تاثیر سالیسیلیک اسید بر فعالیت‌های فتوسنتزی و عملکرد گل در گیاه گاوزبان (*Borago officinalis*)

فرید شکاری[1]*، رامین بالجانی[2]، جلال صبا[1]، فریبرز شکاری[3]، اسماعیل زنگانی[4]

۱- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زنجان، زنجان
۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه
٤- 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 دریافت: ۸۹/۵/۲۰ **تاریخ تصویب:** ۸۹/۱۱/۲۷

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 ازجمله 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 فتوسنتزی و تولید گل درگیاه گاو زبان انجام شد.

روش بررسی: به منظور بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید روی فعالیت فتوسنتزی و شاخص‌های مربوطه (هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، میزان CO_2 درون روزنه‌ای، کارائی کربوکسیلاسیون و شاخص پایداری کلروفیل) آزمایشی در قالب بلوک‌های 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 فتوسنتز و شاخص‌های فتوسنتزی و در نهایت بر وزن خشک گل داشت به طوری‌که بیشترین فعالیت فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، کارائی کربوکسیلاسیون، کمترین CO_2 درون روزنه‌ای 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.

گل‌واژگان: گاوزبان، سالیسیلیک اسید(SA)، بیوماس، کارائی کربوکسیلاسیون

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

مقدمه

گیاه گاوزبان از گذشته‌های دور به عنوان گیاه دارویی سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است. تحقیقات جدید نشان داده است دم‌کرده و عصاره آبی این گیاه در افزایش سیستم ایمنی بدن موثر است. از نظر مرفولوژیک گاوزبان گیاهی است پوشیده از کرک که دارای برگ‌هایی 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 نهاده‌های 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 [٦] و همچنین القاء گلدهی را بازی می‌کند [٤]. همچنین، گلدهی در کاهوی آبی (*Pistia stratiotes*)، عضوی از خانواده آراسه، نیز توسط 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 زینتی به کار برده شد، بیوماس به طور فزاینده‌ای 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 زینتی نظیر گلوکسینیا و بنفشه آفریقایی، سالیسیلیک اسید تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داد، و سطح برگی به بیش از 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 [١٦]. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید ممکن است در دامنه‌ای از فرایندهای مختلف در گیاهان مانند جوانه‌زنی بذور [۵]، تبادل و انتقال یون‌ها [۱۰]، نفوذپذیری غشا [۲]، فتوسنتز و سرعت رشد [۱۳] اثر داشته باشد. با این حال، غلظت‌های مختلف این ماده می‌تواند اثرات متفاوتی را در پی داشته باشد. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که استفاده از SA در غلظت 10^{-5}مولار به صورت اسپری روی برگ‌های گیاهان استقرار یافته خردل هندی باعث افزایش بیشینه‌ای در تجمع ماده خشک می‌شود، اما غلظت‌های بالاتر اثر بازدارندگی داشتند.

این آزمایش به منظور بررسی نحوه کاربرد سالیسیلیک اسید و تاثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید روی صفات فتوسنتزی و عملکرد گل گیاه گاو زبان انجام شد. به عبارت دیگر، این آزمایش جهت یافتن بهترین نحوه کاربرد و مناسب‌ترین غلظت سالیسیلیک اسید برای بهبود خصوصیات فتوسنتزی و ارتباط صفات فتوسنتزی 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 غلظت سالیسیلیک اسید (۲۰۰۰، ۱۵۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰ میکرومولار)، پرایمینگ بذور با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) و بذور شاهد بود. ابتدا به منظور ضدعفونی کردن، بذور گاوزبان به مدت ۳ دقیقه در داخل محلول

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

هیپوکلریت ۵ درصد قرار گرفتند و بلافاصله ۳ – ۲ مرتبه با آب مقطر شسته شدند. بعد از اینکه غلظت‌های موردنظر از سالیسیلیک اسید تهیه شد، بذور به مدت ۲٤ ساعت در محلول سالیسیلیک اسید ودر دمای ٤ – ۳ سانتی‌گراد قرار گرفتند. همین روش برای تیمار بذور با آب مقطر (هیدروپرایمینگ) نیز انجام شد. سپس بذور در دمای اتاق به مدت ٤۸ ساعت خشک گردید و پس از تیمار شدن با قارچ‌کش، جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند. قبل از کاشت، مزرعه با علف کش تری فلورالین تیمار شد و بلافاصله 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 سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. روز بعد از کاشت عمل آبیاری مزرعه انجام شد و پس از آن مزرعه به صورت روزانه مورد بازدید قرار می‌گرفت تا بذور سبز شده و گیاهچه‌ها به خوبی استقرار یابند. بعد از استقرار گیاهان روی چهار تیماری که بذورشان دست نخورده بود با غلظت‌های ذکرشده در دو مرحله رشدی (قبل از گلدهی و اوایل گلدهی) سالیسیلیک اسید اسپری شد. در مرحله اواسط گلدهی به منظور اندازه‌گیری شاخص کلروفیل که به عنوان معیاری از میزان کلروفیل برگ است توسط دستگاه SPAD و میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ، هدایت روزنه‌ای، میزان تعرق و غلظت CO_2 درون روزنه‌ای از دستگاه پرتابل سنجش فتوسنتز (IRGA مدل LCA4 ساخت انگلستان) استفاده شد. لازم به ذکر است که تمام نمونه‌برداری‌ها در ساعت ۱۱ صبح و در شدت نور معادل ۱٤۰۰ – ۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه انجام شد. گل‌ها در دو مرحله اواسط و اواخر گلدهی جمع‌آوری گردید و وزن خشک کل برای گل به دست آمد. کارائی کربوکسیلاسیون از تقسیم میزان فتوسنتز بر CO_2 درون روزنه‌ای [۲۷] و کارایی مصرف آب فتوسنتزی از تقسیم میزان فتوسنتز بر تعرق به دست آمد [۲۳]. داده‌های حاصل توسط نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

سرعت فتوسنتز

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذور گاوزبان و همچنین اسپری سالیسیلیک اسید بر سرعت فتوسنتزی در سطح ۱ درصد تاثیر معنی‌داری داشته (جدول شماره ۱) و بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین سرعت فتوسنتزی (۱۹/۵٦) را داشتند که با بذور شاهد و بذور هیدروپرایم شده دارای تفاوت معنی‌داری بودند (جدول شماره ۲). همچنین در بین تیمارهای اسپری شده، گیاهان اسپری شده با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین سرعت فتوسنتزی 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 معنی‌داری 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 فتوسنتز گردید و بالاترین مقدار فتوسنتز در تیمار اسپری کردن با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید (۲۵/۹۱ میکرومول CO_2 برمتر مربع بر ثانیه) مشاهده شد. به نظر می‌رسد مقادیر بالاتر سالیسیلیک اسید موجب می‌شود تا اثر بازدارندگی روی این صفت به وجود آید زیرا در تیمار اسپری کردن با غلظت ۲۰۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید افت سریعی در میزان فتوسنتز مشاهده شد (۹/۲۱۰). با این حال پرایم کردن بذور در تمامی سطوح سالیسیلیک اسید موجب ترقی قابل ملاحظه‌ای در میزان فتوسنتز گردید که اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول شماره ۲). خوداری (۲۰۰٤) به این نتیجه رسید که تیمار به وسیله سالیسیلیک اسید محتوای کلروفیل و کاروتینوئید را در ذرت افزایش داد. جنبه‌های متابولیک گیاهانی که با سالیسیلیک اسید یا مشتقات آن تیمار شده بودند تغییراتی را با درجات مختلف نشان می‌دهند که بستگی به نوع گیاه و روش اعمال SA دارد. کاربرد SA (۲۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) به قسمت‌های برگی گیاه کلزا (*Brassica napus*) میزان

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		سرعت فتوسنتزی	هدایت روزنه‌ای	سرعت تعرق	CO_2 درون روزنه‌ای	کارائی کربوکسیلاسیون	شاخص پایداری کلروفیل	کارائی مصرف آب	وزن خشک کل گل در بوته
بلوک	۲	۸/۳۲۲	۰/۲۴۱	۰/۶۵۹	۲۳۰/۷۰۰	۰/۰۰۱	۱۲۷/۹۹۱	۰/۱۶۷	۰/۰۰۵
تیمار	۹	۹۷/۶۰۲**	۰/۲۴۲*	۳۷/۷۲۱**	۱۳۲۵/۷۶۳*	۰/۰۰۲*	۳۲۰/۸۶۱*	۰/۰۵۷ ns	۰/۰۰۸**
اشتباه آزمایشی	۱۸	۲۱/۸۲۸	۰/۰۹۶	۹/۷۳۵	۴۷۲/۱۰۷	۰/۰۰۱	۱۱۸/۲۶۰	۰/۰۷۶	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	.....	۳۱/۱۴	۵۷/۳۹	۳۶/۰۵	۸/۸۵	۴۰/۶۹	۲۸/۳۸	۱۵/۴۶	۲۴/۹۵

- *و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.
- ns:عدم وجود تاثیر معنی‌دار

جدول شماره ۲- مقایسه میانگین‌های تیمارهای سالیسیلیک اسید بر صفات فتوسنتزی و تولید گل در گیاه گاوزبان

اسیدسالیسیلیک (µM)	سرعت فتوسنتزی ($\mu molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	هدایت روزنه ای ($molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	سرعت تعرق ($mmolH_2O.m^{-2}.s^{-1}$)	CO2 درون روزنه‌ای ($mmolCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	کارائی کربوکسیلاسیون ($mol.m^{-2}.s^{-1}$)	شاخص کلروفیل	وزن خشک کل گل در بوته (g)
شاهد							
آب مقطر	۴/۳۰۰d	۰/۱۴۰۰b	۱/۹۸۰d	۲۹۳a	۰/۰۱۴c	۱۸/۸۰b	۰/۱۰۳ e
پرایم۵۰۰	۷/۴۳۰ cd	۰/۲۱۰۰b	۳/۲۴۰cd	۲۸۶a	۰/۰۱۷c	۲۵/۵۰b	۰/۱۱۹ de
پرایم۱۰۰۰	۱۹/۵۶ab	۰/۶۲۰۰ a	۱۱/۷۴ab	۲۳۰bc	۰/۰۸۵ab	۴۳/۸۶a	۰/۲۹۲ a
پرایم ۱۵۰۰	۱۸/۷۱ab	۰/۲۹۰۰b	۹/۳۸۰b	۲۴۳bc	۰/۰۷۶ab	۴۱/۸۰a	۰/۲۴۶ abc
پرایم ۲۰۰۰	۱۷/۹۹ ab	۰/۴۴۰۰ab	۹/۹۱۰b	۲۵۲bc	۰/۰۷۱abc	۳۷/۸۰ab	۰/۱۹۸ bcd
اسپری ۵۰۰	۱۹/۴۰ ab	۰/۳۹۰۰ ab	۹/۹۸۰b	۲۴۱bc	۰/۰۸۰ab	۴۰/۴۰a	۰/۱۷۷ bcde
اسپری ۱۰۰۰	۱۱/۲۵ bcd	۰/۲۱۰۰ b	۶/۲۱۰bcd	۲۴۱bc	۰/۰۴۶bc	۳۲/۵۰ab	۰/۱۷۴ bcde
اسپری ۱۵۰۰	۱۳/۹۴ bc	۰/۲۶۰۰b	۸/۳۵۰bc	۲۴۶bc	۰/۰۵۶bc	۳۸/۶۰ab	۰/۱۸۱ bcde
اسپری ۲۰۰۰	۲۵/۹۱ a	۰/۹۵۰۰a	۱۶/۷۸a	۲۲۱c	۰/۱۱۷a	۴۳/۲۳a	۰/۲۵۸ ab
	۹/۲۱۰ cd	۰/۲۱۰۰ b	۶/۰۱۰bcd	۲۷۰ab	۰/۰۳۴bc	۴۹/۹۰a	۰/۱۶۲ cde

میانگین‌های دارای حروف مشابه در یک ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

کلروفیل را افزایش داد [۱۸]. همچنین پرایمینگ بذرهای گندم در محلول 10^{-5} مولار از SA منجر به تولید گیاهانی شد که دارای مقدار رنگدانه‌های بیشتری بودند و با افزایش غلظت SA فراتر از 10^{-5} مولار، مقدار رنگدانه‌ها کاهش یافت [۱۱]. فریدودین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که فعالیت کربونیک آنهیدراز و سرعت فتوسنتزی در برگ‌های گیاهان خردل که با غلظت 10^{-5} مولار سالیسیلیک اسید تیمار شده بودند، به صورت عمده‌ای افزایش یافت. پرایمینگ موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی در هر واحد سطح برگ می‌شود و همین امر موجب افزایش تولید ماده خشک و عملکرد در تعدادی از گیاهان زراعی می‌گردد [۱۲]. حیات و همکاران (۲۰۰۵) افزایش در فعالیت کربونیک آنهیدراز را در بذور گندم

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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 فتوسنتز را تحریک، و در مقابل غلظت‌های بیشتر (۱/۰ – ۰/۵ میلی‌مول) از فعالیت فتوسنتزی جلوگیری نمودند که این عمل به طور عمده به دلیل جلوگیری از انتقال الکترون فتوسیستم 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 [۲٤].

شاخص‌های فتوسنتزی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذرو اسپری کردن گیاهان گاو زبان به وسیله سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های فتوسنتزی تاثیر معنی‌داری داشته (جدول شماره ۱). به طوری‌که در بین بذور پرایم شده با سالیسیلیک اسید، بذور پرایم شده با غلظت ۵۰۰ میکرومولار بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/٦۲۰۰)، سرعت تعرق (۱۱/۷٤)، کارائی کربوکسیلاسیون (۰/۰۸۵)، شاخص کلروفیل (٤۳/۸٦) و کمترین CO_2 درون روزنه‌ای (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 میکرومولار سالیسیلیک اسید بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۰/۹۲۰۰)، سرعت تعرق (۱٦/۷۸)، کارایی کربوکسیلاسیون (۰/۱۱۷) و کمترین CO_2 درون روزنه‌ای (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 میکرومولار مشاهده شد (٤۹/۹۰) که با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار فاقد 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 کارایی مصرف آب فتوسنتزی تاثیر معنی‌داری را نشان ندادند. خان و همکاران (۲۰۰۳) افزایش در میزان تعرق و هدایت روزنه‌ای را در پاسخ به اسپری کردن SA، ASA و اسید جنتیسیک 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 روزنه‌ای را با SA تکمیلی نشان دادند [۱۷]. پانجوا و همکاران (۱۹۹٦) گزارش کردند که گیاهان جو که برای یک هفته در معرض SA قرار گرفته بودند افزایشی در نقطه موازنه CO_2 و مقاومت روزنه‌ای نشان دادند. سینگ و اوشا (۲۰۰۳) گزارش کردند که صرف نظر از غلظت سالیسیلیک اسید (۳-۱ میلی‌مول) و سطح تنش آب، گیاهان تیمار داده شده با سالیسیلیک اسید، به طور معمول محتوای رطوبتی، وزن خشک، فعالیت کربوکسیلازی رابیسکویی، فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز (Superoxide dismutase) (SOD) و کلروفیل کل بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده نشان دادند. میزان افزایش CO_2 درون روزنه‌ای در بذور پرایم شده با سالسیلیک اسید، کمتر می‌باشد، که می‌تواند به دلیل استفاده از CO_2 وارد شده به برگ و به دلیل سرعت بالای فتوسنتز که در بذور پرایم شده با سالیسیلیک اسید وجود داشت. در مطالعه حاضر، مطابق جدول شماره ۳ در بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ همبستگی بالایی وجود داشت. کک و همکاران (۲۰۰۳) نیز بین هدایت روزنه‌ای و سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ همبستگی بالایی مشاهده کردند. رابطه مثبت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای می‌تواند به این دلیل باشد که با افزایش هدایت روزنه‌ای میزان دی‌اکسید کربن ورودی برای استفاده در فتوسنتز، بیشتر می‌شود. در مطالعه حاضر شاخص کلروفیل با سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق در همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند (جدول شماره ۳). حفظ کلروفیل برای انجام فتوسنتز تحت شرایط تنش ضروری است [۳]. پراکاش و راماچاندران (۲۰۰۰) کاهش در سرعت فتوسنتز را عمدتاً به کاهش محتوای کلروفیل در شرایط کمبود شدید آب نسبت داده‌اند، و پیشنهاد کردند که کاهش فتوسنتز عمدتاً به دلیل کاهش واحدهای فعال فتوسنتزی و یا کاهش در کل کلروپلاست می‌باشد. مطابق جدول شماره ۳ شاخص محتوای کلروفیل با وزن خشک گل همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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

	سرعت فتوسنتزی ($\mu molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	هدایت روزنه ای ($molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	سرعت تعرق ($mmolH_2O.m^{-2}.s^{-1}$)	CO2 درون روزنه‌ای ($mmolCO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	شاخص کلروفیل	کارائی کربوکسیلاسیون ($mol.m^{-2}.s^{-1}$)	وزن خشک کل گل در بوته (g)
سرعت فتوسنتزی	۱						
هدایت روزنه‌ای	**۰/۷۸۹	۱					
سرعت تعرق	**۰/۹۵۵	**۰/۷۳۹	۱				
CO2 درون روزنه‌ای	**-۰/۷۹۷	**-۰/۵۲۲	**-۰/۷۷٤	۱			
شاخص کلروفیل	**۰/۵۱۲	**۰/٤۹۱	**۰/٤۰٦	**-۰/٤۸٤	۱		
کارائی کربوکسیلاسیون	**۰/۷۹۲	**۰/۵۳٦	**۰/٦۸٤	**-۰/٦۳۳	**۰/۵۲۸	۱	
وزن خشک کل گل	**۰/٤۷۰	۰/۰۸۲	*۰/٤۲٤	-۰/۳۳۲	*۰/۳٦۸	**۰/٦۵۷	۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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 معنی‌دار 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 معنی‌داری را نشان دادند. گزارش شده است که تولید ماده خشک در گیاه وابستگی زیادی با سطح برگ و سرعت فتوسنتزی برگ دارد و برای رسیدن به سرعت بالاتر تولید ماده خشک لازم است که سرعت فتوسنتز 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 زینتی نظیر گلوکسینیا و بنفشه 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 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 معنی‌داری بین وزن خشک گل با سرعت فتوسنتز، سرعت تعرق، شاخص کلروفیل و کارایی 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 مربوط در سطح مزرعه و امکان اجرا به نظر می‌رسد، پرایمینگ بذر روش ساده‌تر و کم هزینه‌تری برای افزایش عملکرد گل در گیاه گاوزبان باشد.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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 acrion of the acetyl salicylic acid on wheat genotypes yield under restricted irrigation. *Proc. Scientific meeting on Foresty, 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.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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* G_3 and *Pistia stratiotes*. *Aguat. 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.

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]

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

Abstract

Background: Medical plants production, including borago, is for maximum productivity from their effective ingredients'. Flowers, leaves and seed oil are medical parts of borago. Unfortunately, because of little breeding and domestication programs in medical plants, including borago, 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 borago.

Methods: For studding the effect of salicylic acid on some photosynthetic properties of borage plants (stomatal conductance, transpiration rate, internal CO_2 concentration, carboxylation efficiency and chlorophyll index) an experiment was done in randomized complete design with three replications. Treatments include borago 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 CO_2 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

[Downloaded from jmp.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.2717204.2011.10.39.5.0]