"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹٦

ارزیابی خلأ عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در استان گلستان

Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method

امیر حجارپور[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳]، حبیب‌الله کشیری[۴]، امیر آینه بند[۵] و محمد ناظری[۶]

چکیده

حجارپور، ا.، ا. سلطانی، ا. زینلی، ح. کشیری، ا. آینه بند و م. ناظری. ۱۳۹٦. ارزیابی خلأ عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در استان گلستان. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۲): ۱۰۱-۸٦.**

به منظور تعیین خلاء عملکرد گندم و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلاء عملکرد، بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به مدیریت زراعی (حدود ۲۵۰ متغیر) از ٦۸٤ مزرعه در سطح استان گلستان در طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳، تولید گندم در سه شرایط شامل؛ دیم کم‌بازده (۲۱٦ مزرعه)، دیم پرمحصول (۱۱۹ مزرعه) و آبی (۳٤۹ مزرعه) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در هر سیستم یک مدل تولید تعیین و عملکردهای پتانسیل گندم تخمین زده شد که در شرایط دیم کم‌بازده، دیم پرمحصول و آبی به ترتیب ۵۰۲۵، ۷۹۵٤ و ۸۰۲۹ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به اینکه متوسط عملکرد این مزارع به ترتیب ۱۹٦٦ ، ۳۹۸۵ و ۳۹۳٦ کیلوگرم در هکتار بود، بنابراین خلأ عملکرد ٦۰، ۵۰ و ۵۱ درصد تخمین زده شد. دلایل ایجاد این خلاء به ترتیب اهمیت در شرایط: الف- دیم کم‌بازده: عدم استفاده از دستگاه کاشت بذر در داخل بقایا (۳۲ درصد)، وضعیت نامناسب بستر (۱۷ درصد)، عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی (۱۵ درصد)، عدم استفاده از گاوآهن قلمی (۱۵ درصد)، عدم مصرف علف‌کش (۱۳ درصد) و عدم مصرف بهینه کود نیتروژن (۹ درصد)؛ ب- دیم پرمحصول: عدم وارد کردن بقولات در تناوب (۲٦ درصد)، مساحت کم مزارع (۲۱ درصد)، عدم مصرف بهینه کود نیتروژن (۱۵ درصد) ، عدم مصرف بهینه کود پتاسیم (۱۲ درصد)، عدم مصرف کود دامی (۱۱ درصد)، عدم استفاده از زیرشکن (۱۰ درصد) و عدم استفاده از قارچ‌کش (۵ درصد)؛ ج- آبی: آبیاری (۲۷ درصد)، عدم مصرف بهینه کود نیتروژن (۲۵ درصد)، عدم رعایت تاریخ کاشت بهینه (۲۰ درصد)، عدم استفاده از رقم مناسب (۱۰ درصد)، عدم استفاده از زیرشکن (۹ درصد) و عدم استفاده از فاروئر (۸ درصد) بودند. به نظر می‌رسد که با مدیریت صحیح مزارع و در نظر گرفتن عوامل خلاء عملکرد ذکر شده، می‌توان عملکرد دانه گندم در استان گلستان را در مزارع دیم کم‌بازده در حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و در مزارع دیم پرمحصول و آبی در حدود ٤۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عملکردهای فعلی کشاورزان، افزایش داد.

واژهای کلیدی: پتانسیل عملکرد، تولید دیم، عملکرد واقعی و گندم.

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۳/۲۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول و طرح تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان به شماره شناسه ۱۲۱٦۱۲٤-۷۰٤۸ می باشد.

۱- دانشجوی سابق دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
(مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: amiragro65@gmail.com)
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- مدیر ترویج کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات پنبه ایران
۵- استاد دانشگاه شهید چمران اهواز
۶- کارشناس دفتر گندم سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی کشور و استان گلستان به شمار می‌رود. بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گندم در ایران در حدود شش میلیون هکتار با متوسط عملکرد دو تن در هکتار است. استان گلستان با سهم ۶/۵ تا ۸ درصد از تولید گندم کشور، همواره یکی از استان های برتر تولید کننده گندم بوده است، اما میزان عملکرد این استان با حدود ۱/۸ کیلوگرم در هکتار، کمتر از متوسط عملکرد کشور است (Anonymous, 2015).

بعد از انقلاب سبز و تحولات صورت گرفته در علم کشاورزی که منجر به افزایش عملکرد گندم در واحد سطح در مزارع کشاورزان گردید، عوامل متعددی سیر صعودی عملکرد را به حالت سکون تبدیل کرد و یا با کاهش آن، محدودیت‌هایی را به وجود آوردند (Lobel *et al.*, 2009). ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان بر اثر محدودیت مساحت زمین‌های مناسب و منابع آب در دسترس جهت تولید محصولات زراعی و همچنین محدودیت‌های بیوفیزیکی مربوط به رشد گیاهان زراعی، محدود می‌شود. کمّی‌سازی ظرفیت تولید در واحد سطح مزارع فعلی جهت تحقیقات، توسعه و سرمایه‌گذاری و همچنین جهت کمک به کشاورزان منطقه در اتخاذ تصمیم‌های مناسب زراعی ضروری است (van Ittersum *et al.*, 2013). از بین بردن فاصله بین عملکردی که در حال حاضر در مزارع بدست می‌آید و عملکردی که می‌تواند به وسیله‌ی استفاده از بهترین ارقام سازگار با محیط و بهترین روش‌های مدیریت آب، خاک و گیاه بدست آید (خلاء عملکرد)، راهکار کلیدی جهت غلبه بر چالش تغذیه‌ای جمعیت در حال رشد جهان است (Hochman *et al.*, 2013). تحلیل خلاء عملکرد (Yield gap analysis) یک تخمین کمّی از امکان افزایش در ظرفیت تولید غذا برای یک ناحیه مشخص را فراهم می‌آورد که یک جزء مهم در طراحی راهبردهای تأمین غذا در مقیاس منطقه‌ای، ملی و در سطح جهانی است (van Wart *et al.*, 2013). در کشورهای در حال توسعه، به دلیل عدم توانایی در کنترل عوامل محدود کننده، در بسیاری از مناطق، دستیابی به عملکرد پتانسیل برای یک محصول خاص در زمین‌های زارعین، نادر به شمار می‌رود.

یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور ما نیز اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول (خلاء عملکرد) است. شناخت محدودیت‌های عملکرد می‌تواند محققان را در تلاش برای کاهش خلاء عملکرد یاری دهد (Soltani *et al.*, 2009). از اولین تحقیقات صورت گرفته در ایران در خصوص خلاء عملکرد می‌توان به تحقیق انجام شده توسط سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2000) اشاره کرد که به تجزیه و تحلیل محدودیت‌های تولید گندم در استان گلستان پرداخته شده است. آنان با استفاده از آمار ۲۰ ساله هواشناسی ۱۰ ایستگاه در یک مطالعه شبیه‌سازی، توان تولید دیم در سه نوع خاک سنگین، متوسط و سبک و همچنین توان تولید در شرایط آبی را تخمین زده و به بررسی عوامل محدود کننده تولید در این شرایط پرداختند. در سال‌های اخیر به علت نگرانی‌های به وجود آمده در مورد مباحث امنیت غذایی، مطالعات در این زمینه و در مباحث خلاء عملکرد نیز در سطح جهان (Lobel *et al.*, 2009; van Ittersum *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2015) و ایران (Soltani *et al.*, 2009; Soltani *et al.*, 2016; Hajjarpoor *et al.* 2016) رو به افزایش بوده و لازم است تا با استفاده از روش‌های مناسب، اقدام به برآورد میزان خلاء عملکرد و دلایل آن و به عبارت دیگر شناسایی عوامل محدود کننده عملکرد پتانسیل نمود. در این راستا روش‌های مختلفی جهت تجزیه و تحلیل خلاء عملکرد با استفاده از داده‌های میدانی وجود دارد. یکی از روش‌های مناسب آماری که توانایی تجزیه داده‌های

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

میدانی را دارد، روش تحلیل مقایسه کارکرد (Comparative Performance Analysis; CPA) است (Soltani *et al*., 2009) که در آن نقش عوامل مختلف در تعیین عملکرد با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام یا انواع مشابه روش‌های گزینش متغیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش در سطح جهان برای دو گیاه ذرت (Pradhan, 2004) و برنج (Kayiranga; 2006; Rajapakse, 2003) مورد استفاده قرار گرفته و دلایل خلاء عملکرد این گیاهان در مناطق مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. این روش در ایران نیز در گذشته در مورد گندم در برخی نقاط کشور به صورت محدود در یک شهرستان یا منطقه جغرافیایی کوچک مورد استفاده قرار گرفته است (Soltani *et al*., 2009; Nekahi, *et al*., 2014). از سایر روش‌های مورد استفاده در ایران که به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی صورت گرفته است می‌توان به تجزیه خط مرزی (Boundary Line Analysis) (Hajjarpoor *et al*., 2016) و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process; AHP) و روش آنتروپی (Entropy) (Torabi *et al*., 2013) اشاره کرد.

ارقام گندم کشت شده در شرایط استان گلستان به دلیل وجود خلاء عملکرد به پتانسیل عملکرد خود نمی‌رسند (Torabi *et al*., 2013; Nekahi, *et al*., 2014). کاهش عملکرد در مزارع کشاورزان نسبت به عملکرد پتانسیل در واحد سطح و تشخیص عوامل ایجاد کننده این خلاء عملکرد، ضرورت اجرای چنین تحقیقی در استان گلستان را ایجاب نمود، بنابراین پژوهش حاضر به منظور تعیین خلاء عملکرد گندم و تعیین عوامل محدودکننده عملکرد و سهم هر یک از آن‌ها در ایجاد خلاء عملکرد با استفاده از روش CPA در مزارع گندم استان گلستان انجام شد.

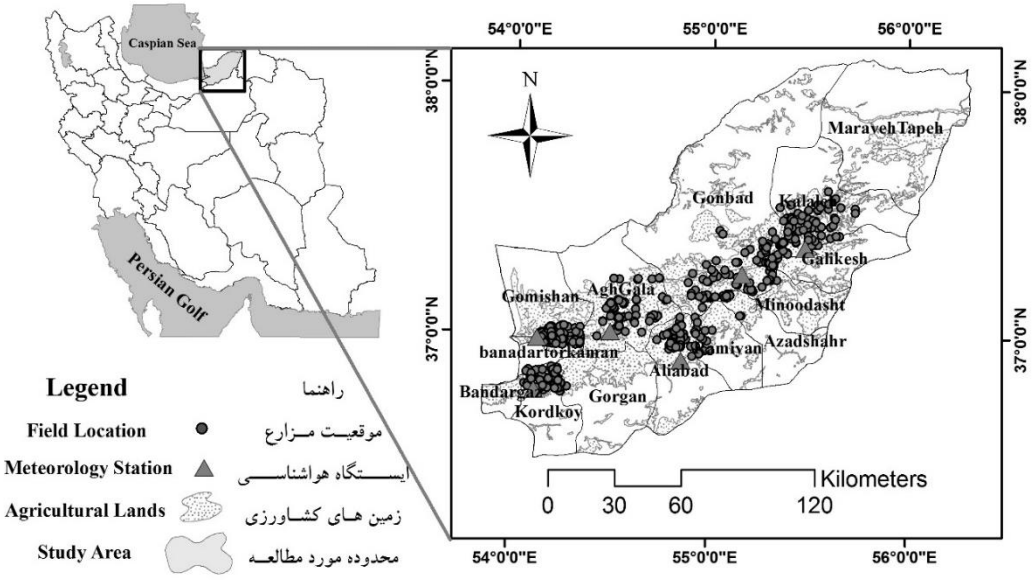
مواد و روش‌ها

استان گلستان با مساحتی در حدود ۲۰۴۳۸ کیلومترمربع بین ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در بخش شمالی ایران واقع شده است. اراضی دیم کم محصول در شمال استان با میزان شوری بالای خاک، غیرحاصلخیز و با بارندگی اندک واقع شده‌اند. اراضی دیم پر محصول در شمال شرق استان با خاک مناسب و بارندگی‌های خوب قرار دارند. اراضی آبی اکثراً در جنوب استان و یا بخش‌های کوهپایه‌ای قرار دارند، به علت بالا بودن بارندگی و یا سطح ایستابی نیاز به آبیاری ندارند (شکل‌های ۱ و ۲). بر این اساس سه شهرستان علی‌آباد، گنبد و کردکوی که بیشترین سطح زیر کشت مزارع آبی استان را دارا هستند، به دلیل میزان بارندگی و یا سهولت دسترسی کشاورزان به آب آبیاری در پژوهش حاضر به عنوان نماینده مناطق کشت آبی گندم استان مورد بررسی قرار گرفتند. شهرستان کلاله به عنوان نماینده زراعت گندم دیم پرمحصول و شهرستان‌های آق‌قلا، گمیشان به عنوان نماینده زراعت گندم دیم کم‌محصول استان انتخاب شدند. بیشترین سهم مزارع دیم استان نیز مربوط به این سه شهرستان است (Anonymous, 2015). تنوع اقلیمی استان گلستان به دلیل شرایط جغرافیایی و طبیعی، قابل توجه می‌باشد، به طوری که نواحی جنوب از آب و هوای کوهستانی، نواحی مرکزی و جنوب غربی از آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای و نواحی شمالی از آب و هوای نیمه خشک و خشک برخوردار است. به طور کل گندم در این استان در یک دشت وسیع کشت شده که این دشت از شمال به بیابان قره‌قوم در آسیای میانه، از جنوب به رشته کوه‌های البرز و از غرب به دریای خزر محدود می‌شود (شکل ۱). با وجود این تفاوت‌ها، کلیه شهرستان‌های استان دارای زمستان‌های ملایم بوده و ارقام گندم بهاره در آنها به صورت پاییزه کشت می‌شوند (شکل ۲).

میانگین بلندمدت حداکثر و حداقل دما در فصل رشد گندم (آذرماه تا خرداد) برای آق‌قلا به ترتیب

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]



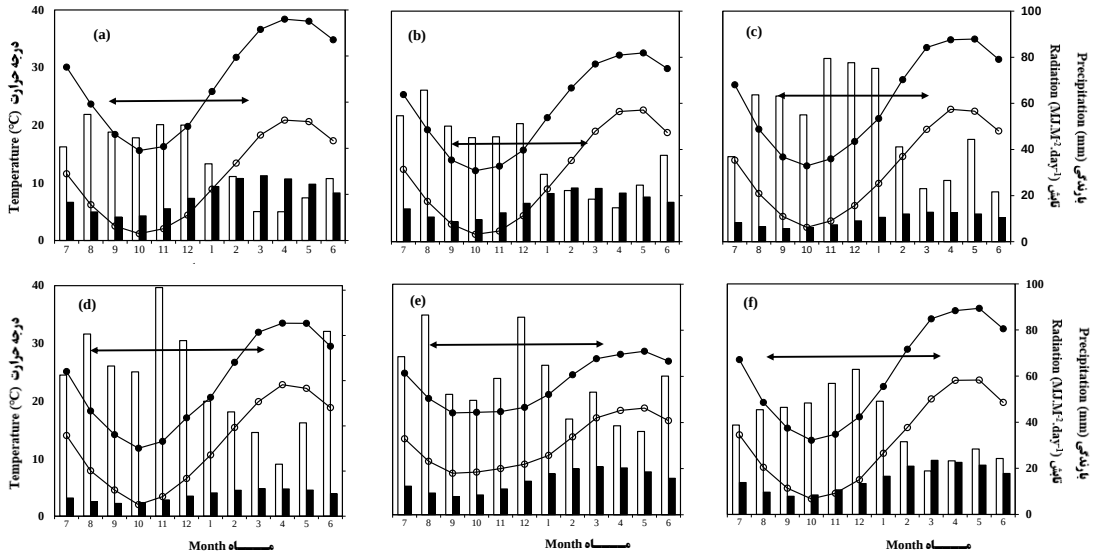
شکل ۱ – موقعیت مزارع پایش شده در سطح استان گلستان طی دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ و محدوده ایستگاه‌های هواشناسی منطقه

Fig. 1. Location of monitored fields in Golestan province, Iran during two cropping seasons (2014 and 2015) along with the location of meteorology stations

۲۳/۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد، گمیشان ۱۹/۲ و ۷/۵ درجه سانتی‌گراد و در کلاله ۲۰/۴ و ۸/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین روزانه تابش خورشیدی در طول فصل رشد گندم برای شهرستان آق‌قلا ۱۷/۹ مگاژول بر مترمربع در روز و مجموع بارش آن ۲۳۵ میلی‌متر بوده است. این ارقام برای گمیشان به ترتیب ۱۵/۷ مگاژول بر مترمربع در روز و ۲۵۰ میلی‌متر و برای کلاله ۸/۵ مگاژول بر مترمربع در روز و ۳۹۱ میلی‌متر بوده است (شکل ۲). در مورد شهرستان‌های دارای شیوه زراعت آبی، میانگین بلندمدت حداکثر و حداقل دما در طول فصل رشد گندم برای علی‌آباد به ترتیب ۱۹/۳ و ۸/۹ درجه سانتی‌گراد، گنبد ۲۰/۵ و ۹ درجه سانتی‌گراد و در کردکوی ۲۰/۶ و ۱۰/۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. میانگین ماهانه تابش خورشیدی در فصل رشد گندم برای علی‌آباد ۹ مگاژول بر مترمربع در روز و مجموع بارش آن ۴۵۰ میلی‌متر بود. این اطلاعات برای گنبد به ترتیب ۱۴/۵ مگاژول بر مترمربع در روز و ۳۲۰ میلی‌متر و برای کردکوی ۱۴/۴ مگاژول بر مترمربع در روز و ۴۱۰ میلی‌متر بوده است (شکل ۲).

پایش مزارع گندم در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در هر یک از شهرستان‌های مورد نظر انجام و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شدند. در مجموع ۳۳۵ مزرعه در بخش دیم استان و ۳۴۹ مزرعه در بخش آبی استان با تنوع کافی در سطح زیر کشت، نوع عملیات زراعی و عملکرد محصول برداشت شده (براساس اطلاعات کسب شده از مراکز خدمات کشاورزی) مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل ۱ موقعیت مزارع پایش شده در سطح استان و محدوده ایستگاه‌های هواشناسی این مناطق نشان داده شده است. اطلاعات مورد نیاز مزارع (موقعیت، جهت شیب، وضعیت زه‌کشی مزرعه)، مدیریت زراعی شامل تهیه بستر کشت (نوع ادوات، نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک، وضعیت و رطوبت بستر در زمان کاشت و سله بستن)، مسائل مربوط به کاشت از قبیل رقم مورد استفاده، نحوه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]



شکل ۲- میانگین بلند مدت ماهانه حداقل (دایره‌های توخالی) و حداکثر دما (دایره‌های توپر)، بارندگی (ستون‌های سفید) و تابش خورشیدی (ستون‌های مشکی) شهرستان‌های آق‌قلا (a)، گمیشان (b)، کلاله (c)، علی‌آباد (d)، کردکوی (e) و گنبد (f). پیکان، نشان‌گر دوره‌ی رشدی گندم در منطقه مورد نظر است.

Fig. 2. Long-term average of monthly minimum temperature (hollow circles), maximum temperatures (solid circles), precipitations (bright bars) and solar insolation (dark bars) at Aqqala (a), Gomishan (b), Kalale (c), Aliabad (d), Kordkoy (e), and Gonbad (f), Iran. Arrows indicate the growing period of wheat in these areas.

ضدعفونی بذر، میزان مصرف بذر، وسیله کاشت و زمان کاشت و مسائل مربوط به داشت از قبیل کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود پایه و سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد، میزان و زمان آبیاری، روش‌های آبیاری (سنتی و تحت فشار) و مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت)، اطلاعات مربوط به خاک و گیاه زارعی در طول فصل رشد و مشکلات تولید از قبیل خوابیدگی بوته (ورس)، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (از طریق مشاهده و اندازه‌گیری و در مواردی از طریق پرسش از کشاورزان)، تکمیل و در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده ثبت شد.

بر اساس تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از سطح استان از شش شهرستان مورد نظر، تولید گندم به سه روش تولید شامل؛ دیم کم‌بازده، دیم پرمحصول و آبی (فاریاب) تقسیم‌بندی شد. بر این اساس ۲۱۶ مزرعه در بخش دیم کم‌بازده، ۱۱۹ مزرعه در بخش دیم پرمحصول و ۳۴۹ مزرعه در بخش آبی با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA)(Soltani *et al.*, 2009) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و برای هر روش زراعت، یک مدل عملکرد تعیین شد. برای تعیین این مدل، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی؛ برخی متغیرهای کیفی مانند نوع رقم به صورت صفر و یک کدگذاری شدند و برخی متغیرها مانند وضعیت بستر در چهار حالت بدون کلوخه، کلوخه کم، کلوخه متوسط و کلوخه زیاد، مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت از صفر تا ۳ نمره دهی شده و به نرم‌افزار معرفی شدند) و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام به گام (Rezaei and Soltani, 1998) مورد بررسی قرار گرفت. با قرار دادن میانگین مشاهده شده هر یک از متغیرها در بین مزارع بررسی شده در

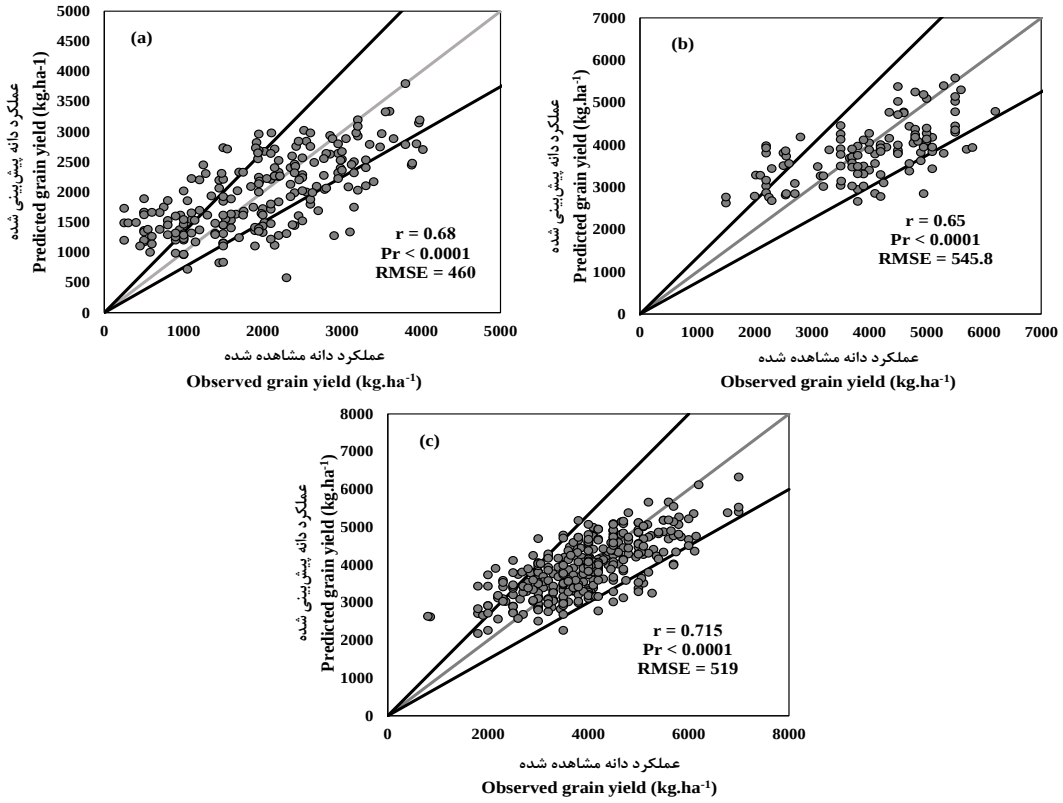
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه گردید. سپس با قرار دادن بیشترین مقدار متغیرها در مدل عملکرد، پتانسیل عملکرد محاسبه شد. اختلاف این دو، خلاء عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل‌ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل‌ضرب بیشترین مقدار برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان دهنده مقدار خلاء عملکرد ایجاد شده ناشی از آن متغیر است. نسبت مقدار خلاء عملکرد برای هر متغیر به کل خلاء عملکرد، نشان دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلاء عملکرد می‌باشد که به صورت درصد نشان داده شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار SAS v9.3 استفاده شد (Soltani, 2007).

نتایج و بحث

تجزیه داده‌ها برای هر شهرستان به صورت جداگانه، برای مزارع دیم و آبی به صورت جداگانه و سپس برای کل مزارع استان به صورت یک‌جا انجام شد، لیکن با توجه به حساسیت بالای مدیریت زراعی در اراضی دیم، مزارع دیم بر اساس شرایط اقلیمی و خاکی در دو بخش دیم پرمحصول (مزارع شهرستان کلاله) و دیم کم‌محصول (مزارع شهرستان‌های آق‌قلا و گمیشان) مورد بررسی قرار گرفته و بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که تجزیه و تحلیل‌ها بر اساس تقسیم‌بندی داده‌ها به سه شیوه تولید دیم کم‌بازده، دیم پرمحصول و آبی(فاریاب) انجام شد. روش تجزیه و تحلیل استفاده



شکل ۳ - رابطه عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده در سه شیوه تولید گندم؛ دیم کم‌بازده (a)، دیم پرمحصول (b) و آبی (c) در استان گلستان. خطوط کناری نشان دهنده دامنه تفاوت ۲۵ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده هستند. خط وسط، خط ۱:۱ می‌باشد.

Fig. 3. Scatter plot of the observed grain yield of wheat against predicted grain yield in three production systems: low-yield (a) and high-yield (b) rainfed and irrigated (c) fields. The 25% ranges of discrepancy between observed and predicted which are indicated by sidelines. Middle line is 1:1 line

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

شده در این تحقیق علاوه بر برآورد میزان خلاء عملکرد، محدودیت‌های عملکرد را نیز مشخص نمود، به این ترتیب برای هر شیوه تولید یک رابطه تولید بدست آمده و عوامل به وجود آورنده خلاء عملکرد مورد بررسی قرار گرفتند.

در شیوه تولید دیم کم‌بازده، از میان متغیرهای مورد بررسی، رابطه رگرسیونی زیر با شش متغیر مستقل انتخاب شد (رابطه ۱):

$$\text{Grain yield } (kg.ha^{-1})=1050.76 +801.53X_1 +224.89X_2+4.78X_3 +602.44X_4+426.87X_5+984.25X_6 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Grain yield: عملکرد دانه، X_1: استفاده از گاوآهن قلمی، X_2: وضعیت بستر کشت، X_3: مقدار کود نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)، X_4: محلول پاشی عناصر غذایی، X_5: مصرف علف‌کش و X_6: استفاده از دستگاه کشت بذر در داخل بقایای گیاهی هستند. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای وارد شده در مدل همراه با عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی در شیوه تولید دیم کم‌محصول در جدول ۱ ارائه شده است.

رابطه بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده بر اساس مدل تولید در شرایط دیم کم‌محصول، معنی‌دار بود (شکل a۳). ضریب همبستگی این رابطه ۰/۶۸، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۴۶۰ و ضریب تغییرات مدل (نسبت جذر میانگین مربعات خطا به میانگین) ۲۳ درصد بود. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل قابل قبول بوده و می‌تواند برای تعیین میزان خلاء عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد استفاده شود. خلاء عملکرد ناشی از هر عامل و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد در شرایط دیم کم در جدول ۱ ارائه شده است. مدل عملکرد، مقدار پتانسیل عملکرد را ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار تخمین زد، از این رو با توجه به اینکه متوسط عملکرد در مزارع کشاورزان ۱۹۶۶ کیلوگرم در هکتار است، بنابراین خلاء عملکرد ۶۰ درصد تخمین زده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و مقدار محصولی که می‌توانند برداشت کنند، ۳۰۵۶ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل کاهش دادن خواهد بود.

عوامل ایجاد کننده خلاء عملکرد در شرایط دیم کم‌بازده به همراه سهم هر یک از آنها در جدول ۱ و شکل a۴ نشان داده شده است. بر این اساس عدم استفاده از دستگاه کاشت بذر در بقایا، ۳۲ درصد از خلاء عملکرد را توجیه کرد. این دستگاه ها در شرایط دیم، توانایی کشت بذر در داخل بقایای محصول قبلی با کمترین دست‌خوردگی سطح خاک را دارند، درحالی که استفاده از سایر ماشین های کاشت، نیازمند تهیه مناسب بستر است که باعث بهم‌خوردن سطح خاک و افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شوند. وضعیت بستر کشت می‌تواند عامل ۱۷ درصد از خلاء عملکرد در شرایط دیم کم بازده باشد، به این معنی که هر چه سطح خاک کمتر دست بخورد و کلوخه ای‌تر باشد، جهت حفظ رطوبت خاک مناسب تر بوده و باعث افزایش عملکرد خواهد شد، بنابراین در این شرایط، توصیه بر بی‌خاک‌ورزی و یا خاک‌ورزی حداقل می‌شود. محلول‌پاشی مزارع با استفاده از کودهای مایع نیتروژن و کودهای میکرو می تواند ۱۵ درصد از خلاء عملکرد را توجیه کند. استفاده از محلول پاشی علاوه بر در اختیار قرار دادن عناصر غذایی برای گیاه، باعث به وجود آمدن شرایط رطوبتی ویژه‌ای در مراحل بحرانی رشد گیاه می‌شود. استفاده از گاوآهن قلمی به جای ادوات خاک‌ورزی سنگین نظیر گاوآهن برگردان‌دار و دیسک‌های سنگین، توجیه کننده ۱۵ درصد از خلاء عملکرد می‌باشد که دلیل آن هم حفظ رطوبت خاک می‌تواند باشد. عدم مصرف علف‌کش در این شرایط عامل ۱۳ درصد از خلاء عملکرد بوده است. بدیهی است در شرایطی که جمعیت علف‌های هرز تا حد زیر سطح آستانه خسارت اقتصادی باشد، نیازی به مصرف

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

جدول ۱ - کمّی سازی خلاء عملکرد گندم در شرایط دیم کم‌محصول در استان گلستان

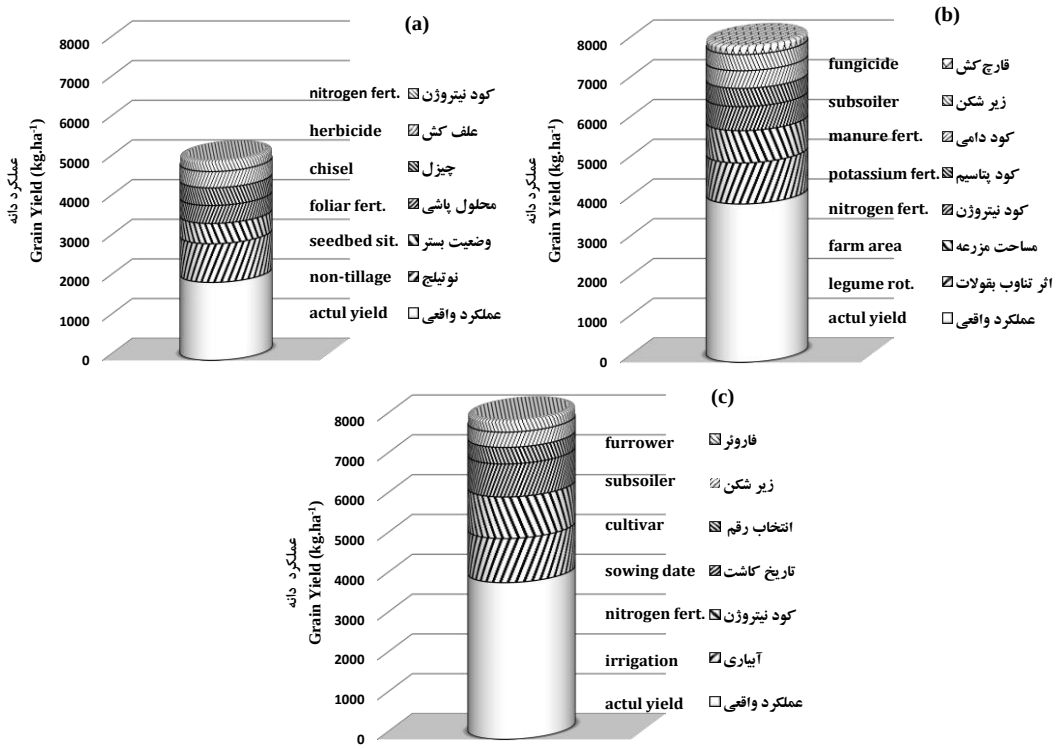
Table 1. Quantifying of wheat yield gap in low-yield rainfed system in Golestan province, Iran

متغیرها Variables		ضریب Coefficient	مقدار متغیر Variable rate				عملکرد محاسبه شده با مدل Yield calculated with model		خلاء عملکرد Yield gap	
			میانگین Average	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهینه Opt.	میانگین Average	بهینه Opt.	مقدار ($kg.ha^{-1}$)	درصد (%)
Intercept	عرض از مبدأ	1050.76	1	-	-	1	1050.76	1050.76	0	-
Chisel	گاوآهن قلمی	801.53	0.444444	0	1	1	356.23	801.53	445.29	14.56
Seedbed	وضعیت بستر کاشت	224.89	0.731482	0	3	3.00	164.51	674.68	510.17	16.68
Nitrogen	کود نیتروژن	4.78	45.98921	0	101.2	101.2	219.93	483.97	264.03	8.63
Nutrient foliar application	محلول‌پاشی کود	602.44	0.24537	0	1	1	147.82	602.44	454.62	14.86
Herbicide	علف کش	426.87	0.040721	0	1	1	17.38	426.87	409.48	13.39
No-tillage planter	بذرکار	984.25	0.009112	0	1	1	8.97	984.25	975.29	31.88
Grain yield	عملکرد دانه	-	1965.6	250	4020	-	1965.6	5024.49	3058.89	-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

علف‌کش نمی‌باشد. کود نیتروژن عامل ۹ درصد خلاء عملکرد بود، بنابراین توصیه می شود مقادیر مناسب کود نیتروژن (با توجه به شرایط مزرعه و میزان بارندگی در طی فصل رشد)، مصرف شود (Bruulsema, 2009). برولسما (Bruulsema, 2009) گزارش کرد که استفاده از منابع کودی مناسب در مقدار بهینه، در زمان مورد نیاز گیاه، مصرف جهت افزایش کارایی کود ضروری است. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati *et al.*, 2016) با استفاده از نقشه میان‌یابی شده عملکرد گندم نشان دادند که خلاء عملکرد در سطح مزرعه نیز دارای تغییرات مکانی بوده و پر کردن این خلاء با مدیریت وابسته به مکان، از کارآیی بیشتری برخوردار خواهد بود.



شکل ۴ – سهم عوامل اصلی ایجاد کننده خلاء عملکرد گندم در سه شیوه تولید دیم کم‌بازده (a)، دیم پرمحصول (b) و آبی (c) در استان گلستان

Fig. 3. Contribution of main constraints of wheat yield gap in three cropping system; low-yield (a) and high-yield (b) rainfed and irrigated (c) in Golestan province, Iran

در شیوه تولید دیم پرمحصول، از میان متغیرهای مورد بررسی، رابطه رگرسیونی زیر با هفت متغیر مستقل انتخاب شد (رابطه ۲):

Grain yield (kg.ha-1)=3445.52+4.54X1-217.85X2+501.83X3+559.68X4+10.55X5+9.31X6+8283.86X7 (رابطه ۲)

Grain yield: عملکرد دانه، X_1: مساحت مزرعه، X_2: تناوب با بقولات، X_3: استفاده از زیرشکن، X_4: مصرف کود دامی، X_5: مقدار کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)، X_6: مقدار کود نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار) و X_7: مصرف قارچ‌کش هستند. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای وارد شده در مدل همراه با

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

جدول ۲ - کمّی سازی خلاء عملکرد گندم در شرایط دیم پرمحصول در استان گلستان

Table 2. Quantifying of wheat yield gap in high-yield rainfed system in Golestan province, Iran

متغیرها Variables		ضریب Coefficient	مقدار متغیر Variable rate				عملکرد محاسبه شده با مدل Yield calculated with model		خلأ عملکرد Yield gap	
			میانگین Average	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهینه Opt.	میانگین Average	بهینه Opt.	مقدار ($kg.ha^{-1}$)	درصد (%)
Intercept	عرض از مبدأ	3445.52	1.00	-	-	1	3445.52	3445.52	0	-
Field area	مساحت مزرعه	4.54	21.11	0.5	200	200	95.91	908.78	812.86	20.48
Legume rotation	تناوب بقولات	-217.85	5.74	1	6	1	-1250.37	-217.85	1032.52	26.01
Subsoiler	زیر شکن	501.83	0.18	0	1	1	92.78	501.83	409.06	10.31
Manure	کود دامی	559.68	0.21	0	1	1	117.58	559.68	442.10	11.14
K Fertilizer	کود پتاسیم	10.55	1.54	0	45	45	16.22	474.54	458.32	11.55
N Fertilizer	کود نیتروژن	9.31	90.97	28	156	156	847.25	1452.87	605.62	15.26
Fungicide	قارچ کش	828.86	0.75	0	1	1	619.90	828.86	208.96	5.26
Grain yield	عملکرد دانه	-	3984.79	1500	6200	-	3984.79	7954.23	3969.44	-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی در شیوه تولید دیم پر محصول در جدول ۲ ارائه شده است.

رابطه بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده بر اساس مدل تولید در شرایط دیم پرمحصول، معنی‌دار بود (شکل b۳). ضریب همبستگی این رابطه ۰/۶۵، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۵۴۶ و ضریب تغییرات مدل (نسبت جذر میانگین مربعات خطا به میانگین) ۱۴ درصد بود. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل قابل قبول بوده و می‌تواند برای تعیین میزان خلاء عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد استفاده شود. خلاء عملکرد ناشی از هر عامل و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد در شرایط دیم پرمحصول در جدول ۲ ارائه شده است. مدل عملکرد، مقدار پتانسیل عملکرد را ۷۹۵۴ کیلوگرم در هکتار تخمین زد، بر این اساس با توجه به اینکه متوسط عملکرد در مزارع کشاورزان ۳۹۸۵ کیلوگرم در هکتار است، بنابراین خلاء عملکرد ۵۰ درصد تخمین زده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و مقدار محصولی که می‌توانند برداشت کنند، ۳۰۵۶ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل کاهش دادن خواهد بود.

عوامل ایجاد کننده خلاء عملکرد در شرایط دیم پرمحصول همراه با سهم هر یک از آنها در جدول ۲ و شکل b۴ نشان داده شده است. بر این اساس تناوب بقولات ۲۶ درصد خلاء عملکرد را توجیه کرد. ضریب منفی X_2 در رابطه ۲ (تناوب گندم با بقولات) به این معنی است که هرچه تعداد سال از آخرین نوبت کشت گیاه بقولاتی بیشتر باشد، عملکرد گندم کاهش بیشتری می‌یابد. ۲۱ درصد از خلاء عملکرد مربوط به مساحت مزارع بوده است. وارد شدن مساحت مزرعه به رابطه نشان دهنده این است که مزارع کوچک دارای عملکرد کمتری هستند که دلایل آن عدم استفاده از ماشین آلات می‌باشد. در این بخش تنها ده درصد از مزارع دیم پرمحصول بالای ۵۰ هکتار مساحت داشتند (داده‌ها نشان داده نشده است)، بنابراین نیاز به یکپارچه‌سازی مزارع کوچک وجود دارد. کود نیتروژن عامل ۱۵ درصد از خلاء عملکرد بود، بنابراین توصیه می‌شود که مقادیر بهینه کود نیتروژن، با توجه به شرایط مزرعه و میزان بارندگی، به خاک داده شود. کود پتاسیم عامل ۱۲ درصد از خلاء عملکرد بود، بنابراین در صورتی که مقادیر مناسبی از کود پتاسیم (با توجه به حاصلخیزی خاک) در هنگام کاشت مصرف شود، بخشی از خلاء عملکرد پوشش داده خواهد شد. کود دامی نیز ۱۱ درصد از خلاء عملکرد را توجیه کرد. مصرف کود دامی علاوه بر فراهم کردن عناصر غذایی، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شده که در زراعت دیم یک عامل بسیار مهم تلقی می‌شود. نتایج نشان داد که استفاده از زیر شکن می‌تواند باعث رفع ۱۰ درصد از خلاء عملکرد شود. خاک زیر لایه شخم معمولاً در طی سالیان فشرده می‌شود، بنابراین زیرشکنی با از بین بردن لایه سخت زیرین خاک، باعث افزایش قدرت نفوذ ریشه گیاه می‌شود. عدم استفاده از قارچ‌کش نیز باعث ۵ درصد از خلاء عملکرد بود که ضرورت توجه به مبارزه با بیماری‌های قارچی شایع در منطقه را روشن می‌سازد.

در شیوه تولید آبی، از میان متغیرهای مورد بررسی، رابطه رگرسیونی زیر با شش متغیر مستقل انتخاب شد (رابطه ۳):

$$\text{Grain yield (kg.ha}^{-1}) = 7699.72 - 14.77X_1 + 379.97X_2 + 375.75X_3 + 8.18X_4 + 217.8X_5 + 513.59X_6 \quad (\text{رابطه ۳})$$

Grain yield: عملکرد دانه، X_1: تاریخ کاشت، X_2: استفاده از زیرشکن، X_3: استفاده از فاروئر، X_4: مقدار کود نیتروژن خالص (کیلوگرم در هکتار)، X_5: آبیاری و X_6: استفاده از گندم رقم N8720 هستند. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای وارد شده در مدل همراه با عملکرد دانه در مزارع مورد بررسی در شیوه تولید آبی (فاریاب) در جدول ۱ ارائه شده است.

رابطه بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

جدول ۳ - کمّی سازی خلاء عملکرد گندم در شرایط آبی در استان گلستان

Table 2. Quantifying of wheat yield gap in irrigated system in Golestan province, Iran

متغیرها Variables		ضریب Coefficient	مقدار متغیر Variable rate: میانگین Average	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهینه Opt.	عملکرد محاسبه شده با مدل Yield calculated with model: میانگین Average	بهینه Opt.	خلأ عملکرد Yield gap: مقدار ($kg.ha^{-1}$)	درصد (%)
Intercept	عرض از مبدأ	7699.72	1	-	-	1	7699.72	7699.72	0	-
Sowing date	تاریخ کاشت	-14.77	334.15	278	384	278	-4934.47	-4105.30	829.17	20.26
Subsoiler	زیر شکن	397.97	0.04	0	1	1	14.82	397.97	383.14	9.36
Furrower	فاروئر	375.75	0.16	0	1	1	61.37	375.75	314.38	7.68
Nitrogen fertilizer	کود نیتروژن	8.18	97.53	0	225	225	797.86	1840.59	1042.73	25.48
Irrigation	آبیاری	217.80	0.92	0	6	6	199.70	1306.81	1107.11	27.05
Cultivar (N8720)	رقم	513.59	0.19	0	1	1	97.13	513.59	416.46	10.18
Grain yield	عملکرد دانه	-	3936.13	800	7000	-	3936.13	8029.13	4092.99	-

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

بر اساس مدل تولید در شرایط آبی، معنی‌دار بود (شکل **c۳**). ضریب همبستگی این رابطه، ۰/۷۲، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ۵۱۹ و ضریب تغییرات مدل (نسبت جذر میانگین مربعات خطا به میانگین) ۱۳ درصد بود. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل قابل قبول بوده و می‌تواند برای تعیین میزان خلاء عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد استفاده شود. خلاء عملکرد ناشی از هر عامل و سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد در شرایط آبی در جدول ۳ ارائه شده است. مدل عملکرد، مقدار پتانسیل عملکرد را ۸۰۲۹ کیلوگرم در هکتار تخمین زد، ابر این اساس با توجه به اینکه متوسط عملکرد مزارع ۳۹۳۶ کیلوگرم در هکتار است، بنابراین خلاء عملکرد ۵۱ درصد تخمین زده شد. این موضوع نشان می‌دهد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و مقدار محصولی که می‌توانند برداشت کنند، ۴۰۹۳ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل کاهش دادن خواهد بود.

عوامل ایجاد کننده خلاء عملکرد در شرایط آبی به همراه سهم هر یک از آنها در جدول ۳ و شکل c۴ نشان داده شده است. آبیاری باعث ۲۷ درصد از خلاء عملکرد در زراعت آبی شده است. لازم به ذکر است که اطلاعات کلیه مزارع مناطق کوهپایه‌ای استان بدون در نظر گرفتن اینکه مزرعه آبیاری شده است یا خیر، در این تجزیه وارد شده است، بر این اساس میزان تأثیر آبیاری نیز مورد بررسی قرار گرفته است. منایج نشان داد که مصرف بهینه کودهای نیتروژن می‌تواند باعث رفع ۲۵ درصد از خلاء عملکرد شود. تاریخ کاشت نامناسب باعث ۲۰ درصد خلاء عملکرد بوده است. ضریب منفی X_1 در رابطه ۳ مربوط به تاریخ کاشت است، بدین ترتیب که به ازای هر روز تأخیر در کاشت، عملکرد دانه حدود ۱۵ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. اگر چه کاشت زودهنگام در شرایط آبی باعث تطبیق بهتر دوره رشد گیاه با فصل رشد می‌شود (Torabi *et al.*, 2013)، اما تأخیر در کاشت مشاهده شده می‌تواند به علت کشت‌های تابستانه در مناطقی باشد که به آب آبیاری دسترسی داشته و کاشت گندم تابع زمان برداشت محصول قبلی قرار می‌گیرد. انتخاب رقم گندم (که در منطقه مورد ارزیابی رقم N8720 بوده است)، می‌تواند ۱۰ درصد از خلاء عملکرد را توجیه کند. گندم رقم N8720 یک رقم مخصوص شرایط آبی با پتانسیل تولید بالا است. زیرشکنی می‌تواند باعث رفع ۹ درصد از خلاء عملکرد در شرایط آبی شود که در بخش مربوط به شیوه تولید دیم پرمحصول توضیح داده شد. استفاده از فاروئر می‌تواند عامل ۸ درصد از خلاء عملکرد باشد، بنابراین کشاورزان با ایجاد جوی و پشته حین و یا پس از کاشت بذر گندم می‌توانند بخشی از خلأ عملکرد محصول خود را جبران کنند.

بر اساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد که با مدیریت صحیح مزارع و در نظر گرفتن عوامل ایجاد کننده خلاء عملکرد ذکر شده در هر شیوه تولید، می‌توان افزایش عملکردی در حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط دیم کم‌بازده و افزایش عملکردی در حدود ۴۰۰۰ کیلوگرم در شرایط دیم پرمحصول و آبی استان، نسبت به عملکردهای فعلی کشاورزان، دست پیدا کرد. سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2009) بر اساس روش CPA و اطلاعات حاصل از ۹۵ مزرعه گندم به تحلیل عوامل محدود کننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که میزان مصرف کود پتاسیم، تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد در خلاء عملکرد نقش دارند و با بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان عملکرد گندم در گرگان را به میزان ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. با توجه به اینکه گرگان یکی از مناطق کشت آبی گندم است، نتایج حاصله از کار ایشان نزدیک به نتایج مربوط به شیوه تولید کشت آبی در تحقیق حاضر است، با این تفاوت که خلاء عملکرد کل در مزارع ایشان کمتر از خلاء عملکرد محاسبه شده در تحقیق حاضر

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

بوده است. دلیل این موضوع احتمالا این است که مزارع انتخاب شده در تحقیق ایشان تماماً تحت نظارت کارشناسان جهاد کشاورزی بوده است. نکاحی و همکاران (Nekahi *et al*., 2014) نیز با استفاده از روش CPA به ارزیابی خلاء عملکرد گندم در ۴۵ مزرعه در شهرستان بندرگز پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که در مزارع مورد بررسی، ۳۴۶۲ کیلوگرم در هکتار خلاء عملکرد وجود داشت که نزدیک به خلاء عملکرد محاسبه شده در تحقیق حاضر می‌باشد. آن‌ها مهم‌ترین عوامل موثر در خلاء عملکرد را تراکم بوته (۱۵ درصد)، تاریخ کاشت (۳۶ درصد)، رقم (۲۱ درصد) و عدم استفاده از علف‌کش‌های تاپیک و گرانستار (۱۸ درصد) معرفی کردند. تفاوت تحقیق حاضر با تحقیق‌های قبلی، علاوه بر گستردگی آن در سطح استان (حدود ۷۰۰ مزرعه)، این است که در تحقیق حاضر شیوه‌های مختلف تولید گندم در استان (دیم؛ کم‌محصول، پرمحصول و آبی) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، در حالی که در تحقیق‌های سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2009) و نکاحی و همکاران (Nekahi *et al*., 2014) تفکیکی بین شرایط دیم و آبی مزارع صورت نگرفته بود.

پرادهان (Pradhan, 2004)، میزان خلاء عملکرد ذرت با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در ۹۸ مزرعه در حوزه آبریز یک رودخانه در کشور موزامبیک را ۳۹۱۲ کیلوگرم در هکتار بدست آورد. وی بیان داشت که خاک دارای بافت سبک ۲۷ درصد، مساحت کرت‌های مزرعه ۳۰ درصد، تعداد بذر کاشته شده در هر کپه ۳۰ درصد و عدم انجام عملیات تنک به میزان ۱۳ درصد باعث کاهش عملکرد ذرت شدند. کایرانگا (Kayiranga, 2006) نیز با ارزیابی ۸۷ مزرعه در روستایی در کشور روآندا، محدودیت‌های عملکرد برنج با استفاده از این روش، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در مدل حاصله آنان میزان خلاء عملکرد ۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. بیماری تونگرو (*Rice tungro bacilliform virus*) با ۶۴/۱ درصد و وضعیت حاصخیزی خاک با ۳۵/۹ درصد، از مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده خلاء عملکرد بودند. راجاپاکس (Rajapakse, 2003) نیز با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) نشان داد که خلاء عملکرد برنج ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بود که دلایل آن؛ کود (۳۳ درصد)، کمبود آب (۲۶ درصد)، برداشت دیرهنگام (۱۸ درصد) وجین دستی در دو نوبت (۱۶ درصد) و به تعویق افتادن نشاءکاری (۶ درصد) ذکر شد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت‌های سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و نیز مدیران، کارشناسان و ناظران زحمت‌کش استان گلستان که بدون همکاری ایشان، انجام این مطالعه امکان‌پذیر نبود، تشکر و قدرانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Anonymous, 2015. Deputy of crop improvement. Agricultural organization of Golestan province. Jahad ministry of agriculture.

Anonymous. 2015. Agricultural statistics. Volume1: Crops. Ministry of Jihad Agriculture. Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology. (In Persian).

Bruulsema, T. 2009. Recommendation development under 4R nutrient stewardship, Proceedings North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference.

Hajjarpoor, A., A. Soltani and B. Torabi. 2016. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

of wheat in Gorgan. Electronic J. Crop Prod. 8: 183-201. (In Persian with English abstract).

Hochman, Z., P. S. Carberry, M. J. Robertson, D. S. Gaydon, L. W. Bell and P. C. McIntosh. 2013. Prospects for ecological intensification of Australian agriculture. Eur. J. Agron. 44: 109-123.

Kayiranga, D. 2006. The Effect of land factors and management practices on rice yield (Case Study in Cyili Inland Valley, Gikonko District, Rwanda). International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. Master of science Thesis. 85p.

Lobell, D. B., K. G. Cassman and C. B. Field. 2009. Crop Yield Gaps: their importance, magnitudes and causes. Annu. Rev. Environ. Resour. 34: 179-204.

Nassiri Mahallati, M., A. Koocheki and M. Jahani. 2016. Estimating within field variability of wheat yield using spatial variables: An approach to precision agriculture. J. Agroecol. 8(3): 329-345. (In Persian with English abstract).

Nekahi, M. Z., A. Soltani, A. Siahmarguee and N. Bagherani. 2014. Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-Gaz). Electronic J. Crop Prod. 7: 135-156. (In Persian with English abstract).

Pradhan, R. 2004. The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. Master of science Thesis. 65.

Rajapakse, D. C. 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. Master of science Thesis. 100p.

Rezaei, A. and A. Soltani. 1998. Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University Press. (In Persian).

Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press. (In Persian).

Soltani, A., S. Galeshi and E. Zeinali. 2000. Analysis of limitations contained in wheat production in Golestan province (Research Report). Management and Planning Organization of Golestan province. (In Persian).

Soltani, A., A. Hajjarpour and V. Vadez. 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. Field Crops Res. 185: 21-30.

Soltani, A., B. Torabi, S. Galeshi and E. Zeinali. 2009. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan with Comparative Performance Analysis (CPA) method. (Research Report). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 65p. (In Persian with English abstract).

Torabi, B., A. Soltani, S. Galeshi, E. Zeinali and M. Kazemi Korgehei. 2013. Ranking factors causing the wheat yield gap in Gorgan. Electronic J. Crop Prod. 6: 171-189. (In Persian with English abstract).

van Ittersum, M. K., 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 Res. 143: 4-17.

van Wart, J., L. G. J. van Bussel, J. Wolf, R. Licker, P. Grassini, A. Nelson, H. Boogaard, J. Gerber, N. D. Mueller, L. Claessens, M. K. van Ittersum and K. G. Cassman. 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. Field Crops Res. 143: 44-55.

Wang, N., Jassogne, L., van Asten, P. J. A., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G., and Giller, K. E. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. Eur. J. Agron. 63: 1-11.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]

Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method

Hajjarpou, A.[1], A. Soltani[2], E. Zeinali[3], H. Kashiri[4] and A. Aynehband[5]

ABSTRACT

Hajjarpou, A., A. Soltani. E. Zeinali. H. Kashiri and A. Aynehband. 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): 86-101. (In Persian).**

In this study, all information about management practices in wheat crop were recorded and measured (including 250 variables) from 684 irrigated and rainfed wheat fields during two growing seasons of 2013-2014 and 2014-2015 in Golestan province, Iran. Wheat production in Golestan province can be divided into three production systems including low- yielding rainfed, high- yielding rainfed and irrigated wheat. This study covered 216 fields in low-yielding rainfed, 119 fields in high- yielding rainfed and 349 fields in irrigated wheat and evaluated using comparative performance analysis (CPA). In each system one production model was identified and according to this model, potential yields of wheat were estimated**.** The results showed that while the average yield of farmers were 1966, 3985 and 3936 kg kg.ha^{-1}, they could harvest up to 5025, 7954 and 8029 kg.ha^{-1} in low-yield rainfed, high- yielding rainfed and irrigated farms, respectively, hence there were yield gaps of 60, 50 and 51%, respectively. The most important factors found for these yield gaps in low- yielding rainfed system included: use of no-till planter (32%), seedbed prepartation (17%), foliar fertilization (15%), chisel (15%), herbicide (13%) and nitrogen fertilizer (9%). The most important factors for yield gaps in high- yielding rainfed system included: legume rotation (26%), field size (21%), nitrogen fertilizer (15%), potassium fertilizer (12%), manure fertilizer (11%), subsoiler (10%) and fungicide (5%). However, the most important factors for yield gaps in irrigated wheat system included: irrigation (27%), nitrogen fertilizer (25%), sowing date (20%), use of N8720 cultivar (10%), subsoiler (9%) and using of furrower (8%). It was concluded that with proper management of field and considering the listed yield gaps factors in each system, it would possible to obtain higher yield levels comparing with current yield levels that farners harvest. The amount of yield increased will be about 3000 kg.ha^{-1} in low- yielding rainfed wheat system and about 4000 kg.ha^{-1} in high- yielding rainfed wheat and irrigated wheat systems in comparison with current yield levels.

Keywords: Actual yield, Rainfed wheat production, Wheat and Yield potential.

Received: April, 2017 **Accepted: June, 2017**

1. Former PhD Student, Gorgan Uinivesiy of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran (Corresponding author) (Email: amiragro65@gmail.com)
2. Prof., Gorgan Uinivesiy of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran
3. Assoeiated Prof., Gorgan Uinivesiy of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gorgan, Iran
4. Director of Agricultural Extension, Jahad-e-Agriculture Organization of Golestan province and faculty member of Cotton Research Inistiute of Iran, Gorgan, Iran
5. Prof., Chmran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
6. Agronomist, Jahad-e-Agriculture Organization of Golestan province, Gorgan, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-07-09]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9]