تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد پنجم، شماره سوم، زمستان ۱۴۰۲، ص ۵۷۳-۵۵۵

مقاله پژوهشی

اثر محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین و پیکس بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد پنبه در کشت نشایی دیرهنگام

داریوش سعادتی[۱]، متین جامی معینی[۲*]، محمد آرمین[۲]

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

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

* مسئول مکاتبه: mat_jami@iaus.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲ /۰۳/۱۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.391000.1333**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بنزیل آمینو پورین (BAP) و پیکس بر رشد و عملکرد پنبه رقم مای ۳۴۴ در کشت نشایی دیرهنگام، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در سبزوار انجام شد. عوامل موردبررسی شامل محلول‌پاشی پیکس در دو سطح عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و محلول‌پاشی BAP در پنج غلظت صفر، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با محلول‌پاشی ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌تنهایی به دست آمد که نسبت به شاهد، ۱۵/۱ درصد افزایش نشان داد. کمترین ارتفاع بوته نیز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد. محلول‌پاشی پیکس همراه با ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP، بیشترین تعداد غوزه در بوته را تولید نمود که نسبت به تیمار شاهد ۲۹/۸ درصد افزایش داشت. بیشترین متوسط وزن غوزه و بیشترین درصد غوزه باز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد. محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار پیکس به‌تنهایی، بالاترین عملکرد وش (۲۷۵۴/۳ کیلوگرم در هکتار) را تولید نمود که از افزایش ۴۰/۲ درصدی نسبت به شاهد برخوردار بود. بیشترین درصد کیل (۵۲/۲ درصد) در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۲۰/۳ درصد افزایش نشان داد. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار پیکس، به‌منظور تولید عملکرد مطلوب و افزایش درصد کیل پنبه در کشت نشایی دیرهنگام قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیتوکینین، کاروتنوئید، کشت تأخیری، کلروفیل، مپیکوات کلراید

مقدمه

پنبه با نام علمی *Gossypium hirsutum* L.، پرمصرف‌ترین لیف طبیعی و مهم‌ترین گیاه صنعتی دومنظوره جهان است که در ۷۹ کشور جهان موجب اشتغال بیش از میلیون‌ها نفر در صنایع الیاف و روغن گردیده است (Mehregan *et al*., 2016). پنبه از منابع اصلی تأمین الیاف و روغن در ایران و جهان و کنجاله آن از مواد غذایی باارزش در بخش دامداری است. پنبه به دلیل داشتن ریشه‌های گسترده و نفوذپذیر، دارا بودن قابلیت تنظیم تعداد برگ و میوه تحت شرایط تنش و نیز داشتن دوره غوزه‌دهی قابل‌انعطاف، از گیاهان مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. هم‌چنین، این گیاه به‌عنوان یکی از گیاهان مقاوم به شوری خاک یا آب آبیاری به شمار می‌رود (Seddighi *et al*., 2013).

موفقیت در نشاءکاری پنبه، امکان صرفه‌جویی در میزان بذر مصرفی، حذف نشاءهای ضعیف و بیمار قبل از انتقال نشاء، کاهش عملیات تنک کردن، واکاری، از بین رفتن خطر سله خاک، سبز شدن یکنواخت مزرعه، وجود فرصت کافی جهت برداشت غلات پائیزه در تناوب یک‌ساله آن با پنبه، حذف خسارت کاشت زودهنگام، استفاده بهینه از منابع محدود آب، طی شدن مرحله حساس رشد گیاه چه پنبه در خزانه، صرفه‌جویی در یک یا دو نوبت آبیاری مزرعه پنبه و حفاظت بهتر گیاه پنبه از آفات اوایل دوره رشد را فراهم خواهد نمود (Mehrabadi, 2017). گزارش‌شده است که با کشت نشایی هم می‌توان در یک مزرعه دو محصول در سال کشت نمود (کشت پاییزه و بهاره)، هم می‌توان در ماه اوج مصرف آب که هر دو کشت پاییزه و بهاره به آب نیاز دارد، مقدار آب مصرفی را کاهش داد. نشاکاری نقش مؤثری در بهبود استفاده از نهاده‌هایی مانند بذر و کود در واحد سطح دارد. هم‌چنین کاهش دوره رشد یا

کمتر شـــدن زمان تولید گیاه در مزرعه می‌تواند موجب افزایش کارایی اســـتفاده از نهاده‌هایی ماننـد آب و درنتیجه کاهش هزینه‌های تولید شـود. افزایش کارایی در واحد سـطح کشـت، رســـیدن به تراکم مطلوب، کنترل مؤثرتر آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز از دیگر مزایای نشاکاری است (Jafari, 2020).

نظر به اهمیت محصول پنبه در تناوب زراعی و روند کاهشی سـطح زیر کشـت آن در سـال‌های اخیر، به‌کارگیری روش‌های مؤثر و بهینه برای افزایش سـطح زیر کشـت آن، افزایش تولید و کاهش هزینه‌های تولید این محصول استراتژیک، امری ضروری به نظر می‌رســـد. یکی از این روش‌ها، کشـــت تأخیری پنبه به‌صـورت نشـایی با اسـتفاده از ارقام زودرس است. با این روش می‌توان در تناوب زراعی، کشـت پنبه را بعد از گندم قرار داده و به دلیل کوتاه شـدن دوره رشـد و عدم برخورد با سرما، محصول قابل قبولی را برداشـــت نمود (Khajeh Mozaffari *et al*., 2019). در پژوهشی که به‌منظور بررسی تأثیر تاریخ و روش‌های مختلف کاشت بر پنبه انجام شد، مشاهده گردید که با تأخیر در کاشـت، کاهش عملکرد در روش کاشـت نشـائی کمتر از روش کاشت بذر بود. علاوه بر این، کاشت پنبه به‌صورت نشاء سبب بهبود صـــفات کیفی الیاف در تاریخ‌های دیر کاشـــت شـــد (Mehrabadi, 2017).

در کشـاورزی پیشـرفته، سـعی بر آن اسـت که عملکرد در واحد سطح را بالابرده و تا حد امکان ضایعات و خسارات ناشی از عوامل نامسـاعد را به حداقل برسـانند. یکی از رهیافت‌های نوین در بهبود عملکرد محصـــولات کشـــاورزی، اســـتفـاده از تنظیم‌کننده‌های رشـــد گیاهی اســـت. تنظیم‌کننده‌های رشـــد گیـاهی در گیـاهـان مختلف می‌تواننـد در تعـادل روابط منبع-مخزن مؤثر باشـــند و به‌طور فزاینده‌ای برای افزایش عملکرد در بســـیاری از گیاهان به‌کاربرده می‌شـــوند (Arteca, 1996). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌خصوص اکسین و سیتوکینین‌ها بر توزیع مواد در داخل گیاه، تقسیم سلولی، رشد سلول و غیره تأثیر داشـــته و درنتیجه توســـعه اندامی را ســـبب می‌شـــوند. سیتوکینین‌ها از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که سبب افزایش تقسیم سلولی و تمایزیابی، کاهش اثر غالبیت انتهایی، افزایش توسعه سطح برگ، افزایش تعداد شاخه جانبی، تحرک عنـاصـــر غذایی، جلوگیری از تجزیه کلروفیل و مانع از تسریع پیری می‌گردند (Salek Mearaji *et al*., 2020). نتایج حاصل از بررسی اثر تنظیم‌کننده‌های رشد بر پنبه نشان داد که کاربرد تنظیم‌کننده رشـــد بنزیل آدنین (نوعی ســـیتوکینین) به‌صـــورت بذرمال یا محلول‌پاشـــی، باعث افزایش عملکرد وش عمدتاً به دلیل افزایش تعداد غوزه در واحد سطح گردید (Fang *et al*., 2019). گزارش‌شده است که محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین، به‌واسـطه افزایش محتوای کلروفیل، سـطح برگ و تعداد شـــاخه گل دهنده، عملکرد دانه در گیاه کینوا را افزایش داده است (Salek Mearaji *et al*., 2020).

ســـرزنی در بســـیاری از نقاط دنیا به‌منظور کنترل رشـــد رویشی و تغذیه بهتر اندام‌های زایشی پنبه مرسوم است. حذف پدیده غالبیت انتهایی که در اثر فعالیت هورمون اکســـین در جوانه انتهایی ســـاقه صـــورت می‌گیرد، از آثار ســـرزنی اســـت. تنظیم‌کننده‌های رشـــد حاوی مپیکوات کلراید (Mepiquat chloride) نظیر پیکس، با جلوگیری از سـنتز اسـید جیبرلیک، باعث کاهش رشد رویشی در پنبه می‌شوند. کنترل رشد رویشی پنبه درنتیجه اســـتفاده از پیکس، مواد فتوســـنتزی را به‌ســـوی اندام‌های بارده و غوزه‌های در حال رشد هدایت می‌کند که باعث افزایش وزن غوزه‌هـا می‌گردد (Mirshekari and Asfaram Meshkinshahr, 2013). مصـرف پیکس موجب کاهش سـطح برگ، کـاهش طول میـان گره، ارتفـاع بوتـه و زودرســـی پنبـه می‌گردد. وزن دانه در گیاهانی که با پیکس تیمار شـــده‌اند، افزایش و درصـــد لینتر کاهش‌یافته اســـت (Mottaki, 2005). گزارش‌شـــده اســـت که محلول‌پاشـــی پیکس ۳۰ روز بعد از گل‌دهی، با کنترل رشـــد رویشـــی، باعث افزایش عملکرد الیاف ارقام مختلف پنبه شـده اسـت (Mirshekari and Asfaram Meshkinshahr, 2013). در بررســـی تأثیر پیکس بر عملکرد پنبه، نتایج نشـان داد که مصـرف پیکس تعداد غوزه در بوته را کـاهش و وزن غوزه را افزایش داد، امـا بر عملکرد وش تـأثیر معنی‌داری نداشـــت. علاوه بر این، مصـــرف پیکس زودرســـی محصول را افزایش داد (Haghighat Nia *et al*., 2016).

با توجه به اهمیت کشـت تأخیری پنبه نشـایی در افزایش سطح زیر کشت پنبه و هم‌چنین نقش تنظیم‌کننده‌های رشد در بهبود عملکرد محصـــولات کشـــاورزی، در پژوهش حاضـــر اثر تنظیم‌کننده‌های رشد پیکس و بنزیل آمینو پورین بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه نشایی در کشت دیرهنگام

موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سبزوار با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۹۹۷ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای موردمطالعه شامل محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد پیکس در دو سطح عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و غلظت تنظیم‌کننده رشد بنزیل آمینو پورین (BAP) در پنج سطح صفر، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بودند. محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد پیکس و BAP در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و به‌صورت هم‌زمان انجام گردید. رقم پنبه مورداستفاده در این آزمایش رقم مای ۳۴۴ بود که یک رقم زودرس وارداتی است.

پس از انتخاب زمین آزمایش، عملیات خاک‌ورزی شامل یک‌بار شخم عمیق، دومرتبه دیسک و سپس تسطیح زمین انجام و قبل از کاشت، از خاک سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) نمونه‌گیری و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد. بر اساس نتایج، خاک محل انجام آزمایش دارای بافت لوم شنی با محتوای کربن آلی پایین، شوری متوسط و قلیاییت بالا بود (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physicochemical properties of soil in experiment site

پتاسیم Potassium	فسفر Phosphorus	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن آلی Organic carbon	T.N.V	EC	pH
(mg kg^{-1})					(%)		(dS m^{-1})	
148	5.4	14	30	56	0.35	14.5	4.04	8.2

بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر موردنیاز کودهای پتاسیمی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) و فسفری (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل) به خاک اضافه‌شده و با آن مخلوط گردید. کود نیتروژنی توصیه‌شده (۴۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در سه مرحله استقرار (یک‌چهارم)، رشد رویشی (یک‌دوم) و آغاز رشد زایشی (یک‌چهارم) به‌صورت سرک مورداستفاده قرار گرفت. عمل کاشت به‌صورت ردیفی و در فواصل بین ردیف ۵۰ و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در هفته دوم تیرماه انجام شد. هر کرت متشکل از ۶ ردیف کاشت به طول ۴ متر بود. برای افزایش دقت آزمایش، بین کرت‌ها یک ردیف خالی و بدون کشت لحاظ گردید. برای کاشت، از نشاءهای سه هفته‌ای پنبه در مرحله ۴ برگ حقیقی استفاده شد. نشاءها در سینی‌های نشاء حاوی ترکیب ۳۰ درصد پرلیت و ۷۰ درصد کوکوپیت تولید گردیدند. جهت تأمین رطوبت لازم برای کشت نشایی، زمین آبیاری و پس از رسیدن رطوبت به حد مطلوب، نشاکاری به صورت دستی انجام شد. بلافاصله پس از کاشت، اقدام به آبیاری مزرعه گردید. پس از استقرار کامل بوته‌ها، آبیاری‌ها به‌صورت منظم و با فواصل ۱۰ روز انجام شد. در آغاز رشد زایشی (۵۰ درصد گل‌دهی مزرعه)، اقدام به محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد BAP و هم‌چنین پیکس با استفاده از سم‌پاش پشتی بر اساس نقشه آزمایش گردید.

در آغاز مرحله باز شدن غوزه‌ها، اقدام به نمونه‌برداری از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته فوقانی بوته‌ها گردیده، نمونه‌های برگ بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد و به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند.

اندازه‌گیری محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی با روش Lichtenthaler (1987) انجام شد. ۰/۱ گرم بافت تازه برگ در ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده شده و محلول حاصل با کاغذ صافی صاف گردید. جذب محلول‌ها به‌طور جداگانه در طول‌موج‌های ۶۶۳/۲ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۶/۸ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط

اسپکتروفتومتر (Fullerton,Beckman,CA) قرائت شد. در نهایت، با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳، میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه محاسبه گردید.

$$\text{Chlorophyll a} = (12.25\ A663.2) - (2.79\ A646.8) \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (21.51\ A646.8) - (5.1\ A663.2) \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoides} = (100\ A470 - 1.8\ \text{chl. a} - 85.02\ \text{chl. b})/19 \quad (۳)$$

به‌منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۵ بوته به‌صورت تصادفی از ردیف‌های میانی هر کرت انتخاب و در آن ارتفاع نهایی، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد غوزه در بوته اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن غوزه، ۱۰ غوزه از بوته‌های برداشت‌شده به‌صورت تصادفی انتخاب و در آن متوسط وزن غوزه اندازه‌گیری شد. درصد کیل با تقسیم وزن الیاف ۱۰ غوزه به وزن وش آن‌ها محاسبه شد.

به‌منظور محاسبه عملکرد وش، برداشت وش پنبه در یک مرحله از دو مترمربع از ردیف‌های وسط هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای صورت گرفت. عملکرد بیولوژیک از دو مترمربع میانی هر کرت آزمایش پس از کف‌بر کردن بوته‌ها و خشک‌کردن آن‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و توزین توسط ترازوی دقیق محاسبه شد. شاخص برداشت پنبه از رابطه ۴ محاسبه گردید:

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد وش}}{\text{عملکرد بیولوژیک (وش + شاخ و برگ)}} \times 100 \quad (۴)$$

پس از جمع‌آوری داده‌ها، عمل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) و مطابق با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. جداول و نمودارهای مورد نیاز نیز به کمک نرم‌افزارهای Word و Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول‌پاشی پیکس و غلظت تنظیم‌کننده رشد BAP بر محتوای کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، محلول‌پاشی تنظیم‌کننده رشد پیکس محتوای کلروفیل a را در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۳).

پیکس ترکیبی است که می‌تواند برخی از فرآیندهای فیزیولوژیک و یا توانایی آن‌ها برای تأثیرگذاری بر ویژگی‌های مورفولوژیک را تحریک، مهار یا حتی اصلاح کند. پیکس با افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، موجب افزایش تعداد برگ در بوته و درنتیجه کاهش سطح هر برگ می‌گردد. کاهش سطح برگ با افزایش ضخامت و افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل همراه است (Ahmed *et al.*, 2014). مشابه با نتایج این پژوهش، بررسی اثر محلول‌پاشی مپیکوات کلرید (پیکس) و کائولین بر پنبه نشان داد که محلول‌پاشی پیکس به‌تنهایی یا در ترکیب با کائولین باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل و کاروتنوئید گردید (El-Gabiery and Ata Allah, 2017).

محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف BAP، باعث افزایش محتوای کلروفیل a نسبت به شرایط عدم محلول‌پاشی این تنظیم‌کننده رشد گردید که این افزایش در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر معنی‌دار بود. بیشترین محتوای کلروفیل a با ۸/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ، در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد از افزایش ۱۷/۷ درصدی برخوردار بود، اما تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نداشت. تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و غلظت‌های ۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تنظیم‌کننده رشد BAP در رابطه با محتوای کلروفیل a مشاهده نشد (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه پنبه تحت تأثیر محلول‌پاشی پیکس و بنزیل آمینو پورین

Table 2- Analysis of variance for physiological and morphological characteristics of cotton affected by pix and benzylaminopurine foliar application

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	تعداد غوزه در بوته No. of bolls per plant
تکرار Replication	2	0.22	0.09	8.12	1.56	0.64	0.16
پیکس Pix	1	0.86*	1.79**	45.36**	620.16**	1.36	0.38
بنزیل آمینو پورین Benzylaminopurine	4	2.04**	3.32**	69.57**	17.71	0.91	1.62*
پیکس × بنزیل آمینو پورین Benzylaminopurine × Pix	4	0.32	0.33*	6.60*	31.91*	2.47**	4.22**
خطا Error	18	0.18	0.10	1.64	8.57	0.34	0.43
ضریب تغییرات CV (%)		5.37	6.32	7.52	9.47	7.44	9.26

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح ۱ درصد

* Significant at $P < 0.05$, ** Significant at $P < 0.01$

ادامه جدول ۲

Table 2 continued

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین وزن غوزه Average boll weight	درصد غوزه باز Open bolls	عملکرد وش Seed cotton yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد کیل Lint
تکرار Replication	2	0.21	145.39	70303.18	394333.33	12.65	20.76
پیکس Pix	1	0.67*	541.28**	171507.67*	33334.43	48.41	131.04**
بنزیل آمینو پورین Benzylaminopurine	4	0.26	7.93	662897.36**	662000.00*	109.36*	7.11
پیکس × بنزیل آمینو پورین Benzylaminopurine × Pix	4	1.36**	229.26*	386619.12**	923453.35*	25.94	142.04**
خطا Error	18	0.13	58.99	38138.93	221740.74	30.02	11.62
ضریب تغییرات CV (%)		8.23	10.53	9.89	9.58	12.26	11.68

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح ۱ درصد

* Significant at $P < 0.05$, ** Significant at $P < 0.01$

در میان تنظیم‌کننده‌های رشد، سیتوکینین‌ها نقش مهمی را در تنظیم رشد و نمو گیاه بازی می‌کنند. سیتوکینین‌ها باعث تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست و تأخیر در روند پیری برگ می‌شوند (Mahrookh *et al*., 2019).

سیتوکینین‌ها با تحریک سنتز ۵-آمینولوولینیک اسید[1] (ALA) و افزایش فعالیت آنزیم پروتوکلروفیلید اکسیدوریداکتاز[2] (POR)، سنتز کلروفیل را تسریع می‌کنند (Cortleven and Schmülling, 2015). این احتمال وجود دارد که غلظت‌های بالای سیتوکینین، از طریق افزایش سطح برگ به دلیل افزایش تقسیم سلولی، باعث کاهش ضخامت برگ و به دنبال آن کاهش محتوای کلروفیل شوند. در بررسی اثر محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی ذرت، بیشترین غلظت کلروفیل a با مصرف ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سیتوکینین حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (Mahrookh *et al*., 2019).

جدول ۳- اثر محلول‌پاشی پیکس بر محتوای کلروفیل a و شاخص برداشت پنبه

Table 3- Effect of pix foliar application on chlorophyll a content and harvest index of cotton

محلول‌پاشی پیکس Pix foliar application	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	شاخص برداشت Harvest index (%)
عدم محلول‌پاشی No foliar application	7.65 b	43.43 a
محلول‌پاشی پیکس Pix foliar application	7.99 a	45.97 a

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$, according to Duncan's multiple range test

جدول ۴- اثر محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین بر محتوای کلروفیل a و شاخص برداشت پنبه

Table 4- Effect of benzylaminopurine foliar application on chlorophyll a content and harvest index of cotton

غلظت بنزیل آمینو پورین Benzylaminopurine concentration (mg $^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	شاخص برداشت Harvest index (%)
0	7.24 b	46.88 a
5	7.44 b	45.51 a
25	7.54 b	46.44 a
50	8.52 a	47.50 a
100	8.36 a	37.17 c

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن (P≤۰/۰۵) تفاوت معنی‌داری ندارند.

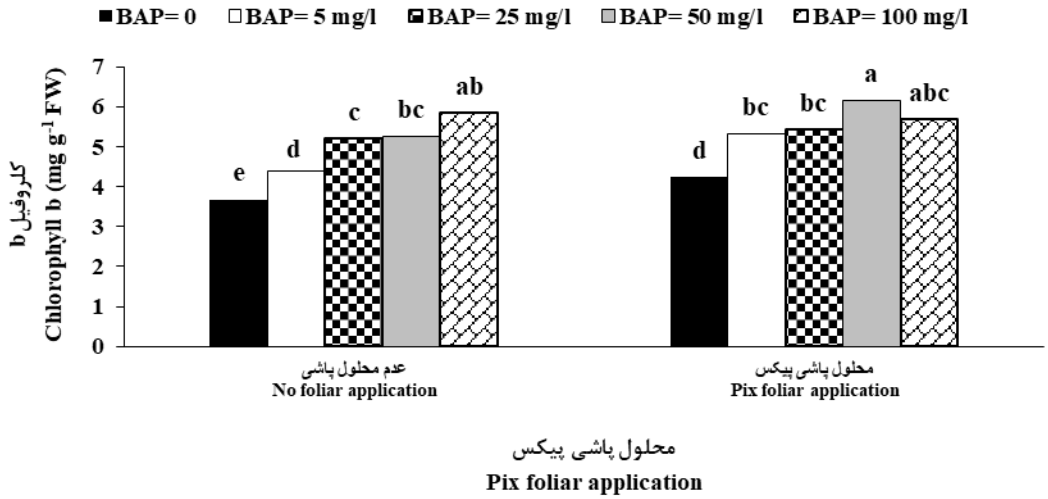
Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$, according to Duncan's multiple range test

اثر محلول‌پاشی پیکس، غلظت تنظیم‌کننده رشد BAP و هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP و کمترین آن در تیمار عدم محلول‌پاشی پیکس و BAP (شاهد) به دست آمد. میزان افزایش محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب برابر با ۶۷/۶ و ۱۱۲/۶ درصد بود. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید با افزایش غلظت BAP افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین و بیشترین محتوای این رنگدانه‌ها به ترتیب در شرایط عدم مصرف و غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP ثبت گردید. تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP در رابطه با محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید مشاهده نشد. این در حالی است که در شرایط محلول‌پاشی پیکس، بالاترین محتوای کلروفیل b و کاروتنوئید در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد و افزایش غلظت BAP به

1 5-aminolevulinic acid

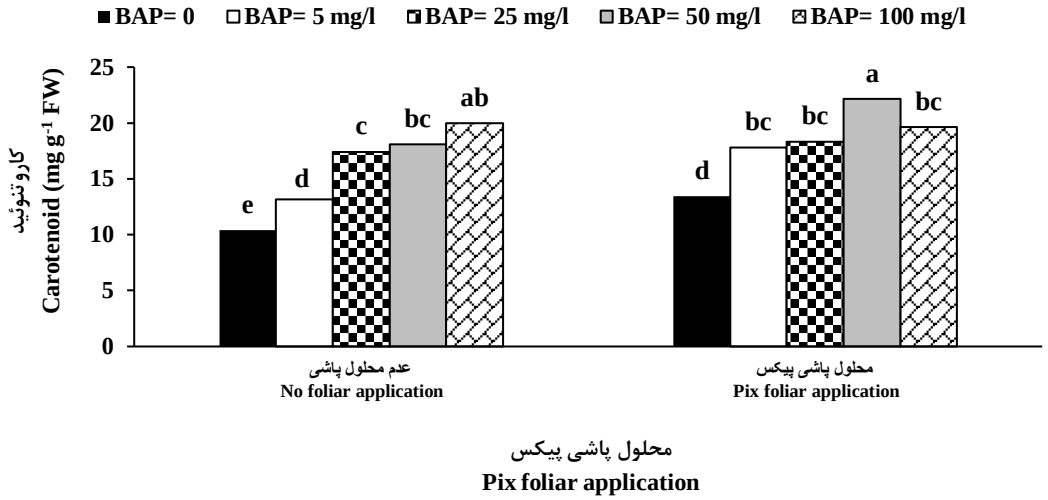
2 Protochlorophyllide oxidoreductase

۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی گردید. در رابطه با محتوای کلروفیل b، تفاوت بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP معنی‌دار نبود (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر محتوای کلروفیل b

Figure 1- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on chlorophyll b content



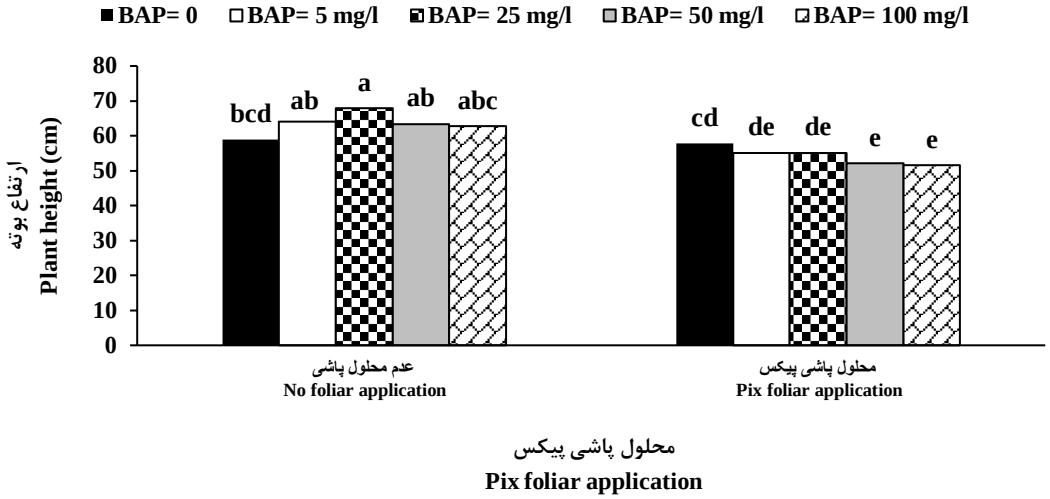
شکل ۲- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر محتوای کاروتنوئید

Figure 2- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on caretenoid content

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، اثر محلول‌پاشی پیکس و هم‌چنین اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر ارتفاع بوته پنبه معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته (۶۷/۹ سانتی‌متر) با محلول‌پاشی ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌تنهایی به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی پیکس و BAP)، ۱۵/۱ درصد افزایش نشان داد. کمترین ارتفاع بوته (۵۱/۶ سانتی‌متر) نیز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، کاربرد غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP، ارتفاع بوته را در مقایسه با شرایط عدم محلول‌پاشی BAP به‌طور معنی‌داری افزایش داد. تفاوت معنی‌داری بین شرایط عدم مصرف و غلظت‌های ۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP وجود نداشت (شکل ۳). در هنگام استفاده از پیکس، تفاوت معنی‌داری بین شرایط عدم مصرف و غلظت‌های ۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده نشد، اما

کاربرد غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته نسبت به شرایط عدم مصرف BAP گردید. کمترین ارتفاع بوته در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد (شکل ۳).



شکل ۳- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر ارتفاع بوته

Figure 3- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on plant height

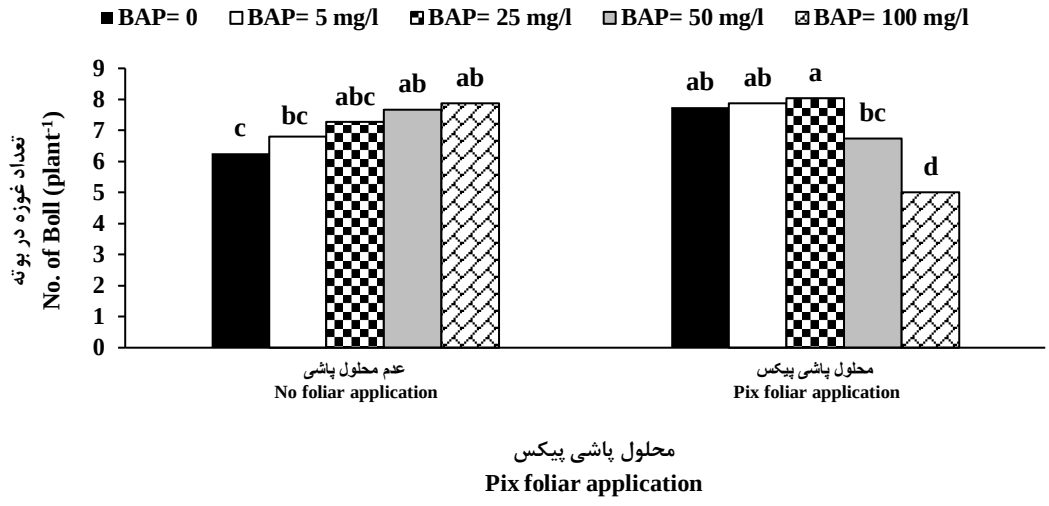
گزارش‌ها در مورد تأثیر سیتوکینین‌ها بر ارتفاع بوته متناقض بوده و در موارد اندکی بر تأثیر مثبت آن اشاره شده است. در برخی موارد، سیتوکینین‌ها موجب کاهش طول شده و در اغلب موارد بی‌تأثیر بوده‌اند (Salek Mearaji *et al*., 2020). تنظیم‌کننده‌های رشد در غلظت‌های کم باعث تحریک رشد و در غلظت‌های بالا باعث مهار رشد می‌شوند. سیتوکینین‌ها سبب افزایش تقسیم سلولی شده و درنتیجه می‌توانند منجر به افزایش ارتفاع بوته گردند. اثر سیتوکینین‌ها بر شکستن غالبیت انتهایی ناشی از هورمون اکسین را می‌توان به‌عنوان دلیل کاهش ارتفاع بوته در واکنش به محلول‌پاشی غلظت‌های بالای بنزیل آمینو پورین در پژوهش حاضر ذکر نمود. گزارش‌شده است که محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین باعث کاهش ارتفاع بوته در ذرت گردید (Akter *et al*., 2014).

کاهش طویل شدن سلول‌ها به دلیل ممانعت از بیوسنتز جیبرلین، دلیل احتمالی کاهش ارتفاع بوته پنبه در واکنش به محلول‌پاشی پیکس است. کاربرد پیکس می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیک ازجمله کاهش تعداد گره‌های ساقه، کم شدن فاصله میانگره‌ها و درنهایت کاهش ارتفاع بوته گردد (Rosolem *et al*., 2013). در پژوهشی که به‌منظور بررسی اثر مپیکوات کلرید بر فنولوژی، عملکرد و کیفیت پنبه انجام شد، محلول‌پاشی زودهنگام پیکس (۵۰ روز پس از کاشت) ویژگی‌های مورفولوژیک پنبه ازجمله ارتفاع بوته را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داد (Murtza *et al*., 2022).

تعداد غوزه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی پیکس تأثیر معنی‌داری بر تعداد غوزه در بوته نداشت، اما اثر غلظت BAP و اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر تعداد غوزه در بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد غوزه در بوته (۸/۱)، در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد ۲۹/۸ درصد افزایش نشان داد. کمترین تعداد غوزه در بوته (۵/۰) نیز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP تولید گردید که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از سایر تیمارهای موردمطالعه بود. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، با افزایش غلظت BAP، تعداد غوزه در بوته نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که کمترین تعداد غوزه در بوته (۶/۳) در شرایط عدم مصرف BAP و بیشترین آن (۷/۹) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین شرایط عدم مصرف و غلظت‌های ۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP وجود نداشت. در

شـــرایط محلول‌پـاشـــی پیکس، افزایش غلظت BAP تـا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تعـداد غوزه در بوتـه را افزایش داد، امـا غلظت‌هـای ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP باعث کـاهش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته نســبت به غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP گردید. کمترین تعداد غوزه در بوته در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشـاهده شـد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای موردبررسی دارا بود (شکل ۴).



شکل ۴- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر تعداد غوزه در بوته

Figure 4- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on number of bolls per plant

افزایش اجزای عملکرد در اثر کاربرد سیتوکینین‌ها می‌تواند به این دلیل باشـد که سـیتوکینین‌ها با افزایش بیان ژن‌های درگیر در فرآیند چرخه سلولی، مانند ژن‌های مولد سایکلین‌های نوع D که نقش حیاتی در تقسیم سلولی دارند، سبب تحریک و تسـریع تقسـیم سـلولی می‌شـوند. هم‌چنین سـیتوکینین‌ها می‌توانند با افزایش تخلیه قندها از آوند آبکش و کمک به انتقال آن‌ها به آپوپلاسـت و اثر بر تحرک قندهای ذخیره شـده در واکوئل‌ها، به تأمین مواد غذایی برای میوه‌ها و دانه‌های در حال رشـد کمک نموده، از این طریق باعث حفظ تعداد بیشـتری از میوه‌ها و ذخیره مواد غذایی بیشـتری در آن‌ها شـوند که نهایتاً باعث افزایش عملکرد دانه می‌شـود (Zhao *et al*., 2015). افزایش تعداد غوزه در بوته با افزایش غلظت BAP را می‌توان به شکستن غالبیت انتهایی و افزایش تعداد انشعابات ساقه، به‌ویژه تعداد شـاخه‌های زایا نسـبت داد. سـیتوکینین‌ها با افزایش محتوای کلروفیل، باعث بهبود ظرفیت فتوسـنتزی گیاه و تأمین آسـمیلات‌های لازم برای باروری گل‌ها، کاهش سـقط گل‌ها و درنهایت افزایش تعداد میوه می‌شـوند (Zhao *et al*., 2015). مشـابه با نتایج پژوهش حاضـر، کاربرد سـیتوکینین به‌صـورت محلول‌پاشـی و خیسـاندن بذرها، باعث افزایش تعداد غوزه در بوته گیاه پنبه شده است (Fang *et al*., 2019).

با توجه به این‌که مصـرف مپیکوات کلرید از طریق کاهش ارتفاع، باعث نفوذ بهتر نور به بخش‌های پایینی بوته می‌شـود، می‌تواند حفظ و نگهداری گل و غوزه در شـاخه‌های پایینی بوته پنبه را افزایش دهد (Nuti *et al*., 2006). گزارش‌شده است که کاربرد دیرهنگام پیکس (۷۰ روز پس از کاشـت)، تعداد غوزه در بوته، تعداد غوزه‌های باز در بوته و وزن غوزه را به دلیل مشارکت آن در تغییر سـاختار کانوپی و نسـبت منبع-مخزن و هم‌چنین تنظیم دقیق تعادل هورمونی گیاه افزایش داد (Murtza *et al*., 2022). این در حالی است که در پژوهشی دیگر، مصرف پیکس تعداد غوزه در بوته گیاه پنبه را کاهش داد (Haghighat Nia *et al*., 2016).

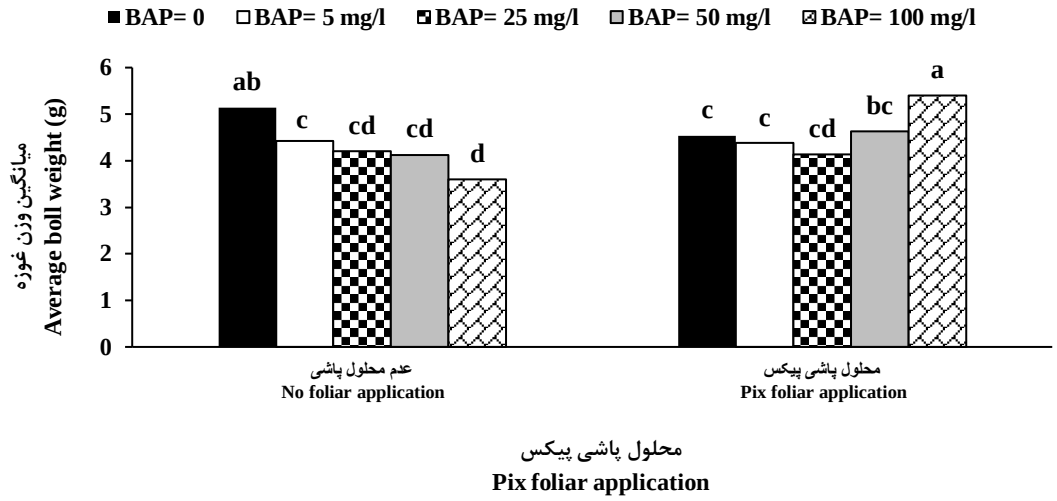
میانگین وزن غوزه

اثر محلول‌پاشـی پیکس و اثر متقابل محلول‌پاشـی پیکس و غلظت BAP بر میانگین وزن غوزه معنی‌دار شـد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین وزن غوزه (۵/۴ گرم)

در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار عدم محلول‌پاشی پیکس و BAP (شاهد) نداشت. کمترین میانگین وزن غوزه (۳/۶ گرم) نیز در شرایط محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌تنهایی ثبت گردید. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، افزایش غلظت BAP باعث کاهش میانگین وزن غوزه گردید، به‌طوری‌که بیشترین وزن غوزه در شرایط عدم مصرف BAP و کمترین آن در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد. این در حالی است که در شرایط محلول‌پاشی پیکس، افزایش غلظت BAP میانگین وزن غوزه‌ها را افزایش داد و بیشترین میانگین وزن غوزه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد (شکل ۵).

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP و تیمار شاهد که کمترین تعداد غوزه در بوته را دارا بودند (شکل ۵)، بالاترین میانگین وزن غوزه را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، کاهش تعداد غوزه در بوته، ازجمله عوامل افزایش قابل‌توجه وزن غوزه‌های پنبه در تیمارهای مذکور است. بیان شده است که کاربرد سیتوکینین‌ها از طریق تأثیر بر دوام سطح برگ و افزایش تعداد سلول‌ها به‌عنوان مقصد فیزیولوژیک، وزن دانه و میوه را افزایش می‌دهد (Ghatei *et al*., 2015).

به نظر می‌رسد که کنترل رشد رویشی در پنبه درنتیجه استفاده از پیکس، موجب تغییر مسیر فتواسمیلات‌های تولید شده به‌سوی اندام‌های بارده می‌شود و مواد غذایی حاصل از فتوسنتز را به‌سوی غوزه‌های در حال رشد به‌عنوان مخازن هدایت می‌کند و درنتیجه باعث افزایش وزن غوزه‌ها می‌شود (Mirshekari and Asfaram Meshkinshahr, 2013). گزارش شده است که وزن تک غوزه پنبه از ۴/۱ گرم در تیمار شاهد به ۴/۵ گرم در تیمار محلول‌پاشی پیکس افزایش یافته است که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد (Iqbal *et al*., 2007).



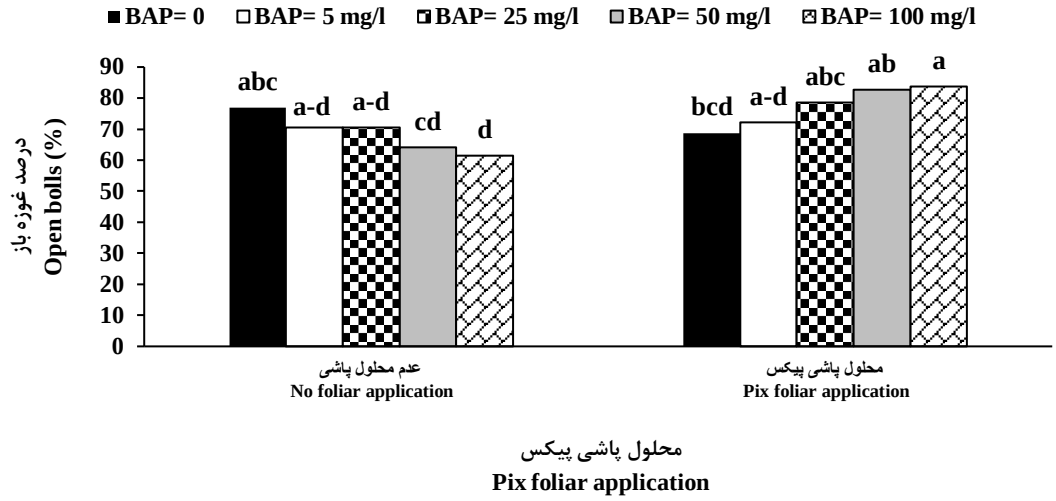
شکل ۵- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر میانگین وزن غوزه

Figure 5- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on average boll weight

درصد غوزه باز

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر محلول‌پاشی پیکس و اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر درصد غوزه‌های باز معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد غوزه باز (۸۳/۸ درصد)، در شرایط محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. کمترین درصد غوزه باز (۶۱/۵) نیز در شرایط محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌تنهایی مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، درصد غوزه‌های باز با افزایش غلظت BAP کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد غوزه باز به ترتیب در شرایط عدم مصرف BAP و غلظت

۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری بین شرایط عدم مصرف BAP و غلظت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP وجود نداشت. این در حالی است که در شرایط محلول‌پاشی پیکس، با افزایش غلظت BAP درصد غوزه‌های باز نیز افزایش یافت. در این شرایط، کمترین درصد غوزه باز در شرایط عدم مصرف BAP و بیشترین آن در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP حاصل شد. تفاوت بین غلظت‌های ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP معنی‌دار نبود (شکل ۶).



شکل ۶- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر درصد غوزه باز

Figure 6- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on open bolls percentage

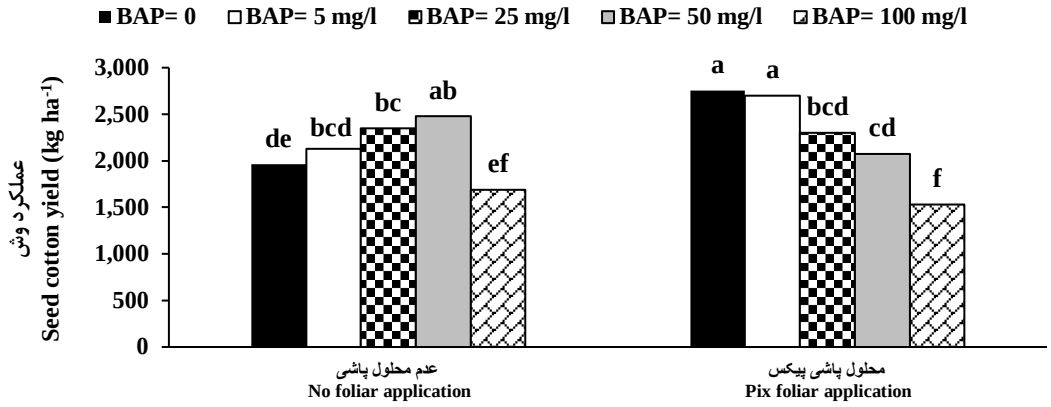
در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف BAP به‌تنهایی، درصد غوزه باز نسبت به تیمار شاهد را کاهش داد. این در حالی است که در مطالعه‌ای دیگر، محلول‌پاشی سیتوکینین N6-benzyladenine در مرحله غنچه‌دهی گیاه پنبه، باعث تسریع در باز شدن غوزه‌ها گردید (Fang *et al.*, 2019). افزایش تعداد غوزه در تیمارهای محلول‌پاشی BAP به‌تنهایی (شکل ۵)، از دلایل کاهش درصد غوزه باز در این تیمارها است. محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین از طریق تحریک تولید شاخه‌های جانبی و درنتیجه افزایش تعداد غوزه در بوته، رسیدگی و باز شدن غوزه‌ها را به تأخیر انداخته است. در یک پژوهش، محلول‌پاشی بنزیل آمینو پورین به دلیل تجمع کلروفیل و به تأخیر انداختن پیری برگ‌ها، دوره فعال پر شدن دانه را در دو رقم گندم موردمطالعه افزایش داد و منجر به تأخیر در رسیدگی محصول گردید (Yang *et al.*, 2016).

مشابه با نتایج این پژوهش، گزارش‌ها حاکی است که محلول‌پاشی مپیکوات کلرید باعث تسریع در رسیدگی و باز شدن غوزه‌های پنبه می‌گردد. دلیل این امر، بازدارندگی از رشد رویشی و تغییر مسیر آسیمیلات‌ها به‌سوی اندام‌های زایشی ذکر شده است (Abbas *et al.*, 2022).

عملکرد وش

اثر محلول‌پاشی پیکس، غلظت BAP و اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر عملکرد وش معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد وش با ۲۷۵۴/۳ کیلوگرم در هکتار، در تیمار محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار پیکس به‌تنهایی تولید گردید که از افزایش ۴۰/۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی پیکس و BAP) برخوردار بود. کمترین عملکرد وش نیز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۲ درصد کاهش نشان داد. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، با افزایش غلظت BAP تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، عملکرد وش افزایش و سپس کاهش یافت، به‌طوری کمترین عملکرد وش در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP تولید گردید. این در حالی است که در شرایط محلول‌پاشی پیکس، عملکرد وش با

افزایش غلظت BAP کاهش یافت و بیشـــترین عملکرد وش در شـــرایط عـدم مصـــرف BAP و کمترین آن در غلظـت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به دســـت آمد. تفاوت معنی‌داری بین شـــرایط عدم مصـــرف و غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر BAP وجود نداشت (شکل ۷).



محلول پاشی پیکس
Pix foliar application

شکل ۷- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر عملکرد وش

Figure 7- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on seed cotton yield

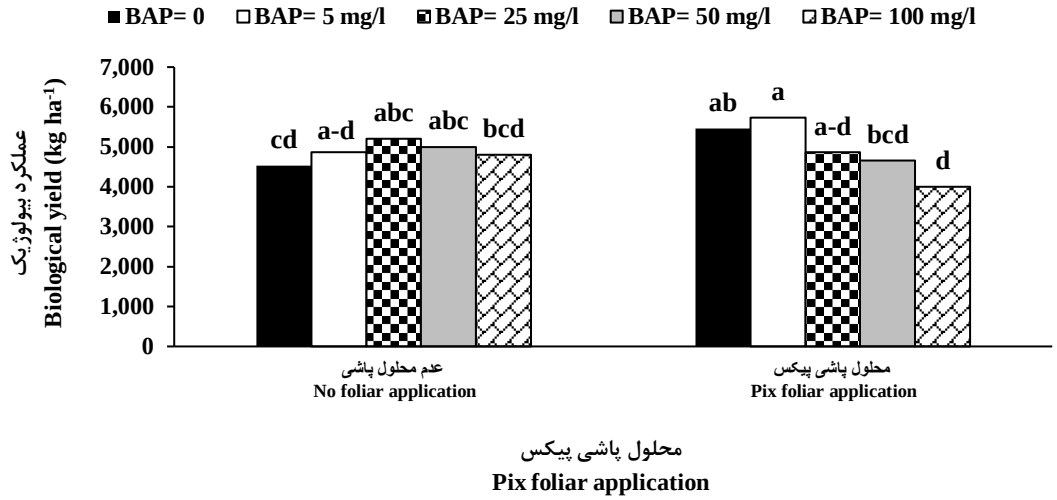
افزایش عملکرد وش با افزایش غلظت BAP تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در شـــرایط عدم محلول‌پاشـــی پیکس و کاهش آن با افزایش غلظت BAP در شـــرایط محلول‌پاشـــی پیکس، نتیجه واکنش متفاوت اجزاء مهم عملکرد (تعداد غوزه و وزن تک غوزه) به کاربرد غلظت‌های مختلف BAP به‌تنهایی یا همراه با پیکس است. افزایش عملکرد محصولات زراعی با کاربرد سیتوکینین‌ها، می‌تواند به دلیل افزایش محتوای کلروفیل و بهبود فتوســـنتز، افزایش سطح برگ، افزایش تعداد گل‌های تولید شـده و کاهش درصد ریزش گل‌ها باشد (Khalil *et al*., 2006). گزارش‌شده اســت که محلول‌پاشـــی ســـیتوکینین از طریق افزایش محتوای کلروفیل، ســـطح برگ بوته و تعداد شـــاخه گل دهنده، باعث افزایش عملکرد دانـه در برخی از ژنوتیپ‌هـای گیـاه کینوا در شـــرایط مطلوب آبیاری و کم آبیاری گردیده اســـت (Salek Mearaji *et al*., 2020). بررسـی اثر تنظیم‌کننده‌های رشـد بر عملکرد پنبه نشـــان داد که کاربرد تنظیم‌کننده رشـــد بنزیل آدنین، از طریق افزایش فتوسنتز و درنتیجه کاهش میزان ریزش گل و میوه، عملکرد وش در پنبه را بهبود بخشـــید (Fang *et al*., 2019).

با توجه به عدم تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشـی پیکس بر تعداد غوزه در بوته در مطالعه حاضـر، افزایش عملکرد وش در واکنش به محلول‌پاشـــی پیکس، نتیجه افزایش میـانگین وزن غوزه‌ها می‌باشد. این نتیجه حاکی از آن است که با کنترل رشد رویشی پنبه در صورت محلول‌پاشی با پیکس، می‌توان موجبات افزایش عملکرد را فراهم کرد. نتایج مطالعات پیشـین نشـان داده اسـت که کاربرد مپیکوات کلرید در مراحل غنچه‌دهی و گل‌دهی پنبه، از طریق تسـریع گل‌دهی و افزایش تعداد میوه، عملکرد نهایی را افـزایـش مـی‌دهـد (Nawalagatti, 2011; Collins *et al*., 2017). آن‌ها دلیل احتمالی افزایش عملکرد پنبه در واکنش به مصرف دیرهنگام پیکس را کاهش رشد رویشی و تسریع در بلوغ برگ‌ها ذکر کردند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محلول‌پاشی پیکس تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشـت، اما اثر غلظت BAP و اثر متقـابـل محلول‌پـاشـــی پیکس و غلظـت BAP بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشـترین عملکرد بیولوژیـک بـا ۵۷۳۳/۳ کیلوگرم در هکتـار، در تیمـار محلول‌پاشـــی ۱/۵ لیتر در هکتار پیکس همراه با ۵ میلی‌گرم در

لیتر BAP تولید گردید که از افزایش ۲۶/۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد برخوردار بود. کمترین عملکرد بیولوژیک (۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، بیشترین عملکرد بیولوژیک در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح مصرف BAP نداشت. در شرایط محلول‌پاشی پیکس، غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر BAP بالاترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد که با شرایط عدم مصرف و غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP تفاوت معنی‌دار نشان نداد. غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر BAP گردید که در این میان، غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP بیشترین کاهش در عملکرد بیولوژیک را ایجاد نمود (شکل ۸).



شکل ۸- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر عملکرد بیولوژیک

Figure 8- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on biological yield

شاخص برداشت

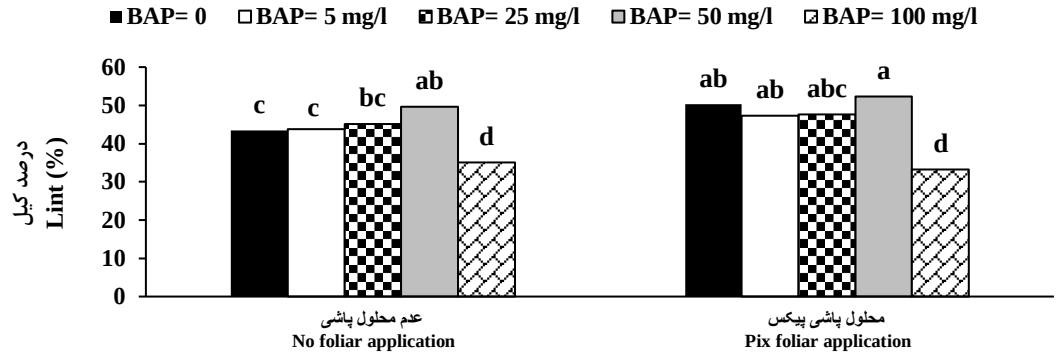
با توجه به نتایج تجزیه واریانس، غلظت BAP تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه پنبه داشت، اما اثر محلول‌پاشی پیکس و اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر شاخص برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی غلظت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP تغییر معنی‌داری در شاخص برداشت گیاه پنبه ایجاد نکرد، اما افزایش غلظت BAP به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، شاخص برداشت را در مقایسه با شرایط عدم مصرف BAP به‌طور معنی‌داری کاهش داد که میزان این کاهش برابر با ۲۰/۷ درصد بود (جدول ۴).

در پژوهش حاضر، محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP باعث کاهش معنی‌دار عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک پنبه نسبت به سایر سطوح مصرف این تنظیم‌کننده رشد گردید (جدول ۴). با توجه به این‌که شاخص برداشت پنبه حاصل تقسیم عملکرد وش بر عملکرد بیولوژیک می‌باشد، کاهش بیشتر عملکرد وش در مقایسه با عملکرد بیولوژیک را می‌توان به‌عنوان عامل کاهش معنی‌دار شاخص برداشت پنبه در واکنش به محلول‌پاشی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP ذکر نمود.

درصد کیل

اثر محلول‌پاشی پیکس و اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت BAP بر درصد کیل پنبه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد کیل پنبه (۵۲/۲ درصد) در تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی پیکس و BAP) ۲۰/۳ درصد افزایش داشت. کمترین درصد کیل پنبه (۳۳/۲ درصد) به تیمار محلول‌پاشی پیکس همراه با ۱۰۰

میلی‌گرم در لیتر BAP اختصاص داشت که از کاهش ۲۳/۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد برخوردار بود. در شرایط عدم محلول‌پاشی پیکس، افزایش غلظت BAP تا ۲۵ میلی‌گرم در لیتر تأثیر معنی‌داری بر درصد کیل پنبه نداشت، اما افزایش غلظت BAP به ۵۰ میلی‌گرم در لیتر، باعث افزایش معنی‌دار درصد کیل نسبت به شرایط عدم مصرف BAP گردید. محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BAP، درصد کیل را نسبت به شرایط عدم مصرف و غلظت‌های ۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌طور قابل‌توجهی کاهش داد. در شرایط محلول‌پاشی پیکس، بیشترین درصد کیل در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با شرایط عدم مصرف و غلظت‌های ۵ و ۲۵ میلی‌گرم در لیتر BAP نداشت. افزایش غلظت BAP به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش قابل‌ملاحظه درصد کیل نسبت به سایر سطوح مصرف BAP گردید (شکل ۹).



شکل ۹- اثر متقابل محلول‌پاشی پیکس و غلظت بنزیل آمینو پورین بر درصد کیل

Figure 9- Interaction effect between pix foliar application and benzylaminopurine concentration on lint percentage

بر اساس نتایج مطالعات پیشین، پنبه‌های تیمار شده با پیکس از عملکرد الیاف بالاتری برخوردار بوده‌اند (Wilson *et al*., 2007; Mirshekari and Asfaram Meshkinshahr, 2013; Fang *et al*., 2019). تغییر در ساختار کانوپی و نسبت منبع-مخزن و تنظیم دقیق تعادل هورمونی گیاهان ازجمله دلایل ذکر شده برای افزایش عملکرد الیاف پنبه در واکنش به محلول‌پاشی پیکس می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه به غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد BAP، در شرایط مصرف و عدم مصرف پیکس متفاوت بود. در شرایط عدم مصرف پیکس، بیشترین ارتفاع بوته در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین تعداد شاخه جانبی و تعداد غوزه در بوته در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین عملکرد وش و درصد کیل در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین میانگین وزن غوزه و درصد غوزه باز در شرایط عدم محلول‌پاشی BAP مشاهده شد. این در حالی است که در شرایط مصرف پیکس، بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد وش در شرایط عدم محلول‌پاشی، بیشترین تعداد شاخه جانبی و تعداد غوزه در بوته در غلظت ۲۵ میلی‌گرم در لیتر، بیشترین میانگین وزن غوزه و درصد غوزه باز در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین درصد کیل در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر BAP به‌دست آمد. با توجه به نتایج، محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار پیکس، به‌منظور تولید عملکرد مطلوب و افزایش درصد کیل پنبه در کشت نشایی دیرهنگام قابل توصیه می‌باشد.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌نمایند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در رابطه با نشر این مقاله وجود ندارد.

References

Abbas, H., Wahid, M.A., Sattar, A., Tung, S.A., Saleem, M.F., Irshad, S., Alkahtani, J., Elshikh, M.S., Cheema, M. and Li, Y., 2022. Foliar application of mepiquat chloride and nitrogen improves yield and fiber quality traits of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Plos One, 17*(6), e0268907. **doi:10.1371/journal. pone.0268907**

Ahmed, H.S.A., Zewail, R.M.Y. and Hassan, A.A., 2014. Effect of pix and potassium citrate on growth, productivity, fiber quality and yarn on egyptian cotton. *The Bulletin, Faculty of Agriculture-Cairo University*, 65, pp.420-430. **doi:10.21608/ejarc.2014.214039**

Akter, N., Rafiqul Islam, M., Abdul Karim, M. and Hossain, T., 2014. Alleviation of drought stress in maize by exogenous application of gibberellic acid and cytokinin. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, *17*(1), pp.41-48. **doi:10.1007/s12892-013-0117-3**

Arteca, R.N., 1996. Plant Growth Substances: Principles and Applications. Springer New York, NY. 332p.

Collins, G.D., Edmisten, K.L.,Wells, R. and Whitaker, J.R., 2017. The Effects of Mepiquat Chloride Applied to Cotton at Early Bloom and Physiological Cutout. *Journal of Cotton Science*, 21, pp.183-189.

Cortleven, A. and Schmülling, T., 2015. Regulation of chloroplast development and function by cytokinin. *Journal of Experimental Botany*, *66*(16), pp.4999-5013. **doi:10.1093/jxb/erv132**

El-Gabiery, A.E. and Ata Allah, Y.F.A., 2017. Response of cotton plant to foliar application with mepiquat chloride (Pix) and kaolin. *Journal of Plant Production*, *8*(10), pp.1037-1043.

Fang, Sh., Gao, K., Hu, W., Wang, Sh., Chen, B. and Zhou, Zh., 2019. Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research,* 231, pp.105-114. **doi:10.1016/j.fcr.2018.11.012**

Ghatei, A., Bakhshandeh, A., Abdali Mashhadi, A., Siadat, S.A., Alami Saeid, K. and Gharineh, M., 2015. Effect of different nitrogen levels and cytokinin foliar application on yield and yield components of wheat at terminal heat stress conditions in Ahwaz. *Journal of Crop Production and Processing*, *5*(16), pp.97-107. [In Persian]. **doi:10.18869/acadpub.jcpp.5.16.97**

Haghighat Nia, H., Shirvanian, A. and Hekmat, M.H., 2016. Effect of different levels of irrigation and plant growth regulatory of pix on yield of cotton (case study: Darab, Fars). *Iranian Journal of Cotton Researches*, *4*(1), pp.61-76. [In Persian]. **doi:10.22092/ijcr.2017.109250**

Iqbal, M., Hayat, K. and Islam, N., 2007. Cotton response to mepiquat chloride and nitrogen under ultra narrow plant spacing. *Asian Journal of Plant Science*, 6, pp.87-92. **doi:10.3923/ajps.2007.87.92**

jafari, H., 2020. Investigation of transplanting and wet planting cotton in increasing water use productivity (case study: North Khorasan Province). *Irrigation and Water Engineering*, *11*(2), pp.224-237. [In Persian]. **doi: 10.22125/iwe.2020.120733**

Khajeh Mozaffari, M., Abdolhosseini, M., Ghorbani Nasrabad, G. and Farzaneh, M.R., 2019. Evaluation of the effects of different water quantities and irrigation frequency on cotton yield and yield components in direct and transplanting methods. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *13*(5), pp.1331-1341. [In Persian].

Khalil, S., El-Saeid, H. and Shalaby, M., 2006. The role of kinetin in flower abscission and yield of lentil plant.

Journal of Applied Sciences Research, 2, pp.587-591.

Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids, the pigments of photosynthetic biomembranes. In: Douce, R. and Packer, L. (eds.). *Methods Enzymol*, 148, pp.350-382. Academic Press Inc., New York.

Mahrookh, A., Nabipour, M., Roshanfekr Dezfoli, H. and Choukan, R., 2019. The effects of auxin and cytokinin hormones on maize grain quality under drought stress condition. *Plant Ecophysiology*, *11*(37), pp.191-201. [In Persian].

Mehrabadi, H.R., 2017. Effect of Different Planting Dates and Methods on Quantity and Quality Traits of Varamin Cotton Cultivar. *Journal of Crop Production and Processing*, *7*(2), pp.61-72. [In Persian]. **doi:10.18869/acadpub.jcpp.7.2.61**

Mehregan, F., Keramatzadeh, A., Eshraghi, F. and Shirani Bidabadi, F., 2016. Factors affecting the cotton acreage response in Golestan Province. *Iranian Journal of Cotton Researches*, *4*(1), pp.1-16. [In Persian]. **doi:10.22092/ijcr.2017.109246**

Mirshekari, B. and Asfaram Meshkinshahr, H., 2013. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars to topping and plant growth regulator. *Seed and Plant Production Journal*, *29*(1), pp.97-108. [In Persian]. **doi:10.22092/sppj.2017.110502**

Mottaki, A., 2005. Effect of pix and sowing density on quantitative and qualitative characteristic of cotton. *Zeyton*, 161, pp.24-26. [In Persian].

Murtza, K., Ishfaq, M., Akbar, N., Hussain, S., Anjum, S.A., Bukhari, N.A., AlGarawi, A.M. and Hatamleh, A.A., 2022. Effect of mepiquat chloride on phenology, yield and quality of cotton as a function of application time using different sowing techniques. *Agronomy*, *12*(5), 1200. **doi:10.3390/agronomy12051200**

Nawalagatti, C.M., Doddamani, M.B., Jyothi, R.H. and Chetti, M.B., 2011. Effect of plant growth regulators on growth, biochemical traits, yield and yield attributes in Bt cotton. *Journal Of Eco-Friendly Agriculture*, 6, pp.25-28.

Nuti, R.C., Viator, R.P., Casteel, S.N., Edmisten, K.L. and Wells, R., 2006. Effect of Planting Date, Mepiquat Chloride, and Glyphosate Application to Glyphosate-Resistant Cotton. *Agronomy Journal*, 98, pp.1627-1633. **doi; 10.2134/agronj2005.0360**

Rosolem, C.A., Oosterhuis, D.M. and de Souza, F.S., 2013. Cotton response to mepiquat chloride and temperature. *Scientia Agricola*, *70*(2), pp. 82-87.

Salek Mearaji, H., Tavakoli, A. and Niazsepahvand, A.A., 2020. The effect of cytokinin on physiological and related traits with yield of quinoa under drought stress conditions. *Journal of Crops Improvement*, *22*(3), pp.419-432. [In Persian]. **doi:10.22059/jci.2020.292821.2298**

Seddighi, E., Ramezani Moghaddam, M., Sirousmehr, A. and Asgharipour, M.R., 2013. Investigation on the effect of cotton cultivars and different planting dates on barley-cotton double cropping system in Gonabad climatic conditions. *Journal of Agroecology*, *5*(1), pp.58-66. [In Persian].

Wilson, D.G., York, A.C. and Edmisten, K.L., 2007. Narrow-row cotton response to mepiquat chloride. *The Journal of Cotton Science*, 11, pp.177-185. **doi:10.22067/jag.v5i1.21323**

Yang, D., Li, Y., Shi, Y., Cui, Z., Luo, Y., Zheng, M. and Wang, Z., 2016. Exogenous cytokinins increase grain yield of winter wheat cultivars by improving stay-green characteristics under heat stress. *Plos One*, 11, e0155437. **doi: 10.1371/journal.pone.0155437**

Zhao, J., Bai, W., Zeng, Q., Song, S., Zhang, M., Li, X., Hou, L., Xiao, Y., Luo, M., Li, D., Luo, X. and Pei, Y., 2015. Moderately enhancing cytokinin level by down-regulation of GhCKX expression in cotton concurrently increases fiber and seed yield. *Molecular Breeding*, *35*(2), 60. **doi: 10.1007/s11032-015-0232-6**

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 5, Issue 3, Winter 2023, P. 555-573

Effect of foliar application of 6-benzylaminopurine and pix on growth characteristics and yield of delayed transplanting cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Dariush Saadati1, Matin Jami Moeini[2*], Mohammad Armin[2]

[1] Ph.D. Student, 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: mat_jami@iaus.ac.ir

Received: 25 March 2023 Accepted: 31 May 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2023.391000.1333**

Abstract

Introduction: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is the most widely used natural fiber and the most important dual-purpose industrial plant in the world. Delayed transplanting of cotton using early cultivars is one of the effective methods to increase the cultivated area and increase the production of this strategic crop. Plant growth regulators can be effective in the source-sink balance in different plants and are progressively used to increase yield in many plants. Cytokinins are one of the most important plant growth regulators, which increase cell division and differentiation, reduce the effect of terminal dominance, increase leaf surface development, increase the number of lateral branches, increase mobility of nutrients, prevent chlorophyll decomposition, and prevent aging. Growth regulators containing mepiquat chloride, such as pix, reduce vegetative growth in cotton by preventing the synthesis of gibberellic acid. Controlling the growth of cotton as a result of the use of pix, allocates the photosynthetic assimilates to the fruit organs and growing bolls, which increases the weight of the bolls.

Materials and Methods: To investigate the effect of foliar application of 6-benzylaminopurine and pix on the growth and yield of cotton (cv. May 344) in delayed transplanting, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in Sabzevar during 2020. The factors studied were foliar application of pix at two levels of no foliar application and foliar application at the rate of 1.5 liters per hectare and 6-benzylaminopurine (BAP) foliar application at five concentrations of 0, 5, 25, 50 and 100 mg l^{-1}. May 344 cotton cultivar was used in this experiment.

Results and Discussion: The results showed that foliar application of pix significantly increased the content of chlorophyll a compared to the no foliar application conditions. Foliar application with concentrations of 50 and 100 mg l^{-1} BAP also caused a significant increase in the content of chlorophyll a compared to the no foliar application conditions. The highest content of chlorophyll a was observed in the concentration of 50 mg l^{-1} BAP, which had an increase of 17.7% compared to the control treatment. The highest height of the plant (67.9 cm) was obtained by foliar application of 25 mg l^{-1} BAP alone, which showed an increase of 15.1% compared to the control. The lowest plant height (51.6 cm) was also observed in the treatment of foliar application of pix along with 100 mg l^{-1} BAP. Foliar application of pix along with 25 mg l^{-1} BAP produced the highest number of bolls per plant, which was 29.8% higher than the control. The highest average boll weight (5.4 g) and the highest percentage of open bolls (83.8%) were obtained in the foliar application treatment of pix with 100 mg l^{-1} BAP, which was not significantly different from the control treatment. Foliar application of 1.5 liters per hectare of pix alone produced the highest seed cotton yield (2754.3 kg ha^{-1}), which had a 40.2% increase compared to the control. The highest biological yield was produced in the foliar application treatment of PIX along with 5 mg l^{-1} of BAP, which had an increase of 26.5% compared to the control treatment. The lowest biological yield was obtained in the treatment of foliar application with 100 mg l^{-1} of BAP, which was not significantly different from the control treatment. The highest percentage of lint (52.2%) was observed in the pix foliar application treatment along with 50 mg l^{-1} BAP, which showed an increase of 20.3% compared to the control.

Conclusion: According to the results, foliar application of 1.5 liters per hectare of pix is recommended to produce high seed cotton yield and increase the percentage of lint in delayed transplanting cotton.

Keywords: Carotenoid, Chlorophyll, Cytokinin, Delayed planting, Mepiquat chloride