

اثر فسفر و پوست سبز پسته بر رشد و غلظت برخی عناصر نهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.)مجید فکری<sup>۱\*</sup> و لطیفه قرنجیک<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۹)

## چکیده

به منظور بررسی اثر فسفر و پوست سبز پسته (فرآوری نشده و خشک) بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته (*Pistacia vera* L.)، رقم بادامی زرد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها در این آزمایش شامل سه سطح فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح پوست سبز پسته (صفر، ۳ و ۶ درصد وزنی) بود. نتایج نشان داد که در سطح صفر فسفر، مصرف ۳٪ پوست سبز پسته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ نهال‌های پسته را افزایش داد، در صورتی که در سطح ۶٪، این پارامترها نسبت به شاهد (خاک بدون تیمار فسفر و پوست سبز پسته) کاهش معنی‌داری نشان دادند. همچنین، در شرایط عدم مصرف فسفر، کاربرد ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته موجب افزایش غلظت فسفر، سدیم، روی، آهن و مس در ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته گردید. در سطح صفر پوست سبز پسته، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ نهال‌های پسته گردید. اما غلظت عناصر ریشه و اندام هوایی، بجز فسفر، با افزودن فسفر کاهش یافت. مناسب‌ترین پاسخ نهال‌های پسته در خصوص وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ نهال‌ها در کاربرد توأم ۳٪ پوست سبز پسته و ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نسبت به ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اثرهای مناسب‌تری را بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته دارد. مصرف ۳٪ پوست سبز پسته همراه با ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک سبب بهبود رشد نهال‌های پسته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ضایعات کشاورزی، کودهای آلی، ویژگی‌های رشدی

## مقدمه

عنوان یک شاخص مناسب برای تولید محصول در نواحی خشک و نیمه‌خشک معرفی شده است، زیرا آثار مطلوبی بر ظرفیت نگهداری آب توسط خاک داشته و نیز به عنوان یک منبع مناسب تغذیه‌ای در خاک محسوب می‌شوند (۵). با توجه به هزینه اقتصادی زیاد و آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و همچنین ضرورت نیل به کشاورزی پایدار، مدیریت و مصرف بهینه‌ی بقایای گیاهی و کودهای آلی در کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد (۱۶ و ۷).

فسفر یکی از عناصر مورد نیاز برای انتقال انرژی، انتقال

پسته (*Pistacia vera* L.) سالیان متمادی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران کشت می‌شود. در بین مناطق مختلف ایران، استان کرمان بیشترین سطح زیر کشت باغ‌های پسته (۳۶۰ هزار هکتار) و بیشترین عملکرد در واحد سطح را داراست (۱). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، به دلیل کمبود میزان ماده‌ی آلی (کمتر از ۱٪)، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نامطلوب است (۲). بنابراین، مدیریت و افزایش ماده‌ی آلی در این خاک‌ها حائز اهمیت می‌باشد. میزان مواد آلی به

۱. گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲. گروه خاک‌شناسی، دانشگاه ولی عصر (ع)، رفسنجان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mjdfekri@yahoo.com

## مواد و روش‌ها

از خاک یک باغ پسته واقع در ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهر رفسنجان (با طول جغرافیایی "۵۶°۱۰ شرقی و عرض "۳۰°۲۱ شمالی) از عمق ۰-۳۰ سانتی متری نمونه برداری شد و این خاک مورد استفاده این پژوهش در سال ۱۳۸۷ قرار گرفت. بافت خاک به روش هیدرومتر (۸)، اسیدیته عصاره اشباع خاک (۲۹)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (۲۵)، میزان ماده آلی به روش بی‌کرومات (۳۲)، فسفر قابل استفاده با عصاره‌گیری به روش اولسن و همکاران (۲۰) و اندازه‌گیری با روش اسید آسکوربیک (۱۷ و ۳۴)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (۱۹)، غلظت آهن، منگنز، مس و روی عصاره‌گیری شده با DTPA، به وسیله دستگاه جذب اتمی (۱۵ و ۳۱) و پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیری به روش استات آمونیوم، به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (۱۳) اندازه‌گیری شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، پوست سبز پسته مورد نیاز از باغ‌های پسته منطقه رفسنجان تهیه و مورد تجزیه قرار گرفت. برخی ویژگی‌های شیمیایی تفاله‌ی پسته مورد استفاده در جدول ۲ ارائه شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، از منبع سوپر فسفات تریپل) و سه سطح پوست سبز پسته خام، یا فرآوری نشده و خشک (صفر، ۳ و ۶ درصد وزنی) بودند. درصدهای مورد نظر پوست سبز پسته و خاک مخلوط و ۳ کیلوگرم از این خاک‌های تیمار شده در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۲ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر ریخته شد. سپس، ۵۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک (از منبع سولفات پتاسیم) و ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک (از منبع اوره)، براساس آزمون خاک، به هر گلدان اضافه گردید.

بذرهای پسته (رقم بادامی زرنده، که بیشترین پایه‌های

اطلاعات وراثتی و تشکیل فسفولیپیدها می‌باشد و نقش مهمی را در غشای سلولی ایفا می‌کند (۱۱ و ۲۱). همچنین، کمبود فسفر منجر به خرابی غشاها و کاهش انتقال انرژی در گیاهان می‌شود (۱۱). به علت ماهیت رفتار فسفر در خاک، آنیون فسفات از طریق جذب شدن بر سطوح فعال و تشکیل رسوب با عناصری از قبیل آلومینیم، آهن، کلسیم و منیزیم غیر متحرک می‌شود (۱۴). در همین زمینه، گزارش‌ها نشان داده که مصرف توأم کودهای شیمیایی فسفره با کودهای آلی یا بقایای گیاهان با یک نسبت مناسب، قابلیت جذب فسفر و بازده مصرف کود را افزایش می‌دهد (۳۰).

بیش از نیمی از اراضی زیر کشت ایران به درجات مختلف آهکی است. به همین دلیل، راندمان مصرف کودهای فسفره در این اراضی کم است و منجر به مصرف بیش از اندازه فسفر و صرف هزینه اقتصادی زیادی می‌شود. مصرف کود آلی توأم با کود فسفره در خاک‌های آهکی باعث افزایش میزان فسفر قابل استفاده گیاه می‌گردد (۶). مواد آلی از طریق معدنی کردن فسفر و محدود کردن مکان‌های فعال جذب خاک به کمک اسیدهای آلی، باعث افزایش قابلیت استفاده فسفر توسط گیاه می‌شود (۳۳).

در مناطق پسته‌خیز کشور، پوست سبز پسته که از ضایعات تولیدی این مناطق محسوب می‌شود، به خاک برگردانده نمی‌شود و هر ساله کشاورزان آنها را دور می‌ریزند و یا می‌سوزانند. با توجه به اینکه در نواحی خشک و نیمه خشک ایران، خاک‌ها معمولاً از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای خصوصیات فیزیکی نامطلوبی می‌باشند، لذا افزایش میزان ماده آلی در چنین خاک‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به این امر و خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف مداوم کودهای شیمیایی نظیر کودهای فسفردار، شایسته است بخشی از کودهای معدنی به وسیله کودهای آلی جایگزین شود. به دلیل حجم زیاد تولید پوست سبز پسته و کم بودن راندمان مصرف کود فسفره در مناطق پسته‌خیز کشور، آزمایشی گلخانه‌ای برای بررسی اثر متقابل پوست سبز پسته و فسفر بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته طراحی گردید.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از آزمایش

مقدار	خصوصیت
۱۶/۰	رس (%)
۲۷/۲	سیلت (%)
لوم شنی	بافت
۲۱/۰	گنجایش زراعی (درصد وزنی)
۲۳/۰	کربنات کلسیم معادل (%)
۱۵/۰	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول در کیلوگرم)
۷/۸	pH
۱/۴	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۰/۵۴	ماده آلی (%)
۵/۵	فسفر به روش اولسن (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۵۰/۲	پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۱۷/۰	سدیم در عصاره اشباع خاک (میلی‌گرم در لیتر)

جدول ۲. برخی ویژگی‌های شیمیایی پوسن سبز پسته‌ی مورد استفاده

مقدار	خصوصیت
۸/۲۵	pH
۷/۲۵	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۱/۲۶	ماده آلی (%)
۱/۲۰	نیترژن کل (%)
۰/۴۶	سدیم (%)
۳/۸۸	پتاسیم (%)
۰/۱۲	فسفر به روش زرد و انادات (%)
۱/۰۰	مس (میکروگرم در گرم)
۸/۵۰	روی (میکروگرم در گرم)
۴۱۲/۱۲	آهن (میکروگرم در گرم)
۱۵۲/۷۴	منگنز (میکروگرم در گرم)

سلسیوس قرار داده شدند. در هر گلدان، ۸-۱۰ بذر جوانه‌زده در عمق ۳ سانتی‌متر کشت گردید. گلدان‌ها در گلخانه‌ای با دمای  $25 \pm 2$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵٪ نگهداری شدند. آبیاری گلدان‌ها هر روز با استفاده از آب مقطر تا رسیدن به گنجایش زراعی صورت می‌گرفت. پس از استقرار کامل نهال‌ها، در هفته چهارم، تعداد نهال‌ها به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل پیدا کرد. در پایان دوره رشد، بعد از ۲۶ هفته، گیاهان از

موجود در منطقه می‌باشد) بعد از جداسازی پوسن سخت، به مدت ده دقیقه در محلول وایتکس ۱۰٪ (برای از بین بردن باکتری‌ها) قرار داده شدند. پس از آن که بذرها با آب مقطر استریل شستشو داده شدند، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر استریل در یک ظرف در بسته خیسانده شدند. سپس، با سم قارچ‌کش کاپتان با غلظت ۲ گرم در لیتر ضدعفونی و به مدت چند روز میان پارچه‌های متقال مرطوب در دمای ۲۵ درجه

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس داده‌های رشد نهال‌های پسته

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	سطح برگ
فسفر	۲	۰/۷۹۶**	۲/۳۹۴**	۳۴/۸۲۷**
پوست سبز پسته	۲	۱۰/۵۵۲***	۶۱/۰۳۴**	۱۱۶۹/۷۶***
فسفر × پوست سبز پسته	۴	۰/۶۹۲**	۰/۷۶۴**	۳۹/۲۳۵**
خطا	۲۵	۱/۱۸۶	۰/۰۹۴	۲/۶۱۷
تعداد برگ				۶۳۷۵/۰۷**
				۵۹۸۵۴/۴۳**
				۴۴۹۷/۵۸**
				۳۴۶/۴۲

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۰/۰۱، ۰/۱ و بدون اختلاف معنی‌دار

ماده‌ی آلی کاهشی معنی‌دار بر وزن خشک اندام هوایی داشته است.

کاربرد توأم فسفر و ماده‌ی آلی (۳٪) وزن خشک اندام هوایی را افزایش داده است. اما با اضافه نمودن ۰/۶٪ پوست سبز پسته به سطوح فسفر، این پارامتر روند کاهشی نشان داد. وزن خشک ریشه نیز روندی مشابه با وزن خشک اندام هوایی نشان داد، به طوری که بیشترین مقدار با کاربرد توأم ۳٪ ماده آلی و ۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک مشاهده گردید. اما برخلاف وزن خشک اندام هوایی، در سطح صفر پوست سبز، مصرف ۱۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک، وزن خشک ریشه را افزایش داد. افزایش در وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های پسته با مصرف ۳٪ ماده‌ی آلی ممکن است به دلیل عناصر غذایی موجود در تغاله باشد. همچنین، معدنی شدن تدریجی این عناصر از شکل آلی، فراهمی عناصر را در هنگام رشد گیاه تأمین می‌کند.

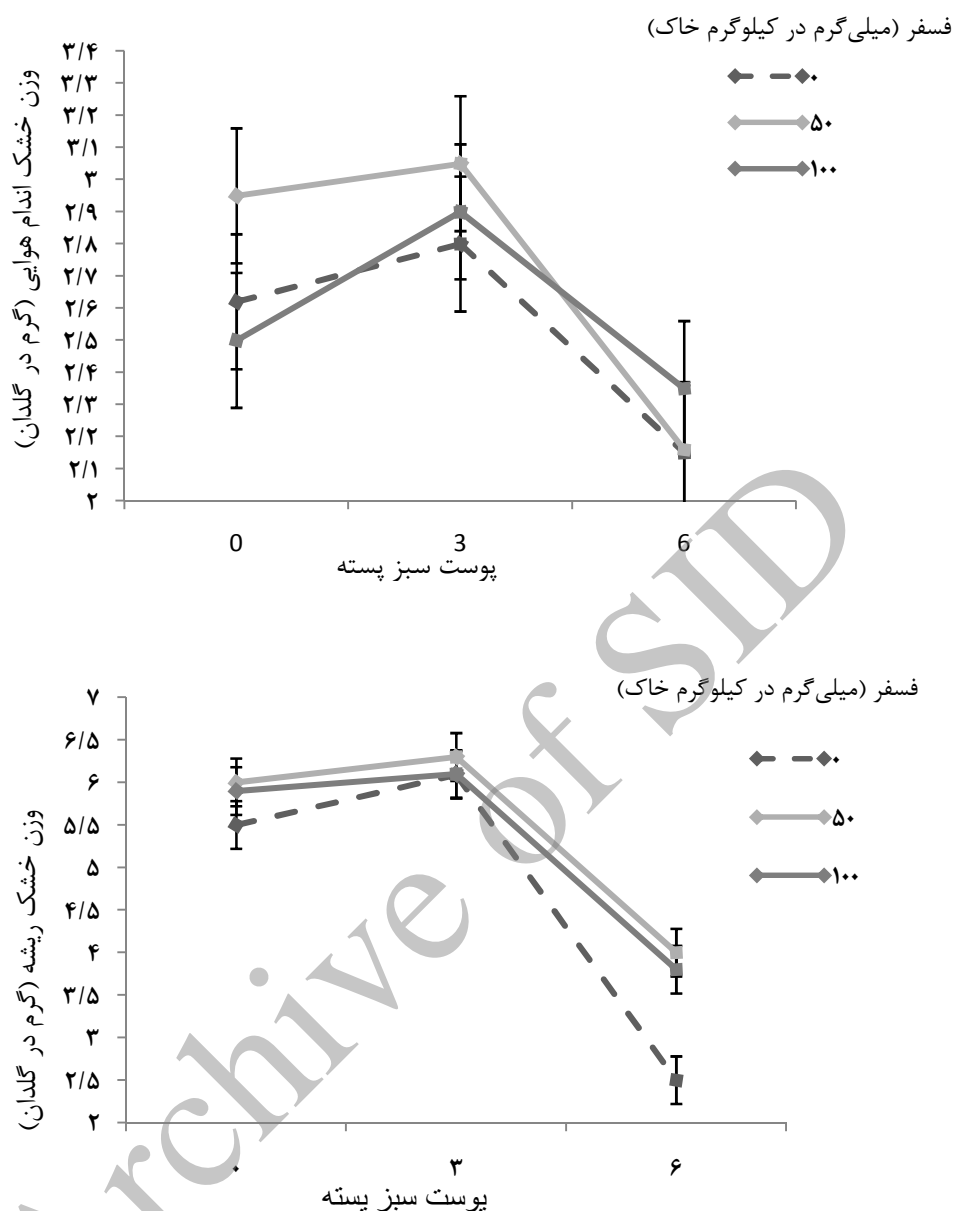
افزایش عملکرد نهال پسته با مصرف کود آلی توسط دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است (۱۸). به نظر می‌رسد که مقدار زیاد پوست سبز پسته (۰/۶) منجر به تشدید شوری خاک شده (هدایت الکتریکی پوست سبز ۷/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر بود) و همچنین به علت وجود ترکیبات فنلی موجود در آن از توسعه‌ی ریشه و رشد برگ جلوگیری کرده است. در همین زمینه، نتایج یک تحقیق نشان داد که افزودن لجن فاضلاب به خاک منجر به افزایش هدایت الکتریکی و غلظت نمک‌های محلول شد (۲۲). با توجه به آهکی بودن و پتاسیل تثبیت

محل طوقه قطع شدند. برگ‌ها از ساقه جدا و سطح برگ با پلانیمتر اندازه‌گیری شد. در ضمن، ریشه‌ها نیز از خاک خارج گردیدند و همراه با اندام هوایی، پس از شستشو با آب مقطر، در دمای ۶۵ درجه سلسیوس خشک شدند تا وزن آنها به حد ثابتی رسید. سپس نمونه‌ها و به‌وسیله آسیاب برقی پودر گردیدند. نیم گرم از نمونه‌های پودر شده اندام هوایی و ریشه در دمای ۵۵ درجه سلسیوس به روش خشک سوزانی، خاکستر و با اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد. در عصاره به‌دست آمده، غلظت فسفر به روش زرد و انادات و غلظت یون‌های آهن، روی و مس به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۱۵، ۳۱ و ۳۴). نتایج به‌دست آمده توسط نرم‌افزار SAS 9.1 تحلیل آماری شده، مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد و نمودارهای مربوطه با برنامه Excel رسم و نتایج تفسیر گردید.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشد نهال‌های پسته (جدول ۳) نشان داد که اثر ساده و متقابل تیمارهای فسفر و پوست سبز پسته بر شاخص‌های مورد بررسی معنی‌دار است.

اثر متقابل فسفر و ماده‌ی آلی بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های پسته در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در سطح صفر درصد پوست سبز پسته، تنها مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی شده است. همچنین، در نبود فسفر، ۰/۶

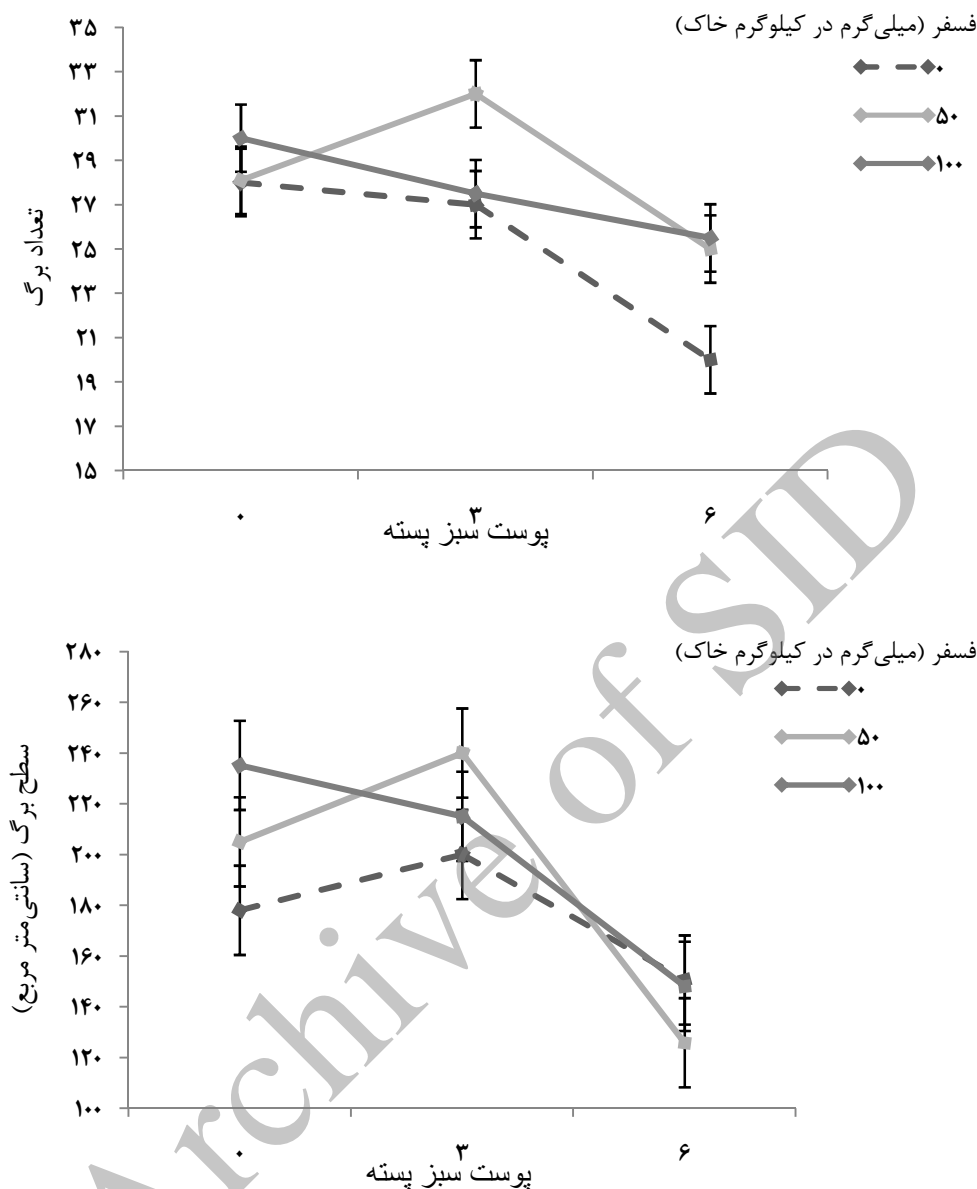


شکل ۱. اثر متقابل فسفر و ماده‌ی آلی بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

ریشه و اندام هوایی را افزایش داده باشد. در گیاه اسفناج نیز مصرف فسفر با کمپوست زباله شهری و کود مرغی عملکرد خشک گیاه را افزایش داد (۱۶).

اثر برهمکنش پوست سبز پسته و فسفر بر تعداد برگ سبز و سطح برگ ۵ گیاهچه (هر گلدان) در شکل ۲ حاکی از آن است که در سطح دوم فسفر، با کاربرد ۳٪ پوست سبز پسته

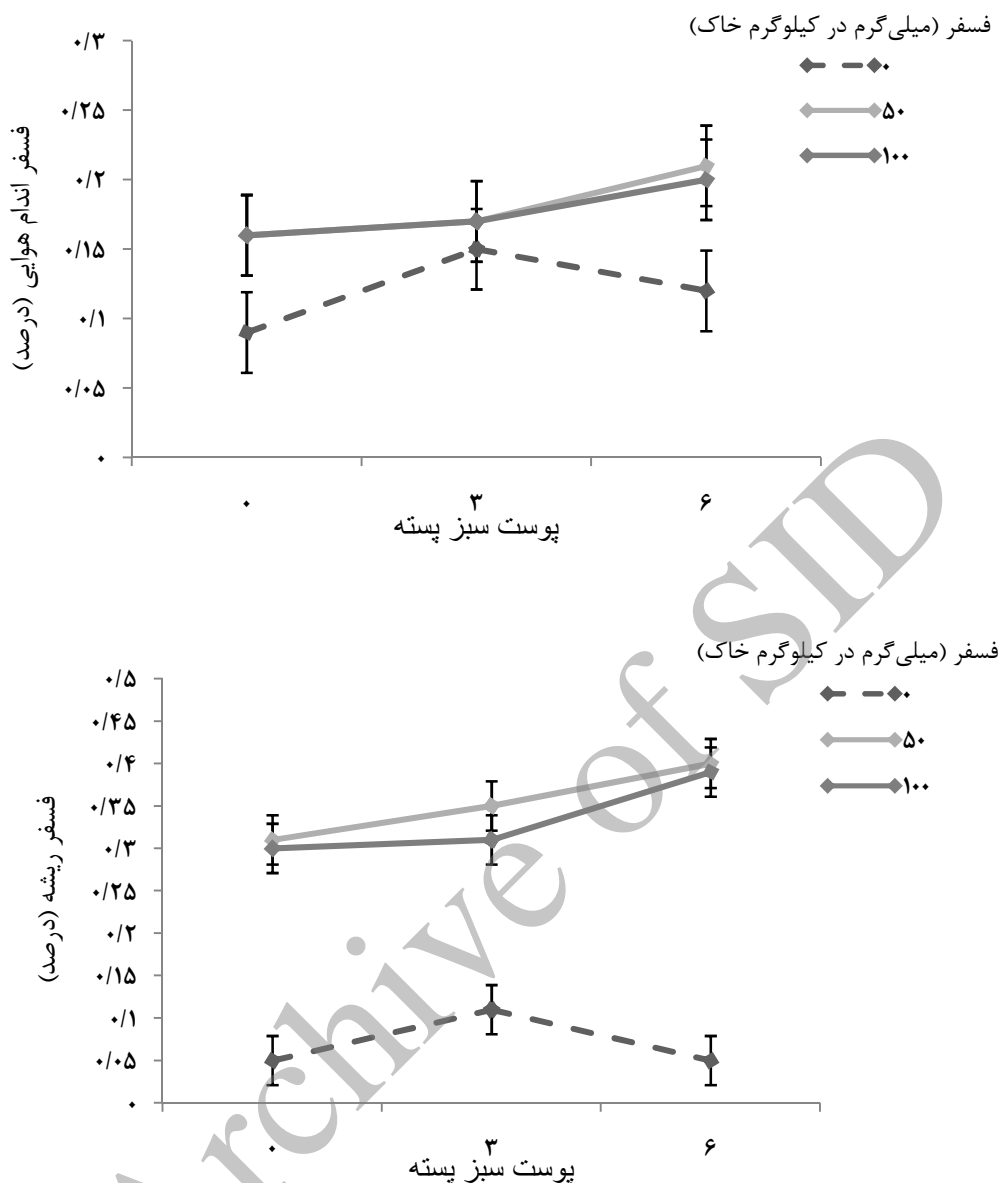
فسفر خاک مورد استفاده در این آزمایش، کاربرد توأم فسفر و پوست سبز پسته (۳٪) می‌تواند منجر به کاهش جذب اختصاصی و افزایش غلظت این عنصر در خاک شود. تحقیقات گذشته و افزایش فسفر اندام‌های هوایی و ریشه، این موضوع را نشان می‌دهد (۱ و ۱۶). بنابراین، ممکن است بهبود فعالیت فسفر در خاک، جذب این عنصر توسط نهال‌ها و وزن خشک



شکل ۲. اثر متقابل فسفر و ماده‌ی آلی بر تعداد برگ سبز و سطح برگ نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

بهینه‌ترین شرایط را برای تعداد و سطح برگ ایجاد می‌کند که این مسئله باید در مدیریت کوددهی باغ‌های پسته مدنظر قرار بگیرد. از آنجا که مواد آلی حاوی مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشند، و همچنین خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشند، لذا کاربرد هم‌زمان کودهای شیمیایی و آلی تعادل تغذیه‌ای مناسبی را برای گیاه فراهم

به ترتیب افزایش ۱۱ و ۱۳ درصدی در تعداد و سطح برگ مشاهده گردید. در هر سه سطح فسفر، با افزایش ۶٪ پوست سبز پسته، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. در سطح صفر ماده آلی، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، سطح برگ را افزایش داد. به نظر می‌رسد کاربرد توأم سطح دوم فسفر (۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و ۳٪ پوست سبز پسته

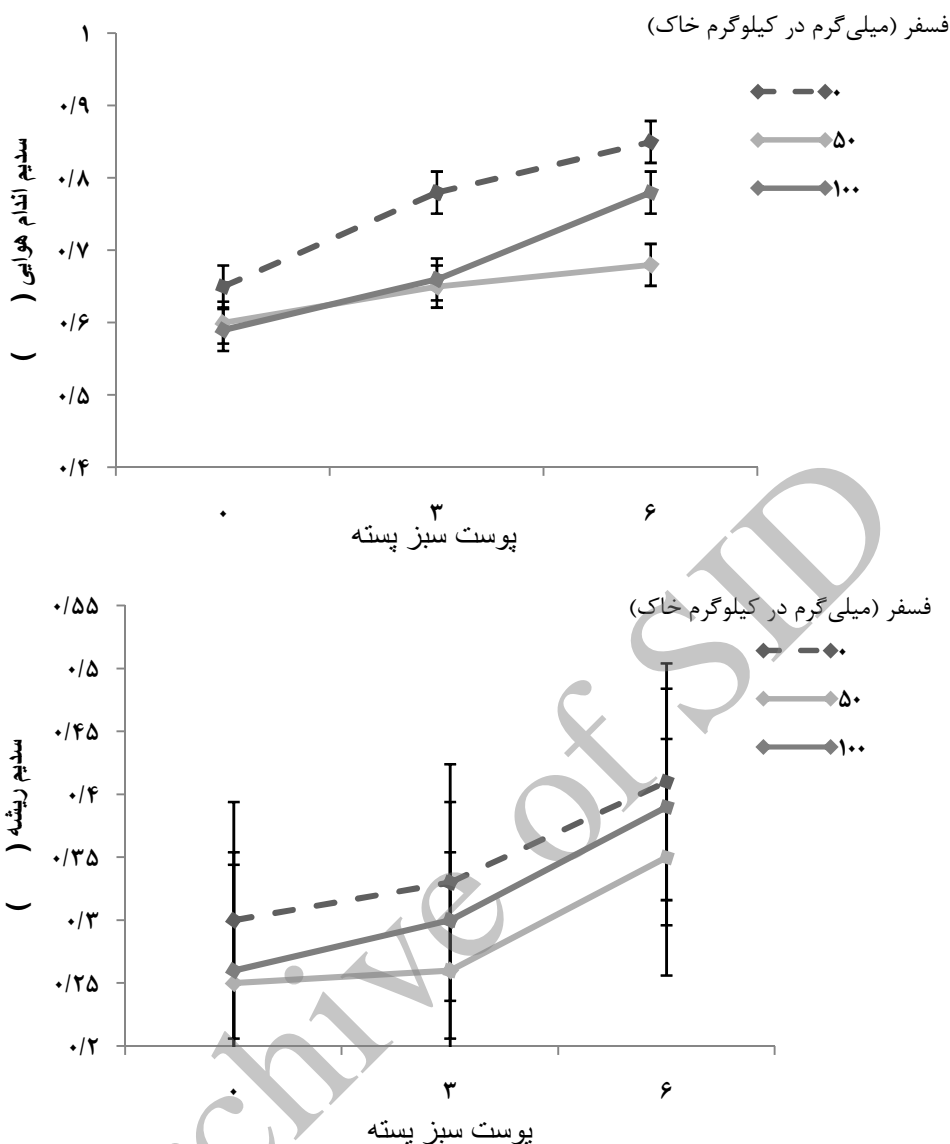


شکل ۳. اثر متقابل فسفر و پوست سبز پسته بر غلظت فسفر ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

عامل مؤثری در افزایش تحرک فسفر با محدود ساختن مکان‌های جذبی خاک با اسیدهای آلی، منجر به افزایش غلظت این عنصر درون خاک می‌گردند. بنابراین، گیاه آزادی عمل بیشتری برای جذب پیدا کرده و در نهایت غلظت فسفر اندام هوایی و ریشه افزایش می‌یابد (۳۳). اما در همین سطح فسفر، کاربرد ۶٪ پوست سبز پسته، غلظت فسفر ریشه و اندام هوایی

می‌کند و به جذب بیشتر عناصر غذایی و پاسخ‌های عملکردی مشخص در گیاه منجر می‌گردد.

نتایج شکل ۳ گویای این مطلب است که در سطح صفر فسفر، افزایش ۳٪ تغالهی پسته، غلظت فسفر ریشه و اندام هوایی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (تیمار بدون فسفر و بدون پوست سبز پسته) افزایش داد. مواد آلی به‌عنوان منبع و



شکل ۴. اثر متقابل فسفر و پوست سبز پسته بر غلظت سدیم ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۳). این افزایش توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۲۷). به دلیل عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار بین سطوح دوم و سوم فسفر (شکل ۳)، به نظر می‌رسد که کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر باشد.

نتایج به دست آمده از این آزمایش در شکل ۴ نشان داد که در سطح صفر فسفر، کاربرد ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته، غلظت سدیم ریشه و اندام هوایی را افزایش داد، اما افزایش

را کاهش داد که این کاهش ممکن است به دلیل افزایش غلظت نمک‌های محلول در خاک و اختلال در جذب فسفر باشد.

در سطوح زیاد فسفر (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، مصرف ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته منجر به افزایش غلظت فسفر در اندام گیاهی گردید. به نظر می‌رسد کاربرد توأم کود شیمیایی فسفره و ماده‌ی آلی در خاک‌های آهکی، منجر به بهبود بازده مصرف کود می‌گردد. نتایج نشان داد که در سطوح مختلف پوست سبز پسته، کاربرد فسفر، غلظت این عنصر را



میلی گرم در کیلوگرم)، افزودن تفاله تغییر معنی داری در غلظت روی در اندام هوایی حاصل نکرد. غلظت روی در ریشه در سطح دوم فسفر، با افزایش تفاله، افزایش نشان داد. افزایش غلظت روی با کاربرد کودهای آلی در اسفناج گزارش شده است (۱۷). به نظر می‌رسد که کاربرد پوست سبز پسته با افزایش غلظت روی، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و تولید اسیدهای آلی کلات کننده، منجر به افزایش جذب این عنصر توسط نهال‌های پسته گردیده است.

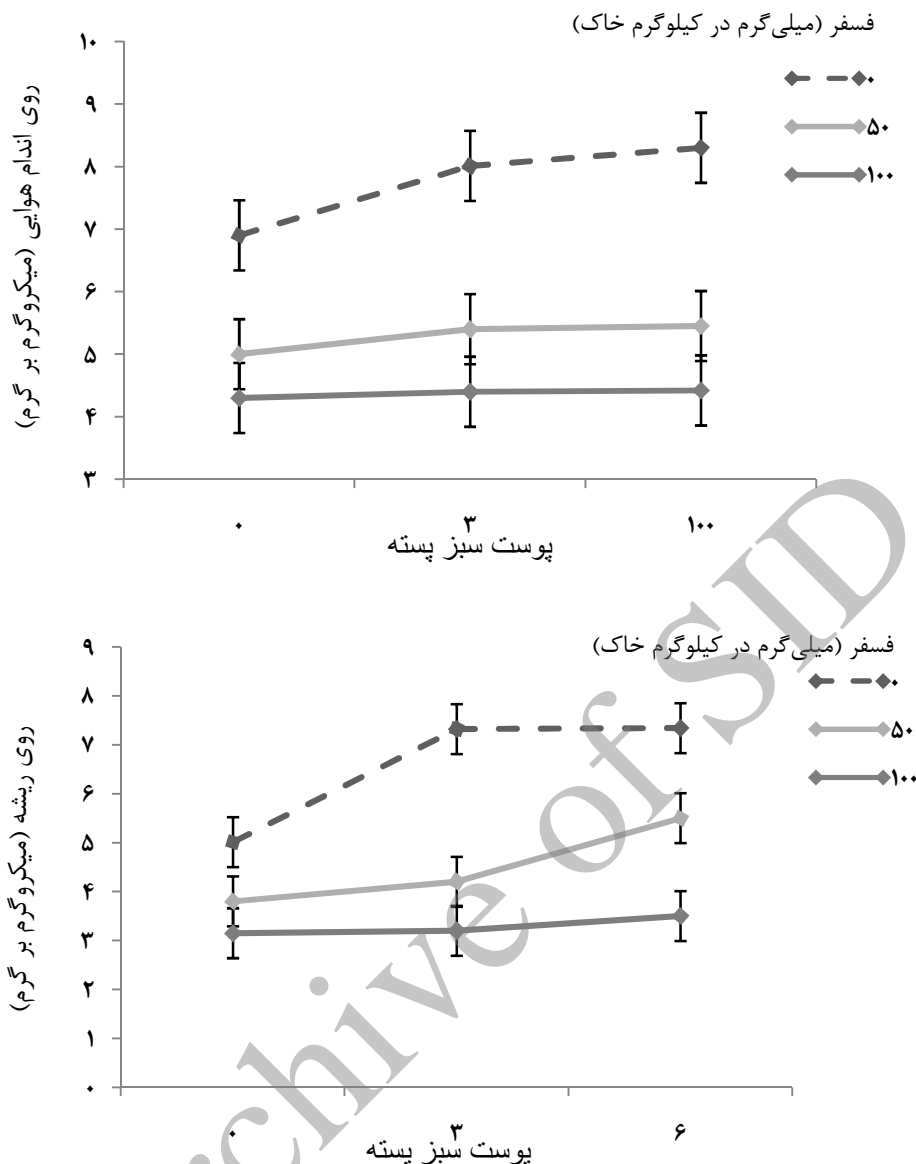
در مورد کاهش غلظت روی در بافت‌های گیاهی با مصرف فسفر، دلایلی از قبیل اثر رقت، افزایش جذب سطحی روی، اختلال در انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی، غیر متحرک شدن در دیواره سلولی و کاهش فعالیت قارچ‌های میکوریزا در اثر فسفر اضافی گزارش شده است (۲). همچنین، محققین بیان کرده‌اند که رسوب روی به صورت ترکیباتی نظیر فسفات روی  $(Zn_3(PO_4)_2)$  و فسفات آمونیوم و روی  $(ZnNH_4PO_4)$  منجر به کاهش فعالیت این عنصر در محلول خاک گردیده و موجب کاهش جذب این عنصر توسط ریشه‌های گیاه می‌شود.

گزارش‌های متعددی در مورد اثر آنتاگونیسمی زیادبود فسفر بر جذب عناصر کاتیونی کم مصرف وجود دارد. بنابراین، با توجه به اینکه در خاک‌های آهکی با کمبود عنصری از قبیل روی، مس، آهن و منگنز روبرو هستیم، لذا در مصرف نوع و میزان کودهای فسفره باید تدابیر ویژه‌ای اندیشید.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در سطح صفر فسفر، افزودن ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته، غلظت آهن ریشه و اندام هوایی را افزایش داد (شکل ۶). به نظر می‌رسد مواد آلی علاوه بر این که خود حاوی آهن می‌باشند به شکل منبع انرژی برای موجودات میکروسکوپی خاک بوده و در فرایند تجزیه و آزادسازی اسیدهای آلی، موجب کاهش موضعی pH خاک شده و جذب آهن را افزایش می‌دهند (۴). از طرف دیگر، لیگاندهای آلی محلول که در نتیجه تجزیه مواد آلی حاصل می‌شوند، در نگه‌داری آهن به شکل قابل جذب مؤثرند (۲۸). رضوی نسب و همکاران (۲۴) بیان کردند که کاربرد کود گاوی به میزان ۲٪،

فسفر در همه‌ی سطوح پوست سبز پسته منجر به کاهش غلظت سدیم گردید. البته باید توجه داشت که از میان سطوح فسفر، مصرف ۵۰ میلی گرم در کیلوگرم اثر کاهشی بارزتری بر غلظت سدیم ریشه و اندام هوایی نشان داد (شکل ۴). کاهش غلظت سدیم با کاربرد فسفر در پسته (۲۷) و جو (۱۲) گزارش شده است. در همین زمینه، نتیجه‌ی یک مطالعه (۲۳) نشان داد که افزایش فسفر احتمالاً جذب کلسیم، منیزیم و منگنز را افزایش داده و منجر به کاهش غلظت سدیم بافت‌های گیاهی می‌گردد. نتایج پژوهشگران دیگر نشان دهنده‌ی این مطلب است که مصرف ۳۰ و ۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، میزان سدیم خاک را افزایش داد (۲۲). همچنین، کاربرد کمپوست زباله شهری و کود مرغی منجر به افزایش غلظت یون‌های سدیم و کلر در اسفناج گردید (۲). پسته، اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک رشد می‌کند و به تنش‌های محیطی از قبیل شوری مقاوم است (۳). گزارش‌هایی مبنی بر وجود پمپ خروج سدیم در ریشه‌ی این گیاه وجود دارد (۲۶). بر اساس مفروضات بالا، تصور ما بر این بود که سدیم بیشتر در ریشه ذخیره و به اندام هوایی منتقل نشود. اما اطلاعات شکل ۴ عکس این موضوع را نشان داد. به نظر می‌رسد با افزایش فعالیت سدیم در محیط ریشه، این عنصر جایگزین کلسیم در غشای سلولی شده و انتخاب‌پذیری غشا را کاهش داده و منجر به انتقال سدیم به اندام هوایی شده است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که با کاربرد توأم فسفر و پوست سبز پسته، غلظت پتاسیم در اندام‌های هوایی و ریشه به طور معنی‌داری افزایش یافت.

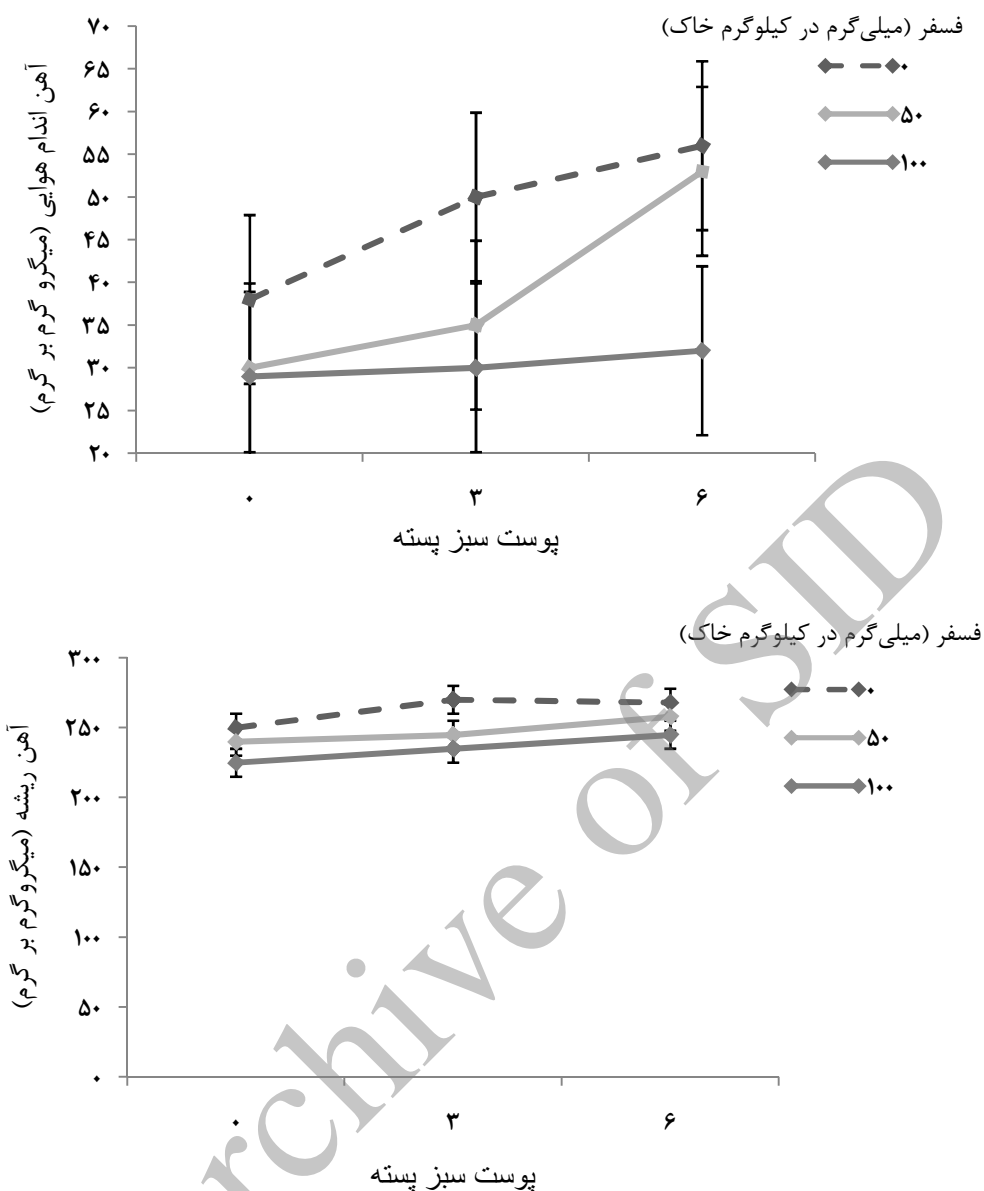
نتایج شکل ۵ نشان داد که در سطح صفر فسفر، افزودن ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته، غلظت روی در ریشه و اندام هوایی را افزایش داد. اما تفاوت معنی‌داری بین سطوح دوم و سوم پوست سبز پسته مشاهده نگردید. همچنین، در سطح صفر پوست سبز پسته، کاربرد فسفر، غلظت روی در ریشه و اندام هوایی را کاهش داد و این وضعیت در سطوح دیگر تفاله نیز مشاهده گردید. در سطوح دوم و سوم فسفر (۵۰ و ۱۰۰



شکل ۵. اثر متقابل فسفر و پوست سبز پسته بر غلظت روی در ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

غلظت آهن، روی و منگنز را در گیاه آفتابگردان کاهش داد (۱۰). در همین زمینه، پژوهشگران علت کاهش غلظت آهن را کاهش جذب و یا ممانعت فسفر از انتقال این عنصر از ریشه به اندام هوایی بیان کردند (۹). همچنین، ممکن است کاربرد فسفر منجر به تشکیل ترکیبات کم‌محلول فسفر- آهن درون خاک شده و فعالیت آهن در محلول خاک کاهش یابد. همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، کاربرد پوست سبز پسته توانسته تا حدودی اثر منفی فسفر بر غلظت آهن را کاهش دهد.

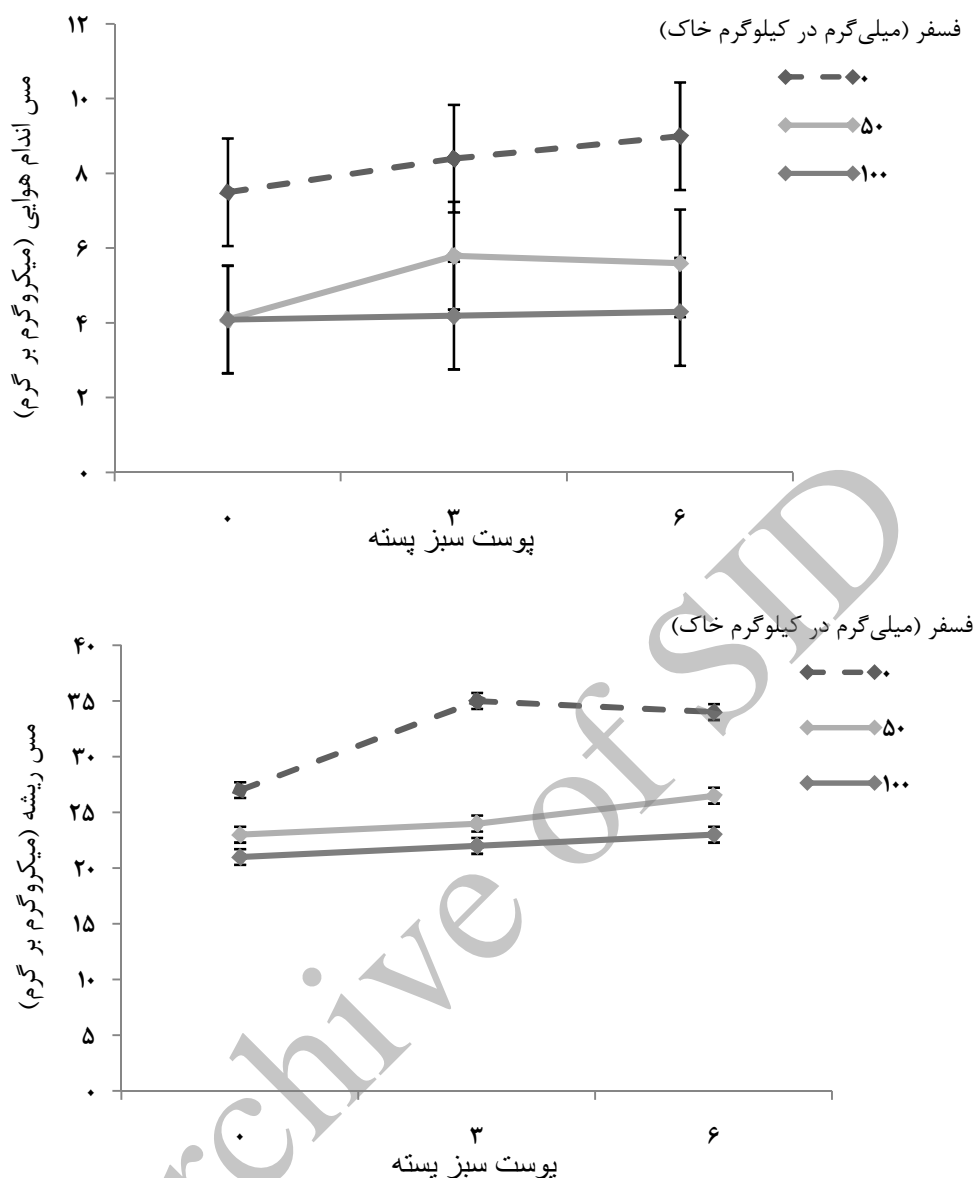
غلظت آهن ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته را افزایش داد. در تمام سطوح پوست سبز پسته، کاربرد فسفر، غلظت آهن ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته را کاهش داد (شکل ۶). همچنین، کاربرد پوست سبز پسته در سطوح دوم و سوم فسفر منجر به افزایش غلظت آهن ریشه و اندام هوایی گردید. قرشی و همکاران (۹) بیان کردند که افزایش سطح فسفر منجر به کاهش غلظت آهن در گیاه ذرت گردید. همچنین، نتایج یک تحقیق نشان داد که مصرف ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر،



شکل ۶. اثر متقابل فسفر و ماده‌ی آلی بر غلظت آهن ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

که فسفر از جذب و انتقال مس از ریشه به اندام هوایی ممانعت کرده و همچنین، تشکیل ترکیبات مس- فسفر کم‌محلول فراهمی مس را در محیط ریشه کاهش می‌دهد (۳۰). بنابراین، جذب و غلظت مس در اندام گیاهی کاهش می‌یابد. البته باید توجه داشت که مصرف توأم پوسن سبز پسته و فسفر تا حدودی غلظت مس را افزایش داده است.

نتایج شکل ۷ گویای این مطلب است که در هر سه سطح پوسن سبز پسته، افزودن فسفر، غلظت مس ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته را کاهش داد. اما در تمام سطوح فسفر، با افزایش پوسن سبز پسته، غلظت مس افزایش یافت. افزایش غلظت مس در نهال‌های پسته با کاربرد کودهای آلی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۲۴). به نظر می‌رسد



شکل ۷. اثر متقابل فسفر و ماده‌ی آلی بر غلظت مس ریشه اندام هوایی نهال‌های پسته (خطوط عمود نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند).

## نتیجه‌گیری

موجب افزایش غلظت فسفر، سدیم، روی، آهن و مس در ریشه و اندام هوایی نهال‌های پسته گردید. در سطح صفر پوست سبز پسته، کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ نهال‌های پسته را افزایش داد. اما غلظت عناصر ریشه و اندام هوایی، بجز فسفر، با افزودن سطح فسفر کاهش یافت. بررسی اثر متقابل فسفر و پوست سبز پسته گویای این مطلب است که مصرف

به‌طور کلی، در نبود فسفر، مصرف ۳٪ پوست سبز پسته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، تعداد برگ و سطح برگ نهال‌های پسته را افزایش داد. در صورتی‌که در سطح ۶٪، این پارامترها نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری نشان دادند. همچنین، در شرایط فقدان فسفر، کاربرد ۳ و ۶ درصد پوست سبز پسته

رشد و فراهمی عناصر غذایی به شمار می‌آیند. بر اساس نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد که مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک نسبت به ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، برای رشد نهال‌های پسته کافی بوده و از نقطه نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه‌تر باشد.

توأم ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و ۳٪ پوسـت سبز پسته علاوه بر افزایش رشد گیاهچه‌ها، آثار منفی فسفر بر کاهش غلظت روی، آهن و مس را نیز بهبود بخشید. در حالی که کاربرد ۶٪ پوسـت سبز پسته به‌تنهایی و در ترکیب با سطوح فسفر، این نتایج مثبت را حاصل نکرد. اثر مثبت کاربرد ۳٪ پوسـت سبز پسته بر رشد و ترکیب شیمیایی نهال‌های پسته نشان می‌دهد که مواد آلی طبیعی به‌عنوان یک عامل مهم برای

## منابع مورد استفاده

۱. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. ۱۳۸۷. آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.
2. Barben, S.A., B.G. Hopkins, V.D. Jolley, B.L. Webb and B.A. Nichols. 2010. Phosphorus and zinc interactions in chelator-buffered solution grown Russet Burbank potato. *J. Plant Nutr.* 33: 587-601.
3. Beede, R.H., P.H. Brown, C. Kallsen and S.A. Weinbaum. 2005. Diagnosing and correcting nutrient deficiencies. PP. 147-157. *In: Ferguson, L.E. (Ed.), Pistachio Production Manual, 4<sup>th</sup> Edition, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Oakland.*
4. Blanco-Canqui, H. and R. Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Rev. Plant Sci.* 28: 139-163.
5. Chang, E.H., R.S. Chung and Y.H. Tsai. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial population. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53: 132-140.
6. El-Baruni, B. and S.R. Olsen. 1979. Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. *Soil Sci. J.* 4: 128-141.
7. Flaig, W., B. Nagar, H. Sochtig and C. Tietjen. 1977. *Organic Materials and Soil Productivity. FAO Soils Bulletin No. 35, Rome, Italy.*
8. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle size analysis. PP. 383-409. *In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, ASA, SSSA, Madison, WI.*
9. Ghorashi, L.S., Gh. Haghnia, A. Lakzian and R. Khorasani. 2012. Effect of lime, phosphorus and organic matter on maize ability for iron uptake. *J. Water Soil (Agric. Sci. Technol.)* 26(4): 818-825. (In Persian).
10. Gunes, A. and A. Inal. 2009. Phosphorus efficiency in sunflower cultivars and its relationships with phosphorus, calcium, iron, zinc and manganese nutrition. *J. Plant Nutr.* 32: 1201-1218.
11. Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. 6<sup>th</sup> Ed., Prentice-Hall, Inc., New York, USA, 484 p.*
12. Khosh Kholgh Sima, N.A., S. Tale Ahmad, R.A. Alitabar, A. Mottaghi and M. Pessarakli. 2012. Interactive effects of salinity and phosphorus nutrition on physiological responses of two barley species. *J. Plant Nutr.* 35: 1411-1428.
13. Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. PP. 225-246. *In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2<sup>nd</sup> Ed., Agronomy Monograph 9, ASA and SSSA, Madison, WI.*
14. Lindsay, W.L. 2001. *Chemical Equilibria in Soils. Blackburn Press, pp. 212-234.*
15. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1979. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428.
16. Maftoun, M., F. Moshiri, N. Karimian and A.M. Ronaghi. 2004. Effects of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. *J. Plant. Nutr.* 27(9): 1635-1651.
17. Murphy, J. and J.P. Riley. 1982. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Ann. Chem. Acta* 27: 31-36.
18. Nadi, M., A. Golchin, V. Mozafari, T. Saeidi and E. Sedaghati. 2011. The effects of different vermicomposts on the growth and chemical composition of the pistachio seedlings. *J. Res. Agric. Sci.* 7(1): 59-69.
19. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. PP. 181-197. *In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2<sup>nd</sup> Edition, ASA and SSSA, Madison, WI.*
20. Olsen, S.R., C.V. Cole, E.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular 939, Government Printing Office, Washington DC.*
21. Oosterhuis, D.M., A.C. Bibi, E.D. Gonias and M. Mozaffari. 2005. Effect of phosphorous deficiency on cotton

- physiology. AAES Res. Series 562: 35-38.
22. Perez-Espinosa, A., J. Moreno-Caselles, R. Moral, M.D. Perez-Murcia and I. Gomez. 2000. Effects of sewage sludge application on salinity and physic-chemical properties of a calcareous soil. Arch. Agron. Soil Sci. 45: 51-56.
  23. Plaut, Z. and C.M. Grieve. 1988. Photosynthesis of salt-stressed maize as influenced by Ca:Na ratios in the nutrient solution. Plant Soil 105: 283-286.
  24. Razavi Nasab, A., H. Shirani, A. Tajabadi Pour and H. Dashti. 2011. Effect of salinity and organic matter on chemical composition and root morphology of pistachio seedlings. J. Crops Improve. 13(1): 31-42. (In Persian).
  25. Rhoades, J.D. 1996. Salinity, electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-435. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA, Madison, WI.
  26. Sepaskhah, A.R. and M. Maftoun. 1982. Growth and chemical composition of pistachio cultivars as influenced by irrigation regimes and salinity levels of irrigation water. II. Chemical composition. J. Hort. Sci. 57: 469-476.
  27. Shahriaripour, R., A. Tajabadi Pour and V. Mozaffari. 2011. Effects of salinity and soil phosphorus application on growth and chemical composition of pistachio seedlings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 42: 144-158.
  28. Shenker, M. and Y. Chen. 2005. Increasing iron availability to crops: Fertilizers, organo-fertilizers, and biological approaches. Soil Sci. Plant Nutr. 51(1): 1-17.
  29. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA, Madison, WI.
  30. Touchton, J.T., J.W. Johnson and B.M. Cunfer. 1980. The relationship between phosphorus and copper concentrations in wheat. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 11(11): 1051-1065.
  31. Viro, P.J. 1955. Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: I. Experimental. Soil Sci. 79: 459-465.
  32. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-37.
  33. Wandruszka, R.V. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. Geochem. Trans. 7(6): 1-8.
  34. Watanabe, F.S. and S.R. Olsen. 1965. Test of ascorbic acid method for determining phosphorus in water and  $\text{NaHCO}_3$  extracts from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29: 677-678.