نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

Effects of different levels of humic acid and limitation in irrigation on the growth and functional characteristics of the medicinal plant *Lallemantia iberica* L.

DOI: 10.22055/ppd.2024.47380.2190

Akbar Saljoghi [2*] Masoud Fattahi[1]

1. **Faculty Member, Department of Agriculture science, National university of skill (NUS), Tehran, Iran Email: ma.fatahi67@gmail.com**
2. **Ms. Student and of Department of Horticulture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran**

Abstract

Introduction

Humic acid is a principal component of humic substances, which increasing cell membrane permeability, increasing photosynthesis and respiration rates, enhancing mineral uptake and enhancing protein synthesis. The effects of Humic acid on the physiological and photosynthetic characteristics of plants under drought stress have been, including the growth parameters, osmotic regulation, antioxidase activity (such as the superoxide dismutase, peroxidase, and catalase) and photosynthesis parameters. Also, drought stress is one of the most important abiotic stresses that adversely influences the growth and production of crops and disturbs plant water relationships, reducing leaf size, root growth and root multiplication. Plants exhibit various physiological and biochemical responses to drought stress at cellular and whole organism levels. The results of some study indicated that the appropriate concentration of humic acid could effectively alleviate the damage of drought stress on plants.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of drought stress on germination characteristics, as well as the effect of different levels of humic acid and water deficit on some characteristics of the medicinal plant of lallemantia, two experiments were conducted. In the first experiment, the characteristics of germination of lallemantia under the influence of five levels of drought stress including 0 potential, -0.4, -0.8, -1.2 and -1.6 MPa in the form of a completely randomized design with 4 replications in the laboratory of the Faculty of Agriculture Shahrekord University was evaluated. In the second experiment, in order to investigate the different levels of humic acid and water deficit stress on some characteristics of the lallemantia, a field experiment was conducted in the form of a split plot in the form of a completely randomized block design in three replications. The treatments included four irrigation levels of 50, 70, 90 and 110 mm evaporation, from the evaporation pan surface as the main factor and four humic acid levels of 0, 5, 10 and 15 liters per hectare as secondary factors.

Results and Discussion

The results showed that the percentage and speed of germination and fresh weight of lallemantia seedlings decreased due to drought stress levels and the root length increased. Also, in the results of the field experiment, it was observed that the number of flowers, inflorescences, seeds per plant, seed yield, and the amount of biomass were affected by the simple effects of drought stress and humic acid treatments, and drought stress decreased them, while the use of humic acid increased them. As a result of drought stress, the percentage of mucilage increased and the yield of essential oil decreased. Also, the use of humic acid increased the yield of essential oil

compared to the control. In general, the use of humic acid, especially at a concentration of 15 liters per hectare, increased the seed yield and the medicinal properties of the lallemantia plant. In general, the use of humic acid, especially at a concentration of 15 liters per hectare, increased the seed yield and the medicinal properties of the lallemantia plant.

Conclusion

humic acid is an alicyclic ring, and a hydrophilic group, such as a carboxyl group, a hydroxyl group, or a carbonyl group is bonded to enhance the water retention of the plant. Humic acid can be used directly on plants at low concentrations to enhance plant growth, yield and nutrient uptake, thus constituting a popular category of plant biostimulants. Our findings further illustrated that humic acid can relieve the damage of drought stress because humic acid also has the effect of stabilizing the plasma membrane system by increasing the activity of antioxidant enzymes and participating in cell osmotic regulation. Our findings may help to elucidate of the effects of humic acid on lallemantia plant under drought stress and provide substantial guidance for the use of humic acid in agricultural production.

Keywords: Biomass, Dehydration, Essential oil, Germination, Mucilage, Yield

اثرسطوح مختلف اسید هیومیک و محدودیت در آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکردی گیاه داروئی بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* L.)

مسعود فتاحی[1*]، اکبر سلجوقی[2]

۱دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲ عضو هیات علمی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده: بالنگو یکی از گیاهان مهم از خانواده نعناعیان است که اهمیت آن به خصوصیات دارویی و صنعتی آن بر می‌گردد. به همین منظور جهت بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه زنی بذر بالنگوی شهری و همینطور تاثیر سطوح مختلف اسید هیومیک و کم آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکردی گیاه داروئی بالنگوی شهری دو آزمایش جداگانه انجام شد. در آزمایش اول خصوصیات جوانه زنی بالنگوی شهری تحت تاثیر تنش خشکی 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 دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. در آزمایش دوم، به منظور بررسی اثر سطوح مختلف اسید هیومیک و تنش کم آبی بر خصوصیات رویشی، عملکرد، موسیلاژ و میزان اسانس گیاه دارویی بالنگوی شهری آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح اسید هیومیک 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 گیاهچه‌های بالنگوی شهری در اثر سطوح تنش خشکی (۱/٦- مگاپاسکال) به ترتیب به میزان ١٤، ۳۹ و ۳ درصد نسبت به شاهدکاهش یافت. همچنین در اثر تنش خشکی ناشی از PEG طول ریشه‌چه افزایش و طول ساقه‌چه کاهش یافت. در نتایج آزمایش مزرعه‌ای (آزمایش دوم) مشاهده شد که تعداد گل، گل‌آذین، بذر در بوته، عملکرد بذر و مقدار زیست توده تحت تاثیر اثرات ساده تیمارهای تنش خشکی و اسیدهیومیک قرار گرفت و تنش خشکی باعث کاهش این شاخص‌ها شد. همچنین در اثر تنش خشکی شدید میزان موسیلاژ در مقایسه باشاهد ۱۳ درصد افزایش و مقدار اسانس ۳۰ درصد کاهش یافت. درحالی که استفاده از اسیدهیومیک باعث افزایش میزان

زیست توده، وزن خشک تک بوته، تعداد بذر و گل در بوته و وزن هزاردانه بذر نسبت به شاهد گردید. از طرف دیگر استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید. همچنین نتایج نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و اسید هیومیک بر تعداد بذر در گیاه، وزن هزاردانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. به‌طورکلی استفاده از اسیدهیومیک به ویژه در غلظت ۱۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد بذر و خصوصیات دارویی گیاه بالنگوی شهری گردید و باعث تعدیل اثرات مخرب تنش خشکی گردید.

کلمات کلیدی: اسانس، بیومس، جوانه زنی، کم آبی، عملکرد، موسیلاژ

مقدمه:

بالنگو یکی از گیاهان ارزشمند خانواده نعناییان است و دارای گونه‌های متعددی می‌باشد که از گذشته تا کنون 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 تاثیر قرار دهد و باعث تاثیر بر ویژگی‌های مختلف بذر مانند قدرت جوانه‌زنی بذر گردد که این امر اهمیت مطالعه و بررسی تاثیر 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 مطالعه واکنش‌های مختلف بذر به تنش رطوبتی دارای اهمیت است. خشکی به عنوان یک تنش مهم، تاثیرات فراوانی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با رشد و عملکرد گیاه دارد. همچنین واکنش‌های گیاهان به این تنش بسته به مدت آن، شدت آن و گونه گیاهی و همچنین مرحله رشد گیاه متفاوت است (Wang *et al*., 2016). در اثر تنش خشکی تغییرات اسمزی، کاهش تورژسانس و کاهش خاصیت ارتجاعی دیواره سلولی اتفاق می‌افتد که باعث تاثیر بر رشد خواهد شد. تغییرات ذکر شده در اثر کمبود آب بر باز بودن روزنه‌ها تاثیر گذاشته و فعالیت و متابولیسم گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گیاهان در هنگام مواجهه با تنش خشکی با تغییرات مورفوفیزیولوژیکی و متابولیکی واکنش نشان می‌دهند. همچنین استفاده از عوامل خارجی مانند استفاده از اسید هیومیک می‌تواند اثرات مضر 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 می‌تواند باعث بهبود مقاومت گیاهان در برابر تنش خشکی شود از جمله اینکه هیومیک اسید باعث

افزایش جذب آب از طریق ریشه‌ها می‌شود 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 (Flagella *et al*., 2005). در بررسی تاثیر سطوح مختلف اسید هیومیک 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 اسیدهیومیک باعث افزایش عملکرد گیاهان طالبی و خربزه شده است که می‌تواند به نقش آن در کلات کننده‌گی عناصر غذایی مختلف مربوط باشد (Kamsefidi and Arvin, 2011). در آزمایشی گزارش شده است که استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه دارویی چای ترش شده است (Ahmad *et al*., 2011). بنابراین با توجه به اینکه مطالعات مختلف بیانگر اثرات مفید هیومیک اسید بر رشد و عملکرد گیاهان است این آزمایش باهدف بررسی تاثیر هیومیک اسید به عنوان یک عامل تعدیل کننده تنش خشکی بر خصوصیات مختلف مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و عملکرد بالنگوی شهری برنامه ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها:

این آزمایش در دو بخش آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شد. در بخش آزمایشگاهی به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر بالنگوی شهری از ماده پلی‌اتیلن گلیکول۶۰۰۰، (PEG ۶۰۰۰) استفاده شد. در این آزمایش پنج سطح خشکی شامل شاهد، پتانسیل ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- و ۱/۶- مگاپاسکال در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه دانشکده 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 ۳ میلی‌لیتر محلول PEG 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 ۱۲-۷ درجه 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 جوانه زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر گیاهچه ارزیابی شد.

در آزمایش دوم به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف اسید هیومیک بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه داروئی بالنگوی شهری تحت تیمارهای مختلف کم آبی، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت پلات 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. میانگین درجه حرارت در سال ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد، متوسط رطوبت نسبی ۴۲ درصد بود. تیمارها در چهار سطح تنش خشکی، 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 اسید هیومیک شامل شاهد (بدون اسید هیومیک)، ۵، ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار اسید هیومیک 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 بالنگو شهری در زمین صاف از قبل نرم شده توسط شخم و دیسک در ردیف‌هایی با فاصله بین ردیف ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری و فاصله بین گیاه ۱۰ سانتی‌متر (روی ردیف) برابر با ۳۳ بوته در متر مربع، انجام شد. کشت به صورت دستی صورت گرفت (۱۳۹۶/۲/۲۶) بدین شکل که 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 بعد از سبز شدن بذور عمل تنک کردن بر اساس فاصله‌های ذکر شده انجام شد. بذر گیاه بالنگوی شهری از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری بعدی تا زمان استقرار گیاهچه‌ها هر چهار روز یکبار انجام شد. پس از استقرار گیاهان یعنی ۳۰ روز بعد از کاشت تیمارهای تنش خشکی بصورت سطحی و هیومیک اسید هر دو آبیاری یک بار اعمال گردید. شاخص‌های مختلف بعد از ۵۰ درصد گلدهی در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. شروع گلدهی ۴۲ روز پس از کاشت بود.

وزن ماده خشک تک بوته و عملکرد ماده خشک (بیوماس) در هکتار

به این منظور بوته‌های برداشت شده در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و بلافاصله بعد از خارج نمودن از آون توسط ترازوی دیجیتال توزین شدند. برای محاسبه بیوماس در گیاه، با استفاده از کودرات یک متری بعد از رسیدن کامل گیاه از نظر فیزیولوژی از هر کرت مزرعه بصورت تصادفی نمونه‌گیری شد و در دمای اتاق به مدت پنج روز قرار داده و خشک شد، سپس نمونه‌ها به وسیله ترازوی دیجیتال توزین شدند.

شاخص‌های دانه

تعداد دانه در هر فندقه در زمان رسیدگی کامل گیاه از میانگین پنج بوته بصورت تصادفی شمارش شد. وزن هزار دانه از میانگین پنج بوته بعد از رسیدگی کامل گیاه به صورت تصادفی از گیاه جدا شده و باتوزین ۱۰۰۰ عدد بذر توسط ترازوی دیجیتال محاسبه شد. عملکرد دانه در بوته از میانگین پنج بوته بعد از رسیدگی کامل گیاه به صورت تصادفی از گیاه جدا شده و باتوزین توسط ترازوی دیجیتال محاسبه شد.

شاخص برداشت

در این رابطه (Kochi and Sarmadi, 1995) اصطلاح عملکرد بیولوژیکی برای نشان دادن تجمع ماده خشک در گیاه است که به وسیله کودرات یک متری بصورت تصادفی در هر کرت اندازه گیری شده همچنین عملکرد اقتصادی یا کشاورزی حجم یا وزن اندامی است که محصول را تشکیل می دهد که منظور همان عملکرد دانه است.

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

عملکرد دانه در هکتار

برای نشان دادن عملکرد دانه در هکتار در گیاه به وسیله کوادرات یک متری بصورت تصادفی بعد از رسیدن کامل گیاه از نظر فیزیولوژی از هر کرت نمونه‌برداری شد و پس از خشک شدن در دمای اتاق به مدت ۵ روز بذرها جدا شد و توزین گردید و براساس آن مقدار بذر در هکتار محاسبه گردید.

میزان موسیلاژ

اندازه گیری 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 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت شیکر شد و محلول حاصل صاف گردید. عصاره حاصل تا ۵۰ میلی‌لیتر تغلیظ شد و پس از آن ۴ حجم اتانول ۹۶٪ 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 محتوا و عملکرد اسانس برگ گیاه، بعد از ۵۰ درصد گلدهی، به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر در سه تکرار اسانس گیری شد. اسانس‌ها توسط سولفات سدیم بی‌آب، آب‌گیری شد و سپس بازده اسانس‌ها محاسبه شد (Nemati *et al*., 2011). عملکرد اسانس، پس از تعیین درصد اسانس، از حاصل ضرب عملکرد زیست توده و درصد اسانس محاسبه شد (Gohari *et al*., 2013).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS-10 انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. برای رسم گراف‌ها و جداول از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث:

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) صفات مختلف مربوط به جوانه زنی بذر تحت تاثیر تیمار خشکی قرار گرفت. نتایج نشان دارد سرعت جوانه زنی، درصد جوانه زنی و شاخص تنش جوانه زنی بذر بالنگوی شهری با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقدار آن‌ها در سطح تنش شدید و ۱/۶- مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلایکول مشاهده گردید و با سطوح دیگر و شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۱). کاهش درصد جوانه زنی با افزایش شدت تنش خشکی بیشتر بود و حداکثر مقدار آن در بالاترین سطح تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول مشاهده گردید (شکل ۱).

Table 1. The results of variance analysis (mean square) of the different characteristics of lallemantia medicinal plant in different PEG 6000 treatments.

Sources of changes	df	Mean square							
		Root lenght	Stem lenght	Plantlet weight	Root length/Stem lenght	Stress index of germination	Decrease of germination (%)	Speed of germination	Germination (%)
Polyethylene glycol	4	3.13**	0.991**	0.00001**	1.49**	415**	148**	39.18**	150**
Test error	15	0.397	0.054	0.00002	0.093	15	0.001	0.287	5.5
Coefficient of variation (%)		11	10	7.8	4	4.4	0.561	4	2.4

**, represent significant at 1% respectively

نسخه پیش از انتشار

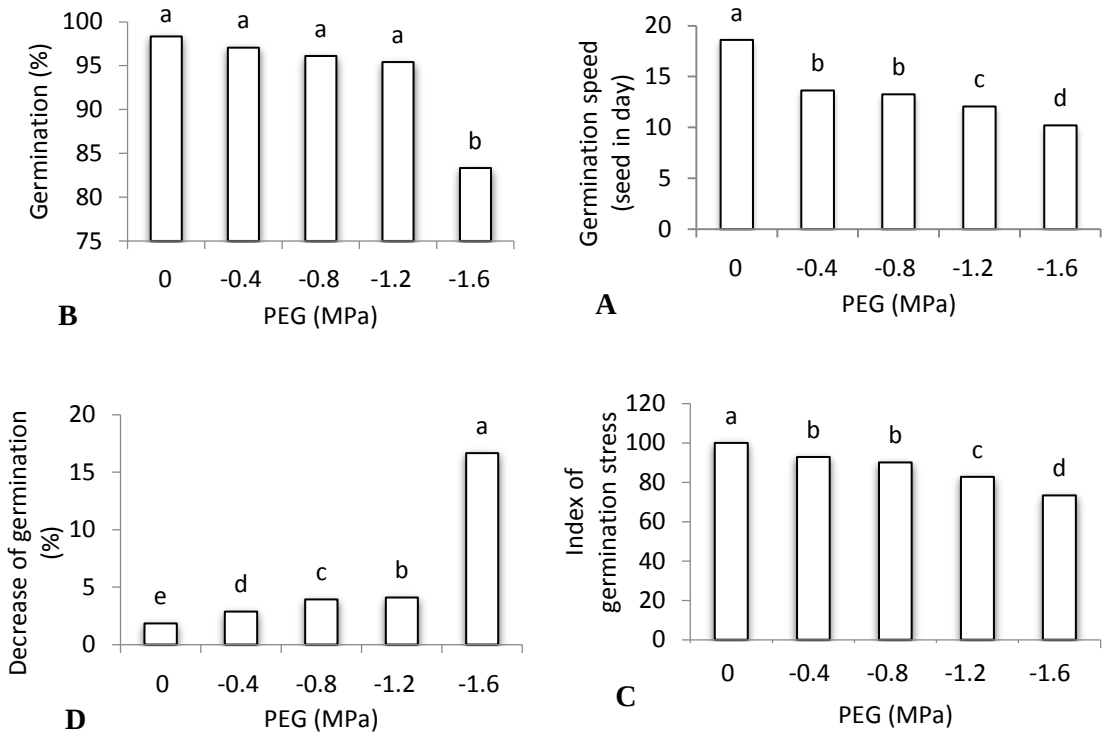
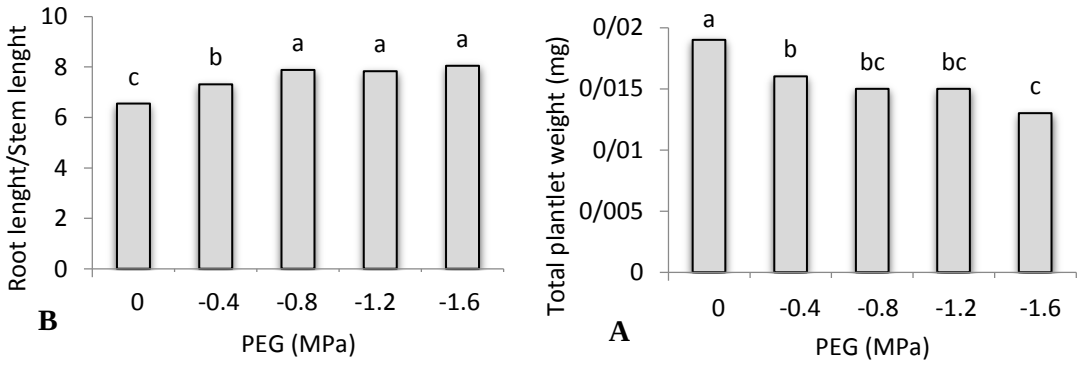


Figure 1. The effect of different levels of PEG on the germination characteristics of lallemantia seeds

وزن تر کل گیاهچه در اثر تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقدار آن در سطح ۱/۶- مگاپاسکال پلی‌اتیلن گلایکول مشاهده شد که با شاهد و سطح ۰/۴ – مگاپاسکال تنش خشکی دارای اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۲، A). از طرف دیگر نتایج این آزمایش نشان داد نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در اثر افزایش شدت تنش خشکی نسبت به شاهد بیشتر شد (شکل ۲، B). با افزایش شدت تنش خشکی (سطح شدید تنش خشکی) 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).



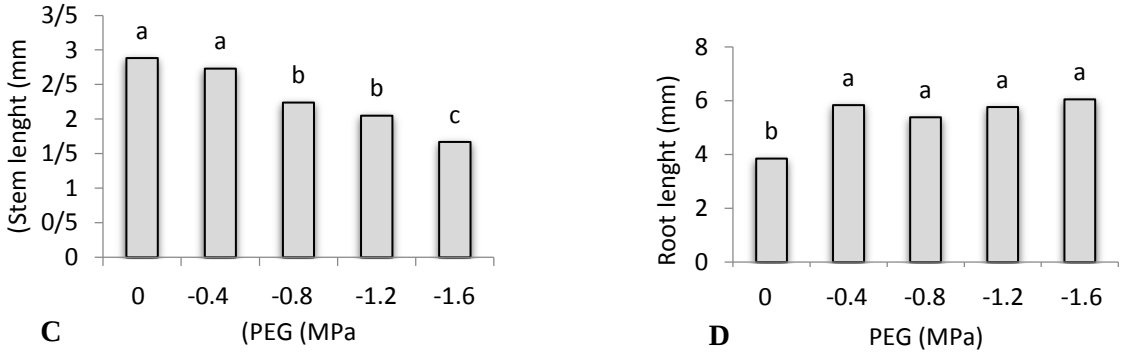


Figure 2. The effect of different levels of PEG on the characteristics of lallemantia plant.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تعداد گل در بوته و تعداد گل‌آذین در بوته تحت تاثیر اثرات ساده تنش خشکی و تیمار هیومیک اسید قرار گرفت و اثر متقابل تیمارها بر تعداد بذر در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲).

Table 2. Results of variance analysis (mean square) of traits number of flowers, garland and seeds plant under drought stress and different levels of humic acid in lallemantia plant.

Sources of changes	Mean square			
	df	Seed number in plant	Garland number in plant	Flower number in plant
Replication	2	2038	8.41	400.89
Drought Stress	3	84539**	362.3**	23606**
Main error	6	2993	14.78	239.28
Humic acid	3	232656**	268.9**	3810**
Humic acid* Drought stress	9	15084**	17.01^{ns}	319^{ns}
Minor error	24	2880	20.94	229.1
Coefficient of variation (%)		8.9	13.8	7.1

ns and ** indicate non-significance and significance at 1% probability level, respecti vely.

نتایج نشان داد تعداد گل در بوته گیاه بالنگوی شهری در اثر تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقدار آن با میانگین ۱۶۶/۴ عدد گل در بوته در سطح تنش شدید مشاهده شد. از طرف دیگر استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش تعداد گل در بوته گردید و افزایش تعداد گل در بوته در سطوح ۱۰ و ۱۵ لیتر در هکتار نسبت به شاهد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین نتایج بیانگر این بود که تعداد گل‌آذین نیز 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 گل آذین در بوته با میانگین‌های ۲۹/۷۶ و ۳۸/۰۱ عدد به ترتیب در شاهد و سطح تنش شدید مشاهده گردید (جدول ۳).

Table 3. Comparison of the mean traits of the flower number and the garland number under drought stress and different levels of humic acid treatments.

	Garland number in plant	Flower number in plant
Drought stress		
Control (50 mm Evaporation)	39.99[a]	260.7[a]
Lowe stress (70 mm Evaporation)	34.49[b]	234.3[b]
Mild stress (90 mm Evaporation)	30.59[c]	181[c]
Highe stress (110 mm Evaporation)	27.2[c]	166.4[d]
Humic acid		
Control	29.76[c]	193.7[c]
5 Li/h	32.71[b]	198.7[c]
10 Li/h	34.79[ab]	217.5[b]
15 Li/h	38.01[a]	232.5[a]

در بررسی اثر تیمارهای هیومیک اسید و تنش خشکی بر تعداد بذر در بوته گیاه بالنگوی شهری نتایج 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 خشکی باعث کاهش تعداد بذر در بوته گردید اما استفاده از اسید هیومیک به‌ویژه سطح ۱۵ لیتر در هکتار باعث بهبود تعداد بذر در بوته نسبت به شاهد گردید (شکل ۲).

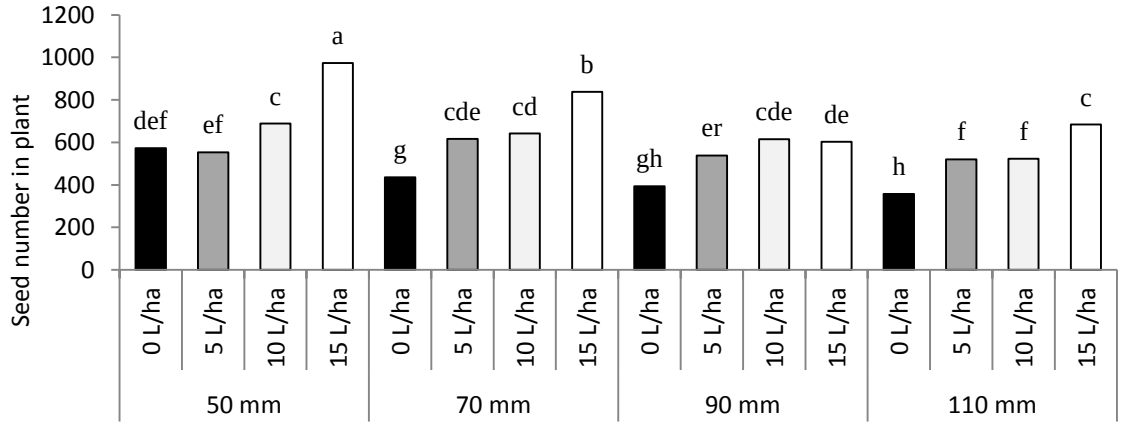


Figure 2. Mean comparison of interaction effect of drought stress and humic acid on seed number of plants.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده تیمارهای تنش خشکی و هیومیک اسید بر صفات عملکرد دانه، زیست توده و وزن خشک تک بوته و اثر متقابل تیمارها بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴).

Table 4. Results of variance analysis (mean square) of different traits under drought stress and different levels of humic acid in lallemantia plant.

Sources of changes		Mean square				
	df	Yield	Weight of 1000 seeds	Harvest index	Biomass	Dry weight (1 plant)
Replication	2	6468	0.004	3.74	0.0045	0.085
Drought Stress	3	168335**	0.13**	44.86**	0.0665*	0.306*
Main error	6	17537	0.005	3.68	0.0044	0.038
Humic acid	3	237772**	0.077**	163.3**	0.1619**	0.452**
Humic acid* Drought stress	9	21718^{ns}	0.027**	21.08**	0.0057^{ns}	0.099^{ns}
Minor error	24	13628	0.004	3.47	0.004	0.053
Coefficient of variation (%)		15	3.7	5.7	11	19

ns and ** indicate non-significance and significance at 1% probability level, respectively.

در بررسی 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 اختلاف معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش زیست توده و وزن خشک تک بوته گردید اما بین سطوح مختلف تنش خشکی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). 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 گردید (جدول ۵).

Table 3. Comparison of the mean traits of the seed performance, biomass and dry weight under drought stress and different levels of humic acid treatments.

Drought stress	Yield (Kg/h)	Biomass (Kg/m^2)	Dry weight (1 plant) (g)
Control (50 mm Evaporation)	912.2^{a}	0.67^{a}	1.45^{a}
Lowe stress (70 mm Evaporation)	822.7^{ba}	0.0547^{b}	1.23^{b}
Mild stress (90 mm Evaporation)	734^{bc}	0.528^{b}	1.14^{b}
Highe stress (110 mm Evaporation)	636^{c}	0.502^{b}	1.08^{b}
Humic acid			
Control	598.3^{c}	0.403^{d}	0.96^{b}
5 Li/h	768^{b}	0.557^{c}	1.25^{a}
10 Li/h	797.2^{b}	0.615^{b}	1.28^{a}
15 Li/h	941.4^{a}	0.673^{a}	1.422^{a}

مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها بر وزن هزار دانه و شاخص برداشت در جدول ۶ آورده شده است. نتایج نشان داد بیشترین وزن هزار دانه در سطح ۱۵ لیتر در هکتار هیومیک اسید و شاهد (بدون تنش خشکی) با میانگین ۲۰/۰۷ گرم مشاهده شد. همچنین 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. درصد شاخص برداشت نیز با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و استفاده از تیمار هیومیک اسید بویژه 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 (جدول ۶).

Table 6. Mean comparison of mutual effects of drought stress and humic acid treatment on thousand seed weight traits and harvest index of lallemantia plant.

Drought stress	Humic acid	harvest index (%)	Weight of 1000 seeds (g)
Control (50 mm Evaporation)	Control	28.96^{g-j}	1.61^{de}
	5 Li/h	32.05^{d-g}	1.7^{cd}
	10 Li/h	34.9^{cd}	1.89^{b}
	15 Li/h	41.29^{a}	2.07^{a}
Lowe stress (70 mm Evaporation)	Control	27.43^{ij}	1.69^{cd}
	5 Li/h	30.27^{e-i}	1.68^{cd}
	10 Li/h	38.9^{ab}	1.73^{c}
	15 Li/h	36.38^{bc}	1.75^{c}
Mild stress (90 mm Evaporation)	Control	27.57^{h-j}	1.68^{cd}
	5 Li/h	33.23^{de}	1.68^{cd}
	10 Li/h	34.23^{cd}	1.66^{cd}
	15 Li/h	36.65^{bc}	1.66^{cd}
Highe stress (110 mm Evaporation)	Control	26.6^{j}	1.46^{f}
	5 Li/h	32.36^{d-f}	1.51^{ef}
	10 Li/h	30.58^{e-h}	1.6d^{e}
	15 Li/h	29.78^{f-i}	1.69^{cd}

تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثرات ساده تنش خشکی بر صفات میزان موسیلاژ و عملکرد اسانس و اثر ساده اسید هیومیک بر عملکرد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۷).

Table 7. Results of variance analysis (mean square) of different traits under drought stress and different levels of humic acid in lallemantia plant.

Sources of changes	Mean square		
	df	Musilage	Essence
Replication	2	0.53	0.011
Drought Stress	3	109**	0.243**
Main error	6	1.6	0.013
Humic acid	3	0.22^{ns}	0.504**
Humic acid* Drought stress	9	1.1^{ns}	0.019^{ns}
Minor error	24	0.69	0.008
Coefficient of variation (%)		1.5	11

ns
**
and

indicate non-significance and significance at 1% probability level, respectively.

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 با میانگین ۵۵/۴۴ درصد ثبت گردید اما میزان موسیلاژ تحت تاثیر تیمار هیومیک اسید قرار نگرفت (جدول ۸). 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 اسید هیومیک به ویژه سطح ۱۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردید (جدول ۸).

Table 8. Comparison of the mean traits of the mucilage and essence under drought stress and different levels of humic acid treatments.

	Musilage (%)	Essence (g/m^2)
Drought stress		
Control (50 mm Evaporation)	52.4^{d}	1.036^{a}
Lowe stress (70 mm Evaporation)	53.98^{c}	0.8^{b}
Mild stress (90 mm Evaporation)	54.78^{b}	0.755^{b}
Highe stress (110 mm Evaporation)	59.44^{a}	0.721^{c}
Humic acid		
Control	0.558^{ns}	0.558^{d}
5 Li/h	0.796^{ns}	0.796^{c}
10 Li/h	55.23^{ns}	0.922^{b}
15 Li/h	55.32^{ns}	1.036^{a}

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 خشکی ناشی از PEG 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 همینطور طول ساقه‌چه و ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Paravar *et al*., 2017). یکی از پیامدهای کاهش رطوبت در هنگام جوانه زنی تولید گونه های فعال اکسیژن 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 می شود زیرا جوانه زنی بذر نیاز به انرژی است که از مواد ذخیره‌ای بذر، مانند کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها تامین 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 آزمایش نشان داد میزان ماده خشک، تعداد گل و بذر در بوته و همچنین وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی کاهش یافت که با نتایج Abdollahi and Maleki (2018)، Vafaei *et al*. (2021) و Paravar *et al*. (2023) در گیاه بالنگو شهری مطابقت داشت. 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 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 (Pawer *et al*., 2018; Paravar *et al*., 2023). همچنین تنش خشکی به دلیل افت 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 می یابد. 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 می گردد (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 دانه بالنگوی شهری می‌شود (Vafaei *et al*., 2021).

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 (Pawer *et al*., 2021) که توانایی نگهداری مقدار قابل توجهی رطوبت را دارد. 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 (Pawer *et al*., 2017). 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 بیومس مقدار اسانس را کم می‌کند (Paradhan *et al*., 2017).

نتایج آزمایشات مختلف نشان داده‌است که استفاده از اسید هیومیک در گیاهان مختلف تحت تنش باعث بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی آن‌ها می‌شود که نتایج این آزمایش با آن‌ها همسو است (Tan, 2003; Rafat *et al*., 2012; Esmaili and Tadayon, 2019). اسید هیومیک 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 به بهبود عملکرد زیست توده و بذر می‌شود. همچنین اسید هیومیک انتقال قند در گیاهان را تسهیل می‌کند (Tan, 2003) بنابراین استفاده از آن در شرایط تنش خشکی در گیاه بالنگوی شهری باعث

نسخه پیش از انتشار

افزایش ماده خشک و تعداد گل، بذر و عملکرد گردید. از طرف دیگر ممکن است بهبود شاخص‌های اندازه گیری شده در این آزمایش در اثر استفاده از اسید هیومیک به این دلیل باشد که اسید هیومیک از طریق افزایش سطوح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش آسیب‌های اکسیداتیو باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی شده است (Rahi *et al.*, 2012). هیومیک اسید بر فعالیت آنزیم رابیسکو موثر بوده و میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهد و بر روی نفوذپذیری غشای سلولی نیز موثر است (Delfine *et al*., 2005).

نتیجه گیری:

استفاده از سطوح مختلف تنش خشکی شاخص‌های مربوط به جوانه زنی بذر مانند درصد و سرعت جوانه زنی را کاهش داد و همچنین تیمار تنش خشکی باعث کاهش زیست توده، عملکرد بذر، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد اسانس و افزایش درصد موسیلاژ گردید و تیمار با سطوح مختلف هیومیک اسید به‌ویژه سطح ۱۵ لیتر در هکتار آن باعث بهبود بسیاری از شاخص‌ها از جمله زیست توده، تعداد گل و گل آذین در بوته و عملکرد بذر و اسانس به عنوان یک تعدیل کننده تنش خشکی شد. به‌طور کلی استفاده از اسید هیومیک با غلظت ۱۵ لیتر در هکتار در این آزمایش به یک عامل کمکی در جهت بهبود تحمل به تنش خشکی در گیاه بالنگوی شهری بود.

سپاسگزاری:

نویسندگان این مقاله از دانشگاه شهرکرد، هنرستان کشاورزی شهرکرد و دانشگاه ملی مهارت به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی در اجرای پژوهش فوق کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع:

Abdolahi, M., and 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. https://doi.org/10.14720/aas.2019.113.2.12

Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., and 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. and Liu, L. (2020). Melatonin improves the germination rate of cotton seeds under drought stress by opening pores in the seed coat. PeerJ, 8: e9450. https://doi.org/10.7717/peerj.9450

Chowdhury, J.A., Karim, M.A., Khaliq, Q.A., Ahmed, A.U. and 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., and 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. and 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.

Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P. and 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).

Flagella, Z.T., Rotunno, R., Dicatarina, R. and Di Curo A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, 7, 221-230.

نسخه پیش از انتشار

Gao, Y., Peng, S., Hang, Y., Xie, G., Ji, N. and Zhang, M. (2022). Mycorrhizal fungus coprinellus disseminatus influences seed germination of the terrestrial orchid *Cremastra appendiculata* (d. Don) makino. *Scientia Horticulturae*, 293, 110724. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110724

Gohari, G., Hasanpour, M.B., Dadpour, M. and Shirdel., M. (2013). The effect of spraying different levels of zinc on the growth characteristics and yield of basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.) under salinity stress conditions. *Journal of science and technology of greenhouse culture*, 16(4), 15-23. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089082.1392.4.3.2.1

Harper, S.M., Kerven, G.L., Edwards, D.G. and 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. and Bottoms, T.G. (2010). Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. *Horticulture Science*, 45(6), 906-910.

Kamsefidi, H. and 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 Farsi].

Kochaki, A. and Sarmadnia, G. (1995). Physiology of agricultural plants, 11th edition. Publications University of Mashhad. 400 pages. [In Farsi].

Michel., B & Kaufmann., R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51 (5), 914–916. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914

Moradi, K., Hamdi Shangari, A., Shahrajabian, M.H. and 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 Farsi].

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

Muhsin, M., Nawaz, M., Khan, I., Chattha, M.B., Khan, S., Aslam, M.T., Iqbal, M.M., Amin, M.Z., Ayub, M.A. and 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. https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.1.247.253

Nemati, Sh., Sefidkon, F. and 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. DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6642. [In Farsi].

Paravar, A., Maleki Farahani, S. and 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. http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1401.9.2.7.0. [In Farsi].

Paravar, A., Maleki Farahani, S. and 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. DOI: 10.22124/jms.2017.2504. [In Farsi].

Paravar, A., Maleki Farahani, S., and Rezazadeh, A. (2021). Lallemantia species response to drought stress and Arbuscular mycorrhizal fungi application. *Industrial Crops and Products,* 172, 114002. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114002. [In Farsi].

Paravar, A., Maleki Farahani, S., and 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. DOI: 10.22067/agry.2021.67929.1006. [In Farsi].

Pawar, P.B., Khadilkar, J.P., Kulkarni, M.V., and 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. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.01.012

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

Rafat, N., Yarnia, M., and 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., and Habibi, D. (2012). Evaluation of humic acid and graph trends in *Dactylis glomerata*. *Gronomy and Plant breeding*, 8(3), 15-28.

Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., and 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., and 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., and Dai, S. (2016). Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. *Intenational Journal of Molecular Sciences*, 17, 1-30.

Wang, X., Cai, X., Xu, C., Wang, Q., and 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. and 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.

نسخه پیش از انتشار