Plant Prod., 2025, 48(2), 295- 308
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.47380.2190
Received: 09 July 2024
Accepted: 23 October 2024

Plant Productions

Research Article

Effects of different levels of humic acid and water deficit stress on growth and yield characteristics of the medicinal plant Dragon's head (*Lallemantia iberica* L.)

Masoud Fattahi[1*] , Akbar Saljoghi [2]

1. Instructor. Department of Agriculture Science, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran
2. MSc student. Department of Horticulture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Citation: Fattahi, M., Saljoghi, A. (2025). Effects of different levels of humic acid and water deficit stress on growth and yield characteristics of the medicinal plant Dragon's head (*Lallemantia iberica* L.). *Plant Productions,* 48(2), 295 - 308.

Abstract

Introduction

Humic acid (HA) is a principal component of humic substances known for enhancing cell membrane permeability, increasing photosynthesis and respiration rates, improving mineral uptake, and promoting protein synthesis. Its effects on plants under drought stress have been demonstrated in several studies, showing positive impacts on growth parameters, osmotic regulation, antioxidant activities (e.g., superoxide dismutase, peroxidase, and catalase) and photosynthetic efficiency. Drought stress, as a major abiotic stress, negatively affects crop growth and productivity by disrupting water relations, reducing leaf size, and limiting root development. Plants respond to drought stress through various physiological and biochemical mechanisms. Research suggests that optimal concentrations of humic acid can effectively alleviate drought-included damage.

Materials and Methods

This study investigated the effects of drought stress and humic acid on Dragon's head plant. Two experiments were conducted: In the germination experiment, germination characteristics were evaluated under five drought stress levels (0, -0.4, -0.8, -1.2, and -1.6 MPa) in a completely randomized design with four replications at the Faculty of Agriculture, Shahrekord University in 2017. In the field experiment, a split-plot design with randomized complete blocks and three replications was used to assess humic acid and water deficit effects. Main treatments included four irrigation levels (50, 70, 90 and 110 mm evaporation from the pan surface), while sub-treatments comprised four humic acid concentrations (0, 5, 10, and 15 l ha^{-1}). And various indicators were measured at the end of the experiment.

Results and Discussion

* **Corresponding Author:** Masoud Fattahi
E-mail: ma.fatahi67@gmail.com

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Drought stress reduced germination percentage (16%), germination speed index (42%), and seedling fresh weight, but increased root length. Also, osmotic stress caused by PEG, increased root length (40%) and decreased the shoot length (38%). Field results showed significant effects of both drought stress and humic acid on flower count, inflorescences, and seeds per plant, seed yield, and biological yield. Drought stress reduced these parameters, while humic acid application enhanced them. Drought stress (110 mm Evaporation) increased mucilage percentage (13%) but decreased essential oil yield, whereas humic acid treatments proved essential oil yield. HA treatment (15 l ha^{-1}) increased biomass (36%), dry weight of plant (32%), number of seeds and number of flowers per plant (17%) compared to the control. HA treatment (15 l ha^{-1}) was particularly effective in enhancing seed yield and medicinal properties. Drought stress is one of the most important abiotic stresses that adversely influences the growth and production of crops citation. As a consequence of drought stress, both stomatal and non-stomatal limitations lead to a decline in photosynthesis, growth and yield. Furthermore, showed that the use of HA improves the photosynthetic rate of plants under drought stress via increasing the gas exchange rate and electron transport flux. HA increases the chlorophyll content and photosynthetic rate, and decreases the transpiration rate of plants under drought stress.

Conclusion

Drought stress, decreased seed germination indicators such as percentage and germination rate of plantlet. Also, decreased the biological yield, dry weight, seed yield, harvest index and essential oil yield and increased in the mucilage percentage. HA treatment (15 l ha-1) improved many indicators including biomass, dry weight of plant, number of seeds and number of flowers per plant and essential oil yield. Therefore, HA was determined in this experiment to be an auxiliary factor in improving drought stress tolerance. Humic acids are organic molecules that play essential roles in improving soil properties, plant growth, and agronomic parameters. HA significantly promoted the growth of Dragon’s head seedlings under drought stress. HA is a principal component of humic substances, it can have various biochemical effects on plants, such as increasing cell membrane permeability, increasing photosynthesis and respiration rates, enhancing mineral uptake and enhancing protein synthesis and hormone-like activity.

Keywords: Biological yield, Essential oil, Germination, Mucilage, Water deficit

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۳، ۴۸(۲)، ۲۹۵ -۳۰۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2024.47380.2190
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی و عملکردی گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.)

مسعود فتاحی[1*]، اکبر سلجوقی[2]

۱- مربی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

چکیده

بالنگو، یکی از گیاهان مهم از خانوادهٔ نعناعیان است که اهمیت آن به خصوصیات دارویی و صنعتی آن بر می‌گردد. به همین منظور جهت بررسی تأثیر تنش اسمزی بر خصوصیات جوانه زنی بذر بالنگوی شهری و اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و کم آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و عملکردی گیاه دارویی بالنگوی شهری دو آزمایش جداگانه انجام شد. در آزمایش اول خصوصیات جوانه زنی بالنگوی شهری تحت تأثیر تنش اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول شامل شاهد، پتانسیل ۰/٤-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۱/٦- مگاپاسکال مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار در آزمایشگاه دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. در آزمایش دوم، به منظور بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و تنش کم آبی بر خصوصیات رویشی، عملکرد زیست توده، موسیلاژ و میزان اسانس گیاه دارویی بالنگوی شهری آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح هیومیک اسید صفر، پنج، ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج آزمایش اول نشان داد درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بذر و وزن تر گیاهچه در سطح تنش ۱/٦- مگاپاسکال به ترتیب به میزان ١٤، ۳۹ و ۳ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. همچنین در اثر تنش اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول طول ریشه‌چه ٤۰ درصد افزایش و طول ساقه‌چه ۳۸ درصد کاهش یافت. در نتایج آزمایش مزرعه‌ای مشاهده شد که تعداد گل، گل‌آذین، بذر در بوته، عملکرد بذر و مقدار زیست توده تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای تنش کم آبی و هیومیک اسید قرار گرفت و تنش کم آبی باعث کاهش این شاخص‌ها شد. همچنین در سطح ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تنش کم آبیاری میزان موسیلاژ در مقایسه با شاهد ۱۳ درصد افزایش و مقدار اسانس ۳۰ درصد کاهش یافت، درحالی که استفاده از سطح ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید باعث افزایش میزان زیست توده (۳٦ درصد)، وزن خشک تک بوته (۳۲ درصد)، تعداد بذر و تعداد گل در بوته (۱۷ درصد) و وزن هزاردانه بذر نسبت به شاهد گردید. از طرف دیگر استفاده از هیومیک اسید در همهٔ سطوح باعث افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید. همچنین نتایج نشان داد که برهم‌کنش تنش کم آبی و هیومیک اسید بر تعداد بذر در گیاه، وزن هزاردانه و شاخص برداشت معنی‌دار

* **نویسنده مسئول:** مسعود فتاحی
رایانامه: ma.fatahi67@gmail.com

بود. به طور کلی استفاده از هیومیک اسید به ویژه در غلظت ۱۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد بذر و خصوصیات دارویی گیاه بالنگوی شهری و تعدیل اثرات نامطلوب تنش خشکی گردید.

کلیدواژه‌ها: اسانس، جوانه زنی، عملکرد زیست توده، کم آبی، موسیلاژ

مقدمه

بالنگو، یکی از گیاهان ارزشمند خانوادهٔ نعناییان است و دارای گونه‌های متعددی می‌باشد که از گذشته تاکنون در طب سنتی ایران مورد استفاده قرار گرفته است (Abdollah and Maleki Farahani, 2019). بالنگوی شهری با نام علمی *Lallemantia iberica* دارای خواص دارویی و صنعتی است، زیرا موسیلاژ این گیاه در درمان بیماری‌های کبدی و کلیوی و همچنین روغن آن در صنایع چرم سازی و رنگ سازی استفاده می‌شود. به همین دلیل امروزه کشت و کار گیاه بالنگو به عنوان یک گیاه چند منظوره بسیار قابل توجه است (Paravar *et al*., 2021). گونه‌های مختلف بالنگو در مناطق مختلف ایران مانند چهارمحال و بختیاری، کرمانشاه، کردستان، اصفهان، گرگان، آذربایجان‌های غربی و شرقی، همدان، لرستان، فارس، سمنان و تهران پراکنده هستند (Mozaffarian, 2012). بذر گیاه بالنگو هنگامی که خیس می‌شود تولید موسیلاژ می‌کند که می‌تواند به مولکول‌های قند تجزیه شود و باعث تسریع در رشد اولیه گیاه شود (Yang *et al*., 2012). بنابراین تنش‌های رطوبتی می‌تواند بافت‌های موسیلاژی اطراف بذر را تحت تأثیر قرار دهد و بر ویژگی‌های مختلف بذر مانند قدرت جوانه‌زنی بذر اثر گذارد که این امر اهمیت مطالعه و بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه زنی بالنگوی شهری را آشکار می‌سازد.

تنش رطوبتی، مهم‌ترین تنش محیطی است که از طریق جلوگیری از جذب آب توسط بذر و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و تغییرات پروتئینی در بذر از جوانه زنی بذر جلوگیری می‌کند (Parava *et al*., 2017, 2023). همچنین تنش خشکی می‌تواند ویژگی‌های جوانه زنی بذر مانند سرعت و درصد جوانه زنی را کاهش دهد. از این رو مطالعهٔ واکنش‌های مختلف بذر به تنش رطوبتی دارای اهمیت است. خشکی، به عنوان یک تنش مهم، اثرات فراوانی بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با رشد و عملکرد گیاه دارد. همچنین واکنش‌های گیاهان به این تنش بسته به مدت آن، شدت آن و گونه گیاهی و همچنین مرحلهٔ رشد گیاه متفاوت است (Wang *et al*., 2016; Rahnama *et al.,* 2024). در اثر تنش خشکی تغییرات اسمزی، کاهش تورژسانس و کاهش خاصیت ارتجاعی دیوارهٔ سلولی اتفاق می‌افتد که باعث تأثیر بر رشد خواهد شد. تغییرات ذکر شده در اثر کمبود آب بر باز بودن روزنه‌ها اثر گذاشته و فعالیت و متابولیسم گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. گیاهان در هنگام مواجهه با تنش خشکی با تغییرات مورفوفیزیولوژیک و متابولیک واکنش نشان می‌دهند. همچنین استفاده از عوامل خارجی مانند استفاده از هیومیک اسید می‌تواند اثرات نامطلوب تنش خشکی را کاهش دهد (Chowdhury *et al*., 2017).

مواد هیومیکی بخش اصلی مواد آلی خاک هستند که حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشند و باعث بهبود دسترسی به عناصر غذایی و رشد گیاه می‌شوند (Ferrara *et al*., 2007). هیومیک اسید از طرق مختلف از جمله افزایش جذب آب از طریق ریشه‌ها می‌تواند باعث بهبود تحمل گیاهان در برابر تنش خشکی شود، زیرا هیومیک اسید با مواد ریز مغذی موجود در خاک ترکیب شده و یک شبکه‌ای را ایجاد می‌کنند که باعث ذخیره مقدار زیادی آب در خود می‌شود. همچنین هیومیک اسید با مولکول‌های آب پیوند می‌دهند و تا حد زیادی مانع از تبخیر آب می‌شوند و ظرفیت نگهداری آب خاک را افزایش می‌دهد (Hartz and Bottoms, 2010). از طرف دیگر هیومیک اسید می‌تواند باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شود. هیومیک اسید با کلات کردن عناصر مختلف سبب افزایش جذب آن‌ها شده و باروری

خاک و تولید و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (Harper *et al*., 2000).

مطالعات نشان داده است که تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه، وزن صد دانه و کیفیت روغن آفتابگردان شده است (Hossini *et al.*, 2025; Omidinasab *et al*., 2023). در بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید بر روی گندم مشاهده شد که میزان رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان تیمارشده نسبت به شاهد بیشتر بود (Tahir *et al*., 2011). همچنین استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش عملکرد گیاهان طالبی و خربزه شده است که می‌تواند به نقش آن در کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مربوط باشد (Kamsefidi and Arvin, 2011). در آزمایشی گزارش شده است که استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه دارویی چای ترش شده است (Ahmad *et al*., 2011). بنابراین با توجه به این که مطالعات مختلف بیانگر اثرات مفید هیومیک اسید بر رشد و عملکرد گیاهان است، این آزمایش با هدف بررسی اثر هیومیک اسید به عنوان یک عامل تعدیل کنندهٔ تنش خشکی بر ویژگی‌های مختلف مورفولوژیک، بیوشیمیایی و عملکرد بالنگوی شهری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو بخش آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شد. در بخش آزمایشگاهی به‌منظور بررسی اثر تنش اسمزی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر بالنگوی شهری از مادهٔ پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ (PEG ۶۰۰۰) استفاده شد. در این آزمایش پنج سطح تنش اسمزی شامل شاهد، پتانسیل ۰/۴- ، ۰/۸-، ۱/۲- و ۱/۶- مگاپاسکال در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهرکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور ابتدا کلیه بذرها، ظروف و محیط کار ضد عفونی شدند و در هر پتری‌دیش ۳۰ عدد بذر ضدعفونی شده روی کاغذ صافی قرار داده شد. سپس به آن‌ها سه میلی‌لیتر محلول پلی‌اتیلن گلایکول با پتانسیل مشخص تهیه شده به روش Michei and Haufmann (1973) اضافه شد، به طوری که بذور در تماس با محلول بودند. ظروف به داخل اطاقک رشد با دمای ۷-۱۲ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند و به مدت دو هفته به‌طور روزانه بازبینی و تعداد بذور جوانه زده شمارش گردید و در پایان، صفات مربوط به جوانه‌زنی بذر شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد کاهش جوانه‌زنی، شاخص تنش جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه ارزیابی شد.

در آزمایش دوم به منظور بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی بالنگوی شهری تحت تیمارهای مختلف کم آبی، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی هنرستان و آموزشکده کشاورزی شهرکرد (به طول و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۲۱۱۶ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها در چهار سطح تنش کم آبی، شامل شاهد یا بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش ملایم (۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، تنش متوسط (۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و تنش شدید (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به‌عنوان عامل اصلی و چهار سطح هیومیک اسید شامل شاهد (بدون هیومیک اسید)، ۵، ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید به‌عنوان عوامل فرعی بودند. آماده سازی زمین به منظور کشت در اوایل اردیبهشت انجام شد و قبل از اجرای آزمایش به منظور اطلاع از وضعیت خاک و تقویت آن، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس کشت در کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۲×۳ مترمربع انجام شد. بذر بالنگوی شهری در زمین صاف از قبل نرم شده توسط شخم و دیسک در ردیف‌هایی با فاصلهٔ بین ردیف ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری و فاصلهٔ بین گیاه ۱۰ سانتی‌متر (روی ردیف) برابر با ۳۳ بوته در متر مربع انجام شد. کشت به صورت دستی در تاریخ ۲۶ اردیبهشت صورت گرفت. ابتدا شیارهایی با عمق حدود ۲ سانتی‌متر در

خاک ایجاد شد و بذور در این شیارها ریخته شده و با خاک نرم بذرها پوشانده شدند. پس از سبز شدن بذور عمل تنک کردن انجام شد. بذر گیاه بالنگوی شهری از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و آبیاری بعدی تا زمان استقرار گیاهچه‌ها هر چهار روز یکبار انجام شد. پس از استقرار گیاهان یعنی ۳۰ روز پس از کاشت تیمارهای تنش خشکی و هیومیک‌اسید اعمال گردید. شاخص‌های مختلف پس از ۵۰ درصد گلدهی در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. شروع گلدهی ۴۲ روز پس از کاشت بود.

وزن مادهٔ خشک تک بوته و عملکرد زیست توده

برای اندازه‌گیری وزن مادهٔ خشک تک بوته، بوته‌های برداشت شده در آون با دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و بلافاصله پس از خارج نمودن از آون توسط ترازوی دیجیتال توزین شدند. برای محاسبهٔ عملکرد زیست توده، پس از رسیدن کامل گیاه با استفاده از کودرات یک متری از هر کرت به صورت تصادفی نمونه‌گیری شد و در دمای اتاق به مدت پنج روز قرار داده و خشک شد، سپس نمونه‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال توزین شدند.

اجزای عملکرد دانه

در زمان رسیدگی کامل گیاه، تعداد دانه در هر فندقه از میانگین پنج بوته به صورت تصادفی شمارش شد. وزن هزار دانه نیز از میانگین وزن هزار دانه پنج بوتهٔ تصادفی توسط ترازوی دیجیتال محاسبه شد.

شاخص برداشت

عملکرد زیست توده و عملکرد اقتصادی یا دانه به وسیله کودرات یک متری به صورت تصادفی در هر کرت اندازه‌گیری شد. شاخص برداشت از رابطهٔ زیر محاسبه شد.

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد توده زیست}} \times ۱۰۰$$

عملکرد دانه

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، پس از رسیدن کامل گیاه به وسیله کوادرات یک متری به صورت تصادفی از هر کرت نمونه‌برداری شد و پس از خشک شدن در دمای اتاق به مدت ۵ روز بذرها جدا شد و توزین گردید. عملکرد دانه براساس کیلوگرم در هکتار برآورد گردید.

درصد موسیلاژ

اندازه‌گیری درصد موسیلاژ بذر نیز با استفاده از استخراج سرد انجام شد. در این روش بذر گیاه با ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اسیدی شده (pH= ۳/۵) توسط اسید کلریدریک در دمای ۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت شیکر شد و محلول حاصل صاف گردید. عصارهٔ حاصل تا ۵۰ میلی‌لیتر تغلیظ شد و پس از آن ۴ حجم اتانول ۹۶ درصد به آن اضافه شد و اجازه داده شد تا موسیلاژ طی شب در سرما رسوب کند. رسوب حاصل با سانتریفوژ (۲۰۰۰ دور در ۱۵ دقیقه) جدا گردید (Moradi *et al*., 2010).

عملکرد اسانس

برای اندازه‌گیری درصد و عملکرد اسانس برگ گیاه، پس از ۵۰ درصد گلدهی، به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. اسانس‌ها توسط سولفات سدیم بی‌آب، آب‌گیری شد و سپس درصد اسانس محاسبه شد (Nemati *et al*., 2011). عملکرد اسانس، از حاصل ضرب عملکرد زیست توده و درصد اسانس محاسبه شد

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS-10 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخصه‌های جوانه زنی بذر

براساس جدول تجزیه واریانس، صفات مختلف مربوط به جوانه زنی بذر تحت اثر تیمار اسمزی قرار گرفت (جدول ۱). نتایج نشان داد سرعت ، درصد و شاخص تنش جوانه

زنی بذر با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقدار آن‌ها در سطح ۱/۶- مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلایکول مشاهده گردید و با سطوح دیگر و شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود (شکل ۱). کاهش درصد جوانه زنی با افزایش شدت تنش بیشتر بود و حداکثر مقدار آن در بالاترین سطح تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول مشاهده شد (شکل ۱، B).

وزن تر کل گیاهچه در اثر تنش اسمزی کاهش یافت و کمترین مقدار آن در سطح ۱/۶- مگاپاسکال مشاهده شد که با شاهد و سطح ۰/۴ - مگاپاسکال دارای تفاوت معنی‌دار بود (شکل ۲، A). از طرف دیگر نتایج این آزمایش نشان داد نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در اثر افزایش شدت تنش اسمزی نسبت به شاهد بیشتر شد (شکل ۲، B). با افزایش شدت تنش اسمزی (تا ۱/۶ – مگاپاسکال) طول ساقه‌چه نسبت به شاهد به میزان ۳۸ درصد کاهش یافت، اما بین سطح شاهد و سطح اول تنش خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۲، C). تمامی سطوح تنش خشکی سبب افزایش طول ریشه‌چه نسبت به شاهد گردید، اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر طول ریشه‌چه دیده نشد (شکل ۲، D).

Table 1. Variance analysis for germination indices of Dragon's head seeds under different concentrations of PEG-6000 solution

S.O.V	df	Means of squares							
		Root length	Stem length	Seedling weight	Root/Stem ratio	Germination stress index	Decrease of germination	Germination rate	Germination percentage
PEG	4	3.13**	0.991**	0.00001**	1.49**	415**	148**	39.18**	150**
Error	15	0.397	0.054	0.00002	0.093	15	0.001	0.287	5.5
C.V (%)		11	10	7.8	4	4.4	0.561	4	2.4

**, represent significant at 1% respectively

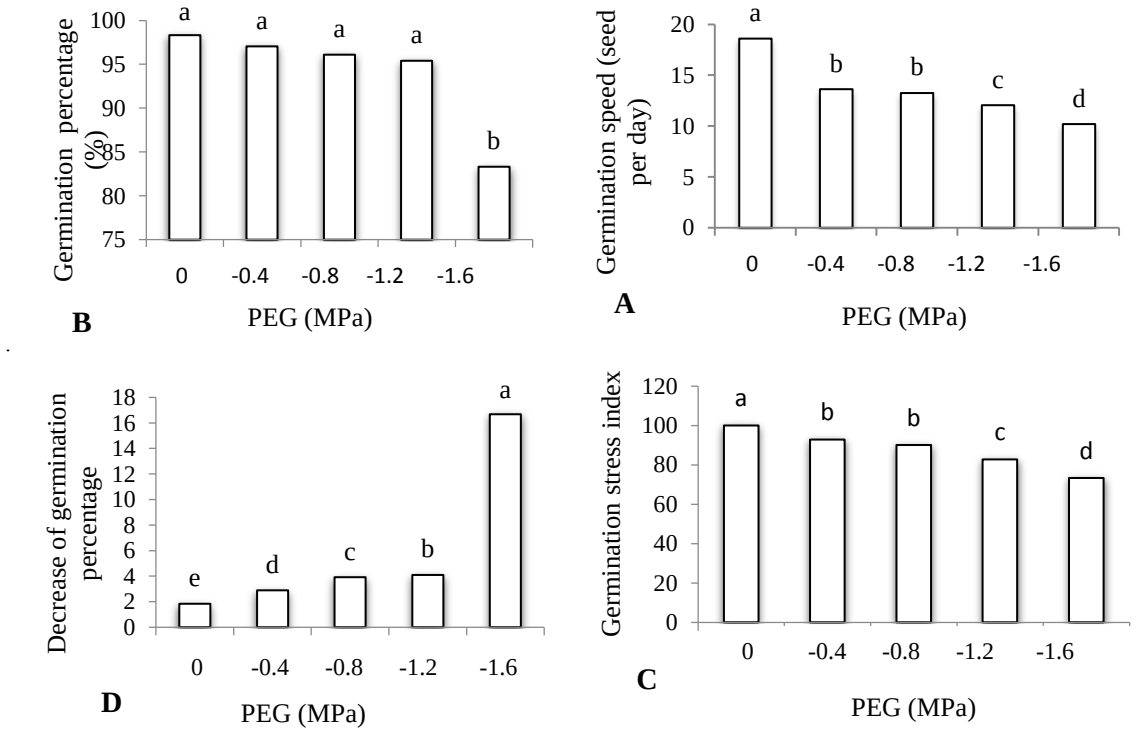


Figure 1. The effect of different levels of PEG on the germination characteristics of Dragon's head seeds

نتایج این آزمایش نشان داد درصد جوانه زنی بذر، سرعت جوانه زنی و وزن تر گیاهچه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بالنگوی شهری در اثر تنش اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول کاهش یافت. از آنجا که بذور برای جوانه زنی و انجام فعالیت‌های مربوط به آن نیاز به آب کافی دارند هر عامل محدود کننده‌ای که منجر به کاهش جذب آب در بذر گردد باعث کاهش فعالیت‌های مربوط به جوانه زنی شده و مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر بیشتر می‌شود در نتیجه سرعت جوانه زنی و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Paravar *et al.*, 2017). یکی از پیامدهای کاهش رطوبت در هنگام جوانه زنی تولید گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر شامل رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل و یون‌های سوپراکسید و پراکسید هیدروژن است که باعث ایجاد اثرات مخرب در ساختار لیپیدهای سلولی و اندامک‌ها، اکسیداسیون پروتئین‌ها و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها می‌شود (Bai *et al.*, 2020). در نتیجه باعث ایجاد اختلال در جوانه زنی و رشد گیاهچه می‌شود، زیرا جوانه زنی بذر نیاز به انرژی دارد که از مواد ذخیره‌ای بذر، مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها تأمین می‌گردد (Gao *et al.*, 2022). علت کاهش وزن تر گیاهچه ممکن است به دلیل کمتر بودن اندوخته غذایی کمتر موجود در بذر باشد که انرژی لازم برای رشد گیاهچه را فراهم نمی‌کند (Muhsin *et al.*, 2021). از طرفی وجود آب کافی برای تقسیم سلولی و طویل شدن سلول که دو عامل اصلی در رشد هستند ضروری است. بنابراین کاهش رطوبت باعث اختلال در رشد و کاهش وزن تر گیاهچه شده است که نتایج این آزمایش با نتایج Paravar *et al.* (2023) بر روی بالنگو مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تعداد گل و تعداد گل آذین در بوته تحت تأثیر اثرات ساده تنش خشکی و تیمار هیومیک اسید قرار گرفت و برهم‌کنش تیمارها بر تعداد بذر در بوته معنی‌دار بود. همچنین اثرات ساده تیمارهای تنش خشکی و هیومیک اسید بر صفات عملکرد دانه، زیست توده و وزن خشک تک بوته و برهم‌کنش تیمارها بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۲).

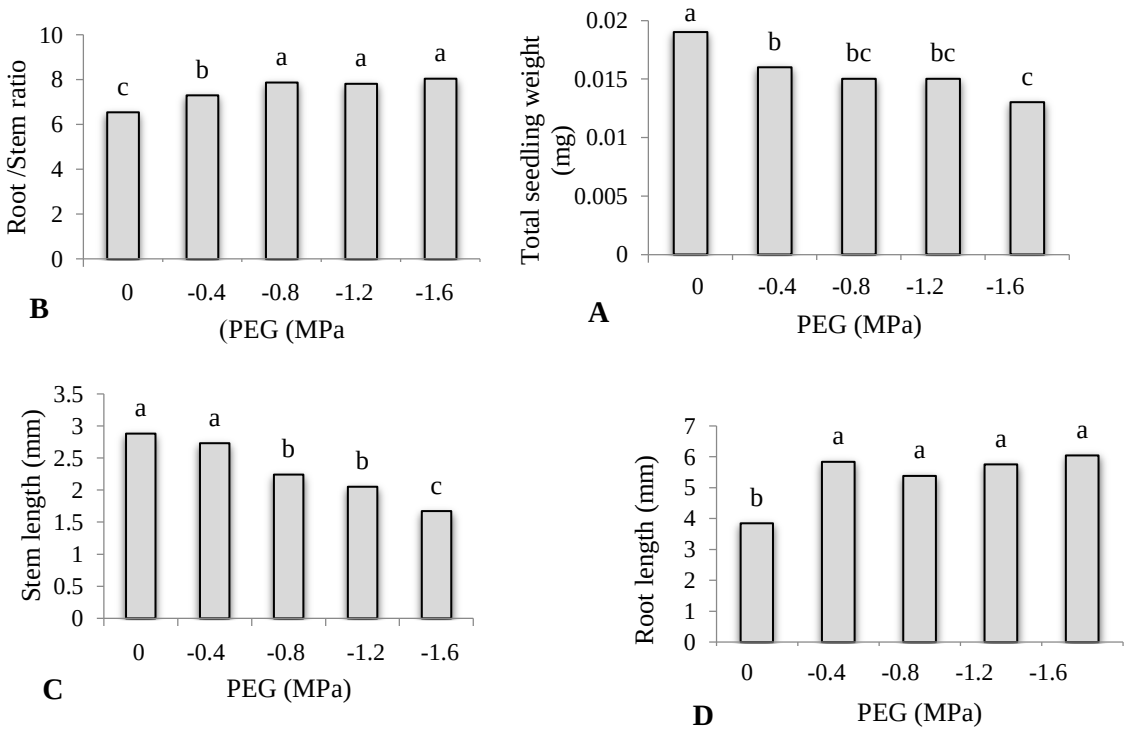


Figure 2. The effect of different levels of PEG on the characteristics of Dragon's head seeds

تعداد گل‌آذین و گل در بوته، عملکردبذر، زیست توده و وزن خشک تک بوته

نتایج بیانگر این بود که تعداد گل‌آذین در اثر سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش یافت، اما کاربرد هیومیک اسید باعث افزایش تعداد گل آذین در بوته نسبت به شاهد شد. کمترین و بیشترین تعداد گل‌آذین در بوته با میانگین‌های ۲۹/۸ و ۳۸/۱ عدد به ترتیب در تیمار شاهد و سطح تنش شدید مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین تعداد گل در بوته در اثر تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقدار آن (۱۶۶/۴ عدد گل در بوته) در سطح تنش شدید مشاهده شد. از طرف دیگر استفاده از هیومیک اسید باعث افزایش تعداد گل در بوته گردید و مقادیر افزایش در سطوح ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۳).

در مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها، نتایج نشان داد عملکرد بذر، زیست توده و وزن خشک تک بوته در اثر تنش خشکی کاهش یافت. کم‌ترین عملکرد بذر در تیمار ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر با میانگین ۶۳۶ کیلوگرم در هکتار ثبت شد که با شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش وزن زیست توده و وزن خشک تک بوته گردید، اما بین سطوح مختلف تنش خشکی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). کاربرد هیومیک اسید در سطوح مختلف باعث افزایش عملکرد بذر، زیست توده و وزن خشک تک بوته نسبت به شاهد گردید و بیشترین میانگین عملکرد بذر و زیست توده در سطح ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج نشان داد میزان ماده خشک، تعداد گل و گل آذین، تعداد بذر در بوته و زیست توده در اثر تنش خشکی کاهش یافت که با نتایج سایر محققان در گیاه بالنگو شهری مطابقت داشت (Abdollahi and Maleki, 2018; Vafaei *et al*., 2021; Paravar *et al*., 2023). تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان فتوسنتز و کاهش کربوهیدرات تولیدی در گیاهان می‌شود. همچنین انتقال مواد غذایی از منبع به مخزن کاهش می‌یابد و باعث کاهش رشد و درنتیجه ماده خشک گیاه و تولید گل و گل آذین می‌گردد. از طرف دیگر در شرایط تنش خشکی گیاه برای سازگاری بهتر رشد خود را کاهش داده و انرژی خود را صرف نگهداری پتانسیل اسمزی خود با افزایش اسمولیت‌ها مانند اسیدآمینه پرولین می‌کند. در چنین شرایطی زیست توده و وزن خشک گیاه و همچنین تولید گل کاهش می‌یابد (Pawar *et al*., 2018; Paravar *et al*., 2023). از طرفی استفاده از هیومیک اسید با تاثیر بر جذب آب و مواد غذایی می‌تواند تولید زیست توده، گلدهی و عملکرد گیاه را افزایش داد (Tan, 2003).

میزان موسیلاژ و عملکرد اسانس

تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثرات ساده تنش خشکی بر صفات میزان موسیلاژ و عملکرد اسانس و اثر ساده هیومیک اسید بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد در اثر افزایش شدت تنش خشکی (سطح ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر) نسبت به شاهد درصد موسیلاژ به میزان ۱۲ درصد افزایش یافت و بیشترین میزان موسیلاژ در سطح تنش شدید (۵۵/۴۴ درصد) ثبت گردید، اما میزان موسیلاژ تحت اثر تیمار هیومیک اسید قرار نگرفت (جدول ۳). عملکرد اسانس در اثر تنش خشکی در مقایسه با شاهد کاهش یافت و کمترین مقدار آن در سطح شدید تنش خشکی (۰/۷۲۱ گرم در متر مربع) مشاهده شد. استفاده از هیومیک اسید به ویژه سطح ۱۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید (جدول ۳).

در بررسی خصوصیات شیمیایی بذر نتایج نشان داد در اثر تنش خشکی میزان موسیلاژ بذر افزایش یافت که با نتایج Paravar *et al*. (2017) مطابقت داشت. موسیلاژ بذر گروهی از ترکیبات کربوهیدراتی مملو از پلی‌ساکاریدها است که توانایی نگهداری مقدار قابل توجهی رطوبت را دارد (Paravar *et al*., 2021). بنابراین افزایش میزان موسیلاژ بذر در شرایط تنش خشکی باعث افزایش مقاومت بذرها به شرایط کم آبی می‌شود و منجر به جوانه زنی بهتر آن‌ها در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Pawar *et al*., 2018). نتایج نشان داد میزان اسانس در گیاه بالنگوی شهری در شرایط تنش خشکی کاهش یافت که می‌تواند به علت

اثرات مخرب تنش خشکی بر میزان ماده خشک آن باشد زیرا در صد اسانس تابعی از عملکرد گیاه می‌باشد و کاهش رشد و زیست توده مقدار اسانس را کم می‌کند (Pradhan *et al.*, 2017).

تعداد بذر در بوته، وزن هزاردانه و شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تیمارها بر شاخص برداشت و وزن هزار دانه نشان داد شاخص برداشت با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و استفاده از تیمار هیومیک اسید به ویژه سطح ۱۵ لیتر در هکتار باعث بهبود این شاخص نسبت به شاهد گردید. بیشترین میزان شاخص برداشت در سطوح ۵۰ میلی‌متر تبخیر (شاهد) و ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید وجود داشت. همچنین بیشترین وزن هزار دانه در سطح ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید و شاهد (بدون تنش خشکی) با میانگین ۲۰/۰۷ گرم مشاهده شد. با افزایش شدت تنش خشکی از وزن هزاردانه کاسته شد، اما میزان کاهش در گیاهان تیمارشده با هیومیک اسید کمتر از گیاهان تیمار نشده بود (جدول ۴).

اثر تیمارهای هیومیک اسید و تنش بر تعداد بذر در بوته نشان داد، بیشترین تعداد بذر در بوته در سطح بدون تنش (شاهد) و استفاده از تیمار ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید وجود داشت. افزایش شدت تنش باعث کاهش تعداد بذر در بوته گردید، اما استفاده از اسید هیومیک به‌ویژه در سطح ۱۵ لیتر در هکتار باعث بهبود تعداد بذر در بوته نسبت به شاهد گردید (جدول ۴).

تنش خشکی به دلیل کاهش فرایندهای مرتبط با رشد و کاهش میزان ماده خشک باعث کاهش تعداد گل و بذر در بوته می‌شود. از طرفی کاهش آب قابل دسترس بالنگوی شهری در هنگام رشد زایشی باعث کاهش تشکیل گل و افزایش ریزش گل می‌شود، در نتیجه تعداد فندقه کمتری تشکیل شده و تعداد بذر در بوته و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. تنش خشکی باعث پژمردگی کلاله، پسابیدگی دانه گرده و عدم رشد لوله گرده شده و انتقال مواد غذایی به دانه کاهش یافته و منجر به سقط جنین و دانه می‌گردد (Vafaei *et al.*, 2021). در شرایط تنش خشکی تعداد برگ و ماده خشک کاهش یافته در این شرایط به علت بسته شدن روزنه‌ها فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد و از طرف دیگر تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه کاهش و بیشتر صرف تولید ترکیبات آلی تنظیم کننده اسمزی می‌شود که منجر به تولید دانه‌های کوچک و کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Wang *et al.*, 2016). شاخص برداشت در بالنگوی شهری بستگی به عملکرد دانه و میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در زمان رشد مناسب برگ دارد.

در شرایط تنش خشکی به دلیل کمبود آب و کاهش رشد رویشی، تولید و انتقال مواد به بذر به خوبی انجام نمی‌شود در نتیجه باعث کاهش شاخص برداشت دانهٔ بالنگوی شهری می‌شود (Vafaei *et al.*, 2021).

نتایج آزمایشات مختلف نشان داده‌است که استفاده از هیومیک اسید در گیاهان مختلف تحت تنش باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی آن‌ها می‌شود (Tan, 2003; Rafat *et al.*, 2012; Esmaili and Tadayon, 2019). هیومیک اسید باعث بهبود رشد رویشی شده و رشد ریشه را تحریک می‌کند و منجر به بهبود جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و فسفر می‌شود که باعث بهبود عملکرد بذر، وزن هزاردانه و شاخص برداشت می‌شود. همچنین هیومیک اسید انتقال قند در گیاهان را تسهیل می‌کند (Tan, 2003). بنابراین استفاده از آن در شرایط تنش خشکی در گیاه بالنگوی شهری باعث افزایش مادهٔ خشک و تعداد گل، بذر، وزن هزاردانه و عملکرد گردید. از طرف دیگر ممکن است بهبود شاخص‌های اندازه گیری شده در این آزمایش در اثر استفاده از هیومیک اسید به این دلیل باشد که هیومیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی شده (Rahi *et al.*, 2012) و میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهد (Delfine *et al.*, 2005).

Table 2. Variance analysis for growth and yield characteristics of Dragon's head plant under drought stress and different levels of humic acid

S.O.V	df	Means of square									
		Seed number per plant	Inflorescence number per plant	Flower number per plant	Seed yield	1000 - seeds weight	Harvest index	Biological yield	Dry weight	Mucilage percentage	Essential oil percentage
Block	2	2038	8.41	400.89	6468	0.004	3.74	0.0045	0.085	0.53	0.011
Drought stress (A)	3	84539**	362.3**	23606**	168335**	0.13**	44.86**	0.0665*	0.306*	109**	0.243**
E (a)	6	2993	14.78	239.28	17537	0.005	3.68	0.0044	0.038	1.6	0.013
Humic acid (B)	3	232656**	268.9**	3810**	237772**	0.077**	163.3**	0.1619**	0.452**	0.22^{ns}	0.504**
A ×B	9	15084**	17.01^{ns}	319^{ns}	21718^{ns}	0.027**	21.08**	0.0057^{ns}	0.099^{ns}	1.1^{ns}	0.019^{ns}
E(b)	24	2880	20.94	229.1	13628	0.004	3.47	0.004	0.053	0.69	0.008
C.V (%)		8.9	13.8	7.1	15	3.7	5.7	11	19	1.5	11

ns and ** : not significant and significant at 1% probability level, respectively.

Table 3. Mean comparison for flower number and the inflorescence number per plant under drought stress and different levels of humic acid treatments

	Inflorescence number per plant	Flower number per plant	Seed yield (kg. ha^{-1})	Biological yield (kg. m^{-2})	Dry weight (g)	Mucilage percentage (%)	Essential oil yield (g. m^{-2})
Drought stress							
Control (50 mm Evaporation)	39.99^{a}	260.7^{a}	912.2^{a}	0.67^{a}	1.45^{a}	52.4^{d}	1.036^{a}
Mild stress (70 mm Evaporation)	34.49^{b}	234.3^{b}	822.7^{ba}	0.0547^{b}	1.23^{b}	53.98^{c}	0.8^{b}
Moderate stress (90 mm Evaporation)	30.59^{c}	181^{c}	734^{bc}	0.528^{b}	1.14^{b}	54.78^{b}	0.755^{b}
Severe stress (110 mm Evaporation)	27.2^{c}	166.4^{d}	636^{c}	0.502^{b}	1.08^{b}	59.44^{a}	0.721^{c}
Humic acid							
Control	29.76^{c}	193.7^{c}	598.3^{c}	0.403^{d}	0.96^{b}	0.558^{ns}	0.558^{d}
5 l ha^{-1}	32.71^{b}	198.7^{c}	768^{b}	0.557^{c}	1.25^{a}	0.796^{ns}	0.796^{c}
10 l ha^{-1}	34.79^{ab}	217.5^{b}	797.2^{b}	0.615^{b}	1.28^{a}	55.23^{ns}	0.922^{b}
15 l ha^{-1}	38.01^{a}	232.5^{a}	941.4^{a}	0.673^{a}	1.422^{a}	55.32^{ns}	1.036^{a}

Means followed by the same letters using LSD test at 5% probability level did not differ significantly.

Table 4. Mean comparison for mutual effects of drought stress and humic acid treatment on 1000- seed weight and harvest index of Dragon's head

Drought stress	Humic acid	Harvest index (%)	1000 - seeds weight (g)	Seed number per plant
Control (50 mm Evaporation)	Control	28.96^{g-j}	1.61^{de}	586^{def}
	5 l ha^{-1}	32.05^{d-g}	1.7^{cd}	583^{ef}
	10 l ha^{-1}	34.9^{cd}	1.89^{b}	728^{c}
	15l ha^{-1}	41.29^{a}	2.07^{a}	1031^{a}
Mild stress	Control	27.43^{ij}	1.69^{cd}	463^{g}
	5 l ha^{-1}	30.27^{e-i}	1.68^{cd}	634^{cde}
	10 l ha^{-1}	38.9^{ab}	1.73^{c}	695^{cd}
	15l ha^{-1}	36.38^{bc}	1.75^{c}	847^{b}
Moderate stress	Control	27.57^{h-j}	1.68^{cd}	417^{gh}
	5 l ha^{-1}	33.23^{de}	1.68^{cd}	571^{ef}
	10 l ha^{-1}	34.23^{cd}	1.66^{cd}	638^{cde}
	15l ha^{-1}	36.65^{bc}	1.66^{cd}	621^{de}
Severe stress	Control	26.6^{j}	1.46^{f}	403^{h}
	5 l ha^{-1}	32.36^{d-f}	1.51^{ef}	554^{f}
	10 l ha^{-1}	30.58^{e-h}	$1.6d^{e}$	561^{f}
	15l ha^{-1}	29.78^{f-i}	1.69^{cd}	741^{c}

Means followed by the same letters using LSD test at 5% probability level did not differ significantly.

نتیجه گیری

بـا اسـتفاده از سـطوح مختلـف تـنش خشـکی شاخص‌های مربوط بـه جوانـه زنـی بـذر ماننـد درصـد و سرعت جوانه زنی بالنگو کاهش یافـت و همچنـین تـنش خشکی باعث کاهش عملکرد زیست توده، عملکرد بذر، وزن هـزار دانـه، شـاخص برداشـت و عملکـرد اسـانس و افزایش درصد موسیلاژ بالنگوی شهری گردید و تیمار با سطوح مختلف هیومیک اسید بـه‌ویـژه سـطح ۱۵ لیتـر در هکتار آن باعث بهبود بسیاری از شاخص‌ها از جمله وزن زیست توده، تعداد گل و گل آذیـن در بوتـه و عملکـرد بذر و عملکرد اسانس به عنوان یک تعـدیل کننـده تـنش خشکی شد. اسید هیومیک با غلظت ۱۵ لیتر در هکتار در این آزمایش به یک عامل کمکی در جهت بهبود تحمـل به تنش خشکی در گیاه بالنگوی شهری تعیین شد.

سپاس گزاری

نویسندگان این مقاله از دانشـگاه شـهرکرد، هنرسـتان کشـاورزی شـهرکرد و دانشـگاه ملـی مهـارت بـه دلیـل حمایت‌های مالی و معنوی در اجرای پژوهش فوق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

Abdolahi, M., & Maleki Farahani, S. (2019). Seed quality, water use efficiency and eco physiological characteristics of lallemantia (*Lallemantia* sp.) species as effected by soil moisture content. *Acta Agriculturae Slovenica*, 113, 307- 320.

Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., & Shnan, N.T. (2011). The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, 10(11), 1988-1996.

Bai, Y., Xiao, S., Zhang, Z., Zhang, Y., Sun, H., Zhang, K., Wang, X., Bai, Z., Li, C. & Liu, L. (2020). Melatonin improves the germination rate of cotton seeds under drought stress by opening pores in the seed coat. *Peer Journal,* 8, e9450.

Chowdhury, J.A., Karim, M.A., Khaliq, Q.A., Ahmed, A.U. & Mondol, A.M. (2017). Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. *SAARC Journal of Agriculture*, 15(2), 163-175.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development,* 25, 183-191.

Esmaili, A. & Tadayon, M.R. (2019). Influence of drought stress and humic acid on growth, yield and sugar production of sugar beet. *Journal of Agroecology*, 11(1), 185-198. [In Persian].

Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P. & Ferrara, E. (2007). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia'table grape. In Proc. of the World Congress of Vine and Wine (Vol. 165).

Gao, Y., Peng, S., Hang, Y., Xie, G., Ji, N. & Zhang, M. (2022). Mycorrhizal fungus coprinellus disseminatus influences seed germination of the terrestrial orchid *Cremastra appendiculata* (d. Don) makino. *Scientia Horticulturae*, 293, 110724.

Harper, S.M., Kerven, G.L., Edwards, D.G. & Ostatek-Boczynski, Z. (2000). Characterization of fulvic and humic acids from leaves of Eucalyptus camaldulesis and from decomposed hay. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1331-1336.

Hartz, T.K. & Bottoms, T.G. (2010). Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *Horticulture Science*, 45(6), 906-910.

Kamsefidi, H. & Arvin S.M.J. (2011). Effects of humic acid application on moisture preservation of some vegetative properties and fruit performance in melon cultivars. Eleventh General Irrigation Seminar and Reduction of Evapotranspiration. Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. p. 1-8. [In Persian].

Hossini, F., Meskarbashee, M., & Rahnama, A. (2025). The effect of foliar application of cytokinin and salicylic acid on yield and physiological characteristics of sunflower under drought stress conditions. *Journal of Plant Production Research,* (In press), [In Persian].

Michel., B & Kaufmann., R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51 (5), 914–916.

Moradi, K., Hamdi Shangari, A., Shahrajabian, M.H. & Gharineh, M.H. (2010) Madandost Isabgol (plantago ovata Forsk.) response to irrigation intervals and different nitrogen levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26(2), 196- 204. [In Persian].

Mozaffarian, V. (2012). Identification of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhange Moaser Publisher. Tehran. [In Persian].

Muhsin, M., Nawaz, M., Khan, I., Chattha, M.B., Khan, S., Aslam, M.T., Iqbal, M.M., Amin, M.Z., Ayub, M.A. & Anwar, U. (2021). Efficacy of seed size to improve field performance of wheat under late sowing conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(1), 247-253.

Nemati, Sh., Sefidkon, F. & Poorherave, M. (2011). The effects of drying methods on essential oil content and composition of *Thymus daenensis* Celak. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(1), 73-80. [In Persian].

Omidinasab, D., Meskarbashee, M. & Rahnama Ghahfarokhi, A. (2023). Effect of deficit irrigation on grain yield and quality characteristics of oil content of sunflower (*Helianthus annus* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science,* 54(3), 97-108. [In Persian].

Paravar, A., Maleki Farahani, S. & Rezazadeh, A. (2023). Effect of nutrient and soil moisture of maternal environment on quality and biochemical characteristics of Dragon's head (*Lallemantia iberica*) seed. *Iranian Journal of Seed Research*, 9(2), 133-150. [In Persian].

Paravar, A., Maleki Farahani, S. & Rezazadeh, A. (2017). Effect of water stress on maternal plant during seed development on seed vigor of Dragon' head (*Lallemantia iberica*) and Lady's mantle (*Lallemantia royleana*) drought and salinity stress tolerance at germination stage. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 4(3), 13-26. [In Persian].

Paravar, A., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A. (2021). Lallemantia species response to drought stress and Arbuscular mycorrhizal fungi application. *Industrial Crops and Products,* 172, 114002. [In Persian].

Paravar, A., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A., (2023). Responses of Dragon's head (*Lallemantia iberica*) and Lady's mantle (*Lallemantia royleana*) inoculated by mycorrhiza to different irrigation regimes. *Journal of Agroecology*, 14(4), 731-750. [In Persian].

Pawar, P.B., Khadilkar, J.P., Kulkarni, M.V., & Melo, J.S. (2018). An approach to enhance nutritive quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seed oil through endo mycorrhizal fertigation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 14, 18-22.

Pradhan, J., Sahoo, S. K., Lalotra, S., & Sarma, R. S. (2017). Positive impact of abiotic stress on medicinal and aromatic plants. *International Journal of Plant Sciences*, 12(2), 309-313.

Rafat, N., Yarnia, M., & Hassanpanah, D. (2012). Effect of drought stress and potassium humate application on grain yield-related traits of corn (cv. 604). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 580-584.

Rahi, A., Davoodifar, M., Azizi, F., & Habibi, D. (2012). Evaluation of humic acid and graph trends in *Dactylis glomerata*. *Gronomy and Plant Breeding*, 8(3), 15-28.

Rahnama, A., Hosseinalipour, B., Farrokhian Firouzi, A., Harrison, M.T., & Ghorbanpour M. (2024). Root architecture traits and genotypic responses of wheat at seedling stage to water-deficit stress. *Cereal Research Communications,* 52, 1499-1510.

Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., & Kazmi, H.M. (2011). Lignite-drived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*, 21, 124-131.

Tan, K.H. (2003). Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York. 153-186.

Vafaei, S.N., Sohrabi, Y., & Moradi, P. (2021). Evaluation of physiological characteristics, yield, yield components, and oil yield of dragon's head under deficit irrigation conditions in response to foliar application of brassinosteroid. *Journal of Crop Improvement*, 23(3), 593-606.

Wang, X., Cai, X., Xu, C., Wang, Q., & Dai, S. (2016). Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. *Intenational Journal of Molecular Sciences*, 17, 1-30

Yang, X., Baskin, J. M., Baskin, C. C., & Huang, Z. (2012). More than just a coating: ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. *Perspectives Plant Ecology Evolotion Systematices*, 14, 434–442.