

ارزیابی غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آنها در دانه‌های پسته تحت تأثیر

باکتری‌های شورقلیاپسند

مهرنوش اسکندری تربقان^{۱*}، عبدالحمید شرافتی^۲، مسعود اسکندری تربقان^۲، اکبر محمدی محمد آبادی^۳ و صدیقه آناهید^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸

چکیده

تقریباً تمام تنش‌های زیستی و غیرزیستی به شکل تنش تغذیه‌ای (کمبود یا مسمومیت عناصر) در گیاه ظاهر می‌شوند. در این پژوهش اثر سه سطح شوری آب آبیاری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر)، دو رقم پسته اکبری و دانشمندی و دو سویه باکتری شورقلیاپسند بومی در چهار سطح (هریک به تنهایی، مصرف توأم دو سویه و شاهد)، بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آنها در دانه‌های پسته، به صورت آزمایش کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار (هر تکرار شامل دو دانه‌ال)، در شرایط باغ در سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱ بررسی شد. عناصر مورد بررسی شامل نیتروژن، منیزیم، سدیم، کلسیم، آهن، منگنز، مس و نسبت‌های Ca^{2+}/Mg^{2+} و Ca^{2+}/N ، Na^{+}/K^{+} در دانه‌ها بود. غلظت اکثر عناصر و نسبت‌های مورد بررسی از ۸ تا ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر افزایشی و در ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. بیش‌ترین غلظت منیزیم (۱۲/۲۸ درصد)، آهن (۳۱۰/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و مس برگ (۱۴/۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در رقم دانشمندی مشاهده گردید و رقم اکبری در افزایش جذب نیتروژن (۲/۶۰ درصد)، کلسیم (۱/۸۲ درصد)، منگنز (۱۳/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کاهش جذب یون‌های سدیم، کلسیم و نسبت سدیم به پتاسیم کارایی بهتری داشت. باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* در جذب عناصر آهن، منگنز، مس و منیزیم بیش‌تر تأثیرگذار بود؛ لیکن باکتری *ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی* در افزایش جذب نیتروژن، کلسیم و نسبت کلسیم به نیتروژن و کاهش جذب سدیم کارایی بالاتری نشان داد. در مجموع، غلظت عناصر غذایی برگ قبل از این‌که تحت تأثیر سطوح شوری باشد، به ترتیب به نوع باکتری، شیمی عناصر و درجه تحمل ارقام پسته به شوری وابسته بود.

واژه‌های کلیدی: رقم دانشمندی، باکتری *ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی*، شور-سدیمی، نسبت نیتروژن به کلسیم

^۱ محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی/ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی/ مشهد/ ایران.

* نویسنده مسئول: mehrnoosh.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.

^۳ مربی پژوهشی/ پژوهشکده پسته/ مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی/ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی/ رفسنجان/ ایران

^۴ کارشناس فیزیولوژی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

مقدمه

ایران کشوری است که حدود ۱۲/۵ درصد از زمین‌های آن در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد (باقری‌راد و همکاران، ۱۳۸۶). به‌طور کلی تنش شوری در خاک شامل تنش اسمزی و صدمه ایجاد شده به‌وسیله یون‌ها می‌باشد (Munns, 2002). اما در تنش قلیائیت اثرات pH بالا و یون‌هایی همانند سدیم نیز وجود دارد که موجب غیرمحلول شدن و رسوب یون‌های فلزی و فسفر و کاهش عملکرد فیزیولوژیکی ریشه می‌شود (Li et al., 2009).

در کشاورزی همواره سعی بر این بوده است تا تحمل گیاهان زراعی و باغی نسبت به تنش‌های محیطی افزایش یابد (اسکندری‌تربقان، ۱۳۹۶). اخیراً استفاده از روش‌های بیولوژیکی یعنی استفاده از ریز موجودات خاکزی به‌منظور کاهش اثرات تنش‌های محیطی بر گیاهان، اهمیت زیادی پیدا کرده است. برخی از باکتری‌های مفید خاکزی با توانایی افزایش رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR، دارای توانایی زنده‌مانی و بقا در شرایط شوری و قلیائیت نیز می‌باشند که به آنها شورقلیایسندهای دارای خصوصیات محرک رشدی^۱

^۱ PGPHA or Plant growth promoting haloalkaliphilic

اطلاق می‌شود که در مجاورت گیاه در شرایط تنش شوری و سدیم بالا، توانایی تحریک رشد گیاهی را دارند (اسکندری‌تربقان، ۱۳۹۶). از مهمترین سازوکارهای آنها در تحریک رشد گیاه، همانند سایر PGPRهای معمول می‌توان به اثر بر مورفولوژی ریشه و تولید هورمون‌های محرک رشد از جمله اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها، تثبیت نیتروژن مولکولی هوا، توانایی حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول خاک، تولید سیدروفور، اکسایش بیولوژیک گوگرد، تجزیه سیلیکات‌ها و آزادسازی عناصری همچون پتاسیم، آهن و روی و همچنین تولید آنزیم ACC دامیناز اشاره نمود (خسروی، ۱۳۹۲؛ Eskandari Torbaghan and Khalil, 2023).

ارزیابی جمعیت و خواص محرک رشدی باکتری‌های اندوریزوسفری، ریزوسفری و غیرریزوسفری درنهال‌های پسته (*Pistacia vera*) تحت شرایط گلخانه‌ای نشان داد که فراوانی جدایه‌های اندوریزوسفری، ریزوسفری و غیر ریزوسفری در تولید ایندول‌استیک اسید، به‌ترتیب، ۴۸/۵، ۶۰، و ۴۷/۸ درصد و فراوانی جدایه‌ها در تثبیت نیتروژن، به‌ترتیب ۲۷،۶۴/۳ و ۱۷/۴ درصد بود (حجت‌نوقی و همکاران، ۱۳۹۲). طبق نتایج تحقیقات سرچشمه‌پور و همکاران (۱۳۸۸) کورینه باکتریوم‌های جمع‌آوری شده از

ریزوسفر پسته در تولید سیدروفور فعال بوده و نیز گونه‌هایی از آن‌ها به دلیل داشتن توان انحلال فسفات‌های نامحلول و تثبیت غیرهمزیست نیتروژن به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه و مقاوم به شوری معرفی شده‌اند (Tilak et al., 2005).

بررسی نقش باکتری‌های محرک رشد گیاه (سودوموناس فلوروسنت) بر رشد و جذب برخی از عناصر در اندام هوایی نهال‌های پسته در شرایط شور و در گلخانه نشان داد که 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 اندام‌هوایی نهال‌های پسته شد (آذرمی‌آتاجان، ۱۳۹۶).

بررسی تأثیر کودهای آلی و میکروبی بر رشد و تغذیه دانه‌های پسته ارقام بادامی ریز زرد و قزوینی، نشان داد که اثر توأم باکتری و کود دامی موجب افزایش ۲۸/۱ درصدی وزن خشک برگ، ۷۷/۶ درصدی وزن خشک ساقه و ۳۷/۰ درصدی وزن خشک اندام‌هوایی در رقم بادامی ریز زرد و بترتیب ۶۰/۴، ۴۸/۶ و ۵۵/۰ درصدی در رقم قزوینی شد. همچنین جذب تمامی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در تیمارهای

کود و باکتری افزایش یافت. جذب کلسیم در هر دو رقم مورد مطالعه بیش از ۱۶۰ درصد افزایش داشت. با توجه به مشکلات زیست محیطی و گرانی کودهای شیمیایی استفاده از کودهای دامی و میکروبی برای افزایش رشد و تغذیه پسته توسط محققان (جمالی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۵) توصیه گردید. باکتری‌های سودوموناس فلوروسنت از طریق انحلال ترکیبات نامحلول مانند فسفر موجب افزایش رشد و غلظت این عنصر در گیاه پسته شدند. این باکتری‌ها موجب افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در اندام‌هوایی نهال‌ها شدند (آذرمی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به نتایج مطالعات انجام شده که پیش‌تر ارائه گردید، هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تلقیح باکتری‌های قرین‌دوست شورقلی‌پسند بومی خراسان، دارای خصوصیات محرک رشد گیاهی بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آنها در دانه‌های ارقام پسته دانشمندی (حساس به شوری) و اکبری (مقاوم به شوری) در آب آبیاری با سه سطح شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود.

مواد و روش‌ها

جداسازی، خالص‌سازی و نگهداری طولانی مدت سویه‌های باکتریایی

کشت‌ها در دمای مناسب (۳۵ تا ۳۷ درجه سلسیوس) به مدت ۳ تا ۷ روز گرماگذاری شدند. ۱۴ جدایه شورقلیایپسند 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.

جداسازی و خالص‌سازی دو جدایه شورقلیایپسند بومی خراسان رضوی مورد استفاده در این پژوهش، از خاک (با pH = ۸/۷۵، شوری برابر ۵۴/۷ دسی‌سیمنز بر متر و SAR = ۷۲/۴) توسط محیط کشت اختصاصی (جدول ۱) آن‌ها انجام 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

جدول ۱- محیط کشت‌های اختصاصی جدایه‌های شور و قلیایپسند (Jones et al., 1992)

مقدار (گرم در لیتر)	ترکیبات
۱۰	عصاره مخمر
۱	سولفات منیزیم آبدار
۱۸/۵ [▲]	کربنات سدیم
۲۰۰	کلرید سدیم
۲	کلرید پتاسیم
۷/۵	کازمینو اسید
۳	تری سدیم سیترات
۰/۰۰۰۳۶	کلرید منگنز آبدار
۰/۰۵	سولفات آهن آبدار
۲۰	آگار
۳۹/۹۰	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹) محیط کشت
۹/۱۸	pH محیط کشت

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

آزمایشگاهی شامل اندازه‌گیری کمی غلظت آمونیاک تولیدی از روش نسلر اصلاح شده (Heonsang et al., 2013)، غلظت تری‌آیندول‌استیک اسید تولیدی در جدایه‌ها از روش سالکووسکی (Glickmann and

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های افزایشنده رشد باکتری پس از جداسازی، برای انتخاب برترین جدایه‌ها، برخی ویژگی‌های افزایشنده رشد آن‌ها در شرایط

1492R با توالی 5'-GGTTACCTTGTTACGACT T-3' و 1488R با توالی 5'-8fd 3'، با توالی 3'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-5' توالی-5'-CGGTTACCTTGTTACGACTTCACC-3' و از طریق واکنش زنجیره‌ای پلیمرز استفاده شد (Soto-Padilla *et al.*, 2013). محصولات نهایی حاصل از واکنش زنجیره‌ای پلیمرز 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 rRAN مشخص شد (جدول ۲).

آماده سازی زمین و پیاده سازی نقشه اجرایی پژوهش

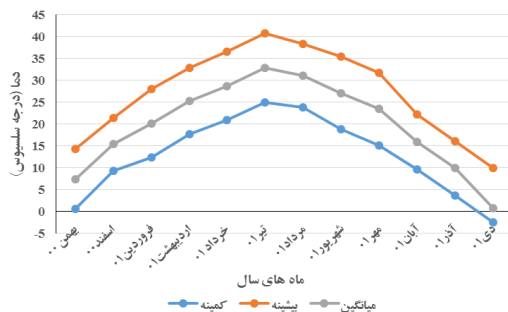
در این پژوهش پس از انتخاب و آماده‌سازی زمین (شخم با زیر شکن)، تسطیح انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور ۱- شوری آب آبیاری در سه سطح (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان کرت اصلی، ۲- دو رقم پسته (*Pistacia vera* L.) ۱-

فعالیت (Dessaux, 1995; Gutierrez *et al.*, 2009)، آنزیم ACC دی‌آمیناز از روش پنروز و گلیک (Penrose and Glick, 2003) که روش تغییر یافته هونما و شیمونورا (Honma and Shimomura, 1978) است، استفاده شد. مقادیر آمونیاک، تری‌ایندول استیک اسید و ACC دی‌آمیناز تولیدی جدایه‌ها، در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه آماری و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

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 لیچ و همکاران (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'

شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس برمتر انجام شد. پس از رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، کاشت مستقیم بذور جوانه زده در محیط با خاکی سبک (ماسه بادی) انجام شد و سپس بذور کاشته شده با ظروف یک بار مصرف پوشانده 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. دامنه تغییرات دما و رطوبت نسبی در طول مدت کاشت (۱۴۰۰-۱۴۰۱) در اشکال ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. میانگین دمای هوا و رطوبت نسبی دوازده ماه به ترتیب ۱۹/۸ درجه سلسیوس و ۳۵/۰ درصد بود.

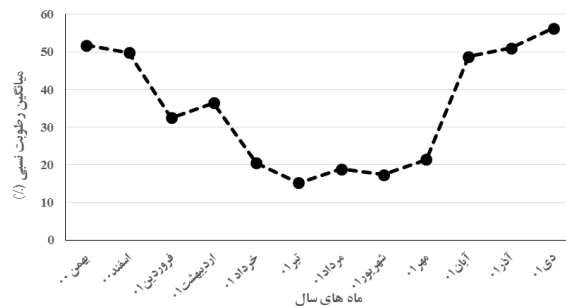


شکل ۲- کمینه، بیشینه و میانگین دمای هوا (C°) در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد خراسان رضوی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)

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

دانشمندی و ۲- اکبری به عنوان کرت فرعی، و ۳- دو سویه باکتری شورقلیایپسند به نام‌های *ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی* و *آلکالی باسیلیو هالوآلکالوفیلوس* هر یک جداگانه به همراه به کارگیری 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 ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد خراسان رضوی (۱۵' ۵۴" ۳۴° عرض شمالی، ۳۷' ۴۵" ۵۸° طول شرقی) و در شرایط زمین اصلی اجرا شد.

پس از آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، اولین آبیاری به منظور آبتوی و کاشت بذر، با



شکل ۱- میانگین رطوبت نسبی هوا (%) در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد خراسان رضوی (۱۴۰۰-۱۴۰۱)

تلقیح دانه‌ها با زادمایه باکتریایی

میزان آب لازم برای تامین تلقیح یک نهال به صورت تجربی اندازه‌گیری شد. این بررسی با اندازه‌گیری

شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر که به نسبت ۲ به ۱ به ترتیب از ۱۶ و ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر برای ایجاد تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر؛ و نسبت ۱ به ۲ به ترتیب از همین شوری‌ها برای ایجاد شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر استفاده گردید.

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 قابلیت هدایت الکتریکی و pH برداشت و به آزمایشگاه خاک و آب منتقل گردید. نتایج تجزیه شیمیایی سه آب با شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در جدول ۴ نشان داده شده است. به منظور آشنایی با خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک، قبل از اجرای آزمایش، با حفر پروفیل، دو نمونه خاک نیز از عمق‌های ۵۰-۰ و ۵۰-۵۰ سانتی‌متر تهیه گردید که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی در برگ پسته

اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی برگ به روش هضم تر توسط اسید پرکلریک و آب اکسیژنه در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. نیتروژن (به روش کلدال، امامی، ۱۳۷۵) و منیزیم (امامی، ۱۳۷۵) و سدیم با دستگاه فلیم‌فوتومتر (مدل

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. 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 آب شور

اولین آبیاری به دلیل حساسیت نهال‌ها با آب شور ۳/۶ 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 با شوری‌های ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر (آب چاه عمیق ایستگاه (جدول ۳) که به‌طور مستقیم برای سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تا اواسط اجرای پروژه استفاده گردید و سپس به دلیل جابه‌جایی چاه به علت کاهش عمق برداشت، به ناچار از اختلاط آب چاه ایستگاه با آب چاه‌های مجاور استفاده شد) و آب با

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

نتایج شناسایی فیلوژنتیک جدایه‌های شورقلیایسند در جدول (۲) آمده است. شناسایی فیلوژنتیک جدایه‌های شورقلیایسند جداسازی شده از خاک‌های شور استان نشان داد که هر دو سویه HA1 و HA6 به ترتیب با ۹۲ و ۹۶ درصد به *ویرجی‌باسیلیوس-ماریس‌مورتی* و *آلکالی‌باسیلیوس‌هالوآلکالی‌فیلوس* تعلق داشتند. نتایج خصوصیات کیفی آب چاه عمیق ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد، تیمارهای آب مورد استفاده و برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای پروژه، قبل از اجرای پژوهش نیز به ترتیب در درجداول ۳، ۴ و ۵ آمده است.

Corning-405 (Rayan et al., 2001) و کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره ۰/۰۲ نرمال در عصاره‌های گیاه (Rayan et al., 2001)، و نیز عناصر کم‌مصرف آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (Perkin-Elmer 2380) (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 سلسیوس قرار گرفتند تا رطوبت‌گیری شوند. سپس نمونه‌های مذکور آسیاب شده یک گرم از آنها به روش خاکستر خشک و انحلال در اسید کلریدریک عصاره‌گیری گردید. در عصاره حاصل، اندازه‌گیری عنصر بور به روش آزومتین‌اچ و با دستگاه اسپکتروفوتومتر UV/VIS (مدل WPA-S2000) در طول موج ۴۲۰ نانومتر (Keren, 1996) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول ۲- شناسایی فیلوژنتیک دو جدایه شورقلیایسند بومی

شماره جدایه	نوع پرایمر	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Identity	Accession NO.	جنس و گونه باکتری
HA1	27F	۱۹۹۳	۱۹۹۳	۸۳٪	۰/۰	۹۷٪	KU744853.1	<i>Virgibacillus</i> sp.
HA1	1488R	۱۷۷۷	۱۷۷۷	۹۵٪	۰/۰	۹۲٪	LC189350.1	<i>Virgibacillus marismortui</i>
HA6	27F	۱۹۹۹	۱۹۹۹	۸۸٪	۰/۰	۹۶٪	JX844202.1	<i>Alkalibacillus haloalkaliphilus</i>
HA6	1488R	۲۰۴۳	۲۰۴۳	۸۹٪	۰/۰	۹۶٪	JX844202.1	<i>Alkalibacillus haloalkaliphilus</i>

جدول ۳- خصوصیات کیفی آب چاه عمیق ایستگاه تحقیقات پسته فیض آباد (۱۴۰۰)

SAR	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	(CO ₃) ²⁻	pH	EC (dS/m)	سال
	Meq/lit								
۱۷/۷	۹۳/۹	۲۰/۳	۳۶	۱۳۵	۳/۱	۰	۷/۳	۱۶/۲۵	۱۴۰۰

جدول ۴- تجزیه شیمیایی سه نمونه آب مورد استفاده در آزمایش (۱۴۰۰)

SAR	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	pH	سطوح شوری دسی‌زیمنس/متر
	میلی‌اکی‌والانت در لیتر								
۱۷/۵	۶۲/۳	۰/۱	۷	۲۴	۷۸/۳	۳/۳	۰	۷/۸	۸/۲
۲۰	۹۲/۵	۰/۲	۱۱/۶	۳۸	۱۲۰/۳	۳/۵	۰	۸	۱۲/۰۸
۲۳/۷	۱۳۰/۴	۰/۲	۱۱/۶	۴۵/۶	۱۸۲/۵	۳/۸	۰	۸/۱	۱۶/۳۰

جدول ۵- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای پروژه، قبل از اجرای آزمایش (۱۴۰۰)

SAR	Clay	Silt	Sand	O.C	T.N.V	EC دسی‌زیمنس/متر	pH	عمق	
								سانتی‌متر	
درصد									
۳۰/۱	۱۷	۴۳	۴۰	۰/۱۷	۱۶/۷	۵۸/۱۰	۷/۵	۰-۵۰	
۲۷/۵	۲۱	۴۷	۳۲	۰/۱۹	۱۷/۳	۲۶/۴۰	۷/۶	۵۰-۱۰۰	

جدول ۵ (ادامه) - وضعیت عناصر غذایی خاک محل اجرای پروژه، قبل از اجرای آزمایش (۱۴۰۰)

B _{av}	Cu _{av}	Zn _{av}	Mn _{av}	Fe _{av}	K _{av}	P _{av}	N _T	عمق	
میلی‌گرم در کیلوگرم								درصد	
۲/۶۴	۰/۹۰	۰/۴۰	۳/۰۰	۳/۸۰	۱۰۶	۲/۰	۰/۰۱۹	۰-۵۰	
۲/۲۴	۱/۸۰	۰/۵۶	۵/۰۶	۴/۶۰	۱۱۹	۰/۸	۰/۰۱۶	۵۰-۱۰۰	

جدول ۵ (ادامه) - وضعیت عناصر غذایی خاک محل اجرای پروژه، قبل از اجرای آزمایش (۱۴۰۰)

(CO ₃) ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	(Ca+Mg) ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	عمق	
میلی‌اکی‌والان در لیتر							سانتی‌متر	
۰/۰	۴/۰	۵۰۲/۵	۲۰۰/۰	۱۰۲/۰	۹۸/۰	۳۰۰/۷	۰-۵۰	
۰/۰	۶/۵	۲۰۳/۸	۷۷/۰	۴۲/۰	۳۵/۰	۱۷۰/۴	۵۰-۱۰۰	

تیمارهای مختلف و اثرات متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه در جداول ۷ تا ۱۳ ارائه شده است. بررسی جدول ۶ نشان داد تقریباً تمامی عناصر مورد مطالعه

نتایج تجزیه واریانس عناصر مورد بررسی تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری، رقم، سویه باکتری و اثرات متقابل آنها در جدول ۶ و مقایسه میانگین

تحت تیمارهای مورد بررسی در سطح یک درصد
 معنی‌دار بودند. تنها عناصر منیزیم، کلر، آهن و منگنز
 تحت تأثیر رقم و نسبت سدیم به پتاسیم تحت تأثیر

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات سطوح شوری، رقم و سوبه‌های باکتریایی بر برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آنها در دانه‌های پسته

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		نیترژن	منیزیم	سدیم	کلر	آهن	منگنز	مس	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیترژن	کلسیم/منیزیم
شوری	۲	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۱۴**
رقم	۱	۰/۰۰۰۰**	-	-	-	-	-	-	-	-	۰/۰۰۰۰**
شوری × رقم	۲	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۲۱**
سوبه	۳	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
شوری × سوبه	۶	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
رقم × سوبه	۳	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۱۱**
شوری × رقم × سوبه	۶	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۱۳*
ضریب تغییرات (/)	-	۵/۸۲	۱۶/۶۱	۳۳/۶۶	۱۳/۶۰	۱۲/۶۹	۴۸/۵۱	۱۴/۳۰	۴۶/۰۳	۰/۸۳	۲۶/۵۱

ns، * و **؛ به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

نیترژن، منیزیم و کلسیم

بیش‌ترین غلظت کلسیم در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و رقم اکبری (۲/۰۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۹). بیش‌ترین غلظت نیترژن و منیزیم به ترتیب در تیمار با باکتری ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی و مخلوط سوبه‌ها بدست آمد (جدول ۱۰). همچنین بیش‌ترین غلظت کلسیم (۱/۶۰ درصد) در تیمار باکتریایی ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی بدست آمد (جدول ۱۰). بیش‌ترین غلظت نیترژن و کلسیم در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و باکتری ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی بترتیب با ۲/۷۷ درصد و ۱/۹۶ درصد؛ و غلظت منیزیم در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و باکتری آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس با ۱/۸۰

با افزایش شوری، غلظت نیترژن و کلسیم کاهش یافت (جدول ۷). غلظت نیترژن در رقم اکبری با ۰/۶۸ درصد تفاوت، اختلاف معنی‌داری نسبت به رقم دانشمندی نشان داد (جدول ۸). رقم اکبری با بیش از ۰/۵ درصد اختلاف معنی‌دار در غلظت کلسیم برگ نسبت به رقم دانشمندی برتر بود (جدول ۸). غلظت نیترژن برگ دانه‌ها با افزایش شوری، کاهش یافت؛ لیکن این کاهش برای رقم اکبری در همه سطوح شوری کمتر از رقم دانشمندی بود (جدول ۹). بیش‌ترین کم‌ترین غلظت منیزیم در شوری ۱۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر برای رقم اکبری مشاهده گردید (جدول ۹).

درصد بدست آمد (جدول ۱۱). رقم اکبری با تیمار باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی دارای ۲/۷۶ درصد نیتروژن و ۱/۹۵ درصد کلسیم؛ و رقم دانشمندی در تیمار مخلوط باکتری‌ها با ۱/۵ درصد بیش‌ترین غلظت منیزیم را به خود اختصاص دادند (جدول ۱۲). بیش‌ترین غلظت نیتروژن و کلسیم در برگ دانه‌های

پسته تحت تاثیر اثرات متقابل سه‌گانه شوری، رقم و باکتری در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و برای منیزیم در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، رقم دانشمندی و تیمار باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس بدست آمد (جدول ۱۳).

جدول ۷- اثر سطوح شوری بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیمار	نیتروژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیتروژن	کلسیم/منیزیم
شوری ۸	۲/۳۴۴a	۱/۲۲۴b	۱/۶۳۱a	۰/۰۳۰۵b	۲/۵۲۹b	۲۹۹/۴b	۱۳/۴۷a	۹/۳۲۶c	۰/۰۱۱c	۰/۶۹۳a	۱/۴۷۰a
شوری ۱۲	۲/۲۹۱a	۱/۱۵۶b	۱/۵۹۰a	۰/۰۶۶۶a	۲/۴۱۵b	۲۸۶/۸b	۱۶/۰۲a	۱۰/۱۶b	۰/۰۳۶a	۰/۶۸۵b	۱/۴۸۲a
شوری ۱۶	۲/۱۵۱b	۱/۴۵۵a	۱/۴۸۳b	۰/۰۶۸۰a	۲/۹۱۷a	۳۴۲/۲a	۸/۷۲۵b	۱۱/۶۷a	۰/۰۲۸b	۰/۶۸۴b	۱/۰۷۱b

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

جدول ۸- اثر رقم بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیمار	نیتروژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیتروژن	کلسیم/منیزیم
دانشمندی	۱/۹۲۳b	۱/۲۸۷a	۱/۳۰۷b	۰/۰۸۹a	۲/۶۳۴a	۳۱۰/۹۸a	۱۲/۳۲a	۱۴/۳۱a	۰/۰۴۲a	۰/۶۷۶b	۱/۱۱۹b
اکبری	۲/۶۰۱a	۱/۲۷۰a	۱/۸۲۸a	۰/۰۲۱b	۲/۶۰۶a	۳۰۷/۹۳a	۱۳/۱۵a	۶/۴۵b	۰/۰۰۸b	۰/۷۰۰a	۱/۵۶۴a

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

جدول ۹- اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیمار	نیتروژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیتروژن	کلسیم/منیزیم
شوری ۸ × دانشمندی	۲/۱۰۵d	۱/۳۱۸b	۱/۴۴۷d	۰/۰۵۴۹c	۲/۶۸۸b	۳۱۶/۹b	۹/۹۶۵b	۱۲/۱۶c	۰/۰۱۹c	۰/۶۸۵d	۱/۱۸۳b
شوری ۸ × اکبری	۲/۵۸۳b	۱/۱۳۰c	۱/۸۱۴b	۰/۰۰۶۲d	۲/۳۷۱c	۲۸۲/۰c	۱۶/۹۸a	۶/۴۹e	۰/۰۰۲d	۰/۷۰۱b	۱/۷۵۶a
شوری ۱۲ × دانشمندی	۱/۶۹۲f	۱/۱۳۲c	۱/۱۳۰f	۰/۱۳۳۲a	۲/۳۷۵c	۲۸۲/۴c	۱۷/۰۵a	۱۷/۰۵a	۰/۰۷۲a	۰/۶۶۳f	۱/۱۷۳b
شوری ۱۲ × اکبری	۲/۸۹۰a	۱/۱۷۹c	۱/۰۵۰a	۰/۰۰۰d	۲/۴۵۴c	۲۹۱/۲c	۱۴/۹۹a	۳/۲۶۲f	۰/۰۰۰d	۰/۷۰۸a	۱/۷۹۲a
شوری ۱۶ × دانشمندی	۱/۹۷۳e	۱/۴۰۹ab	۱/۳۴۵e	۰/۰۷۹۷b	۲/۸۴۰ab	۳۳۳/۷ab	۹/۹۴۶b	۱۳/۷۳b	۰/۰۳۴b	۰/۶۷۹e	۰/۹۹۹b
شوری ۱۶ × اکبری	۲/۳۳۰c	۱/۵۰۱a	۱/۶۲۰c	۰/۰۵۶۴c	۲/۹۹۴a	۳۵۰/۷a	۷/۵۰۵b	۹/۶۱۲d	۰/۰۲۲c	۰/۶۸۹c	۱/۱۴۳b

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

جدول ۱۰- اثر سویه باکتری بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیما	نیترژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیترژن	کلسیم/منیزیم
سویه اول	۲/۳۱۲a	۱/۲۲۱b	۱/۶۰۶a	۰/۰۵۳۹bc	۲/۵۲۴b	۲۹۸/۸b	۱۳/۵۸b	۹/۹۶۲bc	۰/۰۲۲b	۰/۶۸۹a	۱/۳۷۳b
سویه دوم	۲/۲۳۹b	۱/۱۴۶b	۱/۵۵۰b	۰/۰۴۵۷c	۲/۳۹۹b	۲۸۵/۰b	۱۹/۲۴a	۱۰/۵۷ab	۰/۰۲۹a	۰/۶۸۷ab	۱/۶۵۶a
سویه اول و دوم	۲/۱۹۰b	۱/۳۹۰a	۱/۵۱۲b	۰/۰۶۴۴a	۲/۸۰۷a	۳۳۰/۱a	۸/۳۴۹c	۱۱/۱۷a	۰/۰۲۵ab	۰/۶۸۵b	۱/۱۳۱c
شاهد	۲/۳۰۷a	۱/۳۵۶a	۱/۶۰۳a	۰/۰۵۶۱ab	۲/۷۵۱a	۳۲۳/۹a	۹/۷۸۹c	۹/۸۳۹c	۰/۰۲۳b	۰/۶۸۹a	۱/۲۰۵c

سویه اول = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، سویه دوم = آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس، سویه اول و دوم = مخلوط سویه اول و دوم میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۱۱- اثر متقابل سطوح شوری و سویه بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیما	نیترژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیترژن	کلسیم/منیزیم
شوری ۸ × سویه اول	۱/۹۶۴e	۱/۲۶۸bcd	۱/۳۳۹e	۰/۰۷۲۳cd	۲/۶۰۲bcd	۳۰۷/۵bcd	۱۱/۶۵cde	۱۳/۸۲b	۰/۰۲۷cd	۰/۶۸۰e	۱/۰۸۳cd
شوری ۸ × سویه دوم	۲/۵۹۸b	۰/۸۹۱e	۱/۸۲۶b	۰/۰۰۰g	۱/۹۷۱e	۲۳۷/۹e	۲۵/۴۸b	۶/۳۱۴e	۰/۰۰۰f	۰/۷۰۲a	۲/۲۳۷a
شوری ۸ × سویه اول و دوم	۲/۴۱۹c	۱/۳۵۴bc	۱/۶۸۹c	۰/۰۱۵۰f	۲/۷۴۸bc	۳۲۳/۵bc	۸/۹۸۷de	۸/۴۳۲d	۰/۰۰۵ef	۰/۶۹۷b	۱/۳۰۳c
شوری ۸ × شاهد	۲/۳۹۴c	۱/۳۸۳bc	۱/۶۶۹c	۰/۰۳۴۹e	۲/۷۹۶bc	۳۲۸/۸bc	۷/۷۸۲e	۸/۷۳۳d	۰/۰۱۲e	۰/۶۹۴b	۱/۲۵۷c
شوری ۱۲ × سویه اول	۲/۷۷۷a	۱/۲۳۵cd	۱/۹۶۴a	۰/۰۱۲۵fg	۲/۵۴۷cd	۳۰۱/۴cd	۱۳/۲۹cd	۴/۹۵۷f	۰/۰۰۴ef	۰/۷۰۴a	۱/۷۰۰b
شوری ۱۲ × سویه دوم	۱/۹۰۵e	۰/۷۴۰e	۱/۲۹۳e	۰/۰۹۸۶ab	۱/۷۱۶e	۲۰۹/۹e	۳۱/۰۵a	۱۴/۵۳b	۰/۰۷۷a	۰/۶۷۰f	۱/۸۶۱b
شوری ۱۲ × سویه اول و دوم	۲/۳۶۴c	۱/۳۷۹bc	۱/۶۴۶c	۰/۰۶۹۰d	۲/۷۹۰bc	۳۲۸/۲bc	۷/۹۳۰e	۹/۱۲۹d	۰/۰۲۵d	۰/۶۸۸d	۱/۲۲۰c
شوری ۱۲ × شاهد	۲/۱۱۷d	۱/۲۶۹bcd	۱/۴۵۶d	۰/۰۸۶۱bc	۲/۶۰۴bcd	۳۰۷/۷bcd	۱۱/۸۱cde	۱۲/۰۱c	۰/۰۳۶b	۰/۶۷۹e	۱/۱۴۹cd
شوری ۱۶ × سویه اول	۲/۱۹۴d	۱/۱۶۱d	۱/۵۱۵d	۰/۰۷۷۰cd	۲/۴۲۲d	۲۸۷/۷d	۱۵/۸۰c	۱۱/۱۰c	۰/۰۳۵bc	۰/۶۸۳e	۱/۳۳۵c
شوری ۱۶ × سویه دوم	۲/۲۱۵d	۱/۸۰۸a	۱/۵۳۲d	۰/۰۳۸۵e	۳/۵۰۹a	۴۰۷/۳a	۱/۱۹۲f	۱۰/۸۵c	۰/۰۱۱e	۰/۶۸۹cd	۰/۸۷۰d
شوری ۱۶ × سویه اول و دوم	۱/۷۸۵f	۱/۴۳۶b	۱/۲۰۲f	۰/۱۰۹a	۲/۸۸۴b	۳۳۸/۵b	۸/۱۳۲e	۱۵/۹۴a	۰/۰۴۴b	۰/۶۷۱f	۰/۸۷۰d
شوری ۱۶ × شاهد	۲/۴۱۱c	۱/۴۱۷b	۱/۶۸۲c	۰/۰۴۷۵e	۲/۸۵۳b	۳۳۵/۱b	۹/۷۷۸de	۸/۷۷۵d	۰/۰۲۲d	۰/۶۹۳bc	۱/۲۰۸c

سویه اول = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، سویه دوم = آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس، سویه اول و دوم = مخلوط سویه اول و دوم میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۱۲- اثر متقابل نوع رقم و سویه بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آن‌ها در دانه‌های پسته

تیما	نیترژن (%)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیترژن	کلسیم/منیزیم
دانشمندی × سویه اول	۱/۸۵۶ef	۱/۲۷۸b	۱/۲۵۶ef	۰/۰۹۹b	۲/۶۲۱b	۳۰۹/۵b	۱۱/۵۴c	۱۵/۱۰b	۰/۰۴۱b	۰/۶۷۴d	۰/۹۹۳d
دانشمندی × سویه دوم	۲/۱۳۷d	۱/۰۹۳c	۱/۴۷۲d	۰/۰۶۵۷d	۲/۳۱۰c	۲۷۵/۲c	۲۰/۹۶a	۱۱/۷۸c	۰/۰۵۱a	۰/۶۸۱c	۱/۶۲۱ab
دانشمندی × سویه اول و دوم	۱/۹۲۷e	۱/۵۲۱a	۱/۳۱۱e	۰/۰۷۹۳c	۳/۰۲۷a	۳۵۴/۳a	۴/۳۸۳d	۱۴/۲۶b	۰/۰۲۷c	۰/۶۷۸c	۰/۸۷۷d
دانشمندی × شاهد	۱/۷۷۱f	۱/۲۵۴b	۱/۱۹۱f	۰/۱۱۲a	۲/۵۷۹b	۳۰۴/۹b	۱۲/۴۰c	۱۶/۱۱a	۰/۰۴۷ab	۰/۶۷۰e	۰/۹۸۲d
اکبری × سویه اول	۲/۷۶۷a	۱/۱۶۳bc	۱/۹۵۶a	۰/۰۰۸g	۲/۴۲۷bc	۲۸۸/۲bc	۱۵/۶۲bc	۴/۸۲۱f	۰/۰۰۳de	۰/۷۰۴a	۱/۷۵۲a
اکبری × سویه دوم	۲/۳۴۲c	۱/۱۹۹bc	۱/۶۲۹c	۰/۰۲۵f	۲/۴۸۸bc	۲۹۴/۸bc	۱۷/۵۲ab	۹/۳۵۶d	۰/۰۰۷d	۰/۶۹۴b	۱/۶۹۱a
اکبری × سویه اول و دوم	۲/۴۵۲b	۱/۲۵۹b	۱/۷۱۴b	۰/۰۴۹e	۲/۵۸۸b	۳۰۵/۹b	۱۲/۳۲c	۸/۰۷۳e	۰/۰۲۲c	۰/۶۹۲b	۱/۳۸۴c
اکبری × شاهد	۲/۸۴۳a	۱/۴۵۹a	۲/۰۱۴a	۰/۰۰۰g	۲/۹۲۳a	۳۴۲/۸a	۷/۱۷۸d	۳/۵۶۸g	۰/۰۰۰e	۰/۷۰۸a	۱/۴۲۷bc

سویه اول = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، سویه دوم = آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس، سویه اول و دوم = مخلوط سویه اول و دوم میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

سدیم و کلر

نشان داد؛ لیکن، باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر از توان بیش‌تری در کاهش غلظت یون کلر برخوردار بود (جدول ۱۱). حداقل غلظت سدیم در تیمار رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی و برای کلر در تیمار رقم دانشمندی و آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس مشاهده گردید (جدول ۱۲). حداکثر غلظت سدیم و حداقل غلظت کلر در تیمار شوری ۱۲ × رقم دانشمندی × باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس بدست آمد (جدول ۱۳).

با افزایش شوری، روند غلظت سدیم و کلر در برگ افزایشی بود (جدول ۷). غلظت سدیم برگ در رقم اکبری نسبت به دانشمندی ۰/۰۶۹ درصد کمتر بود (جدول ۸). شوری ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در رقم اکبری بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کم‌ترین غلظت سدیم و کلر را به خود اختصاص دادند (جدول ۹). باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس موجب کم‌ترین غلظت یون‌های سدیم و کلر گردید (جدول ۱۰). باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس در شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در کاهش غلظت سدیم برتری

جدول ۱۳- اثر متقابل سطوح شوری، رقم و سویه باکتری بر غلظت برخی عناصر غذایی و نسبت‌های آنها در دانه‌های پسته

تیمار	نیترژن (%)	متیازیم (%)	کلسیم (%)	سدیم (%)	کلر (%)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	سدیم/پتاسیم	کلسیم/نیترژن	کلسیم/متیازیم
شوری ۸ × دانشمندی × سویه اول	۱/۷۳۵ij	۱/۳۷۵cde	۱/۱۶۲ij	۰/۱۱۹d	۲/۷۸۳cde	۳۲۷/۴cde	۷/۶۸۲hij	۱۶/۵۵de	۰/۰۴۴c	۰/۶۶۹j	۰/۸۵۳jkl
شوری ۸ × دانشمندی × سویه دوم	۲/۵۵۲ef	۰/۹۶۰hi	۱/۷۹۰ef	۰/۰۰۰h	۲/۰۸۶hi	۲۵۰/۷hi	۲۲/۹۴bc	۶/۸۶۸hi	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۱ef	۱/۹۳۷bc
شوری ۸ × دانشمندی × سویه اول و دوم	۲/۱۵۹g	۱/۴۲۳cd	۱/۴۹۰g	۰/۰۳۰۱g	۲/۸۶۳cd	۳۳۶/۳cd	۵/۹۲۳ijk	۱۱/۵۱g	۰/۰۱۰efg	۰/۶۸۹h	۱/۰۵۰ijkl
شوری ۸ × دانشمندی × شاهد	۱/۹۷۲th	۱/۵۱۵bc	۱/۳۴۶h	۰/۰۶۹۸f	۳/۰۱۷bc	۳۵۲/۲bc	۳/۳۱۲jk	۱۳/۷۲f	۰/۰۲۴d	۰/۶۸۲i	۰/۸۹۳jkl
شوری ۸ × اکبری × سویه اول	۲/۱۹۴g	۱/۱۶۰efgh	۱/۵۱۵g	۰/۰۲۴۸g	۲/۴۲۱efgh	۲۸۷/۵efgh	۱۵/۶۱defg	۱۱/۱۰g	۰/۰۱۰efg	۰/۶۹۰h	۱/۳۱۳efghi
شوری ۸ × اکبری × سویه دوم	۲/۶۴۵de	۰/۸۲۲i	۱/۸۶۲de	۰/۰۰۰h	۱/۸۵۵i	۲۲۵/۲i	۲۸/۰۱b	۵/۷۶۰ij	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۳def	۲/۵۳۷a
شوری ۸ × اکبری × سویه اول و دوم	۲/۶۷۹cde	۱/۲۸۵cdef	۱/۸۸۸cde	۰/۰۰۰h	۲/۶۳۲cdef	۳۱۰/۸cdef	۱۲/۰۵fghi	۵/۳۵۷ijk	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۴def	۱/۵۵۵cdefg
شوری ۸ × اکبری × شاهد	۲/۸۱۵c	۱/۲۵۱defg	۱/۹۹۳c	۰/۰۰۰h	۲/۵۷۵defg	۳۰۴/۴defg	۱۲/۲۵fghi	۳/۷۴۲kl	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۷bcd	۱/۶۲۰cdef
شوری ۱۲ × دانشمندی × سویه اول	۲/۲۶۲g	۱/۴۲۱cd	۱/۵۶۸g	۰/۰۲۵۰g	۲/۸۵۹cd	۳۳۵/۸cd	۶/۹۰۲ijk	۱۰/۳۰g	۰/۰۰۹fg	۰/۶۹۲gh	۱/۱۱۳hijkl
شوری ۱۲ × دانشمندی × سویه دوم	۱/۳۶۸m	۰/۴۹۹j	۰/۸۸۱m	۰/۱۹۷۳a	۱/۳۱۲j	۱۶۵/۳j	۳۹/۹۱a	۲۰/۸۸a	۰/۱۵۵a	۰/۶۴۳m	۱/۹۵۰bc
شوری ۱۲ × دانشمندی × سویه اول و دوم	۱/۶۴۹jk	۱/۴۱۵cd	۱/۰۹۷jk	۰/۱۳۸۲cd	۲/۸۵۰cd	۳۳۴/۸cd	۷/۰۲۷ijk	۱۷/۵۶cd	۰/۰۵۱c	۰/۶۶۴jk	۰/۷۹۶kl
شوری ۱۲ × دانشمندی × شاهد	۱/۴۸۷lm	۱/۱۹۴defgh	۰/۹۷۲lm	۰/۱۷۲۳b	۲/۴۷۸defgh	۲۹۳/۸defgh	۱۴/۳۶efgh	۱۹/۴۷ab	۰/۰۷۳b	۰/۶۵۲l	۰/۸۳۱jkl
شوری ۱۲ × اکبری × سویه اول	۳/۲۹۲a	۱/۰۴۹fghi	۲/۳۵۹a	۰/۰۰۰h	۲/۲۳۶fghi	۲۶۷/۱fghi	۱۹/۶۸acde	۰/۳۸۳۳m	۰/۰۰۰g	۰/۷۱۶a	۲/۲۸۷ab
شوری ۱۲ × اکبری × سویه دوم	۲/۴۴۱f	۰/۹۸۱hi	۱/۷۰۵f	۰/۰۰۰h	۲/۱۲۱hi	۲۵۴/۴hi	۲۲/۱۹bcd	۸/۱۸۰h	۰/۰۰۰g	۰/۶۹۸fg	۱/۷۷۲cd
شوری ۱۲ × اکبری × سویه اول و دوم	۳/۰۷۹b	۱/۳۴۴cde	۲/۱۹۵b	۰/۰۰۰h	۲/۷۳۱cde	۳۲۱/۶cde	۸/۸۳۳ghij	۰/۷۰۰m	۰/۰۰۰g	۰/۷۱۳ab	۱/۶۴۳cde
شوری ۱۲ × اکبری × شاهد	۲/۷۴۷cd	۱/۳۴۴cde	۱/۹۴۰cd	۰/۰۰۰h	۲/۷۳۰cde	۳۲۱/۶cde	۹/۲۶۰fghij	۴/۵۵۰jk	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۶cde	۱/۴۶۷defgh
شوری ۱۶ × دانشمندی × سویه اول	۱/۵۷۲kl	۱/۰۴۰ghi	۱/۰۳۸kl	۰/۱۵۴۲bc	۲/۱۲۰ghi	۲۶۵/۳ghi	۲۰/۰۳cde	۱۸/۴۷bc	۰/۰۷۱b	۰/۶۵۹k	۱/۰۱۰۳ijkl
شوری ۱۶ × دانشمندی × سویه دوم	۲/۴۹۲f	۱/۸۲۱a	۱/۷۴۴f	۰/۰۰۰h	۳/۵۳۱a	۴۰۹/۷a	۰/۰۲۵۰k	۷/۵۷۵h	۰/۰۰۰g	۰/۶۹۹f	۰/۹۷۶ijkl
شوری ۱۶ × دانشمندی × سویه اول و دوم	۱/۹۷۲th	۱/۷۲۴ab	۱/۳۴۶h	۰/۰۶۹۸f	۳/۳۶۸ab	۳۹۱/۸ab	۰/۲۰۰k	۱۳/۷۳f	۰/۰۲۱def	۰/۶۸۲i	۰/۷۸۶l
شوری ۱۶ × دانشمندی × شاهد	۱/۸۵۴hi	۱/۰۵۳fghi	۱/۲۵۴hi	۰/۰۹۵۰e	۲/۲۴۲fghi	۲۶۷/۸fghi	۱۹/۵۳cde	۱۵/۱۴ef	۰/۰۴۴c	۰/۶۷۶i	۱/۲۲۲fghij
شوری ۱۶ × اکبری × سویه اول	۲/۸۱۵c	۱/۲۸۱cdefg	۱/۲۸۱cde	۰/۰۰۰h	۲/۶۲۵cdefg	۳۱۰/۰cdefg	۱۱/۵۷fghi	۳/۷۴۳kl	۰/۰۰۰g	۰/۷۰۷bcd	۱/۶۵۷cde
شوری ۱۶ × اکبری × سویه دوم	۱/۹۳۹h	۱/۷۹۵a	۱/۳۱۹h	۰/۰۷۷۰ef	۳/۴۸۷a	۴۰۵/۰a	۲/۳۵۸jk	۱۴/۱۳f	۰/۰۲۳de	۰/۶۸۰i	۰/۷۶۵l
شوری ۱۶ × اکبری × سویه اول و دوم	۱/۵۹۸jkl	۱/۱۴۷efgh	۱/۰۵۸jkl	۰/۱۴۸۷c	۲/۴۰۱efgh	۲۸۵/۳efgh	۱۶/۰۶cdef	۱۸/۱۶bcd	۰/۰۶۷b	۰/۶۶۱k	۰/۹۵۵ijkl
شوری ۱۶ × اکبری × شاهد	۲/۹۶۸b	۱/۷۸۱a	۲/۱۱۰b	۰/۰۰۰h	۳/۴۶۴a	۴۰۲/۴a	۰/۰۲۵۰k	۲/۴۱۳l	۰/۰۰۰g	۰/۷۱۰abc	۱/۱۹۵ghijkl

سویه اول = ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی، سویه دوم = آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس، سویه اول و دوم = مخلوط سویه اول و دوم
میانگین‌ها در هر ستون با حروف غیرمشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۵٪ معنی‌دار می‌باشند.

آهن، منگنز و مس

بر متر و رقم دانشمندی بدست آمد (جدول ۹). بیشترین

با افزایش شوری، غلظت آهن و مس برگ

غلظت آهن و مس در تیمار مخلوط دو باکتری و برای

افزایش؛ لیکن غلظت منگنز کاهش نشان داد (جدول ۷).

منگنز در تیمار باکتری آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس

غلظت آهن و منگنز تحت تاثیر رقم اختلاف معنی‌داری

مشاهده گردید (جدول ۱۰). شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر

در سطح ۵ درصد نشان ندادند، لیکن غلظت مس در

متر به ترتیب در تیمار با باکتری آلکالی باسیلیوس-

رقم دانشمندی با ۷/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به

هالوآلکالوفیلوس و سپس تلقیح مخلوط دو باکتری

رقم اکبری برتری نشان داد (جدول ۸). بیشترین غلظت

بیشترین غلظت آهن و مس را به خود اختصاص دادند

آهن در تیمار شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و رقم

(جدول ۱۱) لیکن حداکثر غلظت منگنز در شوری ۱۲

اکبری؛ و برای مس و منگنز در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس

دسی‌زیمنس بر متر و تلقیح با باکتری آلکالی باسیلیوس

(جدول ۹). نسبت کلسیم به نیتروژن (۰/۷۰۸) و کلسیم به منیزیم (۱/۷۹۲) در تیمار رقم اکبری و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر حداکثر بود. تیمار رقم اکبری و شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نیز بدون اختلاف معنی دار دارای نسبت کلسیم به منیزیم برابر ۱/۷۵۶ بود (جدول ۹). بالاترین نسبت کلسیم به منیزیم (۲/۶۵۶) در تلقیح با باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* مشاهده گردید؛ درحالی که پایین‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۰۲۲) و بالاترین نسبت کلسیم به نیتروژن در تیمار با باکتری *ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی* بدست آمد (جدول ۱۰). پایین‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم و بالاترین نسبت کلسیم به نیتروژن در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و باکتری *ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی* مشاهده شد (جدول ۱۱). حداکثر نسبت سدیم به پتاسیم در تیمار شوری ۱۲ و باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* تعیین شد (جدول ۱۱). بالاترین نسبت سدیم به پتاسیم در رقم دانشمندی و باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* تعیین گردید (جدول ۱۲) لیکن نسبت کلسیم به منیزیم در رقم اکبری در تلقیح جداگانه با هر دو باکتری *ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی* و *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* به ترتیب با ۱/۷۵۲ و ۱/۶۹۱ بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر مشاهده شدند

هالوآلکالوفیلوس بدست آمد (جدول ۱۲). بالاترین غلظت هر سه عنصر آهن، منگنز و مس در رقم دانشمندی و تیمار مخلوط باکتری‌ها برای آهن و مس، و تیمار باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* برای منگنز مشاهده شد (جدول ۱۲). بررسی اثرات متقابل شوری، رقم و باکتری نشان داد (جدول ۱۳) حداکثر غلظت آهن در تیمار شوری ۱۶ × رقم دانشمندی × باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* با ۴۰۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و برای دو عنصر منگنز و مس در شوری ۱۲ × رقم دانشمندی × باکتری *آلکالی‌باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* با ۳۹/۹ و ۲۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمد (جدول ۱۳).

نسبت‌های Ca^{2+}/Mg^{2+} و Ca^{2+}/N ، Na^+/K^+ در گیاه

با افزایش شوری نسبت‌های کلسیم به نیتروژن و کلسیم به منیزیم کاهش یافت (جدول ۷). بیش‌ترین نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۰۳۶) و کلسیم به منیزیم (۱/۴۸۲) در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد و در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، این نسبت‌ها به ترتیب به ۰/۰۲۸ و ۱/۰۷۱ کاهش یافت (جدول ۷). رقم اکبری دارای نسبت سدیم به پتاسیم کمتر و کلسیم به نیتروژن و کلسیم به منیزیم بیش‌تر بود (جدول ۸). شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و رقم دانشمندی بالاترین نسبت‌های سدیم به پتاسیم (۰/۰۷۲) را داشت

(جدول ۱۲). در بررسی برهمکنش متقابل شوری، رقم و نوع باکتری مشاهده گردید که تیمار شوری ۱۲ × رقم دانشمندی × باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* بالاترین نسبت سدیم به پتاسیم را به خود اختصاص داد (جدول ۱۳) لیکن، حداکثر نسبت کلسیم به نیتروژن در تیمار شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، رقم اکبری و باکتری *ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی* بدست آمد (جدول ۱۳) و همین تیمار در نسبت کلسیم به منیزیم پس از تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، رقم اکبری و باکتری *آلکالی باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس* و بدون اختلاف با یکدیگر نیز حداکثر بود.

بحث

بررسی نتایج نشان داد با افزایش شوری، غلظت نیتروژن کاهش و غلظت منیزیم در برگ پسته افزایش یافت (جدول ۷). بین نیتروژن و منیزیم در گیاه اثر متقابل مثبت وجود دارد (Mulder, 1954) اما با نتایج این پژوهش همخوانی نداشت؛ که احتمالاً به دلیل کاهش در جذب کلسیم در اثر افزایش شوری بوده است (اثر متقابل منفی کلسیم و منیزیم) که در نتیجه آن جذب منیزیم افزایش یافته است (حسینی‌فرد، ۱۳۹۹). غالبیت یون سدیم در خاک و رقابت با کلسیم برای جذب از یک سو و از سوی دیگر میزان نیاز بالاتر پسته به کلسیم (۱/۳٪) نسبت به منیزیم (۰/۰۶٪) (صداقتی

و همکاران، ۱۳۸۹) موجب گردیده که با افزایش شوری غلظت کلسیم برگ کاهش یابد لیکن به علت اثر متقابل منفی کلسیم با منیزیم، غلظت منیزیم برگ افزایش یافت. مطالعه تأثیر سدیم و منیزیم بر برخی خصوصیات رشدی و میزان کلروفیل نهال‌های پسته (رقم بادامی زرنند) در شرایط گلخانه (زادصالحی و همکاران، ۱۳۹۰) با سه غلظت سدیم (صفر، ۴۵ و ۹۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و چهار غلظت منیزیم (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار منیزیم از منبع سولفات منیزیم) نشان داد که با افزایش سدیم، وزن خشک برگ، ارتفاع ساقه، سطح برگ و غلظت کلروفیل a به صورت معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش منیزیم از صفر به سطح ۰/۵ میلی‌مولار، وزن خشک برگ و ریشه کاهش معنی‌داری یافت. هنگامی که غلظت منیزیم به ۲ میلی‌مولار رسید کاهش وزن خشک برگ شدیدتر شد، اما وزن خشک ریشه را تحت تأثیر معنی‌داری قرار نداد (زادصالحی و همکاران، ۱۳۹۰). کاربرد ۲ میلی‌مولار منیزیم هم‌چنین شاخص‌های ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، غلظت کلروفیل a و کلروفیل کل را به ترتیب ۱۸، ۲۵، ۱۹، ۴۲ و ۴۱ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. برهمکنش شوری و منیزیم نیز نشان داد که در سطح صفر سدیم و با افزایش منیزیم، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع ساقه و سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت. ولی

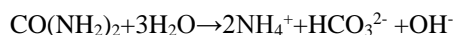
ویرجی باسیلیوس با تولید پلی ساکاریدهای خارجی قادر به زیست فلکوله کردن برخی عناصر و یونها از جمله سدیم می باشد (Sanchez-Porro et al., 2014) که احتمالا در این پژوهش نیز توانست با فلکوله کردن منیزیم، غلظت فراهم آن را در تیمار با این باکتری (ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی) کاهش دهد، و در نتیجه نسبت کلسیم به نیتروژن را بهبود بخشد.

با افزایش شوری، غلظت آهن و مس افزایش داشت (جدول ۷). غلظت بالای نمک‌های محلول، pH را کاهش می‌دهد و ممکن است رشد گیاه را در برخی موارد بیش از ۹۰ درصد محدود کند (Kalev and Toor, 2018). غلظت بالای Na^+ (کاتیون غالب) قادر بوده مقداری از H^+ را که در سطح تبادل رس بوده جایگزین نموده و وارد محلول خاک نماید. هر چه غلظت H^+ در محلول بیش تر باشد، pH کاهش می‌یابد (Cancellier, 2013) و احتمالا این عامل موجب افزایش جذب عناصر کم‌مصرف از جمله آهن و مس گردید. لیکن به دلیل برهمکنش منفی بین آهن و منگنز در جذب توسط گیاه (Mulder, 1954)، غلظت منگنز در رقابت جذب با آهن برای گیاه آهن دوست پسته کاهش نشان داد (جدول ۷). نتایج همچنین نشان داد که رقم دانشمندی در جذب عناصر کم‌مصرف آهن و مس بهتر از رقم اکبری بود. رقم اکبری در جذب عناصر نیتروژن و

هنگامی که سدیم به ۹۰ میلی مولار رسید، نه تنها کاهش معنی داری صورت نگرفت بلکه وزن خشک برگ بیش از ۶۰٪ افزایش یافت (زادصالحی و همکاران، ۱۳۹۰). غلظت نیتروژن در رقم اکبری (مقاوم به شوری) (شرافتی و حکم‌آبادی، ۱۳۹۴) بالاتر از رقم دانشمندی بود؛ درحالی که بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ در رقم دانشمندی مشاهده شد. غلظت کلسیم برگ در رقم دانشمندی برابر با ۱/۳۰٪ و در رقم اکبری ۱/۸۲٪ بود که با نتایج شرافتی و حکم‌آبادی، (۱۳۹۴) مطابقت داشت. از آنجایی که کلسیم و منیزیم نیز اثر رقابتی با یکدیگر در گیاه دارند، در رقم دانشمندی (حساس به شوری) قدرت جذب کلسیم کم‌تر بوده و منیزیم جایگزین آن شده است. بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کلسیم به منیزیم آب آبیاری در شوری‌های ۸، ۱۵ و ۲۰ dS/m بر خصوصیات رشدی و عملکرد کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) نشان داد درصد و غیر یکنواختی سبز شدن بذور کینوا به نسبت‌های مختلف کلسیم به منیزیم آب آبیاری واکنش نداشت، ولی افزایش غلظت منیزیم سرعت سبز شدن بذور کینوا را به طور معنی داری بهبود بخشید (دهقانی و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین وزن تر و خشک بوته در مرحله گلدهی تحت تأثیر معنی دار نسبت کلسیم به منیزیم آب آبیاری قرار گرفت (دهقانی و همکاران، ۱۴۰۰). جنس

منگنز برگ بهتر عمل نمود، لیکن رقم دانشمندی در جذب عناصر کم‌مصرف کارایی بالاتری نشان داد. در مطالعه شش رقم (پایه) شامل اکبری، برگ‌سیاه، بادامی سفید فیض‌آباد، کله قوچی، سرخسی و دانشمندی و دو رقم اکبری و برگ‌سیاه که روی آنها پیوند شده بود مشخص شد که رقم بادامی سفید فیض‌آباد بیش‌ترین و رقم دانشمندی کم‌ترین تأثیر را بر غلظت عناصر غذایی برگ داشتند. پایه‌های کله‌قوچی با ۱۹۸/۷ و دانشمندی با ۱۵۹/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت آهن برگ را داشتند. در مجموع رقم اکبری بیش‌ترین و رقم دانشمندی کم‌ترین تأثیر را بر غلظت عناصر غذایی برگ داشتند (شرافتی و حکم‌آبادی، ۱۳۹۴). مطالعات گذشته در ارتباط با طبقه‌بندی ارقام متحمل به شوری پسته، نشان داد رقم دانشمندی نسبت به اکبری از حساسیت بیش‌تری به شوری برخوردار بود (شرافتی و اسکندری‌تربقان، ۱۴۰۱؛ شرافتی و حکم‌آبادی، ۱۳۹۴). بعلاوه پژوهش‌های پیشین نشان داده است که باکتری‌های فرین‌دوست در شرایط شوری و سدیم بالای خاک و آب و حساسیت بیش‌تر گیاه از کارایی بیش‌تری در افزایش جذب عناصر غذایی و القای مقاومت به گیاه برخوردار هستند (Eskandari Torbaghan and Khalil Torghabeh, 2023؛ اسکندری‌تربقان، ۱۳۹۶). باکتری *آلکالی-*

باسیلیوس هالوآلکالوفیلوس نیز نسبت به باکتری *ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی* در جذب عناصر کم‌مصرف موفق‌تر عمل نمود. باکتری *آلکالی‌باسیلیوس- هالوآلکالوفیلوس* از دسته باکتری‌های هتروتروف هیدرولیزکننده اوره است (Stabnikov *et al.*, 2013). آنزیم اوره‌آز درون باکتری هتروتروف یک مول اوره را به دو مول یون آمونیوم و دو مول یون هیدروکسید تبدیل می‌کند و اسیدیته را افزایش می‌دهد (De Belie and Wang, 2016). سدیم که در محیط به حالت اشباع است احتمالاً به دیواره باکتری دارای بار منفی جذب می‌شود و کربنات سدیم تولید می‌کند (رابطه ۱) و موجب کاهش دسترسی به سدیم و کاهش pH و در نتیجه احتمالاً افزایش در جذب عناصر کم‌مصرف می‌گردد. این شرایط احتمالاً مشابه واکنش کربنات کلسیم تولیدی باکتری هتروتروف سویه UTMC2623 از جنس *باسیلیوس* و تجزیه‌کننده اوره است (حامدی و همکاران، ۱۳۹۷).



رابطه ۱

با افزایش شوری از ۱۲ به ۱۶ دسی‌زیمنس-برمتر، نسبت سدیم به پتاسیم کاهش یافت. بررسی جدول (۴) نشان داد با افزایش شوری آب از ۸/۲ به ۱۶/۳ دسی‌زیمنس‌برمتر، مقدار pH تقریباً بی‌تغییر

وابسته به شوری و نسبت سدیم به پتاسیم از شاخص‌های مهم ارزیابی تحمل به شوری است (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۹؛ Adish et al, 2010) هرچه نسبت سدیم به پتاسیم کم‌تر باشد، تحمل به شوری بیش‌تر است (Ferguson and Haviland, 2016;) ابطحی، ۱۳۸۰). نتایج نشان داد که بیش‌ترین نسبت کلسیم/منیزیم در شوری‌های ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب با ۲/۲۸ و ۱/۶۵ در رقم اکبری و باکتری ویرجی باسیلیوس ماریسمورتی بدست آمد. در منابع آمده است که در اکثر موارد نسبت کلسیم به منیزیم در باغات پسته ایران کمتر از یک است (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). این در حالی است که بهترین نسبت کلسیم به منیزیم برای پسته نسبت چهار به یک گزارش شده است (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین در این پژوهش نسبت کلسیم به منیزیم علیرغم افزایش سطوح شوری، همچنان بیش‌تر از یک بود، که نشان دهنده کارایی تلقیح باکتریایی بود.

در بررسی نسبت عناصر در پسته، شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان نقطه تغییر عمل کرد به طوری که افزایش شوری از ۸ تا سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، موجب افزایش نسبت سدیم به پتاسیم و کلسیم به منیزیم گردید؛ ولی با افزایش شوری به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر این نسبت‌ها کاهش یافت. در این

مانده است. هنگامی که خاکی در معرض غلظت بالای نمک قرار می‌گیرد، قدرت یونی محلول افزایش می‌یابد. با افزایش قدرت یونی محلول، کاتیون‌هایی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم یا آنیون‌هایی همانند کلر، سولفات در محلول خاک غالب می‌شوند و پس از آن توانایی تبادل با بخشی از ظرفیت تبدالی H^+ یا OH^- از سطح رس را خواهند داشت. این اثر مبادله یک یون با ترجیح کمتر (غلظت کمتر) با یون با ترجیح بیش‌تر (غلظت بالاتر) در سطح رس به عنوان قانون عمل جرم در استوکیومتری (واکنش بر اساس تعادل شیمیایی) شناخته می‌شود (مجللی، ۱۳۹۴). اگر با افزایش شوری خاک، pH کاهش یافت، به این معنی است که خاک دارای بارهای منفی در خاک بوده (غلبه بارهای منفی در بارهای وابسته به pH) و کاهش pH برای خاک کاملاً مورد انتظار است. این اتفاق به این دلیل رخ داده که غلظت بالای Na^+ (کاتیون غالب) قادر بوده جانشین مقداری از H^+ که در سطح رس بوده گردد. هر چه H^+ در محلول بیش‌تر باشد، مقدار pH بیش‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش شوری به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، جذب سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه کاهش یافت (جدول ۷).

رقم اکبری دارای نسبت سدیم به پتاسیم کمتر و کلسیم به نیتروژن بیش‌تر بود (جدول ۸). عناصر

باسیلیوس هالوآلکالوفیلیوس با هدف افزایش جذب ریزمغذی‌ها در خاک‌هایی که دچار کمبود عناصر ریزمغذی هستند همراه با کاشت رقم دانشمندی در شرایط شور و سدیمی متوسط، توصیه می‌شود.

منابع

۱. ابطحی، علی. (۱۳۸۰). واکنش نهال دو رقم پسته نسبت به مقدار و نوع شوری خاک در شرایط گلخانه. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۵ (۱)، ۹۳-۱۰۱.
۲. اسکندری‌تربقان، مهرنوش. (۱۳۹۶). جداسازی و کارایی باکتری‌های شوروقلیایسند بر کاهش تنش شوری در گندم، رساله دکتری علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. اسماعیل پور، علی، امامی، سید یحیی، بصیرت، مهدی، تاج آبادی‌پور، علی، حسینی‌فرد، سیدجواد، حقدل، معصومه، حکم آبادی، حسین، شاکر اردکانی، احمد، صداقت، رضا، صداقتی، ناصر، علوی، سید حسین، محمدی، امیر حسین و هاشمی‌راد، حمید. (۱۳۹۹). پسته ایران. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

میان، رقم اکبری در جذب کم‌تر یون سدیم و بیش‌تر کلسیم موفق‌تر از رقم دانشمندی عمل نمود. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط شرافتی و اسکندری‌تربقان (۱۴۰۱) و شرافتی و حکم آبادی (۱۳۹۴) که در آن اثر پایه‌های مختلف بر غلظت عناصر غذایی برگ و عملکرد دو رقم پسته (*Pistacia vera* L.) اکبری و برگ‌سیاه بررسی شد و طی آن مشخص شد که رقم اکبری بیش‌ترین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و بور؛ و کم‌ترین غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم را به خود اختصاص داده است، مطابقت دارد. این نتایج از آن جهت اهمیت دارد که جذب کلسیم بیش‌تر و نسبت سدیم/پتاسیم پایین‌تر، به عنوان یک شاخص در انتخاب ژنوتیپ‌های پسته متحمل به شوری، از اهمیت خاصی برای پسته برخوردار بود (شرافتی و همکاران، ۱۴۰۱). باکتری ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی در کاهش جذب یون سدیم و افزایش جذب کلسیم و در نتیجه نسبت‌های آنها عملکرد بهتری نشان داد که به خصوصیات متفاوت باکتری مرتبط بود.

نتیجه‌گیری

استفاده از باکتری ویرجی‌باسیلیوس ماریسمورتی برای کاهش اثرات شوری و سدیمی خاک به همراه استفاده از رقم پسته اکبری مقاوم به شوری در شرایط شور و سدیمی شدید و همچنین باکتری آلکالی

۴. امامی، عاکفه. (۱۳۷۵). روش تجزیه گیاه، انتشارات موسسه تحقیقات تجزیه خاک و آب، نشریه ۹۸۲.
۵. آذرمی آتاجان، فرهاد. (۱۳۹۶). تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر رشد و جذب عناصر توسط نهال‌های پسته تحت تنش شوری. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران. اصفهان، انجمن علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان، https://www.civilica.com/Paper-SSCI15-SSCI15_693.html
۶. آذرمی، فرهاد، مظفری، وحید، عباس‌زاده دهجی، پیمان و حمیدپور، محسن. (۱۳۹۳). جداسازی باکتری‌های سودوموناس فلورسنت از ریزوسفر درختان پسته و تعیین برخی خصوصیات محرک رشدی آنها. نشریه زیست شناسی خاک، ۴(۲)، ۱۷۴-۱۸۵.
۷. باقری‌راد، الهام، دیانتی تیلکی، قاسمعلی، مصداقی، منصور و امیر خانی، معصومه. (۱۳۸۳). بررسی کیفیت علوفه سه گونه علف گندمی *Aeluropus A. littoralis* و *Puccinellia distans* و *lagopoides* در منطقه شور و قلیایی اینچه برون (استان گلستان). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۱۵۷، ۷۶-۱۶۳.
۸. جلیلی مرندی، رسول. (۱۳۸۹). فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی) دوره دو جلدی. انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان غربی. ارومیه. ایران. ۱۳۰۵ صفحه.
۹. جمالی‌فرد، امیرحسین، عباس‌زاده دهجی، پیمان و عبدالرضا، اخگر. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر کودهای آلی و میکروبی بر رشد و تغذیه دان‌های پسته. علوم و فنون پسته، ۲(۴): ۴۱-۶۰.
۱۰. حامدی، جواد، کوچک‌زاده، صدیقه، لباف‌زاده، محمدصالح و حمید، مقیمی. (۱۳۹۷). ارزیابی توان باکتری قلیادوست در بهبود پایایی بتن. زیست‌شناسی میکروارگانیسم‌ها، ۸(۲۹): ۶۵-۸۱.
۱۱. حجت نوقی، فاطمه، اخگر، عبدالرضا، اسفندیارپور، عیسی، خاوازی، کاظم. (۱۳۹۲). ارزیابی جمعیت و خواص محرک رشدی باکتری‌های اندوریزوسفیری، ریزوسفیری و

- https://doi.org/10.22077/escs.2020.3198.
1817
۱۶. زادصالحی، ف.، مظفری، و.، تاج آبادی پور، و. و ح. حکم آبادی. ۱۳۹۰. تأثیر متقابل سدیم و منیزیم بر برخی خصوصیات رشدی و میزان کلروفیل پسته در محیط پرلیت. روابط خاک و گیاه، ۲(۲)، ۲۳-۳۵.
۱۷. سرچشمه پور، مهدی، ثواقبی، غلامرضا، صالح‌راستین، ناهید، علیخانی، حسینعلی، پوربابایی، احمدعلی. (۱۳۸۸). جداسازی، غربالگری، شناسایی نسبی و تعیین تحمل به تنش شوری و خشکی جدایه های برترباکتری های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) درختان پسته. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۰، ۱۹۰-۱۷۷.
۱۸. شرافتی، عبدالحمید و اسکندری‌تربقان، مهرانوش. (۱۴۰۱). اثر پایه بر غلظت عناصر غذایی برگ و عملکرد دو رقم پسته (*vera L.* *Pistacia*) اکبری و برگ سیاه. مجله نهال و بذر، ۳۸، ۴۹۶-۴۷۳.
۱۹. شرافتی، عبدالحمید، و حکم‌آبادی، حسین. (۱۳۹۴). تأثیر برخی از پایه های پسته بر جذب عناصر غذایی در دو رقم پسته اکبری و غیرریزوسفری در نهال‌های پسته. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۴): ۲۱۵-۲۳۴.
۱۲. حسینی‌فرد، سیدجواد. (۱۳۹۹). مدیریت خاک و تغذیه گیاه. در: پسته ایران. (ویراستاران) شاکراردکانی، احمد، عبدالمهدی عزت آبادی، محمد، پناهی، بهمن، و حقدل. معصومه، ۱۲۶-۱۵۵. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.
۱۳. خسروی، هوشنگ. (۱۳۹۲). کودهای زیستی محرک رشد گیاه در ایران: نقاط قوت و ضعف. نشریه مدیریت اراضی، ۱۱(۱): ۳۳-۴۶.
۱۴. خلیل‌پور، مؤده و مظفری، وحید. (۱۳۹۴). تأثیر بنزیل‌آدنین و نیتروژن بر غلظت برخی عناصر کم مصرف دانه‌های پسته در شرایط شور، نخستین کنفرانس ملی دستاوردهای نوین در علوم زیستی و کشاورزی، تهران <https://civilica.com/doc/418071>
۱۵. دهقانی، ف.، ملکی، پ.، صالحی، م.، سعادت، س.، بهرامی، ح. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کلسیم به منیزیم آب آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکرد کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*). تنش های محیطی در علوم زراعی، ۱۴(۴)، ۱۱۰۵-۱۱۱۳.

- (1), 1-11.
DOI:10.22034/JON.2010.515761
25. Cancellier, E. (2013). Re: What are the effects of soil salinity on pH?. Retrieved from:
https://www.researchgate.net/post/What_are_the_effects_of_soil_salinity_on_pH/5229bdabd3df3ecb0e8259a2/citation/download.
26. Chun, J, Lee, J-H, Jung, Y, Kim, M, Kim, S, Kim, B K, & Lim, Y W. (2007). EzTaxon: a web-based tool for the identification of prokaryotes based on 16S ribosomal RNA gene sequences. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 57: 2259-2261.
27. De Belie N and Wang, J.(2016). Bacteria-based repair and self-healing of concrete. *Journal of Sustainable Cement-Based Materials* . 5(1-2), 35-56.
28. Eskandari Torbaghan, M & Khalili Torghabe, G H. (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>
29. Ferguson, L & Haviland, DR. (2016). Pistachio production Manual. University of California- Agriculture and Natural Resources. 334 pp.
- برگ سیاه. مجله علوم و فنون پسته، ۱۱(۱)، ۳۲-۴۳.
۲۰. شرافتی، عبدالحمید، اسکندری تربقان، مهنوش، و هاشمی نسب، حجت. (۱۴۰۱). توانایی ژنوتیپ‌های جدید دانه‌های پسته (*Pistacia vera* L.) در جذب عناصر غذایی از خاک در شرایط شور. پژوهش در علوم باغبانی، ۱۱(۱): ۱۵۲-۱۳۵.
10.22092/RHSJ.2022.128462
۲۱. صداقتی، ناصر، شیبانی تدرجی، زهرا، تاج آبادی پور، علی، حکم‌آبادی، حسین، حقدل، معصومه و عبدالهی عزت‌آبادی، محمد. (۱۳۸۹). راهنمای تولید پسته (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.
۲۲. مجللی، حسام. (۱۳۹۴). شیمی خاک. مرکز نشر دانشگاهی. صفحات ۱-۳۴۶.
۲۳. معین‌راد، حمید. (۱۳۸۵). بررسی سازگاری نهال‌های بذری ارقام زراعی و وحشی پسته به مقادیر متفاوت شوری آب آبیاری با توجه به شاخص‌های رشد. بیابان. ۱۱(۱)، ۸۸-۷۵.
24. Adish, M, Fekri, M, & Hokmabadi, H. (2010). Response of Badami-Zarand pistachio rootstocks to salinity stress. *International Journal of Nuts Science*, 1

- Rank Xerox (UK) Business Services (3.10/3.6/3.3. 1).
37. Kalev, SD & Toor, GS. (2018). The Composition of Soils and Sediments. Chapter 3.9. *Green Chemistry: An Inclusive Approach*. pp:339-357.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00014-5>
38. Keren, R. (1996). Boron. pp. 603-626. In: Sparks, D L, Page, A L, Helmke, P A, and Leppert, R H (eds.) *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods.* Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, WI
39. Leach, JE, White, FF, Rhoads, ML & Leung, H.(1990). A repetitive DNA sequence differentiates *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae* from other pathovars of *Xanthomonas campestris*. *Molecular plant and Microbe Interaction*. 3, 238-246.
40. Li, C Fang, B, Yang, C, Shi, D & Wang, D.(2009). Effects of various salt-alkaline mixed stresses on the state of mineral elements in nutrient solutions and the growth of alkali resistant halophyte *Chloris virgata*. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 1137-1147.
41. Mulder, D. (1954). Les elements mineurs en culture fruitiere. Convegno Nazionale Fruitticoltura, 118-98. French Montana de Saint Vincent.
30. Glickmann, E & Dessaux Y. (1995). A critical examination of the specificity of the salkowski reagent for indolic compound produced by phytopathogenic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 61, 793-796.
31. Gutierrez, CK, Matsui, GY, Lincoln, DE & Lovell, CR. (2009). Production of the phytohormone indole-3-acetic acid by the estuarine species of the genus *Vibrio*. *Applied and Environmental Microbiology Journal*, 75, 2253-2258
32. Heonsang, J, Jongtaek, P, & Hyunook, K. (2013). Determination of NH_4^+ in Environmental Water with Interfering Substances Using the Modified Nessler Method. Hindawi Publishing Corporation, *Journal of Chemistry*. 7, 1-9.
33. Honma, M, & Shimomura, T. (1978). Metabolism of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. *Agricultural and Biological Chemistry*, 42, 1825-1831.
34. Horikoshi, K. (1999). Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(4), 735-750.
35. Horikoshi, K. (2006). Alkaliphiles-genetic properties and applications of enzymes. Japan. Springer.
36. Jones, B Brian, E, Gravin, J, & Stolberglaan, V. (1992). European patent application. 1992; Bulletin 93/18. Publication number: EP 0 540 127A1.

- (2005). Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*, 89(1), 136-150.
42. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 25, 239-250.
43. Penrose, DM & Glick, BR. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiologia Plantarum*. 118,10–15.
44. Sanchez-Porro, CR. de la Haba, R & Ventosa, A. (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.
45. Soto-Padilla, MY, Valenzuela-Encinas, C, Dendooven, L, Marsch, R, Gortáres Moroyoqui, P & Estrada-Alvarado, M. (2013). Isolation and phylogenetic identification of soil haloalkaliphilic strains in the former Texcoco Lake, *International Journal of Environmental Health Research*, <http://dx.doi.org/10.1080/09603123.2013.800957>
46. Stabnikov, V, Chu, J, Ivanov, V, & Li, Y. (2013). Halotolerant, alkaliphilic urease-producing bacteria from different climate zones and their application for biocementation of sand. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(8),1453-60. doi: 10.1007/s11274-013-1309-1.
47. Tilak, KVBR, Ranganayaki, N, Pal, KK, De, R, Saxena, AK, Nautiyal, CS, Mittal, S, Tripathi, AK, & Johri, BN.

Evaluation of Some Nutrients Concentration and Their Ratios in Pistachio Seedlings under the Influence of Haloalkaliphilic Bacteria

Mehrnoush Eskandari Torbaghan^{1*}, Abdolhamid Sherafati², Masoud Eskandari Torbaghan², Akbar Mohammadi Mohammadabadi³ and Sedigheh Anahid⁴

Abstract

Almost all biotic and abiotic stresses appear in the form of nutritional stress (deficiency or toxicity) in plants. In this research, the effect of three levels of saline irrigation water (8, 12 and 16 dS/m), two pistachio cultivars, Akbari and Daneshmandi, and two native haloalkaliphilic bacterial strains at four levels (each alone, both strains and control), was carried out on the concentration of some nutrients and their ratios in pistachio seedlings, in the factorial split-plot arrangement based on a randomized complete design in three replications (each replication includes two seedlings), in garden conditions in 2021-2022. The investigated elements included nitrogen, magnesium, sodium, chlorine, iron, manganese, copper, and the ratios of Na^+/K^+ , Ca^{2+}/N and $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ in the seedlings. The concentration of most of the investigated elements and ratios increased from 8 to 12 dS/m and decreased at 16 dS/m. The highest concentration of leaf magnesium (1.28%), iron (310.98 mg/kg) and copper (14.31 mg/kg) was observed in Daneshmandi and Akbari cultivar increased nitrogen (2.60%), calcium (1.82%), manganese (13.15 mg/kg) absorption and showed a better effect on reducing the absorption of sodium and chlorine ions and the ratio of sodium to potassium. *Alkalibacillus haloalkaliphilus* bacterium was more successful in absorbing microelements and magnesium; However, *Virgibacillus marismortui* showed higher efficiency in increasing nitrogen absorption and calcium to-nitrogen ratio and decreasing sodium absorption. In total, the results showed that the concentration of leaf nutrients before being affected by salinity levels was dependent on the type of bacteria, elements chemistry, and pistachio cultivars' tolerance to salinity.

Keywords: Daneshmandi cultivar, *Virgibacillus marismortui* bacteria, Salinity and sodicity stress, Nitrogen to calcium ratio

¹ Researcher, Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

* Corresponding Author: mehrnoosh.eskandary@gmail.com

² Instructor, Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

³ Research instructor, Iranian Pistachio Research Institute, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rafsanjan, Iran.

⁴ M.Sc., Department of Horticulture Crops, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran