نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۹۷ تا ۱۰۹

خلاءهای عملکرد و تولید گندم آبی در پارس‌آباد مغان

عسگر شیرین زاده[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱)

چکیده

گندم نقش پر اهمیتی در الگوی غذایی بیشتر مردم جهان و ایران دارد. به‌طوری که، مصرف گندم در حدود ۴۰ درصد از انرژی و پروتئین مردم ایران را تشکیل می دهد. رفع خلا عملکرد می‌تواند نقش پررنگی در افزایش تولید این محصول داشته باشد. اولین گام برای رفع خلا عملکرد، آگاهی از میزان کمی خلاء در یک منطقه است. به همین دلیل این پژوهش با هدف تعیین عملکرد گندم (*Triticum spp.* L.) و خلاءهای تولید، طی دوسال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۵) در شهرستان پارس‌آباد مغان در استان اردبیل انجام شد. برای محاسبه عملکرد واقعی علاوه بر داده های ۲۲ ساله منابع دولتی، از اطلاعات پیمایشی ۴۶۰ مزرعه تحت مدیریت کشاورزان نیز در سال های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ استفاده شد. میانگین و حداکثر عملکرد قابل حصول با استفاده از نتایج آزمایش مزرعه ای(FLD)، آنالیز مقایسه‌ای کارکرد (CPA) و صدک ۹۰ام توزیع عملکردهای رکورد محاسبه شد. بر اساس نتایج این تحقیق خلاء عملکرد مدیریتی قابل‌توجهی بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی (۲۲ درصد) مشاهده شد. علاوه بر این، خلاءهای ژنتیکی (یعنی خلاء ناشی از انتخاب ژنتیک) و کل در گندم، به‌ترتیب ۱۱ و ۳۶ درصد بود. میزان افزایش تولید گندم با انتخاب ژنتیک و مدیریت زراعی بهینه، در این تحقیق، در سطح ۲۸۱۵۴ هکتار، ۵۹ هزار تن به ارزش اقتصادی ۱۲۹ میلیارد تومان برآورد شد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان با رفع خلاءهای عملکرد در منطقه مورد بررسی به پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دست پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول، حداکثر عملکرد قابل حصول، خلاء مدیریتی، خلاء ژنتیکی

۱. استادیار گروه کشاورزی، واحد پارس آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی،پارس آباد مغان، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: asgar.shirinzadeh@gmail.com

مقدمه

یکی از چالش‌های اصلی زمان ما افزایش تولید و امنیت جهانی غذا است. اکثر ارزیابی‌ها در سیستم های کشاورزی بر افزایش عملکرد محصولات زراعی تمرکز دارند. با این حال، بیشتر این تجزیه و تحلیل‌ها از روند ثبات عملکرد و تولید سالیانه غفلت می‌کنند (۱۸). تداوم رشد جمعیت و مصرف به این معنی است که تقاضای جهانی غذا حداقل تا چهل سال دیگر نیز افزایش خواهد یافت. این موضوع که یک چالش کلیدی برای افزایش امنیت غذایی بوده، مستلزم یک راهبرد جهانی در همه مقیاس ها، از مزرعه تا سطح جهانی، از جمله کاهش محدودیت‌های تولید مواد غذایی، کاهش روند تغییرات عملکرد سالیانه، کاهش ضایعات مواد غذایی و تغییر رژیم‌های غذایی است (۱۴ و ۱۵). بر اساس پیش‌بینی‌ها جمعیت دنیا تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۹ تا ۱۱ میلیارد نفر خواهد رسید. این امر امنیت غذایی را با مجموعه جدیدی از چالش‌ها روبرو خواهد ساخت (۹ و۲۸). به‌همین منظور بایستی تولید محصولات کشاورزی به میزان ۶۰ درصد افزایش پیدا کند تا بتواند نیازهای غذایی این جمعیت در حال رشد را از نظر کمی و کیفی تامین کند. یکی از راهبردهای پیشنهادی برای رفع این نگرانی ، درک اثرات متقابل بین ژنتیک، محیط و مدیریت است. بنابراین بایستی اقدام فوری در جهت افزایش بهره وری زمین انجام شود. هرچند این افزایش در بهره‌وری به‌تنهایی برای تامین تقاضای جهانی مواد غذایی کافی نبوده و برای افزایش تولید علاوه بر پیشرفت‌های فنی، نیاز به ترویج روش‌های مدیریتی مناسب برای هدایت کشاورزی به سمت تولید پایدار است (۱۳ و ۱۵). بااین‌حال، بدلیل رقابت فزاینده بخش‌های غیر کشاورزی برای زمین، آب و انرژی، بیشتر ارزیابی‌ها از پیچیدگی‌های افزایش تولید پایدار در آینده خبر داده و ایجاد تیم‌های بین رشته‌ای برای نشان دادن هر جزء از اثر متقابل ژنتیک و محیط، مدیریت را ضروری می‌دانند (۱۴).

ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان بر اثر محدودیت مساحت زمین‌های مناسب و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی مربوط به رشد گیاهان زراعی، محدود می‌شود (۳۴). از جمله راهبردهایی که می‌تواند در این مورد موثر باشد، کمی سازی ظرفیت تولید زمین‌های کشاورزی برای شناسایی راه‌هایی، جهت افزایش عملکرد در محصولات راهبردی است (۲۴). این را می‌توان با استفاده از روش‌های مدیریتی بهینه (۳۵) و موثر در بستن خلاء بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل (۲، ۱۹، ۲۳ و۳۳) به‌دست آورد. بستن خلاء عملکرد در محصولات راهبردی به طریق شیوه‌های مدیریتی بهینه علاوه بر پیشرفت در تولید، می‌تواند مزیت زیست محیطی و ارزش اقتصادی را نیز به همراه داشته باشد. ارزیابی خلاء عملکرد در محصولات زراعی اصلی می‌تواند به ما در درک تنوع عملکرد واقعی، پتانسیل عملکرد و کارایی نهاده‌ها کمک کند. علاوه بر این ممکن است مسیرهای مناسبی را برای بهبود بهره‌وری کشاورزی نشان دهد (۱، ۱۱ و۳۴). بنابراین تجزیه و تحلیل عوامل موثر در خلاء عملکرد یک جزء مهم برای ارزیابی محدودیت‌های بهره‌وری و بهبود راهبردهای مدیریتی برای افزایش عملکرد در مزرعه است (۱۶). در این تجزیه و تحلیل‌ها برای تعیین روند تغییرات عملکرد واقعی و میزان پتانسیل عملکرد از اطلاعات نهادهای رسمی، اطلاعات پیمایشی مزارع، نتایج آزمایشات مزرعه‌ای در ایستگاه‌های تحقیقاتی تحت نظارت متخصصین زراعت، سنجش از راه دور، مدل‌های شبیه‌سازی و در بعضی موارد ترکیبی از این روش ها استفاده می‌شود (۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۳۴). در سطح بین‌المللی تحقیقات زیادی درخصوص خلاء عملکرد گندم (۱، ۱۱ و ۲۴)، ذرت (۶ و ۲۷)، برنج (۲۶ و ۳۵) و سویا (۷) انجام شده است. مولر و همکاران (۲۳) نشان دادند که در بیشتر محصولات زراعی راهبردی، ۸۰-۶۰ درصد از تنوع عملکرد جهانی مربوط به آب و هوا، کاربرد کود و آبیاری است. این تنوع در عملکرد با استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب که تاثیر زیادی در پتانسیل عملکرد محصولات زراعی دارند، به حداقل می‌رسد (۵). فیشر و همکاران (۱۱) در تجزیه و تحلیل خود از خلاء عملکرد گندم دریافتند که افزایش پتانسیل عملکرد یک عامل مهم در افزایش عملکرد واقعی است و افزایش در

عملکرد واقعی نتیجه عملیات کشاورزی بهینه بوده و نیاز به اجرای چندین روش دارد. آنها پیشنهاد کردند که افزایش پتانسیل عملکرد با افزایش تعداد دانه، شاخص برداشت، وزن دانه و کل ماده خشک مرتبط است. البته بستن خلاءهای عملکرد گندم از طریق روش‌های زراعی و افزایش عملکرد قابل حصول، به آرامی صورت می‌گیرد (۱۰).

ظرفیت تولید زمین‌های زراعی به‌طور معمول در یک رطوبت استاندارد به‌عنوان عملکرد دانه در واحد سطح محاسبه می‌شود. نقطه شروع بررسی عملکرد، عملکرد واقعی است (Yf) که تحت مدیریت خاص کشاورزان (مانند تاریخ کاشت، تراکم بوته، مدیریت مواد غذایی) و تنش‌های بیولوژیک و محیطی، به‌دست می‌آید (۱۱ و ۳۴). اندازه‌گیری‌های دیگر برای کمی کردن این خلاها شامل عملکرد قابل حصول (Ya) و پتانسیل عملکرد (Yp) است. عملکرد قابل حصول عبارت از عملکرد محصول تحت شرایط مطلوب مدیریتی (برای مثال تراکم گیاهی توصیه شده، عدم محدودیت غذایی، کنترل تنش‌های زیستی و غیره) در مزارع کشاورزان است. افزایش عملکرد قابل حصول در طی زمان، نشان از پیشرفت فن‌آوری در ژنتیک و روش‌های زراعی بوده و بیشتر دست‌یافتنی است. پتانسیل عملکرد، عملکردی است که تحت شرایط مطلوب ژنتیکی و شرایط آب و هوایی مانند تابش خورشیدی، دما، دی‌اکسیدکربن اتمسفر، نور و غیره که رشد بهینه گیاه را تضمین می‌کند، به‌دست می‌آید. در بین این مجموعه عوامل، شرایط آب و هوایی همچنان محدودیت اصلی این نوع عملکرد است. بنابراین کشاورزان بایستی شیوه‌هایی را اتخاذ کنند که انعطاف‌پذیری آب و هوایی را در سیستم‌های تولید گندم افزایش دهند (۱۶ و ۳۴). این تعریف با نظر ایوانز (۸) کاملا مطابقت دارد که پتانسیل عملکرد را به عنوان عملکرد به‌دست آمده از یک واریته‌ایی که در یک شرایط محیطی سازگار و عاری از هرگونه محدودیت مواد غذایی، آب و تنش‌های زیستی رشد می کند، تعریف نمودند. خلاء عملکرد اختلاف بین عملکرد قابل حصول یا عملکرد پتانسیل با عملکرد واقعی است. این سه عملکرد در جدول ۱ نشان داده شده است، که با استفاده از این سه عملکرد، خلاء مدیریتی (gap_m) ، خلاء ژنتیکی (gap_g) و خلاء کل (gap_t) توسط چاپگین و گود (۳) محاسبه شده است.

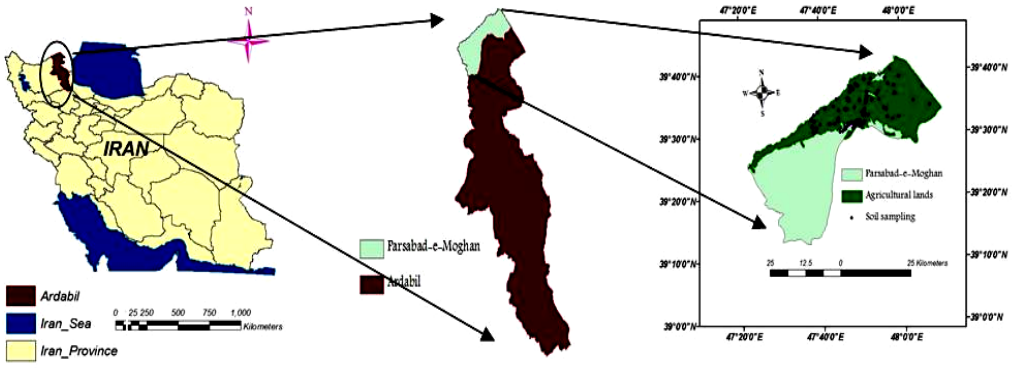
گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی جهان، بالاترین سطح کشت و تولید را در بین غلات داشته و به‌عنوان سلطان غلات شناخته می‌شود (۴ و ۲۹). بر اساس اطلاعات منابع دولتی (جهاد کشاورزی استان اردبیل)، سطح و عملکرد گندم در مزارع کشاورزان و شرکت‌های دولتی منطقه پارس‌آباد مغان در طی سال‌های ۱۳۹۸– ۱۳۷۶ در شکل ۱ نشان داده شده است. شیرین زاده و همکاران (۳۱) عوامل محدودکننده عملکرد در این منطقه را عوامل ژنتیکی و مدیریت عملیات زراعی (تاریخ کشت، تراکم، تقسیط کود اوره...) گزارش نمودند. بااین‌حال، کمی کردن تنوع عملکرد ارقام گندم در سطح مدیریت رایج کشاورزان و پتانسیل عملکرد آنها در شرایط مدیریت بهینه در منطقه پارس آباد مغان تا به حال گزارش نشده است. به همین دلیل این مطالعه بر اساس این فرض که خلاءهای عملکرد و تولید گندم در منطقه وجود دارد و احتمال افزایش عملکرد این محصول به‌واسطه انتخاب ژنتیک و مدیریت بهینه امکان پذیر است، انجام شد. با توجه به اهمیت روند تغییرات عملکرد و تعیین میزان خلاء عملکرد در مدیریت کاهش خلاء عملکرد یک منطقه، این تحقیق با هدف بررسی روند تغییرات سطوح مختلف تولید (عملکردهای واقعی و پتانسیل) و همچنین تعیین میزان خلاء بین عملکردهای پتانسیل و عملکرد واقعی گندم انجام شد. تا فرصتی برای بهبود بهره‌وری و اثربخشی محصول راهبردی گندم در منطقه مورد مطالعه را فراهم سازد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در منطقه پارس‌آباد مغان بین ۳۹ درجه و ۴۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ تا ۵۰ متر از سطح دریای آزاد، اجراء شد (شکل ۲). این منطقه از لحاظ اطلاعات هواشناسی جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف

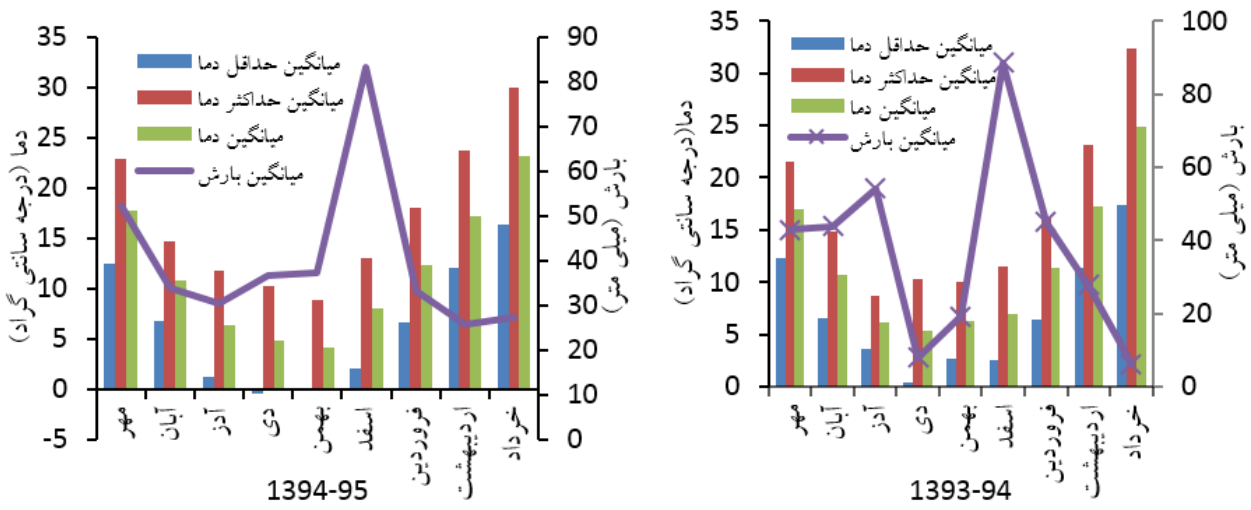
جدول ۱. معیارهای عملکرد و محاسبه خلاء عملکرد در گندم در منطقه مورد مطالعه

اندازه‌ها	تعریف و عوامل محدودکننده	داده‌های مورد استفاده	خلاءهای عملکرد
عملکرد واقعی (Yf)	متوسط ارقام منتخب تحت شرایط کشاورزان عوامل محدودیت: مدیریت زراعی	آمار منطقه‌ای (جهاد کشاورزی)	-
عملکرد قابل حصول (Ya)	متوسط ارقام منتخب تحت شرایط مدیریت مطلوب (معیاری از منافع مدیریت مناسب محصولات زراعی) عوامل محدودیت: عوامل غیر زیستی و ژنتیک	آزمایشات مزرعه‌ای	$Ya - Yf$ = خلاء عملکرد مدیریتی (فیشر و همکاران(۱۱) وان اترسوم و همکاران (۳۴))
حداکثر عملکرد قابل حصول (Ym)	متوسط عملکرد ارقام شاخص و با عملکرد بالا تحت شرایط مطلوب (معیاری از منافع انتخاب ارقام مطلوب در شرایط مطلوب) عوامل محدودیت: عوامل غیر زیستی	آزمایشات مزرعه ای	$Ym - Ya$ = خلاء ژنتیکی $Ym - Yf$ =خلاء کل (لوبل و همکاران (۲۱))



شکل ۱. موقعیت منطقه پارس آباد مغان در استان اردبیل، ایران

بوده، دارای زمستان های ملایم و تابستان های گرم است. اطلاعات مربوط به میانگین دما و بارندگی به‌صورت ماهانه در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین جدول ۲ مختصات و ویژگی‌های خاک سه منطقه اجرای طرح بلوک کامل تصادفی را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل زراعی این مطالعه روی ۵ ژنوتیپ گندم (چمران، شیرودی، گنبد، مروارید و N8-19) انجام شد. این ژنوتیپ‌ها بر اساس میزان سطح زیر کشت و استقبال کشاورزان در این مطالعه انتخاب شدند. .برای محاسبه عملکرد واقعی، علاوه بر داده‌های نهادهای رسمی، از عملکرد ۴۶۰ مزرعه تحت مدیریت کشاورزان (۶۰ مزرعه اندازه‌گیری مستقیم و ۴۰۰ مزرعه از طریق پرسش‌نامه) نیز طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ استفاده شد. درصد استفاده از این ارقام برای محاسبه عملکرد واقعی به‌ترتیب ۲۷/۶، ۲۱/۵، ۱۷/۴، ۱۶/۷ /۸ ۱۶ درصد بود. علیرغم اینکه در این مزارع کلیه عملیات زراعی تحت نظارت ناظرین طرح محوری گندم بود، اما با این وجود این مزارع از لحاظ عملیات مدیریتی و عملکرد دارای تنوع



شکل ۲. میانگین ماهانه دما (حداکثر، حداقل و میانگین)، بارندگی ثبت شده طی سال های ۱۳۹۵- ۱۳۹۳

جدول ۲. برخی ویژگی های خاک مزارع مورد آزمایش

مختصات جغرافیایی	شن (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	پتاس (میلی گرم درکیلو گرم)	فسفر (میلی گرم در کیلو گرم)	نیتروژن (درصد)	مواد آلی (درصد)	درصد اشباع	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	PH
۳۹° ۵۷ ′ N, ۴۷° ۹۹ ′ E	۱۸	۳۶	۴۶	۶۰	۳۶/۸	۰/۱۴۵	۱/۳۲	۴۸	۴/۳۵	۷/۹
۳۹° ۶۰ ′ N, ۴۷° ۹۵ ′ E	۲۲	۴۶	۳۲	۸۱	۳۰/۴	۰/۰۶	۰/۹۴	۵۱	۳/۸۳	۷/۷
۳۹° ۶۱ ′ N, ۴۷° ۷۹ ′ E	۲۴	۳۴	۴۲	۱۲۰	۲۱	۰/۰۳	۰/۲۳	۳۴/۶	۰/۷۷	۷/۸

بودند (جدول ۴). به همین دلیل کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی ۴۶۰ مزرعه که در قالب پرسش‌نامه و در طول فصل رشد از طریق پرسش از کشاورزان جمع‌آوری و تکمیل شده بود، برای تعیین مدل عملکرد و تعیین رابطه بین متغیرها با عملکرد در رگرسیون چندگانه و به روش گام به گام استفاده شدند. سپس با قرار دادن بهترین مقادیر مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد، عملکرد قابل حصول از این طریق محاسبه شد. همچنین برای واسنجی نتایج رگرسیون گام به گام، یک آزمایش مزرعه‌ای نمایشی نیز(frontline demonstrations) طی سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در سه منطقه تحت مدیریت مراکز خدمات کشاورزی دشت، آراز و ساوالان (مختصات ذکر شده در جدول ۱) انجام شد. این آزمایش با استفاده از ژنوتیپ های منتخب و متغیرهای شاخص مدل عملکرد، همراه با کنترل موثر تنش‌های زیستی انجام شد. از جمله روش‌های محاسبه پتانسیل عملکرد در گندم، استفاده از عملکردهای رکورد کشاورزان و آزمایشات مزرعه‌ای در ایستگاه‌های تحقیقاتی تحت نظارت متخصصین زراعت بود، که در منابع مختلف به این روش اشاره شده است. ما نیز در این مطالعه برای محاسبه حاکثر عملکرد قابل حصول از صدک ۹۰ام عملکردهای رکورد در آزمایش مزرعه ای، ۲۲ ساله مزارع کشاورزان و مراکز تحقیقاتی استفاده شد. نحوه محاسبه عملکردهای واقعی، قابل حصول، حداکثر قابل حصول در جدول ۲ به‌طور خلاصه ذکر شده است. در این جدول خلاء

بین عملکردهای قابل حصول و واقعی (Ya-Yf) یک معیاری از مزایای مدیریت مناسب گیاه زراعی (یعنی خلاء مدیریتی) محسوب می‌شود، که شامل استفاده صحیح از کودها و عملیات حفظ نباتات است. خلاء بین حداکثر عملکرد قابل حصول و عملکرد قابل حصول (Ym–Ya) یک معیاری از مزایای استفاده از ژنوتیپ مطلوب گیاه زراعی (یعنی خلاء ژنتیکی) برای آن منطقه است. در نهایت تفاوت بین حداکثر عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی (Ym -Yf) یک معیاری از مزایای استفاده توام مدیریت مناسب گیاه زراعی و ژنوتیپ مناسب (یعنی خلاء کل) است. تجزیه واریانس (ANOVA) برای عملکرد دانه بر اساس ژنوتیپ، سال و اثرات متقابل آنها برای هر مکان به‌طور جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. داده‌های به‌دست آمده از این آزمایشات قبل از اینکه تجزیه مرکب شوند، لازم بود که تست یکنواختی واریانس ها انجام شود. به همین منظور آزمون بارتلت انجام شد. بعد از تایید یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه مرکب سه منطقه برای آزمایش دو ساله انجام گرفت. ژنوتیپ‌ها ثابت و اثرات سال و مکان به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شدند. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده از نرم افزارهای SPSS ، SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

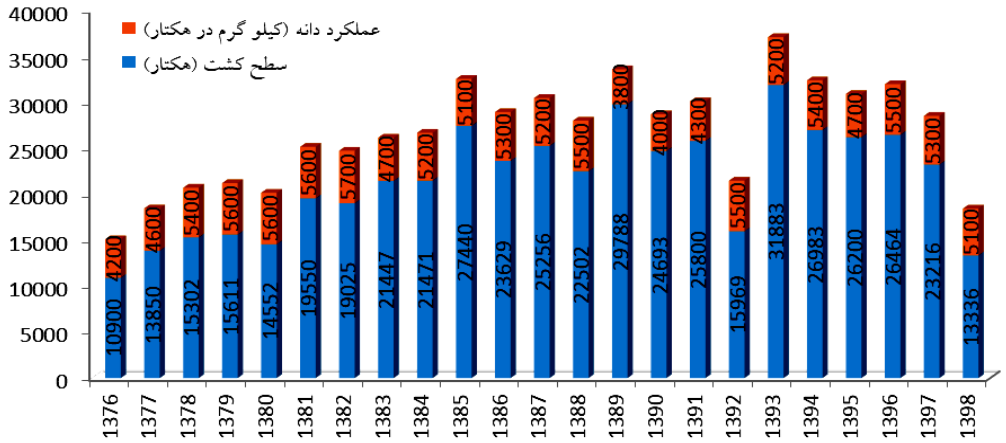
عملکردهای واقعی، حداقل و حداکثر ژنوتیپ‌های منتخب در این مطالعه برای مزارع کشاورزان پارس‌آباد مغان (۴۶۰ مزرعه) محاسبه و در جدول ۴ نشان داده شدند. بر اساس این نتایج تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در میانگین عملکرد واقعی مزارع کشاورزان و ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. این تغییرات در شکل ۳ که با استفاده از میانگین‌های ۲۲ ساله (۱۳۷۶–۱۳۹۸) ارائه شده از سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل طراحی شده است، دیده می‌شود. به‌نظر می‌رسد، بسیاری از کشاورزان منطقه هنوز به‌خوبی از دلایل این تنوع و تغییرات در عملکرد واقعی آگاهی دقیقی ندارند. تولیدکنندگان گندم برای کاهش تغییرات عملکرد بایستی شیوه‌هایی را در مقیاس محلی اتخاذ کنند، که امکان تحقق پیشرفت‌های فناورانه را فراهم سازند. همچنین کشاورزان محلی علیرغم تصمیمات محلی باید تلاش زیادی را برای نشان دادن نقش خاک و شیوه‌های زراعی در افزایش بهره‌وری، داشته باشند، تا بدین طریق تغییرات عملکرد واقعی در بین سال‌ها را کاهش دهند (۱۶).

آنالیز واریانس مرکب عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که بین ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با سال و مکان تفاوت معنی‌دار است. دلیل عمده تغییرات عملکرد ژنوتیپ‌های گندم در آزمایشات انجام شده تحت شرایط مدیریت زراعی بهینه و یکنواخت (آزمایش خاک، تغذیه، آبیاری، زمان و تراکم کاشت یکنواخت، کنترل تنش‌های زیستی و...)، نوع خاک و عوامل اقلیمی گزارش شده است (۳ و ۳۱). میانگین عملکرد واقعی، میانگین و حداکثر عملکرد قابل حصول برای ارقام منتخب (N80-19، گنبد، چمران، مروارید، شیرودی) در این مطالعه در جدول ۵ ثبت شده است. نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد، میانگین عملکرد قابل حصول ارقام منتخب گندم به‌ترتیب ۷۳۰۰، ۶۸۰۰، ۷۶۰۰، ۶۴۰۰، ۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین این اعداد به‌عنوان میانگین عملکرد قابل حصول ژنتیک در این مطالعه، ۷۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین میانگین عملکرد واقعی ارقام تحت مدیریت رایج کشاورزان به‌ترتیب ۵۷۰۰، ۵۳۰۰، ۶۴۰۰، ۵۷۰۰، ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین این اعداد به‌عنوان میانگین عملکرد واقعی منطقه پارس‌آباد مغان، ۵۸۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شده است. با استفاده از این اعداد، خلاء عملکرد مدیریتی قابل‌توجهی (تفاوت بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل حصول) برای ژنوتیپ‌های N80-19 (۲۸ درصد)، گنبد (۲۸ درصد)، چمران (۱۹ درصد)، مروارید (۱۲ درصد) و شیرودی (۲۲ درصد) و به‌طور میانگین ۲۲ درصد مشاهده شد. میانگین حداکثر عملکرد قابل حصول و همچنین میانگین خلاء عملکرد ژنتیکی (یعنی تفاوت بین عملکرد قابل حصول و حداکثر عملکرد قابل حصول) بین ژنوتیپ‌های منتخب به‌ترتیب ۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۸۰۰ کیلوگرم در

جدول ۳. برآورد واریانس عملکرد دانه، ژنوتیپ ها و اثر متقابل آنها با مکان تحت مدیریت بهینه زراعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F with E(X)	F-Values
مکان	۲	۲۱۲۴۲۵۰	۴۳/۹	۷۳/۱**
سال	۱	۸۲۲۳۵۱	۱۷/۰**	۲۸/۲۹**
سال×مکان	۲	۲۴۸۸۴	۰/۵۱	۰/۸۶ns
بلوک(مکان×سال)	۱۲	۴۸۳۶۶	-	۱/۶۶ns
ژنوتیپ	۴	۲۴۱۹۷۵۷	۸۳/۲**	۸۳/۲۶**
ژنوتیپ×مکان	۸	۲۰۱۰۹۲	۶/۹۲**	۶/۹۲**
سال×ژنوتیپ	۴	۱۰۷۸۶۹	۳/۷۱**	۳/۷۱**
سال×مکان×ژنوتیپ	۸	۵۲۴۴۲	۱/۸۰*	۱/۸۰*
اشتباه آزمایشی	۴۸	۲۹۰۶۴	-	
ضریب تغییرات		۱۲/۳		

ns، * و** به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج و یک درصد است



شکل ۳. روند زمانی عملکرد و سطح گندم در پارس‌آباد مغان، منبع داده (سازمان جهاد کشاورزی اردبیل، ۱۳۹۸– ۱۳۷۶)

جدول ۴. میانگین، کمینه، بیشینه، دامنه تغییرات و واریانس عملکرد واقعی ارقام متخب در مزارع کشاورزان طی دو سال (۱۳۹۳–۱۳۹۵)

ارقام	شیرودی	مروارید	چمران	گنبد	N80-19
تعداد	۹۹	۷۷	۱۲۷	۸۰	۷۷
میانگین عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۵۹۹۰	۵۸۹۹	۶۵۹۷	۵۲۹۰	۵۶۹۷
کمینه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰	۲۰۰۰	۲۳۰۰
بیشینه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۸۵۰۰	۷۳۰۰	۸۵۵۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰
انحراف استاندارد	۱۶۸۷	۱۲۵۸	۱۱۰۷	۱۱۴۳	۱۱۰۱
دامنه تغییرات	۵۳۰۰	۴۳۰۰.	۴۰۵۰	۶۰۰۰	۵۷۰۰
انحراف معیار	۲۸/۶	۲۱/۳	۱۶/۸	۲۱/۶	۱۹/۴

جدول ۵. میانگین عملکرد های واقعی، قابل حصول و حداکثر قابل حصول گندم آبی و درصد خلاء بین این اجزاء در پارس‌آباد مغان طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳

معیارهای عملکرد	شیرودی	مروارید	چمران	گنبد	لاین N80-19	میانگین
حداکثر عملکرد Ym (کیلوگرم در هکتار)	۸۳۰۰	۷۰۰۰	۸۶۰۰	۷۲۰۰	۸۲۰۰	۷۹۰۰
عملکرد واقعی Yf (کیلوگرم در هکتار)	۶۰۰۰	۵۷۰۰	۶۴۰۰	۵۳۰۰	۵۷۰۰	۵۸۰۰
عملکرد قابل حصول Ya (کیلوگرم درهکتار)	۷۳۰۰	۶۴۰۰	۷۶۰۰	۶۸۰۰	۷۳۰۰	۷۱۰۰
$Ya- Yf (\%) = Gap_m$	۲۲	۱۲	۱۹	۲۸	۲۸	۲۲
$Ym-Ya (\%) = Gap_g$	۱۴	۹	۱۳	۶	۱۲	۱۱
$Ym-Yf (\%) = Gap_t$	۳۸	۲۳	۳۴	۳۶	۴۴	۳۶

عملکرد واقعی مزارع (Yf)، عملکرد قابل حصول (Ya)، حداکثر عملکرد قابل حصول (Ym)، خلاء عملکرد مدیریتی (Ya–Yf)،خلاء عملکرد ژنتیکی (Ym–Ya)، خلاء عملکرد کل (Ym–Yf)

هکتار(۱۱ درصد) بود. به‌طور مشابه، خلاء عملکرد کل (خلاء بین عملکرد واقعی و حداکثر قابل عملکرد قابل حصول) ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار یعنی۳۶٪ بود. این نتایج در مجموع نشان می‌دهند که ترکیبی از مدیریت بهینه محصول (به‌عنوان مثال، آزمایش خاک، مقدار و زمان مصرف صحیح کود، زمان مناسب کاشت و تراکم بهینه، تناوب صحیح و مدیریت اصولی آفات و بیماری) و انتخاب ژنتیک می‌تواند عملکرد ژنوتیپ‌های منتخب در این مطالعه را به‌ترتیب ۴۴، ۳۶، ۳۴، ۲۳، ۳۸ درصد و به‌طور میانگین ۳۶ درصد (۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش دهد (جدول ۵).

در جدول ۶ منافع حاصل از مدیریت خلاءهای عملکرد درمنطقه پارس آباد مغان نشان داده شده است. بر اساس این مطالعه، میزان تخمینی افزایش تولید درنتیجه مدیریت بهینه محصول ۳۷۰۰۰ تن است. که بر اساس قیمت گندم در سال ۱۳۹۸، دارای ارزش اقتصادی ۸۱/۴ میلیارد تومان در سال است. که این میزان افزایش تولید، درصورت انتخاب ارقام ژنتیکی اصلاح شده و مدیریت زراعی بهینه، به ۵۹ هزار تن در سال می‌رسد که در این صورت ارزش اقتصادی به حدود ۱۲۹/۸ میلیارد تومان علاوه بر میزان درآمد حاصل از تولید واقعی منطقه، افزایش خواهد یافت. در جدول ۶ همچنین درآمد ناشی از جبران خلاء عملکرد گندم بر پایه هر کیلوگرم گندم به قیمت سال ۱۳۹۸ (۲۲۰۰ تومان) برای سطح زیر کشت ۲۸۱۵۴ هکتار گندم آبی محاسبه شده است.

تجزیه و تحلیل خلاءهای عملکرد برای شناسایی منابع بالقوه افزایش عملکرد و توسعه راهکارهایی برای کاهش این خلاءها در محصولات کشاورزی، حائز اهمیت است. این راه-حل‌ها می‌توانند علاوه بر افزایش عملکرد در محصول، کارایی استفاده از نهاده‌های کاربردی در کشاورزی را بهینه سازند (۳). مطالعات ما خلاءهای عملکرد قابل بهره‌برداری بین عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول و حداکثر عملکرد قابل حصول برای مزارع گندم در منطقه پارس‌آباد مغان را شناسایی کردند. عملکرد واقعی در بین مزارع گندم در طی سال‌های مختلف بسته به نوع خاک، شرایط آب و هوایی و مدیریت زراعی، اغلب کمتر از عملکرد قابل حصول بود. خلاء مدیریتی بین عملکرد واقعی و عملکرد قابل حصول در این منطقه را می‌توان با استفاده از مدیریت بهینه محصول از جمله با انتخاب ارقام

جدول ۶. تخمین منافع حاصل از گندم در شرایط بهبود مدیریت و انتخاب ژنتیکی در سیستم آبی منطقه پارس آباد مغان در این مطالعه.

معیار های عملکرد	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تولید (هزار تن)	سود عملکرد (هزار تن)	ارزش اقتصادی (میلیارد تومان)
سطح کشت گندم آبی به هکتار (۲۸۱۵۴)				
عملکرد واقعی کشاورز (Yf)	۵۸۰۰	۱۶۳	–	–
عملکرد قابل حصول (Ya)	۷۱۰۰	۲۰۰	۳۷[1]	۸۱/۴
حداکثر عملکرد قابل حصول (Ym)	۷۹۰۰	۲۲۲	۵۹[2]	۱۲۹/۸

۱: سود مدیریتی (Ya – Yf)؛ ۲: سود کل (Ya – Yf)

سازگار، آزمایش خاک، مقدار و زمان مناسب کود، تاریخ کاشت و تراکم بهینه، آماده‌سازی زمین و کنترل تنش‌های زیستی، کاهش داد. درحالی‌که خلاء ژنتیکی بین عملکرد قابل حصول و حداکثر عملکرد قابل حصول، نشان‌دهنده تفاوت بین واریته‌های برتر با ارقام انتخاب شده در یک منطقه است. بنابراین با انتخاب رقم مناسب گندم برای این منطقه، می‌توان خلاء عملکرد ژنتیکی را کاهش داد. و با دستیابی به ژنوتیپ‌های جدید و اصلاح شده، میزان افزایش منافع ادامه خواهد یافت. خلاء عملکرد کل، تفاوت بین عملکرد واقعی و حداکثر عملکرد قابل حصول را نشان می‌دهد. این خلاء که بیانگر رویکردهای مدیریتی و ژنتیکی است می‌تواند با استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌های برتر در یک شرایط مدیریت بهینه محاسبه شود و در شرایط نبود محدودیت‌های متعدد (برای مثال، دسترسی به ارقام سازگار و دارای عملکرد بالا، مدیریت بهینه در تغذیه، تناوب و تاریخ کاشت مناسب) می‌تواند به حداقل برسد. کاهش خلاء عملکرد کل می‌تواند، افزایش قابل‌توجهی در عملکرد دانه (۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار گندم) در زراعت آبی گندم در منطقه پارس‌آباد مغان را فراهم سازد. خلاء عملکرد راهکار مهمی را در شناسایی محدودیت‌های عملکرد ارائه می‌دهد (۲۵ و ۳۰). تحلیل محدودیت‌های خلاء عملکرد به‌روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در منطقه پارس‌آباد مغان نشان داد، که یک فاصله ۲۳۰۰ کیلوگرمی بین عملکردهای واقعی و قابل حصول بین مزارع گندم آبی این منطقه وجود دارد. علت این میزان خلاء عملکرد در محصول گندم بر اساس مدل تولید، تاریخ کاشت، تراکم سنبله، میزان و تقسیط کود اوره، عملیات تهیه بستر و مصرف قارچ‌کش گزارش شد (۳۲). این محققین در یک آزمایش تحقیقاتی دیگر نیز، اثر تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد را بررسی و گزارش نمودند که، بازه زمانی مطلوب برای کشت محصول گندم در منطقه پارس آباد مغان، ۱۵ آبان (۷۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) تا ۱۵ آذر (۵۱۷۷ کیلوگرم در هکتار) است (۳۱). بنا به نتایج تحلیل محدودیت‌های عملکرد دانه گندم به‌روش تحلیل مقایسه کارکرد (۳۲)، گندم‌های کشت شده توسط آن دسته از گندم‌کارانی که در تاریخ کاشت بهینه (از ۱۵ آبان تا ۱۵ آذر) اقدام به کاشت گندم نموده بودند، تراکم سنبله و عملکرد بیشتری داشتند. بر طبق نتایج این آزمایش، افزایش تراکم سنبله در مترمربع موجب افزیش معنی‌دار عملکرد دانه ($P>0/01$) شد (به‌میزان ۲۹/۷درصد). در این مطالعه پیمایشی تراکم سنبله به‌عنوان مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در خلاء بین عملکردهای واقعی و قابل حصول (تراکم سنبله) شناخته شد.

شکل ۳ و جدول ۴ نشان می‌دهند که تغییرات قابل‌توجهی در میزان تولید گندم در منطقه پارس‌آباد مغان وجود داشت. علت این تنوع عملکرد در مزارع گندم‌کاران منطقه مورد مطالعه، تنوع مدیریت زراعی (تاریخ کاشت، تناوب، تغذیه)، ژنتیک و پارامترهای آب و هوایی گزارش شده است. بر اساس این گزارش تحقیقاتی، شیوه‌های مدیریت عملکرد واقعی در منطقه پارس‌آباد مغان عمدتاً شامل استفاده از چند ژنوتیپ در مقیاس وسیع، کنترل موثر علف‌های هرز، تخریب بیشتر خاک به‌دلیل حذف یا سوزاندن بیوماس

محصولات زراعی و اتکاء به روش تغذیه سنتی و مصنوعی در سیستم‌های کشت هستند. در منطقه پارس‌آباد مغان تنها درصد پایین‌تری از کشاورزان آزمایش نمونه خاک را در همان سال زراعی انجام می‌دهند. بیشتر کشاورزان این منطقه آزمایش خاک را هر چند سال یکبار انجام داده و به همین دلیل از وضعیت تغذیه‌ای خاک اطلاع چندانی ندارند (۳۲). تنوع عملکرد مرتبط با مدیریت تغذیه، آبیاری، انتخاب ژنوتیپ، تاریخ کشت و تناوب را می‌توان با انتخاب راهبردهای بهینه و سازگار با محصول گندم در منطقه مورد مطالعه به حداقل کاهش و عملکرد اقتصادی را به حداکثر افزایش داد (۳ و ۱۲).

مولر و همکاران (۲۳) دریافتند که مواد مغذی برای بستن خلاء عملکرد، کلیدی است. این نتیجه‌گیری توسط سینکلر و روفتی (۳۰) نیز تایید شده است. عموما کشاورزان کودهای شیمیایی را بر اساس دلایل دیگری مانند تلاش برای دستیابی به اهداف عملکرد، تکیه بر تجربه شخصی گذشته یا آنچه که سایر کشاورزان در منطقه خود استفاده کرده‌اند، اعمال می‌کنند. مدیریت مناسب استفاده از کود می‌تواند با افزایش عملکرد واقعی نقش مهمی در کاهش خلاء عملکرد یک منطقه گندم خیز داشته باشد. همزمانی تقاضا با مصرف نیتروژن در زراعت گندم، راندمان بازیابی نیتروژن را افزایش می‌دهد. تقسیط کود نیتروژن روشی مؤثر برای افزایش کارآیی استفاده کود ازته، کنترل بیماری، جلوگیری از تلفات کود در آبیاری، کاهش خطر یخزدگی و افزایش عملکرد گندم است (۱۷). در منطقه گندم‌خیز پارس‌آباد مغان، بر اساس مقادیر (۱۲۰،۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب و زمان‌های مختلف مصرف کود نیتروژن (T_1 = کاشت، پنجه دهی، ساقه رفتن؛ T_2 = پنجه دهی، ساقه رفتن و پر شدن دانه ؛ T_3 = کاشت، ساقه رفتن، پر شدن دانه ؛ T_4 = کاشت، سنبله دهی، پر شدن دانه) طیف وسیعی از عملکرد دانه درگندم (از ۳۸۹۰ تا ۸۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. اثر متقابل مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکرد دانه زمانی به‌دست آمد که ۳۶۰ کیلوگرم کود در سه مرحله پنجه دهی، ساقه رفتن و پرشدن دانه استفاده شد (۳۲). مطالعات انجام شده در سطح کشوری نیز به اهمیت مدیریت زراعی و بستن خلاء عملکرد تاکید دارند. بر اساس نتایج به‌دست آمده طی دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ مقدار متوسط عملکرد واقعی گندم آبی کشور در حدود ۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد پتانسیل ۸۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و مقدار خلاء عملکرد ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتـار (۶۲ درصـد) محاسبه شده است. با توجه به ارقام گندم آبی موجود و شرایط محیطی حاکم بر کشور، کشاورزان فقط به ۳۸ درصد از عملکرد پتانسیل گندم آبی دست یافتند . بر اساس همین تحقیق مقدار خلاء عملکرد با نوع اقلیم مناطق تولید گندم آبی در کشور، رابطـه معنـی‌داری نداشته و در همه مناطق کشور، مقدار خلاء عملکرد در حدود ۶۲ درصد گزارش شده است. در‌صورتی‌که گندم‌کاران کشور بتوانند با اعمال مدیریت زراعی مناسب در مزارع گندم آبی، به ۸۰ درصد از عملکرد پتانسیل دست یابند، عملکرد این محصول راهبردی به ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. با احتساب وجود ۲/۲ میلیون هکتار اراضی گندم آبی و دسترسی به عملکرد قابل حصول، مقدار تولید گندم در اراضی آبی کشور از ۷/۵ میلیون تن کنونی به ۱۹/۸ میلیون تن خواهد رسید (۳۲).

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه، خلاء عملکرد در محصول زراعی گندم درمنطقه پارس‌آباد مغان بررسی شد، بر اساس نتایج احتمال افزایش ۲۲ درصدی در عملکرد واقعی مزارع کشاورزان وجود دارد درصورتی‌که از مدیریت مناسب در تولید محصول (برای مثال، آزمایش خاک، استفاده از مقدار صحیح کود در زمان و مکان مناسب، تراکم کاشت در مزرعه، کنترل آفات و بیماری‌ها) استفاده کنند. متوسط عملکرد قابل حصول برای ارقام مختلف ۷۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که فرصت انتخاب رقم را (به‌دلیل تنوع ارقام) برای کشاورزان منطقه‌ای که این مطالعه در آن انجام شده است، فراهم می‌کند. ترکیب صحیح و دقیق روش‌های مدیریتی به‌همراه انتخاب ارقام اختصاصی برای این منطقه، عملکرد دانه را تا ۷۹۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌-

دهد که ۳۶ درصد بیشتر از عملکرد واقعی گندم است. این میزان افزایش درصد به معنی افزایش ۵۹۰۰۰ تن گندم (درسطح ۲۸۱۵۴ هکتار) بیشتر با ارزش ۱۲۹/۸ میلیارد تومان سود (بر اساس قیمت ۲۲۰۰ تومان) در پارس‌آباد مغان (علاوه بر درآمد واقعی حاصل) است. با پی‌بردن به یافته‌های این مطالعه، کشاورزان محلی می‌توانند با بستن خلاء عملکرد به افزایش درآمد حاصل از تولید گندم در این منطقه کمک کنند.

تقدیر و تشکر

در وهله اول از دکتر حسین حیدری شریف آباد به‌دلیل رهنمودهای ارزشمند، تشکر ویژه دارم. چرا که بدون کمک ایشان این کار انجام نمی‌شد. همچنین به آن دسته از کشاورزان منطقه اشاره و قدردانی می‌کنم که با ارائه اطلاعات کمک کردند و اجازه دادند از تجربیات آنها در این مطالعه استفاده کنم. سرانجام از کلیه محققان و کارکنان مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مغان (استان اردبیل)، سازمان جهاد کشاورزی استان و منطقه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و پارس‌آباد مغان به‌دلیل اینکه چنین فرصتی را برای انجام این تحقیق فراهم نمودند، قدردانی می‌کنم.

منابع مورد استفاده

1. Carberry, P. S., W. Liang, S. Twomlow, D. P. Holzworth, J. P. Dimes, T. McClelland, N. I. Huth, F. Chen, Z. Hochman and B. A. Keating. 2013. Scope for improved co-efficiency varies among diverse cropping systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110: 8381-8386.
2. Cassman, K. G., A. Dobermann, D. T. Walters and H. Yang. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315-358.
3. Chapagain, T. and A. Good. 2015. Yield and production gaps in rainfed wheat, barley, and canola in Alberta. *Frontiers in Plant Science* 6: 990.
4. Costa, R., N. Pinheiro, A. S. Ameida, C. Gomes, J. Coutinho, J. Coco, A. Costa and B. Nacãs. 2013. Effect of sowing date and seeding rate on bread wheat yield and test weight under mediterranean conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25: 951-961
5. Dobermann, A., T. Arkebauer, K. Cassman, R. Drijbler, J. Lindquist, j. Specht, D. Walters, H. Yang, D. Miller, D. Binder, G. Teichmeier, R. Ferguson and C. Wortmann. 2003. Understanding corn yield potential in different environments. *Agronomy and Horticulture - Faculty Publications* 317: 1-16.
6. Egli, D. B. and J. L. Hatfield. 2014a. Yield and yield gaps in central US corn production systems. *Agronomy Journal* 106: 2248-2254.
7. Egli, D. B. and J. L. Hatfield. 2014b. Yield gaps and yield relationships in central US soybean production systems. *Agronomy Journal* 106: 560-566.
8. Evans, L. T. 1993. Crop Evolution, Adaptation and Yield. Cambridge University Press, New York.
9. Evans, A. 2009. The feeding of the Nine Billion: Global Food Security. Chatham House, London
10. Fischer, R. A., D. Byerlee and G. O. Edmeades. 2014. Crop Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
11. Fischer, R. A., D. Byerlee and G. O. Edmeades. 2009. Can Technology Deliver on the Yield Challenge to 2050? Expert Meeting on How to feed the World in 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Development Department,
12. Grassini, P., K. M. Eskridge and K. G. Cassman,. 2013. Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. *Nature Communications* 4: 2918.
13. Godfray, H. C. J., J. R. Beddington, I. R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence and J. F. Muir. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
14. Hofstra, N. and L. C. Vermeulen. 2016. Impacts of population growth, urbanisation and sanitation changes on global human Cryptosporidium emissions to surface water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 219: 599-605.
15. Hatfield, J. L and C. L. Walthall. 2015. Meeting global food needs: realizing the potential via genetics × environment × management interactions. *Agronomy Journal* 107: 1215-1226.
16. Hatfield, J. L. and B. L. Beres. 2019. Yield gaps in wheat: path to enhancing productivity. *Frontiers Plant Science*

10: 1603.
17. Heard, J. 2011. Manitoba leads in soil testing, precision ag. Available Online at: http://www.producer.com/2011/05/manitoba-leads-in-soil-testing-precision-ag/. Accessed 28 May 2015.
18. Knapp, S. and M. G. A. van der Heijden. 2018. Global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications* 9: 3632.
19. Licker, R., M. Johnston, J. A. Foley, C. Barford, C. J. Kucharik, C. Monfreda and N. Ramankutty. 2010. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the 'yield gap 'of crop lands around the world? *Global Ecology Biogeography* 19: 769-782.
20. Lobell, D. B. 2013. The use of satellite data for crop yield gap analysis. *Field Crop Research*. 143: 56-64.
21. Lobell, D. B., K. G. Cassman and C. B. Field. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environmental Resources* 34: 179-204.
22. Lobell, D. B., J. I. Ortiz-Monasterio, G. P. Asner, R. L. Naylor and W. P. Falcon. 2005. Combining field surveys, remote sensing, and regression trees to understand yield variations in an irrigated wheat landscape. *Agronomy Journal* 97: 241-249.
23. Mueller, N. D., J. S. Gerber, M. Johnston, D. K. Ray, N. Ramankutty and J. A. Foley. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature* 490: 254-257
24. Patrignani, P., R. P. Lollato, T. E. Ochsner, C. B. Godsey and J. T. Edwards. 2014. Yield gap and production gap of rainfed winter wheat in the Southern Grain Plains. *Agronomy Journal* 106: 1329-1339.
25. Pasuqin, J. M. C. A. and C. Witt. 2007. Yield potential and yield gaps of maize in Southeast Asia. In: proceedings of the international potash institute. Electronic International Fertilizer Correspondent (Ine-fic). IPI Southeast Asia Program, Singapore.
26. Roel, A. and R. E. Plant. 2004. Factors underlying yield variability in two California rice fields. *Agronomy Journal* 96: 1481-1494.
27. Rufo, M. L., L. F. Gentry, A. S. Henninger, J. R. Seebauer and F. E. Below. 2015. Evaluating management factor contributions to reduce corn yield gaps. *AgronomyJournal* 107: 495-505.
28. Röös, E., B. Bajželj, P. Smith, M. Patel, D. Little and T. Garnett. 2017. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change* 47: 1-12.
29. Suleiman, A. A., J. F. Nganya and M. A. Ashraf. 2014. Effect of cultivar and sowing date on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum L.*) in Khartoum, Sudan. *Journal of Forest Products and Industries* 3: 198-203.
30. Sinclair, T. R. and T. W. Rufty. .2012. Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. *Global Food Security* 1: 94-98.
31. Shirinzadeh, A. 2017. The estimation of the wheat yield gap and introduction of a strategy to close it in the Moghan region. Ph.D. Thesis. Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.
32. Shirinzadeh, A., H. Heidari Sharif Abad, G. Normohamadi, E. Majidi Haravan and H. Madani. 2020. Analyzing wheat yield constraints in Parsabad Moghan, north-west of Iran. *Journal of Crop Production and Processing* 10: 49 -65. (In Farsi).
33. Tilman, D., C. Balzer, J. Hill and B. L. Befort. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceeding of the National Academy Sciences of the United States of America* 108: 20260-20264.
34. Van Ittersum, M. K., K. G. Cassman, P. Grassini, G. Wolf, P. Tittonell and Z. Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance: are views. *Field Crop Res*earch 143: 4-17.
35. Yang, W., S. Peng, R. C. Laza, R. M. Visperas and M. Dionisio-Sese. 2008. Yield gap analysis between dry and wet season rice crop grown under high-yielding management conditions. *Agronomy Journal*. 100: 1390-1395.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 4, Winter 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Yield and Production Gaps in Wheat in Parsabad Moghan, northwest of Iran

A. Shirinzadeh[1*]

(Received: November 19-2022; Accepted: September 23-2023)

Abstract

Wheat has an important role in food production of the world and Iran as well. It provides around 40 percent of energy and protein intake of Iran's people. Closing yield gap can increase wheat production. The first step of closing yield gap is to quantify the yield gap at a given region or country. The objective of this research was to determine wheat (*Triticum spp*. L.) yields and production during the two cropping years (2013-2015) in the Parsabad Moghan in Ardabil province, northwest of Iran. To calculate the actual yield, a 22-year of official data and 460 farms under the management of farmers during 2014-2016 were used. The average and maximum attainable yield was estimated using field experiment results (FLD), comparative performance analysis (CPA) and the 90th percentile of record yield distribution. Based on the results of this research, a significant management yield gap was observed between attainable and actual yield (22%). In addition; genetic (i.e., gaps due to genetic selection) and total gaps in wheat were 11% and 36%, respectively. The increase in wheat production with the genetic selection and optimal crop management for the studied 28154 ha was estimated to be approximately 59000 tons with an economic value of 2.59 million dollars. Based on the results of this research, the yield potential of wheat genotypes can be achieved by closing yield gaps in the study area.

Keywords: Actual yield, Attainable yield, Maximum attainable yield, Management gap, Genetic gap

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Parsabad Moghan Branch, Parsabad Moghan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: asgar.shirinzadeh@gmail.com