

مقاله پژوهشی

اثر زادمایه‌های جامد انتروباکتر کلوآسه بر جذب عناصر غذایی و مقدار روغن کلزا

شهلا نوبخت^۱، محمدرضا ساریخانی^{۲*}، نصرت اله نجفی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
- ۲- دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
- ۳- استاد شیمی و حاصلخیزی خاک-تغذیه گیاه، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: rsarikhani@yahoo.com

چکیده

کودهای زیستی در واقع مایه تلقیح حاوی ریزجانداران مفید هستند که به شکل‌های مایع، جامد و کپسوله شده عرضه می‌شوند. از مواد مختلفی به‌عنوان حامل در ساخت کود زیستی جامد استفاده می‌شود. حامل‌های جامد موادی هستند که می‌توانند جمعیت باکتری‌ها را برای مدت طولانی حفظ کنند و بر باکتری اثر سمی نداشته باشند. بر همین اساس، این آزمایش برای بررسی اثر چند ترکیب زادمایه جامد حاوی باکتری *Enterobacter cloacae* S16-3 بر گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هایولا ۳۰۸ انجام شد. زادمایه جامد این باکتری در حضور حامل‌های مختلف شامل باگاس، پیت، هیدروچار، بیوچار، خاکاره و پرلیت به‌صورت منفرد و مخلوط آن‌ها (به‌جز پیت) با پرلیت با نسبت وزنی (۱:۱) تهیه شد و سپس اثر این زادمایه‌ها بر جذب عناصر غذایی، اسیدهای چرب و میزان روغن گیاه کلزا در کشت گلدانی بررسی شد. این آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای با در نظر گرفتن ۱۰ تیمار مربوط به ترکیب حامل، یک تیمار شاهد منفی (بدون کود شیمیایی و بدون باکتری) و تیمارهای کود شیمیایی ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد NPK انجام شد. در طول دوره رشد، رطوبت گلدان‌ها از طریق توزین در دامنه ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نگهداری شد. در پایان دوره رشد، گیاهان از محل طوقه برداشت و مقدار نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، کلسیم، روی و میزان روغن و درصد اسیدهای چرب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد استفاده از باکتری سبب افزایش مقدار نیتروژن، پتاسیم، فسفر و کلسیم در هر سه بخش گیاه (شاخساره، ریشه و دانه) در مقایسه با شاهد منفی شد. نتایج مربوط به درصد روغن و اولئیک اسید نشان داد که به‌جز دو حامل پیت و بیوچار که نسبت به شاهد کاهش درصد روغن داشتند، بقیه تیمارها افزایش معنادار درصد روغن را نشان دادند و تیمار باگاس-پرلیت سبب افزایش درصد اولئیک اسید و افزایش کیفیت روغن کلزا شد.

واژه‌های کلیدی: انتروباکتر کلوآسه، زادمایه جامد، کلزا، عناصر غذایی

The Effects of Solid Inocula of *Enterobacter cloacae* on Nutrients Uptake and Oil Content of *Brassica napus*

S Nobakht¹, MR Sarikhani^{*2} and N Najafi³

Accepted: February 29, 2020

Received: March 13, 2021

1-MSc Student of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2-Assoc. Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

3- Prof. of Soil Chemistry and Fertility-Plant Nutrition, Dept. of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: rsarikhani@yahoo.com

Abstract

Biofertilizers are inoculants containing useful microorganisms which are used in solid, liquid and/or encapsulated formulations. Different materials can be used as solid carriers. Solid carriers are materials that can protect population of microorganisms in the long time and they do not have toxic effect on bacteria. This experiment was performed to check the effect of solid inoculants of *Enterobacter cloacae* S16-3 on growth of rapeseeds (*Brassica napus* L.) cultivar hayola 308. Solid inoculants of this bacterium were prepared using different carriers including: bagasse, peat, hydrochar, biochar, sawdust, perlite and bagasse: perlite, hydrochar: perlite, biochar: perlite, sawdust: perlite (with ratio of 1:1 w/w), then effect of these biofertilizers was checked with rapeseed inoculation in a pot culture. This experiment was conducted as a completely randomized design (CRD) with three replications in greenhouse conditions by considering 10 treatments of solid carriers, one negative control treatment (without chemical fertilizer and without bacteria) and 100% and 70% NPK chemical fertilizer treatments. During the growth period, the pots soil moisture was maintained at 0.7-0.8 FC by pots weighing. At the end of the growth period, plants were harvested and contents of N, P, K, Fe, Zn, Mn, and Ca, and oil content and fatty acid analysis were determined. The results showed that the use of this bacterium increased the content of N, P, K, and Ca compared to the negative control. The results of oil and oleic acid percentage analysis showed that except for two carriers of peat and biochar which had a decrease in oil percentage compared to the control, the other treatments showed a significant increase in oil percentage and bagasse-perlite treatment caused increased percentage of oleic acid and increased rapeseed oil quality.

Keywords: Canola, *Enterobacter cloacae*, Nutrients, Solid inoculant.

مقدمه

کمک می‌کند و قادر به انتشار آهسته یاخته‌های زنده می‌باشد (باشان ۱۹۹۸). در زادمایه‌ها و کودهای زیستی منظور از حامل، مواد یا ترکیبی از مواد مختلف است که بتواند ریزجاندار یا ریزجانداران مورد نظر را با جمعیت معین و استاندارد به دست مصرف‌کننده برساند. بر این اساس، حامل می‌بایستی شرایط تنفسی، اسیدیته، میزان رطوبت و سایر شرایط برای رشد ریزجاندار را از تولید تا مصرف فراهم نماید (خسروی ۲۰۱۵).

علاقه به کودهای زیستی در کشاورزی پایدار نه تنها در کشورهای توسعه‌یافته، بلکه در سایر کشورها هم رو به افزایش است. فرمولاسیون یک زادمایه مؤثر، یک فرایند چند مرحله‌ای است که شامل افزودن یک یا چند گونه از ریزجانداران در یک حامل خاص همراه با مواد چسبنده یا سایر مواد افزودنی می‌باشد که در حفاظت از یاخته‌ها در حین ذخیره‌سازی و حمل و نقل

گزینه مناسب جهت افزایش زنده‌مانی ریزجانداران مورد استفاده قرار گیرد.

در بین باکتری‌های مفید برای تولید کود زیستی می‌توان به *انتروباکتر کلوآسه* اشاره کرد که دارای ویژگی‌های محرک رشد گیاهان است. بعد از کشت شبانه این باکتری و ترکیب با حامل‌ها می‌توان اثرهای مایه‌زنی آن را بر گیاهان مختلف مشاهده کرد اما از این میان گیاه کلزا قابل‌توجه است زیرا دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. دانه کلزا حاوی ۴۰ تا ۴۸ درصد روغن و کنجاله آن حاوی ۳۵ تا ۴۰ درصد پروتئین است (خیای و همکاران ۲۰۱۷). براساس بررسی‌های انجام شده و افزایش روزافزون کشت گیاه کلزا و با توجه به اینکه پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه محدود بوده است، در این بررسی انتظار می‌رود بتوان حامل جامد مناسبی برای *انتروباکتر* برای بهبود رشد و کیفیت روغن کلزا معرفی نمود.

مواد و روش‌ها

انتخاب باکتری

باکتری مورد استفاده در این پژوهش باکتری *Enterobacter cloacae* S16-3 می‌باشد که از بانک میکروبی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز تهیه شده است. این باکتری گرم منفی، بی‌هوازی اختیاری و میله‌ای شکل از خانواده انتروباکتریاسه-می‌باشد. *انتروباکتر* با توجه به توان حل‌کردن فسفر، آزادسازی پتاسیم و قدرت تثبیت نیتروژن، یک باکتری محرک رشد گیاه است که اثرهای مثبت آن در رشد گیاهان در آزمایش‌های پیشین مشخص شده است (مرادی و ساریخانی ۲۰۱۷، ساریخانی و همکاران ۲۰۱۸، کاظمی اسکویی و همکاران ۲۰۱۸) و در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

حامل‌های منتخب برای این پژوهش شامل پیت، باگاس، پرلیت، بیوچار، هیدروچار و خاکاره هستند. در میان حامل‌های آلی، به‌طورمعمول پیت به‌دلیل دسترسی آسان و تاریخچه طولانی آزمایش‌ها و کاربرد در مزرعه، به‌طوروسیع مورد استفاده قرار می‌گرفت هر چند استفاده از آن امروزه به دلایلی چون کمبود منابع آن یا اثرات احتمالی آن بر میکروب‌ها، با محدودیت‌هایی مواجه است. باتوجه به اهمیت کشت نیشکر و به تبع آن تولید باگاس فراوان، می‌توان از آن به‌عنوان حامل در تولید زادمایه باکتریایی استفاده کرد (اولیا و همکاران ۲۰۱۰). پرلیت یک آلومینوسیلیکات با منشأ آتشفشانی، سبک، جاذب رطوبت، نسبتاً خنثی و پایدار است. این حامل عموماً به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیب با سایر بسترهای کشت به کار می‌رود و دارای ظرفیت تبادل کاتیونی کمی است (روستا و همکاران ۲۰۱۷). ساختار متخلخل بیوچار، سطح ویژه بالا و توانایی آن برای جذب مواد آلی محلول، گازها و مواد معدنی، باعث شده تا این ماده محل مناسبی برای سکونت میکروب‌ها، رشد و تکثیر آن‌ها مخصوصاً باکتری‌ها، اکتینومیسیت‌ها و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار باشد (لهمان و همکاران ۲۰۱۱). تقریباً هر زیست‌توده‌ای که قابلیت تبدیل به بیوچار را داشته باشد، می‌تواند برای تولید هیدروچار نیز مورد استفاده قرار گیرد. از جمله مزایای هیدروچار نسبت به بیوچار می‌توان به عملکرد بیشتر، pH کمتر (اسیدی)، مصرف کمتر انرژی برای تولید، قابلیت استفاده از بخش مایع هیدروچار به‌عنوان کود و یا بازیابی عناصر و مواد مفید از بخش مایع هیدروچار اشاره کرد (عظیم‌زاده و همکاران ۲۰۲۰). خاکاره به‌دلیل EC پایین، غلظت کم فلزهای سنگین و نیز توانایی ایجاد خلل و فرج و هوادهی بهتر، می‌تواند به‌عنوان یک

جدول ۱- برخی ویژگی‌های محرک رشدی باکتری *Enterobacter cloacae* مورد استفاده در این آزمایش.

نوع گرم	تثبیت نیتروژن	حل کردن فسفر نامحلول (mg L ⁻¹)	آزادسازی پتاسیم (mg L ⁻¹)	اکسین (mg L ⁻¹)
منفی	قادر به رشد در محیط عاری از نیتروژن	۵۱۰	۱۳	۳/۱۷

میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۲ نرمال و ۶ گرم از پرلیت توسط ۳ میلی لیتر سولفوریک اسید ۰/۰۱ (نرمال). pH بقیه حامل‌ها (نسبت‌های ۱:۱) با انجام محاسباتی تعدیل شدند. سپس حامل‌های جامد تهیه شده در کیسه‌های پلاستیکی به رطوبت ۲۰٪ رسانده شده و درون اتوکلاو در فشار ۱ اتمسفر و دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه استریل شدند. سپس از کشت شبانه باکتری در محیط NB، به حامل‌های استریل افزوده شد تا جمعیت قابل قبولی از باکتری در حامل ایجاد شود. براساس منابع، جمعیت قابل قبول باکتری در حامل باید حدود ۱۰^۸ cfu g⁻¹ باشد، ما نیز این تعداد جمعیت را در نظر گرفتیم.

آماده‌سازی خاک، کشت گیاه و اعمال تیمار باکتریایی
برای بررسی ترکیب زادمایه‌های جامد *انتروباکتر کلواسه* و اثر آن‌ها بر رشد گیاه روغنی کلزا (*Brassica napus L.*) رقم هایولا ۳۰۸، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تیمار مربوط به زادمایه‌های جامد، یک تیمار شاهد بدون تلقیح (شاهد منفی) و دو تیمار کنترل مثبت ۱۰۰ درصد و ۷۰ درصد NPK با سه تکرار در گلخانه گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز انجام شد. خاک مورد استفاده پس از عبور از غربال ۴ میلی متری در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر استریل شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

آماده سازی زادمایه‌ها

در این آزمایش از چندین حامل جامد شامل باگاس، پیت، هیدروچار، بیوچار، خاکاره و پرلیت به صورت منفرد و مخلوط آن‌ها با پرلیت با نسبت وزنی ۱:۱ استفاده شد. این مواد پس از هوا خشک شدن، با هاون پودر شدند به طوری که تقریباً همگی به یک میزان ریز شدند و از غربال ۰/۵ میلی متری عبور داده شدند. لازم به ذکر است که پیت از بقایای گیاهی نسبتاً تجزیه یافته پیرامون دریاچه نئور استان اردبیل، هیدروچار و بیوچار از پسماندهای هرس درخت سیب در یک باغ در میاندوآب آذربایجان غربی تهیه گردید. هیدروچار در دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس با فشار ۱۲ بار و به مدت ۱۴ ساعت و بیوچار در دمای ۴۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه تهیه شدند (عظیم‌زاده و نجفی ۲۰۱۶). باگاس و پرلیت به صورت فراوری شده و خاکاره نیز از ضایعات چوب تهیه شد. برای تهیه حامل‌های جامد، ابتدا ۶ گرم از هر ماده حامل جامد و نسبت‌های ۱:۱ از هر یک از حامل‌های آلی با پرلیت (۳ گرم: ۳ گرم) توزین شده و در کیسه‌های پلاستیکی مجزا ریخته شدند. لازم به ذکر است که برخی از حامل‌ها برای داشتن pH خنثی، تعدیل pH گردیدند. به دلیل پایین بودن pH هیدروچار، هر ۳ گرم از این ماده توسط ۰/۳ گرم کلسیم کربنات تعدیل pH شدند. همچنین، به دلیل بالا بودن pH پرلیت و بیوچار، pH این مواد نیز با سولفوریک اسید تعدیل شد (۶ گرم از بیوچار با ۳

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای.

pHe	ECe (dS m ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	FC	کربن آلی	کلسیم		شن	کلاس بافت	
						کربنات معادل	رس			
						(%)				
۷/۵۶	۱/۴	۱۹۸/۰۷	۳	۱۲/۵۷	۰/۱۷	۲/۵۶	۱۸	۱۳	۶۹	لوم شنی

کمبود، فرض آزمایش به ۳۰ درصد تغییر یافت. مقدار ۱۰ گرم زادمایه در هر گلدان (هر تکرار) یک تیمار استفاده شد. مقداری از زادمایه هم در زیر بذرها به صورت یکنواخت پراکنده شد. در طول دوره رشد گیاه، رطوبت تمامی گلدان‌ها از طریق توزین کردن روزانه آن‌ها در دامنه (FC ۰/۸ - ۰/۷) نگهداری شد.

پارامترهای مورد اندازه‌گیری

رشد گیاه حدود سه ماه در شرایط گلخانه‌ای با نور طبیعی و دمای نسبتاً یکنواخت به طول انجامید و بعد از زمانی که خورجین از بذر پر شد، برداشت شد و گیاهان ۲ روز در دمای ۷۰ درجه سلسیوس درون آون فن‌دار نگهداری شدند و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. نمونه‌های خشک شده با استفاده از آسیاب برقی کاملاً خرد و از الک ۰/۵ میلی‌متر عبور داده شدند. سپس هضم نمونه‌ها به روش خشک‌سوزانی جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در شاخساره، ریشه و دانه گیاه کلزا انجام شد (وسترن ۱۹۹۰).

هضم نمونه‌های گیاهی و اندازه‌گیری غلظت عناصر

درصد نیتروژن به کمک دستگاه کجلدال (جونز ۲۰۰۱) تعیین شد. غلظت فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (کمپلکس فسفات با وانادات - مولیبدات) و به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر (مورفی و ریلی ۱۹۶۲) و غلظت پتاسیم به کمک دستگاه فلیم‌فوتومتر (جونز ۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد. غلظت آهن، روی، منگنز و کلسیم موجود در عصاره‌های گیاهی با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل AA-6300 ساخت شرکت Shimadzu ژاپن (جونز ۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد. پس از

در این آزمایش ابتدا بذور کلزا در هیپوکلیت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی سطحی شده و ۳-۴ مرتبه با آب مقطر استریل شستشو داده شدند. به هر یک از گلدان‌ها ۳/۳۰۰ کیلوگرم خاک استریل اضافه شد و سپس گلدان‌ها با آب استریل اشباع شدند و بعد از رسیدن رطوبت گلدان‌ها به حدود ۶FC، عدد بذر جوانه‌دار شده کشت گردید و در نهایت پس از سبز شدن گیاهان، با تنک کردن، ۳ گیاهچه‌ها در هر گلدان نگهداری شد. در تمامی گلدان‌ها سایر عناصر غذایی مورد نیاز (عناصر غذایی کم‌مصرف) به جز NPK به مقدار لازم به صورت محلول و به‌طور یکنواخت به خاک همه گلدان‌ها اضافه و خوب مخلوط شد. در مورد عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، که هدف اصلی این آزمایش بود در تیمار شاهد بدون تلقیح (شاهد منفی) هیچ کود شیمیایی و باکتری استفاده نشد، در مورد تیمار شاهد مثبت ۱۰۰ درصد NPK، بر اساس آزمون خاک و تجربیات قبلی ۱۰۰ درصد مقدار کودی توصیه شده معادل (۵۶/۵ mgN kg⁻¹ از منبع اوره)، (۳۱/۳ mgP kg⁻¹) از منبع تریپل سوپرفسفات) و (۳۱/۳ mgK kg⁻¹) از منبع پتاسیم سولفات) و در تیمار شاهد مثبت ۷۰ درصد NPK، ۷۰ درصد مقادیر مذکور در هر گلدان استفاده شد. در تیمار زادمایه‌ها نیز، ۷۰ درصد مقدار NPK استفاده شد. در ابتدا فرض آزمایش این بود که باکتری بتواند ۵۰ درصد نیاز گیاه را تأمین کند اما مدتی پس از رشد نشانه‌های کمبود عناصر غذایی ظاهر شد و با اضافه کردن ۲۰ درصد دیگر و برطرف شدن نشانه‌های

در سطح احتمال ۵ درصد و ترسیم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

مقدار نیتروژن گیاه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار نیتروژن شاخساره، ریشه و دانه گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار کودی ۱۰۰٪ (شاهد مثبت) بیشترین مقدار نیتروژن شاخساره، ریشه و دانه را به خود اختصاص داد (شکل ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر زادمایه‌های جامد *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار نیتروژن اندام‌های مختلف کلزا.

منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار نیتروژن شاخساره	مقدار نیتروژن ریشه	مقدار نیتروژن دانه
تیمار	۱۲	۸۳۴۰/۰۹**	۷۴۶/۷۹**	۷۶۱۶/۸۲**
خطای آزمایش	۲۶	۷۷۲/۸۱	۹۴/۹۲	۱۲۴۳/۷۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۴۰	۱۳/۴۵	۱۴/۵۳

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

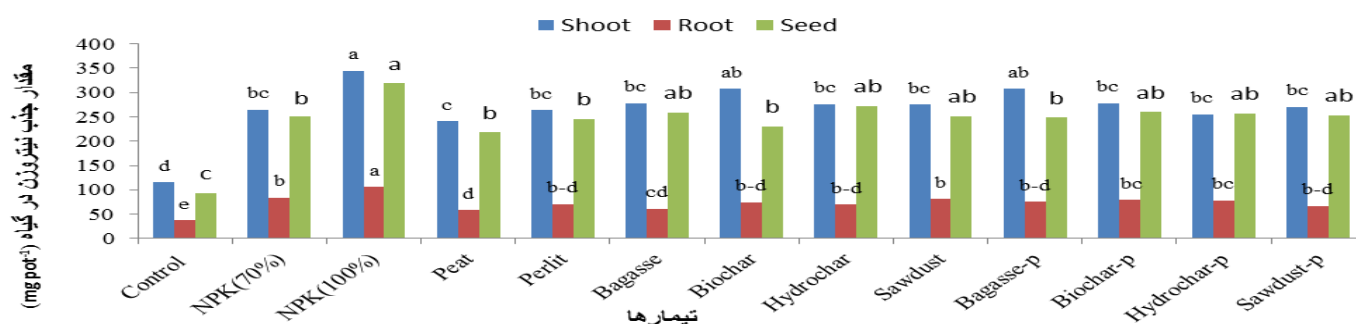
نیز به نتیجه مشابهی دست پیدا کردند. اولیا و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی زنده‌مانی باکتری‌های حل‌کننده فسفات از حامل‌های پرلیت، باگاس، ذغال سنگ، پوست ذرت به صورت منفرد و مخلوط با نسبت‌های معینی از ترکیبات استفاده کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که ترکیب پرلیت و باگاس با نسبت وزنی پرلیت (۱) و باگاس (۲) که بهترین فرمولاسیون بوده است. واگار و همکاران (۲۰۰۴) ضمن بررسی اثر تلقیح باکتری‌های حاوی آنزیم ACC دامیناز بر رشد و عملکرد گندم دریافتند که جذب نیتروژن به‌طور معناداری نسبت به شاهد افزایش یافت.

تعیین غلظت عناصر در بافت‌های گیاه، مقدار جذب عناصر از حاصل‌ضرب غلظت در ماده خشک به صورت میلی‌گرم در هر گلدان گزارش شد. استخراج روغن دانه کلزا با استفاده از روش سوکسله و درصد اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی اندازه‌گیری شد (آزادمرد دمیچی ۲۰۱۳).

طرح آزمایشی و تحلیل آماری

آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح CRD با ۱۳ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن

مطالعات درون شیشه‌ای انجام شده نشان داد که *انتروباکتر* دارای توان تثبیت زیستی نیتروژن، حل کردن فسفر و آزادسازی پتاسیم است (مرادی و ساریخانی ۲۰۱۷، ساریخانی و همکاران ۲۰۱۸، کاظمی اسکویی و همکاران ۲۰۱۸). قادری و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تأثیر جدایه‌های مختلف باکتری *آزوسپریلوم* بر عملکرد و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط کلزا نشان دادند که تیمار باکتری سبب افزایش معنی‌دار میزان جذب N, P, K در برداشت اول، در مقایسه با تیمار شاهد شد. محمدورزی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بیشترین مقدار نیتروژن دانه در تیمار نیتروکسین + بیوفسفر مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. رحیم‌زاده و همکاران (۲۰۱۳)



شکل ۱- اثر تلقیح زادمایه های انتروباکترکلو آسه بر مقدار نیتروژن اندام های مختلف کلزا. p: perlite

مقدار فسفر گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه های انتروباکترکلو آسه بر مقدار فسفر در شاخساره، ریشه و دانه کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین ها نشان داد زادمایه بیوپچار با میانگین ۲۵/۴۵ میلی گرم در گلدان، بیشترین جذب فسفر شاخساره را دارا بود و با تیمارهای پیت، پرلیت، باگاس و باگاس - پرلیت تفاوت

معنادار نداشت و نسبت به تیمار شاهد افزایش چند برابری را نشان داد (شکل ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد تیمار کودی ۱۰۰٪ با مقدار ۸/۲۵ میلی گرم در گلدان بیشترین مقدار فسفر ریشه را دارا بود که با تیمار کودی ۷۰٪، هیدروچار و خاکاره در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۲). مقایسه میانگین ها نشان داد تیمار خاکاره - پرلیت و بیوپچار - پرلیت با مقدار ۴۸/۰۸ و ۴۶/۲۱ میلی گرم در گلدان، بیشترین مقدار فسفر دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

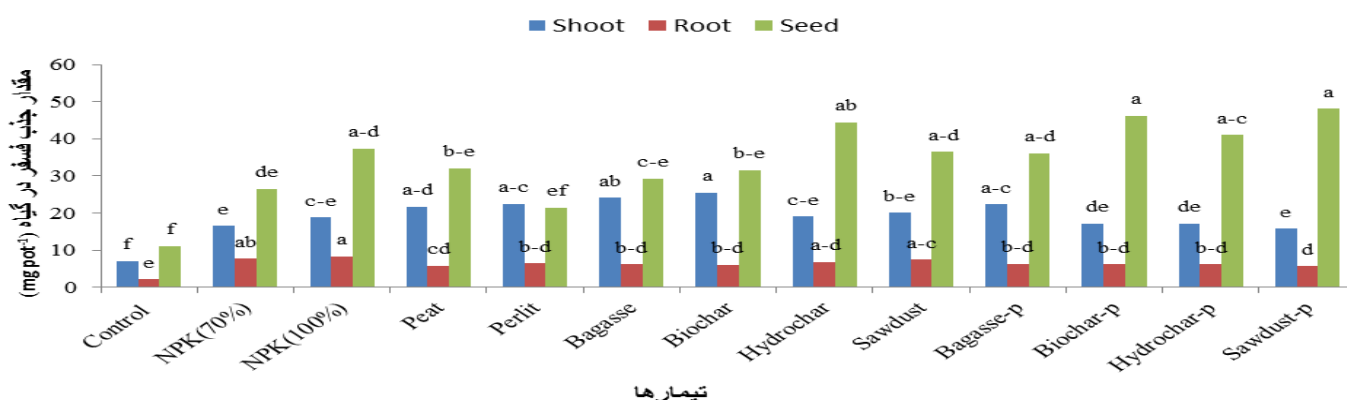
منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار فسفر شاخساره	مقدار فسفر ریشه	مقدار فسفر دانه
تیمار	۱۲	۶۶/۳۱**	۶/۴۵**	۳۲۴/۱۸**
خطای آزمایش	۲۶	۶/۵۳	۰/۷۵	۴۵/۸۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۴۲	۱۳/۹۱	۱۹/۹۲

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر زادمایه های انتروباکترکلو آسه بر مقدار فسفر اندام های مختلف کلزا.

سورگوم، واکوز و همکاران (۲۰۰۰) تلقیح گندم با *Pseudomonas*، بیسواس و همکاران (۲۰۰۰) تلقیح برنج، واگار و همکاران (۲۰۰۴) تلقیح گندم با باکتری ریزوسفری محرک رشد و ذبیحی و همکاران (۲۰۱۱) تلقیح ذرت و سورگوم با *Azospirillum* را سبب افزایش جذب فسفر عنوان کردند.

تلقیح پنبه و کلزا با *Bacillus edaphicus* نشان داد که نیتروژن و فسفر در این گیاهان نسبت به گیاه شاهد افزایش پیدا کرده است. این اتفاق مرهون تنظیم کننده-های رشدی چون اکسین است که سبب گسترش ریشه شده و در نهایت جذب آب و مواد غذایی را بالا می‌برد (شنگ ۲۰۰۵). لین و همکاران (۱۹۸۳) تلقیح ذرت با



Azospirillum، یاهاالوم و همکاران (۱۹۸۴) در ذرت و

شکل ۲- اثر تلقیح زادمایه‌های *انتروباکتر کلواسه* بر مقدار فسفر اندام‌های مختلف کلزا. **p: perlite**

مقدار پتاسیم گیاه

تیمار هیدروچار با میانگین جذب ۶۲/۴۷ میلی-گرم در گلدان بیشترین مقدار پتاسیم ریشه را دارا بود و نسبت به شاهد افزایش ۴ برابری را نشان داد (شکل ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد زادمایه هیدروچار با مقدار ۵۶/۵۱ میلی‌گرم در گلدان، بیشترین جذب پتاسیم دانه را داشت و بجز تیمار شاهد، پیت، پرلیت و باگاس با بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلواسه* بر مقدار پتاسیم در شاخساره، ریشه و دانه کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تمام تیمارهای استفاده شده در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند و نسبت به شاهد افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان دادند (شکل ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد

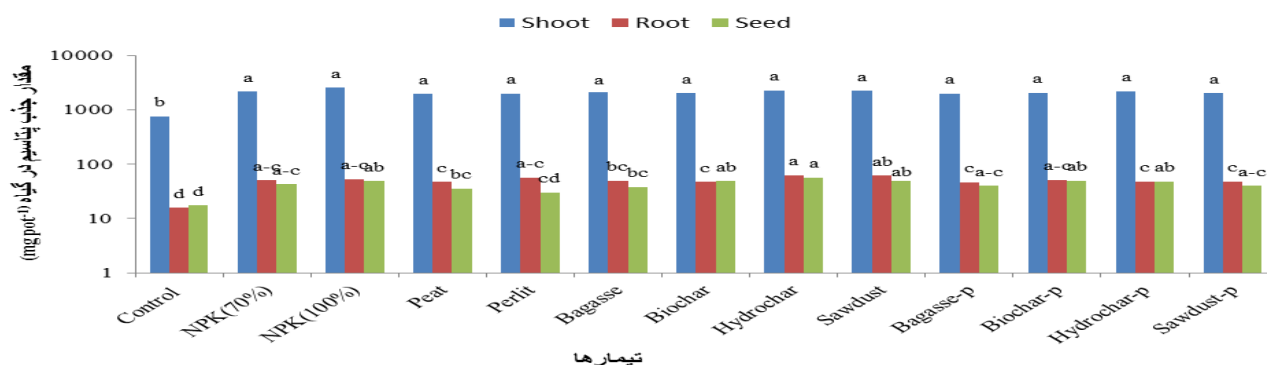
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلواسه* بر مقدار پتاسیم اندام‌های مختلف کلزا.

منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار پتاسیم شاخساره	مقدار پتاسیم ریشه	مقدار پتاسیم دانه
تیمار	۱۲	۵۰۸۶۵۷/۴۵**	۳۷۹/۹۹**	۳۱۴/۵۷**
خطای آزمایش	۲۶	۹۹۴۳۴/۰۵	۴۷/۵۶	۷۶/۸۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۶۰	۱۴/۱۱	۲۱/۰۳

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

عناصر غذایی در نتیجه کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه را گزارش کردند.

اسری و همکاران (۲۰۰۸)، داس و همکاران (۲۰۰۸)، بهل و همکاران (۲۰۰۶)، واگار و همکاران (۲۰۰۴) و میگاهد و همکاران (۲۰۰۴) افزایش جذب



شکل ۳- اثر تلقیح زادمایه‌های انتروباکترکلو آسه بر مقدار پتاسیم اندام‌های مختلف کلزا. p: perlite

در گلدان، بیشترین مقدار آهن شاخساره را به خود اختصاص دادند و نسبت به تیمار شاهد بیش از ۵۰ درصد افزایش را نشان دادند. پس از مقایسه میانگین‌های حاصله مشخص شد تیمار کودی ۱۰۰ درصد بیشترین مقدار آهن ریشه و تیمار کودی ۷۰٪ و هیدروچار بیشترین مقدار آهن دانه و پیت و پرلیت کمترین مقدار آهن دانه را داشتند (جدول ۹).

مقدار آهن گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه‌های انتروباکترکلو آسه بر مقدار آهن شاخساره، ریشه و دانه کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد در بین تیمارها به ترتیب، تیمار کودی ۱۰۰ درصد، باگاس و هیدروچار با مقدار جذب ۱۷/۵، ۹/۷۵ و ۹/۹۲ میلی‌گرم

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر زادمایه‌های انتروباکترکلو آسه بر مقدار آهن اندام‌های مختلف کلزا.

منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار آهن شاخساره	مقدار آهن ریشه	مقدار آهن دانه
تیمار	۱۲	۳۴/۹۲**	۳۲/۷۱**	۰/۱**
خطای آزمایش	۲۶	۳/۲۲	۱/۲۹	۰/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲۱/۳۳	۲۴/۴۱	۲۰/۵۷

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

پراشان و همکاران ۲۰۰۹، لیو و همکاران ۲۰۱۷) نیز مطابقت داشت.

گزارش شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات سبب افزایش مقدار آهن در تیمارهای تلقیح شده با باکتری شدند (چانگ و یانگ ۲۰۰۹). این نتایج با گزارش سایر پژوهشگران (استیکن و همکاران ۲۰۰۶،

مقدار روی در گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار روی شاخساره، ریشه و دانه کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار خاکاره با مقدار ۲/۸۱ میلی‌گرم در گلدان،

بیشترین مقدار روی شاخساره، تیمار کودی ۱۰۰٪ با مقدار ۰/۸۳ میلی‌گرم در گلدان بیشترین مقدار روی ریشه و تیمار هیدروچار بیشترین مقدار روی دانه را داشت (جدول ۹).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار روی اندام‌های مختلف کلزا.

منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار روی شاخساره	مقدار روی ریشه	مقدار روی دانه
تیمار	۱۲	۱/۲۶**	۰/۰۸**	۰/۰۶**
خطای آزمایش	۲۶	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۹۲	۲۴/۶۶	۱۷/۰

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

منگنز در دانه و اندام هوایی، به واسطه کاهش pH خاک، افزایش اکسین و فعالیت‌های آنزیمی برای گندم و سویا شد. رانا و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند باکتری‌های *Bacillus* و *Providencia* موجب افزایش مقدار آهن و منگنز گندم می‌شوند. اخوان و همکاران (۲۰۱۲) نیز در تیمارهای تلقیح شده با *تیوباسیلوس* در کلزا به نتیجه مشابهی دست پیدا کردند.

مقدار کلسیم گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه‌های جامد *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار کلسیم شاخساره و دانه کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد هیدروچار، تیمار کودی ۱۰۰٪، خاکاره و بیوچار - پرلیت بیشترین مقدار کلسیم شاخساره را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار کودی ۱۰۰٪، هیدروچار و بیوچار - پرلیت بیشترین مقدار و پرلیت کمترین مقدار کلسیم دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰).

نیاز کلزا به عنصر روی دو برابر گندم گزارش شده است (ناتال و همکاران ۱۹۹۳). رامش و همکاران (۲۰۱۴) در آزمایش تأثیر *E. cloacae* بر غلظت عناصر در ریشه گندم و سویا، افزایش غلظت Cu, Zn, K, P, N, Fe و Mn در ریشه و ساقه و دانه گندم و سویا را در مقایسه با شاهد گزارش کردند. کلاتنری و همکاران (۲۰۱۷)، عباس‌زاده دهجی و همکاران (۲۰۱۴) و یزدانی و پیردشتی (۲۰۱۱) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

مقدار منگنز گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه‌های *انتروباکتر کلوآسه* بر مقدار منگنز شاخساره، دانه گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۸). مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار باگاس بیشترین مقدار منگنز در شاخساره و هیدروچار در دانه را داشت (جدول ۱۰). رامش و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که مایه‌زنی با *Enterobacter* باعث افزایش غلظت آهن و

جدول ۸- تجزیه واریانس اثر زادمایه های انتروباکترکلو آسه بر مقدار منگنز و کلسیم اندام های مختلف کلزا.

منبع تغییر	درجه آزادی	مقدار منگنز شاخساره	مقدار منگنز دانه	مقدار کلسیم شاخساره	مقدار کلسیم دانه	درصد روغن
تیمار	۱۲	۱/۰۳**	۰/۰۱**	۴۵۴۸/۴**	۱۷۳/۷۱**	۸/۸۳**
خطای آزمایش	۲۶	۰/۰۹	۰/۰۰۳	۵۸۷۸/۰۱	۲۴/۶۶	۰/۳۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۵۵	۱۷/۸۴	۱۰/۹۳	۱۷/۳۵	۱/۲۷

** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد

کلزا در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۹). مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار کودی ۷۰٪ (NPK70) و بیوچار - پرلیت بیشترین، و تیمارهای پیت و بیوچار کمترین درصد روغن را داشتند (جدول ۱۰).

یساری و همکاران (۲۰۰۹) اظهار داشتند که با

استفاده از دو کودزیستی *Azotobacter*

Azospirillum می توان مصرف کود شیمیایی را کاهش و عملکردی مشابه کودهای شیمیایی تولید کرد. در بررسی آنان با مصرف کودهای زیستی درصد روغن افزایش یافت. محمدورزی و همکاران (۲۰۱۱)، اکبری و همکاران (۲۰۱۰) و شهابا و الخاواس (۲۰۰۳) نیز نتیجه-ی مشابهی را گزارش کردند.

با نگاهی به نتایج دو عنصر کلسیم و منگنز مشاهده می شود که بیشترین مقدار این دو عنصر در دانه کلزا متعلق به زادمایه تهیه شده از هیدروچار بود که در مورد عناصر آهن و روی نیز همین یافته ها تکرار شد. لکزیا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که با تلقیح باکتری محرک رشد در گیاه پنبه در مرحله جوانه زنی تحت استرس شوری آب آبیاری، غلظت پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آهن در برگ و ریشه افزایش یافت.

درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها، حاکی از آن است که اثر زادمایه های انتروباکترکلو آسه بر درصد روغن

جدول ۹- مقایسه میانگین های مقدار آهن و روی شاخساره، ریشه و دانه کلزا برای اثر زادمایه های مختلف انتروباکترکلو آسه.

تیمار	مقدار آهن شاخساره (mg pot ⁻¹)	مقدار آهن ریشه (mg pot ⁻¹)	مقدار آهن دانه (mg pot ⁻¹)	مقدار روی شاخساره (mg pot ⁻¹)	مقدار روی ریشه (mg pot ⁻¹)	مقدار روی دانه (mg pot ⁻¹)
پیت	۶/۵۳ ^{c-e}	۹/۵۹ ^{bc}	۰/۶۶ ^b	۲/۷۰ ^{ab}	۰/۴۷ ^b	۰/۲۸ ^{de}
پرلیت	۸/۸۸ ^{b-d}	۹/۷۰ ^{bc}	۰/۶۹ ^b	۲/۲۶ ^{a-c}	۰/۶۱ ^{ab}	۰/۴۵ ^{bc}
باگاس	۹/۷۵ ^{bc}	۷/۴۰ ^c	۰/۸۸ ^{ab}	۲/۶۴ ^{ab}	۰/۵۳ ^b	۰/۴۹ ^b
بیوچار	۶/۱۱ ^{de}	۱۲/۱۱ ^{bc}	۰/۸۸ ^{ab}	۲/۲۶ ^{a-c}	۰/۵۴ ^b	۰/۳۳ ^{cd}
هیدروچار	۹/۹۲ ^{bc}	۱۲/۱۷ ^{bc}	۱/۰۵ ^a	۲/۴۱ ^{ab}	۰/۵۷ ^{ab}	۰/۶۶ ^a
خاکاره	۷/۷۲ ^{cd}	۱۴/۴۱ ^b	۰/۷۵ ^{ab}	۲/۸۱ ^a	۰/۷۳ ^{ab}	۰/۵۴ ^{ab}
باگاس - پرلیت	۷/۹۹ ^{cd}	۱۴/۰۴ ^b	۰/۷۷ ^{ab}	۲/۰۲ ^{bc}	۰/۷۳ ^{ab}	۰/۵۴ ^{ab}
بیوچار - پرلیت	۶/۰۴ ^{de}	۱۴/۱۵ ^b	۰/۹۳ ^{ab}	۲/۶۵ ^{ab}	۰/۶۱ ^{ab}	۰/۵۷ ^{ab}
هیدروچار - پرلیت	۶/۲۳ ^{de}	۹/۸۹ ^{bc}	۰/۹۲ ^{ab}	۲/۰۴ ^{bc}	۰/۵۵ ^{ab}	۰/۵۵ ^{ab}
خاکاره - پرلیت	۶/۹۴ ^{c-e}	۱۰/۲۰ ^{bc}	۰/۹۵ ^{ab}	۲/۲۹ ^{ab}	۰/۵۷ ^{ab}	۰/۵۹ ^{ab}
شاهد	۴/۰۰ ^e	۷/۲۶ ^c	۰/۳۸ ^c	۰/۳۳ ^d	۰/۱۷ ^c	۰/۱۶ ^e

۰/۵۱ ^{ab}	۰/۶۷ ^{ab}	۱/۵۵ ^c	۱/۰۵ ^a	۱۳/۱۰ ^b	۱۱/۷۳ ^b	NPK (70%)
۰/۵۸ ^{ab}	۰/۸۳ ^a	۲/۳۰ ^{ab}	۰/۹۳ ^{ab}	۱۹/۲۹ ^a	۱۷/۵۰ ^a	NPK (100%)

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های مقدار منگنز و کلسیم شاخساره و دانه و درصد روغن برای اثر زادمایه‌های مختلف انتروباکتر کلواسه.

درصد روغن	مقدار کلسیم دانه (mg pot ⁻¹)	مقدار کلسیم شاخساره (mg pot ⁻¹)	مقدار منگنز دانه (mg pot ⁻¹)	مقدار منگنز شاخساره (mg pot ⁻¹)	تیمار
۴۱/۱۶ ^f	۲۵/۵۵ ^{bc}	۷۳۷/۹ ^{a-c}	۰/۲۸ ^{a-c}	۲/۲۲ ^{b-d}	پیت
۴۳/۹۴ ^e	۲۰/۲۰ ^c	۷۶۰/۹ ^{ab}	۰/۲۴ ^{bc}	۲/۳۶ ^{a-c}	پرلیت
۴۴/۵۲ ^{de}	۲۴/۵۹ ^{bc}	۷۴۳/۴ ^{a-c}	۰/۲۹ ^{ab}	۲/۸۲ ^a	باگاس
۴۱/۳۱ ^f	۳۰/۳۲ ^{ab}	۷۴۲/۳ ^{a-c}	۰/۲۹ ^{ab}	۱/۷۳ ^{de}	بیوچار
۴۴/۷۰ ^{c-e}	۳۵/۷۹ ^a	۸۰۵/۴ ^a	۰/۳۸ ^a	۲/۵۰ ^{ab}	هیدروچار
۴۵ ^{b-d}	۲۷/۰۲ ^{a-c}	۷۹۹/۰ ^a	۰/۳۱ ^{ab}	۲/۳ ^{a-d}	خاکاره
۴۵/۹۰ ^{ab}	۲۶/۸۴ ^{a-c}	۷۴۰/۲ ^{a-c}	۰/۳۰ ^{ab}	۱/۹۱ ^{cd}	باگاس - پرلیت
۴۶/۳۶ ^a	۳۵/۷۹ ^a	۷۸۸/۴ ^a	۰/۳۳ ^{ab}	۱/۹۹ ^{b-d}	بیوچار - پرلیت
۴۵/۱۴ ^{b-d}	۳۳/۱۶ ^{ab}	۶۸۸/۸ ^{a-c}	۰/۳۱ ^{ab}	۱/۹۱ ^{cd}	هیدروچار - پرلیت
۴۵/۹۳ ^{ab}	۳۳/۴۸ ^{ab}	۶۳۶/۲ ^{bc}	۰/۳۰ ^{ab}	۱/۸۴ ^{c-e}	خاکاره - پرلیت
۴۳/۷۹ ^e	۹/۶۶ ^d	۳۵/۶ ^d	۰/۱۲ ^d	۰/۸۹ ^f	شاهد
۴۶/۵۸ ^a	۳۳/۴۳ ^{ab}	۶۰۴/۶ ^c	۰/۱۹ ^{cd}	۰/۸۶ ^f	NPK (70%)
۴۵/۳۲ ^{bc}	۳۶/۳۶ ^a	۸۰۰/۶ ^a	۰/۳۴ ^{ab}	۱/۳۵ ^{ef}	NPK (100%)

نوع و درصد اسیدهای چرب

نتایج مربوط به کروماتوگرافی گازی و آنالیز روغن دانه گیاه کلزادرجدول ۱۱ است.

جدول ۱۱- درصد اسیدهای چرب روغن دانه کلزا.

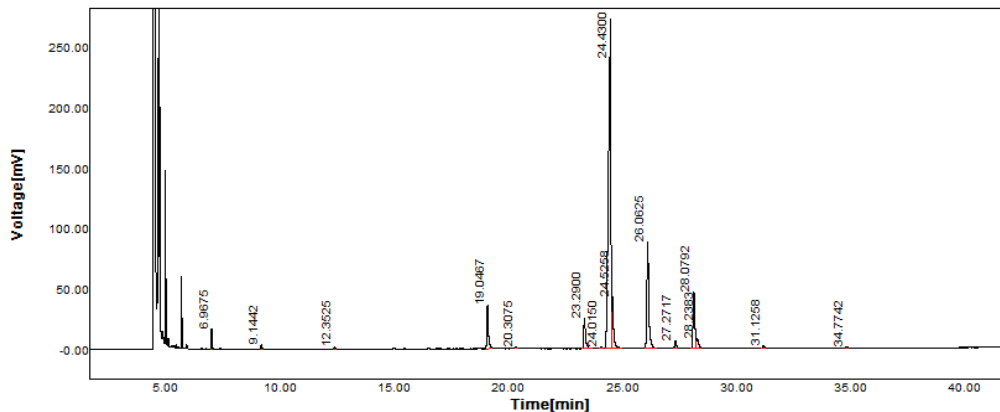
تیمار	پالمیتیک اسید (اشباع)	استئاریک اسید (اشباع)	پالمیتولئیک اسید (غیراشباع)	اولئیک اسید (غیراشباع)	لینولئیک اسید (غیراشباع)	لینولنیک اسید (غیراشباع)
شاهد بدون تلقیح	۵/۵۷	۴/۴۵	۰/۱۸	۵۱/۰۲	۱۵/۳۱	۶/۵۶
باگاس - پرلیت	۵/۴۴	۳/۴۹	۰/۱۴	۵۳/۴۴	۱۵/۳۴	۶/۵۷

بدون تلقیح سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع شده است. افزایش اسیدهای چرب غیراشباع نیز باعث افزایش کیفیت روغن کلزا می‌گردد (احمد و عابدین ۲۰۰۰). نلدا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که روغن کلزا حدود ۶۰ درصد اسید چرب اولئیک، مقدار کمی اسیدهای چرب اشباع و

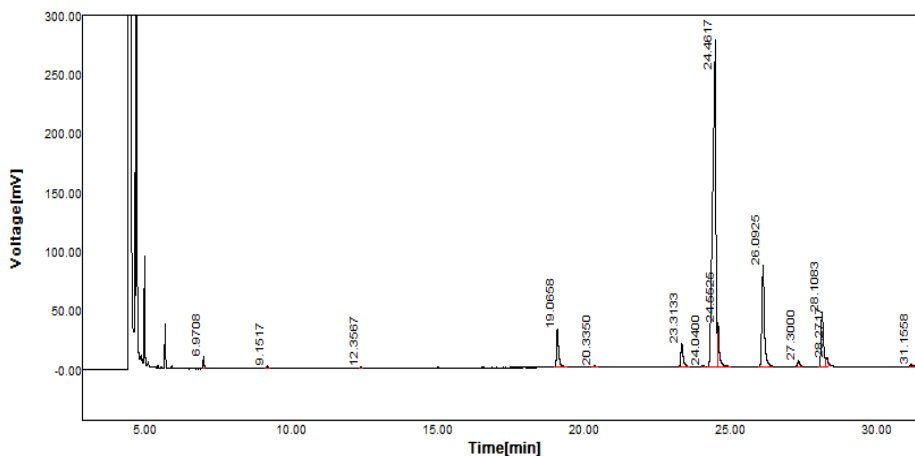
با آنالیز کروماتوگرافی گازی، چهار اسید چرب غیراشباع و دو اسید چرب اشباع در روغن کلزا شناسایی و تعیین شدند. در بین اسیدهای چرب‌های کلزا، اولئیک اسید و لینولئیک بیشترین درصد را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). نتایج آنالیز کروماتوگرافی گازی نشان داد که تیمار باگاس-پرلیت نسبت به شاهد

چرب غیراشباع کلزا شامل پالمیتوئیک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، گادولئیک و اروسیک وطن‌دوست و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان اولئیک اسید و لینولنیک و کاهش اسیدهای چرب پالمیتیک و اروسیک گردید. سیدشیرینی (۲۰۱۶) در سویا و شهابا و الخاواس (۲۰۰۳) در آفتابگردان گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد موجب کاهش اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک اسید و استئاریک اسید) و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید) شد. نوشین و همکاران (۲۰۱۳) نیز در کلزا نتیجه مشابهی گزارش کردند.

میزان متوسطی از اسیدهای چرب غیراشباع نظیر لینولئیک اسید و لینولنیک اسید را دارا است. شش اسید می‌باشد که مهمترین اسید چرب اشباع نشده از لحاظ تغذیه‌ای، لینولئیک اسید است چون این اسید چرب در بدن ساخته نمی‌شود و باید از طریق جیره غذایی تأمین گردد. اولئیک اسید از جمله اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه می‌باشد که اثرهای آنتی اکسیدانی آن نیز اثبات شده است (بری و ریولاین ۱۹۹۷). اروسیک اسید برای انسان مضر است. روغن کلزا کمتر از ۲ درصد اروسیک اسید دارد و از نظر تغذیه‌ای مقادیر کم اروسیک اسید مطلوب است (رینارد و مک‌گریگور ۱۹۷۶).



شکل ۴- کروماتوگرام حاصل از متیل استرهای اسیدهای چرب روغن دانه کلزا در تیمار شاهد بدون تلقیح.



شکل ۵- کروماتوگرام حاصل از متیل استرهای اسیدهای چرب روغن دانه کلزا در تیمار با زادمایه باگاس - پرلیت

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از آزمایش حاکی از آن بود که استفاده از *انتروباکتر* در قالب فرمولاسیون‌های ده‌گانه باعث افزایش مقدار جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم، آهن، روی، منگنز و کلسیم گیاه در مقایسه با تیمار شاهد بدون تلقیح شد. در مورد نتایج مربوط به درصد روغن و اسیدهای چرب، تیمار پرلیت بر درصد روغن دانه تأثیر معنادار نداشت و تیمارهای پیت و بیوچار سبب کاهش درصد روغن دانه شدند اما بقیه تیمارها افزایش درصد روغن دانه را نشان دادند. در ارتباط با اسیدهای

چرب، تیمار باگاس - پرلیت سبب افزایش درصد اولئیک اسید و افزایش کیفیت روغن گردید. در پایان با توجه به یافته‌های این آزمایش از میان زادمایه‌های *انتروباکتر کلوآسه*، زادمایه مبتنی بر هیدروچار، سبب افزایش رشد گیاه و افزایش بیشتر پارامترهای اندازه‌گیری شده گشت. با توجه به نتایج به دست آمده حامل‌های بیوچار - پرلیت و باگاس - پرلیت نیز دارای نتایج مطلوبی بودند، اما از آنجایی که کاربرد اصلی زادمایه‌ها در شرایط مزرعه‌ای می‌باشد لذا توصیه نهایی بستگی به نتایج مزرعه دارد.

منابع مورد استفاده

- Abbaszadeh Dahaji P, Asadi Rahmani H, Khavazi K, Soltani Tolarod AA, Akhgar AR and Omidvari M, 2014. Plant growth promoting Fluorescent Pseudomonads effects on growth and development of canola. *Soil Management and Sustainable Production* 4(1): 201- 217. (In Persian with English abstract)
- Akhavan Z, Fallah A, Rezayi SH and Abadi A, 2012. Effect of sulfur and *Thiobacillus* inoculant on iron, zinc, copper and manganese concentrations in canola in greenhouse condition. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(3):191-197. (In Persian with English abstract)
- Ahmad A and Abdin MZ, 2000. Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Plant Sciences* 150: 71-76.
- Akbari P, Ghalavand A and Modarres Sanavy SAM, 2010. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Production* 2 (3): 119-134. (In Persian with English abstract)
- Aseri GK, Jain N, Panwar J, Rao AV and Meghwal PR, 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activity pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Scientia Horticulturae* 117: 130-135.
- Azadmard Damirchi S, 2013. *Food Chemistry and Decomposition*. Amidi Publishers. 476. (In Persian)
- Azimzadeh Y and Najafi NA, 2016. Effects of biochar on soil physical, chemical and biological properties. *Land Management Journal* 4(2): 161-173. (In Persian with English abstract)
- Azimzadeh Y, Najafi N, Abdolmaleki A and Amirloo B, 2020. Changes in some chemical properties of various organic materials after converting in biochar and hydrochar. *Applied Soil Research*, 7(4): 1-17.
- Bashan Y, 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacterial for use in agriculture. *Biotechnology Advances* 16(40):729-770.
- Behl RK, Narula N, Vasudeva M, Sato A, Shinano T and Osaki M, 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi-arid tropics. *Tropics* 15(1):123-133.
- Berry EM and Rivlin RS, 1997. Dietary fatty acids in the management of diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66 (4): 991-997.
- Biswas JC, Ladha JK and Dazzo FB, 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. *Soil Science Society of America Journal* 64: 1644-1650.
- Chang CH and Yang SS, 2009. Thermo-tolerant phosphatesolubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation. *Bioresource Technology* 100: 1648-1658.

- Das K, Dang R and Shivananda V, 2008. Influence of biofertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of *Stevia rebaudiana* grown in South India. *International Journal of Applied Research in Natural Products* 1: 20-24.
- Esitken A, Pirlak L, Turan M and Sahin F, 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae* 11: 324–327.
- Ghaderi N, Olamaee M, Arzanesh MH, Ghorbani Nasrabadi R, Ghazaeian M and Sebti M, 2014. Effect of different isolates of *Azospirillum* on the yield and uptake of N, P and K in canola. *Water and Soil Science* 23(1): 259- 273. (In Persian with English abstract)
- Jones J, 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*: CRC press.
- Kalantari A, Aliasgharzad N and Najafi N, 2017. Effects of two species of *Pseudomonas* and nitrogen levels on dry matter, chlorophyll index and N and Zn uptake by spinach plant. *Applied Soil Research* 6(1): 62-72. (In Persian with English abstract)
- Kazemi Oskuei B, Bandehagh A, Sarikhani MR and Komatsu S, 2018. Protein profiles underlying the effect of plant growth-promoting rhizobacteria on canola under osmotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 37: 560-574.
- Khayavi M, Baghaei N and Nosrati S, 2017. *Oilseed Rape Production Guidelines*. Ministry of Agriculture Jihad, Zanjan. (In Persian)
- Khosravi H, 2015. Application of biofertilizers containing free-living nitrogen fixer micro-organisms in agriculture. *Land Management* 2(1): 51–63. (In Persian with English abstract)
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC and Crowley D, 2011. Biochar effects on soil biota- a review. *Soil Biology and Biochemistry* 43:1812–1836.
- Lin W, Okon Y and Hardy RW, 1983. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Applied and Environmental Microbiology* 45:1775–1779.
- Liu D, Yang Q, Ge K, Hu X, Qi G, Du B, Liu K and Ding Y, 2017. Promotion of iron nutrition and growth on peanut by *Paenibacillus illinoisensis* and *Bacillus sp.* strains in calcareous soil. *Brazilian Journal of Microbiology* 1-15.
- Lixia Y, Zhansheng W, Yuanyuan Z, Imdad K and Chun L, 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. *European Journal of Soil Biology* 46: 49-54.
- Migahed HA, Ahmed AE and Abd El-Ghany BF, 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolens* under calcareous soil. *Arab Universities Journal of Agricultural Science* 12(2): 511-525.
- Mohammad Varzi R, Habibi D, Wazan S and Pakzi AR, 2011. Effect of growth stimulant bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield components of sunflowers. *Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture*, Islamic Azad University of Khorasgan Branch (Isfahan). Faculty of Agriculture, 27- 28 February. (In Persian with English abstract)
- Moradi Sh and Sarikhani MR, 2016. Comparison of dissolution of phosphate from sources of phosphate rock and tricalcium phosphate by some phosphate solubilizing bacteria. Pp1-6, *Second National Congress for the Development of Agricultural Science and Natural Resources*. Gorgan. Iran. (In Persian with English abstract)
- Murphy J and Riley JP, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31–36.
- Nelda R, Paz R, Masson L, Ortiz J, Gonzalez K, Tapia K and Dobaganes C, 2007. Effect of α -tocopherol, α -tocotrienol and Rosa mosqueta shell extract on the performance of antioxidant-stripped canola oil (*Brassica Sp.*) at high temperature. *Food Chemistry* 104, 383-389.
- Nosheen A, Bano A and Ullah F, 2013. The role of plant growth promoting rhizobacteria on oil yield and biodiesel production of canola (*Brassica napus* L.). *Energy Sources* 35: 1574-1581.
- Nuttall WF, Boswell CC, Sinc AG, Moulin SA, Townley-Smith LJ and Gallway GL, 1993. The effect of time application and placement of sulphur fertilizer source on yield of wheat, canola and barley. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24: 2143–2202.
- Olia P, Melboby MA, Yeganegy P and Sharifi M, 2006. Preparation of suitable carrier for phosphate solubilizing bacteria. University of Tehran Jihad, Applied Microbiology Research Group. (In Persian)

- Olia P, Salimi H, Melboby MA, Ahmadi AR, Fatemi Z and Alavi M, 2010. Preparation of appropriate carrier for anti-fire blight bacteria. University of Tehran Jahad, Department of Basic Sciences Research. (In Persian)
- Prashan SD, Makarand R, Bhushan C and Sudhir C, 2009. Siderophore *Geniacinetobacter calcoaceticus* isolated from wheat rhizosphere with strong PGPR activity. Malaysian Journal of Microbiology 5(1): 6-12.
- Rahimzadeh S, Sohrabi Y, Heidari GhR, Eivazi AR and Hoseini SMT, 2013. Effect of biofertilizers on macro and micro nutrients uptake and essential oil content in *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Field Crops Research 11(1):179-190. (In Persian with English abstract)
- Ramesh A, Sharma SK, Sharma MP, Yadav N and Joshi OP, 2014. Plant growth-promoting traits in *Enterobacter cloacae* subsp. *dissolvens* MDSR9 isolated from soybean rhizosphere and its impact on growth and nutrition of soybean and wheat upon inoculation. Agricultural Research 3(1):53-66.
- Rana A, Saharan B, Nain L, Prasanna R and Shivay YS, 2012. Enhancing micronutrient uptake and yield of wheat through bacterial PGPR consortia. Soil Science and Plant Nutrition 58(5): 573-582.
- Renarid S and Mcgregor L, 1976. Antithrombogenic effects of erucic acid poor rapeseed oils in the rats. Review of Crops Cross 23: 393-396.
- Roosta HR, Bagheri V and Kian H, 2017. Effect of different planting substrates on vegetative and physiologic characteristics and nutrients content of rose (*Rosa hybrida* var. Grandgala) in hydroponic system. Science and Technology of Greenhouse Culture 7(4): 27-40. (In Persian with English abstract)
- Sarikhani MR, Oustan S, Ebrahimi M and Aliasgharzarad N, 2018. Isolation and identification of potassium-releasing bacteria in soil and assessment of their ability to release potassium for plants. European Journal of Soil Science 69: 1078-1086.
- Seyed Sharifi R, 2016. Application of biofertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean. Zemdirbyste-Agriculture 103(3): 251-258.
- Shehata MM and EL-Khawas SA, 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(14): 1257-1268.
- Sheng XF, 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of *Bacillus edaphicus*. Soil Biology and Biochemistry 37: 1918-1922.
- Vatan Doost H, Seyed Sharifi R, Farzaneh S and Hasan Panah D, 2017. Grain filling and some fatty acids composition of canola (*Brassica napus* L.) with application of bio-fertilizers and irrigation withholding. Agricultural Science and Sustainable Production 27(4): 23-37. (In Persian with English abstract)
- Vazques P, Holguin G and Puente ME, 2000. Phosphate solubilizing microorganism associated with the rhizosphere of mangroves in semi arid coast allagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.
- Wagar A, Shahroona B, ZahiZ AR and Arshad M, 2004. Inoculation with ACC-deaminase containing rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 41:119-124.
- Westerman RL, 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd Edition, Book Series No. 3, SSSA, USA.
- Yahalom EK and Okon Y, 1984. Response of seraria italic to inoculation with *Azospirillum brasilense* as compared to *Azotobacter chroocoum*. Plant and Soil 82:77-85.
- Yasari E and Azadgoleh MR, Mozafari S and Alashti M, 2009. Enhancement of growth and nutrient uptake of rapeseed (*Brassica napus* L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers. Pakistan Journal of Biological Science 12(2): 127-133.
- Zabihi H, Savaghebi G, Khavazi K, Ganjali A and Miransari M, 2011. *Pseudomonas* bacteria and phosphorus fertilization, affecting wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and P uptake under greenhouse and field conditions. Acta Physiologiae Plantarum 33: 145-152.