Plant Prod., 2023, 46(3), 455-472
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.43006.2082
Received: 11 February 2023
Accepted: 21 December 2023

Plant Productions

Research Article

Investigating the rapeseed yield gap in Dehloran

Marzieh Absalan [1], Esfandiar Fateh[2*] Amir Aynehband[3], Abolfazl Derakhshan [4]

1. M.Sc student, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2,3. Associate Professor and Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetic, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
4. Manager of Practical Studies of Debal Khazaie Agriculture and Industry, Ahvaz, Iran

Citation: Absalan, M., Fateh, E., Aynehband, Y., & Derakhshan, A. (2023) .Investigation of rapeseed yield gap in Dehloran city. *Plant Productions*, 46(3), 455-472

Abstract

Introduction

As suitable agricultural land for increasing crop production is decreasing, while the expansion of agricultural land is associated with irreparable damage to the environmen, intensifying sustainability in existing agricultural land is the only way to increase production to meet the increasing demand for food resources. Therefore, investigating the biophysical limitations on yield and estimating yield gaps in the cultivated lands, as well as reducing this gap, is one of the ways to increase the yield per unit area. After soybean, rapeseed is the world's second produced oilseed. Ilam province is one of the most important oilseeds producer regions of the country, including rapeseed, and about 80% of the rapeseed crop of this province is produced in the border city of Dehloran, and this city is one of the pioneer cities and the main pole of rapeseed production in the province. Therefore, according to the importance of rapeseed in Deholran city, this study was conducted with the aim of determining the limiting factors of rapeseed production in Dehloran.

Materials and Methods

In the present study, all the management operations were performed from seedbed preparation to harvesting in 51 farms were recorded through field studies during the years 2021 to 2022. In this study, the yield gap was estimated by the method of yield comparison analysis and borderline analysis, and to determine the yield model, the

* **Corresponding Author:** Esfandiar Fateh
E-mail: e.fateh@scu.ac.ir

© 2023 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.

relationship between quantitative and qualitative variables was measured and yield was evaluated by step-by-step regression method.

Results and Discussion

Determining the limiting factors on rapeseed production in the studied area showed that there was a gap between the actual yield of farmers and the yield predicted by the model of about 833.54 $kgha^{-1}$, which was the contribution of the variables of potash fertilizer consumption, sulfur consumption, and the number of irrigations. The consumption of micronutrients from this yield interval was equal to 102.99, 118.56, 442.20 and 169.79 $kgha^{-1}$, which is equivalent to 12.36, 14.22, 53.05 and 37, respectively. 20% of the total yield gap was observed. Gap analysis of rapeseed yield showed that the number of irrigations alone accounts for 53% of yield reduction compared to attainable yields.

Conclusion

As, there is a need to irrigate the field in the very early planting date in October, it seems that with better management of rapeseed for this planting date in the region, the occurrence of drought stress can be reduced to the plant and to some extent fill the gap in the existing yield. In addition, 57% of the yield gaps in the region were related to the use of potash, sulfur and micronutrient fertilizers, which can be easily removed this limitations in the fields.

Key words: Food security, Limiting factors, Actual yield, Border Line Statistical method, Attainable yield.

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۲، ٤٦(۳)، ٤٥٥-٤٧۲
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.43006.2082
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۳۰

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

بررسی خلأ عملکرد کلزا در شهرستان دهلران

مرضیه آبسالان[۱]، اسفندیار فاتح[۲*]، امیر آینه بند[۳]، ابوالفضل درخشان[٤]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲و۳- دانشیار و استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۴-مدیر بخش مطالعات کاربردی کشت و صنعت دعبل خزاعی، اهواز، ایران.

چکیده

باتوجه به اینکه زمین‌های مناسب کشاورزی برای افزایش تولید محصول درحال کم شدن است و گسترش زمین‌های کشاورزی با خسارات زیست محیطی جبران ناپذیری همراه می‌باشد، تشدید پایداری در زمین‌های زراعی موجود تنها راه برای افزایش تولید در جهت رفع تقاضای روز افزون به منابع غذایی است. بنابراین بررسی محدودیت‌های بیوفیزیکی عملکرد و تعیین بزرگی خلأ موجود در اراضی تحت کشت و همچنین کم کردن این فاصله و خلا، یکی از راه‌های افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد. کلزا پس از سویا مقام دوم تولید روغن در بین دانه‌های روغنی را دارا می‌باشد. استان ایلام یکی از مناطق مهم کشور در زمینه کشت دانه‌های روغنی از جمله کلزا به شمار می‌رود و حدود ۸۰ درصد محصول کلزای این استان، در شهرستان مرزی دهلران تولیدشده و این شهرستان، یکی از شهرستان‌های پیشرو و قطب اصلی تولید کلزا در استان می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت کلزا در این شهرستان و مطالب ذکر شده، این مطالعه با هدف تعیین عوامل محدود کننده تولید کلزا در شهرستان دهلران انجام شد.

به این منظور کلیه عملیات مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت در ۵۱ مزرعه از طریق مطالعات میدانی طی سال‌های ۱٤۰۰ تا ۱٤۰۱ ثبت شد. خلأ عملکرد به روش تحلیل مقایسه کارکرد[۱] و آنالیز خط مرزی[۲] برآورد شد که برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین متغیرهای کمی و کیفی اندازه گیری شده و عملکرد با روش رگرسیون گام به گام مورد ارزیابی قرار گرفت.

تعیین عوامل محدود کننده تولید در زراعت کلزا در منطقه مورد مطالعه نشان داد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد پیش‌بینی شده با مدل حدود ۸۳۳/٥٤ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت که سهم متغیرهای کود پتاس، کود گوگرد، تعداد آبیاری و مقدار مصرف ریز مغذی‌ها از این فاصله عملکرد به ترتیب سهمی معادل ۱۰۲/۹۹، ۱۱۸/٥٦، ٤٤۲/۲۰ و ۱٦۹/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب معادل با ۱۲/۳٦، ۱٤/۲۲، ٥۳/۰٥ و ۲۰/۳۷ درصد از کل خلأ

* **نویسنده مسئول:** اسفندیار فاتح
رایانامه: e.fateh@scu.ac.ir

1- CPA
2- BLA

عملکرد مشاهده شد. آنالیز خلأ عملکرد کلزا نشان داد که تعداد دفعات آبیاری به تنهایی در حدود ۵۳ درصد از کاهش عملکرد نسبت به عملکرد قابل دستیابی را به خود اختصاص داده است.
با توجه به اینکه در تاریخ کاشت‌های بسیار زود هنگام در مهرماه نیاز به آبیاری مزرعه بالا است، به نظر می‌رسد می‌توان با مدیریت بهتر این تاریخ کاشت کلزا در منطقه از بروز تنش خشکی به گیاه کاست و تا حدی خلأ عملکرد را پر کرد. علاوه بر این، ۵۷ درصد از خلأ عملکرد موجود در منطقه مربوط به استفاده از کودهای پتاس، گوگرددار و ریزمغذی‌ها بوده که به سهولت می‌توان نسبت به رفع این محدودیت‌ها در مزارع اقدام کرد.

کلمات کلیدی: امنیت غذایی، عوامل محدود کننده، عملکرد واقعی، عملکرد قابل دستیابی

مقدمه

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) از تیره شب بو و از جنس کلم می‌باشد و در شرایط آب و هوایی مساعد به صورت یکساله رشد می‌کند و یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی یک ساله مورد کشت در جهان می باشد (Sun et al., 2017). دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع غذایی مردم جهان را تشکیل می‌دهند.. فاصله کمی ایجاد شده بین عملکرد پتانسیل[1] . و میانگین عملکرد واقعی مزارع در یک منطقه تحت عنوان آنالیز خلأ عملکرد نامیده می‌شود (Van Ittersum et al. 2013). کم کردن این فاصله و خلا یکی از راه های افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد و لازم است که در هر منطقه میزان خلأ عملکرد مشخص و عوامل سهیم در خلأ عملکرد در تولید گیاهان زراعی مهم شناسایی شوند (Sakhauti Far et al., 2017). از آنجایی که افزایش بیشتر سطح زیر کشت در آینده راه حل مطلوبی نخواهد بود، لذا افزایش عملکرد در واحد سطح به عنوان یک راهبرد مهم مورد تأکید قرار گرفته است (Cumingham et al., 2013).

اولین قدم برای کاهش خلأ عملکرد، مشخص کردن محدودیت‌های عملکرد در یک منطقه‌ی خاص می‌باشد(Fischer et al., 2000). تنوع عملکرد جهانی به شدت توسط استفاده از کود، آبیاری و آب و هوا کنترل می‌شود و تغییرات در شیوه‌های مدیریتی که برای بستن شکاف‌های عملکرد مورد نیاز است، به طور قابل توجهی بسته به منطقه و شدت فعلی متفاوت می‌باشد (Mueller et al., 2012). (Cassman et al., 2003) بیان داشتند که عملکرد واقعی به سطحی از عملکرد اختصاص داده می‌شود که در شرایط مزرعه توسط کشاورز در یک منطقه‌ی خاص به دست می‌آید که این سطح از عملکرد در واقع در شرایطی از مدیریت غالب در یک منطقه از نظر زمان کاشت، رقم عمده‌ی آن منطقه، مدیریت و تراکم عناصر غذایی و همچنین کنترل آفات و بیماری‌ها به دست می‌آید. اهمیت خلأ عملکرد باعث گردیده که در کشورهای پیشرفته و همچنین در حال توسعه، به طور ویژه ای به این موضوع و تحقیقات در مورد آن توجه داشته باشند. همچنین بیشتر کشورهای توسعه یافته دارای مازاد تولید و بیشتر کشورهای درحال توسعه دارای کمبود تولید هستند (Anderson et al., 2016). Van Ittersum et al., (2013) در مقاله‌ای با بروز نگرانی نسبت به آینده و امنیت غذایی جهان با اشاره به محدود شدن ظرفیت نهایی تولید غذا در جهان به علت محدودیت زمین‌های زراعی و منابع آبی و همین‌طور وجود محدودیت‌های بیوفیزیکی رشد گیاهان زراعی، به تعریف کردن اصطلاحات و دیدگاه‌های موجود در مباحث خلأ عملکرد پرداختند، همچنین روش‌هایی برای محاسبه و آنالیز خلأ عملکرد را مورد بررسی قرار دادند. Gunasekera et al (2006) نشان دادند که در مناطق کم باران استرالیا کشت‌های زود هنگام کلزا از

1- Potential yield

عملکردهای بالاتری داشت. Chapagain and Good (2015) در آلبرتا، خلأ عملکرد کلزا را ۳۰ درصد گزارش کردند. همچنین در آزمایشی در استرالیا علت کاهش عملکرد کلزا، بیماری ساق سیاه و پوسیدگی سفید گزارش شد (Kirkegaard et al., 2006). همچنین Shi et al (2017) در آزمایشی دیگر اظهار داشتند که شکاف عملکرد در گندم ۲۴ درصد ، جو ۲۵ درصد و کلزا ۳۰ درصد بود که با مدیریت بهینه محصول می توان عملکرد را افزایش داد (Chapagain and good, 2015). Yahyapour and colleagues (2021) در براورد خلأ عملکرد کلزا در شمال ایران با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد[1] بیان داشتند که متوسط و حداکثر عملکرد به ترتیب ۲۵۳۶ و ۴۲۶۵ کیلوگرم در هکتار با فاصله عملکرد برآورد شده ۱۷۲۹ کیلوگرم در هکتار بود و این فاصله می‌تواند مربوط به میزان مصرف بذر و تاریخ کاشت باشد. همچنین Abarvan et al., (2015) در بررسی عوامل محدود کننده عملکرد کلزا در شمال ایران با تجزیه و تحلیل خط مرزی بیان داشتند که خلأ ۵۹ درصدی بین عملکرد کشاورزان (۱۴۱۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بالقوه (۳۴۰۷ کیلوگرم در هکتار) برابر با ۱۹۸۷ کیلوگرم در هکتار وجود داشت و برای به دست آوردن عملکرد بالقوه جمعیت علف‌های هرز باید کمتر از سه بوته در مترمربع باشد. Sakhaghavi Far et al (2017)، در ارزیابی خلأ عملکرد کلزا در شرق استان گلستان با روش تحلیل مقایسه کارکرد نتیجه‌گرفتندکه بین متوسط عملکرد واقعی (۲۰۳۸ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قابل دستیابی (۴۱۲۳ کیلوگرم در هکتار)، ۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد وجود دارد که این خلأ بیشتر ناشی از مصرف کم پتاسیم بود. همچنین در شهرستان خرمشهر متغیرهای تاثیرگذار در خلأ عملکرد کلزا، استفاده از دستگاه لولر جهت تسطیح اراضی، میزان تحصیلات کشاورزان، کاربرد کود فسفر، تاریخ مصرف کود پتاسیم و روش حذف بقایای کشت قبلی بود که ۲۷/۸۹ درصد از خلا عملکرد را شامل می شد (Maturian et al., 2019). استان ایلام یکی از مناطق مهم کشور در بحث کشت دانه های روغنی از جمله کلزا به شمار می‌رود و رتبه سوم کشور را در کشت دانه روغنی کلزا کسب نموده است. حدود ۸۰ درصد محصول کلزای این استان در شهرستان مرزی دهلران تولید می‌شود و یکی از شهرستان های پیشرو و قطب اصلی تولید کلزا در استان می‌باشد ۶ هزار هکتار از اراضی آبی شهرستان دهلران زیر کشت کلزا رفته اند که از این اراضی تقریبا ۱۰هزار و ۵۰۰ تن کلزا برداشت گردید . با توجه به کاهش سطح بارندگی امسال در شهرستان دهلران، ۱۲هزار و ۳۰۰ تن کلزا در سطح استان برداشت شد که نسبت به سال گذشته ۴۵ درصد کاهش یافته است (آمار نامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰). با توجه به بررسی منابع و مطالب ذکر شده و اینکه کلزا در منطقه دهلران در سطح مناسبی کشت شده لذا اهمیت این پژوهش و هدف از آن تعیین خلأ عملکرد و ارزیابی عوامل موثر بر کاهش عملکرد کلزا در شهرستان دهلران و راهکارهای لازم برای کاهش خلأ عملکرد می باشدبود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و وضعیت اقلیم منطقه

این آزمایش در شهرستان دهلران واقع در استان ایلام در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. ویژگی های اقلیمی و جغرافیایی شهرستان دهلران در جدول ۱ تشریح شده است.

1 CPA

Table1. Demographic and geographical features of Dehlran city

State	Ilam
City	Dehloran
Area	543.52 m^2
Longitude	47.2691° E
latitude	32.6894° N
Altitude	178m
Rainfall	250-300 mm

جمع آوری داده‌ها

در این پژوهش کلیه عملیات‌های مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت مربوط به ۵۱ مزرعه کلزا در شهرستان دهلران به صورت پیمایشی و از طریق مطالعات میدانی برای برآورد خلأ عملکرد ثبت شد. جمع آوری این داده‌ها و اطلاعات باتوجه به مراحل فنولوژی گیاه (جوانه زنی، روزت، غنچه دهی، گلدهی و رسیدگی) کلزا انجام گرفت و از رقم‌های هایولا۵۰ و هایولا۴۸۱۵ برای کاشت کلزا استفاده گردید. جمع آوری این داده‌ها این گونه بود که از کشاورز، سن ایشان، داشتن سابقه‌ی کشت کلزا، مقدار مساحت مزرعه، مالکیت مزرعه، تاریخ کاشت، نوع رقم کشت شده، استفاده یا عدم استفاده از زیرشکن و ماله، میزان بذر مصرفی کلزا در هر هکتار، نوع گاو آهن مورد استفاده، تعداد دیسک، مشکلات آبگرفتگی و زهکشی مزرعه مورد پرسش قرار گرفته شد و بعد از سپری شدن مدتی از رشد گیاه کلزا در زمان عملیات داشت برای ثبت داده‌های مورد نیاز کشاورزان کلزا کار مجدداً مورد پرسش قرار گرفتند. بر اساس مستندات جمع‌آوری شده، در ۱۳/۷ درصد از مزارع هیچ کود اوره‌ای مصرف نشد اما در ۸۸/۲ درصد از مزارع حداکثر ۵۰ کیلوگرم در هکتار و در ۹۰/۲ درصد از کل مزارع حداکثر ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف گردید، مقدار مصرف کود فسفات در ۹/۸ درصد از مزارع صفر، در ۳۹/۲ درصد از مزارع حداکثر ۵۰ کیلوگرم در هکتار، در ۵۸/۸ درصد از مزارع حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، در ۴۱/۲ درصد از مزارع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات مصرف شده بود. مقدار مصرف کود پتاس در منطقه مورد بررسی بین صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم، همچنین مصرف کود سرک اوره در مرحله‌ی شش تا هشت برگه بین ۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم و همینطور مصرف هیومیک اسید در مرحله شش برگه و قبل از گلدهی بین ۰ تا ۶ لیتر در هکتار متغیر بود و ۷۶/۵ درصد از کشاورزان از هیومیک اسید برای تغذیه کلزا استفاده نکردند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از روش‌های مناسب آماری که توانایی تجزیه داده‌های میدانی را دارد، روش تحلیل مقایسه کارکرد می‌باشد (Soltani et al.,2009). در این روش هدف، شناسایی محدودیت‌های عملکرد عمده و تعریف توابع عملکردهای حداقل است (De Bie, 2000). در روش تحلیل مقایسه کارکرد، برای تعیین مدل عملکرد، رابطه بین متغیرهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده و عملکرد با روش رگرسیون گام به گام مورد ارزیابی قرار گرفت. اختلاف عملکرد قابل‌دستیابی و عملکرد متوسط معادل خلأ عملکرد در نظرگرفته شد و اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای آن متغیر در ضریب همان متغیر، نشان دهنده‌ی خلأ عملکرد ایجاد شده توسط آن متغیر می‌باشد، نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان دهنده سهم آن در ایجاد خلأ عملکرد می‌باشد که به طور درصد نشان داده شد (Rizvan Talab et al., 2018). همچنین مقادیر بهینه با توجه به ضریب‌های محاسبه شده در مدل نهایی عملکرد و مقادیر حداکثر و یا حداقل مورد استفاده توسط کشاورزان انتخاب می‌شوند (Van Itersum et

(al., 2013. روش آنالیز خط مرزی به نظر می‌رسد که در این گونه مطالعات می‌تواند مکملی برای روش‌های رگرسیونی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد باشد که با رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل مهم‌ترین متغیرهای مدیریتی حفاظت و تغذیه گیاه طی عملیات کاشت، داشت و برداشت بالاترین عملکردها در سطوح مختلف هر نهاده یا مدیریت خاص برای هر متغیر انتخاب شدند و با استفاده از برازش یک خط، پاسخ عملکرد به عنوان متغیر وابسته به متغیرهای مستقل (مهم‌ترین متغیرهای موثر بر عملکرد) تعیین گردید (Nizamzadeh et al., 2018). بعد از جمع‌آوری و دسته‌بندی داده‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل (2016)، اطلاعات کدبندی و سپس تجزیه آماری شد. داده‌های کیفی با تعیین حدود اطمینان ۹۵ درصد برای هر متغیر با آزمونLSD مقایسه میانگین شدند. برای تجزیه رگرسیون از برنامه سیگماپلات۱۴ [1] استفاده شد. برای این منظور، ابتدا نمودار پراکنش داده‌ها ترسیم و برحسب روند مشاهده‌شده و با در نظر گرفتن تجزیه واریانس رگرسیون بهترین تابع برای آن پاسخ انتخاب و استفاده شد. رابطه بین حداکثر عملکردها و مساحت مزارع مورد بررسی با استفاده از یک رابطه درجه دوم توصیف شد. از شاخص های R اسکور و RMSE جهت اعتبار سنجی و صحت سنجی مدل استفاده شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی برخی داده ها و مستندسازی آنها

بر اساس مستندات گردآوری شده، ۹۰/۲ درصد از کشاورزان تجربه تولید کلزا داشتند، در حالی که سایرین برای نخستین بار اقدام به کشت این گیاه کرده بودند. بر اساس نتایج مشاهده شده، عملکردهای به دست آمده توسط کشاورزان دارای تجربه تولید کلزا (۵۹ ± ۲۳۵۷ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر بدست آمده توسط کشاورزانی فاقد تجربه تولید این محصول (۷۶ ± ۱۸۰۷ کیلوگرم در هکتار) بود. مساحت مزارع در منطقه بین ۳ تا ۱۵ هکتار متغیر بود. بر اساس مستندات ، مساحت ۴۵/۱ درصد از مزارع حداکثر ۵ هکتار و ۸۶/۳ درصد از آن‌ها حداکثر ۱۰ هکتار بود. همچنین، سطح ۱۳/۷ درصد از مزارع بیشتر از ۱۰ هکتار بود. هدایت الکتریکی آب استفاده شده در مزارع برای آبیاری در منطقه مورد بررسی بین ۰/۶۲ تا ۱/۸۵ دسی زیمنس بر متر متغیر بود. هدایت الکتریکی آب آبیاری ۲۷/۷ درصد از مزارع حداکثر ۰/۸ دسی زیمنس بر متر و ۶۱/۷ درصد از آن‌ها حداکثر ۱/۰۲ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین، هدایت الکتریکی آب آبیاری ۳۸/۳ درصد از مزارع بین ۱/۰۲ تا ۱/۸۵ دسی زیمنس بر متر بود. هدایت الکتریکی آب خاک در مزارع بین ۱ تا ۶/۹ دسی زیمنس بر متر متغیر بود. هدایت الکتریکی آب خاک در ۲۵/۰ درصد از مزارع حداکثر ۲/۱ دسی زیمنس بر متر، در ۴۷/۹ درصد از مزارع حداکثر ۳/۱ دسی زیمنس بر متر و در ۸۱/۳ درصد از آن‌ها حداکثر ۴/۵ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین، هدایت الکتریکی آب خاک در ۱۸/۸ درصد از مزارع بین ۴/۵ تا ۶/۹ دسی زیمنس بر متر بود. کشت قبلی در ۷۸/۴، ۹/۸ و ۱۱/۸ درصد از مزارع کلزای مطالعه شده به ترتیب آیش (گندم)، ذرت و جالیز بود. تنها ۱۵/۷ درصد از کشاورزان کلزا کار منطقه پیش از تهیه زمین اقدام به سوزاندن بقایای کردند. مقدار مصرف کود اوره پایه در این منطقه بین ۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در ۱۳/۷ درصد از مزارع هیچ کود اوره‌ای در زمان کاشت کلزا مصرف نشد، اما در ۸۸/۲ درصد از مزارع حداکثر ۵۰ کیلوگرم در هکتار و در ۹۰/۲ درصد از کل مزارع حداکثر ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت مصرف شد. حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش مقدار مصرف کود اوره پایه افزایش یافت، با مصرف ۵۹/۸۱ کیلوگرم در هکتار به اوج رسید و پس از آن دوباره کاهش نشان داد. مقدار مصرف کود فسفات در منطقه مورد بررسی بین صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. بر اساس مستندات، مقدار مصرف کود فسفات در ۹/۸ درصد از مزارع صفر،

1- SigmaPlot 14.0

در ۳۹/۲ درصد از مزارع حداکثر ۵۰ کیلوگرم در هکتار، در ۵۸/۸ درصد از مزارع حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، در ۴۱/۲ درصد از مزارع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات مصرف شده بود. مصرف کود پتاس در منطقه مورد بررسی بین صفر تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. مقدار مصرف کود پتاس در ۲۵/۵ درصد از مزارع صفر، در ۴۵/۱ درصد از مزارع حداکثر ۵۰ کیلوگرم در هکتار، در ۷۴/۵ درصد از مزارع حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، در ۲۵/۵ درصد از مزارع ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس مصرف شده بود. مقدار مصرف گوگرد در مزارع مورد بررسی بین صفر تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. مقدار مصرف گوگرد در ۵۱ درصد از مزارع صفر و در ۸۰/۴ درصد از مزارع حداکثر ۳۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین، مصرف گوگرد در ۱۹/۶ درصد از بین ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. مشخص شد که با افزایش هر واحد (یک کیلوگرم) مصرف گوگرد، حداکثر عملکردها معادل ۱۷/۴۸ کیلوگرم در هکتار بهبود خواهد یافت.

مقدار مصرف کود مرغی در ۸۶/۳ درصد از مزارع صفر و در ۱۱/۸ درصد از مزارع ۵ تن در هکتار بود. مقدار مصرف کود دامی در مزارع مورد بررسی بین صفر (۹۶/۱ درصد از مزارع) تا ۱۰ (۳/۹ درصد از مزارع) تن در هکتار متغیر بود. بر اساس مستندات جمع‌آوری شده، تاریخ کاشت کلزا در ۳۱/۴ درصد از مزارع حداکثر ۲۰ مهرماه، در ۹۴/۱ درصد از مزارع حداکثر ۳۰ مهرماه و در ۵/۹ درصد از کل مزارع در ۸ روز اول آبان ماه بود. تعداد دفعات آبیاری در مزارع مورد بررسی بین ۸ تا ۱۴ مرتبه متغیر بود. تعداد دفعات آبیاری در ۲ درصد از مزارع ۸ مرتبه، در ۲۷/۵ درصد از مزارع حداکثر ۱۰ مرتبه و در ۸۲/۴ درصد از مزارع حداکثر ۱۲ مرتبه بود. حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش تعداد دفعات آبیاری با یک شیب مثبت ۲۹۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، این بدان معنی است که با هر مرتبه آبیاری بیشتر مزرعه، حداکثر عملکردها معادل ۲۹۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار بهبود خواهد یافت. مصرف ریزمغذی‌ها در مزارع بین ۰ تا ۶ لیتر در هکتار متغیر بود. بر اساس داده‌های گردآوری شده، ۵۱ درصد از کشاورزان از هیچ نوع ریزمغذی برای تغذیه کلزا استفاده نکردند، اما مصرف این مواد در ۶۰/۸ درصد از مزارع حداکثر ۲ لیتر در هکتار و در ۸۸/۲ درصد از مزارع حداکثر ۴ لیتر در هکتار بود. به ازای هر واحد (لیتر) افزایش مصرف ریزمغذی‌ها، عملکردهای حداکثر در مزارع معادل ۸۶/۶۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.

آنالیز خط مرزی

مستند سازی فرایند تولید در کشاورزی شامل تهیه کلیه اطلاعات و فعالیت‌هایی است که سیر تولید یک محصول از مرحله‌ی تهیه بستر بذر تا برداشت را نشان می‌دهد (Dastan et al., 2017). به منظور نشان دادن درصد فراوانی در داده‌های کمی از نمودار درصد فراوانی تجمعی و برای داده‌های کیفی از نمودار میله‌ای استفاده شد. همچنین در رابطه با متغییر و تغییرات حداکثر عملکردها، برای داده‌های کمی از آنالیز خط مرزی (BLA) و رگرسیون گام به گام و برای داده‌های کیفی از روش مقایسه میانگین استفاده گردید.

نمودار خط مرزی عملکردهای بدست آمده در مزارع در مقابل مساحت مزرعه ۹۰ درصد از تغییرات حداکثر عملکردها را با مساحت مزرعه توجیه کرد. بر این اساس حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش سطح مزارع افزایش یافت و در نقطه ۱۰/۱۲ هکتار به اوج رسید و پس از آن روندی کاهشی نشان داد (شکل۱ راست). آنالیز خط مرزی نشان داد که حداکثر عملکرد در پاسخ به افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری با یک شیب منفی ۱۳۱۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت، این بدان معنی است که با افزایش هر واحد (یک دسی زیمنس بر متر) هدایت الکتریکی آب آبیاری، عملکرد معادل ۱۳۱۹ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل ۱ چپ) همچنین با افزایش هر واحد (یک دسی زیمنس بر

متر) هدایت الکتریکی خاک، حداکثر عملکردها حدود ۳۲۳ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل ۲ راست) و به ازای افزایش هر واحد اسیدیته خاک (یک واحد pH)، حداکثر عملکردها حدود ۷۸۴ کیلوگرم در هکتار کاهش یافته است (شکل۲ چپ). آنالیز خط مرزی نشان داد که حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش تعداد نوبت عملیات دیسک‌زنی افزایش یافت و در نقطه ۳/۲۵ مرتبه به اوج رسید و پس از آن دوباره کاهش نشان داد (شکل ۳راست). بر اساس مدل برازش داده شده، حداکثر عملکرد در پاسخ به افزایش مقدار مصرف کود اوره پایه افزایش یافت، با مصرف ۵۹/۸۱ کیلوگرم در هکتار به اوج رسید و پس از آن دوباره کاهش نشان داد (شکل ۳ چپ). رابطه بین حداکثر عملکردها و مقدار مصرف کود فسفات با استفاده از یک رابطه خطی ساده توصیف شد. این رابطه در حدود ۹۹ درصد از تغییرات حداکثر عملکردها را با مقدار مصرف کود فسفات توجیه کرد و حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش مصرف کود فسفات با یک شیب مثبت ۹/۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، یعنی با افزایش هر واحد (یک کیلوگرم) مصرف کود فسفات در هکتار، حداکثر عملکردها معادل ۹/۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت (شکل ۴ راست). همچنین با افزایش هر واحد (یک کیلوگرم) مصرف کود پتاس، حداکثر عملکردها معادل ۷/۹۳ کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت (شکل۴ چپ).

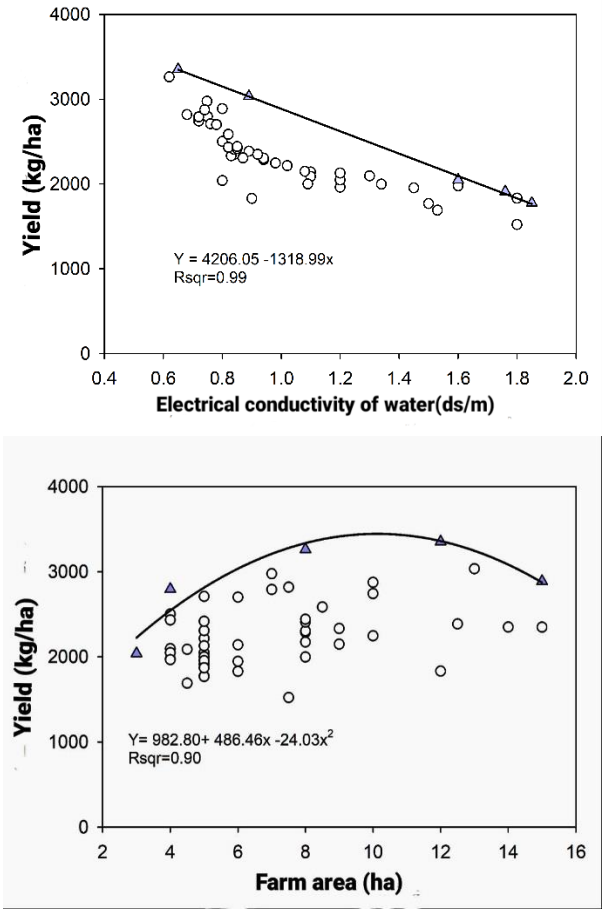


Figure 1. The relationship between maximum yield and field area (right) and electrical conductivity of field irrigation water (left

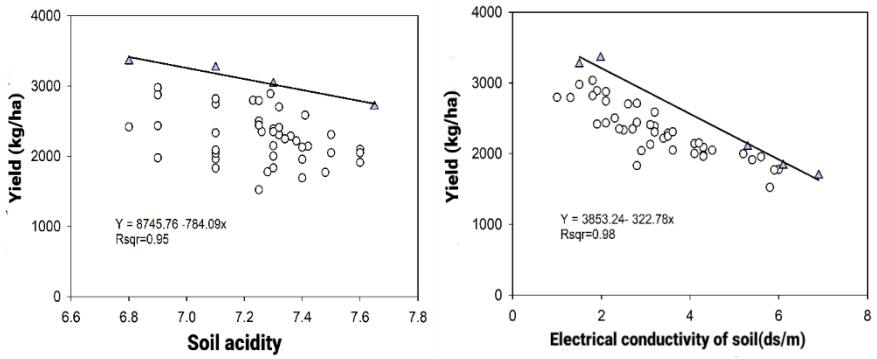


Figure 2. The relationship between maximum yield and soil electrical conductivity (right) and soil acidity (left)

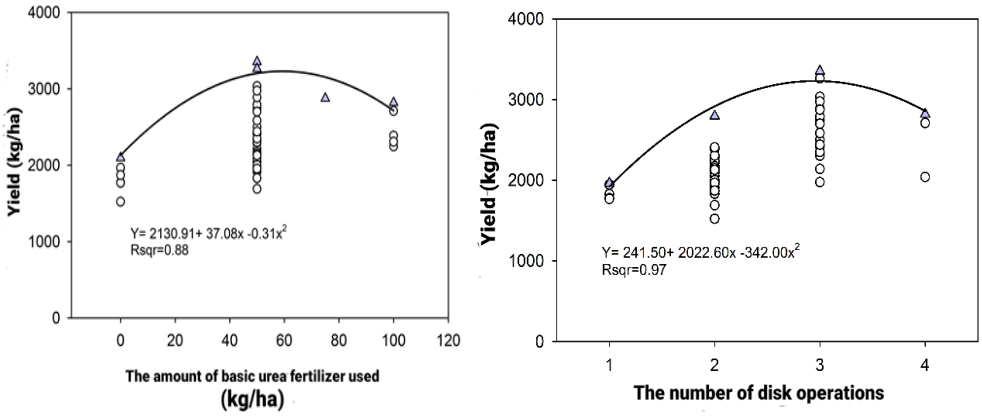


Figure 3. The relationship between the maximum yield and the number of disking (right) and the consumption of urea fertilizer (left)

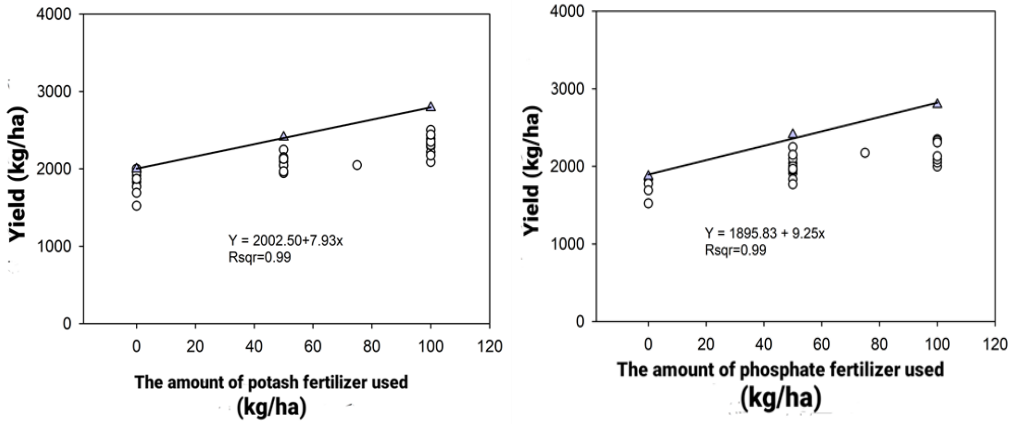


Figure 4. The relationship between the maximum yield and the consumption of phosphate fertilizer (right) and the consumption of potash fertilizer (left)

نمودار خط مرزی در رابطه با گوگرد مصرفی نشان داد که با مصرف هر کیلوگرم گوگرد در هکتار، حداکثر عملکردها معادل ۱۷/۴۸ کیلوگرم در هکتار بهبود خواهد یافت (شکل ۵ راست). همچنین در رابطه با استفاده‌ی کود مرغی در مزارع کلزا که تنها ۱۱/۸ درصد از کشاورزان از این کود استفاده کرده بودند، بیان شد که با افزایش یک تن مصرف کود مرغی در هکتار، حداکثر عملکردها معادل ۱۸۳/۲۰ کیلوگرم در هکتار تقلیل

خواهد یافت (شکل ۵ چپ). با توجه به شکل ۶ راست رابطه بین حداکثر عملکردها و مقدار مصرف بذر با استفاده از یک رابطه درجه دوم توصیف شد و قدرت این رابطه در حدود ۹۹ درصد بود. بر اساس مدل برازش داده‌شده، حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش مقدار مصرف بذر افزایش یافت، با مصرف ۵/۷۳ کیلوگرم در هکتار به اوج رسید و پس از آن دوباره کاهش نشان داد (شکل ۶ راست). با استفاده از یک رابطه درجه دوم نشان داده شد که حداکثر عملکردها در پاسخ به تاخیر در تاریخ کاشت از ۱۲ مهرماه افزایش یافت، در تاریخ کاشتی معادل با ۲۵/۶ روز پس از آغاز مهرماه به اوج رسید و پس از آن دوباره کاهش یافت (شکل ۶ چپ). حداکثر عملکردها در پاسخ به افزایش تعداد دفعات آبیاری در مزارع کلزای مورد بررسی نشان داد که با هر مرتبه آبیاری بیشتر مزرعه، حداکثر عملکردها معادل ۲۹۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار بهبود خواهد یافت (شکل ۷ راست). همچنین آنالیزها نشان داد که با افزایش مصرف کود سرک اوره در دامنه بین ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار , عملکرد به‌طور خطی افزایش یافت و مصرف بیشتر کود تاثیری بر عملکردهای حداکثر نداشت (شکل ۷ چپ). با توجه به شکل ۸ راست، رابطه بین حداکثر عملکردها و کود سه بیست مصرف شده با استفاده از یک رابطه خطی شکسته دوگانه توصیف شد. این رابطه ۸۴ درصد از تغییرات را توجیه کرد. بر این اساس، حداکثر عملکردها در مزارع با افزایش مصرف کود سه بیست (NPK) در دامنه بین ۰ تا ۴/۷ کیلوگرم در هکتار به‌طور خطی افزایش یافت و مصرف بیشتر کود سه بیست تاثیری بر عملکردهای حداکثر نداشت (شکل ۸ راست). به ازای هر واحد (لیتر) افزایش مصرف ریزمغذی‌ها (روی و آهن)، عملکردهای حداکثر در مزارع معادل ۸۶/۶۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۸ چپ).

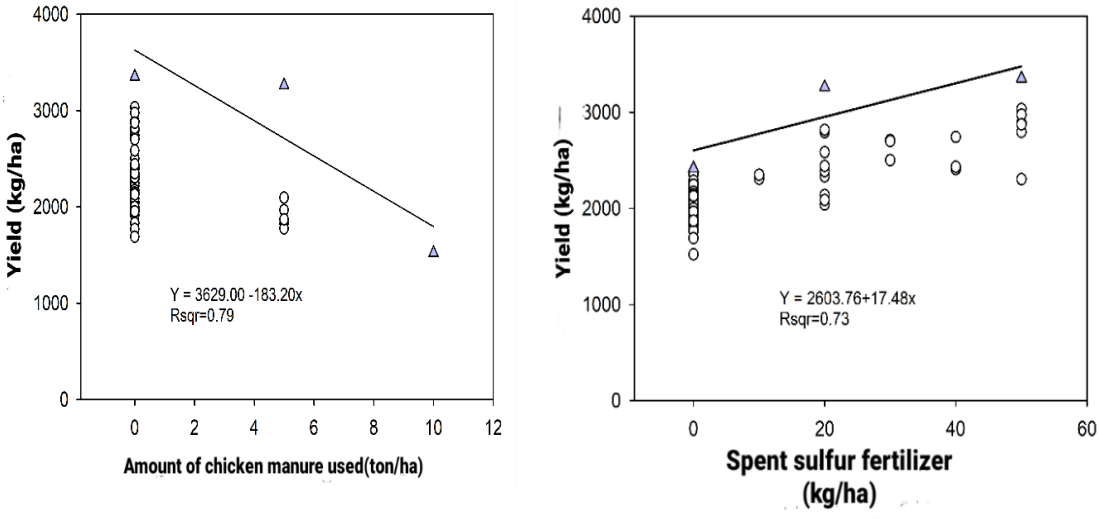
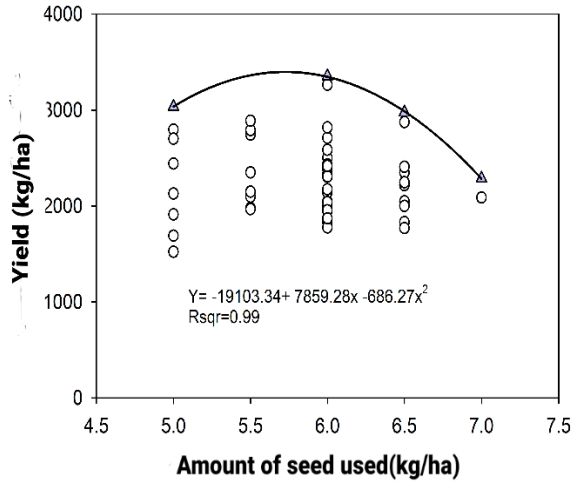


Figure 5. The relationship between the maximum yield obtained and the use of sulfur fertilizer (right) and the use of chicken manure (left)



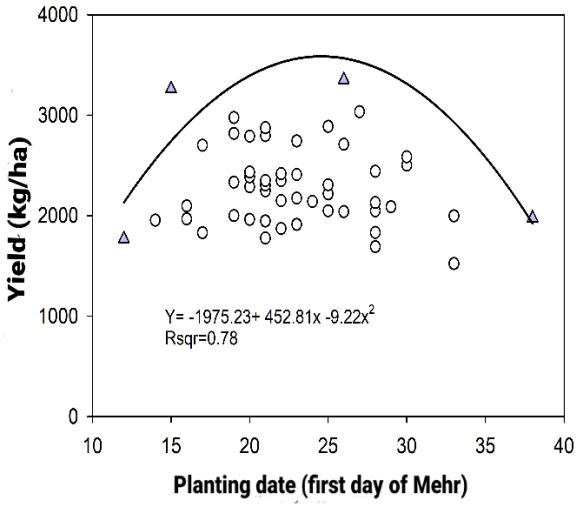


Figure 6. The relationship between the maximum yield obtained and the seed consumption right) and the planting date (left)

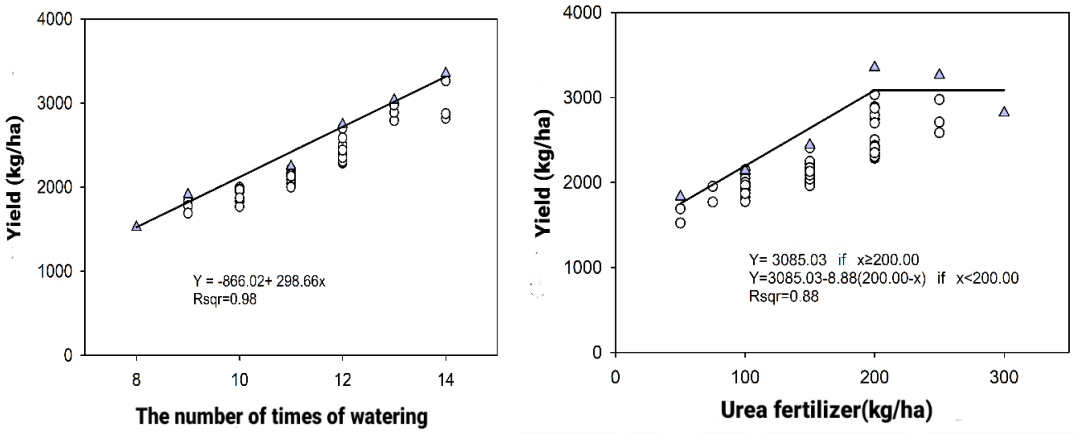


Figure 7. The relationship between the maximum yield obtained and the number of irrigations (right) and the use of urea fertilizer (left)

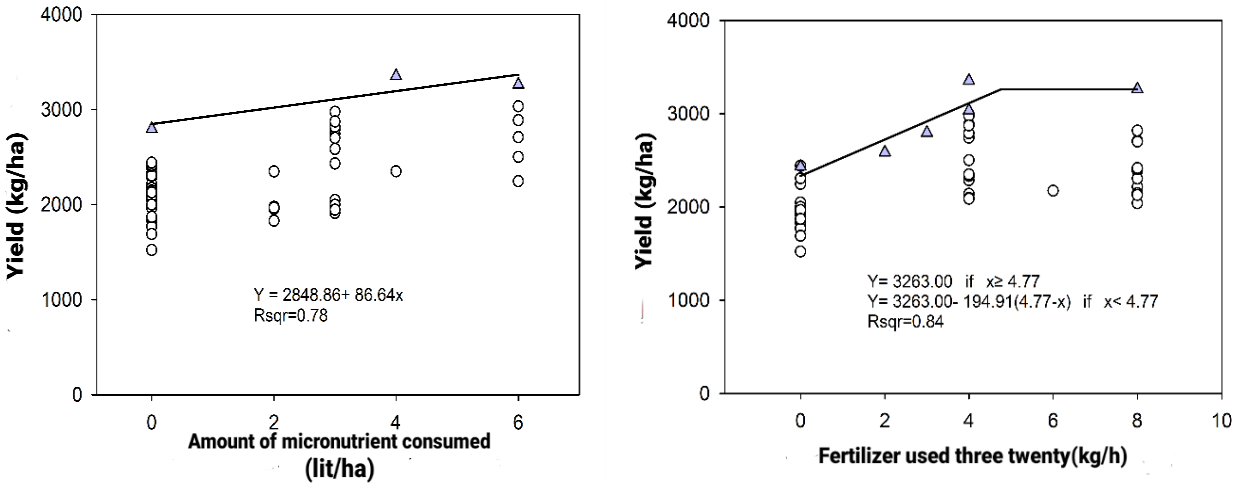


Figure 8. The relationship between the maximum yield obtained and the amount of fertilizer used (right) and the use of micronutrients (left)

رابطه بین حداکثر عملکردها و مقدار مصرف هیومیک اسید با استفاده از یک رابطه خطی ساده توصیف شد. این رابطه ۶۷ درصد از تغییرات حداکثر عملکردها را با مصرف هیومیک اسید توجیه کرد. بر اساس مدل برازش داده‌شده، به ازای هر لیتر افزایش مصرف هیومیک اسید، عملکردهای حداکثر در مزارع معادل ۱۳۷کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل۹ راست). علت کاهش عملکرد گیاه با افزایش اسیدهیومیک شاید به دلیل این باشد که اسیدهیومیک بیشتر خاک مصرف بوده و در مزارع به صورت محلول پاشی و در یک نوبت استفاده می شده و این باعث شده که تاثیر مثبتی بر عملکرد نداشته باشد.

در ارتباط با تراکم واقعی مزارع کلزا با استفاده از یک خطی شکسته سه‌گانه نشان داده شد که عملکردهای حداکثر با افزایش تراکم بوته در واحد سطح تا رسیدن به ۷۸/۲۲ بوته در متر مربع به‌طور خطی افزایش یافت، در دامنه بین ۷۸/۲۲ و ۹۴ بوته در متر مربع ثابت بود و با افزایش بیشتر تراکم بوته به‌طور خطی کاهش یافت (شکل ۹ چپ). تاریخ برداشت مزارع کلزای دهلران که از ۱۹ تا ۳۰ فروردین ادامه داشت، نمودار خط مرزی ۸۹ درصد از تغییرات حداکثر عملکردها را با تغییر در تاریخ برداشت توجیه کرد و بر این اساس عملکردهای حداکثر با تاخیر در برداشت تا ۲۰ فروردین به‌طور خطی افزایش یافت، در دامنه بین ۲۰ تا ۲۷ فروردین ثابت بود و با تاخیر بیشتر برداشت به‌طور خطی کاهش یافت (شکل ۱۰).

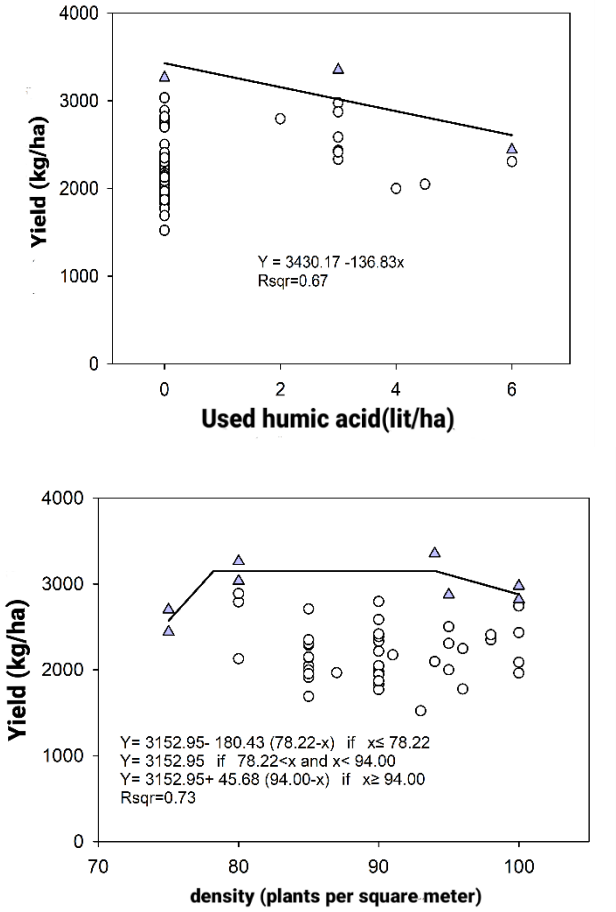


Figure 9. The relationship between the maximum yield obtained and the humic acid consumption (right) and the density of rape fields (left)

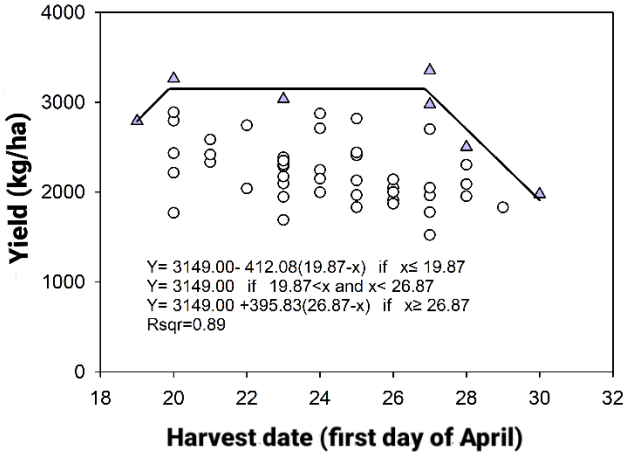


Figure 10. The relationship between the maximum yield obtained and the harvest date of canola

مطالعات متعددی در جهت تعیین خلأ عملکرد گیاهان زراعی در شرایط آگرواکولوژیکی متفاوت انجام شده و نتایج آنان نشان می‌دهد که بزرگی خلأ عملکرد و عوامل ایجاد کننده‌ی آن در مکان‌های مختلف متغیر بوده است (Affholder et al,. 2013). برای مثال، آنالیز خلأ عملکرد کاساوا (*Manihot esculenta*) در کامبوج نشان داده شد که کمبود عناصر غذایی به ویژه مواد مغذی خاک، دوره رشد کوتاه گیاه و وجود علف-های هرز درمزارع، مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کاساوا در این کشور بوده است (Sopheap et al.,). Khaliq et al (2019) 2012 در کشور پاکستان با استفاده از مدل APSIM مقدار خلأ عملکرد و عوامل توضیح دهنده آن را در کشت گندم- برنج ارزیابی و گزارش کردند که کشاورزان در حال حاضر تنها بین ۶۷-۳۶ درصد از پتانسیل عملکرد برنج و فقط بین ۵۶-۴۸ درصد از پتانسیل عملکرد گندم در این کشور را برداشت می‌کنند. آنان مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی تولید در هر دو گیاه زراعی را عدم مصرف مقادیر کافی نیتروژن، سطح پایین کربن آلی خاک و تاریخ کاشت نامناسب برای ارقام موجود معرفی کردند. همچنین (Jia et al., 2018) با آنالیز خلأ عملکرد سیب زمینی دیم در منطقه‌ی کوهستانی Yin در چین نشان دادند که می‌توان با مدیریت صحیح کود و آبیاری تکمیلی عملکرد این گیاه را تا حد زیادی بهبود بخشید. Yarahmadi (2021) با ارزیابی اگروتکنولوژیکی خلأ عملکرد ذرت در شمال خوزستان مشخص شد که در شهرستان شوش بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد پیش بینی شده با مدل، حدود ۳۱۹۰/۶ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که مهم‌ترین دلیل کاهش عملکرد را مقدار نیتروژن مصرف شده گزارش داد، همچنین نشان داد که در شهرستان اندیمشک بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد پیش بینی شده، حدود ۴۴۱۳ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت که مهم ترین علت آن مقدار مصرف کود پایه نیتروژن بود. در مطالعات Shahnawazi (2021)تعیین خلأ عملکرد و عوامل محدود کننده عملکرد کلزا در استان گلستان مشخص شد که میان میانگین عملکرد واقعی یعنی ۲۳۰۸ کیلوگرم در هکتار و عملکرد قابل محصول یعنی۴۱۲۳ کیلوگرم در هکتار، به مقدار ۱۸۱۸ کیلوگرم در هکتار تفاوت وجود دارد و مهم‌ترین علت این اختلاف را می-توان مساحت مزرعه بیان نمود.

مدل عملکرد

مدل عملکرد با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام تمام متغیرهای مستقل در مقابل متغیر وابسته (عملکرد) به شرح زیر بدست آمد:

$$Yield=176.54+1.41x_1+3.42x_2+167.05x_3+40.09x_4$$

که در این مدل، x_1-x_4 به ترتیب مقدار مصرف کود پتاس (سولفات پتاسیم)، مقدار مصرف گوگرد، تعداد مرحله آبیاری و مقدار مصرف ریزمغذی‌ها هستند. رابطه بین مقادیر عملکرد پیش‌بینی شده با این مدل و عملکردهای مشاهده شده در شکل ۱۳ ارائه شده است. نمودار ۱:۱ به خوبی رابطه نزدیک بین مقادیر عملکرد پیش‌بینی شده و مشاهده شده را نشان داد. بر این اساس، مدل عملکرد حدود ۹۴ درصد از تغییرات عملکرد را در پاسخ به ۳۵ متغیر مستقل توجیه کرد. همچنین RMSE جهت صحت سنجی و اعتبار مدل اندازه گیری شد و عدد آن ۱۰۰/۳۱ بود که نشان دهنده کارایی بالای مدل در پیش بینی متغیرها و پارامترها بود. مشخصات متغیرهای وارد شده در مدل به صورت مقادیر متوسط، حداقل، حداکثر و بهترین مقداری که می‌تواند در مدل رگرسیونی عملکرد قرار گیرد، در جدول ۲ نشان داده شد.

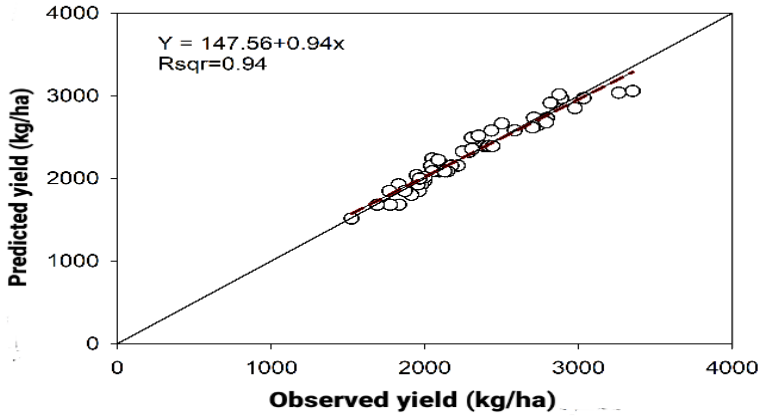


Figure 11. The relationship between the performance values predicted by the model and the observed values using the 1:1 chart. (RMSE=100.31, R^2=0.94)

Table 2.Factors affecting the canola yield gap

		Variable Amount				Yield calculated by model		Yield Gap	
Variable	Coefficient	Average	Minimum	Maximum	Optimum	Average	Optimum	Value	Percent
Intercept	176.54	1	-	-	1	176.54	176.54	-	-
X1	1.41	76.96	0	150	150	108.51	211.50	102.9	12.36
X2	3.42	15.29	0	50	50	52.24	51.70	118.5	14.22
X3	167.05	15.35	8	14	14	1896.54	2338.74	444.2	53.05
X4	40.09	1.76	0	6	6	70.75	240.54	169.8	20.37
Yield	-	2303.04	1522	3354	-	2304	3138.13	833.5	100

X1, X2, X3 and X4 are Potassium fertilizer application, Sulfur application, The number of irrigation, and application of micronutrients respectively.

نتیجه گیری

با توجه به جدول، از میان ۳۵ متغیر مستقل، تنها چهار متغیر، مقدار مصرف کود پتاس، مقدار مصرف گوگرد، تعداد مرحله آبیاری و مقدار مصرف ریزمغذی‌ها تاثیر معنی‌دار و زیادی بر عملکردهای ثبت شده داشتند و همبستگی عملکرد با سایر متغیرها ناچیز و بی‌معنی بود. خلا عملکرد با استفاده از این متغیرها و روش تحلیل کارکرد تعیین شد.

تعیین عوامل محدود کننده تولید در زراعت کلزا در منطقه مورد مطالعه نشان داد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد پیش‌بینی‌شده با مدل حدود ۸۳۳/۵۴ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که سهم متغیرهای مقدار مصرف کود پتاس، مقدار مصرف گوگرد، تعداد مرحله آبیاری و مقدار مصرف ریزمغذی‌ها از این فاصله عملکرد به ترتیب سهمی معادل ۱۰۲/۹۹، ۱۱۸/۵۶، ۴۴۲/۲۰ و ۱۶۹/۷۹ کیلوگرم در هکتار بود که به ترتیب معادل با ۱۲/۳۶، ۱۴/۲۲، ۵۳/۰۵ و ۲۰/۳۷ درصد از کل خلأ عملکرد مشاهده شده است. لذا با استفاده از کود پتاس و گوگرد، تعداد آبیاری بیشتر و مصرف ریز مغذی ها می توان خلأ عملکرد کلزا در این شهرستان کاهش داد و عملکرد را بهبود بخشید.

با توجه به محدود بودن امکان توسعه سطح زیر کشت گیاهان زراعی، شناسایی عوامل مدیریتی که در مزارع توسط کشاورزان اعمال می‌شود و تعیین نقش هر یک از این عوامل در خلا عملکرد موجود در مزارع می‌تواند راهکارهایی برای اعمال مدیریت‌های مناسب جهت دستیابی به عملکردهای بالا در دسترس قرار دهد. زارعین می‌توانند با شناخت بهتر این عوامل از اختلاف بین عملکردهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده در مزارع جلوگیری کنند تا از این طریق بتوان به عملکردهای قابل‌دستیابی نزدیک شوند. برای منطقه مورد مطالعه، بین عملکرد متوسط و قابل دستیابی ۸۳۳/۵۳ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود داشت. آنالیز خلا عملکرد کلزا نشان داد

که تعداد دفعات آبیاری به تنهایی در حدود ۵۳ درصد از کاهش عملکردها نسبت به عملکردهای قابل دستیابی را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه در تاریخ کاشت‌های بسیار زود هنگام در مهرماه نیاز به آبیاری مزرعه بالا است، به نظر می‌رسد می‌توان با مدیریت بهتر این تاریخ کاشت کلزا در منطقه از بروز تنش خشکی به گیاه کاست و تا حدی خلا عملکرد موجود را جبران نمود. علاوه بر این، ۴۶/۹۵ درصد از خلا عملکرد موجود در منطقه مربوط به استفاده از کودهای پتاس، گوگرددار و ریز مغذی‌ها بود که به سهولت می‌توان نسبت به رفع این محدودیت‌ها در مزارع اقدام کرد. کاربرد تلفیقی روی و آهن به‌صورت محلول‌پاشی از طریق کاهش مقاومت روزنه‌ای، باعث بهبود عملکرد کلزا بخصوص در شرایط تنش خواهد شد. همچنین مصرف کود پتاس تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می تواند باعث افزایش عملکرد شود. استفاده از گوگرد به همراه تیوباسیلوس با توجه به اینکه در ساختار روغن نقش داشته و باعث بهبود کمیت و کیفیت روغن شده و همچنین باعث بهبود اسیدیته خاک می شود. با هر مرتبه آبیاری بیشتر مزرعه، حداکثر عملکردها معادل ۲۹۸/۶۶ کیلوگرم در هکتار بهبود خواهد یافت. لذا تعداد دفعات آبیاری مناسب(با توجه به عرف منطقه حدود ۱۲ مرتبه) با در نظر گرفتن بهره وری آب می تواند باعث بهبود عملکرد این گیاه شود.

سپاس گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تأمین هزینه این پژوهش که قسمتی از قرارداد پژوهانه شماره SCU.AA1400.309 می‌باشد سپاسگزاری می‌شود.

Reference

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.

Abarvan, S., Soltani, A., Majidian, M. & Mohsen Abadi, G.H. (2015). Limiting factors of rapeseed yield and determining its optimal range using boundary line analysis. *Agriculture and Plant Breeding*, 7(2), 60-46. [In Persian]

Affholder, F., Poeydebat, C., Corbeels, M., Scopel, E., & Tittonell, P. (2013). The yield gap of major food crops in family agriculture in the tropics: assessment and analysis through field surveys and modelling. *Field Crops Research*, 143, 106–118.

Cassman, K. G., Dobermann, A., Walters, D. T. & Yang, H. (2003). Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 315-358.

Chapagain, T. & Good. A. (2015). Yield and production gaps in rained wheat, barley, and canola in Alberta. *Crop Science and Horticulture*, 6 (99), 990-998.

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. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 173, 20-27.

Dastan, S., Soltani, A., and Alimagham, M. 2017. Documenting the process of local rice varieties production in two conventional and semi-mechanized planting methods in mazandaran province. *Cereal Research*, 7 (4): 485-502.

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, 234PP.

Edwards, J. (2011). Canola growth & development. State of New South Wales through Department of Primary Industries, 1(1), 10-90.

Fischer, G., Van Velthuizen, H. & Nachtergaele, F., (2000). Global agro-ecological zones assessment: methodology and results. Interim Report IR-00-064, IIASA, Vienna and FAO, Rome.1-314.

Gunasekera, C. P. Martin L. D. Siddique K. H. M. & Walton G. H. (2006). Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (Brassica napus L.) in mediterannean-type environments. Crop Growth and Seed Yield. *European Journal of Agronomy*, 25, 1-12.

Jia, L-G., Chen, Y., Qin, Y-L., Liang, R-F., Cui, S.X., Ma, Z., & Fan, M-S. (2018). Potato yield gaps across the rainfed Yin-mountain Hilly Area of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 17, 2418–2425.

Kirkegaard, J.A., Robertson, M.J., Hamblin, P. & Sprague, S.J., (2006). Effect of blackleg and sclerotinia stem rot on canola yield in the high rainfall zone of southern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57, 201–212.

Maturian, H., Joqan, A., Moradi, M., Siadat, S.A. & Torabi, b. (2019). Analyzing rape yield gap using comparative performance analysis (CPA) method in Khorramshahr city. *Journal of Agricultural Ecology and Native Knowledge*, 12(3), 179-361. [In Persian]

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

related to crop management in rapeseed production by the method of comparative performance analysis (CPA) and linear boundary analysis (BLA) in Neka region (Mazandaran province). *Agricultural Applied Research Journal*, 32(2), 107-76. [In Persian]

Ranabhat, G., Tiwari, P., Dhakal, A., Oli, P., Chapagain, A., & Neupane, S. (2021). Effect of sowing dates on different rapeseed varieties under rain fed condition. Agriculture and Forestry University, Rampur, Chitwan, Nepal, *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 4(1),176-190.

Rizvan Talab, N., Dostan, S. & Soltani, A. (2018). Identification of factors limiting the production and monitoring of grain vacuum performance of native varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Mazandaran province. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*. 21(2), 155-172. [In Persian]

Sakhohi Fr., sh. Rahmani Karizki, A., Molshahi, M. & Nakhazri Moghadam, A.(2018). Gap evaluation of rapeseed yield in the east of Golestan province. The first national conference on sustainable development in agricultural sciences and natural resources with a focus on environmental culture. Specialized publisher of Iranian conferences. 313.

Shahnavazi, A. (2021). Investigating the role of improving efficiency in increasing rapeseed production in Iran. *Journal of Oilseed Crops Extension*, 3(2), 92-85. [In Persian]

Shi, Y.Z., Xiao, H.Z., Xiao, L.Q., Liang, T., Yan, Z., Wei-xing, C., & Lei-lei, L. (2017). Quantifying the spatial variation, the potential productivity and yield gap of winter wheat in china. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(4), 845-857.

Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., & 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]

Sopheap, U., Patanothai, A., & Aye, T.M. (2012). Unveiling constraints to cassava production in Cambodia: an analysis from farmers' yield variations. *International Journal of Plant Production*, 6, 409–428.

Stepanova, E., & Rozhkova, A. (2020). Resource saving technologies for rapeseed cultivation at the regions of the russian federation. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia. Conferences, 161,1-5.

Sun, G., Yao, T., Feng, C., Chen, L., Li, J. & Wang, L., (2017). Identification and of antagonistic bacteria strains against biocontrol potential Sclerotinia sclerotiorum and their growth promoting effects on *Brassica napus*. *Biological Control*, 104, 35-43.

Van Ittersum, M. K., & Cassman, K. G. (2013). Yield gap analysis—Rationale, methods and applications—Introduction to the Special Issue. *Field Crops. Research*, 143, 1-3.

Yahyapour, H., Niknejad, Y., Fallah, H., Destan, S. & Bararitri, D. (2021). Estimation of the yield gap of rape seed (Brassica napus L.) in northern Iran. *Romanian Agricultural Research*, 38 (59), 1-7. [In Persian]

Yar Ahmadi, R. (2021). Agro-technological investigation of corn yield gap in North Khuzestan (Shush, Andimeshk, Getund cities). Master's thesis of the Department of Production Engineering and Plant Genetics. Shahid Chamran University of Ahwaz. 166 p. [In Persian]