

Documenting and identification of factors reducing the yield of some crops in Kurdistan province by cpa method

Farshad. Fakhfori¹, Nabi Khaliliaqdam^{2*}, Toraj Mirmahmoodi³,
Saman Yazdan sta⁴

¹ PhD student of Agronomy, Department of Agronomy and plant Breeding, Islamic Azad University of Mahabad Branch, Mahabad, Iran. Email: faghfori@yahoo.com

² Associate Professor, Agriculture Department, Payame Noor University, Tehran, Iran, Corresponding author. Email: Nkhaliliaqdam@pnu.ac.ir

³ Assistant professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Islamic Azad University of Mahabad Branch, Mahabad, Iran. Email: toraj73@yahoo.com

⁴ Assistant professor, Department of Agronomy and plant Breeding, Islamic Azad University of Mahabad Branch, Mahabad, Iran. Email: yazdan79@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

ABSTRACT

Background and Aim: Increasing crop production is essential to ensure food security for the growing population. To improve yield, it is necessary to identify the yield gap in each region and determine the factors affecting this gap in crop production. Numerous studies have investigated ways to improve food security, and most of them emphasize addressing the yield gap as one of the most promising ways to improve food security. Various methods can be used to identify the reasons for the yield gap in a city, district, province, or country. For example: evaluating the gap related to one or more factors with actual or virtual simulation experiments, evaluating the multi-factor yield gap in farmers' fields using the comparative performance analysis method, the frontier function method, and the combined or integrated method are considered important methods for identifying the yield gap.

Article history:

Received: 2025-7-30

Accepted: 2025-11-3

Materials and Methods: To document the production, this research was conducted as a survey in the agricultural years 2023 and 2024 in the villages of Kurdistan province. In the first year of the experiment, 64 farms for caola, 76 farms for barley and 95 farms for wheat and in the second year, same farms for each crop were randomly selected. The mean of total cultivated area of the studied farms in the first and second years was approximately 510 and 545 hectares, respectively. All management practices of the selected farms were supervised by agricultural engineers. The planting season was considered based on the type of autumn crop. In this research, the CPA method (Comparative Performance Analysis or stepwise regression) was used for data analysis. To determine the yield model (production), the relationship between all measured variables (quantitative and qualitative; qualitative variables were coded as zero and one, and yield was examined through the stepwise regression method).

Keywords:

Field crop
Model
Potential
Yield gap

Results: Documentation results showed that in fifty percent of wheat, barley, and canola farms, the amount of seed used varied by more than 180, 165, and 8 Kg ha⁻¹, respectively. Also, fifty percent of farmers used

more than 50 Kg ha⁻¹. The average plant density in wheat, barley, and canola was 422, 340, and 54 plants m⁻², respectively. Also, the experience of farmers for cultivating wheat and barley was between 4 and 50 years, and for canola, it was between 4 and 30 years. The average area of farms for wheat was 9 hectares, for barley, 4.5 hectares, and for canola, 8.3 hectares. The Pishgam wheat variety, Bahman barley, and Neptune canola also had the highest frequency in cultivation. In the previous cultivation for wheat, barley, and canola, fallow, cereals, and cereals had the highest frequency of presence, respectively. For seedbed preparation, the use of moldboard plow in wheat and barley and goosefoot cultivator in canola had the highest usage. Based on the CPA results in wheat cultivation, the contribution of yield-limiting factors was: 1) seed rate (Kg ha⁻¹): 39.7%, 2) urea fertilizer application after planting: 30.1%, 3) plant density (plants m⁻²): 13.9%, and 4) phosphorus fertilizer application (Kg ha⁻¹): 16.3%. In barley cultivation, the contribution of yield-limiting factors was: 1) seed rate (Kg ha⁻¹): 42.8%, 2) urea fertilizer application after planting: 20.6%, and 3) plant density (plants m⁻²): 36.4%. In canola cultivation, the contribution of yield-limiting factors was: 1) farmer experience (years): 34.4%, 2) urea fertilizer application after planting (Kg ha⁻¹): 18.0%, 3) plant density (plants m⁻²): 14.5%, and 4) phosphorus fertilizer application (Kg ha⁻¹): 33.5%.

Conclusion: The results generally indicate that by optimizing the management of key agricultural factors such as the application of urea and phosphorus fertilizers, seed rate, and plant density, while paying attention to the skills of farmers in all agricultural operations of crops, there is significant potential for improving crop yield in the studied area. In general, the CPA method provides a systematic approach to evaluating yield potential and identifying the main yield-limiting factors in the studied area, which can provide targeted interventions to reduce the yield gap. The results generally indicate that by optimizing the management of key agricultural factors such as fertilizer application, seed rate, and plant density, there is significant potential for improving crop yield in the studied area. Addressing these management limitations can help reduce the yield gap and increase the productivity of cropping systems.

Cite this article: Fatanatvash, S., Alipour, H., Darvishzadeh, R., Ghiyasi, M. 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.



© The author(s)



[10.22069/ejcp.2025.23924.2701](https://doi.org/10.22069/ejcp.2025.23924.2701)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



مستندسازی و شناسائی عوامل کاهنده عملکرد گندم، جو و کلزا در استان کردستان به روش تحلیل مقایسه کارکرد

فرشاد فغفوری^۱، نبی خلیلی اقدم^{۲*}، تورج میرحمودی^۳، سامان یزدان ستا^۴

^۱ دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران. رایانامه: faghfori@yahoo.com

^{۲*} نویسنده مسئول، دانشیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: Nkhaliliaqdam@Pnu.ac.ir

^۳ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران. رایانامه: toraj73@yahoo.com

^۴ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران. رایانامه: yazdan79@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: افزایش تولید گیاهان زراعی برای تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد ضروری است. برای بهبود عملکرد، لازم است در هر منطقه میزان خلاء عملکرد شناسایی شده و عوامل مؤثر در این شکاف در تولید گیاهان زراعی مشخص شوند. مطالعات متعددی به بررسی راه‌های بهبود امنیت غذایی پرداخته‌اند و اکثر آنها بر روی رفع خلاء عملکرد به عنوان یکی از امیدبخش‌ترین راه‌های بهبود امنیت غذایی تأکید دارند. برای شناسایی دلایل خلاء عملکرد در یک شهر، ناحیه، استان یا کشور می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. به عنوان مثال: ارزیابی خلاء مرتبط با یک یا چند عامل با آزمایش واقعی یا مجازی شبیه‌سازی، ارزیابی خلاء عملکرد چند عاملی در مزارع کشاورزان با روش تحلیل مقایسه کارکرد، روش تابع خط مرزی و روش ترکیبی یا تلفیقی از روش‌های مهم در شناسائی خلاء عملکرد بشمار می‌آیند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۱۳	مواد و روش‌ها: جهت مستندسازی تولید این تحقیق به صورت پیمایشی در سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در روستاهای استان کردستان اجرا شد. در سال اول ۶۴ مزرعه کلزا، ۷۶ مزرعه جو و ۹۵ مزرعه گندم و در سال دوم نیز برای همین تعداد مزارع برای هر گیاه و از طریق مصاحبه رو در رو به طور تصادفی در این نواحی انتخاب شدند. متوسط کل سطح زیرکشت مزارع مورد مطالعه در سال اول و دوم به ترتیب حدود ۵۱۰ و ۵۴۵ هکتار بود. کلیه اقدامات مدیریتی مزارع انتخاب شده تحت نظارت مهندسان کشاورزی قرار داشتند. فصل کشت با توجه به نوع محصول پائیزه در نظر گرفته شد. نوع کشت برای هر سه گیاه آبی در نظر گرفته شد. در این تحقیق از روش CPA (آنالیز کارائی نسبی یا همان رگرسیون گام به گام) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه گیری شده (کمی و کیفی؛ متغیرهای کیفی به صورت صفر و یک کدگذاری شدند) و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام به گام مورد بررسی قرار گرفت.
واژه‌های کلیدی: پتانسیل خلاء عملکرد محصول زراعی و مدل	یافته‌ها: نتایج مستندسازی نشان داد که در پنجاه درصد مزارع گندم، جو و کلزا میزان بذر مصرفی

به ترتیب بیش از ۱۸۰، ۱۶۵ و ۸ کیلوگرم در هکتار متغیر است. همچنین پنجاه درصد کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف کرده‌اند. متوسط تراکم بوته نیز در گندم، جو و کلزا به ترتیب ۴۲۲، ۳۴۰ و ۵۴ بوته در مترمربع بود. همچنین تجربه کشاورزان برای کشت گندم و جو بین ۴ تا ۵۰ و برای کلزا ۴ تا ۳۰ سال بود. متوسط مساحت مزارع برای گندم، ۹ هکتار، در جو، ۴/۵ هکتار و برای کلزا ۸/۳ هکتار بدست آمد. رقم پیشگام گندم، بهمن جو و نیتون کلزا نیز بالاترین درصد فراوانی را در کشت بخود اختصاص داده بودند. درکشت قبلی برای گندم، جو و کلزا به ترتیب آیش، غلات و غلات بیشترین درصد فراوانی حضور را داشتند. برای تهیه بستر بذر، استفاده از گاو آهن برگردان‌دار در گندم و جو و پنجه‌غازی در کلزا بالاترین موارد استفاده را داشتند. براساس نتایج CPA در کشت گندم، سهم عوامل محدود کننده عملکرد: (۱) میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار): ۳۹/۷ درصد، (۲) میزان مصرف کود اوره پس از کاشت: ۳۰/۱ درصد، (۳) تراکم بوته (بوته در مترمربع): ۱۳/۹ درصد و (۴) مصرف کود فسفر (کیلوگرم در هکتار): ۱۶/۳ درصد، در کشت جو، سهم عوامل محدود کننده عملکرد: (۱) میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار): ۴۲/۸ درصد، (۲) میزان مصرف کود اوره پس از کاشت: ۲۰/۶ درصد و (۳) تراکم بوته (بوته در مترمربع): ۳۶/۴ درصد و در کشت کلزا، سهم عوامل محدود کننده عملکرد: (۱) تجربه کشاورز (سال): ۳۴/۴ درصد، (۲) میزان مصرف کود اوره پس از کاشت (کیلوگرم در هکتار): ۱۸/۰ درصد، (۳) تراکم بوته (بوته در مترمربع): ۱۴/۵ درصد و (۴) مصرف کود فسفر (کیلوگرم در هکتار): ۳۳/۵ درصد می باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج بطورکلی حاکی از آن است که با بهینه‌سازی مدیریت عوامل کلیدی زراعی مانند کاربرد کودهای اوره و فسفر، میزان بذر و تراکم بوته، ضمن توجه به مهارت زارعان در ضمن کلیه عملیات کشاورزی محصولات زراعی، زمینه قابل توجهی برای بهبود عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. به‌طورکلی، روش CPA یک رویکرد سیستماتیک برای ارزیابی پتانسیل عملکرد و شناسایی عوامل اصلی محدود کننده عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌کند که می‌تواند مداخلات هدفمند را برای کاهش خلا عملکرد ارائه دهد. نتایج بطور کلی حاکی از آن است که با بهینه‌سازی مدیریت عوامل کلیدی زراعی مانند کاربرد کود، میزان بذر و تراکم بوته، زمینه قابل توجهی برای بهبود عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. پرداختن به این محدودیت‌های مدیریتی می‌تواند به کاهش خلا عملکرد و افزایش بهره‌وری سیستم‌های کشت کمک کند.

استاد: فغفوری، فرشاد؛ خلیلی اقدم، نبی؛ میرمحمودی، تورج؛ یزدان ستا، سامان. (۱۴۰۴). مستندسازی و شناسایی عوامل کاهنده عملکرد گندم، جو و کلزا در استان کردستان به روش تحلیل مقایسه کارکرد. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (۳)، ۱۰۳-۱۲۸.

مقدمه

بیشترین نگرانی‌ها و تأکیدات سیاست‌گذاران در کشورهای در حال توسعه همواره به امنیت غذایی اختصاص داشته‌است (۱). بنابراین، تأمین امنیت غذایی در کنار حفظ محیط زیست یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های بشر در آینده خواهد بود. مطالعات متعددی به بررسی راه‌های بهبود امنیت غذایی پرداخته‌اند و اکثر آنها بر روی رفع خلأ عملکرد به عنوان یکی از امیدبخش‌ترین راه‌های بهبود امنیت غذایی تأکید دارند (۲ و ۳). خلأ عملکرد به تفاوت میان عملکرد واقعی کشاورزان و عملکردی که آنها می‌توانستند با مدیریت بهینه به دست آورند، اشاره دارد (۴ و ۵). عملکرد پتانسیل به عملکردی گفته می‌شود که تحت شرایط مدیریت مطلوب در کشاورزی، مانند کنترل کامل آفات و بیماری‌ها، آبیاری و کوددهی مناسب، و سایر عملیات زراعی بهینه، حاصل می‌شود (۵ و ۶). در اکثر سیستم‌های کشت گیاهان زراعی، دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکرد از نظر فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر نیست. به همین دلیل، تلاش برای رسیدن به ۷۰ تا ۸۰ درصد این پتانسیل، که به آن عملکرد قابل حصول می‌گویند، مورد توجه قرار می‌گیرد (۶ و ۷).

برآورد خلأ عملکرد در کشاورزی، به خصوص در توسعه تولیدات کشاورزی و تضمین امنیت غذایی، اهمیت بسیاری دارد. در کشور ما، پتانسیل و خلأ عملکرد گیاهان اصلی با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی (۷) و پروتکل GYGA (۸) ارزیابی شده است. نسبت عملکرد واقعی به پتانسیل عملکرد برای گونه‌های مختلف در شرایط آبی و دیم متفاوت است. اما عملکرد نسبی در شرایط دیم نسبت به شرایط آبی پایین‌تر است، به این معنی که خلأ بزرگ‌تری در شرایط دیم وجود دارد. به عبارت دیگر، در گیاهانی که سودآورتر هستند، خلأ کمتری وجود

دارد یا به عبارت دیگر، متوسط عملکرد نسبی آنها بالاتر است. به طور کلی، متوسط خلأ عملکرد برای تمامی گیاهان تولیدی در شرایط دیم و آبی کشور حدود ۶۰ درصد است، که به این معنی است که عملکردهای فعلی ۴۰ درصد پتانسیل عملکردها را دارند و ۶۰ درصد خلأ عملکرد وجود دارد (۹).

برای شناسایی دلایل خلأ عملکرد در یک شهر، ناحیه، استان یا کشور می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. به عنوان مثال: ارزیابی خلأ مرتبط با یک یا چند عامل با آزمایش واقعی یا مجازی شبیه‌سازی، ارزیابی خلأ عملکرد چند عاملی در مزارع کشاورزان با روش تحلیل مقایسه کار کرد (CPA) و روش تابع خط مرزی (BLA) و روش ترکیبی یا تلفیقی از روش‌های مهم در شناسایی خلأ عملکرد بشمار می‌آیند؛ ضمن اینکه استفاده از هر یک از این روش‌ها وابسته به شرایط محیطی، منابع موجود و هدف نهایی تحلیل است (۱۰). در دهه‌ی گذشته، مطالعات در زمینه خلأ عملکرد گیاهان زراعی به طور گسترده در سطوح مختلف مزارع در سراسر جهان مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهد که اهمیت خلأ عملکرد باعث شده است که کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه، به خصوص در زمینه تحقیقات و مطالعات در این زمینه، توجه ویژه‌ای داشته باشند (۱۱، ۱۲ و ۱۳). با این وجود هنوز هم اطلاعات محدودی در مورد امکان‌سنجی و سودآوری اعمال رویکردهای مختلف برای کاهش خلأ عملکرد، از طریق شیوه‌های مدیریت تاکتیکی و استراتژیک و اصلاح نباتات، وجود دارد (۱۴).

نتایج نشان داده است که تناوب، نوع خاکورزی، تاریخ کاشت و تراکم کاشت از مهم‌ترین عواملی هستند که بر عملکرد واقعی گیاهان تأثیرگذارند. البته سازگاری این عملیات ممکن است با عوامل دیگر مانند دشواری‌های عملیات کاشت و برداشت به دلیل

شرایط آب و هوایی نامساعد، هزینه‌های اضافی تأمین بذر مصرفی و افزایش خطر یخبندان و غرقاب همراه باشد (۱۵). برآوردها نشان می‌دهد که خلاء عملکرد قابل مدیریت برای گندم آبی بین ۲۳۶۳-۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار، برای جو، ۴۲۲۶ تا ۶۶۲۹ کیلوگرم در هکتار و دامنه خلاء عملکرد کلزای آبی در اقلیم های اصلی آن در کشور بین ۱۵۵۴ تا ۳۲۰۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱۶). در مطالعه دیگری بر روی خلأ عملکرد ذرت، گندم و سویا نتایج نشان داد که در زیر کشت دیم، خلأ عملکرد در ذرت و گندم حدود ۴۱ درصد و در سویا آبی حدود ۳۲ درصد از عملکرد پتانسیل محاسبه شده است (۱۲). در تحقیق دیگری گزارش شده است که عملکرد کم کلزا در پاکستان با اقدامات مدیریتی مانند زمان کاشت، تراکم بوته، کود و آبیاری مرتبط است (۱۷). مطالعه ادریرا و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد که ۲۲ و ۱۳ درصد خلاء عملکرد جو مربوط به تاریخ کاشت، روش خاکورزی و قارچ کش و حشره کش برگی در طول فصل به عنوان دلایل توضیح‌دهنده برای تغییرات عملکرد است (۱۸). در برآورد خلأ عملکرد ارقام محلی برنج به روش تحلیل مقایسه کارکرد نیز نتایج نشان داد که بر اساس برآزش رابطه بین عملکرد مشاهده شده و عملکرد پیش‌بینی شده، دقت مدل (معادله تولید) مناسب بوده و می‌تواند برای برآورد میزان خلأ عملکرد و تعیین سهم هر یک از متغیرهای محدود کننده عملکرد به کار گرفته شود (۱۹). در بررسی دیگری به صورت پیمایشی و به روش تحلیل مقایسه کارکرد نتایج نشان داده است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول ۲۳۱۶/۴۲ کیلوگرم در هکتار خلاء وجود دارد (۲۰). مطالعات متعدد دیگری در مورد تجزیه و تحلیل شکاف عملکرد محصولات عمده مزرعه مانند گندم (۴)، (۲۱، ۲۲)، ذرت (۲۳، ۲۴، ۲۵) و سویا (۲۳)،

۲۷ و ۲۸) انجام شده است. از آنجائی که شناسائی عوامل محدود کننده عملکرد در دستیابی به عملکرد بهینه جهت به حداقل رساندن هزینه ها در امر تولید از اهمیت بسزائی برخوردار است و اینکه تا کنون تحقیقی در استان کردستان روی این گیاهان که غالب کشت محصولات در این ناحیه را بخود اختصاص داده اند، صورت نگرفته است، لذا این تحقیق به منظور شناسائی عوامل کاهنده تولید و مستند سازی آن اجرا شد. نتایج حاکی است که عملکرد فعلی گیاهان زراعی مهم کشور بین ۳۶ تا ۵۹ درصد از پتانسیل آن می باشد که به معنی ۴۱ تا ۶۴ درصدی خلاء عملکرد در ایران است. بزرگ بودن خلأ عملکرد، بیانگر این است که از ظرفیت تولید گیاهان زراعی در کشور به خوبی استفاده نمیشود و با رفع ۸۰ خلأ عملکرد از طریق بهبود مدیریت تولید گیاهان زراعی دیم کشور، تولید تا دو برابر قابل افزایش است. اما، در شرایط آبی وضعیت قدری متفاوت است: اگر محدودیت منابع آب وجود نمی داشت تولید زراعت آبی نیز می توانست با رفع ۸۰ درصدی خلاء عملکرد تا دو برابر افزایش یابد، ولی در عمل باید منابع آب اختصاصی به گیاهان زراعی کاهش یابد. در این شرایط، رفع خلأ عملکرد کمک خواهد کرد که علی رغم کاهش منابع آب اختصاصی گیاهان زراعی نسبت به شرایط کنونی، تولید این گیاهان در کشور در سطحی مشابه فعلی حفظ گردد (۱۶).

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استان کردستان با عرض جغرافیایی بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد و اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین

نقاط استان به حدود ۲۴۰۰ متر می‌رسد. بنا به گزارش سازمان هواشناسی کشور- مرکز ملی اقلیم و مدیریت بحران خشکسالی (شماره گزارش ۷۸۷) میانگین بلند مدت دمای کمینه استان کردستان برابر با ۶/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بلند مدت دمای بیشینه استان کردستان برابر با ۱۹/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. آرشیو اطلاعات وضعیت بارندگی کشور در تارنمای شرکت مدیریت منابع آب ایران نشان می‌دهد که متوسط مجموع بارش دراز مدت سالیانه استان کردستان برابر با ۴۱۰ میلی‌متر است.

این تحقیق به صورت پیمایشی در سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در روستاهای استان کردستان اجرا شد. اساس انتخاب مزارع تنوع عملکردی سال‌های گذشته آنها بوده است. در تحقیق حاضر بدون در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به خاک مزارع و همچنین اطلاعات گیاهی، تنها به بررسی تأثیر عوامل مدیریتی پرداخته شد. در این پژوهش کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل مساحت اراضی، تجربه کشاورزان، نوع تناوب، روش شخم، رقم بذر مصرفی، میزان بذر مصرفی، نوع کود مصرفی، ترکم بوته و تعداد آبیاری در فصل رشد در قالب پرسشنامه در طول فصل رشد در سال اول آزمایش بین ۶۴ مزرعه کلزا، ۷۶ مزرعه جو و ۹۵ مزرعه گندم و در سال دوم نیز برای همین تعداد مزارع برای هر گیاه و از طریق مصاحبه رو در رو تکمیل شد. مزارع بر اساس پراکندگی جغرافیایی در سطح منطقه، اختلاف سنی و تجربه کشاورزان، متفاوت بودن میزان تحصیلات، پراکندگی مساحتی (یکسان نبودن مساحت زمین‌های زراعی) و یکسان نبودن مدیریت کشاورزان در مزارع در سطح استان کردستان (بانه، بیجار، دهگلان، دیواندره، سروآباد، سنندج، قروه، کامیاران، سقز و مریوان) برای سه محصول گندم، جو و کلزا انتخاب شدند. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط

کشاورزان و زمان برداشت، ثبت گردید. اطلاعات به دست آمده وارد اکسل و مرتب شدند. حداکثر عملکردهای ثبت شده در منطقه به عنوان عملکرد پتانسیل در نظر گرفته شد.

جهت مستندسازی تولید این تحقیق به صورت پیمایشی در سال‌های زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در روستاهای استان کردستان اجرا شد. از مزارع مورد آزمایش برای آنالیز تحلیل مقایسه عملکرد نیز برای گردآوری داده‌های مستندسازی نیز بهره گرفته شد. متوسط کل سطح زیرکشت مزارع مورد مطالعه در سال اول و دوم به ترتیب حدود ۵۴۰ و ۵۸۵ هکتار بود. کلیه اقدامات مدیریتی مزارع انتخاب شده تحت نظارت مهندسان کشاورزی قرار داشتند. فصل کشت با توجه به نوع محصول پائیزه در نظر گرفته شد. در میان این محصولات گندم بیشترین سطح زیر کشت را دارد که معمولاً از اواسط مهر تا اوایل آبان کشت و در اواخر خرداد برداشت می‌شود. کشاورزی در این مناطق به صورت خرده مالکی و به صورت نیمه مکانیزه و یا مکانیزه انجام می‌شود. در این مطالعه کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه بستر بذر (نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و غیره)، رقم مورد استفاده و محل تهیه بذر آن، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری) و مسایل مربوط به برداشت (زمان برداشت و میزان عملکرد) جمع‌آوری شدند. این اطلاعات در قالب تنظیم پرسشنامه و تکمیل آن در طول فصل رشد از طریق مصاحبه رودر رو جمع‌آوری شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان ثبت شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از توزیع فراوانی مطلق و تجمعی استفاده شد. در این بررسی‌ها دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام شده

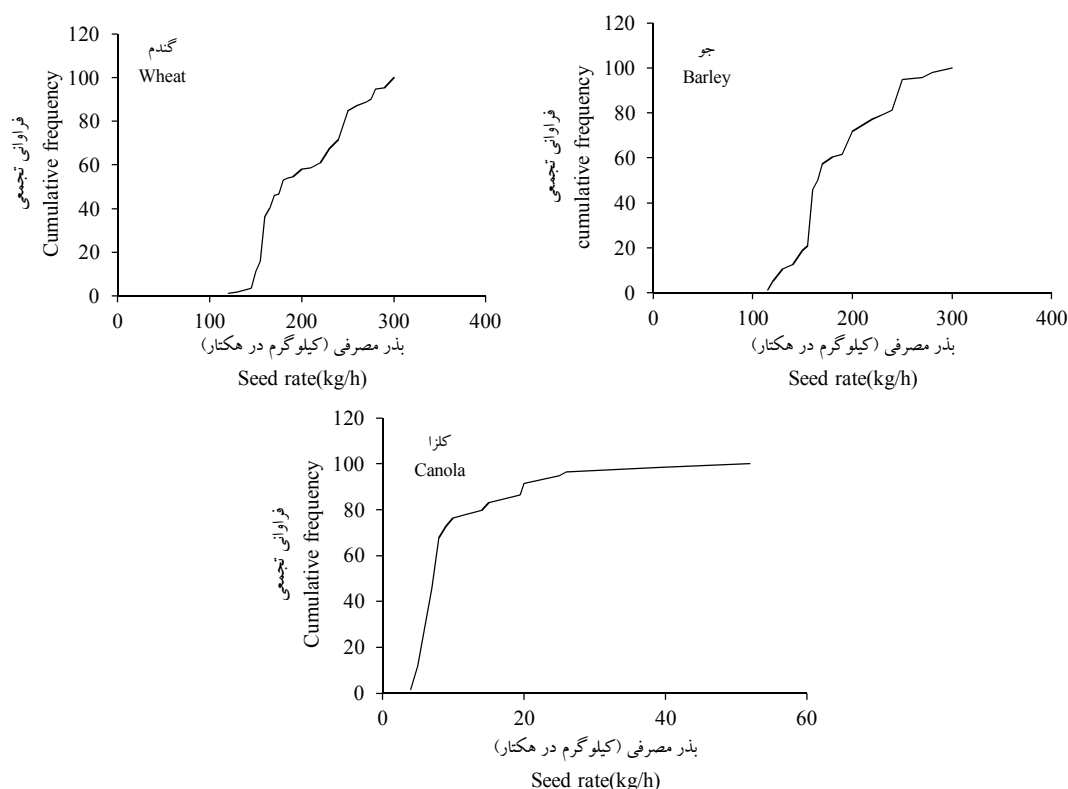
در مزارع گیاهان مورد بررسی و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند، مشخص شدند.

در این تحقیق از روش CPA (آنالیز کارائی نسبی یا همان رگرسیون گام به گام) برای آنالیز خلا عملکرد استفاده شد. برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی؛ متغیرهای کیفی به صورت صفر و یک کدگذاری شدند و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام به گام (۲۹) مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده بوسیله نرم افزار SAS (۳۰) تعیین شد که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند. میانگین عملکرد با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها در کل مزارع بررسی شده در مدل عملکرد، محاسبه گردید. سپس با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد، حداکثر عملکرد قابل حصول محاسبه شد. اختلاف این دو برابر خلاء عملکرد خواهد بود. اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب مقدار بهترین مقدار پیش بینی شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان دهنده مقدار خلاء عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است.

نتایج و بحث

میزان بذر مصرفی توسط کشاورز به کیفیت تهیه بستر بذر، تاریخ کاشت و وسیله کاشت بستگی دارد. در مزارع گندم مورد مطالعه میزان بذر مصرفی بین ۱۲۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بذر مصرف کردند. همچنین میزان بذر مصرفی در هر

هکتار به طور میانگین تقریباً برابر ۲۰۴ کیلوگرم بود (شکل ۱). در مزارع جو میزان بذر مصرفی بین ۱۱۵ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار بذر مصرف کردند. همچنین میزان بذر مصرفی جو در هر هکتار به طور میانگین تقریباً برابر ۱۹۳ کیلوگرم بود (شکل ۱). در مزارع کلزای مورد مطالعه میزان بذر مصرفی بین ۴ تا ۵۲ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۸ کیلوگرم در هکتار بذر مصرف کردند. همچنین میزان بذر مصرفی کلزا در هر هکتار به طور میانگین تقریباً برابر ۱۷/۷ کیلوگرم بود (شکل ۱). یکی از عوامل مهم به زراعی جهت رسیدن به افزایش عملکرد مقدار بذر مصرفی در هنگام کاشت محصولات زراعی مختلف است. میزان بذر مصرفی روی فاصله ردیف‌های کشت و بین بوته‌ها روی خط کشت و نیز فضای قابل استفاده هر بوته تأثیرگذار است. میزان بذر مصرفی پایین‌تر از حد مطلوب باعث تراکم کمتر بوته در واحد سطح می‌گردد و بنابراین در صورت تامین سایر عوامل از جمله رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، این عوامل به طور کامل مورد استفاده قرار نخواهند گرفت و کارایی این عوامل کاهش پیدا خواهد کرد. بنابراین می‌توان اظهار داشت میزان بذر مصرفی نامناسب، تناسب بین رشد رویشی و زایشی را به طور غیر مستقیم از طریق دریافت عناصر غذایی، رطوبت و نور تحت تأثیر قرار خواهد داد (۳۱). هرچند در مزارعی که میزان بذر مصرفی پایین است ممکن است عملکرد تک بوته افزایش پیدا کند اما به دلیل کاهش تعداد بوته در مترمربع عملکرد در واحد سطح کاهش خواهد یافت. همچنین نشان داده شده است میزان بذر بالا در اغلب موارد برای جبران استقرار ضعیف بوته استفاده می‌شود (۳۲).

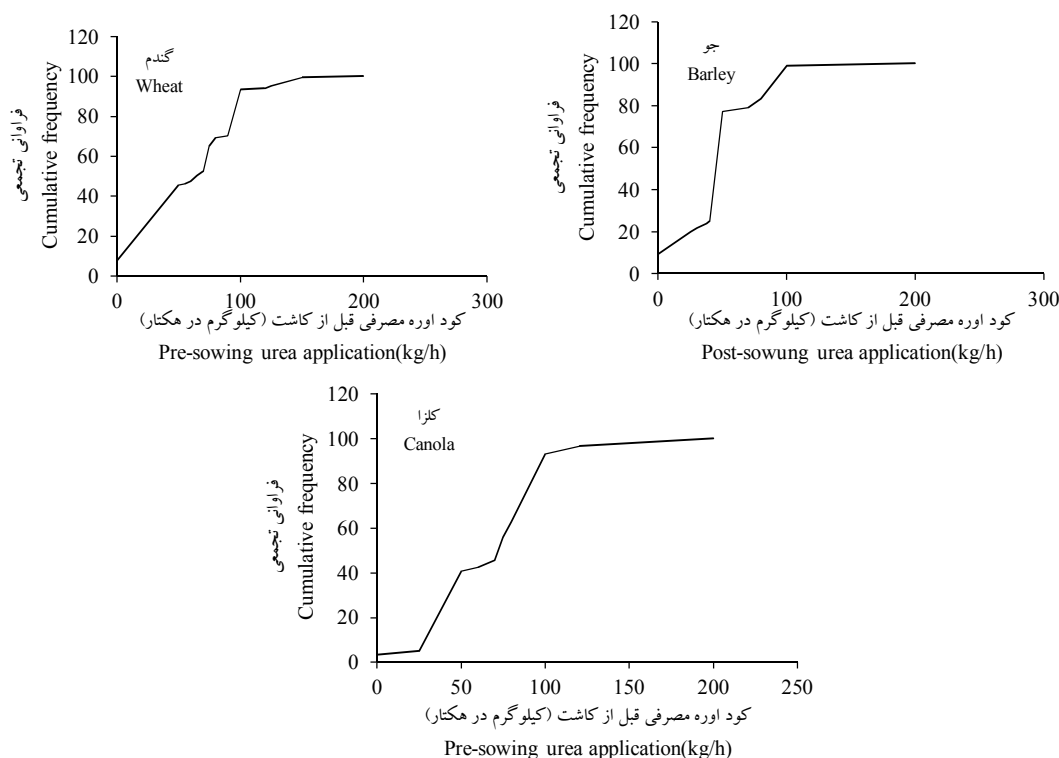


شکل ۱- میزان بذر مصرفی در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 1. Seed consumption rate in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province

کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۶۳ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع مصرف شده بود (شکل ۲). همچنین نتایج نشان داد مقدار مصرف کود اوره قبل از کاشت در مزارع جو بین ۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۷۸ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع مصرف شده بود (شکل ۲).

میزان کود اوره مصرفی قبل از کاشت توسط کشاورز وضعیت اقتصادی کشاورز، تجربه کشاورز و نیز وضعیت تغذیه زمین کشاورزی می‌تواند متفاوت باشد. مقدار مصرف کود اوره قبل از کاشت در مزارع گندم مورد مطالعه بین ۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۶۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۸۹ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع مصرف شده بود (شکل ۲). مقدار مصرف کود اوره قبل از کاشت در مزارع جو بین ۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۵۰



شکل ۲- میزان کود مصرفی قبل از کاشت در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

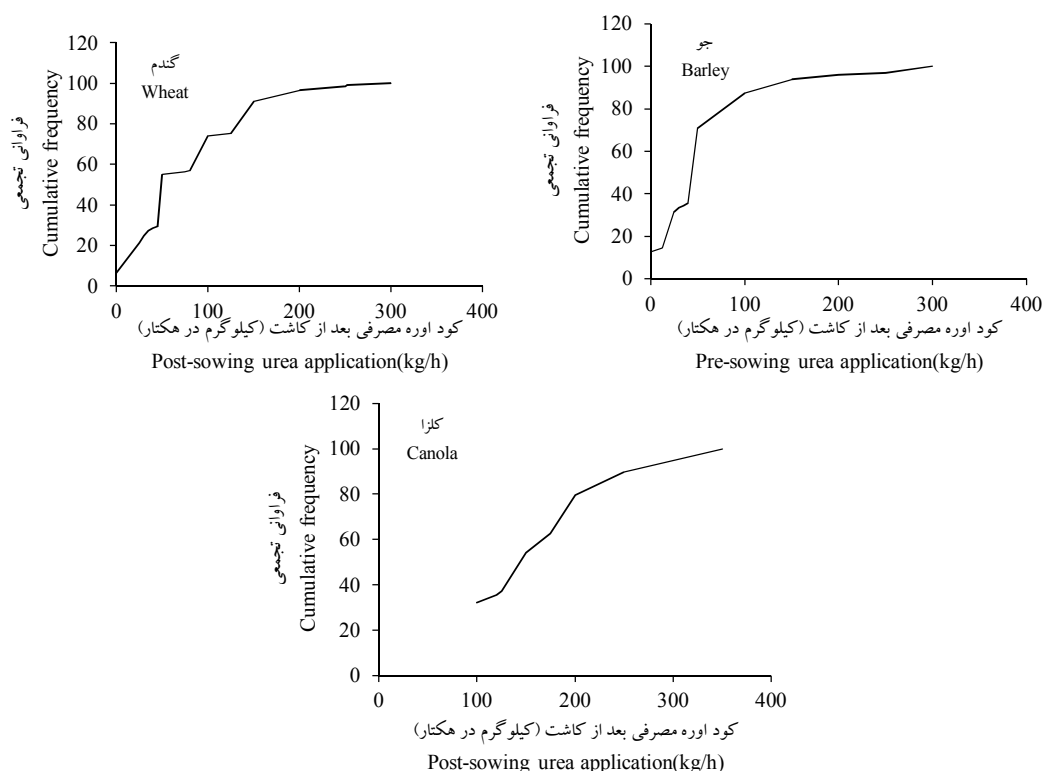
Figure 2. Amount of urea fertilizer applied Pre-sowing in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province

مصرف شده بود (شکل ۳). در مزارع کلزا مقدار کود مصرفی بعد از کاشت بین ۱۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بعد از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۱۹۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع مصرف شده بود (شکل ۳). یکی از عوامل خلا عملکرد در مزارع مورد مطالعه پایین بودن مصرف فعلی کود اوره است این بخش از خلا عملکرد را می‌توان با مصرف بیشتر نیتروژن ترجیحاً به صورت مصرف تقسیمی برطرف کرد. مصرف بیشتر به صورت تقسیمی باعث آبشویی کم‌تر و نیز جذب بیشتر خواهد بود. اکثر محصولات زراعی از جمله گندم، جو و کلزا برای افزایش عملکرد به کودهای نیتروژنی شیمیایی نیاز دارند. کودهای نیتروژنی در

میزان کود اوره مصرفی بعد از کاشت توسط کشاورزان به وضعیت اقتصادی کشاورز، تجربه کشاورز و نیز وضعیت تغذیه زمین کشاورزی بستگی دارد. مقدار مصرف کود اوره بعد از کاشت در مزارع گندم مورد مطالعه بین ۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بعد از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع مصرف شده بود (شکل ۳). در مزارع جو همانند مزارع گندم این مقدار بین ۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بعد از کاشت مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۹۹ کیلوگرم در هکتار کود اوره قبل از کاشت در مزارع

آرایش برگ و در نهایت اثرات بعدی آن بر روی دریافت نور توسط برگ هستند و مصرف بیشتر نیتروژن به صورت تقسیتی مطابق با نیاز گیاه می‌تواند باعث افزایش جذب آن و نیز بیشتر شدن سرعت رشد گیاه و تولید عملکرد شود (۳۴). افزایش قابلیت دسترسی کود نیتروژنی برای گیاه باعث تحریک رشد و افزایش LAI می‌شود. افزایش LAI و بسته شدن سریع کنوبی باعث افزایش تشعشع دریافتی و فتوسنتز و نیز نهایتاً باعث افزایش میزان عملکرد می‌گردد، علاوه بر این، تغذیه نامناسب نیتروژن باعث تسریع نمو و کوتاه‌تر شدن طول دوره نمو می‌گردد. در این حالت گیاه زمان کافی برای دریافت تشعشع و تولید ماده خشک نخواهد داشت و نهایتاً این امر می‌تواند منجر به کاهش عملکرد گردد (۳۶).

اکثر گیاهان به صورت یون نیترات جذب می‌شود و بخشی از آن هم به دلیل حلالیت زیاد در آب به راحتی در معرض آبشویی قرار می‌گیرد (۳۴). بررسی‌ها نشان داد است که میزان آبشویی نیترات در منطقه گرگان به‌طور متوسط بین ۱۳ تا ۳۹ کیلوگرم در هکتار در سال بسته به نوع خاک و سیستم کشت (آبی یا دیم) می‌باشد. مدیریت صحیح استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن از طریق تنظیم زمان و مقدار مصرف راهکار مهمی جهت برطرف کردن خلا عملکرد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۳۵). رشد محصولات زراعی از طریق چندین واکنش در گیاه توسط مصرف نیتروژن تحت تاثیر قرار می‌گیرد. از جمله مهم‌ترین واکنش‌هایی که تحت تاثیر مصرف نیتروژن قرار می‌گیرند شامل فتوسنتز، توزیع نیتروژن بین برگ‌ها، گسترش و

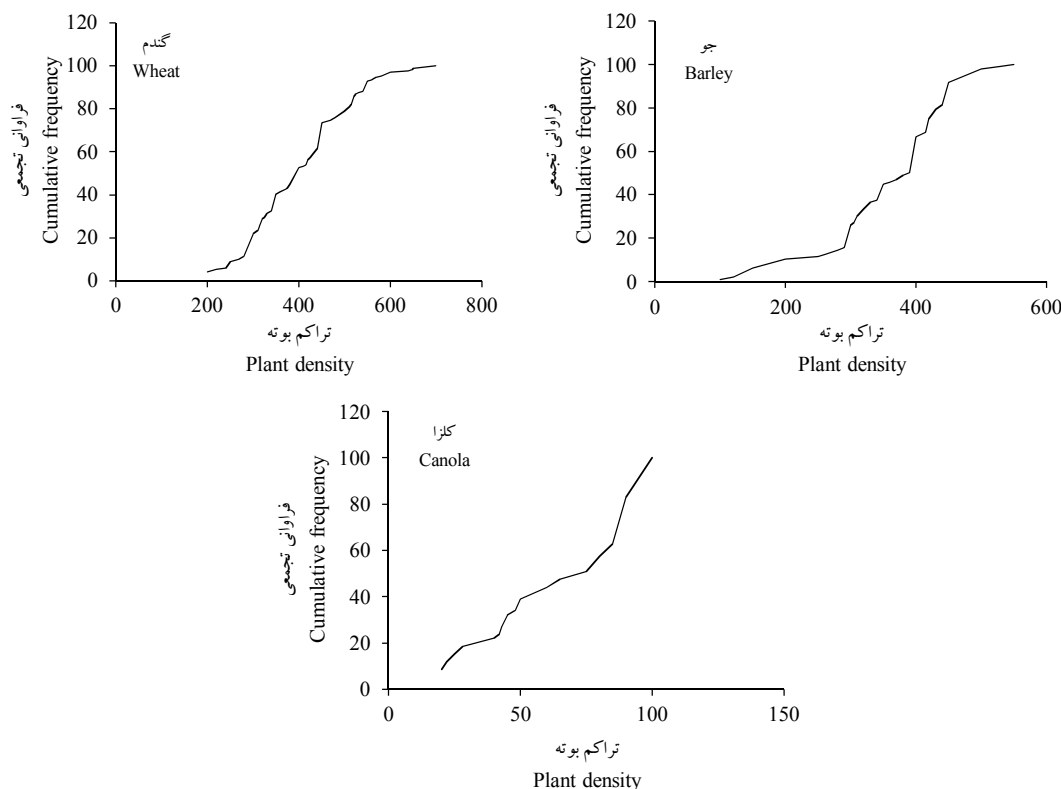


شکل ۳- میزان کود مصرفی بعد از کاشت در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 3. Amount of urea fertilizer applied Post-sowing in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province

بوته در مزارع جو حدود ۳۴۰ بوته در مترمربع بود (شکل ۵). در مزارع کلزا میزان تراکم بوته بین ۲۰ تا ۱۰۰ بوته در مترمربع متغیر بود و پنجاه درصد از مزارع دارای تراکم بیش از ۷۵ بوته در مترمربع بودند. نتایج همچنین نشان داد که به طور متوسط میزان تراکم بوته در مزارع کلزا حدود ۵۴ بوته در مترمربع بود (شکل ۴). تراکم بوته مناسب می‌تواند در دستیابی به میزان شاخص سطح سبز برگ مناسب و نیز افزایش شروع فاز نمایی بیشتر منجر شود که نهایتاً منجر به بسته شدن کنوبی سریع‌تر می‌گردد (۳۵).

میزان تراکم نهایی بوته به کیفیت تهیه بستر بذر، میزان بذر مصرفی، تاریخ کاشت و وسیله کاشت بستگی دارد. در مزارع گندم مورد مطالعه میزان تراکم بوته بین ۲۰۰ تا ۷۰۰ بوته در مترمربع متغیر بود و پنجاه درصد از مزارع دارای تراکم بیش از ۴۰۰ بوته در مترمربع بودند. نتایج نشان داد که به طور متوسط میزان تراکم بوته در مزارع گندم حدود ۴۲۲ بوته در مترمربع بود (شکل ۵). در مزارع جو میزان تراکم بوته بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ بوته در مترمربع متغیر بود و پنجاه درصد از مزارع دارای تراکم بیش از ۳۹۰ بوته در مترمربع بودند. همچنین به طور متوسط میزان تراکم



شکل ۴- میزان تراکم بوته در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 5. Plant density in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province.

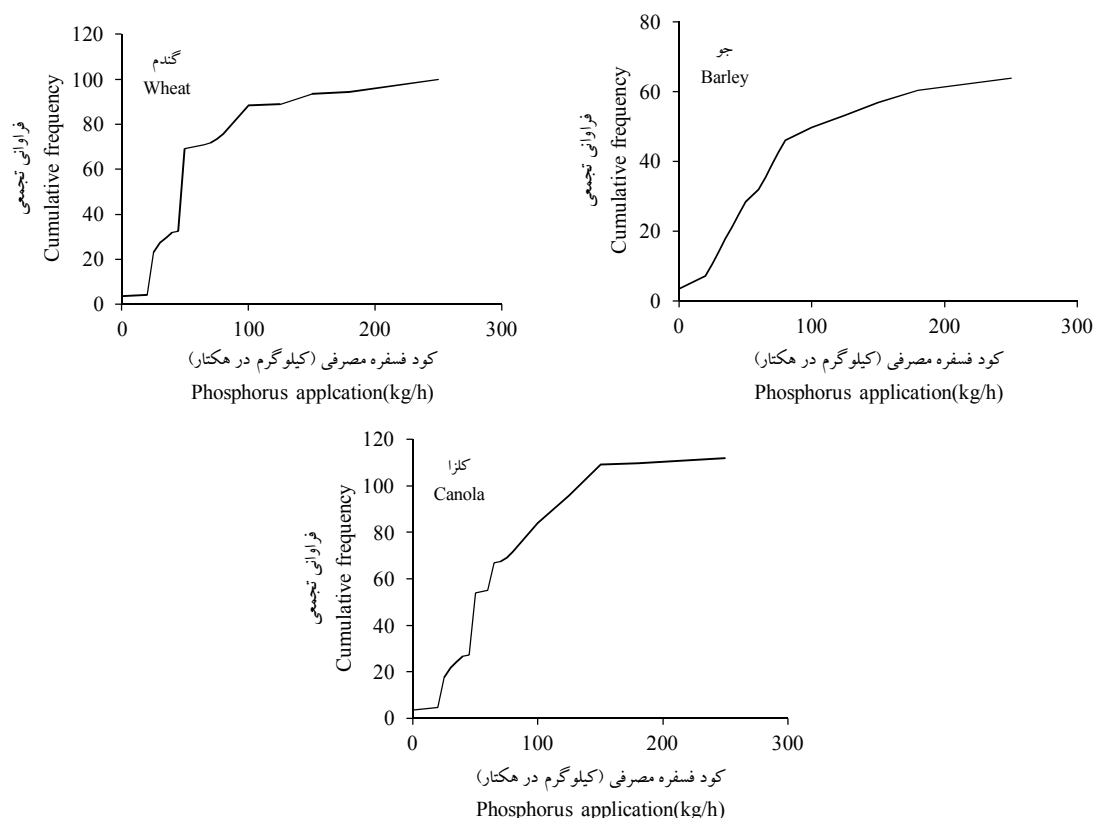
محصول تحت تاثیر سرعت رشد نسبی شاخص سطح سبز برگ و ماده خشک تولیدی قرار می‌گیرد. بنابراین انتظار می‌رود افزایش این دو پارامتر باعث بسته شدن سریع‌تر سایه انداز گیاهی و میزان تشعشع دریافتی

افزایش سطح سبز برگ در شروع فاز نمایی در تراکم‌های بالا میزان تشعشع دریافتی توسط گیاه و نیز تولید ماده خشک در شروع این فاز را افزایش می‌دهد (۷). نتایج نشان داده است که عملکرد نهایی

می شود (۹). با افزایش تراکم های میزان سطح سبز برگ در مراحل اولیه رشد برگ بیشتر می شود که این امر منجر به بسته شدن سریع تر کنوپی، سایه اندازی برگ ها بر روی زمین و نیز کاهش میزان تبخیر و دسترسی بیشتر گیاهان به آب قابل دسترس خواهد شد (۷). میزان تعرق با افزایش دسترسی گیاه به آب قابل دسترس در واحد سطح از طریق افزایش سطح برگ افزایش خواهد یافت و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک و عملکرد نهایی را منجر خواهد شد. بنابراین انتظار این است در تحقیق حاضر افزایش تراکم در مزارع مورد مطالعه بتواند از طریق افزایش سطح برگ و نیز کاهش نسبت تبخیر به تعرق منجر به افزایش دسترسی گیاه به آب مورد استفاده گردد که در نهایت عملکرد افزایش خواهد یافت.

میزان کود فسفر مصرفی توسط کشاورزان به وضعیت اقتصادی کشاورز، تجربه کشاورز و نیز وضعیت تغذیه زمین کشاورزی بستگی دارد. مقدار مصرف کود فسفره در مزارع مورد مطالعه گندم بین ۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۷۸ کیلوگرم در هکتار کود فسفره در مزارع مصرف شده بود (شکل ۵). نتایج مستندسازی همچنین نشان داد که مقدار مصرف کود فسفره در مزارع مورد مطالعه جو بین ۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین تقریباً ۷۷ کیلوگرم در هکتار کود فسفره در مزارع مصرف شده بود. مقدار مصرف کود فسفره در مزارع کلزا نیز بین ۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره مصرف کردند، این در حالی بود که به طور میانگین

تقریباً ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره در مزارع مصرف شده بود (شکل ۵). فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و یکی از مهم ترین عناصر در تولید محصول می باشد. با توجه به این که حدود ۶۰ درصد از خاک کشاورزی استان کردستان از نظر میزان فسفر فقیر هستند، بنابراین انتظار این است که میزان مصرف بیشتر کودهای فسفاته بتواند باعث افزایش عملکرد محصولات زراعی در مناطق مورد مطالعه گردد. در ایران با رواج یافتن ارقام دارای عملکرد بالا و نیز استفاده از سیستم های فشرده کشاورزی، تخلیه فسفر قابل استفاده برای گیاهان قابل انتظار است، در نتیجه کمبود فسفر یکی از محدودیت های اصلی در تولید محصولات زراعی به حساب می آید. یک موضوع کلیدی، در حال حاضر، توصیه های مدیریتی فسفر می باشد که برای مواجه شدن با نیازهای آینده موثر می باشند. بنابراین توصیه های مدیریتی آینده باید محکم تر باشند و با محصولات مختلف، سیستم های کشت، تکنولوژی مدیریت محصول، شرایط خاک، و پتانسیل عملکرد مطابقت داشته باشند (۳۵). فسفر در انتقال انرژی، واکنش های اکسیداسیون-احیا فتوسنتزی و همچنین در ترکیبات بیوشیمیایی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین های ساختاری، آنزیم ها و انتقال سیگنال نقش دارد. افزایش جذب فسفر می تواند منجر به افزایش جذب نیتروژن نیز گردد. از سوی دیگر یک ارتباط مثبت بین عملکرد دانه و شاخص برداشت فسفر وجود دارد که این رابطه نشان دهنده تاثیر مثبت فسفر در افزایش عملکرد است (۳۷). به دلیل غالب بودن خاک های آهکی با pH بالا در اقلیم های کشاورزی خشک و نیمه خشک، میزان فسفر قابل دسترس محدود است. به همین دلیل برای افزایش دسترسی گیاهان به فسفر، مقادیر بیشتر کودهای فسفره مورد نیاز است (۳۸).

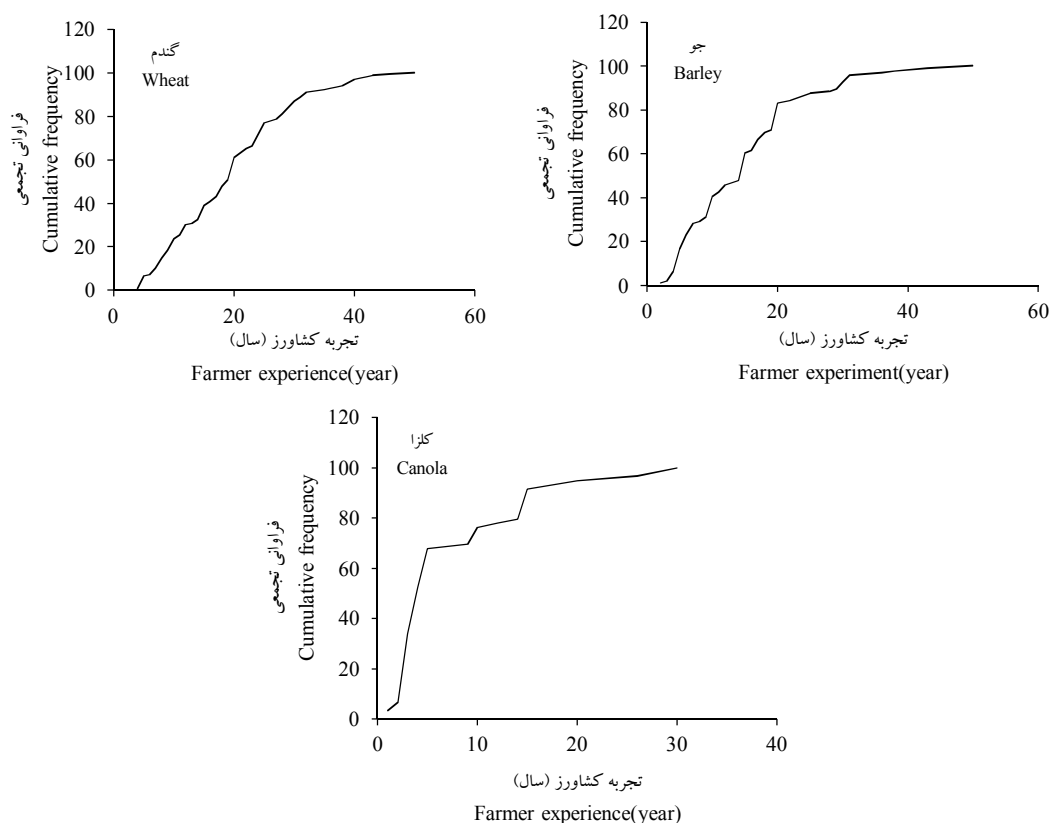


شکل ۵- میزان کود فسفره مصرفی در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 4. Amount of Phosphorus fertilizer applied Post-sowing in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province

کشاورزان بیش از ۱۹ سال تجربه داشتند، این در حالی بود که بیش از ۵۰ درصد از کشاورزان بین ۱۱ تا ۲۵ سال تجربه کشاورزی داشتند (شکل ۶). در کشت جو نیز تجربه کشاورزان بین ۲ تا ۵۰ سال بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۳ سال تجربه داشتند، تجربه کشاورزان در کشت کلزا نیز بین ۱ تا ۳۰ سال بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۴ سال تجربه داشتند، این در حالی بود که بین ۵۰ درصد از کشاورزان بین ۵ تا ۳۰ سال تجربه کشاورزی داشتند (شکل ۶).

از آنجائی که بخشی از دلایل خلاء عملکرد مدیریت نامناسب مزرعه توسط کشاورز است، این مسئله را میتوان با بهبود ترویج و انتقال دانش از کشاورزان پیشرو و مراکز تحقیقاتی به سایر کشاورزان رفع کرد. بنابراین تجربه و دانش فنی کشاورزی نقش مهمی در نیل به عملکردهای مطلوب را دارد. تجربه کشاورزان در کشت گندم بین ۴ تا ۵۰ سال بود. پنجاه درصد از کشاورزان بیش از ۱۹ سال تجربه داشتند، این در حالی بود که بین ۵۰ درصد از کشاورزان بین ۱۱ تا ۲۵ سال تجربه کشاورزی داشتند. تجربه کشاورزان در کشت گندم بین ۴ تا ۵۰ سال بود. پنجاه درصد از

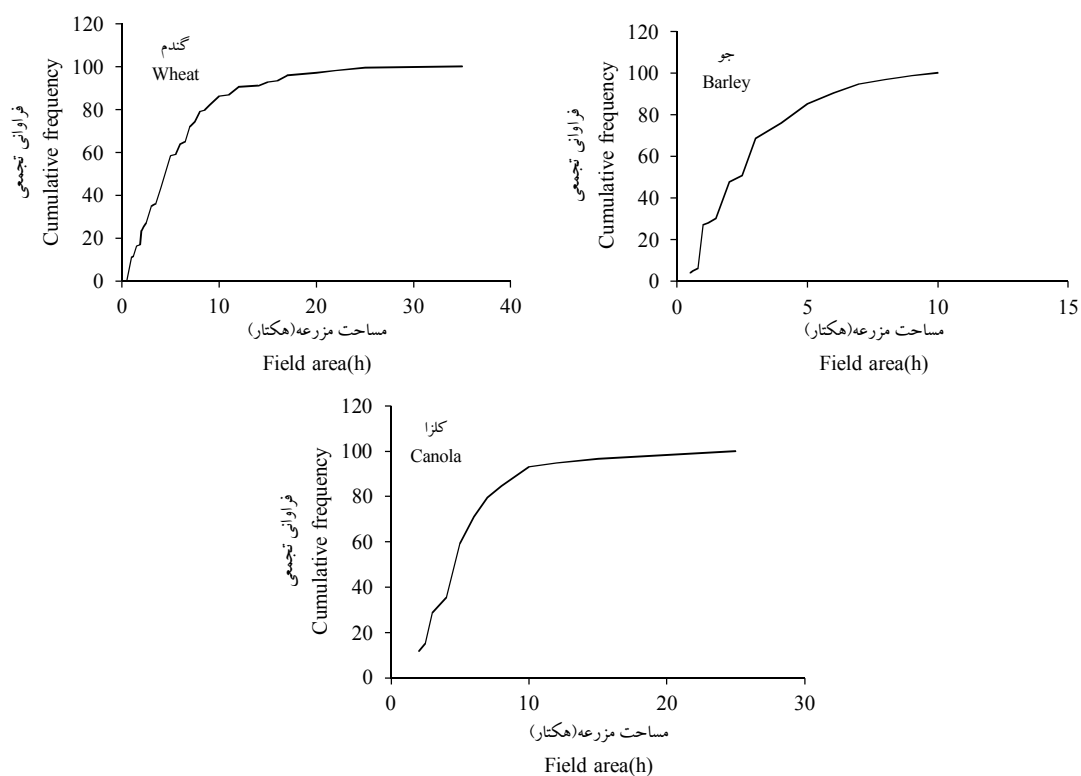


شکل ۶- تجربه کشاورزان در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.
Figure 6. Farmer experience in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province.

(شکل ۷).

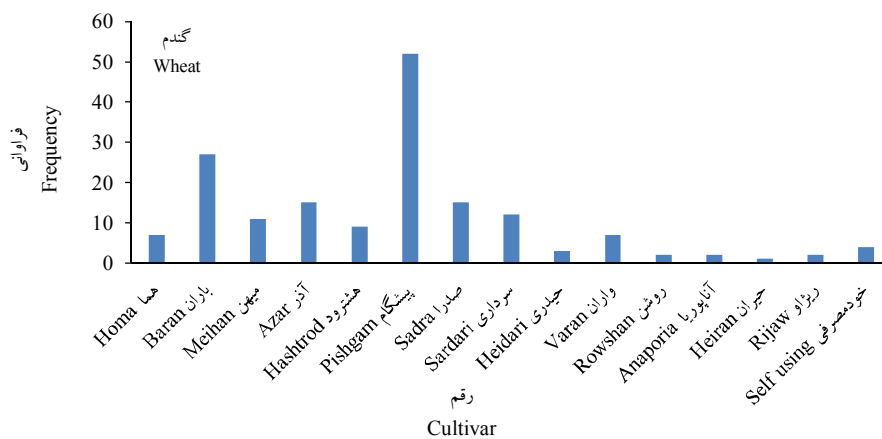
تنوع ارقام برای هر سه گیاه در مزارع استان کردستان نیز قابل توجه بود. زارعان معمولاً متمایل به استفاده از ارقام با بازده بالا و نهاده ورودی کمتر به مزرعه هستند. در مورد گندم، بیشترین فراوانی مربوط به رقم پیشگام (۳۱ درصد مزارع) و کمترین استفاده در ارقام، حیران، روشن، آناپوریا، ریژاو مشاهده شد. در جو نیز بالاترین فراوانی در رقم بهمن (در ۶۹ درصد مزارع) و کمترین فراوانی مربوط به ارقام ماکوئی، جلگه و جوشن بود. در کلزا نیز رقم نپتون بیشتر فراوانی استفاده را داشت. بعبارت دیگر حدود ۵۹ درصد کشاورزان از این رقم برای زراعت کلزا استفاده میکردند. و سایر ارقام آرشیکت، ماراتون و دیفوژن در رتبه های پائین فراوانی قرار داشتند (شکل ۸).

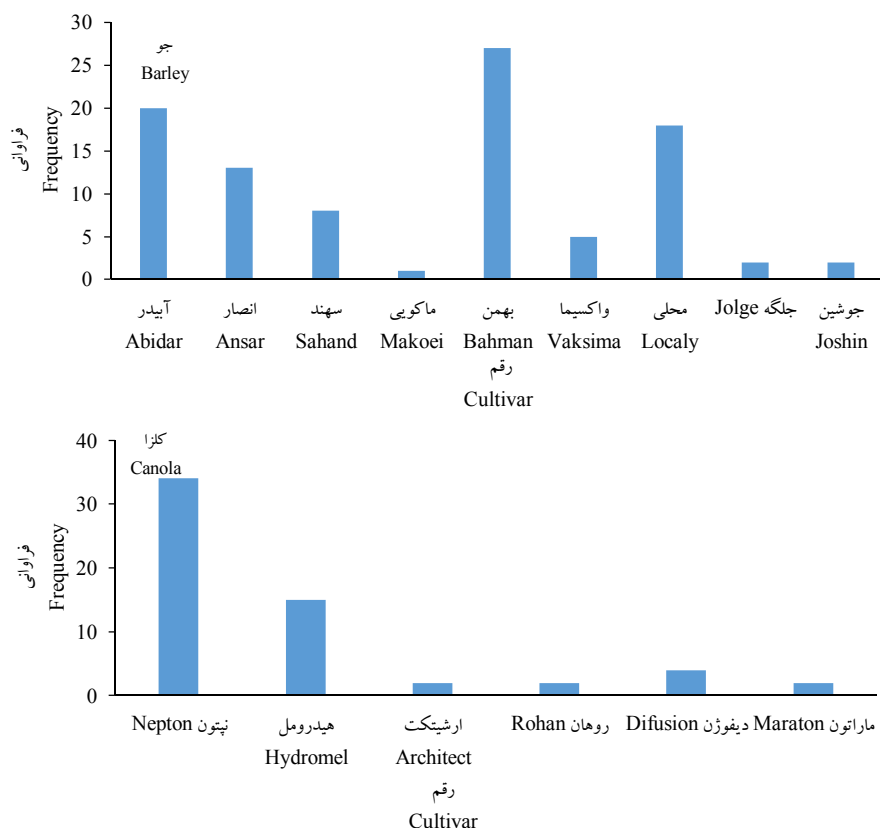
مساحت مزارع معمولاً بسته به سطح توانائی مالی زارع متفاوت است. در مزارع گندم مورد مطالعه میزان مساحت مزرعه بین ۰/۵ تا ۳۵ هکتار متغیر بود و ۵۸ درصد از مزارع دارای سطحی کمتر از ۵ هکتار بودند. نتایج نشان داد به طور متوسط مساحت زمین مزارع گندم حدود ۹ هکتار می باشد (شکل ۷). در مزارع جو میزان مساحت مزرعه بین ۰/۵ تا ۱۰ هکتار متغیر بود و پنجاه درصد از مزارع دارای مساحت بین ۲/۵ تا ۱۰ هکتار بودند. نتایج همچنین نشان داد که به طور متوسط مساحت زمین در مزارع جو حدود ۴/۱۵ هکتار بود (شکل ۷). در مزارع کلزا نیز میزان تراکم بوته بین ۲ تا ۲۵ هکتار متغیر بود و ۴۰ درصد زارعان در مساحت های بالاتر از ۵ هکتار فعالیت داشتند. نتایج همچنین موید این است که به طور متوسط مساحت مزرعه در مزارع کلزا حدود ۸/۳ هکتار است



شکل ۷- مساحت مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 7. Field area of wheat, barley and canola in Kurdistan province.

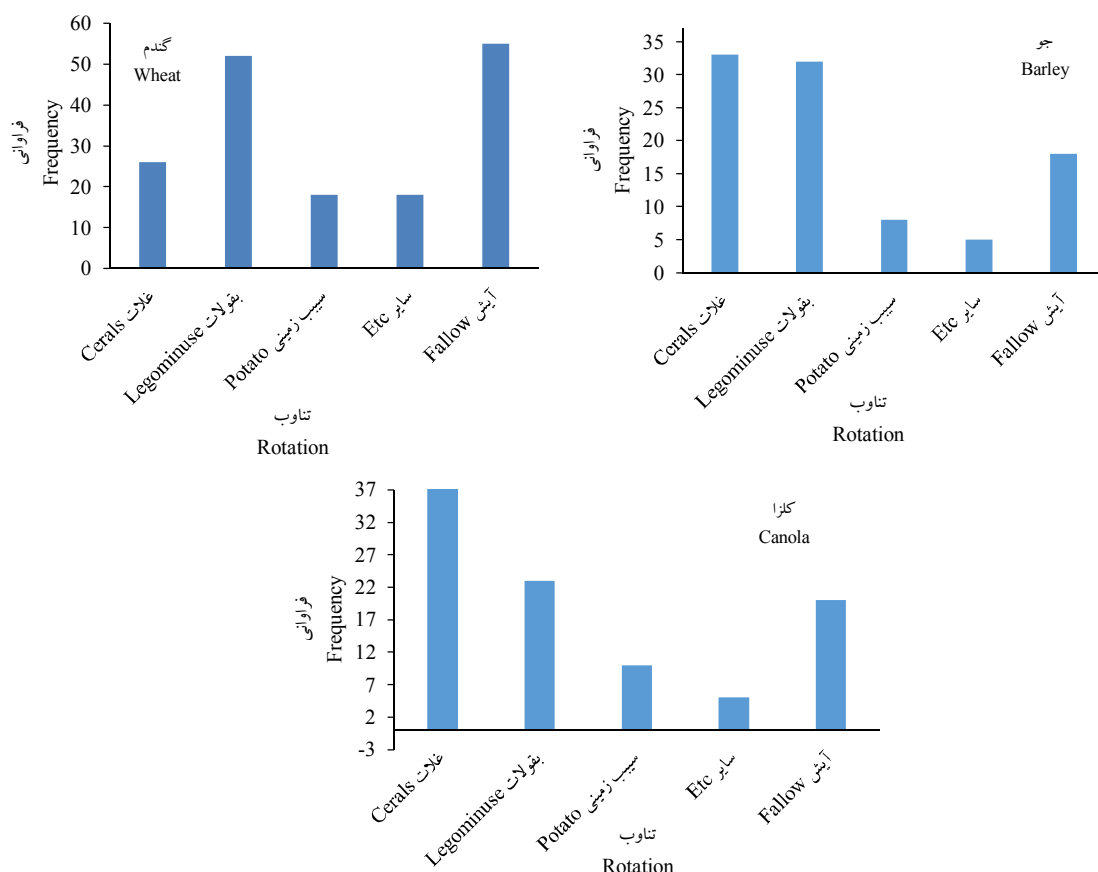




شکل ۸. ارقام استفاده شده در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.
Figure 8. Type of used cultivars in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province.

و کمترین فراوانی مربوط به سیب زمینی بود. غلات و بقولات به ترتیب ۱۵ و ۳۱ درصد کشت قبلی در مزارع زیر کشت گندم را بخود اختصاص داده بودند. در مزارع جو، بیشترین فراوانی کشت قبلی، مربوط به غلات و بقولات (بطورمتوسط در ۳۴ درصد مزارع) و کمترین فراوانی نیز به سیب زمینی اختصاص داشت. آیش نیز در کشت قبلی گندم، سهم ۱۹ درصد را داشت. در کلزا نیز مشابه گندم و جو بالاترین سهم در کشت قبلی مربوط به غلات و کمترین سهم را سایر گیاهان بااستثنای بقولات، سیب زمینی و آیش بر عهده داشتند (شکل ۹).

رعایت تناوب اصولی در مزارع یکی از زیربنایی ترین راهبردها در دستیابی به تولید پایدار است. برنامه تناوب کشاورزان غالباً بصورت عرفی در هر ناحیه نسبت به ناحیه دیگر متفاوت است و البته نیاز بازار به یک محصول خاص نیز در چیدمان برنامه تناوبی نقش اساسی دارد. در مورد گندم، بیشترین فراوانی کشت قبلی، آیش (۳۲/۵۰ درصد مزارع) و کمترین فراوانی مربوط به سیب زمینی بود. غلات و بقولات به ترتیب ۱۵ و ۳۱ درصد کشت قبلی در مزارع زیر کشت گندم را بخود اختصاص داده بودند. در مورد گندم، بیشترین فراوانی کشت قبلی، آیش (۳۲/۵۰ درصد مزارع)

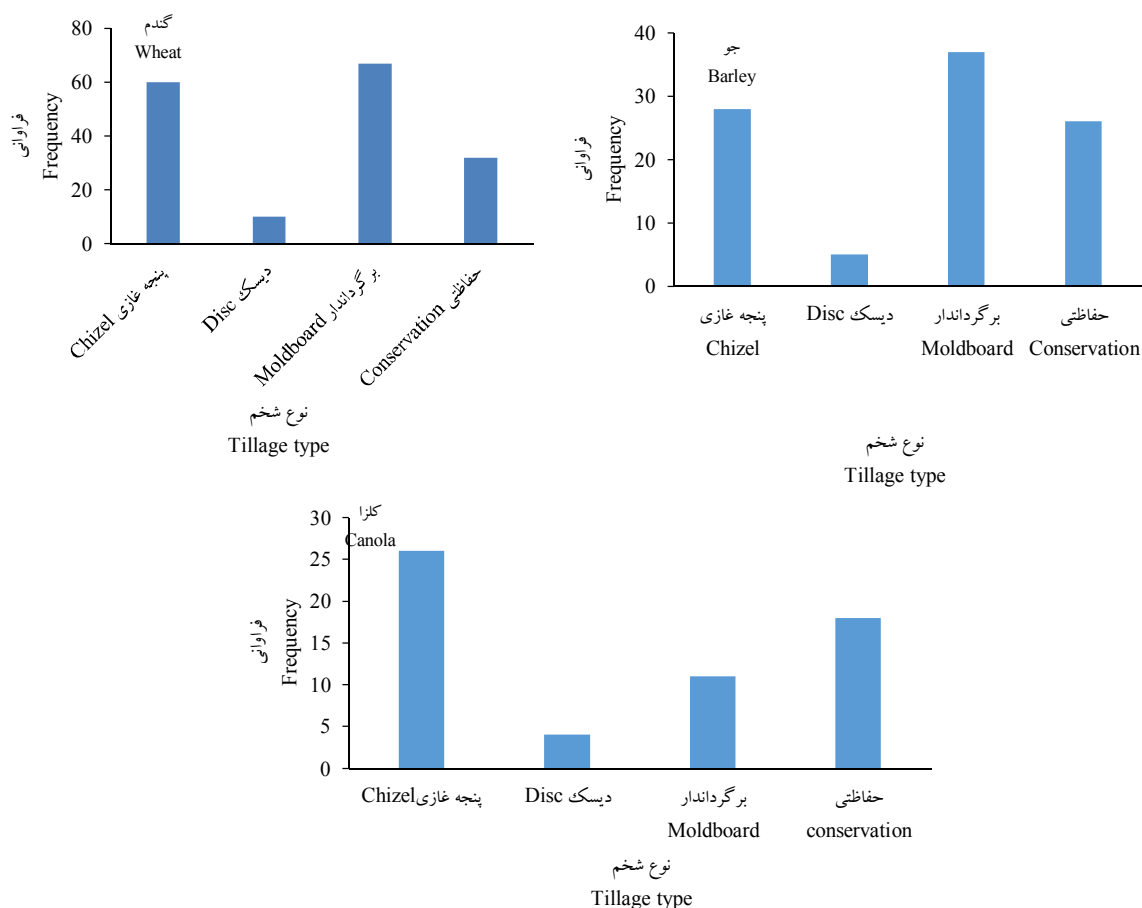


شکل ۹- تناوب استفاده شده در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 9. Type of rotation used in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province.

کشاورز و سطح ناهمواری زمین متفاوت است. در مزارع گندم نزدیک به ۴۰ درصد کشاورزان از گاوآهن برگرداندار برای شخم اولیه استفاده کرده‌اند و ۳۵/۵ درصد کشاورزان نیز از پنجه غازی برای تهیه بستر بذر استفاده کرده‌اند. شیوه کشاورزی حفاظتی در کمترین حالت ممکن خود مشاهد شد. در مزارع جو نیز وضعیت به مشابه مزارع گندم بود و بیشتر گاوآهن مورد استفاده برای تهیه بستر بذر، برگرداندار بود. شیوه حفاظتی و پنجه غازی با ۲۶ و ۲۸ درصد فراوانی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در کلزا اما وضعیت کمی متفاوت تر بود و بیشتر فراوانی استفاده مربوط به پنجه غازی با ۴۴ درصد بود. دیسک و گاوآهن برگرداندار در کمترین درصد فراوانی خود قرار داشتند (شکل ۱۰).

اولین و مهمترین اقدام قبل از کشت، تهیه بستر مناسب برای کشت بذر می‌باشد. به دلیل اینکه، کشت متوالی بدون آیش گذاری در منطقه متداول است، بنابراین زمان آغاز عملیات تهیه بستر برای گیاه به تناوب زراعی بستگی دارد. به هرحال در استان کردستان شخم زمین اواخر تابستان تا اواسط مهر و پس از کم شدن تراکم کار انجام می‌شود. البته تعدادی از کشاورزان قبل از انجام شخم اقدام به سوزاندن بقایا می‌کنند که مضرات این کار نسبت به مزایای آن به مراتب بیشتر است. شخم در اراضی با گاوآهن برگرداندار برای یک بار به عمق ۲۵-۳۰ سانتی‌متر در مزارع انجام می‌شود و از آنجائیکه شخم با این روش باعث کلوخه شدن خاک می‌شود، لذا برای خرد کردن کلوخه‌ها کشاورزان اقدام به دیسک زدن یا زدن بنجه غازی می‌کنند. تعداد دفعات دیسک بسته به توان مالی



شکل ۱۰- نوع شخم استفاده شده در مزارع گندم، جو و کلزا در استان کردستان.

Figure 10. Type of used tillage in wheat, barley and canola fields in Kurdistan province.

مصرفی بعد از کاشت (UFA): ۳۰/۰ درصد، تراکم بوته (Den): ۱۳/۹ درصد و میزان کود فسفره مصرفی (PF): ۱۶/۳ درصد می باشد (جدول ۱). مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد را به ترتیب ۲۸۷۸ و ۹۶۸۷ کیلوگرم در هکتار تخمین زد که با متوسط و حداکثر عملکردهای مشاهده شده یعنی ۲۸۷۹ و ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار قابل مقایسه هستند. کل خلا عملکرد تخمین زده شده ۶۸۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می توانند برداشت کنند ۶۸۰۹ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب تر قابل حذف خواهد بود. سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد به صورت میزان

جدول ۱ تا ۳ مقدار خلا عملکرد و سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد گندم، جو و کلزا را نشان می دهد. مدل CPA متوسط و حداکثر عملکرد را به ترتیب ۳۸۳۱ و ۱۰۷۵۵ کیلوگرم در هکتار تخمین زد که با متوسط و حداکثر عملکردهای مشاهده شده یعنی ۳۸۴۲ و ۹۰۰۰ کیلوگرم در هکتار قابل مقایسه هستند. کل خلا عملکرد تخمین زده شده ۶۹۲۴ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می توانند برداشت کنند ۶۹۲۴ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب تر قابل حذف خواهد بود. سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد به صورت: میزان بذر مصرفی (Rseed): ۳۹/۸ درصد، میزان کود اوره

بذر مصرفی (Rseed): ۴۲/۸ درصد، میزان کود اوره مصرفی بعد از کاشت (UFA): ۲۰/۶ درصد و میزان کود فسفره مصرفی (PF): ۳۶/۶ درصد می‌باشد (جدول ۲). مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد را به ترتیب ۴۰۱۹ و ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تخمین زده است. این ارقام با متوسط و حداکثر عملکردهای مشاهده شده، یعنی ۳۸۰۱ و ۵۱۸۱ کیلوگرم در هکتار، قابل مقایسه هستند. کل خلا عملکرد تخمین زده شده ۱۳۷۹ کیلوگرم در هکتار است. این نشان می‌دهد که

بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه که می‌توانند برداشت کنند، ۱۳۷۹ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر می‌توان آن را کاهش داد. سهم هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد به صورت تجربه کشاورز (EXP): ۳۴/۴، میزان کود اوره مصرفی بعد از کاشت (UFA): ۱۸/۰ درصد، تراکم بوته (Den): ۱۴/۵ درصد و میزان کود فسفره مصرفی (PF): ۳۳/۱ درصد می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۱- کمی کردن خلا عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلا عملکرد در گندم در استان کردستان.

Table 1. Quantification of the yield gap and the contribution of each limitation to the yield gap in wheat in Kurdistan province.

متغیرها Variables	ضرایب Coefficients	مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Measured values in the field		مقادیر محاسبه شده با مدل Calculated values with the model		اجزای خلا عملکرد Yield gap components	خلا عملکرد (درصد) Yield gap(percent)
		میانگین Mean	حداکثر Maximum	میانگین Mean	حداکثر Maximum		
		Mean	Maximum	Mean	Maximum		
عرض از مبدا (Intercept)	-4264.1	1	1	-4264.1	-4264.1	0	0
Rseed	28.1	202	300	5676.2	8340	2753.8	39.7
UFA	7.8	84	350	655.2	2730	2074.8	30.1
Den	3.3	408.3	700	1347.4	2310	962.6	13.9
PF	6.2	67.3	250	417.3	1550	1132.7	16.3
عملکرد واقعی (Real yield)	-	3841	9000	-	-	-	-
عملکرد تخمین زده شده با مدل							
مدل Estimated yield with model	-	-	-	3831	10775	-	-
خلا عملکرد تخمین زده شده با مدل							
Estimated gap yield with model	-	-	-	-	-	6924	100

Rseed: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، UFA: میزان مصرف کود اوره پس از کاشت (کیلوگرم در هکتار)، Den: تراکم (بوته در مترمربع) و PF: میزان مصرف کود فسفره (کیلوگرم در هکتار).

Rseed: Seed rate (kg/ha), UFA: Urea fertilizer rate after planting (kg/ha), Den: Density (plants/m²), and PF: Phosphate fertilizer rate (kg/ha)

جدول ۲- کمی کردن خلا عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلا عملکرد در جو در استان کردستان.

Table 2. Quantification of the yield gap and the contribution of each limitation to the yield gap in Barley in Kurdistan province.

متغیرها Variables	ضرایب Coefficients	مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Measured values in the field		مقادیر محاسبه شده با مدل Calculated values with the model		اجزای خلا عملکرد Yield gap components	خلا عملکرد (درصد) Yield gap (percent)
		میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر		
		Mean	Maximum	Mean	Maximum		
عرض از مبدا (Intercept)	-3032.6	1	1	-3032.6	-3032.6	0	0
Rseed	25.6	186.2	300	4766.7	7680	2913.3	42.8
UFA	6	65.7	300	394.2	1800	1405.8	20.6
PF	16.2	46.3	200	750	3240	2490	36.4
عملکرد واقعی (Real yield)	-	2878	9000	-	-	-	-
عملکرد تخمین زده شده با مدل Estimated yield with model	-	-	-	2878	9687	-	-
خلا عملکرد تخمین زده شده با مدل Estimated gap yield with model	-	-	-	-	-	6809	100

Rseed: میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، UFA: میزان مصرف کود اوره پس از کاشت (کیلوگرم در هکتار) و PF: میزان مصرف کود فسفره (کیلوگرم در هکتار).

Rseed: Seed rate (kg/ha), UFA: Urea fertilizer rate after planting (kg/ha) and PF: Phosphate fertilizer rate (kg/ha)

جدول ۳- کمی کردن خلا عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلا عملکرد در کلزا در استان کردستان.

Table 3. Quantification of the yield gap and the contribution of each limitation to the yield gap in Canola in Kurdistan province.

متغیرها Variables	ضرایب Coefficients	مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه Measured values in the field		مقادیر محاسبه شده با مدل Calculated values with the model		اجزای خلا عملکرد Yield gap components	خلا عملکرد (درصد) Yield gap (percent)
		میانگین	حداکثر	میانگین	حداکثر		
		Mean	Maximum	Mean	Maximum		
عرض از مبدا (Intercept)	2624.7	1	1	2624.7	2624.7	0	0
Exp	21.2	7.6	30	161.1	636	478	34.4
UFA	2	76	200	152	400	248	18
Den	5.9	66.2	100	390.6	590	199.4	14.5
PF	3.1	152.5	300	472.7	930	457.3	33.1
عملکرد واقعی (Real yield)	-	4019	6000	-	-	-	-
عملکرد تخمین زده شده با مدل Estimated yield with model	-	-	-	3801	5180.7	-	-
خلا عملکرد تخمین زده شده با مدل Estimated gap yield with model	-	-	-	-	-	1379	100

Exp: تجربه کشاورز، UFA: میزان مصرف کود اوره قبل از کاشت (کیلوگرم در هکتار)، Den: تراکم (بوته در مترمربع) و PF: میزان مصرف کود فسفره (کیلوگرم در هکتار).

Exp: Farmer Experiment (year), UFA: Urea fertilizer rate after planting (kg/ha), Den: Density (plants/m²), and PF: Phosphate fertilizer rate (kg/ha)

در مطالعه‌ای بر روی خلا عملکرد سویا در شهرستان کلاله و در ۷۳ مزرعه بر اساس روش تحلیل مقایسه کارکرد نتایج نشان دادند که بین عملکرد کشاورزان و عملکرد حداکثر $2606/4$ کیلوگرم در هکتار فاصله (خلاء) وجود دارد. نتایج همچنین نشان داد که شش عامل محدودکننده عملکرد سویا در شهرستان کلاله شامل تجربه کشاورز، زیر خاک کردن بقایا، تاریخ کاشت، آبیاری بارانی، مقدار آب مصرفی و تراکم بوته به ترتیب $30/1$ ، $5/1$ ، $14/7$ ، $13/8$ ، $13/8$ و $22/5$ درصد خلاء عملکرد ایجاد می‌کنند (۲۹). برپایه نتایج مطالعه برآورد خلأ عملکرد ارقام محلی برنج به روش تحلیل مقایسه کارکرد در منطقه آمل نتایج حاکی از آن است که میزان افزایش عملکرد مربوط به متغیرهای تاریخ نشاکاری، تعداد دفعات مصرف سرک و نیتروژن بعد از گلدهی به ترتیب برابر 364 ، 292 و 416 کیلوگرم در هکتار سهمی معادل 21 ، 17 و 24 درصد از کل خلأ عملکرد را شامل شدند. همچنین، متغیرهای تناوب زراعی، ضد عفونی بذر و برداشت با کمباین از نظر خلأ عملکرد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (۲۰).

در یک بررسی به طور میانگین، اختلافی بیش از 20 کیلوگرم در هر هکتار بین عملکرد کلاله خشک در شرایط کشت مرسوم و ایده‌آل وجود داشته است. عوامل مدیریتی مؤثر در این اختلاف شامل استفاده از بنه‌های کوچک به جای بنه‌های با وزن بیش از 8 گرم، کشت کپه‌ای به جای کشت دانه تسبیحی، تراکم پایین کاشت بنه، مصرف کم کود آلی، زمان نامناسب اولین آبیاری در پاییز، تاریخ کاشت نامناسب بنه‌ها، عدم کنترل به موقع علف‌های هرز و عدم محلول‌پاشی عناصر غذایی در نیمه دوم زمستان می‌باشد (۴۱). در تحقیقی بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول گندم در پارس آباد مغان $2316/42$ کیلوگرم در هکتار خلا وجود داشته است. همچنین عملیات

تهیه زمین، تجربه کشاورز، تکرار مصرف قارچ کش، تاریخ کاشت، تقسیط کود اوره و تراکم سنبله قابل برداشت به ترتیب $4/6$ ، $13/4$ ، $14/3$ ، 18 ، 20 و $29/7$ درصد در ایجاد خلا عملکرد نقش داشته اند (۲۱).

در شناسایی عوامل کاهنده عملکرد گندم به روش CPA نتایج نشان دادند که متوسط عملکرد مزارع، 5040 کیلوگرم در هکتار و میزان خلاء بدست آمده، 4659 کیلوگرم در هکتار بود. ترتیب متغیرها در کاهش عملکرد نیز بصورت تعداد آبیاری (۲۴ درصد)، تناوب زراعی (۱۸ درصد)، مصرف کود نیتروژن (۱۶ درصد)، مصرف کود نیتروژن (۱۶ درصد)، روش تهیه بستر (۱۲ درصد)، عدم مصرف کود دامی (۱۲ درصد)، کنترل علف‌های هرز (۱۱ درصد)، تاریخ کش (۴ درصد) و تقسیط نیتروژن (۲ درصد) بود (۴۰).

شناسایی پتانسیل‌ها و همچنین بررسی میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل محدودکننده عملکرد به طور جداگانه، نقش حیاتی در تعیین راهبردهای مدیریتی جایگزین برای دستیابی به حداکثر عملکرد دارد. برای رسیدن به حداکثر عملکرد در کلزا (5150 کیلوگرم در هکتار)، فواصل آبیاری باید حداقل هر 8 روز یکبار باشد. در مورد جو، این فاصله حداقل هر 7 روز یکبار (8800 کیلوگرم در هکتار) و برای گندم حداقل هر 10 روز یکبار (8620 کیلوگرم در هکتار) توصیه می‌شود، که این موارد بسته به میزان بارندگی و خشکی هوا متغیر است. با نگاهی به نمودار پراکنش، به نظر می‌رسد که آبیاری بیش از 7 تا 10 روز در هر سه گیاه منجر به کاهش عملکرد خواهد شد، اما کاهش عملکرد در نمودار نمی‌تواند تنها ناشی از آبیاری بیشتر باشد. یکی از مزایای تحلیل مورد استفاده در این تحقیق نسبت به روش‌های مبتنی بر مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره، این است که در این تحلیل نیازی به انجام یک پروسه اولیه برای انتخاب متغیرها وجود ندارد. همچنین، تفسیر نتایج در این روش

نسبت به مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره ساده‌تر است. با توجه به اینکه عملکرد پتانسیل محاسبه شده در این آنالیز در مقایسه با مدل‌ها و مزارع تحقیقاتی، از طریق داده‌های واقعی خود منطقه حاصل شده است، عملکرد پتانسیل حاصل شده وابسته به منطقه بوده و میتوان گفت که این عملکرد پتانسیل، قابل حصول می‌باشد. در واقعیت، یک گیاه جزئی از یک سیستم است. به عنوان مثال تناوب زراعی، تاریخ کاشت و برداشت را به گیاه تحمیل می‌کند؛ همچنین تاریخ کاشت به عوامل دیگری نظیر نیروی کارگری، ماشین و غیره هم مربوط می‌شود (۵) در صورتی که در پتانسیل های بدست آمده از ایستگاه‌های تحقیقاتی و یا در شبیه‌سازی عملکرد پتانسیل با مدل‌های گیاهی اینگونه محدودیت‌ها وجود ندارد. همچنین در هر مزرعه ممکن است یکی از عوامل، محدود کننده عملکرد باشد اما با توجه به اینکه در این آنالیز عملکرد پتانسیل برای هر عامل از بالاترین عملکردها بدست آمده است، این مورد نیز کمرنگ شده است. در واقع عامل اصلی خلاء عملکرد، اقداماتی است که کشاورز در مزرعه انجام می‌دهد؛ ولی ممکن است این اقدامات خود معلول عوامل دیگری در پشت صحنه مانند (قیمت نامناسب محصول، بنیه مالی ضعیف کشاورز، عدم دسترسی به نهاده‌ها و ماشین آلات، عدم وجود زیرساخت مناسب مانند جاده، وسایل حمل و نقل و ذخیره سازی باشد) باشد که بایستی این عوامل را اصلاح نمود تا سایر مدیریت تولید در مزارع درست گردد (۴۱).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج مستندسازی فرآیند تولید مشخص شد که در پنجاه درصد مزارع گندم، جو و کلزا میزان بذری مصرفی به ترتیب بیش از ۱۸۰، ۱۶۵ و ۸ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میانگین مصرف کود اوره قبل از

کشت در مزارع گندم، جو و کلزا نیز به ترتیب ۸۹، ۶۳ و ۷۸ کیلوگرم در هکتار بوده است. مقدار مصرف کود فسفره در مزارع مورد مطالعه برای هر سه گیاه نیز بین ۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و پنجاه درصد کشاورزان بیش از ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف کرده اند. متوسط تراکم بوته نیز در گندم، جو و کلزا به ترتیب ۴۲، ۴۰ و ۵۴ بوته در مترمربع بود. همچنین تجربه کشاورزان برای کشت گندم و جو بین ۴ تا ۵۰ و برای کلزا ۴ تا ۳۰ سال بود. متوسط مساحت مزارع برای گندم، ۹ هکتار، درجو، ۴/۵ هکتار و برای کلزا ۸/۳ هکتار بدست آمد. رقم پیشگام گندم، بهمن جو و نپتون کلزا نیز بالاترین درصد فراوانی را در کشت بخود اختصاص داده بودند. درکشت قبلی برای گندم، جو و کلزا به ترتیب آیش، غلات و غلات بیشترین درصد فراوانی حضور را داشتند. برای تهیه بستر بذر، استفاده از گاو آهن برگردان‌دار در گندم و جو و پنجه غازی در کلزا بالاترین موارد استفاده را داشتند.

در تحلیل عوامل محدود کننده عملکرد نیز نتایج نشان داد که متوسط عملکرد گندم در استان کردستان در حدود ۳۸۴۱ کیلوگرم در هکتار بود؛ عملکرد قابل حصول منطقه نیز در حدود ۹۰۰۰ کیلوگرم برآورد شد که نشان از خلاء عملکردی در حدود ۶۹۲۴ کیلوگرم در هکتار دارد. متوسط عملکرد جو نیز در حدود ۲۸۷۹ کیلوگرم در هکتار بود؛ عملکرد قابل حصول منطقه نیز در حدود ۸۷۰۰ کیلوگرم برآورد شد که نشان از خلاء عملکردی در حدود ۶۸۰۹ کیلوگرم در هکتار دارد. متوسط عملکرد کلزا نیز در حدود ۳۸۰۱ کیلوگرم در هکتار بود و عملکرد قابل حصول منطقه نیز در حدود ۶۰۰۰ کیلوگرم برآورد شد که نشان از خلاء عملکردی در حدود ۱۳۷۹ کیلوگرم در هکتار دارد. این اطلاعات می‌تواند به هدایت شیوه‌های مدیریت برای رفع محدودیت‌های کلیدی و بهبود بهره‌وری محصول

کمک کند. به طور کلی، روش CPA یک رویکرد سیستماتیک برای ارزیابی پتانسیل عملکرد و شناسایی عوامل اصلی محدود کننده عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌کند که می‌تواند مداخلات هدفمند را برای کاهش خلا عملکرد ارائه دهد. نتایج بطور کلی حاکی از آن است که با بهینه‌سازی مدیریت عوامل کلیدی زراعی مانند کاربرد کود، میزان بذر و تراکم بوته، زمینه قابل توجهی برای بهبود عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. پرداختن به این محدودیت‌های مدیریتی می‌تواند به کاهش خلا عملکرد و افزایش بهره‌وری سیستم‌های کشت کمک کند.

References

- Ingram, J. (2011). A food systems approach to researching food security and its interactions with global environmental change. *Food Security*, 3 (4): 417-431.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., & Zaks, D.P.M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478:337-342.
- Godfray, H.C.J., Pretty, J., Thomas, S.M., Warham, E.J., & Beddington, J.R. (2011). Linking Policy on Climate and Food. *Science*, 331(6020), 1013-1014.
- Hatfield, J.L., & Beres, B.L. (2019). Yield gaps in wheat: path to enhancing productivity. *Frontiers in Plant Science*, 10(1603), 1-7
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Titttonell, P., & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance—a review. *Field Crops Research*, 143, 4-17.
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., & Field, C.B. (2009). Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 179-204.
- Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Dadrasi, A., Zand, E., Ghassemi, S., Pourshirazi, S., Alasti, O., Hosseini, R.S., Zahed, M., Arabameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Kamari, H., Fayazi, H., Mohammadi, S., Keramat, S., Vadez, V., Van Ittersum, M.K., & Sinclair, T.R. (2020a). SSM-iCrop 2: A simple model for diverse crop species over large areas. *Agricultural Systems*, 182, 102855.
- Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Ghassemi, S., Vadez, V., Sinclair, T.R., & Van Ittersum, M.K. (2020b). Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*, 183: 102859.
- Soltani, A., Nahbandani, A., Zeinali, A., Torabi, B., Zand, A., Ghasemi, Th., Alasti, A., Dadrasi, A., Hosseini, R., Alimoghadam, S.M., Zahed, M., Fayazi, H., Kamari, H., Arab Ameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Pourshirazi, Sh., Mohammadi, S., & Karamat, S. (2018). Atlas of Yield Gap and Production Potential of Important Crops in the Country under Current and Future Climatic Conditions. Agricultural Research, Education and Extension Organization and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Research Project Report.
- Hajarpour, A. (2016). Evaluation of wheat yield gap in golesan province. PhD Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Gobbett, D., Hochman, Z., Horan, H., Navarro Carcia, J., Grassini, P., & Cassman, K. (2016). Yield gap analysis of rainfed wheat demonstrates local to global relevance. *The Journal of Agricultural Science*. 155 (2), 1-18.
- Merlos, F.A., Monzon, J.P., Mercau, J.L., Taboada, M., Andrade, F. H., Hall, A.J., Jobbagy, E., Cassman, K.G., & Grassini, P. (2015). Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research*, 184:145-154.

13. Timsina, J., Wolf, J., Guilpart, N., van Bussel, L., Grassini, P., van Wart, J., Hossain, A., Rashid, H., Islam, S., & Van Ittersum, M. (2016). Can Bangladesh produce enough cereals to meet future demand? *Agricultural Systems*, 123, 137-150.
14. Anderson, W., Johansen, C., & Siddique, K.H.M. (2016). Addressing the yield gap in rainfed crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(18), 1-18.
15. Grassini, P., van Bussel, L. G., Van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H., Boogaard, H., De Groot, H., van Ittersum, M.K., & Cassman, K.G. (2015b). How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. *Field Crops Research*, 177, 49-63.
16. Soltani, A., Nahbandani, A., Zeinal, E., Torabi, B., Zand, E., Qasemi, S., Alasti, O., Dadras, A., Hoseini, R., Alimaqam, M., Zahed, M., Fayyazi, H., Kamari, H., Arabameri, R., Mohammadzade, Z., Rahban, S., Porshirazi, Sh., Mohammadi, S., & Karamat, S. (2018). Atlas of yield and production potential of important agricultural crops in the country under current and future climatic conditions. Seyran Vocabulary Publication, 278p.
17. Qian, B., Jing, Q., Bélanger, G., Shang, J., Huffman, T., Liu, J. & Hoogenboom, G. (2018). Simulated canola yield responses to climate change and adaptation in Canada. *Agronomy Journal*, 110(1), 133-146. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.02.0076>.
18. Edreira, J.I.R., Mourtzinis, S., Conley, S.P., Roth, A.C., Ciampitti, I.A., Licht, M.A., & Grassini, P. (2017). Assessing causes of yield gaps in agricultural areas with diversity in climate and soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 247, 170-180.
19. Habibi, E., Niknejad, Y., Fallah, H., Dastan, S., & Barari Tari, D. (2019). Estimating Rice Yield Gap Using Comparative Performance Analysis (CPA) Method in Amol and Rasht. *Journal of Plant Production*, 42 (4), 551-562.
20. Yousefian, M., Dastan, S., Soltani, A., & Ajam Norouzi, H. (2018). Estimation of Yield Gap of Local Rice Varieties Using Two Methods: Comparative Performance Analysis and Boundary Line Function (Case Study: Mazandaran Province - Sari Region). *Journal of Crop Improvement*, 10(3), 265-288.
21. Lollato, R.P., Bavia, G.P., Perin, V., Knapp, M., Santos, E.A., & Patrignani, A. (2020). Climate-risk assessment for winter wheat using long-term weather data. *Agronomy Journal*, 112, 2132-2151.
22. Patrignani, A., Lollato, R.P., Ochsner, T.E., Godsey, C.B., & Edwards, J. (2014). Yield gap and production gap of rainfed winter wheat in the Southern Great Plains. *Agronomy Journal*, 106(4), 1329-1339.
23. Balboa, G.R., Archontoulis, S., Salvagiotti, F., Garcia, F. O., Stewart, W., & Francisco, E. (2019). A systems-level yield gap assessment of maize-soybean rotation under high-and low-management inputs in the Western US Corn Belt using APSIM. *Agricultural systems*, 174, 145-154.
24. Egli, D., & Hatfield, J. (2014). Yield and yield gaps in central US corn production systems. *Agronomy Journal*, 106, 2248-2254.
25. Grassini, P., Thorburn, J., Burr, C., & Cassman, K.G. (2011). High-yield irrigated maize in the Western US Corn Belt: I. on-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. *Field Crop Research*, 120, 142-150.
26. Liu, B., Chen, X., Meng, Q., Yang, H., & Van Wart, J. (2017). Estimating maize yield potential and yield gap with agro-climatic zones in China—distinguish irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 239, 108-117.
27. Grassini, P., Torrión, J., Yang, H., Rees, J., Andersen, D., & Cassman, K. (2015a). Soybean yield gaps and water productivity in the western US Corn Belt. *Field Crop Research*, 179, 150-163.
28. Zhang, B., Feng, G., Kong, X., Lal, R., Ouyang, Y., & Adeli, A. (2016). Simulating yield potential by irrigation and yield gap of rainfed soybean using APEX model in a humid region. *Agricultural Water Management*, 177, 440-453.
29. Rezaei, A., & Soltani, A. (2013). Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan university of Technology press, 307p.

30. SAS. 2009. Statistical Analysis Software, Carry Nc.
31. Mootab, K., Ghorbani Javid, M., & Alahdadi, I. (2023). Wheat yield gap assessment in using the comparative performance analysis, *Agronomy*, 13(3), 705-712. DOI: [10.3390/agronomy13030705](https://doi.org/10.3390/agronomy13030705).
32. Karamat, S., Torabi, B., Soltani, A., & Zeinali, E. (2021). Evaluation of Rice Production Potential and Yield Gap in Iran Using the SSM-iCrop2 Model. *Cereal Research*, 11 (3), 175-191.
33. Abidi, A., Zeinal, E., Soltani, A., & Gharanjik, A. (2018). Variation in efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium in some crop and weeds of graminea family, *Iranian Journal of FieldCrop Science*, 51(4), 163-173. DOI: 10.22059/ijfcs.2020262408.654500
34. Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., & Movahedi Naeeni, S.A. (2013). Evaluating Nitrogen Nutrition Index of Wheat Fields in Gorgan', *Journal of Plant Production Research*, 19(4), 137-156
35. Soltani, A., & Sinclair, T.R. (2012a). Identifying plant traits to increase chickpea yield in water-limited environments. *Field Crops Research*, 133, 186-196.
36. Dong, W., Zhang, X., Wang, H., Dai, X., Sun, X., Qiu, W., & Yang, F. (2012). Effect of different fertilizer application on the soil fertility of paddy soils in red soil region of Southern China. *Plos One*, 7(9), e44504. doi:10.1371/journal.pone.0044504
37. Seyyedi, S.M., Rezwani, P., Khaje Hosseini, M., & Shahande, H. (2014). Effects of sulfur, vermicompost+Thiobacillus bacteria on some chemical properties of calcareous soil and phosphorus use efficiency of black seed. *Pant Ecophysiology Journal*, 7, 205-220.
38. Arvin, P. (2019). Study of Different Levels of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Physiological and Morphological Parameters and Essential Oils in Savory Plant (*Satureja hortensis* L.). *Palnt researches Journal*, 32(2), 260-279.
39. Feizi, H., & Moradi, R. (2019). Investigation of Management and Climatic Factors Affecting the Yield Gap Between Conventional and Ideal Saffron Cultivation in Razavi and South Khorasan Provinces. *Saffron Research*, 7 (2), 283-298.
40. Mansouri Rad, A., Nakhzari Moghadam, A., Soltani, A., Rahimi Karizaki A. & Torabi, B. 2017. Identification of soybean yield limiting factors using comparative performance analysis (Case Study: Golestan Province - Kalaleh). *Agricultural Improvement Journal*, 19 (4), 1033-1046.
41. Anaghali, A., Nikkhah, M., & Omidvari. (2024). Identification of yield-reducing factors using Comparative Performance Analysis (CPA) method in wheat fields (Case study: Abarkoh). *Journal of Crop Science Research in Arid Regions*, 6(1), 17-31.
42. Soltani, A., & Mirzaei, A. (2022). Analysis of Yield Potetial and Yield Gap in Plant Production Systems, Syrang Vocabulary Publication, 52p.