مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۲، تابستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۸۱-۶۵
Doi: 10.30495/iper.2021.679538 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.62.5.5

تاثیر دور آبیاری و تنظیم کننده‌های رشد بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

اسحاق آرخی[۱]، حسین عجم نوروزی[۱*]، کمال قاسمی بزدی[۲]، الهام فغانی[۳]

[۱]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران.

[۲]سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد؛ مجتمع آموزش عالی کشاورزی و دامپروری تربت جام، ایران.

[۳]سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات پنبه کشور، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۱۸

چکیده

به منظور مطالعه تاثیر دور آبیاری و تنظیم کننده‌های رشد بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ارقام پنبه، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد گرگان اجرا شد. فاکتورها شامل دور آبیاری در دو سطح (دو هفته و چهار هفته یک‌بار) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای تنظیم‌کننده رشد با ٦ سطح (شاهد، بنزیل آدنین، آبسزیک اسید، سالیسیلیک اسید، براسینواستروئید و سایکوسل) و سه رقم پنبه گلستان، کاشمر و شایان به‌عنوان عوامل فرعی بودند. بر اساس نتایج، با تنش کم‌آبی از میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ کاسته شد. حداکثر میزان پرولین از رقم شایان در تیمار سالیسیلیک اسید حاصل شد. بنزیل آدنین و براسینواستروئید محتوای نسبی آب برگ را افزایش دادند. بیشترین پایداری غشای سلول در رقم کاشمر و دور آبیاری دو هفته یک‌بار مشاهده شد و سایکوسل توانست باعث افزایش پایداری غشاء گردد. ارتفاع، تعداد گل و تعداد غوزه تحت تأثیر تنظیم‌کننده های رشد، دور آبیاری و رقم قرار داشتند. با افزایش دور آبیاری، از ارتفاع بوته، تعداد گل و غوزه تمام ارقام کاسته شد اما تحت تنش کم‌آبی، رقم گلستان از تعداد گل و غوزه بیشتری در مقایسه با ارقام دیگر برخوردار بود. سایکوسل، سالیسیلیک اسید و براسینواستروئید به‌طور معنی‌داری گلدهی ارقام را در هر دو سال و هر دو دور آبیاری افزایش دادند. بنزیل‌آدنین و براسینواستروئید سبب افزایش بیش از ۷ درصد در ارتفاع بوته شدند و آبسزیک اسید، سایکوسل و سالیسیلیک اسید باعث کاهش ارتفاع بوته نسبت به شاهد شدند. کاربرد آبسزیک اسید سبب کاهش تعداد غوزه نسبت به شاهد شد. در مجموع، تنظیم کننده‌های رشد به‌خصوص سایکوسل و سالیسیلیک اسید سبب افزایش صفات مورفوفیزیولوژیکی ارقام پنبه شدند که نشان دهنده تأثیر مثبت آنها بر تحمل به خشکی ارقام بوده و تحت شرایط تنش می‌توانند در تعدیل اثرات تنش نقش داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، پایداری غشاء، تنش کم‌آبی، سالیسیلیک اسید، سایکوسل

مقدمه

پنبه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان لیفی ارتباط قابل توجهی بین دو بخش کشاورزی و صنعت را فراهم نموده و نقش به‌سزایی در اقتصاد برخی کشورها ایفا می‌نماید (Ahmadi and Aqaali Khani, 2012). با توجه به آن‌که ایران در زمره مناطق خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد، ارزیابی عکس‌العمل

*نویسنده مسئول: ajamnorozei@yahoo.com

گیاهان زراعی به‌خصوص پنبه در شرایط کم‌آبی ضروری به نظر می‌رسد. در روش کم‌آبیاری، که یکی از روش‌های آبیاری در بسیاری از کشورهای کم‌آب جهان است، می‌توان از طریق بهینه‌سازی مصرف آب در مزرعه، راندمان و بهره‌وری مصرف آب را ارتقاء بخشید (Mehrabadi et al., 2015). Wiggins و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که رشد بوته‌های پنبه تحت تنش خشکی از طریق کاهش تعداد و اندازه سطح برگ تولیدی، کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی، کاهش تولید به‌طور عمده به‌دلیل کاهش تعداد غوزه ایجاد می‌شود که این کاهش به کم شدن تعداد گل و سقط غوزه‌های تشکیل شده، به‌ویژه در تنش‌های شدید زمان رشد زایشی مربوط می‌گردد. همچنین در تحقیقی اعمال کم‌آبیاری موجب کاهش معنی‌دار میزان وش پنبه در تمام سطوح نسبت به شاهد گردید (Haghighatnia et al., 2016.) همچنین Mehrabadi و همکاران (۲۰۱۵) در آزمایش خود دریافتند که تمامی اجزای پنبه بجز وزن غوزه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کم‌آبیاری قرار گرفتند. ریزش کمتر گل و غوزه و بقای بیشتر غوزه در بوته و حفظ زیست‌توده کل بوته در شرایط تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در برتری تولید عملکرد ارقام متحمل به خشکی در مقایسه با ارقام حساس پنبه بودند. در تحقیقی کاهش رطوبت خاک در اثر کم‌آبیاری و ایجاد تنش خشکی در خاک، سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته‌های پنبه نسبت به شرایط بدون تنش گردید (Sahito et al., 2015). نتایج آزمایشی نشان داد که ارقام پنبه ورامین، ٤٣٣٤٧، خرداد، دلتاپاین ۲۵، ٤٣٢٠٠ و B-433 با کمترین کاهش در مقادیر تعداد و سطح برگ، تعداد غوزه، وزن خشک برگ، ریشه و ساقه و وزن خشک بوته و نیز محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای به‌عنوان ارقام متحمل شناخته شدند (Mehrabadi et al., 2016).

یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش آسیب پنبه در شرایط محدودیت رطوبت، استفاده از تنظیم کننده‌های رشد مانند سالیسیلیک اسید، براسینواستروئید، سایکوسل و ... می‌باشد. کاربرد مواد تنظیم‌کننده رشد بیرونی، عامل مؤثری بر بهبود سطح تولید تنظیم کننده‌های رشد درونی گیاه بوده و شرایط را برای افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاه فراهم می‌کند (Bajguz and Hayat, 2009). یکی از مهم‌ترین مواد تنظیم‌کننده رشد، براسینواستروئید است که استفاده آن در کشاورزی برای کاشت گیاهان در شرایط نامطلوب و پرتنش محیطی مثل شرایط خشکی، شوری، گرما، کمبود مواد غذایی و بیماری‌زایی توصیه شده است. نقش براسینواستروئیدها در گیاهان در ایجاد مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی از جمله سرما، گرما، شوری و خشکی تأکید شده است (Ibn Maaouia-Houimli et al., 2012).

سالیسیلیک اسید نیز یک هورمون طبیعی گیاهی دیگر است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان زراعی اثر داشته (Wang et al., 2010) و توان مقاومتی گیاه نسبت به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد (Kolupaev et al., 2011). سالیسیلیک اسید با تاثیر بر بسیاری از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان باعث القای ساز و کارهای دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود. مشخص شده است که کاربرد تنظیم کننده‌های رشد از جمله سایکوسل، موجب افزایش رشد گیاه، تحریک ریشه، بهبود مقاومت به تنش‌های محیطی مانند خشکی در گیاه پنبه می‌شود (Zonta et al., 2017). Barros و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و کارایی مصرف آب باعث افزایش مقاومت پنبه گردید. طبق نتایج Sedaghat و Imam (۲۰۱٦)

کاربرد تنظیم کننده‌های رشد به‌ویژه سایکوسل، موجب افزایش وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و وزن هزار دانه گردید و پس از سایکوسل، به ترتیب براسینواستروئید و سالیسیلیک اسید تأثیر مثبتی بر مقاومت گندم به تنش داشتند.

یکی دیگر از راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس و شناخت روش های مقابله گیاهان و ارقام به تنش خشکی است (Koocheki et al., 2006). ارزیابی واکنش‌های فیزیولوژیک متفاوت ارقام پنبه در شرایط تنش خشکی، روشی دقیق و مطمئن جهت پایش روابط گیاه و آب بوده و می‌تواند در جهت اصلاح و انتخاب ارقام متحمل به خشکی به‌کار رود (Falkenberg et al., 2003; Loka et al., 2011). با توجه به مطالب فوق هدف از این مطالعه بررسی پاسخ ارقام پنبه به دورهای آبیاری و تأثیر تنظیم کننده‌های رشد در جبران خسارات کم‌آبی و بررسی روند تغییرات صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک پنبه در این شرایط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد گرگان وابسته به موسسه تحقیقات پنبه کشور طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام گرفت. نتایج آمار هواشناسی در ماه‌های اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: تغییرات دما و بارندگی در ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد در فصول مختلف رشد در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

ماه	تبخیر (میلی متر)		میانگین دمای هوا (سانتی گراد)		بارندگی (میلی متر)	
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
دی	۲/۲۶	۲/۲	۱٤/۰٥	۱٤/٦٥	٤۰/٤	۷٦/٦
بهمن	۳/٤۸	۳/٦	۲۰/۳	۲۰/۸٥	۳۷/۱	۳٦/٥
اسفند	٦/٦۳	٥/٤	۲٥/۱٥	۲٥	۲/۲	٦۲/٦
فروردین	۷/٦۲	٦/۳	۲۸/٤٥	۲۷/۹	٥	۱۳/۲
اردیبهشت	۸/۸٦	۷	۳۰/۳٥	۲۸/٦٥	۰	۱٦/۲
خرداد	۷/٤۲	٥/٥	۲۸/۹٥	۲۷	۰	۲۸/۹
تیر	۳/۰۹	۳/۲	۱۹/۷٥	۲۰/۱٥	۸۹/۱	۳۷/۹
مرداد	۲/۱۸	۱/٥	۱۷/۷٥	۱٤/۳	۱۷	۸۲/٥
شهریور	۱/۱۸	۰/۹	۹/۹٥	۷/٤	۷۱/۸	۲٦/۲
مهر	۱/۰۸	۱/۱	۹/٦	۸	٦۰	۲/٥

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. قبل از کاشت، از چند نقطه خاک به‌صورت زیگزاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری جهت اندازه‌گیری خواص فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری و برای آنالیز به آزمایشگاه انتقال داده شد.

تیمار دور آبیاری در دو سطح (دو هفته یک‌بار مطابق معمول منطقه و چهار هفته یک‌بار به‌عنوان تیمار خشکی) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای تنظیم‌کننده رشد با شش سطح (شاهد، هورمون بنزیل آدنین (BA)، آبسزیک اسید (ABA)، سالیسیلیک اسید (SA)، براسینواستروئید (BRS) و سایکوسل (CCC) و سه رقم پنبه گلستان (به‌عنوان شاهد)، کاشمر (حساس به خشکی) و شایان (متحمل به خشکی) نیز

به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تمامی تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده مربوط به شرکت Sigma بودند و غلظت‌های مورد استفاده شامل ۱۲/٤۱ گرم در هکتار بنزیل‌آدنین، ۳۷۰/۳۷ میلی‌گرم در هکتار آبسزیک اسید، ۸۸/۵۲ گرم در هکتار سالیسیلیک اسید، ۹۲/۵۹ میلی‌گرم در هکتار براسینواستروئید و ٦/٦۷ گرم در هکتار سایکوسل بودند. محلول‌پاشی به‌صورت دستی پس از کالیبراسیون توسط یک محلول‌پاش پنج لیتری در دو مرحله چهار برگی و شروع گلدهی صورت گرفت.

کشت بذور ارقام پنبه، در نیمه دوم اردیبهشت ماه در عمق ۵ سانتی‌متری خاک صورت گرفت. هر کرت فرعی شامل ٦ ردیف کاشت به طول ٦ متر بود. فاصله خطوط کاشت ۲۰ × ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتیجه آزمون خاک و مقدار نیتروژن مورد نیاز پنبه، در ابتدای آزمایش نیمی از کود نیتروژن (اوره) به همراه ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل مصرف گردید. بخش دوم کود نیتروژن در شروع گلدهی به‌صورت سرک به زمین داده شد.

در این آزمایش صفات تعداد گل، تعداد غوزه‌های باز و بسته، تعداد کل غوزه، ارتفاع بوته، میزان پرولین، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشای سلول اندازه‌گیری شد. همزمان با باز شدن غوزه‌ها، ۵ بوته از هر کرت جدا شده و مشخصات مورفولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری صفات وابسته به برگ، پنج برگ از قسمت‌های بالا، وسط و پایین هر بوته از سه بوته مختلف هر کرت در چهار مرحله رشدی یک هفته پس از محلول‌پاشی‌های اول و ودوم، اواسط مرحله تشکیل غوزه و قبل از برداشت اول نمونه‌برداری شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند.

میزان پرولین برگ به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. جذب لایه رنگی فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد و میزان پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن خشک با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد. میزان پایداری غشاء (MS) با اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها (EL) به روش معرفی شده توسط Luts و همکاران (۱۹۹٦) تعیین شد.

$$MS= [1-(EC_1/ EC_2)] \times 100$$

برای تعیین محتوی نسبی آب برگ نیز از روش Richieو همکاران (۱۹۹۰) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید. در این رابطه، W_f: وزن تازه برگ‌ها، W_s: وزن آماس برگ‌ها و W_d: وزن خشک برگ‌ها است.

$$RWC (\%) = (W_f - W_d/ W_s - W_d) \times 100$$

تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS، انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

میزان پرولین برگ: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات، اثر سال، مواد تنظیم کننده رشد، اثر متقابل رقم در سال، دور آبیاری در سال و رقم در مواد تنظیم کننده رشد بر تغییرات محتوای پرولین برگ معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی صفات مرفوفیزیولوژیک ارقام پنبه تحت تأثیر دور آبیاری و کاربرد تنظیم کننده‌های رشد طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در گرگان.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		میزان‌پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	پایداری غشای سلول (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غوزه باز	تعداد غوزه بسته	تعداد کل غوزه	تعداد گل
سال (Y)	۱	۱۰۵/۰۴**	۳۴۰۲۱/۷۳**	۱۳/۲۱**	۶۹۷/۰۷**	۲۵۷/۴۲**	۹۲۲/۶۰**	۲۰۵/۳۵**	۶۷۷/۲۷^{ns}
بلوک داخل سال	۴	۱/۹۰*	۶۶/۳۸**	۰/۵۷*	۴۲۷/۸۳**	۱۲/۵۷**	۸۲/۰۱**	۵۸/۱۹**	۳۰/۴۴**
آبیاری (I)	۱	۰/۰۰۰۵۷^{ns}	۱/۲۱^{ns}	۰/۵۹^{ns}	۳۹۹۸/۲۳**	۴۲/۸۶^{ns}	۳۷۷/۹۷**	۱۶۶/۲۷**	۱۹۴/۲۹**
خطای اصلی	۴	۱/۲۸۱	۱۴/۴۰	۰/۳۲۳	۶۹/۵۱	۱۰/۱۳	۵/۷۸	۱۲/۴۱	۵۰/۵۷
Y×I	۱	۳/۴۲۰*	۱/۹۰^{ns}	۰/۱۶۱^{ns}	۳۰۶/۵۷*	۲۲/۶۲^{ns}	۳۶/۸۱^{ns}	۱۱۷/۱۴**	۱۸۳۳/۰۷**
رقم (G)	۲	۰/۴۸۰^{ns}	۶۰/۸۹*	۱/۵۸۸**	۵۳۰۹/۹۷**	۵۳/۴۰**	۹۲/۵۷**	۱۹/۵۷**	۱۶/۳۷*
Y×G	۲	۲/۳۶۵*	۵۲/۸۳*	۰/۶۰۱*	۴۵۳۴/۸۶**	۸/۷۴**	۳/۰۶^{ns}	۵/۴۱^{ns}	۳۸/۰۰**
I×G	۲	۰/۲۳۸^{ns}	۱۳/۳۴^{ns}	۰/۵۴۲^{ns}	۳۶/۰۹^{ns}	۳/۹۵^{ns}	۱۶/۵۲**	۶/۷۹^{ns}	۴۳/۹۳**
تنظیم‌کننده رشد (PGR)	۵	۱۸/۶۹۳**	۲۱/۵۷^{ns}	۱/۰۰۱**	۱۵۳۵/۵۲**	۶۳/۷۱**	۴۱/۲۳**	۴۶/۶۶**	۱۰۵/۹۳**
Y× PGR	۵	۰/۹۷۶^{ns}	۳۷/۵۳*	۰/۲۰۵^{ns}	۱۲۸/۵۴^{ns}	۶/۶۴**	۰/۹۵^{ns}	۸/۴۳^{ns}	۸/۵۳^{ns}
I× PGR	۵	۱/۰۸۰^{ns}	۴/۹۰^{ns}	۰/۱۵۵^{ns}	۲۶/۸۲^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۳/۰۵^{ns}	۳/۹۵^{ns}	۱۱/۰۶^{ns}
G× PGR	۱۰	۱/۲۶۰*	۵/۸۵^{ns}	۰/۰۵۲^{ns}	۸۸/۳۵^{ns}	۰/۵۶^{ns}	۲/۲۷^{ns}	۳/۵۶^{ns}	۱/۲۱^{ns}
Y×I×G	۲	۰/۰۹۱^{ns}	۰/۵۵^{ns}	۰/۶۶۵*	۲۷۱/۴۴*	۱۶/۲۷**	۷/۸۷**	۲/۲۵^{ns}	۱۸/۴۳*
Y×I× PGR	۵	۰/۱۸۹^{ns}	۱۳/۴۷^{ns}	۰/۱۸۶^{ns}	۵۸/۲۱^{ns}	۳/۵۷^{ns}	۱/۸۶^{ns}	۳/۶۵^{ns}	۱۴/۴۷**
Y×G× PGR	۱۰	۰/۴۴۶^{ns}	۱۹/۹۵^{ns}	۰/۰۵۱^{ns}	۶۹/۲۳^{ns}	۲/۹۹^{ns}	۲/۰۱^{ns}	۵/۶۶^{ns}	۱/۸۴^{ns}
I×G× PGR	۱۰	۰/۶۳۴^{ns}	۲۹/۷۸*	۰/۰۶۳^{ns}	۳۰/۳۸^{ns}	۲/۲۱^{ns}	۲/۲۸^{ns}	۳/۲۹^{ns}	۲/۰۳^{ns}
Y×I×G× PGR	۱۰	۰/۲۸۹^{ns}	۹/۲۱^{ns}	۰/۱۰۵^{ns}	۳۹/۹۲^{ns}	۱/۱۱^{ns}	۱/۶۲^{ns}	۴/۳۲^{ns}	۲/۰۵^{ns}
خطای فرعی	۱۳۶	۰/۶۶۱	۱۴/۶۸	۰/۱۷۰	۶۳/۷۲	۱/۷۳	۱/۴۶	۳/۰۸	۴/۲۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۳/۷۲	۴/۸۵	۱۷/۶۵	۸/۹۸	۲۰/۸۷	۲۶/۳۱	۱۶/۱۲	۲۴/۴۶

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سال در دور آبیاری (جدول ۳)، میزان پرولین در سال‌های مختلف متفاوت بود به‌طوری که در سال اول با افزایش دور آبیاری بر میزان پرولین برگ افزوده شد اما از نظر آماری معنی‌دار نبود در صورتی که در سال دوم کاهش یافت و از این نظر در دو گروه مختلف قرار گرفتند. بیشترین میزان این صفت به دورهای آبیاری چهار هفته یک‌بار در سال ۱۳۹۶ با میانگین ۳/۳۰۳ میکروگرم بر گرم وزن تر اختصاص یافت و نسبت به کمترین آن در همین دور آبیاری در سال ۱۳۹۵، ۵۵ درصد از پرولین بیشتری برخوردار بود.

جدول ۳: اثر دور آبیاری بر میزان پرولین و تعداد کل غوزه پنبه

دور آبیاری	پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)		تعداد کل غوزه	
	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶
دو هفته یک‌بار	۱/۸۶۲a	۳/۰۴۱b	۱۲/۰۰a	۱۱/۵۲a
چهار هفته یک‌بار	۱/۶۰۸a	۳/۳۰۳a	۱۱/۷۲a	۸/۳۰b

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

در مقایسه میانگین اثر رقم در سال نیز مشخص گردید که رقم گلستان با میانگین ۳/۳ میکروگرم برگرم وزن تر در سال دوم، دارای بیشترین میزان پرولین برگ بود که با رقم کاشمر در همین سال در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین میزان این صفت نیز به رقم گلستان در سال اول با میانگین ۱/٤۳۸ میکروگرم بر گرم وزن تر اختصاص یافت (جدول ٤). در مجموع، رقم کاشمر در هر دو سال از ثبات بیشتری برخوردار بود و در گروه اول قرار گرفت.

جدول ٤: اثر رقم بر میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ پنبه

رقم	پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)		محتوای نسبی آب برگ (درصد)	
	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦
گلستان	۱/٤۳۸b	۳/۳۰۰a	۹۱/۵۲b	٦۵/۱۰b
کاشمر	۱/۸۷٤a	۳/۲۰۵ab	۹۱/۹۸b	٦۸/۰٤a
شایان	۱/۸۹۲a	۳/۰۱۱b	۹۳/٦۲a	٦٦/۳۷b

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵: برهمکنش تنظیم کننده‌های رشد در رقم بر میزان پرولین و محتوای نسبی آب برگ پنبه

رقم	تنظیم کننده رشد	میزان پرولین (میکروگرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	
			دو هفته یک‌بار	چهار هفته یک‌بار
گلستان	Control	۲/٤۲de	۷۹/۱۰bcd	۷۷/۷٦de
	BA	۱/۵۵gh	۸۰/٦۸ab	۷۵/۸٤def
	ABA	۳/۵۵a	۷۹/٦۸bcd	۷٦/۷۷de
	SA	۲/۸۸c	۷۸/۷٦bcd	۷٤/۲۰f
	BRS	۲/۰۵ef	۸۰/٤۰ab	۷۷/۲۹cde
	CCC	۱/۷٦fg	۸۰/۹۳abc	۷۸/۱۹bcd
کاشمر	Control	۳/۱۵bc	۷۹/۸۵bcd	۷۷/٤۳de
	BA	۱/۵۱gh	۸۱/٦۵a	۸۰/٤۳a-d
	ABA	۲/۹۹bc	۸۱/٤۷abc	۷۷/۹۰cde
	SA	۳/۱۱bc	۸۰/۵۳a-d	۷۷/۱۳cde
	BRS	۲/۱٦e	۸۲/۰٤ab	۸۰/۹٤a-d
	CCC	۲/۳۲d	۸۱/۱۵abc	۷۹/۵۷bcd
شایان	Control	۳/۲۵b	۷۸/۹۳bcd	۷۸/۷۵cde
	BA	۱/۳۳h	۸۱/۹۲a	۷۸/۸۸bcd
	ABA	۲/۹٦c	۸۰/۷٦abc	۷۹/۷۱a-d
	SA	۳/۵۵a	۸۰/۸۲a-d	۷۸/۸۹bcd
	BRS	۲/۰٤ef	۸۱/۷۷ab	۸۰/۱۳۵a-d
	CCC	۱/۵۹g	۸۱/۰۸a-d	۷۹/۲۷bcd

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثر مواد تنظیم کننده رشد در رقم نیز نشان داد که حداکثر میزان پرولین برگ از رقم شایان در سطح محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید با میانگین ۳/۵۵ میکروگرم در گرم وزن تر حاصل شد

که با رقم گلستان در سطح محلول‌پاشی با آبسزیک اسید از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. این رقم نسبت به رقم گلستان در سطح شاهد به میزان ۳۳ درصد از محتوای پرولین بیشتری برخوردار بود. همچنین کمترین مقدار این صفت با میانگین ۱/۳۲۸ میکروگرم بر گرم وزن تر به رقم شایان در محلول‌پاشی با بنزیل آدنین اختصاص یافت که با دو رقم دیگر نیز در محلول‌پاشی با این هورمون در یک گروه قرار گرفت (جدول ۵).

در مجموع، تیمار هورمونی بنزیل آدنین باعث شد که در هر سه رقم، کمترین میزان پرولین مشاهده شود و پس از آن تیمارهای سایکوسل و براسینو استروئید در گروه‌های بعدی قرار گرفتند و میزان پرولین مشاهده شده در نمونه‌های برگ ارقام تیمار شده با این تنظیم کننده‌های رشد نیز کم بود.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه مرکب آزمایش نشان داد که اثر سال، رقم و اثر متقابل سال در رقم، و دورهای آبیاری در تنظیم کننده‌ی رشد در رقم بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در سال اول، رقم شایان با میانگین ۹۳/٦۲ درصد و در سال دوم رقم کاشمر با میانگین ٦۸/۰٤ درصد دارای بیشترین میزان محتوای نسبی آب برگ بودند و بین دو رقم دیگر از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤).

اثر متقابل دورهای آبیاری در محلول‌پاشی با مواد تنظیم کننده‌ی رشد در رقم نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش از محتوای نسبی آب برگ کاسته شد. بیشترین محتوای نسبی آب برگ با میانگین ۸۱/۹۲ درصد از رقم شایان در شرایط دور آبیاری دو هفته یک‌بار در تیمار محلول‌پاشی با بنزیل‌آدنین حاصل شد که با ارقام کاشمر و گلستان در همین دور آبیاری و تیمار محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین تیمار براسینواستروئید نیز در این دور آبیاری در مورد هر سه رقم در همین گروه قرار گرفت و این می‌تواند نشان دهنده این باشد که محلول‌پاشی با بنزیل آدنین و براسینواستروئید توانسته است محتوای نسبی آب برگ را افزایش دهد. کمترین محتوای نسبی آب برگ (۷٤/۲ درصد) از رقم گلستان در شرایط تنش خشکی چهار هفته یک‌بار و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید به‌دست آمد (جدول ۵).

مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ تحت سطوح مختلف محلول‌پاشی با مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد در دو سال اجرای آزمایش (جدول ٦) نشان داد که در هر دو سال، با محلول‌پاشی بر میزان محتوای نسبی آب برگ افزوده شد به‌طوری که حداکثر میزان این صفت با محلول‌پاشی آبسزیک اسید (۹۳/٤۹ درصد) در سال اول به‌دست آمد و نسبت به شاهد باعث افزایش ۲ درصدی محتوای نسبی آب برگ گردید که البته با محلول‌پاشی براسینواستروئید از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت، اما در سال دوم، حداکثر میزان این صفت با میانگین‌های ٦۸/۳۸، ٦۸ و ٦۷/۵۱ درصد به‌ترتیب به تیمارهای محلول‌پاشی سایکویل، بنزیل‌آدنین و براسینواستروئید اختصاص یافت.

پایداری غشای سلول: براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمایش (جدول ۲) اثر رقم، سال، تنظیم کننده‌ی رشد، اثر متقابل سال در رقم و دورهای آبیاری در رقم در سال بر پایداری غشای سلولی معنی‌دار بود. با محلول‌پاشی مواد تنظیم کننده رشد بر میزان پایداری غشای سلول افزوده شد به‌طوری که بیشترین میزان آن از محلول‌پاشی با سایکوسل با میانگین ۲/۵۹ درصد حاصل شد و با هورمون براسینواستروئید در یک گروه آماری قرار گرفت و نسبت به شرایط شاهد باعث افزایش ۱۵ درصدی پایداری غشاء گردید (جدول ۷).

جدول ٦: اثر تنظیم کننده‌های رشد در دو سال مختلف بر محتوای نسبی آب برگ و تعداد غوره باز بوته پنبه

تنظیم کننده رشد	محتوای نسبی آب برگ (درصد)		تعداد غوزه باز	
	۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦
Control	۹۰/۰۷c	٦۰/۲۱c	۵/۸۵a	۷/۷٦b
BA	۹۱/۸۰b	٦۸/۰۰a	٤/۳۰b	۵/۸۳c
ABA	۹۳/٤۹a	٦۵/۳۳b	٤/۷۰b	٦/۲۹c
SA	۹۲/۱۸b	٦٤/٦۱bc	۵/۷۸a	۹/۰۷ab
BRS	۹۳/۳٦a	٦۷/۵۱a	٤/۱۵b	۵/٦۷c
CCC	۹۱/۳٦b	٦۸/۳۸a	٦/٤٦a	۹/۷۲a

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۷: اثر تنظیم کننده‌های رشد بر برخی از صفات مورد بررسی در پنبه

تنظیم کننده رشد	پایداری غشای سلول (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غوزه بسته	تعداد کل غوزه
Control	۲/۱۲d	۹۰/۲bc	٤/۷۵c	۱۱/۵٦ab
BA	۲/۳٤bc	۹۷/٦a	۵/٤٤b	۱۰/۵۱b
ABA	۲/۲۹bcd	۸۰/۷d	۳/٤۳d	۸/۹۲c
SA	۲/۲۰cd	۸۵/۸cd	۳/۵۷d	۱۱/۰۰b
BRS	۲/٤٦ab	۹٤/۹ab	٦/۱۵a	۱۱/۰٦b
CCC	۲/۵۹a	۸٤/۰d	٤/۲۰c	۱۲/۳۰a

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

همچنین بیشترین میزان پایداری غشای سلول (۲/۹۹۸ درصد) در سال ۱۳۹٦ در رقم کاشمر و دور آبیاری دو هفته یک‌بار مشاهده شد (جدول ۸). با نگاهی به جدول ۸ مشاهده می‌شود که در هر دو سال اجرای آزمایش و هر دو دور آبیاری مورد بررسی، رقم کاشمر نسبت به دو رقم دیگر، از میزان پایداری غشای سلولی بیشتری برخوردار بوده است و این نشان دهنده این خواهد بود که غشای سیتوپلاسمی این رقم کمتر از ارقام دیگر تخریب می‌شود. از طرفی، در تمام این شرایط، کمترین پایداری غشای سلول در رقم گلستان به‌دست آمد.

جدول ۸: برهمکنش دور آبیاری و رقم در دو سال مختلف بر صفات پایداری غشای سلول و ارتفاع بوته پنبه

دور آبیاری	رقم	پایداری غشای سلول (درصد)		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	
		۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦
دو هفته یک بار	گلستان	۱/۹۵۰c	۲/۱۲۳c	۷۳/۸d	۹۳/٤a
	کاشمر	۲/۰٤۸bc	۲/۹۹۸a	۱۱۰/۷a	۹۲/۹a
	شایان	۱/۹۵۳bc	۲/۵۲۸bc	۹٦/۸b	۹۱/٤a
چهار هفته یک‌بار	گلستان	۲/۱۰۲b	۲/۵۳۳bc	۷۳/۵d	۷۹/٦b
	کاشمر	۲/۲۳٦a	۲/٦۵۱b	۱۰۲/٦ab	۸۲/۸b
	شایان	۲/۱۰۲b	۲/٦۱۸b	۸٦/۵c	۸۲/۳b

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته پنبه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال، تنظیم‌کننده رشد، دور آبیاری، رقم، اثر متقابل رقم در سال و برهمکنش دور آبیاری در رقم در سال قرار گرفت (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۸)، به‌طور کلی با افزایش دور آبیاری از دو به چهار هفته یک‌بار، از ارتفاع بوته ارقام در هر دو سال کاسته شد، اما در سال اول آزمایش که اختلاف ارتفاع بین ارقام مشهودتر بود، کاهش ارتفاع بوته در رقم گلستان در هر دو دور آبیاری دو و چهار هفته یک‌بار جزئی‌تر بود، درحالی‌که ارتفاع بوته ارقام کاشمر و شایان با افزایش دور آبیاری از دو به چهار هفته یک‌بار کاهش معنی‌دارتری یافت. بیشترین ارتفاع بوته مربوط به رقم کاشمر با ۱۱۰/۷ سانتی‌متر در دور آبیاری دو هفته یک‌بار و همین رقم با ۱۰۲/٦ سانتی‌متر در دور آبیاری چهار هفته یک‌بار به‌دست آمد. رقم شایان ارتفاع متوسطی داشت و کمترین ارتفاع بوته در هر دو دور آبیاری مربوط به رقم گلستان بود (جدول ۸).

همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین کلیه ارقام مورد بررسی (جدول ۷) از میان تنظیم کننده‌های رشد، محلول‌پاشی BA (بنزیل‌آدنین) بیشترین ارتفاع بوته (۹۷/٦ سانتی‌متر) را موجب شد که با تیمار محلول‌پاشی براسینواستروئید (۹٤/۹ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت و کاربرد بنزیل‌آدنین نسبت به شاهد سبب افزایش بیش از ۷ درصد در ارتفاع بوته شد. کاربرد تنظیم کننده‌های رشد آبسزیک اسید، سایکوسل و سالیسیلیک اسید باعث کاهش ارتفاع بوته نسبت به شاهد شدند و کمترین ارتفاع بوته (۸۰/۷ سانتی‌متر) نیز از کاربرد آبسزیک اسید به‌دست آمد که نسبت به شاهد سبب کاهش بیش از ۱۰ درصد در ارتفاع بوته شد.

تعداد غوزه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی دور آبیاری، تنظیم کننده رشد و رقم بر تعداد کل غوزه و تعداد غوزه‌های بسته معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم در تنظیم کننده‌های رشد بر تعداد غوزه‌های بسته، سال در دور آبیاری بر تعداد غوزه کل و سال در رقم نیز بر تعداد غوزه‌های باز معنی‌دار بود. اثر متقابل دور آبیاری در رقم نیز بر تعداد غوزه‌های بسته و اثر متقابل سال در تنظیم کنندهای رشد و سال در رقم بر تعداد غوزه‌های باز معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر دور آبیاری در مورد تعداد کل غوزه‌ها نیز نشان داد که بیشترین میانگین تعداد کل غوزه در بوته (۱۲ عدد) به دور آبیاری دو هفته یک‌بار در سال اول اختصاص یافت که با دور آبیاری چهار هفته یک‌بار در این سال در یک گروه آماری قرار گرفت. اما در سال دوم تیمارهای آبیاری در دو گروه مختلف قرار گرفتند و با کاهش میزان آبیاری تعداد غوزه کاهش یافت به‌طوری که دور آبیاری دو هفته یک‌بار از ۳۲ درصد غوزه بیشتری نسبت به دور آبیاری چهار هفته یک‌بار برخوردار بود (جدول ۳).

همچنین اثر تنظیم کننده رشد نشان داد که محلول‌پاشی سایکوسل با میانگین‌های ٦/٤٦ در سال اول و ۹/۷۲ در سال دوم، بیشترین میزان غوزه‌های باز را به خود اختصاص داد که با سالیسیلیک اسید و شاهد در دو سال اجرای آزمایش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٦) و این نشان دهنده این خواهد بود که سایکوسل و سالیسیلیک اسید ممکن است در زودرسی نقش داشته باشند.

در بین تنظیم کننده‌های رشد، هورمون سایکوسل بیشترین تعداد کل غوزه در بوته (۱۲/۳ عدد) را تولید نمود که نسبت به شاهد ٦ درصد افزایش داشت. تنظیم کننده‌های رشد براسینواستروئید، سالیسیلیک اسید و بنزیل آدنین از نظر تعداد غوزه با شاهد در یک گروه قرار گرفتند و کاربرد هورمون آبسزیک اسید با ۸/۹۲ عدد سبب کاهش تعداد غوزه به میزان ۲۲

درصد نسبت به شاهد شد. همچنین بیشترین میانگین تعداد غوزه‌های بسته (٦/٥ عدد) از محلول‌پاشی براسینواستروئید حاصل شد و کاربرد براسینواستروئید و بنزیل آدنین باعث مشاهده غوزه‌های بسته بیشتری نسبت به شاهد شد درحالی‌که تنظیم کننده‌های رشد آبسزیک اسید و سالیسیلیک اسید درصد غوزه‌های بسته کمتری نسبت به شاهد داشتند (جدول ۷).

بر اساس نتایج برهمکنش دور آبیاری در رقم (جدول ۹)، بیشترین میزان تعداد غوزه‌های باز در سال اول و دوم با میانگین ٦/٦٧ و ۹/۱۹ عدد از دور آبیاری دو هفته یک‌بار در رقم کاشمر حاصل شد. از طرفی بیشترین میانگین تعداد غوزه‌های بسته در هر دو سال اجرای آزمایش با میانگین ۹/۰٤ و ٦/٤٤ عدد در دور آبیاری چهار هفته یک‌بار در رقم گلستان مشاهده گردید که نسبت به کمترین مقدار آن در دور آبیاری دو هفته یک‌بار و رقم کاشمر به‌ترتیب ٤٢ و ۹۲ درصد در سال اول و دوم از تعداد غوزه‌ی بسته بیشتری برخوردار بود. بنابراین در بین ارقام مورد بررسی، کاشمر زودرس‌ترین رقم و گلستان دیررس‌ترین رقم بودند.

جدول ۹: برهمکنش دور آبیاری و رقم در دو سال مختلف بر تعداد غوزه پنبه

دور آبیاری	رقم	تعداد غوزه باز		تعداد غوزه بسته	
		۱۳۹۵	۱۳۹٦	۱۳۹۵	۱۳۹٦
دو هفته یک بار	گلستان	۵/۱۷bc	۷/۰۵b	٦/۸۰bc	۱/۲٦d
	کاشمر	٦/٦٧a	۹/۱۹a	۵/۲۰c	۰/٤۸d
	شایان	٦/۰۹ab	۷/۳۹b	۵/۲٤c	۰/٦۳d
چهار هفته یک‌بار	گلستان	٤/۳۱cd	۵/٤۰c	۹/۰٤a	٦/٤٤a
	کاشمر	٤/۸۵cd	۸/۰۹ab	٦/۹۱b	۲/٤۸c
	شایان	٤/۱۵d	۷/۲۲b	٦/۷٦bc	۳/۸۵b

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۱۰: برهمکنش دور آبیاری و رقم در دو سال مختلف بر تعداد گل بوته پنبه

دور آبیاری	رقم	تعداد گل	
		۱۳۹۵	۱۳۹٦
دو هفته یک بار	گلستان	٦/۳۲bc	۱٤/٦۷a
	کاشمر	۱۱/۲۲a	۱۳/۵٦a
	شایان	۸/۲۲b	۱۳/۸۵a
چهار هفته یک‌بار	گلستان	٤/٦۹c	٦/۱۵b
	کاشمر	٤/۵٦c	٦/۲٦b
	شایان	٤/۷۲c	٦/۵۰b

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

تعداد گل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی دور آبیاری، تنظیم کننده رشد و رقم، اثر متقابل سال در دور آبیاری، سال در رقم، دور آبیاری در رقم همچنین برهمکنش سال در رقم در دور آبیاری و سال در دور آبیاری در تنظیم کننده رشد بر تعداد گل در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲).

در سال اول، رقم کاشمر در شرایط دور آبیاری دو هفته یک‌بار، با ۱۱/۲۲ عدد گل، بیشترین تعداد گل را نسبت به سایر ارقام داشت و در سال دوم نیز تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد گل بین سه رقم در هر یک از

تیمارهای دور آبیاری مشاهده نشد اما هر سه رقم تعداد گل بیشتری نسبت به سال اول در هر دو دور آبیاری داشتند. همچنین تعداد گل در هر دو سال در دور آبیاری دو هفته یک‌بار بیشتر از آبیاری چهار هفته یک‌بار بوده است (جدول ۱۰).

بیشترین تعداد گل به میزان ۱۷/۱۹ عدد در سال دوم از محلول‌پاشی سایکوسل در دور آبیاری دو هفته یک‌بار به‌دست آمد که با تیمارهای سالیسیلیک اسید و براسینواستروئید تفاوت معنی‌داری نداشت و نسبت به شاهد ۳۵ درصد تعداد گل بیشتری داشت. همچنین در دور آبیاری چهار هفته یک‌بار تنها در سال اول اختلاف معنی‌داری میان محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد با شاهد مشاهده شد. بیشترین تعداد گل در سال اول در شرایط دو هفته یک‌بار با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و سایکوسل به‌دست آمد که نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۸ و ۳۱ درصد افزایش داشت (جدول ۱۱). در مجموع نتایج جدول ۱۱ نشان داد که تعداد گل تولید شده در بوته، در تیمار آبیاری دو هفته یک‌بار به میزان بسیار زیادی بیشتر از چهار هفته یک‌بار بود، در شرایط آبیاری نرمال، اختلاف بین تیمارهای هورمونی بر روی گلدهی مشهودتر بود و ضمن اینکه تیمارهای هورمونی سالیسیلیک اسید و بنزیل آدنین در هر دو دور آبیاری اختلاف آماری معنی‌داری با شاهد بدون هورمون بر روی گلدهی ارقام نداشتند، اما تیمارهای هورمونی سایکوسل، سالیسیلیک اسید و براسینواستروئید به‌طور معنی‌داری گلدهی ارقام را در هر دو سال و هر دو دور آبیاری افزایش دادند.

جدول ۱۱: برهمکنش تنظیم کننده‌های رشد در دور آبیاری در دو سال مختلف بر تعداد گل پنبه

دور آبیاری	تنظیم کننده رشد	تعداد گل	
		۱۳۹۵	۱۳۹۶
دو هفته یک بار	Control	۷/۳۶c	۱۱/۰۷b
	BA	۷/۲۹c	۱۱/۸۹b
	ABA	۷/۰۳c	۱۱/۵۹b
	SA	۱۱/٤۱a	۱٦/٦۳a
	BRS	۸/٤٤bc	۱۵/۷۸a
	CCC	۱۰/۳۰ab	۱۷/۱۹a
چهار هفته یک‌بار	Control	۳/۲۹d	۵/۷۰c
	BA	۳/۳۳d	٦/۳۳c
	ABA	۳/۷۲d	۵/٤۸c
	SA	۷/٤۱c	٦/۹٦c
	BRS	۳/۲۲d	٦/٤۸c
	CCC	٦/۹۸de	٦/۸۵c

وجود حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد.

Control: شاهد، BA: بنزیل آدنین، ABA: آبسیزیک اسید، SA: سالیسیک اسید، BRS: براسینواستروئید، CCC: سایکوسل

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش دور آبیاری موجب افزایش پرولین در پنبه شده که این افزایش در شرایط استفاده از تنظیم کننده‌های رشد بیشتر شد. همچنین مشخص شد در بین ارقام مورد مطالعه، رقم گلستان به‌عنوان یکی از

ارقام تجاری منطقه دارای بالاترین میزان پرولین بوده که نشان دهنده توان واکنش بالای این رقم به تنش خشکی می‌باشد. استفاده از تنظیم کننده‌های رشد به‌ویژه سالیسیلیک اسید موجب افزایش تولید پرولین شده که این تغییرات در رقم مقاوم به خشکی شایان بیشتر از دو رقم دیگر بود (جدول ٤). افزایش آمینواسیدهای آزاد به‌ویژه پرولین تحت تنش‌های اسمزی در ارقام متحمل نسبت به ارقام حساس پنبه در مطالعات متعددی گزارش شده است (Bozorov et al., 2018; Talaat et al., 2015). همچنین مشخص شده است محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، شاخص پرولین برگ گیاه پنبه را به میزان مثبت و معنی‌داری تحت تاثیر قرار می‌دهد (El-Beltagi et al., 2017). افزایش پرولین در طی تنش کم‌آبی ممکن است درنتیجه کاهش کلروفیل باشد زیرا گیاه برای دوام جذب آب با تخریب کلروفیل و آزادسازی پیش ماده پرولین به بقای گیاه کمک می‌کند (Talaat et al., 2015). همچنین سالیسیلیک اسید با القای برهمکنش‌های حفاظتی با واسطه هورمون آبسزیک اسید منجر به تجمع پرولین در گیاه می‌شود (Yoshiba et al., 2005). پرولین علاوه بر حفاظت کنندگی اسمزی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کند و موجب محافظت از غشاء و ساختارهای پروتئینی، تعادل اسیدیته سیتوپلاسمی، حفظ NADP/NADPH در تعامل با متابولیسم و تأمین عوامل احیایی لازم برای حفظ فسفریلاسیون اکسیداتیو میتوکندری در جهت تولید ATP می‌شود (Talaat and Shawky, 2014).

نتایج این مطالعه نیز نشان داد که در اثر تنش، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء کاهش یافت که این کاهش در رقم کاشمر به‌عنوان رقم حساس به خشکی بیشتر و در رقم شایان به‌عنوان رقم متحمل به خشکی کمتر بود. در اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد نیز تأثیرات مخرب تنش، کاهش یافته و محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء افزایش یافت به‌طوری آبسزیک اسید بالاترین تأثیر را بر محتوای نسبی آب برگ و سایکوسل بالاترین تأثیر را بر پایداری غشاء نشان داد (جدول ۵) مطالعات متعددی نشان دادند که ارقام مقاوم به تنش در پنبه، محتوای نسبی آب برگ بالاتری دارند (Yildiz-Aktas et al., 2009; Brito et al., 2011). همچنین اثرات مثبت تنظیم کننده‌های رشد بر محتوای نسبی آب و پایداری غشاء نیز گزارش شده است (Alyemeni et al., 2013; Abdel-Kader et al., 2014). پاسخ متفاوت ارقام از نظر محتوای نسبی آب ناشی از مکانیسم‌های متفاوتی نظیر تغییر اندازه برگ، زاویه برگ، وجود یا عدم وجود موم و بازتاب برگ و روزنه‌ها بوده که در بین ارقام متحمل و حساس وجود دارد (Townkly- Smith and Clark, 1984). به‌نظر می‌رسد که گیاهان در شرایط تنش، میزان آب سلول‌های خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آن‌ها شود، این امر موجب کاهش محتوای نسبی آب در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Rosales et al., 2012). در شرایط تنش خشکی قسمت‌های فسفولیپیدی دو لایه غشاء حالت شش‌وجهی می‌گیرند و ساختار غشاء به ساختار منفذداری تبدیل می‌شود و مواد به بیرون تراوش می‌کنند، در نتیجه پایداری غشاء کمتر می‌شود. گیاه با افزایش پرولین می‌تواند

پایداری غشاء را افزایش دهد و به‌عنوان یک ساز و کار مقاومت با تنش خشکی از طریق تنظیم اسمزی عمل نماید (Sarima et al., 2002). همچنین تنظیم کننده‌های رشد از طریق جلوگیری از ایجاد پدیده‌هایی نظیر تخریب ساختارهای سلولی و فعالیت آن‌ها، به‌هم خوردن تعادل غشای سیتوپلاسمی و از دست رفتن فشار تورژسانس، باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ می‌شوند (Nemeth et al., 2002; Khripach et al., 1998).

طبق نتایج گزارش شده افزایش دوره آبیاری به‌سبب کاهش طول دوره رشد رویشی گیاه و به‌دنبال آن کاهش فتوسنتز، باعث کاهش ارتفاع بوته شد. کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش توسعه سلول را در پی دارد که رشد سلول را محدود می‌کند (Chanbdracar et al., 1994). نتایج نشان داد، افزایش دور آبیاری ارتفاع بوته پنبه را کاهش داد. بیشترین ارتفاع بوته از رقم کاشمر در دور آبیاری دو هفته یک‌بار به‌دست آمد. Sahito و همکاران (۲۰۱۵) نیز در مطالعات خود کاهش ارتفاع بوته پنبه در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. با افزایش تنش خشکی، بین بخش هوایی و زمینی گیاه رقابت زیاد می‌شود، درنتیجه گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و مواد فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی خواهد رسید که این امر باعث کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (Chanbdracar et al., 1994). همچنین نتایج نشان داد که از میان تنظیم کننده‌های رشد، محلول‌پاشی بنزیل‌آدنین بیشترین ارتفاع بوته را موجب شد. بنزیل‌آدنین طیف وسیعی از واکنش‌ها از قبیل افزایش تقسیم سلولی در اندام‌های هوایی را القا می‌کند (Machanda and Garg, 2008). افزایش ارتفاع بوته تحت تأثیر بنزیل‌آدنین را می‌توان به تحریک انتقال مواد غذایی به جوانه‌ها از طریق افزایش تقسیم سلولی و یا افزایش ارتباط آوندی بین جوانه‌های جانبی و ساقه اصلی و در نتیجه جذب بیشتر آب و مواد غذایی مرتبط دانست (Mervat et al., 2013). Ghasemi Bezdi و همکاران (۲۰۱۱) در شرایط درون شیشه‌ای نشان دادند که غلظت‌های مختلف بنزیل‌آدنین در محیط کشت، تاثیرات متفاوتی بر صفات مورد بررسی در ریزنمونه‌های ارقام پنبه داشت.

نتایج این مطالعه نیز مشخص کرد که افزایش دور آبیاری موجب کاهش تعداد غوزه باز و تعداد غوزه تولیدی در بوته شده و همچنین موجب افزایش سهم غوزه‌های بسته از کل غوزه‌ها شد. در بین ارقام مورد مطالعه رقم کاشمر و شایان بالاترین تعداد غوزه باز و کل را به خود اختصاص دادند این در حالی بود که بیشترین تعداد غوزه بسته مربوط به رقم گلستان بود. نتایج این پژوهش با نتایج دیگر مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های پنبه از نظر تعداد غوزه مطابقت داشت (Zonta et al., 2017). Mohsenian و همکاران (۲۰۱۶) نیز طی پژوهشی صفات ارتفاع گیاه و تعداد غوزه پنبه را به نوع گونه نسبت دادند. Ghasemi Bezdi و Nemati (۲۰۱۳) در بررسی ۲۵ ژنوتیپ پنبه مشاهده نمودند که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد غوزه در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. تأثیرات تنظیم کننده‌های رشد نیز متفاوت بود، کاربرد سایکوسل موجب افزایش تعداد کل غوزه و تعداد غوزه باز شده ولی کاربرد آبسزیک اسید و براسینواستروئید موجب افزایش تعداد غوزه بسته در بوته شد.

نتایج تحقیقات نشان دهنده اثر تحریک کننده سایکوسل بر تعداد غوزه در پنبه می‌باشد (Roa et al., 2005).

نتایج نشان داد، قطع آبیاری موجب کاهش تعداد گل و محلول‌پاشی سایکوسل و سالیسیلیک اسید موجب کاهش تأثیرات منفی تنش شد. محققان نیز گزارش کردند که کاهش مقدار آب در گیاه پنبه باعث اختلال در گلدهی و کاهش تعداد گل می‌شود (Pilon, 2015). نتایج Seibi و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد محدود شدن مقدار آب قابل دسترس گیاه، تعداد مریستم‌های آغازنده شاخه فرعی در گیاه و همچنین طول دوره رشد و نمو گیاه را کمتر خواهد کرد و موجب کاهش تعداد گل در گیاه می‌شود. Keshavarz و Moders (۲۰۱۳) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید باعث بهبود رشد رویشی، افزایش تعداد شاخه‌ها در گیاه کلزا می‌شود. سالیسیلیک اسید به‌عنوان یک تنظیم کننده درون‌زا بر گلدهی مؤثر بوده و از طریق افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم باعث القا و افزایش تعداد جوانه گل می‌شود (Haji Reza et al., 2013).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که واکنش ارقام مختلف به محلول‌پاشی با تنظیم کننده‌های رشد در شرایط تنش کم‌آبی متفاوت بود. تحت تأثیر تنش کم‌آبی، رقم گلستان از تعداد گل و غوزه بیشتری در مقایسه با دو رقم دیگر برخوردار بود. تیمار آبیاری تاثیر قابل توجهی بر تعداد گل در بوته پنبه داشت و در شرایط آبیاری نرمال، اختلاف بین تیمارهای هورمونی بر روی گلدهی مشهودتر بود، ضمن اینکه تیمارهای هورمونی سایکوسل، سالیسیلیک اسید و براسینواستروئید به‌طور معنی‌داری گلدهی ارقام را در هر دو سال و هر دو دور آبیاری افزایش دادند. محلول‌پاشی با تنظیم کننده‌های رشد به‌خصوص سایکوسل و سالیسیلیک اسید سبب افزایش صفات مورفوفیزیولوژیکی ارقام پنبه شد که نشان دهنده تأثیر مثبت بیشتر محلول‌پاشی این تنظیم کننده‌ها بر تحمل به خشکی ارقام است.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران، اعضای هیات علمی و کارشناسان محترم موسسه تحقیقات پنبه کشور و ایستگاه تحقیقات پنبه هاشم‌آباد گرگان که امکان انجام هرچه بهتر آزمایش را عملی نمودند و کارشناسان عزیزی که در مراحل مختلف کارهای مزرعه‌ای و آزمایشگاهی کمک نمودند به‌خصوص آقایان دکتر قربان قربانی، مهندس جعفر حسین‌پور، جعفر عرب و خانم‌ها صدیقه دودانگی، هدی‌السادات عقیلی و نوشین شیخ‌الاسلامی سپاسگزاری می‌شود.

References

Abdel-Kader, M.A., Esmail, A.M., El Shouny, K.A. and Ahmed, M.F. (2014). Evaluation of the drought stress effects on cotton genotypes by using physiological and morphological traits. International Journal of Science and Research (IJSR). 6 (14): 1358-1366.

Ahmadi, M. and Aqaali Khani, M. (2012). Analysis of Energy Consumption in Cotton Farming (*Gossypium hirsutum* L.) in Golestan Province to provide a solution for increasing resource productivity. Agricultural Ecology Journal. 4 (2): 151-158.

Alyemeni, M.N., Shamsul Hayat, S., Wijaya, L. and Abdullah Anaji, A. (2013). Foliar application of 28-homobrassinolide mitigates salinity stress by increasing the efficiency of photosynthesis in *Brassica juncea*. Acta Botanica Brasilica. 27: 502-505.

Bajguz, A. and Hayat, S. (2009). Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses. Plant Physiology and Biochemistry. 47: 1-8.

Barros, T. C., de Mello Prado, R., Roque, C. G., Arf, M. V. and Vilela, R. G. (2019). Silicon and salicylic acid in the physiology and yield of cotton. Journal of Plant Nutrition. 42(5): 458-465.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Tear, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39:205-207.

Bozorovtohir, A., Rustam, R., Usmanov, Y., Shukhrat, A., sardorbek, M., Jaloliddin, Sh., Saidgani, N., Zhang, D. and Alisher Abdullaev, A. (2018). Effect of water deficiency on relationships between metabolism, physiology, biomass, and yield of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Arid Land. 10 (3): 441–456.

Brito, G.G., Valdinei, S., Marleide, M., Andrade, L., Luiz Paulo de, C. and João Luiz da, S.F. (2011). Physiological traits for drought phenotyping in cotton. Maringá. 33 (1): 117-125.

Chanbdracar, B.L., Sechar, N., Tuteja, S.S. and Tripathi, R.S. (1994). Effect of irrigation and nitrogen of growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*) Indianan Journal Agronomy. 39: 701-702.

El-Beltagi, H.S., Ahmed, H.S., Mahmoud Namich, A.A. and Abdel-Sattar, R.R. (2017). Effect of salicylic acid and potassium citrate on cotton plant under salt stress. Fresenius Environmental Bulletin. 26 (1): 1091-1100.

Falkenberg, N.R., Piccinni, G., Cothren, J.T., Leskovar, D.I. and Rush, C.M. (2003). Remote sensing of biotic and abiotic stress for irrigation management of cotton. Agricultural Water Management. 87: 23-31.

Ghasemi Bezdi, K. and Nemati, M. (2013). Evaluation of some morphological characteristics of cotton genotypes for earliness selection. Iranian Journal of Cotton Researches. 1(1): 79-91. In Persian.

Ghasemi Bezdi, K., Bay, Z. and Behrooz, A. (2011). The effects of hormonal components of nutrient medium, cultivar and explant type on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) callus formation in vitro. Journal of Applied Biosciences. 47: 3256-3263.

Haghighatnia, H., Shiravanian, A. R. and Wisdom, M. H. (2016). The Effect of Different Irrigation Levels and Plant Growth Regulator on Cotton Yield (Case Study: Darab, Fars). Iranian Journal of Cotton Research. 4 (1): 76-61. (In Persian)

Haji Reza, M.R., Hadi, I., Zinanloo, A.A.R., Mirzapour, M. and Nai, M. R. (2013). Effect of different levels of citric acid and salicylic acid on pre-harvest stage on shelf life of *Rosa hybrid* L. Science and Techniques of Greenhouse Cultivation. 16 (4): 99-108. (In Persian).

Ibn Maaouia-Houimli, S., Ben Mansour Gueddes, S., Dridi-Mouhandes, B. and Denden, M. (2012). 24- 24-epibrassinolide enhances flower and fruit production of pepper (*Capsicum annuum* L.) under salt stress. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 8 (3): 224-233.

Khripach, V., Zhabinskii, V.N. and Groot, A.E. (1998). Brassinosteroids: A New Class of Plant Hormones. Acadamic press. United States of America, 460 pages.

Kolupaev, Y., Yastreb, T., Karpets, Y.V. and Miroshnichenko, N. (2011). Influence of salicylic and succinic acid on antioxidant enzymes activity, heat resistance and productivity of *Panicum miliaceum* L. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 7: 154-163.

Koocheki, A.R., Yazdansepas, A. and, Nukkhah, H.R. (2006). Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat

(*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences. 8(1): 14-29.

Loka, D.A., Oosterhuis, D.M. and Ritchie, G.L. (2011). Stress physiology in cotton: water-deficit stress in cotton. Proceeding of Annual Beltwide Cotton Conference. Cordova, Tennessee (USA). Pp: 37-72.

Luts, S., Kinet, J.M. and Bouhanmont, J. (1996). Nacl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany. 78: 389-398.

Machanda, G. and, Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Agricultural Plant Physiology. 30: 595-618.

Mehrabadi, H.R., Nezami, A., Kafi, M. and Ahmadi Fard, M. (2015). Evaluation of yield response of drought tolerant and susceptible cotton cultivars to water deficit stress conditions. Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology). 30 (5):1425-1415. (In Persian).

Mehrabadi, H.R., Nezami, A., Kafi, M. and Ramazani Moghaddam, M.R. (2016). Evaluation of some physiological responses of susceptible and tolerant cultivars to drought stress conditions. Iranian Journal of Cotton Research. 5 (1):108-91. (In Persian).

Mervat, Sh., Mona, G.D., Bakry, B.A. and El-Karamany, M. F. (2013). Synergistic effect of indole acetic acid and kinetin on performance, some biochemical constituents and yield of faba bean plant grown under newly reclaimed sandy soil. World Journal of Agricultural Sciences. 9 (4): 335-344.

Mohsenian S.N., Ghasemi Bezdi K. and Dadashi M.R. (2016). The evaluation of correlation between morphological characteristics in different cultivars of two tetraploid cotton species. Iranian Journal of Cotton Researches. 4(2): 45-62. (In Persian).

Nemeth, M., Janda, T., Horvath, E., Paldi, E. and Szalai, G. (2002). Exogenous salicylic acid increase polyamine content but may decreases drought tolerance in maize. Plant Science. 162: 569-574.

Pilon, C., (2015). Physiological Responses of Cotton Genotypes to Water-Deficit Stress during Reproductive Development. Theses and Dissertations. 1-157.

Rao, M. S., Krishnamurthi, M. and Weerathaworn, P. (2005). Beneficial effect of ethephon on yield and sucrose productivity of sugarcane cultivars in Thailand. Sugar Tech. 7: 48-52.

Rosales, M.A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J. and Covarrubias, A. A., (2012). Physiological analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology and Biochemistry. 56: 24-34.

Sahito, A., Baloch, Z.A., Mahar, A., Otho, S.A., Kalhoro, S.A., Ali, A., Kalhoro, F.A., Soomro, R.N. and Ali, F. (2015). Effect of water stress on the growth and yield of cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.). American Journal of Plant Science. 6: 1027-1039.

Sarima, R.J., Rqo, K.V. and Srivastava, G.C. (2002). Differential response of wet genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1036-1040.

Sedaghat, M.I. and, Imam, Y. (2016). The effect of three growth regulators on grain yield of wheat cultivars in different moisture regimes. Journal of Crop Production and Processing. 6 (21): 33-15. (In Persian).

Seibi, M., Mizakhani, M. and, Gomarian, M. (2011). The effect of water stress, consumption of zeolite and salicylic acid on the quantity and quality of safflower oil. Desert Research Agricultural Research. 9(2): 153-169. (In Persian).

Talaat, N.B. and Shawky, B.T. (2014). Protective effects of arbuscular mycorrhizal fungi on wheat (*Triticum aestivum* L.) plants exposed to salinity. Environmental and Experimental Botany. 98: 20-31.

Talaat, N.B., Shawky, B. and Ibrahim,

A.S. (2015). Alleviation of drought-induced oxidative stress in maize (*Zea mays* L.) plants by dual application of 24-epibrassinolide and spermine. Environmental and Experimental Botany. 113: 47-58.

Townkey-Smith, F. and Clark, B. (1984). Screening and selection techniques for improving drought resistance. In. Vose/P.B.x And S.G.Blixt (eds). Crop breeding, a contemporary basis. Pergammon Press. U.K. pp. 37-162.

Wang, L. J., Fan, L., Loescher Duan, W., Guo-Jie, L., Jian-Shan, C., Hai, L. and, Li, S. (2010). Salicylic acid alleviates decreases W. in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. BMC Plant Biol. 10: 34-41.

Wiggins, M.S., Leib, B.G., Mueller, T.C. and, Main, C.L. (2014). Cotton growth, yield, and fiber quality response to irrigation and water deficit in soil of varying depth to a sand layer. Journal of Cotton Science. 18: 145-152.

Yildiz-Aktas, L., Dagnon, S., Gurel, S., Gesheva, E. and Edreva, A. (2009). Drought Tolerance in Cotton: Involvement of Non-enzymatic ROS-Scavenging Compounds. Journal Agronomy and Crop Science. 195(4):247 - 253 .

Yoshiba, Y., Yamada, M., Morishita, H., Uran, K., Shiozaki, N., Yamaguchi, K. and, Shinozaki, K. (2005). Effects of free proline accumulation 558 in petunias under drought stress. Experimental Botany. 56 (417): 1975-1986.

Zonta, J.H., Brandão, Z.N., Rodrigues, J.I.D.S. and Sofiatti, V. (2017). Cotton response to water deficits at different growth stages. Revista Caatinga. 30(4): 980-990.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 62, 16th year, Number 2, Summer 2021

The effect of interval irrigation and growth regulators on some morphophysiological traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L) cultivars

Arekhi, E.[1], Ajam Nowroozi, H.[1]*, Ghasemi Bezdi, K.[2], and Faghani, E.[3]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Gorgan Branch, Gorgan, Iran
[2]Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, University of Torbat-e Jam, Iran
[3]Cotton Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

Received date: 2019/12/23 Accepted date: 2020/04/08

Abstract

To study the effect of interval irrigation and growth regulators on morphophysiological traits of cotton cultivars, an experiment was conducted as a split factorial in randomized complete block design in 2017 and 2018 in Hashemabad Cotton Research Station in Gorgan, Iran. Treatments consisted of intervals of irrigation at two levels (two weeks and four weeks) as the main factor and six-level growth regulator treatments (control, benzyl adenine, abscisic acid, salicylic acid, brassinosteroid, and cycocel) and three cotton cultivars (Golestan, Kashmar, and Shayan) were also considered as sub-factors. The results of this study showed that proline content and relative water content of leaf decreased with water deficit stress. Maximum proline content (3.55 µg/g fresh weight) was obtained from Shayan cultivar with salicylic acid. Benzyl adenine and brassinosteroids increased relative leaf water content. The highest cell membrane stability (2.998%) was observed in Kashmar cotton cultivar and two-week interval irrigation, and Cycocel increased the membrane stability by 15%. Plant height, number of flowers, and number of bolls were affected by growth regulators, irrigation intervals, and cultivars. With increasing irrigation period, plant height, flower number, and boll number decreased in all cultivars, but under drought stress, Golestan cultivar had more flowers and boll number than other cultivars. Cycocel, salicylic acid, and brassinosteroids significantly increased flowering of cultivars at both years and both irrigation intervals. Benzyl adenine and brassinosteroids increased plant height more than 7% and abscisic acid, cycocel, and salicylic acid decreased plant height compared with control. Application of abscisic acid reduced the number of bolls by 22% compared with the control. Overall, growth regulators, especially cycocel and salicylic acid, increased the morphophysiological traits of cotton cultivars indicating their positive effect on drought tolerance and it could play a role in moderating stress effects under stress conditions.

***Keywords*:** Cycocel, Membrane stability, Proline, Salicylic acid, Water deficit stress.

*Corresponding author; ajamnorozei@yahoo.com