



تغییرات بیولوژیکی بستر و نسبت فسفر ریشه به ساقه تحت غلظت‌های مختلف فسفر و باکتری *Bacillus subtilis* در کشت هیدروپونیک کاهو لولوروسا

ادریس شعبانی*

استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

*- ایمیل نویسنده مسئول: edris.shabani@scu.ac.ir

نتایج و بحث

نتایج مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد که استفاده از باکتری *B. subtilis* سبب افزایش معنی دار CFU و نسبت فسفر ریشه به ساقه به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد گردید (جدول ۱). نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش غلظت فسفر محلول غذایی سبب افزایش CFU و نسبت فسفر ریشه به ساقه کاهو لولوروسا رقم کنکورد گردید (جدول ۱). بر اساس داده‌های جدول مقایسات میانگین، بیشترین مقادیر CFU و نسبت فسفر ریشه به ساقه در تیمار استاندارد رش (۵۰ میلی گرم بر لیتر) مشاهده گردید (جدول ۱). مطابق انتظار با افزایش غلظت فسفر در محلول غذایی نسبت فسفر ریشه به ساقه افزایش یافت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۱). داده‌های اثر متقابل *B. subtilis* UTB96 و غلظت‌های مختلف فسفر محلول غذایی در بسترهای کشت کاهو لولوروسا نشان داد که CFU و نسبت فسفر ریشه به ساقه به طرز چشمگیری تحت تاثیر تلقیح باکتری و استفاده فسفر قرار گرفت (جدول ۲). در تمام سطوح فسفر، تلقیح گیاهان با باکتری *B. subtilis* در قیاس با تیمارهای بدون باکتری سبب افزایش معنی‌دار این صفات گردید (جدول ۲). یافته‌های این پژوهش به- وضوح نشان داد که همانند تیمار ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کاهش ۵۰ (۲۵ میلی گرم بر لیتر) و ۲۵ درصدی مصرف فسفر (غلظت ۳۷.۵ میلی گرم بر لیتر) نیز در تیمارهای با تلقیح باکتریایی به ترتیب سبب بروز بالاترین مقادیر غلظت فسفر بافت‌های گیاهی و جمعیت باکتری بستر گردید. بنابراین استفاده از کود غلظت فسفر بافت‌های گیاهی و جمعیت باکتری بستر در ترکیب‌های تیماری BS_1P_3 و BS_1P_4 گردید (جدول ۲). بالاترین جمعیت باکتری در تیمارهای با غلظت بالای فسفر مشاهده گردید و اختلاف معنی‌داری را با سطوح پایین فسفر نشان داد (جدول ۲). امروزه *B. subtilis* به عنوان یکی از مهم‌ترین باکتری‌های حل‌کننده فسفات شناخته شده است که می‌تواند سبب افزایش جذب فسفر در گیاهان گردد (Garcia-Lopez et al., 2016). نتایج Sharma (2002) نشان داد که مصرف کودهای زیستی سبب افزایش ماده خشک و زیست توده گیاهان می‌شود که می‌تواند متاثر از تثبیت بیولوژیک عناصر مورد نیاز گیاه از جمله فسفر و نیتروژن باشد. یافته‌های پژوهشگران مختلف نشان می‌دهد که تامین مقادیر کافی فسفر سبب بهبود گسترش ریشه و رشد گیاهان می‌شود، با افزایش رشد ریشه گیاهان قادر هستند تا حجم بیشتری از بسترهای کشت (مانند کوکویت، پرلیت، پومیس و غیره) را به منظور جذب رطوبت و عناصر غذایی استفاده کنند که نهایتاً منجر به افزایش کارایی جذب و استفاده عناصر غذایی می‌گردد (ملائی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین یافته‌های Shabani et al. (2018) در گیاه ریحان نشان داد که دسترسی ارتوفسفات می‌تواند در تیمارهای فسفوری از طریق اسیدی کردن ریزوسفر توسط جریان H^+ و ترشح اسیدهای آلی افزایش یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر افزایش جذب فسفر تاثیر بسزایی را در افزایش کارایی فتوسنتزی و عملکرد کاهو لولوروسا داشته است. اثر متقابل تلقیح باکتریایی و غلظت‌های مختلف فسفر محلول غذایی نشان داد که اگرچه افزایش غلظت فسفر سبب افزایش خطی فسفر جذب شده توسط ریشه و ساقه و جمعیت باکتری می‌گردد ولی تلقیح باکتری *B. subtilis* UTB96 مقادیر بالاتری از جذب فسفر و جمعیت باکتری را به نمایش گذاشت. جمعیت باکتری مطابق انتظار در تیمارهای باکتریایی با افزایش غلظت فسفر افزایش یافت که می‌تواند یکی از دلایل افزایش جذب فسفر و نسبت فسفر ریشه به ساقه در گیاه کاهو لولوروسا باشد.

جدول ۱- اثرات اصلی باکتری (*Bacillus subtilis* (B) و فسفر (P) بر جمعیت باکتری (CFU) و نسبت فسفر ریشه به ساقه کاهو لولوروسا

تیمارها	CFU	نسبت فسفر ریشه به ساقه (mg g ⁻¹)
B		
B ₁	۰.۰۰۵ ^b	۱.۰۰۵ ^b
B ₂	۳.۶۶×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۸ ^b
معنی داری	**	**
P		
P ₁	۱.۳۳×۱۰ ^{-۵b}	۰.۸۵ ^c
P ₂	۱.۷۵×۱۰ ^{-۵b}	۱.۱۸ ^b
P ₃	۲.۸۱×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۱ ^b
P ₄	۳.۸۳×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۳ ^b
P ₅	۲.۸۰×۱۰ ^{-۵b}	۱.۱۶ ^b
معنی داری	*	**

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- اثرات متقابل باکتری (*Bacillus subtilis* (B) و فسفر (P) بر جمعیت باکتری (CFU) و نسبت فسفر ریشه به ساقه کاهو

تیمارها	CFU	نسبت فسفر ریشه به ساقه (mg g ⁻¹)
BP		
B ₁ P ₁	۰.۰۰۰ ^c	۰.۸۹ ^{cd}
B ₁ P ₂	۰.۰۰۰ ^c	۰.۸۹ ^{cd}
B ₁ P ₃	۰.۰۰۰ ^c	۰.۹۵ ^{cd}
B ₁ P ₄	۰.۰۰۰ ^c	۱.۳۷ ^b
B ₁ P ₅	۰.۰۰۰ ^c	۱.۰۵ ^c
B ₂ P ₁	۵.۷۹×۱۰ ^{-۵b}	۰.۶۶ ^c
B ₂ P ₂	۶.۵۵×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۷ ^b
B ₂ P ₃	۰.۰۰۰ ^c	۱.۳۷ ^b
B ₂ P ₄	۱.۰۰۰×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۱ ^b
B ₂ P ₅	۸.۳۰×۱۰ ^{-۵b}	۱.۳۷ ^b
معنی داری	*	**

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

منابع

- خاصه سیرجانی، ع.، ۱۳۹۰. ارزیابی کود بیولوژیک حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و کودهای آلی غنی شده در زراعت گندم. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۵ (۲): ۲۲۴-۲۱۷.
- ملائی، ن.، طباطبایی، س.ج. و شرفی، ی. ۱۳۹۹. تاثیر محلول‌پاشی و محلول‌دهی فسفر بر رشد، عملکرد و کیفیت توت‌فرنگی در کشت هیدروپونیک. ۲ (۲): ۱۱۶-۱۰۷.
- Allende, A., Aguayo, E., Aréas, F. 2004. Microbial and sensory quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. International Journal of Food Microbiology, 91(2): 109-117.
- Garcia-Lopez, A.M., Delgado, A. 2016. Effect of *Bacillus subtilis* on phosphorus uptake by cucumber as affected by iron oxide and the solubility of the phosphorus source. Agricultural and food science, 25: 216-224.
- Osdaghi, E., Taghavi, S.M., Hamzehzaghani, H., Fazlilarab, A., Harveson, R.M., Tegli, S., Lamicchiane, J.R. 2018. Epiphytic *Curtobacterium flaccumfaciens* strains isolated from symptomless solanaceous vegetables are pathogenic on leguminous but not on solanaceous plants. Plant Pathology, 67(2): 388-398.
- Resh, H.A. 2012. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. CRC Press.
- Shabani, E., Bolandnazar, S., Tabatabaei, S.J., Najafi, N., Alizadeh-Salteh, S., Roupheal, Y. 2018. Stimulation in the movement and uptake of phosphorus in response to magnetic P solution and arbuscular mycorrhizal fungi in *Ocimum basilicum*. Journal of plant nutrition, 41 (13): 1662-1673.
- Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. India. 407 p.

چکیده

آزمایشی به منظور ارزیابی اثر باکتری *Bacillus subtilis* UTB96 و غلظت‌های مختلف فسفر محلول غذایی (۱۲.۵، ۲۵، ۳۷.۵، ۵۰ و ۶۲.۵ میلی گرم بر لیتر) بر جمعیت باکتری بستر و نسبت غلظت فسفر ریشه به ساقه کاهو لولوروسا در ۳ تکرار انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از باکتری در بسترهای کشت به تنهایی سبب افزایش ۲۵.۵٪ نسبت فسفر ریشه به ساقه کاهو لولوروسا گردید. همچنین استفاده مجزای تیمارهای فسفره نشان داد که تیمار استاندارد فسفر (۵۰ میلی گرم بر لیتر) در مقایسه با پایین ترین سطح فسفر (۱۲.۵ میلی گرم بر لیتر) سبب افزایش ۵۷.۶۴٪ نسبت فسفر ریشه به ساقه و ۹۷.۲٪ جمعیت باکتری بستر گردید. یافته‌های این پژوهش به‌وضوح نشان داد که همانند تیمار ۵۰ میلی گرم بر لیتر، کاهش ۵۰ (۲۵ میلی گرم بر لیتر) و ۲۵ درصدی مصرف فسفر (غلظت ۳۷.۵ میلی گرم بر لیتر) نیز در تیمارهای با تلقیح باکتریایی به ترتیب سبب بروز بالاترین مقادیر غلظت فسفر بافت‌های گیاهی و جمعیت باکتری بستر گردید. بنابراین استفاده از کود زیستی *Bacillus subtilis* UTB96 جهت بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش رشد گیاهان گلخانه ای و کاهش مصرف کودهای فسفوری توصیه می‌گردد.

مقدمه

فسفر بعد از نیتروژن دومین عنصر محدودکننده عملکرد گیاهان می‌باشد. این عنصر بین ۰.۸-۰.۲ درصد وزن خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد. فسفر در ساخت نشاسته و انتقال کربوهیدرات‌ها نقش دارد. خروج مواد تولیدشده از کلروپلاست توسط ناقلین فسفات صورت گرفته و با فسفات معدنی تحریک می‌شود (ملائی و همکاران، ۱۳۹۹). بهبود رشد گیاه با استفاده از کلونیزه کردن ریشه گیاهان توسط *Bacillus subtilis* کاملاً شناخته شده است. این باکتری با تاثیر بر تولید و ترشح اسیدهای آلی از ریشه گیاهان کلونیزه شده سبب حلالیت بیشتر فسفات‌های معدنی می‌گردند (خاصه سیرجانی، ۱۳۹۰).

امروزه استفاده از کاهوی رنگی قرمز مانند 'Lollo Rosso'، نه تنها به دلیل شکل ویژه آن‌ها جهت بهبود ظاهر سالادها، بلکه از نظر تغذیه ای به دلیل دارا بودن غلظت بالایی از آنتوسیانین و سایر ترکیبات فنلی با خواص آنتی اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد، مورد توجه قرار گرفته است (Allende et al., 2004). روند افزایشی و غیرقابل انتظار قیمت کودهای فسفره سبب بروز مشکلات مختلف در تولید این محصول خاص گردیده است. بنابراین به نظر می‌رسد انجام پژوهش های متکی بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفره امری اجتناب ناپذیر است.

مواد و روش ها

این آزمایش گلدانی در زمستان ۱۳۹۹ در گلخانه آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام شد. گیاهان در طول این آزمایش تحت دمای °C ۱۸-۲۳ و °C ۹-۱۳ شب، رطوبت نسبی ۷۰-۶۰٪ و نور طبیعی خورشید رشد یافتند. نشاهای کاهو لولوروسا در شرایط گلخانه تولید و در مرحله ۳ برگ حقیقی به گلدان های پلاستیکی با نسبت ۷۵:۲۵ کوکویت به پرلیت منتقل گردید. به منظور ارزیابی دقیق اثر باکتری مورد نظر، تمام بسترهای مورد استفاده در این آزمایش جهت حذف تمام میکروارگانیسم ها در دمای °C ۱۲۱ و فشار یک اتمسفر استریل گردیدند. تیمار- های آزمایشی شامل غلظت های مختلف فسفر (۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵، ۵۰ و ۶۲/۵ میلی گرم بر لیتر) و وجود و عدم وجود کود زیستی باکتریایی (فاقد باکتری (B₀) و دارای باکتری (B₁) بود. کود زیستی باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus subtilis*) از فرمولاسیون پروبیو ۹۶® شرکت بایوران© تامین گردید. مطابق پیشنهاد شرکت ۳۰ میلی لیتر از محلول باکتریایی پروبیو ۹۶ در یک لیتر آب مقطر حل گردید. قبل از انتقال نشا، گیاهان مرتبط با تیمار کودهای زیستی در محلول حاوی باکتری *Bacillus subtilis* سویه UTB96 به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شدند. در ۲۰ روز پس از انتقال نشا نیز هر یک از گیاهان مجدداً ۲۵ میلی لیتر از محلول فوق را دریافت نمودند. تمام گلدان‌ها در طول فصل رشد با محلول غذایی هاوارد رش (Resh, 2012) و بر اساس غلظت فسفر مختص هر تیمار تغذیه گردیدند و اثر ۵ غلظت فسفر از کود منوپتاسیم فسفات (KH₂PO₄) (۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵، ۵۰ و ۶۲/۵ میلی گرم بر لیتر) در شرایط وجود و عدم وجود کود زیستی باکتریایی مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور اعمال تیمارهای حاوی فسفر هر گلدان در دو هفته اول ۲۰۰ میلی لیتر، در دو هفته میانی ۳۰۰ میلی لیتر و در دو هفته پایانی ۴۰۰ میلی لیتر از محلول غذایی خاص خود دریافت نمود. فسفر با استفاده از روش رنگ سنجی و در طول موج ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-1201, Shimadzu, Japan) اندازه گیری شد. با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از محلول‌های استاندارد، منحنی کالیبراسیون استاندارد رسم گردید و غلظت فسفر در بافت گیاهی برحسب میلی-گرم در گرم ماده خشک گیاهی گزارش گردید. محاسبه تعداد کلونی هر تیمار مطابق روش Osdaghi et al. (2017) با کمی تغییر محاسبه گردید. در پایان آزمایش داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون چند دامنه ی دانکن انجام گردید.