پژوهش در علوم باغبانی
جلد ۱، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱ (ص۱۵۲-۱۳۵)
Journal of Reserch in Horticultural Science
Vol. 1, No.1 spring and summer 2022 (135-152)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

توانایی ژنوتیپ‌های جدید دانهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.) در جذب عناصر غذایی از خاک در شرایط شور

عبدالحمید شرافتی [۱]، مهرنوش اسکندری تربقان [۲*] و حجت هاشمی نسب [۳]

۱ 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
۲ محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی/ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی/ مشهد/ ایران
۳ استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته/ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی/ رفسنجان/ ایران

چکیده

این پژوهش به‌منظور یافتن ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌هایی از پسته (*Pistacia vera* L) که در شرایط شور، توانایی بالایی در جذب عناصر غذایی از خاک داشته باشند، با استفاده از ۵ ژنوتیپ جدید پسته شامل پسته گرمه، برگ‌سیاه (کویر)، B2-R33-T3، B2-R38-T2، و B2-R34-T16 و ۳ سطح شوری ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار ۲ دانهال)، به مدت ۲ سال (۱۴۰۰-۱۳۹۸)، در زمین اصلی و به روش کاشت مستقیم بذر در ایستگاه تحقیقات پسته خراسان رضوی (فیض‌آباد) اجرا شد. نتایج نشان داد که اثرات شوری بر غلظت نیتروژن، منیزیم، سدیم، آهن، منگنز و بور برگ در سطح یک درصد و بر غلظت عناصر پتاسیم و کلر در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. با افزایش شوری از ۸ به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ کاهش یافت. در بالاترین سطح شوری (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر)، غلظت آهن و منگنز برگ بیش‌تر از دو سطح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود؛ و بر عکس غلظت بور در سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، کم‌تر از دو سطح دیگر شوری بود و اختلاف آن‌ها معنی‌دار شد. این مطالعه نشان داد معیارهای قدرت جذب کلسیم بیش‌تر و نسبت پتاسیم/سدیم بالاتر در انتخاب ژنوتیپ متحمل به شوری از اهمیت بیش‌تری برخوردار بودند. با توجه به معیارهای پیشنهادی دو ژنوتیپ کویر و پسته گرمه دارای بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی و کم‌ترین غلظت عناصر سمی سدیم و کلر در برگ بودند و به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری وارد برنامه‌های اصلاحی پسته خواهند شد.

واژگان کلیدی: بور، پسته، تنش شوری، رقم کویر، کلسیم..

The ability of new pistachio (*Pistacia vera* L.) genotypes to absorb nutrients from soil under saline conditions

Abdolhamid Sherafati[1], Mehrnoush Eskandari Torbaghan[2*] and Hojat Hasheminasab[3]

1 Instructor, Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2 Researcher, Soil and Water Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. Assistant Professor, Horticultural Sciences Research Institute, Pistachio Research Center, AREEO, Rafsanjan, Iran

Abstract

This research aimed to find genotype(s) of pistachio (Pistacia vera L.) that have a high ability to uptake nutrients from the soil in saline conditions. It was performed using 5 new pistachio genotypes, including Garmeh and Barg Siyah pistachio, B2-R33-T3, B2-R38-T2, and B2-R34-T16 and 3 salinity levels of 8, 12, and 16 dS m-1, at a split-plot factorial expriment in a randomized complete block design (RCBD). It was carried out with 3 replications (2 seedlings per replication), for 2 years (2020-2021), in the main land and by direct seeding method in Pistachio Research Station (Faiz-Abad), Khorasan Razavi province, Iran. The results showed that the effects of salinity on the nitrogen, magnesium, sodium, iron, manganese and boron concentrations in leaves were significant ($P<0.01$), and on the concentrations of potassium and chlorine elements ($P<0.05$). The concentrations of nitrogen, phosphorus, and potassium in leaves decreased with the increase of salinity level from 8 to 16 dS m-1. At the highest level of salinity (16 dS m-1), the amounts of iron and manganese in leaves were higher than the two levels of 8 and 12 dS m-1; on the contrary, the amount of boron at the salinity level of 16 dS m-1 was significantly less than the other two salinity levels. The study showed that the criteria of higher calcium absorption capacity and higher potassium/ sodium ratio were more critical in selecting the genotype tolerant to salinity. According to the proposed standards, two genotypes Kavir and Pistachio-Garmeh had the highest concentrations of nutrients and the lowest concentration of toxic elements in the leaves, and as the genotypes with tolerant to salinity, they will be proposed to include these two genotypes)Kavir and Pistachio-Garmeh(will be proposed to include in pistachio breeding programs.

Keywords: Critical level, Hazelnut, Multiple Nutrient Recognition Methods, Nutrients balance, Plant analysis.

* نویسنده مسئول: mehrnoosh.eskandary@gmail.com

۱- مقدمه

ایران به‌عنوان مهم‌ترین خاستگاه و مرکز تنوع ژنتیکی پسته در دنیا شناخته شده است و غنی‌ترین ژرم‌پلاسم پسته دنیا را در خود جای داده است (اسماعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). مفهوم مرکز تنوع برای اصلاح‌گران دارای اهمیّت ویژه‌ای است؛ زیرا بیش‌تر ژن‌های مفید در مراکز تنوع یافت می‌شوند. وجود این ذخایر ژنتیکی غنی به همراه هتروزیگوسیتی و تنوع ژنتیکی بالا در پسته، فرصت استثنایی را برای به‌نژادگران فراهم ساخته است تا به پایه‌ها و ارقام برتر پسته دست پیدا کنند(Kole, 2011) . پایه به عنوان ریشه و بخشی از ساقه (تنه) جهت استقرار پیوندک و تشکیل تاج گیاه نقش موثری در کنترل رشد و اندازه درخت، ارتقای تولید محصول و زودرسی، جذب عناصر غذایی از خاک، تحمل به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و انطباق با شرایط مختلف خاک و اقلیم دارد (Ferguson and Haviland , 2016).

شوری یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی صنعت پسته کشور است؛ که روز به روز برشدت آن افزوده می‌شود. اصلاح و بهبود ارقام و پایه‌های متحمل به شوری، از ضرورت‌ها و اهداف اصلی برنامه‌های اصلاحی پسته است (علیپور و حسینی‌فرد، ۱۳۹۲؛ قنبری و همکاران، ۱۳۹۴؛ هاشمی نسب و همکاران، ۱۳۹۶).

پسته نسبت به سایر میوه‌ها و خشکبار تحمل بیش‌تری به شرایط تنش شوری از خود نشان می‌دهد. ریشه پسته از نوع بسیار عمیق فراتوفیت است؛ و از نظر فیزیولوژیکی به گونه‌ای است که مانع جذب بیش از حد سدیم و کلر می‌شود (صداقتی و همکاران، ۱۳۸۸). مطالعات متعدد نشان می‌دهد که درختان پسته بدون کاهش قابل توجه محصول، توانایی تحمل شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر را دارند (علیپور و حسینی فرد، ۱۳۹۲؛ Ferguson and Haviland, 2016) از طرفی شوری سبب افزایش تجمع یون‌های سدیم، کلر و بور در بافت‌های چوبی و برگ‌های پسته می‌شود و بنابراین سبب ایجاد مسمومیت می‌شود. مسمومیت‌های ناشی از تجمع این یون‌ها، سبب حاشیه خشکی و توسعه بافت مرده در بین رگبرگ‌ها و موجب اختلال شدیدی در فرآیند فتوسنتز و خسارت به برگ‌ها می‌شود و در نهایت خشکی کامل درخت و یا بخشی از آن را به‌همراه دارد. شوری همچنین به‌دلیل کاهش تولید هورمون‌های گیاهی سبب ایجاد اختلالات شدیدی در فرآیندهای فیزیوبیوشیمیایی، کاهش توانایی گیاه در جذب و انتقال آب و عناصر غذایی توسط ریشه، ایجاد رقابت تغذیه‌ای داخل گیاه، اثر سمیت بر غشا و سیستم آنزیمی، تثبیت عناصر غذایی در خاک، تخریب ساختمان خاک و ایجاد اختلال در تهویه و نفوذپذیری آن می‌شود (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). مجموع این عوامل سبب کاهش فتوسنتز و انرژی گیاه، رشد نامناسب شاخه‌ها، آفتاب سوختگی میوه و اندام‌های هوایی، پوکی و چروکیدگی مغز و در نهایت کاهش کمی و کیفی عملکرد پسته می‌شود (علیپور و حسینی فرد، ۱۳۹۲؛ Ferguson and Haviland, 2016).

پژوهش صورت گرفته توسط حکم‌آبادی (۱۳۷۷) بر روی پایه‌های متداول پسته نشان داد که پایه قزوینی نسبت به پایه‌های بادامی زرند و سرخسی تحمل بیش‌تری در برابر شوری دارد. مطابق مطالعه انجام شده در مورد ۱۴ رقم پسته شامل شاه‌پسند، کله‌قوچی، احمدآقایی، اکبری، ایتالیایی، بادامی زرند، قزوینی، سبز پسته نوق، خنجری دامغان، جندقی، ابراهیمی، رضایی زودرس، فندقی ۴۸ و موسی‌آبادی مشخص شد که با اعمال تنش شوری در مورد تمامی ارقام، بیش‌ترین درصد سدیم در برگ و ریشه به‌ترتیب ۲/۰۹ و ۳/۰۴ و کم‌ترین درصد سدیم در این اندام‌ها به‌ترتیب ۰/۴۰ و ۰/۳۴ و در تیمار ۹/۶ گرم در لیتر

کلرید سدیم معادل شوری ۱۹/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (مومن‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین در مطالعه دیگری که با 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 کله قوچی با ۱۹۸/۷و دانشمندی با ۱۵۹/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم به‌ترتیب 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). در مطالعه دیگری در کالیفرنیا مشخص شد که سه گونه تربینتوس[1] ، آتلانتیکا[2] و اینتگریما[3] در جذب عناصر غذایی ریزمغذی شامل مس، روی و بور با یکدیگر تفاوت‌های معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که گونه تربینتوس در جذب عناصر روی و مس و گونه اینتگریما در جذب عنصر بور از توانایی بیش‌تری برخودار بودند و پایه هیبرید UCB1 قدرت بسیار کمی در جذب این عناصر از خاک داشت (درویشیان، ۱۳۸۱).

هدف از این پژوهش این بود که مشخص شود آیا ارقام و ژنوتیپ‌های جدیدی که در کلکسیون ارقام پسته خراسان رضوی نزدیک به مدت دو دهه از پتانسیل رشد رویشی و میوه‌دهی مناسبی در شرایط بسیار شور آب و خاک برخوردار بوده‌اند، چنانچه به عنوان پایه نیز مورد استفاده قرار گیرند، آیا می‌توانند در تنش شوری شدید همچنان عناصر غذایی را به مقدار مناسب جذب کنند؟ آیا تفاوتی بین آن‌ها در جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و عدم جذب عناصر سدیم و کلر از خاک وجود دارد؟ آیا می‌توان از بین آن‌ها ژنوتیپ مقاوم به شوری معرفی نمود یا خیر؟

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت دو سال (۱۴۰۰-۱۳۹۸) در ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد خراسان رضوی در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار (هر تکرار ۲ دانهال) در شرایط باغ اجرا شد. عامل اصلی در این آزمایش سطوح مختلف شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) که بر روی نهال‌های یک‌ساله اعمال شد و عامل فرعی پنج رقم و ژنوتیپ پسته اهلی (*Pistacia vera* L.) به‌عنوان پایه شامل گرمه، برگ‌سیاه (کویر)،B2-R38-T2،B2-R33-T3 و B2-R34-T16 بودند. به منظور استقرار دانهال‌ها در خاک و جلوگیری از خسارت شوری بر روی آن‌ها در ابتدای رشد، در سال اول کاشت (۱۳۹۸) با آب با شوری ۳/۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شدند. برخی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و عناصر غذایی خاک قبل و بعد از اجرای آزمایش در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. برای انجام آزمایش، سه عدد بذر جوانه‌زده از هر پایه در بستر از پیش آماده شده در شرایط باغ کشت شدند. پس از سبز شدن، سالم‌ترین و پر رشدترین از بین آن‌ها انتخاب شد و پس از مدتی باقیمانده دانهال‌ها حذف شدند. به دلیل حساسیت بالای دانهال‌ها به شوری در سال اول اجرای پژوهش، دانهال‌ها با آب غیرشور (حدود دو دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شدند. اعمال سطوح شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) از سال دوم (۱۳۹۹) اجرای مطالعه انجام شد (جدول۳). عامل اصلی 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 که به طور مستقیم برای سطح شوری

1.Pistacia terebintus
2. Pistacia atlantica
3. Pistacia integrima

جدول ۱- نتایج آنالیز خاک برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عناصر قبل از اجرای آزمایش(۱۳۹۸).

عمق (سانتی‌متر)	اسیدیته	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	مواد خنثی‌شونده	کربن آلی	شن	لای	رس	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بور	کلسیم	منیزیم	سدیم	نسبت جذب سدیم
					%				میلی‌گرم در کیلوگرم							میلی‌اکی والانت در لیتر			
۵۰-۰	۷/۳	۴۷/۵	۱۷/۱	۰/۳۶	۲۷	۴۴	۲۹	۰/۰۳۲	۶/۴	۲۳۴	۴/۳۴	۱۰/۴۸	۰/۹۰	۲	۳/۲۶	۱۱۶	۶۰	۲۷۱/۴	۲۸/۹
۱۰۰-۵۰	۸	۳/۳۵	۱۸/۱	۰/۰۶	۳۷	۴۲	۲۱	۰/۰۱۰	۲	۱۰۶	۴/۷۴	۳/۶۰	۰/۴۶	۱/۰۶	۲	۳/۶	۶/۱	۲۶/۷	۱۶/۵

جدول ۲- نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عناصردر پایان آزمایش(۱۴۰۰).

شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق (سانتی‌متر)	اسیدیته	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	مواد خنثی‌شونده	کربن آلی	شن	سیلت	رس	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بور
					%					میلی‌گرم در کیلوگرم						
۸	۵۰-۰	۷/۴	۳۰/۹۰	۱۷/۰	۰/۱۳	۳۶	۴۷	۱۷	۰/۰۱۰	۰/۸	۱۹۷	۲/۸۰	۶/۰۰	۰/۵۸	۱/۱۰	۳/۹۸
	۱۰۰-۵۰	۷/۴	۳۴/۸۰	۱۵/۷	۰/۱۱	۴۸	۳۹	۱۳	۰/۰۱۲	۴/۸	۱۲۶	۳/۴۰	۳/۵۴	۰/۴۲	۰/۷۶	۲/۱۰
۱۲	۵۰-۰	۷/۴	۴۵/۰۰	۱۷/۲	۰/۱۳	۳۲	۴۹	۱۹	۰/۰۱۱	۶/۰	۲۰۴	۳/۲۰	۴/۶۶	۰/۵۸	۱/۰۸	۳/۵۲
	۱۰۰-۵۰	۷/۴	۴۰/۳۰	۱۵/۷	۰/۱۵	۴۸	۴۱	۱۱	۰/۰۱۲	۰/۴	۱۲۶	۲/۵۴	۳/۰۴	۰/۴۴	۰/۷۴	۲/۳۶
۱۶	۵۰-۰	۷/۵	۴۸/۹۰	۱۵/۴	۰/۲۴	۲۸	۴۳	۲۹	۰/۰۱۹	۱/۶	۱۶۸	۳/۱۲	۵/۱۴	۰/۴۸	۱/۳۶	۳/۹۸
	۱۰۰-۵۰	۷/۵	۴۱/۹	۱۸/۷	۰/۳۰	۳۴	۴۷	۱۹	۰/۰۲۶	۴/۰	۱۶۸	۵/۲۶	۵/۴۶	۰/۵۲	۲/۰۰	۳/۵۲

جدول ۲ (ادامه)- نتایج برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و عناصر در پایان آزمایش(۱۴۰۰).

شوری آب آبیاری (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق (سانتی‌متر)	کلسیم	منیزیم	سدیم	کربنات	بی کربنات	کلر	نسبت جذب سدیم
		میلی‌اکی والانت در لیتر						
۸	۰-۵۰	۶۱/۰	۵۵/۰	۱۸۳/۴	۰/۰	۶/۰	۲۷۲/۵	۲۴/۱
	۵۰-۵۱۰۰	۷۰/۰	۶۰/۰	۱۸۷/۹	۰/۰	۶/۵	۳۱۰/۰	۲۳/۳
۱۲	۰-۵۰	۹۰/۰	۶۱/۰	۲۴۲/۹	۰/۰	۷/۰	۴۰۰/۰	۲۷/۹
	۵۰-۵۱۰۰	۷۸/۰	۶۵/۰	۲۱۵/۰	۰/۰	۶/۰	۳۴۸/۸	۲۵/۴
۱۶	۰-۵۰	۸۱/۰	۶۴/۰	۲۶۱/۸	۰/۰	۶/۰	۴۰۶/۳	۳۰/۷
	۵۰-۵۱۰۰	۶۰	۴۶	۳۱۰/۶	۰/۰	۵/۵	۴۰۵	۴۲/۶۷

جدول ۳- آنالیز آب محل اجرای پروژه (ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد) در سال اول اجرای آزمایش (۱۳۹۸) و سال پایانی (۱۴۰۰).

سال	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	کربنات	بی کربنات	کلر	کلسیم	منیزیم	سدیم	نسبت جذب سدیم
			میلی‌اکی والانت در لیتر						
۱۳۹۸	۱۴/۱۷	۷/۵	۰	۱/۸	۱۳۵/۵	۳۶	۲۰	۸۵/۱	۱۶/۱
۱۴۰۰	۱۶/۲۵	۷/۳	۰	۳/۱	۱۳۵	۳۶	۲۰/۳	۹۳/۹	۱۷/۷

۱۶ دسی‌زیمنس بر متر در مطالعه استفاده شد) 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 شد. پارامتر اقلیمی میزان بارندگی در سال‌های اجرای آزمایش در جدول ۴ عنوان شده است. مبنای مقدار آب مصرفی، مطابق با مطالعه انجام شده در مورد نیاز آبی پسته، که تا سن سه سالگی، با احتساب ۵۵۵ نهال، حدود ۳۰۰۰ متر مکعب در هکتار برآورد شده است، بود که به‌طور تقریب برای هر دانهال در سال ۵۴۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). نظر به اینکه فاصله کاشت در این پروژه (۱×۶ متر) و یک سوم شرایط باغ‌دار بود، بنابراین مقدار آب مصرف شده برای این پروژه نیز تقریباً یک سوم در نظر گرفته شد. مدار آبیاری ۱۵ روز در نظر گرفته شد؛ که از اول اردیبهشت شروع و تا ۱۵ مهر ادامه داشت. یک نوبت آبیاری در فصل پاییز (آذرماه) و یک نوبت نیز در دی ماه انجام شد و همچنین یک نوبت آبیاری در اواسط اسفند (همزمان با آغاز فعالیت دانهال‌ها) انجام شد. در طول سال ۱۳ نوبت آبیاری انجام شد، برای هر کرت (با ۱۰ دانهال) ۱۸۰۰۰ لیتر آب مصرف شد که سهم هر دانهال ۱۸۰۰ لیتر بود.

برای اندازه‌گیری عناصر غذایی، در اواسط مرداد از هر تکرار (دو دانهال با سن یک سال) تعداد ۳۰ عدد برگ از وسط شاخه‌های رشد سال جاری تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی پرمصرف اولیه (نیتروژن، فسفر، پتاسیم) و عناصر پرمصرف ثانویه (کلسیم و منیزیم) و کم مصرف (منگنز، بور، مس، روی و آهن) و عناصر مؤثر در شوری (سدیم و کلر) در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. پس از اعمال تنش شوری و اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور، تجزیه آماری داده‌ها بر مبنای مفروضات تجزیه واریانس با کمک نرم افزار آماری MSTAT-C انجام شد.

- نتایج و بحث:

۳-۱- عناصر غذایی پر مصرف

۳-۱-۱- نیتروژن

شرایط اقلیمی در دو سال اجرای آزمایش کاملاً متفاوت بود. در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ مقدار بارندگی برابر با ۲۴۴/۶ میلی‌متر بود که بیش‌ترین مقدار بارندگی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شهرستان مه‌ولات (فیض‌آباد) در دوره آماری ۱۶ ساله (۱۴۰۱-۱۳۸۵) بود (جدول۴). در حالی‌که در سال دوم آزمایش (۱۴۰۰-۱۳۹۹) مقدار بارندگی ۱۲۲ میلی‌متر ثبت شد (جدول۴). نتایج نشان داد که اگر چه غلظت نیتروژن برگ در سال اول (۱/۹۱۳ درصد) بیشتر از سال دوم (۱/۸۴۶ درصد) بود (جدول۵)، اما اختلاف معنی‌داری بین دو سال وجود نداشت (جدول۵). این اختلاف می‌تواند ناشی از تثبیت طبیعی نیتروژن توسط باران بی‌شتر در سال اول اجرای آزمایش باشد (کافی و همکاران، ۱۳۹۴). در هنگام رعد و برق، رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل (•OH)، اتم‌های آزاد هیدروژن (•H)، اتم‌های آزاد اکسیژن (•O) با نیتروژن مولکولی (N_2) ترکیب شده و تولید اسید نیتریک (HNO_3) می‌کنند. این اسید توسط آب باران به زمین می‌رسد. تنها ۱۰ درصد از ازت، به این روش (طبیعی) تثبیت می‌گردد و بخش عمده آن به روش زیستی تثبیت می‌گردد. بخش کوچکی از تثبیت ازت ناشی از واکنش‌های فتوشیمیایی با دخالت اکسید نیتریت گازی و ازن استراتوسفر است. اسید نیتریک حاصل شده توسط آب باران به بخش‌های پایین‌تر جو می‌رسد (Rousk et al.,2018).

جدول ٤- مقدار بارندگی در سال‌های اجرای آزمایش در ایستگاه هواشناسی فیض‌آباد- خراسان رضوی(۱۳۹۷-۱٤۰۰).

سال زراعی	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۳۹۹-۱٤۰۰
مراحل اجرای آزمایش	مراقبت دانهال‌ها برای رسیدن به رشد مناسب	اجرای پروژه	اجرای پروژه
مقدار بارندگی (میلی‌متر)	۲۱۴/۱	۲۴۴/۶	۱۲۲

جدول ٥- مقایسه میانگین مربوط به اثرات سال های آزمایش بر صفات مورد مطالعه.

صفات	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	آهن	منگنز	روی	مس	بور
واحد				درصد				میلی‌گرم در کیلوگرم				
سال اول	۱/۹۱۳a	۰/۱۰۳a	۱/۱۷۵b	۱/۳۴۱a	۰/۳۹۲b	۰/۰۹۷a	۰/۹۲۲b	۱۲۱/۷۱b	۴۶/۱۱a	۱۴/۶۸b	۱۳/۶۶b	۱۶۸/۲۰b
سال دوم	۱/۸۴۶a	۰/۱۰۷a	۱/۳۵۳a	۱/۲۰۸b	۰/۵۵۲a	۰/۰۸۲b	۱/۶۱۳a	۱۹۷/۰۸a	۳۵/۶۶b	۲۷/۶۲a	۱۵/۹۷a	۲۶۲/۴۰a

سال اول: ۱۳۹۹-۱۳۹۸، سال دوم: ۱۴۰۰-۱۳۹۹

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

جدول ٦- مقایسه میانگین مربوط به اثرات سطوح مختلف شوری بر صفات مورد مطالعه.

تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	آهن	منگنز	روی	مس	بور
واحد				٪				میلی‌گرم در کیلوگرم				
شوری ۸	۱/۹۵a	۰/۱۰۶a	۱/۲۹a	۱/۲۸a	۰/۵۰۸a	۰/۰۶۹c	۱/۲۱b	۱۵۶/۳b	۴۰/۵۰b	۲۱/۴۰a	۱۴/۶۰a	۲۲۰/۶a
شوری ۱۲	۱/۸۸b	۰/۱۰۷a	۱/۲۹a	۱/۲۸a	۰/۴۶۱b	۰/۱۰۲a	۱/۳۲a	۱۵۶/۳b	۴۰/۰۷b	۲۱/۵۳a	۱۴/۹۰a	۲۱۷/۳b
شوری ۱۶	۱/۷۹c	۰/۱۰۱b	۱/۲۰b	۱/۲۶a	۰/۴۴۶b	۰/۰۹۵b	۱/۲۵b	۱۶۵/۶a	۴۲/۱۰a	۲۰/۵۳a	۱۴/۹۷a	۲۰۸/۱c

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

نتایج مقایسه میانگین اثرات مختلف سطوح شوری ارائه شده در جدول ۶ نشان داد که با افزایش سطح شوری از ۸ به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت نیتروژن برگ نیز از ۱/۹۵ درصد به ۱/۷۹ درصد کاهش یافت که مطابق جدول ۷ کم‌تر از حد بحرانی نیتروژن در برگ پسته بود (صداقتی و همکاران، ۱۳۸۸). تعدادی از مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای نشان داده‌اند که شوری می‌تواند تجمع نیتروژن را در گیاهان کاهش دهد؛ زیرا با افزایش جذب و انباشت کلر و اثر متقابل منفی (آنتاگونیستی) آن با نیترات (NO-3) میزان نیتروژن در گیاه کاهش می‌یابد (Bar *et al.*, 1997)؛ در حالی‌که دیگران این پاسخ را به اثر شوری برکاهش جذب آب نسبت داده‌اند (Lea-Cox and Syvertsen, 1993). از طرفی غلظت زیاد نمک و pH، موجب کاهش جمعیت باکتری‌های تثبیت کننده ازت (ازتوباکتر) می‌شود و فرآیند آمونیفیکاسیون در خاک‌های شور- سدیمی به شدت کاهش می‌یابد. این گونه خاک‌ها، زیستگاه مناسبی برای رشد و تکثیر باکتری‌های ریزوبیوم (تثبیت‌کننده نیتروژن) نیستند (افیونی، ۱۳۷۶). همچنین بین جذب نیتروژن و غلظت سدیم فراهم در خاک یک اثر متقابل منفی وجود دارد (Mulder,1954). مطابق نتایج مقایسه میانگین (جدول ۸) مربوط به اثرات ژنوتیپ‌های مختلف بر غلظت نیتروژن برگ، مشخص شد که اگر چه بیشترین (۱/۹۱ %) و کمترین (۱/۸۶۵ %) غلظت نیتروژن به‌ترتیب در ژنوتیپ پسته گرمه و ژنوتیپ‌های B2-R38-T2 و B2-R34-T16 مشاهده شد، اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت (جدول ۸). براساس نتایج به‌دست آمده از اثرات متقابل سطوح مختلف شوری در بین پنج ژنوتیپ، بیش‌ترین غلظت نیتروژن برگ (۲/۰۰۳ درصد) در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و در ژنوتیپ پسته گرمه به‌دست آمد (جدول۹).

جدول ۷- حد بحرانی، دامنه پیشنهادی(صداقتی و همکاران، ۱۳۸۸) و نتایج آزمایش عناصر غذایی در برگ پسته، آبیاری شده با شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر.

عناصر	واحد	حد بحرانی در برگ	دامنه پیشنهادی	نتایج آزمایش
نیتروژن	درصد	۱/۸	۲/۲-۲/۵	۱/۷۹
فسفر	درصد	۰/۱٤	۰/۱٤ -۰/۱۷	۰/۱۰
پتاس	درصد	۱/٦	۱/۸ -۲	۱/۲
کلسیم	درصد	۱/۳	۱/۳ -٤	۱/۲٦
منیزیم	درصد	۰/۰٦	۰/٦ -۱/۲	۰/٤٤
آهن	میلی‌گرم در کیلوگرم	۱۰۰	۱۵۰	۱٦۵/٦
منگنز	میلی‌گرم در کیلوگرم	۳۰	۳۰ -۸۰	٤۲/۱۰
روی	میلی‌گرم در کیلوگرم	۷	۱۰ -۱۵	۲۰/۵۳
بور	میلی‌گرم در کیلوگرم	۹۰	۱۵۰ -۲۵۰	۲۰۸/۱
مس	میلی‌گرم در کیلوگرم	٤	٦ -۱۰	۱٤/۹۷
سدیم†	؟	؟	؟	۰/۰۹۵
کلر	درصد	<۰/۲	۰/۱ -۰/۳	۱/۲۵

†برای عنصر سدیم حد بحرانی و دامنه پیشنهادی تعریف نشده است.

جدول۸- مقایسه میانگین مربوط به اثرات ژنوتیپ‌های مختلف بر غلظت عناصر در برگ

تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	آهن	منگنز	روی	مس	بور
واحد	درصد						میلی‌گرم در کیلوگرم					
ژنوتیپ ۱	۱/۸۷۹a	۰/۱۰۲۹b	۱/۲۶۰ab	۱/۲۳۸bc	۰/۴۳۳۸c	۰/۰۷۸۳b	۱/۱۶۸b	۱۴۹/۴c	۴۰/۱۷a	۲۰/۸۳ab	۱۴/۸۳b	۱۹۶/۷d
ژنوتیپ۲	۱/۹۱۰a	۰/۱۰۵۸ab	۱/۲۷۳a	۱/۳۲۹a	۰/۵۶۷۸a	۰/۰۹۱۸a	۱/۳۳۷a	۱۶۹/۶a	۴۱/۴۴a	۲۱/۹۴a	۱۵/۰۰b	۲۱۴/۲c
ژنوتیپ ۳	۱/۸۸۰a	۰/۱۰۷۷a	۱/۱۸۵b	۱/۲۸۴ab	۰/۴۴۰۳c	۰/۰۹۰۵a	۱/۲۷۹a	۱۵۷/۸b	۴۱/۸۳a	۲۰/۵۰b	۱۴/۲۲bc	۲۲۰/۹b
ژنوتیپ ۴	۱/۸۶۵a	۰/۱۰۳۵ab	۱/۲۹۹a	۱/۲۲۲c	۰/۴۴۴۰c	۰/۰۹۵۳a	۱/۲۹۷a	۱۵۹/۸b	۴۰/۱۱a	۲۲/۰۶a	۱۶/۱۱a	۲۲۵/۲a
ژنوتیپ ۵	۱/۸۶۵a	۰/۱۰۶۴ab	۱/۳۰۲a	۱/۲۹۹a	۰/۴۷۵۳b	۰/۰۹۰۲a	۱/۲۵۶a	۱۶۰/۴b	۴۰/۸۹a	۲۰/۴۴b	۱۳/۹۴c	۲۱۹/۵b

ژنوتیپ‌ها از ۱ تا ۵ به‌ترتیب شامل گرمه، برگ‌سیاه (کویر)، B2-R33-T3، B2-R38-T2 و B2-R34-T16

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

۳-۱-۲- فسفر

مطابق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱۰ ، اثر برخی از تیمارهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف شوری، ژنوتیپ‌ها، اثرات متقابل آن‌ها بر غلظت فسفر برگ معنی‌دار شد. ضمن اینکه، غلظت فسفر برگ در بالاترین سطح شوری (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) در این آزمایش برابر با ۰/۱۰ درصد بود (جدول ۷)؛ که این عدد کم‌تر از حد بحرانی فسفر (۰/۱۴ درصد) در برگ است (جدول ۷). اثر متقابل بین شوری و فسفر پدیده پیچیده‌ای است و به مرحله رشد گیاه، گونه گیاهی و غلظت شوری بستگی دارد (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). یکی از عوامل کاهش جذب فسفر در خاک‌های شور، کاهش تولید یون فسفر در این نوع خاک‌ها است. همچنین جذب کلر و فسفر به‌صورت آنیونی بوده و مکانیسم جذب مشابهی دارند و در جذب توسط گیاه رقابت می‌کنند. بنابراین کلر در خاک‌های شور به‌دلیل فراوانی، جایگزین فسفر می‌شود (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹؛ ملکوتی،۱۳۸۱). غلظت کلر موجود در خاک در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر برابر با ۴۰۶ میلی‌اکی‌والانت بر لیتر بود (جدول۲) و غلظت کلر موجود در برگ (۱/۲۵ درصد) به بیش از ۶ برابر حد بحرانی کلر در برگ پسته (جدول۷) رسید که می‌تواند تأثیر مهمی در کاهش جذب فسفات از خاک داشته باشد. نتیجه آزمایش نیز تایید نمود که غلظت فسفر برگ کم‌تر از دامنه پیشنهادی بود (جدول ۷). بیش‌ترین غلظت فسفر برگ در ژنوتیپ B2-R33-T3 مشاهده شد که تنها با ژنوتیب پسته گرمه اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۸). ژنوتیپ B2-R34-T16 درشوری۸دسی‌زیمنس‌برمتروژنوتیپ B2-R33-T3 در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بیش‌ترین غلظت فسفر برگ را دارا بودند (جدول ۹).

۳-۱-۳- پتاسیم

گزارش شده است که بیش از ۵۰ نوع آنزیم در گیاهان وجود دارد که یا به طور کامل به پتاسیم وابسته‌اند و یا به وسیله آن تحریک می‌شوند (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). عنصر پتاسیم در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از جمله مقاومت به تنش شوری نقش دارد (فکری، ۱۳۸۶). در بحث مقاومت به شوری آنچه بیش از همه اهمیت دارد نسبت Na^+/K^+ است. از آنجائی‌که سازوکار جذب این دو یون توسط ریشه مشابه است، یون سدیم می‌تواند جایگزین یون پتاسیم شود. اگر چه ریشه‌های گیاه نسبت Na^+/K^+ را تنظیم می‌کنند، اما در شرایط شور این نسبت به هم می‌خورد (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹). مطابق نتایج آنالیز خاک در جدول ۲، غلظت سدیم خاک برابر ۲۶۱/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، در حالی‌که غلظت پتاسیم ۱۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بسیار کمتر از حد بحرانی (۲۵۰ میلی‌گرم در

جدول ۹- مقایسه میانگین مربوط به اثرات ژنوتیپ در شوری بر غلظت عناصر در برگ.

تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	آهن	منگنز	روی	مس	بور
واحد	درصد						میلی‌گرم در کیلوگرم					
شوری۸ × ژنوتیپ ۱	۲/۰۰۳a	۰/۱۰۴۷abc	۱/۲۵۰c	۱/۲۱۶cd	۰/۴۵۹۲bcd	۰/۰۸۰fg	۱/۰۹۸d	۱۴۹/۰hi	۴۰/۵۰abcde	۱۸/۸۳d	۱۴/۸۳cdef	۱۸۴/۲f
شوری۸ × ژنوتیپ ۲	۱/۹۷۸ab	۰/۱۰۵۸abc	۱/۴۸۶a	۱/۳۹۷a	۰/۷۷۸۳a	۰/۰۷۵۵efg	۱/۴۵۶a	۱۶۲/۸cdef	۴۱/۰۰abcd	۲۳/۰۰ab	۱۴/۶۷cdef	۲۲۷/۵b
شوری۸ × ژنوتیپ ۳	۱/۹۳۲abc	۰/۱۰۸۸ab	۰/۰۶۱f	۱/۲۱۴cd	۰/۴۱۶۷d	۰/۰۷۶۵ef	۱/۱۶۸cd	۱۴۶/۰i	۳۸/۶۷de	۲۰/۳۳bcd	۱۲/۸۳g	۲۰۳/۰e
شوری۸ × ژنوتیپ ۴	۱/۹۸۸ab	۰/۱۰۴۸abc	۱/۲۴۰cd	۱/۳۰۹abc	۰/۴۳۵۸cd	۰/۰۵۹۳g	۱/۲۲۲bcd	۱۵۹/۵efg	۴۲/۶۷abc	۲۳/۵۰a	۱۶/۵۰b	۲۴۷/۰a
شوری۸ × ژنوتیپ ۵	۱/۸۹۵abcde	۰/۱۰۹۸a	۱/۴۱۴ab	۱/۲۷۹bc	۰/۴۵۴۲bcd	۰/۰۶۷۰fg	۱/۱۵۲cd	۱۶۴/۳bcde	۳۹/۶۷cde	۲۱/۳۳abcd	۱۴/۱۷defg	۲۴۱/۲a
شوری۱۲ × ژنوتیپ ۱	۱/۸۶۲bcde	۰/۱۰۶۷ab	۱/۴۴۶a	۱/۲۲۷cd	۰/۴۱۳۷d	۰/۱۰۱۵cd	۱/۲۱۴bcd	۱۵۲/۳ghi	۳۹/۶۷cde	۲۳/۸۳a	۱۵/۶۷bcd	۲۱۹/۳cd
شوری۱۲ × ژنوتیپ ۲	۱/۹۱۸abcd	۰/۱۰۸۷ab	۱/۲۳۴cd	۱/۳۶۷ab	۰/۴۹۰۰bc	۰/۱۰۵۳c	۱/۴۴۸a	۱۶۸/۲bcd	۳۹/۶۷cde	۲۳/۸۳a	۱۵/۸۳bc	۲۲۸/۲b
شوری۱۲ × ژنوتیپ ۳	۱/۸۹۳abcde	۰/۱۰۹۷a	۱/۲۴۷cd	۱/۳۱۴abc	۰/۴۶۰۸bcd	۰/۱۰۶۵c	۱/۳۵۵ab	۱۵۵/۷fgh	۴۳/۸۳a	۲۰/۵۰bcd	۱۴/۵۰cdef	۲۱۵/۳d
شوری۱۲ × ژنوتیپ ۴	۱/۸۲۸cde	۰/۱۰۳۰abc	۱/۲۹۸bc	۱/۱۴۰d	۰/۴۳۵۰cd	۰/۰۷۴۵efg	۱/۲۱۴bcd	۱۴۹/۵hi	۳۷/۱۷e	۲۰/۱۷cd	۱۳/۶۷fg	۲۰۵/۲e
شوری۱۲ × ژنوتیپ ۵	۱/۹۱۷abcd	۰/۱۰۹۰ab	۱/۲۶۹c	۱/۳۵۶ab	۰/۵۰۷۵b	۰/۱۲۵۰b	۱/۴۰۱a	۱۵۵/۸fgh	۴۰/۰۰bcde	۱۹/۳۳d	۱۴/۸۳cdef	۲۱۸/۳cd
شوری۱۶ × ژنوتیپ ۱	۱/۷۷۳e	۰/۰۹۷۳c	۱/۰۸۴ef	۱/۲۷۰bc	۰/۴۲۸۳d	۰/۰۶۵۵fg	۱/۱۹۱bcd	۱۴۶/۸i	۴۰/۳۳abcde	۱۹/۸۳cd	۱۴/۰۰efg	۱۸۶/۵f
شوری۱۶ × ژنوتیپ ۲	۱/۸۳۳cde	۰/۱۰۲۸abc	۱/۰۹۹def	۱/۲۲۴cd	۰/۴۳۵۰cd	۰/۰۹۴۶cd	۱/۱۰۶d	۱۷۷/۸a	۴۳/۶۷ab	۱۹/۰۰d	۱۴/۵۰cdef	۱۸۷/۰f
شوری۱۶ × ژنوتیپ ۳	۱/۸۱۵cde	۰/۱۰۴۷abc	۱/۲۴۸cd	۱/۳۲۵abc	۰/۴۴۳۳cd	۰/۰۸۸۵de	۱/۳۱۴abc	۱۷۱/۷ab	۴۳/۰۰abc	۲۰/۶۷bcd	۱۵/۳۳bcde	۲۴۴/۵a
شوری۱۶ × ژنوتیپ ۴	۱/۷۸۸e	۰/۱۰۲۷abc	۱/۳۵۸abc	۱/۲۱۷cd	۰/۴۶۱۳bcd	۰/۱۵۲۳a	۱/۴۵۴a	۱۷۰/۳bc	۴۰/۵۰abcde	۲۲/۵۰abc	۱۸/۱۷a	۲۲۳/۳bc
شوری۱۶× ژنوتیپ ۵	۱/۷۸۳de	۰/۱۰۰۳bc	۱/۲۲۲cde	۱/۲۶۲bc	۰/۴۶۴۲bcd	۰/۰۷۸۸ef	۱/۲۱۴bcd	۱۶۱/۲def	۴۳/۰۰abc	۲۰/۶۷bcd	۱۲/۸۳g	۱۹۹/۰e

ژنوتیپ‌ها از ۱ تا ۵ به‌ترتیب شامل گرمه، برگ‌سیاه (کویر)، B2-R33-T3، B2-R38-T2 و B2-R34-T16

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

کیلوگرم) در خاک است (علیپور و حسینی فرد، ۱۳۸۲). از طرفی در تیمار شوری سطح ۳ (جدول ۶)، غلظت سدیم برگ بسیار زیاد (۰/۰۹۵ درصد) و غلظت پتاسیم برگ ۱/۲ درصد و کم‌تر از حد بحرانی (۱/۶) در برگ پسته بود (جدول ۷). مطابق جدول ۱۰، اثر سال بر غلظت پتاسیم برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. غلظت پتاسیم برگ در سال دوم ۱/۳۵۳ درصد و در سال اول ۱/۱۷۵ درصد بود و بین آن‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول۵). همان‌طور که ذکر شد در سال اول به‌دلیل بارندگی بسیار زیاد (جدول۴)، بخش زیادی از سدیم خاک آزاد شد و به دلیل رابطه آنتاگونیستی با پتاسیم، غلظت پتاسیم برگ کاهش و غلظت سدیم برگ افزایش یافت. سدیم از عناصر مهم و مؤثر بر شوری خاک است که غلظت آن در برگ در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود و اختلاف معنی‌داری بین دو سال وجود داشت (جدول ۵). اما به‌طور بر عکس، غلظت پتاسیم برگ در سال اول کم‌تر از سال دوم بود (جدول ۵).

مطالعات متعدد تأیید کرده است که آب باران حاوی عناصر غذایی است که می‌تواند تأمین‌کننده بخشی از نیاز غذایی گیاه باشد. در این میان، غلظت سدیم موجود در آب باران، به مراتب بیش‌تر از پتاسیم است (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۲). همچنین کاهش اسیدیته خاک در شرایط پر باران (نقشینه پور، ۱۳۶۷؛ محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۴) موجب می‌شود جذب خالص پتاسیم در شرایط اسیدی، به شدت کاهش یابد (طباطبایی، ۱۳۹۲). از طرف دیگر به‌دلیل پویا بودن سدیم در خاک، این عنصر در اثر بارندگی زیاد، فعال شده و از سطح خاک به لایه‌های پایین منتقل می‌شود و با توجه به رابطه آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم (Mulder, 1954) و همچنین افزایش نسبت Na^+/K^+ در شرایط شور (Grattan and Grieve,1999) و غلظت زیاد سدیم در خاک، جذب پتاسیم و در نتیجه غلظت پتاسیم برگ در سال اول اجرای آزمایش کاهش یافت (جدول ۵).

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف شوری و ژنوتیپ‌های پسته بر غلظت عناصر برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر
		درصد						
سال	۱	۰/۱۰۲^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۷۰۸**	۰/۴۰۱**	۰/۵۷۹**	۰/۰۰۵**	۱۰/۷۴۹**
سطوح شوری	۲	۰/۱۹۹**	۰/۰۰۰*	۰/۰۸۶*	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۹**	۰/۰۸۹*
سال × سطوح شوری	۲	۰/۱۶۸*	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۶۰**	۰/۰۰۲**	۰/۲۶۰**
ژنوتیپ	۴	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰*	۰/۰۴۰*	۰/۰۳۵**	۰/۰۵۶**	۰/۰۰۱**	۰/۰۷۱**
سال × ژنوتیپ	۴	۰/۰۴۵**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۱۸^{ns}	۰/۰۱۵*	۰/۰۵۸**	۰/۰۰۲**	۰/۰۱۲^{ns}
سطوح شوری × ژنوتیپ	۸	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۰۰*	۰/۱۲۴**	۰/۰۳۳**	۰/۰۴۶**	۰/۰۰۴**	۰/۱۱۱**
سال × ژنوتیپ × سطوح شوری	۸	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۱۰۲**	۰/۰۵۸**	۰/۰۳۳**	۰/۰۰۱**	۰/۰۵۵**
ضریب تغییرات(٪)	-	۵/۲۲	۶/۶۵	۸/۹۹	۶/۵۶	۱۰/۵۳	۱۴/۵۳	۱۰/۳۲

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۱۰ (ادامه)- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات سطوح مختلف شوری و ژنوتیپ‌های پسته بر غلظت عناصر برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		آهن	منگنز	روی	مس	بور
		میلی‌گرم در کیلوگرم				
سال	۱	۱۲۷۸۴۰/۷**	۲۴۵۴/۴**	۳۷۶۳/۶**	۱۲۰/۱۷**	۱۹۹۶۵۶/۹**
سطوح شوری	۲	۸۵۵/۶**	۳۴/۴**	۸/۸۴^{ns}	۱/۱۴^{ns}	۱۲۵۸/۹**
سال × سطوح شوری	۲	۲۶۹/۴*	۶۹/۳**	۰/۹۳۳^{ns}	۱۴/۰۱**	۳۰۴/۹**
ژنوتیپ	۴	۹۳۷/۵**	۱۰/۴۷^{ns}	۱۱/۱۲*	۱۲/۷۰**	۲۲۲۸/۴**
سال × ژنوتیپ	۴	۱۲۰۵/۶**	۵۷/۰۲**	۶/۸۲^{ns}	۱/۵۹^{ns}	۱۰۷۶/۲**
سطوح شوری × ژنوتیپ	۸	۳۲۶/۹**	۲۶/۰۲**	۲۴/۲۸**	۱۳/۲۹**	۳۱۰۸/۷**
سال × ژنوتیپ × سطوح شوری	۸	۶۱۰/۷**	۸۵/۳**	۱۵/۳۲**	۷/۲۱**	۲۳۰۴/۸**
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۸۰	۶/۶۹	۹/۵۲	۸/۲۸	۲/۴۳

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول۱۰)، اثر ژنوتیپ‌های مختلف بر غلظت پتاسیم برگ در سطح یک درصد معنی‌دار؛ و براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۸)، بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت پتاسیم با ۱/۳۰۲ و ۱/۱۸ درصد به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های B2-R34-T16 و B2-R33-T3 تعیین شد. با توجه به اهمیت نقش سدیم و نسبت Na^{+}/K^{+} در بحث مقاومت به شوری (جلیلی مرندی، ۱۳۸۹)، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت سدیم برگ به‌ترتیب در ژنوتیپ شماره B2-R38-T2 با ۰/۰۹۵۳ و کم‌ترین در ژنوتیپ گرمه و با ۰/۰۷۸۳ درصد به‌دست آمد (جدول ۸).

مطابق جدول ۱۰، غلظت پتاسیم برگ در سطح ۵ درصد و غلظت سدیم برگ در سطح یک درصد تحت تاثیر سطوح مختلف شوری (۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) معنی‌دار شد. با افزایش شوری غلظت پتاسیم برگ کاهش و غلظت سدیم برگ در شوری سطح ۲ به بالاترین غلظت رسید (جدول ۶). شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ برگ‌سیاه (کویر) و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ پسته گرمه بدون اختلاف معنی‌دار بالاترین غلظت پتاسیم گیاه را داشتند (جدول ۹).

۳-۱-٤- کلسیم

بر اساس جدول ۱۰، اثر سطوح شوری بر غلظت کلسیم برگ معنی‌دار نبود. بین ژنوتیپ‌ها در غلظت کلسیم برگ در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت؛ به‌طوری‌که ژنوتیپ برگ‌سیاه (کویر) و B2-R38-T2 به ترتیب با ۱/۳۲۹ و ۱/۲۲۱ دارای بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت کلسیم برگ بودند. اما اثر سال بر غلظت کلسیم برگ، در سطح یک درصد معنی‌دار بود و براساس جدول ۵ ، بیش‌ترین غلظت کلسیم در سال اول (۱/۳۴۱ درصد) و کم‌ترین در سال دوم (۱/۲۰۸ درصد) ثبت شد، که اختلاف بین آن‌ها نیز از نظر آماری معنی‌دار بود. براساس مطالعات انجام شده با افزایش بارندگی و بالا رفتن رطوبت خاک در سال اول (جدول ۴)، مقدار اسیدکربنیک خاک افزایش می‌یابد، که با تأثیر بر کلسیم جذب سطحی شده ذرات خاک، مقدار زیادی از کلسیم به این روش از خاک رها شده و فعال می‌شود (نقشینه پور، ۱۳۶۷) و می‌تواند در اختیار ریشه گیاه قرار گرفته و جذب گیاه شود. به‌طور کلی باید توجه داشت که کمبود کلسیم در خاک‌های مناطق شور و خشک کم‌تر

گزارش شده است (سالاردینی، ۱۳۶۲). کلسیم در ارتباط با تحکیم غشای سلولی، فعالیت‌های آنزیمی و غیره نقش دارد. در مجموع کلسیم به‌عنوان یک عنصر کاهنده شوری و اثرات مضر سدیم در خاک شناخته می‌شود (جلیل مرندی، ۱۳۸۹). براساس مطالعه انجام شده ارقامی از پسته که قدرت جذب کلسیم بیش‌تری از خاک دارند و غلظت کلسیم برگ آن‌ها بیش‌تر از سایر ارقام بود، تحمل بیش‌تری به شوری داشتند (شرافتی و حکم‌آبادی، ۱۳۹۴). طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها در جذب کلسیم به‌شرح زیر بود:

ژنوتیپ B2-R38-T2 < ژنوتیپ گرمه < ژنوتیپ B2-R33-T3 < ژنوتیپ B2-R34-T16 < ژنوتیپ برگ‌سیاه (کویر)

به‌طور کلی از نظر مجموع عناصر غذایی پر مصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم)، ۵ ژنوتیپ به‌ترتیب زیر طبقه‌بندی شدند:

B2-R34-T16> B2-R38-T2>گرمه>B2-R33-T3 < ژنوتیپ برگ‌سیاه (کویر)

۳-۱-۵- منیزیم

غلظت منیزیم برگ در سال دوم (۰/۵۵۲ درصد) اختلاف معنی‌دار با سال اول (۰/۳۹۲ درصد) داشت (جدول ۵) که عکس غلظت کلسیم بود. با افزایش سطح شوری غلظت منیزیم کاهش (جدول ۶) و بیش‌ترین غلظت منیزیم به‌ترتیب در ژنوتیپ پسته گرمه و B2-R34-T16 مشاهده شد (جدول ۸). بیش‌ترین غلظت منیزیم برگ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ کویر به‌دست آمد (جدول ۹)

۳-۲- عناصر ریزمغذی

عوامل زیادی فراهمی ریز مغذی‌ها در شرایط تنش شوری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در شرایط تنش شوری، فراهمی ریز مغذی‌ها به حلالیت آن‌ها، اسیدیته محلول خاک، پتانسیل اکسیداسیون و احیا و غیره بستگی دارد (اسکندری‌تربقان و شرافتی، ۱۴۰۰). در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت ریزمغذی‌ها (مانند مس، آهن، منگنز، مولیبدن و روی) به‌طور ویژه کم است و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند؛ اغلب (اما نه در همه موارد) کمبود این عناصر را تجربه می‌کنند (Page *et al.*, 1990). تفاوت‌ها را می‌توان به نوع گیاه، بافت گیاهی، سطح و ترکیب شوری، غلظت عناصر ریزمغذی، شرایط رشد و مدت زمان مطالعه نسبت داد. در نتیجه، رابطه بین شوری و تغذیه عناصر ریزمغذی پیچیده است. شوری ممکن است افزایش، کاهش یا تأثیری بر غلظت عناصر ریزمغذی در اندام هوایی گیاهان نداشته باشد (Grattan and Grieve, 1999). مطابق جدول ۱۰، اثر سطوح شوری بر غلظت عناصر کم‌مصرف آهن، منگنز و بور در سطح یک درصد معنی‌دار بود؛ اما تأثیری بر غلظت عناصر روی و مس نداشت.

۳-۲-۱- آهن

غلظت آهن برگ در سال دوم ۷۵/۳۷ میلی‌گرم درکیلوگرم بیش‌تر از سال اول بود (جدول ۵). با افزایش سطح شوری، غلظت آهن برگ افزایش یافت. به‌طوری‌که در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ، غلظت آهن برگ ۱۵۶/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ و در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ، غلظت آهن به ۱۶۵/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ رسید (جدول ۶). 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 است مقداری از H^+را که در سطح تبادلی رس بوده حذف نموده و وارد محلول خاک نماید. هر چه غلظت H^+ در محلول بیش‌تر باشد، pH کاهش بیش‌تری بیش‌تر می‌یابد (Cancellier, 2013). غلظت آهن در ژنوتیپ برگ سیاه (کویر) با اختلاف معنی‌دار بیش‌تر از سایر

ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۸). در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ، ژنوتیپ‌های کویر و B2-R33-T3 دارای بیش‌ترین غلظت آهن برگ بودند (جدول ۹). براساس مطالعات انجام شده، شوری، سطوح سدیم و کلر را در گیاه افزایش می‌دهد؛ که تأثیر مستقیمی بر غلظت عناصر ریزمغذی دارند. تحت تأثیر شوری، غلظت ریزمغذی‌ها در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. به‌عنوان مثال غلظت منگنز و روی در جو، گوجه فرنگی و برنج تحت تأثیر شوری افزایش و در ساقه‌های ذرت کاهش یافت، در حالی که غلظت آهن در شاخساره نخود، گوجه‌فرنگی و برنج افزایش یافت (اسکندری‌تربقان و شرافتی، ۱۴۰۰).

۳-۲-۲- منگنز

منگز تنها عنصر ریزمغذی بود که غلظت آن در سال اول (۴۵/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش از سال دوم (۳۵/۶۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۵). اکثر مطالعات بر روی محصولات باغی، صرف نظر از این‌که آیا آن‌ها در خاک یا در محلول کشت شده‌اند، نشان می‌دهد که شوری غلظت منگنز را در بافت اندام هوایی کاهش می‌دهد. اما نتایج این آزمایش در مورد عنصر منگنز با بسیاری از محصولات باغبانی مطابقت نداشت، به‌طوری‌که غلظت منگنز برگ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ، ۴۰/۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ، ۴۲/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم. در مجموع، گزارش‌های مربوط به تأثیر شوری بر غلظت منگنز در گیاهان به اندازه گزارش‌های مربوط به غلظت روی و آهن متناقض است (Grattan and Grieve,1999). شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ (۴۳/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ کویر (۴۳/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیش‌ترین غلظت منگنز برگ بدون اختلاف معنی‌دار را داشتند (جدول ۹).

۳-۲-۳- روی

غلظت سه عنصر روی، مس و بور در سال دوم بیش از سال اول بود (جدول ۵). اختلاف معنی‌داری با افزایش سطح شوری در غلظت روی و مس برگ مشاهده نشد (جدول ۶). بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت روی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های B2-R38-T2 و B2-R34-T16 با ۲۲/۰۶ و ۲۰/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ۸). ژنوتیپ کویر و پسته گرمه در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین غلظت روی برگ را نشان دادند (جدول ۹). تقریباً در مورد تمام عناصر ریزمغذی، یافته‌های متناقضی از تأثیر شوری بر غلظت عناصر ریزمغذی در گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده است. عاملی که بیش‌تر موجب کمبود عناصر ریزمغذی در گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود، اسیدیته است. به‌طور کلی فراهمی ریز مغذی‌ها در خاک‌هایی با اسیدیته کم‌تر، بیش‌تر است (اسکندری‌تربقان و شرافتی، ۱۴۰۰؛ Grattan and Grieve, 1999).

۳-۲-٤- مس

ژنوتیپ B2-R38-T2 بیش‌ترین غلظت مس (۱۶/۱۱ میلی‌گرم درکیلوگرم) در بین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ B2-R34-T16 کم‌ترین غلظت مس برگ را همانند غلظت روی به خود اختصاص دادند (جدول ۸). ژنوتیپ B2-R38-T2 در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر با ۱۸/۱۷ میلی‌گرم درکیلوگرم بیش‌ترین غلظت مس را داشت (جدول ۹).

۳-۲-۵- بور

در ارتباط با عنصر بور بر عکس منگنز، با افزایش سطح شوری از ۸ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، غلظت بور برگ از ۲۲۰/۶ به ۲۰۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت (جدول ۶). این نتایج با بسیاری از مطالعات انجام شده در ارتباط با شوری و بور در بافت‌های گیاهی

مطابقت داشت. به‌عنوان مثال در مطالعات انجام شده توسط ال موتیون و همکاران (El-Motaium et al., 1994)با استفاده از مخلوط نمک‌های کلرید و سولفات دریافتند که شوری موجب کاهش جذب و تجمع بور در ساقه چندین پایه از گونه پرونوس شده و در نتیجه علائم سمیت بور کاهش یافته بود که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت داشت. حداکثر غلظت بور همانند روی و مس در ژنوتیپ B2-R38-T2 مشاهده شد (جدول۸). ژنوتیپ‌های B2-R38-T2 وB2-R34-T16 در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ B2-R33-T3 در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بیش‌ترین غلظت بور برگ را بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۹).

بر طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱۰)، پنج ژنوتیپ مورد مطالعه از نظر مجموع کل غلظت عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، روی، مس و بور) برگ به‌ترتیب زیر طبقه‌بندی شدند و به‌طورکلی در سه گروه قرار گرفتند. در گروه اول، ژنوتیپ‌های B2-R38-T2 و برگ‌سیاه (کویر)، در گروه دوم، ژنوتیپ‌های B2-R33-T3 و B2-R34-T16 و در گروه سوم، ژنوتیپ گرمه قرار داشت. اختلاف غلظت عناصر غذایی در هر گروه بسیار ناچیز؛ اما بین گروه‌ها زیاد بود (جدول ۸). طبقه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس غلظت ریزمغذی‌ها به شرح زیر بود:

ژنوتیپ گرمه< ژنوتیپ B2-R34-T1< ژنوتیپ B2-R33-T3 <ژنوتیپ برگ‌سیاه<ژنوتیپ B2-R38-T2

اگر چه غلظت عناصر غذایی پرمصرف در پنج ژنوتیپ مورد مطالعه کم‌تر از حد بحرانی بود، اما غلظت عناصر غذایی کم مصرف در هر پنج ژنوتیپ بالاتر از حد بحرانی پسته بود (جدول ۷).

۳-۳- عناصر موثر در شوری

۳-۳-۱- سدیم

غلظت سدیم برگ در سال اول بیش‌تر از سال دوم بود (جدول۵). اختلاف معنی‌داری در بین چهار ژنوتیپ پسته در غلظت سدیم برگ مشاهده نشد (جدول ۸) و تنها ژنوتیپ پسته گرمه کم‌ترین غلظت سدیم برگ (۰/۰۷۸۳ درصد) را به طور معنی‌دار با بقیه ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۸). کم‌ترین غلظت سدیم برگ در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر ر و ژنوتیپ B2-R38-T2 و شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ پسته گرمه مشاهده شد (جدول ۹).

۳-۳-۲- کلر

غلظت کلر برگ برخلاف سدیم برگ در سال دوم آزمایش (۱/۶۱۳ درصد) بیش از سال اول (۰/۹۲۲ درصد) بود (جدول ۵). غلظت کلر برگ هم همانند سدیم در ژنوتیپ‌ها بود و تنها ژنوتیپ پسته گرمه با ۱/۱۶۸ درصد کلر، کم‌ترین غلظت کلر را به خود اختصاص داد (جدول ۸). کم‌ترین غلظت کلر برگ در شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ B2-R38-T2 و شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و ژنوتیپ کویر و ژنوتیپ B2-R34-T1 مشاهده شد (جدول ۹).

٤- نتیجه‌گیری

موضوع انتخاب پایه مناسب برای احداث باغ پسته همواره مورد توجه محققین و باغداران بوده است. نظر به اینکه پایه تمام ریشه و بخشی از تنه درخت را تشکیل می‌دهد، اهمیت زیادی در جذب آب، عناصر غذایی، تحمل تنش‌های شوری، خشکی و بیماری‌ها دارد. مطالعات زیادی در خصوص اثرات شوری برگونه‌های مختلف جنس پسته (Pistacia) انجام شده است؛ که عمدتاً حول سه محور تحمل به شوری، مقاومت به بیماری‌های خاکزی و توانایی در جذب عناصر غذایی و عملکرد متمرکز بوده است. نظر به این‌که بیش‌تر این مطالعات در شرایط کنترل‌شده (گلخانه) انجام شده بود در بسیاری از موارد نتایج به‌دست آمده با شرایط مزرعه مطابقت نداشت و

کاربردی نبود. با توجه به اینکه همه‌ساله بر شوری آب و خاک در مناطق مختلف پسته‌کاری کشور افزوده می‌شود، تحقیق و مطالعه برای انتخاب پایه‌های جدید که مقاومت بیش‌تری به شوری داشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌همین منظور از پنج ژنوتیپ که در کلکسیون ارقام پسته از مقاومت بالایی به شوری برخوردار بودند به‌عنوان پایه استفاده شد و در مدت سه سال با شوری‌های کم (۸ دسی‌زیمنس بر متر)، متوسط (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) و زیاد (۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شدند. براساس مطالعات انجام شده، مبنای تعیین ارقام به شوری (معین راد، ۱۳۷۹؛ آدیش و همکاران، ۲۰۱۰) عبارت از توانایی پایه‌ها در جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف در شرایط شور، نسبت عنصر سدیم به پتاسیم و کلسیم و در نهایت عملکرد است. از بین پنج ژنوتیپ مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های برگ‌سیاه و B2-R38-T2، در غلظت کل عناصر غذایی تقریباً یکسان عمل کردند و ژنوتیپ‌های B2-R33-T3 و B2-R34-T16 نیز تقریباً غلظت یکسانی از عناصر غذایی مورد مطالعه را نشان دادند و بین این دو گروه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ژنوتیپ گرمه در مجموع کم‌ترین غلظت عناصر غذایی را در برگ داشت. از نظر غلظت عناصر موثر در شوری شامل سدیم و کلر، ژنوتیپ گرمه در مجموع کم‌ترین غلظت را داشت و ژنوتیپ برگ‌سیاه بیش‌ترین غلظت این دو عنصر را نشان داد. در مقایسه عملکرد (رشد رویشی)، نتایج نشان داد که ژنوتیپ گرمه بیش‌ترین ارتفاع و قطر دانهال و ژنوتیپ B2-R33-T3 در پایین‌ترین سطح قرار داشت (داده‌ها ارائه نشده است). اگر چه انتظار این است که ژنوتیپی که بیش‌ترین رشد رویشی (عملکرد) را دارد، بیش‌ترین غلظت عناصر غذایی را نیز داشته باشد، اما ژنوتیپ گرمه از این قاعده پیروی نکرد. مطالعات انجام شده توسط سایر محققین نیز گویای این واقعیت بود که هیچکدام از پایه‌ها در تمام صفات مورد مطالعه برتری مطلق نداشتند. در این پژوهش نیز هیچ‌کدام از پایه‌های مورد مطالعه در تمامی صفات نسبت به سایر پایه‌ها، برتری نداشت. در نتایج به‌دست آمده چند نکته باید مورد توجه قرار گیرد: اول اینکه این پایه‌ها تنها سه سال با آب شور آبیاری شده‌اند و این مدت در مقایسه با سال‌هایی که بعد از پیوند در خاک ایفای نقش می‌کنند، بسیار کوتاه است. بنابراین نقش و توانایی آن‌ها در خاک‌های شور، می‌بایست در سال‌های پس از پیوند و تأثیر آن‌ها بر محصول‌دهی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. نکته دوم اینکه بخشی از توانایی پایه به اثرات متقابل با پیوندک (رقم) بستگی دارد که ممکن است موجب تشدید و یا تضعیف عوامل مقاوم به شوری شود. در هر حال در مدت آزمایش هیچ کدام از ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اثرات ظاهری سمیت عناصر موثر در شوری (شامل سدیم، کلر و بور) را در اندام‌های رویشی شامل برگ و شاخساره نشان ندادند؛ و این یعنی در مجموع اختلاف بین آن‌ها در مقاومت به شوری نباید خیلی زیاد باشد و این صفت از والد مادری به ژنوتیپ‌ها (دانهال‌ها) منتقل شده است؛ که این نکته بسیار حائز اهمیت بود. در مجموع با توجه به اینکه رسیدن به رشد رویشی مناسب برای پیوند در دوره نونهالی حائز اهمیت است، می‌توان گفت که ژنوتیپ گرمه با بیش‌ترین رشد رویشی (عملکرد) و کم‌ترین غلظت عناصر موثر در شوری (شامل سدیم، کلر و بور)، بر سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برتری داشت و به‌عنوان یک پایه با رشد رویشی مناسب و مقاوم به شوری قابل معرفی است و در بین چهار ژنوتیپ دیگر، ژنوتیپ برگ سیاه (کویر) نسبت به سایرین از جذب بیش‌تری در غلظت عناصر غذایی برخوردار بود.

تضاد و تعارض منافع - نویسندگان هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌نمایند.

منابع

اسکندری تربقان، م. و ع. ح. شرافتی. (۱۴۰۰). عناصر غذایی گیاه و تحمل تنش‌های غیر زنده (ترجمه). جلد دوم. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی. تهران.

اسماعیل‌پور، ع.، تاج‌آبادی‌پور، ع.، هاشمی نسب، ح.، جوانشاه، ا. و ر. دستجردی. (۱۳۹۷). دستناوردها و برنامه‌های تحقیقات ژنتیک و به نژادی پسته. موسسه تحقیقات علوم باغبانی. نشریه فنی، ۵۴۲۶۷.

افیونی، م. (۱۳۷۶). خاک‌های شور و سدیمی و اصلاح آنها. انتشارات ارکان. اصفهان.

جلیلی مرندی، ر. (۱۳۸۹). فیزیولوژی تنش‌های محیطی و مکانیسم‌های مقاومت در گیاهان باغی (درختان میوه، سبزی‌ها، گیاهان زینتی و گیاهان دارویی). انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه ارومیه.

حکم‌آبادی، ح. (۱۳۷۷). عکس‌العمل پایه‌های مختلف درختان پسته به زیادی بور و کلرید سدیم در آب آبیاری. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. ۳۰۰ صفحه.

درویشیان، م. (۱۳۸۱). کشت و تولید پسته (ترجمه). نشر آیندگان.

سالاردینی، ع. ا. و م. مجتهدی. (۱۳۶۲). اصول تغذیه گیاه، جلد اول: جنبه‌های بنیادی (ترجمه). انتشارات دانشگاه تهران.

شرافتی، ع.ح. و ح. حکم آبادی. (۱۳۹۴). تأثیر برخی از پایه های پسته بر جذب عناصر غذایی در دو رقم پسته اکبری و برگ سیاه. مجله علوم و فنون پسته. ۱(۱)، ۳۲-۴۳.

صداقتی، ن.، شیبانی تذرجی، ز.، تاج آبادی پور، ع.، حکم آبادی، ح.، حقدل، م. و م. عبداللهی عزت آبادی. (۱۳۸۸). راهنمای تولید پسته (کاشت، داشت و برداشت)،(ترجمه). موسسه تحقیقات پسته کشور. رفسنجان. ایران

طباطبایی، س.ج. (۱۳۹۲). اصول تغذیه معدنی گیاه (مفاهیم نظری و عملی). انتشارات دانشگاه تبریز.

علیپور، ح. و س.ج. حسینی فرد (۱۳۸۲). تشخیص و رفع کمبود عناصر غذایی در پسته. نشریه فنی شماره ۱۴. موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور. رفسنجان. ایران.

علیپور، ح. و س.ج. حسینی فرد (۱۳۹۲). گزارش نهایی پروژه هیبرید پسته مقاوم به شوری و بررسی مارکرهای مورفولوژیکی مقاومت به شوری. موسسه تحقیقات پسته کشور. رفسنجان.

فرشی، ع.، شریعتی، م.، جارالهی، ر.، قائمی، م.، شهابی فر، م. و تولایی، م. (۱۳۷۶) .برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی، جلد دوم، گیاهان باغی- موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۶۳۰ صفحه.

فکری، م. (۱۳۸۶). اثر کاربرد پتاسیم بر تحمل به شوری نهال‌های پسته. دهمین کنگره علوم خاک ایران. شهریور ۱۳۸۶.کرج. ایران.

قنبری، ع ا.، محمودی م.، بیضائی ا.، غفاری خلیق ح.، راستجو غ.، زمانی م.، امیری اوغان ح.، بختیار ف.، حقجویان ر.، زمانی م ج.، اسدی ه.، شاهمرادی س ش.، توتک ف.، مهرآور م.، مقدم ع. و نجفیان گ. (۱۳۹۴). امنیت و سلامت غذایی، ذخایر ژنتیکی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۲۱۲ صفحه.

کافی، م.، کامکار،ب.، مهدوی دامغانی، ع.ح. و م.جامی الاحمدی. (۱۳۹۴). فیزیولوژی و نمو گیاهی. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه فردوسی مشهد.

محمودی، ش. و م. حکیمیان. (۱۳۹۱). مبانی خاکشناسی. انتشارات دانشگاه تهران.

معین‌راد، ح.(۱۳۷۹). بررسی مقاومت ارقام مختلف پسته به شوری. رساله دکتری باغبانی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۱). تغذیه گیاهان در شرایط شور. انتشارات سنا. تهران.

ملکوتی، م.ج. و م. همایی. (۱۳۸۳). حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). انشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

مومن پور، ع.، ایمانی، ع.، رسولی، م.، محمدیان، ج. و دهاقین، ل. (۱۳۹۵). اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی، تغییرات کلروفیل فلورسانس و غلظت عناصر غذایی در ۱۴ رقم پسته. تولید گیاهی ۲۳ (۲)، ۹۱-۱۲۱.

نقشینه پور، ب. (۱۳۶۷). کلیات خاکشناسی (جنبه های حاصلخیزی خاک). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

هاشمی نسب، ح.، اسماعیل پور ع.، تاج آبادی پور ع. جوانشاه ا. (۱۳۹۶). معرفی برنامه‌های به‌نژادی تحمل به شوری پسته (*Pistacia vera* L.) در ایران: ظرفیت‌ها، چالش‌ها و راهبردهای پیش‌رو. اولین همایش ملی شوورزی. یزد.

Adish, M., Fekri, M., & Hokmabadi, H. (2010). Response of Badami-Zarand Pistachio Rootstock to Salinity Stress. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 1,1-11.

Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U., & Goren, R. (1997). Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. *Journal of Plant Nutrition,* 20, 715-731.

Cancellier,E.(2013).Re:WhataretheeffectsofsoilsalinityonpH?.Retrievedfrom:https://www.researchgate.net/post/What_are_the_effects_of_soil_salinity_on_pH/5229bdabd3df3ecb0e8259a2/citation/download.

El-Motaium, R., Hu, H., & Brown, P.H. (1994). The relative tolerance of six Prunus rootstocks to boron and salinity. *Journal of the American Society for Horticultural Science,* 119, 1169-1175.

Ferguson, L., & Haviland, D.R. (2016). Pistachio Production Manual. University of California Agriculture and Natural Resource Publication. 334 pp.

Grattan, S.R., & Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae.78,127-157.

Kalev, S.D., & Toor, G.S. (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

Kole, C. (2011). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. 247 pp

Lea-Cox, J.D., & Syvertsen, J.P. (1993). Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. *Annals of Botany*, 72, 47-54.

Mulder, D. (1954). Les elements mineurs en culture fruitiere. Convegno Nazionale Fruitticoltura, 118–98. French Montana de Saint Vincent.

Page, A.L., Chang, A.C., & Adriano, D.C. (1990). Deficiencies and toxicities of trace elements. Agricultural Salinity Assessment and Management, Chapter 7, ASCE Manuals and Reports on Eng. Practice No. 71, ASCE, pp. 138-160.

Rousk, K., Vestergård, M., & Christensena, S. (2018). Are nitrous oxide emissions and nitrogen fixation linked in temperate bogs?.