ارزیابی وضعیت فسفر در برخی مزارع سیب زمینی منطقه مجن در استان سمنان

الهام میرباقری، علی عباسپور[1]*، عباس روحانی و هادی قربانی

دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود؛ mirbagheri88@gmail.com

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود؛ abbaspour2008@gmail.com

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود؛ abassrohani@yahoo.com

استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود؛ Ghorbani1969@yahoo.com

چکیده

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش جمعیت و تقاضای بیشتر برای تولید محصولات کشاورزی مقدار کاربرد کودهای فسفره افزایش یافته است. این امر منجربه وارد شدن فسفر به آبهای سطحی، بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک‌ها و گیاهان و نهایتاً آلودگی محیط زیست شده است. لذا، با توجه به اهمیت و آثار مثبت و منفی فسفر در تغذیه گیاه و در نهایت تغذیه و سلامت انسان، این تحقیق با هدف بررسی میزان فسفر محلول و قابل استفاده، جهت بهبود و اصلاح مدیریت تغذیه و توصیه کودی صحیح و نیز کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای فسفره انجام شد. بدین منظور، از 30 مزرعه تحت کشت سیب‌زمینی منطقه مجن واقع در 35 کیلومتری شهرستان شاهرود، طی دو مرحله (مرحله اول قبل از کشت و مرحله دوم همزمان با برداشت محصول) و هر بار از دو عمق 25-0و50-25 سانتیمتری، نمونه برداری و موقعیت هر نقطه با دستگاه GPS ثبت و پس از آنالیزهای آزمایشگاهی، علاوه بر میزان فسفر محلول و قابل استفاده خاک، مقادیر pH، EC، موادآلی و آهک نیز تعیین شدند. همچنین مقدار فسفر در غده‌های سیب‌زمینی برداشت شده از مزارع مورد مطالعه، اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که کلیه اراضی نمونه‌برداری شده، فاقد محدودیت شوری بوده ولی دارای کمی قلیائیت و آهک بالا هستند. میزان کربن آلی نسبتاً کم است و فسفر محلول خاک‌ها 11/4- 0/04 میلی‌گرم برکیلوگرم خاک و فسفر قابل استفاده خاک‌ها از 15/8 تا 48/4 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بوده که این میزان بسیار بالاتر از حد بحرانی تعیین شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد. تجمع بیش از حد فسفر در غده‌های سیب‌زمینی نیز حاکی از مصرف بیش از حد کودهای فسفره در خاک می‌باشد. لذا توصیه می‌شود که از کاربرد کودهای فسفره در اراضی این شهرستان حداقل برای مدت 2-3 سال اجتناب گردد.

واژه های کلیدی: آلودگی محیطزیست، غنی شدگی، کودهای فسفره

مقدمه

فسفر یکی از مهمترین عناصر مورد نیاز سیب‌زمینی است که کاربرد صحیح آن بعد از نیتروژن و پتاسیم ضروری می‌باشد. (بیابانکی و حسین پور، 1386؛ راماکرز و همکاران، 2010). ارزیابی توانایی خاک‌ها در تأمین فسفر قابل استفاده گیاه و همچنین تعیین میزان فسفر لازم جهت تولید محصول بیشتر و با کیفیت بهتر از سال‌ها پیش مورد توجه بوده است. هرگونه تغییر در میزان فسفر موجود در گیاه می‌تواند تأثیر مستقیمی روی فعالیت‌های فسفر یکی از مهمترین عناصر مورد نیاز سیب‌زمینی است که کاربرد صحیح آن بعد از نیتروژن و پتاسیم ضروری می‌باشد. (بیابانکی و حسین پور، 1386؛ راماکرز و همکاران، 2010). ارزیابی توانایی خاک‌ها در تأمین

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: استان سمنان، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی، گروه آب و خاک، کد پستی 3619995161-

* دریافت: اسفند 1390 و پذیرش: شهریور 1391

فسفر قابل استفاده گیاه و همچنین تعیین میزان فسفر لازم جهت تولید محصول بیشتر و با کیفیت بهتر از سال‌ها پیش مورد توجه بوده است. هرگونه تغییر در میزان فسفر موجود در گیاه می‌تواند تأثیر مستقیمی روی فعالیت‌های حیاتی سلول‌ها و گیاه داشته باشد. بررسی فسفر قابل جذب در خاک به دلیل نقش آن در تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان حائز اهمیت می‌باشد. ظرفیت جذب فسفر خاک، غلظت فسفر محلول را کنترل می‌کند. غلظت کافی فسفات در محلول خاک و حفظ این غلظت تأثیر تعیین کننده‌ای بر میزان رشد گیاه دارد (رضایی و نائینی، 1388؛کورتینا و سی یرز ،2009). بسیاری از خاک‌های زراعی در ایران در اثر مصرف کودهای فسفره در طی سی سال گذشته دارای مقادیر بالایی از فسفر قابل استفاده می‌باشند (جلالی و کلاه چی، 1384). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که افزایش مصرف کودهای فسفر طی این سال‌ها، نه تنها عملکرد محصولات زراعی را چندان افزایش نداده بلکه در نتیجه برهم زدن تعادل عناصر غذایی، کاهش محصول را نیز در مواردی باعث شده است (توحیدی نیا، 1388). پیامدهای مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته علاوه بر تجمع فسفر بیش از نیاز، ایجاد رقابت با جذب عناصر ریزمغذی به ویژه روی (Zn)، اتلاف سرمایه، ایجاد سمیت فسفر (جذب بیش از حد فسفر معدنی و بالا رفتن آن در بافت‌های گیاهی که باعث برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاه شده، متابولیسم عناصر در درون گیاه را مختل می‌کند)، کاهش عملکرد، افت کیفیت، کاهش جمعیت میکوریزای ریشه، هدر رفتن ارز کشور و از همه مهمتر تجمع آلاینده هایی نظیر کادمیوم در محصولات کشاورزی می‌باشد (اصغری، 1386؛ توحیدی نیا، 1388). ازسوی دیگر انتقال عناصر از اراضی کشاورزی به منابع آب می‌تواند اثرات زیست محیطی نامطلوبی در برداشته باشد (هافمن و همکاران، 2009؛ رودریگز و همکاران، 2011). لذا، با توجه به اهمیت و آثار مثبت و منفی فسفر در تغذیه گیاه و در نهایت تغذیه و سلامت انسان، نگارندگان بر آن شدند تا قابلیت دسترسی به این عنصر را در خاک‌های تحت کشت سیب‌زمینی شهر مجن بررسی کنند چرا که سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت بیشترین سهم را در میزان تولید محصولات غذایی دارا بوده و نقش مهمی در تغذیه و سبد غذایی جمعیت جهان دارد و شهر مجن نیز یکی از قطب‌های عمده تولید این محصول در استان سمنان است. در این زمینه طرحی به اجرا درآمد که هدف آن بررسی میزان فسفر محلول و قابل استفاده در خاک‌های منطقه، جهت بهبود و اصلاح مدیریت تغذیه و توصیه کودی صحیح و نیز کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه کودهای فسفره، از طریق نمونه‌برداری از برخی اراضی کشاورزی، بود. از این طریق می‌توان با اطلاع‌رسانی به مدیران و مولدین بخش کشاورزی، از مصرف بیش از حد کود اجتناب کرد و در نتیجه هزینه‌های تولید را نیز کاهش داد.

مواد و روش ها

الف) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی تحت کشت سیب زمینی شهر مجن می‌باشد. این شهر از لحاظ جغرافیایی در فاصله 35 کیلومتری شمال غربی شاهرود و با اختلاف کمی از شهرهای مرزی استان سمنان و مازندران و گلستان و در 36 درجه و 29 دقیقه عرض شمالی و 54 درجه و 39 دقیقه طول شرقی و در ارتفاع 2060 متری از سطح دریا قرارگرفته است. براساس آمارهای موجود، در دوره 20 ساله (85-1365) میانگین بارندگی سالانه ایستگاه مجن 249/6 میلیمتر می‌باشد که بیشترین بارندگی در فصول زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد. میانگین سالانه دما در مجن 10/2 درجه سانتیگراد است که کمترین آن با 0/9- مربوط به بهمن ماه و بیشترین آن با 21/1 درجه مربوط به مردادماه بوده است.

ب) برداشت و آماده سازی نمونه ها

طرح مذکور در فصل زراعی 1389 طی دو مرحله انجام شد. درمرحله اول، در اوایل اردیبهشت ماه و قبل از کشت، از 30 مزرعه تحت کشت سیب‌زمینی نمونه‌های خاک از دو عمق0 تا 25 و 25 تا 50 سانتیمتری به گونه‌ای تهیه گردید که نماینده کل منطقه باشد. موقعیت هر مزرعه نیز با دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)[1] ثبت شد. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت 48 ساعت در هوای آزاد خشک و پس از کوبیدن کلوخه های آنها از الک دو میلیمتری گذرانده و آماده تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی شدند. در مرحله دوم، در اواخر مهرماه و همزمان با برداشت محصول، از مزارع مذکور نمونه‌های خاک، همانند مرحله اول، تهیه و آنالیز شد و همزمان نمونه‌برداری از غده‌های سیب‌زمینی نیز صورت پذیرفت. از آنجا که قابلیت انحلال و جذب فسفر توسط گیاه تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله واکنش قلیایی خاک، مقدار کربنات کلسیم (آهک) و مقدار مواد آلی می‌باشد (احمدزاده و همکاران، 1388)، علاوه بر غلظت فسفر محلول و قابل استفاده، مقدار این پارامترها نیز در خاک‌های مورد مطالعه تعیین شد. pH خاک در عصاره 1:2/5خاک به آب، قابلیت هدایت الکتریکی در

[1] Global Positioning System

عصاره 1:2/5 خاک به آب به وسیله دستگاه هدایت‌سنج، درصد مواد آلی به روش واکلی-بلاک (علی احیائی و بهبهانی زاده، 1373)، درصد کربنات کلسیم به روش خنثی سازی با اسید (علی احیائی و بهبهانی زاده، 1373)، فسفر محلول با آب مقطر و در عصاره 1:2/5 خاک به آب، فسفر قابل استفاده به روش اولسن (سیمز، 2000) عصاره-گیری و به روش رنگ‌سنجی (علی احیائی و بهبهانی‌زاده، 1373) اندازه‌گیری شد. دیاگرام حلالیت فسفر بر اساس اطلاعات مربوط به غلظت فسفر محلول و pH خاک و به کمک نرم افزار Visual MINTEQ ترسیم شد (گوستافسون، 2002). در پژوهش حاضر برای پردازش‌های آماری از نرم افزارهای Excel و SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه خاک

توصیف آماری متغیرهای مورد مطالعه، به تفکیک عمق و زمان نمونه‌برداری، در جدول 1 خلاصه شده است. در این جدول آماره‌های میانگین، حداقل و حداکثر و دامنه تغییرات هر عنصر در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود، میزان هدایت الکتریکی درکلیه اراضی منطقه زیر 2 دسی‌زیمنس بر متر است لذا برای کاشت و پرورش محصولات محدودیت ایجاد نمی‌کند. حضور درصد قابل ملاحظه‌ای از کربنات کلسیم در خاک‌های منطقه، گویای امکان حضور فعال کاتیون کلسیم و شدت آهکی بودن خاک‌هاست. مهمترین اثر سوء آهک زیادی در خاک‌های زراعی، ترکیب با بعضی عناصر کودی و تبدیل آنها به ترکیبات تقریباً نامحلول و غیرقابل استفاده توسط گیاه می‌باشد. برای مثال فسفر در خاک‌های آهکی، به مقدار زیادی به وسیله واکنش‌های جذب و رسوب در سطوح کانی‌های کربناتی ابقا می‌شود و ابقای فسفر در خاک‌های آهکی بسیار مشکل ساز است (خورشید و همکاران، 1387). جاوید و روول (2002) در مطالعه انکوباسیون فسفر گزارش کردند که بعد از گذشت90 روز، 45 تا80 درصد از فسفر مصرفی به صورت غیر قابل جذب درآمده و قابل عصاره‌گیری به روش اولسن نبوده است و بیشترین مقدار فسفر غیر قابل جذب مربوط به خاک‌های آهکی بود.

واکنش خاک (pH) یکی از مهمترین عوامل در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان، بویژه فسفر می-باشد. تحقیقات نشان داده است که حداکثر قابلیت جذب فسفر برای گیاه در pH حدود 6 تا6/5 می‌باشد زیرا کانی-های کنترل کننده فسفر در این pH توأماً حضور داشته و حلالیت بالایی دارند (عطاردی، 1384؛ فاجریا، 2009). در pHهای بالاتر از 7، که عموماً یونهای کلسیم و منیزیم فعال فراوانی وجود دارند، ترکیبات نامحلول فسفات‌های کلسیم و منیزیم به وجود می‌آید که قابلیت جذب فسفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ملکوتی و همایی، 1383). همانطور که مشاهده می‌شود (جدول1)، با افزایش عمق خاک، مقدار pH اندکی افزایش یافته و در مقابل از غلظت فسفر قابل استفاده اندکی کاسته شده است. افزایش pH احتمالاً به علت کاهش کربن آلی در خاک زیر سطحی می‌باشد. تحقیقات نشان داده که در حضور یک منبع مناسب کربن، بعضی از باکتری‌ها و قارچ‌ها قادر به تولید اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم می‌باشند که باعث کاهش pH محیط می‌شوند (ریس و همکاران، 2001). کاهش pH خاک‌های نمونه برداری شده در زمان برداشت محصول در مقایسه با خاک‌های نمونه‌برداری شده قبل از کشت محصول، نیز دلیل دیگری در اثبات نقش کربن آلی در کاهش pH می‌باشد. زیرا خاک‌های نمونه‌برداری شده بعد از کشت محصول دارای مقادیر بیشتری از کربن آلی هستند. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که مواد آلی به طرق مختلف موجب افزایش فراهمی فسفر در خاک‌های آهکی می‌شوند (عفیف و همکاران، 1993؛ دلگادو و همکاران، 2002). مواد آلی می‌توانند سطوح آهک موجود در خاک را بپوشانند و قابلیت فراهمی فسفر را، از طریق کاهش واکنش فسفر با کلسیم، افزایش دهند (دورودیان و همکاران، 1389). والن و چانگ (2002) گزارش کردند که استفاده دراز مدت از مواد آلی باعث نگهداری فسفر با پیوندهای کم انرژی تر شده و قابلیت فراهمی آن را در پروفیل خاک افزایش می‌دهد. مواد آلی می‌تواند به صورت پوششی محافظ در اطراف ذرات کود یا به عنوان پیوند دهنده فسفر در محل‌های تبادل آنیونی و یا از طریق واکنش با فسفر و تشکیل ترکیبات فسفات آلی عمل نماید که در تمامی این حالات قابلیت استفاده فسفر برای گیاه افزایش یافته و آزادسازی تدریجی فسفر در محلول خاک وجود خواهد داشت (زلفی باوریانی و نوروزی، 1389). بنابراین با توجه به اینکه حداقل مقدار مواد آلی مورد نیاز برای سیب‌زمینی2 درصد می‌باشد (ملکوتی و همایی، 1383)، در مناطقی که مقدار آن کمتر از 2 درصد باشد، نیاز به اعمال کودهای آلی است. همچنین بیشتر بودن غلظت فسفر در خاک سطحی می‌تواند در اثر افزایش کودهای شیمیایی باشد که کشاورزان هرساله مقادیری بیش از حد توصیه شده کارشناسی، به خاکهای زراعی اضافه می‌نمایند (مؤمنی و همکاران، 1384). در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی مبنی‌بر مصرف بیش از حد فسفر و تجمع آن در

خاک ارائه شده است (توجه و همکاران، 1388). برای مثال نتایج بررسی‌ها در منطقه همدان نشان می‌دهد که فسفر قابل جذب (عصاره‌گیری شده با روش اولسن) در 70 درصد از خاک‌های زراعی بیش از 20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (جلالی و کلاه چی،1384). بر طبق گزارشات، مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته در زراعت سیب‌زمینی در شهرستان سراب باعث تجمع این عنصر در خاک شده به‌طوری‌که غلظت این عنصر در خاک از 100 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک فراتر رفته است (فرج نیا و بابیوردی،1387). بررسی وضعیت پراکنش فسفر قابل استفاده در منطقه نیز نشان می‌دهد که مصرف بیش از نیاز کودهای شیمیایی فسفاته و کودهای آلی دارای فسفر بالا مانند کود مرغی در سال‌های گذشته به نحوی بوده که موجب تجمع بیش از حد فسفر در لایه‌های خاک گردیده است به طوری که از حداقل 14/8 تا حداکثر 68/8 میلی-گرم در کیلوگرم متغیر می‌باشد. در حالی که حد بحرانی فسفر قابل استفاده برای سیب‌زمینی از سوی مؤسسه تحقیقات خاک و آب 10 تا 12 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، 1379).

فسفر محلول مورد نیاز برای اکثر محصولات کشاورزی نیز0/2 تا 0/3 میلی‌گرم درکیلوگرم می‌باشد که در این غلظت گیاهان قادرند بالاترین محصول را تولید نمایند (ریمرسما و همکاران، 2006؛ فاجریا، 2009) لذا نتایج حاکی از پتانسیل بالای این خاک‌ها در تأمین نیاز گیاهان به فسفر برای تولید حداکثر محصول است. همچنین با توجه به غلظت نسبتاً بالای فسفر محلول در خاک‌های منطقه (با میانگین 4 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک یا 1/6 میلیگرم بر لیتر) و اینکه حد آستانه ایجاد پدیده اوتریفیکاسیون 0/1-0/02 میلیگرم در لیتر می‌باشد، احتمال آلودگی آب‌های سطحی و زیر سطحی منطقه بسیار زیاد می‌باشد (کروواونگ و همکاران، 2009).

شکل 1 حلالیت فسفر خاک‌ها را به عنوان تابعی از pH محلول خاک نشان می‌دهد. فسفر محلول خاک‌ها در قبل از کشت محصول (شکل 1 الف) نسبت به کانی دی فسفات کلسیم با دو مولکول آب ($CaHPO_4.2H_2O$) زیر اشباع اما نسبت به کانی‌تری کلسیم فسفات ($Ca_3(PO_4)_2$) فوق اشباع می‌باشد که نشاندهنده حلالیت بسیار بالای فسفر محلول خاک‌ها می‌باشد. در زمان برداشت محصول (شکل 1 ب) حلالیت فسفر محلول خاک‌ها تا حدودی کاهش یافته و برخی از نقاط نسبت به کانی تری کلسیم فسفات زیر اشباع شده و به کانی هیدروکسی آپاتیت نزدیک می‌شوند که نشاندهنده کاهش جزئی حلالیت فسفر در طول زمان می‌باشد، با این وجود حلالیت فسفر محلول خاک‌ها در پایان برداشت محصول نیز بسیار بالا می‌باشد. شاید سال‌ها طول بکشد تا فسفر محلول خاک‌ها در تعادل با کانی هیدروکسی آپاتیت قرار بگیرد. با این حال برخی گیاهان با ریشه‌های قوی نیز قادر به جذب فسفر موجود در کانی هیدروکسی آپاتیت می-باشند (عباس پور و همکاران, 2012). به طور کلی عمده کود مورد استفاده در کشاورزی به صورت سوپرفسفات می‌باشد. این کود عمدتاً حاوی منو کلسیم فسفات بوده که حلالیت بسیار زیادی دارد اما آن به تدریج با ذرات تشکیل دهنده خاک واکنش داده و به ترکیبات کم محلول تر نظیر دی کلسیم فسفات, تری کلسیم فسفات و آپاتیت تبدیل می‌شود. به هر حال این تغییر و تحولات بستگی زیادی به مقدار رطوبت خاک، مقدار آهک، میزان کلسیم محلول و pH خاک دارد (لیندسی 2001).

همبستگی فسفر محلول و قابل دسترس با خصوصیات شیمیایی خاک‌ها

همانطور که از جدول 2 مشخص است از بین پارامترهای شیمیایی تنها pH خاک با فسفر محلول رابطه معنی‌دار منفی در سطح احتمال 1 درصد نشان می‌دهد. با توجه به اینکه خاک‌های مورد مطالعه همگی آهکی و pH آنها بالاتر از 7 بوده و در pH های بالاتر از 7 حلالیت فسفر کاهش می‌یابد لذا بین فسفر محلول و pH همبستگی منفی و معنی‌دار ایجاد شده است. (فاجریا، 2009). به عبارت دیگر متناسب با افزایش pH از 6/5 به بعد، غلظت فسفر محلول کاهش می‌یابد.

بررسی نتایج جدول 2 حاکی از همبستگی مثبت و معنی‌دار فسفر قابل استفاده و مواد آلی در خاک‌های مورد مطالعه می‌باشد. مواد آلی در خاک با فسفر برهمکنش داشته و به شکل‌های گوناگون بر واکنش جذب فسفر در خاک اثر می‌گذارند. مواد آلی با کاتیون‌های موجود در خاک تشکیل کمپلکس داده و به واسطه همین کاتیون‌ها، فسفر را جذب می‌کنند (ملکوتی و همایی، 1383).

نتایج حاصل از تجزیه گیاه

مقدار عناصر غذایی که در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد، بر غلظت آنها در اندام های گیاهی اثر می‌گذارد (ملکوتی و همایی، 1383؛ فاجریا، 2009). تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت فسفر در مراحل مختلف رشد گیاهان متفاوت است و این غلظت تحت تأثیر عواملی مانند غلظت فسفر در خاک است (زیادی، 2008). در مطالعه حاضر نیز به منظور ارزیابی میزان فسفر قابل استفاده گیاه در خاک، میزان فسفر در غده‌های سیب زمینی برداشت شده از

مزارع مورد مطالعه، اندازه‌گیری شد که نتایج حاصل در جدول 3 آورده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که میانگین غلظت فسفر در غده ها (0/22 درصد) بیشتر از حد مطلوب (0/17- 0/14 درصد، تعیین شده توسط سانچز (2007)) می‌باشد که در اثر مصرف بیش از حد کودهای فسفره ایجاد شده است. به هر حال جذب بیش از حد فسفر توسط گیاه اثرات سوئی بر جذب سایر عناصر می‌گذارد. بوان و لگت (2001) در بررسی اثرات متقابل روی و فسفر در سیب-زمینی رقم روست[1]، نتیجه‌گیری نمودند که غلظت بالای فسفر گیاه باعث کاهش جذب روی و کاهش انتقال آن به اندام‌های هوایی و تجمع در ریشه، ساقه و گره‌ها می‌شود. فسفر اضافی در خاک نه تنها از جذب روی جلوگیری می‌نماید بلکه در خود غده هم به صورت اسید فیتیک درآمده و این ماده مانع جذب آهن و روی در سیستم گوارشی انسان گردیده و در نتیجه از ارزش غذایی غده می‌کاهد. به عبارت دیگر با مصرف چنین غده‌هایی، به دلیل اسید فیتیک بالا، جذب روی و آهن در بدن انسان صورت نمی‌گیرد. همچنین به دلیل وجود کادمیوم در کودهای فسفاته، در صورت زیاده روی در مصرف کودهای فسفاته، تجمع کادمیوم در غده‌های سیب‌زمینی اتفاق می‌افتد که اثرات بسیار سوئی در سلامت جامعه مصرف کننده دارد (ملکوتی و همایی،1383).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که حلالیت و قابلیت جذب فسفر تابع عوامل بسیار متعددی است که آثار این عوامل همواره توأم می‌باشند به طوری که امکان مطالعه جداگانه آنها بسیار ضعیف است و میزان pH خاک و ماده آلی در این امر نقش بسزایی دارند. یک همبستگی قوی منفی بین فسفر محلول با pH خاک‌ها و یک همبستگی قوی مثبت بین فسفر قابل دسترس با مواد آلی خاک‌ها مشاهده شد. نکته مهم اینکه میانگین غلظت فسفر محلول خاک‌ها حدود 4 برابر فسفر محلول مورد نیاز اکثر محصولات کشاورزی و غلظت فسفر قابل دسترس حدود 14 برابر حد بحرانی تعیین شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب می‌باشد ضمن اینکه میانگین فسفر موجود در غده‌های سیب‌زمینی منطقه حدود 50 درصد بیشتر از مقدار مطلوب آن می‌باشد. بنابراین با توجه به غلظت بسیار بالای فسفر در خاک‌های منطقه، توصیه می‌شود از کاربرد این عنصر در اراضی این شهرستان حداقل برای مدت 2 -3 سال اجتناب گردد و با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب مانند استفاده از گوگرد به همراه تیوباسیلوس و کود دامی، به منظور کاهش موضعی اسیدیته خاک در محیط اطراف ریشه و تعدیل محدودیت ناشی از بالا بودن pH و افزایش مواد آلی به خاک، فسفر مورد نیاز گیاه تأمین گردد.

[1] Russet

جدول 1- تجزیه آماری توصیفی تعیین ویژگیهای خاک در دو عمق و دو زمان مختلف

		قبل از کشت محصول						در زمان برداشت محصول				
	پارامتر	pH	EC dS/m	Ps	Pa	OM (%)	آهک* (%)	pH	EC dS/m	Ps	Pa	OM (%)
عمق 0 تا 25 سانتیمتر	حداقل	7/53	0/13	0/04	17/7	0/30	16/8	7/07	0/15	0/05	14/6	0/34
	حداکثر	8/52	1/77	10/53	48/4	2/23	53/1	8/40	0/97	5/98	68/7	3/97
	میانگین	7/97	0/43	4/02	40/1	0/98	37/4	7/89	0/44	2/06	42/5	1/19
	میانه	8/00	0/33	4/16	43/7	0/90	40/5	7/90	0/40	1/82	43/9	1/03
	انحراف معیار	0/20	0/33	2/94	8/9	0/41	10/1	0/26	0/21	1/77	14/6	0/70
	چولگی	0/23	2/75	0/24	-0/4	1/04	-0/6	-0/82	0/91	0/73	-0/1	2/15
	کشیدگی	0/79	8/72	-0/73	0/7	1/36	-0/9	-1/81	0/32	-0/44	-0/5	7/21
	تغییرات(%)	2/51	76/94	73/13	22/2	40/19	26/7	3/36	49/55	86/07	34/5	59/16
عمق 25 تا 50 سانتیمتر	حداقل	7/75	0/03	0/23	15/77	0/30	17/44	7/64	0/13	0/06	16/99	0/46
	حداکثر	8/62	1/35	11/40	48/22	1/61	53/21	8/30	0/66	6/83	68/66	2/50
	میانگین	8/04	0/33	3/98	38/40	0/62	37/93	8/00	0/31	1/84	39/82	1/08
	میانه	8/02	0/28	3/59	43/04	0/84	40/78	8/04	0/27	1/80	43/09	1/09
	انحراف معیار	0/21	0/24	2/96	10/52	0/38	9/55	0/16	0/13	1/60	13/58	0/49
	چولگی	1/06	2/79	0/53	-1/10	0/40	-0/52	-0/29	1/02	1/32	-0/16	0/95
	کشیدگی	1/52	9/67	-0/38	-0/41	-0/85	-0/81	-0/47	0/57	2/33	-0/49	0/71
	تغییرات(%)	2/61	75/15	74/37	27/39	41/30	25/17	2/07	42/00	87/34	34/09	41/52

* با توجه به اینکه میزان آهک به آسانی قابل تغییر نیستند، از اندازه گیری مجدد آن در زمان برداشت محصول صرفنظر شد.

Ps = فسفر محلول برحسب میلی گرم برکیلوگرم

Pa = فسفر قابل استفاده برحسب میلی گرم برکیلوگرم

جدول 2- نتایج همبستگی بین فسفر محلول و قابل دسترس با خصوصیات شیمیایی خاک‌ها به روش پیرسون

همبستگی پیرسون		pH	OM	EC	$CaCO_3$
عمق 0 تا 25 سانتیمتر	Ps	-0/525**	0/127	0/427	-0/190
	Pa	0/315	0/539**	0/089	0/322
عمق 25 تا 50 سانتیمتر	Ps	-0/679**	-0/168	0/568**	-0/160
	Pa	0/196	0/653**	0/118	0/006

** همبستگی در سطح احتمال 1 درصد معنی دار میباشد

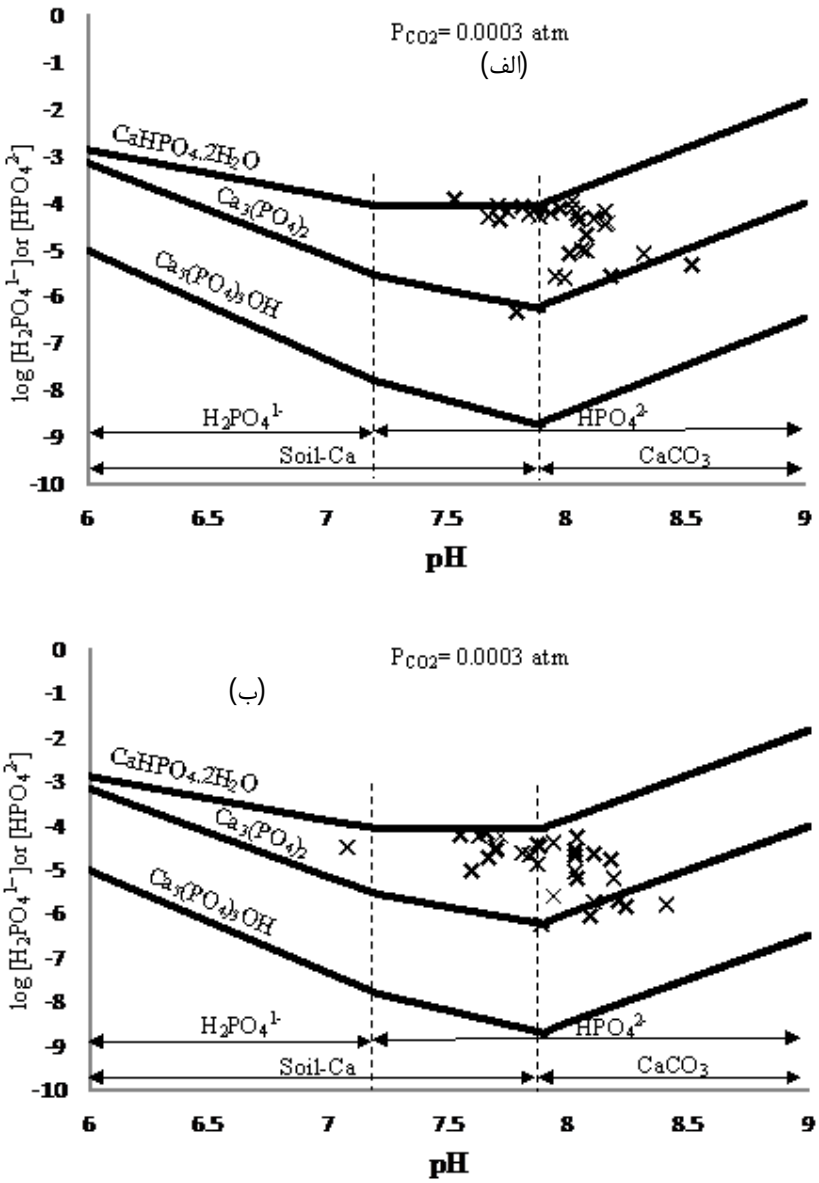
Ps = فسفر محلول

Pa = فسفر قابل استفاده

جدول 3- تجزیه آماری توصیفی نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فسفر در بافت‌های مختلف سیب‌زمینی در منطقه مورد مطالعه

اندام	حداقل	حداکثر	میانگین	میانه	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
غده	0/05	0/46	0/22	0/20	0/08	0/63	1/76	36/4

اعداد بر حسب درصد بیان شده است



شکل 1- دیاگرام حلالیت فسفر خاک مزارع سیب زمینی به عنوان تابعی از pH در قبل از کشت(الف) و بعد از برداشت محصول (ب). ثابتهای پایداری کانیها برگرفته شده از لیندسی، 2001

فهرست منابع:

1. احمدزاده آ، محمدی قهساره ا. و ایرانی پور ر، (1388)، "تأثیر مصرف همزمان سوپر فسفات تریپل و پودر سنگ فسفات بر عملکرد خشک و قابلیت جذب فسفر در یونجه همدانی"، مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد 5، شماره1، ص19-13.
2. اصغری ح.ر، (1386)، "بررسی تاثیر کودهای شیمیایی فسفره بر نقش قارچ های میکوریزا در پایداری ساختمان خاک"، مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، ص61-60، کرج .

3. بیابانکی ف. و حسین پور ع، (1386)، "سینتیک آزاد شدن فسفر و همبستگی ضرایب مدل‌های سینتیکی با برخی ویژگی-های خاک و شاخص‌های گیاهی در تعدادی از خاک‌های همدان"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 42 (ب)، ص503-491.
4. توجه م، یثربی ج. و علما و، (1388)، "تأثیر فسفر بر غلظت و مقدار کل اسید فیتیک در دانه سبوس دار در پنج رقم گندم"، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، ص827-825،گرگان.
5. توحیدی نیا م.ع، (1388)، پایان‌نامه ارشد:"مطالعه سود مندی نسبی استفاده از منابع و مقادیر مختلف مصرف فسفر در زراعت ذرت(*Zea mays* L.)"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
6. جلالی م، کلاه چی ز، (1384)، "فراهمی فسفر خاک در اثر افزودن مقادیر مختلف کود فسفری در خاک‌های استان همدان"، مجله علوم خاک و آب، جلد 19، شماره یک، ص 59
7. خورشید م، حسین پور ع.ل. و اوستان ش، (1387)، "تأثیر لجن فاضلاب بر جذب فسفر و فسفر قابل استفاده در برخی از خاک‌های آهکی"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال12، شماره 46(ب)، ص801-791.
8. دورودیان ح.ر، بشارتی کلایه ح، فلاح نصرت آباد ع.ر، حیدری شریف آباد ح، درویش ف، اله وردی ع، (1389)، "بررسی امکان تغییر فسفر قابل جذب خاک‌های آهکی و اثر آن بر عملکرد ذرت"، مجله دانش نوین کشاورزی، سال 6، شماره 18، ص 27-35 .
9. رضائی م. و موحدی نائینی ع.ل، (1388)، "سینتیک جذب و رهاسازی فسفر در خاک رسی ایلایتی، زئولیت و اختلاط آنها"، ،مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران،گرگان، ص2430-2428.
10. زلفی باوریانی م. و نوروزی م، (1389)، "تأثیر ماده آلی بر بازیابی فسفر باقی مانده در یک خاک آهکی"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال14، شماره52.
11. عطاردی ب، (1384)، پایان نامه ارشد: "حد بحرانی فسفر برای سورگوم به وسیله عصاره‌گیرهای متفاوت و شکل‌های شیمیایی فسفر در خاک‌های منطقه بیرجند"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.
12. علی احیائی، م. و بهبهانی زاده، ع. ا، (1373)، "شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول)"، نشریه فنی شماره 893، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
13. فرج نیا ا، بایبوردی ا. و کلانتری ع، (1387)، "بکارگیری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه آلودگی خاک‌های شهرستان مراغه به فسفر"، دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.
14. ملکوتی م.ج. و غیبی م.ن، (1379)، "تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک"، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
15. ملکوتی م.ج. و همایی م، (1383)، "حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک« مشکلات و راه حل‌ها»" چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی، تهران. 482 صفحه.
16. مؤمنی ع، رسولی م.ح، بای بوردی م، ملکوتی م.ج، (1384)، "لزوم حفظ کیفیت و پایش منابع خاک کشور"، ص315-288، (*خاک‌های ایران (تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری مؤسسه تحقیقات خاک و آب)*) ، چاپ اول، بنایی م.ح، مؤمنی ع، بای بوردی م. و ملکوتی م.ج، انتشارات سنا، تهران.
17. Abbaspour A., J. M. Arocena and M. Kalbasi. 2012. Uptake of phosphorus and lead by *Brassica juncea* and *Medicago sativa* from chloropyromorphite. Int. J. Phytorem. 14: 531-542.
18. Afif, E., A. Matar and J. Torrent. 1993. Availability of phosphate applied to calcareous soils of West Asia and North Africa. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:756-760.

19. Boan, L. C. and G. E. Legget. 2001. Phosphorus and zinc concentrations in Russet burbank potato tissue in relation to development of zinc deficiency symptoms. Soil Sci. Soc. Am. J. 28:229- 232
20. Curtina, D. and J. K. Syers. 2009. Lime-Induced changes in Indices of Soil Phosphorus Availability. pp1-18, (In: Soil Chemistry Nutrient and Water Management in Agricultural Soils), TVS Prasad.
21. Delgado, A., A. Madrid, S. Kassem, L. Andreu and M. C. Campillo. 2002. Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. Plant Soil, 245:277-286.
22. Fageria, N. K. 2009. The use of nutrients in plants. Taylor & Francis Group, CRC Press, 430 p
23. Gustafsson, J.P. 2002. Visual Minteq [Online]. Available at http://www.lwr.kth.se/english/OurSoftware/Vminteq/#download (verified 25 Apr. 2003).
24. Hoffmann, C. C., C. Kjaergaard, J. Uusi-Kamppa, H. C., Bruun Hansen and B. Kronvang. 2009. hosphorus Retention in Riparian Buffers: Review of Their Efficiency. J. Environ Qual. 38:1942–1955
25. Javid, S., and D.L. Rowell. 2002. A Laboratory study of the effect of time and temperature on the decline in Olsen P following phosphate addition to calcareous soils. Soil Use Management, 18:127-134.
26. Kronvang, B., G. H. Rubak, and G. Heckrath. 2009. International Phosphorus Workshop: Diffuse Phosphorus Loss to Surface Water Bodies-Risk Assessment, Mitigation Options, and Ecological Ef ects in River Basins. J. Environ. Qual. 38:1924–1929.
27. Lindsay, W.L., 2001. Chemical equilibria in soils, 2 th ed. John Wiley & Sons, New York.
28. Ramaekers, L., R. Remans, I. M. Rao, M. W. Blair, J. Vanderleyden. 2010. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants: Review. Field Crops Research, Elsevier, pp 1-8
29. Rees, R. M., B. C. Ball, C. D. Campbell, and C. A. Watson. 2001. Sustainable management of soil organic matter. British Society of Soil Science. CAB pub.
30. Riemersma, S., J. Little, G. Ontkean, and T. Moskal-Hébert. 2006. Phosphorus Sources and Sinks in Watersheds: A Review. Alberta Soil Phosphorus Limits Project
31. Rodriguez, H. G., Popp, J., Gbur, E., Chaubey, I., (2011), "Environmental and economic impacts of reducing total phosphorous runoff in an agricultural watershed", Agricultural Systems, 104 :623–633
32. Sanches, C.A., (2007), "Phosphorus", pp51-82, (In: *Hand book of plant nutrition*), Barker A.V. and Pilbeam, D.J., Taylor and Francis Group.
33. Sims, J. T., (2000), "Soil Test Phosphorus: Olsen P", pp5-9,(In *Methods for P Analysis*), Pierzynski (ed) G.M., North Carolina State University, 102p
34. Whalen, J. K. and Chang, C., (2002). "Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years", Commun, Soil Sci, Plant Anal, 33: 1011-1026
35. Ziadi N., Blanger G., Cambouris A. N., Tremblay N., Nolin M. C., and Claessense A., (2008), "Relationship between phosphorus and nitrogen concentration in spring wheat", Agron. J. 100(1): 80-86.