"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و هفتم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی

DOI:

ارزیابی خلاء عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با استفاده از روش آنالیز خط مرزی در شهرستان بهشهر

Evaluation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield gap in Behshahr county using boundary line analysis

معصومه مهدوی عبدالملکی[۱]، افشین سلطانی[۲]، ابراهیم زینلی[۳] و صفورا جافر نوده[۴]

چکیده

معصومه مهدوی عبدالملکی، م.، ا. سلطانی ، ا. زینلی و ص. جافر نوده. ۱۴۰۴. ارزیابی خلاء عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) با استفاده از روش آنالیز خط مرزی در شهرستان بهشهر. **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۷ (۳): ۲۵۰ -۲۳۱.**

به منظور شناسایی عوامل مهم در ایجاد خلاء عملکرد پنبه در منطقه میانکاله شهرستان بهشهر، اطلاعات و عملیات مدیریتی ۸۸ مزرعه پنبه فاریاب از جمله اطلاعات مربوط به زراعت قبلی و آخرین سال از زراعت گیاهان بقولاتی، تاریخ کاشت، تراکم بوته، مقدار بذر مصرفی، نوع، میزان و دفعات مصرف کودهای پایه و سرک، تعداد دفعات مصرف سموم شیمیایی و علف‌کش‌ها، تعداد دفعات آبیاری، مدیریت آفات، مدیریت علف‌های هرز و مدیریت برداشت و عملکرد وش در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ جمع‌آوری و خلاء عملکرد با استفاده از روش آماری آنالیز خط مرزی (BLA) محاسبه شد. بر اساس نتایج این روش که رابطه بین یک متغیر مدیریتی و حداکثر عملکرد قابل دستیابی مورد ارزیابی قرار گرفته و امکان شناسایی سطح بهینه هر متغیر فراهم می‌شود، عملکرد قابل دستیابی ۳۹۶۱ کیلوگرم در هکتار، میانگین عملکرد واقعی وش ۲۱۲۴ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد ۱۸۳۷ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۵/۴ درصد) بدست آمد. نتایج نشان داد که عوامل اصلی ایجاد کننده خلاء عملکرد علف‌های هرز (نیاز به مصرف سموم پیش‌رویشی یا وجین دستی)، تعداد چین (توصیه به کشت ارقام مناسب زراعت ماشینی)، تراکم بوته (۷ تا ۱۱ بوته در مترمربع)، تعداد دفعات آبیاری (حداقل دو بار در مراحل حساس رشد گیاه)، تعداد دفعات مصرف سموم شیمیایی (۵ بار)، مصرف کود نیتروژن (۹۰ کیلوگرم به‌صورت سرک)، رعایت تاریخ کاشت (۲۸ اردیبهشت تا ۲۱ خرداد) و رعایت تناوب زراعی (قرار دادن بقولات در تناوب)، مهم ترین راهکارها برای جبران خلاء عملکرد مزارع پنبه مورد ارزیابی در شهرستان بهشهر محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: پنبه، تاریخ کاشت، تراکم بوته، تناوب زراعی، علف‌های هرز و عملکرد وش

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (مکاتبه کننده، mahtamahdavi1981@gmail.com ✉)
۲- استاد دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانشیار دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- دانش آموخته دکتری دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

2025© The Authors. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

Iranian Journal of Crop Sciences
Vol. 27, No. 3, Autumn 2025

RESEARCH ARTICLE

DOI

Evaluation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield gap in Behshahr county using boundary line analysis

Mahdavi Abdolmaleki, M.[1], Soltani, A.[2], Zeinali, E.[3] and Jafar Nodeh, S.[4]

ABSTRACT

Mahdavi Abdolmaleki, M., Soltani, A., Zeinali, E. and Jafar Nodeh, S. 2025. Evaluation of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield gap in Behshahr county using boundary line analysis. **Iranian Journal of Crop Sciences. 27(3): 231-250. (In Persian).**

Introduction: Yield gap, defined as the difference between potential and actual yield, is a major challenge in crop production. Identifying the limiting factors of yield gap is the first step toward increasing productivity without expanding cultivated lands. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is a strategic crop in Iran, and Behshahr county is a major production hub in Mazandaran province. Despite its importance, no comprehensive study has been conducted to determine the local yield limiting factors in this region. This study aimed to identify managerial factors affecting the cotton yield gap in Behshahr county using Boundary Line Analysis (BLA) and to provide optimal management recommendations.

Materials and Methods: The study was conducted during the 2022 and 2023 growing seasons in 88 cotton fields in the Miankaleh region, Behshahr, Iran. Management data were collected through face-to-face interviews with farmers and field monitoring. Recorded variables included sowing date, plant density, nitrogen fertilizer rate and application frequency, irrigation frequency, pest and weed management, crop rotation, and harvesting method. The actual yield was recorded at the end of the season. The Boundary Line Analysis (BLA) method was used to quantify the yield gap and determine the attainable yield. Statistical analyses were performed using SAS 9.4 and Excel 2016 software.

Results: The average actual yield of farmers was 2124 kg.ha^{-1}, while the attainable yield estimated by BLA was 3961 kg.ha^{-1}. Consequently, the calculated yield gap was 1837 kg.ha^{-1} (45.4%). The analysis identified weed infestation (53% gap contribution) and the number of harvest pickings (51%) as the most significant limiting factors. Other contributing factors included planting date, crop rotation, and irrigation frequency (each contributing ~48%). The optimal ranges for maximizing yield were determined as: plant density of 7-11 plants.m^{-2}, sowing date between May 18 and June 10, nitrogen application of 90 kg.ha^{-1} (pure N), at least two irrigations, and five pesticide applications.

Conclusion: The study revealed that farmers in Behshahr county are achieving only about 54% of the cotton attainable yield. A significant portion of this gap is due to suboptimal crop management practices. Improving weed control strategies, adopting mechanized harvesting (or increasing hand-picking frequency), observing the optimal sowing window, and including legume crops in crop rotation are the most effective strategies to narrow the cotton yield gap in this region.

Key words: Cotton, Crop rotation, Sowing date, Plant density and Weeds

Received: January, 2026 **Accepted: June, 2026**

1. PhD Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran (Corresponding author, ✉ mahtamahdavi1981@gmail.com)
3. Associate Prof., Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. PhD Graduate, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2025© The Authors. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

مقدمه

بر اساس پیش‌بینی‌ها، تولیدات کشاورزی جهان به دلیل افزایش جمعیت باید طی سه تا چهار دهه آینده تا سه برابر افزایش یابد تا تقاضای فزاینده جمعیت جهان تأمین شود (Bruinsma, 2009). افزایش تولید از دو طریق گسترش سطح زیر کشت و یا افزایش عملکرد در واحد سطح (فشرده‌سازی) امکان‌پذیر است. نتایج تحقیقات نشان داده است که هر دو راهکار دارای مشکلات زیست‌محیطی خاص خود هستند. فشرده‌سازی، پایدار کشاورزی با تامین نیازهای مدیریتی زراعت یک گیاه در حد بهینه در اراضی موجود در مقابل افزایش سطح زیر کشت با مدیریت زراعی نامناسب است که گزینه‌ای با کمترین آسیب از نظر از دست دادن تنوع زیستی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و تخریب بوم‌نظام‌ها محسوب می‌شود. این رویکرد باعث تمرکز فزاینده بر خلاء عملکرد و روش‌های کاهش آن شده است تا امکان تولید محصول بدون گسترش سطح زیر کشت افزایش داده شود (Van Ittersum *et al.*, 2013, Kamkar *et al.*, 2025).

خلاء عملکرد به‌طور ساده، تفاوت بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد بالقوه (پتانسیل) یک گیاه زراعی در یک منطقه است (Lobell *et al.*, 2009). به دلیل تفاوت‌های قابل توجه در عملکردهای مزارع کشاورزان در یک منطقه واحد، تعیین عملکرد بالقوه و سپس بررسی عوامل کاهنده آن (دلایل ایجاد خلاء عملکرد)، مورد توجه محققان قرار گرفته است (Nehbandani *et al.*, 2017, 2020, 2021, 2023). در ایران نیز خلاء عملکرد به‌عنوان یک چالش جدی مطرح است. اولین گام در راستای کاهش خلاء عملکرد، شناخت دقیق محدودیت‌های عملکردی یک گیاه زراعی در یک منطقه مشخص است (Lobell *et al.*, 2009; Van Ittersum *et al.*, 2013). کاهش خلاء عملکرد علاوه بر افزایش تولید، باعث بهبود کارایی استفاده از زمین و نیروی کارگری، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش پایداری عملکرد می‌شود (Chaudhary, 2000). نتایج تحقیقات جهانی نشان داده است که خلاء عملکرد پنبه در شمال آمریکا، مناطق نیمه‌خشک آفریقا و جنوب آسیا به ترتیب ۲۳۰، ۷۶۰ و ۷۶۰ کیلوگرم در هکتار بوده و پنج عامل محدودیت آب، محدودیت عناصر غذایی، مدیریت نامطلوب، کمبود نیروی کارگری، ماشین‌آلات و دانش ناکافی باعث ایجاد خلاء عملکرد هستند (Hengsdijk and Langeveld, 2009). در ایالت ماهاشارترا هند، خلاء عملکرد پنبه ۶۹ درصد برآورد شده و کوچک بودن اندازه اراضی، بالا بودن هزینه سموم شیمیایی، بالا بودن دستمزد کارگران، استفاده نامناسب از نهاده‌هایی مانند میزان بذر، کودهای دامی، کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، مهم‌ترین عوامل ایجاد خلاء عملکرد گزارش شده است (Changule *et al.*, 2010). در مقیاس منطقه‌ای، خلاء عملکرد پنبه آبی در استان گلستان با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (Boundary Line Analysis; BLA) ۱۳۹۷ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد و گزارش شد که کشاورزان منطقه به ۶۶ درصد از عملکرد بالقوه دست یافته‌اند و با اعمال مدیریت‌های بهینه از جمله مصرف کود نیتروژن (۶۵ کیلوگرم در هکتار)، کود فسفر (۴۶ کیلوگرم در هکتار)، چهار نوبت آبیاری، حداقل یک نوبت وجین، تراکم بوته (۶ تا ۸ بوته در متر مربع)، تاریخ کاشت (تا اواسط اردیبهشت) و تاریخ برداشت (از اواسط مهر)، می‌توان به عملکردی تا ۴۰۵۸ کیلوگرم در هکتار دست یافت (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2017). سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2018) گزارش کردند که در مناطق مختلف کشور، خلاء عملکرد پنبه بین ۴۳ تا ۶۴ درصد (با میانگین ۶۱ درصد) (معادل ۲۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. بر اساس این گزارش، استان‌های شمالی ایران پایین‌ترین رتبه را از نظر عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه پنبه دارند و استان گلستان در بین استان‌های شمالی در رتبه پایین‌تری قرار دارد. با وجود این، غرب استان گلستان بالاترین

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

بهره‌وری آب در زراعت پنبه را دارا است که این موضوع نشان دهنده امکان افزایش قابل توجه عملکرد در این منطقه می‌باشد (Soltani *et al*., 2018).

شهرستان بهشهر از مهم‌ترین مناطق زراعت پنبه و قطب تولید این محصول در استان مازندران است. با وجود تحقیقات در استان هم‌جوار (گلستان)، تاکنون آزمایشی جهت شناسایی عوامل محدود کننده عملکرد پنبه آبی در منطقه میانکاله بهشهر اجرا نشده است. با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی و روش‌های مدیریتی کشاورزان بین این دو منطقه، این پژوهش با هدف شناسایی عوامل بومی و مدیریتی مؤثر بر ایجاد خلاء عملکرد پنبه آبی و ارائه توصیه‌های مدیریتی برای نزدیک شدن به عملکرد بالقوه در منطقه مورد مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه میانکاله شهرستان بهشهر استان مازندران انجام شد. طبق گزارش سازمان جهاد کشاورزی سطح زیر کشت پنبه در سال ۱۴۰۳ در استان مازندران ۴۰۷ هکتار بوده است. این شهرستان در ارتفاع ۱۷ متری از سطح دریا در منطقه‌ای جلگه‌ای و ساحلی و در کوهپایه‌ی البرز شرقی، قرار دارد. به علت پستی و بلندی‌های منطقه، دو نوع آب و هوای گرم و نیمه مرطوب و معتدل و نیمه مرطوب تا نیمه‌خشک در این ناحیه وجود دارد (Najafi Terojeni *et al*., 2022). اطلاعات هواشناسی منطقه که ایستگاه هواشناسی همدیدی بندر امیرآباد بهشهر جمع‌آوری شده در جدول ۱ ارائه شده است.

این تحقیق در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در ۸۸ مزرعه پنبه واقع در منطقه میانکاله، شهرستان بهشهر در شرق استان مازندران اجرا شد. توزیع فراوانی بر اساس درصد از تعداد مزارع مورد مطالعه در نظر گرفته شد. مزرعه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که از نظر سطح زیر کشت، مدیریت‌های زراعی و میزان عملکرد دارای تنوع کافی باشند تا بتوان آنها را نماینده مناسبی از اراضی پنبه‌کاری منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت. تعداد مزارع مورد نیاز بر اساس روش تعیین حجم نمونه کوکران و با در نظر گرفتن جامعه آماری مزارع پنبه‌کاری منطقه تعیین شد تا تعداد نمونه‌ها از کفایت آماری لازم برای انجام تحلیل‌ها برخوردار باشد (Cochran, 1963). در این روش، حجم نمونه اولیه بر اساس سطح اطمینان، نسبت برآوردی صفت مورد مطالعه، خطای مجاز نمونه‌گیری و واریانس جامعه محاسبه می‌شود. در صورتی که تعداد کل مزارع محدود باشد، حجم نمونه با استفاده از ضریب اصلاح جامعه محدود تعدیل می‌شود. مزارع با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی‌شده و با در نظر گرفتن پراکنش جغرافیایی، نوع مدیریت زراعی، نوع رقم، شرایط خاک و منابع آبی انتخاب شدند (روابط ۱ و ۲).

$$n_0 = \frac{Z^2pq}{e^2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$n = \frac{n_0}{1+(\frac{n_0-1}{N})} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

n_0 حجم نمونه اولیه، n حجم نمونه نهایی، N تعداد کل واحدهای جامعه آماری، Z مقدار متناظر با سطح اطمینان، p نسبت برآوردی صفت مورد مطالعه، q=1−p و e خطای مجاز نمونه‌گیری هستند.

اطلاعات و عملیات مدیریتی انجام شده در طی دوره رشد گیاه پنبه (از کاشت تا برداشت) شامل اطلاعات مربوط به کشاورزان از قبیل سن، تحصیلات و تجربه کشاورز، اطلاعات مربوط به مزرعه از قبیل موقعیت، شیب مزرعه، وضعیت زه‌کش و آب‌گرفتگی، اطلاعات مربوط به عملیات آماده‌سازی زمین از قبیل نوع ادوات مورد استفاده، نوع، تعداد و زمان شخم و دیسک، اطلاعات مربوط به زراعت قبلی، رقم گیاهی مورد استفاده، میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و اطلاعات مربوط به کاشت از قبیل زمان کاشت و روش کاشت، اطلاعات مربوط به تغذیه گیاه زراعی شامل نوع کود مصرفی (پایه و سرک)، مقدار کودهای مصرف

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در فصل رشد پنبه (فروردین تا آبان) و میانگین بلندمدت ۱۵ ساله (۱۴۰۲-۱۳۸۸)

Table 1. Meteorolgical information of the experiment site during cotton growing season (April-November) and the long-term 15 years average (2009-2023)

سال Year	Month	ماه	دما Temperature (˚C) حداقل Min	حداکثر Max	تبخیر و تعرق Evapotranspiration (mm)	بارندگی Precipitation (mm)	رطوبت نسبی Humidity (%)	ساعت آفتابی Sunny hours
2022	Apr.	فروردین	10.5	18.6	98.0	18.0	78.0	176.7
	May	اردیبهشت	15.4	22.4	125.0	27.2	80.0	172.2
	Jun.	خرداد	19.5	27.6	175.7	1.4	74.0	332.7
	Jul.	تیر	23.2	31.3	226.5	1.2	74.0	316.3
	Aug.	مرداد	23.9	32.0	176.7	17.3	77.0	254.1
	Sep.	شهریور	21.1	31.9	167.2	11.1	73.0	288.6
	Oct.	مهر	19.8	28.4	98.9	29.1	78.0	183.5
	Nov.	آبان	11.8	20.8	33.0	78.8	81.0	176.1
2023	Apr.	فروردین	10.7	19.9	86.3	47.8	76.0	214.2
	May	اردیبهشت	15.2	23.5	127.8	41.4	78.0	246.7
	Jun.	خرداد	20.6	25.6	240.0	6.32	75.0	262.3
	Jul.	تیر	22.6	28.0	280.0	8.4	74.0	259.9
	Aug.	مرداد	24.7	33.7	225.6	3.2	70.0	282.1
	Sep.	شهریور	21.8	31.5	172.1	20.4	69.0	249.3
	Oct.	مهر	16.6	26.1	74.0	266.4	76.0	207.0
	Nov.	آبان	14.2	24.4	44.7	65.5	79.0	202.0
2009-2023	15 years average	میانگین ۱۵ ساله	14.1	21.8	85.1	52.6	79.2	197.3

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

شـــده (کیلوگرم در هکتـار)، روش مصـــرف کود (جایگذاری یا پخش سـطحی) و تعداد دفعات و مراحل مصـرف کود سـرک، اطلاعات مربوط به آبیاری مزرعه شـامل تعداد دفعات و روش آبیاری، اطلاعات مربوط به مدیریت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز شـــامل نوع سـموم شـیمیایی مصـرفی (حشـره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها و علف‌کش‌ها)، غلظت یا میزان مصرف سم، تعداد دفعات سم‌پاشی علیه آفات، تعداد دفعات و زمان وجین دستی و اطلاعات مربوط به برداشـــت شـــامل زمان، تعداد چین‌های برداشت و عملکرد وش، به‌صورت پیمایشی و مطالعات میدانی به‌طور هفتگی در هر مزرعه از طریق مشاهده و اندازه‌گیری و ملاقات چهره به چهره و پرسش از کشـاورزان در قالب پرسـش‌نامه جهت برآورد خلاء عملکرد جمع‌آوری و ثبت شـــدند (Hajjarpoor *et al.*, 2015). لازم به ذکر است که بر اساس پایش‌های میدانی و هفتگی انجام شـده، به دلیل عدم مشاهده و عدم شیوع بیماری‌های قارچی یا باکتریایی مهم در مزارع مورد مطالعه طی دو ســـال تحقیق، از هیچ‌گونه قارچ‌کش یا سـموم کنترل بیماری در طول فصـل رشـد استفاده نشـد. در پایان فصـل رشـد، میزان عملکرد وش برداشـت شـده توسط کشاورزان (عملکرد واقعی) ثبت و خلاء عملکرد با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (BLA) محاسبه شد. با وجود جمع‌آوری اطلاعات گسـترده در سـطح مزارع پنبه، برای آنالیز خط مرزی، تعدادی از متغیرهای کمی (نظیر تاریخ کاشـــت، تراکم بوته، میزان کود و...) مورد اســـتفـاده قرار گرفتنـد. برخی از متغیرهـای مـدیریتی بررسی‌شده مانند رقم یا روش کاشت رابطه مشخصی با عملکرد نداشـتند. این موضـوع نشـان داد که در شـرایط مدیریتی فعلی منطقه، عامل محدودکننده عملکرد نیستند و بنابراین از تجزیه حذف شـــدند. متغیرهایی که رابطه واضحی داشتند، برای آنالیز خط مرزی انتخاب شدند و نتایج آن‌ها در ادامه ارائه شده است (جدول ۲).

جدول ۲- طبقه‌بندی متغیرهای مدیریتی، زراعی و عملیاتی ثبت‌شده در مزارع پنبه مورد ارزیابی

Table 2. Classification of management, agronomic and operational variables recorded in the studied cotton fields

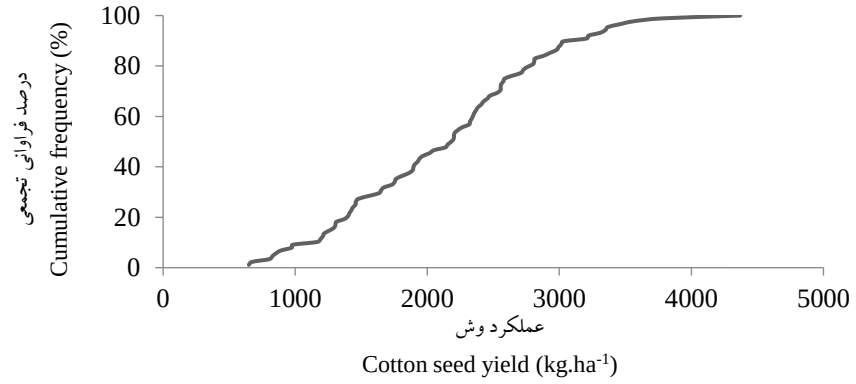
مدیریت / نهاده Management / Input	شاخص‌ها و متغیرهای ثبت‌شده در پرسشنامه Recorded indicators and variables in the questionnaire
مشخصات عمومی و سوابق General characteristics & records	سن، سابقه و تجربه کشاورز در تولید پنبه، مساحت کل مزارع (Age, experience of the farmer in cotton production, total field area)
مدیریت تناوب و آماده‌سازی Crop rotation & soil preparation management	وضعیت تناوب زراعی (آخرین سال کشت بقولات)، تعداد دفعات شخم و دیسک Crop rotation status (last year of legumes), frequency of plowing and disking
عملیات کاشت و تراکم Planting operations & Plant density	تاریخ کاشت، رقم، مقدار بذر مصرفی، عمق کاشت، وضعیت و رطوبت بستر بذر، تراکم نهایی بوته در مترمربع Sowing date, cultivar, seed rate, planting depth, seedbed status and moisture, final plant density.m^{-2}
مدیریت مصرف کود (پایه و سرک) Nutrient management (base &top-dressing)	میزان عناصر پایه (N, P, K, S, Zn, Mg)، تعداد دفعات و میزان کود سرک (اوره)، میزان و دفعات مصرف محرک‌های رشد (اسیدهای آمینه، اسید هیومیک، اسید فولویک و کودهای تقویتی)، میزان کود دامی Base elements (N, P, K, S, Zn, Mg), top-dressing frequency and nitrogen rate, rate and frequency of growth stimulants (amino acids, humic acid, fulvic acid and tonic fertilizers), manure rate
مدیریت آبیاری و حفاظتی Irrigation & Crop protection management	تعداد دفعات آبیاری، رتبه‌بندی شدت آلودگی علف‌های هرز و دفعات وجین دستی، رتبه‌بندی شدت شیوع آفات و تعداد دفعات مصرف سموم شیمیایی Total irrigation frequency, ranking of weed contamination severity and manual weeding frequency, ranking of pest prevalence severity and pesticide application frequency
مدیریت برداشت و عملکرد Harvest management & Yield	زمان برداشت، تعداد چین‌ها، عملکرد وش (کیلوگرم در هکتار) Harvest time, picking frequency, total seed cotton yield (kg.ha^{-1})

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

تجزیه داده‌ها با استفاده از روش آنالیز خط مرزی (BLA) انجام شد (Soltani *et al*., 2018). آنالیز خط مرزی یک روش آماری برای ارزیابی رابطه بین یک متغیر مستقل (عامل مدیریتی) و یک متغیر وابسته (عملکرد) است که در آن، خط مرزی نشان‌دهنده عملکرد قابل دستیابی در سطوح مختلف متغیر مستقل می‌باشد (Van Ittersum *et al*., 2013). بالاترین عملکرد وش برآورد شده با این روش، عملکرد قابل دستیابی در نظر گرفته می‌شود که عبارت از ۸۰ درصد عملکرد بالقوه (پتانسیل) است. مراحل انجام آنالیز خط مرزی به این شرح انجام شد که فرآیند ارزیابی خلاء عملکرد با تفکیک مناطق اگرواکولوژیکی، تعیین حجم نمونه مزارع با فرمول کوکران و گزینش مزارعی با سطوح مدیریتی متنوع آغاز شد. در ادامه، این مزارع در طول فصل رشد به‌طور جامع پایش و عملکرد نهایی آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. در گام بعدی و پیش از ترسیم خطوط مرزی، به‌منظور توجیه ورود متغیرهای مدیریتی و حذف عوامل کم‌اهمیت، آزمون همبستگی پیرسون بین کلیه متغیرهای مستقل و عملکرد انجام شد. بر این اساس، تنها متغیرهایی که ضریب همبستگی پیرسون آن‌ها با عملکرد بزرگتر از ۰/۲۵ (در برخی موارد ۰/۳) بود، برای مراحل بعدی آنالیز انتخاب شده و سایر متغیرهای فاقد همبستگی معنی‌دار از چرخه تحلیل حذف شده و تنها عوامل دارای رابطه معنی‌دار وارد فرآیند مدل‌سازی شدند (Kamkar *et al*., 2025). با رسم نمودار پراکنش داده‌ها در برابر عملکرد، این متغیرهای مستقلِ منتخب، طبقه‌بندی و گروه‌بندی شدند. پس از شناسایی و حذف داده‌های پرت (بر اساس باقی‌مانده‌های استاندارد بزرگتر از ۳ یا ۴) و استخراج بالاترین عملکردها در هر گروه به عنوان نقاط مرزی، بهترین تابع ریاضی (خطی، دوتکه‌ای یا سه‌تکه‌ای) بر پایه بالاترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین خطای مدل (RMSE) روی این نقاط مرزی برازش داده شدند تا میزان عملکرد قابل دستیابی و خلاء عملکرد مزارع برآورد شود (Hajjarpoor *et al*., 2015). با توجه به تابع واکنش برای تعیین ضرایب مدل از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و Excel 2016 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که عملکرد وش پنبه از ۶۴۹ کیلوگرم در هکتار تا ۴۳۷۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود و میزان عملکرد در ۱۳ درصد از مزارع بیشتر از ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱). توزیع فراوانی نسبی ویژگی‌های عمومی، زراعی و مدیریتی مزارع پنبه مورد ارزیابی در طبقات مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۱- درصد فراوانی تجمعی عملکرد وش پنبه در مزارع منطقه میانکاله شهرستان بهشهر

Fig. 1. Cumulative frequency percentage of cotton seed yield in the fields of Miankaleh district, Behshahr county

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

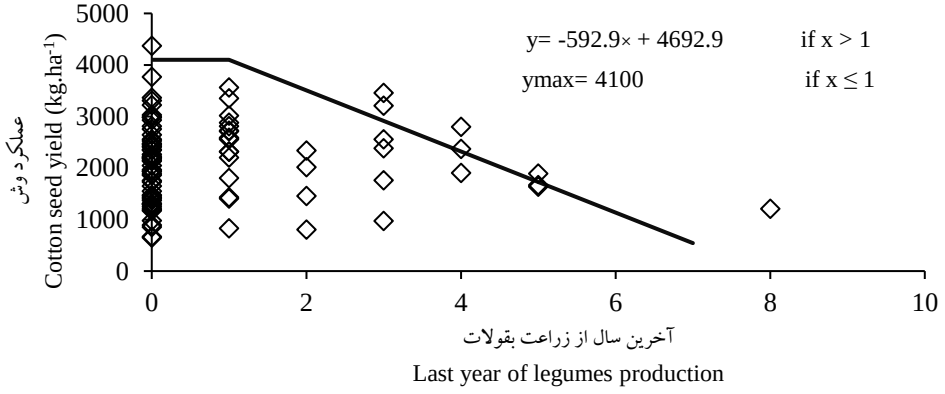
جدول ۳- طبقه‌بندی توزیع فراوانی نسبی ویژگی‌های عمومی، زراعی و مدیریتی مزارع پنبه مورد ارزیابی

Table 3. Classification of relative frequency distribution of general, agronomic, and management characteristics of the studied cotton fields across different classes

طبقه Class	سن کشاورز Farmer age (year)	سابقه تولید Production record (year)	مساحت مزرعه Field area (ha)	تعداد شخم Plowing frequency	تعداد دیسک Disking count	وضعیت زراعت Production condition	عمق کاشت Sowing depth (cm)	تعداد آبیاری Irrigation frequency	تراکم بوته Plant density (m^{-2})	عملکرد وش Seed cotton yield ($kg.ha^{-1}$)
1	<35	<15	<2	1	≤3	Weak	3	≤3	<8	<1500
فراوانی Frequency (%)	18	25	36	92	35	55	6	41	21	24
2	35–50	15–30	2–5	≥2	4–5	Moderate	4	4	8–10	1500–2500
فراوانی Frequency (%)	52	48	52	8	46	45	32	47	57	49
3	>50	>30	>5	-	>5	Suitable	-	≥5	>10	>2500
فراوانی Frequency (%)	30	27	12	0	19	0	62	12	22	27

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

رابطه بین حداکثر عملکرد وش با آخرین سال از زراعت بقولات نشان داد که پراکنش نقاط به‌صورت یک تابع دوتکه‌ای بود (شکل ۲). بر اساس نتیجه آنالیز خط مرزی، حد بهینه صفر تا ۱ بود. به‌عبارت دیگر در مزارع مورد ارزیابی در صورت کشت پنبه بلافاصله بعد از برداشت بقولات تا یک سال بعد، گیاه پنبه عملکرد بالاتری خواهد داشت. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، حدود ۱۹ درصد از کشاورزان در خارج از حد بهینه قرار داشتند. عملکرد بر اساس حد بهینه برابر با ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد ناشی از این متغیر برابر با ۱۹۷۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۸/۲ درصد) بود. گزارش شده است که قرار دادن بقولات در تناوب یک راهکار مناسب جهت سازگاری با تغییر اقلیم است. با توجه به اینکه بقولات باعث تثبیت زیستی نیتروژن می‌شوند، این ویژگی می‌تواند باعث به وجود آمدن تنوع زیستی بیشتر در نظام‌های زراعی شده و باعث کاهش آلودگی علف‌های هرز، آفات و بیماری و اثرات آن‌ها بر خاک زراعی و عملکرد محصولات بعدی شده و باعث پایداری محیط زیست و بوم‌نظام‌های زراعی شود (De Ron, 2015). دستان و همکاران (Dastan *et al.*, 2019) طی آزمایشی در باره خلاء عملکرد کلزا در شهرستان نکا استان مازندران گزارش کردند که کاشت گیاه سویا که به‌صورت پیش‌کاشت کلزا باعث افزایش عملکرد کلزا به میزان ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار (معادل ۱۰ درصد) شد. با توجه به افزایش عملکرد در مزرعه‌هایی که در تناوب با بقولات قرار داشتند و نتایج گزارش شده توسط محققان که این موضوع را تأیید می‌کند، توصیه به کشاورزان منطقه برای قرار دادن گیاهان بقولاتی در تناوب زراعی مفید خواهد بود. نتایج تحقیقات نشان داده است که بقولات نه‌تنها از طریق تثبیت زیستی نیتروژن باعث کاهش نیاز به کودهای شیمیایی در زراعت بعدی می‌شوند، بلکه باعث بهبود ساختمان فیزیکی خاک، افزایش مواد آلی و شکسته شدن چرخه زندگی آفات و بیماری‌های خاک‌زی نیز می‌شوند. این مدیریت به‌زراعی، باعث پایداری سامانه‌های زراعی و افزایش بهره‌وری در بلندمدت می‌شود (Al-Musawi *et al.*, 2025).



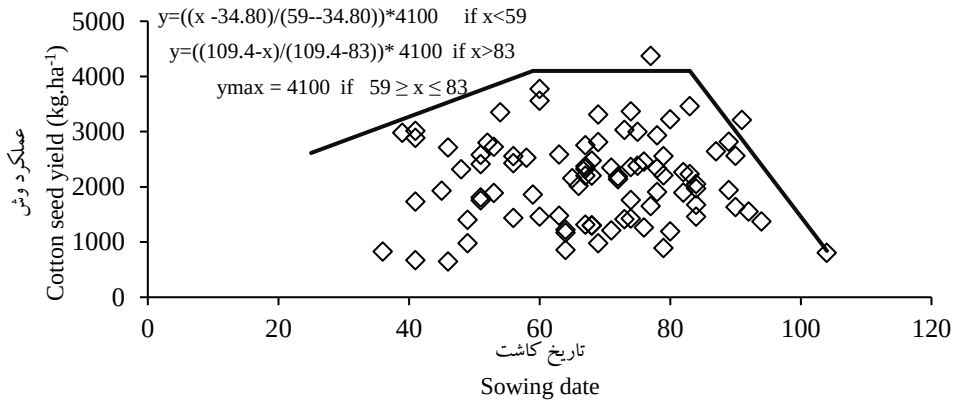
شکل ۲- رابطه عملکرد وش پنبه با آخرین سال از زراعت گیاهان بقولاتی

Fig. 2. Relationship between cotton seed yield and the last year of legume crops production

رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تاریخ کاشت نشان داد که پراکنش نقاط به‌صورت یک تابع سه‌تکه‌ای بود (شکل ۳). بر اساس نتیجه آنالیز خط مرزی حد بهینه تاریخ کاشت از ۵۹ تا ۸۳ روز پس از اول فروردین (۲۸ اردیبهشت تا ۲۱ خرداد) و حداکثر عملکرد مربوط به این بازه زمانی بود و در تاریخ‌های قبل از ۲۸ اردیبهشت و بعد از ۲۱ خرداد، عملکرد کاهش قابل توجهی داشت. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده ۴۲ درصد از

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

کشاورزان در خارج از حد بهینه کشت انجام دادند. عملکرد بر اساس حد بهینه ناشی از رعایت تاریخ کاشت برابر با ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد ناشی از این متغیر برابر با ۱۹۷۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۸/۲ درصد) بود. گزارش شده است که در شمال استان گلستان، تاریخ کاشت قبل از ۴۰ روز از اول سال جهت رسیدن به حداکثر عملکرد پنبه مناسب است و کشت‌های خیلی زودهنگام خطر مواجه شدن با سرمای بهاره را دارند (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2017). نتایج یک آزمایش در منطقه دلتای می‌سی‌سی‌پی روی سه تاریخ کاشت پنبه (زودهنگام، به‌موقع متوسط و دیرهنگام) نشان داد که در تاریخ کاشت زودهنگام با تراکم بوته کمتر، میانگین عملکرد و کیفیت الیاف بالاتر بود (Wrather *et al.*, 2008). با توجه به اینکه تاریخ کاشت به‌عنوان یک عامل محدودکننده مهم شناسایی شد و خلاء عملکرد نسبت به عملکرد بالقوه این متغیر ۴۸/۲ درصد بود، لازم است کشاورزان منطقه کاشت پنبه را بین تاریخ‌های ۲۸ اردیبهشت تا ۲۱ خرداد انجام دهند. این زمان‌بندی علاوه بر پیشگیری از مواجه شدن مراحل حساس رشدی اولیه گیاه با سرمای بهاره، باعث تطبیق مؤثرتر دوره رشد گیاه با فصل رشد فعال منطقه می‌شود.

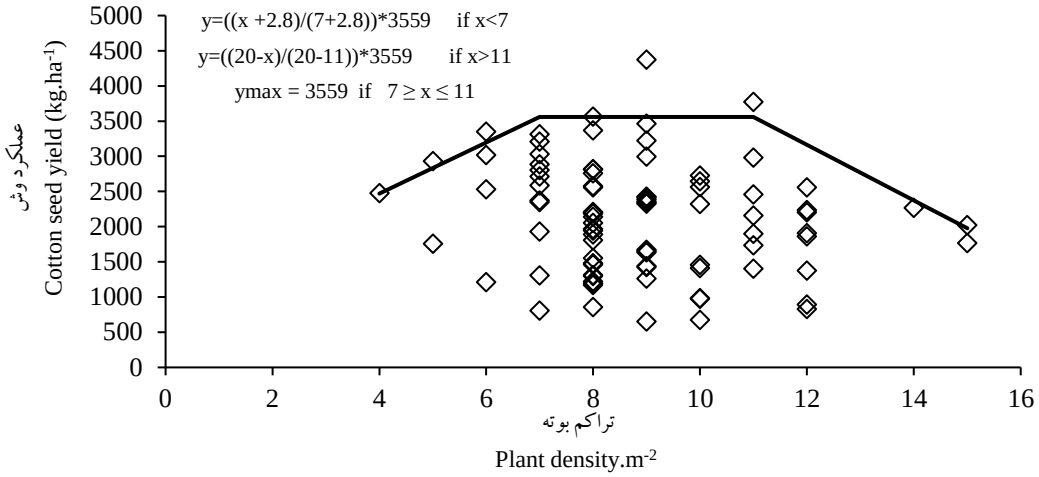


شکل ۳- رابطه عملکرد وش پنبه با تاریخ کاشت (روز از شروع سال شمسی)

Fig. 3. Relationship between cotton seed yield and sowing date (Persian calendar)

رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تراکم بوته نشان داد که پراکنش نقاط به‌صورت یک تابع سه‌تکه‌ای بود (شکل ۴). بر اساس منحنی برازش داده شده، حداکثر عملکرد قابل دستیابی (۳۵۵۹ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۷ تا ۱۱ بوته در مترمربع به‌دست آمد و با افزایش یا کاهش تراکم بوته، عملکرد بالقوه کاهش یافت. ۲۰ درصد از مزارع در خارج از حد بهینه قرار داشتند و خلاء ناشی از این متغیر ۱۴۳۵ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۰/۳ درصد) بود. شکرگزار دارابی و همکاران (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2017) گزارش کردند که تراکم ۷ تا ۸ بوته در مترمربع جهت دستیابی به حداکثر عملکرد مطلوب پنبه است. نتایج یک آزمایش نشان داد که تغییر در تراکم بوته، باعث تغییر در اندازه و تعداد غوزه‌ها و در نتیجه عملکرد وش پنبه می‌شود (Bednarz *et al.*, 2005). با توجه به اینکه خلاء عملکرد نسبت به متغیر تراکم بوته عملکرد ۴۰/۳ درصد می‌باشد، جهت دستیابی به عملکرد مطلوب لازم است از بذر به میزان مناسب و توصیه شده استفاده شود و در مزرعه‌هایی که تراکم بوته بالا است، در زمان سله‌شکنی که در منطقه مرسوم است، تعداد بوته در مترمربع را با تنک کردن به تعداد مطلوب رسانده شود.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]



شکل ۴- رابطه عملکرد وش پنبه با تراکم بوته

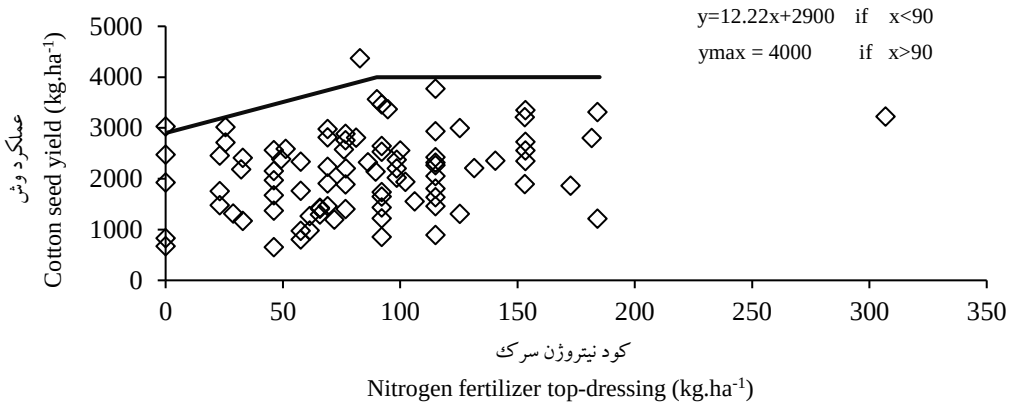
Fig. 4. Relationship between cotton seed yield and plant density

نتایج نشان داد که در مزارع پنبه مورد ارزیابی، حداقل مقدار نیتروژن (سرک) ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود و ۵۳ درصد از اراضی زیر کشت پنبه در خارج از حد بهینه قرار داشتند. عملکرد وش بر اساس حد بهینه ۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد مربوط به این متغیر ۱۸۷۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۶/۹ درصد) بود. نتایج نشان داد که حداکثر عملکرد وش و کود نیتروژن سرک به‌صورت یک تابع دوتکه‌ای بود. با افزایش مصرف کود نیتروژن سرک تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار، منحنی روند صعودی داشته و حداکثر عملکرد به دست آمد و پس از آن با افزایش مقدار کود نیتروژن، عملکرد وش تغییری نداشت (شکل ۵).

نه‌بندانی و همکاران (Nehbandani *et al.*, 2017) گزارش کردند که میزان خلاء عملکرد سویا در منطقه گرگان و علی‌آباد کتول ناشی از مصرف کود نیتروژن ۴۱ درصد بوده و برای حذف این مقدار خلاء نیاز به مصرف حداقل ۴۵ کیلوگرم نیتروژن است و افزایش مقدار نیتروژن تأثیری بر عملکرد نخواهد داشت. شکرگزار دارابی و همکاران (Shokrgozar Darabi *et al.*, 2017) در آزمایش در باره خلاء عملکرد پنبه در شهرستان‌های آق‌قلا و علی‌آباد کتول استان گلستان گزارش کردند که حد مطلوب مصرف نیتروژن در مزارع مورد بررسی جهت حصول به حداکثر عملکرد حدود ۶۵ کیلوگرم نیتروژن خالص (معادل حدود ۱۴۰ کیلوگرم کود اوره) می‌باشد و مقادیر بیشتر و کمتر از این مقدار باعث کاهش عملکرد می‌شود. واکنش گیاهان به عناصر محدودکننده رشد از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. افزایش عملکرد با افزایش عناصر غذایی تا یک حد امکان‌پذیر است و بعد از آن ممکن است باعث کاهش عملکرد شود، به‌خصوص در مورد گیاه پنبه که نیتروژن زیاد باعث اختلال در توازن رشد رویشی و زایشی گیاه می‌شود. حد مطلوب مصرف کود نیتروژن سرک در مزارع پنبه مورد بررسی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد، ۹۰ کیلوگرم معادل ۱۹۶ کیلوگرم کود اوره تعیین شد و مقادیر کمتر و بیشتر از این مقدار مناسب نمی‌باشد.

رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تعداد دفعات مصرف کود سرک نشان داد که پراکنش نقاط به‌صورت یک تابع درجه دوم بود (شکل ۶). در مزارع پنبه مورد بررسی، تعداد دفعات بهینه کود سرک دو بار بود و ۳۰ درصد از اراضی زیر کشت پنبه در خارج از این حد بهینه (کمتر یا بیشتر از ۲ بار) قرار داشتند. عملکرد وش قابل دستیابی بر اساس حد

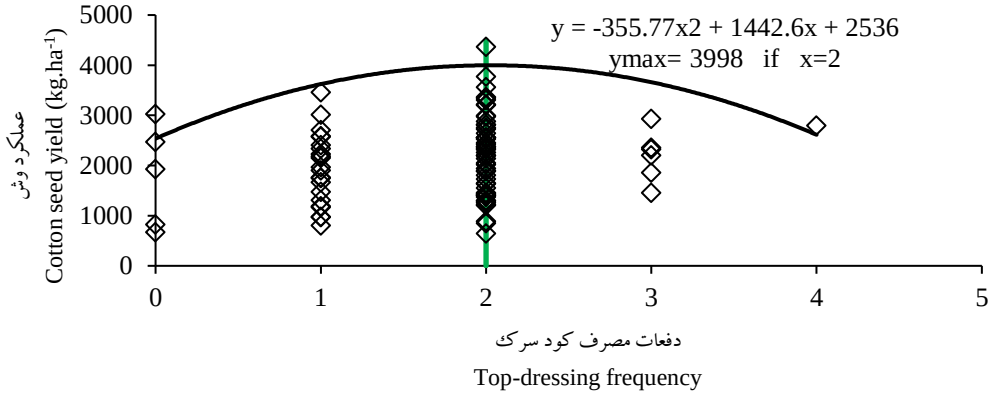
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]



شکل ۵- رابطه عملکرد وش پنبه با مقدار کود نیتروژن سرک

Fig. 5. Relationship between cotton seed yield and nitrogen fertilizer top-dressing rate

بهینه ۳۹۹۸ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد مربوط به این متغیر ۱۸۷۴ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۷ درصد) بود. مصرف زیاد نیتروژن باعث رشد بیش از حد گیاه و به دنبال آن تأخیر در رسیدگی محصول می‌شود. برای کاهش آبشویی و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، تقسیط نیتروژن جهت بهینه‌سازی زمان مصرف کود و میزان مصرف کود توصیه شده است (Sharifi *et al*., 2017). گزارش شده است که در زراعت سیب زمینی مصرف نیتروژن متناسب با نیاز گیاه در مراحل رشدی آن باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن شده و در پی آن تولید افزایش می‌یابد (Sadra *et al*., 2022). تقسیط نیتروژن به معنای تقسیم مصرف کود نیتروژن در چند مرحله در طول فصل رشد گیاه است. این روش به منظور بهینه‌سازی جذب نیتروژن توسط گیاه و جلوگیری از هدررفت آن انجام می‌شود. به‌طور معمول، نیتروژن در مراحل کاشت (به‌صورت پایه) و به‌صورت سرک بعد از تنک کردن (حذف بوته‌های اضافی) و کمی قبل از شروع گلدهی به پنبه داده می‌شود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر و همچنین نتایج سایر محققان لازم است کشاورزان منطقه جهت رسیدن به عملکرد مطلوب پنبه، تقسیط کود نیتروژن و استفاده از آن در زمان‌های مناسب و توصیه شده را رعایت کنند.

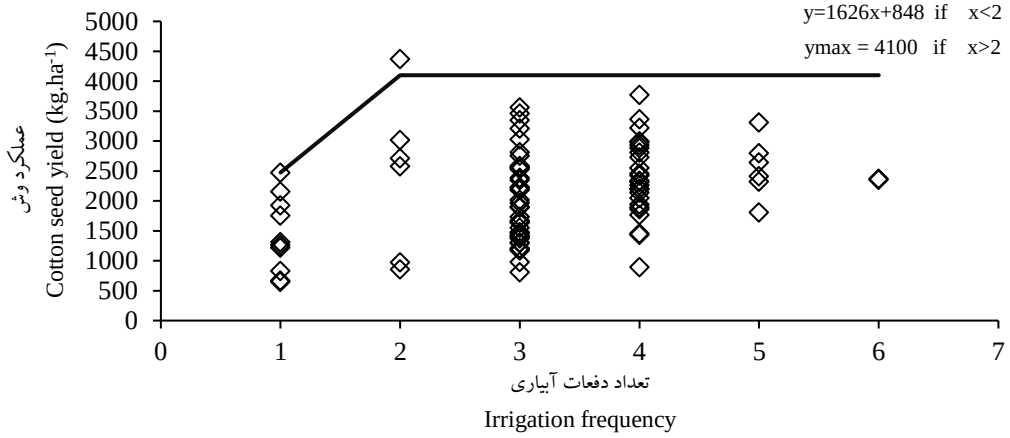


شکل ۶- رابطه عملکرد وش پنبه با تعداد دفعات مصرف کود سرک نیتروژن

Fig. 6. Relationship between cotton seed yield and frequency of top-dressing fertilizer application

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

نتایج نشـان داد که رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تعداد دفعات آبیاری به‌صـورت یک تابع دوتکه‌ای بود (شـکل ۷). بر اسـاس نتایج به دسـت آمده تا دو مرحله آبیاری در مزارع پنبه مورد بررسی منحنی روند صعودی داشته و حداکثر عملکرد وش به دست آمد و پس از آن با افزایش تعداد دفعات آبیاری، عملکرد تغییری نداشـت. نتایج نشـان داد که دو بار آبیاری می‌تواند باعث افزایش عملکرد بالقوه تا حد ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار شـود. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده، ۱۱/۳ درصد کشاورزان پنبه‌کار منطقه کمتر از دو بار آبیاری انجام می‌دهند. خلاء ناشـی از تعداد دفعات آبیاری ۱۹۷۶ کیلوگرم در هکتار (معادل ۴۸/۲ درصـد) بود. پریرا و همکاران (Pereira *et al.*, 2009) طی آزمایشـی روی پنبه در آسـیای مرکزی گزارش دادند که کم آبیاری متوسـط برای گیاه پنبه به لحاظ صـرفه‌جویی در مصـرف آب و افزایش کارایی مصرف آب، مناسب است، ولی کم‌آبیاری شدید هر چند باعث صـرفه‌جویی بالایی در مصـرف آب می‌شـود، ولی باعث کاهش عملکرد وش شد که از نظر اقتصادی مقرون به‌صـرفه نمی‌باشـد. قربانی نصـرآبادی و هزارجریبی (Ghorbani Nasr Abadi and Hezarjaribi, 2010) طـی آزمایشـی در منطقه گرگان گزارش کردند که مراحل گلدهی و اوج گلدهی، حسـاس‌ترین مراحل رشـد گیاه پنبه به تنش آبی است و پس از سپری شدن این مرحله و رسـیدن به مرحله غوزه‌دهی و باز شـدن غوزه‌ها، به دلیل کاهش حسـاسـیت نسـبت به کم‌آبی، کم آبیاری باعث کاهش عملکرد نمی‌شود. با توجه به اینکه در منطقه مورد بررسـی، خلاء عملکرد نسـبت به متغیر تعداد دفعات آبیاری ۴۸/۲ درصد می‌باشد، آبیاری در مراحل حساس رشـد و مدیریت صـحیح آبیاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.



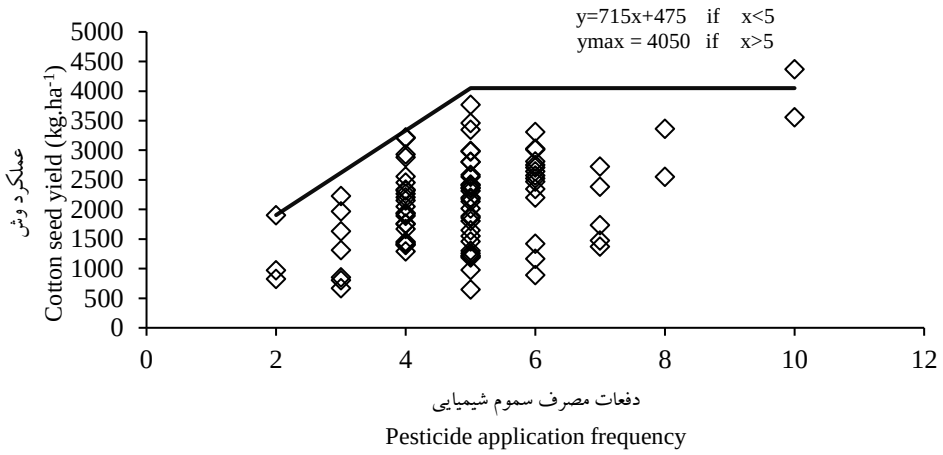
شکل ۷- رابطه عملکرد وش پنبه با تعداد دفعات آبیاری

Fig. 7. Relationship between cotton seed yield and frequency of irrigation

نتایج نشان داد که رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تعداد دفعات استفاده از سموم شیمیایی به‌صورت یک تابع دوتکه‌ای بود (شـکل ۸). نتایج نشـان داد که پنج مرحله مصـرف سـموم شـیمیایی در مزارع پنبه مورد بررسی، منحنی روند صعودی داشته و حداکثر عملکرد وش به دسـت آمد و پس از آن با افزایش تعداد دفعات مصـرف سـموم شـیمیایی، عملکرد تغییری نداشـت. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده ۳۷/۵ درصد کشاورزان در خارج از حد بهینه از سموم شیمیایی استفاده کردند. عملکرد بر اسـاس حد بهینه تحت تأثیر تعداد دفعات سـموم شـیمیایی ۴۰۵۰ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد ناشـی از این متغیر ۱۹۲۶ کیلوگرم در هکتار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

(معادل ۴۷/۶ درصد) بود. خسارت ناشی از آفات و بیماری‌های گیاهی با مصرف سموم شیمیایی کاهش می‌یابد، ولی آلودگی محیط زیست، مسمومیت انسان، دام و حشرات مفید را به دنبال خواهد داشت. گیاه پنبه به دلیل دوره رشد طولانی و حساسیت به آفاتی مانند کرم غوزه، شته و کنه‌ها، نیازمند مدیریت دقیق آفات است و عدم کنترل آن‌ها می‌تواند باعث خسارت شدید اقتصادی و کاهش قابل توجه عملکرد شود. با این حال، استفاده بی‌رویه از سموم شیمیایی نیز مشکلات زیست‌محیطی ایجاد می‌کند؛ بنابراین، استفاده از روش‌های مدیریت تلفیقی آفات (IPM) ضروری است. در این راستا، پایش مزرعه و اقدام به سم‌پاشی بر اساس رسیدن جمعیت آفت به آستانه زیان اقتصادی به جای سم‌پاشی‌های تقویمی، می‌تواند ضمن کاهش هزینه‌ها و خطرات زیست‌محیطی، باعث حفظ عملکرد در سطح مطلوب شود کند (Natesan *et al*., 2024).



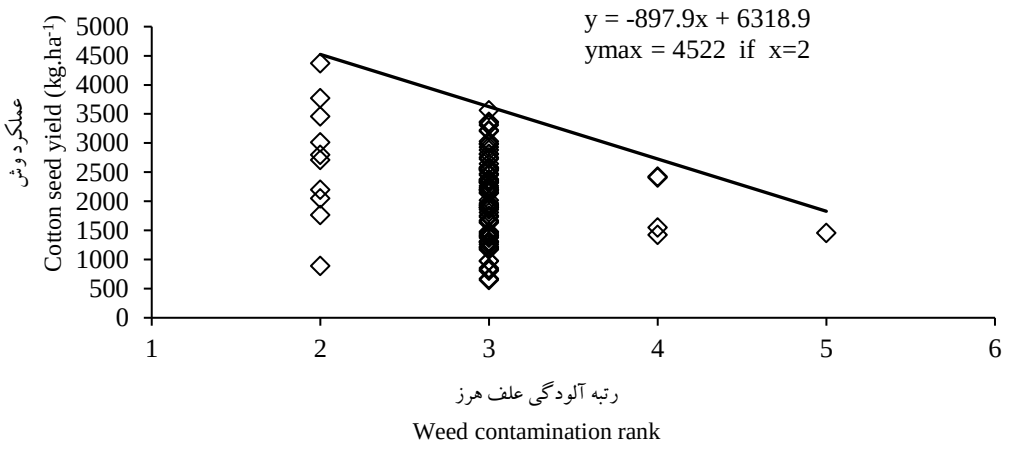
شکل ۸- رابطه عملکرد وش پنبه با تعداد دفعات مصرف سموم شیمیایی

Fig. 8. Relationship between cotton seed yield and frequency of chemical pesticide application

مزارع پنبه از نظر آلودگی علف‌های هرز به‌صورت هیچ (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵) رتبه‌بندی شدند. نتایج آنالیز خط مرزی نشان داد که پراکنش نقاط به‌صورت یک تابع خطی با شیب منفی بود (شکل ۹). حداقل حد بهینه برای این متغیر ۲ و عملکرد بر اساس حد بهینه ۴۵۲۲ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد مربوط به این متغیر ۲۳۹۸ کیلوگرم در هکتار (معادل ۵۳ درصد) بود. با افزایش آلودگی علف‌های هرز، عملکرد وش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۹). آلودگی علف‌های هرز باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود که معمولا به گونه و تراکم علف هرز و همچنین تراکم بوته گیاه زراعی بستگی دارد. کاظمینی و همکاران (Kazemeini *et al*., 2016) گزارش کردند که عاری بودن مزرعه پنبه از علف‌های هرز در چهار هفته اول رشد گیاهچه‌ها، باعث افزایش کارایی جذب نیتروژن شده و به‌تبع آن باعث افزایش قدرت رقابت گیاه پنبه با علف‌های هرز در طی مراحل بعدی رشد می‌شود. گزارش شده است که جهت دستیابی به حداکثر عملکرد وش پنبه، لازم است مزرعه تا هشت هفته بعد از کاشت بذر، عاری از علف‌های هرز باشد و در سال‌هایی که علف‌های هرز زودتر از بوته‌های پنبه ظاهر شده و رشد کرده بودند، عملکرد پنبه کاهش یافت (Norsworthy *et al*., 2016). کورس و نورث‌ورثی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

(Korres and Norsworthy, 2015) گزارش کردند که برای دستیابی به عملکرد مناسب اقتصادی در پنبه لازم است در چهار هفته بعد از کاشت بذر، مقدار زیست‌توده علف‌های هرز کمتر از ۱۵۰ گرم در مترمربع باشد. با توجه به اینکه آلودگی علف‌های هرز یک عامل کلیدی محدودکننده در عملکرد پنبه در منطقه مورد بررسی شناخته شد، لازم است از سموم پیش‌رویشی مناسب، قبل از کاشت پنبه و یا از طریق وجین دستی در طی فصل رشد، به‌خصوص در اوایل فصل رشد بوته‌های پنبه، کنترل علف‌های هرز انجام شود. نظام‌زاده و همکاران (Nezamzadeh *et al.*, 2019) نیز در تحقیق روی گیاه کلزا در منطقه نکا، میزان خلاء عملکرد ایجاد شده بر اساس رتبه‌بندی آلودگی علف‌های هرز را ۳۸ درصد گزارش کردند.



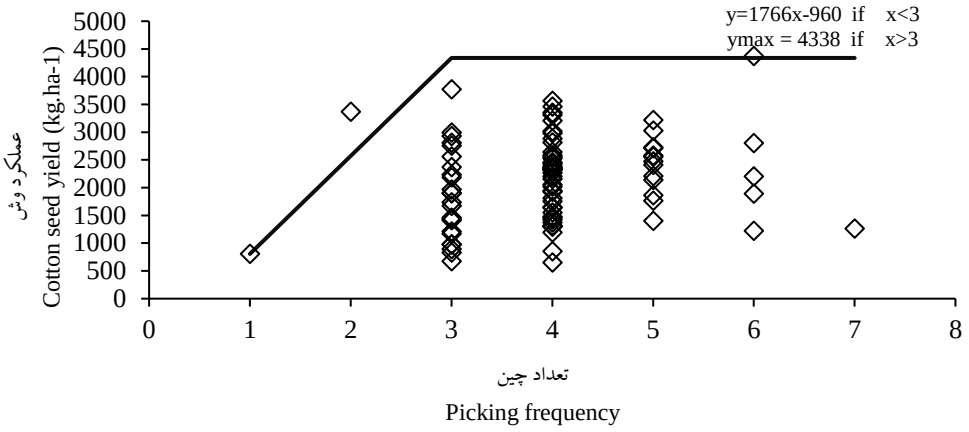
شکل ۹- رابطه عملکرد وش پنبه با آلودگی علف‌های هرز

Fig. 9. Relationship between cotton seed yield and weed contamination

نتایج نشان داد که رابطه بین حداکثر عملکرد وش و تعداد دفعات چین به‌صورت یک تابع دوتکه‌ای بود (شکل ۱۰). نتایج نشان داد تا سه مرحله چین در مزارع پنبه مورد بررسی، منحنی عملکرد روند صعودی داشته و حداکثر عملکرد به دست آمد و پس از آن با افزایش تعداد دفعات چین، عملکرد تغییری نداشت. حداقل حد بهینه برای تعداد چین ۳ و عملکرد بر اساس حد بهینه ۴۳۳۸ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده ۱/۱ درصد کشاورزان خارج از حد بهینه قرار داشته و خلاء ناشی از این متغیر ۲۲۱۴ کیلوگرم در هکتار (معادل ۵۱ درصد) بود. اگر برداشت محصول پنبه با تأخیر انجام شود امکان مصادف شدن با بارندگی‌های پاییزه و اخلال در برداشت و افت کیفیت محصول وجود دارد. شرایط اقلیمی، رقم، تاریخ کاشت و مدیریت زراعی مزرعه تعیین کننده زمان برداشت محصول هستند. به‌منظور جلوگیری از افت کیفیت محصول، لازم است از برداشت غوزه‌های نارس و پوسیده خودداری شود و برداشت پس از خشک شدن شبنم یا رطوبت ناشی از بارندگی انجام شود (Kazemi, 2022). در منطقه مورد بررسی، بطور معمول چین اول و گاهی دوم بسیار زودتر از موعد برداشت می‌شود. چین اقتصادی معمولا از مرحله سوم به بعد بوده و از چین سوم، به دلیل باز شدن حداکثری غوزه‌ها، عملکرد بیشتری به دست می‌آید. برداشت محصول پنبه در منطقه مورد مطالعه با دست و نیروی کارگری انجام می‌شود و معمولا به دلیل کمبود نیروی کارگر فصلی ممکن است

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

برداشـــت تا چندین چین به طول بیانجامد. این شـــرایط باعث افزایش قابل توجه هزینه تولید می‌شود. با توجه به اینکه خلاء عملکرد نسبت به پتانسیل قابل دستیابی با این مدیریت (حداقل ۳ چین دســتی)، ۵۱ درصـد می‌باشـد، لازم اسـت از ارقامی که قابلیت برداشـت ماشـینی دارند برای زراعت استفاده شود. با استفاده از این ارقام هزینه تولید کاهش یافته و کل برداشـت محصـول پنبه در یک مرحله قابل انجام اســـت. نتایج کلی آنالیز خط مرزی، عملکرد قابل حصـــول و خلاء عملکرد پنبه در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۱۰- رابطه عملکرد وش پنبه با تعداد دفعات چین

Fig. 9. Relationship between cotton seed yield and frequency of pickings

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، خلاء عملکرد محصول پنبه در شهرستان بهشهر قابل توجه بود (۱۸۳۷ کیلوگرم در هکتار معادل ۴۵/۴ درصد) و میانگین عملکرد واقعی (۲۱۲۴ کیلوگرم در هکتار) با عملکرد قابل دسترس (۳۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) فاصله زیادی داشت. بر اساس نتایج آنالیز خط مرزی، نه عامل مدیریتی کلیدی را به‌عنوان عوامل اصلی این خلاء شناسایی شدند که با اصلاح آن‌ها می‌توان خلاء عملکرد را کاهش داده و به عملکرد بالقوه نزدیک شد. ۱-مهم‌ترین عامل، آلودگی علف‌های هرز بود (خلاء ۵۳ درصدی) که رفع آن نیازمند مدیریت جدی با استفاده از سموم پیش‌رویشی یا وجین دستی در اوایل فصل رشد است. ۲- عامل دوم تعداد چین برداشت (خلاء ۵۱ درصدی) بود که نشان می‌دهد اتکا به برداشت دستی چندمرحله‌ای محصول پنبه ناکارآمد بوده و لازم است با استفاده از ارقام مناسب برای برداشت ماشینی، ضمن کاهش هزینه‌ها برداشت محصول در یک مرحله انجام شود. سایر عوامل مهم ایجاد کننده خلاء عملکرد شامل ۳-تراکم بوته (خلاء ۴۰/۳ درصدی) است که نیازمند رساندن تراکم بوته‌ها به تراکم مطلوب ۷ تا ۱۱ بوته در مترمربع از طریق تنظیم میزان بذر و تنک کردن بوته‌های اضافی است. ۴- تاریخ کاشت باعث ایجاد خلاء عملکرد تا حد ۴۸/۲ درصد می‌شود. بازه زمانی بهینه تاریخ کاشت ۲۸ اردیبهشت تا ۲۱ خرداد تعیین شد. ۵- عدم رعایت تناوب زراعی باعث ایجاد خلاء عملکرد تا حد ۴۸/۲ درصد می‌شود. این عامل نشان دهنده لزوم قرار دادن بقولات در تناوب زراعی است. در بخش مدیریت نهاده‌ها، ۶- تعداد دفعات آبیاری (حداقل دو بار در مراحل حساس)، ۷ و ۸- مدیریت مقدار و دفعات مصرف کود نیتروژن (مصرف بهینه ۹۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره به صورت سرک در دو مرحله)، ۹- تعداد دفعات مصرف سموم شیمیایی (آفت‌کش‌ها)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

جدول ۴- نتایج آنالیز خط مرزی، عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد پنبه

Table 4. Results of Boundary Line Analysis, attainable yield and yield gap of cotton

Management / Input	مدیریت / نهاده	حداقل حد بهینه Min. optimal level	درصد مزارع خارج از حد بهینه Outlyer fields (%)	عملکرد بر اساس حد بهینه Yield based on optimal level	میانگین عملکرد Average yield $kg.ha^{-1}$	خلاء عملکرد Yield gap ($kg.ha^{-1}$)	درصد خلاء عملکرد Yield gap percentage (%)
Last year of legumes production	آخرین سال زراعت بقولات	0-1	19.3	4100	2124	1976	48.2
Sowing date	تاریخ کاشت	59-83	42.0	4100	2124	1976	48.2
Plant density.m^{-2}	تراکم بوته	7-11	20.0	3559	2124	1435	40.3
N fertilizer top-dressing	کود نیتروژن سرک	90	53.4	4000	2124	1876	46.9
N Top-dressing frequency	دفعات مصرف کود سرک نیتروژن	2	30.0	3998	2124	1874	47.0
Irrigation frequency	دفعات آبیاری	2	11.3	4100	2124	1976	48.2
Pesticide application frequency	دفعات مصرف سموم شیمیایی	5	37.5	4050	2124	1926	47.6
Weed contamination rank	آلودگی علف هرز (رتبه)	2	88.6	4522	2124	2398	53.0
Picking frequency	دفعات برداشت	3	1.1	4338	2124	2214	51.0
Mean	میانگین	–	–	3961	2124	1837	45.4

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

(پنج بار سم‌پاشی) نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش خلاء عملکرد داشتند. بر اساس اطلاعات مربوط به درصد کشاورزانی که مدیریت مزرعه را خارج از محدوده بهینه انجام می‌دهند، به‌ویژه در مورد آلودگی علف‌های هرز (۸۸/۶ درصد)، مقدار کود نیتروژن سرک (۵۳/۴ درصد) و تاریخ کاشت (۴۲ درصد)، می‌توان پیشنهاد کرد که مدیریت کشاورزی منطقه، بهبود مدیریت کشاورزان برای کنترل علف‌های هرز، مدیریت مصرف کود نیتروژن، تاریخ کاشت و مدیریت آفات را در اولویت برنامه‌های آموزشی و ترویجی قرار دهد. با توجه به محدودیت‌های این تحقیق از جمله محدود بودن داده‌ها به یک منطقه و اتکای نسبی به اطلاعات مدیریتی کشاورزان، در تحقیقات بعدی با پوشش زمانی و مکانی گسترده‌تر، استفاده از داده‌های چندساله و استفاده از روش‌های نوین مدل‌سازی، می‌توان ضمن افزایش دقت، نتایج را مناطق وسیع‌تری تعمیم داد.

منابع مورد استفاده

References

Al-Musawi, Z.K., Vona, V. and Kulmány, I.M., 2025. Utilizing different crop rotation systems for agricultural and environmental sustainability: A review. *Agronomy*, *15*(8), p.1966. https://doi.org/10.3390/agronomy15081966

Bednarz, C.W., Shurley, W.D., Anthony, W.S. and Nichols, R.L., 2005. Yield, quality and profitability of cotton produced at varying plant densities. *Agronomy Journal*, *97*, pp.235-240. https://doi.org/ 10.2134/agronj2005.0235a

Bruinsma, J., 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. Rome, Italy.

Changule, R.B., Thite, A.D. and Asmatoddin, M.D., 2010. Analysis of yield and input gap of Bt. cotton in Marathwada region. *International Journal of Commerce and Business Management*, *3*(1), pp.61-64.

Cochran, W.G. 1963. Sampling Tchniques, 2, Aufl. Jhon Wiley and Sons, New York, USA.

Chaudhary, R.C., 2000. Strategies for bridging the yield gap in rice: A regional perspective. pp.201-214. *In:* Papademetriou, M.K. *et al.*, (Eds.) *Bridging the Rice Yield Gap in the Asia-Pacific Region*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand.

Dastan, S., Nezamzadeh, S.E., Soltani, A. and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in canola production by CPA method in Neka Region. *Applied Field Crops Research*, *32*(02), pp.76-107. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2019.120656.1251

De Ron, A.M. 2015. Grain Legumes (Volume 10 of Handbook of Plant Breeding). Springer, New York.

Ghorbani Nasr Abadi, G. and Hezarjaribi, A., 2010. Cotton response to deficit irrigation during different growth stages. *Journal of Plant Production Research*, *11*, pp.129-141. [In Persian]. doi: 20.1001.1.23222050.1389.17.4.7.5

Hajjarpoor, A., Soltani, A. and Torabi, B., 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Crop Production*, *8*, pp.183-201. [In Persian]. doi: 20.1001.1.2008739.1394.8.4.10.6

Hengsdijk, H. and Langeveld, J.W.A., 2009. Yield trends and yield gap analysis of major crops in the world. Wagening, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur and Milieu.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

Kamkar, B., Hoogenboom, G., Alizadeh-Dehkordi, P., Bazkiaee, P.A. and Nehbandani, A., 2025. Comprehensive insights into modeling yield gap in agroecosystems: Definitions, theoretical framework, and multidimensional perspectives (a review). *Agricultural Systems, 228*, 104392. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2025.104392

Kazemeini, S.A., Talebbeigi, R.M. and Valizade, M., 2016. Effect of nitrogen and wheat residue on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and weed control. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *62*(3), pp.395-411. https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1049160

Kazemi, S., 2022. A brief overview of global cotton production and trade (in two decades). Statistical and Strategic Studies Unit of Iran Textile Industries Association. [In Persian].

Korres, N.E. and Norsworthy, J.K., 2015. Influence of a rye cover crop on the critical period for weed control in cotton. *Weed Science*, *63*(1), pp.346-352. https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00075.1

Lobell, D.B., Cassman, K.G. and Field, C.B., 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources*, *34*(1), pp. 179-204. https://doi.org/10.1146/annurev.environ.041008.093740

Najafi Terojeni, M., Nahibi, S. and Mousavi Fatemi, H., 2022. Presenting revitalization strategies for Safavid gardens of Behshahr with emphasis on green landscape design components. *Sustainability, Development and Environment*, *3*, pp.1-24. [In Persian].

Natesan, G., Singhal, P., Mishra, M.K., Kalnawat, A., Benedict, A., Pramanik, S. and Cengiz, K., 2024. Integrating Artificial Intelligence into Pest Management. pp.61-88. *In: Data Driven Mathematical Modeling in Agriculture*. River Publishers.

Nehbandani, A., Filippi, P., Alizadeh-Dehkordi, P., Dadrasi, A. and Soltani, A., 2023. Use of interpretive machine learning and a crop model to investigate the impact of environment and management on soybean yield gap. *Crop and Pasture Science*, *75*(1), CP23032. https://doi.org/10.1071/CP23032

Nehbandani, A., Soltani, A., Hajjarpoor, A., Dadrasi, A. and Nourbakhsh, F., 2020. Comprehensive yield gap analysis and optimizing agronomy practices of soybean in Iran. *The Journal of Agricultural Science*, *158*(8-9), pp.739-747. https://doi.org/10.1017/S0021859621000241

Nehbandani, A., Soltani, A., Rahemi-Karizaki, A., Dadrasi, A. and Noubakhsh, F., 2021. Determination of soybean yield gap and potential production in Iran using modeling approach and GIS. *Journal of Integrative Agriculture*, *20*(2), pp.395-407. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63180-X

Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Hoseini, F., Shahoseini, A. and Mehmandoy, M., 2017. Soybean (*Glycine max* L. Merr.) yield gap analysis using boundary line method in Gorgan and Aliabad Katul. *Journal of Agroecology*, *9*(3), pp.760-776. [In Persian]. doi: 10.22067/jag.v9i3.51086

Nezamzadeh, S.E., Soltani, A., Dastan, S., and Ajam Norouzi, H., 2019. Evaluation of yield gap associated with crop management in rapeseed productionusing comparative performance analysis (CPA) and boundaryline

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]

analysis (BLA) methods in Neka region. *Applied Research in Field Crops, 32*(2): pp.76-107. [In Persian]. doi: 10.22092/aj.2019.120656.1251

Norsworthy, J.K., Schrage, B.W., Barber, T.L. and Schwartz, L.M., 2016. Effect of shading, cultivar, and application timing on cotton tolerance to glufosinate. *The Journal of Cotton Science, 20*, pp.271-279.

Pereira, L.S., Paredes, P., Cholpankulov, E.D., Inchenkova, O.P., Teodoro, P.R. and Horst, M.G., 2009. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management, 96*(5), pp.723-735. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.10.013

Sadra, S., Mohammadi G.R. and Mondani, F. 2022. Effect of cover crops and application of nitrogen fertilizer on tuber yield and nitrogen use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Sante). *Iranian Journal of Crop Sciences, 24*(3), pp:221-235. [In Persian]. doi: 20.1001.1.15625540.1401.24.3.2.7

Sharifi, P., Rad, Z. and Gholami, M., 2017. Effect of split, application method and rate of nitrogen fertilizer on yield and growth of Guilan local bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Research, 4*, pp.40-59. [In Persian]. doi: 20.1001.1.2008739.1390.4.2.8.2

Shokrgozar Darabi, M., Soltani, A. and Zeinali, E., 2017. Study of cotton yield gap with boundary-line analysis in the Aq-Qala and Ali Abad Katul cities in the Golestan Province, Iran. *Journal of Crop Production, 11*(3), pp. 15-28. [In Persian]. doi: 10.22069/ejcp.2019.11399.1875

Soltani, A. *et al.*, 2018. Atlas of Yield Gap and Production Potential of Important Crops in the Country under Current and Future Climatic Conditions. Vazhegan Sirang Publications, Tehran, Iran. [In Persian].

Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittonell, P. and Hochman, Z., 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. *Field Crops Research*, 143, pp. 4-17. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.09.009

Wrather, J.A., Phipps, B.J., Stevens, W.E., Phillips, A.S. and Vories, E.D., 2008. Cotton planting date and plant population effects on yield and fiber quality in the Mississippi Delta. *Agronomy Journal, 100*(1), pp.37-44.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-10-18]