نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۷

ISSN 2251-7480

مصرف بهینه کود نیتروژن در آبیاری بارانی با ارقام و تراکم مختلف گندم در کرج

قاسم زارعی[۱]*، حمیدرضا سالمی[۲] و حمیدرضا شریفی[۳]

۱) دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* نویسندهٔ مسئول مکاتبات: g.zarei@aeri.ir

۲) استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳) دانشیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱

چکیده:

بخش زیادی از کشت گندم ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قراردارند و به‌علت کمبود آب به‌ویژه در مراحل انتهایی رشد، رقابت بین گندم و سایر محصولات، باعث تخصیص آب کم‌تری به مزارع گندم می‌گردد. در چنین شرایطی دستیابی به ارقامی از گندم با تراکم مناسب و کاربرد سامانه‌های آبیاری نوین به‌منظور افزایش عملکرد، از اهمیت بالایی برخوردار است. گرچه نیتروژن مهم‌ترین عنصر در عملکرد و کیفیت گندم است، لیکن مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه باعث اتلاف آن‌ها در اثر آبشویی، کاهش راندمان مصرف کود و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌گردد. این تحقیق در دو سال با طرح آماری اسپلیت–فاکتوریل اجرا شد. روش کوددهی به‌عنوان کرت اصلی و فاکتوریل رقم و تراکم کاشت در پلات‌های فرعی بودند. روش کوددهی نیتروژن در ۳ سطح کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست پاش، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و کوددهی با آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی در کرت‌های اصلی و فاکتوریل ارقام گندم پیشتاز، شیراز و بهار و تراکم کاشت ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ دانه در مترمربع در کرتهای فرعی بودند. بیش‌ترین عملکرد دانه به‌مقدار ۶۰۶۵ kg/ha، ۵۷۸۶ و ۵۹۴۳ به‌ترتیب در رقم پیشتاز، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و تراکم برابر ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین عملکرد دانه به‌مقدار ۵۵۱۷ kg/ha، ۵۷۲۸ و ۵۵۷۶ به‌ترتیب در رقم شیراز، کوددهی با آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. مقایسه اثرات متقابل روش کوددهی، رقم در تراکم بذر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم پیشتاز به‌مقدار ۶۳۰۷ Kg/ha در تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم شیراز به‌مقدار ۵۳۵۹ kg/ha در تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی بود. بیش‌ترین مقادیر پروتئین در روش‌های کوددهی، رقم و تراکم بذر مربوط به تیمارهای کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی، رقم شیراز و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع به‌دست آمد. کم‌ترین مقادیر پروتئین مربوط به تیمارهای آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم بهار و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه و درصد پروتئین در تیمار کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی برابر ۵۷۸۶ kg/ha و ۲۰/۸٪ به‌دست آمد. عملکرد دانه به‌ازای هر کیلوگرم اوره مصرفی در سه تیمار کوددهی بترتیب ۱۵/۴، ۱۵/۵ و ۲۲/۸ کیلوگرم بود که نشانگر افزایش کارآیی مصرف کود نیتروژن در تیمار کوددهی در آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی است. کوددهی با آبیاری بارانی با ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، استفاده از رقم پیشتاز و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، مناسب‌ترین گزینه‌های آزمایش بودند.

کلید واژه‌ها: آبیاری بارانی گندم؛ تراکم کاشت؛ کارآیی مصرف نیتروژن؛ کودآبیاری

مقدمه

کشاورزی در ایران یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی و آب، اصلی‌ترین نهاده محدود کننده تولید محصولات کشاورزی کشور است. بخش اعظمی از اراضی تحت کشت گندم در کشور ما در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند. در این مناطق به علت کمبود آب به خصوص در مراحل انتهایی رشد، رقابت بین گندم و سایر محصولات، باعث تخصیص آب کم‌تری به مزارع گندم می‌گردد. در چنین شرایطی دستیابی به ارقامی از گندم با تراکم مناسب، استفاده از سامانه‌های آبیاری نوین و دارای بهره‌وری بالا در استفاده از آب نسبت به‌روش‌های آبیاری سنتی به‌منظور سازگاری با کمبود منابع آب و افزایش عملکرد در واحد سطح محصولات استراتژیک، از اهمیت بالایی برخوردار است (نخجوانی و همکاران، ۱۳۹۵).

توسعه مصرف کودهای شیمیایی در نیمه دوم قرن بیستم، موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی گردید (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). همزمان با افزایش عملکرد در بسیاری از کشورها، به تدریج مشکلات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی به‌وجود آمدند (Wanga *et al.*, 2011). به‌همین دلیل، وجود رابطه بین کودهای شیمیایی و آلودگی محیط زیست از اوائل دهه ۱۹۷۰ مورد توجه جدی قرار گرفت. مهم‌ترین عامل در مرحله اول این بررسی‌ها، شستشوی ازت نیتراته به همراه آب آبیاری و توسعه آلودگی از راه نفوذ نیترات به منابع آبهای آشامیدنی بود. بالا بودن غلظت نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی، شاهدی از تلفات کودهای ازته و کارآئی مصرف پائین آنها است (رستم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

آبیاری بارانی علاوه بر دارا بودن مزایائی از قبیل افزایش کارآیی مصرف آب، امکان کود آبیاری را نیز فراهم می‌سازد. اگرچه نیتروژن از مهم‌ترین عناصر مؤثر در عملکرد و کیفیت دانه گندم است، لیکن مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه باعث اتلاف آن در اثر آبشویی می‌گردد که علاوه بر کاهش راندمان مصرف کود، آلودگی آب‌های زیرزمینی را نیز به همراه دارد. در این راستا به‌منظور تحقق هدف خودکفایی کشور در تولید گندم و با توجه به عملکرد بالای روش‌های آبیاری بارانی در توزیع یکنواخت‌تر آب در مزرعه و افزایش راندمان و کارآیی بالای مصرف آب، استفاده هرچه بیش‌تر از این سیستم‌ها به منظور صرفه‌جویی در میزان آب‌مصرفی و حفظ سطح زیرکشت محصولات عمده و استراتژیکی نظیر گندم، یک راهکار اساسی به‌شمار می‌رود (قیصری و همکاران، ۱۳۸۵). استفاده بیش از حد کودها به منظور رسیدن به عملکرد بالاتر در واحد سطح سبب گردیده تا مقدار قابل توجهی مواد مغذی به شکل‌های مختلف وارد خاک شود. از طرفی، با توجه به نوع سیستم آبیاری که اغلب به‌روش سنتی است، سبب گردیده تا میزان آب مورد استفاده بسیار بیش‌تر از حد مورد نیاز گیاه باشد (قیصری و همکاران، ۱۳۸۵). به‌گونه‌ای که مقدار زیادی از آب آبیاری از دسترس ریشه خارج شده و به آب‌های زیرزمینی سطحی و عمیق می‌پیوندد. در این شرایط مواد مغذی توسط آب اضافی آبشویی شده و از دسترس ریشه گیاه خارج می‌گردد و در نهایت سبب آلودگی شدید منابع آب زیرزمینی می‌گردد. این خطر آلودگی در مکان‌هایی که کشاورزی تراکم فراوانی دارد، بسیار شدیدتر است (Kazakis and Voudouris, 2015).

مطالعات انجام شده در حوزه زاینده رود نشان می‌دهد که آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل آبشویی نیترات در حال تبدیل شدن به یک مشکل جدی است به‌ویژه در مناطق فلاورجان و مبارکه که در آن‌ها کاربرد کود برای کشت‌های برنج و پیاز، بسیار بالا است (Morid *et al.*, 2003).

Zafar و همکاران (۲۰۰۳) به‌منظور تعیین تأثیر کود آبیاری کودهای فسفره روی عملکرد دانه گندم و راندمان کاربرد فسفر (P) آزمایشی را در پاکستان انجام دادند. در

این آزمایش ۳۳ و ۴۴ کیلوگرم فسفر در هکتار (kgP/ha) سوپرفسفات و دی‌آمونیوم فسفات استفاده شد. نتایج نشان داد کود آبیاری سوپرفسفات بر عملکرد محصول به‌طور معنی‌داری نسبت به روش دست‌پاش مؤثر بود در حالی که در مورد کود دی‌آمونیوم فسفات معنی‌دار نگردید. همچنین، استفاده از مقادیر پائین دی‌آمونیوم فسفات (۳۳ KgP/ha) در روش کود آبیاری منتج به حصول مقدار مساوی عملکرد دانه در کاربرد بالای این ترکیب کودی (۴۴ KgP/ha) در روش دست‌پاش می‌گردد. در خصوص جذب فسفر از خاک توسط گیاه نیز راندمان محصول در روش کود آبیاری برای هر دو نوع ترکیب کود فسفره فوق به‌طور معنی‌داری بالاتر از روش دست‌پاش به‌دست آمد. در این آزمایش کود آبیاری (P) و تأثیر مثبت آن روی صفات عملکرد دانه و راندمان کود و محصول نشان داد که اعمال این تکنیک در مورد گیاه گندم از اولویت خاصی برخوردار است.

Jiusheng و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایشی در چین، به ارزیابی یکنواختی توزیع مکانی نیتروژن در کود آبیاری با استفاده از آبیاری بارانی و نیز روی عملکرد محصول و همچنین فرونشت عمقی در طول فصل رشد گندم زمستانه پرداختند. مشاهدات روزانه مقادیر پتانسیل ماتریک آب خاک در ناحیه ریشه نشانگر وقوع ناچیز فرونشت عمقی آب در روش آبیاری بارانی بود. بالاترین ضریب یکنواختی سیستم آبیاری بارانی در امر کود آبیاری موجب ایجاد توزیع یکنواخت‌تر NH[4]-N شد، ولی روی توزیع NO[3]-N اثری نداشت. نتایج اندازه‌گیری صفات ماده خشک، نیتروژن استحصالی و عملکرد دانه، نشان داد که یکنواختی کود آبیاری در سیتسم آبیاری بارانی تأثیر معنی‌داری بر پارامترهای NO[3]-N و NH[4]-N ندارد. بر اساس نتایج صحرائی این آزمایش، پیشنهاد شد از سیستم آبیاری بارانی به‌منظور کود آبیاری گندم به‌طور صحیح استفاده گردد تا به‌عنوان یک سیستم پربازده و دوست‌دار محیط‌زیست برای دیگر محصولات مدنظر قرار گیرد.

به نظر Dabrowski و همکاران (۲۰۰۹) آبشویی کودهای نیتروژنه دارای اثرات منفی آلودگی آب‌های زیرزمینی و نیز موجب کاهش میزان پروتئین گیاه می‌گردد. به‌همین دلیل، کاربرد این کودها به همراه آب از طریق آبیاری بارانی، باعث افزایش راندمان کوود هی (جذب از طریق برگ و تقسیط کوددهی در طول مراحل رشد و محصول‌دهی) و نیز کاهش مصرف کود (از نظر اقتصادی) می‌گردد (سعادت و همکاران، ۱۳۹۳؛ مجدسلیمی، ۱۳۹۳؛ مطلبی‌فرد، ۱۳۹۴؛ گلزاری و همکاران، ۱۳۹۵).

قیصری و همکاران (۱۳۸۵) تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن و آب با مدیریت کودآبیاری از طریق آبیاری بارانی بر آبشویی نیترات و عملکرد ذرت را مطالعه کردند. بدین‌منظور آزمایش مزرعه‌ای با ذرت علوفه‌ای در چهار تیمار آبی شامل دو سطح کم آبیاری (W_3 و W_4) و یک سطح آبیاری کامل (W_2) و یک سطح بیش‌آبیاری (W_1) و سه تیمار کودی شامل ۲۰۰،۱۵۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار انجام شد. نیترات آبشویی شده از عمق ۶۰ سانتی‌متری در سطوح W_1، W_2 و W_4 در سطح کودی ۲۰۰ به ترتیب برابر ۶/۹۲، ۶/۵۸ و صفر کیلوگرم در هکتار و در سطح کودی ۱۵۰ به‌ترتیب برابر ۵/۳۰، ۴/۴۷ و صفر کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. آبشویی نیترات در سطوح کم آبیاری مشاهده نشد اما مقدار کمی از نیتروژن کاربردی، توسط گیاه جذب و باقیمانده آن یا در خاک تجمع یافته و یا به‌صورت تلفات گازی از خاک خارج گردید. با افزایش کود نیتروژن مصرفی، جذب نیتروژن توسط گیاه افزایش، اما درصد جذب نیتروژن نسبت به نیتروژن مصرفی کاهش یافت. در تیمارهایی که آب آبیاری بیش‌تر از تبخیر تعرق گیاه بود، مصرف زیاد کود نیتراتی موجب افزایش شدت آبشویی نیترات شد. همچنین آبشویی نیترات طی دوره رشد، تابع نیتروژن اولیه

خاک، نیتروژن کاربردی، شرایط رشد گیاه، مقدار جذب نیتروژن گیاه و مدیریت کود آبیاری بود (قیصری و همکاران، ۱۳۸۵).

سپاسخواه و حسینی (۲۰۰۸)، بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن را در آبیاری جویچه‌ای یک در میان برای کشت گندم مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که بین سه روش آبیاری جویچه‌ای معمولی، جویچه‌ای یک در میان متغییر و جویچه‌ای یک در میان ثابت و نیز چهار سطح کودی صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین بازده اقتصادی کاربرد آب و کود نیتروژن مربوط به‌روش جویچه‌ای یک در میان متغییر با مصرف کود نیتروژن ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. لیکن برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، تیمار کود نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار توصیه شد.

با توجه به سطح وسیع مزارع گندم در استان البرز و وقوع خشکسالی‌های چند سال گذشته به‌منظور عدم مواجه با کمبود منابع آب و توزیع یکنواخت‌تر آب در سطح مزرعه، استفاده از روش‌های آبیاری بارانی امری مرسوم شده است. از سوی دیگر، مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه در سال‌های اخیر به‌صورت چشم‌گیری افزایش یافته است. در این تحقیق سعی شد با استفاده از روش آبیاری بارانی، حجم آب مصرفی، نیاز کودی مناسب در صورت کود آبیاری و مناسب‌ترین تراکم کاشت ارقام مناسب گندم برای منطقه نیمه‌خشک کرج تعیین شوند. همچنین، تعیین مناسب‌ترین رقم از بین ارقام غالب منطقه، بررسی عکس‌العمل ارقام غالب به‌روش‌های گوناگون کوددهی و تراکم‌های مختلف کاشت و امکان‌سنجی مصرف کود ازته در سیستم آبیاری بارانی، از اهداف عمدهٔ این تحقیق بودند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در زمینی به مساحت ۳۶۰۰ مترمربع انجام شد. محل اجرای این تحقیق، مزرعه تحقیقاتی چهارصد هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج بود. این منطقه دارای طول جغرافیایی ′۶، °۵۱ شرقی، عرض جغرافیایی ′۵۹، °۳۵ شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۳۰۰ متر است. به‌طور کلی شهرستان کرج با میانگین بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال، جزء مناطق نیمه‌خشک و معتدل کشور محسوب می‌گردد. نفوذپذیری نهایی خاک لومی در این ایستگاه ۳ سانتی‌متر در ساعت بوده و جرم ویژه ظاهری در لایه سطحی خاک (عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتی‌متری) به‌ترتیب ۱/۴۲، ۱/۴۳ و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب اندازه‌گیری شدند. همچنین، ظرفیت وزنی ذخیره خاک در سه لایه خاک مذکور (FC - PWP) به‌ترتیب ۱۲/۷، ۱۲/۸۱ و ۱۲/۸۷ درصد بودند. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی، در جدول ۱ ارائه شده است.

طرح آماری مورد استفاده برای اجرای آزمایش در هر سال، طرح اسپیلیت - فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. در این طرح آزمایشی تیمار روش کوددهی به‌عنوان کرت اصلی و فاکتوریل رقم و تراکم کاشت در کرت یا پلات فرعی انتخاب شدند. در این طرح تحقیقاتی سه تیمار روش کوددهی ازت؛ کوددهی به میزان توصیه کودی به روش دست پاش (F_1)، کوددهی در سیستم آبیاری بارانی به میزان توصیه کودی (F_2) و کوددهی در سیستم آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کمتر از توصیه کودی (F_3)، سه رقم گندم؛ پیشتاز، شیراز و بهار متداول منطقه و سه تراکم ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ دانه در مترمربع بررسی شدند. نیاز به سایر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف بر اساس آزمون خاک و مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین و به صورت یکسان برای تمامی تیمارها و قبل از کاشت به روش مرسوم تأمین شد. در طول آزمایش، نیتروژن در چهار مرحله؛ قبل از کاشت، بعد از پنجه‌زنی کامل، ظهور

سنبله و نیز مرحله ابتدای دوره پرشدن دانه (مرحله خمیری نرم)، تقسیط شد. کود اوره مورد نیاز به‌میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه و اعمال شد. در مرحله اول، کود اوره به‌صورت سرک به گیاه داده شد و همزمان با آن، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم استفاده شدند.

ابعاد کرت‌های اصلی ۱۴×۲۷/۵ متر بوده و اندازه هر کرت فرعی ۳×۱۴ متر بود. بین هر دو کرت اصلی ۴ متر فاصله

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح در کرج

عمق نمونه (cm)	جرم ویژه ظاهری (gr/cm^3)	رطوبت وزنی (٪)		ذرات تشکیل دهندهٔ خاک (٪)			بافت خاک	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته خاک pH
		FC	PWP	Clay	Silt	Sand			
۰-۲۰	۱/۴۲	۲۲/۵	۹/۸	۱۸/۵۰	۴۱/۷۲	۳۹/۷۸	Loam	۱/۴۳	۷/۶۲
۲۰-۴۰	۱/۴۳	۲۲/۴۱	۹/۶	۱۸/۴۳	۴۵/۶۴	۳۵/۹۳	Loam	۱/۷۱	۷/۷۹
۴۰-۶۰	۱/۴۵	۲۲/۳۷	۹/۵	۱۸/۴۱	۴۵/۵۹	۳۶/۰۰	Loam	۱/۸۱	۷/۵۹

به‌منظور جلوگیری از اثرات ناخواسته (شستشوی کود و انتقال آن از کرتی به کرت دیگر و غیره) در نظر گرفته شد. عرض کاشت هر پلات فرعی ۱/۲ متر مشتمل بر ۶ ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متر بود. طول هر پلات فرعی ۱۴ متر بوده و در طرفین هر پلات اصلی یک پلات با ابعاد ۱۴×۱/۲ متر به عنوان حاشیه منظور شد. عملیات کاشت با دستگاه خطی‌کار انجام و بذور از بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر تهیه گردیدند.

برای اجرای روش آبیاری بارانی، از سیستم کلاسیک ثابت استفاده شد. آرایش سیستم آبیاری بارانی، مستطیلی با فواصل آبپاش‌های ۱۵×۱۴ متر بود. آبپاش‌های مورد استفاده از نوع VYR (ساخت کشور اسپانیا) با دبی کارکرد ۰/۳ Lit/sec در فشار کارکرد ۳۰ متر آب بودند (Anonymous, 2012). آب استفاده شده برای آبیاری از منبع چاه تأمین و میزان شوری آن برابر ۱/۱ dS/m بود. نیاز آبی گیاه با توجه به اطلاعات هواشناسی روزانه ایستگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که در همسایگی ایستگاه تحقیقاتی قرار داشت، از معادله پنمن – مانتیث اصلاح شده فائو برآورد و به‌طور کامل اعمال شد (Allen *et al.*, 1990). راندمان آبیاری با توجه به کوچکی پلات‌ها و نو بودن سیستم، ۸۰٪ در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری در صبح انجام می‌گرفت تا تلفات تبخیر و بادبردگی به حداقل برسد. مصرف آب کلیه تیمارها یکسان بوده و حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری توسط کنتور حجمی سه اینچی، اندازه‌گیری شد.

برای حصول اطمینان از کارکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت، یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه آزمایشی اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری توزیع آب در هر منطقه، ابتدا یکی از لوله‌های جانبی انتخاب شد و سپس قوطی‌های جمع‌آوری آب در شبکه‌های ۲×۲ متری بین دو آبپاشی که دارای فشار متوسط بودند، چیده شدند. مدت آزمایش با توجه به شرایط مزرعه ۱۳۵ دقیقه انتخاب گردید. در نهایت حجم آب جمع‌آوری شده در قوطی‌ها (به قطر ۱۵ سانتی‌متر) به وسیله استوانه مدرج ۵۰۰ میلی‌لیتری با دقت یک میلی‌لیتر اندازه‌گیری گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای در هر دو منطقه، ضریب یکنواختی توزیع آب کریستین‌سن (Cu) به‌صورت زیر محاسبه گردید (Anonymous, 2011):

$$Cu = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} | D_i - \overline{D} |}{\overline{D} . n}\right] \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن؛ Cu ضریب یکنواختی توزیع آب کریستین سن، D_i عمق آب در هر یک از قوطی‌های جمع‌آوری در شبکه محاسباتی برحسب میلی‌متر، $\overline{D}$ متوسط عمق‌های آب جمع‌شده در قوطی‌ها برحسب میلی‌متر و n تعداد مشاهدات هستند. همچنین اگر $Cu > 70\%$ باشد، ضریب یکنواختی توزیع آب در ربع پائین (Du) نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Cu = 100 - 0.63\,(100 - Du) \qquad (۲)$$

تاریخ کاشت گندم طی دو سال زراعی به‌ترتیب سال ۱۶ و ۱۴ آبان بودند. همچنین، تاریخ برداشت محصول ۵ و ۹ تیرماه بودند. بدین‌ترتیب طول دوره رشد در سال اول ۲۳۳ روز و در سال دوم ۲۳۵ روز شدند. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از سم 2,4-D و از سم پوما سوپر علیه علف‌های هرز باریک برگ استفاده شد. پس از حذف نیم متر از بالا و پائین هر پلات فرعی (به‌عنوان اثر حاشیه‌ای)، باقیمانده مساحت هر پلات توسط کمباین مخصوص برداشت آزمایش‌گرایی غلات، برداشت و عملکرد آن در واحد سطح تعیین شد. به‌منظور تعیین شاخص‌های کمّی گندم، مشخصه‌های عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد خوشه در مترمربع، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، شاخص برداشت و تعداد دانه در خوشه اندازه‌گیری شدند. همچنین، شاخص کیفی درصد پروتئین اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین در این تحقیق به روش ماکروکجلدال[1] که چهار مرحله هضم، تقطیر، تیتراسیون و محاسبه را در بردارد، انجام شد (Bojana *et al.*, 2010). در گندم نسبت نیتروژن به ماده پروتئین ۱۷/۵ درصد است. بدین سبب ضریب پروتئین برای گندم ۵/۷۱ در نظر گرفته‌شده است.

در پایان آزمایش‌ها، نتایج سالانه آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC به‌صورت جداگانه مورد تجزیه واریانس ساده و مقایسه‌های میانگین قرار گرفت. همچنین، نتایج دوسالانه مورد آزمون‌های تعیین یکنواختی واریانس داده‌ها قرارگرفتند (Bonet, 2006) و به‌دلیل مشخص شدن یکنواختی واریانس داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب برای این تحقیق، انجام شد.

نتایج و بحث

مقادیر آب مصرفی در طول فصل رشد سال اول طی یازده نوبت آبیاری در سطح قطعه زمین آزمایشی برابر ۱۶۰۲ مترمکعب (به‌ترتیب در هر نوبت ۱۸۰، ۱۳۵، ۱۰۲، ۱۳۵، ۱۶۵، ۱۶۵، ۱۵۰، ۱۵۰، ۱۶۸، ۱۲۶ و ۱۲۶ مترمکعب) اندازه‌گیری شد. آب آبیاری با حجم ۳۱۵ مترمکعب مربوط به دو نوبت آبیاری خاک آب و پی آب اختصاص داشتند. درمجموع، آب مصرفی در سال اول آزمایش در کرج برابر ۵۰۷۱ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. مقادیر آب مصرفی در سال دوم آزمایش در کرج طی سیزده نوبت آبیاری در سطح قطعه زمین تحت آزمایش برابر ۱۲۹۹ مترمکعب (به‌ترتیب در هر نوبت ۹۰، ۴۲، ۹۰، ۱۲۰، ۱۰۵، ۱۰۲، ۹۰، ۹۰، ۱۰۵، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۲۰ و ۱۲۰ مترمکعب) اندازه‌گیری شد. آب آبیاری با حجم ۱۳۲ مترمکعب مربوط به دو نوبت آبیاری خاک آب و پی آب اختصاص داشتند. در مجموع، آب مصرفی در سال دوم طرح حدود ۳۶۱۰ مترمکعب در هکتار محاسبه و اعمال شد. دلیل مصرف آب کمتر در این سال نسبت به سال قبل، توزیع زمانی بارندگی بهتر و همچنین زیاد بودن باران مؤثر (به‌اندازه ۵۹٪) بوده است. بارش سالیانه در طول مدت‌زمان‌های اجرای طرح ۱۰۵/۱ و ۱۶۷/۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. با استفاده از پارامترهای

[1]. Macrokjeldahl

فیزیکی خاک مزرعه و با لحاظ نمودن عمق توسعه ریشه گیاه، دور آبیاری ۶ روز به‌دست آمد.

در شرایط این آزمایش، تعداد ۵۶ قوطی جمع‌آوری آب بافاصله ۲ متر از یکدیگر (شبکه ۲×۲ متری) بین دو لوله فرعی که به‌طور هم‌زمان کار می‌کردند، چیده شده بودند. با محاسبه مقادیر آب جمع شده در هر قوطی و با استفاده از روابط (۱) و (۲)، به‌ترتیب ضرایب یکنواختی کریستیان‌سن (Cu) و یکنواختی توزیع آب (Du) به‌صورت زیر تعیین گردیدند:

$$Cu = 100\left(1 - \frac{30.91}{4.2 \times 56}\right) = 86.9\ \% \qquad (۳)$$

ضریب یکنواختی فوق نشانگر آن است که سیستم آبیاری بارانی به کار رفته در آزمایش از یکنواختی نسبتاً خوبی برخوردار بوده است. همچنین، ضریب یکنواختی توزیع آب (Du) با استفاده از رابطه (۲) به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$Du = 100 - \left(\frac{100 - 86.9}{0.63}\right) = 79.2\ \% \qquad (۴)$$

مشاهده می‌شود که یکنواختی توزیع آب در ربع پائین نیز در این آزمایش از حد استاندارد (۷۵٪) بالاتر بوده است.

مطابق جدول ۲، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان دادند که اثر سال به‌جز بر عملکرد دانه، بر دیگر صفات کمی موردبررسی در سطوح ۰/۰۵ و یا ۰/۰۱ معنی‌دار شد. اثر روش کوددهی و اثر متقابل آن با سال به‌جز تعداد دانه در خوشه (در سطوح ۰/۰۵ و یا ۰/۰۱) و وزن هزار دانه (در سطح ۰/۰۵)، بر هیچ‌کدام از صفات، معنی‌دار نشد. اثر رقم بر شاخص‌های عملکرد دانه و تعداد خوشه در مترمربع در سطح ۰/۰۵ و وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل کوددهی و رقم به‌جز بر وزن هزار دانه (در سطح پنج درصد) اثر معنی‌داری بر دیگر صفات اندازه‌گیری شده نداشت. تیمار تراکم کاشت بر صفات عملکرد دانه (در سطح ۰/۰۵) و تعداد خوشه در مترمربع و ارتفاع بوته (در سطح ۰/۰۱)، تأثیر معنی‌دار داشت. اثر متقابل تراکم کاشت و سال‌های اجرای تحقیق بر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری نداشت (به‌جز معنی‌داری شاخص برداشت در سطح ۰/۰۵). اثر متقابل کوددهی در تراکم کاشت در سال‌های مختلف بر صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار نبود (به‌جز معنی‌داری عملکرد بیولوژیکی در سطح ۰/۰۵). همچنین اثر متقابل تیمارهای رقم و تراکم کاشت در خصوص شاخص عملکرد دانه در سطح ۰/۰۵ معنی‌داری شد ولی تأثیر متقابل معنی‌داری روی دیگر صفات نداشتند.

مطابق جدول ۳، مقایسه میانگین اثر ساده روش کوددهی، رقم، تراکم بذر و سال بر صفات اندازه‌گیری شده به روش دانکن در سطح آماری ۵٪ انجام شدند. نتایج نشان دادند که تفاوت آماری معنی‌دار بین عملکرد دانه، تعداد خوشه در مترمربع و شاخص برداشت در بین روش‌های کوددهی وجود نداشت. همچنین تفاوت آماری معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در خوشه در بین ارقام مختلف وجود نداشت. تفاوت آماری معنی‌داری نیز بین عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و تعداد دانه در خوشه در بین تراکم مختلف بذر، وجود نداشت. از سوی دیگر، عملکرد دانه نیز بین دو سال اجرای آزمایش، تفاوت معنی‌دار نداشتند.

بیش‌ترین عملکرد دانه به مقدار kg/ha ۶۰۶۵، ۵۷۸۶ و ۵۹۴۳ به‌ترتیب در رقم پیشتاز، کوددهی با آبیاری بارانی به میزان توصیه کودی و تراکم برابر ۴۰۰ بذر در مترمربع بوده است. کم‌ترین عملکرد دانه نیز به مقدار kg/ha ۵۵۱۷، ۵۷۰۸ و ۵۵۷۶ به ترتیب در رقم شیراز، کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کمتر از توصیه کودی و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. همچنین، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی در کوددهی به میزان توصیه کودی به‌روش دست پاش، در رقم بهار و ترکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود.

کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی نیز در کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، در رقم پیشتاز و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. از طرف دیگر، بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، در رقم پیشتاز و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع بود. از طرف دیگر کم‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست پاش، در رقم شیراز و ترکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کوددهی، رقم در تراکم بذر به روش دان کن در سطح آماری ۵٪ نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم پیشتاز به مقدار Kg/ha ۶۳۰۷ در تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به میزان توصیه کودی و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم شیراز به مقدار kg/ha ۵۳۵۹ در تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی بود.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد در صفت پروتئین به‌عنوان صفت کیفی مورد بررسی در این آزمایش، اثر سال در درصد پروتئین گندم تولیدی شده در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار شد (جدول ۲).

این صفت کیفی در تیمارهای کوددهی در سطح پنج درصد و در تیمارهای رقم در سطح یک درصد، معنی‌دار شدند لیکن دارای تفاوت معنی‌دار در تیمارهای تراکم بذر نبود. اثر متقابل روش کوددهی و سال اجرای آزمایش بر درصد پروتئین در سطح ۰/۰۵، معنی‌دار نشد. در این آزمایش هیچ‌کدام از اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت کیفی موردنظر، معنی‌دار نبودند.

مقایسه میانگین اثر ساده روش کوددهی، رقم، تراکم بذر و سال بر درصد پروتئین اندازه‌گیری شده به روش دان کن در سطح آماری ۵٪، نتایج نشان داد که تفاوت آماری معنی‌دار بین این صفت کیفی و روش‌های کود دهی، ارقام، تراکم بذر و سال اجرای آزمایش وجود دارد (جدول ۳). بر اساس نتایج این جدول، بیش‌ترین مقادیر پروتئین در روش‌های کوددهی، رقم و تراکم بذر مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به میزان توصیه کودی، رقم شیراز و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع به‌دست آمد. همچنین، کم‌ترین مقادیر پروتئین در سه منبع تغییر مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم بهار و تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در مترمربع بوده است.

در این تحقیق بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه در تیمارهای کوددهی با سیستم آبیاری بارانی به میزان ۱۰۰٪ توصیه کودی برابر kg/ha ۵۷۸۶ به‌دست‌آمده است که با نتایج تحقیق جویشنگ و مینجی (۲۰۰۳) مشابه است. این محققان در آزمایش خود نتیجه گرفته‌اند که وضعیت توزیع آب و کود با استفاده از روش آبیاری بارانی، بهبود یافته است. همچنین میزان تولید دانه به ازای هر کیلوگرم کود اوره مصرفی در سه تیمار کوددهی، به‌ترتیب ۱۵/۳۹، ۱۵/۵۴ و ۲۲/۷۸ کیلوگرم بوده‌اند که ضمن داشتن تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر، نشانگر افزایش قابل توجه کارآیی مصرف کود نیتروژن در تیمار کوددهی در سیستم آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی است (شکل ۲). این موضوع با نتایج مجد سلیمی و امیری (۲۰۱۴) مطابقت دارد.

بیش‌ترین مقدار پروتئین در تیمارهای کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۱۰۰٪ توصیه کودی به‌دست‌آمده که با نتایج Pierre و همکاران (۲۰۰۷) در ایالات متحده آمریکا مشابهت دارد. همچنین تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، مناسب‌ترین تراکم در شرایط این آزمایش شناخته شد که مؤید نتایج پژوهش Zafar و همکاران (۲۰۰۳) است.

جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب نتایج شاخص‌های عملکردی محصول گندم در تیمارهای تحقیق

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد	عملکرد بیولوژیکی	تعداد خوشه در مترمربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزاردانه	ارتفاع بوته	شاخص برداشت	درصد پروتئین
سال (Y)	۱	۶۲۹۶۱۳۳^{ns}	۴۴۶۲۶۸۱۶۴*	۸۶۰۹۶۲**	۷۵/۸**	۵۳۴۵**	۳۴۴۲**	۳۵۱/۴*	۱۹/۲*
تکرار× سال	۴	۱۷۰۳۷۷۸^{ns}	۲۸۸۰۵۵۸^{ns}	۳۴۵۱^{ns}	۲/۱^{ns}	۸۵۲^{ns}	۲۰۷^{ns}	۳۷/۱^{ns}	۰/۲۲۳^{ns}
کوددهی (F)	۲	۴۵۸۳۷^{ns}	۴۸۶۴۰۴۱^{ns}	۴۸۷۶۵^{ns}	۱۲۶/۸ **	۱۲^{ns}	۹۹/۸^{ns}	۹/۴۵^{ns}	۰/۷۱۵*
سال × کوددهی (Y×F)	۲	۱۲۳۴۲۰۸^{ns}	۵۰۹۳۴۵۶^{ns}	۱۵۰۸^{ns}	۳۰۴*	۱۳۴/۴*	۲۴۸^{ns}	۳۹۸۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
خطا	۸	۳۶۸۹۰۶۲	۴۰۴۷۴۲۵۸	۳۷۶۴۴	۶۶	۳۲/۳	۱۷۹^{ns}	۳۹۸	۰/۱۴۴
رقم (V)	۳	۴۲۵۶۲۵۰ *	۲۲۰۹۵۲۳^{ns}	۲۸۶۴۷*	۸۶^{ns}	۵۴۸**	۳۹۲۸**	۹۴۰ **	۳۸۶**
سال× رقم (Y×V)	۳	۳۶۵۹۳۹۷^{ns}	۳۱۹۱۸۶۵۳^{ns}	۳۴۱۳^{ns}	۲۱۴۸**	۲۲۸**	۱۵۹۷**	۱۸۳^{ns}	۰/۸۷۸**
کوددهی × رقم (F×V)	۴	۲۵۰۵۹۳^{ns}	۵۹۵۴۱۲۹^{ns}	۶۷۵۱^{ns}	۴۴/۱^{ns}	۸۱*	۴۱۸^{ns}	۱۲۸^{ns}	۰/۰۴۴^{ns}
سال × کوددهی × رقم (Y×F×V)	۴	۷۱۱۰۶۳^{ns}	۱۸۱۶۲۶۱۷ ^{ns}	۴۳۹۶^{ns}	۱۱/۱^{ns}	۶۸^{ns}	۶۹/۷*	۲۲/۱^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}
تراکم کاشت (D)	۲	۱۸۳۷۹۶۳$^{+}$	۱۰۹۹۰۲۵ ^{ns}	۲۸۸۶۱**	۱۱^{ns}	۵۰۸^{ns}	۱۰۲۸**	۷۸۴^{ns}	۰/۰۱۹^{ns}
سال ×تراکم کاشت (Y×D)	۲	۶۹۳۷۸۱^{ns}	۸۴۳۴۷۱۳^{ns}	۱۰۴۲۸^{ns}	۴/۱۱^{ns}	۱۴۸^{ns}	۵۶۸^{ns}	۵۶۷*	۰/۴۸۸^{ns}
کوددهی ×تراکم کاشت (F×D)	۴	۱۳۱۰۳۹۰^{ns}	۱۳۳۳۴۵۶۴^{ns}	۴۰۸۸^{ns}	۳۶۸^{ns}	۹۸^{ns}	۸۰۴*	۱۳۸^{ns}	۰/۱۴۴^{ns}
سال ×کوددهی ×تراکم کاشت (F×Y×D)	۴	۱۹۸۶۴۳۱^{ns}	۳۹۳۲۱۴۹۶*	۱۲۳۹۴^{ns}	۱۲۸^{ns}	۵۲۶^{ns}	۳۰۸^{ns}	۳۲۸^{ns}	۰/۱۳۴^{ns}
رقم×تراکم کاشت (V×D)	۴	۴۰۰۱۹*	۱۲۵۵۰۴۳۹^{ns}	۷۷۳۹^{ns}	۴/۸^{ns}	۱۲/۸^{ns}	۲۸۶^{ns}	۱۵۸^{ns}	۰/۱۸۵^{ns}
سال× رقم×تراکم کاشت (Y×V×D)	۴	۹۵۳۳۹۹^{ns}	۹۵۳۴۹۴۱^{ns}	۱۶۰۸۴^{ns}	۲/۳^{ns}	۳۶۸^{ns}	۲۸۸^{ns}	۱۲۸^{ns}	۰/۴۵۸*
کوددهی × رقم×تراکم کاشت (F×V×D)	۸	۲۳۹۳۶۰۷^{ns}	۴۳۹۷۴۹۱^{ns}	۴۶۴۷^{ns}	۷۸^{ns}	۵۴۳^{ns}	۲۵۸^{ns}	۲۲۸^{ns}	۰/۰۶۸^{ns}
کوددهی × رقم×تراکم کاشت× سال (F×V× Y×D)	۸	۶۸۴۴۰۹^{ns}	۱۱۶۱۷۲۰۷^{ns}	۲۰۶۱۷^{ns}	۱۰۸^{ns}	۲۸۱ ^{ns}	۲۵۸^{ns}	۸۷۳^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}
خطا	۹۶	۱۲۸۲۵۴۷	۹۳۶۴۴۱۱	۷۷۸۶	۱۲۸۵	۳۹۶	۳۴۶	۱۵۸۱	۰/۱۲۲
C.V.	۱۶۱	۱۹/۶۸	۱۷/۸۵	۱۴/۱۵	۱۲/۶۹	۱۴/۴۹	۶/۰۶	۱۰/۸۱	۱/۹۳

جدول ۳. مقایسه میانگین* اثر ساده سال، کوددهی، رقم و تراکم بر صفات کمّی و کیفی اندازه‌گیری شده

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزاردانه (گرم)	تعداد خوشه در مترمربع	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد دانه در خوشه	پروتئین (درصد)
روش کوددهی **								
F_1	۵۷۵۲/۵ a	۱۷۳۶۵ a	۴۰/۶۳ a	۶۵۸ a	۸۴/۵۰ a	۳۵/۶۳ a	۲۲/۵۰ b	۲۰/۷۵ c
F_2	۵۷۸۵/۹ a	۱۷۰۱۵ ab	۳۱/۸۶ c	۶۰۴ a	۸۴/۲۲ a	۳۵/۸۱ a	۲۷/۳۳ a	۲۰/۷۷ c
F_3	۵۷۰۷/۸ a	۱۶۷۶۷ b	۳۸/۷۶ ab	۶۰۸ a	۸۱/۷۸ ab	۳۶/۴۲ a	۲۷/۵۴ a	۲۰/۴۹ d
رقم ***								
V_1	۶۰۶۵/۲ a	۱۶۸۱۷ a	۴۱/۲۵ a	۶۴۸ a	۸۳/۷۸ a	۳۷/۴۶ a	۲۶/۵۷ a	۲۱/۲۷ b
V_2	۵۵۱۷/۳ b	۱۷۱۴۵ a	۳۶/۶۲ c	۶۱۹ b	۸۲/۶۷ ab	۳۵/۰۷ b	۲۸/۰۸ a	۲۱/۷۴ a
V_3	۵۶۸۳/۹ b	۱۷۱۸۶ a	۳۵/۲۰ cd	۶۰۳ ab	۷۷/۶۱ c	۳۵/۴۰ b	۲۷/۸۱ a	۲۱/۰۹ b
تراکم بذر ****								
D_1	۵۷۴۸/۱ b	۱۶۹۷۰ a	۴۱/۱۹ a	۵۹۳ c	۷۹/۵۰ bc	۳۶/۰۱ a	۲۵/۵۷ a	۲۱/۱۱ a
D_2	۵۹۴۲/۹ a	۱۷۲۱۴ a	۳۵/۷۲ c	۶۳۲ ab	۸۱/۷۸ ab	۳۶/۲۹ a	۲۷/۰۸ a	۲۱/۰۵ ab
D_3	۵۵۷۵/۸ c	۱۶۹۶۳ a	۳۷/۱۲ bc	۶۴۴ a	۸۱/۶۷ ab	۳۵/۵۶ a	۲۶/۸۱ a	۲۰/۸۹ b
سال								
اول	۵۵۵۸/۲۹ a	۱۵۴۰۸/۳ b	۴۳/۲۸ a	۵۵۰/۷۹ b	۷۸/۰۶ b	۳۷/۴۳ a	۲۶/۱۲ b	۲۰/۶۷ b
دوم	۵۹۵۲/۵۸ a	۱۸۶۹۰/۷۶ a	۳۱/۹۰ b	۶۹۶/۵۹ a	۸۵/۸۳ a	۳۴/۴۹ b	۲۷/۴۹ a	۲۱/۳۶ a

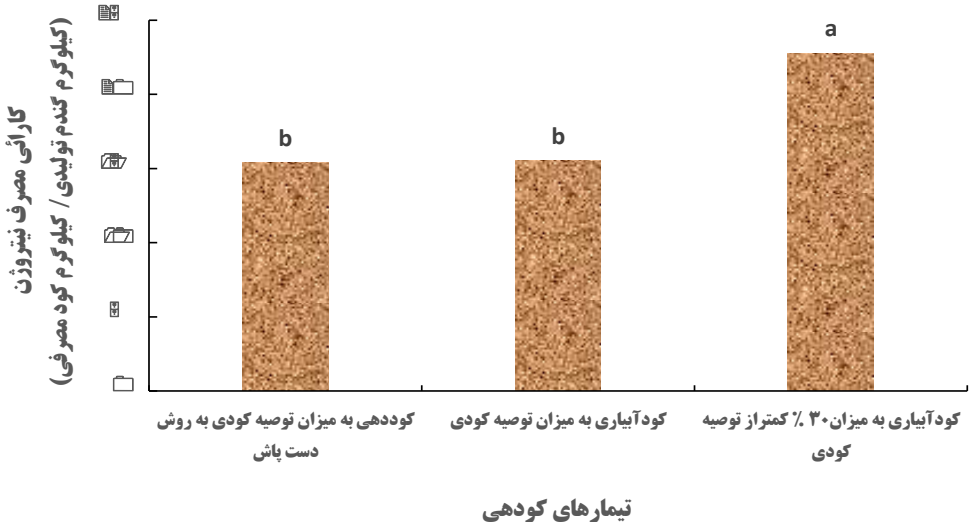
مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفته است.

** F_1: مصرف کود نیتروژن به میزان توصیه کودی (دست پاش) F_2: مصرف کود نیتروژن به میزان توصیه کودی (آبیاری بارانی) F_3: مصرف کود نیتروژن به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی (آبیاری بارانی)

*** V1: رقم پیشتاز V2: رقم شیراز V3: رقم بهار

**** D1: ۳۰۰ بذر در مترمربع D2: ۴۰۰ بذر در مترمربع D1: ۵۰۰ بذر در مترمربع

نتایج نشان داد اثر سال بر تمام شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد دانه) معنی‌دار بود، اثر روش‌های کوددهی بر تمام شاخص‌های محصول (به‌جز تعداد دانه در خوشه و درصد پروتئین) معنی‌دار نبود، اثر ارقام بر شاخص‌های محصول (به‌جز تعداد دانه در خوشه و درصد پروتئین) معنی‌دار نبود، اثر ارقام بر شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در خوشه) معنی‌دار بود و اثر تراکم کشت بر شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد، تعداد خوشه در مترمربع، ارتفاع بوته و درصد پروتئین) معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه به مقدار kg/ha ۶۰۶۵، ۵۷۸۶ و ۵۹۴۳ به‌ترتیب در رقم پیشتاز، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و تراکم برابر ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم ترین عملکرد دانه نیز به‌مقدار kg/ha ۵۵۱۷، ۵۷۲۸ و ۵۵۷۶ به‌ترتیب در رقم شیراز، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کمتر از توصیه کودی و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. همچنین، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی در کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست‌پاش در رقم بهار و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی نیز در کوددهی با آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪



شکل ۲. میانگین کارآیی مصرف کود نیتروژن در تیمارهای مختلف کوددهی

کم‌تر از توصیه کودی در رقم پیشتاز و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. از طرفی بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی در رقم پیشتاز و ترکم ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست‌پاش در رقم شیراز و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کوددهی، رقم در تراکم بذر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم پیشتاز به‌مقدار Kg/ha ۶۳۰۷ در تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم شیراز به‌مقدار kg/ha ۵۳۵۹ در تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کمتر از توصیه کودی بود.

مقایسه میانگین اثر روش کوددهی، رقم، تراکم بذر و سال بر درصد پروتئین نشان داد که تفاوت معنی‌دار بین این صفت و روش‌های کوددهی، ارقام، تراکم بذر و سال

اجرای آزمایش وجود دارد. بیش‌ترین درصد پروتئین در روش کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی، رقم شیراز و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع به‌دست آمد. همچنین، کم‌ترین مقادیر پروتئین مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم بهار و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. در این تحقیق بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه و درصد پروتئین در تیمار کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۱۰۰٪ توصیه کودی برابر ۵۷۸۶ kg/ha و ۲۰/۷۷٪ به‌دست آمد. همچنین میزان تولید دانه به‌ازای هر کیلوگرم اوره مصرفی در ۳ تیمار کوددهی به‌ترتیب ۱۵/۳۹، ۱۵/۵۴ و ۲۲/۷۸ کیلوگرم بود که نشانگر افزایش قابل‌توجه کارآیی مصرف کود نیتروژن در تیمار کوددهی در آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی است. بر اساس نتایج این تحقیق، روش کوددهی در آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم پیشتاز و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، مناسب‌ترین تیمارها در شرایط آزمایش، بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد اثر سال بر تمام شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد دانه) معنی‌دار بود، اثر روش‌های کوددهی بر تمام شاخص‌های محصول (به‌جز تعداد دانه در خوشه و درصد پروتئین) معنی‌دار نبود، اثر ارقام بر شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد بیولوژیکی و تعداد دانه در خوشه) معنی‌دار بود و اثر تراکم کشت بر شاخص‌های محصول (به‌جز عملکرد، تعداد خوشه در مترمربع، ارتفاع بوته و درصد پروتئین) معنی‌دار نبود. بیش‌ترین عملکرد دانه به مقدار kg/ha ۶۰۶۵، ۵۷۸۶ و ۵۹۴۳ به‌ترتیب در رقم پیشتاز، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و تراکم برابر ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین عملکرد دانه نیز به‌مقدار kg/ha ۵۵۱۷، ۵۷۲۸ و ۵۵۷۶ به‌ترتیب در رقم شیراز، کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. همچنین، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی در کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست‌پاش در رقم بهار و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین عملکرد بیولوژیکی نیز در کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی در رقم پیشتاز و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. از طرفی بیش‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی در رقم پیشتاز و ترکم ۴۰۰ بذر در مترمربع و کم‌ترین شاخص برداشت مربوط به کوددهی به‌میزان توصیه کودی به‌روش دست‌پاش در رقم شیراز و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل روش کوددهی، رقم در تراکم بذر نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم پیشتاز به‌مقدار Kg/ha ۶۳۰۷ در تراکم کاشت ۴۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی و کم‌ترین عملکرد دانه مربوط به رقم شیراز به‌مقدار kg/ha ۵۳۵۹ در تراکم کاشت ۵۰۰ بذر در مترمربع و کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی بود.

مقایسه میانگین اثر روش کوددهی، رقم، تراکم بذر و سال بر درصد پروتئین نشان داد که تفاوت معنی‌دار بین این صفت و روش‌های کوددهی، ارقام، تراکم بذر و سال اجرای آزمایش وجود دارد. بیش‌ترین درصد پروتئین در روش کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان توصیه کودی، رقم شیراز و تراکم ۳۰۰ بذر در مترمربع به‌دست آمد. همچنین، کم‌ترین مقادیر پروتئین مربوط به کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم بهار و تراکم ۵۰۰ بذر در مترمربع بود. در این تحقیق بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه و درصد پروتئین در تیمار کوددهی با آبیاری بارانی به‌میزان ۱۰۰٪ توصیه کودی برابر kg/ha ۵۷۸۶ و ۲۰/۷۷٪ به‌دست آمد. همچنین میزان تولید دانه به‌ازای هر کیلوگرم اوره مصرفی در ۳ تیمار کوددهی به‌ترتیب ۱۵/۳۹، ۱۵/۵۴ و ۲۲/۷۸ کیلوگرم بود که نشانگر افزایش

قابل‌توجه کارآیی مصرف کود نیتروژن در تیمار کوددهی در آبیاری بارانی به‌میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی است. بر اساس نتایج این تحقیق، روش کوددهی در آبیاری بارانی به میزان ۳۰٪ کم‌تر از توصیه کودی، رقم پیشتاز و تراکم ۴۰۰ بذر در مترمربع، مناسب‌ترین تیمارها در شرایط آزمایش، بودند.

منابع مورد استفاده

رستم‌زاده، ا.، گلچین، ا. و محمدی، ج. ۱۳۹۲. تأثیر منابع و مقادیر مختلف نیتروژن بر راندمان مصرف نیتروژن و عملکرد خیار سبز. مجله دانش آب‌وخاک، ۲۳ (۱): ۱۵-۲۶.

سعادت، س.، دهقانی، ف. و رضایی، ح. ۱۳۹۳. اثر آب‌شور و مدیریت مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گندم. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸ (۲): ۴۷۲-۴۶۳.

قیصری، م. ۱۳۸۵. تأثیر کودآبیاری ذرت با روش آبیاری بارانی بر آبشویی نیترات تحت سطوح مختلف کود و آب کاربردی. رساله دوره دکتری علوم و مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۰ صفحه.

گلزاری، ز.، اشراقی، ف. و کرامت زاده، ع. ۱۳۹۵. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول گندم در شهرستان گرگان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰ (۴): ۴۵۷-۴۶۶.

مجد سلیمی، ک.، امیری، ا. و صلواتیان، س.ب. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد و کار آیی مصرف آب در تولید اقتصادی چای تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۸ (۳): ۵۷۱-۵۸۳.

مطلبی فرد، ر. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب سیر در شرایط مختلف آبیاری و کود نیتروژن. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹ (۴): ۴۶۵-۴۸۲.

ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۶۰۰ صفحه.

نخجوانی‌مقدم، م.م.، قهرمان، ب.، داوری، ک.، علیزاده، ا. دهقانی‌سانیج، ح. و توکلی، ع.ر. ۱۳۹۵. افزایش بهره‌وری بارش برای گندم دیم در شرایط مدیریت برتر زراعی و آبیاری محدود در بالادست حوضه کرخه. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰ (۳): ۳۰۱-۳۱۵.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1990. Crop evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, Italy. 514 pp.

Anonymous. 2011. USDA-NRCS, National Engineering Handbook, Part 623, Chapter 2, Irrigation Water Requirements. 156 pp.

Anonymous. 2012. Zarkesht Agricultural engineerin company, National Agricultural Library. http://www.irangolkhaneh.com/archives/371.

Bojana, B., Jovana, M., Ivan, M., Pavle, J. and Misan, A. 2010. Rapid method for determination of protein content in cereals and oilseeds: validation, measurement uncertainty and comparison with the Kjeldahl method. Accred Qual Assur, 15: 555–561. DOI 10.1007/s00769-010-0677-6.

Bonet, D.G. 2006. Confidence interval for a coefficient of quartile variation. Computational Statistics & Data Analysis, 50(11): 2953-2957.

Dabrowski, J.M., Murray, K., Ashton, P.J. and Leaner, J.J. 2009. Agricultural impacts on water quality and implications for virtual water trading decisions. Ecological Economic, 68: 1074-1082.

Jiusheng, L., Bel, L. and Minjie, R. 2005. Spatial and temporal distributions of nitrogen and crop yield as affected by nonuniformity of sprinkler fertigation. Agricultural Water Management, 76(3): 106-180.

Jiusheng, L. and Minjie, R. 2003. Field evaluation of crop yield as affected by noununiformity sprinkler-applied water and fertilizer. Agricultural Water Management 59: 1-13.

Kazakis, N. and Voudouris, K.S. 2015. Groundwater vulnerability and pollution risk assessment of porous aquifers to nitrate: Modifying the DRASTIC method using quantitative parameters. Journal of Hydrology, 525: 13–25.

Morid, S., Massah, A.R., Agha Alikhani, M., Mohammadi, K. and Lasage, R. 2003. Water, climate, food and environment in the Zayandehrud Basin. Contribution to the project ADAPT. Adaptation strategies to changing environments. Technical report. College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. 165 pp.

Pierre, C., Petersona, C.J., Rossa, A.S., Ohm, J.B., Verhoevena, M.C., Larsona, M. and Hoefera, B. 2007. Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition. Journal of Cereal Science, 47(3): 407- 416.

Sepaskhah, A.R. and Hosseini, S.N. 2008. Effect of alternate furrow irrigation and nitrogen application rates on yield and water and nitrogen use efficiency of winter wheat. Plant. Prod. Sci. 11(2): 250-259.

Wanga, Y., Zhangb, B., Lina, L. and Zeppd, H. 2011. Agroforestry system educessubsurface lateral flow and nitrate loss in Jiangxi Province, China Agriculture Ecosystems and Environment, 140: 441-453.

Zafar, I., Abdul, L., Sikander, A. and Iqbal, M.M. 2003. Effect of fertigated phosphorus on P use efficiency and yield of wheat and maize. Pakistan. Sci. Technol. 25(6): 697-702.

ISSN 2251-7480

Optimal nitrogen fertilizer consumption under sprinkler irrigation system in different seeding density and wheat cultivars in Karaj

Ghasem Zarei[1*], Hamidreza Salemi[2] and Hamidreza Sharifi[3]

1[*]) Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

[*] Corresponding author email: g.zarei@aeri.ir

2) Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Isfahan, Iran

3) Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Mashhad, Iran

Received: 15-04-2018 Accepted: 12-12-2018

Abstract

The large area of wheat cultivation in Iran is located in arid and semi-arid regions and due to water shortage in end growing stage, there is competition between wheat and other crops for water allocation. In these conditions, using suitable seeding density and modern irrigation systems for yield increasing is important. Although Nitrogen is the most important element for quantity and quality of wheat, but over using of Nitrogen base fertilizers causes leaching, decreasing fertilizers use efficiency and groundwater contamination. This research was conducted during two years with Split Factorial Design experiment. The treatments of this experiment were: Three fertilizers application methods (conventional fertilizers application with full recommended amount, fertigation method with sprinkler irrigation and full recommended amount, and fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended), three wheat variety (Pishtaz, Shiraz, and Bahar) and three plant density (300, 400, and 500 seed in each square meter). In this study the amount of water use, fertilizer requirement in case of fertigation, suitable density and variety of wheat under these conditions (sprinkler irrigation and fertigation) were determined and recommended for the region. Statictical test was used for identifying of data variation uniformity. Since the variation uniformity hypothises verified, the combine analysis of data was possible. Therefore, combine statistical analysis for two year were used. Maximum grin yield 6065, 5786 and 5943 kg/h were belonging to Pishtaz, fertigation method with sprinkler irrigation and full recommended amount and 400 seed density per square meter, respectively. Minimum grin yield 5517, 5708 and 5576 kg/h were belonging to Shiraz, fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended fertigation and 500 seed density per square meter, respectively. Mean intraction effect comparison between fertigation methods, varieties and seed densities showed that maximum grin yield (6307 kg/h) was belonging to Pishtaz, fertigation method with sprinkler irrigation and full recommended amount fertigation and 400 seed density per square meter. However, minimum grin yield (5359 kg/h) was belonging to Shiraz, fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended fertigation and 500 seed density per square meter. The most protein percentage were belonging to Shiraz variey, fertigation method with sprinkler irrigation and full recommended amount fertigation and 300 seed density per square meter. Also the leats protein percentage were belonging to Bahar variey, fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended and 500 seed density per square meter. Maximum grin yield (5786 kg/h) and protein (20.8%) was belonging to fertigation method with sprinkler irrigation and full recommended amount, respectively. The amount of produced grin per appllied one kg Urea were 15.4, 15.5, and 22.8 kg in three fertilizer treatments, respectively. Therefore, the Nitrogen use efficiency in fertigation with 70% nutrition recommended (fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended) was high. Results showed that the fertigation method with sprinkler irrigation and 70% nutrition recommended, Pishtaz variety and 400 seed density per square meter were suitable treatments in this experiment.

Keywords: Fertigation, Nitrogen use efficiency, Plant density, Wheat sprinkler irrigation