

تأثیر سالیسیلیک اسید بر فعالیت‌های فتوستزی و عملکرد گل در گیاه گاوزبان (*Borage officinalis*)

فرید شکاری^{۱*}، رامین بالجانی^۲، جلال صبا^۱، فریبرز شکاری^۳، اسماعیل زنگانی^۴

- ۱- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زنجان، زنجان
- ۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراعه، مراعه
- ۴- کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
- *آدرس مکاتبه: زنجان، کیلومتر ۵ جاده زنجان - تبریز، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی
- پست الکترونیک: faridshekari@yahoo.com

تاریخ تصویب: ۸۹/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۰

چکیده

مقدمه: کشت و کار گیاهان دارویی از جمله گاوزبان جهت بهره‌گیری از حداکثر قدرت تولیدی مواد موثره در این گیاهان می‌باشد. اندام‌هایی نظیر گل‌ها، برگ‌ها و روغن دانه در این گیاه جزء بخش‌های دارویی به شمار می‌رود اما به دلیل کارهای کمتر اهلی‌سازی روی آنها، سبز شدن و استقرار گیاهچه‌های این گیاهان معمولاً به کندی انجام می‌شود. از روش‌های موثر برای غلبه بر این مشکلات استفاده از تکنیک پرایمینگ بذر است. سالیسیلیک اسید از جمله هورمون‌های گیاهی است که اثرات بهبود دهنده‌ای روی رشد و عملکرد گیاهان تحت شرایط مختلف محیطی دارد.

هدف: تحقیق حاضر جهت یافتن بهترین نحوه کاربرد و مناسب‌ترین غلظت سالیسیلیک اسید برای بهبود خصوصیات فتوستزی و تولید گل در گیاه گاوزبان انجام شد.

روش بررسی: به منظور بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید روی فعالیت فتوستزی و شاخص‌های مربوطه (هدایت روزنگاری، سرعت تعرق، میزان CO_2 درون روزنگاری، کارائی کربوکسیلاسیون و شاخص پایداری کلروفیل) آزمایشی در قالب بلورهای کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۱۰ تیمار شامل پرایمینگ بذور گاوزبان با چهار غلظت سالیسیلیک اسید (۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ میکرومولار)، اسپری گیاهان در دو مرحله رشدی با چهار غلظت سالیسیلیک اسید (۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ میکرومولار)، پرایمینگ بذور با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) و بذور شاهد انجام گرفت.

نتایج و نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که پرایمینگ و به ویژه اسپری سالیسیلیک اسید تاثیر معنی‌داری بر روی فعالیت فتوستزی و شاخص‌های فتوستزی و در نهایت بر وزن خشک گل داشت به طوری که بیشترین فعالیت فتوستزی، هدایت روزنگاری، سرعت تعرق، کارائی کربوکسیلاسیون، کمترین CO_2 درون روزنگاری و بیشترین وزن خشک گل مربوط به گیاهان اسپری شده با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید و بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولار و بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به گیاهان اسپری شده با غلظت ۲۰۰۰ و بذور پرایم شده با ۵۰۰ میکرومولار بودند. از سویی نیز کاربرد سالیسیلیک اسید بر کارائی مصرف آب لحظه‌ای در گیاه گاوزبان اثر معنی‌داری را نشان نداد. به طور کلی می‌توان اظهار داشت که تیمار دادن گیاهان با سالیسیلیک اسید موجب افزایش قابل توجهی در میزان کارکردهای گیاهی در مقایسه با بذور شاهد (تیمار نشده) یا حتی بذور تیمار شده به روش هیدروپرایمینگ می‌شود.

گل واژگان: گاوزبان، سالیسیلیک اسید(SA)، بیوماس، کارائی کربوکسیلاسیون



مقدمه

۱۰ درصد شاهد، افزایش پیدا کرد. کاربرد سالیسیلیک اسید روی شاخ و برگ سویا نیز جوانه گل و تشکیل نیام را حدود ۵ - ۲ روز تسریع کرد. این مطالب موید این است که سالیسیلیک اسید همانند یک تنظیم کننده داخلی گلدهی عمل می‌کند [۱۶]. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید ممکن است در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف در گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور [۵، تبادل و انتقال یون‌ها] [۱۰]، نفوذپذیری عشا [۲]، فتوستتر و سرعت رشد [۱۳] اثر داشته باشد. با این حال، غلطت‌های مختلف این ماده می‌تواند اثرات متفاوتی را در پی داشته باشد. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از SA در غلطت^۵ ۱۰ مولار به صورت اسپری روی برگ‌های گیاهان استقرار یافته خردل هندی باعث افزایش بیشینه‌ای در تجمع ماده خشک می‌شود، اما غلطت‌های بالاتر اثر بازدارندگی داشتند.

این آزمایش به منظور بررسی نحوه کاربرد سالیسیلیک اسید و تاثیر غلطت‌های مختلف سالیسیلیک اسید روی صفات فتوستتری و عملکرد گل گیاه گاو زبان انجام شد. به عبارت دیگر، این آزمایش جهت یافتن بهترین نحوه کاربرد و مناسب‌ترین غلطت سالیسیلیک اسید برای بهبود خصوصیات فتوستتری و ارتباط صفات فتوستتری با تولید گل در گیاه گاو زبان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان اجرا شد. تیمارهای آزمایش براساس آزمایشات و تجربیات قبلی انجام شده روی گاوزبان، شامل پرایمینگ با سالیسیلیک اسید در چهار سطح (۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ میکرومولار)، اسپری گیاهان در دو مرحله رشدی (قبل از گلدهی و اوایل گلدهی) با چهار غلطت سالیسیلیک اسید (۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ میکرومولار)، پرایمینگ بذور با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) و بذور شاهد بود. ابتدا به منظور ضدغوفونی کردن، بذور گاوزبان به مدت ۳ دقیقه در داخل محلول

گیاه گاوزبان از گذشته‌های دور به عنوان گیاه دارویی سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. تحقیقات جدید نشان داده است دم کرده و عصاره آبی این گیاه در افزایش سیستم ایمنی بدن موثر است. از نظر مرفولوژیک گاوزبان گیاهی است پوشیده از کرک که دارای برگ‌های نسبتاً بزرگ و چین خورده به رنگ سبز تیره، گل‌هایی به رنگ آبی، گل آذین گرزن ساده بلند بوده و میوه آن به صورت فندقه بزرگ و نوک تیز با دانه‌هایی قهوه‌ای رنگ می‌باشد.

پرایمینگ بذر تکنیکی است که به واسطه آن بذور پس از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط اکولوژیک محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به دست می‌آورند. این مسئله می‌تواند سبب بروز تظاهرات زیستی و فیزیولوژیک متعددی در بذر پرایم شده و گیاهان حاصل از آن گردد، به نحوی که این موارد را می‌توان در چگونگی جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاهچه، بهره‌برداری از نهادهای محیطی، زودرسی و افزایش کمی و کیفی محصول مشاهده کرد [۱]. تاثیر سالسیلات‌ها روی فرآیندهای گلدهی توسط محققینی مورد بررسی قرار گرفته است. در یک نژاد روز بلند Lemna gibba L. گزارش گردید که سالیسیلیک اسید نقش تنظیم کننده رشد [۶] و همچنین القاء گلدهی را بازی می‌کند [۴]. همچنین، گلدهی در کاهوی آبی (Pistia stratiotes) ترکیب محیط کشت با سالیسیلیک اسید، تسریع شد [۲۱]. کاربرد سالسیلات‌ها روی گیاهان، رشد قسمت‌های هوایی را در گونه‌های گیاهی مختلف نظیر کلیتوریا که تولید بیوماس به عنوان علوفه برای تغذیه حیوانات مهم است را افزایش داد [۱۸]. همچنین هنگامی که این ماده بر روی گیاهان زیستی به کار برده شد، بیوماس به طور فرآیندهای افزایش پیدا کرد. اطلاعات نشان دادند که مقادیر به دست آمده برای قطر ساقه، تعداد برگ‌ها، وزن خشک و تر قسمت‌های هوایی، در یک پاسخ به تیمار سالیسیلیک اسید، بیشتر بود. در گیاهان زیستی نظیر گلوکسینیا و بنفشه آفریقایی، سالیسیلیک اسید تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داد، و سطح برگی به بیش از



نتایج

سرعت فتوستز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذور گاوزبان و همچنین اسپری سالیسیلیک اسید بر سرعت فتوستزی در سطح ۱ درصد تاثیر معنی داری داشته (جدول شماره ۱) و بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین سرعت فتوستزی (۱۹/۵۶) را داشتند که با بذور شاهد و بذور هیدروپرایم شده دارای تفاوت معنی داری بودند (جدول شماره ۲). همچنین در بین تیمارهای اسپری شده، گیاهان اسپری شده با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین سرعت فتوستزی را نشان دادند (۲۵/۹۱) که با سایر تیمارهای اسپری شده، گیاهان حاصل از بذور شاهد که کمترین مقدار را نشان دادند. پس از آن گیاهان حاصل از بذور هیدروپرایمینگ شده بودند، تفاوت معنی داری را نشان دادند. در مقابل تمام تیمارهای اجرا شده با سالیسیلیک اسید چه به صورت اعمال روی بذر و چه اسپری کردن روی گیاهان باعث افزایش قابل توجهی در میزان فتوستز گردید و بالاترین مقدار فتوستز در تیمار اسپری کردن با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید (۲۵/۹۱) CO₂ بر متر مربع بر ثانیه مشاهده شد. به نظر می رسد مقادیر بالاتر سالیسیلیک اسید موجب می شود تا اثر بازدارنده ای روی این صفت به وجود آید زیرا در تیمار اسپری کردن با غلظت ۲۰۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید افت سریعی در میزان فتوستز مشاهده شد (۹/۲۱۰). با این حال پرایم کردن بذور در تمامی سطوح سالیسیلیک اسید موجب ترقی قابل ملاحظه ای در میزان فتوستز گردید که اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر نداشتند (جدول شماره ۲). خوداری (۲۰۰۴) به این نتیجه رسید که تیمار به وسیله سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل و کاروتینوئید را در ذرت افزایش داد. جنبه های متابولیک گیاهانی که با سالیسیلیک اسید یا مشتقات آن تیمار شده بودند تغییراتی را با درجات مختلف نشان می دهند که بستگی به نوع گیاه و روش اعمال SA دارد. کاربرد SA (۲۰ میلی گرم در میلی لیتر) به قسمت های برگی گیاه کلزا (*Brassica napus*) میزان

هیپوکلریت ۵ درصد قرار گرفتند و بلا فاصله ۳ - ۲ مرتبه با آب مقطر شسته شدند. بعد از اینکه غلظت های مورد نظر از سالیسیلیک اسید تهیه شد، بذور به مدت ۲۴ ساعت در محلول سالیسیلیک اسید و در دمای ۴ - ۳ سانتی گراد قرار گرفتند. همین روش برای تیمار بذور با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) نیز انجام شد. سپس بذور در دمای اتفاق به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و پس از تیمار شدن با فارچ کش، جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند. قبل از کاشت، مزرعه با علف کش تری فلورالین تیمار شد و بلا فاصله زمین دیسک زده شد. قبل از کاشت از کود فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به مقدار توصیه شده توسط آزمون خاک استفاده شد. کشت به صورت جوی و پشته انجام شد و فاصله روی ردیف ۱۵ سانتی متر و فاصله بین ردیف ها ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. روز بعد از کاشت عمل آبیاری مزرعه انجام شد و پس از آن مزرعه به صورت روزانه مورد بازدید قرار می گرفت تا بذور سبز شده و گیاهچه ها به خوبی استقرار یابند. بعد از استقرار گیاهان روی چهار تیماری که بذور شان دست نخورده بود با غلظت های ذکر شده در دو مرحله رشدی (قبل از گلدهی و اوایل گلدهی) سالیسیلیک اسید اسپری شد. در مرحله اواسط گلدهی به منظور اندازه گیری شاخص کلروفیل که به عنوان معیاری از میزان کلروفیل برگ است توسط دستگاه SPAD و میزان فتوستز در واحد سطح برگ، هدایت روزنها، میزان تعرق و غلظت CO₂ درون روزنها از دستگاه پرتابل سنجش فتوستز IRGA مدل LCA4 (Droon روزنها از دستگاه ساخت انگلستان) استفاده شد. لازم به ذکر است که تمام نمونه برداری ها در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱۴۰۰ - ۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه انجام شد. گل ها در دو مرحله اواسط و اواخر گلدهی جمع آوری گردید و وزن خشک کل برای گل به دست آمد. کارائی کربوکسیلاسیون از تقسیم میزان فتوستز بر CO₂ درون روزنها [۲۷] و کارائی مصرف آب فتوستزی از تقسیم میزان فتوستز بر تعرق به دست آمد [۲۳]. داده های حاصل توسط نرم افزار SPSS و MSTAT-C به منظور مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای قرار گرفتند. به منظور مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.



جدول شماره ۱- میانگین مربعات صفات زراعی ارزیابی شده در گیاه گاوزبان

| متابع تغییر آزادی | درجه | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---------------------|-------|----------------|----------|-----------------|----------------|----------------------|----------|---------|----------|
| | | وزن خشک | کارائی | شاخص | کارائی | CO ₂ درون | سرعت | هدایت | سرعت |
| | | کل گل در بوته | صرف آب | پایداری کلروفیل | کربوکسیلاسیو ن | روزنایی | تعرق | روزنهای | فتوستزی |
| بلوک | ۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۱۶۷ | ۱۲۷/۹۹۱ | ۰/۰۰۱ | ۲۳۰/۷۰۰ | ۰/۶۵۹ | ۰/۲۴۱ | ۸/۳۲۲ |
| تیمار | ۹ | ۰/۰۰۸** | ۰/۰۵۷ ns | ۳۲۰/۸۶۱* | ۰/۰۰۲* | ۱۳۲۵/۷۶۳* | ۳۷/۷۷۱** | ۰/۲۴۲* | ۹۷/۶۰۲** |
| اشتباه آزمایشی | ۱۸ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۷۶ | ۱۱۸/۲۶۰ | ۰/۰۰۱ | ۴۷۲/۱۰۷ | ۹/۷۳۵ | ۰/۰۹۶ | ۲۱/۸۲۸ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۲۴/۹۵ | ۱۰/۴۶ | ۲۸۸/۳۸ | ۴۰/۶۹ | ۸/۸۵ | ۳۶/۰ | ۵۷/۳۹ | ۳۱/۱۴ |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: عدم وجود تاثیر معنی دار

جدول شماره ۲- مقایسه میانگین های تیمارهای سالیسیلیک اسید بر صفات فتوستزی و تولید گل در گیاه گاوزبان

| آسید سالیسیلیک (μM) | میانگین فتوستزی (μmol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹) | هدایت روزنایی (mol CO ₂ .m ⁻² .s ⁻¹) | سرعت تعرق (mmol H ₂ O.m ⁻² .s ⁻¹) | کارائی کربوکسیلاسیون (mol.m ⁻² .s ⁻¹) | شاخص کلروفیل | وزن خشک (g) | تکرار | شاهد |
|---------------------|---|--|---|--|--------------|-------------|---------|------|
| ۰/۱۰۳ e | ۱۸/۸۰ b | ۰/۰۱۴ c | ۲۹۳ a | ۱/۹۸۰ d | ۰/۱۴۰۰ b | ۴/۳۰ d | | |
| ۰/۱۱۹ de | ۲۵/۵۰ b | ۰/۰۱۷ c | ۲۸۶ a | ۳/۲۴۰ cd | ۰/۲۱۰۰ b | ۷/۴۳۰ cd | آب مقطر | |
| ۰/۲۹۲ a | ۴۳/۸۶ a | ۰/۰۸۵ ab | ۲۳۰ bc | ۱۱/۷۴ ab | ۰/۶۲۰۰ a | ۱۹/۵۶ ab | پرایم | |
| ۰/۲۴۶ abc | ۴۱/۸۰ a | ۰/۰۷۶ ab | ۲۴۳ bc | ۹/۳۸۰ b | ۰/۲۹۰۰ b | ۱۸/۷۱ ab | پرایم | |
| ۰/۱۹۸ bcd | ۳۷/۸۰ ab | ۰/۰۷۱ abc | ۲۵۲ bc | ۹/۹۱۰ b | ۰/۴۴۰۰ ab | ۱۷/۹۹ ab | پرایم | |
| ۰/۱۷۷ bcde | ۴۰/۴۰ a | ۰/۰۸۰ ab | ۲۴۱ bc | ۹/۹۸۰ b | ۰/۳۹۰۰ ab | ۱۹/۴۰ ab | پرایم | |
| ۰/۱۷۴ bede | ۳۲/۵۰ ab | ۰/۰۴۶ bc | ۲۴۱ bc | ۷/۲۱۰ bcd | ۰/۲۱۰ b | ۱۱/۲۵ bed | اسپری | |
| ۰/۱۸۱ bede | ۳۸/۶۰ ab | ۰/۰۵۱ bc | ۲۴۶ bc | ۸/۳۵۰ bc | ۰/۲۶۰۰ b | ۱۲/۹۴ bc | اسپری | |
| ۰/۲۵۸ ab | ۴۳/۲۳ a | ۰/۱۱۷ a | ۲۲۱ c | ۱۶/۷۸ a | ۰/۹۰۰ a | ۲۰/۹۱ a | اسپری | |
| ۰/۱۶۲ cde | ۴۹/۹۰ a | ۰/۰۳۴ bc | ۲۷۰ ab | ۶/۰۱۰ bcd | ۰/۲۱۰ b | ۹/۲۱۰ cd | اسپری | |

میانگین های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

خردل که با غلظت 10^{-5} مولار سالیسیلیک اسید تیمار شده بودند، به صورت عمده ای افزایش یافت. پرایمینگ موجب افزایش فعالیت فتوستزی در هر واحد سطح برگ می شود و همین امر موجب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد در تعدادی از گیاهان زراعی می گردد [۱۲]. حیات و همکاران (۲۰۰۵) افزایش در فعالیت کربونیک آنهیدراز را در بذور گندم

کلروفیل را افزایش داد [۱۸]. همچنین پرایمینگ بذرهای گندم در محلول 10^{-5} مولار از SA منجر به تولید گیاهانی شد که دارای مقدار رنگدانه های بیشتری بودند و با افزایش غلظت SA فراتر از 10^{-5} مولار، مقدار رنگدانه ها کاهش یافت [۱۱]. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که فعالیت کربونیک آنهیدراز و سرعت فتوستزی در برگ های گیاهان



به اسپری کردن SA و اسید جتیسیک در شاخ و برگ ذرت و سویا مشاهده کردند. به علاوه در برگ‌های سویا افزایشی در راندمان مصرف آب و میزان بالای تعرق و غلظت CO_2 درون روزنها را با SA تکمیلی نشان دادند [۱۷]. پانجوا و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که گیاهان جو که برای یک هفته در معرض SA قرار گرفته بودند افزایشی در نقطه موازنۀ CO_2 و مقاومت روزنها نشان دادند. سینگ و اوشا (۲۰۰۳) گزارش کردند که صرف نظر از غلظت سالیسیلیک اسید (۱-۳ میلی‌مول) و سطح تنفس آب، گیاهان تیمار داده شده با سالیسیلیک اسید، به طور معمول محتوای رطوبتی، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی رایسکویی، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) و کلروفیل کل بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشان دادند. میزان افزایش CO_2 درون روزنها در بذور پرایم شده با سالیسیلیک اسید، کمتر می‌باشد، که می‌تواند به دلیل استفاده از CO_2 وارد شده به برگ و به دلیل سرعت بالای فتوسترن که در بذور پرایم شده با سالیسیلیک اسید وجود داشت. در مطالعه حاضر، مطابق جدول شماره ۳ در بین هدایت روزنها و سرعت فتوسترن در واحد سطح برگ همبستگی بالایی مشاهده کردند. رابطه مثبت فتوسترن و هدایت روزنها می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش هدایت روزنها میزان دی‌اسید کرین ورودی برای استفاده در فتوسترن، بیشتر می‌شود. در مطالعه حاضر شاخص کلروفیل با سرعت فتوسترن، هدایت روزنها و تعرق در همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند (جدول شماره ۳). حفظ کلروفیل برای انجام فتوسترن تحت شرایط تنفس ضروری است [۳]. پراکاش و راماچاندران (۲۰۰۰) کاهش در سرعت فتوسترن را عمدتاً به کاهش محتوای کلروفیل در شرایط کمبود شدید آب نسبت داده‌اند، و پیشنهاد کردند که کاهش فتوسترن عمدتاً به دلیل کاهش واحدهای فعال فتوسترنی و یا کاهش در کل کلروپلاست می‌باشد. مطابق جدول شماره ۳ شاخص محتوای کلروفیل با وزن خشک گل همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

پرایم شده به وسیله سالیسیلیک اسید گزارش کردند. هنگامی که گیاهان گندم با سالیسیلیک اسید برای هفت روز تیمار شده بودند، غلظت‌های کم (۰/۰۵ میلی‌مول) سالیسیلیک اسید فتوسترن را تحریک، و در مقابل غلظت‌های بیشتر (۱/۰ - ۰/۵ میلی‌مول) از فعالیت فتوسترنی جلوگیری نمودند که این عمل به طور عمده به دلیل جلوگیری از انتقال الکترون فتوسترن I و کاهش سطوح سیتوکروم f554 بود. با این حال، هنگامی که تیلاکوئیدهای جدا شده با سالیسیلیک اسید تیمار داده شدند، هیچ تأثیری مشاهده نشد [۲۴].

شاخص‌های فتوسترنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذرو اسپری کردن گیاهان گاو زبان به وسیله سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های فتوسترن تاثیر معنی‌داری داشته (جدول شماره ۱). به طوری که در بین بذور پرایم شده با سالیسیلیک اسید، بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولا ر بیشترین میزان هدایت روزنها (۰/۲۰۰)، سرعت تعرق (۱۱/۷۴)، کارائی کربوکسیلازیون (۰/۰۸۵)، شاخص کلروفیل (۴۳/۸۶) و کمترین CO_2 درون روزنها (۲۳۰) را داشته و با گیاهان حاصل از بذور تیمارهای شاهد و بذور هیدروپرایمینگ شده اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول شماره ۲) و در بین گیاهان اسپری شده، گیاهان اسپری شده با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولا ر سالیسیلیک اسید بیشترین میزان هدایت روزنها (۰/۹۲۰۰)، سرعت تعرق (۱۶/۷۸)، کارائی کربوکسیلازیون (۰/۱۱۷) و کمترین CO_2 درون روزنها (۲۲۱) را داشته و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. و بیشترین شاخص کلروفیل در گیاهان اسپری شده با سالیسیلیک اسید در غلظت ۲۰۰۰ میکرومولا مشاهده شد (۴۹/۹۰) که با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولا ر قادر تفاوت معنی‌دار بود ولی با تیمارهای شاهد و بذور هیدروپرایمینگ شده اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول شماره ۲). همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید در بذور پرایم شده و گیاهان اسپری شده بر کارائی مصرف آب فتوسترنی تاثیر معنی‌داری را نشان ندادند. خان و همکاران (۲۰۰۳) افزایش در میزان تعرق و هدایت روزنها را در پاسخ



جدول شماره ۳- ضرایب همبستگی بین صفات فتوستزی و وزن خشک کل گل در گیاه گاوزبان

| وزن خشک کل گل در گیاه گاوزبان (g) | کارائی کربوکسیلاسیون ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) | شاخص کلروفیل | CO_2 درون روزنامه ($\text{mmolCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) | سرعت فتوستزی ($\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) | هدایت روزنامه ای ($\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) | سرعت فتوستزی ($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) | سرعت فتوستزی |
|-----------------------------------|---|--------------|--|---|---|--|------------------|
| ۱ | **۰/۶۵۷ | *۰/۳۶۸ | -۰/۳۳۲ | *۰/۴۲۴ | ۰/۰۸۲ | **۰/۴۷۰ | وزن خشک کل گل |
| ۱ | **۰/۵۲۸ | **-۰/۶۳۳ | **۰/۶۸۴ | **۰/۴۰۶ | **۰/۴۹۱ | **۰/۵۱۲ | شاخص کلروفیل |
| ۱ | **-۰/۴۸۴ | **-۰/۷۷۴ | **-۰/۷۳۹ | **-۰/۵۲۲ | **-۰/۷۹۷ | **-۰/۷۸۹ | سرعت تعرق |
| ۱ | **۰/۵۲۸ | **۰/۶۳۳ | **۰/۶۸۴ | **۰/۵۳۶ | **۰/۷۹۲ | **۰/۹۵۵ | هدایت روزنامه ای |
| ۱ | **۰/۶۵۷ | *۰/۳۶۸ | -۰/۳۳۲ | *۰/۴۲۴ | ۰/۰۸۲ | ۱ | سرعت فتوستزی |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

سالیسیلیک تیمار شوند افزایش می‌یابد. از دلایلی که برای توجیه این امر می‌توان ذکر کرد به خاطر این است که پرایمینگ، از طریق افزایش سرعت و یکنواختی جوانهزنی، موجب افزایش کارایی بذر می‌گردد. این اثرات مثبت، بهبود سرعت رشد گیاه، تسریع در تاریخ رسیدگی و افزایش در کمیت و کیفیت عملکرد را موجب می‌گردد [۲۸]. طبق جدول شماره ۳ همبستگی مثبت و معنی داری بین وزن خشک گل با سرعت فتوستزی، سرعت تعرق، شاخص کلروفیل و کارائی کربوکسیلاسیون وجود داشت. به طور کلی می‌توان اظهار داشت که تیمار دادن گیاهان با سالیسیلیک اسید موجب افزایش قابل توجهی در میزان کارکردهای گیاهی در مقایسه با بذور تیمار نشده یا حتی بذور تیمار شده به روش هیدروپرایمینگ می‌شود. در این بین پرایمینگ بذرها با غلظت ۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید، یا اسپری کردن با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در طی دو نوبت بیشترین اثر را روی افزایش عملکرد گل خشک گاوزبان داشت. با مقایسه هزینه‌های مریبوط در سطح مزرعه و امکان اجرا به نظر می‌رسد، پرایمینگ بذر روش ساده‌تر و کم هزینه‌تری برای افزایش عملکرد گل در گیاه گاوزبان باشد.

وزن خشک گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذور و اسپری کردن گیاهان به وسیله سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل در گل در سطح ۱ درصد تاثیر معنی دار داشته (جدول شماره ۱) و بیشترین وزن خشک گل را بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولار (۰/۲۹۲) و در بین گیاهان اسپری شده، گیاهان اسپری شده با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار (۰/۲۵۸) نشان دادند که با تیمارهای شاهد و بذور هیدروپرایمینگ شده اختلاف معنی داری را نشان دادند. گزارش شده است که تولید ماده خشک در گیاه واستگی زیادی با سطح برگ و سرعت فتوستزی برگ دارد و برای رسیدن به سرعت بالاتر تولید ماده خشک لازم است که سرعت فتوستزی با حفظ سطح برگ در سرتاسر فصل رشد بالا نگهداشته شود [۲۶]. مارتین مکس و لارکو - ساوادا (۲۰۰۱) و مارتین مکس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که در گیاهان زیستی نظیر گلوکسینیا و بنفسه آفریقایی، سالیسیلیک اسید تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش می‌دهد، به نحوی که سطح برگ گیاهان تیمار شده ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. گومز و همکاران (۱۹۹۳) مشاهده کردند که عملکرد اقتصادی در ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش خشکی هنگامی که با اسید



منابع

1. Baalbaki RZ, Zurayk RA, Blelk. MM, Tahouk SN. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed. Sci. Technol.* 1999; 27: 291 - 302.
2. Barkosky RR and Einhellig FA. Effects of salicylic acid on plant water relationship. *J. Chem. Ecol.* 1993; 19: 237 – 47.
3. Chandrasekar V, Sairam RK and Srivastava G. C. Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. *J. Agron. Crop Sci.* 2000; 185: 219 - 27.
4. Cleland CF and Ajami A. Identification of the flower-inducing factor isolated from *Aphid honeydew* as being salicylic acid. *Plant Physiol.* 1974; 54: 904 - 6.
5. Cutt JR and Klessig DF. Salicylic acid in plants: A changing perspective. *Pharmaceu Technol.* 1992; 16: 25 – 34.
6. DeKock PC, Grabowsky FB and Innes A. M. The effect of salicylic acid on the growth of *Lemna gibba*. *Ann. Bot.* 1974; 38: 903 – 8.
7. Fariduddin Q, Hayat S and Ahmad A. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*. 2003; 41: 281 - 4.
8. Ghai N, Setia RC and Setia N. Effects of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus L.* (cv. GSL 1). *Phytomorphol.* 2002; 52: 83 – 7.
9. Gomez L, Blanca L and Antonio CS. Evidence of the beneficent action of the acetyl salicylic acid on wheat genotypes yield under restricted irrigation. *Proc. Scientific meeting on Forestry, Livestock and Agriculture Mexico.* 1993; p. 112.
10. Harper JP and Balke NE. Characterization of the inhibition of K^+ absorption in oat roots by salicylic acid. *Plant Physiol.* 1981; 68: 1349 – 53.
11. Hayat S, Fariduddin Q, Ali B and Ahmad A.. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hung.* 2005; 53: 433 - 7.
12. Henckel PA. Physiology of plants under drought. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 1964; 15: 363 - 86.
13. Khan W, Prithviraj B and Smith DL. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J. Plant Physiol.* 2003; 160: 485 - 92.
14. Khodary SFA. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol.* 2004; 6: 5 - 8.
15. Koc M, Barutcular C and Genc I. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in Mediterranean environment. *Crop Sci.* 2003; 43: 2089 - 98.
16. Kumar P, Dube SD and Chauhan VS. Effect of salicylic acid on growth development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max L.*). *Physiol. Mol. Biol Plants* 1999; 4: 327 – 30.
17. Kumar P, Lakshmi NJ and Mani VP. Interactive effects of salicylic acid and phytohormones on photosynthesis and grain yield of soybean (*Glycine max L. Merrill*). *Physiol. Mol. Plant.* 2000; 6: 179 - 86.
18. Martin-Mex R and Larqué-Saavedra A.



Effect of salicylic acid in clitoria (*Clitoria ternatea* L.) bioproductivity in Yucatan, México. 28th Annual Meeting. *Plant Growth Regulation Society of America. Miami Beach Florida, USA.* July 1 - 5, 2001; pp: 97 - 9.

19. Martin-Mex R, Villanueva-Couoh E and Herra-Campos T. Positive effect of Salicylates on the flowering of African violet. *Scientia Horticulturae* 2005; 103: 499 – 502.

20. Pancheva TV and Popova LP. Effect of salicylic acid on the synthesis of ribulose- 1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in barley leaves. *J. Plant Physiol.* 1996; 152: 381 - 6.

21. Piterse AH. A review of chemically induced of flowering in *Lemma gibba* G₃ and *Pistia stratiotes*. *Aquat. Bot.* 1982; 13: 21 – 8.

22. Prakash M and Ramachandran K. Effects of moisture stress and antitranspirants on leaf chlorophyll. *J. Agron. Crop Sci.* 2000; 184: 153 - 6.

23. Ritchie SW, Nguyen HT and Haloday AS. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.* 1990; 30: 105

– 11.

24. Sahu GK, Kar M and Sabat SC. Electron transport activities of isolated thylakoids from wheat plants grown in salicylic acid. *Plant Biol.* 2002; 4: 321 - 8.

25. Singh B and Usha K. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regul.* 2003; 39: 137 - 41.

26. Tadashi H and Theodore C. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field. *Field Crops Res.* 1999; 62: 53 – 62.

27. Tiwari HS, Agarwal RM and Bhatt PK. Photosynthesis, stomatal resistance and related characteristics as influenced by potassium under normal water supply and water stress condition in rice.-*Indian J. Plant Physio.* 1998; 3: 314 – 6.

28. Yoon BYH, Lang HJ and Greg Cobb B. Priming with salt solutions improves germination of pansy seed at high temperaturers. *HortSci.* 1997; 32: 248 - 50.



Effect of Salicylic acid on photosynthetic activity and performance flowers borage plant (*Borago officinalis*)

Shekari F (Ph.D.)^{1*}, Baljani R (M.Sc. Student)², Saba J (Ph.D.)¹, Shekari F (Ph.D.)³,
Zangani E (M.Sc.)⁴

1- Department of Agronomy and Plant breeding. Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

2- Department of Agronomy and Plant breeding. Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

3- Department of Agronomy and Plant breeding. Faculty of Agriculture, Maraghe University, Maraghe, Iran

4- Department of Agronomy and Plant breeding. Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran

*Corresponding author: Department of Agronomy and Plant breeding. Faculty of Agriculture, Zanjan University, Zanjan, Iran
E-mail: faridshekari@yahoo.com

Abstract

Background: Medical plants production, including borage, is for maximum productivity from their effective ingredients'. Flowers, leaves and seed oil are medical parts of borage. Unfortunately, because of little breeding and domestication programs in medical plants, including borage, their establishments are usually slow. One of the effective techniques for solving this problem is seed priming. Salicylic acid is a plant hormone which improves growth and yield under different environmental conditions.

Objective: This experiment was done for founding the best method and concentration on photosynthetic properties of borage.

Methods: For studing the effect of salicylic acid on some photosynthetic properties of borage plants (stomatal conductance, transpiration rate, internal CO₂ concentration, carboxylation efficiency and chlorophyll index) an experiment was done in randomized complete design with three replications. Treatments include borage seeds priming by four concentrations of salicylic acid (500, 1000, 1500 and 2000 μM), plants spraying in two stages with four concentrations of salicylic acid (500, 1000, 1500 and 2000 μM), priming seeds with distilled water (hydropriming) and dry or control seeds.

Results and Conclusion: Results showed that priming with salicylic acid and especially spraying with salicylic acid in 1500 μM had significant effect on photosynthesis and photosynthetic indexes, and finally increased flowers dry weight. The most photosynthetic activity, stomata conductance, transpiration rate, carboxylation efficiency, the lowest internal CO₂ concentration were found in spraying with 1500 and priming with 500 μM SA. In addition, the highest chlorophyll index was found in spraying with 2000 μM and priming by 500 μM SA. On the other hand, any treatment by SA had not any significant effects on basic water use efficiency (WUE_b). It seems that treating plants by SA by any ways leads to increasing plants performance compared to untreated seed or plants, even hydroprimed seeds.

Keywords: Borage, Salicylic acid (SA), Biomass, Carboxilation efficiency

