

بیوپرایمینگ با تریکودرما بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رویشی گیاهچه‌های ذرت شیرین، چغندر قند و گندم

زهرا رضالو^۱، سمیرا شهبازی^۲، حامد عسکری^۳

۱. گروه علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج
۲. پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج
۳. پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱)

چکیده

مطالعه حاضر برای بررسی تأثیر بیوپرایمینگ با گونه‌های منتخب قارچ تریکودرما (*T. virens* و *T. atroviridae*، *T. koningii*، *T. viride*، *T. harzianum*) بر صفات جوانه‌زنی و مورفولوژیکی گیاهچه‌های حاصل از بذر ذرت شیرین، گندم و چغندر قند انجام شد. همچنین اثر جهش ناشی از پرتو گاما بر ژنوم تریکودرما و افزایش کارایی آن در بیوپرایمینگ گیاهان مقایسه شد. آزمایش با سه سطح تلقیح شاهد، تلقیح با تریکودرما مواتات و تلقیح با تریکودرما وحشی در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، انجام شد. درصد جوانه‌زنی، طول، وزن خشک و تر با روش ISTA انجام شد. نتایج نشان داد بیوپرایمینگ بذر ذرت با فرمولاسیون حاصل از گونه‌های قارچ تریکودرما (پروتئید و مواتات)، در وزن خشک و شاخص بنیه دارای برتری معنی‌دار نسبت به شاهد بود و در درصد جوانه‌زنی و طول نیز بهبود مشاهده شد. جوانه‌زنی بذر گندم با تریکودرما، ۱۰۰٪ بود. طول گیاهچه نیز افزایش یافت، سایر صفات تفاوت معنی‌دار آماری نداشتند. تیمار با قارچ تریکودرما در گیاه چغندر قند، تأثیر مطلوبی بر صفات مورد اندازه‌گیری نداشت. در مجموع نتایج نشان داد، بیوپرایمینگ بذر با قارچ تریکودرما، در گندم و ذرت باعث بهبود مولفه‌های رشدی گیاه به ویژه در مراحل استقرار و رشد اولیه آن گردید، اما این روش برای همه گیاهان قابل تعمیم نبوده و باید مطالعات موردی روی آن‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ، قارچ تریکودرما، وزن خشک، طول.

Effect of Biopriming with Trichoderma on Germination and vegetative characteristics of sweet corn, sugar beet and wheat

Z. Rezalou^{1*}, S. Shahbazi², H. Askari³

1. Seed Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
 2. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Atomic Energy Organization of Iran (AEOI), Alborz, Iran.
 3. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Atomic Energy Organization of Iran (AEOI), Alborz, Iran.
- (Received: Mar. 19, 2018 – Accepted: Nov. 12, 2018)

Abstract

The present study was conducted to investigate the effect of biopriming on a number of selected species of Trichoderma fungi (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. virens* and *T. atroviride*) on vegetative and morphological traits of seedlings from sweet corn, wheat and sugar beet. Also, the effect of gamma-mutation on *Trichoderma* genome and its effectiveness was investigated. The experiment was conducted with three levels of inoculation; control, inoculation with Trichoderma mutant and inoculation with Trichoderma wild type in a completely randomized design with three replications at the Nuclear Agriculture Research Institute, done. Germination percentage and length, weight and seedling traits were evaluated based on the ISTA method. The results showed that maize seed biopriming with formulation of Trichoderma species (wild type and mutant) had a superiority in dry weight and Vigor index than control, and in other traits it was also observed improvement. Germination of wheat treated Trichoderma was 100%. Seedling length increased, but other traits had no significant statistical difference. Treatment with Trichoderma fungi in sugar beet had no favorable effect on measured traits. Totally, the results showed that biopriming of seeds with Trichoderma fungi in wheat and maize improved plant growth parameters, especially in the stages of its establishment and its initial growth. but, this method is not generalizable for all plants and should be studied in detail.

Keywords: Priming, Trichoderma fungi, Dry weight, Length.

* Email: rezaloo_zahra@yahoo.com

بذر به تنهایی یا به همراه قارچکش‌ها باعث بهبود ماندگاری بذر در طول ۶ ماه انبارداری و بالا بودن درصد جوانه‌زنی در بذر ذرت را داشته است. پوشش دهی بذر با تیرام، ایمیداکلوپرید به همراه پلیمر بیشترین تاثیر را روی جوانه‌زنی بذر پنبه داشته است (Kumar and Vij, 2007). پتانسیل بیشتر گونه‌های تریکودرما برای توسعه رشد در گیاهان مختلفی مانند گوجه فرنگی (Chang et al., 1986)، خیار (Altomare et al., 1999) و فلفل (Chang et al., 1986,) (Subash et al., 2014) ثابت شده است. تریکودرما همانند قارچ‌های میکوریزی، ریشه گیاه را برای حفاظت و افزایش رشد کلونیزه می‌کند و طی این فرایند، نیازمند اتصال، شناسایی و نفوذ به ریشه‌های گیاه و همچنین، تحمل متابولیت‌های سمی حاصل از گیاه به واسطه سیستم ABC-ترانسپورتر در پاسخ به نفوذ است (Bae, 2011). توانایی تریکودرما در افزایش رشد گیاه با پارامترهایی مانند نوع گیاه، جدایه تریکودرما، روش تهیه و به کارگیری اینوکلوم، غلظت اینوکلوم و نوع خاک در ارتباط است (Kleifield and Chet, 1992. Qusly et al., 1994).

با توجه به اهمیت روز افزون استفاده از کودهای بیولوژیک در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار، هدف از مطالعه حاضر تأثیر بیوپرایمینگ با مخلوط پنج گونه قارچ تریکودرما بومی ایران (*T. harzianum*, *T. viride*, *T. konigii*, *T. virens*, *T. atroviride*) بر مؤلفه‌های رویشی و مورفولوژیکی گیاهچه‌های حاصل از سه بذر نامبرده بوده، و افزایش کارایی این میکروارگانیسم قارچی با استفاده از القای جهش با پرتوی گاما هدف ثانویه این مطالعه بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب سه آزمایش مستقل بر بذرهای گندم، ذرت شیرین و چغندر قند مونیورم در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج، در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار، به شرح زیر انجام گرفت.

مقدمه

پرایمینگ بذر روشی است که با جوانه‌زنی سریع، همزمان و یکنواخت بذر موجب بهبود استقرار گیاهچه در مزرعه می‌شود و انواع مختلفی مثل هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ، بیوپرایمینگ و هیدروترموپرایمینگ و غیره دارد (Taylor et al., 1998). در بذرهای پرایم شده، برخی تغییرات متابولیکی انجام می‌شود و هیدرات‌های کربن، در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیز کننده شکسته می‌شوند و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مساله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Taylor et al., 1998).

در این راستا کارلان و همکاران (Carlan et al., 1991) اظهار داشتند بیوپرایمینگ بذر ذرت شیرین با *Pseudomonas Fluorescens* منجر به استقرار بهتر گیاهچه در مزرعه شد. راج و همکاران (Raj et al., 2004) گزارش کردند که بیوپرایمینگ بذر ارزن با سویه‌های سودوموناس به افزایش رشد و مقاومت گیاه در برابر بیماری کمک نمود. آزمایش انجام گرفته بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت نشان داده است که این باکتری‌ها قادر به افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت می‌باشند (Gholami et al., 2009). اثر مفید پرایمینگ بذر با قارچ *P. indica* بر رشد گیاهان ذرت (Kumar et al., 2009) و جو (Waller et al., 2005) نیز گزارش شده است. سلیمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش کردند بیوپرایمینگ بذر ماش سبز با تریکودرما هارزیانوم سبب افزایش ارتفاع بوته و طول ریشه می‌شود.

متوسط زمان جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی در بذرهای پرایم شده کلزا، گندم، نخود، سویا، یونجه، ذرت، سورگوم، هندوانه، برنج، کاهو و لوبیا به طور معنا داری بهبود یافت، که این امر حکایت از تسریع جوانه‌زنی و افزایش بنیه بذر در اثر کاربرد تیمارهای پیش از کاشت دارد (Duman 2006; Barsa et al., 2005). پوشش دهی

قرار داده شدند.

بذر ذرت و گندم به روش بین کاغذ کشت شدند، داده برداری ذرت ۷ و گندم ۸ روز بعد کشت انجام شد. بذر چغندر قند نیز در کاغذ آکاردئون کشت شدند و ۱۴ روز بعد از کشت داده برداری شدند.

شاخص‌های مورد ارزیابی: در صد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و طول گیاهچه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و گیاهچه، شاخص بنیه گیاهچه با استفاده از فرمول زیر حساب شد. (شاخص بنیه VI: شاخص طولی بنیه گیاهچه) (Dehghanshoar *et al.*, 2006)

$$VI = \frac{\%GR \times SL}{100}$$

VI: شاخص بنیه گیاهچه، GR: درصد جوانه‌زنی، SL: طول گیاهچه.

برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. ترسیم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمایش ذرت شیرین

تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و گیاهچه و شاخص بنیه اختلاف معنی‌داری با دیگر شاخص‌های بررسی شده نداشتند (جدول ۱). اما در صفات دیگر مانند وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار با سایر گروه‌ها بود. وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد بین گروه‌ها دارای اختلاف معنی دار بود (جدول ۱). با توجه به پایین

تأثیر استفاده از قارچ تریکودرما پرتوندیده و پرتو دیده همان گونه، با استفاده از روش تلقیح بر شاخص‌های رشد بذر گندم رقم پیش‌تاز و بذر چغندر قند رقم آریا و ذرت شیرین رقم مریت مورد بررسی قرار گرفت. قارچ‌های تریکودرما انتخاب شده همگی بومی ایران هستند و از پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی تهیه گردید. آزمایش در سایت انرژی اتمی ایران کرج انجام گردید.

روش تیمار بیوپرایمینگ

۱- شاهد (control): بذور بیوپرایم نشده با تریکودرما
۲- بذور بیوپرایم شده با فرمولاسیون تهیه شده از گونه‌های منتخب قارچ تریکودرما پرتو ندیده (wild type) شامل گونه‌های: *T. harzianum*, *T. viride*, *T. konigi*، *T. virens*، *T. atroviridae*، از کلکسیون پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای.

۳- بذور بیوپرایم شده با فرمولاسیون تهیه شده از گونه‌های قارچ تریکودرما جهش یافته (۲۵۰ گری) همان گونه‌ها با اشعه گاما (mutant)

برای تهیه فرمولاسیون اسپور جدا شد و جمعیت آن در محلول TCM به 1×10^8 رسانده شد. سپس به آن صمغ عربی (۴۰٪ w/v) اضافه گردید.

بذور در اتانول ۷۰ درصد به مدت پنج دقیقه ضد عفونی سطحی و بعد با آب مقطر دوبار شستشو داده شدند. سپس بذور چغندر قند در کاغذ آکاردئون و بذور گندم و ذرت به صورت حوله کاغذی کشت شدند. ۵۰ عدد بذر در هر تکرار کشت شد. بعد از اتمام مدت زمان جوانه‌زنی نمونه‌ها از ژرمیناتور خارج و صفات مربوط به رشد گیاهچه اندازه‌گیری شد. ذرت پس از ۷ روز، گندم پس از ۸ روز و چغندر قند پس از ۱۴ روز شمارش شدند (ISTA, 2010). قابل ذکر است که در هنگام شمارش، بذرهایی جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل دو میلی‌متر بود.

جهت اندازه‌گیری وزن خشک نیز نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد

(۳۰۰٪) و برگ (۱۴۰٪) شد. گونه‌هایی از تریکودرما تحت مکانیسم‌های خاصی سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Brunner et al., 2005; Singh et al., 2007).

بودن ضریب تغییرات آزمایش قابل قبول است. در همین رابطه پژوهش‌های (Chacon et al., 2007) نشان داد که تیمار گیاه توتون با قارچ تریکودرما سبب افزایش وزن تر (۱۴۰٪)، سطح برگ (۳۰۰٪)، تعداد ریشه‌های جانبی

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده برای تاثیر بیوپرایمینگ ذرت

Table 1- Analysis of variance (mean squares) for the effect of biopriming on morphological traits of Zea mays

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	در صد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ساقه plumule length	طول ریشه radicle length	طول گیاهچه seedling length	وزن خشک ساقه plumule dry weight	وزن خشک ریشه radicle dry weight	وزن خشک گیاهچه seedling dry weight	شاخص ویگور vigor index
تیمار treatment	2	76.00ns	1.42 ns	0.34 ns	0.67 ns	2.69**	0.002°	2.84**	57367.71ns
خطا error	6	29.33	0.48	0.65	2.05	0.07	0.0003	0.81	16279.00
درصد ضریب تغییرات C.v %		1.94	10.75	6.08	6.56	22.02	11.98	22.27	7.88

***، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح 1 درصد و 5 درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% respectively

از نظر آماری با شاهد دارای اختلاف نبودند، اما باز هم با توجه به جزئیات، تیمارهای قارچی بهتر از شاهد بودند. وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه و گیاهچه نیز با برتری تیمارهای قارچی با شاهد دارای تفاوت معنی‌داری بودند. این اختلاف حدود دو برابر برای وزن خشک ساقه و گیاهچه بود (شکل ۳). همچنین شواهد این آزمایش نشان داد تریکودرما باعث افزایش تعداد ریشه‌های فرعی شد. در همین راستا هارمان گزارش کرده است که این قارچ باعث توسعه ریشه ثانوی، توسعه سیستم ریشه، افزایش وزن تر گیاهچه، منطبقه‌برگی و عملکرد می‌شود (Harman 2000). موراشیاری و همکاران (Mucciarelli et al., 2003) تأثیر قارچ اندوفیت را روی نعنای در شرایط *in vitro* و *in vivo* ارزیابی کردند و اعلام نمودند نعنای همزیست شده با قارچ، هم از لحاظ اندازه

مقایسه گروه‌بندی صفات نشان داد که در جوانه‌زنی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما بیشترین درصد جوانه‌زنی معادل ۸۰ درصد برای تیمار با قارچ تریکودرما پرتونندیده بوده است و بعد از آن با درصد جوانه‌زنی ۷۴ درصد برای تیمار با قارچ تریکودرما پرتونندیده بوده است و از همه کمتر شاهد با جوانه‌زنی ۷۰ درصد بوده است (شکل ۳). در شاخص بینه بهترین نتیجه از تیمار با قارچ تریکودرما پرتونندیده دیده شد و اختلاف معنی‌داری با شاهد داشت. قارچ تریکودرما موتانت نیز بهتر از شاهد بود و بین این دو قرار گرفته بود ولی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر نداشت (شکل ۲).

وزن تر ساقه‌چه و گیاهچه بین تیمارهای قارچی با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بودند ولی تیمارهای قارچی با هم تفاوت نداشتند. وزن تر ریشه‌چه بین تیمارها

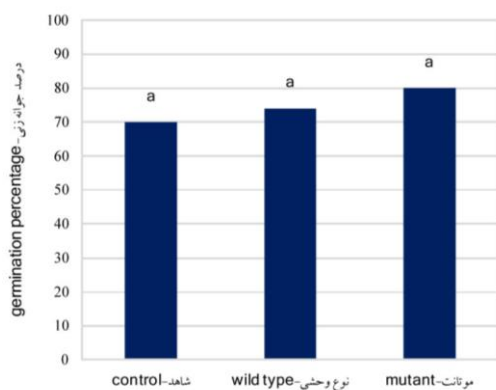
گیاه فلفل سیاه افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ بوته را گزارش دادند.

و مقدار اسانس نسبت به گیاهان شاهد برتری داشتند. انیس و همکاران (Anith *et al.*, 2011) نیز در بررسی اثر توام قارچ‌های تریکودرما و *Piriformospora indica* روی



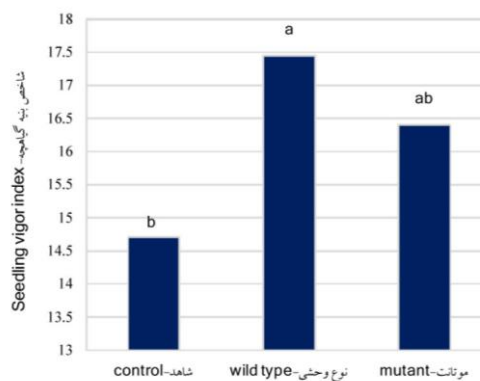
شکل ۱- مقایسه بین تیمارهای تریکودرما وحشی و موتانت و شاهد

Fig.1- Comparison between wild type Trichoderma and mutant and control treatments



شکل ۲- شاخص بنيه ذرت

Fig. 2- corn vigor index



شکل ۳- درصد جوانه‌زنی ذرت

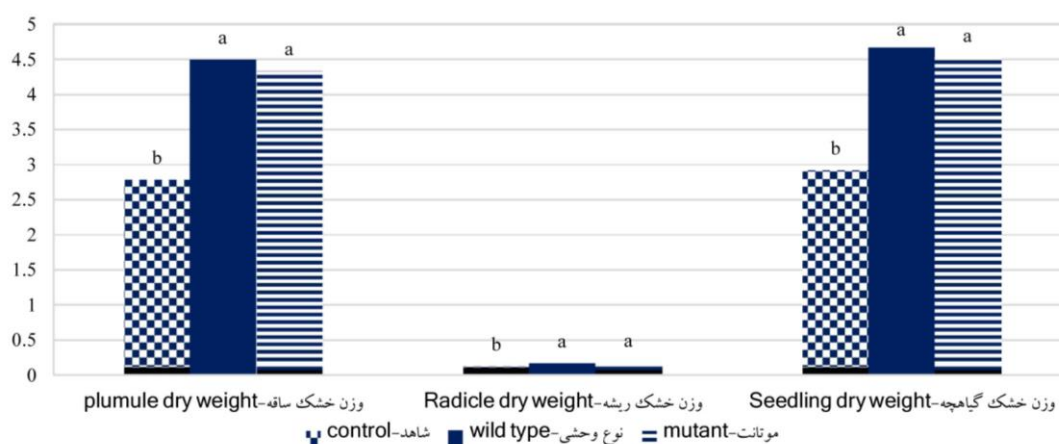
Fig. 3- corn germination percentage

خشک و یکسان بودن نسبی طول در گیاهچه‌ها می‌توان این چنین استدلال کرد که قارچ تریکودرما مواد مغذی لازم برای رشد بذر را فراهم می‌آورد و گیاه نیازی به

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و گیاهچه بین تیمارها اختلافی دیده نشد. اما با توجه به جزئیات می‌توان بهبود آن‌ها مشاهده می‌شد (شکل ۴). با توجه به زیاد شدن وزن

قارچ تریکودرما از مکانیسم متنوعی مانند حلالیت برخی مواد غذایی (Altomare *et al.*, 1999)، کاهش تولید اتیلن از طریق کاهش پیش ماده ۱-آمینوسیکلوپروپان - ۱- کریوکسیل اسید (ACC) (Gravel *et al.*, 2007)، تولید اکسین (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009) و رقابت موفق (Harman 2006) برای افزایش فاکتورهای رشدی گیاه بهره می‌برند.

صرف انرژی برای افزایش طول را ندارد و این مساله در این آزمایشات مشهود است. گوپینگ و همکاران (Gooping *et al.*, 2000) نشان دادند بهبود بنیه بذرهای پیش تیمار شده با افزایش متابولیسم فعال اکسیژن در گیاهچه مرتبط است. ترشحات این قارچ‌ها حاوی عامل تنظیم کننده رشد می‌باشد که موجب افزایش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاه و همچنین جذب بیشتر مواد غذایی می‌شود (Windham *et al.*, 1986). گونه‌های مختلف



شکل ۴- مقایسه وزن خشک ریشه چه، ساقه چه و گیاهچه ذرت

Fig. 4- corn dry weight comparison of radicle, plumule and seedling

تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما بیشترین درصد جوانه‌زنی معادل ۱۰۰ درصد برای تیمار با قارچ تریکودرما پرتونیدیه بوده است و بعد از آن با درصد جوانه‌زنی ۹۴ درصد برای تیمار با قارچ تریکودرما پرتونیدیه بوده است نتیجه حاصل روی گندم نشان داد از نظر آماری جوانه‌زنی گندم در اثر استفاده از جدایه موتانت کاهش معنی‌داری نداشته و کاهش عددی حاصل از نظر آماری تاثیر نامطلوب موتاسیون به شمار نمی‌رود. از همه کمتر شاهد با جوانه‌زنی ۹۳ درصد بوده است (شکل ۵). بیشترین مقدار شاخص بنیه نیز مربوط به تیمار قارچ پرتونیدیه بود و بعد از آن تیمارهای دیگر در یک گروه‌بندی قرار داشتند، با این حال تیمار قارچی بیشتر از شاهد بود (شکل ۵). در بذرهای پرایم شده برخی تغییرات متابولیکی و بیوشیمیایی

نتایج آزمایش گندم

تجزیه واریانس داده‌های به دست آمده نشان داد، درصد جوانه‌زنی، طول ساقه چه، ریشه چه و گیاهچه و وزن تر گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد با سایر گروه‌ها تفاوت معنی دار داشتند. صفات وزن تر ساقه و شاخص بنیه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بودند. در حالی که بقیه صفات اندازه‌گیری شده بین گروه‌ها داری تفاوت معنی‌داری نبودند (جدول ۲). شهنسواری و همکاران (Shahsavari *et al.*, 2010) بهبود ظهور و بنیه گیاهچه، رشد رویشی و در نهایت عملکرد گندم را در تیمار تلفیقی کمپوست دامی و گونه‌های قارچ تریکودرما گزارش کردند.

مقایسه گروه‌بندی صفات نشان داد که در جوانه‌زنی بین

برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Taylor et al., 1998). گیاهی و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند بیوپرایمینگ بذر سبب افزایش جوانه‌زنی بذر گندم و شاخص‌های رشدی گیاهی می‌شود.

به نفع جوانه‌زنی تحقق می‌یابد. برای مثال در این بذرها بخشی از پروتئین‌ها و هیدرات‌های کربن در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیز کننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند. این مسئله می‌تواند توجیهی

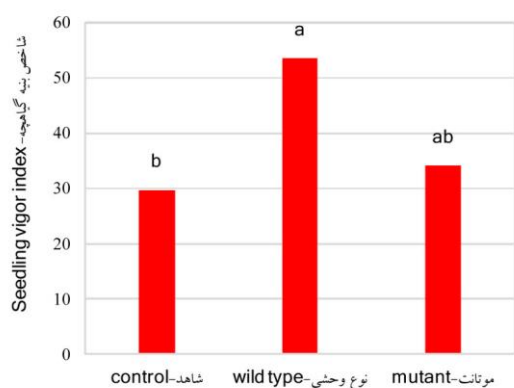
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده روی بیوپرایمینگ گندم

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for the effect of biopriming on morphological traits of wheat

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ساقه plumule length	طول ریشه radicle length	طول گیاهیچه seedling length	وزن خشک ساقه plumule dry weight	وزن خشک ریشه radicle dry weight	وزن خشک گیاهیچه seedling dry weight	شاخص و بگور vigor index
تیمار treatment	2	1981.00**	2.66**	16.78**	36.10**	0.27ns	0.04ns	0.16ns	4833424ns
خطا error	6	705.66	0.11	0.12	0.001	0.09	0.01	0.07	1061586
درصد ضریب تغییرات C.v %		1.94	15.57	1.94	0.08	27.77	16.67	15.74	26.31

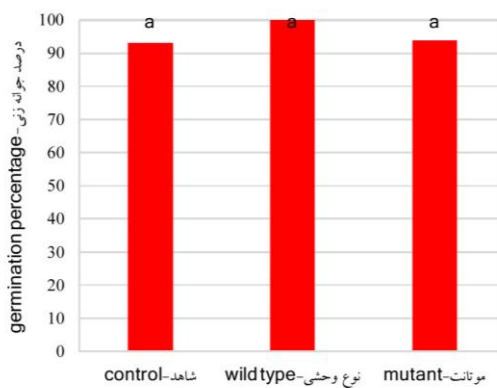
ns و * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% respectively



شکل ۵- درصد جوانه‌زنی گندم

Fig. 5- wheat germination percentage



شکل ۶- شاخص بیه گندم

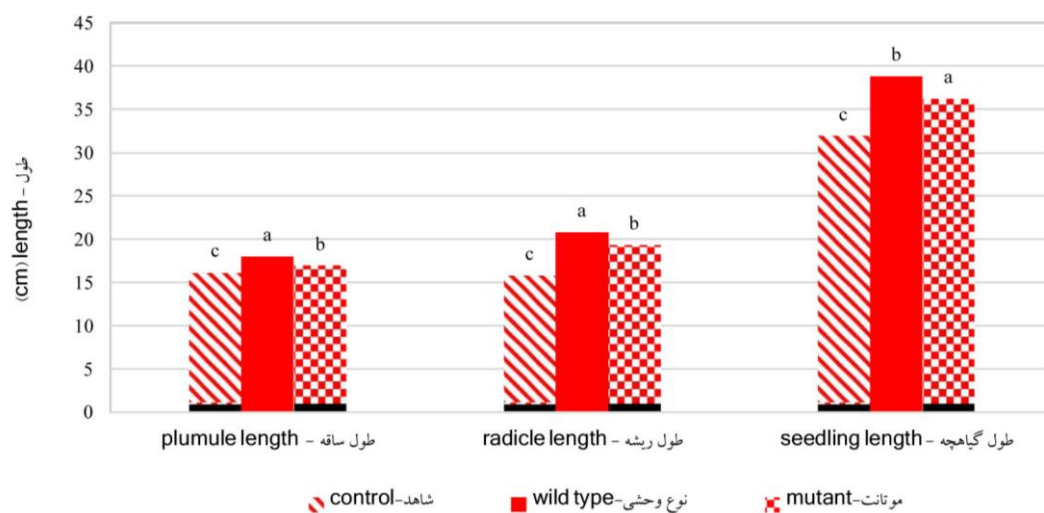
Fig. 6- wheat vigor index

پرتودیده بود و از همه کمتر مربوط به شاهد بود. ولی در صفت کلی طول گیاهیچه نیز تیمار با قارچ تریکودرما

در مقایسه طول ساقه‌چه و ریشه‌چه بیشتر مقدار برای تیمار قارچ تریکودرما پرتودیده و بعد از آن تیمار با قارچ

خاک و خصوصیات رشدی گیاهانی مانند زیره (Haggag and Abo-sedra, 2005)، خیار (Mottaghian *et al.*, 2009)، اسفناج (Yedida *et al.*, 2001)، نخود فرنگی (Kukuk *et al.*, 2007)، سویا (Yazdani *et al.*, 2008) و گندم (Shahsavari *et al.*, 2010) در تیمار با گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما نیز گزارش شده است.

پرتوندیده بیشتر از بقیه تیمارها و شاهد از همه کمتر بود (شکل ۷). وزن خشک ساقه، ریشه و گیاهچه در گروه‌بندی‌ها در یک گروه طبقه‌بندی شدند و به لحاظ آماری تفاوتی نداشتند ولی باز هم در مواردی تیمارهای قارچی دارای برتری بودند. البته باید توجه داشت که تعداد ریشه‌های فرعی در گندم نیز بسیار بیشتر از شاهد بودند. همچنین بهبود فعالیت ریزجانداران



شکل ۷- مقایسه طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه گندم

Fig. 7- wheat length comparison of radicle, plumule and seedling

داد در تمام صفات بررسی شده شاهد بهتر از تیمارهای قارچی بودند. با توجه به اینکه جهش دادن باعث بالا رفتن فعالیت آنزیمی سلولاز (باقری و همکاران، ۱۳۹۶)، کیتیناز و گلوکوناز (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱) در گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما شده است شواهد این ادعا و بالا رفتن کارایی آن نسبت به قارچ‌های پرتوندیده به وضوح دیده می‌شود که در شکل‌های مربوط به آزمایش چغندر قند آمده‌اند. در واقع بذور چغندر قند پاسخ مثبت به بیوپرایمینگ با تریکودرما نشان ندادند. البته لازم به ذکر است که این آزمایش با کمپلکس پنج گونه انجام شد، برای این که مشخص شود کدام گونه از قارچ تریکودرما موانع رشد و بهبود چغندر قند است، بهتر است آزمایشی با گونه‌های تریکودرما به صورت جداگانه انجام شود.

نتایج آزمایش چغندر قند

بررسی جدول تجزیه واریانس از داده‌های به دست آمده در رابطه با این آزمایش نشان داد، صفات درصد جوانه‌زنی و طول ساقه در سطح احتمال ۱ درصد با سایر گروه‌ها معنی‌دار بودند. صفات دیگر مانند، طول ریشه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و شاخص بنیه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. بقیه صفات اندازه‌گیری شده دارای تفاوت معنی‌داری با دیگر صفات نبودند (جدول ۳). با توجه به پایین بودن درصد ضریب تغییرات آزمایش قابل قبول است. بررسی‌های دویی و همکاران (Dubey *et al.*, 2006) نشان داد که پرایمینگ بذر با *Trichoderma viride* افزایش رشد ریشه و اندام هوایی نخود را به دنبال داشت. بررسی میانگین گروه‌بندی صفات در این آزمایش نشان

سپاسگزاری

این مقاله در قالب بخشی از پروژه «تولید مواد بیولوژیک به منظور کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی خاکزاد - ۲۰۰-۹۶-۳-PCR» انجام شده و نویسندگان از

همکاران گروه زراعت و اصلاح نباتات - دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج - جناب آقای دکتر سید مهدی میرطاهری که در انجام این مطالعه ما را یاری داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

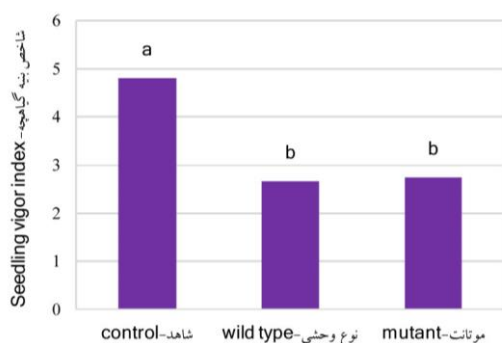
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده برای تاثیر بیوپرایمینگ چغندر قند

Table 3- Analysis of variance (mean squares) for the effect of biopriming on morphological traits of sugar beet

منابع تغییرات s.O.V	درجه آزادی Df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول ساقه plumule length	طول ریشه radicle length	طول گیاهچه seedling length	وزن خشک ساقه plumule dry weight	وزن خشک ریشه radicle dry weight	وزن خشک گیاهچه seedling dry weight	شاخص ویگور vigor index
تیمار treatment	2	169.00**	0.53**	1.71*	3.46*	0.0035ns	0.036*	0.0005ns	44436.24*
خطا error	6	15.00	0.41	0.33	0.55	1.89	1.72	1.94	0.02
درصد ضریب تغییرات C.v %		12.76	15.57	8.41	6.77	7.6	20.84	9.6	20.13

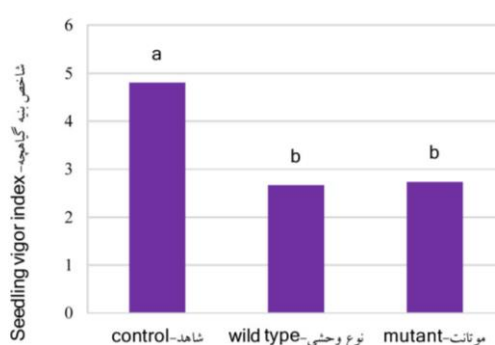
***، * و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% respectively



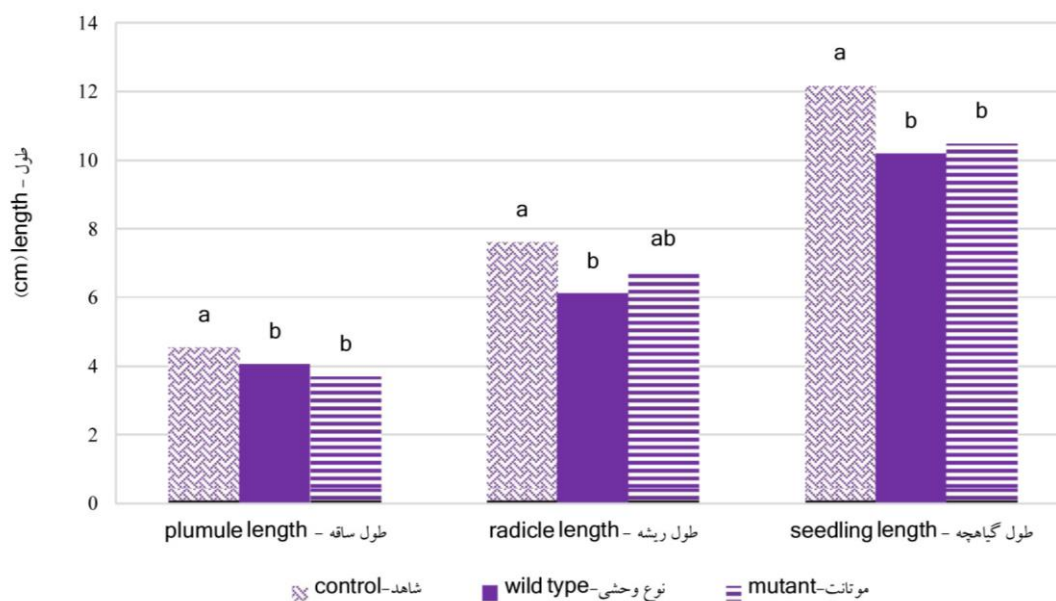
شکل ۸- شاخص بیه چغندر قند

Fig. 8- sugar beet vigor index



شکل ۹- درصد جوانه‌زنی چغندر قند

Fig. 9- sugar beet germination percentage



شکل ۱۰- مقایسه طول ریشه چه، ساقه چه و گیاهچه چغندر قند

Fig. 10- sugar beet length comparison of radicle, plumule and seedling

Reference

منابع

- Altomare, C., W.A. Noevell, T. Bjorkman, and G.E. Haarman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* rifaii 1295-22. Appl. Environ. Microbiol. 65:22926-2933.
- Anith, K. N., K. M. Faseela, P. A. Archana, and K. D. Prathan. 2011. Compatibility of *Piriformospora indica* and *Trichoderma harzianum* as dual inoculants in black papper (*piper nigrum* L.). Symbiosis, 55:11-17.
- Bae, H. 2011. *Trichoderma* Species as abiotic and biotic stress quenchers in plants. Res. J. Biotechnol. 6: 437-451
- Bagheri, Kh., S. Shahbazi, H. Askari, M. Mojerlou, and F. Amirlou. 2016. Cellulase enzyme production enhancement in *Trichoderma viride* by Gamma ray induced mutation. Nova Biologica Reperta. (4) 4: 336-329.
- Barsa, S. M. A., M. Farooq, R. Tabassum, and N. Ahmad. 2005. Physiological and Biological aspects of seed vigor enhancements in fine rice (*oryza sativa* L.) Seed Sci. Technol 33: 623-628.
- Bunner, K., S. Zeilinger, R. Ciliento, S.L. Woo, M. Lorito, C.P. Kubicek, and R.L. Mach. 2005. Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and inoculation of plant systemic disease resistance. Appl. Environ. Microbiol. 71:3959-3965.
- Carlan, N, W. D.E. Mathre, and J.B. Miller. 1991. Yield performance of sweet corn seed bioprimered and coated with *Pseudomonas Fluorescens* AB254. Hortic. Sci. 26: 1163-1165.
- Chacon, M. R., O. Rodriguz-Galan, T. Benitez, S. Sousa, M. Rey, A. Llobell, and J. Delgado-Jarana. 2007. Microscopic and transcriptome analyses of early colonization of tomato roots by *T. harzianum*. Int. Microbiol. 10: 19-27.
- Chang, Y.C., R. Baker, O. Kleifeld, and I. Chet. 1986. Increased growth of plant in the presence of the biological control agent *T. harzianum*. Plant Disease. 70:145-148.
- Dubey, S.C., M. Suresh, and B. Singh. 2006. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fuzarium oxysporum* sp. Ciceris, for integrated management of chickpea wilt. Biological control 40:118-127.

- Duman, I., 2006.** Effects of seed priming whit PEG and K₃PO₄ on germination and seedling growth in Lettuce. Pak. J. Biol. Sci 9(5):923-928.
- Golami, A., S. Shahsavari, and S. Nezarat. 2009.** The effect of plant growth promoting *rhizobacteria* (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proc. World Acad. Sci. Eng. Technol. 37: 2070-3740.
- Gravel, V., V. Antoun, and R.J. Twedell. 2007.** Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plant by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indoleacetic acid (IAA). Soil Biol. Biochem. 39:1968-1977.
- Haggag, W.M. and S.A. Abo-sedera. 2005.** Characteristics of three *Trichoderma* species in peanut haulms compost involved in biocontrol of cumin wilt disease. Int. J. Agric. Biol. 7(2): 222-229.
- Harman, G.E. 2006.** Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96: 190-14.
- ISTA. 2010.** International Rules for Seed Testing. Seed Sci. Technol. 13: 299-520.
- Kleifeld, O., L. Chet. 1992.** *Trichoderma harzianum* interaction with plants and effects on growth response. Plant Soil 144: 267-272.
- Kukuk, C., M. Kivanc, E. kinaki, and G. Kinaci. 2007.** Efficacy of *Trichoderma harzianum* (Riffaii) on inhabitation of ascochyta blight disease of chickpea. Ann. Microbiol. 57: 665-668.
- Mohamadi, E., S. Shahbazi, M.A. Ebrahimi, and M.T. Halajian. 1391.** Study of changes in chitinase and glucanase enzymes and protein profiles of mutated isolates of *Trichoderma harzianum* fungus with gamma rays in increasing antagonistic potential against *Macrophomina phaseolina*. Thesis.
- Mottaghian, A., H. Pirdashti, M.A. Bahmanyar, A. Shahsavari, and R. Hasanpour. 2009.** Effect of three *Trichoderma* species and different amounts of enriched municipal waste compost on growth parameters in spinach (*spinacia oleracea*). In: Proceeding of 5th International Scientific Conference of Iran and Russia on Agricultural Development Problems. Saint Petersburg, Russia. 8-9: 267-270.
- Mucciarelli, M., S. Scannerini, C. Berntae, and M. Maffei. 2003.** *In vitro* and *in vivo* peppermint (*Mentha piperita*) growth promotion by nonmycorrhizal fungal colonization. New Phytologist. 158:579-91.
- Qusly, M. A., J. M. Lynch, J. M. Whipps. 1994.** The effects of addition of *Trichoderma* inocula on flowering and shoot growth of bedding plants. Sci. Hortic. 59: 147-155.
- Raj, N., N. Shetty, and H. Shetty. 2004.** Seed bioprimering with *Pseudomonas Flourescens* strains enhances growth of pearl millet plants and induces resistance against downy mildew. Integrated J. of Pest Management 50(1): 41-48.
- Shahsavari, A., H. Pirdashti, A. Motaghian, and M.A. Tajik Ghanbari. 2010.** Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) growth parameters and yield to co-inoculation of farmyard manure, *Tricoderma* spp. And *psudomonas* app. J. agroecology 2(3): 448-458.
- Subash, N., M. Meenakshisundaram, C. Sasikumar, N. Unnamalia. 2014.** Mass cultivation of *Trichoderma harzianum* using agricultural waste as a substrate for the management of damping off disease and growth promoting in chili plants (*Capsicum annum* L.). Int. J. Pharmacy and Pharmaceutical Sci. 5: 184-191.
- Taylor, A. G., Allen, P.S., Bennet, M. A., Bradford, K.J. 1998.** Seed enhancements. Seed Sci. Res. 8: 245-256.
- Waller, F., B. Achantz, H. Baltruschat, J. Foder, K. Becher, M. Fischer, T. Heier, R. Huchelhoven, C. Neumann, D. Wettstein, P. Franken, and K.H. Kogel. 2005.** The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America 102:13386-13391.
- Windham, M.T., Y. Elad, and K. Baker. 1986.** A mechanism for increased plant growth inoculated by *Tricoderma* spp. Phytopathol. 6:518-521.
- Yazdani, M., H. Pirdashti, and M.A. Tajik Ghanbari. 2008.** Effect of *Tricoderma* ssp. And different organic manures on growth and development in soybean [*Glycine max* (L.) Merril.]. Electron j. Crop Prod.1(3): 65-82.

Yedidia, I., A.K. Srivastava, Y. Kapulnik, and I. Chet, 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil* 235(2): 235-242.

Kumar, M., V. Yadav, N. Tuteja, and A.K. Johri. 2009. Antioxidant enzyme activities in maize plants colonized with *Piriformospora indica*. *Microbiol.* 155: 780-790.