نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص. ۵۷۱-۵۶۴
شاپا: ۴۷۳۰ ـ ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 4, Winter 2016, P. 564-571
ISSN: 2008 - 4730

اثر غنی‌سازی با کودهای زیستی و سه عنصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه زنیان (*Carum copticum* L.)

مینا معتمدنژاد[1*]- سید وحید اسلامی[2]- محمد حسن سیاری[3]- سهراب محمودی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۲

چکیده

کاربرد کودهای زیستی به جای مصرف کودهای شیمیایی از جمله مهم‌ترین راهبردهای تغذیه‌ای در مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی می‌باشد. در این راستا به منظور بررسی تاثیر تلقیح با کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر روی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه زنیان (*Carum copticum* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند در سال ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فاکتور اول: کود زیستی در سه سطح شامل بدون تلقیح، *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر* و فاکتور دوم: غنی‌سازی بذور در ده سطح شامل بدون غنی‌سازی، غنی‌سازی با عناصر آهن، روی، منگنز که هر کدام شامل سه غلظت یک، دو و سه میلی‌مولار بود. برای غنی سازی، بذور به مدت ۲۴ ساعت درون پتری دیش با محلول های ریز مغذی تیمار شدند. صفات مورد مطالعه عبارتند بودند از: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه. نتایج آزمایش نشان داد که همه تیمارهای به کار رفته باعث افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در مقایسه با شاهد شد. اما تلقیح بذور و غنی‌سازی آنها اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نداشت. حداکثر و حداقل مقادیر وزن خشک ساقه‌چه به ترتیب برای تیمار ترکیبی (*ازتوباکتر* و Fe3) با مقدار ۴/۰۳ و *ازتوباکتر* با مقدار ۱/۲۶ مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقادیر طول ساقه‌چه به ترتیب برای تیمارهای ترکیبی *ازتوباکتر* و Mn2 (۳۷/۵ میلی‌متر) و تیمار ترکیبی *آزوسپریلیوم* و Zn3 (۲۰ میلی‌متر) مشاهده شد. در مجموع از بین کودهای زیستی ، *ازتوباکتر* و از بین تیمارهای ریزمغذی، آهن با هر سه غلظت به کار رفته، سبب افزایش ویژگی‌های مورد بررسی گردید. بر طبق نتایج این آزمایش، کاربرد کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر بذر زنیان می‌تواند جوانه‌زنی سریعتر و گیاهچه‌های قوی‌تری را تأمین کند.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپریلیوم*، آهن، *ازتوباکتر*، روی، گیاهان دارویی

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. تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی به خصوص در شرایط کشت اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد (۱۰). کشت اکولوژیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی بر کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد (۱۵).

زنیان[5] گیاهی علفی یکساله و از خانواده چتریان[6] می‌باشد. میوه این گیاه دارای چهار تا شش درصد اسانس روغنی فرار است که ۴۵ تا ۵۵ درصد آن را تیمول تشکیل می‌دهد. از زنیان در طب سنتی به عنوان ضد نفخ، مسکن و رفع ناراحتی‌های گوارشی استفاده می‌شود (۱۱). بیشترین میزان اسانس این گیاه در بذر آن وجود دارد و مقدار آن با توجه به خصوصیات ژنتیکی و محیطی بین ۲ تا ۵ درصد متغیر است (۳۰).

کودهای زیستی به تولیدات حاصل از فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که در ارتباط با تثبیت ازت و یا فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی در

۱، ۲ و ۴- به ترتیب کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشیار اکولوژی علفهای هرز و دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: m.motamednejad@yahoo.com)
۳- استادیار حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

5- *Carum copticum* L.
6- Apiaceae

خاک فعالیت می کنند اشاره دارد. باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند و اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (۳۹).

ازتوباکتر کروکوم[1] متداولترین گونه *ازتوباکتر* می‌باشد که در اکثر خاک‌های جهان یافت می‌شود. گونه‌ی *ازتوباکتر کروکوم* علاوه بر تثبیت ازت چندین نقش دیگر هم از قبیل تولید هورمون‌های گیاهی (۳۶)، تولید موادی که به عنوان قارچ‌کش عمل می کنند (۲۷)، که بسیاری از بیماری‌ها را بهبود می‌بخشند (۲۵) و تولید دیگر عناصر و شاید افزایش حلالیت فسفات غیر محلول خاک را نیز برعهده دارد (۲۶).

جزئیات مکانیسم عمل آزوسپریلوم در تقویت رشد گیاهان هنوز کاملاً شناخته نشده و مورد بحث است، ولی نتایج اغلب پژوهش‌ها گویای آن است که آزوسپریلوم با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، رشد کیفی و کمی غلاتی چون گندم و ذرت را تقویت می‌کند، که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌گردد (۵ و ۱۸).

استفاده از کودهای زیستی برای بهبود کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله رازیانه (۱۹)، سیاهدانه[2] (۴۰)، آویشن[3]، مرزنجوش (۳۷)، گزارش شده است.

غنی‌سازی به معنی افزایش غلظت عناصر غذایی به خصوص عناصر کم‌مصرف در گیاهان می‌باشد. لذا افزایش غلظت عناصر غذایی در دانه موجب خواهد شد که علاوه بر کمک به بهبود سلامتی جامعه، بذور قوی با قدرت جوانه‌زنی بالا و رشد اولیه زیاد تولید شود (۳۱). عناصر ریز مغذی مغذی آهن، منگنز و روی نقش مهمی در رشد و بازده گیاهان معطر و دارویی دارند (۱).

علی رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد تاثیر کودهای زیستی بر گیاهان زراعی انجام شده است، اطلاعات موجود در مورد اثرات این نوع کودها بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاهان دارویی بسیار اندک است. لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت زنیان به عنوان یک گیاه دارویی جدید و نیز عدم وجود اطلاعاتی مستند و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی این گیاه به کودهای زیستی و ریزمغذی‌ها، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی شامل سویه های خالص باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلوم* از طریق تلقیح بذر و غنی‌سازی بذر با عناصر ریزمغذی بر خصوصیات جوانه‌زنی زنیان اجرا شد.

1- *Azotobacter chroococcum*
2- *Nigella sativa* L.
3- *Thymus vulgaris*

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در محل آزمایشگاه دانشکده کشاورزی بیرجند در سال ۱۳۹۰ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل کودهای زیستی که شامل *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*، عدم تلقیح و عناصر ریزمغذی شامل عناصر آهن، روی و منگنز که هر کدام با سه سطح غلظت یک، دو، سه میلی‌مولار بودند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات خاک و آب تهران تهیه شدند. ابتدا بذور جهت ضدعفونی در هیپوکلرید سدیم یک درصد به مدت دو تا سه دقیقه قرار داده شدند و سپس دو تا سه بار با آب شستشو گردیدند.

برای اجرای تیمار غنی‌سازی بذرها، میزان ۱۰ میلی لیتر بسته به تیمار آزمایشی از محلول عناصر ریزمغذی به مدت ۲۴ ساعت درون پتری دیش‌ها تیمار شدند(۳۲) و در مرحله بعد بسته به نوع تیمار آزمایشی، برای اجرای تیمار تلقیح باکتریایی، میزان هفت میلی‌لیتر مایه تلقیح که هر میلی لیتر آن دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال بود، به مدت ۵ ساعت بذرها آغشته شدند (۲۳).

در هر تکرار از هر تیمار ۱۵ بذر در داخل پتری دیش بر روی کاغذ صافی قرار داده و آب مقطر اضافه و درب آنها را با پارافیلم کاملاً بسته و برای جوانه‌زنی به ژرمیناتور با رطوبت نسبی ۷۰ درصد و درجه حرارت ۲۵– ۱۵ درجه سانتیگراد منتقل گردید.

صفات مورد مطالعه در این تحقیق شامل درصد جوانه زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه-چه و ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه بودند.

درصد جوانه‌زنی (GP) از تقسیم تعداد نهایی بذرهای جوانه زده بر تعداد بذرهای کشت شده، ضرب در 100 بدست آمد (۲۴). بذوری به عنوان جوانه زده در نظر گرفته شدند که طول گیاهچه آنها حداقل دو میلی‌متر بود(۲). طول ریشه‌چه (RL) و ساقه‌چه (PL) نیز در روز چهاردهم اندازه‌گیری شد. بدین منظور تعداد پنج نمونه به طور تصادفی از هر پتری دیش انتخاب و سپس با استفاده از کولیس با دقت دو صدم میلی‌متر اندازه گیری شد. تعداد بذرهای جوانه زده هر روز در ساعت مقرر تا روز چهاردهم شمارش گردید و سرعت جوانه‌زنی (GR) بر حسب بذر در روز از طریق فرمول ارائه شده توسط ماگوئر (1962) بدست آمد:

$$GR=\sum Ni/Ti$$

GR برابر است با سرعت جوانه‌زنی (بذر بر روز) و n_i برابر است با تعداد بذوری که در زمان t_i جوانه زدند و t_i برابر است با تعداد روزها پس از کاشت.

برای اندازه‌گیری وزن تر گیاهچه‌ها پنج نمونه از هر پتری به طور تصادفی انتخاب شدند و به وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱

اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌چه و ساقه‌چه را به طور جداگانه در خشک‌کن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در پاکت گذاشته شدند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ محاسبه شدند.

قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، تست نرمال بودن آنها انجام شد و پس از اطمینان از توزیع نرمال، تجزیه و تحلیل آنها توسط نرم افزار Genstat و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول۱) نشان داد که سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه زنیان به شکل معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای کود زیستی و عناصر ریزمغذی و اثر توام کود زیستی و عناصر ریز-مغذی قرار گرفتند. نتایج جدول ۱ بیانگر این موضوع بود که کاربرد تیمارها بر درصد جوانه‌زنی غیرمعنی دار بود.

درصد جوانه‌زنی

نتایج نشان می‌دهد که از نظر آماری بین تیمارها اختلاف معنی-داری مشاهده نشد. بنابراین آغشته کردن بذر زنیان با باکتری و ریزمغذی‌ها بر صفت درصد جوانه‌زنی بذر اثری نداشت.

سرعت جوانه‌زنی

بررسی نتایج تجزیه واریانس(جدول ۱)، تأثیر عناصر ریزمغذی بر سرعت جوانه‌زنی بیانگر معنی‌دار شدن این صفت در سطح احتمال یک درصد است. استفاده از عناصر ریزمغذی باعث بیشتر شدن سرعت جوانه‌زنی شد که در بین این تیمارها کاربرد منگنز یک میلی‌مولار با ۲/۱۶۴ بذر در روز بیشترین، و کاربرد روی یک میلی‌مولار با ۱/۵۵ بذر در روز، کمترین مقدار سرعت جوانه‌زنی را همانند شاهد به خود اختصاص داد.

افزایش سرعت جوانه‌زنی و عملکرد توسط این باکتری‌ها در گیاهان مهمی همچون جو (۳۸ و ۹)، گندم (۸)، ذرت (۳۴) و نیشکر (۴۲) گزارش شده است. در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر ارزن مرواریدی نشان داده شد که این باکتری‌ها موجب بهبود سرعت جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه و سطح برگ گیاه شدند (۴۳). علت اصلی افزایش سرعت جوانه‌زنی بذور در حضور این گونه باکتری‌ها تولید هورمون‌های رشد بیان شده است(۴۱ و ۴۶).

پرایمینگ بذر شوید با آهن و بور نشان داد که سرعت جوانه‌زنی را تا ۹۸ درصد افزایش می‌دهد و میتوان دلیل آن را توانا ساختن بذر جهت جذب سریع تر آب توسط آهن دانست و همچنین آهن در ساخت کلروفیل و انتقال الکترون در فتوسنتز نقش حیاتی را دارد (۲۹).

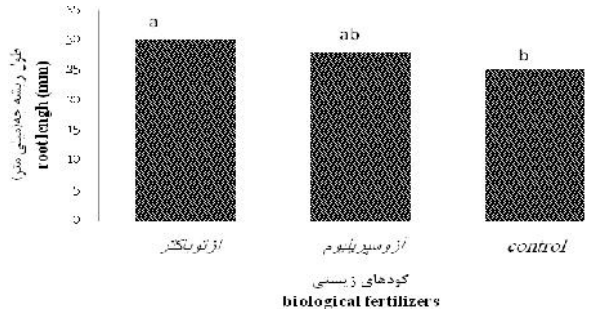
طول ریشه‌چه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر کودهای زیستی بر روی طول ریشه‌چه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و اثر ریزمغذی‌ها و نیز اثر توام این دو تیمار در سطح یک درصد معنی‌دار شد. با توجه به شکل ۱، کودهای زیستی با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما *ازتوباکتر* تفاوت معنی‌داری با شاهد را نشان داد. اثر ساده عناصر ریز مغذی نشان داد که عنصر منگنز یک و دو میلی‌مولار با بیشترین مقادیر به ترتیب (۳۵/۶۲ و ۳۴/۲۲ میلی‌متر) و کمترین مقدار تاثیر بر طول ریشه‌چه با کاربرد عنصر روی با غلظت سه میلی‌مولار (۱۶/۵۷ میلی‌متر) مشاهده شد. اثر متقابل کود زیستی و عناصر ریزمغذی نشان داد که تیمار ترکیبی *ازتوباکتر* و آهن دو میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر طول ریشه‌چه داشت و کمترین مقدار مربوط به کاربرد توام *آزوسپریلیوم* و روی با غلظت سه میلی‌مولار بود (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس مولفه‌های جوانه‌زنی بذر زنیان تحت تاثیر تیمار کود زیستی و عناصر ریزمغذی

Table 1- Analysis of variance of measured parameters of Ajowan germination influenced by biological fertilizers and micronutrients

منابع تغییر s.o.v	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی germination (%)	سرعت جوانه‌زنی germination rate	وزن خشک DW ساقه‌چه shoot	وزن خشک DW ریشه‌چه root	وزن تر FW ساقه‌چه shoot	وزن تر FW ریشه‌چه root	طول ساقه-چه shoot length	طول ریشه-چه root length
کود بیولوژیک biological fertilizer =A	2	28/14 ^{ns}	0/26^{ns}	0.021 ^{ns}	2.69^{ns}	450/30**	49/74**	292/66**	182/92*
ریز مغذی micronutrients =B	9	90/19^{ns}	0/35**	1/96**	3/02*	81/14**	21/71*	28/79^{ns}	321/60**
کود بیولوژیک× ریز مغذی AxB	18	154/8^{ns}	0/14^{ns}	1/19*	2/11 ^{ns}	133/27**	31/11**	44/51**	254/11**
خطا Error	60	100/2	0/13	0/53	1/35	23/48	8/38	18/41	37/29
CV (%)	-	9/8	8/6	16/41	19/17	16/73	17/12	15/62	13/45



شکل ۱- اثر غنی سازی با کودهای زیستی بر طول ریشه‌چه زنیان
Figure 1- Effect of enrichment with biological fertilizers on root length of Ajowan

استفاده از روش‌های مختلف مصرف سولفات روی در ارقام مختلف گندم نشان داد که با مصرف سولفات روی نه تنها عملکرد به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد بلکه غلظت این عنصر در دانه گندم هم‌فزونی یافته و باعث غنی‌سازی دانه می‌شود (۴۵). یکی از نقش‌های اساسی روی در جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد ریشه‌چه است (۷). بررسی‌های انجام شده روی تغییرات مورفولوژی ریشه گندم به سبب تلقیح *آزوسپریلوم* نشان داد که این باکتری ضمن افزایش طول ریشه، سطح کل ریشه گیاهچه را افزایش می‌دهد (۲۰). باکتری *آزوسپریلیوم براسیلنس*[1] در ارزن مرواریدی رشد ریشه را بدلیل تثبیت نیتروژن و تولید مواد تحریک کننده رشد نظیر ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و ویتامین‌ها افزایش می‌دهد (۳۴، ۲۶ و ۶). این نتایج می‌تواند بیانگر رابطه تقویت کنندگی سینرژیستی ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش رشد ریشه‌چه زنیان باشد.

طول ساقه‌چه

طول ساقه‌چه یکی از شاخص‌های توانایی گیاهچه محسوب می‌شود که از آن در آزمون تجزیه و تحلیل رشد گیاهچه برای ارزیابی توانایی گیاهچه استفاده می‌شود (۱۶). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) تأثیر کودهای زیستی و اثر متقابل کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر تغییرات طول ساقه‌چه بیانگر معنی‌دار شدن این صفت در سطح یک درصد است. در مورد کاربرد کودهای بیولوژیک نیز با بررسی مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که استفاده از کودهای بیولوژیک باعث افزایش طول ساقه‌چه شد که در بین این تیمارها کاربرد *ازتوباکتر* بیشترین طول ساقه‌چه با مقدار ۳۱/۰۷ میلی‌متر را به خود اختصاص داده و بین کاربرد *آزوسپریلیوم* با شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

همچنین در مورد کاربرد کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر طول ساقه‌چه، جدول ۲ نشان دهنده‌ی این موضوع می‌باشد که ترکیب تیماری *ازتوباکتر* با منگنز با غلظت دو میلی‌مولار بیشترین تاثیر را بر روی طول ساقه‌چه داشته است و *آزوسپریلیوم* با عنصر روی با غلظت سه میلی‌مولار کمترین تاثیر را داشته است. تلقیح بذر آفتابگردان با *آزوسپریلیوم* طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن تر ریشه، ساقه و گیاهچه را نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش می‌دهد (۳) که به نظر می‌رسد این اثرات افزایشی بدلیل تولید فیتوهورمون‌ها (اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره) و سیدروفورها، افزایش دسترسی گیاه به عناصر، افزایش فراهمی عناصر غذایی و یا افزایش تحرک و قابلیت جذب آن عناصر، توسعه سیستم ریشه‌ای، فعالیت‌های آنزیمی نظیر ACC– دآمیناز (۲۳) است.

در تحقیقی مشخص شد کلیه ارقام آفتابگردان به کار برده شده در تیمار تلقیح با *آزوسپریلیوم* افزایش طول ساقه‌چه را نشان دادند (۴). ترشح مواد تنظیم کننده رشد گیاه، تحریک کننده رشد مانند اکسین و سیتوکنین است که سبب افزایش طول ساقه‌چه می‌شود (۱۲).

وزن تر گیاهچه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی عناصر ریزمغذی در سطح پنج درصد و اثر اصلی کودهای زیستی در سطح یک درصد بر وزن تر ریشه‌چه معنی‌دار شد. *ازتوباکتر* بیشترین تاثیر را بر وزن تر ریشه‌چه با مقدار (۹/۳۹ میلی‌گرم) گذاشت اما *آزوسپریلیوم* با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی تیمارها، می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقدار تاثیر بر وزن تر ریشه‌چه (۹/۶۸ میلی‌گرم) را تیمار با آهن دو میلی‌مولار گذاشته است و کمترین مقدار تاثیر را عنصر روی با غلظت سه میلی‌مولار (۵/۱۶ میلی‌گرم) و شاهد نشان داد (جدول ۲).

برهمکنش کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و سطوح مختلف عناصر ریزمغذی بر وزن تر ریشه‌چه در سطح یک درصد دارای تأثیر معنی‌داری بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار وزن تر ریشه‌چه به ترتیب با کاربرد تیمار *آزوسپریلیوم* و منگنز سه

1- *Azospirillum brasilense*

میلی‌مولار (۱۴/۵۶ میلی‌گرم) و *آزوسپریلیوم* و روی دو میلی‌مولار (۲/۴۵ میلی‌گرم) بدست آمد (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی و متقابل ریز-مغذی‌ها و کودهای زیستی بر وزن تر ساقه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار شد(جدول ۱). حداکثر و حداقل مقدار وزن تر ساقه‌چه به ترتیب مربوط به تیمار *ازتوباکتر* و شاهد با ۲۸/۴۰ و ۲۰/۶۵ میلی‌گرم حاصل شد. با توجه به شکل ۲، بیشترین و کمترین مقدار وزن تر ساقه‌چه مربوط به تیمار آهن یک میلی‌مولار و منگنز سه میلی‌مولار به ترتیب با ۲۸/۱۲ و ۱۷/۸۶ میلی‌گرم بدست آمد.

بیشترین و کمترین مقدار وزن تر ساقه‌چه به ترتیب با کاربرد تیمار *ازتوباکتر* و منگنز دو میلی‌مولار (۳۹/۲۳ میلی‌گرم) و منگنز سه میلی‌مولار (۲/۰۲ میلی‌گرم) بدست آمد.

تلقیح بذرهای جو با باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های جو می‌گردید(۸). افزایش وزن ریشه جو در واکنش به تلقیح با برخی باکتری‌ها را در مقایسه با تیمار شاهد، بیش از ۳۲ درصد و وزن اندام‌های هوایی بواسطه تلقیح با باکتری‌ها ۴۵ درصد بسته به نوع باکتری گزارش شده است (۸).

وزن تر و خشک گیاهچه ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم* افزایش یافت (۲۱). تولید انواع اکسین، اسید جیبرلیک و اسید ایزوجیبرلیک توسط باکتری *آزوسپریلوم لیپوفروم*، مسئول افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو ذرت شناخته شد (۱۳). تلقیح بذر آفتابگردان با *آزوسپریلیوم* طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر ریشه و ساقه و گیاهچه را نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش یافت (۴).

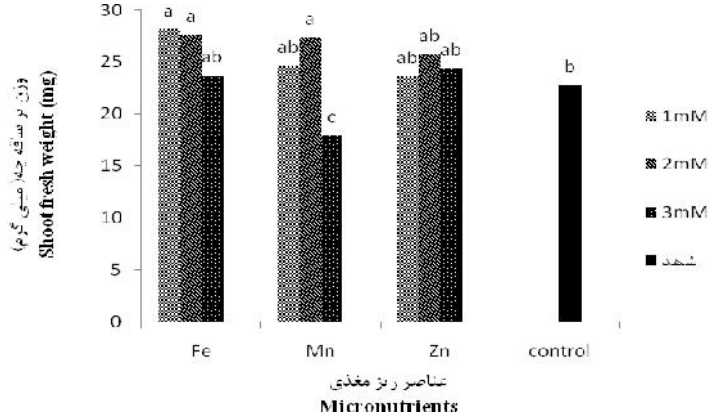
وزن خشک گیاهچه

وزن خشک گیاهچه از جمله معیارهای ارزیابی توانایی بذر و گیاهچه است که با بررسی نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بر تغییرات وزن خشک ساقه‌چه بیانگر معنی‌دار شدن این صفت در سطح پنج درصد است و اثر ریزمغذی‌ها در تغییرات وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد. عنصر ریزمغذی روی یک میلی‌مولار بیشترین تاثیر بر وزن خشک ریشه‌چه با مقدار ۲/۳۵ میلی گرم داشت اما تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد و کمترین مقدار (۰/۴ میلی‌گرم) با منگنز دو میلی‌مولار دیده شد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی در مورد وزن خشک ساقه‌چه تحت تیمارهای سطوح مختلف ریزمغذی‌ها بیانگر این بود که بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه، مربوط به تیمار کاربرد آهن سه میلی‌مولار با مقدار (۳/۱۵ میلی‌گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار منگنز سه میلی‌مولار با مقدار ۱/۷۸ میلی‌گرم بود.

نتایج مقایسه میانگین جدول ۲ در مورد اثرات متقابل کودهای زیستی و عناصر ریزمغذی بیانگر این بود که بیشترین میزان وزن خشک ساقه‌چه، مربوط به کاربرد تیمار ترکیبی آهن سه میلی‌مولار و *ازتوباکتر* با مقدار (۴/۰۳ میلی‌گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار *ازتوباکتر* با مقدار ۱/۲۶ میلی‌گرم بود.

این موضوع در تحقیقات دیگر نیز بیان شده است. افزایش وزن تر و خشک گیاهچه ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های جنس *سودوموناس* گزارش شده است (۱۷). افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه از جمله نقش‌های ریزوباکتری‌های تحریک کننده رشد ذکر شده‌اند (۱۴). *آزوسپریلیوم* و ازتوباکتر با افزایش تولید کربوهیدرات ها، سرعت رشد، تقسیم سلولی و اندازه سلول باعث افزایش در وزن خشک ساقه‌چه می‌شوند (۲۸).



شکل ۲- اثر غنی سازی با عناصر ریزمغذی بر وزن تر ساقه‌چه بذور زنیان

Figure 2- Effect of enrichment with micronutrients on shoot fresh weight of Ajowan

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از بررسی این تحقیق نشان داد که تأثیر کودهای زیستی بر صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق به نحوی مؤثر بود. کاربرد این کودهای زیستی بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه تأثیر معنی‌داری داشت.

در بررسی صفات اندازه‌گیری شده از لحاظ کاربرد کود زیستی روی گیاه مشاهده شد که کلیه تیمارهای کاربرد کود زیستی نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود زیستی) برتری داشتند و از بین آن‌ها *ازتوباکتر* بیشترین تأثیر افزاینده را داشت. از لحاظ کاربرد عناصر ریزمغذی بر گیاه مشاهده شد که منگنز یک و دو میلی‌مولار و آهن با هر سه غلظت به کار رفته سبب افزایش ویژگی‌های مورد بررسی گردید. بنابراین، به نظر می‌رسد که به منظور تسریع در رشد گیاهچه و مؤلفه‌های جوانه‌زنی بهتر است تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* و غنی‌سازی بذر با عناصر ریزمغذی صورت گیرد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای کود زیستی و عناصر ریزمغذی بر روی صفات جوانه‌زنی مورد بررسی زنیان

Table 2- Mean Comparison of the interactions effect biological fertilizers and Micronutrients treatments on Germination parameters of Ajowan

کودهای زیستی biological fertilizers	عناصر ریزمغذی micronutrients	غلظت (میلی‌مولار) Concentration (mM)	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Shoot length (mm)	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Root length (mm)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم) Shoot dry weight (mg)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم) Root fresh weight (mg)	وزن تر ساقه‌چه(میلی‌گرم) Shoot fresh weight (mg)
ازتوباکتر *Azotobacter*	Fe	1	32/06 a-e	23/86 e-k	1/93 e-h	7/96 c-g	38/26 a
		2	33/13 abc	48/8 a	2/33 b-h	13/6 ab	34/26 Ab
		3	27/06 c-i	26/66 e-i	4/03 a	8/6 c-g	24/16 c-g
	Zn	1	30/86 a-f	18/2 ijk	2/8 b-e	5/8 e-j	25/53 c-g
		2	34/66 ab	30/86 def	2/63 b-f	10/76 a-d	29/56 bcd
		3	30/93 a-f	23/4 e-k	1/93 e-h	6/5 d-i	23/33 c-g
	Mn	1	28/93 b-g	30/73 def	1/6 Fgh	10/8 a-d	25/4 c-g
		2	37/5 A	37/66 Bcd	2/23 c-h	11/53 abc	39/23 a
		3	27/93 b-i	32/8 Cde	1/5 fgh	10/9 a-d	24/93 c-g
آزوسپریلیوم *Azospirillum*	Fe	1	23/53 g-j	16 jkl	2/26 b-h	6/2 d-j	25/23 c-g
		2	24/53 f-j	20/66 g-k	2/53 b-f	6/4 d-i	23/06 c-g
		3	21/86 hij	29/93 d-g	3/3 a-d	9/56 b-e	23/5 c-g
	Zn	1	24/53 f-j	32/73 cde	2/46 b-g	7/63 c-h	22/1 e-h
		2	22/73 g-j	15/2 kl	1/66 e-h	2/45 ij	21 e-h
		3	20 j	8/33 l	1/6 fgh	3/06 hij	20/1 e-h
	Mn	1	30/73 a-f	47/66 a	2/4 b-h	7/95 c-g	30/33 bc
		2	29/46 b-g	45/6 ab	1/63 e-h	11/46 abc	28 b-e
		3	26/06 d-j	40/93 abc	2/56 b-f	14/56 a	26/63 b-f

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<0.05) نمی‌باشند

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

منابع

1- Abd El., and Wahab M.A. 2008. Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. Res, Journal Agriculture Biology Science, 4(6):717-724.

2- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1991. Rules for testing seed. Journal seed technology, 12:18-19.

3- Babaii N., Daneshian J., Hhamidi A., Arzanesh M.H. and Hadi H. 2008. Effect of plant growth promoting bacteria on sunflower seed characteristics developed under water deficit stress. Seed and plant improvement institute. Proceedings of the Tenth Congress of Crop Sciences. 28-30 July. Research and Seed and Plant Improvement institue. 25. (in Persian).

4- Babaii N., Daneshian J., Hhamidi A., Arzanesh M.H., and Hadi H. 2008. The effect of bio-primingwith PGPR on sunflower seed proprtice under water stress condition. Iranian journal of biological knowledge, 3. 1. 26-32. (in Persian).

5- Barbieri P., and Galli E. 1993. Effect on wheat root development of inoculation with A. brasilense mutant with altered indole-3-acetic acid production. Research in Microbiology, 144: 69-75.

6- Cakmakı R., Kantar F. and Fiahin F. 2001. Effect of N2-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 164: 527-31.
7- Cakmaci R., Akmakc I A., Figen B., Adil A., Fikrettin S. and Ahin B.C. 2005. Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions, Biochemistry, 38: 1482-1487.
8- Cakmakci R., Erat M., Erdoman U.G. and Donmez M.F. 2007. The influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 170: 288-295.
9- Cakmak I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc Agronomic or genetic bio fortification, Plant Soil, 302:1-17.
10- Carrubba A. R., La Torre., and Matranga A. 2002. Cultivation Trials of some Aromatic and Medicinal Plants in a Semi-arid Mediterranean Environment. Paper read at Proceedings of an International Conference on MAP, at Acta Horticulture. (ISHS).
11- Dadkhah A. 2010.Salinity effect on Germination and seedling Growth of four medicinal plants. Iranian journal of medicinal and Aromatic plant, 26.3.358-369. (in Persian with English abstract).
12- Fallik E., Okon Y., Epstin E., Goldman A. and Fischer M. 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum braziliens* inoculated maize roots, Soil Biology and Biochemistry, 21: 147-153.
13- Fulchieri M., Lucangeli C. and Bottini R. 1993. Inoculation with *Azospirillum* affects growth and gibberllin status of corn seedling roots, Plant and Cell Physiology, 34: 1305-1309.
14- Giovanelli G., Zanoni B., Lavelli V. and Nani R. 2002. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products, Journal of Food Engineering, 52:135-141.
15- Griffe P., Metha S. and Shankar D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and, and Preface and Introduction Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, FAO.
16- Hampton J.G., and Tekrony D.M. 1995. Handbook of vigor test method. International seed testing association (ISTA). Zurich, Switzerland.
17- Hernandez A.N., Hernandez A. and Heydrich M. 1995. Selection of rhizobacteria for use in maize cultivation, Journal of Tropicale Science, 6: 5-8.
18- Jacoud C., Job, D., Wadoux P. and Bally R. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Canadian Journal of Microbiology, 45: 339-342.
19- Kapoor R., Giri B. and Mukerji K.G. 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.
20- Kapulnik Y., Sarig S., Nur A., Okon Y., and Henis Y. 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn, Journal of Botany, 31: 247-255.
21- Kapulnik Y., Okon Y., and Henis Y. 2007. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation, Microbiology, 31: 881-887.
22- Karimi M.M., and Siddique K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars, Australian Journal of Agriculture Research, 42:13-20.
23- Kaymak H.C., Govenc I., Yarah F.M., and Donmez F. 2009. The effect of bio-primingwith PGPR on germination of radish (*Raphanus Sativus* L.) seed under saline condition. Turkish Journal of Agriculture & Foresty, 33:173-179.
24- Khammari I., Sarani Sh. A., and Dahmardeh M. 2007. The effect of salinity on seed germination and growth in six medicinal plants. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23, 3.331-339. (in Persian with English abstract).
25- Kumar V., and Narula N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. Biology and Fertility of Soil, 27: 301–305.
26- Kumar V., Behl R. K., and Narula N. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions, Microbiological Research, 156: 87–93.
27- Lakshminarayana K. 1993. Influence of *Azotobacter* on nutrition of plant and crop productivity. Proc, Indian National Science Academy, 59: 303–308.
28- Mirshekari B., Asadi Rahmani H., and Mirmozafari Rodsari A. 2010. The effect of seed inoculation with *Azospirillum* strains and coating with microelements on seed yield and essence of cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 25,. 4.470-481. (in Persian with English abstract).
29- Mirshekari B. 2012. Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36:27-33. (in Persian with English abstract).
30- Nagulakshmi S., Shankaracharya N.B., Naik J.P. and Rao L.J.M. 2000. Studies on chemical and technological aspects of ajowan aspects (*Trachyspermum ammi*). Journal Food Science Technology Mysore, 39:277-81.
31- Nagy K. 1996. The Role of Food Fortification in Combating Micronutrient, Deficiencies. F. Haffmann-LaRoche Ltd, Basle.

32- Neamatollahi E., Bannayan M., Souhani Darban A., and Ghanbari A. 2009. Hydropriming and osmopriming effect on Cumin (*Cumin Cyminum* L.) seed germination. World academy of science, engineering and technology, 57.526.529.
33- Nikolay S., Strigul A., and Kravchenko V. 2006. Mathematical modeling of PGPR inoculation in to the rhizosphere, Environmental Modeling and Software, 21: 1158- 1171.
34- Pal S.S. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. Plant and Soil, 198: 169-177.
35- Rai S.N., and Gaur A.C. 1988. Characterization of *Azotobacter* spp. and effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* as inoculant on the yield and N-Uptake of wheat crop, Plant and Soil, 109:131-134.
36- Remus R., Ruppel S., Jacob H. J., Hecht-Buchholzch., and Merbach W. 2000. Colonization behaviour of two enterobacterial strains on cereals. Biology and Fertility of Soils, 30: 550–557.
37- Richter J., Stutzer M., and Schellenberg I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and caraway (*Carum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapest, Hungary.
38- Sahin F., Cakmakci R., and Kantar F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N2-fixing and phosphate solubilizing bacteria, Plant and Soil, 265: 123-129.
39- Saleh rastin N. 2010. Biofertilizers and their role in achieving sustainable agriculture. Journal of Soil and Water, 19-23. (in Persian).
40- 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.
41- Sturz A.V., and Christie B.R. 2003. The management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research, 72: 107-123.
42- Sundara B., Natarajan V., and Hari K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield. Field Crop Research, 77: 43-49.
43- Tilak K.V.B.R., and Singh C. S. 1988. Response of pearl millet (*Pennisetum americanum*) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* with different source of phosphorus. Current Science, 57: 43-44.
44- Turan M., Ataoglu N., and Sahin F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture, Sustainable Agriculture, 28: 99-108.
45- Yilmaz A., Ekiz H., Torun B., Gultekin I., Karanlik S., Bagci S. A., and cakmak I. 1997. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal Plant Nutrition, 20 (485): 461-471.
46- Zaidi A., and Mohammad S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro- organisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis, Agricultural Science, 30: 223 -230.