

اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

سرور خرم‌دل، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، رضا قربانی^۱

چکیده

کاربرد کودهای بیولوژیک به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ میکوریزا به جای مصرف کودهای شیمیایی از مهمترین راهبردهای تغذیه‌ای در مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی می‌باشد. به منظور بررسی تاثیر مایه تلقیح باکتری‌های ازتوباکتر (*Azotobacter paspali*)، آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*) و قارچ همزیست میکوریزا (*Glomus intraradices*) بر رشد گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) آزمایشی در بهار سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: (A) ازتوباکتر، (B) آزوسپیریلوم، (C) میکوریزا، A+B+C، A+B، B+C، A+C و شاهد بودند. مقدار ۱۵ میلی‌گرم از هر مایه تلقیحی برای ۱۱۰ گرم بذر به ازای هر تیمار به جز شاهد و به صورت تلقیح قبل از کاشت به کار برده شد. نتایج آزمایش نشان داد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در مقایسه با شاهد شد. ارتفاع گیاه در تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم و قارچ نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش بیشتر بوده و بیشترین ارتفاع گیاه در ۸۹ روز پس از سبز شدن مشاهده شد. حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ در ۸۲ روز پس از سبز شدن به ترتیب برای تیمار آزوسپیریلوم و میکوریزا و شاهد برابر ۰/۳۷ و ۰/۲۲ بدست آمد. بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک در ۸۹ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم و میکوریزا و شاهد برابر ۶۶/۰ و ۳۸/۳ گرم در متر مربع حاصل شد. حداکثر و حداقل مقادیر سرعت رشد محصول در ۸۲ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمارهای آزوسپیریلوم و قارچ و شاهد برابر با ۱۴/۵ و ۵/۸ گرم در متر مربع در روز بدست آمد. همچنین، بیشترین و کمترین سرعت آسمیلاسیون خالص در ۶۱ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار دوگانه آزوسپیریلوم و قارچ و شاهد معادل با ۴۷/۲ و ۳۹/۷ گرم در متر مربع برگ در روز حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، آزوسپیریلوم، باکتری‌های محرک رشد، سیاهدانه، میکوریزا.

مقدمه

کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند. سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی دولپه، علفی و یکساله متعلق به خانواده آلاله بوده که در زبان انگلیسی Black cumin و در عربی نیز به آن شونیز گفته می‌شود (۶). برای دانه این گیاه خواصی مانند شیرآوری، ضد نفخ، مسهل، ضد

انگل، ضد صرع، ضد ویروس، ضد باکتری، ضد تومور، مسکن و کاهش‌دهنده قند خون را ذکر نموده‌اند (۱۲، ۱۹). سیاهدانه به طور خودرو از جنوب اروپا تا خاورمیانه و شبه قاره هند دیده می‌شود؛ ولی محققان منشا آنرا خاورمیانه و غرب آسیا می‌دانند (۱۹). این گیاه در بسیاری از مناطق کشور به صورت خودرو وجود دارد و در برخی نقاط نیز کشت می‌شود.

کشاورزی اکولوژیک یک سیستم کشاورزی تلفیقی

۱. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (قطب علمی گیاهان زراعی ویژه).

نظیر ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس باعث افزایش و بهبود خصوصیات رشدی گیاه دارویی سیاهدانه مانند ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه شده‌است. کاپور و همکاران (۲۵) نیز نتیجه گرفتند که تلقیح بذر رازیانه (*Foeniculum vulgare*) با میکوریزا، دلیل افزایش باروری فسفر در خاک باعث افزایش معنی‌دار رشد و همچنین بهبود عملکرد اسانس گیاه شده‌است.

لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت سیاهدانه به عنوان یک گیاه دارویی جدید و نیز عدم وجود اطلاعاتی مستند و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی این گیاه به کودهای بیولوژیک، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشدی سیاهدانه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیایی درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر) به اجرا درآمد. قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه برداری از خاک محل تحقیق انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

تیمارهای آزمایش شامل: (A) ازتوباکتر (*Azotobacter spaspali*) (B) آزوسپیریلوم (*Azospirillum brasilense*)، (C) میکوریزا (*Glomus intraradicaes*)، A+B+C، A+B بودند. برای تلقیح بذور با مایه تلقیح باکتری با توجه به این که این مایه‌ها به شکل مایع می‌باشند، به نحوی بذور با این مایه مخلوط شدند که یک پوشش کاملاً یکنواخت از این مایه‌های تلقیحی روی سطح بذور تشکیل شود. از صمغ

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک قطعه آزمایش قبل از کاشت

بافت خاک	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (ppm)	EC (دسی زیمنس بر متر)	pH
سیلتی - لومی	۱۱۵	۹	۳۸۷	۱/۱۱	۸/۰۲

مبنی بر اصول اکولوژیکی بوده که در آن کیفیت محصولات مهمتر از کمیت آنهاست. نظام‌های کشاورزی اکولوژیک و کم‌نهاده می‌توانند به عنوان جایگزینی برای سیستم‌های رایج در نظر گرفته شده و باعث توسعه کشاورزی پایدار و حفظ سلامت محیط زیست گردند (۳۳، ۲۹، ۱۱).

تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی به خصوص در شرایط کشت اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد (۱۶). کشت اکولوژیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد (۲۳).

بررسی‌های انجام گرفته حاکی از آن است که ساخت مواد موثره در گیاهان دارویی تحت تاثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است (۳، ۱۹). مدیریت کود یک عامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی است (۱۸). نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کود آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده است (۱۱). بروسارد (۱۵) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک باعث افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آنها توسط گیاه شده و بدین ترتیب منجر به افزایش تعادل نیتروژنی و کارایی جذب فسفر می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک باعث افزایش عملکرد و همچنین کاهش آلودگی منابع آبی می‌شود (۲۴). باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۲۷).

علیرغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد تاثیر کودهای بیولوژیک بر روی گیاهان زراعی انجام شده‌است، اطلاعات موجود در مورد اثرات این نوع کودها بر گیاهان دارویی بسیار اندک است. در همین راستا، شالان (۳۱) نتیجه گرفت که افزایش حاصلخیزی خاک بوسیله کودهای بیولوژیک

به منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت آسمیلاسیون خالص (NAR) در طول فصل رشد از معادلات زیر استفاده شد (۷):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \quad (۱) \quad \text{گرم بر متر مربع در روز}$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (۲) \quad \text{گرم بر متر مربع برگ در روز}$$

t₁: زمان نمونه‌گیری اول (روز)، t₂: زمان نمونه‌گیری دوم (روز)

W₁: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری اول (گرم)، W₂: وزن خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم (گرم)

با فرا رسیدن مرحله رسیدگی، زرد شدن بوته‌ها و خشک شدن کپسول‌ها بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، عملیات برداشت از چهار ردیف وسط هر کرت انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم‌افزارهای Minitab-13، MSTAT-C و Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی و اثرات کودهای بیولوژیک بر آن‌ها در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده‌است. نتایج نشان داد که اثر تلقیح کودهای بیولوژیک بر ارتفاع گیاه، سرعت رشد محصول، میزان تجمع ماده خشک، (p ≤ ۰/۰۱) و شاخص سطح برگ (p ≤ ۰/۰۵) معنی‌دار بود.

عربی نیز برای چسبندگی بهتر بذور با مایه تلقیح قارچ (با توجه به اینکه این مایه تلقیحی به شکل پودر می‌باشد) استفاده شد. به طور کلی مقدار ۱۵ میلی‌گرم از هر مایه تلقیحی برای ۱۱۰ گرم بذر به ازای هر تیمار به جز شاهد به کار برده شد. تلقیح بذور سیاهدانه با کودهای بیولوژیک در شرایط تاریکی، سایه و قبل از کاشت انجام شد.

بذور سیاهدانه با فاصله کم روی ۶ ردیف سه‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر در ۳۰ فروردین کشت شدند. گیاهان در مرحله ۶-۴ برگ برای رسیدن به تراکم مورد نظر (۲۰ بوته در متر مربع) تنک شدند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یکبار تا آخر فصل رشد انجام شد. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها با یکدیگر، آبیاری کرت‌ها و بلوک‌ها به طور جداگانه انجام گردید. به منظور انجام آنالیزهای رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک، اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک گیاه در فواصل مکرر لازم بود. همچنین، در طول فصل رشد ارتفاع ۴ بوته از هر کرت به طور تصادفی اندازه‌گیری و ثبت شد. نمونه‌برداری‌های تخریبی از ۴۰ روز پس از سبز شدن، به صورت هفتگی، از چهار ردیف وسط هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای و به‌طور تصادفی از سطح ۰/۲ متر مربع روی هر پشته انجام شد. در نهایت ۸ نمونه برداری در طول فصل رشد انجام گرفت. برای تعیین شاخص سطح برگ از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ استفاده شد. برای تعیین وزن خشک گیاه نیز، ابتدا برگ‌ها از ساقه هر نمونه گیاهی جدا شده و به صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد درون آن قرار داده شده و پس از آن به‌طور جداگانه توزین شدند.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی سیاهدانه در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع (سانتی متر)	شاخص سطح برگ	تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع)	سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز)
تکرار	۲	۴/۰۷۲	۰/۰۰۵	۲/۹۱	۰/۱۶
تیمار	۷	۱۷/۵۵۴**	۰/۰۰۷*	۲۲۲/۲۱**	۱۹/۴۷**
خطا	۱۴	۲/۳۳	۰/۰۰۲	۲/۹۶	۰/۸۱
کل	۲۳	-	-	-	-

جدول ۳: مقایسه میانگین بیشترین مقادیر برخی شاخص‌های رشدی سیاهدانه در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک

تیمار	ارتفاع (سانتی متر)	شاخص سطح برگ	تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع)	سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز)
(A): ازتوباکتر	۲۹/۷۱ cde ^a	۰/۲۳۱ b	۴۳/۵۳ c	۸/۱۴ c
(B): آزوسپیریلوم	۲۸/۴۲ de	۰/۲۲۸ b	۳۹/۸۲ d	۷/۷۸ c
(C): میکوریزا	۳۰/۰۰ bed	۰/۲۳۴ b	۴۷/۷۴ b	۸/۹۷ bc
A + C	۳۲/۱۷ abc	۰/۲۶۶ b	۴۹/۹۲ b	۱۰/۱۱ cd
B + C	۳۴/۳۸ a	۰/۳۶۶ a	۶۶/۰۱ a	۱۴/۵۴ a
A + B	۳۰/۸۹ bed	۰/۲۵۰ b	۴۹/۷۳ b	۱۰/۰۹ b
A + B + C	۳۲/۸۵ ab	۰/۲۸۴ b	۵۰/۵۱ b	۱۰/۲۹ b
شاهد	۲۶/۹۶ e	۰/۲۲۵ b	۳۸/۲۸ d	۵/۸۱ d

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

ارتفاع گیاه

بررسی روند تغییرات ارتفاع گیاه در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد نشان داد که ارتفاع بوته سیاهدانه در اثر تلقیح نسبت به شاهد افزایش یافته‌است، به طوری که در ۸۹ روز پس از سبز شدن بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برای تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم با میکوریزا و شاهد بدست آمد (شکل ۱).

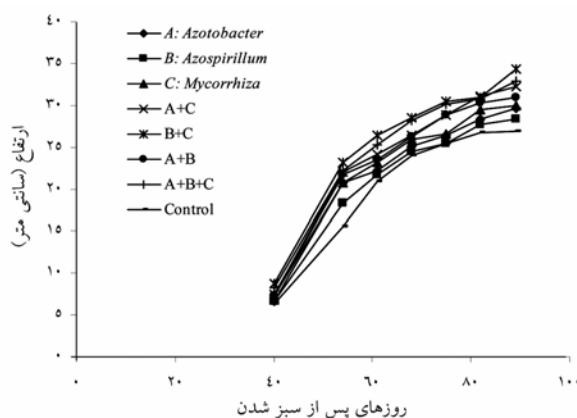
به طور کلی در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش تعداد گره‌ها و طول میانگره‌ها ارتفاع گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۷). روستا و همکاران (۵) افزایش ارتفاع بوته ذرت دورگ (وارتبه

۷۰۴) تلقیح شده با آزوسپیریلوم را گزارش کردند. شالان (۳۱) نیز نشان داد که تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیکی نظیر آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شده‌است، که علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده‌است. تلقیح میکروبی همچنین باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش محتوای نیتروژن قابل دسترس خاک می‌شود (۱۵).

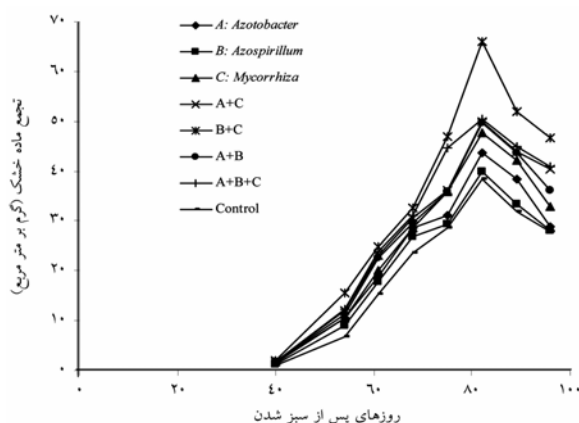
شاخص سطح برگ (LAI)

تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد (شکل ۲) برای تمامی تیمارها روند نسبتاً مشابهی داشته و زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در تمامی تیمارها همزمان بود. به طوری که در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ با شیب کم و بعد از آن نزدیک به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با شتاب زیاد تا حداکثر ۸۲ روز پس از سبز شدن افزایش یافته و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و همچنین ریزش برگ‌ها روندی نزولی مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان LAI در ۸۲ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار دوگانه میکوریزا+ آزوسپیریلوم با ۰/۳۷ و شاهد با ۰/۲۲ مشاهده شده که مقدار محاسبه شده نسبت به شاهد ۶۸/۲ درصد افزایش یافته‌است.

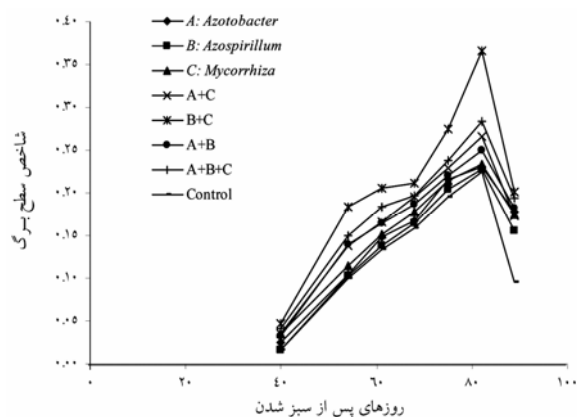
بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین



شکل ۱: روند تغییرات ارتفاع سیاهدانه در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک



شکل ۳: روند تغییرات تجمع ماده خشک در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک در سیاهدانه



شکل ۲: روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک در سیاهدانه

محاسبه شده نسبت به شاهد ۷۲/۳ درصد افزایش یافته‌است (شکل ۳).

بررسی استانکوا و همکاران (۳۲) نشان داد که در اثر تلقیح ذرت با آزوسپیریوم وزن خشک بوته افزایش یافت. بی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که تلقیح شبدر قرمز با میکوریزا به دلیل افزایش جذب فسفر و روی، باعث افزایش بیوماس گیاه شد. بت و همکاران (۱۳) نیز بیان داشتند که تلقیح میکوریزا با ماش، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی این گیاه شده‌است. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در ماش شده‌است. در همین راستا، کلیک و همکاران (۱۷) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد قارچ همزیست میکوریزا باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه شد.

سرعت رشد محصول (CGR)

تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد برای تمامی تیمارها از روند نسبتاً یکسانی پیروی کرد، بدین صورت که سرعت رشد محصول با گذشت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود (در ۸۲ روز پس از سبز شدن) روند کاهشی پیدا کرده و در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن

سرعت رشد محصول در دوره رشد گیاه شده که این امر در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک می‌گردد (۲۷). کاپولنیک و همکاران (۲۶) اظهار داشتند که تلقیح بذره‌های ذرت با باکتری آزوسپیریوم باعث افزایش تعداد برگ‌های این گیاه و در نهایت افزایش عملکرد این گیاه در مقایسه با شاهد شده‌است. همچنین بررسی حمیدی و همکاران (۴) نشان داد که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه‌ای با آزوسپیریوم، تعداد برگ‌های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن‌ها نیز دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانسته و اعلام داشتند که این موضوع در نهایت منجر به افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده‌است. آن‌ها همچنین اظهار داشتند که احتمالاً باکتری آزوسپیریوم از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، عملکرد و ویژگی‌های مرتبط با آن را در ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر قرار داده‌است.

تجمع ماده خشک (DM)

روند تغییرات ماده خشک در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد از الگوی نسبتاً یکسانی برای تمامی تیمارها تبعیت کرد. حداکثر و حداقل میزان ماده خشک در ۸۹ روز پس از سبز شدن به ترتیب برای تیمار دوگانه آزوسپیریوم و قارچ (۶۶/۰ گرم بر متر مربع) و برای شاهد (۳۸/۳ گرم بر متر مربع) به دست آمد که مقدار

و نیتروژن قابل دسترس برای گیاه همزیست می‌شود (۲۴،۱۵،۱).

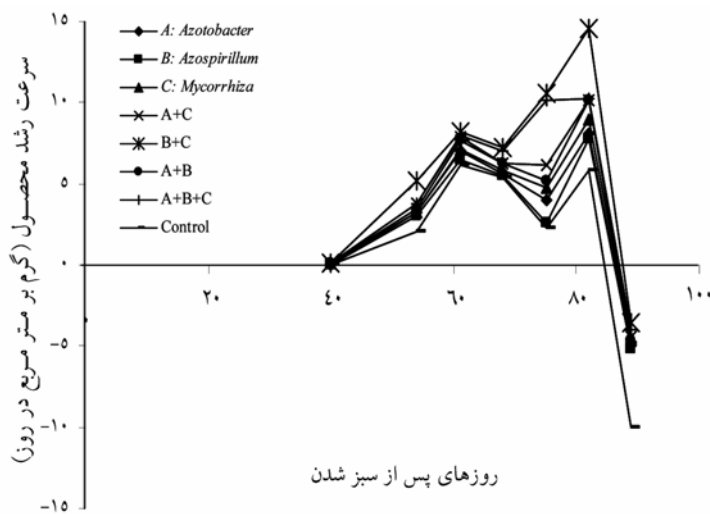
سرعت آسمیلاسیون خالص (NAR)

نتایج بررسی روند تغییرات سرعت آسمیلاسیون خالص گیاه در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد در شکل ۵ نشان داده شده‌است. تغییرات NAR در تمامی تیمارها روند نزولی نسبتاً مشابهی داشت، به طوری که سرعت آسمیلاسیون خالص در ابتدای فصل رشد بالا بوده و سپس تا انتهای فصل رشد بدلیل نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و همچنین پیر شدن برگ‌ها روندی نزولی داشت. میزان NAR در ۸۹ روز پس از سبز شدن برای تمامی تیمارهای مورد آزمایش منفی بود. بیشترین و کمترین میزان NAR (در ۶۱ روز پس از سبز شدن) به ترتیب در تیمار میکوریزا+ آزوسپیریوم (۴۷/۲ گرم بر متر مربع در روز) و شاهد (۳۹/۷ گرم بر متر مربع در روز) بدست آمد.

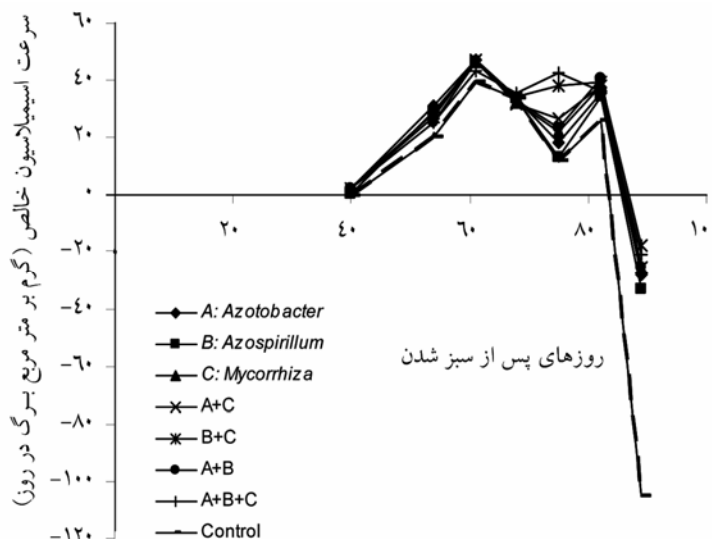
در نهایت، با بررسی روند تغییرات این صفات در سیاهدانه مشخص می‌گردد که احتمالاً تلقیح بذرها با آزوسپیریوم و میکوریزا بیشترین اثرات محرک را بر خصوصیات رشدی این گیاه داشته‌است. در این رابطه قابل ذکر می‌باشد که فولجری و همکاران (۲۰) تولید انواع هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسید جیبرلیک و اسید ایزوگیبرلیک توسط باکتری آزوسپیریوم را مسئول

و ریزش برگها منفی شد. بیشترین و کمترین میزان CGR در ۸۲ روز پس از سبز شدن، به ترتیب در تیمار آزوسپیریوم و میکوریزا برابر با ۱۴/۵ گرم بر متر مربع در روز و شاهد برابر با ۵/۸ گرم بر متر مربع در روز مشاهده شد که مقدار محاسبه شده نسبت به شاهد تا بیش از ۱۰ برابر افزایش یافته‌است (شکل ۴).

سرعت رشد گیاه معیاری کمی بوده و نشان‌دهنده خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه است. سرعت رشد گیاه در یک واحد زمانی مشخص و در واحد سطح زمین بوده و ارتباطی قوی با میزان دریافت تشعشع خورشید و دمای هوا دارد (۷). افزایش سرعت رشد محصول در ابتدای فصل رشد به رشد و نمو سریع برگ‌ها و ساقه نسبت داده می‌شود، که این امر مستلزم تامین آب و عناصر غذایی کافی جهت رشد و توسعه گیاه خصوصاً در مراحل بحرانی رشد می‌باشد (۸،۹). ناندا و همکاران (۲۸) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با کودهای بیولوژیک آزوسپیریوم و ازتوباکتر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه‌ای این گیاه گردید. در همین راستا، وو و همکاران (۳۴) گزارش کردند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار CGR ذرت شد. آنان دلیل افزایش سرعت رشد گیاه را بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه دانستند. نتایج تحقیقات اخیر نشان داده است که استفاده از کودهای بیولوژیک همچنین باعث بهبود ساختار فیزیکی خاک و همچنین افزایش محتوای ماده آلی



شکل ۴: روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک در سیاهدانه



شکل ۵: روند تغییرات سرعت آسیمیلاسیون خالص در طول فصل رشد تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک در سیاهدانه

منجر به افزایش رشد گیاه شده است (۱۰). نتایج نشان داده است که در گیاهان تحت تیمار میکوریزا نیز، بدلیل افزایش سطح فعال سیستم ریشه‌ای جذب مواد غذایی از خاک افزایش یافته است. صرفنظر از تاثیر همیاری این قارچ با ریشه گیاه در جذب فسفر، گزارشاتی نیز مبنی بر جذب سولفور، در شبدر قرمز و ذرت توسط محققین مختلف گزارش شده است (۲، ۲۱، ۲۲).

بنابراین، به نظر می‌رسد که تلقیح بذر سیاهدانه با این دو نوع کود بیولوژیک (میکوریزا و آزوسپیریوم) علاوه بر تولید هورمون‌های محرک رشد، باعث توسعه سطح فعال سیستم ریشه‌ای و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که در نهایت شاخص‌های رشدی سیاهدانه را افزایش داده است. همچنین به نظر می‌رسد در تیمار فوق این دو نوع کود بیولوژیک بهترین اثرات متقابل را داشته و احتمالاً دارای اثرات هم‌افزایی (سینرژیستی) با یکدیگر بوده که در نهایت منجر به بهبود خصوصیات رشدی سیاهدانه شده است.

در نهایت با تفسیر نتایج حاصل از این پژوهش مشخص می‌شود که اثرات مثبت کودهای بیولوژیک بر رشد که قبلاً در مورد گیاهان زراعی تأیید شده، برای گیاهان دارویی از جمله سیاهدانه نیز صادق می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک مناسب، می‌تواند در افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات رشدی گیاه سیاهدانه موثر باشد.

افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو ذرت دانستند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در این پژوهش نیز احتمالاً، این باکتری از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، شاخص‌های رشدی سیاهدانه را تحت تاثیر قرار داده که در نتیجه باعث افزایش ویژگی‌های رشدی، در تیمار آزوسپیریوم و میکوریزا نسبت به شاهد شده است. این فرضیه با توجه به این که اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میانگه‌های ساقه می‌شوند، قابل توجیه می‌گردد (۷). بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که به دلیل افزایش ارتفاع بوته و همچنین افزایش سرعت رشد گیاه، میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ در سیاهدانه در شرایط تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و قارچ همزیست میکوریزا بهبود یافته است.

اردکانی و همکاران (۱) افزایش جذب آهن، منیزیم، روی، مس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به ترتیب ۱۶٪، ۲۰٪، ۱۸٪، ۲۱٪، ۱۷٪، ۱۴٪ و ۲۰٪ را در اثر تلقیح بذر گندم با باکتری آزوسپیریوم گزارش کرده و بیان داشتند که آزوسپیریوم باعث توسعه سیستم ریشه‌ای گندم شده و بنابراین بطور طبیعی امکان دسترسی و جذب بهتر عناصر مختلف غذایی برای این گیاه فراهم شده است. آلن و همکاران نیز گزارش کردند که تلقیح میکوریزا باعث افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل گیاهان و در نهایت

منابع

- ۱- اردکانی، م.ر.، د. مظاهری، ف. مجد، و قربان نورمحمدی. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپیریوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم. ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۶-۱۳ شهریور، بابلسر، دانشگاه مازندران.
- ۲- آستارایی، ع.، و ع. کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۳- امید بیگی، ر. ۱۳۷۴. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات طراحان نشر.
- ۴- حمیدی، ا.، ا. فلاوند، م. دهقان شعار، م.ج. ملکوتی، ا. اصغرزاده، و ر. چوکان. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه‌ای. پژوهش و سازندگی، ۷۰: ۲۲-۱۶.
- ۵- روستا، م. ن. راستین، و م. مظاهر اسدی. ۱۳۷۷. بررسی و فعالیت آزوسپیریوم لیپروفروم در برخی از خاکهای ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۹: ۲۹۸-۲۸۵.
- ۶- زرگری، ع. ۱۳۶۸. گیاهان دارویی. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷- سرمدنی، غ.، و ع. کوچکی. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۸- لطیفی، ن.، س. نواب پور، و ف. اکرم قادری. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص‌های رشد در آفتابگردان، رقم رکورد، تحت شرایط دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۷(۱): ۶۷-۶۱.
- ۹- ملکی، ع. ۱۳۷۸. اثر فواصل آبیاری و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای بهاره (*Brassica napus*). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- 10-Allen, M.f., T.S. Moore, and M. Christensen. 1980. Phytohormone, changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Cytokinin increase in the host plant. *Canadian Journal of Botany*, 58:371-374.
- 11-Arun, K.S. 2002. *A Handbook of Organic Farming* Pub. Agrobios, India.
- 12-Bassim Atta, A. 2003. Some characteristics of nigella (*Nigella sativa* L.) seed cultivated in Egypt and its lipid profile. *Food Chemistry*, 83:63-68.
- 13-Bath, S.A., O.V.S. Thenua, B.G. Shivakumar, and J.K. Malik. 2005. Performance of summer green gram [*Vigna radiate* (L.) Wilczek] as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition. Haryana. *Journal of Agronomy*, 21:203-205.
- 14-Bi, Y.L., X.L.L. Li, and P. Christie. 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from a low-phosphorus soil amended with zinc and phosphorus. *Chemosphere*, 50:831-837.
- 15-Brussard, L., and R. Ferrera-Cenato. 1997. *Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems*. New York: Lewis Publishers, U.S.A. 168p.
- 16-Carrubba, A., R. La Torre, and A. Matranga. 2002. Cultivation Trials of some Aromatic and Medicinal Plants in a Semi-arid Mediterranean Environment. *Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS)*.
- 17-Celik, I., I. Ortas, and S. Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research*, 78:59-67.
- 18-Chatterjee, S.K. 2002. Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants in India a Commercial Approach. *Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (ISHS)*, 576:191-202.
- 19-D'Antuono, L.F., A. Moretti, and A.F. S. Lovato. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and damascena. *Industrial Crops and Products*, 15:59-69
- 20-Fulchieri, M., C. Lucangeli, and R. Bottini. 1993. Inoculation with *Azospirillum* effects growth and gibberellin status of corn seedling roots. *Plant Cell Physiology*, 34:1305-1309.
- 21-Gray, L.E., and J.W. Gerdeman. 1969. Uptake of phosphorus-32 by vesicular arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*, 30:415-422.
- 22-Gray, L.E., and J.W. Gerdeman. 1973. Uptake of sulphur-32 by vesicular arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*, 39:687-689.
- 23-Griffe, P., S. Metha, and D. Shankar. 2003. *Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction*, FAO.
- 24-Hungria, M., D.S. Andrade, A. Colozzi-Filho, and E.L. Balota. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monoculture consorcio. *Pesquisa Agrogecuaria Brasileira*, 32:807-818.

- 25-Kapoor, R., B. Giri, and K. G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* mill) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93:307-311.
- 26-Kapulnik, Y., S. Sarig, A. Nur, Y. Okon, and Y. Henis. 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. *Israel Journal of Botany*, 31:247-255.
- 27-Karimi, M.M., and K.H.M Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agriculture Research*, 42:13-20.
- 28-Nanda, S.S., K.C. Swain, S.C. Panda, A.K. Mohanty, and M.A. Alim. 1995. Effect of nitrogen and biofertilizers in fodder rainfed upland conditions of Orisa. *Current Agricultural Research*, 8:45-47.
- 29-Poudel, D.D., W.R. Hoawath, W.T. Lanini, S.R. Temple, and A.H.C. Van Bruggen. 2002. Comparison of soil N availability and conventional farming systems in northern California. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90:125-137.
- 30-Schippmann, U., D.J. Leaman, and A.B. Cunningham. 2002. Impact of Cultivation and fertilization on the Biomass, Yield and Yield Composition of Horticulture. *Acta Horticulture (ISHS)*, 331:109-114.
31. Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 83:811-828.
- 32-Stancheva, I., I. Dimitrev, N. Kuloyanova, A. Dimitrova, and M. Anyelov. 1992. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense*, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. *Agronomie*, 12:319-324.
- 33-Wallace, J. 2001. *Organic Field Crop Handbook*. Pub. Canadian Organic Growers. Ottana, Ontario.
- 34-Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Chenng, and M.H. Wong. 2005. Effect of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125:155-166.
- 35-Zahir, A.Z., M. Arshad, and W.F. Frankenberger. 2002. Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81:97-168.

Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.)

S. Khorramdel, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, R. Ghorbani¹

Abstract

Application of biofertilizers, especially plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhiza fungus is one of the most important strategies for plant nutrition compared to chemical fertilizers, especially in sustainable management of agroecosystems. In order to investigate the effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* bacteria and *Mycorrhiza* fungus on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.), a field experiment was conducted at the Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2007. A randomized complete block design with three replications was used. Treatments included: (A) *Azotobacter paspali*, (B) *Azospirillum brasilense*, (C) the fungus of *Glomus intraradices*, C+A, C+B, A+B, A+B+C, and control without using bio-fertilizers. The *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculations were applied as liquid and the *Mycorrhiza* inoculation was applied in solid form on the treated seeds with Arabic resin immediately before planting. The Arabic resin was applied to increase the adherence of *Mycorrhiza* to seeds. In all treatments except control, the amounts of 15 mg of each bio-fertilizer were applied for 110 g of seeds. The results indicated that the inoculation of black cumin with biological fertilizers significantly increased plant height, leaf area index, dry matter accumulation and crop growth rate compared with control. The maximum plant height was observed in *Azospirillum*+*Mycorrhiza* at 89 days after emerging. The highest and lowest leaf area index was observed in B+C (0.37) and control (0.22) treatments, respectively. The fast period of vegetative growth and dry matter accumulation were observed at 40-89 days after emerging with a small decline afterwards until physiological maturity. The maximum and minimum amounts of dry matter accumulation were recorded in the B+C treatment with 66.0 gm⁻², and control with 38.3 gm⁻², respectively. Crop growth rate reached to its peak in 82 days after emergence followed by a decreasing trend afterwards, its highest and lowest were observed in the B+C treatment with 14.5 gm⁻²d⁻¹ and control with 5.8 gm⁻²d⁻¹, respectively. Also, net assimilation rate reached to its peak in 61 days after emerging followed by a decreasing trend afterwards until the end of growth and its maximum and minimum were recorded in B+C treatment (47.2 gm⁻²d⁻¹) and control (39.7 gm⁻²d⁻¹), respectively. Further, investigations on quantity and quality of medicinal plants including black cumin in association with biological fertilizers effects will provide additional information.

Keywords: *Azotobacter*, *Azospirillum*, plant growth promoting rhizobacteria, black cumin, mycorrhiza.

1. Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (Center of Excellence for Special Crops).