

کاهش خلأ عملکرد قابل مدیریت در مزارع گندم از طریق افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن (مطالعه موردی: شهرستان ابرکوه)

امین آناقلی^{۱*}، غلامحسین رنجبر^۲، محمدحسین رحیمیان^۱، مهدی کریمی زارچی^۱، نادیا بشارت^۲، ولی سلطانی گردفرامرزی^۲، محمد متولی ابرقویی^۴ و مهدی غیب‌اللهی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۵

چکیده

این آزمایش به منظور یافتن عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد گندم و ارائه راهکارهای مدیریتی برای رسیدن به عملکرد قابل دستیابی در مزارع شهرستان ابرکوه یزد در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. ابتدا تعداد ۱۱ مزرعه گندم در نقاط مختلف شهرستان انتخاب گردید. تمامی عملیات کشاورزی انجام شده توسط کشاورزان از قبیل روش‌های خاکورزی، تاریخ کشت، ارقام مورد استفاده، میزان بذر مصرفی، سطح زیرکشت، تناوب زراعی، کودهای مورد استفاده و زمان کوددهی، عملیات آبیاری، کنترل آفات و بیماری‌ها، وجین و یا سم‌پاشی علف‌های هرز یادداشت‌برداری و یا اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت از نقاط مختلف مزرعه توسط کوادرات یک مترمربعی نمونه‌گیری شد و تعداد ۱۰ بوته نیز برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، به‌صورت تصادفی انتخاب گردید. پتانسیل عملکرد و کمی‌سازی عوامل کاهش‌دهنده عملکرد به‌روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) انجام شد. اختلاف عملکرد واقعی کشاورزان و پتانسیل عملکرد به‌عنوان خلأ عملکرد و ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد به‌عنوان عملکرد قابل دستیابی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد مزارع ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد به‌دست آمده ۴۶۵۹ کیلوگرم در هکتار بود که ۲۷۲۱ کیلوگرم از آن قابل دستیابی است. کارایی مصرف آب در دامنه ۰/۳۳ تا ۰/۸۷ کیلوگرم در مترمکعب و کارایی مصرف نیتروژن در دامنه ۱۳/۲۸ تا ۵۸/۰۳ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. مزارعی که با مدیریت زراعی مناسب توانستند کارایی بیشتری در استفاده از آب و نیتروژن داشته باشند، عملکردهای بیشتری نیز تولید کردند.

واژگان کلیدی: پتانسیل تولید گندم، تناوب زراعی، دفعات آبیاری، عملکرد قابل دستیابی، مصرف کود نیتروژن.

۱- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ یزد، ایران.

۲- دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ یزد، ایران.

۳- کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ یزد، ایران.

۴- کارشناس ارشد مرکز خدمات کشاورزی شهرستان ابرکوه؛ سازمان جهاد کشاورزی استان یزد، ابرکوه، ایران.

مقدمه

در اکثر مواقع عملکردهای واقعی به دست آمده توسط کشاورزان کم‌تر از عملکرد پتانسیل منطقه می‌باشد که به دلیل ضعف‌های مدیریتی، عوامل اقلیمی، عوامل خاکی و یا سایر عوامل می‌باشد. خلأ عملکرد به فاصله یا اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکردی که می‌توانستند با مدیریت مطلوب برداشت کنند، یعنی پتانسیل عملکرد، گفته می‌شود (Hochman *et al.*, 2016; Van Ittersum *et al.*, 2013). باید توجه داشت که در بیشتر سیستم‌های کشت گیاهان زراعی اصلی، رسیدن به پتانسیل عملکرد به لحاظ فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. بنابراین رسیدن به ۷۰ تا ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد مدنظر قرار می‌گیرد که به آن عملکرد قابل‌دستیابی گفته می‌شود. به اختلاف بین عملکرد قابل‌دستیابی و عملکرد واقعی کشاورزان در یک منطقه خاص، خلأ عملکرد قابل بهره‌برداری یا خلأ عملکرد قابل‌مدیریت گفته می‌شود (Lobell *et al.*, 2009; Connor *et al.*, 2011). براساس آمارنامه‌های کشاورزی طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۳، میانگین عملکرد گندم در استان یزد ۳۴۹۲ کیلوگرم در هکتار بود. در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ سطح زیرکشت گندم استان یزد ۹۱۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۳۸۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. در طی این سال زراعی میانگین عملکرد گندم در شهرستان ابرکوه نزدیک پنج تن در هکتار گزارش گردید که نسبت به سال قبل (۱۳۹۷-۱۳۹۸) با میانگین عملکرد ۴/۲ تن در هکتار، حدود ۱۹ درصد افزایش داشت. با توجه به پتانسیل بالای تولید گندم منطقه (حدود نه تن در هکتار) و ثبت رکوردهای بالای پنج تن توسط کشاورزان، به نظر می‌رسد که مشکلات زیادی در

تولید گندم در استان یزد وجود دارد که شناسایی و کمّی‌سازی عوامل کاهنده عملکرد می‌تواند میانگین عملکرد استان را به عملکرد قابل‌دستیابی منطقه نزدیک کند.

باقری‌پور و همکاران (Bagheripour *et al.*, 2021) میزان خلأ عملکرد در مزارع شرق استان کرمان را با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA: Comparative Performance Analysis)، ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار محاسبه کردند. این پژوهشگران تاثیر میزان آبیاری و کود نیتروژن مصرفی در کاهش عملکرد را در مجموع ۸۷/۵ درصد برآورد کردند. ترابی و همکاران (Torabi *et al.*, 2012) ضمن تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در گرگان بیان داشتند که بین عملکرد کشاورزان و عملکرد قابل دستیابی منطقه به میزان ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار اختلاف وجود دارد و با مدیریت مناسب کود نیتروژن و پتاسیم و تاریخ کاشت، می‌توان این فاصله را تا حدود زیادی از بین برد. حجارپور و همکاران (Hajjarpour *et al.*, 2016) با استفاده از آنالیز خط مرزی (BLA: Boundary Layer Analysis) و رکوردهای ثبت‌شده برای عملکرد گندم در منطقه گرگان و رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل متغیرهای مختلف مدیریتی سعی کردند تا بهترین مقادیر کودهای سرک و پایه، تعداد دفعات آبیاری، تراکم مناسب بوته و تاریخ کاشت مناسب را تعیین نمایند. براساس نتایج این تحقیق برای رسیدن به حداکثر رکوردهای ثبت‌شده در منطقه (بیش از شش تن در هکتار) نیاز به مصرف ۹۶ کیلوگرم نیتروژن خالص می‌باشد که ۷۳ کیلوگرم آن باید به‌صورت سرک مصرف شود. مصرف کودهای P_2O_5 و K_2O نیز به ترتیب ۳۱ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تعداد دفعات آبیاری موردنیاز

بررسی عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و روش‌های افزایش عملکرد از طریق بهبود کارایی مصرف آب و کود پراخته شد. با توجه به مطالعات انجام‌شده در سایر نقاط کشور درباره علل خلأ عملکرد موجود در محصولات زراعی به‌ویژه گندم که هدف این تحقیق است و نتایجی که از ارزیابی‌های این مطالعات به‌دست آمده، می‌توان برای دستیابی به ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد (عملکرد قابل دستیابی) هدف‌گذاری کرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزارع کشاورزی شهرستان ابرکوه از توابع استان یزد انجام شد. ابرکوه جزو فلات مرکزی ایران است و با وسعتی بالغ بر ۵۳۴۷ کیلومترمربع، ششمین شهرستان استان یزد از نظر وسعت محسوب می‌شود. از مشخصات آن، کمی بارندگی، دامنه نوسان حرارتی کم‌وبیش زیاد و خشکی می‌باشد. در ابتدا تعداد یازده مزرعه گندم از مناطق مختلف شهرستان ابرکوه انتخاب گردید. در طول فصل رشد به این مزارع سرکشی شد و اندازه‌گیری‌های لازم از شوری خاک، مدیریت زراعی و وضعیت رشدی گیاه انجام گردید. مدیریت زراعی کشاورزان از قبیل: میزان بذر مصرفی، تاریخ کاشت، مدیریت کودی، ادوات شخم و روش تهیه بستر، ماشین‌های کاشت، روش آبیاری، دفعات آبیاری، شوری آب آبیاری، مدیریت آفات و بیماری‌ها، روش کنترل علف‌های‌هرز، سموم مورد‌استفاده و میزان و دفعات به‌کارگیری، تناوب زراعی، ارقام موردکشت، نوع بذر مصرفی، زمان و نحوه برداشت محصول، میزان خوابیدگی محصول (ورس) و وضعیت بستر کشت موردبررسی قرار گرفت (جدول ۲). اندازه‌گیری‌های خاکی نظیر بافت خاک، شوری، مواد معدنی، کربن آلی و مقدار نیتروژن، فسفر و

دو بار آبیاری تکمیلی بود. در این تحقیق، دامنه تراکم بوته مناسب در محدوده ۱۸۲ تا ۴۴۷ بوته در هکتار به‌دست آمد. بهترین تاریخ کاشت نیز باید زودتر از ده آذر باشد تا توان تولید بیشتر از شش تن در هکتار را داشته باشد. خلأ عملکرد به‌دست آمده در مزارع مورد مطالعه در این بررسی ۱۵۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید که با رعایت توصیه‌های مدیریتی فوق می‌توان این عدد را تا حدود زیادی کم کرد.

قرینه و همکاران (Gharineh et al., 2012)

طی یک مطالعه با استفاده از مدل WOFOST میزان خلأ عملکرد گندم در شهرستان‌های مختلف استان خوزستان را محاسبه کردند که بین ۴۱ درصد در دزفول (۳۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) تا ۶۶ درصد در ماهشهر (۵۰۶۹ کیلوگرم در هکتار) متغیر بود. این پژوهشگران علت احتمالی خلأ عملکرد بالا در ماهشهر را خاک نامناسب و در شهرستان ایذه را عوامل مدیریتی عنوان کردند و در نهایت استان خوزستان را از لحاظ پتانسیل تولید گندم به سه منطقه تفکیک کردند: ۱- مناطق با پتانسیل تولید بیش از نه تن در هکتار (محدوده شهرستان ایذه)؛ ۲- مناطق با پتانسیل بین هشت تا نه تن در هکتار (بستان، مسجدسلیمان، دزفول و بهبهان)؛ ۳- مناطق با پتانسیل هفت تا هشت تن در هکتار (امیدیه، آبادان، اهواز، رامهرمز، ماهشهر و شوشتر). البته باید توجه داشت که خاک نامناسب و مدیریت نادرست، عناوین کلی هستند.

به‌طورکلی به‌غیر از عوامل اقلیمی که در بهبود آن تاثیرگذاری کمی می‌توان داشت، عوامل خاکی و مدیریت نامناسب را تا حدود زیادی می‌توان مدیریت کرد. بنابراین، در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) به

Mirzaei, 2022). در نهایت، براساس نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات انجام‌شده از نحوه مدیریت مزارع و محاسبات انجام‌شده، به بررسی و تجزیه و تحلیل اختلاف عملکرد ایجادشده در هر مزرعه پرداخته شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه در مزارع موردبررسی

نتایج نشان داد بین مزارع موردبررسی از لحاظ عملکرد دانه اختلاف بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). بالاترین عملکردها در مزرعه پنج و دو به‌دست آمد که دارای متوسط 7097 کیلوگرم در هکتار بودند (شکل ۱). در مزرعه شماره پنج، استفاده از تناوب یونجه-گندم، مدیریت تهیه بستر مناسب، تسطیح مناسب زمین و آبیاری یکنواخت باعث گردید تا تراکم بوته سبز شده در مزرعه خیلی خوب باشد. میانگین مواد آلی در خاک این مزرعه $1/48$ درصد تا عمق 60 سانتی‌متری بود (شکل ۲). در مزرعه شماره دو، تناوب استفاده شده آیش-گندم و عملیات تهیه بستر مناسب و کوددهی و آبیاری بسیار خوب در طول فصل رشد انجام شد و میزان مواد آلی به‌طور میانگین $1/04$ درصد تا عمق 60 سانتی‌متری بود (شکل ۲). مزارع هفت، یک، شش، سه، ده، هشت و نه دارای عملکرد متوسط بودند و میانگین عملکرد دانه در این مزارع 4928 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). در این گروه، مشکلات مدیریتی مثل تناوب نامناسب، ماده آلی خاک پائین، دفعات آبیاری کم به‌ویژه پس از گل‌دهی و مدیریت تهیه بستر نامناسب وجود داشت. کم‌ترین عملکردها نیز در مزرعه شماره چهار و یازده با میانگین 3374 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که به غیر از عوامل مدیریتی

پتانسیم اندازه‌گیری شد. آمار هواشناسی موردنیاز از قبیل دمای حداقل و حداکثر روزانه، بارندگی، رطوبت هوا و تبخیر (جدول ۱) جمع‌آوری شد و مشخصات جغرافیایی هر مزرعه شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا نیز ثبت گردید (Van-Wart et al., 2013). کارایی مصرف نیتروژن از تقسیم عملکرد دانه به مجموع کود نیتروژن و نیتروژن خاک در زمان کاشت به‌دست آمد. نیتروژن خاک در زمان کشت با استفاده از مدل تجربی و برآورد از روی میزان کربن آلی به‌دست آمد (Soltani, 2009). در این مطالعه، دبی آب، حجم آب آبیاری، تعداد دفعات آبیاری و مدت زمان آبیاری اندازه‌گیری شد و کارایی مصرف آب از تقسیم عملکرد دانه به مجموع حجم آب مصرفی و بارندگی محاسبه گردید. باتوجه به این‌که تمامی مزارع دارای لوله‌کشی و کانال‌های بتونی کوتاه تا کرت‌های کشت بودند، لذا تلفات آب در منطقه مورد مطالعه، پایین و حدود پنج درصد در نظر گرفته شد (Rahimian et al., 2021). پتانسیل عملکرد و نقش عوامل کاهش‌دهنده عملکرد توسط روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) انجام شد. در این روش، برای شخم از ضرایب ۱ برای یکبار شخم و ۲ برای ۲ بار شخم؛ برای تناوب از ضرایب صفر برای تناوب گندم-گندم، ۱ برای تناوب آیش-گندم و ۲ برای تناوب بقولات-گندم؛ برای مصرف کود دامی از ضرایب صفر برای عدم مصرف کود دامی و ۱ برای مصرف آن؛ برای شدت آلودگی علف‌هرز از ضرایب صفر (بدون علف‌هرز) تا چهار (بدون کنترل) استفاده شد. برای تاریخ کاشت، اول مهر به‌عنوان مبنا قرار گرفت و برای دفعات آبیاری، دفعات تقسیط کود نیتروژن و مقدار کود نیتروژن از مقادیر واقعی استفاده گردید (Soltani and

فوق، مشکلاتی مثل تاریخ کاشت نامناسب و علف‌های هرز نیز داشتند.

شاخص برداشت دانه

بین مزارع مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری در شاخص برداشت دانه وجود داشت (جدول ۳) به‌طوری‌که بالاترین شاخص برداشت در مزرعه شماره پنج با ۴۶ درصد و کم‌ترین در مزرعه شماره نه با ۲۷ درصد به‌دست آمد (شکل ۳). یکی از عوامل موثر در شاخص برداشت، کسری از تولید است که پس از گرده‌افشانی صورت می‌گیرد؛ لذا برای افزایش آن بایستی به رشد پس از گرده‌افشانی توجه کرد. از راه‌کارهای مدیریتی عملی برای این کار، محلول‌پاشی نیتروژن می‌باشد. پژوهشگران اثر محلول‌پاشی نیتروژن بر افزایش شاخص برداشت را در مراحل ساقه‌رفتن، گل‌دهی و خروج خوشه از غلاف برگ را گزارش کردند (Abas Dokht and Marvi, 2005). پژوهشگران دیگر نیز تاثیر مثبت محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد دانه گندم را به اندازه مصرف تقسیط در زمان ساقه‌رفتن موثر دانستند، ولی تاکید کردند که واکنش ارقام مختلف در افزایش عملکرد و میزان جذب نیتروژن متفاوت است (Valizadeh and Khorsandi, 2016).

برای افزایش شاخص برداشت از طریق مدیریت آبیاری، بایستی آبیاری به گونه‌ای مدیریت شود که بخش مناسبی از آب برای رشد و تولید عملکرد پس از گرده‌افشانی باقی بماند و بیوماس کافی نیز در زمان گرده‌افشانی ایجاد شود تا در زمان تشکیل و پرشدن دانه، سطح برگ کافی برای تعرق و فتوسنتز وجود داشته باشد؛ یعنی رشد رویشی کافی نیز صورت پذیرد؛ در غیراین‌صورت تعداد سنبله و دانه کافی برای

پرشدن تشکیل نخواهد شد. این موضوع به‌خصوص در شرایطی که دفعات دسترسی به آب محدود است، اهمیت بیش‌تری دارد. برای داشتن رشد رویشی کافی نیز تمام مدیریت‌های زراعی لازم برای رسیدن به پوشش حداکثر در زمان کوتاه، بایستی انجام گیرد. این عملیات می‌تواند شامل میزان مناسب بذر، تاریخ کاشت به‌موقع، تهیه بستر مناسب و تناوب صحیح زراعی باشد. کنترل علف‌های هرز در ابتدای فصل کشت باعث خواهد شد تا سهم تعرق گیاه زراعی افزایش‌یافته و کارایی مصرف آب نیز بالاتر برود. با افزایش نسبت تعرق یا سهم کسری از آب ورودی به مزرعه که در تعرق مصرف می‌شود، می‌توان کارایی مصرف آب و عملکرد را افزایش داد. عملیات تهیه بستر مناسب و شخم عمیق، افزایش ماده آلی خاک برای حفظ رطوبت، تناوب زراعی مناسب و استفاده از گیاهانی مثل کلزا و یونجه که با ایجاد منافذ در خاک باعث تسهیل نفوذ ریشه گیاه بعدی می‌گردد؛ تغذیه و کوددهی مناسب برای گسترش و رشد ریشه، مبارزه با علف‌های هرز و آیش‌گذاری به‌همراه حفظ بقایا؛ راه‌کارهایی هستند که می‌توانند باعث افزایش سهم تعرق گیاه زراعی گردند. در این پژوهش نیز براساس جدول ۴ به سهم این عوامل مدیریتی در کاهش عملکرد تاکید شده است. بیش‌ترین سهم مربوط به دفعات آبیاری بود که بیان‌گر کاهش حجم آب ورودی به مزرعه می‌باشد. تنش خشکی در مرحله رویشی باعث کاهش سطح برگ می‌شود که منجر به کاهش نسبت تبخیر به مجموع تبخیر و تعرق می‌شود و راندمان استفاده از آب کاهش می‌یابد. از نظر تغذیه‌ای نیز می‌توان به افزایش کارایی مصرف کود اشاره کرد که باعث افزایش شاخص برداشت خواهد شد. مدیریت‌های زراعی که در این

خصوص اهمیت دارند شامل تغذیه متوازن عناصر غذایی است؛ به طوری که کمبود یک عنصر فراهمی بقیه عناصر را مختل نکند. استفاده از تناوب زراعی و گنجاندن بقولات در تناوب، افزایش ماده آلی خاک که منبع مناسب و پایدار عناصر از جمله نیتروژن و فسفر است. تقسیط کود نیتروژن به دفعات مناسب باعث جلوگیری از تلفات آبشویی نیترات خواهد شد. تمامی این عوامل در نهایت منجر به افزایش شاخص برداشت خواهد گردید.

سهم متغیرهای خلأ عملکرد

براساس رگرسیون گام به گام از مجموعه عوامل مدیریتی مورد بررسی و اندازه گیری های مزرعه ای انجام شده، چند عامل به عنوان موثرترین عوامل در کاهش عملکرد دانه انتخاب و سهم هر عامل در کاهش عملکرد براساس ضرایب مدل رگرسیونی در جدول ۴ مشخص شد که در آن Y ، عملکرد دانه و x_1 تا x_8 متغیرهای مدل می باشد. این مدل مقدار عملکرد را 5031 کیلوگرم در هکتار برآورد کرد که به میانگین عملکرد مشاهده شده (5040 کیلوگرم در هکتار) بسیار نزدیک بود. دامنه عملکرد واقعی در مزارع کشاورزان بین 3167 تا 7622 کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵). براساس شکل ۴، پتانسیل عملکرد و پتانسیل عملکرد قابل دستیابی (80 درصد پتانسیل عملکرد) براساس شرایط مدیریتی مطلوب به ترتیب 9690 و 7752 کیلوگرم در هکتار می باشد؛ لذا خلأ عملکرد آن 4650 کیلوگرم در هکتار و خلأ عملکرد قابل مدیریت آن 2712 کیلوگرم به دست آمد. پژوهشگران در گرگان خلأ عملکرد به دست آمده در مزارع مورد بررسی در گرگان را 1541 کیلوگرم در هکتار برآورد کردند که با رعایت توصیه های مدیریتی می توان این عدد را تا حدود زیادی کم کرد

(Hajjarpour et al., 2016). پژوهشگران دیگر در خوزستان میزان خلأ عملکرد گندم را در شهرستان های مختلف استان خوزستان محاسبه کردند که بین 41 درصد در دزفول (3138 کیلوگرم در هکتار) تا 66 درصد در ماهشهر (5069 کیلوگرم در هکتار) متغیر بود (Gharineh et al., 2012). در بین عوامل انتخاب شده، سهم دفعات آبیاری در کاهش عملکرد 24 درصد به دست آمد. این موضوع با توجه به قرار گرفتن منطقه در مناطق خشک (Montazeri and Dehghani, 2013) و سهمیه بندی آب توسط وزارت نیرو و تعطیلی دو ماهه چاه های آب و همچنین اولویت بندی کشاورزان به محصولات رقیب و بارز تر، دور از انتظار نیست. سهم تناوب زراعی در کاهش عملکرد 18 درصد بود که این موضوع به خاطر تناوب یونجه-گندم در چند مزرعه بود که عملکردهای بالاتری تولید کردند. استفاده از بقولاتی مثل یونجه در تناوب باعث افزایش کربن آلی خاک (Sodaiezade et al., 2019) و در نتیجه حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصول بعدی در تناوب می گردد به طوری که همبستگی 80 درصدی بین کربن آلی و عملکرد گندم گزارش شده است (Zarea-Feizabadi and Koocheki, 2012). براساس جدول ۴ در این پژوهش، مصرف کم مقدار کود نیتروژن باعث کاهش شانزده درصد در عملکرد دانه گردید و عدم مصرف کود دامی و مدیریت نامناسب تهیه بستر هر کدام دوازده درصد در کاهش عملکرد تاثیرگذار بودند. اهمیت مصرف مقدار کافی کود نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (Alizade and Soltani, 2016). نتایج یک پژوهش با استفاده از آنالیز خط مرزی نشان داد

که برای رسیدن به حداکثر رکوردهای ثبت شده در منطقه گرگان (بیشتر از شش تن در هکتار) نیاز به مصرف ۹۶ کیلوگرم نیتروژن خالص است که ۷۳ کیلوگرم آن باید به صورت سرک مصرف شود (Hajjarpour et al., 2016). مصرف کود دامی نیز به نوبه خود باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شده و تأمین نیازهای غذایی گیاه از طریق مدیریت تلفیقی باعث بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش قابل توجه در عملکرد می شود (Rezaei, 2013). حیدری (Heydari, 2011) طی آزمایشی در یک خاک لومی رسی در همدان بیان داشت که روش های خاک ورزی تأثیر معنی داری بر افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و کاهش جرم ویژه ظاهری خاک داشت. این موضوع می تواند در شرایط فاریاب باعث گسترش ریشه به اعماق پائین تر گردد و کارایی مصرف آب و عملکرد را افزایش دهد. براساس جدول ۳، سهم علف های هرز در کاهش عملکرد، یازده درصد و تاریخ کاشت، سه درصد بود. در مزارع مورد بررسی، اکثریت کشاورزان در تاریخ کاشت اوایل تا اواسط آبان کشت خود را انجام دادند و لذا مزارعی که دیرتر و در اواخر آبان کشت شدند تا حدودی عملکرد کمتری تولید کردند. براساس جدول ۲، در نه مزرعه مورد بررسی در این پژوهش، تقسیط کود نیتروژن و مصرف کود سرک انجام شده بود بنابراین سهم دفعات تقسیط در کاهش عملکرد در این پژوهش تنها دو درصد به دست آمد.

کارایی مصرف آب

بین مزارع مورد بررسی از لحاظ کارایی مصرف آب تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۳). بالاترین کارایی مصرف آب در مزارع دو و پنج با ۰/۸۶ کیلوگرم در

مترمکعب به دست آمد و مزارع یک، شش، هفت و هشت نیز با آن ها تفاوت آماری معنی دار نداشتند (شکل ۵). میانگین کارایی مصرف آب نیز ۰/۶۲ کیلوگرم در مترمکعب به دست آمد و میزان همبستگی کارایی مصرف آب با عملکرد دانه (شکل ۷) بسیار معنی دار بود ($R^2=70$).

محققین در شرایط اقلیمی یزد میزان کارایی مصرف آب را در تاریخ های مختلف کاشت بین ۰/۶۲ تا ۰/۹۰ کیلوگرم در مترمکعب گزارش دادند (Ranjbar and Banakar, 2013). سازمان خواروبار جهانی فائو، دامنه این عدد را برای گندم بین ۰/۸۰ تا ۱/۰ گزارش داده است. رحیمیان و همکاران (Rahimian et al., 2021) در مزارع کشاورزان استان یزد، ضریب تبیین بین شاخص بهره وری آب و عملکرد گندم ۰/۶۸ گزارش کردند و بیان داشتند یکی از راه کارها برای افزایش کارایی مصرف آب، کاهش تلفات آبیاری است که باتوجه به سیستم غرقابی در منطقه مورد بررسی، تلفات آبیاری از طریق زه کشی عمقی در طول نوارهای بلند، زیاد خواهد بود. راه کار دیگر، پوشش سریع تر کانوپی است که باعث افزایش نسبت تعرق خواهد شد. تنش خشکی در مزارع گندم باعث افزایش نسبت تبخیر به مجموع تبخیر و تعرق می گردد. برای این کار عوامل مدیریتی مثل تاریخ کاشت، رقم مناسب، مدیریت تهیه بستر، کنترل علف های هرز بسیار اهمیت دارند و باعث پوشش سریع و یکنواخت در مزرعه خواهد شد. برای افزایش نسبت تعرق، می توان با نفوذپذیر کردن خاک به ریشه از طریق رعایت تناوب زراعی و تهیه بستر مناسب گسترده گی ریشه را افزایش داد. پژوهشگران در شرایط اقلیمی یزد و شوری آب سه و پنج دسی زیمنس بر متر، حجم آب مصرفی برای حداکثر عملکرد به دست آمده را ۷۹۰۰ مترمکعب

نتیجه‌گیری کلی

چنانچه براساس نتایج به‌دست‌آمده اقدام به تعریف یک مدیریت زراعی مطلوب شود می‌توان به دفعات آبیاری کافی ده بار، گنجاندن بقولات در تناوب، مصرف کافی کود نیتروژن، مصرف کود دامی برای افزایش مواد آلی خاک، دو بار شخم یا شخم تابستانه و پائیزه در مقابل فقط شخم پائیزه، کنترل علف‌هرز، تقسیط کود نیتروژن و تاریخ کاشت مناسب اواسط آبان در مقابل کشت زودهنگام یا دیرهنگام اشاره نمود. با توجه به این‌که عوامل مدیریتی مثل مدیریت تهیه بستر، تاریخ کاشت، مدیریت حاصلخیزی و مدیریت آبیاری نسبت به هم اثرات متقابل دارند و به تنهایی نمی‌توانند باعث افزایش عملکرد قابل توجه گردند، لذا برای داشتن یک زراعت موفق می‌بایست براساس یک بسته مدیریتی مناسب عمل کرد. در پژوهش حاضر دامنه کارایی مصرف آب بین $0/34$ تا $0/87$ کیلوگرم در مترمکعب به‌دست آمد که بیان‌گر وجود مشکلاتی در این زمینه می‌باشد (شکل ۵). دامنه این مشکلات ممکن است از تامین نامناسب و یا ناکافی آب تا کنترل علف‌هرز و مسائل زراعی مثل تناوب زراعی، گسترده باشد. مزارع سه، چهار، نه، ده و یازده از کارایی مصرف آب کم‌تری از میانگین ($0/62$) برخوردار بودند و مزارع سه، چهار، هشت، نه، ده و یازده کارایی مصرف نیتروژن کم‌تری از میانگین ($33/29$) به‌دست آوردند (شکل ۶). براساس نتایج پژوهش حاضر، می‌توان گفت که مجموعه عواملی که باعث افزایش کارایی مصرف آب و نیتروژن می‌شود، منجر به تولید بالاتر گردیده است.

در هکتار و برای شوری آب هشت دسی‌زیمنس بر متر 8300 مترمکعب در هکتار برآورد کردند که در هشت یا نه نوبت آبیاری انجام گردید (Rahimian et al., 2022).

کارایی مصرف نیتروژن

از لحاظ کارایی مصرف نیتروژن بین مزارع موردبررسی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳) و مزرعه پنج با کارایی $58/03$ کیلوگرم بر کیلوگرم بالاترین کارایی مصرف نیتروژن را داشت. پس از آن مزرعه یک و دو هر دو با کارایی تقریبی $41/5$ کیلوگرم بر کیلوگرم در گروه بعدی قرار گرفت و مزارع سه، شش، هفت و ده با آن تفاوت معنی‌دار نداشتند. کم‌ترین کارایی نیز در مزرعه یازده با $13/28$ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که با مزرعه چهار تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۶). در این بررسی همبستگی کارایی مصرف نیتروژن با عملکرد دانه ($R^2=0.91$) بود (شکل ۷). در خصوص کارایی مصرف نیتروژن در مزرعه شماره ۵، کشاورز با مصرف متعادل کود (92 کیلوگرم در هکتار) و رعایت تناوب یونجه-گندم و کنترل علف‌های‌هرز توانسته بود کارایی مصرف نیتروژن بسیار بالایی داشته باشد و در سایر مزارع کارایی به‌دست آمده به میانگین‌های گزارش شده نزدیک‌تر است. پژوهشگران در پژوهشی کارایی مصرف نیتروژن را با مصرف 90 کیلوگرم در هکتار برابر $30/95$ کیلوگرم بر کیلوگرم و با مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر $24/02$ کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش کردند (Mondani et al., 2019).

جدول ۱ - آمار هواشناسی شهرستان ابرکوه طی سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰
 Table 1- Meteorological statistics of Abarkoh city during 2020-2021

ماه	تبخیر ماهانه Evaporation (mm)	میانگین رطوبت Humidity (%)	میانگین دما Mean. Tem. (°C)	میانگین دمای حداکثر Max. Tem. (°C)	میانگین دمای حداقل Min. Tem. (°C)	میزان بارندگی Precipitation (mm)
مهر	278.9	19.0	20.1	28.2	12.1	0.0
آبان	152.8	34.0	14.3	21.8	6.8	14.1
آذر	71.9	64.0	9.5	15.2	3.9	50.0
دی	49.2	38.0	5.2	12.7	-2.2	0.1
بهمن	107.2	29.0	9.8	17.8	1.7	1.7
اسفند	182.9	38.0	12.7	20.1	5.4	10.6
فروردین	319.5	22.0	19.3	27.1	11.5	0.0
اردیبهشت	326.5	27.0	23.3	30.8	15.9	0.9
خرداد	503.2	13.0	30.0	38.2	21.7	0.0
کل فصل رشد†	1992.1	31.5	16.0	23.5	8.5	77.4

†: میزان بارندگی و تبخیر به صورت تجمعی، و دما و رطوبت به صورت میانگین محاسبه شد.

جدول ۲ - مدیریت‌های زراعی انجام شده در مزارع مورد بررسی شهرستان ابرکوه
 Table 2- Agricultural managements carried out in the studied farms of Abarkoh

شماره مزرعه Farm Num.	مختصات جغرافیایی Geographic Coordinates	شوری آب Salinity of Water (ds/m)	سطح زیرکشت Cultivated Area (ha)	دفعات آبیاری - حجم آب ورودی به مزرعه Irri. No.-Water Volume Entering Farm (m³/ha)	تناوب زراعی دوساله Biannual Rotation
1	N 31.18, E 53.27	4	0.6	8-7448	آیش-گندم
2	N 31.19, E 53.28	8	1.5	7-7503	آیش-گندم
3	N 31.01, E 53.36	2	3.0	9-8124	آیش-گندم
4	N 30.98, E 53.41	9.1	3.7	8-9118	یونجه-گندم- آیش-گندم
5	N 31.18, E 53.27	5	0.5	8-8816	یونجه-گندم
6	N 30.95, E 53.36	1.4	3.8	8-6786	آیش-گندم
7	N 31.05, E 53.33	1.4	3.8	9-8882	گندم-گندم
8	N 31.17, E 53.28	3.7	2.0	7-5861	آیش-گندم
9	N 31.00, E 53.11	1.4	0.5	8-7721	آیش-گندم
10	N 31.00, E 53.17	1.4	0.5	9-11036	آیش-گندم
11	N 31.01, E 53.18	1.4	0.5	11-10662	آیش-گندم

ادامه جدول ۲ -

Table 2- Continued

شماره مزرعه Farm Num.	مختصات جغرافیایی Geographic Coordinates	میزان بذر مصرفی Seed Rate (kg.ha ⁻¹)	تاریخ کشت-رقم Planting Date -Cultivar	دفعات تقسیط نیتروژن - مقدار مصرف نیتروژن N. Split Times- Applied N. (kg.ha ⁻¹)	شخم تابستانه و پائیزه Summer and Autumn Plough
1	N 31.18, E 53.27	250	۱۰ آبان-طلایی	3-95	تابستانه و پائیزه
2	N 31.19, E 53.28	250	اواسط آبان-سیستان	5-120	تابستانه و پائیزه
3	N 31.01, E 53.36	250	اوایل آبان-سیستان	3-115	تابستانه و پائیزه
4	N 30.98, E 53.41	250	اواسط آبان-سیستان	2-115	پائیزه
5	N 31.18, E 53.27	230	اواسط آبان-سیستان	2-92	تابستانه و پائیزه
6	N 30.95, E 53.36	250	اوایل آبان-سیستان	2-115	تابستانه و پائیزه
7	N 31.05, E 53.33	210	اواسط آبان-برزگر	3-115	تابستانه و پائیزه
8	N 31.17, E 53.28	250	اواخر آبان-سیستان	2-115	تابستانه و پائیزه
9	N 31.00, E 53.11	200	اوایل آبان-نارین	1-115	پائیزه
10	N 31.00, E 53.17	200	اوایل آبان-سیستان	1-115	پائیزه
11	N 31.01, E 53.18	200	اواسط مهر-روشن	2-230	پائیزه

جدول ۳- میانگین مربعات عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و نیتروژن در مزارع مورد بررسی شهرستان ابرکوه
Table 3- The mean square of grain yield, WUE and NUE in the investigated fields of Abarkoh city

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف آب WUE	کارایی مصرف نیتروژن NUE
مزرعه Farm	10	50783.3**	91.3**	0.11**	419.7**
خطای آزمایش Error	22	11039.2	20.4	0.02	99.1
C.V.(%) ضریب تغییرات		20.85	11.81	24.27	20.17

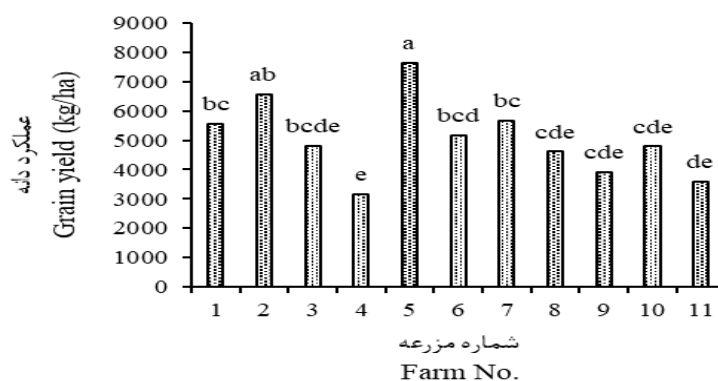
#، *، ** و ^{ns} به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی دار می باشند.
 #: *, ** and ^{ns} are significant at the levels of 5%, 1% and no significant.

جدول ۴- تاثیر متغیرهای انتخاب شده براساس نتایج رگرسیون گام به گام و تحلیل مقایسه کارکرد
Table 4- The effect of selected variables based on step-by-step regression and comparative performance analysis

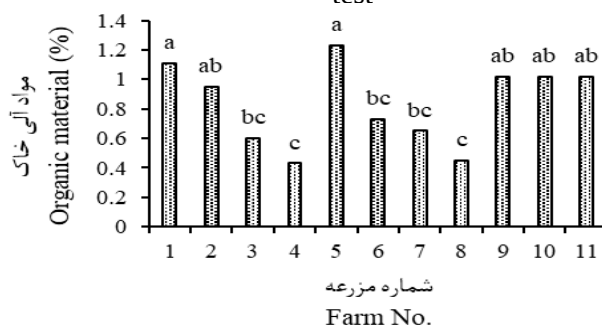
متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقدار متغیر در مدل Variable value in model		عملکرد حاصل با مدل Yield by model		کاهش عملکرد Yield decrease	
		میانگین Mean	مقدار انتخابی Selected amount	میانگین Mean	مقدار انتخابی Selected amount	مقدار Amount (kg.ha ⁻¹)	درصد (%)
عرض از مبدأ (Y) Intercept	-6254.79	1	1	-6254.79	-6254.79	--	--
مدیریت تهیه بستر (x1) Bed Management	1601.39	1.64	2	2619.87	3202.78	582.91	12.51
تاریخ کاشت (x2) Planting Date	22.72	36.91	45	838.59	1022.40	183.80	3.94
تقسیم نیتروژن (x3) N. Split	159.09	2.27	3	361.13	477.27	116.14	2.49
دفعات آبیاری (x4) Irrigation Number	679.08	8.36	10	5677.11	6790.80	1113.69	23.90
مقدار کود نیتروژن (x5) N. Fertilizer	19.17	51.31	90	983.61	1725.30	741.69	15.92
تناوب زراعی (x6) Rotation	837.66	1	2	837.66	1675.32	837.66	17.98
علف هرز (x7) Weeds	-135.37	3.73	0	-504.93	0	504.93	10.84
عدم مصرف کود دامی (x8) Consumption	1051.03	0.45	1	472.96	1051.03	578.07	12.41
مجموع Total	--	--	--	5031.23	9690.11	4658.88	100

جدول ۵- میزان خلأ عملکرد، عملکرد واقعی و عملکرد قابل دستیابی در مزارع مورد بررسی
Table 5- The amount of yield gap, actual yield and exploitable yield

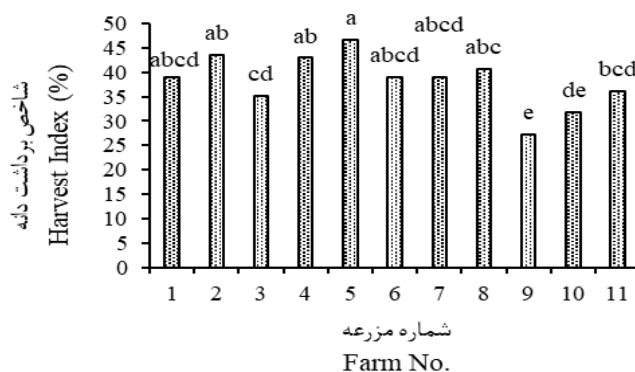
شماره مزرعه Farm No.	عملکرد واقعی دانه Actual grain yield (kg.ha ⁻¹)	خلأ عملکرد Yield gap (%)	خلأ عملکرد Yield gap (kg.ha ⁻¹)	خلأ عملکرد قابل مدیریت Exploitable yield gap (kg.ha ⁻¹)
1	5552.7	42.7	4137.4	2199.4
2	6572.5	32.2	3117.6	1179.6
3	4812.0	50.3	4878.1	2940.1
4	3167.4	67.3	6522.7	4584.7
5	7622.2	21.3	2067.9	129.9
6	5171.5	46.6	4518.6	2580.6
7	5666.1	41.5	4024.0	2086.0
8	4611.0	52.4	5079.1	3141.1
9	3899.1	59.8	5791.0	3853.0
10	4786.9	50.6	4903.2	2965.2
11	3580.2	63.0	6109.9	4171.9
میانگین Mean	5040.1	48.0	4649.9	2712.0



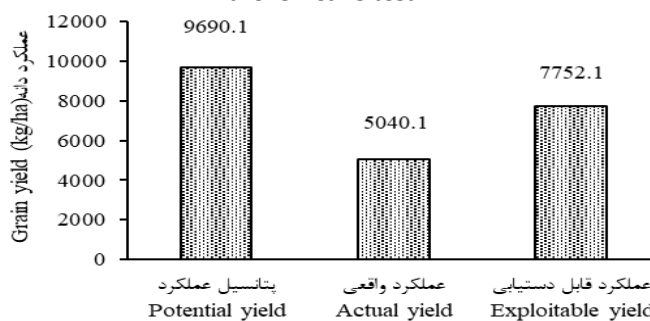
شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی براساس آزمون Ismeans
Figure 1- Comparison of the grain yield means in the studied farms based on the Ismeans test



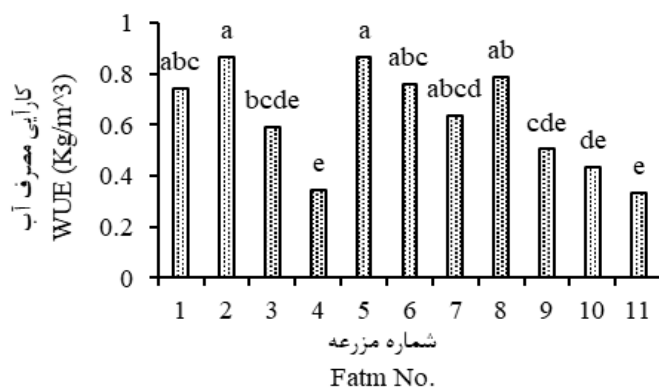
شکل ۲- مقایسه میانگین ماده آلی خاک در مزارع مورد بررسی براساس آزمون Ismeans
Figure 2- Comparison of the organic material means in the studied farms based on the Ismeans test



شکل ۳- مقایسه میانگین شاخص برداشت دانه در مزارع مورد بررسی براساس آزمون Ismeans
Figure 3- Comparison of the grain harvest index means in the studied farms based on the Ismeans test

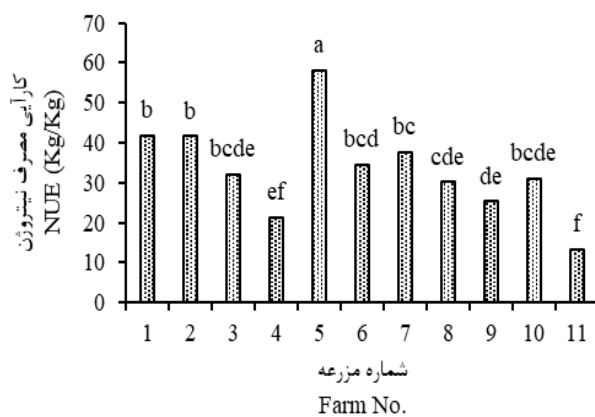


شکل ۴- مقدار عملکردهای واقعی، پتانسیل و قابل دستیابی در مزارع مورد بررسی شهرستان ابرکوه
Figure 4- The actual, potential and exploitable yields at evaluated farms in Abarkoh city



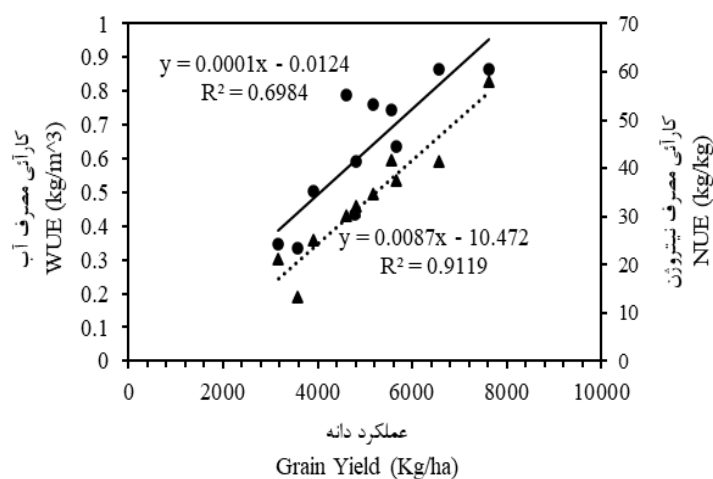
شکل ۵- مقایسه میانگین کارایی مصرف آب در مزارع مورد بررسی

Figure 5- Comparative among water use efficiency in evaluated farms



شکل ۶- مقایسه میانگین کارایی مصرف نیتروژن در مزارع مورد بررسی

Figure 6- Comparative among nitrogen use efficiency in evaluated farms



شکل ۷- رابطه عملکرد دانه با کارایی مصرف آب (●) و کارایی مصرف نیتروژن (▲).

Figure 7- The relationship between grain yield with water use efficiency (●) and nitrogen use efficiency (▲).

References

منابع مورد استفاده

- Abbas Dokht, H., and H. Marvi. 2005. The effect of nitrogen application on wheat yield and yield components. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 36 (6): 1325-1331.
- Alizadeh, P., and A. Soltani. 2016. Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(3): 218 -231. (In Persian).
- Anonymus. 2009. Assessment of fertilizer use by crop at global level. Statistic [Online]. Available at: <http://www.fertilizer.org>.
- Bagheripour, M.A., H. Heidari-Sharifabad, A. Mehraban, and H.R. Ganjali. 2021. Investigation of the limiting factors of wheat seed yield in the eastern region of Kerman. *Journal of Crop Ecophysiology*. 15(3): 435-450. (In Persian).
- Connor, D.J., R.S. Loomis, and K.G. Cassman. 2011. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. 556 pp.
- Gharineh, M.H., A. Bakhshandeh., B. Andarzian, and N. Fayeizadeh. 2012. Agro-climatic zonation of Khouzestan province based on potential yield of irrigated wheat using WOFOST model. *Journal of Agroecology*. 4(3): 255-264. (In Persian).
- Hajjarpour, A., A. Soltani, and B. Torabi. 2016. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Crop Production*. 8(4): 183-201. (In Persian).
- Heydari, A. 2011. Effect of tillage methods on soil physical properties and irrigated wheat yield. *Journal of Water and Soil Science*. 15(57): 115-124.
- Hochman, Z., D. Gobbett, H. Horan, and J.N. Garcia. 2016. Data rich yield gap analysis of wheat in Australia. *Field Crops Research*. 197: 97-106.
- Lobell, D.B., K.G. Cassman, and C.B. Field. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes and causes. *Annual Review of Environment and Resources*. 34: 179-204.
- Mondani, F., A. Bozorgi-Hosseini-Abad, M., Saeedi, A. Bagheri, and H. Heidari. 2019. Evaluation of nitrogen uptake and use efficiency in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) under Kermanshah weather conditions. *Journal of Agroecology*. 11(1): 87-102. (In Persian).
- Montazeri, M., and M. Dehghani. 2013. Climatic regionalization of Yazd province using multivariate statistical methods. *Quarterly Journal of Physical Geography*. 6(19): 45-58. (In Persian).
- Rahimian, M.H., G.H. Ranjbar, H., Gholami, M., Nikkhah, M. Shiran-Tafti, and N. Besharat. 2021. Comparison and analysis of the main factors improving wheat water productivity of surface and drip irrigation methods (Case study: Yazd province). *Journal of Water and Sustainable Development*. 8(3): 55-62. (In Persian).
- Rahimian, M.H., H. Gholami, G.H. Ranjbar, H. Beyrami, B.M. Ahkami, M. Karimi, and S.A.M. Cheraghi. 2022. Interaction of applied water volume and irrigation water salinity on wheat yield in arid regions (Case study: Yazd). *Journal of Water and Sustainable Development*. 8(4): 43-50. (In Persian).
- Ranjbar, G.H., and M.H. Banakar. 2013. The best planting date for wheat in saline and non-saline conditions of Yazd province based to grain yield and water use efficiency. *Iranian Water Researches Journal*. 7(12): 121-129. (In Persian).

- Rezaei, H. 2013. A review of research on application of livestock manure in agricultural land of Iran. *Land Management Journal*. 1(1): 55-68.
- Sodaiehzade, H., S. Advin, M.H. Hakimi, M.A. Hakhmzadeh, and F. Hoshmandzade. 2019. The effect of crop rotation on some soil properties in dry lands (Case Study Roknabad Maybod). *Journal of Environmental Science Studies*. 4(4): 2056-2062.
- Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in field crops. Jahad Danedhgahi Mashhad Press. 175pp. (In Persian).
- Soltani, A., and A. Mirzaei. 2022. Analysis of potential yield and yield gap in plant production systems. Sirang Press, Gorgan, Iran. 45pp. (In Persian).
- Torabi1, B., A. Soltani, S. Galeshi, and E. Zeinali. 2012. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Crop Production*. 4(4): 1-17. (In Persian).
- van-Ittersum, M., K.G. Cassman, P. Grassini, J. Wolf, P. Tittonell, and Z. Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A Review. *Field Crops Research*. 143: 4-17.
- Valizadeh, G.R., and H. Khorsandi. 2016. Study on effects of foliar spraying and soil split application of nitrogen on differences of dry land wheat varieties and genotype for nitrogen uptake, grain and straw yields. *Iranian dryland Agronomy Journal*. 5(1): 87-116.
- Van-Wart, J., C.K. Kersebaum, S. Peng, M. Milner, and K.G. Cassman. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*. 143: 34-43.
- Zarea-Feizabadi, A., and A. Koocheki. 2012. Effects of different crop rotations on yield and yield components of wheat in cold regions of Iran. *International Journal of Agricultural Crop Science*. 4(5): 616-621.

Research Article

DOI:

Reducing the Attainable Yield Gap in Wheat Fields by Increasing the Water Use Efficiency and Nitrogen Use Efficiency (Case Study: Abarkoh city)

Amin Anagholi^{1*}, Golamhasan Ranjbar², Mohamad Hasan Rahimian¹, Mehdi Karimi Zarchi¹, Nadia Besharat³, Vali Soltani Gerd-e-Faramarzi³, Mohamad Motevali Abargoei⁴, and Mehdi Gibollahi⁴

Received: February 2023, Revised: 29 July 2022, Accepted: 6 August 2023

Abstract

This experiment was conducted in order to identify limiting management factors of wheat yield and provide solutions to achieve attainable yield in the farms of Abarkoh-Yazd city during 2020-2021. At first, 11 wheat farms were selected in different parts of the country. All agricultural operations performed by farmers, such as tillage methods, planting date, cultivars used, seed rate, cultivated area, crop rotation, fertilizers used and fertilization time, irrigation operations, pests and diseases control, and weeds control were recorded or measured. At the harvest time, a one-square-meter sample was taken from different parts of the field by quadrats, and 10 plants were randomly selected to measure of the yield components. The potential yield and quantification of the yield-reducing factors were done by the Comparative Performance Analysis method (CPA). The difference between the actual yield of farmers and potential yield was considered as the yield gap and 80% of the potential yield was considered as the attainable yield. The results showed that the average farm yield was 5040 kg.ha⁻¹ and the yield gap obtained was 4659 kg.ha⁻¹, of which 2721 kg can be achieved. Water use efficiency ranged from 0.33 to 0.87 kg.m⁻³ and nitrogen use efficiency ranged from 13.28 to 58.03 kg.kg⁻¹. Farms that were able to achieve higher efficient in water and nitrogen use through appropriate crop management, produced higher yields.

Key words: Wheat production potential, Crop rotation, Irrigation frequency, Attainable yield, Nitrogen fertilizer consumption.

1- Assistant Professor of National Salinity Research Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Yazd, Iran.

2- Associate Prof., of National Salinity Research Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Yazd, Iran.

3- Master of National Salinity Research Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO); Yazd, Iran.

4- Abarkoh Agricultural Service Center; Agricultural Jihad Organization of Yazd Province, Abarkoh, Iran.

*Corresponding Authors: anagholi@yahoo.com