University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 2, pp. 371-385 (Summer 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5815.2178

Original article

The effects of foliar application of humic acid and garlic extract on nutrients uptake (NPK) and growth of wheat under drought stress conditions

M. Ghanizadeh[1], R. Khorassani[2*], A. Fotovat[3]

1. MSc. Student, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2. Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
3. Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Received 22 November 2022; Accepted 5 February 2023

Extended abstract

Introduction

With the approach of attention to the environment, the use of natural materials can be effective in reducing the harmful effects of chemical fertilizers and artificial growth regulators. Drought stress is one of the main limitations of food production around the world, and due to increasing population and water deficiency, there is a global attention for using some materials to increase resistant of plant to drought stress. Chemical stimulants are currently used for decreasing negative effects of water stress in plant. Now a days, use of natural materials, such as plant extract is recommended by researchers. Garlic extract is one of the natural extracts that contains many enzymes and more than 200 biochemical compounds that, due to its richness in minerals and plant hormones, causes cell enlargement, cell division and, plant growth. Humic acid is created from the decomposition of organic matter and is beneficial to plant growth and development. Therefore, the aims of this research were to study the effects of using natural substances of humic acid and garlic extract on nutrients uptake (NPK) and growth of wheat plant under drought stress.

Materials and methods

This study was performed during 2018 in a completely randomized design with factorial arrangement in three replications under greenhouse conditions. The studied soil with texture class of loam had pH = 8.11 and EC = 1.28 dS m^{-1}. Experimental factors include drought stress at three levels of 95%, 65% and 45% of field capacity, garlic extract at three levels of foliar application of 0, 2% and 4% and humic acid at two levels of foliar application of 0 and 300 mg l^{-1}. Drought stress were treated by the weight method, 17 days after sowing. Foliar application of humic acid (twice, 13 and 20 days after threating the drought stress) and garlic extract (three times, 18, 24 and 27 days after threating the drought stress) were performed by spraying 150 ml pot-1 of the solutions in each time. The plants were harvested 54 days after sowing and the parameters of shoot dry weight and uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in plant were measured. Statistical analysis was done using SAS 9.4 software and the comparison of means was done using Tukey's test at the 5% probability level.

* Corresponding author: Reza Khorassani; E-Mail: khorasani@um.ac.ir

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and discussion

The results showed that foliar application of humic acid and garlic extract alone had a positive effect on dry weight and uptake of nitrogen and phosphorus of shoot. In addition, garlic extract also increased the potassium uptake. Drought stress reduced all investigated parameters; however, foliar application of garlic extract under drought stress conditions increased the absorption of nitrogen, phosphorus, and potassium. In 65% of field capacity, nitrogen uptake by using 2% garlic extract and phosphorus and potassium uptake by using 4% garlic extract had a maximum amount compared to others. In general, garlic extract, due to its antioxidant properties and the presence of growth-promoting compounds such as minerals, vitamins, phytohormones, sulfur compounds, enzymes and amino acids, can improve growth parameters and absorption of nutrients in wheat plant. Humic acid improved growth parameters due to its role in increasing cell membrane permeability, respiration and photosynthesis, phosphate absorption, root and cell expansion, and acting as hormone-like substances.

Conclusion

The foliar application of wheat plant with garlic extract and humic acid as natural stimulants had a favorable effect on the plant growth and nutrients uptake. Garlic extract was more effective than humic acid in reducing the negative effects of drought stress. Finally, the use of natural materials such as garlic extract and some high consumption compounds such as humic acid can be an environment-friendly and safe approach to improve plant growth and to reduce the destructive effects of chemical fertilizers and synthetic growth regulators.

Keywords: Drought stress, Foliar application, Organic fertilizer, Plant extracts

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5815.2178

مقاله پژوهشی

اثرات برگ‌پاشی اسید هومیک و عصاره سیر بر جذب عناصر غذایی (NPK) و رشد گندم در شرایط تنش خشکی

مهسا غنی‌زاده[۱]، رضا خراسانی[۲*]، امیر فتوت[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲. دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳. استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
تنش خشکی
عصاره‌های گیاهی
کاربرد برگی
کود آلی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۱۱/۱۶

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۳
۱۷(۲): ۳۷۱-۳۸۵

چکیده

با رویکرد توجه به محیط‌زیست، استفاده از مواد طبیعی می‌تواند در کاهش اثرات مخرب کودهای شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی تأثیرگذار باشد. در این تحقیق اثر برگ‌پاشی اسید هومیک و عصاره سیر بر وزن خشک و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه گندم در شرایط تنش خشکی بررسی شد. این آزمایش در سال ۱۳۹۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. خاک موردمطالعه با کلاس بافتی لوم، دارای pH ۸/۱۱ و EC ۱/۲۸ دسی زیمنس بر متر بود. فاکتورهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح ۹۵، ۶۵ و ۴۵ درصد ظرفیت زراعی، کاربرد عصاره سیر به‌صورت برگ‌پاشی در سه سطح صفر، ۲ و ۴ درصد و اسید هومیک به‌صورت برگ‌پاشی در دو سطح صفر و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. نتایج نشان داد که کاربرد برگی اسید هومیک و عصاره سیر هر یک به‌تنهایی، اثر مثبتی بر پارامترهای وزن خشک و جذب نیتروژن و فسفر داشت. علاوه بر این عصاره سیر جذب پتاسیم گیاه را نیز افزایش داد. ازآنجایی‌که تنش خشکی تمام صفات موردبررسی را کاهش داد، برگ‌پاشی با عصاره سیر در شرایط تنش خشکی توانست بر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیرگذار باشد که این اثر در تنش‌های کم بیشتر بود به‌طوری‌که در تنش خشکی ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، جذب نیتروژن با کاربرد عصاره سیر ۲ درصد و جذب فسفر و پتاسیم با کاربرد عصاره سیر ۴ درصد عملکرد بهتری نسبت به سایر سطوح عصاره سیر داشت؛ بنابراین به نظر می‌رسد که برگ‌پاشی با عصاره سیر و اسید هومیک به‌عنوان مواد طبیعی محرک رشد گیاه توانست تأثیر مطلوبی بر رشد و جذب عناصر غذایی گیاه بگذارد که تأثیر عصاره سیر در مقایسه با اسید هومیک بیشتر بود و در شرایط تنش خشکی نیز عصاره سیر تا حدودی توانست اثرات منفی تنش را کاهش دهد.

مقدمه

تنش خشکی به‌عنوان یکی از محدودیت‌های اصلی تولید مواد غذایی در سراسر جهان است و با توجه به افزایش جمعیت و کاهش منابع آب برای تولید محصولات، یک نگرانی جهانی برای توسعه ارقام مقاوم به خشکی و کارآمد در مصرف آب وجود دارد (Barnabás et al., 2008). یکی از راهکارهای مقابله با تنش خشکی و کاهش آثار منفی ناشی از آن، استفاده از مواد طبیعی است که از این مواد طبیعی می‌توان عصاره گیاهی سیر و ترکیب شناخته‌شده‌تری مانند اسید هومیک را نام برد.

عصاره سیر یک عصاره‌ی گیاهی طبیعی است که از تعداد زیادی آنزیم و بیش از ۲۰۰ ترکیب بیوشیمیایی تشکیل شده است (Mohamed et al., 2020)؛ به‌عبارت‌دیگر سیر (*Allium sativum* L.) از حداقل ۳۳ ترکیب گوگردی (آلیین، آلیسین، آجوئین، آلیل پروپیل، دی آلیل، تری

* نگارنده پاسخگو: رضا خراسانی. پست الکترونیک: khorasani@um.ac.ir

سولفید، سالیل سیستئین و غیره)، چندین آنزیم (آلیناز، پراکسیداز، میروزیناز و غیره) و ۱۷ اسیدآمینه (اسید گلوتامینیک، آرژنین، اسید آسپارتیک، لیوسین، لیزین، والین و غیره) تشکیل شده است (Bhandari, 2012; Mardomi, 2017). سیر همچنین حاوی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به‌ویژه پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، آهن، منگنز، سلنیوم، وانادیم، مس و روی (Polyakov et al., 2020)، مقادیر بالایی از هورمون‌های گیاهی مختلف به‌ویژه سالیسیلات‌ها، اکسین‌ها و جیبرلین‌ها (Elzaawely et al., 2018)، منبعی از ویتامین‌ها مانند ریبوفلاوین، تیامین، اسید نیکوتینیک، ویتامین C و ویتامین E (Cardelle-Cobas et al., 2010)، پروتئین‌ها، ساپونین‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، کربوهیدرات‌ها، فرآورده‌های واکنش میلارد که ترکیبات غیرگوگردی هستند و همچنین قندهای آزاد مانند گلوکز، ساکارز و فروکتوز است (Abd El-Hamied and El-Amary, 2015; Massoud et al., 2020)؛ بنابراین، عصاره سیر به دلیل سرشار بودن از مواد معدنی و هورمون‌های گیاهی، موجب بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی می‌شود و در نتیجه می‌تواند رشد گیاهان را بهبود بخشد (Wafaa et al., 2021) که تأثیر مثبت آن بر رشد گیاه توسط بسیاری از محققان گزارش شده است. حیات و همکاران (Hayat et al., 2018) بیان کردند که عصاره سیر می‌تواند برای بهبود برخی از پارامترهای فیزیولوژیکی و همچنین تعدیل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، محتوای کلروفیل و قند محلول در گیاهان گوجه‌فرنگی مفید باشد. برگ‌پاشی گیاهان لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) رشد یافته در خاک شنی با عصاره‌های سیر و برگ مورینگا با غلظت‌های ۲ و ۴ درصد به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی موجب افزایش معنی‌دار پارامترهای رشد رویشی و همچنین درصد نیتروژن، فسفر، پتاسیم، پروتئین و کربوهیدرات کل در مقایسه با شاهد شد (El-Saadony et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر نیز با بررسی اثر برگ‌پاشی عصاره‌های سیر، شیرین‌بیان و اوره در گیاه گندم رشد یافته در شرایط خاک شنی، مشخص شد که غلظت و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم تحت تأثیر تمامی تیمارهای موردمطالعه قرار گرفتند (Abd-Elhamied, 2017). علاوه بر تأثیر عصاره سیر بر رشد و نمو گیاهان، با توجه به مشکلات خشک‌سالی در کشور، مطالعات محدودی درزمینه‌ی تنش خشکی نیز توسط برخی از محققین انجام شده است (Hammad, 2008; Mohamed and Akladious, 2014; El-Saadony et al., 2017).

اسید هومیک جزء اصلی قابل‌استخراج مواد هومیک خاک است که به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه بوده و در شرایط قلیایی محلول در آب و در شرایط اسیدی (pH<2) نامحلول است (Yadav et al., 2020). این ترکیبات در خاک، آب، فاضلاب، رسوبات دریایی و دریاچه‌ای، توده کمپوست، شیل‌های کربنی، باتلاق‌های زغال‌سنگ نارس، لیگنیت‌ها و زغال‌سنگ قهوه‌ای وجود دارند (Sparks, 2003) و از تجزیه مواد آلی ایجاد می‌شوند که می‌توانند برای بهبود رشد و نمو گیاهان مفید باشند (Karakurt et al., 2009). نحوه اثر اسید هومیک بر رشد گیاه می‌تواند به دو صورت اثرات غیرمستقیم و مستقیم باشد که اثرات غیرمستقیم شامل غنی‌سازی عناصر غذایی خاک، بهبود ساختمان خاک، افزایش جمعیت میکروبی و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک است درحالی‌که اثرات مستقیم مستلزم جذب مواد هومیکی به داخل بافت گیاه است و در نتیجه‌ی اعمال بیوشیمیایی مختلف در دیواره سلولی، سطح غشاء یا سیتوپلاسم ایجاد می‌شوند (Ferrara and Brunetti, 2010; El-Bassiouny et al., 2014). کاهش اثرات منفی تنش خشکی با کاربرد اسید هومیک در محصولات مختلف ازجمله گندم (Tourfi and Shokuhfar, 2019) و ذرت (Tohidi Moghadam et al., 2014) گزارش شده است.

استفاده از مواد طبیعی یک رویکرد سازگار با محیط‌زیست و ایمن برای بهبود رشد گیاهان است که می‌تواند به کاهش اثرات مخرب کودهای شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی کمک کند و در کنار استفاده از اسید هومیک به‌عنوان یک ترکیب آلی محرک رشد رایج و توصیه‌شده، ما در این تحقیق ترکیب طبیعی دیگری مانند عصاره سیر را نیز مورد آزمایش قرار دادیم؛ بنابراین این تحقیق با هدف بررسی اثرات کاربرد اسید هومیک و عصاره سیر به‌صورت برگ‌پاشی بر جذب عناصر غذایی (NPK) و رشد گیاه گندم در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل، تنش خشکی در سه سطح ۹۵ (W0)، ۶۵

(W1) و ۴۵ (W2) درصد ظرفیت زراعی، کاربرد عصاره سیر به‌صورت برگ‌پاشی در سه سطح صفر (G0)، ۲ (G1) و ۴ (G2) درصد و اسید هومیک به‌صورت برگ‌پاشی در دو سطح صفر (H0) و ۳۰۰ (H1) میلی‌گرم بر لیتر بود. در ابتدا خاک موردمطالعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری پردیس دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی °۵۹ ′۳۱ ″۵۲/۸ شرقی و عرض جغرافیایی °۳۶ ′۱۸ ″۲۸/۵ شمالی برداشت شده و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، pH خاک در گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر (مدل METROHM 632) (Thomas, 1996)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع توسط دستگاه EC متر (مدل JENWAY 4310) (Rhoades, 1996)، فسفر قابل‌استفاده خاک به روش اولسن و سومرز (Olsen and Sommers, 1982) با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV/Vis Spectrophotometer WPA S2000)، پتاسیم قابل‌استفاده خاک با دستگاه فلیم فتومتر (مدل JENWAY- PFP7) به روش استات آمونیوم (Helmke and Sparks, 1996)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) توسط دستگاه کجلدال، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Loeppert and Suarez, 1996)، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934) و رطوبت ظرفیت زراعی به روش دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Some physical and chemical properties of soil

کلاس بافت خاک Soil texture Class	پتاسیم قابل‌استفاده Available K	فسفر قابل‌استفاده Available P	نیتروژن کل Total N	کربن آلی OC	کربنات کلسیم معادل $CaCO_3$	ظرفیت زراعی FC	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC
	----------mg kg^{-1}----------			----------%				dS m^{-1}
Loam	102.07	5.75	623	0.31	14.20	18.49	8.11	1.28

اسید هومیک مورداستفاده در این آزمایش با خلوص ۸۵ درصد، تجاری بوده که از شرکت سبز اندیشان شرق تهیه شد. عصاره سیر موردنیاز برای برگ‌پاشی نیز طبق روش الدسوکی و همکاران (El-Desouky et al., 1998) تهیه شد به این صورت که برای تهیه غلظت‌های ۲ و ۴ درصد عصاره سیر به ترتیب ۲۰ و ۴۰ گرم حبه سیر تازه با یک لیتر آب مقطر مخلوط شده و سپس برای یک روز در فریزر قرار داده شدند و بعد از منجمد شدن، با گذاشتن در دمای محیط نمونه‌ها ذوب شدند. فرایند منجمد شدن و ذوب شدن دو بار تکرار شد و پس از آن عصاره‌های به‌دست‌آمده با استفاده از کاغذ صافی فیلتر شدند. در هر گلدان از ۴/۵ کیلوگرم خاک هوا خشک استفاده شد و توصیه کودی بر اساس آزمون خاک انجام شد که فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) به میزان ۳۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به‌صورت جامد، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (K_2SO_4) به میزان ۸۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک به‌صورت محلول و نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم (NH_4NO_3)، به میزان ۹۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به‌صورت محلول که نصف آن قبل از کشت و نصف دیگر آن در سه نوبت در طول فصل کشت به خاک اضافه شد. پس از آماده‌سازی گلدان‌ها تعداد ۱۰ عدد بذر گندم رقم سیروان کشت شده و پس از استقرار، گیاهان تنک شده و ۴ عدد در هر گلدان نگهداری شد. پس از گذشت ۱۷ روز از کشت گیاه، تیمارهای تنش خشکی به‌صورت وزنی و طبق محاسبات اعمال شدند. برگ‌پاشی اسید هومیک در دو نوبت (روزهای ۱۳ و ۲۰ پس از اعمال تنش خشکی) و برگ‌پاشی عصاره سیر نیز در سه نوبت (روزهای ۱۸، ۲۴ و ۲۷ پس از اعمال تنش خشکی) انجام شد، به این صورت که در هر بار برگ‌پاشی ۱۵۰ میلی‌لیتر به هر گلدان اسپری شد. پس از ۵۴ روز از شروع کشت، گیاهان برداشت شده و برای انجام آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از تعیین وزن خشک، نمونه‌های گیاهی با استفاده از آسیاب پودر شدند. به‌منظور اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم گیاه، در ابتدا با استفاده از روش هضم خشک، نمونه‌های گیاهی هضم شده و در نهایت مقدار فسفر گیاه از روش رنگ

زرد مولیبدات (آمونیوم هپتا مولیبدات‌آمونیوم وانادات در اسید نیتریک) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Estefan et al., 2013) و مقدار پتاسیم گیاه با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن گیاه از روش هضم تر استفاده شد و در نهایت مقدار نیتروژن در این عصاره‌ها با روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982) توسط دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. میزان جذب عناصر نیز با ضرب غلظت عناصر در وزن خشک نمونه محاسبه شد. در نهایت تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارها بر وزن خشک اندام هوایی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر ساده تیمارهای تنش خشکی (W) و اسید هومیک (H) بر وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد (P<۰/۰۱) و اثر ساده عصاره سیر (G) و همچنین اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱- الف). به نظر می‌رسد که کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه در شرایط تنش خشکی، به دلیل اختلالات متابولیکی ناشی از تنش و تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) باشد (Mohamed and Akladious, 2014). در تنش خشکی شدید به دلیل کاهش باز شدن روزنه‌ها، جذب دی‌اکسید کربن محدود می‌شود و به دنبال آن فعالیت فتوسنتزی و در نهایت رشد گیاه کاهش می‌یابد (Osakabe et al., 2014). نتایج سایر محققان نیز گویای کاهش وزن خشک گیاه گندم در شرایط تنش خشکی است (Baque et al., 2006; El Tayeb and Ahmed, 2010).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی، اسید هومیک و عصاره سیر بر وزن خشک و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام هوایی گیاه گندم

Table 2. Variance analysis of the effects of drought stress, humic acid and garlic extract on dry weight and nutrients uptake of nitrogen, phosphorus and potassium of wheat plant shoot

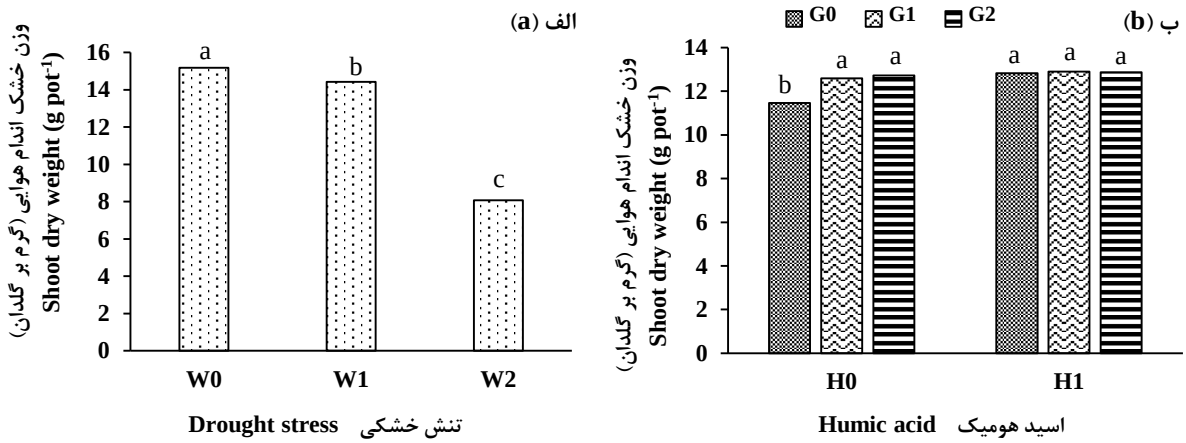
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	جذب نیتروژن Nitrogen uptake	جذب فسفر Phosphorus uptake	جذب پتاسیم Potassium uptake
Drought stress (D)	تنش خشکی	2	273.36**	56517**	2271.73**	110675**
Humic stress (H)	اسید هومیک	1	4.96**	2241*	135.50**	916^{ns}
Garlic (G)	عصاره سیر	2	2.41*	6263**	207.40**	10909**
D×H	تنش خشکی×اسید هومیک	2	1.44^{ns}	557^{ns}	38.88^{ns}	3019*
D×G	تنش خشکی×عصاره سیر	4	0.17^{ns}	2115**	60.70**	2655*
H×G	اسید هومیک×عصاره سیر	2	1.96*	2128**	29.35^{ns}	11673**
D×H×G	تنش خشکی×اسید هومیک×عصاره سیر	4	0.41^{ns}	683^{ns}	5.35^{ns}	2188*
Error	خطا	36	0.54	333	15.20	742.81
CV (%)	ضریب تغییرات	-	*5.86*	*7.96*	*14.19*	*11.43*

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively

طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر بر وزن خشک اندام هوایی، در شرایط عدم حضور اسید هومیک و برگ‌پاشی با عصاره سیر، وزن خشک گیاه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. از سوی دیگر، اسید هومیک نیز فقط در شرایط عدم برگ‌پاشی عصاره سیر توانست موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک نسبت به شاهد شود (شکل ۱- ب). در بررسی اثر کاربرد مواد طبیعی مانند عصاره‌های سیر، مخمر و اسید هومیک بر رشد گیاه گل مریم (*Polianthes tuberosa* L.) گزارش شد که تمامی تیمارهای مواد طبیعی، وزن خشک برگ و سنبله را به‌طور

معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن خشک در تیمار اسید هومیک و به دنبال آن عصاره مخمر و سیر و کمترین مقدار نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (El-Bably, 2017). در بررسی کاربرد خاکی مواد هومیک (پتاسیم هومات و فولوات) و برگ‌پاشی عصاره‌های گیاهی (سیر و پیاز) مشخص شد که بیشترین میانگین وزن خشک گیاه پیاز با برگ‌پاشی عصاره‌های گیاهی و پتاسیم هومات به دست آمد (Elshaboury and Sakara, 2021).



شکل ۱. اثر تنش خشکی (الف) و اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر (ب) بر وزن خشک اندام هوایی. W0: ۹۵ درصد ظرفیت زراعی، W1: ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، W2: ۴۵ درصد ظرفیت زراعی؛ H0: صفر اسید هومیک، H1: ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک؛ G0: صفر عصاره سیر، G1: ۲ درصد عصاره سیر و G2: ۴ درصد عصاره سیر

Fig. 1. Effect of drought stress (a) and interactions between humic acid and garlic extract (b) on shoot dry weight. W0: 95% of field capacity, W1: 65% of field capacity, W2: 45% of field capacity; H0: 0 humic acid, H1: 300 mg l^{-1} humic acid; G0: 0 garlic extract, G1: 2% garlic extract and G2: 4% garlic extract

تأثیر مثبت عصاره سیر بر گیاه را می‌توان با توجه به نقش بیولوژیکی و فیزیولوژیکی عصاره سیر بررسی کرد (Abdou et al., 2017). عصاره سیر به دلیل سرشار بودن از مواد معدنی (مانند پتاسیم، فسفر، منیزیم، گوگرد، کلسیم، نیتروژن، مس، روی، آهن، منگنز و سلنیم)، ویتامین‌ها (مانند ویتامین C، B) و هورمون‌های گیاهی (مانند اکسین، جیبرلین، اسید آبسیزیک و سیتوکینین)، موجب بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی می‌شود و در نتیجه می‌تواند رشد گیاهان را بهبود بخشد (Kasim et al., 2017; Wafaa et al., 2021). عصاره سیر همچنین حاوی آنتی‌اکسیدان‌ها، آنزیم‌ها و ترکیبات گوگردی است که نقش مهمی در رشد گیاهان دارند (Ziedan and Eisa, 2016). در مطالعه‌ای گزارش شد که برگ‌پاشی گیاه گندم رشد یافته در خاک شنی با عصاره سیر ۰/۵ درصد، بیشترین مقادیر عملکرد وزن خشک دانه و کاه را در مقایسه با تیمار شاهد به دست آورد (Abd-Elhamied, 2017). نتایج پژوهشگران نشان داد که با افزایش غلظت عصاره سیر برگ‌پاشی شده، وزن خشک گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در دو فصل افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک با برگ‌پاشی غلظت ۴۰۰ و پس از آن ۲۰۰ گرم بر لیتر عصاره سیر به دست آمد که این دو غلظت عمدتاً تأثیر یکسانی بر وزن خشک گیاه داشتند (El-Said and Ali, 2013). در مطالعه‌ای دیگر، برگ‌پاشی گیاهان لوبیا رشد یافته در خاک شنی با عصاره‌های سیر و برگ مورینگا با غلظت‌های ۲ و ۴ درصد به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیبی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی در مقایسه با شاهد شد (El-Saadony et al., 2019). وانس و خامیس (Wanas and Khamis, 2021) نیز افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان توت‌فرنگی با کاربرد برگی عصاره سیر را گزارش کردند.

با توجه به اینکه مکانیسم عمل اسید هومیک در بهبود رشد گیاه کاملاً شناخته‌شده نیست اما تفسیرهای متعددی در این مورد وجود دارد از جمله افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، جذب اکسیژن، تنفس، فتوسنتز، جذب فسفات، رشد سلول‌های ریشه، انتقال یون و عمل به‌عنوان مواد شبه

سیتوکینین (Russo and Berlyn, 1991). در مطالعه‌ای گزارش شد که بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی گندم در نتیجه محلول‌پاشی گیاه با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک به دست آمد (Sabzevari and Khazaei, 2009).

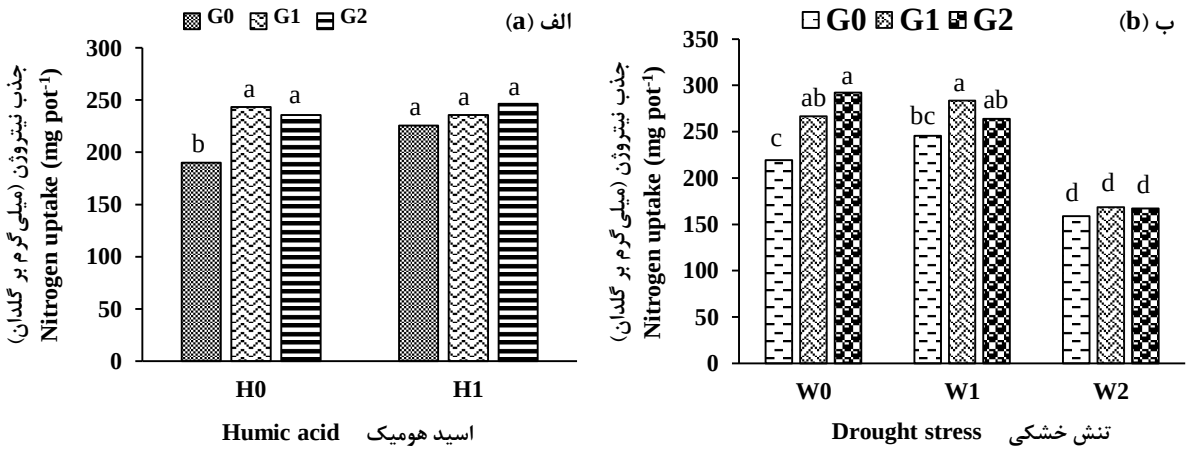
تأثیر تیمارها بر جذب عناصر غذایی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر ساده تیمارهای تنش خشکی و عصاره سیر، اثر متقابل آن‌ها و همچنین اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر بر جذب نیتروژن در سطح ۱ درصد (P<۰/۰۱) و اثر ساده اسید هومیک نیز در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر بر جذب نیتروژن نشان داد که در شرایط عدم حضور اسید هومیک، برگ‌پاشی با عصاره سیر موجب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن نسبت به شاهد شد. از سوی دیگر، اسید هومیک نیز تنها در شرایط عدم برگ‌پاشی عصاره سیر توانست جذب نیتروژن را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دهد (شکل ۲- الف).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و عصاره سیر بر جذب نیتروژن نشان داد که در تنش خشکی خفیف (W0) با افزایش غلظت عصاره سیر برگ‌پاشی شده از صفر به ۲ و ۴ درصد، جذب نیتروژن به ترتیب افزایش معنی‌دار ۲۱/۵۲ و ۳۳/۲۲ درصدی نسبت به شاهد (عدم برگ‌پاشی) داشت. در تنش خشکی متوسط (W1) نیز، برگ‌پاشی گیاه با غلظت ۲ درصد عصاره سیر (G1) موجب افزایش معنی‌دار ۱۵/۳۷ درصدی جذب نیتروژن نسبت به تیمار شاهد شد. به‌طورکلی، برگ‌پاشی گیاه گندم با عصاره سیر اثر مثبتی بر جذب نیتروژن در مقایسه با عدم برگ‌پاشی داشت و از بین کلیه تیمارها، برگ‌پاشی گیاه گندم با عصاره سیر ۴ درصد (G2) در شرایط تنش خشکی خفیف (W0) و عصاره سیر ۲ درصد (G1) در شرایط تنش خشکی متوسط (W1) در جذب نیتروژن مؤثرتر بود و در تنش خشکی شدید نیز کاربرد عصاره سیر اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن نداشت (شکل ۲- ب). در مطالعه‌ای گزارش شد که برگ‌پاشی گیاهان گندم با عصاره سیر در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد موجب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن در دانه و کاه گندم شد که این افزایش در غلظت پایین‌تر عصاره سیر بیشتر بود (Abd-Elhamied, 2017).

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثرهای ساده تیمارهای تنش خشکی، اسید هومیک، عصاره سیر و همچنین برهمکنش تنش خشکی و عصاره سیر بر جذب فسفر در سطح ۱ درصد (P<۰/۰۱) معنی‌دار شد.

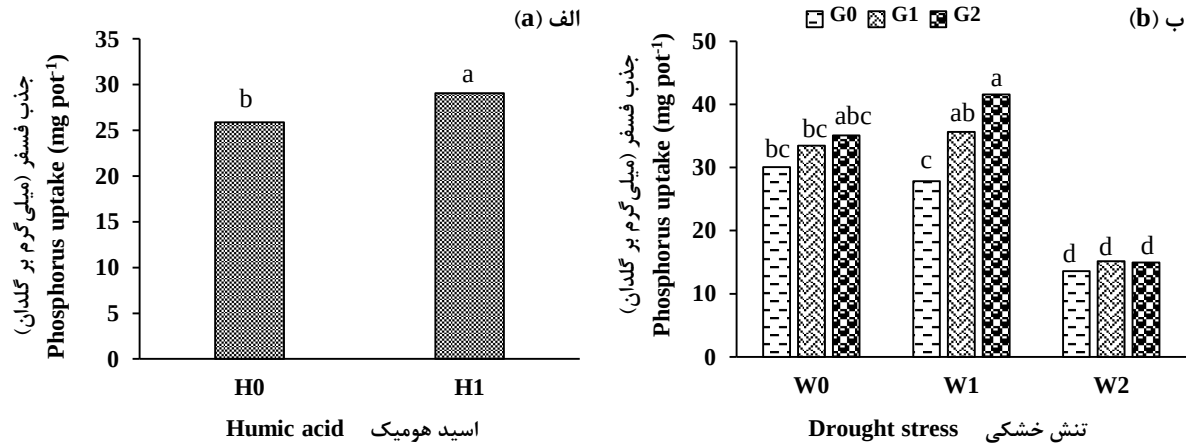


شکل ۲. اثرات متقابل اسید هومیک و عصاره سیر (الف) و تنش خشکی و عصاره سیر (ب) بر جذب نیتروژن. H0: صفر اسید هومیک، H1: ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک؛ G0: صفر عصاره سیر، G1: ۲ درصد عصاره سیر، G2: ۴ درصد عصاره سیر؛ W0: ۹۵ درصد ظرفیت زراعی، W1: ۶۵ درصد ظرفیت زراعی و W2: ۴۵ درصد ظرفیت زراعی

Fig. 2. Interactions between humic acid and garlic extract (a) and drought stress and garlic extract (b) on nitrogen uptake. H0: 0 humic acid, H1: 300 mg l^{-1} humic acid; G0: 0 garlic extract, G1: 2% garlic extract, G2: 4% garlic extract; W0: 95% of field capacity, W1: 65% of field capacity and W2: 45% of field capacity.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که برگ‌پاشی با اسید هومیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (H1) موجب افزایش معنی‌دار جذب فسفر نسبت به شاهد (H0) شد (شکل ۳- الف). در مطالعه‌ای بر روی گیاه گل‌کلم مشخص شد که کاربرد برگی اسید هومیک موجب افزایش معنی‌دار جذب فسفر در این گیاه شد که این افزایش می‌تواند به دلیل افزایش رشد گیاه و فعال شدن بسیاری از فرایندهای بیولوژیکی در اثر برگ‌پاشی اسید هومیک باشد که در نهایت منجر به افزایش جذب فسفر توسط ریشه گیاه می‌شود زیرا مولکول اسید می‌تواند وارد جریان عناصر غذایی سلول شود و در اثر نفوذپذیری بیشتر غشای سلولی، ورود عناصر غذایی و همچنین تقسیم سلولی افزایش می‌یابد که این اثر مربوط به گروه‌های فعال هیدروکسیل و کربوکسیلیک موجود در ساختمان اسید هومیک‌ها است (Mahmood et al., 2019).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و عصاره سیر بر جذب فسفر، در تنش خشکی متوسط (W1)، با افزایش غلظت عصاره سیر برگ‌پاشی شده از صفر به ۲ و ۴ درصد، جذب فسفر نسبت به تیمار شاهد (G0) به ترتیب افزایش معنی‌دار ۲۸/۰۶ و ۴۹/۴۵ درصدی داشت و برگ‌پاشی با عصاره سیر ۴ درصد (G2) در شرایط تنش خشکی متوسط (W1) در افزایش جذب فسفر مؤثرتر بود (شکل ۳- ب).



شکل ۳. اثر اسید هومیک (الف) و اثر متقابل تنش خشکی و عصاره سیر (ب) بر جذب فسفر. H0: صفر اسید هومیک، H1: ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک؛ W0: ۹۵ درصد ظرفیت زراعی، W1: ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، W2: ۴۵ درصد ظرفیت زراعی؛ G0: صفر عصاره سیر، G1: ۲ درصد عصاره سیر و G2: ۴ درصد عصاره سیر

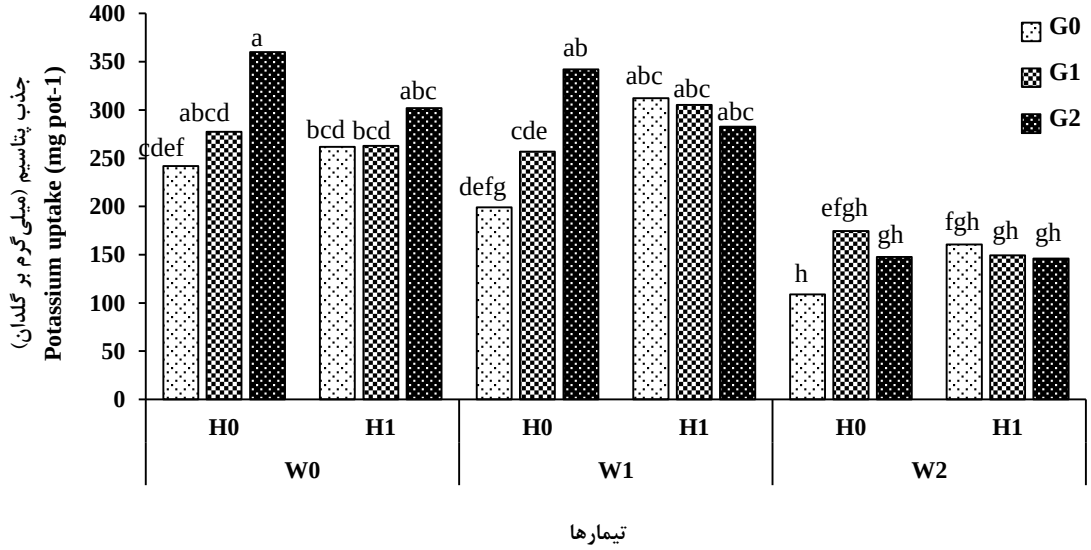
Fig. 3. Effect of humic acid (a) and interactions between drought stress and garlic extract (b) on phosphorus uptake. H0: 0 humic acid, H1: 300 mg l^{-1} humic acid; W0: 95% of field capacity, W1: 65% of field capacity, W2: 45% of field capacity; G0: 0 garlic extract, G1: 2% garlic extract and G2: 4% garlic extract

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمارهای تنش خشکی و عصاره سیر و اثر متقابل اسید هومیک و عصاره سیر بر جذب پتاسیم در سطح ۱ درصد (P<۰/۰۱) و اثرات متقابل تنش خشکی و اسید هومیک، تنش خشکی و عصاره سیر و همچنین برهمکنش سه‌گانه آن‌ها نیز در سطح ۵ درصد (P<۰/۰۵) معنی‌دار شد (جدول ۲).

طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر جذب پتاسیم که در شکل ۴ نشان داده شده است، در شرایط عدم حضور اسید هومیک، برگ‌پاشی با عصاره سیر ۴ درصد (G2) در هر دو سطح تنش خشکی خفیف (W0) و متوسط (W1)، موجب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم نسبت به شاهد شد. از طرفی دیگر، در تنش خشکی متوسط، کاربرد اسید هومیک تنها در شرایط عدم برگ‌پاشی عصاره سیر توانست موجب افزایش معنی‌دار جذب پتاسیم نسبت به شاهد شود.

به‌طورکلی، افزایش جذب عناصر در گیاه منجر به قوی‌تر شدن گیاه شده و زمینه را برای انتقال این عناصر به محصول بیشتر می‌کند و به‌احتمال‌قوی منجر به بهتر شدن وضعیت محصول از لحاظ کمی و کیفی خواهد شد. در مطالعه‌ای گزارش شد که برگ‌پاشی گیاهان گندم با عصاره سیر موجب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در دانه و کاه این گیاه شد (Abd-Elhamied, 2017). بهبود جذب عناصر

غذایی با کاربرد عصاره سیر ممکن است به دلیل حضور ترکیبات طبیعی بهبوددهنده رشد مانند ویتامین‌ها، مواد معدنی، فلاونوئیدها، اسید آسکوربیک، گوگرد، ید و هفده اسیدآمینه موجود در عصاره سیر باشد که می‌توانند فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی را به‌ویژه در شرایط تنش تنظیم کنند (Hammad, 2008; Shakir and Al-Rawi, 2017). به‌عنوان‌مثال، فسفر موجود در عصاره سیر برای فرایندهای ذخیره و انتقال انرژی، فتوسنتز، انتقال کربوهیدرات‌ها و تنظیم برخی آنزیم‌ها (Hu and Schmidhalter, 2005)، منیزیم و مس به ترتیب برای سنتز کلروفیل و متابولیسم کربوهیدرات و نیتروژن (Waraich et al., 2011)، کلسیم برای جلوگیری از آسیب و نشت غشاء سلولی و تثبیت ساختار غشاء سلولی در شرایط نامساعد محیطی (Mohamed and Akladious, 2014) و پتاسیم در فعال‌سازی آنزیم، سنتز پروتئین، فتوسنتز، حرکت روزنه، تنظیم اسمزی، انتقال بافت آبکش، انتقال انرژی، تعادل کاتیون/آنیون و مقاومت در برابر تنش (Hawkesford et al., 2012) می‌توانند نقش داشته باشند.



شکل ۴. اثر متقابل تنش خشکی، اسید هومیک و عصاره سیر بر جذب پتاسیم. W0: ۹۵ درصد ظرفیت زراعی، W1: ۶۵ درصد ظرفیت زراعی، W2: ۴۵ درصد ظرفیت زراعی؛ H0: صفر اسید هومیک، H1: ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هومیک؛ G0: صفر عصاره سیر، G1: ۲ درصد عصاره سیر و G2: ۴ درصد عصاره سیر

Fig. 4. Interactions among drought stress, humic acid and garlic extract on potassium uptake. W0: 95% of field capacity, W1: 65% of field capacity, W2: 45% of field capacity; H0: 0 humic acid, H1: 300 mg l^{-1} humic acid; G0: 0 garlic extract, G1: 2% garlic extract and G2: 4% garlic extract

عصاره سیر می‌تواند با فعال کردن آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان و کاهش آسیب اکسیداتیو منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی برای رشد گیاهان در شرایط خشکی شود (Mohamed and Akladious, 2014). عصاره سیر همچنین حاوی اسید جیبرلیک است و طبق گفته عبدالجلیل و همکاران (Abdul Jaleel et al., 2009) اسید جیبرلیک توانست محتوای اسید آسکوربیک، آلفا توکوفرول و گلوتاتیون احیاشده در گیاه گل پریوش (*Catharanthus roseus*) را افزایش دهد. در مطالعه‌ای گزارش شد که عصاره سیر با افزایش پارامترهای رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ، اثر منفی تنش خشکی را در گیاهان نخود کاهش داد (Hammad, 2008). عصاره سیر همچنین می‌تواند به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر تجمع پرولین که نقش محافظتی را به‌عنوان حذف‌کننده ROS ایفا می‌کند، منجر به بهبود توانایی مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی شود (Türkan and Demiral, 2009; Mohamed and Akladious, 2014). اسید آسکوربیک موجود در عصاره سیر به‌عنوان یکی از قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی، می‌تواند از پروتئین‌ها و لیپیدها در برابر آسیب اکسیداتیو در گیاهان تحت تنش خشکی محافظت کند (Hasanuzzaman and Fujita, 2011).

اسید هومیک به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاه، تأثیرات زیادی بر سطح نفوذپذیری بیوشیمیایی غشای سلولی یا سیتوپلاسم از جمله افزایش نرخ تنفس و فتوسنتز دارد که می‌تواند با تحریک فعالیت میکروبیولوژیکی موجب افزایش جذب عناصر غذایی شود (Fouda, 2021). افزایش جذب عناصر غذایی با کاربرد اسید هومیک در نتایج سایر محققان نیز گزارش شد (Khaled and Fawy, 2011; El-Azizy, 2021; Mahmood et al., 2019).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از عصاره سیر و همچنین اسید هومیک هر یک به‌تنهایی بر روی پارامترهای وزن خشک و جذب عناصر غذایی گیاه تأثیر گذاشت. عصاره سیر در شرایط تنش خشکی توانست بر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیرگذار باشد که این اثر در تنش‌های کم بیشتر بود به‌طوری‌که در تنش خشکی متوسط، تأثیر عصاره سیر با غلظت ۴ درصد بر روی جذب فسفر و پتاسیم و عصاره سیر با غلظت ۲ درصد بر روی جذب نیتروژن بیشتر بود. به‌طورکلی با توجه به نتایج، تأثیر عصاره سیر در مقایسه با اسید هومیک بیشتر بود که می‌تواند به دلیل کمپلکس مواد بهبوددهنده رشد موجود در عصاره سیر باشد و مهم‌تر از آن، به دلیل اینکه عصاره سیر برگرفته از ترکیبات خود گیاه است و نسبت به ترکیبات شیمیایی اثرات منفی کمتری دارد، بنابراین می‌توان از این ترکیبات گیاهی به‌عنوان مواد محرک رشد استفاده کرد. در شرایط تنش خشکی کم نیز عصاره سیر تا حدودی توانست اثرات منفی تنش را کاهش دهد ولی در تنش‌های خشکی شدید، عصاره سیر تأثیرگذار نبوده است که شاید با تغییر غلظت‌ها و روش کاربرد عصاره سیر این امر تا حدی ممکن باشد. در نهایت، استفاده از مواد طبیعی مانند عصاره سیر و ترکیبات رایج مانند اسید هومیک می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد سازگار با محیط‌زیست و ایمن برای بهبود رشد گیاهان باشد و به کاهش اثرات مخرب کودهای شیمیایی و تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی کمک کند. مطالعات بیشتر بر روی عصاره سیر در گیاهان مختلف و همچنین مطالعه دیگر عصاره‌های طبیعی در شرایط تنش و غیر تنش نیز پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد برای حمایت مالی از این طرح پژوهشی (۴۸۷۶۳) تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Abd-Elhamied, A.S., 2017. The influence of the foliar application of urea, licorice and garlic extract on nutrients uptake and yield of wheat plants grown on sandy soil. A comparative study. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 8, 157-162. https://doi.org/10.21608/jssae.2017.37236

Abd El-Hamied, S.A., El-Amary, E.I., 2015. Improving growth and productivity of “Pear” trees using some natural plants extracts under north sinai conditions. Journal of Agriculture and veterinary Science. 8, 1-9. https://doi.org/10.9790/2380-08110109

Abdou, M.A., El-Sayed, A.A., Taha, R.A.I., Abd-El Sayed, M.A., Botros, W.S.E., 2017. Effect of compost and some biostimulant treatments on guar plants. A-Vegetative growth and seed yield. Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants. 4, 143-157. https://doi.org/10.21608/sjfop.2017.5401

Abdul Jaleel, C., Gopi, R., Panneerselvam, R., 2009. Alterations in non-enzymatic antioxidant components of Catharanthus roseus exposed to paclobutrazol, gibberellic acid and Pseudomonas fluorescens. Plant Omics Journal. 2, 30-40.

Baque, M.A., Karim, M.A., Hamid, A., Tetsushi, H., 2006. Effects of fertilizer potassium on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum*) under water stress conditions. South Pacific Studies. 27, 25-35.

Barnabás, B., Jäger, K., Fehér, A., 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell and Environment. 31, 11-38. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x

Bhandari, P.R., 2012. Garlic (*Allium sativum* L.): A review of potential therapeutic applications. International Journal of Green Pharmacy (IJGP). 6, 118-129.

Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen—Total. In: Page, A.L. (2nd eds.), Methods of Soil Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI 53711, USA, pp. 595-624. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31

Cardelle-Cobas, A., Soria, A.C., Corzo-Martínez, M., Villamiel, M., 2010. A comprehensive survey of garlic functionality. In: Pacurar, M., Krejci, G. (eds.), Garlic Consumption and Health. Garlic Consumption and Health, Nova Science Publishers, pp. 1-60. https://doi.org/10.13140/2.1.4992.6728

El-Azizy, F.A., 2021. Effect of different foliar concentration of some bio-stimulators on egyptian clover in calcareous soil. Egyptian Journal of Applied Sciences. 36, 94-112. https://doi.org/10.21608/ejas.2021.163553

El-Bably, S.M.Z., 2017. Effect of some natural material additives on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa*, L.) bulbs. Journal of Plant Production. 8, 895-906. https://doi.org/10.21608/jpp.2017.40897

El-Bassiouny, H.S.M., Bakry, B.A., Attia, A.A.E.M., Abd Allah, M.M., 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. Agricultural Sciences. 5, 687-700. https://doi.org/10.4236/as.2014.58072

El-Desouky, S.A., Wanas, A.L.A., Khedr, Z.M.A., 1998. Utilization of some natural plant extracts (garlic and yeast) as seed-soaked materials to squash (*Cucurbita pepo*, L.). 1- Effect on growth, sex expression and fruit yield and quality. Annals of Agricultural Science Moshtohor. 36, 839-854.

El-Saadony, F.M., Mohsen, A.A.M., Inas, A.B., 2019. Effect of foliar spray with some plant natural extracts on growth and yield of (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Fayoum Journal of Agricultural Research and Development. 33, 66-77. https://doi.org/10.21608/fjard.2019.190154

El-Saadony, F.M., Nawar, D.A.S., Zyada, H.G., 2017. Effect of foliar application with salicylic acid, garlic extract and proline on growth, yield and leaf anatomy of pea (*Pisum sativum* L.) grown under drought stress. Middle East Journal of Applied Sciences. 7, 633-650.

El-Said, N.A.M., Ali, H.M.H., 2013. Physiological effects of garlic aqueous extract on cumin. Egyptian Journal of Horticulture. 40, 247-260. https://doi.org/10.21608/ejoh.2013.1347

El Tayeb, M.A., Ahmed, N.L., 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. American-Eurasian Journal of Agronomy. 3, 1-7.

Elshaboury, H.A., Sakara, H.M., 2021. The role of garlic and onion extracts in growth and productivity of onion under soil application of potassium humate and fulvate. Egyptian Journal of Soil Science. 61, 161-170. https://doi.org/10.21608/ejss.2021.64114.1434

Elzaawely, A.A., Ahmed, M.E., Maswada, H.F., Al-Araby, A.A., Xuan, T.D., 2018. Growth traits, physiological parameters and hormonal status of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprayed with garlic cloves extract. Archives of Agronomy and Soil Science. 64, 1068-1082. https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1410543

Estefan, G., Sommer, R., Ryan, J., 2013. Methods of Soil, Plant, and Water Analysis: A manual for the West Asia and North Africa region. (3rd eds.). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Beirut, Lebanon.

Ferrara, G., Brunetti, G., 2010. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) cv Italia. Spanish Journal of Agricultural Research. 8, 817-822. https://doi.org/10.5424/1283

Fouda, K.F., 2021. Effect of foliar application of humic acid, Em and mineral fertilization on yield and quality of carrot under organic fertilization. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 12, 1-7. https://doi.org/10.21608/jssae.2021.152002

Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis In: Klute, A. (2nd eds.), Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Winsconsin, USA, pp. 383-411. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c15

Hammad, S.A., 2008. Physiological and anatomical studies on drought tolerance of pea

plants by application of some natural extracts. Annals of Agricultural Science (Cairo). 53, 285-305.

Hasanuzzaman, M., Fujita, M., 2011. Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings. Biological Trace Element Research. 143, 1758-1776. https://doi.org/10.1007/s12011-011-8998-9

Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I.S., White, P., 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (3rd eds.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic press, pp. 135-189. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6

Hayat, S., Ahmad, H., Ren, K., Ali, M., Cheng, Z., 2018. Response of tomato growth to foliar spray and root drenching of aqueous garlic extract: A cocktail of antioxidative defenses, chlorophyll, carotenoid and soluble sugar contents. International Journal of Agriculture and Biology. 20, 1251-1259.

Helmke, P.A., Sparks, D.L., 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium, and Cesium. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (eds.), Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI 53711, USA, pp. 551-574. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c19

Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168, 541-549. https://doi.org/10.1002/jpln.200420516

Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., Padem, H., 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science. 59, 233-237. https://doi.org/10.1080/09064710802022952

Kasim, W.A., Nessem, A.A., Gaber, A. 2017. Alleviation of drought stress in Vicia faba by seed priming with ascorbic acid or extracts of garlic and carrot. p. 45-59. In: Proceedings of the 7th International Conference "Plant and Microbial Biotechnology and their Role in the Development of the Society", October 2017. Egyptian Journal of Botany. Egypt. https://doi.org/10.21608/ejbo.2017.831.1057

Khaled, H., Fawy, H.A., 2011. Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth, and soil properties under conditions of salinity. Soil and Water Research. 6, 21-29. https://doi.org/10.17221/4/2010-SWR

Loeppert, R.H., Suarez, D.L., 1996. Carbonate and gypsum. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (eds.), Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI 53711, USA, pp. 437-474. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c15

Mahmood, Y.A., Ahmed, F.W., Juma, S.S., Al-Arazah, A.A., 2019. Effect of solid and liquid organic fertilizer and spray with humic acid and nutrient uptake of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield of cauliflower. Plant Archives. 19, 1504-1509.

Mardomi, R., 2017. Determining the chemical compositions of garlic plant and its existing active element. IOSR Journal of Applied Chemistry. 10, 63-66. https://doi.org/10.9790/5736-1001016366

Massoud, H.Y., Kasem, M.M., El-Banna, M.F., Farag, N.B.B., 2020. Effect of garlic, moringa and licorice extracts on vegetative growth and chemical constituents of Zanthoxylum beecheyanum K. koch plant. Journal of Plant Production. 11, 465-472. https://doi.org/10.21608/jpp.2020.102770

Mohamed, H.I., Akladious, S.A., 2014. Influence of garlic extract on enzymatic and non enzymatic antioxidants in soybean plants (*Glycine max*) grown under drought stress. Life Science Journal. 11(3s), 46-58.

Mohamed, M.H., Badr, E.A., Sadak, M.S., Khedr, H.H., 2020. Effect of garlic extract, ascorbic acid and nicotinamide on growth, some biochemical aspects, yield and its components of three faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars under sandy soil conditions. Bulletin of the National Research Centre. 44, 1-8. https://doi.org/10.1186/s42269-020-00359-z

Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: Page, A.L. (2nd eds.), Methods of Soil Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI

53711, USA, pp. 403-430. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c24

Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.S.P., 2014. Response of plants to water stress. Frontiers in plant science. 5, 1-8. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00086

Polyakov, A., Alekseeva, T., Muravieva, I. 2020. The elemental composition of garlic (*Allium sativum* L.) and its variability. p. 1-9. In: Proceedings of E3S Web of Conferences XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness, June 29. 2020. EDP Sciences. Russia. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501016

Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (eds.), Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI 53711, USA, pp. 417-435. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c14

Russo, R.O., Berlyn, G.P., 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. Journal of Sustainable Agriculture. 1, 19-42. https://doi.org/10.1300/J064v01n02_04

Sabzevari, S., Khazaei, H.R., 2009. The effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology. 1, 53-63. [In Persian]. https://doi.org/10.22067/jag.v1i2.2686

Shakir, M.A., Al-Rawi, W.A.A., 2017. Effect of garlic and licorice root extract on leaves mineral and hormonal content of pear transplants. The Iraqi Journal of Agricultural Science. 48, 138-143. https://doi.org/10.36103/ijas.v48iSpecial.254

Sparks, D.L., 2003. Environmental soil chemistry. In: (2nd eds.), Chemistry of Soil Organic Matter. Elsevier Science, USA, pp. 75-113. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656446-4.X5000-2

Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E. (eds.), Methods of Soil Analysis: Part 3, Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI 53711, USA, pp. 475-490. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16

Tohidi Moghadam, H.R., Khamene, M.K., Zahedi, H., 2014. Effect of humic acid foliar application on growth and quantity of corn in irrigation withholding at different growth stages. Maydica. 59, 124-128. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4147.1208

Tourfi, F., Shokuhfar, A., 2019. Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. Quarterly Journal of Plant Production. 9, 121-132. [In Persian].

Türkan, I., Demiral, T., 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. Environmental and Experimental Botany. 67, 2-9. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.05.008

Wafaa, H.A.A., Rania, M.R.K., El-Shafay, R.M.M., 2021. Effect of spraying with extracts of plants and amino acids on growth and productivity on Coriandrum sativum L. plants under shalateen condition. Plant Archives. 21, 300-307. https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.S1.048

Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Journal of Soil science. 37, 29-38. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Wanas, A.L., Khamis, M.A.I., 2021. Effect of garlic and licorice extracts on vegetative growth and leaf anatomy of strawberry plants cultivated in different growing media. Scientific Journal for Damietta Faculty of Science. 11, 89-102. https://doi.org/10.21608/sjdfs.2021.195598

Waraich, E.A., Ahmad, R., Saifullah, Ashraf, M.Y., Ehsanullah, 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science. 5, 764-777.

Yadav, M., Choudhary, B., Gadwal, R., Singh, P., 2020. Humic substances: the black gold for agriculture. Krishi Science. 1, 27-29.

Ziedan, E.H., Eisa, E.A., 2016. The use of some micronutrients and plant extracts of resistance to powdery mildew and nutrition dill plants in the gharbiyah governorate. Journal of Plant Protection and Pathology. 7, 579-586. https://doi.org/10.21608/jppp.2016.52019