نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۳، مهر - آبان ۱۳۹۸، ص. ۹۳۰-۹۱۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 13, Oct.-Nov. 2019, p. 919-930

بررسی تاثیر مقادیر و مصرف تقسیطی نیتروژن در کودآبیاری جویچه‌ای بر کارآیی مصرف آب و کود در ذرت دانه‌ای

فرید فیض اله پور[1*]، فریبرز عباسی[2]، مهدی کوچک زاده[3]، رجب چوگان[4]، محمد نبی غیبی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲

چکیده

کودآبیاری روشی مؤثر برای افزایش کارآیی مصرف آب و کود است. در پژوهش حاضر، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار با هدف بررسی اثر مصرف تقسیطی نیتروژن در کودآبیاری جویچه‌ای بر کارآیی مصرف آب و کود اوره، عملکرد و برخی صفات زراعی ذرت دانه‌ای انجام گردید. شش تیمار کودآبیاری متشکل از دو سطح تقسیط کود (سه و چهار تقسیط) و سه سطح کودی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز کودی) با روش کوددهی دستی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کاربرد نیتروژن در چهار تقسیط منجر به عملکرد دانه بیشتری شده است. علاوه‌بر این در تیمارهای کودآبیاری با مصرف کود کم‌تر نسبت به روش پخش سطحی کود، کارآیی مصرف آب و کود افزایش یافت. بیش‌ترین عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب در تیمار سه تقسیطی با سطح کودی ۱۰۰ درصد به‌دست آمد، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب بین این تیمار و تیمار چهار تقسیطی با سطح کودی ۶۰ درصد وجود نداشت. لذا بر اساس نتایج حاصل، با کاربرد ۶۰ درصد توصیه کودی طی چهار تقسیط، ضمن دست‌یابی به عملکرد مطلوب، از آلودگی زیست محیطی نیز کاسته شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، ذرت، عملکرد، کودآبیاری، کارآیی مصرف آب

مقدمه

مصرف کودهای شیمیایی به عنوان یکی از نهاده‌های مهم کشاورزی، نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان و تولید محصولات کشاورزی دارد. کاربرد بهینه آب و کود مستلزم داشتن دانش جامع و کافی در مورد مسائلی نظیر نوع گیاه، بافت خاک، روش آبیاری مورد استفاده، کیفیت آب، نوع کودهای در دسترس و اقتصاد عمومی کشاورز می‌باشد. دراین صورت می‌توان ضمن تامین نیاز گیاه در مراحل حساس رشد، با مصرف بهینه آب و کود، از هدر رفت کود و نیز آلودگی زیست‌محیطی جلوگیری نمود.

تاکنون تحقیقات متعددی بر روی بررسی تاثیر تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه انجام شده است. نتایج بدست آمده در هر یک از این پژوهش‌ها تحت تاثیر عواملی همچون نوع گیاه، نوع خاک، شرایط آب و هوایی و نحوه مدیریت زراعی بوده و بر این اساس روش‌های تقسیط مختلفی پیشنهاد شده است. عباسی و همکاران (۱۳۸۷) با کاربرد کود در چهار تقسیط مساوی (قبل از کاشت، مرحله هفت برگی، مرحله ساقه رفتن و مرحله سنبله‌دهی) مشاهده کردند که تحت تاثیر سطوح مختلف کود و آب، اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول و عرض برگ و قطر ساقه گیاه ذرت حاصل شد. یانگ و همکاران (Yang et al., 2011) تیمارهای مختلفی را برای کاربرد کود در سه مرحله از دوره رشد (قبل از کشت، گلدهی و اوج گلدهی) در نظر گرفتند. آنها نتیجه گرفتند که کاربرد بیشتر نیتروژن در مرحله آخر منجر به افزایش عملکرد، شاخص برداشت و بیوماس پنبه می‌شود. پلی‌کرونا‌کی و همکاران (Polychronaki et al., 2012) کارایی روش‌های مختلف کوددهی را در کشت گندم زمستانه مورد بررسی قرار دادند. طبق گزارش آنها، مصرف تقسیطی نیتروژن با کاربرد نصف کود در زمان جوانه‌زنی، بیشترین عملکرد دانه و کمترین تلفات نیترات را به همراه دارد. بنابراین بر اساس تحقیقات صورت گرفته، مصرف تقسیطی کود نقش موثری در بهبود عملکرد گیاه داشته است.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- استاد موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۵- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: F_feizolahpour@yahoo.com)

از میان روش‌های رایج کوددهی، کودآبیاری به دلیل امکان مصرف تقسیطی عناصر غذایی، یکنواختی پخش بالا، قابلیت مکانیزاسیون و مدیریت آسانتر، به عنوان یک روش مدیریتی کارا در کاربرد کود توصیه می‌شود. گرندبری و همکاران (Granberry et al., 2000) گزارش دادند که با اجرای روش کودآبیاری می‌توان با مصرف ۲۰ تا۵۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر و کیفیت بهتری بدست آورد. عباسی و همکاران (۱۳۹۱) آزمایشی را با هدف بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و برخی صفات زراعی ذرت دانه ای انجام دادند. آنها ۱۶ تیمار آزمایشی با ۴ سطح آبیاری و ۴ سطح کودی مختلف را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار کود، کارایی مصرف آب و کود به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در ادامه این تحقیق، علیزاده و عباسی (۱۳۹۵) به بهینه‌سازی مصرف آب و کود اوره تحت مدیریت کودآبیاری در آبیاری جویچه ای ذرت دانه‌ای در کرج پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سطح بهینه کود مصرفی به عمق آب آبیاری وابسته است به طوری‌که با افزایش مقدار آب آبیاری، سطح بهینه کود مصرفی افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات بات و سوجاتها (Bhat and Sujatha ., 2009) نشان داد که کاربرد کودآبیاری در سیستم آبیاری قطره‌ای باعث افزایش عملکرد و کارآیی مصرف کود می‌شود. قیصری و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کودآبیاری در آبیاری بارانی میزان آبشویی نیترات را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد. هم چنین نتایج آنها نشان داد که در تیمارهایی که آب آبیاری بیشتر از نیاز آبی گیاه بود، مصرف بالای کود باعث افزایش شدت آبشویی نیترات می‌شود. لیانگ و نانگ (Liang and Nong., 2013) با اعمال کودآبیاری در روش کم آبیاری قطره ای مشاهده کردند که کارآیی مصرف آب و کود و کل ماده خشک ذرت افزایش می‌یابد.

کودآبیاری در آبیاری سطحی از مکانیسم پیچیده‌تری نسبت به آبیاری تحت فشار برخوردار است. چرا که در آبیاری سطحی، مقدار و یکنواختی توزیع کود نفوذیافته، تابعی از خصوصیات فیزیکی خاک، دبی ورودی، زمان شروع تزریق کود، مدت زمان و شدت تزریق کود می‌باشد. عباسی و همکاران (۲۰۰۳) یک مدل ریاضی برای ارزیابی کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای را بر اساس ترکیب یک مدل جریان سطحی آب (مدل اینرسی صفر) و یک مدل انتقال املاح روی سطح خاک توسعه داده‌اند. این مدل تنها قادر به شبیه‌سازی جریان سطحی کود بوده و میزان کود نفوذیافته در خاک قابل محاسبه نیست. نوابیان (۱۳۸۷) یک مدل جامع شبیه‌ساز- بهینه‌ساز کودآبیاری جویچه‌ای برای آبیاری با رژیم جریان ثابت و رژیم کاهش جریان ارائه کرد. پناهی (۱۳۹۱) یک مدل دو بعدی نفوذ آب به خاک را با مدل آبیاری سطحی اینرسی صفر و معادله حاکم بر کودآبیاری در آبیاری سطحی تلفیق و یک مدل جدید برای شبیه‌سازی و مدیریت کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای ارائه کرده است. نکته قابل ذکر آن است که هیچ کدام از مدل‌های ذکر شده، قابلیت شبیه‌سازی اثر مصرف تقسیطی کود را نداشته و همه آنها فقط مقدار نیتروژن نفوذیافته در خاک و یا تلف شده توسط رواناب را شبیه‌سازی می‌کنند و قادر به مدل‌سازی عملکرد گیاهی تحت کاربرد مصرف تقسیطی کود و کودآبیاری نمی‌باشند. لذا با توجه به مطالعات صورت گرفته، هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی تاثیر مصرف تقسیطی نیتروژن در کودآبیاری جویچه‌ای بر خصوصیات زراعی و عملکرد ذرت دانه‌ای بود. علاوه بر این نتایج با روش کوددهی سنتی نیز مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا گردید. منطقه تحقیقاتی جزء مناطق نیمه خشک کشور بوده که بر اساس آمار ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه ۲۴۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت هوا ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. حداقل درجه حرارت در دی و حداکثر آن در مرداد اتفاق می‌افتد. توزیع بارندگی در شهریور (۵/۳ میلی‌متر) و بیشترین مقدار بارش در اسفند (۴۹/۹ میلی‌متر) است. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده.

EC (ds/m)	pH	آنیون ها (meq/lit)			کاتیون ها (meq/lit)			
		SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^{-2}	CO_3^{-2}	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
۰/۴۲۵	۷/۵۹	۰/۴۳	۱/۱	۲/۵	–	–	۰/۵۶	۲/۸	۱/۲

آزمایش به روش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در ۴ تکرار اجرا گردید. فاکتور اول (S) شامل دو سطح تقسیط کود اوره (سه و چهار تقسیطی) و فاکتور دوم (N) شامل سه سطح کودی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد توصیه کودی) بود. زمان تقسیط‌های کودی بر اساس دوره‌های حساس رشد ذرت به مواد غذایی اعمال گردید (ملکوتی و ریاضی همدانی ۱۳۷۰).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش.

پارامتر	عمق خاک (cm)		
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰
بافت خاک	لومی	لوم رسی	لوم رسی
هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)	۱/۴۳	۱/۶۸	۰/۹۸
اسیدیته (pH)	۷/۵	۷/۵	۷/۵
درصد نیتروژن کل	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴
فسفر قابل استفاده (mg/Kg) (mg/kg	۱۰/۳	۸/۴	۴/۲
پتاسیم قابل استفاده (mg/Kg)	۲۲۰	۱۷۰	۱۵۴

در تیمارهای سه تقسیطی، کود مورد نیاز در سه تقسیط مساوی، در مراحل ۶-۴ برگی، ۱۰ برگی و ساقه رفتن و در تیمارهای چهار تقسیطی کود مورد نیاز در چهار تقسیط مساوی و در مراحل ۶-۴ برگی، ۱۰ برگی، ساقه رفتن و سنبله زدن بصورت کودآبیاری به خاک اضافه گردید. علاوه بر این در یک تیمار دیگر بر اساس عرف منطقه (تیمار سنتی)، کود مورد نیاز با روش پخش سطحی در دو تقسیط مساوی (۵۰ درصد قبل از کاشت و ۵۰ درصد مابقی در مرحله ۱۰ برگی) به خاک اضافه گردید. در نهایت مقایسه نتایج حاصل از تیمارهای ۶ گانه کودآبیاری با تیمار سنتی به صورت مقایسه میانگین ها انجام گردید. تیمار بدون کود نیز برای تعیین کارایی مصرف کود در کنار سایر تیمارها اجراء شد. نحوه تقسیط کود در تیمارهای مختلف بطور خلاصه در جدول (۳) ارائه شده است. بیشترین مقدار کود مصرفی (تیمار ۱۰۰ درصد) بر اساس توصیه کودی و آزمایش تجزیه خاک برابر با ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید و سایر تیمارها به عنوان درصدی از این مقدار در نظر گرفته شدند.

جدول ۳- مشخصات تقسیط کودی تیمارهای مختلف

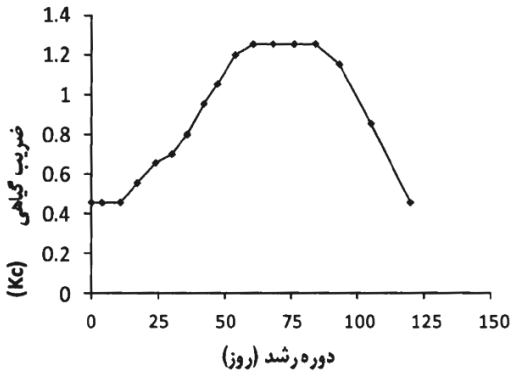
تیمار	نوع تیمار	مقدار کود مصرفی (kg/ha)	درصد کود مصرفی در هر مرحله از فصل رشد				
			قبل از کاشت	۶-۴ برگی	۱۰ برگی	ساقه رفتن	سنبله زدن
T1	سنتی	۴۰۰	٪۵۰	-	٪۵۰	-	-
(S_1N_1) T2	کودآبیاری	۴۰۰	-	٪۲۵	٪۲۵	٪۲۵	٪۲۵
(S_1N_2) T3		۳۲۰					
(S_1N_3) T4		۲۴۰					
(S_2N_1) T5	کودآبیاری	۴۰۰	-	٪۳۳	٪۳۳	٪۳۳	-
(S_2N_2) T6		۳۲۰					
(S_2N_3) T7		۲۴۰					
T8	بدون کود	-	-	-	-	-	-

مقدار آب آبیاری برای همه تیمارها یکسان و براساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه اعمال گردید. نیاز آبی هر تیمار برای آبیاری کامل بر اساس داده‌های تبخیر از سطح تشت کلاس A (داده‌ها به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی که در فاصله حدود ۲ کیلومتر مزرعه قرار داشت، تهیه شد) و اعمال ضرایب تشت تبخیر (Kp) و گیاهی (Kc) تعیین گردید. ضرایب گیاهی (Kc) مورد استفاده در مراحل مختلف رشد در شکل (۱) نشان داده شده است. ضریب تشت تبخیر (Kp) بر اساس توصیه ایستگاه هواشناسی منطقه، ۰/۶۵ استفاده شد. دور آبیاری بین ۶ تا ۸ روز در نظر گرفته شد. در نهایت، با استفاده از رابطه زیر عمق خالص آبیاری محاسبه گردید:

$$I_n = K_C \times K_P \times \sum_{i=1}^{6-8} E_{Pi} \quad (۱)$$

در رابطه اخیر، I_n عمق خالص آبیاری (میلیمتر)، E_P تبخیر از تشت (میلیمتر) و i شماره روز می‌باشد. برای اعمال حجم آب مورد نظر و اندازه‌گیری راندمان آبیاری در هر آبیاری، حجم آب ورودی و خروجی با استفاده از فلومهای WSC اندازه‌گیری می‌شد. معادله‌های نفوذ با استفاده از زمان پیشروی و پسروی استخراج می‌شد. عمق آب نفوذ یافته در هر نقطه، متوسط عمق آب نفوذ یافته و تلفات نفوذ عمقی با استفاده از معادله‌های نفوذ و زمان آبیاری محاسبه می‌شد. بدین ترتیب عمق خالص آبیاری برابر با ۶۴۰ میلی‌متر و بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته راندمان آبیاری به طور متوسط در بازه

۵۵ تا ۶۰ درصد بدست آمد. عباسی و همکاران (۱۳۹۱) عمق خالص آبیاری ذرت در منطقه کرج را ۶۸۵ میلی‌متر برآورد کردند. همچنین علیزاده و عباسی (۱۳۹۶) عمق ناخالص آبیاری ذرت در منطقه کرج برای سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۹ به ترتیب برابر با ۱۰۲۳ و ۱۰۰۰ میلی-متر محاسبه شده است که با درنظر گرفتن راندمان آبیاری در این تحقیق، نتایج مشابهی بدست آمده است و اختلاف مقادیر نیاز آبیاری عمدتا به دلیل تفاوت در روزهای رشد گیاه، آبیاری مرحله خاک آب، راندمان آبیاری و زمان کشت محصول می‌باشد.



شکل ۱- تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد ذرت

برای تزریق کود اوره به جویچه‌ها در تیمارهای کودآبیاری، از بشکه‌های ۴۰ لیتری استفاده گردید. بطوری‌که برای هر مرحله از کودآبیاری، محلول کود در این بشکه‌ها تهیه و وارد نهر بالاسری شده و سپس به جویچه‌ها تزریق شد. بر اساس نتایج تحقیقات گسترده در زمینه تعیین زمان مناسب برای تزریق کود در کودآبیاری، مشاهده شده است که تزریق کود در نیمه دوم و اواخر آبیاری، باعث افزایش یکنواختی توزیع کود و کاهش تلفات آن می‌گردد (عباسی و همکاران ۱۳۸۷، عباسی و همکاران ۱۳۹۱ ;Sabillón and Merkley., 2004 ;Hou et al., 2009). لذا در این تحقیق نیز تزریق کود در ۱۰ الی ۲۰ دقیقه انتهایی زمان آبیاری انجام گرفت. برای تعیین کارآیی مصرف آب، از رابطه (۲) استفاده گردید. همچنین پس از برداشت محصول، کارآیی مصرف کود نیز با استفاده از رابطه پیشنهادی گودرود و جلوم بصورت رابطه (۳) محاسبه گردید (تقی‌زاده و سیدشریفی، ۱۳۹۰):

$$WUE = \frac{Y}{V} \quad (۲)$$

$$FUE = \frac{Y - Y_O}{F} \quad (۳)$$

در روابط (۲) و (۳)، WUE کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، FUE کارآیی مصرف کود (کیلوگرم در کیلوگرم)، V حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)، Y مقدار ماده خشک تولیدی توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Y_O مقدار ماده خشک تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار) و F مقدار کود مصرفی (کیلوگرم) می‌باشد.

به منظور تعیین عملکرد در تیمارهای مختلف، عملیات برداشت محصول از دو جویچه میانی و به طول ۵ متر از هر تکرار بصورت تصادفی انجام شد. سپس با استفاده از رابطه ۴، عملکرد محصول در رطوبت ۱۴٪ بر حسب تن در هکتار تعیین گردید.

$$Y = \frac{Y_a \times 10}{7.5} \quad (۴)$$

در رابطه اخیر، Y: عملکرد بر حسب تن در هکتار، Ya: عملکرد در ۷/۵ متر مربع از سطح مزرعه بر حسب کیلوگرم می‌باشد.

برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد ۱۰۰ دانه از هر تیمار بصورت تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین گردید. سپس با ضرب وزن ۱۰۰ دانه در عدد ۱۰ وزن هزار دانه بدست آمد. در نهایت با استفاده از رابطه زیر وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴٪ محاسبه گردید.

$$W_{14\%} = \frac{W \times (100 - \theta)}{86} \quad (۵)$$

در رابطه ۵، W14% وزن هزار دانه در رطوبت ۱۴٪، W وزن هزار دانه هنگام برداشت و $\boldsymbol{\theta}$ درصد رطوبت هنگام برداشت می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری سایر صفات زراعی همچون ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه، تعداد ۲۰ بوته بصورت تصادفی از هر تیمار انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری گردید. در نهایت میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده برای تحلیل آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که عملکرد، اجزای عملکرد و برخی از صفات زراعی گیاه ذرت، تحت تاثیر سطوح تقسیط کود و مقدار کود مصرفی می‌باشند. در جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس عملکرد و برخی از صفات زراعی ذرت ارائه شده است. علاوه بر این در جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین تیمارهای کودآبیاری با تیمار سنتی که بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفته، ارائه شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات زراعی گیاه ذرت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (M.S)						
		قطر ساقه (cm)	طول بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه	عملکرد دانه (Ton/ha)
تقسیط کود	۱	۰/۰۰۷^{ns}	۱/۳۵۴*	۸۲۸/۳۷۵**	۲۴/۰۰۰ ^{ns}	۶۱/۴۴۰**	۲/۴۷۰*	۱/۰۰۰*
مقدار کود	۲	۰/۰۲*	۳/۰۶۵**	۲۵۰/۵۰۵**	۴۸۰/۵۹۴**	۳/۴۲۰ ^{ns}	۰/۳۷۶ ^{ns}	۱/۵۸۲**
مقدار کود * تقسیط کود	۲	۰/۰۲۸*	۰/۷۸۵*	۱۵۴/۷۸۱*	۳۸/۳۴۴ ^{ns}	۲/۵۶۶ ^{ns}	۰/۱۵۵ ^{ns}	۱/۲۸۲**
تکرار	۳	۰/۰۰۱	۰/۱۶۹	۱۹/۹۰۱	۲۴/۷۹۲	۱/۴۴۹	۰/۲۸۸	۰/۳۳۷
خطای آزمایشی	۱۵	۰/۰۰۴	۰/۲۰۸	۲۶/۴۷۵	۱۱/۰۹۲	۴/۲۲۸	۰/۳۶۱	۰/۱۱۵

^{ns}غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح ۱٪ ، * معنی‌دار در سطح ۵٪

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمارهای کودآبیاری با تیمار سنتی بر اساس آزمون دانکن

تیمار	میانگین						
	قطر ساقه (cm)	طول بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	وزن هزاردانه (gr)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه	عملکرد دانه (Ton/ha)
T1	۲/۱ ab	۱۶/۲ ab	۱۶۵/۰ d	۲۲۰/۷ d	۳۷/۸abc	۱۶/۴ a	۹/۰ b
(S_1N_1) T2	۲/۲a	۱۶/۲abc	۱۶۴/۰ d	۲۴۴/۰ a	۳۷/۴bc	۱۵/۹ a	۹/۴ ab
(S_1N_2) T3	۲/۱ ab	۱۵/۰ d	۱۷۶/۴bc	۲۴۰/۰ ab	۳۶/۴ c	۱۶/۰ a	۹/۴ ab
(S_1N_3) T4	۱/۹bc	۱۵/۴bcd	۱۷۲/۳ c	۲۲۵/۴ cd	۳۶/۱ c	۱۶/۰ a	۹/۳ ab
(S_2N_1) T5	۲/۱ ab	۱۶/۷ a	۱۸۳/۴ ab	۲۳۸/۱ b	۳۹/۸ ab	۱۶/۲ a	۹/۷ a
(S_2N_2) T6	۲/۰b	۱۶/۱abc	۱۹۰/۱ a	۲۳۷/۶ b	۴۰/۹ a	۱۶/۸ a	۹/۱ b
(S_2N_3) T7	۱/۸c	۱۵/۲ cd	۱۷۴/۴ c	۲۲۸/۱ c	۳۸/۸abc	۱۶/۸ a	۸/۱ c

اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

قطر ساقه

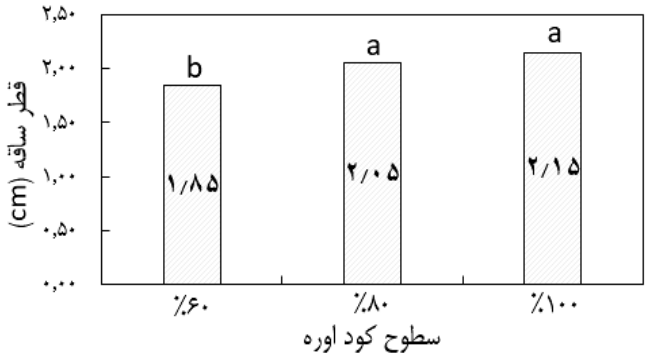
همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر سطوح تقسیط کود بر قطر ساقه معنی‌دار نبوده است. ولی اثر مقادیر مختلف کود و اثر متقابل آن با تقسیط کود، بر این صفت در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. با افزایش سطح کودی از ۶۰ درصد به ۸۰ درصد توصیه کودی، قطر ساقه نیز به طور معنی‌داری افزایش یافته است، ولی بین سطوح ۸۰ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی تفاوت معنی‌داری حاصل نشده است (شکل ۲).

بر اساس مقایسه میانگین تیمارهای کودآبیاری با تیمار سنتی (جدول ۵)، ملاحظه می‌شود که مقدار این صفت در تیمارهای مختلف تقریبا یکسان بوده و تغییر چندانی نداشته است. بطوریکه در تیمارهای T2، T3، T5 و T1 دارای بیشترین مقدار و در تیمار سه تقسیطی T7 با ۶۰ درصد توصیه کودی، بصورت معنی‌دار از سایر تیمارهای کودی کمتر بوده است.

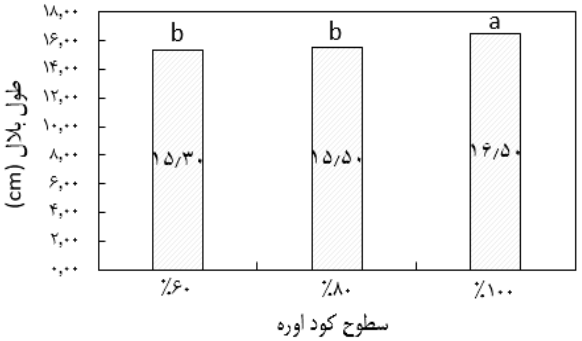
طول بلال

اثر سطوح مقادیر مختلف کود در سطح ۱ درصد و اثر تقسیط کودی در سطح ۵ درصد بر طول بلال معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی، با افزایش درصد کود مصرفی، طول بلال بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد (شکل ۳). البته بین سطوح ۶۰ و ۸۰ درصد توصیه کودی تفاوت معنی‌دار نبوده ولی با افزایش سطح کودی تا ۱۰۰ درصد نیاز کودی، افزایش

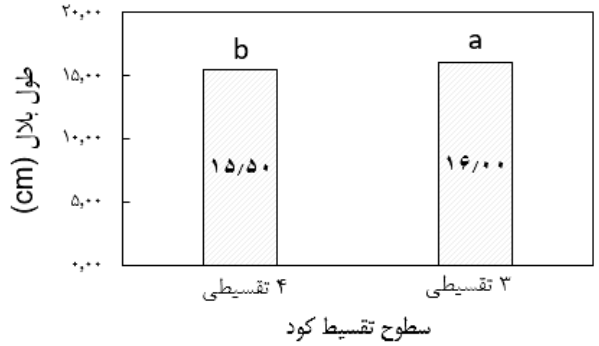
معنی‌داری در طول بلال حاصل شده است. نتایج مشابهی نیز توسط رضایی سوخت‌آبندانی و همکاران (۱۳۸۸) مبنی بر افزایش طول بلال متناسب با افزایش سطح کودی نیتروژن گزارش شده است. علاوه بر این، در تیمارهای سه تقسیطی، با مصرف نسبت کود بیشتر در دوران رشد رویشی گیاه، طول بلال بیشتری نسبت به سایر تیمارها حاصل شده است (شکل ۴).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر مقدار کود بر قطر ساقه



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر مقدار کود بر طول بلال



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تقسیط کود بر طول بلال

بر اساس جدول ۴ اثر متقابل سطوح مقدار و تقسیط کودی نیز تاثیر معنی‌داری بر طول بلال داشته است. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف بیانگر آن است که، تیمار سه تقسیطی T5 با ۱۰۰ درصد توصیه کودی دارای بیشترین میانگین طول بلال است. همچنین تیمارهای T2 و T1 با عملکردی مشابه در رتبه‌های بعدی قرار دارند. تیمارهای T3 و T7 نیز دارای کمترین میانگین طول بلال می‌باشند (جدول ۵).

ارتفاع بوته

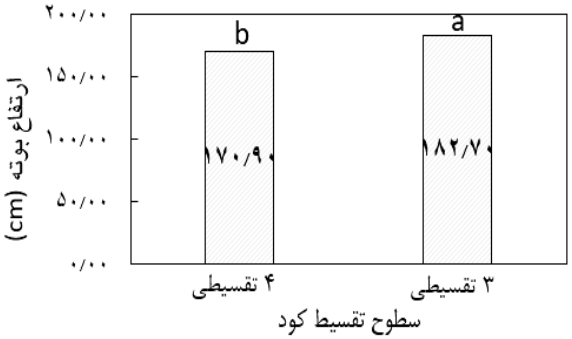
اثر سطوح تقسیط کود بر این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بطوریکه ارتفاع بوته در تیمارهای کودآبیاری سه تقسیطی (۱۸۲/۷ سانتی‌متر) بیشتر از تیمارهای کودآبیاری چهار تقسیطی (۱۷۰/۹ سانتی‌متر) بوده است (شکل ۵). نتیجه حاصل با نتایج مطالعات روضاتی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت داشت. آنها نیز بیان کردند که ارتفاع بوته با تقسیط کود نیتروژن افزایش می‌یابد. همچنین آنها مشاهده کردند که بیشترین میزان ارتفاع بوته، در تقسیط کود نیتروژن طی سه مرحله حاصل شده است.

ارتفاع بوته تحت تاثیر سطوح مختلف کودی در سطح ۱ درصد نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین اثر مقدار کود مصرفی بر ارتفاع بوته (شکل ۶)، افزایش مقدار کود نیتروژن از سطح ۶۰ درصد به سطح ۸۰ درصد توصیه کودی، باعث افزایش ارتفاع بوته، ولی افزایش مقدار کود از سطح ۸۰ درصد به سطح ۱۰۰ درصد توصیه کودی، باعث کاهش ارتفاع بوته شده است.

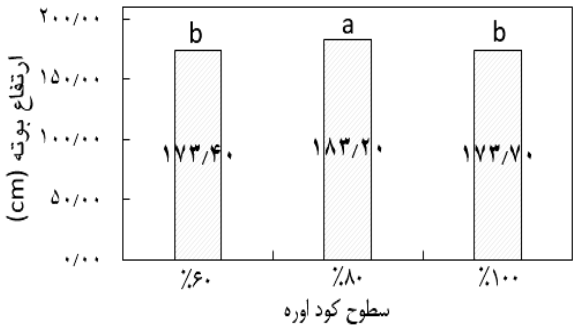
وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که، مقادیر مختلف کود نیتروژن بر صفت وزن هزار دانه، تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد دارد (جدول ۴). همچنین افزایش مقدار کود از سطح ۶۰ درصد تا سطح ۸۰ درصد توصیه کودی، باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌گردد، ولی بین سطوح ۸۰ درصد و ۱۰۰ درصد کودی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۷). وزن هزار دانه تحت تاثیر تقسیط کود و اثر متقابل مقدار کود و تقسیط کود قرار نگرفت (جدول ۴). با

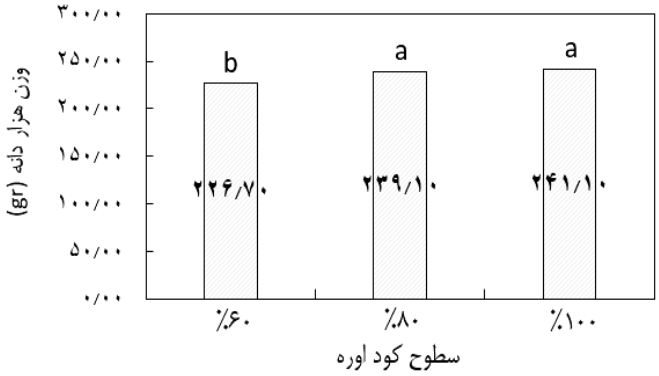
توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارهای مختلف، بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار T3 (۲۴۴ گرم) و کمترین مقدار مربوط به تیمار T1 (۲۲۰/۷ گرم) می‌باشد (جدول ۵). لازم به ذکر است که وزن هزار دانه در تیمار سنتی (T1) بصورت معنی‌داری نسبت به اغلب تیمارهای کودآبیاری، عملکرد پایینی دارد. به عبارتی دیگر در تیمار T1، نسبت بالایی از کود مصرفی در زمان کاشت استفاده شده و به همین دلیل گیاه در مراحل بعدی رشد با کمبود نیتروژن مواجه شده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر تقسیط کود بر ارتفاع بوته



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر مقدار کود بر ارتفاع بوته



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر مقدار کود بر وزن هزار دانه

تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه

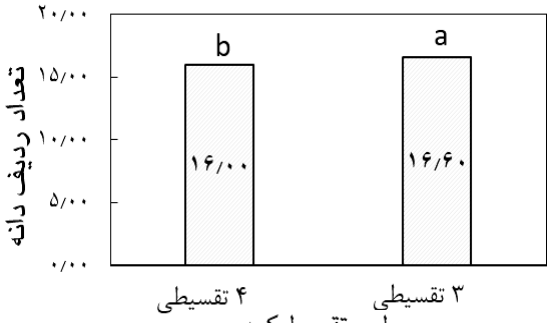
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که، اثر سطوح تقسیط کودی بر دو صفت تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد، معنی‌دار می‌باشد. از میان سطوح تقسیط کود نیتروژن، تیمارهای سه تقسیطی با میانگین تعداد دانه در ردیف برابر با ۳۹/۸ و میانگین تعداد ردیف دانه برابر با ۱۶/۶، دارای عملکرد بهتری نسبت به تیمارهای چهار تقسیطی می‌باشند (شکل‌های ۸ و ۹). توجه به این نکته لازم است که در زمان شروع تشکیل دانه، نسبت کود مصرفی برای تیمارهای سه تقسیطی نسبت به تیمارهای چهار تقسیطی بیشتر بوده و از این رو تعداد دانه تشکیل یافته در آنها بیشتر می‌باشد.

برخلاف سطوح تقسیط کود، اثر مقدار کود و نیز اثر متقابل آن با تقسیط کود بر دو صفت تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه معنی‌دار نمی‌باشند. نتیجه حاصل با مطالعات غلامی و همکاران (۱۳۹۰) که مشاهده کردند اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار نمی‌باشد، مطابقت دارد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، از میان تیمارهای مختلف، تیمارهای T6 و T4 به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف بودند و از نظر تعداد ردیف دانه، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۵).

عملکرد دانه

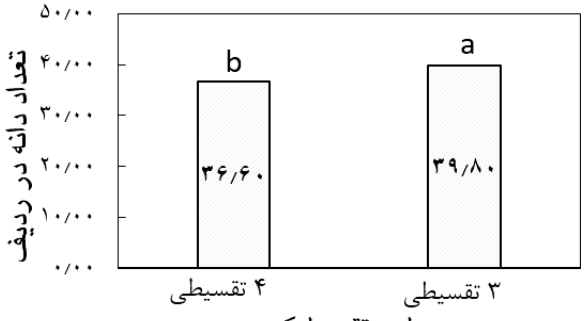
عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح تقسیط کود در سطح ۵ درصد و تحت تاثیر مقدار کود مصرفی و اثر متقابل آن با تقسیط کود در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین سطوح تقسیط کود نشان می‌دهد که با تقسیط بیشتر نیتروژن، میزان عملکرد دانه افزایش می‌یابد (شکل ۱۰). کومار و همکاران (Kumar et al., 2016) نیز با بررسی اثر مصرف تقسیطی نیتروژن تحت آبیاری قطره‌ای به این نتیجه رسیدند که با افزایش مراحل کودآبیاری، میزان عملکرد ذرت افزایش پیدا می‌کند. در تحقیق حاضر نیز نسبت کود مصرفی در

مراحل اولیه رشد برای تیمارهای کودآبیاری چهار تقسیطی (T2، T3 و T4) کمتر از سایر تیمارها بوده و کود مورد نیاز در طول فصل رشد متناسب با نیاز گیاه در اختیار آن قرار گرفته و در نتیجه میزان عملکرد



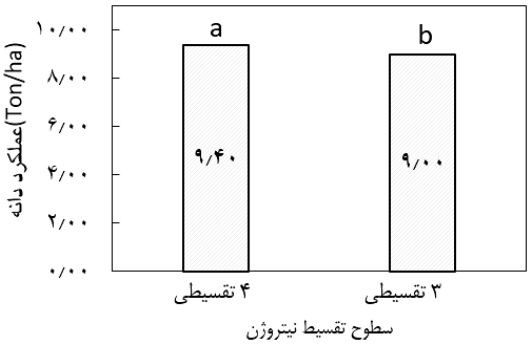
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر تقسیط کود بر تعداد ردیف دانه

بیشتری حاصل شده است. همچنین مقایسه میانگین سطوح مقادیر مختلف کود نشان می‌دهد که با افزایش مقدار کود مصرفی، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (شکل ۱۱).

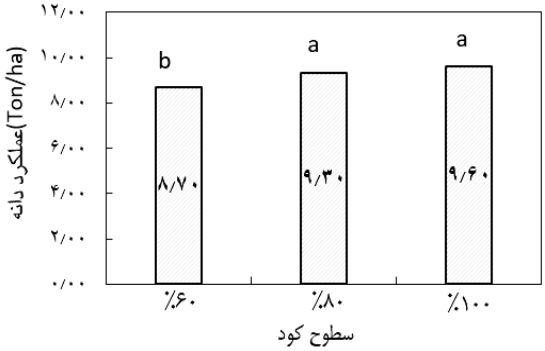


شکل ۹- مقایسه میانگین اثر تقسیط کود بر تعداد دانه در ردیف

نتایج نشان داد که سطح کودی ۱۰۰ درصد دارای بالاترین میزان عملکرد دانه بوده، در حالی‌که بین این سطح و سطح ۸۰ درصد نیاز کودی، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بایب و همکاران (Bibe et al., 2018) اثر سه سطح کودی ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد توصیه کودی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد ذرت بین سطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصدی تفاوت معنی داری نداشته و بیشتر از سطح ۵۰ درصدی می‌باشد. علاوه بر این نتایج مشابهی نیز توسط علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) و تقی‌زاده و سید شریفی (۱۳۹۰) گزارش شده است.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر تقسیط کود بر عملکرد دانه

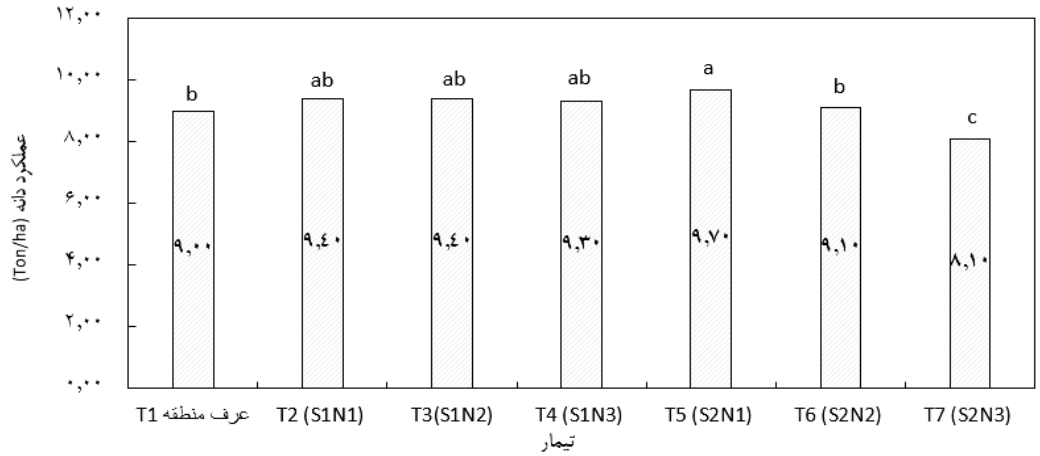


شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر مقدار کود بر عملکرد دانه

همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان عملکرد مربوط به تیمار T5 با میانگین عملکرد برابر با ۹/۷ تن در هکتار است. تیمارهای T2 و T3 و T4 به ترتیب با میانگین عملکرد برابر با ۹/۴، ۹/۴ و ۹/۳ تن در هکتار در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. تیمار T1 با ۱۰۰ درصد توصیه کودی، در مقایسه با تمام تیمارهای کودآبیاری بجز تیمار T7 با ۶۰ درصد سطح کودی، عملکرد پایین‌تری داشته است. البته این تفاوت تنها با تیمار T5 در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

کارآیی مصرف آب و کود

در جدول ۶ کارآیی مصرف آب و کود ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار T5 با ۱۰۰ درصد توصیه کودی و بیشترین کارآیی مصرف کود نیز مربوط به تیمار T4 با ۶۰ درصد توصیه کودی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که، در تیمارهای چهار تقسیطی (T2، T3 و T4) با کاهش مقدار کود مصرفی، کارآیی مصرف کود افزایش یافته است. در تیمارهای سه تقسیطی نیز کارآیی مصرف کود برای تیمارهای T5، T6 و T7 به ترتیب با ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد توصیه کودی تفاوت معنی‌داری نداشته است. علاوه بر این کارآیی مصرف کود در تمام تیمارهای کودآبیاری نسبت به تیمار سنتی (با روش پخش سطحی کود) بیشتر بوده است.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه میان تیمارهای کودآبیاری و تیمار سنتی

بنابراین ملاحظه می‌شود که در روش کودآبیاری با مصرف ۴۰ درصد کود کمتر، می‌توان به کارآیی مصرف کود بیشتری دست یافت. از طرفی دیگر مشاهده می‌شود که با کاهش مقدار کود مصرفی، عملکرد و به تبع آن کارآیی مصرف آب کاهش پیدا کرده است. توجه به این نکته لازم است که، هنگامی که گیاه با کمبود عناصر غذایی مواجه است، پاسخ مثبت بیشتری نسبت به مصرف کود نشان می‌دهد، ولی به تدریج با رفع نیاز گیاه، واکنش در برابر افزایش مقدار مصرف کود کمتر می‌شود. به همین دلیل در مقادیر اولیه مصرف کود، میزان جذب عناصر، عملکرد و در نتیجه کارآیی مصرف کود بیشتر می‌باشد. از طرف دیگر با افزایش مقدار کود، عملکرد گیاه بالا رفته و در نتیجه کارآیی مصرف آب نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل با نتایج سایر مطالعات مطابقت داشت. عباسی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی با هدف بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای برکارایی مصرف کود و آب، مشاهده کردند که با افزایش مقدارکود، کارآیی مصرف آب و کود به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. آنها نتیجه گرفتند که با روش کودآبیاری می‌توان به میزان قابل توجهی کارآیی مصرف کود را افزایش داد. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2017) تاثیر سه سطح کودی را تحت کودآبیاری گندم بررسی کردند و مشاهده کردند کودآبیاری باعث افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب می‌شود. دو و همکاران (Du et al,. 2017) با بررسی اثر سطوح مختلف کود بر کارایی مصرف آب و کود به این نتیجه رسیدند که عملکرد تیمار ۷۰ درصد توصیه کودی تفاوت معنی داری با تیمار ۱۰۰ درصدی نداشته و بهترین عملکرد را از لحاظ کارایی مصرف آب و کود داشته است.

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارهای چهار تقسیطی از لحاظ عملکرد دانه، کارآیی بهتری نسبت به تیمارهای سه تقسیطی داشتند. در مقابل، تیمارهای سه تقسیطی در مواردی همچون، طول بلال، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف و نیز تعداد ردیف دانه بهتر از تیمارهای چهار تقسیطی بودند. در بررسی سایر صفات زراعی همانند قطر ساقه و وزن هزار دانه، تفاوت معنی‌داری میان سطوح سه و چهار تقسیطی مشاهده نشد. در بررسی اثر سطوح مختلف مقدار کود مصرفی، طول بلال در سطح کودی ۱۰۰ درصد، دارای مقدار بیشتری نسبت به سطوح کودی ۶۰ و ۸۰ درصد بود. همچنین عملکرد دانه و وزن هزار دانه با افزایش مقدار کود مصرفی از ۶۰ درصد به ۸۰ درصد توصیه کودی بطور معنی‌داری افزایش یافت ولی بین سطوح ۸۰ و ۱۰۰ درصد کودی تفاوت معنی‌داری حاصل نشد. سایر صفات از قبیل، قطر ساقه و ارتفاع بوته در سطح ۸۰ درصد نیاز کودی عملکرد بهتری داشتند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین سطوح کود مصرفی از لحاظ تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه مشاهده نشد.

در بررسی اثر متقابل سطوح تقسیط کود و مقدار کود مصرفی، تیمار T5 دارای بیشترین عملکرد دانه و بالاترین کارآیی مصرف آب بوده است. نکته قابل توجه آن است که، تیمار T4 با کاربرد ۶۰ درصد نیاز کودی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب با تیمار T5 نداشته است ولی به‌طور معنی‌داری دارای کارآیی مصرف کود بیشتر می‌باشد. لذا بر اساس نتایج حاصل در این تحقیق، توصیه می‌شود که با کاربرد ۶۰ درصد توصیه کودی طی چهار تقسیط مساوی در طول فصل رشد، ضمن دست‌یابی به عملکرد مطلوب، از میزان آلودگی زیست محیطی نیز کاسته شود. مقایسه عملکرد تیمار سنتی با تیمارهای کودآبیاری، حاکی از آن است که میزان عملکرد دانه در روش پخش سطحی کمتر از تیمارهای کودآبیاری بوده است.

جدول ٦- کارآیی مصرف آب و کود در تیمارهای مختلف

تیمار	عملکرد (Ton/ha)	کارآیی مصرف کود (Kg/Kg)	کارآیی مصرف آب (Kg/m^3)
T1(سنتی)	۹/۰	۶/۴ b	۱/۵۱ b
T2 (S_1N_1)	۹/۴	۷/۴ b	۱/۵۸ ab
T3 (S_1N_2)	۹/۴	۹/۶ ab	۱/۶ ab
T4 (S_1N_3)	۹/۳	۱۲/۰ a	۱/۵۶ ab
T5 (S_2N1)	۹/۷	۸/۴ b	۱/۶۵ a
T6 (S_2N_2)	۹/۱	۸/۴ b	۱/۵۳ ab
T7 (S_2N3)	۸/۱	۷/۰ b	۱/۳۶ c
T8(بدون کود)	۶/۴	–	۱/۰۸ d

اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

منابع

پناهی م، ۱۳۹۱. ارایه و ارزیابی مدل مدیریت کودآبیاری جویچه ای با در نظر گرفتن نفوذ جانبی. رساله دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

تقی‌زاده ر و سیدشریفی ر، ۱۳۹۰. تاثیر کود نیتروژن بر کارآیی مصرف کود و اجزای عملکرد در ارقام ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، جلد ۱۵، شماره ۵۷. صفحه های ۲۱۷-۲۰۹.

رضایی سوخت آبندانی ر، چراتی آرایی ع، اکبری نودهی د، مبصر ح ر و رمضانی م، ۱۳۸۸. اثر دور آبیاری و مقادیر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در استان مازندران. مجله پژوهش در علوم زراعی، جلد ۲، شماره ۶. صفحه های ۹۲-۸۱.

روضاتی ن س، غلامی ا و اصغری ح، ۱۳۹۰. مطالعه اثرات سطوح مختلف تقسیط نیتروژن و رقم بر صفات زراعی و عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۴، شماره ۲، صفحه های ۱۶-۱.

عباسی ف، لیاقت ع م و گنجه ا، ۱۳۸۷. ارزیابی یکنواختی کود-آبیاری در آبیاری جویچه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۳۹، شماره ۱. صفحه های ۱۲۷-۱۱۷.

عباسی ف، چوکان ر، علیزاده ح ع، لیاقت ع، ۱۳۹۱. بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارآیی مصرف کود و آب، عملکرد و برخی صفات ذرت دانه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۳، شماره ۴. صفحه‌های ۳۸۵- ۳۷۵.

علیزاده ح ع، لیاقت ع م و عباسی ف، ۱۳۸۸. بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارآیی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۴. صفحه های ۱۴۷-۱۳۷.

علیزاده ح ع، عباسی ف، ۱۳۹۵. بهینه‌سازی مصرف آب و کود در کودآبیاری ذرت دانه‌ای. *پژوهش آب در کشاورزی*. جلد ۳۰، شماره ۴. صفحه‌های ۴۵۵- ۴۴۵.

علیزاده ح ع، عباسی ف، ۱۳۹۶. بررسی واکنش عملکرد ذرت دانه‌ای به سطوح مختلف آب و کود مصرفی با استفاده از مدل AquaCrop. علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۴۰، شماره ۲. صفحه‌های ۱۳۴- ۱۱۹.

غلامی م، بذرافشان ف و مجدم م، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر میزان نیتروژن و مدت زمان تداخل علفهای هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (Zea mays L.). مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی ، جلد ۳، شماره ۱۲. صفحه های ۱۲۳-۱۰۳.

ملکوتی م ج و ریاضی همدانی س ع، ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. ترجمه. ۸۰۰ صفحه.

نوابیان م، ۱۳۸۷. بهینه‌سازی، طراحی و مدیریت کودآبیاری جویچه‌ای برای کاهش آلودگی نیترات. رساله دکتری رشته آبیاری و زهکشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

Abbasi F, Adamsen FJ, Hunsaker DJ, Feyen J, Shouse P and Van Genuchten MT, 2003. Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: Field data analysis. Journal of irrigation and drainage engineering 129(4): 237-246.

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. Agricultural water management 96(3): 445-456.

Bibe SM, Jadhav KT and Kalasare RS, 2018. Studies on Fertigation Management in Post Kharif Maize. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences Special Issue -6 :1343-1347

Du YD, Cao HX, Liu SQ, Gu XB and Cao YX, 2017. Response of yield, quality, water and nitrogen use efficiency of tomato to different levels of water and nitrogen under drip irrigation in Northwestern China. Journal of Integrative Agriculture 16(5): 1153-1161.

Gheysari M, Mirlatifi SM., Homaee M, Asadi ME and Hoogenboom G, 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management 96(6): 946-954.

Granberry DM, Harrison KA, Kelley WT, 2000. Drip Irrigation. Cooperative Extension Service University ofGeorgia, USA.

Hou Z, Chen W, Li X, Xiu L and Wu L, 2009. Effects of salinity and fertigation practice on cotton yield and ^{15}N recovery. Agricultural water management 96(10): 1483-1489

Kumar M, Rajput T.B.S., Kumar R and Patel N, 2016. Water and nitrate dynamics in baby corn (Zea mays L.) under different fertigation frequencies and operating pressures in semi-arid region of India. Agricultural Water Management 163: 263-274.

Liang H, Li F and Nong M, 2013. Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. Agricultural Water Management 116: 242-247.

Polychronaki E, Douma C, Giourga C and Loumou A, 2012. Assessing nitrogen fertilization strategies in winter wheat and cotton crops in northern Greece. Pedosphere 22(5): 689-697.

Sabillón GN and Merkley GP, 2004. Fertigation guidelines for furrow irrigation. Spanish Journal of Agricultural Research 2(4): 576-587.

Yang G, Tang H, Nie Y and Zhang X, 2011. Responses of cotton growth, yield, and biomass to nitrogen split application ratio. European Journal of Agronomy 35(3): 164-170.

Zhang Y, Wang J, Gong S, Xu D and Sui J, 2017. Nitrogen fertigation effect on photosynthesis, grain yield and water use efficiency of winter wheat. Agricultural water management 179 :277-287.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 13, Oct.-Nov. 2019, p. 919-930

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۳، مهر - آبان ۱۳۹۸، ص. ۹۳۰-۹۱۹

Evaluating the Effect of Amount and Split Application of Nitrogen in Furrow Fertigation of Corn on the Water and Fertilizer Use Efficiency

F. Feizolahpour[1*], F .Abbasi [2], M. Kouchakzadeh [3], R. Choukan[4], M. nabi Gheibi[5]

Recived: Nov.27, 2018 Accepted: Jan.22, 2019

Abstact

Fertigation is an effective method to increase water and fertilizer use efficiencies. In present study, a field experiment was carried out factorially in a randomized complete block design with four replicates to evaluate the effects of furrow fertigation on water and fertilizer use efficiencies, yield and yield components of corn. Six fertigation treatments combining two fertilizer split levels (3 and 4 splits) and three levels of urea fertilizer (60, 80 and 100% of required fertilizer) were compared with broadcast fertilization. The results showed that application of nitrogen in four splits, provided more grain yield. Besides, by consuming low fertilizer in the fertigation treatments due to broadcast fertilization method, water and fertilizer use efficiencies were increased. The highest grain yield and water use efficiency were achieved in the three split treatment with 100% level, while there were no significant differences of grain yield and water use efficiency between this treatment and the four split treatment with 60% level. Therefore, by applying 60 percent of required fertilizer in four splits, while achieving optimal performance, the level of environmental pollution will be reduced.

Keywords: Corn, Fertigation, Surface irrigation, Yield, Water use efficiency

1- Former M.Sc. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Tarbiat Modares University
2- Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI)
3- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
4- Professor of Seed and Plant Improvement Research Institute (SPII)
5- Assistant Professor, Soil and Water Research Institute (SWRI)
(*-Corresponding Author Email: F_feizolahpour@yahoo.com)