مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد نهم، شماره اول، ۱۴۰۰
۲۰-۱
www.jcri.ir

واکنش عملکرد و روند تجمع زیست‌توده ارقام جدید پنبه به تراکم

محمد برزعلی[1*] و فاطمه دینکو[2]

[1]بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[2]کارشناس ارشد، مؤسسه تحقیقات ثبت وگواهی 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 آن‌را 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 زایشی، 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 به‌تبع 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 دمایی 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 به‌منظور 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 به‌ترتیب 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 به‌دلیل 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 به‌دست 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 ۱۱۴/۱۴میلیون 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 به‌ترتیب ۹۰ هزار هکتار، ۲۵۹۹-۱۲۹۳ کیلوگرم در هکتار وش و ۲۲۹ هزار تن وش اعلام شده است (وزارت جهادکشاورزی، ۲۰۲۰). یکی از خصوصیات این گیاه عادت رشدی نامحدود است که سازش‌پذیری فیزیولوژیک و مرفولوژیک آن‌را 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 به‌ترتیب 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 خصوصیاتی 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 به‌ترتیب 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 متغیّرهای محیطی باشد و از آن‌جایی‌که سرعت رشد زیست‌توده‌های خشک و تَر 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

نهاده‌های 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 سالیانه 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 درجهٔ 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 سانتی گراد)	میانگین حداقل دما (درجه سانتی گراد)	میانگین حداکثر دما (درجه سانتی گراد)	حداقل مطلق دما (درجه سانتی گراد)	حداکثر مطلق دما (درجه سانتی گراد)	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	۳۶٫۷	۲۱۰٫۵	۵۰٫۴	۹۰٫۳	۷۰٫۴	۱۱۳٫۷	۸
خرداد	۷٫۸	۲۶٫۷	۲۰٫۰	۳۳٫۴	۱۳٫۲	۴۰٫۳	۲۶۴٫۹	۳۸٫۷	۸۱٫۳	۶۰٫۰	۲۱۵٫۶	۵
تیر	۶۴٫۷	۲۸٫۲	۲۳٫۵	۳۲٫۸	۱۷٫۳	۳۸٫۶	۱۶۴٫۸	۵۱٫۸	۸۶٫۸	۶۹٫۳	۱۸۳٫۹	۹
مرداد	۶٫۹	۲۷٫۴	۲۲٫۲	۳۲٫۶	۱۷٫۲	۴۱٫۲	۲۰۰٫۰	۴۸٫۶	۸۵٫۳	۶۷٫۰	۱۷۷٫۹	۸
شهریور	۵۷٫۸	۲۴٫۴	۱۹٫۱	۲۹٫۸	۱۶٫۱	۳۸٫۲	۲۱۴٫۱	۵۰٫۳	۸۷٫۷	۶۹٫۰	۱۵۶٫۹	۹
مهر	۷۰٫۰	۲۰٫۷	۱۴٫۷	۲۶٫۶	۹٫۸	۳۴٫۴	۲۱۱٫۳	۵۱٫۳	۹۰٫۵	۷۰٫۹	۱۰۳٫۳	۷
میانگین	۴۰٫۹	۲۴٫۵	۱۸٫۹	۳۰٫۲	۱۲٫۹	۳۸٫۲	۲۱۰٫۹	۴۸٫۵	۸۷٫۰	۶۷٫۸	۱۵۸٫۶	۷٫۷

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

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

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بـه اجـراء درآمد. فاکتورهای مورد مطالعه در آزمایش شامل دو رقم جدید پنبه (رقـم لطیـف و سـاجدی) و چهـار تراکم کشت (۵۵، ۷۵، ۹۵ و ۱۱۵ هزار بوته در هکتار) بود. هر دو رقم پنبه مـورد تحقیـق، پُرمحصـول، 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. به‌منظور کشت، ابتدا در بهار شـخم عمیـق زده و با توجه به نتایج آزمایش اندازه‌گیری عناصر غذائی خاک و توصیه کودی، ۱۱۸کیلوگرم نیتـروژن، ۱۳۲ کیلوگرم فسـفر و ۱۳۰ کیلـوگرم پتاسـیم در هکتـار به‌صـورت کودهـای اوره، فسـفات آمونیـوم و سولفات پتاسیم محاسبه شد و در مزرعه پخش و با خاک مخلوط و سپس زمـین تسـطیح گردیـد. هـر تیمار شامل هشت ردیف کاشت به طول ۱۲ متر و فاصله بین ردیف ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفتـه شـد. تراکم های مورد نظر با تنظیم فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاشـت و بعـد از عملیـات تنـک کـردن در مرحله چهار برگی بدست آمد. کاشت در دوم اردیبهشت ماه سـال ۱۳۹۸ بـه صـورت هیـرم‌کـاری و در زمین مسطح با دست انجام شد. سایر عملیات داشت شامل مبارزه با علف های هرز، آفـات و بیماری‌هـا نیز در صورت لزوم انجام و آبیاری در طول رشد بر اساس نیاز گیاه در چهار نوبت در فواصل۱۶ الـی ۲۰ روز صورت گرفت.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی و عملکرد: جهت اندازه‌گیری طول دوره رشد، ارتفاع بوته، تعداد شـاخه زایا (گل‌دهنده)، درصد ریزش قوزه در بوته، تعداد قوزه در بوته و واحـد سـطح و وزن آن، عملکـرد کـل وش، عملکرد الیاف و درصد کیل از هر کرت ۱۲ بوته به‌صـورت تصـادفی انتخـاب و صـفات مـورد نظـر اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین درصد ریزش قوزه، ۱۲ بوته از زمـان شـروع رشـد زایشـی بـه صـورت تصادفی از هر کرت انتخاب شد و تعداد قوزه‌های ریزش یافته و نیافته این بوته‌ها هر روز شمارش شـد و در انتها درصد ریزش قوزه با استفاده از رابطه تعداد قوزه ریزش یافته به تعداد کل قوزه شـمارش شـده، محاسبه شد. همچنین در زمان رسیدگی الیاف، وش تولیدی پس از حذف اثـر حاشـیه ای (۰/۵ متـر 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 به‌مدت 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).

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

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.

معادله (۲) $$t_M = \frac{\ln b}{k}\left(t_M = t, \frac{A}{2}\right)$$

معادله (۳) $$t_1 = \frac{\ln b - \ln(2+\sqrt{3})}{k}$$

معادله (۴) $$t_2 = \frac{\ln b + \ln(2+\sqrt{3})}{k}$$

معادله (۵) $$V_M = \frac{Ak}{4}$$

معادله (۶) $$\Delta t = t_2 - t_1$$

معادله (۷) $$V_A = \frac{Y_2 - Y_1}{\Delta t}$$

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 Δt حداکثر دوره تجمع سریع زیست‌توده بر حسب روز می‌باشد. Y_1 و Y_2 به‌ترتیب 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 Δt مجموع دوره میانگین تجمع زیست‌توده بر حسب روز است. در این آزمایش پس از ثبت اطلاعات، تست نرمالیته 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[1]، 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.

1. Slicing

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 حالی‌که عامل تراکم بر تمام صفات مورد بررسی به‌جز 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 به‌تعویق می‌افتد که دلیل آن‌را 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 آن‌که 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 طویل‌شدن ساقه را کاهش دهد. همچنین می‌توان عنوان نمود که در تراکم‌های بالاتر کاهش نفوذ نور به‌قسمت‌های پائین کانوپی گیاهی به‌دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالایی و بسته‌شدن 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 این‌که 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 به‌عنوان 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 مرفولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پنبه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		طول دوره رشد	ارتفاع گیاه	تعداد شاخه زایا در بوته	تعداد شاخه زایا در واحد سطح	درصد ریزش قوزه در بوته	تعداد قوزه در بوته	تعداد قوزه در واحد سطح	وزن قوزه	عملکرد کل وش	عملکرد الیاف	درصد الیاف (کیل)
بلوک	۳	۹٫۲۴۱ ns	۷٫۸۵ ns	۵٫۰۲ ns	۰٫۲۷۵ ns	۵٫۷۹ ns	۰٫۴۸۲ ns	۱۱٫۵۶ ns	۰٫۵۲۴ ns	۴۳۸٫۵ ns	۱۰۹٫۴۷ ns	۲٫۹۸۱ ns
رقم	۱	۲۱٫۷۹ *	۵٫۸۷ ns	۳٫۱۷۴ ns	۰٫۲۸۵ ns	۳٫۰۲۴ ns	۰٫۳۷۷ ns	۳۵٫۷۴ *	۰٫۴۰۱ ns	۳۸۶۲٫۴ *	۶۱۹٫۲ *	۲٫۷۹ ns
تراکم بوته	۳	۳۸٫۱۹ *	۲۱٫۵۴ *	۱۰٫۱ *	۴٫۱۱ **	۱۶٫۸۹ **	۴٫۲۸ **	۷۲٫۲۷ **	۰٫۱۰۱ ns	۷۹۶۸٫۸ **	۱۳۱۸٫۲ **	۶٫۹۶ *
رقم × تراکم	۳	۷٫۲۴ ns	۵٫۲۱ ns	۳٫۳۵ ns	۰٫۲۷۵ ns	۴٫۷۸ ns	۰٫۲۹۸ ns	۵۸٫۷۹ **	۰٫۰۸۹ ns	۶۶۹۸٫۷ **	۱۲۷۹٫۸ **	۲٫۹۵۷ ns
خطا	۲۱	۱۰/۲۲	۵٫۳۲۴	۳٫۲۰۷	۰٫۳۰۲	۳٫۲۰۴	۰٫۲۲۳	۱۰٫۰۲۴	۰٫۲۱۴	۵۷۲٫۲۴	۱۴۹٫۲۱	۲٫۸۵۶
ضریب تغییرات		۶٫۹۴	۵٫۹۴	۱۴٫۱۷	۱۱٫۸۶	۶٫۴۱	۱۴٫۵۲	۱۱٫۴۲	۳٫۷۶	۱۲٫۱۸	۹٫۷۵	۵٫۲۴

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات رقم و تراکم بوته در متر مربع بر صفات مورد ارزیابی در پنبه[1]

سطوح فاکتورهای رقم و تراکم بوته		طول دوره رشد (day)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد شاخه زایا در بوته (No. per plant)	تعداد شاخه زایا در واحد سطح (No. m^{-2})	ریزش قوزه در بوته (٪)	تعداد قوزه در بوته (No. per plant)	تعداد قوزه در واحد سطح (No. m^{-2})	وزن قوزه (gr)	عملکرد کل وش (kg ha^{-1})	عملکرد الیاف (kg ha^{-1})	کیل (٪)
رقم	لطیف	۱۲۹٫۴ b	۱۰۰٫۳ a	۱۰٫۸۸ a	۸۴٫۱۲ a	۵۴٫۸۶ a	۱۱٫۵۵ a	۸۵٫۲۲ b	۵٫۴۰ a	۳۶۰۰ b	۱۳۴۳ b	۳۷٫۳۷ a
	ساجدی	۱۳۶٫۶ a	۱۰۲٫۶ a	۱۱٫۵۱ a	۸۸٫۷۷ a	۵۲/۷۲ a	۱۲/۶ a	۹۲٫۶۶ a	۵٫۶۰ a	۴۰۲۴ a	۱۵۴۰ a	۳۸٫۳۳ a
تراکم (هزار بوته در هکتار)	۵۵	۱۳۰٫۴ b	۱۰۶٫۰ ab	۱۲٫۰۱ a	۶۱٫۲۶ d	۵۱٫۵۲ c	۱۵٫۷۹ a	۸۰٫۵۱ c	۵٫۶۵ a	۳۴۳۷ c	۱۳۵۱ b	۳۹٫۲۹ a
	۷۵	۱۳۱٫۷ b	۱۰۲٫۹ ab	۱۱٫۳۹ ab	۷۸٫۵۸ c	۵۴٫۲۱ b	۱۲٫۶۹ b	۸۷٫۵۸ b	۵٫۶۵ a	۳۷۷۰ b	۱۴۴۵ b	۳۸٫۲۸ a
	۹۵	۱۳۲٫۸ b	۹۹٫۲ bc	۱۰٫۳۶ b	۹۰٫۱۳ b	۵۰٫۸۴ c	۱۱٫۳۱ c	۹۸٫۳۷ a	۵٫۴۵ a	۴۲۸۴ a	۱۵۹۳ a	۳۷٫۱۷ a
	۱۱۵	۱۳۶٫۹ a	۹۷٫۸ c	۱۱٫۰۳ ab	۱۱۵٫۸۳ a	۵۸٫۵۷ a	۸٫۵۱ d	۸۹٫۳۰ b	۵٫۲۶ a	۳۷۵۶ b	۱۳۷۸ b	۳۶٫۶۶ b

[1] ستون‌هائی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی‌دار 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 به‌تعداد 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۲۷، ۱۶ و ۱۶ درصد و در رقم ساجدی ۲۳، ۱۱ و ۱۲ درصد و در عملکرد الیاف نیز به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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	عملکرد الیاف
لطیف	۳	۲۰۸٫۳ **	۸۸۷۹٫۶ **	۱۵۹۶٫۵ **
ساجدی	۳	۱۷۹٫۳ **	۱۰۷۲٫۴ **	۱۷۱۲٫۸ **

** 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 نـور، تولیـد محصـول وش و درصد الیاف داشته باشد (چن و همکاران، ۲۰۱۹).

جدول ۶- مقایسه میانگین جداگانه اثر متقابل رقم × تراکم بوته بر تعداد قوزه در واحد سطح، عملکرد کـل وش و عملکرد الیاف

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

[۱] ستون‌هائی که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیستند.

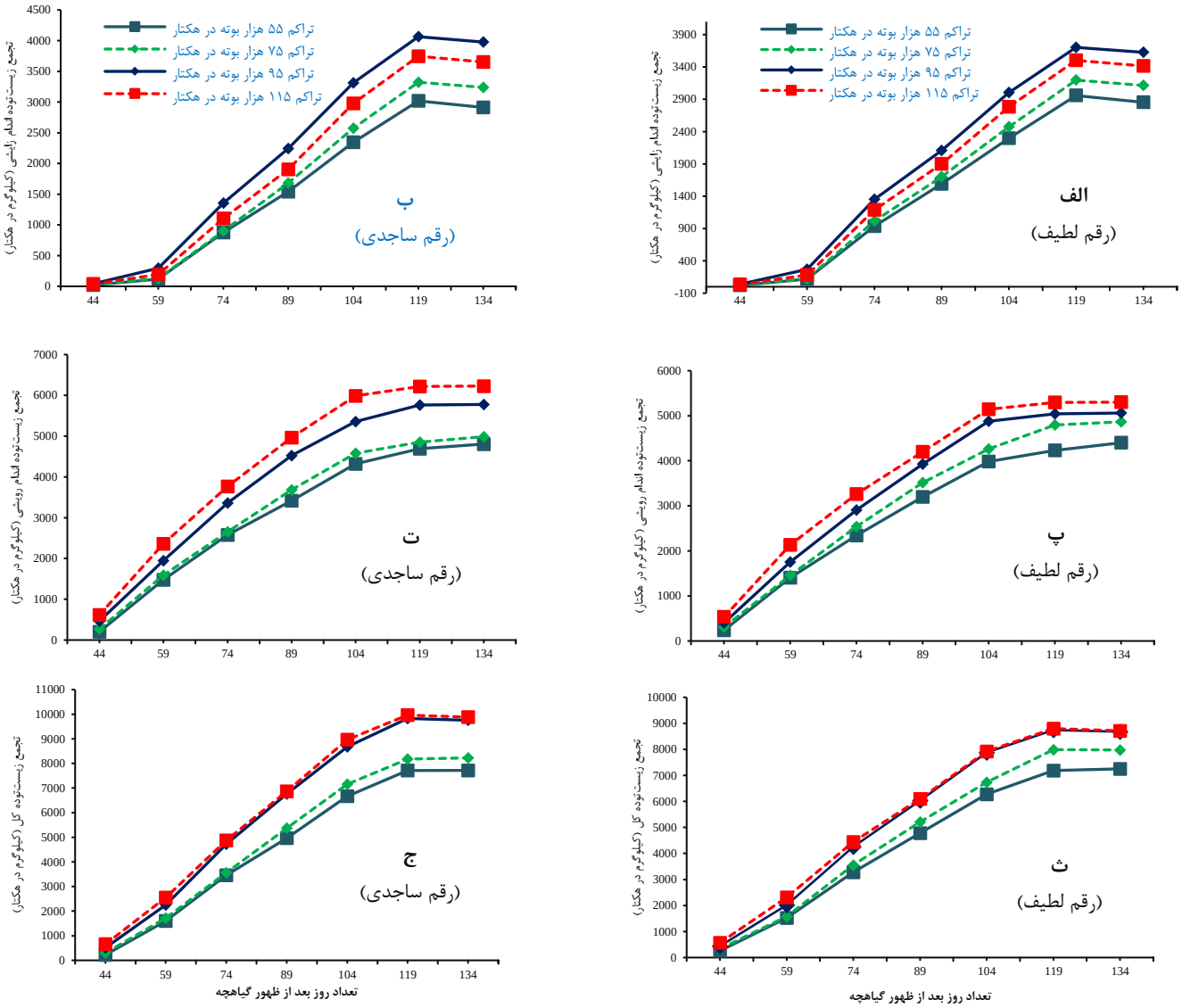
در تحقیق حاضر اثر متقابل رقم × تراکم بر عملکـرد کـل وش و عملکـرد الیـاف معنـی‌دار بـود. در تحقیق خان و همکاران (۲۰۱۷b) نیز اثرات متقابل تراکم در رقم در صفات تعداد قـوزه و عملکـرد کـل وش معنی‌دار و درصد الیاف غیر معنی‌دار بود و همچنین رقم پرمحصـول درصـد تعـداد قـوزه در واحـد سطح بیشتر نسبت به رقم دیگر داشت. آنها اظهار داشتند که انتخاب یک ژنوتیپ مناسب نقـش اصـلی در خصوصیات ساختاری گیاه نظیر شکل، اندازه و شروع رشد اجـزای رویشـی و زایشـی دارد. از سـوی دیگر، کاشت پنبه در تراکم‌های بهینه با تنظیم آنزیم‌های متابولیز کننده نیتروژن باعـث ثبـات عملکـرد می‌گردد. همچنین افزایش عملکرد ارقام پنبه در تراکم‌های مطلوب با بهبود ساختار برگی، خصوصـیات فلوئورسانس کلروفیل، افزایش ظرفیت فتوسنتزی و در نتیجه تعداد قـوزه بـالا در واحـد سـطح مـرتبط است (یائو و همکاران، ۲۰۱۶). در تحقیق حاضر تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار عملکرد کمتری نسـبت به تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار تولید کرد. در این خصوص می‌توان اظهـار داشـت کـه افـزایش تـراکم بالاتر از حد مطلوب با کاهش میزان نور رسیده بـه قوزه‌هـای پـایینی بوتـه، بیوسـنتز اتـیلن در گیـاه را تحریک کرده و سبب ریزش قوزه‌ها می‌گردد و در نتیجـه عملکـرد کـاهش می‌یابـد (ایچـر و همکـاران، ۲۰۱۵). در بررسی رائفی زاده و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده که با کاهش تراکم از ۲۵۰ بـه ۷۱ هـزار بوته پنبه در هکتار تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد قوزه در بوته افزایش یافـت امـا عملکـرد کـل وش و عملکرد الیاف کاهش معنی‌داری داشت. آن‌ها تعداد قوزه تولیدی کمتر در واحد سطح را باعـث کـاهش

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 حالی‌که با افـزایش فاصـله بوتـه‌ها روی ردیـف باعث افزایش رشد شاخه‌های زایشی و رویشی و تشکیل قوزه بر آن شاخه‌ها می‌شود. این موضوع باعـث می‌گردد قوزه‌های دوم و سوم نیز در شاخه‌های جانبی تشکیل یافته و تعداد قوزه در بوته افـزایش یابـد اما برای تکمیل رشد تمامی قوزه‌ها نیاز به زمان بیشتری می‌باشد. با توجه به مباحث ذکر شده می‌تـوان دریافت که با افزایش تراکم تا ۹۵ هزار بوتـه در هکتـار و بـه‌تبع آن طـولانی‌تر شـدن طـول دوره رشـد بوته‌ها، زمان مکفی مورد نیاز برای رشد کامل قوزه‌ها فراهم شده، که منجـر بـه کـاهش درصـد ریـزش قوزه‌ها و ماندگاری بهتر آنها در واحد سطح گردیده است.

تجمع زیست‌توده: روند تجمع زیست‌توده زایشی-تراکم تا اولین گلدهی در هر دو رقـم در تراکم‌هـای مختلف تا ۵۹ روز پس از ظهور گیاهچه بطئی و سپس افزایش یافت (شکل ۱، الف و ب). در هر دو رقم تجمع زیست‌توده زایشی در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار بیشتر از سایر تراکم‌ها بود. همچنین بررسـی تجمع زیست‌توده اندام رویشی در هر دو رقم نشان داد که مقدار آن‌ها تا زمان بلوغ این اندام‌ها افـزایش 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 زیست‌توده هر دو رقم نیز افزایش یافت (شکل ۱، ث و ج).

بای و همکاران (۲۰۱۷) عنوان کرده‌اند که تراکم گیاهی می‌توانـد نـور، دمـا، گرمـا و فعالیـت‌هـای آنزیمی مرتبط با واکنش‌های شیمیایی سوخت و ساز گیاهی جهت تولید فراورده‌های غذایی فتوسنتز را در قسمت‌های مختلف کانوپی تغییر دهد. آنها گزارش کردند که افزایش تراکم بوتـه، سـرعت فتوسـنتز ظاهری در واحد سطح را تا قبل از مرحله گلدهی کامل افزایش و سبب افزایش زیست‌توده گردیـد. دا و همکاران (۲۰۱۶) پس از بررسی روند تجمع زیست‌توده کل در ارقام مختلـف پنبـه اظهـار داشـتند کـه عمده تفاوت بین ارقام، ناشی از مقدار تجمع زیست‌توده در واحد سطح و پشـتیبانی از قوزه‌هـا و حفـظ آنها از طریق تسهیم بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی است. آنها مشاهده کردند که در رقـم بـا عملکرد بالاتر زیست‌توده بیشتری به اندام‌های زایشی اختصـاص یافتـه بـود و همبسـتگی مثبتـی بـین عملکرد وش و تعداد قوزه با زیست‌توده کل و زیست‌توده زایشی وجود داشت.

در مطالعه حاضر نیز حداکثر زیست‌توده 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 زیست‌توده کل در تراکم ۱۱۵ هزار بوته در هکتار ناشی از تعداد بیشتر بوته آن در واحد سطح بوده که در ابتدای فصل به‌دلیل 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 بـه ایجـاد رقابـت بـین بوتـه‌ها در دریافت آب و عناصر غذایی، تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی ساخته شده به رشد رویشی جهت دریافـت نـور،

کاهش دمای کانوپی (به‌دلیل 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 الی۷ 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	لطیف	۵۵	$Y= ۲۹۹۲/۶۷۲۹۴/(۱+۱۲۳۷/۲۷۷۶۶e^{-۰/۰۸۱۹۳t})$	۰/۹۸۳**
		۷۵	$Y= ۳۲۶۷/۲۵۹۱۲/(۱+۱۱۲۵/۱۸۱۵۸۷e^{-۰/۰۸۰۴۰t})$	۰/۹۸۳**
		۹۵	$Y= ۳۷۷۵/۴۷۲۹۸/(۱+۸۰۸/۱۹۰۰۵e^{-۰/۰۷۸۹۱t})$	۰/۹۸۵**
		۱۱۵	$Y= ۳۵۷۶/۷۰۶۶۵/(۱+۹۹۲/۳۳۴۷۰e^{-۰/۰۷۹۹۱t})$	۰/۹۸۴**
زیست‌توده اندام رویشی	لطیف	۵۵	$Y= ۴۴۱۳/۴۹۷۹۳/(۱+۱۶۳/۲۷۰۹۵e^{-۰/۰۶۹۸۶t})$	۰/۹۸۶**
		۷۵	$Y= ۴۹۳۷/۱۳۸۷۶/(۱+۱۴۸/۹۲۷۲۷e^{-۰/۰۶۷۴۵t})$	۰/۹۹۰**
		۹۵	$Y= ۵۱۵۳/۶۷۲۰۰/(۱+۱۷۷/۷۵۱۲۰e^{-۰/۰۷۳۴۵t})$	۰/۹۸۹**
		۱۱۵	$Y= ۵۳۸۶/۹۹۵۸۸/(۱+۱۳۰/۸۹۱۵۹e^{-۰/۰۷۱۷۵t})$	۰/۹۸۳**
زیست‌توده کل بوته	لطیف	۵۵	$Y= ۷۴۵۷/۰۰۲۰۵/(۱+۲۶۱/۶۶۹۴۱e^{-۰/۰۷۰۳۰t})$	۰/۹۹۳**
		۷۵	$Y= ۸۲۶۲/۴۷۳۳۱/(۱+۲۴۴/۲۸۶۶۴e^{-۰/۰۶۸۶۷t})$	۰/۹۹۲**
		۹۵	$Y= ۸۹۴۳/۲۳۳۶۴/(۱+۲۵۹/۲۵۰۸۹e^{-۰/۰۷۲۳۵t})$	۰/۹۹۳**
		۱۱۵	$Y= ۹۰۱۴/۸۵۶۱۱/(۱+۱۸۴/۰۳۴۳۱e^{-۰/۰۶۸۷۹t})$	۰/۹۹۱**
زیست‌توده اندام زایشی	ساجدی	۵۵	$Y= ۳۰۷۲/۵۵۲۹۵/(۱+۱۵۰۴/۳۳۵۶۶e^{-۰/۰۸۲۹۹t})$	۰/۹۸۶**
		۷۵	$Y= ۳۴۰۹/۴۰۸۸۳/(۱+۱۶۹۳/۵۸۰۰۴e^{-۰/۰۸۳۶۶t})$	۰/۹۸۹**
		۹۵	$Y= ۴۱۶۲/۷۷۳۹۸/(۱+۹۹۵/۹۹۴۹۱e^{-۰/۰۸۰۳۹t})$	۰/۹۸۹**
		۱۱۵	$Y= ۳۸۵۲/۴۴۳۳۲/(۱+۱۳۹۰/۶۲۰۷۴e^{-۰/۰۸۲۱۲t})$	۰/۹۸۹**
زیست‌توده اندام رویشی	ساجدی	۵۵	$Y= ۴۸۴۴/۹۱۷۰۱/(۱+۱۷۰/۳۵۱۸۰e^{-۰/۰۶۹۷۹t})$	۰/۹۸۲**
		۷۵	$Y= ۵۰۱۳/۱۷۸۱۶/(۱+۱۸۱/۸۸۸۷۲e^{-۰/۰۷۱۵۹t})$	۰/۹۸۷**
		۹۵	$Y= ۵۸۲۹/۶۹۱۲۳/(۱+۱۸۰/۷۴۲۴۸e^{-۰/۰۷۳۹۴t})$	۰/۹۹۲**
		۱۱۵	$Y= ۶۳۱۹/۷۷۱۴۵/(۱+۱۴۸/۸۶۸۲۵e^{-۰/۰۷۲۹۵t})$	۰/۹۸۹**
زیست‌توده کل بوته	ساجدی	۵۵	$Y= ۷۹۹۷/۰۰۰۷۱/(۱+۲۵۶/۱۲۷۱۳e^{-۰/۰۶۹۳۱t})$	۰/۹۹۰**
		۷۵	$Y= ۸۴۹۹/۱۲۹۷۸/(۱+۲۷۰/۸۳۱۷۰e^{-۰/۰۷۰۰۸t})$	۰/۹۹۴**
		۹۵	$Y= ۱۰۰۴۶/۳۲۰۰۷/(۱+۲۴۴/۴۲۷۹۰e^{-۰/۰۷۱۲۴t})$	۰/۹۹۳**
		۱۱۵	$Y= ۱۰۲۴۸/۵۷۳۶۹/(۱+۱۸۹/۸۶۱۵۸e^{-۰/۰۶۸۵۴t})$	۰/۹۹۳**

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

جدول ۸- مقادیر ویژه[1] 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)	Δt(d)	V_A (kg ha^{-1} d^{-1})	V_M (kg ha^{-1} d^{-1})	At DAE
زیست‌توده اندام زایشی	لطیف	۵۵	۷۰٫۸	۱۰۳٫۰	۳۲٫۱	۵۳٫۷	۶۱٫۳	۸۶٫۹
		۷۵	۷۱٫۰	۱۰۳٫۸	۳۲٫۸	۵۷٫۶	۶۵٫۷	۸۷٫۴
		۹۵	۶۸٫۲	۱۰۱٫۵	۳۳٫۴	۶۵٫۳	۷۴٫۵	۸۴٫۸
		۱۱۵	۶۹٫۹	۱۰۲٫۸	۳۳٫۰	۶۲٫۷	۷۱٫۵	۸۶٫۳
		میانگین	**۷۰٫۰**	**۱۰۲٫۸**	**۳۲٫۸**	**۵۹/۸**	**۶۸٫۲**	**۸۶٫۴**
زیست‌توده اندام رویشی	لطیف	۵۵	۵۴٫۱	۹۱٫۸	۳۷٫۷	۶۷٫۶	۷۷٫۱	۷۲٫۹
		۷۵	۵۴٫۷	۹۳٫۷	۳۹٫۰	۷۳٫۰	۸۳٫۳	۷۴٫۲
		۹۵	۵۲٫۶	۸۸٫۵	۳۵٫۹	۸۳٫۰	۹۴٫۶	۷۰٫۵
		۱۱۵	۴۹٫۶	۸۶٫۳	۳۶٫۷	۸۴٫۷	۹۶٫۶	۶۷٫۹
		میانگین	**۵۲٫۷**	**۹۰٫۱**	**۳۷٫۳**	**۷۷٫۱**	**۸۷٫۹**	**۷۱٫۴**
زیست‌توده کل بوته	لطیف	۵۵	۶۰٫۵	۹۷٫۹	۳۷٫۵	۱۱۴٫۹	۱۳۱٫۱	۷۹٫۲
		۷۵	۶۰٫۹	۹۹٫۲	۳۸٫۴	۱۲۴٫۴	۱۴۱٫۸	۸۰٫۱
		۹۵	۵۸٫۶	۹۵٫۰	۳۶٫۴	۱۴۱٫۸	۱۶۱٫۸	۷۶٫۸
		۱۱۵	۵۶٫۷	۹۵٫۰	۳۸٫۳	۱۳۵٫۹	۱۵۵٫۰	۷۵٫۸
		میانگین	**۵۹٫۲**	**۹۶٫۸**	**۳۷٫۶**	**۱۲۹٫۳**	**۱۴۷٫۴**	**۷۸٫۰**
زیست‌توده اندام زایشی	ساجدی	۵۵	۷۲٫۳	۱۰۴٫۰	۳۱٫۷	۵۵٫۹	۶۳٫۷	۸۸/۲
		۷۵	۷۳٫۱	۱۰۴٫۶	۳۱٫۵	۶۲٫۵	۷۱٫۳	۸۸٫۹
		۹۵	۶۹٫۵	۱۰۲٫۳	۳۲٫۸	۷۳٫۴	۸۳٫۷	۸۵٫۹
		۱۱۵	۷۲٫۱	۱۰۴٫۲	۳۲٫۱	۶۹٫۳	۷۹٫۱	۸۸٫۱
		میانگین	**۷۱٫۸**	**۱۰۳٫۸**	**۳۲٫۰**	**۶۵٫۳**	**۷۴٫۵**	**۸۷٫۸**
زیست‌توده اندام رویشی	ساجدی	۵۵	۵۴٫۷	۹۲٫۵	۳۷٫۷	۷۴٫۱	۸۴٫۵	۷۳٫۶
		۷۵	۵۴٫۳	۹۱٫۱	۳۶٫۸	۷۸٫۷	۸۹٫۷	۷۲٫۷
		۹۵	۵۲٫۵	۸۸٫۱	۳۵٫۶	۹۴٫۵	۱۰۷٫۸	۷۰٫۳
		۱۱۵	۵۰٫۵	۸۶٫۶	۳۶٫۱	۱۰۱٫۱	۱۱۵٫۳	۶۸٫۶
		میانگین	**۵۳٫۰**	**۸۹٫۶**	**۳۶٫۶**	**۸۷٫۱**	**۹۹٫۳**	**۷۱٫۳**
زیست‌توده کل بوته	ساجدی	۵۵	۶۱٫۰	۹۹٫۰	۳۸٫۰	۱۲۱٫۵	۱۳۸٫۶	۸۰٫۰
		۷۵	۶۱٫۱	۹۸٫۷	۳۷٫۶	۱۳۰٫۶	۱۴۸٫۹	۷۹٫۹
		۹۵	۵۸٫۷	۹۵٫۷	۳۷٫۰	۱۵۶٫۹	۱۷۸٫۹	۷۷٫۲
		۱۱۵	۵۷٫۳	۹۵٫۸	۳۸٫۴	۱۵۴٫۰	۱۷۵٫۶	۷۶٫۵
		میانگین	**۵۹٫۵**	**۹۷٫۳**	**۳۷٫۷**	**۱۴۰٫۷**	**۱۶۰٫۵**	**۷۸٫۴**

*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 Δt: 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 ۱۰۵هزار بوته پنبه در هکتار را بر روند تجمع زیست‌توده مورد بررسی قرار دادند، مشاهد 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 به‌دلیل 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 وش 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، ۱۳و 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 به‌ترتیب ۳۱ و ۴۶ درصد بالاتر به‌دست 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 به‌دلیل 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 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., Zhangb, Y., Daib, J., Donga, H., and Kongb, 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.