نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۲/ صفحات ۳۱-۱۹

Accelerating Fall Growth and Improving Yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) via Trichoderma Fungi Treatment for Delaying Planting Time in Cold Climates

Bahman Pasban Eslam[1*], Laleh Naraghi[2]

Received: 06 November 2022 Accepted: 12 April 2023
1-Assoc. Prof., of Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
2-Assoc. Prof., Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email: b_pasbaneslam@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: The goals of the study were to consider the possibility of delaying planting time of fall safflower from 11 September to 11 October in cold climates via increasing rosette plants growth for suitable cold tolerance and enhancing seed yield by using trichoderma fungi.

Materials and Methods: An experiment was conducted as split plot based on a randomized complete blocks design with three replications in the Khosrowshah station of East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center during the 2021-22 cropping season. The experimental factors included planting time (11 and 21 September and 1 and 11 October), and trichoderma fungi (*Trichoderma harzianum*) treatment included control, soil and seed treatments. The Ahmadi as a fall rapeseed genotype was used during the study.

Results: Delaying the planting time from 11 September to 11 October led to diminishing leaf chlorophyll concentration, plant growth rate and increasing plant cold damage percentage and a significant decrease in seed and oil yields and seed yield components. The treatment of the soil and seed with trichoderma fungi increased the mentioned yield related traits, but these increases were significantly higher in seed treatment plots. The mean of the seed yield increased by 1005 and 613 Kg h^{-1} in 11 September and 11 December planting times respectively in the case of treating seeds by trichoderma fungi.

Conclusion: The rapeseed treatment with trichoderma fungi increased rosette plants growth, decreased cold damage percentage and increased seed yield significantly in early and late season cultivations at cold climate.

Keywords: Cold Damage, Leaf Chlorophyll, Planting Time, Rosette Stage, Seed Yield

CC BY NC

DOI: 10.22034/SAPS.2023.54039.2944

تسریع رشد پاییزه و بهبود عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) با تیمار قارچ تریکودرما برای تعویق زمان کاشت در اقلیم‌های سرد

بهمن پاسبان اسلام[۱] و لاله نراقی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۳

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران
۲- دانشیار بخش تحقیقات بیماری های گیاهان، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: b_pasbaneslam@yahoo.com

چکیده

اهداف: مطالعه به‌منظور بررسی امکان تعویق زمان کاشت پاییزه کلزا از ۲۰ شهریور تا ۱۹ مهر ماه در اقلیم‌های سرد با افزایش رشد روزت بوته‌ها برای تحمل به سرمای بهتر و افزایش عملکرد دانه با استفاده از قارچ تریکودرما انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: پژوهش در ایستگاه خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتور اصلی تاریخ کاشت در چهار سطح: ۲۰ و ۳۰ شهریور و ۹ و ۱۹ مهر ماه و فاکتور فرعی تیمار قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) در سه سطح: شاهد (بدون تیمار)، تیمار بذر و تیمار خاک بودند. در این مطالعه ژنوتیپ پاییزه احمدی به‌کار رفت.

یافته‌ها: تعویق زمان کاشت پاییزه کلزا از ۲۰ شهریور تا ۱۹ مهر ماه در اقلیم سرد آذربایجان شرقی باعث کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها، سرعت رشد بوته‌ها و افزایش درصد سرمازدگی بوته‌ها و افت معنی‌دار عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه گردید. تیمار بذر و خاک مزرعه با قارچ تریکودرما باعث افزایش مقادیر صفات مذکور شد ولی این تغییرات در تیمار بذر با قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. در صورت تیمار بذر با قارچ، میانگین عملکرد دانه در زمان کاشت ۲۰ شهریور ماه ۱۰۰۵ و ۱۹ مهر ماه ۶۱۳ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت.

نتیجه‌گیری: تیمار بذر با قارچ تریکودرما با افزایش رشد پاییزه و کاهش درصد سرمازدگی بوته‌ها باعث افزایش معنی-دار عملکرد دانه در کشت‌های پاییزه به‌هنگام و دیرهنگام کلزا در اقلیم سرد گردید.

واژه‌های کلیدی: زمان کاشت، سرمازدگی، عملکرد دانه، کلروفیل برگ، مرحله روزت

مقدمه

بخش عمده روغن خوراکی مصرفی کشور از منابع خارجی تامین می‌گردد (احمدی و همکاران ۲۰۲۲). دانه گیاه کلزا با داشتن ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن، منبع با ارزشی برای تأمین روغن خوراکی می باشد (کیمبر و مک گرگور ۱۹۹۵). این گیاه در زمره معدود دانه‌های

روغنی است که با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه در برابر شرایط محیطی متفاوت مانند اقلیم های معتدل، نیمه سرد و سرد از توانایی سازگاری گسترده ای برخوردار است (گوناسکرا و همکاران ۲۰۰۶).

صدمات تنش سرما و یخبندان روی کلزاهای پاییزه معمولاً در پاییز و اول بهار در دماهای حوالی صفر درجه سانتی‌گراد و در طول زمستان در دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌گردند (براون ۱۹۸۷). سرما به کاهش سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها و در نتیجه طولانی‌تر شدن سبز و استقرار بوته‌ها می‌انجامد (آلد و همکاران ۱۹۸۵). تنش سرما به‌صورت دماهای زیر صفر خارج از دامنه تحمل بوته‌های کلزا به یخزدگی قسمت‌های مختلف گیاه همچون طوقه و ریشه و در نهایت به مرگ آن منجر می‌شود (لارچر و نیونر ۱۹۸۹). بوربولیس و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات تحمل یخزدگی و سطوح پرولین را در شرایط درون شیشه‌ای و در سازگاری به سرما و دمای یخبندان در اندام‌های هوایی کلزا بررسی کردند. در این تحقیق دمای کم و بدون یخ-بندان به افزایش مقدار پرولین همراه با افزایش سخت شدن اندام‌های هوایی کلزا منجر شد. همچنین افزایش دورهٔ یخبندان باعث کاهش تحمل به سرما و افزایش میزان سرمازدگی بوته‌های کلزا گردید. گزارش شده است بین درصد سرمازدگی مزرعه و عملکرد دانه با یکدیگر همبستگی منفی و معنی‌داری در کلزا وجود دارد (بالودیس و گایل ۲۰۱۵). زمان کاشت مناسب با فراهم کردن میزان رشد لازم در بوته‌های کلزا و با کاهش آسیب‌پذیری آنها در برابر سرما، افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن در واحد سطح را در پی دارد (آلد و همکاران ۱۹۸۵). نشان داده شده است تاخیر یک ماهه در زمان کاشت گونه‌های *B. napus* L. و *B. Juncea* L. باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و درصد روغن دانه گردید (ساران و گری ۱۹۸۷). نشان داده شده با تاخیر زمان کاشت کلزای پاییزه، فاصله زمانی بین ظهور دو برگ متوالی در بوته‌ها و دستیابی به روزت پاییزه طولانی‌تر می‌گردد(میرالس و همکاران ۲۰۰۱). فرجی (۲۰۱۴) با مطالعه رابطه تاریخ کاشت و دما در کشت-های پاییزه کلزا در منطقه گنبد نشان داد که با تاخیر در کاشت، طول دوره نمو رویشی و زایشی به‌صورت خطی کاهش می‌یابد.

وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه و روغن در ارقام کلزای پاییزه نشان دهنده اهمیت ارتفاع بوته در پشتیبانی عملکرد دانه و روغن است (پاسبان اسلام ۲۰۱۶). با تاخیر در زمان کاشت پاییزه، تعداد خورجین‌های بارور در متر مربع کاهش یافته و باعث افت عملکرد دانه می‌شود (جنکینز و لیچ ۱۹۸۶). نتایج یک تحقیق نشان داد تعداد خورجین در بوته کلزاهای مربوط به کشت‌های دیرهنگام کمتر بوده ولی تعداد دانه در خورجین آنها بیشتر بود و این امر افت عملکرد را تا حدودی جبران می‌کرد (لاتمن و دیکسون ۱۹۸۷). بین میزان رشد بوته و خورجین با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (آروین و همکاران ۲۰۱۰). نتایج کشت ارقام پاییزه کلزا در دشت تبریز نشان داد که با تغییر زمان کاشت از ۲۰ شهریور ماه تا ۲۰ مهر ماه به‌طور معنی‌داری درصد سرمازدگی بوته‌ها افزایش یافته و با کاهش ارتفاع بوته و تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه و روغن کاهش معنی‌داری داشت (پاسبان اسلام ۲۰۱۳).

گونه‌های قارچ تریکودرما (*Trichoderma spp.*) با ریشه گیاه میزبان رابطه همزیستی برقرار می‌کنند و با تولید و ارسال پروتئین‌های کوچک، پپتیدها و متابولیت-های فرار به گیاه میزبان و مداخله در تجلی ژن‌ها باعث تسریع رشد و افزایش تحمل گیاهان دربرابر تنش‌های غیر زیستی می‌شوند (هارمن ۲۰۱۱). نتایج تحقیقات محمدی و همکاران (۲۰۱۲) در زمینه افزایش عملکرد دانه کلزا توسط قارچ تریکودرما نشان داد بهبود عملکرد دانه کلزا به‌علت کاهش عوامل بیماری‌زا توسط قارچ *Trichoderma harzianum* بوده است. از طرف دیگر بیشتر استرین‌های تریکودرما، به‌وسیلهٔ ترشح اسیدهای آلی مثل اسیدگلوکونیک، اسیدفوماریک و اسیدسیتریک، پی اچ (pH) محیط اطرافشان را کاهش می‌دهند. این اسیدهای ارگانیک با تاثیر بر فسفات، کاتیون‌های ریزمغذی شامل آهن، منگنز و منیزیم قادر بر محلول سازی آنها می‌باشند. بنابراین استفاده از قارچ

تریکودرما باعث افزایش حاصلخیزی خاک و در نتیجه افزایش تولید محصول می‌گردد. به‌نظر می‌رسد وجود باکتری‌های آزاد کننده فسفر با افزایش دسترسی به عناصر غذایی و قارچ تریکودرما با کاهش عوامل بیمارگر و تنش‌زا به افزایش عملکرد دانه کلزا منجر شده باشند (محمدی و همکاران ۲۰۱۲).

رادرش و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایش خود نشان دادند که کاربرد همزمان باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ تریکودرما باعث افزایش جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه می‌گردد.

گزارش شده است تیمار بذور گوجه فرنگی و کلزا به‌ترتیب با سوسپانسیون اسپور *Botrytis cinerea* و *Leptosphaeria maculans* باعث تحریک رشد گیاهچه‌های گوجه فرنگی و کلزا گردیده که علت آن وجود ترکیباتی مانند اکسین‌ها در قارچ‌های تریکودرما بوده است (وینال و همکاران ۲۰۰۸). تیمار بذر با محلول‌های اسپور قارچ‌های تریکودرما باعث تولید ترکیبات ثانویه‌ای مانند اکسین‌ها و برخی پروتیین‌ها می‌شوند که این مواد به‌صورت سیستمیک توان دفاعی گیاهان را افزایش داده باعث کاهش معنی‌دار علایم بیماری در آنها می‌شوند (وینال و همکاران ۲۰۰۸). خوش منظر و همکاران (۲۰۱۹) با کاربرد سوسپانسیون قارچ تریکودرما (*Trichoderma longibrachiatum* KH, MA و *T. Harzianum*) در بستر کشت بوته‌های گوجه فرنگی مشاهده کردند که در هر دو شرایط کمبود آب و عادی، میزان رشد بوته‌ها با کاربرد قارچ افزایش معنی‌داری نشان داد. این امر با افزایش جذب نیتروژن، فسفر و آهن همراه بود. نتایج حاصل از تیمار بذر و خاک پای بوته گیاهان گوجه فرنگی با پنج گونه قارچ تریکودرما نشان داد که تیمار مذکور باعث افزایش وزن خشک ریشه و ساقه به‌ترتیب به‌میزان ۸۰ و ۶۰ درصد در مقایسه با شاهد گردید (حیدرزاده و همکاران ۲۰۱۵). نشان داده شده است که اثر قارچ تریکودرما (*Trichoderma asperellum* T203) بر افزایش رشد ریشه کلزا از طریق تحریک رشد ریشه با عملکرد آنزیم ۱- آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات د آمیناز (ACCD) بوده است که این آنزیم توسط قارچ مذکور تولید می‌گردد (ویتربو و همکاران ۲۰۱۰). نتایج تحقیقات برتمن و لاندا (۲۰۱۳) حاکی از آن است که قارچ تریکودرما با کاهش سطح فعالیت اتیلن و تحریک فعالیت مواد آنتی اکسیدانی در بوته‌های خیار تحت تنش شوری، باعث بهبود رشد آنها در مقایسه با خیارهای تیمار نشده با این قارچ گردید. نتایج مطالعات زنگ و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که تیمار قارچ *Trichoderma hazianum* روی بذور گیاه *M. hupehensis* باعث تسریع رشد گیاهچه‌ها و افزایش مقاومت ریشه و کاهش مقدار اسید فنولیک ریشه گردید. گزارش شده است تیمار گیاهچه‌های کلزا با دو گونه قارچ تریکودرما (*T. parareesei* و *T. harzianum*) باعث تسریع رشد و افزایش تحمل به خشکی گیاهان کلزا از طریق افزایش تجلی ژن‌های مرتبط با مسیر تولید هورمون اسید آبسزیک و افزایش تحمل به شوری بوته‌های کلزا از راه افزایش تجلی ژن‌های مرتبط با هورمون اتیلن گردید. در این بین نقش گونه *T. parareesei* در بهبود تحمل به تنش برجسته‌تر بود (پودا ۲۰۲۰).

هدف آزمایش بررسی امکان تغییر تاریخ کاشت پاییزه کلزا از نیمه شهریور ماه تا نیمه مهر ماه در اقلیم‌های سرد کشور ودر نتیجه افزایش سطح زیر کشت و جلوگیری از سرمازدگی بوته‌ها در کشت های تاخیری است. دسترسی به این هدف از طریق افزایش رشد بوته‌های کلزا در مرحله روزت پاییزه و رسیدن به مرحله شش برگی متحمل به سرما در مدت زمان کمتر و افزایش عملکرد دانه و روغن به‌ویژه در کشت‌های تاخیری کلزای پاییزه با استفاده از تیمار قارچ تریکودرما بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی با مشخصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی (سرد و نیمه خشک با زمستان‌های یخبندان در سیستم پهنه‌بندی کوپن) طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا گردید. داده‌های هواشناسی ایستگاه در دوره آزمایش

در جدول یک آمده است. خاک محل آزمایش لوم رسی با ۱/۵ درصد ماده آلی بود. آزمایش به‌صورت کرت-های خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده گردید. فاکتورهای به‌کار رفته شامل: تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی در چهار سطح: ۲۰ و ۳۰ شهریور ماه و ۹ و ۱۹ مهر ماه و تیمار قارچ تریکودرما به‌عنوان فاکتور فرعی در سه سطح: شاهد (بدون تیمار)، تیمار بذر و تیمار خاک بودند. در این مطالعه ژنوتیپ پاییزه احمدی به‌کار رفت. فاصله ردیف‌های کاشت در ۲۴ سانتی‌متر تنظیم گردید. مقدار بذر۶ کیلوگرم در هکتار به‌کار رفته و درنهایت تراکم ۷۵ بوته در متر مربع تثبیت شد. هر کرت شامل شش ردیف به‌طول ۵ متر بود. گونه به‌کار رفته قارچ تریکودرما *Trichoderma harzianum* بود.

روش تهیه زادمایه بیولوژیک: برای تهیه زادمایه بیولوژبیک از جدایه *Trichoderma harzianum* نگهداری شده در آزمایشگاه تحقیقات میکروارگانیسم-های مفید موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور استفاده شد. کد این جدایه TH-SU-K-1 می‌باشد که از خاک مزارع چغندرقند کرج جداسازی شده است. برای تهیه زادمایه این عامل قارچی بیولوژیک از روش تغییر یافته نراقی و همکاران (نراقی و همکاران ۲۰۰۶) و سبوس برنج استفاده گردید. هنگام کشت قارچ روی سبوس برنج، ابتدا مقداری از آن به مدت ۲۴ ساعت در آب گرم خیسانده و سپس روی کاغذ صافی گسترانده شد. در مرحله بعدی۵۰ گرم از این ماده پس از قرارگیری در کیسه‌های سلوفان به داخل اتوکلاو (فشار یک و نیم اتمسفر، حرارت ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه) منتقل گردید. سپس ۱۰ میلی لیتر از سوسپانسیون‌های محتوی اسپور مربوط به جدایه قارچ *T. harzianum* با رقت ۶ ۱۰ اسپور در میلی لیتر به-طور جداگانه در داخل کیسه‌های سلوفان ریخته شد. با تکان دادن آن سطح ماده مورد استفاده (بستر کشت) کاملا با سوسپانسیون قارچی آغشته گردیده و سپس همه کیسه‌های سلوفان در انکوباتور۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ هفته قرار گرفتند تا اسپورهای قارچ کاملا روی سطح بستر کشت مشاهده شوند. پس از سه هفته محتویات مربوط به هر کیسه، خارج شده و پس از خشک شدن کامل با آسیاب برقی کاملا خرد شدند. بدین ترتیب از پودر به دست آمده به عنوان زادمایه جهت آغشته سازی بذور و افزودن به خاک استفاده گردید. در روش افزودن به خاک (هانق و همکاران ۲۰۱۱) هم زمان با قرارگیری بذور در شیارهای کاشت، در هر خط کاشت به طول ۵ متر مقدار ۱۲ گرم از زادمایه به-صورت توزیع یکنواخت به شیار مربوطه اضافه شد. لازم به توضیح است که بر اساس منابع موجود، قارچ *Trichoderma harzianum* دارای شرایط رشد در اغلب خاک‌های ایران می‌باشد و برای کنترل بیولوژیک بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاک‌زاد مهم قارچی مانند *Rhizoctonia solani*، *Fusarium oxysporum*، *Verticillium dahliae* و *Macrophomina phaseolina* در چندین محصول زراعی و باغی شامل پنبه، چغندرقند، سویا، گوجه فرنگی، سیب زمینی، زیتون و پسته استفاده شده است (طلیعی طبری و همکاران ۲۰۱۲، فانی و همکاران ۲۰۱۲، کاکوان و همکاران ۲۰۱۳، نراقی و همکاران ۲۰۱۴ و مزرو و همکاران ۲۰۲۰). بنابراین این قارچ بومی خاک‌های ایران محسوب شده و از لحاظ تثبیت در این گونه خاک‌ها مشکلی وجود ندارد. موضوعی که در کنترل بیولوژیک توسط این قارچ اهمیت دارد، ایجاد حداقل جمعیت لازم از واحدهای پرگنه‌ساز این قارچ در هر گرم خاک (۱۰۷ واحد پرگنه-ساز در هر گرم خاک یا CFU: Colony Forming Unit) است (هوانگ و همکاران ۲۰۱۱ و عزیزی و همکاران ۱۹۹۷). این موضوع با تکثیر قارچ روی بسترهای گیاهی و کاربرد بستر آغشته به میسلیوم و اسپورهای قارچ با دو روش افزودن به خاک یا آغشته سازی بذر جبران می‌گردد (نراقی ۲۰۱۹ و کاکوان و همکاران ۲۰۱۳).

به‌هنگام پاییز قبل از کاهش میانگین دمای روزانه به کمتر از صفر گیاهی کلزا که ۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (کیمبر و مک گریگور ۱۹۹۵)، تعداد بوته در هر کرت آزمایشی شمارش و ثبت گردید. این کار در فصل بهار پس از سپری شدن فصل سرما نیز تکرار شد. در نهایت درصد سرمازدگی کرت‌ها به‌دست آمد (آلد و

همکاران ۱۹۸۵). همچنین از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته انتخاب و در طول دوره رشد روزت پاییزه با تعیین وزن خشک بوته‌ها با فواصل زمانی هفتگی، سرعت رشد مطلق آنها بر حسب گرم بر روز در مترمربع تعیین شدند. شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر (Minolta Moel: SPAD-502) در مرحله روزت پاییزه روی جوان‌ترین برگ‌های بالغ تعیین شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته و طول خورجین۱۰ بوته تصادفی در هر کرت آزمایشی به‌کار رفت. همچنین تعداد دانه در خورجین با شمارش دانه‌های خورجین‌های ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت به‌دست آمد. برای تعیین وزن هزار دانه در هر واحد آزمایشی ۸ نمونه ۱۰۰ دانه‌ای پس از رسیدگی و برداشت محصول به‌طور تصادفی انتخاب و با تعیین میانگین وزن نمونه‌ها وزن هزار دانه مشخص گردید. پس از رسیدگی محصول، عملکرد دانه در هر واحد آزمایشی با حذف حاشیه‌ها و برداشت تمامی بوته‌های کرت در ۳۱ خرداد ماه تعیین شده و در واحد هکتار محاسبه گردید. درصد روغن دانه‌ها به‌روش استخراج پیوسته سوکسله تعیین شد (میر نظامی ضیابری و صمصامی شریعت ۱۹۹۴). درنهایت تجزیه داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با نرم افزار آماری MSTATC و تعیین همبستگی صفات به‌روش پیرسون با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه خسروشاه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

سال	ماه‌های سال	میانگین دمای حداقل (°C)	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین کل دما (°C)	مجموع بارندگی (mm)
۱۴۰۰	شهریور	۱۶/۰	۳۲/۶	۲۴/۳	۰
	مهر	۸/۸	۲۳/۸	۱۶/۳	۱/۲
	آبان	۲/۸	۱۴/۱	۸/۴	۲۰/۳
	آذر	۰/۱	۱۰/۵	۵/۳	۴۰/۰
	دی	-۶/۰	۱/۹	-۲/۰	۲۵/۱
	بهمن	-۶/۳	۴/۲	-۱/۱	۶/۳
	اسفند	۰/۵	۹/۷	۵/۱	۱۰/۲
۱۴۰۱	فروردین	۴/۴	۱۷/۷	۱۱/۰	۱۲/۶
	اردیبهشت	۸/۴	۲۱/۴	۱۴/۹	۳۳/۷
	خرداد	۱۵/۴	۳۱/۰	۲۳/۲	۰/۱

- داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان‌شرقی (خسروشاه) اخذ شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۲ آمده است. اثرات ساده فاکتورهای زمان کاشت و تیمار قارچ روی همه صفات مورد بررسی به‌جز درصد روغن دانه معنی‌دار شدند. اثر متقابل دو فاکتور مذکور روی شاخص کلروفیل برگ، سرعت رشد مطلق بوته، درصد سرمازدگی، ارتفاع بوته و عملکرد دانه معنی‌دار گردید.

میانگین صفات مورد مطالعه در زمان‌های کاشت مختلف و سطوح متفاوت تیمار قارچ تیریکودرما در جدول ۳ نشان داده شده است. با تاخیر در زمان کاشت از ۲۰ شهریور تا ۲۰ مهر ماه شاخص کلروفیل برگ و سرعت رشد مطلق بوته در مرحله روزت پاییزه در بوته‌های کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد سرمازدگی افزایش یافت. بوته‌های مربوط به کرت‌های تیمارشده با قارچ تریکودرما هم به‌صورت تیمار بذر و هم خاک شاخص کلروفیل برگ و سرعت رشد مطلق بوته بالاتر و درصد سرمازدگی کمتری نسبت به تیمار-های شاهد داشتند ولی کلزاهای حاصل از بذرهای تیمار شده با قارچ تریکودرما، به‌طور معنی‌داری در همه زمان‌های کاشت شاخص کلروفیل برگ و سرعت رشد مطلق بوته در پاییز بیشتر و درصد سرمازدگی کمتری

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در زمان‌های کشت مختلف و تیمار قارچ تریکودرما روی کلزا طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل برگ	سرعت رشد مطلق بوته	درصد سرمازدگی	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در بوته
تکرار	۲	۱۴/۷۷۸**	۰/۱۶۴*	۲/۳۳۳	۳/۶۹۴	۱۹/۴۴۴
زمان کاشت	۳	۹۱/۶۳۰**	۱۴/۷۳۶**	۹۱۶/۲۵۰**	۱۲۳۸/۲۵۰**	۳۹۲/۰۰۰**
خطای صلی	۶	۱/۱۸۵	۰/۰۲۲	۱/۰۰۰	۱۰/۳۶۱	۵/۲۲۲
تیمار قارچ	۲	۳۵۶/۶۹۴**	۱/۲۹۵**	۱۹۲/۰۰۰**	۱۱۱۸/۳۶۱**	۷۹۰/۱۱۱**
زمان کاشت × تیمار قارچ	۶	۹/۵۴۶*	۰/۲۲۲**	۱۷/۲۲۲**	۸/۶۹۴*	۱۰/۰۰۰
خطای فرعی	۱۶	۲/۵۴۲	۰/۰۱۳	۲/۲۵۰	۲/۴۰۳	۵/۹۰۳
ضریب تغییرات (٪)		۳/۳۶	۲/۹۱	۷/۹۳	۱/۱۶	۱/۵۳

*و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ادامه جدول ۲

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه
تکرار	۲	۰/۰۲۸	۰/۰۰۴	۲۱۸۵۶/۰۲۸	۰/۶۹۴	۲۳۶۰/۱۷۷
زمان کاشت	۳	۱۰/۵۵۶**	۱/۰۲۶**	۳۸۸۹۰۳۴/۵۹۳**	۲/۵۵۶	۸۶۹۰۹۳/۷۰۷**
خطای صلی	۶	۰/۶۹۴	۰/۰۱۸	۲۸۷۲۳/۱۷۶	۰/۵۸۳	۵۲۶۷/۲۱۵
تیمار قارچ	۲	۵/۷۷۸**	۱/۱۲۰**	۱۲۴۲۵۴۸/۰۲۸**	۰/۸۶۱	۲۶۹۰۶۱/۵۹۹**
زمان کاشت × تیمار قارچ	۶	۰/۱۱۱	۰/۰۱۳	۸۹۷۱۵/۶۲۰*	۱/۳۰۶	۱۵۴۲۲/۷۲۲
خطای فرعی	۱۶	۰/۶۵۳	۰/۰۰۸	۲۵۰۱۸/۹۳۱	۱/۱۹۴	۸۷۵۶/۲۶۲
ضریب تغییرات (٪)		۲/۷۵	۲/۹۱	۴/۷۰	۲/۴۴	۶/۲۱

*و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

در مقایسه با بوته‌های کرت‌های شاهد (بدون تیمار) و تیمار خاک کرت‌ها با قارچ نشان دادند. سرمازدگی در کرت‌های زمان کاشت دیرهنگام ۱۹ مهر ماه در تیمار-های شاهد و تیمار خاک با قارچ تریکودرما به‌ترتیب ۳۵ و ۲۸ درصد بود ولی در بوته‌های به‌دست آمده از بذور تیمار شده با قارچ تریکودرما ۲۱/۲ درصد حاصل شد. همبستگی بین شاخص کلروفیل برگ با سرعت رشد مطلق بوته مثبت و معنی‌دار و بین دو شاخص مذکور با درصد سرمازدگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۴). قارچ‌های تریکودرما با ریشه گیاه میزبان رابطه همزیستی برقرار می‌کنند و با تولید و ارسال پروتئین-های کوچک، پپتیدها و متابولیت‌های فرار به گیاه میزبان و مداخله در تجلی ژن‌ها باعث تسریع رشد و افزایش تحمل گیاهان دربرابر تنش‌های غیر زیستی می‌شوند (هارمن ۲۰۱۰). از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌گردد که قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) با توسعه ریشه و بهبود تولید کلروفیل از یک سو و تحریک و افزایش رشد بوته‌ها از سوی دیگر باعث رسیدگی گیاهان کلزا در زمان کوتاهی به رشد قابل قبول و فرم بوته متحمل به‌سرما شده و درنتیجه درصد سرمازدگی بوته‌ها بخصوص در کشت دیرهنگام ۱۹ مهر ماه (با حدود یک ماه تاخیر از زمان کشت مناسب اقلیم‌های سرد کشور) به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. این اثردرصورت تیمار بذر بسیار چشمگیرتر بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد درصورت پلیت بذور کلزا با قارچ مذکور بتوان زمان کشت آنها را در

اقلیم‌های سرد کشور تا یک ماه به تاخیر انداخت. گزارش شده است کاربرد قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) در محیط کشت بذور گوجه فرنگی باعث تسریع رشد اندام هوایی و ریشه گیاهچه‌های به‌دست آمده گردید (اودین ۲۰۱۸). نتایج یک بررسی روی گیاهچه‌های کاهو نشان داد تیمار بذور با قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum* Rifai) پیش از کشت باعث تسریع رشد و افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاهچه‌های کاهو گردید (اسلی و همکاران ۱۹۹۳). ارزیابی بوته‌های گیاه کاکائو کشت شده در خاک تیمار شده با قارچ تریکودرما (*Trichoderma hamatum*) نشان داد که بوته‌های مذکور در صورت قرار گرفتن در معرض تنش خشکی به‌طور معنی‌داری اثرات تنش را دیرتر از بوته‌های شاهد نشان می‌دهند. علت آن بالاتر بودن رشد ریشه بدون توجه به وجود آب لازم در خاک و درنتیجه توان بالاتر گیاهان با ریشه توسعه یافته در جذب آب بیان شده است (با و همکاران ۲۰۰۹). نتایج مطالعات ژانگ و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که تیمار بذور گندم با قارچ تریکودرما (*Trichoderma longibrachiatum*) باعث افزایش معنی‌دار تحمل به تنش شوری در گیاهچه‌های حاصل گردید. دلیل این واکنش در گیاه بهبود عملکرد سیستم دفاعی آنتی اکسیداتیو و جلوگیری از تخریب سلول‌ها و تجلی ژن مرتبط با تحمل به خشکی در گیاهان گندم بیان شده است. داده‌های آزمایش جاری نشان دادند با تاخیر در زمان کاشت ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن در همه تیمارهای قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ولی این کاهش در تیمارهای قارچ تریکودرما همواره کمتر بود و در همه زمان‌های کاشت مقادیر صفات مذکور در تیمار بذر با قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند (جدول ۳). در زمان کاشت به‌هنگام۲۰ شهریور ماه عملکرد دانه و روغن تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۶۴۶ و ۱۶۶۵ کیلوگرم در هکتار بود درحالی‌که این مقادیر در تیمار بذر با قارچ تریکودرما به‌ترتیب ۴۶۵۱ و ۲۰۷۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. در زمان کاشت ۱۹ مهر ماه عملکرد دانه و روغن تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴۴۳ و ۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار بود ولی در تیمار بذر با قارچ به‌ترتیب ۳۰۵۶ و ۱۳۶۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). به‌طور کلی در زمان کاشت بهینه ۲۰ شهریور ماه عملکرد دانه و روغن بوته‌های حاصل از بذور تیمار شده با قارچ تریکودرما در مقایسه با بوته‌های شاهد به‌ترتیب ۱۰۰۵ و ۶۱۳ کیلوگرم در هکتار بیشتر بودند. این مقادیر با یک ماه تاخیر، در زمان کشت ۱۹ مهر ماه به‌ترتیب ۶۱۳ و ۲۹۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نتایج یک بررسی روی دو رقم کلزا با نام‌های ساری گل و هایولا ۴۰۱ در شرایط خاک تیمار شده با کود نیترات مس نشان داد که حضور قارچ تریکودرما (*Trichoderma atroviride*) در خاک مزرعه باعث افزایش رشد بوته‌های این دو رقم و افزایش معنی‌دار تعداد خورجین در شاخه اصلی، ارتفاع شاخه اصلی و در نهایت عملکرد دانه گردید (تشکری فرد و همکاران ۲۰۱۷). اغلب قارچ‌های تریکودرما با ترشح اسیدهای آلی مثل اسیدگلوکونیک، اسیدفوماریک و اسیدسیتریک محیط اطراف ریشه گیاهان همزیست را اسیدی می‌کنند. این اسیدهای ارگانیک قادر به حل فسفات، کاتیون‌های ریزمغذی شامل آهن، منگنز و منیزیم می‌باشند، بنابراین استفاده از قارچ تریکودرما باعث افزایش حاصلخیزی خاک و در نتیجه افزایش تولید محصول می‌گردد. ضرایب همبستگی ساده صفات در جدول ۴ آمده است. همبستگی بین عملکرد دانه و روغن با همدیگر و با اجزای عملکرد دانه و همچنین شاخص کلروفیل برگ و سرعت رشد مطلق بوته در مرحله روزت پاییزه مثبت و معنی‌دار و با درصد سرمازدگی مزرعه در طول زمستان منفی و معنی‌دار به‌دست آمد. نتایج نشان دادند بوته‌هایی که در مرحله روزت پاییزه کلروفیل برگ بیشتر و رشد بالاتری داشتند، در طول زمستان کمتر دچار سرمازدگی شده و با ایجاد تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه زیادتر، عملکرد دانه و روغن بیشتری تولید نمودند (جدول‌های ۳ و ۴). بین میزان رشد بوته و خورجین با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (آروین و همکاران ۲۰۱۰).

جدول۳- میانگین صفات مورد مطالعه روی کلزا در زمان‌های کشت مختلف و تیمار قارچ تریکودرما طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

زمان کاشت	تیمار قارچ تریکودرما	شاخص کلروفیل برگ	سرعت رشد مطلق بوته ($g.m^{-2}\ day^{-1}$)	درصد سرمازدگی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد خورجین در بوته
۲۰ شهریور ماه	شاهد	۴۷/۰ cd	۴/۵ d	۹/۳ f	۱۳۲/۷ d	۱۵۶/۳ de
	تیمار بذر	۵۸/۳ a	۵/۶ a	۶/۰ g	۱۵۳/۰ a	۱۷۴/۳ a
	تیمار خاک	۴۹/۷ bc	۵/۱ c	۶/۷ g	۱۴۱/۷ bc	۱۶۳/۷ b
۳۰ شهریور ماه	شاهد	۴۳/۳ ef	۴/۳ d	۱۶/۰ e	۱۳۱/۷ d	۱۵۷/۷ de
	تیمار بذر	۵۶/۰ a	۵/۴ b	۱۱/۰ f	۱۵۱/۳ a	۱۷۴/۰ a
	تیمار خاک	۴۴/۰ e	۵/۱ c	۱۴/۰ e	۱۳۹/۳ c	۱۵۸/۷ cd
۹ مهر ماه	شاهد	۴۰/۷ f	۳/۰ ef	۳۱/۳ b	۱۲۱/۷ f	۱۴۸/۷ g
	تیمار بذر	۴۷/۷ c	۳/۱ e	۲۱/۳ d	۱۴۴/۰ b	۱۶۲/۳ bc
	تیمار خاک	۴۴/۰ e	۲/۸ fg	۲۶/۳ c	۱۳۲/۷ d	۱۵۳/۳ ef
۱۹ مهر ماه	شاهد	۴۱/۷ ef	۲/۴ h	۳۵/۰ a	۱۱۰/۰ h	۱۴۴/۰ h
	تیمار بذر	۵۲/۳ b	۲/۷ g	۲۱/۳ d	۱۲۴/۷ e	۱۵۹/۳ b-d
	تیمار خاک	۴۴/۷ de	۲/۷ g	۲۸/۷ c	۱۱۵/۷ g	۱۵۰/۳ fg

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

ادامه جدول ۳

زمان کاشت	تیمار قارچ تریکودرما	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد روغن ($kg.ha^{-1}$)
۲۰ شهریور ماه	شاهد	۲۹/۷ b-e	۳/۲ b	۳۶۴۶ bc	۱۶۶۵ b-d
	تیمار بذر	۳۰/۶ ab	۳/۷ a	۴۶۵۱ a	۲۰۷۷ a
	تیمار خاک	۳۰/۰ a-d	۳/۳ b	۳۹۳۲ b	۱۷۹۵ b
۳۰ شهریور ماه	شاهد	۲۹/۷ b-e	۳۹/۲ b	۳۵۴۰ cd	۱۵۸۰ cd
	تیمار بذر	۳۱/۳ a	۳/۶ a	۳۸۶۰ b	۱۷۴۰ bc
	تیمار خاک	۳۰/۳ a-c	۳/۳ b	۳۸۲۳ bc	۱۷۳۳ bc
۹ مهر ماه	شاهد	۲۸/۳ ef	۲/۶ c	۲۷۴۰ gh	۱۱۸۷ gh
	تیمار بذر	۲۹/۷ b-e	۳/۲ b	۳۳۰۵ de	۱۵۰۰ de
	تیمار خاک	۲۸/۷ d-f	۲/۶ c	۲۸۵۴ fg	۱۲۶۵ fg
۱۹ مهر ماه	شاهد	۲۷/۷ f	۲/۵ c	۲۴۴۳ i	۱۰۷۵ h
	تیمار بذر	۲۹/۰ c-f	۳/۲ b	۳۰۵۶ ef	۱۳۶۵ ef
	تیمار خاک	۲۷/۷ f	۲/۶ c	۲۴۹۵ hi	۱۰۹۸ gh

حروف مشابه در هر ستون نشان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه روی کلزا در زمان‌های کشت مختلف و تیمار قارچ تریکودرما طی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

صفات	شاخص کلروفیل برگ	سرعت رشد مطلق بوته	درصد سرمازدگی	ارتفاع بوته	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن
شاخص کلروفیل برگ										
سرعت رشد مطلق بوته	۰/۵۸*									
درصد سرمازدگی	-۰/۶۹*	-۰/۹۲**								
ارتفاع بوته	۰/۷۲**	۰/۸۱**	-۰/۸۲**							
تعداد خورجین در بوته	۰/۹۰**	۰/۷۸**	-۰/۸۲**	۰/۹۳**						
تعداد دانه در خورجین	۰/۷۰*	۰/۹۰**	-۰/۸۸**	۰/۹۴**	۰/۹۱**					
وزن هزار دانه	۰/۸۳**	۰/۸۵**	-۰/۹۰**	۰/۸۹**	۰/۹۵**	۰/۹۵**				
عملکرد دانه	۰/۷۱**	۰/۹۴**	-۰/۹۵**	۰/۸۹**	۰/۸۷**	۰/۹۱**	۰/۹۳**			
درصد روغن	۰/۴۱	۰/۶۱*	-۰/۷۹**	۰/۶۳**	۰/۵۵	۰/۶۸*	۰/۶۸*	۰/۶۵*		
عملکرد روغن	۰/۷۰*	۰/۹۴**	-۰/۹۶**	۰/۸۹**	۰/۸۶**	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۹**	۰/۷۰*	

*و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد میباشد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان دادند که تعویق تاریخ کاشت پاییزه کلزا از ۲۰ شهریور ماه لغایت ۱۹ مهر ماه باعث کاهش معنی‌دار سرعت رشد بوته‌ها، غلظت کلروفیل برگ‌ها و افزایش معنی‌دار درصد سرمازدگی بوته‌ها و درنهایت افت عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه گردید. مقادیر این تغییرات در زمان کشت ۳۰ شهریور ماه کمتر بودند. تیمار بذر و خاک مزرعه با قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) باعث افزایش سرعت رشد مطلق پاییزه بوته‌ها، غلظت کلروفیل برگ، عملکرد دانه و روغن و اجزای عملکرد دانه و کاهش درصد سرمازدگی بوته‌ها در طول زمستان گردید ولی این تغییرات در تیمار بذر با قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. به‌طوری که درصورت تیمار بذر با قارچ، میانگین عملکرد دانه در زمان کاشت ۲۰ شهریور ماه ۱۰۰۵ و ۱۹ مهر ماه ۶۱۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. درنهایت می‌توان گفت بیشترین محصول کلزای پاییزه در اقلیم سرد آذربایجان شرقی از زمان کاشت ۲۰ شهریور ماه و بذور تیمار شده با قارچ تریکودرما به‌دست آمد. همچنین درصورت تعویق زمان کاشت تا ۱۹ مهرماه کاربرد قارچ تریکودرما به‌صورت تیمار بذر می‌تواند به‌طور معنی‌داری از افت عملکرد دانه و روغن در اثر کشت دیرهنگام جلوگیری نماید.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی و کادر کوشای مزرعه تحقیقاتی ایستگاه خسروشاه که یاری‌گر اجرای پروژه تحقیقاتی حاضر بودند، سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Ahmadi k, Abedzadeh H, Kazemian A and Rafie M. 2022. Agriculture statistical book of Iran (year 2020-2021). Agriculture Jahad Ministry. P. 49. (In Persian).

Arvin P, Azizi M and Soltani A. 2010. Comparison of yield and physiological indices of spring cultivars of oilseed rape species. Seed and Plant Journal, 25: 401-417. (In Persian).

Auld DL, Bettis BL and Dial MG. 1985. Planting date and cultivar effects on winter rape production. Agronomy Journal, 6: 197-200.

Azizi NH, El-Fouly MZ, El-Essawy AA and Khalaf MA. 1997. Influence of bean seedling root exudates on the rhizosphere colonization by *Trichoderma lignorum* for the control of *Rhizoctonia solani*. Botanical Bulletin of Academic Science, 38: 33-39.

Bae H, Sicher RC, Kim MS, Kim SH, Strem MD, Melnick RL and Bailey BA. 2009. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. Journal of Experimental Botany, 60(11): 3279-3295.

Balodis O and Gaile Z. 2015. Changes of winter oilseed rape plant survival during vegetation. Lativa University of Agriculture Journal, 33: 35-45.

Bortman Y, Landau U, Cuadros Inostroza A, Takayuki T, Fernie AR, Chet I, Viterbo A and Willmitzer L. 2013. Trichoderma-plant root colonization: Escaping early plant defence responses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance. PLOS Pathogens Journal, 9(3): 1-15.

Brown DM. 1987. Impact of freezing temperature on crop production in Canada. Canadian Journal of Plant Science, 67: 1167-1180.

Burbulis N, Kuprienė R and Blinstrubienė A. 2008. Investigation of cold resistance of winter rapeseed in vitro. Sodininkystė Ir Daržininkystė, 27: 223-232.

Draper SR. 1985. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 13(2): 342-343.

Fani SR, Moradi-Ghahdarijani M, Alipour-Moghaddam M, Sharafati A, Mohammadi-Moghaddam M, Sedagati A and Khodaigan P. 2012. Efficiency of local strains of *Trichoderma harzianum* in bio-control of pistachio compote. Journal of Plant Protection Science, 44(2): 243-252. (In Persian).

Faraji A. 2014. Effect of temperature and photoperiod on growth and development of two oilseed rape variety. Agricultural Plant Improvement Journal, 4: 1049-1062.

Gunasekera CP, Martin LD, Siddique KHM and Walton GH. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments 1. Crop growth and seed yield, European Journal of Agronomy, 25: 1-12.

Harman GE. 2011. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. New Physiologist, 189: 647-649.

Harman GE, Chet I and Baker R. 1981. Factors affecting *Trichoderma harzianum* applied to seeds as a biocontrol agent. Journal of Phytopathology, 71: 569-572.

Heidarzadeh N, Bagaie-Ravari S, Rouhani H and Medikhani-moghaddam A. 2015. Study of the effects of some *Trichoderma* fungi species on growth factors of tomato in three inoculation methods. Journal of Plant Production, 20(3): 23-29. (In Persian).

Huang X, Chen L, Ran W, Shen Q and Yang X. 2011. *Trichoderma harzianum* strain SQR-T37 and its bio-organic fertilizer could control *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber seedling mainly by the mycoparasitism. Applied Microbiology and Biotechnology, 91(3): 741-755.

Jenkins PD and Leitch MH. 1986. Effects of sowing date on the growth and yield of winter oil seed rape (*Brassica napus*). Agricultural Science of Cambridge Journal, 105: 405-420.

Kakvan N, Heydari A, Zamanizadeh HR, Rezaee S and Naraghi L. 2013. Development of new bioformulations using *Trichoderma* and *Talaromyces* fungal antagonists for biological control of sugar beet damping-off disease. Crop Protection Journal, 53: 80-84.

Khoshmanzar I, Aliasgarzadeh N, Arzanloo M, Neyshapouri MR and Khoshroo B. 2019. Effect of Trichoderma isolated on growth and nutrition elements absorption of tomato under water deficit condition. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 29: 107-120.

Kimber DS and McGregor DI. 1995.The species and their origin of cultivation and world production. In: Kimber DS and McGregor DI (eds.). Brassica oilseeds. CAB International. Pp. 1-7.

Larcher W and Neuner G. 1989.Sensetive marker for chilling susceptibility. Plant Physiology Journal, 89: 740-742.

Lutman PJ and Dixon FL. 1987.The effect of drilling date on growth and yield of oilseed rape (*Brassica napus*). Agricultural Science of Cambridge Journal, 108: 195-200.

Mazrou YSA, Makhlouf AH, Elseehy, MM, Awad MF and Hassan MM. 2020. Antagonistic activity and molecular characterization of biological control agent *Trichoderma harzianum* from Saudi Arabia. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 30(4): 373-376.

Miralles DJ, Ferro BC and Slafer GA. 2001. Development responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. Field Crops Research, 71: 211-223.

Mirnezami-Ziabari SH and Sanei-Shariatpanah M. 1994. Usual methods in fats and oils analysis. Mashhad Astaneh Gods Press. 274p. (In Persian).

Mohammadi Kh, Pasari B, Rokhzadi A, Aga-Alijani M, Eskandari M and Galavand A. 2012. Response of seed yield and quality of rapeseed to different sources of organic manner, biologic nutrient and compost in Kordestan climate. Crop Procudtion Journal, 4(2): 81-101.

Naraghi L, 2019. Introduction of Talaromin as a biological fungicide and its commercialization in Iran. Noavaran Danesh Press. Tehran. P. 64. (In Persian).

Naraghi L, Heydari A and Ershad J. 2006. Sporulation and stability of *Talaromyces* on residuals of different plants in order to biological control against cotton wilting (*Verticilium dahlia*). Journal of Plant Pathology, 42: 381-398. (In Persian).

Naraghi L, Heydari A, Hesan A and Sharifi K. 2014. Evaluation of *Talaromyces flavus* and *Trichoderma harzianum* in biological control of sugar beet damping-off disease in the greenhouse and field conditions. International Journal of Agricultural Science and Research, 4(1): 64-75.

Ously MA, Lynch, JM and Whipps, JM. 1993. Effect of *Trichoderma* on plant growth: a balance between inhibition and growth promotion. Microbial Ecology, 26: 277-282.

Pasban Eslam B. 2016. Stability of grain and oil yields and its components in oilseed rape (*Brassica napus* L.) under early and late season drought. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 25(4): 177-187. (In Persian).

Pasban Eslam B. 2013. Effect of different planting dates on yield and yield components of fall oilseed rape varieties. Iranian Journal of Agronomy Science, 44(1): 1-8. (In Persian).

Poveda J. 2020. *Trichoderma Parareesei* favors the tolerance of rapeseed (*Brassica napus* L.) to salinity and drought due to a chorismate mutase. Agronomy Journal, 10(118): 2-14.

Rudresh DL, Shivaprakash MK and Prasad RD. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology, 28: 139-146.

Saran G and Giri G.1987. Influence of dates of sowing on Brassica species under semi-arid rain-fed conditions of north west India. Agricultural Science of Cambridge Journal, 108: 561-566.

Talie-Tabari F, Safaie N and Agajani M. 2012. *Macrophomina phaseolina* residues and other attendant fungus in soybean residues and its effect *Trichoderma harzianum* on their population. Journal of Applied Research in Plant Protection, 1(1): 1-14.

Tashakorifard E, Taghavi-Ghasemkheyli F, Tajik-Ghanbary MA and Bahmanyar MA. 2017. Symbiotic effect of *Trichoderma atroviride* on growth characteristics and yield of two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) in a contaminated soil treated with copper nitrate. Iranian Journal of Field Crops Research, 15(1): 74-86.

Uddin MN, Rahman U, Khan M, Uddin N and Muhamman M. 2018. Effect of *Thrichoderma harzianum* on tomato plant growth and its antagonistic activity against *Phythum ultimum* and *Phythyum capsici*. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28: 32-37.

Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Barbetti MJ, Li H, Woo SL and Lorito M. 2008. Physiological and molecular plant pathology. Journal of Plant Physiology, 72: 80-86.

Viterbo A, Landau U, Kim S, Chernin L and Chet L. 2010. Characterization of ACC deaminase from the biocontrol and plant growth-promoting agent *Trichoderma asperellum* T203. Federation European Microbiological Societies Journal, 305: 42-48.

Zhang S, Gan Y and Xu B. 2016. Application of plant-growth-promoting fungi *Trichoderma longibrachiatum* T_6 enhances tolerance of wheat to salt stress through improvement of anti-oxidative defense system and gene expression. Frontiers in Plant Science, 7(1405): 1-11.

Zhang R, Zhubing Y, Wang Y, Chen X, Yin C and Mao Z. 2021. Effect of *Trichoderma harzianum* fertilizer on the soil environment of *Malus Hupehensis* rehd. Seedling under replant condition. Horticulture Science, 56(9): 1073-1079.