

## اثر فسفر و ماده آلی بر روابط فسفر خاک - گیاه در اسفناج

مریم زاهدی فر<sup>۱\*</sup>، نجفعلی کریمیان<sup>۲</sup>، عبدالمجید رونقی<sup>۲</sup>، جعفر یثربی<sup>۲</sup> و یحیی امام<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۷/۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۳)

### چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر مصرف فسفر و ماده آلی بر روابط فسفر خاک و گیاه در مراحل مختلف رشد اسفناج در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفت. تیمارها شامل دو سطح ماده آلی از منبع کود گوسفندی (صفر و ۲ درصد وزنی) و سه سطح فسفر از منبع فسفات کلسیم (صفر، ۲۰ و ۶۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم خاک) بود. برداشت از نمونه‌های خاک و گیاه در ۵ مرحله رشد گیاه (اولین مرحله در هفته چهارم بعد از سبز شدن و ۴ مرحله دیگر هر کدام به فاصله یک هفته از برداشت قبلی) صورت گرفت. نتایج نشان داد که میزان عملکرد با افزایش فسفر خاک در تمام مراحل افزایش یافت، اما بر فسفر گیاه تأثیر معنی‌داری نداشت. در هفته چهارم رشد، با افزایش فسفر خاک، فسفر گیاه نیز افزایش یافته و در هفته پنجم نسبتاً بدون تغییر بود. اما در هفته‌های ششم، هفتم و هشتم در پاسخ به افزایش فسفر خاک، فسفر گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت و دلیل آن احتمالاً این است که غلظت عناصر در گیاه تنها تحت تأثیر غلظت آنها در خاک نمی‌باشد بلکه سن گیاه و قابلیت دسترسی سایر عناصر نیز بر آن تأثیر دارد و ممکن است در برخی مراحل رشد، میزان و سرعت رشد بسیار سریع باشد، به طوری که جذب کل عناصر برای تأمین غلظت مورد انتظار کافی نباشد. نیاز گیاه به فسفر در مراحل اولیه رشد بیشتر بود. میزان جذب فسفر در تمام نمونه‌ها با رشد گیاه افزایش یافت. فسفر خاک در تیمارهای ماده آلی به طور معنی‌داری بیشتر بود (به ویژه در مرحله شش هفتگی پس از سبز شدن). جذب فسفر در نمونه‌های دارای ماده آلی و بدون فسفر در مرحله دوم رشد از نمونه‌هایی که فسفر دریافت کرده بودند بیشتر بود که احتمالاً به دلیل معدنی شدن فسفر آلی اضافه شده به خاک است.

واژه‌های کلیدی: سبزی‌ها، عناصر غذایی پرمصرف، کود گوسفندی، مراحل رشد

### مقدمه

زیست‌محیطی، مهم و تأثیرگذار می‌باشد (۵). انباشتگی فسفر در خاک از طریق کاربرد کود حیوانی و یا شیمیایی، خطر آلوده شدن آب‌های سطحی و زیرزمینی را افزایش می‌دهد. فسفر اضافی در آب، کیفیت اکوسیستم آبی را از طریق پدیده به‌پروری کاهش می‌دهد (۱۴).

در برخی خاک‌ها، فسفر زیادی از محصول قبلی در زمین باقی مانده است که می‌تواند علاوه بر هدرروی فسفر،

اسفناج یکی از سبزی‌های فصل سرد است که ارزش غذایی زیادی داشته و به دلیل نقش تغذیه‌ای آن برای انسان، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت آن اهمیت فراوانی دارد. فسفر یکی از عنصر غذایی ضروری پرمصرف است که وظایف مهمی در گیاه به عهده دارد. مدیریت مناسب فسفر در تولید عملکرد بهینه محصول، کاهش قیمت تمام شده تولید و پایین آوردن خطرهای

۱. دانشجوی سابق دکتری بخش علوم خاک دانشگاه شیراز

۲- اساتید و استادیار بخش علوم خاک و استاد بخش زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maryamzahedifar2000@yahoo.com

به منظور دستیابی به مدیریت بهینه فسفر، داشتن درک صحیحی از نیاز به فسفر در مراحل مختلف رشد گیاه ضروری است. لذا این آزمایش با هدف مطالعه رابطه بین غلظت فسفر قابل استفاده خاک و غلظت فسفر گیاه در مراحل مختلف رشد اسفناج انجام شد.

### مواد و روش‌ها

جهت انجام این آزمایش، خاک به مقدار کافی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری سری چیتگر واقع در ۹ کیلومتری جنوب شرقی روستای نظرآباد شهرستان سروستان استان فارس که سطح فسفر قابل استفاده (فسفر قابل عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم) آن  $4/6$  میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) در مقایسه با سطح بحرانی فسفر قابل استفاده خاک (حدود ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) کم بود جمع‌آوری گردید. برخی از ویژگی‌های خاک مورد مطالعه عبارت بودند از: قابلیت هدایت الکتریکی  $0/4$  دسی-زیمنس بر متر، پ-هاس خمیر اشباع  $7/8$ ، ماده آلی  $1/6$ ، گنجایش تبادل کاتیونی  $9/6$  سانتی‌مول بار در کیلوگرم، نیتروژن کل  $0/07$  و غلظت آهن، منگنز، روی و مس قابل عصاره‌گیری با DTPA به ترتیب  $2/2$ ،  $3/6$ ،  $0/96$  و  $1/03$  میلی‌گرم در کیلوگرم. آزمایش در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل دو سطح ماده آلی از منبع کود گوسفندی (صفر و ۲ درصد وزنی) و سه سطح فسفر (صفر، ۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک از منبع  $Ca(H_2PO_4)_2$ ) بود. برخی از ویژگی‌های کود گوسفندی مورد استفاده عبارت بودند از: فسفر کل  $5062$  میلی‌گرم در کیلوگرم، نیتروژن کل  $1/8$ ، ماده آلی  $49/3$  و غلظت آهن، منگنز، مس و روی کل به ترتیب ۳۴۰، ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم. گیاه مورد آزمایش اسفناج (*Spinacia oleracea L., cv. Viroflay*) بود. مقدار دو کیلوگرم از خاک مورد نظر را در کیسه‌های پلاستیکی ریخته و مقادیر ذکر شده از تیمارهای فسفر (به صورت محلول) و ماده آلی (به صورت جامد) به خاک اضافه شد. به منظور جلوگیری از کمبود

بر کیفیت محصول بعدی نیز اثر منفی گذارد. اسفناج از جمله گیاهانی است که سطوح بالای عناصر غذایی کیفیت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۶). غلظت فسفر در گیاه با عواملی از جمله مرحله رشد گیاه تغییر می‌کند (۱۷). رشد گیاه، فرایند پویایی در دوره زندگی گیاه است که تابع عوامل متعددی مانند قابلیت دسترسی عناصر غذایی، عوامل رشد و شرایط محیطی است. غلظت عناصر غذایی در هر گیاه به غلظت قابل استفاده این عناصر در خاک بستگی دارد. از سوی دیگر، مراحل رشد و توسعه گیاه بر غلظت عناصر مختلف از جمله فسفر در گیاه اثر می‌گذارد (۱۵).

علاوه بر این، قابلیت دسترسی فسفر در خاک برای گیاهان در مراحل رشد گیاه تغییر می‌کند. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که نیاز گیاه به فسفر در مراحل اولیه رشد به مراتب بیشتر از سایر مراحل می‌باشد. مطالعات انجام گرفته نشان داده است که عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر غلظت فسفر در مراحل ۴ و ۵ برگی گیاه است و غلظت فسفر در مراحل پایانی رشد کمتر بر عملکرد گیاه تأثیرگذار است (۱). در آزمایشی، غلظت فسفر در اندام‌های مختلف گندم زمستانه شامل برگ‌ها، ساقه‌ها و گوشواره‌ها در سه مرحله رشد زیداکس (۱۸) شامل مراحل رشد ۳۲، ۵۱ و ۶۹ مورد بررسی قرار گرفته و رابطه بین غلظت فسفر گیاه در این مراحل با غلظت فسفر قابل استفاده خاک در دو عمق ۲۰-۴۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متر تعیین شد (۱۵). نتایج این پژوهش نشان داد که در مرحله ۵۱ رشد، همبستگی معنی‌داری بین غلظت فسفر در برگ‌های گندم و غلظت فسفر قابل استفاده خاک در دو عمق ذکر شده وجود دارد. در پژوهش مشابهی با گندم، نتایج متفاوتی گزارش شد. به این صورت که بین غلظت فسفر در گیاه و غلظت فسفر قابل استفاده خاک در مراحل مختلف رشد رابطه مشخصی مشاهده نشد (۸). در آزمایش دیگری، رابطه غلظت فسفر بخش هوایی هویج و فسفر قابل استفاده خاک در دو مرحله رشد شامل ۴ هفته و ۱۲ هفته بعد از شروع رشد و جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در هر دو مرحله رشد، با افزایش غلظت فسفر قابل دسترس خاک به تدریج غلظت فسفر گیاه نیز زیاد شده است (۱۲).

مراحل رشد گیاه پس از آماده سازی‌های اولیه، نمونه‌های خاک مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند و فسفر قابل استفاده به روش آبی تعیین شد (۱۱). سپس به منظور بررسی روابط موجود بین غلظت فسفر قابل عصاره‌گیری خاک و غلظت فسفر گیاه در مراحل مختلف رشد، از نرم‌افزارهای EXCEL، MSTATC و SPSS استفاده شد و میانگین‌های مربوط به پاسخ‌های گیاهی و خاکی اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح آماری ۵٪ مقایسه شدند.

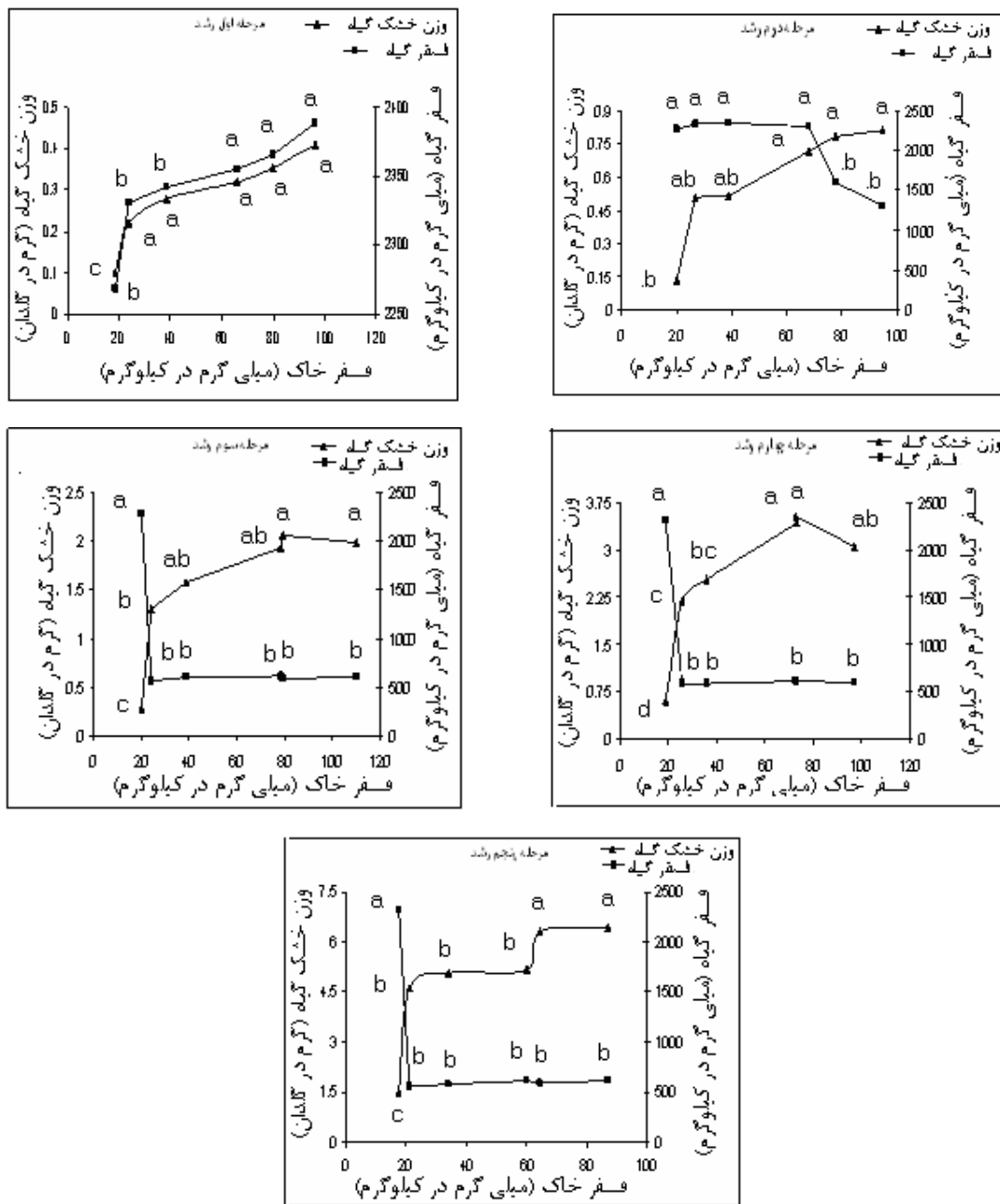
### نتایج

همانگونه که انتظار می‌رود، نتایج حاصل از روابط رگرسیونی بین غلظت فسفر قابل استفاده در خاک و غلظت فسفر در گیاه و مقدار وزن خشک گیاه در مراحل مختلف رشد نشان داد که با افزایش فسفر خاک در تمام مراحل رشد گیاه، وزن خشک گیاه نیز افزایش یافته است، ولی غلظت فسفر گیاه پاسخ کاملاً متفاوتی از خود نشان داده است. فسفر گیاه در مرحله اول رشد، یعنی چهار هفتگی، با افزایش فسفر خاک افزایش یافت. در مرحله دوم رشد (پنج هفتگی)، تا غلظت‌های فسفر کمتر از ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، وزن خشک گیاه نسبتاً بدون تغییر باقی ماند ولی با افزایش غلظت فسفر خاک به بیش از ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافت. در حالی که در مراحل بعدی رشد (شش، هفت و هشت هفتگی) در پاسخ به افزایش فسفر خاک، وزن خشک گیاه به شدت کاهش یافت (شکل ۱). نتایج نشان داد که مرحله رشد اثر معنی‌داری بر مقدار وزن خشک گیاه داشته است. به طوری که با افزایش رشد گیاه، میزان وزن خشک گیاه به صورت معنی‌داری افزایش یافته است. کاربرد ماده آلی نیز منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه شد (داده‌ها نشان داده نشده است). مطالعه اثر کاربرد فسفر بر وزن خشک گیاه نشان داد که بین شاهد و دو سطح کاربرد فسفر افزایش معنی‌داری وجود داشته است، ولی بین سطوح کاربرد فسفر (۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) این افزایش معنی‌دار نبود. نتایج مشابهی در مورد اثر کاربرد ماده آلی و فسفر بر میزان

احتمالی سایر عناصر غذایی براساس نتایج آزمون خاک، نیتروژن (۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قبل از کاشت و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در هفته چهارم پس از کاشت از منبع نترات آمونیوم) و عناصر کم مصرف مورد نیاز (۵ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین ۱۳۸، و ۵ میلی‌گرم منگنز، روی، و مس در کیلوگرم خاک به صورت سولفات) به خاک تمام کیسه‌ها به طور یکسان اضافه شد (۶). سپس رطوبت نمونه‌ها با آب مقطر به حدود ظرفیت مزرعه رسانده شد و پس از کاهش رطوبت به مقدار مناسب، خاک درون کیسه‌ها کاملاً مخلوط و به گلدان‌ها منتقل شد. در هر گلدان ۱۰ بذر اسفناج در عمق حدود یک سانتی‌متری سطح خاک کاشته شد و دو هفته بعد از جوانه زنی تعداد گیاهان به ۵ عدد در هر گلدان کاهش یافت. آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر و تا رسیدن به حدود رطوبت ظرفیت مزرعه با توزین روزانه گلدان‌ها در طول دوره رشد انجام شد. برداشت قسمت هوایی گیاهان از طوقه در ۵ مرحله انجام شد.

اولین مرحله برداشت در هفته چهارم بعد از سبز شدن بود و ۴ مرحله دیگر هر کدام به فاصله یک هفته از برداشت قبلی انجام شد. در هر بار برداشت، بعد از این‌که نمونه‌های گیاهی دو بار با آب معمولی و سپس با آب مقطر شسته شدند، در خشک‌کن در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. نمونه‌ها قبل و بعد از خشک شدن در خشک‌کن توزین شده و پس از آن با آسیاب برقی پودر و به منظور تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند.

برای تجزیه شیمیایی، یک گرم از ماده خشک گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی خاکستر شد و سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات و انادات تعیین شد (۷). به منظور تهیه نمونه‌های خاکی پس از هر مرحله برداشت نمونه‌های گیاهی، خاک گلدان‌ها نیز خشک شده و در تمام

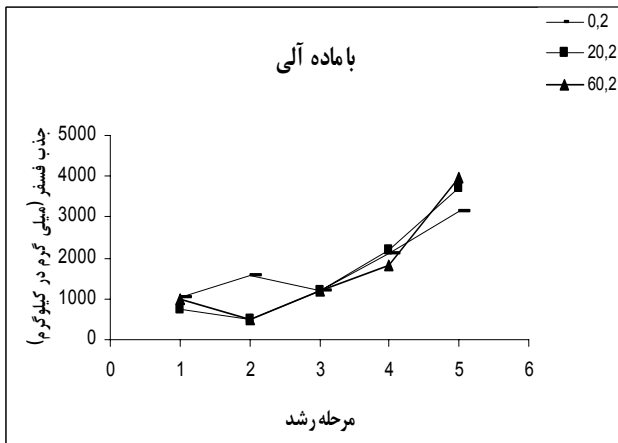


شکل ۱. رابطه فسفر گیاه و وزن خشک گیاه با فسفر قابل عصاره‌گیری خاک در مراحل مختلف رشد اسفناج (نقاطی که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند).

معنی‌داری مشاهده شد. به این صورت که در تمامی تیمارها غیر از تیمار شاهد، از مرحله اول تا پنجم، مقدار فسفر گیاه روند کاهشی را نشان داد. این روند بین سه مرحله آخر رشد معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که نیاز گیاه به فسفر در مراحل اولیه رشد، بیشترین مقدار است. بین شاهد و دو سطح کاربرد فسفر

وزن مرطوب گیاه به دست آمد و اثر مراحل رشد نیز مشابه وزن خشک گیاه بود (داده‌ها نشان داده نشده است).

شکل ۲ غلظت فسفر گیاه را تحت تأثیر تیمارهای مختلف در مراحل مختلف رشد نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که بین غلظت فسفر گیاه در مرحله اول و سایر مراحل، رابطه



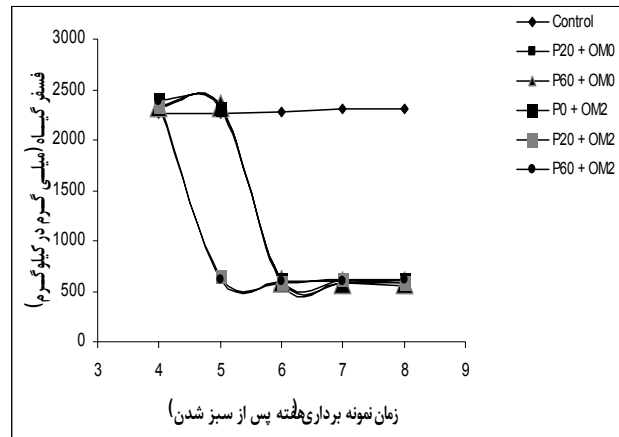
شکل ۳. جذب فسفر توسط اسفناج در مراحل مختلف رشد تحت تأثیر سطوح مختلف مصرفی در تیمار با ماده آلی

فسفر در نمونه‌های دارای ماده آلی که فسفر دریافت نکرده بودند در مرحله دوم رشد (پنج هفته پس از سبز شدن) از نمونه‌هایی که ۲۰ یا ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر دریافت کرده بودند بیشتر بود (شکل ۳).

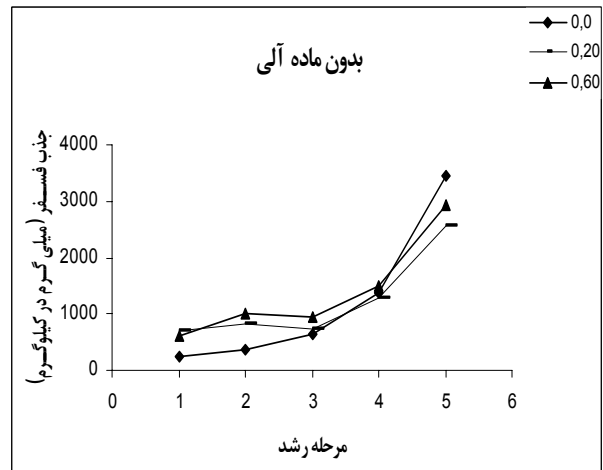
روابط رگرسیونی بین عملکرد ماده خشک و یا فسفر گیاه با ماده آلی و فسفر اضافه شده در مراحل مختلف رشد مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب رگرسیون در رابطه عملکرد ماده خشک با تیمار ماده آلی از ۰/۰۷۶ در مرحله چهارم به ۱/۱۲۳ در مرحله هشتم و در رابطه عملکرد ماده خشک با تیمار فسفر از ۰/۰۲۱ در مرحله چهارم به ۰/۳۵۹ در مرحله هشتم رشد افزایش یافت. در حالی که ضرایب این معادلات در مورد رابطه فسفر گیاه با تیمار ماده آلی از ۰/۰۸۴+۲۸ در مرحله چهارم رشد به ۰/۲۷۲-۲۸ در مرحله هشتم و در رابطه فسفر گیاه با تیمار فسفر از ۰/۸۲۶+ در مرحله چهارم رشد به ۰/۱۲-۲۸۸ در مرحله هشتم رشد کاهش یافت (جدول ۱).

### بحث

با افزایش فسفر خاک در تمام مراحل رشد گیاه، وزن خشک گیاه نیز افزایش یافته است، ولی غلظت فسفر گیاه پاسخ کاملاً متفاوتی را از خود نشان داد (به جز در مرحله اول رشد که روند افزایشی داشت). غلظت عناصر در گیاه تحت تأثیر غلظت عناصر



شکل ۴. اثر تیمارهای فسفر و ماده آلی بر غلظت فسفر گیاه در مراحل مختلف رشد



شکل ۵. جذب فسفر توسط اسفناج در مراحل مختلف رشد تحت تأثیر سطوح مختلف مصرفی در تیمار بدون ماده آلی

افزایش معنی‌داری از نظر غلظت فسفر گیاه وجود داشت. ولی بین سطوح دیگر کاربرد فسفر (۲۰ و ۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) این افزایش معنی‌دار نبود. اضافه نمودن ماده آلی توانست به صورت معنی‌داری منجر به افزایش غلظت فسفر گیاه گردد.

شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند که میزان جذب فسفر در نمونه‌های دارای ماده آلی و بدون آن، با رشد گیاه از مرحله اول تا پنجم، افزایش یافته است. میزان فسفر در خاک‌های تیمار شده با ماده آلی به صورت معنی‌داری بیشتر بود و این به ویژه در مرحله شش هفتگی بعد از سبز شدن دیده شد. مقدار جذب

جدول ۱. ضرائب روابط رگرسیونی بین عملکرد ماده خشک (گرم در گلدان) و غلظت فسفر گیاه (میلی‌گرم در کیلوگرم) با ماده آلی (درصد وزنی) و فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) افزوده شده در مراحل مختلف رشد اسفناج

ضریب تبیین	ضرایب معادله		ثابت معادله	پاسخ گیاه
	تیمار فسفر	تیمار ماده آلی		
	مرحله چهارم رشد			
۰/۸۲**	۰/۰۰۲۱	۰/۰۷۶	۰/۱۵	عملکرد ماده خشک
۰/۲۷*	۰/۸۲۶	۲۸/۰۸۴	۲۲۹۱/۸۱۲	غلظت فسفر
	مرحله پنجم رشد			
۰/۵۲**	۰/۰۰۳۵	۰/۱۹۱	۰/۲۹۵	عملکرد ماده خشک
۰/۶۶**	۷/۲۲۷	۲۸۹/۹۵۳	۲۵۰۷/۰۱۱	غلظت فسفر
	مرحله ششم رشد			
۰/۶۲**	۰/۰۱	۰/۴۶۷	۰/۷۸۳	عملکرد ماده خشک
۰/۴۲**	۱۲/۰۴۸	۲۷۰/۸۳۷	۱۴۶۳/۴۹۲	غلظت فسفر
	مرحله هفتم رشد			
۰/۶۲**	۰/۰۱۱	۰/۷۸۱	۱/۴۸۸	عملکرد ماده خشک
۰/۴۲**	۱۲/۴۳۶	۲۷۶/۵۴۸	۱۴۹۲/۶۲۸	غلظت فسفر
	مرحله هشتم رشد			
۰/۷۱**	۰/۰۳۵۹	۱/۱۲۳	۲/۷۷۲	عملکرد ماده خشک
۰/۴۳**	۱۲/۲۸۸	۲۷۲/۲۸۱	۱۴۷۶/۶۷۴	غلظت فسفر

\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۱۰٪.

نکرده‌اند (۱۲). روابط ناهمسازی (Antagonism) و یا هم‌افزایی (Synergism) عناصر با یکدیگر نقش مهمی در جذب آنها بازی می‌کند. برخی از کاتیون‌ها می‌توانند توسط بار منفی سلول‌ها که ناشی از حامل‌های آنیونی و یا پمپ‌های هیدروژنی هستند، جذب شوند. این جذب وابسته به غلظت عناصر در محیط رشد می‌باشد و این واقعیت را نشان می‌دهد که علی‌رغم تغییرات زیاد کاتیون‌ها در خاک، تغییر کمی در غلظت آنها در گیاه ایجاد می‌شود. در غلظت‌های بیش از حد بحرانی، تغییرات کمی در غلظت عناصر در گیاه ایجاد می‌شود و این بدون در نظر گرفتن قابلیت دسترسی زیاد عناصر در خاک می‌باشد. پس تنها غلظت معینی از عنصر برای رشد و توسعه گیاهی اهمیت دارد. غلظت‌های خیلی زیاد سمی هستند و می‌توانند رشد را کاهش

در خاک است. به گونه‌ای انتظار می‌رود با افزایش غلظت عناصر در خاک، غلظت آنها در گیاه نیز بیشتر شود (۱۰). گاهی غلظت برخی عناصر در خاک با غلظت عناصر موجود در گیاه همبستگی ندارند و این بدین علت است که علاوه بر غلظت عناصر در خاک، سن گیاه و قابلیت دسترسی عناصر دیگر نیز بر غلظت عنصر در گیاه مؤثر می‌باشند (۱۰).

از آنجا که غلظت یک عنصر ویژه در گیاه زمانی افزایش می‌یابد که در خاک نیز افزایش پیدا کرده باشد، برخی محققین بر این باورند که برای اکثر عناصر رابطه مثبت معنی‌داری بین غلظت عناصر در بافت گیاهی و غلظت قابل استفاده آنها در خاک وجود دارد (۱۰). اما برخی دیگر از محققین رابطه مثبت معنی‌داری بین غلظت نیتروژن و منگنز خاک و گیاه گزارش

فسفر دریافت کرده بودند بیشتر بود که این موضوع احتمالاً به دلیل معدنی شدن فسفر آلی اضافه شده به خاک پس از گذشت حدود پنج هفته می‌باشد. در مراحل پایانی رشد، به دلیل کاهش سرعت معدنی شدن و در نتیجه کاهش فسفر قابل دسترس، مواد آلی قابل جذب کاهش می‌یابد. محققین نشان داده‌اند که با اضافه کردن ماده آلی، مقدار فسفر قابل عصاره‌گیری به روش اولسن افزایش می‌یابد (۳).

### نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که افزایش فسفر خاک در تمام مراحل، عملکرد گیاه را افزایش داده ولی بر فسفر گیاه اثر معنی‌داری نداشت. در مراحل پایانی رشد (هفته‌های ششم، هفتم و هشتم پس از سبز شدن) در پاسخ به افزایش فسفر خاک، فسفر گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت که دلیل آن احتمالاً این است که غلظت عناصر در گیاه تنها تحت تأثیر غلظت آنها در خاک نبوده، بلکه سن گیاه و قابلیت دسترسی سایر عناصر نیز بر آن تأثیر دارد. ممکن است در برخی مراحل رشد، میزان و سرعت رشد بسیار سریع باشد، به طوری که جذب کل عناصر برای تأمین غلظت مورد انتظار کافی نباشد. همچنین نتایج نشان داد که گیاه در مراحل اولیه رشد در مقایسه با مراحل بعدی به فسفر بیشتری نیاز دارد که این نکته بایستی در مدیریت حاصلخیزی خاک و کوددهی گیاه لحاظ گردد.

### سپاسگزاری

از مسئولین محترم بخش علوم خاک و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز به خاطر فراهم نمودن تسهیلات لازم جهت انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

داده و بر جذب سایر عناصر اثر بگذارند (۱۰).  
نتایج این مطالعه نشان داد که همبستگی منفی معنی‌داری بین غلظت فسفر گیاه و عملکرد وزن خشک گیاه وجود دارد که این موضوع می‌تواند به یکی از دو علت زیر باشد:  
**الف)** با گذشت زمان و به واسطه اثر رقت وزن خشک گیاهی افزایش یافته و غلظت فسفر گیاه کم شده است.  
**ب)** و یا ممکن است غلظت فسفر گیاه بیش از اندازه مناسب افزایش یافته و سبب کاهش مقدار وزن خشک گیاهی شده باشد. اگر فرض اول صحیح باشد، اثر رقت اتفاق افتاده است. اما اگر فرض دوم صحیح باشد، یعنی با افزایش فسفر گیاه میزان وزن خشک از مرحله ۲ تا ۵ رشد کاهش نشان دهد، به این علت است که افزایش غلظت در گیاه بیش از حد مناسب می‌تواند عملکرد را کاهش دهد. غلظت این عنصر در بافت گیاه ممکن است قبل از شکل‌گیری بافت گیاهی به حد مطلوب برسد و غلظت‌های بالا که عملکرد را کم می‌کنند ممکن است به دلیل اثر سمیت و یا اثر بر جذب سایر عناصر باشد (۱۰).  
مطالعه مقادیر فسفر گیاهی و وزن خشک در مراحل مختلف نشان داد که فرض اول صحیح است. نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که معمولاً غلظت فسفر در بخش‌های رویشی گیاه با افزایش سن گیاه، کاهش و در بخش‌های زایشی افزایش می‌یابد (۲). نتایج نشان داد که نیاز گیاه به فسفر در مراحل اولیه رشد زیاد بود که مشابه آن توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۴، ۹ و ۱۳). نتایج نشان داد که فسفر خاک در خاک‌های تیمار شده با ماده آلی به طور معنی‌داری بیشتر است و این به ویژه در نمونه برداری در مرحله شش هفتگی بعد از سبز شدن دیده می‌شود. علاوه بر این، مقدار جذب فسفر در نمونه‌های دارای ماده آلی که فسفر دریافت نکرده بودند در مرحله دوم رشد (پنج هفته پس از سبز شدن) از نمونه‌هایی که

### منابع مورد استفاده

1. Barry, D. A. J. and M. H. Miller. 1989. Phosphorus nutritional requirement of maize seedlings for maximum yield. *Agron. J.* 81: 95-99.
2. Daroub, S. H., A. Gerakis, J. T. Ritchie, D. K. Friesen and J. Ryan. 2003. Development of a soil-plant phosphorus simulation model for calcareous and weathered tropical soils. *Agricultural Systems* 76: 1157-1181.

3. Garg, Sh. and G. S. Bahl. 2008. Phosphorus availability to maize by organic manures and fertilizer P-associated phosphatase activity in soils. *Bioresource Technol.* 99(13): 5773-5777.
4. Grant, C. A., D. N. Flaten, D. J. Tomasiewicz and S. C. Sheppard. 2001. The importance of early season P nutrition. *Canadian J. of Plant Sci.* 81: 211-224.
5. Grant, C., S. Bittman, M. Montreal, C. Plenchette and C. Morel. 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Canadian J. of Plant Sci.* 85: 3-14.
6. Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005. Soil fertility and nutrient management: An introduction to nutrient management. Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
7. Kuo, S. 1996. Phosphorus. PP. 869-920. *In: D. L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, 3<sup>rd</sup> Edition, SSSA, Madison, WI.*
8. Kuzmina, N. A. 1997. Nitrogen, phosphorus and potassium concentrations and their balance in durum wheat plants during different growth stages. PP. 97-98. *In: T. Ando et al. (Eds.), Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment, Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Plant Nutrition Colloquium, 13-19 September 1997, Tokyo, Japan. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.*
9. Masoni, A., L. Ercoli, M. Mariotti and I. Arduini. 2007. Post-anthesis accumulation and remobilization of dry matter, nitrogen, and phosphorus in durum wheat as affected by soil type. *European J. of Agron.* 26: 179-186.
10. Mengel, K. and E. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> Ed., International Potash Institute, Bern, Switzerland.
11. Olsen, S. R. C., V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circulation 939, US Government Printing Office, Washington, DC.
12. Pettipas, F. C. 2004. Soil and plant nutrient relationships in processing carrots. MSc. Thesis, Nova Scotia Agricultural College, Truro, Nova Scotia.
13. Romer, W. and G. Schilling. 1986. Phosphorus requirements of the wheat plant in various stages of its life cycle. *Plant and Soil* 91: 221-229.
14. Schindler, D. W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science* 195: 260-262.
15. Skudra, I. and A. Skudra. 2004. Phosphorus concentration in soil and in winter wheat plants. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Crop Science Congress, Brisbane, Australia [<http://www.cropscience.org.au/>].
16. Stein, L., K. White, F. Dainello, M. Mcfarland, A. Mize and M. Valdez. 1994. The influence of nitrogen and phosphorus on spinach yield. Texas A&M Agricultural Research & Extension Center at Uvalde, Crystal City, Texas.
17. Whiteny, D. A. 1988. Phosphorus facts: Soil, plant, and fertilizer. Cooperative Extension Service, Manhattan, Kansas.
18. Zadoks, J. C., T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.