶۰٪ توصیه کودی (N_3)	۹/۷ b	۱۰۳/۰ b	۱۸۹/۶ c	۱/۹۱ b	۸/۵ b	۷۴/۲ b	۱۲/۳ a
بدون کود (N_4)	۵/۳ c	۸۵/۰ c	۱۶۷/۶ d	۱/۷۱ c	۷/۹ c	۶۴/۰ c	۱۱/۸ b

*- میانگین‌های با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد.

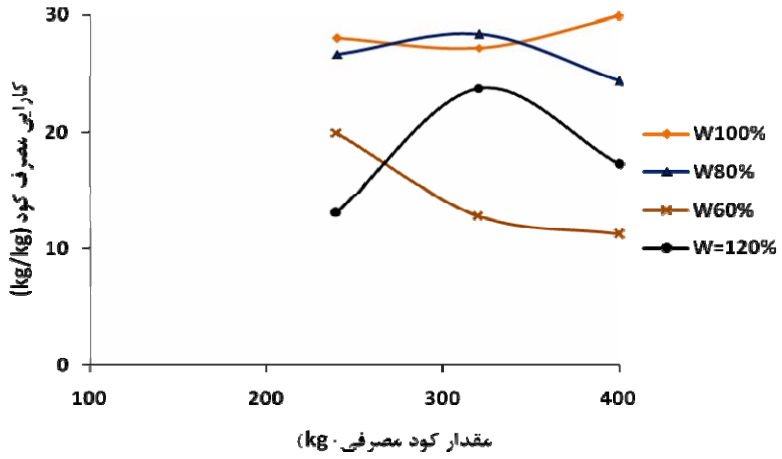
(جدول ٦)- مقایسه میانگین تیمارهای کودآبیاری و عرف منطقه با روش LSD

تیمارها	عملکرد (ton/ha)	ارتفاع تا بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	طول برگ (cm)	تعداد برگ
W1N1	۱۱/۵۷ bcdef	۱۱۱/۸ abc	۲۰۹/۳ ab	۲/۱۲ b	۹/۲۰ a	۷۵/۳۵ ab	۱۲/۷۷ a
W2N1	۱۶/۶۴ a	۱۱۵/۳ a	۲۱۲/۶ a	۲/۳۳ a	۹/۱۲ ab	۷۶/۱۸ ab	۱۲/۶۶ ab
W3N1	۱۴/۴۶ ab	۱۱۷/۴ a	۲۱۲/۴ a	۲/۰۰ bc	۸/۷۱ abcde	۷۸/۱۵ a	۱۲/۳۱ abcd
W4N1	۹/۱۷ cdefg	۱۱۰/۳ cd ab	۲۰۳/۸ abc	۱/۹۸ bcde	۸/۶۶ abcdef	۷۷/۸۰ a	۱۲/۱۸ abcde
W1N2	۱۲/۳۲ abcde	۱۱۳/۷ ab	۲۰۷/۱ ab	۱/۹۹ bcde	۸/۴۶ cdefg	۷۷/۹۲ a	۱۲/۶۵ ab
W2N2	۱۳/۴۳ abcd	۱۱۲/۷ abc	۲۱۱/۱ a	۱/۹۹ bcde	۸/۸۲ abcdef	۷۶/۳۲ ab	۱۲/۷۶ a
W3N2	۸۱/۱۳ abc	۱۰۱/۰ cd	۱۹۵/۰ bcd	۱/۹۲ def	۸/۶۱ bcdef	۷۷/۳۸ a	۱۲/۵۲ ab
W4N2	۸/۸۱ defg	۱۰۵/۲ abcd	۱۸۹/۹ cde	۱/۹۵ cde	۸/۳۸ defg	۷۴/۱۴ ab	۱۲/۳۲ abcd
W1N3	۷/۵۳ fgh	۱۰۰/۶ cd	۱۹۷/۷ abcd	۱/۹۱ ef	۸/۳۹ defg	۷۵/۲۳ ab	۱۲/۴۷ abc
W2N3	۱۱/۴۵ bcdef	۱۱۲/۴ abc	۲۰۲/۵ abc	۲/۰۴ bcde	۹/۰۱ abc	۷۵/۸۹ ab	۱۲/۳۰ abcd
W3N3	۱۱/۱۲ bcdef	۱۰۰/۶ cd	۱۸۲/۳ def	۱/۹۲ def	۸/۷۴ abcde	۷۴/۱۵ ab	۱۲/۴۴ abc
W4N3	۹/۰۴ cdefg	۹۸/۵ d	۱۷۵/۹ ef	۱/۷۷ fg	۸/۰۳ gh	۷۱/۴۵ bc	۱۱/۹۹ bcde
W1N4	۷/۴۰ fgh	۸۵/۶ e	۱۶۹/۴ fg	۱/۶۴ g	۷/۶۴ h	۶۱/۴۳ e	۱۲/۰۱ bcde
W2N4	۴/۷۲ gh	۸۵/۲ e	۱۷۴/۰ f	۱/۷۵ g	۸/۱۲ fgh	۶۶/۶۴ cd	۱۱/۸۳ cde
W3N4	۵/۶۶ gh	۸۴/۴ e	۱۶۹/۳ fg	۱/۷۷ fg	۸/۲۳ efg	۶۵/۵۵ de	۱۱/۶۳ e
W4N4	۳/۴۸ h	۸۴/۹ e	۱۵۷/۸ g	۱/۶۶ g	۷/۶۵ h	۶۲/۲۶ de	۱۱/۷۴ de
عرف منطقه	۸/۱۳ efgh	۱۰۱/۱ bcd	۱۹۰/۶ cd	۲/۰۷ bcd	۸/۶۲ bcdef	۷۵/۵۳ ab	۱۲/۴۴ abc

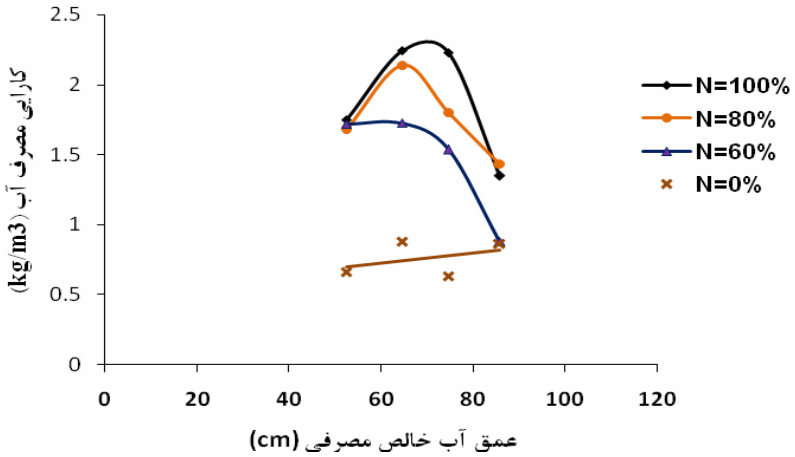
میانگین‌های با حروف غیر مشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها در سطح ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشد.

(جدول ۷)- کارایی مصرف آب و کود درتیمارهای مختلف

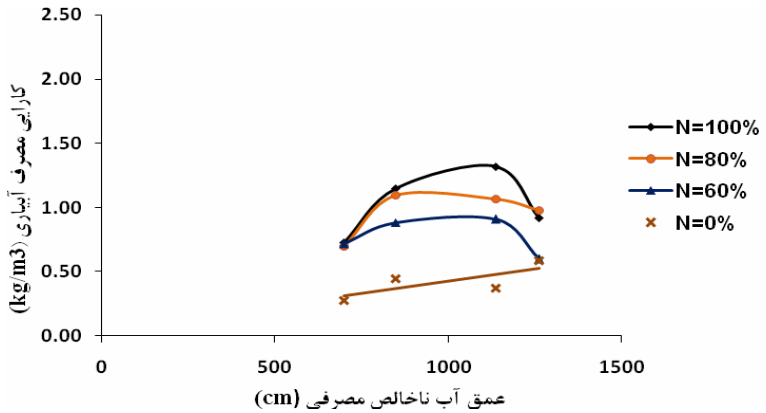
شاخص ها / تیمار	عملکرد (ton/ha)	کارایی مصرف آب WUE (kg/m^3)	کارایی مصرف آبیاری IWUE (kg/m^3)	کارایی مصرف کود ازته FUE (kg/kg)
W1N1	۱۱/۵۷	۱/۳۵	۰/۹۲	۱۷/۱۸
W2N1	۱۶/۶۴	۲/۲۳	۱/۳۲	۲۹/۸۵
W3N1	۱۴/۴۶	۲/۲۴	۱/۱۵	۲۴/۳۹
W4N1	۹/۱۹	۱/۷۵	۰/۷۳	۱۱/۱۸
W1N2	۱۲/۳۲	۱/۴۴	۰/۹۸	۲۳/۷۶
W2N2	۱۳/۴۳	۱/۸۰	۱/۰۷	۲۷/۲۲
W3N2	۱۳/۸۰	۲/۱۴	۱/۰۹	۲۸/۳۸
W4N2	۸/۸۱	۱/۶۸	۰/۷۰	۱۲/۷۸
W1N3	۷/۵۳	۰/۸۸	۰/۶۰	۱۳/۰۲
W2N3	۱۱/۴۵	۱/۵۳	۰/۹۱	۲۸/۰۴
W3N3	۱۱/۱۲	۱/۷۲	۰/۸۸	۲۶/۶۷
W4N3	۹/۰۳	۱/۷۲	۰/۷۲	۱۹/۹۱
W1N4	۷/۴۰	۰/۸۶	۰/۵۹	–
W2N4	۴/۷۲	۰/۶۳	۰/۳۷	–
W3N4	۵/۶	۰/۸۸	۰/۴۵	–
W4N4	۵/۴۹	۰/۶۶	۰/۲۸	–
عرف منطقه	۸/۱۳	۰/۹۵	۰/۶۴	۸/۵۲



(شکل ۱)- کارایی مصرف کود بر حسب مقدار کود مصرفی



(شکل ۲)- کارایی مصرف آب بر حسب عمق خالص آبیاری



(شکل۳)- کارایی مصرف آبیاری بر حسب عمق ناخالص آبیاری

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای خاک لوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به طور معنی‌داری تحت تأثیر مقدار آب آبیاری و کود مصرفی قرار دارد. با

افزایش مقدار آب و کود تا سطح بهینه مصرف عملکرد و اجزای آن افزایش یافت. سطح بهینه کود مصرفی به عمق آب آبیاری وابسته است. به طوری که با افزایش مقدار آب آبیاری، سطح بهینه کود مصرفی افزایش می‌یابد. در صورتی که آب آبیاری بیش از نیاز گیاه مصرف شود شستشوی بیشتر نیترات باعث کاهش عملکرد می‌شود. از طرف دیگر افزایش مقدار نیتروژن برای خنثی کردن اثر تنش خشکی بر کاهش عملکرد راهکار درستی نیست بلکه مقدار کود بکار رفته در شرایط کم آبی باید کاهش یابد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در تنش‌های آبی مقدار کود مصرفی کاهش یابد. همچنین با توجه به اینکه بین سطوح آبی ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه وجود ندارد. اعمال کم‌آبیاری خفیف (۸۰٪ نیاز آبی) برای گیاه ذرت توصیه می‌شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کودآبیاری با فراهم کردن امکان استفاده تقسیطی کود بر اساس نیاز گیاه و طی دوره رشد باعث افزایش چشمگیر کارایی مصرف آب و کود می‌شود. بنابراین به عنوان مناسبترین گزینه مدیریت کودی پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- آذری آ.، برومند نصب س.، بهزاد م. و معیری م. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد گیاه ذرت در آبیاری قطره‌ای نواری (T-Tape). مجله علمی کشاورزی. ۳۰(۲): ۸۷-۸۱.

۲- فرشی ع. ا.، شریعتی م.ر.، جارالهی ر.، قائمی م. ر.، شهابی فر م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول. نشر آموزش کشاورزی.

۳- عباسی ف. ، لیاقت ع.م.، و گنجه ا. ۱۳۸۸. ارزیابی یکنواختی کود آبیاری در آبیاری جویچه‌ای. مجله خاک و آب. ۳۹ (۱): ۱۲۹-۱۱۷.

۴- ملکوتی م.ج. و ریاضی همدانی. س.ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران. ۸۰۰ صفحه.

۵- واعظی ع.، همایی م. و ملکوتی م.ج. ۱۳۸۱. اثر کودآبیاری بر کارآیی مصرف کود و آب در ذرت علوفه ای. مجله خاک و آب. ۱۶(۲): ۱۶۰-۱۵۲.

6- Abbasi F., Simunek J., van Genuchten M. Th., Feyen J., Adamsen F.J., Hunsaker D.J., Strelkoff T.S., and Shouse P. 2003. Overland water flow and solute transport: Model development and field data analysis. J. Irrig. Drain. Eng. 129(2):71-81.

7- Asadi M.E. 2004. Effect of irrigation and tillage practices on nitrate leaching. Programme and Abstracts N2004. The Third International Nitrogen Conference, Nanting, China, 12-16 October 2004, p 149.

8- Asadi M.E., Clemente R.S., Gupta A.D., Loof R., and Hansen G.K. 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid–sulphate soil in Thailand. Agric. Water Manage. 52: 197–213.

9- Bhat R., and Sujatha S. 2009. Soil fertility and nutrient uptake by arecanut (Areca catechu L.) as affected by level and frequency of fertigation in a laterite soil. J. Agric. Water Manage. 96: 445 – 456.

10- Bhat R., Sujatha S., and Balasimha D. 2007. Impact of drip fertigation on productivity of arecanut (Areca catechu L.). Agric Water Manage. 90:101-111.

11- Boldt A.L., Watts D.G., Eisenhauer D.E., and Schepers, J.S. 1994. Simulation of water applied nitrogen distribution under surge irrigation. Trans. ASAE, 37(4): 1157-1165.

12- Bullok D.G., Gascho G.J. and Summer D.R. 1990. Grain yield, stalk rot and mineral concentration of fertigation corn as influenced by NPK. J. Plant Nut. 13(8): 915-937.

13- Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. 89, 1–16.

14- Champion D.F., and R.C. Bartholomay. 1992. Fertigation through surge valves. Available on www: url:http://WWW.prsurge.com/csufert.htm.

15- Dagdelen N.D., Yilmaz E., Sezgin F., and Gurbuz T., 2006. Water yield relation and water use efficiency of cotton (Gossypium hirsutum L.) and second crop corn (Zea mays L.) in western Turkey. Agric. Water Manage. 82:63–85.

16- Dasberg S., and Or. 1999. Drip Irrigation. Springer-Verlog, New York, USA.

17- English M.J., Musick J.T., and Murty V.V.N. 1990. Deficit irrigation. PP. 361-393. In: Howell J. G. and K. H. Soloman (Editors). Management of farm irrigation systems. ASAE Publication, New York, USA.

18- El-Hendawy S.E., Abd El-Lattief E.A., Ahmed M.S., and Schmidhalter U. 2008. Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. J. Agric Water Manage. 95: 836– 844.

19- Farre I., and Faci J.M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. J. Agric Water Manage. 96: 383–394.

20- Fereres E., and Soriano M.A. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Exp. Bot. 58:147–159.

21- Gheysari M., Mirlatifi S.M., Bannayan M., Homaee M.E., and Hoogenboom G. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management. 96: 809–821.

22- Granberry D.M., Harrison K.A. and Kelley W.T. 2000. Drip irrigation.

23- Grindlay D.J.C. 1997. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen

per unit leaf area. J. Agric. Sci. 128:377–396.
24- Hochmuth G.J., Albregts E.E., Chandler C.C., Cornells J., and Harrison J. 1996. Nitrogen fertigation requirements of drip irrigated strwberies. J. Am. Soil Soc. 4:660-665.
25- Hou Z., Li P., Li B., Gong J., and Wang Y. 2007. Effects of fertigation scheme on N uptake and N use. J. Plant Soil. 290:115–126.
26- Kiniry J.R. and Ritchie J.T. 1985. Shade-Sensitive Interval of Kernel Number of Maize. Agron. J. 77:711-715.
27- Kirda C., Topcu S., Kaman H., Ulger A.C., Yazici A., Cetin M., Derici M.R. 2005. Grain yield response and N-fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. Field Crop Res. 93, 132–141.
28- Lamm F.R., Scheyel A.J., and Clark G.A. 2000. Optimum nitrogen fertigation for corn using subsurface drip irrigation. Available on the www: url:http://Ozent.Ksu.edu/sdi/SDI%20N% Optimization.Htm.
29- Liang B.C., and Mackenzie A.F. 1994. Corn yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. Can. J. Soil Sci. 74:235–240.
30- Liua W.Z., and Zhang X. 2007. Optimizing water and fertilizer input using an elasticity index: a case study with maize in the loess plateau of china. Field Crops Res. 100 (2–3):302–310.
31- Mead R. 2000. Fertigation efficiency. Available on the www: url:http://www.Micro irrigation froum.com/new/archives/ferteff.htm/.
32- Mohammad M.J. 2004. Utilization of applied nitrogen and irrigation water by drip-fertigated squash as determined by nuclear and traditional techniques. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 68, 1–11.
33- Oikeh S.O., Kling J.G., and Okoruwa A.E. 1988. Nitrogen Fertilizer Management Effects on Maize Grain Quality in the West African Moist Savanna. J. Crop Sci. 38:1056-1061.
34- Pandey R.K., Maranwille J.W., and Admou A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. Agric. Water Manage. 46 (1):1–13.
35- Pang X.P., and Letey J. 1998. Development and evaluation of ENVIRO-GRO, an integrated water, salinity, and nitrogen model. Soil Sci. Soc. Am. J. 62 (5), 1418–1427.
36- Papadopoulos, P., 1992. Fertigation of vegetable in plastic houses. Present situation and future prospects. Acta Hort., 323:151-179.
37- Payero J.O., Melvin S.R., Irmak S., Tarkalson D. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agric. Water Manage. 84:101–112.
38- Payero J.O., Tarkalson D.D., Irmak S., Davison D., and Petersen J.L. 2008. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agric water Manages. 95: 895 – 908.
39- Playan E., and Faci J.M. 1997. Border irrigation: Field experiment and a simple model. Irrig. Sci., 17(4):163-171.
40- Rolston D.E., Miller R.J., and Scholback A.E. 1986. Fertilization In: Trikle Irrigation for Crop production, Eds. Nakayama, F.S. and D.A. Bucks, pp, 317-344. Elsevier, Amesterdam.
41- Sabata, R.J., and Mason, S. C., 1992. Corn hybrid interactions with soil in nitrogen level and water regime. J. prod. Agri. 5:137-142
42- Soler C.M.T., Hoogenboom G., Sentelhas P.C., Duarte A.P. 2007. Impact of water stress on maize grown off-season in a subtropical environment. J. Agron. Crop Sci. 193:247–261.
43- Tarkalson D.D., Payero J.O., Ensley S.M., Shapiro C.A. 2006. Nitrate accumulation and movement under deficit irrigation in soil receiving cattle manure and commercial fertilizer. Agric. Water Manage. 85: 201–210.
44- Thind H.S., Aujla M.S., Buttar G.S. 2008. Response of cotton to various levels of nitrogen and water applied to normal and paired sown cotton under drip irrigation in relation to check-basin. J. Agricultural Water Management. 95: 25 – 34.
45- Tiercelin J.R., and Vidal A. 2006. Traite´ d'Irrigation, 2nd edition. Lavoisier edition.
46- Traore S.B., Carlson R.E., Pilcher C.D., Rice M.E. 2000. Bt and Non-Bt maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agron. J. 92:1027–1035.
47- Ulger A.C., Ibrikci H., Cakir B., and Guzel N. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. J. Plant Nutr. 20:1697-1709.
48- Wiesler F. 1998. Comparative assessment of the efficacy of various nitrogen fertilizers. In: Rengel, Z(Ed.) Nutrient Use in Crop Production. Food Product Press. NY.
49- Zand-Parsa Sh., and Sepaskhah A.R. 2001. Optimal applied water and nitrogen for maize. Agric. Water Manage. 52(1):73–85.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 137-147

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۴۷-۱۳۷

Effect of furrow fertigation on fertilizer and water use efficiency, productivity and yield components of corn (Zea mays L.)

H. A. Alizadeh[1*] – A. Liaghat[2] – F. Abbasi[3]

Abstract

Water and nitrogen are the main limiting factors affecting agricultural production in arid and semiarid regions. Therefore, improving the efficiency of these factors is very important. The method of fertilizer application is affecting water and fertilizer use efficiency. The objective of this study was to investigate the effect of furrow fertigation on fertilizer use efficiency (FUE), water use efficiency (WUE), and corn yield. A field experiment was carried out in furrows which have 165m length and 0.006 (m/m) slope in Karaj. The corn Hybrid 370 double-cross was planted on June 2008. A factorial design based on randomized complete block design with 4 replicates. Four levels (0, 60, 80 and 100%) of the recommended fertilizer value and four levels (60, 80, 100, and 120%) of the irrigation water requirement were applied. These 16 treatments were compared with traditional fertilizer application method. Fertilizer treatments were accomplished in four critical stages of the growth (before cultivation, in seven leaves stage, shooting stage and Flowering stage) for fertigation treatments and two stages (before cultivation and seven leaves stage) for the traditional method. Results showed that effects of levels of different water and fertilizer on yield component were significant. Water use efficiency (WUE) was significantly affected by nitrogen rate. On the other hand, water treatments significantly affected fertilizer use efficiency. Increasing fertilizer increased water use efficiency. Increasing water levels to 100% of ET_C resulted in increasing fertilizer use efficiency. Highest yield was obtained from the full irrigation treatments ($W_{100\%}$). Albeit the difference among $W_{120\%}$, $W_{100\%}$ and $W_{80\%}$ was not significant (P=0.05), because $W_{100\%}$ was always higher than $W_{120\%}$, treatment of $W_{80\%}$ recommends as optimum water level for arid and semi arid region. The maximum and minimum WUE was 2.24 and 0.66 (kg/m^3) in $W_{80\%}N_{100\%}$ and $W_{100\%}N_{60\%}$, and The maximum and minimum FUE was 29.85 and 8.52 (kg/kg) in $W_{100\%}N_{100\%}$ and traditional method, respectively.

Key words: Fertigation, Fertilizer use efficiency, Productivity, Corn

1,2 – MSc Student and Associate prof. of Irrigation and Reclamation Department, University of Tehran, Repectively
(*- Corresponding author Email: Alizadeh.hamzeh@gmail.com)
3- Associate member, Agricultural Engineering Research Institute, karaj