علوم و تحقیقات بذر ایران
سال ششم/ شماره اول/ ۱۳۹۸ (۷۸ - ۶۷)

DOI: 10.22124/jms.2019.3588

تأثیر پرایمینگ و تنش اسمزی بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک و چرخه گلی‌اکسیلات در بذر ذرت (*Zea mays* L.) هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴

سیده رقیه خاتمی[۱*]، محمد صدقی[۲]، رئوف سید شریفی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر انواع پرایمینگ بر میزان فعالیت آنزیم‌های چرخه گلی اکسیلات و هیدرولیتیک بذر ذرت (هیبرید SC704) تحت تنش اسمزی، آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی در سال ۱۳۹۳ در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی صورت گرفت. تیمارهای آزمایش، شامل ۴ سطح تنش اسمزی ایجاد شده با پلی‌اتیلن گلایکول (۰، ۳-، ۶- و ۹- بار) و ۵ سطح پرایمینگ (شاهد، هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هورموپرایمینگ و اسید آسکوربیک) با سه تکرار بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش اسمزی و پرایمینگ بر تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز درصد جوانه‌زنی و ایزوسیترات لیاز معنی‌دار بود. در سطح بدون تنش بالاترین سرعت جوانه‌زنی (۱۷/۵۵۶بذر در روز) مشاهده شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آمیلاز (۴/۴۳ واحد بر میلی‌گرم پروتئین)، لیپاز (۷۳/۲ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و پروتئاز (۲۰۷۱/۳ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) درتیمار هورمون پرایمینگ و سطح بدون تنش به دست آمد. کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم آمیلاز (۳/۱ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در تیمار اسموپرایمینگ و سطح خشکی ۹- بار بود، در حالی که کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز (۶۰/۳۶ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) و پروتئاز (۱۹۴۹ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در تیمار پرایمینگ شاهد و سطح خشکی ۹- بار مشاهده شد. بالاترین میزان فعالیت مالات سنتاز (۲/۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در تیمار هورمون پرایمینگ و خشکی شاهد و کم‌ترین آن (۱/۸۸ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در خشکی ۹- بار در پرایمینگ شاهد به دست آمد. با افزایش شدت تنش، سرعت جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیم-ها کاهش یافت. در شرایط تنش، پرایمینگ بذر با استفاده از اسید جیبرلیک تا حد زیادی موجب تحمل و جلوگیری از کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک و چرخه‌ی گلی اکسیلات در بذر ذرت گردید.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های هیدرولیتیک، چرخه گلی‌اکسیلات، ذرت، سرعت جوانه‌زنی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
* نویسنده مسئول: Agric.khatami@gmail.com

مقدمه

بر اساس آمار سازمان خواروبار جهانی تولید ذرت در دنیا ۶۰۴ میلیون تن با سطح زیر کشت ۱۴۰ میلیون هکتار است. این گیاه از نظر تولید بعد از گندم و برنج در رتبه‌ی سوم قرار دارد. سهم ایران در تولید ذرت ۲ میلیون تن و سطح زیر کشت آن ۳۵۰۰۰۰ هکتار است. با این حال میزان تولید بذر ذرت در ایران بسیار محدود می‌باشد (FAO, 2012).

تنش اسمزی به حالتی گفته می‌شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه گیاه به نقطه پژمردگی و یا کمتر از آن تقلیل یابد و در نتیجه آن گیاه زراعی قادر به جذب آب کافی نباشد و یا شدت تعرق به مدت زیادی از شدت جذب آب بیشتر شود (Moaveni and Changizi, 2008). ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در سال جزو این نواحی می‌باشد (Jajermi, 2009). جوانه‌زدن و ظهور گیاهچه احتیاج زیادی به انرژی دارد که به وسیله اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره‌ای بذر تامین می‌گردد. انرژی که در پیوندهای شیمیایی کربوهیدارت‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ذخیره شده است، توسط هضم و فسفریلاسیون تنفسی در میتوکندری‌ها آزاد می‌شود و مولکول‌های نوکلئوتید پرانرژی همچون آدنوزین تری فسفات (ATP) را به وجود می‌آورد (Sedghi, 2016). به‌طورکلی با ادامه دوره‌ی تنش اسمزی و کاهش پتانسیل آب خاک و گیاه تغییرات متابولیک بروز می‌کند که در نهایت موجب مرگ گیاه می‌شود (Hashemi Dezfoli *et al*., 1996).

پرایمینگ یکی از روش‌های افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی است. به آبگیری کنترل شده بذرها قبل از کاشت پرایمینگ گفته می‌شود که طی آن مراحل جذب آب طی می‌شود (McDonald, 2000). خیس کردن بذر در آب، برخی از فرآیندهای بیوشیمیایی لازم را برای آغاز فرآیند جوانه‌زنی مانند شکستن دورمانسی بذر، هیدرولیز و یا متابولیسم مواد بازدارنده، جذب آب و فعالیت آنزیمی را القا می‌کند (Abdulrahmani *et al*., 2012). مدت زمان مناسب پرایمینگ بین چند ساعت تا چند هفته و دمای مناسب برای پرایمینگ بین ۱۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بسته به گونه گزارش شده است (Fateh *et al*., 2011).

پرایمینگ قدرت جوانه‌زنی و رویش بذر را در شرایط برخورد با تنش اسمزی افزایش می‌دهد (Bradford, 1985). دمیرکایا و همکاران (Demir Kaya *et al*., 2006) گزارش کردند که پرایمینگ بذر می‌تواند تحت شرایط تنش‌های محیطی سبب بهبود روند واکنش‌های فیزیولوژیکی در بذر شود و در نتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی در این بذرها را به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارتقا دهد. بذرهای پرایم شده در مقایسه با بذرهای پرایم نشده با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند (Asgedom and Becker, 2001). جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها در چرخه زندگی گیاه مراحل بحرانی هستند و استقرار موفق گیاه وابسته به جوانه‌زنی سریع تحت شرایط تنش بستگی دارد (Windauer *et al*., 2007). طی عمل پرایمینگ افزایش سنتز پروتئین و فعال سازی آنزیم‌ها به ویژه هیدرولاز و آلفا آمیلاز در جنین رخ می‌دهد (Farooq *et al*., 2007). محمد و شهزا (Mohammad and Shahza, 2005) اظهار داشتند که پرایمینگ بذر برنج موجب بهبود تشکیل ریشه و در نتیجه آن، بهبود جذب نیتروژن و افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز در بذر می‌گردد.

هورمون‌های رشد گیاه، در بهبود جوانه‌زنی و به دنبال آن رشد و افزایش عملکرد در شرایط عادی و تنش، نقش چشم‌گیری دارند (Ashraf and Foolad, 2005). رضائی و همکاران (Rezayi *et al*., 2013) گزارش کردند که بیشترین میزان طول ساقچه مربوط به بذرهای پرایم شده با جیبرلین بود. شیخ نواز و همکاران (Sheikh Navaz, 2014)، گزارش کردند که تیمار اسید جیبرلیک موجب افزایش درصد جوانه‌زنی استویا شد، به‌طوری‌که حداکثر درصد جوانه‌زنی در هورمون پرایمینگ با پرایمینگ جیبرلین و در غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. اسید جیبرلیک با بالا بردن تقسیم سلولی موجب افزایش جذب مواد غذایی می‌گردد و بیشتر شدن جذب مواد موجب افزایش ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ و موارد دیگر خواهد شد. شاه و همکاران (Shah *et al*., 2006) اظهار داشتند که افزایش مولفه‌های رشدی گیاه منجر به دسترسی مسیرهای بیوسنتزی تولید کننده آنزیم‌ها و سایر ترکیبات خواهد شد.

طی مرحله جوانه‌زنی، پس از جذب آب و آماس، ترشح هورمون جیبرلین توسط جنین بذر و سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک صورت می‌گیرد که با فعالیت آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز، مواد ذخیره‌ای به مواد قابل انتقال (ساکارز) تبدیل و به جنین انتقال می‌یابند و عامل رشد جنین تلقی می‌شوند (Parera and Cantliffe, 1994). گزارش‌های متعدد پرایمینگ بذر را عامل افزایش ساخت RNA ریبوزومی، تولید بیشتر DNA میتوکندریایی، افزایش فعالیت آلفا و بتا آمیلاز و بهبود جوانه‌زنی تحت شرایط تنش شوری و تنش اسمزی معرفی کرده است (Bradford, 1986; Powell, 1998). جوانه‌زنی با شروع رویش ریشه‌چه آغاز می‌شود که آزمایش‌های مختلف نشان دهنده افزایش طول ریشه‌چه در تنش‌های خفیف است، چرا که اولین تغییرات جهت مقابله با تنش اسمزی افزایش رشد ریشه‌چه به منظور جذب حداکثر رطوبت است (Bagheri-Kazemabad and Sarmadnia, 2007).

تامین اسکلت کربنی برای سنتز کربوهیدرات‌ها تنها نقش چرخه گلی اکسیلات نیست. نشان داده شده است که این مسیر همچنین در میکروارگانیسم‌ها و گیاهان نقش آناپلورتیک دارد. چرخه گلی اکسیلات می‌تواند این نقش حیاتی را از طریق تولید خالص سوکسینات از استیل کوآ انجام دهد (Eastmond and Graham, 2001). چندین مطالعه نشان داده است که چرخه گلی اکسیلات در دانه‌های روغنی در حال جوانه‌زنی در جریان است (Kornberg and Krebs, 1957). اخیرا جداسازی جهش یافته‌های آرابیدوپسیس که فاقد فعالیت آنزیم‌های ایزوسیترات لیاز و مالات سنتاز هستند، اولین فرصت را برای آزمون عملکردهای پیشنهادی چرخه گلی اکسیلات در یک گونه دانه روغنی فراهم کرده است. مانند بسیاری از دانه‌های روغنی دیگر، یک رابطه قوی بین تجزیه چربی و ظهور آنزیم‌های ایزوسیترات لیاز و مالات سنتاز در طول رشد وجود دارد (Eastmond and Graham, 2001). هدف از این تحقیق بررسی اثر بهبود دهنده انواع پرایمینگ بر فعالیت آنزیمی بذر ذرت تحت تنش اسمزی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی میزان فعالیت آنزیم‌های چرخه گلی اکسیلات و هیدرولیتیک تحت تنش اسمزی و انواع پرایمینگ، آزمایشی بر روی بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (SC 704) در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذرهای ذرت از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان اردبیل در مغان که تولید سال ۱۳۹۲ بود، تهیه گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ۵ سطح پرایمینگ (شاهد، هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، هورمون پرایمینگ و ویتامین پرایمینگ) و ۴ سطح تنش اسمزی حاصل از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (در غلظت‌های صفر، ۳-، ۶- و ۹- بار) بود. تهیه محلول‌های اسمزی براساس فرمول میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) انجام شد.

برای انجام آزمون جوانه‌زنی ابتدا پتری‌ها به قطر ۱۴ سانتیمتر و کاغذهای صافی تهیه و در اتوکلاو و با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت سترون شدند. سپس بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی و فرایند پرایمینگ روی آن‌ها انجام گرفت. برای انجام پرایمینگ محلول‌هایی به شرح زیر آماده شد:

محلول هورمون پرایمینگ، محلول ۲۰ میلی‌گرم در لیتر جیبرلین بود. اسمو پرایمینگ با PEG 6000 انجام شد که با حل کردن ۲۵۳ گرم پلی‌اتیلن‌گلایکول در یک لیتر آب مقطر محلول مورد نظر بدست آمد. زمان پرایمینگ ۱۸ ساعت و بذرهای مربوط به هر تیمار تنش درون ۲۵۰ میلی لیتر محلول پرایمینگ قرار گرفتند. پس از اعمال پرایمینگ با محلول‌های مورد نظر بذرها در دمای معمولی اتاق خشک شدند. ۲۵ بذر پرایم شده ذرت در پتری روی یک کاغذ صافی قرار گرفت و آزمون جوانه‌زنی با استفاده از محلول PEG6000 در غلظت‌های مورد نظر به منظور اعمال تنش اسمزی استفاده گردید. ۲۵ بذر در پتری روی کاغذ صافی قرار گرفت و سپس یک لایه کاغذ صافی دیگر روی آن‌ها گذاشته شد و آزمون جوانه‌زنی (در دمای ۲۵ درجه به مدت

۷ روز) طبق قوانین انجمن بین‌المللی آزمون بذر[1] درون ژرمیناتور (شرکت ایران خود ساز مدل IKH. R) انجام شد (Anonymous, 2010).

صفات مورد اندازه‌گیری شامل درصد (خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر یا بیشتر) و سرعت جوانه‌زنی، فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک بذر شامل آلفا آمیلاز، لیپاز و پروتئاز و فعالیت آنزیم‌های چرخه گلی اکسیلات شامل ایزوسیترات لیاز و مالات سنتاز بودند.

برای به دست آوردن سرعت جوانه‌زنی با شروع جوانه‌زنی بذرها، هر روز جوانه‌های تولید شده تا روز هفتم شمارش شدند که برای ذرت این دوره ۷ روز گزارش شده است (Anonymous, 2010).

درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (ISTA, 2008).

$$GP= 100. (NG/NT) \quad \text{رابطه (۱)}$$

NG: تعداد بذور جوانه‌زده؛ NT: تعداد کل بذور

۱۰ عدد بذر به‌طور تصادفی از هر تیمار انتخاب و داخل کیسه‌های پلاستیکی سربسته در فریزر ۷۰- درجه نگهداری شد. برای تعیین فعالیت آنزیم‌های چرخه گلی اکسیلات نمونه‌ها در نیتروژن مایع به صورت دستی به وسیله هاون که از قبل سرد شده بود با ۰/۱۵ مولار Tris-Hcl (pH=7.5) که حاوی ۱ میلی مولار EDTA، ۲ میلی مولار DTT، ۱۰ میلی مولار KCl، ۱۰ میلی مولار $MgCl_2$ و ۰/۶ مولار ساکارز بود، هموژن گردید. محلول هموژن به مدت ۲۰ دقیقه و در ۱۲۰۰۰×g سانتریفیوژ شد. در روند تهیه عصاره آنزیمی تمام مراحل در دمای ۱-۴ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. فعالیت ایزوسیترات لیاز (ICL) طبق روش رانالدی و همکاران (Ranaldi *et al*., 2000) تعیین شد. میزان این آنزیم در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و طول موج ۳۲۴ نانومتر به مدت ۲ دقیقه با استفاده از اسپکتروفتومتر تخمین زده شد. فعالیت آنزیم مالات سنتاز (MS) طبق روش اصلاح شده کوپر و بیورز (Cooper and Beevers, 1969) اندازه-گیری گردید. میزان این آنزیم در طول موج ۴۱۲ نانومتر به مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

برای تعیین فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک بذرهای ذرت از روش‌های زیر استفاده شد:

فعالیت آلفا آمیلاز پنج روز پس از جوانه‌زنی و مطابق روش دومان (Duman, 2006) مشخص شد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با استفاده از نشاسته و با طول موج ۶۲۰ نانومتر بصورت میکروگرم نشاسته در گرم بر دقیقه ماده تر به دست آمد. سنجش فعالیت آنزیم پروتئاز، طبق روش هولوردا و راجرز (Holwerda and Rogers, 1992) اندازه‌گیری شد. این آنزیم که از نوع اندوپروتئاز است، بر مبنای واکنش با آزوکازئین قابل اندازه‌گیری است و میزان جذب روشناور در طول موج ۳۶۶ نانومتر ثبت شد. سنجش فعالیت آنزیم لیپاز به روش کالورومتری (رنگ سنجی) تعیین گردید (Huang, 1985).

کلیه تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS9.1 انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که اثر متقابل تیمار تنش اسمزی و پرایمینگ بر تمام صفات به جز ایزو سیترات لیاز و درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود. در مورد ایزوسیترات لیاز فقط اثر ساده تنش اسمزی و پرایمینگ معنی‌دار بود (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) فقط اثر ساده تنش اسمزی بر درصد جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن نشان داد که حداکثر درصد جوانه‌زنی در تنش منفی ۳ بار به دست آمد که با تنش شاهد و منفی ۶ بار تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار درصد جوانه‌زنی نیز در تنش اسمزی منفی ۹ بار به دست آمد (شکل ۱).

که با مطالعات مویدی شهرکی و همکاران (Moayedi Shahraki *et al*., 2009) در مورد گونه گاودانه (*Vicia ervilia* L.) مشابهت دارد. تنش اسمزی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، حرکت و انتقال ذخایر بذر و نیز با تاثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین جنین جوانه‌زنی را

[1]International Seed Testing Association (ISTA)

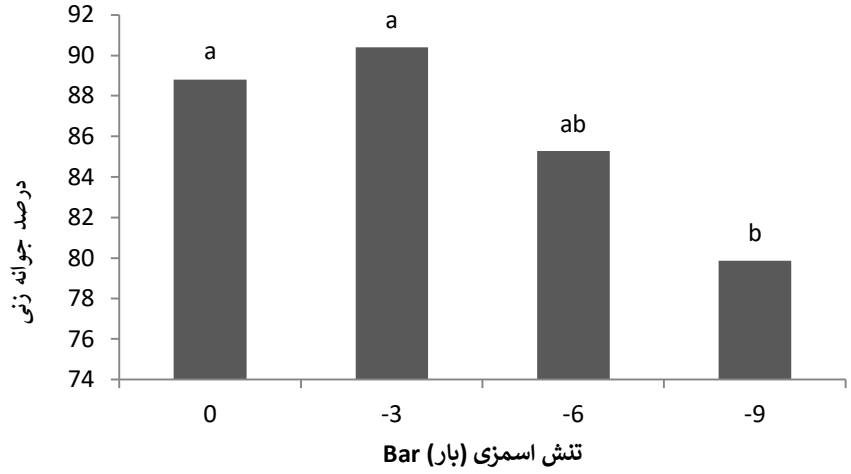
جدول۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد ارزیابی ذرت

Table 1. Variance analysis of the effect experimental treatments on evaluated characteristics of corn

		Mean of Squares میانگین مربعات						
منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate	میزان فعالیت ایزوسیترات لیاز Isocitratelyase	میزان فعالیت مالات سنتاز Malate synthase	میزان فعالیت آمیلاز α-amylase	میزان فعالیت پروتئاز Protease	میزان فعالیت لیپاز Lipase
تنش اسمزی Osmoticstress (OS)	3	326.64 **	127.7**	0.032**	0.602**	1.74**	14676**	116.4**
پرایمینگ Priming(P)	4	131.96 ns	14.09**	0.028**	0.311**	0.801**	4652.4**	64.52**
پرایمینگ×تنش اسمزی P×OS	12	100.29 ns	14.19**	0.0004ns	0.018**	0. 48**	184.2**	1.108**
خطا Error	40	59.38	1.93	0.0003	0.002	0.022	31.91	0.097
ضریب تغییرات CV(%)	-	8.95	11.753	3.8	1.95	3.97	2.79	3.54

ns و**به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

ns and ** Not significant and significant at 1% probability level, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح تنش اسمزی بر درصد جوانه‌زنی بذر ذرت

Figure 1. Means comparison the effect of osmotic stress levels on maize germination percentage

تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dodd and Danovan, 1999). پرایمینگ از طریق افزایش میزان آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی و افزایش درصد جوانه‌زنی و حفظ تعادل یونی و نیز ایجاد تعادل هورمونی از اثرات نامطلوب تنش اسمزی جلوگیری می‌کند (Galshadi *et al.*, 2002). رمضانی و همکاران (Ramazani *et al.*, 2009) اثرات تنش اسمزی بر جوانه زنی و رشد گیاهچه کور (*Capparis spinosa* L.) را ارزیابی کرده و نشان دادند که با افزایش تنش اسمزی جوانه‌زنی و رشد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

سرعت جوانه‌زنی

اثر متقابل تنش اسمزی و پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای ذرت معنی‌دار بود (جدول ۱). در سطح تنش اسمزی شاهد بالاترین سرعت جوانه‌زنی (۱۷/۵۵۶ بذر در روز) مشاهده شد و با افزایش شدت تنش اسمزی از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد، به طوری که کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی (۷/۴۰۳ بذر در روز) در سطح تنش اسمزی ۹- بار و اسمو پرایمینگ بدست آمد (جدول ۲). سلطانی و همکاران (Soltani, 2008) گزارش کردند که با افزایش شدت خشکی سرعت جوانه‌زنی به‌طور خطی کاهش یافت، اما

بذرهای پرایمینگ شده نسبت به شاهد کاهش کمتری نشان دادند. نتایج آن‌ها حاکی از تاثیر مثبت پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و بدون تنش است. پرایمینگ با تسریع فعالیت‌های جوانه‌زنی، موجب می‌شود که خروج ریشه‌چه در مدت زمان کمتری صورت گیرد و سرعت جوانه-زنی بیشتر گردد (Basra *et al*., 2003). عیسوند و همکاران (Eisavand, 2008) در بررسی تاثیر پیش‌تیمار هورمونی بر علف گندمی بلند طی تنش خشکی گزارش کردند که خشکی سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، وزن تر گیاهچه، طول ساقه‌چه و طول کل گیاهچه شد و پیش‌تیمار موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شد. محسنی و همکاران (Mohseni *et al*., 2014) نشان دادند که بیشترین سرعت جوانه‌زنی برای هیدروپرایمینگ (خیساندن در آب) و شاهد (بدون پرایمینگ) حاصل شده است. قاسمی گلعذانی و همکاران (GhasemiGolezani *et al*., 2010) در تحقیق خود بر پیش‌تیمار آبی بذر نخود گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر به مدت ۱۶ ساعت، سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاهچه در مزرعه شد که در نهایت افزایش عملکرد دانه را باعث می‌شود. پریسکو و همکاران (Perisco, 1992) نشان دادند که با افزایش تنش اسمزی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد، کاهش جذب آب و متعاقب آن کاهش فعالیت‌های آنزیمی مربوط به فرایندهای بیوشیمیایی جوانه‌زنی، علت اصلی کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش اسمزی است (Malik, 1986).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات سطوح تنش اسمزی و پرایمینگ بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی ذرت.

Table 2. Means comparison the effect of osmotic stress levels and priming on germination traits of corn

تنش اسمزی (بار) Osmotic stress (bar)	پرایمینگ Priming	سرعت جوانه‌زنی Germination Rate Seed day^{-1}	مالات سنتاز Malat synthase Umg^{-1}protein	آمیلاز -α amylase Umg^{-1}protein	پروتئاز Protease Umg^{-1}protein	لیپاز Lipase Umg^{-1}protein
0	شاهد Control	11.95 d-h	2.55 cd	3.733 e-g	2022.3 f-h	68.06 h
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	15.58 a-c	2.543 cd	4.066 b-d	2060 bc	70.33 e
	اسموپرایمینگ Osmopriming	13.66 b-e	2.57 bc	3.866 d-f	2048 d	71.23 d
	هورمون پرایمینگ Hormon priming	17.55 a	2.7 a	4.433 a	2071.3 a	73.2 a
	اسید آسکوربیک Ascorbic acid	15.82 ab	2.676 a	4.2 a-c	2062 b	72.96 ab
-3	شاهد Control	10.93 f-i	2.133 h	3.7 fg	2003 j	66.26 i
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	14.22 b-d	2.476 de	3.933 c-f	2031.6 ef	69.73 f
	اسموپرایمینگ Osmopriming	13.13 c-f	2.47 de	3.866 d-f	2038.6 e	69.56 fg
	هورمون پرایمینگ Hormon priming	12.38 d-g	2.643 ab	4.166 a-c	2052 cd	72.56 bc
	اسید آسکوربیک Ascorbic acid	14.94 bc	2.653 a	4.066 b-d	2049.3 d	72.23 c
-6	شاهد Control	10.07 g-j	2.04 i	3.4 hi	1985.6 k	65.43 k
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	11.5 e-h	2.223 g	3.566 gh	2006.6 ij	69.1 g
	اسموپرایمینگ Osmopriming	9.57 h-k	2.343 f	3.266 h-j	2015 hi	69.36 fg
	هورمون پرایمینگ Hormon priming	11.25 e-h	2.543 cd	4.333 ab	2028.6 fg	71.23 d
	اسید آسکوربیک Ascorbic acid	12 d-h	2.45 e	4 c-e	2021.3 gh	71.1 d
-9	شاهد Control	8.58 i-k	1.883 j	3.133 ij	1949m	60.36 l
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	7.62 jk	2.043 i	3.3 h-j	1958.3 l	65.46 jk
	اسموپرایمینگ Osmopriming	7.4 k	2.196 gh	3.1 j	1981.6 k	65.93 IJK
	هورمون پرایمینگ Hormon priming	7.72 jk	2.36 f	3.533 gh	2010.6 ij	66.3 i
	اسید آسکوربیک Ascorbic acid	9.49 h-k	2.233 g	3.366 h-j	2002.3 j	66 ij

میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، طبق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means in each column with the same letters are not significantly different at α=0.05 (Duncan's multiple-range test).

میزان فعالیت آنزیم‌های چرخه‌ی گلی اکسیلات

بالاترین میزان فعالیت مالات سنتاز (۲/۷ واحد بر میلی گرم پروتئین) در تیمار هورمون پرایمینگ و تنش اسمزی شاهد و کم‌ترین آن (۱/۸۸ واحد بر میلی گرم پروتئین) در تیمار پرایمینگ شاهد و تنش اسمزی ۹- بار به دست آمد (جدول ۲). اثر ساده پرایمینگ و اثر ساده تنش اسمزی بر ایزوسیترات لیاز در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است. اثر ساده پرایمینگ بر ایزوسیترات لیاز نشان داد که بیشترین میزان آن (۰/۵۷ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در هورمون پرایمینگ و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۰/۴۴۵ واحد بر میلی گرم پروتئین) است. بیشترین میزان فعالیت ایزوسیترات لیاز (۰/۵۶۴ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در سطح شاهد تنش اسمزی شاهد دیده شد و با افزایش سطح تنش اسمزی از میزان آن کاسته گردید، به طوری که کمترین مقدار آن (۰/۴۵۷ واحد بر میلی گرم پروتئین) در سطح تنش اسمزی ۹- بار به دست آمد (شکل ۳). طی تنش‌های زیستی و غیر زیستی و به ویژه در تنش اسمزی فعالیت سیستم‌های دفاعی گیاهان در برابر رادیکال‌های آزاد کاهش می‌یابد و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن بیشتر می‌شود. این امر منجر به تخریب غشاهای سلولی از طریق پراکسیداسیون فسفولیپیدها می‌گردد و فعالیت‌های درون سلولی به ویژه واکنش‌های آنزیمی را متوقف می‌سازد (Sedghi *et al*., 2011). چرخه‌ی گلی‌اکسیلات در اصل شکل تغییر یافته‌ی چرخه‌ی تری کربوکسیلیک اسید (TCA) است که از مراحل دکربوکسیلاسیون اجتناب می‌کند و تولید خالص اسکلت‌های کربنی را بدون از دست دادن کربن به شکل CO_2 امکان‌پذیر می‌سازد (Kornberg and Beevers, 1957; Kornberg and Krebs, 1957). دو آنزیم ایزوسیترات‌لیاز و مالات سنتاز منحصر به چرخه‌ی گلی‌اکسیلات است که از مراحل دکربوکسیلاسیون چرخه‌ی کربس اجتناب می‌کنند (Cooper and Beevers, 1969; Sedghi *et al*., 2011). جینگ و سونگ (Jeng and Sung, 1994) گزارش کردند که هورمون پرایمینگ فعالیت آنزم‌های چرخه‌ی گلی اکسیلات را افزایش داد. همچنین صدقی و همکاران (Sedghi *et al*., 2011) نتایج مشابهی ارایه کردند. نتایج شیخ‌نواز و همکاران (Sheikh Navaz *et al*., 2016) نشان داد که تنش اسمزی موجب کاهش فعالیت ایزوسیترات لیاز و مالات سنتاز شد و از میزان سرعت جوانه زنی کاست.

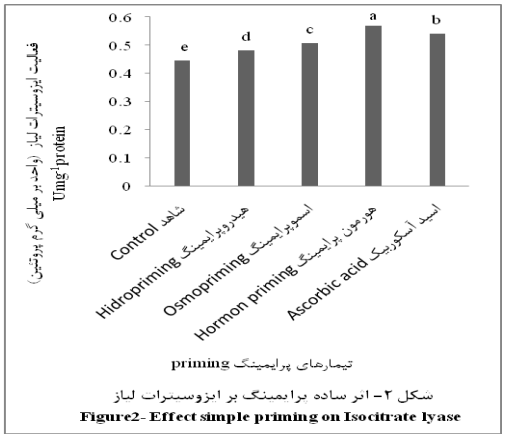
میزان فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک

بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آمیلاز (۴/۴۳ واحد بر میلی گرم پروتئین)، پروتئاز (۲۰۷۱/۳ واحد بر میلی گرم پروتئین) و لیپاز (۷۳/۲ واحد بر میلی گرم پروتئین)، درتیمار هورمون پرایمینگ و سطح تنش اسمزی شاهد به دست آمد. کم‌ترین میزان آنزیم آمیلاز (۳/۱ واحد بر میلی گرم پروتئین) در تیمار اسموپرایمینگ و سطح تنش اسمزی ۹- بار بود، در حالی که کمترین میزان آنزیم‌های پروتئاز (۱۹۴۹ واحد بر میلی گرم پروتئین) و لیپاز (۶۰/۳۶ واحد بر میلی گرم پروتئین) در تیمار پرایمینگ شاهد و سطح اسمزی۹- بار مشاهده شد (جدول ۲).

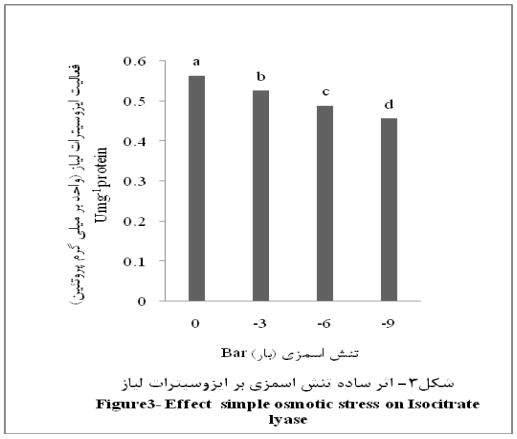
اولین آنزیم‌هایی که پس از جذب آب فعال می‌شوند، آن‌هایی هستند که در تجزیه‌ی کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها و ترکیبات فسفردار دخالت دارند. از آنجا که محور جنینی برای رشد خود نیازمند انرژی است، ترکیبات ذخیره‌ای باید به اشکال محلول تجزیه شوند، از آندوسپرم به جنین انتقال یابند و به مولکول‌های پر انرژی که به راحتی توسط جنین قابل استفاده هستند، تبدیل شوند (Sarmadnia, 1996).

گزارش‌های برادفورد (Bradford, 1986) و همچنین پاوول (Powell, 1998)، پرایمینگ بذر را عامل افزایش ساخت RNA ریبوزومی، تولید بیشتر DNA میتوکندریایی، افزایش فعالیت آلفا و بتا آمیلاز و بهبود جوانه‌زنی تحت شرایط تنش شوری و اسمزی معرفی کرده است.تنش‌های اکسیداتیو سبب کاهش غلظت هورمون اسید جیبرلیک و کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک آلفا و بتا آمیلاز می‌شود و به موجب آن تحرک ذخایر بذر کاهش می‌یابد (McDonald, 1999). جوانه زدن و ظهور گیاهچه احتیاج زیادی به انرژی دارد که به وسیله اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره‌ای بذر تامین می‌گردد.

انرژی که در پیوندهای شیمیایی کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها ذخیره شده است، توسط هضم و فسفریلاسیون تنفسی در میتوکندری آزاد می‌شود و مولکول‌های نوکلئوتید



شکل ۲- اثر ساده پرایمینگ بر ایزوسیترات لیاز
Figure2- Effect simple priming on Isocitrate lyase



شکل۳- اثر ساده تنش اسمزی بر ایزوسیترات لیاز
Figure3- Effect simple osmotic stress on Isocitrate lyase

پر انرژی همچون آدنوزین تری فسفات را به وجود می‌آورد (Kouchaki and Sarmadnia, 2010). بذر برای تجزیه ذخایر خود متکی به آنزیم‌های هیدرولیتیک است. در شرایط تنش، کمبود رطوبت موجب اختلال در سنتز و فعالیت این آنزیم‌ها می‌شود، بنابراین با افزایش شدت تنش از فعالیت این آنزیم‌ها نیز کاسته شد. نشاسته توسط بتا و آلفا آمیلاز و در حضور جیبرلین‌ها به مالتوز (دی ساکارید) و قند گلوکز هیدرولیز می‌شود. مقداری گلوکز نیز توسط آنزیم اینورتاز به ساکارز تبدیل می‌شود (Kouchaki and Sarmadnia, 2010). طی مرحله جوانه‌زنی، پس از جذب آب و آماس، ترشح هورمون جیبرلین توسط جنین بذر و سنتز آنزیم‌های هیدرولیتیک صورت می‌گیرد که با فعالیت آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز، مواد ذخیره‌ای به مواد قابل انتقال (ساکارز) تبدیل و به جنین انتقال می‌یابند و عامل رشد جنین تلقی می‌شوند (Parera and Cantliffe, 1994).

آلفا آمیلاز دارای اهمیت اولیه است در مراحل نخست تخریب نشاسته به‌طور طبیعی در حین جوانه‌زنی غلات در خاک تولید می‌شود و یا به طور کنترل شده طی عمل پرایمینگ افزایش سنتز پروتئین و فعال سازی آنزیم‌ها به ویژه هیدرولاز و آلفا آمیلاز در جنین رخ می‌دهد (MacGregor, 1983; Farooq *et al*., 2007). پرایمینگ سنتز و فعال شدن اولیه آنزیم‌های هیدرولیتیک چون آلفا و بتا آمیلاز را تحریک می‌کند (Varier *et al*., 2010). محمد و شهزا (Mohammad and Shahza, 2005) اظهار داشتند که پرایمینگ بذر برنج موجب بهبود تشکیل ریشه و در نتیجه آن، افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز در بذر می‌گردد. خیس کردن بذر در آب، برخی از فرآیندهای بیوشیمیایی لازم را برای آغاز فرآیند جوانه‌زنی مانند شکستن دورمانسی بذر، هیدرولیز و یا متابولیسم مواد بازدارنده،جذب آب و فعالیت آنزیمی را القا می‌کند (Abdulrahmani *et al*., 2012).

براساس مشاهدات کوئی و همکاران (Cui *et al*., 2004) در لوبیا تحت شرایط تنش اسمزی میزان فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک از قبیل آلفا آمیلاز کاهش یافت که منجر به افزایش ساکاریدهای محلول شد. تیمار تنش اسمزی موجب کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و لیپاز شد. کاهش جذب آب توسط بذر در شرایط تنش اسمزی موجب کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه اختلال در رشد گیاهچه می‌شود (Asghari, 1992).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با افزایش تنش اسمزی میزان فعالیت آنزیم‌های چرخه‌ی گلی اکسیلات کاهش یافت، برای مالات سنتاز در حالت بدون تنش بیشترین میزان مربوط به هورمون پرایمینگ و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد و سطح خشکی ۹- بار دیده شد. بیشترین میزان آنزیم‌های آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در تیمار هورمون پرایمینگ و سطح خشکی شاهد به دست آمد. کم‌ترین میزان آنزیم آمیلاز در تیمار اسموپرایمینگ و سطح اسمزی ۹- بار بود، در حالی که کم‌ترین میزان آنزیم‌های لیپاز و پروتئاز در تیمار پرایمینگ شاهد و سطح تنش اسمزی ۹- بار مشاهده شد. در شرایط تنش، پرایمینگ بذر با استفاده از اسید جیبرلیک تا حد زیادی موجب مقاومت و افزایش پارامترهای جوانه‌زنی می‌شود. با توجه اینکه بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار هیدروپرایمینگ

و تنش منفی ۳ بار دیده شد، می‌توان اظهار داشت که استفاده از هیدروپرایمینگ در شرایط تنش رطوبتی موجب بهبود مقاومت بذر در برابر تنش می‌شود و از این تیمار می‌توان برای کاشت بذر ذرت به عنوان یک روش ساده و ارزان بهره برد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولین محترم دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر و سپاسگزاری را دارند.

منابع

Abdulrahmani, B., GhasemiGolezani, K., Valizadeh, M., FeiziAsl, V. and Tavakkoli, A. 2012. Effect of seed priming on growth and yield of barley grain (*Hordeum vulgare* L) CV Abidar in rainfed conditions. Journal of Seed and Seedling Improvement, 27(27): 111- 129. (In Persian)**(Journal)**

Anonymous. 2010. International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA). **(Handbook)**

Asgedom, H. and Becker, M. 2001. Effects of seed priming with different nutrient solutions on germination, seedling growth and weed competitiveness of cereals in Eritrea, in Proc. DeutscherTropentag University of Bonn and ATSAF, Margraf Publishers Press, Weickersheim. Pp: 282. **(Book)**

Asghari, M. 1992. Effect of ethylene osmotic adjustement and growth axial tissue and cotyledons of sunflower in the drought stress. Agricultural Sciences and Technology Journal, 8: 137- 145. (In Persian)**(Journal)**

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Advance Agronomy, 88: 223-271. **(Journal)**

Bagheri-Kazemabad, A. and Sarmadnia, Gh. 2007. Studying ability to use polyethylene glycol 6000 to study dryness in (*Onobrychis Viciolis* scoop) in plantlet stage. Agriculture Resources and Science, 5(1): 1-9. (In Persian)**(Journal)**

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated ageing. Seed Science and Technology, 31: 531-540. **(Journal)**

Bradford, K.J. 1985. Seed priming improves germination and emergence of cantaloupe at low temperature. Horticultural Science, 20(3): 595. **(Journal)**

Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Horticultural Science, 21:1105-1111. **(Journal)**

Cooper, T.G.D. and Beevers, H. 1969. Mitochondria and glyoxysomes from castor bean endosperm: enzyme constituents and catalytic capacity. Journal of Biological Chemmistry, 244: 3507–3513. **(Journal)**

Cui, Y.Y., Pandey, D.M., Hahn, E.J. and Paek, K.Y. 2004. Effect of drought on physiological aspects of Crassulacean acid metabolism in Doritaenopsis. Plant Science, 167: 1219-1226. **(Journal)**

Demir Kaya, M., Games, O., Atak, M., Cikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drough stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295. **(Journal)**

Dodd, G.L. and Danovan, L.A. 1999. Water potential and ion effects on germination and seedling growth of cold deserts shrubs. American Journal of Botany, 86(1): 146-153. **(Journal)**

Duman, I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K_3PO_4 on germination and seedling growth in lettuce. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(5): 923- 928. **(Journal)**

Eastmond, P.J. and Graham, L.A. 2001. Re-examining the role of the glyoxylate cycle in oilseeds. Trends in Plant Science, 6(2): 72-77. **(Journal)**

Eisvand, H.R., TavakkolAfshari, R., Sharifzadeh, F., MadahArefi, H. and Hesamzade-Hejazi, M. 2008. Improving physiological quality of aged Wheat Grass seed by using hormonal priming under water stress and non-stress conditions. Iranian Journal of Crop Scienes, 39: 53-65. (In Persian)**(Journal)**

Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 377-409. **(Journal)**

F.A.O. Production year book. 2012. Food and Aricultural organization of united Nation, Rome, Italy. 51: Pp 209. **(Handbook)**

Farooq, M., Basra, S.M. and Ahmad, A.N. 2007. Imporoving the performance of transplanted rice by seed priming. Journal of Plant Growth Regulation, 51:129-137. **(Journal)**

Fateh, H., Siosemarde, A. and Karimpor, M. 2011. The effects of seed priming and planting date on activities of antioxidant enzymes and yield of pea in rainfed conditions. Technology of Plant Production, 10(2): 1-16. (In Persian)**(Journal)**

Galshadi, A., Ansari, R., Askari, S., Sarafzadegan, N. and Bashtam, M. 2002. Information, belief and performance in relation to herbal medicines at Esfahan city. Journal of Medicinal Plants, 28: 2-21. (In Persian)**(Journal)**

GhasemiGolezani, K., Sheikhzadeh Mosaddegh, P. and Valizadeh, M. 2010. Effects of seed pretreatment on germination, emergence and yield of pea. Journal of Sustainable Agricultural Knowledge, 19(1): 49-58. (In Persian)**(Journal)**

Hashemi Dezfoli, A., Kouchaki, A. and Bannayan Avval, M. 1996. Increase of crop yield. First edition, Ferdowsi University of Mashhad Publications (Translation). (In Persian)**(Book)**

Holwerda, B.C. and Rogers, J.C. 1992. Purification and characterization of aleurain. Journal of Plant Physiology, 99: 848-855. **(Journal)**

Huang, A.H.C. 1985. Lipid bodies, 1. In: Linskins HF & Jackson F (eds). Modern Methods of Plant Analysis. Berlin: Springer Verla, P: 145-151. **(Book)**

International Seed Testing Association. 2008. International rules for seed testing (supplement). Seed Science and Technology, 27: 1-333. **(Handbook)**

Jajermi, V. 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. World Academy Science Engineering and Technology, 49: 105-106. **(Journal)**

Jeng, T.L. and Sung, J.M. 1994. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzyme activity of artificially aged peanut seed. Seed Science and Technology, 22: 531-539. **(Journal)**

Kornberg, H.L. and Beevers, H. 1957. A mechanism of conversion of fat to carbohydrate in castor beans. Nature, 180: 35. **(Journal)**

Kornberg, H.L. and Krebs, H.A. 1957. Synthesis of cell constituents from C_2-units by a modified tri-carboxylic acid cycle. Nature, 179: 988–991.

Kouchaki, A. and Sarmadnia, G. 2010. Physiology of crop plants. Ferdowsi University of Mashhad Publications. Fifteenth edition, 400p. (In Persian)**(Book)**

MacGregor, A.W. 1983. Cereal alpha-amylases: Synthesis and action pattern. In: Seed Proteins (J. Daussant; J. Mosse and J. Vaughan, eds.). Annual Proceedings of the Phytochemical Society of Europe, 20: 1-34. Academic Press, London. **(Book)**

Malik, C.P., Gupta, K. and Sharma, S. 1986. Effect of water stress on germination and seedling metabolism of gram (*Cicer arietinum* L.). Acta Agronemica Hungarica, 35: 11-16. **(Journal)**

McDonald, M.B. 2000. Seed priming. (eds. M. Black and J. D. Bewley). Sheffield Academic Press, PP: 287-325. **(Book)**

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27: 177-273. **(Journal)**

Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916. **(Journal)**

Moaveni, P. and Changizi, M. 2008. Principles of crop physiology in dry and saline conditions. Scientific publisher's Islamic Azad University, Arac Branch, Pp: 429. (In Persian)**(Book)**

Mohseni, A., Rezaie Sokhtabandani, R. and Ramazani, M. 2014. The effects of priming on phenology and seed germination characteristics of single cross maize hybrids 704 and 640 under summer delayed planting in Mazandaran. Journal of Seed Science and Technology, 2(1): 25- 38. (In Persian)**(Journal)**

Moayedi Shahraki, E., Ebrahimi, E., Esmaili, A. and Mahmoodi, S. 2009. Tolerance evaluation of forage garden (*Vicia ervilia* L.) plant to salinity stress in early growth stages. The first National Conference of Environmental Stresses in Agricultural Science. The University of Birjand, Iran. 28-29 Jan: 345-349. (In Persian with Summary)**(Conference)**

Parera, C. and Cantliffe, D. 1994. Dehydration rate after solid matrix alters seed performance of shrunken-2 corn. Journal of the American Society for Horticultural Science, 119: 629 - 35. **(Journal)**

Perisco, J.T., Baptista, C.R. and Pinherio, E.J.L. 1992. Hydration, dehydration seed pretreatment and its effects on seed germination under water stress. Revista Brasileira de Botânica, 15: 31-35. **(Journal)**

Powell, A.A. 1998. Seed improvement by selection and invigoration. Scientia Agricola Piracicaba, 55: 126-133. **(Journal)**

Ramazani, M., Taghvaei, M., Masoudi, M., Riahi, A. and Behbahani, N. 2009. The evaluation of drought and salinity effects on germination and seedling growth caper (*Capparis spinosa* L.). Journal of Rangeland, 2(4): 411- 420. (In Persian with English Summary)**(Journal)**

Ranaldi, F., Vanni, P. and Giachetti, E. 2000. Multisite inhibition of *Pinus pinea* isocitratelyase by phosphate. Plant Physiology, 124: 1131-1138. **(Journal)**

Rezayi, M., Sedghi, M. and SeyedSharifi, R. 2013. Effect of salinity and types of priming on the growth characteristics of medicinal pot marigold (*Calendula officinalis* L). Proceeding of The conventional and organic Farming. Part 2, Medicinal plants and their use in conventional farming, Pp: 69-73. (In Persian)**(Handbook)**

Sarmadnia, G. 1996. Seed technology. Publications of the Ferdowsi University of Mashhad (Translation), Pp: 288. (In Persian)**(Book)**

Sedghi, M., Khomari, S. and Amanpour-Balaneji, B. 2011. Effect of Seed Vigor and Hormone Priming on Glyoxylate Cycle Enzymes Activity in Persian Silk Tree (*Albizia julibrissin* Durazz.). World Applied Science Journal, 13(3): 541-544. **(Journal)**

Sedghi, M. 2016. Plant biochemistry. Publications of The University of Mohaghegh Ardabili, 420 p. **(Book)**

Shah, S.H., Ahmad, I. and Samiulla, H. 2006. Effect of gibberellic acid spray on growth, nutrient uptake and yield attributes during various growth stage of black cumin (*Nigella sativa* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 5(5): 881-884. **(Journal)**

Sheikh NavazJahed, P., Sedghi, M. and SeyedSharifi, R. 2014. Effect of priming on the germination and activity of the antioxidant enzyme in stevia under hormonal conditions. Proceeding of The Conventional and Organic Farming, University of Mohagheghe Ardabili. Pp: 1- 4. (In Persian) **(Conference)**

Soltani, E., Akram-Ghaderi, F. and Maemar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal of Invitro evaluation of osmotic stress tolerance using a novel root recovery assay, Plant Cell, 95(1): 101-106. **(Journal)**

Varier, A., Vari, A.K. and Dadlani, M. 2010. The subcellular basis of seed priming. Current Science, 99: 450-456. **(Journal)**

Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of hyand Products, 25: 70-74. **(Journal)**

Effect of priming and osmotic stress on the germination and activity of hydrolytic and glyoxylate cycle enzymes of hybrid maize (*Zea mays* L. SC704) seed

Seyyedeh Roghayyeh Khatami[1]*, Mohammad Sedghi[2], Raouf Seyed Sharifi[2]

Received: January 23, 2017 Accepted: November 7, 2017

Abstract

This study was conducted as a factorial experiment to evaluate the effect of seed priming and osmotic stress on the activity ofhydrolytic and glyoxylate cycle enzymesin maize based on completely randomized design in 2012 at College of Agriculture, the University of Mohaghegh Ardabili. Treatments were four levels of osmotic stress originated from PEG 6000 (0, -3, -6 and -9 bar) and five levels of priming (Control, hydropriming, osmopriming, hormone priming and ascorbic acid) in three replications. The results showed that interaction of drought stress and priming was significant on all traits except of Germination Percentage and isocitratelyase activity (only single effect of osmotic stress and priming was significant). The highest germination rate (17.556 seed day^{-1}) observed in control drought. The highest activity of amylase, lipase and protease (4.43, 73.2 and 2071.3 unit mg^{-1} protein, respectively) observed in hormone priming and non-stress conditions. The lowest amylase activity (3.1 unit mg^{-1} protein) was related to osmo-priming and -9 bar drought while the lowest activity of lipase and protease (60.36 and 1949 unit mg^{-1} protein, respectively) observed in -9 bar drought in non-primed seeds. The highest activity of malate synthase (2.7 unit mg^{-1}protein) observed in hormone priming and non-stress conditions, but the lowest activity (1.88 unit mg^{-1} protein) was related to -9 bar drought stress and non-primed seeds. Increase in the severity of stress decreased the germination rate and the activity of enzymes. Seed priming with gibberellic acid caused to resistance to drought conditions and prevention of decrease in the activity of hydrolytic and glyoxylate cycle enzymes in maize seeds.

Key words: Germination rate; Glyoxylate cycle; Hydrolytic enzymes; Maize

How to cite this article

Khatami, S.R., Sedghi, M. and Seyed Sharifi, R. 2019. Effect of priming and osmotic stress on the germination and activity of hydrolytic and glyoxylate cycle enzymes of hybrid maize (*Zea mays* L. SC704) seed. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(1): 67-78. (In Persian)(**Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2019.3588

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. Former M.Sc. student of Seed Science and Technology, University of Mohaghegh Ardabilli, Ardabil, Iran
2. Professor., Department of Agronomy, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran
*Corresponding author: Agric.khatami@gmail.com