تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، ص ۲۶۸-۲۵۳

مقاله پژوهشی

واکنش اگروفیزیولوژیکی پنبه به محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های تنش در کشت رایج و تأخیری

زینب برزویی[۱]، محمد آرمین[۲*]، حمید مروی[۲]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سبزوار، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

* مسئول مکاتبه: Armin@iaus.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۰۴/۰۶ **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.284747.1094**

چکیده

به منظور بررسی واکنش اگروفیزیولوژیکی پنبه به محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌های تنش در کشت رایج و تأخیری آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۷-۹۶ انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی تاریخ کشت در دو سطح کشت رایج (۱۵ و ۲۰ اردیبهشت، به ترتیب برای سال اول و دوم) و کشت تأخیری (۲۰ و ۱۷ خرداد، به ترتیب برای سال اول و دوم) به عنوان کرت اصلی و نوع تعدیل‌کننده تنش در چهار سطح (شاهد، سالیسیلیک اسید، گلایسین بتائین و سدیم نیتروپروساید) و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های اسمزی در دو سطح (گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی) به صورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی هم در کشت رایج و هم در کشت تأخیری سبب افزایش تعداد شاخه زایشی، تعداد غوزه در بوته، عملکرد وش و عملکرد الیاف شد. بالاترین تعداد غوزه در بوته در کشت رایج با محلول‌پاشی گلایسین بتائین (۱۵/۲) و در کشت تأخیری با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید (۸/۷) به دست آمد. درحالی‌که در کشت رایج محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید سبب افزایش عملکرد وش (۴۷ درصد) شد اما در کشت تأخیری عملکرد وش واکنشی به نوع تعدیل‌کننده مصرفی نشان نداد. بیشترین عملکرد وش (به ترتیب با مقادیر ۱۲۶۵ و ۱۵۳۷ کیلوگرم در هکتار) هم در مرحله گلدهی و هم در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی با محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید به دست آمد. از نظر عملکرد الیاف و عملکرد بذر در کشت رایج محلول‌پاشی با سدیم نیتروپروساید و در کشت تأخیری محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید نسبت به سایر تعدیل‌کننده‌ها بهتر بود. در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که کشت در تاریخ مناسب و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مناسب‌ترین تیمار برای به دست آوردن بیشترین عملکرد وش در پنبه در شرایط تنش شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، تنش شوری، عملکرد وش، محافظ‌های گیاهی

مقدمه

کمبود جهانی منابع آب، آلودگی محیط‌زیست و افزایش شور شدن آب و خاک از مهم‌ترین مشکلات بشر در قرن ۲۱ خواهد بود. افزایش جمعیت انسانی و کاهش زمین‌های قابل‌کشت دو تهدید برای پایداری کشاورزی است.

تنش‌های زیستی و غیرزیستی مانند شوری خاک، خشک-سالی، درجه حرارت، بادهای شدید و سیل با تحت تأثیر قرار دادن فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی سبب کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. شوری خاک یکی از مخرب‌ترین تنش‌های محیطی بوده که باعث کاهش چشم‌گیر در سطح زیر کشت، بهره‌وری و کیفیت محصول می‌شود. تخمین زده شده که بیش از ۵۰٪ از زمین‌های قابل‌کشت تا سال ۲۰۵۰ شور شود (Shrivastava and Kumar, 2015).

راهکارهای مختلفی برای کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدیریت کاشت (Manesh *et al.*, 2013)، مدیریت مواد غذایی (Absalan *et al.*, 2011; Ardakani *et al.*, 2016) و امروزه استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش از جمله روش‌های کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان زراعی است. این تعدیل‌کننده‌ها در کاهش اثرات تنش خشکی (Timachi *et al.*, 2020)، تنش شوری (Zare *et al.*, 2020)، تنش سرما (Saleem *et al.*, 2020) و تنش گرما (Siddiqui *et al.*, 2018) مورد استفاده قرار گرفته و اکثر مطالعات نقش‌های مفید این تعدیل‌کننده‌ها را نشان داده است.

گلایسین بتائین[1] ترکیب آمونیومی چهارگانه و عمدتاً در کلروپلاست یافت می‌شود. این ترکیب نقش عمده‌ای در تنظیم و حفاظت از تیلاکوئید و حفظ راندمان فتوسنتز در گیاهان آلی دارد (Annunziata *et al.*, 2019). محلول‌پاشی گلایسین بتائین در پنبه باعث افزایش عملکرد وش، تعداد غوزه، تعداد شاخه جانبی، ارتفاع بوته و کاهش ریزش غوزه‌ها گردید (Savari *et al.*, 2010). نتایج سایر مطالعات حاکی از آن است که محلول‌پاشی با گلایسین بتائین به صورت قابل‌توجهی سبب افزایش مقاومت روزنه‌ای، تعداد غوزه در بوته، تعداد شاخه زایشی و عملکرد وش می‌شود. همچنین محلول‌پاشی با گلایسین بتائین سبب کاهش پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ گردیده در حالی‌که پتانسیل فشاری با افزایش غلظت محلول‌پاشی گلایسین بتائین افزایش پیدا کرد (Makhdum and Shababuddin, 2006). اسید سالیسیلیک یک ترکیب فنلی بوده که امروزه به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته می‌شود و در تنظیم بعضی از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، سنتز کلروفیل و پروتئین نقش داشته و به عنوان یک سیگنال مهم مولکولی در پاسخ به تنش‌های محیطی عمل می‌کند (Hayat and Ahmad, 2007). اگرچه پیش‌تر گزارش شده که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری اثری بر کیفیت پنبه ندارد (El-Beltagi *et al.*, 2017)؛ اما سبب افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز گشته در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد پنبه بیشتر شده است (Barzoie *et al.*, 2020; El-Beltagi *et al.*, 2017). سدیم نیتروپروساید[2] به عنوان ترکیب‌دهنده‌ی NO شناخته می‌شود؛ که امروزه اثرات تعدیل‌کنندگی آن بر استرس‌های محیطی مانند تنش خشکی، شوری، فلزات سنگین و ... به خوبی شناخته شده است (Ghosh, 2020). سدیم نیتروپروساید از طریق کاهش محتوی H_2O_2 و MDA، همچنین افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و تقسیم سلولی، سبب افزایش تحمل به تنش می‌شود (Timachi *et al.*, 2020). در پنبه گزارش شده محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید ۰/۱ میلی‌مولار سبب افزایش سرعت فتوسنتز، سرعت فتوسنتز خالص، سرعت تعرق و بهبود خاصیت جاروب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش تجمع پراکسیدهیدروژن در شرایط شوری می‌شود (Dong *et al.*, 2014). همچنین کاربرد خارجی با غلظت ۱۵۰ میلی‌مولار بر گیاه پنبه در شرایط شوری به طور معنی‌داری سبب کاهش پیری برگ و افزایش سرعت فتوسنتز از طریق افزایش محتوی کلروفیل، ۲۲ روز بعد از اعمال تنش شوری گردید (Kong *et al.*, 2016).

روش‌های صحیح مدیریت زراعی در استفاده حداکثر از ظرفیت محیط برای تولید گیاهان امری بسیار مهم بوده و تعیین مناسب‌ترین شرایط رشد می‌تواند در راستای افزایش عملکرد و به حداکثر رساندن بهره‌وری از محیط مورد نظر باشد (Abbas *et al.*, 2019). از میان عوامل زراعی مهم تاریخ کشت در به حداکثر رساندن دسترسی به منابع حائز اهمیت می‌باشد. واکنش شدید پنبه به تاریخ کشت موجب شده تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت در این گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Bagherabadi *et al.*, 2019). تعیین تاریخ کشت مناسب در پنبه به عوامل متعددی مانند دمای خاک، تأمین آب و زمان برداشت گیاه کشت شده در تناوب، بستگی دارد (Afzal *et al.*, 2020). طی مطالعه‌ای، افزایش عملکرد وش، شاخص بذر و تجمع ماده خشک در تاریخ کشت مناسب گزارش شده است (Rahman *et al.*, 2019). در بسیاری از مناطق ایران کشت پنبه بعد از برداشت گندم یا جو انجام می‌شود. در پاکستان نیز کشت پنبه در تناوب با گندم، آفتابگردان و ذرت اغلب سبب تأخیر در کاشت این گیاه می‌شود. در مصر نیز انتظار برای برداشت شبدر برسیم به عنوان یک گیاه زمستانه کشت این گیاه را با تأخیر همراه کرده است (El Sabagh *et al.*, 2018). گزارش شده است تأخیر در کاشت پنبه موجب کاهش عملکرد وش پنبه می‌گردد؛ به‌طوری‌که کشت پس از برداشت جو سبب کاهش بیش از ۳۰ درصدی عملکرد نسبت به کشت به موقع شد.

اثرات مفید تعدیل‌کننده‌های تنش بر کاهش اثرات تنش‌های محیطی به عوامل مختلفی مانند نوع تعدیل‌کننده مصرفی، زمان مصرف، مقدار مصرف و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. اگرچه اثرات مفید این مواد به صورت مجزا بر کاهش اثرات تنش‌های محیطی مورد توجه محققان بوده، اما تعیین مناسب‌ترین تعدیل‌کننده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس این بررسی به منظور تعیین نوع و مقدار مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در دو تاریخ کشت رایج و تأخیری در شرایط تنش شوری انجام شد.

1. Glycine betaine (GB)
2. Sodium nitroprusside (SNP)

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی واکنش آگروفیزیولوژیکی پنبه به زمان و نوع تعدیل‌کننده تنش در تاریخ کشت رایج و تأخیری در شرایط شوری خاک در دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۷-۹۶ در مزرعه شخصی در کیلومتر ۱۰ سبزوار با مشخصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض و ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۰ متر انجام شد. داده‌های هواشناسی در طی دوره رشد پنبه در جدول ۱ آورده شده است. بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، منطقه مورد بررسی دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان گرم و میانگین بارندگی ۱۸۷/۷ میلی‌متر است. حداکثر درجه حرارت در تیرماه (ژوئیه) ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد و حداقل میانگین دما ۲- درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه (ژانویه) است. بیشترین میزان بارش در اسفند (۳۷/۸ میلی‌متر) و کمترین بارش در مرداد (۰/۵ میلی‌متر) می‌باشد. میانگین دما و کل بارندگی در فصل رشد طی دو سال در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- میانگین دما و کل بارندگی در فصل رشد طی دو سال

Table 1- Average temperature and total rainfall in growing season in two years

ماه Month	میانگین دما Average temperature (°C)		بارندگی Total rainfall (mm)	
	2017	2018	2017	2018
دی-بهمن January	5.9	5.76	15	1.6
بهمن-اسفند February	6.5	9.99	49.9	20
اسفند-فروردین March	12.5	17.1	21.4	2
فروردین-اردیبهشت April	18.9	17.9	29.4	32.2
اردیبهشت-خرداد May	26.9	23.3	14.2	17.8
خرداد-تیر June	30.86	29.52	0	0.7
تیر-مرداد July	31.02	28	2.8	0.0
مرداد-شهریور August	29.86	30.4	0.0	0.0
شهریور-مهر September	25.7	26.3	0.0	6.5
مهر-آبان October	19.1	17.5	0.0	35.1
آبان-آذر November	13.7	12.5	2.0	0.6
آذر-دی December	7.21	6.59	0	1.2

طرح آزمایشی مورد استفاده، اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل شرایط کشت در دو سطح (کشت رایج و کشت تأخیری) به عنوان کرت اصلی و نوع تعدیل‌کننده تنش در چهار سطح: شاهد، سالیسیلیک اسید (۲ میلی‌مولار)، گلایسین بتائین (۱۰۰ میلی‌مولار) و سدیم نیتروپروساید (۱۰۰ میکرومولار) و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های اسمزی در دو سطح: گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی (بر اساس ۵۰ درصد رسیدن به مرحله فنولوژی مد نظر، در هر کرت به عنوان مرحله مورد نظر در تیمارهای آزمایشی بود) به صورت فاکتوریل به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. در منطقه مورد بررسی کشت رایج از ۱۵ اردیبهشت و کشت تأخیری از ۱۵ خرداد (بعد از برداشت جو یا گندم) انجام می‌شود.

زمین آزمایش در سال اول آزمایش آیش و در سال دوم آزمایش در کشت تأخیری در سال قبل به کشت گندم اختصاص داشت. عملیات آماده‌سازی زمین با شخم عمیق در پاییز در سال قبل آزمایش و عملیات خاک‌ورزی شامل شخم سطحی، دو مرتبه دیسک و تسطیح کامل در اردیبهشت انجام شد. سپس از خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) و آب ورودی به مزرعه نمونه‌گیری و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در محل آزمایش
Table 2- Physical and chemical analysis of the field soil

عمق Depth	ماده آلی Organic matter	EC	pH	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	آهن Fe	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
(cm)	(%)	(dS/m)		(%)	(ppm)		(mg/kg)				(%)		
0-30	0.19	10.5	7.2	0.02	110	4	2.42	0.46	0.55	40.5	63	24	13

بر اساس آزمون خاک ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در سه مرحله (۵ برگی به میزان ۴۶ کیلوگرم، ۱۰ برگی به میزان ۷۰ کیلوگرم و اوایل گلدهی به میزان ۴۶ کیلوگرم در هکتار) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت اعمال شد. قبل از کاشت بذرها با سم کاربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. برای مبارزه با آفت تریپس بذرها به نسبت هفت در هزار با سم لاروین (تیودیکارب) آغشته شدند. هر کرت شامل ۶ ردیف ۵۰ سانتی‌متری با طول ۶ متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

کاشت در تاریخ ۹۵/۲/۱۵ در سال اول و ۱۳۹۶/۲/۲۰ در سال دوم برای کشت رایج و ۹۵/۳/۲۰ و ۹۵/۳/۱۷ برای کشت تأخیری با بذرکار پنوماتیک و با استفاده از بذر دلینته رقم ورامین انجام شد. به منظور جلوگیری از سله بستن خاک و بهبود وضعیت سبز گیاهچه‌های پنبه آبیاری دوم با فاصله ۱۰ روز بعد انجام گردید. آبیاری در طی فصل رشد بر اساس هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. پس از استقرار کامل و در مرحله ۵ تا ۶ برگی بوته‌ها، عملیات تنک کردن بوته‌ها روی ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر به منظور دست‌یابی به تراکم مطلوب انجام شد. عملیات وجین جهت حذف علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت.

در هنگام برداشت تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و در آن تعداد شاخه‌های زایا، تعداد شاخه رویا، تعداد غوزه باز و بسته در بوته و وزن غوزه اندازه‌گیری شد. برداشت وش پنبه در یک مرحله بعد از باز شدن حدود ۹۰ درصد غوزه‌ها از دو متر میانی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای از دو ردیف وسط صورت گرفت. سپس الیاف و پنبه دانه از وش جداسازی و توزین آن‌ها به صورت جداگانه انجام گرفت و عملکردهای وش و الیاف محاسبه گردید. عملکرد بیولوژیکی نیز پس از کف‌بر کردن بوته‌ها و خشک کردن آن‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه گردید (Bagherabadi *et al.*, 2019).

در پایان، داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS آنالیز و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون محافظت‌شده LSD در سطح ۵ درصد و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (داده‌ها نمایش داده نشده است). با توجه به معنی‌دار شدن اثر سال، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای هر صفت در هر سال به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل شد. هم در سال اول و هم سال دوم اثرات تاریخ کاشت بر تعداد شاخه رویا و زایا، تعداد غوزه باز و بسته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر معنی‌دار بود. زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی بر تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه باز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر معنی‌دار شد (جداول ۳ و ۴). اثر متقابل تاریخ کشت و زمان مصرف بر تعداد شاخه رویا (هر دو سال)، تعداد شاخه زایا (سال اول)، تعداد غوزه بسته (سال اول)، عملکرد وش، عملکرد الیاف و عملکرد بذر (سال دوم) معنی‌دار بود. تعداد غوزه باز، عملکرد بیولوژیک، عملکرد وش، عملکرد الیاف، عملکرد بذر در هر دو سال و تعداد شاخه رویا در سال دوم و تعداد شاخه زایا در سال اول تحت تأثیر اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده قرار گرفت. اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده بر تعداد شاخه رویا و زایا (سال اول)، تعداد غوزه باز (هر دو سال)، تعداد غوزه بسته و عملکرد وش در سال دوم معنی‌دار بود. اثر متقابل سه‌گانه تاریخ کشت، زمان مصرف و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر تعداد غوزه باز و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد پنبه تحت تأثیر تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش

Table 3- Analysis of variance of yield components of cotton as affected by sowing date, time of foliar application and type of stress modulator

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch		تعداد شاخه زایشی Sympodial branch		تعداد غوزه باز Open boll		تعداد غوزه بسته Closed boll	
		سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year
تکرار Replication	2	0.04^{ns}	0.03^{ns}	0.08^{ns}	0.18^{ns}	0.03^{ns}	11.2*	0.07^{ns}	5.20*
تاریخ کشت Sowing date (A)	1	5.47**	10.0**	53.6**	171**	70.5**	713**	40.4**	636**
خطا E	2	0.06	0.07	2.18	2.99	0.14	8.8	0.23	0.87
زمان محلول‌پاشی Foliage time (B)	1	0.01^{ns}	0.30^{ns}	34.2**	23.9**	37.8**	20.3**	0.01^{ns}	89.4**
تعدیل کننده Modulator (C)	3	1.41**	0.87*	33.9**	50.4**	12.4**	15.7**	0.76^{ns}	66.7**
A×B	1	0.91*	11.7**	5.67**	0.02^{ns}	1.26^{ns}	9.6^{ns}	0.38^{ns}	114**
A×C	3	0.35^{ns}	2.14**	2.33*	2.09^{ns}	0.28^{ns}	3.1^{ns}	1.49**	37.5**
B×C	3	0.93**	0.12^{ns}	3.05*	0.81^{ns}	8.16**	11.7**	0.32^{ns}	5.14*
A×B×C	3	0.31ns	2.50**	1.05^{ns}	0.54^{ns}	2.02^{ns}	20.5**	0.26^{ns}	6.70*
E	28	0.19	0.20	0.71	2.27	1.53^{ns}	2.66	0.30	1.62
CV (%)		23.3	22.6	8.88	10.5	20.5	23.1	31.8	17.9

ns، * .**به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns: not significant; (*) and (**) represent significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، وش، الیاف و بذر پنبه تحت تأثیر تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش

Table 4- Analysis of variance of biological, seed cotton, lint and seed of cotton as affected by sowing date, time of foliar application and type of stress modulator

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی dF	عملکرد بیولوژیک Biological yield		عملکرد وش Seed cotton yield		عملکرد الیاف Lint yield		عملکرد بذر Seed yield	
		سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year	سال اول 1th year	سال دوم 2ed year
تکرار Replication	2	9168^{ns}	94556^{ns}	25^{ns}	137456**	3683^{ns}	15581**	4314^{ns}	60479**
تاریخ کشت Sowing date (A)	1	8259332**	15163**	1831055**	45238**	593597**	5745773**	339554**	18739826**
خطا E	2	11827	1560	62500	111723	31252	6961	5370	62914
زمان محلول‌پاشی Foliage time (B)	1	412367^{ns}	2187^{ns}	314442**	821372**	25344**	74808**	161246**	400416**
تعدیل کننده Modulator (C)	3	1689059**	189070**	506892**	644162**	88935**	103152**	177219**	236079**
A×B	1	19562^{ns}	1200^{ns}	19805^{ns}	552767**	1025^{ns}	51822**	11817^{ns}	266090**
A×C	3	500168*	194037**	75355*	481259**	11103*	79093**	29833*	172718**
B×C	3	270604^{ns}	1366^{ns}	17517^{ns}	49199*	3006^{ns}	6963^{ns}	7392^{ns}	21413*
A×B×C	3	353566*	3396^{ns}	4480^{ns}	29274^{ns}	727^{ns}	4729^{ns}	2700^{ns}	12146^{ns}
E	28	111184	21914	16708	16044	2543	3690	10067	7647
CV (%)		8.53	5.80	9.19	10.6	11.2	14.9	10.4	11.2

ns، * .**به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

ns: not significant; (*) and (**) represent significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively.

تعداد شاخه رویشی

در سال اول بیشترین تعداد شاخه رویشی (۲/۴) مربوط به محلول‌پاشی در مرحله گلدهی در کشت تأخیری بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی در زمان گلدهی + غوزه‌دهی در کاشت تأخیری نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی (۱/۴۵) مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی در کشت رایج بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی کشت رایج نداشت؛ اما در سال دوم بیشترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی کاشت تأخیری بود و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی مرحله گلدهی کاشت رایج بود (جدول ۵). بررسی روی سه رقم پنبه نشان داد تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد شاخه رویشی می‌شود (Akramghaderi *et al.*, 2003). بیشتر بودن تعداد شاخه رویشی در کشت تأخیری در هر دو سال آزمایش می‌توان به این دلیل باشد که در کشت تأخیری به دلیل برخورد دوره انتهایی رشد با سرمای زودرس پاییزه بخشی از شاخه‌های زایشی قادر به تولید غوزه نبوده‌اند و چون مبنای شمارش شاخه رویشی، شاخه‌های بدون غوزه بوده؛ لذا در کشت تأخیری تعداد شاخه رویشی افزایش پیدا کرده است (Bagherabadi *et al.*, 2019) .بین تاریخ‌های کشت مختلف در گیاه پنبه از نظر تعداد شاخه رویشی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. کاهش تعداد شاخه رویشی با دو بار محلول‌پاشی نیز ممکن است به این دلیل باشد که تعدیل‌کننده‌های مورد استفاده علاوه بر افزایش تحمل به تنش شوری، در تحمل به تنش سرما نیز نقش داشته‌اند.

جدول ۵- اثر متقابل تاریخ کشت و زمان مصرف تعدیل‌کننده تنش بر تعداد شاخه رویا و زایا

Table 5- Interaction between planting date and time of stress modulator application on monopodial and sympodial branches

	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch				تعداد شاخه زایشی Sympodial branch			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering+ bolling
رایج Early	1.45 b	1.70 b	1.14 c	1.97 b	9.37 b	11.75 a	8.27 b	10.15 a
تأخیری Late	2.40 a	2.10 a	3.05a	1.90 b	7.95 c	8.95 c	6.59 c	7.43 c

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

بالاترین تعداد شاخه رویشی در سال اول در تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی (۲/۴۱) و در سال دوم در محلول‌پاشی GB در مرحله و گلدهی+ غوزه‌دهی (۲/۹۱) مشاهده شد که در سال اول تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی و در سال دوم با محلول‌پاشی تیمار شاهد و SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی نشان نداد (جدول ۶).

به نظر می‌رسد که مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی در این آزمایش با دماهای پایین‌تری مواجه بودند که سبب شده رشد رویشی ادامه پیدا کند و مصرف SNP در مرحله گلدهی سبب شده تا هورمون‌های رشدی مانند اکسین یا ترکیبات محافظ کننده اسمزی بیشتری تولید شوند (Lado *et al.*, 2016) که نتیجه آن افزایش تعداد شاخه‌های رویشی می‌باشد ولی مصرف SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی باعث شده تا اثر منفی آن بروز نموده و کمترین شاخه رویشی را نشان دهد.

جدول ۶- اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر تعداد شاخه رویا و زایا

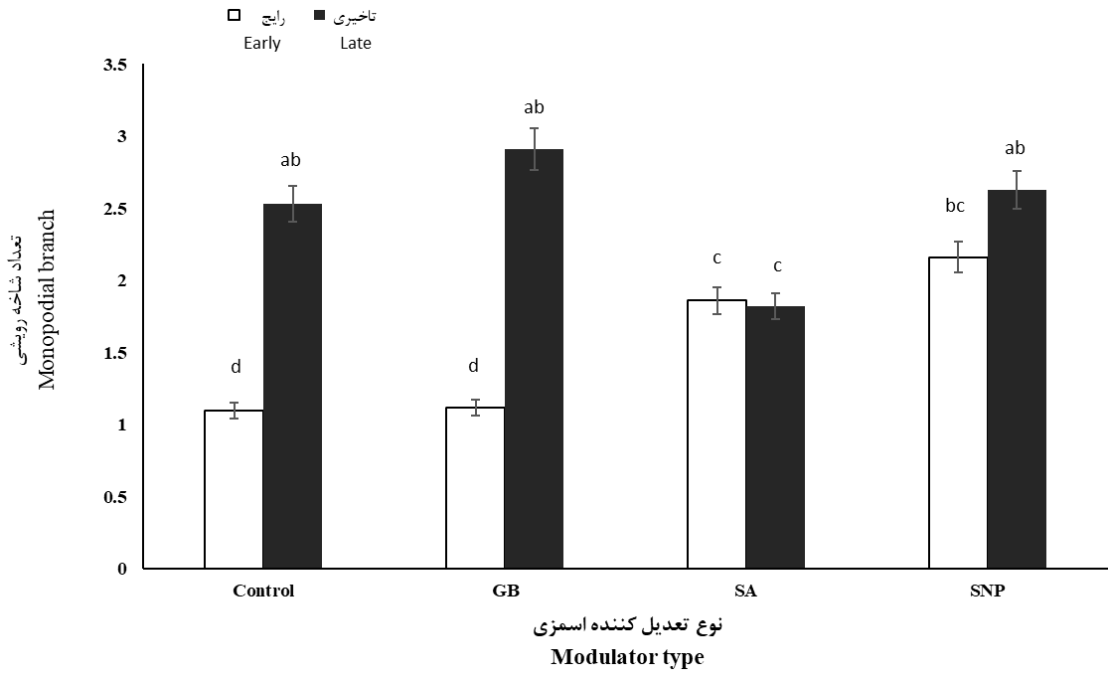
Table 6- Interaction between type and time of stress modulator application on monopodial and sympodial branches

نوع تعدیل کننده Modulator type	تعداد شاخه رویشی Monopodial branch				تعداد شاخه زایشی Sympodial branch			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+ غوزه‌دهی Flowering + bolling
شاهد Control	2.41 a	2.40 a	2.10 b	2.53 ab	8.80 c	5.70 d	7.40 cd	7.10 s
GB	1.70 bc	1.91 ab	1.12 d	2.91 a	10.5 b	7.50 b	8.20 c	10.2 b
SA	1.6 bc	2.1 ab	1.86 c	1.82 c	11.3 a	10.1 b	9.85 b	11.6 a
SNP	2.01 ab	1.21 c	2.16 b	2.63 ab	11.6 a	10.1 b	9.5 b	12.2 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال دوم بیشترین تعداد شاخه رویشی مربوط به محلول‌پاشی GB در کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌دار با محلول‌پاشی SNP و تیمار شاهد کاشت تأخیری نداشت و کمترین تعداد شاخه رویشی مربوط به تیمار شاهد در کاشت رایج بود و تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در کاشت رایج نداشت (شکل ۱). احتمالاً دمای آزمایش در کاشت تأخیری پایین بوده و از سوی دیگر مصرف GB باعث شده تا تولید هورمون‌های رشد (اکسین) و فتوسنتز افزایش یابد (Kurepin *et al.*, 2017) که نتیجه آن بالا رفتن تعداد شاخه‌های رویشی بود.



شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده‌های تنش بر تعداد شاخه رویا

Figure 1- Interaction between planting date and time of stress modulator application on number of monopodial branches

تعداد شاخه زایشی

در سال اول بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۱/۷۵) در زمان محلول‌پاشی مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی کشت رایج و کمترین تعداد شاخه زایشی (۶/۵۹) در مرحله گلدهی کاشت تأخیری در سال دوم بود (جدول ۵). گزارش شده با تأخیر در کاشت پنبه، تعداد شاخه زایشی افزایش و ارتفاع رقم سای اکرا و طول شاخه زایشی کاهش یافت (Akramghaderi *et al.*, 2003). نتایج بررسی در مورد تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت بر خصوصیات ارقام پنبه نشان داد که تعداد شاخه‌های زایشی تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفته و با تأخیر در کاشت، تعداد شاخه‌های زایا افزایش یافت (Iqbal and Khan, 2011). کاهش ۲۵/۸۴ درصدی تعداد شاخه‌های زایشی با تأخیر در کاشت توسط محققان گزارش شده است (Bagherabadi *et al.*, 2019).

در سال اول محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۱/۶ عدد) را تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی نداشت و کمترین تعداد شاخه زایشی (۷/۵۰) مربوط به تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مشاهده گردید. در سال دوم، بیشترین تعداد شاخه زایشی (۱۲/۲) در محلول‌پاشی SNP در محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+غوزه‌دهی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان زمان نداشت و کمترین تعداد شاخه (۷/۱۰) در تیمار شاهد و محلول‌پاشی در مرحله گلدهی+غوزه‌دهی مشاهده گردید. (جدول ۶). محققان گزارش کردند با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تعداد شاخه زایا به سرعت افزایش یافته و در دو درجه حرارت ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۲ عدد در گیاه باقی مانده است (Reddy *et al.*, 1992).

تعداد غوزه باز

مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد غوزه باز مربوط به محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی توسط SNP در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه باز مربوط به تیمار شاهد در مرحله گلدهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA و SNP مرحله گلدهی و تیمار کنترل در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت در سال دوم بیشترین تعداد غوزه باز مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه باز در تیمار کنترل و در مرحله گلدهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی نشان نداد (جدول ۷). مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب مهار هورمون اتیلن و افزایش تولید اکسین شده که نتیجه آن رشد و تولید غوزه بیشتر و رسیدگی بیشتر غوزه‌ها شد؛ اما مصرف تعدیل‌کننده‌ها در زمان گلدهی باعث نگهداری بیشتر گل‌ها و تولید غوزه شد. گزارش شده که محلول‌پاشی گیاه پنبه با SA باعث افزایش تعداد غوزه باز می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده که استفاده از سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد غوزه در پنبه می‌شود (Barros *et al.*, 2019). گلایسین بتائین باعث افزایش هورمون رشد شده، از تولید هورمون‌های پیری جلوگیری می‌کند و همچنین از سوی دیگر تنش را کاهش می‌دهد تا گیاه دیرتر وارد مرحله پیری گردد (Chen and Jiang, 2010).

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال دوم بیشترین تعداد غوزه باز (۱۵/۳) مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی در کاشت رایج بود و کمترین تعداد غوزه باز (۲/۶) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد و محلول‌پاشی GB، SA و SNP در مرحله گلدهی در کاشت دیرهنگام و محلول‌پاشی GB و تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی در کاشت تأخیری نداشت (شکل ۲). در کاشت رایج چون میزان تنش کمتر بوده بنابراین تولید هورمون های پیری دیرتر اتفاق می‌افتد (Khan *et al.*, 2014). از سوی دیگر مصرف GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب تولید هورمون بیشتر شده و غوزه‌ها به صورت بسته باقی می‌مانند. اما در کاشت تأخیری میزان تنش‌ها بالاتر بوده که نتیجه آن تولید هورمون‌های پیری است که محلول‌پاشی تعدیل‌کننده‌ها در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب شد تا اثر سمی به جای محافظتی بروز یابد و نتیجه آن تنش مضاعف بود؛ بنابراین غوزه بسته کمتری در این تیمارها مشاهده گردید (جدول ۷).

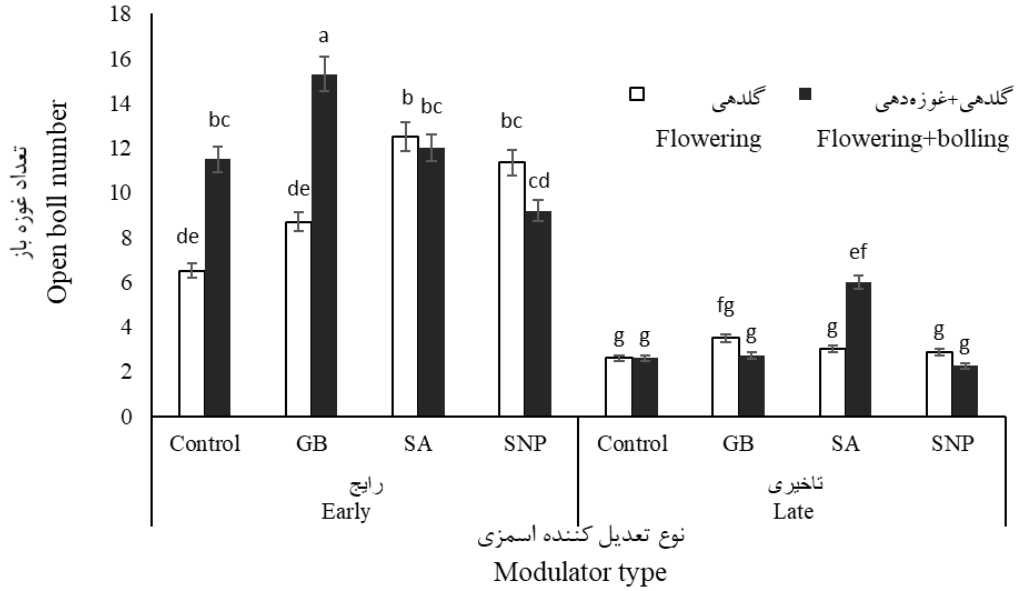
جدول ۷- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر تعداد غوزه باز و بسته

Table 7- Interaction between planting date and time of use of stress modulator on open and closed boll number

نوع تعدیل کننده Modulator type	تعداد غوزه باز Open boll				تعداد غوزه بسته Closed boll			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling	گلدهی Flowering	گلدهی+غوزه‌دهی Flowering+bolling
شاهد Control	3.95 d	4.3 cd	4.5 d	5.5 bc	2.3 b	1.99 c	2.50 c	3.60 b
GB	6.2 bc	6 bc	6.01 bcd	9.10 a	2.6 b	1.01 d	4.2 a	3.61 b
SA	5.2 cd	8.90 a	7.7 ab	9.10 a	2.27 b	1.08 d	3.50 b	2.54 c
SNP	5.3 cd	7.9 ab	7.19 abc	5.99 cd	3.47 a	1.63 c	4.31 a	3.21 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش بر تعداد غوزه باز

Figure 2- Interaction of planting date, foliar application time and type of stress modulator on the number of open bolls

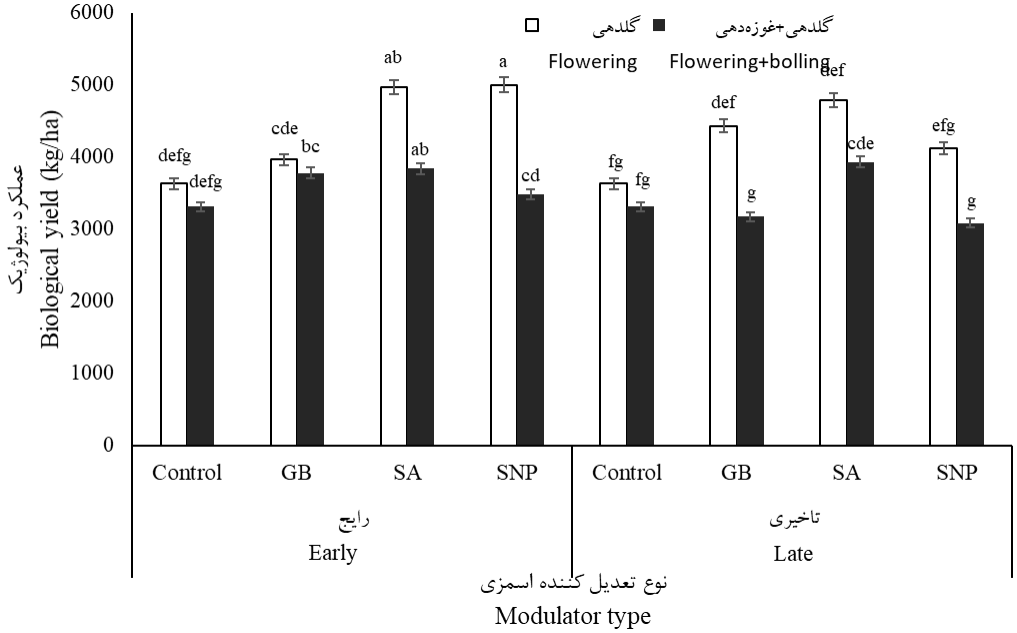
تعداد غوزه بسته

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد غوزه بسته (۳/۴۷) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی توسط SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه بسته (۱/۰۱) مربوط به تیمار محلول‌پاشی با GB در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA و SNP مرحله گلدهی و تیمار کنترل در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت. در سال دوم بیشترین تعداد غوزه بسته (۴/۳۱) مربوط به محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی بود که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان مرحله نداشت و کمترین تعداد غوزه بسته (۲/۵۴) در تیمار SA و در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (جدول ۷). مصرف سالیسیلیک اسید در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی سبب مهار هورمون اتیلن و افزایش تولید اکسین شده (Bali *et al.*, 2017) که نتیجه آن رشد و تولید غوزه بیشتر و رسیدگی دیرتر غوزه‌ها شد. اما مصرف تعدیل‌کننده‌ها در زمان گلدهی باعث نگهداری بیشتر گل‌ها و تولید غوزه گردید. محققان نشان دادند که شوری خاک به طور قابل توجهی تعداد غوزه بسته را در مقایسه با شاهد

(رشد یافته در شرایط خاک غیرشور) افزایش می‌دهد (Ahmed *et al.*, 2013).

عملکرد بیولوژیک

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۹۶۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی در کاشت رایج بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت رایج نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک (۳۰۸۸ کیلوگرم در هکتار) در محلول‌پاشی SNP مرحله گلدهی + غوزه‌دهی در کاشت تأخیری مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی + غوزه‌دهی کاشت تأخیری، تیمار شاهد مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت رایج، محلول‌پاشی SNP مرحله گلدهی کاشت تأخیری و تیمار شاهد مرحله گلدهی و گلدهی+ غوزه‌دهی کاشت تأخیری نداشت (شکل ۳). محلول‌پاشی سدیم نیتروپروساید در پنبه تحت تنش شوری نشان داد وجود سدیم نیتروپروساید باعث بهبود اثرات ناشی از تنش شوری و افزایش کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Wang *et al.*, 2017). در مورد SNP گزارش شده است که افزایش فعالیت آنزیم پیرولین-۵- دکربوکسیلات سنتتاز (آنزیمی که در مسیر بیوسنتز پرولین دخالت دارد) و کاهش فعالیت آنزیم پرولین دهیدروژناز (آنزیم مؤثر در تجزیه پرولین) سبب افزایش وزن خشک در گیاهان تیمار شده با غلظت ۱۰۰ میکرومولار SNP در شرایط تنش شوری شده است (Fan *et al.*, 2012). عملکرد کم در کاشت تأخیری پنبه در مقایسه با کاشت در تاریخ مطلوب را به دلیل کاهش طول دوره زایشی، تنش گرمایی در مراحل اولیه رشد و دما، طول روز و تابش خورشیدی کمتر از حد مطلوب در مراحل زایشی نسبت داده‌اند (Rahman *et al.*, 2019). با توجه به نقش دوگانه سمی و محافظتی SNP در گیاه که وابسته به غلظت، نوع گیاه، بافت گیاه، سن گیاه و نوع تنش وارده می‌باشد (Ghosh, 2020). کاربرد آن در کاشت رایج و زمان گلدهی باعث شده نقش محافظتی خود را ایفا نموده که با افزایش مواد فتوسنتزی و زمان مناسبی که گیاه در دست دارد عملکرد بیولوژیکی خود را بالا ببرد ولی در کاشت تأخیری، محلول‌پاشی SNP در زمان گلدهی+ غوزه‌دهی باعث شده با بالا رفتن دز مصرفی و کم بودن فاصله مصرف آن، نقش سمی خود را به نمایش گذاشته و با ایجاد تنش اکسیداتیو به همراهی گونه-های واکنش‌گر اکسیژن[1] با مختل نمودن فرآیند فتوسنتز، عملکرد بیولوژیک را کاهش دهند.



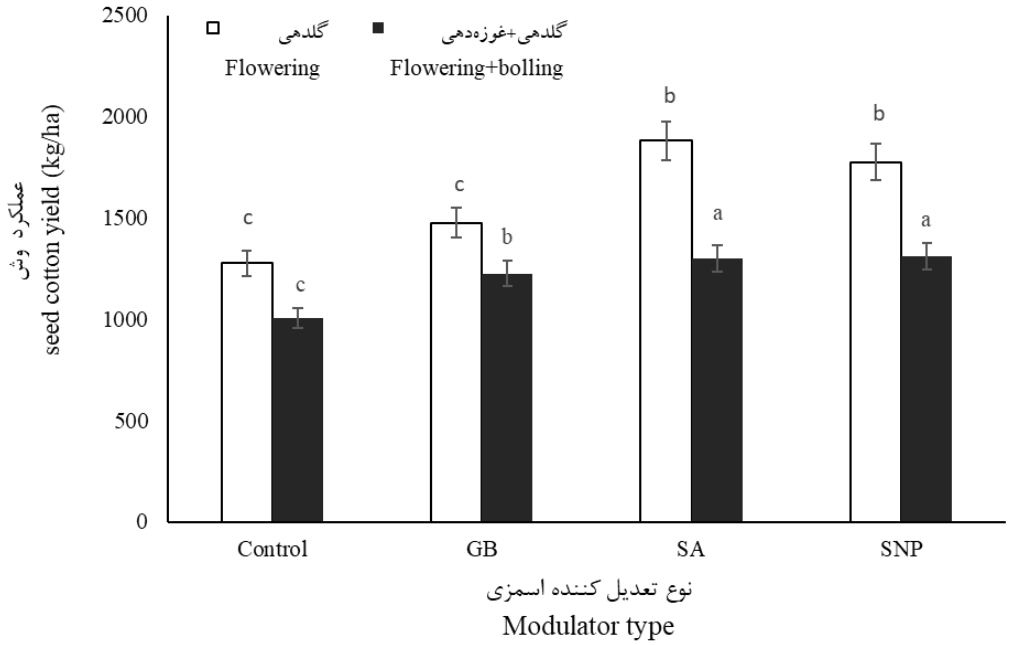
شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت، زمان محلول‌پاشی و نوع تعدیل‌کننده تنش بر عملکرد بیولوژیک

Figure 3- Interaction of planting date, foliar application time and type of stress modulator on biological yield

1. Reactive Oxygen Species (Ros)

عملکرد وش

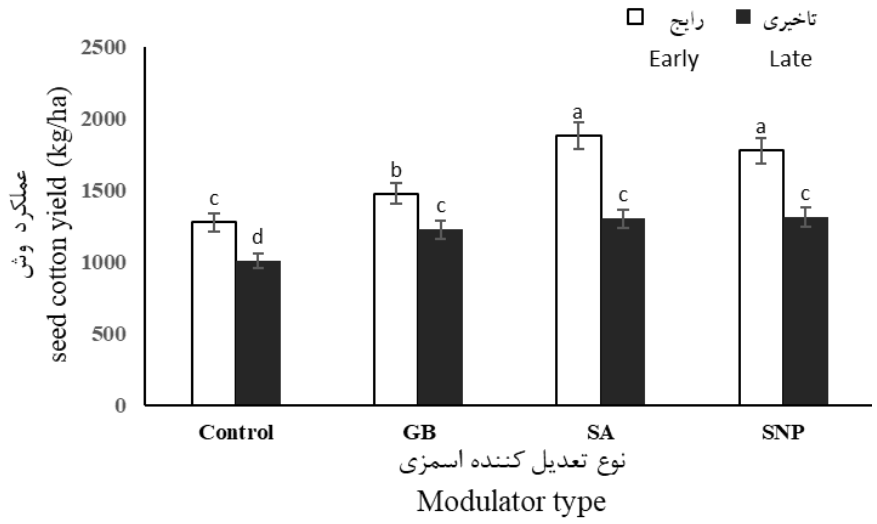
محلول‌پاشی SA در کاشت رایج در سال اول بیشترین عملکرد وش (۱۸۸۰ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در کشت رایج نداشت و تیمار شاهد مربوط به کاشت تأخیری کمترین عملکرد وش را داشت که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در کاشت تأخیری داشت (شکل ۴).



شکل ۴- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد وش

Figure 4- Interaction of planting date and type of stress modulator on seed cotton yield

محلول‌پاشی SNP در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی بیشترین عملکرد وش (۱۵۳۷ کیلوگرم در هکتار) را تولید که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA نداشت و کمترین میزان عملکرد وش (۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در مرحله گلدهی بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB در مرحله گلدهی و تیمار شاهد در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی نداشت (شکل ۵). سالیسیلیک اسید با تنظیم فرآیندهای رویشی گیاه مثل افزایش هورمون اکسین، فتوسنتز و فعالیت بیشتر روبیسکو سبب تشکیل حداکثر اجزای عملکرد می‌شود (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2021) و این امر باعث بالا رفتن عملکرد وش در این تیمار شده است. در کاشت رایج به دلیل اینکه زمان بیشتری برای استفاده بهینه از نور، رطوبت و سایر عوامل محیطی برای رشد و نمو قرار دارد باعث افزایش قدرت جوانه‌زنی، سطح برگ، کاهش ریزش گل‌ها، افزایش تعداد غوزه‌ها و دسترسی بیشتر به مواد غذایی شده، بعلاوه محلول‌پاشی SA نیز با تنظیم فرآیندهای رویشی و فتوسنتز بیشتر مسبب این شده که عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش یافته لذا نتیجه آن بالا رفتن عملکرد وش در این تیمارها بوده است. واکنش پنبه به محلول‌پاشی SA در زمان‌های مختلف رشد را به افزایش مقاومت به بیماری‌ها، حشرات و میکروب‌ها ارتباط داده‌اند (Heitholt *et al.*, 2001). نتایج به روشنی نشان داده که محلول‌پاشی پنبه با اسید سالیسیلیک (۲۰۰ppm) و سیترات پتاسیم در شرایط شوری باعث افزایش رشد و اجزای عملکرد و افزایش ترکیب شیمیایی برگ می‌شود (El-Beltagi *et al.*, 2017). بهبود رشد و عملکرد در اثر محلول‌پاشی SNP می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولید شده و بهبود سیستم آنزیمی گیاه در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد (Liu *et al.*, 2014). در تحقیقی مربوط به گیاه پنبه گزارش شد که محلول‌پاشی با دو سطح گلایسین بتائین (۳ تا ۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به آب خالص باعث افزایش عملکرد وش شد اما بر وزن بیست غوزه اثر معنی‌داری نداشت (Savari *et al.*, 2010).



شکل ۵- اثر متقابل نوع و زمان مصرف تعدیل‌کننده‌های تنش بر عملکرد وش

Figure 5- Interaction of foliar application time and type of stress modulator on seed cotton yield

عملکرد الیاف

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع تعدیل‌کننده اسمزی نشان داد که در سال اول، محلول‌پاشی SA در کشت رایج بیشترین عملکرد الیاف (۶۷۴ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در کاشت رایج نداشت و کمترین عملکرد الیاف (۲۴۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کنترل در کاشت تأخیری بود. در سال دوم، محلول‌پاشی SNP در تاریخ کاشت رایج بیشترین عملکرد الیاف (۴۹۸ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی SA در همان تاریخ کشت را نداشت و کمترین میزان عملکرد الیاف (۲۳۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در تاریخ کاشت دیرهنگام بود و اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در کاشت دیرهنگام نداشت (جدول ۷). گزارش شده است که عملکرد الیاف پنبه در تاریخ کاشت دیر به علت کاهش جذب واحد حرارت تجمعی و همچنین به علت اینکه سهم زیادی از مرحله غوزه‌دهی در گرم‌ترین ماه تابستان اتفاق می‌افتد؛ به شدت کاهش می‌یابد (Conaty *et al.*, 2015). تاریخ کاشت مناسب به دلیل تنش وارده کمتر به گیاه و استفاده بیشتر گیاه از شرایط مناسب محیطی، تأثیرات بسیار بالایی بر عملکرد الیاف می‌گذارد و محلول‌پاشی SA با اثر مضاعف بر میزان فتوسنتز و هورمون اکسین در گیاه سبب بالا بردن بیشتر عملکرد الیاف شد.

جدول ۸- اثر متقابل تاریخ کشت و نوع تعدیل‌کننده مصرفی بر عملکرد الیاف و بذر

Table 8- Interaction of planting date and type of stress modulator on lint and seed yield

نوع تعدیل کننده Modulator type	عملکرد الیاف Lint yield				عملکرد بذر Seed yield			
	سال اول First year		سال دوم Second year		سال اول First year		سال دوم Second year	
	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late	رایج Early	تأخیری Late
شاهد Control	414 c	249 e	245 de	230 e	860 bc	756 c	402 d	329 e
GB	525 b	350 d	312 c	259 d	949 b	874 b	683 c	346 e
SA	674 a	390 cd	474 a	376 b	1205 a	909 b	760 b	376 de
SNP	618 a	353 d	498 a	360 b	1156 a	958 b	873 a	369 de

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون با هم اختلاف آماری معنی‌دار ندارند (FLSD, α=0.05)

The means with similar letters in each column are not statistically significant (FLSD, α=0.05).

عملکرد بذر

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در سال اول بیشترین عملکرد بذر (۱۱۵۶ کیلوگرم در هکتار) با محلول‌پاشی SA در کاشت رایج به دست می‌آید که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی SNP در تاریخ کاشت رایج نداشت و پایین‌ترین میزان عملکرد بذر (۷۵۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد کاشت تأخیری بود و از لحاظ آماری تفاوتی با تیمار کنترل در کاشت رایج نشان نداد. محلول‌پاشی SNP در کاشت رایج مربوط به سال دوم بیشترین عملکرد دانه (۸۷۳ کیلوگرم در هکتار) را نشان داد و کمترین عملکرد بذر (۳۲۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد در کاشت تأخیری بود که اختلاف معنی‌داری با محلول‌پاشی GB، SA و SNP در همان تاریخ کاشت را نشان نداد (جدول ۸). آزمایش‌ها نشان داده است که برای به دست آوردن حداکثر کیفیت و عملکرد بذر در پنبه در شرایط آب و هوایی پاکستان، باید در تاریخ کاشت ۲۵ آوریل (فروردین) عملیات کاشت را انجام داد (Awan *et al.*, 2011). بیشترین و کمترین عملکرد بذر و میزان روغن از تاریخ کاشت اول (۱۵ جولای) و تاریخ کاشت سوم (۵ اوت) حاصل شده است و با تأخیر در کاشت از میزان این صفات کاسته شد (Adamsen and Coffelt, 2005). اکسید نیتریک به ویژه در سطح ۱۰۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید با کاهش هدایت روزنه‌ای و تعرق، کاهش ROS به ویژه پراکسید هیدروژن و افزایش فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و در نتیجه افزایش فتوسنتز و کارایی مصرف آب و تجمع ماده خشک گردیده (Khoshbakht *et al.*, 2018) و با انتقال بیشتر مواد به دانه، بهبود عملکرد دانه در شرایط تنش را موجب شده است. افزایش میانگین وزن دانه‌ها در اثر کاربرد سالیسیلیک اسید می‌تواند به دلیل افزایش فتوسنتز برگ و مواد پرورده و یا حتی طولانی شدن دوره سبزمانی برگ‌ها بوده باشد (Hayat and Ahmad, 2007).

نتیجه‌گیری

در مجموع نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش شوری خاک استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش سبب افزایش تحمل پنبه می‌شود. در این شرایط محلول‌پاشی با SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی با افزایش اجزای عملکرد مهم مانند تعداد غوزه در بوته سبب افزایش عملکرد وش می‌شود. اگرچه تأخیر در کاشت سبب کاهش اثرات مثبت محلول‌پاشی با تعدیل‌کننده‌های تنش می‌شود. در کشت تأخیری عملکرد وش، الیاف و عملکرد بذر واکنش متفاوتی به نوع تعدیل‌کننده‌های تنش نشان دادند. در کشت رایج استفاده از تعدیل‌کننده‌های تنش SA یا SNP سبب افزایش این صفات شد؛ درحالی‌که در کشت تأخیری اختلافی بین تعدیل‌کننده‌ای تنش مشاهده نشد. در مجموع حصول عملکرد وش مناسب در پنبه با محلول‌پاشی SA در مرحله گلدهی+ غوزه‌دهی و کشت در تاریخ مناسب به دست می‌آید.

References

Abbas, G., Younis, H., Naz, S., Fatima, Z., Hussain, S., Ahmed, M. and Ahmad, S. 2019. Effect of planting dates on agronomic crop production. In: Agronomic crops. Springer: pp: 131-147.

Absalan, A.A., Armin, M., Asghripour, M.R. and Karimi-Yazdi, S. 2011 .Effects of different forms of nitrogen application on yield response of corn under saline conditions. *Journal of Advances in Environmental Biology*, 5(4): 719-724 .

Adamsen, F. and Coffelt, T. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21(3): 293-307.

Afzal, M.N., Tariq, M., Ahmed, M., Abbas, G. and Mehmood, Z. 2020. Managing planting time for cotton production. In: Cotton production and uses. Springer: pp: 31-44.

Akramghaderi, F., Latifi, N., Rezaei, J. and Soltani, A. 2003. Effects of planting date on the phenology and morphology of three cotton cultivars in gorgan. *Iranian Journnal of Agricultural Science*, 34(1): 221-230. (In Persian).

Ardakani, A.O., Armin, M. and Filekesh, E. 2016. The effect of rate and application method of potassium on yield and yield components of cotton in saline condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3): 514-525. (In Persian).

Awan, H., Awan, I., Mansoor, M., Khan, E. and Khan, M.A. 2011. Effect of sowing time and plant spacing on fiber quality and seed cotton yield. *Sarhad Journal of Agriculturee*, 27(3): 411-413.

Bagherabadi, H., Armin, M. and Filekesh, E. 2019. The effect of sowing date on yield and yield components of cotton planted in ultra narrow rows and conventional rows. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 7(1): 1-14 . (In Persian).

Bali, S., Gautam, V., Kaur, P., Khanna, K., Kaur, R., Vig, A.P., Ohri, P. and Bhardwaj, R. 2017. Interaction of salicylic acid with plant hormones in plants under abiotic stress. In: Salicylic acid: A multifaceted hormone. Springer: pp: 201-219.

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.

Barzoie, Z., Armin, M. and Marvi, H.A. 2020. Physiological and biochemical responses of cotton to times and type of stress modulator in saline conditions. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 29(2): 300-317.

Chen, H. and Jiang, J.G. 2010. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews*, 18: 309-319.

Conaty, W.C., Mahan, J.R., Neilsen, J.E., Tan, D.K., Yeates, S.J. and Sutton, B.G. 2015. The relationship between cotton canopy temperature and yield, fibre quality and water-use efficiency. *Field Crops Research*, 183: 329-341.

Dong, Y., Jinc, S., Liu, S., Xu, L. and Kong, J. 2014. Effects of exogenous nitric oxide on growth of cotton seedlings under nacl stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14(1): 1-13.

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

El Sabagh, A., Omar, A.M., El Menshawi, M. and El Okkiah, S. 2018. Foliar application of organic compounds stimulate cotton (*Gossypium barbadense* L.) to survive late sown condition. *Open Agriculture*, 3(1): 684-697.

Fan, H.F., Du, C.X. and Guo, S.R. 2012. Effect of nitric oxide on proline metabolism in cucumber seedlings under salinity stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137(3): 127-133.

Ghosh, S. 2020. Protective role of sodium nitroprusside in overcoming diverse environmental stresses in plants. *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives*: 238-253.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic acid-a plant hormone. Springer Science & Business Media.

Heitholt, J., Schmidt, J. and Mulrooney, J.E. 2001. Effect of foliar-applied salicylic acid on cotton flowering, boll retention, and yield. *Materials and Methods*, 46(2): 105-109.

Iqbal, M. and Khan, M.A. 2011. Response of cotton genotypes to planting date and plant spacing. *Frontiers of Agriculture in China*, 5(3): 262-267.

Khan, M., Rozhon, W. and Poppenberger, B. 2014. The role of hormones in the aging of plants-a mini-review. *Gerontology*, 60(1): 49-55.

Khoshbakht, D., Asghari, M. and Haghighi, M. 2018. Effects of foliar applications of nitric oxide and spermidine on chlorophyll fluorescence, photosynthesis and antioxidant enzyme activities of citrus seedlings under salinity stress. *Photosynthetica*, 56(4): 1313-1325.

Kong, X., Wang, T., Li, W., Tang, W., Zhang, D. and Dong, H. 2016. Exogenous nitric oxide delays salt-induced leaf senescence in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Acta Physiologiae Plantarum*, 3(38): 1-9.

Kurepin, L.V., Ivanov, A.G., Zaman, M., Pharis, R.P., Hurry, V. and Hüner, N.P. 2017. Interaction of glycine betaine and plant hormones: Protection of the photosynthetic apparatus during abiotic stress. In: Photosynthesis: Structures, mechanisms, and applications. Springer: pp: 185-202.

Lado, J., Manzi, M., Sainz, M.M., Sotelo, M. and Zacarías, L. 2016. Involvement of plant hormones in cold stress tolerance. In: Plant hormones under challenging environmental factors. Springer: pp: 23-49.

Liu, S., Dong, Y., Xu, L. and Kong, J. 2014. Effects of foliar applications of nitric oxide and salicylic acid on salt-induced changes in photosynthesis and antioxidative metabolism of cotton seedlings. *Plant Growth Regulation*, 73(1): 67-78.

Makhdum, I. and Shababuddin, M. 2006. Effect of different doses of glycine betaine and time of spray application on yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Journal of Research Science*, 17(4): 241-245.

Manesh, A., Armin, M. and Moeini, M. 2013. The effect of sulfur application on yield and yield components of corn in two different planting methods in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 7(4): 1474-4874.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Hasanuzzaman, M., Khanna, K., Bhardwaj, R. and Ahmad, P. 2021. Salicylic acid-mediated regulation of morpho-physiological and yield attributes of wheat and barley plants in deferring salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-13.

Rahman, M.H.u., Ahmad, A., Wajid, A., Hussain, M., Rasul, F., Ishaque, W., Islam, M.A., Shelia, V., Awais, M., Ullah, A., Wahid, A., Sultana, S.R., Saud, S., Khan, S., Fahad, S., Hussain, M., Hussain, S. and Nasim, W. 2019. Application of csm-cropgro-cotton model for cultivars and optimum planting dates: Evaluation in changing semi-arid climate. *Field Crops Research*, 238: 139-152.

Reddy, K., Hodges, H. and Reddy, V. 1992. Temperature effects on cotton fruit retention. *Agronomy Journal*, 84(1): 26-30.

Saleem, M., Fariduddin, Q. and Janda, T. 2020. Multifaceted role of salicylic acid in combating cold stress in plants: A review. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40: 464-485.

Savari, A., Fotokian, M.H. and Barzali, M. 2010. Evaluation of glycine betaine effects on some agronomic traits of cotton. *Jouran of Agronomy Sciences*, 1(1): 67-76.

Shrivastava, P. and Kumar, R. 2015. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2): 123-131.

Siddiqui, M.H., Alamri, S.A., Al-Khaishany, M.Y., Al-Qutami, M.A., Ali, H.M., Al-Whaibi, M.H., Al-Wahibi, M.S. and Alharby, H.F. 2018. Mitigation of adverse effects of heat stress on vicia faba by exogenous application of magnesium. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7): 1393-1401.

Timachi, F., Armin, M., Jamimoeini, M. and Abhari, A. 2020. Physiological response of cumin to times and type of stress modulator in rain-fed and irrigated conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*, 67(6): 1163-1172.

Wang, N., Qi, H., Qiao, W., Shi, J., Xu, Q., Zhou, H., Yan, G. and Huang, Q. 2017. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes with contrasting K^+/Na^+ ion homeostasis: Implications for salinity tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(3): 77-81.

Zare, M.S., Armin, M. and Marvi, H. 2020. Physiological responses of cotton to stress moderator application on different planting date under saline conditions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 45: 11-25.

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 3, Issue 2, Autumn and Winter 2022, P. 253-268

Agrophysiological response of cotton to foliar application of stress modulators in early and delayed planting date

Zeynab Borzuyi[1], Mohammad Armin[2*], Hamid Marvi[2]

[1]PhD. candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

[2]Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

[*]Corresponding Author: Armin@iaus.ac.ir

Received: 4 May 2021 Accepted: 27 June 2021 **DOI: 10.22034/CSRAR.2021.284747.1094**

Abstract

In order to investigate the agrophysiological response of cotton to foliar application of stress modulators in different planting date, an experimental was conducted as split-plot factorial in a randomized complete block design with three replications in 2017-2018. Factors were: planting date (early (May 15 and 20, for the first and second year, and late (June 20 and 17, for the first and second year, respectively) as the main plot and type of stress modulator at four levels (control, salicylic acid, glycine betaine and sodium nitroprusside) and time of stress modulators application (flowering and flowering + bolling stage) as a factorial in the sub-plot. Both in early and late planting date, foliar application in flowering+bolling stage increased the number of reproductive branches, number of bolls per plant, seed cotton and lint yield. The highest number of bolls per plant was obtained in early planting date by foliar application of glycine betaine (15.7) and in late planting date by foliar application of salicylic acid (8.7). While salicylic acid foliar application increased the seed cotton yield in early planting date (47%), but in late planting date, seed cotton yield did not respond to the stress moderator application. In both flowering and flowering+bolling stage, the highest seed cotton yield was obtained by spraying sodium nitroprusside (1265 and 1537 kg/ha, respectively). In terms of lint and seed yield, in early planting date, foliar application of sodium nitroprusside and in late planting date, foliar application of salicylic acid was better than other modifiers. Overall, the results of this experiment showed that sowing at the appropriate date and foliar application with salicylic acid in the flowering + bolling stage is the most appropriate treatment to obtain the highest seed cotton yield in saline condition.

Keywords: Cotton yield, Foliar application, Planting date, Phytoprotectants, Salinity stress