دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال یازدهم، شماره سی و ششم، ۱۳۹۸

# تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata*)

بهروز محمدپرست[۱]، علی حاتمی[۲]، مجید رستمی[۳]، عبدالله عزیزی[٤]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹٦/۵/۱۰

**چکیده**

به‌منظور بررسی تأثیر پیش‌تیمار بذری با اسید سالیسیلیک و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ماش، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای موردبررسی شامل کاربرد اسید سالیسیلیک در ٤ سطح (صفر، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در ٤ سطح (عدم تلقیح بذر به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس استرین ۱۸٦، ازتوباکتر کروکوکوم استرین ۵ و آزوسپیریلوم لیپوفروم استرین OF) بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده برهمکنش پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر شاخص کلروفیل برگ، درصد پروتئین دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود درصورتی‌که صفات وزن خشک ریشه، حجم ریشه و عملکرد بیولوژیک فقط تحت تأثیر اثرات ساده این دو تیمار قرار گرفتند. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک، وزن خشک و حجم ریشه در شرایط پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. بیشترین درصد پروتئین دانه در همه سطوح اسید سالیسیلیک در شرایط تلقیح با ازتوباکتر مشاهده شد ولی میزان اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه، شاخص کلروفیل و شاخص برداشت به غلظت اسید سالیسیلیک بستگی داشت و در شرایط پیش‌تیمار بذر با سطوح ۰/۲ و ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، بیشترین عملکرد دانه در اثر تلقیح با باکتری سودوموناس به دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، حبوبات، حجم ریشه، شاخص برداشت، عملکرد

**محمدپرست، ب.، ع. حاتمی، م. رستمی و ع. عزیزی. ۱۳۹۸. تأثیر پیش‌تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata*). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳٦: ۲۰۳-۱۹۰.**

۱- استادیار گروه زیست شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: majidrostami7@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

٤- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

مقدمه

ماش گیاهی یک‌ساله و گرمادوست از تیره بقولات است که همانند سایر گونه‌های این تیره توانایی تثبیت نیتروژن دارد. دانه-های این گیاه بین ۲۰ تا ۲٤ درصد پروتئین دارند و به دلیل غنی بودن از اسیدهای آمینه ضروری نقش مهمی را در تغذیه مردم دنیا به‌ویژه در کشورهای فقیر ایفا می‌کند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). هر هکتار از این گیاه سالانه بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن اتمسفری را تثبیت کرده و باعث تقویت زمین‌های زراعی می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). ازآنجا که میزان عملکرد حبوبات در مقایسه با سایر گروه‌های گیاهان زراعی همچون غلات پایین‌تر است، تحقیقات در جهت یافتن راهکارهایی برای بهبود عملکرد این گیاهان موردتوجه قرارگرفته است. پیش تیمار کردن بذر یکی از این روش‌ها است که باعث می‌شود بذرها قبل از قرار گرفتن در بستر کاشت آمادگی لازم برای جوانه زدن را به دست آورند (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹). ازجمله دلایل بهبود عملکرد ناشی از پیش تیمار می‌توان به افزایش سرعت استقرار گیاهان و استفاده بیشتر از آب، عناصر غذایی و تشعشع خورشیدی اشاره داشت. روش‌های پیش تیمار کردن بذرها می-تواند در بهبود کیفیت تولید مؤثر باشد و به همین دلیل از طیف وسیعی از ترکیبات آلی و شیمیایی برای پیش تیمار کردن بذرها استفاده می‌شود که ازجمله آن‌ها می‌توان به اسید سالیسیلیک اشاره کرد. اسید سالیسیلیک یکی از ترکیبات فنلی است که در گیاهان به میزان بسیار اندکی تولید می‌شود (راسکین، ۱۹۹۲) و نقش مهمی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند جوانه‌زنی، رشد و نمو گیاهان دارد. اثرات مثبت اسید سالیسیلیک هم در شرایط عادی و هم در شرایط تنش گزارش شده است. ثابت شده است که پیش تیمار بذرها با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در ایجاد تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی گیاه ریحان مؤثر بوده است (دلاوری و همکاران، ۲۰۱۰). عبداللهی و شکاری (۱۳۹۲) با بررسی اثر پیش تیمار بذر گندم با اسید سالیسیلیک گزارش کردند که کاربرد این ماده به نحو مؤثری عملکرد و اجزای عملکرد را بهبود بخشید.

باکتری‌های محرک رشد می‌توانند از طریق تأثیر بر ریشه گیاهان تلقیح شده موجب افزایش جذب عناصر و بهبود رشد شوند. از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌توان به باکتری‌های جنس ازوتوباکتر، آزوسپریلوم، باسیلوس و سودوموناس اشاره نمود که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر فراوان هورمون‌های تحریک‌کننده رشد، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (زهیر، ۲۰۰٤). ازتوباکترها با تولید پلی ساکارید در محیط ریشه، گیاه را از عوامل مهاجم حفظ و از نفوذ یون‌های فلزات سمی به درون سلول‌ها ممانعت می‌نمایند (گائوری و همکاران، ۲۰۰۹). باکتری‌های متعلق به خانواده ازتوباکتر علاوه بر تثبیت نیتروژن مولکولی هوا، از طریق افزایش تحرک و قابلیت جذب عناصر غذایی و به‌ویژه تولید فیتوهورمون‌های رشد، موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شوند (رجایی و همکاران، ۱۳۸٦).

باکتری آزوسپیریلوم به دلیل توان تثبیت نیتروژن مولکولی به‌صورت همیاری با گیاهان زراعی مانند انواع غلات و همچنین تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه به‌عنوان یک کود بیولوژیک موردتوجه قرارگرفته است (صالح راستین، ۱۳۷۷). باکتری‌های آزوسپیریلوم دامنه‌ای از اثر متقابل را در گونه‌های گیاهی مختلف ایجاد می‌کنند. در ابتدا محققان بر این باور بودند که آن‌ها فقط در ریزوسفر وجود دارند، اما بعداً نژادهای اندوفیتیکی از این باکتری‌ها پیدا شد که قادرند درون گیاه را نیز کلونیزه کنند و از این راه نیتروژن را با کارایی بیشتری تأمین نمایند (فیشر و همکاران، ۲۰۰۳). صیادی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که تلقیح بذر ماش با باکتری آزوسپریلوم تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه، تعداد انشعابات ریشه، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، طول و عرض غلاف و عملکرد بیولوژیک داشت. گونه‌های مختلف جنس سودوموناس از طریق راهکارهای مختلفی ازجمله تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و ساخت آنزیم-هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می‌گردند (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۷). گونه‌های متعددی از سودوموناس، حل‌کننده فسفات می‌باشند که ضمن توانایی حل کردن فسفات، در تثبیت نیتروژن اتمسفری نیز مؤثر هستند. مکانیسم گزارش شده برای باکتری‌های حل‌کننده فسفات، تولید اسیدهای آلی است (وسکوئز و همکاران، ۲۰۰۰). اخیراً به دلیل هزینه‌های بالای کودهای شیمیایی و تمایل به کاهش آلودگی ناشی از کود فسفر، گرایش به سمت استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات (ازجمله سویه‌هایی از جنس سودوموناس) افزایش یافته است (سان و همکاران، ۲۰۰٤). هدف از اجرای این آزمایش، تعیین غلظت مناسب اسید سالیسیلیک و همچنین مناسب‌ترین باکتری محرک رشد برای پیش‌تیمار بذور ماش به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد در شرایط اقلیمی شهر ایلام بود.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در ۲۵ کیلومتری شهرستان ایلام (٤٦ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ٤٦ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۰۳ متر از سطح دریا) انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای موردبررسی شامل سطوح پرایمینگ با اسید سالیسیلیک در ٤ سطح صفر ( شاهد)، ۰/۲، ۰/۵ و ۱ میلی مولار و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در ٤ سطح (عدم تلقیح بذر به‌عنوان شاهد، تلقیح بذر با باکتری سودوموناس[1] استرین ۱۸٦، ازتوباکتر کروکوکوم[2] استرین ۵ و آزوسپیریلوم لیپوفروم[3] استرین OF) بود. سطوح کاربردی اسید سالیسیلیک با توجه به نتایج مثبت گزارش شده توسط سایر پژوهشگران (شکاری و همکاران، ۱۳۸۹) انتخاب شدند و به این منظور پس از آماده‌سازی غلظت-های مختلف اسید سالیسیلیک، بذرها به مدت ۲٤ ساعت در محلول مربوط به هر تیمار قرار گرفتند، سپس از محلول خارج شده و مدت‌زمان ٤۸ ساعت در هوای آزاد قرار داده شدند تا بذرها کاملاً خشک شوند (میار صادقی و همکاران، ۱۳۸۹). هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و طول ۳ متر بود. فاصله بوته‌ها در روی ردیف نیز ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر دو کرت یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. فاصله بین دو تکرار نیز ۱ متر تعیین گردید. کاشت بذر بر روی خطوط کاشت، در عمق ٤-۳ سانتیمتری انجام شد. آبیاری بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی و مطابق عرف کشاورزان منطقه تقریباً هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک زنی، ایجاد جوی پشته و کرت بندی قبل از کشت در اوایل فصل بهار انجام شد. کودهای پایه نیتروژن، فسفر و پتاسیم با توجه به نتایج آزمون خاک مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۲). به این منظور در مرحله آماده‌سازی زمین مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مصرف شد. عملیات کاشت در ۲۰ خردادماه انجام شد. بذور ماش تحت تیمار تلقیح باکتری، قبل از کشت به باکتری آغشته گردیده و سپس کشت شدند. برای تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، از محلول صمغ عربی به نسبت ۱۰ درصد وزنی به حجمی استفاده گردید. بدین منظور که بعد از تهیه محلول صمغ عربی و قرارگیری باکتری‌ها در داخل محلول مربوطه نسبت به تلقیح بذر اقدام شد (نظرلی و سیدشریفی، ۱۳۹۲). مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی (وجین) و مبارزه با آفات و بیماری‌ها به‌صورت شیمیایی صورت پذیرفت.

پس‌ازاینکه بوته‌ها به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیدند، با حذف اثر حاشیه‌ای از مرکز هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت و صفات موردنظر به شرح زیر موردسنجش قرار گرفتند:

**شاخص سبزینگی:** برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD 502 Plus استفاده شد و میانگین عدد به‌دست‌آمده مربوط به هر گیاه یادداشت‌برداری شد.

**حجم و وزن خشک ریشه: در مرحله تشکیل غلاف با استفاده از یک قاب فلزی مستطیلی ریشه مربوط به ۱۰ بوته برداشت شد،** سپس ریشه‌ها توسط آب در یک ظرف بزرگ شسته و میانگین طول آن‌ها ثبت شد. برای سنجش حجم، ریشه-های جداشده در یک استوانه مدرج محتوی آب قرار گرفتند و از طریق سنجش میزان تغییرات حجم آب موجود در استوانه، حجم ریشه‌ها برحسب سانتی‌متر مکعب سنجیده شد (مشفقی و همکاران، ۱۳۹۳). ریشه‌هایی که به‌منظور مطالعه حجم و طول جداشده بودند به مدت ٤۸ ساعت در آونی با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و میانگین وزن این ریشه‌ها در هر تیمار ثبت گردید.

**سنجش پروتئین کل:** برای سنجش پروتئین کل ابتدا با استفاده از روش کجلدال درصد نیتروژن دانه اندازه‌گیری شد و سپس با ضرب کردن عدد به‌دست‌آمده در ضریب ٦/۲۵ درصد پروتئین دانه محاسبه شد.

**عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک:** برای این منظور در پایان فصل رشد و با شروع خشک شدن غلاف‌ها با حذف حاشیه کرت از چهار طرف، مساحتی معادل۲ مترمربع برداشت شد و پس از جداسازی دانه‌ها عملکرد تولیدشده برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. کل وزن خشک بخش هوایی گیاه که شامل وزن دانه‌ها و بقایای گیاهی بود به‌عنوان عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک شاخص برداشت (که بیانگر میزان انتقال فراورده‌های فتوسنتزی به دانه‌ها است) محاسبه شد و برحسب درصد گزارش شد.

داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

1- *Pseudomonas*
2- *Azotobacter chroococcum*
3- *Azospirillum lipoferum*

**جدول ۱- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | اسیدیته | درصد نیتروژن کل | فسفر قابل‌استفاده | پتاسیم قابل‌استفاده | درصد سیلت | درصد شن | درصد رس | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱/٤ | ۷/۲۹ | ۰/۰٤ | ۹/٦ | ۲۰۰ | ۲۸ | ٤٥ | ۲۷ | لومی رسی |

## نتایج و بحث

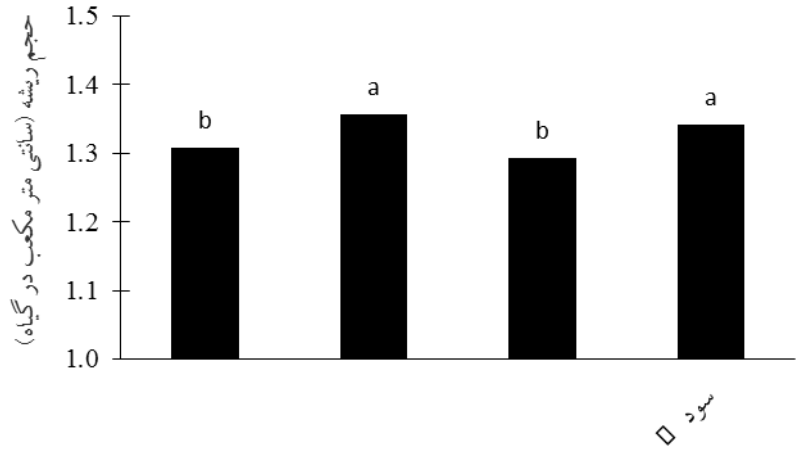
### حجم ریشه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش، تلقیح باکتری‌های محرک رشد و پیش تیمار اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر حجم ریشه ماش داشتند، ولی برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در حالت تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم، حجم ریشه گیاه ماش با ۱/۳۵ سانتی‌متر مکعب در بوته بالاترین میزان را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمارهای عدم تلقیح و همچنین ازتوباکتر افزایش معنی‌داری داشت ولی در مقایسه با تیمار سودوموناس اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱).

**جدول۲- تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر تلقیح باکتری محرک رشد، اسید سالیسیلیک و برهمکنش آن‌ها**

| منابع تغییر | درجه آزادی | حجم ریشه | وزن خشک ریشه | شاخص کلروفیل | درصد پروتئین | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | $^{ns}$۰/۰۰۲۵ | $^{ns}$۰/۰۰۱۲ | $^{ns}$۱/۹۵ | $^{ns}$۰/۲۱۵ | $^{ns}$٥٤٦١ | $^{ns}$۱۲٦۲٤٤ | $^{ns}$۰/۲۸٥ |
| باکتری | ۳ | ۰/۰۱۰٤* | ۰/۰۰٤٥** | *۸/۱۳* | **٥/۳۸۲ | **۲۰۳۷۱ | **٤۳٦۹۷٦ | **۳/۲۲ |
| اسید سالیسیلیک | ۳ | **۰/۰٦٦۲ | **۰/۰۲٤۳ | **۱۹/۹ | **۷/۱٤۲ | **۱٥٦٥٤٦ | **۳۳۸۷۲۲۷ | **٦/۳۳ |
| باکتری × اسید | ۹ | $^{ns}$۰/۰۰۸٥ | $^{ns}$۰/۰۰٥۷۲ | ٦/۷** | ۲/۱۹۸** | **۲۰۹۸۳ | $^{ns}$۹٦۸۲۸ | **۲/۸٦ |
| خطا | ۳۰ | ۰/۰۰۳٤ | ۰/۰۰۰٥ | ۱/۰٤۹ | ۰/٦۸۱ | ٤۰۸۸ | ٥۹۷۰۹ | ۰/٥۸ |
| ضریب تغییرات | | ۸/۱۲ | ۷/۲٤ | ۷/۷۸ | ٥/۰۳ | ۱٤/۷٦ | ٦/٥۳ | ٥/٥۷ |

**, * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و غیر معنی‌دار




**شکل۱- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر حجم ریشه گیاه ماش**

توسعه ریشه تحت تأثیر باکتری‌های محرک رشد با افزایش هورمون‌های رشد در ارتباط است (مستاجران و همکاران، ۱۳۸٤). پژوهشگران دیگر نیز بیان کردند که تلقیح نخودفرنگی با آزوسپیریلوم برازیلنس در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده و یا تلقیح شده با ریزوبیوم، اثر مثبت و معنی‌داری روی رشد ریشه‌های گیاه داشته است (روستا و همکاران، ۱۳۸۸). خلیل زاده و همکاران (۱۳۹۱) افزایش معنی‌دار حجم ریشه گیاه ماش با مصرف کودهای بیولوژیک دارای ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را گزارش کردند. هرچه حجم ریشه بیشتر باشد، ریشه گیاه به منافذ بیشتری از خاک دسترسی دارد، بنابراین جذب آب و مواد غذایی و به دنبال آن ماده خشک و درنهایت عملکرد دانه افزایش می‌یابد.

در این بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری بین حجم ریشه با عملکرد بیولوژیک ($r=۰/٤٥^{*}$) و عملکرد دانه ($r=۰/٦٧^{**}$) نیز مشاهده شد و افزایش حجم ریشه گیاه منجر به افزایش عملکرد تولیدی گیاه ماش گردید (جدول ۳). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین حجم ریشه با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در آزمایش حاضر بیانگر نقش مهم افزایش حجم ریشه در تولید ماده خشک است.

**جدول۳- همبستگی ساده بین صفات موردبررسی در گیاه ماش**

| شاخص برداشت | عملکرد بیولوژیک | عملکرد دانه | درصد پروتئین | کلروفیل برگ | وزن خشک ریشه | حجم ریشه | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ۱ | حجم ریشه |
| | | | | | ۱ | ۰/٦۳** | وزن خشک ریشه |
| | | | | ۱ | ns۰/۳۲۷ | ns۰/۱۰ | کلروفیل برگ |
| | | | ۱ | ۰/۸۷۹** | ۰/٤۱۳* | ns۰/۱۲٥ | درصد پروتئین |
| | | ۱ | ns-۰/۲۹۳ | ns۰/۱٦٤ | ۰/٦٥** | ۰/٦۷** | عملکرد دانه |
| | ۱ | ۰/۷۱** | ۰/۷۸۳** | ۰/۷٤۳** | ۰/٦۷** | ۰/٤٥* | عملکرد بیولوژیک |
| ۱ | ۰/۷۲** | ns۰/۱٤ | ۰/۹۰۷** | ۰/۹۰٥** | ۰/۳۸* | ns۰/۰۷ | شاخص برداشت |

**,* و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ٥ درصد و غیر معنی‌دار

پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۰/٥ میلی مولار و ۰/۲ میلی مولار به ترتیب با میانگین حجم ریشه ۱/٤۱ و ۱/۳٥ سانتی‌متر مکعب در بوته بیشترین تأثیر را در افزایش حجم ریشه گیاه ماش داشته‌اند، ولی غلظت ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک ازنظر آماری با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل۲). پژوهشگران دیگر (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲) نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا یک حد خاص اثرات مثبت در گیاه مشاهده می‌شود ولی در غلظت‌های بالاتر حتی ممکن است اثرات منفی مشاهده شود. از جمله دلایل احتمالی مربوط به اثرات مثبت اسید سالیسیلیک می‌توان به نقش این هورمون در تسریع جوانه‌زنی و استقرار گیاه اشاره کرد که این امر باعث می‌شود گیاه فرصت بیشتری برای استفاده از منابع و رشد داشته باشد و به دنبال آن رشد قسمت زیرزمینی نیز افزایش یابد. میارصادقی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که پیش تیمار بذرهای کلزا با اسید سالیسیلیک باعث تسریع در فرایند سبز شدن گیاه و به دنبال آن برتری در کلیه صفات رشدی موردمطالعه شد. این پژوهشگران نتیجه گرفتند که بذرهایی که گیاهچه آن‌ها سریع‌تر ظاهر می‌شود زودتر از گیاهچه‌های مجاور فتوسنتز خود را آغاز می‌کنند و به همین دلیل میزان تولید در این گیاهان بیشتر خواهد بود.

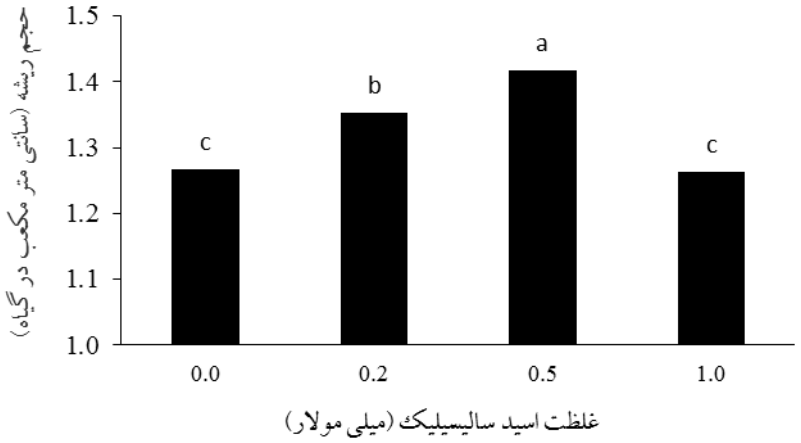
**وزن خشک ریشه**

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و همچنین پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه داشتند، ولی برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲).

تلقیح با هر سه باکتری محرک رشد مورد مطالعه باعث شد که وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد افزایش یابد بااین‌وجود فقط تأثیر تیمار آزوسپریلیوم و سودوموناس معنی‌دار بود و بین تیمار ازتوباکتر و عدم تلقیح اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۳). کمترین میزان وزن خشک ریشه (۰/٦۹ گرم در بوته)

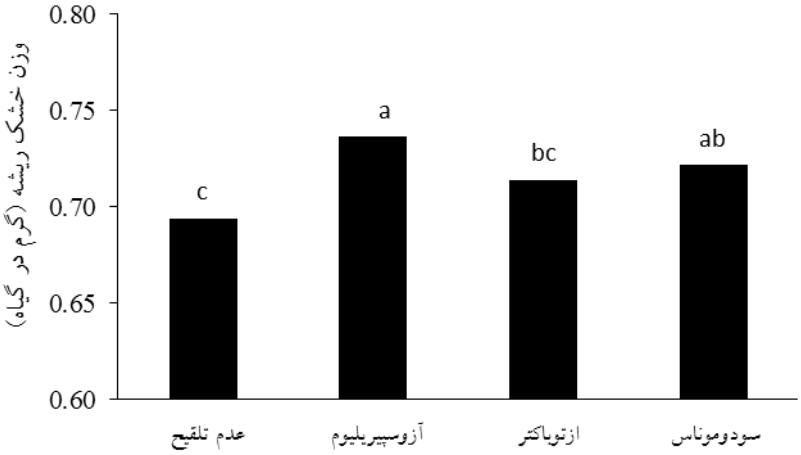
در تیمار شاهد و بیشترین میزان وزن خشک ریشه (۰/۷٤ گرم در بوته) در تیمار تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلوم مشاهده شد (شکل۳).

ثقفی و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه تأثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلوم) بر روی دو رقم گندم گزارش کردند که تلقیح با این باکتری‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک، مساحت، حجم و طول ریشه داشت و بیشترین اثرات مثبت زمانی مشاهده شد که تلقیح با مخلوطی از هر سه باکتری انجام شد.




**شکل۲- تأثیر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر حجم ریشه**

جاکود و همکاران (۱۹۹۹) بیان کردند که آزوسپیریلوم در همان مراحل اولیه رشد گیاه، اثر برگشت‌ناپذیر خود را بر مورفولوژی و متابولیسم ریشه می‌گذارد. چگونگی و نحوه گسترش ریشه به‌وسیله آزوسپیریلوم هنوز موردبحث است، ولی بیشتر شواهد حاکی از آن است که این باکتری می‌تواند هورمون-های رشد مانند اکسین‌ها را ترشح کند، که محرک رشد ریشه هستند. محققان بیان کردند که تلقیح بذر لوبیا با باکتری آزوسپریلوم موجب افزایش وزن خشک ریشه لوبیا شد (روستا و همکاران، ۱۳۸۸). صیادی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که باکتری آزوسپریلوم باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ریشه گیاه ماش شده است. خلیل زاده و همکاران (۱۳۹۱) نیز افزایش معنی‌دار وزن خشک ریشه گیاه ماش با مصرف کودهای بیولوژیک را گزارش کردند.

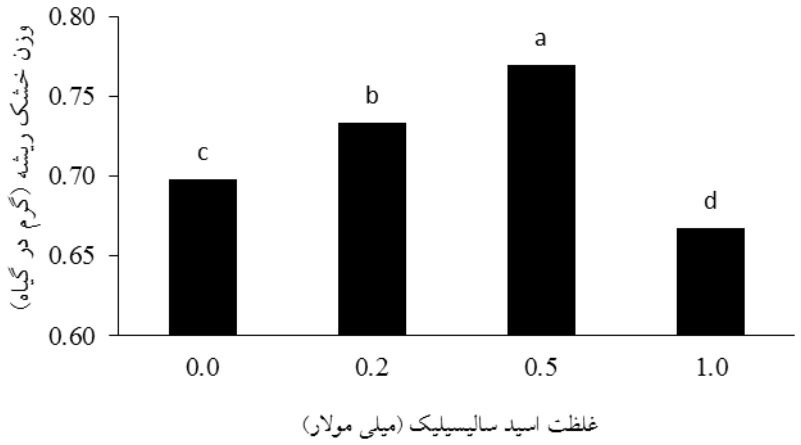



**شکل۳- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک ریشه**

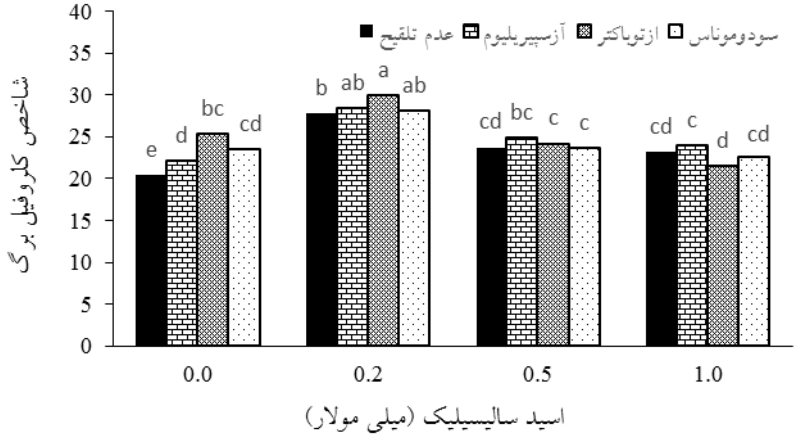
با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا حد ۰/۵ میلی‌مولار، میانگین وزن خشک ریشه به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد ولی غلظت ۱ میلی مولار نه‌تنها موجب افزایش در صفت موردمطالعه نشد، بلکه سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه نسبت به شاهد شد (شکل٤). به نظر می‌رسد که غلظت بالای اسید سالیسیلیک بر روی رشد ریشه گیاه ماش اثر بازدارنده دارد. ازآنجاکه اسید سالیسیلیک به‌عنوان یکی از هورمون‌های گیاهی شناخته می‌شود واکنش مشاهده‌شده طبیعی است، زیرا در مورد سایر هورمون‌های گیاهی نیز واکنش مشاهده‌شده در گیاه به نوع بافت و همچنین غلظت هورمون بستگی دارد. کشاورز و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که هرچند اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین‌تر در رفع آسیب اکسایشی نقش مؤثر دارد، ولی غلظت‌های بالای آن سبب بروز تنش در گیاه می‌گردد.

**کلروفیل برگ**

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک و تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و همچنین برهمکنش آن‌ها بر شاخص کلروفیل برگ ماش معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص کلروفیل برگ در شرایط استفاده از ازتوباکتر و کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۲ میلی مولار و کمترین میزان این شاخص در شرایط عدم تلقیح و عدم استفاده از اسید سالیسیلیک مشاهده شد. در غلظت‌های صفر و ۰/۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین میزان شاخص کلروفیل در اثر تلقیح با باکتری ازتوباکتر مشاهده شد، ولی در سطوح بالاتر اسید سالیسیلیک (۰/۵ و یک میلی‌مولار)، بیشترین میزان شاخص کلروفیل در تیمار تلقیح با آزوسپریلیوم مشاهده شد (شکل۵) .




**شکل ٤- تأثیر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر وزن خشک ریشه**




**شکل۵- برهمکنش اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص کلروفیل برگ**

به دلیل اینکه نیتروژن به‌طور مستقیم در ساختار مولکول کلروفیل شرکت می‌کند ارتباط مثبت و معنی‌داری بین مقدار نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل وجود دارد (قربانلی و همکاران، ۱۳۸۵)، یکی از دلایل تأثیر باکتری‌ها محرک رشد بر میزان کلروفیل که در این آزمایش موردبررسی قرار گرفت، افزایش میزان دسترسی گیاه به نیتروژن از طریق تثبیت آن است. وجود کلروفیل به‌عنوان مکانی برای جذب نور و سنتز مواد لازم برای رشد و نمو گیاهان، وابسته به این عنصر حیاتی است. چنانچه نیتروژن در دسترس، کم‌تر یا بیشتر از حد نیاز گیاه باشد، اختلالاتی را در فرآیندهای حیاتی موجب می‌شود که ممکن است به صورت‌های مختلفی نظیر رشد و نمو زیاد، کاهش تعرق و یا حتی توقف رشد زایشی بروز نماید.

صیادی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که تلقیح بذر ماش با باکتری آزوسپریلوم تأثیر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل، وزن تر و خشک ریشه، تعداد انشعابات ریشه، تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، طول و عرض غلاف و عملکرد بیولوژیک داشت. بنابراین این محققان بیان کردند که گیاه ماش واکنش مثبتی به پیش تیمار با باکتری آزوسپیریلیوم نشان داد.

کاسانوواس و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی بوته‌های ذرت تلقیح شده با آزوسپیریلوم شرایط بهتری ازنظر وضعیت آبی، مقاومت روزنه‌ای، محتوای کلروفیل و سرعت فتوسنتز نسبت به گیاهان شاهد داشتند.

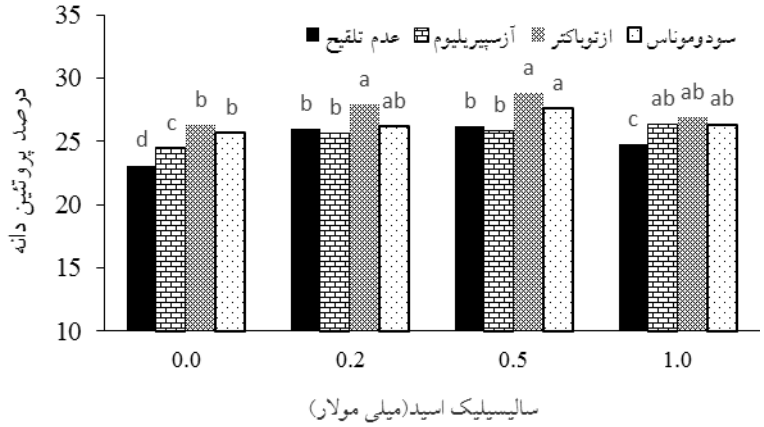
**پروتئین دانه**

نتایج این مطالعه نشان داد که علاوه بر اثر اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر درصد پروتئین دانه ماش معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۷/۵ درصد) در شرایط تلقیح با باکتری ازتوباکتر و پیش تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و کمترین میزان پروتئین دانه (۲۳/۸ درصد) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و در شرایطی که از پیش تیمار اسید سالیسیلیک استفاده نشد (تیمار شاهد) اندازه‌گیری شد. در کلیه سطوح کاربرد اسید سالیسیلیک، تلقیح با ازتوباکتر باعث دست‌یابی به بیشترین درصد پروتئین دانه شد، در صورتی‌که در تیمارهای صفر و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک کمترین درصد پروتئین دانه در شرایط عدم تلقیح مشاهده شد. این در حالی است که در سطوح ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، کمترین میزان پروتئین دانه در تیمار تلقیح با آزوسپریلیوم مشاهده شد ( شکل٦).

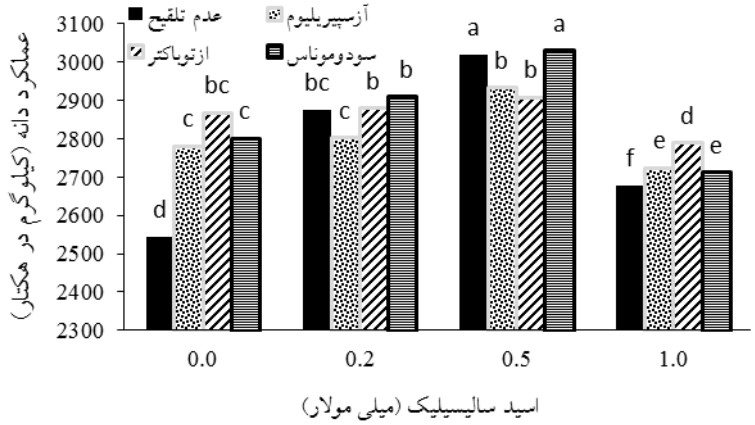
نظرلی و سیدشریفی (۱۳۹۲) گزارش کردند که تلقیح بذر آفتابگردان توسط باکتری‌های آزوسپریلیوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث شد درصد پروتئین دانه در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش یابد. این پژوهشگران همچنین بیشترین تأثیر بر درصد پروتئین دانه را در تیمار تلقیح با ازتوباکتر گزارش نمودند که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد، درحالی‌که زاید و همکاران (۲۰۰۳) اثر تلقیح ازتوباکتر را بر درصد پروتئین دانه گندم غیر معنی‌دار گزارش کردند. تأثیر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک بر روی درصد پروتئین دانه توسط پژوهشگران (رجبی و همکاران، ۱۳۹۲) دیگر نیز گزارش شده است که با نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش مطابقت دارد. اسید سالیسیلیک در تولید پروتئین‌های دفاعی و انواع متفاوتی از کینازها و روبیسکو تأثیرگذار است و این پروتئین‌ها نقش مهمی در تنظیم تقسیم، تمایز و ریخت‌زائی سلول ایفا می‌کنند (پوپوا و همکاران، ۲۰۰۹). پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت ۱میلی‌مولار باعث شد که درصد پروتئین دانه در مقایسه با پیش تیمار بذر با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار کاهش یابد. به نظر می‌رسد بنا به دلایلی که پیش‌تر ارائه شد این سطح از اسید سالیسیلیک تا حدودی بر روی برخی از فرایندهای فیزیولوژیک گیاه تأثیر منفی داشته است.

**عملکرد دانه**

نتایج این بررسی نشان داد که علاوه بر اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد و پیش تیمار اسید سالیسیلیک، برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه ماش نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد دانه ماش (۳۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تلقیح با باکتری سودوموناس و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار بود درحالی‌که کمترین میزان عملکرد دانه (۲۵٤۵ کیلوگرم در هکتار) در شرایط عدم تلقیح و عدم استفاده از پیش تیمار اسید سالیسیلیک به دست آمد. در شرایطی که بذر با غلظت‌های ۰/۲ و ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک پیش‌تیمار شده بود، بیشترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح با سودوموناس مشاهده شد. درحالی‌که در غلظت‌های صفر و یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، بیشترین عملکرد دانه در شرایط تلقیح با ازتوباکتر به دست آمد. در همه تیمارهای تلقیح باکتری، بیشترین میزان عملکرد در شرایط پیش‌تیمار بذر با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل۷).




**شکل٦- برهمکنش اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد بر درصد پروتئین دانه ماش**



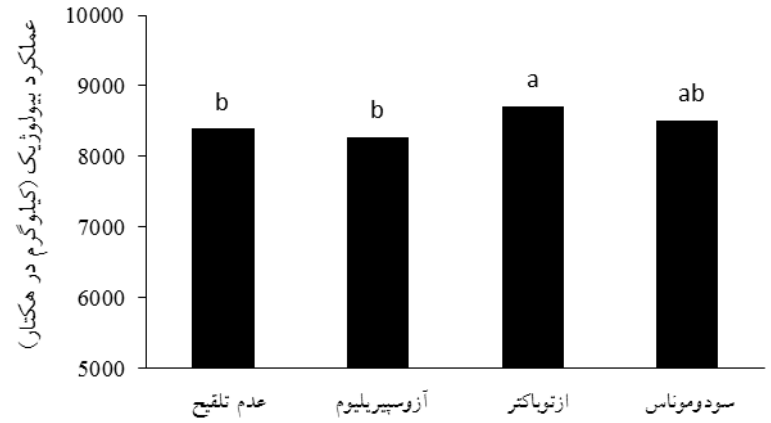

**شکل۷- برهمکنش اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه**

باکتری‌های محرک رشد به‌واسطه‌ی تولید فیتوهورمون‌ها، افزایش دسترسی به عناصر غذایی خاک و همچنین تسهیل جذب آن‌ها توسط گیاه و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌توانند عملکرد را افزایش دهند. علاوه بر این فعالیت آنزیمی باکتری‌های محرک رشد نقش مهمی در خصوصیات میکروبی، شیمیایی و فیزیکی خاک ایفا می‌کند که نهایتاً موجب افزایش رشد گیاه می‌شود (شوکت و همکاران، ۲۰۰٦). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک از طریق تأثیر بر فرایند تقسیم سلولی، میزان طویل شدن سلول‌ها و همچنین تنظیم میزان هورمون اکسین می‌تواند رشد و تولید ماده خشک در گیاهان مختلف را تحت تأثیر قرار دهد (هاشمی و همکاران، ۱۳۸۹). به نظر می‌رسد که علاوه بر اثرات گزارش شده، اسید سالیسیلیک می‌تواند انتقال مواد فتنوسنتزی به سمت مخزن را تحت تأثیر قرار دهد و باعث بهبود عملکرد شود.

### عملکرد بیولوژیک

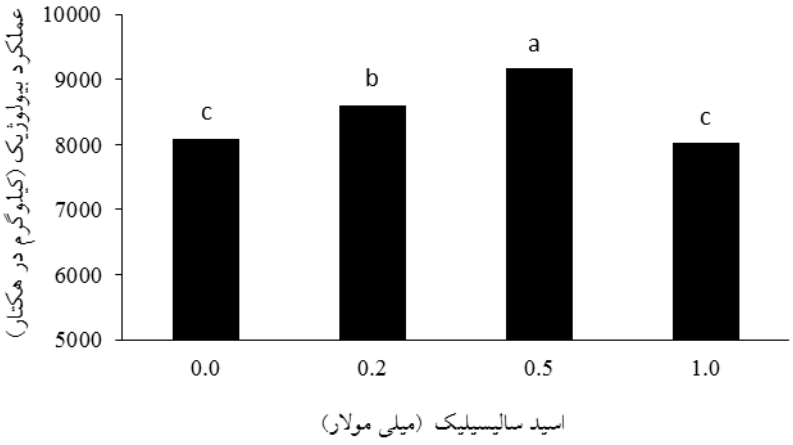
نتایج این بررسی نشان داد که تلقیح باکتری‌های محرک رشد و پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک ماش داشتند، ولی برهمکنش این تیمارها بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۸۷۱٦ کیلوگرم در هکتار) در شرایط تلقیح بذر با باکتری ازتوباکتر به دست آمد و اختلاف این تیمار با شاهد معنی‌دار بود درحالی‌که باکتری‌های سودوموناس و آزوسپریلیوم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشتند (شکل ۸). نتایج صیادی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که باکتری آزوسپریلوم

موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک گیاه ماش شده است که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت دارد. خلیل زاده و همکاران (۱۳۹۱) نیز افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه ماش با مصرف کودهای بیولوژیک را گزارش کردند. نتایج نظرلی و سیدشریفی (۱۳۹۲) نیز بیانگر تأثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و صفات زراعی گیاه آفتابگردان بود. زهیر و همکاران (۲۰۰۰) تولید اسید ایندول-۳- استیک توسط سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را به‌عنوان عامل مؤثر در افزایش رشد گیاه نسبت دادند.




شکل۸- تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد بیولوژیک

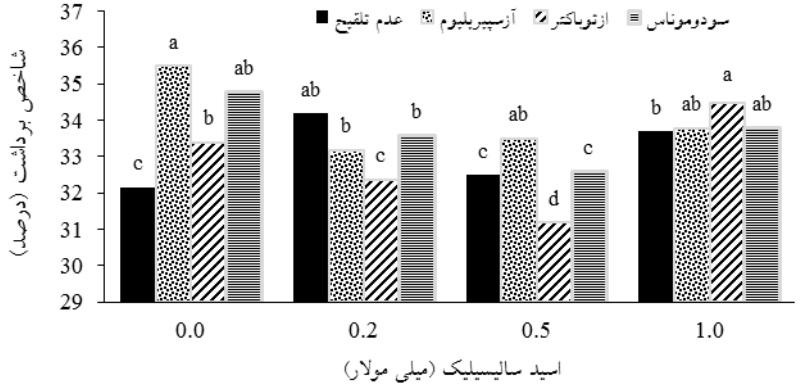
با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا حد ۰/۵ میلی مولار، عملکرد بیولوژیک گیاه ماش در مقایسه با شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت ولی پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ میلی‌مولار تاثیرمعنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک نداشت (شکل۹) بر اساس نتایج همبستگی مثبت و بسیار معنی-داری ($r = ۰/۷۱^{**}$)، بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۳). گزارش شده است که کاربرد این هورمون می‌تواند از طریق افزایش میزان فتوسنتز خالص، افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌ها همچون نیترات رداکتاز و کمک به پایداری برخی از ترکیبات هورمونی مانند اکسین باعث افزایش رشد و عملکرد بیولوژیک گیاهان شود (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). اسید سالیسیلیک از طریق تأثیر بر بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک همچون محتوای آب گیاه و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌تواند سرعت رشد و تجمع ماده خشک در گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (مهرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰)، بااین‌وجود غلظت زیاد آن می‌تواند به گیاهان تنش وارد کند و تأثیر منفی بر عملکرد و ماده خشک تولیدی گیاه داشته باشد.




**شکل۹- تأثیر پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک بر عملکرد بیولوژیک**

**شاخص برداشت**

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و پیش تیمار اسید سالیسیلیک و همچنین برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر شاخص برداشت ماش معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص برداشت (۳۵/۵ درصد) در شرایط تلقیح بذر با باکتری آزسپریلیوم و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده شد درحالی‌که کمترین شاخص برداشت دانه (۳۱/۲ درصد) در شرایط تلقیح با ازتوباکتر و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۱۰). در شرایط عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و همچنین پیش-تیمار بذر با غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، کمترین شاخص برداشت در تیمار شاهد مشاهده شد، درحالی‌که در تیمارهای ۰/۲ و ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، کمترین شاخص برداشت در تیمار تلقیح با ازتوباکتر مشاهده شد. در تیمارهای عدم کاربرد اسید سالیسیلیک و پیش‌تیمار بذر با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار، تلقیح با آزوسپریلیوم بیشترین میزان شاخص برداشت را به دنبال داشت، در صورتی‌که در سطوح ۰/۲ و یک میلی مولار اسید سالیسیلیک بیشترین شاخص برداشت به ترتیب در تیمارهای عدم تلقیح و تلقیح با ازتوباکتر مشاهده شد.




**شکل۱۰- برهمکنش اسید سالیسیلیک و باکتری‌های محرک رشد بر شاخص برداشت**

تأثیر معنی‌دار باکتری‌های محرک رشد و همچنین اسید سالیسیلیک بر شاخص برداشت گیاهان مختلف توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (عبداللهی و شکاری، ۱۳۹۲). شاخص برداشت صفتی است که از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست می‌آید، بنابراین هرگونه تغییر در افزایش یا کاهش این صفات منجر به تغییر شاخص برداشت خواهد شد. شاخص برداشت با عملکرد دانه رابطه مستقیم و با عملکرد بیولوژیک رابطه عکس دارد به همین دلیل شاخص برداشت بالاتر لزوماً به مفهوم عملکرد برداشت‌شده بیشتر نیست. با توجه به این‌که کمترین عملکرد دانه در شرایط عدم استفاده از باکتری‌های محرک رشد و همچنین عدم کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده شد، پایین بودن مقدار شاخص برداشت در این تیمار به دلیل عملکرد دانه کمتر است درحالی‌که در سایر تیمارهای موردمطالعه پایین بودن میزان شاخص برداشت عمدتاً به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک است.

**نتیجه‌گیری**

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان نمود که پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه از جمله عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن و حجم ریشه، درصد پروتئین دانه و میزان کلروفیل برگ داشت. بااین‌وجود رابطه بین افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و صفات مورد بررسی از جمله حجم و وزن خشک ریشه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک خطی نبود، به‌طوری‌که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تا میزان ۰/۵ میلی‌مولار، این صفات بهبود یافتند ولی افزایش غلظت اسید سالیسیلیک بیش از این حد تأثیر منفی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و همچنین صفات ریشه داشت. در کلیه سطوح استفاده از اسید سالیسیلیک، بیشترین میزان حجم و وزن خشک ریشه در شرایط تلقیح بذر با باکتری آزوسپریلیوم و بیشترین میزان پروتئین دانه در اثر تلقیح

با ازتوباکتر مشاهده شد. این در حالی است که میزان تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر سایر صفات موردمطالعه به غلظت اسید سالیسیلیک بستگی داشت.

**منابع**


ثقفی، ک.، ج. احمدی، ا. اصغرزاده و ا. اسمعیلی زاد. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر شاخص‌های رشد گندم تحت تنش شوری. مجله زیست شناسی خاک. جلد ۱، شماره ۱: ۵۹-٤۷.

خلیل زاده، ر.، م. تاج‌بخش و ج. جلیلیان.۱۳۹۱. اثر محلول‌پاشی عصاره کودهای آلی، بیولوژیکی و اوره بر روابط بین خصوصیات مورفولوژیک ریشه و اندام های گیاه ماش. دوزادهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ١٤-١٦ شهریور.

رجایی، س.، ح. علیخانی و ف. رئیسی. ۱۳۸٦. اثر پتانسیل های محرک رشد سویه های بومی ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ٤۱: ۲۹٦-۲۸۵.

رجبی، ل.، ن. ساجدی و م. روشندل. ۱۳۹۱. برهمکنش اسید سالیسیلیک و سوپرجاذب برخصوصیات زراعی و پروتئین دانه نخود رقم هاشم در شرایط خشک دیم. مجله تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. دوره ٤، شماره ۱: ٤۸-۳۷.

روستا، م. ج.، ا. وکیلی و م. افتخار.۱۳۸۸. تأثیر باکتری آزوسپیریلوم بر رشد و عملکرد گیاهان غیر گرامینه. سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. ۲۱-۲۰ اردیبهشت ماه.

روستا، م. ج.، ن. صالح راستین و م. مظاهری اسدی.۱۳۷۷. بررسی فراوانی و فعالیت آزوسپیریلوم در برخی از خاک های ایران. علوم کشاورزی ایران، ۲۹: ۲۹۸-۲۸۵.

شکاری، ف.، ر. بالجانی.، ج. صبا.، ک. افصحی و ف. شکاری. ۱۳۸۹. تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید روی خصوصیات رشدی گیاهچه گاوزبان (*Borago officinalis*). مجله بوم شناسی گیاهان زراعی ایران. جلد ۱۸: ۵۳ -٤۷.

صالح راستین ، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب . جلد ۱۲ شماره ۳ ص ۳٦-۱ .

صیادی، و.، ع. پورابوقداره، و م. ج. زارع. ۱۳۹۱. تأثیر پیش تیمار بذری با هورمون 2,4-D و باکتری *Azesperlium strain* بر عملکرد و اجزای عملکرد ماش. دوزادهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. ١٤-١٦ شهریور ۱۳۹۰.

قربانلی، م.، ش. هاشمی مقدم و ا. فلاح. ۱۳۸۵. بررسی اثر آبیاری و نیتروژن بر برخی از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی. سال دوازدهم، ۲: ٤۲۸-٤۱۵.

عبداللهی، م. و ف. شکاری. ۱۳۹۲. اثر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید بر عملکرد گندم در تاریخ های کاشت متفاوت. مجله علوم و تکنولوژی بذر. جلد ۱: ۳٦-۲۳.

کشاورز، ح.، س. ع. مدرس ثانوی.، ف. زرین کمر، آ. دولت آبادیان.، م. پناهی و ک. سادات اسیلان. ۱۳۹۰. بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L) تحت شرایط تنش سرما. نشریه علوم گیاهان زراعی. شماره ٤: ۷۳٤-۷۲۳.

مستاجران، ا.، ر. عموآقایی و گ. امتیازی. ۱۳۸٤. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۸، شماره ۳: ۲٦۰-۲٤۸.

مشفق، ن.، خزاعی، ح و م. کافی. ۱۳۹۳. **مقایسه صفات مورفولوژیک ریشه ارقام قدیمی و جدید جو (*Hordeum vulgare* L.). نشریه پژوهشهای زراعی ایران. جلد۱۲، شماره ٤: ٦٤۸-٦٤۱.**

مهرابیان مقدم، ن.، م. آروین.، غ. خواجویی نژاد و ک. مقصودی. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله به زراعی نهال و بذر. ۲۷: ۵۵-٤۱.

میارصادقی، س.، شکاری، ف.، فتوت، ر و ا. زنگانی. ۱۳۸۹. تأثیر پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بر بنیه و رشد گیاهچه کلزا ( *Brassica napus*) در شرایط کمبود آب. زیست شناسی گیاهی. سال دوم، شماره ٦: ۷۰-۵۵.

نظرلی، ح و ر. سیدشریفی. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد کمی و کیفی و برخی خصوصیات زراعی آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) در پاسخ به تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد در سطوح مختلف نیتروژن. بوم شناسی کشاورزی. جلد ۵، شماره۳: ۳۱۷-۳۰۸.

Abdul–Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2007. Pseudomonas fluorescens enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress. Colloids Surf. B: Biointerfaces. 60: 7–11.

Casanovas, E. M., C. A. Barassi, F. H. Andrade and R. Sueldo. 2003. Azospirillum-Inoculated maize plant responses to irrigation restraints imposed during flowering. Cereal Res. Commun. 31(3-4):395-402.

Delavari, P. M., A. Baghizadeh, S. H. Enteshari, K. H. M. Kalantari, A. Yazdanpanah and E. A. Mousavi. 2010. The effect of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of Ocimum basilicum under salinity stress. Aust. J. Basic Appl. Sci. 4(10), 4832-4845.

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

Fischer, S. E., M. J. Miguel and G. B. Mori. 2003. Effects of root exudates on the exopolysaccharide composition and the lipopolysaccharide profile of Azospirillum brasilense cd under saline stress. FEMS Microbial, Lett. 219: 53-62.

Gauri, S. S., S. M. Mandal, K. C. Mondal, S. Dey and B. R. Pati, B. R. 2009. Enhanced production and partial characterization of an extracellular polysaccharide from newly isolated Azotobacter sp. SSB81. Bioresour. Technol. 100: 4240-4243.

Jacoud, C., D. Job, P. Wadoux and R. Bally. 1999. Initiation of root growth stimulation by Azospirillum lipoferum CRT1 during maize seed germination. Can. J. Microbiol. 45: 339-342.

Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 43: 439-463.

Shaukat, K., S. Afrasayad, and S. Hasan. 2006. Growth responses of Helianthus annus to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agric. Res.1: 573-581.

Sun, T. P and F. Gubler. 2004. Molecular mechanism of gibberellin signaling in plants. Annu. Rev. Plant Biol. 55:197–223.

Vesquez, P., G. Holguin, M. E. Puente, A. Lopez-Cortes and Y. Bashan. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biol. Fertil. Soils, 30: 460–468.

Zahir, A. Z., S. A. Abbas, A. Khalid and M. Arshad. 2000. Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pak. J. Biol. Sci. 3:289-291.

Zahir, A. Z., M. Arshad and W. F. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspective. Adv. Agron. 81:97-168.

Zaied, K.A., A. H. Abd-El-Hady, A. H. Afify and M. A. Nassef. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pak. J. Biol. Sci. 6: 344-358.

# Effect of seed priming with salicylic acid and inoculation with plant growth promoting bacteria on yield and some morpho-physiological traits of mung bean (*Vigna radiata*)

B. Mohammdaparst[1], A. Hatami[2], M. Rostami[3], A. Azizi[4]

Received: 2016-11-15 Accepted: 2017-8-1

**Abstract**

In order to study the effects of mung bean seed priming with salicylic acid (0, 0.2, 0.5 and 1 mM) and inoculation with different plant growth promoting bacteria (control, inoculation with *Pseudomonas*, *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum lipoferum*) a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications. Based on results, the interaction effect of salicylic acid priming and inoculation with growth-promoting bacteria on leaf chlorophyll index, protein percentage, grain yield and harvest index were significant. However, root dry weight, root volume and biological yield were only affected by the simple effects of salicylic acid priming and inoculation with growth-promoting bacteria. The highest amounts of biological yield, root volume and dry weight observed in 0.5 mM salicylic acid priming. In all levels of salicylic acid, inoculation with *Azotobacter* resulted in highest percentage of seed protein content. The positive effects of plant growth promoting bacteria on seed yield, leaf chlorophyll index and harvest index was related to concentration of salicylic acid and in the concentration of 0.2 and 0.5 mM the highest seed yield observed after inoculation with *Pseudomonas* treatment.

**Keywords:** harvest index, protein, pulses, root volume, yield

1- Asssitant Professor, Department of Biology, College of Science, Malayer University, Malayer, Iran
2- Asssitant Professor, Department of Agronomy and Crop Breeding, Illam University, Illam, Iran
3- Asssitant Professor, Department of Agronomy and Crop Breeding, Malayer University, Malayer, Iran
4- Graduated student of Plant Physiology, College of Science, Malayer University, Malayer, Iran