مجله پژوهش‌های پنبه ایران
جلد هفتم، شماره اول، ۱۳۹۸
۳۳-۵۶
www.jcri.ir

تأثیر آبیاری، محلول‌پاشی متانول و تراکم بوته بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه

عبدالرحمان خسروی[۱]، سید غلامرضا موسوی[۲]*

[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
[۲]دانشیار گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۱۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر آبیاری، محلول‌پاشی متانول و تراکم بوته بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. دور آبیاری (آبیاری پس از ۱۲۰ و ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) به‌عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی متانول (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی) به عنوان فاکتور فرعی و تراکم بوته (۱۰ و ۲۰ بوته در متر مربع) به عنوان فاکتور فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که دور آبیاری اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی، قطر ساقه، هدایت روزنه‌ای، شاخص کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، تعداد غوزه در متر مربع، عملکرد پنبه دانه و الیاف، عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک داشت. با کاهش دور آبیاری از ۲۴۰ به ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی این صفات به طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۱۶/۳، ۴۸/۸، ۲۵/۳، ۱۰۵/۴، ۱۱/۶، ۲۳/۶، ۶۰/۹، ۶۰/۸، ۷۶/۶، ۶۸/۹ و ۵۵/۶ درصد افزایش یافت. محلول‌پاشی متانول نیز تعداد غوزه در متر مربع و عملکردهای دانه، الیاف، وش و بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین ارتفاع بوته، تعداد غوزه در مترمربع و عملکردهای دانه، الیاف، وش و بیولوژیک با افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در متر مربع، به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب ۱۴/۴، ۲۳/۵، ۱۵/۴، ۲۶/۷، ۲۱/۲ و ۱۷/۶ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی بر اساس نتایج این آزمایش تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، محلول‌پاشی ۱۰ درصد حجمی متانول و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع برای زراعت پنبه در بیرجند مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، متانول، تراکم، پنبه، مورفوفیزیولوژی، عملکرد

*نویسنده مسئول: s_reza1350@yahoo.com

مقدمه

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌دلیل داشتن ریشه‌های گسترده و نفوذپذیر، دارا بودن قابلیت تنظیم تعداد برگ و میوه زمانی که گیاه تحت شرایط تنش قرار می‌گیرد و نیز داشتن دوره غوزه‌دهی قابل انعطاف از گیاهان مناسب برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و از نظر اقتصادی و تجاری از اهمیت زیادی برخوردار است (رای و همکاران، ۱۹۷۴).

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است و از این‌رو به کارگیری شیوه‌های جدید برای افزایش قابلیت تولید گیاهان در شرایط تنش از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. محلول‌پاشی متانول در گیاهان سه کربنه به عنوان ترکیبی که می‌تواند در داخل بافت گیاهی تولید دی‌اکسید کربن نماید (لی و همکاران، ۱۹۹۵)، از جمله موضوعات مورد علاقه محققین برای افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد. همچنین تراکم بوته عملکرد و صفات زراعی پنبه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در تراکم‌های پایین به دلیل عدم استفاده مناسب از عوامل محیطی و نهاده‌های تولید، عملکرد قابل قبولی به دست نمی‌آید و در تراکم‌های بالا به دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها عملکرد کاهش می‌یابد (سینک و همکاران، ۲۰۰۵).

سیسکانی (۲۰۱۴) در بررسی تأثیر تنش کم‌آبی نتیجه‌گیری کرد که با کاهش تأمین نیاز آبی پنبه از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی، تعداد غوزه در متر مربع، تعداد دانه در غوزه، عملکردهای وش، الیاف و دانه در واحد سطح به‌ترتیب ۲۸/۲، ۱۸، ۳۰/۲، ۳۶/۶، ۲۹/۷، ۲۶/۵ و ۳۱/۷ درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج این محقق نشان داد که با قرارگیری پنبه در معرض تنش کم‌آبی، شاخص کلروفیل این گیاه افزایش یافت ولی هدایت روزنه‌ای و محتوای رطوبت نسبی گیاه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. اکبری‌نودهی (۲۰۱۱) در بررسی تیمارهای تأمین مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی در تولید پنبه در استان مازندران نشان داد که تیمارهای صفر و ۷۵ درصد نیاز آبی به ترتیب با ۱۶۷۹ و ۳۰۹۹ کیلوگرم در هکتار، کمترین و بیشترین عملکرد در واحد سطح را به خود اختصاص دادند. فتحی و همکاران (۲۰۱۱) تیمارهای مختلف آبیاری شامل تأمین ۳۳، ۶۶، ۱۰۰ و ۱۳۳ درصد نیاز آبی را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که عملکرد وش تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت و بیشترین عملکرد وش مربوط به تیمار تأمین ۶۶ درصد نیاز آبی با میانگین ۱۹۹۶/۶ کیلوگرم وش در هکتار بود. همچنین در تحقیق مذکور تمامی اجزاء عملکرد به جز تعداد دانه در غوزه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت.

متانول استفاده شده بر روی گیاهان سه کربنه خصوصاً در شرایط با تنفس نوری زیاد، می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت شده توسط فتوسنتز را جبران نماید که این امر منجر به افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح و بالا رفتن تولید ماده خشک در این گیاهان می‌شود (مک‌گیفن و همکاران، ۱۹۹۵).

محلول‌پاشی متانول بر قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی سبب افزایش عملکرد، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آنها می‌شود (نانومورا و بنسون، ۱۹۹۲). مخدوم و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی ۳۰ درصد حجمی متانول، افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، هدایت روزنه‌ای و عملکرد ماده خشک پنبه را به دنبال دارد. جانبازی رودسری و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثر متانول بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط آب و هوایی گیلان گزارش کردند که اثر متانول بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صددانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود، به طوری که تیمار کاربرد ۴۰ درصد حجمی متانول بیشترین ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته و وزن صددانه را به خود اختصاص داد و بیشترین عملکرد بیولوژیک نیز در تیمارهای کاربرد ۳۰ و ۴۰ درصد حجمی متانول مشاهده شد. قربانی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که با افزایش مصرف متانول از صفر به ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی شاخص کلروفیل در گلرنگ به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما بین تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد حجمی متانول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. پاساری و یخچالی (۲۰۱۵) در بررسی محلول‌پاشی متانول (شاهد، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) در نخود گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نخود شد و بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نخود در محلول‌پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی مشاهده شد. آرمین و کیوانلو (۲۰۱۵) در بررسی محلول‌پاشی غلظتهای مختلف متانول (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی) در ذرت گزارش دادند که بیشترین کلروفیل برگ در تیمار محلول‌پاشی متانول با ۳۰ درصد حجمی مشاهده شد. عمارت‌پرداز و همکاران (۲۰۱۴) گزارش دادند که محلول‌پاشی ۵ و ۱۰ درصد حجمی متانول در شرایط آبیاری پس از ۷۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک لوبیا چیتی را نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی به دنبال دارد، اما در شرایط آبیاری پس از ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، تنها کاربرد ۱۰ درصد حجمی متانول توانست افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک را سبب شود. حسین‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که بیشترین و کمترین هدایت روزنه‌ای در نخود به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی با ۳۰ درصد حجمی متانول و عدم محلول‌پاشی متانول مشاهده گردید. این محققین اظهار داشتند که محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ شد.

در گیاهان زراعی انتخاب تراکم مناسب بوته در واحد سطح از اهمیت زیادی برخوردار است. در تراکم بالا مواد فتوسنتزی به جای رشد زایشی، بیشتر صرف رشد رویشی و افزایش تنفس گیاه می گردد. همچنین در پایین‌تر از تراکم بهینه با وجود افزایش تولید تک بوته، عملکرد اقتصادی در واحد سطح کاهش می‌یابد (قنبری و طاهری مازندرانی، ۲۰۰۳). در بررسی حسینی و همکاران (۲۰۱۳) مشخص

شد که با افزایش تراکم پنبه از ۶ به ۹ و ۱۲ بوته در مترمربع، تعداد غوزه در واحد سطح به‌ترتیب ۱۴ و ۲۸ درصد و عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۵ و ۱۲ درصد افزایش یافت. همچنین عملکرد الیاف نیز از ۳۱۸/۲ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۶ بوته در متر مربع به ۳۵۷/۶ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۲ بوته در متر مربع رسید. رایفی‌زاده و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که در کشت با فواصل ردیف خیلی کم (۲۰ سانتی‌متر)، گیاه پنبه از عملکرد وش، الیاف و دانه بیشتر نسبت به کشت رایج (فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر) برخوردار بود. گیسائو و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که با افزایش تراکم از ۱/۵ به ۵/۱ بوته در متر مربع، عملکرد الیاف به میزان ۳۸ درصد افزایش یافت، اما بین تراکم‌های ۵/۱ و ۸/۷ بوته در متر مربع تفاوت آماری مشاهده نشد. همچنین با افزایش تراکم از ۱/۵ به ۵/۱ و ۸/۷ بوته در متر مربع، تعداد غوزه در واحد سطح به‌ترتیب ۳۵/۸ و ۷۰/۱ درصد افزایش یافت. لی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش معنی‌دار عملکردهای دانه، الیاف و بیولوژیک را با افزایش تراکم پنبه از ۳ به ۷/۵ بوته در متر مربع گزارش کردند. باسال و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که هر چند بین تراکم‌های ۶/۲ و ۱۷/۸ بوته در متر مربع تفاوت آماری از نظر تعداد غوزه پنبه در متر مربع مشاهده نشد، اما عملکرد الیاف در هر دو تیمار آبیاری مطلوب و تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری با افزایش تراکم بوته افزایش یافت.

با توجه به این که بیرجند در منطقه نیمه‌خشک واقع شده است، مطالعه در خصوص چگونگی واکنش گیاه پنبه به تنش کم‌آبی در شرایط تغییر تراکم بوته و به کارگیری روش‌های جدید مدیریت تنش از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی اثر تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی متانول و تراکم بوته بر صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد پنبه انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند (کیلومتر ۵ جاده بیرجند- زاهدان) واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا که دارای اقلیمی نیمه خشک با زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد، اجرا گردید.

آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی در این آزمایش شامل دور آبیاری در دو سطح (آبیاری پس از ۱۲۰ و ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر) به عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی متانول در ۳ سطح (صفر، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول) به عنوان فاکتور فرعی و تراکم بوته در دو سطح (۱۰ و ۲۰ بوته در متر مربع) به‌عنوان فاکتور فرعی فرعی بود. از آب آبیاری به عنوان حلال متانول استفاده شد و به هر

یک از مقادیر مصرف متانول، مقدار دو گرم در لیتر گلیسین جهت جلوگیری از صدمات ناشی از سمیت متانول اضافه شد. همچنین جهت بهبود و افزایش چسبندگی محلول‌های متانول، مقدار یک گرم در لیتر توئین ۸۰ به عنوان مویان استفاده شد. محلول‌پاشی ۳ بار طی فصل رشد گیاه صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی طی مرحله رویشی در فاصله ۶ هفته پس از سبز شدن و محلول‌پاشی‌های بعدی به فاصله ۲ هفته انجام شد (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۳). هرکرت آزمایشی دارای ۴ خط کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر، ۵ متر طول و ۲ متر عرض بود. فاصله کرت‌های اصلی به‌منظور کاهش ریسک نشت آب بین تیمارهای آبیاری ۲/۵ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی و فرعی فرعی به‌ترتیب ۱/۵ و ۱ متر در نظر گرفته شد.

پس از انتخاب زمین و عملیات خاک‌ورزی اولیه در اوایل اردیبهشت، تسطیح زمین و نمونه‌برداری از خاک در خرداد سال ۱۳۹۳ انجام شد. سپس با استفاده از فاروئر، جوی و پشته‌های لازم ایجاد و نقشه طرح پیاده گردید. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی بود و اسیدیته، میزان کربن آلی و ازت و هدایت الکتریکی آن به‌ترتیب ۷/۵۷، ۰/۰۹۵ درصد، ۰/۰۳۴ درصد و ۳/۹۴ زیمنس بر متر بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، برای تأمین نیاز غذایی پنبه، میزان ۳۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار استفاده شد. کود فسفره و پتاسه قبل از کاشت و کود اوره به صورت سرک و به‌طور مساوی در دو مرحله ۸-۶ برگی و شروع گلدهی استفاده شد. بذر پنبه رقم بومی بیرجند قبل از کاشت با قارچ‌کش بنومیل با نسبت ۴ در هزار ضدعفونی شد و در تاریخ ۲۰ خرداد ماه ۱۳۹۳ در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر کشت شد. مبارزه با علف‌های هرز در دو نوبت و به‌صورت وجین دستی در طی دوره رشد صورت پذیرفت. برای ایجاد تراکم‌های ۱۰ و ۲۰ بوته در متر مربع، تنک بوته‌های پنبه در مرحله ۴ برگی با رعایت فاصله روی ردیف به‌ترتیب ۱۵ و ۳۰ سانتی متر انجام شد.

برای تعیین صفات مرفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، ارتفاع اولین شاخه زایا از زمین، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در اواخر دوره رشد و با رعایت اثر حاشیه از دو ردیف وسط تعداد۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و صفات مذکور اندازه‌گیری شد. شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل Minolta-502 اندازه‌گیری شد. به این منظور در مرحله باز شدن غوزه‌های میانی بوته های هر کرت آزمایشی یک نوبت و در ساعت ۱۰ تا ۱۱ صبح از خطوط میانی هر کرت تعداد ۵ برگ در موقعیت مشابه بر روی بوته‌های مختلف انتخاب و شاخص کلروفیل ۳ نقطه از هر برگ با استفاده از دستگاه فوق تعیین شد و میانگین این اعداد به‌عنوان عدد مربوط به آن کرت ثبت شد. اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای به وسیله دستگاه پرومتر و در برگ‌های تازه بالغ انجام شد. زمان اندازه‌گیری بین ساعات ۱۰ تا ۱۱ صبح بود. برای تعیین محتوای نسبی آب نیز تعداد ۵ بوته در موقعیت مشابه بر روی بوته‌های مختلف به صورت تصادفی از ردیف‌های وسط با در نظر گرفتن اثر حاشیه انتخاب و پس از برداشت

بلافاصله برگ‌ها داخل پاکت نایلونی و داخل کلمن حاوی یخ قرارداده شد. پس از انتقال به آزمایشگاه و توزین (بدست آوردن وزن تازه)، بلافاصله برگ‌های هر کرت آزمایشی به طور جداگانه داخل ظرف‌های حاوی یک لیتر آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و درب ظرف‌ها با کاغذ آلومینیوم پوشانده شد. سپس برای تعیین وزن اشباع، سطح برگ‌ها توسط دستمال کاغذی خشک و دوباره وزن شد. در مرحله بعد برگ‌ها به آون منتقل و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرارگرفته و وزن خشک آنها نیز به کمک ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم مشخص شد. در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید (رفیعی و همکاران، ۲۰۰۹).

۱۰۰× (وزن خشک برگ - وزن اشباع برگ)/ (وزن خشک برگ - وزن تازه برگ) = محتوای نسبی آب برگ (٪)

برداشت وش پنبه در چند مرحله بر اساس باز شدن غوزه‌ها از دو متر مربع میانی هر کرت آزمایشی و با رعایت اثر حاشیه از دو ردیف وسط به‌صورت برداشت غوزه با وش صورت گرفت. عملکرد وش و غوزه پنبه از توزین غوزه‌های حاوی وش برداشت شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد و پس از جداسازی وش از غوزه‌ها با دست، وزن آنها نیز با ترازو محاسبه گردید. عملکرد خشک شاخ و برگ دو متر مربع میانی هر کرت آزمایشی نیز پس از کف‌بر کردن بوته‌ها و خشک کردن آنها در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۷۲ ساعت، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه گردید. در نهایت عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز از حاصل جمع عملکرد غوزه با وش و عملکرد شاخ و برگ بدست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: آبیاری اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته‌های پنبه داشت و تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه نیز به طور معنی‌دار و در سطح ۵ درصد تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت. تراکم بوته تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد بر ارتفاع شاخه زایشی، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه داشت، اما اثر متانول و برهمکنش فاکتورهای مورد بررسی بر صفات مورفولوژیکی معنی‌داری نشد (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر از برتری معنی‌دار به‌ترتیب ۱۶/۳، ۴۸/۸ و ۲۵/۳ درصدی

در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر برخوردار بود (جدول ۲). در شرایط تنش کمبود آب به دلیل کاهش آماس سلولی، رشد و تقسیم سلولی کاهش می‌یابد (قربانلی و همکاران، ۲۰۰۶) و از این‌رو رشد رویشی گیاه کم می‌شود. کاهش ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه با افزایش شدت تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه (کاهش قدرت منبع) و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر رشد رویشی نسبت داد (لک، ۲۰۱۳). سیسکانی (۲۰۱۴) نیز در پنبه کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته و قطر ساقه را با کاهش تأمین نیاز آبی پنبه از ۱۰۰ به ۵۰ درصد در منطقه بیرجند گزارش کرد. همچنین سپهرم و موسوی (۲۰۱۶) کاهش ۴۸/۱ و ۳۱/۸ درصدی به‌ترتیب ارتفاع بوته و قطر ساقه چای ترش را با افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی گزارش کردند.

با افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در مترمربع، ارتفاع بوته و ارتفاع شاخه زایشی از سطح زمین به‌ترتیب ۱۴/۴ و ۱۱/۴درصد افزایش و تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه به‌ترتیب ۲۵/۶ و ۲۷/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۲). بدیهی است که بوته‌های مجاور برای جذب عوامل محیطی از جمله نور، رقابت شدیدی داشته که این مساله در تراکم‌های بالا جدی‌تر می‌باشد، بنا بر این در تراکم‌های بالا به علت سایه‌اندازی بیشتر در کانوپی و تجزیه کمتر هورمون اکسین، ارتفاع بوته افزایش می‌یابد ولی ساقه‌ها نازک‌تر خواهند شد (ایوب و همکاران، ۲۰۰۳؛ مودب شبستری و مجتهدی، ۲۰۰۸). کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته با افزایش تراکم از ۱۲ به ۲۴ بوته در متر مربع در پنبه توسط زانگ و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است. طبق گزارش‌های ایوب و همکاران (۲۰۰۳) دلیل کاهش قطر ساقه در تراکم بالا، افزایش رقابت درون گونه‌ای است که طی آن گیاهان برای جذب نور بیشتر و نیز عدم تجزیه نوری اکسین در قسمت پایین کانوپی، بر ارتفاع ساقه خود و ارتفاع شاخه زایشی از سطح زمین افزوده و با توجه به محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی، افزایش ارتفاع ساقه در تراکم‌های بالا با کاهش قطر ساقه همراه خواهد بود. پارسا مطلق و همکاران (۲۰۱۷) در چای ترش، قاجاری و همکاران (۲۰۱۰) در پنبه و سپهری و وزیری امجد (۲۰۱۵) در کاسنی گزارش کردند که افزایش تراکم کاهش معنی‌دار تعداد انشعابات ساقه اصلی را به دنبال دارد که نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌نماید.

صفات فیزیولوژیکی: بر اساس نتایج این تحقیق دور آبیاری تأثیر معنی داری بر هدایت روزنه‌ای و شاخص کلروفیل در سطح یک درصد و بر محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد داشت، اما اثرات ساده متانول و تراکم بوته و نیز اثرات متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۱).

تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای، شاخص کلروفیل و محتوای نسبی آب گردید، به‌طوری‌که با افزایش دور آبیاری از ۱۲۰ به ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر این صفات به‌ترتیب ۵۱/۳، ۱۰/۴ و ۱۹/۱ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲).

یکی از اولین واکنش‌های گیاهان به تنش کم‌آبی، بسته شدن روزنه‌هاست. در شرایط تنش کم‌آبی، جذب و تثبیت دی‌اکسید کربن بر اثر بسته شدن نسبی روزنه‌ها و یا کاهش درجه گشودگی آن‌ها کاهش و در نتیجه از هدایت روزنه‌ای برگ کاسته می‌شود (سینک و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش معنی‌دار و ۴۲ درصدی هدایت روزنه‌ای پنبه در شرایط تنش کم‌آبی توسط پیلون و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. راغ‌آرا (۲۰۱۴) نشان داد که با تأمین ۳۳ درصد نیاز آبی، هدایت روزنه‌ای در برگ‌های ذرت ۳۵/۶ درصد و به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت. در بررسی سی و سه مرده و همکاران (۲۰۱۱)، تنش کم‌آبی باعث کاهش ۵۵ درصدی هدایت روزنه‌ای در آفتابگردان گردید.

دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش کم‌آبی، احتمالا افزایش تخریب این رنگیزه در اثر افزایش میزان آنزیم‌های کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی (احمدی و سی‌وسه مرده، ۲۰۰۵) و یا کاهش ساخت آن و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (مسلمی، ۲۰۱۰). یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل، رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) و آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) در شرایط تنش کم‌آبی می‌باشد که باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات، بیشتر به مصرف پرولین برسد و در نتیجه بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (رامک و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین بر اساس نظر اسکوتز و فانگمیر (۲۰۰۱)، کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش مربوط به افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول است که سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردند. از طرف دیگر مسدود شدن روزنه‌ها نیز باعث افزایش خسارت تنش اکسیداتیو، تخریب کلروفیل و کاهش محتوی کلروفیل برگ می‌شود (اسکلمر و همکاران، ۲۰۰۵). راغ‌آرا (۲۰۱۴) نشان داد که با افزایش شدت تنش کم‌آبی و تأمین تنها ۳۳ درصد نیاز آبی نسبت به تیمارهای تأمین ۶۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، شاخص کلروفیل برگ ذرت به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۰/۴ و ۱۵/۶ درصد کاهش یافت. اما بین تیمارهای تأمین ۶۷ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت آماری مشاهده نشد. همچنین کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ در پنبه (پیلون و همکاران، ۲۰۱۵)، گلرنگ (قربانی و همکاران، ۲۰۱۷) و ذرت (گوما و همکاران، ۲۰۱۴) با افزایش تنش کم‌آبی گزارش شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پنبه تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	ارتفاع اولین شاخه زایا از زمین	تعداد انشعابات ساقه اصلی	قطر ساقه	هدایت روزنه‌ای	شاخص کلروفیل	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۳۷۵/۸**	۵۱/۰۳ ns	۹/۲۵ ns	۱۵/۶۶*	۳۰۸/۹۹ ns	۲۴/۱۲ ns	۶۰/۴۹ ns
آبیاری	۱	۷۲۲/۴**	۱۹/۲۴ ns	۱۸۹/۰۳ *	۸/۵۴ *	۱۶۱۰۰/۷۹**	۲۷۵/۴۵**	۴۳۰/۳۹*
خطای اول	۲	۰/۹۸	۹/۴۴	۸/۵۳	۰/۳۹	۳۵/۸۹	۱/۲۵	۷/۳۴
متانول	۲	۵/۵۱ ns	۶/۱۵ ns	۲/۰۷ ns	۱/۶۹ ns	۱۱۳/۹۵ ns	۱/۴۱ ns	۲۴/۷۷ ns
آبیاری × متانول	۲	۱۵/۹۳ ns	۴/۲۷ ns	۲/۹۲ ns	۱/۵۸ ns	۸۴/۱۷ ns	۱/۶۴ ns	۱۳/۳۵ ns
خطای دوم	۸	۲۴/۲۶	۲/۶۸	۴/۰۸	۱/۸۴	۳۷۵/۳۳	۵/۹۸	۲۰/۱۹
تراکم	۱	۱۱۸/۵۸ *	۲۹/۶۵*	۸/۹۷*	۸/۴۴*	۵۱۸/۸۳ ns	۰/۳۵ ns	۶۹/۸۴ ns
آبیاری × تراکم	۱	۶/۲۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۷ ns	۱۲۷۲/۱۱ ns	۲/۵۹ ns	۰/۱۷ ns
متانول × تراکم	۲	۲۵/۱۴ ns	۳/۷۶ ns	۱/۵۹ ns	۱/۶۹ ns	۱۲۶/۵۱ ns	۰/۶۷ ns	۱۵/۱۹ ns
آبیاری × متانول × تراکم	۲	۲۵/۱۰ ns	۳/۴۴ ns	۰/۶۶ ns	۲/۱۹ ns	۴۶۴/۰۹ ns	۸/۷۹ ns	۱۶/۲۵ ns
خطای باقیمانده	۱۲	۲۲/۸۸	۳/۸۱	۱/۵۲	۱/۱۳	۴۳۴/۲۱	۶/۷۳	۱۹/۸۲
کل	۳۵	۶۰/۹۴	۷/۷۸	۳/۱۴	۲/۳۸	۸۱۰/۶۳	۱۳/۷۹	۳۳/۵۶
ضریب تغییرات	-	۸/۰۳	۱۱/۶۵	۱۲/۰۹	۱۱/۴۲	۱۰/۳۴	۵/۱۷	۵/۵۷

* و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد و ns عدم معنی داری می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پنبه در سطوح آبیاری، متانول و تراکم بوته

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ارتفاع اولین شاخه زایا از زمین (سانتی‌متر)	تعداد انشعابات ساقه اصلی	قطرساقه (میلی‌متر)	هدایت روزنه‌ای (میکرومول بر متر مربع در ثانیه)	شاخص کلروفیل	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
دور آبیاری (میلی‌متر تبخیرتجمعی)							
۱۲۰	۶۴/۱ a	۱۷/۵ a	۱۲/۲ a	۱۰/۴ a	۸۲/۴ a	۵۲/۹ a	۸۸/۴ a
۲۴۰	۵۵/۱ b	۱۶/۰ a	۸/۲ b	۸/۳ b	۴۰/۱ b	۴۷/۴ b	۷۱/۵ b
متانول (درصدحجمی)							
۰	۵۹/۱ a	۱۶/۰ a	۱۰/۱ a	۹/۱ a	۵۷/۷ a	۵۰/۴ a	۷۸/۳ a
۱۰	۶۰/۴ a	۱۷/۴ a	۱۰/۷ a	۹/۸ a	۶۲/۷ a	۵۰/۳ a	۸۱/۱ a
۲۰	۵۹/۳ a	۱۶/۸ a	۹/۸ a	۹/۱ a	۶۳/۴ a	۴۹/۸ a	۸۰/۴ a
تراکم (بوته درمترمربع)							
۱۰	۵۵/۶ b	۱۵/۸ b	۱۱/۷ a	۱۰/۸ a	۶۵/۱ a	۵۰/۳ a	۸۱/۴ a
۲۰	۶۳/۶ a	۱۷/۶ a	۸/۷ b	۷/۸ b	۵۷/۵ a	۵۰/۱ a	۷۸/۶ a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند.

بین پتانسیل آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد و گیاهانی که در پایان دوره تنش بتوانند محتوای نسبی آب برگ بالاتری را حفظ کنند، به لحاظ مقاومت به خشکی نیز برتر خواهند بود (سینگ و همکاران، ۲۰۰۷). کاهش محتوای نسبی آب برگ باعث می‌شود تا هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و فرآوری دی‌اکسید کربن کاهش پیدا کند. به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، میزان آب فضای بین سلولی پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آنها شود. این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (خورشیدی و همکاران، ۲۰۰۲). کاهش محتوی نسبی آب برگ با افزایش شدت تنش کم‌آبی در پنبه (نادری عارفی و همکاران، ۲۰۱۶)، گلرنگ (قربانی و همکاران، ۲۰۱۷)، سورگوم (فاضلی‌رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳) و ذرت (لک، ۲۰۱۳) گزارش شده است.

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده و متقابل دور آبیاری و متانول در سطح پنج و اثر تراکم بوته در سطح یک درصد بر تعداد غوزه در متر مربع معنی‌دار شد. همچنین اثرات ساده دور آبیاری، متانول و تراکم بوته بر تعداد دانه در متر مربع در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید، اما تعداد دانه در غوزه و وزن صد دانه تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل دور آبیاری، متانول و تراکم بوته قرار نگرفت (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش دور آبیاری از ۱۲۰ به ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک، تعداد غوزه و تعداد دانه در متر مربع به طور معنی‌دار و به ترتیب ۳۶/۷ و ۳۷/۸ درصدکاهش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کمبود آب خصوصا طی مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث خشک شدن و عقیمی دانه‌های گرده و کلاله مادگی شده (رامک و همکاران، ۲۰۰۸) و این مسئله نیز باعث اختلال در گرده‌افشانی می‌شود که در نهایت با توجه به تداوم کم‌آبی در طی دوره رشد پنبه، کاهش قابل ملاحظه تعداد گل‌های بارور در بوته و در نتیجه کاهش معنی‌دار تعداد غوزه در واحد سطح را باعث می‌گردد. در شرایطی که کمبود آب وجود دارد، ریزش گل‌ها و غوزه‌ها رخ خواهد داد که این موضوع نیز منجر به کاهش تعداد غوزه در واحد سطح می‌گردد (کاخکی و کافی، ۲۰۰۳). با توجه به اینکه تعداد دانه در غوزه در تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که علت کاهش تعداد دانه در متر مربع ناشی از کاهش تعداد غوزه در واحد سطح بوده است (جدول ۴). افزایش فراهمی رطوبت قابل دسترس برای گیاه سبب افزایش توسعه کانوپی آن شده، در نتیجه انرژی تشعشعی بیشتری جذب گیاه می‌شود که این امر منجر به افزایش قدرت منبع و در نتیجه افزایش تعداد غوزه و

دانه در واحد سطح در گیاه پنبه می‌گردد. همچنین کاهش تعداد غوزه در واحد سطح با کاهش آب آبیاری، با نتایج زانگ و همکاران (۲۰۱۶) و سیسکانی (۲۰۱۴) در پنبه مطابقت دارد. باسال و همکاران (۲۰۱۴) کاهش معنی‌دار ۳۵/۵ درصدی تعداد غوزه در پنبه را در شرایط تنش کم‌آبی در پنبه گزارش کردند. سپهرم و موسوی (۲۰۱۶) نیز در بررسی تاثیر سطوح آبیاری در چای ترش گزارش کردند که افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، تعداد میوه در متر مربع را ۴۱/۳ درصد کاهش داد.

مقایسه میانگین‌ها حاکی از افزایش ۲۲/۳ و ۱۶/۵ درصدی تعداد غوزه و تعداد دانه در متر مربع در تیمار مصرف ۲۰ درصد حجمی متانول در مقایسه با تیمار عدم مصرف متانول بود (جدول ۴). با مصرف متانول قدرت فتوسنتزی منبع افزایش یافته (لی و همکاران، ۱۹۹۵) و در نتیجه احتمالا تخصیص مواد پرورده به سمت بخش زایشی (غوزه‌های در حال رشد)، افزایش می‌یابد. لی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش معنی‌دار تعداد غوزه در متر مربع را با افزایش تراکم پنبه از ۳ به ۷/۵ بوته در متر مربع گزارش کردند. با افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در متر مربع، تعداد غوزه و تعداد دانه در متر مربع به طور معنی‌دار و به ترتیب ۲۳/۵ و ۱۵/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). گزارش‌ها حاکی از این است که در تراکم بالا هرچند به دلیل رقابت در جهت رسیدن به نور و جذب عناصر غذایی، انرژی و توان فتوسنتزی بیشتری را گیاه صرف افزایش طول میانگره‌ها و ارتفاع نموده و این موضوع موجب کاهش عرضه مواد فتوسنتزی به سمت مقاصد فیزیولوژیکی می‌گردد (پارسا مطلق و همکاران، ۲۰۱۷) و به علت افزایش رقابت بوته‌ها در استفاده از مواد غذایی، رطوبت و خصوصا نور، تولید شاخه‌های فرعی کاهش یافته و در نهایت تعداد واحد زایشی و تعداد دانه در بوته (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۷)کاهش می‌یابد، اما افزایش دو برابری تعداد بوته در واحد سطح در نهایت افزایش معنی‌دار تعداد غوزه و تعداد دانه در واحد سطح را به دنبال دارد.

قربانپور و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته پنبه، تعداد غوزه در واحد سطح به طور معنی‌داری افزایش یافت، به طوری که با افزایش تراکم از ۶ به ۲۴ بوته در متر مربع، تعداد غوزه در متر مربع از ۶۲/۲ به ۷۴/۷ عدد رسید.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد و عملکرد گیاه پنبه تحت تأثیر سطوح آبیاری، متانول و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد غوزه در متر مربع	تعداد دانه در غوزه	تعداد دانه در متر مربع	وزن صد دانه	عملکرد پنبه دانه	عملکرد الیاف	عملکرد وش	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۲۴۷/۵۳ ns	۷۵/۶۲ ns	۱۰۰۶۸۵۴/۲ ns	۲/۱۲ ns	۱۲۱۴۵/۳ *	۴۲۱۸/۷ ns	۲۵۱۷۶/۰ ns	۲۳۶۳۸۰/۲*
آبیاری	۱	۷۹۵۰/۶۹*	۱۴/۱۲ ns	۱۳۲۵۴۴۵۳/۸*	۱/۴۸ ns	۹۹۶۷۰/۵**	۵۵۵۳۵/۸*	۳۰۴۰۰۵/۲**	۱۶۹۱۰۸۳/۵**
خطای اول	۲	۲۲۷/۶۹	۵/۱۵	۴۶۳۹۸۵/۹	۲/۰۶	۴۹۴/۷	۱۹۴۴/۱	۱۶۳۷/۰	۵۹۲۵/۵
متانول	۲	۵۶۱/۰۳*	۵۷/۳۱ ns	۱۵۵۴۰۶۲/۰*	۱/۲۳ ns	۲۸۷۹۰/۵ *	۸۳۲۱/۵ *	۴۹۷۴۷/۲ *	۲۳۸۷۰۳/۶*
آبیاری × متانول	۲	۷۸۰/۱۹*	۲۸/۹۷ ns	۳۲۳۹۶۵/۰ ns	۰/۵۲ ns	۲۲۳۶/۵ ns	۱۳۵۷/۴ ns	۶۸۸۴/۲ ns	۵۵۰۴۶/۴ ns
خطای دوم	۸	۱۲۳/۱۶	۴۳/۴۹	۳۰۲۳۵۷/۹	۰/۸۲	۴۸۷۹/۵	۱۲۶۶/۹	۹۸۲۵/۹	۳۹۶۷۳/۸
تراکم	۱	۱۷۵۰/۰۳**	۶۳/۳۲ ns	۱۲۳۷۲۸۵/۴*	۰/۰۲ ns	۱۸۰۴۵/۱**	۵۱۸۴/۲*	۴۲۵۷۳/۴**	۲۳۳۲۴۰/۷**
آبیاری × تراکم	۱	۹۰/۲۵ ns	۲۰/۷۶ ns	۲۱۷۴۶۶/۸ ns	۰/۱۵ ns	۲۰۰/۲ ns	۹۱۱/۲ ns	۱۹۶۵/۴ ns	۶۵۹۶/۱ ns
متانول × تراکم	۲	۱۱/۱۹ ns	۸/۲۸ ns	۱۶۳۷۵/۹ ns	۰/۰۹ ns	۳۶۹۲/۹ ns	۶۸/۶ ns	۲۹۶۹/۲ ns	۱۷۸۳۴/۱ ns
آبیاری × متانول × تراکم	۲	۱۶۸/۵۸ ns	۱۷/۱۱ ns	۳۸۹۱۶/۹ ns	۰/۰۶ ns	۴۲۵/۱ ns	۱۶۳/۱ ns	۵۴۹/۰ ns	۷۸۵/۰ ns
خطای باقیمانده	۱۲	۸۶/۸۹	۱۸/۲۶	۲۱۰۹۷۶/۰	۰/۴۳	۱۱۴۳/۶	۸۸۴/۰	۲۴۴۶/۹	۲۲۳۳۰/۵
کل	۳۵	۴۶۱/۰۶	۳۰/۰۰	۶۹۹۰۸۸/۶	۰/۷۳	۶۴۶۴/۱	۲۹۲۹/۲	۱۶۲۹۸/۳	۹۷۸۷۵/۰
ضریب تغییرات	-	۱۴/۱۲	۱۱/۷۸	۱۷/۶۶	۱۰/۳۴	۱۷/۷۸	۱۷/۶۶	۱۳/۷۹	۱۴/۹۹

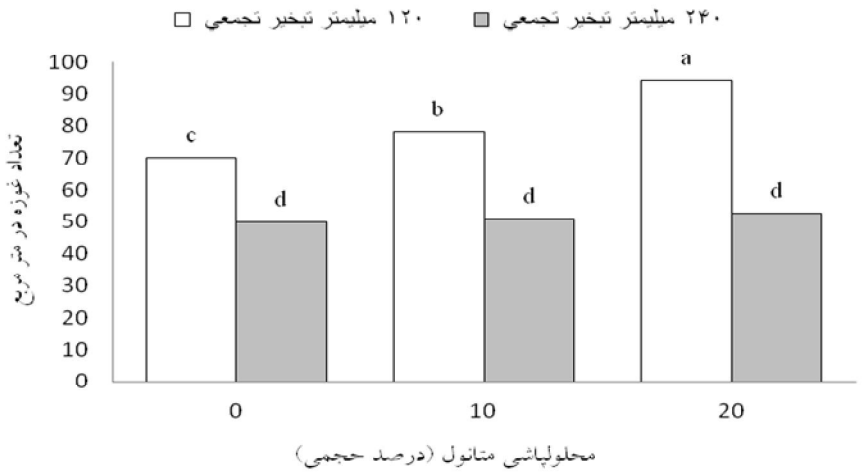
و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد و ns عدم معنی داری می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در سطوح آبیاری، متانول و تراکم بوته

تیمار	تعداد غوزه در متر مربع	تعداد دانه در غوزه	تعداد دانه در متر مربع	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد پنبه دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد الیاف (گرم در مترمربع)	عملکرد وش (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)
دور آبیاری (میلی‌متر تبخیر)								
۱۲۰	۸۰/۹ a	۴۰/۳ a	۳۲۰۷/۲ a	۶/۵ a	۲۴۲/۸ a	۲۰۷/۶ a	۴۵۰/۴ a	۱۲۱۳/۰ a
۲۴۰	۵۱/۲ b	۳۹/۰ a	۱۹۹۳/۷ b	۶/۱ a	۱۳۷/۵ b	۱۲۹/۱ b	۲۶۶/۶ b	۷۷۹/۶ b
متانول (درصدحجمی)								
۰	۶۰/۱ b	۳۹/۳ a	۲۳۵۳/۲ b	۶/۷ a	۱۶۱/۲ b	۱۵۲/۳ b	۳۱۳/۵ b	۸۸۳/۰ b
۱۰	۶۴/۵ ab	۴۲/۰ a	۲۷۰۶/۴ a	۶/۲ a	۱۹۴/۶ a	۱۷۵/۲ a	۳۶۹/۸ a	۱۰۰۸/۹ ab
۲۰	۷۳/۵ a	۳۷/۷ a	۲۷۴۱/۸ a	۶/۱ a	۲۱۴/۷ a	۱۷۷/۵ a	۳۹۲/۲ a	۱۰۹۷/۰ a
تراکم (بوته درمترمربع)								
۱۰	۵۹/۱ b	۴۱/۰ a	۲۴۱۵/۱ b	۶/۴ a	۱۶۷/۸ b	۱۵۶/۳ b	۳۲۴/۱ b	۹۱۵/۸ b
۲۰	۷۳/۰ a	۳۸/۳ a	۲۷۸۵/۸ a	۶/۳ a	۲۱۲/۶ a	۱۸۰/۳ a	۳۹۲/۹ a	۱۰۷۶/۸ a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و متانول نشان داد که تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و محلول‌پاشی ۲۰ درصد متانول با میانگین ۹۴/۳ عدد بیشترین و تیمار آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی متانول با میانگین ۴۹/۹ عدد کمترین تعداد غوزه در متر مربع را به خود اختصاص دادند (شکل ۱). به نظر می‌رسد هر چند کاربرد متانول و افزایش مقدار مصرف آن در شرایط آبیاری مطلوب (دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث افزایش معنی‌دار تعداد غوزه در متر مربع شده است، اما در شرایط تنش کم‌آبی (دور آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، با توجه به کاهش هدایت روزنه‌ای و سطح جذب، استفاده از متانول نتوانسته است تغییر محسوسی در توانایی تولید غوزه در واحد سطح داشته باشد و در این دور آبیاری هر سه سطح متانول در یک گروه آماری قرار گرفتند. این در حالی است که با دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در دور آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر و افزایش هدایت روزنه‌ای (باز بودن بیشتر روزنه‌ها) از یک سو و شرایط مطلوب‌تر جهت رشد و افزایش سطح جذب گیاه، جذب متانول به نحو موثرتری انجام شده و در نتیجه با افزایش کاربرد متانول از صفر به ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی، تعداد غوزه در واحد سطح در این دور آبیاری به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۱/۱۵ و ۳۴/۳۳ درصد افزایش یافت (شکل ۱).



شکل ۱- اثر متقابل دور آبیاری و متانول بر تعداد غوزه پنبه در مترمربع

عملکرد پنبه دانه، الیاف و وش: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده دور آبیاری و تراکم بوته در سطح پنج درصد بر عملکرد الیاف و در سطح یک درصد بر عملکرد پنبه دانه و عملکرد وش معنی‌دار شد و محلول‌پاشی متانول نیز در سطح پنج درصد بر صفات مذکور معنی‌دار شد، اما اثرات متقابل فاکتورها بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری حاکی از آن است که در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد پنبه دانه، عملکرد الیاف و عملکرد وش در متر مربع از برتری معنی‌دار به ترتیب ۷۶/۶، ۶۰/۸ و ۶۸/۹ درصدی نسبت به آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر برخوردار بود (جدول ۴). به تنش کم‌آبی به علت کاهش کلروفیل برگ و هدایت روزنه‌ای (جدول ۲)، ظرفیت دریافت نور، جذب دی‌اکسید کربن و توان فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد (فاضلی رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳) و از این‌رو عملکرد پنبه در شرایط تنش کم‌آبی کاهش معنی‌داری را نشان داده است. روبرتسون و همکاران (۲۰۰۴) نیز معتقدند که تنش کم‌آبی از طریق تأثیر بر آنزیم‌های موثر در فرایند فتوسنتز، بستن منفذ روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز، ضمن کاهش سطح برگ‌ها، منجر به تسریع پیری برگ شده و باعث کاهش قدرت منبع می‌گردد و این موضوع کاهش عملکرد اقتصادی گیاه را به دنبال دارد. کاهش عملکرد دانه، الیاف و وش پنبه با تنش کم‌آبی توسط باسال و همکاران (۲۰۱۴) و زانگ و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است که نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هر چند صفات عملکرد دانه، الیاف و وش پنبه در واحد سطح در تیمارهای محلول‌پاشی ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی متانول تفاوت آماری نداشتند، اما با افزایش کاربرد متانول از صفر به ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی، عملکرد دانه پنبه به ترتیب ۲۰/۷ و ۳۳/۲ درصد، عملکرد الیاف ۱۵/۲ و ۱۶/۵ درصد و عملکرد وش ۱۷/۹ و ۲۵/۱ درصد و به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴). متانول درمقایسه با مولکول دی‌اکسید کربن کوچک‌تر است و می‌تواند به راحتی توسط گیاهان سه کربنه برای افزایش عملکرد ماده خشک و به عنوان منبع کربن درون گیاه مورد استفاده قرار گیرد (گوتزاباسیس و همکاران، ۱۹۹۹). متانول با تاخیر در پیری برگ‌ها از طریق اثر بر محرک‌های تولید اتیلن در گیاه و نیز به علت افزایش تولید هورمون جیبرلین (سبک‌روفومنی و همکاران، ۲۰۱۱)، سبب بهبود فعالیت فتوسنتزی و دوام بیشتر سطح برگ‌ها می‌شود و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردد (رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین متانول باعث افزایش فتوسنتز و تامین مواد لازم برای رشد ریشه گیاه می‌شود و از این طریق جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر را افزایش می‌دهد. در تحقیق اسفینی فراهانی و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین میزان عملکرد دانه آفتابگردان با میانگین ۳۰۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار محلول‌پاشی با ۲۱ درصد حجمی مشاهده شد که از برتری معنی‌دار ۱۴/۷ درصدی نسبت به تیمار عدم کاربرد متانول برخوردار بود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد پنبه دانه، عملکرد الیاف و عملکرد وش در تیمار تراکم ۲۰ بوته در متر مربع از برتری معنی‌دار به ترتیب ۲۶/۷، ۱۵/۴ و ۲۱/۲ درصدی نسبت به تیمار تراکم ۱۰ بوته در متر مربع برخوردار بود (جدول ۴). کافی و راشدمحصل (۱۹۹۲) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند که با کاهش تراکم بوته در زیره سبز، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ به دلیل از دست رفتن بخش اعظم تشعشع در مراحل اولیه رشد کمتر بوده و عملکرد کاهش خواهد یافت. نتایج مطالعات گاردنر و تتیوخاگو (۱۹۸۸) نیز نشان داد بالا رفتن میزان شاخص سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور و در نتیجه زیاد شدن ظرفیت فتوسنتزی گیاه و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود و از این‌رو افزایش تراکم به علت افزایش شاخص سطح برگ و تعداد غوزه در واحد سطح باعث افزایش عملکرد پنبه می‌شود. نتایج قاجاری و همکاران (۲۰۱۰) بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف تراکم بر عملکرد کل پنبه بوده است به طوری که بیشترین عملکرد در تراکم‌های بالاتر حاصل شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. زانگ و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که عملکرد وش و عملکرد بیوماس با افزایش تراکم از ۱۲ به ۲۴ بوته در متر مربع به طور معنی‌داری افزایش یافت.

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک پنبه در سطح یک درصد تحت تاثیر اثرات ساده آبیاری و تراکم و در سطح پنج درصد تحت تاثیر متانول قرار گرفت، اما اثرات متقابل دوگانه و سه گانه فاکتورهای مذکور بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک پنبه در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر از برتری معنی‌دار ۵۵/۶ درصدی در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر برخوردار بود (جدول ۴). تنش کم‌آبی با کاهش سرعت رشد و سطح برگ و اثر منفی بر جذب دی‌اکسیدکربن (لک، ۲۰۱۳)، سرعت فتوسنتز و در نهایت تجمع ماده خشک در واحد سطح را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. سپهرم و موسوی (۲۰۱۶) نیز کاهش ۶۷ درصدی عملکرد بیولوژیک چای ترش را با افزایش دور آبیاری از ۶۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی گزارش کردند.

محلول‌پاشی ۲۰ درصد حجمی متانول منجر به افزایش ۲۴/۲ درصدی عملکرد بیولوژیک پنبه نسبت به تیمار عدم کاربرد متانول گردید (جدول ۴). احتمالا متانول از طریق کاهش تنفس نوری و افزایش مقدار آماس سلولی بافت‌های گیاهی سبب افزایش سطح برگ و در نهایت افزایش بیوماس گیاه می‌گردد (دووین و همکاران، ۲۰۰۴).

عملکرد بیولوژیک پنبه در تیمار تراکم ۲۰ بوته در متر مربع از برتری معنی‌دار ۱۷/۶ درصدی نسبت به تیمار تراکم ۱۰ بوته در متر مربع برخوردار بود (جدول ۴). علت افزایش عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های بالاتر نسبت به تراکم‌های پایین‌تر را می‌توان افزایش سطح برگ، افزایش تعداد غوزه در واحد سطح و نیز بهره برداری بیشتر گیاه از منابع (آب، نور و مواد غذایی) جهت تجمع بیشتر ماده خشک

دانست. عالیمقام و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که با افزایش تراکم از ۶/۲۵ به ۲۵ بوته در متر مربع تولید ماده خشک در پنبه به طور معنی‌داری افزایش یافت و علت این امر را به افزایش ۲/۳۵ برابری کارایی مصرف تشعشع نور و ۳/۲ برابری شاخص سطح برگ مربوط دانستند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم‌آبی از طریق تأثیر منفی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه پنبه، احتمالا توان فتوسنتزی گیاه را کاهش داده و با کاهش تعداد غوزه در واحد سطح باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اقتصادی می‌گردد. همچنین افزایش تراکم بوته پنبه در واحد سطح با افزایش بهره‌برداری از منابع، بهبود عملکرد را به دنبال داشت و محلول‌پاشی متانول، با افزایش تعداد غوزه و تعداد دانه در واحد سطح، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گردید. به طورکلی نتایج نشان داد که آبیاری پس از ۱۲۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر، محلول‌پاشی با غلظت ۱۰ درصد حجمی متانول و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع در شرایط این تحقیق می‌تواند برای بدست آوردن حداکثر عملکرد اقتصادی در زراعت پنبه مورد توجه قرار گیرد.

منابع

1. Ahmadi, A., and Seiocemardeh, A. 2005. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and proline in four adopted wheat cultivars with various climate of Iran. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 35: 753-763. (In Persian with English abstract)
2. Alimagham, S.M., Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sepehri, O. 2014. Extinction coefficient and radiation use efficiency of cotton varieties for different planting densities in Gorgan. Iranian Journal of Cotton Researches, 1(2): 15-28. (In Persian with English abstract)
3. Akbari Nodehi, D. 2011. Effect of different water levels on yield, water use efficiency and determination of cotton production function in Mazandaran province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21(1): 103-111. (In Persian with English abstract)
4. Armin, M., and Keyvanloo, A. 2015. Effects of methanol foliar application on some root and shoot morphological characteristics of corn under drought stress conditions. Journal of Crop Production Research, 7(1): 27-40. (In Persian with English abstract)
5. Ayub, M.A., Nadeer, M.A., and Tayyub, M. 2003. Fodder yield and quality of sorghum as influence by different tillage method and seed rates. Pakistan Journal of Agronomy, 2(3): 179-184.

6. Basal, H., Sezener, V., Canavar, O., Kızılkaya, K., and Dagdelen, N. 2014. Effects of water stress and plant density on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars differing in maturity and seed size: I. Yield components and fiber quality parameters. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 3(3): 755-760.
7. Dowine, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. Phytochemistry, 65: 2305–2316.
8. Emaratpardaz, J., Hami, A., and Davati Kazemnia, H. 2014. Effect of foliar application of methanol in water stress condition on yield components of *Pharsalus vulgaris* L. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(2.1): 125-137. (In Persian with English abstract)
9. Esfinifrahani, M., Paknejad, F., Khashani, A., Ardakani, M.R., Bakhtiarimokhadam, A., and Rezaeie, M. 2012. Effect of methanol spraying on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annus* L. Azargol hybrid) under different moisture conditions. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 8(1): 115-125. (in Persian with English abstract)
10. Fathi, D., Sohrabi, B., and Kochakzadeh, M. 2011. Investigation of the effects of different irrigation water and nitrogen regimes on cotton yield and yield component under furrow and sprinkler irrigation methods. Electronic Journal of Crop Production, 4(1): 61-74. (In Persian with English abstract)
11. Fazeli Rostampour, M., Yarnia, M., Farokhzadeh Khoee, R., Seghatoleslami, M.J., and Moosavi, G.R. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agronomy Journal, 105(4): 1-9.
12. 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. Electronic Journal of Crop Production, 4(4):103-121. (In Persian with English abstract)
13. Ghorbani, A., Sayyahfar, M., and Shakarami, G. 2017. Study the Efficiency of methanol foliar application on some qualitative and physiological traits of safflower under supplemental irrigation. Journal of Agricultural Research, 9(2): 1-16.
14. Gardner, F.P., and Tetio- Kahgo, F. 1988. Responses of maize to plant population density: Canopy development, light relationships and vegetative growth. Agronomy Journal, 80: 930-935.
15. Ghajari, A., Miri, A.A., and Mohsenian, N. 2010. Investigation of plant date and plant density interaction on yield and yield components of Sepid in the east of Golestan province. Electronic Journal of Cotton and Fibrous Crops, 1(2): 19-36.

16. Ghanbari, A.A. and Taheri Mazandarani, M., 2003. Effects of sowing date and plant density on yield of pinto bean. Seed and Plant Production Journal, 19(4): 483-496. (In Persian with English abstract)
17. Ghorbanli, M., Hashemi Moghaddam, Sh., and Fallah, A. 2006. Study of interaction effects of irrigation and nitrogen on some morphological and physiological characteristic of rice plant (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural Researches, 2: 415-428. (In Persian with English abstract)
18. Ghorbanpour, I., Ghaderifar, F., and Gherekhlo, J. 2014. The effect of row spacing on competition of cotton with velvetleaf in on crop growth. Journal of Crops Improvement, 16(1): 99-100. (In Persian with English abstract)
19. Gomaa, M.A, Radwan, F.I., Khalil, G.A.M., Kandil, E.E., and El-Saber, M.M. 2014. Impact of humic acid application on productivity of some maize hybrids under water stress conditions. Middle East Journl of Applied Science, 4(3): 668-673.
20. Hosseini, S.A., Velayati M., and Attarzadeh, M. 2013. Effect of cotton concentration (*Gossypium hirsutum* L.) and lambsquarter (C*henopodium album* L.) on cotton yield and yield components. Ecology of Weeds, 1(2): 121-129. (In Persian with English abstract)
21. Hossinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A., and Ahmadpour, R. 2013. Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dought stress. Iranian Journal of Plant Biology, 5(18): 115-132. (In Persian with English abstract)
22. Janbazi Roodsari A., Asouri, M., and Amiri, E. 2015. Effect of methanol and nitrogen spraying on yield and yield components of soybeans in Gilan weather conditions. Plant Ecophysiology, 7(20): 1-14. (In Persian with English abstract)
23. Kafi, M., and Rashed Mohasel, M.H. 1992. Study of the effect of frequency of weed control, row spacing and density on growth and yield of cumin. Agricultural Sciences and Technology Journal, 6(2): 151-158. (In Persian with English abstract)
24. Kakhki, A., and Kafi, M. 2003. Effect of moisture regime in early season on quantitative and qualitative yield of cotton. Iranian Journal of Field Crops Researches, 1(1): 23-32. (in Persian with English abstract)
25. Khorshidi, M.B., Rahimzadeh Khoyi, F., Mirahadi, S.M.J., and Nourmohammadi, G. 2002. Study of the effects of drought stress in growth stages of potato varieties. Journal of Crop Scence,. 4(1): 48-59. (In Persian with English abstract)
26. Koocheki, A., Nasiri Mohalati, M., Noorbakhsh, F., and Nehbandani, A. 2017. Effect of planting arengement and plant density on yield and yield components of *seasamum indicum*. Iranian Journal of Field Crops Researches, 15(1): In Press. (In Persian with English abstract)

27. Kotzabasis, K., Hatziathanasiou, A., Bengoa-Ruigomez, M.V., Kentouri, M., and Divanach, P. 1999. Methanol as alternative carbon source for quicker efficient production of the microalgae Chlorella minutissima: role of the concentration and frequency of administration. Journal of Biotechnology, 70: 357-362.
28. Lack, Sh. 2013. Evaluation of physiological traits effective on seed yield of corn in different irrigation, nitrogen and plant density levels. Crop Physiology Journal, 5(19): 17-33. (In Persian with English abstract)
29. Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A.K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. Journal of Plant Nutritionm 18: 1875–1880.
30. Li, P., Dong, H., Zheng, C., Sun, M., Liu, A., and Wang, G. 2017. Optimizing nitrogen application rate and plant density for improving cotton yield and nitrogen use efficiency in the North China Plain. PloS ONE 12(10): 1-15. E0185550. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185550
31. Makhdum, M.I., Malik, M.A., Fiaz Ahmad, S., and Chaudhry, F.I. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan. 13(1): 37-43.
32. Mcgiffen, M.E., Green, R.L., Manthey, J.A., Faber, B.A., Downer, A.J., Sakovich, N.J., and Aguiar, J. 1995. Field tests of methanol as a crop yield enhancer. Horticultural Science, 30: 1225-1228.
33. Moslemi, Z. 2010. Effect of superabsorbent polymer and PGPR on growth and yield of corn under drought stress and normal conditions. M. Sc. Thesis, Islamic Azad University of Karaj Branch.
34. Muadab Shabestari, M. and Mojtahedi, M. 2008. Plant Physiology. Academic Publishing Center, Iran. 436 P. (In Persian)
35. Naderie Arefi, A., Ahmadi, A., Tavakoli, A., Vafaietabar, M., and Sabokdast, M. 2016. Effect of water stress on physiological traits of leaf and drought tolerance in cotton genotypes. Journal of Crop Improvement. 18(4): 987-999. (In Persian with English abstract)
36. Nonomura, A.M., and Benson, A.A. 1992. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 89: 9794–9798.
37. Parsa Motlagh, B., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., and Azami Sardooei, Z. 2017. The effect of sowing date and plant density on yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under Jiroft climate conditions. Iranian Journal of Field Crops Researches, 14(4): 735-745. (In Persian with English abstract)
38. Pasari, B. M.SH. Yakhchali. 2015. Study the effect of methanol foliage spraying on Chickpea cultivars in rainfed condition. Bulgarian Journal of Agricultural. Science, 21(1): 93-99.

39. Pilon, C., Oosterhuis, D.M., Ritchie, G.L., and Paiva, E.A. 2015. Photosynthetic Efficiency and Antioxidant Activity of Cotton under Drought Stress during Early Floral Bud Development. American Journal of Experimental Agriculture, 9(6): 1-13.
40. Raefizadeh, A. 2016. The effect of weed interfernce with cooton in conventional and ultra row spacing conditions. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Sabzevar, Iran. (in Persian with English abstract)
41. Raghara. H. 2014. Effect of water deficit stress and application of humic and salicylic acid on physiological traits, yield and yield components of corn. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran. (in Persian with English abstract)
42. Ramak, P., Khavirenejad, R.A., Heydari Sharifabad, H., and Rafiee, M. 2008. Effect of water stress on photosynthesis and growth factors in two sainfoin species. 10th congress of agriculture and plant breeding. (in Persian with English abstract)
43. Ray, L.L., Wendt, C.W., Rark, B., and Quisenberry, J.E. 1974. Genetic modification of cotton plants for more efficient water use. Agricultural Meteorology, 14(1-2): 31-38.
44. Robertson, M.J., Fukai, S., and Peoples, M.B. 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of Mung bean. Field Crop Research, 86(1): 67-80.
45. Sabk Rufumann, K., Safarzadvighgahi, M.N., Daneshian, J., Ranjbaruchuba, M., and Sabk Rufumann, K. 2011. A study on the effect of methanol spraying time and quantity on quantitative and qualitative performance of hot cured tobacco in 347 Cocker cultivar in Ahmad Gourab district of Rasht. Plant Production Research, 18(3): 17-30. (in Persian with English abstract)
46. Schlemmer, M.R, Francis, D.D., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S., 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal, 97(1): 106-112.
47. Schutz, H., and Fangmier, E. 2001. Growth and yield responses of spring Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated Co_2 and water limitation. Environmental Pollution, 114: 187-194.
48. Sepahrom, A., and Moosavi, S.Gh. 2016. The effect of irrigation and nitrogen levels on morphological traits, yield and yield components of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(3): 436-449. (In Persian with English abstract)
49. Sepehri, A. and Vaziriamjad, Z. 2015. The effect of iron and zinc nano fertilizers on quantitative yield of chicory (*Cichorium inyubus* L.) in different crop densities. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25(2): 61-74. (In Persian with English abstract)

50. Seiocemardeh, A., Ranjbar Balkhannlo, H., Sohrabi, Y., and Bahramnejad, B. 2011. The effect of drought stress and source and reservoir constraints on gas exchange and sunflower yield (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Science, 42(3): 585-596. (in Persian with English abstract)
51. Singh, S., Buttar, G.S., Singh, S.P., and Brar, D.S. 2005. Effect of different dates of sowing and row spacings on yield of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 27 (4): 619-630.
52. Singh, D.P., Chaud Hury, B.D., Singh, P., Sharma, H.C., and Karwasra, S.P.S. 2007. Drought tolerance in maize. Hisar, India: Directorate of Research, Haryana Agricultural University.
53. Siskhani, A. 2014. Effect of zinc and silicium nano on yield and agronomic traits of cotton under water stress conditions. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran. (In Persian with English abstract)
54. Zhang, D., Luo, Z., Liu, S., Li, W., Tang, W., Dong, H. 2016. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield andfiber quality of irrigated cotton. Field Crops Research, 197: 1–9.
55. Xiao-yu, Z., Ying-chun, H., Ya-bing, L., Guo-ping, W., Wen-li, D., Xiao-xin, L., Shu-chun, M., and Lu, F. 2016. Effects of plant density on cotton yield components and quality. Journal of Integrative Agriculture, 15(7): 1469–1479.