# بررسی اثر تلفیق پرایمینگ و کود بیولوژیک بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی سیاهدانه

محمد حسن سیاری زهان[۱]، محمد علی بهدانی[۲]، فاطمه چراغی[۲] و حجت ا... آذرپیوند[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۵)

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر تلفیق پرایمینگ بذر و تیمارهای کود بیولوژیک بر رشد و جذب فسفر و پتاسیم گیاه دارویی سیاهدانه، آزمایشی در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل پرایمینگ (بدون پرایمینگ و اُسموپرایمینگ با محلول ۵۰ میلی‌مولار نمک دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم) و کود بیولوژیک در چهار سطح (عدم اعمال کود، اعمال سویه‌های ۱۶۸ و ۱۸۷ باکتری سودوموناس و اعمال همزمان این دو سویه) بودند. نمونه‌برداری خاک از روستای بیدخت بیرجند صورت گرفت و از الک ۳ تا ۴ میلی‌متری عبور داده شد و به گلدان‌های سه کیلویی منتقل گردید ( pH= 7.8, $EC_e$= 1 dS/m). آبیاری گلدان‌ها با توزین روزانه بر اساس رطوبت ظرفیت زراعی صورت گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد کود بیولوژیک، صرف‌نظر از سویه آن، موجب افزایش وزن تر و خشک بوته در هفته‌های چهارم و ششم پس از کشت، ارتفاع بوته در هفته چهارم و افزایش معنی‌دار جذب فسفر و پتاسیم گردید. پرایمینگ بذر موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک بوته در هفته ششم و جذب فسفر و پتاسیم گردید. پرایمینگ موجب بهبود اثر افزایشی کود بیولوژیک بر وزن خشک و تر بوته تنها در تیمار باکتری سودوموناس ۱۸۷ در هفته ششم شد؛ اما موجب افزایش معنی‌دار جذب عناصر فسفر و پتاسیم نسبت به اعمال باکتری بدون پرایمینگ بذر گردید. در بین تیمارهای بیولوژیک، اعمال همزمان سویه‌های ۱۶۸ و ۱۸۷ باکتری سودوموناس بیشترین وزن تر و خشک بوته در هفته چهارم (به‌ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۳۱) نسبت به شاهد (۰/۱۰ و ۰/۰۱۳) گردید. اعمال سودوموناس ۱۸۷ همراه با پرایمینگ، بیشترین وزن خشک و تر بوته را در هفته ششم به‌دنبال داشت. اعمال تیمار سودوموناس ۱۶۸ به همراه پرایمینگ بذر موجب بیشترین جذب پتاسیم شد و تلفیق اعمال هر دو باکتری و پرایمینگ موجب بیشترین جذب فسفر گردید. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اعمال پرایمینگ بذر به‌همراه کود بیولوژیک می‌تواند موجب افزایش اثر بهبوددهندگی هر کدام از این تیمارها به‌تنهایی شود.**

**واژه‌های کلیدی: پرایمینگ بذر، اسموپرایمینگ، کشاورزی پایدار**

## مقدمه

هرچند امروزه با پیشرفت‌های علمی فزاینده در علومی چون شیمی و داروسازی، تولید داروهای سنتتیک به‌سرعت افزایش یافته، اما این امر هیچ وقت موجب کاهش اهمیت داروهای گیاهی نشده است. مطالعات سازمان بهداشت جهانی نشان‌دهنده آن است که تجارت گیاهان دارویی (به‌جز گیاهان معطر) از ۳۵۵ میلیون دلار در سال ۱۹۷۶ به ۵/۵۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۰۲ رسیده و تا سال ۲۰۵۰ بالغ بر ۵ تریلیون دلار خواهد شد.

سیاهدانه با نام علمی *Nigella sativa* گیاه دارویی از خانواده آلاله می‌باشد. این گیاه مختص خاورمیانه بوده در تجارت‌های منطقه‌ای و بین‌المللی به‌عنوان یک گیاه دارویی و معطر کاربرد دارد (۷ و ۲۶).

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: msayari@birjand.ac.ir

مطالعات انجام شده در باره گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی نشان می‌دهد که استفاده از نظام کشاورزی پایدار، به‌دلیل تطابق با شرایط طبیعی و اصالت کیفیت محصول، بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر ماده مؤثره در چنین شرایطی تولید می‌گردد (۵).

پایداری سیستم‌های کشاورزی به یکی از مهمترین مسائل در سراسر جهان تبدیل شده است، که بیشتر روی کیفیت خاک متمرکز شده‌اند. عملیات مدیریتی مبتنی بر استفاده از مواد آلی باعث بهبود پایداری سیستم‌های زراعی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌گردد (۲۵).

باکتری‌های محرک رشد، رشد و توسعه گیاه را به‌طور مستقیم و غیر مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۶ و ۳۰). از بین بردن آثار زیانبار بعضی از موجودات بیماری‌زا، از طریق مکانیسم‌های مختلف، از جمله القاء مقاومت به عامل بیماری زا در گیاه میزبان، تولید آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ دیواره سلولی قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی، تولید آنتی‌بیوتیک، رقابت با گونه‌های مضر برای اشغال ریشه، ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیر زنده، نمونه‌ای از تأثیرات غیر مستقیم این باکتری‌ها می‌باشد (۱۶، ۲۸ و ۲۹). فراهم کردن ترکیبات سنتتیک برای گیاه توسط باکتری‌ها، تسهیل در جذب مواد مغذی، تولید ویتامین‌ها، تثبیت نیتروژن اتمسفر، محلول کردن مواد معدنی مانند فسفر و پتاسیم، تولید سیدروفور برای محلول‌سازی آهن، سنتز فیتوهورمون‌ها ازجمله اکسین، سیتوکینین و جیبرلین که مراحل مختلف رشد گیاه را بهبود می‌دهند و سنتز آنزیم‌هایی که رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از جمله تأثیرات مستقیم باکتری‌های محرک رشد بر گیاه می‌باشد (۱۶، ۱۷ و ۲۰).

از روش‌های دیگر افزایش قابلیت جوانه‌زنی، رشد و استقرار مناسب گیاه می‌توان به پرایمینگ یا پیش‌تیمار بذر اشاره نمود. پرایمینگ بذر انجام جذب کنترل شده آب توسط بذر، طی جذب سریع آب (آب‌نوشی) است که تا انتهای دوره کندی جذب آب ادامه می‌یابد (۱۱). تیمارهای اُسموپرایمینگ بذر شامل یک دوره زمانی جذب کنترل شده آب توسط بذرها در محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی کم بوده، تا زمانی که بذر به فاز خروج ریشه‌چه بسیار نزدیک شده ولی جوانه‌زنی اتفاق نیفتد. پس از آن، بذرها تا زمان رطوبت اولیه خشک می‌شوند (۱۸). اسموپرایمینگ موجب یکنواختی سبز شدن گیاهان می‌گردد که ممکن است به‌علت رونویسی سریع و یکنواخت پروتئین‌ها در این بذرها باشد که موجب تسریع جوانه‌زنی شده است (۱۳). همچنین، فعالیت آنزیم‌های ایزوسیترات لیاز (Isocitrate lyase) و مالات سنتاز (Malate synthase) را افزایش داده و همین امر به بهبود سبز شدن بذرهای پرایم شده کدو تلخ (Bitter ground) می‌انجامد (۱۹). عمر و همکاران (۳۱) با انجام پرایمینگ با دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم ($KH_2PO_4$)، مانیتول، پلی‌اتیلن گلایکول و $Na_2Mo_4.2H_2O$ بر بذرهای ماش (*Vigna radiata*) دریافتند که پرایمینگ با $KH_2PO_4$ تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و همین‌طور شاخص بنیه گیاهچه داشته است. یاری و همکاران (۳۲) با اسموپرایمینگ دو رقم گندم دیم سرداری و آذر ۲ با محلول $KH_2PO_4$ گزارش نمودند که درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنیه گیاهچه و وزن خشک اندام هوایی در دو رقم گندم افزایش داشته است.

با توجه موارد ذکر شده، می‌توان امیدوار بود که اعمال پرایمینگ موجب بهبود شرایط رشدی در گیاه سیاهدانه شده و به بهبود اثر کود بیولوژیک بر رشد گیاه مذکور بیانجامد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل اُسموپرایمینگ (پرایمینگ بذر با محلول ۵۰ میلی‌مولار نمک در دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم و

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس درصد فسفر و پتاسیم گیاه سیاهدانه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | درصد فسفر | درصد پتاسیم |
|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | $۲/۹\times۱۰^{-۷\,ns}$ | $۰/۱۰^{*}$ |
| باکتری | ۳ | $۰/۰۰۷^{**}$ | $۰/۷۳^{**}$ |
| پرایمینگ | ۱ | $۰/۰۴۶^{**}$ | $۲/۳۱^{**}$ |
| باکتری×پرایمینگ | ۳ | $۰/۰۰۱^{**}$ | $۰/۰۰۴^{ns}$ |
| خطا | ۲۱ | ۰/۰۰۰۱۵ | ۰/۰۲۰ |
| ضریب تغییرات | | ۷/۸ | ۸/۰ |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

بدون پرایمینگ) و تیمار بیولوژیک در چهار سطح (بدون اعمال باکتری، اعمال باکتری *Pseudomonas sp* 168، اعمال باکتری *Pseudomonas sp* 187 هر کدام به تنهایی و ترکیب این دو باکتری) بودند. هر تیمار دارای ۶ واحد آزمایشی (گلدان) بود. بذرهای مورد استفاده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی تهیه گردیدند. پس از بوجاری و تست‌های جوانه‌زنی اولیه، بذرها در محلول هوادهی شده ۵۰ میلی‌مولار نمک دی‌هیدروژن فسفات پتاسیم به‌مدت ۲۴ ساعت پرایم شده و پس از آن شسته شده و در هوای آزاد خشک و با باکتری‌های *Pseudomonas sp* 168 و *Pseudomonas sp* 187 تهیه شده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تیمار شدند. پس از آن بذرها در گلدان‌های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی که حاوی خاک لوم، با هدایت الکتریکی حدود یک دسی‌زیمنس بر متر، کشت شدند. در هفته چهارم پس از کشت، تعداد ۴ بوته از هر گلدان (هر واحد آزمایشی) انتخاب و وزن تر و خشک بوته و همچنین ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. در هفته ششم نیز به همین طریق اقدام و وزن تر و خشک هر بوته اندازه‌گیری شد. سپس، میزان دو عنصر پتاسیم و فسفر به‌ترتیب با استفاده از فلیم فتومتر و اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار آماری SAS تجزیه شدند و میانگین‌ها به روش LSD مقایسه گشتند. رسم نمودارها توسط اکسل انجام شد.

## نتایج

### درصد فسفر

کاربرد کود بیولوژیک و پرایمینگ و همینطور اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر در گیاه سیاهدانه در هفته ششم پس از کشت داشت (جدول ۱). به‌طوری که بیشترین درصد فسفر در بین تیمارهای کودی مربوط به کاربرد توأم دو باکتری بود؛ هرچند با تیمار کاربرد *Pseudomonas sp* 168 تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲) . تیمار بدون کاربرد باکتری کمترین میزان جذب فسفر را دارا بود. همچنین، انجام پرایمینگ بذر درصد فسفر را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهایی که پرایمینگ در آن‌ها انجام نشده بود ارتقا بخشید (جدول ۲). اثر متقابل این دو نیز معنی‌دار بود و در تمامی تیمارهایی که باکتری در آن‌ها به‌کار برده شده بود و تیمار بدون کاربرد باکتری، انجام پرایمینگ موجب افزایش معنی‌دار درصد فسفر گردید. این افزایش در تیمار*Pseudomonas sp* 168 به بیشترین مقدار خود رسید، به‌طوری که اعمال پرایمینگ موجب شد درصد فسفر بیش از دو برابر شود و از ۰/۱۰ به ۰/۲۲ درصد افزایش یابد که بیشترین درصد فسفر در بین تمامی تیمارها بود. البته این روند در دو تیمار کاربرد *Pseudomonas sp* 187 و همچنین تیمار عدم اعمال باکتری نیز مشاهده شد (شکل ۱).

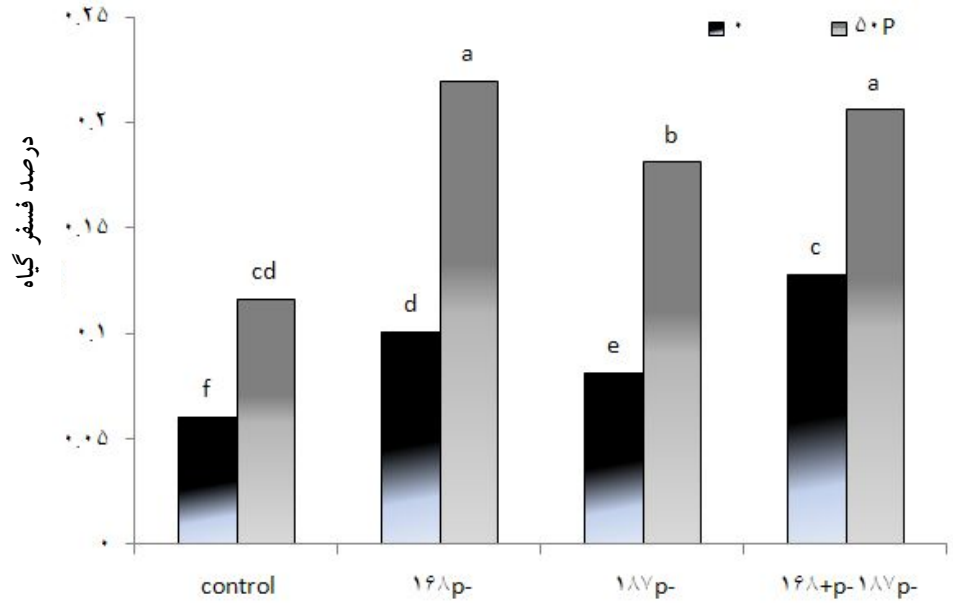
### درصد پتاسیم

در این صفت، اثر اعمال پرایمینگ و همچنین کاربرد باکتری

**جدول ۲. مقایسه میانگین تیمارهای پرایمینگ و کود بیولوژیک بر درصد فسفر و پتاسیم گیاه سیاهدانه**

| تیمار | درصد فسفر | درصد پتاسیم |
|---|---|---|
| پرایمینگ | | |
| عدم پرایمینگ | ۰/۰۹۳$^{b}$ | ۱/۴۶۷$^{b}$ |
| پرایمینگ با $KH_2PO_4$ 50Mm | ۰/۱۸۱$^{a}$ | ۲/۰۸۷$^{a}$ |
| باکتری | | |
| *Pseudomonas sp* 168 | ۰/۱۶۰$^{a}$ | ۱/۸۰۷$^{b}$ |
| *Pseudomonas sp* 187 | ۰/۱۳۱$^{b}$ | ۱/۶۲۷$^{c}$ |
| *Pseudomonas sp* 168+*Pseudomonas sp* 187 | ۰/۱۶۷$^{a}$ | ۲/۲۴۷$^{a}$ |
| بدون باکتری | ۰/۰۸۸$^{c}$ | ۱/۴۲۸$^{d}$ |

میانگین‌های دارای حد اقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر تیمار در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.




**شکل ۱. اثر متقابل پرایمینگ و کود بیولوژیک بر درصد فسفرگیاه در هفته ششم پس از کشت**

معنی‌دار شد. اما اثر متقابل این دو معنی‌دار نشد (جدول ۱). در بین تیمارهای اعمال باکتری، کاربرد توأم دو باکتری مورد مطالعه (*Pseudomonas sp* 168 &187) بیشترین درصد پتاسیم را دارا بود (جدول ۲). همچنین، تیمار عدم کاربرد باکتری کمترین درصد پتاسیم را داشت. علاوه بر این، کاربرد پرایمینگ نیز صرف‌نظر از نوع باکتری و کاربرد یا عدم کاربرد آن موجب افزایش درصد پتاسیم گردید (جدول ۲).

## هفته چهارم پس از کشت

در هفته چهارم، تنها اعمال باکتری موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های وزن تر و خشک و همچنین ارتفاع بوته گردید (جدول ۳). در مورد سه شاخص مورد مطالعه، سه تیمار کاربرد باکتری موجب افزایش معنی‌دار آن‌ها نسبت به تیمار بدون اعمال باکتری شدند. در بین تیمارها، تیمار همزمان دو باکتری وزن خشک بیشتری نسبت به تیمار هر کدام از باکتری‌ها به‌تنهایی داشت. این روند در وزن تر و همچنین ارتفاع گیاه

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رشدی در گیاه سیاهدانه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | هفته چهارم پس از کشت | | | هفته ششم پس از کشت | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | وزن تر (میلی گرم) | وزن خشک (میلی گرم) | وزن تر (میلی گرم) | وزن خشک (میلی گرم) |
| تکرار | ۳ | ۰/۹۳$^{ns}$ | ۱۴۷۰/۸$^{ns}$ | ۱۲/۱۷$^{ns}$ | ۸۰۹۰۰/۷$^{ns}$ | ۲۳۴۴/۴$^{ns}$ |
| باکتری | ۳ | ۱۳/۷$^{**}$ | ۱۵۱۴۸/۳$^{**}$ | ۳۱۵/۳۴$^{**}$ | ۲۲۳۳۶۸/۶$^{**}$ | ۶۷۹۴/۳$^{**}$ |
| پرایمینگ | ۱ | ۰/۲۶$^{ns}$ | ۲۸۳۱/۲$^{ns}$ | ۳۰/۰۳$^{ns}$ | ۳۰۷۸۶۷/۲$^{**}$ | ۹۱۰۴/۰$^{**}$ |
| باکتری×پرایمینگ | ۳ | ۰/۶۷$^{ns}$ | ۱۵۰۶/۰$^{ns}$ | ۹۶/۰۵$^{ns}$ | ۱۶۷۱۶۴/۶$^{**}$ | ۵۲۴۹/۹$^{**}$ |
| خطا | ۲۱ | ۰/۹۱ | ۱۰۳۹/۵ | ۳۳/۴۹ | ۳۱۹۱۶/۵ | ۹۶۱/۷ |
| ضریب تغییرات | | ۱۱/۳ | ۱۸/۸ | ۲۳/۲ | ۲۰/۵ | ۲۰/۳۹ |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

**جدول ۴. مقایسه میانگین تیمارهای پرایمینگ و کود بیولوژیک بر صفات رشدی گیاه سیاهدانه**

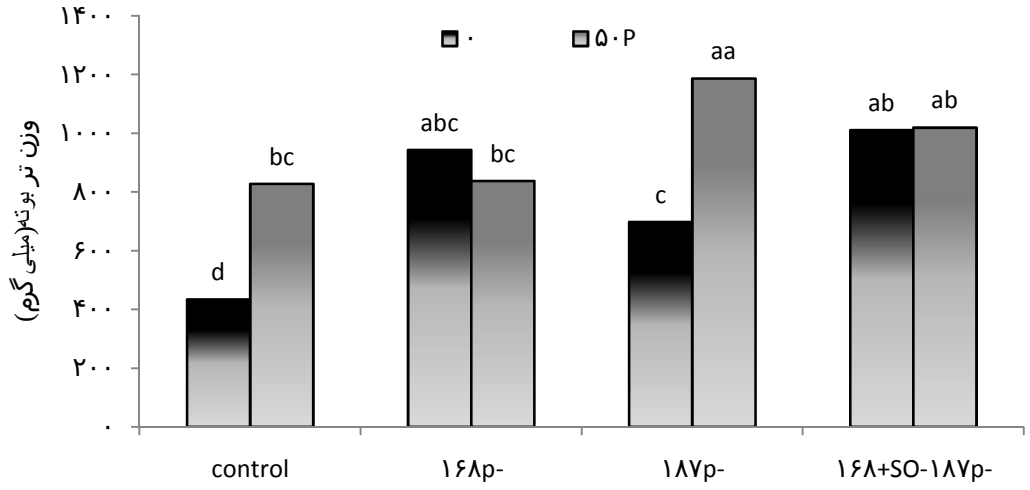
| تیمار | هفته چهارم پس از کشت | | | هفته ششم پس از کشت | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ارتفاع بوته | وزن تر (میلی گرم) | وزن خشک (میلی گرم) | وزن تر (میلی گرم) | وزن خشک (میلی گرم) |
| پرایمینگ | | | | | |
| عدم پرایمینگ | ۷/۹۵a | ۱۸۰/۶۹a | ۲۵/۸۱a | ۷۷۱/۲۰b | ۱۳۵/۲b |
| پرایمینگ با $KH_2PO_4$ 50 Mm | ۷/۷۷a | ۱۶۱/۸۷a | ۲۳/۸۷a | ۹۶۷/۳۷a | ۱۶۸/۹۴a |
| باکتری | | | | | |
| *Pseudomonas sp* 168 | ۸/۳۱ab | ۱۹۴ab | ۲۴/۸۱b | ۸۸۹/۹۴a | ۱۵۶/۴۴a |
| *Pseudomonas sp* 187 | ۷/۸۱b | ۱۶۶/۴۳b | ۲۶/۲۵ab | ۹۴۲a | ۱۶۴/۵۳a |
| *Pseudomonas sp* 168+*Pseudomonas sp* 187 | ۹/۲۲a | ۲۱۲/۲a | ۳۱/۷۵a | ۱۰۱۴/۵۶a | ۱۷۷/۰۶a |
| بدون باکتری | ۶/۱۱c | ۱۱۲/۴۳c | ۱۶/۵۶c | ۶۳۰/۶۶b | ۱۱۰/۲۵b |

میانگین‌های دارای حد اقل یک حرف مشابه در هر ستون برای هر تیمار در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

نیز مشاهده شد (جدول ۴). در مورد تمامی شاخص‌ها، تیمار شاهد کمترین مقادیر را دارا بود.

## هفته ششم

در هفته ششم، اثرهای ساده کاربرد باکتری و پرایمینگ و همچنین اثر متقابل این دو، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). همچنین، اعمال باکتری موجب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک بوته نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۴). در بین تیمارهای باکتریایی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و همه تیمارها موجب بهبود وزن تر و خشک نسبت به شاهد شدند. این روند در هر دو صفت وزن تر و خشک مشاهده شد (جدول ۴). در هفته ششم، بین دو تیمار پرایمینگ و عدم پرایمینگ تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. در دو شاخص مورد مطالعه، پرایمینگ به‌طور معنی‌داری وزن تر و خشک بوته را افزایش داد (جدول۴ ). اثر متقابل پرایمینگ و تیمار کودی در دو تیمار مورد مطالعه معنی‌دار شد (جدول ۳). در تیمارهای بدون اعمال باکتری، پرایمینگ بذر موجب افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی از ۴۳۳/۹ به ۸۲۷/۴ میلی‌گرم گردید. همچنین، در تیمارهای اعمال باکتری تنها در تیمار *Pseudomonas sp*

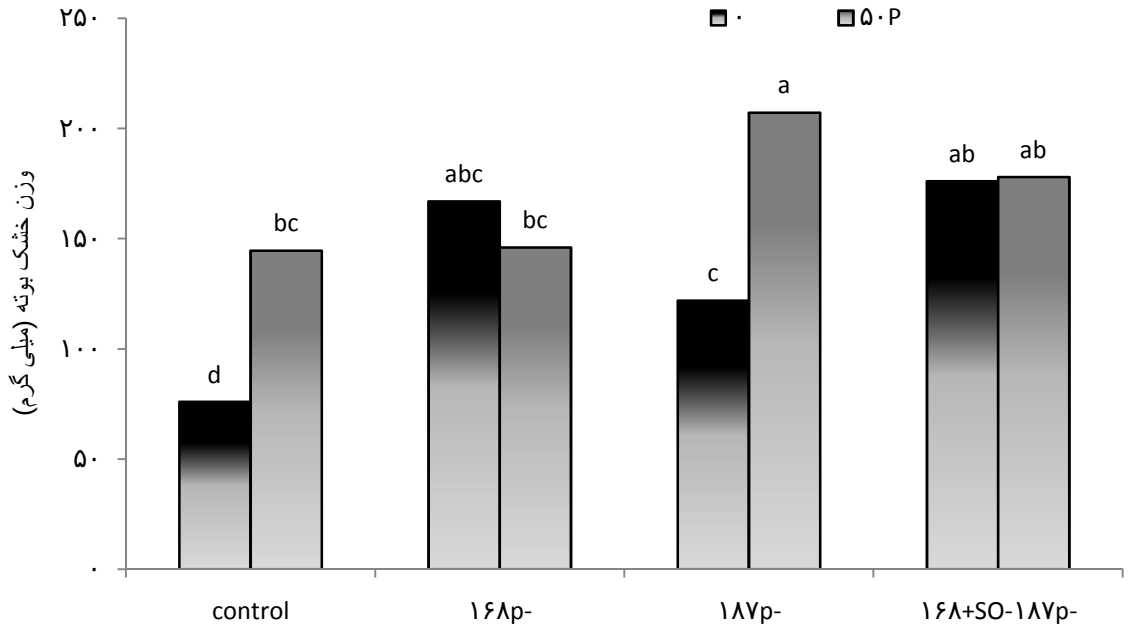



**شکل۲. اثر متقابل پرایمینگ و کاربرد کود بیولوژیک بر وزن تر بوته در هفته ششم پس از کشت.**

187 اعمال پرایمینگ موجب افزایش معنی‌دار وزن تر بوته نسبت به عدم اعمال آن از ۶۹۷/۷ به ۱۱۸۶/۲ میلی‌گرم گردید (شکل ۲). این روند در وزن خشک بوته نیز تکرار شد. در این صفت نیز تیمار بدون اعمال باکتری و تیمار باکتری 187 *Pseudomonas sp* پرایمینگ بذر توانست به‌طور معنی‌داری وزن خشک بوته را افزایش دهد (شکل ۳).

## بحث

در مورد تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، کاربرد باکتری‌های جنس سودوموناس به‌طور مؤثری توانست هم وزن تر و هم وزن خشک و همینطور میزان جذب دو عنصر فسفر و پتاسیم را افزایش دهد. در این باره می‌توان گفت که باکتری های ریزوسفری افزاینده رشد گیاه، علاوه بر تثبیت نیتروژن، باعث آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله جیبرلیک اسید و اکسین می‌گردند که باعث تحریک رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و افزایش جذب عناصرغذایی از جمله نیتروژن و فسفر و پتاسیم می‌گردد که با نتایج محفوظ و شرف‌الدین (۲۱)، دهدشتی زاده و همکاران (۸)، درزی (۵) و درزی و همکاران (۶) مطابقت دارد. همچنین، بانچیو و همکاران (۱۰) عنوان نمودند که استفاده از باکتری‌های جنس سودوموناس و آزوسپریلیوم موجب افزایش حجم ریشه‌ها گردیده که در نهایت جذب مواد معدنی افزایش یافته و سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین، خوشبخت و همکاران (۴) افزایشی را در وزن تر و خشک بوته و همچنین در جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه دارویی آلوئه ورا در اثر کاربرد باکتری سودوموناس و آزوسپریلیوم و تلفیق دو باکتری گزارش نمودند. رای و همکاران (۲۴) نیز در مطالعه‌ای روی گونه‌ای از کهور مشاهده نمودند که کاربرد باکتری ریزوبیوم، ارتفاع بوته و بیومس گیاهی را در مقایسه با شاهد افزایش داد. اوکون و کاپولنیک (۲۳) گزارش کردند که در گندم، سورگوم، ذرت و Setaria تلقیح شده با آزوسپریلیوم، سرعت تجمع عناصر NPK در گیاه بیشتر بود. اگامبربردیوا و هوفلیش (۱۲) نشان دادند که تلقیح با باکتری می‌تواند موجب افزایش رشد و افزایش مقدار پتاسیم دراجزای گیاه شود. به‌نظر می‌رسد تحریک رشد گیاهان توسط باکتری‌های ریزوسفری از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفر، افزایش قابلیت دسترسی عناصرغذایی در ناحیه ریزوسفر، افزایش سطح تماس ریشه، تولید تنظیم‌کننده‌های رشد و بهبود هم‌زیستی مفید با گیاه میزبان در مراحل مختلف رشد انجام می‌گیرد (۱۵).




**شکل۳. اثر مقابل پرایمینگ و کاربرد کود بیولوژیک بر وزن خشک بوته در هفته ششم پس از کشت**

همچنین، اسموپرایمینگ بذر موجب افزایش وزن تر و خشک بوته در هفته ششم پس از کشت و همچنین میزان جذب عناصر فسفر و پتاسیم توسط گیاه گردید. گزنچیان و همکاران (۱۴) بیان نمودند که پرایمینگ موجب بهبود توسعه ریشه‌چه و ساقه‌چه در مراحل ابتدایی رشد گیاهچه در گراس‌های سردسیری می‌شود و همین امر به استقرار بهتر آنها می‌انجامد. افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی توسط العربی و حجازی (۱۳) در گوجه‌فرنگی، عباس‌نژاد و همکاران (۹) در نخود، اکرمیان و همکاران (۱) در رازیانه، نعمت‌اللهی و همکاران (۲۲) در رازیانه و چراغی و همکاران (۲) در گلپر تأیید شده است. سریواستاوا (۲۷) بیان نمود که پرایمینگ بذر با مواد مناسب موجب بهبود جذب مواد مغذی از اندوسپرم توسط جنین شده و همین امر به بهبود رشد و تقسیم سلولی در ریشه انجامیده و تعداد ریشه‌های جانبی را افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، افزایش تعداد ریشه‌های جانبی موجب جذب بهتر مواد از خاک توسط ریشه شده و به استقرار گیاهچه کمک می‌کند. همین امر می‌تواند دلیل دیگری برای توضیح اثر افزایشی پرایمینگ بر کاربرد باکتری‌های محرک رشد در بهبود وزن تر و خشک و همچنین جذب بهتر فسفر و پتاسیم در آن‌ها باشد.

همچنین، نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد توأم دو باکتری سودوموناس (سویه‌های ۱۶۸ و ۱۸۷) به‌همراه پرایمینگ، بهترین اثرات را بر میزان درصد پتاسیم و فسفر گیاه دارا بود. حمیدی و همکاران (۳) در آزمایشی با کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپریلیوم لیپوفروم، آزوسپریلیوم برازیلنس وسودوموناس فلورسنس بر دورگ‌های ساده دیررس ذرت ۷۰۰ و ۷۰۴ و یک دورگ امید بخش (B73*K18) بر فنولوژی و عملکرد دانه به مدت دو سال دریافتند که تلفیق سه باکتری موجب بیشترین اثر مثبت بر فنولوژی ذرت گردید. این اثر می‌تواند به دلیل سازگاری بهتر ترکیبی از سویه‌های باکتری به شرایط ریزوسفر در گیاهان و خاک‌های متفاوت باشد. بنابراین، می‌توان گفت اعمال پرایمینگ تلفیق شده با کاربرد ترکیبی از باکتری‌های محرک رشد موجب می‌شود بذرهای پرایم شده سریع‌تر جوانه زده و سیستم ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تری را برای اثر بهتر باکتری‌های محرک رشد فراهم نمایند و باکتری‌های محرک رشد فضای بیشتری برای عمل یافته و رشد و نمو ریشه و جذب بهتر عناصر غذایی از خاک را موجب شوند. همچنین،

کاربرد پرایمینگ بذر و کود بیولوژیک از نظر اکولوژیک روشی پاک می‌باشد که می‌تواند در صورت کاربرد درست، میزان مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهد.

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر تلفیق پرایمینگ بذر و کود بیولوژیک بر پارامترهای رشدی و غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی سیاهدانه بررسی گردید. نتایج نشان داد که در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، کاربرد باکتری‌های جنس سودوموناس به‌طور مؤثری توانست هم وزن تر و هم وزن خشک و همینطور میزان جذب دو عنصر فسفر و پتاسیم را افزایش دهد. اسموپرایمینگ بذر موجب افزایش وزن تر و خشک بوته در هفته ششم پس از کشت و همچنین میزان جذب عناصر فسفر و پتاسیم توسط گیاه گردید. کاربرد توأم دو باکتری سودوموناس (سویه‌های ۱۶۸ و ۱۸۷) به‌همراه پرایمینگ، بهترین نتایج را در میزان درصد پتاسیم و فسفر ارائه کرد.

## منابع مورد استفاده


۱. اکرمیان، م.، ح. حسینی، ا. کازرونی منفرد و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸٦. اثر آماده سازی اسمزی بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). پژوهش‌های زراعی ایران ۵(۱): ۳۷-۴٦.

۲. چراغی، ف.، س. محمودی، م. جامی‌الاحمدی و س. پارسا. ۱۳۸۹. بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه دارویی گلپر ایرانی (*Heracleum persicum* Desf.) تحت تأثیر آماده سازی اسمزی بذر. داروهای گیاهی ۴: ۲۲۹-۲۳۸.

۳. حمیدی، آ.، ر. چوکان، ا. اصغرزاده، م. دهقان شعار، ا. قلاوند و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۸. اثر استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر فنولوژی دورگ‌های دیررس ذرت (*Zea mays* L.). علوم زراعی ایران ۳: ۲۴۹-۲۷۰.

۴. خوشبخت، ت.، ف. بهادری، ا. خلیقی و م. معز اردلان. ۱۳۸۹. اثر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهی بر میزان عناصر ماکرو و عملکرد گیاه آلوئه ورا در شرایط گلخانه. فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲: ۴۵-۵۹.

۵. درزی، م. ت. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه به منظور دستیابی به یک سیستم زراعی پایدار. پایا ن‌نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

٦. درزی، م. ت.، ا. قلاوند، ف. سفیدکن و ف. رجالی. ۱۳۸۷. تأثیر ورمی‌کمپوست و کود فسفات زیستی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی رازیانه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۴(۴): ۳۹٦-۴۱۳.

۷. دوازده امامی، س. و ن. مجنون حسینی. زراعت و تولید گیاهان دارویی و ادویه‌ای. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۰ صفحه.

۸. دهدشتی زاده، ب.، ح. آرویی، م. عزیزی و ح. داوری نژاد. ۱۳۸۸. بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و عنصر معدنی فسفر بر رشد و نمو و جذب برخی از عناصر غذایی در نشاء گوجه فرنگی. علوم باغبانی ایران ۳: ۴۹-۵۸.

۹. عباس‌نژاد، ا.، ن. مجنون حسینی، ر. توکل افشاری و ف. شریف‌زاده. ۱۳۸۸. ارزیابی امکان تغییر تاریخ کاشت با استفاده از روش پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام نخود. علوم گیاهان زراعی ایران ۴۰(۱): ۷-۱۳.

10. Banchio, E., P.C. Bogino, J. Zygadlo and W. Giordano. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Organum majorana* L. 36: 766-771.
11. Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell. 9: 1055-1066.
12. Egamberberdiyeva, D. and G. Hoflich. 2003. Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures. Soil Biol. Biochem. 35: 973-978.
13. El-Araby, M.M. and A.Z. Hegazi. 2004. Responses of tomato seeds to hydro- and osmo-priming, and possible relations of some antioxidant enzymes and endogenous polyamine fractions. Egyp. J. Biol. 6: 81-93.
14. Gazanchian, A., N.A. Khosh Kholgh Sima, M.A. Mahboobi and E. Majidi. 2006. Relationship between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop Sci. 46: 544-553.

15. Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41(2): 109-117.
16. Glick, B.R., D.M. Karaturovic and P.C. Newell. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting pseudomonads. Can. J. Microbiol. 41: 533-536.
17. Gray, E.J. and D.L. Smith. 2005. Intracellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. Soil Biol. Biochem. 37: 395-412.
18. Khan, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev. 14: 131-181.
19. Lin, J.M. and J.M. Sung. 2001. Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter gourd seedlings under optimal and sub-optimal temperatures. Seed Sci. Technol. 29: 39-50.
20. Lucy, M., E. Reed and B.R. Glick. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie Van Leeuwenhoek 86: 1-25.
21. Mahfouz, S.A. and M.A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophys. 21: 361-366.
22. Neamatollahi, E., M. Bannayan, A. Ghanbar, M. Haydari and A. Ahmadian. 2009. Does hydro and osmo-priming improve Fennel (*Foeniculum vulgare*) seeds germination and seedlings growth? Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 37(2): 190-194.
23. Okon, Y. and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of azospirillum-inoculated roots. Plant Soil 90: 3-16.
24. Rai, U.N., K. Pandey, S. Sinha, A. Singh, R. Saxena and D.K. Gupta. 2004. Revegetating fly ash landfills with *Prosopis juliflora* L.: Impact of different amendments and *Rhizobium* inoculation. Environ. Int. 30: 293-300.
25. Saha, J.K., T. Adhikari and B. Mandal. 1999. Effect of lime and organic matter on distribution of zinc, copper, iron and manganese in acid soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30: 1819-1829.
26. Shah, S.H., I. Ahmad and Samiullah. 2006. Effect of gibberellic acid spray on growth, nutrient uptake and yield attributes during various growth stages of black cumin (*Nigella sativa*). Asian J. Plant Sci. 5: 881-884.
27. Srivastava, L.M. 2002. Plant Growth and Development: Hormones and Environment. Academic Press, London.
28. Van Loon, L.C. 2007. Plant response to plant growth-promoting rhizobacteria. Eur. J. Plant Pathol. 119: 243-254.
29. Van Loon, L.C. and B.R. Glick. 2004. Increased plant fitness by rhizobacteria. PP. 178-205. *In:* Sandermann, H. (Ed.), Molecular Ecotoxicology of Plants: Ecological Suites, Springer-Verlag, Berlin.
30. Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant Soil 255: 571-586.
31. Umair, A., S. Ali, K. Bashir and S. Hussain. 2010. Evaluation of different seed priming techniques in mung bean (*Vigna radiata*). Soil Sci. Soc. Pak. 2: 181-186.
32. Yari, L., M. Aghaalikhani and F. Khazaei. 2010. Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). ARPN J. Agric. Biol. Sci. 5: 1-6.