Plant Prod., 2024, 47(3), 373-385
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43754.2101
Received: 14 May 2023
Accepted: 2 December 2023

Plant Productions

Research Article

Evaluation of wheat and rapeseed yield gap using boundary line analysis (BLA) in Khorramshahr

Hamid Matourian[1], Aydin Khodaei Joghan[2*], Mohammad Reza Moradi-Telavat [3], Seyyed Ataollah Siadat [4], Benyamin Torabi [5]

1. MSc.Gratuated of Agroecology, Agricultural Sciences and Natural Resources university of Khuzestan
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
4. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
5. Associate Professor, Department of Agronomy, Plant Production faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Citation: Matourian, H., Khodaei Joghan, A., Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Torabi, B. (2024) Evaluation of wheat and rapeseed yield gap using boundary line analysis (BLA) in khorramshahr. *Plant Productions,* 47(3),373-385.

Abstract

Introduction

Food security is one of the most important challenges facing humankind. Therefore improving crop yields are essential to meet the increasing pressure of global food demands. The Decreasing the area of high-quality land, increasing fertilizer use, and its effect on the environment indicate that we need to develop new strategies to increase grain yields with less impact on the environment. One strategy that could help address this concern is by narrowing the yield gaps using improved management. Therefore, the present study was conducted in Khorramshahr region for recognition of best management practices, percentage of the affected fields, estimation of wheat and rapeseed yield potential and gaps using boundary line analysis.

Materials and Methods

To quantify the production and estimation of wheat and rapeseed yield gap in Khoramshahr, Farm management information of 60 wheat fields and 57 rapeseed fields in the years 2018-2019 were collected. The information was collected through continuous farm monitoring during the growing season as along with face to face interviews with the farmers. Farms were selected by consulting with agricultural service centers expert in Khorramshahr districts. Based on the available information at the agricultural service centers, only farms, which is different in terms of acreage, cultural practices and

* **Corresponding Author:** Aydin Khodaei Joghan
E-mail: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

© 2024 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

harvesting operations were selected. In this study, by plotting the distribution of the yield obtained in each field as the dependent variable against the independent variables (crop management activities), using SAS software and an appropriate function was fitted on the upper edge of the data distribution.

Results and Discussion

Using this boundary line analysis method, the average yield, attainable yield and yield gap of wheat were obtained as 3740, 5455 and 1715 kg per hectare respectively. The yield gap percentage in wheat was 31.5% and rapeseed was 48%, which indicates the high effectiveness of wheat and rapeseed in relation to the use of appropriate management methods. The analysis of the investigated data in wheat fields showed that in order to achieve the achievable yield, 258 kg per hectare of seeds, the use of Mehrgan variety, the planting date until October 24, the amount of 280 kg per hectare of nitrogen fertilizer, the consumption of at least 100 Phosphorus fertilizer per hectare was at least 6 kg with irrigation and consumption of at least 70 kg of potassium fertilizer. Also, according to the frontier line analysis, the average yield of rapeseed farmers is 1663 kg, they can achieve a yield of 3197 kg per hectare by improving crop management, and for this purpose, the following measures should be taken into account: 1) consuming a maximum of seven kilograms of seeds per hectare 2) Planting date up to 17 November 3) Use of at least 300 kg of nitrogen fertilizer 4) At least 42 kg of phosphorus fertilizer 5) Use of Hyola 50 variety.

Conclusion

In this study by examining several important management factors in growing wheat and rapeseed, optimal requirements of each factor to achieve the highest yield was determined by borderline analysis. In addition, the percentage of farms that had poor management as well as wheat and rapeseed yield potential and gaps in Khorramshahr. Yield responses to management practices were evaluated and studied by means of borderline analysis. Best management practices could be devised using study findings to realize the highest yield potential.

Keywords: Actual yield, Attainable yield, Borderline analysis, Simulation

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۷(۳)، ۳۷۳ -۳۸۵
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43754.2101
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۱

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

ارزیابی خلاء عملکرد گندم و کلزا با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (BLA) در شهرستان خرمشهر

حمید مطوریان[۱]، آیدین خدایی جوقان [۲*]، محمدرضا مرادی تلاوت [۳]، سید عطاء الله سیادت[۴]، بنیامین ترابی [۵]

۱- دانش آموخته اگرواکولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
٤- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۵- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

این پژوهش به منظور مستندسازی فرایند تولید مرتبط با مدیریت زراعی ۶۰ مزرعه گندم و۵۷ مزرعه کلزا با تنوع در سطح زیرکشت، عملیات زراعی و میزان عملکرد براساس اطلاعات مراکز خدمات و پایش مستمر در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. اطلاعات مورد نیاز مربوط به مزارع (موقعیت و وضعیت زهکشی)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع، تعداد و زمان شخم و دیسک)، رقم مورد استفاده (نحوه ضدعفونی بذر، میزان بذر و وسیله کاشت)، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود، و زمان مصرف کود پایه و سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد، میزان و زمان آبیاری (روش‌های آبیاری سنتی و تحت فشار) و مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد) از طریق پرسشنامه از کشاورزان و یا مشاهده و اندازه‌گیری تکمیل و در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان ثبت گردید. در این مطالعه خلاء عملکرد به روش آنالیز خط مرزی و با رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل متغیرهای مختلف مدیریتی و بیشترین عملکردها در سطوح مختلف هر نهاده یا مدیریت خاص انتخاب شد. با استفاده از این روش میانگین عملکرد، عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد گندم به‌ترتیب ۳۶۵۴، ۴۸۳۹ و ۱۱۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تجزیه و تحلیل داده‌های مورد بررسی مزارع گندم نشان داد که جهت رسیدن به عملکرد قابل حصول به مصرف ۲۵۸ کیلوگرم در هکتار بذر، استفاده از رقم مهرگان، تاریخ کاشت تا ۲۴ مهرماه، کاربرد ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، مصرف حداقل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، حداقل ۶ بار آبیاری و استفاده از حداقل ۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم نیاز است. همچنین متوسط عملکرد کشاورزان کلزاکار ۲۰۶۳ کیلوگرم بود که با بهبود مدیریت زراعی می‌توان به عملکرد ۲۹۳۹ کیلوگرم در هکتار دست یافت و برای این منظور مصرف حداکثر هفت کیلوگرم بذر در هکتار، تاریخ کاشت حداکثر تا ۱۷ آبان، استفاده از حداقل ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، کاربرد حداقل ۴۲ کیلوگرم کود فسفر و استفاده از رقم هایولا۵۰ لازم است. بر اساس یافته‌های این پژوهش درصد خلاء عملکرد در گندم ۳۱/۵ درصد و کلزا ۴۸ درصد بود که نشان-دهنده تاثیرپذیری بالای گندم و کلزا نسبت به استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب دارد.

کلید واژه‌ها: عملکرد واقعی، عملکرد قابل‌حصول، آنالیز خط‌مرزی، امنیت غذایی

* **نویسنده مسئول:** آیدین خدایی جوقان
رایانامه: a.khodaei@asnrukh.ac.ir

مقدمه

در نیم قرن گذشته جمعیت جهان از ۳/۱ میلیارد نفر در سال ۱۹۶۱ به بیش از ۷/۲ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۲ میلادی (با نرخ رشد سالانه ۱/۶ درصد) رسیده است و در مقابل تولید محصولات کشاورزی از ۸۷۷ میلیون تن در سال ۱۹۶۱ میلادی به ۲۵۴۶ میلیون تن در سال ۲۰۱۲ میلادی (با نرخ رشد سالانه ۲/۱ درصد) افزایش یافته است (Beddow *et al.*, 2015). طبق تعریف سازمان خواروبار جهانی (۲۰۰۱) امنیت غذایی، دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی همه افراد جامعه به غذای کافی، سالم و مقوی در هر زمان و در هر مکان به منظور داشتن زندگی فعال و سالم است.

اگر چه در ابتدای قرن حاضر به علت بهبود بهره‌وری گیاهان زراعی، نگرانی‌های کمی در مورد تقاضای تغذیه‌ای رو به افزایش در جهان وجود داشت و تصور می‌شد که روند افزایش تولید غذا ادامه دارد اما امروزه این آگاهی بوجود آمده است که ادامه شیوه‌های کشت و کار معمول نمی‌تواند پاسخگوی این نیاز باشد. در شرایط فعلی اتفاقاتی از قبیل افزایش چشمگیر در قیمت مواد غذایی، فقر و گرسنگی دور از انتظار نیست (Godfrey *et al.*, 2010). از طرف دیگر افزایش جمعیت و مصرف، فشار زیادی را بر کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست وارد خواهد آورد (Foley *et al.*, 2011). Godfrey *et al* (2010) اشاره داشتند که برای تغییر بنیادی کشاورزی بدون اثرات زیست محیطی تولید غذا به ۴۰ سال زمان نیاز است. ادامه روند افزایش جمعیت و سطح رفاه عمومی و همچنین بالا رفتن تقاضا برای سوخت‌های زیستی به معنای تقاضای بیشتر برای تولید محصولات کشاورزی است (Beddow *et al.*,2015).

به نظر می‌رسد که افزایش سطح زیر کشت در آینده راه حل مطلوبی نخواهد بود زیرا این امر مستلزم استفاده از اراضی حاشیه‌ای است که علاوه بر عملکرد پایین از ثبات اندکی نیز برخوردار می‌باشند. افزایش عملکرد در واحد سطح یک راهبرد مهم بوده که مورد تأکید قرار گرفته است (Cumingham *et al.*, 2013). عملکرد گیاهان زراعی توسط عوامل مختلف محدودکننده و کاهنده تعیین می‌شود. در صورتی که آب و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه فراهم و محیط رشد عاری از هرگونه علف هرز، آفت یا بیماری باشد سرعت رشد محصول توسط عوامل محیطی تعیین می‌گردد. عملکرد در این شرایط به عملکرد بالقوه یا پتانسیل موسوم است (Torabi *et al.*, 2011). عملکرد واقعی عملکرد برداشت شده در مزرعه را نشان می‌دهد و اختلاف بین عملکرد پتانسیل و واقعی خلاء عملکرد نامیده می‌شود (Lobell *et al.* 2009). بررسی فاصله کمی ایجاد شده بین عملکرد قابل حصول در مزرعه و میانگین عملکرد واقعی مزارع در یک منطقه تحت عنوان آنالیز خلأ عملکرد نامیده می‌شود (Van Ittersum *et al.* 2013). تفاوت‌های بین عملکرد واقعی در سطح مزارع و عملکرد قابل حصول، محققین را بر آن داشته است که دلایل این تفاوت را بررسی کنند. خلاء عملکرد به عوامل مختلفی از جمله عوامل مرتبط با خاک از قبیل بافت و ساختمان نامناسب خاک، کمبود و یا عدم توازن عناصر غذایی، شوری خاک، عوامل مرتبط با آب مانند کمبود رطوبت، شوری آب، مکانیزاسیون مورد استفاده و همچنین عوامل کاهنده عملکرد مانند آفات، بیماری ها و علف های هرز نسبت داده شده است (Bhatia *et al.*, 2008). روش‌های آماری مختلفی جهت تعیین این اختلاف وجود دارد یکی از روش‌های آماری که توانایی تجزیه داده‌های میدانی را دارد آنالیز خط مرزی (*BLA*) است.

محققان بسیاری با استفاده از روش‌های آماری مختلف از میان ۵ تا ۱۰ درصد از کشاورزانی که بیشترین عملکرد را در مطالعات میدانی یا ملاقات چهره به چهره با کشاورزان کسب کرده‌اند، جهت تخمین عملکرد پتانسیل استفاده کرده‌اند (Affholder *et al.*, 2003). در این گونه مطالعات اگر منابع تولیدگیاهی (شامل خصوصیات خاک) و سطوح مختلف ورودی‌ها هم جمع‌آوری شود، می‌توان با استفاده از روش‌های آماری نظیر آنالیز خط مرزی، بالاترین عملکردها را در پاسخ به سطح معینی از

دسترسی به منابع مشخص کرد (Hajarpoor *et al.*, 2016). آنالیز خط‌مرزی روشی است که به نظر می‌رسد در این گونه مطالعات می‌تواند مکملی برای روش‌های رگرسیونی و مدل‌های آماری معمول باشد. در آنالیز خط مرزی می‌توان بین حداکثر عملکردهای بدست آمده و و یک متغیر به‌تنهایی و بدون در نظر گرفتن تاثیر سایر عوامل یک رابطه برقرار کرد. این روش تغییرات عملکرد به یک متغیر خاص را مشخص می‌کند. در آنالیز خط مرزی به‌جای برازش خط رگرسیون از وسط پراکندگی داده‌ها، بالاترین مرز پراکندگی داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. خط برازش داده شده در این روش نشان‌دهنده عملکرد پتانسیل خواهد بود. براین اساس Dastan *et al.*(2019) خلاء عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی در تولید کلزا به روش تحلیل مقایسه کارکرد و آنالیز خط مرزی در منطقه نکا را مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی در روش تحلیل مقایسه کارکرد متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۲۳۹۴ و ۴۱۱۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده در مزرعه نیز برابر ۲۰۵۱ و ۳۰۸۵ کیلوگرم در هکتار بود. کل خلاء عملکرد تخمین زده شده برابر ۱۷۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. بالاترین درصد از کل خلاء عملکرد مربوط به کود سرک نیتروژن تعداد دفعات مصرف علفکش به ترتیب ۲۷ و ۲۴ درصد محاسبه شد. در روش آنالیز خط‌مرزی نیز مشکل بیماری‌ها و آفات بالاترین درصد خلاء عملکرد را به ترتیب ۱۳ و ۱۱ درصد به خود اختصاص دادند. Hajarpoor *et al.* (2016) در مطالعه خلاء عملکرد گندم در گرگان با استفاده از روش آنالیز خط مرزی مشخص کردند که خلاء عملکرد ناشی از میزان نیتروژن مصرفی ۲۴ درصد، میزان نیتروژن پس از کاشت ۲۴ درصد، میزان فسفر مصرفی ۲۷ درصد، میزان پتاس مصرفی ۲۵ درصد، تعداد دفعات آبیاری ۲۶ درصد، تراکم ۲۳ درصد و تاریخ کاشت ۲۵ درصد بود. نتیجه حاصله این بود درحالی که متوسط عملکرد کشاورزان۴۷۰۰ کیلوگرم است، آن ها می‌توانند با بهبود مدیریت زراعی به عملکرد ۶۲۰۰ کیلوگرم در هکتار دست یابند. Nekahi *et al.* (2014) در مطالعه خلاء عملکرد با مدیریت زراعی در گندم در بندر گز دریافتند که تاریخ کاشت ۳۶ درصد، استفاده از رقم N8019، ۲۱ درصد، سموم تاپیک و گرانستار ۱۸ درصد، تراکم بوته ۱۵ درصد و تجربه کشاورز ۱۰ درصد بر میزان خلاء عملکرد تاثیرگذار بودند. نتایج این آزمایش نشان داد بین متوسط عملکرد واقعی (۲۲۳۶ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قابل حصول (۵۶۹۸ کیلوگرم در هکتار)، ۳۴۶۲ کیلوگرم در هکتار خلاء وجود دارد.

شهرستان خرمشهر بیش از ۴۰ هزار هکتار اراضی قابل کشت دارد که در صورت ارزیابی صحیح عوامل موثر خلاء عملکرد در این منطقه، می‌توان برای افزایش تولید برنامه‌ریزی کرد. بنابراین هدف از این تحقیق تعیین میزان خلاء عملکرد و سهم عوامل محدودکننده مدیریت زراعی عملکرد گندم و کلزا در منطقه خرمشهر با استفاده از روش آنالیز خط مرزی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در منطقه خرمشهر واقع در جنوب غرب استان خوزستان طی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. شهرستان خرمشهر در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و تا مرکز استان یعنی اهواز، ۱۲۵ کیلومتر فاصله دارد. در این پژوهش کلیه عملیات‌های مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت مربوط به ۶۰ مزرعه گندم و ۵۷ مزرعه کلزا به صورت پیمایشی و از طریق مطالعات میدانی برای برآورد خلاء عملکرد ثبت شد. برای انجام این تحقیق ابتدا مزارع با کمک مراکز خدمات کشاورزی شهرستان خرمشهر شناسایی و انتخاب شدند. شیوه شناسایی مزارع به شکلی بود که کلیه روش‌های عمده تولید را در منطقه پوشش داده و از لحاظ مدیریتی نیز دارای تنوع باشند. با استفاده از پرسشنامه و بازدیدهای میدانی و اندازه‌گیری‌های مختلف، همه داده‌های مدیریتی شامل عملیات تهیه زمین، الگوهای زراعی انجام شده از نظر تناوب، تاریخ کشت، ارقام کشت شده و داده‌های مربوط به آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز گردآوری شد. در این مطالعه تاثیر عوامل

مربوط به خاک و گیاه در نظر گرفته نشد. داده‌های مورد نیاز شامل اطلاعات مزارع (موقعیت و وضعیت زهکشی)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع، تعداد و زمان شخم و دیسک)، رقم مورد استفاده (نحوه ضدعفونی بذر، میزان بذر و وسیله کاشت)، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود، و زمان مصرف کود پایه و سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد، میزان و زمان آبیاری (روش‌های آبیاری سنتی و تحت فشار) و مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد) از طریق پرسشنامه از کشاورزان و یا مشاهده و اندازه‌گیری تکمیل و در پایان فصل رشد میزان عملکرد واقعی برداشت شده توسط کشاورزان ثبت گردید. در این تحقیق عملکرد پتانسیل، بهترین میزان مشاهده شده متغیرهاست که در واقع بهترین مقادیر و الگوهای زراعی و مدیریتی به‌کار رفته توسط کشاورزان بود. همچنین عملکرد واقعی بر اساس میانگین عملکرد مزارع مورد مطالعه محاسبه شد. اختلاف این دو نشان دهنده خلاء عملکرد می‌باشد. اختلاف حاصل‌ضرب میزان میانگین مشاهده شده برای هر متغیر درضریب آن با حاصل‌ضرب بهترین میزان مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان‌دهنده میزان خلاء عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. آنالیز خط مرزی بین حداکثر عملکردهای بدست آمده و یک متغیر به تنهایی و بدون در نظر گرفتن تاثیر سایر عوامل یک رابطه برقرار می‌کند. این روش تغییرات عملکرد به یک متغیر خاص را مشخص می‌کند. در آنالیز خط مرزی به‌جای برازش خط رگرسیون از وسط پراکندگی داده‌ها، بالاترین مرز پراکندگی داده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. خط برازش داده شده در این روش نشان‌دهنده عملکرد پتانسیل خواهد بود. در این تحقیق با رسم نمودار پراکنش میزان عملکرد به دست آمده در هر مزرعه به عنوان متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل (مدیریت‌های زراعی)، با استفاده از نرم افزار SAS و رویه غیر خطی (Soltani *et al.*, 2011) یک تابع بر لبه بالایی پراکنش داده‌ها برازش داده شد. مقایسه صفات کیفی به‌صورت نمودارهای جعبه‌ای و صفات کمی، با استفاده از رگرسیون خطی اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

میزان بذر مصرفی

در این بررسی میزان بذر مصرفی در بیشتر مزارع گندم (۴۵ درصد از مزارع معادل۲۷ مزرعه) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین آنها (۱/۶۷ درصد از مزارع معادل یک مزرعه) ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در این تحقیق بذر مصرفی ۹۵ درصد از مزارع گندم (۵۷ مزرعه) تا ۱۵۰کیلو در هکتار بود. نمودار آنالیز خط مرزی مزارع گندم برحسب میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) یک مدل منحنی را نشان می‌دهد که با افزایش میزان بذر مصرفی تا ۲۵۸/۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد به بالاترین سطح معادل ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید و پس از آن روند نزولی را پیش گرفت (شکل۱).

بیشترین درصد فراوانی بذر مصرفی در ۲۴/۵۶ درصد از مزارع کلزا (هرکدام ۱۴ مزرعه) به میزان ۱۰ و ۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در ۱۴/۰۴ درصد مزارع (۸ مزرعه) ۱۲ کیلوگرم در هکتار، در ۱۲/۲۸ درصد از مزارع (۷ مزرعه) ۶ کیلوگرم در هکتار، در ۸/۷۷ درصد از مزارع (هرکدام ۵ مزرعه) ۱۱ و ۸ کیلوگرم در هکتار و در ۷/۰۲ درصد از مزارع (۴ مزرعه) ۹ کیلوگرم در هکتار بذر استفاده شد. شکل۲ آنالیز خط مرزی مزارع کلزا برحسب میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) را نشان می‌دهد. نمودار آنالیز خط‌مرزی مزارع کلزا به‌صورت یک مدل دو تکه‌ای نشان داده شده است. در این نمودار افزایش میزان بذر مصرفی تا ۷ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد به میزان ۲۹۷۵ کیلوگرم در هکتار را ایجاد کرد؛ با افزایش میزان بذر مصرفی از مرز ۷ کیلوگرم در هکتار افزایش عملکرد محسوسی مشاهده نشد.

رقم

در شکل ۳ مقایسه میانگین عملکرد گندم براساس نوع رقم مورد بررسی قرار گرفت. اختلاف عملکرد بین تمامی

ارقام به استثناء دو رقم مهرگان و برات در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین اختلاف عملکرد مربوط به دو رقم برات و سیروان با ۱۸۳۹/۴۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. کمترین اختلاف مربوط به دو رقم مهرگان و برات با ۳۴۲/۵۴ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

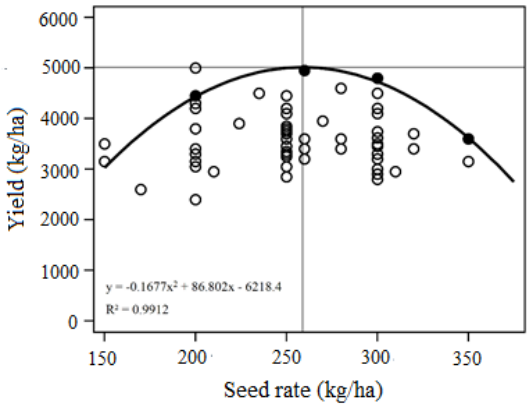

Figure 1. Amount of wheat seed consumption (kg/ha)

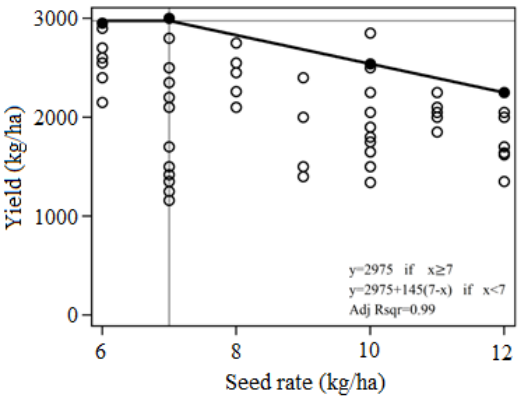

Figure 2. Amount of rapeseed consumption (kg/ha)

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین عملکرد کلزا برحسب رقم کشت نشان داد که فقط بین دو رقم هایولا۵۰ و هایولا۴۲۰ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اختلاف عملکرد بین این دو رقم ۷۲۱/۹۳ کیلوگرم بود (شکل ۴).

تاریخ کشت

نتایج حاصل از بررسی درصد فراوانی تجمعی مزارع گندم براساس تاریخ کشت نشان داد که ۵۱/۶۹ درصد (۳۱ مزرعه) از زارعین نسبت به کشت در تاریخ توصیه شده ۱۵ آبان ماه تا ۱۵ آذرماه اقدام کردند. اراضی کشت شده تا تاریخ ۱۵ آذرماه نیز ۹۵ درصد از مزارع معادل ۵۷ مزرعه را به خود اختصاص دادند. آنالیز خط مرزی عملکرد گندم نسبت به تاریخ کشت یک تابع خطی نزولی را نشان داد (شکل ۵). برآورد نمودار برازش داده شده، تاریخ کشت ۲۴ مهرماه را با عملکرد ۵۰۰۵/۰۳ کیلوگرم در هکتار مشخص کرد. کمترین عملکرد مربوط به تاریخ کشت ۲۰ آذرماه با عملکرد ۴۰۷۱/۵۹ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. نتایج تحقیق Mojtabaie Zamane *et al* (2014) نشان داد که تاخیر در کاشت منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش گندم در شرایط اهواز شد. در کشت تاخیری به‌دلیل برخورد دوره گرده‌افشانی و باروری با دمای بالای آخر فصل تولید و انتقال دانه گرده به کلاله، جوانه‌زنی دانه گرده، رشد لوله‌های گرده در خامه، باروری و نمو تخمک جهت تشکیل دانه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. کاهش در تعداد دانه در اثر تاخیر در کاشت توسط Moshatati *et al* (2010) نیز گزارش شده است.

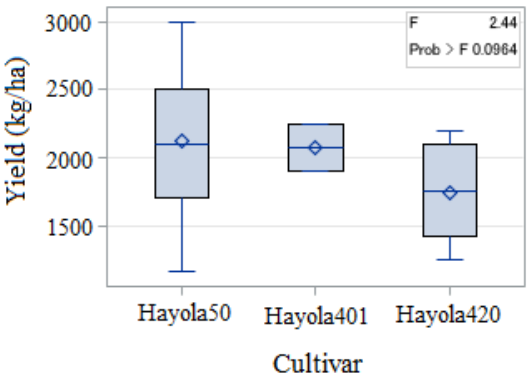

Figure 4.Comparison of the average yield of rapeseed fields according to cultivar

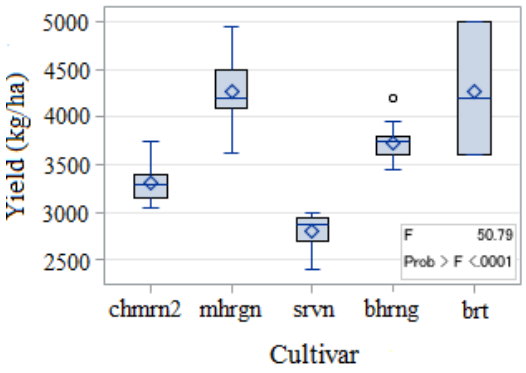

Figure 3.Comparison of the average yield of wheat fields according to cultivar

در مزارع کلزا نیز کشاورزان ۴۴ مزرعه با درصد فراوانی تجمعی ۷۷/۱۹ درصد نسبت به کشت در تاریخ مناسب یکم مهرماه تا ۳۰ آبان ماه اقدام نمودند. تمام کشاورزان با تاریخ کشت خارج از محدوده فوق (درصد فراوانی ۲۲/۸۱ درصد) نسبت به کشت تابستانه شلتوک اقدام کرده بودند که باعث تاخیر در آماده‌سازی زمین و کشت گردید.

در شکل ۶ آنالیز خط مرزی عملکرد کلزا نسبت با تاریخ کاشت ارائه شده است. رابطه برازش داده شده یک نمودار دوتکه را نشان می‌دهد که تا تاریخ ۱۷ آبان ماه با ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را تعیین کرد. تاخیر در کاشت بعد از این تاریخ باعث افت شدید عملکرد گردید به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۲۲ آذرماه دانه برداشت شده ۱۴۲۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

میزان کود نیتروژن

نمودار برازش شده آنالیز خط مرزی عملکرد گندم نسبت به میزان کل کود اوره یک نمودار منحنی را نشان می‌دهد که بالاترین عملکرد به میزان ۵۲۰۹/۰۶ کیلوگرم در هکتار را در نقطه ۲۸۰ کیلو کود اوره در هکتار برآورد کرد (شکل ۷). کمترین عملکرد نیز در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۲۵۷۴/۰۲ کیلوگرم در هکتار نشان داد. در این نمودار کاهش یا افزایش میزان کود اوره از سطح ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش عملکرد گردید.

آنالیز مدل خطی عملکرد کلزا به واسطه میزان کل کود اوره در شکل ۸ ارائه شده است. در این رابطه با افزایش مصرف کود اوره عملکرد به صورت خطی افزایش پیدا کرد؛ به طوری‌که در سطح ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار کود اوره عملکردی معادل ۳۰۰۸/۱۹ کیلوگرم دانه در هکتار به‌دست آمد.

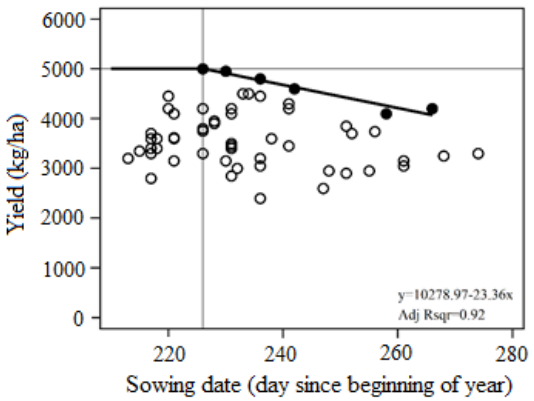

Figure 5. Borderline analysis of wheat yield according to planting date

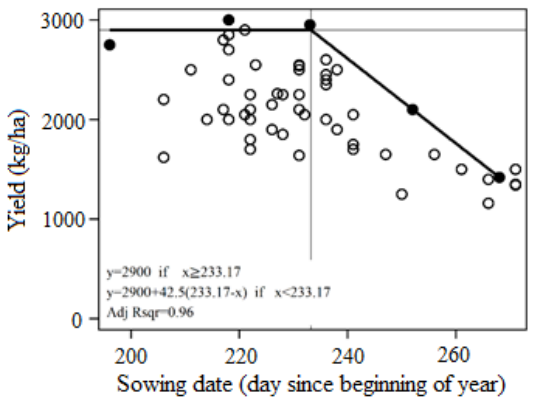

Figure 6. Borderline analysis of rapeseed yield according to planting date

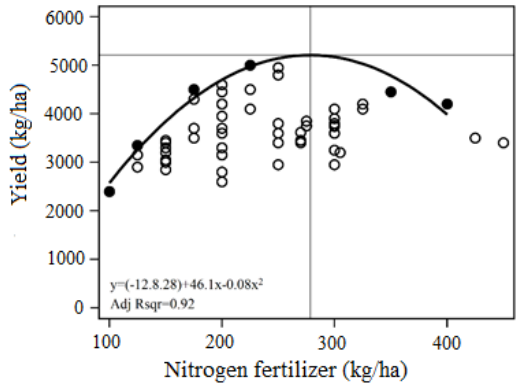

Figure 7. Borderline analysis of wheat yield in relation to nitrogen fertilizer

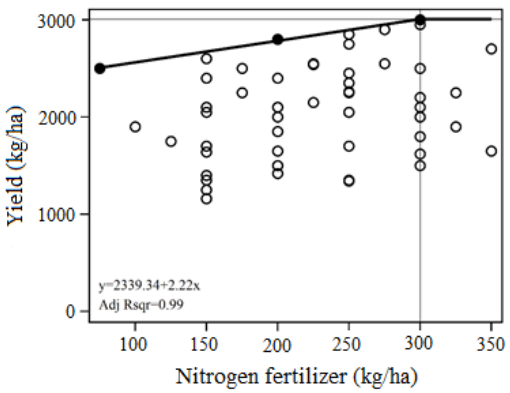

Figure 8. Borderline analysis of rapeseed yield in relation to nitrogen fertilizer

میزان مصرف کود فسفر

آنالیز خط مرزی عملکرد مزارع گندم برحسب میزان کود سوپرفسفات تریپل یک تابع خطی را نشان داد که با افزایش میزان کود سوپرفسفات تریپل عملکرد دانه گندم افزایش یافته به‌طوری‌که در سطح ۱۰۰ کیلوگرم و بالاتر عملکرد ۴۹۷۵ کیلوگرم در هکتار پیش‌بینی شد (شکل ۹).

در شکل ۱۰ آنالیز خط مرزی عملکرد مزارع کلزا برحسب میزان مصرف کود سوپرفسفات تریپل مشخص شده است. در این نمودار که یک تابع دوتکه‌ای است با افزایش میزان مصرف کود سوپرفسفات تریپل تا سطح ۴۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد افزایش پیدا کرده و به ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. پس از آن با افزایش سطوح کود سوپرفسفات تریپل عملکرد افزایش پیدا نکرده و روند ثابتی در عملکرد ۲۹۰۰ کیلوگرم در هکتار را طی کرد.

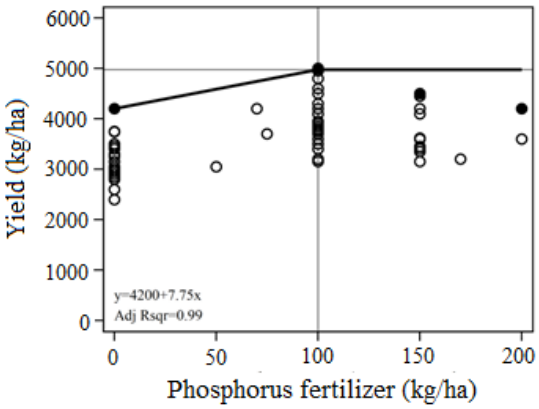

Figure 9. Borderline analysis of wheat yield in relation to phosphorus fertilizer

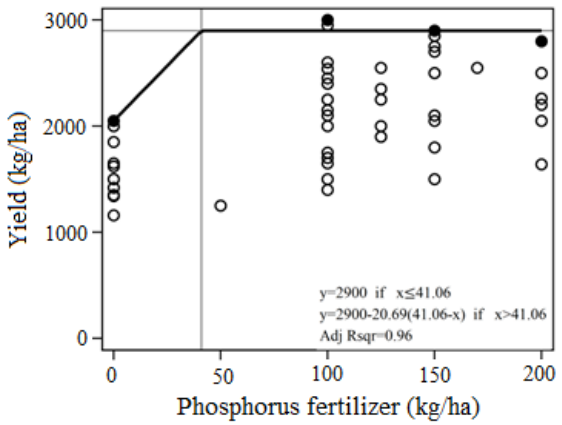

Figure 10. Borderline analysis of rapeseed yield in relation to phosphorus fertilizer

دفعات آبیاری

مقایسه میانگین عملکرد مزارع گندم برحسب دفعات آبیاری اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). بیشترین اختلاف عملکرد مربوط به دور آبیاری ۲ و ۶ بار با ۱۵۱۶/۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه مشاهده شد.

در شکل ۱۲ مقایسه‌ای بین عملکرد مزارع کلزا با دورهای مختلف آبیاری نشان داده شده است. در این مقایسه دور آبیاری ۶ با ۲ بالاترین اختلاف عملکرد را با ۱۵۲۰ کیلوگرم در هکتار دانه کلزا نشان دادند. که از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

میزان کود پتاسیم

نتایج مقایسه میانگین عملکرد مزارع گندم برحسب میزان استفاده از کود پتاسیم اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۱۳). تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که مصرف کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم در منطقه بین صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. بالاترین درصد فراوانی مزارع گندم براساس میزان استفاده از کود سولفات پتاسیم مربوطه به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۳۳/۳۳ درصد (۱۹ مزرعه) و کمترین مربوط به ۱۷۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به میزان ۱/۷۵ درصد (یک مزرعه) مشاهده شد. بالاترین عمکرد مشاهده شده در سطح ۷۰ کیلوگرم کود پتاسیم مشاهده گردید.

بررسی مقایسه میانگین عملکرد مزارع کلزا برحسب میزان مصرف کود پتاسیم نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف مصرف کود پتاسیم وجود دارد (شکل ۱۴).

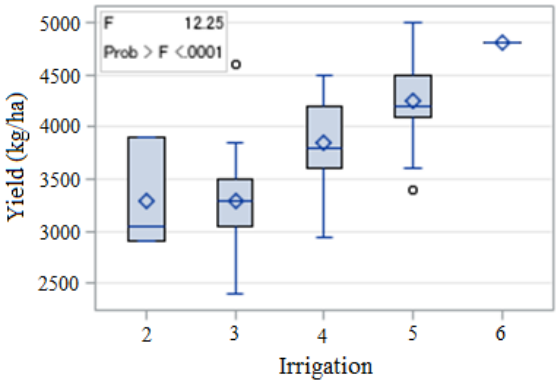

Figure 11. Comparison of the average yield of wheat fields according to irrigation frequency

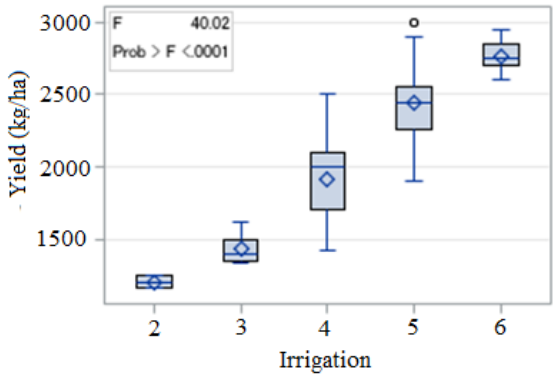

Figure 12. Comparison of the average yield of rapeseed fields according to irrigation frequency

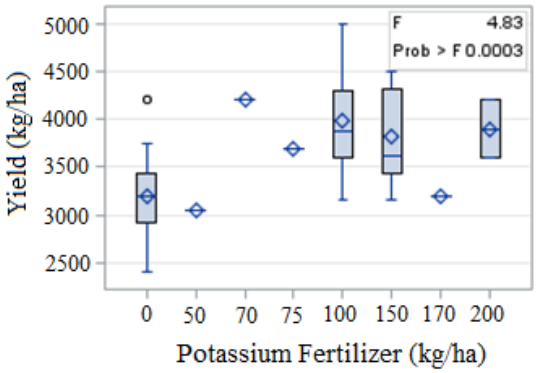

Figure 13. Borderline analysis of wheat yield in relation to potassium fertilizer

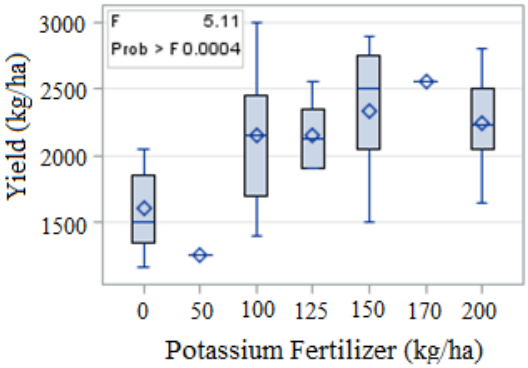

Figure 14. Borderline analysis of rapeseed yield in relation to potassium fertilizer

تعیین حدود بهینه عوامل مدیریتی تاثیرگذار بر عملکرد گندم با استفاده از روش آنالیز خط‌مرزی

در این مطالعه با بررسی عوامل مهم مدیریتی در زراعت گندم حداقل های مطلوب لازم از هر عامل برای دست یافتن به عملکرد بهینه به وسیله آنالیز خط مرزی مشخص شدند (جدول ۱). از مجموع نتایج بدست آمده در مراحل مختلف این تحقیق عملکرد قابل حصول منطقه برابر با ۴۸۳۹/۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی نیز برابر با ۳۶۵۳/۵ کیلوگرم در هکتار بود که خلاء عملکردی معادل ۱۱۸۵/۷ کیلوگرم در هکتار (۲۹/۸ درصد) ایجاد کرد. Mueller *et al* (2012) در مطالعه شبیه‌سازی جهانی خلاء عملکرد گندم در ایران را ۴۰ درصد تعیین کرد که از دلایل اختلاف با مطالعه حاضر پیش‌بینی بالاتر عملکرد پتانسیل پیش‌بینی شده توسط مدل می‌باشد. بالاترین خلاء عملکرد محاسبه شده مربوط به متغیر تاریخ کشت با ۱۳۴۶/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. درصد مزارع خارج از حد بهینه ۵۳ مزرعه و عملکرد براساس حد بهینه ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که در تاریخ کشت ۱۰ آبان‌ماه ایجاد شد.

Moshatati *et al.* (2010) در ارزیابی تحمل ارقام گندم نان بهاره به تنش گرمای انتهای فصل در شرایط اهواز مناسب‌ترین تاریخ کشت را ۱۵ آذرماه به‌دست آورد که با نتیجه این تحقیق مغایرت داشت که از دلایل آن می‌توان به افزایش طول دوره رشد رویشی و زایشی در تاریخ کشت زودتر از ۱۵ آبان اشاره کرد که در تحقیق Moshatati *et al.* (2010) بررسی نشده بود.

نتایج حاصل از مقایسه بین متغیر وابسته عملکرد و متغیر مستقل میزان بذر نشان می‌دهد که ۵۶ مزرعه خارج از حد بهینه بودند. حداقل حدبهینه مربوط به این متغیر برابر ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۴۹۳۱ کیلوگرم در هکتار و با خلاء عملکرد ۱۲۷۷/۵ کیلوگرم یافته‌های آنالیز خط مرزی متغیر رقم کشت نیز نشان می‌دهد که حداقل حد بهینه مربوط به رقم مهرگان بوده و ۴۳ مزرعه خارج از حد بهینه بودند. عملکرد بر اساس حد بهینه نیز تحت اثر این متغیر برابر ۴۲۶۶/۷ کیلوگرم در هکتار با خلاء عملکرد معادل ۶۱۳/۲ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. حداقل حد بهینه برای متغی‌های میزان کود نیتروژن ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار، میزان کود فسفر ۱۰۰کیلوگرم در هکتار و میزان کود پتاسیم ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. درصد مزارع خارج از حد بهینه در این سه متغیر به ترتیب ۴۹، ۲۴ و ۵۸ مزرعه، عملکرد براساس حد بهینه ۴۹۲۶/۸، ۴۹۷۵ و ۴۹۷۵ کیلوگرم در

هکتار و خلاء عملکرد ۱۲۷۳/۳، ۱۳۲۱/۵ و ۱۳۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به متغیر دفعات آبیاری نیز نشان می دهد که حداقل حد بهینه برابر شش بار آبیاری و درصد مزارع خارج از حد بهینه برابر ۵۹ مزرعه بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۴۸۰۰ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد برابر ۱۱۴۶/۵ کیلوگرم در هکتار (۲۳/۹ درصد) بود. Aidi zadeh *et al.* (2016) در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر روی عملکرد گندم در شرایط اقلیمی رامین در سطوح آبیاری یک تا پنج بار نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار پنج بار آبیاری بود که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

تعیین حدود بهینه عوامل مدیریتی تاثیرگذار بر عملکرد کلزا با استفاده از روش آنالیز خط‌مرزی

عملکرد قابل حصول مربوط به دفعات آبیاری نشان داد که ۵۲ مزرعه خارج از حد بهینه بودند. عملکرد بر اساس حد بهینه برای متغیر دفعات آبیاری(۲۹۷۵ کیلوگرم در هکتار) با شش دور ایجاد شد که به‌ترتیب ۳۰/۶۶ درصد از خلاء عملکرد مربوط به هر متغیر را ایجاد کردند.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به متغیر بذر مصرفی نیز نشان می دهد که حداقل حد بهینه برابر هفت کیلوگرم در هکتار و درصد مزارع خارج از حد بهینه برابر ۵۰ مزرعه بود. عملکرد بر اساس حد بهینه برای این متغیر برابر ۲۹۷۵ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد برابر ۹۱۱/۴ کیلوگرم در هکتار (۳۰/۶ درصد) بود. رقم‌های استفاده شده در مزارع مورد ارزیابی هایولا۵۰، هایولا۴۰۱ و هایولا۴۲۰ بودند. حداقل حد بهینه مربوط به مزارع کشت شده با رقم هایولا۵۰ با خلاء عملکردی معادل ۷۵۶/۴ کیلوگرم در هکتار و ۲۶/۸ درصد از کل خلاء عملکرد مربوط به این متغیر بود. مزارع خارج از حد بهینه مربوط به این متغیر ۱۱ مزرعه و عملکرد بهینه ۲۸۲۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. آنالیز خط مرزی مزارع مورد مطالعه براساس متغیرهای کمی میزان کل کود نیتروژن، کود فسفر و کود پتاسیم حداقل حد بهینه به‌ترتیب ۳۰۰، ۴۱ و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار بود هم‌چنین عملکرد براساس حد بهینه در این متغیرها به‌ترتیب ۳۰۰۸/۲، ۲۹۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که باعث ایجاد خلاء عملکردی معادل ۹۴۴/۶، ۹۳۶/۴ و ۸۳۶/۴ کیلوگرم در هکتار گردید.

Table 1. The results of border line analysis along with the calculation of the optimal yield and yield gap of wheat and canola

Variables	unit	Minimum optimal level		Farmers out of optimal (%)		Yield at optimal (kg ha^{-1})		Yield gap (kg ha^{-1})		Yield gap (%)	
		wheat	Rapeseed	wheat	Rapeseed	wheat	Rapeseed	wheat	Rapeseed	wheat	Rapeseed
Seed rate	kg/ha	260	7	56	50	4931	2975	1277.5	911.4	25.9	30.6
cultivar	*	3	1	43	11	4266.7	2820	613.2	756.4	14.4	26.8
Sowing date	Day	226	233	53	27	5000	2900	1346.5	836.4	26.9	28.8
Nitrogen fertilizer	kg/ha	280	300	49	44	4926.8	3008.2	1273.3	944.6	25.8	31.4
Phosphorus fertilizer	kg/ha	100	41	24	13	4975	2900	1321.5	836.4	26.6	28.8
Potassium Fertilizer	kg/ha	80	170	58	56	4975	3000	1321.5	936.4	26.6	31.2
Irrigation	*	6	6	59	52	4800	2975	1146.5	911.4	23.9	30.6
Average	*	*	*	*	*	4839.2	2939.7	1185.7	876.1	24.5	29.8

در این مطالعه میزان خلاء عملکرد کلزا و دلایل ایجاد آن به وضوح نشان داده شده است. به طور مثال از جدول ۱ می‌توان متوجه‌شد که بالاترین خلاء عملکرد ایجاد شده به میزان ۹۱۱/۴ کیلوگرم در هکتار مربوط به دفعات آبیاری و میزان بذر بود که به‌ترتیب با استفاده از حداقل شش بار آبیاری و ۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. به طور معمول استفاده از آنالیز خط مرزی در مطالعات خلاء عملکرد می تواند به خوبی تاثیر عوامل مدیریتی بر میزان عملکرد را نشان دهد در نتیجه می‌توان بهترین مدیریت ها را جهت رسیدن به بالاترین عملکرد مشخص کرد. از معایب این روش این است که تاثیر متغیرها بر عملکرد به تنهایی محاسبه شده و برهمکنش آنها غیرمعنی‌دار در نظر گرفته می‌شود همچنین عملکرد بهینه به‌دست آمده نشان دهنده عملکرد پتانسیل نبوده و در سال‌های مختلف و شرایط آب و هوایی متفاوت قابل تغییر است.

نتیجه‌گیری

تأمین امنیت غذایی، یکی از بزرگترین مشکلات انسان عصر حاضر است. پژوهش‌های زراعی کمک شایان توجهی به افزایش قابل ملاحظه تولیدات کشاورزی در قرن اخیر نموده است. این افزایش تولید عمدتا نتیجه اصلاح گیاهان زراعی و بهبود روش‌های مدیریتی و مصرف نهاده‌ها بوده است. با توجه به مخاطرات مختلف محیطی، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و عدم وجود ارقام مناسب، خلاء عملکرد یکی از علل اصلی کاهش تولید گیاهان زراعی است؛ که این کاهش به‌طور مستقیم به روش‌های مدیریتی نامناسب مربوط می‌باشد.

در این تحقیق هر کدام از عوامل مدیریتی به تنهایی در مقایسه با عملکرد پتانسیل مورد بررسی قرار گرفته و موثرترین عوامل در تعیین خلاء عملکرد گندم و کلزا به‌دست آورده شد. با استفاده از این روش میانگین عملکرد و عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد گندم به‌ترتیب۳۶۵۴، ۴۸۳۹ و ۱۱۸۵ کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید هم‌چنین این ارقام در کلزا به ترتیب ۲۰۶۳، ۲۹۳۹ و ۸۷۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. درصد خلاء عملکرد در گندم و کلزا ۲۴/۵ و ۲۹/۸ درصد مشاهده شد که نشان‌دهنده تاثیرپذیری بالاتر کلزا نسبت به استفاده از روش‌های مدیریتی مناسب دارد. مهم‌ترین متغیرهای موثر در خلاء عملکرد شامل میزان بذر، رقم و تاریخ کشت، میزان کود نیتروژن، فسفر و پتاسیم و دفعات آبیاری بود.

سپاس گزاری

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان و جناب آقای دکتر ابوالفضل درخشان بدلیل کمک های ارزنده قدردانی می گردد.

References

Affholder, F., Scopel, E., Neto, J.M., & Capillon, A. (2003). Diagnosis of the productivity gap using a crop model. Methodology and case study of smallscale maize production in central Brazil. *Agronomy*, 23: 305-325.

Beddows, J. M., Hurley, T. M., Parley, P. G., & Alston, J. M. (2015). Rethinking yield gaps. University of Minnesota, Department of Applied Economics. *Minneapolis*, USA.

Bhatia, V., Singh, P., Wani, S., Chauhan, G., Rao, A.K., Mishra, A., & Srinivas, K. (2008). Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using CROPGRO-Soybean model. *Agricultural and Forest Meteorology* 148(8): 1252-1265.

Cunningham, S.A., Attwood, S.J., Bawa, K.S., Benton, T.G., Broadhurst, L.M., Didham, R.K., McIntyre, S., Perfecto, I., Samways, M.J., Tscharntke, T., Vandermeer, J., Villard, M.-A., Young, A. G., & Lindenmayer, D.B. (2013). To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agricultural Ecosystem and Environment*. 173:20-27.

Dastan, S., Nezamzadeh, S., Soltani, A., & 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(2), 76-107. [In Persian]

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., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., & Toulmin, C., (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812–818.

Hajjarpoor, A., A. Soltani & B. Torabi. (2016). Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Electronic Crop Production*. 8: 183-201. [In Persian]

Lobell, D.B., Cassman, K.G., & Field, C.B. (2009). Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. Annu. Rev. *Environment Resources*. 34:179-204.

Mojtabaie Zamani, M., Nabipoor, M., & Mesgarbashi, M. (2014). Responses of bread wheat genotypes to heat stress during grain filling period under Ahvaz conditions. *Plant Productions*. 37(4), 119-130. [In Persian]

Moshatati, A., Alami Saied, Kh., Siadat, Sa., Bakhshsndeh, Am., & Galal Kamali, Mr. (2010). Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring bread wheat cultivars in Ahwaz conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12(2), 85-99. [In Persian]

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., & Foley, J.A. (2012). Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*. 490:254-257.

Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Hoseini, F., Shahoseini, A., & Mehmandoy, M. (2017). Soybean (*Glycine max* L. Merr.) yield gap analysis using boundary line method in Gorgan and Aliabad Katul. *Journal of Agroecology*. 9(3), 760-776. [In Persian]

Nekahi, M. Z., A. Soltani, A. Siahmarguee & N. Bagherani. (2014). Yield gap associated with crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-Gaz). *Electronic Crop Production*. 7: 135-156. [In Persian]

Soltani, A., Hajjarpoor, A., and Vadez, V. (2016). Analysis of chickpea yield gap and water-limited potential yield in Iran. *Field Crops. Research*. 185:21-30.

Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2011). Analyzing wheat yield constraints in Gorgan with comparative performance analysis (CPA) method (Research Report). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 65p.

Torabi, B., (A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D. in Agronomy) (2011). Analysis of the yield limitations in Gorgan using simulation model and hierarchical process (AHP). Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, 223pp. [In Persian]

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2012). Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Electron. Crop Production*. 4:1-17. [In Persian]

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P., & Hochman, Z. (2013).Yield gap analysis with local to global relevance-A review. *Field Crops Research*. 143:4-17.