XXXX, XX (X), X-X https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.364534.1511

Seed Science Society of Iran

Seed and Plant Certification and Registration Institute

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 Kamkar[2], Zeinab Jabbari Badkhor[3]

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*, *XX* (X), X-X. https://doi.org/10.22092/ijsst.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.

دوره XX، شماره X، صفحات X-X

https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.364534.1511

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 ، بهنام کامکار ، زینب جباری بادخور

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲. استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۳. فارغ التحصیل کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.

چکیده

جهت کاهش اثرات تنش شوری در سبزی‌ها، از روش‌های متفاوتی مانند اصلاح کننده‌های 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) به‌صورت 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 میلی‌گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار 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 درصد 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 سانتی‌متر) در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار 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 میلی‌گرم 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 میلی‌مولار در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، نتوانست صفت مذکور را را کاهش دهد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که پرایمینگ بذور 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.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷

واژه‌های کلیدی:

پیش تیمار،

کلرید سدیم،

درصد وسرعت جوانه‌زنی،

ویژگی‌های رشد، کلروفیل

نویسنده مسئول:

reza.rezvani@mail.um.ac.ir

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*, *XX* (X), X-X. https://doi.org/10.22092/ijsst.2024.364534.1511

مقدمه

خیار با نام علمی *Cucumis sativus* L. یکی از پرمصرف‌ترین سبزی‌های خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae)، بومی آسیا و آفریقا است که طبق داده‌های آماری سازمان فائو در سال زراعی ۲۰۲۲-۲۰۲۱ بیش از ۸۰ میلون 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. ازنظر 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 (Raeisinejad & 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 نتیجهٔ 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 فیزیولوژیک می‌شود (Azarnivand & Jafarian, 2005).

اسیدهای آلی، اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بذر دارند و به‌دلیل 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 ۵۸-۴۴ 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 سمّیت کودها می‌شود (Nakhyeinejad & Moosavi, 2015). این ترکیب با افزایش نفوذ پذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می‌کند. بعلاوه ثابت شده است که اسید هومیک 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 درصد 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

In Press

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 بذر با اسید هیومیک روی خصوصیات جوانه‌زنی و رشدی خیار در سطوح مختلف شوری حاصل از کلرید سدیم، آزمایشی در سال ۱۴۰۲ به‌صورت 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، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و شوری در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) بودند. برای سطوح ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار شوری به ترتیب ۱/۴۶، ۲/۹۲، ۵/۸۵ و ۸/۷۷ گرم کلرید سدیم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل گردید. ابتدا بذر خیار (رقم سبا از نوع هیبرید با منشأ ایرانی و تولیدی شرکت Breader سال ۱۴۰۱) از شرکت آکام تجارت سبزآوران الوند تهیه گردید. بذور بطور جداگانه با آب ژاول یک درصد به مدت ۵ دقیقه ضدعفونی و سپس سریعاً سه مرتبه با آب دیونیزه شسته شدند. بدین منظور ۲۵ بذر داخل پتری‌های شیشه‌ای به قطر ۱۰۰ میلی‌متر قرار گرفتند و روی کاغذ صافی واتمن شماره یک (ضدعفونی 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 سانتی‌گراد 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 به‌وسیله پارافیلم بسته شد و در ژرمیناتور (مدل JAL 500 ml TEB LAB EQUIPMEAT JG) 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 به‌ترتیب پنج میلی لیتر آب مقطر و پنج میلی‌لیترآب 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 ریشه‌چه دو میلی‌متری از پوسته بذر بود (Melier & Chapman, 1978) و سپس درصد جوانه‌زنی نهایی (GP[1]) برای هر پتری محاسبه شد (Ghasemi-Arian, 2016). همچنین سرعت جوانه‌زنی (GR[2]) و میانگین مدت زمان جوانه‌زنی (MTG[3]) از معادله ۲ (Ikic, 2012) و ۳ (Salehzadeh et al., 2009) بدست آمد.

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

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

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

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

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

MTG: میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، di: روز پس از کشت، ni: تعداد بذر جوانه زده در روز di، ∑i: کل تعداد بذور جوانه زده

ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG[4]) که مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد به روش Maguir (۱۹۶۲) تعیین شد (معادله ۴).

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

In Press

معادله۴ $$CVG = \frac{G_1+G_2+G_3+\cdots+G_n}{(1\times G_1)+(2\times G_2)+(3\times G_3)+..+(n\times G_n)}$$

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

متوسط جوانه‌زنی روزانه (MDG[1]) که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه است از معادله ۵ (Hunter et al., 1985) برآورد گردید.

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

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

در انتهای تحقیق، تعداد ۱۰ گیاهچه به‌صورت تصادفی از هر تیمار و تکرار انتخاب و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه بوسیله خط‌کش 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 حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه به عنوان شاخص بنیه گیاهچه (VI[2]) محاسبه گردید (Abdul-baki & Anderson, 1973).

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

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 به‌ترتیب ۲± ۲۵ و ۲± ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شرایط نور معمولی رشد یافتند (Azarmi et al., 2018). پس از سه هفته از کاشت بذور در سینی نشاء در مرحله چهار- پنج برگی؛ 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 به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UNICO, 2000, Germany) قرائت و یادداشت‌برداری گردید (Arnon, 1967).

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

در این معادلات؛ Cl *a*: کلروفیل a، Cl *b*: کلروفیل b، 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[3] نسخه ۹/۴ و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Microsoft Excell نسخه 2021 pro plus انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (LSR[4]) 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).

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

In Press

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری 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 بنیه گیاهچه Seedling vigour index	طول گیاهچه Seedling length	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficent of Velocity of Germination	متوسط جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	درصد جوانه‌زنی 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 معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

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

ادامه جدول ۱

Continued table 1

منبع تغییرات S. O. V	درجه آزادی DF	وزن خشک کل گیاهچه Seedling dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن تر کل Seedling fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh weight	وزن تر ساقه‌چه Plumule fresh weight	ضریب آلومتری coefficient Allometric	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه 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** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

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

مقایسه میانگین صفات نشان داد که با افزایش غلظت اسید هیومیک، میزان جوانه‌زنی خیار افزایش یافت، به‌طوری که درصد جوانه‌زنی از ۷۳/۶۶ درصد (شاهد) به ۸۷ درصد در تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر رسید که افزایش ۱۸/۲ درصدی را نسبت به شاهد داشت (جدول ۲). سرعت جوانه‌زنی نیز همانند درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر اسید هیومیک افزایش یافت، به‌طوری که میزان

In Press

سرعت جوانه‌زنی بین شاهد و بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) ۲۸/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۲). شوری درصد جوانه‌زنی را از ۹۱/۶۶ (شاهد) به ۷۱/۶۶ درصد (۱۵۰میلی‌مولار 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 (سانتی‌متر) Seedling length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	ضریب سرعت جوانه‌زنی Coefficent of Velocity of Germination	متوسط 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 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.

ادامه جدول ۲

Continued table 2

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

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

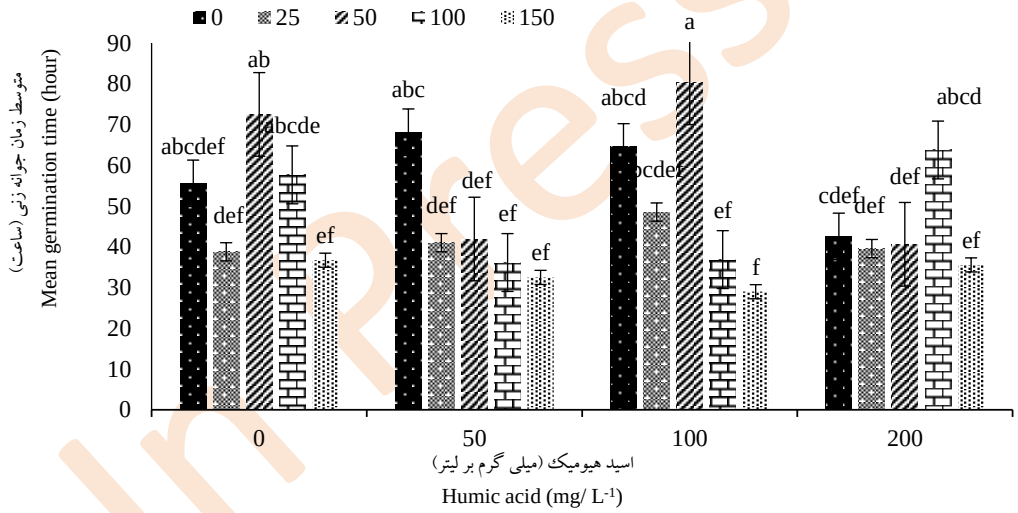
Means with common letters according to Duncan test at a significant level of 5% have no significant difference.

In Press

در تنش شوری به علت کاهش پتانسیل آب محیط اطراف بذر، 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).

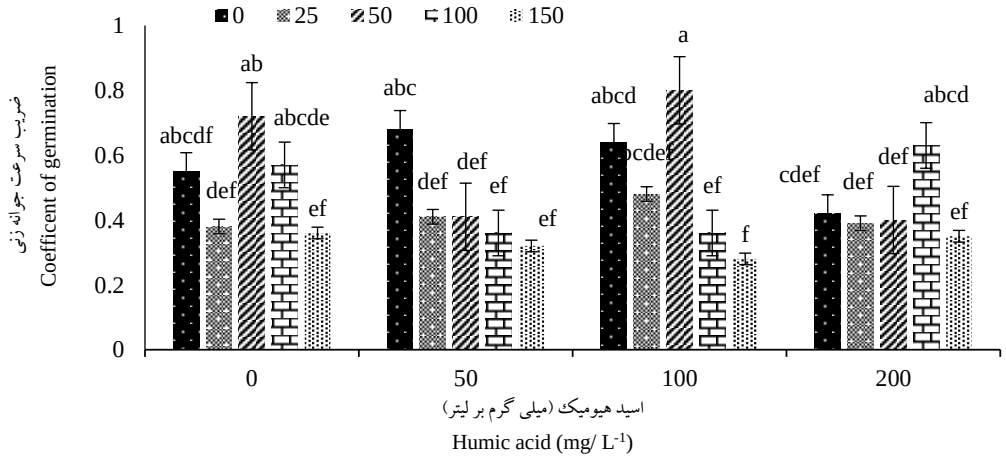
طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه

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، به‌نحوی که بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث افزایش طول ریشه‌چه (۱۹/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد) و طول ساقه‌چه (۳۹/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد) گردید. (جدول ۲).



شکل۱- 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



شکل۲- 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

شـــدیدترین تنش شـــوری (۱۵۰میلی‌مولار) باعث کاهش ۳۷/۱ درصـدی طول ریشـه‌چه و کاهش ۲۴/۶ درصـدی طول سـاقه‌چه (نسبت به شاهد) خیار شد. اثر متقابل اسید هیومیک و شوری روی صفت طول ساقه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (شکل۳)، در حالی که اثر متقابل تیمارها روی طول ریشـــه‌چه از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری 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}	0.03ns	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 معنی‌دار، معنی‌دار 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** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

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

In Press

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری 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.

In Press

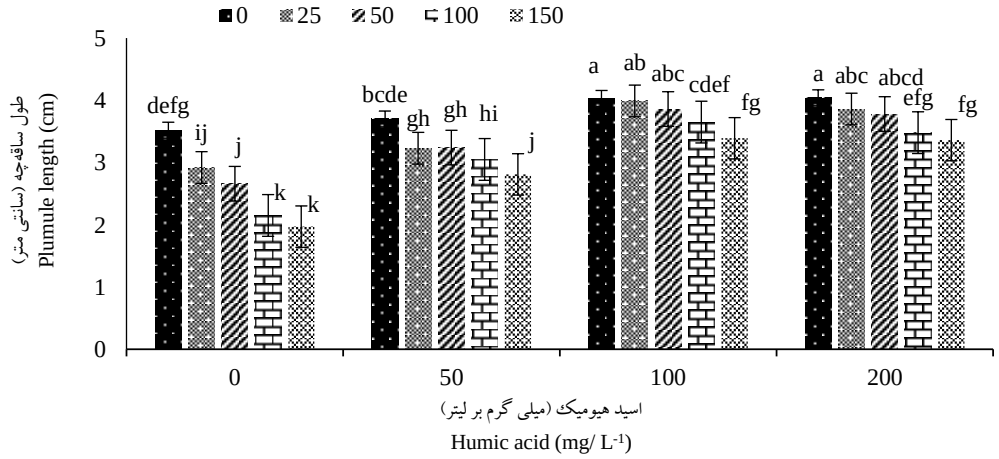
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و شوری بر صفات اندازه‌گیری شده روی خیار در گلخانه

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 می باشند.

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

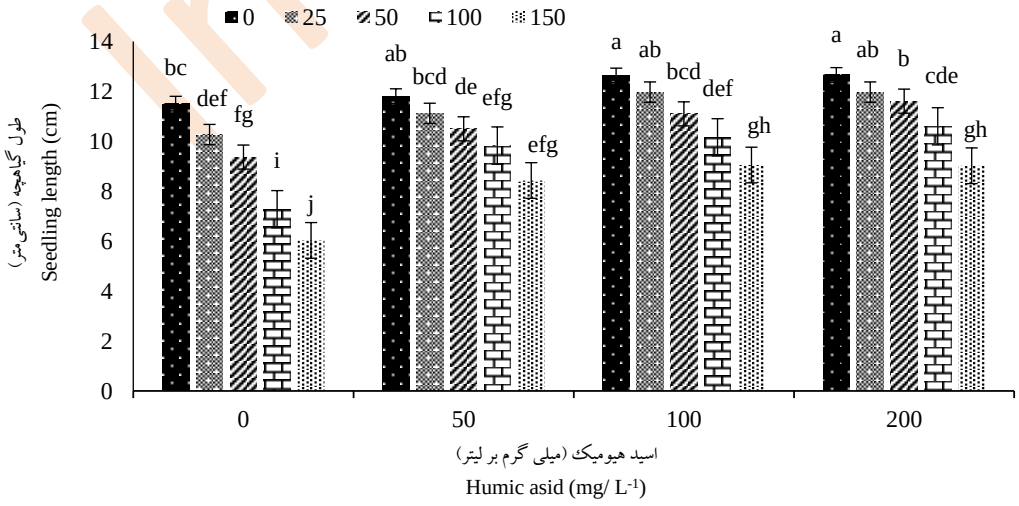


شکل۳- اثر متقابل اسید هیومیک و شوری بر طول ساقه‌چه خیار

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

In Press

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)، به‌طوری 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 ریشه 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 میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک وجود نداشت و بیش‌ترین طول گیاهچه در این دو سطح مشاهده شد و به‌ترتیب 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، به‌گونه‌ای 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) بذر 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).



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

در آزمایش گلدانی، 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 میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک سبب افزایش ۱۷/۶ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید، اما تفاوت معنی‌داری با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم 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

و ۱۵۰ میلی‌مولار 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 سرخاگل در اثر افزایش سطح شوری به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و پیش تیمار بذرها در بالاترین سطح اسید هیومیک (۶۰ میلی‌گرم بر لیتر) سبب افزایش طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه شد (Khorasaninejad & Alizadeh Ahmadabadi, 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 نیترات کلسیم بر رشد گیاهچه فلفل (*Capsicum annum cv Derme*) تحت تنش شوری گزارش نمودند که مصرف اسید هیومیک و نیترات 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 آلومتری

نتایج بدست آمده در شرایط آزمایشگاه نشان داد اثر ساده اسید هیومیک و شوری، تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد روی صفت ضریب آلومتری (نسبت طولی ساقه‌چه به ریشه‌چه) گیاهچه خیار داشت. اما اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر ضریب آلومتری خیار نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با افزایش غلظت اسید هیومیک تا سطح ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، ضریب آلومتری نسبت به شاهد تغییری نداشت، اما با افزایش سطح به ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک، این صفت افزایش یافت، که البته با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم اختلاف معنی‌داری نداشت و هر دو بیشترین میزان ضریب آلومتری را دارا بودند (جدول ۲). همچنین مشاهده گردید اثر ساده شوری تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار نتوانست ضریب آلومتری را نسبت به شاهد کاهش دهد، اما سطح ۱۵۰ میلی‌مولار 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 آلومتری (نسبت طولی ساقه به ریشه) داشتند، اما اثر ساده شوری بر ضریب آلومتری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین سطح اسید هیومیک (۲۰۰ میلی گرم بر لیتر)، بیشترین ضریب آلومتری (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 میلی‌گرم بر لیتر) افزایش یافت. با افزایش میزان شوری، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت، اما بین سطح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار 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 یک‌درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مبیّن آن بود که با افزایش میزان اسید هیومیک، وزن خشک کل گیاهچه خیار افزایش یافت(جدول ۱)، به‌طوری که بیشترین میزان این تیمار، سبب افزایش ۱۷/۵ درصدی این صفت گردید که البته تفاوت معنی‌داری بین سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک مشاهده نگردید. همچنین شدیدترین سطح تنش شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) 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 میلی‌گرم بر لیتر، صفت وزن خشک کل خیار افزایش معنی‌داری داشت. همچنین اثر ساده تنش شوری نشان داد که اعمال تنش سبب کاهش وزن خشک

In Press

کل شـد (جدول ۴). اثر متقابل دو فاکتور نشـان داد که اسـید هیومیک توانسـت از کاهش وزن خشـک تحت شـرایط تنش شوری جلوگیری کند و سبب افزایش این صفات گردید. براساس گزارش های موجود، در تحقیقی با بررسی تأثیر اسید سالسیلیک و اسـید هیومیک بر بهبود تحمل به شـوری گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annum*) تحت تنش شـوری اعلام کردند که با افزایش سطوح شوری و کاربرد همزمان اسید سالیسلیک و اسید هیومیـک، وزن خشـک و تر فلفـل دلمـه‌ای کـاهش یـافت (Shefazadeh Shahrebabki et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر با بررسـی جوانه‌زنی گیاه دارویی گل ختمی تحت تنش شـوری 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 میلی‌گرم، شاخص بنیه طولی گیاهچه که بیانگر درصد جوانه‌زنی نرمال و طول گیاهچه میباشـد افزایش یافت. اما غلظت بالاتر (۲۰۰میلی‌گرم در لیتر) تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم 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 شـوری، بنیه گیاهچه کاهش پیدا کرد. بیشترین میزان بنیه بذر (۱۱/۱۵) در تیمار شاهد بدست آمد که با شـدیدترین سـطح تنش (۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سـدیم) تفاوت ۴۷/۱ درصـدی داشـت (جدول ۲). تنش‌های شـوری علاوه بر محدود کردن جذب آب توسـط بذر با تأثیر روی سـاخت پروتئین‌های جنینی باعث کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌شـوند (Hampson & Simposon, 1990). در تحقیقی گزارش شـد که غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار شاخص بنیه بذر گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk) گردید (Sabzevari et al., 2009).

کلروفیل a، b و کل

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات ساده و اثر متقابل اسید هیومیک و شـوری تأثیر معنی‌داری در سـطح یک درصـد روی کلروفیل a داشتند (جدول ۳)، به‌طوری که بیشـترین سـطح اسید هیومیک باعث افزایش کلروفیل a (۴۲/۹ درصد افزایش نسبت به شـاهد) و بیشـترین سـطح شـوری باعث کاهش این صـفت (۲۴/۴ درصـد کاهش نسبت به شاهد) گردید. البته تفاوت معنی‌داری در این صفت بین اسید هیومیک ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده نشـد (جدول ۴). اثر متقابل شـوری و اسید هیومیک نشـان داد که وقتی غلظت پیش تیمار با اسـید هیومیک به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به بالا رسـید، اسـید هیومیک توانسـت باعث کاهش اثرات منفی تنش شوری روی صفت کلروفیل a شود، به‌گونه‌ای که در این دو سطح اسید هیومیک، شوری تا سطح ۵۰ میلی‌مولار نتوانست سبب کاهش کلروفیل a شـود (جدول ۵). بیشـترین غلظت کلروفیل a در سطوح بدون شوری و ۲۰۰ میلی‌مولار اسید هیومیک و همچنین سطح بدون شـوری و ۱۰۰ میلی‌مولار 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. اسـید هیومیک سـبب افزایش ۸/۳ درصـدی و شـوری باعث کاهش ۶۰ درصـدی (نسبت شـاهد 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 اسـید هیومیک، بیشـترین و کمترین میزان کلروفیل کل به‌ترتیب مربوط بـه سـطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسـید هیومیـک (۰/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و شاهد (۰/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود. تنش شـوری منجر به کاهش معنی‌دار کلروفیل کل شـد (جدول ۴). اثر متقابل شوری و اسید هیومیک همانند کلروفیل a نشـان داد که اسـید هیومیک توانسـت باعث کاهش اثرات منفی تنش شـوری روی صـفت کلروفیل کل شـود. بیشـترین میزان این صـفت در سـطح بدون شـوری و ۲۰۰ میلی‌مولار اسـید هیومیک و همچنین سـطح بدون شـوری و ۱۰۰ میلی‌مولار اسـید هیومیک مشـاهده شـد (جدول ۵). محققان در مطالعه‌ای با بررسـی اثر

In Press

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 رنگدانه های 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 کلروفیلاز 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 درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک کل، شاخص بنیه گیاهچه و میزان کلروفیل کل اثر معنی‌داری داشت. با افزایش سطوح شوری؛ صفات مذکور کاهش یافت، به‌طوری که طول ریشه، وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۲۲/۶۷ و ۳۳/۸ درصد و طول ساقه و وزن خشک ساقه به‌ترتیب ۱۴/۸ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به‌عبارتی 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 میلی‌گرم بر لیتر بتوان اثرات شوری را تعدیل کرد، اگرچه برای توصیه قطعی این راهکار لازم است صفات بیوشیمیایی مانند آنزیم‌های دفاعی بررسی و مطالعات تکرار و سطوح دقیق‌تر اسید هیومیک تعیین شوند. بنابراین می‌توان در صورت تأئید 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 منافعی 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]

Abdulbaki, 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., & Aghhavani 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 [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.

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

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 [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]