Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

The effect of melatonin and fulvic acid on the absorption of nutrients and yield of strawberries under water stress

Mohamad Safa Einoldin[1], Ali Akbar Shokouhian[*2], Ali Rasoulzadeh[3], Arash Hemati[4]

1. Ph.D. Student of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: mohamadsafa66@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Horticulture, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: shokouhiana@yahoo.com
3. Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: rasoulzadeh@uma.ac.ir
4. Qizil Toprag Sahand Company, Tabriz, Iran. E-mail: hemati.arash@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 01.10.2024
Revised: 01.23.2024
Accepted: 02.04.2024

Keywords:
Abiotic stress,
Growth,
Macro element,
Micro element,
Spraying

ABSTRACT

Background and Objectives: Strawberry is a small fruit with global significance because of its unique taste and the presence of a variety of biological compounds. But this crop is highly susceptible to drought stress. Drought causing economic losses due to the lower product quality. The occurrence of intense and longer periods of drought reduce crop yield and fruit quality. The scarcity of water resources is the main cause of crop loss worldwide, which will soon become even more severe as climate changes affects more and more regions of the world. Therefore, considering the economic importance and increasing demand for small fruits, especially strawberry, in this study, the effect of melatonin and fulvic acid on the amount of nutrients in the leaves and its effect on the growth characteristics of strawberry under water stress was investigated.

Materials and Methods: This experiment was performed in Bostanabad city in East Azerbaijan. To run the experiment Strawberry seedlings (Kamarosa cultivar) were obtained from a commercial strawberry growing greenhouse in Urmia in October and transferred to the greenhouse in cultivation trays. This experiment was performed as a factorial experiment in a completely randomized design with 3 factors in 4 replications. Factors include water stress at three levels of 100 (full irrigation (control), 25 and 50%, maintainable water drain), melatonin at three levels (control, 75 and 150 µM) and fulvic acid at three levels (control, 200 and 400 mg/l). The following traits were examined: shoot and root fresh and dry weight, yield, and macro and microelements. SAS software version 9.1 was used for data analysis, and Duncan's multiple range test with a 5% level of probability was used to compare the means of treatments.

Results: Analysis of variance of data showed that root fresh and dry weight, yield, Potassium, Calcium and Iron were significant under the influence of the interaction effect of drought stress*melatonin*fulvic acid. As well as shoot fresh and dry weight, nitrogen, phosphorus, zinc and copper were significant under the influence of the the interaction effect of drought stress*melatonin and drought stress*fulvic acid. In addition, zinc, copper and nitrogen were significant under the influence of the the interaction effect of melatonin*fulvic acid.

Conclusion: Overall, the results of the present study show that the use of fulvic acid and melatonin may be an effective approach to improve the growth and yield of strawberry plants under drought stress. fulvic acid and melatonin helped to increase macro and microelements absorption of strawberry plants, which increased growth. Also, foliar application of fulvic acid and melatonin had a protective role on strawberry plants grown under drought stress and its optimal concentration played an important role in increasing drought tolerance.

Cite this article: Einoldin, Mohamad Safa, Shokouhian, Ali Akbar, Rasoulzadeh, Ali, Hemati, Arash. 2025. The effect of melatonin and fulvic acid on the absorption of nutrients and yield of strawberries under water stress. *Journal of Plant Production Research*, 31 (4), 89-107.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2024.22075.3107
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

تأثیر ملاتونین و اسید فولویک بر جذب عناصر غذایی و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط تنش خشکی

محمد صفا عین‌الدین[۱]، علی‌اکبر شکوهیان*[۲]، علی رسول‌زاده[۳]، آرش همتی[٤]

۱. دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: mohamadsafa66@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: shokouhiana@yahoo.com

۳. استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: rasoulzadeh@uma.ac.ir

٤. شرکت قیزیل تپراق سهند، تبریز، ایران. رایانامه: hemati.arash@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۰/۲۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۱۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۱/۱۵

واژه‌های کلیدی:
تنش غیرزیستی،
رشد،
عناصر پرمصرف،
عناصر کم‌مصرف،
محلول‌پاشی

چکیده

سابقه و هدف: توت‌فرنگی به دلیل طعم منحصربه‌فرد و وجود انواع ترکیبات بیولوژیکی، میوه‌ای ریز با اهمیت جهانی می‌باشد. اما این محصول حساسیت بالایی نسبت به تنش خشکی دارد. تنش خشکی باعث ایجاد خسارات اقتصادی به دلیل پایین‌آوردن کیفیت محصول تولیدی می‌شود. وقوع دوره‌های خشک‌سالی شدید و طولانی عملکرد محصول و کیفیت میوه را کاهش می‌دهد. کمبود منابع آب عامل اصلی از کاهش محصولات در سراسر جهان است و به زودی شدیدتر می‌شود. زیرا به‌تغییرات آب و هوایی به تدریج مناطق بیش‌تری از جهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و افزایش تقاضا برای میوه‌های ریز به‌ویژه توت‌فرنگی، در این پژوهش اثر ملاتونین و اسید فولویک بر میزان عناصر غذایی موجود در برگ و تأثیر آن بر خصوصیات رشدی توت‌فرنگی در شرایط تنش آبی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در شهرستان بستان‌آباد در آذربایجان شرقی انجام شد. برای اجرای آزمایش نشاهای توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مهرماه از یک گلخانه تجاری پرورش توت‌فرنگی در شهر ارومیه تهیه و در سینی‌های کشت به گلخانه انتقال یافت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ عامل در ٤ تکرار انجام شد. عوامل شامل تنش آبی در سه سطح ۱۰۰ (آبیاری کامل (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ درصد، تخلیه آب قابل نگهداری)، ملاتونین در سه سطح (شاهد) ، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) و اسید فولویک در سه سطح (شاهد)، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند. ویژگی‌های وزن تر و خشک شاخه و ریشه، عملکرد و عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار

SAS نسخه ۹,۱ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

یافته‌ها: جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل خشکی*ملاتونین*اسید فولویک تأثیر معنی‌داری بر میزان وزن تر و خشک ریشه، عملکرد، پتاسیم، کلسیم و آهن داشت. هم‌چنین میزان وزن تر و خشک شاخه، نیتروژن، فسفر، روی و مس به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر متقابل خشکی*ملاتونین و خشکی*اسید فولویک قرار گرفتند. علاوه‌براین میزان روی، مس و نیتروژن به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر متقابل ملاتونین*اسید فولویک قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از اسید فولویک و ملاتونین می‌تواند رویکردی مؤثر برای بهبود رشد و عملکرد گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش خشکی باشد. اسید فولویک و ملاتونین باعث افزایش جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در توت‌فرنگی شد که سبب رشد این گیاهان گردید. هم‌چنین محلول‌پاشی اسید فولویک و ملاتونین نقش محافظتی بر روی بوته‌های توت‌فرنگی رشد کرده در شرایط تنش خشکی ایفا کردند و غلظت بهینه آن‌ها در افزایش تحمل به خشکی نقش مهمی داشتند.

استناد: عین‌الدین، محمد صفا، شکوهیان، علی‌اکبر، رسول‌زاده، علی، همتی، آرش (۱۴۰۳). تأثیر ملاتونین و اسید فولویک بر جذب عناصر غذایی و عملکرد توت‌فرنگی در شرایط تنش خشکی. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۱ (۴)، ۱۰۷-۸۹.
DOI: 10.22069/JOPP.2024.22075.3107

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

توت‌فرنگی تجاری (*Fragaria × ananassa*) دورگ طبیعی بین *Fragaria chiloensis* (L.) Duch. و *Fragaria virginiana* (L.) Duch. است. توت‌فرنگی از خانواده گلسرخیان و یک محصول میوه‌ای مهم با محبوبیت زیاد در سطح جهانی است. تقاضا و تولید توت‌فرنگی در سال‌های اخیر افزایش قابل‌ملاحظه‌ای یافته است که دلیل آن طعم بسیار مطلوب میوه و ترکیبات مربوط به سلامتی آن است (۱). توت‌فرنگی از نظر آنتی‌اکسیدان‌ها (ویتامین ث و ترکیبات فنلی که متابولیت‌های ثانویه گیاهی و فاکتورهای اصلی در طعم و خواص تغذیه‌ای میوه هستند) بسیار غنی است (۲). به همین دلیل اثر پیشگیری‌کننده آن‌ها از بیماری‌های مربوط به اکسیداتیو، از جمله بیماری‌های قلبی- عروقی مورد مطالعه قرار گرفته است (۲). سیستم ریشه‌ای سطحی، سطح برگ وسیع و محتوای آب بالای میوه‌های توت‌فرنگی به معنای این است که این گیاه مقادیر زیادی آب مصرف می‌کند (۳). توت‌فرنگی از جمله گیاهانی است که به‌طورکلی برای گلدهی، تولید عملکرد ایده‌آل و رسیدن میوه به آبیاری نیاز دارد (٤).

از نظر فیزیولوژیکی، تنش در واقع نتیجه روند غیرعادی فرآیندهای فیزیولوژیک است که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل محیطی و زیستی حاصل می‌شود (۵). تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به حساب می‌آید (۵). تجزیه و تحلیل شاخص‌های مصرف آب در بخش کشاورزی نشان‌دهنده تلفات زیاد آب در این بخش است که قسمتی از آن اجتناب‌ناپذیر بوده ولی قسمت زیادی از آن را می‌توان با اتخاذ راهبردهای صحیح و کارآمد اصلاح کرد (۵).

با استفاده از روش‌های مختلف مانند استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد می‌توان میزان مقاومت گیاه را در برابر تنش خشکی افزایش داد. به‌عنوان مثال مواد محرک رشد گیاهی مانند اسید فولویک و ملاتونین می‌توانند باعث تغییر الگوی بیان ژن‌ها و به‌دنبال آن بروز واکنش‌های مناسب در سلول و گیاه در شرایط تنش خشکی شوند. ملاتونین یک مولکول پلیوتروپیک با فعالیت سلولی و فیزیولوژیکی مختلف است که در سال ۱۹۵۸ کشف شد (٦). ملاتونین ایندول آمینی است که به‌طور طبیعی در گیاهان سنتز شده و در ریشه، برگ، میوه و دانه انواع قابل‌توجهی از گونه‌های گیاهی شناسایی شده است (۷). کاربرد خارجی ملاتونین موجب ایجاد تغییراتی در بیان بسیاری از ژن‌ها و فاکتورهای تنظیم‌کننده مرتبط با تنش‌ها می‌شود. هم‌چنین ملاتونین از طریق خاصیت آنتی‌اکسیدانی موجب پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و نیتروژن، کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، مواد شیمیایی سمی و هم‌چنین سبب حفظ ساختار و کارکرد غشاء سلولی در برابرتنش‌ها می‌شود (۸).

اسیدفولویک نوعی تنظیم‌کننده رشد گیاه است که نقش مهمی در تحمل به تنش خشکی، تولید و بهبود کیفیت محصول دارد. اسید فولویک با ورود به بافت گیاهی، عناصر ماکرو را به‌همراه خود از بخش سطحی گیاه وارد بافت گیاه می‌کند (۹). اسید فولویک نوعی کلات‌کننده مناسب با قدرت تبادل یونی بالا است که قدرت جذب عناصر معدنی را در گیاهان افزایش می‌دهد که در نتیجه آن، تحمل گیاه به تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد و باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌گردد (۱۰).

در یک بررسی صورت‌گرفته برای صفات وزن میوه، تعداد گل و میوه رقم کاماروسا بیش‌ترین مقادیر را در شرایط تنش داشت و می‌توان این رقم را به‌عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی نمود (۱۱). بنابراین با توجه به کمبود منابع آبی در کشور و نقش ملاتونین و اسید فولویک در افزایش رشد و

عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر ملاتونین و اسید فولویک بر رشد، عملکرد و عناصر توت‌فرنگی رقم کاماروسا در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شهرستان بستان‌آباد استان آذربایجان شرقی انجام شد. این شهرستان در ٤٥ کیلومتری شرق تبریز واقع است و از نظر جغرافیایی بین ٤٦ درجه و ۳۰ دقیقه و ٤۷ درجه و ١٤ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۸ درجه و ٤ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع شهرستان بستان‌آباد از سطح آزاد دریا ١٧٤٠ متر و متوسط بارندگی سالانه آن ۳۲۰ میلی‌متر می‌باشد.

برای اجرای آزمایش نشاهای توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مهرماه از یک گلخانه تجاری پرورش توت‌فرنگی در شهر ارومیه تهیه و در سینی‌های کشت به گلخانه انتقال یافت. کاماروسا یک رقم روزکوتاه و زودرس است و در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه‌ای کشت می‌شود. بررسی‌های آزمایشگاهی در آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی و علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. این بررسی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با ۳ فاکتور در ٤ تکرار انجام شد. فاکتورها شامل تنش کم‌آبی در سه سطح (ظرفیت زراعی (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری)، اسید فولویک (تولید شرکت مرک) در سه سطح (شاهد، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و ملاتونین (تولید شرکت سیگما آلدریچ) در سه سطح (شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) بودند. نحوه اعمال تیمارهای ملاتونین و اسید فولویک به این صورت بود که بعد از استقرار کامل گیاهان و سرمادهی بوته‌ها در سه مرحله از طریق محلول‌پاشی استفاده شدند. مرحله اول پس از استقرار کامل بوته (۱۵ رو بعد از کاشت)، مرحله دوم ۱۰ روز بعد از تیمار اول و مرحله سوم ۱۰ روز بعد از مرحله دوم محلول‌پاشی انجام گرفت. لازم به ذکر است گیاهان شاهد با استفاده از آب مقطر محلول‌پاشی گردیدند. اعمال تیمار ملاتونین و اسید فولویک بعد از غروب آفتاب صورت گرفت. اعمال تنش کم‌آبی سه هفته بعد از محلول‌پاشی گیاهان با ملاتونین و اسید فولویک صورت گرفت. برای اعمال تنش آبی از روش کاووازا و همکاران (۲۰۰۷) استفاده شد (۱۲).

در پایان آزمایش صفات رویشی شامل وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه، عملکرد و عناصر پرمصرف و کم‌مصرف محاسبه گردید. وزن خشک بخش هوایی و ریشه پس از قراردادن آن‌ها به‌مدت ٤۸ ساعت در آون محاسبه گردید. نیتروژن بافت گیاهی با استفاده از روش کجلدال (۱۳) اندازه‌گیری شد که شامل سه مرحله هضم نمونه، تقطیر و تیتراسیون می‌باشد. برای اندازه‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، روی و مس نیز از روش والینگ و همکاران (۱۹۸۹) استفاده شد (١٤).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۳) تجزیه و تحلیل شده و مقایسه میانگین با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم اشکال و برخی محاسبات با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

در این پژوهش شاخص‌های رشدی وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه‌های توت‌فرنگی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد وزن تر و خشک شاخه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی ملاتونین و اسید فولویک، اثرات متقابل دوگانه (اثر

متقابل دوگانه سطوح آبیاری در اسید فولویک) در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه سطوح آبیاری در ملاتونین در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفتند. علاوه‌براین نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح آبیاری، محلول‌پاشی اسید فولویک، اثرات متقابل دوگانه اسید فولویک در ملاتونین در سطح احتمال یک درصد و محلول‌پاشی ملاتونین، اثر متقابل دوگانه سطوح آبیاری در اسید فولویک و اثر متقابل سه‌گانه سطوح آبیاری در اسید فولویک در ملاتونین در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان وزن تر و خشک ریشه داشتند (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک نشان دادند بیش‌ترین میزان وزن تر (٤٦/٢٨ گرم) و وزن خشک شاخه (١٤/٩٠ گرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و بدون مصرف اسید فولیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان وزن تر (١٦/٣١ گرم) و وزن خشک شاخه (٧/٨٦ گرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل‌نگهداری بدون مصرف اسید فولیک حاصل شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد کاربرد کود زیستی اسید فولویک در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش وزن تر و خشک گردید (جدول ٢).

هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان وزن تر (٤٦/٨٣ گرم) و وزن خشک شاخه (١٥/٠١ گرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ١٥٠ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٧٥ میکرومولار ملاتونین و بدون مصرف ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان وزن تر (١٦/٣١) و وزن خشک شاخه (٧/٨٦) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف ملاتونین حاصل شد (جدول ٣).

مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌جانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین مقدار وزن تر (٢٢/٦٥ گرم) و خشک ریشه (٧/٥٥ گرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و عدم مصرف ملاتونین حاصل شد. هر چند بین این تیمار و تیمار آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف اسید فولویک و ملاتونین در این خصوص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین وزن تر (١٠/٩١ گرم) و خشک ریشه (٤/١٩ گرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری در تیمارهای بدون مصرف اسید فولویک و ملاتونین به‌دست آمد. این تیمار با تیمارهای ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری با ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و ٧٥ و ١٥٠ میکرومولار ملاتونین از نظر این شاخص تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤).

تنش خشکی موجب کاهش اکثر شاخص‌های رشدی انگور می‌شود (١٥). تنش خشکی از طریق اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه، تأثیر منفی بر رشد و نمو آن می‌گذارد. کاهش پارامترهای رشدی گیاه به‌دلیل کاهش تورژسانس سلول‌ها اولین و حساس‌ترین پاسخ گیاه به تنش خشکی می‌باشد و تنش خشکی موجب کاهش میزان جذب مواد غذایی و در نتیجه کاهش ظرفیت فتوسنتز کل و رشد گیاه می‌شود (١٦). کاهش بزرگ‌شدن سلول‌ها و پیری برگ‌ها منجر به کاهش رشد طولی گیاه می‌شود و با آن در ارتباط می‌باشد. در شرایط تنش خشکی کاهش رشد گیاه منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود و کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی به‌دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها (در اثر کاهش پتانسیل آب خاک) و کاهش آسیمیلاسیون CO_2 اتفاق

می‌افتد (۱۷). در حقیقت تنش خشکی از طریق تحریک ساخته‌شدن اسیدآبسیزیک و بسته شدن روزنه‌ها، اختلال در فعالیت آنزیم روبیسکو و ساختار غشای تیلاکوئیدها در نهایت باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود (۱۸). نتایج این مطالعه نشان داد کاربرد ملاتونین و اسید فولویک باعث افزایش و بهبود شاخص‌های رشدی مانند وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاهان توت‌فرنگی گردید. ملاتونین یک تنظیم‌کننده رشد بوده و می‌تواند باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاهان شود (۱۹). در همین زمینه گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد ملاتونین می‌تواند از طریق تغییر میزان جذب یون، نفوذپذیری غشاء، فتوسنتز، تنفس و فعالیت آنزیم‌ها (۷) و تغییر تعادل هورمونی و افزایش اکسین و سیتوکنین (۲۰) در نهایت باعث افزایش رشد گیاه (رشد ریشه و بخش هوایی) در شرایط تنش شود. هم‌چنین ملاتونین میزان تقسیم سلولی بافت مریستمی را از طریق کاهش بیوسنتز مواد بازدارنده رشد (اتیلن) و افزایش کارتنوئیدها، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ترشح مواد محرک رشد (سیتوکینین، ایندول استیک اسید و جیبرلین) بهبود می‌بخشد (۷). در مورد تأثیر مثبت اسید فولویک بر رشد گیاهان توت‌فرنگی نیز گزارش شده است مواد هیومیکی در شرایط تنش از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، روی، آهن، مس و منگنز) در نهایت باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاه می‌شوند (۲۱ و ۲۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی اسید فولویک و ملاتونین بر عملکرد و شاخص‌های رشدی توت‌فرنگی رقم کاماروسا در شرایط تنش خشکی.

Table 1. Analysis of variance of foliar application of fulvic acid and melatonin effects on yield and growth characteristics of strawberry cv Camarosa under drought stress.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squared				
		وزن تر شاخه Shoot fresh weight	وزن خشک شاخه Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	عملکرد Yield
سطوح آبیاری Irrigation levels	2	4269.89**	246.88**	645.22**	61.17**	141097.51**
اسید فولویک Fulvic acid	2	91.00**	3.44**	2.86**	0.115**	4997.01**
سطوح آبیاری× اسید فولویک Irrigation levels*Fulvic acid	4	39.53**	1.49**	1.32*	0.053*	1607.92**
ملاتونین Melatonin	2	50.27**	1.90**	1.99*	0.080*	4170.64**
سطوح آبیاری× ملاتونین Irrigation levels* Melatonin	4	17.72*	0.666*	0.878 ns	0.035 ns	1056.34**
اسید فولویک × ملاتونین Fulvic acid* Melatonin	4	43.92 ns	1.658 ns	8.12**	0.326**	1423.43**
سطوح آبیاری× اسید فولویک × ملاتونین Irrigation levels*Fulvic acid* Melatonin	8	12.99 ns	0.497 ns	1.05*	0.042*	444.80*
خطا Error	81	6.22	0.252	0.496	0.019	161.45
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		15.69	17.78	14.26	11.89	14.78

ns، * و ** به ترتیب بیانگر اثر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است

ns, *, ** represent non-significant and significant effect at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات رشدی و میزان عناصر غذایی تحت‌تأثیر اثرات متقابل اسید فولویک (شاهد (۰)، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک).

Table 2. Comparison of average growth properties and nutrient under the influence interaction effect of fulvic acid (control (0), 200 and 400 mg/l) and different irrigation levels (100, 25 and 50% of water that can be stored in the soil).

مس Copper (mg/kg^{-1}_{DW})	روی Zinc (mg/kg^{-1}_{DW})	فسفر Phosphorus (g/kg^{-1}_{DW})	نیتروژن Nitrogen (g/kg^{-1}_{DW})	وزن خشک شاخه Shoot dry weight (g)	وزن تر شاخه Shoot fresh weight (g)	اسید فولویک Fulvic acid	سطح آبیاری Irrigation level
4.89^{a}	16.68^{a}	4.1^{a}	25.56^{d}	14.83^{a}	45.91^{a}	0	آبیاری کامل Full irrigation
4.89^{a}	16.77^{a}	4.11^{a}	28.11^{bc}	14.90^{a}	46.28^{a}	200	
4.87^{a}	16.59^{a}	4.09^{a}	29.56^{a}	14.79^{a}	45.72^{a}	400	
4.19^{c}	15.21^{d}	3.25^{c}	24.11^{e}	10.26^{d}	24.11^{d}	0	۲۵ درصد تخلیه رطوبت خاک 25% maintainable water drain
4.47^{b}	16.14^{b}	3.71^{b}	27.11^{c}	11.83^{b}	32.19^{b}	200	
4.27^{c}	15.53^{c}	3.37^{c}	29.11^{ab}	11.07^{c}	28.30^{c}	400	
3.95^{d}	14.50^{e}	2.61^{e}	23^{e}	7.86^{g}	16.31^{f}	0	۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک 50% maintainable water drain
4.27^{c}	15.55^{c}	2.90^{d}	23.89^{e}	9.61^{e}	25.30^{d}	200	
4.14^{c}	15.06^{d}	2.70^{e}	25.89^{d}	8.60^{f}	20.09^{e}	400	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات رشدی و میزان عناصر غذایی تحت‌تأثیر اثرات متقابل ملاتونین (شاهد (۰)، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) و سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک).

Table 3. Comparison of average growth properties and nutrient under the influence interaction effect of melatonin (control (0), 75 and 150 µM) and different irrigation levels (100, 25 and 50% of water that can be stored in the soil).

مس Copper (mg/kg^{-1}_{DW})	روی Zinc (mg/kg^{-1}_{DW})	فسفر Phosphorus (g/kg^{-1}_{DW})	نیتروژن Nitrogen (g/kg^{-1}_{DW})	وزن خشک شاخه Shoot dry weight (g)	وزن تر شاخه Shoot fresh weight (g)	ملاتونین Melatonin	سطح آبیاری Irrigation level
4.89^{ab}	16.68^{a}	4.1^{a}	26.33^{cd}	14.83^{a}	45.91^{a}	0	آبیاری کامل Full irrigation
4.78^{b}	16.66^{a}	4.12^{a}	28^{ab}	14.96^{a}	46.60^{a}	75	
4.99^{a}	16.67^{a}	4.11^{a}	28.89^{a}	15.01^{a}	46.83^{a}	150	
4.19^{de}	15.21^{c}	3.25^{c}	26.11^{cd}	10.26^{d}	24.11^{d}	0	۲۵ درصد تخلیه رطوبت خاک 25% maintainable water drain
4.32^{d}	15.79^{b}	3.39^{c}	27.22^{bc}	11.34^{c}	29.69^{c}	75	
4.62^{c}	15.96^{b}	3.84^{b}	27^{bc}	12.24^{b}	34.30^{b}	150	
3.95^{f}	14.50^{d}	2.61^{e}	22.56^{e}	7.86^{g}	16.31^{f}	0	۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک 50% maintainable water drain
4.16^{e}	14.97^{c}	2.69^{de}	25.11^{d}	8.68^{f}	20.54^{e}	75	
4.30^{d}	15.37^{c}	2.93^{d}	25.11^{d}	9.50^{e}	24.75^{d}	150	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

جدول ٤- مقایسه میانگین خصوصیات رشدی، عملکرد و میزان عناصر غذایی تحت‌تأثیر اثرات متقابل سطوح اسید فولویک (شاهد (۰)، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در ملاتونین (شاهد (۰)، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) و سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۲۵ و ۵۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک).

Table 4. Comparison of average growth properties, yield and nutrient under the influence interaction effect of fulvic acid levels (control (0), 200 and 400 mg/l) in melatonin (control (0), 75 and 150 µM) and different irrigation levels (100, 25 and 50% of water that can be stored in the soil).

سطح آبیاری Irrigation level	اسید فولویک Fulvic acid	ملاتونین Melatonin	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	آهن Iron (mg/kg^{-1}_{FW})	کلسیم Calcium (g/kg^{-1}_{FW})	پتاسیم Potassium (g/kg^{-1}_{FW})	عملکرد Yield (g)
Full irrigation	0	0	21.69^{a}	7.35^{a}	139.80^{ab}	17.56^{a}	16.22^{a}	692.58^{a}
		75	22.1^{a}	7.43^{a}	138.45^{ab}	17.52^{a}	16.23^{a}	693.09^{a}
		150	22.29^{a}	7.47^{a}	140.61^{a}	17.58^{a}	16.26^{a}	693.54^{a}
	200	0	22.65^{a}	7.55^{a}	139.94^{ab}	17.58^{a}	16.22^{a}	693.21^{a}
		75	21.97^{a}	7.41^{a}	139.00^{ab}	17.55^{a}	16.18^{a}	693.24^{a}
		150	22.02^{a}	7.42^{a}	138.83^{ab}	17.54^{a}	16.31^{a}	693.18^{a}
	400	0	22.08^{a}	7.43^{a}	135.58^{bc}	17.4^{a}	16.18^{a}	690.54^{a}
		75	22.25^{a}	7.46^{a}	137.75^{ab}	17.48^{a}	16.17^{a}	690.24^{a}
		150	21.92^{a}	7.40^{a}	137.85^{ab}	17.61^{a}	16.14^{a}	691.25^{a}
25	0	0	15.30^{e}	6.07^{e}	125.05^{f}	16.43^{c}	15.61^{cde}	603.25^{de}
		75	16.48^{de}	6.31^{de}	131.37^{cde}	16.44^{c}	15.72^{bcd}	635.25^{c}
		150	17.76^{bc}	6.57^{bc}	135.59^{bc}	16.95^{b}	15.89^{b}	678.24^{ab}
	200	0	18.00^{bc}	6.61^{bc}	133.22^{cd}	16.86^{b}	15.81^{bc}	660.25^{b}
		75	16.79^{cd}	6.37^{cd}	131.42^{cde}	16.84^{b}	15.76^{bcd}	662.36^{b}
		150	16.5^{de}	6.31^{de}	132.84^{cd}	16.94^{b}	15.71^{bcd}	665.25^{b}
	400	0	15.83^{de}	6.18^{de}	128.93^{def}	16.51^{c}	15.76^{bcd}	582.35^{efg}
		75	18.4^{b}	6.69^{b}	128.31^{ef}	16.48^{c}	15.76^{bcd}	615.84^{cd}
		150	18.17^{b}	6.65^{b}	129.34^{def}	16.46^{c}	15.81^{bc}	626.59^{c}
50	0	0	10.91^{l}	4.19^{l}	103.06^{m}	15.18^{efg}	14.71^{g}	504.78^{l}
		75	11.90^{hil}	4.39^{hil}	109.85^{il}	15.19^{efg}	15.23^{f}	542.84^{hi}
		150	13.64^{f}	4.74^{f}	117.23^{g}	15.47^{d}	15.55^{de}	585.95^{ef}
	200	0	13.08^{fgh}	4.62^{fgh}	114.48^{gh}	15.36^{def}	15.43^{ef}	562.23^{gh}
		75	11.39^{il}	4.29^{il}	114.00^{ghi}	15.37^{de}	15.39^{ef}	561.18^{gh}
		150	11.03^{il}	4.21^{il}	117.54^{g}	15.35^{def}	15.44^{ef}	568.69^{fg}
	400	0	12.21^{ghi}	4.45^{ghi}	109.81^{il}	15.14^{fg}	15.28^{f}	534.28^{i}
		75	13.58^{f}	4.72^{f}	109.24^{l}	15.05^{g}	15.22^{f}	537.25^{i}
		150	13.26^{fg}	4.66^{fg}	110.81^{hil}	15.07^{g}	15.31^{f}	544.75^{hi}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثرات ساده سطوح آبیاری، اسید فولویک، ملاتونین، اثرات دوگانه سطوح آبیاری در اسید فولویک، سطوح آبیاری در ملاتونین و اسید فولویک در ملاتونین در سطح احتمال یک درصد و اثر سه‌گانه سطوح آبیاری در اسید فولویک در ملاتونین در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌جانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین مقدار عملکرد (٦٩٣/٥٤ گرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین و عدم مصرف اسید فولویک حاصل شد. هر چند بین تیمار آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف اسید فولویک و ملاتونین و ترکیب تیماری ۲۵ درصد آب قابل نگهداری با ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین در این خصوص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین عملکرد (٥٠٤/٧٨ گرم) از ترکیب تیماری ۵۰ درصد آب قابل‌نگهداری در تیمارهای بدون مصرف اسید فولویک و ملاتونین به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج بیان‌کننده این موضوع است که با کاربرد این ترکیبات در سطوح مختلف آبیاری میزان عملکرد گیاهان افزایش یافته است (جدول ۵). گزارش‌های متعددی مبنی بر کاهش عملکرد گیاهان تحت‌تأثیر تنش خشکی بیان شده است. با توجه این‌که عملکرد نهایی گیاه تحت‌تأثیر فرآیندهای متفاوت گیاهی مانند: رشد، فتوسنتز، انتقال مواد و غیره می‌باشد، به منظور رسیدن به عملکرد مطلوب هماهنگی بین این فرآیندها و ایجاد شرایط بهینه از جمله رطوبت کافی ضروررری است. هر کدام از این عوامل در صورت این‌که تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار بگیرند کاهش عملکرد را در پی خواهند داشت (۵). پژوهش‌گران زیادی گزارش کرده‌اند که تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد در توت‌فرنگی می‌شود (۲۳). براساس گزارش‌های سایر پژوهش‌گران کاربرد ملاتونین از طریق بهبود جنبه‌های رشدی، فتوسنتزی و آنتی‌اکسیدانی منجر به بهبود عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی می‌شود (۲٤ و ۲۵). هم‌چنین کاربرد اسید فولویک بر روی گوجه‌فرنگی به‌صورت محلول‌پاشی منجر به افزایش عملکرد شده است (۲٦). علاوه‌براین محلول‌پاشی اسید فولویک تأثیر مثبتی بر روی رشد برنج و وزن آن داشت (۲۷). گزارش‌های مذکور نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده سطوح آبیاری، اسید فولویک و ملاتونین در سطح احتمال یک درصد بر میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن و روی معنی‌دار می‌باشد. هم‌چنین اثر ساده سطوح آبیاری و ملاتونین در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده اسید فولویک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پتاسیم و روی معنی‌دار بود. اثرات سطوح آبیاری در اسید فولویک بر همه عناصر مورد بحث به‌استثنای فسفر، آهن و مس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما اثرات سطوح آبیاری در اسید فولویک بر میزان عناصر فسفر، آهن و مس در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثرات سطوح آبیاری در ملاتونین بر میزان عناصر نیتروژن و مس در سطح احتمال یک درصد و بر میزان عناصر روی، آهن، پتاسیم و فسفر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در این بررسی اثرات دو جانبه اسید فولویک در ملاتونین بر همه عناصر مورد بررسی به‌جز فسفر و روی دارای اثر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود. اثرات متقابل سه‌جانبه تیمارهای مذکور نیز در سطح احتمال یک درصد بر پتاسیم و در سطح احتمال پنج درصد بر عناصر کلسیم و آهن دارای اثر معنی‌دار بود (جدول ۵).

مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک نشان دادند بیش‌ترین میزان نیتروژن (۲۹/٥٦ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری ۲٥ درصد آب قابل نگهداری با ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان نیتروژن (۲۳ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥۰ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولیک حاصل شد. بین این تیمار و تیمار ترکیب ٥۰ درصد آب قابل نگهداری با ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و تیمار ٥۰ درصد آب قابل‌نگهداری اختلاف معنی‌داری از نظر این شاخص وجود نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد اسید فولیک در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان نیتروژن گردید (جدول ۲). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان نیتروژن (۲۸/۸۹ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۱٥۰ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۷٥ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان نیتروژن (۲۲/٥٦ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥۰ درصد آب قابل‌نگهداری بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان نیتروژن گردید (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف اسید فولویک با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان نیتروژن (۲۹/٦۷ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با ۱٥۰ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با ۷٥ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان نیتروژن (۲۳/۸۹ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری بدون مصرف ملاتونین و اسید فولویک حاصل شد. این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف ۷٥ میکرومولار ملاتونین نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین و اسید فولویک باعث افزایش میزان نیتروژن گردید (جدول ٦).

مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک نشان دادند بیش‌ترین میزان فسفر (٤/۱۱ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری ترکیب تیماری آبیاری کامل با غلظت‌های مختلف اسید فولویک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان فسفر (۲/٦۱ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥۰ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولیک حاصل شد. بین این تیمار و تیمار ترکیب ٥۰ درصد آب قابل نگهداری با ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک اختلاف معنی‌داری از نظر این شاخص وجود نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد اسید فولیک در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان فسفر گردید (جدول ۲).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی اسید فولویک و ملاتونین بر میزان عناصر غذایی توت‌فرنگی رقم کاماروسا در شرایط تنش خشکی.

Table 5. Analysis of variance of foliar application of fulvic acid and melatonin effects on level Nutrient of strawberry cv Camarosa under drought stress.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squared						
		نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	کلسیم Calcium	آهن Iron	روی Zinc	مس Copper
سطوح آبیاری Irrigation levels	2	87.26**	12.10**	5.81**	36.16**	5140.48**	16.18**	2.88**
اسید فولویک Fulvic acid	2	106.26**	0.189**	0.063*	0.395**	95.59**	1.12**	0.05*
سطوح آبیاری× اسید فولویک Irrigation levels*Fulvic acid	4	3.68**	0.053*	0.054**	0.079**	18.43*	0.20**	0.03*
ملاتونین Melatonin	2	32.44**	0.139**	0.125**	0.116**	82.73**	0.449**	0.13**
سطوح آبیاری× ملاتونین Irrigation levels* Melatonin	4	2.70**	0.04*	0.044*	0.015 ns	17.04*	0.09*	0.05**
اسید فولویک × ملاتونین Fulvic acid* Melatonin	4	7.60**	0.055 ns	0.111**	0.064**	44.96**	0.16 ns	0.04**
سطوح آبیاری× اسید فولویک ×ملاتونین Irrigation levels*Fulvic acid* Melatonin	8	0.88 ns	0.018 ns	0.049**	0.033*	13.59*	0.07 ns	0.005 ns
خطا Error	54	0.53	0.15	0.014	0.015	6.03	0.036	0.01
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		2.77	6.16	4.46	5.46	4.62	4.98	5.21

ns، * و ** به ترتیب بیانگر اثر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است

ns, *, ** represent non-significant and significant effect at 5 and 1% probability levels, respectively

هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان فسفر (٤/١٢ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۷۵ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با غلظت‌های دیگر ملاتونین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان این شاخص وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان فسفر (٢/٦١ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ۵۰ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و تیمار ترکیب ۵۰ درصد آب قابل‌نگهداری با ۷۵ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان این شاخص وجود نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان نیتروژن گردید (جدول ۳).

جدول ٦- مقایسه میانگین میزان عناصر غذایی تحت‌تأثیر اثرات متقابل سطوح اسید فولویک (شاهد (۰)، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و ملاتونین (شاهد (۰)، ۷۵ و ۱۵۰ میکرومولار) در توت‌فرنگی.

Table 6. Comparison of average nutrient level under the influence interaction effect of fulvic acid levels (control (0), 200 and 400 mg/l) and melatonin (control (0), 75 and 150 µM) in strawberry.

اسید فولویک Fulvic acid	ملاتونین Melatonin	نیتروژن Nitrogen (g/kg^{-1}_{FW})	مس Copper (mg/kg^{-1}_{FW})
	0	23.89^{f}	4.89^{ab}
0	75	24.11^{ef}	4.78^{b}
	150	24.67^{def}	4.99^{a}
	0	25.22^{de}	4.78^{b}
200	75	27.22^{b}	4.81^{b}
	150	26.67^{bc}	4.89^{ab}
	0	25.89^{cd}	4.77^{b}
400	75	29^{a}	4.79^{b}
	150	29.67^{a}	4.87^{ab}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشند

Means with at least one similar letter have no significant difference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها، مقدار پتاسیم برگ به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش خشکی، ملاتونین، اثر متقابل دوگانه سطوح آبیاری در اسید فولویک، اسید فولویک در ملاتونین و اثر متقابل سه‌گانه این عوامل ($P<۰/۰۱$) و اسید فولویک و اثر متقابل دوگانه سطوح سطوح آبیاری در ملاتونین ($P<۰/۰۵$) قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌جانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان پتاسیم (۱٦/۳۱ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. هر چند بین این تیمار و تیمار آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف اسید فولویک و ملاتونین در این خصوص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان پتاسیم (۱٤/۷۱ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ۵۰ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولویک و ملاتونین به‌دست آمد. به‌طورکلی نتایج نشان داد با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری میزان پتاتسیم گیاهان افزایش یافت (جدول ٤).

مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌جانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان کلسیم (۱۷/٦۱ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک حاصل شد. هر چند بین این تیمار و تیمار آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف اسید فولویک و ملاتونین در این خصوص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان کلسیم (۱۵/۰۵ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ۵۰ درصد آب قابل نگهداری با ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و ۷۵ میکرومولار ملاتونین به‌دست آمد. این تیمار با ترکیب تیماری ۵۰ درصد آب قابل نگهداری با ٤۰۰

میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و غلظت‌های مختلف ملاتونین تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری میزان کلسیم گیاهان افزایش یافت (جدول ٤).

مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌جانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان آهن (١٤٠/٦١ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ١٥٠ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. هر چند بین این تیمار و تیمار آبیاری کامل و سطوح مختلف مصرف اسید فولویک و ملاتونین (به‌جز ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و عدم مصرف ملاتونین) در این خصوص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کم‌ترین میزان آهن (١٠٣/٠٦ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولویک و ملاتونین به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج نشان داد با کاربرد اسید فولویک و ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری میزان آهن گیاهان افزایش یافت (جدول ٤).

مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک نشان دادند بیش‌ترین میزان روی (١٦/٧٧ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٢٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری ترکیب تیماری آبیاری کامل با غلظت‌های مختلف اسید فولویک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان روی (١٤/٥٠ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولیک حاصل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد اسید فولیک در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان روی گردید (جدول ٢). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان روی (١٦/٦٨ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با غلظت‌های دیگر ملاتونین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان این شاخص وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان روی (١٤/٥٠ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان روی گردید (جدول ٣).

مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد اسید فولویک نشان دادند بیش‌ترین میزان مس (٤/٨٩ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با بدون مصرف اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل با ٢٠٠ و ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان مس (٣/٩٥ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف اسید فولیک حاصل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد اسید فولیک در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان مس گردید (جدول ٢). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف آبیاری با کاربرد ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان مس (٤/٩٩ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری آبیاری کامل با ١٥٠ میکرومولار ملاتونین حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب تیماری آبیاری کامل بدون مصرف ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان مس (٣/٩٥ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٥٠ درصد آب قابل نگهداری بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش میزان مس گردید (جدول ٣). هم‌چنین مقایسه میانگین‌های اثرات دوجانبه سطوح مختلف اسید فولویک با کاربرد

ملاتونین نشان دادند بیش‌ترین میزان مس (٤/۹۹ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری با ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین بدون مصرف اسید فولویک حاصل شد. بین این تیمار و ترکیب‌های تیماری بدون مصرف اسید فولویک و ملاتونین، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با ۱۵۰ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. هم‌چنین کم‌ترین میزان مس (٤/۷۷ گرم بر کیلوگرم) از ترکیب تیماری ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک بدون مصرف ملاتونین حاصل شد. این تیمار اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف ۷۵ میکرومولار ملاتونین بدون مصرف اسید فولویک، ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک و ۰ و ۷۵ میکرومولار ملاتونین و ترکیب تیماری ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید فولویک با ۷۵ میکرومولار ملاتونین نداشت. به‌طورکلی نتایج نشان داد کاربرد ملاتونین و اسید فولویک باعث افزایش میزان مس گردید (جدول ٦).

مواد معدنی اجزای ضروری در چندین فرآیند سلولی هستند و توانایی گیاهان را برای حفظ رشد و نمو در حضور تنش‌های غیرزیستی افزایش می‌دهند (۲۸). آب به‌عنوان کانالی برای انتقال یون‌ها عمل می‌کند که به‌صورت یون توسط ریشه گیاهان جذب می‌شوند. تنش خشکی با تداخل در دریافت عناصر غذایی ضروری، بهره‌وری گیاه را کاهش داده و کمبود آب مانع حرکت مواد مغذی در خاک، و جذب آن‌ها توسط ریشه می‌شود (۲۹). برای فرآیند رشد فیزیولوژیکی گیاه ضروری است که جذب مواد مغذی به خوبی متعادل باشد، زیرا هر گونه کمبود یا اثر نامطلوب بر جذب مواد مغذی می‌تواند عملکرد رشد را مختل کند (۳۰). پژوهش‌های حاضر نشان می‌دهد با کاهش آبیاری تا سطح ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک مقدار عناصر پرمصرف و کم‌مصرف برگ کاهش معنی‌داری نسبت به آبیاری کامل داشت. داسیلوا و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی‌های خود نشان دادند تنش خشکی منجر به کاهش غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاه می‌شود (۳۱). طبق بررسی حاضر با کاربرد ملاتونین مقدار عناصر غذایی پرمصرف برگ افزایش یافت. در بررسی‌هایی بر گیاهچه‌های ذرت تحت تنش خشکی مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشتند، اما با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار ملاتونین تحت تنش خشکی مقدار این عناصر نسبت به شرایط تنش افزایش معنی‌داری داشت. هم‌چنین مقدار عناصر پتاسیم و کلسیم با کاربرد ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین تحت تنش خشکی افزایش معنی‌دار را حتی نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) نشان دادند (۳۲). طبق یافته‌های پژوهش‌گران با پرایم‌کردن بذور باقلا توسط ۱۰۰ و ۵۰۰ میکرومولار ملاتونین، غلظت پتاسیم و کلسیم گیاهچه‌ها افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد در شرایط شوری و عدم شوری نشان داد (۳۳).

براساس نتایج پژوهش حاضر تحت محلول‌پاشی اسید فولویک مقدار عناصر غذایی ماکرو افزایش داشت. در یافته‌های دیگر پژوهش‌گران نیز با کاربرد ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک درصد عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم افزایش داشت (۳٤) که با نتایج حاصل از این بررسی در یک راستا بود. در بررسی‌هایی بر سیب‌زمینی مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ تحت محلول‌پاشی ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسید فولویک افزایش یافت (۳۵). در بررسی دیگری بالاترین مقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ باقلا مربوط به مصرف ۲۰ میلی‌گرم اسید فولویک بود (۳٦). افزایش عناصر ماکرو در برگ‌های تیمارشده با اسید فولویک می‌تواند به‌دلیل تأثیر اسید فولویک بر افزایش رشد ریشه و جذب آب و عناصر غذایی باشد (۳۷). در بررسی دیگر محلول‌پاشی اسید فولویک

باعث افزایش مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گل شاخه رز شد و بیش‌ترین مقدار آن مربوط به غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید فولویک بود (۳٤).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج بررسی حاضر نشان داد استفاده از اسید فولویک و ملاتونین ممکن است یک رویکرد کارآمد برای بهبود تحمل بوته‌های توت‌فرنگی تحت تنش خشکی باشد. اسید فولویک و ملاتونین باعث افزایش میزان جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاهان توت‌فرنگی رشد کرده در شرایط تنش خشکی می‌شوند و از این طریق باعث افزایش رشد و عملکرد بوته‌های توت‌فرنگی در این شرایط می‌شود.

منابع

1. De Souza, V. R., Pereira, P. A. P., da Silva, T. L. T., de Oliveira Lima, L. C., Pio, R., & Queiroz, F. (2014). Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362-368.
2. Larrosa, M., García-Conesa, M. T., Espín, J. C., & Tomás-Barberán, F. A. (2010). Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. *Molecular Aspects of Medicine*, 31 (6), 513-539.
3. Klamkowski, K., & Treder, W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71 (4), 159-165.
4. Krueger, E., Schmidt, G., & Brückner, U. (1999). Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Scientia Horticulturae*, 81 (4), 409-424.
5. Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2012). Drought stress in plants: an overview. *Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features*, 1-33.
6. Marino, M., Li, Y., Rueschman, M. N., Winkelman, J. W., Ellenbogen, J. M., Solet, J. M., Dulin, H., Berkman, L.F., & Buxton, O. M. (2013). Measuring sleep: accuracy, sensitivity, and specificity of wrist actigraphy compared to polysomnography. *Sleep*, 36 (11), 1747-1755.
7. Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S., & Guo, Y. D. (2015). Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. *Journal of Experimental Botany,* 66 (3), 647-656.
8. Arnao, M. B., & Hernández-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: a review. *Journal of pineal research*, 59 (2), 133-150.
9. Zhang, Y., Zhang, X., Wen, J., Wang, Y., Zhang, N., Jia, Y., & Zeng, X. (2021). Exogenous fulvic acid enhances stability of mineral-associated soil organic matter better than manure. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
10. Mahmoud, M. M., Hassanein, A. H. A., Mansour, S. F., & Khalefa, A. M. (2011). Effect of soil and foliar application of humic acid on growth and productivity of soybean plants grown on a calcareous soil under different levels of mineral fertilizers. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 2 (8), 881-890.
11. Zahedi, S. M., Hosseini, M. S., Fahadi Hoveizeh, N., Kadkhodaei, S., & Vaculík, M. (2023). Physiological and biochemical responses of commercial strawberry cultivars under optimal and drought stress conditions. *Plants*, 12 (3), 496.
12. Cavvaza, L., Patruno, A., & Cirillo, E. (2007). Field capacity in soils with a yearly oscillating water table. *Biosystems Eng*, 98, 364-370.

13. Bremner, J. M. (1960). Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55 (1), 11-33.
14. Waling, I., Vark, W. V., Houba, G., & Van derlee, J. J. (1989). Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Anal Proceed. Wageningen Agriculture University. Netherland.
15. Wani, R. A., Sheema, S., Dar, N. A., Angchuk, S., & Parray, G. A. (2013). Irrigation regimes effecting drought tolerance of grape rootstocks under cold arid conditions. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2, 113-117.
16. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.
17. Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331 (3), 215-225.
18. Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African journal of agricultural research*, 6 (9), 2026-2032.
19. Kabiri, R., Hatami, A., Oloumi, H., Naghizadeh, M., Nasibi, F., & Tahmasebi, Z. (2018). Foliar application of melatonin induces tolerance to drought stress in Moldavian balm plants (*Dracocephalum moldavica*) through regulating the antioxidant system. *Folia Horticulturae*, 30 (1), 155.
20. Sarropoulou, V., Dimassi-Theriou, K., Therios, I., & Koukourikou-Petridou, M. (2012). Melatonin enhances root regeneration, photosynthetic pigments, biomass, total carbohydrates and proline content in the cherry rootstock PHL-C (*Prunus avium*× *Prunus cerasus*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 61, 162-168.
21. Saidimoradi, D., Ghaderi, N., & Javadi, T. (2019). Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). *Scientia Horticulturae*, 256, 108594.
22. Zydlik, Z., & Zydlik, P. (2023). The Effect of a Preparation Containing Humic Acids on the Growth, Yield, and Quality of Strawberry Fruits (Fragaria × ananassa (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). *Agronomy*, 13 (7), 1872.
23. Adak, N., Gubbuk, H., & Tetik, N. (2018). Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98 (1), 304-311.
24. Janas, K. M., & Posmyk, M. M. (2013). Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application. *Acta physiologiae plantarum*, 35, 3285-3292.
25. Sadak, M. S., Abdalla, A. M., Abd Elhamid, E. M., & Ezzo, M. I. (2020). Role of melatonin in improving growth, yield quantity and quality of *Moringa oleifera* L. plant under drought stress. *Bulletin of the National Research Centre*, 44 (1), 1-13.
26. Suh, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55, 455-461.
27. Khang, V. T. (2011). Fulvic foliar fertilizer impact on growth of rice and radish at first stage. *Omonrice*, 18, 144-148.
28. Ahanger, M. A., & Ahmad, P. (2019). Role of mineral nutrients in abiotic stress tolerance: revisiting the associated signaling mechanisms. *Plant signaling molecules*, 269-285.
29. Liang, B., Ma, C., Zhang, Z., Wei, Z., Gao, T., Zhao, Q., Ma, F., & Li, C. (2018). Long-term exogenous application of melatonin improves nutrient uptake fluxes in apple plants under moderate

drought stress. *Environmental and experimental botany*, 155, 650-661.

30. Bawa, G., Feng, L., Shi, J., Chen, G., Cheng, Y., Luo, J., & Wang, X. (2020). Evidence that melatonin promotes soybean seedlings growth from low-temperature stress by mediating plant mineral elements and genes involved in the antioxidant pathway. *Functional Plant Biology*, 47 (9), 815-824.
31. Da Silva, E. C., Nogueira, R. J. M. C., da Silva, M. A., & de Albuquerque, M. B. (2011). Drought stress and plant nutrition. *Plant stress*, 5 (1), 32-41.
32. Roy, M., Niu, J., Irshad, A., Kareem, H. A., Hassan, M. U., Xu, N., Sui, X., Guo, Z., Amo, A., & Wang, Q. (2021). Exogenous melatonin protects alfalfa (*Medicago sativa* L.) seedlings from drought-induced damage by modulating reactive oxygen species metabolism, mineral balance and photosynthetic efficiency. *Plant Stress*, 2, 100044.
33. Dawood, M. G., & El-Awadi, M. E. (2015). Alleviation of salinity stress on Vicia faba L. plants via seed priming with melatonin. *Acta Biológica Colombiana*, 20 (2), 223-235.
34. Babarabie, M., Zarei, H., Badeli, S., Danyaei, A., & Ghobadi, F. (2020). Humic acid and folic acid application improve marketable traits of cut tuberose (*Polianthes tuberosa*). *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 10 (1), 85-91.
35. Youssif, S. B., & Youssif, S. B. (2017). Response of potatoes to foliar spray with cobalamin, folic acid and ascorbic acid under North Sinai conditions. *Middle East Journal of Agricultural Research*, 6 (3), 662-672.
36. Al-Maliky, A. W., Jerry, A. N., & Obead, F. I. (2019). The effects of foliar spraying of folic acid and cysteine on growth, chemical composition of leaves and green yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 32 (2), 223-229.
37. Poudineh, Z., Moghadam, Z. G., & Mirshekari, S. (2015, January). Effects of humic acid and folic acid on sunflower under drought stress. In *Biological Forum* (Vol. 7, No. 1, p. 451). Research Trend.