مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۳) ۴، ۱۳۹۱ (۳۸۵-۳۷۵)

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

فریبرز عباسی[۱]*، رجب چوکان[۲]، حمزه‌علی علیزاده[۳] و عبدالمجید لیاقت[۴]

[۱] دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، [۲]دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، [۳]دانشجوی دکتری و [۴] استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۶/۲۲- تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۹/۱۱)

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 نقش مهمی 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 برخی صفات ذرت دانه‌ای رقم دابل کراس ۳۷۰، آزمایشی به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو سال زراعی روی جویچه‌های انتها باز با طول ۱۶۵ متر در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) انجام شد. فاکتور اول شامل چهار سطح آب: ۶۰٪، ۸۰٪، ۱۰۰٪، و ۱۲۰٪ آبیاری کامل و فاکتور دوم شامل چهار سطح کود: شاهد بدون کود، ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ توصیه کودی به روش کودآبیاری می‌باشد. تیمارهای ۱۶ گانه 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 احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه، ارتفاع بوته، 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 برخی صفات 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. ولی از لحاظ رتبه‌بندی، 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 ۲/۰۵ و ۰/۶۲ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمدند. بیشترین و کمترین کارایی مصرف کود به ترتیب در تیمارهای $W_{100\%}N_{100\%}$ و تیمار عرف منطقه با مقادیر ۳۰/۲ و ۵/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم بدست آمدند. تابع تولید ذرت دانه‌ای بر حسب دو متغیر نیتروژن مصرفی و آب آبیاری به صورت یک تابع درجه دوم تعیین شد.

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

مقدمه

ذرت یکی از محصولات تابستانه با نیاز آبی زیاد است که معمولاً بعد از برداشت جو و گندم کشت می‌شود. با کم آبیاری در شرایط محدود 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 (English et al., 1990). 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 (Soler et al., 2007; Cakir, 2004)، شاخص سطح برگ (Thind et al., 2008; Pandey et al., 2000)، عملکرد دانه (Farre and Faci, 2009; Payero et al., 2008) و رشد ریشه (Grindlay, 1997) می‌شود. با این حال، با اعمال تنش‌های آبی ملایم در ذرت می‌توان در مقدار آب مصرفی صرفه‌جویی کرد (Fereres and Soriano, 2006).

ذرت علاوه بر آب، به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارد. بر اساس گزارش یولگر و همکاران (Ulger et al., 1997) با افزایش سطوح کود نیتروژنی 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

* پست الکترونیک مکاتبه کننده: Fariborzabbasi@yahoo.com

www.SID.ir

توسط دیگر پژوهشگران گزارش شده است (Liang Mackenzie, 1994; Sabata and Mason, 1992). 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 (Tiercelin and Vidal, 2006). 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 (Pandey et al., 2000; Zand-Parsa and Sepaskhah, 2001). اما مصرف بیش از اندازه نیز باعث هدرروی منابع و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود (Pang and Letey, 1998). لیو و ژانگ (Liua and Zhang, 2007) نشان دادند که عملکرد ذرت با افزایش مقدار آب و نیتروژن تا سطوح بهینه مصرف افزایش می‌یابد. در آزمایشی دیگر اُیکه و همکاران (Oikeh et al., 1988) نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر تا ۱۰۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار عملکرد دانه افزایش یافته و افزایش مقدار نیتروژن از ۱۰۹ تا ۱۲۰ کیلوگرم در افزایش عملکرد دانه تغییری ایجاد نکرد.

با افزایش مقدار کود مصرفی، کارایی مصرف آب افزایش و کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد (Thind et al., 2008). کارایی مصرف کود به نوع و مقدار کود مصرفی و نیز زمان و روش کوددهی بستگی دارد. کودها به دو روش پخش جامد (Kirda et al., 2005; Dagdelen et al., 2006) و کودآبیاری (Hou et al., 2007; Mohammad, 2004; Abbasi et al., 2003; Gheysari et al., 2009) به کار می‌روند. مؤثرترین و کارآمدترین مدیریت پخش کود زمانی است کود در طول دوره رشد گیاه و ایامی 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 مؤثرترین وسیله برای 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 (Traore et al., 2000). 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 (Playan, and Faci, 1997). صرف نظر از ارزش اقتصادی، تلفات این نهاده مهم سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی می‌شود (Wiesler, 1998). کودآبیاری در روش‌های آبیاری تحت‌فشار به علت بازده آبیاری بیشتر، رایج‌تر است. رالستون و همکاران(Rolston et al., 1986) گزارش کردند که با مصرف پیاپی کود ازته با آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های رایج کوددهی، جذب نیترات و کارآیی مصرف آن افزایش می‌یابد. پاپادوپولوس (Papadopoulos, 1992) 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 توت‌فرنگی بررسی و نتیجه گرفت که کارآیی مصرف کود و عملکرد در این روش بسیار بیشتر از روش پخش سطحی است. چامپیون و باتولومی (Champion and Bartholomay, 1992) 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 (Bhat et al., 2007) و محمد (Mohammad, 2004) 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 (Bhat and Sujatha, 2009) نشان دادند که کودآبیاری در آبیاری قطره‌ای باعث افزایش جذب نیترات، کلسیم و فسفر می‌شود. داسبرگ و اُر (Dasberg and Or, 1999) گزارش کردند که کودآبیاری باعث کاهش تلفات کود و افزایش کارایی مصرف آن می‌شود. لام و همکاران (Lamm et al., 2000) 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 (Bullok et al., 1990) اثر مصرف کود ازته به همراه آبیاری بارانی بر کارآیی مصرف نیترات و عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد آزمایش قرار داده و نتیجه گرفتند که با کودآبیاری با مصرف ۴۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر می‌گردد. هاچموت و همکاران (Hochmuth et al., 1996) 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 (Granberry et al., 2000) نیز گزارش کردند که با کاربرد کود به روش کودآبیاری می‌توان با مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰ تا ۵۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر و کیفیت بهتری بدست آورد. مید (Mead, 2000) با بررسی اثر کودآبیاری بر کارایی مصرف نیترات در کلم و کاهو گزارش داد که با مصرف کود ازته همراه با آب آبیاری، کارایی مصرف کود تا دو برابر افزایش می‌یابد. بر اساس تحقیقات اسدی (Asadi, 2004) و اسدی و همکاران (Asadi et al., 2002) کودآبیاری در آبیاری بارانی سبب یکنواختی پخش کود و افزایش راندمان مصرف آن می‌گردد. در آزمایشی مشابه واعظی و همکاران (Vaezi et al., 2002) نشان دادند کودآبیاری با مصرف کود کمتر نسبت به روش پخش جامد، کارآیی مصرف کود، عملکرد وکارآیی مصرف آب را بالا برد.

نظر به اینکه بیش از ۹۰ درصد اراضی آبی جهان به روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند (Tiercelin and Vidal, 2006)، کودآبیاری به عنوان مناسب‌ترین روش تأمین مواد غذایی موردنیاز محصولات کشاورزی در این روش‌های آبیاری قلمداد می‌شود. زیرا روش‌های معمول (پخش جامد) هم گران هستند و هم اینکه فقط در دوره کوتاهی از فصل داشت در گیاهان ردیفی مثل ذرت کاربرد دارند. لذا، ضرورت تحقیق در خصوص کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی بیشتر احساس می‌گردد. هدف از این تحقیق، بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و برخی صفات ذرت دانه‌ای و استخراج تابع تولید ذرت بر اساس دو متغیر آب و کود بود.

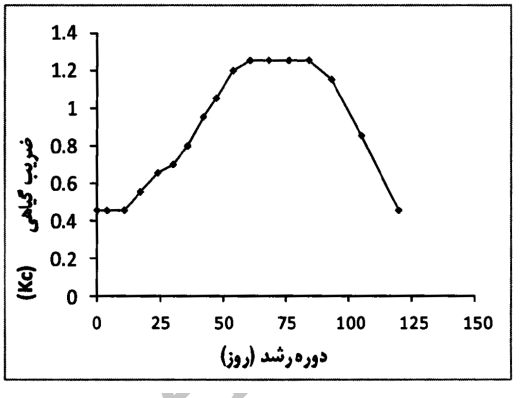
مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال‌های زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹در 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 مزرعه 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.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک مزرعه مورد آزمایش

عمق خاک (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g/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

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 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. ضریب تشت تبخیر بر اساس توصیه ایستگاه هواشناسی منطقه ۰/۶۵ استفاده شد. ضرایب گیاهی مورد استفاده در مراحل مختلف رشد نیز در شکل (۱) نشان داده شده است. کود 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 بر اساس ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره (برای تیمار ۱۰۰٪ کودی) 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 (Malakouti and Reyazi Hamadani, 1991).



شکل ۱- تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد ذرت

پنج جویچه برای هر کرت (سه جویچه میانی برای برداشت و دو جویچه کناری به عنوان حاشیه)، دو جویچه برای تفکیک هر کرت از کرت مجاور، دو جویچه برای اثر حاشیه دو طرف هر کرت و ۱۳ جویچه برای تیمار عرف منطقه در نظر گرفته شد. تیمار عرف به تیماری اطلاق می‌شود که مقدار کود و آب آبیاری آن مطابق عرف منطقه اعمال می‌شود. در این تیمار کود با روش پخش سطحی در دو تقسیط مساوی (قبل از کاشت و مرحله هفت برگی) اضافه شد و مقدار آب آبیاری تقریباً برابر ۱/۲ نیاز آبی گیاه بود. شیب عمومی مزرعه ۰/۰۰۶ متر بر متر، فاصله جویچه‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر و طول جویچه‌ها طول

Archive of SID
www.SID.ir

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 شد.) نیاز آبی هر تیمار تعیین گردید. سپس با استفاده از دبی‌های ورودی و خروجی مقدار آب موردنیاز اعمال گردید. 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 اواخرخرداد 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 (Abbasi et al., 2008; Abbasi et al., 2003; Playan and Faci, 1997)، تزریق کود در ۳۰–۲۰ دقیقه آخر آبیاری انجام شد.

صفات مورد مطالعه 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. عملکرد دانه با برداشت سه جویچه میانی بطول ۶ متر و در سطح ۱۳/۵ متر مربع تعیین گردید. پس از برداشت محصول عملکرد نهایی برای همه تیمارها در رطوبت ۱۴ درصد تصحیح و در نهایت عملکرد دانه بر مبنای تن در هکتار محاسبه شد. کارایی مصرف آب (WUE)، آبیاری (IWUE) و کود (FUE) از روابط زیر محاسبه شدند.

$$WUE = \frac{Y}{V} \quad (۱)$$

$$IWUE = \frac{Y}{V_i} \quad (۲)$$

$$FUE = \frac{dY}{F} \quad (۳)$$

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) است.

با استفاده از رگرسیون چندگانه رابطه بین عملکرد ذرت و مقدار مصرف هر یک از نهاده‌های آب و کود (تابع تولید) نیز تعیین شد. بدین ترتیب که توابع تولید برای داده‌های سال زراعی اول ایجاد و با استفاده از داده‌های سال زراعی دوم صحت‌سنجی شدند.

نتایج و بحث

نیاز آبی

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

نتایج نشان می‌دهد که نیاز خالص آبی ذرت دانه‌ای (تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در منطقه کرج در سال ۱۳۸۷ حدود ۷۴۶ میلی‌متر بود. این نتیجه با مقدار توصیه شده توسط فرشی و همکاران (Farshi et al., 1997) که نیاز آبی ذرت دانه‌ای را ۷۹۰ میلی‌متر برآورد کرده‌اند، بسیار نزدیک است (حدود ۶ درصد اختلاف). کریمی و همکاران (Karimi et al., 2007) آب مصرفی ذرت در منطقه کرج را به ترتیب برای سطوح آبی ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی ۶۶۳، ۷۴۷، ۸۵۸ و ۹۹۸ میلی‌متر برآورد نمودند که با نتایج این تحقیق حدود ۲۰ درصد اختلاف دارد. علت این اختلاف را می‌توان در لحاظ نکردن مقدار تلفات آبیاری در آن مطالعه جستجو کرد. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2008) نیاز آبی ذرت را در منطقه غرب تهران حدود ۸۰۰ میلی‌متر گزارش کردند. در سال زراعی ۱۳۸۹ به دلیل اینکه ۱۵ روز دیرتر کاشت ذرت انجام گردید، دوره رشد گیاه با روزهای خنک‌تر مصادف شده و نیاز آبی آن حدود ۹ درصد کاهش یافت. بخشی دیگر از تفاوت مقدار آب آبیاری در دو سال زراعی، به خاطر قدری تفاوت در دبی ورودی و به تبع تفاوت در رواناب خروجی جویچه‌های آزمایشی است که به دلیل مقیاس مطالعه امری طبیعی و اجتناب ناپذیر بوده است. سطح ذرت کشت شده در تیمارهای مختلف در هریک از سال‌های زراعی حدود ۲ هکتار بود. دلیل دیگر تفاوت در مقدار آب آبیاری در دو سال زراعی مورد مطالعه، مربوط به مقدار آب مصرفی در آبیاری‌های اول و دوم بوده است. در این دو آبیاری، برای اطمینان از جوانه زدن بذور، آبیاری‌ها تا خیس شدن کامل پشته‌ها ادامه یافت.

عملکرد و صفات مورد مطالعه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس عملکرد و صفات مختلف (تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، قطر ساقه، ارتفاع بوته، ارتفاع تا بلال، وزن هزار دانه) ذرت در سطوح مختلف آبی و کودی و اثرات متقابل آنها در جدول (۳) ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقادیر آب مصرفی تیمارهای مختلف آبی

سال	تیمارهای آبی آب مصرفی	$W_{60\%}$	$W_{80\%}$	$W_{100\%}$	$W_{120\%}$	عرف منطقه
۱۳۸۷	خالص (میلی‌متر)*	۵۲۵	۶۴۵	۷۴۶	۸۵۸	۸۶۰
	ناخالص (میلی‌متر)**	۶۹۸	۸۴۷	۱۱۳۷	۱۲۶۱	۱۲۶۵
۱۳۸۹	خالص (میلی‌متر)*	۴۷۸	۵۹۳	۶۸۵	۷۸۸	۷۹۰
	ناخالص (میلی‌متر)**	۶۲۸	۷۶۲	۱۰۰۰	۱۱۳۵	۱۱۴۰

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

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و صفات مورد مطالعه ذرت در سطوح مختلف کودی و آبی

		میانگین مربعات							
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	۴۷۶/۵**	۶۱۵۵/۱	۸۱۹/۱	۴۰۲۹/۴ **	۰/۵۶ **	۵/۶**	۱۴۰/۷*	۳/۲ **
فاکتور کود	۳	۵۵۹/۵**	۸۹۲۳/۰	۲۴۹۱۰/۷ **	۵۰۰۷۲/۷ **	۲/۸۴**	۱۵/۳**	۳۳۹۵/۵ **	۱۱/۲ **
آب × کود	۹	۵۴/۲	۱۷۹۳۴/۰	۱۹۷۸/۹	۲۲۶/۷	۰/۳۷ **	۴/۰**	۱۹۷/۸	۱/۲
سال	۱	۳۹/۲	۲۷۰۵/۳	۲۲۶۸/۳ **	۱۹۴۷/۸*	۰/۰۱	۰/۱	۶۷/۹*	۰/۰
سال × کود	۳	۸۶/۳	۹۷۹۰/۷	۲۲۱۳/۱ **	۳۵۷۲/۷**	۰/۰۰	۰/۱	۰/۴	۰/۰
سال × آب	۳	۶۲/۱	۱۱۰۷۴/۶	۱۴۰/۶	۲۲۶/۷	۰/۰۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰
سال × کود × آب	۹	۱۱۸/۸	۹۰۵۹/۱	۱۱۱۹/۴	۳۷۲۹/۹*	۰/۰۰	۰/۳	۰/۰	۰/۰
خطا	۹۰	۸۰۹/۴	۱۳۷۱۸۲	۱۰۶۶۹/۶	۱۶۱۷۸/۶	۱/۱۰	۱۲/۶	۱۰۹۳/۹	۲۰/۹

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

همانطوری‌که مشاهده می‌شود اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار است. اثر مقدار آب بر عملکرد، ارتفاع بوته ، قطر ساقه، عرض برگ و تعداد برگ در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار ولی بر ارتفاع تا بلال و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. اثر متقابل کود و آب بر اغلب صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. همچنین اثر سال، اثر متقابل سال در فاکتور کود، اثر متقابل سال در فاکتور آب و سال در فاکتور آب در فاکتور کود در اغلب صفات زراعی معنی‌دار نبود. کریمی و همکاران (Karimi et al., 2007) با بررسی اثر کودآبیاری قطره‌ای بر عملکرد ذرت نشان دادند که اختلاف عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبی و کودی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تاثیر سطوح کودی بر همه صفات اندازه‌گیری شده بیشتر از تاثیر سطوح آبی است. علت این امر را باید در اختلاف این صفات در سطح کودی بدون کود با سایر سطوح جست. این در حالی است که کمترین سطح آب تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. از طرف دیگر کارایی مصرف آب و کود در مصرف اولین واحدها در هر کدام از آنها حاصل می‌شود. بنابراین، علت موثر بودن کود، در اختلاف کارایی مصرف بیشتر سطوح کودی با هم است.

مقایسه میانگین‌های عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه

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 صفات مختلف در 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 رتبه‌بندی، 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 آزمایش قیصری و همکاران (Gheysari et al., 2009) که نشان دادند بین چهار سطح آبی ۰/۷، ۰/۸۵، ۱/۰ و ۱/۱۳ نیاز آبی، سطح آبی ۰/۸۵ سطح بهینه آبیاری بود، مطابقت

Archive of SID

www.SID.ir

دارد. علت کاهش شدید عملکرد در تیمار آبی ۱۲۰ درصد را باید در تلفات بیشتر کود از طریق رواناب سطحی، نفوذ عمقی و احتمالا نیتراتزدایی بیشتر (به علت وجود رطوبت بیشتر) در این تیمار جست و جو کرد. عمق کم خاک زراعی مزرعه تحت مطالعه (حدود ۶۰ سانتی‌متر) می‌تواند یکی از عوامل افزایش نفوذ عمقی آب و کود باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اجزای عملکرد ذرت 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	۹/۸ a	۹۸/۲ ab	۱۹۰/۶ ab	۱/۹ b	۸/۴b	۷۱/۵ a	۱۲/۵ a
W_2=100%ET_C	۱۱/۲ a	۱۰۲/۳ a	۱۹۵/۲ a	۲/۰ a	۸/۷ a	۷۳/۰ a	۱۲/۴ a
W_3=80%ET_C	۱۰/۵ a	۹۷/۱ ab	۱۸۵/۹ bc	۱/۹ b	۸/۵ b	۷۳/۲ a	۱۲/۲ a
W_4=60%ET_C	۶/۲ b	۹۵/۴ b	۱۸۰/۰ c	۱/۸ c	۸/۱ c	۷۰/۵ c	۱۲/۰ b

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

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_1 و N_3 تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بنابراین استفاده از سطح کودی N_3 توصیه نمی‌شود. همچنین با توجه به این که بین سطوح کودی N_1 و N_2 در تعداد برگ، عرض برگ، ارتفاع بوته و قطر ساقه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به منظور استفاده از علوفه فقط سطح کودی N_1 توصیه می‌شود. برای تولید دانه، به دلیل اینکه بین سطوح کودی ۱۰۰ و ۸۰ درصد تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، سطح کودی ۸۰ درصد توصیه کودی 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. نتایج برخی پژوهش‌ها (Ahmadauli and Gheysari et al., Karimi et al., 2007; Khalili, 2007 2009;) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد دانه برای ذرت از تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل می‌شود. مقایسه عملکرد دانه در سطوح مختلف کودی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در سطح کودی ۱۰۰ درصد نیاز کودی بدست آمد و با سطح کودی ۸۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اجزای عملکرد ذرت با مقادیر متفاوت کود اوره

سطوح کودی	عملکرد (ton/h)	وزن هزار دانه (g)	ارتفاع تا بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	عرض برگ (cm)	طول برگ (cm)	تعداد برگ
۱۰۰٪ توصیه کودی (N_1)	۱۱/۳ a	۲۷۵/۴ b	۱۱۴/۰ a	۲۰۹/۷ a	۲/۱ a	۸/۹ a	۷۵/۹ a	۱۲/۵ ab
۸۰٪ توصیه کودی(N_2)	۱۱/۰ a	۲۹۳/۶ a	۱۰۷/۶ b	۲۰۳/۰ b	۱/۹۶ b	۸/۵ b	۷۵/۷ a	۱۲/۶ a
۶۰٪ توصیه کودی (N_3)	۹/۳ b	۲۹۷/۴ a	۹۳/۸ c	۱۷۹/۲ c	۱/۹ b	۸/۵ b	۷۳/۴ b	۱۲/۳ b
بدون کود (N_4)	۶/۰ c	۲۸۹/۷ ab	۷۷/۷ d	۱۵۹/۹ d	۱/۷ c	۷/۹ c	۶۳/۳ c	۱۱/۸ c

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

مقایسه میانگین تیمارهای کودآبیاری با عرف منطقه

به منظور مقایسه تیمار عرف منطقه با تیمارهای ۱۶ گانه کودآبیاری، از طرح بلوک کامل تصادفی استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. 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 W_2N_1، W_3N_1، W_2N_2 و W_3N_2 قرار دارد. از نظر ارتفاع بوته و ارتفاع بوته تا بلال کمتر از تیمارهای W_1N_1، W_2N_1، W_3N_1، W_1N_2، W_2N_2 و بالاتر از تیمارهای W_4N_3، W_1N_4، W_3N_4، W_4N_4، W_2N_4 و با بقیه تیمارها در یک سطح قرار گرفت. از نظر قطر ساقه پایین‌تر از تیمارهای W_1N_1، W_2N_1 و بالاتر از تیمارهای W_4N_3، W_1N_4، W_3N_4، W_4N_4و W_4N_3 قرار دارد. از نظر عرض برگ پایین‌تر از W_1N_1 و از نظر طول و تعداد برگ بالاتر از تیمارهای W_4N_4، W_3N_4 و W_1N_4 قرار دارد. به هر حال با توجه به رتبه‌بندی تیمارها و همچنین مقایسه تیمارهای

Archive of SID
www.SID.ir

مختلف پخش کود به روش سنتی با لحاظ مقدار آب و کود مصرفی بیشتر، عملکرد و اجزای عملکرد کمتری نسبت به تیمارهای کودآبیاری دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که عملکرد ذرت در بهترین حالت به ۱۶/۶ تن در هکتار رسیده است که اهمیت مدیریت زراعی را به خوبی نشان می‌دهد. این موضوع نشان می‌دهد که با مصرف همان مقدار کود و مصرف ۲۰ درصد آب کمتر می‌توان عملکرد ذرت را ۸۰ درصد افزایش داد. علت اصلی افزایش عملکرد در تیمارهای کودآبیاری نسبت به تیمار عرف منطقه، به کاربردن تقسیطی کود بر مبنای نیاز گیاه و در زمان‌هایی که گیاه نیاز بیشتری به کود دارد، می‌باشد. از طرف دیگر کودآبیاری کود را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار داده که باعث سهولت جذب توسط ریشه گیاه می‌شود. از طرف دیگر، در کودآبیاری، کود فقط در محیط خیس شده جویچه قرار می‌گیرد. در حالی‌که در روش پخش دستی، کود در همهٔ سطح مزرعه پخش شده و بخشی از آن در قسمت‌های خشک مزرعه به صورت جامد و غیر قابل استفاده باقی می‌ماند. همچنین، در روش پخش سطحی کشاورزان کود مورد نیاز گیاه را به طور یکجا در سطح مزرعه پخش می‌کنند که بعضاً بیش از ۵۰ درصد کود مصرفی تلف می‌شود (Zand-Parsa, and Sepaskhah, 2001). واعظی و همکاران (Vaezi et al., 2002) نیز با به کاربردن مقادیر یکسان آب و کود نشان دادند که عملکرد علوفه ذرت در تیمارهای متناظر کودآبیاری ۱۰ درصد بیشتر از تیمارهای پخش سطحی است. احمدآلی و خلیلی (Ahmadauli and Khalili, 2007) نیز عملکرد ذرت دانه‌ای در تیمارهای آبی ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی را به ترتیب ۱۲/۲، ۷/۶ و ۶/۲ تن در هکتار در سال ۱۳۸۲ و ۱۵/۹، ۱۴/۰ و ۱۱/۴ تن در هکتار در سال ۱۳۸۳ گزارش نمودند. به هر حال، از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد و صفات مورد مطالعه به طور معنی‌داری تحت تاثیر مقدار آب آبیاری و کود مصرفی قرار دارد. با افزایش مقدار آب و کود تا سطح بهینه مصرف، عملکرد و صفات مورد مطالعه افزایش یافت. سطح بهینه کود مصرفی به عمق آب آبیاری وابسته است. به طوری که با افزایش عمق آب آبیاری، سطح بهینه کود مصرفی نیز 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. عملکرد ذرت در تیمار عرف منطقه ۹/۱ تن بر هکتار بدست آمد که از نظر سطح معنی‌دار پایین‌تر از تیمارهای W2N1، W3N1 و W2N2 قرار دارد. این نتایج با نتایج بات و همکاران (Bhat et al., 2007) بر روی کودآبیاری با آبیاری قطره‌ای مطابقت دارد. علت افزایش عملکرد در تیمارهای کودآبیاری را می‌توان به در اختیار داشتن مقدار کافی مواد غذایی محلول را در خاک مرطوب با تهویه مناسب در طول فصل رشد نسبت داد.

جدول ۶- 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	۱۱/۸۱ 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	۸/۱۳ efg	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	۵/۶۶ gh	۸۴/۴ e	۱۶۹/۳ fg	۱/۷۷ fg	۸/۲۳ efg	۶۵/۵۵ de	۱۱/۶۳ e
W3N4	۴/۷۲ gh	۸۵/۲ e	۱۷۴/۰ f	۱/۷۵ g	۸/۱۲ fgh	۶۶/۶۴ cd	۱۱/۸۳ cde
W4N4	۳/۴۸ h	۸۴/۹ e	۱۵۷/۸ g	۱/۶۶ g	۷/۶۵ h	۶۲/۲۶ de	۱۱/۷۴ de
عرف منطقه	۹/۱۰ cdefg	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 احتمال ۵ درصد با آزمون LSD می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

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 می-دهد که بیشترین کارایی مصرف آب و آبیاری مربوط به تیمار W_3N_1 و بیشترین کارایی مصرف کود مربوط به تیمار W_2N_1 می‌باشد. کارایی مصرف آب بین ۰/۶۲ تا ۲/۰۱ متغیر بود. لام و همکاران (Lamm et al., 2000) 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 (Azari et al., 2007) 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 ۵/۸ تا ۳۰/۲ متغیر بود. ایل-هندوای و همکاران (El-Hendawy et al., 2008) 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. کارایی مصرف کود به صورت تابعی از مقدار کود مصرفی برای سطوح مختلف آب در شکل (۲) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی مصرف آن ابتدا افزایش یافته و بعد از رسیدن به سطح بهینه مصرف دوباره کاهش می‌یابد. سطح بهینه کود برای اغلب سطوح آبی با ۸۰ درصد مصرف کود حاصل شد. نتیجه دوم شکل مذکور این است 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 احتمالا وقوع پدیده نیتراتزدایی (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 یافته‌های کودآبیاری قطره‌ای (Azari et al., 2007) و کودآبیاری بارانی (Vaezi et al., 2002) مشابهت دارد.

جدول ۷- کارایی مصرف آب و کود درتیمارهای مختلف

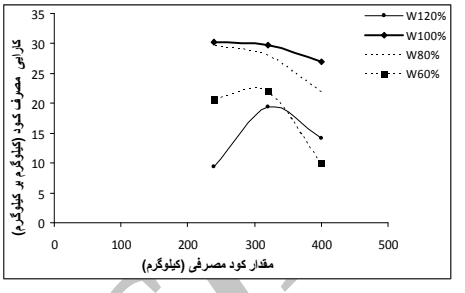
شاخص ها / تیمار	عملکرد (ton/ha)	کارایی مصرف آب WUE (kg/m^3)	کارایی مصرف آبیاری IWUE (kg/m^3)	کارایی مصرف کود FUE (kg/kg)
W1N1	۱۱/۵۸	۱/۳۵	۰/۹۷	۱۴/۲
W2N1	۱۴/۹۷	۲/۰۱	۱/۴۰	۲۷/۰
W3N1	۱۲/۵۳	۱/۹۴	۱/۵۶	۲۲/۰
W4N1	۷/۴۷	۱/۴۲	۱/۱۳	۱۰/۱
W1N2	۱۲/۱	۱/۴۷	۱/۰۱	۱۹/۴
W2N2	۱۳/۷۲	۱/۹۲	۱/۲۸	۲۹/۸
W3N2	۱۲/۷۱	۲/۰۵	۱/۵۸	۲۸/۱
W4N2	۱۰/۶۷	۲/۱۳	۱/۶۱	۲۲/۱
W1N3	۸/۱۴	۰/۹۹	۰/۶۸	۹/۳۳
W2N3	۱۱/۴۱	۱/۶۰	۱/۰۷	۳۰/۲
W3N3	۱۰/۸۸	۱/۷۶	۱/۳۵	۲۹/۸
W4N3	۸/۳۷	۱/۶۷	۱/۲۶	۲۰/۷
W1N4	۶/۶۵	۰/۸۱	۰/۵۶	-
W2N4	۴/۴۴	۰/۶۲	۰/۴۲	-
W3N4	۴/۶۶	۰/۷۵	۰/۵۸	-
W4N4	۴/۴۵	۰/۸۹	۰/۶۷	-
عرف منطقه	۸/۱۸	۰/۹۹	۰/۶۸	۵/۸

در شکل‌های (۳) و (۴) کارایی مصرف آب و آبیاری به صورت تابعی از عمق خالص و ناخالص آب آبیاری در سطوح مختلف کودی ارایه شده است. 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.

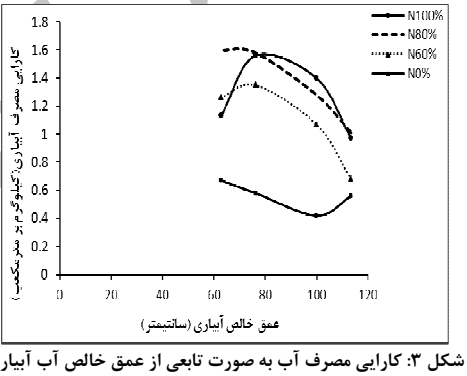
محاسبه کارایی مصرف آبیاری از آن جهت اهمیت می‌یابد که در تیمار آبی ۱۲۰٪، مقدار ۴۰۳ میلی‌متر به ترتیب معادل ۷۶، ۶۲ و ۵۴ درصد آب مورد نیاز سطوح آبی ۶۰٪، ۸۰٪ و ۱۰۰٪ به صورت رواناب سطحی از مزرعه خارج می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده و با توجه به اینکه بین سطوح آبی ۸۰٪ و

Archive of SID
www.SID.ir

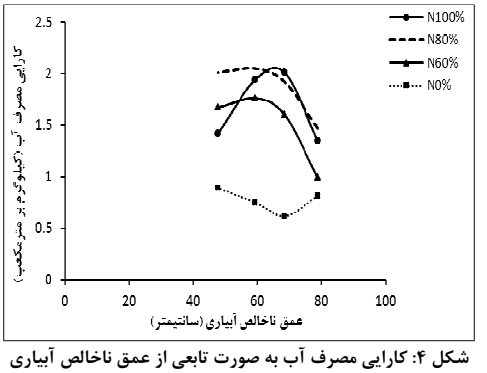
۱۰۰٪ نیاز آبی تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه وجود ندارد، اعمال کم آبیاری خفیف ۸۰٪ نیاز آبی برای گیاه ذرت توصیه می‌شود. کارایی مصرف آبیاری به اقلیم و حاصلخیزی بستگی دارد. کارایی مصرف آبیاری در مناطق مرطوب (مناطقی که آبیاری سهم اندکی در تأمین نیاز آبی گیاه دارد) بسیار بیشتر از مناطق خشک و نیمه خشک است (Payero et al., 2006).



شکل ۲: کارایی مصرف کود به صورت تابعی از مقدار کود مصرفی



شکل ۳: کارایی مصرف آب به صورت تابعی از عمق خالص آب آبیاری



شکل ۴: کارایی مصرف آب به صورت تابعی از عمق ناخالص آبیاری

۴- تابع تولید

نتایج آزمون رگرسیون چندگانه در سطح ۵ درصد نشان داد که رابطه بین عملکرد ذرت و مقدار مصرف هر یک از نهاده‌های آب و کود تابع درجه دوم می‌باشد. در رابطه (۴) تابع تولید Y(N) به صورت تابعی از نیتروژن مصرفی (N) و در رابطه (۵) تابع تولید به صورت تابعی از آب مصرفی (W) ارائه شده است.

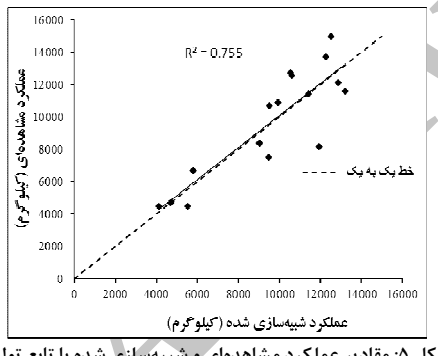
$$Y(N) = 33.36N - 0.047N^2 + 4668 \qquad (۴)$$

$$Y(W) = 42.13W - 0.03W^2 - 4856 \qquad (۵)$$

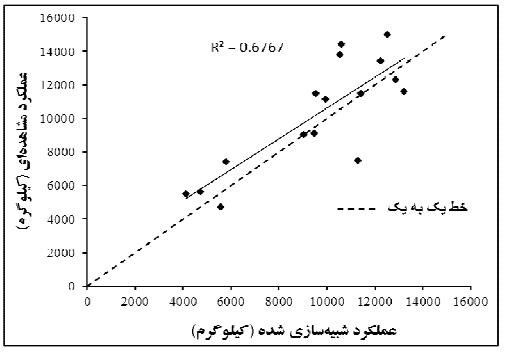
همچنین بر اساس نتایج آزمون رگرسیون چندگانه در سطح ۵ درصد، تابع تولید ذرت به صورت تابعی از دو متغیر نیتروژن مصرفی و آب آبیاری به صورت تابع درجه دوم رابطه (۶) می‌باشد. این توابع تولید با استفاده از ۵۰ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده (یک سال زراعی) و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها بدست آمده‌اند.

$$Y(W,N) = -0.00233W^2 + 7.542W - 0.04409N^2 + 24.614N + 0.009175WN + 0.935 \qquad (۶)$$

در شکل (۵) مقادیر عملکرد مشاهده‌ای در مقابل عملکرد شبیه‌سازی شده (واسنجی مدل) با استفاده از رابطه (۶) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که رابطه (۶) مقادیر عملکرد را بر حسب دو متغیر به خوبی (ضریب تبیین ۰/۷۶) شبیه‌سازی می‌نماید. در شکل (۶) نیز نتایج صحت‌سنجی رابطه (۶) با داده-های اندازه‌گیری شده در سال دوم زراعی ارایه شده است. این نتایج نیز رابطه پیشنهادی را تایید می‌نماید.



شکل ۵: مقادیر عملکرد مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با تابع تولید پیشنهادی رابطه ۶ (واسنجی مدل)



شکل ۶: مقادیر عملکرد مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با تابع تولید پیشنهادی رابطه ۶ (صحت‌سنجی)

Archive of SID
www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و صفات مختلف ذرت دانه‌ای در یک خاک لوم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه ذرت به طور معنی‌داری تحت تاثیر مقدار آب آبیاری و کود اوره مصرفی قرار گرفت. با افزایش مقدار آب و کود تا سطح بهینه مصرف، عملکرد و سایر صفات مورد نظر افزایش یافت. سطح بهینه کود مصرفی به عمق آب آبیاری وابسته بود. به طوری که با افزایش مقدار آب آبیاری، سطح بهینه کود مصرفی نیز افزایش یافت. در صورتی که آب آبیاری بیش از نیاز گیاه مصرف شود، آبشویی 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 داد 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. نتایج آزمون رگرسیون چندگانه در سطح ۵ درصد نشان داد که رابطه بین عملکرد ذرت دانه‌ای و مقدار مصرف نهاده‌های آب و کود تابع درجه دوم می‌باشد.

REFERENCES

Abbasi, F., A.M. Liaghat and A. Ganjeh, (2008). Evaluation of fertigation uniformity in furrow irrigation. *Iranian Journal of Agricultural Sciences.*, 39, 117-128. (in Farsi).

Abbasi, F., J. Simunek, M.Th. van Genuchten, J. Feyen, F.J. Adamsen, D.J. Hunsaker, T.S. Strelkoff and P. Shouse, (2003). Overland water flow and solute transport: Model development and field data analysis. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* (ASCE)., 129(2), 71-81.

Ahmadauli, J., M. Khalili, (2007). Assessment of the impact of deficit irrigation on seed corn yield and its components in Miyandoab region. *Iranian Water Research Journal*, 1(1), 17-23. (in Farsi).

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.

Asadi, M.E., R.S. Clemente, A.D. Gupta, R. Loof, G.K. Hansen, (2002). Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid–sulphate soil in Thailand. *Agricultural Water Management.*, 52, 197–213.

Azari, A., S. Boromand Nasab, M. Behzad, M. Moayeri, (2007). Evaluation of corn performance in T-Tape irrigation system. *The Scientific Journal of Agriculture*., 30(2), 87-81.

Bhat, R., S. Sujatha, (2009). Soil fertility and nutrient uptake by arecanut (Areca catechu L.) as affected by level and frequency of fertigation in a laterite soil. *Journal of Agricultural Water Management.*, 96, 445–456.

Bhat, R., S. Sujatha, D. Balasimha, (2007). Impact of drip fertigation on productivity of arecanut (Areca catechu L.). *Agricultural Water Management.*, 90,101-111.

Bullok, D.G., G.J. Gascho, and D.R. Summer, (1990). Grain yield, stalk root and mineral concentration of fertigation corn as influenced by NPK. *Journal of Plant Nutritient.* 13 (8), 915-937.

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

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

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

Dasberg, S. and Or. (1999). *Drip Irrigation*. Springer-Verlog, New York, USA.

El-Hendawy, S.E., E.A. Abd El-Lattief, M.S. Ahmed, U. Schmidhalter, (2008). Irrigation rate and plant density effects on yield and water use efficiency of drip-irrigated corn. *Journal of Agricultural Water Management.*, 95, 836–844.

English, M.J., J.T. Musick and V.V.N. Murty, (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.

Farre, I., and J.M. Faci, (2009). Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management.*, 96, 383–394.

Farshi, A.A., M.R. Shariati, R. Jarollahi, M.R. Ghaemi, M. ShahabiFar, and M.M. Tavalaei, (1997). An Estimate of Water Requirement of Main Field Crops and Orchards in Iran. Volume 1: Field Crops. Nashre Amozeshe Keshavarzi, Pp. 900.

Fereres, E., M.A. Soriano, (2006). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany.*, 58, 147–159.

Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M Homaee, M., E., Hoogenboom, G., (2009). Interaction of

Archive of SID

www.SID.ir

water and nitrogen on maize grown for silage. *Agricultural Water Management*., 96, 809–821.

Granberry D.M., Harrison, K.A. and Kelley, W.T. (2000). Drip Irrigation.

Grindlay, D.J.C., (1997). Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. *Journal of Agricultural Science.*, 128, 377–396.

Hochmuth, G.J., E.E. Albregts, C.C. Chandler, J. Cornells, and J. Harrison. (1996). Nitrogen fertigation requirements of drip irrigated strawberries. *Journal of. American Soil Society.*, 4, 660-665.

Hou, Z., Li, P., Li, B., Gong, J., Wang, Y. (2007). Effects of fertigation scheme on N uptake and N use. *J. Plant Soil*, 290, 115–126.

Karimi, A., M. Mazardalan, M. Homaee, A.M. Liaghat, F. Raissi, (2007). Fertilizer use efficiency for sunflower with fertigation system. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour., Water and Soil Sci.,* 11(40), 65-77. (in Persian).

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.

Lamm, F.R., Scheyel, A.J., 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.

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.

Liua, W.Z., 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.

Majidian, M., A. Ghalavand, A.A. Kamgar Haghighi and N. Karimian, (2008). Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. *Iranian J. Crop Sci.*, 10(3), 303-330.

Malakouti, M.J. and S.A. Reyazi Hamadani, (1991). Soil Fertility and Fertilizers. Translated, Markaz Nashre Daneshgahi, pp. 800.

Mead, R. 2000. Fertigation efficiency. Available on the www: url:http://www. Micro irrigation forum.com/new/archives/ferteff.htm/.

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.

Oikeh, S.O., Kling, J.G., Okoruwa, A.E. (1988). Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African Moist Savanna. *J. Crop Sci.*, 38,1056-1061

Pandey, R.K., Maranwille, J.W., 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.

Pang, X.P., J. Letey, (1998). Development and evaluation of ENVIRO-GRO, an integrated water, salinity, and nitrogen model. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62 (5), 1418–1427.

Papadopoulos, P., (1992). Fertigation of vegetable in plastic houses. Present situation and future prospects. *Acta. Hort.*, 323: 151-179.

Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., 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 Manag*. 95: 895–908.

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.

Playan, E. and J. M, Faci, (1997). Border irrigation: Field experiment and a simple model. *Irrig. Sci.*, 17(4): 163-171.

Rolston, D.E., R.J. Miller, and A. E Scholback. (1986). Fertilization In: Trikle Irrigation for Crop Production, Eds. Nakayama, F.S. and D.A. Bucks, pp. 317-344. Elsevier, Amesterdam.

Sabata, R.J., and Mason, S.C., (1992). Corn hybrid interactions with soil in nitrogen level and water regime. *J. Prod. Agric.*, 5, 137-142.

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.

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. *Agric. Water Manage.*, 95, 25–34.

Tiercelin, J.R., Vidal, A., (2006). *Traite´ d'Irrigation,* 2nd edition. Lavoisier edition.

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. *Agronomy Journal.*, 92, 1027–1035.

Ulger, A.C., Ibrikci, H., Cakir, B., Guzel, N. (1997). Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. *Journal of Plant Nutrient.*, 20,1697-1709.

Vaezi, A.R., M. Homaee, and M.J. Malakoti. (2002). Effect of fertigation on fertilizer use efficiency and water use efficiency on forage corn. *Iranian Journal of Soil Water*, 16(2), 152-160. (in Farsi).

Wiesler, F. (1998). Comparative assessment of the efficiency of various nitrogen fertilizers. In: Rengel, Z(Ed.) Nutrient Use in Crop Production. Food Product Press. NY.

Zand-Parsa, Sh., A.L. Sepaskhah, (2001). Optimal applied water and nitrogen for maize. *Agricultural Water Manage.*, 52(1), 73–85.

Archive of SID

www.SID.ir