University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

# Effects of Trichoderma Fungi on Growth and Productivity of Rapeseed in Late-Season Cultivation of East-Azarbaijan Cold Climate

**Bahman Pasban Eslam[1]✉| Laleh Naraghi[2]**

1. Corresponding Author, Crop and Horticultural Science Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. Email: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir
2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. Email: naraghi@iripp.ir

## Article Info

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received: February 26, 2024
Received in revised form: April 5, 2024
Accepted: April 13, 2024
Published online: September 22, 2024

**Keywords**:
Cold tolerance,
leaf chlorophyll,
planting date,
seed and oil yield,
trichoderma fungi.

## ABSTRACT

The current research aimed to study the effect of delaying the fall planting date of rapeseed in cold climates using Trichoderma fungi. An experiment was conducted as a split plot based on an RCBD design with three replications using the Ahmadi cultivar in the East Azarbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center for two years (2021-23). The main factor was planting date including apropos (11 and 21 September) and late cultivation (1 and 11 October), and the sub-factor was Trichoderma fungi (*Trichoderma harzianum*) treatment including control, seed, and soil treatments. Delaying the planting date from 11 September to 11 October by increasing 20.7 percent in cold damage led to a decrease in seed and oil yields by 1425 and 676 Kg $ha^{-1}$, respectively. The soil and seed treatment with fungi significantly increased plant growth rate and chlorophyll and decreased cold damage during winter from 35.2 in control (unused fungi) to 28.7 and 21.3 percent in soil and seed treatment, respectively. In addition, seed and oil yields increased. These effects were higher in seed treatment and seed yield increased by 27 and 27.6 percent on the 11 September and 11 December planting dates, respectively, in soil treatment by fungi. According to the results, using Trichoderma fungi as a seed treatment on 11 October late cultivation date, increased seed yield from 2703.3 to 4128.6 Kg $ha^{-1}$. The mentioned fungi by increasing fall growth and decreasing cold damage in rapeseed, caused a prevent of significant decrease in seed yield at late cultivations.

**Cite this article:** Pasban Eslam, B., & Naraghi, L. (2024). Effects of trichoderma fungi on growth and productivity of rapeseed in late-season cultivation of East-Azarbaijan cold climate. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *55*(3), 89-98. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.373101.655065.

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2024.373101.655065

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

# اثرات قارچ تریکودرما بر رشد و محصول‌دهی کلزا در کشت دیرهنگام اقلیم سرد آذربایجان شرقی

**بهمن پاسبان اسلام[1]✉ | لاله نراقی[2]**

۱. نویسنده مسئول، 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. رایانامه: b.pasbaneslam@areeo.ac.ir

۲. بخش تحقیقات بیماری های گیاهی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: naraghi@iripp.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:** مقالهٔ پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۱۲/۰۷
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۰۱/۱۷
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۱/۲۵
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

**کلیدواژه‌ها:**
تاریخ کاشت،
تحمل به سرما،
عملکرد دانه و روغن،
قارچ تریکودرما،
کلروفیل برگ.

**چکیده**

هدف این پژوهش بررسی اثر تأخیر تاریخ کاشت پاییزه کلزا در اقلیم‌های سرد با استفاده از قارچ تریکودرما بود. آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی طی دو سال زراعی از ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی رقم احمدی اجرا شد. فاکتور اصلی تاریخ کاشت به‌هنگام ۲۰ و ۳۰ شهریور و دیرهنگام ۹ و ۱۹ مهر، و فاکتور فرعی قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) شامل شاهد، تیمار خاک و بذر با قارچ بودند. تعویق تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۹ مهر با افزایش ۲۰/۷ درصد سرمازدگی باعث افت معنی‌دار عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب به‌مقدار ۱۴۲۵ و ۶۷۶ کیلوگرم در هکتار شد. تیمار بذر و خاک با قارچ باعث افزایش معنی‌دار سرعت رشد بوته‌ها و سبزینه برگ در پاییز و کاهش درصد سرمازدگی در طول زمستان از ۳۵/۲ درصد در شاهد (عدم کاربرد قارچ) به ۲۸/۷ و ۲۱/۳ درصد به‌ترتیب در تیمار خاک و بذر شد. همچنین عملکرد دانه و روغن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. این اثرات در تیمار بذر با قارچ بیشتر بود و عملکرد دانه در کاشت ۲۰ شهریور ۲۷ و ۱۹ مهر ۲۷/۶ درصد نسبت به تیمار خاک با قارچ افزایش یافت. براساس نتایج این آزمایش استفاده از قارچ تریکودرما به‌شکل بذرمال در کاشت دیرهنگام ۱۹ مهرماه باعث افزایش عملکرد دانه از ۲۷۰۳/۳ به ۴۱۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار شد. قارچ مذکور با تسریع رشد پاییزه و کاهش سرمازدگی بوته‌های کلزا باعث جلوگیری از افت معنی‌دار عملکرد دانه در کشت‌های دیرهنگام شد.

**استناد:** پاسبان اسلام، ب.، و نراقی، ل. (۱۴۰۳). اثرات قارچ تریکودرما بر رشد و محصول‌دهی کلزا در کشت دیرهنگام اقلیم سرد آذربایجان شرقی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۵(۳)، ۸۹-۹۸. DOI: 10.22059/ijfcs.2024.373101.655065

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

## ۱. مقدمه

درحدود ۹۰ درصد روغن خوراکی مصرفی کشور از طریق واردات تأمین می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2022). گیاه کلزا جزء دانه‌های روغنی سازگار با اقلیم‌های زراعی کشور است (Yazdandoost-Hamedani, 2021). ارقام امروزی کلزا عملکرد دانه و روغن قابل قبولی از نظر اقتصادی داشته و کیفیت روغن بالایی دارند (Ahmadi *et al.*, 2021). کلزا آینده نویدبخشی برای تأمین روغن خوراکی کشور می‌تواند داشته باشد (Kimber & McGregor, 1995).

تنش سرما در پاییز با کاهش سرعت سبزشدن گیاهچه‌ها، رسیدن بوته‌ها به روزت متحمل به سرما را با مشکل مواجه می‌سازد (Auld *et al.*, 1985). بین درصد سرمازدگی و عملکرد دانه کلزا همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Balodis & Gaile, 2015). با تعویق تاریخ کاشت کلزای پاییزه، مدت بین تشکیل دو برگ متوالی در بوته‌ها و دست‌یابی به روزت متحمل به سرما بیشتر می‌شود (Miralles *et al.*, 2001). در تحقیقی با بررسی رابطه تاریخ کاشت و دما در ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا گزارش شد که با تاخیر در تاریخ کاشت، طول دوره نمو رویشی و زایشی به‌صورت خطی کاهش یافته و عملکرد دانه دچار افت معنی‌دار می‌شود (Faraji, 2014). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان رشد پاییزه بوته با عملکرد دانه در کلزا گزارش شده است (Arvin, *et al.*, 2010). با تعویق تاریخ کاشت کلزا از ۲۰ شهریور تا ۲۰ مهرماه در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه، درصد سرمازدگی گیاهان افزایش یافته و با افت ارتفاع بوته و تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه و روغن کاهش معنی‌داری نشان داد (Pasban Eslam, 2013).

سوژهای قارچ تریکودرما (*Trichoderma* spp.) با ریشه گیاهان میزبان ایجاد همزیستی می‌کنند و با تولید و ارسال پروتئین‌های کوچک، پپتیدها و متابولیت‌های فرار به گیاه میزبان و تأثیر بر تجلی ژن‌ها، تسریع رشد و افزایش تحمل گیاهان نسبت به تنش‌های غیر زیستی را باعث می‌شوند (Harman, 2011). گزارش شده است اثر قارچ تریکودرما (*Trichoderma asperellum* T203) روی افزایش رشد ریشه کلزا از طریق افزایش سطح آنزیم ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات د آمیناز (ACCD) بوده است. این آنزیم توسط قارچ مذکور تولید شده و باعث افزایش فتوسنتز در گیاه میزبان می‌شود (Viterbo *et al.*, 2010). تلقیح خاک با دو گونه قارچ تریکودرما (*T. parareesei* و *T. harzianum*) باعث افزایش سرعت رشد و تحمل به کمبود آب در گیاهچه‌های کلزا شد. این امر در اثر افزایش تجلی ژن‌های مرتبط با مسیر تولید هورمون‌های اسیدآبسیزیک و اتیلن بوده است (Poveda, 2020). در تحقیقی تلقیح بذر کلزا با قارچ تریکودرما در شرایط تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها شد (Somagh *et al.*, 2017). تیمار بذر و یا خاک بستر کشت با قارچ تریکودرما باعث افزایش جذب کربن، میزان فتوسنتز، سرعت رشد و مقاومت به خشکی در گیاه گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) شد (Mastouri *et al.*, 2010). تلقیح بذور گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) با قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار کاروتنوئید، کلروفیل *a* و *b* برگ‌ها به‌ویژه در شرایط تنش خشکی شد. همچنین تلقیح بذر با قارچ تریکودرما باعث افزایش ۱۷/۲ درصدی فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ۳۱/۷ درصدی کاروتنوئیدها و ۵۲/۲ درصدی در مقدار پرولین شد (Salahiostad *et al.*, 2021). نتایج بررسی تیمار بذور کلزا با سوژهای قارچ تریکودرما در شرایط تنش خشکی نشان داد که با کلونیزه‌شدن ریشه گیاهچه‌ها با قارچ، رشد ریشه افزایش یافت. قارچ تریکودرما باعث تظاهر ژن‌های مرتبط با تحمل به خشکی شده و سلولزی و پکتینی‌شدن بافت‌های رویشی گیاه را به تأخیر انداخته و باعث افزایش ترشح هورمون اکسین شد. در نهایت تیمار بذر با قارچ باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کلزا شد (Garstecka *et al.*, 2023).

هدف مطالعه فراهم‌نمودن امکان تعویق تاریخ کاشت پاییزه کلزا می‌باشد. این امر با افزایش سرعت رشد گیاهچه‌ها و بوته‌ها برای رسیدن به روزت شش‌برگی متحمل به سرما در زمان کوتاه‌تر با استفاده از قارچ تریکودرما بررسی می‌شود. همچنین اثرات کاربرد قارچ روی اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن در اقلیم سرد آذربایجان شرقی مطالعه خواهد شد.

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش در ایستگاه 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 اجرا شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی لوم رسی تعیین شد (جدول ۱). منطقه دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک با زمستان‌های یخبندان در سیستم پهنه‌بندی کوپن است. مشخصات آب و هوایی محل آزمایش در جدول ۲ آمده است. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی از ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲ اجرا شد. عوامل آزمایش شامل تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی با سطوح ۲۰ و ۳۰ شهریورماه (به‌هنگام) و ۹ و ۱۹ مهرماه (دیرهنگام) و فاکتور فرعی تیمار قارچ تریکودرما با سطوح شاهد (بدون تیمار)، تیمار بذر و تیمار خاک بستر کاشت بودند. آزمایش روی رقم پاییزه احمدی (تهیه‌شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج) اجرا شد. این رقم داخلی بوده و آزاد گرده‌افشان است. همچنین با اقلیم‌های سرد و معتدل سرد کشور سازگاری دارد. فاصله ردیف‌های کاشت ۲۴ سانتی‌متر و مقدار بذر شش کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. میزان تراکم ۷۵ بوته در متر مربع بود. کرت‌ها شامل شش ردیف به‌طول پنج متر بودند (Pasban Eslam, 2013).

به‌منظور تهیه زادمایه بیولوژیک از جدایه *Trichoderma harzianum* نگهداری‌شده در آزمایشگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور استفاده شد. کد این جدایه TH-SU-K-1 است. برای تهیه زادمایه روش تغییریافته نراقی و همکاران (Naraghi *et al.*, 2006) و سبوس برنج استفاده شد. به هنگام کشت قارچ روی سبوس برنج، نخست مقداری از آن به مدت ۲۴ ساعت در آب گرم خیسانده و سپس روی کاغذ صافی پهن شد. سپس ۵۰ گرم از این ماده با قرارگیری در کیسه‌های پلاستیکی به داخل اتوکلاو ( فشار ۱/۵ اتمسفر، دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه) منتقل شد. در ادامه ۱۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون-های حاوی اسپور مربوط به جدایه قارچ *T. harzianum* با رقت ۱۰۶ اسپور در میلی لیتر به‌طور جداگانه در داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. با تکان‌دادن آن، سطح بستر کشت کاملا با سوسپانسیون قارچی آغشته شده و سپس همه کیسه‌ها در انکوباتور۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه هفته قرار گرفتند تا اسپورهای قارچ کاملا روی سطح بستر کشت مشاهده شوند. سپس محتویات مربوط به هر کیسه، خارج شده و پس از خشک‌شدن کاملا آسیاب و خرد شدند. بدین‌ترتیب از پودر به‌دست‌آمده به عنوان زادمایه جهت آغشته‌سازی بذور و افزودن به خاک استفاده شد. لازم به توضیح است که بر اساس منابع موجود، قارچ *Trichoderma harzianum* بومی خاک‌های ایران بوده و دارای شرایط رشد و تثبیت در اغلب خاک‌ها است (Fani *et al.*, 2012; Naraghi *et al.*, 2014; Talie-Tabari *et al.*, 2017).

در پاییز قبل از کاهش میانگین دمای روزانه هوا به کمتر از صفر گیاهی کلزا که پنج درجه سانتی‌گراد است (Kimber & McGregor, 1995)، تعداد بوته در هر کرت آزمایشی شمارش شدند. این کار در فصل بهار نیز تکرار شد و درصد سرمازدگی کرت‌ها به‌دست آمد (Auld *et al.*, 1985). همچنین از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته انتخاب و در طول دوره رشد روزت پاییزه با تعیین وزن خشک بوته‌ها به‌صورت هفتگی، سرعت رشد مطلق آنها بر حسب گرم بر روز در متر مربع با استفاده از رابطه یک محاسبه شد (Soleimani *et al.*, 2010):

$$AGR= (W_2-W_1)/(d_2-d_1)$$

در رابطه یک، ARG (Absolut Growth Rate): سرعت رشد مطلق، $(W_2-W_1)$: تفاوت وزن خشک بوته بین دو نمونه‌برداری و (d2-d1): فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری.

شاخص سبزینگی برگ با دستگاه کلروفیل‌متر (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 از هر کرت آزمایشی انتخاب شدند. تعداد دانه در خورجین با شمارش دانه خورجین‌های ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت حاصل شد. برای تعیین وزن هزار دانه در هر واحد آزمایشی هشت نمونه ۱۰۰ دانه‌ای پس از برداشت به‌طور تصادفی انتخاب و توزین شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه، با حذف حاشیه‌ها و برداشت تمامی بوته‌های کرت در ۳۰ و ۲۸ خرداد ماه به‌ترتیب برای سال اول و دوم آزمایش، عملکرد دانه محاسبه شد. درصد روغن دانه‌ها به‌روش سوکسله تعیین شد (Mirnezami-Ziabari & Sanei-Shriatpanah, 1994). پس از انجام آزمون بارتلت، آنالیزهای آماری، مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و تعیین همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۴ صورت گرفت.

**جدول ۱.** ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۰.

| Year | pH | EC (dS $m^{-1}$) | Organic C (%) | Nitrogen (%) | Phosphorus (mg $Kg^{-1}$) | Potassium (mg $Kg^{-1}$) | Clay (%) | Silt (%) | Sand (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2021-22 | 8.0 | 4.2 | 0.42 | 0.05 | 15 | 215 | 14 | 18 | 68 |
| 2022-23 | 8.2 | 4.5 | 0.46 | 0.04 | 17 | 241 | 14 | 19 | 67 |

**جدول ۲.** ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه تحقیقاتی خسروشاه طی دو سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۰.

| Year | Month of year | Mean of minimum temperature (°C) | Mean of maximum temperature (°C) | Mean of total temperature (°C) | Sum of precipitation (mm) | Sum of evaporation from class A pan (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2021 | September | 16.0 | 32.6 | 24.2 | 0 | 271.0 |
| | October | 8.8 | 23.8 | 16.3 | 1.2 | 151.9 |
| | November | 2.8 | 14.1 | 8.4 | 20.3 | 38.6 |
| | December | 0.1 | 10.5 | 5.3 | 40.0 | 0.0 |
| 2022 | January | -6.0 | 1.9 | -2.0 | 25.1 | 0.0 |
| | February | -6.3 | 4.2 | -1.1 | 6.3 | 0.0 |
| | March | 0.5 | 9.8 | 5.1 | 10.2 | 0.0 |
| | April | 4.4 | 17.7 | 11.0 | 12.6 | 115.6 |
| | May | 8.4 | 21.4 | 14.9 | 33.7 | 170.4 |
| | June | 15.4 | 31.0 | 23.2 | 0.1 | 324.8 |
| | July | 19.6 | 34.0 | 26.8 | 0.8 | 370.4 |
| | August | 22.1 | 35.8 | 28.9 | 0.0 | 379.1 |
| | September | 16.1 | 32.9 | 24.5 | 0.5 | 283.6 |
| | October | 11.4 | 26.7 | 19.0 | 6.0 | 170.6 |
| | November | 3.9 | 15.8 | 9.8 | 12.8 | 70.9 |
| | December | 0.8 | 9.6 | 5.2 | 12.9 | 0.0 |
| 2023 | January | -4.8 | 4.8 | 0.0 | 5.2 | 0.0 |
| | February | -5.2 | 4.0 | -0.6 | 9.7 | 0.0 |
| | March | 2.1 | 14.7 | 8.4 | 15.9 | 0.0 |
| | April | 6.8 | 18.1 | 12.4 | 22.5 | 98.4 |
| | May | 9.5 | 23.0 | 16.3 | 38.2 | 228.7 |
| | June | 15.1 | 29.5 | 22.3 | 4.3 | 281.3 |

* داده‌ها از ایستگاه سینوپتیک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (خسروشاه) به‌دست آمده است.

## ۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین دو سال آزمایش از نظر خصوصیات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دیده نشد. اثر هر دو عامل تاریخ کاشت و تیمار قارچ تریکودرما بر همه صفات مورد بررسی (غیر از تیمار قارچ بر درصد روغن دانه) معنی‌دار بودند (جدول ۳). اثر متقابل دو عامل تاریخ کاشت و تیمار قارچ تریکودرما بر شاخص سبزینگی برگ، سرعت رشد بوته، درصد سرمازدگی، ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که شاخص سبزینگی برگ، سرعت رشد بوته در مرحله روزت پاییزه و درصد سرمازدگی در تیمارهای مختلف قارچ تریکودرما بین دو تاریخ کاشت ۲۰ و ۳۰ شهریور ماه تفاوت معنی‌داری نداشت؛ ولی با تغییر تاریخ کاشت از ۲۰ شهریور به ۱۹ مهرماه شاخص سبزینگی برگ و سرعت رشد بوته در مرحله روزت پاییزه در بوته‌های کلزا به‌طور معنی‌داری کاهش و درصد سرمازدگی افزایش یافت. استفاده از قارچ تریکودرما به روش تلقیح بذر و تلقیح خاک موجب شد که شاخص سبزینگی برگ و سرعت رشد بوته بیشتر و درصد سرمازدگی در مقایسه با تیمارهای شاهد کمتر شود؛ ولی بوته‌های حاصل از تلقیح بذر با قارچ تریکودرما، به‌طور معنی‌داری در همه تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه، شاخص سبزینگی برگ و سرعت رشد بوته بیشتر و درصد سرمازدگی کمتری در مقایسه با گیاهان کرت‌های شاهد (بدون تیمار) و تلقیح خاک با قارچ نشان داد (جدول ۴).

درصد سرمازدگی در بوته‌های مربوط به تاریخ کاشت ۱۹ مهرماه در کرت‌های شاهد و تیمار تلقیح خاک با قارچ تریکودرما به‌ترتیب ۳۵/۲ و ۲۸/۷ درصد بود؛ ولی در بوته‌های به‌دست‌آمده از بذور تلقیح‌شده با قارچ تریکودرما ۲۱/۳ درصد دیده شد (جدول ۴). ضریب همبستگی ساده درصد سرمازدگی با شاخص سبزینگی برگ (r= −۰/۶۷)، سرعت رشد بوته (r= −۰/۹۱) و عملکرد دانه (r= −۰/۹۴) و روغن (r= −۰/۹۴) منفی و در سطح یک درصد معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۵). در تحقیقی تیمار گیاهچه‌های گل کلم (*Brassica oleracea*) با قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار غلظت کلروفیل *a* و *b* در برگ‌ها شد (Afshari *et al.*, 2018). نتایج بررسی اثرات تیمار بذر با قارچ تریکودرما روی جوانه‌زنی و سبزشدن بذور کلزا نشان داد که درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Ghasemialitappeh *et al.*, 2019). نتایج یک پژوهش نشان داد که همزیستی قارچ تریکودرما با شلغم روغنی (*Brassica rapa* L.) باعث افزایش رشد ریشه و توان جذب عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) از خاک توسط ریشه‌های گیاه شد. اثرات این همزیستی در خاک‌های فقیر بیشتر بود. در این تحقیق افزایش جذب عناصر غذایی رشد بوته‌های کلزا را افزایش داد (Gaporale *et al.*, 2019).

نتایج دو ساله این تحقیق نشان داد که قارچ تریکودرما با افزایش گسترش ریشه و ساخت سبزینه در کلزا و در نتیجه افزایش رشد گیاهچه‌ها و بوته‌های روزت باعث شد که بوته‌ها در زمان کوتاه‌تری به شکل متحمل به سرما رسیده و در نتیجه درصد سرمازدگی کرت‌های آزمایشی به‌ویژه در تاریخ کاشت ۱۹ مهرماه (یک ماه تاخیر از تاریخ کاشت توصیه‌شده برای منطقه آزمایش و اقلیم‌های سرد کشور) به‌طور معنی‌داری کاهش داشته باشد. اثرات مذکور روی بوته‌های کلزای پاییزه در حالت تیمار بذر با قارچ بسیار چشمگیرتر بود (جدول ۴ و شکل ۱). بنابراین درصورت تلقیح بذور با قارچ تریکودرما می‌توان تاریخ کاشت کلزای پاییزه در اقلیم‌های سرد کشور را حدود یک ماه به تأخیر انداخت. نتایج یک مطالعه نشان داد که تیمار بذور گندم با قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار تحمل به تنش شوری در گیاهچه‌های حاصل شد (Zhang *et al.*, 2016). دلیل این واکنش در گیاه بهبود عملکرد سیستم دفاعی آنتی اکسیداتیو و جلوگیری از تخریب سلول‌ها و نیز تجلی ژن مرتبط با تحمل به خشکی در گیاهان بیان شده است.

نتایج این آزمایش حاکی از آن است که با تعویق تاریخ کاشت ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و روغن در همه سطوح تیماری قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ اما مقدار این کاهش در تیمارهای قارچ تریکودرما همواره کمتر بود. در همه تاریخ‌های کشت مقادیر این صفات در گیاهان کلزای حاصل از بذور تلقیح‌شده با قارچ تریکودرما به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند (جدول ۴). در تاریخ کاشت ۲۰ شهریورماه عملکرد دانه و روغن در تیمار شاهد به‌ترتیب ۳۷۰۶ و ۱۶۹۲ کیلوگرم در هکتار بود. این عملکردها در تیمار تلقیح بذر با قارچ تریکودرما به‌ترتیب ۴۷۳۵ و ۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. در تاریخ کاشت ۱۹ مهرماه عملکرد دانه و روغن کرت‌های تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۴۵۱ و ۱۰۷۵ کیلوگرم در هکتار بود که در تیمار تلقیح بذر با قارچ به‌ترتیب ۳۱۲۸ و ۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). به‌طور کلی در تاریخ کاشت ۲۰ شهریورماه عملکرد دانه و روغن بذور تلقیح‌شده با قارچ تریکودرما در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۱۰۲۹ و ۴۲۳ کیلوگرم در هکتار بیشتر بودند. این مقادیر با یک ماه تأخیر در تاریخ کشت ۱۹ مهرماه به‌ترتیب ۶۷۷ و ۳۲۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

در نهایت بایستی گفت تیمار تلقیح بذور کلزا با قارچ تریکودرما همواره باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱)؛ ولی در تاریخ‌های کشت دیرهنگام علاوه بر آن، اثر معنی‌داری روی کاهش درصد سرمازدگی مزرعه دارد (جدول ۴). نتایج یک مطالعه حاکی از آن است که همزیستی قارچ تریکودرما با دو رقم هایولا ۴۰۱ و ساری گل کلزا باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، طول خورجین و عملکرد دانه شد (Tashakorifard *et al.*, 2017). 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 (Gaporale *et al.*, 2019). بنابراین استفاده از قارچ تریکودرما در زراعت کلزا با بهبود حاصلخیزی خاک و جذب عناصر غذایی باعث افزایش تولید محصول می‌شود. همبستگی بین عملکرد دانه و روغن با یکدیگر (r=۰/۹۹) و با اجزای عملکرد دانه (تعداد خورجین در بوته r= ۰/۸۹، تعداد دانه در خورجین r=−۰/۹۴ و وزن هزار دانه r=۰/۹۴) و همچنین شاخص سبزینگی برگ (r=۰/۷۴) و سرعت رشد بوته در مرحله روزت پاییزه (r=۰/۵۵) مثبت و معنی‌دار و با درصد سرمازدگی مزرعه در طول زمستان منفی و معنی‌دار

(r= −۰/۶۷) شد (جدول ۵). داده‌های آزمایش نشان می‌دهد بوته‌هایی که در مرحله روزت پاییزه سبزینگی بیشتر و رشد بالاتری داشتند، در طول زمستان کمتر دچار سرمازدگی شده و با داشتن اجزای عملکرد دانه بیشتر، عملکرد دانه و روغن بالاتری تولید کردند (جدول‌های ۴ و ۵). بین میزان رشد بوته و تعداد خورجین در بوته با همدیگر و با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شده است (Arvin *et al.*, 2010).

**جدول ۳.** تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده کلزای پاییزه طی دو سال زراعی۱۴۰۲-۱۴۰۰.

| S.O.V. | df | Mean squares | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Chlorophyll concentration | Plant absolute growth rate (g day$^{-1}$ m$^{-2}$) | Cold damage percentage | Plant height | Pods per plant |
| Year(Y) | 1 | 7.347$^{ns}$ | 0.005$^{ns}$ | 0.500$^{ns}$ | 5.014$^{ns}$ | 3.556$^{ns}$ |
| Rep./Year | 4 | 16.069$^{*}$ | 0.094$^{*}$ | 7.708$^{ns}$ | 4.194$^{ns}$ | 14.889$^{ns}$ |
| Planting date (B) | 3 | 196.606$^{**}$ | 30.191$^{**}$ | 1767.333$^{**}$ | 2680.310$^{**}$ | 927.370$^{**}$ |
| Y×B | 3 | 1.421$^{ns}$ | 0.011$^{ns}$ | 0.944$^{ns}$ | 5.755$^{ns}$ | 6.185$^{ns}$ |
| Error$_1$ | 12 | 3.625 | 0.018 | 3.097 | 6.324 | 19.389 |
| Fungi treatment (A) | 2 | 800.292$^{**}$ | 2.104$^{**}$ | 400.292$^{**}$ | 2243.792$^{**}$ | 1529.597$^{**}$ |
| Y×B | 2 | 5.597$^{ns}$ | 0.026$^{ns}$ | 0.292$^{ns}$ | 3.347$^{ns}$ | 4.567$^{ns}$ |
| A×B | 6 | 15.662$^{*}$ | 0.485$^{**}$ | 34.847$^{**}$ | 24.699$^{**}$ | 35.023$^{*}$ |
| Y×A×B | 6 | 3.894$^{ns}$ | 0.007$^{ns}$ | 0.736$^{ns}$ | 3.588$^{ns}$ | 4.949$^{ns}$ |
| Error$_2$ | 32 | 5.236 | 0.013 | 9.688 | 4.250 | 14.993 |
| C.V. (%) | | 4.86 | 2.96 | 13.61 | 1.54 | 2.44 |

$^{ns}$، ***و****: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

**ادامه جدول ۳.**

| S.O.V. | df | Mean squares | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Seeds per pod | 1000-seeds weight | Seed yield | Oil percent | Oil yield |
| Year(Y) | 1 | 2.347$^{ns}$ | 0.000$^{ns}$ | 169362.000$^{ns}$ | 0.222$^{ns}$ | 29420.928$^{ns}$ |
| Rep./Year | 4 | 0.403$^{ns}$ | 0.015$^{ns}$ | 75076.778$^{ns}$ | 0.569$^{ns}$ | 12281.746$^{ns}$ |
| Planting date (B) | 3 | 23.792** | 2.312** | 7591881.593** | 5.481** | 1701004.323** |
| Y×B | 3 | 0.421$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ | 14759.074$^{ns}$ | 0.074$^{ns}$ | 3922.794$^{ns}$ |
| Error$_1$ | 12 | 0.884 | 0.046 | 63241.889 | 0.625 | 11051.010 |
| Fungi treatment (A) | 2 | 11.792** | 2.378** | 3343481.764** | 2.667 | 739832.632** |
| Y×B | 2 | 0.014$^{ns}$ | 0.028$^{ns}$ | 72121.625* | 0.389$^{ns}$ | 19300.316$^{ns}$ |
| A×B | 6 | 0.069$^{ns}$ | 0.038* | 193451.690* | 2.870** | 35265.437* |
| Y×A×B | 6 | 0.144$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ | 21243.255$^{ns}$ | 0.074$^{ns}$ | 4342.608$^{ns}$ |
| Error$_2$ | 32 | 1.056 | 0.015 | 71597.278 | 0.986 | 18087.377 |
| C.V. (%) | | 3.52 | 3.95 | 7.85 | 2.22 | 8.81 |

$^{ns}$، ***و ** :** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

**جدول ٤.** مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه کلزای پاییزه طی دو سال زراعی۱۴۰۲-۱۴۰۰.

| Planting date | Fungi treatment | Chlorophyll concentration | Plant absolute growth rate | Cold damage (%) | Plant height (cm) | Pods per plant |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 Sept. | Control | 46.2 d-e | 4.6 ab | 10.3 ef | 134 de | 157 b-e |
| | Seed treat. | 59.7 a | 5.6 a | 6.3 f | 154 a | 174 a |
| | Soil treat. | 49.2 cd | 5.2 a | 6.5 f | 142 bc | 165 b |
| 21 Spt. | Control | 43.2 fg | 4.4 a-c | 15.8 de | 133 e | 159 bc |
| | Seed treat. | 55.0 ab | 5.4 a | 11.0 ef | 153 a | 175 a |
| | Soil treat. | 43.2 fg | 5.2 a | 14.3 e | 139 cd | 158 b-d |
| 1 Oct. | Control | 40.8 g | 3.1 b-d | 31.2 ab | 122 f | 149 ef |
| | Seed treat. | 48.3 c-e | 3.1 b-d | 21.2 cd | 144 b | 162 b |
| | Soil treat. | 42.5 fg | 2.9 cd | 26.2 bc | 132 e | 152 c-e |
| 11 Oct. | Control | 41.5 fg | 2.5 d | 35.2 a | 110 h | 143 f |
| | Seed treat. | 51.8 bc | 2.7 d | 21.3 cd | 124 f | 159 bc |
| | Soil treat. | 44.2 e-g | 2.7 d | 28.7 b | 116 g | 150 d-f |

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گرعدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی است.

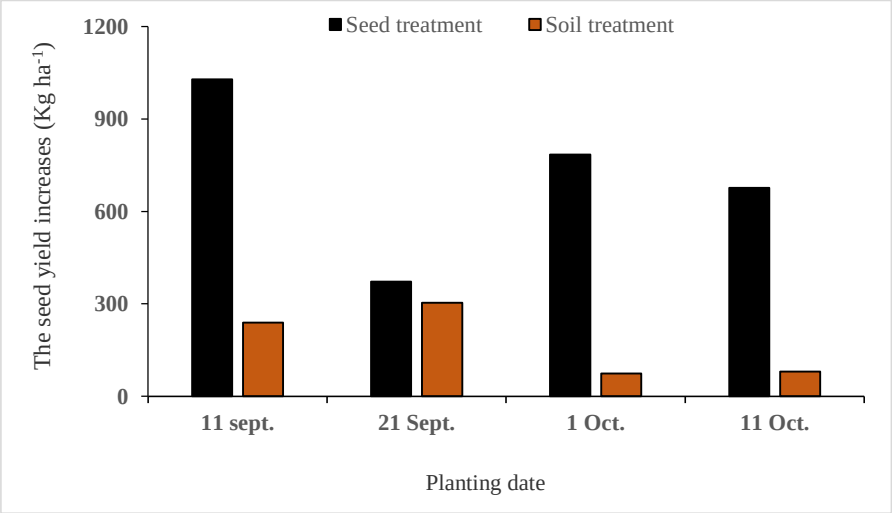
**ادامه جدول .٤**

| Planting time | Fungi treatment | Seeds per pod | 1000-seeds weight (g) | Seed yield (Kg $h^{-1}$) | Oil percent | Oil yield (Kg $h^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 Sept. | Control | 30 ab | 3.2 b | 3706 b | 45.6 a | 1692 b |
| | Seed treat. | 31 a | 3.7 a | 4735 a | 44.6 ab | 2115 a |
| | Soil treat. | 30 ab | 3.3 b | 3945 b | 45.6 a | 1802 b |
| 21 Sept. | Control | 29 a-c | 3.3 b | 3533 bc | 44.5 ab | 1573 bc |
| | Seed treat. | 31 a | 3.6 a | 3905 b | 45.2 ab | 1765 b |
| | Soil treat. | 30 ab | 3.3 b | 3837 b | 45.0 ab | 1727 b |
| 1 Oct. | Control | 28 b-d | 2.6 c | 2766 de | 43.0 b | 1198 de |
| | Seed treat. | 29 a-c | 3.3 b | 3551 bc | 45.5 a | 1615 bc |
| | Soil treat. | 28 b-d | 2.6 c | 2840 de | 44.2 ab | 1255 de |
| 11 Oct. | Control | 27 d | 2.5 c | 2451 e | 43.8 ab | 1075 e |
| | Seed treat. | 29 b-d | 3.2 b | 3128 cd | 44.7 ab | 1398 cd |
| | Soil treat. | 27 cd | 2.6 c | 2531 e | 43.8 ab | 1109 e |

حروف مشابه در هر ستون بیان‌گر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی است.

**جدول ٥.** ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه کلزای پاییزه.

| Traits | Chlorophyll concentration (1) | Plant absolute growth rate (2) | cold damage percent (3) | Plant height (4) | pods per plant (5) | Seeds per pod (6) | 1000-seeds weight (7) | Seed yield (8) | Oil percent (9) | Oil yield (10) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0.55 $^{ns}$ | | | | | | | | | |
| 3 | -0.67* | -0.91** | | | | | | | | |
| 4 | 0.72** | 0.81** | -0.84** | | | | | | | |
| 5 | 0.88** | 0.79** | -0.85** | 0.93** | | | | | | |
| 6 | 0.69* | 0.90** | -0.94** | 0.96** | 0.93** | | | | | |
| 7 | 0.81** | 0.83** | -0.89** | 0.88** | 0.94** | 0.93** | | | | |
| 8 | 0.74** | 0.91** | -0.94** | 0.91** | 0.89** | 0.94** | 0.94** | | | |
| 9 | 0.47 | 0.61* | -0.79** | 0.68* | 0.63* | 0.69* | 0.72** | 0.69* | | |
| 10 | 0.74** | 0.91** | -0.94** | 0.91** | 0.89** | 0.94** | 0.94** | 0.99** | 0.73** | |




**شکل ۱.** مقدار افزایش عملکرد دانه کلزای پاییزه در تیمارهای قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum* L.) نسبت به تیمار شاهد.

## ۴. نتیجه‌گیری

نتایج دوساله پژوهش نشان داد که تعویق تاریخ کاشت پاییزه کلزا در اقلیم سرد آذربایجان شرقی از ۲۰ شهریورماه (تاریخ توصیه‌شده) به ۱۹ مهرماه با کاهش معنی‌دار سرعت رشد پاییزه (۲/۱ گرم بر روز در متر مربع) بوته‌ها و عدم حصول شکل متحمل به سرما (روزت شش‌برگی) باعث افزایش معنی‌دار درصد سرمازدگی مزرعه (۲۲/۲ درصد) و در نهایت افت عملکرد دانه (۱۶۰۷ کیلوگرم در هکتار) و روغن (۷۱۷ کیلوگرم در هکتار) شد. تیمار تلقیح بذر و خاک بستر کشت با قارچ تریکودرما باعث افزایش معنی‌دار سرعت رشد مطلق بوته ۰/۳۵ و ۰/۵۵ گرم بر روز در متر مربع، غلظت سبزینگی ۱/۸ و ۱۰/۸، کاهش درصد سرمازدگی بوته‌های کلزا در طول زمستان ۴/۱ و ۸/۲ درصد، افزایش عملکرد دانه ۱۷۲/۳ و ۷۱۶ کیلوگرم در هکتار و روغن ۸۸/۷ و ۳۳۹ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای تیمار تلقیح خاک و بذر با قارچ تریکودرما شد. این اثرات در تیمار تلقیح بذر با قارچ تریکودرما در مقایسه با تلقیح خاک به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. استفاده از قارچ تریکودرما به‌صورت تیمار بذور کلزای پاییزه (رقم احمدی در این آزمایش به‌کار رفت) سرعت رشد رویشی بوته‌ها در پاییز را افزایش داد. بنابراین در کشت‌های تاخیری بوته‌ها در مدت زمان کوتاه‌تری به‌شکل روزت محتمل به‌سرمای شش‌برگی رسیدند و درصد سرمازدگی بوته‌ها کاهش معنی‌داری نشان داد. در نهایت همزیستی قارچ مذکور با ریشه گیاهان کلزا با افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن باعث دست‌یابی به عملکردهای بالاتر در کشت‌های تاخیری اقلیم سرد دشت تبریز شد.

## ۵. منابع


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

Ahmadi, M., Omidi, M., Alizadeh, B., & Shah Nejat Bushehri, A.A. (2021). Evaluation of adaptation and sustainability of winter oilseed rape mutant lines in cold and mild cold regions of Iran by GGE bi-plot method. *Plant Production*, *44*(3), 345-356.

Afshari, H., Esmaeeli, V., & Khazaee, M. (2018). Effects of various concentration of *Trichoderma harzianum* fungus on the phytochemical and antioxidative properties of cauliflower (*Brassica napus* L.) in the soils contaminated with lead. *Journal of Nutrition Fasting and Health*, *6*(1), 35-44.

Arvin, P., Azizi, M., & 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, D.L., Bettis, B.L., & Dial, M.G. (1985). Planting date and cultivar effects on winter rape production. *Agronomy Journal*, *6*, 197-200.

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

Fani, S.R., Moradi-Ghahdarijani, M., Alipour-Moghaddam, M., Sharafati, A., Mohammadi-Moghaddam, M., Sedagati, A., & 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.

Gaporale, A.G., vitaglione, P., Troise, A.D., Pigna, M., & Ruocco, M. (2019). Influence of three different soil types on the interaction of two strains of *Trichoderma harzianum* with *Brassica rapa* subsp. *Sylvestris* cv. Escenta, under soil mineral fertilization. *Geoderma Journal*, *350*, 11-18.

Garstecka, Z., Antoszewski, M., Mierek-Adamska, A., Kraukis, D., Niedojadlo, K., Kaliska, B., Hrynkiewicz, K., & Dabrowska, G.B. (2023). *Trichoderma viride* colonizes the roots of *Brassica napus* (L.) alters the expression of stress-responsive genes, and increases the yield of canola under field conditions during drought. *International Journal of Molecular Science*, *24*, 1-22.

Ghasemialitappeh, M., Sadravi, M., & Mirabadi, A. (2019). Isolation and identification of trichoderma species and investigating their seed treatment effect on rapeseed (*Brassica napus* L.) germination. *Cercetari Agronomice Moldova*, *3*, 43-50.

Harman, G.E. (2011). Multifunctional fungal plant symbionts: New tools to enhance plant growth and productivity. *New Physiologist*, *189*, 647-649.

Kimber, D.S., & McGregor, D.I. (1995). The species and their origin of cultivation and world production. In: Kimber, D.S., & McGregor, D.I. (eds.). Brassica oilseeds. CAB International. Pp. 1-7.

Mastouri, F., Bjorkman, T., & Harman, G.E. (2012). *Trichoderma harzianum* strain T22 enhance antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. *Molecular Plant Microbe Interaction*, *25*, 1264-1271.

Miralles, D.J., Ferro, B.C., & Slafer, G.A. (2001). Development responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. *Field Crops Research*, *71*, 211-223.

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

Naraghi, L., Heydari, A., & 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., & 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.

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.

Salahiostad, M., Abedi, B., & Selahvarzi, Y. (2021). The effect of *Trichoderma harzianum* on the biochemical properties and photosynthetic pigments of basil under drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *52*(4), 999-1009.

Soleimani, F., Ahmadvand, G., & Saadatian, B. (2010). Investigation of growth indices and yield of canola (*Brassica napus* L.) in comparison with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as influenced by different amount of nitrogen application. *Journal of Agroecology*, *2*(4), 537-547. (In Persian).

Somagh, H.A., Mousavi, S.M., Omidi, H., Mohammadian E., & Hemmati, M. (2017). Canola seed germination and seedling growth in response to saline condition and bio-priming. *Iran Journal Plant Physiology*, *7*, 2149-2156.

Talie-Tabari, F., Safaie, N., & 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. (In Persian).

Tashakorifard, E., Taghavi-Ghasemkheyli, F., Tajik-Ghanbary, M.A., & Bahmanyar, M.A. (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. (In Persian).

Viterbo, A., Landau, U., Kim, S., Chernin, L., & 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.

Yazdandoost-Hamedani, M. (2021). Introduction of oilseed rape cultivars for cultivation in intermediate and cold climates of Iran. Agriculture Press. AREEO. Agriculture Jahad Ministry. ISBN: 978-964-520-842-2, 20p. (In Persian).

Zhang, S., Gan, Y., & 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.