Crop Science Research in Arid Regions

homepage: https://cropscience.uoz.ac.ir/

Research Article
Volume 7, Issue 1, 2025, P. 39-51

Identifying and determining factors affecting rainfed barley yield gap in drought stress conditions at the end of the growing season

Reza Ataei Azimi [a], Ali Rahemi Karizaki [*b], Abbas Biabani [b], Masomeh Naeeimi [b]

[a] Master's Student of Agroecology, Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[b] Plant Production Department, College of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
[*]Corresponding Author: alirahemi@yahoo.com

Received: 20 August 2023 Accepted: 19 December 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.410882.1368**

How to cite this article:
Ataei Azimi, R., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A. and Naeeimi, M., 2025. Identifying and determining factors affecting rainfed barley yield gap in drought stress conditions at the end of the growing season. *Crop Science Research in Arid Regions, 7*(1), 39-51. https://doi.org/10.22034/csrar.2024.410882.1368

Abstract

Introduction: The barely (*Hurdium vulgare* L.) is one of the oldest cultivated plants and that is one of the most important cereals in Iran after wheat in terms of production and cultivated area. One of the main problems of barely production in the eastern region of Golestan province, Iran is considerable difference between actual yield and attainable yield which is called yield gap. In recent years, this gap has been impressive, which decreasing the gap between actual and potential yield (maximum production which can be achieved by proper management), requires detailed study and analysis of its causes. Therefore, identifying barely yield-limiting factors are essentially needed. Therefore, the present study was conducted in Kalaleh in the eastern region of Golestan province, Iran for simultaneous recognition of best management practices, percentage of the affected fields, estimation of barely yield potential and gaps using the Comparative Performance Analysis (CPA) method.
Materials and Methods: Therefore, identifying barely yield-limiting factors are essentially needed. Inorder to this study was conducted to evaluate the factors limiting barely yield in Kalaleh in the eastern region of Golestan province using the Comparative Performance Analysis (CPA) method in 2020-2021. Collection of the required information (such as planting date, holding and harvesting activities, soil physicochemical properties) was done by fieldwork, and personal interviews with farmers. To this aim, 38 barely fields in geographical location of the study area were monitored in each crop year. In the comparative performance analysis (CPA) method, using stepwise regression, the relationship between variables and yield were considered. And yield gap rate, its causes factors and it was also estimated the contribution of each of these factors to the creation of a yield gap.
Results and Discussion: Among the investigated variables, the model (final regression equation) with four independent variables was selected (nitrogen fertilization frequency, amount of phosphorus fertilization, frequency of fungicide use and frequency of pesticides).The results of yield model showed that there was a difference of 1253 kg/ha between attainable (5063 kg/ha) and actual yield (3810 kg/ha). Among studied variable, nitrogen fertilization frequency, amount of phosphorus fertilization, frequency of fungicide use and frequency of pesticide use with 29, 22.6, 24.2 and 24.2%

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

respectively, had the most influence on barely yield gap in the study area. The results showed that the number of times of fertilization caused 363.8 kg/ha of yield gap. Every plant needs the right time for fertilization for more yield. If the best fertilization time is not chosen for the plant, later or earlier fertilization will cause harmful effects in the plant. The amount of phosphorus consumed was the factor that had the least contribution to the limitation of barley yield in the studied fields (828.8 kg/ha). Phosphorus nitrogen affects root growth, and helps absorption of nutrients by plant, balances nitrogen deficiency in the soil. The results showed that frequency of fungicide use caused 302.8 kg/ha of yield loss. In other words, by using fungicide twice during the crop growing season, barley yield increased by 302.8 kg/ha. Also, the effect of frequency of pesticide use on the yield gap was similar to frequency of fungicide use. Therefore, farmers should consider weed control as an important factor in increasing the yield of this crop.

Conclusion: In this study by examining four important management factors in growing barely, optimal requirements of each factor to achieve the highest yield was determined by CPA. Inorder to with proper and principled agricultural management and modification of the influencing factors, the difference between the attainable yield and the actual yield can be reduced and the desired result can be achieved.

Keywords: Achievable yield, Actual yield, Regression, Yield potential

تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد هفتم، شماره اول، بهار ۱۴۰۴، ص ۵۱-۳۹

مقاله پژوهشی

شناسایی و تعیین عوامل مؤثر بر خلأ عملکرد جو دیم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل رشد

رضا عطایی عظیمی[۱]، علی راحمی کاریزکی*[۲]، عباس بیابانی[۲]، معصومه نعیمی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

۲- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

* مسئول مکاتبه: alirahemi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.410882.1368**

چکیده

کم کردن فاصله بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکردی که با مدیریت مناسب قابل دستیابی است، نیازمند بررسی دقیق دلایل و عوامل آن است. بنابراین شناسایی عوامل محدودکننده و خلأ عملکرد دارای اهمیت ویژه‌ای است. بدین منظور مطالعه‌ای در شهرستان کلاله، در ۳۸ مزرعه دیم به صورت پیمایشی و براساس روش تحلیل مقایسه کارکرد انجام شد. در این مطالعه کلیه اطلاعات مربوط به عملیات مدیریتی، خصوصیات خاک و وضعیت اجتماعی–اقتصادی کشاورزان مشخص و اندازه‌گیری شد. با استفاده از رگرسیون گام به گام، رابطه بین عملکرد و متغیرها مورد بررسی قرار گرفت و میزان خلأ عملکرد جو و عوامل ایجاد کننده آن و همچنین تعیین سهم هر یک از این عوامل در ایجاد خلأ عملکرد برآورد شد. نتایج نشان داد که عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد، محاسبه شده با مدل گام به گام به‌ترتیب برابر با ۳۸۱۰ و ۵۰۶۳ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شد، که از بین متغیرهای مورد بررسی، چهار متغیر، دفعات کوددهی، میزان فسفر مصرفی، دفعات مصرف قارچ‌کش و دفعات مصرف علف‌کش، سبب ایجاد خلأ عملکرد جو در منطقه مورد مطالعه شد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل عملکرد، رگرسیون، عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول

مقدمه

جو (*Hordeum vulgar* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی بوده و این گیاه یکی از مهمترین غلات می‌باشد که در ایران بعد از گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت رتبه دوم را دارد. همچنین جزو سازگارترین غلات است که در شرایط آب و هوایی مساعد، در خاک شور و همچنین در خاک‌هایی که PH آنها بین ۷ تا ۸ باشد رشد می‌کند. این گیاه نسبت به سایر غلات در برابر خشکی مقاوم‌تر است، بنابراین در شرایطی که آب، عامل محدودکننده تولید غلات باشد، جو می‌تواند محصول بیشتری را تولید کند (Halalkhor *et al.*, 2018).

مفهوم خلأ عملکرد در حقیقت تفاوت بین عملکرد پتانسیل و عملکرد واقعی می‌باشد و تعریف خلأ عملکرد در پژوهش‌های گوناگون به عنوان یک شاخص مهم جهت افزایش عملکرد در گیاهان زراعی در مناطق مختلف می‌باشد (Haghshenas *et al.*, 2018).

اولین قدم جهت تعیین خلأ عملکرد در یک منطقه مشخص، سنجش پتانسیل عملکرد محصول مورد نظر در آن منطقه می‌باشد، خلأ عملکرد به اندازه‌گیری عملکرد پتانسیل بستگی دارد (Shirinzadeh *et al.*, 2018; Van Ittersum *et al.*, 2013). یکی از روش‌هایی که برای بررسی خلأ عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد تحلیل مقایسه کارکرد[۱] (CPA) است (Sekhavatifar *et al.*, 2022). در این روش با استفاده از رگرسیون گام به گام محدودیت‌های عملکرد تعیین و در نهایت مدل تولید انتخاب می‌شود و با استفاده از مدل و میزان تأثیر هر کدام از محدودیت‌ها در ایجاد خلا عملکرد مشخص می‌شود (Dastan *et al.*, 2019). شناسایی و تعیین هر کدام از عوامل محدودکننده عملکرد و مدیریت درست آن می‌تواند باعث برطرف شدن یا کاهش خلأ عملکرد شود. به نظر می‌رسد روش CPA روش مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدود کننده عملکرد را شناسایی و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهش‌دهنده عملکرد اقدام کرد (Matourian *et al.*, 2022).

کاهش خلأ عملکرد یکی از روش‌های مطمئن برای کمک به مشکلات تغذیه‌ای جمعیت جهان است (Beza *et al.*,

[1] - Comparative performance analysis

2017). عملکرد پتانسیل، به این معنی است که عملکرد محصول مورد نظر در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی و عدم تنش‌های زیستی به دست آید (Sekhavatifar *et al.*, 2022). آنالیز خلأ عملکرد، افزایش در ظرفیت تولید محصول، در یک شرایط و منطقه مشخص را پیش‌بینی می‌کند و یک روش کارآمد در حل مشکلات تولیدی است (Soltani *et al.*, 2016). جهت تخمین خلأ عملکرد محصولات مختلف، لازم است عملکرد محصول مورد نظر در مناطق جغرافیایی خاص و در طی سال‌های زراعی متعدد مورد مطالعه قرار گیرد (Foroughi Ayneh Deh *et al.*, 2019).

برای داده‌سازی و جمع‌آوری اطلاعات زراعی از منطقه و محصولات موردنظر می‌توان از مطالعات چهره به چهره و میدانی با کشاورزان، استفاده از اطلاعات و داده‌های سازمان‌های خاص مثل هواشناسی و جهاد کشاورزی و برنامه‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد (Hajjarpoor & Kashiri *et al.*, 2018). مطالعات زیادی بر روی خلأ عملکرد گیاهان زراعی متفاوت در سطح ایران و جهان انجام شده است که از نظر وسعت مطالعاتی می‌توان آنها را در سطوح جهانی (Mojarrad *et al.*, 2017) و منطقه‌ای (Sekhavatifar *et al.*, 2022) جای داد که غالب پژوهش‌ها شامل گروه غلات به خصوص گندم، ذرت و برنج که جزو مهم‌ترین غلات تامین‌کننده غذای انسان هستند، انجام شده است. برخی روش‌ها شامل: انجام آزمایشات در مزرعه، عملکردهای رقابتی، حداکثر عملکرد کشاورزان با توجه و طبق پایش و استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد محصولات هستند (Van Ittersum *et al.*, 2013). اولین مرحله در هر روش، تخمین بیشترین و بالاترین عملکرد محصول مورد نظر است و هر کدام از روش‌های مورد استفاده مزایا و معایب مخصوص به خود را دارند (Habib *et al.*, 2019). در شیوه مدیریت زراعی توسط کشاورز ممکن است کمبودهایی وجود داشته باشد و این موضوع را باید در نظر گرفت که در طی تحقیقات تقریباً غیر ممکن است که هیچ گونه تنشی وجود نداشته باشد (Amini Mandi *et al.*, 2023).

شرق استان گلستان شامل شهرستان‌های گالیکش و کلاله و مراوه تپه می‌باشد؛ سطح زیر کشت جو در کلاله ۱۵۵۰ هکتار می‌باشد. یکی از مشکلات آن منطقه پایین بودن عملکرد جو نسبت به شرایط منطقه است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی عوامل محدود کننده عملکرد جو در شرق استان گلستان مخصوصا کلاله در شرایط دیم و تنش خشکی انتهای فصل می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شهرستان کلاله از نظر جغرافیایی بین ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی در شرق استان گلستان قرار دارد. مساحت این شهرستان ۱۷۲۸ کیلومترمربع می‌باشد و از شمال با شهرستان مراوه‌تپه و از سمت جنوب با شهرستان گالیکش و از سمت غرب به بخش داشلی برون و مرکزی گنبدکاووس و از سمت شرق به پارک ملی گلستان و شهرستان مراوه‌تپه متصل است. این تحقیق در منطقه شرقی استان گلستان (۳۸ مزرعه در شهرستان کلاله؛ روستای آقسو) در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد.

جمع‌آوری داده‌ها با کارهای میدانی و مصاحبه‌های حضوری با کشاورزان انجام شد. برای این منظور، حداقل ۳۸ مزرعه جو دیم (با مساحت متغییر بین ۱ تا ۵ هکتار) واقع در منطقه جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفتند. عملیات نظارت به‌صورت هفتگی در طول فصل رشد انجام شد و مشاهدات از نظارت میدانی ثبت شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی مکانی (تنوع در خصوصیات مزرعه مانند کیفیت خاک و وسعت مزارع)، زمانی (تنوع در زمان انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت) و اجتماعی-اقتصادی (سطح معلومات و شرایط درآمدی کشاورز) باشند. اطلاعات مربوط به مشخصات گیاه (نوع رقم، مراحل فنولوژیکی)، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، کلیه عملیات مدیریت زراعی مربوط به عملیات تهیه بستر بذر، کاشت، داشت و برداشت در هر مزرعه از طریق مشاهده، ملاقات چهره به چهره با کشاورزان و یا اندازه‌گیری، تکمیل گردیدند. برای تعیین کمیت خلأ عملکرد، روش CPA مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از این روش، محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی برای خلاء عملکرد تعیین شد. روش CPA مقدار تولید را در حالت حداکثر عملکرد و عملکرد واقعی مورد سنجش و مقیاس قرار می‌دهد (Hajjarpoor & Kashiri *et al.*, 2018).

جهت تعیین مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد

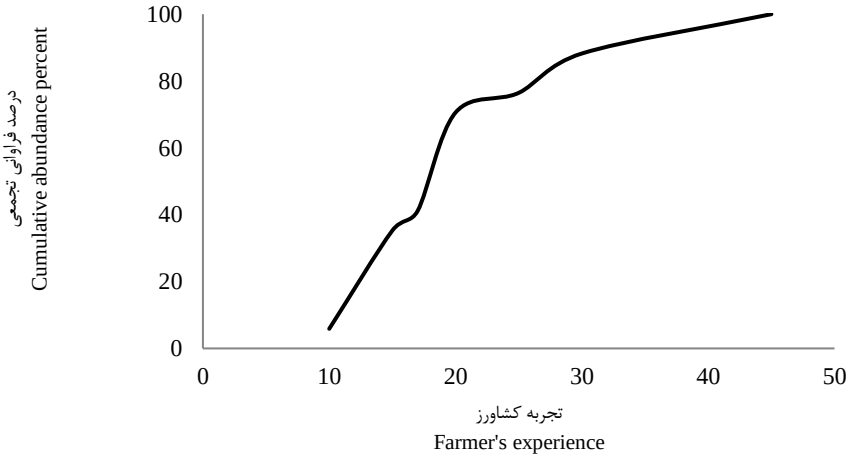
و مدل عملکرد از رگرسیون گام به گام استفاده شد که در این رگرسیون عملکرد در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته لحاظ گردید و سایر متغیرها از قبیل سن و تجربه کشاورز، نوع خاک‌ورزی (شخم زدن)، مصرف کودهای پایه و سرک، مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس، مصرف آفت‌کش و علف‌کش‌ها و انواع آن، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (بافت خاک و ساختمان، عناصر ماکرو و عناصر میکرو، شوری و...) و سایر متغیرهای دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. همچنین، برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد (Soltani, 2007).

ترسیم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel 2010 انجام شد.

نتایج و بحث

تجربه کشاورز در کشت جو

از لحاظ تجربه (سابقه کشت) بین کشاورزان تفاوت زیادی وجود داشت. دامنه تجربه کشاورزان از کسانی که برای دهمین بار اقدام به کشت جو نمودند تا کسانی که ۴۵ سال سابقه کشت داشتند، متغیر بود و در بین کشاورزان مورد مطالعه در حدود ۷۰ درصد افراد تجربه کشت ۲۰ سال جو را داشتند (شکل ۱). در پژوهشی با بررسی سابقه و مهارت تولیدکنندگان در استان گلستان در شهرستان کلاله گزارش نمودند که دامنه تجربه کشاورزان از ۱۰ تا ۶۵ سال نوسان داشت و ۷۵ درصد افراد از لحاظ سابقه کشت گندم در رده ۳۰ سال و کمتر قرار داشتند (Nobatiany *et al.*, 2020a).



شکل ۱- درصد فراوانی تجمعی تجربه کشاورز در کشت جو در مزارع مورد مطالعه

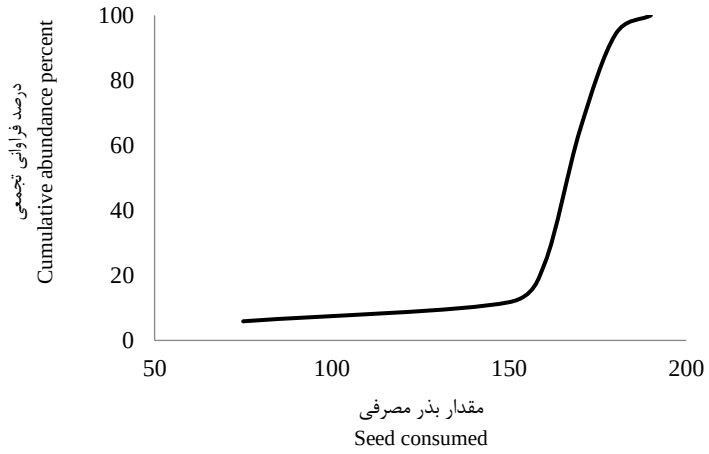
Figure 1- Cumulative abundance percent of farmer's experience in barley cultivation in the fields under study

مقدار بذر مصرفی جو

یکی از مهمترین عوامل مدیریتی جهت رسیدن به بالاترین عملکرد در واحد سطح، میزان تراکم مطلوب می‌باشد که با مقدار بذر مصرف شده در هر هکتار به دست می‌آید. نتایج این بررسی نشان داد که میزان بذر مصرف شده در مزارع مورد پژوهش از ۷۵ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نوسان داشت. در ۶۰ درصد مزارع مقدار بذر مصرفی ۱۷۰کیلوگرم در هکتار و یا کمتر از آن بود. به طور معمول میزان بذر مصرف شده توسط کشاورزان بیشتر از میزان بذر توصیه شده توسط مراکز تحقیقاتی بوده به گونه‌ای که تحت شرایط دیم مصرف ۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم توصیه شده است که علت مصرف زیاد بذر به احتمال زیاد به دلایلی مثل شرایط خاک نامناسب، عدم تهیه بستر مناسب و از بین رفتن بذور به دلیل شرایط محیطی یا آفات و بیماری‌ها می‌باشد (شکل ۲).

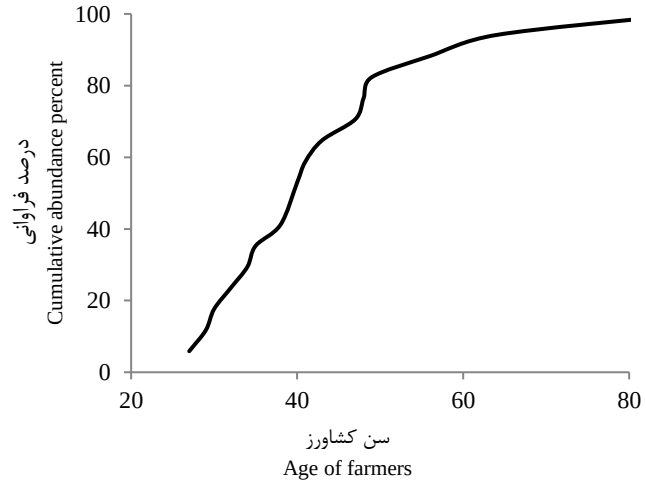
سن کشاورزان

بررسی سن کشاورزان جوکار در شهرستان کلاله نشان داد که اکثریت این کشاورزان دارای سن ۴۰ تا ۴۵ (۸۰ درصد) سال بودند که کشاورزان ۲۰ تا ۴۰ ساله (حدود ۴۵ درصد) از کل کشاورزان مورد مطالعه را در برگرفتند (شکل ۳).



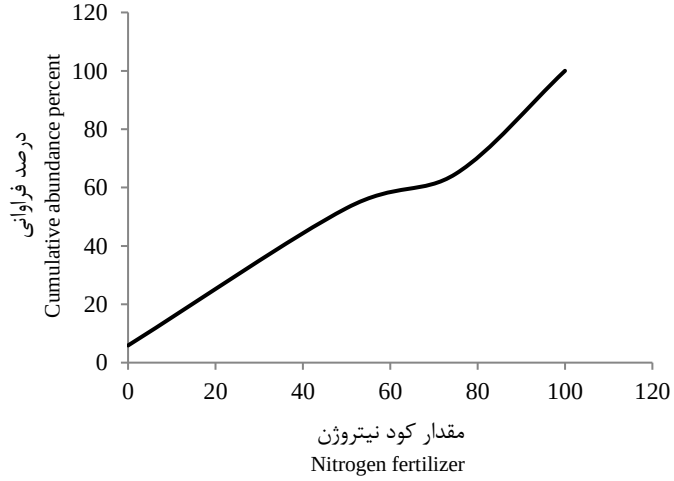
شکل ۲- درصد فراوانی تجمعی مقدار بذر مصرفی جو در مزارع مورد مطالعه

Figure 2- Cumulative abundance percent of the amount of barley seed consumed in the studied farms



شکل ۳- درصد فراوانی تجمعی و سن کشاورزان در منطقه مورد مطالعه

Figure 3- Cumulative abundance percent and age of farmers in the study area



شکل ۴- درصد فراوانی تجمعی و مقدار کود نیتروژن مصرفی

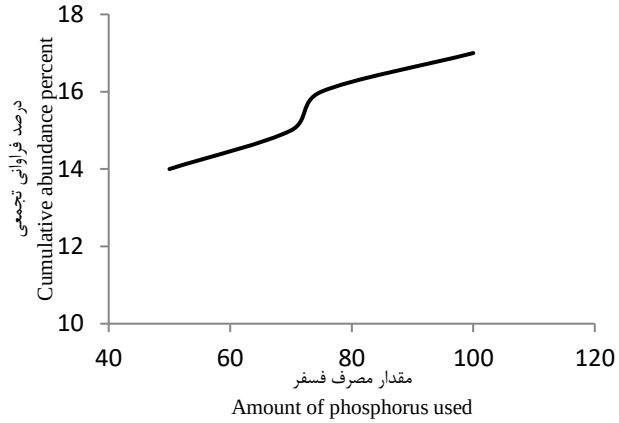
Figure 4- Cumulative abundance percent and amount of nitrogen fertilizer used

مقدار کود نیتروژن

کشـــاورزان در مزارع مورد مطالعه، بســـته به توان مالی و وضـــعیت کلی عناصـــر غذایی موجود در خاک منطقه از یک یا چنـد نوع کود و همچنین بـه دفعـات مختلف از کودهـای در دســـترس اســـتفاده می‌کننـد. بـا توجـه بـه مـاهیـت کودهـای نیتروژن‌دار به‌خصـــوص اوره، می‌بایســـت چندین نوبت در طی فصـل رشـد محصـول مورد اسـتفاده قرار گیرد تا عملکرد قابل انتظار حاصل شود. در مزارع مورد بررسی ۵۰ درصد کشاورزان حداقل از ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن استفاده کردند (شکل ۴).

مقدار کود فسفر

منابع کودهای فسـفره که کشـاورزان اسـتفاده کرده بودند شـامل سـوپرفسـفات تریپل و سـوپرفسـفات سـاده بود که تعداد کمی از کشاورزان از کود فسفر استفاده کرده بودند. دامنه مقدار مصرف کود فسفر تقریبا ۶۰ تا ۱۰۰کیلوگرم در هکتار در مزارع مورد بررسی متغیر بود (شکل ۵).

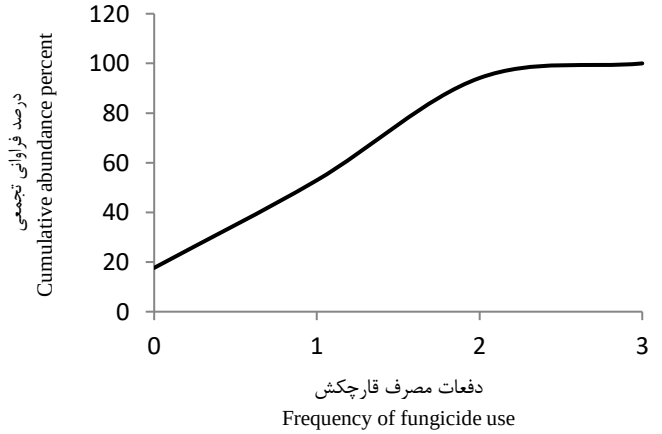


شکل ۵- درصد فراوانی تجمعی فسفر مصرف شده

Figure 5- Cumulative abundance percent of phosphorus used

دفعات مصرف قارچ‌کش

به طور کلی در ۵۰ درصـــد مزارع مورد بررســـی یک نوبت قارچ‌کش مصـــرف شـــده بود. در منطقه مورد مطالعه به دلیل رطوبت نســـبتاً بالا شـــیوع بیماری‌های قارچی زیاد اســـت و در بعضـــی از ســـال‌ها بشـــدت توســـعه می‌یابد که خســـارت جبران ناپذیری را به مزارع جو وارد می‌کنـد کـه مهم‌ترین بیمـاری در منطقه مورد بررســی، بیماری لکه خرمایی و زنگ زرد اســت که برای مبارزه با آنها از قارچ‌کش‌های تیلت، آلتوکمبی، فولیکور و فالکن استفاده می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶- درصد تعداد دفعات مصرف قارچ‌کش در مزارع جو

Figure 6- Cumulative abundance percent usage in barley fields

مدل عملکرد

از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با چهار متغیر مستقل انتخاب شد که در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل آورده شده است. این مدل ۶۸ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه نمود (P<۰/۰۰۰۱) که به صورت زیر است.

(۱)

$$Y = 2795.8 + 265.2X_1 + 4.44X_2 + 173.7X_3 + 252.9X_4$$

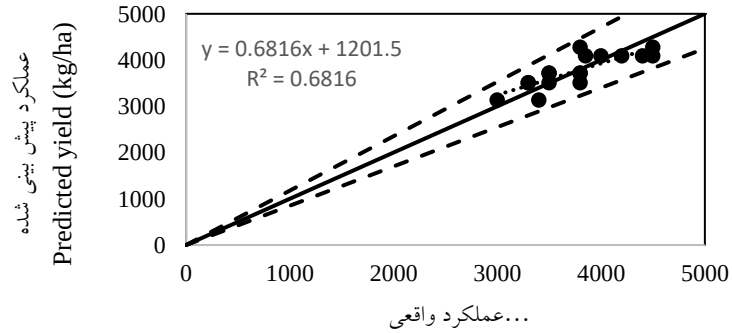
که در آن Y: عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، X_1: دفعات کوددهی، X_2: میزان فسفر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_3: دفعات مصرف قارچ‌کش و X_4: دفعات مصرف علف‌کش هستند. در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین دفعات کوددهی، میزان فسفر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، دفعات مصرف قارچ‌کش، دفعات مصرف علف‌کش و عملکرد واقعی آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل CPA

Table 1- Minimum, maximum and average values of selected variables in the CPA model

متغیرها Variables	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Mean
دفعات کود دهی Fertilization frequency	۰	3	1.628
مقدار فسفر مصرفی Amount of phosphorus consumed	۰	100	36.428
دفعات مصرف قارچ‌کش Frequency of fungicide use	۰	3	1.257
دفعات مصرف علفکش Frequency of herbicide use	۰	2	0.8
عملکرد واقعی Actual yield (kg/ha)	3000	4500	3810

شکل ۷ رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین زده شده توسط مدل تولید با ضریب همبستگی ۰/۶۸ را نشان می‌دهد. کل خلأ عملکرد جو و سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد نسبت به آن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر طبق مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۳۸۱۰ و ۵۰۶۳ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شده است که با متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده قابل مقایسه می‌باشد (جدول ۱).



شکل ۷- رابطه بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده. خطوط منقطع نشان‌دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی‌شده هستند. خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می‌باشد.

Figure 7- Relationship between actual and predicted performance. Dashed lines represent the top and bottom .20% difference between observed and predicted yield. The middle line (continuous) is the 1:1 line

کل خلأ عملکرد با وجود چهار متغیر دفعات کوددهی، مقدار فسفر مصرفی، دفعات مصرف قارچ‌کش و دفعات مصرف علف‌کش ۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار بود و مفهوم آن این است که میان عملکرد به دست آمده توسط کشاورز و آن مقدار عملکردی که با مدیریت زراعی مناسب کشاورز می‌توانست، برداشت کند، ۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت که با اعمال مدیریت‌های مناسب و اصولی می‌توان به آن رسید. در مطالعه‌ای بر روی خلاء عملکرد جو در مناطق اصلی کشت دیم جو (شمال شرقی، شمال غربی و غرب ایران) انجام شد، دریافتند که متوسط پتانسیل عملکرد جو دیم ۲۷۲۳ کیلوگرم در هکتار بود، که در مناطق مختلف بین ۱۰۷۲ تا ۴۰۰۲ کیلوگرم در هکتار بود. این در حالی بود که عملکرد واقعی در مناطق اصلی کشت جو دیم ایران بین ۶۱۵ تا ۳۱۲۵ کیلوگرم در هکتار با متوسط ۱۷۱۴ کیلوگرم در هکتار بود. به عبارتی خلاء عملکرد محاسباتی معادل ۵۳ تا ۸۲ درصد (متوسط ۶۳ درصد) بود. بنابراین با بهینه‌سازی مدیریت تولید، می‌توان تقریباً عملکرد جو را دو برابر کرد (Alsiti *et al.*, 2021).

خلأ عملکرد حاصل از دفعات کود دهی

نتایج نشان داد که تعداد دفعات کوددهی سبب ۲۹ درصد (۳۶۳/۸ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲). هر گیاهی برای تولید محصول بیشتر به زمان مناسبی برای کوددهی نیاز دارد. اگر بهترین زمان کوددهی برای گیاه انتخاب نشود، کوددهی دیرتر یا زودتر باعث اثرات مضر و گاهی نابودی محصول در گیاه می‌شود.

گاهی استفاده چندین باره مقدار مشخصی از کود در زمان کوتاه برای به دست آوردن نتیجه بهتر، برعکس عمل کرده و باعث سوختن ریشه می‌شود. کود مازاد در اثر آبدهی و شسته شدن خاک به صورت نمک در خاک باقی می‌ماند و باعث شوری یا سمی شدن خاک می‌شود که سبب مشکلاتی در محصول‌دهی گیاه شده و به آن آسیب می‌زند. میزان درست کوددهی یک رویه اساسی در کشاورزی است. با توجه به اینکه کودها مسئول ۷۰ درصد از بازدهی محصول هستند؛ بهتر است، هرچه زودتر به بهینه‌سازی کود دهی پرداخته شود (Sang *et al.*, 2019).

در مطالعه‌ای سهم کودهای شیمیایی در خلأ عملکرد گندم دیم در شرق استان گلستان در شهرستان کلاله بررسی شد، نتایج نشان داد که مصرف کود نیتروژن خالص تا ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گندم شد و کاربرد بیشتر از این مقدار کود نیتروژن تأثیری بر عملکرد دانه گندم نداشت (Nobatiany *et al.*, 2020).

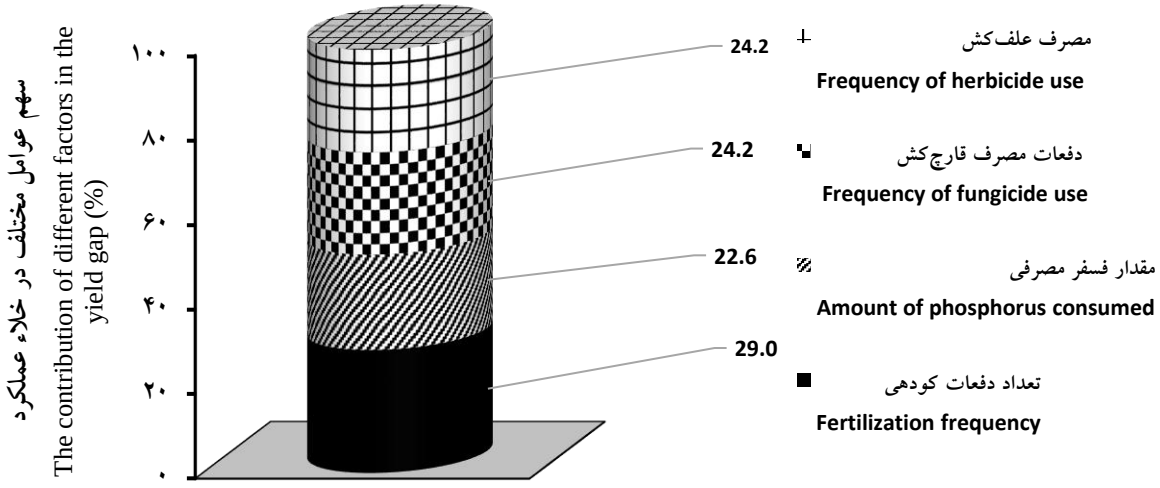
جدول۲- مقدار عملکرد در حالت‌های متوسط و بهترین مقادیر صفات به همراه مقدار و درصد تغییر عملکرد ناشی از هر صفت

Table 2- Yield in state of the mean and the best amount of each trait in addition

		مقادیر متغیر Amount of variables		عملکرد محاسبه شده با مدل Yield calculated with the model			خلأ عملکرد Gap yield
متغیر Variable	ضریب Coefficient	میانگین Mean	بهینه Best	میانگین Mean	بهینه Best	تغییرات Gap	درصد تغییرات Gap%
عرض از مبدأ Intercept	2795.8	1	1	2795.8	2795.89	۰	-
دفعات کود دهی Fertilization frequency	265.29	1.628	3	423.06	759.89	363.8	29
مقدار فسفر مصرفی Amount of phosphorus consumed	4.448	36.428	100	162.05	444.84	828.8	22.6
دفعات مصرف قارچ‌کش Frequency of fungicide use	173.73	1.257	3	218.42	521.23	302.8	24.2
دفعات مصرف علفکش Frequency of herbicide use	252.98	0.8	2	202.32	505.98	302.6	24.2
میانگین عملکرد Yield mean	-	3773	-	3810	5063	1253	100

خلأ عملکرد حاصل از مقدار فسفر مصرفی

مقدار فسفر مصرفی عاملی بود که کمترین سهم را در محدودیت عملکرد جو در مزارع بررسی شده داشت که باعث ۲۲/۶ درصد (۸۲۸/۸ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۸). فسفر رشد ریشه را تحت تاثیر قرار می‌دهد، به جذب مواد غذایی بیش‌تر، توسط گیاه کمک می‌کند، کمبود نیتروژن در خاک را متعادل، و به رسیدگی دلنه کمک می‌کند (Kong *et al.*, 2023). از آنجا که تلفات اصلی در اثر رواناب سطحی و فرسایش خاک است، جهت تعیین بهترین زمان مصرف کود فسفر و دفعات مصرف آن، باید به نکاتی توجه داشت به عنوان مثال، استفاده از کود فسفر بالا، بخصوص درست قبل از باران یا آبیاری سنگین، باعث هدر رفت بر اثر رواناب و فرسایش می‌شود. عنصر فسفر در زراعت و رشد غلات و به ویژه محصولات دلنه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد. در صورت کشت متوالی یک محصول در مزرعه، شاهد کاهش حاصلخیزی خاک و کمبود فسفر قابل جذب برای گیاه خواهیم بود. همه کودهای فسفردار در همان سال اول توسط گیاهان جذب نمی‌شوند بلکه مقداری از آن در سال‌های بعد وارد فاز محلول خاک شده و مورد استفاده ریشه گیاهان قرار می‌گیرند (Masrahi *et al.*, 2023). تقریباً ۷۰ درصد اراضی کشاورزی در کشور ایران از کمبود فسفر رنج می‌برند و کشاورزان حتماً باید برای افزایش محصول از کود فسفر استفاده کنند، معمولاً حد بحرانی فسفر ۱۵ پی‌پی‌ام در نظر می‌گیرند، درحالی‌که در استان گلستان در ۷۶/۷ درصد اراضی کشاورزی کمبود فسفر جهت کشت گندم گزارش شده است (Nobatiany *et al.*, 2020). در تحقیقات انجام شده در شرق استان گلستان در مزارع گندم کمبود فسفر یکی از عوامل خلأ عملکرد گندم (۱۴/۹ درصد) گزارش شده است (Nobatiany *et al.*, 2020).



شکل۸- سهم عوامل مختلف در خلأ عملکرد جو در منطقه مورد مطالعه

Figure 8- the contribution of different factors in the barley yield gap in the study area

۳-۱۰- خلأ عملکرد حاصل از دفعات مصرف قارچ‌کش

نتایج نشان داد که تعداد دفعات مصرف قارچ‌کش سبب ۲۴/۲ درصد (۳۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۸). به عبارتی با مصرف قارچ‌کش تا دو بار در طی فصل رشد محصول، عملکرد جو ۳۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. یکی از مهمترین موانع تولید و حصول عملکردهای بالا در زراعت گندم و جو، بیماری‌های قارچی این محصولات هستند. در همین راستا نتایج تحقیقات بر روی گندم در شرایط استان گلستان نشان داد که عدم استفاده از قارچ‌کش نیز باعث پنج درصد (۲۰۸/۹ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (Hajjarpoor & Kashiri *et al.*, 2018).

خلأ عملکرد حاصل از دفعات مصرف علف‌کش

نتایج نشان داد که تعداد دفعات مصرف علف‌کش سبب ۲۴/۲ درصد (۳۰۳/۶ کیلوگرم در هکتار) خلأ عملکرد شده بود (جدول ۲ و شکل ۸). با توجه به این‌که علف‌های‌هرز مخصوصاً از طریق رقابت در کاهش عملکرد گیاهان زراعی نقش مؤثری دارند و تأثیر استفاده از علف‌کش در افزایش محصولات کشاورزی ثابت شده است، انتخاب علف‌کشی که بتواند باعث کنترل مناسب علف‌های‌هرز شود، بسیار با اهمیت می‌باشد رویش علف هرز در مزارع کشت شده و استفاده از انواع علف‌کش ها به عنوان یک معضل بزرگ در تولید محصولات کشاورزی مطرح است. به‌طور کلی می‌توان گفت، هر گیاه ناخواسته‌ای که هدف تولید آن نباشد، در یک مزرعه شروع به رشد کند می‌تواند به عنوان علف هرز تلقی گردد و وجود علف‌های هرز در مزارع گندم و جو باعث کاهش عملکرد و وزن هزار دانه می‌شود که معمولاً برای کنترل آن‌ها باید از علف‌کش‌ها استفاده کرد (Mueller *et al.*, 2023). نتایج یک پژوهش روی مزارع کلزا در شرق استان گلستان توسط نشان داد که تراکم علف هرز در مزارع کلزا باعث کاهش حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه‌ی کلزا (حدود ۱۱ درصد خلاء عملکرد) شد (Sekhavatifar *et al.*, 2022).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌ها در ۳۸ مزرعه مورد مطالعه، از ۱۸ متغیر مورد بررسی، مدل نهایی با چهار متغیر مستقل انتخاب شد. در مدل عملکرد، عملکرد واقعی مزرعه و پتانسیل عملکرد، محاسبه شده با مدل به‌ترتیب برابر ۳۸۱۰ و ۵۰۶۳ کیلوگرم در هکتار و میزان خلأ عملکرد برابر ۱۲۵۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. با اصلاح عوامل ایجاد کننده خلأ عملکرد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است، لازم است پایش و ارزیابی مدیریت زراعی در مزارع کشاورزان به طور پیوسته صورت گیرد و میزان خلأ عملکرد و عوامل مدیریتی ایجاد کننده آن، شناسایی و برطرف شوند. در این پژوهش، از میان تمامی مدیریت‌های زراعی رایج کشاورزان، مواردی که در خلأ عملکرد تأثیر بیشتری داشته و در مرحله اول نیاز به تغییر و بهبود دارند، مورد اشاره قرار گرفته‌اند. بنابراین، توصیه‌های این پژوهش، مکمل سایر مدیریت‌های توصیه شده و معمول است.

References

Alsiti, O., Zeinali, E., Soltani, A. and Torabi, B., 2021. Estimation of yield gap and the potential of rainfed barley production increase in Iran. *Journal of Crops Production*, *13*(3), pp.41–60. [In Persian]. https://doi.org/10.22069/ejcp.2021.16896.2250

Amini Mandi, V., Nakhzari Moghaddam, A., Rahemi Karizaki, A. and Naeemi, M., 2022. Investigation of the effective factors on yield gap of rice in Mazandaran province. *Journal of Crops Improvement*, *24*(1), pp.205–217. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2022.320259.2527

Beza, E., Silva, J.V., Kooistra, L. and Reidsma, P., 2017. Review of yield gap explaining factors and opportunities for alternative data collection approaches. *European Journal of Agronomy*, *82*, pp.206–222. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.06.016

Dastan, S., Nezamzadeh, S.E., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in canola production by CPA method in Neka region. *Applied Field Crops Research*, *32*(02), pp.76–107. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/aj.2019.120656.1251

Forough Ayneh Deh, A., Biabani, A., Rahemi Karizki, A. and Rassam, Q., 2019. Investigation of physiological characteristics affecting the yield improvement of rapeseed cultivars. *Journal of Field Crops Research*, *17*(1), pp.53–73. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/gsc.v17i1.63733

Habib, E., Niknezhad, Y., Fallah, H., Dastan, S. and Barari Tari, D., 2019. Estimation of Yield Gap of Rice by Comparative Performance Analysis (CPA) in Amol and Rasht Regions. *Journal of Plant Productions*

(*Agronomy, Breeding and Horticulture*), *42*(4), pp.551-562. [In Persian]. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.26083.1607

Haghshenas, H., Soltani, A., Ghanbari, A., Ajam Norouzi, H. and Dastan, S., 2018. Identification of effective agronomic traits on yield of local rice cultivars using multiple regression models. *Journal of Agroecology*, *8*(2), pp.13-28. [In Persian]

Hajjarpoor, A. and Kashiri, H., 2018. Determination of the optimum managements ranges in order to increasing wheat yield in Golestan province. *Journal of Crops Improvement*, *19*(3), pp.577-590. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2017.60463

Halalkhor, S., Dastan, S., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2018. Documenting the process of rice production and yield gap associated with crop management in local cultivars of rice production (case study: Mazandaran province, Babol region). *Journal of Crops Improvement*, *20*(2), pp.397-414. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2018.237805.1795

Kong, F., Ling, X., Iqbal, B., Zhou, Z. and Meng, Y., 2023. Soil phosphorus availability and cotton growth affected by biochar addition under two phosphorus fertilizer levels. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *69*(1), pp.18–31. https://doi.org/10.1080/03650340.2021.1955355

Masrahi, A.S., Alasmari, A., Shahin, M.G., Qumsani, A.T., Oraby, H.F. and Awad-Allah, M.M., 2023. Role of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria in improving yield, yield components, and nutrients uptake of barley under salinity soil. *Agriculture*, *13*(3), pp.537. https://doi.org/10.3390/agriculture13030537

Matourian, H., Joghan, A.K., Telavat, M.M., Siadat, S. A. and Torabi, B., 2022. Analyzing rapeseed (Brassica napus L.) yield gap using comparative performance analysis (CPA) in Khorramshahr. *Journal of Agroecology*, *14*(2), pp.275–289. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/agry.2021.67226.0

Mojarrad, F., Farhadi, B. and Kheyri, R., 2014. The role of climatic factors in determining the start date of planting and growing period of colza with application of CropSyst Model, case study: Coastal provinces of Caspian Sea in Iran. *Physical Geography Research*, *4*(4), pp.463–476. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.52997

Mueller, N.G., Horton, E.T., Belcher, M.E. and Kistler, L., 2023. The taming of the weed: Developmental plasticity facilitated plant domestication. *PLOS ONE*, *18*(4), e0284136. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284136

Nobatiany, M.S., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A. and Mansourirad, A., 2020. Documentation of production process and determination of limiting factors of wheat yield by CPA method in Kalaleh County. *Crop Production*, *22*(3), pp.261–272. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2020.284310.2237

Sang, L. Z., Yan, X. P., Wall, A., Wang, J. and Mao, Z., 2016. CPA calculation method based on AIS position prediction. *The Journal of Navigation*, *69*(6), pp.1409–1426. https://doi.org/10.1017/S0373463316000229

SekhavatiFar, Sh., Rahemi Karizaki, A., Moghaddam, N. and Mollashahi, M., 2020. Identifying oilseed rape limiting factors by means of performance comparison analysis. *Journal of Crops Improvement*, *22*(1), pp.13–25. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/jci.2019.280944.2212

Shirinzadeh, A., Heidari Sharif Abad, H., Nour Mohammadi, G., Haravan, E. M. and Madani, H., 2018. Yield gap associated with crop management in wheat (case study: Ardabil Province-Parsabad Moghan). *Egyptian Journal of Agronomy*, *40*(3), pp.223–246. https://doi.org/10.21608/agro.2018.3708.1103

Soltani, A., 2007. *Application of SAS in statistical analysis*. Mashhad Academic Jihad Publications. [In Persian].

Soltani, A., Alimagham, M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Ghassemi, S., Vadez, V., Sinclair, T. R. and van Ittersum, M. K., 2020. Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*, *183*, 102859. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102859

Soltani, A., Hajjarpoor, A. and Vadez, V., 2016. Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops Research*, *185*, pp.21–30. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.10.015

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

Yousefian, M., Dastan, S., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2021. Identification of production constraining factors of local rice cultivars production in Sari region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *52*(2), pp.67–82. [In Persian]. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2020.277054.654585

Yu, X., Zhang, J., Zhang, Y., Ma, L., Jiao, X., Zhao, M. and Li, J., 2023. Identification of optimal irrigation and fertilizer rates to balance yield, water and fertilizer productivity, and fruit quality in greenhouse tomatoes using TOPSIS. *Scientia Horticulturae*, *311*, 111829. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111829