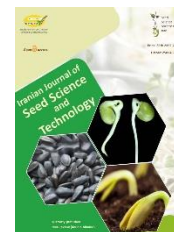




Iranian Journal of Seed Science and Technology



ISSN: 2588-4638

Research Article

Investigating the Role of Priming with Humic Acid on Modulating the Effect of Salinity Stress on the Germination and Growth Indices of Cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Saba hybrid) Seed

Reza Rezvani^{1*}, Behnam Kamkar², Zeinab Jabbari Badkhor³

1. Ph.D. Student in Crop Physiology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. M.Sc. Graduate in Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetic, Shirvan Faculty of Agriculture, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

Article Information

Received: 27 Feb. 2024
Revised: 12 Apr. 2024
Accepted: 26 Apr. 2024

Keywords:

Pretreatment,
Sodium Chloride (NaCl),
Germination percentage and speed,
Growth characteristics,
Chlorophyll

Corresponding Author:
reza.rezvani@mail.um.ac.ir



Abstract

To mitigate the detrimental effects of salinity stress on vegetable crops, various approaches, including the applying of organic inputs during different growth stages, such as germination, are employed. This study, conducted in 2023, aimed to assess the influence of humic acid pretreatment on the germination characteristics and growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus*) under salt stress. Two experiments, one in the laboratory and the other in a greenhouse, were carried out using a factorial design based on a completely randomized design with three replications. The experimental factors included humic acid priming at four concentrations (0, 50, 100, and 200 mg/l⁻¹) and salinity at five levels (0, 25, 50, 100, and 150 mM NaCl). The results in the laboratory and greenhouse environment showed that humic acid exerted a positive impact on various germination and growth attributes of cucumber, including germination percentage, germination rate, seedling length, dry weight, vigor index, and chlorophyll a, b, and total under salt-stressed conditions compared to the control. In laboratory environment; the treatment with 200 mmol/l humic acid and no salt exhibited the highest germination rate (87%) and seedling length (12.66 cm). In greenhouse environment; the interaction between salinity and humic acid revealed that humic acid concentrations exceeding 100 mg/l⁻¹ could alleviate the adverse effects of salinity stress on total chlorophyll. However, at concentrations of 100 and 200 mg/l⁻¹ humic acid, Salinity up to 50 mM could not reduce this trait. In conclusion, the cost-effective and easily applicable method of priming cucumber seeds with humic acid presents a potential strategy to mitigate the impacts of salinity stress in regions with saline water or soil.

How to cite this paper: Rezvani, R., Kamkar, B., & Jabbari badkhor, Z. (2025). Investigating the role of priming with humic acid on modulating the effect of salinity stress on the germination and growth indices of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Saba hybrid) seed. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14(3), 43-60. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2024.364534.1511>



© Authors, Published by Iranian Journal of Seed Science and Technology. This is an open-access article distributed under the CC BY (license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

EXTRACT ABSTRACT

Introduction

Salinity is the most significant environmental stress that limits plant productivity by affecting morphology, physiology, and biochemistry of plants, especially in semi-arid and arid regions. Salinity disrupts and eventually delays seedling growth by delaying seed germination and reducing the germination rate. To mitigate the detrimental effects of salinity stress on vegetable crops, various approaches, including the application of organic inputs during different growth stages, such as germination, are employed. Seed priming stands out as a quick, easy, low-cost, and effective strategy for improving germination, seedling growth parameters, and overall plant defense against abiotic stresses in many crops. It is defined as the pre-sowing seed treatment during which seeds are immersed in water or chemical solutions and are dry until further use. The aim of this study was to assess the effect of priming with humic acid on modulating the effect of salinity stress on the germination and growth indices of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Saba hybrid) seed.

Materials and Methods

This study, conducted in 2023, aimed to assess the influence of humic acid pretreatment on the germination characteristics and growth parameters of cucumber (*Cucumis sativus*) under salt stress. Two experiments, one in the laboratory and the other in a greenhouse, were carried out using a factorial design based on a completely randomized design with three replications. The experimental factors included humic acid priming at four concentrations (0, 50, 100, and 200 mg/l⁻¹) and salinity at five levels (0, 25, 50, 100, and 150 mM NaCl). The data for all measured parameters were analysed using the analysis of variance procedure of Statistical Analysis System (SAS), version 9.1. Means were compared by Duncan's multiple range test at the 0.01 probability level for all comparisons.

Results and Discussion

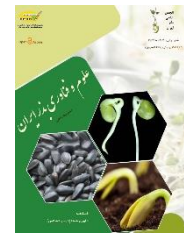
The results in the laboratory and greenhouse environment showed that humic acid exerted a positive impact on various germination and growth attributes of cucumber, including germination percentage, germination rate, seedling length, dry weight, vigor index, and chlorophyll a, b, and total under salt-stressed conditions compared to the control. In laboratory environment; the treatment with 200 mmol/l humic acid and no salt exhibited the highest germination percentage (87%) and seedling length (12.66 cm). In salinity stress, due to the reduction in the water potential of the environment around the seed, it took longer for the seed to provide enough water, thus delaying the germination time. However, by priming cucumber seeds with humic acid, the germination rate increased. In greenhouse environment; it was found that humic acid increased the survival of photosynthetic tissues and, by affecting the metabolism of plant cells, increased the chlorophyll of cucumber leaves. The interaction between salinity and humic acid revealed that humic acid concentrations exceeding 100 mg/l⁻¹ could alleviate the adverse effects of salinity stress on total chlorophyll. However, at concentrations of 100 and 200 mg/l⁻¹ humic acid, Salinity up to 50 mM could not reduce this trait.

Conclusion

Considering the results of this experiment and the fact that cucumber cultivation is not recommended in areas where irrigation water is saline, it is possible that the effects of salinity can be mitigated by using a cheaper and easier method of priming cucumber seeds with humic acid, especially at concentrations of 100 and 200 mg/L. However, to definitively recommend this strategy, it is necessary to investigate biochemical traits such as defense enzymes, repeat studies, and determine more accurate levels of humic acid. Therefore, if these results are finally confirmed in additional experiments, this method can be suggested to farmers so that they can increase the production conditions of this product in greenhouses and fields.



نشریه علوم و فناوری بذر ایران



ISSN: 2588-4638

مقاله پژوهشی

بررسی نقش پرایمینگ با اسید هیومیک بر تعدیل اثر تنش شوری در جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد بذر خیار (*Cucumis sativus* L.) رقم هیبرید سبا

رضا رضوانی^{۱*}، بهنام کامکار^۲، زینب جباری بادخور^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷

واژه‌های کلیدی:

پیش تیمار،

کلرید سدیم،

درصد و سرعت جوانه‌زنی،

ویژگی‌های رشد، کلروفیل

نویسنده مسئول:

reza.rezvani@mail.um.ac.ir

جهت کاهش اثرات تنش شوری در سبزی‌ها، از روش‌های متفاوتی مانند اصلاح کنندۀ های آلی در مراحل مختلف رشدی محصول از جمله جوانه‌زنی استفاده می‌شود. این پژوهش در سال ۱۴۰۲ به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر خیار با اسید هیومیک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی گیاه تحت تنش شوری، در دو محیط (آزمایشگاه و گلخانه) به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیروان - دانشگاه بجنورد اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل: تیمار اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار NaCl) بود. نتایج نشان داد در هر دو محیط آزمایش، اسید هیومیک در تیمارهای تنش نسبت به شاهد، تأثیر مثبتی بر اکثر صفات جوانه‌زنی و رشدی خیار نظیر در صد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک، شاخص بنیه بذر و کلروفیل a، b و کل داشت. در محیط آزمایشگاه، بیشترین درصد جوانه‌زنی (۸۷ درصد) و طول گیاهچه (۱۲/۶۶ سانتی متر) در تیمار ۲۰۰ میلی مولار بر لیتر اسید هیومیک و در شرایط غیر شوری بدست آمد. اثر متقابل شوری و اسید هیومیک در محیط گلخانه نشان داد؛ زمانی که غلظت اسید هیومیک به ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر به بالا رسید، اسید هیومیک توانست سبب کاهش اثرات منفی تنش شوری در صفت کلروفیل کل شود؛ به گونه‌ای که شوری تا سطح ۵۰ میلی مولار در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک، توانست صفت مذکور را کاهش دهد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذر خیار با اسید هیومیک به عنوان یک راهکار ارزان و در دسترس می‌تواند راهکاری برای کاهش اثر تنش شوری در مناطق با آب و یا خاک شور باشد.

نحوه استناد به این مقاله:

Rezvani, R., Kamkar, B., & Jabbari Badkhor, Z. (2025). Investigating the role of priming with humic acid on modulating the effect of salinity stress on the germination and growth indices of cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Saba hybrid) seed. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 14(3), 43-60. <https://doi.org/10.22092/ijst.2024.364534.1511>

مقدمه

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. یکی از پر مصرف‌ترین سبزی‌های خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae)، بومی آسیا و آفریقا است که طبق داده‌های آماری سازمان فائو در سال زراعی ۲۰۲۱-۲۰۲۲ بیش از ۸۰ میلیون تن از این محصول در سراسر جهان تولید شده است (FAO, 2022). با توجه به اینکه خیار حدود ۳۶ تا ۳۹ درصد آب دارد، اما به علت وفور ویتامین، املاح معدنی و اسیدهای آلی آن در تغذیه مدرن امروزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از نظر اقتصادی خیار در بین سبزی‌های مهم، مقام چهارم را پس از گوجه‌فرنگی، کلم پیچ و پیاز دارا است (FAO, 2022). در شرایط تنش رطوبتی و شوری، جوانه‌زنی گیاه و تأثیر آن در تعیین تراکم نهایی از اهمیت زیادی برخوردار است (Kafi et al., 2005). خیار مخصوصاً در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، نسبت به شوری حساس است (Raesinejad & Yazdanpanah, 2020).

گیاهان برای حفظ بقای خود، شیوه‌های مختلفی برای سازش با تغییرات محیطی دارند که از آن جمله می‌توان به سازوکارهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و تغییرات مولکولی اشاره کرد (Bohnert et al., 1995). در مناطق خشک و نیمه خشک که اغلب با تنش شوری (به عنوان یکی از اصلی‌ترین تنش‌های اسمزی محدودکننده رشد و تولید گیاه) روبرو هستند، جوانه‌زنی بذر با مشکل مواجه می‌شود (Ashraf et al., 2008). این تنش‌ها با محدود کردن جذب آب، کاهش تجزیه مواد ذخیره‌ای بذر و اختلال در ساخت پروتئین‌های ذخیره‌ای موجود منجر به کاهش جوانه‌زنی بذور می‌شوند. افزون بر این، سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر در تنش شوری، نقش مهمی در کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذور دارند (Zamani et al., 2018). مرحله‌ی جوانه‌زنی، یکی از حساس‌ترین مراحل رشد گیاه به تنش شوری و خشکی است (Manchanda & Grag, 2008). خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت یون‌ها و اختلال در جذب عناصر غذایی را بروز می‌کند (Safarnejad & Hamidi, 2007). اثر شوری بر جوانه‌زنی به‌طور عمده در نتیجه اثر اسمزی کلرید سدیم است. در شرایط شور، املاح موجود در خاک موجب کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه شده و جذب آب

توسط ریشه را محدود می‌کند؛ در نتیجه، گیاه دچار نوعی خشکی فیزیولوژیکی می‌شود (Azarnivand & Jafarian, 2005). اسیدهای آلی، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بذر دارند و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی، اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی برجای می‌گذارند که از جمله این مواد می‌توان به ترکیبات هیومیکی اشاره کرد که به طور کلی به سه دسته اسید هیومیک، اسید فولیک، و هیومین تقسیم می‌شوند (Samavat & Malakuti, 2006). در میان این ترکیبات، اسید هیومیک و اسید فولیک ترکیبات ناهمگن زرد تا سیاه رنگ با وزن مولکولی نسبتاً بالا (۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ کیلو دالتن) می‌باشند (EL-Mohamedy & Ahmed, 2009). اسید هیومیک یک منبع طبیعی ناهمگن است که با وزن مولکولی بالایی که دارد به فساد مقاوم بوده و شامل ۴۴-۵۸ درصد کربن، ۴۶-۴۲ درصد اکسیژن، ۸-۶ درصد هیدروژن و ۵-۴ درصد نیتروژن و تعدادی عناصر دیگر می‌باشد (Ghabbour & Davies, 2001). اسید هیومیک سبب بهبود ساختار خاک، کمک به ریشه‌زایی بهتر، نگهداری بیشتر آب در خاک، کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک و انحلال و آزادسازی عناصر ماکرو و میکرو و در نتیجه سبب کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و افزایش مقاومت به شوری و کم آبی و نیز کاهش سمیت کودها می‌شود (Nakhyeinejad & Moosavi, 2015). این ترکیب با افزایش نفوذ پذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می‌کند. علاوه ثابت شده است که اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه به‌ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد و عملکرد را بهبود می‌بخشد (Eisa-Salwa, 2011). در بررسی تأثیر تنش شوری روی چغندر قند، گونه‌ای از کلم پیچ، براسیکا و تاج خروس نشان داد که در صد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر میزان نمک قرار گرفت و با شدت تنش رابطه عکس داشت (Jamil et al., 2006). باتوجه به وسعت زیاد اراضی تحت تنش شوری در ایران و در راستای استفاده از تکنولوژی آماده سازی بذر برای افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، این تحقیق به منظور بررسی تأثیر پرایمینگی اسید هیومیک روی تعدیل اثر شوری بر

خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی گیاهچه خیار در محیط آزمایشگاه و گلخانه اجرا شد تا با استفاده مناسب از نهاده‌های آلی در سطوح مختلف شوری، بتوان در جهت تولید پایدار و افزایش کیفیت و کمیت خیار گام برداشت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذری با اسید هیومیک روی خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی خیار در سطوح مختلف شوری حاصل از کلرید سدیم، آزمایشی در سال ۱۴۰۲ به صورت فاکتوریل دو عاملی با سه تکرار در دو محیط (آزمایشگاه و گلخانه) در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیروان - دانشگاه بجنورد با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۰۶۷ متری از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: اسید هیومیک در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار) بودند. برای سطوح ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار شوری به ترتیب ۱/۴۶، ۲/۹۲، ۵/۸۵ و ۸/۷۷ گرم کلرید سدیم در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل گردید. ابتدا بذری خیار (رقم سبا از نوع هیبرید با منشأ ایرانی و تولیدی شرکت Breeder سال ۱۴۰۱) از شرکت آکام تجارت سبز آوران الوند تهیه گردید. بذور بطور جداگانه با آب ژاول یک در صد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و سپس سریعاً سه مرتبه با آب دیونیزه شسته شدند. بدین منظور ۲۵ بذری داخل پتری‌های شیشه‌ای به قطر ۱۰۰ میلی متر قرار گرفتند و روی کاغذ صافی واتمن شماره یک (ضد عفونی شده در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه) قرار داده شدند (Ahn & Chung, 2000). به منظور اعمال تیمار اسید هیومیک، بذور به مدت ۲۴ ساعت در سطوح مشخص شده از اسید هیومیک (تهیه شده از شرکت کشت گستر اکسین که محتوی ۱۲/۵ درصد اسید هیومیک، سه درصد اسید فولیک و پنج درصد اکسید پتاسیم بود) غوطه‌ور شدند و پس از آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه

سانتی گراد خشک شدند (Karami et al., 2020). بعد از انجام تیمارها، به منظور مرطوب نگه داشتن بذرها، یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک نیز روی آن قرار داده شد و سپس درب پتری‌ها به وسیله پارافیلیم بسته شد و در ژرمیناتور (مدل JAL TEB LAB EQUIPMEAT JG 500) با دمای روزانه ۲۵ و شبانه ۱۵ درجه سلسیوس و شرایط نوری ۱۲/۱۲ (روز و شب) قرار گرفتند (Kim et al., 2023). برای پتری‌های شاهد و تحت تنش به ترتیب پنج میلی لیتر آب مقطر و پنج میلی لیتر آب نمک افزوده گردید. شمارش بذور جوانه زده از روز دوم آغاز جوانه زنی به مدت ۱۴ روز در یک ساعت معین انجام شد. ملاک جوانه‌زنی، خروج ریشه چه دو میلی متری از پوسته بذری بود (Melier & Chapman, 1978) و سپس درصد جوانه‌زنی نهایی (GP) برای هر پتری محاسبه شد (Ghasemi-Arian, 2016). همچنین سرعت جوانه‌زنی (GR) و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (MTG) از معادله ۲ (Ikic, 2012) و ۳ (Salehzadeh et al., 2009) بدست آمد.

$$GP = \frac{N'}{N} \times 100 \quad \text{معادله ۱}$$

GP: درصد جوانه‌زنی نهایی، N': تعداد بذور جوانه زده تا روز آخر، N: تعداد کل بذری

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{Si}{Di} \quad \text{معادله ۲}$$

GR: سرعت جوانه‌زنی، Si: تعداد بذور جوانه زده در هر شمارش، Di: تعداد روزهای سپری شده تا شمارش nام.

$$MGT = \frac{\sum (n_i \times d_i)}{\sum n_i} \times 100 \quad \text{معادله ۳}$$

MTG: میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، di: روز پس از کشت، ni: تعداد بذور جوانه زده در روز di، Si: کل تعداد بذور جوانه زده
ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG) که مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد به روش Maguir (۱۹۶۲) تعیین شد (معادله ۴).

1Germination Percentage
2Germination Rate
3Mean germination time
4Coefficient of Velocity of Germination

بذور در سینی نشاء در مرحله چهار- پنج برگگی؛ صفات طول ساقه، طول ریشه، طول گیاهچه، وزن خشک ریشه، ساقه و کل اندازه‌گیری گردید. جهت برآورد کلروفیل a و b ؛ ابتدا میزان نیم گرم از برگ تر خیار در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد شده و به خوبی پودر گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه شد و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. سپس بخش بالایی جدا و مقدار جذب در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a ، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO, 2000, Germany) قرائت و یادداشت‌برداری گردید (Arnon, 1967).

$$\begin{aligned} \text{Chl } a &= 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V/100 \\ \text{Chl } b &= 22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663}) \times V/100 \\ \text{Chl } T &= 20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V/1000 \text{ W} \end{aligned}$$

در این معادلات؛ $\text{Cl } a$: کلروفیل a ، $\text{Cl } b$: کلروفیل b ، $\text{Cl } T$: کلروفیل کل، V : حجم محلول صاف شده حاصل از سانتریفیوژ برحسب میلی‌لیتر، A : جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W : وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

پیش از محاسبات آماری آزمایش، از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها و تبدیل زاویه‌ای (ارک سینوس) داده‌هایی که بصورت درصد بودند بوسیله نرم افزار Mini tab نسخه ۲۱/۴ اطمینان حاصل شد و نیازی به تبدیل داده‌ها مشاهده نشد. در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ و ترسیم نمودارها با نرم افزار Microsoft Excell نسخه 2021 pro plus انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (LSR) در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه شدند.

نتایج

درصد و سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده تنش شوری و اسید هیومیک بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. (جدول ۱).

$$\text{CVG} = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n)} \quad \text{معادله ۴}$$

CVG: ضریب سرعت جوانه زده، $G_1 - G_n$: تعداد بذرهای جوانه‌زده از روز اول تا روز آخر آزمایش.

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG) که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است از معادله ۵ (Hunter et al., 1985) برآورد گردید.

$$\text{MDG} = \frac{GP}{D} \times 100 \quad \text{معادله ۵}$$

GP: درصد جوانه‌زنی، D : تعداد روز تا رسیدن به حداکثر جوانه‌زنی نهایی (طول دوره آزمایش).

در انتهای تحقیق، تعداد ۱۰ گیاهچه به صورت تصادفی از هر تیمار و تکرار انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه بوسیله خط کش براساس سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سپس درون پاکت‌های مخصوص با ذکر نام تیمار و تکرار به مدت ۱۲ ساعت در آون با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، سپس وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ برآورد گردید. همچنین حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به عنوان شاخص بنیه گیاهچه (VI) محاسبه گردید (Abdul-baki & Anderson, 1973).

$$\text{VI} = \frac{(\text{SL} \times \text{GP})}{100} \quad \text{معادله ۶}$$

VI: شاخص بنیه بذر، SL: طول گیاهچه (طول ریشه‌چه + طول ساقه‌چه)، GP: درصد جوانه‌زنی نهایی

برای اجرای آزمایش گلخانه، بذرهای پرایم شده خیار با غلظت‌های مشخص شده درون سینی‌های نشاء یونولیت که با محیط کشت کوکوپیت و پیت ماس به میزان مساوی تهیه شده بودند، همزمان با کشت پتری‌ها، کشت گردید. برای اعمال تنش شوری، بصورت تدریجی از آب شور با سطوح پیش‌گفته استفاده گردید. سینی‌های نشاء در گلخانه هوشمند با دمای روز و شب به ترتیب 25 ± 2 و 18 ± 2 درجه سانتی‌گراد در شرایط نور معمولی رشد یافتند (Azarmi et al., 2018). پس از سه هفته از کاشت

1Mean daily germination
2Vigour index
3Statistical analysis system
4Least significant range

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده خیار تحت تأثیر اسید هیومیک و شوری در آزمایشگاه

Table 1- Analysis of variance for the measured traits of Cucumis sativus under the influence of Humic acid and salinity treatment in a laboratory setting

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی DF	شاخص نبیه گیاهی Seedling vigour index	طول گیاهی Seedling length	طول ساقچه Plumule length	طول ریشه Radicle length	ضریب سرعت جوانه زنی Coefficient of Velocity of Germination	متوسط جوانه زنی روزانه Mean daily germination	متوسط زمان جوانه زنی Mean germination time	سرعت جوانه زنی Germination rate	درصد جوانه زنی Germination percentage
اسید هیومیک Humic acid	3	27.50**	16.05**	4.12**	4.26**	0.03 ^{ns}	2.63**	309.67 ^{ns}	20.28*	516.11**
شوری Salinity	4	48.59**	30.01**	1.61**	17.89**	0.13**	3.50**	1379.61**	81.95**	685.83**
شوری × هیومیک Salinity × Humic acid	12	0.59 ^{ns}	0.64*	0.10**	0.31 ^{ns}	0.05*	0.09 ^{ns}	510.34*	8.24 ^{ns}	18.88 ^{ns}
خطا Error	30	0.97	0.25	0.02	0.21	0.01	0.39	195.8	4.77	77.91
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	11.63	4.90	4.72	6.63	9.86	7.33	9.86	7.42	7.33

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

Continued table 1

ادامه جدول ۱

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی DF	وزن خشک کل گیاهی Seedling dry weight	وزن خشک ساقچه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه Radicle dry weight	وزن تر کل Seedling fresh weight	وزن تر ریشه Radicle fresh weight	وزن تر ساقچه Plumule fresh weight	ضریب آلومتریک coefficient Allometric	نسبت ریشه به ساقچه R/P
اسید هیومیک Humic acid	3	0.00002**	0.00001*	0.000002 ^{ns}	0.0049**	0.0005**	0.0022*	0.03**	0.62**
شوری Salinity	4	0.00017**	0.00008**	0.000016**	0.0137**	0.0010**	0.0071**	0.02**	0.29**
شوری × اسید هیومیک Salinity × Humic acid	12	0.000003 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	0.0000002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.02 ^{ns}
خطا Error	30	0.000003	0.000002	0.000001	0.0006	0.00005	0.0005	0.002	0.02
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	10.06	15.81	11.04	17.22	23.14	20.85	11.33	7.97

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

میلی گرم بر لیتر رسید که افزایش ۱۸/۲ درصدی را نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). سرعت جوانه زنی نیز همانند در صد جوانه زنی تحت تأثیر اسید هیومیک افزایش یافت، به طوری که میزان

مقایسه میانگین صفات نشان داد که با افزایش غلظت اسید هیومیک، میزان جوانه زنی خیار افزایش یافت، به طوری که درصد جوانه زنی از ۷۳/۶۶ درصد (شاهد) به ۸۷ درصد در تیمار ۲۰۰

سرعت جوانه‌زنی بین شاهد و بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) ۲۸/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۲). شوری درصد جوانه‌زنی را از ۹۱/۶۶ (شاهد) به ۷۱/۶۶ درصد (۱۵۰ میلی مولار شوری) رساند. همچنین شوری سبب کاهش ۶۹/۷ درصدی سرعت جوانه‌زنی شد. با اعمال تنش شوری، جذب آب و فرایندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی بذر کاهش و وفور مواد قابل دسترس برای ادامه حیات گیاه با اختلال مواجه و در نهایت میزان جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Ashraf et al., 1990).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده خیار تحت تأثیر اسید هیومیک و شوری در آزمایشگاه

Table 2- Comparative analysis of mean measured traits of Cucumis sativus under the influence of Humic acid and salinity treatment in a laboratory setting

تیمارها Treatments	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling length (cm)	طول ساقچه (سانتی متر) Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی متر) Radicle length (cm)	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficient of Velocity of Germination	میانگین زمان جوانه‌زنی (ساعت) Mean germination time (hour)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	درصد جوانه‌زنی (%) Germination percentage (%)
اسید هیومیک Humic acid (mg/L ⁻¹)							
0	8.89 ^c	2.65 ^c	6.24 ^b	0.52 ^a	52.22 ^a	6.40 ^{ab}	73.66 ^c
50	10.34 ^b	3.21 ^b	7.13 ^a	0.43 ^a	43.92 ^a	5.67 ^b	78.00 ^{bc}
100	10.98 ^a	3.78 ^a	7.20 ^a	0.51 ^a	51.81 ^a	8.06 ^a	83.33 ^{ab}
200	11.17 ^a	3.70 ^a	7.46 ^a	0.44 ^a	44.40 ^a	8.22 ^a	87.00 ^a
شوری Salinity (mM)							
0 (Control)	12.15 ^a	3.82 ^a	8.33 ^a	0.57 ^a	57.69 ^a	10.36 ^a	91.66 ^a
25	11.33 ^b	3.50 ^b	7.83 ^b	0.41 ^{bc}	41.95 ^{bc}	6.99 ^b	82.5 ^b
50	10.64 ^c	3.39 ^b	7.25 ^c	0.58 ^a	58.80 ^a	8.14 ^{ab}	80.83 ^b
100	9.47 ^d	3.08 ^c	6.38 ^d	0.48 ^{ab}	48.58 ^{ab}	6.55 ^b	75.83 ^{bc}
150	8.13 ^e	2.88 ^d	5.24 ^e	0.33 ^c	33.42 ^c	3.13 ^c	71.66 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد فاقد اختلاف معنی داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

Continued table 2

ادامه جدول ۲

تیمارها Treatments	وزن خشک کل (گرم) Seedling dry weight (g)	وزن خشک ساقچه (گرم) Plumule dry weight (g)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weight (g)	وزن تر کل (گرم) Seedling fresh weight (g)	وزن تر ریشه‌چه (گرم) Radicle fresh weight (g)	وزن تر ساقچه (گرم) Plumule fresh weight (g)	ضریب آلومتر Allometric coefficient	نسبت ریشه‌چه به ساقچه R/P	شاخص به گیاهچه Seedling vigour index
اسید هیومیک Humic acid (mg/L ⁻¹)									
0	0.017 ^c	0.008 ^b	0.008 ^b	0.125 ^c	0.025 ^c	0.10 ^b	0.43 ^b	2.34 ^a	6.72 ^c
50	0.018 ^{bc}	0.009 ^b	0.009 ^{ab}	0.144 ^b	0.031 ^b	0.11 ^{ab}	0.45 ^b	2.21 ^b	8.13 ^b
100	0.019 ^{ab}	0.01 ^{ab}	0.009 ^{ab}	0.161 ^{ab}	0.036 ^{ab}	0.12 ^a	0.54 ^a	1.89 ^c	9.22 ^a
200	0.020 ^a	0.01 ^a	0.009 ^a	0.165 ^a	0.039 ^a	0.12 ^a	0.50 ^a	2.00 ^c	9.80 ^a
شوری Salinity (mM)									
0 (Control)	0.024 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a	0.197 ^a	0.046 ^a	0.15 ^a	0.45 ^b	2.18 ^{ab}	11.15 ^a
25	0.020 ^b	0.01 ^b	0.009 ^b	0.162 ^b	0.036 ^b	0.12 ^b	0.44 ^b	2.26 ^a	9.39 ^b
50	0.018 ^c	0.009 ^{bc}	0.008 ^{bc}	0.147 ^{bc}	0.032 ^{bc}	0.11 ^{bc}	0.46 ^b	2.17 ^{ab}	8.65 ^b
100	0.017 ^c	0.009 ^c	0.007 ^{cd}	0.131 ^c	0.027 ^{cd}	0.10 ^{cd}	0.48 ^b	2.10 ^b	7.24 ^c
150	0.014 ^d	0.008 ^d	0.006 ^d	0.107 ^d	0.021 ^d	0.08 ^d	0.55 ^a	1.85 ^c	5.90 ^d

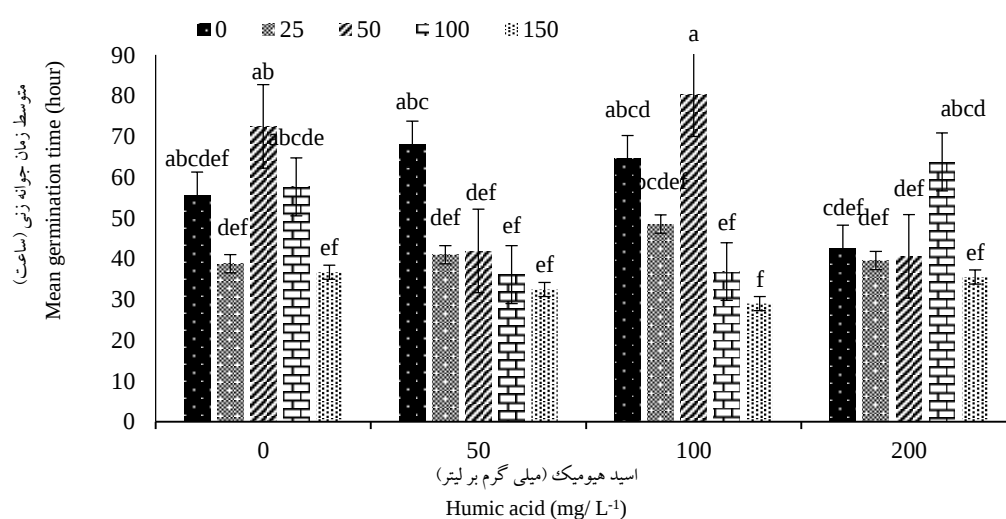
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی داری پنج درصد فاقد اختلاف معنی داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه

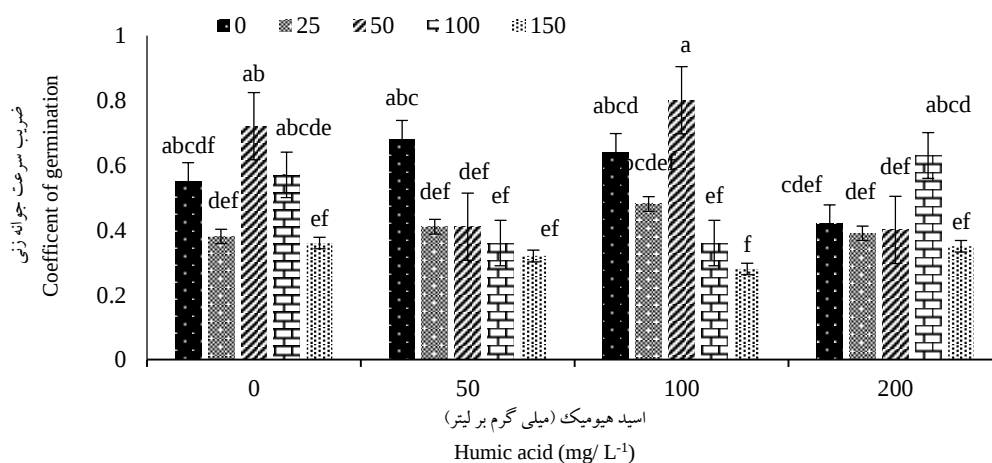
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده اسید هیومیک و شوری بر صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه خیار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش غلظت اسید هیومیک طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه خیار افزایش یافت، به نحوی که بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) باعث افزایش طول ریشه‌چه (۳۹/۶) درصد افزایش نسبت به شاهد) و طول ساقه‌چه (۳۹/۶) درصد افزایش نسبت به شاهد) گردید. (جدول ۲).

در تنش شوری به علت کاهش پتانسیل آب محیط اطراف بذرها، مدت زمان بیشتری طول می‌کشد تا بذر بتواند آب مورد نیاز خود را به اندازه کافی بدست آورد، بنابراین زمان جوانه‌زنی را طولانی‌تر می‌سازد (Amiri et al., 2010). در مطالعه‌ای، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور کاهو و گوجه‌فرنگی تیمار شده در پتری‌های حاوی اسید هیومیک استخراج شده از لیگنیت اکسید بطور معنی‌داری افزایش یافت که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد (Piccolo et al., 1993).



شکل ۱- اثر متقابل اسید هیومیک × شوری بر متوسط زمان جوانه‌زنی خیار

Figure 1- Comparison of means illustrating the interaction effect of humic acid × salinity on the mean germination time



شکل ۲- اثر متقابل اسید هیومیک × شوری بر ضریب سرعت جوانه‌زنی خیار

Figure 2- Comparative analysis of means depicting the interaction effect of humic acid × salinity on the Coefficient of Germination Rate

شدیدترین تنش شوری (۱۵۰ میلی مولار) باعث کاهش ۳۷/۱ صفت طول ساقه چه در سطح یک درصد معنی دار شد (شکل ۳)، درصدی طول ریشه چه و کاهش ۲۴/۶ درصدی طول ساقه چه در حالی که اثر متقابل تیمارها روی طول ریشه چه از نظر آماری (نسبت به شاهد) خیار شد. اثر متقابل اسید هیومیک و شوری روی معنی دار نبود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده خیار تحت تأثیر اسید هیومیک و شوری در گلخانه

Table 3- Analysis of variance for the measured traits of *Cucumis sativus* under the influence of Humic acid and salinity treatment in a greenhouse environment

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی DF	وزن تر کل total fresh weight	وزن تر ریشه root fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	ضریب آلومتری Allometric coefficient	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	طول گیاهچه Plant length	طول ساقه Stem length	طول ریشه Root length
اسید هیومیک Humic acid	3	0.0001 ^{ns}	0.00002*	0.00009 ^{ns}	0.09**	0.09**	7.19**	3.16**	1.17**
شوری Salinity	4	0.0013**	0.00013**	0.00068**	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	8.75**	1.51**	3.18**
شوری × اسید هیومیک Salinity × Humic acid	12	0.0002**	0.000008 ^{ns}	0.00024**	0.02*	0.03*	1.15 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.67 ^{ns}
خطا Error	30	0.0007	0.000006	0.00006	0.01	0.01	1.07	0.21	0.47
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	5.36	13.25	5.53	13.77	10.74	11.28	10.71	14.00

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

Continued table 3

ادامه جدول ۳

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی DF	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	وزن خشک کل total dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
اسید هیومیک Humic acid	3	0.042**	0.004**	0.051**	0.000006**	0.000001**	0.000002**
شوری Salinity	4	0.061**	0.014**	0.016**	0.000023**	0.000003**	0.000010**
شوری × اسید هیومیک Salinity × Humic acid	12	0.0017**	0.001 ^{ns}	0.001**	0.000002**	0.000001**	0.0000007*
خطا Error	30	0.0004	0.0005	0.0003	0.000006	0.000002	0.0000003
ضریب تغییرات (%) CV (%)	-	4.16	18.86	4.95	5.23	4.86	10.56

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

^{ns}, * and ** are non-significant, significant at the five percent and one percent probability levels, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده خیار تحت تأثیر اسید هیومیک و شوری در گلخانه

Table 4- Comparative analysis of mean measured traits of Cucumis sativus under the influence of Humic acid and salinity treatment in a greenhouse environment

تیمارها Treatments	وزن خشک کل (گرم) total dry weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)	ضریب آلومتری Allometric coefficient	نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	طول گیاه (سانتی متر) Plant length (cm)	طول ساقه (سانتی متر) Stem length (cm)	طول ریشه (سانتی متر) Root length (cm)
اسید هیومیک Humic acid (mg/ L ⁻¹)								
0	0.014c	0.0094b	0.0053c	0.81b	1.22a	8.32b	3.72c	4.60b
50	0.015b	0.010a	0.0056bc	0.87b	1.14a	8.90b	4.14b	4.76ab
100	0.016a	0.010a	0.0062a	0.85b	1.18a	9.70a	4.45b	5.24a
200	0.015b	0.009ab	0.0059ab	1.00a	1.03b	9.78a	4.80a	4.97ab
شوری Salinity (mM)								
0 (Control)	0.017a	0.010a	0.0071a	0.84a	1.19a	10.47a	4.78a	5.69a
25	0.016b	0.010a	0.0063b	0.92a	1.10a	9.51b	4.51a	4.99b
50	0.014c	0.009b	0.0054c	0.89a	1.17a	8.38c	3.91b	4.47b
100	0.014c	0.009b	0.0053c	0.84a	1.19a	9.03bc	4.12b	4.91b
150	0.014c	0.009b	0.0047d	0.93a	1.08a	8.48c	4.07b	4.40b

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

Continued table 4

ادامه جدول ۴

تیمارها Treatments	کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر) total Chlorophyll (mg/ g FW)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/ g FW)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg/ g FW)	وزن تر کل (گرم) total fresh weight (g)	وزن تر ریشه (گرم) root fresh weight (g)	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)
اسید هیومیک Humic acid (mg/ L ⁻¹)						
0	0.41d	0.12a	0.28c	0.156b	0.017b	0.138a
50	0.48c	0.13a	0.34b	0.161ab	0.018ab	0.142a
100	0.51b	0.10b	0.40a	0.162ab	0.020a	0.142a
200	0.53a	0.13a	0.40a	0.164a	0.020a	0.144a
شوری Salinity (mM)						
0 (Control)	0.56a	0.15a	0.41a	0.178a	0.024a	0.154a
25	0.52b	0.15a	0.37b	0.165b	0.021b	0.144b
50	0.49c	0.13b	0.36b	0.157c	0.018c	0.139bc
100	0.44d	0.11b	0.33c	0.154c	0.017cd	0.136c
150	0.38e	0.06c	0.31d	0.151c	0.015d	0.135c

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

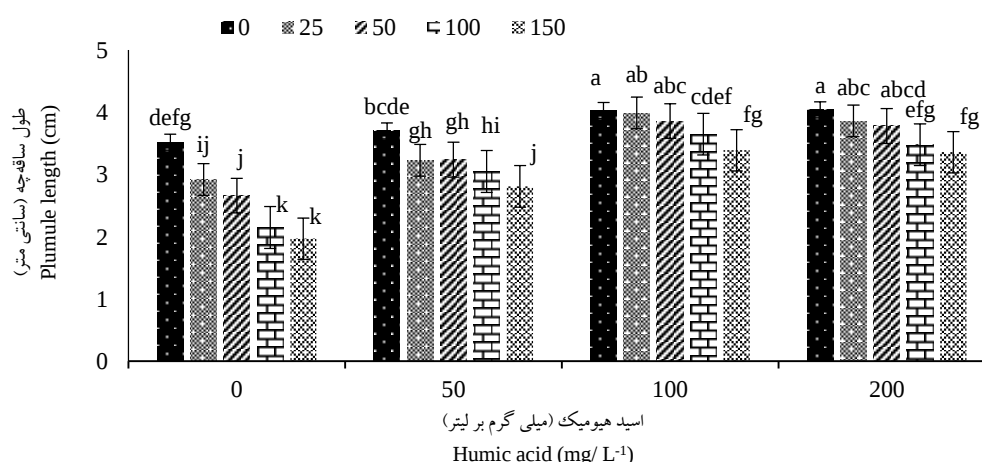
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و شوری بر صفات اندازه‌گیری شده روی خیار در گلخانه

Table 5- Comparative mean analysis depicting the interaction effect of humic acid and salinity on the measured traits of *Cucumis sativus* in a greenhouse environment

تیمارها Treatments		نسبت ریشه به ساقه Root to stem ratio	ضریب آلومتری Allometric coefficient	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک کل total dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن تر کل total fresh weight (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/ g FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/ g FW)
اسید هیومیک Humic acid (mg/ L ⁻¹)	شوری Salinity (mM)									
0	0	1.29ab	0.77de	0.0068abcd	0.010abc	0.017ab	0.16a	0.18a	0.37e	0.53cd
0	25	1.23abc	0.81cde	0.0060cdef	0.010abcde	0.016bcde	0.14bcd	0.16bcde	0.31hi	0.46fgh
0	50	1.22abcd	0.82cde	0.0052fgh	0.008f	0.013gh	0.13cde	0.15def	0.28i	0.41ij
0	100	1.27abc	0.78de	0.0054efgh	0.009e	0.014def	0.12e	0.14fg	0.23j	0.34l
0	150	1.11bcde	0.89bcde	0.0034i	0.009e	0.012h	0.12e	0.13g	0.21j	0.29m
50	0	1.17abcde	0.85bcde	0.0073ab	0.011a	0.018a	0.16a	0.18a	0.39bcde	0.55bc
50	25	1.03cdef	0.98bcd	0.0065abcd	0.010abcde	0.016bc	0.14abc	0.16abcd	0.33gh	0.49ef
50	50	1.21abcd	0.82cde	0.0050fgh	0.009cde	0.014def	0.13cde	0.15def	0.34fg	0.48efg
50	100	1.14abcde	0.87bcde	0.0047fgh	0.010bcde	0.014efg	0.14bcde	0.15def	0.32gh	0.45gh
50	150	1.17abcde	0.84bcde	0.0046h	0.009de	0.014fgh	0.13de	0.14fg	0.29i	0.40jk
100	0	1.20abcde	0.84bcde	0.0075a	0.010abcde	0.017ab	0.14bcd	0.16abcd	0.43a	0.59a
100	25	1.19abcde	0.83bcde	0.0068abcd	0.010ab	0.017ab	0.15abc	0.17abc	0.42ab	0.56ab
100	50	1.37a	0.73e	0.0057defgh	0.009de	0.015cdef	0.13de	0.14efg	0.42abc	0.53cd
100	100	1.10bcde	0.90bcde	0.0053fgh	0.0098cde	0.015cdef	0.13cde	0.15def	0.39cde	0.47fgh
100	150	1.06bcdef	0.94bcde	0.0061cdef	0.010abc	0.016bc	0.15abc	0.17abcd	0.37ef	0.38k
200	0	1.11bcde	0.90bcde	0.007abc	0.010abc	0.017ab	0.15ab	0.17ab	0.43a	0.59a
200	25	0.96ef	1.06ab	0.0062bcdef	0.010bcde	0.016bcde	0.13cde	0.15cdef	0.41abc	0.56abc
200	50	0.87f	1.21a	0.0059cdef	0.010abcd	0.016bcd	0.15ab	0.17abc	0.40abcd	0.55bc
200	100	1.25abc	0.80cde	0.0058cdefg	0.008f	0.014fgh	0.14bcd	0.16bcde	0.38de	0.51de
200	150	0.99def	1.03abc	0.005fgh	0.009cde	0.014def	0.13cde	0.15def	0.36ef	0.44hi

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌داری می‌باشند.

Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

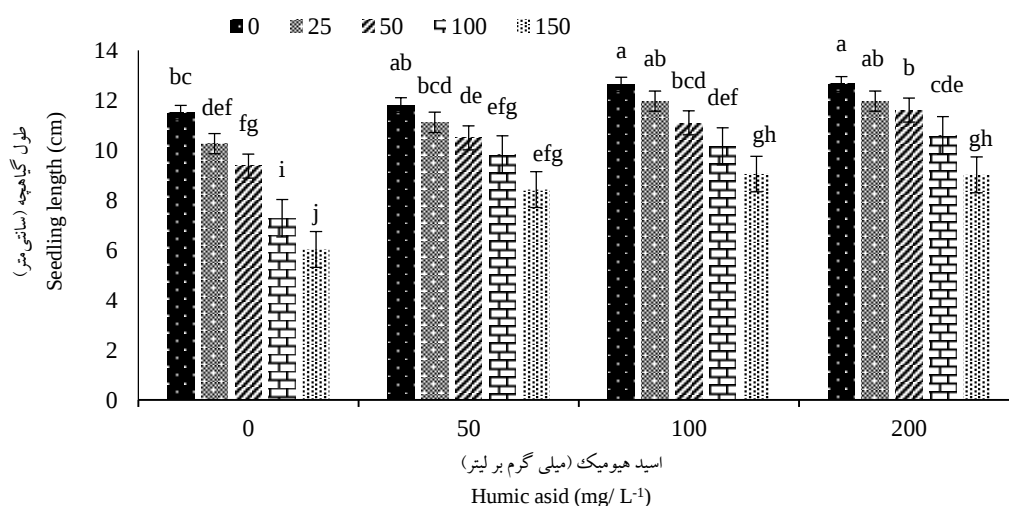


شکل ۳- اثر متقابل اسید هیومیک و شوری بر طول ساقچه خیار

Figure 3- Comparative analysis of means illustrating the interaction effect of humic acid and salinity on Plumule length

بیشترین طول گیاهچه در این دو سطح مشاهده شد و به ترتیب سبب افزایش ۲۳/۵ و ۲۵/۶ درصدی نسبت به شاهد گردید. تنش شوری نیز همانند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه باعث کاهش طول گیاهچه گردید، به گونه‌ای که با افزایش در هر سطح، طول گیاهچه کاهش معنی‌داری داشت و کمترین طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در سطح ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده گردید (جدول ۲). اثر متقابل اسید هیومیک و شوری نشان داد اسید هیومیک توانایی کم کردن اثرات منفی تنش شوری را دارد و با مصرف اسید هیومیک بصورت پیش تیمار، تأثیر شوری کمتر شد که البته اختلاف چشم‌گیری بین سطوح مختلف اسید هیومیک مشاهده نگردید (شکل ۴). محققان در تحقیقی با بررسی اثر پرایمینگ اسپرمیدین و هیدرو پرایمینگ (آب مقطر) بذور خیار تحت تنش شوری اعلام نمودند که با افزایش سطوح تنش شوری، طول ریشه و طول ساقه در بذور پرایم شده نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) کاهش یافت و همچنین مشخص شد که حساسیت بذور پرایم اسپرمیدین نسبت به بذور هیدروپرایمینگ در برابر اثرات تنش شوری خیار بیشتر بود (Javedani & Feizi, 2022).

همچنین نتایج بدست آمده در محیط گلخانه نشان داد عامل اسید هیومیک و شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفت طول ساقه داشت. همچنین اثر ساده تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه در سطح یک درصد داشت (جدول ۳)، به طوری که بیشترین سطح اسید هیومیک باعث افزایش طول ساقه (۲۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و بیشترین سطح تنش شوری باعث کاهش طول ساقه (۱۴/۹ درصد کاهش نسبت به شاهد) گردید (جدول ۴). همچنین مشاهده شد که اعمال تنش شوری سبب کاهش طول ریشه‌چه خیار شد، اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح آن به جز سطح شاهد مشاهده نگردید (جدول ۴). اثر ساده اسید هیومیک و شوری در شرایط آزمایشگاه، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفت طول گیاهچه (مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه) داشتند، اما اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد با افزایش غلظت اسید هیومیک، طول گیاهچه افزایش یافت، اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک وجود نداشت و



شکل ۴- اثر متقابل اسید هیومیک × شوری بر طول گیاهچه (مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه)

Figure 4- Comparative analysis of means depicting the interaction effect of humic acid × salinity on Seedling length

افزایش ۱۷/۶ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید، اما تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر نداشت و هر دو بیشترین طول گیاهچه را دارا بودند. تنش شوری باعث کاهش طول گیاهچه گردید، اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۵۰، ۱۰۰

در آزمایش گلخانه‌ای، اثر ساده اسید هیومیک و شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفت طول گیاهچه داشتند اما اثر متقابل دو فاکتور، تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور نداشت (جدول ۳). سطح ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک سبب

آلومتري (نسبت طولی ساقه به ریشه) داشتند، اما اثر ساده شوری بر ضریب آلومتري معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر)، بیشترین ضریب آلومتري (۲۳/۵) درصد افزایش نسبت به شاهد) را دارا بود، اما دیگر سطوح این تیمار تفاوت معنی‌داری با سطح شاهد نداشتند (جدول ۴).

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و کل گیاهچه

نتایج در شرایط آزمایشگاه نشان داد که تنش شوری، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشت. همچنین اسید هیومیک اثر معنی‌داری روی صفت وزن خشک ساقه‌چه در سطح ۵ درصد داشت. اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر هر دو صفت ذکر شده نداشت (جدول ۱). وزن خشک ساقه‌چه تحت تأثیر پیش تیمار اسید هیومیک و با افزایش غلظت آن از ۰/۰۰۸ گرم (شاهد) به ۰/۰۱ گرم (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) افزایش یافت. با افزایش میزان شوری، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت، اما بین سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم تفاوت معنی‌داری در وزن خشک ریشه‌چه مشاهده نگردید (جدول ۲). صفت وزن خشک کل گیاهچه خیار در اثر ساده تنش شوری و اسید هیومیک، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج بین آن بود که با افزایش میزان اسید هیومیک، وزن خشک کل گیاهچه خیار افزایش یافت (جدول ۱)، به طوری که بیشترین میزان این تیمار، سبب افزایش ۱۷/۵ درصدی این صفت گردید که البته تفاوت معنی‌داری بین سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده نگردید. همچنین شدیدترین سطح تنش شوری (۱۵۰ میلی مولار) سبب کاهش ۴۱/۷ درصدی وزن خشک کل گیاهچه خیار نسبت به شاهد شد (جدول ۲).

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها در آزمایش گلدانی نشان داد اثرات ساده و اثر متقابل اسید هیومیک و شوری، تأثیر معنی‌داری روی صفت وزن خشک کل داشتند. در مقایسه میانگین اثر ساده پیش تیمار بذور با اسید هیومیک مشاهده گردید که با افزایش سطح اسید هیومیک تا سطح ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، صفت وزن خشک کل خیار افزایش معنی‌داری داشت. همچنین اثر ساده تنش شوری نشان داد که اعمال تنش سبب کاهش وزن خشک

و ۱۵۰ میلی مولار وجود نداشت (جدول ۴). در مطالعه‌ای مشابه، با بررسی اثر پیش تیمار اسید هیومیک بر جوانه‌زنی گیاه دارویی سرخارگل در شرایط تنش شوری مشاهده شد که طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بذر سرخارگل در اثر افزایش سطح شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت و پیش تیمار بذرها در بالاترین سطح اسید هیومیک (۶۰ میلی گرم بر لیتر) سبب افزایش طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه شد (Khorasaninejad & Alizadeh, 2016). در پژوهشی دیگر کاهش طول ریشه‌چه با افزایش تنش شوری در فلفل گزارش شد (Yildirim & Guvenc, 2006). همچنین با ارزیابی اثر اسید هیومیک و نترات کلسیم بر رشد گیاهچه فلفل (*Capsicum annum cv Derme*) تحت تنش شوری گزارش نمودند که مصرف اسید هیومیک و نترات کلسیم، افزایش طول گیاهچه فلفل را تحت شرایط تنش شوری به دنبال دارد (Gulser et al., 2010) همچنین کاربرد مواد هیومیکی در مطالعه‌ای دیگر منجر به بهبود پارامترهای رشد گیاهچه فلفل در شرایط تنش شوری شد (Turkman et al., 2005).

ضریب آلومتري

نتایج بدست آمده در شرایط آزمایشگاه نشان داد اثر ساده اسید هیومیک و شوری، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفت ضریب آلومتري (نسبت طولی ساقه‌چه به ریشه‌چه) گیاهچه خیار داشت. اما اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر ضریب آلومتري خیار نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید هیومیک تا سطح ۵۰ میلی گرم بر لیتر، ضریب آلومتري نسبت به شاهد تغییری نداشت، اما با افزایش سطح به ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک، این صفت افزایش یافت، که البته با سطح ۲۰۰ میلی گرم اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو بیشترین میزان ضریب آلومتري را دارا بودند (جدول ۲). همچنین مشاهده گردید اثر ساده شوری تا سطح ۱۰۰ میلی مولار نتوانست ضریب آلومتري را نسبت به شاهد کاهش دهد، اما سطح ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم این صفت را نسبت به شاهد ۲۲/۲ درصد کاهش داد (جدول ۲). در آزمایش گلدانی اسید هیومیک و اثر متقابل شوری و اسید هیومیک در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر صفت ضریب

کلروفیل a، b و کل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده و اثر متقابل اسید هیومیک و شوری تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی کلروفیل a داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که بیشترین سطح اسید هیومیک باعث افزایش کلروفیل a (۴۲/۹) درصد افزایش نسبت به شاهد) و بیشترین سطح شوری باعث کاهش این صفت (۲۴/۴) درصد کاهش نسبت به شاهد) گردید. البته تفاوت معنی‌داری در این صفت بین اسید هیومیک ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر مشاهده نشد (جدول ۴). اثر متقابل شوری و اسید هیومیک نشان داد که وقتی غلظت پیش تیمار با اسید هیومیک به ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به بالا رسید، اسید هیومیک توانست باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری روی صفت کلروفیل a شود، به‌گونه‌ای که در این دو سطح اسید هیومیک، شوری تا سطح ۵۰ میلی مولار نتوانست سبب کاهش کلروفیل a شود (جدول ۵). بیشترین غلظت کلروفیل a در سطوح بدون شوری و ۲۰۰ میلی مولار اسید هیومیک و همچنین سطح بدون شوری و ۱۰۰ میلی مولار اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۵). جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده شوری و اسید هیومیک همانند کلروفیل a، بر کلروفیل b اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت؛ اما اثر متقابل آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. اسید هیومیک سبب افزایش ۸/۳ درصدی و شوری باعث کاهش ۶۰ درصدی (نسبت شاهد به بالاترین سطح) کلروفیل b شد (جدول ۴). اثر ساده شوری و اسید هیومیک و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر کلروفیل کل از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در سطوح مختلف اسید هیومیک، بیشترین و کمترین میزان کلروفیل کل به ترتیب مربوط به سطح ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک (۰/۵۳) میلی گرم بر گرم وزن تر) و شاهد (۰/۴۱) میلی گرم بر گرم وزن تر) بود. تنش شوری منجر به کاهش معنی‌دار کلروفیل کل شد (جدول ۴). اثر متقابل شوری و اسید هیومیک همانند کلروفیل a نشان داد که اسید هیومیک توانست باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری روی صفت کلروفیل کل شود. بیشترین میزان این صفت در سطح بدون شوری و ۲۰۰ میلی مولار اسید هیومیک و همچنین سطح بدون شوری و ۱۰۰ میلی مولار اسید هیومیک مشاهده شد (جدول ۵). محققان در مطالعه‌ای با بررسی اثر

کل شد (جدول ۴). اثر متقابل دو فاکتور نشان داد که اسید هیومیک توانست از کاهش وزن خشک تحت شرایط تنش شوری جلوگیری کند و سبب افزایش این صفات گردید. براساس گزارش‌های موجود، در تحقیقی با بررسی تأثیر اسید سالیسیک و اسید هیومیک بر بهبود تحمل به شوری گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum*) تحت تنش شوری اعلام کردند که با افزایش سطوح شوری و کاربرد همزمان اسید سالیسیک و اسید هیومیک، وزن خشک و تر فلفل دلمه‌ای کاهش یافت (Shefazadeh Shahreabaki et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر با بررسی جوانه‌زنی گیاه دارویی گل ختمی تحت تنش شوری و خشکی بیان شد که با کاهش پتانسیل اسمزی در تنش شوری، وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در این گیاه کاهش پیدا کرد (Yazdani & Rezvani moghadam, 2012).

شاخص بنیه گیاهچه

بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که اثر ساده پیش تیمار اسید هیومیک و شوری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص بنیه گیاهچه خیار معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش میزان اسید هیومیک تا سطح ۱۰۰ میلی گرم، شاخص بنیه طولی گیاهچه که بیانگر در صد جوانه‌زنی نرمال و طول گیاهچه می‌باشد افزایش یافت. اما غلظت بالاتر (۲۰۰ میلی گرم در لیتر) تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده نشد. بیشترین سطح اسید هیومیک باعث افزایش ۴۵/۸ درصدی بنیه بذر نسبت به شاهد شد. همچنین مشاهده شد که با افزایش تنش شوری، بنیه گیاهچه کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان بنیه بذر (۱۱/۱۵) در تیمار شاهد بدست آمد که با شدیدترین سطح تنش (۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم) تفاوت ۴۷/۱ درصدی داشت (جدول ۲). تنش‌های شوری علاوه بر محدود کردن جذب آب توسط بذر با تأثیر روی ساخت پروتئین‌های جنینی باعث کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌شوند (Hampson & Simposon, 1990). در تحقیقی گزارش شد که غلظت ۳۰ میلی گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk) گردید (Sabzevari et al., 2009).

بیوشیمیایی مانند آنزیم‌های دفاعی بررسی و مطالعات تکرار و سطوح دقیق‌تر اسید هیومیک تعیین شوند. بنابراین می‌توان در صورت تأیید نهایی این نتایج در آزمایشات تکمیلی، این روش را به کشاورزان پیشنهاد کرد تا بتوانند شرایط تولید این محصول در گلخانه و مزرعه را افزایش دهند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تعارض منافی در رابطه با نگارش و یا انتشار این مقاله ندارند.

Reference

- Azarmi, R., Tabatabaei, J., & Chaparzadeh, N. (2018). Effects of Mg^{2+} and root zone temperature on growth, yield, and physiological properties of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in hydroponics. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, 9(2), 11-22. <https://doi.org/10.29252/ejgcst.9.2.11> [In Persian]
- Alizadeh Ahmadabadi, A., & Khorasaninejad, S. (2016). The effect of humic acid pretreatment on germination of purple cornflower (*Echinacea purpurea*) under drought and salinity conditions. *Journal of Arid Biome*, 6(2), 97-107. [In Persian]
- Abdulkaki, A. A., & Anderson, J. D. (1973). Vigour determination in soybean by multiple criteria. *Journal of Crop Sciences*, 13, 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973>.
- Amiri, M. B., Rezvani Moghaddam, P., Ehyai, H. R., Fallahi, J., & Aghhavan Shajari, M. (2010). Effect of osmotic and salinity stresses on germination and seedling growth indices of artichoke (*Cynara scolymus*) and purple coneflower (*Echinacea purpurea*). *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 3(2), 165-176. <https://doi.org/10.22077/escs.2011.92> [In Persian]
- Ashraf, M., & Waheed, A. (1990). Screening of local exotic lentil (*Lens culinaris* Medik) for salt tolerance at two growth stages. *Journal of Plant and Soil*, 128, 167-176.
- Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., & Kwon, T. R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Journal of Advances in Agronomy*, 97, 45-110. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)00002-8) [In Persian]
- Azarnivand, H., & Jafarian, Z. (2005). Effect of salinity on seed germination of *Agropyron desertorum* and *Agropyron cristatum*. *Journal of Desert*, 8, 52-61.

محلول‌پاشی اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی گیاه گوجه فرنگی در شرایط تنش خشکی اعلام کردند که اسید هیومیک منجر به بهبود شرایط رشدی گوجه فرنگی (وزن تر و خشک، ارتفاع و کلروفیل) شد (Haghighi & Hojatullah, 2020). از صدمات اکسیداتیو مهمی که در شرایط تنش شوری ایجاد می‌شود، تخریب مولکول کلروفیل است. کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر شوری ممکن است ناشی از کاهش سنتز کمپلکس اصلی رنگدانه کلروفیل، تخریب نوری کمپلکس پروتئینی رنگدانه‌های a و b که محافظت کننده دستگاه فتوسنتزی هستند، صدمه اکسیداتیو لیپیدهای کلروپلاست، رنگدانه‌ها و پروتئین‌ها یا افزایش فعالیت آنزیم کلروپلاز باشد (Egert & Tevini, 2002). اسید هیومیک سبب افزایش ماندگاری بافت‌های فتوسنتز کننده شده و از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیک از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش کلروفیل برگ را باعث می‌شود (Naderi et al., 2002).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری بر اکثر صفات مورد مطالعه خیار نظیر در صد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک کل، شاخص بنیه گیاهچه و میزان کلروفیل کل اثر معنی داری داشت. با افزایش سطوح شوری؛ صفات مذکور کاهش یافت، به‌طوری که طول ریشه، وزن خشک ریشه به ترتیب ۲۲/۶۷ و ۳۳/۸ درصد و طول ساقه و وزن خشک ساقه به ترتیب ۱۴/۸ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به عبارتی نسبت طول ریشه به ساقه کاهش یافت که حاکی از اثرات شدیدتر غلظت‌های بالای نمک بر رشد ریشه بود. همچنین مشاهده شد که غلظت‌های مختلف اسید هیومیک باعث افزایش ارتفاع، رشد ریشه، وزن خشک کل و کلروفیل a، b و کل شد که توانست اثر منفی شوری را کاهش دهد. با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش و اینکه کشت خیار در مناطقی که آب آبیاری آن شور است توصیه نمی‌شود، ممکن است با کاربرد ارزان و راحت‌تر پرایمینگ بذور خیار با اسید هیومیک به‌خصوص با غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر بتوان اثرات شوری را تعدیل کرد، اگر چه برای توصیه قطعی این راهکار لازم است صفات

- Bayat, H., Naseri Moghaddam, A., & Aminifard, M. (2020). Allelopathic effects of narcissus (*Narcissus tazetta* L.) extract on germination, growth, and physiological characteristics of couch grass (*Agropyron repens*) and wild oat (*Avena fatua*). *Journal of Seed Sciences Research*, 6(4), 457-469. <https://doi.org/10.22124/JMS.2020.3925> [In Persian]
- Bohnert, H. J., Nelson, D. E., & Jense, R. G. (1995). Adaptation to environmental stresses. *Journal of Plant Cell*, 7(7), 1099-1111. <https://doi.org/10.1105/tpc.7.7.1099>
- Ebrahimi, M., & Miri Karbasak, E. (2015). Investigation of the effect of humic acid on germination, seedling growth, and photosynthesis pigments of medicinal plant Isabgol (*Plantago ovata* Forssk). *Journal of Seed Sciences and Research*, 3(3), 35-46. <https://doi.org/20.1001.1.24763780.1395.3.3.4.2> [In Persian]
- Egert, M., & Tevini, M. (2002). Influence of drought on some physiological parameters symptomatic of oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 48(1), 43-49. [https://doi.org/10.1016/S0098-8472\(02\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0098-8472(02)00008-4)
- Eisa Salwa, A. I. (2011). Effect of amendments, humic and amino acids on soil fertility, yields, and seed quality of peanut and sesame on sandy soils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(1), 115-125.
- El Mohamedy, R. S. R., & Ahmed, M. A. (2009). Effect of biofertilizers and humic acid on control of dry root disease and improvement of yield quality of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(2), 127-137.
- Food and Agricultural Organization (FAO). (2014). Retrieved September 9, 2015.
- Ghabbour, E. A., & Davies, G. (2001). *Humic substances: Structures, models, and functions*. Royal Society of Chemistry (Great Britain).
- Ghasemi Arian, A., Ghorbani, R., Nasripour Yazdi, M., & Mesdaghi, M. (2016). Effect of temperature on seed germination characteristics of *Dorema ammoniacum*. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 29(3), 686-693. <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1395.29.3.20.6> [In Persian]
- Gulser, F., Sonmez, F., & Boysan, S. (2010). Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline conditions. *Journal of Environmental Biology*, 31(5), 873-876.
- Hampson, C. R., & Simpson, D. M. (1990). Effect of temperature, salt, and osmotic potential on early growth of wheat. II. Early seedling growth. *Canadian Journal of Botany*, 68(1), 524-528. <https://doi.org/10.1139/b90-073>
- Ikic, I., Maricevic, M., Tomasovic, S., Gunjaca, J., Sarcevic, Z., & Arcevic, H. (2012). The effect of germination temperature on seed dormancy in winter wheats. *Journal of Euphytica*, 188, 25-34. <https://doi.org/10.1007/s10681-012-0735-8>
- Jamil, M., Lee, D. B., Jung, K. Y., Ashraf, M., Lee, S. H., & Rha, E. S. (2006). Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2), 273-281.
- Kafi, M., Nezami, A., Hosseyni, H., & Masumi, A. (2005). The physiological effects of stress caused by PEG on germination varieties of lentils. *Journal of Agricultural Research of Iran*, 3(1), 69-80. <https://doi.org/10.22067/GSC.V3I1.1293> [In Persian]
- Karami, L., Hedayat, M., & Farahbakhsh, S. (2020). Effect of salicylic acid priming on seed germination and morphophysiological and biochemical characteristics of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Seed Research*, 7(1), 165-179. <https://doi.org/10.29252/yujs.7.1.165> [In Persian]
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Journal of Crop Science*, 2(2), 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Manchanda, G., & Grag, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30, 595-618. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0173-3>
- Miller, T. R., & Chapman, S. R. (1978). Germination responses of three forage grasses to different concentrations of six salts. *Journal of Range Management*, 31(2), 123-124. <https://doi.org/10.2307/3897659>
- Naderi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8) [In Persian]
- Nakhyeinejad, B., & Moosavi, S. G. R. (2015). Effect of irrigation interval, humic acid, and sulfur fertilizer on morphological and yield traits of fenugreek (*Trigonella foenum-gracum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 9(30), 40-51. <https://doi.org/20.1001.1.20085958.1396.9.30.4.8> [In Persian]
- Padem, H. Ocal, A., & Alan, R. (1999). Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings. *Journal of Acta Horticulturae*, 491, 241-245. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.491.35>

- Piccolo, A., Celano, G., & Pietramellara, G. (1993).** Effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings (*Lactuca sativa* and *Lycopersicum esculentum*). *Journal of Biology and Fertility of Soils*, 16, 11-15. <https://doi.org/10.1007/BF00336508>
- Raeisinejad Doboneh, R., & Yazdanpanah, N. (2019).** Effect of different levels of irrigation and salinity on yield of greenhouse *Cucumis sativus*. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 13(5), 1471-1480. [In Persian]
- Samavat, S., & Malakuti, M. (2006).** Important use of organic acids (humic and fulvic) for increasing quantity and quality of agricultural production. *Water and Soil Researchers Technical*, 463, 1-13.
- Sabzevari, S., & Khazaei, H. R. (2009).** The effect of foliar application with humic acid on growth, yield, and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 1(2), 53-63. <https://doi.org/10.22067/JAG.V1I2.2686> [In Persian]
- Sabzevari, S., Khazaei, H. R., & Kafi, M. (2010).** The study of the effect of humic acid on the germination of four varieties of autumn wheat (Sayons and Sabalan) and spring wheat (Chamran and Pishtaz). *Journal of Field Crops Research*, 8(3), 473-480. <https://doi.org/10.22067/GSC.V8I3.7765> [In Persian]
- Sabzevari, S., Khazaei, H. R., & Kafi, M. (2009).** Effect of humic acid on root and shoot growth of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Water and Soil*, 23(2), 87-94. <https://doi.org/10.22067/JSW.V0I0.1731> [In Persian]
- Safarnejad, A., Salami, M. R., & Hamidi, H. (2007).** Morphological characteristics of *Plantago psyllium* and *Plantago ovata* against salt stress. *Journal of Construction Research*, 75, 152-160. [In Persian]
- Salehzadeh, H., Izadkhah Shishvan, M., & Chiyasi, M. (2009).** Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Biological Sciences*, 4(5), 629-631. <https://doi.org/rjbsci.2009.629.631>
- Tejada, M., & Gonzalez, J. (2003).** Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparagus. *Journal of Biological Agriculture and Horticulture*, 21(3), 277-291. <https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9755270> [In Persian]
- Turkman, O., Demir, S., Sensoy, S., & Dursun, A. (2005).** Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biological Sciences*, 5, 565-574. <https://doi.org/10.3923/jbs.2005.568.574> [In Persian]
- Yazdani Bioki, R., & Rezvani Moghadam, P. (2012).** Germination of *Althea officinalis* L. seeds under drought and salinity stress. *Journal of Field Crops Research*, 10, 1-10. <https://doi.org/10.22067/GSC.V10I1.14368> [In Persian]
- Yildirim, E., & Guvenc, I. (2006).** Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(5), 347-353.
- Zamani, S., Ghasemnezhad, A., Alizadeh, M., & Alami, M. (2018).** Effect of salinity and salicylic acid on morphological and photosynthetic pigment changes of callus of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of Crop Breeding*, 10(26), 128-138. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.26.128> [In Persian]