**Journal of Horticultural Plants Nutrition**
Vol.5, No.1, Spring & Summer 2022
Research Paper

*DOI: 10.22070/HPN.2022.15307.1157*

# Effects of nano-biofertilizers and NPK application on yield and physiological characteristics of *Borago officinalis* L. under drought stress

***Nader Yarmohamadzehi[1], Alireza Sirousmehr[2*], Iesa Khamari[3], Ahmad Ghanbari[4]***

*1- MSc.student in herbal plants in university of Zabol, Zabol, Iran.*
*nader.mohammadzehi@gmail.com*
*2- Associate Professor, Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran.*
*asirousmehr@uoz.ac.ir*
*3- Assistant professor, Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran.*
*ikhammari@gmail.com*
*4- Proffesor, Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran.*
*ghanbari@uoz.ac.ir*

Received Date: 2021/10/09 Accepted Date: 2022/05/10

## Abstract

**Introduction:** Nano fertilizers prevent the reaction of nutrients with soil by releasing nutrients from nitrogen and phosphorus fertilizers and their uptake by plants. Borago officinalis L. is a medicinal plant of the Borage genus, herbaceous and annual. The leaves of this plant are simple and covered with coarse fibers and its flowers are blue. Borage extracts have excellent antioxidant properties and these effects are related to its phenolic compounds. Drought stress is also one of the most important performance limiting factors in the world. The present study was conducted to investigate the effects of nano-biofertilizers and NPK application on yield and physiological characteristics of Borago officinalis L. under drought stress.

**Material and methods:** The present study was conducted in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications in the 2014-2015 crop year at the Agricultural Research Institute of University of Zabol. The main causes of drought stress including: irrigation based on 90%, 70%, and 50% of crop capacity in the entire growth period were examined. Sub-factors of fertilizer application including: no fertilizer application (control), application of 1 kg/ha of nano biofertilizer, application of 5 kg/ha of NPK nano fertilizer and combination of 50% of each were also examined. Other properties such as soluble carbohydrates, percentage of mucilage, phosphorus, potassium, sodium, flavonoids, and antioxidant enzymes including catalase, guaiacol peroxidase and ascorbate peroxidase and dry yield were examined. TDR device was used to apply drought stress. The data were analyzed using SAS software and the means were compared by L.S.D.

**Results and discussion:** The results showed that the interaction effect of drought stress and fertilizer on the amount of soluble carbohydrates, potassium, sodium, flavonoids, ascorbate peroxidase and guaiacol peroxidase was significant. As the intensity of stress increased, the amount of carbohydrates, sodium, flavonoids, antioxidant enzymes and mucilage increased and the amount of potassium and dry yield decreased. The application of nano-fertilizers also increased the studied properties. The highest dry yield (2.45 ton/ha) was obtained from the control irrigation area. The highest amount of flavonoids (about 38% more than the control) and soluble carbohydrates (40% more than the control) was obtained from the application of integrated fertilizer treatment at a 50% stress of field capacity. Furthermore, the highest activity of antioxidant enzymes was in severe stress and no fertilizer application.

**Conclusions:** In general, results show that as the drought stress increase, dry matter yield in borage decreases. However, irrigation increased at 90% of field capacity and also with the application of nano-fertilizers dry matter. In general, it can be mentioned that the use of nano-fertilizers moderates the effects of drought stress on borage.

**Keywords:** Nutrition, mucilage, flavonoid, biomass.

**نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی**
**دوره ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱، (ص ۶۷- ۵۶)**
**مقاله پژوهشی**

*DOI: 10.22070/HPN.2022.15307.1157*

# اثرات کاربرد کودهای نانو زیستی و NPK بر عملکرد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی گاوزبان اروپایی تحت تنش خشکی

**نادر یارمحمدزهی[۱]، علیرضا سیروس مهر[۲*]، عیسی خمری[۳]، احمد قنبری[٤]**

*۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گیاهان دارویی دانشگاه زابل، زابل، ایران.*
*nader.mohammadzehi@gmail.com*

*۲- نویسنده مسئول و دانشیار گروه زراعت دانشگاه زابل، زابل، ایران.*
*asirousmehr@uoz.ac.ir*

*۳- استادیار گروه زراعت دانشگاه زابل، زابل، ایران.*
*Ikhammari@gmail.com*

*٤- استاد گروه زراعت دانشگاه زابل، زابل، ایران.*
*ghanbari@uoz.ac.ir*

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۷** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰**

## چکیده

نانو کودها با همزمان کردن رهاسازی عناصر غذایی کودها و جذب آن‌ها به وسیله گیاه موجب ممانعت از برهم‌کنش عناصر غذایی با خاک و میکروارگانیسم‌ها می‌شود. به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و نانو کودهای زیستی و NPK بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک گاوزبان اروپایی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل اجرا گردید. تیمارها شامل سطوح تنش خشکی به‌صورت شاهد یا ۹۰ درصد ظرفیت زراعی، ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان عامل اصلی و با استفاده از دستگاه T.D.R، و سطوح کود شامل عدم مصرف کود (شاهد)، مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار کود نانو زیستی، مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار کود NPK نانو (عناصر NPK در پوشش نانو ذرات) و تلفیق هرکدام به مقدار ۵۰ درصد به‌عنوان عامل فرعی بودند. صفات مورد مطالعه موسیلاژ، کربوهیدرات محلول، عناصر فسفر، پتاسیم و سدیم، فلاونوئید و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و بیوماس بودند. با افزایش تنش کم‌آبی از وزن خشک گاوزبان اروپایی کاسته شد و بیشترین عملکرد خشک (۲/٤٥ ton/ha) از سطح آبیاری شاهد حاصل شد. با افزایش سطح تنش بر میزان موسیلاژ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزوده شد. بیشترین میزان فلاونوئید و کربوهیدرات‌های محلول از کاربرد کود تلفیقی در تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. به‌طور کلی در تولید گاوزبان اروپایی جهت افزایش عملکرد خشک، آبیاری در سطح شاهد و کاربرد نانو کود NPK و برای افزایش موسیلاژ و فلاونوئیدها آبیاری در سطح ۵۰ درصد و کاربرد تلفیقی نانو کودهای زیستی و شیمیایی مناسب به نظر می‌رسد.

**کلمات کلیدی:** بیوماس، تغذیه، موسیلاژ، فلاونوئید

## مقدمه

تنش خشکی ازمهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری ازگیاهان به‌خصوص درمناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست (Babaee et al., 2010). در شرایط بروز تنش خشکی، گیاهان به‌منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی ازجمله کربوهیدرات و پرولین پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند. در فرایند تنظیم اسمزی تورژسانس ادامه می‌یابد، ازاین‌رو تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در طی بروز تنش کمک می‌کند (Pessarkli, 1999). تنش خشکی همچنین باعث تغییر در متابولیسم گیاهان می‌شود، این امر بر تعادل هورمونی تأثیر خواهد گذاشت و نیز منجر به تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS)[1] که مسئول یک نوع تنش ثانویه (تنش اکسیداتیو) می‌شوند. تمام این تغییرات تأثیر خود را بر روی رشد و نمو از طریق تجمع یون‌های سمی، ROS ها، عدم تعادل روابط آبی و عناصر غذایی بر گیاهان اعمال خواهند کرد. شناسایی و کاشت گیاهان مقاوم به کم‌آبی با عملکرد بالا در مناطق خشک از اهمیت زیادی برخوردار است (Golparvar et al., 2004).

گاوزبان اروپایی با نام علمی (*Borago officinalis* L.) گیاهی دارویی از تیره گاوزبان، علفی و یکساله است.. قسمت مورد استفاده این گیاه، گل و برگ و یا سرشاخه‌های گل‌دار آن است که خواص درمانی متعددی دارد. گاوزبان درطب سنتی برای درمان التهاب و آماس، سرفه‌ها و دیگر مشکلات تنفسی کاربرد دارد. عصاره‌های گاوزبان دارای خواص آنتی‌اکسیدانی عالی بوده و این اثرات مربوط به ترکیبات فنلی آن است (Zargari, 1997). استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، صدمات زیست محیطی و اقتصادی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته است. استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد بیولوژیک و شیمیایی سبب بهبود اثرات تنش گردید که به علت کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها درکودهای NPK هست (Adediran et al., 2004). امروزه کودهای زیستی به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کودهای زیستی، ریز موجودات باکتریایی و قارچی هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر چشمگیر هورمون‌های محرک رشد، بر رشد و نمو، عملکرد گیاهان زراعی و همچنین ویژگی‌های خاک تاثیر می‌گذارند Hashemi Fadaki et al., (2018). علاوه بر این موجب بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند (Cardoso and Kuyper, 2006). پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌های علم مواد و علم شیمی، امکان تولید ذرات نانویی را فراهم کرده است که می‌تواند در حوزه‌های مختلف کشاورزی کاربرد گسترده‌ای داشته باشند (Johson, 2006). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو درزمینه کشاورزی استفاده از نانو کودها در تغذیه گیاهان می‌باشد (Cui et al., 2006). نانو کودها حاوی عناصر غذایی در ابعاد ۳۰ تا ٤٠ نانومتر ($۱۰^{-۹}$ متر) می‌باشند (Subramanian et al., 2015). این فناوری موجب آزادسازی بهتر و افزایش جذب عناصر غذایی موجود در کود می‌شود. به‌طورکلی مزایای استفاده از نانو کودها در مقایسه با کودهای مرسوم شامل: افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالا، کاهش قابل توجه آلودگی خاکی، ذخایر آبی و محصولات غذایی به‌واسطه کاهش آبشویی کودها، و جذب کامل کود توسط گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد اشاره کرد (Liu and Lal, 2015). در مطالعه ای که بر روی گیاه گاوزبان اروپایی انجام شد تنش خشکی سبب کاهش عملکرد گل شد اما کاربرد توام کودهای (Mirzaei et al., 2019). کاربرد کودهای نانو و نانو زیستی

[1] Reactive oxygen species

در گیاه چای ترش سبب افزایش رنگدانه های فتوسنتزی و کربوهیدراتها گشت (Hashemi Fadaki et al., 2018). Ardashiri and Jahanbin (2018) کاربرد کودهای نانو را در بهبود عملکرد گیاه کلزا در شرایط تنش مثبت ارزیابی کردند. نتایج تحقیقات Fatahi-Siahkamar et al. (2020) برتری کودهای نانو در مقایسه با کودهای شیمیایی را در عملکرد و صفات فیزیولوژیک ریحان نشان داد. با توجه به اهمیت کشت گیاهان دارویی و پیشرفت‌های فناوری نانو در زمینه کشاورزی، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات کاربرد نانو کودهای زیستی و NPK بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی گاوزبان تحت تنش کمبود آب اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اسفندماه سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در چاه‌نیمه اجراگردید. این منطقه ازنظر آب وهوایی، دارای زمستان‌های سرد و خشک و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد که بر اساس طبقه‌بندی کوپن جزء آب و هوای خیلی گرم و خشک محسوب می‌شود. میزان متوسط بارندگی در آن ۵۸/۹ میلی‌متر در سال، و متوسط دمای سالانه آن ۲۲ درجه سانتیگراد است. تیمارها شامل سطوح تنش خشکی به‌صورت ۹۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش متوسط) و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (تنش شدید) به‌عنوان عامل اصلی و مصرف کود شامل: عدم مصرف کود (شاهد)، مصرف ۱ کیلوگرم در هکتار کود زیستی نانو (کود نانو بیوزر حاوی باکتری‌های تثبیت کننده ازت از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* و باکتری‌های حل کننده فسفات از جنس *سودوموناس* و *باسیلوس*) به‌صورت بذرمال، مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار کود NPK نانو به‌صورت محلول‌پاشی و تلفیق زیستی نانو و NPK نانو به مقدار ۵۰ درصد به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات خاکورزی (شخم، دیسک و تسطیح) و کرت بندی طبق نقشه کاشت انجام شد. هر تکرار شامل ۳ کرت اصلی با فواصل ۱/۵ متر از هم و هر کرت اصلی شامل ٤ کرت فرعی با ابعاد ۲×۲ متر و با فواصل ۵۰ سانتی‌متر از هم بود. کاشت در تاریخ ۹۳/۱۲/۱۵ به روش دستی انجام شد. بذر مورداستفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه TDR (مدل TRASE SYSTE) استفاده شد و زمانی که رطوبت خاک به هر یک از مقادیر مشخص‌شده می‌رسید، آبیاری به روش کرتی انجام شد. تنک کردن بوته‌ها در مرحله ٤ تا ٦ برگی و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی در طی فصل رشد در سه مرحله انجام شد. هنگامی که بیش از ۵۰ درصد بوته‌ها به گل رفته بودند، برداشت (کف‌بر کردن گیاه از مساحت یک متر مربع) با رعایت اثر حاشیه انجام شد (۹٤/۳/۰۱). بلافاصله پس از برداشت گیاهان تازه و سبز را به‌طور طبیعی و در سایه روی پارچه توری سفید و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک کرده و پس از ١٤ روز وزن خشک کل بوته‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم مشخص شد،

**جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ( ۳۰-۰ سانتی‌متر)**

**Table 1- Physical and chemical properties of soil (0- 30 cm)**

| soil texture | PH | EC ($dSm^{-1}$) | $N_{Total}$ (%) | $P_{Total}$ (mg/kg) | $K_{Total}$ (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | Fe (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Loam clay | 8.43 | 1.45 | 0.02 | 4.6 | 100 | 5.6 | 1.15 | 0.46 | 10.4 |

برای اندازه‌گیری مقدار کربوهیدرات‌های محلول از روش (Kerepsi et al., 1996)، موسیلاژ از روش (Kalayasundram et al., 1982)، فسفر از روش (Jackson, 1962)، سدیم و پتاسیم از روش (Rayan et al., 2001)، فلاونوئید از روش (Krizek et al., 1998)، آنزیم کاتالاز از روش (Beers and Sizer, 1952)، آسکوربات پراکسیداز از روش (Nakano and Asada, 1981)، آنزیم گایاکول پراکسیداز از روش (Urbanek et al., 1991) استفاده شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با روش (L.S.D) انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### کربوهیدرات‌های محلول

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تنش خشکی و کود و اثر متقابل تنش خشکی و کود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود نشان داد که با افزایش تنش خشکی و کاربرد نانو کودها بر میزان کربوهیدرات در گیاه مورد مطالعه افزوده می‌گردد به طوری‌که بیشترین میزان کربوهیدرات از تنش ۵۰٪ ظرفیت زراعی توام با کاربرد کود تلفیقی (۱۲٦/٤٤ میکرو گرم در گرم وزن تر) (٤۰ درصد بیشتر نسبت به شاهد) و کمترین میزان آن از سطح تنش ۹۰٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود (۵۰/۵٤ میکرو گرم در گرم وزن تر) حاصل شد (جدول ۳).

**جدول۲- میانگیین مربعات اثر تنش خشکی و کودهای نانو بر صفات کمی و کیفی گاوزبان**

**Table 2- Mean Squares effect of drought stress and nano fertilizers on the quantitative and qualitative traits of borage**

| | | Mean Squares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S.O.V | DF | Carbohydrate | Mucilage | Phosphor | Potassium | Sodium | Flavonoids |
| Replication | 2 | 3.76$^{NS}$ | 0.05$^{**}$ | 0.02$^{ns}$ | 6.23 | 602.85$^{ns}$ | 3.36$^{**}$ |
| Drought stress (A) | 2 | 837.81$^{**}$ | 1.61$^{**}$ | 0.28$^{**}$ | 5986.52$^{**}$ | 120508.98$^{**}$ | 331.77$^{**}$ |
| Error a | | 10.80 | 0.03 | 0.02 | 9.48 | 265.15 | 0.21 |
| Fertilizer (B) | 4 | 6820.32$^{**}$ | 5.09$^{**}$ | 0.93$^{**}$ | 6475.69$^{**}$ | 32517.04$^{**}$ | 3137.88$^{**}$ |
| A×B | 3 | 22.37$^{**}$ | 0.09$^{NS}$ | 0.03$^{ns}$ | 99.40$^{**}$ | 637.97$^{**}$ | 11.16$^{**}$ |
| Error b | 6 | 5.87 | 0.01 | 0.02 | 5.01 | 92.19 | 0.35 |
| C.V (%) | 18 | 2.57 | 4.85 | 8.37 | 1.23 | 1.17 | 1.01 |

ns,* and **: are non-significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively

**ادامه جدول ۲**

**Table 2- Continued**

| | | Mean Squares | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S.O.V | DF | catalase enzyme | Ascorbate Peroxidase enzyme | Guaiacol Peroxidase enzyme | Dry yield of aerial parts |
| Replication | 2 | 1.89$^{ns}$ | 0.02$^{ns}$ | 2.18$^{ns}$ | 0.21$^{**}$ |
| Drought stress (A) | 2 | 21.94$^{*}$ | 1.35$^{**}$ | 92.35$^{**}$ | 1.57$^{**}$ |
| Error a | 4 | 2.44 | 0.01 | 3.94 | 0.08 |
| Fertilizer (B) | 3 | 57.68$^{**}$ | 17.57$^{**}$ | 207.78$^{**}$ | 1.53$^{**}$ |
| A×B | 6 | 5.27$^{ns}$ | 0.16$^{**}$ | 7.00$^{*}$ | 0.01$^{ns}$ |
| Error b | 18 | 2.23 | 0.04 | 2.47 | 0.03 |
| C.V (%) | | 15.94 | 1.59 | 13.59 | 8.83 |

ns,* and **: are non-significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی در نانو کودها در صفات مورد بررسی در گاوزبان**

**Table 3 - Comparison of the mean of interaction of drought stress and nano fertilizers on the traits of Borage**

| Drought stress | Fertilizer | Carbohydrate of leaves (µg/g) | Potassium of leaves (mg/kg) | Sodium of leaves (mg/kg) | Flavonoids of leaves (%) | Ascorbate Peroxidase enzyme of leaves (u/g) | Guaiacol Peroxidase enzyme of leaves (u/g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| %90 (F.C) | NAN | $50.54^{j}$ | $174.69^{f}$ | $699.26^{g}$ | $34.87^{k}$ | $5.08^{c}$ | $0.13^{bcd}$ |
| | Bio nano (A)[1] | $83.51^{g}$ | $183.14^{e}$ | $753.78^{f}$ | $42.44^{j}$ | $3.52^{i}$ | $0.07^{efj}$ |
| | nano NPK (B)[2] | $96.09^{e}$ | $234.34^{a}$ | $827.47^{d}$ | $55.09^{f}$ | $4.33^{f}$ | $0.01^{cde}$ |
| | A+B (%50) | $115.70^{c}$ | $228.01^{b}$ | $860.72^{c}$ | $80.04^{c}$ | $2.07^{l}$ | $0.04^{g}$ |
| %70 (F.C) | NAN | $55.81^{i}$ | $166.08^{g}$ | $765.06^{f}$ | $42.58^{j}$ | $5.42^{b}$ | $0.17^{b}$ |
| | Bio nano (A) | $90.99^{f}$ | $152.04^{h}$ | $797.15^{e}$ | $47.63^{i}$ | $3.89^{h}$ | $0.09^{def}$ |
| | nano NPK (B) | $106.77^{d}$ | $208.31^{c}$ | $842.80^{d}$ | $60.33^{e}$ | $4.64^{e}$ | $0.13^{bcd}$ |
| | A+B (%50) | $120.31^{b}$ | $199.01^{d}$ | $876.47^{bc}$ | $82.37^{b}$ | $2.34^{k}$ | $0.06^{fg}$ |
| %50 (F.C) | NAN | $64.29^{h}$ | $139.50^{i}$ | $792.07^{e}$ | $49.99^{h}$ | $6.36^{a}$ | $0.22^{a}$ |
| | Bio nano (A) | $102.94^{d}$ | $140.07^{i}$ | $803.34^{e}$ | $51.50^{g}$ | $4.08^{j}$ | $0.14^{bc}$ |
| | nano NPK (B) | $118.75^{bc}$ | $186.31^{e}$ | $887.97^{b}$ | $62.79^{d}$ | $4.77^{d}$ | $0.14^{bc}$ |
| | A+B (%50) | $126.44^{a}$ | $175.73^{f}$ | $910.95^{a}$ | $90.21^{a}$ | $2.48^{j}$ | $0.07^{efg}$ |

The Common letters in each column indicate that there is no significant difference in the level

افزایش قندهای محلول در زمان تنش را می‌توان به علت توقف رشد یا سنتز این ترکیبات از مسیرهای غیرفتوسنتزی و همچنین تخریب قندهای نامحلول که باعث افزایش قندهای محلول نیز می‌شود بیان کرد (Ghorbanali and Niakan, 2006). Saedi et al. (2020) بیشترین میزان کربوهیدرات، در گیاه نعناع فلفلی را در شرایط تنش شدید (60% F.C) و کاربرد کودهای نانو بدست آوردند. Hashemi Fadaki et al. (2018) افزایش کربوهیدرات‌ها را تحت تنش خشکی و کاربرد نانو کودها گزارش کردند که تحقیق حاضر با آنها مطابقت دارد. همچنین Gholinezhad et al. (2016) در گیاه دارویی گاوزبان و Arazmjo et al. (2010) در گیاه دارویی بابونه افزایش کربوهیدرات‌ها را تحت تنش خشکی گزارش کردند. کودهای زیستی علاوه بر در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به دنبال آن توسعه ریشه، باعث بهبود جذب و افرایش فراهمی پتاسیم و سایر عناصر ریز مغذی می‌شوند، که همگی اثر بر فرایند فتوسنتز و تولید قند دارند (Jeffrey and Gyles, 2003).

## موسیلاژ

اثر سطوح مختلف تنش خشکی و تیمار کودی برای این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی دار و برای اثرمتقابل این دو فاکتورغیر معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین و کمترین درصد موسیلاژ به ترتیب از سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی(حدود۲۶درصد بیشتر نسبت به شاهد) و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ٤). همچنین نتایج

[1] یک کیلوگرم در هکتار

[2] پنج کیلوگرم در هکتار

مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین درصد موسیلاژ در ۵۰ درصد نانو NPK به همراه ۵۰ درصد نانو زیستی (۳/٤۲ درصد) و کمترین میزان موسیلاژ در عدم کاربرد کود (شاهد) (۱/۷۳درصد) به‌دست آمد. Mirzaei et al. (2019) در پژوهش خود بر روی گیاه گاوزبان بیان کردند که میزان موسیلاژ در شرایط خشک به مقدار بسیار زیادی (٦/۳۵ درصد) افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد که قابلیت بالای نگهداری آب این مواد نقش عمده‌ای در سازگاری گیاه با شرایط خشک دارد (Salehi Arjmand, 2005). Karami et al. (2011) در تحقیق خود بروی گیاه گاوزبان بیشترین درصد موسیلاژ را در شرایط تنش در مرحله زایشی و کاربرد نیمی از کودهای شیمیایی به همراه زیستی بدست آوردند. Naghdi Badi et al. (2012) نقش کودهای بیولوژیک را در افزایش درصد موسیلاژ گاوزبان مثبت ارزیابی کردند. آنها بیشترین درصد موسیلاژ را از کاربرد تلفیق کود زیستی و کود شیمیایی (NPK) بدست آوردند، که نتیجه حاضر با آنها همخوانی دارد.

**جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات تنش خشکی و کودهای نانو بر صفات گاوزبان**

**Table 4- Comparison of the mean of effects of drought stress and nano fertilizers on the traits of Borage**

| | | Mucilage of leaves (%) | Phosphor of leaves (%) | catalase enzyme of leaves (u/g) | Dry yield of aerial parts (ton/hr) |
|---|---|---|---|---|---|
| Drought stress | %90 (F.C) | 2.17$^{c}$ | 1.65$^{a}$ | 8.60$^{b}$ | 2.45$^{a}$ |
| | %70 (F.C) | 2.52$^{b}$ | 1.46$^{b}$ | 8.59$^{b}$ | 2.04$^{b}$ |
| | %50 (F.C) | 2.90$^{a}$ | 1.35$^{b}$ | 10.94$^{a}$ | 1.73$^{c}$ |
| Fertilizer | Contorol | 1.73$^{d}$ | 1.07$^{c}$ | 12.62$^{a}$ | 1.70$^{c}$ |
| | Bio nano (A) | 2.84$^{b}$ | 1.40 | 8.28$^{c}$ | 1.97$^{b}$ |
| | nano NPK (B) | 2.12$^{c}$ | 1.71$^{a}$ | 9.91$^{b}$ | 2.67$^{a}$ |
| | A+B (%50) | 3.42$^{a}$ | 1.77$^{a}$ | 6.69$^{d}$ | 1.97$^{b}$ |

The Common letters in each column indicate that there is no significant difference in the level

**فسفربرگ**

اثرات تنش خشکی و نوع کود در سطح احتمال یک درصد معنی دار و اثر متقابل غیر معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی از میزان فسفر گاوزبان کاسته شد به طوریکه که کمترین میزان فسفر در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که با سطح تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ٤). نتایج این آزمایش نشان داد میزان فسفر تحت تاثیر تیمار کودی قرار گرفت به‌طوریکه در سطوح کودی در نتیجه کاربرد کود بر میزان فسفر افزوده شد و بیشترین میزان این صفت از کاربرد ۵۰ درصد نانو NPK+ ۵۰ درصد نانو زیستی (۱/۷۷ درصد) بدست آمد که با کاربرد کود نانو NPK (۱/۷۲ درصد) اختلاف معنی داری نداشت (جدول ٤). کاهش فسفر در پی تنش خشکی در ارتباط با کاهش آب خاک است که منجر به کاهش انتقال عناصر از خاک به گیاه شده است. فسفر در شرایط خشکی برای گیاه غیر قابل استفاده می‌شود. زیرا این یون شدیداً جذب رس‌های خاک شده و فقط بخش کوچکی از یون فسفات به حالت محلول است. در شرایط خشکی جذب یون فسفات نه تنها بواسطه قابلیت حل کم آن بلکه بدلیل کاهش قدرت جذب ریشه‌ها تقلیل پیدا می‌کند (Kafi and Mahdavi Damghani, 2000). نتایج بدست آمده در تحقیقات مختلف نشان از کاهش فسفر در اثر تنش خشکی است (Gholinezhad et al., 2016; Hasanvand et al., 2020). بر طبق گزارشات

Abo-Baker and Mostafa, (2011) روی چای ترش مشخص شد، استفاده از ترکیب باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات به همراه مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی NPK رایج، منجر به افزایش درصد نیتروژن و فسفر در برگ‌های آن می‌شود. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن باعث آزادسازی هورمون‌های گیاهی از جمله، جیبرلیک اسید و اکسین می‌شوند که باعث تحریک رشد گیاه، افزایش فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر می‌شوند (Azarpyvand et al., 2013).

## پتاسیم برگ

اثرات ساده و متقابل تنش خشکی و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و کود نشان داد که با افزایش تنش خشکی از میزان پتاسیم در گیاه مورد مطالعه کاسته شد ولی با کاربرد کود (نانو NPK) کاهش این صفت کمتر بود (جدول ۳). کاهش پتاسیم در پی تنش خشکی در نتایج سایر پژوهشگران گزارش شده است (Wu and Xia, 2006; Gholinezhad et al., 2016). کاهش پتاسیم در شرایط خشکی در ارتباط با کاهش آب خاک است که منجر به کاهش جریان این عنصر به همراه برخی دیگر از عناصر از خاک به گیاه شده و جذب آن‌ها کاسته شده است (Heidari and Rezapor, 2011). در شرایط خشکی کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (Marschner, 1995).

## سدیم برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تنش خشکی و کود و اثرات متقابل این دو فاکتور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مشاهده گردید که با افزایش تنش خشکی بر میزان عنصر سدیم در گیاه گاوزبان افزوده شد به نحوی که بیشترین میزان این صفت از تنش خشکی ۵۰٪ طرفیت زراعی توام با کاربرد کود تلفیقی (۹۱۰/۹۵ mg/kg) و کمترین میزان آن از آبیاری در سطح ۹۰٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود (شاهد) (۶۹۹/۲۶ mg/kg) بدست آمد (جدول ۳). Gholinezhad et al. (2016) در مطالعات خود در گیاه گاوزبان بیان داشتند که با افزایش تنش خشکی و کاربرد تیمارهای کودی بر میزان عنصر سدیم افزوده می‌گردد. به‌نظر می‌رسد که افزایش سدیم در شرایط خشکی یک مکانیسم دفاعی است که گیاهان تحت تنش می‌توانند به‌منظور تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و بافت‌های تحت تنش، آن را افزایش داده تا قابلیت جذب آب خود را از خاک افزایش دهند.

## فلاونوئید

اثرات ساده و متقابل تنش خشکی و کود برای فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد جذب فلاونوئید در تنش ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی و کاربرد کود تلفیقی (۹۰/۲۱) (حدود۳۸درصدبیشتر نسبت به شاهد) و کمترین درصد جذب آن از سطح ۹۰ ٪ ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کود (شاهد)، (۳٤/۸۷) حاصل شد به‌طوریکه با افزایش تنش خشکی بر میزان فلاونوئید در گیاه مورد مطالعه افزوده می‌گردد (جدول۳). فلاونوئیدها ترکیباتی پلی‌فنولیکی و از مهمترین متابولیت‌های ثانویه گیاه هستند. مسیر فنیل پروپانوئید مسئول سنتز متابولیت‌های فنولیک مانند فلاونوئیدها، تانن‌ها، استرهای هیدروکسی سینامات و پلیمر لیگنین است. با ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان (Vinyard et al., 2005) و مسیر فنیل پروپانوئید به‌ویژه مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها افزایش می‌یابد (Green and Fluhr, 1995). فلاونوئیدها نقش حفاظتی کلیدی در برابر رادیکال‌های فعال اکسیژن دارند (Agati et al., 2007). فلاونوئیدها می‌توانند از تنش‌های اکسیداتیو جلوگیری کنند، به این معنا که توان پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن را دارند (Sangtarash et al, 2009). زمانی‌که گیاه درمعرض تنش قرار می‌گیرد مقدار

زیادی از گونه‌های فعال اکسیژن مانند آنیون سوپراکسید و رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن تولید می‌شود. در بسیاری از گیاهان سیستم آنزیمی برای از بین بردن این رادیکال‌ها فعال می‌شوند (Jubany et al., 2010). پیش از آنکه سیستم آنزیمی وارد عمل شود، فلاونوئیدها دست به کار شده و به‌عنوان یک آنتی اکسیدان قوی به طورمستقیم در پاکسازی گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند. خواص آنتی‌اکسیدانی فلاونوئیدها به اثر بازدارندگی آنها در تنفس میتوکندریایی بر می‌گردد (Sangtarash et al., 2009) و به طور غیر مستقیم به‌وسیله شلاته کردن آهن مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند ( Seyoum et al., 2006). در تحقیقات Faraji and Poursakhi (2018)بر روی گیاه گاوزبان کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش معنی‌دار ترکیبات فنولیکی مانند فلاونوئیدها شد. Mazloomi Abukhyly et al. (2018) بیشترین میزان فلاونوئید و آنتی‌اکسیدان‌ها را در گیاه اسطوخودوس از کاربرد نانو کود NPK در مقایسه با کودهای شیمیایی بدست آوردند. Salehi et al. (2017) در تحقیقات خود بر روی گیاه نعناع سبز گزارش دادند که تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش فلاونوئیدها شدند.

## آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت

اثر تیمار کودی و تنش خشکی بر آنریم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل تیمارهای کودی و سطوح مختلف تنش خشکی در آسکوربات پراکسیداز در سطح احتمال یک درصد و آنزیم گایاکول پراکسیداز ($p<0/5$) معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثرات تیمارهای کودی و سطوح مختلف خشکی نشان داد که بیشترین فعالیت آنریم کاتالاز در عدم کوددهی و در تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین آن حاصل شد (جدول ٤). بیشترین مقدار آنزیم گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز در تیمار تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توام با عدم کوددهی به‌ترتیب (۰/۲۲ و ٦/۳٦) مشاهده گردید(جدول۳). درشرایط تنش خشکی، بافت‌های گیاه از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت اثرات زیان‌بار رادیکال‌های آزاد راکاهش می‌دهد (Sharma and Dubey, 2005). آسکوربات پراکسیداز دارای چندین نقش اساسی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند رشد و نمو و متابولیسم است و همچنین به‌عنوان یک احیاکننده برای خیلی از رادیکال‌های آزاد و به‌خصوص پراکسید هیدروژن عمل می‌کند. بنابراین خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو را به کم‌ترین مقدار می‌رساند (Cho and Seo, 2005). پراکسیدازها،گلیکوپروتئین‌های حاوی هم هستند که توسط یک خانواده چندژنی رمزگذاری می‌شوند. این آنزیم‌ها اکسایش و کاهش بین هیدروژن و کاهنده‌های گوناگون را بر عهده دارند. گایاکول پراکسیداز از مهمترین گروه‌های پراکسیداز است که گایاکول را به عنوان یک سوبسترای کاهنده، اکسید می‌کند (Amiri et al., 2011). در مطالعات Mousavi et al. (2019) در گیاه سرخارگل و Heidari et al. (2014) در گیاه گاوزبان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان تحت تنش خشکی افزایش نشان داد. مطابق با تحقیق حاضر Gholinejad et al. (2014) در تحقیق خود بر روی گیاه گاوزبان بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز را در شرایط تنش خشکی و عدم کوددهی بدست آوردند. چنین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش فعالیت آنزیم های آنتی‌اکسیدان، ناشی از مصرف کودها به اثر غیر مستقیم کودها بر روی آنزیم‌ها بر می‌گردد. بدین ترتیب که این کودها با کاهش اثر مخرب تنش و قرار دادن گیاه در شرایط مناسب‌تر و کاهش میزان تولید $H_2O_2$، از فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری کرده‌اند.

## عملکرد خشک اندام هوایی

اثرات تنش خشکی و نوع کود در سطح احتمال یک درصد معنی دار ولی، اثر متقابل این دو عامل غیر معنی دار

بود (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی از عملکرد خشک گیاه گاوزبان کاسته شد، به طوری‌که بیشترین و کمترین(۳۰درصد کاهش نسبت به شاهد) عملکرد به ترتیب از تیمارهای ۹۰ درصد (۲/٤٥ ton/ha) و ٥٠ درصد ظرفیت زراعی (۱/۷۳ ton/ha) حاصل شد (جدول ٤). در مقایسه میانگین اثر کود مشخص گردید که بیشترین عملکرد خشک (۲/٦۷ ton/ha) از کاربرد کود نانو NPK و کمترین مقدار (۱/۷۰ ton/ha) در عدم کاربرد کود (شاهد) بدست آمد (جدول ٤). در مورد اثر تنش خشکی می‌توان اظهار داشت که کاهش میزان آب در محیط جذب، باعث اختلال در انتقال مواد غذایی لازم برای رشد و عدم تولید ماده خشک جدید شده و کاهش رشد را به دنبال دارد. در طی تنش خشکی فتوسنتز به دلیل بسته شدن روزنه‌ها محدود می‌شود (Yordanov and Tsonev, 2003). کاهش ماده خشک تولیدی در طی تنش می‌تواند مربوط به کاهش ارتفاع بوته، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد (Sreevali, 2001). Abdollahi Mayvan et al. (2018) در گیاه گاوزبان، Hammami and Imani (2021) در گیاه دارویی چای ترش، Mousavi et al. (2019) در گیاه سرخارگل بیان داشتند که با افزایش تنش کم آبی از عملکرد خشک کاسته می شود.

## نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گاوزبان اروپایی کاسته می‌شود. ولی با آبیاری در سطح ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کاربرد نانو کود NPK ماده خشک افزایش یافت. با افزایش تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان فلاونوئیدها افزایش یافت که نشان دهنده دفاع آنتی‌اکسیدانی در مقابل رادیکال‌های آزاد در شرایط تنش خشکی است. همچنین تنش خشکی و کاربرد تلفیقی نانو کودها سبب افزایش موسیلاژ گاوزبان اروپایی گردید. بطور کلی کاربرد توام هر دو کود موجب بهبود صفات گردید.

## سپاسگزاری

بخشی از هزینه اجرای این آزمایش از محل اعتبار پژوهانه شماره IR –UOZ-GR-2904 معاونت محترم پژوهشی دانشگاه زابل تامین شده است.

## منابع

Abdollahi Mayvan, M., S. Khorramdel, A. Koocheki, and R. Ghorbani. 2018. Evaluation of yield and yield component of borage (Borago officinalis L.) affected as irrigation level and plant density. Journal of Agroecology. 10(2): 327-339.

Abo-Baker, A., and G. Mostafa. 2011. Effect of Bio- and Chemical Fertilizers on Growth, Sepals Yield and Chemical Composition of Hibiscus sabdariffa at new reclaimed soil of south valley area. Asian Journal of Crop Science. 3: 16-25.

Adediran, J. A., L. B. Taiwo, M. O. Akande, R. A. Sobulo, and O. J. Idowu. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27: 1163-1181.

Agati, G., P. Mattini, A. Goti, and M. Tattini. 2007. Chloroplast-located flavonoids can scavenge singlet oxygen. New Phytologist, 174(1): 77-89.

Amiri, A., S. R. Parsa, M. Nezami, and A. Ganjeali, 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (Cicer arietinum L.) in greenhouse conditions. Pulses Research. 1: 69-84.

Arazmjo, E., M. Heidari, and A. Ghanbari. 2010. Effect of water stress and type of fertilizer on yield and quality of chamomile (Matricaria chamomilla L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (2): 100-111.

Ardashiri, T., and Sh. Jahanbin. 2018. Effect of foliar application of nano-iron and zinc chelated on yield, yield components and harvest index of canola under drought stress conditions. Journal of Agricultural Crops Production. 20(1): 31-43.

Azarpyvand, H., M. A. Behdani, M. H. Sayyari Zahan, and K. Khavazi. 2013. The Effects of Biological and Chemical Fertilizers Application on Growth and Concentration of Elements (N, P, K) in Leaf of Basil (Ocimum basilicum L.). Environmental Sciences Journal. 11(3): 1-13.

Golparvar, A. R., I. Majidi-Haravan, F. Darvish, A. Rezaie and A. Ghasemi. 2004. Genetic assessment of some morpho-physiological traits in bread wheat under drought stress conditions. Research and Construction. 62: 90-95.

Green, R., and R. Fluhr. 1995. UV-B-induced PR-1 accumulation is mediated by active oxygen species. The Plant Cell Online. 7(2): 203-212.

Hammami, H., and N. Imani. 2021. Effects of magnetic irrigation water treatment on growth and yield characteristics of Hibiscus sabdariffa L. under water deficit stress. Iranian Journal and Aromatic Plants Research. 37: 214-228.

Hasanvand, H., S. A. Siadat, A. M. Bakhshandeh, M. R. Moradi Telavat, and A. Poshtdar. 2020. Effects of salicylic acid on yield and nutrient uptake of borage (Borago officinalis L.) under interrupting irrigation conditions. Environmental Stresses In Crop Sciences. 13(2): 519-531.

Hashemi Fadaki, S. E., B. A. Fakheri, N. Mahdinezhad, and R. Mohammadpour Vashvae. 2018. Effects of nano and nano bio-fertilizer on physiological, biochemical characteristics and yield of roselle (Hibisicus sabdariffa L.) under drought stress. Journal of Agricultural Crops Production. 20 (1): 45-66.

Heidari, M., and A. Rezapor. 2011. Effects of water stress on yield and sulfur, chlorophyll and nutrient concentrations in Nigella sativa. Journal of Crop Production Products. 1(1): 81-90.

Heidari, M., H. R. Miri, and A. Minaei. 2014. Antioxidant enzymes activity and biochemical components of borage (Borago officinalis) in response to water stress and humic acid treatment. Journal of environmental stresses in crop sciences. 6(2): 159-170.

Jackson, M. L. 1962. Soil chemical analysis.Prentice Hall of India, New Delhi.

Jeffrey, V., and R. Gyles. 2003. Controlled release urea as a nitrogen source of corn in southern Minnesota. Annual Report to Agrium U. S. Inc.

Johson, A. 2006.Agriculture and nanotechnology. Retrieved June.2, 2006, from http://www.tahan.com/Charlie/nano-society.

Jubany-Mari, T., S. Munne-Bosch, and L. Alegre. 2010. Redox regulation of water stress responses in field- rown plants. Role of hydrogen peroxide and ascorbate. Plant Physiology and Biochemistry. 48(5): 351-358.

Babaee, K., M. Amini Dehaghi, S. A. M. Modares Sanavi, and R. Jabbari. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (Thymus vulgaris L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 26(2): 239-251.

Beers, G. R., and I. V. Sizer. 1952. A spectrophotometric method for measuring the break down of hydrogen peroxide by catalase. Journal of Biological Chemistry. 195: 133-140.

Cardoso, I. M., and T. W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment. 116: 72-84.

Cho, U., and N. Seo. 2005. Oxidative stress in Arabidopsis thalina exposed to cadmium is due to hydrogen proxide accumulation. Plant Science. 168: 113-120.

Cui, H., C. Sun, Q. Liu, J. Jian, and W. Gushid. 2006. Applications of Nanotechnology in Agrochemical formulation, Perspectives, Challenges and strategies. Institute of Environment and sustainable Development in Agriculture. Chinese Academy of Agricultural Sciences. P: 1-6.

Faraji, M., and K. Poursakhi. 2018. Effects of biological and organic fertilizers on morphological and phytochemical characteristics of Iranian borage (Echium amoenum Fisch. & C. A. Mey.). Iranian Journal and Aromatic Plants.34(1): 61-50.

Fatahi-Siahkamar, S., H. Aroue, M. Azizi Arani, A. Salehi Sardoe. 2020: Effect of nano chelates (iron and zinc) and nitrogen (biofertilizer and chemical fertilizer) on some morphophysiological characteristics and essential oil yield of two Basil populations. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 1: 106-118.

Gholinegad, R., A. Sirousmehr. and B. Fakheri. 2014. Effect of Drought Stress and Organic Fertilizer on Activity of Some Antioxidant Enzymes, Photosynthetic Pigments, Proline and Yield of Borage (Borago officinalis ). Journal of Horticultural Science. 28(3): 338-343.

Gholinezhad, R., A. R. Sirousmehr, and B. Fakheri. 2016. Evaluation of Irrigation Regimes and Use of Organic Fertilizers on Qualitive and Quantitive Yield of Borage (Borago officinalis L.). Journal of Crop ecophysiolojy. 10(3): 683-696.

Ghorbanali, M., and M. Niakan. 2006. The Effect of Drought Stress on Soluble Sugar, Total Protein, Proline, Phenolic Compound, Chlorophyll Content and rate Reductase Activity in Soybean (Glycine max L.cv.Gorgan3). Quarterly Journal of Science Kharazmi University. 18 (56) : 537-550.

Naghdi Badi, H., Z. Zeinali, H. Omidi, and Sh. Rezazadeh. 2012. Morphological, Agronomical and Phytochemical Changes in Borage (Borago officinalis L.) under Biological and Chemical Fertilizers. Journal of Medicinal Plants. 11(2): 145-156.

Nakano, Y., and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascarbate specific peroxidases in spinach Chloroplasts. Plant Cell Physiology. 22: 867-880.

Pessarkli, M. 1999. Hand book of plant and crop stress. Marcel Dekker Inc. New York. 697 pages.

Rayan, J. R., G. Estefan, and A. Rashid. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual, (2nd edition). ICARDA, Syria. Pp: 231.

Saedi, F., A. Sirousmehr, and T. Javadi. 2020. Effect of nano-potassium fertilizer on some morpho-physiological characters of peppermint (Mentha piperita L.) under drought stress. Journal of Plant Research. 33(1):35-45.

Salehi Arjmand, H. 2005. Effect of environmental stresses on accumulation of secondary metabolites in plants. Proceedings of the National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants. Publications of the Research Institute of Forests and Rangelands. 305-307 pp.

Salehi, K., M. Solouki, and M. Tanha. 2017. Study the effects of Plant Growth Promoting Bacteria and salicylic acid in green mint (Mentha spicata L.) under drought stress conditions. Iranian Genetics Society. 12(2):241-252.

Sangtarash, M. H., M. M. Qaderi, C. C. Chinnappa, and D. M. Reid. 2009. Carotenoid differential sensitivity of canola (Brassica napus) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environmental and Experimental Botany. 66(2): 212-219.

Seyoum, A., K. Asres, and F. K. El-Fiky. 2006.Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. Phytochemistry. 67(18): 2058–2070.

Sharma, P., and R. S. Dubey. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation. 46: 209-221.

Sreevalli, Y., K. Baskaran, R. Chandrashekara, R. kuikkarni, S. SuShil Hasan, D. Samresh, J. Kukre, A. Ashok, Sharmr Singh, K. S. Srikant, and T. Rakesh. 2001. Preliminary observations on the effect ofirrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. J. of Medic. and Arom. Plant Sci. 22: 356-358.

Kafi, M., and A. M. Mahdavi Damghani. 2000. Mechanisms of plant resistance to environmental stresses. Ferdowsi University of Mashhad. 476 pages.

Kalayasundram, N. K., P. B. Pateb, and K. C. Dalat. 1982. Nitrogen need of Plantago ovata in reaction to the available nitrogen in soil. Indian Journal of Agricultural Science. 52: 240 -242.

Karami, A., A. Sepehri, J. Hamzei, and Gh. Salimi. 2011. Effect of Nitrogen and Phosphorous Biofertilizers on Quantitative and Qualitative Traits of Borage (Borago officinalis L.) under Water Deficit Stress. Plant Production Technology. 11(1): 37-50.

Kerepsi, I., M. Toth, and L. Boross, 1996. Water-soluble carbohydrates in dried plant. Journal Agricultur Food Chemical. 10: 3235-3239.

Krizek, D. T., S. J. Britz, and R. M. Mirecki. 1998. Inhibitory effects of ambient levels ofsolar UV-A andUV-B radiation on growth ofcv. new red fire lettuce.Physiol. Plant. 103: 1-7.

Liu, R., and R. Lal. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. Science of the Total Environment. 514: 131-139.

Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients. Mineral nutrition of higher plants, 2: 379-396.

Mazloomi Abukhyly, M., S. Khorasanynzhad, M. Alizadeh. 2018. Comparison of the effects of nano fertilizer and chemical fertilizer on morphophysiological and phytochemical properties of Lavandula stricta Del. regeneration from seed and tissue culture. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 33(6): 975-989.

Mirzaei, M. M., S. Ghorbani, A. Rozbahani, and A. Ghaderi. 2019. The effect of drought stress, chimical fertilizer and biofertilizer on yield and essence content of borage (Borago officinalis L.). Journal of Plant ecophysiology. 11: 67-77.

Mousavi, sh., S. Asadi, and M. Pezhmanmehr. 2019. Changes in morpho-physiological characteristics and the leaf and flower essential oils yeild of coneflower [(Echinacea purpurea (L.) Moench] with sodium nitroprusside (SNP) foliar application under drought stress.Iranian Journal of Horticultural Science. 50(2): 375-391.

Subramanian, K. S. A. Manikandan, M. Thirunavukkarasu, and C. S. Rahale. 2015. Nano-fertilizers for crop balanced nutrition. Nanotechnologies in Food and Agriculture. 69- 80.

Urbanek, H., E. Kuzniak-Gebarowska, and K. Herka. 1991. Elicitation of defense responses in bean leaves by Botrytis cinerea polyglacturonase. Acta Physiol. Plant. 13: 43-50.

Vinyard, P. G., C. J. Moody, and C. Jacob. 2005. Oxidation of antioxidant defence. Trends in Biochemical Science. 30(8): 453-461.

Wu, Q. and R. Xia. 2006. Arbuscular Mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and water stress conditions. Journal of Plant Physiology. 163: 417- 425.

Wu, S. C., Z. H. Cao, Z. G. Li, K. C. Cheung, and M. H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.

Yordanov, I., and T. Tsonev, 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special issue: 189- 206.

Zargari, A. 1997. Medicinal Plants. University of Tehran Press. 980 pages.