دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی صفات مورفوفیزیولوژی و پاسخ ارقام سویا به تیمار محلول پاشی برگ با هورمون‌های متیل جاسمونات و اسید سالیسیلیک

فاطمه صدرایی‌فر[۱]، مسعود احمدی افزادی[۲]، سعید میرزایی[۳] و مریم عبدلی نسب[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
۲- استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، (نویسنده مسوول: m.ahmadiafzadi@kgut.ac.ir)
۳- استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۱
صفحه: ۹۵ تا ۱۰۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: گیاه سویا با نام علمی *Glycine max* از تیره *Leguminous* یکی از حبوباتی است که غذای میلیون‌ها نفر را تامین می‌کند و نقش عمده‌ای در تهیه مواد شیمیایی دارد. خانواده *Fabaceae* شامل حبوباتی است که بعد از خانواده پواسه دومین خانواده زراعی مهم هستند. سویا یک محصول گرما دوست است که حاوی پروتئین‌های کلیدی است که از سلامت انسان حمایت می‌کند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش به منظور بررسی واکنش دو رقم سویا نسبت به دو هورمون اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات در مراحل مختلف رشد و اثر این هورمون‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی بصورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان در سال ۱۳۹۹ اجراشد. تیمارهای آزمایش شامل محلل پاشی هورمون‌ها و ترکیبی از دو هورمون بودند و گلدان‌های شاهد با آب مقطر تیمار شدند. در طول دوره رشد نیز کود دهی با کود کامل هوگلند انجام شد و پس از طی دوره رشد مناسب، نمونه‌ها در زمان رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شدند. از نرم‌افزارهای Minitab برای آنالیز داده‌ها و از برنامه Excel جهت رسم نمودارها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که به دلیل کاربرد این دو هورمون در صفات مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در گیاهان شاهدی که هیچ هورمونی دریافت نکرده بودند، این ویژگی‌های مورفولوژیکی حداقل بود. نتایج نشان داد صفات تعداد گره‌ها در ریشه، وزن غلاف‌ها در بوته، مساحت برگ و شاخص برداشت تحت تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری داشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد همزمان دو هورمون اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات باعث افزایش رشد و عملکرد ارقام مورد بررسی شد. دربین صفات مورفولوژیک (ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، تعداد ریشه جانبی، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و وزن غلاف) در شرایط تیمار با هورمون برای رقم ویلیامز افزایش بیشتری نسبت به رقم L17 را نشان دادند. نتایج این مطالعه می‌تواند در تحقیقات جهت استفاده کاربردی از این گونه ترکیبات و بالا بردن عملکرد و اجزای عملکرد مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: سویا، عملکرد دانه، مورفولوژی، ویلیامز، L17

مقدمه

گیاه سویا با نام علمی *Glycine max* ازتیره باقلاییان و راسته باقلا سانان یکی از بقولات است که نیام آن سالانه غذای میلیون‌ها نفر را تامین کرده و در تهیه مواد شیمیایی نقش عمده دارند. خانواده فاباسه لگوم‌ها را شامل می‌شود که پس از گیاهان خانواده پوآسه دومین و از مهمترین خانواده‌های گیاهان زراعی هستند. ایالات متحده بیشترین سهم از تولید سویا، ۳۲ درصد را داراست و پس از آن برزیل ۲۸ درصد، آرژانتین ۲۱درصد، چین ۷ درصد، و هند۴ درصد قرار دارند (۱۱). سویا حاصل اهلی سازی گیاهی وحشی در آسیاست. روغن استخراج شده از دانه‌های سویا یکی از مهم‌ترین انواع روغن‌ها است. روغن سویا ۴۹ درصد اسید لینولئیک و ۲۵ درصد اسید اولئیک دارد. سویا یک محصول غذایی گرما دوست است که حاوی پروتیین‌های کلیدی است که سلامت انسان را تامین می‌کند. میزان پروتیین سویا ۳۰ تا ۵۰ درصد، کلزا ۱۸تا ۲۵ درصد، آفتابگردان ۱۵ تا ۲۵ درصد، گلرنگ ۱۵ تا ۲۵درصد می‌باشد. میزان پروتیین سویا دو برابر سایر دانه‌های روغنی است (۳۱). امروزه سویا در بسیاری از کشورهای جهان به عنوان دانه روغنی مورد استفاده قرار می گیرد. موطن اصلی این گیاه شمال شرق چین می‌باشد و به نظر می‌رسد از آنجا به مناطق مختلف در کشورهای نزدیک به اقیانوس ارام پراکنده شده است (۲۴). لگوم‌ها آمینو اسید سولفوره کمی دارند و منبع غنی از فیبر و انرژی هستند. نیتروژن ماده اولیه محدودکننده تولیدات گیاهی در بسیاری از اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شود. لگوم‌ها از طریق سیستم همزیستی خود، می‌توانند نقش مهمی را در اکوسیستم‌های طبیعی ایفا کنند (۲۵). نیتروژن در جذب و انتقال یون‌ها تاثیر دارد و دارای نقش مهمی در تقسیم‌بندی بیوماس و میزان رشد بوده، به‌طوری‌که بر سطح هورمونی موجود در بافت شاخه‌ها تاثیر بسزایی می‌گذارد (۱۶).

جاسمونات‌ها به‌عنوان یک خانواده جدید از هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تنظیم فرایند رشد و نمو گیاه دارند (۱). اسید جاسمونیک و متیل استر آن (متیل جاسمونات) ترکیبات مشتق شده از سیکلوپنتان لینولنیک اسید هستند. جاسمونات‌ها از مسیر اکتادکانوئید ساخته می‌شوند و در این مسیر اسید لینولنیک به اسید جاسمونیک تبدیل می‌شود (۱۷).

جاسمونات‌ها به طور معمول در برگ‌های جوان، گل‌ها و میوه‌ها به میزان زیادی یافت شده و در پاسخ گیاه به تنش‌های زنده نیز نقش مهمی ایفا کرده و موجب کاهش خسارات ناشی از تنش‌های زنده و محیطی در گیاه می‌شوند

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

(۴). جاسمونات‌ها در غلظت‌های کم با افزایش توان دفاع آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش اکسیداتیو موجب بهبود رشد گیاهان سویا می‌شود، در حالی‌که متیل جاسمونات در غلظت‌های بالا خود موجب افزایش پراکسیداسیون لیپیدی و کاهش رشد گیاهان می‌شود، به‌طوری‌که افزایش توان آنتی‌اکسیدانی گیاه موجب کاهش تنش اکسیداتیو و بهبود پارامترهای رشد نمی‌شود. اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف در خلال رشد و نمو گیاه مثل جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی بسته به غلظت بکار رفته، گونه‌ی گیاهی، دوره‌ی رشدی و شرایط محیطی ایفا می‌کند. اسید سالیسیلیک همچنین باعث تحریک جوانه‌زنی بذر می‌شود این ماده به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۲۶). تحقیقات نشان داد که اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات نقش اساسی در دفاع از گیاه در مقابل تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند (۷).

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سویا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی درسه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان در پاییز ۹۹ اجرا گردید. برای انجام این آزمایش تعدادی گلدان با زیرگلدانی آماده گردیده و در داخل هرگلدان ترکیب پرلیت کوکوپیت (۵۰-۵۰) ریخته شد. در هر گلدان سه بذر با فواصل مناسب از هم کاشته شد. پس از طی شدن مرحله استقرار و ثبت تعداد بوته‌های ثبت شده و بقا یافته، گیاهچه‌های سبز شده تنک گردید و در هر گلدان یک بوته نگه داشته شد.

سپس نمونه‌های مورد آزمایش به چهار گروه تقسیم شده و هر یک از گروه‌ها توسط اسید سالیسیلیک با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار و متیل جاسمونات به غلظت ۱۰ میکرو مولار و همچنین ترکیبی از هر دو هورمون مورد تیمار قرار گرفتند. نمونه‌های شاهد نیز با آب مقطر تیمار شدند. برای تامین نیاز غذایی گیاهچه‌ها از محلول غذایی هوگلند، که توسط هوگلند و آرنون (۹) در دانشگاه کالیفرنیا ارائه شد، استفاده گردید. همچنین علاوه بر مواد موجود در محلول غذایی هوگلند وجود یک محلول پایه آهن نیز لازم است. این محلول پایه شامل یک گرم عنصر آهن در یک لیتر محلول پایه است. هر لیتر محلول پایه آهن، برای رقیق‌سازی در هزار لیتر آب کافی است. پس از کشت بذرها، باکتری رایزوبیوم در دو مرحله به منظور القای گره‌زایی ریشه‌های سویا استفاده شد. جهت رشد باکتری رایزوبیوم، نیم لیتر از محیط کشت YMB مطابق با جدول ۱ تهیه و گند زدایی شد. پس از سرد شدن محیط کشت، باکتری رایزوبیوم به محیط کشت افزوده شد، سپس به‌منظور رشد باکتری‌ها به شیکر انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۱۸۰ دور درثانیه انتقال یافت. پس از گذشت حدود چهار روز باکتری‌ها رشد کردند، سپس ۵۰ میلی‌لیتر از باکتری‌های رشد کرده را با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده و به هر گلدان به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر باکتری داده شد.

جدول ۱- محیط کشت YMB

Table 1. YMB cultural medium

ماده	مقدار $gr\ lit^{-1}$
Mannitol	۱
Yeast extract	۰/۵
K2HPO4	۰/۵
MgSO4.7H2O	۰/۲
NaCl	۰/۱
Total volume	۰/۵ لیتر

مواد ذکر شده در جدول به حجم نیم لیتر تهیه شده است.

صفات مورد ارزیابی: صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک به شرح ذیل در این تحقیق مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفتند:

ارتفاع بوته، سطح برگ، طول ریشه، تعداد گره، تعداد و وزن غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی، فاصله میان‌گره، تعداد گره ساقه و ریشه جانبی، وزن تر و خشک بخش‌های هوایی و ریشه گیاه، درصد رطوبت نسبی برگ و شاخص برداشت. جهت اندازه‌گیری رطوبت نسبی برگ وزن اولیه برگ پس از اندازه‌گیری مدت ۵ ساعت در آب مقطر قرار گرفت سپس مجددا اندازه‌گیری شده و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و با ترازوی با دقت یک هزارم اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت نیز از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{شاخص‌برداشت} = \frac{\text{وزن تر گیاه} + \text{عملکرد}}{\text{عملکرد}} \times 100 \qquad (۱)$$

تجزیه واریانس داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Minitab نسخه ۲۰۱۶ انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج بررسی متغییرهای رشد و مورفولوژیک در گیاه سویا تحت تیمارهای اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات به شرح ذیل است:

ارتفاع گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف هورمونی از نظر صفت ارتفاع گیاه وجود دارد (جدول ۳). تیمارهای اسید سالیسیلیک و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

متیل جاسمونات و استفاده همزمان دو هورمون، رشد اندام هوایی گیاهان سویا را بهبود بخشیده است. در میان تیمارها استفاده همزمان دو هورمون نسبت به سایر تیمارها بیشترین تاثیر را بر گیاهان سویا از نظر شاخص مورفولوژی رشد اندام هوایی گذاشت به‌طوری‌که بیشترین افزایش ارتفاع گیاه در رقم ویلیامز در تیمار همزمان با اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات با میانگین (۲۹/۵ سانتی‌متر) مشاهده شده و کمترین میانگین ارتفاع در رقم L17 در تیمار شاهد (۱۲/۶۶ سانتی‌متر) که هورمون دریافت نکرده بود مشاهده شده است. همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر رقم نیز روی ارتفاع معنی‌دار بود (شکل ۱)، هرچند در مقایسه اثرات متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

طول ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) حاصل از اندازه‌گیری رشد طولی ریشه در گیاهان سویا تحت تیمارهای اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات نشان داد که بیشترین میانگین طول ریشه در رقم ویلیامز در تیمار همزمان اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات (۳۷/۶۶ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین رشد طولی ریشه مربوط به گیاهان رقم L17 با میانگین (۱۴/۱۶ سانتی‌متر) در تیمار شاهد مشاهده گردید. طبق اندازه‌گیری‌های طول ریشه مشخص شد که از بین عوامل ساده و متقابل، فقط اثر هورمون معنی‌دار شد و اثر رقم و تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری در این صفت نشان ندادند.

تعداد گره در ریشه

بعد از نمونه‌برداری مشخص گردید هر دو رقم سویا ریشه‌هایی را دارا بودند که بر روی آن‌ها گرهک‌های تثبیت نیتروژن شکل گرفته بود، که این موضوع بیانگر رابطه همزیستی بین سویا و باکتری می‌باشد براساس نتایج تجزیه واریانس پارامتر تعداد گره‌های ریشه دربین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد و در حالت استفاده از هورمون و اثرات متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲-۳) به‌طوری‌که بیشترین میانگین گره در رقم ویلیامز در تیمار همزمان دو هورمون (۴۴/۶۶ گره) و کمترین تعداد گره نیز در رقم ویلیامز در تیمار شاهد با میانگین (۱۸ گره) مشاهده شد.

تعداد غلاف در بوته

صفت تعداد غلاف در بوته تنها در عامل هورمون تفاوت معنی‌داری نشان داد و در عامل رقم و تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میانگین تعداد غلاف در بوته در رقم ویلیامز و استفاده همزمان دو هورمون (غلاف ۱۳) و کمترین تعداد غلاف نیز در رقم ویلیامز با میانگین (۶/۶۶ غلاف) در تیمار شاهد مشاهده شد.

تعداد دانه در غلاف

در میان صفات ظاهری با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) صفت تعداد دانه در غلاف تنها در عامل هورمون معنی‌دار شد و در مورد رقم و اثرات متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد به‌طوری‌که بیشترین میانگین تعداد دانه در غلاف در رقم ویلیامز در تیمار همزمان دو هورمون و همچنین این رقم در تیمار با متیل جاسمونات هر دو بطور مساوی (۲/۳۳ عدد) مشاهده شد و کمترین آن در دو رقم در تیمار شاهد (۱/۳۳ عدد) مشاهده شد.

وزن غلاف

صفت وزن غلاف در ارقام مختلف و در عامل هورمون و اثرات متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل۳،۲،۱)، به‌طوری‌که بیشترین میانگین وزن غلاف در رقم ویلیامز (۱۵/۷۵ گرم) و کمترین میانگین وزن غلاف در رقم L17 با مقدار (۳/۳۵ گرم) گرم مشاهده شد.

طول میان گره

نتایج حاصل از سنجش پارامتر طول میان گره‌ها در ارقام گیاه سویا تحت تیمار و تجزیه واریانس (جدول ۲) داده‌های مربوط به این صفت، مشخص کرد که اثر ساده رقم و اثرات متقابل رقم و هورمون در این پارامتر معنی دار نشده است و فقط اثرات هورمون معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین میانگین فاصله میان‌گره در رقم L17 در استفاده همزمان دو هورمون، با مقدار (۴ سانتی‌متر) و کمترین میانگین فاصله میان‌گره در رقم ویلیامز تیمار شاهد (۲/۸۳ سانتی‌متر) مشاهده شد.

سطح برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) که نشان‌دهنده تغییرات سطح برگ ارقام سویا تحت تیمارهای مختلف می‌باشد، نتایج گویای این است که کاربرد توام اسید سالیسیلیک و متیل‌جاسمونات موجب بهبود و افزایش چشم‌گیر شاخص سطح برگ گردیده به‌طوری‌که در عامل رقم، هورمون و تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱). همچنین کاربرد متیل جاسمونات بیشتر از اسید سالیسیلیک در هر دو رقم باعث افزایش سطح برگ شده (شکل ۲، شکل ۳). بیشترین میانگین سطح برگ در رقم ویلیامز (۳۷/۶۱ سانتی‌متر مربع) در تیمار همزمان دو هورمون و کمترین میانگین سطح برگ در رقم L17 تیمار شاهد (۱۳/۳۳ سانتی‌متر مربع) مشاهده شد.

وزن تر اندام هوایی

در این پژوهش هر دو رقم گیاهان سویا از نظر وزن تر اندام هوایی در تیمارهای هورمون سنجیده شدند. بطور کلی نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها نشان داد گیاهان تحت استفاده همزمان دو هورمون دارای رشد اندام هوایی بالاتری نسبت به گیاهان شاهد خودشان بودند. از بین تیمارها با توجه به مشاهدات بیشترین میانگین وزن تر اندام هوایی در رقم ویلیامز در تیمار همزمان دو هورمون با مقدار (۲۰/۲۹ گرم) و کمترین میانگین وزن تر اندام هوایی در تیمار شاهد رقم L17 (۱۰/۷ گرم) مشاهده شد همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس این صفت در عامل رقم و هورمون بسیار معنی‌دار شد (شکل۲،۱). هرچند در مورد تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

وزن خشک اندام هوایی

بیشترین میانگین وزن خشک اندام هوایی در رقم ویلیامز در تیمار با دو هورمون اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات (۴/۸۸ گرم) و کمترین میانگین وزن خشک اندام هوایی در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

رقم L17 تیمار شاهد (۲/۰۹ گرم) مشاهده شد (شکل ۱). همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) در عامل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲) اگرچه در تاثیر متقابل رقم و هورمون معنی‌دار نشد.

درصد رطوبت نسبی برگ (RWC)

پارامتر محتوای نسبی آب برگ در هر دو رقم از گیاهان سویا تحت تیمارهای مختلف هورمون مورد سنجش و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرمتغییرهای رقم و هورمون در این صفت معنی‌دار شده است (شکل ۱، ۲) به‌طوری‌که بیشترین میانگین درصد رطوبت نسبی برگ در رقم ویلیامز در تیمار همزمان دو هورمون (۷۲/۵۵ درصد) و کمترین درصد رطوبت نسبی برگ در رقم L17 تیمار شاهد (۶۲/۲۸ درصد) مشاهده شد. محتوای آب نسبی به‌عنوان معیاری قابل اعتماد برای اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی محسوب شده و از این نظر نسبت به پتانسیل آب سلول برتری دارد، زیرا محتوای آب نسبی برگ از طریق ارتباط مستقیم با حجم سلول می‌تواند تعادل بین آب گیاه و سرعت تعرق را بهتر نشان دهد (۲۸).

شاخص برداشت

با توجه به جدول تجزیه واریانس شاخص برداشت در متغیرهای رقم، هورمون و تاثیر متقابل رقم و هورمون تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل۳،۱،۲). به‌طوری‌که بیشترین میانگین شاخص برداشت در رقم ویلیامز در تیمار با هر دو هورمون (۱۶/۵۳) و کمترین میانگین شاخص برداشت در رقم L17 تیمار شاهد (۳/۶۷) مشاهده شد.

وزن تر ریشه

با توجه به جدول تجزیه واریانس این صفت درمتغییرهای رقم، هورمون بسیار معنی دار شده است (شکل۱،۲) به‌طوری که بیشترین میانگین وزن تر ریشه در رقم ویلیامز در استفاده همزمان دو هورمون (۲۲/۸۵ گرم) و کمترین میانگین وزن تر ریشه در تیمار شاهد رقم L17 (۱۲/۱۷ گرم) مشاهده شد.

وزن خشک ریشه

بیشترین میانگین وزن خشک ریشه در رقم ویلیامز در استفاده همزمان دو هورمون اسید سالیسیلیک و متیل جاسمونات (۳/۵۱ گرم) و کمترین میانگین وزن خشک ریشه در رقم L17 تیمار شاهد (۱/۵۳ گرم) مشاهده شد همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس این صفت در عامل هورمون معنی‌دار شده است (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مروفولوژیک و فیزیولوژیک

Table 2. Results of analysis of variance for morphological and physiological traits

		میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع‌گیاه	طول‌ریشه	ریشه‌جانبی	تعداد گره	فاصله میانگره	شاخه‌جانبی	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	تعداد گره در ریشه
رقم	۱	۴۵/۴۹**	۲۱/۰۱^{ns}	۶^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۱/۰۴۲^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}	۰/۰۴۲^{ns}	۰/۳۷۵^{ns}	۱۲/۰۴^{ns}
هورمون	۳	۲۹۶/۶۱***	۳۲۴/۹۳***	۸۶/۰۵***	۵/۵**	۰/۹۶*	۱/۳۷۵**	۱/۱۵۳**	۲۵/۸۲***	۶۰۱/۸۲***
رقم×هورمون	۳	۶/۰۸^{ns}	۳۵/۳۲^{ns}	۳/۶۶^{ns}	۱/۹۴^{ns}	۰/۴۰۳^{ns}	۰/۲۶۴^{ns}	۰/۴۱۷^{ns}	۱/۹۳۱^{ns}	۲۱/۹۳**
خطا	۱۶	۴/۷۴	۷/۴۱	۲/۶۶	۰/۹۵	۰/۲۸۳	۰/۲۵	۰/۲۰۸	۱/۵۸۳	۵/۲۱
CV		۲۱/۴۵	۳/۲۶	۱۴/۷۸	۲۰	۷/۸۷	۳۴/۶۴	۴۳/۳۰	۲۲/۹۱	۵/۵۵

ns: معنی‌دار نبوده است، *، ** و ***: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح پنج، یک و یک دهم درصد

ادامه جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مروفولوژیک و فیزیولوژیک

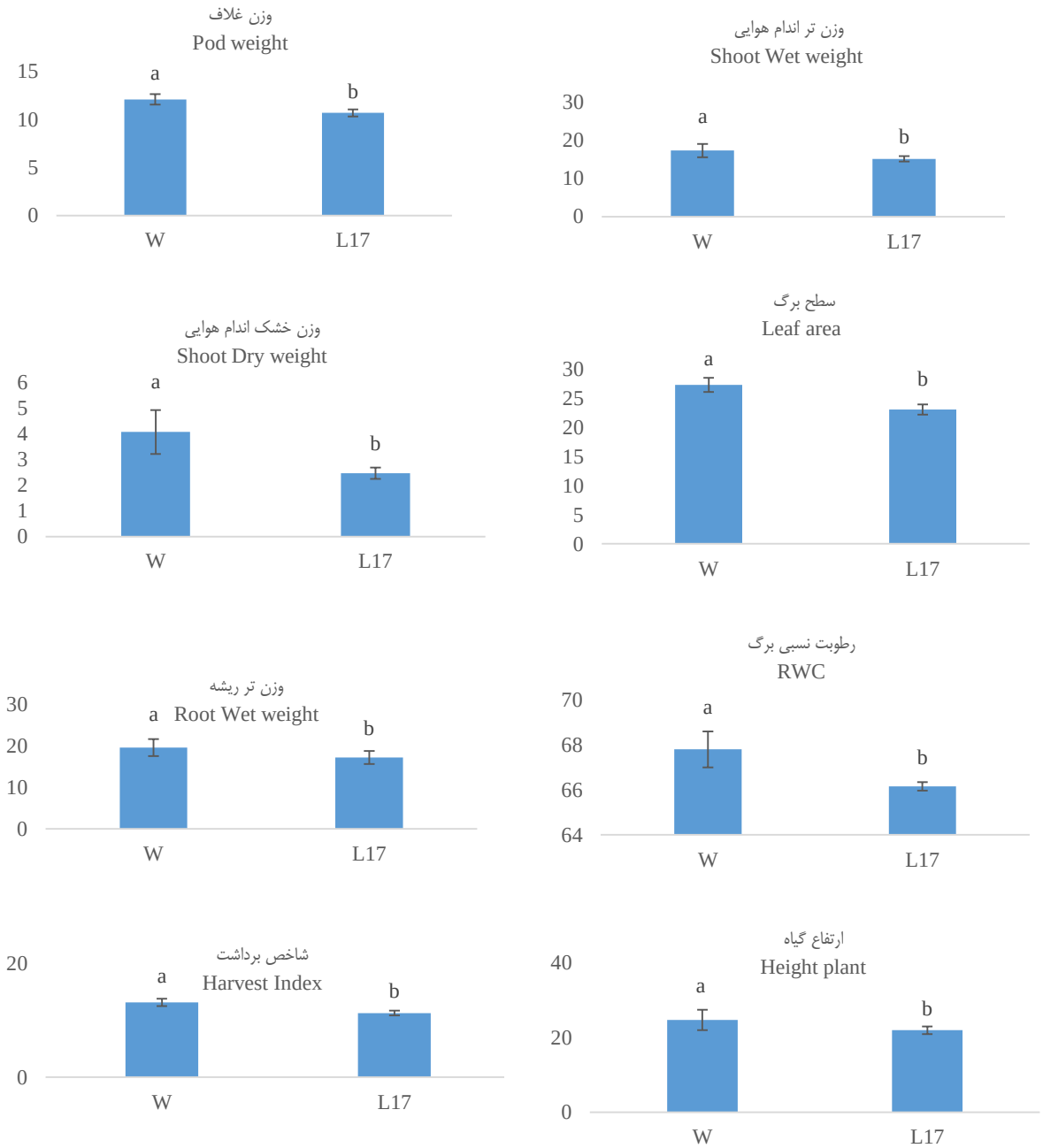
Table 2. Results of analysis of variance for morphological and physiological traits

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت I	رطوبت نسبی برگ	وزن خشک ریشه	وزن‌تر‌ریشه	وزن خشک هوایی	وزن تر هوایی	سطح برگ	وزن غلاف
رقم	۱	۲۰/۶۶**	۱۶/۴۹*	۰/۱۸۲^{ns}	۳۴/۶۳**	۶/۹۲۳***	۲۸/۵۵**	۱۳/۴۵۵*	۱۱/۸۷۲**
هورمون	۳	۱۱۲/۹۲***	۶۲/۰۴۲***	۳/۸۲۴**	۷۶/۰۶۶***	۴/۷۹۴***	۶۴/۸۸***	۱۵۷/۸۶***	۱۰۱/۲۳***
رقم×هورمون	۳	۶/۰۱۲*	۴/۲۷۰^{ns}	۰/۱۰۱^{ns}	۲/۸۱۴^{ns}	۲/۴۹۵^{ns}	۵/۴۸۶^{ns}	۴۳/۸۶۸***	۷/۴۶**
خطا	۱۶	۱/۳۱۳	۲/۹۴۴	۰/۴۸	۳/۶۵۶	۰/۲۰۳	۲/۲۲	۲/۷۹	۱/۰۷
CV		۳/۷۶	۱/۳۱	۲۲/۶۷	۱۹/۵۶	۳۶/۱۳	۱۲/۴۹	۳/۳۲	۶/۸۵

ns: معنی‌دار نبوده است، *، ** و ***: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح پنج، یک و یک دهم درصد

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

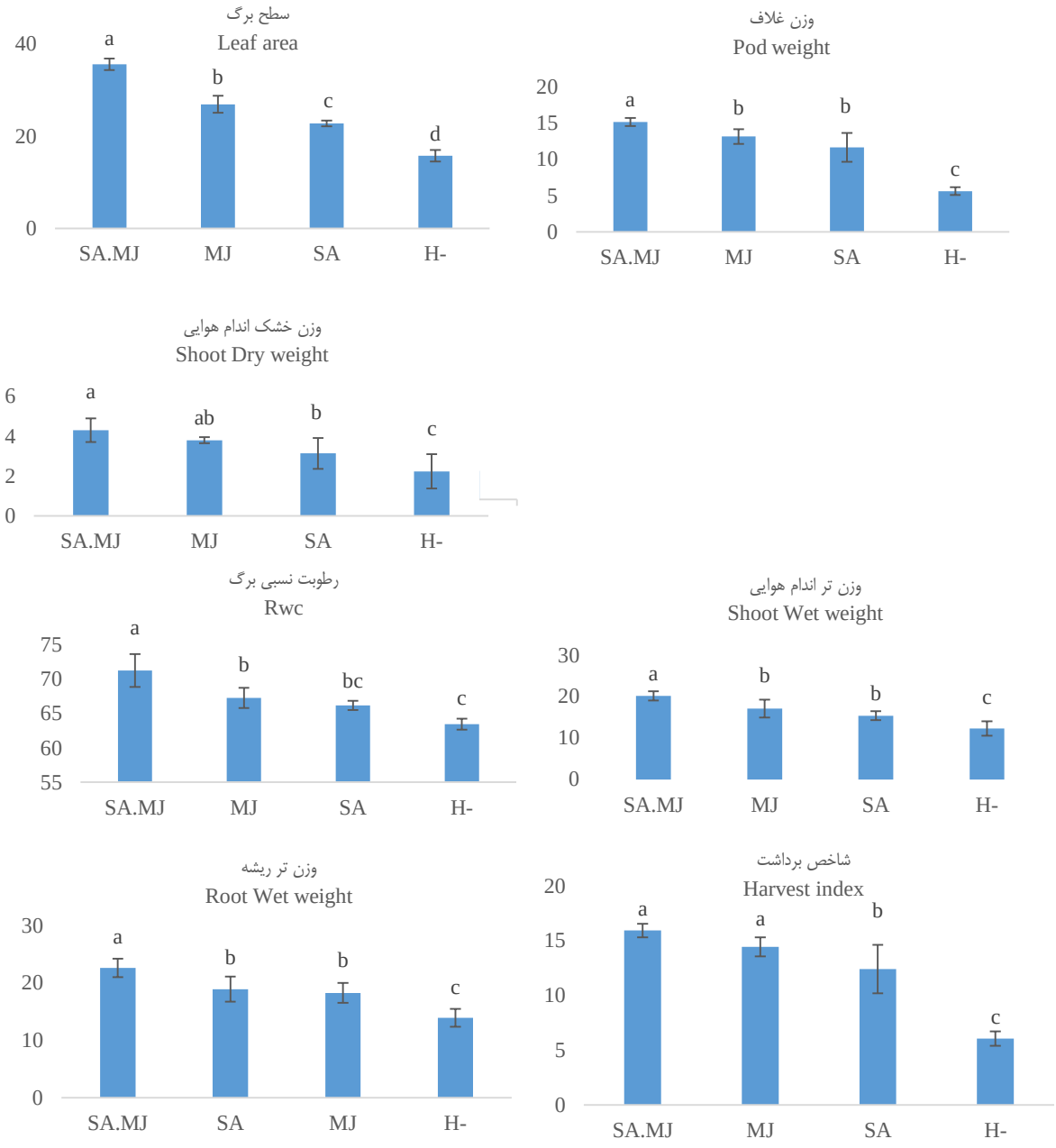


شکل ۱– مقایسه پارامترهای وزن تر، وزن غلاف و شاخص برداشت، ارتفاع گیاه و وزن تر ریشه، در ارقام مختلف با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۰/۰۰۱ و سطح برگ و درصد رطوبت نسبی برگ در ارقام مختلف با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ نشان دادند. حروف لاتین متفاوت نیز در بالای نمودارها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد

Figure 1. Comparison of parameters of fresh weight, pod weight, harvest index, plant height and root fresh weight in different cultivars using analysis of variance, showed significant difference at the level of 0.01 and for shoot dry weight, at the levels of 0.001 and leaf area ,RWC showed significant differences and 0.05. Different Latin letters at the top of the graphs indicate a significant difference between the treatments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

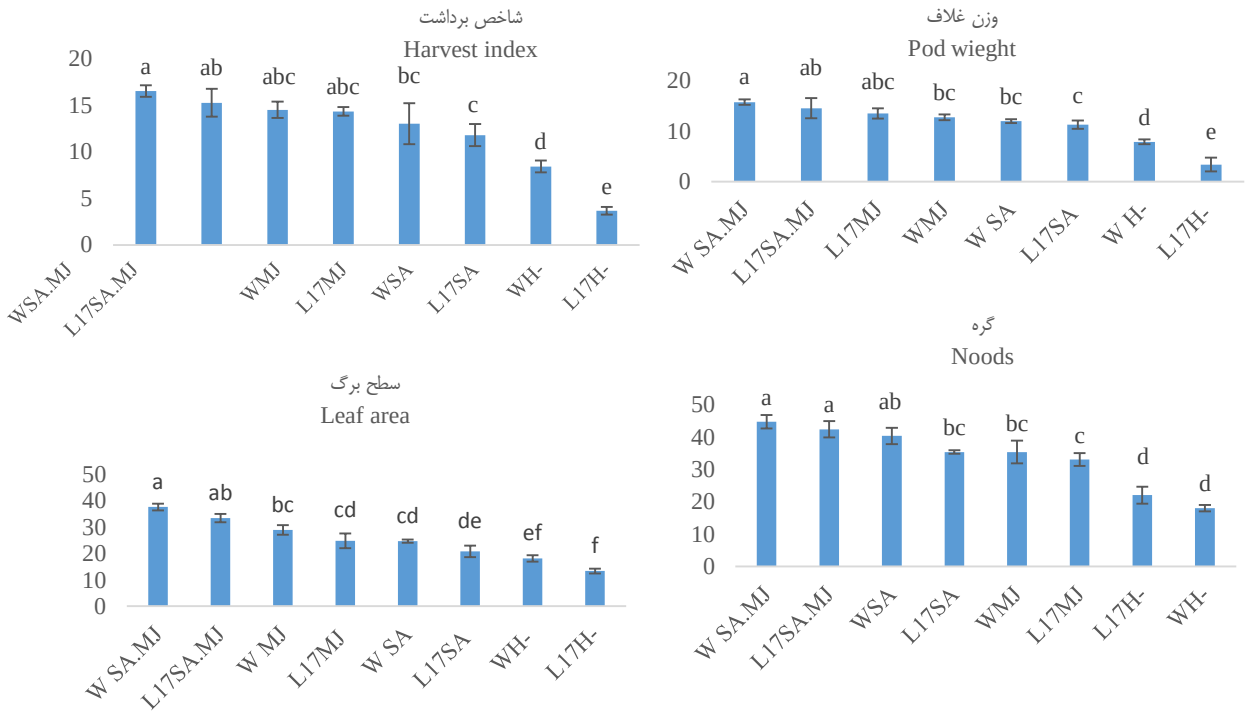


شکل ۲- مقایسه پارامترهای سطح برگ و وزن غلاف و وزن تر ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخص برداشت و درصد رطوبت نسبی برگ تحت اثر هورمون با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱ و پارامترهای وزن خشک ریشه تحت اثر هورمون با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ نشان دادند. حروف لاتین متفاوت نیز در بالای نمودارها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد

Figure 2. Comparison of leaf surface parameters and pod weight and root fresh weight, fresh and dry weight of shoots, harvest index and percentage of relative leaf moisture under the influence of hormone using analysis of variance with significant difference at the level of 0.001 and parameters of root dry weight Under the influence of hormone using analysis of variance showed a significant difference at the level of 0.01. Different Latin letters at the top of the graphs indicate a significant difference between the treatments

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]



شکل ۳- مقایسه پارامترهای سطح برگ و شاخص برداشت تحت‌تاثیر متقابل رقم و هورمون با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری به ترتیب در سطح ۰/۰۰۱ و ۰/۰۵ نشان دادند. مقایسه پارامترهای وزن غلاف وتعداد گره درریشه تحت تاثیر متقابل رقم و هورمون با استفاده از آنالیز واریانس تفاوت معنی‌داری درسطح ۰/۰۱ نشان دادند. حروف لاتین متفاوت نیز در بالای نمودارها بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد

Figure 3. Comparison of leaf area parameters and harvest index under the interaction of cultivar and hormone using analysis of variance showed significant differences at the levels of 0.001 and 0.05, respectively. Comparison of pod weight parameters and number of tubers at the root under the interaction of cultivar and hormone using analysis of variance showed a significant difference at the level of 0.01. Different Latin letters at the top of the graphs indicate a significant difference between the treatments

نتیجه‌گیری کلی

بقولات با ایجاد همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و تولید گره در ریشه سبب تثبیت نیتروژن مولکولی می‌شوند. در این تحقیق تمرکز اصلی بیشتر روی تاثیر هورمون‌ها بر صفات فیزیولوژی و عملکردی ارقام سویا بود. نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر کاربرد دو هورمون اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در گیاهان شاهد که هیچگونه هورمونی دریافت نکرده بودند این ویژگی‌های مورفولوژیکی در کمترین مقدار خود هستند. بطور کلی اسید سالیسیلیک روی ارتفاع اندام هوایی و گره‌زایی رقم ویلیامز موثرتر از رقم L17 بوده و همچنین کاربرد متیل جاسمونات روی پارامترهای وزن غلاف و سطح برگ موثرتر از اسید سالیسیلیک بوده است، و همچنین کاربرد همزمان هر دو هورمون تاثیر بسزایی روی صفات عملکردی و وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه و شاخص برداشت ارقام سویا داشته است.

گزارشات پدرسن و همکاران (۲۱)، و کومودینت و همکاران (۱۲) ، افزایش عملکرد دانه در ارقام سویا را به دلیل افزایش میزان شاخص برداشت آن‌ها بیان کردند. با توجه به اینکه خصوصیاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد گره روی ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته عوامل موثر بر افزایش عملکرد سویا می‌باشند، لاین‌هایی که بتوانند در مجموع برآیند بالاتری از خصوصیات فوق را به صورت یک‌جا داشته باشند، از پتانسیل ژنتیکی بالاتری نیز برخوردار هستند. این مفهوم در گزارشات پندی و همکاران (۲۲) و راجپوت و همکاران (۲۷)، دس و همکاران (۸) و آمارانتات و همکاران (۲) بیان شده است. چون متیل جاسمونات میتواند تولید ROS را در گیاهان القا نماید، بنابراین یک سیستم آنتی‌اکسیدان موثر برای حفظ عملکردهای متابولیکی در شرایط تنش و غیر تنش ضروری است.

در بررسی اثر متیل جاسمونات، نشان داده شده است که در شرایط تیمار با متیل جاسمونات فعالیت آنزیم سوپر اکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز در گیاه آرابیدوپسیس ژانگ (۱۰) و کلزا، کامپاروت و همکاران (۵) افزایش پیدا کرده است .در مطالعه دیگری نیز بررسی‌ها نشان دادند که اسید جاسمونیک با تأثیر بر فعالیت آنزیم GalLDH Dehydrogenase (Lactone Galactono-1,4-) که یک آنزیم کلیدی در مسیر بیوسنتز اسید آسکوربیک می‌باشد، محتوای اسید آسکوربیک را در Agropyron (cristatum) در شرایط تنش خشکی تنظیم کرده است (۲۹). متیل جاسمونات به‌عنوان محرک برای افزایش قدرت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی عمل کرده و موجب کاهش تنش

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]
[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

اکسیداتیو، افزایش کلروفیل و همچنین بهبود پارامترهای رشد شده است. در مورد اثر متیل جاسمونات بر بیوماس در گیاهان گزارشات متناقضی ارائه شده است. برای مثال، گزارش شده است که متیل جاسمونات در غلظت 10^{-3} M و 10^{-4} M باعث کاهش رشد ریشه و ساقه در گیاه (Pharbitis nil) شده است در حالی که در غلظت 10^{-7} M اثرمحرک بر رشد ریشه و ساقه داشته است (۱۸). متیل جاسمونات با فعال کردن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در کلروپلاست از تخریب کلروفیل و کاهش فتوسنتز در گیاه جلوگیری کرده و موجب بهبود رشد گیاهان مورد آزمایش شده است (۲۳). اثرهای مثبت اسید سالیسیلیک بر افزایش آسیمیلاسیون و درصد فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاهان تحت تیمار اسید سالیسیلیک دیده شده است (۳۰). مارتین مکس و همکاران (۱۹) گزارش کردند که در گیاهان زینتی مانند بنفشه و گلوکسینیا، اسید سالیسیلیک تعداد برگ‌های تشکیل شده را افزایش داده است، به‌طوری‌که سطح برگ گیاهان تیمار شده، ۱۰ درصد بیشتر از گیاهان شاهد بود. القای رشد توسط اسید سالیسیلیک توسط چودهاری و همکاران (۶)، در برنج، و کرانتیو و همکاران (۱۳) در ذرت و مت والی و همکاران (۲۰) در جو نیز گزارش شده است. اثر مثبت اسید سالیسیلیک در گیاهان مختلفی تحت شرایط تنش غیرزیستی گزارش شده است که به اهمیت و نقش اسید سالیسیلیک در توانایی فتوسنتز و جذب عناصر غذایی و رشد نسبت داده شده است (۱۵،۱۴،۳).

منابع

1. Abdala, G., O. Miersch, R. Kramell, A. Vigliocco, E. Agostini, G. Forchetti and S. Alemano. 2003. Jasmonate and octadecanoid occurrence in tomato hairy roots. Endogenous level changes in response to NaCl. Plant Growth Regulation, 40: 21-27.
2. Amaranthath, K.C. and S.R. Viswantaha. 1990. Path coefficient analysis for some quantitative characters in soybean. Journal of Agricultural Sciences, 24(3): 312-315.
3. Arfan, M., H.R. Athar and M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two of the NPR1-TGA1 interaction by salicylic acid? Plant Cell, 15: 1947-1949.
4. Creelman, R.A. and I.E. Mullet.1997. Biosynthesis and action of jasmonate in plants. Annual Review of Plant Phsiology and Plant Molecular Biology, 48: 355-381.
5. Comparot, S.M., C.M. Graham and D.M. Reid. 2002. Methyl jasmonate elicits a differential antioxidant response in light and dark grown canola (*Brassica napus*) roots and shoots. Journal Plant Growth Regulation, 38: 21-30.
6. Choudhury, S. and S.K. Panda. 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in Oryza Sativa L. roots. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 30: 95-110.
7. Dong, H.D. and J.J. Zhong. 2001. Significant improvement of taxane production in suspension cultures of Taxus chinensis by combining elicitation with sucrose feed. Biochemical Engineering Journal, 8: 145 -50.
8. Das, M.L., A. Raman and A.J. Miah. 1989. Correlation and path coefficient and regression studies in soybean. Bangladesh Journal Agricultural Research, 14(1): 27-29.
9. Hogland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water- culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular, 347: 1-32.
10. Jung, S. 2004. Effect of chlorophyll reduction in Arabidopsis thaliana by methyl jasmonate or norflurazon on antioxidant systems. Journal of Plant physiology and Biochemistry, 42: 231-255.
11. Kamrava, S., B. Nadali and B. Nadali. 2016. Evaluation of Some Soybean Genotypes (*Glycine max*) under Salt Stress. Journal of Crop Breeding, 8(18): 57-63.
12. Kumudini, S., D.J. Hume and G. Chu. 2001. Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. Crop Science, 41: 391-398.
13. Krantev, A., R. Yordanova, T. Janda, G. Szalai and L. Popova. 2008. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. Journal of Plant Physiology, 165: 920-931.
14. Khan, W., B. Printhviraj and D.L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology, 160: 485-492.
15. Kang, G. 2003. Salicylic acid changes activities of H2o2 metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environmental and Experimental Botany, 50: 9-15.
16. Lodwig, E.M., M. Leonard, S. Marroqui, T.R.Wheeler, K. Findlay, J.A. Downie, P.S. Poole. 2005. Role of polyhydroxybutyrate and glycogen as carbon storage compounds in pea and bean bacteroids. Molecular plant-microbe interactions, 18(1): 67-74.
17. Leon, J. and J. Sanchez-Serrano. 1999. Molecular biology of jasmonic acid biosynthesis in plants. Plant Physiology and biochemistry, 37: 373-380.
18. Maciejewska, B. and J. Kopcewicz. 2002. Inhibitory effect of methyl jasmonate on flowering and elongation growth in phatbitis nil. Journal of Plant Growth Regulation, 21: 216-223.
19. Martin- Max, R. and A. Larque- Saavedra. 2001. Effect of salicylic acid in clitoria (*Clitoria ternatea* L.) bioproductivity in Yucatan, Mexico, 28th Annual Meeting. Plant Growth Regulation, Society of America, Miami Beach Florida, USA, 97- 99 pp.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

20. Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K.J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiology, 132: 272-281.
21. Pedersen, P. and J.G. Lauer. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agronomy Journal, 96: 1372-1381.
22. Pendy, J.P. and J.H. Torri. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean. Crop Science. 13: 505-507.
23. Popova, L., L. Maslenkova, R. Yordanova, A. Ivanova, A. Krantev, G. Szalai and T. Janda. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 47: 224-231.
24. Qiu, L. and R.J.T.S.B. Chang.2010. Production and uses, the origin and history of soybean, CAB international, USA, 1-23.
25. Russelle, M. 2001. After an 8,000-year journey, the"Queen of Forages" stands poised to enjoy renewed popularity. American Scientist, 89: 252-61.
26. Ramezannezhad, R., N. Lahouti and A. Ganjali. 2013. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical parameters on resistant and sensitive chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. Journal of plant Ecophysiology, 5(12): 24-36 (In Persian with English Summary).
27. Rajput, M.A., G. Sarwan and K.H. Tahir. 1986. Path coefficient analysis development and yield components in soybean. Soybean Genetics News. US. Agricultural Research, 13: 87-91.
28. Schonfield, M.P., J.C. Richard, B.P. Carver and N.W. Mornhi. 1988. Water relations in water wheat as drought resistance indicators, Crop Science, 28: 526-531.
29. Shan, C. and Z. Liang. 2010. Jasmonic acid regulates ascorbate and glutathione metabolism in Agropyron cristatum leaves under water stress. Plant Science, 178(2): 130-139.
30. Szepesi, A., J. Csiszar, S. Bajkan, K. Gemes, F. Horvath, L. Erdei, A.K. Deer, M.L. Simon and I. Tari. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress, Acta Biologica Szegediensis, 49: 123-125.
31. Yahoueian, S. and A. Pooya. 2018. Overexpression of the *StP5CS* gene promotes nodulation and nitrogen fixation in vegetable soybean under drought stress. Legume Research, - An International Indian Journal, 42(5): 603-608.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]

Evaluation of Morphophysiological Traits and Response of Soybean Cultivars to Foliar Treatment with Methyl Jasmonate and Salicylic Acid

Fatemeh Sadraeifar[1], Masoud Ahmadi-Afzadi[2], Saeed Mirzaei[3] and Maryam Abdoli Nasab[3]

1- M.Sc. Student, Department of Biotechnology, Institute of Science, High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
2- Assistant Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science, High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran,
(Corresponding author: m.ahmadiafzadi@kgut.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science, High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
Received: 14 January 2022 Accepted: 2 March 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Soybean (*Glycine max*) belongs to Leguminous and is one of the legumes that provides food to millions of people and plays a major role in the preparation of chemicals. The Fabaceae family includes legumes, which are the second most important crop family after the poace family. Soybeans are an important thermophilic food product that contains important proteins that support human health.

Material and Methods: In order to investigate the response of two soybean cultivars to the hormone at different stages of growth and the effect of hormones on yield and yield components, a factorial experiment based on a completely randomized design with three replications was conducted in the research greenhouse of Graduate University of Advanced Technology in 2020. Soybean plants were treated with salicylic acid and methyl jasmonate and with two hormones simultaneously, and control pots were treated distilled water. During the growing period, fertilization was performed with complete Hoagland fertilizer and after a proper growth period, the samples were harvested at physiological maturity. After sowing, the seeds of Rhizobium were given in two stages in order to induce soybean roots.

Results: The results of this study showed a significant difference between cultivars in terms of different hormone application: In control plants that did not receive any hormones, these morphological features are minimum The results showed that there were significant differences in the number of nodules per root, pod weight per plant, leaf area, and harvest index under the interaction of cultivar and hormone. The results of comparing the means showed that the simultaneous application of salicylic acid and methyl jasmonate increased the growth and yield of the cultivars.

Conclusion: Among morphological traits (shoot height, root length and width, number of lateral roots, fresh and dry weight of shoot and root and pod weight) in hormone treatment conditions for Williams cultivar showed more increase than L17 cultivar. The results of this study can be used in research for the practical use of such compounds and to enhance performance and important traits in performance.

Keywords: Grain yield, L17, Morphology, Soybean, Williams

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-11-24]

[DOI: 10.52547/jcb.14.43.95]