



Investigation of Factors Causing Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Yield Gap in Behshahr County Using CPA Method

M. Mahdavi Abdolmaleki¹, A. Soltani^{1*}, E. Zeinali¹, S. Jafar Nodeh¹

1- Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, Iran

(*- Corresponding author's Email: afshin.soltani@gau.ac.ir)

How to cite this article:

Received: 28 October 2025
Revised: 28 December 2025
Accepted: 28 January 2026
Available Online: 12 May 2026

Mahdavi Abdolmaleki, M., Soltani, A., Zeinali, E., & Jafar Nodeh, S. (2026). Investigation of factors causing cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield gap in Behshahr county using CPA method. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 24(3), 345-361. (In Persian)
<https://doi.org/10.22067/jcesc.2026.96207.1431>

Introduction

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is a strategic industrial crop, vital as the world's primary source of natural fiber and a significant source of edible oil and animal feed. Despite its importance to Iran's economy, a substantial "yield gap" exists between farmer-achieved yields and potential yields under optimal conditions. This gap, largely from suboptimal management, is a critical concern as Iran seeks to regain self-sufficiency in cotton production. While other regions have been studied, the specific agro-ecological conditions and local practices in Behshahr County, Mazandaran, necessitate a dedicated regional investigation. This study aimed to quantify the irrigated cotton yield gap in the Miankaleh region and identify the relative contribution of the most significant management factors using the Comparative Performance Analysis (CPA) method.

Materials and Methods

This survey-based research was conducted over two consecutive growing seasons (2021–2022) across 88 irrigated cotton farms in the Miankaleh district, selected to represent local diversity in management and yield. Data were collected via farmer interviews and field visits, covering farm characteristics, crop establishment, nutrition management, crop protection strategies, and irrigation practices. The Comparative Performance Analysis (CPA) method was employed. A stepwise multiple regression model was developed using SAS software to establish a quantitative function relating final yield to management factors. Qualitative variables were coded as binary (0/1). This model was used to estimate the potential yield (using optimal values for significant variables) and compare it to the average actual yield (using mean observed values), thereby quantifying the total yield gap and the contribution of each limiting factor.

Results and Discussion

The average actual seed cotton yield was 2103 kg ha⁻¹, while the estimated potential yield was 4620 kg ha⁻¹, revealing a substantial yield gap of 2518 kg ha⁻¹. This indicates farmers are realizing only 45.5% of their potential, leaving a 54.5% manageable yield gap. The wide yield variation (649 to 4370 kg ha⁻¹) confirmed the profound impact of management. The stepwise regression analysis ($r = 0.70$) identified four key management variables as the primary determinants. Pest management emerged as the most critical domain. The "number of pesticide applications" was the single most important factor, explaining 55% of the total yield gap. Its strong positive correlation indicated that higher yields were associated with more frequent spraying, a reactive response to severe pest pressure (especially cotton bollworm) reported in 90% of farms. The second most important factor was the "amount of top-dress nitrogen," accounting for 36% of the gap. Its positive coefficient confirmed that



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jcesc.2026.96207.1431>

current nitrogen application rates were, on average, suboptimal. Conversely, the "use of Proclaim Fit" (6% share) and the "use of Fenproximate (Ortus)" (3% share) both showed a significant negative correlation with yield. This paradox was not due to pesticide inefficiency. Instead, these chemicals served as "proxy variables", indicating a critical flaw in management timing. Farmers used these specific chemicals as a late-stage response to severe infestations, after economic damage thresholds had been exceeded.

Conclusion

In conclusion, the cotton yield gap in the Behshahr region is substantial at 54.5% (2518 kg ha⁻¹). This gap is primarily driven by two key management domains: suboptimal pest management (collectively accounting for 64% of the gap) and inadequate nitrogen fertilization (36%). The pest management issue is systemic, characterized by severe outbreaks and a reactive, poorly-timed control strategy. To effectively close this gap, agricultural extension programs must prioritize farmer education in two main areas. First, a shift from reactive spraying to proactive Integrated Pest Management (IPM) is essential, including training in field scouting, economic thresholds, and proper pesticide selection. Second, promoting balanced, soil-test-based nitrogen application strategies is crucial for optimizing plant nutrition. These targeted interventions offer the most practical pathway to enhancing cotton productivity in the region.

Keywords: Integrated Pest Management (IPM), Nitrogen top-dressing, Plant nutrition, Regression analysis, Sustainable production

مقاله پژوهشی

جلد ۲۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، ص ۳۶۱-۳۴۵

بررسی عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شهرستان بهشهر به روش CPA

معصومه مهدوی عبدالملکی^{۱*}، افشین سلطانی^{۱*}، ابراهیم زینلی^{۱*}، صفورا جعفر نوده^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۸

چکیده

هدف این پژوهش، شناسایی عوامل مدیریتی مؤثر بر خلأ عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) آبی در شهرستان بهشهر بود. این تحقیق پیمایشی طی دو سال زراعی (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) در ۸۸ مزرعه پنبه در منطقه میانکاله انجام شد. داده‌های مدیریتی و عملکرد مزارع از طریق مصاحبه و بازدید جمع‌آوری و به روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) مبتنی بر رگرسیون گام‌به‌گام تحلیل گردید. نتایج نشان داد که بین متوسط عملکرد واقعی کشاورزان (۲۱۰۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پتانسیل (۴۶۲۰ کیلوگرم در هکتار)، خلأ عملکردی برابر با ۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار (معادل ۵/۵۴ درصد) وجود داشت. تحلیل رگرسیونی نشان داد که مدیریت آفات و مدیریت تغذیه نیتروژن، تعیین‌کننده‌ترین عوامل در ایجاد این خلأ بودند. چهار عامل بیشترین تأثیر را داشتند: ۱- دفعات کاربرد آفت‌کش با سهم ۵۵ درصد، مهم‌ترین عامل بود که نشان‌دهنده چالش جدی با طغیان آفات (به‌ویژه کرم غوزه) و واکنش کشاورزان به آن بود. ۲- مقدار نیتروژن سرک با تأثیر مثبت ۳۶ درصدی، بر اهمیت تغذیه بهینه تأکید داشت. ۳- و ۴- استفاده از سموم پروکلیم فیت (سهم شش درصد) و فن پروکسی میت (اورتوس) (سهم سه درصد) همبستگی منفی و معناداری با کاهش عملکرد داشتند. این ارتباط منفی نه به دلیل ناکارآمدی سموم، بلکه به‌خاطر کاربرد نامناسب آن‌ها پس از وقوع خسارت اقتصادی و از بین رفتن حشرات مفید بود که ضعف در زمان‌بندی مبارزه را نشان می‌دهد. جهت کاهش خلأ عملکرد، تمرکز بر اصلاح زمان‌بندی مبارزه با آفات (IPM) و بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز رگرسیون، تغذیه گیاهی، تولید پایدار، مدیریت تلفیقی آفات، نیتروژن سرک

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌عنوان یکی از راهبردی‌ترین محصولات صنعتی، به‌دلیل سازگاری گسترده با شرایط محیطی متنوع، پتانسیل عملکرد بالا و نقش کلیدی در تأمین مواد اولیه صنایع نساجی، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشاورزی جهان دارد (Ijaz et al., 2019). دانه پنبه دارای حدود ۲۰ درصد روغن است و در جهان بعد از سویا، مهم‌ترین دانه روغنی به‌حساب می‌آید. علاوه‌بر کنجاله پنبه، دانه پنبه نیز ۳۵ تا ۴۵ درصد پروتئین داشته که برای خوراک دام استفاده می‌شود. از طرف دیگر، به‌علت اینکه این محصول

ماده اولیه صنعت نساجی می‌باشد و این صنعت از نوع اشتغال‌زا به حساب می‌آید، اهمیت تولید پنبه در شرایط کنونی کشور را بیش از پیش آشکار می‌سازد (Rezaei et al., 2021). سطح زیرکشت و عملکرد پنبه در جهان در سال ۲۰۲۲ به‌ترتیب ۳۱/۴ میلیون هکتار و ۲۲۱۷ کیلوگرم در هکتار بوده است (FAOSAT, 2024). سطح زیرکشت و عملکرد پنبه در ایران در سال زراعی ۱۴۰۱ به‌ترتیب ۱۱۸ هزار هکتار، ۳۱۶۱ کیلوگرم در هکتار و ۳۷۴ هزار تن بوده است. استان‌های خراسان رضوی، فارس، گلستان و اردبیل مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده پنبه در ایران محسوب می‌شوند (Agricultural Statistics, 2023). استان مازندران دهمین تولیدکننده پنبه در کشور بوده، به‌طوری که سطح زیرکشت، عملکرد و تولید پنبه استان مازندران در سال ۱۴۰۱ به‌ترتیب ۱۱۷۹ هکتار، ۱۸۰۶ کیلوگرم در هکتار و ۲۱۲۹ تن بوده است (Agricultural Statistics, 2022). شایان ذکر است که بیش از ۹۰ درصد از سطح زیرکشت و

۱- گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*) نویسنده مسئول:
(Email: afshin.soltani@gau.ac.ir)

تولید پنبه در استان مازندران مربوط به شهرستان بهشهر می باشد. بیشترین سطح زیرکشت پنبه کشور با حدود ۳۲۰ هزار هکتار مربوط به سال ۱۳۷۵ بوده و پس از آن سطح زیرکشت این محصول در کشور کاهش یافته است. کاهش سطح زیرکشت پنبه باعث شده که ایران از یک صادرکننده به یک واردکننده پنبه تبدیل شود. روند نزولی کشت پنبه در کشور باعث شده که وزارت جهاد کشاورزی، طرح خودکفایی در تولید پنبه تا سال ۱۴۰۴ را در دستور کار خود قرار دهد (Seyyedjalali et al., 2021).

یک راه مهم برای نیل به افزایش تولید این گیاه در کشور، شناسایی میزان خلأ عملکرد این گیاه و دلایل آن در مناطق مهم کشت این گیاه است. به دلیل مدیریت نامطلوب کشاورزان از قبیل تاریخ کاشت نامناسب، مدیریت نامطلوب نهاده‌ها (کود، آب و سموم) و مدیریت نامطلوب آفات و بیماری‌ها معمولاً بین عملکرد واقعی کشاورزان و پتانسیل عملکرد فاصله وجود دارد که یکی از مشکلات اصلی کشاورزی در ایران است (Soltani & Mirzaei, 2022). خلأ عملکرد، به تفاوت میان عملکرد واقعی مزارع کشاورزان و عملکرد پتانسیل اطلاق می شود. عملکرد پتانسیل، بالاترین محصولی است که می توان از یک رقم زراعی خاص در شرایط مدیریت بهینه و بدون محدودیت‌های حیاتی (مانند کمبود آب و مواد مغذی) به دست آورد. در این شرایط، مدیریت شامل تأمین کافی آب و کود و نیز مهار مؤثر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز است تا هیچ‌یک از این عوامل باعث کاهش عملکرد نشوند. این تعریف در شرایط محدودیت منابع آبی نیز کاربرد دارد؛ در این حالت، عملکرد پتانسیل به حداکثر محصولی اطلاق می گردد که با مدیریت بهینه منابع آب محدود، قابل دستیابی است (Soltani & Mirzaei, 2022)؛ دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکرد (۱۰۰ درصد) در کشاورزی، به‌ویژه در زمینه کاهش خلأ عملکرد، اغلب از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی بهینه نیست. دلیل این امر، افزایش تصاعدی و نامتناسب مصرف نهاده‌ها و منابع (مانند کود، سموم و آب) برای جبران ۲۰ درصد نهایی خلأ عملکرد است. این راهبرد علاوه بر آنکه نیازمند مدیریت بسیار دقیق و هزینه‌بر است، می تواند منجر به فشار مضاعف بر بوم‌نظام و کاهش توجیه‌پذیری اقتصادی گردد؛ بنابراین، هدف‌گذاری واقع‌بینانه و منطقی در مدیریت کشاورزی، دستیابی به حدود ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد است که ضمن حفظ بهره‌وری بالا، تعادل مناسبی میان بازده اقتصادی و پایداری محیط زیست برقرار می کند (van Lobell et al., 2009; Ittersum et al., 2013). واحدهای آخر نهاده‌هایی که مورد استفاده قرار می گیرند تا بالاترین عملکردها به دست آید معمولاً از نظر زیست‌محیطی، آلودگی زیادی به همراه دارند. ۸۰ درصد پتانسیل عملکرد، عملکرد قابل دستیابی است که با برنامه‌ریزی صحیح می توان به آن دست پیدا کرد و اختلاف بین عملکرد قابل دستیابی و عملکرد واقعی را خلأ قابل دستیابی یا خلأ قابل مدیریت

می گویند (Soltani & Mirzaei, 2022). تحقیقات متعددی در زمینه آنالیز خلأ عملکرد در مقیاس‌های مختلف، از سطح مزرعه تا سطح جهانی انجام شده است (Van Ittersum et al., 2013). این تحقیقات نشان داده‌اند که عوامل متعددی مانند کمبود آب، کمبود مواد مغذی، آفات و بیماری‌ها، تنش‌های محیطی، روش‌های نامناسب کشاورزی و محدودیت‌های ژنتیکی، می توانند در کاهش عملکرد محصولات کشاورزی نقش داشته باشند. با شناسایی این عوامل و اعمال راهکارهای مناسب برای رفع آن‌ها، می توان عملکرد واقعی محصولات کشاورزی را به سطح پتانسیل خود نزدیک کرد و تولید غذا را به‌طور پایدار افزایش داد.

آنالیز خلأ عملکرد به‌عنوان ابزاری مفید و کاربردی، می تواند به کشاورزان، سیاست‌گذاران و محققان در برنامه‌ریزی برای افزایش تولید غذا و تأمین امنیت غذایی در سطح ملی و جهانی کمک کند (Van Ittersum et al., 2013). براساس اطلس خلأ عملکرد کشور (Soltani et al., 2018) و نیز گزارش کمری (Kamari, 2021)، در مناطق اصلی کشت پنبه، خلأ عملکرد بین ۴۳ تا ۶۴ درصد با میانگین ۶۱ درصد گزارش شده است. این میزان معادل ۲۵۶۳ کیلوگرم در هکتار خلأ قابل مدیریت است. در این گزارش، استان‌های شمالی ایران به‌ویژه استان گلستان در مقایسه با سایر مناطق اصلی کشت، دارای پایین‌ترین عملکرد واقعی و پایین‌ترین پتانسیل عملکرد هستند. باین‌حال، منطقه غرب استان گلستان، بالاترین پتانسیل بهره‌وری آب پنبه را به خود اختصاص داده است که نشان می دهد، امکان افزایش قابل توجه عملکرد در این منطقه وجود دارد. در ارتباط با دلایل خلأ عملکرد پنبه در شمال کشور، فقط دو مطالعه در منابع یافت شد. شکرگزار دارابی (Shekargozar Darabi, 2016)، خلأ عملکرد پنبه آبی را در استان گلستان بررسی و پتانسیل و خلأ عملکرد پنبه را با روش مقایسه کارکرد به‌ترتیب ۷/۲ و ۳/۳ تن در هکتار گزارش کرد. نتایج این مطالعه حاکی از این بود که کود آلی مصرفی با ۲۵/۴ درصد، بیشترین تأثیر بر افزایش عملکرد پنبه داشت. متغیرهایی نظیر تاریخ کاشت با ۲۰/۱ درصد، فسفر کودی با ۱۵/۷ درصد، مشکل علف‌های هرز با ۱۱/۸ درصد، تعداد آبیاری با ۱۰/۴ درصد، تاریخ برداشت با ۸/۸ درصد، تراکم با ۶/۷ درصد و مصرف علف‌کش با سه درصد تأثیر، سایر عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد بودند. عقیلی و همکاران (Aghili et al., 2024) عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد پنبه تحت کشت آبی را در کردکوی (غرب استان گلستان) مورد مطالعه قرار داد. نتایج آن‌ها نشان داد که پتانسیل عملکرد و خلأ عملکرد به‌ترتیب ۵۰۶۱ و ۲۸۶۹ کیلوگرم در هکتار بود. در طی این پژوهش، آفات با ۴۹ درصد، ضدعفونی بذر با ۳۱ درصد، آبیاری قبل از کاشت با ۱۰/۲ درصد، حضور علف‌های هرز با ۶/۷ درصد و روش کاشت با ۲/۹ درصد تأثیر، از جمله مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد کشاورزان گزارش شد. همچنین سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2023)،

جمع‌آوری داده‌ها

جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد کشت آبی پنبه، انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان نیاز است. بدین منظور، در سال اول ۵۱ مزرعه و در سال دوم ۳۷ مزرعه پنبه (سعی شد که مزارع انتخابی تکراری نباشند) در منطقه میانکاله در نظر گرفته شد. این تفاوت ناشی از شرایط اجرایی و همکاری کشاورزان در سال‌های مختلف بوده است، اما مجموع داده‌ها برای تحلیل رگرسیونی مورد استفاده قرار گرفت. براساس اطلاعات موجود از کشاورزان در مرکز جهاد کشاورزی میانکاله، مزارعی انتخاب شدند که از لحاظ سطح زیرکشت، مدیریت‌های مختلف و همچنین عملکرد برداشتی دارای تنوع باشند. مزارع انتخابی در چندین نوبت مورد بررسی قرار گرفته و مشاهدات ثبت شد. جمع‌آوری داده‌ها دوساله (طی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲) صورت گرفت.

اطلاعات مورد نیاز مربوط به کشاورزان (سن، تحصیلات و تجربه)، مزرعه (موقعیت، شیب، وضعیت زه‌کش و آب‌گرفتگی مزرعه)، مدیریت زراعی شامل عملیات تهیه زمین (نوع ادوات، نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و ...)، محصول قبلی، رقم مورد استفاده، مقدار بذر و روش کاشت، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود، روش مصرف کود و زمان مصرف کود پایه و سرک)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز (میزان مصرف و نوع سموم مصرفی)، تعداد آبیاری، روش آبیاری (سامانه‌های آبیاری سنتی و تحت فشار و غیره) و زمان آبیاری و مسائل مربوط به برداشت (نوع ادوات، زمان برداشت و میزان عملکرد)، اطلاعات مربوط به گیاه زارعی در طول فصل رشد و مشکلات تولید مانند مشکل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در هر مزرعه از طریق پرسش از کشاورزان و یا مشاهده و اندازه‌گیری تکمیل شد. در پایان فصل رشد، میزان عملکرد واقعی برداشت‌شده توسط کشاورزان ثبت گردید.

به‌منظور مستندسازی تولید پنبه، از توزیع فراوانی جمعیتی یا نسبی استفاده شد. در این بررسی‌ها، دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام‌شده در مزارع پنبه و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هریک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده‌اند، مشخص شد. به‌منظور ارزیابی دلایل خلأ عملکرد در مزارع کشاورزان از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) استفاده شد. در این روش، در واقع کارکرد کشاورزان مختلف با یکدیگر مقایسه شده و دلایل خلأ عملکرد استخراج گردید (Soltani et al., 2010). برای تعیین این مدل عملکرد، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده کمی و کیفی (متغیرهای کیفی به‌صورت صفر و یک کدگذاری خواهند شد) و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام‌به‌گام (Rezaei & Soltani, 1998) مورد بررسی قرار گرفت.

عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد پنبه و برآورد خلأ عملکرد آن را در غرب استان گلستان (شهرستان‌های کردکوی و بندرگز) با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که خلأ عملکرد ۳۱۱۹ کیلوگرم در هکتار (تفاوت بین میانگین عملکرد واقعی ۱۹۸۸ کیلوگرم در هکتار و عملکرد پتانسیل ۵۱۰۸ کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که عوامل مصرف نیتروژن، محلول‌پاشی عناصر ضروری، حجم آبیاری و زمان آبیاری در زمان جوانه زدن (به‌ترتیب با سهم ۳۰، ۱۹، ۱۵ و ۱۰ درصد) بیش‌ترین سهم را در ایجاد خلأ عملکرد داشتند.

اگرچه مطالعات ارزشمندی، از جمله پژوهش سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2023)، در زمینه شناسایی خلأ عملکرد انجام شده است، این مطالعه تنها شهرستان‌های کردکوی و بندرگز در استان گلستان را دربر می‌گیرد. ازاین‌رو، با توجه به تفاوت‌های اقلیمی، مدیریتی و شرایط کشت پنبه در شهرستان بهشهر استان مازندران، انجام پژوهشی مستقل برای شناسایی عوامل بومی مؤثر بر خلأ عملکرد در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد تا بتوان براساس نتایج آن، راهکارهای مدیریتی متناسب با شرایط منطقه ارائه کرد. مطالعه حاضر به بررسی و شناسایی عوامل به‌وجودآورنده خلأ عملکرد پنبه آبی در منطقه میانکاله می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در منطقه میانکاله شهرستان بهشهر استان مازندران انجام شد. شهرستان بهشهر از شمال به خلیج میانکاله، از شرق به استان گلستان، از جنوب به منطقه کوهستانی هزارجریب و استان سمنان و از غرب به شهرستان نکا محدود است. این شهرستان ۱۴۱۶/۳ کیلومترمربع وسعت دارد و در ارتفاع ۱۷ متری از سطح دریا واقع شده است. این شهرستان در منطقه‌ای جلگه‌ای و ساحلی و در کوهپایه البرز شرقی قرار دارد. به‌علت پستی و بلندی‌های این منطقه، دو نوع آب‌وهوای گرم و نیمه‌مرطوب و معتدل و نیمه‌مرطوب تا نیمه‌خشک در این ناحیه حکم‌فرما است (Najafi Terojeni et al., 2022).

این پژوهش در ۸۸ مزرعه تحت کشت پنبه دهستان میانکاله انجام گرفت. داده‌های هواشناسی مربوط به دوره رشد پنبه نیز از ایستگاه هواشناسی همدیدی بندر امیرآباد بهشهر جمع‌آوری گردید (جدول ۱). در جدول ۱، آمار هواشناسی فصل رشد پنبه که معمولاً از فروردین آغاز و تا آبان برداشت می‌گردد، ارائه شده است. میانگین بارندگی در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ به‌ترتیب ۲۵/۹ و ۶۱/۴ میلی‌متر می‌باشد که نسبت به میانگین درازمدت ۱۵ ساله (۱۳۸۸-۱۴۰۲) منطقه میانکاله از بارندگی کمتری برخوردار بوده است.

جدول ۱- میانگین مؤلفه‌های آب‌وهوایی در فصل رشد پنبه (فروردین تا آبان) در مقایسه با میانگین آمار بلندمدت ۱۵ ساله (۱۳۸۸-۱۴۰۲)
Table 1- Average weather components in the cotton growing season (April to November) compared to the 15-year long-term average (2009-2023)

ماه Month واحد Unit	سال Year	دمای کمینه Min temp. (°C)	دمای بیشینه Max temp. (°C)	تبخیر و تعرق Evapotranspiration (mm)	ساعت آفتابی Sunshines (hours in month)	رطوبت نسبی Mean humidity (%)	میانگین ماهانه بارندگی Precipitation average monthly (mm)
فروردین April	1401	10.5	18.6	98.5	18	78	176.7
	2022						
	1402	10.7	19.9	86.3	47.8	76	214.2
اردیبهشت May	1401	15.4	22.4	125	27.2	80	172.2
	2022						
	1402	15.2	23.5	127.8	41.4	78	246.7
خرداد June	1401	19.5	27.6	175.7	1.4	74	332.7
	2022						
	1402	20.6	25.6	240	6.32	75	262.3
تیر July	1401	23.2	31.3	226.5	1.2	74	316.3
	2022						
	1402	22.6	28	280	8.4	74	259.9
مرداد August	1401	23.9	32	176.7	17.3	77	254.1
	2022						
	1402	24.7	33.7	225.6	3.2	70	282.1
شهریور September	1401	21.1	31.9	167.2	11.1	73	288.6
	2022						
	1402	21.8	31.5	172.1	20.4	69	249.3
مهر October	1401	19.8	28.4	98.9	29.1	78	183.5
	2022						
	1402	16.6	26.1	74	266.4	76	207
آبان November	1401	11.8	20.8	33	78.8	81	176.1
	2022						
	1402	14.2	24.4	44.7	65.5	79	202
میانگین ۱۵ ساله	1388-1402 2009-2023	14.1	21.83	85.11	52.63	79.2	197.29

شامل شناسایی محدودیت‌های عملکرد و سپس ایجاد یک تابع عملکرد از طریق رگرسیون گام‌به‌گام برای تعیین رابطه بین متغیرهای کمی و کیفی (متغیرهای کیفی به‌صورت صفر و یک کدگذاری می‌شوند) و عملکرد نهایی است. پس از ایجاد مدل، نرمال بودن داده‌ها و ضرایب متغیرها بررسی می‌شود.

در مرحله نهایی تحلیل CPA، جهت برآورد عملکردها، ابتدا مقادیر میانگین متغیرهای مدیریتی و محیطی مشاهده‌شده در مزارع در مدل تولید قرار گرفت تا میانگین عملکرد منطقه محاسبه شود. سپس برای تعیین عملکرد پتانسیل، از مقادیر بهینه هر متغیر در مدل استفاده گردید. این مقادیر بهینه براساس بهترین سطح مدیریت مشاهده‌شده در بین مزارع تحت مطالعه (به‌عنوان مثال، حداکثر مقدار برای متغیرهای دارای ضریب مثبت) تعیین شدند. در نهایت، سهم هر

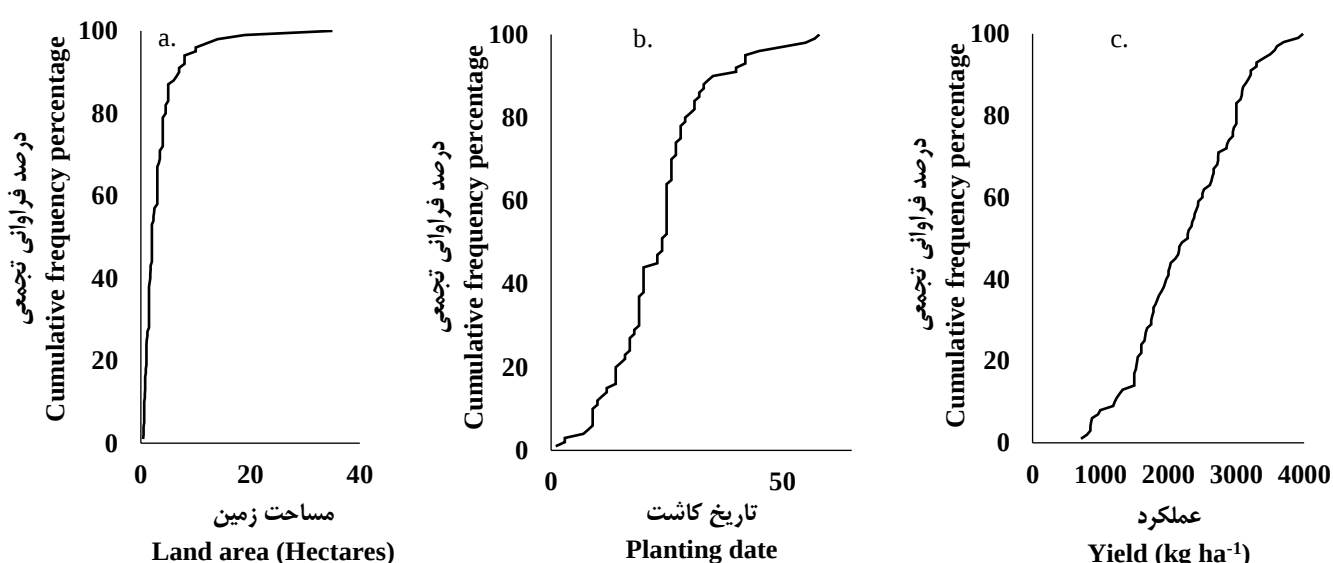
روش CPA که یک ابزار کمی برای بررسی خلأ عملکرد است، توسط دی بی (De Bie, 2000) با هدف شناسایی محدودیت‌های اصلی تولید و ایجاد توابع کمی برای خلأ عملکرد ابداع گردید. این رویکرد در تحلیل عملکرد محصولات مختلفی در سراسر جهان و همچنین در ایران برای محصولاتی نظیر برنج (*Oryza sativa* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) با موفقیت به کار رفته است (Torabi et al., 2011; Hajjarpoor et al., 2017; Yousefian et al., 2021). اساس روش CPA بر این فرض استوار است که کشاورزان در سطوح مختلفی از فناوری (از سنتی تا پیشرفته) فعالیت می‌کنند و با مقایسه عملکرد واقعی مزارع آن‌ها تحت شرایط محیطی و مدیریتی متنوع، می‌توان عوامل کلیدی مؤثر بر عملکرد را استخراج کرد (De Bie, 2000). فرآیند تحلیل

مساحت ۸۰ درصد از مزارع، کم‌تر از سه هکتار بوده است (شکل ۱). سابقه کشاورزان در تولید پنبه بین سه تا ۶۰ سال متغیر بود. ارقام کشت‌شده در مزارع دهستان میانکاله شامل ارقام لطیف، May344، گلستان، تابان و AGN بودند که به‌ترتیب ۷۴، ۱۸، ۴/۵، ۲ و ۱ درصد سطح زیرکشت را به خود اختصاص دادند. ۴۶ درصد بذرهای کرکدار و ۵۴ درصد بدون کرک (دلینته) بودند که تمامی بذور بدون کرک با قارچ‌کش کربوکسین‌تیرام ضدعفونی شده بودند. کشاورزانی که از بذر کرکدار استفاده کرده بودند، به‌دلیل سخت بودن ضدعفونی بذر کرکدار از ضدعفونی بذر صرف نظر کرده بودند.

متغیر در ایجاد خلأ عملکرد، از طریق تفاضل حاصل‌ضرب مقدار میانگین در ضریب رگرسیونی از حاصل‌ضرب مقدار بهینه در همان ضریب، محاسبه و گزارش شد (Torabi et al., 2011). انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از نرم‌افزار SAS و دستورات مربوط به رویه‌های نرم‌افزار (Soltani, 2007) و رسم شکل و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اراضی پنبه انتخاب‌شده دارای مساحت‌های متفاوتی بودند و دامنه مساحت مزارع بین ۳۰۰۰ مترمربع تا ۷۰۰۰۰ مترمربع متغیر بود.



شکل ۱- درصد فراوانی تجمعی در دهستان میانکاله شهرستان بهشهر A: مساحت زمین پنبه، B: تاریخ کاشت پنبه، و C: عملکرد پنبه (کیلوگرم در هکتار)

Figure 1- Cumulative frequency percentage in Miyankaleh rural district, Behshahr county: A) cotton field area, B) cotton planting date, and c) cotton yield (kg ha⁻¹)

شده است. تعداد دفعات کود سرک مصرفی از یک بار تا چهار بار متغیر بوده و در ۶۱ درصد از مزارع، حداقل دو بار کودپاشی سرک انجام شده است. در ۶۷ درصد از مزارع که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند، علف‌کش پیش‌رویشی ترفلان استفاده گردید و در یک درصد از مزارع از علف‌کش پس‌رویشی سوپرگلانت استفاده شد. وجین دستی به‌وسیله فوکا (تیشه) علاوه بر مهار علف‌های هرز جهت سله‌شکنی و تنک کردن بوته‌های پنبه نیز انجام می‌شود که در این منطقه مرسوم می‌باشد؛ بنابراین در مزارعی که پس از آبیاری و یا بارندگی سله ایجاد شده، به‌منظور سله‌شکنی انجام می‌شود. ۲۶ درصد از مزارع یک بار، ۶۵ درصد مزارع دو بار و ۹ درصد از مزارع سه بار وجین شدند. مرحله سوم وجین معمولاً برای مزارعی که آلودگی

کشت پنبه در میانکاله از تاریخ ۵ اردیبهشت آغاز و تا ۱۱ تیر ادامه داشت (۳۶ تا ۱۰۴ روز از اول فروردین‌ماه) (شکل ۱). کشت در ۹۸ درصد از مزارع تا قبل از تیرماه انجام شد. ۴۶ درصد کشاورزان از روش دست‌پاش (سنتی) و ۵۴ درصد از کشاورزان از روش مکانیزه (ردیف‌کار) برای کشت پنبه استفاده نمودند. میزان مصرف بذر پنبه از ۱۰ تا ۴۴ کیلوگرم در هکتار متغیر بود، در ۴۳ درصد مزارع میزان بذری مصرفی ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در ۵۷ درصد از مزارع میزان بذری مصرفی بین ۲۰ تا ۴۴ کیلوگرم در هکتار بود. تراکم بوته در مزارع مورد بررسی پنبه بین ۴ تا ۱۵ بوته بود که ۴۷ درصد مزارع تراکم هشت تا نه بوته در مترمربع داشته‌اند. در ۶۱ درصد از مزارع، کود پایه استفاده شده است و در ۹۴ درصد از مزارع کود سرک (اوره) مصرف

افزایش یافت. موسوی (Mousavi, 2015) گزارش کرد که حضور علف‌های هرز در مزارع پنبه باعث کاهش عملکرد از ۳۲ تا ۹۸ درصد گردید.

جدول ۳: متغیرهای کیفی مورد بررسی و تأثیر آن‌ها بر عملکرد را نشان می‌دهد. متغیرهایی شامل کشت پاییزه قبلی (کلزا و باقلا)، رقم کشت‌شده (لطیف و مای)، استفاده از کودهای منیزیم و روی، استفاده از سموم لاروین و کنفیدور و آبیاری معنی‌دار شدند.

در بین متغیرهای مدیریتی که اثر آن‌ها بر عملکرد پنبه مورد بررسی قرار گرفت، چهار متغیر مقدار نیتروژن سرک، دفعات کاربرد آفت‌کش، استفاده از پروکلیم فیت و استفاده از فن‌پروکسی میت (اورتوس)، بیشترین تأثیر را بر عملکرد پنبه میانکاله داشتند و به‌عنوان مهم‌ترین متغیرها شناسایی شدند. مدل (معادله) نهایی عملکرد به‌صورت رابطه رگرسیونی زیر (رابطه ۱) بود:

(۱)

$$Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = -622.349 + 4.06695X_1 + 275.015X_2 - 289.08X_3 - 515.94X_4$$

که در آن، Y: عملکرد پنبه، X₁: مقدار نیتروژن سرک، X₂: دفعات آفت‌کش، X₃: استفاده از پروکلیم فیت (حشره‌کش) و X₄: استفاده از فن‌پروکسی میت (اورتوس) (حشره‌کش/کنه‌کش) به‌عنوان متغیرهای مستقل و مؤثر بر عملکرد می‌باشند. سهم هر یک از متغیرهای محدودکننده عملکرد در جدول ۴ ارائه شده است و رابطه بین عملکرد مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده در شکل ۲ نشان داده شد. براساس نتایج، مدل رگرسیونی به‌دست‌آمده با ضریب تبیین (R²) معادل ۰/۷ توانست ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد پنبه در منطقه را به‌خوبی توجیه کند. نتایج مدل نهایی رگرسیون نشان داد که براساس متغیرهای معنی‌دار واردشده به مدل، مدیریت کود نیتروژن و مدیریت آفات در منطقه میانکاله، بیشترین سهم را در افزایش عملکرد پنبه داشتند. میانگین عملکرد برآوردشده با مدل، ۲۱۰۳ کیلوگرم در هکتار و عملکرد پتانسیل ۴۶۲۰ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد. مقادیر برآوردشده با مقادیر واقعی میانگین (۲۱۲۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد پتانسیل (۴۳۷۰ کیلوگرم در هکتار) در مزارع نزدیک بودند. براساس نتایج این پژوهش، خلأ عملکرد پنبه در منطقه میانکاله ۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار و معادل ۵۴/۵ درصد محاسبه شد. این نتایج نشان می‌دهد که بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکردی که می‌توانند برداشت کنند، ۲۵۱۸ کیلوگرم فاصله (خلأ) وجود دارد که با بهبود مدیریت قابل رفع خواهد بود.

زیادی به علف‌هرز دارند، انجام می‌شود. در مزارع مورد بررسی به‌دلیل عدم وجود مشکل جدی برای بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش استفاده نشد. مشکل آفات در دو درصد از مزارع خیلی شدید، ۸۸ درصد شدید و ۱۰ درصد متوسط بوده است. تعداد سم‌پاشی علیه آفات از دو تا ۱۰ بار متغیر بود و مزارع دیرکاشت بیشترین آفات را داشتند. در دو سال انجام این آزمایش، طغیان آفت کرم غوزه در مزارع دیده شد که باعث استفاده از طیف وسیعی از آفت‌کش‌های مختلف و تعداد زیاد دفعات سم‌پاشی شد. آفت‌کش‌هایی نظیر دیکلروس، فیپرونیل، دوروسبان، کراکرون، کاراته، امامکتین‌بنزوات، آدمیرال، سایپرمتین، لاروین، استامی‌پراید، کنفیدور، دیمیتوات، پروکلیم‌فیت، دانیتول، آبامکتین، فن‌پروکسی میت (اورتوس)، روی‌اگرو، فن‌والریت، دلتامترین، آوانت، آوانت‌اکسترا، بیک‌مک، تبوفنازاید، مالاتیون، تایدفیت، دیازینون و پرمترین (آمبوش) در طی سم‌پاشی‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. طبق اطلاعات جمع‌آوری‌شده، تعداد دفعات آبیاری از یک تا شش بار متغیر بود و ۴۱ درصد از مزارع حداقل سه بار آبیاری شدند. در منطقه مورد مطالعه معمولاً انجام آبیاری بعد از کشت مرسوم می‌باشد و قبل از کاشت آبیاری انجام نمی‌شود. برداشت مزارع پنبه در منطقه مورد مطالعه از نیمه دوم شهریور آغاز و تا پایان آبان ماه ادامه داشت. تعداد چین‌ها از یک تا هفت بار متغیر بود و ۴۹ درصد از مزارع حداقل چهار چین داشتند. عملکرد پنبه در مزارع از ۶۴۹ کیلوگرم در هکتار تا ۴۳۷۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و عملکرد پنبه در ۱۳ درصد از مزارع بیشتر از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). رابطه رگرسیونی ۳۶ متغیر کمی مدیریتی با عملکرد پنبه مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲). از بین این متغیرها، تعداد دیسک، مقدار روی پایه، مقدار منیزیم پایه، مقدار نیتروژن خالص سرک، مقدار اسیدآمین، تعداد دفعات آفت‌کش و تعداد آبیاری بر عملکرد تأثیر مثبت داشتند که با کاربرد مناسب این عوامل می‌توان عملکردهای بالاتری داشت. از طرفی، بین مشکل علف‌هرز و عملکرد رابطه منفی (در سطح احتمال یک درصد) وجود داشت، به‌دلیل تراکم بالای علف‌هرز در مزارعی که علف‌هرز بیشتری دارند، رقابت بین بوته‌های پنبه با علف‌هرز به‌وجود آمده و علف‌هرز سهم بیشتری از عوامل رشد را به خود اختصاص داده و باعث کاهش عملکرد پنبه می‌گردد. نتایج بررسی رحیمی زاده (Rahimizadeh, 2020) که طی دو سال زراعی روی ارزیابی رشد و عملکرد پنبه در رقابت با علف‌های هرز در شرایط مصرف کودهای شیمیایی و بیولوژیک انجام دادند، نشان داد با مهار علف‌های هرز، عملکرد پنبه در سال اول تا ۶۷ درصد و در سال دوم تا ۵۰ درصد

جدول ۲- بررسی معنی‌داری متغیرهای (کمی) مورد مطالعه بر عملکرد پنبه
Table 2- Significant study of the studied (quantitative) variables on cotton yield

متغیر	Variable	a±se	b±se	R ²	Pr>F	معنی‌داری Significance
سن	Age	1930.17±368.9342	4.183486±7.753088	0.003374	0.590874	Ns
سابقه تولید	Production history	2185.702±185.3704	-2.45024±6.58067	0.001609	0.710557	Ns
مساحت کل	Total area	2097.214±146.214	9.860474±44.03017	0.000583	0.823329	Ns
آخرین سال از بقوله	Last year of legumes	2142.816±96.58464	-21.1339±54.73613	0.00173	0.700373	Ns
تعداد شخم	Number of plowing	2025.37±364.6002	97.60501±350.9106	0.000899	0.781567	Ns
تعداد دیسک	Number of disking	1476.332±199.5534	157.9007±44.7616	0.126406	0.000676	**
وضعیت بستر در زمان کاشت	Seedbed condition at planting	1476.332±199.5534	22.63689±105.279	0.000537	0.830262	Ns
رطوبت بستر هنگام کشت	Seedbed moisture at planting	2304.571±277.0123	-155.714±227.9128	0.005398	0.496306	Ns
مقدار بذر	Seed quantity/rate	2356.186±255.1133	-9.21531±9.575942	0.010654	0.338577	Ns
عمق کاشت	Planting depth	1816.553±586.9318	88.44037±167.076	0.003248	0.597932	Ns
شروع فصل تا اولین روز کشت	Start of season to first planting day	2048.156±393.8064	1.118639±5.669796	0.000452	0.844406	Ns
مقدار نیتروژن خالص پایه	Base net nitrogen amount	2116.036±88.01632	3.123227±10.74714	0.000981	0.772049	Ns
مقدار کود پتاس خالص پایه	Base net potassium fertilizer amount	2161.592±90.25366	-6.99268±6.589198	0.012926	0.291555	Ns
مقدار فسفات خالص پایه	Base net phosphate amount	2086.415±105.8699	1.870073±3.235935	0.003868	0.564836	Ns
مقدار کود خالص گوگرد پایه	Base net sulfur fertilizer amount	2102.92±92.87145	1.588504±3.058117	0.003128	0.604789	Ns
مقدار منیزیم پایه	Base magnesium amount	2098.269±79.90782	315.5182±104.1114	0.096491	0.003224	**
مقدار روی پایه	Base zinc amount	2098.269±79.90782	344.2017±113.576	0.096491	0.003224	**
مقدار اسید هیومیک	Humic acid amount	2116.143±83.68179	9.3181±10.46673	0.009132	0.375811	Ns
تعداد کود سرک	Number of top-dress fertilizers	1773.86±213.7051	202.7612±114.2302	0.035341	0.079432	Ns
مقدار نیتروژن خالص سرک	Top-dress net nitrogen amount	1746.604±159.474	4.409398±1.61036	0.080189	0.007509	**
مقدار اسید هیومیک (لیتر)	Humic acid amount (liter)	2139.234±82.65776	-80.3153±46.71075	0.033234	0.089136	Ns
مقدار اسید هیومیک (کیلو)	Humic acid amount (kilogram)	2120.819±84.66314	2.687653±11.21609	0.000667	0.811191	Ns
تعداد دفعات تقویتی	Number of supplemental applications	2255.494±167.9046	-66.4603±73.76009	0.009352	0.370087	Ns
مقدار کود تقویتی (کیلو)	Supplemental fertilizer amount (kg)	2128.317±106.6079	-2.0646±32.2789	4.76E-05	0.949149	Ns
مقدار کود تقویتی (لیتر)	Supplemental fertilizer amount (liter)	2136.83±104.9687	-7.37418±36.75075	0.000468	0.841443	Ns
تعداد اسید آمینه	Number of amino acid applications	2061.346±88.43881	276.0497±146.6592	0.039566	0.063183	Ns
مقدار اسید آمینه (لیتر)	Amino acid amount (liter)	2060.304±85.50191	184.3223±78.73649	0.059907	0.021545	*
مقدار اسید آمینه (کیلو)	Amino acid amount (kg)	2129.434±84.35931	-87.1892±196.6151	0.002281	0.658553	Ns
مقدار کود دامی (گوسفندی)	Manure amount	2133.593±84.22305	-30.6512±40.0048	0.00678	0.445663	Ns
مقدار کود دامی (گاوی)	Cattle manure	2132.407±83.64388	-1831.02±1961.623	0.010029	0.353217	Ns

تعداد دفعات آفت‌کش	Number of pesticide	901.045±266.9577	247.4194±51.86957	0.209219	7.46E-06	**
تعداد آبیاری	Number of irrigations	1386.266±238.9933	230.2412±70.40573	0.110599	0.001547	**
تراکم بوته پنبه در مترمربع	Cotton plant density (per m ²)	2723.738±365.3771	-67.4802±40.0615	0.031938	0.095727	Ns
تعداد چین	Number of pickings	1509.338±353.4298	155.0077±86.68069	0.035851	0.077256	Ns
نمره مشکل آفات	Pest problem score	713.8313±703.0941	357.6434±177.0992	0.045274	0.056554	Ns
مشکل علف هرز	Weed problem	3418.755±536.9022	-438.196±179.6492	0.064705	0.016776	*

*, **, و ns: به ترتیب معنی‌دار در یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

ns, *, and ** are significant at 1%, 5%, and non-significant, respectively.

جدول ۳- بررسی معنی‌داری متغیرهای (کیفی) مورد مطالعه بر عملکرد پنبه
Table 3- Significant study of the studied (qualitative) variables on cotton yield

متغیر	Variable	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	Pr>	معنی‌داری Significance
کشت پاییزه قبلی: گندم	Previous autumn cultivation: wheat	1	338070	0.46	ns
کشت پاییزه قبلی: کلزا	Previous autumn cultivation: rapeseed	1	3548483	0.01	*
کشت پاییزه قبلی: جو (<i>Hordeum vulgare</i>)	Previous autumn cultivation: barley (<i>Hordeum vulgare</i>)	1	550211	0.34	ns
کشت پاییزه قبلی: شبدر (<i>Trifolium spp.</i>)	Previous autumn cultivation: clover (<i>Trifolium spp.</i>)	1	1117540	0.18	ns
کشت پاییزه قبلی: باقلا (<i>Vicia faba</i>)	Previous autumn cultivation: faba bean (<i>Vicia faba</i>)	1	2732978	0.03	*
کشت پاییزه قبلی: نخودفرنگی (<i>Pisum sativum</i>)	Previous autumn cultivation: pea (<i>Pisum sativum</i>)	1	40022	0.80	ns
کشت تابستانه قبلی: آیش	Previous summer cultivation: fallow	1	1400674	0.13	ns
کشت تابستانه قبلی: برنج	Previous summer cultivation: rice	1	124460	0.65	ns
کشت تابستانه قبلی: پنبه	Previous summer cultivation: cotton	1	1520651	0.11	ns
کشت تابستانه قبلی: کنجد (<i>Sesamum indicum</i>)	Previous summer cultivation: sesame (<i>Sesamum indicum</i>)	1	418145	0.41	ns
کشت تابستانه قبلی: هندوانه (<i>Citrullus lanatus</i>)	Previous summer cultivation: watermelon (<i>Citrullus lanatus</i>)	1	170435	0.60	ns
کشت تابستانه قبلی: گوجه‌فرنگی (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Previous summer cultivation: tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)	1	667061	0.30	ns
شخم: انجام‌شده/نشده	Plowing: done/not done	1	109283	0.67	ns
نوع بذر: کرکدار/ دلینته	Seed type: downy/delinted	1	8936	0.90	ns
ضدعفونی: شده/نشده	Disinfected/not disinfected	1	8936	0.90	ns
استفاده از کاربوکسین تیرام داخلی	Use of carboxin-thiram (internal)	1	305752	0.48	ns
استفاده از کاربوکسین تیرام خارجی	Use of carboxin-thiram (external)	1	1266969	0.15	ns
رقم کشت‌شده: لطیف	Cultivar planted: latif	1	3766721	0.01	*
رقم کشت‌شده: مای	Cultivar planted: may	1	2790347	0.03	*
رقم کشت‌شده: گلستان	Cultivar planted: golestan	1	14141	0.88	ns
رقم کشت‌شده: تابان	Cultivar planted: taban	1	814624	0.25	ns
رقم کشت‌شده: AGN	Cultivar planted: AGN	1	215352	0.55	ns
نوع بذر: خودمصرفی/گواهی‌شده	Seed type: farmer-saved/certified	1	10321	0.90	ns
روش کاشت: دست‌پاش	Planting method: broadcast	1	63883	0.75	ns
روش کاشت: ردیف‌کار	Planting method: row planter	1	63883	0.75	ns
استفاده از کود پایه	Use of base fertilizer	1	596902	0.32	ns
استفاده از کود نیتروژن پایه	Use of base nitrogen fertilizer	1	177967	0.59	ns
استفاده از کود پتاس پایه	Use of base potassium fertilizer	1	111905	0.67	ns

استفاده از کود فسفر پایه	Use of base phosphorus fertilizer	1	800084	0.25	ns
استفاده از کود گوگرد پایه	Use of base sulfur fertilizer	1	373852	0.44	ns
استفاده از منیزیم	Use of magnesium	1	5102117	0.00	**
استفاده از روی	Use of zinc	1	5102117	0.00	**
استفاده از هیومیک اسید پایه	Use of base humic acid	1	482852	0.38	ns
استفاده از کود سرک زمین	Use of top dressing fertilizer (soil)	1	607080	0.32	ns
استفاده از اسید هیومیک	Use of humic acid	1	1239307	0.15	ns
استفاده از کود دامی	Use of animal manure	1	17344	0.87	ns
استفاده از آفت کش	Use of pesticide	1	34276	0.81	ns
استفاده از دیکلوروس	Use of dichlorvos	1	395456	0.42	ns
استفاده از فیپرونیل	Use of fipronil	1	153915	0.62	ns
استفاده از دورسبان	Use of dursban (chlorpyrifos)	1	496322	0.37	ns
استفاده از مانکوزب	Use of mancozeb	1	2135135	0.06	ns
استفاده از کر اکرون (پروفنفسوس)	Use of curacron (profenofos)	1	612554	0.32	ns
استفاده از کاراته	Use of karate	1	61170	0.75	ns
استفاده از امامتین بنزوات (کاپتن)	Use of emamectin benzoate (captan)	1	549189	0.34	ns
استفاده از آد میرال	Use of admiral	1	2088460	0.06	ns
استفاده از سایپرمتترین	Use of cypermethrin	1	418732	0.41	ns
استفاده از لاروین	Use of larvin	1	5650625	0.00	**
استفاده از استامی پراید	Use of acetamidrid	1	90911	0.70	ns
استفاده از کنفیدور	Use of confidor	1	2468270	0.04	*
استفاده از دیمیتوات	Use of dimethoate	1	1179952	0.16	ns
استفاده از پروکلیم فیت	Use of proclaim fit	1	164298	0.61	ns
استفاده از دانیتول	Use of danitol	1	667592	0.30	ns
استفاده از آبامکتین	Use of abamectin	1	164276	0.61	ns
استفاده از فن پروکسی میت (اورتوس)	Use of fenprothrin (ortus)	1	667592	0.30	ns
استفاده از روی اگرو	Use of zinc agro	1	1577071	0.11	ns
استفاده از فن والریت	Use of fenvalerate	1	778671	0.26	ns
استفاده از دلتامترین (دسیس)	Use of deltamethrin (decis)	1	2056960	0.07	ns
استفاده از آوانت	Use of avant	1	518743	0.36	ns
استفاده از آوانت اکسترا	Use of avant extra	1	676036	0.29	ns
استفاده از بیک مک	Use of beak mak	1	182055	0.59	ns
استفاده از تبوفنزااید	Use of tebufenozide	1	45854	0.79	ns
استفاده از مالاتیون	Use of malathion	1	172012	0.60	ns
استفاده از تایدفیت	Use of tidefit	1	101087	0.69	ns
استفاده از دیازینون	Use of diazinon	1	54321	0.77	ns
استفاده از پرمترین (آمبوش)	Use of permethrin (ambush)	1	403677	0.42	ns
استفاده از علف کش	Use of herbicide	1	2044121	0.07	ns
استفاده از ترفلان	Use of treflan	1	49.51	0.99	ns
استفاده از سوپر گالانت	Use of super galant	1	20695	0.85	Ns
آبیاری: انجام شده/نشده	Irrigation: done/not done	1	447421	0.39	*

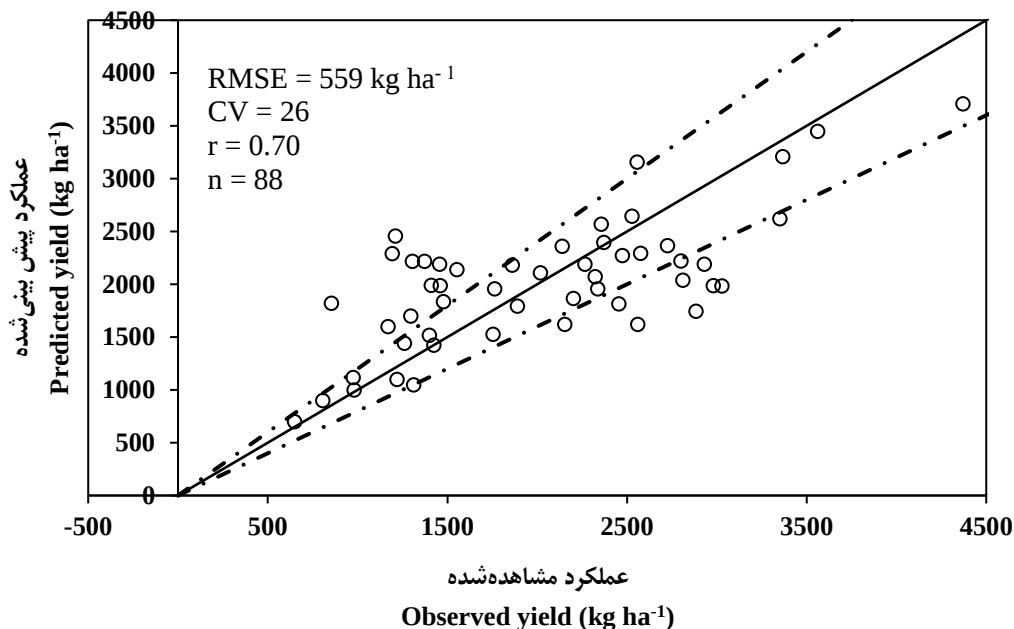
*، ** و ns: به ترتیب معنی دار در یک درصد، پنج درصد و عدم معنی داری می باشد..

ns, * and ** are significant at 1%, 5%, and non-significant, respectively.

جدول ۴- نتایج رگرسیون تأثیر متغیرهای مختلف بر خلأ عملکرد محصول پنبه (۵۴/۵ درصد خلأ)

Table 4- Regression Results of the Impact of Various Variables on the Yield Gap of Cotton Product yield (54.5% Gap)

متغیرها Variables	ضریب Coefficient	شکل متغیر در مدل Form of the variable in the model		عملکرد حاصله با مدل Yield by model		خلأ عملکرد Yield gap	
		میانگین Average	مقدار انتخاب شده Selected amount	میانگین Average	مقدار انتخاب شده Selected amount	مقدار Amount (kg ha ⁻¹)	درصد %
عرض از مبدأ Intercept	622.3486	1	1	622	622	-	-
(X ₁)	4.06695	85.61	306.8	348	1248	900	36
(X ₂)	275.0148	4.94	10	1359	2750	1392	55
(X ₃)	-289.078	0.5	0	-145	0	145	6
(X ₄)	-515.942	0.159	0	-82	0	82	3
میانگین عملکرد Average yield	-	-	-	2103	4620	2518	100

* مقدار نیتروژن سرک (X₁)، دفعات کاربرد آفت کش (X₂)، استفاده از پروکلیم فیت (X₃)، استفاده از فن پروکسی میت (X₄)* Top-dressed nitrogen amount (X₁), number of pesticide applications (X₂), use of proclim fit (X₃), use of fenpropathrin (X₄)

شکل ۲- رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده

Figure 2- Relationship between observed and predicted yield

اهمیت نیتروژن نشان می‌دهد که مدیریت دقیق این نهاده براساس نیاز گیاه و آزمون خاک، یک راهکار کلیدی و مؤثر برای افزایش بهره‌وری مزارع پنبه در منطقه است. در مطالعه‌ای که توسط الوم و سکار (Elum & Sekar, 2015) در ایالت تامیل نادو هند انجام شد، مشخص گردید که خلأ عملکرد در پنبه Bt (۱۶۵۸ کیلوگرم بر هکتار) به دلیل عدم استفاده بهینه از کودها، به ویژه کودهای نیتروژنی و پتاسیمی، به طور چشمگیری نسبت به پنبه معمولی (۵۹۴ کیلوگرم بر هکتار) بالاتر است. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مصرف بیشتر کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد می‌شود، درحالی‌که استفاده بیش از حد

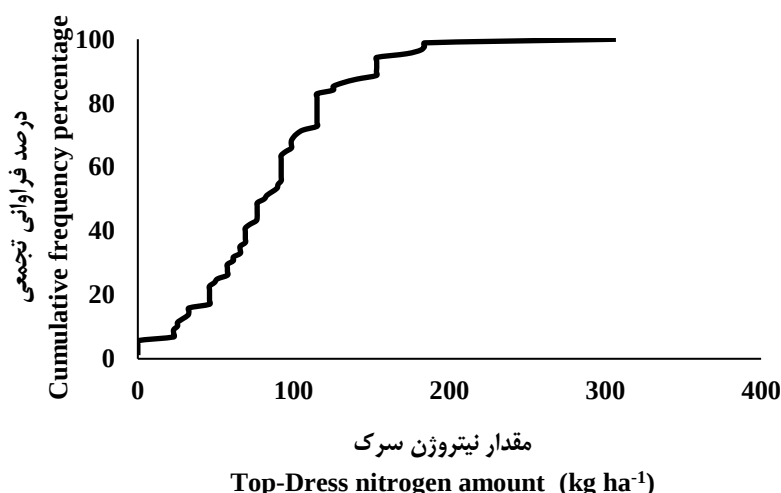
مقدار نیتروژن سرک: تأثیر متغیر مقدار نیتروژن سرک با ۳۶ درصد معادل ۳۳۸ کیلوگرم در هکتار مثبت بوده که به معنی افزایش عملکرد با افزایش میزان نیتروژن سرک می‌باشد (شکل ۳). سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2023) در غرب استان گلستان، مصرف نیتروژن را مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد پنبه معرفی کردند که به تنهایی ۳۰ درصد از خلأ عملکرد را توجیه می‌کرد. همچنین در مطالعه عقیلی و همکاران (Aghili et al., 2024) در کردکوی نیز تغذیه به عنوان یکی از عوامل کلیدی شناسایی شد. این تأکید مکرر بر

آفات مهمی مانند سفیدبالک، کنه و کرم غوزه را تشخیص داد، اما دانش کافی در مورد زمان بندی صحیح سمپاشی، شناسایی دشمنان طبیعی و تفکیک گونه های مختلف آفات نداشتند که این امر به کاهش اثربخشی کنترل شیمیایی منجر می شود. مطالعه گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al., 2015) نیز به بررسی پنبه دیم در هند پرداخت و بیان کرد که استفاده از بذر پنبه Bt و حشره کش ها در مزارع دیم، به دلیل عملکرد پایین و هزینه های بالا، می تواند به ورشکستگی کشاورزان منجر شود. این نتایج نشان می دهد که در مزارع دیم، مدیریت آفات باید با احتیاط و با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و محیطی انجام شود تا به افزایش خلأ عملکرد دامن نزنند.

استفاده از سموم پروکلیم فیت و فن پروکسی میت (اورتوس): ورود دو متغیر استفاده از حشره کش پروکلیم فیت (با سهم ۶ درصد) و فن پروکسی میت (اورتوس) (با سهم سه درصد) با تأثیر منفی بر عملکرد، یک یافته پارادوکسیکال (به ظاهر متناقض) است. این ارتباط منفی به معنای ناکارآمدی این سموم نیست، بلکه نشان می دهد که استفاده از آن ها در مزارع، شاخصی برای مدیریت ضعیف و واکنش دیر هنگام به طغیان آفات بوده است. به عبارت دیگر، این سموم متغیرهای نماینده (Proxy Variable) برای شدت بالای خسارت آفات هستند. بررسی های میدانی نشان داد که پروکلیم فیت، به عنوان یک حشره کش قوی و وسیع الطیف، اغلب به عنوان آخرین راهکار و زمانی توسط کشاورزان استفاده شده که آفت کرم غوزه خسارت اقتصادی قابل توجهی را به محصول وارد کرده بود.

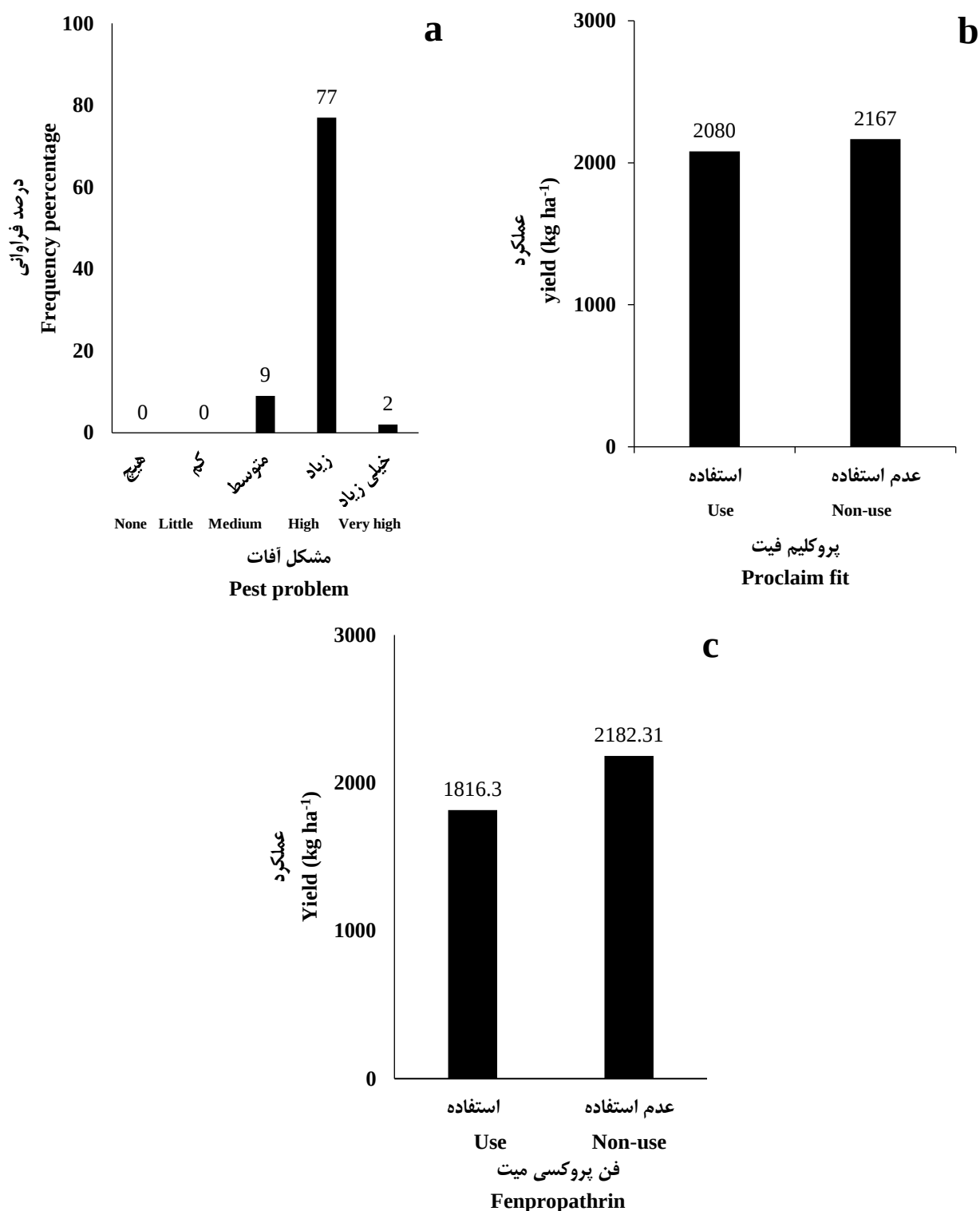
از کود پتاسیم تأثیر منفی بر عملکرد دارد. این امر بر اهمیت مدیریت صحیح تغذیه گیاهی تأکید می کند. همچنین در بررسی کنستابل و بنج (Constable & Bange, 2015)، نیازهای غذایی پنبه برای دستیابی به عملکرد بالقوه بالا، به ترتیب ۳۸۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و پتاسیم و ۸۳ کیلوگرم در هکتار فسفر تخمین زده شد که نشان دهنده چالش های مدیریتی در تأمین این نیازها است.

مدیریت آفات: نتایج نشان داد حاصل از این پژوهش نشان داد که که دفعات کاربرد آفت کش با ۵۵ درصد از خلأ معادل ۱۳۵۹ کیلوگرم در هکتار را بر عهده داشته و بیشترین سهم را در خلأ عملکرد دارد، بنابراین مدیریت آفات باید در دستور کار کشاورزان منطقه قرار گیرد. این ارتباط مثبت نشان می دهد که با افزایش تعداد سمپاشی ها، عملکرد نیز افزایش یافته است که خود گواهی بر فشار بالای آفات در منطقه، به ویژه طغیان کرم غوزه طی سال های مطالعه است، بنابراین مدیریت بهینه آفات باید در اولویت اصلی کشاورزان منطقه قرار گیرد. نتایج همچنین نشان داد که درصد فراوانی مشکل آفات در تولید پنبه در ۱۲، ۶۹ و ۷ درصد اراضی به ترتیب متوسط، زیاد و بسیار زیاد بود (شکل ۴). در مطالعه سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2023) نیز خسارت آفات در مزارع پنبه غرب استان گلستان در ۱۸ درصد از مزارع خیلی شدید، ۴۵ درصد شدید و ۲۴ درصد متوسط گزارش شد که نشان دهنده چالشی مشابه در منطقه هم جوار است. پژوهش خان و دامالز (Khan & Damalas, 2015) در منطقه پنجاب پاکستان نشان داد که یکی از دلایل اصلی خلأ عملکرد در کشت پنبه آبی، مدیریت ضعیف آفات است. کشاورزان در این منطقه،



شکل ۳- درصد فراوانی تجمعی مقدار نیتروژن سرک (کیلوگرم در هکتار) در تولید پنبه در دهستان میانکاله شهرستان بهشهر

Figure 3- Cumulative frequency percentage of top-dressing nitrogen amount (kg ha⁻¹) in cotton production in the Miyankaleh Rural District, Behshahr county



شکل ۴- درصد فراوانی مشکل آفات در تولید پنبه در دهستان میانکاله شهرستان بهشهر (A) و مقایسه میانگین عملکرد پنبه تحت استفاده و عدم استفاده از آفت کش (B) پروکلیم فیت و (C) فن پروکسی میت

Figure 4- Percentage of pest problems frequency in cotton production in Miyankaleh Rural District, Behshahr county (A), and comparison of mean cotton yield under use and non-use of pesticides B) Proclaim Fit and C) Fenpropathrin

مصرف کود نیتروژن سرک و مشکل آفات با هم مشترک و در سایر عوامل مدیریتی متفاوت بودند که از دلایل آن می‌توان به تفاوت شرایط اقلیمی سال آزمایش، منطقه مورد مطالعه، انتخاب مزارع و تفاوت مدیریت کشاورزان در مزرعه اشاره نمود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، خلأ عملکرد پنبه در منطقه میانکاله ۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار و معادل ۵۴/۵ درصد محاسبه شد (متوسط عملکرد واقعی ۲۱۰۳ و عملکرد پتانسیل ۴۶۲۰ کیلوگرم در هکتار). نتایج تحلیل مقایسه کارکرد نشان داد که عوامل محدودکننده اصلی عملکرد در دو حوزه کلیدی قابل طبقه‌بندی هستند: نخست، مدیریت آفات که در مجموع با سهم ۶۴ درصدی (شامل دفعات آفت کش ۵۵ درصد، استفاده از پروکلیم‌فیت شش درصد و استفاده از فن‌پروکسی‌میت سه درصد) مهم‌ترین عامل بود و دوم، مدیریت تغذیه (میزان نیتروژن سرک با سهم ۳۶ درصد). با مدیریت بهینه عوامل یادشده می‌توان به عملکرد چشمگیری دست یافت. اهمیت این یافته‌ها در ارائه یک برنامه قابل اجرا برای کاهش خلأ عملکرد است. این مطالعه نشان می‌دهد که بخش مهمی از پتانسیل تولید پنبه در منطقه عمدتاً به دلیل ضعف در دو حوزه مدیریتی کاملاً مشخص (آفات و نیتروژن) از دست می‌رود. همچنین ترویج و کاربرد صحیح تنظیم‌کننده‌های رشد و هورمون‌های برگ‌ریز (نظیر میکوات کلراید و دف) که در حال حاضر در منطقه مرسوم نیست، می‌تواند به عنوان راهکاری نوین جهت کنترل رشد رویشی و تسهیل برداشت، گامی مؤثر در دستیابی به عملکرد پتانسیل باشد. این نتیجه‌گیری به‌طور قوی بیانگر آن است که تمرکز برنامه‌های ترویجی بر آموزش اصول مدیریت تلفیقی آفات (IPM) - شامل پایش مزرعه، تعیین آستانه اقتصادی و سم‌پاشی به‌موقع - و همچنین بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن براساس آزمون خاک، می‌تواند به سرعت منجر به افزایش معنی‌دار تولید و بهبود سودآوری پنبه‌کاران منطقه شود. شرایط تولید و پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی در آینده با تغییر نظام‌های زراعی نظیر یکپارچه سازی اراضی، زهکشی اراضی شور و ماندابی، الگوی کشت، روند تغییر اقلیم جهانی و افزایش دما تغییر می‌کند؛ بنابراین پایش و ارزیابی مزارع به‌صورت گسترده‌تر و مداوم ضرورت دارد.

به‌طور مشابه، استفاده از سم اورتوس (کنه‌کش) نیز در مزارعی رایج بود که به دلیل سم‌پاشی‌های مکرر و غیراصولی علیه کرم غوزه، دشمنان طبیعی کنه‌ها از بین رفته و جمعیت کنه‌ها به‌صورت ثانویه طغیان کرده بود، بنابراین این متغیرها به‌خوبی نشان می‌دهند که راهبرد مدیریت آفات در منطقه بیشتر واکنشی و مبتنی بر سم‌پاشی دیر هنگام بوده تا پیشگیرانه و مبتنی بر اصول مدیریت تلفیقی آفات (IPM). مقایسه میانگین عملکرد پنبه تحت استفاده و عدم استفاده آفت کش پروکلیم‌فیت و فن‌پروکسی‌میت با این نتایج مطابقت دارد (شکل ۴). در سال‌های عادی در مزارع شمال کشور، کرم غوزه که از آفات مهم در مزارع پنبه است بین ۱۰ تا ۱۵ درصد خسارت وارد می‌کند که این خسارت در سال‌های طغیان می‌تواند به ۵۰ تا ۷۵ درصد برسد. با انجام ضدعفونی بذور پنبه با سم گائوچو می‌توان از بوته‌های پنبه در مقابل آفات مکنده تا ۴۰ الی ۴۵ روز بعد از کاشت محافظت نمود (Heravi, 2015). در مناطق مختلف، استانداردهای متفاوتی برای تعیین آستانه کنترل شیمیایی آفت وجود دارد. جمعیت آستانه یعنی تعدادی از آفت که قابل تحمل است. اگر جمعیت بیشتر از آن شود، انجام سم‌پاشی ضروری می‌باشد، در غیر این صورت، خسارت آفت از نظر اقتصادی بیش از هزینه مبارزه خواهد بود (Naderi Arefi and Jokar, 2018). با علف‌های هرز میزبان آفات مکنده و کنه‌ها که در حاشیه مزارع، کانال‌های آب و اراضی بایر رشد می‌کنند باید تا قبل از رسیدن فصل کشت مبارزه شود، در غیر این صورت این آفات تکثیر شده و در طی فصل رشد به محصول زراعی خسارت وارد می‌کند؛ بنابراین مهار علف‌های هرز نقش بسزایی در کاهش خسارت پنبه دارد (Heravi, 2015). برجستگی متغیرهای مرتبط با آفات در این پژوهش با نتایج سایر تحلیل‌های CPA در ایران همسو است. مطالعاتی مانند پژوهش عقلیلی و همکاران (Aghili et al., 2024) که در آن آفات با سهم ۴۹ درصدی، بزرگ‌ترین عامل خلأ عملکرد پنبه در کردکوی بودند و همچنین پژوهش سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2023) که خسارت آفات را به عنوان یک عامل معنی‌دار شناسایی کردند، همگی بر این نکته تأکید دارند که مدیریت آفات یکی از نکات مهم در تولید پنبه در شمال کشور است و نیازمند توجه ویژه در برنامه‌های تحقیقاتی و ترویجی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مشابه (Soltani et al., 2023; Aghili et al., 2024) در برخی عوامل مدیریتی مثل

References

1. Aghili, A., Soltani, A., & Jafarnoudeh, S. (2024). Investigating the factors causing the cotton yield gap (Case study: Golestan province - Kordkuy county). *Iranian Journal of Cotton Researches*, 11, 1-22. (In Persian).
2. Agricultural Statistics. (2022). Ministry of Agricultural Jihad. (In Persian). <https://www.maj.ir>
3. Agricultural Statistics. (2023). Ministry of Agricultural Jihad. (In Persian)
4. Constable, G. A., & Bange, M. P. (2015). The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Research*, 182, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.017>
5. De Bie, C. A. J. M. (2000). Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. *Int.*

- Inst. Aerospace Earth Science. (ITC), Enschede, The Netherlands.
6. Elum, Z. A., & Sekar, C. (2015). An empirical study of yield gap in seed cotton production in Tamil Nadu state, India. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49, 6. <https://doi.org/10.18805/ijare.v49i6.6684>
7. FAOSTAT. (2024). <https://www.fao.org/>
8. Gutierrez, A. P., Ponti, L., Herren, H. R., Baumgärtner, J., & Kenmore, P. E. (2015). Deconstructing Indian cotton: weather, yields, and suicides. *Environmental Sciences Europe*, 27, 1. 12. <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0043-8>
9. Hajjarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., Kashiri, H., & Aynehband, A. (2017). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap in Golestan province of Iran using comparative performance analysis (CPA) method. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19, 2. (In Persian). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1396.19.2.1.9>
10. Heravi, P. (2015). Advances in Integrated Pest Management of Cotton. Iran Cotton Research Institute Publications. 60 p. (In Persian).
11. Ijaz, B., Zhao, N., Kong, J., & Hua, J. (2019). Fiber quality improvement in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.): quantitative trait loci mapping and marker assisted selection application. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1585. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01585>
12. Kamari, H. (2021). Evaluation of yield gap and cotton production in Iran under current and future climatic conditions. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian).
13. Khan, M., & Damalas, C. A. (2015). Farmers' knowledge about common pests and pesticide safety in conventional cotton production in Pakistan. *Crop Protection*, 77, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.07.014>
14. Lobell, D. B., Cassman, K. G., & Field, C. B. (2009). Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 179-204. <https://doi.org/10.1146/annurev.envIRON.041008.093740>
15. Mousavi, M. (2015). Weed control: Principles and methods. Marz Danesh Publications. 600 p. Tehran, Iran. (In Persian).
16. Naderi Arefi, A., & Jokar, M. (2018). Cotton Bollworm and Its Integrated Control. Agricultural Education Press. Tehran, Iran. 48 p. (In Persian).
17. Najafi Terojeni, M., Nahibi, S., & Mousavi Fatemi, H. (2022). Presenting revitalization strategies for Safavid gardens of Behshahr with emphasis on green landscape design components. *Sustainability, Development and Environment*, 3, 1-24. (In Persian).
18. Rahimizadeh, M. (2020). The assessment of weed competition effect on growth and yield of cotton with use chemical and biological fertilizers. *Journal of Crops Improvment*, 2, 245-255. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jci.2020.284772.2238>
19. Rezaei, A., & Soltani, A. (1998). An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press. Isfahan, Iran. 294 p. (In Persian).
20. Rezaei, M., Dadashi, M., Mokhtarpour, H., & Ajam Norouzi, H. (2021). Yield and yield components of cotton in transplanting and direct seeding systems in Gorgan climatic conditions. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 9, 189-208. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijcr.2021.355695.1174>
21. Seyedjalali, A., Eskandari, M., Roshani, G., Navidi, M., Zareian, G., Meymand, A., & Ghasemzadeh Ganjehei, M. 2021. Determining soil and landscape requirements of cotton for using in land suitability evaluation. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 9, 69-88. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijcr.2021.352985.1162>
22. Shekargozar Darabi, M. (2016). Analysis of yield gap and ecological sustainability of cotton in the north of Golestan province. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian).
23. Soltani, A. (2007). Application of SAS Software in Statistical Analysis (Second ed.). Mashhad Jihad Daneshgahi Press. Mashhad, Iran. 182 p. (In Persian).
24. Soltani, A., & Mirzaei, A. (2022). Analysis of Yield Potential and Yield Gap in Crop Production Systems. Vazhegan Sirang Publications. Gorgan, Iran. 45 p. (In Persian).
25. Soltani, A., Nehbandani, A., Zeinali, E., Torabi, B., Zand, E., Ghasemi, S., Alasti, A., Dadresi, A., Hosseini, R., Alimagham, M., Zahed, M., Fayyazi, H., Kamari, H., Arab-Ameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Pourshirazi, S., Mohammadi, S., & Keramat, S. (2018). Atlas of Yield Gap and Production Potential of Important Crops in the Country under Current and Future Climatic Conditions. Vazhegan Sirang Publications. Gorgan, Iran. 278 p. (In Persian).
26. Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2010). Analysis of wheat yield limiting factors in Gorgan conditions using CPA method. Research Project Report, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian).
27. Soltani, S., Nakhzari Moghaddam, A., Bannayan-Aval, M., Keshiri, H., Rahemi Karizaki, A., & Naeimi, M. (2023). Evaluation of management factors affecting cotton yield gap in the semi-arid moderate climate conditions

- using comparative performance analysis (CPA). *Iranian Journal of Cotton Researches*, 11, 35-52. (In Persian).
<https://doi.org/10.22092/ijcr.2024.363702.1203>
28. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2011). Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production*, 4, 1-17. (In Persian).
29. Van Ittersum, M. K., Cassman, K. G., Grassini, P., Wolf, J., Tittone, P., & Hochman, Z. (2013). Yield gap analysis with local to global relevance—a review. *Field Crops Research*, 143, 4-17.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009>
30. Yousefian, M., Soltani, A., Dastan, S., & Ajamnoroozie, H. (2021). Yield gap assessment in rice-grown fields using CPA and BLA approaches in Northern Iran. *International Journal of Plant Production*, 15, 2. 203-217.
<https://doi.org/10.1007/s42106-020-00128-y>