علوم و تحقیقات بذر ایران
سال یازدهم/ شماره اول/ ۱۴۰۳ (۱۰۲ - ۸۹)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2024.8040

اثر اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات کیفی بذر و اجزای عملکرد جو بهاره تحت تنش غرقابی در شرایط گلخانه‌ای

سعید خماری[۱]، محمدرضا اصغری*[۲]، مریم صبوری[۳]، محمد صدقی[۴]، سلیم فرزانه[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر تنش غرقاب بر خصوصیات کیفی بذر جو انجام شد. بنابراین این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملا تصادفی در شرایط گلخانه‌ای در دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۳-۱۴۰۲ اجرا شد. در این بررسی، سه عامل تنش غرقاب، غلظت‌های اسید سالیسیلیک و زمان کاربرد برگی هورمون در نظر گرفته شد. به طوری که کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در چهار غلظت (صفر، یک، دو و چهار میلی‌مولار) و در دو مرحله (آخرین روز غرقابی و در طی دوره بازیابی رشد) و تنش غرقاب در دو سطح (شاهد و اعمال وضعیت غرقابی در مراحل آخر ساقه رفتن) اعمال گردید. نتایج نشان داد که تنش غرقاب بر اکثر صفات مورفولوژیکی گیاه و هم‌چنین بر خصوصیات کیفی بذر جو به جز تعداد برگ، تعداد سنبله‌ی بارور در بوته و تعداد سنبله‌ی غیر بارور در بوته تاثیر گذار بوده و باعث کاهش این صفات شد. در مقابل، محلول‌پاشی برگی تیمار اسید سالیسیلیک توانست این کاهش را در صفات ذکر شده جبران کند. به‌طوری که در این صفات تاثیر اسید سالیسیلیک در محلول‌پاشی دوم بیشتر از محلول‌پاشی اول بود و در هر دو زمان غلظت چهار میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر روی صفات ذکر شده داشت.

واژه‌های کلیدی: قدرت بذر، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، محلول‌پاشی، عملکرد گیاه

۱- دانشیار، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. saeid.khomari@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری، اکولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. mohamadreza4987@gmail.com
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، علوم و تکنولوژی بذر، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. maryamnazsaboori@gmail.com
۴- استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. mosedghi2003@yahoo.com
۵- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. salimfarzaneh@yahoo.com
*نویسنده مسئول: mohamadreza4987@gmail.com

مقدمه

مشکلات فیزیولوژیکی همیشه کمیت و کیفیت گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. غرقاب، خشکسالی، شوری و سایر عوامل تنش‌زا اغلب در طبیعت باعث کاهش عملکرد محصول می‌شوند (Balakhnina *et al*., 2010). تنش غرقابی معضلی است که حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل کشت جهان و حدوداً یک میلیون هکتار از زمین‌های زیر کشت ایران را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Heidari and Jamshidi, 2010). این پدیده از طریق افزایش بارندگی، بالا بودن سطح بالای آب‌های زیرزمینی، آماده‌سازی نامناسب زمین، آبیاری بیش از حد نیاز، سیلاب، نفوذپذیری پایین خاک و شیب کم حاصل می‌گردد (Khadempir, 2013). در طول دوره غرقابی، تبادل گاز بین خاک و هوا مختل می‌شود، زیرا انتشار گازها بین خاک و هوا افت پیدا می‌کند (Galeshi *et al*., 2000). اثر سوء غرقاب روی عملکردهای حیاتی گیاه و سلامت خاک در پژوهش‌های متعددی مورد تأکید قرار گرفته است (Parad *et al*., 2013; Kotula *et al*., 2019; Kidd *et al*., 2020). در تحقیق (Rahnama et al., 2011) مشاهده شده است که تنش غرقاب موجب کاهش وزن خشک گیاهچه شد. رابرستون و همکاران (Robertson *et al*., 2009) گزارش کردند که آب ماندگی در گندم موجب تاخیر در خروج پنجه‌های جدید به مدت ۹ روز شده و در نهایت عملکرد دانه را تا ۳۲ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. به‌طورکلی اثر تنش غرقاب یا سایر عوامل تنش‌زا در مرحله رشد رویشی زیاد بر تعداد برگ‌ها تاثیری نداشت؛ اما تعداد سنبلچه‌ها را در مراحل بعدی محدود کرده و شدت آن به رقم و سطح تنش بستگی دارد. مسگریو و دینگ (Musgrave and Ding, 1998) به کاهش ۴۵ درصدی عملکرد گندم تحت تاثیر تنش غرقاب در سه مرحله اشاره کردند، آنها بیان نمودند که تعداد دانه مهم‌ترین بخش عملکرد می‌باشدکه به مدت ۲۰،۱۰ و ۳۰ روز تحت تنش در سه مرحله غرقابی قرار می‌گیرد. گزارش‌های متعددی در خصوص دیگر اثرات سوء تنش غرقابی بر گیاهان موجود می‌باشد (Tuorani, 2013; Khadempir, 2013; Khodabakhshi, 2014; Mazloum, 2014 Striker, 2012; Nishiuchi *et al*., 2012; Gall *et al*., 2015; Hossain and Uddin, 2011).

جو (*Hordeum vulgare* L.) به لحاظ اهمیت، چهارمین محصول مهم غلات در جهان است (Ullrich, 2010). این گیاه زراعی سابقه کشت طولانی را در مناطق وسیعی از کره زمین دارا بوده و قدمتی معادل کشاورزی دارد (Khodabandeh, 1983). این گیاه زراعی هم‌چنین یکی از محصولات مهم و عمده ایران محسوب می‌شود و در مساحت معادل ۱/۵۴ میلیون هکتار در شرایط آبی و دیم به زیر کشت می‌رود و از نظر سطح زیر کشت پس از گندم در رتبه دوم قرار دارد. از تمام سطح زیر کشت جو در ایران حدودا ۶۰ درصد دیم و ۴۰ درصد آبی است. متوسط عملکرد زراعی جو دیم در ایران ۷۰۰ الی ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار و عملکرد زراعی جو آبی ۳۲۹۳/۲۱ کیلوگرم می‌باشد (Ansari Maleki *et al*., 2009).

اسید سالیسیلیک (SA) پرمصرف‌ترین هورمونی است که در محلول‌پاشی گیاهان مختلف مورد مصرف قرار می‌گیرد. سالیسیلیک اسید در گیاهان زراعی نقش حفاظتی داشته و موجب ارتقا مقاومت به شرایط نامساعد محیطی می‌گردد (El-Tayeb, 2005). اسید سالیسیلیک (۲- هیدروکسی بنزوئیک با فرمول $C_7H_6O_3$) یکی از ترکیبات فنولی طبیعی و هم‌چنین یک هورمون گیاهی به حساب می‌آید که در تمام اندام‌های گیاهی وجود دارد و آن را می‌توان به‌عنوان یک مولکول پیام-رسان داخلی در نظر گرفت که برای پاسخ‌های اختصاصی در تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش مهمی را ایفا می‌کند. این هورمون در تنظیم فرایندهای متفاوت گیاهان شامل جوانه‌زنی بذر، رشد و نمو، جذب و انتقال یون، توزیع عناصر، تنفس و گلدهی، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای نقش به سزایی دارد (Amirikia and Jamshidi, 2018). طبق گزارش (Ullah Khan *et al*., 2012) اسید سالیسیلیک در باز و بسته شدن روزنه‌ها، جذب مواد غذایی، سنتز پروتئین و کلروفیل، مهار بیوسنتز اتیلن، تبخیر و تعرق و هم‌چنین تنظیم اسمزی دخیل می‌باشد. مطالعه دیگری نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک (SA) به‌صورت محلول‌پاشی برگی، باعث افزایش عملکرد دانه آفتابگردان شد (Ahmad Alias Haji *et al*., 2009). هم‌چنین، کاربرد SA در گیاه گلرنگ باعث افزایش درصد آب برگ نسبت به تیمار بدون کاربرد شد (Mirzakhani and Sibi, 2011). جو به عنوان چهارمین

غله مهم جهان، نسبت به تنش خشکی و شوری، به تنش غرقابی حساس می‌باشد و به‌ویژه در مناطقی که بارندگی نسبتاً زیاد است، شرایط غرقابی می‌تواند آسیب‌های جدی و قابل توجهی به محصول وارد کند. اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات گیاهی مثل رشد گیاه، جوانه‌زنی بذر، ساختار غشاء، جذب و انتقال یون، شدت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه تاثیرگذار بوده و نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی دارد. با توجه به این که جو نسبت به شرایط غرقابی حساس می‌باشد و برخی از مناطق مهم تولیدکننده جو به دلیل بارندگی‌های زیاد تحت تاثیر خطر تنش غرقابی قرار می‌گیرند، بنابراین شناخت عواملی که تقویت‌کننده جو نسبت به شرایط غرقابی می‌باشند، دارای اهمیت است؛ لذا در این جهت به بررسی اثرات اسید سالیسیلیک بر عوامل مخرب تنش غرقابی پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

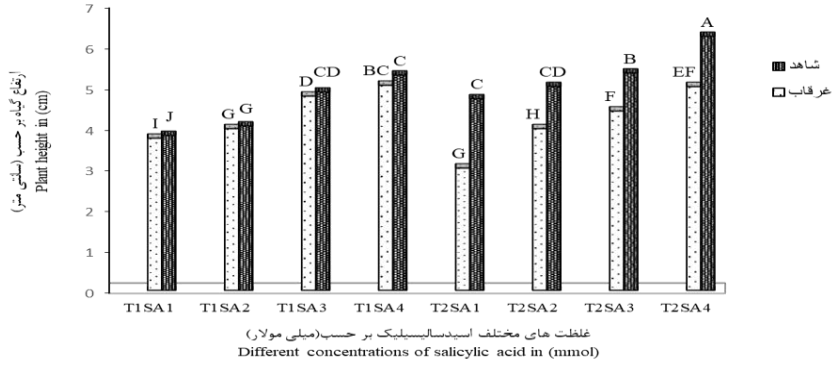
این پژوهش به‌منظور بررسی تاثیر تنش غرقاب بر خصوصیات مورفولوژیکی و کیفی بذر جو انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملا تصادفی در سال ۳-۱۴۰۲ در شرایط گلخانه‌ای دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. در این پژوهش، سه عامل تنش غرقاب، غلظت‌های اسید سالیسیلیک و زمان کاربرد برگی هورمون مورد مطالعه قرار گرفت. کاربرد برگی اسید سالیسیلیک در چهار غلظت (صفر، یک، دو و چهار میلی‌مولار) و در دو مرحله (آخرین روز غرقابی و در طی دوره بازیابی رشد) و تنش غرقاب در دو سطح (شاهد و اعمال وضعیت غرقابی در مراحل آخر ساقه رفتن تا زمان علائم زرد شدن در برگ‌ها به مدت ۲۱ روز) مورد بررسی قرار گرفت. کلیه بررسی‌های انجام گرفته در این پژوهش با استفاده از جو رقم زنجان که بذرهای آن از مرکز تحقیقات اردبیل تهیه شده است، صورت پذیرفت. گلدان پلاستیکی به تعداد ۴۸ با ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر و قطر ۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. پس از الک کردن ضایعات و هموژن سازی خاک، به پر کردن گلدان‌ها اقدام گردید که در هر گلدان آزمایشی پنج قسمت خاک و یک قسمت کود دامی اعمال شد. خاک بکار برده شده در این پژوهش از اداره منابع طبیعی اردبیل تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت. پس از تهیه گلدان‌ها و پر کردن آنها اقدام به کشت بذرها گردید. تعداد ۲۵ بذر به عمق ۲-۳ سانتی‌متر و با فاصله-های مشخص در درون گلدان‌های آزمایشی کشت گردید که بعد رسیدن به مرحله چند برگی هر کدام از گلدان‌ها تنک گردید و تعداد گیاهچه‌ها به تعداد ۱۵ کاهش یافت. آبیاری بر حسب نیاز آزمایش به‌صورت مرتب انجام گرفت. تنش غرقابی در مراحل پایانی رشد ساقه گیاه به مدت ۱۴ روز اعمال شد. هنگام اعمال تنش غرقاب، گلدان‌های مربوطه برای اعمال تنش غرقاب در داخل حوضچه تعبیه شده قرار داده شدند به نحوی‌که آب حدود یک سانتیمتری بالای سطح گلدان قرار گرفت. بعد از تمام شدن دوره غرقاب (دو هفته)، بوته‌های جو بدون آبیاری رها شد و پس از خشک شدن گلدان‌ها دوباره به‌صورت عادی آبیاری شدند. قابل ذکر است که گلدان‌های شاهد به طور عادی در طول دوره غرقاب آبیاری شدند. اسید سالیسیلیک در چهار سطوح غلظت شامل صفر،یک، دو و چهار میلی‌مولار آماده شد و در دو مرحله به‌صورت محلول‌پاشی برگی به گیاهان اعمال گردید. اولین مرحله محلول‌پاشی در زمان بلافاصله بعد از تمام شدن دوره غرقاب و محلول‌پاشی دوم ۷۲ ساعت بعد از مرحله اول و در زمان بازیابی رشد اعمال گردید. در این آزمایش در سه زمان اقدام به نمونه‌برداری گردید. به این صورت که ۷۲ ساعت بعد از هر محلول‌پاشی برگی و دیگری بعد از رسیدگی فیزیولوژیک نمونه‌برداری شد. جهت بررسی صفات مورفولوژیک، از هر گلدان به تعداد ۵ بوته بطور تصادفی موردمطالعه قرار گرفت. بعد از اتمام دوره آزمایش و رسیدگی فیزیولوژیک جهت برداشت بذرها ابتدا بوته‌ها کف بر گردید و ساقه‌ها از ریشه‌ها جدا شدند و بوته هر کدام در فویل‌های جداگانه برای اندازه‌گیری صفات موردنظر قرار گرفتند. در این پژوهش، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه-زنی، ویگور بذر، تعداد جوانه نرمال، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن کل بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد برگ در بوته، تعداد سنبلهٔ بارور در بوته، تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و طول گیاهچه مورد مطالعه قرار گرفت. صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و طول گیاهچه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. وزن کل بوته نیز توسط ترازو مورد توزین قرار گرفت و هم‌چنین

تعداد برگ در بوته و تعداد دانه در سنبله هر تیمار و هر تکرار به‌صورت جداگانه شمارش گردید. برای توزین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نمونه‌های تازه هر تیمار و تکرار در داخل پاکت‌ها قرار گرفته و به داخل آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. سپس وزن خشک نمونه‌های گیاهی توسط ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد. به‌منظور مشخص شدن درصد جوانه‌زنی، چهار تکرار ۵۰تایی به‌تصادف از توده‌های بذری هر تیمار انتخاب و به روش کاغذ صافی کشت و در داخل ژرمیناتور ۲۵ درجه سلسیوس به مدت هفت روز قرار داده شد. در اواخر این دوره تعداد گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال مورد ارزیابی قرار گرفت. سرعت جوانه‌زنی براساس روش مگویر محاسبه گردید (Maguire,1962). هم-چنین قدرت بذر هم براساس روش عبدالباکی و اندرسون محاسبه شد (Abdul-baki and Anderson,1973).

قبل از تحلیل آماری داده ها، آزمون نرمال داده ها و یکنواختی واریانس خطا ها به ترتیب مطابق روش های کولموگروف – اسمیرنوف و لون با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. هم‌چنین داده‌های حاصل در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی از طریق این نرم افزار تجزیه واریانس گردید و مقایسات میانگین به روش LSDدر سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و اثر متقابل این دو عامل برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). در حالی که تنش غرقاب موجب کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه شد. مطابق (شکل ۱) سطوح مختلف اسید سالیسیلیک توانست این کاهش را جبران کند و این تأثیر در زمان اعمال، بلافاصله پس از تنش غرقاب بیشتر بود. بیشترین تأثیر را غلظت چهار میلی‌مولار در زمان اول محلول‌پاشی داشت و محلول‌پاشی دوم (بعد از بازیابی رشد) در غلظت چهار میلی‌مولار بیشترین تأثیر را داشت که این نتیجه مطابق با بررسی کایدان و همکاران (Kaydan *et al*., 2007) بود که نشان دادند اثر تنش ماندابی بر روی ارتفاع گیاه گندم در سطح یک درصد معنی‌دار گردید و بر اثر اعمال تنش ماندابی ارتفاع گیاه ۱۲ درصد کاهش داشت. در تنش‌های دیگری مانند خشکی نیز تنش باعث کاهش ارتفاع بوته شده است. عوامل بیرونی و درونی زیادی در ارتفاع گیاهان موثر هستند که از مهم‌ترین عوامل درونی، هورمون‌ها می‌باشند که گزارش شده است اسید سالیسیلیک، موجب افزایش تقسیم سلولی در مریستم گیاهچه گندم می‌شود و موجب بهبود رشد گیاه می-شود (Kaydan *et al*., 2007). اما در این تحقیق که اسید سالیسیلیک به عنوان تیمار بکار برده شده بود، توانایی افزایش ارتفاع بوته را نداشت، که این امکان دارد به‌خاطر غلظت پایین اسید سالیسیلیک بکار برده شده باشد. اما در تحقیق کشاورزی و همکاران (Keshavarzi *et al*., 2013) بیان نمودند که هورمون‌های اکسید و جبرلین بر ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری داشته و هم‌چنین توانایی افزایش ارتفاع گیاه در غلظت‌های ۱۰۰ پی‌پی‌ام را داشتند. که احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2004) نیز به همین نتیجه دست یافته‌اند.



شکل ۱- بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر ارتفاع گیاه جو

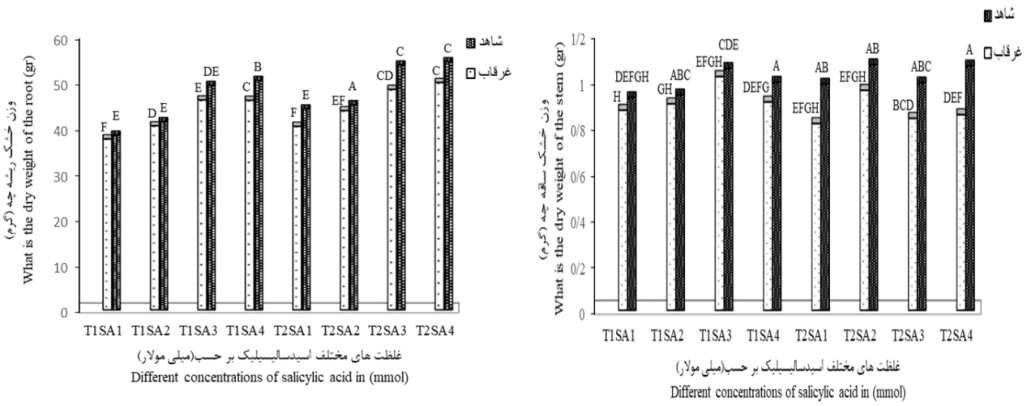
Figure 1. interaction between flooded stress and salicylic acid on barley plant height

تعداد برگ: براساس جدول تجزیه واریانس، جهت بررسی اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و اثر متقابل این دو عامل بر تعداد برگ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۱). تنش غرقاب تأثیرات متقاوتی بر برگ گیاهان دارد در پژوهش خیرآبادی و همکاران (Khairabadi *et al*., 2016) که گندم را تحت تنش غرقاب بررسی کرده‌اند نشان دادند که با افزایش دوره غرقاب تعداد برگ‌ها کاهش پیدا کرده و گیاه توان فتوسنتزی خود را کم کم از دست داده است. در پژوهشی دیگر گزارش شده است که اثر متقابل سطح غرقاب در مدت غرقاب معنی‌دار شده و هم‌چنین باعث کاهش تعداد برگ در گیاه استویا شده است (Ganjali *et al*., 2003).

وزن خشک ساقه‌چه: وزن خشک ساقه‌چه بطور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال آماری یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنش غرقاب وزن خشک ریشه‌چه را کاهش داد و با اعمال اسید سالیسیلیک طول ریشه‌چه نسبت به شاهد افزایش یافت و در زمان اول محلول‌پاشی برگی بیشترین تاثیر غلظت چهار میلی‌مولار داشت. هم‌چنین از بین سطوح غلظت اسید سالیسیلیک، غلظت دو میلی‌مولار در زمان دوم محلول‌پاشی بیشترین تأثیر را داشت (شکل ۲). در گزارشی دیگر مطابق با این پژوهش بیان کردند که غرقاب وزن خشک ساقه‌چه را به‌طور معنی‌دار کاهش داد و بیش‌ترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تیمار شاهد و مرحله پرشدن دانه بود، در حالی که کم‌ترین این صفت نیز در مرحله گلدهی و ۹ روز غرقاب مشاهده شد (Rasouli *et al*., 2011). هم‌چنین کایدان و همکاران (Kaydan *et al*., 2007) نیز اظهار کردند که اثر تنش غرقابی بر وزن خشک ساقه‌چه تفاوت معنی‌داری از خود نشان داد. کشاورزی و همکاران (Keshavarzi *et al*., 2013) نشان دادند که اسید سالیسیلیک موجب افزایش وزن خشک ساقه‌چه ذرت علوفه‌ای شد، که این گزارش با یافته‌های احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2004) مطابقت داشت. متوالی و همکاران (Metwally *et al*., 2003) مشاهده کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک وزن خشک ساقه‌چه گندم را افزایش داد.

وزن خشک ریشه‌چه: براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و برهمکنش این دو عامل برای این صفت مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). طبق نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس مشاهده شد که تنش غرقاب موجب کاهش وزن خشک ریشه‌چه شده و با اعمال SA موجب افزایش طول ریشه‌چه نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی اول اسید سالیسیلیک در غلظت چهار میلی‌مولار تأثیر بیشتری داشت. هم‌چنین در مرحله دوم محلول‌پاشی این هورمون، غلظت چهار می‌مولار دارای تاثیر بیشتری بود (شکل ۲). این نتایج با تحقیق شاهکومحلی (Shahku Mahali *et al*., 2020) مطابقت داشت، در تحقیق ایشان با افزایش دوره تنش غرقاب باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه‌چه‌ها شده است. در اثر وقوع غرقاب ریشه گیاه با کمبود اکسیژن مواجه شده و در نهایت موجب کاهش تنفس در ریشه شد (Akhtar and Nazir, 2013). به‌طوری‌که در پژوهش (Mohammadi *et al*., 2017) مشاهده شده است که گیاهان گلرنگ تحت تاثیر هورمون اسید سالیسیلیک نسبت به گیاهان تیمار نشده (شاهد)، بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را داشتند. متوالی و همکاران (Metwally *et al*., 2003) مشاهده کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک افزایش وزن خشک ریشه‌چه گندم می‌گردد. پیراسته انوشه (Pirasteh Anosheh and Emam, 2012) در تحقیق خود بیان داشته است که اسید سالیسیلیک توانسته است وزن خشک ریشه‌چه را افزایش دهد.

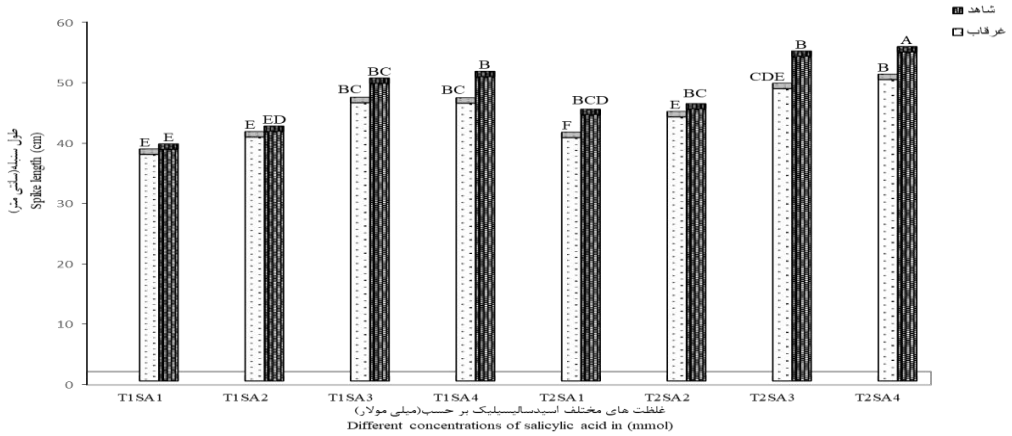
طول سنبله: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و اثر متقابل این دو عامل در سطح احتمال یک درصد روی طول سنبله جو معنی-دار شد (جدول ۱). طبق بررسی نتایج حاصل مشاهده شد که تنش غرقاب طول سنبله را کاهش داد. در مقابل کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش طول سنبله نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید سالیسیلیک در زمان اول بیشتر از زمان دوم تأثیر داشت. هم‌چنین سطح غلظت چهار میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مرحله اول محلول‌پاشی دارای بیشترین تاثیر بود و طول سنبله در قبال تیمارهای دیگر در این تیمار بیشتر بود. در مرحله دوم محلول‌پاشی نیز سطح غلظت چهار میلی‌مولار بر طول سنبله بیشترین تاثیر را داشت (شکل ۳).



شکل ۲- بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه گیاه جو

Figure 2. interaction between flooded stress and salicylic acid on Dry weight of small shoot and small root of barley plant

در تحقیق (Romina *et al*., 2014) تنش غرقاب موجب طول سنبله را در دوره‌های مختلف غرقاب در گندم و جو کاهش داد که این کاهش بر روی گیاه جو بیشتر بوده است. هم‌چنین (Pirasteh Anosheh and Emam, 2012) بیان کردند که در تنش شوری کاربرد اسید سالیسیلیک طول سنبله را نسبت به شاهد افزایش داد. طی گزارش از (Fardin and Nagavi, 2013) تنش خشکی بر صفات وزن سنبله و طول سنبله گندم تأثیرگذار بوده و در نهایت موجب کاهش این صفات گردید که روش‌های مختلف کاربرد اسید سالیسیلیک در صفات بیان شده معنی‌دار بوده و توانست کاهش مربوط به تنش را جبران کند؛ اما اثرات متقابل این صفات معنی‌دار نگردید.

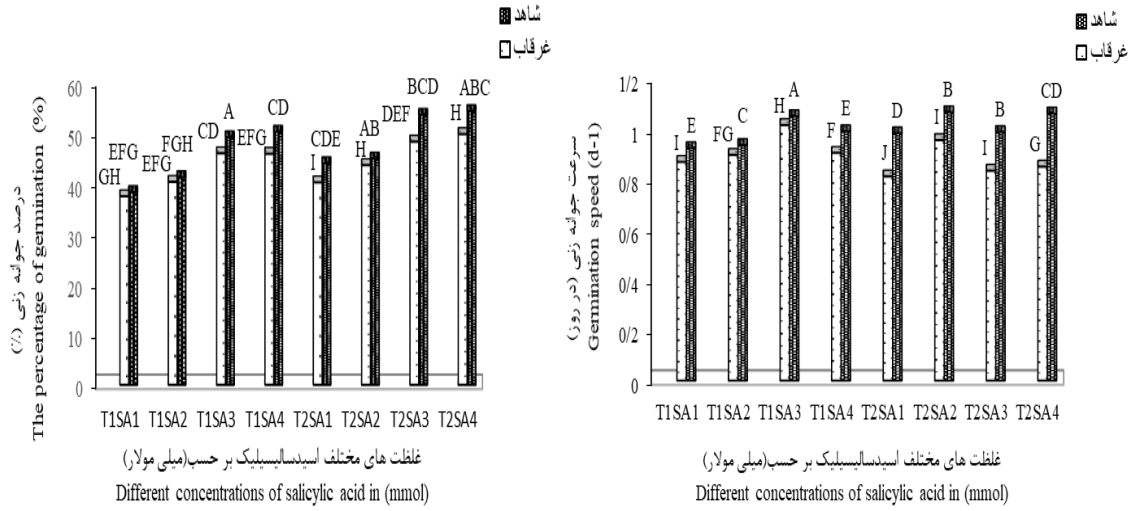


شکل ۳- بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر طول سنبله گیاه جو

Figure 3. interaction between flooded stress and salicylic acid on spike length of barley plant

سرعت و درصد جوانه‌زنی: براساس نتایج حاصل، اثر اصلی اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال آماری یک درصد بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر جو معنی دار شد (جدول ۱). براساس نتایج حاصل تنش غرقاب باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی شد و کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک سرعت جوانه‌زنی را نسبت به شاهد افزایش داد و در کاربرد اسید سالیسیلیک در مرحله اول محلول‌پاشی در سطوح غلظت چهار و یک میلی‌مولار بیشترین تاثیر را از خود نشان داد. هم‌چنین سطح غلظت چهار میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مرحله دوم محلول‌پاشی برگی تاثیر بیشتر داشت (شکل ۴). طبق نتایج حاصل برای درصد جوانه‌زنی مشاهده شد که در هر دو تیمارهای اصلی در سطح احتمال

یک درصد تفاوت‌ها معنی‌دار بود و برهمکنش غرقاب و اسید سالیسیلیک نیز در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری با یک دیگر داشتند (جدول ۱). تنش غرقاب درصد جوانه‌زنی را کاهش داد، درحالی که با کاربرد اسید سالیسیلیک درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد افزایش یافت و کاربرد اسید سالیسیلیک هم در مرحله اول و هم‌چنین در مرحله دوم محلول‌پاشی در غلظت ۲ میلی‌مولار تأثیر بیشتری داشت (شکل ۴). در پژوهش (Sharafizadeh, 2017) ۰/۷ میلی-مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد. درحالی‌که ۲/۷ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و تیمار پتانسیل آب ۱/۵ مگاپاسکال موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر جو شد. در پژوهشی دیگر تنش غرقاب موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی گردید (Tahmasebi and Galeshi, 2010). نتایج حاصل از آزمون سرعت جوانه‌زنی این پژوهش با نتایج (Kole and Gupta, 1982; Gutierrez *et al*., 1993) مطابقت دارد.

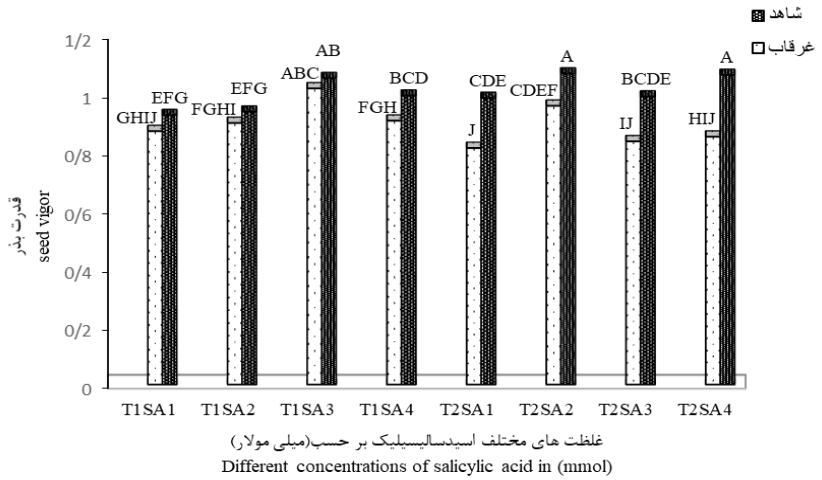


شکل ۴- بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه جو

Figure 4. interaction between flooded stress and salicylic acid on Germination Speed and percentage of barley plant

قدرت بذر: نتایج بدست آمده نشان داد که اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و برهمکنش اسید سالیسیلیک و تنش غرقاب در سطح احتمال یک درصد بر روی قدرت بذر جو معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج حاصل تنش غرقاب موجب کاهش قدرت بذر شد، درحالی که با اعمال اسید سالیسیلیک قدرت بذر نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت و کاربرد اسید سالیسیلیک در مرحله اول محلول‌پاشی در غلظت دو میلی‌مولار برای این صفت مورد مطالعه موثر بوده در حالی که در مرحله دوم محلول‌پاشی غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین تأثیر را از خود نشان داد. (شکل ۵). در پژوهش‌های دیگر نشان داده شده است که بذر سویا در شرایط غرقابی، بقا و جوانه‌زنی ضعیفی را دارد، زیرا به دلیل از دست دادن سریع قابلیت حیات در محیط هایپوکیک دارد و برای فعال شدن جوانه‌زنی اکسیژن لازم است (Hook *et al*., 1983; Kozlowski., 1997). در پژوهش دیگر بیان شده است که با افزایش غلظت شوری میزان شاخص بنیه بذر گل گاو زبان کاهش یافت که با افزایش میزان اسید سالیسلیک میزان این شاخص جبران شده و درنتیجه افزایش یافت(Lolayi *et al*., 2021).

تعداد دانه در سنبله: براساس نتایج حاصل مشاهده گردید که اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و برهمکنش این دو عامل بر تعداد دانه در سنبله سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار با همدیگر داشتند (جدول ۱). طبق نتایج حاصل تنش غرقاب موجب کم شدن تعداد دانه در سنبله شد. در



شکل ۵- بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر قدرت بذر گیاه جو

Figure 5. interaction between flooded stress and salicylic acid on seed vigor of barley plant

مقابل کاربرد اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید سالیسیلیک بصورت محلول‌پاشی هم در مرحله اول و هم در مرحله دوم محلول‌پاشی در غلظت چهار میلی‌مولار موثر بود (شکل ۶). در تحقیق (Romina *et al*., 2014) تنش غرقاب تعداد دانه در سنبله را در دوره‌های مختلف غرقاب در گندم و جو کاهش داد. طی مطالعاتی (Shahku Mahali *et al*., 2020) اظهار کردند که با افزایش طول دوره غرقاب، تعداد دانه در سنبله در دو رقم گندم روند کاهشی داشت و هم‌چنین این روند کاهشی در مرحله ساقه رفتن سریع‌تر از مرحله پنجه‌زنی رخ داد. طی نتایج حاصل از یک تحقیق دیگر کمترین تعداد دانه در سنبله در یک زمین زراعی زهکشی نشده بود که با اعمال تیمار اسید سالیسیلیک بیشترین تعداد دانه در سنبله (با ۳۱ دانه در سنبله گندم) و کمترین تعداد دانه در سنبله مربوط به مصرف اسید سالیسیلیک با ۱۹ دانه در سنبله گندم گزارش شده است (Deris and Marashi, 2019).

تعداد سنبلهٔ بارور در بوته: براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و هم‌چنین برهمکنش این دو عامل آزمایشی بر تعداد سنبله بارور در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۳-۴). این نتایج با یافته‌های (Najafi *et al*., 2013) مطابقت داشت آنان بیان داشتند که تنش غرقابی بر تعداد سنبله‌ی بارور در بوته معنی‌دار نشد. ولی برهمکنش غرقاب و شوری تعداد سنبله‌ی بارور در بوته را در دوره ۱۰ روزه غرقاب کاهش داد. هم‌چنین (Fardin and Nagavi, 2013) اظهار نمودند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر تعداد سنبله‌ی بارور در بوته در گندم داشت و هم‌چنین موجب کاهش آن شد. اما کاربرد محلول‌پاشی اسید سالیسلیک توانست این کاهش را در تعداد سنبله‌ی بارور در بوته جبران کند. در تحقیق دیگر بیان شده است که اسید سالیسیلیک توانسته است با تاثیری که بر محرک‌های رشد دارد بتواند تعداد سنبله-های بارور را افزایش دهد (Pirasteh Anusheh and Emam., 2012).

تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته: تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته در تیمارهای اثر اسید سالیسیلیک، تنش غرقاب و برهمکنش این دو عامل معنی دار نشد (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های (Najafi *et al*., 2013) مطابقت داشت که ایشان اظهار نمودند که تنش غرقاب تاثیر معنی‌داری بر تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته نداشت؛ ولی برهمکنش غرقاب و شوری تعداد سنبلهٔ بارور در بوته را در دوره ۱۰ روزه غرقاب کاهش داد که هم‌چنین در تحقیق (Fardin and Nagavi, 2013) مشاهده گردید که تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته در گندم در تنش خشکی تأثیر معنی‌داری داشته و در نهایت موجب کاهش این صفت مورد مطالعه شده است. در مقابل کاربرد اسید سالیسلیک این کاهش را در این صفت توانست جبران نماید.

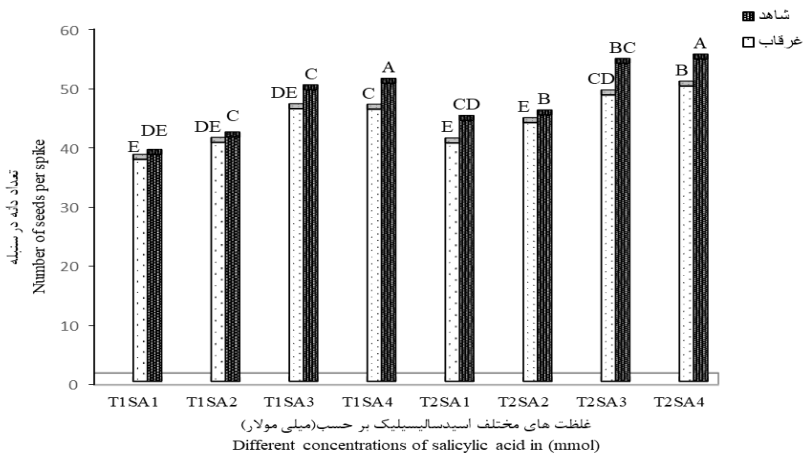
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای اصلی و متقابل غرقاب و غلظت اسید سالیسیلیک بر روی ویژگی‌های گیاهچه جو

Table 1. Variance analysis of the effect of main and reciprocal treatments of waterlogging and salicylic acid concentration on barley seedling characteristics

منابع تغییرات S.O.V	میانگین مربعات mean square											
	درجه آزادی	ارتفاع گیاه plant height	تعداد برگ number of leaves	وزن خشک ساقه‌چه Dry weight of small shoot	وزن خشک ریشه‌چه Dry weight of small root	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	سرعت جوانه‌زنی Germination Speed	درصد جوانه‌زنی Germination Percentage	قدرت بذر seed vigor	تعداد سنبلهٔ بارور در بوته The number of fertile spikes in the plant	تعداد سنبلهٔ غیر بارور در بوته The number of infertile spikes in the plant
بلوک Block	2	40.99**	0.39^{ns}	0.074^{ns}	0.006**	0.235^{ns}	1.572^{ns}	4.027**	441.08**	0.030**	0.177^{ns}	0.105^{ns}
غرقاب Flooding	1	39.24**	0.18^{ns}	0.04**	0.039**	5.24**	172.25**	23.410**	120**	0.14**	0.844^{ns}	0.143^{ns}
غلظت سالیسیلیک اسید SA	7	42.03**	0.47^{ns}	0.002**	0.023**	1.44**	36.62**	0.494**	100.52**	0.010**	1.004^{ns}	0.231^{ns}
SAغلظت×غرقاب Flooded× SA	7	0.65**	0.42^{ns}	0.001**	0.024**	1.75**	17.13**	0.787**	100.95**	0.012**	0.39^{ns}	0.412^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	47	0.08	0.37	0.004	0.001	0.178	1.523	0.018	10.50	0.0015	0.510	0.567
ضریب تغییرات CV (%)	-	0.59	9.62	18.43	0.001	9.27	8.79	2.175	4.055	4.13	15.19	15.02

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد

**and ns are significant at 1% probability level and non-significant, respectively.



شکل ۶ - بر همکنش تنش غرقابی و اسید سالیسیلیک بر تعداد دانه در سنبله گیاه جو

Figure 6. interaction between flooded stress and salicylic acid on number of seeds per spike of barley plant

نتیجه‌گیری

تنش غرقاب بر اکثر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه و هم-چنین بر خصوصیات کیفی بذر جو به جز تعداد برگ، تعداد سنبله‌ی بارور در بوته و تعداد سنبله‌ی غیر بارور در بوته تاثیر گذار بوده و باعث کاهش این صفات شد. در مقابل، محلول-پاشی برگی تیمار اسید سالیسیلیک توانست این کاهش را در صفات ذکر شده جبران کند. به طوری که در این صفات تاثیر اسید سالیسیلیک در زمان دوم محلول پاشی تاثیر بیشتری نسبت به زمان اول محلول‌پاشی داشت و در هر دو زمان غلظت چهار میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر روی صفات ذکر شده داشت. بنابراین کاربرد اسید سالیسیلیک به صورت محلوپاشی می‌تواند به عنوان روش مناسبی برای حفظ یا ارتقا کیفیت خصوصیات بذر گیاه جو در تنش غرقابی بکار برده شود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان این مقاله از همکاری مسئولین دانشگاه محقق اردبیلی تقدیر و تشکر می‌نمایند.

منابع

Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. Crop Science, 13(6): 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x **(Journal)**

Ahmad Alias Haji, M., Bukhsh, A., Malik, A.U., Ishaque, M. and Shahwaiz H.S. 2009. Performance of sunflower in response to exogenously applied salicylic acid under varying irrigation regimes. The Journal of Animal and Plant Sciences, 19: 130-134. **(Journal)**

Ahmadi, A., Ehsanzadeh, M. and Jabbari, A. 2004. An introduction to plant physiology. first volume. University of Tehran. **(Book)**

Akhtar, I. and Nazir, N. 2013. Effect of waterlogging and drought stress in plants. International Journal of Water Resources and Environmental Sciences, 2(2): 34-40. DOI: 10.5829/idosi.ijwres.2013.2.2.11125 **(Journal)**

Amirikia, F. and Jamshidi, A.M. 2018. Investigating the effect of salicylic acid on reducing the effects of drought stress in flax. 2nd International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment. 26 April 2018, Hamadan. **(In Persian)(Conference paper)**

Ansari Maleki, Y., Nourmand, M.F., Mahmoudi, N., Azimzadeh, K., Rouhi, M., Hesami, E., Soleimani, A., Abedi, K., Pashapour, GH., Pourali, H., Dehgan, B.H., Patpour, M.A., Eskandari, M. and Salekzamani,

A. 2009. Abidar, A New Dryland Barley Cultivar for Moderate Cold Areas of Iran (Cultivar Release)", Seed and Plant Journal, 25-1(1): 227-230. (In Persian)**(Journal)**

Balakhnina, T., Włodarczyk, T., Borkowska, A., Nosalewicz, M., Serdyuk, O., Smolygina, L., Ivanova, L. and Fomina, I. 2010. Effect of 4 Hydroxyphenethyl Alcohol on Growth and Adaptive Potential of Barley Plants under Optimal and Soil Flooding Conditions. Polish Journal of Environmental Study, 19(3): 565-572. **(Journal)**

Deris, H. and Marashi, S.K. 2019. Study the effect of different methods of applying salicylic acid on quantitative, qualitative and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) in drained and not drained lands. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12 (2): 561-571. https://doi.org/10.22077/escs.2018.1371.1291 (In Persian)**(Journal)**

El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation, 45: 215-224. https://doi.org/10.1007/s10725-005-4928-1 **(Journal)**

Fardin, F. and Nagavi, H. 2013. Investigation of wheat spike and grain yield of wheat plant under the influence of drought stress and different methods of applying salicylic acid. National non-operating defense conference in the agricultural sector, 2013-11-21. Qeshm Island, Pishtaz Iranian Science Cooperative Company. (In Persian)**(Conference paper)**

Gall, H., Philippe, F., Doman, J.M., Gillet, F., Pelloux, J. and Rayon, C. 2015. Cell wall metabolism in response to abiotic stress. Plants (Basel), 4(1): 112-166. doi: 10.3390/plants4010112 **(Journal)**

Galeshi, S., Modares Sanavi, A. and Tahmasebi, Z. 2000. Influence of flooding stress on nitrogen growth and stabilization in Groundwater Clover (*Trifolium subterraneum*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 7(4): 107-112. (In Persian)**(Journal)**

Ganjali, A., Kafi, M., Bagheri, A.R. and Shahriari Ahmadi, F. 2003. Allometric relationship for root and shoot characteristics of chickpea seedlings (*Cicer arietinum*). Journal of Agricultural Science and Technology, 18: 167-180. **(Journal)**

Gardner, W.K. and Flood, R.G. 1993. Less waterlogging damage with long season wheats. Cereal Research Communications, 21(4): 337-343. **(Journal)**

Gutierrez, G.F., Gruz Moreno, J., Gonzalez-Hernandez, V.A. and Vaz Quez-Ramos, J.J. 1993. Natural and artificial seed ageing in maize germination and DNA synthesis. Seed Science Research, 3(4): 279-285. https://doi.org/10.1017/S0960258500001896 **(Journal)**

Heidari, M. and Jamshidi, P. 2010. Interaction between salinity and potassium on grain yield, carbohydrate content and nutrient uptake in pearl millet. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science, 5(6): 39-46. **(Journal)**

Hook, D.D., Debell, D., McKee, W. and Askew, J. 1983. Responses of loblolly pine (mesophyte) and swamp tupelo (hydrophyte) seedlings to soil flooding and phosphorus. Plant and Soil, 71(1): 387-394. https://doi.org/10.1007/BF02182680 **(Journal)**

Hossain, A. and Uddin, S.N. 2011. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. Australian Journal of Crop Science, 5: 1094-1101. **(Journal)**

Kole, S.N. and Gupta, K. 1982. Biochemical changes in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds under accelerated aging. Seed Science and Technology, 10(1): 47-54. **(Journal)**

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.) .Journal of Agricultural Sciences, 13(2): 114 - 119. **(Journal)**

Keshavarzi, M.S., Jafari Hagigi, B. and Bageri, A. 2013. The evaluation of auxin and gibberellin hormone on quantitative and qualitative characteristicsof forage corn. Journal of Plant Ecophysiology, 5(15): 26-35. (In Persian)**(Journal)**

Khadempir, M. 2013. Effect of flooding period on reproductive stage on some anatomical physiological characteristics and soybean yield. Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 125 p. (In persian)(**Dissertation**)

Khairabadi, F., Soltani, A., Galeshi, S.A., Soltani, E. and Nabandani, A. 2016. The effect of seed deterioration on the growth response of wheat under waterlogging stress. Crop Production, 9(2): 1-18. 10.22069/EJCP.2016.3112 (In Persian)**(Journal)**

Khodabakhshi, A. 2014. Effect of P and P potassium mineral nutrition on nitrogen growth and stabilization in soybean under flooding conditions at growth stage (Pre-nodulation). Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 119 p. (In Persian)(Dissertation)

Khodabandeh, N. 1983. Cereals and Legumes. University of Tehran Press. Vol(1), Tehran, Iran. (In Persian) **(Book)**

Kidd, D., Di Bella, C., Kotula, L., Colmer, T., Ryan, M. and Striker, G. 2020. Defining the waterlogging tolerance of Ornithopus spp. for the temperate pasture zone of southern Australia. Crop and Pasture Science, 71(5): 506-516. https://doi.org/10.1071/CP19491 **(Journal)**

Kotula, L., Kwa, H.Y., Nichols, P.G., and Colmer, T.D. 2019. Tolerance and recovery of the annual pasture legumes *Melilotus siculus*, *Trifolium michelianum* and *Medicago polymorpha* to soil salinity, soil waterlogging and the combination of these stresses. Plant and Soil, 444: 267-280. https://doi.org/10.1007/s11104-019-04254-z **(Journal)**

Kozlowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. Tree Physiology, 17(7): 490. https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490 (**Journal**)

Maguire, J.D. 1962. The seed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2(2): 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x **(Journal)**

Lolayi, A., Khalili, A. and Mohammadi, H. 2021. Investigating the effect of salicylic acid treatment on germination and some characteristics of the medicinal plant borage (*Borago officinalis* L) seeds under salt stress conditions. Journal of Seed Research, 11(1): 1-13. (In Persian)**(Journal)**

Mazloum, M. 2014. The effect of mineral nutrition of phosphorus and potassium on growth and stabilization of nitrogen in soybean under flood conditions during vegetative stage (nodulation dimension). Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 132 p. (In Persian) **(Dissertation)**

Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology, 132(1): 272-281. https://doi.org/10.1104/pp.102.018457 **(Journal)**

Mirzakhani, M. and Sibi, M. 2011. Response of safflower physiological traits to water stress and zeolite application. Proceedings of the 2nd National Symposium on Agriculture and Sustainable Development Opportunities and Future Challenges. March 2-3, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran. (In Persian)**(Conference)**

Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. 2017. Effects of Priming with Salicylic Acid on Safflower Seedlings Photosynthesis and Related Physiological Parameters. Journal of Plant Physiology and Breeding, 7(1): 1-13. (In Persian)(**Journal**)

Musgrave, M.E. and Ding, N., 1998. Evaluating wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Science, 38(1): 90-97. (**Journal**)

Najafi, N., Sarhangzadeh, E. and Oustan, S. 2013. Effects of NaCl salinity and soil waterlogging on the concentrations of some micronutrients in corn, Single Cross 704. Water and Soil Science, 23(2): 205-225. (In Persian)(**Journal**)

Nishiuchi, S., Yamauchi, T., Takahashi, H., Kotula, L. and Nakazono, M. 2012. Mechanisms for coping with submergence and waterlogging in rice. Rice, 5:2. https://doi.org/10.1186/1939-8433-5-2 (**Journal**)

Parad, G.A., Zarafshar, M., Striker, G.G. and Sattarian, A. 2013. Some physiological and morphological responses of *Pyrus boissieriana* to flooding. Trees, 27: 1387-1393. https://doi.org/10.1007/s00468-013-0886-9 (**Journal**)

Pirasteh Anosheh, H. and Emam, Y. 2012. The reaction of yield and yield components of bread and pasta wheat grain to growth regulators under drought stress conditions. Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 5(1):1-17. https://doi.org/10.22077/escs.2012.110 (In Persian)(**Journal**)

Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol-Afshari, R., Ahmadi, A. and Alizadeh, H. 2011. Growth properties and ion distribution in different tissues of bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) differing in salt tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 197(1): 21-30. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2010.00437.x (**Journal**)

Rasouli, F., Galeshi, S.A., Pirdashti, H.A. and Zenali, E. 2011. Physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) under waterlogging stress. Proceedings of 1st Special Conference about Apportunity Methods for Sustainable Agriculture, Payam-e-noore University, Khouzestan, Iran. (In Persian)(**Conference**)

Robertson, D., Zhang, H., Palta, J.A., Colmer, T. and Turner, N.C. 2009. Waterlogging affects the growth, development of tillers, and yield of wheat through a severe, but transient, N deficiency. Crop and Pasture Science, 60(6): 578–586. https://doi.org/10.1071/CP08440 (**Journal**)

Romina, P., de San Celedonio , L., Gabriela, A. and Daniel, J. 2014. Identifying the critical period for waterlogging on yield and its components in wheat and barley. Plant and Soil, 378: 265–277. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2028-6 (**Journal**)

Sharafizadeh, M. 2017. Effect of salicylic acid and drought stress on germination and activity of antioxidant enzymes of barely. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(2): 161-169. (In Persian) (**Journal**)

Shahku Mahali, H., Galeshi, S.A., Soltani, A. and Zeynali, E. 2020. The effect of waterlogging stress in the two stages of tillering and stemming on yield and components of grain yield of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Crop Production, 13(2): 1-16. https://doi.org/10.22069/ejcp.2020.15226.2135 (In Persian)(**Journal**)

Striker, G.G. 2012. Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses. In: Mworia, J.K (ed.), Botany. Pp, 238. IntechOpen. DOI: 10.5772/32922. (**Book Chapter**)

Tahmasebi, M. and Galeshi, S.A. 2010. Investigating the morphological and physiological characteristics of wheat to the effects of waterlogging and temperature. 3rd International Seminar on Oilseeds and Edible Oils, January 2010. (In Persian)(**Conference**)

Tuorani, M. 2013. Effect of flooding period on vegetative growth stage on some physiological and anatomical characteristics and soybean yield. Master's Degree in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 117 p. (In Persian)(**Dissertation**)

Ullah Khan, S.A., Bano, Ud. Di, J. and Gurmani, A.R. 2012. Abscisic acid and salicylic acid seed treatment as potent inducer of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany, 44(1): 43- 49. (**Journal**)

Ullrich, S.E. 2010. Barley: production, improvement, and uses (Vol. 12, 656 pages). John Wiley & Sons. (**Book**)

The effect of salicylic acid on some seed quality characteristics and yield components of spring barley under flooded stress in greenhouse conditions

Saeed Khomari[1], MohammadReza Asghari[2]*, Maryam Sabouri[3], Mohammad Sedghi[4], Salim Farzaneh[5]

Received: May 8, 2024 Accepted: June 23, 2024

Abstract

This research was conducted to investigate the effect of waterlogging stress on the quality characteristics of barley seeds. Therefore, this factorial experiment was carried out based on a randomized complete block design in greenhouse complex at the Faculty of Agriculture and Natural Resources of University of Mohaghegh Ardabili during 1402-1403. This study considered three factors of waterlogging stress, concentrations of salicylic acid, and time of foliar application of hormone. So the foliar application of salicylic acid in four concentrations (zero, one, two, and four mM) and two stages (the last day of flooding and during the growth recovery period) and waterlogging stress at two levels (control and application of waterlogging condition at the end of stem elongation) were applied. The results showed that waterlogging stress had an effect on most of the morphological traits of the plant and also on the quality characteristics of the barley seeds except for the number of leaves, the number of fertile spikes in the plant, and the number of non-fertile spikes in the plant and caused a decrease in these traits. On the other hand, foliar spraying of salicylic acid compensated for this decrease in the mentioned traits. So in these traits, the effect of salicylic acid in the second foliar spraying was greater than the first foliar spraying; and in both times, the concentration of 4 mM had the greatest effect on the aforementioned traits.

Key words: Foliar spray; Germination rate; Germination percentage; Plant performance; Seed vigour

How to cite this article
Khomari, S., Asghari, M.R., Sabouri, M., Sedghi, M. and Farzaneh, S. 2024. The effect of salicylic acid on some seed quality characteristics and yield components of spring barley under flooded stress in greenhouse conditions. Iranian Journal of Seed Science and Research, 11(1): 89-102. (In Persian)**(Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2024.8040

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. Associate Professor, Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. saeid.khomari@gmail.com
2. Ph.D student, Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. mohamadreza4987@gmail.com
3. MSc. Graduated, Seed Science and Technology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. maryamnazsaboori@gmail.com
4. Professor, Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. mosedghi2003@yahoo.com
5. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. salimfarzaneh@yahoo.com
*Corresponding author: mohamadreza4987@gmail.com