

## واکنش عملکرد و روند تجمع زیست‌توده ارقام جدید پنبه به تراکم

محمد برزعلی<sup>۱\*</sup> و فاطمه دینکو<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۴

### چکیده

یکی از خصوصیات پنبه عادت رشدی نامحدود است که سازش‌پذیری فیزیولوژیک و مرفولوژیک آن را به طیف گسترده‌ای از شرایط محیطی و عملیات‌های زراعی نشان می‌دهد. این سازش‌پذیری بر نحوه شکل‌گیری و ایجاد ساختار کانوپی آن می‌تواند بر مقدار و نحوه تخصیص زیست‌توده گیاه به اندام‌های رویشی و زايشی، میزان جذب نور و مقدار تولید محصول اثر قابل توجهی بگذارد. در بین برنامه‌های زراعی موثر در افزایش عملکرد پنبه، تبیین تراکم گیاهی بهینه کشت و انتخاب رقم مناسب با حفظ و تعادل رشد آن، قادر است زمینه ساز دستیابی به عملکرد بالا باشد. زیرا جمعیت گیاهی مطلوب یک رقم عمل کلیدی جهت حداکثر سازی عملکرد و برگشت مناسب سرمایه‌گذاری اقتصادی محسوب می‌گردد و تراکم‌های گیاهی خیلی بالا یا خیلی پایین می‌تواند نتایج منفی برای عملکرد آن داشته باشد. لذا با توجه به نیاز به اطلاعات بیشتر در خصوص واکنش رشدی و عملکردی ارقام تازه معرفی شده پنبه به تراکم‌های گیاهی مختلف که نقش مهمی در استفاده بهینه از فصل رشد و نهاده‌های تولید و به تبع آن افزایش عملکرد و سود اقتصادی برای پنبه‌کاران استان گلستان را دارد، این آزمایش طراحی و اجراء گردید.

**مواد و روش‌ها:** آزمایش در مزرعه‌ای تحقیقاتی واقع در مجاورت ایستگاه آب و هواشناسی سینوپتیک شهرستان علی‌آبادکتول با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا با میانگین بارندگی سالیانه ۶۹۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۱۷٫۵ درجه سانتی‌گراد، در سال ۱۳۹۸ انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجراء درآمد. فاکتورهای مورد مطالعه در آزمایش شامل دو رقم جدید پنبه (رقم لطیف و ساجدی) و چهار تراکم کشت (۵۵، ۷۵، ۹۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار) بود. جهت تخمین وزن زیست‌توده خشک پنبه، از زمان اولین ظهور جوانه گل چهار بوته از هر واحد آزمایشی به فاصله هر ۱۵ روز در روزهای ۴۴، ۵۹، ۷۴، ۸۹، ۱۰۴، ۱۱۹ و ۱۳۴ پس از ظهور گیاهچه، برداشت شدند تا وزن خشک ثابت به‌دست آید. یک

\*نویسنده مسئول: barzali@hotmail.com

معادله رگرسیون لجستیک به منظور تبیین تجمع زیست‌توده مورد استفاده قرار گرفت و پارامترهای رشد گیاهی اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که طول دوره رشد در رقم ساجدی به‌طور معنی‌داری از رقم لطیف بیشتر بود و در هر دو رقم با افزایش تراکم تا ۹۵ هزار بوته در هکتار بر مقدار صفات تعداد قوزه در واحد سطح، عملکرد کل وش و عملکرد الیاف به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزوده شد. تفاوت معنی‌داری در عملکرد کل وش و عملکرد الیاف بین تراکم‌های ۷۵ با ۱۱۵ هزار بوته در هکتار در هر دو رقم وجود نداشت. بیشترین تجمع زیست‌توده رویشی و کل بوته در هر دو رقم در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار مشاهده شد. بر اساس شبیه‌سازی زیست‌توده بوته‌ها در تراکم‌های مختلف، بالاترین میانگین و حداکثر میزان تولید زیست‌توده اندام‌های زایشی به ترتیب با ۷۳/۴ و ۸۳/۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار بود.

**نتیجه‌گیری:** تعیین مطلوب‌ترین تراکم گیاهی جهت دستیابی به حداکثر تولید عملکرد پنبه در نواحی اکولوژیک مختلف به دلیل متغیر بودن شرایط آب و هوایی، ارقام مورد کاشت و سایر عملیات زراعی، متفاوت است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که رقم معرفی شده ساجدی از نظر عملکرد کل وش نسبت به رقم لطیف در منطقه علی‌آباد برتر بود. همچنین بالاترین عملکرد کل وش در رقم ساجدی تحت تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار با ۴۴۶۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بررسی روند تجمع زیست‌توده در ارقام تحت تراکم‌های مختلف نشان داد که اختصاص هر چه بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام‌های زایشی به‌ویژه تولید تعداد قوزه بیشتر می‌تواند تضمینی در جهت حصول عملکرد بالا باشد. لذا به نظر می‌رسد مدیریت بهینه داشت در دوره زمانی حداکثر رشد اندام‌های زایشی که بین ۷۰ و ۱۰۳ روز پس از ظهور در رقم لطیف و ۷۲ و ۱۰۴ روز در رقم ساجدی اتفاق می‌افتد، ضروری می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** وش، الیاف، جمعیت گیاهی، تخصیص ماده خشک، اجزای عملکرد، معادلات لجستیک.

## مقدمه

امروزه پنبه با سطح زیر کشت ۳۲،۲۷ میلیون هکتار، میانگین عملکرد ۷۷۰ کیلوگرم در هکتار الیاف و ۱۴/۱۴ میلیون عدل تولیدی در دنیا، به‌عنوان مهم‌ترین محصول لیفی و یکی از گیاهان دانه روغنی شناخته می‌شود (وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، ۲۰۲۰). در ایران بر اساس آخرین آمار منتشر شده (سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷) سطح زیر کشت، متوسط عملکرد (کشت آبی-کشت دیم) و میزان تولید آن به ترتیب ۹۰ هزار هکتار، ۱۲۹۳-۲۵۹۹ کیلوگرم در هکتار وش و ۲۲۹ هزار تن وش اعلام شده است (وزارت جهاد کشاورزی، ۲۰۲۰). یکی از خصوصیات این گیاه عادت رشدی نامحدود است که سازش‌پذیری فیزیولوژیک و مرفولوژیک آن را به طیف گسترده‌ای از شرایط محیطی و عملیات‌های زراعی نشان می‌دهد. این سازش‌پذیری و تغییرات حاصله در شرایط رشد و نمو بر نحوه

شکل‌گیری و ایجاد ساختار کانوپی آن می‌تواند بر مقدار و نحوه تخصیص زیست‌توده گیاه به اندام‌های رویشی و زایشی، میزان جذب نور و مقدار تولید محصول اثر قابل توجهی بگذارد (لیو و همکاران، ۲۰۲۰). در بین برنامه‌های زراعی موثر در افزایش عملکرد پنبه، تبیین تراکم گیاهی بهینه کشت و انتخاب رقم مناسب با حفظ و تعادل رشد آن، قادر است زمینه ساز دستیابی به عملکرد بالا باشد. زیرا جمعیت گیاهی مطلوب یک رقم عمل کلیدی جهت حداکثر سازی عملکرد و برگشت مناسب سرمایه‌گذاری اقتصادی محسوب می‌گردد و تراکم‌های گیاهی خیلی بالا یا خیلی پایین می‌تواند نتایج منفی برای عملکرد آن داشته باشد (لی و همکاران، ۲۰۲۰). خان و همکاران (۲۰۲۰b) که اثر سه تراکم بوته کم، متوسط و زیاد (۳۰، ۶۰ و ۹۰ هزار بوته در هکتار) بر عملکرد دو رقم پنبه را مورد بررسی قرار دادند، دریافتند رقمی که دارای تعداد قوزه بیشتر در واحد سطح بود میانگین عملکرد بالاتری نسبت به رقم دیگر داشت. همچنین تراکم متوسط نسبت به تراکم‌های کم و زیاد به ترتیب ۱۵/۹ و ۱۰/۷ درصد عملکرد و ۱۶/۲ و ۱۱/۴ درصد تعداد قوزه در واحد سطح بالاتری تولید نمود. در تحقیقی دیگر (تکر، ۲۰۲۰) که عملکرد دو رقم پنبه تحت دو تراکم ۱۸ و ۲۸ هزار بوته در هکتار مورد بررسی قرار گرفت، رقم برتر از نظر عملکرد دارای خصوصیتی همانند سرعت بالاتر رشد قوزه، حفظ بهتر قوزه‌های اولیه و راندمان بیشتر انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی به مخازن گیاه بود. در بررسی خان و همکاران (۲۰۲۰c) مطالعه اثرات شش تراکم گیاهی ۱۵، ۳۳، ۵۱، ۶۹، ۸۷ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار بر پنبه نشان داد که تراکم ۸۷ هزار بوته در هکتار نسبت به حداقل و حداکثر تراکم‌های مورد مطالعه به ترتیب ۲۱ و ۲۸ درصد عملکرد و ۶۱ و ۱۳ درصد تعداد قوزه در واحد سطح بیشتری تولید نمود. بیشترین مقادیر صفات زیست‌توده کل بوته و اندام‌های رویشی در تراکم‌های ۸۷ و ۱۰۵ هزار بوته، دوره زمانی تجمع سریع زیست‌توده و میانگین و حداکثر سرعت رشد زیست‌توده پنبه در اندام‌های زایشی در تراکم ۸۷ هزار بوته مشاهده شد و بالاترین درصد کیل (مقدار الیاف تصفیه شده استحصالی تقسیم بر وش برداشت شده بر حسب درصد) نیز در کمترین تراکم حاصل گردید. از طرفی برخی محققین جهت تحلیل بهتر رشد از معادلات لجستیک برای شبیه‌سازی رشد جمعیت‌های گیاهی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی استفاده می‌نمایند. زیرا که در آن سرعت و ظرفیت نهایی رشد می‌تواند نشان‌دهنده بازتابی از عملکرد گیاه تحت متغیرهای محیطی باشد و از آنجایی که سرعت رشد زیست‌توده‌های خشک و تر گیاهی با فتوسنتز خالص در ارتباط است تغییرات محیطی همانند رقابت درون و برون گونه‌ای، نور، رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه در دوره‌های رشد زایشی می‌تواند با تأثیر بر فتوسنتز یکی از عوامل تعیین‌کننده میانگین و حداکثر سرعت رشد گیاه محسوب گردند (کونو و همکاران، ۲۰۲۰). لذا با توجه به نیاز به اطلاعات بیشتر در خصوص واکنش رشدی و عملکردی ارقام تازه معرفی شده پنبه به تراکم‌های گیاهی مختلف که نقش مهمی در استفاده بهینه از فصل رشد و

تهاده‌های تولید و به‌تبع آن افزایش عملکرد و سود اقتصادی برای پنبه‌کاران استان گلستان را دارد، این آزمایش طراحی و اجراء گردید.

### مواد و روش‌ها

توصیف محل مورد مطالعه و نحوه اجرای عوامل تحقیق: این آزمایش در مزرعه‌ای تحقیقاتی واقع در مجاورت ایستگاه آب و هواشناسی سینوپتیک شهرستان علی‌آبادکتول با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه با میانگین بارندگی سالانه ۶۹۳ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۶۹ درصد، میانگین دمایی ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین درجه حرارت حداکثر ۳۴ درجه سانتی‌گراد در مرداد ماه و میانگین درجه حرارت حداقل ۲/۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۹۸ انجام شد. خصوصیات آب و هواشناسی محل تحقیق در جدول ۱ آمده است. بر اساس آمار هواشناسی مجموع میزان بارندگی در طول دوره رشد پنبه ۲۴۵ میلی‌متر بوده است.

جدول ۱- آمار هواشناسی محل تحقیق در طی فصل رشد بوته‌های پنبه در سال ۱۳۹۸

ماه‌های سال	میزان بارندگی (میلی‌متر)	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	مجموع ساعت آفتابی	میانگین حداقل رطوبت (درصد)	میانگین حداکثر رطوبت (درصد)	میانگین رطوبت (درصد)	مجموع تبخیر (میلی‌متر)	تعداد روزهای بارندگی
اردیبهشت	۳۸٫۰	۱۹٫۸	۱۳٫۸	۲۵٫۸	۳٫۸	۲۱٫۵	۵۰٫۴	۹۰٫۳	۷۰٫۴	۱۱۳٫۷
خرداد	۷٫۸	۲۶٫۷	۲۰٫۰	۳۳٫۴	۱۳٫۲	۲۶۴٫۹	۳۸٫۷	۸۱٫۳	۶۰٫۰	۲۱۵٫۶
تیر	۶۴٫۷	۲۸٫۲	۲۳٫۵	۳۳٫۸	۱۷٫۳	۱۶۴٫۸	۵۱٫۸	۸۶٫۸	۶۹٫۳	۱۸۳٫۹
مرداد	۶٫۹	۲۷٫۴	۲۲٫۲	۳۲٫۶	۱۷٫۲	۲۰۰٫۰	۴۸٫۶	۸۵٫۳	۶۷٫۰	۱۷۷٫۹
شهریور	۵۷٫۸	۲۴٫۴	۱۹٫۱	۲۹٫۸	۱۶٫۱	۲۱۴٫۱	۵۰٫۳	۸۷٫۷	۶۹٫۰	۱۵۶٫۹
مهر	۷۰٫۰	۲۰٫۷	۱۴٫۷	۲۶٫۶	۹٫۸	۲۱۱٫۳	۵۱٫۳	۹۰٫۵	۷۰٫۹	۱۰۳٫۳
میانگین	۴۰٫۹	۲۴٫۵	۱۸٫۹	۳۰٫۲	۱۲٫۹	۲۱۰٫۹	۴۸٫۵	۸۷٫۰	۶۷٫۸	۷۱٫۷

همچنین بر اساس نتایج تجزیه نمونه خاک محل آزمایش، خاک مزرعه از نوع سیلتی کلی لوم بود. مشخصات خاک مزرعه‌ای تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	کربن آلی (درصد)	کربنات کلسیم معادل TCA (درصد)	پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیترژن کل (درصد)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۱,۲۵	۱,۸	۹	۲۲۱	۲,۷۵	۱۸	۷,۷	۱,۴۳۹	۳۲	۵۰	۱۸

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد مطالعه در آزمایش شامل دو رقم جدید پنبه (رقم لطیف و ساجدی) و چهار تراکم کشت (۵۵، ۷۵، ۹۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار) بود. هر دو رقم پنبه مورد تحقیق، پُرمحصول، دارای رشد نسبتاً محدود و قوزه‌های درشت است که در رقم لطیف قوزه‌ها غالباً در نزدیک ساقه اصلی و در رقم ساجدی قوزه‌ها در طول ساقه اصلی تشکیل می‌شود. به منظور کشت، ابتدا در بهار شخم عمیق زده و با توجه به نتایج آزمایش اندازه‌گیری عناصر غذائی خاک و توصیه کودی، ۱۱۸ کیلوگرم نیترژن، ۱۳۲ کیلوگرم فسفر و ۱۳۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به صورت کودهای اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم محاسبه شد و در مزرعه پخش و با خاک مخلوط و سپس زمین تسطیح گردید. هر تیمار شامل هشت ردیف کاشت به طول ۱۲ متر و فاصله بین ردیف ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم‌های مورد نظر با تنظیم فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاشت و بعد از عملیات تنک کردن در مرحله چهار برگی بدست آمد. کاشت در دوم اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ به صورت هیرم‌کاری و در زمین مسطح با دست انجام شد. سایر عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها نیز در صورت لزوم انجام و آبیاری در طول رشد بر اساس نیاز گیاه در چهار نوبت در فواصل ۱۶ الی ۲۰ روز صورت گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی و عملکرد: جهت اندازه‌گیری طول دوره رشد، ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا (گل‌دهنده)، درصد ریزش قوزه در بوته، تعداد قوزه در بوته و واحد سطح و وزن آن، عملکرد کل وش، عملکرد الیاف و درصد کیل از هر کرت ۱۲ بوته به صورت تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد ریزش قوزه، ۱۲ بوته از زمان شروع رشد زایشی به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شد و تعداد قوزه‌های ریزش یافته و نیافته این بوته‌ها هر روز شمارش شد و در انتها درصد ریزش قوزه با استفاده از رابطه تعداد قوزه ریزش یافته به تعداد کل قوزه شمارش شده، محاسبه شد. همچنین در زمان رسیدگی الیاف، وش تولیدی پس از حذف اثر حاشیه ای (۵/۰ متر از

ابتدا و انتها هر واحد آزمایشی برداشت و به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. میانگین وزن قوزه از جمع‌آوری ۱۰۰ قوزه از ۱۲ بوته نشان‌شده به‌دست آمد.

سنجش تجمع زیست‌توده و تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف: جهت تخمین وزن زیست‌توده خشک پنبه، از زمان اولین ظهور جوانه گل چهار بوته از هر واحد آزمایشی به فاصله هر ۱۵ روز در روزهای ۴۴، ۵۹، ۷۴، ۸۹، ۱۰۴، ۱۱۹ و ۱۳۴ پس از ظهور گیاهچه، برداشت و به بخش‌های مختلف ریشه، برگ‌ها، ساقه و اندام‌های زایشی تقسیم و در نهایت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند تا وزن خشک ثابت به‌دست آید. یک معادله رگرسیون لجستیک به‌منظور تبیین تجمع زیست‌توده (معادله ۳) مورد استفاده قرار گرفت (دا و همکاران، ۲۰۱۶).

$$Y = \frac{A}{1 + be^{-kt}} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در معادله (۱)،  $Y$  وزن زیست‌توده بر حسب کیلوگرم،  $A$  حداکثر تجمع زیست‌توده بر حسب کیلوگرم،  $t$  تعداد روز نمودار زیست‌توده توسط معادله محاسبه می‌شوند. از داده‌های به‌دست آمده از معادله (۱)، مقادیر حاصل از معادلات ۲ الی ۷ محاسبه شد.

$$\begin{array}{lll} \text{معادله (۲)} & \text{معادله (۳)} & \text{معادله (۴)} \\ t_M = \frac{\ln b}{k} \left( t_M = t, \frac{A}{2} \right) & t_1 = \frac{\ln b - \ln(2 + \sqrt{3})}{k} & t_2 = \frac{\ln b + \ln(2 + \sqrt{3})}{k} \\ V_M = \frac{Ak}{4} \quad \text{معادله (۵)} & \Delta t = t_2 - t_1 \quad \text{معادله (۶)} & V_A = \frac{Y_2 - Y_1}{\Delta t} \quad \text{معادله (۷)} \end{array}$$

که در معادلات فوق‌الذکر،  $t_M$  نقطه زمانی حداکثر رشد زیست‌توده بر حسب روز،  $V_M$  بالاترین میزان تجمع زیست‌توده بر حسب کیلوگرم در هکتار در روز،  $t_1$  (آغاز) و  $t_2$  (پایان) دوره زمانی تجمع سریع زیست‌توده و  $\Delta t$  حداکثر دوره تجمع سریع زیست‌توده بر حسب روز می‌باشد.  $Y_1$  و  $Y_2$  به ترتیب مقادیر زیست‌توده در زمان‌های  $t_1$  و  $t_2$  هستند.  $V_A$  نشان‌دهنده میانگین تجمع زیست‌توده در فواصل زمانی  $t_1$  و  $t_2$  و  $\Delta t$  مجموع دوره میانگین تجمع زیست‌توده بر حسب روز است. در این آزمایش پس از ثبت اطلاعات، تست نرمالیت داده‌ها و در صورت نیاز تبدیل داده انجام گرفت. تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری SAS صورت پذیرفت و در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل دوجانبه از روش برش‌دهی<sup>۱</sup> جهت تفسیر اثر استفاده گردید. مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، رسم نمودارها از برنامه EXCEL و برای معادلات و رگرسیون‌ها از نرم‌افزار OriginPro 2019b استفاده گردید.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار عامل رقم بر صفات طول دوره رشد، تعداد قوزه در متر مربع، عملکرد کل وش و عملکرد الیاف بود در حالی که عامل تراکم بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن قوزه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳).

**طول دوره رشد:** مقایسه میانگین صفات مورد بررسی نشان داد که رقم ساجدی از ۶ درصد طول دوره رشدی بیشتری نسبت به رقم لطیف برخوردار بود (جدول ۴). همچنین با افزایش تراکم بوته به طول دوره رشد گیاه اضافه شد (جدول ۴). وی و همکاران (۲۰۱۷) اظهار داشته‌اند با افزایش تراکم، غنچه‌دهی، گل‌دهی و قوزه‌دهی به تعویق می‌افتد که دلیل آن را می‌توان با دمای پایین اواخر فصل و کاهش جذب نور مرتبط دانست. همچنین از طرفی در تراکم‌های کم با افزایش قوزه‌های نارس و باز نشده و جذب بخشی از شیره پرورده توسط آن‌ها، از دسترسی سایر قوزه‌ها به شیره پرورده کاسته می‌گردد و در نتیجه کاهش قوزه‌های شکفته و زودرسی نامطلوب را بدنبال داشته باشد. از طرفی افزایش تراکم بوته، جذب نور را در قسمت‌های پایین گیاه کاهش و رقابت بر سر منابع رشدی بین بوته‌ها را افزایش می‌دهد که این موارد بر توسعه فنولوژیک پنبه اثر گذاشته و باعث افزایش زمان، جهت تکمیل دوره رشد گیاه می‌گردد.

**ارتفاع گیاه:** بررسی مقایسه میانگین ارتفاع بوته‌ها نشان داد با آن که بین دو رقم تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد اما با افزایش تراکم از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد (جدول ۴). میزونو و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند افزایش تراکم باعث کاهش غلظت جریان نوری در قسمت‌های میانی و کانوپی گیاهان می‌شود و نسبت نور قرمز به مادون قرمز را کاهش داده و بر فعالیت فیتوکروم اثر گذارده و در نهایت می‌تواند میزان طویل شدن ساقه را کاهش دهد. همچنین می‌توان عنوان نمود که در تراکم‌های بالاتر کاهش نفوذ نور به قسمت‌های پائین کانوپی گیاهی به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالایی و بسته شدن فضای بالای بوته‌های پنبه، ایجاد رقابت درون بوته‌ای بین اندام‌های مختلف گیاهی برای جذب فرآورده‌های فتوسنتزی شکل می‌گیرد که به نظر می‌رسد با توجه به این که ارقام می‌باید با افزایش طول میان‌گره‌ها و به تبع آن از ارتفاع ساقه اصلی بلندتری برخوردار باشند، اندام‌های دیگر همانند اندام‌های زایشی در جایگاه مخازن قوی‌تر، جذب بیشتری از این مواد را انجام داده اند و ساقه اصلی در این ارقام با افزایش تراکم نتوانسته به عنوان مخزن قوی عمل نماید. چائو و همکاران (۲۰۱۵) نیز دریافتند که بوته‌های پنبه در تراکم بالا دارای غالبیت مریستم رشد انتهایی و شاخه‌دهی کمتری می‌باشند.

جدول ۳ - تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر صفات مورفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پنبه

میانگین مربعات		منابع تغییرات										
درصد لیاف (کیل)	وش	عمکرد کل	عمکرد قوزه در وزن قوزه	تعداد قوزه در واحد سطح	بوته	قوزه در بوته	در واحد سطح	در بوته	ارتفاع گیاه	طول دوره رشد	درجه آزادی	منابع تغییرات
۲۹۸۱ <sup>ns</sup>	۱۰۹۴۷ <sup>ns</sup>	۴۳۸۵ <sup>ns</sup>	۰۵۲۴ <sup>ns</sup>	۱۱۵۶ <sup>ns</sup>	۰۴۸۲ <sup>ns</sup>	۵۷۹ <sup>ns</sup>	۰۲۷۵ <sup>ns</sup>	۵۰۳ <sup>ns</sup>	۷۸۵ <sup>ns</sup>	۹۲۴۱ <sup>ns</sup>	۳	بلوک
۲۷۹ <sup>ns</sup>	۶۱۹۲*	۳۸۶۲۴*	۰۴۰۱ <sup>ns</sup>	۳۵۷۴*	۰۳۷۷ <sup>ns</sup>	۳۰۳۴ <sup>ns</sup>	۰۲۸۵ <sup>ns</sup>	۳۱۷۴ <sup>ns</sup>	۵۸۷ <sup>ns</sup>	۲۱۷۹*	۱	رقم
۶۹۶*	۱۳۱۸۳**	۷۹۶۸۸**	۰۱۰۱ <sup>ns</sup>	۷۲۲۷**	۴۲۸**	۱۶۸۹**	۴۱۱**	۱۰۱*	۲۱۵۴*	۳۸۱۹*	۳	تراکم بوته
۲۹۵۷ <sup>ns</sup>	۱۳۷۹۸**	۶۶۹۸۷**	۰۸۹ <sup>ns</sup>	۵۸۷۹**	۰۲۹۸ <sup>ns</sup>	۴۷۸ <sup>ns</sup>	۰۲۷۵ <sup>ns</sup>	۳۳۵ <sup>ns</sup>	۵۲۱ <sup>ns</sup>	۷۲۴ <sup>ns</sup>	۳	رقم × تراکم
۲۸۵۶	۱۴۹۲۱	۵۷۲۲۴	۰۲۱۴	۱۰۰۳۴	۰۲۲۳	۳۲۰۴	۰۳۰۲	۳۲۰۷	۵۳۲۴	۱۰۱۲۲	۲۱	خطا
۵۲۴	۹۷۵	۱۲۱۸	۳۷۶	۱۱۴۲	۱۴۵۲	۶۴۱	۱۱۸۶	۱۴۱۷	۵۹۴	۶۹۴		ضرب تغییرات

<sup>ns</sup> معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و <sup>\*</sup> معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثرات رقم و تراکم بوته در متر مربع بر صفات مورد ارزیابی در پنبه<sup>۱</sup>

کیل	عملکرد لیاف (kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد کل وش (kg ha <sup>-1</sup> )	وزن قوزه عملکرد کل وش (gr)	واحد سطح (No. m <sup>-2</sup> )	بوته (No. per plant)	در بوته (%)	در واحد سطح (No. m <sup>-2</sup> )	در بوته (No. per plant)	ارتفاع گیاه (cm)	طول دوره رشد (day)	سطوح فاکتورهای رقم و تراکم بوته
۳۷۳۷ a	۱۳۴۳ b	۳۶۰۰ b	۵۴۰ a	۸۵۲۲ b	۱۱۵۵ a	۵۴۸۶ a	۸۴۱۲ a	۱۰۸۸ a	۱۰۰۳ a	۱۲۹۴ b	لطیف
۳۸۳۳ a	۱۵۴۰ a	۴۰۳۴ a	۵۶۰ a	۹۲۶۶ a	۱۲۱۶ a	۵۲۷۲ a	۸۸۷۷ a	۱۱۵۱ a	۱۰۲۶ a	۱۳۶۶ a	ساجدی
۳۹۲۹ a	۱۳۵۱ b	۳۴۳۷ c	۵۶۵ a	۸۰۵۱ c	۱۵۷۹ a	۵۱۵۲ c	۶۱۲۶ d	۱۲۰۱ a	۱۰۶۰ ab	۱۳۰۴ b	۵۵
۳۸۲۸ a	۱۴۴۵ b	۳۷۷۰ b	۵۶۵ a	۸۷۵۸ b	۱۲۶۹ b	۵۴۲۱ b	۷۸۵۸ c	۱۱۳۹ ab	۱۰۲۹ ab	۱۳۱۷ b	۷۵
۳۷۱۷ a	۱۵۹۳ a	۴۲۸۴ a	۵۴۵ a	۹۸۳۷ a	۱۱۳۱ c	۵۰۸۴ c	۹۰۱۳ b	۱۰۲۶ b	۹۹۲ bc	۱۳۲۸ b	۹۵
۳۶۶۶ b	۱۳۷۸ b	۳۷۵۶ b	۵۲۶ a	۸۹۳۰ b	۸۵۱ d	۵۸۵۷ a	۱۱۵۸۲ a	۱۱۰۳ ab	۹۷۸ c	۱۳۶۹ a	۱۱۵

<sup>۱</sup> ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیستند.



**اجزای عملکرد و عملکرد:** بُرش‌دهی اثر متقابل عوامل مورد تحقیق نیز نشان داد که سطوح مختلف رقم تحت تأثیر سطوح تراکم بوته در صفات تعداد قوزه در متر مربع، عملکرد کل وش و عملکرد الیاف قرار گرفته است (جدول ۵). همچنین بررسی اجزای عملکرد نشان داد که با افزایش تراکم از تعداد شاخه زایا و تعداد قوزه در هر بوته کاسته اما به تعداد آن‌ها در واحد سطح افزوده شد (جدول ۴). با افزوده شدن تعداد بوته از ۵۵ به ۱۱۵ هزار بوته در هکتار، میزان ریزش قوزه در بوته ۱۴ درصد افزایش پیدا کرد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش تراکم بوته از ۵۵ به ۹۵ هزار بوته در هکتار در هر دو رقم مورد مطالعه، تعداد قوزه در واحد سطح افزایش و سپس کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۶). تعداد قوزه در واحد سطح در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های ۵۵، ۷۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار در رقم ساجدی به ترتیب ۲۰، ۱۳ و ۱۱ درصد و در رقم لطیف ۲۴، ۱۱ و ۱۰ درصد از خود افزایش نشان داد. بررسی میانگین عملکرد کل در سطوح مختلف رقم و تراکم نشان داد که تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار نسبت به تراکم‌های ۵۵، ۷۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار در رقم لطیف به ترتیب ۲۷، ۱۶ و ۱۶ درصد و در رقم ساجدی ۲۳، ۱۱ و ۱۲ درصد و در عملکرد الیاف نیز به ترتیب در رقم لطیف ۲۱، ۱۴ و ۱۸ درصد و در رقم ساجدی ۱۵، ۷ و ۱۳ درصد بالاتر بود (جدول ۶). بالاترین عملکرد کل وش ارقام لطیف و ساجدی به ترتیب با ۴۱۰۵ و ۴۴۶۴ کیلوگرم در هکتار در سطح ۹۵ هزار بوته در هکتار بدست آمد (جدول ۶). همچنین تراکم‌های ۵۵، ۷۵ و ۹۵ هزار بوته در هکتار درصد کیل بالاتری نسبت به تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار دارا بودند.

جدول ۵- برش‌دهی اثر متقابل سطوح مختلف رقم × تراکم بوته

رقم	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تعداد قوزه در واحد سطح	عملکرد کل وش
لطیف	۳	۲۰۸٫۳ **	۸۸۷۹٫۶ **
ساجدی	۳	۱۷۹٫۳ **	۱۰۷۲٫۴ **

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار.

کلجی و همکاران (۲۰۱۷) معتقدند وجود یک تراکم گیاهی مطلوب با ایجاد یک اقلیم میکرو اکولوژیک کوچک برای رقابت مناسب درون گونه‌ای باعث رشد متعادل بوته و تولید قوزه و عملکرد بهتر پنبه می‌شود. لذا تغییرات در ساختار و پویایی سایه‌انداز گیاهی در پاسخ به تراکم‌های مختلف کشت پنبه می‌تواند بر نحوه پراکنش اندام‌های زایشی و رویشی، مصرف آب، درجه حرارت سایه‌انداز، فعالیت آنزیمی سوخت‌وساز مواد فتوسنتزی تأثیرگذار باشد. همچنین اثرات قابل توجهی بر تسهیم زیست‌توده

گیاه در بخش‌های مختلف، جذب عناصر غذایی، پراکنش قوزه، تغییرات در جذب نور، تولید محصول و درصد الیاف داشته باشد (چن و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۶- مقایسه میانگین جداگانه اثر متقابل رقم  $\times$  تراکم بوته بر تعداد قوزه در واحد سطح، عملکرد کل و ش و عملکرد الیاف

رقم	تعداد قوزه در واحد سطح (No. m <sup>-2</sup> )		عملکرد کل و ش (kg ha <sup>-1</sup> )		عملکرد الیاف (kg ha <sup>-1</sup> )	
	ساجدی	لطیف	ساجدی	لطیف	ساجدی	لطیف
۵۵	۸۵٫۱۷ c	۷۵٫۸۵ c	۳۶۴۳ c	۳۲۳۱ b	۱۴۵۰ c	۱۲۵۳ c
۷۵	۹۰٫۴۲ bc	۸۴٫۷۴ b	۴۰۱۲ b	۳۵۲۹ b	۱۵۶۰ b	۱۳۲۹ b
۹۵	۱۰۲٫۵۱ a	۹۴٫۲۳ a	۴۴۶۴ a	۴۱۰۵ a	۱۶۷۳ a	۱۵۱۳ a
۱۱۵	۹۲٫۵۶ b	۸۶٫۰۵ b	۳۹۷۸ bc	۳۵۳۵ b	۱۴۷۸ bc	۱۲۷۸ bc

<sup>۱</sup> ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیستند.

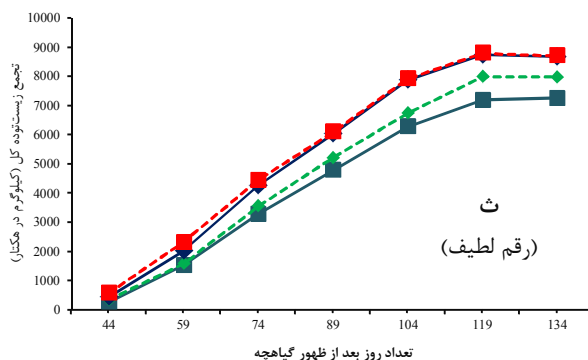
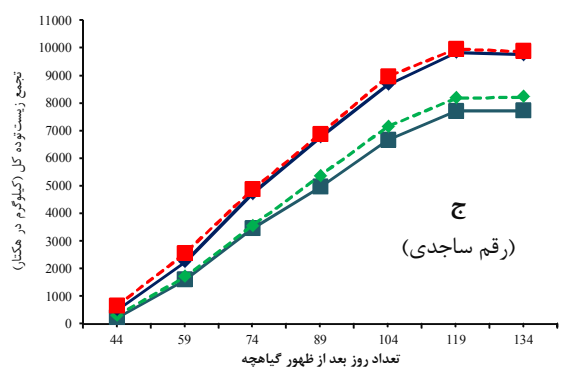
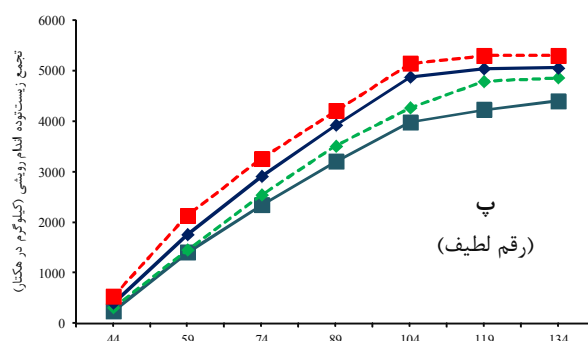
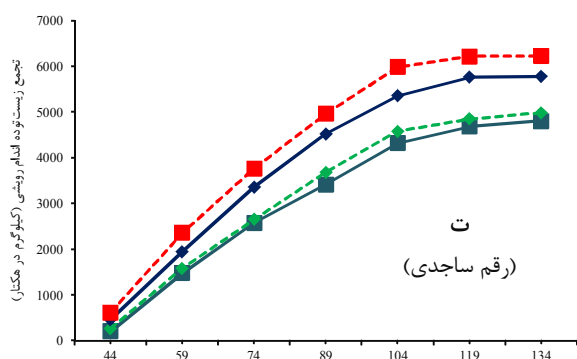
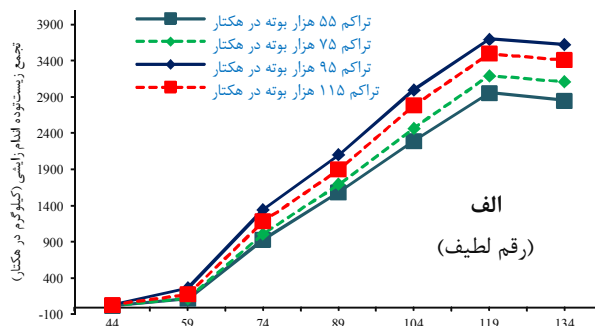
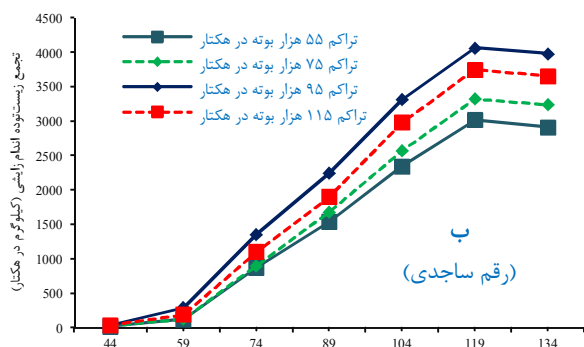
در تحقیق حاضر اثر متقابل رقم  $\times$  تراکم بر عملکرد کل و ش و عملکرد الیاف معنی‌دار بود. در تحقیق خان و همکاران (۲۰۱۷b) نیز اثرات متقابل تراکم در رقم در صفات تعداد قوزه و عملکرد کل و ش معنی‌دار و درصد الیاف غیر معنی‌دار بود و همچنین رقم پرمحصول درصد تعداد قوزه در واحد سطح بیشتر نسبت به رقم دیگر داشت. آنها اظهار داشتند که انتخاب یک ژنوتیپ مناسب نقش اصلی در خصوصیات ساختاری گیاه نظیر شکل، اندازه و شروع رشد اجزای رویشی و زایشی دارد. از سوی دیگر، کاشت پنبه در تراکم‌های بهینه با تنظیم آنزیم‌های متابولیز کننده نیتروژن باعث ثبات عملکرد می‌گردد. همچنین افزایش عملکرد ارقام پنبه در تراکم‌های مطلوب با بهبود ساختار برگ، خصوصیات فلئورسانس کلروفیل، افزایش ظرفیت فتوسنتزی و در نتیجه تعداد قوزه بالا در واحد سطح مرتبط است (یائو و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیق حاضر تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار عملکرد کمتری نسبت به تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار تولید کرد. در این خصوص می‌توان اظهار داشت که افزایش تراکم بالاتر از حد مطلوب با کاهش میزان نور رسیده به قوزه‌های پایینی بوته، بیوسنتز اتیلن در گیاه را تحریک کرده و سبب ریزش قوزه‌ها می‌گردد و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد (ایچر و همکاران، ۲۰۱۵). در بررسی رائفی زاده و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده که با کاهش تراکم از ۲۵۰ به ۷۱ هزار بوته پنبه در هکتار تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد قوزه در بوته افزایش یافت اما عملکرد کل و ش و عملکرد الیاف کاهش معنی‌داری داشت. آنها تعداد قوزه تولیدی کمتر در واحد سطح را باعث کاهش

عملکرد اعلام کردند. آدامز و همکاران (۲۰۱۹) معتقدند که کاهش فاصله بین بوته‌ها روی ردیف شرایط تشکیل قوزه نزدیک ساقه اصلی را مناسب‌تر می‌نماید در حالی که با افزایش فاصله بوته‌ها روی ردیف باعث افزایش رشد شاخه‌های زایشی و رویشی و تشکیل قوزه بر آن شاخه‌ها می‌شود. این موضوع باعث می‌گردد قوزه‌های دوم و سوم نیز در شاخه‌های جانبی تشکیل یافته و تعداد قوزه در بوته افزایش یابد اما برای تکمیل رشد تمامی قوزه‌ها نیاز به زمان بیشتری می‌باشد. با توجه به مباحث ذکر شده می‌توان دریافت که با افزایش تراکم تا ۹۵ هزار بوته در هکتار و به تبع آن طولانی‌تر شدن طول دوره رشد بوته‌ها، زمان مکفی مورد نیاز برای رشد کامل قوزه‌ها فراهم شده، که منجر به کاهش درصد ریزش قوزه‌ها و ماندگاری بهتر آنها در واحد سطح گردیده است.

**تجمع زیست توده:** روند تجمع زیست توده زایشی-تراکم تا اولین گلدهی در هر دو رقم در تراکم‌های مختلف تا ۵۹ روز پس از ظهور گیاهچه بطنی و سپس افزایش یافت (شکل ۱، الف و ب). در هر دو رقم تجمع زیست توده زایشی در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار بیشتر از سایر تراکم‌ها بود. همچنین بررسی تجمع زیست توده اندام رویشی در هر دو رقم نشان داد که مقدار آنها تا زمان بلوغ این اندام‌ها افزایش یافت و بالاترین مقدار آن در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار مشاهده شد (شکل ۱، پ و ت). از جانبی با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، وزن زیست توده هر دو رقم نیز افزایش یافت (شکل ۱، ث و ج).

بای و همکاران (۲۰۱۷) عنوان کرده‌اند که تراکم گیاهی می‌تواند نور، دما، گرما و فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با واکنش‌های شیمیایی سوخت و ساز گیاهی جهت تولید فرآورده‌های غذایی فتوسنتز را در قسمت‌های مختلف کانوپی تغییر دهد. آنها گزارش کردند که افزایش تراکم بوته، سرعت فتوسنتز ظاهری در واحد سطح را تا قبل از مرحله گلدهی کامل افزایش و سبب افزایش زیست توده گردید. دا و همکاران (۲۰۱۶) پس از بررسی روند تجمع زیست توده کل در ارقام مختلف پنبه اظهار داشتند که عمده تفاوت بین ارقام، ناشی از مقدار تجمع زیست توده در واحد سطح و پشتیبانی از قوزه‌ها و حفظ آنها از طریق تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی است. آنها مشاهده کردند که در رقم با عملکرد بالاتر زیست توده بیشتری به اندام‌های زایشی اختصاص یافته بود و همبستگی مثبتی بین عملکرد و ش و تعداد قوزه با زیست توده کل و زیست توده زایشی وجود داشت.

در مطالعه حاضر نیز حداکثر زیست توده زایشی در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار در رقم با عملکرد بالاتر ساجدی بیشتر از رقم لطیف بود. همچنین برخی محققین به تفاوت معنی‌دار در سرعت فتوسنتز و انتقال فرآورده‌های نوری فتوسنتز در ژنوتیپ‌های مختلف پنبه تحت تراکم‌های ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ هزار بوته در هکتار اشاره نموده‌اند (شاه و همکاران، ۲۰۱۷). به‌طور کل می‌توان اظهار داشت که تجمع بیشتر زیست توده کل در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار ناشی از تعداد بیشتر بوته آن در واحد سطح بوده که در ابتدای فصل به دلیل استفاده مؤثرتر از نور خورشید رشد رویشی بهتری داشته است.



شکل ۱- تجمع زیست‌توده اندام‌های زایشی، رویشی و کل بوته در تراکم‌های مختلف در ارقام پنبه

همچنین کاهش شکل‌گیری اندام‌های زایشی در تراکم فوق را می‌توان به ایجاد رقابت بین بوته‌ها در دریافت آب و عناصر غذایی، تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی ساخته شده به رشد رویشی جهت دریافت نور،

کاهش دمای کانوپی (به دلیل رطوبت بالا و کاهش نور عبوری به قسمت‌های پایین بوته) و همچنین ریزش قوزه‌ها به دلیل عدم دریافت نور و مواد غذایی کافی تعمیم داد. محاسبات انجام شده بر پایه معادلات ۲ الی ۷ در جدول ۷ نشان‌دهنده دوره تجمع سریع زیست‌توده در ارقام لطیف و ساجدی است.

جدول ۷- شبیه‌سازی تجمع زیست‌توده بوته‌های پنبه تحت تأثیر تراکم‌های مختلف گیاهی در طی فصل رشد

بخش‌ها و اندام‌های گیاهی	رقم	تراکم (هزار بوته در هکتار)	معادله رگرسیونی	ضریب تبیین ( $R^2$ )
زیست‌توده اندام زایشی	۳۰	۵۵	$Y = 2992,67294 / (1 + 1237,27766e^{-0,0193t})$	۰,۹۸۳ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 3267,25912 / (1 + 1125,18158e^{-0,0240t})$	۰,۹۸۳ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 3775,47298 / (1 + 808,19005e^{-0,0289t})$	۰,۹۸۵ <sup>**</sup>
زیست‌توده اندام رویشی	۳۰	۵۵	$Y = 3576,70665 / (1 + 992,33470e^{-0,0299t})$	۰,۹۸۴ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 4413,49793 / (1 + 163,27095e^{-0,0698t})$	۰,۹۸۶ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 4937,13876 / (1 + 148,92277e^{-0,0674t})$	۰,۹۹۰ <sup>**</sup>
زیست‌توده کل بوته	۳۰	۵۵	$Y = 5153,67200 / (1 + 177,75120e^{-0,0734t})$	۰,۹۸۹ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 5286,99588 / (1 + 130,89159e^{-0,0717t})$	۰,۹۸۳ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 5457,02050 / (1 + 261,66941e^{-0,0703t})$	۰,۹۹۳ <sup>**</sup>
زیست‌توده اندام زایشی	۳۰	۵۵	$Y = 8262,47331 / (1 + 244,28664e^{-0,0686t})$	۰,۹۹۲ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 8943,23364 / (1 + 259,25089e^{-0,0725t})$	۰,۹۹۳ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 9014,85611 / (1 + 184,03431e^{-0,0687t})$	۰,۹۹۱ <sup>**</sup>
زیست‌توده اندام رویشی	۳۰	۵۵	$Y = 3072,55295 / (1 + 150,43356e^{-0,0829t})$	۰,۹۸۶ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 3409,40883 / (1 + 1693,58004e^{-0,0826t})$	۰,۹۸۹ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 4162,77398 / (1 + 995,99491e^{-0,0803t})$	۰,۹۸۹ <sup>**</sup>
زیست‌توده اندام رویشی	۳۰	۵۵	$Y = 3852,44332 / (1 + 139,06207e^{-0,0821t})$	۰,۹۸۹ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 4844,91701 / (1 + 170,35180e^{-0,0697t})$	۰,۹۸۲ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 5013,17816 / (1 + 181,88872e^{-0,0715t})$	۰,۹۸۷ <sup>**</sup>
زیست‌توده کل بوته	۳۰	۵۵	$Y = 5829,69123 / (1 + 180,74248e^{-0,0739t})$	۰,۹۹۲ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 6319,77145 / (1 + 148,86825e^{-0,0729t})$	۰,۹۸۹ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 7997,00071 / (1 + 256,12713e^{-0,0693t})$	۰,۹۹۰ <sup>**</sup>
زیست‌توده کل بوته	۳۰	۵۵	$Y = 8499,12978 / (1 + 270,83170e^{-0,0700t})$	۰,۹۹۴ <sup>**</sup>
		۷۵	$Y = 10046,32007 / (1 + 244,42790e^{-0,0712t})$	۰,۹۹۳ <sup>**</sup>
		۹۵	$Y = 10248,57369 / (1 + 189,86158e^{-0,0685t})$	۰,۹۹۳ <sup>**</sup>

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱ درصد، Y: زیست‌توده بر حسب کیلوگرم و t: تعداد روز بعد از ظهور گیاهچه

جدول ۸- مقادیر ویژه<sup>۱</sup> تجمع زیست‌توده بوته‌های پنبه تحت تأثیر تراکم گیاهی در طی فصل رشد\*

بخش‌ها و اندام‌های گیاهی	رقم	تراکم (هزار بوته در هکتار)		دوره زمانی تجمع سریع			سریع‌ترین نقطه تجمع
		$t_1$ (DAE)	$t_2$ (DAE)	$\Delta t$ (d)	$V_A$ ( $kg\ ha^{-1}\ d^{-1}$ )	$V_M$ ( $kg\ ha^{-1}\ d^{-1}$ )	At DAE
زیست‌توده اندام زایشی	۱۰۰	۵۵	۷۰٫۸	۱۰۳٫۰	۳۲٫۱	۵۳٫۷	۸۶٫۹
		۷۵	۷۱٫۰	۱۰۳٫۸	۳۲٫۸	۵۷٫۶	۸۷٫۴
		۹۵	۶۸٫۲	۱۰۱٫۵	۳۳٫۴	۶۵٫۳	۸۴٫۸
		۱۱۵	۶۹٫۹	۱۰۲٫۸	۳۳٫۰	۶۲٫۷	۸۶٫۳
		<b>میانگین</b>	<b>۷۰٫۰</b>	<b>۱۰۲٫۸</b>	<b>۳۲٫۸</b>	<b>۵۹٫۸</b>	<b>۶۸٫۲</b>
زیست‌توده اندام رویشی	۱۰۰	۵۵	۵۴٫۱	۹۱٫۸	۳۷٫۷	۶۷٫۶	۷۲٫۹
		۷۵	۵۴٫۷	۹۳٫۷	۳۹٫۰	۷۳٫۰	۷۴٫۲
		۹۵	۵۲٫۶	۸۸٫۵	۳۵٫۹	۸۳٫۰	۷۰٫۵
		۱۱۵	۴۹٫۶	۸۶٫۳	۳۶٫۷	۸۴٫۷	۶۷٫۹
		<b>میانگین</b>	<b>۵۲٫۷</b>	<b>۹۰٫۱</b>	<b>۳۷٫۳</b>	<b>۷۷٫۱</b>	<b>۸۷٫۹</b>
زیست‌توده کل بوته	۱۰۰	۵۵	۶۰٫۵	۹۷٫۹	۳۷٫۵	۱۱۴٫۹	۷۹٫۲
		۷۵	۶۰٫۹	۹۹٫۲	۳۸٫۴	۱۲۴٫۴	۸۰٫۱
		۹۵	۵۸٫۶	۹۵٫۰	۳۶٫۴	۱۴۱٫۸	۷۶٫۸
		۱۱۵	۵۶٫۷	۹۵٫۰	۳۸٫۳	۱۳۵٫۹	۷۵٫۸
		<b>میانگین</b>	<b>۵۹٫۲</b>	<b>۹۶٫۸</b>	<b>۳۷٫۶</b>	<b>۱۲۹٫۳</b>	<b>۱۴۷٫۴</b>
زیست‌توده اندام زایشی	۱۰۰	۵۵	۷۲٫۳	۱۰۴٫۰	۳۱٫۷	۵۵٫۹	۸۸٫۲
		۷۵	۷۳٫۱	۱۰۴٫۶	۳۱٫۵	۶۲٫۵	۸۸٫۹
		۹۵	۶۹٫۵	۱۰۲٫۳	۳۲٫۸	۷۳٫۴	۸۵٫۹
		۱۱۵	۷۲٫۱	۱۰۴٫۲	۳۲٫۱	۶۹٫۳	۸۸٫۱
		<b>میانگین</b>	<b>۷۱٫۸</b>	<b>۱۰۳٫۸</b>	<b>۳۲٫۰</b>	<b>۶۵٫۳</b>	<b>۷۴٫۵</b>
زیست‌توده اندام رویشی	۱۰۰	۵۵	۵۴٫۷	۹۲٫۵	۳۷٫۷	۷۴٫۱	۷۳٫۶
		۷۵	۵۴٫۳	۹۱٫۱	۳۶٫۸	۷۸٫۷	۷۲٫۷
		۹۵	۵۲٫۵	۸۸٫۱	۳۵٫۶	۹۴٫۵	۷۰٫۳
		۱۱۵	۵۰٫۵	۸۶٫۶	۳۶٫۱	۱۰۱٫۱	۶۸٫۶
		<b>میانگین</b>	<b>۵۳٫۰</b>	<b>۸۹٫۶</b>	<b>۳۶٫۶</b>	<b>۸۷٫۱</b>	<b>۹۹٫۳</b>
زیست‌توده کل بوته	۱۰۰	۵۵	۶۱٫۰	۹۹٫۰	۳۸٫۰	۱۲۱٫۵	۸۰٫۰
		۷۵	۶۱٫۱	۹۸٫۷	۳۷٫۶	۱۳۰٫۶	۷۹٫۹
		۹۵	۵۸٫۷	۹۵٫۷	۳۷٫۰	۱۵۶٫۹	۷۷٫۲
		۱۱۵	۵۷٫۳	۹۵٫۸	۳۸٫۴	۱۵۴٫۰	۷۶٫۵
		<b>میانگین</b>	<b>۵۹٫۵</b>	<b>۹۷٫۳</b>	<b>۳۷٫۷</b>	<b>۱۴۰٫۷</b>	<b>۱۶۰٫۵</b>

<sup>۱</sup>DAE: تعداد روز بعد از ظهور گیاهچه،  $V_M$ : بالاترین میزان تجمع زیست‌توده بر حسب کیلوگرم در هکتار در روز،  $t$ : حداکثر دوره تجمع سریع زیست‌توده بر حسب روز،  $V_A$ : میانگین تجمع زیست‌توده در فواصل زمانی  $t_1$  و  $t_2$  و  $\Delta t$ : مجموع دوره میانگین تجمع زیست‌توده بر حسب روز.

## 1. Eigen values

زودترین و طولانی‌ترین دوره زمانی تجمع سریع زیست‌توده اندام زایشی بین سطوح مختلف تراکم بوته در رقم لطیف، در سطح ۹۵ هزار بوته در هکتار مشاهده شد که در ۶۸ روز پس از ظهور گیاهچه آغاز و در روز ۱۰۲ پس از ظهور گیاهچه پایان یافت (جدول ۸). مقدار تجمع زیست‌توده اندام زایشی در این تراکم نسبت به تراکم‌های ۵۵، ۷۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۲۱، ۱۲ و ۴ درصد بیشتر بود. در رقم ساجدی نیز تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار نیز دارای بیشترین طول دوره زمانی تجمع سریع با ۳۳ روز بود که در روز ۶۹ آغاز و در روز ۱۰۲ پس از ظهور گیاهچه پایان یافت و میانگین مقدار زیست‌توده حاصله در این دوره زمانی ۷۳٫۴ کیلوگرم در روز در هکتار محاسبه گردید (جدول ۸). در سریع‌ترین نقطه تجمع زیست‌توده اندام زایشی، تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار نسبت به سایر تراکم‌ها توانست در رقم ساجدی با مقدار ۸۳٫۷ کیلوگرم در هکتار در روز نسبت به تراکم‌های ۵۵، ۷۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۳۱، ۱۷ و ۶ درصد زیست‌توده زایشی بیشتری تولید نماید (جدول ۸). در تحقیقی (اقبال و همکاران، ۲۰۲۰) مقدار تجمع ماده خشک کل در ارقام پنبه متفاوت بود و میزان میانگین دوره تجمع سریع زیست‌توده زایشی در رقم دارای عملکرد بالاتر در ۲۸ روز و برای رقم دارای عملکرد کمتر ۲۷ روز طول کشید و نسبت بالاتری از ماده خشک تولیدی در رقم برتر به اندام‌های زایشی اختصاص یافته بود. در تحقیق حاضر نیز مقادیر مشابه در رقم ساجدی نیز بیشتر از رقم لطیف بود. همچنین خان و همکاران (۲۰۲۰a) که اثر تراکم‌های ۱۵، ۳۳، ۵۱، ۸۷ و ۱۰۵ هزار بوته پنبه در هکتار را بر روند تجمع زیست‌توده مورد بررسی قرار دادند، مشاهده نمودند که تجمع زیست‌توده زایشی در تراکم ۸۷ هزار بوته بیشتر از تراکم‌های دیگر بود که با بخشی از یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد. آنها بیان داشتند که در تراکم بالا به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ای از زیست‌توده هر بوته کاسته می‌شود و قسمت عمده تولیدات فتوسنتزی صرف تولید اندام‌های رویشی جهت رقابت بیشتر با سایر بوته‌ها می‌گردد. لذا مواد فتوسنتزی کمتری به اندام‌های زایشی اختصاص می‌یابد. سایر یافته‌های تحقیق نشان داد که با افزایش تراکم، میزان زیست‌توده اندام رویشی در هر دو رقم افزایش یافت (جدول ۸). بیشترین میانگین زیست‌توده اندام رویشی حاصله در رقم لطیف در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار با ۸۴٫۷ کیلوگرم در هکتار در روز و در رقم ساجدی در همین تراکم با ۱۰۱٫۱ کیلوگرم در هکتار در روز بدست آمد. سریع‌ترین نقطه تجمع زیست‌توده اندام رویشی در رقم لطیف در ۶۸ روز پس از ظهور با تولید ۹۶٫۶ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار و در رقم ساجدی در ۶۹ روز پس از ظهور با تولید ۱۱۵٫۳ کیلوگرم در هکتار زیست‌توده در همین تراکم محاسبه شد (جدول ۸). لی و همکاران (۲۰۱۹) نیز اثر سه تراکم ۳۰، ۶۰ و ۹۰ هزار بوته پنبه در هکتار را جهت ارزیابی عملکرد و ش در کشت اول مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که تراکم ۳۰ هزار بوته باعث کاهش ۶۷ درصدی زیست‌توده رویشی نسبت به کل زیست‌توده گیاه در ۱۲۵ روز پس از کاشت نسبت به تراکم ۹۰ هزار

بوته در هکتار گردید. در این تحقیق افزایش رشد بیش از حد شاخه‌های رویشی در تراکم کم باعث ایجاد شاخ و برگ انبوه برای گیاه شد که منجر به ایجاد مشکلاتی در مدیریت داشت و برداشت محصول شد. از طرفی کاشت متراکم می‌تواند باعث جلوگیری از رشد شاخه‌دهی به‌وسیله کاهش مقادیر اکسین، سیتوکینین و جیبرلیک اسید در نوک مریستم شاخه‌های رویشی گردد (خان و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین زمان آغاز و پایان بالاترین میانگین سرعت تجمع زیست‌توده کل در تمامی تیمارها ۵۹ و ۹۷ روز در رقم لطیف و ۶۰ و ۹۷ در رقم ساجدی بود (جدول ۸). در رقم لطیف، میانگین سرعت تجمع زیست‌توده کل ۱۲۹/۳ کیلوگرم در هکتار در روز و حداکثر آن ۱۴۱/۸ کیلوگرم در هکتار در روز در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار و در رقم ساجدی به‌ترتیب ۱۴۰/۷ و ۱۵۶/۹ کیلوگرم در هکتار در همین تراکم بوته بود (جدول ۸). سریع‌ترین نقطه تجمع زیست‌توده در رقم لطیف در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار در ۷۶ روز پس از ظهور گیاهچه با ۱۶۱/۸ کیلوگرم در هکتار در روز و در رقم ساجدی در همین تراکم در ۷۷ روز پس از ظهور گیاهچه با ۱۷۸/۹ کیلوگرم در هکتار در روز اتفاق افتاد (جدول ۸).

بالاترین میانگین دوره زمانی تجمع زیست‌توده کل در ارقام لطیف و ساجدی روز به‌ترتیب در تراکم‌های ۷۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار در ۳۸ روز بدست آمد (جدول ۸). همچنین سایر نتایج نشان داد که مقادیر میانگین وزنی تجمع زیست‌توده‌های اندام زایشی، رویشی و کل در رقم ساجدی به‌ترتیب ۹، ۱۳ و ۹ درصد بیشتر از رقم لطیف بود. ژنگ و همکاران (۲۰۱۶) سه تراکم کاشت ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ هزار بوته در هکتار را بر خصوصیات رشدی پنبه مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که با کاهش تراکم حداکثر شاخص سطح برگ و زیست‌توده کل در واحد سطح کاهش معنی‌داری پیدا نمود اما با افزایش تراکم بوته حداکثر شاخص سطح برگ به‌طور نسبی بیشتر گردید. آنها همچنین اظهار داشتند که بوته‌ها در تراکم‌های بالاتر به‌منظور دست‌یابی به ماده خشک جهت تولید عملکرد توانسته‌اند ساختار قابل توجه‌ای که ظرفیت و عملکرد فتوسنتزی را پشتیبانی کرده و پیری برگ را به تأخیر بیندازد ساخته‌اند. نتایج تحقیق خان و همکاران (۲۰۱۷a) نشان داد که تراکم ۱۰۵ هزار بوته پنبه در هکتار، در طی دوره‌های اوج گلدهی و رسیدگی قوزه منجر به تجمع سریع‌تر مواد غذایی در بافت‌های رویشی گردید و در مقایسه با تراکم ۹۰ هزار بوته مواد غذایی کمتری به سمت بافت‌های زایشی انتقال داد که منجر به عدم تکمیل رشد برخی از قوزه‌ها شد. همچنین سایر نتایج آن‌ها نشان داد که تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار دارای سرعت فتوسنتز خالص بالاتر نسبت به دو تراکم دیگر (۷۵ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار) در مراحل اولین گلدهی (۶۶ روز پس از ظهور گیاهچه)، اوج گلدهی (۷۴ روز پس از ظهور گیاهچه) و زمان باز شدن قوزه (۱۲۱ روز پس از ظهور گیاهچه) بود. آنها یکی از دلایل این موضوع را افزایش جذب نیتروژن در تراکم‌های بالاتر و کمتر بودن رقابت بوته‌ها در تراکم ۹۰ نسبت به ۱۰۵ هزار



بوته در هکتار دانستند. در مطالعه مزبور میانگین ماده تولیدی در نقطه تجمع سریع در اندام‌های زایشی در تراکم ۹۰ هزار بوته نسبت به تراکم‌های ۷۵ و ۱۰۵ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۳۱ و ۴۶ درصد بالاتر به دست آمد و نقطه تجمع سریع زیست‌توده زایشی آن در زمان کوتاه‌تری از تاریخ ظهور گیاهچه نسبت به دو تراکم دیگر بوقوع پیوست که مشابه با نتایج تحقیق حاضر است.

### نتیجه‌گیری

تعیین مطلوب‌ترین تراکم گیاهی جهت دستیابی به حداکثر تولید عملکرد پنبه در نواحی اکولوژیک مختلف به دلیل متغیر بودن شرایط آب و هوایی، ارقام مورد کاشت و سایر عملیات زراعی، متفاوت است. یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که رقم معرفی شده ساجدی از نظر عملکرد کل و ش نسبت به رقم لطیف در منطقه علی‌آباد برتر بود. همچنین بالاترین عملکرد کل و ش در رقم ساجدی تحت تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار مشاهده گردید. بررسی روند تجمع زیست‌توده در ارقام تحت تراکم‌های مختلف نشان داد که اختصاص هر چه بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به اندام‌های زایشی به‌ویژه تولید تعداد قوزه بیشتر می‌تواند تضمینی در جهت حصول عملکرد بالا باشد. لذا به نظر می‌رسد مدیریت بهینه داشت در دوره زمانی حداکثر رشد اندام‌های زایشی که بین ۷۰ و ۱۰۳ روز پس از ظهور در رقم لطیف و ۷۲ و ۱۰۴ روز در رقم ساجدی اتفاق می‌افتد، ضروری می‌باشد.

### منابع

1. Adams, C., Thapa, S., and Kimura, E. 2019. Determination of a plant population density threshold for optimizing cotton lint yield: A synthesis. *Field Crops Research*, 230: 11-16.
2. Bai, Y., Mao, S.C., and Tian, L.W. 2017. Advances and prospects of high-yielding and simplified cotton cultivation technology in Xinjiang cotton-growing area. *Scientia Agricultura Sinica*, 50(1): 38-50.
3. Chen, Z., Niua, Y., Zhao, Y., Hana, C., Hanb, H., and Luo, H. 2019. The combination of limited irrigation and high plant density optimizes canopy structure and improves the water use efficiency of cotton. *Agricultural Water Management*, 218: 139-148.
4. Cho, A., Chase, C. Treadwell, D., and Morales-Payan, J. P. 2015. Apical dominance and planting density effects on weed suppression by Sunn Hemp (*Crotalaria juncea* L.). *HortScience*, 50(2): 263-267.
5. Du, X., Chen, B., Meng, Y., Zhao, W., Zhang, Y., Shen, T., Wang, Y., and Zhou, Z. 2016. Effect of cropping system on cotton biomass accumulation and yield formation in double-cropped wheat-cotton. *International Journal of Plant Production*, 10(1): 1-16.

6. Echer, F., Fábio, R., Rosolem, R., and Ciro, A. 2015. Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at different growth stages. *European Journal of Agronomy*, 65: 18-26.
7. Iqbal, B., Kong, F., Ullah, I., Ali, S., Li, H., Wang, J., Khattak, W.A., and Zhou, Z. 2020. Phosphorus application improves the yield by enhancing reproductive organ biomass and nutrient accumulation in two cotton cultivars with different phosphorus sensitivity. *Agronomy*, 10: 153-174.
8. Kalaji, H.M., Schansker, G., Brestic, M., Bussotti, F., Calatayud A., Ferroni, L., and Losciale, P. 2017. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. *Photosynthesis Research*, 132: 13-66.
9. Kawano, T., Wallbridge, N., and Lummer, C. 2020. Logistic models for simulating the growth of plants by defining the maximum plant size as the limit of information flow. *Plant Signaling & Behavior*, 15(2): 1-7.
10. Khan, N., Han, Y., Xing, F., Feng, L., Wang, Z., Wang, G., Yang, B., Fan, Z., Lei, Y., Xiong, S., and Li, X. 2020a. Plant density influences reproductive growth, lint yield and boll spatial distribution of cotton. *Agronomy*, 10: 1-17.
11. Khan, A., Najeeb, U., Xiangjun, K., Munsif, F., Jie, Z., and Zhou, R. 2020b. Leaf nitrogen metabolism during reproductive phase is crucial for sustaining lint yield of densely populated cotton genotypes. *Agronomy Journal*, 1-14.
12. Khan, N., Xing, F., Feng, L., Wang, Z., Xin, M., Xiong, S., Wang, G., Chen, H., Du, W., and Li, Y. 2020c. Comparative yield, fiber quality and dry matter production of cotton planted at various densities under equidistant row arrangement. *Agronomy*, 10: 232-249.
13. Khan, A., Zheng, J., Tan, D.K.Y., Khan, A., Akhtar, K., Kong, X., Munsif, F., Iqbal, A., Afridi, M.Z., Ullah, A., Fahad, S., and Zhou, R. 2019. Changes in leaf structural and functional characteristics when changing planting density at different growth stages alters cotton lint yield under a new planting model. *Agronomy*, 9: 1-15.
14. Khan, A., Najeeb, U., Wang, L., Tan, D.K.Y., Yang, G., Munsif, F., Ali, S., and Hafeez, A. 2017a. Planting density and sowing date strongly influence growth and lint yield of cotton crops. *Field Crops Research*, 209: 129-135.
15. Khan, A., Wang, L., Ali, S., Tung, S.A., Hafeez, A., and Yang, G. 2017b. Optimal planting density and sowing date can improve cotton yield by maintaining reproductive organ biomass and enhancing potassium uptake. *Field Crops Research*, 214: 164-174.
16. Li, T., Zhang, Y., Daib, J., Donga, H., and Kong, X. 2019. High plant density inhibits vegetative branching in cotton by altering hormone contents and photosynthetic production. *Field Crops Research*, 230: 121-131.
17. Li, X., Han, Y., Wang, G., Feng, L., Wang, Z., Yang, B., Du, W., Lei, Y., Xiong, S., Zhi, X., Xing, F., Fan, Z., Xin, M., and Li, Y. 2020. Response of cotton fruit growth,

- intraspecific competition and yield to plant density. *European Journal of Agronomy*, 114: 1-8.
18. Liu, X., Li, H., Liu, X., Li, Y., Yuan, J., Song, L., and Minqing, W. 2020. Estimation model of canopy stratification porosity based on morphological characteristics: A case study of cotton. *Biosystems Engineering*, 193: 174-186.
  19. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2020. Agricultural statistics of the growing season 2019-2020. Volume one: Crops. Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Center, 89 p. (In Persian).
  20. Mizuno, T., Oka, H., Yoshimura, F., Ishida, K., and Yamashino, T. 2015. Insight into the mechanism of end-of-day far-red light (EODFR)-induced shade avoidance responses in *Arabidopsis thaliana*. *Biosci Biotechnol Biochem*, 79(12): 1987-1994.
  21. Raefizadeh, A., Armin, M., and Jamimoeini, M. 2019. Determining critical time of weed control under conventional and ultra-narrow row spacing conditions of cotton. *Journal of Crop Improvement*, 21(3): 247-258. (In Persian with English Abstract).
  22. Shah, T.K., Eifediye, K., and Khan, H.A. 2017. Yield and quality characters of cotton varieties response to different plant spacing. *Middle East Journal of Agricultural Research*, 6(1): 113-118.
  23. Thakur, M.R. 2020. Square formation, boll retention, yield and quality parameters of Bt and non-Bt cotton in relation to plant density and NPK levels. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1): 2741-2753.
  24. United States Department of Agriculture. 2021. Cotton: World market and trade. Available at: <https://www.fas.usda.gov/data/cotton-world-markets-and-trade> (access in Feb 12 2021).
  25. Wei, H., Meili, C., Wenqing, Z., Binglin, C., Youhua, W., Shan-Shan, W., Yali, M., and Zhiguo, Z. 2017. The effects of sowing date on cottonseed properties at different fruiting-branch positions. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(6):1322-1330
  26. Yao, H.S., Zhang, Y., Yi, X.P., Zhang, X.J., and Zhang, W.F. 2016. Cotton responds to different plant population densities by adjusting specific leaf area to optimize canopy photosynthetic use efficiency of light and nitrogen. *Field Crops Research*, 188:10-16.
  27. Zhang, D., Zhen, L., Liu, S., Li, W., Tang, W., and Dong, H. 2016. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton. *Field Crops Research*, 197: 1-9.

**Yield response and biomass accumulation trend of new cotton  
(*Gossypium hirsutum* L.) cultivars to cropping density**

**M. Barzali<sup>1\*</sup>, F. Dinkou<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Horticulture Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources  
Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

<sup>2</sup>M.Sc of Seed Science, Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj

Received: 2021.01.7 ; Accepted: 2021.05.25

**Abstract**

**Background and Objectives:** One of the characteristics of cotton is its indeterminate growth habit, which shows its physiological and morphological compatibility with a wide range of environmental conditions and agricultural practices. This adaptation to growth habit and canopy structure can have a significant impact on the amount and distribution of plant biomass to vegetative and reproductive organs, the amount of light screening, and the amount of crop production. Among the effective cropping programs to increase cotton yield, clarifying the optimum plant density and selecting the appropriate cultivar while maintaining and balancing growth can be the basis for high yield. This is because optimal plant density is a key measure for maximizing yield and return on economic investment, and plant density that is too high or too low can have negative consequences on yield. Since more information is needed on the growth and yield response of newly introduced cotton varieties to different plant densities, which play an important role in the optimal use of the growing season and production inputs and consequently increase the yield and economic benefits for cotton producers in Golestan province, this experiment was designed and conducted.

**Material and Methods:** The experiment conducted in a research farm located near the synoptic meteorological station of Ali Abad Katol city at an altitude of 140 meters above sea level with an average annual rainfall of 693 mm and an average temperature of 17.5°C in 2019. This study was conducted in a factorial experiment in randomized block design (RCBD) with four replications in which cultivar (Latif and Sajedi) and planting density (55000, 75000, 95000 and 115000 per ha) were considered as factors. To estimate the dry biomass weight of cotton plants, four plants from each experimental plot harvested every 15 days from the first appearance of flower buds on days 44, 59, 74, 89, 104, 9, 119 and 134 after the appearance of seedlings to determine the constant dry weight. A logistic regression

---

\*Corresponding author; \_barzali@hotmail.com

formula used to describe biomass accumulation and plant growth parameters measured.

**Results:** The results showed that the duration of growing period was significantly higher in Sajedi variety than Latif variety and increasing the plant density up to 95000 plants per hectare significantly increased the number of bolls per unit area, seed cotton yield and lint yield in both varieties. Between the densities of 75000 to 115000 plants per ha, there was no significant difference in seed cotton yield and lint yield in both varieties. In both cultivars, the highest accumulation of vegetative and total biomass was observed at density of 115000 plants per ha. Based on the modeling of plant biomass at different densities, the highest average and maximum rate of reproductive biomass belonged to the treatment of 95000 plants per ha at 73.4 and 83.7 kg/ha, respectively.

**Conclusion:** Determination of optimum plant density to achieve maximum cotton production in different ecological areas varies due to different climatic conditions, cultivars and other cropping practices. The results of the present study showed that the introduced variety Sajedi was superior to Latif variety in Ali Abad Katol region in terms of seed cotton yield. Moreover, the highest seed cotton yield at a density of 95,000 plants per ha was obtained from Sajedi variety at 4464 kg / ha. The study of the evolution of biomass accumulation in cultivars with different plant densities showed that the allocation of more photosynthetic products to the reproductive organs, especially the production of more bolls, can be a guarantee of high yields. Therefore, it seems that optimal management of plants is necessary during the period of maximum growth of reproductive organs, which is between 70 and 103 days after emergence in the Latif variety and between 72 and 104 days in the Sajedi variety.

**Keywords:** Cottonseed yield, lint, Plant pupation, Dry matter distribution, Yield components, Logistic equations.

