تأثیر سالیسیلیک اسید در واکنش بذرهای زوال‌یافته گندم به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی

محبوبه بصیری[۱]، محسن موسوی‌نیک[۲]، آسیه سیاهمرگوئی*[۳]، مریم زارع[۴]

[۱] دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

[۲] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

[۳] استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[۴] دانشجوی کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۵

چکیده

جوانه‌زنی مرحله‌ای مهم در استقرار گیاهچه است که نقش مهمی در تولید گیاهان زراعی دارد. این مراحل به شدت تحت تأثیر اثرات متقابل کیفیت بذر و تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید در واکنش بذرهای زوال یافته گندم (رقم هامون) در سطوح مختلف شوری در مرحله جوانه‌زنی صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل ۲ سطح زوال (صفر و ۷۲ ساعت)، ۳ سطح سالیسیلیک اسید (صفر، ۰/۰۱ و ۰/۱ میکرومولار) و ٤ سطح شوری (صفر، ۵۰،۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) بودند. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که با افزایش سطوح شوری، در بذرهای زوال‌یافته سرعت و درصد جوانه‌زنی و همچنین طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه در مقایسه با بذور تیمار نشده کاهش یافت. اما با افزایش سطوح شوری درصد کربوهیدرات و پرولین اندام‌های هوایی گندم افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میزان کربوهیدرات و پرولین در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار شوری حاصل شد. تیمار بذور زوال‌یافته با سالیسیلیک اسید سبب بهبود شرایط تنش در گیاهچه‌های گندم شد. به‌طورکلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سالیسیلیک اسید می‌تواند تحمل بذور زوال‌یافته گندم به شوری را افزایش دهد.

واژگان کلیدی: جوانه‌زنی، زوال بذر، سالیسیلیک اسید، شوری

مقدمه

سبز شدن یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین‌کننده درجه موفقیت سیستم‌های زراعی در تولید می‌باشد (Forcella et al., 2000). سبز شدن به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه رطوبت خاک، شوری و عمق کاشت (Soltani et al., 2006; Ouled Belgacem et al., 2006) و کیفیت بذرها (قابلیت حیات و قدرت بذر) قرار می‌گیرند (De Figueiredo et al., 2003).

*نویسنده مسئول: siahmarguee@gau.ac.ir

بذر بسته به دما و رطوبت در دوران رسیدگی، برداشت و انبارداری نامناسب دچار فرسودگی می‌شود (Marshal and Lewis, 2004). قدرت بذر اولین جزء از کیفیت بذر است که با زوال بذر کاهش می‌یابد و به‌دنبال آن ظرفیت جوانه‌زنی و قوه نامیه نیز کاهش می‌یابد (Basra et al., 2003; De Figueiredo et al., 2003). شرایط انبارداری متفاوت می‌تواند باعث ایجاد اختلافات معنی‌داری در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهان شود (Marshal and Lewis, 2004). بذور با کیفیت و قدرت بذر بالاتر می‌توانند بهتر سبز شوند و در شرایط مواجه با تنش‌های محیطی گیاهچه‌های نیرومندتری تولید کنند (De Figueiredo et al., 2003).

مطالعات مختلفی در مورد اثر زوال بذر صورت گرفته است .Basra et al (۲۰۰۳) نشان دادند که درصد سبز شدن بذرهای پنبه با افزایش در دوره تسریع پیری کاهش پیدا می‌کند به‌طوری‌که درصد سبز شدن از ۸۷ درصد در بذرهای شاهد به صفر درصد در بذرهای زوال یافته، رسید.

جوانه‌زنی یک مرحله بسیار حساس در تنشهای غیرزنده محسوب می‌شود (patade et al., 2011; Ansari et al., 2012). در طول رشد، گیاهان معمولاً در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند که رشد و تولید آن‌ها را محدود می‌کند و در این میان شوری از مهم‌ترین آن‌ها به‌شمار می‌رود.

مطالعات مختلفی در مورد اثر زوال بذر بر جوانه‌زنی و سبز شدن تحت تنش‌های محیطی صورت گرفته است (Rehman et al., 1999). De Figueiredo et al. (۲۰۰۳) اعلام کردند که اثر قدرت بذر روی عمل جوانه‌زنی و سبز شدن بذر وابسته به نوع تنش‌های محیطی در دوره جوانه‌زنی و سبز شدن است، همچنین اثر شرایط تنش در گونه‌های مختلف گیاهی تغییر می‌کند.

Khajeh-Hosseini et al. (۲۰۰۳) نشان دادند که قدرت جوانه‌زنی بذور سویا در شرایط شور پس از پیری کاهش می‌یابد.همچنین .De Figueiredo et al (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که میزان کاهش درصد سبز شدن برای بذوری با سطح قدرت بذر بالاتر نسبت به بذوری با قدرت متوسط و پایین کمتر است. این مطلب نشان می‌دهد بذوری که قدرت بذر کمتر دارند دامنه تحمل آنها به شرایط تنش کمتر می‌باشد.

گیاه برای حفظ تورژسانس در تنش شوری موادی می‌سازد که باعث منفی‌تر شدن پتانسیل آبی درون سلول‌ها شده، به گیاه اجازه حفظ تورگر را می‌دهد. این مواد که اسمولیت نام دارند، ترکیباتی هستند که توسط همه موجودات ساخته می‌شوند (Ashraf and Foolad, 2007). اسمولیت‌ها علاوه بر تنظیم اسمزی، در جلوگیری از ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن، سم‌زدایی و جاروب کردن گونه‌های فعال اکسیژن نیز نقش دارند (Orcutt and Nilsen, 2000). یکی از این اسمولیت‌ها، قندها هستند که باعث منفی‌تر کردن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم شده، به جداسازی سدیم در واکوئل کمک کرده و موجب تنظیم اسمزی می‌شوند (Orcutt and Nilsen, 2000). در حال حاضر نیز، از ترکیباتی استفاده می‌شود که مقاومت گیاهان را به تنش‌های محیطی افزایش داده، موجب بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شوند. یکی از این ترکیباتی که در این زمینه شناسائی شده، سالیسیلیک اسید است. این ترکیب، یک مولکول سیگنالی است که نقش مهمی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی و مقاومت گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارد (Heet al., 2005). نقش حفاظتی سالیسیلیک اسید مربوط به تنظیم رادیکال‌های آزاد، آنتی‌اکسیدان‌ها، القاء بیان ژن، جذب و پخش عناصر است (Metwally et al., 2003).

فرضیات زیادی مبنی بر نقش حفاظتی سالیسیلیک اسید در مقابل نور ماوراء بنفش (Yaipani et al., 1994)، شوری زیاد (Shakirova et al., 2003)، خشکی (Singh and Usha, 2003)، سمیت فلزات سنگین (Metawally et al., 2003)

وجود دارد. سالیسیلیک اسید می‌تواند تأثیرات مثبتی بر فتوسنتز، رشد و تنظیمات روزنه‌ای گیاهان تحت تنش‌های غیرزنده داشته باشد (Arfan et al., 2007).

مرحله آبنوشی بذر توسط پیش تیمار سالیسیلیک اسید سبب فعال شدن جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Shakirova et al., 2003; Singh and Usha, 2003). چندین تحقیق نشان می‌دهد که نقش تحریک‌کنندگی سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بستگی به غلظت آن در محیط کشت دارد (Rajjou et al., 2006; Singh and Usha, 2003). سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل دهیدروژناز، انولاز، مالات دهیدروژناز، فسفوگلیسرات کیناز، فروکتوز ۱-٦ دی‌فسفاتاز و پیرووات دهیدروژناز افزایش می‌دهد. در مجموع بذوری که در حضور سالیسیلیک اسید جوانه می‌زنند سطوح آنزیم‌های ایزوسیترات لیاز و مالات سنتتاز افزایش می‌یابد (Rajjou et al., 2006). ایشان گمان می‌کنند که مکانسیم‌های سمیت‌زدایی در حضور سالیسیلیک اسید در بذور در حال جوانه‌زنی فعال می‌شوند. در مقابل بذوری که سریعتر جوانه زده و سبز شوند عمل فتوسنتز در آنها زودتر آغاز شده، این گیاهان شانس بیشتری جهت استقرار و تولید گیاهچه بزرگتر و قوی‌تری دارند. گزارش شده که سالیسیلیک اسید آنزیم‌های مهم در فرایند جوانه‌زنی را فعال می‌کند (Rajjou et al., 2006). Jadhav and Bhamhurdekar (۲۰۱۱) و Kaydan et al. (۲۰۰۷) گزارش کردند که پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید جوانه‌زنی و سبز شدن بذور را افزایش می‌دهد.

با این که تحقیقات زیادی بر روی اثر زوال بذر بر سبز شدن صورت گرفته است ولی در مورد اثر زوال بذر در سبز شدن در تنش‌های محیطی مطالعات محدودی صورت گرفته است (De Figueiredoet al., 2003). در ایران به‌خصوص استان سیستان و بلوچستان اراضی شور با سطوح مختلف شوری وجود دارد، از آنجا که بذور تحت شرایط مختلف انبارداری نگهداری می‌شوند، در نتیجه بذرهایی با سطوح مختلف زوال حاصل می‌شود. از این‌رو بررسی واکنش بذرهای زوال یافته به شوری و نیز سالیسیلیک اسید در بهبود شرایط تنش از اهمیت بالایی برخوردار است. این تحقیق به‌منظور بررسی واکنش بذرهای زوال یافته گندم به شوری تحت تیمارهای مختلف سالیسیلیک اسید در مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سالیسیلیک اسید در بذرهای زوال یافته گندم (رقم هامون) تحت تنش شوری در مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار، در پژوهشکده زیست فناوری دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۳ به اجرا درآمد. فاکتورها شامل سطوح شوری (NaCl) در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار)، زمان‌های زوال بذر در دو سطح (صفر و ۷۲ ساعت)، سالیسیلیک اسید در سه سطح (صفر، ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌مولار) بود. بذور گندم مورد مطالعه از بخش تهیه و اصلاح نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک واقع در استان سیستان و بلوچستان تهیه شدند. ابتدا بذور ارقام گندم مورد مطالعه (رقم هامون) با هیپوکلریت‌سدیم ۱۰ درصد به‌مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شسته شد (Lin and Kao, 1995). برای ایجاد زوال از روش تسریع پیری (Hampton and Tekrony, 1995) استفاده شد. در این روش بذور به مدت ۰ و ۷۲ ساعت در درجه حرارت ٤۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. برای این کار بذور روی یک سینی

توری از جنس آلومینیوم پخش شده و در ظروفی که در کف آن آب (به مقدار معین) ریخته شده بود قرار داده شدند. سپس با گذاشتن درپوش، ظروف در دمای مورد نظر و به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه انکوباتور قرار گرفتند. پس از زمان تعیین شده، بذرها از ظروف خارج و در دمای محیط به مدت ۲٤ ساعت خشک شدند. سپس قسمتی از بذرها به‌مدت ۸ ساعت در محلول‌های ۰/۱ و ۰/۰۱ میکرومولار سالیسیلیک اسید خیسانده شدند. بذرهای پیش‌تیمار شده به پتری دیش‌های حاوی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ انتقال داده شد و سپس بر روی بذرهای زوال یافته و تیمار شده با سالیسیلیک اسید آزمون جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در سطوح مختلف شوری انجام شد. جهت جلوگیری از رشد و فعالیت میکروب‌های مختلف، پتری‌دیش‌ها در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت استریل شدند. هر پتری دیش به عنوان یک واحد آزمایشگاهی درنظر گرفته شد و در آن، ۲۵ عدد بذر قرار گرفت. به هر پتری‌دیش مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول تیمار موردنظر اضافه گردید و سپس پتری‌دیش‌ها به داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

به‌منظور تعیین سرعت جوانه‌زنی، شمارش بذور جوانه زده ارقام مختلف گندم به صورت روزانه انجام گرفت. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه، به‌اندازه حداقل ۲ میلی‌متر بود (Soltani et al., 2001). شمارش تا زمانی‌که تعداد بذور جوانه‌زده تا سه روز متوالی در هر نمونه ثابت بود، ادامه یافت. در کلیه تیمارها، علاوه بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، برای هر تکرار منحنی پیشرفت جوانه‌زنی نسبت به زمان (ساعت) ترسیم و زمان لازم برای ۱۰ درصد (D_{10})، ۵۰ درصد (D_{50})، ۹۰ درصد (D_{90}) و ۹۵ درصد (D_{95}) جوانه‌زنی از طریق درون‌یابی برآورد گردید. همچنین، عکس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی ($1/D_{50}$) به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی (GR) در نظر گرفته شد. به این منظور از برنامه Germing (Soltani et al., 2001) استفاده شد. این برنامه مدت زمانی را که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد (D_{50}) را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند.برای تعیین شاخص بنیه گیاهچه (SVI)[1] که معیار مناسبی جهت تخمین قدرت گیاهچه است از معادله (۱) استفاده شد (Abdual-baki and Anderson, 1973). در این معادله، RL و SL به ترتیب طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و n تعداد کل بذور جوانه زده در روز آخر می‌باشند.

$$SVI = \frac{(RL+SL)}{n} \qquad (۱)$$

خصوصیات کیفی شامل محتوی پرولین (Bates, 1973) و محتوی قندهای محلول (Fales, 1951) توسط ساقه‌چه در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش ده گیاهچه از هر تیمار به‌صورت تصادفی انتخاب شده و میانگین وزن تر ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس این نمونه‌ها، به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و پس از گذشت ٤۸ ساعت، وزن خشک گیاهچه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم تعیین شد. آنالیز داده‌ها و ترسیم اشکال با استفاده از نرم‌افزار SAS، Sigma Plot و Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

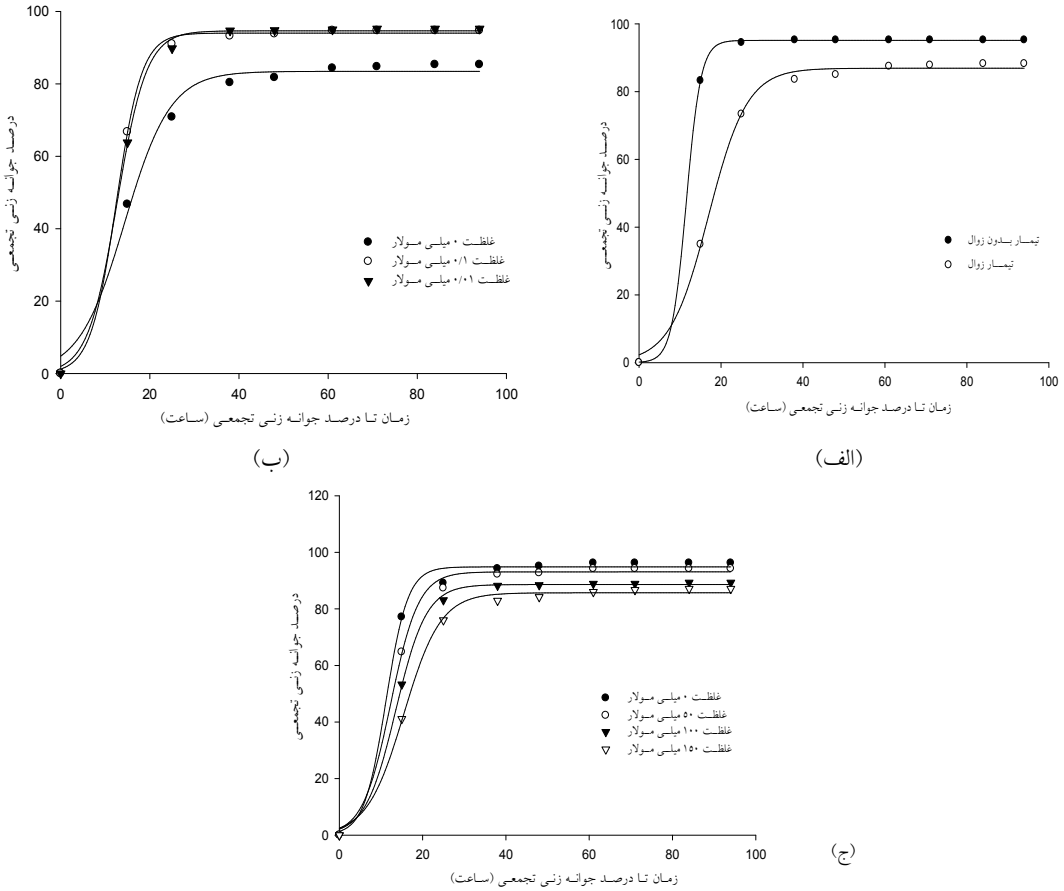
نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر مشخص شد که زوال بذر با استفاده از روش تسریع پیری بر جوانه‌زنی بذرهای گندم تأثیر داشت. روند تغییرات درصد جوانه‌زنی تجمعی گندم (رقم هامون) نشان داد که واکنش

1. Seedling Vigor Index

این گیاه در شرایط زوال و عدم وجود زوال کاملاً متفاوت بود، به‌طوری‌که زوال ۷۲ ساعت بذور سبب افزایش زمان تا درصد جوانه‌زنی تجمعی در این رقم نسبت به شاهد گردید (شکل۱-الف). مطالعات مختلفی در مورد اثر زوال بذر بر جوانه‌زنی گیاهان مختلف صورت گرفته است. Khajeh-Hosseini et al. (۲۰۰۳) نشان دادند که بذرهای زوال‌یافته سویا میانگین زمان جوانه‌زنی طولانی‌تری داشتند. Rehman et al. (۱۹۹۹) در آزمایش خود بر روی آکاسیا به این نتیجه رسیدند که، درصد جوانه‌زنی در بذرهای زوال‌یافته نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشت. همچنین Di Turi and Dell Aquila (۱۹۹٦) به نتایج مشابه‌ای رسیدند.

روند تغییرات درصد جوانه‌زنی تجمعی در شرایط پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید نیز نشان داد که شرایط پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید سبب بهبود روند جوانه‌زنی نسبت به شاهد شد. اما بین سطوح مختلف تیمار سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نگردید (شکل۱ -ب). مرحله آبنوشی بذر توسط پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید سبب فعال شدن جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Shakirova et al., 2003; Singh and Usha, 2003). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که نقش تحریک‌کنندگی سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی بستگی به غلظت آن در محیط کشت دارد (Rajjou et al., 2006; Singh and Usha, 2003). افزایش توان و پتانسیل جوانه‌زنی در حضورسالیسیلیک اسید توسط سایر محققیق به اثبات رسیده است (Shakirova et al., 2003; Ansari et al., 2012). همچنین بررسی بذور گندم مورد مطالعه (رقم هامون) در سطوح مختلف شوری نشان داد که افزایش غلظت شوری سبب کاهش معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی تجمعی نسبت به شاهد شده است (شکل۱-ج).

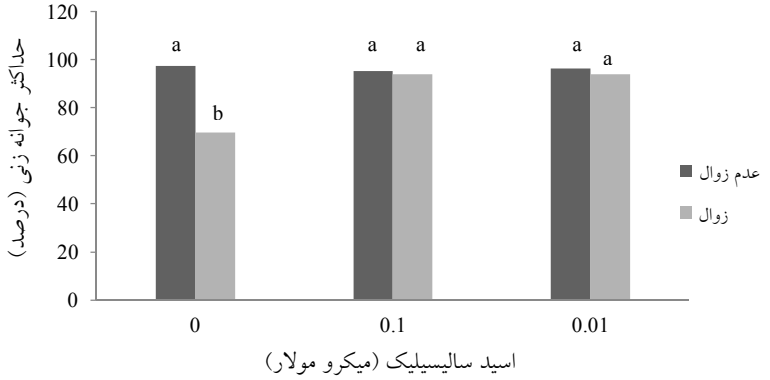


شکل ۱- اثر زوال (الف)، سالیسیلیک اسید (ب) و سطوح مختلف شوری (ج) بر درصد جوانه‌زنی بذور گندم رقم هامون

نتایج تجزیه واریانس اثر زوال، سالیسیلیک اسید و غلظت‌های مختلف شوری در رقم هامون در جدول (۱) ذکر شده است. اثر زوال بر درصد و سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی و زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱).

اثر پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید نیز بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). سالیسیلیک اسید سبب بهبود روند جوانه‌زنی در این گیاه شد، به‌طوری‌که بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار به‌ترتیب (۹۵/۱٦ درصد و ۰/۰۹۲ بذر در ساعت) بود و کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی (۸۳/۵۰ درصد و ۰/۰۷٤ بذر در ساعت) در تیمار شاهد مشاهده گردید. این مطلب نشان می‌دهد تیمار بذور با سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی را به میزان ۱٤ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. همچنین در تیمار شاهد نسبت به تیمار سالیسیلیک اسید یکنواختی جوانه‌زنی کمتر شد و زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی و زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت (جدول ۲).

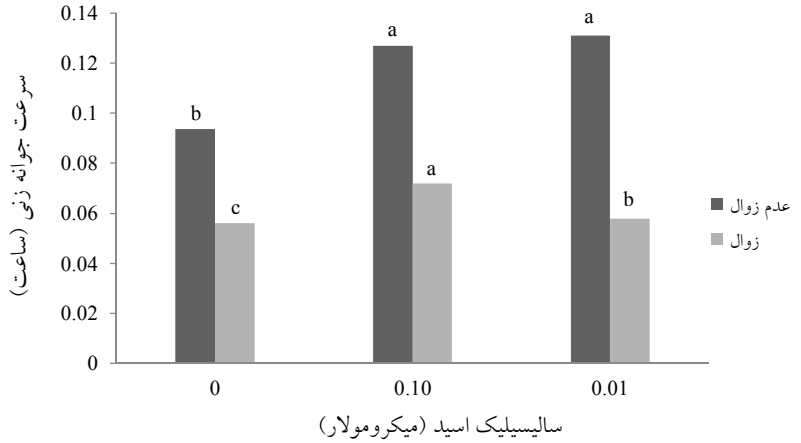
نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف شوری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد (۹٤/۲۲ درصد) مشاهده شد و با افزایش غلظت شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار ۱۵۰ میلی‌مولار به‌ترتیب (۸٦/۸۸ درصد و ۰/۰۷۳ بذر در ساعت) بود(جدول ۲)، شوری در این سطح (۱۵۰ میلی‌مولار) درصد جوانه‌زنی را تقریباً به میزان ۸ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود تیمار سالیسیلیک اسید سبب بهبود جوانه‌زنی بذور گندم در شرایط زوال گردید، به‌طوریکه کمترین درصد جوانه‌زنی در شرایط زوال و عدم تیمار با سالیسیلیک اسید مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی تحت شرایط تنش است. نتایج نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی در بذور زوال یافته با سالیسیلیک اسید به میزان ۳۵ درصد نسبت به بذور زوال یافته بدون سالیسیلیک اسید افزایش یافته است. بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر درصد جوانه‌زنی در شرایط زوال و عدم زوال تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۱).



شکل ۲- اثر متقابل زوال و سالیسیلیک اسید برمیانگین درصد جوانه‌زنی بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.

اثر متقابل زوال و سالیسیلیک اسید بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که تیمار بذور زوال یافته گندم با سالیسیلیک اسید سبب بهبود سرعت جوانه‌زنی بذور شد (شکل ۳).

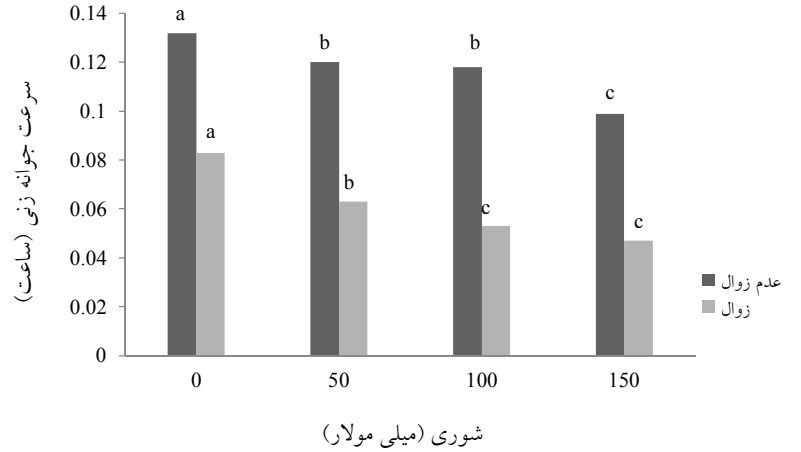


شکل ۳- اثر متقابل زوال و سالیسیلیک اسید بر میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.

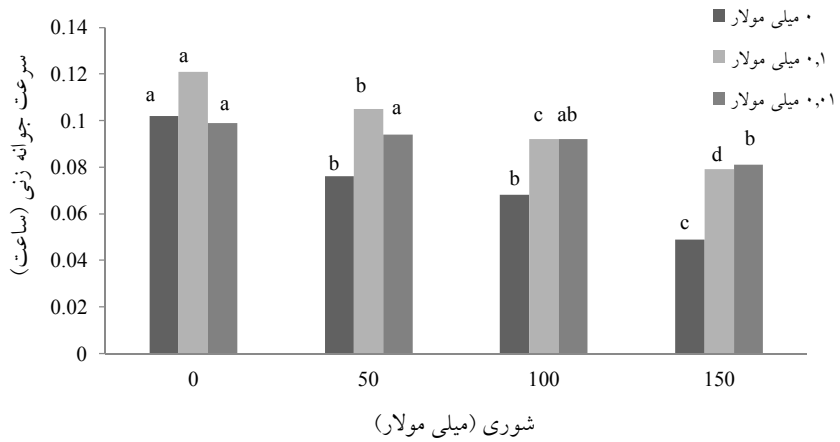
اثر متقابل زوال و سطوح مختلف شوری بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد که با افزایش غلظت شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ٤)، در بالاترین سطح شوری درصد جوانه‌زنی در بذور زوال یافته نسبت به تیمار شاهد (بذور زوال یافته و سطح صفر شوری) تقریباً ٤٣ درصد کاهش یافت،که با نتایج .Khajeh-Hosseini et al (۲۰۰۳) مطابقت دارد.

بررسی اثر متقابل تیمار سالیسیلیک اسید و شوری نشان داد که با افزایش شوری سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (شکل ۵)، اما پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید سبب بهبود جوانه‌زنی نسبت به شاهد گردید، این امر نشان‌دهنده نقش بهبود دهندگی سالیسیلیک اسید در شرایط تنش است. بر این اساس تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید توانست سرعت جوانه‌زنی بذور را در بالاترین سطح شوری ٦٥ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. این نتایج با یافته‌های .Rajasekaran et al (۲۰۰۲) مربوط به افزایش سرعت جوانه‌زنی توسط پیش‌تیمار سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری مطابقت دارد. چنین به‌نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش اثرات سمی و مخرب تنش شوری می‌شود.



شکل ٤- اثرمتقابل زوال و شوری برمیانگین سرعت جوانه‌زنی بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف شوری در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۵- اثر متقابل شوری و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور گندم رقم هامون
*سطوح مختلف شوری در تیمارهای اسید سالیسیلیک جدا از هم مقایسه شده‌اند.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای مورد بررسی در گندم (رقم هامون)

منابع تغییر	درجه آزادی	حداکثر جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی
زوال (A)	۱	۱۱۵۲/۰۰۰**	۰/۰۵۵۲**	۴۳/۱۸۳**	۱۷۲/۷۳**	۱۲۱۶/۳۱**	۴۸۹۷/۶۹**	۷۲۸۷/۸۶**
سالیسیلیک اسید (B)	۲	۱۰۴۴/۲۲۲**	۰/۰۰۴۱**	۰/۹۰۰*	۳/۵۶*	۸۶/۹۷**	۱۰۸۹/۱۲**	۱۳۸۵/۳۷**
شوری (C)	۳	۲۳۴/۰۷۴**	۰/۰۰۳۷**	۱۰/۶۸۷**	۴۲/۷۲**	۱۲۰/۰۰۸**	۹۷/۶۳^{ns}	۱۵۰/۲۷^{ns}
A×B	۲	۱۷۴۲/۰۰۰**	۰/۰۰۱۹**	۰/۶۳۹*	۲/۵۵*	۱۱/۷۶**	۲۳۲/۰۷*	۳۲۱/۲۳*
A×C	۳	۳۴/۹۶۲^{ns}	۰/۰۰۲۱**	۵/۶۴۸**	۲۲/۶۰**	۲۲/۹۸**	۴/۲۸^{ns}	۵/۸۱^{ns}
B×C	۶	۲۸/۵۱۸^{ns}	۰/۰۰۰۵۶**	۱/۰۴۲**	۴/۱۷**	۱۷/۴۶**	۴۴/۰۰۳^{ns}	۷۸/۷۹^{ns}
A×B×C	۶	۲۵/۸۵۱^{ns}	۰/۰۰۵۶^{ns}	۰/۷۰۶**	۲/۸۲**	۸/۳۴**	۷۸/۵۴^{ns}	۹۶/۱۴^{ns}
خطا		۲۵/۱۱۱	۰/۰۰۰۰۵۳	۰/۱۸۴	۰/۷۴۰	۱/۸۱	۵۲/۳۴	۸۰/۶۲
ضریب تغییرات (%)		۵/۴۹	۸/۱۴	۲۵/۱۳	۲۵/۱۳۶	۱۰/۲۳	۲۹/۵۰	۳۲/۵۵

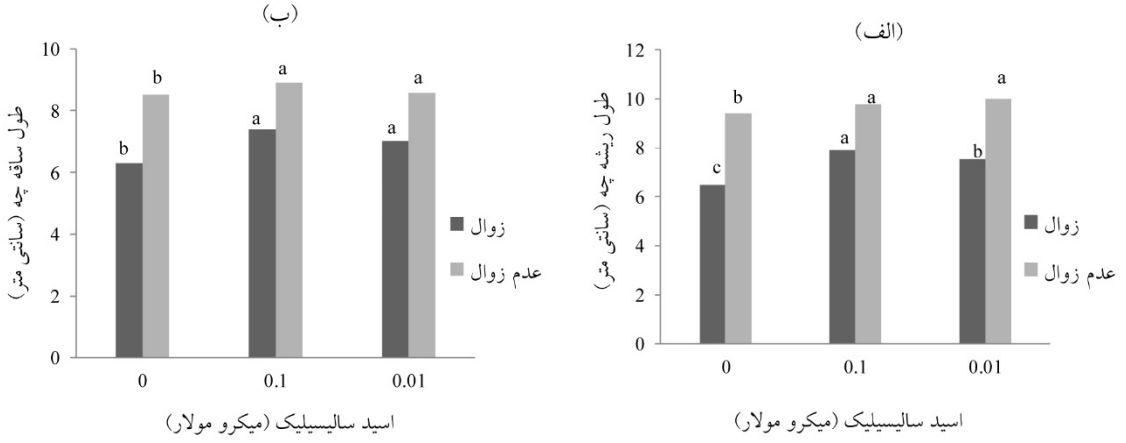
^{ns}: غیر معنی‌دار، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۲- مقایسات میانگین پارامترهای مورد بررسی در گندم (رقم هامون)

منابع تغییر	حداکثر جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	زمان تا۹۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی
زوال				
۰	۹۵/۱۱^{a}	۰/۱۱۷^{a}	۱۶/۲۷۶^{b}	۱۷/۵۲^{b}
۷۲ ساعت	۸۷/۱۱^{b}	۰/۰۶۲^{b}	۳۲/۷۷۱^{a}	۳۷۱/۶۴^{a}
سالیسیلیک اسید				
۰	۸۳/۵۰۰^{b}	۰/۰۷۴^{c}	۳۲/۳۰۱^{a}	۳۶/۴۴^{a}
۰/۱ میلی‌مولار	۹۴/۶۶^{a}	۰/۰۹۹^{a}	۲۰/۷۳^{b}	۲۳/۵۷^{b}
۰/۰۱ میلی‌مولار	۹۵/۱۶^{a}	۰/۰۹۴^{b}	۲۰/۵۳^{b}	۲۲/۸۲^{b}
شوری				
۰	۹۴/۲۲^{a}	۰/۱۰۸^{a}	۲۱/۸۱^{b}	۲۴/۰۰۴^{b}
۵۰ میلی‌مولار	۹۴^{a}	۰/۰۹۲^{b}	۲۴/۰۴^{ab}	۲۷/۲۳۶^{ab}
۱۰۰ میلی‌مولار	۸۹/۳۳^{b}	۰/۰۸۵^{c}	۲۴/۷۷^{ab}	۲۸/۰۵۴^{ab}
۱۵۰ میلی‌مولار	۸۶/۸۸^{b}	۰/۰۷۳^{d}	۲۷/۴۶^{a}	۳۱/۰۳۲^{a}

نتایج تجزیه واریانس آزمایش رشد گیاهچه مربوط به اثر زوال، سالیسیلیک اسید و سطوح مختلف شوری در جدول (۳) نشان داده شده است.

اثر متقابل زوال و غلظت‌های مختلف سالیسیلک اسید بر طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه در تیمار عدم زوال و غلظت ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۰ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن در تیمار زوال و بدون سالیسیلیک اسید حاصل شد (شکل ٦-الف). اما در شرایط عدم زوال بین تیمار شاهد و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌داری از نظر طول ریشه‌چه مشاهده نشد، این موضوع نشان می‌دهد که اثر تیمار سالیسیلیک اسیددر شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال بیشتر است و باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط نامساعد می‌شود.همچنین بیشترین میزان طول ساقه‌چه در تیمار عدم زوال و غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۸/۹ سانتی‌متر) و کمترین طول ساقه‌چه در تیمار زوال و شرایط بدون سالیسیلیک اسید (٦/۲۹٦ سانتی‌متر) حاصل شد (شکل ٦-ب). همانند طول ریشه‌چه، نقش تعدیل‌کنندگی سالیسیلیک اسید در شرایط زوال بیشتر از شرایط شاهد بود که می‌تواند نشان‌دهنده نقش آن به ایجاد مقاومت در شرایط تنش مربوط باشد.تیمار بذور گندم با سالیسیلیک اسید، میزان تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه‌های اولیه را که منجر به افزایش رشد طولی می‌شوند را زیاد می‌کند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). از طرفی سالیسیلیک اسید از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (Fariduddin et al., 2003) از این‌رو سبب افزایش رشد طولی ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش می‌شود.

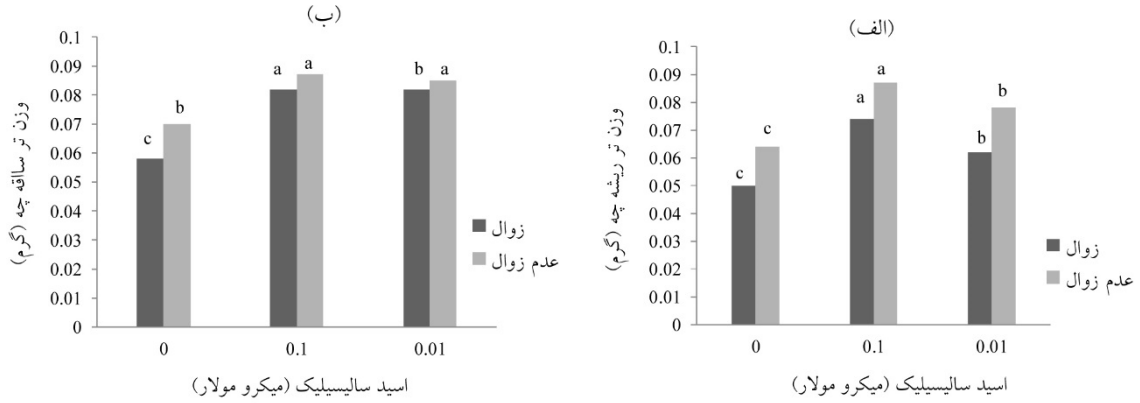


شکل ٦- اثرمتقابل زوال و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر میانگین‌های طول ریشه‌چه (الف) و طول ساقه‌چه (ب) بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.

اثر متقابل زوال و غلظت‌های مختلف سالیسیلک اسید بر وزن تر ریشه‌چه و وزن تر ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که کمترین وزن تر ریشه‌چه و وزن تر ساقه‌چه در تیمار زوال و بدون سالیسیلیک اسید مشاهده شد، اما در شرایط تیمار سالیسیلیک اسید، بذور زوال‌یافته گندم وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه بیشتری داشتند. در بین سطوح مختلف سالیسیلیک اسید غلظت ۰/۱ میکرومولار نسبت به ۰/۰۱ میکرومولار تأثیر بیشتری روی وزن تر ریشه‌چه داشت (شکل ۷-الف)، اما بین غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید از نظر صفت وزن تر ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری از نظر

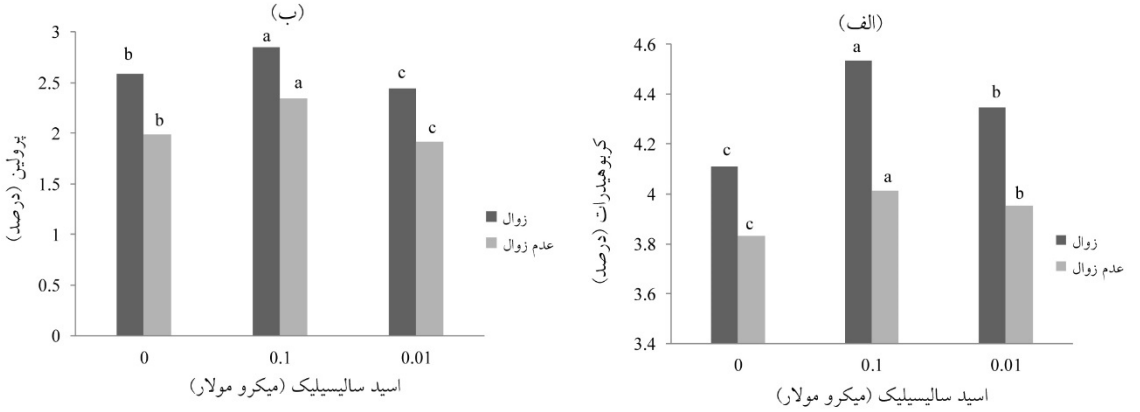
آماری مشاهده نشد (شکل ۷- ب). نتایج نشان داد که در شرایط تیمار با سالیسیلیک اسید بذور گندم شرایط زوال را بهتر تحمل کرده و رشد بیشتری داشتند.



شکل ۷- اثر متقابل زوال و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر میانگین‌های وزن تر ریشه‌چه (الف) و وزن تر ساقه‌چه (ب) بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.

نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل اثر متقابل زوال و غلظت‌های مختلف سالیسیلک اسید بر مؤلفه‌های کیفیت (درصد کربوهیدرات و پرولین) تأثیر معنی‌داری داشت ($P< ۰/۰۱$) (جدول ۳). نتایج این بررسی نشان داد در شرایط زوال درصد (وزن تر) کربوهیدرات (شکل ۸-الف) و پرولین در اندام‌های هوایی گندم افزایش یافته است و شرایط تیمار با سالیسیلیک اسید این شرایط را بهبود بخشیده است.



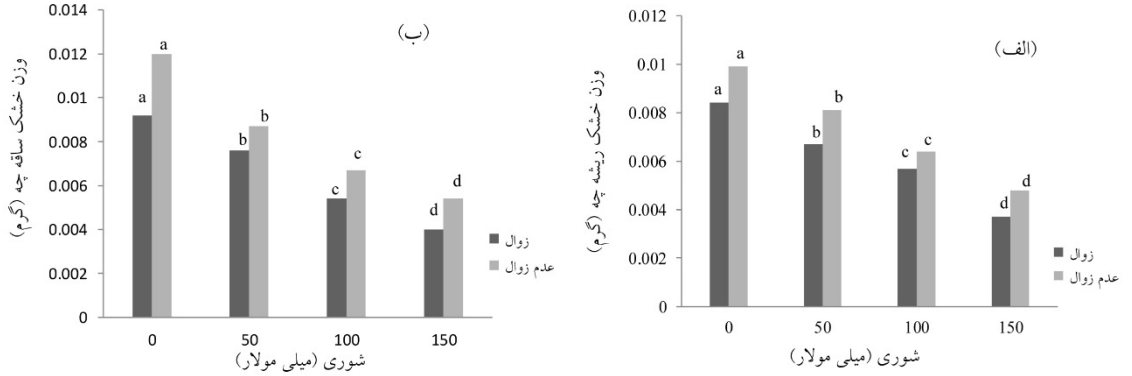
شکل ۸- اثر متقابل زوال و سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر میانگین‌های درصد کربوهیدرات (الف) و درصد پرولین (ب) اندام‌های هوایی (ساقه‌چه) گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جداازهم مقایسه شده اند.

تیمارهای توأم زوال و سطوح مختلف شوری در شکل (۹) نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش سطوح شوری هم در شرایط زوال و هم در شرایط عدم زوال وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه کاهش

یافت. بیشترین وزن خشک ریشه‌چه (شکل ۹- الف) و وزن خشک ساقه‌چه (شکل ۹-ب).در تیمارهای عدم زوال و تیمار شاهد مشاهده شد.

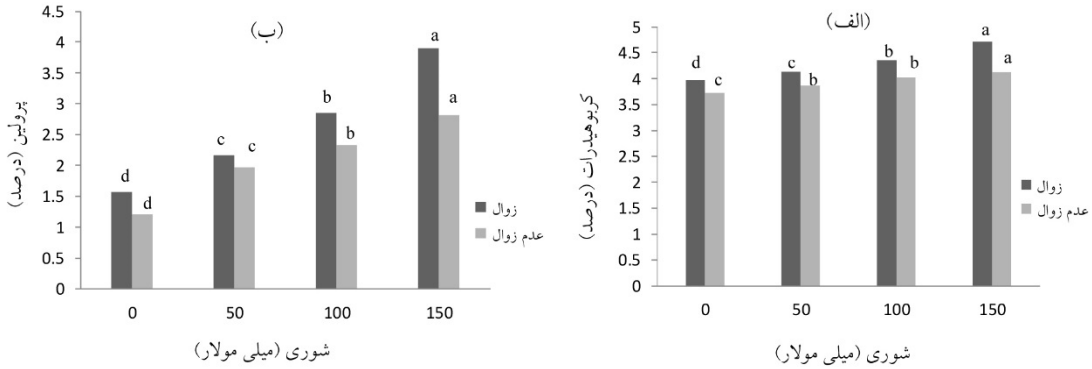
Poori et al. (۲۰۱۲) نشان دادند که تأثیرپذیری وزن خشک گیاهچه درسطوح مختلف شوری یکسان نبوده و بذرهای با زوال بالاتر، وزن خشک کمتری در سطوح شوری بالا تولید کردند. اختلاف میان حداکثر و حداقل وزن خشک گیاهچه بین درجات زوال در تیمار شاهد کمترین و در شوری ۱۰ دسی‌زیمنس در بالاترین مقدار بود، که نشان می‌دهد در شرایط شور تأثیر زوال بذر روی وزن خشک گیاهچه نسبت به تیمار شاهد بیشتر است، به طوری‌که کمترین وزن خشک گیاهچه در تیمارهای شوری ۲۲ و ۲۸ دسی‌زیمنس بر متر در زوال ۱۲۰ ساعت مشاهده شد.



شکل ۹- اثر متقابل زوال و سطوح مختلف شوری بر میانگین‌های وزن خشک ریشه‌چه (الف) و وزن خشک ساقه‌چه (ب) بذور گندم رقم هامون

*سطوح مختلف اسید سالیسیلیک در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا از هم مقایسه شده‌اند.

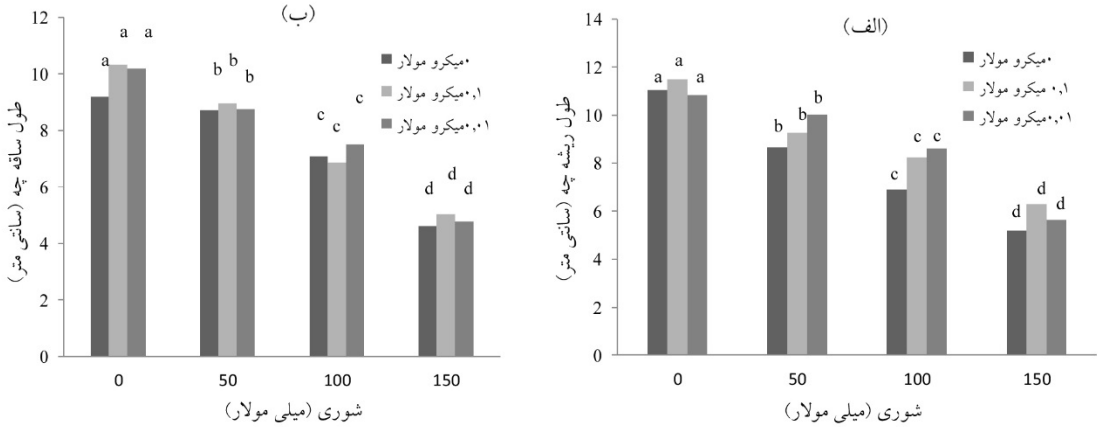
اثر متقابل تیمارهای زوال و سطوح مختلف شوری بر درصد کربوهیدرات و درصد پرولین اندام‌های هوایی گندم معنی‌دار بود. با افزایش سطوح شوری، درصد کربوهیدرات (شکل ۱۰-الف) و پرولین (شکل ۱۰-ب) اندام‌های هوایی هم در شرایط زوال و هم در شرایط عدم زوال افزایش یافت.



شکل ۱۰- اثر متقابل زوال و سطوح مختلف شوری بر میانگین‌های درصد کربوهیدرات (الف) و درصد پرولین (ب) در اندام‌های هوایی گندم رقم هامون

*سطوح مختلف شوری در تیمارهای زوال و عدم زوال جدا ازهم مقایسه شده‌اند.

نتایج این بررسی نشان داد که اثرمتقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سطوح شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. در بین تیمارهای مورد بررسی بیشترین طول ریشه‌چه به تیمار ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر میلی‌مولار شوری (شاهد) با ۱۱/٤۹۳ سانتی‌متر و کم‌ترین آن به تیمار بدون سالیسیلیک اسید و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری (۵/۱۸٦ سانتی‌متر) تعلق داشت (شکل ۱۱- الف)، همچنین بیشترین و کم‌ترین طول ساقه‌چه به‌ترتیب به تیمارهای ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و صفر میلی‌مولار شوری (شاهد) (۱۰/۳۱ سانتی‌متر) و نیز تیمار بدون سالیسیلیک اسید و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری (٤/٦۳ سانتی‌متر) تعلق داشت (شکل ۱۱ب).

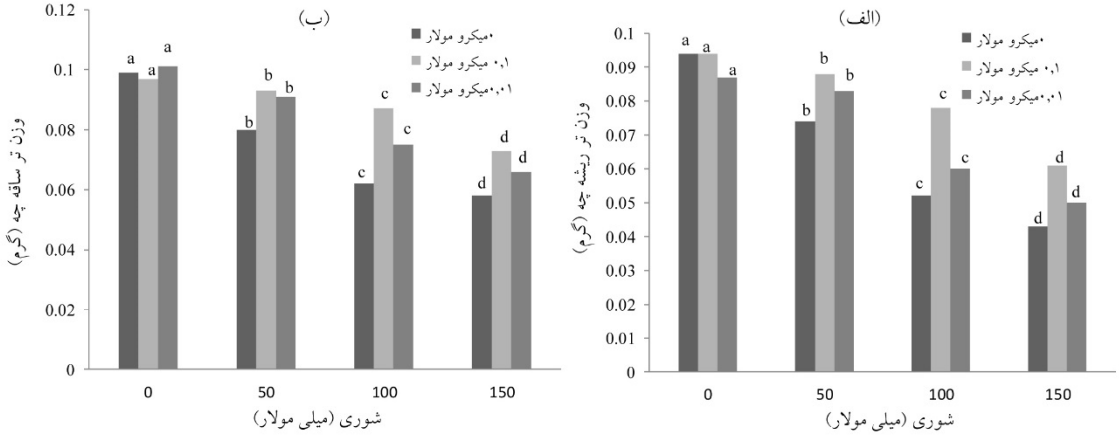


شکل ۱۱- اثر متقابل سالیسیلیک اسید و سطوح مختلف شوری بر میانگین‌های طول ریشه‌چه (الف) و طول ساقه‌چه (ب) در گندم رقم هامون

*سطوح مختلف شوری در تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک جدا از هم مقایسه شده‌اند.

گیاهان از طریق افزایش حداکثر طول ریشه برای استفاده از ذخایر آب، افزایش حجم ریشه و افزایش نسبت وزن ریشه به بخش هوایی، قادر به افزایش نفوذپذیری ریشه در برابر موانع فیزیکی و شیمیایی شده، در نتیجه با افزایش توان اسمزی ریشه، باعث استخراج آب بیشتری از خاک و مقاومت گیاه در مقابل تنش کمبود آب می‌شود (Torchi et al., 2005). سالیسیلیک اسید یک ملکول علامت‌دهنده مهم در پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش‌های محیطی محسوب می‌شود. تیمار گیاهان با استیل سالیسیلیک اسید (یکی از مشتقات سالیسیلیک اسید) اثرات ناشی از شوری و خشکی را در گندم بهبود می‌بخشد (Hakimi, 2008). در مورد نقش سالیسیلیک اسید بر پارامترهای رشد گزارش‌های متعددی وجود دارد. از جمله گزارش شده است که سالیسیلیک اسید کاهش رشد ناشی از تنش شوری را بهبود می‌بخشد (El-Tayeb, 2005). به‌طور کلی سالیسیلیک اسید از تغییرات ایجاد شده فیتوهورمون‌های گیاهی تحت تنش شوری ممانعت نموده و از طریق جلوگیری از کاهش مقدار هورمون اکسین و سیتوکینین از کاهش رشد ناشی از شوری جلوگیری می‌کند (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). گزارش شده است که سالیسیلیک اسید طول و وزن خشک ریشه و ساقه‌چه، سطح برگ، سطح برگ ویژه، وزن ویژه برگ را تحت شرایط تنش افزایش داد (BoroumandJazi et al., 2011).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری بر وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد با افزایش غلظت شوری وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. بیشترین وزن تر ریشه‌چه در تیمارهای صفر و ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شاهد (۰/۰۹٤ گرم) و کمترین وزن تر ریشه‌چه در تیمار بدون سالیسیلیک اسید و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار (۰/۰٤۳ گرم) بدست آمد (شکل ۱۲- الف)، همچنین بیشترین وزن تر ساقه‌چه به‌ترتیب در تیمارهای ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و شاهد (۰/۰۹۹) و کمترین آن در تیمارهای بدون سالیسیلیک اسید و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار (۰/۰۵۸ گرم) حاصل شد (شکل ۱۲- ب). این نتایج با یافته‌های Ghoulam et al.(۲۰۰۱) مطابقت دارد، آنها نشان دادند که تنش شوری سبب کاهش رشد اندام هوائی و ریشه می‌شود. همچنین گزارش شده است که مصرف سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن خشک گیاهچه‌های گندم می‌شود (Singh and Usha, 2003). سالیسیلیک اسید سبب افزایش وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش شوری شده است (Khodary, 2004). نتایج تحقیقات El-Tayeb (۲۰۰۵) نیز نشان داد که پیش‌تیمار نمودن بذور با سالیسیلیک اسید وزن خشک گیاهچه‌های جو تحت تنش را افزایش داد.

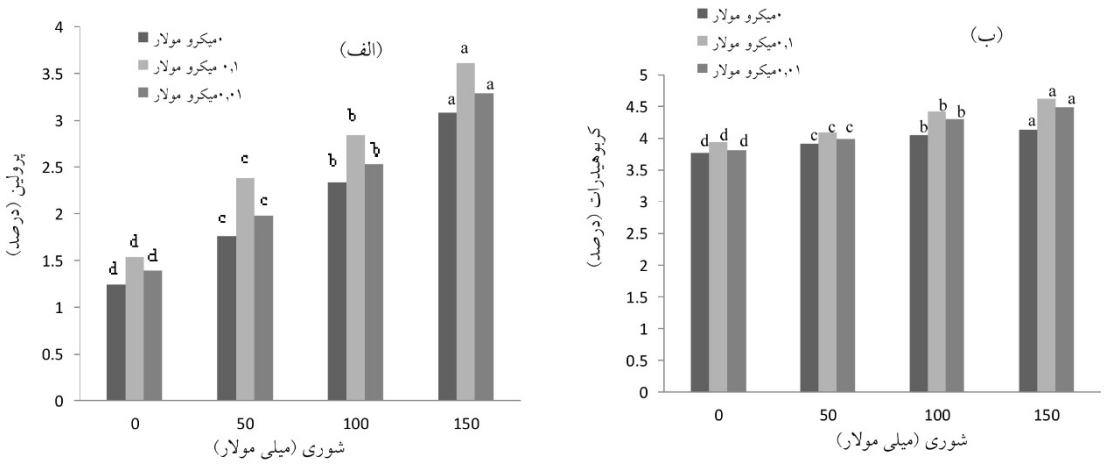


شکل ۱۲- اثرمتقابل سالیسیلیک اسید و سطوح مختلف شوری بر میانگین‌های وزن تر ریشه‌چه (الف) و وزن تر ساقه‌چه (ب) در گندم رقم هامون

*سطوح مختلف شوری در تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک جدا از هم مقایسه شده‌اند.

اثر متقابل تیمارهای سالیسیلیک اسید و سطوح مختلف شوری بر درصد کربوهیدرات و درصد پرولین اندام‌های هوایی گندم معنی‌دار بود. با افزایش سطوح شوری درصد کربوهیدرات و پرولین افزایش یافت. بیشترین درصد کربوهیدرات و پرولین در تیمارهای ۰/۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری حاصل شد و در هر دو صفت مورد بررسی کمترین درصد کربوهیدرات (شکل ۱۳-الف) و پرولین (شکل ۱۳-ب) به تیمارهای بدون سالیسیلیک اسید و شاهد تعلق داشت.کربوهیدرات‌هایی مانند قندها و نشاسته در تنش شوری تجمع می‌یابند. عمل مهم آنها محافظت اسمزی، فشار اسمزی، ذخیره کربن و جارو کردن رادیکال‌هاست. تنش شوری باعث تغییر ساختار قندهایی مانند گلوکز، فروکتوز، سوکروز و فروکتان‌ها در تعدادی از گیاهان می‌شود (Singh et al., 2000). پرولین در واقع به عنوان یک شاخص در تعیین میزان حساسیت به تنش شوری وخشکی درگیاهان به شمارمی‌رود. بالا رفتن میزان این دو ترکیب در بافت‌های گیاهان به نوعی بیانگر فعال شدن مکانیسم تنظیم اسمزی است که شرایط را برای جذب بیشتر آب و املاح از

محیط ریشه فراهم می‌آورد (Munns, 2002). مقدار قند در بعضی از ژنوتیپ‌های برنج در تنش شوری افزایش و در برخی دیگر کاهش پیدا کرده است (Alamgir and Ali, 1999). بر اساس گزارش دیگری در تنش شوری، مقدار نشاسته ریشه برنج کاهش یافته و در بخش هوایی بدون تغییر باقی مانده است. کاهش در مقدار نشاسته و افزایش در هر دو قند قابل احیا و غیرقابل احیا در برگ‌های *Bruguiera Parviflora* نیز گزارش شده است (Parida et al., 2004). نتایج مشابهی در مورد اثر سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱ و ۰/۰۱ میلی‌مولار بر مقدار کربوهیدرات و پروتئین گوجه‌فرنگی و گندم نیز گزارش شده است (Mohammad et al., 1998). گزارش شده است که در برنج (Karimiet al., 2005) و گندم و جو (Keles and Oncel, 2004) به‌دنبال تنش اکسیداتیو مقدار تجمع قندها با تیمار هورمون سالیسیلیک اسید افزایش می‌یابد. افزایش قندها با ایجاد شیب اسمزی در گیاهان، مقاومت گیاه گندم را در برابر از داست دادن آب، محتوی آب برگ و رشد در شرایط تنش افزایش می‌دهند (Tasginet al., 2003). به‌نظر می‌رسد کاربرد سالیسیلیک اسید در این پژوهش باعث افزایش سازگاری گیاه به تنش شوری شده است.



شکل ۱۳- اثر متقابل سالیسیلیک اسید و سطوح مختلف شوری برمیانگین‌های درصد کربوهیدرات (الف) و درصد پرولین (ب) در اندام‌های هوایی گندم رقم هامون

*سطوح مختلف شوری در تیمارهای مختلف اسید سالیسیلیک جدا از هم مقایسه شده‌اند

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی زوال بذر منجر به یکسری تغییرات بیوفیزیکی و بیوشیمایی شامل تغییر در ساختار مولکولی اسیدهای نوکلئیک، کاهش فعالیت برخی آنزیم‌های کلیدی در جوانه‌زنی و افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های هیدرولیزکننده، اختلال در یکپارچگی غشاء و کاهش تنفس می‌شود که در نتیجه این تغییرات، قدرت بذر کاهش می‌یابد. این امر منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، کاهش توانایی جوانه‌زنی بذرها تحت شرایط تنش‌زا، افزایش درصد گیاهچه‌های غیرطبیعی و کاهش درصد استقرار بوته در مزرعه و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد. تنش‌های محیطی نیزمی‌توانند از طریق کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بر سبزشدن گیاهان تأثیرمنفی بگذارند و بذوری با قدرت بذر بالا می‌توانند کارکرد بهتری در سبز شدن تحت‌تأثیرتنش‌های محیطی داشته باشند. نتایج این تحقیق نشان داد که پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید درصد جوانه‌زنی بذور را افزایش می‌دهد. از آنجا که سالیسیلیک اسید آنزیم‌های مهم در فرایند جوانه‌زنی

را فعال می‌کند با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان عنوان کرد پیش‌تیمار ۰/۰۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اثر مثبت‌تری بر جوانه‌زنی بذور گندم داشته و با تأثیر بر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی گیاه سبب افزایش مقاومت گیاهچه‌های گندم تحت تنش شوری گردید. بنابراین کاربرد سالیسیلیک اسید برای تخفیف اثرات مخرب ناشی از تنش در این گیاه پیشنهاد می‌شود و توصیه می‌شود که در شرایط تنش‌های محیطی از قبیل تنش شوری از بذرهای گندم با کیفیت بالا استفاده گردد تا علاوه بر حصول تراکم مطلوب، بوته‌های حاصل از این بذرها سریع‌تر استقرار یافته و زودتر به پوشش کامل کانوپی برسند و در نتیجه باعث دریافت تشعشع خورشیدی بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد شوند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای مورد بررسی در گندم (رقم هامون)

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	کربوهیدرات (درصد)	پرولین (میلی گرم بر گرم)
زوال (a)	۱	۱۰۱/٦٦٦**	٤۱/٦۹۳**	۰/۰۰۱۱۰**	۰/۰۰۰٤٦^{ns}	۰/۰۰۰۰۲٤**	۰/۰۰۰۰۰۸۰*	۲/۸٤٥۸**	٥/۳٥۱۸**
سالیسیلیک اسید(b)	۲	۲/۹۸۷**	۱/۲۱۸**	/۰۰۱۲۰**	۰/۰۰۱۱٦**	۰/۰۰۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۰۲٦**	۰/٥٥۳۲**	۱/۱۱۸۳**
شوری (c)	۳	۹۳/۸۷۲**	۸۸/۲٥۸**	۰/۰۰٥٦۹**	۰/۰۰٤۳۰**	۰/۰۰۰۰۷٦**	۰/۰۰۰۱۰۸**	۱/۱۸۱۷**	۱۲/٤۳۰۲**
a*b	۲	۱/٦٦۳**	۳/۰۰۲**	۰/۰۰۰۸٥**	۰/۰۰۰۱۸**	۰/۰۰۰۰۲۲**	۰/۰۰۰۰۱۰۰**	۰/۰۸۸۹**	۰/۰۱۳۳**
a*c	۳	۰/٤۹٥*	۲/٦۸۰**	۰/۰۰۰۰۱٥^{ns}	۰/۰۰۰٦٥*	۰/۰۰۰۰۰٦^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۸۸**	**۰/۱۲٤۷****	۰/٦٥۹۳**
b*c	٦	۱/٤٤٤**	۰/٦۷۲**	۰/۰۰۱٦۸**	۰/۰۰۰۲۰**	۰/۰۰۰۰۲۷**	۰/۰۰۰۰۰۲۳^{ns}	۰/۰٤٦۳**	۰/۰٤۲۷**
a*b*c	٦	۰/۷۸۲**	۰/٦۸۳**	۰/۰۰۰۰۳٤^{ns}	۰/۰۰۰۰٥٤*	۰/۰۰۰۰۰۱٤*	۰/۰۰۰۰۰۰٥٤**	۰/۰۲۱٦**	۰/۱٥٦۲**
خطا		۰/۱٤۰	۰/۲۰۰	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۰۰۰٥۱	۰/۰۰۰۰۰۱٦	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۱۹
ضریب‌تغییرات(%)		٤/٤۰۷	٥/۸٤۱	٦/۲٤٦	٥/۳۸۱	۱۰/٦۰۸	۱٦/٤۱۷	۰/۳٥۱	۱/۸۹۷

^{ns}: غیر معنی‌دار،**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ٤- مقایسات میانگین پارامترهای مورد بررسی در گندم(رقم هامون)

منابع تغییر	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	کربوهیدرات (درصد)	پرولین(میلی گرم بر گرم)
زوال								
۰	۹/۷۱۷ ^{a}	۸/٤۲۷^{a}	۰/۰۷٦۸^{a}	۰/۰۸۲٦^{a}	۰/۰۰۷۳^{a}	۰/۰۰۸۱^{a}	٤/۳۳۰^{a}	۲/٦۲٦^{a}
۷۲ ساعت	۷/۳۰٦ ^{b}	٦/۹۰٥^{b}	۰/۰٦۹۰^{b}	۰/۰۸۱۰^{a}	۰/۰۰۷۱۷^{b}	۰/۰۰۷٤^{b}	۳/۱۳۲^{b}	۲/۰۸۱^{b}
سالیسیلیک اسید								
۰	۸/۸۲٥^{a}	۷/۸۰۳^{a}	۰/۰۸۰^{a}	۰/۰۸۷۷^{a}	۰/۰۰۷٤^{a}	۰/۰۰۸۹^{a}	٤/۲۷۳^{a}	۲/۰۹٥^{a}
۰/۱ میلی‌مولار	۸/۷۷٤^{a}	۷/۷۸۹^{a}	۰/۰۷۰^{b}	۰/۰۸۳٥^{b}	۰/۰۰٦۷^{b}	۰/۰۰۷۷^{b}	٤/۱٤۹^{b}	۲/۲۸٥^{b}
۰/۰۱ میلی‌مولار	۷/۹۳٥^{b}	۷/٤۰٦^{b}	۰/۰٦۷^{c}	۰/۰۷٤۱^{c}	۰/۰۰٦۱^{c}	۰/۰۰٦۸^{c}	۳/۹۷۱^{c}	۲/۱۷۹^{c}
شوری								
۰	۱۱/۱۲۱^{a}	۹/۹۰۱^{a}	۰/۰۹۲^{a}	۰/۰۹۹^{a}	۰/۰۰۹۱^{a}	۰/۰۱۰۹^{a}	٤/٤۱۷^{a}	۳/۳٥^{a}
٥۰ میلی‌مولار	۹/۳۰۳^{b}	۸/۸۰۲^{b}	۰/۰٦۸۲^{b}	۰/۰۸۸^{b}	۰/۰۰۷٤^{b}	۰/۰۰۸۳^{b}	٤/۲٦۱^{b}	۲/۰۵۹^{b}
۱۰۰ میلی‌مولار	۷/۹۱۰^{c}	۷/۱٥۱^{c}	۰/۰٦٥۳^{c}	۰/۰۷٤^{c}	۰/۰۰٦۱^{c}	۰/۰۰٦۲^{c}	٤/۰۰۱^{c}	۲/۰٦^{c}
۱٥۰ میلی‌مولار	٥/۷۱۲^{d}	٤/۸۱۰^{d}	۰/۰٥۲۳^{d}	۰/۰٦٤^{d}	۰/۰۰٤۳^{d}	۰/۰۰٥۲^{d}	۳/۸٤٦^{d}	۱/۳۹^{d}

در هر ستون، تیمارهای دارای حروف مشابه در یک گروه آماری قرار دارند.

جدول ۵- مقایسات میانگین پارامترهای مورد بررسی در گندم(رقم هامون)

زوال	سالیسیلیک اسید	شوری	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	کربوهیدرات (درصد)	پرولین (میلی گرم بر گرم)
وجود زوال	۰ میلی‌مولار	۰	۹/۹۳^{a}	۸/۳٤^{a}	۰/۱۰٤^{a}	۰/۰۱۰٤^{a}	۰/۰۱۲۵^{a}	۳/۸۸۰^{d}	۱/٦٦۲^{d}
		۵۰ میلی‌مولار	۷/۱۸^{b}	٦/٦۹^{b}	۰/۰۹۰^{b}	۰/۰۰٦٤^{b}	۰/۰۰۸۲^{b}	٤/۰۵۸^{c}	۲/۰۸۷^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	٤/۷۲^{c}	٦/۰۲^{b}	۰/۰٦٤^{c}	۰/۰۰۵٦^{b}	۰/۰۰۵٦^{c}	٤/۲۲۰^{b}	۲/۹۹۰^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	٤/۰٦^{d}	٤/۱۳^{c}	۰/۰۵۳^{d}	۰/۰۰٤۰^{c}	۰/۰۰٤۰^{c}	٤/۲۸٤^{a}	۳/۵۹۸^{a}
	۰/۱ میلی‌مولار	۰	۱۰/۲۷^{a}	۱۰/۲۷^{a}	۰/۰۹۹^{a}	۰/۰۰۷۹^{a}	۰/۰۱۵۱^{a}	٤/۱۰۱^{d}	۱/۷۳٤^{d}
		۵۰ میلی‌مولار	۸/۲۱^{b}	۸/۱۱^{b}	۰/۰۹٤^{a}	۰/۰۰۷٤^{a}	۰/۰۰۹۰^{b}	٤/۲۵۸^{c}	۲/۲۹۵^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	۷/۳۸^{c}	٦/٦۱^{c}	۰/۰۸٤^{b}	۰/۰۰٦٦^{ab}	۰/۰۰۷٦^{b}	٤/۷۳۰^{b}	۳/۰۸۷^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	۵/۷۰^{d}	٤/۵۵^{d}	۰/۰۷۲^{c}	۰/۰۰۳۹^{c}	۰/۰۰٦۱^{bc}	۵/۰٤۸^{a}	٤/۲۷٦^{a}
	۰/۰۱ میلی‌مولار	۰	۹/۷۸^{a}	۹/۳٤^{a}	۰/۰۹۷^{a}	۰/۰۰٦۹^{a}	۰/۰۰۹۲^{a}	۳/۹۳۵^{d}	۱/۳۲۷^{d}
		۵۰ میلی‌مولار	۸/۸۸^{b}	۷/۷۲^{b}	۰/۰۹۰^{a}	۰/۰۰٦۲^{a}	۰/۰۰۸۵^{a}	٤/۰۸۸^{c}	۲/۱۳۲^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	۷/۳۲^{c}	٦/۵۱^{c}	۰/۰۷٤^{b}	۰/۰۰۵۱^{ab}	۰/۰۰٦۳^{b}	٤/۵٤۹^{b}	۲/٤۹٤^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	٤/۲۰^{d}	٤/۵٤^{d}	۰/۰٦۵^{c}	۰/۰۰۳٤^{c}	۰/۰۰۵۱^{b}	٤/۸۱۱^{a}	۳/۸۳۰^{a}
عدم زوال	۰ میلی‌مولار	۰	۱۲/۱۲^{a}	۱۰/۰٤^{a}	۰/۰۹۵^{a}	۰/۰۰۸۵^{a}	۰/۰۰۸۸^{a}	۳/٦۷٤^{d}	۱/۱۲۰^{d}
		۵۰ میلی‌مولار	۱۰/۰۹^{b}	۱۰/۷۳^{a}	۰/۰۷۰^{b}	۰/۰۰٦۰^{b}	۰/۰۰٦۰^{b}	۳/۷۷۵^{c}	۱/۷۲۷^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	۹/۰٤^{c}	۸/۱۵^{b}	۰/۰٦۰^{c}	۰/۰۰٤۸^{c}	۰/۰۰٤۹^{c}	۳/۸۹۱^{b}	۲/۱۹۵^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	٦/۳۱^{d}	۵/۱۲^{c}	۰/۰۵٤^{c}	۰/۰۰۲۹^{d}	۰/۰۰٤۱^{c}	۳/۹۸۹^{a}	۲/۹۰۵^{a}
	۰/۱ میلی‌مولار	۰	۱۲/۷۱^{a}	۱۰/۳٦^{a}	۰/۰۹٦^{a}	۰/۰۱۰۲^{a}	۰/۰۰۹۳^{a}	۳/۷۸۰^{d}	۱/۳٤۷^{d}
		۵۰ میلی‌مولار	۱۰/۳۱^{b}	۹/۸۰^{a}	۰/۰۹۱^{a}	۰/۰۰۸۹^{b}	۰/۰۰۸۹^{a}	۳/۹۳۷^{c}	۲/٤٦۷^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	۹/۱۰^{c}	۷/۱۱^{b}	۰/۰۸۹^{a}	۰/۰۰۸۲^{b}	۰/۰۰۸۳^{a}	٤/۱۱٦^{b}	۲/٦۰۸^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	٦/۹۰^{d}	۵/٤۸^{c}	۰/۰۷۳^{b}	۰/۰۰٦۲^{c}	۰/۰۰٦۷^{b}	٤/۲۱۷^{a}	۲/۹٤۵^{a}
	۰/۰۱ میلی‌مولار	۰	۱۱/۸۹^{a}	۱۱/۰۳^{a}	۰/۱۰٦^{a}	۰/۰۱۱۰^{a}	۰/۰۱۰۷^{a}	۳/۷۰٤^{d}	۱/۱۷۱^{d}
		۵۰میلی‌مولار	۱۱/۱۳^{b}	۹/۷۵^{b}	۰/۰۹۲^{b}	۰/۰۰۹۵^{b}	۰/۰۰۹۳^{a}	۳/۸۹۱^{c}	۱/۷۰٤^{c}
		۱۰۰ میلی‌مولار	۹/۸۹^{c}	۸/٤۹^{c}	۰/۰۷۵^{c}	۰/۰۰٦۲^{c}	۰/۰۰٦۹^{b}	٤/۰۵۹^{b}	۲/۱۷٦^{b}
		۱۵۰ میلی‌مولار	۷/۰۷^{d}	۵/۰۲^{d}	۰/۰٦٦^{d}	۰/۰۰۵۳^{c}	۰/۰۰۵۵^{b}	٤/۱۵۵^{a}	۲/٦۰۳^{a}

در هر ستون، تیمارهای دارای حروف مشابه در گروه آماری مشابه قرار دارند.

References

Abdual-baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Relationship between decarboxilation of glutamic acid and vigour in soybean seed, Crop Science, 13: 222–226.

Alamgir, A.N.M. and Ali, M.Y. 1999. Effect of salinity on leaf pigments, sugar and protein concentrations and chloroplast ATPase activity of rice (*Oryza sativa* L.) .Bangladesh Journal of Botany. 28:145-149.

Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds underdrought stress. Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 8(4): 253- 261.

Arfan, M., Athar, H.R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? J. Plant. Physiol. 164:685-694.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Role of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59(2): 206-216.

Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N. and Cheema, M.A. 2003. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated aging. Seed Sci. Technol. 31: 531-540.

Bates, S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

Bohnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen, R.G. 1995. Adaptation to environmental stresses. Plant Cell 7, 1099–1111.

BoroumandJazi S., Lariyazdi H. and Ranjbar M. 2011. Effect of salicylic acid on some plant growth parameters under lead stress in Brassica napus var. Okapi. IJPP. 1(3): 117- 185.

De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C. and De Carvalho, N.M. 2003. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthusannu* L.), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. Seed Sci. Technol. 31: 465-479.

Dell Aquila, A. and Di Turi, M. 1996. The germination response to heat and salt stress in evaluating vigour loss in aged wheat seeds. Seed Sci. Technol. 24: 309-319.

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation 45:215–224.

Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reeducates activity and seed yield in Brassica juncea. Photosynthetica. 41(2): 281-284.

Forcella, F., Benech, R.L., Arnold, Sanchez, R. and Ghersa, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field. Crop*. Res. 67: 123-139.

Ghoulam, C.F., Ahmed, F. and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47: 139–150.

Hakimi, A. 2008. Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants under khat leaves residues. Plant Soil and Environment. 54(7): 288–293

Hampton, J.G. and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of vigor Test Methods. Zurich, Switzerland. ISTA. Pp: 70-78.

He, Y., Liu, Y., Cao, W., Huai, M., Xu, B. and Huang, B. 2005. Effects of salicylic acid on heatolerance associated with antioxidant metabolisin Kentucky bluegrass. Journal of Crop Science. 45(3): 988-995

Jadhav, S.H. and Bhamburdekar, S.B. 2011. Effect of salicylic acid on germination performance in groundnut. IJABPT. 2(4):224-227.

Janda, T., Szalai, G. Tari, I. and Paldi, E. 1999. Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208:175-180.

Karimi, G., Ghorbanli, M., Heidari, H., Khavarinejad, R.A. and Assareh, M.H. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in Kochia prostrate. *Biologia Plantarum*. 49(2): 301-304.

Kaydan, D., Yagmur M. and Okut, N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarim Bilim Derg. 13(2):114-119.

Keles, Y. and Oncel, I. 2004. Growth and solute composition in two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. Russian Journal Plant Physiology. 51:203-208.

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A. and Bingham, I.J. 2003. The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed. Sci. Technol. 31:715-725. (In Persian).

Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. Int. J. Agri. Biol. 6: 5–8.

Lin, C. and Kao, C.H. 1995. NaCl stress in rice seedlings: Starch mobilization and the influence of gibberllic acid on seedling growth, Botanical Bulletin Academia Sinica, 36: 169-173.

Marshal, A.H. and Lewis, D.N. 2004. Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate .forage grasses. Seed Sci. Technol. 32: 493-501.

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K-J. 2003. Salicylic acid alleviates the Cadmium Toxicity in Barley seedlings. Physiology and Biochemistry of Plant. 132: 272-281.

Mohammad, M., Shibli, R., Ajouni, M. and Nimvi, L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different level of phosphorus nutrition. J. Plant Nutrient. 21: 1667-1680.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment. 25: 239-250

Orcutt, D.M. and Nilsen, E.T. 2000. The physiology of plants under stress, soil and biotic factors. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Ouled Belgacem, A., Neffati, M., Papanaatasis, V.P. and Chaieb, M. 2006. Effects of seed age and seedling depth on growth of stipa lagascae R. & Schseedlings. J. Arid Environ. 65: 682-687.

Parida, A. K., Das, B., Mittra, B. and Mohanty, P. 2004. Salt-stress induced alterations in protein profile and protease activity in the mangrove, *Bruguiera parviflora* L. Z. Natur. forsch, 59: 408-414.

Patade, V.Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Res. J. Seed Sci. 4(3):125-136.

Poori, K., Akbari, F. and GHaderi-far, F. 2012. Response of deteriorated cotton seed to salinity stress at germination and seedling growth stages. J. Plant Production. 19(2):54-67. (In Persian).

Rajasekaran, L.R., Stiles, A. and Caldwell, C.D. 2002. Stand establishment in processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination at low temperatures. Can. J. Plant Sci. 82: 443–450.

Rajjou, L., Belghazi, M., Huguet, R., Robin, C., Moreau, A., Job, C. and Job, D. 2006. Proteomic investigation of the effect of salicylic acid on Arabidopsis seed germination and establishment of early defense mechanisms. Plant Physiol. 141: 910- 923.

Rehman, S., Harris, P.J.C. and Bourne, W.F. 1999. Effect of artificial ageing on the germination, ion leakage and salinity tolerance of Acacia tortilis and A. Coriacea seeds. Seed Sci. Technol. 27:141–149.

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity, Plant Sci., 164: 317-322.

Shakirova, F.M., Bezrukova, M.V. 1997. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin, 24: 109–112.

Shakirova, F.M., Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic aicd and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. Plant Growth Regul., 39: 137-141.

Singh, S.K., Sharma, H.C., Goswami, A.M., Datta, S.P. and Singh, S.P. 2000. In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia Plantarum,* 43: 283-286.

Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coasts of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662.

Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz, M. and Sarparast, R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agric. For. Meteorol. 138: 156-167.

Soltani, E., Kamkar, B., Galeshi, S. and Akramghaderi, F. 2009. The effect of seed aging on wheat emergence on the response of environmental stress. J. Agric. Sci. Natural Resource. 2:43-58. (In Persian).

Srivastava, M.K. and Dwivedi, U.N. 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Sci., 158, 87–96.

Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepsi, A., Szabo, M. and Erdei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biologica Szegediensis, 46(3-4): 55-56.

Tasgin, E., Atici, Q. and Nalbantoglu, B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regulation. 41: 231-236.

Tekrony, D.M. and Egli, D.B. 1997. Accumulation of seed vigor during development and maturation. Basic and Applied Aspects of Seed Biology proceeding of the fifth international workshop on seeds held at reading, UK-on 10-15 September. 369-384.

Torchi, M., Saich, F., Valizadeh, V. and Pasban Eslam, B. 2005. Relationship between Root morphological characteristics associated with resistance to water deficit the number of genotypes of rapeseed (*Brassica napus* L.). Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 5(3):15-26 (In Persian).