University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

Vol. 15, No. 4, pp. 1023-1035 (Winter 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4209.1988

Original article

Effect of some plant growth biostimulants on increasing canola (*Brassica napus* L.) tolerance to drought stress

M. Passandideh[1*], M. Rajaei[2], H. Zeinalzadeh-Tabrizi[3]

1. Soil and Water Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil (Moghan), Iran
2. Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
3. Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil (Moghan), Iran

Received 11 March 2021; Accepted 5 May 2021

Extended abstract

Introduction

Canola is known as one of the most important oily plants in the world due to its good composition of fatty acids and oil content. As the first oilseed crop in Iran, Canola is recommended to increase its cultivated area to reduce dependence on oil imports with high oil quality compared to other similar crops. Drought stress is one of the major environmental limiting factors for the successful production of crops, especially canola, in Iran and the world. One effective strategy to reduce the adverse effects of drought stress is to use new nutritional techniques like humic compounds and growth stimuli, including amino acids. Due to the lack of sufficient studies on the effects of growth stimuli on canola, the present study was performed to study the effects of four plant growth biostimulants on increasing canola tolerance to drought stress under Moghan conditions.

Materials and methods

To compare the effects of growth biostimuli on canola yield under drought stress, an experiment was conducted at Moghan Agricultural Research Station in the 2018-2019 crop years. The experiment was conducted as a split-plot in a randomized complete block design with three replications. Treatments included the main factor of irrigation regime at two levels, and the sub-plot included six treatments; control, amino acid foliar application, humic acid with irrigation, fulvic acid foliar application, seaweed extract foliar application, and the combination of second, third, and fifth treatments. In this study, plant height, number of pods per main stem, number of pods per lateral branches, total number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000-seed weight and seed yield were measured. Before analysis of variance, the presence or absence of outliers was identified using Grubbs test. Normality of data was then checked by Shapiro-Wilk test. Finally, the analysis of variance was performed and the means were compared using the least significant difference (LSD) method at the statistical level of one and five percent using SAS software version 9.1.

Results and discussion

The results showed that the effect of growth biostimulants could be different in non-stress and drought stress conditions, and biostimulants can reduce the effects of dry stress. in regular irrigation and non-

[*] Corresponding author: Mohammad Passandideh; E-Mail: mpassandideh@yahoo.com

© 2022, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

stress conditions, the combined treatment uses of growth stimulants> humic acid> fulvic acid > seaweed extract> amino acid increased by 22.7%, 14.3%, 6.4%, 6.3%, and 3.4%, respectively, compared to the control treatment. In drought stress conditions, the highest effect was related to the combined use of growth stimulants> amino acids> seaweed extract> fulvic acid > humic acid, respectively, with an increase of 31.9%, 21.3%, 15.9%, 11.9%, and 11.1%, respectively, compared to the control treatment.

Conclusions

Under non-stress conditions, the effect of growth stimulants was related to all studied components yield, and the effect of humic acid, fulvic acid, seaweed extract, and amino acid were related to the number of pods. Under stress conditions, other yield components including, number of pods per main stem and lateral branches, plant height and number of seeds per pods had more effect on increasing yield. It can be concluded that the application of growth biostimulants while improving canola yield under normal moisture conditions, can increase its tolerance to drought stress.

***Keywords*:** Drought stress, Fulvic acid, Humic acid, Irrigation regime, Seaweed extract.

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4209.1988

مقاله پژوهشی

تأثیر محرک‌های رشد گیاهی در افزایش تحمل گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به تنش خشکی

محمد پسندیده[1*]، مجید رجایی[2]، حسین زینل‌زاده تبریزی[3]

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل (مغان)

۲. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز

۳. بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل (مغان)

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش رطوبتی
رژیم آبیاری
عصاره جلبک دریایی
فولویک اسید
هیومیک اسید

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۲/۱۵

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱

۱۵(۴): ۱۰۲۳-۱۰۳۵

چکیده

تنش خشکی یکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده رشد کلزا در ایران است. در کشاورزی نوین، استفاده از محرک‌های رشد گیاه، یکی از راهکارهای مقابله با اثرات تنش خشکی است. به‌منظور مقایسه اثرات محرک‌های رشد بر عملکرد کلزا در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی، شامل آبیاری کامل و تنش در کرت اصلی و کرت فرعی نیز شامل شش تیمار؛ شاهد؛ محلول‌پاشی اسیدآمینه؛ کاربرد کودآبیاری اسید هیومیک؛ محلول‌پاشی اسیدفولویک؛ محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و مصرف توأم اسیدآمینه، اسید فولویک و اسید هیومیک بودند. نتایج نشان داد که تأثیر کاربرد محرک‌های رشد در شرایط تنش و بدون تنش خشکی می‌تواند کاملاً متفاوت بوده و می‌توان با کاربرد اسیدهای آلی، اثرات تنش را کاهش داد. در شرایط آبیاری کامل، به ترتیب تیمارهای مصرف توأم محرک‌های رشد> اسید هیومیک> اسید فولویک> عصاره جلبک دریایی> اسیدآمینه با افزایش ۲۲/۷، ۱۴/۳، ۶/۴، ۶/۳ و ۳/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد، بیشترین اثربخشی را در افزایش عملکرد داشتند. در شرایط تنش خشکی، بیشترین افزایش عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف توأم محرک‌های رشد> اسیدآمینه> عصاره جلبک دریایی> اسید فولویک> اسید هیومیک به ترتیب با افزایش ۳۱/۹، ۲۱/۳، ۱۵/۹، ۱۱/۹ و ۱۱/۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد بود. به‌طورکلی، می‌توان نتیجه گرفت که با مصرف توأم محرک‌های رشد گیاهی، ازجمله، اسیدآمینه، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی، در سه مرحله رشدی آبیاری دوم، خروج از رزت و شروع گلدهی، ضمن بهبود عملکرد کلزا، می‌توان تحمل آن را به تنش خشکی افزایش داد.

مقدمه

کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب و میزان روغن آن‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی در دنیا شناخته شده است. روغن آن در مقایسه با روغن‌های حاصل از دانه‌های روغنی نظیر آفتابگردان، ذرت و سویا به دلیل بالا بودن اسیدهای چرب غیراشباع و فاقد کلسترول، از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است (Jian et al., 2019). در ایران نیز بیش از یک دهه است که به‌عنوان یک محصول دانه روغنی مهمی شناخته شده است و نقش عمده‌ای در تأمین خودکفایی روغن خوراکی دارد (Rameeh, 2016).

تولید محصولات زراعی ازجمله کلزا، غالباً تحت تنش‌های محیطی صورت می‌گیرد و با محدودیت مواجه هستند. به دلیل نیاز مبرم گیاهان به آب، خشکی از عمده‌ترین تنش

* نگارنده پاسخگو: محمد پسندیده. پست الکترونیک: mpassandideh@yahoo.com

برای تولید موفق محصولات زراعی است. بیشترین نواحی که تحت تأثیر تنش‌های رطوبتی قرار می‌گیرند، مناطق نیمه‌خشک ازجمله ایران است (Jahan et al., 2015). میزان بارندگی در ایران به‌طور متوسط یک‌سوم میانگین سالیانه جهانی یعنی حدود ۲۵۰ میلی‌متر بوده و از طرف دیگر میزان تبخیر آن حدود ۳ برابر میانگین سالیانه جهانی است. این شرایط دقیقاً در بیش از ۸۰ درصد اراضی استان‌های کشور حاکم است (Mohammad Janee and Yazdanian, 2013). علاوه بر شرایط بارندگی کم، تنش خشکی ممکن است در دمای زیاد و وزش باد نیز حادث شود و واکنش گیاه نسبت به آن، بستگی به مرحله‌ای از رشد دارد که خشکی در آن رخ می‌دهد. برای مواجهه با این معضل و به‌منظور یافتن یک راه‌حل اساسی، راهی جز توسل به روش‌های نوین کشاورزی وجود ندارد.

مقاومت به خشکی یک واژه عمومی است که دربرگیرنده دامنه‌ای از مکانیسم‌های مختلف و راهکارهای مختلفی است که به‌وسیله آن‌ها گیاهان می‌توانند شرایط خشکی را تحمل کنند. یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از تکنیک‌های جدید تغذیه به کمک ترکیبات هوموسی و محرک‌های رشد ازجمله اسیدآمینه است. ترکیبات هوموسی دارای دو نوع اسید آلی مهم شامل اسید فولویک و اسید هیومیک و هومین‌ها هستند. اسید فولویک و اسید هیومیک هر دو مواد هیومیکی (همراه با هیومین) هستند که ازلحاظ وزن مولکولی، محتوای کربن و غیره با یکدیگر متفاوت هستند. مولکول‌های اسید هیومیک با پیوند به مولکول‌های آب تا حد زیادی مانع تبخیر آب می‌گردند. همچنین، مولکول‌های اسید فولویک به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند و با پیوند شدن به مولکول‌های آب، تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب درون گیاه کمک می‌کنند (Samavat et al., 2015). علاوه بر این، اسید هیومیک با افزایش حلالیت عناصر غذایی از قبیل فسفر، روی و آهن، بهبود دانه‌بندی خاک، گسترش سیستم ریشه گیاهان و تحریک رشد گیاه به‌وسیله هورمون‌های رشد، موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌شود (Mikkelsen, 2005). تحقیقات متعدد نشان داده است که کاربرد اسیدهای هیومیک و فولویک موجب افزایش عملکرد ریشه، وزن خشک و شاخص برداشت در محصولات کشاورزی ازجمله چغندرقند می‌گردد (Sadeghi et al., 2013).

عصاره جلبک دریایی نیز یکی دیگر از محرک‌های زیستی است که با دارا بودن محرک‌های رشد گیاهی همچون اکسین و سیتوکین و ویتامین‌ها می‌تواند موجب افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی گردد (Zhang et al., 2013). ایندول استیک اسید یا IAA مهم‌ترین اکسین گیاهی موجود در عصاره جلبک گیاهی است که موجب طویل شدن ریشه‌های افقی و اولیه کلزا و افزایش تحمل آن‌ها به تنش خشکی می‌گردد (Leveau and Lindow, 2005).

مطالعات نشان داده است که اسیدآمینه به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه مؤثر واقع می‌شوند (Faten et al., 2010). اسیدآمینه‌ها با افزایش غلظت کلروفیل و درنتیجه بهبود وضعیت فتوسنتز، بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیرگذار است. گلوتامیک اسید می‌تواند به‌عنوان عامل اسموتیک سیتوپلاسم در سلول‌های محافظ روزنه بر باز و بسته شدن روزنه‌ها مؤثر بوده و به حفظ آب گیاه کمک کند (Anjum et al., 2014). مستندسازی اطلاعات راجع به نتایج کمی و کیفی آزمایش‌های انجام‌شده در رابطه با کاربرد محرک‌های رشد بر پایه اسیدهای آمینه نشان داده که این ترکیبات در شاخص‌های رشد، اثرات مثبت به‌جای می‌گذارند. پازوکی (Pazoki, A. 2016) در تحقیقی، تأثیر محرک‌های رشد و اسید هیومیک را بر عملکرد گندم در سه سطح آبیاری (۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کاربرد محرک رشد، موجب افزایش ۹/۴۰، ۴/۵۶ و ۵/۴۵ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد در سطوح مختلف آبیاری گردید. با اضافه شدن اسید هیومیک، مقدار عملکرد دانه به بیشترین مقدار خود (۲۹۳۵ کیلوگرم بر هکتار) رسید. در این خصوص گزارش شده است که افزایش شکل محلول و قابل‌جذب عناصر غذایی در محیط ریشه و سطح برگ بالاتر، باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود.

به‌طورکلی، محرک‌های زیستی در کشاورزی امروزه شامل موادی به‌غیراز کودهای شیمیایی می‌باشند که در صورت کاربرد در مقادیر کم، موجب تحریک رشد گیاه و افزایش تأثیر کودهای شیمیایی رایج و بهبود مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌گردند؛ لذا، با توجه به اثرات مثبت کاربرد این ترکیبات، اغلب کشاورزان و محققین در سراسر جهان به این نتیجه رسیده‌اند که این نهاده‌ها باید به‌عنوان بخشی از برنامه کوددهی در نظر گرفته شوند (El-Ghamry et al., 2009). به نظر می‌رسد کشاورزی نوین می‌تواند

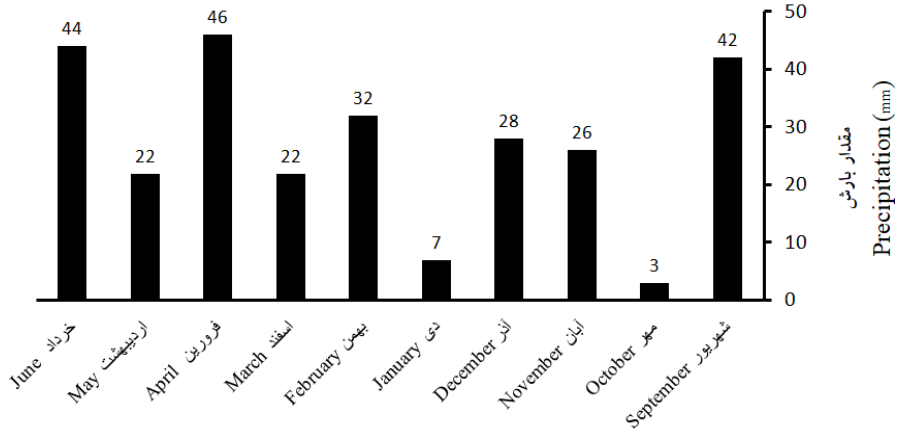
به‌وسیله شیوه‌های نوین تغذیه گیاهی، سمت و سویی جدید را جهت مبارزه با تنش‌های خشکی رهنمون سازد؛ لذا، با توجه به عدم وجود مطالعات کافی در خصوص اثرات طیف وسیعی از محرک‌های رشد بر عملکرد کلزا، در تحقیق حاضر، اثرات چهار محرک رشد گیاهی بر کاهش تنش خشکی کلزا در منطقه مغان مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

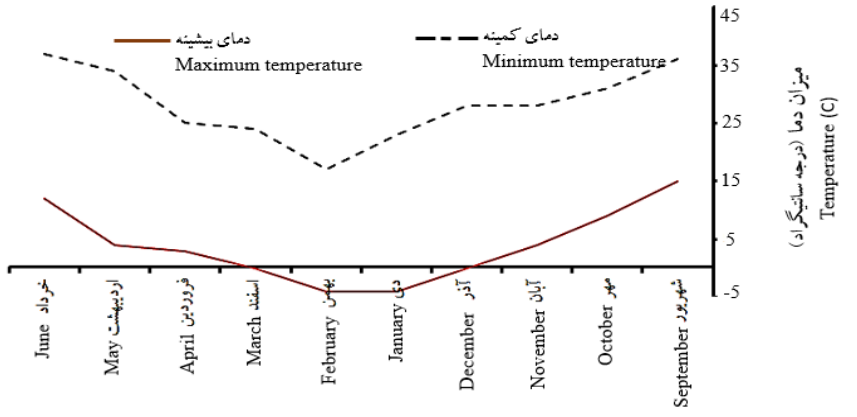
منطقه موردمطالعه (پارس‌آباد مغان) بین مدارهای ۳۹ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این منطقه دارای اقلیم منطقه نیمه‌خشک و معتدل با هوای گرم و مرطوب در تابستان و زمستان‌های معتدل و مرطوب است. در این منطقه، میانگین بارندگی سالانه در دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۳۶۳ تا ۱۳۹۳)، ۲۷۵ میلی‌متر و میانگین، حداکثر و حداقل دمای سالانه هوا به ترتیب ۱۵/۲، ۴۱ و ۱۶- درجه سانتی‌گراد است (Jouni et al., 2018).

خصوصیات هواشناسی در سال آزمایش

اطلاعات هواشناسی برای تمامی روزها در دوره رشد در شکل ۱ نشان داده شده است. در طول دوره رشد گیاه کلزای کشت‌شده در منطقه مغان، در هیچ‌کدام از ماه‌های سال دمای زیر ۵- درجه سانتی‌گراد گزارش نشد. در ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند به ترتیب یک، ۱۳، هشت و سه روز از ماه‌های سال دما زیر صفر درجه سانتی‌گراد بود.



الف



ب

شکل ۱. برخی از ویژگی‌های هواشناسی (الف: مقدار بارش؛ ب: میزان دما) استان اردبیل در دوره رشد

Fig. 1. Some meteorological features of Ardabil province during the growing period

به‌منظور بررسی اثر مواد محرک رشد گیاهی بر کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در زراعت کلزا، آزمایشی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو کرت اصلی و کرت فرعی انجام گرفت. کرت اصلی شامل دو سطح کامل و تنش آبیاری (آبیاری بعد از ۷۰ الی ۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A و آبیاری بعد از ۱۳۰ الی ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) بوده و کرت فرعی نیز شامل شش سطح؛ شاهد؛ کاربرد کودهای شیمیایی مطابق آزمون خاک؛ نورقلی‌پور و همکاران (Nourgholipour et al., 2013)؛ محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله خروج از رزت و شروع گلدهی؛ کاربرد کودآبیاری اسید هیومیک به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله از رشد (آبیاری دوم و خروج از رزت)؛ محلول‌پاشی اسیدفولویک با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله خروج از رزت و شروع گلدهی؛ محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله خروج از رزت و شروع گلدهی و مصرف توأم محلول‌پاشی اسیدآمینه، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی بودند که در سه مرحله آبیاری دوم، خروج از رزت و شروع گلدهی مصرف شدند.

کاشت کلزای رقم دلگان (رقم جدید آزادگرده‌افشان معرفی‌شده برای منطقه مغان) در ۱۵ مهرماه انجام گرفت. ابعاد هر کرت ۲/۴×۵ متر با چهار ردیف کاشت بود که در هرکدام از این کرت‌ها، مقادیر ۰/۰۰۶ کیلوگرم اسید هیومیک مصرف شده بود.

قبل از اعمال تیمارها، مواد محرک رشد استفاده‌شده غلظت ترکیبات در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. نمونه اسید هیومیک استفاده‌شده دارای ۵۲/۹۵ درصد اسید هیومیک، اسیدآمینه حاوی ۳۶/۷۹ درصد اسیدآمینه آزاد، اسید فولویک استفاده‌شده دارای ۲۲/۱ درصد اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی استفاده‌شده دارای ۱۰ درصد اسید آلجینیک بود. قبل از شروع آزمایش، از عمق ۰- ۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه مرکبی تهیه‌شده و بعد از هوا خشک‌کردن و عبور از الک دو میلی‌متری، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (جدول ۱). بعد از انجام عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و مسطح‌سازی، برای کنترل علف هرز از علف‌کش پیش‌رویشی ترفلان به مقدار دو لیتر در هکتار استفاده شد. ضمناً کود سرک اوره (سرک اول ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار) نیز پس از سبز شدن مصرف شد. برای رفع نیاز گیاه به عناصر کم‌مصرف، محلول‌پاشی سولفات روی و سولفات آهن با غلظت سه در هزار در مرحله در دو مرحله خروج از مرحله روزت و قبل از گلدهی انجام گرفت. در این پژوهش صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در شاخه اصلی، تعداد خورجین در شاخه فرعی، تعداد کل خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید.

تجزیه آماری

قبل از تجزیه واریانس، نخست وجود یا عدم وجود داده‌های پرت با استفاده از آزمون گراب (Grubbs, 1969) شناسایی شدند. سپس نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) انجام یافت. درنهایت تجزیه واریانس داده‌ها انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری یک و پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعات مورد آزمایش

Table 1. Some soil physical and chemical properties of the soils

بافت Texture	مس Cu	منگنز Mn	روی Zn	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	کربن آلی O.C	درصد کربنات کلسیم معادل Calcium carbonate equivalent	هدایت الکتریکی EC	pH
Clay-loam	1.6	10.6	0.13	3.2	521	15.2	0.9	5.7	1.34	7.8
	----------mg.kg^{-1}----------						----------%----------		dS.m^{-1}	

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده نشان که اثر آبیاری به‌تنهایی در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. اثر تیمار محرک‌های رشد و اثر متقابل تیمارهای محرک رشد و آبیاری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. اگرچه تنش خشکی باعث کاهش ۳/۳ درصدی عملکرد شده ولی این کاهش در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. با توجه به اینکه آب یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در رشد گیاه است، نتیجه به‌دست‌آمده دور از انتظار نبود. احتمالاً دلیل عدم معنی‌داری تنش خشکی بر عملکرد دانه را می‌توان به وقوع بارندگی‌های مؤثر در طول دوره رشد گیاه (شکل ۱) نسبت داد. بدین ترتیب در مرحله زایشی که حساس‌ترین دوره رشد گیاه به تنش خشکی است، گیاه از تنش رطوبتی در امان بوده است. در این خصوص (Barekati et al., 2019) بیان کرده‌اند که مراحل مختلف رشد و نمو گیاه به‌طور مساوی از تنش خشکی متأثر نمی‌شوند. برخی از مراحل خیلی حساس‌اند درحالی‌که مراحلی نیز کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. حداکثر صدمه تنش خشکی زمانی است که گیاه در مرحله گرده‌افشانی و تلقیح باشد (Richards and Thurling, 1978).

جدول مربوط به اثر اصلی تیمارهای محرک رشد بر عملکرد (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای اسیدآمینه (اسید هیومیک و تیمار عصاره جلبک دریایی در یک گروه آماری قرار داشتند. همچنین، تیمارهای اسید فولویک، اسیدآمینه، با عصاره جلبک دریایی ازلحاظ آماری مشابه بود. همه این تیمارها و تیمار مصرف توأم محرک‌های رشد با شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان دادند (جدول ۴) (Eldardiry et al., 2012). در آزمایشی نشان دادند که کاربرد اسیدهای آلی به‌ویژه اسید هیومیک در شرایط رژیم آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب عملکرد ذرت را ۴۶/۴ و ۸ درصد نسبت به شاهد آبیاری ۱۰۰ درصد (بدون کاربرد اسید هیومیک) افزایش داد.

با توجه به جدول ۵، در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای اسیدآمینه، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد وجود نداشت. این محرک‌های رشد، به ترتیب، موجب افزایش ۳/۴، ۶/۴ و ۶/۳ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد شده بودند. به‌جز تیمار اسیدآمینه، بقیه تیمارها با تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد مربوط به مصرف توأم محرک‌های رشد بود که موجب افزایش ۲۲/۷ درصدی عملکرد شده بود. در شرایط تنش خشکی، اسید هیومیک، اسید فولویک و عصاره جلبک دریایی باوجود افزایش ۱۱/۱، ۹/ ۱۱ و ۱۵/۹ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نداشتند. همه تیمارهای کودی با تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌داری داشته و بیشترین عملکرد مربوط به مصرف توأم محرک‌های رشد بود که در مقایسه با تیمار شاهد، موجب افزایش ۳۱/۹ درصدی شده بود.

تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که کاربرد اسیدهای آلی با مکانیسم‌های مختلفی در شرایط تنش، موجب افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد. مولکول‌های اسید هیومیک و اسید فولویک با پیوند به مولکول‌های آب در سطح خاک و درون بافت‌های گیاهی، تبخیر از سطح خاک و تعریق و تعرق از گیاه را کاهش داده و موجب کاهش تنش خشکی می‌گردد (Barekati et al., 2019؛Samavat et al., 2015). در شرایط بدون تنش نیز، کاربرد اسیدهای آلی با افزایش حلالیت عناصر غذایی خاک، فعال کردن میکروارگانیسم‌های خاک و افزایش سطح ریشه، موجب رشد و بهبود عملکرد گیاه می‌گردند. انجام و همکاران (Anjum et al., 2011) نشان دادند که محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک سبب افزایش عملکرد دانه ذرت (*Zea mays*) در شرایط آبیاری مناسب و تنش شد که علت آن حفظ محتوای کلروفیل، تبادلات گازی بهتر و افزایش آنتی‌اکسیدان در اثر کاربرد اسید فولویک گزارش شده است. الداردیری و همکاران (Eldardiry et al., 2012) گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک می‌تواند عملکرد دانه ذرت را ۲۷/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. راتور و همکاران (Rathore et al., 2008) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد و عملکرد سویای دیم، ضمن اثبات تأثیر معنی‌دار کاربرد عصاره جلبک دریایی نسبت به تیمار شاهد، افزایش عملکرد دانه، به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون اکسین، جیبرلین و زآنتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شد. سماوات و همکاران (Samavat et al., 2015) بیان کردند که اسیدهای آلی با سازوکارهای مختلفی همچون اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش نفوذپذیری، ترکیب مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب در خاک و ترکیب مولکول‌های اسید فولویک با مولکول‌های آب در گیاه موجب کاهش تبخیر و تعرق گردیده

و درنتیجه موجب افزایش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌شوند.

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتور اصلی آبیاری و اثرات متقابل آبیاری و محرک رشد بر وزن هزار دانه کلزا در سطح پنج درصد معنی‌دار نشد ولی اثر فاکتور فرعی محرک‌های رشد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. جدول اثر اصلی تیمارهای آبیاری (جدول ۳) نشان داد که هرچند وزن هزار دانه در سطوح آبیاری نرمال نسبت به تنش خشکی بیشتر است اما این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

جدول مربوط به آنالیز آماری اثر اصلی تیمارهای محرک رشد (جدول ۴) نشان داد که کلیه تیمارهای مربوط به کاربرد اسیدهای آلی با تیمار شاهد در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای مصرف توأم محرک‌های رشد بود که نسبت به بقیه تیمارهای کودی، اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نشان داد. وزن هزار دانه مربوط به تیمارهای اسیدآمینه، اسید فولویک، اسید هیومیک به لحاظ آماری در یک گروه قرار داشته و این تیمارها به ترتیب موجب افزایش ۱۵/۵، ۱۲ و ۹/۳ درصدی وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد شدند. پورمراد و همکاران (Pourmorad et al., 2018) نشان دادند که در شرایط تنش، مصرف اسید هیومیک (به مقدار ۲۰ کیلوگرم بر هکتار) و اسید فولویک (غلظت ۵ گرم در لیتر) هریک به‌تنهایی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه گندم (*Triticum aestivum*) ندارد اما مصرف توأم آن‌ها باعث افزایش معنی‌دار و ۱۴/۷ درصدی وزن هزار دانه گیاه گندم شد. تأثیر معنی‌دار کاربرد عصاره جلبک دریایی بر وزن هزار دانه در تحقیقات راتور و همکاران (Rathor et al., 2008) نیز گزارش شده است. معمولاً تنش‌های محیطی ازجمله تنش خشکی موجب اختلال در مرحله پر شدن دانه‌ها گردیده و موجب کاهش وزن هزاردانه می‌گردد. وزن هزاردانه تابع تجمع مواد فتوسنتزی در دانه است که مواد جمع‌شونده در دانه‌ها از طریق فتوسنتز در خود دانه و یا انتقال مواد غذایی از سایر قسمت‌های گیاه به دانه تأمین می‌شود. ال‌سعید و مهدی (El-Said, and Mahdy, 2016) تأثیر مثبت محرک‌های رشد به‌ویژه اسیدآمینه را در افزایش وزن هزار دانه، ناشی از اثر آن‌ها بر ساخت مواد نیتروژن غیرپروتئینی نسبت داده‌اند.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات گیاه کلزا

Table 2. Variance analysis (mean squares) of some characteristics of canola

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در شاخه اصلی Number of pods per main stem	تعداد خورجین در شاخه فرعی Number of pods per lateral branches	تعداد کل خورجین در بوته Total number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seed per pods	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed Yield
تکرار Replication	2	7.53^{ns}	9.53 ^{ns}	21.4 ^{ns}	57.3 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.02 ^{ns}	27240^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	1	56. 5 ^{ns}	20.2 ^{ns}	69.4 ^{ns}	169^{ns}	0.03 ^{ns}	0.38 ^{ns}	126736^{ns}
خطا اصلی Main error	2	17.8 ^{ns}	14.1 ^{ns}	33.4 ^{ns}	13.0 ^{ns}	0.44 ^{ns}	0.08 ^{ns}	48154^{ns}
محرک رشد Growth biostimulants (G)	5	241**	99.9**	251**	650**	10.9**	0.32**	465997**
آبیاری× محرک رشد I × G	5	17.1 ^{ns}	7.12*	29.7 ^{ns}	36.9 ^{ns}	2.89 ^{ns}	0.06 ^{ns}	80579**
خطا فرعی Sub error	20	18.8	2.60	19.7	25.5	1.61	0.02	9942
ضریب تغییرات C.V%	-	*2.64*	*4.48*	*4.54*	*3.77*	*4.98*	*4.83*	*2.80*

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد و در سطح یک درصد است.

ns, * and ** indicate insignificance, significant effect at the levels of 5% and 1%, respectively

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد که اثر فاکتور آبیاری و همچنین اثر متقابل فاکتورهای آبیاری و محرک رشد بر ارتفاع اندام هوایی معنی‌دار نشد؛ اما تأثیر فاکتور محرک رشد گیاه بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. هرچند اثر اصلی تیمارهای آبیاری بر ارتفاع بوته نشان می‌دهد که ارتفاع بوته در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال ۲/۵ سانتی‌متر کمتر است، اما به لحاظ آماری این اختلاف، معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر اصلی تیمارهای محرک رشد بر ارتفاع بوته نشان داد که مصرف توأم محرک‌های رشد، اسید هیومیک، اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی موجب افزایش ۱۲/۲، ۵/۸، ۵/۸ و ۴/۵ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد. تیمارهای اسیدآمینه، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی‌داری با همدیگر در ارتفاع بوته نداشتند. تیمار اسید فولویک نیز با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی به کاهش تقسیم و گسترش سلولی نسبت داده شده است (Farooq et al., 2009). پاپکو و همکاران (Popko, et al, 2014) و ال‌سعید و مهدی (El-Said, and Mahdy, 2016) نتایج مشابهی را در تحقیقات خود گزارش کرده و در خصوص تأثیر اسیدهای آمینه بر ارتفاع بوته گیاه بیان کرده‌اند که هرچند گیاهان می‌توانند اسیدهای آمینه تولید کنند، اما این سنتز بسیار انرژی مصرف می‌کند. لذا استفاده از اسیدهای آمینه سنتز شده برای گیاه، این امکان را فراهم می‌سازد که گیاه در شرایط تنش انرژی خود را بجای ساخت اسیدآمینه در رشد و توسعه خود بکار ببرد.

برکاتی و همکاران (Barakati et al., 2019) نشان دادند که کاربرد اسیدهای آلی از طریق تأثیرات هورمونی (ترکیبات شبه جیبرلینی) و با تأثیر بر متابولیسم‌های گیاهی و همچنین قدرت کلات‌کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش ارتفاع گیاهان می‌گردد. خنگ (Khang, 2011) نشان داد که محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۵ در هزار، ارتفاع گیاه برنج را به مقدار پنج درصد افزایش داد. دور و بخشوین (Daur and Bakhashwain, 2013) نیز نشان دادند که مصرف خاکی اسید هیومیک به مقدار ۲۵ کیلوگرم بر هکتار، ارتفاع گیاه ذرت را به مقدار ۱۱/۹ درصد افزایش داده است. پورمراد و همکاران (Pourmorad et al., 2018) در تحقیقی که به‌منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک و اسید فولویک بر روی عملکرد گندم انجام شده بود، به اثرات مثبت کاربرد اسید هیومیک و اسید فولویک در ارتفاع گندم در شرایط تنش اشاره شده است. ایشان گزارش کرده‌اند که کاربرد توأم اسید هیومیک به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار و محلول‌پاشی اسید فولویک با غلظت ۱۰ گرم بر لیتر موجب افزایش ۱۸/۱ درصدی ارتفاع اندام هوایی گیاه گندم در شرایط تنش شده است.

جدول ۳. اثر اصلی تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 3. Main effect of irrigation treatments on yield and yield components of canola

سطوح آبیاری Irrigation levels	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در شاخه اصلی Number of pods per main stem	تعداد خورجین در شاخه فرعی Number of pods per lateral branches	تعداد خورجین در بوته Total number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seed per pods	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed Yield
	cm					g	kg. ha^{-1}
نرمال Normal	165 ^{a}	36.8 ^{a}	99.2 ^{a}	136 ^{a}	25.5 ^{a}	3.3 ^{a}	3620 ^{a}
خشکی Drought	162 ^{a}	35.3 ^{a}	96.4 ^{a}	131 ^{a}	25.4 ^{a}	3.1 ^{a}	3502 ^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف آماری مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The means that have common statistical letters in each column, according to LSD test, do not have a statistically significant difference in the level of 5% probability

تعداد خورجین در ساقه اصلی

نتایج نشان داد که اثر فاکتور محرک رشد در سطح یک درصد و اثر متقابل فاکتور رشد با آبیاری در تعداد خورجین در ساقه اصلی در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند؛ اما اثر فاکتور آبیاری به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری در تعداد خورجین در ساقه اصلی نداشت (جدول ۲). با توجه به اثر اصلی تیمارهای محرک رشد (جدول ۴)، بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی مربوط به تیمار مصرف توأم محرک‌های رشد بود که موجب افزایش ۳۵/۲ درصدی تعداد خورجین در ساقه اصلی نسبت به تیمار شاهد شد. تیمار اسید هیومیک با مصرف توأم محرک‌های رشد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشت. هردوی این محرک‌های رشد با تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد داشتند. تیمار اسیدآمینه، فولویک‌اسید و عصاره جلبک دریایی با تیمار شاهد اختلاف آماری معنی‌داری در سطح پنج درصد داشته و به ترتیب موجب افزایش ۱۶/۶، ۱۶/۶ و ۶/۵ درصدی تعداد خورجین در ساقه اصلی نسبت به تیمار شاهد شدند. با توجه به جدول ۵، در شرایط نرمال و بدون تنش خشکی، بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی به ترتیب در تیمارهای مصرف توأم > اسید هیومیک > اسیدآمینه > اسید فولویک> عصاره جلبک دریایی مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین تعداد خورجین به ترتیب در تیمارهای مصرف توأم> اسید هیومیک> اسید فولویک> اسیدآمینه> عصاره جلبک دریایی بودند. به‌طورکلی، تنش خشکی موجب عرضه کمتر مواد فتوسنتزی، ریزش گل و خورجین‌های در حال رشد می‌گردد. علت کاهش تعداد خورجین در اثر تنش خشکی را می‌توان کاهش تعداد گل‌هایی که در آخر به خورجین تبدیل می‌شود، دانست (Fayaz et al., 2007).

جدول ۴. اثر اصلی تیمارهای محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 4. Main effect of growth stimulation treatments on yield and yield components of canola

محرک‌های رشد Stimulants of growth	ارتفاع بوته Plant height	تعداد خورجین در شاخه اصلی Number of pods per main stem	تعداد خورجین در شاخه فرعی Number of pods per lateral branches	تعداد کل خورجین در بوته Total number of pods per plant	تعداد دانه در خورجین Number of seed per pods	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed Yield
	cm					g	kg. ha^{-1}
شاهد Control	156 ^{d}	30.7 ^{d}	89.5 ^{d}	120 ^{e}	23.7 ^{c}	2.91 ^{d}	3181 ^{d}
اسیدآمینه Amino acid	165 ^{b}	35.8 ^{b}	100 ^{b}	136 ^{bc}	25.2 ^{bc}	3.36 ^{b}	3560 ^{bc}
اسید هیومیک Humic acid	165^{b}	39.7 ^{a}	100 ^{b}	140 ^{b}	25.3 ^{b}	3.18 ^{bc}	3588 ^{b}
اسید فولویک Fulvic Acid	159 ^{cd}	35.8 ^{b}	95.0 ^{c}	130 ^{cd}	24.8 ^{bc}	3.26 ^{bc}	3467 ^{c}
عصاره جلبک دریایی Seaweed Extract	163^{bc}	32.7 ^{c}	93.2 ^{cd}	125 ^{de}	26.2 ^{ab}	3.16 ^{c}	3528 ^{bc}
مصرف توأم Consolidated consumption	175 ^{a}	41.5 ^{a}	107 ^{a}	149 ^{a}	27.7 ^{a}	3.61 ^{a}	4044 ^{a}

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف آماری مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD، تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

The means that have common statistical letters in each column, according to LSD test, do not have a statistically significant difference in the level of 5% probability

تعداد خورجین در ساقه فرعی و تعداد کل آن

نتایج نشان داد که اثر فاکتور محرک رشد در تعداد خورجین در ساقه فرعی در سطح یک درصد معنی‌دار بودند اما اثر فاکتور آبیاری به‌تنهایی و اثر متقابل فاکتور رشد با آبیاری تأثیر معنی‌داری در تعداد خورجین در ساقه فرعی نداشت (جدول ۲). بیشترین تعداد خورجین در ساقه فرعی مربوط به تیمار مصرف توأم محرک‌های رشد بود؛ که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد داشت. مصرف توأم

محرک‌های رشد موجب افزایش ۱۹/۵ درصدی تعداد خورجین در ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد. تیمارهای اسید هیومیک و اسیدآمینه در یک گروه آماری قرار داشته و با تیمار شاهد در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. این تیمارها موجب افزایش ۱۱/۷ درصدی تعداد خورجین در ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شدند. تیمارهای اسید فولویک با عصاره جلبک دریایی اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان ندادند. نتایج تجزیه آماری در خصوص تعداد کل خورجین (جدول ۲) نشان داد که تیمار محرک رشد گیاهی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و تیمارهای آبیاری و اثر متقابل آن با تیمار کودی تأثیر معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارد. اثر اصلی تیمار آبیاری بر تعداد کل خورجین در سطح پنج درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳). به‌جز عصاره جلبک دریایی، اثر اصلی سایر تیمارهای کودی بر تعداد کل خورجین معنی‌دار بود (جدول ۴). حیدری و خلیلی (Heidari and Khahlil, 2014) و ایافر و همکاران (Aiyafar et al., 2015) در تحقیقات خودشان به اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد اسیدهای آلی بر تعداد خورجین و یا خورجین‌های بوته چای و کلزا اشاره‌کرده‌اند.

تعداد دانه در خورجین

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که هیچ‌کدام از فاکتورهای آبیاری و اثرات متقابل آبیاری با محرک رشد گیاه، تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در خورجین ندارند؛ اما تأثیر محرک‌های رشد بر تعداد دانه در خورجین، در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود مصرف توأم بیشترین تعداد دانه در خورجین را داشته که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشت. مصرف توأم محرک‌های رشد موجب افزایش ۱۶/۸ درصدی تعداد دانه در خورجین نسبت به تیمار شاهد شد. بقیه تیمارهای کودی به‌جز تیمار عصاره جلبک دریایی، به لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند (جدول ۴). گزارش‌های ارائه‌شده از تحقیقات، نشان‌دهنده تأثیر متفاوت کاربرد اسیدهای آلی در افزایش تعداد دانه در محصولاتی همچون گندم و برنج است. پورمراد و همکاران (Pourmorad et al., 2018) نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک به‌تنهایی تأثیری در افزایش تعداد دانه در خوشه گندم را نداشتند اما کاربرد توأم اسید هیومیک و اسید فولویک موجب افزایش ۹/۳۷ درصدی تعداد دانه در خوشه نسبت به شاهد گردید. ساها و همکاران (Saha et al., 2013) نشان دادند که مصرف بالای اسید آلی هومیک‌اسید (شش تن در هکتار) تعداد دانه در خوشه برنج را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. به‌طورکلی، اثر مثبت محرک‌های رشد گیاه بر این صفت، می‌تواند به دلیل نقش آن‌ها در ساخت DNA، RNA و پروتئین موردنیاز برای تشکیل آنزیم‌هایی باشد که برای فعالیت حیاتی و تقسیم سلولی به‌شدت موردنیاز هستند (Baqir and AL-Naqeeb, 2019).

نتیجه‌گیری نهایی

الف: تأثیر کاربرد محرک‌های رشد در شرایط تنش و بدون تنش خشکی می‌تواند کاملاً متفاوت بوده و می‌توان با کاربرد توأم محرک‌های رشد، اثرات تنش خشکی را تا ۳۱/۹ درصد کاهش داد.

ب: در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش، به ترتیب تیمارهای مصرف توأم محرک‌های رشد> اسید هیومیک> اسید فولویک> عصاره جلبک دریایی> اسیدآمینه با افزایش ۲۲/۷، ۱۴/۳، ۶/۴، ۶/۳ و ۳/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد، بیشترین اثربخشی را داشتند. ج: در شرایط تنش خشکی، بیشترین تأثیر به ترتیب مربوط به تیمارهای مصرف توأم محرک‌های رشد> اسیدآمینه> عصاره جلبک دریایی> اسید فولویک> اسید هیومیک به ترتیب با افزایش ۳۱/۹، ۲۱/۳، ۱۵/۹، ۱۱/۹ و ۱۱/۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد بود. د: توصیه می‌شود به‌منظور کاهش اثر منفی ناشی از اعمال تنش، مصرف توأم محلول‌پاشی اسیدآمینه با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله خروج از رزت و شروع گلدهی؛ کاربرد کودآبیاری اسید هیومیک به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله از رشد (آبیاری دوم و خروج از رزت)؛ و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی با غلظت ۵ در هزار در دو مرحله خروج از رزت و شروع گلدهی توصیه می‌شود.

قدردانی

این پژوهش حاصل از اجرای پروژه مصوب به شماره "۰-۵۰-۱۰-۰۱۰-۹۷۰۰۵۶" در منطقه مغان است. بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات خاک و آب به جهت تأمین هزینه‌های این پروژه و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل به جهت تأمین امکانات اجرای پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Aiyafar, S., Minab Poudineh, H., Forouzandeh, M., 2015. Effect of humic acid on qualitative and quantitative characteristics and essential oil of black cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. DAV. International Journal of Science, 4, 89-102.

Anjum S. A., Wang L., Farooq M., Xue L., Ali S., 2011. Fulvic acid application improves the maize performance under well watered and drought conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 197, 409-417.

Anjum, N. A., Gill, S.S., Gill, R., 2014. Plant Adaptation to Environmental Change: Significance of Amino Acids and their Derivatives. CABI, Oxfordshire, UK.

Baqir, H.A., AL-Naqeeb, M.A.S., 2019. Effect of some amino acids on tillering and yield of three bread wheat cultivars. Iraqi Journal of Agriculture Sciences. 50, 20-30.

Barekati, F., Majidi Hervan, E., Shirani Rad, A. H., Mohammadi, G. N., 2019. Effect of sowing date and humic acid foliar application on yield and yield components of canola cultivars. Journal of Agricultural Sciences. 25, 70-78.

Bartlett, M. S., 1937. Some examples of statistical methods of research in agriculture and applied biology. Supplement to the Journal of the Royal Statistical Society. 4, 137-183.

Daur, I., Bakhashwain A.A., 2013. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder prodution, Pakistan Journal Botany. 45, 21-25.

Eldardiry E.I., Pipars Sabreen, K.H., Abd El Hady, M., 2012. Improving soil properties, maize yield componets grown in sandy soil under irrigation treatments and humic acid application. Australian Journal of Basic and Applied Science. 6, 587-593.

El-Ghamry, A. M, Abd El–Hai, K. M., Ghoneem, K. M., 2009. Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3, 731-739

El-Said, M.A.A., Mahdy, A.Y., 2016. Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. Middle East Journal of Agriculture Research. 5, 462-472.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development. 29, 185-212.

Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., Mahmoud, A.R., 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield and characteristics of Squash. Research Journal of Agriculture and Biological Science. 6, 583-588.

Fayaz, F., Naderi Darbaghshahi, M., Shirani Rad, A.H., 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. [In Persian with English summary].

Grubbs, F.E., 1969. Procedures for detecting outlying observations in samples. Technometrics. 11, 1-21.

Heidari, M., Khahlil, S., 2014. Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, hotosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Field Crop Science. 45, 191-199. [In Persian with English summary].

Heydari, A., Bijanzadeh, E., Naderi, R., Emam, Y., 2015. Effect of late season drought stress and salicylic acid on canopy temperature, yield and yield components of two rapeseed cultivars. Crop Physiology Journal. 27, 37-53. [In Persian with English summary].

Jahan, M., Nasiri Mahalati, M., Ranjbar F., Ariyai, M., Komayestani, N., 2015. Effect of super absorbent polymer in the soil and foliar application of humic acid on the some agrophysiological characteristice and suger beet (*Beta vulgaris* L.) yield in Mashhad. Journal of Agroecology. 6, 753-766. [In Persian with English summary].

Jian, H., Zhang, A., Ma, J., Wang, T., Yang, B., Shuang, L.S., Liu, L., 2019. Joint QTL mapping and transcriptome sequencing analysis reveal candidate flowering time genes in *Brassica napus* L. BMC Genomics, 20, 21.

Jouni, H. J., Liaghat, A., Hassanoghli, A., Henk, R., 2018. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran. Agricultural Water Management, 208, 393-405.

Khang,V.T., 2011. Fulvic follar fertilizer impact on growth of rice and radish at first stage. Omonrice. 18, 144-148.

Mikkelsen, R.L., 2005. Humic materials for agriculture. Better Crops. 89, 6-10.

Mohammadjani, E., Yazdanian, N., 2014. Analysis of the water crisis in the country and its management requirements. Ravand Journal. 21, 117-144. [In Persian with English summary].

Nourgholipour, F., Rezaie, H., Mirzashahi, K., Haqiqatnia, H., Ramazanpour, M.R., Arzanesh, M.H., Asadi Rahmani, H., Mirzapour, M.H., Zamani, S.A., Mohammadi Kia, S., Afzali, M., 2015. Guidelines for integrated soil fertility and plant nutrition management of canola. Soil and Water Research Institue. Karaj. Iran. [In Persian].

Pazoki, A., 2016. Effects of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield components of durum wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey region. Cereal Research. 6, 105-117. [In Persian with English summary].

Popko, M., Wilk, R., Gorecki, H., 2014. New amino acid biostimulators based on protein hydrolysate of eratin. Molecules. 93, 1012-1015.

Pourmorad, M., Malakouti, M.J., Tehrani, M.M., 2018. Study on the effect of humic acid and fulvic acid on the wheat yield and water use efficiency under drought stress. Journal of Water and Soil. 32, 977-985. [In Persian with English summary].

Rameeh, V., 2016. Correlation and path analysis in advanced lines of rapeseed (*Brassica napus*) for yield components. Journal of Oilseed Brassica. 1, 56-60.

Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T., Patolia, J.S., 2008. Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrition uptake of soybean (*Glycine max*) under rain-fed conditions. South African Journal of Botany. 75, 351-355.

Sadeghi-Shoae M., Paknejad F., Hasanpor Darvishi, H., Mozafari, H., Moharramzadeh M., Tookallo, M.R., 2013. Effect of intermittent furrow irrigation, humic acid and deficit irrigation on water use efficiency of suger beet. Annals of Biological Research, 4, 187-193.

Saha, R., Saieed, M.A.U., Chowdhury M.A.K., 2013. Growth and yield of rice (*Oryza sativa*) as influenced by humic acid and poultry manure. Universal Journal of Plant Science. 1, 78-84.

Samavat, S., Malakouti, M.J., 2005. Necessity of use organic acids (humic and fulvic acids) in quantitative and qualitative increase of africultural products. echnical Publication No. 463. Senate Publications. Tehran. Iran. [In Persian].

Shapiro, S. S., Wilk, M. B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52, 591-611.

Zhang, X., Ervin, E.H., Schmidt, E.R., 2003. Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. Crop Science. 43, 952-956.