نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۷
۱۵-۲۸
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.11399.1875

بررسی خلاء عملکرد پنبه به روش آنالیز خط مرزی در شهرستان‌های آق‌قلا و علی‌آباد کتول در استان گلستان

***محسن شکرگزار دارابی[۱]، افشین سلطانی[۲] و ابراهیم زینلی[۳]**

[۱]دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، [۲]استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/٤/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲٤

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور ما اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول (خلاء عملکرد) می‌باشد. بنابراین شناسایی عوامل محدود کننده عملکرد و خلا عملکرد بسیار حایز اهمیت است. تخمین میزان خلا عملکرد و تعیین عوامل به وجود آورنده آن مستلزم به کارگیری روش‌های مناسب می‌باشد. آنالیز خط مرزی یک روش آماری است که به کمک آن می‌توان واکنش عملکرد به یک عامل محیطی یا مدیریتی را در شرایطی که سایر عوامل نیز متغیر هستند و ثابت نشده‌اند، کمّی نمود. در واقع روش آنالیز خط مرزی پاسخ عملکرد به عامل موردنظر را در شرایطی که سایر عوامل مناسب باشند، مشخص می‌کند و به‌منظور تعیین عوامل و متغیرهای تأثیرگذار بر کاهش عملکرد انجام می‌شود.

مواد و روش‌ها: این پژوهش، به‌منظور بررسی خلاء عملکرد پنبه و در روستاهای شهرستان‌های علی‌آباد کتول و آق‌قلا از استان گلستان در سال‌های ۹۳ و ۹٤ انجام شد. جامعه آماری، کشاورزان پنبه کار این دو شهرستان بود و ۱۰۰ کشاورز به‌صورت تصادفی در طی این دو سال انتخاب شد و عوامل مدیریتی مورد بررسی شامل میزان کود نیتروژن مصرفی به‌صورت پایه و سرک، کود فسفر (P_2O_5)، مقدار بذر مصرفی، تراکم، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ کاشت و تاریخ برداشت بودند. با رسم پراکنش داده‌های عملکرد در مقابل متغیرهای مختلف مدیریتی، بالاترین عملکردها در سطوح مختلف هر نهاده یا مدیریت خاص انتخاب شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین عملکرد کشاورزان (عملکرد واقعی) و عملکرد قابل حصول (عملکردی که می‌توانند برداشت کنند) ۱٤۲۵ کیلوگرم در هکتار فاصله (خلاء) وجود دارد. نتایج نشان داد که ۸۰ درصد از مزارع مورد بررسی از نظر تاریخ کاشت، ۷۰ درصد از نظر کود نیتروژن، ٦٤ درصد از نظر فسفر (P_2O_5)، ٦۳ درصد از نظر بذر مصرفی، ۷۱ درصد از نظر تراکم، ۷٤ درصد از نظر آبیاری و ۱٦ درصد از نظر تاریخ برداشت خارج از حد بهینه بودند. نتیجه حاصله این بود که درحالی‌که متوسط عملکرد کشاورزان ۲٦۵۷ کیلوگرم است، آن‌ها می‌توانند با بهبود مدیریت زراعی به عملکرد ٤۰۸۲ کیلوگرم در هکتار دست یابند و برای این منظور اقدامات زیر مدنظر قرار گیرد: ۱) مصرف حداقل

*مسئول مکاتبه: shokrgozar.d@gmail.com

٦٥ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار ۲) مصرف حداقل ٤٠ کیلوگرم کود فسفر ۳) حداقل چهار نوبت آبیاری ٤) تراکم بوته بین ۷ تا ۸ بوته در مترمربع و ٥) کشت در اوایل اردیبهشت ماه و یا قبل از آن و ٦) تاریخ برداشت اواسط مهرماه و (۷) مقدار بذر مصرفی، ٥٠ کیلوگرم در هکتار.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که خلاء عملکرد منطقه مورد مطالعه حدود ۳٥ درصد بوده و با اصلاح برخی از روش‌های مدیریتی می‌توان سطح عملکرد پنبه را در منطقه مورد مطالعه افزایش داد. علاوه‌بر این، استفاده از آنالیز خط مرزی در مطالعات خلاء عملکرد می‌تواند به‌خوبی پاسخ‌های عملکرد به عوامل مدیریتی را نشان دهد و با استفاده از این پاسخ‌ها می‌توان بهترین مدیریت‌ها را جهت رسیدن به بالاترین عملکرد مشخص کرد.

واژه‌های کلیدی: خلاء عملکرد، خط مرزی، پنبه، عوامل مدیریتی

مقدمه

پنبه یکی از محصولات صنعتی مهم جهان است. در ایران، محصول‌های چغندرقند با ۱۹/٥، نیشکر با ۱۷/۹، پنبه با ۱۷، کلزا با ۱٦/٤ و سویا با ۱۳/۸ درصد از سطح برداشت محصولات صنعتی، رتبه‌های اول تا پنجم این گروه را به خود اختصاص داده‌اند. پنبه از نظر سطح زیر کشت، رتبه سوم کشت محصولات صنعتی را در کشور داراست (۸). استان خراسان رضوی با ۳۲/۸ درصد سطح برداشت پنبه، در رتبه اول قرار دارد. استان‌های فارس با ۱۷/۱، گلستان با ۱٥، خراسان جنوبی با ۱۱/۲ و خراسان شمالی با ۸/۸ درصد در سطح برداشت پنبه کشور به‌ترتیب، مقام‌های دوم تا پنجم را دارا می‌باشند (۸).

همانند سایر محصولات کشاورزی، تولید پنبه توسط هزینه‌های مصرفی برای تولید هر واحد و قیمت تمام شده محصول محدود می‌گردد. علاوه‌بر این رقابت شدیدی بین الیاف طبیعی و الیاف مصنوعی وجود دارد. سهم الیاف پنبه در بازار جهانی، حدود ۳۰ درصد می‌باشد (۱۱). بنابراین لازم است که به‌منظور حفظ کارایی اقتصادی این محصول، یا عملکرد خود را بهبود بخشند، یا قیمت محصول افزایش یابد و یا هزینه‌های ورودی کاهش یابد. به‌منظور دستیابی به عملکردهای بالاتر می‌توان از ارقام اصلاح شده مناسب‌تر و یا بهبود روش‌های مدیریتی به‌منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش محصول بهره برد. درک مناسب از پتانسیل تولید و خلاء عملکرد و دلایل آن می‌تواند در دستیابی به بهبود بوم نظام و عملکرد کمک کند (۱).

آنالیز خلاء عملکرد به‌منظور تعیین عوامل و متغیرهای تأثیرگذار بر کاهش عملکرد انجام می‌شود (۱۸). خلاء عملکرد تفاوت بین پتانسیل تولید و متوسط تولید مزارع می‌باشد (٤۲). پتانسیل عملکرد، عملکرد ارقام سازگار شده در منطقه است که در شرایط مساعد رشد و بدون محدودیت نور، آب و عناصر غذایی و آفات و بیماری‌ها رشد می‌کنند. بر این اساس موندل (۲۰۱۱) برآورد خلاء عملکرد را بر مبنای دو راهکار بیان کرد (٤۳). خلاء عملکرد I، که تفاوت عملکرد ایستگاه‌های تحقیقاتی در شرایط مطلوب رشد و عملکرد کشاورزان است که نشان‌دهنده تفاوت عملکرد بالقوه و الفعل است. خلاء عملکرد II، که تفاوت بین پتانسیل تولید مزارع و تولید واقعی مزارع می‌باشد. خلاء عملکرد I همیشه قابل دستیابی نیست چون عامل کاهنده عملکرد که خارج از کنترل کشاورز می‌باشد مانند عوامل آب و هوایی، امکان دستیابی به‌این خلاء عملکرد را مشکل می‌سازد. خلاء عملکرد II نشان‌دهنده اثرات عوامل

قابل کنترل مانند محدودیت‌های اجتماعی، اقتصادی و زیستی می‌باشد (۷). مطالعاتی که بر مبنای خلاء عملکرد II می‌باشد، خلاء عملکرد را تابعی از نهاده‌های مصرفی به‌عنوان متغیر، مانند مقدار بذر، کود مصرفی، سموم دفع آفات و غیره در نظر می‌گیرند. بر این مبنا، خلاء عملکرد تفاوت بین بیشترین عملکردهای ثبت شده مزارع به‌عنوان پتانسیل حداکثری مزارع و عملکرد واقعی مزارع که بر اساس مصرف سطوح مختلف نهاده‌ها به‌دست آمده است (٤٢).

در کشور ما برآوردی از خلاء عملکرد پنبه انجام نشده است اما در برخی از کشورها مانند استرالیا پتانسیل تولید پنبه ۳۵۰۰ کیلوگرم وش در هکتار گزارش شده که به‌طور متوسط خلاء عملکرد پنبه در این کشور ۱۱٦۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردیده است (۱). هینجسدیک و لانگیویلد (۲۰۰۹) خلاء عملکرد پنبه در شمال آمریکا، ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار، در مناطق نیمه خشک آفریقا، ۷٦۰ کیلوگرم در هکتار و در جنوب آسیا، ۷٦۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند، آن‌ها کمترین پتانسیل تولید پنبه را ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد نمودند (۳۲). پنج عامل در ایجاد شکاف بین عملکرد پتانسیل و عملکرد به‌دست آمده مؤثرند که شامل محدودیت آب، محدودیت عناصر غذایی، نگهداری نامناسب و ناکافی، کمبود کارگر و ماشین آلات و دانش ناکافی می‌باشد (۳۲). خلاء عملکرد را می‌توان با بهبود روش‌های مدیریتی و افزایش کارایی منابع، کاهش داد (۳۱). برای حل مشکلات مربوط به مزرعه، نه تنها عوامل مؤثر بر آن‌ها، بلکه میزان و سهم هر کدام از عوامل و متغیرها را نیز باید شناخت. خط مرزی روشی است که می‌توان به هدف دست یافت (۱۷). محققان زیادی از جمله تیتونل و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تأثیر خاک و مدیریت بر عملکرد ذرت (۳۵)، فرمونت و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه خلاء عملکرد کاساوا (۳٦)، گراسنی و همکاران (۲۰۰۹) بهره‌وری آب در آفتابگردان (۳۷)، وایرجی و همکاران (۲۰۱۰) محدودیت‌های عوامل زنده و غیر زنده در تولید موز در آفریقا (۳۸)، هاچمن و همکاران (۲۰۱۲) فشرده سازی اکولوژیکی کشاورزی در استرالیا (۳۹)، لارک و مایلین (۲۰۱٦) بررسی تأثیر رطوبت موجود در خلل و فرج خاک بر انتشار اکسید نیتروژن از خاک (٤۰)، ونگ و همکاران (۲۰۱۵) در اوگاندا با استفاده از آنالیز خط مرزی به بررسی خلاء عملکرد قهوه (۳۳) و در ایران، حجارپور و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی خلاء عملکرد گندم به روش آنالیز خط مرزی پرداختند (۱۲). در آنالیز خط مرزی به جای این‌که از وسط پراکندگی داده‌ها خطوط رگرسیونی برازش داده شود، مرز بالایی پراکندگی داده‌ها مورد بررسی قرار می گیرد. این مرز نشان‌دهنده بالاترین عملکردهای به‌دست آمده (پتانسیل عملکرد) و یا بهترین عملکرد تحت تأثیر سطوح مختلف یک عامل یا نهاده خاص می‌باشد. در این روش فرض بر این است (با مجموعه داده زیاد) که این عملکردها بالاترین عملکرد ممکن در غیاب هرگونه عامل محدودکننده دیگر هستند و تمامی نقاطی که پایین‌تر قرار می‌گیرند به وسیله سایر عوامل محدود شده‌اند. تأکید بر مرز بالایی داده‌ها در میان یک ابر داده باعث می‌شود تا بیننده کمتر دچار سردرگمی شده و درک رابطه بین عملکرد و متغیر مستقل راحت‌تر باشد (۱۲). با توجه به کاهش سطح زیر کشت و تولید منطقه مورد مطالعه، اهداف تحقیق حاضر جهت بهبود تولید پنبه در منطقه مورد مطالعه به عنوان یکی از مناطقی که سابقه و زمینه مناسبی جهت تولید پنبه را در کشور دارد و برآورد عملکرد قابل حصول و خلاء عملکرد پنبه تحقیق حاضر انجام شد و مهمترین عوامل تأثیرگذار بر خلاء عملکرد به‌منظور

بهبود و افزایش عملکرد در منطقه مورد مطالعه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی وضعیت تولید در زارعت پنبه با روش آنالیز خط مرزی، مطالعه‌ای به‌صورت میدانی در مزارع تولید پنبه فاریاب در شهرستان‌های علی‌آباد کتول و آق‌قلا در استان گلستان در سال‌های زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ انجام شد. استان گلستان در محدوده منطقه معتدل شمالی بین ۳٦ درجه و ۲٤ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵٦ درجه و ٤ دقیقه طول شرقی در بخش شمالی کشور واقع شده است. با توجه به شرایط اقلیمی، این استان از دیرباز در تولید پنبه جایگاه ویژه‌ای داشته است. جامعه آماری این پژوهش، کشاورزان پنبه‌کاری بودند که بذر موردنیاز خود را از مراکز خدمات تهیه می‌کردند و چون جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز در طی سال زراعی انجام می‌شد کشاورزانی که از طرف مراکز خدمات احتمال همکاری بهتری را داشتند معرفی شدند (۱۳۰ کشاورز). بر این اساس، تعداد مزارع با استفاده از فرمول کوکران (۱۰)، ۹٦ مزرعه به‌دست آمد که به منظور افزایش دقت، ۱۰۰ کشاورز به‌صورت تصادفی انتخاب شد. بر اساس فرمول کوکران p و q، ۰/۵ مقدار z، ۱/۹٦ و d، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد، N حجم جمعیت آماری و n حجم نمونه می‌باشد.

$$n = \frac{\frac{Z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}(\frac{Z^2 pq}{d^2}-1)}$$

اطلاعات مربوط به مدیریت‌های انجام شده در طی ماه‌های خرداد تا آبان‌ماه سال‌های ۹۳ و ۹٤ جمع‌آوری گردید و به بررسی تأثیر عوامل مدیریتی پرداخته شد. عوامل مدیریتی مورد بررسی شامل میزان کود نیتروژن مصرفی به‌صورت پایه و سرک، کود فسفر (P_2O_5)، مقدار بذر مصرفی، تراکم، تعداد وجین، تعداد دفعات آبیاری، تاریخ کاشت و تاریخ برداشت بودند.

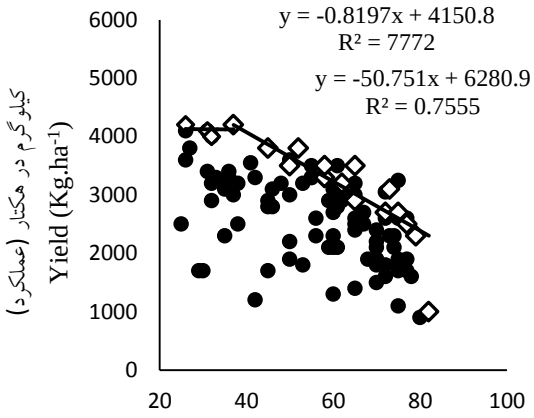
اگرچه پروتکل توافق شده‌ای برای آنالیز خط مرزی وجود ندارد و در مواردی محققین به‌صورت کاملاً اختیاری یک خط مرزی به داده‌ها برازش می‌دهند اما پنج مرحله کلی را برای آنالیز خط مرزی انجام شد (۱۲) که عبارتند از ۱- بررسی نمودار پراکنش داده‌ها: این مرحله از کار به ما کمک می‌کند تا با دید کلی‌تری روابط بین دو دسته داده را شناسایی کنیم که به حدس زدن تابع مناسب برای خط مرزی در مراحل بعدی می‌تواند بسیار مؤثر باشد ۲- دسته‌بندی و گروه‌بندی نقطه داده‌ها: در این مرحله با توجه به پراکنش نقاط و همچنین با کمک گرفتن از متخصصین (در اینجا زراعت) و اطلاعات قبلی، متغیر مستقل را به گروه‌هایی با فواصل منظم و یا غیرمنظم (بسته به‌نظر متخصص و کیفیت داده‌ها) تقسیم می‌کنیم ٤- حذف داده‌های پرت و خارج از محدوده‌های مشخص شده ۵- آخرین مرحله از کار، برازش یک تابع مناسب به داده‌های به‌دست آمده در مرحله چهارم است که با توجه به نحوه چیدمان داده‌ها انجام می‌شود. این مرحله در نهایت به یک مدل برای واکنش حداکثر عملکردها به متغیر مستقل ختم می‌شود و در واقع یافتن مقدار عددی ضرایب و پارامترهای مدل است (۱۲). در این تحقیق با رسم نمودار پراکنش میزان عملکرد به‌دست آمده در هر مزرعه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل متغیرهای مستقل (مدیریت‌های زراعی)، با استفاده از نرم‌افزار SAS رویه nline (۲۸) و Excel 2013 به بررسی و تجزیه تحلیل روابط این متغیرها پرداخته شد. سپس به‌منظور محاسبه حد بهینه تولید و خلاء عملکرد، حداقل حد بهینه هر متغیر در روابط درجه یک و در روابط درجه دوم، حد بهینه از طریق مشتق‌گیری و

قرار دادن مشتق برابر صفر، محاسبه گردید. سپس مقادیر حد بهینه در فرمول رگرسیونی که از رابطه متغیر و عملکرد حداکثری به‌دست آمده بود قرار داده شد و عملکرد بر اساس حد بهینه به‌دست آمد. از اختلاف عملکرد بهینه و میانگین عملکرد مزارع مورد بررسی نیز خلاء عملکرد محاسبه گردید و اطلاعات به‌دست آمده مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

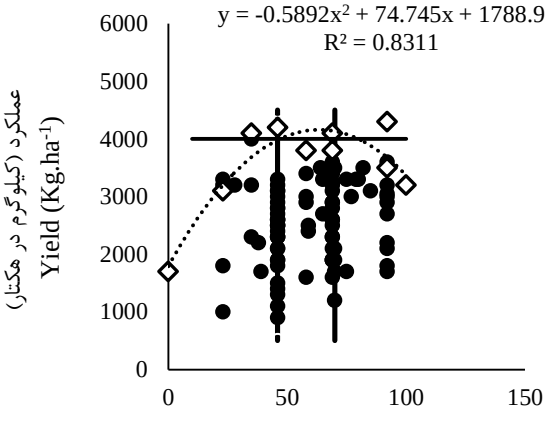
رابطه بین عملکرد و تاریخ کاشت: بر اساس نتایج به‌دست آمده از آنالیز خط مرزی، حداکثر عملکرد در تاریخ کاشت ۹ اردیبهشت و قبل از آن مشاهده شد؛ اما از ۹ اردیبهشت به بعد رابطه بین عملکرد و تاریخ کاشت به‌صورت خطی و منفی با ضریب همبستگی ۰/۷۵ بود. بدین معنی که با تأخیر در تاریخ کاشت مطلوب (۹ اردیبهشت) عملکرد به میزان ۵۰ کیلوگرم به ازای هر روز تأخیر در کاشت از ۹ اردیبهشت کاهش می‌یابد (شکل ۱). در نتیجه مطالعاتی که ورادر (۲۰۰۸) در منطقه دلتای می‌سی‌سی‌پی جهت بررسی عکس‌العمل پنبه به سه تاریخ کاشت (زود، متوسط و دیر) به‌ترتیب از اواخر اوریل (اوایل اردیبهشت)، اوایل ماه می (اواسط اردیبهشت) و اواسط ماه می (اواخر اردیبهشت) انجام داد، به این نتیجه رسیدند که میانگین عملکرد و کیفیت الیاف در تاریخ کاشت زودهنگام با ترکم‌های کمتر بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (۳٤). هاکومات و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که در تاریخ کاشت‌های زودتر، به‌دلیل برخورد مراحل رشد گیاه پنبه با شرایط آب و هوایی مطلوب‌تر، تعداد غوزه‌ها، وزن غوزه، عملکرد وش و کیفیت الیاف پنبه افزایش می‌یابد (۳۰). بنابراین، نسبت به گیاهانی که دیرتر کاشته شده‌اند عملکرد بالاتری داشتند (۵ و ۳٤).

رابطه نیتروژن و عملکرد پنبه در مزارع مورد بررسی: رابطه مقدار نیتروژن مصرفی در مزارع با عملکرد به‌صورت خطی درجه دوم بود حداکثر عملکرد در مزارع مورد بررسی در مقدار ٤۵ تا ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (شکل ۲). حد مطلوب نیتروژن مصرفی ٦۵ کیلوگرم در هکتار براورد گردید و در مقادیر بیشتر و کمتر از این مقدار، عملکرد کاهش یافت. واکنش گیاهان به عناصر محدودکننده رشد گیاه از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند. علاوه‌بر این افزایش عناصر غذایی تا یک حد باعث افزایش عملکرد می‌گردد و بعد از آن نه تنها باعث افزایش نمی‌گردد بلکه ممکن است باعث کاهش عملکرد نیز گردد، به‌خصوص در مورد پنبه که نیتروژن زیاد باعث بر هم خوردن توازن رشد رویشی و زایشی می‌گردد. کمبود نیتروژن در پنبه مستقیما با کاهش کارآیی تبدیل مواد فتوسنتزی و به‌طور غیرمستقیم با محدود ساختن گسترش سطح برگ و در نتیجه کاهش دریافت انرژی تابشی بر رشد گیاه مؤثر است (۱۳). از طرف دیگر وجود نیتروژن به مقدار بیش از نیاز گیاه باعث طولانی شدن دوره رشد رویشی می‌گردد و در نتیجه عملکرد به‌علت افزایش پوسیدگی غوزه‌ها کاهش می‌یابد. کیفیت الیاف نیز به علت کاهش ظرافت الیاف کم می‌شود (۱۳). افزایش قابلیت دسترسی کود نیتروژن برای گیاه از طریق تقسیط کود، باعث تحریک رشد و افزایش LAI (شاخص سطح برگ) می‌شود. افزایش LAI و بسته شدن سریع کنوپی می‌تواند تشعشع دریافتی و فتوسنتز را افزایش دهد و باعث افزایش میزان عملکرد گردد (۲۹ و ۲۷). به‌نظر می‌رسد حد مطلوب مصرف نیتروژن در مزارع مورد بررسی جهت حصول به حداکثر عملکرد حدود ٦۵ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل حدود ۱٤۰ کیلوگرم کود اوره می‌باشد. مین و همکاران (۲۰۱۳) مقدار نیتروژن موردنیاز جهت تولید ۲۱۸ کیلوگرم الیاف پنبه را ۲۳ کیلوگرم در هکتار برآورد کردند (٤۱).



شکل ۱- رابطه بین عملکرد و تاریخ کاشت.

Figure 1. The relationship between yield and planting date.

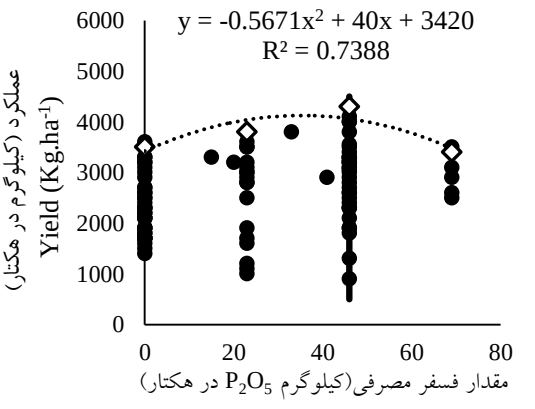


شکل ۲- رابطه بین نیتروژن و عملکرد در مزارع مورد بررسی.

Figure 2. The relationship between yield and Nitrogen fertilizer.

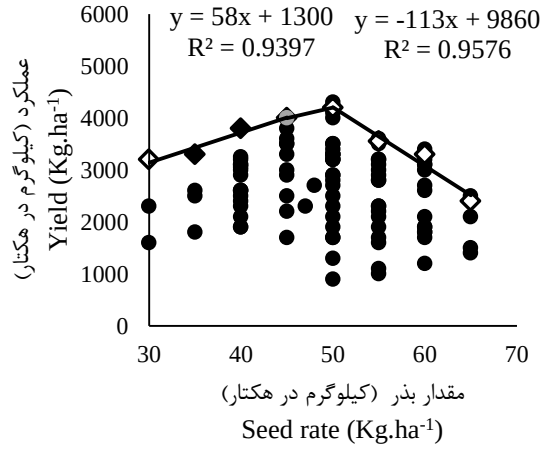
رابطه فسفر و عملکرد پنبه در مزارع مورد بررسی:

رابطه فسفر و عملکرد در مزارع مورد بررسی نیز مانند نیتروژن بود و از تابع درجه دوم تبعیت می‌کرد (شکل ۳) و با افزایش مصرف فسفر تا ٦٠ کیلوگرم در هکتار عملکرد پنبه افزایش یافت (شکل ۳). حد مطلوب فسفر ٤٠ کیلوگرم در هکتار براورد گردید. ٦٤ درصد از مزارع پنبه مورد بررسی کمتر از حد بهینه از فسفر استفاده می‌کردند و سهم خلاء عملکرد ناشی از مصرف کمتر از حد بهینه، ٣٦ درصد براورد گردید. جعفر آقایی و جلالی (٢٠١٤) نیز گزارش کردند که کاربرد کود فسفات، پایین‌تر از توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب (مقادیر کمتر از ٤٦ کیلوگرم فسفات در هر هکتار) عملکرد وش را به‌صورت معنی‌دار کاهش داد (٢١). در پژوهش ونگ و همکاران (٢٠١٠) کارایی استفاده از فسفات موجود در خاک در گیاه پنبه کمتر از گندم (*Triticum aestivum* L) و لوپین (*Lupinus albus*) تشخیص داده شد. بنابراین تأمین فسفات موردنیاز پنبه از طریق کودهای شیمیایی بیش از سایر گیاهان زراعی حائز اهمیت است (١٥).



شکل ۳- رابطه بین فسفر و عملکرد.

Figure 3. The relationship between phosphorus and yield.



شکل ٤- رابطه بین عملکرد و مقدار بذر مصرفی.

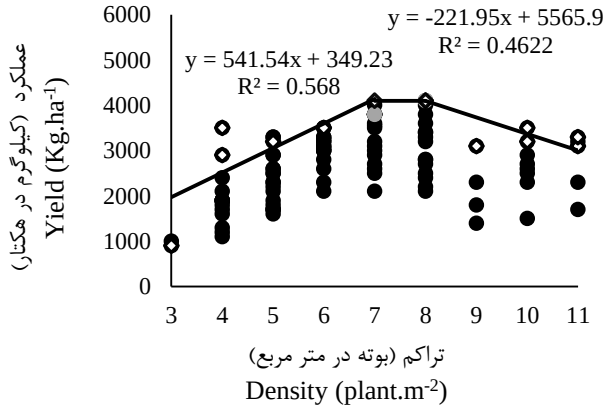
Figure 4. The relationship between yield and seed rate.

رابطه مقدار بذر مصرفی و عملکرد پنبه در مزارع مورد بررسی: شکل (٤) رابطه بین حداکثرهای عملکرد منطقه مورد مطالعه و مقدار بذر مصرفی را نشان می‌دهد. با افزایش مقدار بذر مصرفی از ۳۰ کیلوگرم در هکتار تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد حداکثری مزارع به صورت خطی با ضریب تبیین ۰/۹٤ افزایش یافت. مصرف بیشتر از ۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر باعث کاهش عملکرد حداکثری مزارع گردید (شکل ٦). با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار بذر مناسب جهت کاشت با توجه به کیفیت بذر و شرایط خاک، ۵۰ کیلوگرم می‌باشد. مصرف بیشتر بذر علاوه‌بر افزایش هزینه تولید باعث افزایش تراکم و احتمالا رقابت بیشتر گیاهان بر سر منابع مشترک و محدود از جمله عناصر غذایی و آب شده و کاهش نفوذ نور به درون کنوپی گیاه و در نتیجه افزایش ریزش گل و غوزه‌ها را باعث می‌گردد که در نهایت کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (۲۰).

رابطه تراکم و عملکرد: با توجه به شکل (۵) با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد حداکثری مزارع افزایش می‌یابد و در تراکم‌های ۷ تا ۸ بوته در مترمربع، خط رگرسیونی تقریبا افقی شده و از تراکم‌های بیشتر از ۸ بوته در مترمربع، عملکرد کاهش می‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد تراکم مطلوب، ۷ تا ۸ بوته در مترمربع می‌باشد (شکل ۵).

از عوامل مؤثر بر عملکرد هر محصول از جمله پنبه، تراکم مناسب بوته می‌باشد. عملکرد هر محصول زراعی حاصل رقابت برون و درون بوته‌ها برای عوامل محیطی رشد است. حداکثر عملکرد زمانی رخ می‌دهد که این رقابت به حداقل خود رسیده و گیاه بتواند از عوامل محیطی (آب، هوا، نور، عناصر غذایی و خاک) موجود حداکثر استفاده را نماید (١٦) و جمعیت گیاهی حداکثر فشار را بر تمام عوامل تولید وارد کند. تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته در واحد سطح نیز یکی از مهمترین اصول به‌زراعی در افزایش تولید محصول می‌باشد. عوامل مؤثر بر تراکم بوته عبارت از شرایط خاک، ظرفیت تولیدی محیط، حجم گیاه، قدرت ترمیم فضا، عادت گیاه، هدف تولید و رقابت علف‌های هرز می‌باشد. افزایش تراکم در حد مطلوب سبب کاهش رشد، بیوماس و تولید بذر علف‌های هرز می‌شود (١٦). امروزه در تعیین جمعیت گیاهی پنبه فقط عملکرد الیاف را در نظر نمی‌گیرند، بلکه تأثیر جمعیت گیاهی بر ویژگی‌های رشد رویشی پنبه که به لحاظ برداشت مکانیزه و سهولت برداشت دارای اهمیت می‌باشد، نیز مورد توجه است. تراکم بوته علاوه بر تأثیر روی ارتفاع بوته می‌تواند باعث تشکیل اولین شاخه جانبی در ارتفاع و گره بالاتری در ساقه اصلی نسبت به سطح زمین شود و این موضوع ممکن است برای برداشت مکانیزه مزیت محسوب شود (۹).

در این خصوص نظرات متفاوتی وجود دارد. سیبرت و همکاران (٢٠٠٦) عدم تأثیر تراکم‌های ۷ تا ١٤ بوته در مترمربع را بررسی صفات رویشی پنبه گزارش نمود (۲۵) اما بدنارز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که اندازه و تعداد غوزه‌ها و در نتیجه عملکرد به واسطه تغییر در تراکم بوته‌ها تغییر می‌کند (۳). زی و همکاران (٢٠١٦) نیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد پنبه در تراکم‌های ۵۱۰۰۰ و ۸۷۰۰۰ بوته در هکتار مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری نیز بین این دو تراکم مشاهده نکردند (١٤). حتی در برخی از پژوهش‌ها با افزایش تراکم، کاهش عملکرد ارقام پنبه که به‌صورت آبی کشت می‌شوند گزارش شده است (٤).

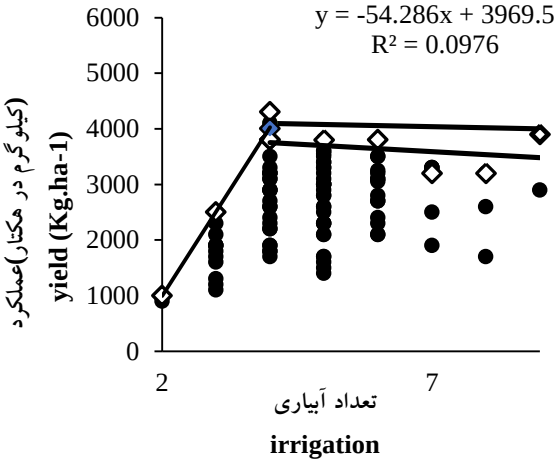


شکل ۵- رابطه تراکم و عملکرد.

Figure 5. The relationship between yield and density.

رابطه عملکرد و تعداد آبیاری: رابطه بین آبیاری و عملکردهای حداکثر منطقه مورد مطالعه به‌صورت تابع دو تکه‌ای بود که بر اساس شکل ٦ حداکثر عملکرد در منطقه مورد مطالعه در ٤ آبیاری به‌دست آمد و منحنی تا ٤ مرتبه آبیاری، روند صعودی داشت اما پس از آن، عملکرد با افزایش تعداد آبیاری تغییر نکرد. به‌نظر می‌رسد تعداد آبیاری ٤ مرتبه در طول دوره رشد پنبه در منطقه مورد مطالعه جهت نیل به حداکثر عملکرد و صرفه‌جویی در آب مناسب باشد. میزان آب قابل دسترس گیاه از طریق کمک به افزایش جذب مواد غذایی و فتوسنتز، تأثیر مثبتی بر افزایش وزن غوزه می‌گذارد. البته باید توجه داشت که در صورت تامین آب کافی (به اندازه تبخیر و تعرق پتانسیل) گیاه بیشتر به رشد سبزینه‌ای (رشد بوته) گرایش یافته و با افزایش ریزش گل، افت عملکرد شدیدی خواهد داشت. شدت خسارت ناشی از آبیاری زیاد (کافی) در مناطق خشک کشور، کمتر از مناطق مرطوب نظیر استان مازندران و گلستان است (٢٦). در شرایط تنش رطوبتی، کاهش عملکرد عمدتا به دلیل کاهش تعداد غوزه می‌باشد و این کاهش به کم شدن تعداد گل و سقط غوزه‌های تشکیل شده، به‌ویژه در تنش‌های شدید زمان رشد زایشی، مربوط می‌گردد (۲۳). تعداد آبیاری بستگی به میزان دسترسی به آب، تاریخ کاشت، وضعیت خاک از نظر شوری و بافت دارد. بعد از کاشت تا سبز شدن بذر در مناطقی که ذخیره رطوبتی کافی در خاک باشد، آبیاری انجام نمی‌شود. در برخی از مزارع نیز به‌دلیل تأخیر در کاشت و کم بودن رطوبت خاک، در مرحله جوانه زنی گیاه، فقط یک یا دو نوبت آبیاری سبک انجام می‌شد که آبیاری دوم به منظور مرطوب نگه داشتن خاک و ممانعت از سله بستن خاک و خروج راحت‌تر بذر از خاک انجام می‌گرفت. نتایج پژوهش‌های پریرا و همکاران (۲۰۰۹) در آسیای مرکزی نشان داد کم آبیاری متوسط به‌علت صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارآیی مصرف آب برای گیاه پنبه مناسب است در حالی‌که کم آبیاری شدید، اگر چه باعث صرفه جویی زیاد در مصرف آب می‌گردد ولی منجر به کاهش عملکرد گردیده که ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد (۲۲). قربانی نصرآباد و هزارجریبی (۱۳۸۹) گزارش کردند که حساس‌ترین مراحل رشد پنبه از نظر تنش آبی در منطقه گرگان، مراحل گل‌دهی و اوج گل‌دهی می‌باشد و بهترین تیمار آبیاری، تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی بود. زمان آبیاری مزارع بستگی به وضعیت و دسترس بودن آب داشت (٦). اکبری نودهی (۲۰۱۰) گزارش کرد که با کاهش ۲۵ درصدی مقدار آب مصرفی عملاً کاهش عملکرد محصول

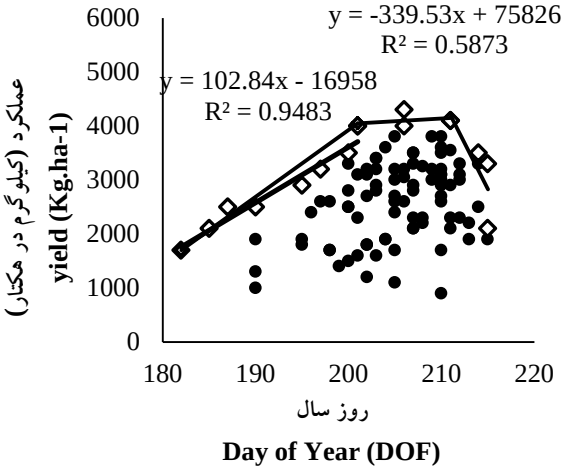
مشاهده نگردیده است. همچنین با کاهش ۵۰ درصد آب مصرفی تنها ۱۵ درصد کاهش عملکرد مشاهده شده است (۲). بر این اساس با توجه به این که سهم آبیاری در ایجاد خلاء عملکرد پنبه در منطقه مورد مطالعه ۳٤ درصد بود، مدیریت درست آبیاری و آبیاری در مراحل حساس رشد گیاه نیز از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ٦- رابطه عملکرد و تعداد آبیاری در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. The relationship between yield and irrigation.

رابطه عملکرد و تاریخ برداشت: تاریخ برداشت در منطقه بستگی به درصد باز شدن غوزه‌ها، قیمت بازار، شرایط آب و هوایی و دستیابی به کارگر دارد. در برخی موارد تأخیر در کاشت و یا بارندگی زودهنگام پاییزه، باعث خیس شدن بوته‌ها، الیاف پنبه و زمین شده بنابراین کار برداشت مشکل گردیده و تاریخ برداشت به تأخیر می‌افتد. تأخیر در برداشت به‌دلیل برخورد با باران‌های پاییزه می‌تواند باعث تأخیر در عملیات آماده‌سازی زمین و کاشت محصولات پاییزه گردد، به همین علت کشاورزان سعی می‌کنند در اولین فرصت ممکن اقدام به برداشت پنبه کنند. شکل ۷ رابطه بین عملکرد و تاریخ برداشت را که به‌صورت تابع سه تکه‌ای می‌باشد نشان می‌دهد. با توجه به روند تغییرات عملکرد نسبت به تاریخ برداشت مزارع مورد مطالعه، می‌توان سه وضعیت ذیل را مشاهده نمود:



شکل ۷- رابطه عملکرد و تاریخ برداشت در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. The relationship between yield and day of year.

در وضعیت اول که از روز ۱۸۰ مصادف با ۲٤ شهریور تا ۲۰۰ روز بعد از اول فروردین، مصادف با ۱۳ مهر ماه، می‌باشد هر چه برداشت دیرتر انجام شود عملکرد نیز افزایش می‌یابد و شیب این افزایش به ازای هر روز تأخیر، ۱۰۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در این مرحله خط رگرسیونی درجه اول دارای ضریب تبیین حدود ۰/۹۵، همبستگی بالای رابطه عملکرد حداکثری مزارع با تاریخ برداشت را نشان می‌دهد. علت افزایش عملکرد با تأخیر در برداشت در این مرحله ممکن است به‌علت افزایش غوزه‌های رسیده و دریافت مجموع حرارتی بیشتر توسط گیاه باشد.

در وضعیت دوم که بین ۲۰۰ تا ۲۰۵ روز از اول فروردین مصادف با ۱٤ تا ۱۹ مهرماه می‌باشد، عملکرد نسبت به تاریخ برداشت تغییر چندانی نمی‌کند و نمودار خط رگرسیونی در این شرایط تقریبا

حالت افقی دارد. در این شرایط حداکثر عملکرد در مزارع مشاهده می‌گردد.

در وضعیت سوم که از تاریخ ۲۰ مهرماه به بعد می‌باشد با تأخیر در برداشت، عملکرد نیز کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر خط رگرسیونی حداکثرهای عملکرد مزارع منطقه مورد مطالعه نسبت به تاریخ کاشت سیر نزولی دارد. دلیل این امر احتمالا برخورد محصول به سرمای پاییزه و یا افزایش غوزه‌های نارس در هنگام برداشت به علت عدم دریافت مجموع حرارتی لازم و کشت دیر هنگام این مزارع بوده است.

در مجموع می‌توان گفت که بهترین تاریخ برداشت منطقه از ١٤ تا ١٩ مهرماه می‌باشد و برداشت زودتر به‌دلیل افزایش غوزه‌های نارس و تأخیر در برداشت به‌دلیل برخورد به به سرمای پاییزه باعث کاهش عملکرد می‌گردد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق می‌توان بیان کرد که برداشت به موقع پنبه در منطقه که تحت تأثیر تاریخ کاشت و دسترسی به کارگر نیز می‌باشد از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد این محصول در منطقه بود. البته با توجه به اینکه اگر تمام مزارع در یک محدوده زمانی مشخص اقدام به برداشت نمایند احتمالا با محدودیت کارگر فصلی مواجه خواهند شد، این امر لزوم توسعه برداشت مکانیزه را نشان می‌هد. البته با توجه به اهمیت اشتغال‌زایی که این محصول و برداشت آن در منطقه مورد مطالعه دارد، تحقیقات بیشتر و راه‌های جایگزین جهت اشتغال کارگران فصلی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

براورد خلاء عملکرد و دلایل آن: به‌منظور محاسبه خلاء عملکرد در مزارع مورد بررسی حداقل بهینه متغیر در رابطه رگرسیونی مربوطه قرار داده شد و جدول ۱ تهیه گردید بر این اساس حداکثر عملکرد مشاهده شده در تاریخ کاشت ٤٠ روز از اول سال خورشیدی معادل ۹ اردیبهشت بود و با قرار دادن این عدد در رابطه رگرسیونی عملکرد و تاریخ کاشت ($y=-54.32x+6225.7$) به‌عنوان عملکرد پتانسیل در نظر گرفته شد. بنابراین برای حصول به عملکرد ٤٢٥٠ کیلوگرم در هکتار، باید تا قبل از ۹ اردیبهشت در منطقه مورد مطالعه اقدام به کشت نمود. برای سایر متغیرها نیز بر اساس حد بهینه محاسبه شده و معادله رگرسیونی مربوطه پتانسیل عملکرد محاسبه گردید.

جدول ۱ خلاصه نتایج مربوط به آنالیز خط مرزی به‌همراه میانگین عملکرد پتانسیل برآورد شده و خلاء عملکرد را نشان می‌دهد. عملکرد پتانسیل محاسبه شده برای منطقه مورد بررسی برابر با ٤٠٨٢ کیلوگرم در هکتار و خلاء عملکرد برابر با ١٤٢٥ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند. متوسط عملکرد مزارع مورد بررسی نیز به‌عنوان عملکرد واقعی منطقه و برابر با ٢٦٥٧ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. ۸۰ درصد از مزارع مورد بررسی از نظر تاریخ کاشت، ۷۰ درصد از نظر کود نیتروژن، ٦٤ درصد از نظر فسفر (P_2O_5)، ٦٣ درصد از نظر بذر مصرفی، ۷۱ درصد از نظر تراکم، ٧٤ درصد از نظر آبیاری و ١٦ درصد از نظر تاریخ برداشت خارج از حد بهینه بودند. خلاء محاسبه شده در این تحقیق حدود ۳۵ درصد عملکرد پتانسیل بود.

آنالیز خط مرزی استفاده شده در این تحقیق علاوه‌بر برآورد میزان خلاء عملکرد، دلایل این خلاء و یا محدودیت‌های عملکرد را نیز به‌صورت روشن نشان می‌دهد، به‌عنوان مثال با توجه به شکل ۱ می‌توان فهمید که تاریخ کاشت مطلوب جهت حصول به عملکردی در حدود ٤٢٠٠ کیلوگرم در هکتار، تا ۹ اردیبهشت ماه می‌باشد. با توجه به این‌که حدود ۸۰ درصد از کشاورزان منطقه مورد مطالعه در تاریخ کاشت نامطلوب اقدام به کاشت می‌کنند کاشت پنبه در تاریخ مناسب می‌تواند منجر به افزایش و بهبود

عملکرد پنبه گردد. همچنین بر اساس شکل ۲ حد مطلوب نیتروژن مصرفی جهت رسیدن به عملکردی در حدود ٤٠٠٠ کیلوگرم در هکتار حدو ٤٥ تا ٧٠ کیلوگرم نیتروژن می‌باشد در شکل‌های ۱ تا ۷، بالاترین عملکرد در هر بخش از نمودار به معنی حداقل مقدار لازم از آن نهاده جهت دستیابی به آن عملکرد است و تمامی نقاطی که زیر خط قرار گرفته‌اند شرایطی را داشته‌اند که سایر عوامل باعث محدودیت پاسخ عملکرد به میزان متغیر مستقل شده‌اند خلاء عملکرد نیز از اختلاف بین عملکردهای واقعی و عملکردهای قابل حصول محاسبه گردید (۱۲).

جدول ۱- نتایج آنالیز خط مرزی به‌همراه محاسبه پتانسیل و خلاء عملکرد پنبه.

Table 1. The results of boundary line analysis as well as estimated potential and yield gap.

متغیر	تاریخ کاشت (روز سال) Sowing date (DOY)	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Fertilizer N ($KgN.ha^{-1}$)	فسفر (کیلوگرم در هکتار) P2O5 fertilizer ($Kg.ha^{-1}$)	بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Seed ($Kg.ha^{-1}$)
حد بهینه Minimum optimal level	40	65	40	50
درصد مزارع خارج از حد بهینه Farmers out of optimal (%)	80	70	64	63
عملکرد بر اساس حد بهینه Yield at optimal (kg ha-1)	4252	4085	4172	4200
متوسط عملکرد (Kg.ha-1) Average Yield (kg ha-1)	2657	2657	2657	2657
خلاء عملکرد Yield gap (kg ha-1)	1595	1428	1515	1543
درصد خلاء عملکرد Yield gap (%)	37	35	36	37

متغیر	تراکم (بوته در مترمربع) Density (Plant/m2)	تعداد آبیاری Irrigation	تاریخ برداشت (روز سال) harvest date(DOY)	میانگین Average
حد بهینه Minimum optimal level	7	4	200	-
درصد مزارع خارج از حد بهینه Farmers out of optimal (%)	71	74	16	-
عملکرد بر اساس حد بهینه Yield at optimal (kg ha-1)	4140	4031	3696	4082
متوسط عملکرد (Kg.ha-1) Average Yield (kg ha-1)	2657	2657	2657	2657
خلاء عملکرد Yield gap (kg ha-1)	1483	1374	1039	1425
درصد خلاء عملکرد Yield gap (%)	36	34	28	35

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده، متوسط عملکرد پنبه در منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹٤ به‌میزان ۲٦٥۷ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد قابل حصول ٤۰۸۲ کیلوگرم در هکتار برآورد شد که نشان‌دهنده خلاء عملکردی در حدود ۱٤۲٥ کیلوگرم در هکتار بود. با استفاده از آنالیز خط مرزی حد بهینه عوامل مدیریتی مورد بررسی جهت دستیابی به این عملکرد شناسایی شدند. بر اساس این نتایج توصیه‌هایی که می‌توان جهت افزایش عملکرد و رفع خلاء انجام داد عبارتند از: مصرف حداقل ٦٥ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، مصرف حداقل ٤۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به صورت P_2O_5 در هنگام کاشت، مقدار بذر مصرفی مناسب حدود ٥۰ کیلوگرم در هکتار، تراکم مطلوب حدود ۷ تا ۸ بوته در مترمربع، و ٤ مرتبه آبیاری در مرحله داشت و جهت حصول به حداکثر عملکرد تاریخ کاشت قبل از ٤۰ روز از اول سال، البته کشت‌های خیلی زودهنگام نیز ممکن است خطر برخورد به سرمای بهاره را در پی داشته باشد، بر اساس بررسی‌های این تحقیق، اولین تاریخ کاشت مزارع پنبه در منطقه مورد مطالعه ۲٥ فروردین ماه بود. و تاریخ برداشت حدود ۲۰۰ روز از اول سال به ترتیب معادل حدود ۹ اردیبهشت و یا قبل از آن اقدام به کشت نمود و تاریخ برداشت مناسب نیز ۱٤ مهرماه می‌باشد.

منابع

1. Constable, G.A., and Bange, M.P. 2015. The yield potential of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Field Crops Research., 182: 98-106.
2. Akbari Nodehi, D. 2010. The Effect of Different Water Quantities on Yield, Water Use efficiency and Cotton Yield Function inMazandaran Province, Iran. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science., 21/2(1): 103-111. (In Persian with English abstract)
3. Bednarz, C.W., Don Shurley, W., Anthony, W.S., and Nichols, R.L. 2005. Yield, quality, and profitability of cotton produced at varying plant densities. Agronomy Journal., 97: 235-240.
4. Boquet, D.J. 2005. Cotton in ultra-narrow spacing: plant density and nitrogen fertilizer rates. Agronomy Journal., 97: 279-287.
5. Bozbek, T., Sezner, V., and Unay, A. 2006. The effect of sowing date and planting density on cotton yield. J. Agron., 5: 122-125.
6. Ghorbani Nasrabad, Gh., and Hezarjaribi, A. 2010. Cotton response to deficit irrigation during different growth stages. J. Plant Prod., 17(4): 129-141. (In Persian)
7. Dhandhalya, M.G., and Shiyani, R.I. 2009. Production potentials, yield gaps and research prioritization of production constraints in major oilseed crops of saurashtra region. Indian J. Agric. Res., 43: 18-25.
8. Annual agricultural statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. 2014. Available from: http://www.maj.ir (In Persian)
9. Ghajari, A., Miri, A.A., Zanghi, M.R., and Soltani, S. 2011. Determination of optimum planting arrangement and plant density of early cotton varieties after canola Harvesting. Elect. J. Crop Prod., 4(4): 103-121. (In Persian)
10. Glenn, D. 1992. Sampling the Evidence of Extension Program Impact. Program Evaluation and Organizational Development, IFAS, University of Florida. PEOD-5. October.
11. ICAC. 2013. World Apparel Fibre Consumption Survey. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Cotton Advisory Committee. <https://www.icac.org/cotton info/publications/statistics/world-apparel-survey/FAO-ICAC-Survey-2013-Update-and-2011-Text.pdf/>.

12. Hajjarpoor, A., Soltani, A., and Torabi, B. 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. Elect. J. Crop Prod., 8(4): 183-201.
13. Hearn, A.B. 1986. Effect of preceding crop on the nitrogen requirements of irrigated cotton on a vertisol. Field Crop. Res., 13: 159-175.
14. Zhi, X.Y., Han, Y.C., LI, Y.B., Wang, G.P., DU, W.L., LI, X.X., MAO, S.C., and Lu, F. 2016. Effects of plant density on cotton yield components and quality. J. Integr. Agric., 15(7): 1469-1479.
15. Wang, X., Tang, C., Guppy, C.T., and Sale, P.W.G. 2010. Cotton, Wheat and white lupin differ in phosphorus acquisition from sparingly soluble sources. Environ. Exp. Bot., 69: 267-272.
16. Khajehpour, M. 2006. Principles and Basics of Agronomy. Iranian Academic Center for Education, Branch of Isfahan University of Technology Publishing, 398p.
17. Tasistro, A. 2012. Use of Boundary lines in Field Diagnosis and Research for Mexican Farmers. Better Crops., 96(2): 11-13.
18. Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. annual Rev. Environ. Resour., 34: 179-204.
19. Makowski, D., Doré, T., and Monod, H. 2007. A new method to analyse relationships between yield components with boundary lines. Agron. Sustain. Dev., 27: 119-128.
20. Zhang, D., Zhang, L., Liu, J., Han, S., Wang, Q., Evers, J., Liu, J., Werf, W., and Li, L. 2014. Plant density affects light interception and yield in cotton grown as companion crop in young jujube plantations. Field Crops Res., 169: 132-139.
21. Jafaraghaei, M., and Jalali, A.H. 2014. The effects of different amounts of nitrogen and phosphorus in early cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivar. Agron. J. 102: 205-212. (In Persian)
22. Pereira, L.S., Paredes, P., Sholpankulov, 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. Agric. Water Manag., 96(5): 723–735.
23. Pettigrew, W.T. 2004. Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components and boll distribution. Agron. J., 96: 377-383.
24. Banneheka, B., Dhanushika, M., Wijesuriya, W., and Herath, K. 2013. A linear programming approach to fitting an upper quadratic boundary line to natural rubber data. J. Nati. Sci., 41: 13-20.
25. Siebert, J.D., Stewart, A.M., and Leonard, B.R. 2006. Comparative growth and yield of cotton grown at various densities and configurations. Agron. J., 98: 562–568.
26. Sohrabi Mashkabadi, B. 2010. Determination of yield and cost function equation of new variety cotton "Sepid" in sprinkler irrigation. Elect. J. Cotton Fibre Crops., 1(1): 13-20. (In Persian)
27. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperature sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crops Res., 77: 17-30.
28. Soltani, A., and Torabi, B. 2014. Design and Analysis of Agricultural Experiments. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. 430p.
29. Soltani, A. 2009. Mathematical Modeling in Field Crops. JDM Press, Mashhad, Iran.175p. (In Persian with English abstract)
30. Hakoomat, A., Muhammad Naveed, A., Shakeel, A., and Dilbaugh, M. 2009. Effect of cultivars and sowing dates on yield and quality of *Gossypium hirsutum* L. crop J. Food, Agric. Environ., 7(3): 244-247.
31. 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 Crop. Res., 143: 4-17.

productivity in semiarid environments. Field Crops Res., 110: 251-262.
38. Wairegi, L.W.I., Van Asten, P.J.A., Tenywa, M.M., and Bekuna, M.A. 2010. Abiotic constraints override biotic constraints in East African highland banana systems. Field Crops Res., 117: 146-153.
39. Hochman, Z., Carberry, P.S., Robertson, M.J., Gaydon, D.S., Bell, L.W., and McIntosh, P.C. 2012. Prospects for ecological intensification of Australian agriculture. Europ. J. Agron., 44: 109-123.
40. Lark, R.M., and Milne, A.E. 2016. Boundary line analysis of the effect of water-filled pore space on nitrous oxide emission from cores of arable soil. Europ. J. Soil Sci., 67: 148-159.
41. Main, C.L., Tomas Barber, L., Boman, R.K., Chapman, K., Dodds, D.M., Duncan, S., and Bronson, K.F. 2013. Effects of Nitrogen and planting seed size on cotton growth, development, and yield. Agron. J., 105(6): 1853-1859.
42. Elum, Z.A., and Sekar, C. 2015. An empirical study of yield gap in seed cotton production in Tamil Nadu state, India. Indian J. Agric. Res., 49(6): 549-553.
43. Mondal, M.H. 2011. Causes of yield gaps and strategies for minimizing the gaps in different crops of Bangladesh. Bangl. J. Agric. Res, 36: 469-479.
32. Hengsdijk, H., and Langeveld, J.W.A. 2009. Yield Trends and Yield Gap Analysis of Majorcrops in the World. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur and Milieu, 60p.
33. Wang, N., Jassogne, L., Van Asten, P.J.A., Mukasa, D., Wanyama, I., Kagezi, G., and Giller, K.E. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. Europ. J. Agron., 63: 1-11.
34. Wrather, J.A., Phipps, B.J., Stevens, W.E., Phillips, A.S., and Vories, E.D. 2008. Cotton planting date and plant population effect on yield and fiber quality in the Mississippi Delta. The J. Cotton Sci., 12: 1-7.
35. Tittonell, P., Shepherd, K.D., Vanlauwe, B., and Giller, K.E. 2008. Unravelling the effects of soil and crop management on maize productivity in smallholder agricultural systems of western Kenya an application of classification and regression tree analysis. Agric., Ecosyst. Environ., 123: 137-150.
36. Fermont, A.M., Van Asten, P.J.A., Tittonell, P., van Wijk, M.T., and Giller, K.E. 2009. Closing the cassava yield gap: an analysis from smallholder farms in East Africa. Field Crops Res., 112: 24–36.
37. Grassini, P., Hall, A.J., and Mercau, J.L. 2009. Benchmarking sunflower water