نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۴(۴۰)، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۸۷۴-۸۵۷

تأثیر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر با محرک‌های رشد بر عملکرد و میزان روغن دانه کتان (*Linum usitatissimum* L.)

محمود پوریوسف میاندوآب [۱*] و فرناز اسمعیل‌زاده [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۳

چکیده

تأثیر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر با محرک‌های رشد بر عملکرد و میزان روغن دانه کتان، طی آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در ایستگاه ساعتلوی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شد. فاکتور اول شامل دو رقم کتان زرد گل‌سفید و قهوه‌ای گل‌بنفش، فاکتور دوم شامل پرایمینگ بذر (شاهد، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با محرک رشد اکسین + جیبرلین) و فاکتور سوم شامل محلول‌پاشی مواد محرک رشد (شاهد، اکسین و جیبرلین) بودند. اثر پیش‌تیمار بذر بر کلیه صفات به‌غیر از وزن نیام، وزن هزار دانه و درصد روغن معنی‌دار بود. همچنین، اختلاف معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، وزن نیام، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و درصد روغن دانه، از نظر محلول‌پاشی مواد محرک رشد وجود داشت. اثر متقابل رقم با پرایمینگ بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه و همچنین اثر متقابل رقم با محلول‌پاشی بر صفات ارتفاع بوته، وزن نیام و درصد روغن معنی‌دار بودند. اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی نیز بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته، وزن نیام، عملکرد دانه و درصد روغن معنی‌دار برآورد شد. رقم قهوه‌ای گل‌بنفش در مقایسه با رقم زرد گل‌سفید از عملکرد دانه و درصد روغن بالاتری برخوردار بود. ترکیب تیماری پرایمینگ با جیبرلین+ اکسین همراه با محلول‌پاشی جیبرلین بالاترین عملکرد دانه و درصد روغن را به خود اختصاص دادند.

واژگان کلیدی: اکسین، جیبرلین، درصد روغن، عملکرد دانه.

۱- دانشیار گروه زراعت و آگرواکولوژی، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران
(* نگارنده‌ی مسئول) pooryousefm@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

مقدمه

کتان (*Linum usitatissimum* L.) یکی از گیاهان روغنی و دارویی است که برای تولید روغن خوراکی کاربرد دارد (Shahidi, 2005). منشاء کتان غرب مدیترانه گزارش شده است. کتان گیاهی است یک‌ساله، علفی، ساقه برافراشته به ارتفاع ۲۰ تا ۵۰ گاهی تا ۱۰۰ سانتی متر دارای کپسول که دانه‌ها در دورن آن قهوه‌ای و زرد طلایی هستند. در ایران در بخش‌های شمال و شمال‌غربی، جنوب و جنوب‌شرقی پراکنش دارد (Sharifnia and Asadi, 2000).

جوانه‌زنی به‌عنوان اولین مرحله نموی گیاه، یکی از مراحل مهم و حساس در چرخه زندگی گیاهان و یک فرآیند کلیدی در سبز شدن گیاهچه است (De Villiers *et al*., 1994). یکی از راه‌های افـزایش جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در شرایط تنش استفاده از روش پرایمینگ است (Murungu *et al*., 2003). پرایمینگ بذر به اعمال تیمارهای رطوبتی قبل از کاشت بذر به‌منظور ارتقای جوانه‌زنی، استقرار اولیه و غیره اطلاق می‌شود. چندین روش مختلف برای پرایمینگ بذر وجود دارند که از آن جمله می‌توان به اسموپرایمینگ، هیدروپرایمینگ، ماتریک پرایمینگ، پرایمینگ هورمونی و بیوپرایمینگ اشاره کرد (Eisvand *et al*., 2010).

امروزه تنظیم‌کننده‌های رشد در حکم ابزارهای آگروشیمیایی مفیدی می‌باشند که گیاهان را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و تظاهر پتانسیل‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی یاری می‌دهند. تیمار گیاهان با هورمون‌ها و مواد محرک رشد یکی از روش‌هایی است که در جهت افزایش عملکرد در کشاورزی استفاده می‌شود (Feghenabi, 2008). تنظیم کننده‌های رشـد گیاهی به‌صورت قابل ملاحظه‌ای توزیع شیـره پرورده یا جابجایی را در اندام‌ها و گونه‌ها تغییر نداده و به‌صورت کارآمد تأثیرات سمی شوری خاک را در جوانه‌زنی و رشد گیاه تخفیف داده‌اند (Iqbal and Ashraf, 2005).

استفاده از هورمون‌های گیاهی به‌عنوان تحریک کننده جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. همچنین، از هورمون‌های گیاهی برای بازآوری بذوری که پیر شده‌اند نیز توسط بسیاری از محققان مورد استفاده قرار گرفته است (Chiwocha *et al*., 2005). شیرزاد سوری و همکاران (Shirzad Sure *et al*., 2012) در بررسی تاثیر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (PGRs) و روش کاشت بر رشد، عملکرد و میزان روغن در کدو تنبل گزارش کردند که تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (PGRs) اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های رویشی، گلدهی و عملکردی از جمله شاخص سطح برگ، تعداد گل در بوته، تعداد میوه در بوته، وزن میوه‌های تازه، طول و عرض دانه، تعداد دانه در میوه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن داشت، به طـوری‌که محـلول‌پاشی ۲۵ ppm جیبرلین (GA_3) در مرحله چهار برگی موجب افزایش شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه و درصد روغن دانه شد. پرامانیک و همکاران (Pramanik *et al*., 2015) در بررسی اثر پرایمینگ بذر با مواد محرک رشد بر ویژگی‌های زراعی کنجد دریافتند پرایمینگ بذر با GA_3 به صورت معنی‌داری ارتفاع بوته، تولید زیست‌توده هوایی، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی برگ، تعداد شاخه‌های اولیه گیاهی، تعداد کپسول در

بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، عملکرد ساقه و شاخص برداشت را افزایش داد.

پور محمد و همکاران (Pourmohammad *et al*., 2014) در بررسی اثر محلول‌پاشی و پرایمینگ بذر با مواد محرک رشد گیاهی در کلزا مشاهده کردند، پرایمینگ بذر با سایکوسل به‌صورت معنی‌داری درصد سبز شدن، وزن خشک غلاف، وزن خشک بوته، تعداد شاخه، تعداد غلاف در ساقه‌های اصلی و شاخه‌ها، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. همچنین، محلول‌پاشی سایکوسل وزن خشک بوته، وزن هزار دانه شاخص برداشت و عملکرد دانه را به‌صورت معنی‌داری افزایش داد. در نهایت کاربرد تلفیقی پرایمینگ و محلول‌پاشی سایکوسل به‌صورت قابل توجهی وزن خشک بوته و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک افزایش داد. مازید و همکاران (Mazid, 2014) در بررسی اثر پرایمینگ بذر با مواد محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان پروتئین دانه در نخود مشاهده کردند پرایمینگ بذور با جیبرلین تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه در بوته و درصد پروتئین را به‌ترتیب ۸۲/۶۹، ۵/۴۴ و ۵۴/۳۲ درصد افزایش داد.

با توجه به موارد ذکر شده، مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی با محرک‌های رشد (شاهد، اکسین و جیبرلین) و پرایمینگ بذر بر عملکرد و میزان روغن دانه کتان انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعتلوی ارومیه (طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه و ۱۸۰ ثانیه شمالی با ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا)، وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌غربی انجام شد. میانگین بارندگی دراز مدت سالیانه محل آزمایش ۲۹۶ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل دو رقم کتان (زرد گل سفید و قهوه ای گل بنفش)، فاکتور دوم شامل پرایمینگ بذر (شاهد، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با محرک رشد اکسین + جیبرلین) و فاکتور سوم شامل محلول‌پاشی مواد محرک رشد (شاهد، اکسین و جیبرلین) بود. زمین محل آزمایش، مزرعه‌ای در سال قبل از کشت به حالت آیش بود که در اوایل مهرماه سال ۱۳۹۳ به وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم عمیق زده و سپس روتیواتور زده شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، لولر، خط‌کشی و کودپاشی برای همه واحدهای آزمایشی به طور یکسان انجام شد. بذور در ۵ ردیف به طول ۲ متر و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و با فاصله بوته ۵ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند. قبل از کشت با توجه به نقشه طرح آزمایشی پرایمینگ بذر صورت گرفته و بذرها به صورت دستی کشت شدند. محلول‌پاشی محرک‌های رشد نیز در مرحله قبل از گلدهی و در صبح زود و هنگامی که دمای هوا پایین و میزان رطوبت بالا بود، بر اساس نقشه آزمایش و نوع تیمار صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در سه مرحله انجام شد. در این مطالعه جهت اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن نیام تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و اندازه‌گیری شدند و برای محاسبه عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، ۲

خط وسط هر کرت پس از حذف حاشیه برداشت و اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه نیز در آزمایشگاه و از طریق دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. برداشت حدوداً ۳۰ تا ۳۵ روز پس از ظهور گل انجام پذیرفت، یعنی زمانی که ساقه و برگ‌ها شروع به زرد شدن کرده و دو سوم برگ‌ها ریزش یافته بودند. داده‌های مربوط به صفات با استفاده از نرم افزار آماری SPSS تجزیه واریانس شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر پرایمینگ بذر، محلول‌پاشی مواد محرک رشد و اثر متقابل پرایمینگ در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری رقم و محلول پاشی از نظر ارتفاع بوته حاکی از آن بود که در بین دو رقم مورد بررسی تنها رقم بنفش نسبت به محلول‌پاشی مواد محرک رشد، تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری‌که این رقم بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع بوته را به‌ترتیب در محلول‌پاشی جیبرلین و محلول‌پاشی اکسین به خود اختصاص داد (شکل ۱).

پیش تیمار بذر با هورمون جیبرلین و اکسین همراه با محلول‌پاشی جیبرلین با متوسط ۵۰/۱۸ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۲). پایین‌ترین ارتفاع بوته به ترکیب تیماری شاهد هر دو تیمار اختصاص داشت، هر چند بین ترکیب مذکور و دیگر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری از نظر ارتفاع بوته وجود نداشت.

شناخته شده‌ترین عکس‌العمل گیاه نسبت به جیبرلین، تحریک رشد میان‌گره‌ای است. ارتفاع گیاهان پاکوتاه ذرت، نخود و لوبیای بوته‌ای پس از آغشته شدن با GA به‌صورت طبیعی در می‌آیند (Itoh *et al*., 1999). کریمی و همکاران (Karimi *et al*., 2012) در بررسی اثر برخی مواد محرک رشد گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت گزارش کردند ارتفاع ساقه با استعمال تیمار مواد محرک رشد اختلاف بسیار معنی‌داری نشان داد و بیشترین افزایش مربوط به تیمار اکسین و بیشترین کاهش طول ساقه مربوط به تیمار اتفون بود.

تعداد شاخه فرعی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد اثر پرایمینگ بذر و اثر متقابل پرایمینگ در محلول‌پاشی بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر ترکیبات تیماری، پرایمینگ و محلول‌پاشی بر تعداد شاخه فرعی کتان مشاهده شد که ترکیب تیماری پرایمینگ با جیبرلین و اکسین و محلول‌پاشی جیبرلین با متوسط ۸/۸ شاخه فرعی بالاترین تعداد شاخه فرعی را به خود اختصاص داد (شکل ۳). کمترین تعداد شاخه فرعی نیز در تحقیق حاضر با متوسط ۶/۲ به ترکیب تیماری پرایمینگ با جیبرلین و اکسین همراه با سطح شاهد محلول‌پاشی اختصاص دارد، هر چند بین سطح مذکور و سطوح شاهد پرایمینگ در ترکیب با هر سه تیمار محلول‌پاشی اختلافی مشاهده نشد. در این آزمایش محلول‌پاشی با جیبرلین بیشترین تعداد شاخه فرعی را داشت که با نتایج تحقیقات پازکی و همکاران (Pazoki *et al*.,

2012) روی گیاه آویشن مطابقت داشت. جیبرلین‌ها با افزایش فعالیت گزیلوگلوکاناند و ترانس گلیکوزیلات، قابلیت اتساع دیواره سلول را افزایش می‌دهند که نتیجه آن نرم شدن دیواره سلول است و به سلول اجازه کشیده شدن و طویل شدن تحت تأثیر فشار تورژسانس را می‌دهد (Betrand and Ernstsen, 2001).

جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌های گیاهان مختلف توسط پیش تیمار بذر بهبود می‌یابد و این امر موجب ظهور سریع و یکنواخت گیاهچه در شرایط مزرعه می‌شود (Copeland and McDonald, 2001).

تعداد نیام در بوته

در مطالعه حاضر اختلاف بین تیمارهای پرایمینگ در سطح احتمال ۱ درصد و تیمارهای اثر متقابل پرایمینگ در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد از لحاظ تعداد نیام در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱). در مقایسه میانگین ترکیبات تیماری پرایمینگ و محلول‌پاشی مشاهده شد پیش تیمار اکسین و جیبرلین همراه با محلول‌پاشی اکسین و جیبرلین به ترتیب با متوسط ۸۹/۷ و ۸۸/۵۶ نیام در غلاف بیشترین تعداد نیام در بوته را به خود اختصاص دادند. در این بررسی کمترین تعداد نیام به ترکیب شاهد هر دو تیمار با متوسط ۵۶/۸۳ نیام اختصاص داشت (شکل ۴). سودمندی پیش تیمار بذر با مواد تنظیم کننده رشد در مطالعات متعددی دیده شده است. شارما و ساران (Sharma and Saran, 1992) نشان دادند که پیش‌تیمار بذر ماش (*Vigna mungo*) با ۴۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلیک اسید می‌تواند سرعت جوانه‌زنی و درصد ظهورگیاهچه‌ها را در شرایط بدون تنش افزایش دهد که این در نهایت باعث افزایش کمّی و کیفی عملکرد گیاهان می‌شود.

تعداد دانه در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها از لحاظ تعداد دانه در بوته نشان داد بین ارقام، تیمارهای محلول‌پاشی محرک رشد در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد محلول‌پاشی جیبرلین با متوسط ۲۶۵۱ دانه بالاترین تعداد دانه در بوته را به خود اختصاص داد. کمترین تعداد دانه در بوته به سطح شاهد (عدم محلول‌پاشی) با متوسط ۱۹۰۴/۶ دانه اختصاص داشت. لازم به ذکر است که بین تیمار شاهد و محلول‌پاشی اکسین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته مربوط به رقم قهوه‌ای گل بنفش با محلول‌پاشی جیبرلین می‌باشد (شکل ۵).

برخی از محرک رشد گیاهی مانند جیبرلین، باعث استقرار بهتر گیاه در خاک و حفظ گیاه به مدت طولانی و افزایش سطح سبزینگی می‌شود، در نتیجه بر قدرت رقابتی و بقای گیاه افزوده می‌شود. با توجه به موارد بیان شده مواد محرک رشد از جمله جیبرلین احتمالاً به دلیل تأمین مواد غذایی بر اثر تحرک بیشتر مواد سلولزی و افزایش سبزینگی، این شرایط را به‌ویژه در مرحله گلدهی فراهم می‌کنند. کاربرد مواد محرک رشد گیاهی اثرات مفیدی بر عملکرد گندم داشته و افزایش عملکرد به دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح بوده است (Shokofa and Imam, 2005). خان و همکاران (Khan *et al*., 2009) گزارش نمودند که کاربرد GA خارجی رشد ساقه،

تعداد برگ، فتوسنتز و استفاده از نیتروژن خاک را در گیاه خردل افزایش داد.

وزن نیام

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) اثر رقم، محلول‌پاشی مواد محرک رشد و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل پرایمینگ در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن نیام معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ترکیبات تیماری رقم در محلول‌پاشی حاکی از آن بود که رقم قهوه‌ای گل بنفش نسبت به محلول‌پاشی مواد محرک رشد واکنش مثبتی نشان داد و محلول‌پاشی جیبرلین و اکسین مقدار وزن غلاف را در تیمار مذکور به‌صورت معنی‌داری افزایش داد (شکل ۶). در بررسی تدین و همکاران (Tadayon *et al*., 2013) بین ارقام از نظر وزن نیام اختلاف معنی‌داری وجود داشت و بالاترین وزن نیام به رقم ایرانی بزرک یا کتان اختصاص داشت. در بین ترکیبات تیماری پرایمینگ و محلول‌پاشی مواد محرک رشد تنها اختلاف معنی‌دار بین ترکیب تیماری پرایمینگ با جیبرلین+اکسین همراه با محلول‌پاشی جیبرلین و ترکیب شاهد دو تیمار (عدم پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی) مشاهده شد به‌نحوی که ترکیب تیماری پرایمینگ با جیبرلین+اکسین با متوسط ۲۰/۲۶ گرم بالاترین و ترکیب شاهد دو تیمار با متوسط ۱۲/۲۱ گرم کمترین وزن نیام را به خود اختصاص دادند (شکل ۷).

وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در مطالعه ارقام اختلاف بین دو رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل رقم در پرایمینگ در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری رقم و پرایمینگ بذر نشان داد پرایمینگ بذر با جیبرلین+ اکسین در رقم قهوه‌ای گل بنفش بالاترین و در رقم زرد گل سفید کمترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۸). تفاوت بین ارقام مختلف کتان از لحاظ واکنش به پرایمینگ در گزارش‌های (Tadayon *et al*., 2013; Tohidnegad and Tohidnegad, 2014) نیز گزارش شده است. افزایش وزن هزار دانه بر اثر کاربرد جیبرلین و اکسین ناشی از افزایش قدرت مخزن است با کاربرد هورمون مذکور احتمالاً میزان تقسیم سلولی در بذر افزایش یافته و موجب افزایش سلول‌های ذخیره‌ای بذر شده است. علاوه بر آن، هورمون جیبرلین موجب افزایش سلول‌های ذخیره‌ای بذر می‌شود (Taiz and Zeiger, 2006). عیوضی (Eivazi, 2014) اظهار داشت که پیش تیمار بذر با CCC و IAA در مقایسه با دیگر تیمارها از وزن هزار دانه بالاتری برخوردار بود. محبتی و همکاران (Mohabbati *et al*., 2012) گزارش نمودند هورمون جیبرلین باعث افزایش معنی‌دار وزن دانه در ارقام برنج شد به‌طوری‌که، محلول‌پاشی با هورمون‌های اکسین، آبسزیک اسید و سایتوکینین به ترتیب باعث افزایش ۹۴/۱، ۹۳/۳ و ۹۵/۴ درصدی وزن دانه شد.

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی مواد محرک رشد در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱). در مقایسه میانگین اثر تیمارهای پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک کتان مشاهده شد پرایمینگ بذر با جیبرلین + اکسین با متوسط ۱/۸۶ تن در هکتار بالاترین عملکرد

بیولوژیک را به خود اختصاص داد. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز مربوط به تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) با متوسط ۱/۴۸ تن در هکتار است. بین تیمار شاهد و تیمار هیدروپرایمینگ از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). می‌توان دلیل افزایش عملکرد در سطوح کاربرد هورمون جیبرلین را نقش این هورمون‌ها در رشد و فتوسنتز دانست. از طرف دیگر، در تیمارهایی که هورمون اکسین و جیبرلین دریافت کرده بودند، ریزش برگ‌ها کمتر بود و میزان رشد و سبزینگی گیاه هم بیشتر بود و این دلایل منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح گردید.

فقه‌نبی (Feghenabi, 2008) گزارش نمود که عملکرد بیولوژیک یکی از صفاتی است که به شدت تحت تأثیر تیمار بذور قرار می‌گیرد. عیوضی (Eivazi, 2014) در بررسی اثر پرایمینگ بذر با مواد محرک رشد در واریته‌های گندم مشاهده کرد بین تیمارهای پرایمینگ بذر از لحاظ عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ایشان اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر با CCC و IAA در مقایسه با دیگر تیمارها از عملکرد بیولوژیکی بالاتری برخوردار بودند.

جیبرلین می‌تواند از طریق افزایش سطح برگ و بالابردن سطوح فتوسنتزی و تثبیت بیشتر CO_2 از طریق باز شدن بیشتر روزنه‌ها و افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بالابردن فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز (SPS) رشد و نمو را تسریع نموده و موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شود (Ashraf and Foolad, 2005).

عملکرد دانه

اثر پرایمینگ بذر، محلول‌پاشی و اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری پرایمینگ و محلول پاشی مواد محرک رشد از لحاظ اثر بر عملکرد دانه نشان داد که محلول‌پاشی جیبرلین در ترکیب با هر سه نوع تیمار پرایمینگ از عملکرد دانه بالاتری نسبت به اکسین و شاهد برخوردار بود به طوری که محلول‌پاشی جیبرلین همراه با پرایمینگ بذر با جیبرلین + اکسین با متوسط ۰/۷۰۶ تن در هکتار بالاترین عملکرد دانه را در بین این دسته از تیمارها به خود اختصاص داد. همچنین، در بین ترکیبات تیماری مذکور تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) در ترکیب با هر سه تیمار پرایمینگ کمترین عملکرد دانه را نشان داد، به نحوی که ترکیب شاهد هر دو تیمار (عدم پرایمینگ و محلول‌پاشی) و شاهد محلول‌پاشی و هیدرپرایمینگ هر دو به‌ترتیب با متوسط ۰/۲۲۹ و ۰/۲۲۱ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۹). مصرف مواد محرک رشد در هر دو حالت استعمال برگی و پیش‌تیمار باعث افزایش عملکرد می‌شوند و این افزایش ناشی از مواد ریزمغذی و اسیدهای مورد نیاز گیاه می‌باشد که در اغلب موارد در خاک کمبود آنها احساس می‌شود و محرک‌های رشد این کمبود را جبران می‌کنند و در بسیاری موارد وجود هورمون‌های گیاهی در فرمول این مواد باعث تحریک رشد می‌شوند. می‌توان گفت که تغییرپذیری میزان رشد به‌وسیله جیبرلین‌ها ممکن است به‌دلیل افزایش در سطح مؤثر برگ، تحریک میزان فتوسنتز، افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها یا تغییر در توزیع مواد فتوسنتزی و یا اثر مشارکتی این موارد باشد و از طرفی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه از جمله

ترپیتوفان که پیش‌ساز اکسین است، می‌شوند. بنابراین، برخی اثرات خود را به‌صورت غیرمستقیم از طریق اکسین نیز اعمال می‌کنند (Akbari charmahini and Moalemi, 2012).

درصد روغن دانه

اثر رقم، محلول‌پاشی و اثر متقابل رقم در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد و پرایمینگ در محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین ترکیبات تیماری رقم و محلول‌پاشی، محلول پاشی رقم قهوه‌ای گل بنفش با اکسین و جیبرلین در مقایسه با تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری درصد روغن دانه را افزایش داد، در حالی که در رقم زرد گل سفید مقدار افزایش درصد روغن دانه در اثر محلول‌پاشی در مقایسه با تیمار شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱۰). اثر متقابل محلول‌پاشی و پرایمینگ نیز نشان داد که بیشترین درصد روغن مربوط به پیش تیمار اکسین+جیبرلین و محلول‌پاشی جیبرلین می‌باشد (شکل ۱۱). دهنوی و همکاران (Dehnavi *et al*., 2010) در بررسی اثر تنظیم کننده رشد سایکوسل بر میزان پرولین، قندهای محلول، پروتئین، درصد روغن و اسیدهای چرب کتان روغنی بیان کردند، محلول‌پاشی سایکوسل، موجب افزایش پرولین و قندهای محلول و مقدار روغن کتان روغنی نسبت به شاهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

محلول‌پاشی مواد محرک رشد و پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین + اکسین همراه با محلول‌پاشی جیبرلین بالاترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام، وزن ساقه، وزن نیام، عملکرد دانه و درصد روغن را به خود اختصاص داد. رقم قهوه‌ای گل بنفش نیز از عملکرد دانه و درصد روغن بیشتری نسبت به رقم زرد گل سفید برخوردار بود. لذا، استفاده از محرک رشد اکسین+ جیبرلین به‌صورت پرایمینگ بذر و کاربرد جیبرلین به صورت محلول‌پاشی می‌تواند اثر مفیدی بر افزایش عملکرد دانه و درصد روغن در کتان داشته باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

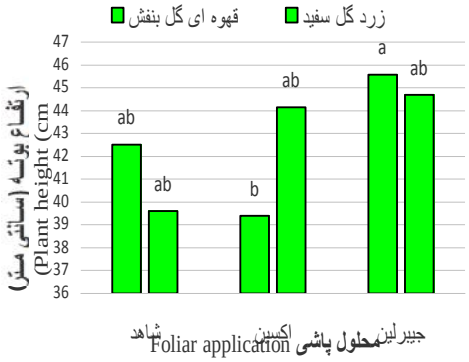
Table 1- Analysis of variance of studied traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد نیام در بوته Number of pods/plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds/plant	وزن نیام Pod weight
تکرار Rep	2	$1.62^{n.s}$	$2.34^{n.s}$	$97.02^{n.s}$	$87561^{n.s}$	$22.55^{n.s}$
رقم Variety	1	$0.51^{n.s}$	$1.74^{n.s}$	$5.74^{n.s}$	3410995^{**}	267.82^{**}
پرایمینگ بذر Seed priming	2	208.75^{**}	6.66^{**}	2082.21^{**}	$279434^{n.s}$	$9.47^{n.s}$
محلول پاشی محرک رشد Foliar application of growth promoting	2	49.91^{**}	$2.50^{n.s}$	$446.55^{n.s}$	2541048^{**}	60.01^{**}
رقم × پرایمینگ Variety*Priming	2	$35.02^{n.s}$	$0.86^{n.s}$	$139.04^{n.s}$	$337830^{n.s}$	$12.50^{n.s}$
رقم × محلول پاشی Foliar application×Variety	2	73.21^{*}	$0.37^{n.s}$	$514.58^{n.s}$	936.54^{*}	52.90^{**}
پرایمینگ × محلول پاشی Priming * Foliar application	4	181.34^{**}	5.38^{**}	936.54^{*}	$117514^{n.s}$	23.97^{*}
رقم × پرایمینگ × محلول پاشی Foliar × Priming ×Variety application	4	$4.84^{n.s}$	$1.79^{n.s}$	$125.99^{n.s}$	$250642^{n.s}$	$4.84^{n.s}$
خطا Error	34	19.72	1.13	240.08	288058	8.89
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	10.40	14.96	22.00	23.82	17.93

ادامه‌ی جدول ۱

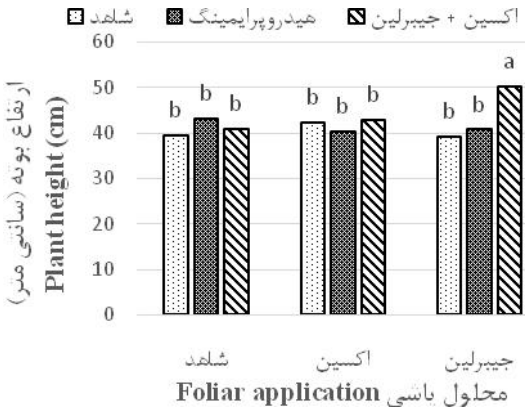
Table 1- Continued

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square			
		وزن هزاردانه Thousand seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن دانه Grain oil percent
تکرار Rep	2	$0.59^{n.s}$	$329.96^{n.s}$	$34.69^{n.s}$	22.22^{*}
رقم Variety	1	11.76^{**}	12.50^{**}	$18.79^{n.s}$	267.82^{**}
پرایمینگ بذر Seed priming	2	$0.30^{n.s}$	7670.35^{**}	6204.14^{**}	$9.94^{n.s}$
محلول پاشی محرک رشد Foliar application of growth promoting	2	$0.13^{n.s}$	4363.43^{**}	1065.15^{**}	60.00^{**}
رقم × پرایمینگ Variety*Priming	2	1.44^{**}	$1480.48^{n.s}$	223.78^{**}	$12.19^{n.s}$
رقم × محلول پاشی Foliar application×Variety	2	$0.04^{n.s}$	$685.66^{n.s}$	$269.33^{n.s}$	52.90^{**}
پرایمینگ × محلول پاشی Foliar application×Priming	4	$0.56^{n.s}$	$359.94^{n.s}$	463.46^{**}	23.97^{*}
رقم × پرایمینگ × محلول پاشی Foliar × Priming ×Variety application	4	$0.74^{n.s}$	$172.17^{n.s}$	$264.95^{n.s}$	$20.39^{n.s}$
خطا Error	34	0.47	922.95	116.89	8.89
ضریب تغییرات C.V (٪)	-	17.24	16.68	23.27	9.14



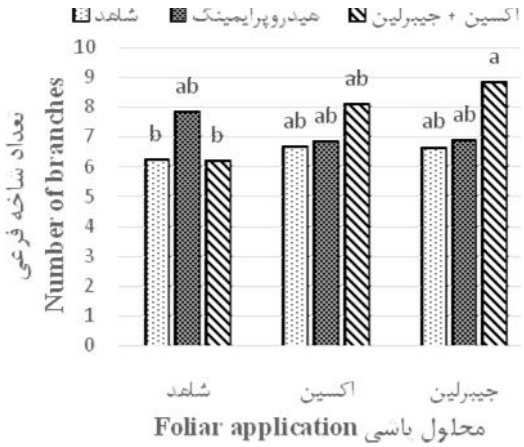
شکل ۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر صفت ارتفاع بوته

Figure 1- Comparison interaction of variety and foliar application on plant height

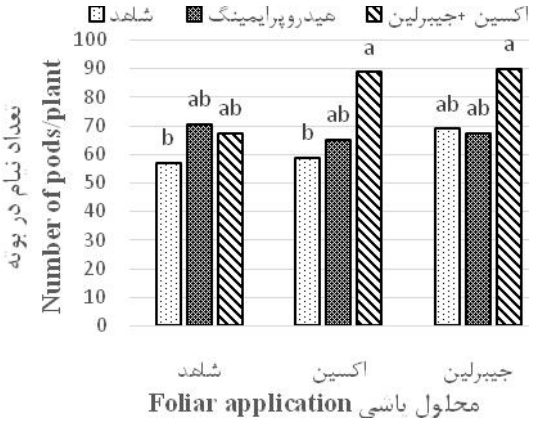


شکل ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی و پرایمینگ بر صفت ارتفاع بوته

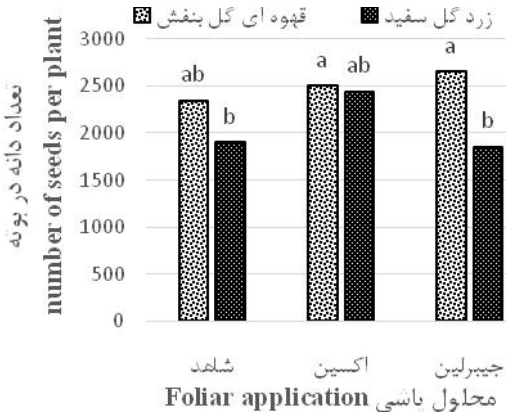
Figure 2- Comparison interaction of foliar application and priming on plant height



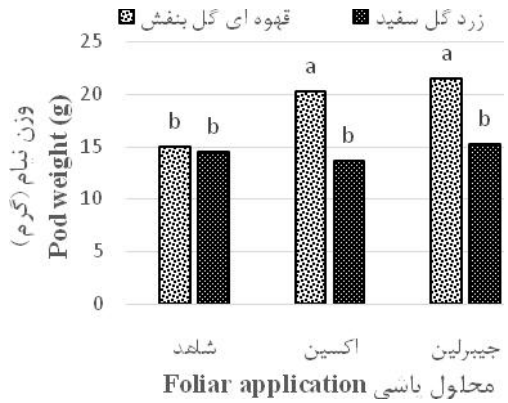
شکل ۳- مقایسه میانگین های اثر متقابل محلول پاشی و پرایمینگ بر صفت تعداد شاخه فرعی
Figure 3- Comparison interaction of foliar application and priming on the number of branches



شکل ۴- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی و پرایمینگ بر صفت تعداد نیام در بوته
Figure 4- Comparison interaction of foliar application and priming on the number of pods/plant

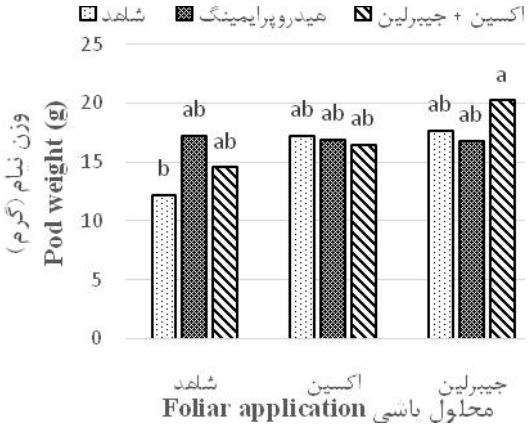


شکل ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر تعداد دانه در بوته
Figure 5- Comparison interaction of foliar application and variety on the number of seeds/plant



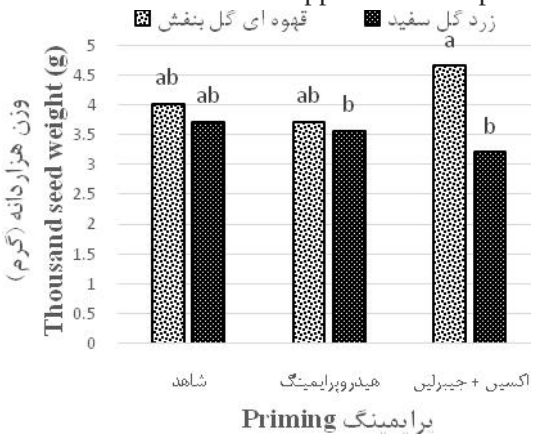
شکل ۶- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی و رقم بر وزن نیام

Figure 6- Comparison interaction of foliar application and variety on pod weight



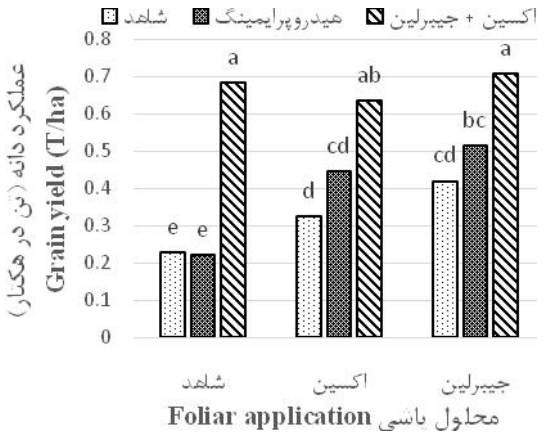
شکل ۷- مقایسه میانگین های اثر متقابل محلول پاشی و پرایمینگ بر وزن نیام

Figure 7- Comparison interaction of foliar application and priming on pod weight



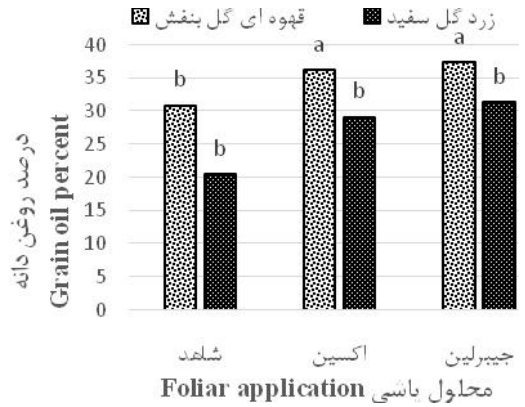
شکل۸- مقایسه میانگین های اثر متقابل رقم و پرایمینگ بر وزن هزار دانه

Figure 8- Comparison interaction of variety and priming on thousand seed weight



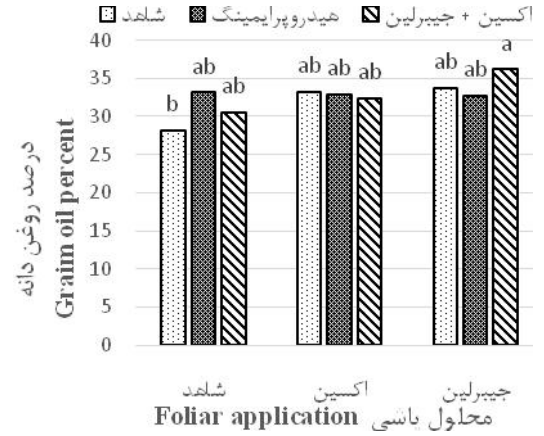
شکل ۹- مقایسه میانگین های اثر متقابل پرایمینگ و محلول پاشی بر عملکرد دانه

Figure 9- Comparison interaction of priming and foliar application on grain yield



شکل ۱۰-مقایسه میانگین‌های اثر متقابل رقم و محلول‌پاشی بر درصد روغن

Figure 10- Comparison interaction of variety and foliar application on the grain oil percent



شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول‌پاشی و پرایمینگ بر درصد روغن دانه

Figure 11- Comparison interaction of foliar application and priming on the grain oil percent

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای پرایمینگ از نظر صفات مورد بررسی

Table 2- Comparison of mean priming treatments of evaluated traits

	Plant height (cm)	Number of branches	Number of pods/plant	Number of seeds/plant	Pod weight (g)
Variety **رقم**					
قهوه‌ای گل‌بنفش Brown purple flowers	40.60	7.08	73.64	2504.40 a	18.85 a
زرد گل‌سفید Yellow white flower	41.50	7.05	67.23	2001.80 b	14.40 b
Foliar application **محلول پاشی**					
Control **شاهد**	41.07 b	6.95	74.91	1904.61 b	4.68 b
Auxin **اکسین**	41.77 b	7.41	71.92	2203.12 b	16.92 ab
Gibberellin **جیبرلین**	45.28 a	6.85	64.47	2651.12 a	18.32 a
Priming **پرایمینگ**					
Control **شاهد**	40.23 b	6.41 b	61.41 b	2320.90	18.76
Hydropriming **هیدروپرایمینگ**	41.3 b	7.19 ab	67.54 b	2264.10	17.00
اکسین + جیبرلین Auxin+Gibberellin	46.56 a	7.71 a	82.33 a	2070.10	17.02

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آماری هستند.

Mean with the same words are not statistically significant at the 5% level.

ادامه‌ی جدول ۲

Table 2- Continued

	Thousand seed weight (g)	Biological yield (T/ha)	Grain yield (T/ha)	Grain oil percent (%)
Variety **رقم**				
قهوه‌ای گل‌بنفش Brown purple flowers	4.44 a	163.15	47.04	34.85 a
زرد گل‌سفید Yellow white flower	3.51 b	162.19	45.86	30.4 b
Foliar application **محلول پاشی**				
Control **شاهد**	4.04	1.45 b	0.451 b	30.68 b
Auxin **اکسین**	3.88	1.63 ab	0.456 b	32.9 ab
Gibberellin **جیبرلین**	4.01	1.79 a	0.557 a	34.3 a
Priming **پرایمینگ**				
Control **شاهد**	3.88	1.48 b	0.324 b	31.77
Hydropriming **هیدروپرایمینگ**	4.13	1.53 b	0.494 ab	33.00
Auxin+Gibberellin **اکسین + جیبرلین**	3.93	1.86 a	0.675 a	33.11

میانگین دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آماری هستند.

Mean with the same words are not statistically significant at the 5% level.

References منابع مورد استفاده

- Akbari charmahini, S., and N. Moalemi. 2012. Effect of gibberellic acid on the growth of seedlings olive (*Olea europaea* L.). *Journal of Horticultural Science*. 24(2): 184-188. (In Persian).
- Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. *Journal of Advances in Agronomy*. 88: 223-271.
- Betrand, A.M., and A. Ernstsen. 2001. Endogenous gibberellins in *Lolium perenne* and influence of defoliation on their contents in elongating leaf bases and in leaf sheaths. *Journal of Physiologia Plantarum*. 111: 123-231.
- Chiwocha, S.D.S., A.J. Culler, S.R. Abrams, S.J. Ambrose, J. Yang, A.R.S. Ross, and A.R. Kermode. 2005. The etr 1-2 multation in *Arabidopsis thaliana* effects the abscisic, auxin, cytokinin and gibberellin metabolic pathways during maintenance of seed dormancy moist-chilling and germination. *Plant Journal*. 42: 35-48.
- Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. Springer Press, New York. 428 pp.
- Dehnavi, M., M. Ranjbar, A. Yadavi, and B. Kavosi. 2010. Effect of cycocel on proline, soluble sugars, protein, oil percent and fatty acids of flaxseed oil under drought stress in potcultivation conditions. *Journal of Abiotic Stress in Agricultural Science*. 3(2): 129-138. (In Persian).
- De Villiers, A.J., M.W. Van-Rooyrn, G.K. Theron, and H.A. Van-de-Venter. 1994. Germination of three namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. *Journal of Seed Technology Science*. 22: 427-433.
- Eisvand, H.R., R. Tavakol-Afshari, F. Sharifzadeh, H. Maddah- Arefi, and S.M. Hesamzadeh- Hejazi. 2010. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass. *Journal of Seed Technology Science*. 38(2): 280-297.
- Eivazi, A. 2014. Induction of drought tolerance with seed priming in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agriculture Slovenica*. 1(99): 21–29.
- Feghenabi, F. 2008. The effect of different treatments on seed yield, yield components, morphological and physiological traits of safflower. Master's thesis. University of Urmia. 110 pp. (In Persian).
- Iqbal, M., and M. Ashraf. 2005. Pre-sowing seed treatment with cytokinin and its effect on growth, photosynthetic rate, ionic levels and yield of two wheat cultivars differing in salt tolerance. *Journal of Plant Biology*. 47: 1315-1325.
- Itoh, H., M. Tanaka-Ueguchi, H. Kawaide, X.B. Chen, Y. Kamiya, and M. Matsuoka. 1999. The gene encoding tobacco gibberellin 3 β-hydroxylase is expressed at the site of GA action during stem elongation and flower organ development. The Plant *Journal for Cell and Molecular Biology*. 20: 15–24.

- Karimi, A., M. Tajbakhsh, R. Amirniya, and A. Eivazi. 2012. The effect of some plant growth inducers on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Production*. 20(2): 161-177. (In Persian).
- Khan, M.S., A. Zaidi, and P.A. Wani. 2009. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: review. *Journal of Biomedical and Life Sciences*. 5: 551-570.
- Mazid, M. 2014. Seed priming application of gibberellic acid on growth, biochemical, yield attributes and protein status of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. DCP 92-3). *International Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 5 (1): 17-22.
- Mohabbati, F., F. Moradi, F. Paknejhad, S. Vazan, D. Habibi, S. Behnia, and H. Pourirandost. 2012. Effects of foliar application of auxin, cytokinin and abscisicacid hormoneson grain yield and yield components of three rice genotypes under low temperature stress. *Journal of Iranian Crop Sciences*. 14(1): 58-71.
- Murungu, F.S., P. Nyamugafata, C. Chiduza, L.J. Clark, and W.R. Whalley. 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Tillage Research*. 74:161-168.
- Pazoki, A.R., H. Rezayi, D. Habibi, and F. Pak Nezhad. 2012. Effect of drought stress, asscorbate and gibberellin foliar application on some morphological traits, RWC and cell membrane stability of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(1): 1-13. (In Persian).
- Pourmohammad, A., F. Shekari, and V. Soltanband. 2014. Cycocel priming and foliar application affected yield component of rapeseed. *Journal of Cercetări Agronomice în Moldova*. 7(1): 59-69.
- Pramanik, K., A. Adhikari, A.K. Bera, and B. Mandal. 2015. Effect of seed priming and mulching on growth and productivity of rain-fed sesame (*Sesamum Indicum* L.) during summer season. *International Journal of Bioresource Science*. 2l (1): 23-32.
- Shahidi, F. 2005. Bailey's industrial oil and fats products. (6^{th} ed). New Jersey: Wiley and Sons. U.S.A.
- Sharifnia, F., and M. Asadi. 2000. Iranian flora. Linaceae family. Research Institute of Forest and Rangelands press. Tehran. (In Persian).
- Sharma, A.K., and B. Saran. 1992. Effect of pre sowing soaking in NAA and GA3 on germination and seedling growth in black gram. *Journal of New Agriculture*. 3: 21-24.
- Shirzad Sure, S., H. Arooie, and M. Azizi. 2012. Influence of Plant Growth Regulators (PGRs) and Planting Method on Growth and Yield in Oil Pumpkin (*Cucurbita pepo* var. styriaca). *Notulae Scientia Biologicae*. 4(2):101-107.
- Shokofa, A., and Y. Imam. 2005. Effects of different levels of nitrogen and growth regulators (Ethephon and CCC) on growth and performance of wheat cultivar

Shiraz. Science Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran Tehran Unive-Pardis Aboureihan. 59 pp.

- Tadayon, A., SH. Torabian, and M.R. Tadayon. 2013. The effect of density on yield and quality of four commercial varieties of edible flax. *Journal of Crop Improve*. 15(1): 15-26. (In Persian).
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. Plant Physiology. Sinauer Assoc. Inc. 726 pp.
- Tohidnegad, Z., and A. Tohidnegad. 2014. Evalution of the effect of nitrogen on the yield potential of varietie of flax. Thirteenth National Congres of Plant Breeding and Seed Research. 24-26. Agust 2014. Karaj, Iran. pp. 251-258. (In Persian).

The Effect of Foliar Application of Growth Stimulants and Priming on Yield and Grain Oil Content of Flax (*Linum usitatissimum* L.)

Mahmoud Pouryousef Miandoab[1*], and Farnaz Esmaeilzadeh[2]

Received: December 2015, Revised: 17 September 2016, Accepted: 3 January 2017

Abstract

To investigate the effect of foliar application of plants with growth stimulants and seed priming on yield and seed oil content of flax, a factorial experiment was conducted at the Saatlo Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azarbaijan based on a randomized complete block design with three replication in 2015. The first factor was two varieties of flax seed (yellow, white flowered and brown, purple flowered), the second factor was seed priming consisted of 3 levels (control, hydro-priming and priming with Auxin + GA) and the third factor was foliar application of growth stimulants with three levels (control, Auxin and GA). The results showed that effect of seed priming was significant on all traits except pod weight, thousand seed weight and seed oil percent. Foliar application of plants with growth stimulants were also, significant on plant height, seed number/plant, pod weight, biological yield, seed yield and grain oil percent. Interaction of cultivar and priming on seed weight and seed yield and also on cultivar with foliar application were significant on plant height and pod weight and seed oil percent. Interaction of priming and foliar application on plant height, number of branches, number of pods/plant, pod weight, seed yield and seed oil percent was also observed. Brown purple flowering flax cultivar had higher seed yield and seed oil percent as compared with yellow white flowering flax seed. Seed priming and foliar application of plants with growth stimulants, and seed priming with Auxin + GA along with foliar application of GA produced highest seed yield and seed oil percent, as compared with other treatments.

Key words: Auxin, GA, Seed yield, Seed oil percent.

1- Associate Prof., Department of Agronomy and Agro-ecology, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran
2- Department of Agronomy, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran
* ***Corresponding Author**: pooryousefm@yahoo.com*