علوم و تحقیقات بذر ایران
سال یازدهم/ شماره اول/ ۱۴۰۳ (۲۹ - ۱۵)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2024.8036

تاثیر پرایمینگ روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری

هانیه سعادت*[۱]، محمد صدقی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر پرایمینگ روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه نخود تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملا تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۲ در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار حاصل از کلرید سدیم) و چهار سطح پرایمینگ (بدون پرایمینگ (شاهد)، هیدرو پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین (۵۰ پی‌پی‌ام) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ پی‌پی‌ام)) بود. نتایج نشان داد که شوری درصد جوانه‌زنی، ضریب جوانه‌زنی روزانه، وزن‌تر ساقه‌چه را کاهش داد، اما پرایمینگ بذر با آب مقطر، اسید سالیسیلیک به‌ویژه جیبرلین این صفات را بهبود بخشید. شوری میانگین مدت جوانه‌زنی را افزایش داد، به‌طوری که بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۰۳۸۷ بذر در روز) در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود. بیش‌ترین وزن تر ریشه‌چه (۱۱۰/۹۶۷ میلی‌گرم)، وزن خشک ریشه‌چه (۱۹/۶۰۰ میلی‌گرم)، وزن خشک ساقه‌چه (۱۴/۶۶۷ میلی‌گرم)، شاخص طولی بنیه بذر (۱۲/۰۴۱) و شاخص وزنی بنیه بذر (۳/۲۸۸) در تیمار جیبرلین و شاهد (بدون شوری) مشاهده شد. فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گلوتاتیون ردکتاز در پرایمینگ با جیبرلین به‌ترتیب در حدود ۶۶ و ۴۲ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار با جیبرلین و شوری ۱۰۰ میلی مولار نسبت به شاهد در حدود ۹۶ درصد افزایش نشان داد. همچنین، کمترین آمیلاز (۲/۳۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بر دقیقه) از شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد تیمار بذر با جیبرلین با تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد می‌تواند اثرات مضر تنش شوری بر برخی صفات در گیاهچه نخود را کاهش داده و رشد گیاهچه را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدسالیسیلیک، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، جیبرلین، کلرید سدیم، نخود

۱- دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
t.saadat 2020@gmail.com
۲- استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
m_sedghi@uma.ac.ir
*نویسنده مسئول: t.saadat 2020@gmail.com

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.)، به‌عنوان دومین محصول حبوبات پس از لوبیا، از اهمیت بالایی برخوردار است (Varshney *et al*., 2013). این گیاه منبع خوبی از پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبرهای غذایی است (Jukanti *et al*., 2012). تنش شوری به‌عنوان یک تهدید جدی برای کشاورزی در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود که باعث تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و متابولیک در گیاهان می‌شود (Islam *et al*., 2021; Jahan *et al*., 2023). این تنش، تنش اسمزی، یونی و اکسیداتیو را افزایش می‌دهد (Khan *et al*., 2010; Zulfiqar and Ashraf, 2021) و باعث انحطاط اجزای سلولی مانند لیپیدها، غشای سلولی، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک شده و منجربه مرگ سلولی می‌شود (Hasanuzzaman *et al*., 2020). گیاهان دارای سیستم‌های دفاعی طبیعی شامل سیستم‌های دفاع آنزیمی و غیر آنزیمی هستند که اثرات منفی شوری را کاهش می‌دهد. تحت تنش‌های غیرزیستی از جمله شوری، آنتی‌اکسیدانت‌ها با تحریک آنزیم‌های مهارکننده پراکسیدهیدروژندر سلول‌های گیاهی، به طور مثبت گونه‌های فعال اکسیژن را سم‌زدایی می‌کنند (Hasanuzzaman *et al*., 2017; Zandi *et al*., 2022). پرایمینگ به‌عنوان یک تکنیک، برای بهبود تحمل تنش غیرزیستی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (Anwar *et al*., 2021) و به‌عنوان تیمار بذر قبل از کاشت تعریف می‌شود که در آن بذرها به‌طور کامل در آب یا محلول مواد شیمیایی غوطه‌ور شده و تا زمان استفاده بعدی خشک می‌شوند (Iqbal *et al*., 2020). پرایمینگ بذرها، تنش متوسطی را روی بذرها ایجاد می‌کند که باعث ایجاد یک واکنش تنش‌زا در بذرها شده و به تحمل تنش آینده کمک می‌کند (Ding *et al*., 2019; Sher *et al*., 2019). پرایمینگ قبل از جوانه‌زنی، متابولیسم بذر، تولید RNA، آنتی اکسیدانت‌ها و سنتز پروتئین را فعال می‌کند که در نتیجه جوانه‌زنی و نمو مناسب بذر را تضمین می‌کند (Feghhenabi *et al*., 2020). تیمارهای پرایمینگ از ظهور رادیکال جلوگیری می‌کنند، اما جوانه‌زنی را افزایش می‌دهند و فرآیندهای مرتبط با جوانه‌زنی را آغاز می‌کنند (Saddiq *et al*., 2019). مطالعات متعدد پرایمینگ بذر را به عنوان یک تکنیک رایج برای ترویج جوانه‌زنی، بهبود خصوصیات مورفولوژیکی و افزایش رشد گیاه در شرایط بدون تنش و تنش توصیف کردند (Rhaman *et al*., 2021; Muhei *et al*., 2018). نتایج آزمایشی نشان داد درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری با کاربرد اسید سالسیلیک و جیبرلین تحت شرایط شوری نسبت به عدم کاربرد این دو هورمون، افزایش یافت (Haghjoo and Bahrani, 2018). همچنین، در تحقیق دیگر گزارش شده است که پرایمینگ بذرها با اسید سالسیلیک و جیبرلین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد در گیاهچه عدس افزایش می‌دهد (Azarnia *et al*., 2016). هدف از انجام این تحقیق، بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه نخود در واکنش به تنش شوری و نقش پرایمینگ بذر هیدرو، اسیدسالیسیلیک و جیبرلین در رفتار جوانه‌زنی بذر نخود بود.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری شاخص‌های جوانه‌زنی

به‌منظور بررسی تاثیر پرایمینگ روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه نخود تحت تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح شوری (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار حاصل از کلرید سدیم) و چهار سطح پرایمینگ (بدون پرایمینگ، هیدرو پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین (۵۰ پی‌پی‌ام) و اسید سالیسیلیک (۱۰۰ پی‌پی‌ام) در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۲ انجام شد. بذر گواهی شده نخود رقم آرمان تولید ۱۴۰۱ بود که از موسسه وابسته به شرکت فنی و مهندسی کیمیاگر گستر تهیه شده بود. ابتدا بذرها درون محلول‌های پرایمینگ و آب مقطر به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. بعد از پرایمینگ، بذرها به‌وسیله آب مقطر شست‌شو و در دمای آزمایشگاه به‌مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند. آزمون جوانه‌زنی به روش ظرف پتری در سه تکرار ۲۵ بذری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ روز انجام گرفت (ISTA, 2012). کف ظرف با استفاده از یک لایه کاغذ صافی واتمن پوشانده و ۲۵ عدد بذر روی کاغذ صافی که با آب مقطر خیسانده شده بود، قرار گرفت و به هر ظرف پتری محلول شوری (کلرید سدیم) ۱۰ میلی‌لیتر با سطوح مختلف (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار) اضافه شد، پس از بستن درب، ظرف‌ها به داخل ژرمیناتور منتقل شد. در این مرحله

از آزمون، شمارش بذرها یک روز پس از انتقال بذرها به محیط کشت آغاز شد و تا ثابت شدن جوانه‌زنی (۸ روز) پس از کاشت ادامه یافت. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی رابطه ۱ (Omidi *et al*., 2014)، ضریب جوانه‌زنی رابطه ۲ (Fathi Amirkhiz *et al*., 2012)، میانگین مدت جوانه‌زنی رابطه ۳ (Omidi *et al*., 2014) و شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه رابطه ۴ و ۵ (Abdul-Baki and Anderson, 1973) استفاده شد.

رابطه ۱ $GP = (N \times 100) / M$

N: تعداد بذر جوانه‌زده، M: تعداد کل بذرها

رابطه ۲ $GC = 1/MGT \times 100$

MGT: میانگین مدت جوانه‌زنی

رابطه ۳ $MGT = \Sigma (Ni) / \Sigma N)$

N: تعداد دفعات شمارش Ni: تعداد بذر جوانه زده در روز

رابطه ۴ طول گیاهچه (میلی‌متر) × درصدجوانه‌زنی = شاخص طولی بنیه گیاهچه

رابطه ۵ وزن خشک گیاهچه (گرم) × درصدجوانه‌زنی = شاخص وزنی بنیه گیاهچه

تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

جهت تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در نخود، پس از باز شدن برگ‌های اولیه از هر تیمار پنج گیاهچه به تصادف انتخاب و بعد از قرار دادن در فویل آلومینیومی، به فریزر با دمای ۷۲- درجه منتقل گردیدند. به‌منظور استخراج عصاره آنزیمی، نیم گرم نمونه از هر تیمار وزن شده و در داخل هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع هموژن گردید و بعد از آن پنج میلی‌لیتر از بافر فسفات سرد (pH=۷/۵) حاوی نیم میلی‌مولار EDTA به هاون افزوده شد. سپس، هموژن‌ها به اپندورف‌های دو میلی‌لیتری منتقل و به‌مدت ۱۵ دقیقه با دمای چهار درجه‌ی سانتی‌گراد در ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شدند. تمامی مراحل در روند تهیه عصاره آنزیمی در دمای یک الی چهار درجه‌ی سانتی‌گراد انجام گرفت. جهت پیشگیری از انجماد و ذوب متوالی نمونه‌ها، سوپرناتانت حاصل به سه قسمت تقسیم شد و تا زمان اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در دمای ۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری شدند (Sairam *et al*., 2002).

برای اندازه‌گیری سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز از روش (Aebi, 1984) تغییرات جذب در طول موج طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت گردید، سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز روش Hemeda و Klein (1990) تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد، سنجش فعالیت گلوتاتیون ردوکتاز روش Esterbauerو Grill (1978) تغییرات جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر ثبت گردید و در نهایت فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان بر حسب واحد بر میلی گرم پروتئین گزارش شد. سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به روش Duman و همکاران (2006) با طول موج ۶۲۰ نانومتر به صورت میلی‌گرم بر گرم در دقیقه مشخص شد.

تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹/۴ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. برای ترسیم اشکال نیز از نرم افزار Excel۲۰۱۸ استفاده شد.

بحث و نتایج

درصد جوانه‌زنی: طبق نتایج تجزیه واریانس تیمار پرایمینگ، شوری و اثر متقابل آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی (۹۶ درصد) در پرایمینگ با جیبرلین و بدون حضور شوری و کم‌ترین مقدار آن (۶۷/ ۵۵ درصد) در شاهد و شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد. البته پرایمینگ با اسیدسالیسیلیک و هیدروپرایمینگ اثر قابل توجهی بر درصد جوانه‌زنی گذاشتند، اما تاثیر جیبرلین بیشتر از اسیدسالیسیلیک و هیدروپرایمینگ بود (شکل 1A). کاهش درصد جوانه‌زنی در نخود تحت شوری می‌تواند مربوط به تاثیر تنش بر نفوذپوذیری غشا، افزایش تنفس بذر و کاهش انرژی اولیه مورد نیاز بذر برای جوانه‌زنی باشد (Nazari *et al*., 2020). پاسخ مثبت پرایمینگ به جوانه‌زنی بذر نخود ممکن است به‌دلیل نقش آن در تأثیرگذاری بر نفوذپذیری غشاها باشد که در نهایت منجربه فعال شدن آنزیم‌های دخیل در سنتز پروتئین و متابولیسم کربوهیدرات می‌شود (Devasirvatham *et al*., 2012). علاوه بر این، درصد جوانه‌زنی بالاتر در بذرهای پرایم شده به قابلیت این تیمارها در ترمیم و ساخت اسید نوکلئیک، افزایش سنتز RNA و پروتئین‌ها و فعالیت‌های تنفسی غشای بذر مربوط می‌شود (Farooq *et al*., 2006). در این

تحقیق، پرایمینگ احتمالا با افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت، پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه‌زنی کاهش داده و موجب افزایش درصد جوانه‌زنی بذر نخود شد. افزایش درصد جوانه‌زنی از طریق پرایمینگ با هیدرو، اسیدسالیسیلک و جیبرلین روی لوبیا و برنج نیز گزارش شده است (Saadat *et al*., 2020a; Saadat *et al*., 2022; Saadat *et al*., 2020c).

ضریب جوانه‌زنی: نتایج به‌دست آمده از آزمایش نشان داد که اثر پرایمینگ و شوری بر ضریب جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد ولی اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر ضریب جوانه‌زنی غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی (۳۶۹۲/۵۰) در پرایمینگ با جیبرلین و کم‌ترین مقدار آن (۲۶۷۹/۱۷) در شاهد بود (جدول ۳). کاربرد اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ نیز ضریب جوانه‌زنی را افزایش دهد. اما تاثیر جیبرلین بیشتر از اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ بود. با افزایش سطوح شوری این صفت کاهش یافت. به‌طوری که بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی (۲۵۹۴/۸۳) در شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد (جدول ۳). ضریب جوانه‌زنی عکس میانگین مدت جوانه‌زنی است، کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی در طول پرایمینگ با هیدرو، اسیدسالیسیلک و جیبرلین سبب افزایش این صفت طی پرایمینگ شد. نتایج این پژوهش با نتایج سعادت و همکاران (Saadat *et al*., 2023c) در ارتباط با افزایش ضریب جوانه‌زنی تحت تنش شوری در طی پرایمینگ تطابق داشت. افزایش ضریب جوانه‌زنی در پرایمینگ با هیدرو، اسیدسالیسلیک و جیبرلین روی لوبیا نیز گزارش شده است (Saadat *et al*., 2021).

میانگین مدت جوانه‌زنی: براساس جدول تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد بر میانگین مدت جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱) و اثر متقابل آن‌ها غیر معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۰۳۸۷ روز) در شاهد و کمترین آن (۰/۰۲۷۷ روز) در پرایمینگ با جیبرلین بود (جدول ۳). اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ نیز میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش دادند ولی اثر جیبرلین بیشتر بود. سطوح شوری میانگین مدت جوانه‌زنی را افزایش داد. به‌طوری که بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۰۳۹۷ روز) در شوری ۱۰۰ میلی مولار به‌دست آمد (جدول ۳). شوری با تاثیر بر نفوذپذیری غشا، تقسیم سلولی، ساخت پروتئین و فعالیت‌های آنزیمی، میانگین مدت جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Hardegree and Emmerich, 1990). در این تحقیق، پرایمینگ میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش داد و این امر ناشی از افزایش سرعت تقسیم سلولی در بذرهای پرایم شده بود. که در اثر سنتز DNA، RNA و پروتئین طی پرایمینگ بذر بسیاری از مراحل فیزیولوژیکی در روند جوانه‌زنی کامل شده و بذر جوانه می‌زند (Foti *et al*., 2008: Brancalion et al., 2008). طی پرایمینگ بذر، پروتئین‌ها و قندها بر اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و در روند جوانه‌زنی استفاده می‌شوند. این امر میانگین مدت جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Bittencourt *et al*., 2005). طبق تحقیق‌ها پرایمینگ با هیدرو، اسیدسالیسیلیک و جیبرلین میانگین مدت جوانه‌زنی در لوبیا و برنج کاهش می‌دهد (Saadat *et al*., 2020c; 2020b). افزایش میانگین مدت جوانه‌زنی تحت تنش شوری روی گیاهان مختلف نیز گزارش شده است (Saadat *et al*., 2023a; 2023b). گزارش‌ها نشان داده است پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک میانگین مدت جوانه‌زنی نخود را در شرایط تنش کاهش داد (Tamindži´ *et al*., 2023).

وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه: طبق جدول تجزیه واریانس اثر ساده پرایمینگ و تنش شوری بر وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل آن‌ها تنها بر وزن‌تر ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین وزن‌تر ساقه‌چه (۸۴/۰۱ میلی‌گرم) در پرایمینگ با جیبرلین و کمترین آن (۵۹/۳۲ میلی‌گرم) در شاهد حاصل شد (جدول ۳). هر چند اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ توانست وزن‌تر ساقه‌چه را افزایش دهد. اما تاثیر جیبرلین بیشتر بود. شوری وزن‌تر ساقه‌چه کاهش داد. به‌طوری که کمترین مقدار آن (۶۱/۴۷ میلی‌گرم) در شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود (جدول ۳). بیش‌ترین وزن‌تر ریشه‌چه (۱۱۰/۹۷ میلی‌گرم) در پرایمینگ با جیبرلین و بدون حضور شوری حاصل شد (شکل 1B). البته پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ نیز روی وزن‌تر ریشه‌چه تاثیر داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و شوری روی صفات مورد مطالعه در گیاهچه نخود

Tabel 1. Analysis of variance for the effect of priming and salinity on studied traits in pea seedling

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S								
		درصدجوانه‌زنی Germination Percentage	ضریب جوانه‌زنی Germination Coefficient	میانگین مدت جوانه‌زنی Mean Germination Time	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh Weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry Weight	ورن تر ساقه‌چه Plumlue Fresh Weight	ورن خشک ساقه‌چه Plumlue Dry Weight	شاخص طولی بنیه بذر Length Vigor Index	شاخص وزنی بنیه بذر Seed Weight Vigor Index
پرایمینگ(P) Priming	3	1869.805**	2262773.41**	0.00026514**	753.212**	115.494**	1256.739**	119.919**	91.726**	6.9388**
شوری (S) Salinity	3	622.583**	2840413.42**	0.00036022**	1209.932**	29.051**	664.842**	15.474**	32.983**	1.6105**
P*S	9	66.305**	11304.89 ns	0.00000665 ns	24.423**	0.985*	9.060 ns	0.462*	1.526**	0.0759**
خطا Error	30	20.965	38467.65	0.00000964	6.845	0.363	4.611	0.167	0.274	0.0118
ضریب تغییر (٪)CV		6.149	6.237	9.372	2.898	4.392	3.029	4.874	8.889	6.317

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns and ** indicating not significant, the significant differences at 5 and 1 percent probability levels.

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر ساده شوری و پرایمینگ بر وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دو عامل مورد مطالعه بر وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۱). طبق نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌ترتیب ۱۹/۶۰ و ۱۴/۶۷ میلی‌گرم در پرایمینگ با جیبرلین و بدون حضور شوری و کمترین وزن‌خشک ریشه‌چه (۸/۷۳۳ میلی‌گرم) و ساقه‌چه (۴/۵۷ میلی‌گرم) در شاهد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۱ Cو D). پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ توانست روی وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه تاثیر بگذارد، اما تاثیر جیبرلین بیشتر از اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ بود. تنش شوری با کاهش سنتز و فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده ذخایر بذر وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را کاهش می‌دهد (Kaur *et al*., 2022). در واقع, شوری، با محدودیت جذب آب سبب اختلال در عمل هیدرولیز مواد ذخیره‌ای برای تولید بافت‌های گیاهچه‌ای شده و در نهایت وزن‌تر و خشک گیاهچه را کاهش می‌دهد (Hawrylak *et al*., 2019). به نظر می‌رسد که استفاده از هیدرو، اسید سالیسیلیک و جیبرلین با اثرات منفی ناشی از تنش شوری مقابله کرده و رشد گیاهچه را بهبود داده و به تبع آن وزن‌تر و خشک ریشه و ساقچه و گیاهچه افزایش می‌یابد. پرایمینگ با جیبرلین با تاثیر بر رشد محور جنین و افزایش هدایت الکتریکی، فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهچه را تحت تأثیر قرار داده و وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش می‌دهد و به‌دلیل ساخت آنزیم‌های هیدرولیتیک و افزایش پویایی ذخایر بذر وزن‌خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش می‌دهد (Sivritepe *et al*., 2003; Omidi *et al*., 2005). گزارش‌ها نشان داده است که پرایمینگ با هیدرو، اسید سالیسیلیک و جیبرلین وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را در لوبیا و برنج تحت تنش افزایش داد (Saadat *et al*., 2020c; 2020d). سعادت و همکاران (Saadat *et al*., 2023b؛ 2023c) در گیاهچه برنج و لوبیا افزایش وزن‌تر و خشک گیاهچه در بذرهای پرایم شده تحت شرایط تنش شوری گزارش نمودند. همچنین، تامیندازی و همکاران (Tamindži´ *et al*., 2023) گزارش کردند که پرایمینگ بذر با اسیدسالیسیلیک وزن‌تر گیاهچه نخود را در شرایط تنش افزایش می‌دهد.

شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمار پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه به‌ترتیب ۱۲/۰۴ و ۳/۲۸ در پرایمینگ با جیبرلین و بدون حضور شوری و کمترین شاخص طولی بنیه گیاهچه (۱/۸۸) و وزنی بنیه گیاهچه (۰/۷۴) در شاهد و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار بود (شکل ۱ E و F). پرایمینگ با اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ توانست روی شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه تاثیر بگذارد، اما تاثیر جیبرلین بیشتر از اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ بود. کاهش شاخص‌های طولی و وزنی بنیه گیاهچه به‌دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه تحت تنش شوری است (Saadat *et al*., 2023b; 2023c). کاهش بنیه بذر طی تنش به‌دلیل کاهش سنتز و تخریب پروتئین‌های سلولی و افزایش هدایت الکتریکی و نفوذپذیری سلول است که پرایمینگ باعث ترمیم بذرها و افزایش بنیه آن می‌شود (TavakolAfshari *et al*., 2009). همچنین، کاهش شاخص‌های بنیه تحت تنش ممکن است به‌دلیل کاهش تقسیم سلولی و افزایش تنفس باشد (Tao *et al*., 2018). پرایمینگ بذر تحت تنش شوری بنیه گیاهچه را در چندین گیاه افزایش می‌دهد (Saadat et al., 2023b; 2023c). احتمالاً بهبود جوانه‌زنی و بنیه نخود ممکن است با فعال‌سازی و سنتز مجدد برخی از آنزیم‌ها، حرکت مواد غذایی، سنتز DNA و RNA در طی پرایمینگ هورمونی باشد. پرایمینگ بذر باعث ایجاد یک سری تغییرات بیوشیمیایی مانند فعال شدن آنزیم، هیدرولیز (Iqbal *et al*., 2020; Bakhtavar *et al*., 2015)، ترمیم متابولیک (Farooq *et al*., 2006) و ایجاد متابولیت های تقویت کننده جوانه‌زنی (Hussain *et al*., 2016) منجربه تسریع جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه و بهبود کیفیت بذر و در نهایت منجربه افزایش شاخص بنیه گیاهچه می‌شود. تحقیقات نشان داده است که بذرهای پرایم شده با هیدرو، اسیدسالیسیلیک و جیبرلین دارای شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه نسبتاً بالاتری هستند (Saadat *et al*., 2021; 2020d).

فعالیت آنزیم کاتالاز، گلوتاتیون ردکتاز و آمیلاز: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر ساده شوری و پرایمینگ بر فعالیت آنزیم کاتالاز، گلوتاتیون ردکتاز و آمیلاز در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دو عامل مورد مطالعه بر این صفات غیرمعنی‌دار شد (جدول۲). طبق نتایج مقایسات میانگین بیشترین فعالیت کاتالاز (۰/۳۳ میلی‌گرم بر پروتئین)، گلوتاتیون ردکتاز (۳/۱۲ میلی‌گرم بر پروتئین) و آمیلاز (۴/۱۵ میلی‌گرم بر گرم در دقیقه) در پرایمینگ با جیبرلین مشاده شد، البته اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ نیز روی آن تاثیر گذاشت، اما تاثیر پرایمینگ با جیبرلین بیشتر بود (جدول ۳). با افزایش غلظت شوری فعالیت آنزیم کاتالاز و گلوتاتیون ردکتاز افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین مقادیر این صفات به‌ترتیب ۰/۲۵ و ۳/۷۸ میلی‌گرم بر پروتئین در دقیقه مربوط به شوری ۱۰۰ میلی مولار بود (جدول ۳). شوری فعالیت آنزیم آمیلاز کاهش داد، و کمترین مقدار این آنزیم (۲/۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دقیقه) در شوری ۱۰۰ میلی مولار بود (جدول ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و شوری روی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در نخود

Tabel 2. Analysis of variance for the effect of priming and salinity on antioxidant enzymes in pea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات M.S			
		کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	گلوتاتیون ردکتاز Glutathione Reductase	آمیلاز Amylase
پرایمینگ Priming (P)	3	0.098672**	111.548**	3.607**	6.464**
شوری Salinity (S)	3	0.009462**	0.854**	15.612**	8.296**
P*S	9	0.000621ns	0.106**	0.132 ns	0.084ns
خطا Error	30	0.000333	0.0213	0.159	0.261
ضریب تغییر (٪) CV		8.293	3.119	16.534	15.489

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

ns and ** indicating not significant, the significant differences at 1 percent probability levels.

پراکسیداز: جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تنش شوری و پرایمینگ بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آن‌ها روی این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق مقایسات میانگین بیش‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۷/۷۱ میلی‌گرم بر پروتئین) در پرایمینگ با جیبرلین و شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و کمترین فعالیت این آنزیم (۰/۳۴ میلی‌گرم بر پروتئین) مربوط به شاهد و بدون حضور شوری بود (شکل ۵). پرایمینگ با جیبرلین، اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ توانست روی پراکسیداز تاثیر بگذارد، اما تاثیر جیبرلین بیشتر از اسید سالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ بود. در پاسخ به تنش شوری، تولید گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان از جمله اکسیژن منفرد، سوپراکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن افزایش می‌یابد. اجزای سلولی متعددی، از جمله پروتئین‌ها، لیپیدها و DNA می‌توانند تحت تأثیر تولید گونه‌های فعال اکسیژن ناشی از شوری قرار گیرند و با فرآیندهای سلولی حیاتی در گیاهان تداخل داشته باشند (Kumar *et al*., 2017, Khedia *et al*., 2019). گونه‌های فعال اکسیژن می‌توانند باعث آسیب اکسیداتیو به سلول‌های گیاهی و پراکسیداسیون لیپیدی شوند (Mansoor *et al*., 2022). القای آنزیم‌های مهارکننده گونه‌های فعال اکسیژن رایج‌ترین روش سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن است که در طی پاسخ تنش شوری تولید می‌شوند تا از آسیب اکسیداتیو سلول‌ها جلوگیری کنند (Bin-Jumah *et al*., 2021). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی از جمله کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز در سم زدایی پراکسید هیدروژن نقش دارند. در واقع، مکانیسم پیشنهادی آنزیم‌ها حذف پراکسید هیدروژن با تبدیل آن به آب و اکسیژن و توقف سمیت آن است (Hasanuzzaman *et al*., 2020). در مطالعه حاضر، آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز تحت تنش شوری افزایش یافتند و این ممکن است به‌دلیل کاهش تنش اکسیداتیو با واسطه گونه‌های فعال اکسیژن و آسیب کمتر سلولی در گیاه نخود باشد (Chung

et al., 2017). افزایش در فعالیت آنزیم گلوتاتیون‌ردکتاز به نگهداری سطح درون سلولی گلوتاتیون احیا شده، که برای بیوسنتز فیتوکلاتین نیاز است منجرمی‌شود (Abdel Latef, 2011). در این تحقیق، پرایمینگ فعالیت‌های آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز را افزایش می‌دهد. که فعالیت‌های افزایش یافته این آنزیم‌ها در شرایط پرایمینگ احتمالا به کاهش تنش شوری کمک می‌کند. در واقع، در پاسخ به تنش شوری، حذف گونه‌های فعال اکسیژن اضافی، از طریق پرایمینگ باعث افزایش بیشتر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردکتاز به‌منظور تقویت سیستم دفاعی در گیاهان از طریق حذف گونه‌های فعال اکسیژن واکنشی می‌شود (Yasmeen *et al*., 2013). پرایمینگ در بهبود بیوسنتز آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به‌عنوان عاملی حیاتی در حفاظت از ساختار غشا عمل کرده و منجربه افزایش بقای گیاهان در شرایط تنش می‌شود (Yasir *et al*., 2023). در واقع، پرایمینگ فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را جهت از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن تسریع کرده و توانایی تحمل تنش در گیاهچه‌ها را افزایش می‌دهد (Sen and Puthur, 2020). گزارش‌ها نشان داده است که پرایمینگ بذر تحت تنش شوری باعث افزایش کاتالاز، پراکسیداز گلوتاتیون ردکتاز در گیاه نخود، لوبیا و برنج شد (Noreen *et al*., 2024; Saadat *et al*., 2023b; 2023d). افزایش آنزیم کاتالاز و پراکسیداز با آب مقطر، اسیدسالیسیلک و جیبرلین تحت تنش نیز گزارش شده است (Saadat *et al*., 2020a; 2022). شوری از طریق تجمع املاح مضر و تخریب غشای سلولی فعالیت و کارایی آنزیم آلفا آمیلاز را کاهش داده و با کاهش میزان فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز تأثیر سوء بر فعالیت‌های آنزیمی بذر و جوانه‌زنی آن دارد و در نهایت موجب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش رشد نخود می‌شود (farhoudi and khodarahmpour, 2017). یکی از تأثیرات مهم پرایمینگ، افزایش فعالیت α-آمیلاز است، آنزیمی که مسئول تجزیه کربوهیدرات‌های ذخیره شده است. این فعالیت آنزیمی افزایش یافته در دسترس بودن ترکیبات غنی از انرژی مورد نیاز برای جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد (Li *et al*., 2017). نتایج پژوهشی نشان داد که میزان آلفاآمیلاز طی پرایمینگ تحت تنش شوری در گیاهچه نخود و برنج افزایش یافت (Saadat Azadbakht *et al*., 2020; *et al*., 2023b). سعادت و همکاران (Saadat *et al*., 2020b) بیان کردند که پرایمینگ با آب مقطر، اسیدسالیسیلیک و جیبرلین فعالیت آنزیم آمیلاز را در برنج افزایش داد، که با نتایج این تحقیق هم مطابقت داشت.

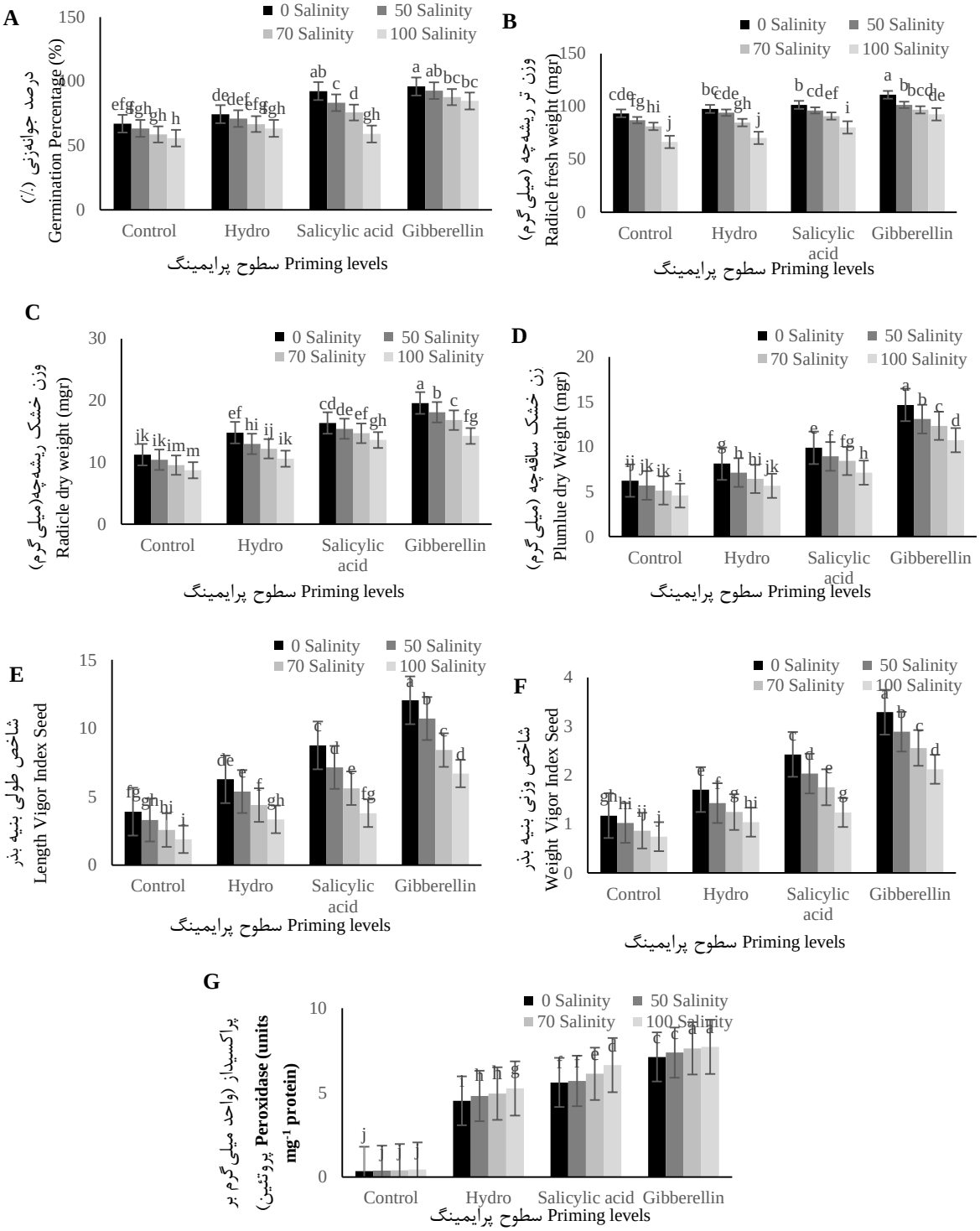
جدول ۳- مقایسه میانگین تاثیر پرایمینگ و شوری روی صفات مطالعه شده در نخود

Tabel 3. Mean comparison for the effect of priming and salinity on studied traits in pea

پرایمینگ Priming		ضریب جوانه‌زنی Germination Coefficient	میانگین مدت جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (day)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم) Plumlue Fresh Weight (mgr)	کاتالاز (میلی‌گرم بر پروتئین) Catalase (mg-1 protein)	گلوتاتیون ردکتاز (میلی‌گرم بر پروتئین) Glutathione Reductase (mg-1 protein)	آمیلاز (میلی‌گرم بر گرم در دقیقه) Amylase (mg/g min)
شاهد	Control	2679.17d	0.0387a	59.32d	0.11d	1.79c	2.47d
هیدرو پرایمینگ	Hydro (HY)	2952.50c	0.0348b	68.24c	0.19c	2.27b	2.97c
اسیدسالیسیک	Salicylic acid (SA)	3254.00b	0.0314c	71.98b	0.25b	2.48b	3.59b
جیبرلین	Gibberellin (GA3)	3692.50a	0.0277d	84.01a	0.33a	3.12a	4.15a
شوری Salinity							
0		3705.83a	0.0273d	78.80a	0.19c	1.14d	4.28a
50		3354.17b	0.0303c	74.26b	0.21c	1.9162c	3.61b
75		2923.33c	0.0397a	69.00c	0.23b	2.82b	2.90c
100		2594.83d	0.0397a	61.47d	0.25a	3.71a	2.38d

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج است.

The different letters in each column indicate a significant differences at 5% probability level.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و شوری بر درصد جوانه‌زنی (A)، وزن تر ریشه‌چه (B)، وزن خشک ریشه‌چه (C)، وزن خشک ساقه‌چه (D)، شاخص طولی بنیه گیاهچه (E)، شاخص وزنی بنیه گیاهچه (F) و فعالیت آنزیم پراکسیداز (G) در نخود. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

Fig. 1. Mean Comparison for the interaction effect of Salinity and priming on Germination Percentage (A), Radicle fresh Weight (B), Radicle dry Weight (C), Plumlue dry Weight (D), Length Vigor Index Seedling (E) and Weight Vigor Index Seedling (F) and Peroxidase enzyme (G) activity in Pea. The different letters in each column indicate significant differences at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذر با جیبرلین، اسیدسالیسیلیک و هیدرو پرایمینگ باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نخود و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش شوری گردید و با توجه به نتایج مقایسه میانگین می‌توان پرایمینگ با جیبرلین را تیمار مؤثری برای گیاهچه نخود در شرایط تنش شوری دانست و از آن برای کاهش اثرات مخرب تنش شوری استفاده کرد، تکنیک پرایمینگ یک روش ارزان و زیست‌محیطی هست، که کشاورزان می‌توانند برای بهبود رشد بذرهای نخود در شرایط نامطلوب، استفاده کنند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Journal of Crop Science, 13: 630-633. DOI: 10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x. **(Journal)**

Abdel Latef, A. H. 2011. Influence of arbuscularmycorrhizal fungi and copper on growth, accumulation of osmolyte, mineral nutrition and antioxidant enzyme activity of pepper (*Capsicum annuum* L.). Mycorrhiza, 21(6): 495-503. DOI: 10.1007/s00572-010-0360-0. Epub 2011 Jan 8. **(Journal)**

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105: 121-126. DOI: 10.1016/S0076-6879(84)05016-3. **(Journal)**

Anwar, M. P., Khalid, M. A. I., Islam, A. M., Yeasmin, S., Sharif, A., Hadifa, A., Ismail, I. A., Hossain, A. and El Sabagh, A. 2021. Potentiality of different seed priming agents to mitigate cold stress of winter rice seedling. Phyton, 90(5): 1491. DOI: 10.32604/phyton.2021.015822**. (Journal)**

Azadbakht, M. and Balouchi, H. 2020. The effect of melatonin and hydropriming on some physiological characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed and seedling under salinity stress. Plant Process and Function, 9(35): 347-358. DOI: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6. (In Persian)**(Journal)**

Azarnia, M. and Eisvand, H. 2014. Effects of Hydro and Hormonal Priming on Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated and rain-fed conditions. Crop production journal, 6(4): 1-18. DOI: 20.1001.1.2008739.1392.6.4.1.3. (In Persian)**(Journal)**

Azarnia, M., Biabani, A., Eisvand, H. R, Gholamalipour Alamdari, E. and Safikhani, S. 2016. Effect of Seed Priming with Gibberellic Acid and Salicylic Acid on Germination Characteristic and Seed and Seedlings Physiological Quality of Lentil (Lens culinaris), Iranian Journal of Seed Research, 3(1): 59-73. DOI: 20.1001.1.23831251.1395.3.1.5.4. (In Persian)**(Journal)**

Bakhtavar, M. A., Afzal, I., Basra, S. M. A., Noor, M. A. 2015. Physiological strategies to improve the performance of spring maize (*Zea mays* L.) planted under early and optimum sowing conditions. PLoS ONE, 10: e0124441. DOI: 10.1371/journal.pone.0124441. **(Journal)**

Bin-Jumah, M., Abdel-Fattah, A. F. M., Saied, E. M., El-Seedi, H. R. and Abdel-Daim, M. M. 2021. Acrylamide-Induced Peripheral Neuropathy: Manifestations, Mechanisms, and Potential Treatment Modalities. Environmental Science and Pollution Research, 28: 13031-13046. DOI: 10.1007/s11356-020-12287-6. **(Journal)**

Bittencourt, M. L. C., Dias, D. C., Dias, L. A. and Araújo, E. F. 2005. Germination and vigour of primed Asparagus seeds. Scientia Agricola, 62(4):319-324. DOI: 10.1590/S0103-90162005000400003. **(Journal)**

Brancalion, P. H. S., Novembre, D. L. C., ARodrigues, R. R. and Tay, D. 2008. Priming of *Mimosa bimucronata* seeds: A tropical tree species from Brazil. Acta Horticulturae, 82: 163-168. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.782.18. **(Journal)**

Chung, W. H. 2017. Unraveling new functions of superoxide dismutase using yeast model system: Beyond its conventional role in superoxide radical scavenging. Journal of Microbiology, 55: 409-416. DOI: 10.1007/s12275-017-6647-5. **(Journal)**

Devasirvatham, V., Tan, D. K. Y., Gaur, P. M., Raju, T. N. and Trethowan, R. M. 2012. High temperature tolerance in chickpea and its implications for plant improvement. Crop & Pasture Science. 63(5): 419–428. Doi:10.1071/CP11218. **(Journal)**

Ding, F., Wang, R. and Chen, B. 2019. Effect of exogenous ammonium gluconate on growth, ion flux and antioxidant enzymes of maize (*Zea Mays* L.) seedlings under NaCl stress. Plant Biology, 21(4): 643–651. DOI: 10.1111/plb.12963. **(Journal)**

Duman, I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K3PO4 on germination and seedling growth in lettuce. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 923-928. Doi: 10.3923/pjbs.2006.923.928. **(Journal)**

Esterbauer, H. and Grill, D. 1978. Seasonal variation of glutathione and glutathione reductase in needles of Picea abies. Plant Physiology, 61:119–121. DOI: 10.1104/pp.61.1.119. **(Journal)**

Farhoudi, R. and Khodarahmpour, Z. 2017. Study of germination, seedling growth and antioxidant enzymes activity of chickpea cultivars under salt stress. Plant Process and Function, 6(21): 91-102. DOI: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.18.0. (In Persian)**(Journal)**

Farooq, M., Basra, S. M. A. and Hafeez, K. 2006. Seed invigoration by osmohardening in coarse and fine rice. Seed Science and Technology, 34: 181–187. DOI: 10.15258/sst.2006.34.1.19. **(Journal)**

Fathi Amirkhiz, K., Omidi, H., Heshmati, S. and Jafarzadeh, L. 2012. Study of black cumin (*Nigella sativa* L.) germination attributes and seed vigur under salinity stress by osmopriming accelerators pretreatment. Iranian Journal of Field Crops Research, 10(2): 299-310. DOI: 10.22067/GSC.V10I2.16170.
(In Persian)**(Journal)**

Feghhenabi, F., Hadi, H. and Khodaverdiloo, H., Van Genuchten, M. T. 2020. Seed priming alleviated salinity stress during germination and emergence of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agricultural Water Management, 231:106022. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106022. **(Journal)**

Foti, R., Abureni, K., Tigere, A., Gotosa, J. and Gere, J. 2008. The efficacy of different seed priming osmotica on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. Journal of Arid Environments, 72: 1127-1130. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2007.11.008. **(Journal)**

Haghjoo, M. and Bahrani, A. 2018. Effect of salicylic acid and gibberellic acid pre-treatment on accumulation of some ions and germination indices in canola (*Brassica napus* L.) under salt stress condition. Scientific Journals Database, 8(1): 23-35. (In Persian)**(Journal)**

Hardegree, S. P. and Emmerich, W. E. 1990. Partitioning Water Potential and Specific Salt Effect on Seed Germination of Four Grasses. Annuals of Botany, 65: 587-595. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088068. **(Journal)**

Hasanuzzaman, M., Nahar, N., Hossain, M. S., Mahmud, J. A., Rahman, A., Inafuku, M., Oku, H. and Fujita, M. 2017. Coordinated actions of glyoxalase and antioxidant defense systems in conferring abiotic stress tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences, 18: 200. DOI: 10.3390/ijms18010200. **(Journal)**

Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M. and Fotopoulos, V. 2020. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. Antioxidants, 9(8): 681. DOI: 10.3390/antiox9080681. **(Journal)**

Hasanuzzaman, M., Inafuku, M., Nahar, K., Fujita, M. and Oku, H. 2021. Nitric oxide regulates plant growth, physiology, antioxidant defense, and ion homeostasis to confer salt tolerance in the mangrove species, Kandelia obovata. Antioxidants, 10: 611. DOI: 10.3390/antiox10040611. **(Journal)**

Hawrylak, N. B., Rubinowska, K., Molas, J. and Woch, W., Matraszek-Gawron, R. and Szczurowska, A. 2019. Selenium-induced improvements in the ornamental value and salt stress resistance of *Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br. Folia Horticultureae, 31: 213-221. DOI: 10.2478/fhort-2019-0016. **(Journal)**

Hemeda, H. M. and Klein, B. P. 1990. Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. Journal of Food Science, 55: 184–185. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1990.tb06048.x. **(Journal)**

Hussain, S., Khan, F., Hussain, H. A. and Nie, L. 2016. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance of rice cultivars. Front. Plant Science, 7: 116. DOI: 10.3389/fpls.2016.00116. **(Journal)**

Iqbal. S., Hussain, S., Qayyaum, M. A. and Ashraf, M. 2020. The Response of Maize Physiology under Salinity Stress and Its Coping Strategies. Plant Stress Physiology. Bangladesh Wheat and Maize Research Institute Press. **(Book)**

Iqbal, H., Yaning, C., Rehman, H., Waqas, M., Ahmed, Z., Raza, S. T. and Shareef, M. 2020. Improving heat stress tolerance in late planted spring maize by using different exogenous elicitors. Chilean Journal of Agricultural Research, 80: 30-40. DOI: 10.4067/S0718-58392020000100030. **(Journal)**

Islam, S. M. M., Rohani, M. F. and Shahjahan, M. 2021. Probiotic yeast enhances growth performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) through morphological modifications of intestine. Aquaculture Reports, 21: 100800. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100800. **(Journal)**

ISTA. 2012. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Switzerland: The International Seed Testing Association (ISTA). **(Handbook)**

Jahan, M. S., Li, G., Xie, D., Farag, R., Hasan, M. M. and Alabdallah, N. M. 2023. Melatonin mitigates salt-induced growth inhibition through the regulation of carbohydrate and nitrogen metabolism in tomato seedlings. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 23: 4290–4308. DOI: 10.1007/s42729-023-01348-7**. (Journal)**

Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L. and Chibbar, R N. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. British Journal of Nutrition, 1: S11-26. DOI: 10.1017/S0007114512000797. **(Journal)**

Kaur, S., Suhalia, A., Sarlach, R. S., Mohd, S., Pritpal, S., Gomti, G., Anureet, B. and Achla, S. 2022. Uncovering the Iranian wheat landraces for salinity stress tolerance at early stages of plant growth. Cereal Res. Commun, 56: 6-13. DOI: 10.1007/s42976-022-00245-6. **(Journal)**

Khan, M. N., Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Naeem, M. and Khan, M. M. A. 2010. Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation. Acta Physiologiae Plantarum, 32: 121–132. DOI: 10.1007/s11738-009-0387-z. **(Journal)**

Khedia, J., Agarwal, P. and P. K. 2019. Agarwal. Deciphering hydrogen peroxide-induced signalling towards stress tolerance in plants. Biotech. 9(11): 395. DOI: 10.1007/s13205-019-1924-0. **(Journal)**

Kumar, R., Singh, S. K. and Sah, U. 2017. Multidimensional study of pulse production in Bundelkhand region of India. Legume Research. 40(5): 1046-52. DOI: 10.18805/LR-3502. **(Journal)**

Li, Z., Xu, J., Gao, Y., Wang, C., Guo, G., Luo, Y., Huang, Y., Hu, W., Sheteiwy, M. S. and Guan, Y. 2017. The Synergistic Priming Effect of Exogenous Salicylic Acid and H2O2 on Chilling Tolerance Enhancement during Maize (*Zea mays* L.) Seed Germination. Frontiers in Plant Science, 8: 1153. DOI: 10.3389/fpls.2017.01153. **(Journal)**

Mansoor, S., Wani, O. A., Lone, J. F., Manhas, S., Kour, N., Alam, P., Ahmad, A. and Ahmad, P. 2022. Reactive Oxygen Species in Plants. Antioxidants, 11: 225. DOI: 10.3390/antiox11020225. **(Journal)**

Muhei, S. H. 2018. Seed priming with phytohormones to improve germination under dormant and abiotic stress conditions. Advances in Crop Science and Technology, 6: 403-409. DOI: 10.4172/2329-8863.1000403. **(Journal)**

Nazari, R., Parsa, S., Tavakkol Afshari, R. and Mahmoodi, S. 2020. The effect of seed priming with Salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes and lipid peroxidation in deteriorated seeds soybean (*Glycine max* (L.) Merrill, William variety). Iranian Journal of Seed Science and Technology, 9(1): 57-70. DOI: 10.22034/IJSST.2018.116566.1149. (In Persian)**(Journal)**

Noreen, S., Saleem, S., Iqbal, U., Mahmood, S., Salim, M., Akbar, N., El-Sheikh, M. and Kaushik, P. 2024. Moringa olifera leaf extract increases physio-biochemical properties, growth and yield of Pisum sativum grown under salinity stress, Journal of King Saud University-Science, 36(2): 103056. DOI: 10.1016/j.jksus.2023.103056**. (Journal)**

Omidi, H., Sorushzadeh, A., Salehi, A. and Ghezeli, F. 2005. Evaluation of priming pretreatments on germination rapeseed. Agricultural Science and Technology, 19(2): 125-136. (In Persian)**(Journal)**

Omidi, H., Leyla, J. and Hasanali, N. 2014. Seeds of medicinal plants and crops. Natural Resources and Environment. Shahed University Press. **(Book)**

Rhaman, M. S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C. C., Murata, Y. and Hasanuzzaman, M. 2021. Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress. Plants, 10: 37**.** DOI: 10.3390/plants10010037. **(Journal)**

Saadat, H., and Sedghi, M. 2021. Effect of priming and aging on Physiological, biochemical traits seed common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Seed Research, 11(3): 75-89. DOI: 10.30495/jsr.2022.1945870.1228. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023a. The Effect of Priming with Different Levels of Chitosan on Physiological and Biochemical Traits in French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Salinity Stress. Phant Production Technology, 14(2):75-89. DOI: 10.22084/PPT.2023.26100.2075. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023d. Expression of gibberellin synthesis genes and antioxidant capacity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadri) seeds induced by chitosan under salinity. Iranian Journal of Plant Physiology, 13(4): 4715-4728. DOI: 10.30495/ijpp.2023.1978837.1460. **(Journal)**

Saadat, H., Soltani, E. and Sedghi, M. 2023b. The effect of seed priming with chitosan on germination characteristics and activity of antioxidant enzymes in rice seedlings (*Oryza Sativa* L.) under salinity stress. Plant Process and Function, 12(54):239-258. DOI: 20.1001.1.23222727.1402.12.54.15.5. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, T, Alidoost, H., and Sedghi, M. 2022c. The effect of priming and aging on the germination of rice seed masses with different strength. Journal of Seed Research, 10(4): 60-67. DOI: 20.1001.1.22520961.1399.10.37.7.5. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, T, Alidoost, H., and Sedghi, M. 2022. The effect of priming on the activity and gene expression of antioxidant enzymes in rice. Journal of Seed Research, 11(4): 46-54. DOI: 10.30495/jsr.2022.1928952.1210. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, T., Sedghi, M., Gholipouri, A., Seyed Sharifi, R. and Sheykhbaglou, R. 2020a.The effect of priming deterioration on the activity of antioxidant enzymes and the mobility of seed reserves in Frenchbean (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Sadri. Iranian Journal of Science and Technology, 8(2): 19-32. DOI: 10.22034/IJSST.2018.116851.1154. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, T., Sedghi, M., Gholipouri, A., Seyed Sharifi, R. and Sheykhbaglou, R. 2020b. Effect of seed priming and aging on germination, biochemical traits and antioxidant enzyme gene expression in common bean(*Phaseolus vulgaris* l.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(1): 1-13. DOI: 10.22124/JMS.2020.4267. (In Persian)**(Journal)**

Saadat, T., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R. and Farzaneh, S. 2023c. Effect of chitosan on germination indices of common bean (*Phaseolus vulgaris*) (cv. Sedri) seeds under salt stress. Iranian Journal of Seed Research, 9(2): 151-162. DOI: 10.61186/yujs.9.2.151. (In Persian)**(Journal)**

Saddiq, M. S., Iqbal, S., Afzal, I, Ibrahim, A. M., Bakhtavar, M. A, Hafeez, M. B., Jahanzai, B. and Maqbool M. M. 2019. Mitigation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings through physiological seed enhancements. Journal of Plant Nutrition, 42(10):192-204. DOI: 10.1080/01904167.2019.1609509**. (Journal)**

Sairam, R. K., Rao, K. V. and Srivastava, G. C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyteconcentration. Plant Science, 163: 1037-1046. DOI: 10.1016/S0168-9452(02)00278-9. **(Journal)**

Sen, A. and Puthur, J. T. 2020. Influence of different seed priming techniques on oxidative and antioxidative responses during the germination of *Oryza sativa* varieties. Physiology and Molecular Biology of Plants, 26(3): 551-565. DOI: 10.1007/s12298-019-00750-9. **(Journal)**

Sher, A., Sarwar, T., Nawaz, A., Ijaz, M., Sattar, A. and Ahmad, S. 2019. Methods of seed priming. In: Hasanuzzaman, M. and Fotopoulos, V. (Eds.) Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings. Singapore. pp: 1–10.

Sivritepe, N., Sivritepe, H. O. and Eris, A. 2003. The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline con-ditions. Scientia Horticulturae, 97: 229–237. DOI: 10.1016/S0304-4238(02)00198-X. **(Journal)**

Tamindži´c, G., Ignjatov, M., Miljakovi´c, D., Cervenski, J., Miloševi´c, D., Nikoli´c, Z. and Vasiljevi´c, S. 2023. Seed Priming Treatments to Improve Heat Stress Tolerance of Garden Pea (*Pisum sativum* L.). Agriculture**,** 13: 439. DOI: 10.3390/agriculture13020439. **(Journal)**

Tao, Q., Lv, Y., Mo, Q., Bai, M., Han, Y. and Wang, Y. 2018. Impacts of priming on seed germination and seedling emergence of Cleistogenes songorica under drought stress. Seed Science and Technology, 46(2): 239-258. DOI: 10.15258/sst.2018.46.2.06. **(Journal)**

TavakolAfshari, R., Rashidi, S. and Alizadeh, H. 2009. Effects of seed aging on germination characteristics and on catalase and peroxidase activities in two canola cultivars (*Brassica napus* L.). Iran Journal of Field Crop Science, 40(2): 125-133. DOI: 20.1001.1.20084811.1388.40.2.13.7. (In Persian)**(Journal)**

Varshney, R. K., Song, C., Saxena, R. K., Azam, S., Yu, S., Sharpe, A. G., Cannon, S., Baek, J., Rosen, B. D. and Tar'an, B. 2013. Draft genome sequence of chickpea (Cicer arietinum) provides a resource for trait improvement. Nature Biotechnology, 31(3): 240-246. DOI: 10.1038/nbt.2491. **(Journal)**

Yasir, T. A., Muhammad Ateeq, M., Wasaya, A., Hussain, M., Sarwar, N., Khura Mubeen, K., Aziz, M., Iqbal, M. A., Ogbaga, C., Al-Ashkar, I., Md Atikur, R. and El Sabagh, A. 2023. Seed Priming

and Foliar Supplementation with β-aminobutyric Acid Alleviates Drought Stress through Mitigation of Oxidative Stress and Enhancement of Antioxidant Defense in Linseed (*Linum usitatissimum* L.). Phyton, 92(11): 3114-3131. DOI: 10.32604/phyton.2023.029502. **(Journal)**

Yasmeen, A., Basra, S., Farooq, M. and Hussain, N. 2013. Exogenous application of moringa leaf extract modulates the antioxidant enzyme system to improve wheat performance under saline conditions Plant Growth Regulation, 69: 225-233. DOI: 10.1007/s10725-012-9764-5**. (Journal)**

Zandi, P. and Schnug, E. 2022. Reactive Oxygen Species, Antioxidant Responses and Implications from a Microbial Modulation Perspective. Biology, 11: 155. DOI: 10.3390/biology11020155. **(Journal)**

Zulfiqar, F. and Ashraf, M. 2021. Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. Plant Physiology and Biochemistry, 160: 257–268. DOI: 10.1016/j.plaphy.2021.01.028. **(Journal)**

The effect of priming on seed germination indices and antioxidant enzyme activity in chickpea seedlings (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress

Haniyeh Saadat[1*], Mohammad Sedghi[2]

Received: April 1, 2024 Accepted: May 16, 2024

Abstract

In order to investigate the effect of priming on seed germination indices and antioxidant enzyme activity in chickpea seedlings under salinity stress and an experiment was conducted based on completely randomized design arranged in factorial with three replications at University of Mohaghegh Ardabili in 2023 with 3 replications. Treatments were four salinity levels (0, 50, 75 and 100 mM Derived from sodium chloride) and four levels of priming (without priming (control), hydropriming, priming with gibberellin (50 ppm) and salicylic acid (100 ppm)). The results showed that salinity stress reduced germination percentage (GP), daily germination coefficient (DGC), plumlue fresh weight (PFW). But seed priming with distilled water, salicylic acid, especially gibberellin improved these traits. Salinity increased the mean germination time (MGT), so that the highest (0.0387 seed per day) was observed at salinity of 100 Mm. The highest radicle fresh weight (RFW) (110.967 mg), radicle dry weight (RDW) (19.600 mg), plumule dry weight (PDW) (14.667 mg), seed length and weight vigor index (SLVI and SWVI) (12.041and 3.288) were observed in priming with gibberellin and control. The activity of catalase and glutathione enzymes reductase in priming with gibberellin were the application 66 and 42% higher than the control. The activity of peroxidase (enzyme in gibberellin treatment and salinity of 100 mM compared to the control showed an increase about 96%. Also. lowest amylase (2.1384 mg g-1 FW min-1) was obtained in salinity of 100 mM. In general, the results showed that gibberellin by stimulating antioxidant enzymes and neutralizing free radicals can reduce the harmful effects of salinity stress on some traits in chickpea seedlings and improve seedling growth.

Keywords: Antioxidant Enzymes; Chickpea; Gibberellin; Salicylic Acid; Sodium Chloride.

How to cite this article

Saadat, H. and Sedghi, M. 2024. The effect of priming on seed germination indices and antioxidant enzyme activity in chickpea seedlings (*Cicer arietinum* L.) under salinity stress. Iranian Journal of Seed Science and Research, 11(1): 15-29. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2024.8036

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. Ph.D of Crop Ecology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. t.saadat 2020@gmail.com

2. Professor of Crop Physiology, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. m_sedghi@uma.ac.ir

*Corresponding author: t.saadat 2020@gmail.com