تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳، ص ۱۷-۳۱

مقاله پژوهشی

شناسایی عوامل کاهنده عملکرد گندم به روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA)

(مطالعه موردی: مزارع شهرستان ابرکوه)

امین آناقلی[1*]، مجید نیکخواه[2]، زهره امیدواری[3]

۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران
۲- کارشناس ارشد سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز ملی تحقیقات شوری، یزد، ایران
۳- کارشناس مرکز خدمات کشاورزی شهرستان ابرکوه، سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی یزد، یزد، ایران
* مسئول مکاتبه: anagholi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.368709.1288**

چکیده

عملکردهای واقعی بدست آمده توسط کشاورزان در اکثر مواقع کمتر از عملکرد پتانسیل منطقه است که به عوامل مدیریتی، اقلیمی، خصوصیات خاکی و یا سایر عوامل محدودکننده مثل تنش‌های زنده و غیرزنده مربوط می‌شود. هدف از اجرای این آزمایش یافتن عوامل محدودکننده عملکرد گندم در مزارع شهرستان ابرکوه واقع در استان یزد بود. ابتدا با هماهنگی مراکز خدمات کشاورزی، تعداد ۱۱ مزرعه گندم انتخاب گردید. تمامی عملیات کشاورزی انجام شده توسط کشاورزان از قبیل روش‌های خاکورزی، تاریخ کشت، ارقام مورد استفاده، میزان بذر، تناوب زراعی، کودهای مورد استفاده، دفعات تقسیط کود نیتروژن، مدیریت آبیاری و کنترل علف‌های هرز یادداشت‌برداری و یا اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت، برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد تعداد ۱۰بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و اجزای عملکرد آن شمارش گردید. با استفاده از رگرسیون گام به گام، مدل رگرسیونی مناسب برای این متغیرهای انتخاب شده در برابر عملکرد دانه برازش گردید. سپس با استفاده از روش تحلیل مقایسه‌ی کارکرد[1] درجه تاثیرگذاری هر متغیر مشخص گردید. نتایج نشان داد که متوسط عملکرد مزارع ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد بدست آمده ۴۶۵۹ کیلوگرم در هکتار بود. ترتیب اهمیت متغیرها در کاهش عملکرد بصورت تعداد آبیاری (۲۴ درصد)، تناوب زراعی (۱۸ درصد)، مصرف کود نیتروژن (۱۶ درصد)، روش تهیه بستر کشت (۱۲ درصد)، عدم مصرف کود دامی (۱۲ درصد)، کنترل علف‌های هرز (۱۱ درصد)، تاریخ کاشت (۴ درصد) و تقسیط نیتروژن (۲ درصد) بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تولید، خلأ عملکرد، عوامل محدودکننده تولید، مدیریت زراعی

مقدمه

امنیت غذایی دغدغه همیشگی سیاست‌گذاران کشورهای در حال توسعه بوده است (Ingram, 2011). بر اساس تعریف، امنیت غذایی به معنی تأمین روزانه غذای کافی، سالم و مغذی برای همه مردم و در تمام اوقات است؛ بطوری‌که یک زندگی فعال و سالم داشته باشند. بر اساس سایت مرکز آمار ایران (www.amar.org.ir)، جمعیت ایران ۸۴/۸۷ میلیون نفر است و پیش‌بینی می‌شود که این جمعیت تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۱۰۱ میلیون نفر برسد. به‌دنبال افزایش جمعیت و به‌منظور پاسخگویی به نیاز غذایی در سال ۲۰۵۰ ، باید تولید مواد غذایی و علوفه به میزان ۷۰ درصد نسبت به سال ۲۰۰۵ افزایش پیدا کند (Alexandratos and Bruinsma, 2012). از این رو تأمین امنیت غذایی توأم با حفظ محیط زیست یکی از مهم‌ترین چالش‌های فعلی می‌باشد.

در اکثر مواقع عملکردهای واقعی بدست آمده توسط کشاورزان کمتر از عملکرد پتانسیل منطقه می‌باشد که به‌دلیل ضعف‌های مدیریتی، عوامل اقلیمی، عوامل خاکی و یا سایر عوامل می‌باشد. خلأ عملکرد به فاصله یا تفاوت 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). پتانسیل عملکرد، عبارت است از حداکثر عملکردی که با مدیریت کاملاً مطلوب و در شرایط زراعت آبی قابل برداشت است (Van Ittersum *et al.*, 2013). باید توجه داشت که در

[1] . Comparative Performance Analysis (CPA)

بیشتر سیستم‌های کشت گیاهان زراعی اصلی، رسیدن به پتانسیل عملکرد به‌لحاظ فنی و اقتصادی توجیه پذیر نیست، بنابراین رسیدن به ۷۰ تا ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد مد نظر قرار می‌گیرد که به آن عملکرد قابل حصول[1] گفته می‌شود. به تفاوت بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی کشاورزان در یک منطقه خاص، خلأ عملکرد قابل بهره برداری[2] یا خلأ عملکرد قابل مدیریت گفته می‌شود (Connor *et al.*, 2011; Lobell *et al.*, 2009; Soltani and Mirzaei, 2022). پژوهشگران بر اساس مدل‌های پیش‌بینی عملکرد و منابع آبی و اراضی زراعی موجود، برای گندم آبی عملکرد هدف ۶/۸ تن در هکتار را به عنوان عملکرد قابل حصول تا سال ۲۰۳۰ برآورد کردند، که می‌توان از طریق کاهش خلأ عملکرد، کاهش ضایعات و افزایش کارآئی مصرف آب تا حدود زیادی به این هدف نائل شد (Soltani *et al.*, 2020). بررسی‌های متعددی به راه‌های بهبود امنیت غذایی پرداخته‌اند و اکثر آنها بر رفع خلأ عملکرد به عنوان امید بخش‌ترین راه بهبود امنیت غذایی اتفاق نظر دارند (Foly *etal.*, 2011; Godfray *et al*, 2010). اجرایی شدن نتایج اینگونه پژوهش‌ها، راهکارهای مدیریتی ساده‌ای برای افزایش عملکرد ایجاد می‌کند که با عملیاتی کردن این راهکارهای ساده که در اکثر مواقع هزینه‌های زیادی ندارد، می‌توان به پتانسیل قابل حصول منطقه نزدیک شد. برای شناسایی این عوامل و درجه تأثیرگذاری آنها بر میزان تولید لازم است تا اندازه‌گیری‌های خاصی از خاک و گیاه انجام گردد و در کنار آن عوامل اقلیمی و مدیریتی نیز ثبت گردند.

میزان خلأ عملکرد در کشورهای متنوع و در مناطق مختلف هر کشور دامنه وسیعی دارد؛ پژوهشگران خلأ عملکرد گندم در مناطق مختلف هندوستان را بین ۰/۲ تا ۴/۵ تن در هکتار محاسبه کردند (Lobell *et al.*, 2009). آنها عوامل بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی را در این امر دخیل دانستند که بر اساس طبقه‌بندی آنها عوامل بیوفیزیکی شامل کمبود و عدم توازن عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و غیره، تنش غرقابی، تنش آبی، عملیات کشت نامناسب مثل زمان کاشت و تراکم بوته، مشکلات خاک مثل شوری، قلیایی، اسیدی، سمیت آهن، آلومنیم و بر، خسارات علف‌های هرز، خسارات آفات و بیماری‌ها، ورس و نامناسب بودن کیفیت بذر است. عوامل اقتصادی-اجتماعی نیز شامل عدم توانایی در سودآوری بالا، قدرت ریسک پذیری کم، نداشتن توان مالی مناسب، اختصاص وقت کم برای عملیات کشاورزی و نداشتن دانش کافی برای انجام بهترین عملیات کشاورزی عنوان شده است (Lobell *et al.*, 2009).

پژوهشگران در استرالیا بر اساس پروتکل اطلس جهانی خلأ عملکرد[3] و سیستم شبیه ساز تولیدات کشاورزی[4] میزان خلأ عملکرد گندم دیم را طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۰، حدود ۲ تن در هکتار برآورد کردند (Gobbett *et al.*, 2016). آنها استفاده از ارقام مناسب و بهبود روش‌های مدیریت زراعی را برای کاهش خلأ عملکرد مناسب تشخیص دادند. در یک بررسی کلی برای کشور ایران، نقش عوامل اقلیمی و مدیریتی به‌عنوان عوامل کاهنده عملکرد گندم بررسی شده است. در این بررسی در بین متغیرهای اقلیمی، سهم بارندگی در مقایسه با دما و تابش در تمام استان‌های کشور به جز استان‌های زنجان، گلستان، مازندران و گیلان بیشتر بود و بالاترین ضریب رگرسیونی مربوط به بارندگی در استان‌های اصفهان، سمنان، سیستان و بلوچستان، قم و یزد بود (Koocheki *et al.*, 2017). در این پژوهش تأثیر دما در استان‌های سرد کشور بر عملکرد پتانسیل مثبت و در استان‌های گرم کشور منفی بود. افزایش تابش خورشیدی نیز در استان‌هایی که تعداد ساعات آفتابی روزانه کمتر بود (مثل استان‌های حاشیه دریای خزر) مثبت گردید. در این پژوهش سهم عوامل مدیریتی نیز بررسی گردید که در استان خوزستان بالاترین سهم نسبی تأثیر فاکتورهای مدیریتی بر میزان خلأ عملکرد گندم به ترتیب مربوط به آبیاری، آفت‌کش، کود شیمیایی، کود دامی و مکانیزاسیون بود درحالی‌که این اولویت برای میانگین کشوری به ترتیب مربوط به آبیاری، کود شیمیایی، مکانیزاسیون، آفت‌کش و کود دامی بود (Koocheki *et al.*, 2017). به هرحال به نظر می‌رسد که نتایج این پژوهش بسیار کلی است و می‌تواند در سطح کلان تصمیم‌گیری، برای توزیع نهاده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در حالیکه بررسی‌های موردی انجام شده در مناطق مختلف حاکی از آن است که این موضوع بسیار پیچیده بوده و در سطح هر

[1] . Exploitable Yield
[2] . Exploitable Yield Gap
[3] . Global Yield Gap Atlas (GYGA)
[4] . Agricultural Production System sIMulator (APSIM)

منطقه نتایج بسیار متفاوتی را شامل می‌شود.

در یک بررسی دیگر برای گیاهان زراعی مهم کشور، گزارش شد که دامنه تغییرات عملکرد واقعی گندم آبی در مناطق اقلیمی اصلی بین ۱۷۲۸ تا ۴۳۱۱ کیلوگرم در هکتار بود (Soltani *et al.*, 2018). این عملکردهای واقعی در حالی به دست آمده‌اند که پتانسیل عملکرد گندم آبی در کشور در مناطق اقلیمی اصلی تولید آن بین۶۴۲۷ تا ۱۱۸۹۸ کیلوگرم در هکتار و متوسط آن ۸۸۱۹ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. در این بررسی، خلأ عملکرد قابل مدیریت در کشور برای گندم آبی ۲۳۶۳ تا ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نشان می‌دهد این مقدار افزایش عملکرد در واحد سطح بسته به منطقه اقلیمی قابل دستیابی است. در بیشتر موارد، بالاترین مقادیر خلأ عملکرد قابل مدیریت در مناطقی مشاهده شدند که پتانسیل عملکرد بالاتری نیز دارند. بر اساس این نتایج، به طور متوسط ۳۶۷۷ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد در گندم آبی کشور امکان‌پذیر است. پژوهشگران با بررسی روند ۵۰ ساله تولید غلات در کشور بیان داشتند که افزایش تولید گندم، ۳۴ درصد بخاطر افزایش سطح کشت و مابقی بخاطر افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد که به نظر می‌رسد علت اصلی آن تولید ارقام جدید و بهبود روش‌های مدیریت زراعی بوده است (Zarea Feizabadi *et al.*, 2006).

رقم مورد استفاده در منطقه ابرکوه عمدتاً رقم سیستان می‌باشد که دارای متوسط عملکرد ۴۳۲۳ کیلوگرم در هکتار و ثبت رکورد ۶۶۶۷ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. پژوهشگران در پژوهشی در اراضی گندم دیم و آبی استان گلستان به عواملی مثل استفاده نکردن از دستگاه کاشت بذر در داخل بقایا و وضعیت نامناسب بستر کشت در اراضی دیم کم بازده، عدم وارد کردن بقولات در تناوب و مساحت کم اراضی در اراضی دیم پربازده و نهایتاً عدم مصرف بهینه کود نیتروژن و رعایت نکردن تاریخ کاشت بهینه در اراضی آبی اشاره کردند (Hajjarpour *et al.*, 2017). پژوهشگران دیگر طی یک بررسی در خوزستان با استفاده از مدلWOFOST ، علت خلأ عملکرد بالا در ماهشهر را خاک نامناسب و علت آن در را شهرستان ایذه، عوامل مدیریتی عنوان کردند (Gharineh *et al.*, 2012). در نهایت در این بررسی استان خوزستان از لحاظ پتانسیل تولید گندم به سه منطقه تفکیک گردید: ۱- مناطق با پتانسیل تولید بیش از ۹ تن در هکتار (محدوده شهرستان ایذه)؛ ۲- مناطق با پتانسیل بین ۸ تا ۹ تن در هکتار (بستان، مسجد سلیمان، دزفول و بهبهان)؛ ۳- مناطق با پتانسیل ۷ تا ۸ تن در هکتار (امیدیه، آبادان، اهواز، رامهرمز، ماهشهر و شوشتر) (Gharineh *et al.*, 2012).

در پژوهشی دیگر در شرق استان خوزستان پژوهشگران با جمع‌آوری داده‌های هواشناسی به نقش عوامل اقلیمی بر عملکرد دانه گندم پرداختند (Borna and Amiri, 2017). بر اساس نتایج این پژوهش، شهرستان ایذه به دلیل بارش مناسب و کافی مناسب برای شرایط دیم و شهرستان‌های بهبهان و رامهرمز به‌دلیل دسترسی آسان‌تر به آب رودخانه مارون مناسب برای کشت آبی تشخیص داده شدند. شهرستان امیدیه نیز بخاطر بارش کم و دمای بالا در فروردین و اردیبهشت برای کشت دیم توصیه نمی‌گردد. نامبردگان بیان داشتند که بدلیل کافی بودن تعداد ساعات آفتابی در این منطقه می‌توان از این خصوصیت برای تولید ارقامی با شاخص سطح برگ بیشتر و یا ارقام با میزان کلروفیل بالاتر استفاده کرد (Borna and Amiri, 2017). پژوهشگران دیگر در منطقه عقیلی گتوند در استان خوزستان، پتانسیل تولید گندم آبی را ۸۰۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند که با لحاظ کردن عوامل محدودکننده خاکی و سطوح مختلف مدیریتی، عملکردی بین ۲۲۹۶ تا ۶۷۵۶ کیلوگرم در هکتار بدست می‌آید؛ این در حالی است که عملکرد واقعی کشاورزان در منطقه بین ۵۰۰ کیلوگرم برای شرایط دیم تا ۵۷۰۰ کیلوگرم برای شرایط آبی متغیر بود. در نهایت آنها عوامل کاهنده‌ی عملکرد در منطقه را آهک، زهکشی ضعیف، شوری و قلیائیت و عدم مدیریت صحیح عنوان کردند (Seyed Jalali *et al.*, 2013). در گزارشی دیگر پتانسیل تولید گندم آبی در منطقه میان آب شوشتر ۹۳۳ تا ۶۰۲۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که پس از اصلاح محدودیت‌های خاکی و آبیاری اراضی، قابلیت تولید بین ۴۸۴۹ تا ۶۳۵۲ کیلوگرم در هکتار را خواهد داشت. این در حالی است که عملکرد کشاورزان منطقه در سال مورد بررسی بین ۱۵۰۰ تا ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در اراضی آبی بود (Seyed Jalali, 2016).

با توجه به بررسی‌های فوق و نتایج آنها به نظر می‌رسد که بیشتر بررسی‌های انجام شده در مناطق مختلف کشور با هدف تعیین پتانسیل عملکرد صورت گرفته است و عوامل کاهنده

عملکرد را به‌صورت کلی به بارندگی کم، عوامل خاکی و مدیریت نامناسب ارتباط داده‌اند. به غیر از عوامل اقلیمی که در بهبود آن تأثیرگذاری کمی وجود دارد، عوامل خاکی و مدیریت نامناسب را تا حدود زیادی می‌توان مدیریت کرد. مدیریت نامناسب شامل محدوده بسیار وسیعی از عوامل، از سال‌ها پیش از کاشت تا زمان برداشت هستند که برآیند آنها می‌تواند عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. بنابراین در این پژوهش ضمن تعیین عوامل کاهنده عملکرد، به بررسی ریز مدیریت کشاورزان پرداخته شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در سایر نقاط کشور درباره علل خلأ عملکرد موجود در محصولات زراعی به ویژه گندم که هدف این پژوهش است و نتایجی که از ارزیابی‌های این بررسی‌ها بدست آمده می‌توان روی دستیابی به ۷۰ تا ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد (عملکرد قابل حصول) هدف‌گذاری کرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزارع کشاورزی شهرستان ابرکوه انجام شد. ابرکوه جز فلات مرکزی ایران است و وسعتی بالغ بر ۵۳۴۷ کیلومتر مربع دارد و از جهت وسعت ششمین شهرستان بزرگ استان یزد محسوب می‌شود. این شهرستان در مقیاس عمومی، ویژگی‌های اقلیمی مناطق کویری درون فلاتی ایران را داراست و از مشخصات آن، کمیِ بارندگی، دامنه نوسان حرارتی کم و بیش زیاد و خشکی می‌باشد. برای انجام این پژوهش، ابتدا تعداد ۱۱ مزرعه گندم (مساحت ۰/۵ تا ۴ هکتار) از مناطق مختلف شهرستان ابرکوه و بر اساس پراکنش چاه‌های آب در منطقه و توصیه مراکز خدمات کشاورزی منطقه (میزان بالای همکاری کشاورزان) انتخاب گردید (جدول ۱). در طول فصل رشد به این مزارع سرکشی شد و اندازه‌گیری‌های لازم از شوری خاک، مدیریت زراعی، وضعیت رشدی گیاه، تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، طول مراحل رشدی (زمان کاشت، سبز شدن، پنجه‌زنی، طویل شدن ساقه، غلاف‌رفتن، خوشه‌دهی، گل‌دهی، شیری شدن، خمیری و رسیدگی برداشت) و عملکرد بدست آمده انجام گردید.

عملکرد دانه و تعداد سنبله در متر مربع در هر مزرعه با کوادرات یک متر مربعی و از نقاط مختلف مزرعه و در سه تکرار اندازه‌گیری و/یا شمارش گردید. تعداد دانه در سنبله از شمارش دانه‌ها در ۱۰ سنبله بطور تصادفی و وزن هزار دانه با دستگاه شمارش بذر در سه تکرار و با دقت ۰/۰۱ گرم بدست آمد. شاخص برداشت دانه نیز از نسبت وزن دانه به عملکرد کل در هر کوادرات بر حسب درصد بدست آمد. مدیریت زراعی کشاورزان از قبیل: میزان بذر، تاریخ کاشت، مدیریت کودی، ادوات شخم و روش تهیه بستر، ماشین‌های کاشت، سیستم آبیاری، دفعات آبیاری، شوری آب آبیاری، مدیریت آفات و بیماری، روش کنترل علف هرز، سموم مورد استفاده و میزان و دفعات بکارگیری، تناوب زراعی، ارقام مورد کشت، نوع بذر مصرفی، زمان و نحوه برداشت محصول، ریزش از کمباین و سایر مشکلات نظیر ورس، وضعیت بستر کشت و سطح ریسک پذیری کشاورز در تأمین نهاده مورد نیاز و سطح انتظارات کشاورز مورد بررسی قرار گرفت. در طول فصل رشد و پس از برداشت، از خاک محل آزمایش نمونه‌گیری شد و میزان عناصر نیتروژن، فسفر (Olsen *et al.*, 1945; Olsen *et al.*, 1982)، پتاسیم (Mc Lean and Watson, 1985)، کربن آلی (Walkley and Black, 1934) و نیتروژن و مواد آلی (محاسبه شده از کربن آلی) اندازه‌گیری شد.

آمار هواشناسی مورد نیاز از قبیل دمای حداقل و حداکثر روزانه، طول ساعات آفتابی، بارندگی و تشعشع کل بصورت روزانه از مرکز هواشناسی جمع‌آوری شد و مشخصات جغرافیایی هر مزرعه شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا نیز ثبت گردید. آمار تولید و سطح زیر کشت در استان یزد بر اساس داده‌های رسمی وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید (جدول ۲). نیتروژن خاک در زمان کشت با استفاده از مدل تجربی و برآورد از میزان کربن آلی بدست آمد (Soltani, 2009). میزان خلأ عملکرد و تأثیر مدیریت‌های زراعی با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد انجام شد. بر اساس این روش، عملکرد استحصالی کشاورزان، y و هر یک از اقدامات انجام شده به عنوان متغیر، xi در نظر گرفته شد. سپس بر اساس رگرسیون گام به گام، مهمترین متغیرهای تأثیرگذار شناسایی گردید و توسط مدل رگرسیونی بدست آمده سهم هر یک از متغیرهای انتخابی در ایجاد خلأ عملکرد مشخص گردید (Soltani and Mirzaei, 2022). داده‌های آزمایش پس از آزمون توزیع نرمال (آزمون t) بصورت طرح آشیانه‌ای در نرم‌افزار SAS و رویه GLM تجزیه گردید (Soltani and Torabi, 2014). مقایسات میانگین نیز بر اساس رویه lsmeans و رسم نمودارها در محیط

اکسل انجام شد. در نهایت بر اساس نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات انجام شده از نحوه مدیریت مزارع و محاسبات انجام شده، به بررسی و تجزیه و تحلیل تفاوت عملکرد ایجاد شده در هر مزرعه پرداخته شد.

جدول ۱ – مدیریت‌های زراعی انجام شده در مزارع مورد بررسی شهرستان ابرکوه

Table 1- Agricultural managements carried out in the studied farms of Abarkoh

شماره مزرعه Farm Num.	مختصات جغرافیایی Geographic Coordinates	دفعات آبیاری- حجم آب ورودی به مزرعه Irri. No.-Water Volume Entering Farm (m^3/ha)	تناوب زراعی دو ساله Biannual Rotation	میزان بذر مصرفی Seed Rate (Kg/ha)	تاریخ کشت-رقم Planting Date-Cultivar	دفعات تقسیط نیتروژن-مقدار مصرف نیتروژن N. Split Times-Applied N. (Kg/ha)	شخم تابستانه و پائیزه Summer and Autumn Plough
1	N 31.18, E 53.27	8-7448	آیش-گندم Fallow-Wheat	250	۱۰ آبان-طلایی 1 Nov.-Talaee	3-95	تابستانه و پائیزه Summer and fall
2	N 31.19, E 53.28	7-7503	آیش-گندم Fallow-Wheat	250	اواسط آبان-سیستان 6 Nov.-Sistan	5-120	تابستانه و پائیزه Summer and fall
3	N 31.01, E 53.36	9-8124	آیش-گندم Fallow-Wheat	250	اوایل آبان-سیستان 23 Oct.-Sistan	3-115	تابستانه و پائیزه Summer and fall
4	N 30.98, E 53.41	8-9118	آیش(یونجه)-گندم Fallow(Alfalfa)-Wheat	250	اواسط آبان-سیستان 6 Nov.-Sistan	2-115	پائیزه Fall
5	N 31.18, E 53.27	8-8816	یونجه-گندم Alfalfa-Wheat	230	اواسط آبان-سیستان 6 Nov.-Sistan	2-92	تابستانه و پائیزه Summer and fall
6	N 30.95, E 53.36	8-6786	آیش-گندم Fallow-Wheat	250	اوایل آبان-سیستان 23 Oct.-Sistan	2-115	تابستانه و پائیزه Summer and fall
7	N 31.05, E 53.33	9-8882	گندم-گندم Wheat-Wheat	210	اواسط آبان-برزگر 6 Nov.-Barzegar	3-115	تابستانه و پائیزه Summer and fall
8	N 31.17, E 53.28	7-5861	آیش-گندم Fallow-Wheat	250	اواخر آبان-سیستان 21 Nov.-Sistan	2-115	تابستانه و پائیزه Summer and fall
9	N 31.00, E 53.11	8-7721	آیش-گندم Fallow-Wheat	200	اوایل آبان-نارین 23 Oct.-Narin	1-115	پائیزه Fall
10	N 31.00, E 53.17	9-11036	آیش-گندم Fallow-Wheat	200	اوایل آبان-سیستان 23 Oct.-Sistan	1-115	پائیزه Fall
11	N 31.01, E 53.18	11-10662	آیش-گندم Fallow-Wheat	200	اواسط مهر-روشن 7 Oct.-Roshan	2-230	پائیزه Fall

جدول ۲- سطح زیر کشت، میزان تولید و عملکرد گندم در استان یزد طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۹۳

Table 2- Cultivated area, wheat production and yield in Yazd province during 2014-2021

سال Year	۹۴-۱۳۹۳ 2014-2015	۹۵-۱۳۹۴ 2015-2016	۹۶-۱۳۹۵ 2016-2017	۹۷-۱۳۹۶ 2017-2018	۹۸-۱۳۹۷ 2018-2019	۹۹-۱۳۹۸ 2019-2020	۱۴۰۰-۱۳۹۹ 2020-2021
سطح زیر کشت **Cultivated Area (ha)**	13325	12150	11200	9767	10337	9100	9100
تولید **Production (Ton)**	40219	39494	41114	37636	34181	35035	--
عملکرد **Yield (Kg/ha)**	3018.3	3250.5	3670.9	3853.4	3306.7	3850.0	--

منبع: آمارنامه‌های کشاورزی

Source: Agricultural Statistics

نتایج و بحث

عملکرد پتانسیل و میزان خلأ عملکرد

در این بررسی متوسط عملکرد بدست آمده از مزارع گندم، ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار با دامنه ۳۱۶۷ تا ۷۶۲۲ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس رگرسیون گام به گام از مجموعه عوامل مدیریتی مورد بررسی و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای انجام شده، چند عامل به عنوان عوامل مؤثر در کاهش عملکرد انتخاب گردید و سهم هر عامل در کاهش عملکرد در جدول ۳ مشخص شد. مدل رگرسیونی بدست آمده بصورت رابطه ذیل بود:

$$Y=6254.79+1601.39x1+22.72x2+159.09x3+679.08x4+19.17x5+837.66x6-135.37x7+1051.03x8 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن Y، عملکرد دانه و x1 تا x8 به ترتیب مدیریت تهیه بستر، تاریخ کاشت، دفعات تقسیط نیتروژن، دفعات آبیاری، مقدار کود نیتروژن، تناوب زراعی، کنترل علف‌های هرز و مصرف یا عدم مصرف کود دامی است. این مدل مقدار عملکرد واقعی را ۵۰۳۱ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد.

بر اساس جدول ۳ و مدل برازش داده شده، پتانسیل عملکرد و پتانسیل عملکرد قابل حصول (۸۰ درصد پتانسیل عملکرد) بر اساس شرایط مدیریتی مطلوب به ترتیب ۹۶۹۰ و ۷۷۵۲ کیلوگرم در هکتار بود؛ لذا خلأ عملکرد آن ۴۶۵۹ کیلوگرم در هکتار و خلأ عملکرد قابل مدیریت آن ۲۷۲۱ کیلوگرم بدست آمد. پژوهشگران در گرگان خلأ عملکرد بدست آمده در مزارع مورد بررسی در گرگان را ۱۵۴۱ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند که با رعایت توصیه‌های مدیریتی می‌توان این عدد را تا حدود زیادی کم کرد (Hajjarpour *et al.*, 2016). پژوهشگران دیگر در خوزستان میزان خلأ عملکرد گندم را در شهرستان‌های مختلف استان خوزستان محاسبه کردند که بین ۴۱ درصد در دزفول (۳۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) تا ۶۶ درصد در ماهشهر (۵۰۶۹ کیلوگرم در هکتار) متغیر بود (Gharineh *et al.*, 2012).

جدول ۳- تاثیر متغیرهای انتخاب شده بر اساس نتایج رگرسیون بر خلأ عملکرد گندم در شهرستان ابرکوه

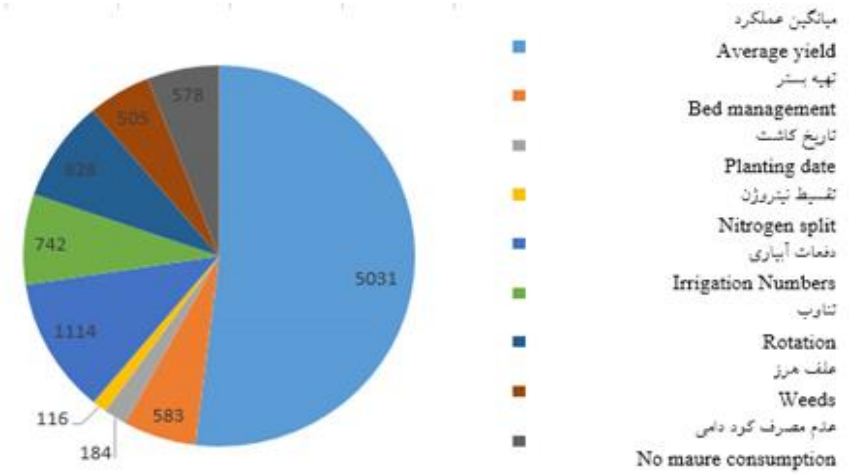
Table 3- The effect of selected variables based on regression results on wheat yield gap in Abarkouh

متغیر	ضریب	مقدار متغیر در مدل		عملکرد حاصل با مدل		کاهش عملکرد	
Variable	**Coefficient**	**Variable value in model**		**Yield by model**		**Yield decrease**	
		میانگین	مقدار مطلوب	میانگین	مقدار مطلوب	مقدار	درصد
		Mean	**Desired amount**	**Mean**	**Desired amount**	**Amount(kg/ha)**	**Percent**
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
تقسیط 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) No Manure Consumption**	1051.03	0.45	1	472.96	1051.03	578.07	12.41
مجموع **Total**	--	--	--	5031.23	9690.11	4658.88	100

سهم عوامل مدیریتی در کاهش عملکرد

در بین عوامل انتخاب شده بر اساس رگرسیون گام به گام، سهم دفعات آبیاری در کاهش عملکرد ۲۴ درصد بدست آمد. این موضوع با توجه به قرار گرفتن منطقه در مناطق خشک (Montazeri and Dehghani, 2013) و سهمیه‌بندی آب توسط وزارت نیرو و تعطیلی دو ماهه چاه‌های آب و هم‌چنین اولویت‌بندی کشاورزان به محصولات رقیب و با ارزش‌تر، دور از انتظار نیست. سهم تناوب زراعی در کاهش عملکرد ۱۸ درصد بود که این موضوع بخاطر تناوب یونجه-گندم در چند مزرعه بود که عملکردهای بالاتری تولید کردند. استفاده از بقولاتی مثل یونجه در تناوب باعث افزایش کربن آلی خاک می‌گردد (Sodaiezade *et al.*, 2019) و افزایش کربن آلی باعث حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول بعدی در تناوب می‌شود؛ بطوری‌که همبستگی ۸۰ درصدی بین کربن آلی و عملکرد گندم گزارش شده است (Zarea Feizabadi and Koocheki, 2012). بر اساس نتایج جدول ۳ در این پژوهش، مصرف کم مقدار کود نیتروژن باعث کاهش ۱۶ درصدی عملکرد دانه گردید و عدم مصرف کود دامی و مدیریت نامناسب تهیه بستر هر کدام ۱۲ درصد در کاهش عملکرد تأثیرگذار بودند. اهمیت مصرف مقدار کافی کود نیتروژن برای حصول حداکثر عملکرد در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (Alizade and Soltani, 2016; Ifa, 2009). نتایج یک پژوهش با استفاده از آنالیز خط مرزی نشان داد که برای رسیدن به حداکثر رکوردهای ثبت شده در منطقه گرگان (بیش از شش تن در هکتار) نیاز به مصرف ۹۶ کیلوگرم نیتروژن خالص است که ۷۳ کیلوگرم آن باید بصورت 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 می‌شود (Rezaei, 2013). بر اساس نتایج جدول ۳، سهم علف‌های هرز در کاهش عملکرد، ۱۱ درصد و تاریخ کاشت، چهار 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. بر اساس نتایج جدول ۱، در نُه 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 بدست آمد.

بر اساس شکل ۱ و جدول ۳ سهم هشت عوامل مدیریتی تأثیرگذار در کاهش عملکرد دانه مزارع گندم مورد بررسی به‌ترتیب دفعات آبیاری (۲۴ درصد)، تناوب زراعی (۱۸ درصد)، مقدار کود نیتروژن (۱۶ درصد)، مدیریت تهیه بستر و مصرف کود دامی (هر کدام ۱۲ درصد)، علف هرز (۱۱ درصد)، تاریخ کاشت (۴ درصد) و تقسیط کود نیتروژن (۲درصد) بودند. بنابراین با مدیریت دفعات آبیاری و مصرف کافی کود نیتروژن، می‌توان ۴۰ درصد از کاهش عملکرد جلوگیری کرد و با افزودن رعایت تناوب زراعی مناسب، مدیریت تهیه بستر، مصرف کود دامی و کنترل علف هرز، میزان جلوگیری از کاهش عملکرد به حدود ۹۴ درصد می‌رسد. بر اساس مدل رگرسیونی (رابطه ۱)، متوسط عملکرد مزارع مورد مطالعه ۵۰۳۱ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید و متوسط عملکرد مشاهده شده نیز ۵۰۴۰ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده برآورد مناسب مدل می‌باشد.



شکل ۱– سهم عوامل مدیریت زراعی در کاهش عملکرد مزارع مورد بررسی در شهرستان ابرکوه

Figure 1- The proportion of agricultural management variables on reducing of the yield in investigated farms of Abarkoh

پژوهشگران با استفاده از سیستم فرآیند سلسله مراتبی[1] در منطقه گرگان بیان کردند که دیدگاه کشاورزان با کارشناسان کشاورزی در خصوص عوامل مدیریتی متفاوت است. از دیدگاه کارشناسان کشاورزی به ترتیب مدیریت نادرست آبیاری، نامناسب بودن ارقام مورد کشت از نظر ژنتیکی و استفاده نامناسب از کودهای پایه، سرک و میکرو دلایل اصلی کاهش عملکرد گندم در منطقه بودند، درحالی‌که از دیدگاه کشاورزان منطقه به ترتیب میزان نامناسب بذر در زمان کاشت، استفاده نامناسب از کود میکرو، عمق نامناسب کاشت، نامناسب بودن رقم مورد کشت از نظر ژنتیکی و ریزش بذر در هنگام برداشت محصول دلایل اصلی کاهش عملکرد گندم بودند. پس از بررسی‌های بیشتر، این پژوهشگران اولویت‌بندی کارشناسان را منطقی‌تر توصیف کردند (Torabi *et al.*, 2013). این پژوهشگران در تحقیقی دیگر، ضمن تحلیل عوامل محدود کننده عملکرد گندم در منطقه گرگان بیان داشتند که بین عملکرد کشاورزان و عملکرد قابل حصول منطقه ۲۳۴۸ کیلوگرم تفاوت وجود دارد و با مدیریت مناسب کود نیتروژن و پتاسیم و تاریخ کاشت، می‌توان این فاصله را تا حدود زیادی از بین برد (Torabi *et al.*, 2012).

بررسی اجزای عملکرد دانه

بر اساس نتایج رگرسیون، اجزای عملکرد مؤثر در کاهش عملکرد شامل تعداد سنبله در متر مربع (x1) ، تعداد دانه در سنبله (x2) ، وزن هزار دانه (x3) و شاخص برداشت (x4) دانه بودند. مدل رگرسیونی برازش شده بصورت:

$$Y=-3115.13+6.22x1+68.00x2+24.07x3+62.03x4$$

(رابطه ۲)

بود که در آن x1 تا x4 به‌ترتیب تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت دانه هستند. بر اساس نتایج جدول ۴، میانگین تعداد سنبله در متر مربع ۴۶۵ سنبله بود و بیشترین و کمترین آن به ترتیب در مزرعه پنج و ۱۱ با ۶۱۷ و ۲۳۳ سنبله در متر مربع بدست آمد. بیشترین تأثیر در کاهش عملکرد نیز مربوط به همین جزء با ۴۱ درصد بود (جدول ۴). میانگین تعداد دانه در سنبله در مزارع، ۳۰ دانه بدست آمد که دامنه آن ۲۴ تا ۳۴ دانه در سنبله به ترتیب در مزارع نُه و هفت بود. درصد تأثیر تعداد دانه در سنبله در کاهش عملکرد ۲۰ درصد بدست آمد (جدول ۴). میانگین وزن هزا دانه نیز ۳۶ گرم با دامنه ۲۸ تا ۴۰ به ترتیب در مزارع ۳ و ۵ بود و درصد تأثیر این جزء در کاهش عملکرد ۱۰ درصد بدست آمد. میانگین شاخص برداشت مزارع ۳۸ درصد با دامنه ۲۷ تا ۴۶ درصد به ترتیب در مزارع ۹ و ۵ بود. از لحاظ میزان تأثیر در کاهش عملکرد، شاخص برداشت دانه ۲۹ درصد تأثیرگذار بود. یکی از عوامل مؤثر در شاخص برداشت، کسری از تولید است که پس از گرده‌افشانی صورت می‌گیرد لذا برای افزایش آن بایستی به فتوسنتز پس از گرده‌افشانی توجه کرد و یکی از راهکارهای مدیریتی عملی در این خصوص محلول‌پاشی نیتروژن می‌باشد. با توجه به اینکه جذب نیتروژن از خاک پس از گرده‌افشانی شدیداً کاهش یافته و نهایتاً متوقف می‌شود، لذا جذب برگی نیتروژن از طریق انجام محلول‌پاشی، می‌تواند ضمن بهبود فرایند فتوسنتز جاری، در تسهیل انجام انتقال مجدد نیز تأثیرگذار بوده و بدین طریق سهم زیادی در پر شدن دانه‌ها داشته باشد (Torabi *et al.*, 2012). پژوهشگران تأثیر مثبت محلول‌پاشی نیتروژن در مراحل ساقه‌رفتن، گل‌دهی و خروج خوشه از غلاف برگ را بر افزایش شاخص برداشت گندم گزارش کردند (AbasDokht and Marvi, 2005). پژوهشگران دیگر نیز تأثیر مثبت محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد دانه گندم را به اندازه مصرف تقسیط در زمان ساقه‌رفتن مؤثر دانستند، ولی تاکید کردند که واکنش ارقام مختلف در افزایش عملکرد و میزان جذب نیتروژن متفاوت است (Valizadeh and Khorsandi, 2016). در ارقام آرتا و مغان ۳ در منطقه گرگان با محلول‌پاشی کود ۵ درصد نیتروژن، باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار گردید که معنی‌دار نبود (Soughi *et al.*, 2010).

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 پر شدن دانه، سطح برگ کافی برای تعرق و فتوسنتز

[1] . Analytical Hierarchy Process (AHP)

وجود داشته باشد یعنی رشد رویشی کافی نیز صورت پذیرد در غیر این‌صورت 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 افزایش یافته و کارآیی مصرف آب نیز بالاتر برود. با افزایش نسبت تعرق یا سهم کسری از آب ورودی به مزرعه که در تعرق مصرف می‌شود، می‌توان کارآیی مصرف آب و عملکرد را افزایش داد (Soltani, 2009). 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 در تناوب که با ایجاد منافذ در خاک باعث تسهیل نفوذ ریشه گیاه بعدی می‌گردد، به همراه تغذیه و کوددهی مناسب برای گسترش و رشد ریشه، مبارزه با علف‌های هرز و آیش‌گذاری و حفظ بقایا راه‌کارهایی هستند که می‌توانند باعث افزایش سهم تعرق در گیاه زراعی بشوند. در پژوهش حاضر نیز بر اساس نتایج جدول ۳ سهم این مدیریت‌ها در کاهش عملکرد مشخص گردید. تناوب زراعی مناسب و گنجاندن گیاهانی مثل یونجه در تناوب زراعی، تهیه بستر مناسب برای استقرار کافی بوته، زمان کشت مناسب، استفاده از کود به مقدار کافی، تقسیط کود نیتروژن، مدیریت مناسب آبیاری و کنترل علف‌های هرز از مواردی است که در این پژوهش برجسته شدند و هر کدام سهم مشخصی در کاهش عملکرد داشتند. بیشترین سهم نیز در کاهش عملکرد 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 کارآیی مصرف کود اشاره کرد که باعث افزایش شاخص برداشت خواهد شد. مدیریت‌های زراعی که در این خصوص اهمیت دارند، شامل اِعمال تغذیه‌های متوازن عناصر غذایی است؛ بطوری‌که کمبود یک عنصر فراهمی بقیه عناصر را مختل نکند. استفاده از تناوب زراعی و گنجلندن بقولات در تناوب و افزایش ماده آلی خاک از طریق مصرف کود دامی که منبع مناسب و پایدار عناصر از جمله نیتروژن و فسفر است. تقسیط کود نیتروژن به دفعات مناسب که باعث جلوگیری از تلفات آبشویی نیترات خواهد شد. تمامی این عوامل در نهایت منجر به افزایش شاخص برداشت دانه خواهد گردید.

جدول ۴- تأثیر اجزای عملکرد بر میزان خلأ عملکرد با استفاده از مدل برازش شده در مزارع مورد بررسی شهرستان ابرکوه

Table 4- The effects of yield components on the yield gap using the fitted model in the investigated farms of Abarkoh

شماره مزرعه	عملکرد دانه			تعداد سنبله در متر مربع			تعداد دانه در سنبله			وزن هزار دانه			شاخص برداشت دانه		
	Grain yield (kg/ha)			Spike/m^2			Grain/spike			1000 Kernel weight (g)			Grain harvest index (%)		
Farm no.	بدست‌آمده Obtained	برازش‌شده Fitted	خلأ gap	بدست‌آمده Obtained	کمبود Deficiency	درصد تاثیر Effectiveness	بدست‌آمده Obtained	کمبود Deficiency	درصد تاثیر Effectiveness	بدست‌آمده Obtained	کمبود Deficiency	درصد تاثیر Effectiveness	بدست‌آمده Obtained (%)	کمبود Deficiency	درصد تاثیر Effectiveness (%)
1	5552.7	5587.2	2986.8	552.7	147.3	30.7	29.1	10.9	24.8	35.8	14.2	11.4	39.1	15.9	33.1
2	6572.5	6141.2	2432.8	580.0	120.0	30.7	32.7	7.3	20.5	30.2	17.8	19.6	43.5	11.5	29.3
3	4812.0	4758.0	3816.0	456.7	243.3	39.7	32.1	7.9	14.0	27.6	22.4	14.1	35.2	19.8	32.2
4	3167.4	4600.3	3973.8	371.3	328.7	51.4	27.1	12.9	22.1	37.5	12.5	7.6	42.9	12.1	18.9
5	7622.2	6566.4	2007.7	616.7	83.3	25.8	29.3	10.7	36.1	40.1	9.9	11.9	46.5	8.5	26.1
6	5171.5	5445.3	3128.7	486.7	213.3	42.4	32.6	7.4	16.1	37.6	12.4	9.6	38.9	16.1	31.9
7	5666.1	5920.6	2653.5	556.7	143.3	33.6	34.1	5.9	15.0	34.8	15.2	13.8	38.9	16.1	37.5
8	4611.0	5310.6	3263.4	456.7	243.3	46.4	32.0	8.0	16.7	36.8	13.2	9.7	40.7	14.3	27.2
9	3899.1	3396.5	5177.6	370.7	329.3	39.6	23.6	16.4	21.5	38.0	11.9	5.5	27.2	27.8	33.3
10	4786.9	4480.2	4093.8	433.3	266.7	40.5	29.3	10.7	17.8	38.9	11.1	6.5	31.8	23.2	35.2
11	3580.2	3237.0	5337.0	233.3	466.7	54.4	26.2	13.8	17.6	36.6	13.4	6.0	36.1	18.9	21.9
Mean	5040.1	5040.6	3533.4	465.0	235.3	41.4	29.8	10.2	19.6	35.8	14.0	9.7	38.3	16.7	29.4

بر اســاس نتایج جدول ۴، مزرعه شــماره پنج کمترین خلأ عملکرد با مقدار ۲۰۰۷ کیلوگرم در هکتار و مزرعه ۱۱ بیشترین خلأ عملکرد با ۵۳۳۷ کیلوگرم در هکتار را داشتند. میانگین خلأ عملکرد برای مزارع مورد بررسی از طریق بررسی اجزای عملکرد دانه، ۳۵۳۳ کیلوگرم در هکتار بود. سـهم تعداد سـنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در کاهش عملکرد مزرعه شماره پنج به ترتیب ۲۵/۸۲ ، ۳۶/۱۴ ، ۱۱/۹۰ و ۲۶/۱۴ درصد و در مزرعه شماره ۱۱ به ترتیب ۵۶/۳۹ ، ۱۷/۶۲ ، ۶/۰۵ و ۲۱/۹۴ درصد بود. این اعداد برای میانگین همه مزارع مورد بررسی به ترتیب ۴۱/۳۷ ، ۱۹/۵۷ ، ۹/۶۷ و ۲۹/۳۹ درصد بود. مؤثرترین جزء عملکرد، تعداد سـنبله در متر مربع بود و در عملیات زراعی بایسـتی به این موضـوع توجه ویژه‌ای داده شـود. برای افزایش تعداد سنبله در متر مربع، ایجاد یک بستر مناسب برای اسـتقرار کافی بوته، بسـیار لازم اسـت و پس از آن داشـتن بوته‌های قوی در یک بســتر حاصــلخیز و با رطوبت کافی که بتوانند به تعداد کافی پنجه بارور تولید نمایند. در مزرعه شـماره پنج، تعداد سـنبله در متر مربع ۶۱۷ عدد بود و لذا سـهم آن در کـاهش عملکرد در این مزرعـه کمتر بود، ولی تعـداد دانـه در سـنبله ۲۹/۳۳ دانه بود و تأثیر بیشـتری در کاهش عملکرد در این مزرعـه ایجـاد کرد. تنش آبی در مرحلـه گرده‌افشـــانی و گل‌دهی می‌تولند روی این جزء عملکرد بســیار تأثیر بگذارد. بر اساس نتایج جدول ۵، وزن هزار دانه در همه مزارع مورد بررسی، تأثیر کمتری در کاهش عملکرد از بقیه اجزای عملکرد داشـت و شاخص برداشت دانه پس از تعداد سنبله در متر مربع بیشـترین تأثیر را در کاهش عملکرد داشـت. برای داشـتن یک شـاخص برداشت بالا که خود هر سه جزء تعداد سنبله، تعداد دانه و وزن دانه را شامل می‌شود، بایستی مدیریت زراعی مناسبی را قبل از کاشـت تا زمان برداشـت اجرا کرد. پژوهشـگران دیگر طی انجام یک پژوهش بیان داشـتند که برای رسـیدن به عملکرد بالاتر در شـرایط بدون تنش آبی باید به‌ترتیب شـاخص برداشـت، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله و در شرایط تنش، در درجه اول شـاخص برداشـت و سـپس تعداد دانه در سـنبله را افزایش داد (Torabian and Maghsoudi, 2014).

نتیجه‌گیری کلی

بر اســاس نتایج این تحقیق، پتانســیل عملکرد گندم در شـــهرســـتان ابرکوه ۹۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بود و با توجه به عملکرد اسـتحصـالی کشـاورزان، میزان خلأ عملکرد ۴۸ درصـد معادل ۴۶۵۹ کیلوگرم در هکتار بدسـت آمد که ۲۷۲۱ کیلوگرم آن قابل اسـتحصـال در نظر گرفته می‌شـود. بنابراین پتانسـیل عملکرد قابل اســتحصــال در منطقه ۷۷۵۲ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در این پژوهش، بیشترین عوامل مدیریتی در کاهش عملکرد به‌ترتیب مربوط به تعداد ناکافی آبیاری با ســهم ۲۴ درصـــد (۱۱۱۴ کیلوگرم در هکتار)، عدم رعایت تناوب زراعی مناسـب با سـهم ۱۸ درصـد (۸۳۸ کیلوگرم در هکتار)، مصـرف نـاکافی کود نیتروژن بـا ســـهم ۱۶ درصـــد (۷۴۲ کیلوگرم د رهکتار)، مدیریت تهیه بستر با سهم ۱۲/۵ درصد (۵۸۳ کیلوگرم در هکتار)، عدم استفاده از کود دامی با سهم ۱۲/۴ درصد (۵۷۸ کیلوگرم د رهکتار) و عدم کنترل مناسـب علف‌های هرز با سـهم ۱۱ درصـــد (۵۰۵ کیلوگرم در هکتار) بودند که مجموعاً ۹۳/۵ درصـــد از کاهش عملکرد را شـــامل می‌شـــدند. تاریخ کاشـــت نامناسب و تقسیط ناکافی کود نیتروژن نیز مجموعاً با سهم ۶/۵ درصد باعث کاهش ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گردیدند. با توجه به اینکه عوامل مدیریتی مثل مدیریت تهیه بســتر، تاریخ کاشــت، مدیریت حاصـــلخیزی و مدیریت آبیاری نســـبت به هم اثرات متقابل دارند و به تنهایی نمی‌توانند باعث افزایش عملکرد قابل توجه گردند، لذا برای داشتن یک زراعت موفق می‌بایست در هر مزرعه بر اساس یک بسـته مدیریتی مناسـب عمل کرد. هرچند نمی‌توان یـک بســـتـه مـدیریتی واحـد را برای تمـامی مزارع شـهرسـتان توصـیه کرد؛ با وجود این، در پژوهش حاضـر، مزارع پنج و دو به‌لحاظ داشـتن مدیریت‌های مناسـب‌تر، دارای عملکرد بیشـــتری بودند و می‌توان اقدامات مدیریتی این دو مزرعه را بیشتر مورد توجه قرار داد.

References

Abas Dokht, H. and Marvi, H., 2005. The effect of nitrogen spraying on yield and yield components of wheat. *Iranian Journal of Agricultural Science, 36*(6), pp.1325-1331 [In Persian].

Alexandratos, N. and Bruinsma, J., 2012. World agriculture towards 2030/2050. Global Perspective Studies Team

FAO Agricultural Development Economics Division. ESA Working Paper No. 12-03.

Alizadeh, P. and Soltani, A., 2016. Simulation of soil nitrogen balance in wheat (*Triticum aestivum* L.) production in Gorgan, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences, 18*(3), pp.218-231. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.15625540.1395.18.3.3.6**

Borna, R. and Amiri, H., 2017. Study the effect of climate on wheat in the east of Khuzestan, using GIS and AHP model. *Quarterly of Geography & Regional Planning, 6*(2), pp.33-54. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.22286462.1395.6.2.3.8**

Connor, D.J., Loomis, R.S. and Cassman, K.G., 2011. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. 556 p.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature,* 478, pp.337-342. **doi: 10.1038/nature10452**

Gharineh, M.H., Bakhshandeh, A., Andarzian, B. and Fayezizadeh, N., 2012. Agro-climatic zonation of Khouzestan province based on potential yield of irrigated wheat using WOFOST model. *Quarterly Journal of Agroecology, 4*(3), pp.255-264. [In Persian]. **doi: 10.22067/jag.v4i3.15314**

Gobbett, D., Hochman, Z., Horan, H., Navarro Carcia, J., Grassini, P. and Cassman, K., 2016. Yield gap analysis of rainfed wheat demonstrates local to global relevance. *The Journal of Agricultural Science, 155*(2), pp.282-299. **doi: 10.1017/s0021859616000381**

Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science,* 327, pp.812-818. **doi: 10.1126/science.1185383**

Hajjarpour, A., Soltani, A. and Torabi, B., 2016. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Crop Production, 8*(4), pp.183-201. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.2008739.1394.8.4.10.6**

Hajjarpour, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., Aynehband, A. and Nazeri, M., 2017. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method. *Iranian Journal of Crop Sciences, 19*(2), pp.86-101. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9**

Hochman, Z., Gobbett, D., Horan, H. and Garcia, J.N., 2016. Data rich yield gap analysis of wheat in Australia. *Field Crops Research,* 197, pp.97-106. **doi: 10.1016/j.fcr.2016.08.017**

Ifa, Unname. 2009. Assessment of fertilizer use by crop at global level. Statistic [Online]. Available at: www.fertilizer.org.

Ingram, J., 2011. "A food systems approach to researching food security and its interactions with global environmental change." *Food Security, 3*(4), pp.417-431. **doi: 10.1007/s12571-011-0149-9**

Introduction of agricultural varieties. 2015. *Agricultural Research, Education and Extension Organization.*

Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., Mansouri, H. and Moradi, R., 2017. Effect of Climate and Management Factors

on Potential and Gap of Wheat Yield in Iran with Using WOFOST Model. *Iranian Journal of Field Crop Research, 15*(2), pp.244-256. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v15i2.54278**

Lobell, D.B., Cassman, K.G. and Field, Ch.B., 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources,* 34, pp.1-26. **doi: 10.11146/annurev.environ.041008.093740**

Mc Lean, E.O. and Watson, M.E., 1985. Soil measurements of plant-available potassium. pp. 277-308 *In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in agriculture.* SSSA. Madison, WI.

Montazeri, M. and Dehghani, M., 2013. Climatic regionalization of Yazd province using multivariate statistical methods. *Quarterly Journal of Physical Geography, 6*(19), pp.45-58. [In Persian].

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe F.S. and Dean, C.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Circular. No. 939, 19.

Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorous. pp. 423-424. *In: Methods of soil analysis (2nded) part2.* Soil Science Society of America, Madison, WI.

Rezaei, H., 2013. A review of research on application of livestock manure in agricultural land of Iran. *Land Management Journal, 1*(1), pp.55-68. [In Persian]. **doi: 10.22092/lmj.2013.100076**

Seyed Jalali, S.A., 2016. Determination of land production potential for wheat in Gotvand and Shoustar areas, Khuzestan province. *Journal of Land Management, 3*(1), pp.15-23. [In Persian]. **doi: 10.22092/lmj.2015.103669**

Seyed Jalali, S.A., Sarmadian, F. and Shorafa, M., 2013. Modeling of Land Production Potential for Irrigated Winter Wheat in Aghili Plain, Khuzestan Province. *Iranian Journal of soil Research, 27*(4), pp.427-439. [In Persian]. **doi: 10.22092/ijsr.2014.126277**

Sodaiezade, H., Advin, S., Hakimi. M.H., Hakhmzadeh. M.A. and Hoshmandzade, F., 2019. The Effect of Crop Rotation on Some Soil Properties in Dry Lands (Case Study Roknabad Maybod). *Journal of Environmental Science Studies, 4*(4), pp.2056-2062 [In Persian].

Soltani, A., 2009. Mathematical Modeling in Field Crops. Jahad Danedhgahi Mashhad Press. 175p. [In Persian].

Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Vadez, V., van Loon, M.P. and van Ittersum, M.K., 2020. Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security,* 24, 100351. **doi: 10.1016/j.gfs.2020.100351**

Soltani, A., Maddah, V. and Sinclair, T.R., 2013. SSM-Wheat: a simulation model for wheat development, growth and yield. *International Journal of Plant Production, 7*(4), pp.711-740. **doi: 10.22069/ijpp.2013.1266**

Soltani, A. and Mirzaei, A., 2022. Analysis of Potential Yield and Yield Gap in Plant Production Systems. Sirang Press, Gorgan, Iran. 45p. [In Persian].

Soltani, A., NehBandani, A., Zeinali, E., Torabi, B. and Zand, E., 2018. Yield gap atlas and production capacity of important crops in the country in current and future climatic conditions. Sirang Press. 268p. [In Persian].

Soltani, A. and Torabi, B., 2014. Design and Analysis of Agricultural Experiment (with SAS Programs). Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 430p. [In Persian].

Soughi, H., Kazemi, M., Kalateh Arabi1, M., Shykh, F., Abroudi, S.A.M. and Askar, M., 2010. Effect of different

amounts of foliar- and soil- applied N on yield and yield components of promising bread wheat (*Triticum aestivum*) lines in Gorgan. *Crop Production, 2*(4), pp.167-176. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.2008739.1388.2.4.10.4**

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S. and Zeinali, E., 2012. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Crop Production, 4*(4), pp.1-17. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.2008739.1390.4.4.1.9**

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Kazemi Korgehei, M., 2013. Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. *Crop Production, 6*(1), pp.171-189. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.2008739.1392.6.1.10.6**

Torabian, A. and Maghsoudi, K., 2014. Study on relationship between yield and yield components of wheat under normal irrigation and and drought stress conditions by path analysis method. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazeadegi),* 104, pp.47-53. [In Persian]. **doi: 10.22092/aj.2014.101642**

Valizadeh, G.R. and Khorsandi, H., 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 Journal of Dryland Agriculture, 5*(1), pp.87-98. [In Persian]. **doi: 10.22092/idaj.2016.107113**

Van Ittersum, M., Cassman K.G., Grassini, P., Wolf, J. Tittonell, P. and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A Review. *Field Crops Research*, 143, pp.4-17. **doi: 10.1016/j.fcr.2012.09.009**

Van Wart, J., Kersebaum, C.K., Peng, S., Milner, M. and Cassman, K.G., 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research,* 143, pp.34-43. **doi: 10.1016/j.fcr.2012.11.018**

Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science, 37*(1), pp.29-38. **doi: 10.1097/00010694-193401000-00003**

Zarea Feizabadi, A., Koocheki, A. and Nasiri mahalati, M., 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. *Iranian Journal of Field Crop Research, 4*(1), pp.42-69. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v4i1.1318**

Zarea Feizabadi, A. and Koocheki, A., 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*(10), pp.616-621.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 1, Spring 2024, P. 17-31

Identification of yield-reducing factors using Comparative Performance Analysis (CPA) method in wheat fields (Case study: Abarkoh)

Amin Anagholi[1*], Majid Nikkhah[2], Zohre Omidvari[3]

[1] Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), National Salinity Research Center, Yazd, Iran
[2] Master of Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), National Salinity Research Center, Yazd, Iran
[3] Agronomy Expert of Abarkooh Agricultural Service Center, Yazd Agricultural Jihad and Natural Resources Organization, Yazd, Iran
[*]Corresponding Author: anagholi@yahoo.com

Received: 9 November 2022 Accepted: 1 January 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.368709.1288**

Abstract

Introduction: Feeding the Iran's over than 90 million people has been recognized as one of the most important challenges of country in 2050; so we need to increase yields of crops in cultivated areas. Mostly the actual yields obtained by farmers are less than the potential yields of the region, due to management, climatic, nutrients, soil properties, weeds and/or other living and non-living stress factors. The differences between these potential yield levels and actual farmers' yields define the yield gaps, and precise spatially explicit knowledge about these yield gaps is essential to guide sustainable intensification of agriculture. The goal of this experiment is finding of limiting factors that affected the wheat yield and then reduce the yield gap between potential and actual yields of farmers in the fields of Abarkooh city located in Yazd province.

Materials and Methods: Eleven wheat farms were selected with the coordination and consultation of agricultural service centers in different regions of Abarkooh counties. Soil samples were prepared from all farms before planting. All agricultural operations performed by farmers such as tillage methods, planting date, cultivars used, seed rate, cultivation area, crop rotation, fertilizers used and fertilization time, irrigation operations, pest and disease control, weeding and/or spraying herbicide and harvest methods were noted or measured. At the end of tillering phase and harvest time, soil was sampled and its nutrients, organic matter and salinity were determined. At harvest time, samples were taken from different parts of the field by one square meter plots and 10 plants were randomly selected to measure yield components. The farmer's performance with the combine was also recorded based on the farmers' claims and the approval of the local expert. Nitrogen, phosphorus and potassium levels were measured in grain, straw and soil after harvesting operation. Meteorological data were collected daily from the Abarkoh weather station. The potential yield of region was calculated using regression model and the difference between obtained yield and potential yield was considered as yield gap. Eighty percent of potential yield is also considered as exploitable yield. Using step-by-step regression, the most effective factors in yield reduction were identified and a suitable regression model was fitted for these variables against grain yield. Then, the degree of influence of each variable was determined using Comparative Performance Analysis.

Results and Discussion: The results showed that the average yield obtained from these farms was 5040 kg/ha and the yield gap was 4659 kg/ha, of which 2721 kg can be attainable. The order of the importance of agricultural operations in reducing yield in the form of insufficient number of irrigations (24 percent), lack of crop rotation with pulses (18 percent), low consumption of nitrogen fertilizer (16 percent), the method of preparing the cultivation bed and plowing times (12 percent), lack of manure fertilizer consumption (12%), improper weed control (11%), improper planting date (4%) and insufficient nitrogen split (3%). The analyze of grain yield components also showed that the share of the number of spikes per square meter, number of seeds per spike, 1000 kernel weight and harvest index in yield reduction are 39, 24, 12 and 25% respectively.

Conclusion: Based on the results obtained , we can to define an optimal crop management : enough irrigation (10 times), rotation with legumes, use enough nitrogen fertilizer, use animal manure to increase soil organic matter, plowing in summer and autumn, weed control, proper planting date and Nitrogen split 3 times. Considering that management factors mentioned above have mutual effects on each other and cannot cause a significant yield increase alone, therefore, in order to have a successful agriculture, it is necessary to act on the basis of a suitable management package.

Keywords: Agronomic management, Potential yield, Production restriction factors, Yield gap