

پر شدن دانه و ترکیب برخی اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus L.*) با کاربرد کودهای زیستی و قطع آبیاری

حسین وطن دوست^۱، رئوف سیدشریفی^{۲*}، سلیم فرزانه^۳، داود حسن پناه^۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۵

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- عضو هیات علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com

چکیده

تأثیر قطع آبیاری، کودهای زیستی بر مولفه‌های پر شدن دانه، محتوای کلروفیل و ترکیب برخی اسیدهای چرب روغن کلزا رقم جاکومو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ ارزیابی گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل آبیاری در سه سطح، آبیاری کامل یا شاهد، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله گلدهی و تشکیل خورجین، قطع آبیاری در ۵۰ درصد مرحله تشکیل دانه و کاربرد کودهای زیستی در چهار سطح، عدم تلقیح بذر با باکتری، تلقیح با نیتروباکتر، سودوموناس و آزوسپیریوم بودند. نتایج نشان داد با اعمال محدودیت آبی، عملکرد، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، سرعت و طول دوره پر شدن دانه، اسید اولئیک، اسید لینولنیک و رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش ولی میزان اسید چرب اروسیک و پالمیتیک افزایش یافت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد (۱/۶۲ تن در هکتار)، تعداد دانه در خورجین (۳۰/۶۶)، تعداد خورجین در بوته (۷۶)، طول دوره پر شدن دانه (۵۴/۴۲ روز)، کلروفیل a (۲۳/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۲۹/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، اسید اولئیک (۶۹/۲۴ درصد) و اسید لینولنیک (۱۱/۵۴ درصد) در حالت تلقیح با آزوسپیریوم و آبیاری کامل به دست آمد. بیش‌ترین میزان اسید اروسیک (۲/۸۹ درصد) و اسید پالمیتیک (۴/۵۶ درصد) در عدم تلقیح و قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه مشاهده گردید. همچنین قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین و مرحله تشکیل دانه به ترتیب عملکرد دانه را ۶۶ و ۴۰/۴ درصد کاهش داد و استفاده از باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریوم، سودوموناس و نیتروباکتر در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به ترتیب ۵۳/۷، ۹/۲ و ۴۴/۴ درصد و در مرحله تشکیل دانه به ترتیب ۶۵/۵، ۳۱ و ۱۷/۲ درصد باعث افزایش عملکرد گردیدند. براساس نتایج، به نظرمی‌رسد کاربرد آزوسپیریوم در شرایط آبیاری کامل و محدودیت آبی می‌تواند به عنوان بهترین تیمار برای سودمندی تولید کلزا پیشنهاد گردد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی، سرعت پر شدن دانه، کلزا، محدودیت آبی، مدل خطی

Grain Filling and Some Fatty Acids Composition of Canola (*Brassica napus* L.) with Application of Bio-Fertilizers and Irrigation withholding

Hossein Vatan Doost¹, Raouf Seyed Sharifi^{*2}, Salim Farzaneh² Davood Hasan Panah³

Received: February 28, 2017 Accepted: September 16, 2017

1- PhD Student of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3- Scientific Member of Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran.

*Corresponding Author: Email: Raouf_ssharifi@yahoo.com

Abstract

The effect of irrigation withholding and bio-fertilizers on grain filling components, chlorophyll content and some fatty acids composition Giacomo cultivar of canola, was studied by factorial experiment based on randomized complete block design with three replications in Agricultural Research Station of Ardabil in 2015-2016. Experimental factors were included irrigation in three levels, full irrigation or control, irrigation withholding at 50% of flowering and pod formation stage, irrigation withholding at 50% of grain formation stage and application of bio fertilizers in four levels, no inoculation, inoculation with *Nitrobacter*, *Pseudomonas* and *Azospirillum*. Results showed that water limitation decreased yield, number of grain per pod, number of pod per plant, rate and grain filling period, oleic acid, linolenic acid and photosynthetic pigment. Whereas erucic acid and palmetic acid content were increased. Means comparison showed that the highest of yield (1.62 ton.ha⁻¹), number of grain per pod (30.66), number of pod per plant (76), grain filling period (54.42 days), chlorophyll a (23.33 mg.g⁻¹ FW), total chlorophyll (29.83 mg.g⁻¹ FW), oleic acid (69.24%) and linolenic acid (11.54%) were obtained in inoculation with *Azospirillum* and full irrigation. The highest content of erucic acid (2.89 %) and palmetic acid (4.56 %) were observed at no inoculation and irrigation withholding in grain formation stage. Also irrigation withholding in flowering and pod formation stage and grain formation stage decreased 46% and 40.4% respectively from grain yield and application of *Azospirillum*, *Pseudomonas* and *Nitrobacter* increased grain yield 53.7%, 9.2% and 44.4% respectively in flowering and pod formation stage and 65.5%, 31% and 17.2% respectively in grain formation stage. According to the results, it seems that *Azospirillum* application can be suggested as the best treatment for profitable canola production under full irrigation and water limitation condition.

Keywords: Canola, Linear Model, Photosynthetic Pigment, Rate of Grain Filling, Water Limitation

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند و کلزا به علت داشتن ۴۰ تا ۴۸ درصد روغن و ۳۸ تا ۴۵ درصد پروتئین در کنجاله به عنوان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است (کیمبر و مک‌گریگور ۲۰۰۰).

محدودیت آبی یکی از اساسی‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که موجب کاهش رشد و عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌گردد (ردی و همکاران ۲۰۰۴). انگادی و کاتفورس (۲۰۰۳) در بررسی تأثیر محدودیت آبی در ارقام کلزا گزارش کردند که بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه همزمان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی اتفاق می‌افتد و مرحله گلدهی و تشکیل خورجین حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی می‌باشد. نتایج پژوهش‌های کیفوما و همکاران (۲۰۰۶) در کلزا نشان داد که محدودیت آبی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به دلیل کاهش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها تأثیر منفی بر عملکرد دانه دارد. کومار و پائول (۱۹۷۷) گزارش کردند که تنش آبی در دو مرحله گلدهی و پر شدن دانه در ارقام مختلف کلزا به دلیل کاهش مقدار کلروفیل a و b موجب کاهش عملکرد دانه شد. درصد روغن در شرایط آب و هوایی معتدل و خنک نسبت به شرایط آب و هوایی گرم و خشک، به دلیل افزایش طول دوره رشد و طول مدت زمان سنتز روغن، بیشتر است. در ضمن تنش خشکی و نامنظم بودن آبیاری‌ها، درصد اسیدهای چرب اشباع را افزایش می‌دهند. در حالی‌که دسترسی به آب آبیاری و یا مناسب بودن بارندگی‌ها در منطقه، درصد اسیدهای چرب اشباع نشده را افزایش می‌دهند (سید شریفی ۲۰۱۵). روغن کلزا حدود ۶۱ درصد اسید چرب اولئیک، مقدار کمی اسید چرب اشباع و میزان متوسطی از اسید چرب غیراشباع نظیر اسید لینولئیک و اسید لینولنیک را داراست (نلدا و همکاران ۲۰۰۷). کیفیت روغن کلزا با

ترکیب اسیدهای چرب نظیر اسید لینولئیک، اسید لینولنیک، اسید اولئیک، اسید استئاریک، اسید اروسیک و اسید پالمیتیک تعیین می‌شود (رینارد و مک‌گریگور ۱۹۷۶). توحیدی‌مقدم و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تنش خشکی میزان روغن و اسید لینولئیک کلزا را کاهش داد. مکیل و همکاران (۱۹۹۹) بیان داشتند که تنش خشکی میزان اسید پالمیتیک آفتابگردان را افزایش و میزان اسیدهای چرب غیراشباع را کاهش داد.

یکی دیگر از آثار محدودیت آبی به هم خوردن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است و در این راستا کاربرد کودهای زیستی نه تنها مقاومت گیاه را در برابر شرایط تنش‌زای مختلف محیطی مانند کمبود آب و عناصر غذایی افزایش می‌دهند (سیدشریفی و نامور ۲۰۱۶)، بلکه میکروارگانسیم‌های از بین رفته خاک را نیز جبران می‌کنند (گلیک و همکاران ۲۰۰۱). از این رو تلقیح بذر با کودهای زیستی و افزایش جمعیت آن‌ها می‌تواند مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب، عناصر غذایی و سمیت عناصر سنگین را افزایش دهد (وو و همکاران ۲۰۰۵). ترشح مواد تنظیم کننده و تحریک کننده رشد توسط کودهای زیستی (جرمن و همکاران ۲۰۰۰) و تولید آنزیم ACC دآمیناز (یانگ و همکاران ۲۰۰۹a) مهم‌ترین عامل افزایش رشد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه گزارش شده است. گائور (۲۰۰۱) گزارش کرد که تلقیح کلزا با باکتری‌های محرک رشد در شرایط محدودیت آبی موجب افزایش عملکرد دانه کلزا شد. یساری و همکاران (۲۰۰۹) افزایش ۲۱/۱۷ درصدی عملکرد دانه‌ی کلزا را در تلقیح با باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با شاهد گزارش کردند. راجندران و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوی کلروفیل برگ می‌شود. شهااتا و ال‌خاواس (۲۰۰۳) در آفتابگردان و سیدشریفی (۲۰۱۶) در سویا گزارش کردند که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب کاهش اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک اسید و استئاریک اسید)

و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع (اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک) شد.

وزن نهایی دانه به عنوان یکی از اجزاء تعیین کننده عملکرد دانه به دو عامل سرعت و طول دوره‌ی پر شدن دانه از مواد پرورده بستگی دارد که نتیجه‌ی آن افزایش وزن خشک دانه است (بردار و همکاران ۲۰۰۸). دوره پر شدن دانه یک جزء تعیین کننده‌ی زمان رسیدگی و مرحله اصلی تشکیل عملکرد است. طولانی بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد. خسروی و همکاران (۲۰۱۴) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه آفتابگردان شدند. لاولور و کرنیک (۲۰۰۲) اظهار داشتند که محدودیت آبی می‌تواند با کاهش تولید مواد فتوسنتزی، موجب اختلال در انتقال مواد و عناصر غذایی به دانه شود. نیاز روز افزون کشور به روغن و توسعه کشت کلزا در بیشتر مناطق به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک موجب شده است که بخشی از دوران رشدی این گیاه با محدودیت آبی مواجه گردد و این در حالی است که باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در تعدیل یا کاهش بخشی از اثرات ناشی از محدودیت آبی تأثیرگذار باشند. در این راستا این بررسی با هدف کاهش یا تعدیل اثر محدودیت آبی بر برمولفه‌های پر شدن دانه، محتوای کلروفیل و ترکیب برخی اسیدهای چرب روغن کلزا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل با مختصات جغرافیایی 38° و $30'$ طول شرقی و 38° و $15'$ عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا

گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سطوح مختلف آبیاری، آبیاری کامل به عنوان شاهد، قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها به گل نشست‌اند به عنوان محدودیت شدید آبی، قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه زمانی که ۵۰ درصد بوته‌ها در این مرحله‌اند به عنوان محدودیت ملایم آبی) و کاربرد باکتری‌های محرک رشد در چهار سطح، عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح با نیتروباکتر، سودوموناس پوتیدا استرین ۱۸۶ و آزوسپیریوم لیپوفرورم استرین OF بودند. باکتری‌ها از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. رقم مورد استفاده کلزا رقم جاکومو بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه گردید. این رقم جزء ارقام هیبرید جدید و بهاره می‌باشد که از ویژگی‌های نظیر یکنواختی سبز شدن، یکنواختی در گلدهی و رسیدن خورجین‌ها و عملکرد بالا برخوردار می‌باشد. برای تلقیح بذر، میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال بود استفاده گردید. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذر را به مدت چهار ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. زمان کاشت ۲۴ فروردین ماه بود. در طول اجرای آزمایش کود شیمیایی خاصی استفاده نشد. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی و سطوح مختلف محدودیت آبی انجام شد. در سال اجرای آزمایش بارندگی موثر در زمان اعمال تنش در حدی نبود که بتواند بر تیمارهای آزمایشی اثر گذار باشد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصه	آهک	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیترژن	فسفر		پتاسیم	pH	درصد اشباع	بافت
							(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)				
میزان	۱/۲۵	۳۷/۵	۲۰	۴۲/۵	۰/۲۹	۰/۱۶۸	۲۶/۶	۵۸۴	۷/۶۲	۵۴/۹	لومی رسی	

کاشت با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع در کرت‌هایی که حاوی پنج ردیف کاشت به طول شش متر بود با فاصله بین ردیفی ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ای پنج سانتی‌متر انجام شد. به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر مولفه‌های پر شدن دانه، نمونه‌برداری از ۱۸ روز بعد از خورجین‌بندی در فواصل زمانی هر ۷ روز یک بار از بین بوته‌هایی که به ظاهر مشابه و یکنواخت بوده و قبلاً در خطوط اصلی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای علامت‌گذاری شده بودند انجام شد. هر بار سه بوته از هر کرت انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خورجین جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (رونائینی و همکاران ۲۰۰۴). به منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمک رویه DUD و برنامه Proc NLIN نرم افزار SAS بر اساس رابطه ۱ استفاده گردید.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases} \quad \text{رابطه [۱]}$$

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه، t₀ پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t₀ که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله (t < t₀) سرعت

پر شدن دانه را نشان می‌دهد (الیس و پاتیا فیلهو ۱۹۹۲). با برآزش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t₀) به دست آمده و سپس مقدار عددی t₀ در قسمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید.

رنگدانه‌های فتوسنتزی با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹) و براساس روابط دو تا چهار اندازه‌گیری شدند.

$$a = \frac{V}{100} W (A_{713} \times 0.186 - A_{713} \times 0.193) = \text{کلروفیل a}$$

رابطه [۲]

$$b = \frac{V}{100} W (A_{713} \times 3.7 - A_{713} \times 0.193) = \text{کلروفیل b}$$

رابطه [۳]

$$\text{کلروفیل کل} = \text{کلروفیل a} + \text{کلروفیل b}$$

رابطه [۴]

در این روابط V حجم استون استفاده شده و W وزن نمونه گیاهی استفاده شده است.

اسیدهای چرب بر اساس روش AOAC (۱۹۹۰) استخراج شدند. زمان برداشت ۲۷ مرداد ماه بود. در زمان رسیدگی تعداد ۱۰ بوته به ظاهر یکنواخت و مشابه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده برداشت گردید. سپس تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته بر روی این بوته-های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. عملکرد دانه از سطحی معادل یک متر مربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید. برای تجزیه داده‌ها از نرم افزار SAS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر سطوح آبیاری و باکتری‌های محرک رشد بر تمام صفات (به جز طول دوره پر شدن دانه) معنی‌دار گردید. اثر ترکیب تیماری محدودیت آبی در باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، کلروفیل a، کلروفیل کل، اسید اروسیک، اسید اولئیک، اسید لینولنیک، اسید پالمیتیک و طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار شد (جدول ۲).

تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین:

بیش‌ترین تعداد خورجین در بوته (۷۶ عدد) و تعداد دانه در خورجین (۳۰/۶۶ عدد) در حالت آبیاری کامل و کاربرد آزوسپیریوم و کم‌ترین آن‌ها به ترتیب (۶۰/۶۶ و ۱۹ عدد) در شرایط عدم تلقیح و اعمال تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به دست آمد (جدول ۳). تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین یکی دیگر از مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار در عملکرد دانه می‌باشند و هر عاملی که موجب کاهش این صفات گردد، باعث کاهش عملکرد می‌گردد (چما و مالیک ۲۰۰۱). مجیدی و همکاران (۲۰۱۵) در شرایط تنش خشکی علت اصلی کاهش تعداد دانه در خورجین در مرحله گرده افشانی را به عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها نسبت دادند. دکاستا و شانموگاتسون (۲۰۰۲) اظهار داشتند محدودیت آبی موجب کاهش تعداد دانه، وزن دانه و تعداد نیام سویا می‌شود و یساری و همکاران (۲۰۰۸) افزایش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین را به واسطه‌ی تلقیح بذر با باکتری‌های آزوسپیریوم و ازتوباکتر نسبت به شاهد گزارش کردند.

محتوای کلروفیل: بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۲۳/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۲۹/۸۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در ترکیب تیماری

آبیاری کامل و تلقیح بذر با آزوسپیریوم و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۱۴/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۱۸/۱۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شرایط عدم کاربرد باکتری محرک رشد و قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر محدودیت آبی نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۵/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین این صفت (۴/۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین مشاهده گردید. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل b (به ترتیب ۵/۹۲ و ۴/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در حالت تلقیح با آزوسپیریوم و عدم تلقیح به دست آمد (جدول ۴). کاهش میزان کلروفیل نشان دهنده واکنش گیاه به تنش خشکی می‌باشد (بیات و همکاران ۲۰۰۹). مجیدی و همکاران (۲۰۱۵) نیز کاهش میزان کلروفیل کلزا را به واسطه‌ی تنش خشکی گزارش کردند. تامبوسی و همکاران (۲۰۰۰) اظهار داشتند که در شرایط تنش به واسطه‌ی افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز، افزایش ترکیبات فنلی و کاهش جذب نیتروژن، از غلظت کلروفیل برگ کاسته می‌شود. دسینگ و کاناکاراج (۲۰۰۷) گزارش کردند که در شرایط تنش، تنش اکسیداتیو ناشی از افزایش محتوای گونه‌های فعال اکسیژن موجود با آسیب بر ساختار کلروپلاست، موجب کاهش غلظت کلروفیل می‌شود. حبیب‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی کلزا می‌شود. ماریوس و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که باکتری‌های محرک رشد به دلیل سهولت دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی بیشتر، موجب افزایش میزان ساخت رنگیزه‌ها در گیاهان می‌شوند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر سطوح آبیاری و باکتری‌های محرک رشد بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی کلزا

میانگین مربعات

عسلکرد دانه	طول دورهی پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	حیاکثر وزن دانه	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	پالمیک	کلروفیل	کلروفیل a	کلروفیل b	تعداد خارجین در بوته	تعداد دانه در خارجین	درجه آزایی	منابع تغییر
				اولئیک	لینولئیک	پالمیک	اسید	اسید	اروسیک	کل	کلروفیل	کلروفیل a	کلروفیل b	تعداد خارجین در بوته	تعداد دانه در خارجین	درجه آزایی
۰/۰۹ ^{**}	۲/۴۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶ ^{**}	۵۳/۹۳ ^{**}	۹/۱۵ ^{**}	۲/۸۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ^{**}	۱۴/۴۸ ^{**}	۱۴/۴۵ ^{**}	۱۴/۰۶ ^{**}	۵۶/۰۵ ^{**}	۷/۸۶ ^{**}	۷/۸۶ ^{**}	۲	۲	تکرار
۱/۲۰ ^{**}	۴/۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶ ^{**}	۷۷/۸۳ ^{**}	۱۷/۷۱ ^{**}	۰/۱۷/۰ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ^{**}	۹۳/۶۳ ^{**}	۶۱/۰۵ ^{**}	۶۱/۰۵ ^{**}	۱۶۱ ^{**}	۷۵/۰۳ ^{**}	۷۵/۰۳ ^{**}	۲	۲	سطوح آبیاری
۰/۲۲۳ ^{**}	۱/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{**}	۱۹/۲۲ ^{**}	۴/۹ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۴ ^{**}	۴۸/۷۵ ^{**}	۴/۹۳ ^{**}	۳۲/۶ ^{**}	۹۴/۹۱ ^{**}	۵۵/۰۳ ^{**}	۵۵/۰۳ ^{**}	۲	۲	باکتری‌های محرک رشد
۰/۰۹۵ ^{**}	۶/۹ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۵/۷۳ ^{**}	۵/۳۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵ ^{**}	۵/۳۹ ^{**}	۰/۱۴ ^{ns}	۴/۵ ^{**}	۱۴/۳ ^{**}	۱۱/۰۶ ^{**}	۱۱/۰۶ ^{**}	۶	۶	سطوح آبیاری × باکتری
۰/۰۰۱	۱/۳۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۷۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۰۰۰۶	۰/۶۳	۰/۲۴	۰/۳۴	۱/۴۰۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۲۲	۲۲	اشتباه آزمایشی
۳/۹۲	۵/۱۵	۸/۶۹	۴/۸۹	۵/۴	۴/۷۹	۳/۵۹	۲/۸۳	۳/۵۷	۷/۴	۹/۸۴	۴/۶۶	۳/۶۶	۳/۶۶	-	-	ضریب تغییرات (%)

^{**}، ^{ns} و ^{ns} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد

جدول ۳- مقایسه میانگین های ترکیب تیماری آبیاری و باکتری های محرک رشد بر عملکرد، رنگدانه های فتوسنتزی و دوره پر شدن دانه کلزا

ترکیب تیماری	عملکرد (تن در هکتار)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	طول دوره پر شدن دانه (روز)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)	معادلات برازش شده برای پر شدن دانه
عدم تلقیح	۰/۹۲ d	۷۴ ab	۲۵/۳۳ c	۵۱/۵۲ bc	۱۷ de	۲۱/۳۶ de	$Y = -0.00021 + 0.000121X$
آبیاری کامل	۱ c	۷۵ ab	۲۶/۳۳ bc	۵۲/۴۱ bg	۱۸ cd	۲۳/۶ c	$Y = -0.00067 + 0.000149X$
سودوموناس	۱/۵ b	۷۵/۶۶ a	۲۷/۳۳ b	۵۲/۶ abc	۲۱/۳۲ b	۲۷/۰۶ b	$Y = -0.00083 + 0.000147X$
آزوسپیریوم	۱/۶۲ a	۷۶ a	۳۰/۶۶ a	۵۴/۴۲ a	۲۳/۳۳ a	۲۹/۸۳ a	$Y = -0.00051 + 0.000151X$
قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین	عدم تلقیح	۰/۵۴ h	۶۰/۶۶ f	۱۹ f	۱۴/۳۳ g	۱۸/۱۴ g	$Y = -0.00005 + 0.00009X$
نیتروباکتر	۰/۷۸ ef	۶۴/۳۳ e	۲۶/۳۳ bc	۵۲/۲۳ bc	۱۵/۶ f	۱۹/۹۶ f	$Y = -0.00005 + 0.000103X$
سودوموناس	۰/۵۹ h	۷۰ d	۲۷/۶۶ b	۵۲/۹۵ ab	۱۶/۰۶ ef	۲۰/۱۶ ef	$Y = 0.000234 + 0.000094X$
آزوسپیریوم	۰/۸۳ e	۷۰ d	۲۶/۳۳ bc	۵۲/۲۴ bc	۱۶/۷۳ e	۲۲/۱ d	$Y = 0.000143 + 0.000114X$
قطع آبیاری در مرحله تشکیل دانه	عدم تلقیح	۰/۵۸ h	۷۱ d	۲۰ ef	۱۵/۴۳ f	۱۹/۶ f	$Y = -0.00007 + 0.000098X$
نیتروباکتر	۰/۶۸ g	۷۱/۶۶ cd	۲۳/۳۳ d	۵۰/۸۵ cd	۱۶/۳۳ ef	۲۱/۳۶ de	$Y = -0.00038 + 0.000126X$
سودوموناس	۰/۷۶ f	۷۱/۳۳ cd	۲۱/۳۳ e	۵۲/۱۶ bc	۱۶ ef	۲۰/۹۳ def	$Y = -0.00031 + 0.000129X$
آزوسپیریوم	۰/۹۶ cd	۷۳/۳۳ bc	۲۵ c	۵۳/۰۸ ab	۱۸/۰۳ c	۲۳/۹۳ c	$Y = -0.00065 + 0.000139X$
LSD 5%	۰/۰۵	۲	۱/۵۴	۱/۹	۱	۱/۳۵	-

میانگین های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند.

نشان داد. همچنین با کاربرد باکتری های محرک رشد نسبت به عدم کاربرد آنها سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر محدودیت آبی و باکتری های محرک رشد نشان داد که بیشترین وزن دانه و سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۶۹ گرم و ۰/۰۰۰۱۵۵ گرم در روز) در شرایط آبیاری کامل و کمترین این صفات (به ترتیب ۰/۰۰۵۵ گرم و ۰/۰۰۰۱۱۸ گرم در روز) در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به دست آمد (جدول ۴). به بیانی دیگر در تیمارهایی که سرعت پر شدن دانه بیشتر بود وزن دانه نیز حداکثر بود. در این راستا کوماری و والارماسی (۱۹۹۸) اظهار داشتند که دانه های با وزن بالاتر، از

مولفه های پر شدن دانه: روند پر شدن دانه در تیمارهای مورد مطالعه از الگوی تقریباً مشابهی برخوردار بود. بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه در تیمارهای مختلف به صورت خطی افزایش یافت و به میزان حداکثر خود رسید (رسیدگی وزنی). پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبود و به صورت خط افقی در آمد (شکل ۱). معادلات رگرسیونی برازش شده (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای مختلف آبیاری و باکتری های محرک رشد از نظر سرعت و طول دوره پر شدن دانه تفاوت هایی وجود دارد به طوری که با اعمال محدودیت آبی، سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت به آبیاری کامل کاهش

شدن دانه می‌تواند ناشی از توقف عرضه مواد فتوسنتزی، کاهش محتوی آب دانه و یا توقف فعالیت متابولیکی مخزن باشد و تنش خشکی موجب کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه گیاه می‌شود و با تأمین آب کافی، طول دوره‌ی پر شدن دانه بیشتر می‌شود. تنش خشکی در طی پر شدن دانه، وزن دانه را احتمالاً بدلیل کاهش مواد پرورده برای رشد دانه‌ها کاهش می‌دهد و کاهش تولید مواد پرورده به نوبه خود به کاهش فرآیند فتوسنتزی مربوط می‌شود (امام و همکاران ۲۰۰۷). بخشی از بهبود مولفه‌های پر شدن دانه را می‌توان به افزایش محتوای کلروفیل به واسطه کاربرد باکتری‌های محرک رشد نسبت داد (جدول ۳ و ۴). در این راستا تسونو و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که افزایش میزان کلروفیل در طول دوره رشد به ویژه دوره‌ی پر شدن دانه، موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. توگای و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد با تولید هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم می‌سازند.

سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند.

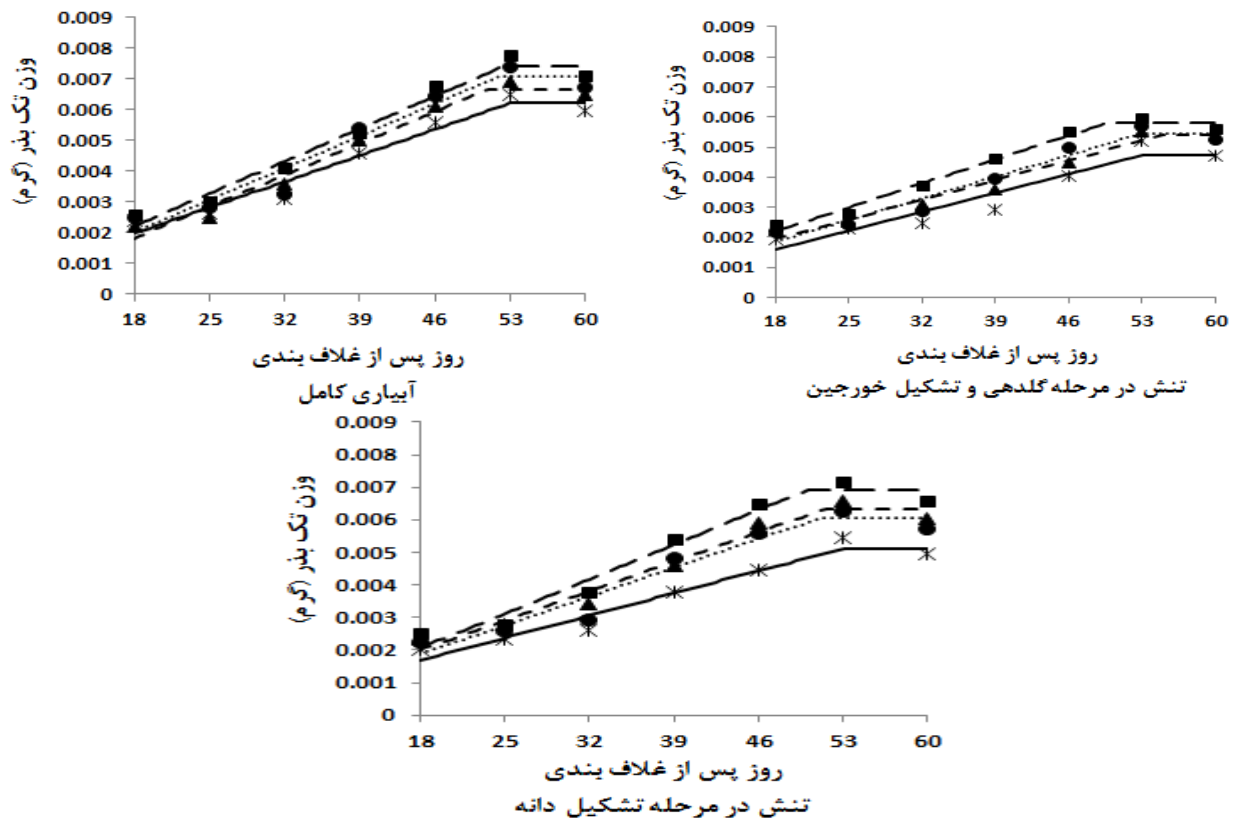
اثر باکتری‌های محرک رشد نیز نشان داد که بیش‌ترین وزن دانه و سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۶۷) گرم و ۰/۰۰۱۵۱ گرم در روز) در حالت تلقیح بذر با آزوسپیریوم و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۰/۰۰۵۴ گرم و ۰/۰۰۱۱۶ گرم در روز) در شرایط عدم تلقیح مشاهده شد (جدول ۴). اثر ترکیب تیماری محدودیت آبی در باکتری‌های محرک رشد مشخص کرد که بیش‌ترین طول دوره پر شدن دانه (۵۴/۴۲ روز) در کاربرد آزوسپیریوم و آبیاری کامل و کم‌ترین طول این دوره (۴۹/۵۸ روز) در حالت عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به‌دست آمد (جدول ۳). بررسی‌ها نشان داده است که تنش رطوبتی در طول دوره‌ی پر شدن دانه‌ها ممکن است از طریق کاهش دوره‌ی پر شدن دانه (بروکس و همکاران ۱۹۸۲) و یا سرعت پر شدن دانه (بروکلیهارست و همکاران ۱۹۷۸) عملکرد را کاهش دهد. اوک و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند کاهش دوره پر

جدول ۴- مقایسه میانگین کلروفیل b، حداکثر وزن دانه و سرعت پر شدن دانه کلزا در سطوح

محدودیت آبی و باکتری‌های محرک رشد

تیمار	کلروفیل b (میلی- گرم در گرم وزن تر)	حداکثر وزن دانه (گرم)	سرعت پر شدن دانه (گرم در روز)
آبیاری کامل	۵/۵۵ a	۰/۰۰۶۹ a	۰/۰۰۱۵۵ a
تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین	۴/۴۱ c	۰/۰۰۵۵ b	۰/۰۰۱۱۸ c
تنش در مرحله تشکیل دانه	۵ b	۰/۰۰۶۱ b	۰/۰۰۱۳۸ b
LSD	۰/۴۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱
عدم تلقیح	۴/۱۱ c	۰/۰۰۵۴ c	۰/۰۰۱۱۶ c
نیتروباکتر	۵ b	۰/۰۰۶۲ b	۰/۰۰۱۴۲ ab
سودوموناس	۴/۹۲ b	۰/۰۰۶۲ b	۰/۰۰۱۳۸ b
آزوسپیریوم	۵/۹۲ a	۰/۰۰۶۷ a	۰/۰۰۱۵۱ a
LSD	۰/۴۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱- تأثیر محدودیت آبی و باکتری‌های محرک رشد بر روند پر شدن دانه کلزا

————— مقادیر پیش بینی شده (نیتروباکتری)
 - - - - - مقادیر پیش بینی شده (سودوموناس)
 * مقادیر مشاهده شده (عدم کاربرد باکتری)
 ▲ مقادیر مشاهده شده (سودوموناس)

————— مقادیر پیش بینی شده (آزوسپیریلوم)
 ● مقادیر مشاهده شده (نیتروباکتری)
 ■ مقادیر مشاهده شده (آزوسپیریلوم)

است (رینارد و مک‌گریگور ۱۹۷۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین اسیدهای چرب لینولنیک (۱۱/۵۴ درصد) و اسید اولئیک (۶۹/۲۴ درصد) در حالت آبیاری کامل و کاربرد آزوسپیریلوم و کم‌ترین آن‌ها (به ترتیب ۷/۱۲ و ۶۱/۰۸ درصد) در شرایط عدم تلقیح و اعمال تنش در مرحله تشکیل دانه به دست آمد (جدول ۵). بیش‌ترین اسیدهای چرب پالمیتیک (۴/۵۶ درصد) و اروسیک (۲/۸۹ درصد) در حالت اعمال تنش در مرحله تشکیل دانه و عدم کاربرد باکتری و کم‌ترین درصد آن‌ها (به ترتیب ۴/۲۸ و ۱/۸۹ درصد) در شرایط آبیاری کامل و تلقیح با آزوسپیریلوم مشاهده گردید (جدول ۵). کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت اختلال در فرآیندهای متابولیسمی بذر و آسیب به

اسیدهای چرب: در این بررسی اعمال محدودیت آبی باعث کاهش میزان اسید چرب اولئیک و لینولنیک و افزایش میزان اسیدهای چرب پالمیتیک و اروسیک شد. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش میزان اسید اولئیک و لینولنیک و کاهش اسیدهای چرب پالمیتیک و اروسیک گردید. اسیدهای چرب اولئیک، لینولنیک و اروسیک جزء اسیدهای چرب غیراشباع و اسید پالمیتیک جزء اسیدهای چرب اشباع می‌باشند. بخش عمده‌ی ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهد (اوهارا و همکاران ۲۰۰۹). اسید اروسیک برای انسان مضر است. روغن کلزا حاوی کمتر از دو درصد اسید اروسیک است و از نظر تغذیه‌ای مقادیر کم اسید اروسیک مطلوب

گزارش کردند که باکتری *ازوسپیریوم* میزان اسید اولئیک و اسید لینولنیک را افزایش داد ولی میزان اسید اروسیک را کاهش داد. حسن‌زاده قورت‌تپه و جوادی (۲۰۱۲) گزارش دادند که کاربرد توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم* و مصرف کود نیتروژنه می‌تواند با اصلاح خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش جذب گازکربنیک و فتوسنتز در گیاه کلزا میزان روغن را افزایش دهند. در مطالعه دیگری نیز تلقیح بذور کلزا با باکتری *ازتوباکتر* به طور معنی‌داری میزان روغن کلزا را در مقایسه با شاهد افزایش داد (اصغر و همکاران ۲۰۰۲؛ خیا و همکاران ۱۹۹۰). یساری و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم* باعث افزایش میزان روغن بذور کلزا می‌شود. سید شریفی (۲۰۱۶) گزارش کرد که اسیدهای چرب غیر اشباع سویا با کاربرد کودهای زیستی به طور معنی‌داری افزایش یافت.

انتقال آسیمیلات‌ها به دانه باشد (بوچراروا و همکاران ۱۹۹۶). تنش خشکی به ویژه در هنگام رسیدگی به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه، درصد روغن را کاهش ولی محتوای پروتئین را افزایش می‌دهد. در چنین شرایطی فرصت کافی برای سنتز روغن از پروتئین‌های ذخیره شده در دانه وجود نداشته و بنابراین درصد روغن کاهش خواهد یافت (آلیاری و همکاران ۱۳۷۹). یونس و همکاران (۲۰۰۱) در سویا گزارش کردند محدودیت آبی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن اثر می‌گذارد، به گونه‌ای که با افزایش محدودیت آبی درصد اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استئاریک) افزایش یافته ولی درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به دلیل افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع کاهش می‌یابد. یولاه و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش خشکی درصد اسید اروسیک کلزا را افزایش و درصد اسید اولئیک و اسید لینولنیک را کاهش داد. زارع (۲۰۰۴) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش اسید اولئیک در سویا شد. نوشین و همکاران (۲۰۱۳) در کلزا

جدول ۵- مقایسه میانگین درصد اسیدهای چرب دانه کلزا در ترکیب تیماری محدودیت آبی و باکتری‌های محرک رشد

ترکیب تیماری	اسید اولئیک (درصد)	اسید لینولنیک (درصد)	اسید پالمیتیک (درصد)	اسید اروسیک (درصد)
آبیاری کامل	عدم تلقیح	۶۷/۳۴ c	۸/۳۴ f	۴/۳۹ e
	نیتروباکتر	۶۸/۲۱ b	۹/۳۵ d	۴/۲۹ f
	سودوموناس	۶۶/۲۷ d	۱۰/۷۱ c	۴/۳ f
	<i>آزوسپیریوم</i>	۶۹/۲۴ a	۱۱/۵۴ a	۴/۲۸ f
تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین	عدم تلقیح	۶۱/۱۸ i	۷/۶۴ g	۴/۴۵ cd
	نیتروباکتر	۶۳/۷۷ g	۱۱/۰۴ b	۴/۴ e
	سودوموناس	۶۲/۵۸ h	۷/۲۵ h	۴/۴۸ bc
	<i>آزوسپیریوم</i>	۶۶/۵۳ d	۸/۸۸ e	۴/۴۱ de
تنش در مرحله تشکیل دانه	عدم تلقیح	۶۱/۰۸ i	۷/۱۲ h	۴/۵۶ a
	نیتروباکتر	۶۴/۴۲ f	۷/۵۷ g	۴/۴۷ bc
	سودوموناس	۶۲/۲۵ h	۸/۳۲ f	۴/۵۱ b
	<i>آزوسپیریوم</i>	۶۵/۰۸ e	۷/۱۹ h	۴/۴۷ bc
LSD	۰/۴۶	۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۱

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب رشد بهتر گیاهی می‌شوند (روستی و همکاران ۲۰۰۶).

نتیجه‌گیری کلی

با اعمال محدودیت آبی بر کلزا، عملکرد، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، رنگدانه‌های فتوسنتزی، اسید اولئیک، اسید لینولنیک و مولفه‌های پر شدن دانه کاهش و میزان اسید اروسیک و اسید پالمیتیک افزایش یافت. کاربرد باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش عملکرد گردید. نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین و مرحله تشکیل دانه به ترتیب عملکرد دانه را ۶۷٪ و ۴۰٪ کاهش داد و استفاده از باکتری‌های محرک رشد *آزوسپیریوم*، *سودوموناس* و *نیتروباکتر* در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به ترتیب ۵۳٪، ۹۲٪ و ۴۴٪ درصد و در مرحله تشکیل دانه به ترتیب ۶۵٪، ۳۱٪ و ۱۷٪ درصد باعث افزایش عملکرد گردیدند. طوری که بیش‌ترین عملکرد در حالت کاربرد باکتری *آزوسپیریوم* و آبیاری کامل و کم‌ترین آن در حالت عدم کاربرد باکتری و اعمال محدودیت آبی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین مشاهده گردید. به نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌توانند در بهبود عملکرد، رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط محدودیت آبی موثر واقع شوند.

عملکرد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد (۱/۶۲ تن در هکتار) در حالت آبیاری کامل و کاربرد *آزوسپیریوم* و کم‌ترین آن (۰/۵۴ تن در هکتار) در شرایط عدم تلقیح و اعمال تنش در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین به دست آمد (جدول ۳). سیناکی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که مراحل گلدهی و نمو خورجین‌ها در کلزا از نظر نیاز گیاه به آب، مراحل بحرانی می‌باشند و اعمال تنش در این مراحل به دلیل اثر نامناسب بر میزان جذب آسمیلات‌ها موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. بخشی از روند تغییرات عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد (شکل ۱). بدین صورت که آبیاری کامل با افزایش سرعت و طول دوره پر شدن دانه (جدول‌های ۴ و ۵) موجب می‌شود که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن و عملکرد دانه شود. اوکون و کاپولنیک (۱۹۸۶) تأثیر مثبت تلقیح با *آزوسپیریوم* را به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین‌ها نسبت دادند. پانوار (۱۹۹۱) علت افزایش فتوسنتز و عملکرد دانه در گندم تلقیح شده با کودهای زیستی را، به افزایش فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز نسبت دادند. فرجی و ارزانش (۲۰۱۳) افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا را با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گزارش دادند. این افزایش احتمالاً ناشی از وجود جمعیت‌های میکروبی در خاک یا ریزوسفر بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد است که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی

منابع مورد استفاده

- Alyari H, Shekari F and Shekari F, 2000. Oil Seed Crops (Agronomy and Physiology). Amidi Press, Tabriz. 182 P. (In Persian).
- Angadi SV and Cut Forth HV, 2003. Yield adjustment by canola grown at different by plant population under semiarid condition. Crop Science, 43: 1357-1366.

- AOAC, 1990. Method 988.05. Helrich K. (Ed.). Official methods of analysis (15th Ed.). The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- Arnon DI, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24(1): 1-15.
- Asghar HN, Zahir ZA, Arshad M and Khaliq A, 2002. Relationship between invitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in *Brassica Juncea* L. Biology and Fertility of Soil, 35: 231-237.
- Bayat F, Mirlohi A and Khodambashi M, 2009. Effects of endophytic fungi on some drought tolerance mechanisms of tall fescue in a hydroponics culture. Russian Journal of Plant Physiology, 56: 563-570.
- Bouchereau A, Clossais B N, Bensaoud A, Beport L and Renard M, 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy, 5: 19-30.
- Bardar MD, Kraljevic-Balalic Marija M and Borislav D, 2008. The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. Durum). Central European Journal of Biology, 3(1): 75-82.
- Brocklehurst PA, Moss JP and Williams W, 1978. Effect of irradiance and water supply on grain development in wheat. Annals of Applied Biology, 90: 265-276.
- Brooks A, Jenner CF and Aspinall D, 1982. Effect of water defficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. Australian Journal of Plant Physiology, 4: 423-436.
- Cheema M and Malik M, 2001. Effect of row spacing and nitrogen management of agronomic traits and oil quality of canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Agricultural Science, 38(3&4): 15-18.
- De Costa, WAJM and Shanmugathan KN, 2002. Physiology of yield determination of Soybean (*Glycin max* (L) Merr.) under different irrigation regimes in the sub-humid zone of Sri Lanka. Field Crops Research, 75: 23-35.
- Desingh R and Kanagaraj G, 2007. Influence of salinity stress on photosynthesis and antioxidative systems in two cotton varieties. General and Applied Plant Physiology, 33 (3-4): 221-234.
- Ellis HR and Pieta-Filho C, 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barely and wheat. Seed Science Research, 2: 19-25.
- Emam Y, Ranjbar AM and Bahrani MJ, 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. Journal of Water and Soil Science, 11(1): 317-328. (In Persian).
- Faraji A and Arzanesh MH, 2013. Response of two Canola genotypes to plant growth promoter bacteria (*Azospirillum* spp.): seed yield and its components, dry matter and harvest Index. Seed and Plant Production Journal, 29(1): 17-29. (In Persian).
- Gaur AC, 2001. Effects of *Azotobacterization* on the yield of canola (*Brassica napus* L.): Laboratory experiment. Indian Society of Soil Science, 40: 19-22.
- German MA, Burdman S, Okon Y and Kigel J, 2000. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. Biology and Fertility of Soils, 32: 259-264.
- Gilick BE, Penrose D and Wenbo M, 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances, 19: 135-138.
- Habibzadeh F, Sorooshzadeh A, Modarres Sanavy SAM and Pirdashti H, 2012. Effect of seed inoculation and foliar application of biofertilizers on some biochemical and morphological characteristics of waterlogged-canola. Journal of American Science, 8(6): 62-68.
- Hasanzadeh Ghorttapeh A and Javadi H, 2016. Study on the effects of inoculation with biofertilizers (*Azotobacter* and *Azospirillum*) and nitrogen application on oil, yield and yield components of spring Canola in West Azerbaijan. Journal of Crop Production and Processing, 5 (18): 39-50. (In Persian).

- Khosravi A, Seyed Sharifi R and Imani A, 2014. Study of seed inoculation with *Azotobacter* and *Pseudomonas* and nitrogen application timing on yield, fertilizer use efficiency and grain filling rate of sunflower. *Agricultural Crop Management*, 16(1): 139-155. (In Persian).
- Kimber DS and McGregor DH, 2000. *Brassica* oil seeds: production and utilization. Wallingford, Oxon, UK: CAB international. 447 P.
- Kumar PB and Paul NK, 1997. Effect of water stress on chlorophyll, prolin and sugar accumulation in rape (*Brassica campestris* L.). *Bangladesh Journal of Botany*, 26: 83-85.
- Kumari SL and Valarmathi G, 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. *Madras Agricultural Journal*, 85: 210-211.
- Lawlor DW and Cornic G, 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 25: 275-294.
- Majidi MM, Jafarzadeh M, Rashidi F and Mirlohi A, 2015. Effect of drought stress on yield and some physiological traits in Canola varieties. *Journal of Plant Process and Function*, 3(9): 59-70. (In Persian).
- Marius S, Octavita A, Eugen U and Vlad A, 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Genetics and Molecular Biology*, 12(2): 11-17.
- Mekki I BB, EL-Kholy MA and Mohamad EM, 1999. Oil and fatty acids contents as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars. *Egyptian Journal of Agronomy*, 21(1): 67-85.
- 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, Part A*, 35: 1574-1581.
- Ohara N, Naito Y, Kasama K, Shindo T, Yoshida H, Nagata T and Okuyama H, 2009. Similar changes in clinical and pathological parameters in Wistar Kyoto rats after a 13-week dietary intake of canola oil or fatty acid composition-based interesterified canola oil mimic. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 157-162.
- Okon Y and Kapulink Y, 1986. Development and functions of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant and Soil*, 90: 3-16.
- Ouk M, Shu F, Ken F, Jaya B, Mark C and Harry N, 2003. Routine selection for drought resistance in rain fed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in Cambodia. In: *Proceedings of the International Conference on Research on Water in Agriculture*, CARDI, Cambodia. 25-29.
- Panwar JDS. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*. 34: 357-361.
- Qifuma SH, Niknam R and Turner DW, 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 221-226.
- Rajendran G, Sing F, Desai AJ and Archana V, 2008. Enhanced growth and nodulation of pigeon pea by co-inoculation of *Bacillus* strains with *Rhizobium* spp. *Bioresource Technology*, 99: 4544-4550.
- Reddy AR, Chaitanya KV and Vivekanandan M, 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161(11): 1189-1202.
- Renard S and McGregor L, 1976. Antithrombogenic effects of erucic acid poor rapeseed oils in the rats. *Review of Crops Cross*. 23: 393-396.

- Roesty D, Gaur R and Johri BN, 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 1111-1120.
- Ronanini DR, Savin R and Hall AJ, 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to brief interval of high temperature during grain filling. *Field Crops Research*, 83: 79-90.
- Seyed Sharif, R. 2015. Oil seeds. University of Mohaghegh Ardabili Press. 216 P. (In Persian).
- Seyed Sharifi R and Namvar A, 2016. Bio fertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili Press. 282 P. (In Persian).
- 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.
- Sinaki JM, Majidi Heravan E, Shirani Rad AH, Noormohamadi G and Zarei G, 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2: 417-422.
- Tambussi EA, Bartoli CG, Bettran J, Guiamet JJ and Araus JC, 2000. Oxidative damage to thylakoids proteins in water stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology*, 108: 398-404.
- Togay N, Togay Y, Cimrin KM and Turan M, 2008. Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7: 776-782.
- Tohidi Moghadam HR, Zahedi H and Ghooshchi F, 2011. Oil quality of canola cultivars response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(4): 579-586.
- Tsuno Y, Yamaguchi T and Nakano J, 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. *Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University*, 47: 1-10.
- Ullah F, Bano A and Nosheen A, 2012. Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of Canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. *Pakistan Journal of Botany*, 44(6): 1873-1880.
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG and Cheung KC, 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125: 155-166.
- Xia L, Ding X, Li J and Mei R, 1990. Mechanism of PGPR. I. Influence of PGPR on physiology, resistance, quality and yield of rapeseed. *Agriculture Science in Hunan*, 106: 24-26.
- Yang JW, Kloepper JW and Ryu CM, 2009a. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in Plant Sciences*, 14: 1-4.
- Yasari E, 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.
- Yasari E, Esmaeli A, Pirdashti AM and Mozafari S, 2008. *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants as biofertilizers in canola (*Brassica napus* L.) cultivation. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(5): 490-494.
- Younis ME, Gaber AM and El-Nimr M, 2001. Plant growth, metabolism and adaptation of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* subjected to anaerobic conditions and drought. *Egyptian Journal of Physiological Sciences*, 23: 273-296
- Zare M, 2004. Evaluation of tolerance of some soybean genotypes to drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35(4): 261-272. (In Persian).