علوم و تحقیقات بذر ایران
سال نهم/ شماره اول/ ۱۴۰۱ (۴۹ - ۳۹)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2022.6144

اثر هورمون پرایمینگ بذر بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ذرت رقم فجر (*Zea mays* L.)

عباس قنبری[۱]، سعید سعیدی‌پور[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۵

چکیده

این آزمایش با هدف تعیین چگونگی تاثیر غلظت‌های مختلف هورمون‌های جیبرلین و اکسین بر خصوصیات جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای ذرت در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد شوشتر در سال زراعی ۹۸-۹۷ انجام گرفت. هر دو آزمایش بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل هفت تیمار، غلظت‌های مختلف (۲۰، ۴۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام) از دو هورمون جیبرلین و اکسین و آب مقطر به‌عنوان شاهد و مدت زمان خیساندن ۲۴ ساعت بود. در بخش آزمایشگاهی اختلاف معنی‌داری در رابطه با صفات اندازه‌گیری‌شده بین تیمارها مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص جوانه‌زنی به‌ترتیب با ۳۹/۹۸ و ۱۹/۲۲ در تیمارهای هورمون اسید جیبرلیک و اکسین ۲۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام یافت شد. بالاترین درصد نهایی جوانه‌زنی در تیمار۲۰ مصرف جیبرلین مشاهده شد که ۲۴ درصد بیش‌تر از شاهد بود. بیش‌ترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌ترتیب با ۹۲/۷۳ و ۱۳/۹۷ میلی‌متر به تیمار ۴۰ پی‌پی‌ام جیبرلین تعلق داشت. در بخش گلخانه‌ای نیز اثر تیمارهای هورمونی بر صفات بررسی‌شده معنی‌دار بود. بیش‌ترین وزن تر و خشک گیاهچه با افزایش ۳۸ و ۱۸ درصدی نسبت به شاهد در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین مشاهده شد. بیش‌ترین میزان قندهای محلول و احیایی به‌ترتیب با ۹۰ و ۵۴ میلی‌گرم بر گرم بذر در تیمار هورمونی ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین و کم‌ترین مقدار با ۳۳ و ۴/۲۲ میلی‌گرم بر گرم بذر در تیمار شاهد به‌دست آمد. بیش‌ترین فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز نیز با ۱/۳۰ نانومول بر بذر در دقیقه در تیمار۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین ثبت گردید. این تحقیق نشان داد که تیمار پرایمینگ ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین تیماری موثر در افزایش بنیه بذر ذرت هیبرید فجر بود.

واژه‌های کلیدی: آلفاآمیلاز، اسید جیبرلیک، اکسین، قندهای محلول، زمان خیساندن

۱- دانشجوی ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران. ghanbri_a@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران. saeedsaeedipour@iau.ac.ir
*نویسنده مسئول: saeedsaeedipour@iau.ac.ir

مقدمه

ذرت از مهم‌ترین غلات جهان بوده که به‌طور گسترده‌ای به‌صورت بهاره و پاییزه کشت می‌شود. کشت بهاره آن غالبا با دماهای بالا در مرحله رشد زایشی روبرو می‌شود که گرده‌افشانی و تشکیل دانه‌ها را تحت تاثیر قرار داده، منجر به کاهش تعداد دانه‌های پرشده و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. کشت زود هنگام به کشاورزان کمک می‌کند تا از هم‌زمانی گرده‌افشانی با تنش گرما جلوگیری کنند. پایین بودن دمای خاک در کشت زود هنگام بهاره موجب تأخیر و کاهش خروج گیاهچه‌ها می‌گردد. این کاهش و تأخیر در خروج گیاهچه‌ها در گیاهی مانند ذرت که برای جوانه‌زدن بهینه نیازمند دماهای ۲۵ تا ۲۸ درجه سلیسیوس می‌باشد با شدت بیش‌تری اتفاق می‌افتد. بذور ذرت کشت‌شده در خاک با دمای ۱۰ درجه سلیسیوس یا کم-تر از خسارت سرما آسیب می‌بینند (Cohn and Obendorf, 1978). دماهای پایین‌تر از حد بهینه درصد و سرعت جوانه‌زنی و خروج گیاهچه‌ها را کاهش می‌دهند (Livingston and De Jong, 1990; Blackshaw, 1991). ازاین‌رو سبزشدن و استقرار بذور ذرت کشت‌شده در بهار تحت شرایط دمای پایین غالبا آهسته و نامنظم است.

کاربرد تیمارهای فیزیولوژیک نظیر هورمون‌پرایمینگ در بسیاری از گیاهان زراعی توانمندی بذور را از طریق ترمیم متابولیک بذر طی دوره جذب آب (Farooq *et al*., 2007)، افزایش متابولیت‌های جوانه‌زنی (Basra *et al*., 2005)، تنظیم اسمزی (Bradford., 1986)، جوانه‌زنی و خروج سریع‌تر در مقایسه با بذور پرایم‌نشده تحت دماهای پایین (Zheng *et al*., 1994) و کاهش مدت زمان آب‌گیری بهبود بخشیده و موجب رشد و باروری بهتر گیاه به‌ویژه در شرایط محیطی نامناسب می‌گردند (Afzal *et al*., 2008; Bakht *et al*., 2011). این مواد که به مقادیر بسیار اندک در گیاهان تولید می‌شوند، نقش مهمی را در رشد، نمو و عملکرد گیاهان زراعی دارند، ازاین‌رو به یک ابزار کاربردی در کشاورزی تبدیل شده‌اند. بهبود عملکرد دانه بسیاری از محصولات مانند ذرت (Afzal *et al*., 2002)، برنج (Basra *et al*., 2006)، فلفل و خیار (Farooq *et al*., 2007) در نتیجه تیمار بذور به‌وسیله تنظیم‌کننده‌های رشد گزارش شده است. کاربرد جیبرلین‌ها موجب افزایش درصد جوانه‌زنی ناشی از افزایش محتوای آمینواسیدها در جنین و موجب آزادسازی آنزیم‌های تجزیه‌کننده مورد نیاز برای هضم نشاسته آندوسپرم طی جوانه‌زنی می‌شود. در دانه‌های غلات، جیبرلیک اسید آنزیم‌های هیدرولیزی را که برای تجزیه سلول‌های اطراف ریشه‌چه مورد نیاز است تحریک می‌کند و در نتیجه سرعت جوانه‌زنی را با تحریک سرعت طویل‌شدن گیاهچه افزایش می‌دهد (Rood *et al*., 1990). ثابت شده که، هورمون‌پرایمینگ موجب افزایش جوانه‌زنی، رشد و عملکرد برخی از گونه‌های زراعی در شرایط تنش محیطی می‌شود، این بهبودی به‌دلیل افزایش ذخایر مواد غذایی در نتیجه افزایش فعالیت‌های فیزیولوژیک و ازدیاد ریشه بوده است (Akbari *et al*., 2007).

مطالعات قبلی نشان داده که پیش‌کاشت بذور در غلظت‌های مختلف ایندول استیک اسید (Basra *et al*., 2006) و جیبرلیک اسید (Alonso- Ramírez *et al*., 2009) ممکن است به افزایش و یا کاهش رشد گیاهچه منجر شود. در مورد استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد فاصله بین سطح مطلوب و بازدارنده بسیار باریک بوده و تغییرات جزئی در دوز کاربردی ممکن است اثر تحریک‌کنندگی و یا بازدارندگی به‌دنبال داشته باشد. غلظت فعال هورمون‌های درون‌زای گیاه به‌شدت توسط مکانیسم‌های مختلف نظیر بیوسنتز، تجزیه، انتقال و تشکیل فرم پیوسته با سایر ترکیبات کنترل می‌گردد (Korasick *et al*., 2013). با این حال روشن نیست که تأثیر هورمون‌های برون‌زا بر رشد گیاه به‌صورت مستقیم بوده و یا در ارتباط با تأثیر آن‌ها بر هورمون‌های درون‌زای گیاه می‌باشد (Szalai *et al*., 2011). در بیش‌تر بافت‌ها اکسین درون‌زا به‌طور مشخصی به مقادیر مختلف اکسین برون‌زا پاسخ می‌دهد (Zhou *et al*., 2017). سطوح بالای اکسین درون‌زا ممکن است اثرات بازدارنده داشته باشند، لذا سطوح بهینه درون‌زای این هورمون باید کنترل گردد. بر اساس یافته برخی محققین غلظت سالسیلیک اسید درون‌زا، سه روز پس از کاربرد برون‌زای سالسلیک اسید، به حداکثر رسید و پس از هفت روز غلظت آن کاهش و نظیر گیاهان شاهد گردید (Cai *et al*., 2018). از این رو به‌طور دقیق مشخص نیست که کدام غلظت هورمون موجب پاسخ در سلول می‌گردد. لذا تعیین غلظت مؤثر هورمون امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. هر چند که گونه گیاهی و زمان خیساندن نیز در این میان در بروز نتایج مختلف نقش دارند. هدف از این تحقیق تعیین

غلظت بهینه هورمون جیبرلین و اکسین جهت پرایمینگ بذور ذرت رقم فجر و بررسی اثرات آن‌ها بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه گروه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، در سال زراعی ۹۸-۹۷، با هدف تعیین برخی خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای ذرت رقم هیبرید فجر (SC.260) تحت تأثیر غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده‌های رشد، طی دو آزمایش جداگانه انجام گرفت. بذور ذرت از موسسه تحقیقات غلات اهواز تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، بذور در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی شده و سپس با آب مقطر شستشو داده و تا رسیدن به رطوبت اولیه (۱۴ درصد) خشک شدند.

بذور ذرت در غلظت‌های مختلف (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام) اکسین و جیبرلین به‌طور جداگانه برای هر هورمون برای مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند. پس از اعمال تیمارها بذور با آب مقطر شستشو داده شده و در دمای آزمایشگاه ۲ ± ۲۷ برای مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. آزمایش در دو مرحله آزمایشگاهی و گلدانی انجام گرفت. در مرحله آزمایشگاهی تعداد ۲۵ عدد بذر برای هر تکرار در پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر روی کاغذ صافی قرار داده شده و بعد از اعمال تیمارهای هورمون‌پرایمینگ به ژرمیناتور مدل (A-600) با دمای ۱۰ درجه سلسیوس منتقل شدند. در آزمایش گلدانی نیز همین تعداد بذر پس از اعمال تیمارها در گلدان‌های پلاستیکی کشت و پس از سه هفته برداشت شدند. آزمایش‌ها بر پایه طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار انجام شدند. شمارش بذور جوانه‌زده در مرحله آزمایشگاهی تا ۱۰ روز ادامه داشت (Kaur *et al*., 2005). بذوری که طول ریشه‌چه آن‌ها به دو میلی‌متر می‌رسید، جوانه‌زده محسوب می‌شدند. شاخص جوانه‌زنی و ضریب یکنواختی سبزشدن از روابط ۱ و ۲ (Agrawal, 2004)، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T50) از رابطه ۳ (Coolbear *et al*., 1980) و میانگین زمان جوانه‌زدن (MGT) از رابطه ۴ (Ellis and Roberts, 1981) محاسبه شدند. قبل از تجزیه عمل نرمال‌سازی و تبدیل به جذر در خصوص بذور جوانه‌زده انجام گرفت.

$$GI = \sum(\frac{n}{d}) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه n تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان d و d روزهای پس ار کاشت

$$CUE = n / \Sigma [(T - t)^2 \times n] \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این رابطه CUE، ضریب یکنواختی سبزشدن، T، میانگین زمان جوانه‌زدن، t، زمان به روز، n، تعداد بذوری که خروج آن‌ها در روز tام کامل شده است.

$$T50 = t_i + \frac{\frac{(N+1)}{2} - n_i}{n_j - n_i} \times (t_j - t_i) \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در روابط فوق N تعداد کل بذور جوانه‌زده در پایان آزمایش، n_i و n_j تعداد تجمعی بذور جوانه‌زده طی دو شمارش متوالی در روزهای t_i و t_j زمانی که $n_i < \frac{N}{2} <$ n_J باشد.

$$MGT = \sum(nt)/\sum n \quad \text{(رابطه ۴)}$$

در رابطه فوق n تعداد بذور جوانه‌زده و t زمان به روز است.

فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز، میزان قندهای محلول و احیایی مربوط به آزمایش گلدانی، ۲۴ ساعت پس از اعمال هورمون‌پرایمینگ بررسی شدند. جهت بررسی فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز از ۰/۲ گرم بافت بذر استفاده شد. ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول شش میلی‌مولار بافر پتاسم فسفات (pH=7) به بافت گیاهی اضافه شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دور g ۱۰۰۰۰ در دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. جهت اندازه‌گیری فعالیت آلفاآمیلاز ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به داخل لوله آزمایش منتقل شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده به آن اضافه و بعد از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷ درجه سلسیوس به‌وسیله یک میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن اضافه شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (DR 6000) در طول موج ۶۲۰ نانومتر قرائت شد (Varavinit *et al*., 2002).

برای اندازه‌گیری قندهای محلول ۴۰ میلی‌گرم بافت بذری در لوله‌های پلی‌اتیلن با پنج میلی‌لیتر اتانل ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن ماری) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. عصاره الکلی به‌دست‌آمده، به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور g۱۰۰۰۰ در دقیقه

سانتریفوژ گردید و محلول شفاف به‌دست‌آمده حاوی قندهای محلول به یک بشر منتقل شد. میزان جذب نور پس از سردشدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Hedge and Hofreiter., 1962). برای اندازه‌گیری قندهای احیایی ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره تغلیظ‌شده حاوی قندهای محلول با ۱/۵ میلی‌لیتر از معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید مخلوط شده و به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از آن بلافاصله ۰/۵ میلی‌لیتر پتاسیم سدیم تارتارات ۴۰ درصد به آن افزوده شد و پس از سردکردن، جذب نور در طول موج ۵۷۵ نانومتر قرائت شد (Miller., 1959). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی

اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد و بر سایر خصوصیات نظیر میانگین زمان جوانه‌زدن، درصد نهایی جوانه‌زدن، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). شاخص‌های عنوان‌شده از عوامل تعیین‌کننده بنیه بذر بوده و تضمین‌کننده بهبود کارایی و توانمندی گیاهچه هستند. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص جوانه‌زنی به‌ترتیب با ۳۹/۹۸ و ۱۹/۲۲ در تیمارهای هورمون اسید جیبرلیک و اکسین ۲۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد (جدول ۲). این شاخص در تیمار شاهد ۳۱/۲۱ بود که با جیبرلین۲۰ تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی با زمان تقریبی بیش از یک روز در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ پی‌پی‌ام اسید جیبرلیک به‌دست آمد. بیش‌ترین زمان نیز با ۲/۴ روز در تیمار شاهد ثبت گردید، که با غلظت‌های ۴۰ و ۶۰ پی‌پی‌ام اکسین و همین‌طور ۶۰ پی‌پی‌ام جیبرلین در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۲). کم‌ترین میانگین زمان جوانه‌زدن با ۱/۹۶ روز در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین و بیش‌ترین زمان متعلق به اکسین ۶۰ پی‌پی‌ام با ۴/۳۳ روز بود، که البته با غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام آن اختلاف معنی‌داری نداشت. در تیمار شاهد میانگین زمان جوانه‌زدن ۳/۵۹ روز بود. بالاترین درصد جوانه‌زدن با بهبود ۲۴ درصدی نسبت به شاهد در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین ثبت شد و با تیمار ۴۰ پی‌پی‌ام آن اختلاف معنی‌دار نداشت. کم‌ترین درصد جوانه‌زنی هم در تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام اکسین مشاهده شد (جدول ۲). برخی محققین گزارش کردند که کاربرد برون‌زای اکسین موجب تأخیر در جوانه‌زنی گندم و سویا شده است (Shuai *et al*., 2017; Emem *et al*., 2017). این محققین عنوان کردند که اکسین می‌تواند از طریق افزایش مسیر بیوسنتز آبسزیک اسید و اثر منفی بر سنتز جیبرلیک اسید مانع جوانه‌زنی بذور سویا گردد (Shuai *et al*., 2017). کم‌تر بودن زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زدن و افزایش بذور جوانه‌زده در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلیک اسید، به‌نظر می‌رسد که با تولید و استفاده کارآمد از متابولیت‌های جوانه‌زنی (Lee and Kim, 2000; Basra *et al*., 2005)، ترمیم ژنتیکی بهتر، سنتز زودتر و سریع‌تر DNA، RNA و پروتئین‌ها (Bray *et al*., 1989) مرتبط است. افضل و همکاران (Afzal *et al*., 2002) گزارش کردند که هورمون‌پرایمینگ با جیبرلین در مقایسه با هیدروپرایمینگ در رابطه با خروج و جوانه‌زنی زودتر و همزمان هیبرید ذرت موثرتر است. در ذرت شیرین، غوطه‌وری بذور در محلول اسید جیبرلیک موجب بهبود بنیه و قدرت حیات تا ۶۰ روز گردید (Rivera *et al*., 2011). این اثرات مثبت در بذور گندم (Ghobadi *et al*., 2012) و چاودار (Ansari *et al*., 2013) گزارش شده است. از طرفی مشاهده شده که هورمون‌پرایمینگ با محلول جیبرلیک اسید موجب کاهش درصد سبزشدن گیاهچه‌ها شده است، محقق بر این باور است که پس از اعمال تیمار، احتمالا محتوای درونی جیبرلین بذور به اندازه کافی بوده، بنابراین کاربرد خارجی هورمون ممکن است اثر بازدارنده داشته است (Scalen *et al*., 2006). علاوه بر این، کاربرد جیبرلین در غلظت‌های بالا ممکن است اثر معکوس داشته و موجب تسریع فرایند زوال بذر و به خطر انداختن پتانسیل فیزیولوژیک بذر شود (Marcos-Filho, 2015).

کم‌ترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌ترتیب با ۲۴/۱۵ و ۸/۱ میلی‌متر در تیمار۶۰ پی‌پی‌ام اکسین مشاهده شد که با سایر تیمارهای این هورمون در یک گروه آماری قرار گرفت. این مقادیر برای تیمار شاهد به‌ترتیب ۶۳/۵۸ و ۱۱/۰۳ میلی‌متر بود (جدول ۲). مقایسات صفات نشان داد که در خصوص طویل‌شدن ساقه‌چه و ریشه‌چه هورمون جیبرلیک اسید نسبت به اکسین موثرتر بوده، این نتیجه با

یافته چاکابارتی و مخرجی (Chakabarti and Mukherji., 2003) مطابقت دارد. در رابطه با تعداد ریشه‌های ثانویه بین تیمارهای اسید جیبرلیک و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری یافت نشد (جدول ۲). بررسی نتایج نشان داد که بذور تیمارشده با جیبرلین نسبت به اکسبن از توانمندی بهتری برخوردار بودند. از طرفی غلظت‌های بالا در هر دو هورمون مانند غلظت‌های پایین مناسب نبوده و موجب کاهش شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده نظیر، شاخص جوانه‌زدن، درصد نهایی جوانه‌زدن، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه شدند. البته این رویداد در تیمارهای مربوط به اکسین بسیار شدیدتر بود و علت آن احتمالا ناشی از بیوسنتز هورمون‌ها یا به‌دلیل سنتز و فعالیت آنزیم‌ها می‌باشد (Haroun *et al*., 1991; Haque and Haque, 2002). بر اساس یافته تایز و زایگر (Taiz and Zeiger, 2013)، سطح درونی اکسین در منطقه طویل‌شدن ریشه یک گیاه سالم و نرمال در حد بهینه برای رشد است، پاشش خارجی هورمون اکسین منجر به تحریک کم و مختصر رشد و گاهی حتی بازداری آن می‌گردد. از جدول دو می‌توان دریافت که هورمون جیبرلیک اسید در رابطه با صفات بررسی‌شده نظیر شاخص جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زدن نسبت به اکسین موثرتر است. توانمندی بهتر بذور پرایم‌شده با جیبرلیک اسید ۲۰ پی‌پی‌ام، نسبت به سایر تیمارها احتمالا به‌دلیل حفظ محتوای آب بافت‌ها، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانت‌ها و متابولیسم قندها می‌باشد (Farooq *et al*., 2008).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر هورمون‌پرایمینگ بر شاخص جوانه‌زنی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زدن، درصد نهایی جوانه‌زدن، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ذرت رقم هیبرید فجر

Table1. Analysis of variance of hormonal priming on germination index, time taken to 50% germination, mean germination time, final germination percentage, radical and plumule length of maize cv. Fajr

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)					
		شاخص جوانه‌زنی GI	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی T50	میانگین زمان جوانه‌زدن MGT	درصد نهایی جوانه‌زدن FGP	طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length
تیمار Treatment	6	0.238$^{××}$	0.033$^{××}$	3.856$^{×}$	0.26$^{×}$	4937.8$^{×}$	38.969$^{×}$
خطا Error	21	0.156	0.001	0.745	0.017	199.887	3.895
CV(%) ضریب تغییرات		9.59	3.74	11.58	8.75	15.78	10.99

$^{×}$ و $^{××}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

$^{×}$ and $^{××}$ indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively.

GI، T50، MGT و FGT به‌ترتیب مخفف Germination Index، Time taken to 50% germination، Mean germination time و Final germination percentage

بررسی خصوصیات گیاهچه‌ای

اثر تیمار هورمون‌پرایمینگ بر میانگین زمان سبزشدن، درصد نهایی سبزشدن و زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن در سطح احتمال پنج درصد و بر سایر صفات شامل وزن تر و خشک گیاهچه، طول ساقه و ریشه، تعداد ریشه‌های ثانویه و خصوصیات فیزیولوژیک نظیر قندهای محلول کل، فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز و قندهای احیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کم‌ترین و بیش‌ترین زمان ثبت شده برای میانگین زمان سبزشدن با ۳/۱ و ۴/۴ روز و در رابطه با زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی با ۲/۰۲ و ۳۲/۳ روز به‌ترتیب متعلق به تیمارهای ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلیک اسید و ۶۰ پی‌پی‌ام اکسین بود. این مقادیر در تیمار شاهد ۲۷/۴ و ۱۲/۳ روز بود (جدول ۴). بیش‌ترین وزن تر و خشک گیاهچه نیز با افزایش ۳۸ و ۱۸ درصدی نسبت به شاهد در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین مشاهده شد.

کم‌ترین وزن تر و خشک گیاهچه نیز با ۱/۷ و ۸۷/۰ میلی‌گرم متعلق به تیمار ۶۰ پی‌پی‌ام اکسین بود (جدول ۴). افزایش در طول گیاهچه و وزن خشک بذور پرایم‌شده (در آب و با جیبرلیک اسید) ذرت و گندم نیز گزارش شده است (Ghobadi *et al*., 2012). بیش‌ترین و کم‌ترین طول ریشه و ساقه با ۱۳/۲۲ و ۱۱/۵۶ میلی‌متر در تیمار ۲۰ پی‌پی‌ام به‌دست آمد که با غلظت ۴۰ پی‌پی‌ام این تیمار اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین طول ریشه و ساقه نیز به‌ترتیب با ۱۰/۱۶ و ۸/۶۲ میلی‌متر متعلق به تیمار۶۰ پی‌پی‌ام اکسین بود. طول ریشه و ساقه در تیمار شاهد ۱۱/۳۴ و ۸/۲ میلی‌متر بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر هورمون‌پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی ذرت

Table2. Mean comparison of hormone priming on germinating traits of *Zea mays* L.

	تیمار Treatment	شاخص جوانه‌زنی GI	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (روز) T50 (days)	میانگین زمان جوانه‌زدن (روز) MGT (days)	درصد نهایی جوانه‌زدن FGP (%)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	تعداد ریشه‌های ثانویه No. of secondary root
اسید.جیبرلیک	20	39.98 ^{a}	1.065^{c}	1.965^{d}	99^{a}	89.18^{a}	11.63^{ab}	4^{a}
GA3 (ppm)	40	36.01^{a}	1.760^{b}	3.035^{c}	96^{a}	92.73^{a}	13.97^{a}	3.75^{ab}
	60	27.86 ^{b}	2.408^{a}	3.3609^{bc}	86^{b}	54.17^{b}	11.53^{b}	3.25^{ab}
	20	22.1^{c}	1^{c}	3.513^{abc}	76^{c}	30.68^{c}	7.47^{c}	3.5^{abc}
اکسین	40	19.64^{c}	2.42^{a}	4.205^{ab}	74^{c}	28^{c}	8.02^{c}	3.25^{bc}
IAA (ppm)	60	19.22^{c}	2.378^{a}	4.335^{a}	72^{c}	24.15^{c}	8.1^{c}	3^{c}
	شاهد Control	31.21^{ab}	2.4^{a}	3.59^{c}	75^{c}	63.58^{b}	11.03^{b}	3.4^{ab}
	LSD $_{(0.05)}$	4.33	0.38	0.86	6.39	16.72	2.33	0.63

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد

The same letters in each column indicate an insignificant difference at the *P=0.05* level

در رابطه با تعداد ریشه‌های ثانویه نیز بیش‌ترین تعداد با ۱۰/۹۷ متعلق به جیبرلین ۲۰ پی‌پی‌ام بود، کم‌ترین تعداد نیز با ۷/۱ ریشه در تیمار اکسین ۶۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). برتری صفات اندازه‌گیری‌شده در بذور تیمارشده با هورمون نسبت به تیمار شاهد (عدم پرایم) می‌تواند ناشی از سبزشدن زودتر گیاهچه باشد، همان‌گونه که شاخص‌های مربوط به زمان ۵۰ درصد سبزشدن و میانگین زمان سبزشدن، این تمایز را نشان داد (جدول ۴). این نتایج با گزارش دیگر محققین در رابطه با ذرت همسو است (Murray, 1990).

بذور پرایم‌نشده ذرت گیاهچه‌های ضعیف‌تری را به لحاظ وزن تر و خشک و طول ریشه و ساقه تولید کردند و این احتمالا" ناشی از کاهش سبزشدن و طولانی‌ترشدن زمان سبزشدن گیاهچه‌ها است. سبزشدن کم‌تر گیاهچه‌ها در بذور شاهد ممکن است، به دلیل خسارت ناشی از دمای پایین آب طی دوره آبنوشی (Cohn and Obendorf, 1978) و یا فعالیت کم‌تر آنزیم آلفاآمیلاز و به‌دنبال آن پایین‌بودن غلظت قندهای محلول کل و احیایی باشد (شکل ۱). افزایش فعالیت آلفاآمیلاز در بذور پرایم‌شده با هورمون احتمالا ناشی از آبگیری مناسب طی دوره خیساندن باشد که منجر به افزایش هیدرولیز نشاسته شده است. این رویداد نشان می‌دهد که نشاسته در حال تبدیل به قندهای احیایی است. اثر افزایش هیدرولیز نشاسته به دنبال هورمون‌پرایمینگ طی فرایند خشک‌کردن مجدد از دست نرفت و آثار آن را می‌توان در جوانه‌زنی سریع‌تر، افزایش هم‌زمانی جوانه‌زدن، وزن خشک بیش‌تر گیاهچه‌ها و تعداد بیش‌تر ریشه‌های ثانویه یافت (جدول ۴). بیش‌ترین میزا ن قند محلول و احیایی به‌ترتیب با ۹۰ و ۵۴ میلی‌گرم بر گرم بذر در تیمار هورمونی ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین و کم‌ترین مقدار با ۳۳ و ۴/۲۲ میلی‌گرم بر گرم بذر در تبمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آلفاآمیلاز نیز با ۱/۳۰ و ۱۹ نانومول بر بذر در دقیقه به‌ترتیب در تیمارهای ۲۰ پی‌پی‌ام جیبرلین و شاهد یافت شد (شکل ۱). این نتایج با یافته‌های دیگر محققین در رابطه با افزایش فعالیت آلفاآمیلاز که منجر به افزایش محتوای قندهای کل و احیایی به دنبال تیمار آب‌گیری شده، مطابقت دارد (Lee and Kim,. 2000). در بذور ذرت شیرین اسموپرایمینگ موجب افزایش فعالیت α و β آمیلاز شده (Sung and Chang, 1993) و اسموپرایمینگ موجب افزایش سنتز پروتئین در بذور گندم گردید (Dell' Aquila and Spada, 1992).

نتیجه‌گیری

تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای هورمون‌پرایمینگ در هر دو تحقیق آزمایشگاهی و گلدانی یافت شد. غلظت بالای هورمون‌های کاربردی به‌ویژه اکسین بر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده چه در مرحله جوانه‌زنی و چه در مرحله گیاهچه‌ای اثر بازدارندگی داشتند. این رویداد نشان‌دهنده این است که غلظت‌های کم‌تر جیبرلین موجب افزایش فعالیت آنزیمی شده و شرایط مناسبی برای جوانه‌زنی و همین‌طور رشد ریشه و ساقه به‌وجود آورد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر هورمون‌پرایمینگ بر میانگین زمان سبزشدن، درصد نهایی سبزشدن، زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن، وزن تر و خشک گیاهچه، طول ریشه و ساقه، تعداد ریشه‌های ثانویه، محتوای قندهای محلول و احیایی و میزان فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در ذرت رقم هیبرید فجر

Table3. Analysis of variance of hormonal priming on mean emergence time, final emergence percentage, time taken to 50% emergence, seedling fresh and dry weight, root and shoot length, number of secondary root, reduced and soluble sugars content and α-amylase activity of maize cv. Fajr

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)										
		میانگین زمان سبزشدن MET	درصد نهایی سبزشدن FEP	زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن E50	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	طول ریشه Root length	طول ساقه Shoot length	تعداد ریشه‌های ثانویه No. of secondary root	قندهای محلول کل Total Soluble Sugars	آلفا آمیلاز α-amylase	قندهای احیایی Reduced sugars
تیمار Treatment	6	0.9423$^{\times}$	9.576$^{\times}$	0.0934$^{\times}$	4.1214$^{\times\times}$	1.124$^{\times\times}$	1.506$^{\times\times}$	0.157$^{\times\times}$	0.742$^{\times\times}$	16.3$^{\times\times}$	3.14$^{\times\times}$	14.23$^{\times\times}$
خطا Error	21	0.2299	3.479	0.005	1.062	0.411	0.215	0.0218	0.008	9.3	0.25	2.1
ضریب تغییرات CV(%)		8.25	8.66	8.15	9.25	7.15	6.14	10.86	11.2	10.4	5.7	8.4

$^{\times}$ و $^{\times\times}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

$^{\times}$ and $^{\times\times}$ indicate significant at 5 and 1% probability level, respectively.

MET ،E50 و FEP به‌ترتیب مخفف Time taken to 50% emergence ،Mean emergence time و Final emergence percentage

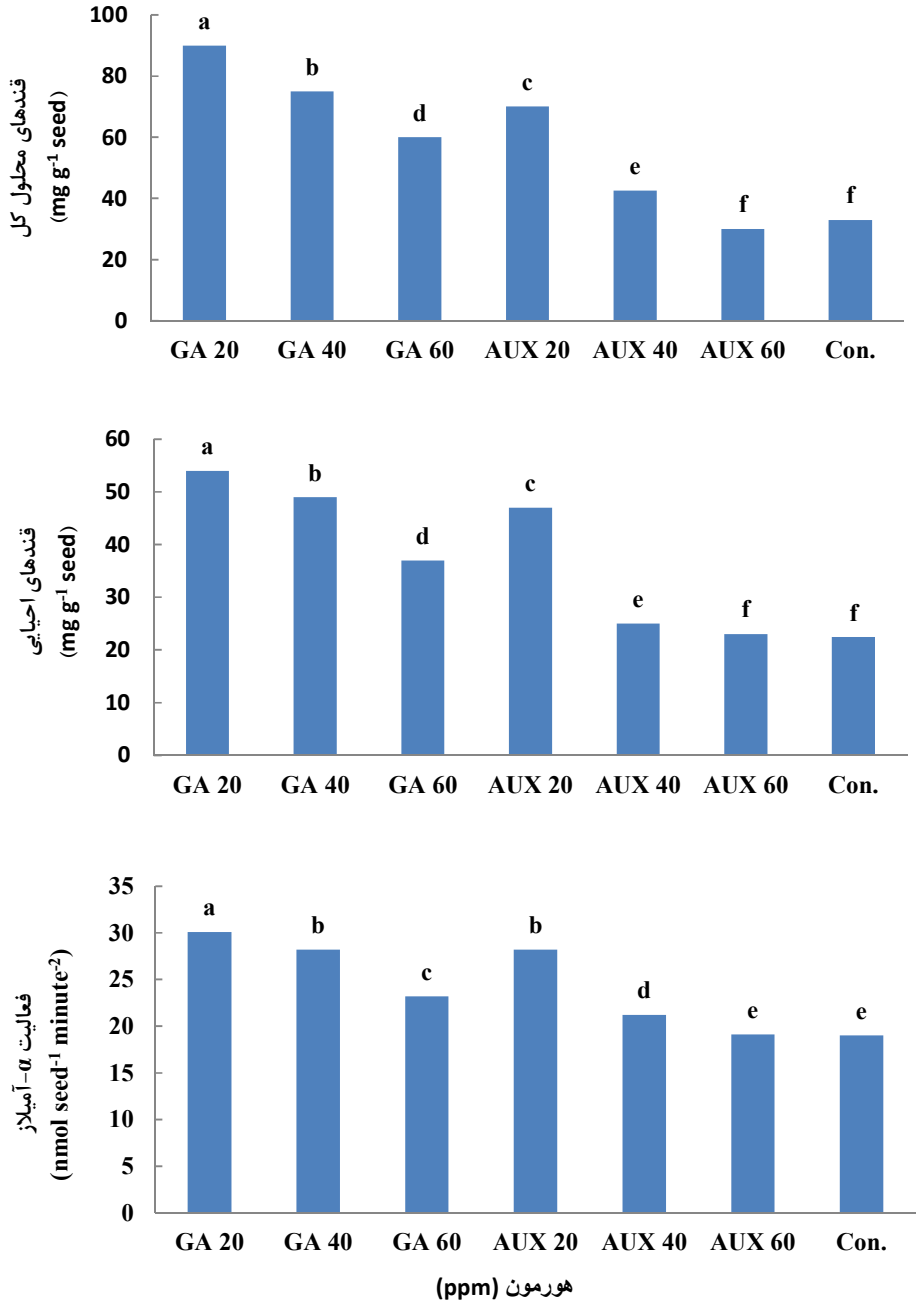
جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر هورمون‌پرایمینگ بر خصوصیات رشدی گیاهچه ذرت

Table4. Mean comparison of hormone priming on growth characteristics of maize.

	تیمار	میانگین زمان سبزشدن (روز) MET (days)	درصد نهایی سبزشدن FEP (%)	زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن (روز) E50 (days)	وزن تر گیاهچه (گرم) Seedling fresh weight (g)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)	طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm)	طول ساقه (سانتی‌متر) Shoot length (cm)	تعداد ریشه‌های ثانویه No. of secondary root
اسید جیبرلیک GA_3	20	4.4 ^{a}	98.67 ^{a}	2.02 ^{d}	9.25 ^{ab}	1.46 ^{a}	13.22 ^{a}	11.56 ^{a}	10.97 ^{a}
	40	4.28 ^{a}	97.33 ^{a}	2.24 ^{cd}	9.81 ^{a}	1.13 ^{bc}	13.22 ^{a}	11.08 ^{ab}	10 ^{ab}
	60	4.14 ^{a}	94.67 ^{a}	2.67 ^{bc}	8.33 ^{ab}	1.9 ^{bcd}	11.38 ^{b}	10.94 ^{ab}	8.7 ^{b}
اکسین IAA	20	3.59 ^{b}	94.67 ^{a}	2.49 ^{bcd}	9.69 ^{a}	1.21 ^{b}	13.18 ^{a}	10.38 ^{bc}	9.73 ^{ab}
	40	3.49 ^{b}	70.4 ^{c}	2.87 ^{ab}	7.903 ^{bc}	1 ^{cd}	12.2 ^{a}	9.423 ^{cd}	8.7 ^{b}
	60	3.1 ^{c}	85.33 ^{b}	3.32 ^{a}	6.913 ^{c}	0.93 ^{d}	10.16 ^{b}	8.623 ^{d}	7.1 ^{c}
شاهد Control		4.27 ^{a}	69.33 ^{c}	3.12 ^{a}	7.1 ^{bc}	0.87 ^{d}	11.34 ^{b}	8.2 ^{d}	7 ^{c}
LSD=$_{(0.05)}$		0.37	8.72	0.47	1.52	0.18	1.23	1.08	1.49

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

The same letters in each column indicate an insignificant difference at the *P=0.05* level.



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف هورمونی بر محتوای قندهای محلول کل و فعالیت آنزیم α-آمیلاز **در گیاهچه‌های ذرت رقم فجر**

GA، AUX و Con. مخفف اسید جیبرلیک، اکسین و کنترل می‌باشند

Figure 1. Total soluble sugar contents and α-amylase activity of maize cv. Fajr as affected by different seed priming techniques. GA, AUX and Con. abbreviated of Gibberellic acid, Auxin and Control

به‌طوری‌که غلظت ۲۰ و پس از آن ۴۰ پی‌پی‌ام این هورمون بر شاخص‌هایی نظیر میانگین زمان جوانه‌زدن و سبزشدن گیاهچه، زمان رسیدن تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و سبزشدن، درصد نهایی جوانه‌زدن و سبزشدن، طول ریشه و ساقه و تعداد ریشه‌های ثانویه از طریق افزایش محتوای قندهای محلول و احیایی و همین‌طور افزایش فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز بسیار موثر و کارآمد بوده و موجب افزایش بنیه بذور ذرت هیبرید فجر گردیدند.

تشکر و قدردانی

نگارندگان از مسئولین دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، تشکر و قدرانی می‌نمایند.

منابع

Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, N., Cheema, M.A., Warriach, E.A. and Khaliq, A. 2002. Effect of priming and growth regulator treatment on emergence. International Journal of Agriculture and Biology, 4: 306–306. **(Journal)**

Afzal, I., Basra, S.M.A., Shahid, M. and Saleem, M. 2008. Physiological enhancements of spring maize (*Zea mays* L.) under cool conditions. Seed Science and Technology, 36: 497-503. **(Journal)**

Agrawal, R.L. 2004. Seed technology. Oxford and IBH Publishing Co. LTD. New Delhi. **(Book)**

Akbari, G., Sanavy, S.A. and Yousefzadeh, S. 2007. Effect of Auxin and Salt stress (NaCl) on Seed Germination of Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biology Science, 10: 2557-2561. **(Journal)**

Alonso-Ramírez, A., Rodríguez, D., Reyes, D., Jiménez, J.A., Nicolás, G., López-Climent, M., Gómez-Cadenas, A. and Nicolás, C. 2009. Evidence for a role of gibberellins in salicylic acid-modulated early plant responses to abiotic stress in Arabidopsis seeds, Plant Physiology, 150(3): 1335-1344. **(Journal)**

Ansari, O., Azadi, M.S., Sharif-Zadeh, F. and Younesi, E. 2013. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum* L.) seeds under drought stress conditions. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 9(3): 61-71. **(Journal)**

Bakht, J., Shafi, M., Jamal, Y. and Sher, H. 2011. Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. Spanish Journal of Agricultural Research, 9: 252- 261. **(Journal)**

Basra, S.M.A., Farooq, M. and Tabassum, R. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). Seed Science and Technology, 33: 623-628. **(Journal)**

Basra, S.M.A., Farooq, M., Wahid, A. and Khan, M.B. 2006. Rice Seed Invigoration by Hormonal and Vitamin Priming. Seed Science and Technology, 34: 775-780. **(Journal)**

Blackshaw, R.E. 1991. Soil temperature and moisture effects on downy brome vs. winter canola, wheat and rye emergence. Crop Science, 31: 1034-1040. **(Journal)**

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticultural Science, 21: 1105-1112. **(Journal)**

Bray, C.M., Davison, P.A., Ashraf, M. and Taylor, R.M. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. Annals of Botany, 36: 185-193. **(Journal)**

Cai, T., Meng, X., Liu, X., Liu, T., Wang, H., Jia, Z., Yang, D. and Ren, X. 2018. Exogenous hormonal application regulates the occurrence of wheat tillers by changing endogenous hormones. Frontiers in Plant Science, 9: Article number 1886. **(Journal)**

Chakrabarti, N. and Mukherji, S. 2003. Effect of Phytohormone pretreatment on nitrogen metabolism in *Vigna radiate* under salt stress. Plant Biology, 46: 63- 66. **(Journal)**

Cohn, M.A. and Obendorf, R.L. 1978. Occurrence of a stelar lesion during imbibitional chilling of *Zea mays* L. American Journal of Botany, 65: 50-56. **(Journal)**

Coolbear, P., Grierson, D. and Heydecker, W. 1980. Osmotic pre-sowing treatments and nucleic acid accumulation in tomato seeds (*Lycopersicon lycoperciscum* L.). Seed Science and Technology, 8: 289-303. **(Journal)**

Dell' Aquila, A. and Spada, P. 1992. Regulation of protein synthesis in germinating wheat embryos under polyethylene glycol and salt stress. Seed Science and Research, 2: 75-80. **(Journal)**

Ellis, R.A. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409. **(Journal)**

Emem, O., Akeem, A.A., Fawibe, O., Tolulope, A., Oluwasey, A. and David, A. 2017. Effects of phytohormone on seed germination, seedling vigour and the phytochemical contents of three cucurbits. Asian Journal of Crop Science, 9:63–70. **(Journal)**

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A. and Rehman, H. 2008. Chilling Tolerance in Hybrid Maize Induced by Seed Priming with Salicylic Acid. Journal Agronomy of Crop Science, 194: 161-168. **(Journal)**

Farooq, M.S., Basra, M.A., Rehman, H., Ahmad, N. and Saleem, B.A. 2007. Osmo priming with salicyclic acid improves the germination and early seedling growth of melons (*Cucumis melo* L.). Pakistan Journal of Agricultural Science, 44: 529–533. **(Journal)**

Ghobadi, M., Abnavi, M.S., Honarmand, S.J., Ghobadi, M.E. and Mohammadi, G.R. 2012. Effect of hormonal priming (GA3) and osmopriming on behavior of seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science, 4(9): 244-250. **(Journal)**

Haroun, S.A., Badawy, A.H. and Shukry, W.M. 1991. Auxin induced modification of *Zea mays* and *Lupinus termis* seedlings exposed to water stress imposed by polyethylene glycol (PEG 6000). Science Journal, 18: 335-403. **(Journal)**

Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T. 1962. Carbohydrates Chemistry. Ed. 17. Academic Press, New York. **(Book)**

Hoque, M. and Haque, S. 2002. Effects of GA3 and its mode of application on morphology and yield parameters of mung bean (*Vigna radiate* L.). Pakistan Journal of Biology Science, 5: 281-283. **(Journal)**

Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 91: 81-87. **(Journal)**

Korasick, D.A., Enders, T.A. and Strader, L.C. 2013. Auxin biosynthesis and storage form. Journal of Experimental Botany, 64: 2541–2555. **(Journal)**

Lee, S.S. and Kim, J.H. 2000. Total sugars, α-amylase activity, and germination after priming of normal and aged rice seeds. Korean Journal of Crop Science, 45: 108-111. **(Journal)**

Livingston, N.J. and De Jong, E. 1990. Matric and osmotic potential effects on seedling emergence at different temperatures. Agronomy Journal, 82: 995-998. **(Journal)**

Marcos-Filho, J. 2015. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ. **(Book)**

Miller, G.I. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. Analytical Chemistry, 31: 426-428. **(Journal)**

Murray, G.A. 1990. Priming sweet corn seed to improve emergence under cool conditions. Horticulture Science, 25: 231-239. **(Journal)**

Rivera, A.A.C., Pinho, R.G.V., Guimaraes, R.M., Veiga, A.D., Pereira, G.L. and Pinho, I.V. 2011. Efeito do ácido giberélico na qualidade fisiológica de sementes redondas de milho doce, sob diferentes condições de armazenamento. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 10(3): 247-256. **(Journal)**

Rood, S.B., Buzzell, R.I., Major, D.J. and Pharis, R.P. 1990. Gibberellins and heterosis in maize: quantitative relationship. Crop Science, 30: 281–286. **(Journal)**

Scalon, S.P.Q., Mussury, R.M., Scalon Filho, H., Francelino, C.S.F. and Florencio, D.K.A. 2006. Armazenamento e tratamentos prégerminativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). Revista Árvore, 30(2): 179-185. **(Journal)**

Shuai, H., Meng, Y., Luo, X., Chen, F., Zhou, W., Dai, Y., Qi, Y., Du, J., Yang, H., Liu, J., Yang, W. and Shu, K. 2017. Exogenous auxin represses soybean seed germination through decreasing the gibberellin/abscisic acid (GA/ABA) ratio. Scientific Reports 7: Article number 12620. **(Journal)**

Sung, F.J. and Chang, Y.H. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Science and Technology, 21: 97-105. **(Journal)**

Szalai, G., Horgosi, S., Soos, V., Majlath, I., Balazs, E. and Janda, T. 2011. Salicylic acid treatment of pea seeds induces its de novo synthesis. Journal of Plant Physiology, 168: 213–219.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2013. Fisiologia vegetal. 5 ed. Porto Alegre: Artmed. **(Book)**

Varavinit, S., Chaokasem, N. and Shobsngob, S. 2002. Immobilization of a thermostable alpha-amylase. Science Asia, 28: 247-251. **(Journal)**

Zheng, G.H., Wilen, R.W., Slinkard, A.E. and Gusta, L.V. 1994. The enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. Crop Science, 34: 1589-1593. **(Journal)**

Zhou, Y., Tong, Y., Jiao, Z., Yi-tao, N.W., Qi, W., Fei, S., Wen-Juan, X.U. and Rui-dong, H. 2017. Effects of exogenous IAA application on endogenous hormone contents and tillering in sorghum. Chinese Journal of Ecology, 36:2191–2197. **(Journal)**

Effect of seed priming hormone on germination characteristics and seedling growth of Zea *mays* L.

Abbas Ghanbari[1], Saeed Saeedipour[2*]

Received: July 10, 2021 Accepted: September 6, 2021

Abstract

The aim of this experiment was to determine the effect of different concentrations of gibberellin and auxin hormones on germination and germination characteristics of maize in laboratory and greenhouse conditions in the Faculty of Agriculture, Shoushtar Branch of Azad University in the 2018-2019. Both environments were a completely randomized design with four replications. Experimental treatments included seven treatments, different concentrations (20, 40 and 60 ppm) of gibberellin and auxin hormones and distilled water as a control and soaking time was 24 hours.In the laboratory section, a significant difference was observed among the treatments in relation to the measured traits. The highest and lowest germination indices with 39.98 and 19.22, respectively, were observed in gibberellic acid and auxin 20 and 60 ppm hormone treatments. The highest final germination percentage was recorded at 20 ppm gibberellin with a 24% improvement over the control.The highest radicle and plumule lengths belonged to 40 ppm gibberellin with 92.73 and 13.97 mm, respectively. In greenhouse section, the effect of hormonal treatments on all studied traits was significant. The highest wet and dry weight with 38 and 18% increase compared to the control was observed in 20 ppm gibberellin treatment. The highest amounts of soluble and reducing sugars were obtained with 90 and 54 $mg.g^{-1}$ seeds in the hormonal treatment of 20 ppm gibberellin, respectively, and the lowest values were obtained with 33 and 22.4 $mg.g^{-1}$ seeds in the control treatment. The highest α-amylase activity was recorded at 30.1 nmol per seed in 20 ppm gibberellin treatment. This study showed that hormone 20 ppm gibberellin were effective and efficient treatment in increasing the vigor of Fajr hybrid corn seeds.

Keywords: α-amylase; Auxin; Gibberellic acid; Soluble sugars; Soaking time

How to cite this article
Ghanbari, A. and Saeedipour, S. 2022. Effect of seed priming hormone on germination characteristics and seedling growth of *Zea mays* L. Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(1): 39-49. (In Persian)(Journal)
DOI: 10.22124/jms 2022.6144

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc student of Seed Science and Technology, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran. ghanbri_a@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Shoushtar, Iran. saeeds79@gmail.com
*Corresponding author: saeeds79@gmail.com