Eco-phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University Gorgan Branch
Iranian Society of Medical Plants

The improvement of germination indices of *Cynara scolymus* L. seed by bacterial strains of *Pseudomonas* sp. R27N7 and *Staphylococcus* sp. R38N2 along with extracted humic and fulvic acids from biochar of Oriental plane tree

Mina Aqel Khajedad[1], Ebrahim Shirmohammadi[1*], Ahmad Gholamalizadeh Ahangar[1], Fatemeh Khosravi[2]

[1] Soil Science Department, Faculty of Soil and Water Engineering, University of Zabol, Zabol, Iran.
[2] Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Zabol, Zabol, Iran, Eamil: eshirmohammadi@uoz.ac.ir

Serial 40, 10th year, Number 4, Winter 2023 (62-74)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2020/6/26
Revised: 2022/8/21
Accepted: 2022/8/28

Keywords
Cynara scolymus L.
Fulvic acid
Humic acid
Growth Promoting Rhizobacteria
Priming

Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of artichoke (*Cynara scolymus* L.) seeds priming with plant growth-promoting rhizobacteria and extracted humic substances from biochar of Oriental plane (*Platanus orientalis*) tree on their seeds germination and seedling growth indices. For this purpose, in-vitro culture was performed in the form of factorial in a completely randomized design with four replications, totally in 36 experimental units, in the laboratory of soil science department, University of Zabul, in spring 2021. The first factor (humic substances) was in three levels including: seed priming with distilled water (control), fulvic acid and humic acid. The second factor (plant growth-promoting rhizobacteria) was in three levels including: seed priming with physiological serum (control), strains of *Pseudomonas* sp. R27N7 and *Staphylococcus* sp. R38N2. The results showed that R27N7 and R38N2 bacterial strains reduced the mean germination time by 10.93% and 11.23%, respectively, compared to the control. The effect of fulvic acid treatment on variation of measured indices was not significant compared to control. But humic acid treatment increased indices of Seedling height by 90.33%, seedling dry weight by 90.70%, germination percentage by 61.32%, germination rate by 62.50%, mean daily germination by 60.19% and vigor index I and II by 2.76 times compared to the control. According to the results of this study, artichoke seeds priming with both of the plant growth promoting rhizobacteria strains can reduce mean germination time of seed. Also, seeds priming with humic acid can improve dry weight of seedling and most of seed germination indices. It seems that the improvement of these indices is mostly influenced by the plant growth hormone-like properties of humic acid and also plant growth promoting properties of both bacterial strains, especially their ability to produce of indole-3-acetic acid.

Please cite this article as: Aqel Khajedad, M., Shirmohammadi, E., Gholamalizadeh Ahangar, A., Khosravi, F. (2023). The improvement of germination indices of *Cynara scolymus* L. seed by bacterial strains of *Pseudomonas* sp. R27N7 and *Staphylococcus* sp. R38N2 along with extracted humic and fulvic acids from biochar of Oriental plane tree, *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*.10(4): 62-74.

© 2023. All Rights Reserved
DOI: 10.30495/ejmp.2022.1961797.1693
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.4.4

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

بررسی بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه *Cynara scolymus* L. بوسیله سویه‌های باکتریایی *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 همراه با هیومیک اسید و فولویک اسید استخراج شده از زغال زیستی درخت چنار

مینا عاقل خواجه داد[۱]، ابراهیم شیرمحمدی[۱*]، احمد غلامعلی‌زاده آهنگر[۱]، فاطمه خسروی[۲]

۱ گروه علوم خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲ گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه زابل، زابل، ایران.، رایانامه: eshirmohammadi@uoz.ac.ir

سال دهم، شماره ٤٠، زمستان ١٤٠١ / صفحات: ٧٤-٦٢

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ ارسال:١٤٠١/٤/٥
تاریخ بازنگری: ١٤٠١/٥/٣٠
تاریخ پذیرش: ١٤٠١/٦/٦

واژه‌های کلیدی:
آرتیشو
باکتری‌های محرک رشد
پرایمینگ
جوانه زنی
فولویک اسید
هیومیک اسید

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر پرایمینگ بذور گیاه دارویی آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) با باکتری‌های محرک رشد گیاه و مواد هیومیکی استخراج شده از بیوچار درخت چنار (*Platanus orientalis*) بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه آن‌ها در بهار ١٤٠٠ و دانشگاه زابل ، کشت درون شیشه‌ای ، فاکتوریل ، قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و مجموعاً در ٣٦ واحد آزمایشی اجرا گردیدد. فاکتور اول (مواد هیومیکی) در سه سطح شامل: پرایمینگ بذور با آب مقطر (شاهد)، فولویک اسید و هیومیک اسید؛ و فاکتور دوم (باکتری‌های محرک رشد گیاه) در سه سطح شامل: پرایمینگ بذور با سرم فیزیولوژیک (شاهد)، سویه‌های باکتری *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 بود. نتایج نشان داد که سویه‌های باکتری R27N7 و R38N2 نسبت به شاهد متوسط زمان جوانه‌زنی بذور را به‌ترتیب ١٠/٩٣ و ١١/٢٣درصد کاهش دادند. تیمار فولویک اسید در مقایسه با شاهد بر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود. ولی تیمار هیومیک اسید نسبت به شاهد باعث افزایش ٩٠/٣٣ درصدی ارتفاع گیاهچه، ٩٠/٧٠ درصدی وزن خشک گیاهچه، ٦١/٣٢ درصدی جوانه‌زنی، ٦٢/٥٠ درصدی سرعت جوانه‌زنی، ٦٠/١٩ درصدی شاخص میانگین جوانه‌زنی روزانه و نیز ٢/٧٦ برابری شاخص بنیه بذرI و II شد. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش، پرایمینگ بذور آرتیشو با هر دو سویه باکتری محرک رشد گیاه می‌تواند متوسط زمان جوانه‌زنی بذر را کاهش دهد. همچنین پرایمینگ بذور با هیومیک اسید می‌تواند وزن خشک گیاهچه و بیشتر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر را بهبود بخشد. به نظر می‌رسد بهبود این شاخص‌ها بیشتر متأثر از خواص شبه هورمون رشد گیاهی هیومیک اسید و نیز ویژگی‌های محرک رشد گیاهی هر دو سویه باکتری مخصوصاً توان تولید ایندول-٣-استیک اسید آن‌ها باشد.

استناد: عاقل خواجه داد، م.، شیرمحمدی، ا.، غلامعلی‌زاده آهنگر، ا.، خسروی، ف. (١٤٠١). بررسی بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر گیاه *Cynara scolymus* L. بوسیله سویه‌های باکتریایی *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 همراه با هیومیک اسید و فولویک اسید استخراج شده از زغال زیستی درخت چنار. در محیط کشت‌های خاکی و بدون‌خاک. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ١٠ (٤)، ٧٤-٦٢.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
DOI: 10.30495/ejmp.2022.1961797.1693
DOR: 20.1001.1.23223235.1401.10.4.4.4

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت جهان و بهبود معیارهای بهداشتی و سلامت جوامع، همراه با افزایش تولید مواد غذایی با کیفیت، نیاز به افزایش تولید گیاهان دارویی نیز ضرورتی انکارناپذیر است. با توجه به سرعت و درصد پایین جوانه‌زنی اغلب بذور گیاهان دارویی، امکان کشت این گیاهان در وسعت بیشتر با سطح سبز یکنواخت را محدود می‌سازد؛ که در نهایت از تمایل کشاورزان به کشت و کار این محصولات می‌کاهد (Huang et al., 2021; Yeom et al., 2021). آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) یا کنگر فرنگی، گیاهی علفی چندساله از تیره کاسنیان، بومی شمال آفریقا و جنوب مدیترانه می‌باشد. این گیاه امروزه در مناطق مختلفی از دنیا برای مصارف دارویی و غذایی کشت می‌گردد. بخش خوراکی آرتیشو کاپیتول است و در بسیاری از مناطق مختلف جهان جهت مصرف کاپیتول آن کشت می‌شود و به صورت سبزی مورد مصرف قرار می‌گیرد. در صنایع داروسازی نیز معمولاً از برگ‌های آرتیشو استفاده می‌شود. این گیاه ترکیبات مختلف فلاونوئیدی و پلی‌فنلی مانند اسیدهای کلروژنیک، پسودوکلروژنیک، نئوکلروژنیک، هسپرتین، کریپتوکلروژنیک، نارینجین، آپیژین، مشتقات لوتئولین، کرستین، دهیدروسینارواپیکرین، گروشیمین، سینارواپریکین، سینارین و سیناراتریال دارند؛ که به آن جایگاه خاصی در صنایع دارویی و طب سنتی داده است. البته خاصیت دارویی این گیاه بیشتر مربوط به ترکیبات سینارین و اسیدکلروژنیک است (Allahdadi, 2019) خواص دارویی شناخته شده از آرتیشو نیز شامل: خاصیت‌های ضدتومور، ضداسپاسم، ادرار آور، درمان نقرس و چاقی، ضد التهاب، ضدمیکروبی، ضد اکسیداتیو و محافظت کننده از کبد، درمان سوء هاضمه، کاهش دهنده چربی خون، کاهش دهنده قند خون، تخلیه کنندگی صفرا، کاهش علائم سندروم روده تحریک پذیر، پیشگیری از تصلب شرائین و دفع سنگ کلیه می‌باشد (Allahdadi, 2019). بنابراین گیاه آرتیشو از دیدگاه صنعت مواد غذایی و مخصوصاً داروسازی بسیار حائز اهمیت است؛ و نیاز است تا تولید این محصول افزایش یابد. با این وجود این گیاه از نظر جوانه‌زنی بذور و تولید گیاهچه‌های یکنواخت محدودیت دارد (Souri et al., 2017). بنابراین ضرورت دارد تا با استفاده از سازوکارهای مناسب شاخص‌های جوانه‌زنی بذور گیاه آرتیشو بهبود یابد.

خائف و همکاران (Khaef et al., 2013) بیان کردند که جوانه‌زنی بذور در اثر یکسری فرایندهای زیستی متأثر از عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی اتفاق می‌افتد. بطور کلی جوانه‌زنی با جذب آب بوسیله بذور آغاز می‌شود. انرژی لازم برای جوانه‌زنی بذور نیز با تجزیه مواد ذخیره‌ای اندوسپرم بوسیله آنزیم‌های هیدرولیز کننده و قابل استفاده شدن آن طی فرآیند گلیکولیز تأمین می‌گردد. در نهایت با تحریک تنفس در میتوکندری، تولید پروتئین‌ها، تقسیم و طویل شدن سلول‌ها بوسیله هورمون‌های رشد (مانند اکسین و سیتوکینین)، سبب ظاهر شدن و رشد گیاهچه می‌شود (Larcher, 2003).

امروزه برای بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهان، بذور آن‌ها قبل از کشت اغلب با آب یا مواد مختلف شیمیایی، آلی و زیستی تیمار می‌شوند که این سازوکارها در کل به پرایمینگ بذور معروف هستند. موضوع پرایمینگ بذور به اندازه‌ای حائز اهمیت است که از قرن شانزدهم پژوهش‌های علمی در این زمینه آغاز شده و امروزه نیز در زمینه سازوکارهای مختلف آن در حال انجام است (Devika et al., 2021). پژوهش‌های انجام شده بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهان با استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ مانند پرایمینگ با: آب (Adhikari

et al., 2021)، اسمز (Petronilio et al., 2021)، نمک‌ها (El-Sanatawy et al., 2021)، مغناطیس، هورمون و تغذیه (Johnson & Puthur, 2021)، نانو ذرات (Song and He, 2021)، مواد زیستی (Li et al., 2021) و مواد آلی (Cristofano et al., 2021)، نشان دهنده اهمیت سازوکارهای پرایمینگ بذر در این زمینه است. البته اغلب پژوهش‌های انجام شده در این راستا نیز مربوط به بررسی تأثیر این سازوکارها بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهان زراعی است (Devika et al., 2021).

پژوهش‌ها در مورد گیاه دارویی آرتیشو نیز نشان می‌دهد که پرایمینگ بذور با مانیتول، پلی اتیلن گلیکول ۸۰۰۰، نیترات پتاسیم، کلرید کلسیم و نیترات کلسیم بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور این گیاه تأثیر مثبت دارد (Saleh, 2011; Moghazy, et al., 2014; Souri et al., 2017). همچنین گزارش شده است که پرایمینگ بذور آرتیشو با روش پلاسما (Hosseini et al., 2011)، باکتری *باسیلوس سوبتیلیس*، آب سرد، آب گرم (Saleh, 2011)، تیمار سرمایی (Giordano, et al., 2020)، نیز باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد این گیاه می‌شود. با این وجود تأثیر روش‌های دیگر پرایمینگ بذور مخصوصاً پرایمینگ با هیومیک اسید، فولویک اسید و باکتری‌های محرک رشد، بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور آرتیشو کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. این در حالی است که استفاده از این سازوکارها بعلت ماهیت زیستی و آلی آن‌ها، و همچنین همراستایی استفاده از این سازوکارها با سیاست‌های کشاورزی پایدار و تولید محصولات ارگانیک، در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه پژوهشگران و تولید کنندگان محصولات کشاورزی بوده است (Shirmohammadi et al., 2020; Basahi, 2021; Zhang et al., 2021). بنابراین بررسی تأثیر تیمارهای مواد هیومیکی (هیومیک اسید و فولویک اسید)، باکتری‌های محرک رشد گیاهان و همچنین اثرات دوجانبه مواد هیومیکی و باکتری‌های محرک رشد گیاهان بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه آرتیشو ضروری به نظر می‌رسد که در این پژوهش به آن پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

طرح و تیمارهای آزمایش: به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای هیومیک اسید، فولویک اسید و نیز باکتری‌های محرک رشد گیاهان بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور آرتیشو پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در شرایط درون شیشه‌ای با چهار تکرار مجموعاً در ۳۶ واحد آزمایشی انجام شد. بدین ترتیب که فاکتور اول (مواد هیومیکی) در سه سطح شامل: پرایمینگ بذور با آب مقطر (شاهد)، هیومیک اسید و فولویک اسید؛ فاکتور دوم (باکتری‌های محرک رشد گیاه) در سه سطح شامل: پرایمینگ بذور با سرم فیزیولوژیک (شاهد)، سویه‌های باکتری *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2، بود.

تهیه و تیمارهای زادمایه‌های باکتری: سویه‌های باکتری‌های محرک رشد گیاه Pseudomonas sp. R27N7 و Staphylococcus sp. R38N2 به‌ترتیب با شماره‌های دسترسی MT255037 و MT255039 در سایت NCBI که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند توسط شیرمحمدی (Shirmohammadi, 2020) از ریزوسفر گیاه گندم دیم جداسازی، خالص‌سازی و ویژگی‌های محرک رشدی آن‌ها اندازه‌گیری شده بود که اطلاعات مربوط به این باکتری‌ها در جدول ۱ آورده شده است. برای تولید زادمایه این باکتری، سویه‌های منتخب درون محیط کشت NB به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۸ درجه سلسیوس تکثیر و جمعیت باکتریایی آنها با استفاده از

روش مک فارلند تخمین زده شد. سپس سوسپانسون‌های باکتری با ۵۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی دور ریخته شد. جمعیت زادمایه برای هر یک از سویه‌های باکتری، با در نظر گرفتن جمعیت اولیه باکتری‌ها در هر یک از سوسپانسیون‌ها، بوسیله سرم فیزیولوژیک استریل در حد 5×10^{8} CFU/ml تنظیم گردید. در نهایت به هر واحد آزمایشی، ٤ میلی‌لیتر از زادمایه باکتری‌ها و شاهد (سرم فیزیولوژیک) به صورت جداگانه و طبق طرح آزمایشی اضافه گردید (Salem et al., 2018).

تهیه و تیمارهای هیومیک اسید و فولویک اسید: برای استخراج هیومیک اسید، از بیوچار درخت چنار (*Platanus orientalis*) تولید شده در دمای ٤۰۰ درجه سلسیوس و عدم حضور اکسیژن در مدت ۸ ساعت، استفاده شد. بدین صورت که پس از خرد، آسیاب و عبور دادن بیوچار از الک ۱۲۵ میکرون، به نسبت ۱ به ٤۰ وزنی به حجمی با پتاسیم هیدروکسید یک مولار به مدت ۲٤ ساعت مخلوط و با دور rpm ۱۲۰ شیک شد. پس از صاف کردن سوسپانسیون (با فیلتر ٤۵۰ نانومتر نیترات سلولز)، pH محلول با استفاده از اسید کلریدریک در حدود ۱/۵ تنظیم شد که در این حالت هیومیک اسید رسوب کرد. رسوبات هیومیک اسید جداسازی و به ترتیب با اسید کلریدریک ۰/۱ مولار و سپس آب مقطر شستشو گردید (Qi et al., 2004). بر اساس پژوهش‌های ایوینس و همکاران (Ievins et al., 2017)، از غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید به مقدار ٤ میلی‌لیتر برای تیمار بذور استفاده شد. در حقیقت هیومیک اسید در غلظت‌های کم (۱۲۵-۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) اثرات قابل توجهی بر روی پیدایش ریشه، افزایش تعداد و طول ریشه‌ها، افزایش وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی دارد (Ievins et al., 2017).

برای استخراج فولویک اسید نیز از بیوچار درخت چنار استفاده شد. برای این منظور از چوب درخت چنار در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس و عدم حضور اکسیژن در مدت ۸ ساعت، بیوچار تهیه گردید. پس از خرد، آسیاب و عبور دادن بیوچار از الک ۱۲۵ میکرون، به نسبت ۱ به ٤۰ وزنی به حجمی با اسید نیتریک (۲۵ درصد) مخلوط و به مدت ٤ ساعت در شرایط رفلاکس جوشانده شد. بعد از سرد شدن سوسپانسیون ۱۲ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری و سپس با فیلتر ٤۵۰ نانومتر نیترات سلولز صاف گردید؛ که این محلول حاوی فولویک اسید (FA1) بود (Trompowsky et al., 2005). مواد باقی مانده بر روی فیلتر، در سود ۰/۱ مولار حل شد و پس از ۱۲ ساعت فولویک اسید (FA2) باقی مانده طبق روش استاندارد انجمن بین المللی مواد هیومیک (IHSS) جداسازی شد (Kuwatsuka et al., 1992). در نهایت مجموع FA1 و FA2 استخراج شده و خنثی شده با سود ۰/۱ مولار تشکیل دهنده فولویک اسیدی بود که در این پژوهش استفاده شد. بر اساس پژوهش‌های ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2021)، از غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر فولویک اسید به مقدار ٤ میلی‌لیتر برای تیمار بذور استفاده شد.

آماده سازی بذور و اعمال تیمارها: بذور آرتیشو (*Cynara scolymus* L.) از بانک ژن گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه زابل تهیه شد. بعد از جداسازی بذرهای سالم و هم‌اندازه در اتانول ۷۰ درصد به مدت ۳۰ ثانیه غوطه‌ور شدند و بوسیله سرم فیزیولوژیک استریل شستشو شدند سپس در هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۳ دقیقه غوطه‌ور گردیدند و در نهایت ۸ بار با سرم فیزیولوژیک استریل شستشو شدند (Salem et al., 2018). در هر واحد آزمایشی (پتری‌دیش ۸۰ میلیمتری با بستر کاغذ حوله‌ای دولایه استریل) تعداد ۱۰ بذر قرار داده شد. به هر پتری‌دیش

۲ میلی‌لیتر آب مقطر، همچنین طبق طرح آزمایشی ٤ میلی‌لیتر از تیمارهای مواد هیومیکی و ٤ میلی‌لیتر نیز از تیمارهای باکتری اضافه گردید. در تیمارهای شاهد مواد هیومیکی و شاهد باکتری نیز به ترتیب از ٤ میلی‌لیتر آب مقطر و سرم فیزیولوژیک استفاده شد. سپس واحدهای آزمایشی در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس در ژرمیناتور قرار داده شدند و در طول اجرای آزمایش رطوبت آن‌ها بصورت وزنی با استفاده از آب مقطر ثابت نگه داشته شد. شمارش روزانه تعداد بذرهای جوانه‌زده نیز تا سه روز متوالی که تعداد بذرهای جوانه‌زده ثابت باشد ادامه یافت. بذرهایی هم که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل ۲ میلی‌متر بود، به‌عنوان بذرهای جوانه‌زده شمارش شدند (Seyed Sharifi & Khavazi, 2011; ISTA, 2013).

برداشت گیاهچه‌ها، اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و جوانه‌زنی: بذور جوانه‌زده ۲۱ روز پس از کشت و اعمال تیمارها برداشت و طول ریشه‌چه و اندام‌هوایی با کولیس، وزن خشک این اندام‌ها نیز پس از خشک شدن در دمای ۷۰±۲ درجه سلسیوس به مدت ٤۸ ساعت با ترازوی دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند. سپس شاخص‌های: درصد جوانه‌زنی طبق رابطه ۱، سرعت جوانه‌زنی طبق رابطه ۲، میانگین جوانه‌زنی روزانه طبق رابطه ۳، متوسط زمان جوانه‌زنی طبق رابطه ٤، شاخص بنیه بذر I طبق رابطه ۵، شاخص بنیه بذر II طبق رابطه ٦، ارزش انتخاب طبق رابطه ۷، ارزش جوانه‌زنی طبق رابطه ۸، محاسبه شدند (Feizi et al., 2013).

$$GP = \frac{TGS}{TS} \times 100 \quad (۱)$$

GP: درصد جوانه‌زنی؛ TGS: مجموع بذرهای جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی؛ TS: مجموع بذرهای کشت شده در هر واحد آزمایشی

$$GR = \sum \frac{GSn}{Dn} \quad (۲)$$

GR: سرعت جوانه‌زنی؛ GSn: تعداد بذرهای تازه جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی در روز nام؛ Dn: روز nام پس از کشت

$$MDG = \frac{GP}{TED} \quad (۳)$$

MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ TED: مجموع روزهای بعد از کشت

$$MGT = \frac{\sum(GSn \times Dn)}{TGS} \quad (٤)$$

MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی؛ GSn: تعداد بذرهای تازه جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی در روز nام؛ Dn: روز nام پس از کشت؛ TGS: مجموع بذرهای جوانه‌زده در هر واحد آزمایشی

$$Vigor\ index\ I = GP \times SL \quad (۵)$$

Vigor index I: شاخص بنیه بذر I؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ SL: طول گیاهچه (mm)

$$Vigor\ index\ II = GP \times SW \quad (٦)$$

Vigor index II: شاخص بنیه بذر II؛ GP: درصد جوانه‌زنی؛ SW: وزن گیاهچه (mg)

$$PV = \frac{MGS}{Dn} \quad (۷)$$

PV: ارزش انتخاب؛ MGS: بیشترین تعداد بذور جوانه‌زده در یک روز؛ Dn: روز nام پس از کشت

$$GV = PV \times MDG \quad (۸)$$

GV: ارزش جوانه‌زنی؛ PV: ارزش انتخاب؛ MDG: میانگین جوانه‌زنی روزانه

آنالیز آماری داده‌ها

تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها و جداول نیز به‌ترتیب با نرم‌افزارهای Excel و Word انجام گرفت.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی باکتری‌های محرک رشد گیاه تنها بر صفت متوسط

زمان جوانه‌زنی معنی‌دار شد. اثر اصلی مواد هیومیکی نیز بر صفات ارتفاع گیاهچه، وزن گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، میانگین جوانه‌زنی روزانه و شاخص بنیه بذر I و II معنی‌دار شد. ولی اثر دوجانبه مواد هیومیکی × باکتری‌های محرک رشد گیاه، بر هیچیک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نشد. همچنین صفات ارزش انتخاب و ارزش جوانه‌زنی بذور تنها صفاتی بودند که هیچیک از اثرات اصلی و دوجانبه مواد هیومیکی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که سویه‌های باکترهای محرک رشد *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 نسبت به شاهد (تیمار با سرم فیزیولوژیک-بدون باکتری) بطور معنی‌داری متوسط زمان جوانه‌زنی بذور آرتیشو را به‌ترتیب ۱۰/۹۳ و ۱۱/۲۳درصد کاهش دادند (جدول ۳ و شکل ۱).

از میان تیمارهای مواد هیومیکی نیز تنها تیمار هیومیک اسید نسبت به شاهد باعث افزایش معنی‌دار ۹۰/۳۳ درصدی ارتفاع گیاهچه، ۹۰/۷۰ درصدی وزن خشک گیاهچه، ٦١/٣٢ درصدی جوانه‌زنی، ٦٢/٥٠ درصدی سرعت جوانه‌زنی ، ٦٠/١٩ درصدی شاخص میانگین جوانه زنی روزانه و نیز ٢/٧٦ برابری شاخص بنیه بذر I و II شد. علیرغم اثر مثبت تیمار فولویک اسید نسبت به شاهد بر افزایش ٥٤/١٧ درصدی ارتفاع گیاهچه، ٥٣/٤٩ درصدی وزن خشک گیاهچه، ٣٨/٧١ درصدی جوانه‌زنی، ٥٠ درصدی سرعت جوانه‌زنی ، ٣٧/٩٦ درصدی شاخص میانگین جوانه‌زنی روزانه، ٩٣/٩٥ درصدی شاخص بنیه بذر I و ٩٣/٩٧ درصدی شاخص بنیه بذر II، ولی این افزایش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳ و شکل ۲). همچنین ترکیبات تیماری هیومیک اسید-سرم فیزیولوژیک و در رتبه بعدی هیومیک اسید-*Staphylococcus* sp. R38N2، با وجود اینکه از نظر عددی باعث بهبود اغلب شاخص‌های رشد و جوانه‌زنی بذور گیاه آرتیشو شدند؛ ولی از دیدگاه آماری با سایر ترکیبات تیماری از این نظر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۳).

بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش هر دو سویه باکتری *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 باعث کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور آرتیشو شدند (جدول ۳ و شکل ۱). کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور تیمار شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه موضوعی است که برای بعضی از گیاهان اثبات شده است. بعنوان مثال گزارش شده است که بذور بادمجان[1] تلقیح شده با جدایه PB2 باکتری محرک رشد گیاه (که دارای توان انحلال فسفات، تولید سیدروفور و ایندول-۳-استیک اسید بود) متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری نسبت به بذور شاهد داشتند (Sharma et al., 2018). همچنین نتایج مشابه در بذور گون[2] تیمار شده با باکتری‌های محرک رشد *Bacillus cereus* و *Azospirillum lipoferum* (Sabeti et al., 2019)، و بذور فلفل[3] تیمار شده با *B. subtilis* Bs1، *B. mojavensis* ApBm، *P. fluorescens* L5b و *P. gessardii* L13 (Yildirim et al., 2021) و نیز بذور کتان[4] تیمار شده با *B. amyloliquefaciens* و *Bacillus sp.* 1 (که دارای توان انحلال فسفات، تولید سیدروفور و ترکیبات شبیه ایندول-۳-استیک اسید بودند) (Khamseh & Shahraki, 2021)، گزارش شده است. احتمالاً باکتری‌های محرک رشد

1. *Solanum melongena* L.
2. *Astragalus caragana*
3. *Capsicum annuum* L.
4. *Linum usitatissimum* L.

گیاه با تولید هورمون‌های محرک رشد گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (عامل هیدرولیز نشاسته)، سبب می‌شود تا نفوذپذیری غشای سیتوپلاسمی و هدایت مینیرال‌ها به سمت جنین بذر بیشتر گردد (Zahir et al., 2004). همچنین این میکروارگانیسم‌ها با کمک به افزایش جذب آب و تحریک به بیان ژن‌های مرتبط با تولید هورمون ایندول-۳-استیک اسید می‌توانند سطح این هورمون را در گیاهچه افزایش دهند (Tsukanova et al., 2017) که این عوامل در نهایت سبب می‌شود تا فرایند جوانه‌زنی بذر در مدت زمان کوتاه‌تری اتفاق بیفتد.

پرایمینگ بذور با هیومیک اسید اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه آرتیشو را بهبود بخشید (جدول ۳ و شکل ۲). گالبن-مندز و همکاران (Galbán-Méndez et al., 2021) بیان کردند که هیومیک اسید بر جوانه زنی بذور برنج تأثیر معنی‌داری نداشت ولی باعث افزایش طول ریشه و اندام هوایی جوانه‌های این گیاه شد. نتایج پژوهش ابراهیمی و میری (Ebrahimi & Miri, 2016) نشان داد که تیمار بذور کاسنی[5] با هیومیک اسید باعث افزایش شاخص بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه و اندام هوایی گیاه شد. ولی این تیمار در بذور گیاه گل گاوزبان اروپایی[6] تنها باعث افزایش متوسط زمان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، وزن تر و طول ریشه شد. آزاد و همکاران (Azad et al., 2017) اظهار کردند که هیومیک اسید باعث افزایش شاخص بنیه I و II، و همچنین سرعت جوانه‌زنی بذور چای ترش گردید. نوریانی (Nouriyani, 2019) بیان کرد که تیمار هیومیک اسید در ارقام کنجد باعث افزایش شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، و همچنین سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور شد. پژوهش باساهی (Basahi, 2021) نیز نشان داد که تیمار هیومیک اسید باعث کاهش شاخص‌های تنش در گیاهچه و افزایش طول محور جنینی و سرعت جوانه‌زنی بذور گیاه نخود فرنگی[7] شد. بنابراین بطور کلی می‌توان گفت که هیومیک اسید اثر مثبتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهان دارد. ولی تأثیر آن بر شاخص‌های مذکور در گیاهان و شرایط مختلف، بعلت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی، یکسان نیست (Khaef et al., 2013). لازم به ذکر است که فرایند جوانه‌زنی با جذب آب بوسیله بذر شروع می‌شود (Basahi, 2021) و نیز تحت تأثیر هورمون-های رشد مانند اکسین، جنین داخل بذر رشد کرده و در نهایت جوانه‌ها ظاهر می‌گردد (Larcher, 2003). از طرفی مواد هیومیکی خاصیت شبه هورمون گیاهی (مانند اکسین و جیبرلین) دارند (Savy et al., 2017; Gerke, 2021) و هیومیک اسید نیز به‌علت وزن مولکولی کم خود به راحتی می‌تواند جذب بذور شود (Ebrahimi & Miri, 2016) و به تبع آن جذب آب (Ebrahimi & Miri, 2016)، عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر (Gerke, 2021)، افزایش یابد. در تیمار هیومیک اسید به نظر می‌رسد مجموعه این عوامل باعث بهبود اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی بذور و نیز افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاهچه آرتیشو شده است.

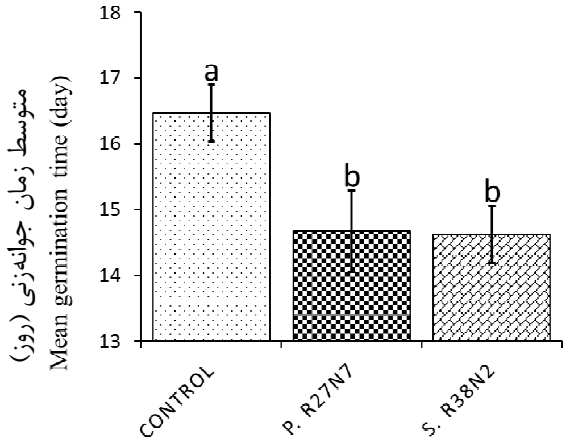
بطور کلی از این پژوهش نتیجه‌گیری می‌شود که اثر پرایمینگ بذور آرتیشو با هر یک از سویه‌های باکتری محرک رشد گیاه (*Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2) می‌تواند متوسط زمان جوانه‌زنی بذر را بطور معنی‌داری کاهش دهد. همچنین پرایمینگ بذور با هیومیک اسید می‌تواند باعث افزایش ارتفاع گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بهبود اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی بذر مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص میانگین جوانه‌زنی روزانه و نیز شاخص بنیه بذر I و II شود.

5.*Cichorium intybus*
6.*Borago officinalis*
7.*Pisum sativum*

جدول ۱: توان تحمل به تنش‌ها و ویژگی‌های محرک رشدی سویه‌های باکتری

سویه‌های باکتریایی	*Pseudomonas* sp. R27N7 (MT255037)	*Staphylococcus* sp. R38N2 (MT255039)
تحمل تنش خشکی	-22.17	-22.17
تحمل تنش شوری	4	8
انحلال تری کلسیم فسفات	228	141
انحلال سنگ فسفات	152	65
تولید ایندول-۳-استیک اسید	+	+
تولید ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلات دآمیناز	+	+
تولید سیانید هیدروژن	+	-
تولید سیدروفور	+	+

+ و – به ترتیب نشان دهنده توان و عدم توان تولید آن ماده است



شکل ۱: تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر متوسط زمان جوانه زنی بذور گیاه آرتیشو

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آرتیشو

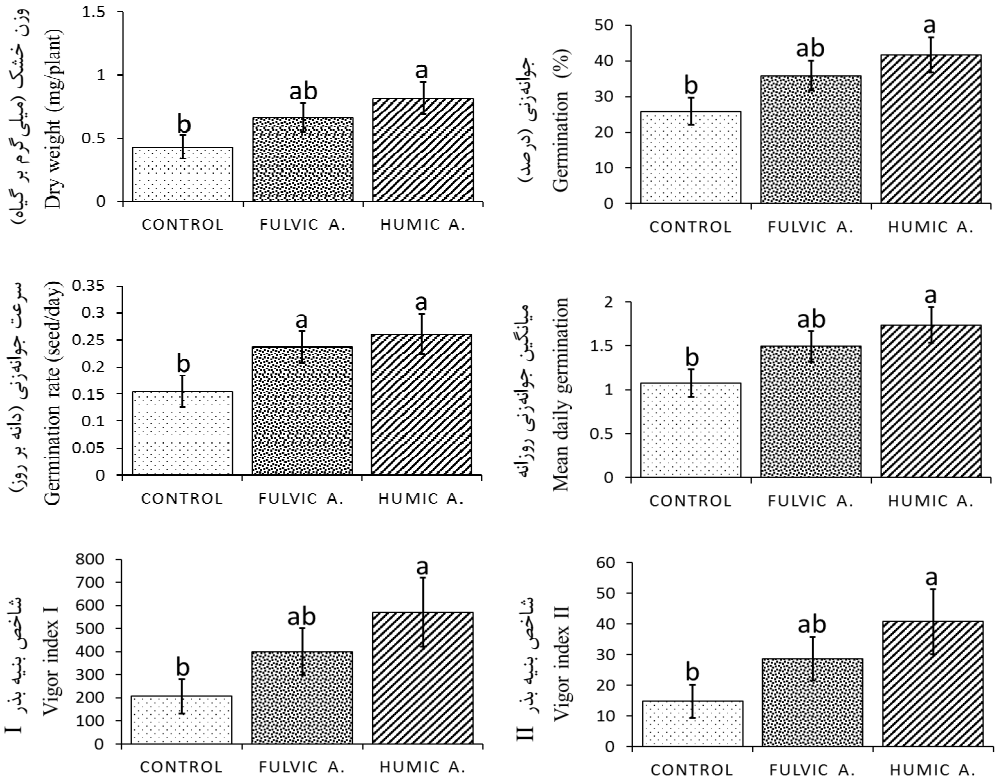
صفات Traits	میانگین مربعات منابع تغییر				ضریب تغییرات CV%
	مواد هیومیکی Humic substances (H) (df=2)	باکتری‌ها Bacteria (B) (df=2)	مواد هیومیکی × باکتری‌ها H×B (df=4)	خطا Error (df=27)	
ارتفاع گیاهچه	461.48*	131.01ns	164.72ns	134.90	9.23
وزن گیاهچه	0.00*	0.00ns	0.00ns	0.00	1.36
جوانه‌زنی	827.93*	206.38ns	166.76ns	231.01	9.38
سرعت جوانه‌زنی	0.00**	0.00ns	0.00ns	0.00	0.56
میانگین جوانه‌زنی روزانه	19.07*	4.65ns	6.21ns	5.35	2.19
متوسط زمان جوانه‌زنی	4.78ns	13.31*	2.40ns	2.97	11.30
شاخص بنیه بذر I	7273.83*	1932.66ns	1593.26ns	2030.70	18.94
شاخص بنیه بذر II	2650.74*	716.32ns	1008.79ns	758.10	18.66
ارزش انتخاب	0.57ns	0.13ns	0.23ns	0.19	0.43
ارزش جوانه‌زنی	5.35ns	1.08ns	3.01ns	1.87	1.35

ns: غیر معنی‌دار؛ ** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات تیمارها بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آرتیشو

تیمارهای پرایمینگ		ارتفاع گیاهچه	وزن گیاهچه (mg)	جوانه‌زنی (%)	سرعت جوانه زنی (seed/day)	میانگین جوانه‌زنی روزانه (seed)	متوسط زمان جوانه‌زنی (day)	شاخص بنیه بذر I (mm)	شاخص بنیه بذر II (mg)	ارزش انتخاب (seed)	ارزش جوانه‌زنی ($seed^2$)
مواد هیومیکی	W	6.00 b	0.43 b	25.83 b	0.16 b	1.08 b	15.10 a	206.67 b	14.76 b	0.18 a	0.24 a
	HA	11.42 a	0.82 a	41.67 a	0.26 a	1.73 a	15.95 a	570.83 a	40.77 a	0.28 a	0.57 a
	FA	9.25 ab	0.66 ab	35.83 ab	0.24 ab	1.49 ab	14.71 a	400.83 ab	28.63 ab	0.26 a	0.44 a
باکتری‌ها	S	9.42 a	0.67 a	35.83 a	0.21 a	1.49 a	16.47 a	450.83 a	32.20 a	0.24 a	0.44 a
	R27	**7.25 a**	**0.52 a**	**30.00 a**	**0.20 a**	**1.25 a**	**14.67 b**	**284.17 a**	**20.30 a**	0.22 a	0.33 a
	R38	**10.00 a**	**0.71 a**	**37.50 a**	**0.25 a**	**1.56 a**	**14.62 b**	**443.33 a**	**31.67 a**	0.27 a	0.47 a
مواد هیومیکی × باکتری‌ها	**W×S**	**4.00 a**	**0.29 a**	**20.00 a**	**0.10 a**	**0.83 a**	**16.88 a**	**80.00 a**	**5.71 a**	0.13 a	0.11 a
	W×R27	4.50 a	0.32 a	22.00 a	0.15 a	0.94 a	13.75 a	115.00 a	8.22 a	0.18 a	0.19 a
	W×R38	9.50 a	0.68 a	35.00 a	0.22 a	1.46 a	14.68 a	425.00 a	30.36 a	0.24 a	0.43 a
	HA×S	14.50 a	1.04 a	50.00 a	0.30 a	2.08 a	16.91 a	875.00 a	62.50 a	0.32 a	0.80 a
	HA×R27	7.00 a	0.50 a	30.00 a	0.18 a	1.25 a	16.22 a	230.00 a	16.43 a	0.20 a	0.28 a
	HA×R38	12.75 a	0.91 a	45.00 a	0.31 a	1.87 a	14.70 a	607.50 a	43.39 a	0.33 a	0.63 a
	FA×S	9.75 a	0.70 a	37.50 a	0.24 a	1.56 a	16.62 a	397.50 a	28.40 a	0.26 a	0.42 a
	FA×R27	10.25 a	0.73 a	37.50 a	0.26 a	1.56 a	14.03 a	507.50 a	36.25 a	0.28 a	0.53 a
	FA×R38	7.75 a	0.56 a	32.00 a	0.22 a	1.35 a	14.48 a	297.50 a	21.25 a	0.24 a	0.36 a

S: سرم فیزیولوژیک، R27: *Pseudomonas* sp.R27N7، R38: *Staphylococcus* sp. R38N2 ، W: آب مقطر، HA: هیومیک اسید، FA: فولویک اسید
S:Physiological serum, R27: *Pseudomonas* sp.R27N7, R38 *Staphylococcus* sp. R38N2, W: Distilled water, HA: Humic acid, FA: Fulvic acid



شکل ۲: تأثیر هیومیک اسید و فولویک اسید بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آرتیشو

نتیجه‌گیری نهایی

برای بهبود اغلب شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آرتیشو، پرایمینگ بذور این گیاه تنها با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک اسید استخراج شده از زغال زیستی (حاصل از ضایعات چوب درخت چنار) کافی به نظر می‌رسد. همچنین برای کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور استفاده از هر یک از تیمار سویه‌های باکتری *Pseudomonas* sp. R27N7 و *Staphylococcus* sp. R38N2 با حداقل جمعیت ۲ ×۱۰^{۸} CFU/ml سوسپانسیون ضروری می‌باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت محترم پژوهش و فن‌آوری دانشگاه زابل در اجرای این پژوهش با منبع گرنت پژوهشی به شماره IR-UOZ-GR-2742 سپاسگزاری می‌گردد.

References

Adhikari, B., Dhital, P.R., Ranabhat, S. and Poudel, H., 2021. Effect of seed hydro-priming durations on germination and seedling growth of bitter gourd (*Momordica charantia*). Plos One, 16(8): e0255258.

Allahdadi, M., 2019. Different aspects of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) medicinal plant: A review. Journal of Medicinal Herbs, 9(2): 63-71.

Azad, H., Fazeli-Nasab, B. and Sobhanizade, A., 2017. A study into the effect of jasmonic and humic acids on some germination characteristics of Rosselle (*Hibiscus sabdariffa*) seed under salinity stress. Iranian Journal of Seed Research, 4(1): 1-18.

Basahi, M., 2021. Humic acid improved germination rate, seedling growth and antioxidant system of pea (*Pisum sativum* L. var. *alicia*) grown in water polluted with $CdCl_2$. AIMS Environmental Science, 8(4): 358-370.

Cristofano, F., El-Nakhel, C. and Rouphael, Y., 2021. Biostimulant substances for sustainable agriculture: origin, operating mechanisms and effects on cucurbits, leafy greens, and nightshade vegetables species. Biomolecules, 11: 1103.

Devika, O.S., Singh, S., Sarkar, D., Barnwal, P., Suman, J. and Rakshit, A., 2021. Seed priming: A potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. Frontiers in Sustainable Food Systems, 5: 654001.

Ebrahimi, M. and Miri, E., 2016. Effect of humic acid on seed germination and seedling growth of *Borago officinalis* and *Cichorium intybus*. Ecopersia, 4(1): 1239-1249.

El-Sanatawy, A.M., Ash-Shormillesy, S.M.A.I., Qabil, N., Awad, M.F. and Mansour, E., 2021. Seed halo-priming improves seedling vigor, grain yield, and water use efficiency of maize under varying irrigation regimes. Water, 13: 2115.

Feizi, H., Kamali, M., Jafari, L. and Rezvani Moghaddam, P., 2013. Phytotoxicity and stimulatory impacts of nanosized and bulk titanium dioxide on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Chemosphere, 91: 506-511.

Galbán-Méndez, J.M., Martínez-Balmori, D. and González-Viera, D., 2021. Effect of extracts of humic substances on germination and growth of rice plant (*Oryza sativa* L), cv. INCA LP-5. Cultivos Tropicales, 42: 1, e05.

Giordano, M., Pannico, A., Cirillo, C., Fascella, G., El-Nakhel, C., Maiello, R., De Pascale, S. and Rouphael, Y., 2020. Influence of priming methods on seed germinability and transplants performance in six vegetable species. Acta Horticulturae, 1296: 297-303.

Gerke, J. 2021. The effect of humic substances on phosphate and iron acquisition by higher plants: Qualitative and quantitative aspects. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 184(3): 329-338.

Hosseini, S.I., Mohsenimehr, S., Hadian, J., Ghorbanpour, M. and Shokri, B., 2018. Physico-chemical induced modification of seed germination and early development in Artichoke (*Cynara*

scolymus L.) using low energy plasma technology. Physics of Plasmas, 25: 013525.

Huang, X., Tian, T., Chen, J., Wang, D. Tong, B. and Liu, J., 2021. Transcriptome analysis of *Cinnamomum migao* seed germination in medicinal plants of Southwest China. BMC Plant Biology, 21: 270.

Ievins, G., Vikmane, M., Kirse, A. and Karlsons, A., 2017. Effect of vermicompost extract and vermicompost derived humic acids on seed germination and seedling growth of hemp. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, 71(4): 286-292.

Johnson R. and Puthur, J.T., 2021. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 162: 247-257.

Khaef, N., Enjavie Mosavie, F., and Alsadat Badihie, R.A., 2013. The effects of salt stress on germination of *Calotropis procera* L. seeds. Environmental Stresses in Crop Sciences, 6(1): 91-95.

Khamseh, S.R. and Shahraki, A.D., 2021. Does seed inoculation with PGPRs affect germination and final biomass of flax under drought stress conditions. Current Trends on Biotechnology and Microbiology, 2(4): 450-458.

Kuwatsuka, S., Watanabe, A., Itoh, K. and Arai, S., 1992. Comparison of two methods of preparation of humic and fulvic acids, IHSS method and NAGOYA method. Soil Science and Plant Nutrition, 38(1): 23-30.

Larcher, W., 2003. Physiological Plant Ecology (4th Ed.). Springer, Berlin, 513p.

Li, H., Yue, H., Li, L., Liu, Y., Zhang, H., Wang, J. and Jiang, X., 2021. Seed biostimulant *Bacillus* sp. MGW9 improves the salt tolerance of maize during seed germination. AMB Express, 11: 74.

Moghazy, A.M., Ahmed, H.M.I. and Saif-Eldeen, U.M., 2014. Effect of some treatments on globe Artichoke seed. B-enhancement of seed germination by seed priming. Journal of Plant Production, 5(10): 1611-1623.

Petronilio, A.C.P., Batista, T.B. and Amaral da Silva, E.A., 2021. Osmo-priming in tomato seeds down-regulates genes associated with stress response and leads to reduction in longevity. Seed Science Research, 31(3): 211-216.

Qi, B.C., Aldrich, C. and Lorenzen, L., 2004. Effect of ultrasonication on the humic acids extracted from lignocellulose substrate decomposed by anaerobic digestion. Chemical Engineering Journal, 98: 153-163.

Sabeti, M., Tahmasebi, P., Ardestani, E.G. and Nikookhah, F., 2019. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the seed germination, seedling growth and photosynthetic pigments of *Astragalus caragana* under drought stress. Journal of Rangeland Science, 9(4): 364-377.

Saleh, S.A., 2011. Improvement of seed germination and stand establishment of globe artichoke under salt stress conditions. Acta Horticulturae. 898: 311-318.

Salem, G., Stromberger, M.E., Byrne, P.F., Manter, D.K., El-Fekid, W. and Weir, T.L., 2018. Genotype-specific response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to irrigation and inoculation with ACC deaminase bacteria. Rhizosphere, 8: 1-7.

Savy, D., Canellas, L., Vinci, G., Cozzolino, V. and Piccolo, A., 2017. Humic-like water-soluble lignins from giant reed (*Arundo donax* L.) display hormone-like activity on plant growth. Journal of Plant Growth Regulation, 36: 995-1001.

Seyed Sharifi, R. and Khavazi, K., 2011. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination components and seedling growth of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology, 3(4): 506-513.

Sharma, T., Kumar, N. and Rai, N., 2018. Inoculation effect of nitrogen-fixing and phosphate-solubilising bacteria on seed germination of Brinjal (*Solanum melongena* L.). Journal of Graphic Era University, 6(1): 7-19.

Shirmohammadi, E., 2020. Study of genetical and functional diversity of insoluble phosphates solubilizing bacterial superior strains and to obtain the

technical knowledge of phosphorus fertilizer formulation suitable for wheat (*Triticum aestivum* L.) dry-land farming (Case study of Qazvin and Zanjan provinces dry farming), Ph.D. thesis, Department of Soil Science Engineering, University of Tehran, Karaj, 254p.

Shirmohammadi, E., Alikhani, H.A. Pourbabaei, A.A. and Etesami, H., 2020. Improved phosphorus (P) uptake and yield of rainfed wheat fedwith P fertilizer by drought-tolerant phosphate-solubilizing fluorescent *Pseudomonads* strains: A field study in drylands. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20: 2195-2211.

Song, K. and He, X., 2021. How to improve seed germination with green nanopriming. Seed Science and Technology, 49(2): 81-92.

Souri, M.K., Arab, M.A., Tohidloo, GH. and Kashi, A.K., 2017. Effect of some seed priming treatments on germination quality of Artichoke (*Cynara scolymus*) seeds. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 5(2): 85-94.

Trompowsky, P.M., Benites, V.M., Madari, B.E., Pimenta, A.S., Hockaday, W.C. and Hatcher, P.G., 2005. Characterization of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. Organic Geochemistry, 36: 1480-1489.

Tsukanova, K.A., Meyer, J.J.M. and Bibikova, T.N., 2017. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis. South African Journal of Botany, 113: 91-102.

Yeom, M.S., Nguyen, T.K.L., Cho, J.S. and Oh, M.M., 2021. Improving germination rate of coastal glehnia by cold stratification and pericarp removal. Agronomy, 11: 944.

Yildirim, K.C., Canik Orel, D., Okyay, H., Gursan, M.M. and Demir, I., 2021. Quality of immature and mature Pepper (*Capsicum annuum* L) seeds in relation to bio-priming with endophytic *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. Horticulturae, 7(4): 75.

Zahir, Z.A., Arshad, M. and Frankenberger, W.T., 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 98-169.

Zhang, P., Zhang, H., Wu, G., Chen, X., Gruda, N., Li, X., Dong, J. and Duan, Z. 2021. Dose-dependent application of straw-derived fulvic acid on yield and quality of tomato plants grown in a greenhouse. Frontiers in Plant Science. 12: 736613.