

صفات مورفوفیزیولوژیکی، عملکرد دانه و روغن کلزا (*Brassica napus L.*) تحت تاثیر تنش خشکی و کودهای شیمیایی و زیستی

سهراب مام نبی^۱، صفر نصراله زاده^{۲*}، کاظم قاسمی گلعدانی^۳، یعقوب راعی^۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲/۱۰

۱-دانشجوی دکتری زراعت، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲-دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۳-استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

*مسئول مکاتبه: Email: nasr.tb@gmail.com

چکیده

اهداف: ارزیابی تاثیر تیمارهای کودی بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی، اجزای عملکرد، عملکرد بوته و روغن کلزا (رقم دلگان) تحت سطوح مختلف فراهمی آب از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش ها: دو آزمایش مزرعه‌ای در سال های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به صورت کرت‌های خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. سطوح آبیاری، آبیاری بعد از تبخیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به کرت‌های اصلی و تیمارهای کودی F₀: شاهد، F₁: کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر)، F₂: تلقیح با باکتری‌های تقویت کننده رشد گیاه (PGPR)، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تیمار تلفیقی (۱/۳ کود شیمیایی + ۱/۳ ورمی‌کمپوست + تلقیح PGPR) به کرت‌های فرعی اختصاص داده شدند.

یافته ها: دمای برگ تحت تنش خشکی افزایش یافت، اما میزان نیتروژن و فسفر برگ‌های کلزا، درصد آب برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه و برگ در بوته، طول و تعداد خورجین‌ها در بوته، تعداد دانه در خورجین و بیوماس بوته و به تبع آنها عملکرد دانه کاهش یافتند. کاربرد تیمارهای کودی به‌ویژه تیمار تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی (F₄) همه‌ی این صفات را بهبود بخشید (بجز قطر ساقه) و منجر به افزایش عملکرد بوته کلزا بخصوص در تنش متوسط (I₃) و شدید (I₄) شد. درصد روغن نیز در تیمارهای تلقیح شده با باکتری محرک رشد بهبود یافت.

نتایج: افزایش درصد روغن و عملکرد دانه در نهایت موجب افزایش عملکرد روغن گیاهان کلزا شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب کودهای شیمیایی و زیستی می‌تواند روشی مؤثر در بهبود عملکرد مزرعه‌ای و اقتصادی (روغن) گیاهان کلزا در شرایط تنش خشکی باشد.

واژه های کلیدی: خشکی، کلزا، ورمی‌کمپوست، صفات مورفولوژیکی، عملکرد، روغن

Morpho-Physiological Traits, Grain and Oil Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Affected by Drought Stress and Chemical and Bio-Fertilizers

Sohrab Mamnabi¹, Safar Nasrollahzadeh^{2*}, Kazem Ghassemi-Golezani³, Yaghoub Raei³

Received: January 26, 2020 Accepted: April 29, 2020

1- PhD student of Agronomy, Dep. of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

2- Assoc. Prof., Dept. of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

3. Prof., Dept. of Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

*Corresponding Author: Email: nasr.tb@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The objective of this research was to evaluate the effect of fertilizer treatments on some morpho-physiological traits, yield and yield components and oil of rapeseed (cv. Delgan) under different levels of water supply.

Materials and Methods: A field experiments was conducted in two years of 2018 and 2019 as split-plot based on RCB design in three replications. Irrigation intervals as irrigation after 70, 100, 130 and 160 mm evaporation from class A pan were located in main plots and fertilizer treatments as F₀: control, F₁: chemical fertilizer (nitrogen and phosphorus), F₂: inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), F₃: vermicompost and F₄: combined fertilization (1/3 F₁ + 1/3 F₃ + inoculation PGPR) were allocated to sub-plots.

Results: Leaf temperature increased under drought stress, but the amount of nitrogen and phosphorus in rapeseed leaves, leaf water content, plant height, stem diameter, number of branches and leaves per plant, length and number of siliques per plant, grains per silique, plant biomass, and subsequently grain yield per plant were decreased. Application of fertilizer treatments, especially the combination of bio-fertilizers and chemical fertilizers (F₄), improved all these traits (except stem diameter) and resulted in increased rapeseed plant yield, particularly under moderate (I₃) and severe (I₄) stresses. Oil percentage was also improved in the treatments inoculated with the growth promoting bacteria.

Conclusion: Increasing oil percentage and grain yield eventually increased oil yield of rapeseed plants. It was concluded that combination of chemical and bio-fertilizers could be an effective method to improve field and economic (oil) performance of rapeseed plants under water stress conditions.

Keywords: Drought, Rapeseed, Vermicompost, Morphological Traits, Yield, Oil

مقدمه

مهمی شناخته شده است و نقش عمده ای در تأمین خود کفایی روغن خوراکی دارد (رامه ۲۰۱۱). مزایای سلامت بخش روغن کلزا مربوط به وجود نسبت‌های بالایی از اولئیک و لینولنیک اسید است (اسکین و مکدونالد ۱۹۹۱). روغن آن در مقایسه با روغن‌های حاصل از دانه‌های روغنی نظیر آفتابگردان، ذرت و سویا به دلیل دارا بودن

کلزا (*Brassica napus* L.) به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب و میزان روغن آن (ژائو و همکاران ۲۰۱۸) به عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در دنیا شناخته شده است (جیان و همکاران ۲۰۱۹). در ایران نیز بیش از یک دهه است که به محصول دانه روغنی

با توجه به اینکه کمبود بارندگی‌ها و مشکل کم آبی سبب محدودیت در تولید محصولات و کودهای شیمیایی سبب ایجاد مشکلات زیست محیطی در سیستم‌های زراعی می‌شود، نیاز به اسفاده از راهکارهایی است که بتوان در شرایط کمبود آب، تولید و کیفیت محصول را بهبود بخشید (دار و همکاران ۲۰۱۸). یکی از این راهکارها استفاده از کودهای زیستی است. کودهای زیستی منجر به افزایش قابلیت دسترسی به آب و مواد مغذی، تحریک رشد گیاهان و بهبود کارایی مصرف مواد مغذی می‌شوند (تینگ‌های و همکاران ۲۰۰۶) که در نهایت منجر به بهبود تحمل به خشکی و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (پندی و همکاران ۲۰۱۵). کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیزم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند (اینانلوفر و همکاران ۲۰۱۳).

ورمی‌کمپوست (کایران ۲۰۱۹) و باکتری‌های تقویت کننده رشد گیاه (آگامی و همکاران ۲۰۱۶) دو کود مهم زیستی هستند. ورمی‌کمپوست منجر به توسعه سیستم‌های ریشه‌ای و افزایش عملکرد گیاهان از طریق روش‌های مختلفی مانند تولید هورمون‌های رشد از قبیل اکسین و جیبرلین، تثبیت بیولوژیکی ازت و ترشح آنتی بیوتیک‌ها می‌شود (زرممنش و همکاران ۲۰۱۷). باکتری‌های تقویت کننده رشد می‌توانند با تولید ترکیبات فرار، افزایش فعالیت فیتوهورمونی، جذب مواد مغذی، دفاع آنتی اکسیدانی، تلقیح همزمان و تجمع اسمولیت‌ها منجر به بهبود تحمل گیاهان به تنش خشکی شود (ووروکوندا و همکاران ۲۰۱۶). اینانلوفر و همکاران (۲۰۱۳) پی‌بردند که افزایش تنش خشکی باعث اُفت عملکرد در صفات ارتفاع بوته، وزن تر برگ، ساقه، وزن تر کل، وزن خشک برگ، ساقه، وزن خشک کل و عملکرد دانه گیاه خرفه گردید، ولی در استفاده از تیمارهای کودی، مصرف توأم کود زیستی و کود شیمیایی نسبت به مصرف هر یک از آنها به طور جداگانه تأثیر بیشتری در صفات مورد بررسی داشت و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از تنش خشکی

اسیدهای چرب غیراشباع و فاقد کلسترول از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است (خطاب و آرنتفایلد ۲۰۰۹). بین ارقام کلزای زمستانه و بهاره، ارقام بهاره کلزا به یک محصول مهم در تناوب با گندم تبدیل شده است (طهماسب پور و همکاران ۲۰۱۸). کلزا نسبت به تنش خشکی تا حدودی تحمل دارد (صداقت و همکاران ۲۰۰۳) با این وجود، تنش خشکی شدید می‌تواند عملکرد این محصول را به‌طور چشم‌گیری کاهش دهد (موجینسین و همکاران ۱۹۹۷)؛ گودرزی و همکاران (۲۰۱۷).

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی است که بر عملکرد گیاهان بویژه در مناطق خشک تأثیر می‌گذارد (فتحی و براری تازی ۲۰۱۶). کمبود آب با کاهش آماس سلول‌های گیاهی، که تأثیر منفی بر فرآیند‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان دارد، مانع از رشد می‌شود (لی یانگ و همکاران ۲۰۱۶). یکی از پیامدهای فیزیولوژیکی کمبود آب، جلوگیری از فتوسنتز به دلیل کاهش در غلظت دی‌اکسید کربن بین سلولی در نتیجه از بین رفتن کلروفیل، بسته شدن روزنه و اختلال در سیستم فتوشیمیایی است (بوهنرت و جنسن ۱۹۹۶؛ لیو و همکاران ۲۰۱۶). تولید گونه‌های اکسیژن فعال نیز پاسخ گیاهان به تنش خشکی است. افزایش گونه‌های اکسیژن فعال می‌تواند با افزایش پراکسیداسیون لیپیدها به غشای سلولی آسیب برساند (وانگ و همکاران ۲۰۱۷)؛ ژانگ و همکاران (۲۰۱۸). اثر تنش کم آبی بر گیاهان را می‌توان به دو دوره تقسیم کرد. یک دوره قبل از مرحله زایشی و دیگری بعد از این مرحله می‌باشد. قبل از این دوره تنش بیشتر بر رشد سبزینه‌ای گیاه تأثیر می‌گذارد، ولی بعد از مرحله زایشی بر میزان گرده افشانی گل‌ها، تشکیل دانه و عملکرد اثر مستقیم دارد (شعبانی و همکاران ۱۳۸۸). قاسمی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که تنش خشکی با تأثیر منفی بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخه و برگ در بوته و بیوماس گیاهی عملکرد دانه در بوته را کاهش داده است.

شرایط مزرعه ای

این آزمایش در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز، ایران (با موقعیت جغرافیایی ۳۸/۰۵ درجه شمالی، ۴۶/۱۷ درجه شرقی، ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا) انجام شد. اطلاعات مربوط به نوسان دما و بارش محل آزمایش طی دو سال در جدول ۱ نشان داده شده است.

طرح آزمایشی و تیمارها

آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار با ۴ سطح آبیاری: I₁ (آبیاری نرمال)، I₂ (تنش خفیف)، I₃ (تنش متوسط)، I₄ (تنش شدید): به ترتیب آبیاری پس از تبخیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر از تشت تبخیر کلاس A در کرت‌های اصلی و ۵ سطح کودی در کرت‌های فرعی انجام شد. تیمارهای کودی شامل: بدون کود (F₀) به عنوان شاهد، کود شیمیایی NP (۱۵۰ کیلوگرم P و ۳۰۰ کیلوگرم N در هکتار) (F₁) با توجه به آزمون تجزیه خاک، تلقیح PGPR (ازتوباکتر + آزوسپریلوم + سودوموناس (با جمعیت ۱×۱۰^۷ CFU.ml⁻¹) (F₂) به صورت بذر مال، ورمی‌کمپوست (F₃) به مقدار ۱۰ تن در

شد. گزارش شده است کاربرد ترکیبی باکترهای محرک رشد و ورمی‌کمپوست عملکرد رویشی گیاهان مریم گلی را بهبود بخشیده است (گواهی و همکاران ۲۰۱۷). نتیجه یاساری و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که کاربرد تیمار کود زیستی + کودهای شیمیایی منجر به افزایش عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه و میزان روغن دانه کلزا شد. بنابراین با جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی و همچنین مصرف توأم آنها (با میزان کود شیمیایی کمتر) جهت حصول عملکرد بیشتر، علاوه بر افزایش عملکرد کمی و کیفی و همچنین تقلیل دادن خسارهای حاصل از تنش خشکی، می‌توان در راستای کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی نیز گام برداشت (اینانلوفر و همکاران ۲۰۱۳). این تحقیق به بررسی اثرات کودها بویژه کودهای زیستی به عنوان مدیریت تلفیقی کود روی برخی صفات مهم مورفو-فیزیولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد بوته گیاهان کلزا در شرایط تنش آبی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- نوسان دما و بارش محل آزمایش در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

ماه	دما		بارش	
	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۱۸	۲۰۱۹
	°C		mm	
اسفند	۸/۴	۸/۱	۲۶/۶	۳۰/۶
فروردین	۱۲/۸	۲۶	۳۶	۴۳/۴
اردیبهشت	۱۴/۵	۱۵/۱	۵۲/۶	۶۳/۴
خرداد	۲۰/۷	۲۱/۴	۱۳	۳۶/۲
تیر	۲۷/۹	۲۹/۳	.	.
مرداد	۲۶/۶	۲۸/۶	۰/۲	.

تهیه نهال و بذرکرج، ایران) در خرداد ماه در عمق حدود ۱-۲ سانتی‌متر از خاک لومی‌شنی کاشته شدند. پس از کاشت، تمام کرت ها آبیاری شدند و بعد از ظهور و استقرار گیاهچه‌ها، فاصله‌ی آبیاری مطابق تیمارها انجام شد. در طول رشد و نمو گیاهان، علف‌های هرز اغلب با دست کنترل شدند.

هکتار و ترکیب کودی، یکسوم کود شیمیایی + تلقیح PGPR + یکسوم ورمی‌کمپوست (F4) بودند. هر کرت به طول ۳ متر شامل ۶ ردیف با فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. در هر دو سال، بذرها (رقم دلگان (مقاوم به بیماری اسکروتینیای ساقه، متحمل به خوابیدگی و زود رس می‌باشد)، تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

E.C	pH	CaCO ₃	O.C	N	P	K	سال
dS. m ⁻¹	-		%		Mg. kg ⁻¹		
۰/۷۷	۷/۷۳	۱۴/۶	۰/۰۸	۰/۱۱	۱۳	۳۰۲/۲	۱۳۹۷
۰/۷۸	۷/۲۴	۱۴/۸	۰/۱	۰/۱۳	۱۲/۸۲	۲۹۸/۸	۱۳۹۸

K: پتاسیم، P: فسفر، N: نیتروژن، O.C: کربنات کلسیم، CaCO₃: کربنات کلسیم، E.C: هدایت الکتریکی

اندازه‌گیری‌ها

میزان نیتروژن و فسفر در برگ

برای اندازه‌گیری میزان نیتروژن پس از هضم نمونه‌ها از روش کجلدال استفاده گردید (جونز ۱۹۹۱). در مورد اندازه‌گیری میزان فسفر نیز پنج میلی‌لیتر نمونه هضم شده را با ۵ میلی‌لیتر معرف زرد مخلوط کرده و حجم آن به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Analytikjena Spekol 1500 Germany) در طول موج ۴۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (تاندون و همکاران ۱۹۶۸).

درصد آب برگ

برای تعیین درصد آب برگ، نمونه‌برداری در مرحله گلدهی کامل انجام شد. از هر واحد آزمایشی سه بوته کف‌بر گردید. ابتدا برگ‌ها را از بوته‌ها جدا گردیده و بلافاصله وزن تر آن‌ها تعیین شد. سپس نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و توزین شدند. درصد آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد:

$$۱۰۰ \times [\text{وزن تر} / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})] = \text{درصد آب برگ}$$

دمای برگ

دمای برگ به وسیله دماسنج مادون قرمز (Infrared thermometer- TES-1327) اندازه‌گیری شد. سه بوته از هر کرت در مرحله گلدهی کامل انتخاب و از سه برگ فوقانی، میانی و تحتانی همان بوته دمای برگ اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان دمای برگ همان کرت درج گردید.

صفات مورفولوژیکی

در مرحله پر شدن دانه تعداد برگ در بوته با دست اندازه‌گیری شد. همچنین در مرحله رسیدگی، صفات دیگر مانند ارتفاع بوته (با متر)، قطر ساقه (محل برش از سطح خاک یا همان طوقه (توسط کولیس)) و شاخه‌های هر گیاه (تعداد آنها براساس دست) مشخص شد.

عملکرد و اجزای عملکرد

در زمان رسیدگی (اواسط مرداد)، ۱۰ گیاه از قسمت میانی هر قطعه برداشت و تعداد و طول خورجین، دانه در خورجین و عملکرد دانه در متر مربع مشخص شد.

ظرفیت تبادل کاتیون خاک و برخی واکنش‌های بیوشیمیایی در بافت‌های ریشه می‌توانند باعث افزایش جذب مواد مغذی شوند. علاوه بر این، PGPR ها باعث افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به بافت‌های ریشه شده و در نتیجه قدرت جذب مواد مغذی ریشه را در شرایط مختلف محیطی مانند تنش خشکی بهبود می‌بخشند (انصاری و احمد ۲۰۱۹). کوهلر و همکاران (۲۰۰۸) گزارش داد که تلقیح ریشه کاهو با PGPR باعث بهبود معنی‌دار فعالیت فسفاتاز در ریشه و تجمع فسفر در برگ‌ها می‌شود. بنابراین، افزایش فعالیت فسفاتاز یکی از اصلی‌ترین مکانیسم‌های PGPR ها از جمله باکتری سودوموناس می‌باشد. همچنین افزایش مقدار فسفر توسط برخی از PGPR ها مربوط به محلول سازی فسفر و افزایش جذب آن است (یانگ و همکاران ۲۰۰۹). PGPR ها می‌توانند فعالیت برخی از آنزیم‌های مهم متابولیسم نیتروژن مانند نیترات‌ردوکتاز در اندام‌های گیاهی را تقویت کرده و از این طریق میزان نیتروژن را تحت شرایط تنش آب بهبود ببخشند (انصاری و همکاران ۲۰۱۹).

درصد آب برگ

درصد آب برگ گیاهان کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی و متقابل کود و آبیاری قرار گرفت. با افزایش تنش خشکی درصد آب برگ کاهش یافت، با این حال تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای I_1 و I_2 وجود نداشت. تأثیر تیمارهای کودی روی درصد آب برگ تحت آبیاری نرمال و تنش خفیف (I_2) معنی‌دار نبود. با این حال، کاربرد کودهای زیستی به ویژه F_4 باعث افزایش قابل توجه این صفت تحت شرایط متوسط (I_3) و شدید (I_4) تنش شد (شکل ۲). کم بودن میزان رطوبت برگ می‌تواند با عدم تعادل بین میزان جذب و مصرف آب در گیاه همراه باشد. کاهش درصد آب برگ به دلیل کمبود آب نشانگر کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی

سپس زیست توده فوقانی سطح زمین به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و توزین شد و متعاقباً زیست توده گیاهی محاسبه شد.

درصد و عملکرد روغن

درصد روغن دانه‌های خشک شده (در هوای اتاق) کلزا بعد از آسیاب شدن طبق روش AOCs (۱۹۹۳) با هگزان توسط دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن نیز طبق رابطه زیر محاسبه شد:
درصد روغن = عملکرد دانه در متر مربع = عملکرد روغن

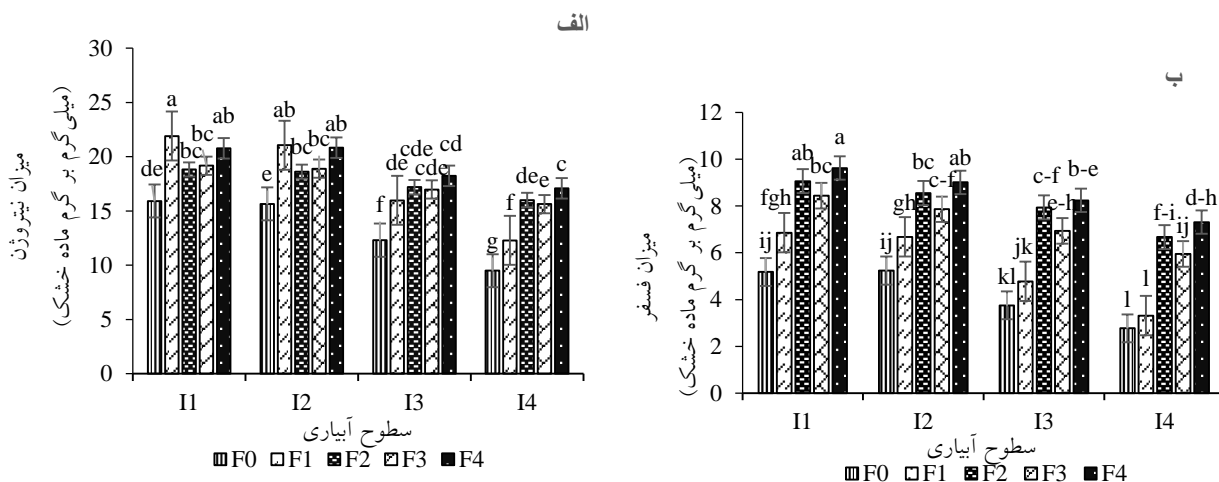
تجزیه داده‌ها

تمام داده‌های دوساله بر اساس طرح آزمایشی و با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SAS 9.4 تجزیه و تحلیل شدند. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای رسم کردن شکل‌ها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان نیتروژن و فسفر در برگ گیاهان

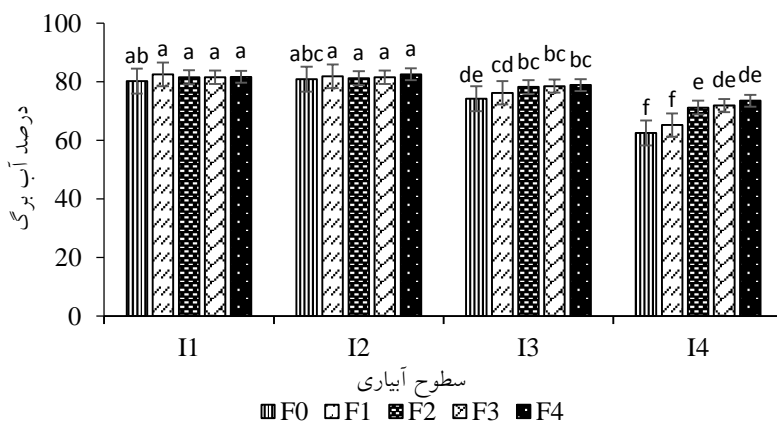
افزایش تنش خشکی تا ۱۰۰ میلی‌لیتر تبخیر (I_2) تغییری روی میزان فسفر و نیتروژن برگ‌های گیاهان کلزا نداشت، اما با بیشتر شدن تنش این عناصر به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. کاربرد تیمارهای کودی در تمام سطوح تنش میزان نیتروژن و فسفر را بهبود بخشیدند. تیمار تلفیقی (F_4) بیشترین تأثیر را روی این عناصر در برگ‌های گیاه کلزا نشان داد، که این برتری در سطح تنش شدید (I_4) بیشتر مشهود بود (شکل ۱ الف و ب). نیتروژن و فسفر از مهم‌ترین عناصر غذایی گیاهان محسوب می‌شوند و نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارند. کاهش نیتروژن و فسفر تحت تنش آب با کاهش پتانسیل آب در ریزوسفر و سلول‌های گیاهی مرتبط است. باکتری‌های محرک رشد (PGPR) با اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ریزوسفر از قبیل افزایش



شکل ۱- تغییرات میزان نیتروژن (الف) و فسفر (ب) در واکنش به تیمارهای آبیاری و کودی. حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد
 I₁, I₂, I₃ و I₄: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A. F₀: بدون کود، F₁: کود شیمیایی، F₂: PGPR، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تیمار تلفیقی.

استیک اسید (IAA) تولید شده توسط باکتری‌ها باشد (مارولاندا و همکاران ۲۰۰۹). ساهین و همکاران (۲۰۱۵) نیز در گیاهان کاهو گزارش کردند که کاربرد PGPR تحت تنش خشکی از طریق بهبود رشد ریشه سبب افزایش محتوی آب برگ می‌شود. ورمی‌کمپوست هم به دلیل داشتن ساختار متخلخل، ظرفیت نگهداری بیشتر آب، یون‌های آلی و هورمون‌های گیاهی (بیک‌خورمیزی و همکاران ۲۰۱۶) می‌تواند در شرایط تنش آب بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد و درصد آب برگ را بهبود بخشد.

است و این امر به کاهش رشد (قاسمی‌گل‌عزانی و افخمی ۲۰۱۸) منجر می‌شود. کاهش درصد آب برگ تحت تنش خشکی در گیاهان زنیان (قاسمی و همکاران ۲۰۱۹) نیز گزارش شده است. درصد آب برگ در گیاهان تیمار شده با کودهای زیستی بالاتر از شاهد و کود شیمیایی بود (شکل ۲). به طور مشابه، تلقیح توسط کودهای زیستی مانند PGPR تحت تنش خشکی باعث افزایش محتوای آب برگ شد (خیریزاده آروف و همکاران ۲۰۱۶). این امر می‌تواند نتیجه افزایش رشد ریشه توسط ایندول-۳-



شکل ۲- تغییرات درصد آب برگ در واکنش به تیمارهای آبیاری و کودی. حروف متفاوت نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

I₁, I₂, I₃ و I₄: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بدون کود، F₀: کود شیمیایی، F₂: PGPR، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تیمار تلفیقی.

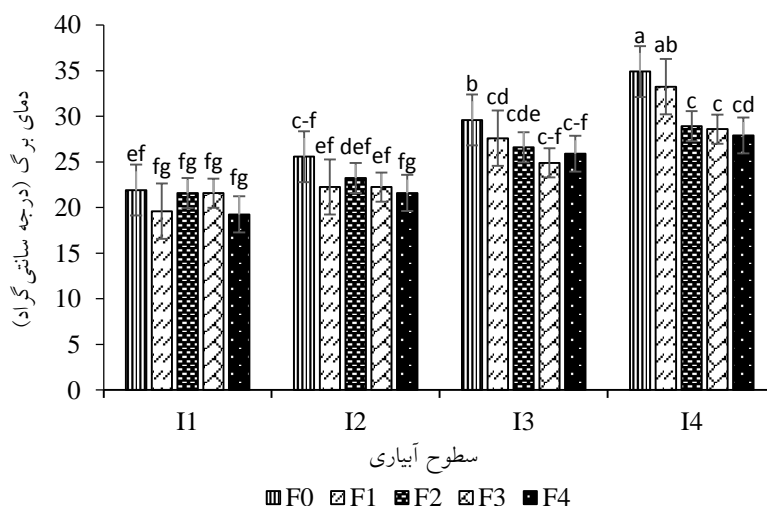
دمای برگ

دمای برگ گیاهان کلزا تحت تاثیر تیمارهای آبیاری و کودی قرار گرفت. اثر متقابل آبیاری \times کود نیز برای آن معنی دار بود. با افزایش محدودیت آب دمای برگ افزایش یافت. کاربرد تیمارهای کودی دمای برگ گیاهان را تحت تنش کاهش داد، اگرچه اختلاف معنی داری بین آبیاری نرمال و شرایط تنش خفیف (I_2) وجود نداشت. بیشترین تاثیر کودهای زیستی، به ویژه تیمار تلفیقی روی دمای برگ تحت تنش شدید (I_4) بود (شکل ۳). دمای برگ می تواند به عنوان یک ویژگی فیزیولوژیکی برای تعیین وضعیت آب گیاه مورد استفاده قرار گیرد (جیمزبیلو و همکاران ۲۰۱۱). افزایش دمای برگ در اثر کمبود آب با کاهش تعرق، هدایت روزنه ای و درصد آب برگ (شکل ۲) در ارتباط است. معمولاً، کمبود آب منجر به بسته شدن روزنه در محصولات زراعی می شود و همین امر باعث افزایش دمای برگ گیاهان می شود (قاسمی و همکاران ۲۰۱۹). دمای برگ در اثر کاربرد کودها کاهش یافت، که می تواند ناشی از افزایش هدایت روزنه در نتیجه بیشتر بودن آب برگ باشد (شکل ۳). بین دمای برگ و درصد آب برگ یک رابطه منفی وجود دارد و کاربرد کودها، به

ویژه تیمار تلفیقی تحت تنش خشکی سبب کاهش دمای برگ در اثر افزایش درصد آب برگ می شوند. گیاهانی که در شرایط خشکی رشد بالایی را نشان می دهند، دمای کم تاج پوشش را به دلیل داشتن مقدار زیاد آب برگ نشان می دهند (جان و بوسال ۲۰۱۵). سینگر و همکاران (۱۹۹۸) نشان داد که استفاده از کودهای زیستی و کودهای آلی بر خصوصیات مختلف فیزیولوژیکی مانند محتوای آب برگ و دمای برگ گیاهان تاثیر دارند.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته تحت تاثیر تنش آبی و تیمارهای کودی قرار گرفت. اثر متقابل تیمار کود در تنش آب نیز برای ارتفاع بوته معنی دار بود. با افزایش کمبود آب، ارتفاع گیاه کلزا در سالهای ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ کاهش یافت. کاربرد تیمارهای کودی در سطوح مختلف آب در هر دو سال باعث افزایش معنی دار ارتفاع گیاه شد. بیشترین ارتفاع بوته در آبیاری نرمال (I_1) به ترتیب در تیمارهای کود شیمیایی (F_1) و ورمی کمپوست (F_3) در هر دو سال مشاهده شد، اگرچه با سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی داری نداشت. در هر دو سال، برتری تیمار تلفیقی



شکل ۳- تغییرات دمای برگ در واکنش به تیمارهای آبیاری و کودی. حروف متفاوت نشانگر تفاوت

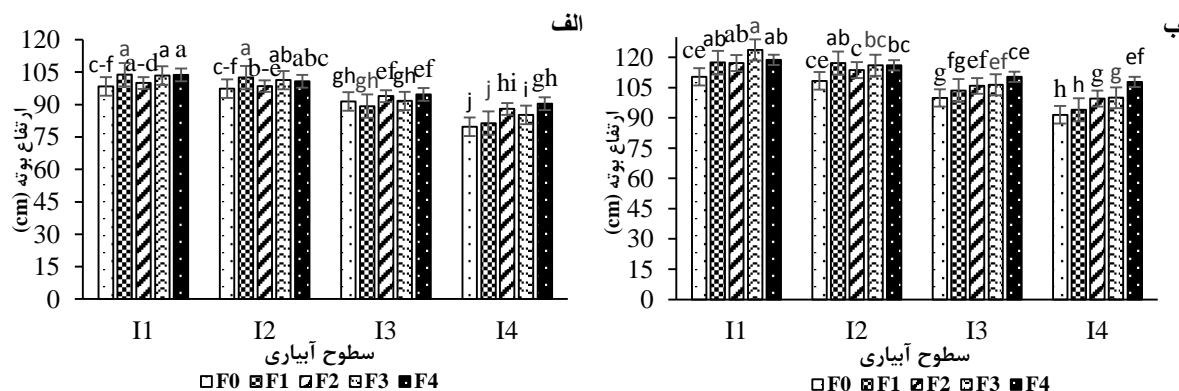
معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

I_1, I_2, I_3, I_4 : به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A
 F_0 : بدون کود، F_1 : کود شیمیایی، F_2 : PGPR، F_3 : ورمی کمپوست و F_4 : تیمار تلفیقی.

قطر ساقه و تعدادشاخه در بوته

تاثیر تنش آب برای قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته از نظر آماری معنی دار بود. تیمار کودی فقط برای تعداد شاخه در بوته معنی دار واقع شد. با افزایش سطوح تنش قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته کاهش یافتند، اگرچه تفاوت معنی داری بین آبیاری نرمال (I_1) و تنش ملایم (I_2) از نظر آماری مشاهده نشد. کمترین این صفات برای سطح تنش شدید (I_4) ثبت شد. کاربرد تیمارهای کودی به ویژه تیمار کودی F_4 سبب افزایش شاخه در بوته نسبت به شاهد شد (جدول ۳). کاهش آماس سلولهای برگ و فتوسنتز در شرایط تنش آب، رشد و نمو سلول را مهار می کند و منجر به کاهش قطر ساقه می شود (انجوم و همکاران ۲۰۱۱). در بررسی اثر تنش خشکی روی صفات مورفولوژیکی که شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته بودند، نتایج سیداحمدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد بیشترین کاهش مربوط به قطر ساقه و تعداد شاخه در بوته بود که نشان دهنده کاهش منابع ذخیره و تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش خشکی می باشد. با توجه به هم زمانی رشد طولی ساقه با رشد شاخه های جانبی و توسعه خورجین ها بروز تنش

(F_4) نسبت به سایر کودها در I_4 (استرس شدید) به طور معنی داری بیشتر بود. ارتفاع گیاه در سال دوم بیشتر از سال اول بود (شکل ۴-الف و ب) که می توان آن را به میزان بارندگی بیشتر در سال دوم نسبت داد (جدول ۲). ارتفاع گیاه یک ویژگی مورفولوژیکی است که با جابجایی کربوهیدرات ها به ویژه در تنش های محیطی از جمله تنش های آبی همراه است (بلوم و همکاران ۱۹۸۹). می توان اظهار داشت که محدودیت آب باعث کاهش تقسیم و انبساط سلولی می شود و از این طریق سبب کاهش رشد اندام ها و ارتفاع گیاه می شود (شریف و همکاران ۲۰۱۷) بنابراین از جمله تأثیرات منفی تنش خشکی، کاهش ارتفاع بوته به دلیل کاهش آب در دسترس (شکل ۲) و قابلیت جذب عناصر (شکل ۱) و کاهش رشد است (تصدیقی و همکاران ۲۰۱۵). بهبود ارتفاع گیاه توسط کودهای زیستی می تواند به این دلیل باشد که ورمی کمپوست و PGPR مواد مغذی بیشتری (شکل ۱) را برای گیاه فراهم کرده و تولید اکسین را تحریک می کنند (بودن و همکاران ۲۰۱۰؛ بورد و همکاران ۲۰۰۰) که تولید این هورمون نقش مهمی در افزایش ارتفاع گیاه دارد.



شکل ۴- میانگین ارتفاع گیاه کلزا برای اثر متقابل تیمارهای کودی در تنش خشکی در سال ۱۳۹۷ (الف) و ۱۳۹۸ (ب).

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی داری در $P \geq 0.05$ (آزمون چند دامنه دانکن) است. I_1 , I_2 , I_3 , I_4 : آبیاری پس از تبخیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی متر. F_0 : شاهد، F_1 : کود شیمیایی، F_2 : تلفیح با PGPR، F_3 : ورمی کمپوست و F_4 : تلفیق کودها.

سطح سبز فتوسنتز کننده موجب بیشتر شدن تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و جانبی می‌شود و در نتیجه، مجموعه این عوامل باعث افزایش تحریک مریستم انتهایی و جانبی و افزایش تولید شاخه‌های فرعی در تیمار حاوی اوره می‌گردد (صیدی و همکاران ۲۰۱۷).

تعداد برگ در بوته

تعداد برگ در بوته در هر دو سال برای تیمارهای تنش آبی و کودی معنی دار بود. کاهش آب موجود منجر به کاهش تعداد برگ در بوته در هر دو سال شد. حداکثر تعداد برگ در بوته در سال اول برای I₁ بدست آمد که از نظر آماری با I₂ معنی دار نبود. در سال دوم، بیشترین

خشکی در این مرحله نه تنها مواد ذخیره ای ساقه را کاهش می‌دهد (سیداحمدی و همکاران ۲۰۱۵) بلکه از توسعه اندام‌های ذخیره ای و شاخه‌های جانبی که تولید کننده خورجین‌ها می‌باشد، جلوگیری به عمل آورده و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش مواد فتوسنتزی و کاهش جایگاه توسعه خورجین‌ها که همان شاخه‌های فرعی می‌باشند، منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌شود. تعداد شاخه فرعی صفتی است که تحت تأثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد و فراهمی عناصر غذایی بر این صفت مؤثر است. در تیمار تلفیقی اثر مفید باکتری‌های محرک رشد و کود ورمی‌کمپوست در افزایش عرضه عناصر غذایی (شکل ۱) و در نتیجه بهبود فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن موجب شده است که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته افزایش یابد. از طرفی افزایش

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده شاخه در بوته، قطر ساقه، نیام در بوته و درصد روغن برای

تنش خشکی و تیمارهای کودی

تیمارها	قطر ساقه میلی‌متر	تعداد شاخه در بوته	تعداد خورجین در بوته	روغن دانه %
آبیاری (I)				
I ₁	۵۵/۴۶ a	۵/۲۹ a	۳۰/۱۴ a	۴۰/۲۸ a
I ₂	۵۴/۹۹ a	۵/۲۵ a	۳۰/۰۱ a	۳۹/۹۷ a
I ₃	۴۸/۱۳ b	۴/۴۱ b	۲۶/۸۲ ab	۳۷/۶۱ b
I ₄	۴۴/۱۶ c	۳/۳۳ c	۲۲/۷ b	۳۶/۱ c
کود (F)				
F ₁	۵۰/۴۲ a	۳/۹۵ b	۲۵/۵ b	۳۶/۴۷ c
F ₂	۵۰/۵۴ a	۴/۶۶ a	۲۸/۱۸ a	۳۵/۹۹ c
F ₃	۵۰/۴۹ a	۴/۷۲ a	۲۸/۴۶ a	۴۰/۷۶ a
F ₄	۵۰/۴۷ a	۴/۷۱ a	۲۷/۹۵ a	۵۲/۳۹ b
F ₅	۵۰/۵۸ a	۴/۸۳ a	۲۹/۵۲ a	۳۹/۸۸ ab

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی داری در $P \geq 0.05$ (آزمون چند دامنه دانکن) است. I₁, I₂, I₃, I₄: آبیاری پس از تبخیر ۰.۷، ۱.۰، ۱.۳۰ و ۱.۶۰ میلی‌متر. F₀: شاهد، F₁: کود شیمیایی، F₂: تلفیق با PGPR، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تلفیق کودها.

این صفت در سطوح تنش آبی شد. (جدول ۴). کیمبر و مک جرج (۱۹۹۵) اظهار داشتند که طول خورجین یک صفت ژنتیکی بوده ولی می‌تواند از شرایط محیطی نیز تأثیر بپذیرد. دیپن بورگ (۲۰۰۰) گزارش نمود تعداد دانه در خورجین با طول خورجین همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. به طوری که هر چه طول خورجین بلندتر باشد، عملکرد دانه بیشتر خواهد بود.

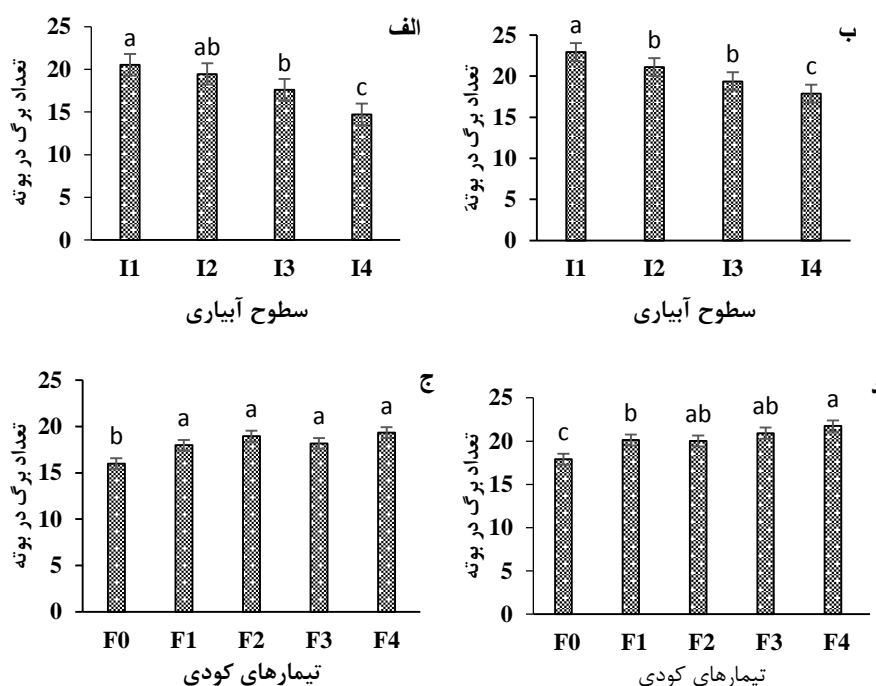
تعداد خورجین در بوته

اثرات اصلی تنش آب و تیمارهای کودی برای تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود. با افزایش تنش این صفت کاهش پیدا کرد، به طوری که کمترین مقدار آن برای تنش شدید (I_4) ثبت شد. کاربرد تیمارهای کودی تعداد خورجین در بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند و بیشترین آن برای تیمار تلفیقی (F_4) به دست آمد (جدول ۳). به طور معمول تنش خشکی در مرحله گلدهی به دلیل عرضه کمتر مواد فتوسنتزی در اثر تنش در این دوران باعث ریزش گل و خورجین‌های در حال رشد می‌گردد. علت کاهش تعداد خورجین در بوته در پی اعمال تنش رطوبتی را می‌توان کاهش در تعداد گل‌هایی که در آخر به خورجین تبدیل می‌شود، دانست (فیاض و همکاران ۲۰۱۷). این نتایج، بیانگر این واقعیت است که گلدهی و مراحل اولیه‌ی نمو خورجین‌ها، از مراحل ضروری کلزا برای آبیاری بوده و در صورت عدم تأمین آب کافی در این مرحله، تعداد خورجین کاهش معنی‌داری خواهد یافت (پاسبان اسلام و همکاران ۲۰۰۰). تعداد خورجین را می‌توان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده دانه به حساب آورد، به این دلیل که در برگ‌گیرنده تعداد دانه‌ها و نیز تولید کننده مواد پرورده مورد نیاز برای افزایش وزن دانه‌ها می‌باشد (صمد زاده قلعه جوقی و همکاران ۲۰۱۸). به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی با بهبود وضعیت فیزیکی خاک و موجودی عناصر غذایی خاک باعث فعالیت بهینه

آن نیز برای I_1 مشاهده شد، اما از نظر آماری با I_2 معنی‌دار بود. برای هر دو سال کمترین تعداد برگ در بوته برای سطح استرس شدید ثبت شد (شکل ۵- الف و ب). استفاده از تیمارهای کودی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ باعث بهبود تعداد برگ در بوته نسبت به شاهد (F_0) شد. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی (F_4) این صفت را در هر دو سال آزمایش بهبود بخشید (شکل ۵- ج و د). کاهش تعداد برگ در بوته در نتیجه کمبود آب مطابق با نتیجه استولف-موریرا و همکاران (۲۰۱۰) در گیاهان سویا است. کمبود آب منجر به کاهش سرعت تولید برگ و سطح برگ گیاه می‌شود. این می‌تواند به کاهش فعالیت فتوسنتزی در برگ‌های آسیب دیده مربوط باشد. به طور کلی، این کاهش ناشی از کم شدن میزان تولید برگ جدید و افزایش در ریختن برگ‌ها سبب کاهش برگ‌های سبز می‌شود (یونسوس و همکاران ۲۰۱۴). افزودن باکتری-های محرک رشد به ورمی‌کمپوست باعث بهبود تثبیت نیتروژن جوی و ترشح آنتی بیوتیک‌ها می‌شود (صحران و نهرا ۲۰۱۱). این اثرات مفید سبب بهبود جذب مواد غذایی (شکل ۱) و فتوسنتز می‌گردد که از این طریق باعث افزایش ارتفاع بوته (شکل ۴) و شاخه در بوته (جدول ۳) می‌شود و متعاقباً می‌تواند سبب افزایش تعداد برگ در بوته بشود. ابو الحسن و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که بیشترین میزان ارتفاع بوته، تعداد برگ در تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بدست آمد.

طول خورجین

اثرات اصلی تنش آبی و تیمارهای کودی برای طول خورجین معنی‌دار واقع شد. همچنین اثر متقابل این دو فاکتور برای آن معنی‌دار بود. با افزایش تنش خشکی طول خورجین کاهش یافت، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین آبیاری نرمال و تنش ملایم (I_2) وجود نداشت. کاربرد تیمارهای کودی به‌ویژه تیمار تلفیقی کودها سبب بهبود



شکل ۵- میانگین تعداد برگ در بوته کلزا برای فواصل آبیاری (الف و ب) و تیمارهای کودی (ج و د) در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸. حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی داری در $P \geq 0.05$ (آزمون چند دامنه دانکن) است. I₁, I₂, I₃, I₄: آبیاری پس از تبخیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر. F₀: شاهد، F₁: کود شیمیایی، F₂: تلفیق با PGPR، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تلفیق کودها.

نرمال و تنش ملایم برای آن وجود نداشت. کاربرد تیمارهای کودی به‌ویژه تیمار تلفیقی سبب بهبود این صفت در تمام سطوح آبیاری شد (جدول ۴).

برخورد مراحل زایشی کلزا با تنش خشکی موجب کاهش حداکثری صفات وابسته به عملکرد نظیر تعداد دانه در خورجین می‌شود (ما و همکاران ۲۰۰۶) که به دنبال کاهش تعداد (جدول ۳) و طول خورجین (جدول ۴) در بوته به وجود می‌آید. دلیل کاهش تعداد دانه در خورجین را تحت شرایط تنش خشکی می‌توان به کاهش تعداد گل-هایی که به دانه تبدیل شدند، مرتبط دانست. زیرا علاوه بر کاهش فتوسنتز تحت شرایط تنش، پتانسیل آب که منجر به ایجاد فشار هیدروستاتیکی می‌شود و برای حرکت مواد فتوسنتزی لازم است، نیز کاهش می‌یابد. در این شرایط تخصیص مواد پرورده به دانه‌ها کاهش یافته و تعدادی از دانه‌ها سقط می‌شوند (فیاض و همکاران

باکتری‌های محرک رشد شده (ارهارت و هارتل ۲۰۰۶) و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش می‌یابد (شکل ۱). از طرفی، افزودن کودهای آلی علاوه بر تأمین عناصر غذایی (شکل ۱) با بهبود خواص فیزیکی خاک شرایط مناسبی را برای رشد و توسعه ریشه فراهم می‌کند (محمدی و همکاران ۲۰۰۷). سایر بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد کودهای نیتروژن‌دار و تلفیق بذر با باکتری‌های آزوسپریلوم و ازتوباکتر نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش تعداد خورجین در کلزا می‌شود (یاسری و همکاران ۲۰۰۹).

تعداد دانه در خورجین

تعداد دانه در خورجین تحت تاثیر تنش آبی، تیمارهای کودی و اثر متقابل تنش آبی و تیمارهای کودی قرار گرفت. با افزایش سطوح تنش تعداد دانه در خورجین کاهش یافت. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آبیاری

جدول ۴- تغییر در طول خورجین، تعداد دانه در خورجین، بیوماس تک بوته و عملکرد دانه و روغن گیاهان کلزا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی و سطوح تنش خشکی

طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	بیوماس تک بوته	عملکرد دانه در متر مربع	عملکرد روغن در متر مربع	کود (F)	آبیاری (I)
cm	-	g	g.m ⁻²	g.m ⁻²		
۳/۹۵ def	۲۴/۴ de	۹/۵۶ bc	۱۸۷/۷۷ de	۶۹/۶۶fg	F0	
۴/۸۶ a	۲۹/۵۳ a	۱۰/۰۷ a	۲۶۳/۱۱ a	۹۶/۱۷a	F1	
۴/۱۳ cd	۲۶/۶ bc	۱۰/۰۵ ab	۲۲۱/۲۵ bc	۹۲/۰۳ab	F2	I ₁
۴/۲۵ bcd	۲۷/۸ ab	۹/۶۵ bc	۲۲۴/۶۶ bc	۸۹/۷۸ab	F3	
۴/۶ abc	۲۷/۷ ab	۹/۹۸ abc	۲۴۹/۴۸ ab	۹۲/۷۱ab	F4	
۳/۷۶ efg	۲۲/۰۹ fg	۸/۶۹ ef	۱۷۶/۳۵ ef	۶۵/۷۱fgh	F0	
۴/۷۶ ab	۲۶/۷ abc	۱۰/۳ ab	۲۳۲/۴۱ ab	۸۳/۳bcd	F1	
۴/۲۳ bcd	۲۵/۰۴ cde	۹/۶۶ bc	۲۰۷/۲۳ cd	۸۴/۹۶ab	F2	I ₂
۴/۱۳ cd	۲۵/۳۲ cde	۹/۵۷ bc	۲۰۵/۳۵ cd	۸۰/۰۵b-e	F3	
۴/۵۹ abc	۲۵/۹۶ bcd	۹/۷۴ abc	۲۲۱/۱۷ bc	۸۶/۹۱ab	F4	
۳/۲۷ hi	۲۰/۰۴ gh	۷/۶۹ g	۱۳۲/۰۶ h	۴۵/۳۳jk	F0	
۳/۴ ghi	۲۳/۹۱ ef	۸/۷۹ def	۱۶۶/۶ fg	۵۹/۳۸hi	F1	
۳/۵۴ gh	۲۳/۰۸ ef	۸/۴۵ ef	۱۷۱/۰۳ ef	۶۵/۱۵gh	F2	I ₃
۳/۷۴ efg	۲۴/۳۶ de	۸/۵۱ ef	۱۷۰/۸۸ ef	۶۲/۳۴gh	F3	
۴/۲۸ bcd	۲۵/۶۸ cd	۹/۲ cde	۱۹۸/۱۱ c	۷۴/۵۸ef	F4	
۲/۸ j	۱۶/۴۴ i	۶/۱ h	۷۰/۵۲j	۲۳/۴۲l	F0	
۳/۰۵ ij	۱۸/۶۴ h	۶/۸۶gh	۸۹/۲۳ i	۲۹/۳۱l	F1	
۳/۶۴ fg	۲۲/۹۹ ef	۷/۵۷ g	۱۳۳/۰۳ h	۵۰/۶۴ j	F2	I ₄
۳/۷۱ fg	۲۲/۳۲ f	۷/۸۷ fg	۱۲۴/۱۷ h	۴۸/۲۶ j	F3	
۴/۰۷ de	۲۴/۳ de	۸/۴۵ ef	۱۵۶/۸۲ g	۵۹/۳۶hi	F4	

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی داری در $P \geq 0.05$ (آزمون چند دامنه دانکن) است. I₁, I₂, I₃, I₄: آبیاری پس از تبخیر ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر. F₀: شاهد، F₁: کود شیمیایی، F₂: تلفیق با PGPR، F₃: ورمی‌کمپوست و F₄: تلفیق کودها.

بیوماس تک بوته

اثرات اصلی و اثر متقابل تنش آبی و تیمارهای کودی برای بیوماس تک بوته معنی‌دار واقع شد. استفاده از تیمارهای کودی به ویژه تیمار کودهای زیستی و تلفیق آنها، تا حدودی کاهش بیوماس تک بوته ناشی از کمبود آب را جبران کرد (جدول ۴). تنش خشکی با محدودیت‌هایی که در جذب آب توسط گیاه و همچنین جذب عناصر غذایی برای گیاه ایجاد می‌کند، باعث کاهش بیوماس تولیدی می‌شود (فولاد و اشرف ۲۰۰۷). به عقیده بسیاری از محققین، نخستین و حساسترین واکنش نسبت به

(۲۰۱۷). استفاده از ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد و تلفیق آنها، با فراهمی برخی عناصر مهم از جمله نیتروژن و فسفر (شکل ۱) و ریزمغذی‌ها سبب بهبود این صفت شده‌اند (منعم و همکاران ۲۰۱۸). همچنین باکتری‌های محرک رشد با افزایش رشد ریشه از طریق تولید هورمون‌های گیاهی همانند ایندول استیک اسید باعث اشغال حجم بیشتری از خاک شده و سطح جذب افزایش یافته (پاتین و گلیک ۲۰۰۲) و از این طریق نقش مثبتی در افزایش تعداد دانه در خورجین تحت شرایط تنش ایفا می‌کنند.

در بوته (شکل ۵- الف و ب)، قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته (جدول ۳)، تعداد و طول خورجین در بوته (جدول ۳ و ۴)، تعداد دانه در خورجین و بیوماس بوته (جدول ۴) باشد. تنش خشکی در مراحل رویشی به طور عمده باعث کاهش ارتفاع گیاه و زیست توده می شود، در حالی که در مراحل زایشی بر عملکرد دانه تأثیر منفی می گذارد (قاسمی گلعدانی و همکاران ۲۰۰۸). اوره به عنوان منبع نیتروژن باعث افزایش تأمین نیتروژن در مراحل گل دهی و پر شدن غلاف می شود، از پیری برگ جلوگیری می کند و فتوسنتز را بهبود می بخشد (کلثوم و همکاران ۲۰۰۷). تأمین نیتروژن در طول رشد برگ نیز به شکل گیری کلروپلاست ها کمک می کند، که در نهایت باعث افزایش کلروفیل برگ می شود (سینگ و همکاران ۲۰۱۶). به طور کلی، میزان کلروفیل با افزایش مقدار نیتروژن موجود در گیاه افزایش یافته و به دنبال آن توانایی جذب نور خورشید و تولید بیشتر فرآورده ها و در نهایت سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می گردد (صالحی و همکاران ۲۰۱۶). کاهش تأثیر تیمار کود شیمیایی بر عملکرد دانه با افزایش تنش خشکی (جدول ۴) نتیجه کاهش جذب مواد مغذی به دلیل محدودیت آب است (شکل ۱). کاربرد تیمارهای کود زیستی به ویژه تیمار تلفیقی (F4) در شرایط تنش با افزایش جذب عناصر نیتروژن و فسفر (شکل ۱) باعث بهبود درصد آب برگ (شکل ۲) و متعاقباً کاهش دمای برگ (شکل ۳)، افزایش ارتفاع بوته (شکل ۴)، برگ در بوته (شکل ۵- ج و د) تعداد شاخه در بوته (جدول ۳)، تعداد و طول خورجین در بوته (جدول ۳ و ۴)، تعداد دانه در خورجین و بیوماس بوته (جدول ۴) و در نهایت عملکرد دانه گیاه کلزا شد. از آنجا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است. بنابراین، احتمال می رود که کود آلی ورمی کمپوست توانسته با افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی و فراهمی مطلوب عناصر غذایی موجود در خاک باعث بهبود عملکرد دانه شود (سلیمانی و همکاران ۲۰۱۶). باکتری های محرک رشد نیز از طریق

کمبود آب، کاهش در آماس سلول و در نتیجه کاهش رشد می باشد (لارچر ۱۹۹۵؛ ماندال و همکاران ۲۰۰۸). همچنین تنش خشکی منجر به بسته شدن روزنه ها و کاهش در میزان فتوسنتز و رشد برگ می شود که در نهایت باعث کاهش بیوماس گیاهی می شود (اوزتورک ۱۹۹۹). استفاده از ورمی کمپوست منجر به افزایش فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم قابل دسترس گیاه می گردد. از طرفی ورمی کمپوست ها حاوی گوگرد نسبتاً بالایی بوده و گوگرد از عناصری است که کلزا و سایر گیاهان نسبت به آن عکس العمل مثبت نشان می دهند (ژائو و همکاران ۱۹۹۷). اسیدهای آلی آزاد شده از ریزجاندارانی نظیر باسیلوس و سودوموناس نیز علاوه بر فسفر، منجر به آزادسازی منگنز، روی، آهن و منیزیم از کمپلکس های موجود در خاک می شوند (جانز و داراه ۱۹۹۶). افزایش ماده آلی ناشی از کاربرد ورمی کمپوست، فعالیت باکتری های محرک رشد را افزایش داده و این فعالیت از طریق بهبود پارامترهای رشدی سبب افزایش بیوماس تک بوته نسبت به شاهد می شود.

عملکرد دانه

اثرات اصلی تنش آب و تیمارهای کودی برای عملکرد دانه معنی دار بود. همچنین اثر متقابل این دو فاکتور برای آن معنی دار گردید. با افزایش کمبود آب عملکرد دانه کاهش یافت، با این حال تفاوت معنی داری بین سطوح I₁ و I₂ مشاهده نشد. کاربرد تیمارهای کودی سبب بهبود عملکرد دانه در تمام سطوح آبیاری شد. بیشترین آن در آبیاری نرمال برای تیمار کود شیمیایی (F₁) به دست آمد که از نظر آماری با تیمار تلفیقی (F₄) تفاوتی نداشت. اما در شرایط تنش به ویژه تنش متوسط و شدید بیشترین عملکرد بوته مربوط به تیمار تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بود (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش می تواند ناشی از کاهش جذب عناصر نیتروژن و فسفر (شکل ۱)، درصد آب برگ (شکل ۲)، افزایش دمای برگ (شکل ۳) و کاهش ارتفاع بوته (شکل ۴)، تعداد برگ

نسبت به تیمارهای شیمیایی و شاهد نشان داد. تلقیح گیاهان روغنی با کودهای زیستی از جمله PGPR به دلیل در دسترس داشتن میزان فسفر بالا (شکل ۱-ب) سبب افزایش درصد روغن دانه می‌شود (چودهاری و کندی ۲۰۰۴).

با افزایش محدودیت آب عملکرد روغن گیاهان کلزا کاهش یافت. کاربرد تیمارهای کودی سبب بهبود این صفت شدند. در تیمار بدون تنش بیشترین عملکرد روغن دانه برای تیمار شیمیایی بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار تلفیقی نداشت. با این حال، در تمام سطوح تنش بیشترین آن برای تیمار تلفیقی ثبت شد. تیمار شیمیایی در سطح تنش شدید تفاوت معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۴). تغییرات عملکرد روغن به عنوان عملکرد اقتصادی در گیاهان روغنی ممکن است با تغییر درصد روغن دانه و عملکرد دانه یا هر دو مرتبط باشد (بیلاقی و همکاران ۲۰۱۲). در این آزمایش کاهش عملکرد روغن در اثر کمبود آب با کاهش درصد روغن (جدول ۳) و مخصوصاً عملکرد دانه (جدول ۴) در شرایط تنش در ارتباط بود. به‌طور مشابه، نتایج دهخدا و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که کاهش یا عدم آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه و مقدار روغن و در نهایت عملکرد روغن می‌شود. در مقابل، بهبود عملکرد روغن در نتیجه کاربرد تیمارهای کودی، به‌ویژه تیمار تلفیقی می‌تواند ناشی از افزایش درصد روغن (جدول ۳) و عملکرد دانه (جدول ۴) باشد.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی تأثیر منفی روی جذب نیتروژن و فسفر، درصد آب برگ، دمای برگ، صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه، درصد روغن و متعاقباً عملکرد روغن کلزا داشت. کاربرد تیمارهای کودی به‌ویژه تیمار تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی (F4) با افزایش جذب نیتروژن و فسفر منجر به افزایش درصد آب برگ و کاهش دمای برگ، بهبود صفات مورفولوژیکی (به جز قطر ساقه) و اجزای عملکرد و در

تولید ترکیبات فرار، تولید هورمون‌های رشد، جذب بیشتر مواد مغذی، افزایش فعالیت دفاع آنتی‌اکسیدانی و تجمع اسمولیت‌ها سبب تحمل بهتر گیاهان به تنش خشکی می‌شوند. تلفیق این دو کود زیستی همراه یک‌سوم کودهای شیمیایی سبب جمع شدن این مزایا در کنار هم شده و نسبت به سایر تیمارها اثرات مضر تنش خشکی را روی عملکرد دانه کاهش داده است.

درصد و عملکرد روغن

تجزیه واریانس داده‌ها اثر آبیاری و تیمار کودی را بر درصد و عملکرد روغن دانه معنی‌دار نشان داد. همچنین اثر متقابل آبیاری × کود برای عملکرد روغن معنی‌دار بود. درصد روغن دانه کلزا با افزایش تنش کاهش یافت، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین سطوح I₁ و I₂ از نظر آماری مشاهده نشد. کمترین درصد روغن برای تنش شدید به‌دست آمد (جدول ۳). کاربرد کودهای زیستی به‌طور چشم‌گیری سبب افزایش درصد روغن دانه گیاه کلزا شدند. بیشترین درصد روغن برای تیمار F₂ حاصل گردید، اگرچه تفاوت معنی‌داری با تیمار تلفیقی (F₄) نداشت. کاربرد کودهای شیمیایی در مقایسه با شاهد تغییر قابل توجهی روی این صفت ایجاد نکرد (شکل ۳). روغن یکی از مفیدترین محصولاتی است که از فرآوری دانه کلزا حاصل می‌شود و تحت تأثیر تغییرات محیطی (سای و همکاران ۲۰۰۳)، خصوصاً تنش خشکی می‌باشد. به نظر می‌رسد وزن دانه و ذخیره روغن با دسترسی به آب کافی در طی رشد و نمو گیاه افزایش می‌یابند (قاسمی-گلعدانی و همکاران ۲۰۱۷). کم بودن مقدار روغن دانه به دلیل تنش خشکی ممکن است ناشی از کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و کاهش وزن دانه‌ها (قاسمی-گلعدانی و لطفی ۲۰۱۳) باشد. تحقیق اشرفی و رزمجو (۲۰۱۴) نشان داد که کاهش در دسترس بودن کربوهیدرات‌ها برای سنتز روغن در اثر تنش خشکی سبب کاهش درصد روغن می‌شود. کاربرد کودهای زیستی، به‌خصوص گیاهان تلقیح شده با PGPR افزایش چشم‌گیری را روی مقدار روغن دانه

در جایگزینی کودهای شیمیایی می‌شود. این نشان می‌دهد که استفاده ترکیبی از کودهای زیستی می‌تواند تیمار بهتری برای کاهش کودهای شیمیایی و بهبود رشد، عملکرد دانه و بخش اقتصادی کلزا (روغن) در شرایط مطلوب و نامساعد محیطی باشد.

نهایت عملکرد دانه گیاه کلزا بخصوص در شرایط تنش شد. درصد روغن نیز در تیمارهای تلقیح شده با باکتری محرک رشد بهبود یافت. افزایش درصد روغن و عملکرد دانه در نهایت موجب افزایش عملکرد روغن گیاهان کلزا شد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تلفیق باکتری‌های محرک رشد با ورمی‌کمپوست باعث افزایش پتانسیل آنها

منابع مورد استفاده

- Abou-El-Hassan S, Elmehrat HG, Ragab AA and Megiud A. 2018. Growth, yield, bulb quality and storability of some onion cultivars response to compost, vermicompost and plant growth promoting rhizobacteria. Middle East Journal, 7:292-306.
- Agami RA, Medani RA, Abd El-Mola IA and Taha RS. 2016. Exogenous application with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) or proline induces stress tolerance in basil plants (*Ocimum basilicum* L.) exposed to water stress. International Journal of Environmental and Agricultural Research, 2: 78-92.
- Anjum SA, Xie XY, Wang IC, Saleem MF, Man C and Lei W. 2011 - Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. - African Journal of Agricultural Research, 6: 2026-2032.
- Ansari FA, and Ahmad I. 2019. Alleviating Drought Stress of Crops. Through PGPR: Mechanism. Microbial Interventions in Agriculture and Environment: 2: Rhizosphere, Microbiome and Agro-ecology. 341-358.
- AOCS. 1993- Official methods and recommended practices-The American oil chemist's society champaign.
- Ashrafi A and Razmjou C. 2014. Effect of seed priming and irrigation on grain yield, biological yield, oil and protein content of seeds of different varieties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agricultural Research and Development, 103: 61-68.
- Beykhhormizi A, Abrishamchi P, Ganjeali A and Parsa M. 2016. Effect of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. Journal of Plant Nutrition, 39: 883-893.
- Bohnert HJ and Jensen RG. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends Biotechnology, 14: 89-97.
- Bowden CL, Evanylo GK, Zhang X, Ervin EH and Seiler JR. 2010. Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments. Compost science and utilization, 18:162-173.
- Burd GI, Dixon DG and Glick BR. 2000. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology, 46:237-245.
- Choudhury A and Kennedy I.R. 2004. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. Biology and Fertility of Soils, 39: 219-227.
- Dar ZM, Masood A, Mughal AH, Asif M and Malik MA. 2018. Review on drought tolerance in plants induced by plant growth promoting rhizobacteria. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7: 412-422.
- Dehkhoda A, Naderidarbaghshahi M, Rezaei A and Majdnasiri B. 2013. Effect of water deficiency stress on yield and yield component of sunflower cultivars in Isfahan. International Journal of Farming and Allied Sciences, 2: 1319-1324.
- Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). A review. Field Crops Research, 67: 35-49.

- Elnaz Samadzadeh Ghale joughi E, Majidi Hervan E, Amir Hoseain SR and Noormohammadi G. 2018. Effect of vermicompost fertilizer application on physiological characteristics of Rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes in two sowing dates. *Journal of Crop Ecophysiology*, 12: 269-286.
- Erhart E and Hartl W. 2003. Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal of Soil Biology*, 39: 149-156.
- Fathi A and Tari DB. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. *International Journal of Life Sciences*, 10:1-6.
- Fayaz F, Naderi Darbaghshahi M and Shirani Rad AH. 2007. Evaluation of drought stress effects on yield and yield components of advanced Rapeseed varieties at Esfahan region. *New Finding in Agriculture*, 1: 177-189.
- Ghassemi S, Ghassemi-Golezani K and Salmasi SZ. 2019. Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae*, 246: 957-964.
- Ghassemi S, Ghassemi-Golezani K, Zehtab-Salmasi S. 2019. Changes in antioxidant enzymes activities and physiological traits of ajowan in response to water stress and hormonal application. *Scientia Horticulturae*, 24: 957-964.
- Ghassemi-Golezani K and Afkhami N. 2018. Changes in some morpho-physiological traits of safflower in response to water deficit and nano-fertilizers. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 12: 391-398.
- Ghassemi-Golezani K and Lotfi R. 2013. Influence of water stress and pod position on oil and protein accumulation in soybean grains. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4: 2341-2345.
- Ghassemi-Golezani K, Ghassemi S and Yaghoobian I. 2017. Improving oil and flavonoid contents of milk thistle under water stress by salicylic acid. *Advances in Horticultural Science*, 31: 19-23.
- Godarzi I A, Bazrafshan I F, Mehdi zare Faraji H and Safahani Langerood AR. 2017. Studying the effect of drought stress on yield and physiological characteristics in genotypes of canola (*Brassica napus* L.). *Helix*, 8: 1250-1258.
- Govahi M, Ghalavand A, Nadjafi F and Sorooshzadeh A. 2017. Comparing different soil fertility systems on some physiological characteristics, yield and essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.) under different irrigation regimes. *Agroecology*, 9: 445-457.
- Inanloofar M, Omidi H and Pazoki A. 2013. Morphological, Agronomical Changes and Oil Content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Drought Stress and Biological / Chemical Fertilizer of Nitrogen. *Journal of Medicinal Plants*, 4: 170-184
- Jan K and Boswal M.V. 2015. Effect of Bio-fertilizer and Organic fertilizer on physiological characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Science and Research*, 3: 2073-2090.
- Jian H, Zhang A, Ma J, Wang T, Yang B, Shuang LS and Liu L. 2019. Joint QTL mapping and transcriptome sequencing analysis reveal candidate flowering time genes in *Brassica napus* L. *BMC genomics*, 20: 21.
- Jiménez-Bello MA, Ballester C, Castel JR and Intrigliolo DS. 2011. Development and validation of an automatic thermal imaging process for assessing plant water status. *Agricultural Water Management*, 98: 1497-1504.
- Jones JB. 1991. Kjeldahl method for nitrogen determination. *Kjeldahl method for nitrogen determination*.
- Jones DL, and PR. Darrah. 1996. Re-sorption of organic compounds by roots of (*Zea mays* L.) and its consequences in the rhizosphere. *Plant and Soil*, 178: 153-160.
- Khattab RY. and Arntfield S. D. 2009. Functional properties of raw and processed canola meal. *LWT-Food Science and Thechnology*, 42: 1119-1124.

- Kiran S, 2019. Effects of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical parameters of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under drought stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47.
- Kohler J, Hernández JA, Caravaca F. and Roldán A. 2008. Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. *Functional Plant Biology*, 35: 141–151.
- Kulsum MU, Baque MA and Karim MA. 2007. Effect of different nitrogen levels on the leaf chlorophyll content nutrient concentration and nutrient uptake pattern of blackgram. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10: 250–254.
- Larcher W. 1995. *Physiological plant ecology*. Third edition. Berlin Springer-Verlag. Letchamo W, and Vomel A. 1992. A comparative investigation of Chamomile genotypes under extremely varying ecological conditions. *Acta Horticulturae* 306: 105-114.
- Liang D, Ni Z, Xia H, Xie Y, Lv X, Wang J, Lin L, Deng Q and Luo X. 2019. Exogenous melatonin promotes biomass accumulation and photosynthesis of kiwifruit seedlings under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 246: 34-43.
- Liu EK, Mei XR, Yan CR, Gong DZ and Zhang YQ. 2016. Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes. *Agricultural Water Management*, 167: 75–85.
- Ma Q, Niknam SR 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 Agriculture Research*, 57: 221-226.
- Mandal K, Saravanan R and Maiti S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis* L.) and seed yield of *Plantago ovata*. *Crop Protection*, 27: 988-995.
- Marulanda A, Barea JM. and Azcon. R. 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: Mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28: 115-124.
- Mogensen VO, Jensen CR, Mortensen G, Andersen MN, Schjoerring JK, Thage JH and Koribidis J. 1997. Pod photosynthesis and drought adaptation of field grown rape (*Brassica napus* L.). *European Journal of Agronomy*, 6: 295–307.
- Mohammadi K, Kalamian S and Nouri F. 2007. Use of agricultural wastage as compost and its effect on grain yield of wheat cultivars. National Conference for Food and Agribusiness. Tarbiat Modares University, Tehran. Pp: 219-224. (In Persian).
- Monem R, Pazoki A and Abdzad Gohari A. 2019. The effect of combined application of plant growth promoting rhizobacteria and different levels of vermicompost on quantitative and qualitative performance of rapeseed (*Brassica napus* L.), 48: 615-630.
- Naeem MS, Jin ZL, Wan GL, Liu D, Liu HB, Yoneyama K and Zhou WJ. 2010. 5-Aminolevulinic acid improves photosynthetic gas exchange capacity and ion uptake under salinity stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant and Soil*, 332: 405–415.
- Ozturk A. 1999. The effect of drought on the growth and yield of winter wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 531-540.
- Pandey S, Verma A and Chakraborty D. 2016. Potential use of rhizobacteria as biofertilizer and its role in increasing tolerance to drought stress. *Recent trends in biofertilizers* IK International Publishing House Pvt Ltd, New Delhi, India, 7:115-140.
- Pasban Eslam B, Shakiba MR, Neishabouri MR, Moghaddam M and Ahmadi MR. 2000. Effects of water stress on quality and quantity characteristics of rapeseed. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 10: 75-85. (In Persian).

- Patten CL and Glick BR. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indole acetic acid in development of the host plant root system. *Applied Environmental Microbiology*, 68: 3795–3801.
- Rameeh V. 2016. Correlation and path analysis in advanced lines of rapeseed (*Brassica napus*) for yield components. *Journal of Oilseed Brassica*, 1: 56-60.
- Sadaqat HA, Tahir MHN and Hussain MT. 2003. Physiogenetic aspects of drought tolerance in canola (*Brassica napus*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 5: 611–614.
- Saharan B and Nehra V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research*, 21:1-30.
- Sahin U, Ekinçi M, Kiziloglu FM, Yildirim E, Turan M Kotan R and Ors S. 2015. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth, and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. *Hortscience*, 50: 1379-1386.
- Salehi A, Tasdighi H and Gholamhoseini M. 2016. Evaluation of proline, chlorophyll, soluble sugar content and uptake of nutrients in the German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress and organic fertilizer treatments. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6: 886–891.
- Saydi Z, Fateh E and Ayneband A. 2017. Effect of Different Sources of Nitrogen and Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of Ajowan (*Trachyspermum ammi* L.). *Agroecology*, 9: 115-128.
- SeyediAhmadi A, Bakhshandeh A and Gharineh MH. 2015. Evaluation Physiological Characteristics and Grain Yield Canola Cultivars under end Seasonal Drought Stress in Weather Condition of Ahvaz. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13: 71-80.
- Shaabani A, Kamgar Haghighi A, Spaskhah A, Emami Y and Honar T. 2009. Effect of Water Stress on Physiological Parameters of oil Seed Rape (*Brassica napus*). *Journal of Water and Soil Science*, 13: 31-42.
- Sharifi P, Seyedsalehi M, Paladino O and Kyzas GZ. 2017. Investigation of morphological and phytochemical changes and tolerance threshold of chamomile under drought stress conditions. *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 5:85-91.
- Si P, Mailer RJ, Galwey N and Turner DW. 2003. Influence of genotype and environment on oil and protein concentrations of canola (*Brassica napus* L.) grown across southern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 397-407.
- Singer SM, Sawan OM, AbdelMouty MM and Salman S.R. 1998. Study of the effects of the Delta mixTM and organic matter on growth and productivity of bean plants grown under calcareous soil conditions. *Egyptian Journal of Horticulture*, 25: 335-347.
- Singh M, Khan MMA and Naeem M. 2016. Effect of nitrogen on growth, nutrient assimilation, essential oil content, yield and quality attributes in *Zingiber officinale* Rosc. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15: 171–178.
- Soleymani F, Ahmadvand G. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. *Journal of Agroecology*, 8:107-119.
- Stolf-Moreira R, Medri M, Neumaier N, Lemos N, Pimenta J, Tobita S, Brogin R, Marcelino-Guimarães F, Oliveira M and Farias J. 2010. Soybean physiology and gene expression during drought. *Genetics and Molecular Research*, 9:1946-1956.
- Tahmasebpour B, Sabzi Nojadedeh M and Esmailpour M. 2018. Salt stress tolerance of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *International Journal of Plant Biology and Research*, 6: 1098.
- Tandon HLS, Cescas MP and Tyner EH. 1968. An Acid-Free Vanadate-Molybdate Reagent for the Determination of Total Phosphorus in Soils 1. *Soil Science Society of America Journal*, 32: 48-51.
- Tasdighi H, Salehi A, Movahhedi Dehnavi M and Behzadi Y. 2015. Survey of Yield, Yield Components and Essential Oil of *Matricaria chamomilla* L. With Application of Vermicompost and Different Irrigation Levels. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 25: 61-78.

- Ting-Hui D, Gui-Xin C, Sheng-Li G, Ming-De H and Heng L. 2006. Effect of nitrogen management on yield and water use efficiency of rainfed wheat and maize in Northwest China. *Pedosphere*, 16:495-504.
- Vurukonda SSKP, Vardharajula S, Shrivastava M and SkZ A. 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 184:13-24.
- Wang YG, Peng CX, Zhan YN, Yu LH, Li M, Li J and Geng G. 2017. Comparative proteomic analysis of two sugar beet cultivars with contrasting drought tolerance. *Journal of Plant Growth Regulation*, 6: 537–549.
- Yang J, Kloepper JW and Ryu CM. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, 14: 1-4.
- Yasari E, Azadgoleh MA, 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): 27-33.
- Yasari E, Azadgoleh ME, Mozafari S and Alashti MR. 2009. Enhancement of growth and nutrient uptake of rapeseed (*Brassica napus* L.) by applying mineral nutrients and biofertilizers *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12:127-133.
- Yeilaghi H., Arzani M, Ghaderian R, Fotovat M and Feizi SS. 2012. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Food Chemistry*, 130: 618-625.
- Yunusa M, Ephraim B, Abdullahi S. 2014. Effects of moisture stress on the growth parameters of soybean genotypes. *Discourse Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2:142-148.
- Zaremanesh H, Nasiri B and Amiri A. 2017. The effect of vermicompost biological fertilizer on corn yield. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8:154-159.
- Zhao FJ, Bilsborrow PE, Evans EJ and Mc Grath SP. 1997. Nitrogen to sulfur ratio in rape-seed and in rapeseed protein and its use in diagnosing sulfur deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 549-558.