

The influence of haloalkaliphilic bacteria on pistachio seedlings' vegetative growth and some nutrient concentration

Mehrnoush Eskandari Torbaghan^{1*}, Abdolhamid Sherafati², Masoud Eskandari Torbaghan³, Akbar Mohammadi Mohammadabadi⁴, Sedigheh Anahid⁵

1- Corresponding Author, Researcher, Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. (mehrnoosh.eskandary@gmail.com)

2- Instructor, Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. (Hamidshefati47@gmail.com)

3- Instructor, Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. (Tem3431@gmail.com)

4- Research instructor, Iranian Pistachio Research Institute, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rafsanjan, Iran. (a-mohammadi@pri.ir)

5- M.Sc., Department of Horticulture Crops, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. (sedi_anahid@yahoo.com)

Received Date: 09/05/2022

Accepted Date: 11/10/2022

Abstract

Introduction: Soil salinity and alkalinity are some of the biggest factors limiting the production of agricultural products worldwide. Pistachio (*Pistacia vera* L.) is the most commonly cultivated fruit tree in Iran due to its relatively high salt tolerance, low water requirements, and high economic value (Sherafati et al., 2022). Several factors have caused a decrease in the yield of pistachio orchards in the country, including the selection of incompatible cultivars, soil and water salinity, climatic stress, and imbalanced nutrition (Sherafati et al., 2016). Recent studies indicate that microorganisms can make plants more resistant to salinity and alkalinity stress (Khavazi et al., 2013).

Material and methods: The present study was conducted to investigate the effect of haloalkaliphilic bacterial strains native to the Razavi Khorasan region (which had the highest ability to produce plant growth promoting, including production of ammonia, tri-indole acetic acid, and ACC deaminase) on the vegetative growth of pistachio seedlings and some nutrients concentration (phosphorous, potassium, calcium, sodium, chlorine, zinc and boron) in the factorial split-plot arrangement based on a randomized complete design (RCD) and under garden conditions in 2021-2022. Three levels of saline irrigation (8, 12 and 16 ds m⁻¹), two pistachio cultivars, Daneshmandi and Akbari, and the use of two superior and selected strains of native haloalkaliphilic bacteria, *Virgibacillus marismortui*, and *Alkalibacillus haloalkaliphilus* at four levels (each one alone, mixing both strains and control) were studied in three replicates consisting of two seedlings in each replicate. The studied traits in the project included stem length and diameter, number of leaves, leaf area, and chlorophyll index in the seedlings, and phosphorous, potassium, calcium, sodium, chlorine, zinc, and boron concentrations which were recorded and analyzed.

Results and discussion: The results of the analysis of variance showed that almost all traits were significant at the 0.01 level under the influence of salinity, variety, and bacterial strain. The effect of cultivar type on measured vegetative traits and bacteria type on element concentration was more significant than the effect of other experimental factors. Akbari cultivar showed superiority in all traits and calcium concentrations except for the chlorophyll index. The trend of chlorophyll index was inverse of the leaf area; and increased with increasing salinity. *Virgibacillus marismortui* bacteria strain increased vegetative traits including stem length and diameter and leaf area, calcium concentration by 6, 5, 0.17, and 0.2 %, respectively, compared to the control. However, the application of *Alkalibacillus haloalkaliphilus* bacteria treatment decreased the concentration of sodium and chlorine ions by 18.5% and 12.8%, respectively, compared to the control. The application of the mixed stains treatment of *Virgibacillus marismortui*, and *Alkalibacillus haloalkaliphilus* caused an increase in the chlorophyll index (0.6%), the least decrease in the number of fallen leaves (5.7%) and microelements increasing concentration of zinc (2.1%) and boron (1.5%) compared to the control. The highest concentration of calcium and the lowest concentration of sodium were obtained under the influence of *Virgibacillus marismortui* bacteria, and the lowest concentration of chlorine and the highest concentration of phosphorus, potassium, zinc, and boron were obtained under the influence of inoculation with *Alkalibacillus haloalkaliphilus* bacteria.

Conclusions: In general, *Virgibacillus marismortui* strain in salinities of 12 to 16 dS m⁻¹ in the Akbari cultivar is known as the best treatment for increasing the growth characteristics of pistachio seedlings. However, the highest chlorophyll index, and concentration of phosphorus, potassium, zinc, and boron elements were obtained under the influence of *Alkalibacillus haloalkaliphilus* strain at the highest salinity level (16 dS m⁻¹) for the Akbari cultivar. In general, the use of extremophilic bacteria in high salinities is recommended, and due to the different chemistry of the investigated elements and the different growth characteristics of these two bacteria, the use of *Virgibacillus marismortui* bacteria in sodium salt conditions is recommended.

Keywords: Akbari cultivar, *Alkalibacillus haloalkaliphilus* bacteria, Pistachio, Stem height, Calcium, Sodium.

تأثیر باکتری‌های شور و قلیا پسند بر رشد رویشی و غلظت برخی عناصر غذایی در دانهال‌های پسته

- مهرنوش اسکندری تربقان^{۱*}، عبدالحمید شرافتی^۲، مسعود اسکندری تربقان^۳، اکبر محمدی محمد آبادی^۴، صدیقه آناهید^۵
- ۱- نویسنده مسئول، محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (mehrnnoosh.eskandary@gmail.com)
- ۲- مربی پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (Hamidsherafati47@gmail.com)
- ۳- مربی پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (tem3431@gmail.com)
- ۴- مربی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران. (a-mohammadi@pri.ir)
- ۵- کارشناس فیزیولوژی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. (sedi_anahid@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۹

چکیده

راهکارهای افزایش تحمل به شوری در کاشت پسته از اهمیت زیادی برخوردار است. در این پژوهش اثر دو سویه باکتری شورقلیا پسند بومی (ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس) در چهار سطح (هر یک به تنهایی، مصرف توأم دو سویه و شاهد)، همراه با سه سطح شوری آب آبیاری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بر رشد رویشی و غلظت برخی عناصر غذایی دانهال‌های پسته دو رقم اکبری و دانشمندی، به صورت آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار (هر تکرار شامل دو دانهال)، در شرایط باغ ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد (۱۴۰۰-۱۴۰۱) بررسی شد. صفات مورد بررسی شامل طول و قطر ساقه، تعداد و سطح برگ، شاخص کلروفیل و غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، سدیم، کلر، روی و بور بود. نتایج نشان داد که اثرات شوری، رقم و باکتری بر صفات طول و قطر ساقه، تعداد برگ، سطح برگ و عناصر کلسیم و سدیم در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. تأثیر رقم بیش‌تر بر صفات رویشی، و نوع باکتری بیش‌تر بر غلظت عناصر غذایی معنی‌دار بود. رقم اکبری در تمامی صفات رویشی و غلظت کلسیم به استثنای شاخص کلروفیل، نسبت به رقم دانشمندی برتری نشان داد. روند شاخص کلروفیل عکس سطح برگ بود؛ و با افزایش شوری افزایش یافت. سویه باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی موجب افزایش صفات رویشی شامل طول و قطر ساقه؛ سطح برگ و غلظت کلسیم به ترتیب به میزان ۶، ۵، ۰/۱۷ و ۰/۲ درصد نسبت به شاهد گردید. باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس موجب کاهش غلظت یون‌های سدیم و کلر به ترتیب به میزان ۱۸/۵ و ۱۲/۸ درصد نسبت به شاهد شد. تیمار مخلوط باکتری‌های ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس موجب افزایش شاخص کلروفیل (۰/۶ درصد)، کم‌ترین کاهش در تعداد برگ‌های ریزشی (۵/۷ درصد) و افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف روی (۲/۱ درصد) و بور (۱/۵ درصد) نسبت به شاهد شد. در مجموع، استفاده از باکتری قرین‌دوست ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی با هدف افزایش شاخص‌های رشدی از جمله قطر دانهال در سال‌های ابتدایی رشد جهت پیوند زنی و رسیدن به باردهی اقتصادی سریع‌تر و آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس برای بهبود وضعیت عناصر غذایی در پسته در شرایط شوری و سدیم زیاد توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: پسته، رقم اکبری، باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس، قطر ساقه، کلسیم، سدیم.

مقدمه

شوری و قلیائیت خاک یکی از بزرگ‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در جهان است (Eskandari Torbaghan, 2017). در ایران نیز حدود ۱۶ درصد از وسعت کل ایران یا در حدود ۲۵ میلیون هکتار از اراضی کشور در نتیجه شوری و قلیائیت، بایر و بدون استفاده شده است (Ghare Yazdi, 2001). بر این وسعت باید اراضی تحت آبیاری که با آب شور آبیاری می‌شوند را نیز اضافه نماییم که به‌خصوص در دو دهه گذشته شتاب بیشتری به خود گرفته است (Ghare Yazdi, 2001). برای این اساس پسته جایگزین بسیاری از محصولات زراعی و باغی حساس به شوری شده است؛ و بر اساس آخرین آمار، سطح زیر کشت پسته در ایران بیش از ۵۰۰ هزار هکتار بوده که به طور متوسط از هر هکتار ۷۵۰ کیلوگرم پسته خشک برداشت می‌شود (Anonymous, 2022)، بنابراین مساله شوری و پسته به هم گره خورده‌اند (Sherafati et al., 2013). در مجموع می‌توان عنوان نمود که عوامل متعددی موجب کاهش عملکرد باغ‌های پسته کشور شده است که از آن جمله می‌توان به انتخاب ارقام ناسازگار، شوری آب و خاک، تنش‌های اقلیمی و تغذیه نامناسب اشاره نمود (Sherafati et al., 2016).

مطالعات اخیر نشان داده که ریزجانداران می‌توانند گیاهان را برای غلبه بر تنش شوری و قلیائیت مقاوم سازند (Khavazi et al., 2013). ریزجانداران شورقلیایسند به شرایط نمک و pH بالا سازگار شده و برای رشد مطلوب به مقدار مشخصی نمک همانند کلرید سدیم نیاز دارند (Venkateswarlu and Shanker, 2009). باکتری‌های شورقلیایسند، به طور گسترده از محیط‌هایی با شوری زیاد استخراج شده و مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در دهه‌های اخیر، اکتشاف و استخراج آن‌ها از محیط‌های شور و قلیای معمولی نیز انجام می‌شود (Singh et al., 2010). بسیاری از پژوهشگران توانایی بالای این محیط‌ها به‌خصوص منابع شور و قلیا با تنوع ریزجانداران پروکاریوتی بسیار زیاد، که

مسئول چرخش عناصر غذایی در اکوسیستم نیز می‌باشند، را گزارش نموده‌اند (Sahay et al., 2012).

جداسازی تعداد ۳۰۰ جدایه باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه پسته و غربالگری آن‌ها، از منطقه ریزوسفر درختان پسته در استان کرمان انجام شد (Sarcheshmepour et al., 2010). تعداد ۱۰۴ جدایه از سطوح مختلف شوری (۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ میلی‌مولار مخلوطی از کلریدهای سدیم، کلسیم و منیزیم) انتخاب؛ و از نظر ویژگی‌های مهم محرک رشدی گیاه شامل توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول معدنی و آلی و توان تولید سیدروفور، IAA و ACC دی‌آمیناز مورد ارزیابی قرار گرفتند. بیش از ۸۰ درصد جدایه‌ها توانستند در سطح شوری ۶۰۰ میلی‌مولار رشد کنند و ۲۵ درصد جدایه‌ها در گروه بسیار متحمل قرار گرفتند. از ۱۰۴ جدایه مورد ارزیابی برای صفات محرک رشدی، ۸۰ درصد حداقل دارای یکی از صفات^۱ PGPRs بودند. ۴۶ درصد از جدایه‌ها مولد سیدروفور، ۴۷ درصد مولد IAA، ۳۳ درصد دارای توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول و ۲۲ درصد قادر به تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز بودند که از بین آنها ۱۱ جدایه به‌عنوان جدایه‌های نهایی برتر انتخاب گردیدند. (Sarcheshmepour et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر پتانسیل استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تیوباسیلوس بومی باغات پسته برای افزایش کارایی خاک فسفات و بهبود شرایط تغذیه‌ای نهال پسته با تیمارهای تلقیحی نشان داد تیمارهای باکتری تاثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی، میانگین ارتفاع و تعداد برگ، غلظت فسفر و آهن و میزان جذب عناصر فسفر، آهن و روی داشتند (Sarcheshmepour et al., 2015). استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات به همراه خاک فسفات بیش‌ترین تاثیر مثبت را بر وزن تر و خشک اندام هوایی، میانگین ارتفاع و تعداد برگ در نهال داشت و صفات فوق را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۶/۱، ۳۷/۸، ۱۱/۵ و

دسی‌زیمنس برمتر، بر صفات وابسته به رشد رویشی و غلظت برخی عناصر در دانه‌های پسته دو رقم دانشمندی (حساس به شوری) و اکبری (متحمل به شوری) در شرایط باغ بود.

مواد و روش‌ها

جداسازی و خالص‌سازی سوبه‌های باکتری

در پژوهش حاضر، جهت جداسازی و خالص‌سازی دو جدایه شورقلیا پسند از خاک، از محیط کشت اختصاصی (جدول ۱) آن‌ها استفاده شد. جهت جداسازی، سوسپانسیون ۱:۱ از خاک و آب (یک گرم خاک به یک میلی‌لیتر آب مقطر استریل) تهیه شد (Horikoshi, 2006). ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون فوق بر روی محیط کشت اختصاصی جامد پخش گردید. محیط کشت‌ها در دمای مناسب (۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳ تا ۷ روز انکوباسیون شدند. ۱۴ جدایه شورقلیا پسند توسط محیط کشت اختصاصی (Jones et al., 1992) جداسازی شدند. پس از جداسازی، برای اطمینان از خالص بودن آن‌ها، چندین مرتبه بازکشت انجام شد. جدایه‌های خالص‌سازی شده جهت نگهداری طولانی مدت به‌روش نیتروژن مایع (Horikoshi, 1999) ذخیره‌سازی شدند.

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های افزایشنده رشد باکتری

برخی ویژگی‌های افزایشنده رشد جدایه‌ها در شرایط آزمایشگاهی شامل اندازه‌گیری کمی غلظت آمونیاک تولیدی با روش نسلر اصلاح شده (Heonsang et al., 2013)، غلظت تری‌ا‌یندول‌استیک‌اسید تولیدی با روش سالکوسکی (Glickmann and Dessaux, 1995; Gutierrez et al., 2009)، و فعالیت آنزیم ACC دی‌آمیناز از روش پنروز و گلیک (Penrose and Glick, 2003) که روش تغییر یافته هونما و شیمونورا (Honma and Shimomura, 1978) است، اندازه‌گیری شد تا برترین جدایه‌ها به لحاظ تنوع در دارا بودن ویژگی‌های افزایشنده

۲۷/۱ درصد افزایش داد (Sarcheshmepour et al., 2015). تأثیر باکتری‌های بومی شورپسند، قلیا پسند و شورقلیا پسند ریزوسفری بادام (*Prunus amygdalus* L.) بر فراهمی عناصر غذایی در خاک‌های شور و سدیمی نشان داد انواع باکتری‌های بومی شورقلیا در شوری بیش از ۸ دسی‌زیمنس-برمتر و SAR بالاتر از ۱۵ کارایی بیش‌تری در فراهمی عناصر ضروری و یا نگهداری برخی یون‌های سمی مانند کلر و سدیم در خاک و ممانعت از جذب آن‌ها نشان دادند (Eskandari Torbaghan et al., 2022). ارزیابی جمعیت و خواص محرک رشدی باکتری‌های اندوریزوسفری، ریزوسفری و غیرریزوسفری در دانه‌های پسته (*Pistacia vera*) تحت شرایط گلخانه‌ای نشان داد، فراوانی جدایه‌های اندوریزوسفری، ریزوسفری و غیرریزوسفری در تولید ایندول‌استیک‌اسید، به ترتیب، ۴۸/۵، ۶۰ و ۴۷/۸ درصد و فراوانی جدایه‌ها در تثبیت نیتروژن، به ترتیب ۲۷، ۶۴/۳ و ۱۷/۴ درصد بود (Hojjat Noughi et al., 2013). به منظور بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه بر رشد و جذب برخی از عناصر در اندام هوایی دانه‌های پسته در شرایط شور، آزمایشی با چهار سطح باکتری سودوموناس فلوروسنت (شاهد) (pf(0)، pf(1)، pf(2) و سه سطح شوری (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم کلرید سدیم بر کیلوگرم) در سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد و نتایج نشان داد که شوری خاک موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه دانه‌ها شد. اما تلقیح با جدایه‌ها موجب افزایش معنی‌دار این پارامترها گردید. همچنین با افزایش شوری جذب فسفر و پتاسیم کاهش ولی، جذب سدیم، کلر و کلسیم افزایش یافت. از طرف دیگر تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت موجب افزایش جذب فسفر، پتاسیم و کلسیم در اندام هوایی دانه‌های پسته شد (Azarmi Atajan, 2017).

هدف از این پژوهش، ارزیابی و مقایسه تأثیرگذاری دو سوبه منتخب باکتری فَرین‌دوست شورقلیا پسند بومی خراسان رضوی، تحت تیمارهای شوری آب ۸، ۱۲ و ۱۶

رشد گیاهی و غلظت بیش‌تر تولیدی مشخص گردند. با نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه آماری و مقایسه میانگین مقادیر آمونیاک، تری‌ا‌پندول‌استیک‌اسید و ACC دی‌آمیناز داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تولیدی جدایه‌ها، در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱. محیط کشت‌های اختصاصی جدایه‌های شورقلی‌پسند (Jones et al., 1992)

Table 1. Specific culture media of haloalkaliphilic isolates (Jones et al., 1992)

Compounds	Amount (g L ⁻¹)
Glucose	–
Poly Peptone	–
Yeast extract	10
Di potassium hydrogen phosphate	–
Magnesium sulphate seven H ₂ O	1
Sodium carbonate	18.5 [▲]
Sodium Chloride	200
Magnesium chloride two H ₂ O	–
Calcium chloride	–
Potassium chloride	2
Sodium hydrogen bicarbonate	–
Sodium bromide	–
Protease Peptone	–
Casino acid	7.5
Tri sodium citrate	3
Manganese (II) chloride	0.00036
Ferrous sulfate	0.05
Agar	20
Electrical conductivity of the culture medium , dS m ⁻¹	39.90
pH of culture medium	9.18

▲ جداگانه از سایر مواد استریل گردیده و قبل از کشت جدایه‌ها به محیط کشت اضافه گردید.

▲ were sterilized separately from other materials and added to the culture medium before culturing the isolates.

استخراج DNA ژنومی جدایه‌های باکتری

از بین ۱۴ جدایه، دو جدایه که بیش‌ترین ویژگی‌های افزایش‌دهنده رشد را از خود نشان دادند، انتخاب و مورد شناسایی فیلوژنتیک قرار گرفتند. استخراج DNA ژنومی جدایه‌های باکتری با استفاده از روش (Leach et al., 1990) با کمی تغییرات جهت استخراج جدایه‌های فرین‌دوست انجام شد. جهت تکثیر ژن 16S rRAN از DNA ژنومی، از دستگاه PCR مدل (T100 Thermal Cycler) شرکت BIO RAD-USA استفاده گردید. شناسایی تکمیلی

جدایه‌های منتخب با تکثیر و تعیین توالی ژن 16S rRAN

انجام شد. برای این منظور از پرایمرهای عمومی 16S rRAN 27F با توالی:

5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3'

1492R با توالی:

5'-GGTTACCTTGTTACGACT T-3'

8fd با توالی:

5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'

و 1488R با توالی:

5'-CGGTTACCTTGTTACGACTTCACC-3'

و از طریق واکنش زنجیره‌ای پلیمراز استفاده شد (Soto-Padilla et al., 2013). محصولات نهایی حاصل از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز توسط روش ختم سنتز DNA به شکل رفت و برگشت توسط شرکت ماکروژن کره جنوبی تعیین ترادف شد. نتایج حاصل از آن با استفاده از نرم افزار Chromas Pro ویرایش شده و با استفاده از نرم افزار BLAST با توالی‌های معتبر ثبت شده در پایگاه داده (NCBI) National Center for Biotechnology Information (Chun et al., 2007) مقایسه، نزدیک‌ترین سویه از نظر توالی ژن 16S rRNA مشخص شد.

آماده سازی زمین و پیاده سازی نقشه اجرایی پژوهش

در این پژوهش پس از انتخاب زمینی بکر، و آماده سازی آن (شخم با زیر شکن)، تسطیح انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور (۱) شوری آب آبیاری در سه سطح (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان کرت اصلی، (۲) دو رقم پسته (*Pistacia vera* L.) ۱- دانشمندی ۲- اکبری به عنوان کرت فرعی؛ و (۳) دو سویه باکتری شور قلیا پسند به نام‌های ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و آلکالی-باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس هر یک جداگانه به همراه به‌کارگیری توام دو سویه و نیز شاهد (محیط کشت عاری از باکتری) به عنوان کرت فرعی فرعی با سه تکرار (هر تکرار شامل دو دانهال پسته) در سال ۱۴۰۰ در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد خراسان رضوی (۳۴° ۵۴' ۱۵" عرض شمالی، ۵۸° ۴۵' ۳۷" طول شرقی) و در شرایط زمین اصلی اجرا شد.

پس از آماده سازی زمین و پیاده‌سازی نقشه آزمایش، اولین آبیاری به منظور آبتوبی با آب با شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. بذور قبل از کاشت در شرایط مطلوب از نظر رطوبت و درجه حرارت قرار داده شدند (شرایط کنترل شده) تا شروع به جوانه‌زنی نمایند. بذور به مدت ۴۸ ساعت در آب با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

خیسانده شدند و پس از خروج از آب در پارچه تنظیف از جنس کف در دمای معمولی اتاق به مدت یک هفته نگهداری و به‌طور مرتب مرطوب‌سازی شدند. در این فاصله بذور شروع به جوانه‌زنی نموده و در آستانه خروج ریشه‌چه و رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، کاشت مستقیم بذور در محیط با خاکی سبک (ماسه بادی) انجام شد و سپس بذور کاشته شده با ظروف یک بار مصرف پوشش داده شد. حدود بیست روز پس از کاشت، بذور سبز شدند و بنابراین به منظور هوادهی، بخش انتهایی ظروف برداشته شد تا رشد ادامه پیدا کند.

تلقیح دانهال‌ها با زادمایه باکتریایی

میزان آب لازم برای تامین تلقیح یک نهال به صورت تجربی اندازه‌گیری شد. این بررسی با اندازه‌گیری میزان رشد ریشه‌های پسته انجام شد، که نشان داد نهال‌ها دارای ریشه‌ای به عمق ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بودند و در نتیجه میزان زادمایه مورد نیاز برای تلقیح در حدود ۲/۵ تا ۳ لیتر برای هر نهال به دست آمد؛ که برای هر ردیف با ۱۸ نهال حدود ۲۰ لیتر و در مجموع برای ۲۴ کرت ۵۰۰ لیتر محیط کشت رقیق شده (۱:۴۰) در نظر گرفته شد (شکل ۱). برای هر نهال ۵۰ میلی‌لیتر زادمایه با باکتری مورد نظر آماده شد. بدین صورت که ۵۰ میلی‌لیتر زادمایه با ۲ لیتر آب مقطر مخلوط و در قسمت تشتک ایجاد شده برای هر نهال آبیاری گردید. مقدار آب جهت رقیق‌سازی (۲ لیتر) به گونه‌ای انتخاب شد که پس از ورود به خاک به ناحیه توسعه ریشه برسد.

اعمال تیمارهای آبیاری

اولین آبیاری به دلیل حساسیت نهال‌ها با آب شور ۶ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد و سپس به تدریج، شوری مورد نظر در تیمارها اعمال شد. پس از تلقیح، آبیاری تیمارها بر اساس نقشه اجرایی با آب شور انجام شد. فاکتور اول در این آزمایش سطوح مختلف شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود که با استفاده از اختلاط دو

آب موجود با شوری‌های ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر (آب چاه عمیق ایستگاه (جدول ۲) که به‌طور مستقیم برای سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در پروژه استفاده گردید) و آب با شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر که به نسبت ۲ به ۱ به‌ترتیب از ۱۶ و ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر برای ایجاد تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر؛ و نسبت ۱ به ۲ به‌ترتیب از همین شوری‌ها برای ایجاد شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده - گردید.

S8DaB2	S8DaB2	S8DaB2	S8DaB2	S8DaB2	S8DaB2	S8AkB3	S8AkB3	S8AkB3	S8AkB3	S8AkB3	S8AkB3
S8DaB3	S8DaB3	S8DaB3	S8DaB3	S8DaB3	S8DaB3	S8AkB4	S8AkB4	S8AkB4	S8AkB4	S8AkB4	S8AkB4
S8DaB1	S8DaB1	S8DaB1	S8DaB1	S8DaB1	S8DaB1	S8AkB2	S8AkB2	S8AkB2	S8AkB2	S8AkB2	S8AkB2
S8DaB4	S8DaB4	S8DaB4	S8DaB4	S8DaB4	S8DaB4	S8AkB1	S8AkB1	S8AkB1	S8AkB1	S8AkB1	S8AkB1
S12AkB1	S12AkB1	S12AkB1	S12AkB1	S12AkB1	S12AkB1	S12DaB2	S12DaB2	S12DaB2	S12DaB2	S12DaB2	S12DaB2
S12AkB2	S12AkB2	S12AkB2	S12AkB2	S12AkB2	S12AkB2	S12DaB4	S12DaB4	S12DaB4	S12DaB4	S12DaB4	S12DaB4
S12AkB3	S12AkB3	S12AkB3	S12AkB3	S12AkB3	S12AkB3	S12DaB3	S12DaB3	S12DaB3	S12DaB3	S12DaB3	S12DaB3
S12AkB4	S12AkB4	S12AkB4	S12AkB4	S12AkB4	S12AkB4	S12DaB1	S12DaB1	S12DaB1	S12DaB1	S12DaB1	S12DaB1
S16DaB4	S16DaB4	S16DaB4	S16DaB4	S16DaB4	S16DaB4	S16AkB3	S16AkB3	S16AkB3	S16AkB3	S16AkB3	S16AkB3
S16DaB2	S16DaB2	S16DaB2	S16DaB2	S16DaB2	S16DaB2	S16AkB4	S16AkB4	S16AkB4	S16AkB4	S16AkB4	S16AkB4
S16DaB1	S16DaB1	S16DaB1	S16DaB1	S16DaB1	S16DaB1	S16AkB1	S16AkB1	S16AkB1	S16AkB1	S16AkB1	S16AkB1
S16DaB3	S16DaB3	S16DaB3	S16DaB3	S16DaB3	S16DaB3	S16AkB2	S16AkB2	S16AkB2	S16AkB2	S16AkB2	S16AkB2

شکل ۱- نقشه اجرایی پروژه، که در آن سطوح شوری، رقم و سویه مشخص شده‌اند.

S₈=شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، S₁₂=شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، S₁₆=شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر؛ Da= دانشمندی، Ak= اکبری B₁= سویه اول (ویرجی باسیلیوس مارسمورتی)، B₂= سویه دوم (آلکالی باسیلیوس هالوآلکالیفیلوس)، B₃= مخلوط سویه اول و دوم، B₄= شاهد

Figure 1 - The implementation map of the project, where salinity levels, variety, and strain are specified. Ak= Akbari var., Da=Daneshmandi Var., B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control

جدول ۲. خصوصیات کیفی آب چاه عمیق ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد (۱۴۰۰)

Table 2. Quality characteristics of deep well water of Feizabad Pistachio Research Station (2021)

Parameters	EC	pH	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	(Ca+Mg) ⁺²	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	SAR ¹
Unit	dS/m		-	meq/l						-
Irrigation water	16.25	7.3	93.9	20.3	36	56.3	135	3.1	0	17.7

¹SAR= Sodium adsorption ratio

زیمنس بر متر در جدول ۳ نشان داده شده است. به‌منظور آشنایی با خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک، قبل از اجرای آزمایش، با حفر پروفیل، دو نمونه خاک نیز از عمق‌های ۵۰-۵۰ و ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متر تهیه گردید؛ که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

سه نمونه آب از سه تیمار شوری مورد استفاده در طرح برای اندازه‌گیری پارامترهای آن‌ها شامل برخی از آنیون‌ها و کاتیون‌های مهم در آب آبیاری به همراه هدایت الکتریکی و pH برداشت و به آزمایشگاه خاک و آب منتقل گردید. نتایج تجزیه شیمیایی سه آب با شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی-

جدول ۳. تجزیه شیمیایی سه نمونه آب مورد استفاده در آزمایش (۱۴۰۰)
Table3. Chemical analysis of three water samples used in the experiment (2021)

Salinity level dS/m	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SAR
		meq/l							
8.2	7.8	0	3.3	78.3	24	7	0.1	62.3	17.5
12.08	8	0	3.5	120.3	38	11.6	0.2	92.5	20
16.30	8.1	0	3.8	182.5	45.6	11.6	0.2	130.4	23.7

جدول ۴. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای پروژه، قبل از اجرای آزمایش (۱۴۰۰)
Table 4. Some of the physicochemical properties of the soil at the project site before the experiment (2021)

Depth	EC ¹ (dS/m)	pH	T.N.V. ² %	O.C ³	Sand	Silt	Clay	N _T	P _{av}	K _{av}	Ca	Mg	SAR ⁴
								mg/kg					
0-50	58.10	7.5	16.7	0.17	40	43	17	0.019	2.0	106	2320	960	30.1
50-100	26.40	7.6	17.2	0.19	32	47	21	0.016	0.8	119	72	366	27.5

¹EC = Electrical conductivity, ²T.N.V = Total Neutralizing Value, ³O.C = Organic Carbon, ⁴SAR= Sodium adsorption ratio

Depth	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Na	Mg	Ca	(Ca+Mg) ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	(CO ₃) ²⁻
	mg/kg					meq/kg						
0-50	3.80	3.00	0.40	0.90	2.64	300.7	98.0	102.0	200.0	502.5	4.0	0.0
50-100	4.60	5.06	0.56	1.80	2.24	170.4	35.0	42.0	77.0	203.8	6.5	0.0

اندازه‌گیری صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی

برخی صفات قابل اندازه‌گیری شامل طول ساقه بر حسب سانتی‌متر، قطر ساقه در ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک بر حسب میلی‌متر و با استفاده از کولیس، تعداد برگ موجود و تعداد برگ ریزشی با شمارش آن‌ها ثبت گردید و سپس از هر نهال ۵ عدد برگ، از برگ‌های قسمت میانی شاخه اصلی جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری دو صفت سطح برگ و شاخص کلروفیل که به‌ترتیب با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ^۲ و کلروفیل‌سنج^۳ اندازه‌گیری شدند (Sherafati et al., 2023)، به آزمایشگاه فیزیولوژی و به‌زرایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی ارسال شد.

2. Leaf area meter
3. SPAD

اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی در برگ پسته

اندازه‌گیری عناصر غذایی در برگ پسته به استثناء بور، به روش هضم تر توسط اسید پرکلریک و آب اکسیژنه انجام شد (Sherafati et al., 2022). فسفر به روش مولیبدات آمونیوم و رنگ‌سنجی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (Richards, 1954)، پتاسیم به روش استات آمونیوم و اندازه‌گیری با دستگاه فلایم‌فتومتر در عصاره‌های گیاهی (Manteghi, 1968)، سدیم با دستگاه فلایم‌فتومتر (Rayan et al., 2001) و کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره ۰/۰۲ نرمال در عصاره‌های گیاه (Rayan et al., 2001)، و نیز عنصر کم‌مصرف روی با دستگاه جذب اتمی (Rayan et al., 2001) اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری عنصر بور، ابتدا نمونه‌های برگ پس از شستشو و خشک شدن در هوای آزاد، در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد

قرار گرفتند تا رطوبت‌گیری شوند. سپس نمونه‌های مذکور آسیاب شده یک گرم از آنها به روش خاکستر خشک و انحلال در اسیدکلریدریک عصاره‌گیری گردید. در عصاره حاصل، اندازه‌گیری بور به روش آزومتین اچ و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر (Keren, 1996) انجام شد.

در پایان، اطلاعات جمع‌آوری شده طرح توسط نرم افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج

طول و قطر ساقه

نتایج نشان داد با افزایش شوری، طول ساقه کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۲) درحالی‌که بر قطر ساقه تأثیری نداشت (جدول ۵). رقم اکبری در مقایسه با رقم دانشمندی با ۲/۶۱ سانتی‌متر و ۰/۲۶ میلی‌متر اختلاف، به ترتیب طول و قطر ساقه بیش‌تری داشت (جدول ۶). بیش‌ترین طول (۲۸/۸۳ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۶/۰۴ میلی‌متر) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر و رقم اکبری و کم‌ترین طول (۲۳/۲۱ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۵/۲۹ میلی‌متر) در همان سطح شوری و رقم دانشمندی مشاهده گردید (جدول ۷). بیش‌ترین طول ساقه با ۲۷/۳۳ سانتی‌متر (شکل ۳) و قطر با

۵/۷۷ میلی‌متر در سویه باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی مشاهده شد (جدول ۸). لیکن، بیش‌ترین طول دانهال (۳۲/۲۵ سانتی‌متر) تحت تأثیر اثر متقابل شوری و نوع سویه در شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر و تیمار مخلوط باکتری‌ها و بیش‌ترین قطر (۶/۲۲ میلی‌متر) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر و باکتری ویرجی باسیلیوس- ماریسمورتی بدست آمد (جدول ۹). حداکثر طول (۳۰/۴۴ سانتی‌متر) (جدول ۱۰) و قطر (۵/۱۰ میلی‌متر) (شکل ۴) دانهال در تیمار باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و رقم اکبری مشاهده شد و حداقل طول (۲۳/۳۳ سانتی‌متر) (جدول ۱۰) و قطر (۵/۱۰ میلی‌متر) دانهال در تیمار شاهد و رقم دانشمندی بدست آمد (شکل ۴). اثرات سه‌گانه شوری، رقم و نوع باکتری نشان داد که بیش‌ترین طول ساقه با ۳۳/۵ سانتی‌متر در شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و تیمار مخلوط باکتری‌ها مشاهده شد (جدول ۱۱). شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی با ۶/۷۸ میلی‌متر قطر دانهال، و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر در رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، با ۶/۶۶ میلی‌متر، بیش‌ترین قطر ساقه را داشتند و البته فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۱۱).

جدول ۵. اثر سطوح شوری بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهال‌های پسته

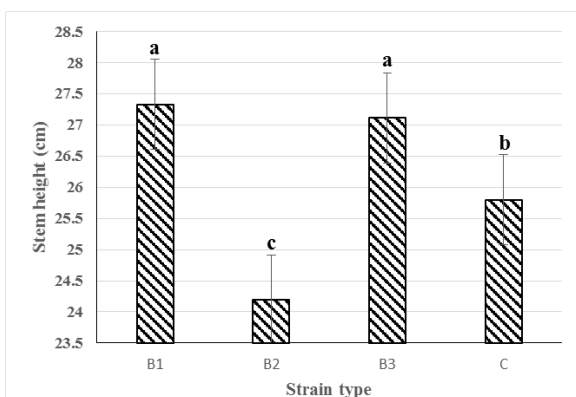
Table 5. Effect of salinity levels on some vegetative parameters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem diameter	No. of remained leaves	No. of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Chlorophyll index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	mm	-	-	-	cm ²	-	%					mg kg ⁻¹	
S ₈	5.588 ^a	32.00 ^a	1.625 ^{ab}	33.63 ^a	11.75 ^a	65.45 ^b	0.294 ^b	2.455 ^b	1.631 ^a	0.0305 ^b	2.529 ^b	44.99 ^b	272.7 ^b
S ₁₂	5.669 ^a	32.17 ^a	1.750 ^a	33.96 ^a	11.55 ^a	64.62 ^b	0.277 ^b	2.347 ^b	1.590 ^a	0.0666 ^a	2.415 ^b	42.83 ^b	263.4 ^b
S ₁₆	5.550 ^a	30.81 ^b	1.375 ^b	32.17 ^b	11.00 ^b	68.27 ^a	0.353 ^a	2.822 ^a	1.483 ^b	0.0680 ^a	2.917 ^a	52.32 ^a	304.4 ^a

S₈= 8 dS/m, S₁₂=12 dS/m, S₁₆=16 ds/m

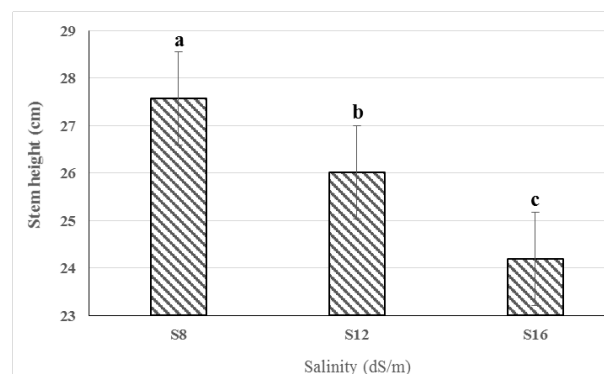
میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level.



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف شوری بر طول ساقه دانهال پسته (cm)

Fig 2. The effect of different salinity levels on pistachio stem height (cm)



شکل ۳. تأثیر نوع سویه بر طول ساقه (cm) (B₁) = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، B₂

= آلکالی باسیلیوس هالوآلکالیفیلوس، B₃ = مخلوط سویه‌ها و C = شاهد

Fig 2. Figure 3. The effect of strain type on stem height (cm) (B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control)

جدول ۶. اثر رقم بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهال‌های پسته

Table 6. Effect of varity on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem height	Stem diameter	No. of remained leaves	No.of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	cm	mm	-	-	-	cm ²	-			%			mg kg ⁻¹	
Da	24.625 ^b	5.474 ^b	29.264 ^b	1.556 ^a	30.833 ^b	10.106 ^b	66.215 ^a	0.311 ^a	2.555 ^a	1.307 ^b	0.089 ^a	2.634 ^a	46.97 ^a	281.29 ^a
Ak	27.236 ^a	5.731 ^a	34.056 ^a	1.611 ^a	35.667 ^a	12.761 ^a	66.014 ^a	0.306 ^a	2.528 ^a	1.828 ^a	0.021 ^b	2.606 ^a	46.45 ^a	279.03 ^a

Ak= Akbari var., Da=Daneshmandi Var.

میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level.

جدول ۷. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهال‌های پسته

Table 7. Interaction effect of salinity levels and varity on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem height	Stem diameter	No. of remained leaves	No.of abscission leaf	No. of total leaf	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	cm	mm	-	-	-	-	%				mg kg ⁻¹		
S ₈ ×Da	27.33 ^b	5.787 ^b	30.13 ^c	1.583 ^b	31.71 ^d	66.60 ^b	0.318 ^b	2.605 ^b	1.447 ^d	0.0549 ^c	2.688 ^b	47.98 ^b	285.7 ^b
S ₈ ×Ak	27.83 ^b	5.387 ^c	33.88 ^b	1.667 ^b	35.54 ^b	64.30 ^c	0.271 ^c	2.306 ^c	1.814 ^b	0.0062 ^d	2.371 ^c	42.00 ^c	259.8 ^c
S ₁₂ ×Da	23.21 ^d	5.292 ^c	29.04 ^d	1.167 ^c	30.29 ^c	64.33 ^c	0.271 ^c	2.310 ^c	1.130 ^f	0.1332 ^a	2.375 ^c	42.08 ^c	260.1 ^c
S ₁₂ ×Ak	28.83 ^a	6.046 ^a	35.29 ^a	2.333 ^a	37.63 ^a	64.91 ^c	0.283 ^c	2.385 ^c	2.050 ^a	0.0000 ^d	2.454 ^c	43.58 ^c	266.6 ^c
S ₁₆ ×Da	23.23 ^d	5.342 ^c	28.63 ^d	1.917 ^b	30.50 ^c	67.71 ^{ab}	0.341 ^{ab}	2.749 ^{ab}	1.345 ^c	0.0797 ^b	2.840 ^{ab}	50.86 ^{ab}	298.1 ^{ab}
S ₁₆ ×Ak	25.04 ^c	5.758 ^b	33.00 ^b	0.833 ^c	33.83 ^c	68.83 ^a	0.364 ^a	2.894 ^a	1.620 ^c	0.0564 ^c	2.994 ^a	53.78 ^a	310.7 ^a

S₈= 8 dS/m, S₁₂=12 dS/m, S₁₆=16 ds/m , Ak= Akbari var., Da=Daneshmandi Var

میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level

جدول ۸. اثر سویه باکتری بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهال‌های پسته

Table 8. Effect of strain type on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem diameter	No. of remained leaves	No.of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	mm	-	-	-	cm ²	-	%					mg kg ⁻¹	
B ₁	5.769 ^a	29.25 ^c	2.806 ^a	32.11 ^b	11.63 ^a	65.41 ^b	0.294 ^b	2.451 ^b	1.606 ^a	0.0539 ^b	2.524 ^b	44.89 ^b	272.3 ^b
B ₂	5.642 ^{ab}	31.14 ^b	1.528 ^b	32.67 ^b	11.34 ^b	64.50 ^b	0.275 ^b	2.332 ^b	1.550 ^b	0.0457 ^c	2.399 ^b	42.53 ^b	262.1 ^b
B ₃	5.500 ^b	33.06 ^a	1.028 ^c	34.08 ^a	11.15 ^b	67.47 ^a	0.336 ^a	2.718 ^a	1.512 ^b	0.0644 ^a	2.807 ^a	50.25 ^a	295.4 ^a
C	5.479 ^b	33.19 ^a	0.972 ^c	34.14 ^a	11.61 ^a	67.07 ^a	0.328 ^a	2.665 ^a	1.603 ^a	0.0561 ^{ab}	2.751 ^a	49.19 ^a	290.9 ^a

B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control

میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level

جدول ۹. اثر متقابل سطوح شوری و سویه باکتری بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانه‌های پسته

Table 9. Interaction effect of salinity levels and strain type on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem height	Stem diameter	No. of remained leaves	No. of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	cm	mm	-	-	-	cm ²	-	%					mg kg ⁻¹	
S ₈ ×B ₁	25.58 ^d	5.225 ^{ef}	29.25 ^c	2.250 ^b	31.50 ^{cfig}	10.27 ^e	65.98 ^{bcd}	0.305 ^{bcd}	2.524 ^{bcd}	1.339 ^e	0.0723 ^{cd}	2.602 ^{bcd}	46.37 ^{bcd}	278.7 ^{bcd}
S ₈ ×B ₂	27.42 ^c	5.717 ^{bc}	31.42 ^c	1.083 ^{cd}	32.50 ^{def}	12.75 ^b	61.39 ^e	0.211 ^e	1.929 ^e	1.826 ^b	0.000 ^g	1.971 ^e	34.44 ^e	277.1 ^e
S ₈ ×B ₃	32.25 ^a	5.775 ^{bc}	34.00 ^a	1.917 ^b	35.92 ^a	12.05 ^e	67.04 ^{bc}	0.327 ^{bc}	2.662 ^{bc}	1.689 ^e	0.0150 ^f	2.748 ^{bc}	49.12 ^{bc}	290.6 ^{bc}
S ₈ ×C	25.08 ^{de}	5.633 ^{bc}	33.33 ^{ab}	1.250 ^{cd}	34.58 ^{ab}	11.95 ^e	67.39 ^{bc}	0.334 ^{bc}	2.707 ^{bc}	1.669 ^e	0.0349 ^c	2.796 ^{bc}	50.03 ^{bc}	294.5 ^{bc}
S ₁₂ ×B ₁	30.58 ^b	6.225 ^a	31.17 ^{cd}	3.083 ^a	34.42 ^{ab}	13.45 ^a	65.58 ^{cd}	0.297 ^{cd}	2.473 ^{cd}	1.964 ^a	0.0125 ^{fg}	2.547 ^{cd}	45.33 ^{cd}	274.2 ^{cd}
S ₁₂ ×B ₂	23.33 ^f	5.633 ^{bc}	32.25 ^{bc}	2.167 ^b	34.42 ^{ab}	10.03 ^e	59.54 ^e	0.172 ^e	1.689 ^e	1.293 ^e	0.0986 ^{ab}	1.716 ^e	29.64 ^e	206.3 ^e
S ₁₂ ×B ₃	25.92 ^d	5.533 ^{cde}	32.000 ^{bc}	0.833 ^{cde}	32.83 ^{cde}	11.83 ^e	67.35 ^{bc}	0.334 ^{bc}	2.702 ^{bc}	1.646 ^e	0.0690 ^d	2.790 ^{bc}	49.92 ^{bc}	294.0 ^{bc}
S ₁₂ ×C	24.25 ^{ef}	5.283 ^{def}	33.25 ^{ab}	0.916 ^{cd}	34.17 ^{bc}	10.87 ^d	66.00 ^{bcd}	0.306 ^{bcd}	2.527 ^{bcd}	1.456 ^d	0.0861 ^{bc}	2.604 ^{bcd}	46.42 ^{bcd}	278.9 ^{bcd}
S ₁₆ ×B ₁	25.83 ^d	5.858 ^b	27.33 ^f	3.083 ^a	30.42 ^g	11.17 ^d	64.68 ^d	0.278 ^d	2.355 ^d	1.515 ^d	0.0770 ^{cd}	2.422 ^d	42.97 ^d	264.0 ^d
S ₁₆ ×B ₂	21.83 ^g	5.575 ^{bcd}	29.75 ^{de}	1.333 ^c	31.08 ^{fg}	11.25 ^d	72.57 ^a	0.441 ^a	3.380 ^a	1.532 ^d	0.0385 ^c	3.509 ^a	63.49 ^a	352.8 ^a
S ₁₆ ×B ₃	23.17 ^f	5.192 ^f	33.17 ^{ab}	0.333 ^c	33.50 ^{bcd}	9.567 ^f	68.03 ^b	0.348 ^b	2.791 ^b	1.202 ^f	0.109 ^a	2.884 ^b	51.70 ^b	301.7 ^b
S ₁₆ ×C	25.92 ^d	5.575 ^{bcd}	33.00 ^a	0.750 ^{de}	33.67 ^{bcd}	12.02 ^e	67.81 ^b	0.343 ^b	2.761 ^b	1.682 ^e	0.0475 ^c	2.853 ^b	51.11 ^b	299.2 ^b

S₈= 8 dS/m, S₁₂=12 dS/m, S₁₆=16 ds/m, B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control
 میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level

جدول ۱۰. اثر متقابل نوع رقم و سویه باکتری بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهالهای پسته

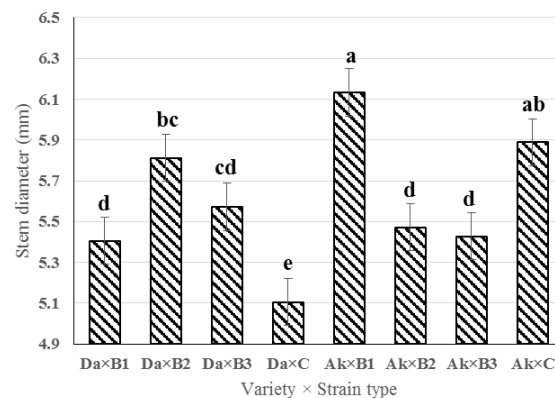
Table 10. Interaction effect of variety and strain type on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem height	No. of remained leaves	No. of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	cm	-	-	-	cm ²	-			%			mg kg ⁻¹	
Da×B ₁	24.22 ^{de}	27.72 ^a	1.889 ^b	29.72 ^d	9.844 ^{ef}	66.12 ^b	0.308 ^b	2.542 ^b	1.256 ^{ef}	0.099 ^b	2.621 ^b	46.72 ^b	280.2 ^b
Da×B ₂	24.78 ^d	29.67 ^{cd}	1.500 ^{bc}	31.17 ^c	10.94 ^d	63.86 ^c	0.262 ^c	2.248 ^c	1.472 ^d	0.0657 ^d	2.310 ^c	40.85 ^c	254.8 ^c
Da×B ₃	26.17 ^c	30.28 ^{cd}	1.278 ^c	31.56 ^c	10.12 ^c	69.07 ^a	0.369 ^a	2.925 ^a	1.311 ^c	0.0793 ^c	3.027 ^a	54.40 ^a	313.4 ^a
Da×C	23.33 ^c	29.39 ^d	1.556 ^{bc}	30.89 ^{cd}	9.511 ^f	65.82 ^b	0.302 ^b	2.503 ^b	1.191 ^f	0.112 ^a	2.579 ^b	45.94 ^b	276.8 ^b
Ak×B ₁	30.44 ^a	30.78 ^c	3.722 ^a	34.50 ^b	13.41 ^a	64.71 ^{bc}	0.279 ^{bc}	2.359 ^{bc}	1.956 ^a	0.008 ^g	2.427 ^{bc}	43.07 ^{bc}	264.4 ^{bc}
Ak×B ₂	23.61 ^c	32.61 ^b	1.556 ^{bc}	34.17 ^b	11.74 ^c	65.15 ^{bc}	0.288 ^{bc}	2.416 ^{bc}	1.629 ^c	0.025 ^f	2.488 ^{bc}	44.21 ^{bc}	269.3 ^{bc}
Ak×B ₃	28.06 ^b	35.83 ^a	0.777 ^d	36.61 ^a	12.18 ^b	65.88 ^b	0.303 ^b	2.511 ^b	1.714 ^b	0.049 ^e	2.588 ^b	46.10 ^b	277.5 ^b
Ak×C	26.83 ^c	37.00 ^a	0.388 ^d	37.39 ^a	13.71 ^a	68.32 ^a	0.354 ^a	2.827 ^a	2.014 ^a	0.0000 ^g	2.923 ^a	52.43 ^a	304.9 ^a

S₈- 8 dS/m, S₁₂=12 dS/m, S₁₆=16 ds/m, Ak= Akbari var., Da=Daneshmandi Var., B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control

میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

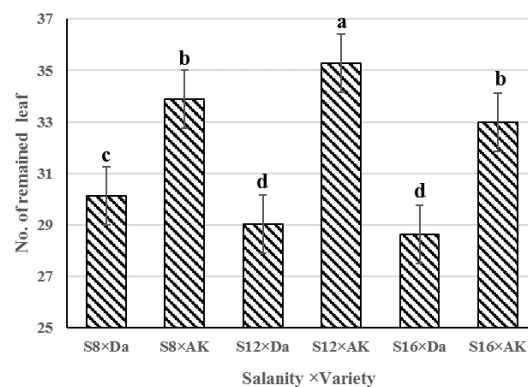
Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level



شکل ۴. اثر رقم و سویه باکتری بر قطر ساقه (mm) (B_1 = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، B_2 = آکالی باسیلیوس هالوآکالوفیلوس، B_3 = مخلوط سویه‌ها و C = شاهد)

Figure 4. Effect of bacterial strain and variety on stem diameter (mm)

(B_1 = *Virgibacillus marismortui*, B_2 = *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B_3 = Mixed of two strains in equal proportion, C = Control)



شکل ۵. اثر سطوح شوری (dS m^{-1}) و نوع رقم بر میانگین تعداد برگ سالم

Figure 5. The effect of salinity levels (dS m^{-1}) and variety type on the average number of remained leaves

جدول ۱۱. اثر متقابل سطوح شوری، رقم و سویه باکتری بر برخی صفات رویشی و عناصر غذایی دانهال‌های پسته

Table 11. Interaction effect of salinity level, variety and strain type on some vegetative paramters and nutritional elements of pistachio seedlings

Treat.	Stem height	Stem diameter	No. of remained leaves	No. of abscission leaf	No. of total leaf	Leaf area	Cholorophil index	P	K	Ca	Na	Cl	Zn	B
Unit	cm	mm	-	-	-	cm ²	-	%					mg kg ⁻¹	
S ₈ ×Da×B ₁	25.50 ^{ghi}	5.500 ^{d^{ef}}	31.83 ^{fghi}	0.500 ^{hi}	32.33 ^{hij}	9.367 ^{ij}	67.30 ^{cde}	0.333 ^{cde}	2.695 ^{cde}	1.162 ^{ij}	0.119 ^d	2.783 ^{cde}	49.79 ^{cde}	293.5 ^{de}
S ₈ ×Da×B ₂	29.67 ^{cd}	6.150 ^b	29.00 ^k	1.667 ^{efg}	30.67 ^{jk}	12.57 ^{ef}	62.23 ^{hi}	0.228 ^{gh}	2.038 ^{hi}	1.790 ^{ef}	0.0000 ^h	2.086 ^{hi}	36.63 ^{hi}	236.6 ^{hi}
S ₈ ×Da×B ₃	31.00 ^{bc}	5.900 ^{bcd}	29.17 ^k	2.667 ^{cd}	31.83 ^{ijk}	11.03 ^g	67.88 ^{cd}	0.345 ^{cd}	2.771 ^{cd}	1.490 ^g	0.0301 ^g	2.863 ^{cd}	51.31 ^{cd}	300.0 ^{cd}
S ₈ ×Da×C	23.17 ^{ki}	5.600 ^{def}	30.50 ^{hijk}	1.500 ^{efg}	32.00 ^{ijk}	10.30 ^h	69.00 ^{bc}	0.368 ^{bc}	2.916 ^{bc}	1.346 ^h	0.0698 ^f	3.017 ^{bc}	54.21 ^{bc}	312.6 ^{bc}
S ₈ ×Ak×B ₁	25.67 ^{ghi}	4950 ^h	26.67 ⁱ	4.00 ^{ab}	30.67 ^{jk}	11.17 ^g	64.67 ^{efgh}	0.278 ^{efg}	2.354 ^{efgh}	1.515 ^g	0.0248 ^g	2.421 ^{efgh}	42.95 ^{efgh}	263.9 ^{efgh}
S ₈ ×Ak×B ₂	25.17 ^{ghij}	5.283 ^{fgh}	33.83 ^{def}	0.500 ^{hi}	34.33 ^{fgh}	12.93 ^{de}	60.55 ⁱ	0.193 ^h	1.819 ⁱ	1.862 ^{de}	0.0000 ^h	1.855 ⁱ	32.26 ⁱ	217.6 ⁱ
S ₈ ×Ak×B ₃	33.50 ^a	5.650 ^{def}	38.83 ^b	1.167 ^{fgh}	40.00 ^{ab}	13.07 ^{cde}	66.20 ^{cdef}	0.310 ^{cdef}	2.553 ^{cdef}	1.888 ^{cde}	0.0000 ^h	2.632 ^{cdef}	46.94 ^{cdef}	281.1 ^{cdef}
S ₈ ×Ak×C	27.00 ^{efg}	5.667 ^{cdef}	36.17 ^c	1.00 ^{gh}	37.17 ^{cd}	13.60 ^e	65.78 ^{defg}	0.301 ^{def}	2.498 ^{defg}	1.993 ^c	0.0000 ^h	2.575 ^{defg}	45.85 ^{defg}	276.4 ^{defg}
S ₁₂ ×Da×B ₁	28.17 ^{de}	5.783 ^{bcd^e}	30.83 ^{hijk}	1.833 ^{ef}	33.00 ^{ghi}	11.43 ^g	67.85 ^{cd}	0.344 ^{cd}	2.767 ^{cd}	1.568 ^g	0.0250 ^g	2.859 ^{cd}	51.22 ^{cd}	299.7 ^{cd}
S ₁₂ ×Da×B ₂	20.67 ^{mn}	5.500 ^{def}	30.00 ^{ijk}	0.666 ^{hi}	30.67 ^{jk}	7.933 ^m	56.60 ^j	0.112 ⁱ	1.307 ^j	0.881 ^m	0.1973 ^a	1.312 ^j	22.00 ^j	173.3 ^j
S ₁₂ ×Da×B ₃	23.33 ^{kl}	5.417 ^{efg}	30.17 ^{ijk}	0.500 ^{hi}	30.67 ^{jk}	9.033 ^{jk}	67.78 ^{cd}	0.343 ^{cd}	2.758 ^{cd}	1.097 ^{jk}	0.1382 ^{cd}	2.850 ^{cd}	51.05 ^{cd}	298.9 ^{cd}
S ₁₂ ×Da×C	20.67 ^{mn}	4.467 ⁱ	25.17 ^l	1.667 ^{efg}	26.83 ^l	8.400 ^m	65.08 ^{defgh}	0.287 ^{defg}	2.408 ^{defgh}	0.972 ^{lm}	0.1723 ^b	2.478 ^{defgh}	44.03 ^{defgh}	268.6 ^{defgh}
S ₁₂ ×Ak×B ₁	23.00 ^a	6.667 ^a	31.50 ^{ghij}	4.333 ^a	35.83 ^{def}	15.47 ^a	63.32 ^{fghi}	0.250 ^{fgh}	2.178 ^{fghi}	2.359 ^a	0.0000 ^h	2.236 ^{fghi}	39.44 ^{fghi}	248.7 ^{fghi}
S ₁₂ ×Ak×B ₂	26.00 ^{fgh}	5.767 ^{bcd^e}	34.50 ^{cde}	3.667 ^{ab}	38.17 ^{bc}	12.13 ^f	62.48 ^{hi}	0.233 ^{gh}	2.070 ^{hi}	1.705 ^f	0.0000 ^h	2.121 ^{hi}	37.28 ^{hi}	239.4 ^{hi}
S ₁₂ ×Ak×B ₃	28.50 ^{de}	5.650 ^{def}	33.83 ^{def}	1.167 ^{fgh}	35.00 ^{defg}	14.63 ^b	66.92 ^{cde}	0.325 ^{cde}	2.646 ^{cde}	2.195 ^b	0.0000 ^h	2.731 ^{cde}	48.80 ^{cde}	289.2 ^{cde}
S ₁₂ ×Ak×C	27.83 ^{def}	6.100 ^{bc}	41.33 ^a	0.166 ⁱ	41.50 ^a	13.33 ^{cd}	66.92 ^{cde}	0.325 ^{cde}	2.646 ^{cde}	1.940 ^{cd}	0.0000 ^h	2.730 ^{cde}	48.80 ^{cde}	289.2 ^{cde}
S ₁₆ ×Da×B ₁	19.00 ⁿ	4.933 ^h	20.50 ^m	3.333 ^{bc}	23.83 ^m	8.733 ^{kl}	63.20 ^{ghi}	0.248 ^{fgh}	2.163 ^{ghi}	1.038 ^{kl}	0.1542 ^{bc}	2.220 ^{ghi}	39.14 ^{ghi}	247.4 ^{ghi}
S ₁₆ ×Da×B ₂	24.00 ^{ijkl}	5.783 ^{bcd^e}	30.000 ^{ijk}	2.167 ^{de}	32.17 ^{hijk}	12.33 ^f	72.73 ^a	0.445 ^a	3.401 ^a	1.744 ^f	0.0000 ^h	3.531 ^a	63.91 ^a	354.5 ^a
S ₁₆ ×Da×B ₃	24.17 ^{hijk}	5.400 ^{efg}	31.50 ^{ghij}	0.666 ^{hi}	32.17 ^{hijk}	10.30 ^h	71.55 ^{ab}	0.420 ^{ab}	3.247 ^{ab}	1.346 ^h	0.0698 ^f	3.368 ^{ab}	60.83 ^{ab}	341.2 ^{ab}
S ₁₆ ×Da×C	26.17 ^{fg}	5.250 ^{fgh}	32.50 ^{efgh}	1.500 ^{efg}	33.83 ^{fghi}	9.833 ^{hi}	63.37 ^{fghi}	0.251 ^{fgh}	2.185 ^{fghi}	1.254 ^{hi}	0.0950 ^c	2.242 ^{fghi}	39.58 ^{fghi}	249.3 ^{fghi}
S ₁₆ ×Ak×B ₁	32.67 ^{ab}	6.783 ^a	34.17 ^{cde}	2.833 ^{cd}	37.00 ^{cde}	13.60 ^e	66.15 ^{cdefg}	0.309 ^{cdef}	2.546 ^{cdefg}	1.993 ^c	0.0000 ^h	2.625 ^{cdefg}	46.80 ^{cdefg}	280.6 ^{cdefg}
S ₁₆ ×Ak×B ₂	19.67 ⁿ	5.367 ^{efgh}	29.50 ^{jk}	0.500 ^{hi}	30.00 ^k	10.17 ^h	72.42 ^a	0.438 ^a	3.359 ^a	1.319 ^h	0.0770 ^{ef}	3.487 ^a	63.08 ^a	351.0 ^a
S ₁₆ ×Ak×B ₃	22.17 ^{lm}	4.983 ^{gh}	34.83 ^{cd}	0.0000 ⁱ	34.83 ^{efg}	8.833 ^{kl}	64.52 ^{efgh}	0.275 ^{efg}	2.334 ^{efgh}	1.058 ^{kl}	0.1487 ^c	2.401 ^{efgh}	42.57 ^{efgh}	262.2 ^{efgh}
S ₁₆ ×Ak×C	25.67 ^{ghi}	5.900 ^{bcd}	33.50 ^{defg}	0.0000 ⁱ	33.50 ^{ghi}	14.20 ^b	72.25 ^a	0.435 ^a	3.338 ^a	2.110 ^b	0.0000 ^h	3.464 ^a	62.65 ^a	349.1 ^a

Ak= Akbari var., Da=Daneshmandi Var., B₁= *Virgibacillus marismortui*, B₂= *Alkalibacillus haloalkaliphilus*, B₃=Mixed of two strains in equal proportion, C=Control
Means in each column with different letters are significant based on the LSD test at the 5% probability level

میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

تعداد برگ سالم، ریزشی و کل

میانگین بیش‌ترین تعداد برگ در یک دانه‌ال (۳۳/۹۶) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش شوری، تعداد برگ سالم کاهش یافت (جدول ۵). رقم اکبری با میانگین ۳۴/۰۵ برگ سالم نسبت به رقم دانشمندی با میانگین ۲۹/۲۶، برتری داشت (جدول ۶). بیش‌ترین میانگین تعداد برگ سالم (۳۵/۲۹) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر و رقم اکبری (شکل ۵) و کم‌ترین میانگین برگ ریزشی (۰/۸۳۳) نیز در رقم اکبری و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر تعیین شد (جدول ۷). بیش‌ترین میانگین تعداد برگ سالم در تیمارهای مخلوط دو باکتری (۳۳/۰۶) و شاهد (۳۳/۱۹) بدست آمد و اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند؛ و کم‌ترین میانگین برگ ریزشی نیز در همین دو تیمار مشاهده شد (جدول ۸). تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر و مخلوط باکتری‌ها بیش‌ترین تعداد برگ سالم (۳۴/۰۰) و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر با باکتری ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی کم‌ترین میانگین برگ سالم (۲۷/۳۳) را داشتند (جدول ۹). کم‌ترین تعداد برگ ریزشی (۰/۳۳۳) نیز با اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر و مخلوط باکتری‌ها مشاهده گردید (جدول ۹). در رقم اکبری و مخلوط باکتری‌ها (۳۵/۸۳) و شاهد (۳۷/۰۰) بیش‌ترین تعداد برگ سالم و کم‌ترین برگ ریزشی در رقم اکبری و مخلوط باکتری‌ها (۰/۷۷۷) و شاهد (۰/۳۸۸) مشاهده شد (جدول ۱۰). شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و شاهد؛ و سپس شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و مخلوط باکتری‌ها با اختلاف معنی‌دار به ترتیب بیش‌ترین میانگین تعداد برگ سالم را با ۴۱/۳ و ۳۸/۸ داشتند. دو تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و مخلوط باکتری‌ها و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و شاهد فاقد برگ ریزشی بودند (جدول ۱۱).

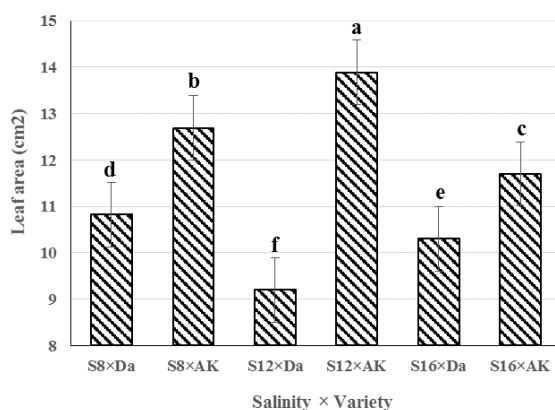
سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات سطوح شوری،

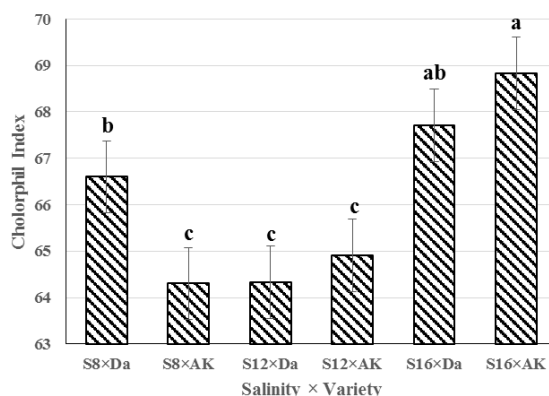
رقم و سویه‌های باکتریایی بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش شوری، سطح برگ کاهش یافت (جدول ۵). سطح برگ در رقم اکبری ۱۲/۷۶ سانتی-مترمربع و در رقم دانشمندی ۱۰/۱۰ سانتی-مترمربع دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۶). رقم اکبری در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر، بیش‌ترین (۱۳/۸۹) و در همان شوری، رقم دانشمندی کم‌ترین سطح برگ (۹/۲۰) را به خود اختصاص دادند (شکل ۶). سطح برگ تحت تأثیر باکتری در تیمار باکتریایی ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی حداکثر (۱۱/۶۳) بود (جدول ۸). تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر با باکتری ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی بیش‌ترین سطح برگ (۱۳/۴۵) سانتی-مترمربع و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر با مخلوطی از دو سویه با ۹/۵۶ سانتی-مترمربع کم‌ترین سطح برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۰). باکتری ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی در رقم اکبری (۱۳/۴۱) حداکثر سطح برگ را داشت (جدول ۱۰). شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر، رقم اکبری و باکتری ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی با ۱۵/۴۷ سانتی-مترمربع حداکثر سطح برگ را نشان داد (جدول ۱۱).

شاخص کلروفیل

برخلاف سطح برگ، با افزایش شوری شاخص کلروفیل افزایش یافت؛ و حداکثر آن با مقدار ۶۸/۲۷ در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد (جدول ۵). اختلاف معنی‌داری بین دو رقم دانشمندی و اکبری در شاخص کلروفیل مشاهده نشد (جدول ۶). بیش‌ترین شاخص کلروفیل در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر در هر دو رقم اکبری و دانشمندی بدون اختلاف معنی‌دار بایکدیگر بدست آمد (شکل ۷). حداکثر شاخص کلروفیل در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر و باکتری آلکالی-باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس (۷۲/۵۷) بدست آمد (جدول ۹). رقم اکبری در تیمار شاهد (۶۸/۳۲) حداکثر شاخص کلروفیل را نشان داد (جدول ۱۰).



شکل ۶. اثر سطوح شوری (dS m^{-1}) و نوع رقم بر سطح برگ (cm^2)
Figure 6. Effect of salinity levels (dS m^{-1}) and variety type on leaf area (cm^2)



شکل ۷. اثر سطوح شوری (dS m^{-1}) و نوع رقم بر شاخص کلروفیل
Figure 7. Effect of salinity levels (dS m^{-1}) and cultivar type on chlorophyll index

فسفر، پتاسیم و کلسیم

ترین غلظت کلسیم ($1/60$ درصد) در تیمار باکتریایی ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی بدست آمد (جدول ۸). بررسی اثر متقابل شوری و باکتری نشان دهنده کارایی بیش تر باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس در شوری بالا (16 دسی زیمنس بر متر) در جذب فسفر و پتاسیم و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی بر غلظت کلسیم بود (جدول ۹). تیمار مخلوط باکتری در رقم با کارایی جذب عناصر کمتر (دانشمندی) برای غلظت دو عنصر پرمصرف اولیه (پتاسیم و کلسیم) موفق تر عمل نمود، لیکن غلظت کلسیم در رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی حداکثر ($1/95$) بود (جدول ۱۰). بررسی اثرات متقابل سه گانه شوری، رقم و باکتری (جدول ۱۱)

بیش ترین غلظت فسفر ($0/353$ درصد) و پتاسیم ($2/82$ درصد) برگ در شوری 16 دسی زیمنس بر متر مشاهده شد (جدول ۵)، لیکن غلظت کلسیم برگ با افزایش شوری، کاهش یافت. رقم اکبری با بیش از $0/5$ درصد اختلاف معنی دار در غلظت کلسیم برگ نسبت به رقم دانشمندی برتر بود (جدول ۶). بیش ترین غلظت فسفر ($0/364$ درصد) و پتاسیم ($2/89$ درصد) در شوری 16 دسی زیمنس بر متر و رقم اکبری بدست آمد و برای کلسیم در شوری 12 دسی زیمنس بر متر و رقم اکبری ($2/05$ درصد) مشاهده شد (جدول ۷). تیمار مخلوط باکتری ها موجب افزایش غلظت فسفر و پتاسیم گردید؛ لیکن بیش -

نشان داد بیش‌ترین غلظت فسفر (۰/۴۳۸ درصد) و پتاسیم (۳/۳۵ درصد) در تیمار شوری ۱۶ × رقم اکبری × باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* و برای کلسیم (۲/۳۵ درصد) در تیمار شوری ۱۲ × اکبری × باکتری ویرجی *باسیلیوس ماریسمورتی* بدست آمد.

سدیم و کلر

با افزایش شوری، روند غلظت سدیم و کلر در برگ افزایشی بود (جدول ۵). غلظت سدیم و کلر برگ در رقم اکبری نسبت به دانشمندی به ترتیب ۰/۰۶۹ و ۰/۰۲۸ درصد کمتر بود (جدول ۶). باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* موجب کم‌ترین غلظت یون‌های سدیم (۰/۰۴۵ درصد) و کلر (۲/۳۹ درصد) گردید (جدول ۸). باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* در شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر در کاهش غلظت سدیم برتری نشان داد؛ لیکن، باکتری ویرجی *باسیلیوس ماریسمورتی* در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر از توان بیش‌تری در کاهش غلظت یون کلر برخوردار بود (جدول ۹). حداقل غلظت سدیم در تیمار رقم اکبری و باکتری ویرجی *باسیلیوس ماریسمورتی* (۰/۰۰۸ درصد) و برای کلر (۲/۳۱ درصد) در تیمار رقم دانشمندی و *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* مشاهده گردید (جدول ۱۰).

روی و بور

بیش‌ترین غلظت روی و بور برگ در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده گردید (جدول ۵). اختلاف معنی‌داری بین دو رقم اکبری و دانشمندی در غلظت عناصر کم-مصرف روی و بور مشاهده نشد (جدول ۶). حداکثر غلظت روی (۵۳/۷۸ میلی‌گرم برکیلوگرم) و بور (۳۱۰/۷ میلی‌گرم برکیلوگرم) در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر و رقم اکبری و حداقل آن (بترتیب ۴۲/۰ و ۲۵۹/۸ میلی‌گرم برکیلوگرم برای روی و بور) در همین رقم و شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر مشاهده گردید (جدول ۷). غلظت عناصر روی (۵۰/۲۵ میلی‌گرم برکیلوگرم) و بور (۲۹۵/۴ میلی‌گرم

برکیلوگرم) تحت تأثیر تیمار مخلوط دو باکتری ویرجی *باسیلیوس ماریسمورتی* و *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* حداکثر بود (جدول ۸). حداکثر غلظت روی (۶۳/۴۹ میلی‌گرم برکیلوگرم) و بور (۳۵۲/۸ میلی‌گرم برکیلوگرم) برگ در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر و باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* مشاهده شد (جدول ۹). غلظت دو عنصر روی (۵/۴۰ میلی‌گرم برکیلوگرم) و بور (۳۱۳/۴ میلی‌گرم برکیلوگرم) در تیمار مخلوط باکتری و رقم دانشمندی حداکثر و در همین رقم و تیمار باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* (۴۰/۸۵ و ۲۵۴/۸ میلی‌گرم برکیلوگرم) حداقل بود (جدول ۱۰). بیش‌ترین غلظت روی (۶۳/۹۱ میلی‌گرم برکیلوگرم) در تیمار شوری ۱۶ × رقم دانشمندی × باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* و برای بور (۳۵۱/۰ میلی‌گرم برکیلوگرم) در تیمار شوری ۱۶ × رقم اکبری × باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* مشاهده گردید (جدول ۱۱).

بحث

این مطالعه نشان داد شوری ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر در کنار تلقیح باکتری‌ها برای صفات طول و قطر ساقه، سطح برگ، تعداد برگ سالم، ریزشی و کل، غلظت کلسیم و کلر برگ و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر همراه با تلقیح باکتری‌ها برای سایر عناصر و شاخص کلروفیل به عنوان نقطه تغییر عمل نمود؛ به‌طوری‌که با افزایش شوری تا سطوح ذکر شده، اثرات منفی بر شاخص‌های رشدی و غلظت عناصر غذایی در دانهال‌های پسته مشاهده نشد. شوری ۸ دسی‌زیمنس برمتر و $SAR < 15$ تحت تأثیر باکتری‌های شدید دوست شور قلیا پسند مورد بررسی به عنوان نقطه تغییر عمل کرد؛ به‌طوری‌که با افزایش شوری به بیش از ۸ دسی‌زیمنس برمتر و نسبت جذبی سدیم به بیش از ۱۵، استفاده از سویه‌های مختلف، غلظت و فراهمی عناصر در خاک را برای نهال‌های بادام بهبود بخشید و کارایی بیش‌تری نشان داد (Eskandari Torbaghan and

(Eskandari Torbaghan and Khalili Torghabe, 2023). بررسی تمامی صفات رویشی دانه‌های پسته تحت تاثیر رقم نشان داد که رقم اکبری در همگی این صفات به استثنای شاخص کلروفیل برتری داشت. مطالعات قبلی نیز نشان داده است که رقم اکبری رقمی مقاوم به شوری است (Mohammadi Mohammad Abadi, 1998; Moein rad,) (2000; Sherafati and Hokmabadi, 2015). یکی از راه‌های پی بردن به میزان تحمل ارقام پسته نسبت به تنش شوری، بررسی خصوصیات رشدی، تغییرات فلورسانس کلروفیل و وضعیت عناصر غذایی در برگ و ریشه‌های آنها می‌باشد (Momenpourm et al., 2016). در بررسی شوری کلریدسیدی بر برخی خصوصیات رشدی و مورفولوژی ریشه سه رقم پسته (Yazdi Sajadieh et al., 2020) با افزایش شوری از ۱ به ۵ دسی‌سیمنز بر متر طول ریشه ۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان کاهش در رقم اکبری، آقای و کله قوچی به ترتیب ۸، ۵ و ۸ درصد بود. با افزایش شوری از ۱ به ۱۰ دسی‌سیمنز بر متر، طول ریشه ۳۴ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان داد که این میزان در رقم اکبری، آقای و کله قوچی به ترتیب ۳۸، ۳۱ و ۳۵ درصد شد. در حالی که با افزایش شوری از ۱ به ۱۵ دسی‌سیمنز بر متر، طول ریشه ۷۸ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت که این میزان در رقم اکبری، آقای و کله قوچی به ترتیب ۸۰، ۷۶ و ۷۹ درصد بود (Yazdi Sajadieh et al., 2020)، هرچند که نتایج فوق بر اساس آزمایشات گلخانه‌ای ارائه گردید. گزارش شده است که شوری موجب تخریب ساختار کلروپلاست‌ها، کاهش میزان کلروفیل و عدم پایداری ترکیب‌های رنگیزه پروتئین می‌شود (Heiydari Sharif Abad, 2001). احتمالاً رقم دانشمندی به جهت حساسیت بیش‌تر نسبت به تنش شوری و کاهش سطح برگ در جهت جبران و جلوگیری از کاهش فتوسنتز اقدام به افزایش دانسیته کلروفیل در واحد سطح نمود. نتایج مطالعات (Momenpourm et al., 2016) نیز نشان داد که محتوی کلروفیل a، b و کل در

(Khalili Torghabe, 2023). در این مطالعه نیز شوری‌های بالاتر (۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) برای گیاه مقاوم‌تر به شوری (پسته) به عنوان نقطه تغییر عمل نمود و روندی مشابه نتایج بادام (Eskandari Torbaghan and Khalili Torghabe, 2023) داشت. افزایش شوری موجب کاهش اکثر پارامترهای رشد رویشی در دانه‌های پسته از جمله طول ساقه، تعداد برگ سالم و سطح برگ گردید؛ لیکن، شاخص کلروفیل افزایش یافت. افزایش شاخص کلروفیل (عدد SPAD) در شرایط تنش احتمالاً به علت کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها می‌باشد (Machado and Paulsen, 2001). محققان (Chapman and Barreto, 1997) اظهار داشته‌اند که عدد کلروفیل متر تحت تاثیر ضخامت برگ گیاه تغییر می‌کند، همچنین ضخامت برگ ممکن است با توجه به نوع محصول، مرحله رشد، رقم و شرایط محیطی تغییر کند. از طرفی دیگر عنوان شده که تنش شوری موجب کاهش در رشد طولی ریشه، سطح برگ و افزایش در ضخامت برگ می‌گردد که سبب ایجاد بی‌نظمی‌های آناتومیک در گیاه می‌شود (Zekri and Parsons, 1990). با افزایش شوری میانگین تعداد برگ ریزشی در هر دانه‌ال (از ۱/۷۵ به ۱/۳۷) کاهش یافت. نتایج برخی مطالعات نشان دادند که میزان هورمون اکسین و جبریلین تحت‌تأثیر تنش شوری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Kargar Khorrami et al., 2019). مشخص شده است که برگ در پاسخ به افزایش نسبت اتیلن به اکسین، آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره را تولید می‌کند (Lahouti et al., 1991). اتیلن موجب افزایش ریزش در برگ‌ها می‌شود، اتیلن این کار را با کمک هورمون اکسین یا سایر هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، که بر حساسیت اتیلن بافت‌ها تأثیر می‌گذارد، انجام می‌دهد (Fahimi, 2015). از سوی دیگر این کاهش اتیلن را می‌توان به توان تولید آنزیم ACC دی‌آمیناز توسط باکتری‌ها و نقش آن در کاهش اتیلن تنشی مربوط دانست (Khosravi, 2016; Eskandari Torbaghan, 2017;)

باکتری R_8 در رقم بادامی قادر به افزایش جذب عناصر پتاسیم و فسفر به میزان ۳۵٪ (برگ)، ۴۳٪ (ریشه)؛ ۶۱٪ (برگ) و ۵۳٪ (ریشه) شد. نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد باکتری‌های محرک رشد به علت ترشح ترکیبات موثر در رشد گیاه قادر به افزایش شاخص‌های رشدی، و فیزیولوژیکی حتی در گیاهانی که در شرایط تنش شوری قرار دارند می‌شود (Zeinali bafghi et al., 2020).

نتایج نشان داد با افزایش شوری، غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، روی و بور برگ پسته افزایش یافت که نشان‌دهنده اثر مثبت شوری در سطوح مورد بررسی برای پسته با وجود فراهمی عناصر غذایی بود که مطابق با نتایج سایر محققان (Pessarakli, 1995; Eskandari Torbaghan, 2006; Eskandari Torbaghan et al., 2007; Khalili Torghabe et al., 2022) بود. رقم اکبری نسبت به دانشمندی در جذب عناصر خصوصاً کلسیم و جذب کمتر سدیم برتری نشان داد. محققین عنوان نمودند معیارهای قدرت جذب کلسیم بیش‌تر و نسبت پتاسیم/سدیم بالاتر در انتخاب ژنوتیپ متحمل به شوری از اهمیت بیش‌تری برای پسته برخوردار بود (Sherafati et al., 2022). تأثیر برخی از پایه‌های پسته بر جذب عناصر غذایی در دو رقم پسته اکبری و برگ سیاه نشان داد پایه اکبری دارای بالاترین پتانسیل جذب عناصر غذایی بود و به عنوان بهترین پایه در شرایط شور مناطق پسته‌کاری استان خراسان رضوی معرفی گردید (Sherafati and Hokmabadi, 2015). توان جذب بالای عناصر در رقم اکبری و در سطح بالاتر شوری (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) در این مطالعه نیز تأیید گردید. بیش‌ترین غلظت کلسیم و کم‌ترین غلظت سدیم تحت تأثیر باکتری *ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی* و کم‌ترین غلظت کلر و بیش‌ترین غلظت فسفر، پتاسیم، روی و بور تحت تأثیر تلقیح با باکتری *آلکالی‌باسیلیوس-هالوآلکالوفیلوس* بدست آمد. مقایسه اثرات باکتری در تقابل با شوری و رقم برای یون‌های سدیم و کلر متفاوت بود که این تفاوت به سه علت ۱) نقش متفاوت سدیم

بین ۱۴ رقم پسته مورد مطالعه با یکدیگر، اختلاف معنی‌داری را نشان داد. رقم اکبری در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی صفات به‌استثنا شاخص کلروفیل برتری داشت. در حقیقت شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نشان‌دهنده آستانه کاهش عملکرد دانه‌های پسته در این مطالعه بود، بدین معنی که تا شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، شوری اثر منفی چندانی بر رشد و عملکرد دانه‌های پسته نشان نداد که با مطالعات قبلی در زمینه آستانه کاهش عملکرد در پسته مطابقت داشت (Moein Rad, 2006; Hokmabadi, 2011). بررسی اثر سویه‌های باکتری بر صفات مختلف رویشی و بیوشیمیایی دانه‌های پسته نشان داد که سویه *ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی* نسبت به *آلکالی‌باسیلیوس-هالوآلکالوفیلوس* برتری داشت و به ترتیب موجب افزایش طول و قطر ساقه و سطح برگ به میزان ۶، ۵ و ۱۷٪ درصد نسبت به شاهد گردید. جنس *ویرجی‌باسیلیوس* با تولید پلی‌ساکاریدهای خارجی قادر به زیست فلکوله کردن برخی عناصر و یون‌ها از جمله سدیم می‌باشد (Sanchez-Porro et al., 2014) که با نتایج سدیم این مطالعه همخوانی داشت. بررسی تأثیر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاهی *سودوموناس پوتیدا*، سویه R_8 و *سودوموناس فلئورسنس* سویه R_{153} بر ارقام پسته شامل بادامی زرنند، اکبری و احمدآقایی در یک خاک شور (Zeinali bafghi et al., 2020) نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد (ایزوله‌های R_8 و R_{153}) موجب افزایش مقدار شاخص‌های رشدی از جمله وزن تر و خشک ساقه و ریشه همچنین، سطح و تعداد برگ شد. باکتری R_8 موجب افزایش وزن خشک ریشه و وزن تر اندام هوایی به ترتیب به میزان ۷۴ و ۵۴٪ نسبت به شاهد در رقم بادامی شد. سطح و تعداد برگ به میزان ۸۱٪ و ۳۰٪ در تیمار استفاده از باکتری محرک رشد R_8 در رقم بادامی افزایش پیدا کردند. محتوای نسبی آب برگ (RWC)، میزان پرولین، کلروفیل کل، a و b و کاروتنوئید نیز به وسیله کاربرد باکتری‌های محرک رشد به خصوص *سودوموناس پوتیدا* R_8 بهبود یافت. تیمار

Nutrient Uptake by Pistachio Seedlings under Salinity Stress. 15th Iranian Soil Science Congress. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Chapman, S. C. and H. J. Barreto. 1997. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. *Journal of agronomy*. 89:557-562.

Chun, J., Lee, J.-H., Jung, Y., Kim, M., Kim, S., Kim, B. K., Lim, and Y. W. EzTaxon. 2007. A web-based tool for the identification of prokaryotes based on 16S ribosomal RNA gene sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2007; 57: 2259-2261.

Eskandari Torbaghan, M. and G.H. Khalili Torghabe. 2023. Evaluation of three groups of plant growth-promoting extremophilic rhizospheric bacteria on induction of salinity and alkalinity tolerance in GN15 almond (*Prunus amygdalus* L.) rootstocks. *Plant Process and Function*. 12 (55): 1-14. URL: <http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1838-fa.html>

Eskandari Torbaghan, M., Khalili Torghabe, G., Sherafati, A. and M. Eskandari Torbaghan. 2022. Effect of native halophilic, alkaliphilic and haloalkaliphilic rhizospheric bacteria of almond (*Prunus amygdalus* L.) on the nutrient availability in saline and sodic soils. *Applied Soil Research*. 12(1(1)): 38-55.

Eskandari Torbaghan, M. 2006. Effect of Cl/SO₄ ratios in water and nitrogen fertilizer on soil properties, yield and yield parameters of barley. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.

Eskandari Torbaghan, M. 2017. Isolation and efficiency of haloalkaliphilic bacteria on salinity stress reduction in wheat. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.

Eskandari Torbaghan, M., Astaraci, A.R., Eskandari Torbaghan, M. and S. Sadoughi. 2007. The effect of anionic ratios of chlorine to sulfate of irrigation water and nitrogen fertilizer on yield and yield components of barley plant. Ninth National Seminar on Irrigation and Evaporation Reduction. https://www.civilica.com/Paper-ABYARI09-ABYARI09_301.html

Eskandari Torbaghan, M., Lakzian, A., Astaraci, A. R., Fotovat, A., and H. Besharati. 2017. Quantitative comparison of ammonia and 3-indoleacetic acid production in halophilic, alkaliphilic and haloalkaliphilic bacterial isolates in soil. *Quarterly Journal of Experimental Animal Biology*. 6(1): 41-58. DOR: 20.1001.1.23222387.1396.6.1.5.7.

Fahimi, H. 2015. Plant growth regulators. Tehran University Press. 211pp.

Ghare Yazdi, B. 2001. Genetic engineering of agricultural plants with the aim of increasing resistance to salt stress. Workshop on salinity and

(سمی) و کلر (ضروری) در گیاه، ۲) خصوصیات رشدی متفاوت دو باکتری و ۳) ماهیت تحمل به شوری مختلف دو رقم اکبری و دانشمندی در جذب عناصر مربوط بود.

نتیجه گیری

به طور کلی سویه باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی در شوری های ۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر در رقم اکبری به عنوان برترین تیمار افزایش دهنده شاخص های رشدی دانه های پسته شناخته شد. لیکن، بیشترین شاخص کلروفیل، غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، روی و بور تحت تاثیر سویه آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس در بالاترین سطح شوری (۱۶ دسی زیمنس بر متر) برای رقم اکبری بدست آمد. در مجموع، استفاده از باکتری های فرین دوست در شوری های بالا قابل توصیه بوده و نیز باتوجه به شیمی متفاوت عناصر مورد بررسی و ویژگی های رشدی مختلف این دو باکتری مورد استفاده، به کارگیری باکتری ویرجی-باسیلیوس ماریسمورتی در شرایط شوری سدیمی توصیه می گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی مصوب به شماره ۹۹۰۶۱۱-۱۰۳۳-۱۳۳۰-۴۳-۳ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مستخرج شده است؛ و نگارندگان بدینوسیله از کارکنان ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد، آزمایشگاه فیزیولوژی؛ و آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی برای همکاری صمیمانه ای که در اجرای این پژوهش داشتند، سپاسگزاری می نمایند.

منابع

Anonymous, 2022. Statistical Year Book of Agricultural Crops. Ministry of Jiha-e-Keshavarzi, Tehran, Iran (in Persian).

Azarmi Atajan, F. 2017. Efect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and

methods. SSSA and ASA, Madison, WI.

Khalili Torghabe G.H., Tehranifar A., Abedi B., and M. Eskandari Torbaghan. 2022. Improvement of some growth and biochemical properties of almonds by the use of rhizospheric halophile, alkaliphile and haloalkaliphile bacteria in Khorasan Razavi almonds orchards. *Pomology Research*.6 (2):62-80. 10.30466/RIP.2021.53296.1157

Khavazi, K., Asgharzadeh, A., Asadi Rahmani, H., Rejali, F., Fallah Nosratabadi, A., Besharati, Khosravi, H. and M. Afshari. 2013. Identification, Management and using soil biological potential. Soil and Water Research Institute. Sana Press.125 pp.

Khosravi, H. 2016. Application of Beneficial Soil Bacteria in Crop Production Management Under Saline and Drought Stress via Decreasing Ethylene. *Land Management Journal*. 4(1):33-43. <https://doi.org/10.22092/lmj.2016.115843>

Lahouti, M., Zare Hasan Abadi, M. and R. Ahmadian. 2011. Biochemistry and physiology of plant hormones. Third edition. Ferdowsi University of Mashhad.359 pp.

Leach, J.E., White, F.F., Rhoads, M.L. and H. Leung. 1990. A repetitive DNA sequence differentiates *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* from other pathovars of *Xanthomonas campestris*. *Molecular plant and Microbe Interaction*. 3: 238-246.

Machado, S. and G. M. Paulsen. 2001. Combined effects of drought and high temperature on water relations of wheat and sorghum. *Plant and Soil*. 223:179-187.

Manteghi, N. 1968. Full Description of Decomposition Methods on Soil and Water Samples. Soil and Water Institute. Technical Issue. 168: 98-116.

Moein Rad, H. 2000. Investigation of different varieties of pistachio to salinity stress. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran.

Mohammadi Mohammad Abadi, A. 1998. The effect of soil and water salinity on pistachio rootstocks. Report No.13. Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran.

Moin Rad, H. 2006. Studying the adaptability of cultivated and wild pistachio seedlings to different amounts of irrigation water salinity according to growth indicators. *Desert*. 11(1): 74-88.

Momenpourn, A., Imani, A., Rasooli, M., Mohammadiyan, G. and L. Dahaghin. 2016. Effect of salinity stress on growth characteristics, chlorophyll fluorescence and concentrations of nutrition elements in fourteen pistachio (*Pistacia vera*) cultivars. *Journal of Plant*

plant growth (mechanisms, challenges and strategies). Ferdowsi University of Mashhad.

Glickmann, E., and Y. Dessaux. 1995. A critical examination of the specificity of the salkowski reagent for indolic compound produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*.61:793-796.

Gutierrez, C.K., Matsui, G.Y., Lincoln, D.E. and C.R. Lovell. 2009. Production of the phytohormone indole-3-acetic acid by the estuarine species of the genus *Vibrio*. *Applied and Environmental Microbiology*. 75:2253-2258

Heiydari Sharif Abad, H. 2001. Plant and salinity. Research institute of forests and rangelands Press. 71 pp.

Heonsang, J., Jongtaek, P., and K. Hyunook. 2013. Determination of NH_4^+ in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry*. 2013 : 359217: 1-9. <https://doi.org/10.1155/2013/359217>.

Hojjat Noughi, F., Akhgar, A.R., Esfandiarpour, I., and K. Khavazi. 2013. Evaluation of Population and Properties of PGPB of Endorhizosphere, Rhizosphere and Nonrhizosphere in Pistachio Seedlings. *Water and Soil Science*. 23(4): 215-234.

Hokmabadi, H. 2011. Diagnostic of Environmental and Non environmental Damaging Factors Incoming to Pistachio Product. Tehran. Iran: Education and Agricultural Promotion Press.

Honma, M., and T. Shimomura. 1978. Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Agricultural and Biological Chemistry*, 42, 1825-1831.

Horikoshi, K. 1999. Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63(4): 735-750.

Horikoshi, K. 2006. Alkaliphiles-genetic properties and applications of enzymes. Japan. Springer.

Jones, B., Brian, E., Gravin, J. and V. Stolberglaan. 1992. European patent application. 1992; Bulletin 93/18. Publication number: EP 0 540 127A1. Rank Xerox (UK) Business Services (3.10/3.6/3.3. 1).

Kargar Khorrami, S., Jamei, R., Darvishzadeh, R. and S. Hosseini Sarghin. 2019. Effect of salinity stress on hormones of auxin, gibberellin, physiological, morphological and anatomical characteristics of *Hibiscus esculentus* L. *Iranian Journal of Plant Biology*. 11(4(42)):67-82. 10.22108/IJPB.2019.114287.1128

Keren, R. 1996. Boron. p. 603-626. In D. L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical*

http://pistachio.vru.ac.ir/article_62725_7bec5dc805115bd6d27aff9518c3f0ac.pdf

Sherafati, A. 2013. Pistachio cultivation in saline soils. Education and Agricultural Promotion Press. 112 pp.

Sherafati, A.H., Eskandari Torbaghan, M. and H. Hasheminasab. 2022. The ability of new pistachio (*Pistacia vera* L.) genotypes to absorb nutrients from soil under saline conditions. Journal of Research in Horticultural Science. 1(1):135-152. 10.22092/RHSJ.2022.128462

Sherafati, A.H., Eskandari Torbaghan, M. and M. Heidari Salehabadi. 2023. The effect of pistachio waste compost and mycorrhizal fungi on vegetative growth and nutritional status of pistachio seedlings in a saline-sodic soil. Journal of Soil and Plant Interactions. 13(4):41-70. DOI: 10.47176/jspi.13.4.20621

Singh S. P., Purohit M. K., Raval V.H., Pandey S., Akbari V. G. and C.M. Rawal. 2010. Capturing the potential of haloalkaliphilic bacteria from the saline habitats through culture dependent and metagenomic approaches. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. A. Mendez-Vilas (Ed.), p:81-87.

Soto-Padilla M. Y., Valenzuela-Encinas C., Dendooven L., Marsch R., Gortáres Moroyoqui P. and M. Estrada-Alvarado. 2013. Isolation and phylogenetic identification of soil haloalkaliphilic strains in the former Texcoco lake. International Journal of Environmental Health Research. 24(1):82-90. <http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2013.800957>.

Venkateswarlu B, and A.K. Shanker. 2009. Climate Change and Agriculture, Adaptation and Mitigation Strategies. Indian Journal of Agronomy. 54:226-230.

Yazdi Sajadieh, O., Panahpour, E., Nadian, H. and A. Gholami. 2020. The Effect of Salinity on Some Growth Parameter and Root Morphology of Three Pistachio Cultivars. Horticultural Plants Nutrition. 3(2(6)):17-28. 0.22070/HPN.2020.5019.1063

Zeinali bafghi, M., Gholamnezhad, J., Esmailzadeh-Hosseini, A., Shirmardi, M. and A. Jafari. 2020. Influence of growth promoting bacteria on growth and physiological characters of pistachio in saline soils. Horticultural Plants Nutrition. 7(2(2(4))):107-129. 10.22070/hpn.2020.4548.1030

Zekri, M. and L. R. Parsons. 1990. Response of split-root sour orange seedlings to NaCl and polyethylene glycol stresses. Journal of Experimental Botany. 41: 35-40.

Production. 23(2):91-121. 20.1001.1.23222050.1395.23.2.5.1

Penrose, D.M. and B.R. Glick. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Physiologia plantarum. 118:10-15.

Pessarakli, M. 1995. Handbook of plant and crop physiology. 679-826.

Rayan, J.R., Estefan G., and A. Rashid. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. (2nd edition). ICARDA. Syria. <https://books.google.com/books?id=uYnZ2623GQ8C>

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.

Sahay H., Mahfooz S., Singh A. K., Singh S., Kaushik R., Saxena A.K. and D.K. Arora. 2012. Exploration and characterization of agriculturally and industrially important haloalkaliphilic bacteria from environmental samples of hypersaline Sambhar lake, India. World Journal Microbiol Biotechnology. 28:3207-3217.

Sanchez-Porro, C., R. de la Haba, R. and A. Ventosa. 2014. The Genus *Virgibacillus*. E. Rosenberg et al. (eds.), the Prokaryotes – Firmicutes and Tenericutes, DOI 10.1007/978-3-642-30120-9_353, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Sarcheshmehpour, M., Besharati, H. and G.R. Savaghebi. 2015. Increasing the efficiency of rock phosphate by some indigenous microorganisms of pistachio orchards to improve growth and nutrition of pistachio seedlings under salt stress. Iranian Journal of Soil Research. 29(3(3)):371-381. 20.1001.1.22287124.1394.29.3.11.3

Sarcheshmehpour, M., Savaghebi, G.R., Saleh Rastin, N., Alikhani, H. and A. Pourbabaei. 2010. Isolation, screening, identification, and salinity and drought stress tolerance of selected plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) of pistachio (*Pistacia vera*) trees. Iranian Journal of Soil and Water. 40(2):177-190. 20.1001.1.2008479.1388.40.2.10.4

Sherafati, A. H., Hoseiniifard, J. and P. Keshavarz. 2016. Effects of foliar application of calcium compounds on formation and development of pistachio (*Pistacia vera* L.) Nuts. Seed and Plant Production Journal. 32(2):193-208.

Sherafati, A., Hokmabadi, H., 2015. Effect of some pistachio rootstocks on nutrients element uptake of two pistachio cultivars (Akbari and Bargsiyah). Pistachio Science and Technology. 1(1): 32-43.