

## تأثیر محلول پاشی عنصر روی و هورمون رشد اکسین بر شاخص‌های موفولوژیک و فیزیولوژیک رشد و برخی صفات الیاف سه رقم پنبه

علیرضا کلیدری<sup>۱</sup>، موسی‌الرضا وفایی تبار<sup>۲\*</sup>، قربان نورمحمدی<sup>۳</sup>، حمید مدنی<sup>۴</sup> و حسین حیدری شریف‌آباد<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری رشته زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، <sup>۲</sup> استادیار بخش تحقیقات پنبه و گیاهان لیفی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران، <sup>۳</sup> استاد گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران <sup>۴</sup> دانشیار گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، <sup>۵</sup> استاد گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۷

### چکیده

به‌منظور ارزیابی اثرات روش‌های مختلف خاک‌ورزی و نحوه مصرف علف‌کش ترفلان بر عملکرد پنبه و کنترل علف‌های هرز، تحقیقی بصورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه آزمایشی در جنوب شرقی شهرستان علی‌آباد کتول در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. در این مطالعه عامل اصلی را خاک‌ورزی در سه سطح استفاده از گاو آهن برگردان‌دار، گاو آهن بشقابی و گاو آهن قلمی بود و سطوح عامل فرعی را وجین دستی در طول دوره رشد و استفاده از علف‌کش ترفلان از ماده تجاری ۴۸٪ در پنج سطح: مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار در زمان آبیاری اولیه قبل از کاشت و ۱/۵ لیتر همراه با اولین آب‌آبیاری در هفته ششم پس از کاشت، مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت و ۱/۵ لیتر در هفته ششم پس از کاشت و اختلاط با خاک بوسیله کولتیواتور، مصرف ۳ لیتر در هکتار پس از کاشت و قبل از آبیاری، مصرف ۳ لیتر در هکتار قبل از کاشت و مخلوط با خاک و تیمار عدم کنترل علف‌های هرز به‌عنوان تیمار شاهد تشکیل می‌داد. نتایج نشان داد بیشترین درصد فراوانی نسبی در علف‌های هرز متعلق به تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و پهن برگان بود. عامل خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل وش و وزن خشک کل علف‌های هرز نداشت اما تعداد قوزه در بوته تحت اثر معنی‌دار قرار گرفت. در بین سطوح مختلف عامل علف‌کش، تیمار وجین دستی بالاترین عملکرد کل وش را به دست داد. در این مطالعه وزن خشک علف‌های هرز در هفته چهارم نقش تعیین‌کننده‌ای بر عملکرد کل وش و تعداد قوزه در بوته بالاترین همبستگی را در

بین اجزای عملکرد با عملکرد کل وش داشت. بررسی برهم کنش عوامل آزمایش مشخص ساخت که می‌توان در صورت عدم استفاده از وجین دستی از علف‌کش ترفلان به میزان ۳ لیتر قبل از کاشت در راستای حصول به حداکثر عملکرد استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** اکسین، رشد پنبه، عنصر روی، کیفیت الیاف پنبه

#### مقدمه

پنبه با نام علمی (*Gossypium hirsutum* L.) از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که به هوای گرم و فصل رشد بدون یخبندان نیاز دارد. صفر فیزیولوژیک این گیاه ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. دمای مناسب برای رشد پنبه ۲۳ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد بوده و دمای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد نامناسب است. دمای پایین نیز سبب افزایش رشد رویشی و کاهش تعداد شاخه‌های زایشی می‌گردد. وجود هوای خنک و مرطوب در اوایل و اواخر دوره رشد برای رشد و تولید پنبه مساله‌ساز است (Khajepour, 2008).

عنصر روی یکی از هفت عنصر کم مصرف و ضروری تغذیه گیاهی می‌باشد. از جمله نقش‌های اساسی عنصر روی مشارکت در ساختمان ۲۰۰ نوع آنزیم و پروتئین است و کمبود آن فعالیت چندین آنزیم مهم از جمله فسفاتاز، الکل دهیدروژناز، دیمیدین کیناز، کربوکسی پپتیداز و پلیمراز DNA و RNA را کاهش می‌دهد (Prasad 1984). از دیگر نقش‌های عنصر روی، نقش آن در ایجاد یک سیستم دفاعی سلولی در برابر گونه‌های واکنش‌دهنده با اکسیژن یا به اختصار ROSها می‌باشد (Murraray 1989). کمبود روی در گیاهان و خاک در طیف گسترده‌ای مشاهده می‌گردد و در این رابطه خاک‌های با واکنش قلیایی (به خاطر فراهمی کم عنصر روی)، خاک‌های شنی و در خاک‌های شدیداً آبشویی یافته شیوع بیشتری دارد (Welch *et al.*, 1991).

در تحقیقی محلول‌پاشی دو عنصر بر و روی منجر به افزایش ارتفاع بوته، شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه، وزن غوزه، عملکرد بذر، درصد کیل، طول الیاف و کیفیت الیاف پنبه مصری گردید (Eleyan *et al.*, 2014). در واقع کاربرد برگی عناصر ریز مغذی در طول مراحل گلدهی و غوزه‌دهی منجر به اثر مثبت بر استفاده از عناصر غذایی توسط پنبه می‌شود و این امر منجر به کاهش ریزش غوزه‌ها و افزایش عملکرد پنبه می‌گردد (Radhika *et al.*, 2013). تاثیر مثبت و معنی‌دار عنصر روی بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در هر گیاه و نرخ یکنواختی فیبر توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Eleyan, 2008; Abdallah and Mohamed, 2013).

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی در گیاهان مختلف می‌توانند در تعادل روابط منبع - مخزن موثر باشند و به‌طور افزایش‌دهنده‌ای برای افزایش عملکرد در بسیاری از گیاهان به کار برده می‌شوند. اکسین‌ها گروه کوچکی از هورمون‌های گیاهی هستند که نقش محوری در تنظیم رشد و نمو گیاه ایفا می‌کنند (Sitbone and Parrot-Rechenmann, 1997). به نظر می‌رسد اکسین منجر به بهبود مدیریت دوره رشد رویشی و زایشی گیاه شود. همچنین ممکن است منجر به عملکرد کمی و کیفی مناسب گردد که در پایان سود اقتصادی مناسبی را به دنبال خواهد داشت (Behnia *et al.*, 2006; Habibi *et al.*, 2015). اکسین علاوه بر نقشی که در رشد و گرایش مداری دارد، در تنظیم غالبیت انتهایی، آغازش ریشه‌های جانبی، ریزش برگ‌ها، تمایز آوندی، تشکیل جوانه‌ی گل، آرایش برگ‌ها و نمو میوه نیز نقش کلیدی دارد. اکسین‌ها تنوع گسترده‌ای از اثرات بر گیاهان دارند و این اثرات همراه با غلظت، فرم شیمیایی اکسین، حضور تنظیم‌کننده‌های رشد دیگر و حتی مرحله رشد گیاه تغییر خواهد کرد. مواد رشد گیاهی، رشد و مورفوزن گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و این ترکیبات باید در غلظت‌های بهینه استفاده شوند (Birdar and Navalagatti, 2008).

تحقیقات نشان داده است که NAA منجر به افزایش توسعه الیاف و IAA منجر به افزایش وزن الیاف می‌گردد (Chavan *et al.*, 2014). همچنین NAA سبب تاخیر در رسیدگی و افزایش ارتفاع بوته، تعداد غوزه و عملکرد وش پنبه می‌گردد (Abro *et al.*, 2004). کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد اثرات مثبت معنی‌داری روی عملکرد وش پنبه، ارتفاع بوته، میانگین تعداد غوزه باز، تعداد شاخه فرعی، وزن غوزه، درصد لینت و شاخص دانه پنبه داشته است، اما منجر به کاهش زودرسی می‌گردد. با توجه به مسائل مطرح شده هدف از این پژوهش تعیین مناسب‌ترین تیمار هورمون رشد اکسین و نیز غلظت محلول پاشی عنصر روی به منظور افزایش عملکرد پنبه و بهبود برخی صفات کیفی الیاف سه رقم پنبه ورامین، خرداد و پاک است.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه کاربرد کلات روی و هورمون رشد اکسین بر شاخص‌های مورفولوژیک، عملکرد و برخی از صفات کیفیت الیاف سه رقم پنبه آزمایشی به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ورامین در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ انجام گرفت. مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین در عرض جغرافیایی  $35^{\circ}19'43.56''$  شمالی و طول جغرافیایی  $43^{\circ}38'43.84''$  شرقی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارش سالیانه در این منطقه ۱۷۱ میلی‌متر در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ گزارش شده است. در این پژوهش کرت اصلی شامل سه رقم پنبه (ورامین، خرداد و پاک)، کرت فرعی شامل محلول پاشی با

کلات روی قبل از گل‌دهی در سه سطح (محلول‌پاشی با آب خالص (شاهد)، کلات روی با غلظت یک در هزار، کلات روی با غلظت دو در هزار) و محلول‌پاشی با نفتالین استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm به عنوان کرت فرعی فرعی در چهار سطح؛ محلول‌پاشی با آب خالص (شاهد)، یک نوبت محلول‌پاشی، دو نوبت محلول‌پاشی و سه نوبت محلول‌پاشی) بود. نوبت اول محلول‌پاشی NAA، قبل از گل‌دهی (۵۰ روز پس از کاشت)، نوبت دوم بعد از گل‌دهی (۶۰ روز پس از کاشت) و در مراحل اولیه تشکیل غوزه و نوبت سوم بعد از تشکیل اکثریت غوزه‌ها و کامل شدن آن‌ها (۸۰ روز پس از کاشت) صورت گرفت. هر کرت دارای چهار ردیف کشت و به فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله کشت بذور روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. کشت در تاریخ ۹۳/۲/۲۹ صورت گرفت. آبیاری براساس خصوصیات اقلیمی و خاکی و براساس محاسبه نیاز آبی گیاه صورت گرفت، مباره با علف‌های هرز و وجین به صورت دستی توسط کارگران انجام شد. برداشت چین اول بیستم مهر ماه و چین دوم در بیستم آبان ماه صورت گرفت. نمونه برداری از مزرعه با حذف اثرات حاشیه‌ای و انتخاب ۵ بوته بصورت تصادفی از هر کرت برای اندازه‌گیری صفات و شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نیز صفات کمی عملکرد و کیفیت الیاف صورت گرفت نمونه‌ها پس از برداشت از مزرعه به آزمایشگاه منتقل شدند. صفاتی از جمله ارتفاع بوته، تعداد غوزه‌ها در مزرعه اندازه‌گیری شد و وزن وش تک غوزه، وزن وش کل، درصد زودرسی، طول الیاف، ظرافت الیاف آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سطح برگ با دستگاه Leaf Area Meter اندازه‌گیری و سپس شاخص سطح برگ محاسبه گردید و ضمن اندازه‌گیری وزن خشک گیاه سرعت رشد محصول محاسبه گردید. شاخص سطح برگ از رابطه زیر  $LAI=LA/GA$  و سرعت رشد محصول با استفاده از این فرمول  $CGR=(W2-W1)/(T2-T1)$  محاسبه گردید.

داده‌های حاصل از آزمایش، با استفاده از برنامه‌های آماری SAS (v.9.12) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها با کمک نرم افزار (2010) Excel انجام گرفت.

### نتایج آزمایش

**تجزیه واریانس شاخص‌های مورفولوژیک؛ عملکرد و برخی صفات کیفی الیاف:** نتایج تجزیه واریانس صفات و شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، تعداد کل غوزه در بوته، وزن تک غوزه، وزن وش کل، درصد زودرسی و برخی صفات کیفی الیاف در جداول ۱ و ۳ آمده است. میانگین صفاتی که از نظر آماری معنی‌دار بودند به روش آزمون چند دامنه دانکن در سطح پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند که نتایج آنها در جداول ۲ و ۴ آمده است که به شرح زیر اثرات آن‌ها ارائه شده است.

**تعداد کل غوزه در هر بوته:** براساس نتیجه تجزیه واریانس، تعداد کل غوزه تحت تاثیر رقم (V) در سطح یک درصد و اثر محلول پاشی نفتالین استیک اسید (NAA) در سطح پنج درصد قرار گرفت. اما محلول پاشی کلات روی (Zn) تاثیر معنی داری بر این صفت نداشت. همچنین اثر متقابل دوگانه  $(V \times Zn)$ ،  $(V \times NAA)$ ،  $(Zn \times NAA)$  و سه گانه آن‌ها  $(V \times Zn \times NAA)$  بر تعداد کل غوزه در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). عکس العمل ارقام مختلف به غلظت‌های مختلف کلات روی و تعداد دفعات محلول پاشی NAA متفاوت بود. به طوری که بیشترین تعداد کل غوزه در رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار همراه با یک نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید. رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار همراه با کاربرد NAA نیز دارای بیشترین میزان تعداد کل غوزه در بوته بود در رقم پاک نیز بیشترین تعداد غوزه در بوته در تیمار محلول پاشی روی دو در هزار و دو نوبت محلول پاشی با NAA بدست آمد و کمترین تعداد غوزه در بوته در شرایط عدم محلول پاشی روی و NAA بدست آمد (جدول ۲).

**وزن وش غوزه:** براساس نتایج حاصل از آزمایش، وزن وش تک غوزه تحت تاثیر کاربرد نفتالین استیک اسید (NNA) در سطح یک درصد قرار گرفت در این آزمایش بیشترین وزن وش در رقم خرداد و کمترین آن در رقم پاک بدست آمد (جدول ۲).

**عملکرد وش:** صفت وزن وش کل تحت تاثیر رقم (V)، محلول پاشی کلات روی (Zn) و کاربرد نفتالین استیک اسید (NNA) و اثر متقابل  $(V \times Zn)$ ،  $(V \times NNA)$ ،  $(Zn \times NNA)$  و  $(V \times Zn \times NAA)$  در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). نتایج حاصل نشان داد که وزن وش کل به طور معنی داری در رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار همراه با یک نوبت محلول پاشی NAA افزایش یافت که نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) ۵۰/۶ درصد افزایش یافت. همچنین افزایش غلظت کلات روی و نوبت محلول پاشی NAA باعث کاهش معنی دار وزن وش کل در این رقم گردید (جدول ۱). رقم پاک در شرایط شاهد (عدم محلول پاشی کلات روی و NAA) دارای کمترین میزان این صفت بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر رقم، محلول پاشی با کلات روی و نفتالین استیک اسید بر شاخص‌های موفولوژیک و برخی صفات کیفی الیاف

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	تعداد کل غوزه در بوته	وزن وش تک غوزه	وزن وش کل	میانگین مربعات		ظرافت الیاف
						درصد زودرسی	طول الیاف	
تکرار	۲	۴۶۰/۰۵ ns	۵/۸ ns	۰/۲۶ ns	۱۸/۸ ns	۳/۳ ns	۶ ns	۰/۱۴ ns
رقم (V)	۲	ns ۱۳۳۲/۶۴	۲۵۵/۶**	۰/۱۲ ns	۱۷۳۱۳/۵**	۱۴/۸ ns	۷۳/۶**	۱/۴۱**
خطا اصلی	۴	۴۹۱/۳۵	۲۲/۵	۱/۱	۸۵۱/۸	۲۶/۷	۳	۰/۱۵
کلات روی (Zn)	۲	۷/۸۹ ns	۷۸/۱ ns	۰/۹۶ ns	۱۸۴۹/۴**	۳۵/۷ ns	۲/۵ ns	۰/۰۶ ns
V×Zn	۴	۷۰/۳۸ ns	۱۷۳/۳**	۰/۶۹ ns	۴۲۵۴/۱**	۶۰/۶**	۲/۶ ns	۰/۳۴**
خطای فرعی	۱۲	۲۸۰/۹۶	۳۷	۰/۵۵	۶۶۵/۱۹۴	۲۱/۳	۳/۱	۰/۰۹
نفتالین استیک اسید (NNA)	۳	۲۰۸/۹۱ ns	۲۵/۷ *	۱/۴۹**	۳۲۶۵/۴**	۲۱۳/۴**	۰/۴ ns	۰/۰۰۹ ns
V×NNA	۶	۱۳۲/۶ ns	۵۲/۱**	۰/۲۵ ns	۱۵۶۱/۶**	۲۰۵/۳**	۳/۷ *	۰/۱۲ ns
Zn×NNA	۶	۷۴/۷ ns	۵۶/۶**	۰/۲۶ ns	۹۰۳/۷**	۹۸/۲**	۲/۸ ns	۰/۱۷ ns
V×Zn×NNA	۱۲	۵۳/۶۶ ns	۳۱/۶**	۰/۴ ns	۱۲۸۴/۴**	۱۱۶/۱**	۲/۸ *	۰/۰۹ ns
خطای فرعی	۵۴	۱۱۸/۳۸	۹/۵	۰/۳۳	۲۸۳/۹	۱۴/۳	۱/۵	۰/۰۹
ضریب تغییرات		۹/۶	۱۲/۹	۱۲/۵	۱۶/۵	۴/۵	۳/۹	۷/۱

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، محلول پاشی با کلات روی و نفتالین استیک اسید بر تعداد کل غوزه در هر بوته و وزن وش کل بوته (تمام تیمارها محلول پاشی با NAA به طور ثابت با غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر انجام شده است)

تیمارهای آزمایشی	تعداد کل غوزه در هر بوته				وزن وش کل (گرم بر بوته)			
	ورامین	خرداد	پاک	ورامین	خرداد	پاک	ورامین	پاک
محلول پاشی با آب خالص (شاهد)	۸۶/۷۱jk	۱۰۲/۲۵-k	۷۳/۸k	۸۹/۸g-k	۹۵/۱g-k	۶۸/۲jkl	۸۹/۸g-k	۶۸/۲jkl
محلول پاشی با آب خالص (شاهد)	۸۸/۹h-k	۱۳۸/۵b-e	۷۸/۳k	۹۸/۱f-k	۱۲۹c-f	۷۶/۲jkl	۹۸/۱f-k	۷۶/۲jkl
محلول پاشی با آب خالص (شاهد)	۸۶/۸ijk	۱۲۰/۸c-j	۸۶/۷jk	۱۳۹/۹b-e	۱۱۴/۳e-h	۶۹/۳jkl	۱۳۹/۹b-e	۶۹/۳jkl
محلول پاشی با آب خالص (شاهد)	۸۹/۶h-k	۸۹/۲h-k	۹۲/۸f-k	۱۰۱/۹f-j	۹۲/۱g-k	۷۶/۳jkl	۱۰۱/۹f-j	۷۶/۳jkl
کلات روی (یک در هزار)	۹۰/۴g-k	۱۱۰/۵c-k	۱۲۹/۷c-g	۱۰۰/۹f-j	۱۱۶/۱d-g	۸۵g-l	۱۰۰/۹f-j	۸۵g-l
کلات روی (یک در هزار)	۱۷۷/۲a	۸۶/۲zjk	۱۱۲/۲d-k	۱۴۷/۱a-d	۱۷۴/۹a	۹۲/۹g-k	۱۴۷/۱a-d	۹۲/۹g-k
کلات روی (یک در هزار)	۱۰۰/۸e-k	۱۳۴/۲cde	۱۲۵/۳c-i	۱۱۳e-i	۱۳۴/۳cde	۸۵g-l	۱۱۳e-i	۸۵g-l
کلات روی (یک در هزار)	۱۳۱/۸c-f	۱۰۳/۳e-k	۱۰۱/۵e-k	۷۱/۳jkl	۱۳۸/۹b-e	۹۲/۲g-k	۷۱/۳jkl	۹۲/۲g-k
کلات روی (دو در هزار)	۱۰۴/۶e-k	۱۱۹/۷c-j	۱۰۱/۳e-k	۸۰/۶i-l	۹۶/۹f-k	۹۰/۹g-k	۸۰/۶i-l	۹۰/۹g-k
کلات روی (دو در هزار)	۱۵۶/۳abc	۱۱۹/۹c-j	۱۲۷/۲c-h	۱۵۰/۲abc	۱۱۰/۶e-i	۷۹/۶i-l	۱۵۰/۲abc	۷۹/۶i-l
کلات روی (دو در هزار)	۱۲۵/۳c-i	۱۷۰/۵ab	۱۷۶/۲a	۱۳۶/۷b-e	۸۱/۲h-l	۷۳/۲jkl	۱۳۶/۷b-e	۷۳/۲jkl
کلات روی (دو در هزار)	۱۰۹/۲d-k	۱۴۶a-d	۹۳f-k	۱۶۵/۹ab	۷۹/۶i-l	۶۶/۹kl	۱۶۵/۹ab	۶۶/۹kl

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در بین میانگین تیمارها می باشند

ارتفاع بوته: براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر اصلی و اثر متقابل دوگانه و سه گانه هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی تاثیر معنی داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول ۱).

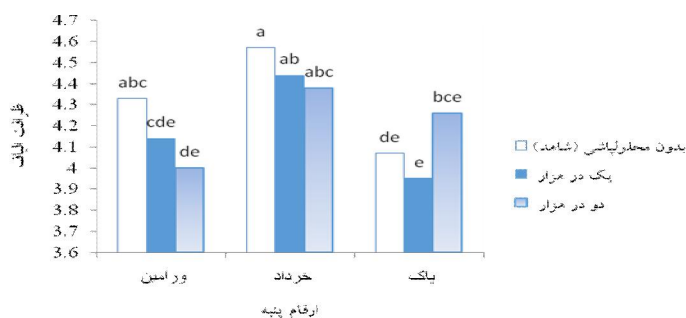
**درصد زودرسی:** درصد زودرسی تحت تاثیر کاربرد نفتالین استیک اسید (NNA) و اثر متقابل  $(V \times Zn)$ ،  $(V \times NNA)$ ،  $(Zn \times NNA)$  و  $(V \times Zn \times NAA)$  در سطح یک درصد قرار گرفت. (جدول ۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که شرایط بدون محلول پاشی کلات روی (شاهد) در رقم خرداد باعث افزایش زودرسی گردید. اما کاربرد NAA در همین رقم تا یک نوبت محلول پاشی منجر به کاهش شدید زودرسی شد. (جدول ۳).

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم، محلول پاشی با کلات روی و نفتالین استیک اسید بر درصد زودرسی و طول الیاف**

تیمارهای آزمایشی	زودرسی		طول الیافی	
	ورامین	خرداد	پاک	ورامین
محلولپاشی با آب خالص (شاهد)	۸۸/۶bcd	۹۷/۰۱a	۷۳/۹۵ij	۳۱/۸a-h
محلولپاشی با آب خالص (شاهد)	۷۷/۴۹g-j	۷۱/۷۸j	۸۲/۰۶d-h	۳۱c-l
محلولپاشی با آب خالص (شاهد)	۷۵/۶۶hij	۸۳/۳۱c-g	۸۸/۲۹bcd	۳۳/۴ab
محلولپاشی با آب خالص (شاهد)	۸۱/۹۷d-h	۹۲/۱۵ab	۹۰/۴۹abc	۳۲/۵a-g
کلات روی (یک در هزار)	۷۲/۶۶j	۸۵/۶۲b-f	۸۵/۳۲b-f	۳۲/۵a-f
کلات روی (یک در هزار)	۹۰/۹۱ab	۷۱/۲۴j	۸۵/۱۹b-f	۳۲/۶a-e
کلات روی (یک در هزار)	۹۲/۴۸ab	۸۷/۶۲b-e	۸۵/۷۸b-f	۳۳/۷a
کلات روی (یک در هزار)	۹۱/۲۴ab	۹۱ab	۸۷/۲۸b-e	۳۲/۱a-h
کلات روی (دو در هزار)	۸۵/۱۶b-f	۸۵/۴۵b-f	۸۲/۰۸d-h	۳۳/۲abc
کلات روی (دو در هزار)	۸۲/۹۷d-g	۷۹/۵۶f-i	۸۸/۰۵bcd	۳۲a-h
کلات روی (دو در هزار)	۹۰/۴۸abc	۸۸/۵۷bcd	۸۲/۰۱d-h	۳۳/۲a-d
کلات روی (دو در هزار)	۸۲/۰۱d-h	۹۱/۲۴ab	۸۰/۳۴e-i	۳۱/۴a-i

در هر ستون حروف مشابه بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در بین میانگین تیمارها می باشد

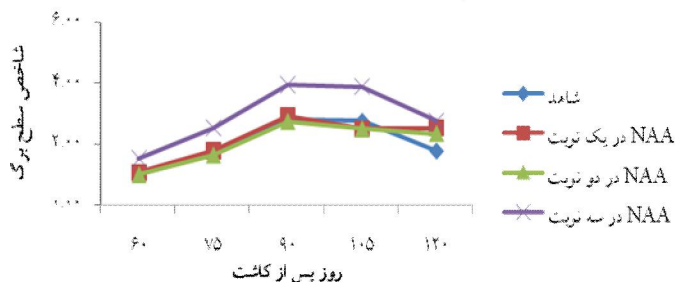
**طول و ظرافت الیاف:** اثر رقم بر طول الیاف در سطح یک درصد معنی دار شد. همچنین اثر متقابل  $(V \times NAA)$  و  $(V \times Zn \times NAA)$  در سطح پنج درصد آماری معنی داری شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین طول الیاف در رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار همراه با دو نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید کمترین مقدار طول الیاف در رقم پاک و در شرایط بدون محلول پاشی NAA و روی با غلظت دو در هزار مشاهده گردید (جدول ۳). براساس نتایج این آزمایش اثر رقم بر ظرافت الیاف در سطح یک درصد معنی دار شد. همچنین اثر متقابل  $(V \times Zn)$  در سطح یک درصد بر این صفت تاثیر معنی دار داشت (جدول ۱). کمترین ظرافت مربوط به رقم ورامین بود و در شرایط محلول پاشی با کلات روی دو در هزار و بین دو رقم پاک و خرداد از نظر این صفت اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بیشترین میزان این صفت در رقم خرداد در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی حاصل شد که استفاده از محلول پاشی کلات روی منجر به کاهش این صفت در این رقم گردید (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار اثر رقم و محلول پاشی کلات روی بر ظرافت الیاف پنبه

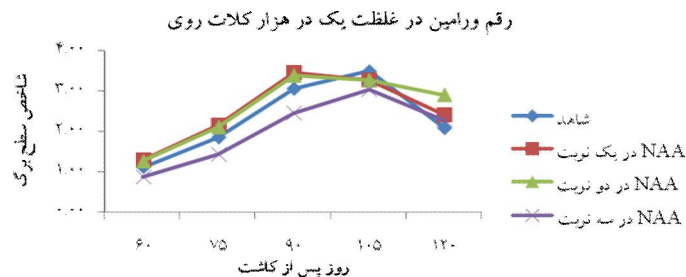
**شاخص سطح برگ (LAI):** نتایج نشان داد که در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی، بیشترین شاخص سطح برگ در سه نوبت محلول پاشی NAA در هر سه رقم ورامین، خرداد و پاک حاصل گردید (شکل ۳، ۶، ۹). رقم پاک در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی کاربرد سه نوبت محلول پاشی NAA منجر به افزایش شاخص سطح برگ در اواخر فصل رشد شد (شکل ۹). براساس نتایج بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط محلول پاشی کلات روی در غلظت یک در هزار در رقم ورامین با یک و دو نوبت محلول پاشی NAA، رقم خرداد در دو نوبت محلول پاشی NAA و رقم پاک در سه نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید (شکل ۴، ۷ و ۱۰). بیشترین شاخص سطح برگ در شرایط محلول پاشی کلات روی در غلظت دو در هزار در رقم ورامین با سه نوبت محلول پاشی NAA، رقم خرداد در یک و سه نوبت محلول پاشی NAA به دست آمد (شکل ۵، ۸). در رقم پاک افزایش غلظت کلات روی تا دو در هزار همراه با افزایش محلول پاشی NAA تا سه نوبت منجر به کاهش سطح برگ گردید (شکل ۱۱).

رقم ورامین بدون محلول پاشی کلات روی

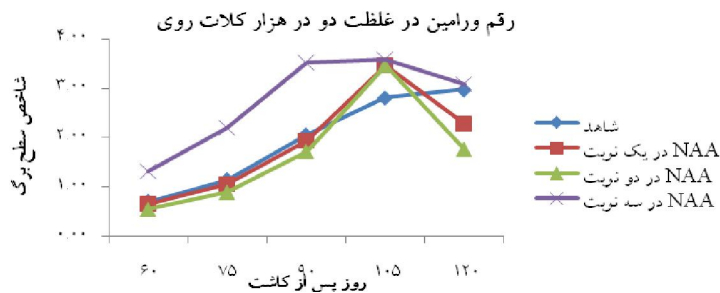


شکل ۳- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم ورامین در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی





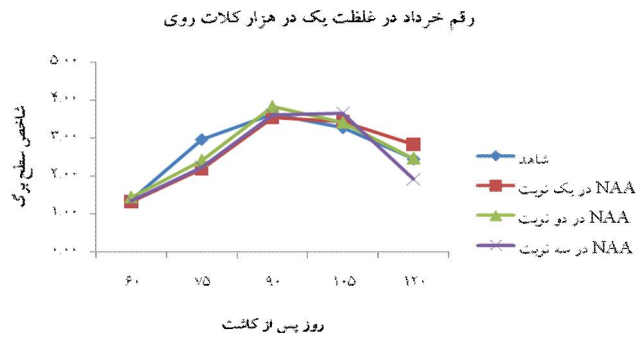
شکل ۴- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار



شکل ۵- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار



شکل ۶- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم خرداد در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی



شکل ۷- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار

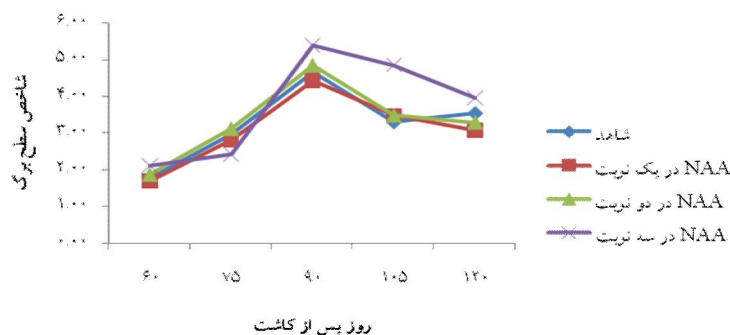


شکل ۸- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار



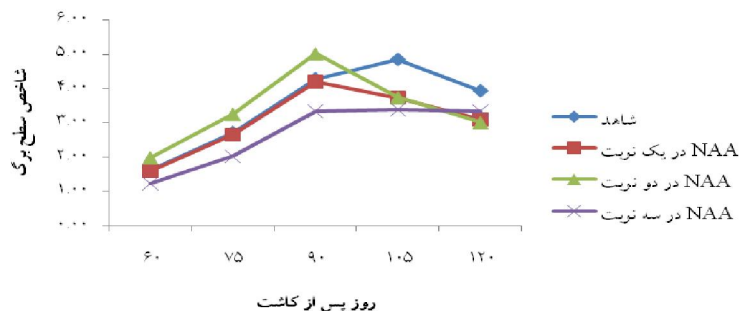
شکل ۹- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم پاک در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی

رقم پاک در غلظت یک در هزار کلات روی



شکل ۱۰- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم پاک در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار

رقم پاک در غلظت دو در هزار کلات روی

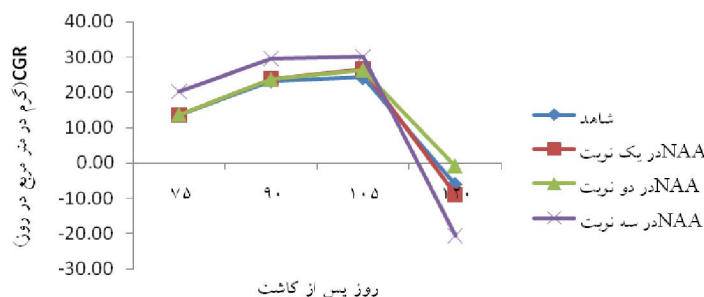


شکل ۱۱- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر شاخص سطح برگ رقم پاک در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی، بیشترین سرعت رشد محصول در رقم ورامین و پاک در سه نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید. اما ثبات سرعت رشد محصول در سه نوبت محلول پاشی NAA کمتر از دو نوبت در این دو رقم بود (شکل ۱۲، ۱۸). بیشترین سرعت رشد محصول در رقم خرداد در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی در سه نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید (شکل ۱۵). در کل محلول پاشی NAA منجر به افزایش سرعت رشد محصول در شرایط عدم محلول پاشی کلات روی گردید.

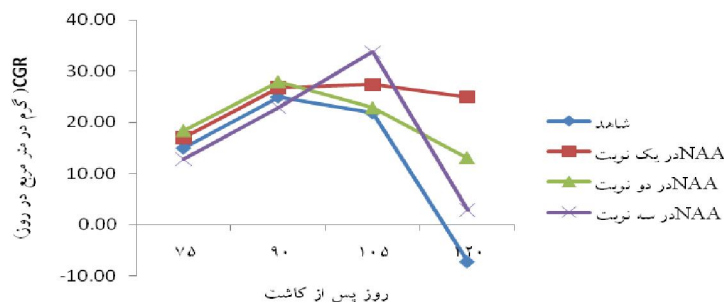
در شرایط محلول‌پاشی کلات روی در غلظت یک در هزار بیشترین سرعت رشد محصول در رقم ورامین و خرداد در سه نوبت محلول‌پاشی NAA حاصل گردید. اما در این دو رقم شاهد کاهش شدید سرعت رشد محصول در سه نوبت محلول‌پاشی NAA در اواخر فصل رشد بودیم (شکل ۱۳، ۱۶). بیشترین سرعت رشد محصول در رقم ورامین در شرایط محلول‌پاشی کلات روی در غلظت دو در هزار با یک و دو نوبت محلول‌پاشی NAA حاصل گردید. اما این تیمارها در اواخر فصل رشد منجر به کاهش شدید این صفت گردید (شکل ۱۴). در رقم خرداد با افزایش غلظت کلات روی تا دو در هزار افزایش نوبت محلول‌پاشی NAA تا سه نوبت منجر به کاهش سرعت رشد محصول گردید (شکل ۱۷). در حالی که ثبات سرعت رشد محصول رقم پاک در شرایط محلول‌پاشی کلات روی در غلظت دو هزار با سه نوبت محلول‌پاشی NAA بیشتر بود (شکل ۲۰).

رقم ورامین بدون محلول‌پاشی کلات روی

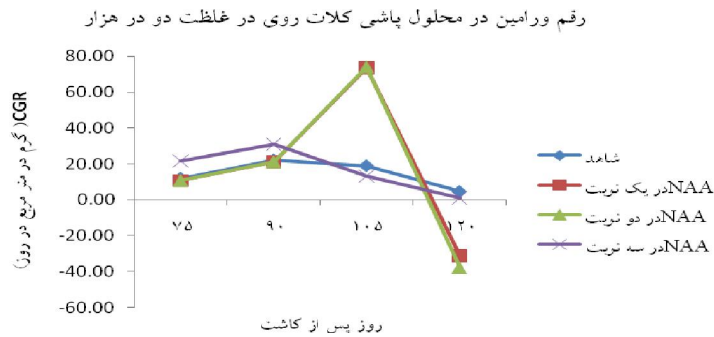


شکل ۱۲- نمودار اثر محلول‌پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم ورامین در شرایط بدون محلول‌پاشی کلات روی

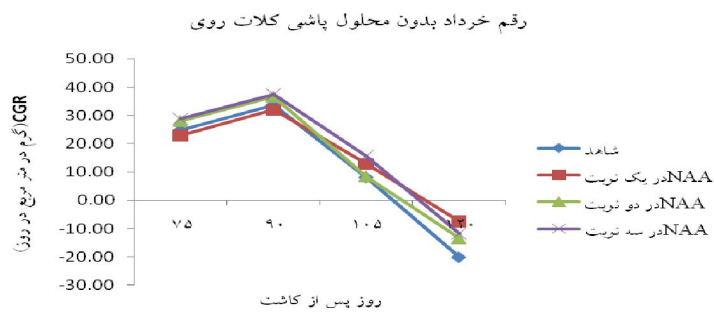
رقم ورامین در محلول‌پاشی کلات روی در غلظت یک در هزار



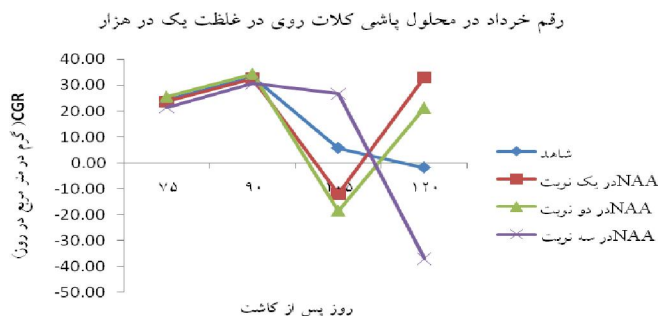
شکل ۱۳- نمودار اثر محلول‌پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم ورامین در شرایط محلول‌پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار



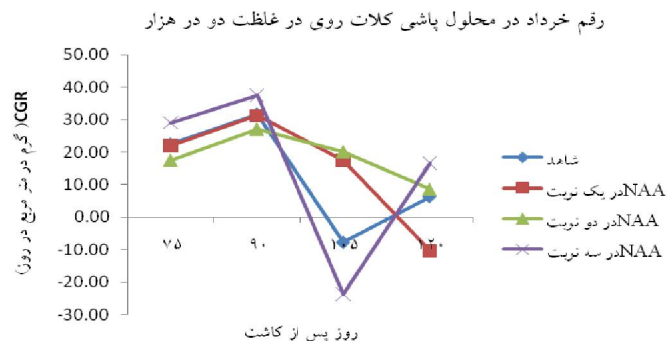
شکل ۱۴- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار



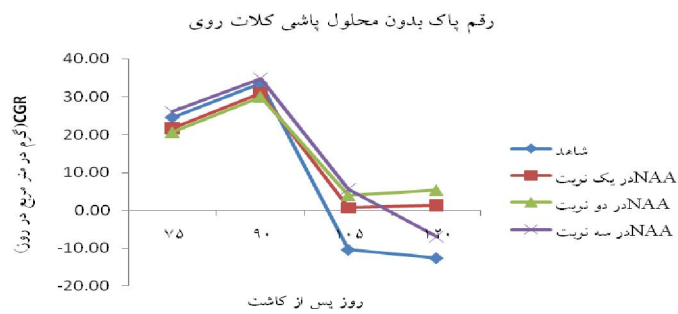
شکل ۱۵- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم خرداد در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی



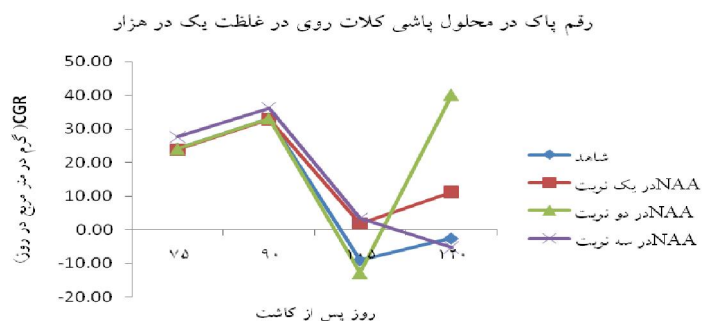
شکل ۱۶- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار



شکل ۱۷- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم خرداد در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار



شکل ۱۸- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم پاک در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی



شکل ۱۹- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم پاک در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار



شکل ۲۰- نمودار اثر محلول پاشی NAA بر سرعت رشد محصول رقم پاک در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت دو در هزار

### بحث و نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش عکس‌العمل ارقام مختلف به غلظت‌های مختلف کلات روی و تعداد دفعات محلول پاشی نفتالین استیک اسید متفاوت بود. در واقع واکنش یک گیاه یا بخشی از یک گیاه به یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی ممکن است براساس وارپته گیاه متفاوت باشد. حتی یک وارپته ممکن است با توجه به سن، شرایط محیطی، وضعیت نمو فیزیولوژیکی (به‌خصوص میزان هورمون‌های طبیعی موجود در آن) و وضعیت تغذیه‌اش، نسبت به یک تنظیم‌کننده رشد واکنش متفاوتی نشان دهد (Arteca, 1996). در همین راستا نتایج تحقیقاتی در هندوستان نشان داده است که ژنوتیپ‌های مختلف پنبه از نظر عناصر کم مصرف عکس‌العمل‌های متفاوتی را نشان می‌دهند (Wankhada *et al.*, 1997).

در این آزمایش محلول پاشی کلات روی به همراه کاربرد NAA منجر به افزایش تعداد گل‌غوزه در بوته گردید که همواره اثر مهمی را در افزایش عملکرد پنبه دارد. تاثیر مثبت و معنی‌دار عنصر روی بر تعداد غوزه در هر گیاه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Elyan, 2008; Abdallah and Copur *et al.*, 2014; Mohamed, 2013). نتایج تحقیقات (Abro *et al.*, 2004) و (Copur *et al.*, 2012) بیانگر اثر مثبت NAA بر تعداد گل‌غوزه است.

در این پژوهش کاربرد NAA باعث افزایش وزن وش تک غوزه گردید که یکی از اجزاء عملکرد در پنبه می‌باشد. در مطالعه‌ای استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد منجر به افزایش وزن وش تک غوزه شد (Copur *et al.*, 2012). همچنین کاربرد عنصر روی تا غلظت یک در هزار منجر به افزایش وزن تک غوزه گردید، که با مطالعات نوری حسینی و همکاران (۱۳۹۳) و (Elyan *et al.*, 2014) مطابقت داشت. عکس‌العمل سه رقم به محلول پاشی کلات روی و نفتالین استیک اسید از نظر وزن وش کل متفاوت بود. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین وزن وش کل در رقم خرداد در شرایط محلول پاشی

کلات روی با غلظت یک در هزار همراه با یک نوبت محلول پاشی NAA به دست آمد که نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) ۵۰/۶ درصد افزایش یافت. ازب و هالونی (۱۹۸۹) گزارش کردند که محلول-پاشی آهن، روی و منگنز به تنهایی یا به صورت اختلاط با همدیگر باعث افزایش محصول و ش شد که این افزایش ناشی از افزایش مقدار کلروفیل، کارتنوئید برگ و همچنین ارتفاع گیاه بود. تحقیقات الفوی و رابینسون (۲۰۰۱) در مصر نشان داد که محلول پاشی با محلول حاوی عناصر کم مصرف باعث افزایش ۱۴ درصدی عملکرد و ش شد. افزایش عملکرد با کاربرد عنصر روی با نتایج تحقیقات نوری حسینی و همکاران (۱۳۹۳)، (Eleyan *et al.*, 2014)، (Sawan *et al.*, 2001) مطابقت دارد. در واقع کاربرد برگی عناصر ریز مغذی در طول مراحل گلدهی و غوزه‌دهی منجر به اثر مثبت بر استفاده از عناصر غذایی توسط پنبه می‌شود و این امر منجر به کاهش ریزش غوزه‌ها و افزایش عملکرد پنبه می‌شود (Radhika *et al.*, 2013). افزایش عملکرد پنبه در اثر کاربرد تنظیم کننده‌های رشد با نتایج (Abro *et al.*, 2004)، (Copur *et al.*, 2012) و (Clement, 2010) مطابقت دارد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که شرایط بدون محلول پاشی کلات روی (شاهد) در رقم خرداد باعث افزایش زودرسی گردید. اما کاربرد NAA در همین رقم تا یک نوبت محلول پاشی منجر به کاهش شدید زودرسی شد. این موضوع با نتایج تحقیقات آبرو و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. بین ارقام مختلف از نظر طول الیاف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به طوری که طول الیاف در رقم ورامین بیشترین و در رقم پاک کمترین بود. همچنین کاربرد NAA منجر به افزایش طول الیاف نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول الیاف در رقم ورامین در شرایط محلول پاشی کلات روی با غلظت یک در هزار همراه با دو نوبت محلول پاشی NAA حاصل گردید. در کل اکسین، جیبرلین، براسینو استروئید و اتیلن منجر به افزایش رشد الیاف در پنبه می‌گردند (Lee *et al.*, 2007). در آزمایشی NAA منجر به افزایش توسعه الیاف در شرایط آزمایشگاه گردید (Chavan *et al.*, 2014). همچنین نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهند که غلظت‌های بالاتر اکسین در طول اوایل دوره رشد تاثیر معنی‌داری بر کیفیت و طول الیاف پنبه دارد (Gokani and Thaker, 2002a; Naithani *et al.*, 1982). نتایج تحقیقات گوکانی و تهاکر (۲۰۰۲a) بیانگر افزایش طول الیاف با کاربرد اکسین بود. همچنین کاربرد عنصر بر و روی منجر به افزایش طول الیاف می‌گردد (Eleyan *et al.*, 2014). بین ارقام مختلف از نظر ظرفیت الیاف تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. کمترین ظرفیت مربوط به رقم ورامین بود و در شرایط محلول پاشی با کلات روی دو در هزار بود. بیشترین ظرفیت الیاف در رقم خرداد در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی حاصل شد لیکن کاربرد NAA بر ظرفیت الیاف تاثیری نداشت که این موضوع با نتایج تحقیقات (Copur *et al.*, 2012) مطابقت دارد. در این مطالعه در شرایط بدون محلول پاشی کلات روی و همچنین محلول پاشی با غلظت‌های یک در هزار و دو در هزار، محلول پاشی NAA منجر به افزایش LAI، CGR در هر سه رقم



ورامین، خرداد و پاک گردید. البته در شرایط محلول پاشی کلات روی در غلظت دو در هزار، افزایش نوبت محلول پاشی NAA از دو نوبت به سه نوبت منجر به کاهش LAI در رقم پاک شد. تحریک کننده های رشد نظیر NAA می تواند به وسیله کاهش ریزش گل و بالا بردن انتقال به مخزن مفید باشند (Prakash *et al.*, 2003, 18).

در این مطالعه در شرایط بدون محلول پاشی با غلظت های مختلف کلات روی، محلول پاشی NAA منجر به افزایش LAI، CGR در هر سه رقم ورامین، خرداد و پاک گردید. البته در شرایط محلول پاشی کلات روی در غلظت دو در هزار، افزایش نوبت محلول پاشی NAA از دو نوبت به سه نوبت منجر به کاهش LAI در رقم پاک در منطقه ورامین کاهش CGR در رقم خرداد گردید. این ممکن است بخاطر اثر بازدارندگی NAA در غلظت های بالا باشد. در مجموع به منظور بهبود کیفیت الیاف می توان به طور تکمیلی از هورمون های رشد گیاهی بخصوص اکسین (نفتالین استیک اسید) استفاده کرد. در شرایطی که زودرسی و برداشت سریعتر محصول مد نظر باشد استفاده از کلات روی توصیه نمی شود. لیکن در مناطق بدون محدودیت دوره رشد به منظور افزایش عملکرد استفاده از تیمار کلات روی و NAA توصیه می گردد.

#### منابع

1. Abdallah Amany, M., and Mohamed Hanaa, F.Y. 2013. Effect of foliar application of some micronutrients and growth regulators on some Egyptian cotton cultivars. *J. of Appl. Sci. Res.*, 9 (6): 3497-3507.
2. Abro, G.H., Syed, T.S., Unar, M.A. and Zhang, M. S. 2004. Effect of a plant growth regulator and micronutrients on insect pest infestation and yield components of cotton. *Journal of Entomology* 1(1):12-16.
3. Arteca, R.N. 1996. Plant growth substance: Principles and applications. Chapman and Hal, 332
4. Azab, A.S. and Halawany, S.H. 1989. Influence of some micronutrients on photosynthetic pigments, growth, flowering and yield of cotton plant. *Annals of Agri. Sci. Cairo*, 33:175-178.
5. Behnia, H., Madani, H., Jamnezhad, M. and Sayyadi, R. 2006. Effects of nitrogen and growth regulator (pix) on the quality and earliness of cotton Varamin, Saveh Azad University's master's thesis. congress of Agronomy. 120.
6. Birader, G. and Navalagatti, C.M. 2008. Effect of plant growth regulators on physiology and quality in bitter goard (*Momordica charanti* L.). M.Sc. thesis, University of Agriculture Acience, Dharwad
7. Chavan, N.S., Patil, V.P., Kharde, A.V., Chandre M.A. and Chavan, T.B. 2014. Growth of Cotton fiber is enhanced by IAA and NAA under in vitro conditions, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 3(7) 558-56

8. Clement, J. D. 2010. Effects of exogenously applied indole-3-acetic acid (IAA) to cotton, Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas A and M University, In partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
9. Copur, O., Demirel, U. and Karakus, M. 2012. Effects of several plant growth regulators on the yield and fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Notulae Botanicae Horti. Agrobotanici Cluj.* 38(3): 104-110.
10. Elayan Sohair, E.D. 2008. Effect of foliar application of some micronutrients on growth, yield and fiber properties on some Egyptian cotton cultivars. *Egypt J. Appl. Sci.* 23(4B): 469-485.
11. Eleyan Sohair, E.D., Abodahab Abdall, A., Abdallah, Amany M. and Rabeih, Houda, A. 2014. Foliar application of boron and zinc effects on growth, yield and fiber properties of some Egyptian cotton cultivars (*Gossypium barbadense* L.), *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7-13: 1247-1282.
12. Elfouly, R., and Rabinson, G. 2001. Response of cotton Giza83 to some micronutrients. *Asian J. Agri. Sci.* 22: 351-366.
13. Guinn, G. and Brummett, D.L. 1987. Concentrations of abscisic acid and indoleacetic acid in cotton fruits and their abscission zones in relation to retention. *Plant Physiol* 83: 199-202.
14. Gokani, S.J. and Thaker, V.S. 2002a. Physiological and biochemical changes associated with cotton fiber development IX. Role of IAA and PAA. *Field Crops Res.* 77:127-136
15. Habibi, H., Ghavami, M., Fotokian, M. H. and Talaei, G. H. 2015. Effect of foliar applications with auxin (Indole-3-Acetic Acid (IAA)) and planting dates on yield quality and quantity of in three cultivars of cotton fibers. *International Journal of Biosciences IJB*, 6 (8): 9-15
16. Hearn, A.B. and Constable, G.A. 1984. Cotton, In: Goldsworthy, P. R. and Fisher, N.M. (eds), *The physiology of tropical food crops*. John Wiley, Bath Avon, pp: 495-527
17. Lee, J.J., Woodard, A.W. and Chen, Z.J. 2007. Gene expression changes and early events in cotton fibre development. *Annals of Botany.* 100:1391-1401.
18. Murray, D.R. 1989. *Biology of food irradiation*. Research Studies Press, U.K.
19. Naithani, S.C., Rao, N.R. and Singh, Y.D. 1982. Physiological and biochemical changes associated with cotton fibre development. *Physiol. Plant.* 54: 225-229.
20. Nouri-hoseini, S.M. Zabihi H.R. and Ramazani Moghaddam, M.R. 2015. Cotton yield and yield components response to soil and foliar application of iron and zinc. *Iranian Journal of Cotton Researches.* 2: 43-57. (In Persian).
21. Prakash, M., saravanan, K., Sunil-Kumar, B., Jayaclesan, S. and Ganesan, J. 2003. Effect of plant growth regulators and micronutrients on yield attributes of sesame. *Food and Agriculture Organization sesame and safflower Newsletter*, 18 (ID. 188).

22. Prasad, A.S. 1984. Discovery and importance of zinc in human nutrition. *Feed Processing* 43: 2829-2834.
23. Radhika, K., Hemalatha, S., Praveen katharina, S., Maragathan, S. and Kanimozhi, A. 2013. Foliar application of micronutrients in cotton-a review. *Research and review*, 2(3): 23-29.
24. Sawan, Z.M., Hafez, S.A. and Basyony, A.E. 2001. Effects of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardant and zinc on cotton seed, protein and oil yields oil properties of cotton, *Journal of agronomy and crop Science*, 186 (3): 183-191.
25. Sitbone, F., and Parrot-Rechenmann, C. 1997. Expression of auxin-regulated genes. *Physiologia Plantarum* 100: 443-455.
26. Wankhada, S.G., Dakhore, R.C., Wanjeri, S.S. and Deshpande, R.M. 1997. Micronutrient nutrition of cotton varieties as influenced by genetic variability source. *Agri. Sci. Digest*, 17(1): 65-67
27. Welch, R.M., Allaway, W.M., House, W.A., and Kubota, J. 1991. Geographic distribution of trace elements problems. Pp. 31-57. In: Mortvedet J.J. (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. 2nd ed. Soil Science Society of America, Wisconsin, USA.

