

اثر سالیسیلیک اسید و تنش خشکی بر جوانه زنی بذر جو

مهران شرفی زاده*

۱- کارشناس بذر غلات و استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر ونهال، کرج، البرز، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید تحت شرایط تنش خشکی بر خصوصیات جوانه زنی جو، این پژوهش در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. بذر جو رقم زهک پس از خیساندن در محلول‌های [صفر (آب مقطر)، ۰/۷، ۱/۲ و ۲/۷ میلی مولار] سالیسیلیک اسید (SA) به مدت ۲۴ ساعت جهت جوانه زنی در شرایط تنش خشکی به پتری دیش‌های حاوی ۱۰ میلی لیتر، محلول پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) با پتانسیل‌های [صفر (شاهد)، ۰/۵-، ۱-، ۱/۵-، ۲-، ۳-، ۴-، ۵-، ۶-، ۷-، ۸-، ۹-، ۱۰-، ۱۱-، ۱۲-، ۱۳-، ۱۴-، ۱۵-، ۱۶-، ۱۷-، ۱۸-، ۱۹-، ۲۰-، ۲۱-، ۲۲-، ۲۳-، ۲۴-، ۲۵-، ۲۶-، ۲۷-، ۲۸-، ۲۹-، ۳۰-، ۳۱-، ۳۲-، ۳۳-، ۳۴-، ۳۵-، ۳۶-، ۳۷-، ۳۸-، ۳۹-، ۴۰-، ۴۱-، ۴۲-، ۴۳-، ۴۴-، ۴۵-، ۴۶-، ۴۷-، ۴۸-، ۴۹-، ۵۰-، ۵۱-، ۵۲-، ۵۳-، ۵۴-، ۵۵-، ۵۶-، ۵۷-، ۵۸-، ۵۹-، ۶۰-، ۶۱-، ۶۲-، ۶۳-، ۶۴-، ۶۵-، ۶۶-، ۶۷-، ۶۸-، ۶۹-، ۷۰-، ۷۱-، ۷۲-، ۷۳-، ۷۴-، ۷۵-، ۷۶-، ۷۷-، ۷۸-، ۷۹-، ۸۰-، ۸۱-، ۸۲-، ۸۳-، ۸۴-، ۸۵-، ۸۶-، ۸۷-، ۸۸-، ۸۹-، ۹۰-، ۹۱-، ۹۲-، ۹۳-، ۹۴-، ۹۵-، ۹۶-، ۹۷-، ۹۸-، ۹۹-، ۱۰۰-] منتقل شد، صفات وابسته به جوانه زنی تعیین شد. نتایج نشان داد که بیشترین اثر سالیسیلیک اسید بر کاهش مدت زمان جوانه زنی در سطوح پایین تنش بود. بالاترین درصد جوانه زنی (۹۳٪) و صفات مؤثر بر آن از تیمار خیساندن بذر با اسید سالیسیلیک با حداقل غلظت (۷ میلی مولار) و سطوح کم تنش خشکی بدست آمد. بنبه بذر و شاخص قدرت گیاهچه در غلظت‌های بالای اسید سالیسیلیک و سطوح بالای تنش خشکی کاهش یافت. در این تحقیق تنش خشکی باعث کاهش صفات مرتبط به جوانه زنی و سالیسیلیک اسید باعث کاهش اثر سوء تنش خشکی بر صفات وابسته به جوانه زنی شد.

واژه‌های کلیدی: آلومتریک، درصد جوانه زنی، زمان جوانه زنی، اسید سالیسیلیک

Effect of Salicylic Acid and Drought Stress on Germination and Activity of Antioxidant Enzymes of Barely

M. Sharafizadeh

Seed cerealexpert and Assistant Professor/ Seed and Plant Certification and
Registration research Institute (SPCRI), Karaj, Alborz, Iran.
(Received: Dec. 25, 2015 – Accepted: May. 16, 2017)

Abstract

In order to study effect pretreatment salicylic acid under drought stress on germination characteristics this research was conducted in May 1393. Barley seed varieties Zahak after soaking in solution [zero (water) 0.7 1.2 and 2.7 mM] of salicylic acid (SA) for 24 hours under conditions of drought stress on the germination dishes. Containing 10 ml of a solution of polyethylene glycol (6000) with potentials [zero (control), -0.5 MPa, 1 MPa and 1.5 MPa] moved, and related traits were determined germination. The results showed that the maximum effect of salicylic acid on germination time, reduce stress levels were low. The highest germination percentage (93 %) and the effective yield of seed soaking with the minimum concentration of salicylic acid 0.7 mM) and low levels of stress were gained. Vigor and Seedling vigor index at high concentrations of salicylic acid and high levels of stress decreased. In this study, drought stress reduced the germination traits and salicylic acid reduces the adverse effect of drought stress on germination was related traits.

Key words: allometric germination percentage, germination time, salicylic acid

گیاچه‌های جو تحت تنش خشکی این تحقیق در آزمایشگاه تکنولوژی بذر واحد کنترل و گواهی بذر استان خوزستان با دو تیمار اجرا گردید. تیمارها شامل: ۱- تنش خشکی با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول در چهار سطح [صفر (شاهد)، ۰/۵-، مگاپاسکال، ۱- مگاپاسکال و ۱/۵- مگاپاسکال] و ۲- پرایمینگ با اسید سالیسیلیک در چهار سطح [صفر (آب مقطر)، ۰/۷، ۱/۲ و ۲/۷ میلی مولار] بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تعداد ۲۵ عدد بذر پس از ضد عفونی با قارچکش بنومیل به مدت دو دقیقه و خشک کردن آن‌ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد)، به مدت ۲۴ ساعت در محلول‌هایی اسید سالیسیلیک به طور جداگانه خیسانده و پس از آن بذرهای خیس خورده به پتری دیش‌های حاوی کاغذ واتمن شماره یک انتقال داده شدند. برای اعمال تنش خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) به میزان ۱۰ میلی لیتر در هر پتری دیش استفاده شد و برای جوانه‌زنی به مدت ۱۶ ساعت در شرایط نور (روشنایی) در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و هشت ساعت در شرایط تاریکی (شب) در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی حدود ۶۰٪ در ژرمیناتور قرار داده شدند. و صفات میانگین جوانه‌زنی روزانه، درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، انرژی جوانه‌زنی، صفت آلومتریکی و شاخص قدرت گیاچه با استفاده از روابط زیر محاسبه و مقدار آنزیم‌های آنتی اکسیدان گیاهان تیمار شده اندازه‌گیری شد.

متوسط زمان جوانه‌زنی (MTG) متوسط زمان جوانه‌زنی شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی است که از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$MTG = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (\text{Ellis and Roberts, 1981})$$

در رابطه فوق n ، تعداد بذرهای جوانه‌زده در طی d روز، d ، تعداد روزها از ابتدای جوانه‌زنی و $\sum n$ ، کل تعداد بذرهای جوانه‌زده می‌باشد.

مقدمه

در شرایط تنش خشکی استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مثل اسید سالیسیلیک باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌شود و به عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثر مخرب تنش‌های محیطی به حساب می‌آید. تیمار پرایمینگ بذر، به عنوان تیماری مؤثر به منظور افزایش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی در مزرعه و ظهور گیاهان متحمل، در بسیاری از گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است (Ashraf and Foolad, 2005). جذب آب توسط بذر طی سه مرحله انجام می‌گیرد. در مراحل اول و دوم جذب آب، بذر خاصیت تحمل به خشک شدن را دارد، بنابراین، می‌توان رطوبت بذر را در این مراحل با خشک کردن، کاهش داد (Bradford, 1976). در واقع هدف از پرایمینگ، رساندن فرآیندهای جوانه‌زنی تا این مراحل است (Gallardo et al., 2001). در یک تحقیق پرایمینگ بذر سویا با اسید سالیسیلیک باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند گلو‌تاتیون و آسکوربات در بذر شد، که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در مرحله جوانه‌زنی کاهش و باعث افزایش درصد جوانه‌زنی شدند (Cakmad and Horst, 1991). در یک بررسی پرایمینگ بذرهای گندم و جو با اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و افزایش تحمل گیاچه‌ها به تنش شد (Hanan, 2007). با توجه به احتمال بروز شرایط تنش خشکی در برخی مراحل رشد و نمو جو از یک سوء و عدم وجود پژوهش در خصوص اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت بذر جو تحت تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت

متوسط جوانه‌زنی روزانه (*MDG*) متوسط جوانه‌زنی روزانه شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه می‌باشد از رابطه زیر محاسبه گردید (Scott et al., 1948).

$$MDG = \frac{FGP}{d}$$

در رابطه فوق *FGP* درصد جوانه‌زنی نهایی (قوه نامیه) و *d* تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره آزمایش) می‌باشند. سرعت جوانه‌زنی روزانه (*DGS*) این شاخص، عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه است و از رابطه زیر تعیین شد (Hunter et al., 1984).

$$DGS = \frac{1}{MDG}$$

ضریب سرعت جوانه‌زنی (*CVG*) این شاخص، مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه شد (Maguire, 1962).

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n)}$$

در رابطه فوق *GI-Gn* تعداد بذرها جوانه‌زده از روز اول تا روز آخر می‌باشد.

درصد جوانه‌زنی (*GP*): برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده گردید.

$$S/T \times 100 \quad (\text{Senaratna et al., 2000})$$

در رابطه فوق *S* تعداد بذر جوانه‌زده و *T*، تعداد کل بذراست.

شاخص بنیه بذر: برای محاسبه شاخص بنیه بذر از رابطه زیر استفاده شد (Agrawal, 2005).

شاخص بنیه بذر = طول گیاهچه × تعداد بذرها جوانه زده در روز آخر شمارش

انرژی جوانه‌زنی: برای محاسبه انرژی جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد (Agrawal, 2005).

انرژی جوانه‌زنی = تعداد بذرها جوانه زده در روز

اول شمارش تقسیم بر ۱۰۰ صفت آلومتریکی: از نسبت طول ریشه چه به طول ساقه چه محاسبه شد (Agrawal, 2005).

شاخص قدرت گیاهچه (*SVI*): پس از تعیین گیاهچه عادی و غیرعادی تعداد ۱۰ گیاهچه از هر توده به‌طور تصادفی انتخاب و سپس طول گیاهچه و برگ‌های اولیه و ریشه‌های اولیه تعیین گردید و با استفاده از رابطه زیر شاخص قدرت گیاهچه محاسبه گردید (Wasem, 2006).

قوه نامیه × (میانگین طول ریشه اولیه + میانگین طول ساقه اولیه) *SVI*=

طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه محاسبه گردیدند. برای ارزیابی‌های فوق تعداد پنج گیاهچه به‌طور تصادفی انتخاب و به وسیله خط کش طول آن‌ها تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر پرایمینگ، اسید سالیسیلیک، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین در اثر برهمکنش بین تیمارها (جدول ۴) نشان داد که در تمام غلظت‌های اسید سالیسیلیک، بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد (بدون تنش) بود و از بین غلظت‌های اسید سالیسیلیک، بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۳٪) مربوط به برهمکنش غلظت ۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و تیمار شاهد بدون تنش و کمترین درصد جوانه‌زنی (۳۳٪) مربوط به برهمکنش تیمار کاربرد ۲/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱- مگاپاسکال تنش خشکی بود. به نظر رسید غلظت کم اسید سالیسیلیک از طریق بیوسنتز اتیلن باعث افزایش جوانه‌زنی و غلظت بالای اسید سالیسیلیک با تأثیر بر آنزیم *ACC* (آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلیک اسید) و کاهش سنتز اتیلن، باعث کاهش جوانه‌زنی شد. این نتیجه با نتایج (CutandKelssig, 1992) که بیان نمودند

ترکیب تیمار ۲/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و تیمار پتانسیل آب ۱/۵- مگاپاسکال بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر با غلظت کم اسید سالیسیلیک باعث افزایش آنزیم‌های آنتی اکسیدانت مانند گلوکاتایون و آسکوربات در بذر شدند، که این آنزیم‌ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در مرحله جوانه‌زنی کاهش دادند که در نتیجه باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی شدند.

ضریب سرعت جوانه‌زنی

اثر پرایمینگ و سطوح تنش و برهمکنش بین آن‌ها بر ضریب سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین ضریب سرعت جوانه‌زنی علاوه بر شاهد مربوط به غلظت کم اسید سالیسیلیک بود. با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک، ضریب سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بالاترین ضریب سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به تیمار بدون کاربرد اسید سالیسیلیک با تیمار بدون تنش خشکی (۹۷) و تیمار بدون کاربرد اسید سالیسیلیک با تیمار بدون تنش خشکی (۹۳) و کمترین ضریب سرعت جوانه‌زنی (۲۵/۴) به غلظت ۲/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و ۱/۵- مگاپاسکال تنش خشکی تعلق داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر با غلظت بالای اسید سالیسیلیک همانند تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب، کاهش جذب آب توسط بذر و کاهش سرعت جوانه‌زنی شد.

بنیه بذر

اثر پرایمینگ، تنش خشکی و برهمکنش تیمارها بر صفت بنیه بذر معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش پتانسیل آب و افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بنیه بذر کاهش یافت. به نظر رسید پرایمینگ بذر با آب مقطر و یا غلظت کم مواد اسمزی مثل اسید سالیسیلیک به دلیل فعال نمودن متابولیسم لازم برای جوانه‌زنی و افزایش سنتز RNA ریبوزومی و DNA میتوکندری و افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز سبب بهبود کیفیت جوانه‌زنی بذر از طریق آغاز مراحل اولیه جوانه‌زنی باعث افزایش ویگور (بنیه) بذر شد. بالاترین شاخص بنیه بذر مربوط به

غلظت کم اسید سالیسیلیک باعث افزایش جوانه‌زنی شد، مطابقت داشت. می‌توان نتیجه گرفت که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بیشتر باعث کاهش اثر تنش خشکی در فرآیند جوانه‌زنی بذر شد.

متوسط جوانه‌زنی روزانه

اثر سطوح مختلف پرایمینگ و تنش خشکی و برهمکنش تیمارها بر متوسط جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). بررسی اثر برهمکنش تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بالاترین میانگین جوانه‌زنی روزانه (۱۵/۶) مربوط به اثر برهمکنش تیمار شاهد اسید سالیسیلیک و تیمار شاهد بدون تنش و کمترین آن (۵/۵) مربوط به تیمار غلظت ۲/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و پتانسیل آب ۱/۵- مگاپاسکال بود. به نظر می‌رسد تنش خشکی به دلیل کاهش فشار اسمزی باعث کاهش جذب آب توسط بذر و کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول جوانه‌زنی مانند آلفا آمیلاز و در نتیجه کاهش جوانه‌زنی روزانه بذر شد. این نتیجه با یافته‌های (Amoret al., 2005) مطابقت داشت.

متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی

اثر تیمارها بر متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱)، اما با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و سطوح تنش خشکی متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بیشتر شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد افزایش تنش خشکی و غلظت اسید سالیسیلیک به دلیل کاهش فشار اسمزی و کاهش جذب آب موجب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر و افزایش مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی شد.

سرعت جوانه‌زنی روزانه

اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و سطوح مختلف تنش و برهمکنش تیمارها بر صفت سرعت جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). بیشترین سرعت جوانه‌زنی روزانه (۱۸۸/ ساعت) مربوط به ترکیب تیمار ۰/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و شاهد (بدون تنش) و کمترین آن (۰/۴۵ ساعت) مربوط به

ترکیب تیماری غلظت ۱/۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک و تیمار بدون تنش بود و کمترین این شاخص مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۲/۷ میلی مولار اسید سالیسیلیک و پتانسیل آب ۱/۵- مگاپاسکال بود (جدول ۵). نتیجه گرفته شد که غلظت بالای اسید سالیسیلیک به دلیل کاهش پتانسیل آب و کاهش جذب آب و عدم شروع فعالیت آنزیم‌های جوانه‌زنی باعث کاهش ویگور (بنیه بذر) شدند.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات وابسته به جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاهی

Table 1- Analysis of variance (mean square) characters related to germinate under laboratory conditions

(M.S)							
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی def.	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean Day Germination	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Time Germination	سرعت جوانه‌زنی روزانه Day Germination Speed	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficients Velocity Germination	بنیه بذر Seed Vigor
سالیسیلیک اسید Salicylic acid (A)	3	1719.6**	47.2**	1871.7ns	0.008**	3983.7**	1.9**
تنش خشکی (B) Drought stress	3	5868.9**	184**	1214.4 ns	0.024**	7712.9**	6.1**
A×B	9	440.8**	12.2*	1668.7 ns	0.002**	723.7**	.39**
خطا Error	48	154	4.4	1192.4	0.001**	255.5	.08
C.V (%)	-	9	9.3	5.4	23	15.1	8.2

ns, * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار

ns, * and **. Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر ساده صفات مورد ارزیابی در آزمایشگاه

Table 2- Comparison of the effect of traits in the laboratory

شرح تیمار Treatments (S.A) سالیسیلیک اسید	متوسط زمان جوانه‌زنی (hour) Mean Time Germination	طول ریشه‌چه (mm) Radicle length	آلومتریک Allometric	شاخص قدرت گیاهچه Seedling vigor index
0	128.1 ^a	2.5 ^a	2.7 ^a	5.5 ^a
0.7	132.7 ^a	2.6 ^a	2.6 ^a	5.4 ^a
1.2	150.1 ^a	2.5 ^a	2.7 ^a	5.2 ^a
2.7	147.5 ^a	2.5 ^a	2.7 ^a	4.5 ^b
LSD(%5)	41	0.1	0.21	0.63
تنش خشکی Drought stress(mpa)				
0	143.7 ^a	2.5 ^a	2.5 ^a	5.4 ^a
-0.5	144.3 ^a	2.5 ^a	2.7 ^a	5.6 ^a
-1	143.8 ^a	2.6 ^a	2.8 ^a	5.2 ^a
-1.5	126.5 ^a	2.5 ^a	2.8 ^a	4.4 ^b
LSD	41	0.1	0.34	0.63

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

The same letters in each column are statistically no significant difference in the level of five percent.

طول ریشه چه

اثر کاربرد اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر طول ریشه چه معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین طول ریشه چه با ۲/۵۶ میلی متر مربوط به مقدار کم کاربرد اسید سالیسیلیک و کمترین آن با ۲/۴۸ میلی متر مربوط به مقدار بالای کاربرد اسید سالیسیلیک بود (جدول ۲). به نظر می رسد پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک به دلیل افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهائی ریشه چه، باعث افزایش طول آن گردید. در تیمار تنش بیشترین طول ریشه چه مربوط به پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال و کمترین طول ریشه چه مربوط به پتانسیل اسمزی ۱/۵- مگاپاسکال بود و با افزایش سطح تنش تا حدود ۱- مگاپاسکال طول ریشه چه افزایش یافت، اما با سطح تنش خشکی از ۱- مگاپاسکال بالاتر دیگر نه تنها افزایش در طول ریشه چه صورت نگرفت، بلکه کاهش این صفت نیز رخ داد (جدول ۲). به نظر می رسد در مراحل اولیه تنش، سرعت رشد ریشه چه به دلیل حساسیت کمتر به تنش خشکی و به منظور جذب بیشتر آب بالاتر بود اما با کاهش پتانسیل آب به دلیل کاهش جذب آب توسط بذر و کاهش ترشح هورمون ها و فعالیت آنزیم ها اختلال در رشد گیاه چه (ریشه چه و ساقه چه) بوجود آمد.

طول ساقه چه

اثر سطوح مختلف پرایمینگ با اسید سالیسیلیک، تنش و برهمکنش تیمارها بر طول ساقه چه معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین طول ساقه چه (۲/۵ میلی متر) مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۱/۲ اسید سالیسیلیک تیمار بدون تنش و کمترین طول ساقه چه (۲/۳ میلی متر) مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۲/۷ اسید سالیسیلیک و تیمار پتانسیل آب ۱/۵- مگاپاسکال بود (جدول ۵). نتیجه گرفته می شود که غلظت کم و متوسط اسید سالیسیلیک بر این صفت تأثیر مثبت داشتند و همین غلظت ها فقط در سطح پایین تنش خشکی بر این صفت تأثیر گذار بودند. در سطوح بالای تنش خشکی، اسید سالیسیلیک باعث تعدیل اثر تنش بر این صفت نشد. به نظر می رسد اسید سالیسیلیک میزان تقسیم سلولی مریستم راس ریشه های اولیه که به افزایش رشد طولی ساقه چه منجر می شوند را زیاد کرد اما با کاهش پتانسیل آب به دلیل کاهش فشار اسمزی حلالیت اسید سالیسیلیک کاهش و جذب آن توسط بذر کمتر شده و در تقسیمات سلولی و فعل و انفعالات جوانه زنی نقش کمتر داشته است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در آزمایشگاه

Table 3- Analysis of variance (mean square) traits evaluated in the laboratory

M.S							
منابع تغییر s.o.v	درجه آزادی def.	طول ریشه چه Radicle length	طول ساقه چه shoot length	طول گیاهچه Planet length	انرژی جوانه زنی Energy germination	آلومتریک Allometric	شاخص قدرت گیاهچه Seedling vigor index
کاربرد اسید سالیسیلیک (A) SA Application(A)	3	.018*	.005*	.040**	1.759**	.041 ns	2.829**
تنش خشکی (B) Drought stress	3	.018*	.044**	.188**	1.377**	.413**	4.243**
A×B	9	.008ns	.007**	.16*	.221**	.017 ns	.535 ns
Errorخطا	48	.005	.001	.006	.056	.033	.112
C.V (%)	-	3	1.2	1.5	7	7.2	6.4

ns, * and **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال خطای پنج درصد، یک درصد و غیر معنی داری

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴ - مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک و تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی در آزمایشگاه
Table 4- Comparison of interaction salicylic acid and drought stress on characteristics measured in the laboratory

برهمکنش Interaction		درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean Day Germination	سرعت جوانه‌زنی روزانه Day Germination Speed Day	ضریب سرعت جوانه‌زنی coefficient Velocity Germination
سالیسیلیک اسید (SA)	تنش خشکی (Drought stress)				
0	0	90 ^a	15.6 ^a	0.14 ^e	96.8 ^a
	-0.5	81 ^{ab}	13.5 ^a	0.131 ^{de}	93 ^a
	-1	59 ^{bcd}	9.8 ^{bc}	0.119 ^{bcde}	62 ^{bc}
	-1.5	52 ^{cd}	8.7 ^{cd}	0.085 ^{bc}	55 ^{cd}
0.7	0	93 ^{ab}	13.7 ^a	0.188 ^{ab}	82.3 ^{ab}
	-0.5	81 ^{ab}	13.6 ^a	0.185 ^{ab}	87.6 ^a
	-1	76 ^{abc}	12.7 ^{ab}	0.132 ^{cde}	79.3 ^{ab}
	-1.5	40 ^d	6.67 ^{cd}	0.152 ^{bc}	34.3 ^{de}
1.2	0	83 ^a	15.5 ^a	0.075 ^e	92.4 ^a
	-0.5	82 ^a	14.8 ^a	0.075 ^e	92 ^a
	-1	53 ^{cd}	8.83 ^{cd}	0.067 ^{bcd}	52.6 ^{cd}
	-1.5	42 ^d	7 ^{cd}	0.065 ^{ab}	40.8 ^{cde}
2.7	0	78 ^{ab}	14 ^a	0.063 ^a	80.7 ^{ab}
	-0.5	47 ^d	7.8 ^{cd}	0.062 ^a	33.6 ^{de}
	-1	33 ^d	5.8 ^d	0.055 ^e	26 ^e
	-1.5	38 ^d	5.5 ^d	0.45 ^{bc}	25.4 ^e
LSD	-	23.5	3	0.045	23

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

The same letters in each column are statistically no significant difference in the level of five percent.

طول گیاهچه

اثر سطوح مختلف پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک و تنش و برهمکنش تیمارها معنی دار بودند (جدول ۳). در غلظت‌های اسید سالیسیلیک مشاهده شد که تیمار شاهد (بدون تنش خشکی) دارای بیشترین صفت طول گیاهچه و پتانسیل آب ۱/۵ - مگاپاسکال دارای کمترین میانگین این صفت بود. بیشترین صفت طول گیاهچه (۲/۸ میلی‌متر) مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۱/۲ اسید سالیسیلیک و تیمار بدون تنش خشکی و کمترین آن (۲/۴ میلی‌متر) مربوط به ترکیب تیماری غلظت ۲/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و پتانسیل آب ۱/۵ - مگاپاسکال بود (جدول ۵). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و کاهش پتانسیل آب طول گیاهچه کاهش یافت. به نظر می‌رسد،

غلظت بالای اسید سالیسیلیک، بازدارنده اکسین، و باعث کندی رشد گیاهچه و کاهش پتانسیل آب نیز باعث کاهش جذب آب توسط بذر و کاهش ترشح هورمون‌ها فعالیت آنزیم‌ها و در نتیجه کاهش رشد گیاهچه شد.

انرژی جوانه‌زنی

اثر تیمار پرایمینگ و تنش خشکی و برهمکنش تیمارها بر انرژی جوانه‌زنی معنی دار بود (جدول ۳). با مقایسه میانگین ترکیب تیماری غلظت اسید سالیسیلیک و تنش خشکی مشاهده شد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و تنش خشکی انرژی جوانه‌زنی زیاد شد، به طوری که بیشترین انرژی جوانه‌زنی (۴/۰۶) مربوط به غلظت ۲/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و پتانسیل آب

۱/۵- مگاپاسکال و کمترین آن (۲/۸۴) مربوط به تیمار بدون کاربرد اسید سالیسیلیک و تیمار پتانسیل آب ۵- مگاپاسکال بود (جدول ۵). با افزایش سطح تنش و افزایش مقدار اسید سالیسیلیک جذب آب برای بذر با محدودیت مواجه شده، و شروع فعالیت‌های متابولیک جوانه‌زنی با کندی انجام شده و مقاومت برای جوانه‌زنی بیشتر شد، بنابراین انرژی لازم برای جوانه‌زنی زیادتر بود.

جدول ۵ - مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش اسید سالیسیلیک و تنش کمبود آب بر صفات مورد ارزیابی در آزمایشگاه
Table 5- Comparison of interaction salicylic acid and drought stress on characteristics measured in the laboratory

برهمکنش Interaction	انرژی جوانه‌زنی Energy germination	بنیه بذر Seed Vigor	طول ساقچه shoot length	طول گیاهچه Planet length	شاخص قدرت	
					گیاهچه Seedling vigor index	
تنش خشکی (Drought stress)	سالیسیلیک اسید (SA)					
0	0	2.89 ^{bc}	4.48 ^{bc}	2.38 ^{cde}	2.62 ^{bc}	5.30 ^{abcd}
	-0.5	2.84 ^{bc}	4.04 ^{bcde}	2.44 ^{bc}	2.50 ^{defg}	5.76 ^{ab}
	-1	3.33 ^{ab}	3.41 ^{fg}	2.35 ^e	2.53 ^{def}	5.74 ^{ab}
	-1.5	3.18 ^{ab}	3.49 ^{efg}	2.34 ^e	2.48 ^{defg}	5.15 ^{bcd}
0.7	0	3.04 ^{ab}	4.52 ^b	2.48 ^{ab}	2.70 ^b	5.56 ^{abc}
	-0.5	2.91 ^{bc}	4.22 ^{bcd}	2.42 ^{bcd}	2.55 ^{cd}	6.01 ^a
	-1	3.04 ^a	3.89 ^{cdef}	2.34 ^e	2.55 ^{cd}	5.60 ^{abc}
	-1.5	3.81 ^a	2.99 ^{gh}	2.33 ^e	2.41 ^{fg}	4.25 ^{fg}
1.2	0	2.86 ^{bc}	5.11 ^a	2.52 ^a	2.82 ^a	5.62 ^{abc}
	-0.5	2.89 ^{bc}	4.13 ^{bcd}	2.36 ^{de}	2.52 ^{defg}	5.79 ^{abc}
	-1	3.65 ^a	3.14 ^{gh}	2.30 ^e	2.44 ^{defg}	4.97 ^{cde}
	-1.5	3.45 ^a	3.09 ^{gh}	2.33 ^e	2.42 ^{fg}	4.35 ^{efg}
2.7	0	3.29 ^b	3.88 ^{def}	2.37 ^{de}	2.55 ^{cde}	5.29 ^{abcd}
	-0.5	3.85 ^b	3.08 ^{gh}	2.38 ^{cde}	2.41 ^{fg}	4.69 ^{def}
	-1	4.02 ^a	2.98 ^{gh}	2.33 ^e	2.42 ^{efg}	4.27 ^{fg}
	-1.5	4.06 ^a	2.79 ^h	2.32 ^e	2.39 ^g	3.90 ^g
LSD		0.45	0.54	0.060	0.11	0.63

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

The same letters in each column are statistically no significant difference in the level of five percent.

ضریب آلومتریکی

دسترسی به رطوبت بیشتر، افزایش یافت.

شاخص قدرت گیاهچه

نتایج نشان داد که اثر پرایمینگ و تنش خشکی بر شاخص قدرت گیاهچه معنی دار بودند (جدول ۳). بیشترین شاخص قدرت گیاهچه علاوه بر تیمار شاهد در سطوح پایین غلظت اسید سالیسیلیک بدست آمد و با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک شاخص قدرت گیاهچه کمتر شد. همچنین بالاترین شاخص قدرت گیاهچه (۵/۶) در پتانسیل

نتایج نشان داد فقط اثر سطوح مختلف تنش خشکی

روی این صفت معنی دار بود و عامل پرایمینگ و برهمکنش آن با تنش خشکی معنی دار نبود (جدول ۳). بیشترین صفت آلومتریکی (۲/۸) مربوط به پتانسیل آب ۱/۵- مگاپاسکال و کمترین آن (۲/۵) مربوط به تیمار بدون تنش بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد با افزایش تنش خشکی رشد ساقه چه کاهش، اما رشد ریشه چه جهت

آب ۵٪ - مگاپاسکال بدست آمد (جدول ۲). به نظر رسید افزایش غلظت اسید سالیسیلیک همانند تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب بیشتر و اختلال در جوانه زنی و سبز شدن بذر و در نتیجه کاهش شاخص قدرت گیاهچه گردید.

References

منابع

- Amor, N.B., K.B. Hammed, A. Debez, C. Grignon, and, C. Abdely. 2005.** Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmummaritimum* to salinity. *Plant Sci.* 168,889-899.
- Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2005.** Pre-sowing seed treatment – A shotgun approach to Improve germination, growth and crop yield under saline and non – saline conditions. *Adv. Agron.* 88: 223-265
- Bradford, M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing the principle of protein- dye binding. *Annu. Rev. Biochem.* 72: 248 - 254.
- Cakmad, I., and W. Horst. 1991.** Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max*). *Plant Physiol.* 83: 463- 468.
- Cut, J.R., and D.F. Kelssig. 1992.** Salicylic acid in plants: A changing perspective. *Pharmacy Technol.* 16: 25-34.
- Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 377-409.
- Gallardo, K., J. Claudette, SPC. Groot, M. Puype, J. Vandekerckhove, and D. Job .2001.** Proteomic analysis of *Arabidopsis* seed germination and priming. *Plant Physiol.* 126: 835-848
- Deef, H.E. 2007.** Influence of salicylic Acid on stress tolerance during seed germination of *Triticumaestivum* and *Hordeumvulgare*. *Adv. Biol. Res.* 1: Pp: 40-48.
- Hunter, E. A., C. A. Glasbey, and R. E. L. Naylor. 1984.** The analysis of data from germination tests. *J. Agric. Sci.* 102:207-213.
- Maguire, J.D. 1962.** The seed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- McDonald, M.B., and L.O. Copeland, 2000.** Seed production, principles and practices. Chapman and Hall, U.S.A. pages, 385
- Scott, S.J., R.A. Jones, and W.A. Williams. 1984.** Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- Senaratna, T, D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000.** Acetylsalicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regul.* 30, 157-161.

