



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال چهارم / شماره چهارم / ۱۳۹۶ (۸۶ - ۷۳)

DOI: 10.22124/jms.2018.2519

اثر تلقیح بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم* و کاربرد لجن فاضلاب شهری بر ویژگی‌های کمی و کیفی کلزا (*Brassica napus* L.)

مهدی طاهری اصغری^۱، سید محمدرضا احتشامی^{۲*}، جعفر اصغری^۲، کاظم خاوازی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم* و کاربرد لجن فاضلاب شهری بر ویژگی‌های کمی و کیفی کلزا آزمایشی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵ در اراضی شرکت آب و فاضلاب جنوب استان تهران انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل تلقیح بذر کلزا (بدون تلقیح، تلقیح با *Azotobacter chorococum*، تلقیح با *Azospirillum. Brasilense*) و استفاده از لجن فاضلاب آبگیری شده (بدون کود نیتروژن و بدون استفاده از لجن فاضلاب، استفاده از کود شیمیائی نیتروژن، لجن فاضلاب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار) بود. نتایج تحقیق نشان داد اثر تیمارهای تلقیح و لجن فاضلاب بر صفات وزن خشک ساقه، عملکرد زیستی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد اسیداولئیک و لینولئیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد بیش‌ترین درصد روغن دانه کلزا از تیمار ۱۰ تن لجن فاضلاب و بدون تلقیح (۳۸/۷۵ درصد) و بیش‌ترین عملکرد روغن نیز از تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب و تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* با مقدار ۹۳۲/۷۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در پایان آزمایش مشخص گردید کاربرد لجن فاضلاب شهری در افزایش عملکرد کمی و کیفی کلزا مؤثر بوده و تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* توانست اثر بهتری نسبت به باکتری *آزوسپیریوم* بر صفات مورد بررسی از جمله عملکرد روغن و پروتئین داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب، عملکرد دانه، عملکرد روغن و پروتئین

۱- دانشجوی دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- اعضای هیأت علمی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: smrehteshami@yahoo.com

مقدمه

یکی از دانه‌های روغنی که در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده کلزا (*Brassica napus* L.) است. در سال‌های اخیر، کشت کلزا در ایران به دلیل ویژگی‌های این گیاه شامل قابلیت رشد در مناطق مختلف، محتوا و کیفیت بالای روغن و تغذیه حیوانات مورد توجه قرار گرفته است (Heshmatpure and Yousefi Rad, 2012). کلزا با بیش از ۴۰ درصد روغن و ۳۶-۴۴ درصد پروتئین کنجاله از معدود گیاهان روغنی است که قابلیت کشت در شرایط اقلیمی گوناگون را داراست (Raymer, 2002). این گیاه سومین گیاه روغنی مهم دنیا است که سطح کشت آن در مناطق معتدل به سرعت در حال افزایش است (Basalma, 2008). بنابراین تأمین نیازهای غذایی این گیاه در جهت افزایش عملکرد آن بسیار مهم و ضروری است. یکی از راه‌کارها افزایش ماده آلی خاک می‌باشد. مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند. برای افزایش مقدار ماده آلی خاک، لازم است از همه منابع آلی مانند ضایعات کشاورزی، فاضلاب‌ها و مواد زائد شهری استفاده شود. لجن-فاضلاب دارای مقادیر زیادی از عناصر مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن، فسفر و عناصر کم‌مصرف است و در نتیجه استفاده از آن در زمین‌های کشاورزی از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت است (Vaseghi et al., 2005). لجن‌فاضلاب منبع غنی عناصر مورد نیاز گیاه و منبع خوبی برای بهبود خواص فیزیکی خاک می‌باشد (Ozyazici, 2013). استفاده از لجن‌فاضلاب در کنار مزایایی که دارد می‌تواند، موجب آلودگی خاک از طریق منابع و فعالیت‌های مختلفی از جمله فعالیت‌های معدن، شهری و فعالیت‌های صنعتی به فلزات سنگین شود (Hanh, et al., 2010; Teparut and Sthiannopkao, 2011).

در طبیعت قارچ‌های مختلف، باکتری‌ها و ریزموجوداتی هستند که به طور مداوم در حال شکستن ترکیبات آلی هستند. این ریزموجودات می‌توانند به عنوان جاذب‌های بالقوه فلزات به کار روند. در واقع جهت پاک‌سازی شیمیایی از

کارآیی مطلوبی برخوردارند (Sadhasivam et al., 2007). زیست‌پالایی^۱ می‌تواند از وجود ریزجانداران برای حذف آلاینده‌ها با هزینه کم در جهت کاهش و یا رفع مواد خطرناک برای سلامتی انسان و یا محیط زیست استفاده نماید (Sharma, 2012). در این راستا کاربرد کودهای زیستی به ویژه ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR^۲) به صورت تلفیق باکتری‌های محرک رشد گیاه با کودهای شیمیایی، مهم‌ترین راهبرد برای مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد (Sharma, 2003). این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم آن‌ها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آن‌ها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آن‌ها در خاک گردد (Cakmakci et al., 2007b). *ازتوباکتر* (*Azotobacter chroococcum*) و *آزوسپریلیوم* (*Azospirillum brasilense*) از جمله باکتری‌های مفید خاکزی هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل توجهی از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین، رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir et al., 2004). برای استفاده از مزایای باکتری‌ها آن‌ها را با بذور تلقیح می‌کنند. مزایای تلقیح بذر گیاه با باکتری‌های محرک رشد شامل افزایش سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، سطح برگ، محتوی کلروفیل، مقاومت به خشکی، افزایش وزن ریشه و اندام هوایی و فعالیت میکروبی می‌باشد (Kaymak et al., 2009).

شاهارونا و همکاران (Shaharona et al., 2006) و ویولنت و همکاران (Violent et al., 2007) در نتایج مطالعات خود بیان کردند که *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* که از ریزموجودات تثبیت کننده نیتروژن مولکولی محسوب می‌شوند، در همیاری با ریشه گیاهان، رشد آن‌ها را تقویت و استفاده از این باکتری‌ها و مایکوریزا، به عنوان کود زیستی

¹Bioremediation

²Plant growth promoting rhizobacteria

منجر به افزایش جذب فسفر، نیتروژن و در نتیجه بهبود رشد گیاهان می‌گردد.

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر تلقیح بذر با باکتری‌های *ازتوباکتر (Azotobacter chroococcum)* و *آزوسپریلیوم (Azospirillum brasilense)* و کاربرد لجن فاضلاب بر زیست‌پالائی خاک، عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در اراضی شرکت آب و فاضلاب جنوب استان تهران انجام شد. پیش از شروع آزمایش، از لجن فاضلاب خام شهری و همچنین از خاک مزرعه نمونه‌گیری به عمل آمد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد (جدول ۱ و ۲). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل تلقیح بذر کلزا (بدون تلقیح، تلقیح با *ازتوباکتر*، تلقیح با *آزوسپریلیوم*) و استفاده از لجن فاضلاب آبیگری شده (بدون کود نیتروژن و بدون استفاده از لجن فاضلاب، کود شیمیائی نیتروژن، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار) بود.

عملیات کاشت در نیمه اول مهر ماه به صورت دستی انجام شده و رقم مورد استفاده اکاپی (Okapi) بود که از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. این رقم جزو ارقام پاییزه بوده و در مناطق معتدل سرد و سرد کشت می‌گردد، دارای کیفیت روغن دوصفر و ۴۳ تا ۴۵ درصد روغن است. باکتری‌های مورد استفاده در طرح (*ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) از بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه شد. جمعیت باکتری‌ها $10^7 \times 8$ (CFU¹) در هر گرم مایه تلقیح بود. در تیمارهای تلقیح، باکتری‌ها با بذور آغشته شدند. برای تلقیح بذر از محلول ۲۰ درصد ساکارز استفاده شد و سپس بذرهاى تلقیح شده را در سایه به مدت ۳۰ دقیقه پهن کرده تا خشک شد و سپس کاشته شدند. در هر کرت آزمایشی، ۶ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شده و بذرهاى کلزا به فاصله ۶ سانتی‌متر روی ردیف و عمق ۲-۱ سانتی‌متری کشت گردید. فاصله بین کرت‌ها و تکرارهای آزمایشی، به ترتیب

معادل ۵۰ سانتی‌متر و ۲ متر در نظر گرفته شد. لجن-فاضلاب از واحد تصفیه فاضلاب شهری شرکت آب و فاضلاب جنوب استان تهران تهیه شد. تمام کود فسفر و پتاسیم و یک سوم کود نیتروژن (در تیمارهای مورد نیاز) قبل از کاشت طبق نتایج آزمون خاک و مطابق با توصیه کودی به خاک داده شد (کود نیتروژنه از منبع اوره ۱۵۰ کیلوگرم، کود فسفاته از منبع سوپر فسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم و کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم ۸۰ کیلوگرم در هکتار) که البته کود اوره به صورت سرک در سه نوبت در اختیار گیاه قرار گرفت (مرحله اول در زمان کاشت، مرحله دوم قبل از شروع ساقه‌دهی و مرحله سوم شروع گلدهی). عملیات آبیاری، بلافاصله پس از کاشت و در موارد لزوم انجام گرفت. برای دستیابی به تراکم‌های مورد نظر، عملیات تنک‌کردن در مرحله ۴-۳ برگی گیاهان صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی طی فصل رشد انجام شد. بوته‌های کلزا پس از رسیدگی فیزیولوژیکی یعنی زمانی که قسمت انتهایی بوته‌ها زرد شده و خورجین‌ها خشک و به رنگ زرد درآمده و دانه‌ها در درون میوه به رنگ قهوه‌ای تیره و یا سیاه دیده شدند، برداشت گردید. به منظور تعیین وزن هزار دانه، وزن خشک ساقه، عملکرد زیستی، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین از هر کرت با حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد ۱۰ بوته از دو ردیف میانی به طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر در آن‌ها اندازه‌گیری شد. هم‌زمان وزن خشک آن‌ها با قرار گرفتن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس تعیین شده و به عنوان عملکرد زیستی در نظر گرفته شد. همچنین برای تعیین درصد روغن دانه، مقداری از دانه هر کرت به طور تصادفی آسیاب شده و به میزان دو گرم از آن انتخاب و سپس از روش استخراج Official Method 972.28 AOAC (41.1.22) و با استفاده از دستگاه سوکسله محاسبه شد (Gryndler et al., 2006). عملکرد دانه، در پایان فصل رشد، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، عمل برداشت از ۲ متر مربع از هر کرت صورت گرفت. بوته‌های موجود پس از برداشت به مدت یک تا دو روز در هوای آزاد و در معرض آفتاب قرار گرفتند تا کاملاً خشک شدند. زمانی که رطوبت

سال اول اعمال و در قسمت دوم کرت، تیمارها اعمال نشد تا بتوان اثر افزایش تیمارها را در سال دوم محاسبه کرد. داده‌های حاصل از دو سال اجرای آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند. برخی ویژگی‌های خاک و لجن فاضلاب شهری مورد استفاده در جدول‌های شماره ۱ و ۲ آورده شده است:

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Some chemical properties of farm soil

عمق خاک	N	P	K	Cd
Soil depth (cm)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
0-30	0.04	10	292	0.1>

جدول ۲- برخی خصوصیات شیمیایی لجن فاضلاب شهری مورد استفاده در پژوهش

Table 2. Some chemical properties of sewage sludge used in the experiment

بافت خاک	EC	pH	OC (%)	N (%)	P (%)	K	Fe	Pb	Cd
Soil texture	($\mu\text{s}/\text{cm}$)					(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
لومی شنی	416	6.77	25.88	2.58	1.18	78.3	7300	94	87.5
Sand loam									

محلول در هپتان از نمونه‌ها تهیه و جهت تعیین نوع اسیدهای چرب و میزان آن‌ها به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شدند. دستگاه گاز کروماتوگراف به کار برده شده، مدل Varian- CP-3800 ساخت کشور استرالیا بود (Guerzoni, 2001; Xu, 2001).

نتایج و بحث

باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* مورد استفاده در طرح پس از اتمام آزمایش، جهت تعیین جمعیت بر اساس (10^6 سی اف یو بر گرم خاک) شمارش شد. جمعیت آن‌ها در نمودار شماره ۱ مشخص شده است. بر اساس آن مشخص گردید جمعیت باکتری‌ها با افزایش مقدار لجن فاضلاب رو به کاهش می‌رود که احتمالاً به دلیل وجود فلزات سنگین و اثر آن‌ها بر جمعیت میکروبی خاک است. نکته قابل توجه این است که جمعیت *آزوسپریلیوم* بیش‌تر از *ازتوباکتر* تحت تأثیر قرار گرفت. بعضی از فلزات برای بدن در غلظت پایین مفیدند

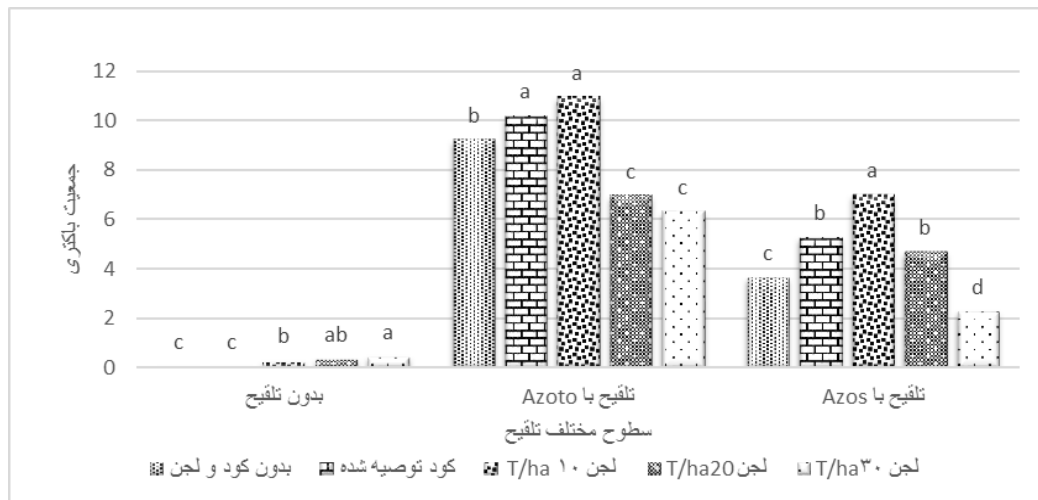
دانه به ۱۲ درصد رسید، محصول هر کرت به‌طور جداگانه، خرمن‌کوبی و دانه‌ها از خورجین جدا شدند و با استفاده از ترازوی دقیق توزین و به کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند. عملکرد روغن دانه نیز از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن محاسبه شد. همچنین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک (Guerzoni, 2001; Xu, 2001) نیز اندازه‌گیری گردید. در سال دوم اجرای آزمایش، کرت‌ها پس از آماده‌سازی، نصف شده و در یکی از قسمت‌ها مجدد تیمارهای

به‌منظور تعیین جمعیت و جداسازی باکتری‌های ریزوسفری باید نمونه خاک ریزوسفری تهیه کرد. نمونه‌های خاک ریزوسفری از خاک منطقه اطراف ریشه گیاه کلزا مطابق با روش شن و همکاران (Shen, 2003) تهیه شد و طبق تعریف تحت عنوان خاک ریزوسفری در نظر گرفته شد (Chen, 2006; Shen, 2003). پس از پایان آزمایش در هر سال، سری رقت (10^{-2} تا 10^{-8}) تهیه و هر کدام از رقت‌ها بر روی محیط کشت مربوطه کشت شد و سپس جمعیت باکتری مورد بررسی قرار گرفت. جهت نمونه‌های خاک دارای *ازتوباکتر* از محیط کشت وینوگرادسکی استفاده گردید (Khosravi et al., 2007) و برای نمونه خاک‌های دارای *آزوسپریلیوم* از محیط کشت RC استفاده شد.

تعیین و تشخیص اسیدهای چرب به‌وسیله کروماتوگرافی گازی، دقیق‌ترین نتایج را ارائه می‌دهد. کروماتوگرافی گازی یک روش فیزیکی می‌باشد که برای جداسازی، شناسایی و اندازه‌گیری اجزای فرار به کار می‌رود. استرهای متیلی

فلزات سنگین منجر به کاهش تنوع و فعالیت میکروبی در خاک می‌شود (Lasat *et al.*, 2002; McGrath *et al.*, 2001). البته این نکته را باید مورد توجه قرار داد که پس از تلقیح باکتری‌ها در خاک، ریزجانداران به تعادل با سایر ریزموجودات خاک می‌رسند و طبیعتاً جمعیت آن‌ها کاهش می‌یابد ولی نسبت به تیمارهای بدون باکتری از جمعیت بالاتری برخوردار هستند.

مانند آرسینیک، مس، آهن، نیکل ولی در غلظت‌های بالاتر در طبیعت سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند (Sharma and Rehman, 2009). تحمل ریزجانداران موجود در خاک در برابر آلاینده‌ها متفاوت است. در بین گروه‌های متفاوت میکروبی موجود در خاک، باکتری‌های همزیست تثبیت کننده نیتروژن حساسیت بیشتری به آلودگی طولانی‌مدت فلزات سنگین دارند (Oliveira and Pampulha, 2006). در معرض قرار گرفتن طولانی‌مدت ریزجانداران در مقابل



شکل ۱- جمعیت باکتری‌ها در پایان آزمایش (۱۰^۶)

Figure 1. The population of bacteria at the end of the experiment (10⁶)

عمل کرده و باعث افزایش عملکرد زیستی گردد (جدول ۴ و ۵).

موررا و همکاران (Morera *et al.*, 2002) نشان دادند افزودن لجن فاضلاب (۸۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ تن در هکتار)، میانگین وزن خشک آفتاب‌گردان را به‌طور معنی‌داری نسبت به خاک شاهد (بدون لجن) افزایش داد. واثقی و همکاران (Vaseghi *et al.*, 2005) نیز نشان دادند که وزن خشک اندام‌هوایی اسفناج در خاک، متناسب با افزایش سطح کاربرد لجن فاضلاب (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ تن در هکتار) افزایش نشان داد که این افزایش برای همه تیمارها معنی‌دار بود. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2007) در پژوهشی که با سه سطح لجن فاضلاب (۲۵، ۵۰، ۱۰۰ تن در هکتار) و تیمار شاهد و در چهار زمان (۱، ۲، ۳ و ۴ سال کوددهی) انجام شد، افزایش وزن خشک اندام هوایی گندم را در اثر افزودن لجن فاضلاب گزارش کردند. افزایش

نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد اثر سال بر وزن خشک ساقه در سطح پنج درصد و بر عملکرد زیستی معنی‌دار نبود (جدول ۳). در اثر تیمار تلقیح باکتری، بیش‌ترین وزن خشک ساقه و عملکرد زیستی به‌ترتیب با مقادیر ۳۰/۱/۳۰ و ۸۴۰/۴۶ گرم در متر مربع از تیمار /زئوباکتر به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین وزن خشک ساقه و عملکرد زیستی به‌ترتیب با مقادیر ۳۱۱/۲۷ و ۸۸۳/۹۲ گرم در متر مربع از تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب به‌دست آمد. همچنین در بررسی اثر متقابل تیمارهای تلقیح و لجن-فاضلاب مشخص گردید، با افزایش سطوح لجن فاضلاب در تیمارهای تلقیح عملکرد زیستی و وزن خشک ساقه افزوده شد به طوری که بیش‌ترین عملکرد زیستی از تیمار /زئوباکتر و ۳۰ تن لجن فاضلاب با مقدار ۹۱۷/۸۳ گرم در متر مربع به-دست آمد که تیمار /زئوباکتر توانست بهتر از /زئوسپریوم

شاهد داشته است (Yasari et al., 2009). در مطالعه محققین مختلف (Kazemeini et al., 2010; Ngezimana et al., 2013) افزایش تعداد خورجین در بوته با افزایش مقادیر نیتروژن مصرفی گزارش گردید.

تعداد دانه در خورجین در تیمار /زتوباکتر و ۳۰ تن لجن-فاضلاب بیشترین مقدار (۲۸/۵۰ عدد) را به خود اختصاص داد و افزایشی حدود ۱۴ درصدی نسبت به تیمار بدون تلقیح نشان داد که در تیمار /زوسپریلیوم این افزایش در حدود ۸ درصد بود (جدول ۴ و ۵). افزایش تعداد دانه در خورجین، محدود است و بیش تر بستگی به طول غلاف دارد ولی اگرچه این صفت ژنتیکی است، ولی نتایج پژوهش نشان می‌دهد که عوامل محیطی نیز بر این صفت تأثیر گذارند. با تلقیح /زتوباکتر در گندم، در صفت تعداد دانه در خوشه ۲۳/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده کردند (Sirjani et al., 2011).

با مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای انجام شده بر وزن هزار دانه مشخص شد، تیمار /زوسپریلیوم و ۳۰ تن لجن-فاضلاب با مقدار ۲/۸۶ گرم دارای بیشترین مقدار بود و نسبت به همین تیمار بدون باکتری ۱۰ درصد افزایش نشان داد. البته تیمار /زتوباکتر و ۳۰ تن لجن‌فاضلاب نیز دارای مقدار ۲/۷۷ گرم بود و نسبت به شاهد خود ۷ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴ و ۵). حضور باکتری‌ها و همچنین وجود تغذیه مناسب به سبب حضور لجن‌فاضلاب که محتوی بسیاری از عناصر غذایی می‌باشد، علاوه بر افزایش رشد رویشی که عمدتاً به خاطر انتقال بهتر عناصر معدنی از خاک بوده و پوشش گیاهی مناسبی که تولید می‌شود، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش داشته و می‌تواند باعث تولید دانه‌های سنگین‌تری شود. سرعت فتوسنتز و وزن ۱۰۰۰ دانه در گیاه (*Phaseolus vulgaris* L.) که با /زوسپریلیوم تلقیح شده بودند (EL-Zeiny, 2007) بیش‌تر از تیمار شاهد بود. با بررسی اثر متقابل تیمارهای تلقیح و لجن‌فاضلاب بر صفت عملکرد دانه مشخص شد که تیمار /زتوباکتر و ۳۰ تن لجن-فاضلاب بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد و نسبت به شاهد خود ۱۹ درصد افزایش داشته و تیمار /زوسپریلیوم نیز در مقایسه با شاهد ۱۲ درصد افزایش یافته

وزن خشک بخش هوایی با کاربرد کمپوست لجن-فاضلاب می‌تواند به علت افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک بر اثر مصرف این کود باشد که در طول دوره رشد گیاه آزاد شده و از طریق بهبود وضعیت تغذیه معدنی گیاه، موجب افزایش رشد آن می‌شود. عملکرد زیستی بیانگر بیوماس کل اندام گیاه می‌باشد که بهبود جذب عناصر غذایی در افزایش آن مؤثر است. گزارش شده است که کاربرد کودآلی (به‌خصوص ورمی‌کمپوست و کمپوست) در رازیانه (Moradi et al., 2009) و تلقیح گیاه با /زتوباکتر و سودوموناس (Pakdel et al., 2011) باعث افزایش رشد پیکره رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد زیستی شده است. افزایش عملکرد زیستی را می‌توان به بالا بودن میزان ماده‌آلی در لجن‌فاضلاب و نقش مثبت لجن‌فاضلاب در افزایش غلظت برخی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نیز بهبود شرایط فیزیکی خاک نسبت داد. به نظر می‌رسد این عوامل منجر به افزایش باروری خاک و در نتیجه بهبود رشد گیاه شد.

اثر تیمارهای تلقیح و لجن‌فاضلاب بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تیمار /زتوباکتر و مصرف ۳۰ تن لجن‌فاضلاب در هکتار در هر دو صفت دارای بیشترین مقدار بود. در بررسی اثر متقابل تیمارهای تلقیح و لجن‌فاضلاب مشخص گردید تفاوت معنی‌داری در تعداد خورجین در بوته وجود ندارد ولی اثر سال در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد بیشترین تعداد خورجین در بوته از تیمار /زتوباکتر و ۳۰ تن لجن‌فاضلاب با مقدار ۲۳۰/۶۶ عدد به دست آمد که با تیمار /زتوباکتر و ۲۰ تن لجن‌فاضلاب با مقدار ۲۳۰/۳۳ عدد در گروه آماری مشابه قرار گرفت. نتایج نشان داد تلقیح با /زتوباکتر به همراه ۳۰ تن لجن‌فاضلاب نسبت به عدم تلقیح و ۳۰ تن لجن‌فاضلاب باعث افزایش حدود ۲۰ درصدی در تعداد خورجین در بوته شد. از جمله دلایل افزایش این صفت می‌تواند افزایش سطوح فتوسنتزی و کاهش میزان ریزش گل‌ها با تأمین عناصر مورد نیاز رشد کلزا باشد (Karamanos et al., 2006). در آزمایشی اثر /زتوباکتر بر کلزا مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که تعداد خورجین در بوته افزایش ۱۶/۰۵ درصدی نسبت به

کردن مواد غذایی و نیز بالاتر بودن درصد اسید چرب لینولئیک حاکی از بهبود ارزش روغن در تغذیه مستقیم می‌باشد (Khajehpour, 2005). از سوی دیگر، با افزایش درصد اسید لینولئیک در روغن‌های گیاهی، به سبب افزایش سرعت اکسید شدن و در نتیجه کاهش پایداری روغن و نیز افزایش طعم-های غیرطبیعی در روغن، از ارزش مصرفی آن کاسته می‌شود (Khajehpour, 2005; Mohammadi et al., 2007). با توجه به افزایش سطوح لجن فاضلاب و کاربرد باکتری‌ها بر میزان اسید لینولئیک (افزایش این اسید برای روغن خوراکی مطلوب نیست) افزوده می‌گردد ولی این افزایش به نسبت افزایش اسید اولئیک بسیار ناچیز بوده و در کل می‌تواند به سود تولید روغن مطلوب‌تر منجر گردد. اثر سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر درصد و عملکرد روغن در سطح یک درصد معنی‌دار شد. درصد روغن در تیمار شاهد (بدون تلقیح) دارای بیش‌ترین مقدار بود ولی در صفت عملکرد روغن (که از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست می‌آید) بیش‌ترین عملکرد روغن مربوط به تیمار/زئوباکتر با ۷۹۲/۷۰ کیلوگرم در هکتار بود. هم‌چنین بیش‌ترین عملکرد روغن در اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب از سطح ۳۰ تن در هکتار با مقدار ۸۶۰/۱۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با افزایش مقدار نیتروژن، شرایط بهتری برای سنتز پروتئین فراهم می‌شود و بنابراین مواد فتوسنتزی بیش‌تری جهت سنتز پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل هدایت هیدرات‌های کربن کاهش خواهد یافت. این عامل به طور مشخص موجب کاهش میزان روغن دانه می‌شود (Gaur, 2001). به‌طور کلی، در تمام دانه‌های روغنی، درصد روغن و پروتئین با هم همبستگی منفی دارند. کاهش درصد روغن ممکن است به علت اثر رقت ناشی از افزایش عملکرد دانه با افزایش کاربرد کود نیتروژنه و ارتباط معکوس با غلظت پروتئین و روغن باشد (Kutcher et al., 2005). این نتایج با نتایج سایر محققین همخوانی دارد (Ahmadi and Bahrani, 2009; Banga et al., 2007).

است (جدول ۴ و ۵). تأثیر تلقیح/زئوباکتر به‌ویژه همراه کود دامی آلی روی عملکرد محصولاتی مانند ذرت و ارزن مثبت بوده است (Martin et al., 2011). هم‌چنین در تحقیقی افزایش ۲۱/۱۷ درصدی عملکرد کلزا در تلقیح با باکتری/زئوباکتر نسبت به شاهد گزارش شده است (Yasari et al., 2009). با توجه به نتایج تحقیقات محققان، تلقیح با/زئوباکتر به‌طور متوسط باعث افزایشی معادل ۱۰ تا ۱۵ درصد در عملکرد دانه گیاهان مختلف به‌ویژه گندم شده است (Turan et al., 2011).

با توجه به این‌که اجزای عملکرد یعنی تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در اثر کاربرد باکتری‌ها و هم‌چنین کاربرد لجن فاضلاب هر کدام به تنهایی افزایش نشان دادند، افزایش عملکرد دانه دور از تصور نبود. باکتری‌های محرک رشد با تولید نیتروژن از یک سو و وجود مواد آلی و عناصر زیاد در لجن فاضلاب از سوی دیگر باعث افزایش غلاف‌های بارور شده و به سبب تحریک رشد رویشی، افزایش در سطح برگ، تأخیر در پیری گیاه و افزایش در طول دوره گل‌دهی را باعث شده که از طریق افزایش سطح فتوسنتزکننده، میزان آسیمیلات‌هایی که در اختیار جوانه‌های جانبی قرار می‌گیرد، افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث افزایش عملکرد می‌گردد.

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تیمارها بر درصد اسید اولئیک نشان داد، تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب و/زئوباکتر (۶۴/۲۷ درصد) بیش‌ترین مقدار اسید اولئیک را به خود اختصاص داد. نتایج نشان دادند که افزایش سطوح لجن فاضلاب و هم‌چنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش مقدار این اسید را سبب شد. هم‌چنین تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب و/زئوباکتر در صفت اسید لینولئیک با مقدار ۱۹/۵۷ درصد بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج به دست آمده با افزایش سطوح لجن فاضلاب به همراه استفاده از باکتری‌های محرک رشد، درصد اسید اولئیک افزایش یافت که این می‌تواند باعث پایداری بیش‌تر روغن گردد و به‌عنوان یک صفت مطلوب می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی افزایش درصد اسید اولئیک نشان-دهنده پایداری به دما و کیفیت روغن جهت سرخ

جدول ۳- تجزیه واریانس برخی صفات مورد مطالعه در کلزا

Table 3. Analysis of variance of some studied traits in rapeseed

منابع تغییر S.O.V	df	وزن خشک ساقه Stem dry weight	عملکرد زیستی Biological yield	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seeds in pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield
سال Year	1	15787.37778 *	57355.3778 ns	33062.50000 **	1276.900000 **	3.12853778 **	1502854.444 ns
تکرار (Replication)	2	1655.5444 **	3565.9111 **	180.07778 ns	132.400000 **	0.17726778 **	11947.778 ns
تلقیح (Inoculation)	2	21294.54444 **	21764.3111 **	15710.87778 **	65.700000 **	0.29227444**	1093587.778 **
لجن فاضلاب (Sewage sludge)(N)	4	22641.59444 **	81494.1389 **	3277.81667 **	40.427778 **	0.56392500**	2161513.889 **
I*N	8	715.46111 **	4200.9222 **	130.89167 ns	1.436111 ns	0.02668833 **	53248.889 **
Year * I	2	1544.01111 **	898.3111 ns	277.63333 ns	3.033333 ns	0.03312111 **	114147.778 **
Year * N	4	2360.35000 **	8912.9056 **	290.58333 ns	12.038889 **	0.03722389 **	165929.444 **
Year * I * N	8	541.81667 **	1436.0889 *	515.00833 **	1.630556 ns	0.03643222 **	16147.778 ns
Error	56	156.8206	562.8254	161.35317	1.861905	0.00585706	11659.68
CV %		4.50	2.91	6.41	5.63	2.99	5.18

* : معنی دار در سطح ۵ درصد، **: معنی دار در سطح ۱ درصد، ns: بدون تفاوت معنی دار

*: significant at 5% probability level ; **: significant at 1% probability level ; ns: non-significant

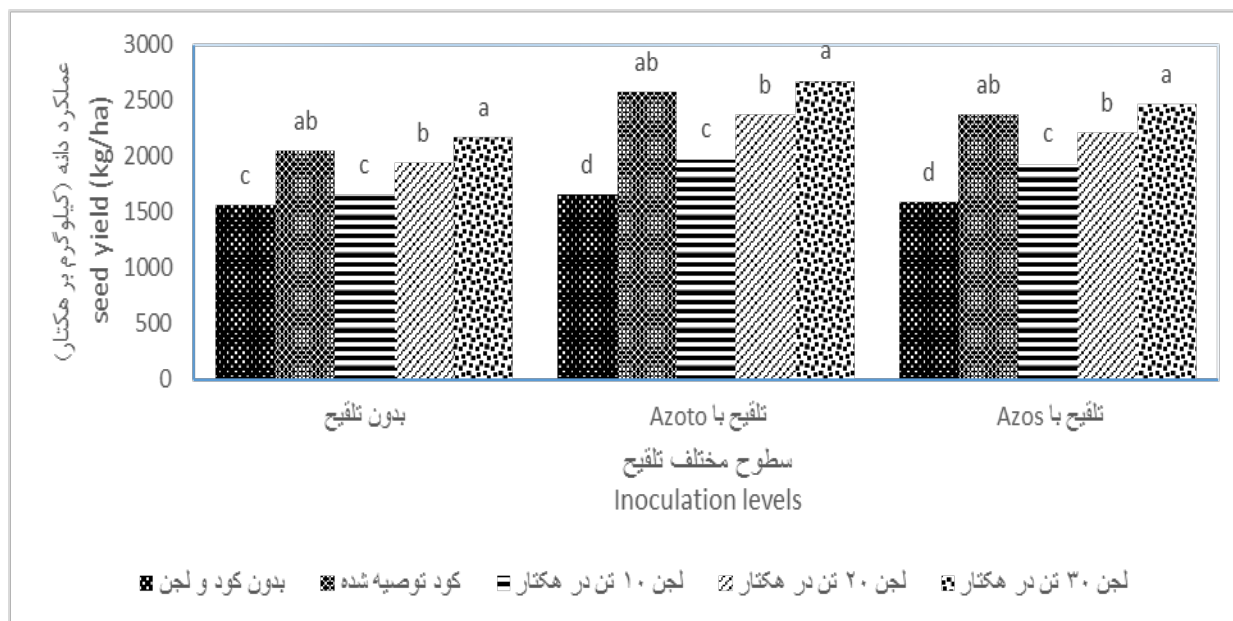
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر برخی صفات در گیاه کلزا

Table 4. Mean comparison of the effect of inoculation levels and sewage sludge on some traits in rapeseed

		وزن خشک ساقه Stem dry weight (gr/m ²)	عملکرد زیستی Biological yield (gr/m ²)	تعداد خورجین در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seeds in pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight (gr)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)						
سال Year	1	264.57	b	787.53	b	217.04	a	20.4	b	2.36	b	1953.56	b
	2	291.06	a	838.02	a	178.71	b	28.0	a	2.73	a	2212.00	a
تلقیح	بدون تلقیح (I1)	248.86	c	786.66	c	174.86	c	22.53	b	2.43	b	1877.67	c
	(I2) Azoto	301.30	a	840.46	a	220.63	a	25.23	a	2.59	a	2255.33	a
	(I3) Azos	283.30	b	811.20	b	198.13	b	24.93	a	2.61	a	2115.33	b
لجن فاضلاب	بدون کود و لجن	225.88	d	713.00	d	184.83	b	23.22	bc	2.33	c	1603.89	e
	توصیه کودی	301.55	a	835.88	b	202.83	a	24.22	b	2.66	b	2335.00	b
	لجن ۱۰ T/ha	257.33	c	779.88	c	182.11	b	22.72	c	2.40	c	1858.33	d
	لجن ۲۰ T/ha	293.05	b	851.16	b	210.33	a	24.38	b	2.61	b	2175.56	c
	لجن ۳۰ T/ha	311.27	a	883.94	a	209.27	a	26.61	a	2.74	a	2441.11	a

* اعدادی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون توکی تفاوت معنی داری ندارند

*Numbers followed by the same letter are not significantly different under Tukey test (P<0.05)



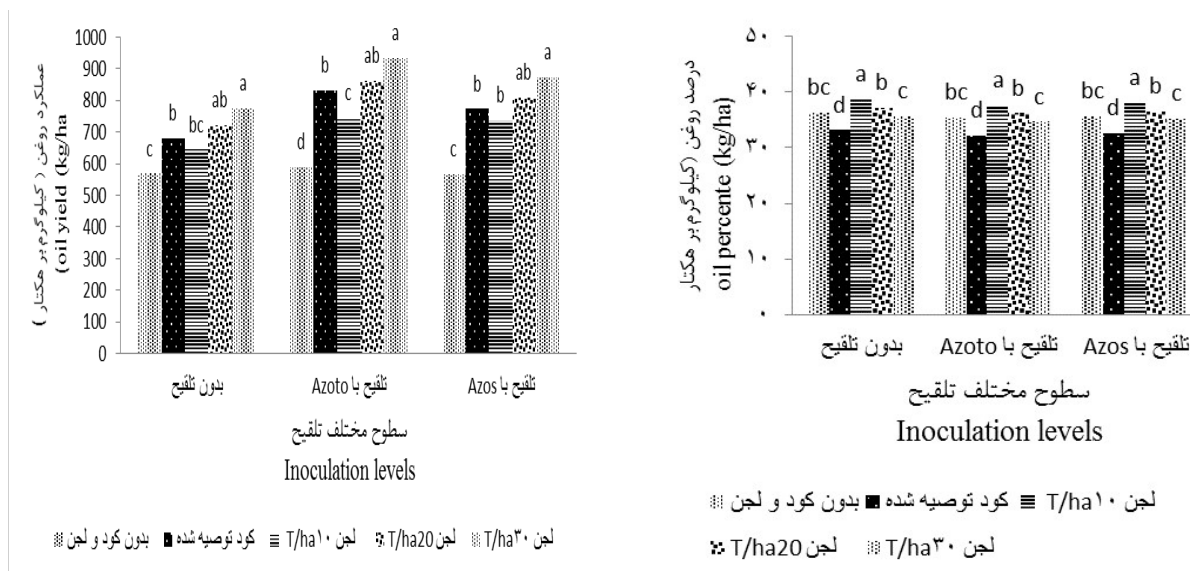
شکل ۲- اثر سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر عملکرد دانه کلزا

Figure 2. Effect of inoculation levels and sewage sludge on seed yield of rapeseed

در برخی آزمایش‌ها نیز درصد روغن گیاهان مختلف بر اثر تلقیح/زئوباکتر، بررسی شد که در اکثر آن‌ها افزایش محتوی روغن نسبت به شاهد (بدون تلقیح) مشاهده شد (El-Ghadban *et al.*, 2006). در بررسی عملکرد روغن در اثر متقابل تلقیح و لجن فاضلاب مشخص گردید، باکتری/زئوباکتر و ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بیش‌ترین عملکرد روغن را داشته است. با توجه به نتایج جدول ۷ افزایش عملکرد روغن دانه کلزا در تیمار/زئوباکتر و ۳۰ تن لجن-فاضلاب در مقایسه با شاهد بدون تلقیح حدود ۲۱ درصد افزایش نشان می‌دهد که این افزایش در تیمار مشابه تلقیح-شده با آزوسپریلیوم در حدود ۱۳ درصد بود. با توجه به این‌که نیتروژن تأثیر به‌سزایی در افزایش عملکرد دانه دارد، لذا در این بررسی افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد روغن در هکتار شد. نتایج، با نتایج حاصل از تحقیقات محققان دیگر (Esmail and Patwar dhan 2006;) مطابقت دارد.

(Rabiee *et al.*, 2012). اثر سطوح مختلف تلقیح و لجن فاضلاب بر درصد و عملکرد پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان دادند بیش‌ترین درصد و عملکرد پروتئین از تیمارهای توصیه کودی حاصل شد. البته در این صفت تیمارهای ۳۰ تن لجن فاضلاب و تلقیح با/زئوباکتر و آزوسپریلیوم در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۷). نتایج جدول ۷ نشان‌دهنده این است که در افزایش تولید پروتئین در کلزا با توجه به وجود مقادیر مناسبی از نیتروژن در لجن فاضلاب احتمالاً به دلیل این‌که تبدیل نیتروژن آلی به معدنی توسط باکتری‌ها به‌مرور انجام گرفته است، افزایش پروتئین و در دسترس بودن مقدار مناسب نیتروژن در پروتئین‌سازی نقش مهمی داشته و تیمارهای تلقیح و بدون تلقیح در سطوح لجن فاضلاب دارای اثرات محسوس نبوده است. با این حال با افزایش سطوح لجن فاضلاب و افزایش نیتروژن در دسترس که به دلیل فعالیت باکتری‌ها بوده است، عملکرد پروتئین افزایش نشان می‌دهد.

در برخی آزمایش‌ها نیز درصد روغن گیاهان مختلف بر اثر تلقیح/زئوباکتر، بررسی شد که در اکثر آن‌ها افزایش محتوی روغن نسبت به شاهد (بدون تلقیح) مشاهده شد (El-Ghadban *et al.*, 2006). در بررسی عملکرد روغن در اثر متقابل تلقیح و لجن فاضلاب مشخص گردید، باکتری/زئوباکتر و ۳۰ تن لجن فاضلاب در هکتار بیش‌ترین عملکرد روغن را داشته است. با توجه به نتایج جدول ۷ افزایش عملکرد روغن دانه کلزا در تیمار/زئوباکتر و ۳۰ تن لجن-فاضلاب در مقایسه با شاهد بدون تلقیح حدود ۲۱ درصد افزایش نشان می‌دهد که این افزایش در تیمار مشابه تلقیح-شده با آزوسپریلیوم در حدود ۱۳ درصد بود. با توجه به این‌که نیتروژن تأثیر به‌سزایی در افزایش عملکرد دانه دارد، لذا در این بررسی افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد روغن در هکتار شد. نتایج، با نتایج حاصل از تحقیقات محققان دیگر (Esmail and Patwar dhan 2006;) مطابقت دارد.



شکل ۳- اثر سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر درصد روغن کلزا
Figure 3. Effect of inoculation levels and sewage sludge on the oil percentage of rapeseed

شکل ۴- اثر سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر عملکرد روغن کلزا
Figure 4. Effect of inoculation levels and sewage sludge on the oil yield of rapeseed

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح تلقیح و لجن فاضلاب بر برخی صفات در کلزا

Table 5. Mean comparison of interaction effect of inoculation levels and sewage sludge on some traits in rapeseed

		درصد روغن Oil percentage (%)	عملکرد روغن oil yield (kg/ha)	درصد پروتئین Protein percentage (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg/ha)	اسید چرب اولئیک Oleic percentage (%)	اسید چرب لینولئیک Linoleic percentage (%)
بدون تلقیح	بدون کود و لجن	36.28	568.32	20.76	325.21	64.11	19.20
	توصیه کودی	33.18	680.65	27.32	560.49	64.12	18.88
	لجن ۱۰ T/ha	38.75	644.18	21.87	363.93	63.96	18.97
	لجن ۲۰ T/ha	37.11	721.26	23.16	448.48	64.00	19.25
تلقیح با Azoto	بدون کود و لجن	35.53	590.08	22.29	370.88	63.99	19.37
	توصیه کودی	32.28	833.05	29.97	772.20	64.06	19.15
	لجن ۱۰ T/ha	37.61	744.46	24.28	475.20	64.15	19.19
	لجن ۲۰ T/ha	36.20	863.13	26.35	617.70	64.21	19.43
تلقیح با Azos	بدون کود و لجن	35.73	566.50	21.92	347.09	63.95	19.30
	توصیه کودی	32.61	773.15	29.16	689.89	63.99	19.08
	لجن ۱۰ T/ha	38.06	738.30	24.38	468.10	64.00	19.15
	لجن ۲۰ T/ha	36.46	807.68	25.88	564.36	64.06	19.36

* اعدادی که دارای حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند

*Numbers followed by the same letter are not significantly different under Tukey test ($P < 0.05$)

ازتوباکتر افزایش ۱۹ درصدی در این صفت مشاهده شد. از طرفی تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد و افزایش تراکم جمعیت آن‌ها در ریزوسفر در حضور لجن فاضلاب با توجه به مطالعات مختلفی که نشان داده‌اند حدود ۵۰ تا ۹۰ درصد نیتروژن موجود در لجن فاضلاب آلی است، باعث اثرات مطلوبی بر عملکرد روغن در هکتار شد، به طوری که در تیمار ازتوباکتر و ۳۰ تن لجن فاضلاب، شاهد افزایش ۱۹ درصدی عملکرد روغن در هکتار نسبت به شاهد بودیم. البته باید به این نکته توجه داشته باشیم که در کنار تمام خصوصیات مثبت لجن فاضلاب، وجود آلودگی‌های عناصر سنگین و میکروبی باعث گردیده در استفاده از این ماده دقت بیشتری صورت پذیرد. با این حال این منابع مهم قابل استفاده برای تغذیه گیاهان را نه تنها، نباید به عنوان ضایعات دفع نشدنی تلقی کنیم، بلکه باید با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی و انجام تحقیقات بیشتر، زمینه را برای کاربرد ایمن آن فراهم کنیم.

تیمار ازتوباکتر در این صفت بهتر از آزوسپریلیوم ظاهر شده و در تیمار کود توصیه شده اثر ازتوباکتر حدود ۳۸ درصد افزایش و اثر آزوسپریلیوم حدود ۲۳ درصد افزایش در عملکرد پروتئین را نشان می‌دهد که این مقادیر برای تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب به ترتیب ۳۷ و ۲۵ درصد بوده است. نتایج تحقیق سجادی‌نیک و همکاران (Sajjadi Nik et al., 2012) حاکی از تأثیر مثبت کود زیستی نیتروکسین در افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی و نیز درصد و عملکرد پروتئین کنگد بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده، در این تحقیق از دو منبع تولید نیتروژن برای تغذیه و رشد گیاه کلزا یعنی لجن فاضلاب و باکتری‌های محرک رشد بهره گرفته شد. افزودن لجن فاضلاب به خاک اثرات مثبتی بر عملکرد زیستی و اجزای عملکرد داشت و باعث افزایش عملکرد دانه در هکتار شد، به طوری که در تیمار ۳۰ تن لجن فاضلاب و

منابع

- Ahmadi, M. and Bahrani, M. J. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5 (6): 755-761. **(Journal)**
- Banga, R. S., Bisht, R. S. and Yadav, A. 2007. Variation in growth rate and seed yield of *Brassica juncea* genotypes as affected by nitrogen levels. *Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, China*, 3: 246-247. **(Conference)**
- Basalma, D. 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4: 120-125. **(Journal)**
- Cakmakci, R., Erat, M., Erdoman, U. G. and Donmez, M. F. 2007. the influence of PGPR on growth parameters, antioxidant and pentose phosphate oxidative cycle enzymes in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170: 288-295. **(Journal)**
- Chen, Y. M., Wang, M. K., Zhuang, S. Y. and Chiang, P. N. 2006. Chemical and physical properties of rhizosphere and bulk soils of three tea plants cultivated in Ultisols. *Geoderma*, 136: 378-387. **(Journal)**
- El-Ghadban, E. A. E., Shalan, M. N. and Abdel-Latif, T. A. T. 2006. Influence of biofertilizers on growth, volatile oil yield and constituents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 84(3): 977- 992. **(Journal)**
- EL-Zeiny, O. A. H. 2007. Effect of biofertilizers and root exudates of two weed as a source of natural growth regulators on the growth and productivity of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agriculture and Biological Science*, 3(5): 440-446. **(Journal)**
- Esmaeil, Y. and Patwardhan, A. M. 2006. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizer application. *Asian Journal of Plant Science*, 5: 745-752. **(Journal)**

- Gaur, A. C. 2001. Effects of Azotobacterization on the yield of canola (*Brassica napus* L.): Laboratory experiment. Indian Society of Soil Science, 40: 19-22. **(Journal)**
- Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H. and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. Mycorrhiza, 16: 159-166. **(Journal)**
- Guerzoni, M. E., Lanciotti, R. and Cocconcelli, R. S. 2001. Alteration in cellular fatty acid composition as a response to salt, acid, oxidative and thermal stresses. Microbiology, 147: 2255-2264. **(Journal)**
- Hanh, T. H., Kim, J. Y., Bang, S. and Kim, K. W. 2010. Sources and fate of as in the environment. Geosystem Engineering, 13: 35-42. **(Journal)**
- Heshmatpure, N. and Yousefi Rad, M. 2012. The effect of PGPR (Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria) on phytoremediation of cadmiums by canola (*Brassica napus* L.) cultivars of Hyola 401. Annals of Biological Research, 3 (12): 5624-563. **(Journal)**
- Karamanos, R. E., Goh, T. B. and Poisson, D. P. 2006. Nitrogen, phosphorus and sulfur fertility of hybrid canola. Journal of Plant Nutrition, 28: 1145-1161. **(Journal)**
- Karami, M., Rezaiezhad, Y., Afyuni, M. and Shariatmadari, H. 2007. Cumulative and residual effects of sewage sludge on lead and cadmium concentration in soil and wheat. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 79-95. (In Persian)**(Journal)**
- Kaymak, H. A., Guvenc, I., Yarali, F. and Denmez, M. F. 2009. The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. Turkish Journal of Agriculture, 33: 173-179. **(Journal)**
- Kazemeini, S. A., Hamzehzarghani, H. and Edalat, M. 2010. The impact of nitrogen and organic matter on winter canola seed yield and yield components. Australian Journal of Crop Science, 4(5): 335-342. (In Persian)**(Journal)**
- Khajepour, M. R. 2005. Industrial Crops. Jahade-e-Daneshghahi Isfahan Press. (In Persian)**(Book)**
- Khosravi, H. 2007. Investigating the frequency and distribution of *Azotobacter* in agricultural soils of Tehran and studying some of its physiological characteristics. MSc Thesis. Tehran university. 111 page. **(Thesis)**
- Kutcher, H. R., Malhi, S. S. and Gill, K. S. 2005. Topography and management of nitrogen and fungicide affect diseases and productivity of canola. Agronomy Journal, 97(2): 533-541. **(Journal)**
- Lasat, M. M. 2002. Phytoextraction of toxic metals; a review of biological mechanisms. Journal of Environmental Quality, 31: 109-120. **(Journal)**
- Martin, X. M., Sumathi, C. S. and Kannan, V. R. 2011. Influence of agrochemicals and *Azotobacter* sp. application on soil fertility in relation to maize growth under nursery conditions. European-Asian Journal of Biosciences, 5: 19-28. **(Journal)**
- McGrath, S. P., Zhao, F. J. and Lombi, E. 2001. Plant and process in phytoremediation of metal contaminated soils. Plant and Soil, 232: 207-214. **(Journal)**
- Mohammadi, T., Azizi, M. H. and Taslimi, A. 2007. Relation of fatty acids composition with the stability of sunflower and canola oil blends. Journal of Food Science and Technology, 4: 67-76. **(Journal)**
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, C., Nasiri Mahalati, M. and Lakzaian, A. 2009. Effect of biological and organic fertilizers on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Agricultural Research, 7(2): 625-635. (In Persian)**(Journal)**
- Morera, M. T., Echeveria, J. and Garrido, J. 2002. Bioavailability of heavy metals in soil amended with sewage sludge. Canadian Journal of Soil Science, 82: 433-438. **(Journal)**
- Ngezimana, W. and Agenbag, G. A. 2013. Effects of nitrogen (N) and sulphur (S) on canola (*Brassica napus* L.) vegetative and reproductive growth under controlled conditions. African Journal of Agricultural Research, 8(39): 4887-4894. **(Journal)**
- Oliveira, A. and Pampulha, M. E. 2006. Effects of long-term heavy metal concentration on soil microbial characteristics. Journal of Bioscience and Bioengineering, 102: 157-161. **(Journal)**
- Ozyazici, M. A. 2013. Effects of sewage sludge on the yield of plants in the rotation system of wheat-white head cabbage-tomato. Eurasian Journal of Soil Science, 2: 35-44. **(Journal)**

- Pakdel, M., Malaki, A., Normohamadi, Gh. and Fazel S. H. 2011. PGPR effect of *Azotobacter* and *Pseudomonas aeruginosa* on yield and yield components of wheat in normal and drought conditions. *Journal of Crop Science*, 3(11): 107- 121. (In Persian)(**Journal**)
- Rabiee, M., Kavooosi, M. and Tousi Kehal, P. 2012. Effect of nitrogen fertilizer levels and their application time on yield and some agronomic traits of rapeseed (cv. Hyola 401) in winter cultivation in Guilan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources: Water and Soil*, 15(58): 199-212. (In Persian)(**Journal**)
- Raymer, P. L. 2002. Canola: on emerging oilseed crop. In: Trends in new crops and new uses. Ganick, J. and Whipkey, A. ASHS Press. Alexandria, VA, 122-126. (**Book**)
- Sadhasivam, S., Savitha, S. and Swaminathan, K. 2007. Exploitation of *Trichoderma harzianum* mycelial waste for the removal of rhodamine 6G from aqueous solution. *Journal of Environmental Management*, 5: 155-161. (**Journal**)
- Shaharoon, B., Arshad, M., Zahir, Z. A and Khalid, A. 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing acc-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2971-2975. (**Journal**)
- Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agro bios, India. (**Book**)
- Sharma, A. K. and Rehman M. B., 2009. Laboratory scale approach, *Indian Journal of Microbiology*, 48: 142-146. (**Journal**)
- Sharma, S. 2012. Bioremediation: features, strategies and applications. *Asian Journal of Pharmacy and Life Science*, 2 (2): 46-59. (**Journal**)
- Shen, J., Rengel, Z., Tang, C. and Zhang, F. 2003. Role of phosphorus nutrition in the development of cluster roots and release of carboxylate in soil grown *Lupinus albus*. *Plant and Soil*, 248: 199-206. (**Journal**)
- Sirjani, A., Farahbakhsh, H., Ravari, Z., Pasandipour, N. and Karami, A. 2011. Investigation the effect of biofertilizer consumption, zinc sulfate and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative yield of wheat. *Iranian Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 25(2): 125-135. (In Persian)(**Journal**)
- Teparut, C. and Sthiannopkao, S. 2011. Mae Moh lignite mine and environmental management. *Geosystem Engineering*, 14: 85-94. (**Journal**)
- Turan, M., Gulluce, M., Karadayi, M., Baris, O. and Sahin, F. 2011. Role of soil enzymes produced by PGPR strains in wheat growth and nutrient uptake parameters in the field conditions. *Abstracts/Current Opinion in Biotechnology*, 22: 15-152. (**Journal**)
- Vaseghi, S., Afyouni, M., Shariat Madari, H. and Mobli, M. 2005. Effect of sewage sludge on some macronutrients concentration and soil chemical properties. *Journal of Water and Wastewater*, 53: 18-25. (In Persian)(**Journal**)
- Violent, H. G. M. and Portugal, V. O. 2007. Alternation of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. *Scientia Horticulturae*, 113: 103-106. (**Journal**)
- Xu, N., Zhang, X., Fan, X., Han, L. and Zeng, C. 2001. Effect of nitrogen source and concentration on growth rate and fatty acid composition of *Ellipsioidion* sp. (Eustigmatophyta). *Journal of Applied Physiology*, 13: 463-469. (**Journal**)
- Yasari, E., Azadgoleh, M. R., 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*, 15: 12(2): 127-33. (**Journal**)
- Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Application and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81: 97-168. (**Journal**)



The effect of seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and application of urban sewage sludge on some of the qualitative and quantitative characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.)

Mehdi Taheri Asghari¹, Seyed MohammadReza Ehteshami^{2*}, Jafar Asghari², Kazem Khavazi³

Received: September 13, 2017

Accepted: February 18, 2018

Abstract

To investigate the effect of *Azotobacter*, *Azospirillum*, and application of urban sewage sludge on some of the qualitative and quantitative characteristics of the Rapeseed (*Brassica napus* L.), an experiment was carried out in Tehran/Iran during 2014-2015 and 2015-2016 growing seasons. The treatments were arranged as factorial based on a random complete block design with three replications. The seed inoculation treatments comprised of control (without inoculation), seed inoculation with *Azotobacter chroococcum*, inoculation with *Azospirillum*, and inoculation with *Brasilense*. The fertilizer treatments comprised of control, nitrogen fertilizer, recovered sewage sludge at 10, 20 and 30 tons per hectare. The results indicated that the effect of inoculation and sewage sludge on stem dry weight, biological yield, number of pods per plant, number of seeds in the pod, 1000 seed weight, seed yield and acid oleic and linoleic percent was significant at (1% level). The results indicated that the highest oil seed in canola was obtained at 10 ton sewage sludge and non-inoculation treatment (38.75 %). The highest oil yield of 932.8 kg/ha was obtained at 30 ton sewage sludge and inoculation with *Azotobacter* treatment. Urban sewage sludge application was effective on the qualitative and quantitative yield of *Brassica napus* and inoculation with *Azotobacter* had a better effect than *Azospirillum* on the traits being investigated such as oil and protein yield.

Key words: Fatty acids, Oil and protein yield, Seed yield

How to cite this article

Taheri Asghari, M., Ehteshami, S. M. R., Asghari, J. and Khavazi, K. 2018. The effect of seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and application of urban sewage sludge on some of the qualitative and quantitative characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(4): 73-86. (In Persian)(**Journal**)

DOI: [10.22124/jms.2018.2519](https://doi.org/10.22124/jms.2018.2519)

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. Ph.D student of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

2. Faculty members, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

3. Faculty member, Research Institute of Soil and Water, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding author Email: smrehteshami@yahoo.com