



## Research Paper

## Effect of Humic Acid and Vermicompost on Some Vegetative Indices and Proline Content of *Catharanthus roseus* under Low Water Stress

Saleh Alhverdzadeh<sup>1</sup> and Elham Danaee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Alumni, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

<sup>2</sup>Assist. Professor, Department of Horticulture, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran

### Paper Information

**Received:** March 13, 2022

**Revised:** April 11, 2022

**Accepted:** April 21, 2022

### Keywords:

Anthocyanin

Proline

Total Chlorophyll

Vegetative Indices

\*Corresponding author:

[danaee@iau-garmsar.ac.ir](mailto:danaee@iau-garmsar.ac.ir)



### Abstract

To investigate the effect of vermicompost (0, 25, and 50%) and humic acid (0, 50, and 100 mg/l) on some traits of *Catharanthus roseus* under low water stress (50 and 100% field capacity), a factorial experiment based on a completely randomized design was conducted in 1399 at greenhouse conditions. *Catharanthus roseus* cuttings were grown in a light and moist medium containing peat moss and leaf mold with humic acid and vermicompost treatments. Then low water stress was applied for one month. The results showed that low water stress of 50% FC caused a significant decrease in vegetative indices, cell membrane, and plant pigment and increased proline. The maximum shoot fresh weight and root dry weight, flowers number, anthocyanin, and total chlorophyll were recorded in 100% FC + humic acid 100 mg/l treatment, and the highest shoot dry weight, root fresh weight, and membrane stability were obtained in 100% FC + 50% vermicompost treatment. The highest proline amount was obtained in 50% FC treatment and the lowest in 100% FC + humic acid 100 mg/l treatment. Therefore, according to the results, the use of vermicompost and humic acid can be recommended to reduce the negative effects of water stress in *Catharanthus roseus*.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access paper distributed under the CC BY (license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



### Introduction

*Catharanthus roseus* is one of the ornamental and medicinal plants used in landscape, which can be used as a perennial flowering plant if the climatic conditions are favorable. Low water is the most common environmental stress that plants during their developmental period and are a growing constraint on plant production and exploitation in many semi-arid and arid regions. Low water stress can reduce the vegetative and

reproductive growth of plants by affecting the growth, development, and flowering indices of plants. Humic acid and vermicompost, materials are environmentally compatible and safe compounds that due to the abundance of nutrients, more water retention, and improved soil structure can play an effective role in increasing resistance to Low water stress. Therefore, the aim of this study was to determine the effect of different concentrations of humic



acid and vermicompost to reduce the destructive effects of low water stress and improve the quality and flowering of *Catharanthus roseous*.

### Material and Methods

In order to investigate the effect of vermicompost and humic acid on Growth indices, cell membrane stability index, plant pigment, and proline content of *Catharanthus roseous* under low water stress, a factorial experiment based on a completely randomized design was conducted in 1399 at a commercial greenhouse with a temperature of about 23 to 25 °C, relative humidity of about 50 to 60 percent in Pakdasht city, was done. First, 8 to 10-cm long *Catharanthus roseous* cuttings were prepared in late winter and the lower leaves were removed. Then cuttings were planted in a light and moist medium containing peat moss and leaf mold to which humic acid (50 and 100 mg/l) and vermicompost (25 and 50%) were added according to the treatments. In order to measure soil moisture from the weighing system of pots, use, and irrigation based on changing the weight of potting soil to the specified field capacity were performed and low water stress (50 and 100%

FC) was applied for one month. Sampling and evaluation of traits were performed about 45 days after transplanting the cuttings. Evaluated traits include the fresh and dry weight of the shoot and root, number of flowers, cell membrane stability index, anthocyanin, total chlorophyll, and proline.

### Results

A comparison of mean data showed that the highest and lowest shoot fresh weight with 33.63 and 22.45 g in 100% FC treatment + 100 mg/l humic acid and 50% FC treatment, respectively. The highest and lowest shoot dry weight was 7.83 and 5.32 g in 100% FC + vermicompost 50% and 50% FC treatment, respectively. The maximum fresh and dry weight of roots with 8.08 and 2.51 g in 100% FC + vermicompost and 100% FC + humic acid 100 mg / l treatments and the lowest fresh and dry weight of roots with 4.94 and 1.31 g in 50% FC treatment, were done. Moreover, the highest and lowest flower numbers were counted with 17.67 and 12.00 in 100% FC + vermicompost 50% and 50% FC treatment, respectively. The highest cell membrane stability index of 78.91% was 100% + vermicompost 50% treatment and the lowest with 54.63% was 50% FC treatment (Table 1).

Table 1 Effect of vermicompost and different concentrations of humic acid on vegetative characteristics of *Catharanthus roseous* under low water stress

Field Capacity (%)	Humic acid (mg/l) Vermicompost (%)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Flower number	Cell membrane stability (%)
50	Without Humic acid and Vermicompost	22.45 <sup>g</sup>	5.32 <sup>f</sup>	4.94 <sup>g</sup>	1.31 <sup>g</sup>	12.00 <sup>g</sup>	54.63 <sup>h</sup>
	Humic acid 50 mg / l	26.36 <sup>ef</sup>	5.69 <sup>e</sup>	6.24 <sup>e</sup>	1.72 <sup>e</sup>	13.50 <sup>f</sup>	66.35 <sup>f</sup>
	Humic acid 100 mg / l	26.98 <sup>e</sup>	6.73 <sup>c</sup>	6.89 <sup>d</sup>	1.91 <sup>d</sup>	14.67 <sup>de</sup>	68.54 <sup>e</sup>
	Vermicompost 25%	25.72 <sup>f</sup>	6.13 <sup>d</sup>	5.74 <sup>f</sup>	1.65 <sup>f</sup>	13.67 <sup>ef</sup>	62.33 <sup>g</sup>
	Vermicompost 50%	27.45 <sup>d</sup>	6.72 <sup>c</sup>	6.15 <sup>ef</sup>	1.83 <sup>de</sup>	14.33 <sup>e</sup>	67.84 <sup>ef</sup>
100	Without Humic acid and Vermicompost	27.65 <sup>d</sup>	7.84 <sup>bc</sup>	6.82 <sup>d</sup>	1.97 <sup>d</sup>	15.00 <sup>d</sup>	70.44 <sup>d</sup>
	Humic acid 50 mg / l	31.83 <sup>b</sup>	7.25 <sup>b</sup>	7.57 <sup>bc</sup>	2.39 <sup>b</sup>	16.33 <sup>c</sup>	73.52 <sup>c</sup>
	Humic acid 100 mg / l	33.63 <sup>a</sup>	7.69 <sup>ab</sup>	7.45 <sup>c</sup>	2.51 <sup>a</sup>	17.50 <sup>a</sup>	75.86 <sup>b</sup>
	Vermicompost 25%	31.29 <sup>b</sup>	7.12 <sup>b</sup>	7.76 <sup>bc</sup>	2.27 <sup>c</sup>	17.00 <sup>b</sup>	71.85 <sup>cd</sup>
	Vermicompost 50%	29.81 <sup>c</sup>	7.83 <sup>a</sup>	8.08 <sup>a</sup>	2.43 <sup>ab</sup>	17.67 <sup>a</sup>	78.91 <sup>a</sup>

The same letters indicate no significant difference at the level of  $P \leq 0.05$

The results showed that the highest and lowest anthocyanin content of the petals were 2.87 and 1.47 mg/g FW in 100% FC + 100 mg/l humic acid and 50% FC treatments, respectively. The maximum total leaf chlorophyll was obtained in 100% FC + humic acid 100 mg/l treatment

(15.25 mg/g FW) and the lowest in 50% FC treatment (10.06 mg/g FW). Also, the highest and lowest proline levels were 3.82 and 1.97 mg/g fresh weight, respectively, in 50% FC treatment and 100% FC + 100 mg/l humic acid treatment (Fig. 1).

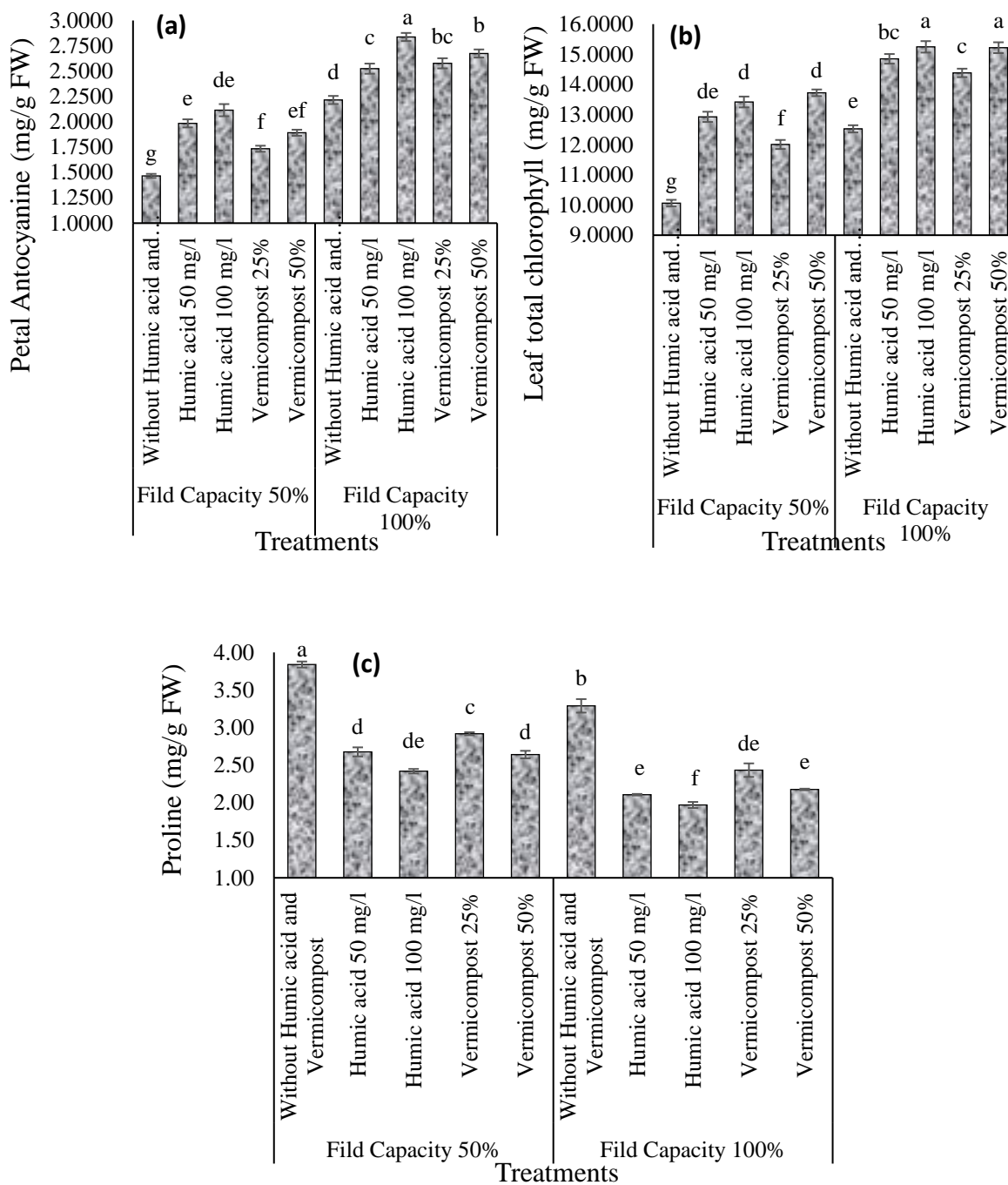


Fig. 1 Effect of vermicompost and different concentrations of humic acid on petal anthocyanin a), leaf total chlorophyll b), proline, and c) content of *Catharanthus roseous* under low water stress

**Conclusion**

The results showed that water stress of 50% FC caused a significant reduction in the evaluated traits except for proline. The use of different levels of vermicompost and humic acid under stress conditions by reducing the negative effects of low water improved vegetative indices, cell membrane stability index and plant pigment content, and decreased proline content.

**Data Availability**

The data obtained from the experiments in this study are presented in the paper.

**Conflicts of interest**

The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this paper.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: [www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

مقاله پژوهشی

## تأثیر هیومیک اسید و ورمی کمپوست بر برخی شاخص‌های رویشی و میزان پرولین گیاه پروانش (*Catharanthus roseous*) تحت تنش کم‌آبی

صالح الهویردی زاده<sup>۱</sup> و الهام دانائی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران  
<sup>۲</sup>استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران

### اطلاعات مقاله

### چکیده

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۲/۲۲]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۱/۰۱/۲۲]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۱/۰۳/۰۱]

### واژه‌های کلیدی:

آنتوسیانین

پرولین

شاخص‌های رویشی

کلروفیل کل

### \*نویسنده مسئول:

[danaee@iau-garmsar.ac.ir](mailto:danaee@iau-garmsar.ac.ir)



به‌منظور بررسی اثر ورمی کمپوست (۰، ۲۵ و ۵۰٪) و هیومیک اسید (۰، ۵۰ و ۱۰۰ mg/l) بر برخی صفات گیاه پروانش تحت تنش کم‌آبی (۵۰ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. قلمه‌های پروانش در بستری سبک و مرطوب حاوی پیت‌ماس و خاک‌برگ که با توجه به تیمارها، هیومیک اسید و ورمی کمپوست به آن اضافه شدند، کشت شد. سپس تنش کم‌آبی به مدت یک ماه اعمال شد. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی ۵۰٪ ظرفیت زراعی موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های رویشی، ثبات غشاء سلول و رنگرزه‌های گیاهی و افزایش پرولین شد. بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی و خشک ریشه، تعداد گل، آنتوسیانین و کلروفیل کل در ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و ثبات غشاء سلول در ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ به‌دست آمد. بیش‌ترین پرولین در ظرفیت زراعی ۵۰٪ و کمترین در ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l بود. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان استفاده از ورمی کمپوست و هیومیک اسید را برای کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی در گیاه پروانش توصیه نمود.

### ۱- مقدمه

بودن شرایط اقلیمی می‌تواند به‌عنوان گیاه گل‌دار چندساله نیز استفاده شود. زمان ظهور گل‌های آن در بهار و تابستان است (Ghasemi Ghahsareh and Kafi 2007). همچنین یکی از مهم‌ترین گونه‌های گیاهی دارای ایندول آلکالوئید است و تقریباً تمام بخش‌های گیاه از جمله برگ، گل و ریشه و حتی دانه برای درمان دیابت، آلزایمر، کاهش قند خون،

پروانش یا پرپوش با نام عمومی Madagascar periwinkle و نام علمی (*Vinca rosea*) (*Catharanthus roseous*) گیاهی خانواده Apocynaceae و راسته Gentianales می‌باشد. منشأ این گیاه مناطق حاره و گرمسیر مانند جنوب هند، اندونزی و ماداگاسکار می‌باشد. پروانش یکی از گیاهان زینتی با کاربرد در فضای سبز است که در صورت مساعد



محیطی از جمله کم‌آبی نقش مؤثری دارند ( Garcia et al. 2012). ورمی کمپوست<sup>۳</sup> نیز در نتیجه یک فرآیند نیمه‌هوازی در اثر فعالیت توأم گونه‌های خاص از کرم‌ها، قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها تولید می‌گردد. همچنین از لحاظ کیفی، ماده‌ای آلی با pH تنظیم شده، سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه است که دارای انواع ویتامین‌ها، هورمون‌های محرک رشد گیاه و آنزیم‌های مختلف می‌باشد و با توجه به این ویژگی‌ها نقش مؤثری در حفظ کیفیت گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی دارد (Samavat et al. 2009). استفاده از اسید هیومیک<sup>۴</sup> (۱۰ mg/l، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰) در گیاه پروانش تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و رنگ‌ریشه‌های گیاهی نشان داد (Chamani et al. 2015). در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) کاربرد ورمی کمپوست (۱۰، ۲۰، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰٪ ورمی کمپوست) موجب افزایش عملکرد زیستی گیاه از جمله وزن تر و خشک و تعداد گل شد (Rahimi et al. 2018). همچنین اثرات تعدیل‌کنندگی هیومیک اسید (۱۰۰ mg/l، ۵۰۰ و ۱۰۰۰) بر تنش کم‌آبی (۳۰، ۷۰ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) در گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.) نیز به اثبات رسیده است (Rostami et al. 2019). در گیاه دارویی اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) استفاده از ورمی کمپوست (۱۰ و ۳۰٪ حجم گلدان) در شرایط تنش کم‌آبی ۵، ۰ و ۹ day موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه شد (Mohsenzadeh et al. 2020). لذا هدف از انجام این پژوهش تعیین اثر غلظت‌های مختلف هیومیک اسید و ورمی کمپوست برای کاهش اثرات مخرب تنش کم‌آبی و بهبود کیفیت و گلدهی گیاه پروانش که گیاهی مناسب برای فضای سبز در مناطق گرمسیری بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- شرح آزمایش و اعمال تیمارها

به‌منظور بررسی اثر ورمی کمپوست و هیومیک اسید بر شاخص‌های رشد، شاخص ثبات غشاء سلول، محتوای رنگ‌ریشه‌های گیاهی و میزان پرولین گیاه پروانش تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی در سال ۱۳۹۹ و در گلخانه‌ای تجاری با دمای حدود ۲۳ تا ۲۵ °C، رطوبت نسبی حدود ۵۰ تا ۶۰٪

کاهش فشار خون، قطع خونریزی و غیره استفاده می‌شود (Danaee 2020).

کم‌آبی شایع‌ترین تنش محیطی است که گیاهان در دوره رشد و نمو خود با آن مواجه می‌شوند و یک محدودیت رو به گسترش در تولید و بهره‌برداری گیاهان در بسیاری از نواحی نیمه‌خشک و خشک است (Goldani and Kamali 2016). تنش کم‌آبی با تأثیرگذاری بر شاخص‌های رشد و نمو، گلدهی و عملکرد گیاهان می‌تواند منجر به کاهش رشد رویشی و زایشی گیاهان شود (Biglouie et al. 2010). از برخی دیگر از اثرات کم‌آبی در گیاهان می‌توان به اختلالات روزنه‌ای و کاهش فتوسنتز، تغییر در الگوی ساخت پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و کاهش عملکرد و درصد اسانس اشاره نمود (Soroori et al. 2020). همچنین کاهش کیفیت ظاهری در تنش اسمزی ناشی از تنش کم‌آبی به دلیل از دست رفتن آب بافت و یاخته‌های گیاهی، کمبود جذب مواد غذایی و همچنین بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش دسترسی به دی‌اکسید کربن و در نهایت کاهش فتوسنتز گیاه است (Dalvand et al. 2018). تنش کم‌آبی (۲۵ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی) در گیاه علف لیمو (*Cymbopogon citratus*) سبب افزایش معنی‌دار میزان پرولین شد (Mirzaei et al. 2020). در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) نیز تنش کم‌آبی (۲۵ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی) موجب کاهش محتوای کارتنوئید و کلروفیل و افزایش میزان پرولین نسبت به ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ شد (Soroori et al. 2021).

مواد هیومیکی<sup>۱</sup> ترکیبات سازگار و ایمن برای محیطی زیست می‌باشند. این ترکیبات به‌عنوان بهترین کلاتور<sup>۲</sup> طبیعی هستند که با کمک به انحلال و آزادسازی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف و در نتیجه کاهش محسوس نیاز به کودهای شیمیایی، کمک به اصلاح خاک‌های قلیایی به دلیل pH اسیدی می‌نمایند (Rostami et al. 2019). همچنین در حفظ توازن خاک، کاهش سمیت کودها و عناصر اضافی موجود در خاک، دوام اثر زیاد و باقی ماندن اثر تا چند سال آن در خاک، سبک نمودن بافت خاک، بهبود ریشه‌زایی، نگهداری بیش‌تر آب در خاک، کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک و افزایش مقاومت به تنش‌های

<sup>3</sup>Vermicompost

<sup>4</sup>Humic Acid

<sup>1</sup>Humic substances

<sup>2</sup>Chelator



$$An = A_{530nm} - A_{657nm} \quad (2)$$

$$\text{Total Ch} = 20/2(A_{645nm}) + 8/2(A_{663nm}) \quad (3)$$

که،  $A =$  جذب نور و  $\text{Total Ch} =$  کلروفیل کل می‌باشد.

#### ۲-۲-۴- پرولین

میزان پرولین با قرائت جذب فاز فوقانی در طول موج nm ۵۲۰ اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های استاندارد پرولین (۰ تا ۵۰  $\mu\text{m}$ ) تهیه شد (Bates et al. 1973).

#### ۲-۳- طرح آزمایشی و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و دو عامل تنش کم‌آبی و استفاده از ورمی کمپوست و هیومیک اسید و اثرمتقابل آنها انجام شد. آنالیز داده‌ها به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS 19 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن<sup>۱</sup> در سطح ۵ و ۱٪ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 16 استفاده شد.

#### ۳- یافته‌ها و بحث

نتایج تحلیل واریانس نشان داد که اثر تیمار بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ و میزان پرولین در سطح ۱٪ و بر تعداد گل و درصد شاخص ثبات غشاء سلول در سطح ۵٪ معنی‌دار است. همچنین اثر تنش کم‌آبی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد گل، درصد شاخص ثبات غشاء سلول، محتوای کلروفیل کل برگ و میزان پرولین در سطح ۱٪ و بر محتوای آنتوسیانین گلبرگ در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. اثرمتقابل تیمار  $\times$  تنش کم‌آبی بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد گل، درصد شاخص ثبات غشاء سلول، محتوای آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ و میزان پرولین در سطح ۱٪ نیز معنی‌دار بود (جدول ۱).

#### ۳-۱- شاخص‌های رویشی و شاخص ثبات غشاء سلول

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن تر اندام هوایی به ترتیب با ۳۳/۶۳ و ۲۲/۴۵ g در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ به دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب با ۷/۸۳ و ۵/۳۲ g در تیمار

در شهرستان پاکدشت، انجام شد. ابتدا قلمه‌های گیاه پروانش به طول ۸ تا ۱۰ cm در اواخر زمستان، تهیه و برگ‌های پایینی آنها جدا شد. سپس قلمه‌ها در بستری سبک و مرطوب حاوی پیت‌ماس و خاک‌برگ (به نسبت ۲-۱) که با توجه به تیمارها به آن، هیومیک اسید (۵۰ و ۱۰۰ mg/l) و ورمی کمپوست (۰، ۲۵ و ۵۰٪) نیز اضافه شدند، کشت شد. به منظور اندازه‌گیری رطوبت خاک از سیستم توزین گلدان‌ها، استفاده و آبیاری بر اساس تغییر وزن خاک گلدان‌ها نسبت به ظرفیت زراعی تعیین شده، انجام و تنش کم‌آبی (۵۰ و ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) به مدت ۱ ماه اعمال شد. نمونه‌برداری و ارزیابی صفات حدود ۴۵ day پس از انتقال قلمه‌ها انجام شد (Mirzaei et al. 2020).

#### ۲-۲- صفات مورد ارزیابی

۲-۲-۱- وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه  
وزن تر اندام هوایی بلافاصله پس از برداشت و وزن خشک پس از ۷۲ hr قرارگیری در دمای ۶۰ °C با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ توزین شد (Danaee and Abdossi 2021).

#### ۲-۲-۲- تعداد گل و شاخص ثبات غشاء سلول

تعداد گل‌های گیاهان از طریق شمارش محاسبه و میانگین آنها ثبت شد (Mostofi and Najafi 2005). شاخص ثبات غشاء سلول گلبرگ‌های پروانش با استفاده از مقدار مشخصی گلبرگ و قرائت میزان  $EC_1$  و  $EC_2$  توسط دستگاه EC متر (مدل ۴۵۱۰ ساخت کمپانی JENWAY انگلستان)، انجام شد. در نهایت شاخص ثبات غشاء سلول با رابطه (۱) محاسبه شد (Singh et al. 2008).

$$MSI = \{1 - (EC_1 / EC_2)\} \times 100 \quad (1)$$

#### ۲-۲-۳- آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ

محتوای آنتوسیانین گلبرگ‌ها با استفاده از ۰/۵ g گلبرگ که به کمک محلول استخراج متانول و کلریدریک اسید ۱ N ساییده شده، صورت گرفت. سپس جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر (Spectro Flex 6600) در دو طول موج ۵۳۰ و ۶۵۷ nm، قرائت و آنتوسیانین موجود در گلبرگ‌ها با رابطه (۲) محاسبه شد (Meng and Wang 2004). محتوای کلروفیل کل برگ با قرائت جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ nm با رابطه (۳)، اندازه‌گیری شد (Arnon 1949).

<sup>1</sup>Duncan's Multiple Range Test (MRT)



ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر صفات مورفوفیزیولوژیک و میزان پرولین در گیاه پروانش (*Catharanthus roseous*) تحت تنش کم‌آبی

Table 1 Analysis of variance the effect of Humic Acid and Vermicompost on some morphophysiological traits and proline content in *Catharanthus roseous* plant under Low Water Stress

S.O.V	df	MS								
		Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Flower number	Cell membrane stability (%)	Petal antocyanine (mg/g FW)	Leaf total chlorophyll (mg/g FW)	Proline (mg/g FW)
Treatment	4	71.23**	21.98**	43.51**	9.34**	49.63*	123.45*	6.58**	47.69**	15.12**
Low Water Stress	1	28.61**	11.42**	19.79**	3.15**	26.74**	85.23**	1.76*	21.58**	7.63**
Stress×Treatment	4	45.49**	16.78**	26.18**	5.72**	38.43**	104.67**	4.12**	34.27**	11.12**
Error	20	0.142	0.023	0.008	0.011	0.064	0.317	0.008	0.071	0.036
CV(%)	---	12.61	10.41	6/03	9.20	11.58	12.09	10.71	9.88	7.25

\*\*\*، \*\* و \* به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار است.

شاهد کاهش می‌یابد (Dalvand et al. 2018). یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش تنش کم‌آبی شاخص‌های رویشی گیاه پروانش از قبیل وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد گل و شاخص ثبات غشاء سلول کاهش یافت که نتایج به‌دست آمده با دستاردهای Mortezaei Nejad and Jerziyadeh (2017) در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus*) که بیانگر کاهش رشد رویشی در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل کاهش تقسیمات سلولی، اختلال در فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت انتقال به قسمت‌های رویشی گیاه می‌باشد، مطابقت داشت. همچنین در این پژوهش استفاده از غلظت‌های مختلف اسید هیومیک و ورمی کمپوست سبب مهار اثرات منفی تنش کم‌آبی بر شاخص‌های رویشی گیاه پروانش گردید که با یافته‌های Tasdighi et al. (2015) که بیان نمودند استفاده از ورمی کمپوست و اسید هیومیک در شرایط تنش کم‌آبی در گیاه زیره سبز (*Matricaria chamomilla* L.) از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک و افزایش قدرت جذب آب، فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف و آزادسازی تدریجی مواد غذایی بر میزان فتوسنتز و رشد و نمو رویشی گیاه تأثیر مثبتی دارد، همسو می‌باشد.

بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با ۸/۰۸ و ۲/۵۱ در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و کم‌ترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با ۴/۹۴ و ۱/۳۱ g در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد گل به ترتیب با ۱۷/۶۷ و ۱۲/۰۰ در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪، شمارش شد. بیش‌ترین شاخص ثبات غشاء سلول با ۷۸/۹۱٪ در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و کم‌ترین با ۵۴/۶۳٪ در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود (جدول ۲). در شرایط تنش کم‌آبی، عدم دسترسی کافی به آب برای تورژسانس سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد و تقسیم سلولی (Karimi et al. 2020) و همچنین تغییر در محتوای کلروفیل موجب خسارت به دستگاه فتوسنتزی، مهار فعالیت فتوشیمیایی و آنزیم‌های چرخه کالوین می‌شود. از طرفی کاهش هدایت و تثبیت کربن، محدودیت جذب آب و عناصر غذایی منجر به کاهش رطوبت در منطقه ریشه، کم شدن سطح برگ و تسریع فرآیند پیری برگ‌ها می‌شود و با محدود کردن میزان تولید مواد فتوسنتزی در گیاهان، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه در شرایط تنش خشکی نسبت به

جدول ۲- اثر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر شاخص‌های ریشی پروانش (*Catharanthus roseous*) تحت تنش کم‌آبی

Table 1 Effect of vermicompost and different concentrations of humic acid on vegetative characteristics of *Catharanthus roseous* under low water stress

Feild Capacity (%)	Humic acid (mg/l) Vermicompost (%)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Flower number	Cell membrane stability (%)
50	Without Humic acid and Vermicompost	22.45 <sup>g</sup>	5.32 <sup>f</sup>	4.94 <sup>g</sup>	1.31 <sup>g</sup>	12.00 <sup>g</sup>	54.63 <sup>h</sup>
	Humic acid 50 mg / 1	26.36 <sup>ef</sup>	5.69 <sup>e</sup>	6.24 <sup>e</sup>	1.72 <sup>e</sup>	13.50 <sup>f</sup>	66.35 <sup>f</sup>
	Humic acid 100 mg / 1	26.98 <sup>e</sup>	6.73 <sup>c</sup>	6.89 <sup>d</sup>	1.91 <sup>d</sup>	14.67 <sup>de</sup>	68.54 <sup>e</sup>
	Vermicompost 25%	25.72 <sup>f</sup>	6.13 <sup>d</sup>	5.74 <sup>f</sup>	1.65 <sup>f</sup>	13.67 <sup>ef</sup>	62.33 <sup>g</sup>
	Vermicompost 50%	27.45 <sup>d</sup>	6.72 <sup>c</sup>	6.15 <sup>ef</sup>	1.83 <sup>de</sup>	14.33 <sup>e</sup>	67.84 <sup>ef</sup>
100	Without Humic acid and Vermicompost	27.65 <sup>d</sup>	7.84 <sup>bc</sup>	6.82 <sup>d</sup>	1.97 <sup>d</sup>	15.00 <sup>d</sup>	70.44 <sup>d</sup>
	Humic acid 50 mg / 1	31.83 <sup>b</sup>	7.25 <sup>b</sup>	7.57 <sup>bc</sup>	2.39 <sup>b</sup>	16.33 <sup>c</sup>	73.52 <sup>c</sup>
	Humic acid 100 mg / 1	33.63 <sup>a</sup>	7.69 <sup>ab</sup>	7.45 <sup>c</sup>	2.51 <sup>a</sup>	17.50 <sup>a</sup>	75.86 <sup>b</sup>
	Vermicompost 25%	31.29 <sup>b</sup>	7.12 <sup>b</sup>	7.76 <sup>bc</sup>	2.27 <sup>c</sup>	17.00 <sup>b</sup>	71.85 <sup>cd</sup>
	Vermicompost 50%	29.81 <sup>c</sup>	7.83 <sup>a</sup>	8.08 <sup>a</sup>	2.43 <sup>ab</sup>	17.67 <sup>a</sup>	78.91 <sup>a</sup>

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.05$  است.

تنش کم‌آبی کاهش یافت، اما کاربرد غلظت‌های مختلف هیومیک اسید و ورمی کمپوست موجب بهبود رنگریزه‌های گیاهی در شرایط تنش کم‌آبی ظرفیت زراعی ۵۰٪ شد که با نتایج به‌دست آمده در گل آهار (*Zinnia elegans* L.) توسط (Keshavarz 2019) Fard et al. که بیان نمودند افزودن هیومیک اسید به خاک راهکاری مؤثر در کاهش آثار تنش کم‌آبی بر محتوای کارتنوئید و کلروفیل می‌باشد، مطابق بود. همچنین در اطلسی<sup>۱</sup> نیز افزودن ورمی کمپوست به بستر کشت موجب بهبود محتوای رنگریزه‌های گیاهی در شرایط تنش کم‌آبی ظرفیت زراعی ۵۰٪ نسبت به شاهد شد (Goldani and Kamali 2016) که دستاوردهای پژوهش حاضر با آن مطابقت داشت. ورمی کمپوست به دلیل اثرات مطلوب بر بهبود شرایط بستر و افزایش دسترسی به عناصر غذایی موجب افزایش تولید رنگریزه‌های گیاهی می‌گردد (Mcginis et al. 2003). هیومیک اسید به دلیل افزایش جذب اغلب عناصر کم‌مصرف و پرمصرف به‌ویژه نیتروژن به‌وسیله گیاه موجب افزایش ساخت کربوهیدرات‌ها و در نتیجه افزایش محتوای رنگریزه‌های گیاهی می‌شود. همچنین هیومیک اسید می‌تواند با

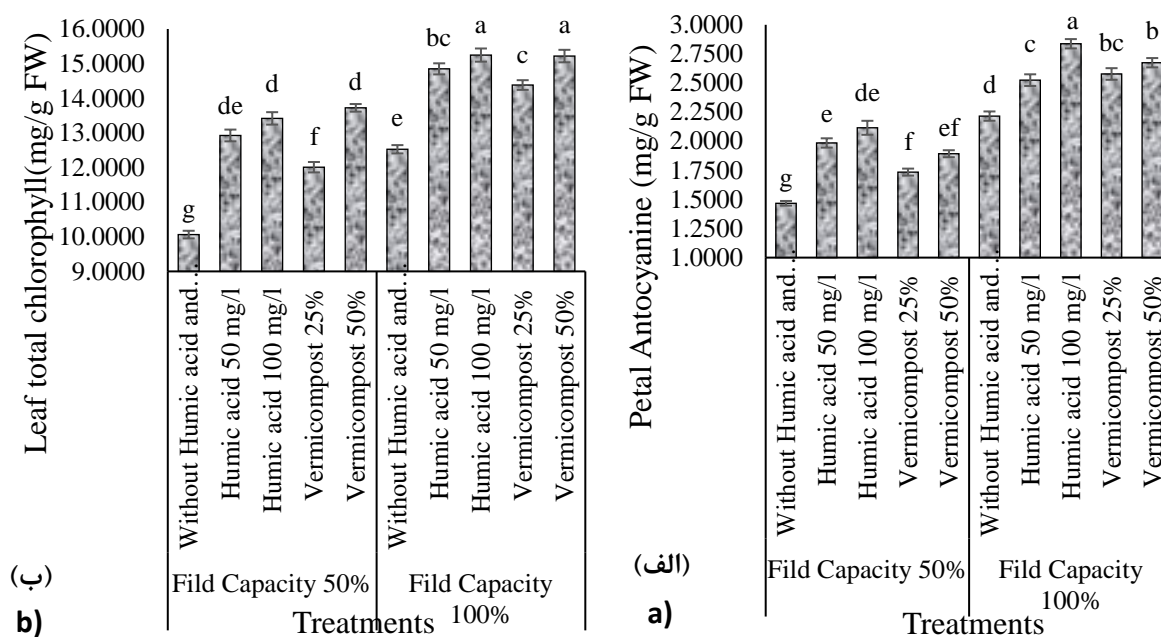
۲-۳- محتوای آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ  
نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای آنتوسیانین گلبرگ به‌ترتیب با ۲/۸۴ و ۱/۴۷ mg/gFW در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود. بیش‌ترین کلروفیل کل برگ در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l (۱۵/۲۵ mg/gFW) و کم‌ترین در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ (۱۰/۰۶ mg/gFW) به‌دست‌آمد (شکل ۱). کاهش محتوای آنتوسیانین گلبرگ‌ها در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به علت تحریک تنش یونی، کاهش سطح فتوسنتزی، افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن، پراکسیداسیون این رنگریزه‌ها و تجزیه شیمیایی ژن‌های مربوط به مسیر بیوسنتزی آنها باشد (Biglouie et al. 2010). تنش خشکی با ایجاد تنش اکسیداتیو و تولید اکسیژن‌های فعال موجب پراکسیداسیون و آسیب به پروتئین‌های ساختاری که در فتوسیستم‌ها به کار رفته‌اند، می‌شود. همچنین در شرایط تنش کم‌آبی با بستن سریع روزنه‌ها به‌طور قابل توجهی محتوای کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد. افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز به دلیل القا بیان ژن این آنزیم در شرایط تنش کم‌آبی یکی دیگر از دلایل کاهش کلروفیل است (Ruiz-Sanchez et al. 2011).

دستاوردهای این پژوهش نشان داد که محتوای آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ در شرایط

<sup>۱</sup>Petunia spp.



افزایش فعالیت آنزیم Rubisco موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شود (Delfine et al. 2005).



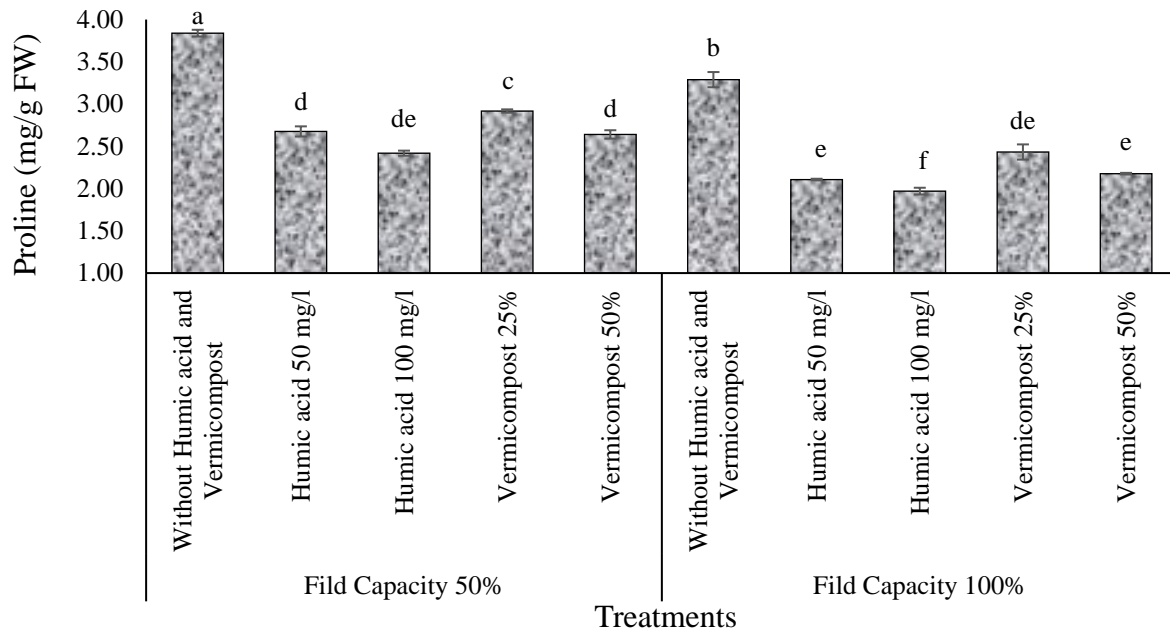
شکل ۱- اثر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر: الف)- محتوای آنتوسیانین گلبرگ و ب)- کلروفیل کل برگ پروانش تحت تنش کم‌آبی

Fig. 1 Effect of vermicompost and different concentrations of humic acid on: a) petal anthocyanin and b) leaf total chlorophyll content of *Catharanthus roseous* under low water stress

می‌شود (Hashem et al. 2015). نتایج این پژوهش نشان داد که میزان پرولین در شرایط تنش کم‌آبی افزایش یافت، اما کاربرد غلظت‌های مختلف هیومیک اسید و ورمی کمپوست موجب مهار اثرات منفی تنش کم‌آبی بر میزان پرولین گیاهان تیمار شده گردید. ورمی کمپوست با بهبود شرایط محیط کشت گیاه می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را تا حدودی کاهش داده و سنتز آنزیم‌های تولید کننده پرولین را کاهش دهد (Rahmani et al. 2017). هیومیک اسید مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی (مانند تنش کم‌آبی) را بهبود می‌بخشد، به نظر می‌رسد که همین دلیلی برای کاهش تولید پرولین بر اثر استفاده از هیومیک اسید باشد (Ferrara et al. 2008). در گیاه تاج‌خروس زینتی (*Amaranthus spp.*) اسید هیومیک و ورمی کمپوست موجب کاهش میزان پرولین شد (Darvish Pasand et al. 2016). همچنین یافته‌های (Metwally et al. 2013) نشان داد که تنش کم‌آبی در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) موجب افزایش میزان پرولین در ظرفیت زراعی ۲۵ و ۵۰٪ شد که نتایج پژوهش با دستاوردهای ذکر شده، مطابقت داشت.

### ۳-۳- میزان پرولین

تغییرات میزان پرولین در شرایط تنش کم‌آبی با استفاده از ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید در شکل (۲) بیانگر آن است که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان پرولین به ترتیب با ۳/۸۲ و ۱/۹۷ mg/gFW در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱ mg/l می‌باشد. تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های کارآمدی است که گیاهان در هنگام مواجهه با خشکی برای حفظ تورژسانس و آماس سلولی به خدمت می‌گیرند. در طی این پدیده فیزیولوژیک، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش در اثر انباشت یک سری مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین فشار تورژسانس سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود. این مواد اسمزی شامل تجمع مولکول‌های آلی مانند پرولین، بتائین و کربوهیدرات‌ها و یون‌های معدنی از جمله پتاسیم، کلسیم و سدیم است که در بین این مواد احتمالاً پرولین فراوان‌ترین تنظیم کننده اسمزی به شمار می‌آید (Soroori et al. 2020). به‌طور کلی، می‌توان بیان نمود پاسخ به تنش خشکی در گیاهان موجب تجمع یا سنتز موادی مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، متابولیت‌های ثانویه و عناصر معدنی



شکل ۲- اثر ورمی کمپوست و غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر میزان پرولین پروانش تحت تنش کم‌آبی  
 Fig. 2 Effect of vermicompost and different concentrations of humic acid on proline content of *Catharanthus roseous* under low water stress

۳- بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای آنتوسیانین گلبرگ و کلروفیل کل برگ به ترتیب در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود.  
 ۴- بیش‌ترین میزان پرولین در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ و کم‌ترین در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l به‌دست آمد.

#### دست‌رسی به داده‌ها

داده‌های حاصل از انجام آزمایش‌ها در این پژوهش، در متن مقاله ارائه شده است.

#### تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نوشتن و یا انتشار این مقاله ندارد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی اثر ورمی کمپوست و هیومیک اسید بر شاخص‌های رشد، محتوای رنگرزه‌های گیاهی و میزان پرولین گیاه پروانش تحت تنش کم‌آبی نشان داد که:

۱- بیش‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی به ترتیب در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l و تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ بود. بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + هیومیک اسید ۱۰۰ mg/l به‌دست آمد.

۲- بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد گل و شاخص ثبات غشاء سلول در تیمار ظرفیت زراعی ۱۰۰٪ + ورمی کمپوست ۵۰٪ و تیمار ظرفیت زراعی ۵۰٪ بود.

#### References

- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. *J. Plant Physiol.*, 24(1), 1–15. DOI: [10.1104/pp.24.1.1](https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1)
- Ashraf, M., Akram, N. A., Al-Qurainy, F. and Flood, M. R. (2011). Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators and mineral nutrients. *J. Adv. Agronom.*, 111, 249-296. DOI: [10.1016/B978-0-12-387689-8.00002-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387689-8.00002-3).
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *J. Plant Soil*, 39, 205–207. DOI: [10.1007/BF00018060](https://doi.org/10.1007/BF00018060).
- Biglouie, M. H., Assimi, M. H. and Akbarzadeh, A. (2010). Effect of water stress at different

- stages on quantity and quality traits of Virginia (flue cured) tobacco type. J. Plant Environ., 2, 67-75. DOI: [10.17221/163/2009-PSE](https://doi.org/10.17221/163/2009-PSE).
- Chamani, E., Bonyadi, M. and Ghanbari, A. (2015). Effects of salicylic acid and humic acid on vegetative indices of periwinkle (*Catharanthus roseus* L.). J. Horticult. Sci., 29(4), 631-641. DOI: [10.22067/jhorts4.v29i4.33521](https://doi.org/10.22067/jhorts4.v29i4.33521). [In Persian].
- Danaee, E. (2020). A Review on the Botanical, phytochemical and pharmacological properties of *Catharanthus roseous*. Iran. J. Plant Biotech., 15(1), 21-31. [In Persian].
- Danaee, E., and Abdossi, V. (2021). Effect of foliar application of iron, potassium and zinc nano-chlates on morphological, physiological and phytochemical traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.). J. Food Health, 4(4), 13-21.
- Dalvand, M., Solgi, M., and Khaleghi, A. (2018). Effects of foliar application of humic acid and drought stress on growth and physiological characteristics of marigold (*Taget erecta*), J. Sci. Technol. Greenhouse Cul., 9(2), 67-79. DOI: [10.29252/ejgcst.9.2.67](https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.67). [In Persian].
- Darvish Pasand, Z., Qasempour, Q. A., Akbarifazli, V. and Sherafatinia, S. (2016). Investigation of the effect of culture date, humic acid fertilizers and vermicompost on vegetative characteristics of ornamental coriander. J. Horticult. Sci. Congress, 31(1), 93-113 [In Persian].
- Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. J. Agronom. Sustain., 25, 183-191. DOI: [10.1051/agro:2005017](https://doi.org/10.1051/agro:2005017).
- Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P. and Ferrara, E. (2008). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. J. Int. des Sci. de la Vigne et du Vin, 42(2), 79-87. DOI: [10.20870/oeno-one.2008.42.2.822](https://doi.org/10.20870/oeno-one.2008.42.2.822).
- Garcia, A.C., Santos, L.A., Izquierdo, F.G., Sperandio, M.V.L., Castro, R.N., and Berbara, R.L.L. (2012). Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. J. Ecol. Eng., 47, 203-208. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2012.06.011](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.06.011).
- Ghasemi Ghahsareh, M. and Kafi, M. (2007). Practical scientific floriculture. Glynn Pub.. 335 pages. [In Persian].
- Goldani, M., and Kamali, M. (2016). Evaluation of culture media including vermicompost, compost and manure under drought stress in Iranian petunia (*Petunia hybrida*). J. Plant Product., 3(39), 91-100. DOI: [10.22055/ppd.2016.12335](https://doi.org/10.22055/ppd.2016.12335). [In Persian].
- Hashem, A., Abd\_Allah, E. F., Alqarawi, A. A. and Egamberdieva, D. (2015). Bioremediation of adverse impact of cadmium toxicity on *Cassia italica* Mill. by arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi J. Bio. Sci., 23(1), 39-47. DOI: [10.1016/j.sjbs.2015.11.007](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.007).
- Karimi, S., Zahedi, B. and Mumivand, H. (2020). Evaluation of the effect of drouth stress on growth, esential oil and some physiological traits of four Basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. J. Plant Product. Res., 27(2), 201-213. DOI: [10.22059/ijhs.2019.269897.1541](https://doi.org/10.22059/ijhs.2019.269897.1541).
- Keshavarz Fard, S., Solgi, M., Bagheri, H. and Shahrjerdi, I. (2019). The application of Biochar with Humic acid for increasing of resistance to drought stress in Zinnia. J. Appl. Bio., 33(1), 148-174. DOI: [10.22051/jab.2020.24372.1279](https://doi.org/10.22051/jab.2020.24372.1279). [In Persian].
- Mcginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T. and Lorscheider, M. (2003). Organic fertilizers for basil transplant production. J. Acta Horticult., 491, 213-218. DOI: [10.21273/HORTTECH.14.2.0235](https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0235).
- Meng, X. and Wang, X. (2004). Relation of flower development and anthocyanin accumulation in Gerbera hybrida. J. Horticult. Sci. Biotech., 79, 131-137.
- Metwally, S. A., Khalid, A. K. and Abou-Leila, B. H. (2013). Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. J. Biosci., 5, 65-69. DOI: [10.13057/nusbiosci/n050203](https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n050203).
- Mirzaei, M., Ladan Moghadam, A., Hakimi, L. and Danaee, E. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve plant growth, antioxidant capacity and essential oil properties of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under water stress. Iran. J. Plant Physiol., 10(2), 3155-3166. DOI: [10.22034/ijpp.2020.672574](https://doi.org/10.22034/ijpp.2020.672574).



- Mohsenzadeh, S., Hoseinkhani hezaveh, M. and Zamanpour shahmansouri, H. (2020). Some physiological characteristics of the medicinal plant *Lavandula angustifolia* in response to drought stress, compost and vermicompost. J. Plant Product. Rea., 27(3), 149-162. DOI: [10.22069/jopp.2020.16619.2520](https://doi.org/10.22069/jopp.2020.16619.2520). [In Persian].
- Mortezaei Nejad, F. and Jerziyadeh, A. (2017). Effects of Water stress on Morphological and Physiological Indices of *Cichorium intybus* L. for introduction in urban landscapes. J. Plant. Process. Func., 6 (21), 279-290. DOI: [0.1001.1.23222727.1396.6.21.27.9](https://doi.org/10.1001.1.23222727.1396.6.21.27.9). [In Persian].
- Mostofi, Y. and Najafi, F. (2005). Analytical laboratory methods in horticultural sciences. Translation of Tehran University Press. [In Persian].
- Rahmani, F., Mohammadi, A. and Moradi, H. (2017). Investigating the effect of phosphorus on flowering and vegetative traits of zinnia (*Zinnia* sp) in vermicompost. J. Flower Ornament. Plant., 4(1), 13-25 [In Persian].
- Rahimi, R., Rahmi Karizki, A., Gholizadeh, A. A., Gholam, A., Pouralmadari, A. and Patience, H. (2018). Evaluation of the effect of nitroxin and vermicompost biofertilizer on quantitative yield improvement of marigold (*Calendula officinalis* L.). Appl. Res. Plant Ecophysiol., 6(1), 21-36. [In Persian].
- Rostami, G., Moghaddam, M., Saeedi Pooya, E. and Ajdanian, L. (2019). The effect of humic acid foliar application on some morphophysiological and biochemical characteristics of spearmint (*Mentha spicata* L.) in drought stress conditions. J. Environ. Stress. Crop Sci., 12(1), 95-110. DOI: [10.22077/escs.2018.1296.1264](https://doi.org/10.22077/escs.2018.1296.1264). [In Persian].
- Ruiz-Sanchez, M., Armada, E., Munoz, Y., Garcia de Salamone, I. E., Aroca, R., Ruiz-Lozano, J. M. and Azcon, R. (2011). Azospirillum and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. J. Plant Physiol., 168, 1031-1037. DOI: [10.1016/j.jplph.2010.12.019](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.12.019).
- Samavat, S., Pazaki, A., Laden Moghaddam, A. and Samavat, S. (2009). Principles of application of organic materials in agriculture. Islamic Azad University of Garmsar. 222 pages. [In Persian].
- Singh, A., Kumar, J. and Kumar, P. (2008). Effect of plant growth regulators and sucrose on post harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of *Gladiolus*. J. Plant Grow. Regul., 55, 221-229.
- Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and Ladan Moghadam, A. R. (2021). Effect of Foliar Application of Proline on Morphological and Physiological Traits of *Calendula officinalis* L. under drought Stress. J. Ornament. Plant., 11(1), 13-30. DOI: [20.1001.1.22516433.2021.11.1.1.8](https://doi.org/10.1001.1.22516433.2021.11.1.1.8).
- Tasdighi, H., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Behzadi, Y. (2015). Survey of yield, yield components and essential oil of *Matricaria chamomilla* L. with application of vermicompost and different irrigation levels. J. Agri. Sci. Sustain. Produc., 25(3), 61-78. [In Persian].
- Veronica, M., Eva, B., Angel-Maria, Z., Elena, A., Maria, G., Marta, F. and Jose-Maria, G. M. (2010). Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. J. Plant Physiol., 167, 633-642. DOI: [10.1016/j.jplph.2009.11.018](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.11.018).

### How to cite this paper:

Alhverdzadeh, S. and Danaee, E. (2023). Effect of humic acid and vermicompost on some vegetative indices and proline content of *Catharanthus roseous* under low water stress. Environ. Water Eng., 9(1), 141-152. DOI: [10.22034/ewe.2022.333951.1745](https://doi.org/10.22034/ewe.2022.333951.1745)

