J. Crop Prod. Process. 2026, 16(3), 1-22; DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Investigating the Effect of Farm Size on Yield Gap and Its Determinants in Irrigated wheat lands of Lorestan using CPA method (Case study: Azna County)

Hossein Pourhadian *

Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Extended Abstract:

Introduction: Accurate knowledge of farmers' cultivation practices is a prerequisite for effective agricultural extension and evidence-based research. Variations in management practices lead to yield disparities across similar land areas, often resulting in the underutilization of potential productivity and the emergence of a yield gap. Analyzing this gap and its underlying drivers is crucial for optimizing system efficiency. The Comparative Performance Analysis (CPA) method is well suited for this purpose. This study employed CPA to investigate the effect of farm size on the yield gap and its determinants in irrigated wheat fields of Azna County, Lorestan Province, Iran.

Materials and Methods: To conduct this research, data from 85 irrigated wheat farms in Azna County was used to investigate the size of the farm area in estimating the yield gap and its contributing factors using the CPA method. All necessary information was obtained through structured questionnaires face-to-face interviews, including data on rural area, farmer's experience and literacy, field area and rotation, planting date, plowing, subsoiler, cultivator, disk-harrowing dates and frequencies, planting method, fungicide application, variety, seed quantity, and nitrogen, phosphorus, and potash fertilizer management (method and timing), amount and type of livestock manure amended, type of irrigation, number of irrigations, number of irrigations in autumn, date of first irrigation in spring, amount, time and method of applying nitrogen fertilizer, pest and weed control, harvest date and length of wheat growth period. Topographic and soil data were derived from Geographic Information System (GIS) layers based on farm locations. Farms were stratified into small (0.5–2.5 ha), medium (2.5–5.5 ha), and large (>5.5 ha) groups. To determine the yield (production) model for each group, the relationship between all measured variables (Quantitative and qualitative; the qualitative variables were coded based on the number of their categorical levels) and yield was examined using the stepwise regression method by SAS 9.3 software. Subsequently, the yield gap and the contribution of each factor were determined using the derived production models. Graphs were generated using Microsoft Excel, and the results were subsequently analyzed.

Results: The results of this study showed that the mean actual yield of small, medium and large farms were 5587.4, 5729.2 and 6357.9 kg/ha, respectively (with a range of changes in all three groups between 2500 and 8500 kg/ha). The corresponding yield gaps were 5567.0 (49.59%), 4403.7 (44.31%), and 4000.4 (38.62%) kg/ha. The correlation coefficient between the estimated yield and the actual yield of farmers, the root mean square (RMSE) and the coefficient of variation of the model were 0.88, 851.64 kg/ha and 14.96% in small farms, 0.87, 865.05 kg/ha and 9.93% in medium farms and 0.90, 557.15 kg/ha and 6.64% in large farms, respectively. Factors affecting yield gap in small farms included soil available potassium (23.71%), amount of seed sown (19.68%), topdressed nitrogen (18.94%), number of irrigations (18.64%), number of disk-harrowings (12.14%) and planting method (6.89%). Factors affecting yield gap in medium farms included organic matter (34.57%), secondary bed preparation operations (25.53%), number of irrigations (24.86%), amount of seed sown (17.68%) and carrot root plant as a preceding crop (7.96%); the attributing factors in large farms included potato tuber plant as a preceding crop (43.54%), irrigations (20.22%), topdressed nitrogen (18.43%), and harvest

Received: Feb. 16, 2026; Revised: Jul. 20, 2026; Accepted: Aug. 08, 2026; Published Online: Oct. 17, 2026.
* Corresponding Author: hpoorhadian@pnu.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

date (16.38%). With the increase in farm size, the yield gap decreased, and the analysis of the contribution of factors affecting the yield gap across the three farm groups revealed differences both in the types of influencing variables and in the coefficients of impact for the common variables.

Conclusion: The results confirm an inverse relationship between farm size and yield gap, with larger farms exhibiting lower gaps. Number of irrigations and topdressed nitrogen (the latter mediated by soil organic matter in medium-sized farms) were identified as common variables across all three groups of farm size. Optimal management of the mentioned variables could reduce the overall yield gap by an average of 47.36%. Key management variables explained a significant portion of the yield gap: 60% in small farms (seed rate, irrigation frequency, topdressed N), 73% in medium farms (organic matter, secondary tillage, irrigation frequency), and 82% in large farms (potato as a preceding crop, irrigation frequency, topdressed N). Therefore, by prioritizing these variables in a calculated management method based on previous wheat cultivation, soil nitrogen levels and its consumption based on soil conditions and wheat growth and development stages, using appropriate and efficient irrigation methods based on regional conditions and plant needs, and using bed preparation tools based on soil texture and previous cultivation, an acceptable reduction in the yield gap may be achieved in the studied area.

Keywords: Number of irrigations, Preceding cropping, Production model, Amount of seed used, Topdressed nitrogen.

How to Cite: Pourhadian H., Investigating the effect of farm size on yield gap and its determinants in irrigated wheat lands of lorestan using cpa method (case study: azna county). *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(3), 1-22 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

Copyright © 2026 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۵، دوره ۱۶، شماره ۳، صص. ۲۲-۱، DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی

صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر مساحت مزرعه بر خلأ عملکرد و عوامل تعیین‌کننده آن در اراضی آبی گندم لرستان به‌روش CPA (مطالعه موردی: شهرستان ازنا)

حسین پورهادیان*

چکیده– این تحقیق با هدف بررسی اثر اندازه مزرعه بر خلأ عملکرد و عوامل تعیین‌کننده آن در اراضی آبی گندم شهرستان ازنا واقع در استان لرستان با به‌کارگیری روش *CPA* طراحی و اجرا شد. برای انجام آن به‌شیوه پیمایشی اطلاعات ۸۵ مزرعه با استفاده از پرسش‌نامه شامل مشخصات مزرعه، عملیات کاشت، عملیات داشت و عملیات برداشت جمع‌آوری شد. اطلاعات توپوگرافی و خاک اراضی مزارع به‌کمک *GIS* و براساس موقعیت مکانی فراهم شد. مزارع به سه گروه کوچک (۰/۵ تا ۲/۵ هکتار)، متوسط (۲/۵ تا ۵/۵ هکتار) و بزرگ (بیشتر از ۵/۵ هکتار) تقسیم شدند. برای تعیین مدل عملکرد در هر گروه از مزارع به‌طور جداگانه، رابطه بین تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده و عملکرد، به‌روش *CPA* ارزیابی شد. نتایج نشان داد حداکثر عملکرد قابل حصول برآورد شده در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به‌ترتیب ۱۱۱۵٤، ۱۰۷۱۹ و ۱۰۳۵ و میانگین عملکرد آن‌ها ۵٦۲۳، ۵۹٦۹ و ٦۳۵۷ بود که خلأ عملکردی ٤۹/٦، ٤٤/۳ و ۳۸/٦ درصدی را در پی داشت. عوامل مؤثر بر خلأ عملکرد در مزارع کوچک شامل پتاسیم قابل جذب خاک (۲۳/۷ درصد)، مقدار بذر مصرفی (۱۹/۷ درصد)، مقدار نیتروژن خالص سرک (۱۸/۹ درصد)، دفعات آبیاری (۱۸/٦ درصد)، دفعات دیسک (۱۲/۱ درصد)، شیوه کاشت (٦/۹ درصد)، در مزارع متوسط شامل ماده آلی (۳٤/٦ درصد)، عملیات ثانویه تهیه بستر (۲۵/۵ درصد)، دفعات آبیاری (۲٤/۸ درصد)، مقدار بذر مصرفی (۱۷/۷ درصد) و پیش‌کاشت هویج (۷/۹ درصد)، و در مزارع بزرگ شامل پیش‌کاشت سیب‌زمینی (٤۳/۵ درصد)، دفعات آبیاری (۲۰/۲ درصد)، مقدار کود نیتروژن خالص سرک (۱۸/٤ درصد) و زمان برداشت (۱٦/٤ درصد) بودند. نتایج نهایی نشان داد بین اندازه مزرعه و خلأ عملکرد رابطه معکوسی وجود داشت و بررسی سهم عوامل مؤثر بر خلأ عملکرد در سه گروه مزارع، بیانگر تفاوت‌هایی در نوع متغیرهای اثرگذار و نیز تفاوت در ضرایب تأثیر متغیرهای مشترک بود.

واژه‌های کلیدی: دفعات آبیاری، پیش‌کاشت، مدل تولید، مقدار بذر مصرفی، کود نیتروژن سرک.

دریافت مقاله: ۱٤۰٤/۱۱/۲۷، بازنگری: ۱٤۰۵/۰٤/۲۹، پذیرش: ۱٤۰٤/۰۵/۱۷، اولین انتشار: ۱٤۰۵/۰۷/۲۵

گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

*: نویسنده مسئول، رایانامه: hpoorhadian@pnu.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱٤۰۵ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

مقدمه

ایران نوزدهمین کشور تولیدکننده گندم جهان با میانگین ۱۰ میلیون تن در سال است (۹). براساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ سطح زیر کشت گندم ایران بیش از ۷/۶ میلیون هکتار است و استان لرستان با سطح زیر کشت ۳۲۶۶۸۲ هزار هکتار و تولید ۶۷۱۸۶۹ تن به‌ترتیب رتبه دهمین و یازدهمین را در بین ۳۲ استان داراست (۴۰).

گندم محصولی راهبردی برای کشور ایران محسوب می‌شود و افزایش تولید آن امری ضروری است که این مهم از طریق افزایش سطح زیر کشت، افزایش در واحد زمان و افزایش در واحد سطح امکان‌پذیر است. افزایش سطح زیر کشت و افزایش در واحد زمان به‌دلیل محدودیت‌های خاص خیلی امکان‌پذیر نیست (۱۹). اما با توجه به‌اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد پتانسیل اراضی زراعی بهترین راه‌حل، افزایش تولید در واحد سطح و کاهش خلأ عملکرد است (۲۸). عملکرد پتانسیل به بالاترین عملکرد قابل دستیابی در شرایط ایده‌آل گفته می‌شود که از نظر فعالیت‌های کشاورزی به دقت، مدیریت و با محدودیت مواجه نشده است. در مقابل، عملکرد واقعی، میزان محصولی است که کشاورز در یک سطح مشخص و به روش‌های مدیریتی رایج به‌دست می‌آورد و اختلاف این دو عملکرد را خلأ عملکرد می‌نامند (۳۳ و ۴۲). کاهش خلأ بین عملکرد فعلی مزارع و عملکرد قابل حصول با بهترین شیوه‌ها و فناوری‌های امروزی در یک محیط معین، یک راهبرد مؤثر برای افزایش تولید غلات در زمین‌های زراعی است (۱۳). بررسی خلأ عملکرد و عوامل تعیین‌کننده آن اقدام بسیار مؤثر در راستای کارا کردن سیستم تولید است (۲۸، ۳۰ و ۳۹). ارزیابی خلأ عملکرد به شیوه‌های مختلف، به کشاورزان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی این امکان را می‌دهد که ارزیابی علمی و دقیقی از شرایط تولید مزرعه و منطقه داشته باشند و میزان و عوامل مؤثر بر خلأ عملکرد را شناسایی و تصمیم و عمل لازم را اتخاذ نمایند (۲۸ و ۳۸). بنابراین ارزیابی خلأ عملکرد به‌روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA; Comparative Performance Analysis) ارزیابی علمی و دقیقی از تصمیم و مدیریت کشاورزان در استفاده از سرمایه‌گذاری و منابع در دسترس آن‌هاست و همچنین ابزاری توانمند در اختیار متولیان تصمیم‌گیر و سیاست‌گذار بخش کشاورزی در راستای یاری علمی و ترویجی کشاورزان است تا کشاورزان تصمیم‌های خود را به‌روش علمی و براساس شرایط محیطی منطقه اعمال کنند و با افزایش استفاده بهینه از توانایی امکانات کشاورزی خود، خلأ عملکرد را کاهش دهند (۱، ۱۰ و ۳۴). با این تفاسیر بررسی خلأ عملکرد یکی از مؤلفه‌های بسیار مهمی است که به‌کمک آن می‌توان تولید را در واحد سطح افزایش داد و از نهاده‌ها و امکانات موجود بهره لازم را برد (۳۹). کارایی در تولید زمانی محقق می‌گردد که کشاورز تولیداتش را بر مبنای اصول علمی و مبتنی بر علوم کشاورزی به‌منصه ظهور برساند (۴۱) و مصرف نهاده‌ها و عملیات کشاورزی خود را با تکیه بر آخرین فناوری‌های روز به‌کار گیرد (۲۰).

بررسی‌های مختلف نشان داد افزایش کارایی فنی کشاورزان موجب افزایش تولید محصول گندم در واحد سطح و کاهش خلأ عملکرد شده است (۳ و ۱۴). اندازه مزرعه یکی از عوامل مؤثر بر کارایی فنی کشاورزان است (۶ و ۲۰). با افزایش سطح زیرکشت، تولیدکننده از منبع‌ها و نهاده‌های موجود به شکل کامل‌تری استفاده نموده و لذا صرفه‌های اقتصادی ناشی از مقیاس را تجربه کرده و کارایی فنی نیز افزایش می‌یابد (۱۱). طبیعی است که کوچک بودن مزارع و قطعه‌قطعه شدن آن‌ها در طول زمان باعث می‌شود تا امکان ورود و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات در این زمین‌های کوچک کاهش یابد و به‌دلیل درآمد پایین امکان گسترش کمی و کیفی برای کشاورز مقدور نباشد و کارایی عملیات کشاورزی و درنتیجه تولید، کاهش یابد (۱۱ و ۱۳).

بررسی اثر اندازه مزرعه بر عوامل مؤثر در خلأ عملکرد گندم دیم در منطقه گمیشان استان گلستان به‌روش CPA نشان داد با افزایش مساحت مزرعه خلأ عملکرد کاهش می‌یابد و خلأ عملکرد در مزارع کوچک (۱ تا ۵ هکتار) ۸۳ درصد، در مزارع

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

متوسط (۵ تا ۱۰ هکتار) ٦٤ درصد و مزارع بزرگ (۱۰ هکتار و بیشتر) ٦٢ درصد بود (١٦). ارزیابی خلأ عملکرد پنبه در منطقه پرامبالور ایالت تامیل نادو کشور هند نشان داد خلأ عملکرد رابطه معکوسی با سطح زیر کشت داشت و با افزایش یک واحدی اندازه مزرعه، خلأ عملکرد به‌میزان ۳/۲۸ کیلوگرم کاهش می‌یابد (۱۷). براساس تحقیقی انجام‌شده در منطقه بهادری کوتاگودم در تلانگانا کشور هند، کل خلأ عملکرد ۲۱/۷ درصد بود و مشخص شد که کل خلأ عملکرد با اندازه زمین‌های تحت کشت متفاوت است و با افزایش اندازه زمین‌های تحت کشت، کل خلأ عملکرد کاهش می‌یابد (۳۱). در مطالعه‌های دیگر اندازه مزرعه باعث خلأ ۲۱ درصدی عملکرد گندم در مزارع دیم پرمحصول در استان گلستان (۱۲)، ١٦/٣ درصدی پاکدشت شهرستان ورامین (۲۱) و ۸ درصدی در شهرستان دورود لرستان (٢٤)، ٢١/٤ درصدی مزارع کلزای دهستان زاوکوه شهرستان کلاله (٣٤) و ٧/٦٢ درصدی مزارع سویای شهرستان کلاله (٣٦) شد. اما در این مطالعه‌ها عوامل تعیین‌کننده خلأ عملکرد به تفکیک اندازه مساحت مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

اطلاع از میزان خلأ عملکرد و عوامل مؤثر بر آن می‌تواند تصمیم‌گیری‌های تولیدی کشاورزان و ارزیابی علمی سیاست‌گذاران و متولیان بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد و تولید را افزایش دهد. بنابراین بررسی اثر اندازه مزارع بر خلأ عملکرد و عوامل تعیین‌کننده آن در شهرستان ازنا در راستای کمک به‌کشاورزان و متولیان تولید گندم به‌کمک روش CPA طرح‌ریزی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

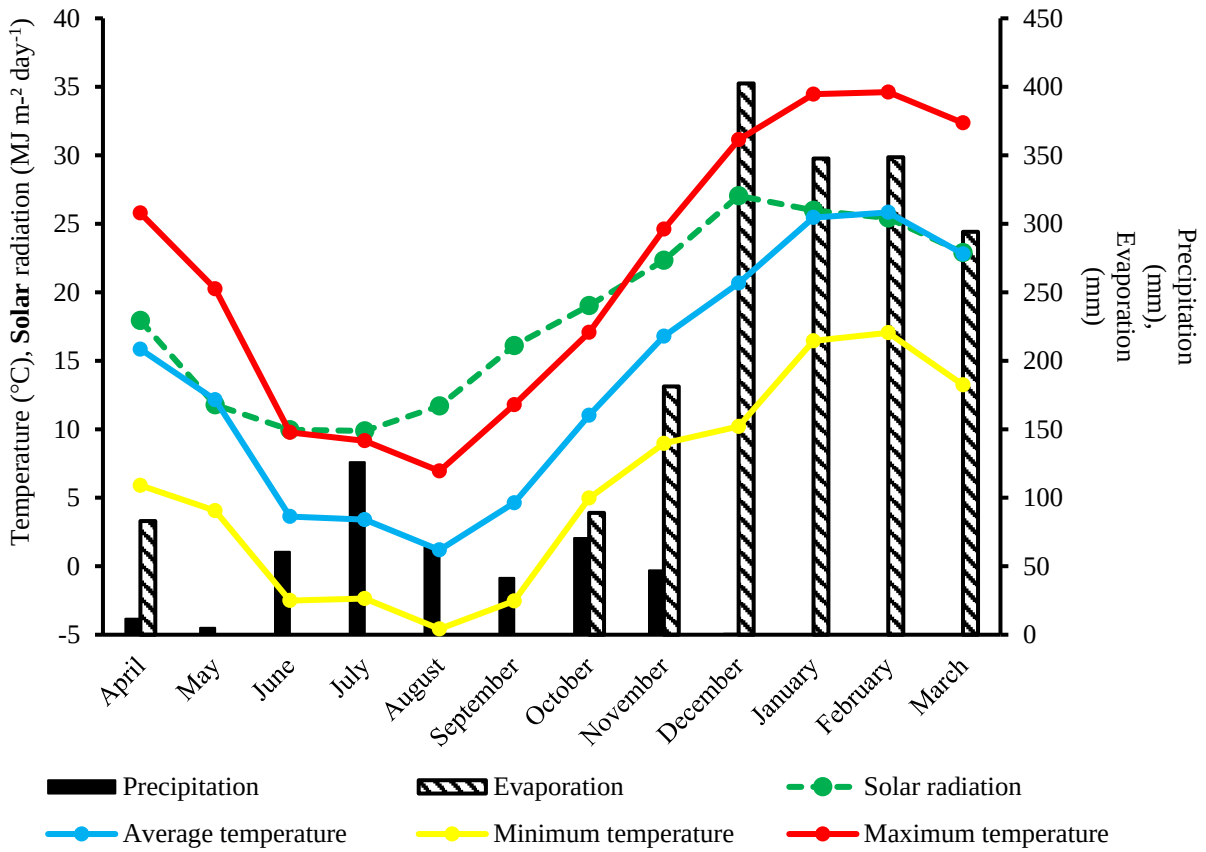
شهرستان ازنا با دشت‌های حاصل‌خیز (با مساحتی حدود ١٤٠٤ کیلومترمربع و با اراضی زراعی به وسعت ٦٦٩٠١ هکتار) در شرق استان لرستان با موقعیت جغرافیایی ٤٩ درجه و ٢٧ دقیقه طول شرقی و ٣٣ درجه و ٢٧ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع بین ١٦٤٤ تا ٤٠٧٥ متر از دریا، با اقلیم نیمه‌مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد قرار دارد. در این شهرستان زراعت گندم بیشتر با کشت‌های بهاره لوبیا، سیب‌زمینی، چغندرقند، ذرت علوفه‌ای و هویج در تناوب قرار می‌گیرد. میانگین دماهای حداقل، حداکثر و متوسط طی دوره رشد گندم در سال زراعی این پژوهش به‌ترتیب ٥/٧٤، ٢١/٥ و ١٣/٦ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارش ٤٢٧ میلی‌متر، تبخیر ١٧٤٥ میلی‌متر و ساعات آفتابی ٢٧٦٠ ساعت بود (شکل ۱).

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش به‌صورت میدانی و مصاحبه چهره‌به‌چهره با کشاورزان از ۸۵ مزرعه جهت بررسی اثر اندازه مزرعه بر خلأ عملکرد گندم شهرستان ازنا در سال ۱۳۹۷ جمع‌آوری شد (شکل ۲). با استفاده از پرسش‌نامه (شامل ۵۲ سؤال) اطلاعات اراضی آبی گندم شامل مشخصات مزرعه (دهستان، تجربه و سواد کشاورز، مساحت مزرعه و تناوب)، عملیات کاشت (تاریخ کاشت، شخم، زیرشکن، کولتیواتور و ماله، دیسک و تعداد آن، شیوه کاشت، قارچ‌کش، رقم، مقدار بذر، شیوه و زمان پخش کود نیتروژن، فسفر و پتاس، مقدار و نوع کود دامی)، عملیات داشت (نوع آبیاری، تعداد آبیاری، تعداد آبیاری در پاییز، تاریخ اولین آبیاری در بهار، مقدار و زمان و شیوه پخش کود سرک نیتروژن، کنترل آفات و علف‌های هرز) و عملیات برداشت (تاریخ برداشت و طول دوره رشد گندم) گردآوری شد. اطلاعات توپوگرافی مزارع شامل جهت شیب، مقدار شیب و ارتفاع هر مزرعه از سطح دریا (تهیه شده از لایه رستری ارتفاعی ۳۰ متر) و اطلاعات خاک شامل میزان مواد آلی، pH، فسفر و پتاسیم قابل جذب، نیتروژن کل (تهیه شده از لایه‌های رستری تولیدی به‌روش کریجینگ) و بافت خاک (تهیه شده به‌روش مثلث‌بندی تیسن) با استفاده از نرم‌افزار GIS 10.7. فراهم شد (۲۹).

بدین‌صورت که پس از فراخوانی لایه‌های رستری مورد نظر در محیط GIS به‌کمک ابزار Values to Points Extract Multi مقدار متناظر نقطه مکان‌دار مزرعه (شکل ۲) عوامل توپوگرافی و خاکی تولید شدند و درنهایت به فایل اکسل اطلاعات جمع‌آوری شده مزرعه اضافه شدند و به روش CPA مورد تجزیه‌وتحلیل

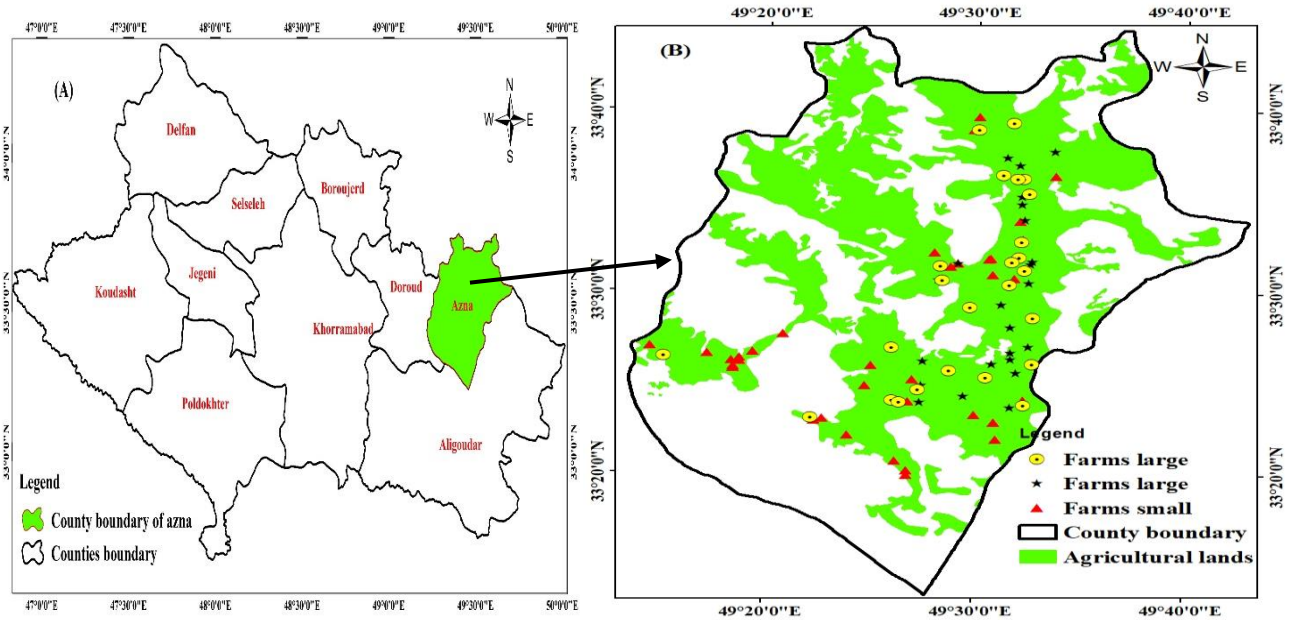
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]



شکل ۱. میزان دمای حداکثر، حداقل و متوسط، تبخیر، بارش و تابش خورشیدی طی دوره رشد گندم در سال زراعی در شهرستان ازنا

Figure 1. Maximum, minimum and average temperatures, precipitation and solar radiation during the wheat growing season in Azna County

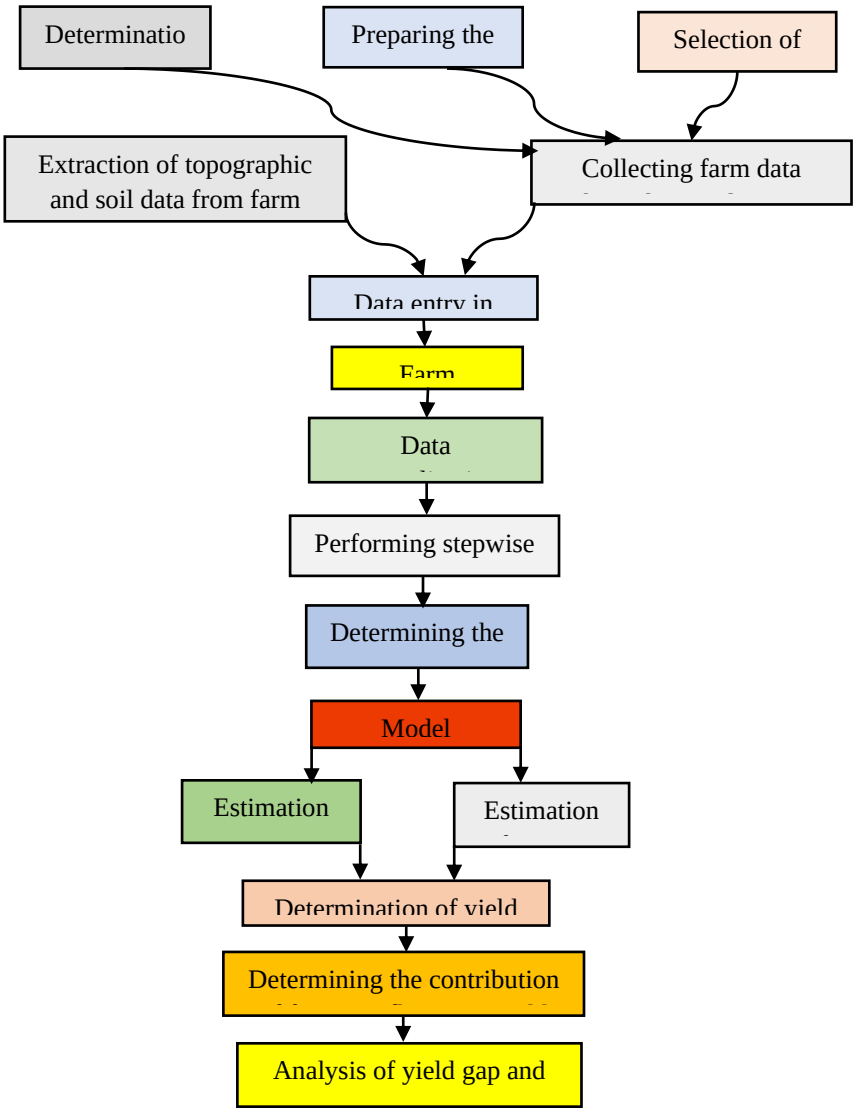


شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های لرستان (الف) و موقعیت جغرافیایی اراضی زراعی و مزارع گندم انتخاب شده شهرستان ازنا (ب)

Figure 2. Geographical location of Lorestan counties (A) and the geographical location of selected agricultural lands and wheat farms in Azna county (B)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]



شکل ۳. مراحل انجام پژوهش

Figure 3. Flowchart outlining the steps of Research process

قرار گرفتند. برای تعیین مدل عملکرد (تولید) در سه گروه مزارع کوچک (۰/۵ تا ۲/۵ هکتار، ۳۷ مزرعه)، متوسط (۲/۵ تا ۵/۵ هکتار، ۲۵ مزرعه) و بزرگ (۵/۵ تا ۲۲ هکتار، ۲۳ مزرعه) به‌صورت جداگانه رابطه بین تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده کمی و کیفی (بسته به تعداد سطح، کدگذاری شدند. مثال: انجام دیسک کد یک و عدم انجام دیسک کد صفر) و عملکرد، با روش رگرسیون گام‌به‌گام Stepwise و با p-value<0.05 مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با قراردادن میانگین مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد، عملکرد میانگین با مدل محاسبه شد و عملکرد پتانسیل (حداکثر عملکرد قابل حصول) با قرار دادن مقدار مطلوب هر متغیر در مدل (با توجه به ضریب متغیر در مدل) برآورد شد، بدین صورت که اگر ضریب متغیر در مدل منفی بود، مقدار حداقل و اگر مثبت بود، مقدار حداکثر متغیر قرار داده شد. در نهایت به کمک اختلاف این دو، خلأ عملکرد تعیین شد (شکل ۳).

شاخص VIF (Variance Inflation Factor) میزان تورم واریانس ضرایب تخمینی در یک مدل رگرسیونی را اندازه‌گیری می‌کند و نشان‌دهنده شدت هم‌خطی بین متغیرهای مستقل است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

شاخص Tolerance نیز همین مفهوم را بیان می‌کند، اما به صورت معکوس؛ مقادیر بالاتر Tolerance نشان‌دهنده هم‌خطی کمتر است. مقادیر بالای VIF (معمولاً بالاتر از ۱۰) یا مقادیر پایین Tolerance (معمولاً کمتر از ۰/۱) نشان‌دهنده وجود هم‌خطی چندگانه جدی در مدل هستند که می‌تواند به ناپایداری ضرایب و دشواری در تفسیر آن‌ها منجر شود. این شاخص به کمک نرم‌افزار SAS محاسبه شدند.

خلأ عملکرد هر متغیر و سهم آن‌ها از کل خلأ عملکرد به‌ترتیب به کمک معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه شدند.

معادله ۱: $YG_X = a + bX_{opt} - cX_{avg}$

معادله۲ $RYG_X = (YG_X / YG_T)*100$

در این معادله‌ها YG_X: خلأ عملکرد هر متغیر، a: عرض از مبدأ، b و c: ضرایب مدل، X_{opt}: بهترین مقدار مشاهده‌شده متغیر، X_{avg}: میانگین مقدار مشاهده‌شده متغیر، RYG_X: نسبت خلأ عملکرد هر متغیر، YG_T خلأ عملکرد کل بودند.

در پایان، مقدار متغیرهای تک‌تک مزارع در هر گروه مزرعه به‌طور جداگانه به مدل وارد و عملکرد هر مزرعه تعیین شد و ضریب همبستگی بین عملکرد تعیین‌شده توسط مدل با عملکرد واقعی کشاورزان در گندم‌زارها محاسبه شد. برای رسم نمودارها نرم‌افزار کسل و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها SAS 9.3 استفاده شد. برای اعتبارسنجی از روش Leave-One-Out Cross-Validation استفاده شد و خطای نسبی از طریق تقسیم خطای اعتبارسنجی بر میانگین واقعی عملکرد به‌صورت درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

مدل عملکرد در مزارع

ضریب همبستگی بین عملکرد تخمین‌زده شده و عملکرد واقعی کشاورزان در مزارع کوچک ۰/۸۸، مقدار جذر میانگین مربعات حاصل از اعتبارسنجی متقابل (LOOCV RMSE) ۱۰۳۳ و جذر میانگین مربعات (RMSE) ۸۵۱ کیلوگرم در هکتار و ضریب تغییرات مدل ۱۴/۹ درصد (شکل ٤– A)، در مزارع متوسط به‌ترتیب ۰/۸۷، ۱۱۰۱ و ۸٦۵ کیلوگرم در هکتار و ۹/۹۳ درصد (شکل ٤– B) و در مزارع بزرگ به‌ترتیب ۰/۹۰، ٦۷۱ و ۵۵۷ کیلوگرم در هکتار و ٦/٦٤ درصد (شکل ٤– C) بودند. این آماره‌ها گواه بر مناسب بودن دقت مدل تولید در برآورد خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای ایجادکننده خلأ عملکرد در مزارع با مساحت مختلف هستند. افزون بر این، اختلاف میان خطای اعتبارسنجی و خطای پیش‌بینی مدل در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به‌ترتیب ۱۸۱، ۲۳٦ و ۱۲۷ واحد بود که نشان‌دهنده پایداری مدل و نبود بیش‌برازش شدید است. چنین بیش‌برازش جزئی در مدل‌های رگرسیونی، سامانه‌های کشاورزی و پژوهش‌های میدانی امری طبیعی تلقی می‌شود. همچنین، خطای نسبی در این مزارع به‌ترتیب ۱۸/۲، ۱۸/۵ و ۱۰/۵ درصد برآورد شد که با توجه به پیچیدگی‌های محیطی مؤثر بر پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی، از جمله تغییرات ریزاقلیمی، ویژگی‌های خاک و سایر عوامل مزرعه‌ای، در دامنه خطای قابل‌قبول و متعارف برای پژوهش‌های علمی قرار می‌گیرد. پژوهش‌های مختلف از جمله پژوهش انجام‌شده در شهرستان کلاله استان گلستان نشان همبستگی بین عملکرد برآورد شده و عملکرد واقعی کشاورزان ۰/۸۰ و جذر میانگین مربعات (RMSE) ٦٦۱ کیلوگرم در هکتار و ضریب تغییرات مدل ۲۰ درصد (۲۵) و در خرم‌آباد لرستان به‌ترتیب ۰/٦۹، ۱۲۵۸کیلوگرم در هکتار و ۲۵ درصد (۲٤) داشت.

خلأ عملکرد در مزارع کوچک

تجزیه و تحلیل متغیرهای تعیین‌کننده خلأ عملکرد به‌روش CPA در شهرستان ازنا بیانگر تأثیر شش متغیر بر خلأ عملکرد در مزارع کوچک (۰/۵ تا ۲/۵ هکتار) داشت (معادله ۱).

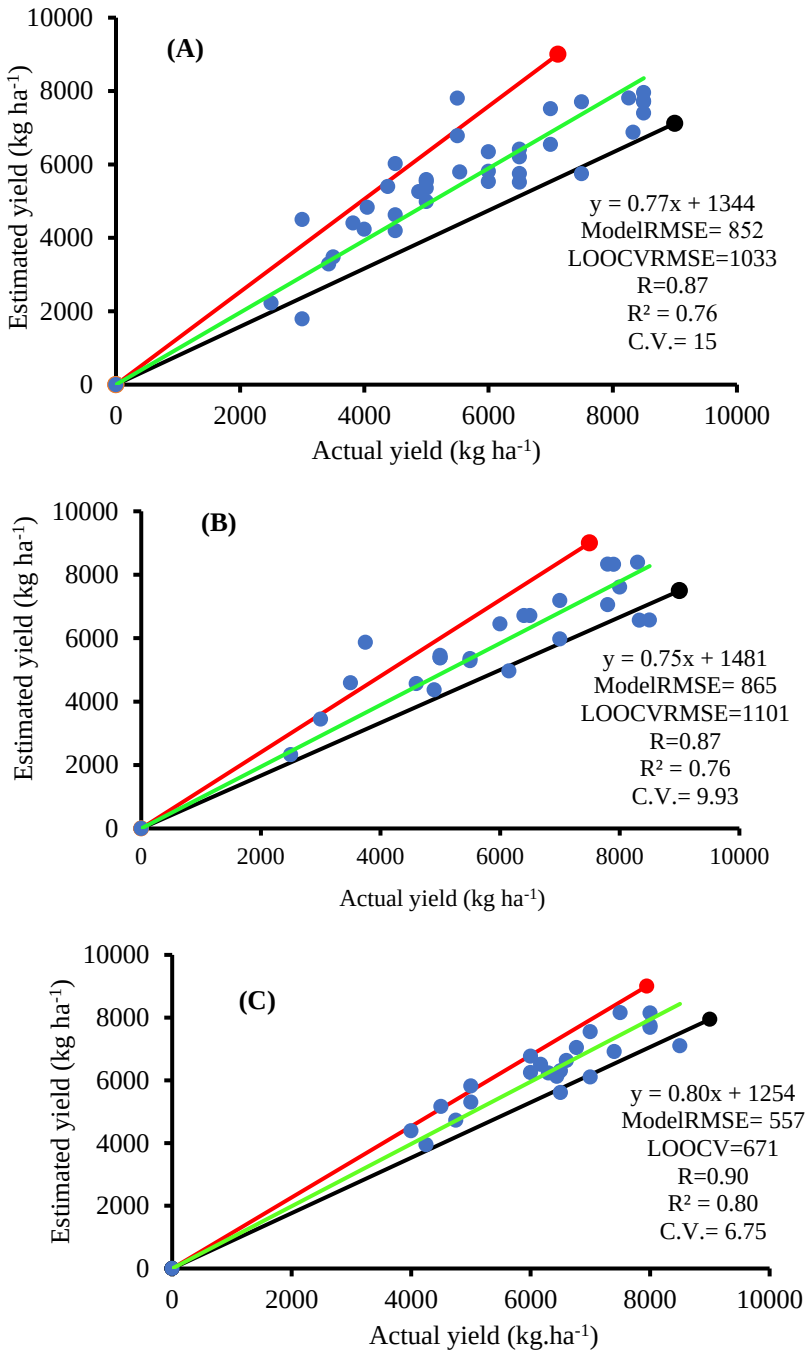
معادله ۱:

$$Y = -10071 + 29.2X_1 + 498X_2 - 1140X_3 + 11.6X_4 + 265X_5 + 12.2X_6$$

اجزا معادله Y: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، X_1: پتاسیم قابل‌جذب خاک (گرم در کیلوگرم خاک)، X_2: شیوه کاشت، X_3: تعداد دیسک، X_4: مقدار بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_5: تعداد دفعات آبیاری و X_6: مقدار نیتروژن سرک.

ارزیابی عملکرد توسط مدل نشان داد مقدار حداکثر قابل حصول و میانگین عملکرد برآورد شده به‌ترتیب ۱۱۱۵٤ و ۵۵۸۷

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]



شکل ٤. رابطه بین عملکرد تخمین زده‌شده و عملکرد واقعی در مزارع کوچک (الف)، مزارع متوسط (ب) و مزارع بزرگ (س). خطوط کناری نشان‌دهنده دامنه تفاوت ۲۵ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده‌شده و تخمین زده‌شده هستند. خط وسط، خط ۱:۱ است.

Figure 4. Relationship between estimated yield and actual yield in small (A), medium (B), and large farms (C). The lateral lines indicate the 25% upper and lower range of the observed and estimated yields. The middle line is the 1:1 line.

کیلوگرم در هکتار و کل خلأ عملکرد ناشی از اختلاف این دو ۵۵٦۷/۰۲ کیلوگرم در هکتار معادل ٤۹/۹ درصد تعیین شد. حداکثر عملکرد در این مزارع ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد آن‌ها ٥٦۹٤ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). با توجه به جدول ۲ مقادیر شاخص VIF تمام متغیرهای مؤثر در مدل تولید مزارع کوچک همگی بسیار کوچک (کمتر از ۲) بوده و نشان‌دهنده عدم وجود هم‌خطی چندگانه قابل‌توجه در مدل است و مقادیر شاخص Tolerance نیز بالا (همگی بالاتر از ۰/٦) بود که مؤید استقلال متغیرهای مستقل از یکدیگر در این مدل است

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

جدول ۱. کمّی‌سازی خلأ عملکرد اراضی کوچک گندم

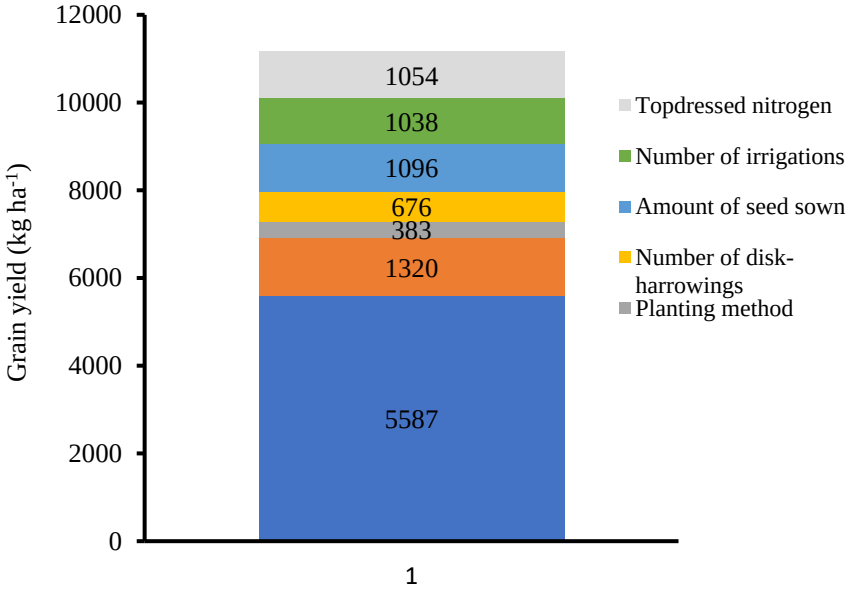
Table 1. Quantification of wheat yield gap in small fields

Yield gap		Yield calculated by model		Variable rate				Coefficients	Variables
(%)	(Kg ha^{-1})	Average	Optimum	Average	Optimum	Maximum	Minimum		
-	-	-10071	-10071	1	1	-	-	-10071	Intercept
23.9	1320	-1274	46.3	302	365	365	232	29.2	Soil available K
6.93	383	-9458	-9074	1.23	2	2	0	498	Planting method
12.2	676	-10747	1007	0.59	0	3	0	-1140	Number of disk-harrowings
19.8	1096	-4845	-4845	356	450	450	250	11.6	Amount of seed sown
18.8	1038	-8463	-7425	6.08	10	10	2	265	Number of Irrigations
18.4	1018	-8849	-7831	100	184	100	23	12.2	Topdressed nitrogen
49.9	5567	5623	11154	5671	-	8500	2500	-	Yield

جدول ۲. شاخص‌های تشخیص هم‌خطی چندگانه VIF و Tolerance و فاصله اطمینان

Table 2. Multicollinearity diagnostic indices: VIF, Tolerance and confidence interval

Large farms				Medium farms				Small farms			
Lower limit – Upper limit	Tolerance	VIF	Variables	Lower limit – Upper limit	Tolerance	VIF	Variables	Lower limit – Upper limit	Tolerance	VIF	Variables
0.04-0.35	0.92	1.09	Potato as preceding crop	0.70-0.75	0.75	1.34	Organic matter	293-311	0.71	1.42	Soil available K
6.22-8.09	0.73	1.38	Number of Irrigations	0.04-0.32	0.74	1.35	Carrot as preceding crop	0.92-1.54	0.64	1.56	Planting method
89-108	0.82	1.22	Topdressed nitrogen	1.72-2.36	0.78	1.28	Secondary bed operations	0.32-0.75	0.62	1.66	Number of disk-harrowings
19.5-27.3	0.93	1.08	Harvest date	335-360	0.89	1.12	Amount of seed sown	341-372	0.64	1.56	Amount of seed sown
-	-	-	-	6.84-8.40	0.78	1.28	Number of Irrigations	5.43-6.73	0.56	1.71	Number of Irrigations
-	-	-	-	-	-	-	-	86.3-	0.64	1.57	Topdressed nitrogen



شکل ۵. سهم عوامل اصلی تعیین‌کننده خلأ عملکرد در مزارع کوچک گندم

Figure 5. Contribution of the main determinants of the yield gap in small wheat farms

(جدول ۲). همچنین بررسی نمودارهای باقیمانده‌ها و Q-Q Plot گواه بر نرمال بودن داشتند.

میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک در مزارع کوچک با اثر مثبت بر خلأ عملکرد موجب افزایش عملکرد به‌میزان ۱۳۱۹ کیلوگرم در هکتار (۲۳/۷ درصد) شد (جدول ۱ و شکل ۵). دامنه تغییرات این متغیر بین ۲۳۱ تا ۳٤٦ با میانگین ۳۰۱ و میانه (آماره‌ای که ۵۰ درصد داده‌ها بالاتر از آن و ۵۰ درصد پایین‌تر از آن است) ۳۰٦ کیلوگرم در هکتار بود. گزارش‌شده اگر مقدار پتاسیم قابل‌جذب خاک مزارع گندم بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد نیاز به مصرف کود پتاسیم در مزارع نیست، اما مقدار پتاسیم قابل‌جذب موجود در خاک یک مزرعه به تناوب، مدیریت بقایای گیاهی، بافت، میزان و نوع میکای خاک و رژیم رطوبتی منطقه بستگی دارد (۱۹). پتاسیم نقش اساسی در فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاهان دارد با تنظیم اسمز سلولی، انتقال مواد فتوسنتزی و افزایش کارایی مصرف آب، استفاده مؤثرتر از نیتروژن و فسفر و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های خشکی و بیماری‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کند و درنهایت کمبود آن موجب کاهش افت کمی و کیفی عملکرد دانه گندم می‌شود (۱۸). در مطالعه انجام‌شده در شهرستان کلاله استان گلستان میزان پتاسیم قابل‌جذب خاک نقش ۱۱/۷ درصدی در خلأ عملکرد گندم ایفاء کرد (۲۵). بررسی خلأ عملکرد گندم در کشور چین نشان داد عملکرد آن بیشتر به شیمی خاک متکی است (۱۵).

مقدار بذر مصرفی در مزارع بر خلأ عملکرد اثر مثبت داشت و با فزایش مصرف بذر عملکرد به میزان ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار (۱۹/۷ درصد) افزایش یافت (جدول ۱ و شکل ۵). در مزارع کوچک میزان بذر مصرفی بین ۲۵۰ تا ٤۵۰ با میانگین ۳۵۵ با میانه ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میزان بذر مصرفی به‌عوامل مختلفی از جمله به‌خصوصیات خاک، رطوبت و دما و مدیریت زراعی به‌ویژه تهیه بستر بستگی دارد. اما تراکم مطلوب بر مقدار بذر مصرفی برتری دارد که شرایط را برای استفاده بهینه از شرایط محیطی و افزایش عملکرد مهیا می‌سازد (۱۹ و ۲٦). استدلال کشاورزان برای مصرف مقدار بالای بذر در این منطقه برای غالب شدن برای جلوگیری از کاهش تراکم مطلوب بوته به‌دلیل عدم تهیه بستر مناسب ناشی از گیاهان پیش‌کاشت و عدم بارش به‌موقع و آبیاری در پاییز است. در مطالعه‌های انجام‌شده، میزان بذر مصرفی در استان کردستان خلأ ۳۹/۷ درصدی در گندم و ٤۲/۸ درصدی در مزارع جو (۱۰) و در شمال کشور چین خلأ ۱٤/۵ درصدی در مزارع گندم را توجیه کرد (۵).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

مقدار کود نیتروژن خالص سرک با تأثیر مثبت بر خلأ عملکرد باعث افزایش عملکرد به میزان ۱۰۵٤ کیلوگرم در هکتار (۱۸/۹ درصد) شد (جدول ۱ و شکل ٤). دامنه تغییرات این متغیر در مزارع کوچک بین ۰ تا ۱۸٤ با میانگین ۹۷/٤ و میانه ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار بود. نیتروژن نقش بسیار مهمی در رشد و نمو غلات و افزایش کمی و کیفی عملکرد آن‌ها دارد (۲٤). بنابراین مصرف مقدار مناسب و در زمان لازم با توجه به مراحل رشد و نمو گیاه گندم و نوع کود نیتروژن باعث بهبود کارایی این کود و درنهایت افزایش عملکرد گندم می‌شود (۲۵ و ۳٤) گزارش‌شده مصرف بهینه کود نیتروژن باعث رفع ۲۵ درصد خلأ عملکرد در مزارع گندم در استان گلستان (۱۸)، ۳۰ درصدی در استان کردستان (۱٦) و ۱۳ درصد در کشور ازبکستان (۷) می‌شود.

تعداد دفعات آبیاری طی دوره زراعت گندم با اثر مثبت بر عملکرد به‌میزان ۱۰۳۷ کیلوگرم در هکتار (۱۸/٦ درصد) از کل خلأ عملکرد سهیم شد (جدول ۱ و شکل ٤). دامنه تغییرات تعداد دفعات آبیاری بین ۲ تا ۱۰ با میانگین ٦/۰۸ و میانه ٦ نوبت بود و با افزایش تعداد دفعات آبیاری عملکرد دانه افزایش یافت. آب یکی از عناصر اصلی رشد و نمو گیاه بوده و با ایفا نقش فیزیولوژی و تأثیر بر جذب عناصر غذایی بر عملکرد گندم مؤثر است (۲٦). در مطالعه انجام‌شده در شهرستان‌های کوهدشت و خرم‌آباد خلأ عملکرد ناشی تعداد دفعات آبیاری در مزارع گندم به‌ترتیب ۵۲ و ۲۱ درصد (۲٤) و در ابرکوه یزد ۲۳/۹ درصد (۱) گزارش شد.

تعداد دیسک‌زدن در زمان تهیه بستر کاشت با تأثیر منفی بر عملکرد دانه گندم خلأ ٦۷۵ کیلوگرمی در هکتار (۱۲/۱ درصد) را موجب شد (جدول ۱ و شکل ٤). دامنه تغییرات تعداد دیسک بین ۰ تا ۲ با میانگین ۰/۵٦ نوبت بود و با افزایش تعداد دیسک عملکرد کاهش یافت. احتمالاً با افزایش تعداد دیسک به‌دلیل کوچک بودن مساحت مزرعه، فشردگی و تراکم خاک افزایش یافته و شرایط مناسب را برای نفوذ ریشه جهت جذب آب و مواد غذایی را محدود می‌کند.

شیوه کاشت با تأثیر مثبت بر عملکرد گندم به‌میزان ۳۸۳ کیلوگرم در هکتار (٦/۸۹ درصد) از کل خلأ عملکرد را توجیه کرد (جدول ۱ و شکل ٤). کاشت به سه روش دست‌پاش، با دستگاه سانتریفوژ و با ردیف‌کار به‌ترتیب با فراوانی ۱۳، ۲ و ۲۲ تعداد انجام گرفت و با تغییر از شیوه کاشت دست‌پاش به‌دیگر روش‌ها عملکرد افزایش یافت و کاهش خلأ عملکرد را در پی داشت. این تغییر موجب توزیع یکنواخت‌تر بذور و در عمق مناسب‌تر قرار گرفتن آن‌ها می‌شود و شرایط برای جوانه‌زنی و سبز شدن بهتر مهیا می‌کند و بوته‌های سبز شده از فضای در اختیار استفاده بهینه کرده و افزایش عملکرد را موجب می‌شوند (۱۹). در مطالعه‌های دیگر کاهش خلأ عملکرد به‌دلیل استفاده از ردیف‌کار نیز گزارش شده است (۲۲ و ۲۳).

خلأ عملکرد در مزارع متوسط

نتیجه بررسی تجزیه‌وتحلیل متغیرهای تعیین‌کننده خلأ عملکرد به‌روش CPA نشان از تأثیر پنج متغیر اصلی بر خلأ عملکرد در مزارع متوسط (۲/۵ تا ۵/۵ هکتار) به شرح ذکر شده در معادله ۲ داشت.

معادله ۲:

$$Y=-۱۳۹۲۲+۱۲۲۸۱X_1-۲۰۱۱.۸۲۹۷۷X_2+۱۱۳۲.٦۰٦۳۲X_3+۱٤.۰۳۹٤۰X_4+۵٤۷.۱٤۱۰۹X_5$$

اجزا معادله Y: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، X_1: ماده آلی، X_2: پیش‌کاشت هویج، X_3: عملیات ثانویه تهیه بستر، X_4: مقدار بذر مصرفی، X_5: تعداد دفعات آبیاری.

نتایج ارزیابی عملکرد توسط مدل نشان داد حداکثر قابل حصول و میانگین عملکرد تخمن‌زده شده توسط مدل به‌ترتیب ۱۰۷۱۹ و ۵۹٦۹ کیلوگرم در هکتار و کل خلأ عملکرد ناشی از اختلاف این دو ٤۷٤۹ کیلوگرم در هکتار معادل ٤٤/۳ درصد است. حداکثر عملکرد کشاورزان در این مزارع ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین آن ۵۹۹۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). مقادیر شاخص VIF و Tolerance تمام متغیرهای مؤثر در مدل تولید مزارع متوسط به‌ترتیب کمتر ۲ و بیشتر ۰/۷ بود که نشان‌دهنده عدم وجود هم‌خطی چندگانه قابل توجه در مدل است (جدول ۲). همچنین بررسی نمودارهای باقیمانده‌ها و Q-Q Plot نشان نرمال بودن داشتند.

ماده آلی با اثر مثبت بر عملکرد گندم در مزارع متوسط باعث افزایش ۱۰۸۰ کیلوگرم در هکتار (۲۲/۷ درصد) شد (جدول ۳ و

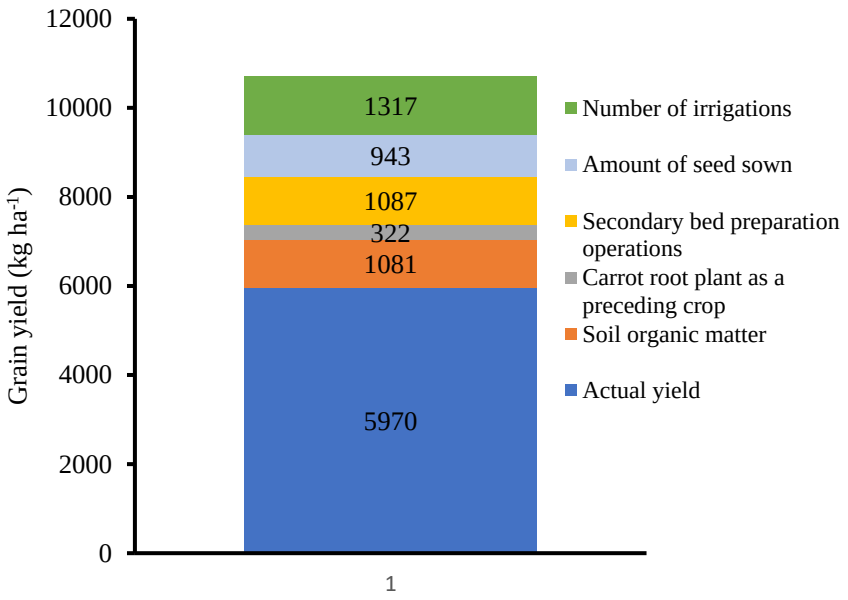
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

جدول ۳. کمّی‌سازی خلأ عملکرد اراضی متوسط گندم

Table 3. Quantification of the wheat yield gap on average lands

Yield gap		Yield calculated by model		Variable rate				Coefficients	Variables
%	Kg.ha^{-1}	Average	Optimum	Average	Optimum	Maximum	Minimum		
-	-	-13922	-13922	1	1	-	-	-13922	Intercept
22.8	1081	-5057	-3976	0.72	0.81	0.81	0.59	12281	Organic matter
6.78	322	-14244	-13922	0.16	0	1	0	-2012	Carrot as preceding crop
22.9	1087	-11611	-10524	2.04	3	3	0	1133	Secondary bed operations
19.9	973	-9038	-8096	358	415	415	280	14	Amount of seed sown
18.8	1317	-9768	-8450	7.59	10	10	4	547	Number of Irrigations
44.3	4750	5970	10720	5997	-	8500	2500	-	Yield



شکل ٦. سهم عوامل اصلی ایجادکننده خلأ عملکرد در مزارع متوسط گندم

Figure 6. Contribution of the main determinants of the yield gap in medium wheat farms

شکل ٦). دامنه تغییرات ماده آلی بین ۰/۵۹ تا ۰/۸۱ با میانگین ۰/۷۲ و میانه ۰/۷٤ درصد بود. ماده آلی با تأثیر مثبت در نگهداری آب و بهبود خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاه، پایداری کشاورزی و محیطزیست دارد و میزان این ماده بسیار مهم متأثر از شرایط اقلیمی، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی است (۲۵). گزارش شده میزان ماده آلی خاک استان لرستان بین ۰/۵۲ تا ۱/٤۷ درصد بوده که موقعیت جغرافیایی و مدیریت زراعی موجب کاهش ماده آلی آن شده‌اند (۲۹). نقش مهم ماده آلی در خلأ عملکرد مزارع گندم در دیگر مطالعه‌ها نیز بیان‌شده است (٤ و ۲۵).

تعداد دفعات آبیاری طی دوره رشد گندم با تأثیر مثبت بر خلأ عملکرد موجب افزایش ۱۳۱۷کیلوگرم در هکتار (۲۷/۷ درصد) عملکرد در مزارع متوسط شد (جدول ۳ و شکل ٦). دامنه تغییرات تعداد آبیاری بین ٤ تا ۱۰ با میانگین ۷/۵۹ و میانه ۸ نوبت بود. در دسترس بودن آب کافی باعث افزایش فتوسنتز، بالا رفتن کارایی جذب عناصر خاک و استفاده بهینه از کودهای مصرفی شده و شرایط را برای افزایش عملکرد و کاهش خلأ آن می‌شود (۲٦). تعداد دفعات آبیاری در ابرکوه یزد نقش ۲۳/۹ درصدی در خلأ عملکرد گندم داشت (۱).

عملیات ثانویه تهیه بستر شامل استفاده ریزشکن، کولتیواتور، دیسک و ماله با تأثیر مثبت بر خلأ عملکرد باعث افزایش ۱۰۸۷ کیلوگرم در هکتار (۲۲/۹ درصد) عملکرد در مزارع متوسط شد (جدول ۳ و شکل ٦). تعداد وسیله‌های استفاده در عملیات ثانویه بین صفر تا سه با میانگین و میانه ۲ وسیله بود. در این مزارع به‌کارگیری بیشتر این وسایل عملکرد گندم افزایش داد. عملیات ثانویه جهت بهبود تهیه بستر کاشت در راستای رشد مطلوب گیاه و انجام مناسب سایر عملیات زراعی، بیشتر با توجه به بافت و ساختمان خاک، محصول پیش‌کاشت و امکانات قابل‌دسترس کشاورز انجام می‌شود (۱۹). گزارش شده مدیریت تهیه بستر به‌میزان ۱۲/۵ درصد (۱) و استفاده از زیرشکن و فاروئر ۱۷/۱ درصد (۱۲) بر خلأ عملکرد گندم مؤثر است.

مقدار بذر مصرفی با تأثیر مثبت بر عملکرد گندم باعث بهبود عملکرد به میزان ۹٤۲ کیلوگرم در هکتار (۱۹/۸ درصد) شد (جدول ۳ و شکل ٦). دامنه تغییرات مقدار بذر مصرفی در هکتار بین ۲۸۰ تا ٤۱۵ با میانگین ۳٤۷ و میانه ۳۵۰ کیلوگرم بود و با فزایش مصرف بذر خلأ عملکرد کاهش یافت. میزان بذر مصرفی به‌خصوصیات خاک، عوامل اقلیمی چون رطوبت و دما و مدیریت زراعی به‌ویژه تهیه بستر بستگی دارد و برتر از مقدار بذر مصرفی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

تراکم مطلوب است که شرایط برای استفاده بهینه از شرایط محیطی را فراهم می‌کند (۱۹). کشاورزان این منطقه مصرف بذر بالا را هم‌راستا با رسیدن به تراکم مناسب و دست‌یابی به عملکرد مطلوب می‌دانند. تراکم بوته در شهرستان بم (۱٤/۵ درصد) و در نرماشیر کرمان (۱۲/٤ درصد) (٤) و تراکم سنبله (۲۹/۷ درصد) در پارس‌آباد اردبیل (۳۷) در گندم سهم مهمی در توجیه خلأ عملکرد داشت. همچنین در جنوب آفریقا مقدار بذر مصرفی در گیاه سویا ٤۹/۷ درصد در خلأ عملکرد نقش ایفاء کرد (۲۷).

پیش‌کاشت هویج با اثر منفی بر عملکرد گندم باعث خلأ عملکرد به میزان ۳۲۱ کیلوگرم در هکتار (٦/۷۸ درصد) شد (جدول ۳ و شکل ٦). در مزارعی که کشت گندم پس از برداشت هویج صورت گرفت، به‌دلیل تأخیر در برداشت محصول قبلی، کاشت گندم با وقفه ۳۰ تا ٤۲ روزه مواجه شد که این موضوع موجب عدم تهیه بستر مناسب و برخورد زمان جوانه‌زنی و سبزشدن با سرما شده علاوه بر کاهش تراکم مناسب، رشد رویشی تسریع شده و باعث عدم استفاده از منابع توسط گیاه شده و نتیجه‌ی آن افت عملکرد و افزایش خلأ عملکرد بود. همچنین هویج موجب گسترش نماتد می‌شود که احتمال زیاد یکی مشکلات آینده این منطقه خواهد بود. گیاه پیش‌کاست بسته به تأثیر بر زمان کاشت، تخلیه حاصل‌خیزی خاک و گسترش آفات و بیماری بر عملکرد گیاه بعد از خود مؤثر است (۱۹).

خلأ عملکرد در مزارع بزرگ

نتیجه بررسی تجزیه‌وتحلیل متغیرهای تعیین‌کننده خلأ عملکرد به‌روش CPA نشان از تأثیر چهار متغیر اصلی بر خلأ عملکرد در مزارع بزرگ (۵/۵ هکتار و بیشتر) به‌شرح ذکرشده در معادله ۳ داشت.

معادله ۳:

$$Y = 3347.31051 + 2177.2188X_1 + 273.31872X_2 + 18.95205X_3 - 51.46811X_4$$

اجزا معادله Y: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، X_1: پیش‌کاشت سیب‌زمینی، X_2: دفعات آبیاری، X_3: مقدار نیتروژن سرک، X_4: زمان برداشت.

مدل تولید حداکثر قابل حصول و میانگین عملکرد را به‌ترتیب ۱۰۳۵۸ و ٦۳۵۷ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد که کل خلأ عملکرد ناشی از اختلاف این دو ٤۰۰۰ کیلوگرم در هکتار معادل ۳۸/٦ درصد تعیین شد. حداکثر عملکرد کشاورزان در این مزارع ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و میانگین عملکرد مزارع ٦٤۲٦ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٤ و شکل ۷). مقادیر شاخص VIF تمام متغیرهای مؤثر در مدل تولید مزارع بزرگ کمتر ۲ و Tolerance آن‌ها بیشتر ۰/۷ بود که نشان‌دهنده کیفیت بالای مدل از نظر عدم وجود هم‌خطی داشت (جدول ۲). همچنین بررسی نمودارهای باقیمانده‌ها و Q-Q Plot نشان نرمال بودن داشتند.

به‌کارگیری پیش‌کاشت سیب‌زمینی اثر مثبت بر خلأ عملکرد به‌میزان ۱۷٤۱ کیلوگرم در هکتار (٤۳/۵ درصد) داشت (جدول ٤ و شکل ۷). در مزرعه بزرگ استفاده از پیش‌کاشت سیب‌زمینی موجب افزایش عملکرد شد و سیب‌زمینی با پورک کردن خاک و با تفاوت عمیق ریشه‌ای با گندم توانایی تأثیر مثبت بر عملکرد گندم داشت. همچنین سیب‌زمینی موجب تأخیر زیادی در تهیه بستر و کاشت نشد و با رطوبتی بعد از برداشت آن در مزرعه به‌جا می‌گذارد تسریع در سبزشدن را موجب می‌شود. در شهرستان دورود و خرم‌آباد به‌ترتیب پیش‌کاشت ذرت (۱۷ درصد) و چغندرقند (۵۵ درصد) باعث بهبود خلأ عملکرد گندم شد (٢٤).

تعداد دفعات آبیاری گندم با تأثیر مثبت بر خلأ عملکرد موجب افزایش ۸۰۹ کیلوگرم در هکتار (۲۰/۲ درصد) عملکرد در مزارع بزرگ شد (جدول ٤ و شکل ۷). دامنه تغییرات تعداد آبیاری بین ۲ تا ۱۰ با میانگین ۷/۰٤ و میانه آن ۷ نوبت بود. در دسترس بودن آب کافی باعث افزایش فتوسنتز، ، افزایش کارایی جذب عناصر خاک و استفاده بهینه از کودهای مصرفی شده و شرایط برای افزایش عملکرد و کاهش خلأ عملکرد مهیا می‌شود. آبیاری گندم در استان گلستان ۲۷/۱ درصد خلأ عملکرد گندم بهبود بخشید (۱۲). تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد گندم در منطقه نپال نشان داد تعداد آبیاری‌ها، یکی از محرک‌های اصلی تغییر در عملکرد است (۸).

مقدار کود نیتروژن خالص سرک با تأثیر مثبت بر خلأ عملکرد باعث افزایش عملکرد به میزان ۷۳۷ کیلوگرم در هکتار (۱۸/٤

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

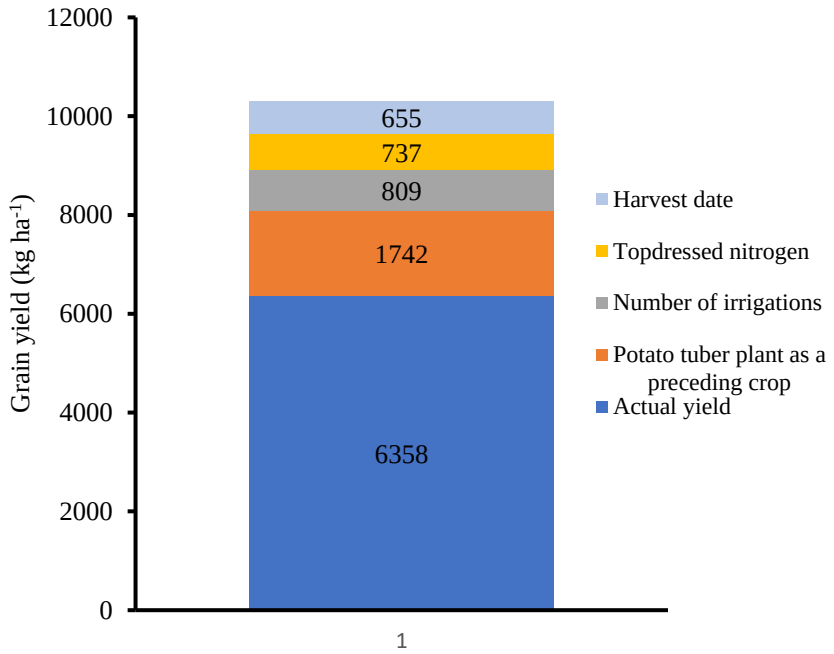
[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

جدول ٤. کمّی‌سازی خلأ عملکرد اراضی بزرگ گندم

Table 4. Quantification of wheat yield gap in large-scale fields

Yield gap		Yield calculated by model		Variable rate				Coefficients	Variables
(%)	(Kg ha^{-1})	Average	Optimum	Average	Optimum	Maximum	Minimum		
-	-	3347	3347	1	1	-	-	3347	Intercept
43.5	1742	3783	5524	0.20	1	1	0	2177	Potato as preceding crop
20.2	809	527	6080	7.04	10	10	2	273	Number of Irrigations
18.4	737	5225	5963	99.0	138	138	0	18.9	Topdressed nitrogen
16.4	655	2412	3067	23.8	10	51	10	-51.5	Harvest date
38.6	4000	6358	10358	6347	-	8500	2500	-	Yield



شکل ۷. سهم عوامل اصلی ایجادکننده خلأ عملکرد در مزارع بزرگ گندم

Figure 7. Contribution of the main determinants of the yield gap in large wheat farms

درصد) شد (جدول ۳ و شکل ۷). دامنه تغییرات این متغیر بین ٤٦ تا ۱۳۸ با میانگین ۹۸/۵ و میانه ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بود. نیتروژن نقش خیلی مهمی در رشد و نمو گندم و افزایش کمی و کیفی عملکرد آن دارد؛ بنابراین مصرف مقدار مناسب در زمان لازم براساس مراحل رشد و نمو گیاه با توجه به نوع کود نیتروژن اهمیت زیادی در مدیریت تغذیه مطلوب گیاه دارد (۲٦). گزارش‌شده مصرف بهینه کود نیتروژن به‌صورت سرک باعث بهبود ۳۰/۱، ۲۰/٦ و ۱۸ درصد خلأ عملکرد به‌ترتیب در مزارع گندم، جو و کلزا استان کردستان شد (۱۰). همچنین میزان نیتروژن موجود در گیاه گندم قبل از گل‌دهی ۸/۳۰ درصد بر خلأ عملکرد مؤثر بود (۲).

تأخیر در تاریخ برداشت با تأثیر منفی بر عملکرد گندم در مزارع بزرگ موجب خلأ عملکرد به‌میزان ٦۵۵ کیلوگرم در هکتار (۱٦/٤ درصد) شد (جدول ٤ و شکل ۷). دامنه تغییرات تاریخ برداشت از اولین تاریخ برداشت در شهرستان ازنا بین ۱۰ تا ۵۱ روز با میانگین ۲۳/۸ و با میانه ۲۲ روز بود. تاریخ برداشت گندم متأثر از شرایط اقلیم منطقه، رقم، مدیریت زراعی و به‌ویژه فراهم بودن وسایل برداشت از جمله کمباین است (۱۹). تأخیر در برداشت به‌دلایل مختلف از جمله عدم در دسترس بودن ادوات برداشت و حجم کار بالای کشاورز، باعث افزایش خسارت آفات و پرندگان و ریزش دانه شده و افزایش خلأ عملکرد گندم را در پی داشت. تأخیر در برداشت در شهرستان نورآباد لرستان (خلأ ۱۳ درصدی) (۲٤) و در شهرستان گمیشان استان گلستان (۳/۲ درصد) (۱٦) نشان از این موضوع دارد.

مقایسه خلأ عملکرد در سه گروه مزارع

مقایسه نتایج بررسی خلأ عملکرد سه نوع مزرعه کوچک، متوسط و بزرگ در شهرستان ازنا نشان داد با افزایش اندازه مساحت مزرعه خلأ عملکرد کاهش یافت (جدول ۵). به‌طوری که اختلاف خلأ عملکرد مزارع کوچک با مزارع متوسط و بزرگ به‌ترتیب ۵/۲ و ۱۰/۹ درصد بود. در مطالعه‌های دیگر نیز اختلاف خلأ عملکرد مزارع کوچک با مزارع متوسط و بزرگ به ترتیب ۱۵/۹ و ۱٤/۸ (۲٤) و ۱۹ و ۲۱ درصد (۱٦) بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

جدول ۵. مقایسه نتایج کمّی‌سازی خلأ عملکرد در شهرستان ازنا در مزارع مختلف

Table 5. Comparison of yield gap quantification results across different farms in Azna County

Yield Gap (%)	Yield Gap(kg ha^{-1})	Average Yield (kg ha^{-1})	Potential Yield (kg ha^{-1})	Farm Type
49.6	5567	5587	11154	Small farms
44.3	4404	5729	10133	Medium farms
38.7	4000	6358	10358	Large farms

جدول ٦. مقایسه متغیرهای مؤثر بر خلأ عملکرد گندم در شهرستان ازنا در مزارع مختلف

Table 6. Comparison of variables affecting wheat yield gap in Azna County across different farms

Large farms					Medium farms					Small farms				
Yield Gap (%)	Average	Maximum	Minimum	Variables	Yield Gap (%)	Average	Maximum	Minimum	Variables	Yield Gap (%)	Average	Maximum	Minimum	Variables
43.5	0.2	1	0	Potato as preceding crop	34.6	0.72	0.81	0.59	Organic matter	23.7	302	347	231	Soil available K
20.2	7.04	10	2	Number of Irrigations	7.96	0.16	1	0	Carrot as preceding crop	6.89	1.2	2	0	Planting method
18.4	98.5	138	46	Topdressed nitrogen	25.5	2.04	3	0	Secondary bed operations	12.1	0.6	2	0	Number of disk-harrowings
16.4	23.8	51	10	Harvest date	17.7	348	415	280	Amount of seed sown	19.7	356	450	250	Amount of seed sown
-	-	-	-	-	24.7	7.64	10	4	Number of Irrigations	18.6	6.08	10	2	Number of Irrigations
-	-	-	-	--	-	-	-	-	-	18.9	97.4	184	0	Topdressed nitrogen

ارزیابی سهم عوامل مؤثر در خلأ عملکرد در سه نوع اندازه مساحت نشان از تفاوت در نوع متغیر و در صورت مشترک بودن متغیر، اختلاف در ضریب آن‌ها داشت (جدول ٦). در مزارع کوچک شش متغیر (پتاسیم قابل‌جذب خاک، مقدار بذر مصرفی، مقدار نیتروژن خالص سرک، تعداد دفعات آبیاری، تعداد دفعات دیسک و شیوه کاشت)، مزارع متوسط پنج متغیر (ماده آلی، پیش‌کاشت هویج، عملیات تهیه بستر ثانویه، مقدار بذر مصرفی و تعداد دفعات آبیاری) و در مزارع بزرگ چهار متغیر (شامل پیش‌کاشت سیب‌زمینی، تعداد دفعات آبیاری، مقدار نیتروژن خالص سرک و زمان برداشت) نقش اصلی را ایفا کردند (جدول ٦). نتایج نشان می‌دهد ضعف مدیریتی در مزارع کوچک نسبت به دو گروه دیگر بارزتر است. این ضعف به‌طور عمده ناشی از محدودیت‌های مالی، کمبود سرمایه در گردش، و عدم دسترسی به‌موقع به ماشین‌آلات و نهاده‌های زراعی مناسب است که در نهایت منجر به کاهش کارایی فنی، بهره‌وری پایین و استفاده غیربهینه از منابع در دسترس می‌شود. در مقابل، افزایش اندازه مزرعه شرایط را برای سرمایه‌گذاری کشاورزان و بهره‌گیری از خدمات ترویجی و آموزشی فراهم‌تر می‌سازد. این امر موجب ارتقای دانش فنی، به‌کارگیری صحیح نهاده‌ها، استفاده مؤثرتر از منابع و افزایش اثربخشی مدیریتی می‌شود و درنهایت بهبود عملکرد مزرعه را به‌همراه دارد. مطابق نتایج پژوهش حاضر، متوسط عملکرد در مزارع بزرگ برابر با ۷۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که معادل ۱۳/۸ درصد بیشتر از مزارع کوچک گزارش شد و تنوع میزان عملکرد در مزارع کوچک نسبت به دو گروه دیگر بیشتر بود (جدول ۵). با توجه به سهم بالای کشاورزان خرده‌مالک و شدت بالای خلأ عملکرد در مزارع کوچک، تمرکز بر ارتقای مدیریت فنی این گروه از طریق سرمایه‌گذاری علمی، آموزش‌های کاربردی و توسعه خدمات ترویجی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود. چنین رویکردی می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری، کاهش خلأ عملکرد و تحقق رشد پایدار تولید در سطح منطقه شود.

در مطالعه جافرنوده و همکاران (۱٦) با عنوان اثر اندازه مزرعه بر عوامل مؤثر در خلأ عملکرد دانه گندم دیم در منطقه گمیشان استان گلستان بیان شد با افزایش اندازه مزرعه، خلأ عملکرد کاهش می‌یابد و عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد در هر گروه از مزارع مورد ارزیابی در برخی موارد متفاوت و در برخی یکسان بودند، با این حال میزان اثر آن‌ها بسته به‌اندازه مزرعه متفاوت بود. به‌طوری که در مزارع کوچک میزان خلأ عملکرد ۸۳ درصد بود از عواملی چون تاریخ کاشت (۳/٤ درصد)، مقدار کود سرک (۱۱/۲ درصد)، علف‌کش‌های آتلانتیس+ بروما‌یسید (٤۸/۵ درصد)، علف‌کش‌های آتلانتیس+ گرانستار (۱٤/۱ درصد)، علف‌کش آتلانتیس (۱۷/٤ درصد) و علف‌های هرز (۵/٤ درصد) ناشی شد. خلأ عملکرد در مزارع متوسط ٦٤ درصد بود که عوامل ایجادکننده آن شامل تیمار بذر با اسید هیومیک (۱٤ درصد)، تاریخ کاشت (۱۲/۸ درصد)، مقدار کود سرک (٤۳/۲ درصد)، محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها (٦/۹ درصد)، علف‌کش‌های آتلانتیس+ بروما‌یسید (۱۳/۳ درصد) و علف‌های هرز (۹/۸ درصد) بودند. اما خلأ عملکرد مزارع بزرگ ٦۲ درصد بود که توسط تناوب زراعی (۹/۳ درصد)، تراکم بوته (۳۰/۲ درصد)، تقسیط کود سرک (۱۵/۹ درصد)، علف‌کش‌های آتلانتیس+بروما‌یسید (۲۰/۱ درصد)، قارچ‌کش تیلت (۹/۵ درصد)، بیماری‌ها (۱۱/۸ درصد) و برداشت محصول (۳/۲ درصد) ایجاد شد. گزارش شده در شهرستان لیشو، استان جیلین، کشور چین افزایش اندازه مزرعه باعث بهبود عملکرد و کاهش اثرات زیست محیطی می‌شود. به‌طوری که مقایسه مزارع بزرگ تعاونی و خانوادگی نسبت به مزارع خرده‌پا ورودی‌های مواد مغذی شیمیایی در کشت ذرت کاهش یافت، به طوری که به‌ترتیب ۱۲/۸ و ۱۵/٤ درصد برای نیتروژن، ۲۱/۳ و ۲۳/٦ درصد برای فسفر و ۲۰/۸ و ۲٤/۰ درصد برای پتاسیم کاهش یافت که به‌دلیل کاهش قابل‌توجه میزان کود شیمیایی حاصل از برگرداندن کاه و استفاده از کود آلی بود (۳۵).

بررسی کارایی فنی تولید گندم دیم شهرستان اهر نشان داد دامنه تغییرات کارایی فنی بین ۳۸/۵ تا ۹۹/۹ درصد با میانگین ٦٦/۱ و اختلاف ٦۱/٤ درصد بود و کشاورزان منطقه در صورت از بین بردن ناکارایی می‌توانند با همان امکانات موجود به‌طور

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

متوسط حدود ۳٤ درصد تولید خود را افزایش دهند (۱۱). در این تحقیق با فزایش سطح زیرکشت تولیدکننده از منبع‌ها و نهاده‌های موجود به شکل کامل‌تری استفاده نموده و لذا صرفه‌های اقتصادی ناشی از مقیاس را تجربه کرده و کارایی فنی نیز افزایش می‌یابد. کاهش خلأ عملکرد و افزایش کارایی فنی با افزایش اندازه مزرعه به مدیریت کشاورزان بستگی دارد. به‌طوری برخلاف پژوهش حاضر و دیگر پژوهش‌ها (۱٦) با افزایش مساحت مزرعه خلأ عملکرد افزایش (۳۲) و کارایی فنی کاهش (٦) یافت که دلیل آن عدم توان مدیریتی مناسب کشاورزان در اداره مزارع بزرگ‌تر و محدودیت تأمین سرمایه کافی بود.

نتیجه‌گیری کلی

بررسی خلأ عملکرد به‌عنوان یکی از موضوعات نوین و کلیدی در ارتقای تولیدات زراعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج این مطالعه که با هدف ارزیابی تأثیر اندازه مزرعه بر میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل مؤثر بر آن انجام شد، نشان داد که بین اندازه مزرعه و خلأ عملکرد رابطه‌ای معکوس وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که در مزارع کوچک، متغیرهای بیشتری در ایجاد خلأ عملکرد نقش دارند. بر این اساس، به‌منظور بهبود وضعیت خلأ عملکرد در مزارع آبی گندم منطقه مورد بررسی، لازم است حمایت‌های علمی، فنی و سرمایه‌ای به‌صورت هدفمند بیشتر بر مزارع کوچک متمرکز شود. میزان خلأ عملکرد در مزارع کوچک، متوسط و بزرگ به‌ترتیب حدود ۵۰، ٤۳ و ۳۹ درصد برآورد شد که این امر بیانگر ضرورت توجه ویژه به بهینه‌سازی مدیریت در مزارع خرد است. از سوی دیگر، پدیده خرده‌مالکی و تقسیم ارثیه که غالباً منجر به خرد شدن بیش‌تر مزارع می‌شود، می‌تواند در آینده موجب تشدید خلأ عملکرد شود. بنابراین، تدوین و اجرای قوانین حمایتی در راستای جلوگیری از خرد شدن اراضی کشاورزی و همچنین ترویج طرح‌های یکپارچه‌سازی مزارع، از راهکارهای مهم برای افزایش بهره‌وری و کاهش خلأ عملکرد در سال‌های آتی محسوب می‌شود. البته در پایان لازم است ذکر شود به‌دلیل مشکلات تحقیقات میدانی انتخاب نمونه با محدودیت مواجهه بود که بایستی این موضوع مورد توجه قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

نویسنده از تمامی کشاورزان گرامی شهرستان ازنا که در مدت انجام این پژوهش همکاری لازم را داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌نماید.

منابع

1. Aghili, S. A., A. Soltani and S. Jafarnodeh. 2023. Investigating the factors causing the Cotton yield gap (case study: Golestan province- Kordkuy County). *Iranian Journal Cotton Researches* 11(2): 1-22. (In Farsi).
2. Ahmadi, I., M. H. Gharineh and A. Abdali Mashhadi. 2023. Modelling of the factors creating the yield gap of wheat in the Shushtar area. *International Journal of Applied Agricultural Sciences* 9(3): 86-91.
3. Akbari, B., M. Homani Farahani and S. Jabaroor. 2024. Investigating the effect of land fragmentation on the technical efficiency of wheat farmers (case study: Wheat farmers of Poldasht city). *Quarterly Journal of Development Strategy* 20: 176-198. (In Farsi).
4. Bagheripour, M. A., H. Heidari Sharifabad, A. Mehraban and H. R. Ganjali. 2024. Estimating yield gap of Wheat (*Triticum aestivum* L.) using the Comparative Performance Analysis (CPA) Method in the Bam, Narmashir and Fahraj counties of Kerman province. *Legume Research- An International Journal* 47(7): 1235-1241. (In Farsi).
5. Cao, H. Z., Y. N. Li, G. F. Chen, D. D. Chen, H. R. Qu and W. Q. Ma. 2019. Identifying the limiting factors driving the winter wheat yield gap on smallholder farms by agronomic diagnosis in North China Plain. *Journal of Integrative Agriculture* 18(8): 1701-1713.
6. Dashti, Gh., P. Chavoshi, J. Vahedi and E. Rahmani. 2025. Effect of sustainable cultivation operations on the technical efficiency of rainfed Wheat production in Saqqez county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 35(2): 367-379 .(In Farsi).
7. Devkota, K. P., M. Devkota, H. Boboev, D. Juraev, Sh. Dilmurodov, C. Ram and R. C. Sharma. 2025. Data-driven agronomic solutions to close wheat yield gaps and achieve self-sufficiency in Uzbekistan. *Agricultural Systems* 225: 104291.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

8. Devkota, M., K. P. Devkota, G. P. Paudel, T. J. Krupnik and A. J. McDonald. 2024. Opportunities to close wheat yield gaps in Nepal's Terai: Insights from field surveys, on-farm experiments, and simulation modeling. *Agricultural Systems* 213: 103804.
9. FAO. 2023. FAOSTAT agriculture. Food and Agriculture Organization of United Nations. Available online at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Accessed 15 February 2025.
10. Fatanatvash, S., H. Alipour, R. Darvishzadeh and M. Ghiyasi. 2025. Documenting and identification of factors reducing the yield of some crops in Kurdistan province by CPA method. *Crop Production Journal* 18(3): 103-128. (In Farsi).
11. Ghasemi, E., Gh. Dashti and J. Vahedi. 2023. Technical efficiency, environmental efficiency and economic losses of rainfed Wheat production in Ahar county. *Agricultural Economics* 17(1): 1-20. (In Farsi).
12. Hajjarpour, 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 Farsi).
13. Hochmana, Z., D. Gobbett, H. Horan and J. N. Garcia. 2016. Data rich yield gap analysis of wheat in Australia. *Field Crops Research* 197: 97-106.
14. Homani Farahani, M. 2025. Prospects of technical, energy, economic and environmental efficiency of Wheat production based on the distribution of agricultural lands. *Islamic Economics & Banking* 13(46): 367-387. (In Farsi).
15. Hu, Y., B. Duan, J. Liu, Y. Chen, T. Dong, X. Qian, Z. Li, W. Gao and Y. Chen. 2026. A systems approach to closing yield gaps in wheat, maize, and rice in China: Meta-analysis, machine learning, and spatial optimization. *Agricultural Systems* 236: 104780.
16. Jafarnodeh, S., K. Khandardi, V. Jankord, A. Soltani, F. Ghaderifar and A. Siahmargue. 2025. Effect of field size on factors contributing to grain yield gap in rainfed Wheat (*Triticum aestivum* L.) growing areas in Gomishan region of Golestan province of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 26(4): 333-351. (In Farsi).
17. Jeya, R. and S. Thyagarajan. 2011. A study on yield gap in Cotton cultivation. *Agriculture Update* 6(1): 75-77.
18. Kamkar, B., A. Safahani Langroudi and R. Mohammdi. 2011. The Use of Nutrients in Crop Plants. Mashhad University Jihad, Mashhad. (In Farsi).
19. Khajehpour, M. R. 2013. Cereal Crop. Jahad University, Isfahan University of Technology., Isfahan. (In Farsi).
20. Khodaverdizadeh, M., M. Mohammadi and D. Miri. 2019. Estimation of technical efficiency of Wheat production with emphasis on sustainable agriculture in Urmia county. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 29(4): 233-245. (In Farsi).
21. Laleh, K.M., M. Ghorbani Javid, I. Alahdadi, E. Soltani, S. Soufizadeh and J. L. González-Andújar. 2023. Wheat yield gap assessment in using the Comparative Performance Analysis (CPA). *Agronomy* 13(3): 705.
22. Matourian, H., A. Khodaei-Joghan, M. Moradi-Telavt, S. A. Siadat and B. Torabi. 2021. Estimation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield limiting factors using Comparative Performance Analysis (CPA) method in Khorramshahr region in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 23(3): 265-277. (In Farsi).
23. Mohammadi Kashka, F., Z. A. Tahmasebi Sarvestani, H. Pirdashti, A. Motevaliand and M. Nadi. 2022. Evaluation of management factors affecting soybean [*Glycine max* (L.) Merril] yield gap in Mazandaran province using Comparative Performance Analysis (CPA). *Crop Production* 15(1): 73-100. (In Farsi).
24. Nazari, A., A. Soltani, E. Zeinali and A. Nehbandani. 2025. Analysis of management factors affecting irrigated Wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in different regions of Lorestan province using the Comparative Performance Analysis (CPA) method. *Journal of Agroecology* 17(1): 145-164. (In Farsi).
25. Nobatiani, M. Sh., A. Rahemi Karizaki, A. Biabani and A. Mansouri Rad. 2020. Documentation of production process and determination of limiting factors of wheat yield by CPA method in Kalaleh county. *Journal of Crops Improvement* 22(3): 361-372. (In Farsi).
26. Office of the Wheat Project Executor. 2024. Guidelines for the Implementation of the Sustainable Wheat Production Project for the 2024-2025 Agricultural Year. Deputy of Crop Production Affairs, Ministry of Agriculture Jihad, Tehran. (In Farsi).
27. Omondi, J. O., M. Sh. Chiduwa, S. Kyei-Boahen, P. Masikati and I. Nyagumbo. 2024. Yield gap decomposition: quantifying factors limiting soybean yield in Southern Africa. *Sustainable Agriculture* 2(32): 1-11.
28. Pourhadian, H. 2018. Yield gap analysis of forage maize using crop modeling, remote sensing and geographical information system approaches (A case study: Four basins of Golestan province). PhD thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (In Farsi).
29. Pourhadian, H. 2021. Land suitability of Lorestan province lands for the double cropping of forage millet using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and fuzzy logic. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 31(4): 287-302. (In Farsi).
30. Pradhan, P., G. Fischer, H. Van Velthuizen, D. E. Reusser and J. P. Kropp .2015. Closing yield gaps: how sustainable can we be? *PLoS ONE* 10(6): e0129487.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]

31. Priyadarshini, B. J., D. K. Sinha, N. Ahmed, K. M. Singh, M. Kumar and S. P. Singh. 2022. Yield gap analysis of cotton in Bhadradri Kothagudem district of Telangana. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology* 40(5): 60-64.
32. Rameshrao, P. Y. 2024. Resource use efficiency and yield gap analysis of soybean in Amravati district of Maharashtra. MSc thesis. University of Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth, Maharashtra, India.
33. Schils, R., L. M., G. A. K. van Voorn, P. Grassini and M. K van Ittersum. 2022. Uncertainty is more than a number or colour: involving experts in uncertainty assessments of yield gaps. *Agricultural Systems* 195: 103311.
34. Sekhavatifar, Sh., A. Rahemi Karizaki, A. Nakhzari Moghaddam and M. Mollashahi. 2020. Identification of rapeseed limiting factors using performance comparison analysis. *Journal of Crops Improvement* 22(1): 13-25. (In Farsi).
35. Sha, Sh., D. Wang, Zh. Shen, H. Liao, G. Feng, W. Hou, Ch. Tian, Q. Gao and Y. Wang. 2025. Increased farm size combined with improved crop-livestock coupling enhance agricultural outputs while reducing environmental impacts. *Journal of Cleaner Production* 530: 146865.
36. Shahgholi, Sh., S. Sayfzadeh, E. Hadidi Masouleh, N. Shahsavari and H. Zakerin. 2023. The effect of foliar application of micro-elements on some biochemical traits and wheat yield under water stress conditions. *Plant Process and function* 12(56): 221-237. (In Farsi).
37. Shirinzadeh, A., H. Sharif Abad, Gh. Nourmohammadi, 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(2): 49-65. (In Farsi).
38. Soltani, A. and A. R. Mirzaei .2022. Analysis of Potential Yield and yYeld Gap in Plant Production Systems. Sirang vocabulary, Gorgan. (In Farsi).
39. Soltani, A., A. Nehbandani, E. Zeinali, B. Torabi, A. Zand, S. Ghasemi, A. Alesti, A. Dadarsi, R. Hosseini, M. Alimaqam, S. M. Zahed, H. Fayazi, H. Kamari, R. ArabAmeri, Z. Mohammadzadeh, S. Rehban, S. Mohammadi and S. Keramat. 2019. Preparation of the Performance Gap Atlas and Production Capacity of Important Agricultural Plants in the Country in Current and Future Climatic Conditions. Sirang Vocabulary Publications, Gorgan .(In Farsi).
40. Statistics Deputy of Statistics Center, Information and Communication Technology. 2025. Agricultural statistics yearbook, 2023-2024, Volume 1, Crops Products., Statistics Center, Information and Communication Technology, Deputy of Economic Planning, Ministry of Agricultural Jahad, Tehran, Iran. (In Farsi).
41. Vahedi, J., Gh. Dashti and F. Saei. 2023. The effect of extension courses on the technical efficiency of rain-fed wheat production in Ahar county. *Iran agricultural Extension and Education Journal* 18: 251-259. (In Farsi).
42. Van Ittersum, M. K., K. G. Cassman, P. Grassini, J. Wolfa, P. Tittonell and Z. Hochmand. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Research* 143: 4-17.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-10-18]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.3.36055]