Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 14, No. 2, Summer 2022, p. 275-289

Analyzing Rapeseed (*Brassica napus* L.) Yield Gap using Comparative Performance Analysis (CPA) in Khorramshahr

H. Matourian[1], A. Khodaei Joghan[2*], M. Moradi Telavat[3], S.A. Siadat[4] and B. Torabi[5]

Received: 13-11-2020 Revised: 04-04-2021 Accepted: 12-04-2021 Available Online: 14-09-2022	**How to cite this article:** Matourian, H., Khodaei Joghan, A., Moradi Telavat, M., Siadat, S.A., and Torabi, B., 2022. Analyzing rapeseed (*Brassica napus* L.) yield gap using comparative performance analysis (CPA) in Khorramshahr. Journal of Agroecology 14(2):275-289. DOI: 10.22067/agry.2021.67226.0

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 loss of high-quality lands, 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. Comparative Performance Analysis (CPA) is an approach for studying yield gaps; it defines quantified yield-gap functions. Assessing the yield gaps in major field crops can help us understand yield variability and potential. Rapeseed is one of the world's most important oilseeds, and its production has economic and agronomic advantages. Rapeseed oil is considered a healthy ingredient and the third most used oil in foods. There is a difference between the average yield and the maximum expected yield of rapeseed in Khorramshahr. There are potential lands in this region that, by investigating the reasons for low yield, farmers can be encouraged to cultivate rapeseed on their farms. Therefore, this study aimed to determine the yield gap and the limiting management factors in rapeseed cultivation of Khorramshahr.

Materials and Methods

This study was carried out to investigate management factors causing the rapeseed yield gap in Khorramshahr during the 2018-2019 growing season. This study recorded information from 57 farms with variation in the area under cultivation, farm management and yield based on information from local experts and field studies. The comparative performance analysis (CPA) method was used to evaluate the yield gap. All information related to management practices was either measured or recorded. From the relationship between all measured variables (quantitative and qualitative) yield model was obtained through stepwise regression. By putting the best-observed value of the variables in the model, the maximum attainable yield was calculated, and the difference between them was considered a yield gap.

Results and Discussion

The yield observed in the surveyed farms, and the yield predicted by the model show a significant relationship. In this regard, the correlation coefficient was 93%, which indicates the high accuracy of the model for predicting the yield gap of the studied rapeseed fields. Based on the model, nine independent variables were selected from

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Gratuated of Agroecology, Assistant Professor, Associate Professor and Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, 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.
(Corresponding Author: a.khodaei@asnrukh.ac.ir)

all studied variables. Then actual and attainable yield and contribution of each variable to the yield gap were determined by using the model. Results showed that the average yield, achievable yield, and yield gap of rapeseed were 1663, 3197, and 1533 kg.ha^{-1}, respectively. The most important variables in the rapeseed yield gap were the use of the leveler, farmer's education level, phosphate fertilizer application, time and amount of potassium fertilizer application and method of removing crop residues of the previous year, irrigation frequency, and sowing machinery. Factors that had the highest share of yield gap were potassium application time (27.14%), application of superphosphate (26.85%), potassium rate (25. 9%), crop residues removing method (9.63%), and use of lever (9.13%). According to the findings, the highest contribution to the yield gap was related to potassium fertilizer application time and superphosphate fertilizer application. These variables caused a yield gap of 416 and 411 kg.ha$^{-1,}$ respectively.

Conclusion

This study showed a difference between the actual yield and potential yield of rapeseed fields in Khorramshahr, which can be reduced by modifying crop management. The observed yield gap was 1533 kg.ha^{-1} (48%). The results of this study indicate that fertilizer management of Khorramshahr rapeseed fields, especially potassium and phosphorus fertilizers, is important and should be considered by farmers in the region. More than half of the rapeseed yield gap can be reduced by using phosphorus fertilizer and changing the time and rate of potassium application in Khorramshahr.

Keywords: Actual yield, Field optimal management, Increasing production, Potential yield, production constraints

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

واکاوی خلاء عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در منطقه خرمشهر

حمید مطوریان[1]، آیدین خدایی جوقان[2]*، محمدرضا مرادی تلاوت[3]، سید عطاء الله سیادت[4] و بنیامین ترابی[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۳

مطوریان، ح.، خدایی جوقان، آ.، مرادی تلاوت، م.ر.، سیادت، س.ع.، و ترابی، ب.، ۱۴۰۱. واکاوی خلاء عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) در منطقه خرمشهر. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۴(۲): ۲۸۹-۲۷۵.

چکیده

نیاز روزافزون بشر به مواد غذایی سبب افزایش توجه به مفهوم فشرده‌سازی پایدار شده است. در این رویکرد، افزایش عملکرد همراه با کاهش اثرات زیست‌محیطی سامانه‌های کشاورزی می‌باشد. یکی از راه‌کارهای فشرده سازی با کمترین اثر بر محیط زیست افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق کاهش خلاء عملکرد است. این مطالعه به‌منظور بررسی عوامل تأثیرگذار بر خلاء عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) در شهرستان خرمشهر صورت گرفت. در این پژوهش، خلاء عملکرد ۵۷ مزرعه کلزا با تنوع در سطح زیرکشت، عملیات زراعی و میزان عملکرد براساس اطلاعات مراکز خدمات و پایش مستمر به‌روش روش تحلیل مقایسه کارکرد مورد بررسی قرار گرفت. مدل عملکرد، از رابطه بین تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمّی و کیفی) و از طریق رگرسیون گام به گام بررسی‌شد. با استفاده از این روش میانگین عملکرد واقعی در سطح مزارع، عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد کلزا به‌ترتیب ۱۶۶۳، ۳۱۹۷ و ۱۵۳۳ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. خلاء عملکرد کلزا در این پژوهش ۴۸ درصد بود که نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالا نسبت به استفاده از روش‌های مدیریتی مطلوب است. متغیرهای مؤثر در خلاء عملکرد کلزا استفاده از دستگاه لولر جهت تسطیح اراضی، میزان تحصیلات کشاورزان، کاربرد کود فسفر، تاریخ مصرف کود پتاسیم، میزان مصرف کود پتاسیم و روش حذف بقایای کشت سال قبل بود که در مجموع، ۸۹/۲۷ درصد از کل خلاء عملکرد کلزا در سطح مزارع شهرستان خرمشهر را ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: افزایش عملکرد، تولید پتانسیل، عملکرد واقعی، عوامل محدود کننده تولید، مدیریت بهینه زراعی

مقدمه

امنیت غذایی، دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی همه افراد جامعه به غذای کافی، سالم و مقوی در هر زمان و در هر مکان به‌منظور داشتن زندگی فعال و سالم است. اگر چه در ابتدای قرن حاضر به‌علت 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، امّا امروزه این آگاهی به‌وجود 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

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استادیار، دانشیار و استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۵- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: a.khodaei@asnrukh.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2021.67226.0

(Godfrey et al., 2010). از طرف دیگر، افزایش جمعیت و افزایش مصرف، فشار زیادی را بر کشاورزی و محیط زیست وارد آورده است (Foley et al., 2011). ادامه این روند همراه با افزایش سطح رفاه عمومی و همچنین افزایش تقاضا برای سوختهای زیستی به‌معنای افزایش تقاضا برای تولید محصولات کشاورزی است و به نظر می‌رسد که برای تغییر بنیادی سامانه‌های تولید غذا بدون اثرات زیست‌محیطی به ۴۰ سال زمان نیاز است (Beddows et al., 2015).

روش‌های زیادی جهت رفع نیاز روز افزون بشر به مواد غذایی در جهان ارائه شده‌اند که از آن‌جمله می‌توان افزایش سطح زیرکشت محصولات زراعی و افزایش عملکرد این محصولات در واحد سطح اشاره کرد. به نظر می‌رسد که افزایش بیشتر سطح زیر کشت در آینده راه حل مطلوبی نخواهد بود، زیرا این امر مستلزم استفاده از اراضی حاشیه‌ای است که علاوه‌بر عملکرد پایین از ثبات اندکی نیز برخوردارند. افزایش عملکرد در واحد سطح به‌عنوان یک راهبرد مهم مورد تأکید قرار گرفته است (Cumingham, 2013). عملکرد گیاهان زراعی توسط عوامل مختلفی تعیین می‌شود که این عوامل شامل عوامل محدودکننده و عوامل کاهنده است. 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 می‌شود. 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. 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، بیماری‌ها و علف‌های هرز نسبت داده شده است. روش‌های آماری مختلفی برای تعیین این اختلاف وجود دارد، از روش‌های مناسب آماری که توانایی تجزیه داده‌های میدانی را دارد، روش تحلیل مقایسه کارکرد است (Soltani et al., 2009). هدف این روش، شناسایی محدودیت‌های عملکرد عمده و تعریف توابع عملکردهای حداقل است. در این روش، برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین همه متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمّی و کیفی) و عملکرد از راه رگرسیون گام به گام بررسی می شود (De Bie, 2000). پس از تعیین مدل عملکرد، میانگین مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد مربوط به خود قرار داده شده و به این ترتیب، عملکرد میانگین با مدل محاسبه می‌شود. پس از آن بهترین میزان مشاهده شده متغیرها که در واقع بهترین مقادیر و الگوهای زراعی و مدیریتی به‌کار رفته توسط کشاورزان بودند، در مدل عملکرد قرار داده شده و به این ترتیب، بالاترین عملکرد قابل دستیابی محاسبه می‌گردد. اختلاف این دو نشان‌دهنده خلاء عملکرد می‌باشد. اختلاف حاصلضرب میزان میانگین مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصلضرب بهترین میزان مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان‌دهنده میزان خلاء عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است (Abravan et al., 2017). مقادیر بهینه با توجه به ضریب‌های محاسبه شده در مدل نهایی عملکرد و مقادیر حداکثر و یا حداقل مورد استفاده توسط کشاورزان انتخاب می شوند. در این گونه مطالعات، اگر منابع تولید گیاهی (شامل خصوصیات خاک) و سطوح مختلف ورودی‌ها هم جمع‌آوری شود، می‌توان با استفاده از روش‌های آماری بالاترین عملکردها را در پاسخ به سطح معینی از دسترسی به منابع مشخص‌کرد (Van Itersum, 2013).

بر اساس این روش در پژوهشی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) در شرق استان گلستان بررسی و مشخص‌شد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل دستیابی با رعایت مدیریت بهینه در شهرستان‌های گنبد، کلاله و گالیکش به‌ترتیب ۱۹۵۳، ۲۰۶۰ و ۲۳۰۴ کیلوگرم تفاوت وجود دارد. از مهم‌ترین دلایل خلاء عملکرد در همه مناطق مورد نظر میزان کاربرد کود نیتروژنی بود که عملکرد را در محدوده شرق استان با ۲۵ درصد محدودیت روبرو کرد. کاربرد کود گوگرد عامل ۱۶ درصد خلاء عملکرد در شرق این استان بود. عامل مهم دیگر در ایجاد خلاء عملکرد در این آزمایش، علف‌های هرز بودند که در محدوده شرق استان به‌ترتیب، ۱۶ و ۱۲ درصد از خلاء عملکرد را شامل شدند (Abravan et al., 2017). در مطالعه خلاء عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی در تولید کلزا به‌روش تحلیل مقایسه کارکرد در منطقه نکا، متوسط و حداکثر عملکرد به‌ترتیب ۲۳۹۴ و ۴۱۱۹ کیلوگرم در هکتار و کل خلاء عملکرد برابر ۱۷۲۵ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. متوسط و حداکثر عملکرد مشاهده شده در مزرعه نیز برابر ۲۰۵۱ و ۳۰۸۵ کیلوگرم در هکتار بود. در این مطالعه، میزان افزایش عملکرد مربوط

به متغیرهای مصرف کود سرک نیتروژن و پتاسیم خالص به‌ترتیب برابر ۴۶۲ و ۲۹۴ کیلوگرم در هکتار معادل ۲۷ و ۱۷ درصد از کل خلاء عملکرد مربوط به اثر پیش‌کاشت سویا (*Glycine max* L.) و تعداد دفعات مصرف علف‌کش نیز به‌ترتیب برابر ۱۷۰ و ۴۱۱ کیلوگرم در هکتار معادل ۱۰ و ۲۴ درصد از کل خلاء عملکرد بود. میزان خسارت عملکرد ناشی از دو متغیر مصرف نیتروژن در مرحله رویشی و مشکل علف هرز به‌ترتیب برابر ۱۰ و ۱۲ درصد بود (Nezamzadeh et al., 2019).

بررسی عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد و مقادیر پارامترهای مدل سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلاء عملکرد کلزا با استفاده از مدل تولید در شهرستان کلاله استان گلستان نشان‌داد که بین متوسط عملکرد واقعی (۲۳۰۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قابل حصول (۴۱۲۳ کیلوگرم در هکتار)، ۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار اختلاف وجود دارد. مهم‌ترین فاکتورها برای منطقه مورد مطالعه شامل مساحت مزرعه تحت مدیریت کشاورز با ۲۱/۴ درصد، عدم شخم تابستانه با ۱۵ درصد، زمان تهیه زمین و شخم با ۱۴/۷ درصد، عدم مصرف بهینه کود نیتروژن ۱۴/۶ درصد، عدم مصرف بهینه کود پتاسیم با ۱۴درصد، تراکم علف‌های هرز در واحد سطح ۱۰/۸ درصد، ضدعفونی بذر با حشره‌کش ها ۸/۱ درصد و زیرشکن با ۱/۴ درصد بود (Sekhavatifar et al., 2020). در مطالعه خلاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد در گرگان مشخص شد که متوسط عملکرد کشاورزان ۴۶۶۵ کیلوگرم است و با بهبود مدیریت زراعی می‌توان به عملکرد ۷۰۱۳/۳ کیلوگرم در هکتار دست‌یافت (Torabi, 2011). بررسی خلاء عملکرد مدیریت زراعی گندم در بندر گز نشان‌داد که تاریخ کاشت ۳۶ درصد، استفاده از رقم N8019 ۲۱ درصد، سموم تاپیک و گراز ستار ۱۸ درصد، تراکم بوته ۱۵ درصد و تجربه کشاورز ۱۰ درصد بر میزان خلاء عملکرد تأثیرگذار بود (Nekahi et al., 2014).

کلزا یکی از مهم‌ترین منبع روغن گیاهی در جهان می‌باشد که مورد توجه سیاست‌گذاران بخش کشاورزی قرار گرفته است. بین متوسط عملکرد کشاورزان با حداکثر عملکرد مورد انتظار کلزا در خرمشهر اختلاف وجود دارد که باتوجه به وجود اراضی مستعد در این منطقه می‌توان با بررسی علل عملکرد کمتر از حد مطلوب، می‌توان با کاهش خلاء عملکرد نسبت به ترغیب کشاورزان جهت توسعه کشت این دانه روغنی اقدام کرد. بنابراین، هدف این پژوهش تعیین میزان خلاء عملکرد و سهم هر یک از عوامل مدیریتی محدودکننده در مزارع کلزا در شهرستان خرمشهر بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در شهرستان خرمشهر صورت گرفت. شهرستان خرمشهر یکی از شهرستان‌های استان خوزستان در جنوب غربی ایران است. این شهرستان از شمال به شهرستان اهواز، شرق به شهرستان شادگان، جنوب به شهرستان آبادان و غرب با کشور عراق هم‌مرز است. خرمشهر در محل تلاقی رودخانه‌های اروندرود و کارون و در ناحیه‌ای باتلاقی و پست در دلتای رودخانه اروندرود و ارتفاع سه متری از سطح دریا قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی شهرستان N 30.4256°, E 48.1891° و مساحت آن ۲۲۹۸ کیلومترمربع است. متوسط دما و میانگین بارش ۶۰ ساله در شهرستان به‌ترتیب ۲۸/۲ درجه سلسیوس و ۱۵۳/۳ میلی‌متر است. با توجه به این که میزان بارش سالیانه منطقه نسبت به تبخیر و تعرق سالیانه در یک بازه ۳۰ ساله کمتر از ۰/۶۵ است، این منطقه را می‌توان جزء مناطق خشک تقسیم‌بندی کرد، ولی وجه تمایز آن با مناطق خشک دیگر قرار گرفتن آن در مجاورت دریا و وزیدن بادهای مرطوب دریایی در بعضی از فصول سال است. در نتیجه، تمام مزارع کشاورزی منطقه فاریاب است و آب مورد نیاز از طریق دو رودخانه کارون و اروند تأمین می‌گردد. کشت‌های رایج در فصل زمستان شامل گندم، جو و کلزا و در فصل تابستان صیفی، سبزی و شلتوک است، در جنوب شهرستان و بخش مینو کشت رایج نخیلات و میانه‌کاری آن با گیاهانی مانند یونجه است.

به‌منظور برآورد خلاء عملکرد، پایش مزارع کلزا در منطقه خرمشهر در سال زراعی ۱۳۹۷ انجام و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد. این اطلاعات از طریق پایش مستمر مزارع در طول فصل رشد و همچنین مصاحبه شخصی با کشاورزان جمع‌آوری‌گردید. براساس اطلاعات موجود در مراکز خدمات، مزارعی انتخاب شدند که از لحاظ سطح زیر کشت، عملیات زراعی و همچنین عملکرد دارای تنوع باشند. در مجموع، ۵۷ مزرعه با تنوع کافی از نظر سطح زیر کشت، نوع عملیات زراعی و عملکرد محصول برداشت شده، مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، تأثیر عوامل مدیریتی بررسی شد. اطلاعات 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، ثبت گردید.

در این مطالعه، داده‌های کیفی به‌صورت صفر و یک کدگذاری شدند و برخی از متغیرها مانند میزان تحصیلات از صفر تا پنج شماره‌گذاری شد. با قرار دادن اول فروردین‌ماه به‌عنوان مبنا برای کدگذاری تاریخ کاشت، تاریخ کاربرد کودها و سموم و دیگر عملیات زراعی انجام شد. برای تعیین مدل تولید، رابطه بین همه متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمّی و کیفی) و عملکرد از طریق رگرسیون گام به گام بررسی شد (Rezaei & Soltani, 1998). پس از تعیین مدل عملکرد، میانگین مشاهده شده متغیرها در مزارع مورد مطالعه، در مدل عملکرد قرار داده شد و به این ترتیب، عملکرد میانگین با مدل محاسبه شد. سپس با قرار دادن بیشترین مقدار متغیرها در مدل عملکرد، پتانسیل عملکرد محاسبه شد. اختلاف این دو نشان‌دهنده خلاء عملکرد می‌باشد. اختلاف حاصل‌ضرب میزان متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصلضرب بیشترین میزان مشاهده‌شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر، نشان‌دهنده میزان خلاء عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. مقادیر بهینه با توجه به ضریب‌های محاسبه شده در مدل نهایی عملکرد و مقادیر حداکثر و یا حداقل مورد استفاده توسط کشاورزان انتخاب شد. به این ترتیب که اگر متغیری در مدل دارای ضریب مثبت بود، حداکثر آن و اگر ضریب آن منفی بود، میزان حداقل مورد استفاده توسط کشاورزان به‌عنوان میزان مطلوب تعیین شد. برای پیدا کردن سهم هر متغیر در کل خلاء عملکرد، نسبت سهم هر متغیر در ایجاد خلاء عملکرد به کل میزان خلاء عملکرد محاسبه و به صورت درصد نمایش داده شد (Torabi et al, 2011). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد مشاهده شده در مزارع مورد مطالعه و عملکرد پیش‌بینی شده توسط مدل یک رابطه معنی‌دار را نشان می‌دهد. در این رابطه، ضریب تبیین ۸۶ درصد است که نشان‌دهنده دقت بالای مدل جهت پیش‌بینی خلاء عملکرد مزارع کلزا مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱). در مطالعه حاضر برای برآورد مدل تولید از روش رگرسیون گام به گام پس‌رونده استفاده گردید. از میان متغیرهای مورد بررسی، رابطه رگرسیونی زیر با نه متغیر مستقل انتخاب شد (معادله ۱):

معادله (۱)

$$Yield=589.60+113.83X_1+59.34X_2-329.32X_3+1790.57X_4-7.53X_5+5.13X_6-8.98X_7+224.64X_8+320.96X_9$$

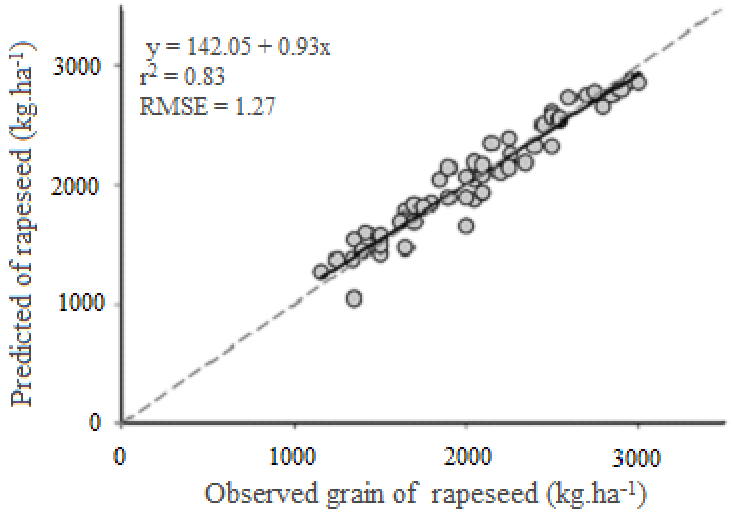
در این معادله، متغیرهای X_1 تا X_9: به‌ترتیب استفاده از دستگاه لولر، سطح سواد کشاورزان، وسیله کاشت، کاربرد کود فسفر، تاریخ مصرف کود فسفر، تاریخ مصرف کود پتاسیم، میزان مصرف کود پتاسیم، دفعات آبیاری و روش حذف بقایای گیاهی سال قبل می‌باشند. در این رگرسیون، عملکرد در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و سایر متغیرها (متغیرهای مدیریتی) به‌عنوان متغیرهای مستقل لحاظ شدند. با استفاده از این رابطه، میزان عملکرد واقعی، عملکرد قابل حصول و سهم هر کدام از متغیرها بر کاهش عملکرد برآورد گردید. براساس مدل، میانگین و حداکثر عملکرد پیش‌بینی شده به‌ترتیب ۱۶۶۳/۶ و ۳۱۹۷/۴۲ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که نشان‌دهنده فاصله ۱۵۳۳/۸۲ کیلوگرم در هکتار بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می‌توانستند برداشت‌کنند، می‌باشد.

جدول ۱ به سهم هرکدام از عوامل ایجادکننده خلاء عملکرد اشاره دارد. عواملی که بیشترین سهم را در تغییرات عملکرد داشتند، به‌ترتیب تاریخ مصرف کود پتاسیم با ۲۷/۱۴ درصد، کاربرد کود سوپرفسفات‌تریپل ۲۶/۸۵ درصد، روش حذف بقایای گیاهی کشت سال قبل ۹/۶۳ درصد، میزان مصرف کود پتاسیم ۹/۲۵ درصد و استفاده از دستگاه لولر ۹/۱۳ درصد بود (جدول ۱).

جدول ۱- کمّی‌سازی خلاء عملکرد کلزا در شهرستان خرمشهر

Table 1- Quantifying of rapeseed yield gap in Khoramshahr

متغیر Variables	ضرایب Coefficient	مقدار متغیرها Variable rate				عملکرد محاسبه شده با مدل Yield calculated with model		خلأ عملکرد Yield gap	
		میانگین Average	حداقل Min.	حداکثر Max.	بهینه Opt.	میانگین Average	بهینه Opt.	مقدار (kg.ha^{-1})	درصد (%)
عرض از مبدأ Intercept	589.60	1	-	-	1	589.60	589.60	-	-
استفاده از دستگاه لولر Leveler practice	113.83	0.77	0	2	2	87.65	227.67	140.02	9.13
سطح سواد کشاورزان Education level of farmers	59.34	4.12	1	6	6	244.49	356.6	111.56	7.27
وسیله کاشت Sowing machinery	-329.32	1.07	1	2	1	-352.38	-329.32	26.05	1.50
کاربرد کود فسفر Phosphorus application	1790.57	0.77	0	1	1	1378.74	1790.57	411.83	26.85
تاریخ مصرف کود فسفر phosphorus application time	-7.53	230.66	0	266	221.10	-1736.41	-1664.45	71.96	4.69
تاریخ مصرف کود پتاسیم Potassium application time	5.13	28.23	0	301	109.43	144.74	561.05	416.31	27.14
میزان مصرف کود پتاسیم Potassium application rate	-8.98	15.79	0	150	0	-141.81	0	141.81	9.25
تعداد دفعات آبیاری Irrigation number	224.64	4.25	2	6	4.56	954.70	1024.34	69.64	4.54
روش حذف بقایای گیاهی Method of removing residue	320.96	1.54	1	2	2	494.27	641.91	147.64	9.63
عملکرد دانه Seed yield	-	2063.68	1160	3000	-	1663.60	3197.42	1533.82	100



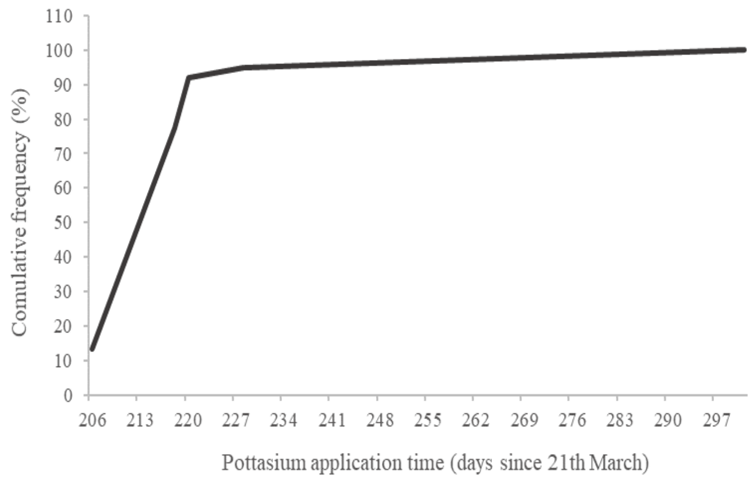
شکل ۱- رابطه عملکرد دانه مشاهده و پیش‌بینی شده کلزا در خرمشهر

Fig. 1- The relationship between observed and predicted Rapeseed grain yield in Khorramshahr

Continuous and dashed lines represent fields actual and predicted yield by model, respectively.

خط ممتد و منقطع به‌ترتیب نشان‌دهنده عملکرد واقعی مزارع و عملکرد پیش بینی شده توسط مدل می‌باشد.

بیشترین سهم در ایجاد خلاء عملکرد مربوط به تاریخ مصرف کود پتاسـیم می‌باشـد. این متغیر خلاء عملکردی معادل ۴۱۶/۳۱ کیلوگرم در هکتار را سبب شد (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه کلزا نسبت به تاریخ استفاده از کود پتاسیم مربوط به تاریخ دوم آبان‌ماه (۲۱۸ روز از اول فروردین‌ماه) به‌مقدار ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است. ۸۹/۲۹ درصد (۵۰ مزرعه) از کشـــاورزان در مزارع مورد آزمایش تا تاریخ ۱۲ آبان‌ماه نسبت به استفاده از کود پتاسیم اقدام کردند و ۱۰/۷۱ در صد (شش مزرعه) از زارعین به‌دلیل کشت دیرهنگام بعد از برداشت شلتوک بعد از تاریخ ۱۶ آذرماه از این کود استفاده کردند (شکل ۲).

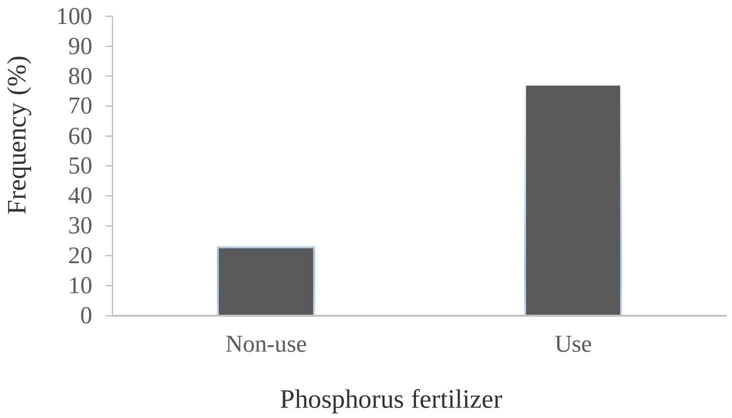


شکل ۲- درصد فراوانی تجمعی زمان استفاده از کود پتاسیم (روز از اول فروردین ماه) مزارع کلزای خرمشهر

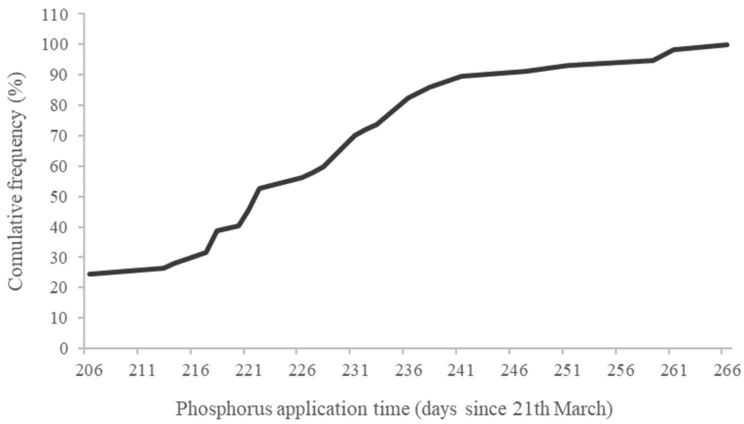
Fig. 2- Cumulative frequency distribution of potassium application time (days since 21th March) in Khoramshahr Rapeseed fields

دومین عامل مؤثر در کاهش عملکرد، کاربرد کود سـوپرفسـفات‌تریپل بود. مزارع مورد مطالعه کلزا از لحاظ مصـرف این کود به دو گروه استفاده‌کننده و غیراستفاده‌کننده تقسیم شدند. اختلاف بین این دو گروه خلاء عملکردی معادل ۴۱۱/۸۳ کیلوگرم در هکتار را

به‌وجود آورد. در شکل ۳، نتایج درصد فراوانی مزارع کلزا که از کود سوپرفسفات تریپل استفاده نموده‌اند ۷۷/۲ درصد (۴۴ مزرعه) و زارعینی که از این کود استفاده ننمودند ۲۲/۸ درصد (۱۳ مزرعه) مشاهده می‌شود. همچنین ۹۱/۲۳ درصد (۵۲ مزرعه) از مزارع مورد مطالعه، این کود را در محدوده مناسب کشت (۱۵ آبان‌ماه) به‌کار بردند (شکل ۴).



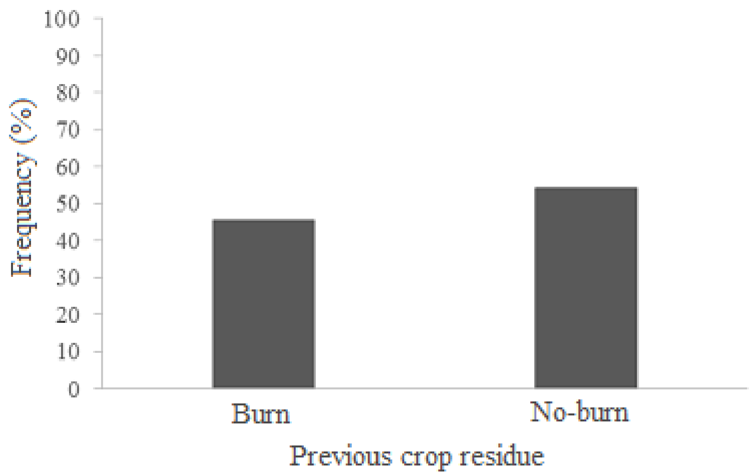
شکل ۳- درصد فراوانی استفاده از کود فسفر در مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 3- Frequency of phosphorus application in Khoramshahr Rapeseed fields



شکل ٤- درصد فراوانی تجمعی زمان استفاده از کود فسفر (روز از اول فروردین ماه) مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 4- Cumulative frequency distribution of phosphorus application time (days since 21th March) in Khoramshahr Rapeseed fields

روش حذف بقایای کشت سال قبل به روش‌های مختلفی در منطقه صورت می‌گیرد که از آن جمله می‌توان به سوزاندن، چرای دام، برگرداندن به خاک و کشت در بقایا اشاره‌کرد. در تحقیق حاضر، روش حذف بقایای کشت سال قبل به دو گروه سوزاندن و غیرسوزاندن تقسیم گردید، که خلاء عملکردی به‌میزان ۱۴۷/۶۴ کیلوگرم در هکتار را سبب شد (جدول ۱). در شکل ۵، در صد فراوانی روش‌های حذف بقایای سال قبل در مزارع کلزا نشان داده شده است. همان‌طورکه در شکل ملاحظه می‌شود، درصد فراوانی سوزاندن بقایای سال قبل ۴۵/۶۱ درصد (۲۶ مزرعه) و عدم سوزاندن ۵۴/۳۸ درصد (۳۱ مزرعه) است. به‌طور کلی، هرچند که سوزاندن بقایای گیاهی علاوه‌بر صرفه‌جویی در زمان، در کوتاه‌مدت به‌دلیل آزاد سازی سریع برخی از عناصر مورد نیاز گیاه باعث افزایش مقطعی عملکرد کشت بعدی می‌گردد (Due Preez, 2001). البته این افزایش مستمر نیست و در بلندمدت به‌دلیل آسیب به ساختمان خاک، کاهش مواد آلی، از بین رفتن میکروارگانیسم‌های مفید خاک، سله بستن خاک و کاهش نفوذپذیری آن و کاهش جمعیت حشرات و شکارگرهای طبیعی تأثیر

سوئی بر عملکرد گیاهان زراعی دارد. همین‌طور می‌توان به اثرات سوء زیســـت‌محیطی آن شـــامل از بین رفتن گونه‌های گیاهی و جانوری، آلودگی هوا و افزایش گازهای گلخانه‌ای ا شاره کرد. در تحقیق حا ضر، متغیر کیفی روش مدیریت بقایای گیاهی کشت سال قبل ۹/۶۳ درصد از کل خلاء عملکرد را ایجاد کرد. مقدار بهینه این متغیر عدم سوزاندن بقایا بود که نشان‌دهنده تأثیر مدیریت صحیح بقایای گیاهی سال‌های اخیر در افزایش عملکرد دانه کلزا در مزارع شهرستان بود.

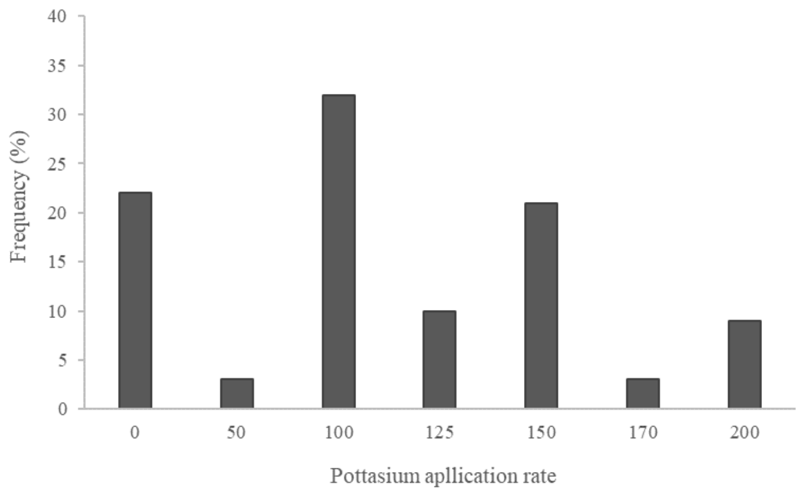


شکل ۵- درصد فراوانی روش‌های حذف بقایای سال قبل در مزارع کلزای خرمشهر

Fig. 5- Frequency of residue removing method of previous crop in Khoramshahr Rapeseed fields

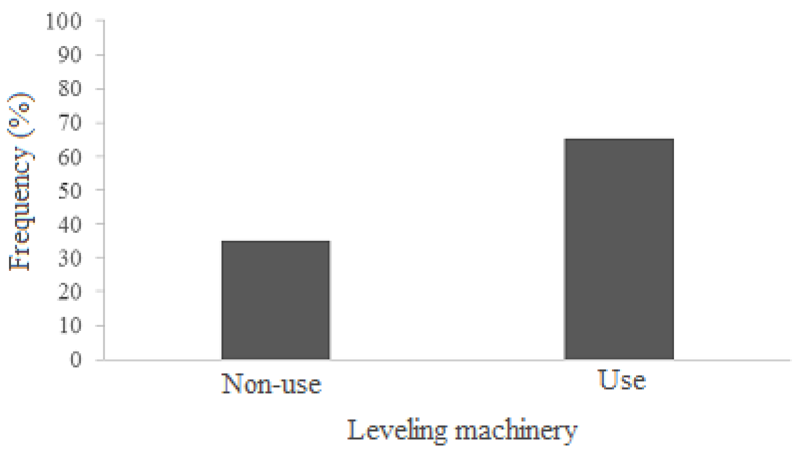
میزان مصرف کود پتاسیم یکی از متغیرهای مهم در خلاء عملکرد بود و اختلاف ۱۴۱/۸۱ کیلوگرم در هکتار را نشـــان داد (جدول ۱). پتاســـیم موجب افزایش انتقال مواد فتوســـنتزی، کنترل تعادل یونی، تنظیم ا سمزی، حرکات روزنه‌ای و افزایش فعالیت آنزیمی می‌گردد. در واقع، با افزایش م صرف پتا سیم جذب نیتروژن نیز تو سط گیاه افزایش یافته، زیرا پتاســـیم از طریق فعال کردن آنزیم‌های مختلف از جمله ADP- گلوکز ســـینتاز و شـــرکت در برخی فرآیندهای فیزیولوژیک و افزایش مقاومت گیاه در مقابل تنش‌های محیطی در ســـاخت هیدرات کربن و افزایش عملکرد محصـــول نقش کلیدی دارد (Reddya et al., 2004). بافت غالب خاک در منطقه رســـی بوده و این نوع خاک امکان جذب بالای پتاسیم تبادلی را دارد. طالبی‌زاده (Talebizadeh, 2012) در پژوهش خود تو صیه کرد که در خاک‌های با ظرفیت تثبیت پتا سیم خیلی زیاد، تعیین مقدار کود م صرفی سالیانه باید م ستقل از مقدار پتاسیم قابل جذب خاک باشد. مقدار متغیر بهینه در آنالیز عملکرد کلزا عدد صفر است که نشان‌دهنده کاهش عملکرد در تخصیص کود پتا سیم به مزارع ا ست. در شکل ۶ بالاترین در صد فراوانی مزارع کلزا که از کود ســـولفات پتاســـیم اســـتفاده کرده‌اند، میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با ۳۶/۶۷ در صد (۲۲ مزرعه) م شاهده شد. در ۱/۶۷ در صد از مزارع، ۵۰ و ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار از این نوع کود اســـتفاده شـــد که کمترین درصد فراوانی در مزارع کلزا بود. نتایج به‌دست آمده با تحقیق ربیعی و طو سی (Rabiee & Tousi Kehal, 2011) مطابقت دا شت که در آن بالاترین عملکرد دانه و روغن کلزا مربوط به ســـطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هک تار ای جاد شـــــد. همچنین ف نائی و هم کاران (Fanaei et al., 2009) ن شان‌دادند که اثر میزان آبیاری، گونه و کود پتاســـیم بر عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، شـــاخص برداشـــت و کارآیی مصـــرف آب معنی‌دار بود. نتایج این تحقیق نشـــان داد که مصـــرف کود پتاســـیم می‌تواند اثرات مثبت بر عملکرد دا شته و اختلاف عملکرد ۷۷۹ کیلوگرم در هکتار بین تیمار عدم مصـــرف کود پتاســـیم و تیمار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار ایجاد کند (جدول ۱). سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2009) براساس روش CPA و اطلاعات حاصـــل از ۳۵ مزرعه گندم به تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شـــرایط گرگان پرداختند و نتایج نشـــان داد که میزان مصـــرف کود پتاســـیم، تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشـــت به‌ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصـــد در خلاء عملکرد گندم نقش دارند. در مطالعه یارنیا و پیروزخواه (Yarnia & Piroozkhah, 2011) تأثیر کاربرد کود پتاســـیم در محدوده صـــفر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بر

عملکرد کلزا، افزایش عملکرد تا ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار را به همراه داشت.



شکل ٦- درصد فراوانی میزان استفاده از کود پتاسیم در مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 6- Frequency of K application rate in Khoramshahr Rapeseed fields

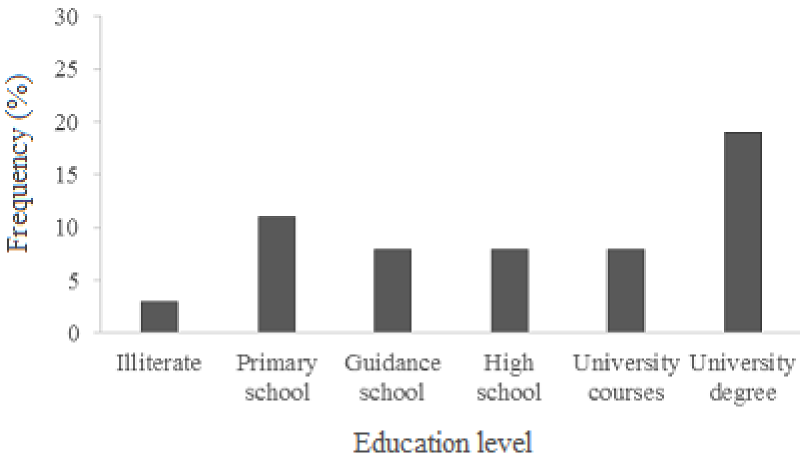
از دیگر عوامل مدیریت مؤثر در میزان خلاء عملکرد اســتفاده از دستگاه لولر بود. باتوجه به ریز بودن بذر کلزا و تأثیر استفاده از لولر در آماده‌سازی زمین جهت ایجاد سطح سبز مناسب و همین‌طور جلوگیری از ماندابی در زمان آبیاری احساس می‌گردد. تسطیح به‌عنوان یکی از اجزای مهم و مؤثر در مدیریت آب مزرعه، با حذف پســتی و بلندی زمین و ایجاد شیب مناسب ، مقدارمصرف آب آبیاری را کاهش داده و در نهایت، موجب افزایش راندمان آبیاری می‌شـود. در مناطقی که از آبیاری سطحی استفاده می‌کنند، تسطیح یکی از ضروری‌ترین عملیات برای زراعت محســوب می‌شـود. نفوذ آب در مزارع تســطیح شــده یکنواخت و بسـیار مؤثر می‌باشـد. به‌علاوه، امکان جاری شـدن آب و فرســایش خاک را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد. این متغیر ۹/۱۳ درصـد از کل خلاء عملکرد به‌میزان ۱۴۰/۰۲ کیلوگرم در هکتار را نشان داد (جدول ۱). درصد فراوانی استفاده از این دستگاه در مزارع خرمشهر در شکل ۷ ملاحظه می‌شود.



شکل ۷- درصد فراوانی استفاده از دستگاه لولر در مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 7- Frequency of leveler usage in Khoramshahr Rapeseed fields

در شکل ۸، درصد فراوانی سواد کشاورزانی که در اراضی خود کلزا کشت کرده‌اند، نشان داده شده‌است. در نمودار مشاهده می شود که

بیشترین فراوانی مربوط به کشاورزان با تحصیلات لیسانس و بالاتر با ۳۳/۳۳ ٪ (۱۹ نفر)،کشاورزان بی‌سواد با فراوانی ۵/۲۶ ٪ (۳ نفر)، تحصیلات ابتدایی ۱۹/۳ ٪ (۱۱ نفر)، تحصیلات راهنمایی، متوسطه و فوق‌دیپلم هرکدام با ۱۴/۰۴ ٪ و هشت کشاورز بود (شکل ۸). بررسی میزان عملکرد کلزا برداشت شده در بین کشاورزان با سطح تحصیلات متفاوت نشان داد که بیشترین مقدار خلاء عملکرد کلزا به کشاورزان با تحصیلات لیسانس و بالاتر با مقدار ۱۱۱/۵۶ کیلوگرم در هکتار با ۷/۲۷ درصد کل خلاء عملکرد اختصاص داشت (جدول ۱). کشاورزان دارای تحصیلات لیسانس و بالاتر به‌دلیل داشتن مشاغل دولتی، وقت بیشتری را در اختیار دارند. علاوه‌براین، به نظر می‌رسد سطح تحصیلات بالاتر امکان مدیریت بهتر مزرعه را برای آن‌ها در مقایسه با افراد با سطح تحصیلات پایین‌تر دارد. در تحقیق فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2015) جهت بررسی چالش‌های تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شهرستان هرسین استان کرمانشاه میزان تحصیلات و شغل فرعی با میزان تولید چغندر قند اختلاف معنی‌داری وجود داشت.



شکل ۸- درصد فراوانی سطح سواد کشاورزان مزارع کلزای خرمشهر

Fig. 8- Frequency of education level of farmers in Khoramshahr Rapeseed fields

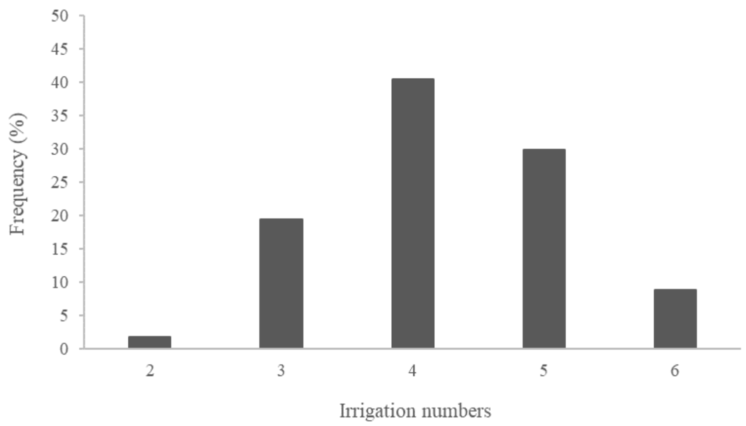
از دیگر متغیرهای تأثیر گذار بر خلاء عملکرد دفعات آبیاری بود که اختلاف ۶۹/۶۴ کیلوگرم در هکتار بین عملکرد میانگین و بهینه وجود داشت (جدول ۱). نتایج بررسی‌های به عمل آمده از دفعات آبیاری انجام شده در مزارع کلزا نشان داد که فراوانی مزارع کلزا برا ساس دفعات آبیاری ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ بار به‌ترتیب ۱/۷۵ در صد (یک مزرعه)، ۱۹/۳ در صد (۱۱ مزرعه)، ۴۰/۳۵ در صد (۲۳ مزرعه)، ۲۹/۸۲ در صد (۱۷ مزرعه) و ۸/۷۷ در صد (۵ مزرعه) مشاهده شد (شکل ۹). عملکرد کلزا به ظرفیت عملکرد رقم، شرایط محیطی و نوع مدیریت زراعی و مدیریت خاک بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین عواملی که عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، دفعات آبیاری است. از دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش کم آبی، می‌توان به کاهش تعداد گل‌ها و کم شدن تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند، اشاره کرد. تنش کم‌آبی، فتو سنتز و مصرف مواد فتو سنتزی را در برگ‌های در حال توسعه کاهش می‌دهد. در نتیجه، خشکی به‌طور غیرمستقیم، مقدار مواد فتو سنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد. پوما و همکاران (Poma et al., 1999) در بررسی اثر تیمارهای آبیاری روی عملکرد دو واریته کلزا مشاهده کردند که تمام اجزای عملکرد دانه در شرایط کم‌آبی همانند عملکرد دانه کاهش یافتند. مقدار بهینه آبیاری ۴/۵ مرتبه بود (جدول ۱).

در منطقه خرمشهر از دو وسیله سانتریفوژ و خطی‌کار جهت کشت کلزا استفاده می‌شود. در مزارع گندم مورد مطالعه در تحقیق حاضر ۹۲/۹۸ درصد (۵۳ مزرعه) به‌وسیله خطی‌کار و ۷/۰۲ درصد (۴ مزرعه) به‌وسیله سانتریفیوژ مورد کشت قرار گرفتند (شکل ۱۰). در این مطالعه، این متغیر اختلاف عملکردی ۲۶ کیلوگرم معادل ۱/۵ درصد از کل خلاء عملکرد را به خود اختصاص‌داد (جدول ۱). روش بهینه به‌دست آمده، روش استفاده از خطی‌کار بود. یکی از مراحل مهم در زراعت کلزا، مرحله کاشت بذر می‌باشد. کاشت در عمق مناسب و یکنواخت باتوجه به کوچک بودن بذر کلزا در هنگام کاشت، نقش

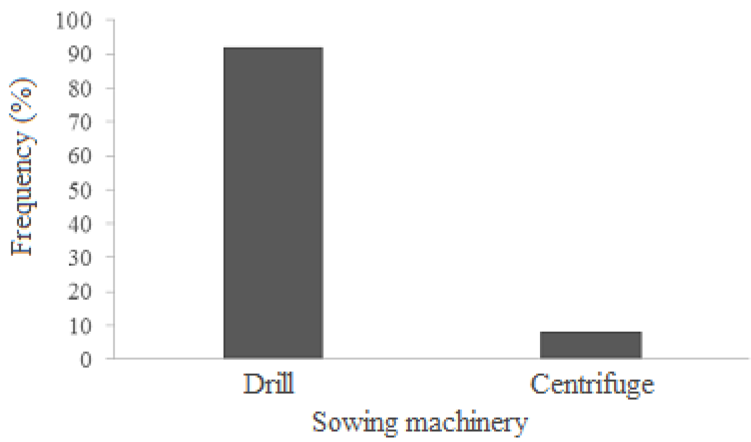
مؤثری در جوانه‌زنی بذر و درصـد سـبز مزرعه و اسـتقرار گیاه دارد. بر این ا ساس، عملکرد ما شین‌های کا شت، ب سیاری از عواملی را که در جوانه زدن و سبز شدن دانه‌های کشت شده مؤثرند را تحت تأثیر قرار می‌دهد و لذا عملکرد محصولات می‌تواند بسته به عملکرد ماشین‌های کارنده متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از روش مقایسه تحلیل کارکرد میانگین عملکرد، عملکرد قابل حصـــول و خلاء عملکرد کلزا به‌ترتیب ۱۶۶۳، ۳۱۹۷ و ۱۵۳۳ کیلوگرم در هکتار به‌دســت آمد. درصــد خلاء عملکرد ۴۸ درصد مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای کلزا نسبت به ا ستفاده از روش‌های مدیریتی منا سب دارد. مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در خلاء عملکرد کلزا عبارتند از ا ستفاده از د ستگاه لولر جهت ت سطیح اراضــی، میزان تحصــیلات کشــاورزان، کاربرد کود فســفات، تاریخ و میزان مصرف کود پتا سیم، روش حذف بقایای کشت سال قبل، تعداد دفعات آبیاری و ابزار کاشــت بودکه ۸۹/۲۷ درصــد خلاء عملکرد این گیاه را پوشـــش دادند. نتایج این مطالعه، بیانگر این مطلب اســـت که مدیریت کودی مزارع کلزای خرم شهر به‌ویژه کود پتا سیم و ف سفر از اهمیت وِیژه‌ای برخوردار ا ست و باید مورد توجه کشاورزان منطقه قرار گیرد. از طریق مصــرف کود فســفر و تغییر زمان و مقدار مصــرف کود پتاسیم بیش از نیمی از خلاء عملکرد تولید کلزا در خرمشهر را می‌توان کاهش داد.



شکل ۹- درصد فراوانی تعداد دفعات آبیاری در مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 9- Frequency of irrigation number in Khoramshahr Rapeseed fields



شکل ۱۰- درصد فراوانی ابزار کاشت در مزارع کلزای خرمشهر
Fig. 10- Frequency of sowing machinery in Khoramshahr Rapeseed fields

References

Abravan, P., Soltani, A., Majidian, M., and Mohsenabadi, G., 2017. Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. Journal of Agroecology 7(2): 46-60. (In Persian with English Summary)

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

Beddows, J.M., Hurley, T.M., Parley, P.G., and Alston, J.M., 2015. Rethinking Yield Gaps. University of Minnesota, Department of Applied Economics. Minneapolis, USA.

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., and Lindenmayer, D.B., 2013. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. Agriculture, Ecosystems and Environment 173: 20-27.

De Bie, C.A.J.M. 2000. Yield Gap Studies Through Comparative Performance Analysis of Agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands, 234 p.

Dehghan, E., and Rahnama, A., 2009. The effect of planting methods and seed rates on yield of canola in saline soil. Journal of Agricultural Engineering Research 2: 11-30. (In Persian with English Summary)

Due Preez, C.C., Kotze, E., and Steyn, J.T., 2001. Long term effects of wheat residue management on some fertility indicators of a semi-arid plinthosol. Soil and tillage Research 63: 25-33.

Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari Bonjar, A., and Shirani-Rad, A.H., 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation levels on grain yield and water use efficiency of rapeseed (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) species. Iranian Journal of Crop Sciences 11(3): 271-289

Fattahi, S., Binaeian, A., and Rezvanfar, A., 2015. Factor analysis of the challenges influencing sugar beet producers in Harsin city. Journal of Sugar Beet 31: 93-107. (In Persian with English Summary)

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., and 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., and Toulmin, C., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science 327: 812–818

Hajjarpoor, A., Soltani., A., and Torabi, B., 2016. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 8: 183-201. (In Persian with English Summary)

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

Nezamzadeh, E., Dastan, S., Soltani, A., and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed production using comparative performance analysis (CPA) and boundary- line analysis (BLA) methods in Neka region. Applied Field Crops Research 32(2): 76-107. (In Persian with English Summary)

Nourgholipour, F., Khavazi, K., and Khoshkam T.G., 2002. Effect of soil application of phosphate with *Thiobacillus* and phosphate solubilizing microorganisms on yield quality and quantity of corn. 3ed National Conference, Development and Application of Biological Materials Using Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj, Iran p. 303-307. (In Persian)

Poma, I., Venezia, G., and Gristina, G., 1999. Rapeseed (*Brassica napus* L.) echophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability. In: 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia, 26-29 September 1999, p. 8-11.

Rabiee, M., and Tousi Kehal, P., 2011. Effects of nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* l.) as a second crop after rice in Gilan region. Iranian Journal of Field Crop Sciences 42(3): 605-615. (In Persian with English Summary)

Reddya, A., Chaitanya, K., and Vivekanandanb, M., 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology 161: 1189-1202.

Rezaei, A., and Soltani, A., 1998. An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Publications, Esfahan, Iran.306 (In Persian)

Sakhvatifar, S., Rahemi Karizki, A., Nakhzari Moghaddam A., and Mollashahi, M., 2020. Identification of canola yield limiting factors using performance comparison analysis. Journal of Crops Improvement 2(1): 13-25. (In Persian with English Summary)

Sohrabi, N., Bagheri, A., Mondani, F., and Nosrati, E., 2017. Assessment of various agronomic and social factors impacts on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A case study, Kermanshah Province, Sanjabi Rural District. Journal of Agroecology 4: 1203-1216. (In Persian with English Summary)

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

Talebizadeh, E., Abbasmanesh, G., and Movahedi Naeini, S.A.R., 2012. Potassium quantity-intensity curves for soils of different specific surface area. Journal of Water and Soil Conservation 19(2): 23-41. (In Persian with English Summary)

Torabi, B., 2011. Analysis of the yield limitations in Gorgan using simulation model and hierarchical process (AHP). Ph.D. Dissertation, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran. (In Persian with English Summary)

Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S and Zeinali, E. 2011. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. Journal of Crop Production 4(4): 1-17

Van Icterus, M.K., Classman, K.G., Grissini, P., Wolf, J., Tattnall. P., and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance, a review.. Field Crops Research 143: 4-17.

Yarnia, M., and Piroozkhah, S., 2011. Effect of potassium levels on tolerance to drought stress in Rapeseed. Regional Conference on Crops Eco-Physiology. Shoushtar, Iran. 19 May 2011. (In Persian)