

اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم بر رشد و جذب فسفر توسط ذرت (*Zea mays* L. cv. SC704) در تعدادی از خاک های استان گلستان

اسماعیل دوردی پور^{۱*}، زینب بسطامی کجور^۲، مجتبی بارانی مطلق^۳، عبدالرضا قرنجیکی^۴ و محسن علمائی^۵

- ۱- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۳- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
- ۴- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات پنبه کشور
- ۵- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۲۶ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۴/۱۷	فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است که هر ساله به خاک افزوده می شود و مقدار قابل ملاحظه ای از آن در خاک باقی می ماند. هدف از این مطالعه بررسی اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم، بر رشد و جذب فسفر توسط ذرت سینگل کراس ۷۰۴ می باشد. این آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی گیاه ذرت اجرا شد. فاکتور اول شامل تعداد ۶ نوع خاک سطحی از مناطق مختلف استان گلستان و فاکتور دوم ترکیبی از کود فسفوری و اسیدهای آلی شامل (۱) شاهد، (۲) ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر، (۳ و ۴) ۵۰ میلی مول بر کیلوگرم اسیدهای آلی (اگزالیک و مالیک)، (۵) اسید اگزالیک+فسفر و (۶) تفاله گوجه فرنگی (۲۵ درصد وزنی) بود. بعد از ۱۰ هفته، گیاهان برداشت و ویژگی های مثل ارتفاع، وزن تر و خشک، غلظت فسفر و جذب آن در گیاه تعیین گردید. اثر نوع خاک به ترتیب بر ویژگی های وزن های تر و خشک ($P \leq 0/05$)، ارتفاع گیاه، غلظت و جذب فسفر در گیاه ($P \leq 0/01$) معنی دار بود. نتایج نشان داد که تیمار تفاله گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد، تیمار کود فسفر و اسید مالیک باعث افزایش معنی دار جذب فسفر، وزن تر و خشک گیاه گردید ($P \leq 0/05$). تیمار کود فسفر + اسید اگزالیک، فقط از نظر ارتفاع اختلاف معنی داری با مصرف اسید اگزالیک به تنهایی داشت ($P \leq 0/05$). همچنین بین تیمارهای اسید مالیک و شاهد هیچ اختلاف معنی داری از نظر پارامترهای گیاهی اندازه گیری شده مشاهده نشد ($P \leq 0/05$)؛ بنابراین، استفاده از تفاله گیاه گوجه فرنگی به جای کود فسفر می تواند به جذب فسفر باقی مانده خاک، رشد گیاه و کاهش آلودگی های زیست محیطی کمک کند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد.
کلمات کلیدی: فسفر، اگزالیک، مالیک، تفاله گوجه فرنگی، ذرت	
* عهده دار مکاتبات Email: e.dordipour@yahoo.com	

مقدمه

تغذیه مناسب گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی فرآورده‌های کشاورزی به شمار می‌رود. در تغذیه گیاه، علاوه بر اندازه کافی هر عنصر باید به تعادل و نسبت میان عناصر غذایی نیز توجه کافی داشت (۳۳). فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می‌باشد که در تولید محصول و فرآیندهایی مانند فتوسنتز، تنفس و تقسیم سلولی گیاه نقش مهمی دارد (۳۲ و ۴۵). هرگاه دیگر عوامل محدود کننده وجود نداشته باشد، رشد گیاه با مقدار فسفات جذب شده به وسیله ریشه متناسب است و نگهداری غلظت مناسب آن در محلول خاک برای تولید محصول اهمیت دارد (۱۶). غلظت فسفر در محلول خاک ناچیز است و با فاز جامد معدنی در تعادل است (۱۴). بخش زیادی از فسفات معدنی محلول که به شکل کود شیمیایی به خاک اضافه می‌شود، تثبیت (نزدیک ۸۰ درصد) و برای گیاهان غیر قابل استفاده می‌گردد. دو فرآیند رسوب و جذب سطحی، همچنین فعالیت یون کلسیم و مقادیر زیاد کربنات کلسیم در خاک از عوامل مؤثر در کاهش فراهمی فسفر است (۴۵ و ۱۵). از این رو در خاک‌های آهکی کمبود فسفر فراهم به دلیل تبدیل فسفر محلول به ترکیب‌های کم محلول مانند فسفات‌های کلسیم، یکی از دشواری‌های تغذیه‌ای می‌باشد (۱۹).

از سوی دیگر، کارایی استفاده از فسفر از مسائل مهم حاصل‌خیزی خاک و تولید محصول است. وضعیت فسفر فراهم خاک به دنبال مصرف کودهای آلی توسط برخی از پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله عواملی که می‌تواند بر جذب فسفر و سایر عناصر غذایی از خاک به وسیله گیاهان موثر باشد، اسیدهای آلی یافت شده در ترشحات گیاهان است. در بین اسیدهای ترشح‌یافته از ریشه گیاه به درون خاک، ترکیباتی چون اسید اگزالیک، اسید سیتریک و اسید مالیک نقش مهم‌تری در افزایش انحلال فلزات سنگین و نیز تحرک عناصر غذایی به ویژه فسفر ایفا می‌کند. ریشه با ترشح این اسیدها و آزادسازی فسفر نیاز غذایی فسفوری خود را تامین

می‌نماید (۳۴ و ۳۱). ژنگ و همکاران^۱ (۶۱) گزارش کردند که غلظت ۰/۵ میلی‌مولار اسیدهای اگزالیک و مالیک نقش مهمی در آزادسازی فسفر دارند؛ آنها همچنین بیان کردند که آزادسازی فسفر خاک به وسیله اسیدهای آلی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد و توانایی تحرک فسفر توسط اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم به صورت سیتریک < اگزالیک < تارتاریک < مالیک می‌باشد. در پژوهشی در مرکز چین، هو و همکاران^۲ (۲۱) اثر چندین اسید آلی را بر جذب فسفر از خاک مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد وقتی که غلظت اسید اگزالیک بیش از ۲ میلی‌مول بر لیتر باشد، جذب فسفر توسط خاک کاهش معنی‌داری دارد. معمولاً غلظت کل اسیدهای آلی در ریشه‌ها حدود ۲۰-۱۰ میلی‌مولار می‌باشد (۴-۱ درصد کل وزن خشک ریشه)؛ که حداقل می‌تواند برای ذرت با دیگر مواد آلی موجود در ریشه مانند اسیدهای آمینه (۲۰-۱۰ میلی‌مولار) و قندها (۲۰ میلی‌مولار) قابل مقایسه باشد (۲۴ و ۲۵).

مصرف کودهای آلی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و ظرفیت نگهداری آب، به دلیل تجزیه میکروبی مواد آلی می‌شود (۴۶). با افزایش فسفر در خاک، غلظت و جذب کل آن در گیاه ذرت افزایش می‌یابد (۱۵). استفاده از کودهای آلی در کشت ذرت توانسته است نقش مثبتی در عملکرد گیاه به همراه داشته باشد (۳۶). در این زمینه اقبال و همکاران^۳ (۱۱) گزارش کردند که مصرف کمپوست و یا کود دامی می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه ذرت نسبت به شاهد گردد؛ دلیل آن را بهبود وضعیت عناصر غذایی و اسیدیته خاک دانستند. همچنین افزایش کارایی کمپوست آلی با تلفیق کودهای شیمیایی گزارش شده است (۳۷). دیل و همکاران^۴ (۹) نشان دادند که مصرف کود مرغی معادل ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم سبب افزایش فسفر محلول و قابل

1- Zhang et al.

2- Hu et al.

3- Eghball et al.

4- Dail et al.

موکولی کم بر رشد و جذب فسفر توسط ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در خاک‌های مختلف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تعداد شش نمونه خاک از مناطق مختلف استان گلستان و از عمق ۳۰-۰ سانتی متری سطح خاک تهیه شد و پس از عبور از الک دو میلی متری، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند بافت به روش هیدرومتری بایکاس با اعمال تصحیحات دمایی (۶)، آهک به روش تیتراسیون برگشتی (۳۰)، پ. هاش در گل اشباع به وسیله پ. هاش متر با الکتروود شیشه‌ای (۵۶) و قابلیت هدایت هیدرولیکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی (۴۴)، مواد آلی به روش اصلاح شده والکلی و بلاک (۳۹) و فسفر فراهم به روش اولسن (۴۱) اندازه‌گیری گردید (جدول، ۱). آزمایش در شرایط گلخانه و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول تعداد ۶ نوع خاک از مناطق مختلف استان گلستان و فاکتور دوم ترکیبی از کود فسفری و اسیدهای آلی شامل (۱) شاهد، (۲) ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر از منبع KH_2PO_4 ، (۳) و (۴) ۵۰ میلی مول بر کیلوگرم اسیدهای آلی [(۳) اگزالیک و (۴) مالیک، جدول (۲)]، (۵) تیمار (۲)+ تیمار (۳) و (۶) تفاله گوجه فرنگی (۲۵ درصد وزنی، جدول ۳) برای هر گلدان می‌باشد. تیمارها در ابتدای آزمایش به خاک گلدان‌ها اعمال شد. خاک گلدان‌ها سه کیلوگرم بود. گلدان‌ها در گلخانه در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد و رطوبت زراعی به مدت ۱۰ هفته نگهداری شدند. با توجه به آزمون خاک و نیاز گیاه ذرت، عناصر پرمصرف نیتروژن و پتاسیم و محلولی از عناصر کم‌مصرف به مقدار لازم به خاک مورد نظر اضافه شد. سپس پنج عدد بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در فواصل منظم و در عمق دو سانتی متری از سطح خاک کشت شدند.

استخراج با بیکربنات در یک خاک نسبتاً اسیدی گردید. نتایج واثقی و همکاران (۵۹) نشان داد که با افزایش سطوح لجن فاضلاب، فسفر قابل استخراج توسط بیکربنات در یک خاک آهکی و اسیدی به طور خطی افزایش یافت. نتایج رسولی و مفتون (۴۳) نیز نشان داد که آثار باقی‌مانده کود دامی و کمپوست سبب افزایش فسفر قابل جذب خاک تحت کشت گندم شده است.

ذرت به عنوان گیاه زراعی دو منظوره (دانه‌ای-علوفه-ای) سومین گیاه زراعی مهم در جهان است که در تغذیه انسان و دام نقش مهمی دارد (۲۷). ذرت به مصرف کود فسفری، آلی و اسیدهای آلی واکنش مثبت نشان می‌دهد و با افزایش مقدار فسفر مصرفی، جذب کل فسفر و با مصرف کودهای آلی وزن خشک گیاه ذرت افزایش می‌یابد (۱۶ و ۱۱). با به کار بردن کمپوست، فسفر فراهم افزایش می‌یابد و همچنین می‌تواند به مدت ۱۰ سال به جذب فسفر توسط گیاه حتی بدون اضافه کردن کود فسفر کمک کند (۱۱). نتایج تحقیقات عثمان صوفی و همارشید^۱ (۴۲) نشان داد که مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، سبب افزایش معنی‌داری در وزن دانه گیاه ذرت می‌شود. همچنین آنها مشاهده کردند که با مصرف این مقدار کود فسفر، میزان فسفر در دانه ذرت نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری می‌یابد. نتایج تحقیقات بلوچ‌قرایی (۳) نشان داد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر عملکرد گیاه ذرت افزایش معنی‌داری یافت. همچنین نتایج تحقیقات کاظمی و همکاران (۲۷) نشان داد که سطوح مختلف کود فسفر سریع‌اً روی تعداد دانه در هر خوشه ذرت اثر می‌گذارند. پژوهشگران معتقدند که گیاه ذرت روش متفاوتی را در به حرکت درآوردن پیوندهای کلسیم-فسفر و آهن-فسفر دارد (۵) و (۲۰). فراهمی فسفر برای گیاهان شدیداً تحت تأثیر حضور لیگاند‌های آلی در ریزوسفر است (۴۰)؛ از این رو هدف از این تحقیق بررسی اثر مصرف اسیدهای آلی با وزن

دردی پور و همکاران: اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی...

جدول (۱) برخی خصوصیات منتخب فیزیکی و شیمیایی خاکها
Table(1) Some selected physical and chemical properties of the soils

نام منطقه (Location name)	پ. هاش (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی (EC) dS/m	فسفر فراهم (Pava.) mg/kg	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) cmol(+)/kg	کربن- آلی (OC)	سیلت (Silt)	رس (Clay)	آهک خنثی شونده (T.N.V.)
دلند (Daland)	8.0	0.78	25.4	24.8	1.1	49.0	43.0	2.5
هاشم‌آباد (Hashemabad)	7.9	1.04	13.4	24.5	1.7	36.5	35.5	15.0
هوتن (Hottan)	7.6	1.12	20.1	16.9	1.1	64.5	17.5	16.5
کلاله (Kalaleh)	7.9	0.74	21.6	29.8	1.1	54.5	19.5	12.0
کردکوی (Kordkouy)	7.6	1.48	31.5	26.7	1.5	43.5	25.5	3.5
اوقچی (Ouqchi)	8.0	0.88	9.4	15.6	1.7	44.5	23.5	15.5

جدول (۲) مشخصات اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین به کار رفته در آزمایش

Table (2) Characteristics of low molecular weight organic acids used in the experiment

اسید آلی (Organic acid)	فرمول (Formula)	وزن مولکولی (Mw, g/mol)	درصد خلوص (Purity %)	*PKa ₁	PKa ₂
اسید مالیک (Malic acid)	HOOCCH(OH)CH ₂ COOH	134.09	99.5	3.40	5.20
اسید اگزالیک (Oxalic acid)	HOOC-COOH	90.03	99.5	1.25	4.14

*PKa shows acid dissociation constant

* PKa ثابت تفکیک اسید را نشان می‌دهد

جدول (۳) مشخصات تفاله گوجه‌فرنگی

Table (3) Characteristics of the tomato fruit residue

ترکیب اسید آلی موجود Organic acid composition	پ. هاش (pH)	فسفر (P) (Dry matter)	ماده خشک (%)
اسیدهای سیتریک، اگزالیک و مالیک (۵۰) Citric, oxalic and malic acids (50)	4.3	0.184	89

استفاده از نرم افزار SAS (۴۹) تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر تیمارهای اصلی و برهم‌کنش آنها با آزمون حداقل فاصله معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع خاک بر پارامترهای وزن‌های تر و خشک ($P \leq 0.05$)، ارتفاع

دو هفته بعد از کاشت شمار بوته‌ها به سه عدد کاهش یافت. به‌هنگام برداشت، گیاهان از محل طوقه جدا شدند و بعد از شستشو، وزن خشک شاخساره در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. برای انجام آزمایش‌های شیمیایی نمونه‌های گیاهی به روش خشک‌سوزانی، هضم شدند و غلظت فسفر نمونه‌های گیاهی با روش فسفومولیدات زرد (۲۶) توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENWAY 6300) اندازه‌گیری شد. داده‌ها با

ظرفیت تبادل کاتیونی بالا؛ در مجموع شرایط مطلوبی را برای رشد گیاه فراهم می‌کند، از طرفی ارتفاع گیاه در خاک مناطق دلند، کردکوی، اوچی و هاشم‌آباد تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.05$) نداشت. همچنین بین دو منطقه هاشم‌آباد و دلند نیز تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نگردید؛ ولی بین سایر خاک‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد به دست آمد، به طوری که ارتفاع گیاه در منطقه کردکوی نسبت به خاک منطقه کلاله ۱/۲ برابر و نسبت به خاک منطقه هوتن ۲ برابر بیشتر بود. مناطق هوتن و کلاله با داشتن ویژگی‌های مانند درصد آهک بالاتر، کربن آلی کمتر و بافت لومی سیلتی شرایط مناسبی را برای رشد و نمو گیاه نداشتند.

گیاه، غلظت و جذب فسفر در گیاه ($P \leq 0.01$) معنی‌دار بود. همچنین اثر تیمارهای کودی بر ارتفاع گیاه ($0.05 \leq P$) و وزن‌های تر و خشک، غلظت و جذب فسفر ($0.01 \leq P$) در گیاه معنی‌دار بود. ولی اثر متقابل نوع خاک و تیمارهای کودی بر هیچ‌یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار نشد. این بدان معناست که پاسخ گیاه به تیمارهای مختلف کودی در خاک‌های مختلف یکسان است (جدول ۴).

اثر نوع خاک

بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه‌های میانگین (جدول ۵)، ارتفاع گیاه در خاک‌های مناطق مورد مطالعه در محدوده ۳۸/۶ تا ۷۹/۳ سانتی‌متر قرار داشت. بیشترین و کمترین ارتفاع به ترتیب به خاک‌های مناطق کردکوی و هوتن تعلق داشت. خاک کردکوی با دارا بودن درصد مناسبی از کربن آلی، میزان آهک کم، بافت لومی و

جدول (۴) نتایج تجزیه واریانس پارامترهای گیاهی اندازه‌گیری شده

Table(4) Results of ANOVA for the measured plant parameters

میانگین مربعات (Mean square)						
جذب فسفر (P-uptake)	فسفر شاخساره (P in shoots)	وزن خشک (Dry weight)	وزن تر (Fresh weight)	ارتفاع (height)	درجه آزادی (df)	تیمارها (Treatments)
1654.5**	0.0318**	60.5*	158.4*	3254.9**	5	خاک (Soil)
2031.8**	0.0553**	103.9**	239.9**	529.3*	5	کودها (Fertilizers)
425.4	0.0105	25.7	65.3	238.2	23	خاک*کود (Soil*Fertilizes)
463.5	0.0095	19.3	56.5	164.6	65	خطا (Error)
15.5	14.8	12.6	16.6	15.4	(%)	ضریب تغییرات (CV)

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*, ** i.e. statistical significance at *P. values* 0.05 and 0.01, respectively

جدول (۵) آزمون مقایسات میانگین اثر خاک بر پارامترهای گیاهی

Table (5) Mean comparisons test of soil type effect on the plant parameters

جذب فسفر (P-uptake)	فسفر شاخساره (P in shoots)	وزن خشک (Dry weight)	وزن تر (Fresh weight)	ارتفاع (Height)	خاک‌ها (Soils)					
mg/pot	%	g/pot	g/pot	cm						
42.4	ab	0.27	a	16.3	ab	35.8	a	76.2	a	دلند (Daland)
38.6	bc	0.28	a	14.4	bc	31.0	abc	75.2	ab	هاشم‌آباد (Hashemabad)
53.7	a	0.26	a	18.9	a	30.4	bc	38.6	c	هوتن (Hottan)
28.8	bc	0.19	b	15.0	bc	32.0	ab	66.5	b	کلاله (Kalaleh)
42.7	ab	0.28	a	15.3	bc	33.6	ab	79.3	a	کردکوی (Kordkouy)
24.4	c	0.19	b	12.7	c	26.6	c	75.9	a	اوچی (Ouqchi)

اعداد با حروف مشابه در هر ستون معنی‌دار نیست (LSD, $P \leq 0.05$)

Numbers followed by the same letter are not significantly different (LSD, $P \leq 0.05$)

بهینه را برای گیاه فراهم کرده‌اند. کراولی^۱ (۷) در یک مطالعه نشان داد که انتخاب مناطق مساعد نه تنها بر روی کل ماده خشک، بلکه دانه و مقدار نشاسته تأثیر معنی داری می‌گذارد، به طوری که انتخاب مناطق مناسب، هیبریدهای زودرس عملکرد بالایی را تولید می‌نماید.

در این تحقیق غلظت فسفر گیاه در مناطق مختلف در محدوده ۰/۲۸ تا ۰/۱۹ درصد متغیر بود. بیشترین درصد فسفر در خاک مناطق کردکوی، هاشم‌آباد و دلدند و کمترین آن در مناطق کلاله و اوقچی به دست آمد. همچنین بین خاک مناطق دلدند، هاشم‌آباد، هوتن و کردکوی از نظر درصد فسفر گیاه تفاوتی ($P \leq 0/05$) وجود نداشت (جدول ۵). مقدار بالای فسفر گیاه در خاک کردکوی به دلیل بالا بودن فسفر در این خاک و همچنین تجمع فسفر به دلیل عدم افزایش ماده خشک می‌باشد، زیرا جذب فسفر در این خاک کاهش نشان می‌دهد. از طرف دیگر بین مناطق کلاله و اوقچی نیز تفاوتی در میزان درصد فسفر گیاه در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نگردید. پایین بودن مقدار فسفر گیاه در خاک کلاله شاید به دلیل میزان بالای آهک (۱۰ درصد) در آن باشد؛ ولی اثر رقت در اینجا نمی‌تواند دلیل آن باشد زیرا جذب فسفر کاهش یافته است. کم بودن غلظت فسفر در خاک اوقچی طبیعی و قابل پیش‌بینی بود. زیرا میزان فسفر قابل‌استفاده آن در حد کمبود و میزان آهک در آن بالا بود. جاوید و راول^۲ (۲۳) در مطالعه انکوباسیون فسفر گزارش کردند که بعد از گذشت ۹۰ روز ۴۵ تا ۸۰ درصد فسفر مصرفی به صورت غیر قابل جذب درآمده است و بیشترین مقدار فسفر غیر قابل جذب مربوط به خاک‌های آهکی بود. آنان اظهار داشتند با مصرف کود فسفوری در مزرعه، بخش قابل توجهی از آن به سرعت به صورت غیر قابل جذب

در مطالعه حاضر حداکثر وزن تر گیاه در خاک منطقه دلدند ۳۵/۸ گرم در گلدان و حداقل آن در خاک منطقه اوقچی ۲۶/۶ گرم در گلدان اندازه‌گیری گردید. طبق نتایج به دست آمده بین خاک‌های مناطق دلدند، کلاله، هاشم‌آباد و کردکوی تفاوت معنی داری ($P \leq 0/05$) از نظر وزن تر وجود نداشت (جدول ۵). خاک این مناطق با داشتن خصوصیات چون درصد آهک پایین، بالاترین مقدار فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی، شرایط مناسب و مشابهی را برای رشد گیاه فراهم نمودند؛ از طرف دیگر خاک منطقه دلدند از نظر وزن تر گیاه اختلاف معنی داری با خاک هوتن داشت، زیرا مقدار وزن تر اندازه‌گیری شده در خاک دلدند ۱۷/۷ درصد نسبت به خاک هوتن بیشتر بود. این اختلاف قابل پیش‌بینی بود زیرا خاک دلدند نسبت به خاک هوتن از هدایت هیدرولیکی و درصد مواد خنثی شونده کمتر و میزان فسفر بیشتری برخوردار است. در خاک‌های آهکی واکنش فسفر با کربنات کلسیم سبب تشکیل شکل‌های مختلف فسفات کلسیم و کاهش قابلیت دسترسی این عنصر خواهد شد (۵۱).

با توجه به نتایج به دست آمده بیشترین مقدار وزن خشک در خاک مناطق هوتن و دلدند ۱۸/۹ و ۱۶/۳ گرم در گلدان گیاه و کمترین مقدار آن ۱۲/۷ گرم در گلدان در خاک منطقه اوقچی مشاهده گردید (جدول ۵). با وجود این که خاک دلدند نسبت به خاک هوتن شرایط مطلوب‌تری برای رشد گیاه دارا بود، چون از هدایت هیدرولیکی و درصد مواد خنثی شونده و آهک کمتر و درصد فسفر و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتری برخوردار بود، وزن خشک گیاه در این دو خاک اختلاف معنی‌داری نداشت. از نظر وزن خشک بین خاک مناطق هاشم‌آباد، کلاله و کردکوی تفاوت معنی داری ($P \leq 0/05$) مشاهده نگردید. خاک این مناطق با دارا بودن ویژگی‌های مشابهی مانند، درصد مواد خنثی شونده و آهک کمتر و ظرفیت تبادل کاتیونی و فسفر بیشتر شرایط رشد

1- Crowley

2- Javid and Rowell

اسیدازلیک تنها بود و این اختلاف از نظر آماری معنی دار ($P \leq 0/05$) بود. یعنی استفاده تلفیقی آن‌ها نسبت به استفاده آن‌ها به صورت تنها، نتایج بهتری در ارتفاع گیاه داشت. از طرف دیگر بین تیمارهای اسیدازلیک+فسفر، اسید مالیک، کود فسفر و شاهد در سطح احتمال پنج درصد هیچ گونه اختلاف معنی داری وجود نداشت. علاوه بر این بین تیمارهای اسیدآلی مورد مطالعه در این تحقیق (اسید مالیک و اسیدازلیک) نیز تفاوت معنی داری ($P \leq 0/05$) مشاهده نشد، در صورتی که نتایج محققان دیگر نشان می‌دهد که استفاده از کود آلی نقش مثبتی را در افزایش رشد و نمو و عملکرد گیاه ذرت دارد (۳۶). زیرا تغییر شرایط خاک مثل بهبود ساختمان، تمرکز عناصر غذایی در سطح خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب (۵۷) باعث افزایش کیفیت خاک برای رشد گیاه می‌شوند.

حداکثر میزان وزن تر اندازه‌گیری شده در تحقیق حاضر در تیمار تفاله گوجه‌فرنگی ۴۲/۶ گرم در گلدان و حداقل آن در تیمار اسید مالیک و شاهد ۲۷/۴ و ۲۸/۰ گرم در گلدان به دست آمد. بر طبق جدول مقایسه‌ها میانگین (جدول ۶) بین تیمار تفاله گوجه‌فرنگی و سایر تیمارها تفاوت معنی داری از نظر وزن تر در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت؛ به طوری که مقدار وزن تر در تیمار تفاله گوجه‌فرنگی حداقل ۳۴/۴ درصد بیشتر از سایر تیمارها بود. توجه به این نکته لازم است که تفاله گوجه‌فرنگی به عنوان یک ماده آلی عمل می‌کند؛ لذا باعث بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت، عناصر غذایی و ظرفیت نگهداری آب می‌شود. افزایش ماده آلی خاک سبب افزایش حلالیت عناصر کم‌مصرف در خاک و همچنین بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (۵۲). علاوه بر این تفاله گوجه‌فرنگی پ.هاش پایین (حدود ۴/۳) و مقدار قابل توجهی فسفر دارد و حاوی چند نوع اسیدآلی است (جدول ۳) که با آزادسازی فسفر از سطح خاکدانه‌ها باعث افزایش فسفر در محلول خاک و در نتیجه جذب آن به وسیله گیاه می‌شود.

تبدیل می‌شود. کوکزاک و همکاران^۱ (۲۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافته بودند.

بر اساس نتایج آزمون مقایسه میانگین، جذب فسفر توسط گیاه در خاک مناطق مختلف مشخص شد که بیشترین جذب فسفر در خاک منطقه هوتن ۵۳/۷ میلی‌گرم در گلدان و کمترین آن در خاک اوقچی ۲۴/۴ میلی‌گرم در گلدان بود (جدول ۵). از آنجایی که کمترین مقدار فسفر خاک (۹/۴ درصد) در خاک اوقچی اندازه‌گیری گردید، این نتیجه دور از ذهن نبود. علاوه بر این بین خاک مناطق دلد و کردکوی در میزان جذب فسفر توسط گیاه اختلاف معنی داری ($P \leq 0/05$) وجود نداشت. در ضمن نتایج مقایسه‌ها میانگین اختلاف معنی داری بین خاک مناطق کلاله و اوقچی از نظر جذب فسفر در سطح احتمال پنج درصد نشان نداد. این مناطق مقدار درصد آهک زیاد و فسفر کم را تواما دارند. با توجه به این نکته که آهک سبب رسوب فسفر در خاک می‌شود و جذب آن توسط گیاه کاهش می‌یابد (۵۱)، کمترین مقدار جذب فسفر در این مناطق به دست آمد. عوامل مختلف خاکی در قابلیت جذب فسفر توسط گیاه مؤثر هستند. مانند پ.هاش خاک، تثبیت به‌وسیله کانی‌های رسی، آهن، آلومینیوم و یون کلسیم موجود در خاک، فسفر آلی خاک، تأثیر افزایش فسفات، اثر مواد آلی خاک و کودهای نیتروژن بر جذب فسفر مؤثرند. شارپلی و همکاران^۲ (۵۳) در مطالعاتشان نشان دادند که جذب فسفر در خاک‌های آهکی تابعی از مقدار کربنات کلسیم در خاک است.

اثر تیمارهای کودی

طبق نتایج آزمون مقایسه‌ها میانگین، بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار اسیدازلیک + فسفر، ۷۷/۱ سانتی‌متر و کمترین مقدار آن در تیمار تفاله گوجه‌فرنگی ۶۴/۱ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۶). همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها مشخص شد که ارتفاع گیاه در تیمار اسیدازلیک+ فسفر، ۱۵/۸ درصد بیشتر از تیمار

1- Kuczak *et al.*
2- Sharpley *et al.*

دردی پور و همکاران: اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی...

جدول (۶) نتایج آزمون مقایسات میانگین اثر تیمارهای کودی بر پارامترهای گیاهی

Table(6) Mean comparisons test of fertilizer treatments effect on plant parameters

جذب فسفر (P uptake) mg/pot	فسفر شاخساره (P in shoots) %	وزن خشک (Dry weight) g/pot	وزن تر (Fresh weight) g/pot	ارتفاع (Height) cm	تیمارهای کودی (Fertilizer treatments)					
25	b	0.2	bc	12.7	c	28.0	c	69.8	ab	شاهد (Blank)
37	ab	0.26	ab	13.9	bc	30.5	bc	70.6	ab	کود فسفر (P fertiliser)
49	a	0.30	a	16.0	b	31.7	bc	66.6	b	اسیداکزالیک (Oxalic acid)
26	b	0.18	c	14.3	bc	27.4	c	68.6	ab	اسید مالیک (Malic acid)
50	a	0.31	a	16.5	b	34.3	b	77.1	a	اسیداکزالیک+فسفر (Oxalic acid+P)
41	a	0.20	bc	20.5	a	42.6	a	64.1	b	تفاله گوجه‌فرنگی (Tomato fruit residue)

اعداد با حروف مشابه در هر ستون معنی‌دار نیست (LSD, $P \leq 0.05$)

Numbers followed by the same letter are not significantly different (LSD, $P \leq 0.05$)

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین میزان وزن خشک گیاه در تیمار تفاله گوجه‌فرنگی و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد به ترتیب ۲۰/۵ و ۱۲/۷ گرم در گلدان مشاهده گردید (جدول ۶). همچنین بین تیمار تفاله گوجه‌فرنگی و سایر تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت؛ زیرا مقدار وزن خشک گیاه در تیمار تفاله گوجه‌فرنگی حداقل ۱/۴ برابر بیشتر از سایر تیمارهای مورد مطالعه بود. از آنجایی که تفاله گوجه‌فرنگی یک ماده آلی است پس از تجزیه، باعث افزایش مواد مغذی، ظرفیت نگهداری آب و بهبود بافت خاک می‌شود. گیاه در این شرایط رشد بیشتری دارد. مصرف مواد زائد آلی و کود دامی سبب افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگهداری آب در خاک، کاهش جرم مخصوص خاک، تعدیل دمای خاک، افزایش حجم منافذ خاک، افزایش رشد ریشه‌ها و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه می‌شود (۱). مصرف مواد آلی سبب افزایش کربن آلی، نیتروژن و فسفر (۳۵) و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی خاک (۵۸) می‌گردد. علاوه بر این گوجه‌فرنگی حاوی مجموعه‌ای از اسیدهای آلی (جدول ۳) و فسفر است، توانایی آزادسازی فسفر از

شواهد قابل توجه‌ای وجود دارد که در حضور اسیدهای آلی، به دلیل بار منفی گروه‌های کربوکسیل موجود و اشغال مکان‌های جذب آنیون توسط آن‌ها در خاک جذب فسفر توسط خاک کاهش می‌یابد (۱۰)، ۱۳، ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۳۱. همچنین بین تیمارهای کود فسفر، اسیداکزالیک، اسید مالیک و شاهد تفاوتی از نظر وزن تر گیاه در سطح احتمال پنج درصد وجود نداشت. مواد آلی به دلیل اثر سازنده‌ای که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصل‌خیزی خاک دارند، به عنوان یکی از ارکان باروری خاک شناخته شده‌اند. وجود این ترکیبات باعث پیدایش خلل و فرج فراوان در خاک می‌شود، وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش و پایداری خاکدانه‌ها و حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد. پژوهش‌های مختلف نیز نشان می‌دهند که پسماندهای آلی به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد ترکیبات آلی می‌توانند نقش به‌سزایی در تأمین ماده آلی خاک و نیز کاهش زیان‌های ناشی از کمبود این مواد در خاک داشته باشند (۴۸). بررسی‌ها نشان داده است که ضایعات آلی حاوی مقادیر قابل توجهی از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف هستند و از طریق تشکیل کلات با عناصر مختلف، فراهمی آن‌ها را افزایش می‌دهند (۳۸).

باشد. اسید اگزالیك پ.هاش پایینی (۲/۶) دارد و توانایی زیادی در کلات کردن فلزات دخیل در رسوب یون فسفر و تشکیل کمپلکس اگزالات-فلز دارد (۵۵). در حضور اسیدهای آلی بر روی ذرات خاک، بار منفی گروه‌های کربوکسیل مکان‌های جذب آنیون را در خاک اشغال کرده در نتیجه جذب فسفر توسط خاک کاهش می‌یابد و فسفر در فاز محلول و تبادل باقی می‌ماند (۲۲). گیسکین و همکاران (۱۵) گزارش کردند که افزایش غلظت و جذب کل فسفر به وسیله گیاه ذرت را افزایش می‌دهد و این افزایش در خاک‌هایی که مقدار فسفر بومی آن‌ها کمتر است، بیشتر می‌باشد. همچنین در تیمارهای اسیدآلی مشخص شد که تیمار اسید اگزالیك ۶۶/۷ درصد، غلظت فسفر بیشتری را نسبت به تیمار اسید مالیک در گیاه نشان می‌دهد. از طرف دیگر بین تیمار اسید مالیک و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر درصد فسفر گیاه در سطح احتمال پنج درصد وجود نداشت. به بیان دیگر اسید مالیک تأثیر چندانی بر غلظت فسفر در گیاه ذرت نداشت. اگزالات برخلاف سیترات و مالات تمایل دارد که با یون کلسیم تشکیل رسوب دهد، در نتیجه اگزالات می‌تواند در انحلال فسفر خاک مؤثر باشد (۱۳) و باعث افزایش فسفر در محلول خاک شود. هائو و همکاران^۱ (۱۸) نیز گزارش کردند که عوامل مختلفی از جمله کند بودن سرعت آزادسازی فسفر به خصوص در مراحل اولیه کوددهی و اثرات متقابل یونی در کاهش جذب این عنصر توسط گیاه اثر دارد. از طرفی در شرایط کشت گلدانی، گیاه با محدودیت بیشتری از نظر حجم ریشه و تأمین عناصر غذایی روبروست و غلظت فسفر در این گیاه در محدوده بحرانی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که افزودن موادآلی به خاک، با بهینه کردن شرایط خاک، امکان لازم برای تولید محصولات با عملکرد بالا از نظر کیفی و کمی را فراهم می‌آورد (۴). همچنین غلظت فسفر در گیاه در

کانی‌های خاک را نیز دارد. زیرا اسیدهای آلی و فسفر جهت جذب بر روی سطوح تبادل خاک با یکدیگر رقابت می‌نمایند. اسیدهای آلی با جذب بر روی سطوح جذب‌کننده باعث افزایش مقدار بار منفی ذرات و افزایش دفع آنیونی می‌شوند. مکانیسم جذب فسفر روی خاک‌های دارای بار متغیر عمدتاً از نوع واکنش‌های تبادل لیگاندی می‌باشد، که این مکانیسم شبیه مکانیسم جذب اسیدهای آلی می‌باشد (۶۰). از طرف دیگر بین دو اسیدآلی اگزالیك و مالیک تفاوت معنی‌داری در وزن خشک گیاه در سطح احتمال پنج درصد وجود نداشت. افزودن اسید اگزالیك به خاک باعث افزایش ماده خشک اندام هوایی گردید. محققان معتقدند تجزیه زیاد و چرخه سریع اسیدهای آلی می‌تواند نقش مهمی را در تنفس خاک ایفا کند که باعث رشد و نمو بیشتر گیاه می‌شود (۱۲). در بین تیمار کود فسفر و اسید اگزالیك+ فسفر نیز تفاوتی در سطح احتمال پنج درصد از نظر وزن خشک مشاهده نشد.

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده بیشترین غلظت فسفر در گیاه در تیمار اسید اگزالیك + فسفر، ۰/۳۱ درصد و کمترین آن در تیمار اسید مالیک، ۰/۱۸ درصد بود (جدول ۶). همچنین بین تیمارهای اسید اگزالیك+ فسفر، اسید اگزالیك و کود فسفر تفاوت معنی‌داری از نظر درصد فسفر گیاه با احتمال پنج درصد وجود نداشت. دبستانی‌رضوی و همکاران (۸) نشان دادند که غلظت فسفر خاک بعد از برداشت گندم کاهش می‌یابد که حاکی از جذب بیشتر فسفر توسط گیاه در تیمار کود فسفر+ اسید اگزالیك بود. همچنین استفاده از غلظت-های ۱ تا ۴ میلی‌مول بر کیلوگرم اسید اگزالیك در خاک در آزمایش آنها توانست قابلیت استفاده و در نتیجه جذب فسفر گیاه گندم را افزایش دهد و کارایی جذب فسفر توسط گیاه را بهبود بخشد؛ لذا نتایج آنها نشان داد که کاهش مصرف کود فسفر تا ۴۰ درصد نیاز گیاه و همراه کردن آن با غلظت ۲/۴ میلی‌مول بر کیلوگرم اسید اگزالیك، می‌تواند ترکیب مناسبی برای این منظور

توسط گیاه فراهم است. فراهمی کوتاه مدت فسفر برای گیاه تا اندازه زیادی تحت تأثیر فرآیندهای زیست‌شیمیایی ناشی از مواد آلی و اسیدهای آلی است. تأثیر مثبت ماده آلی (۵۴، ۴۶ و ۲) و اسیدهای آلی (۲۰ و ۱۳)، بر فراهمی فسفر به وسیله دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است. با استفاده از مواد آلی، فسفات معدنی ناشی از تجزیه این ترکیب‌ها به آرامی آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. با افزودن ماده آلی در نخستین مراحل تجزیه، ترکیبات آلی محلول، مانند قندها و اسیدهای آلی در محلول خاک افزایش می‌یابد. این ترکیبات می‌توانند با جایگزینی آنیونی با یون‌های ارتوفسفات روی مکان-های جذب، جذب یون‌های کلسیم، آهن، آلومینیوم را افزایش دهند و با دفع آنیونی بر فراهمی فسفر مؤثر باشند. مالات، سترات و اگزالات تمایل زیادی برای جذب یون‌های آهن و آلومینیوم دارند به همین دلیل در بیشتر خاک‌ها این فلزات به وسیله اسیدهای آلی قابل جذب یا غیر قابل جذب می‌شوند (۲۵).

نتیجه‌گیری

تیمار تفاله گوجه‌فرنگی از نظر جذب فسفر، وزن تر و خشک گیاه اثر بیشتری نسبت به تیمارهای شاهد، کود فسفر و اسید مالیک داشت. این بدان معناست که می‌توان از باقی مانده گوجه‌فرنگی برای افزایش کارایی و کاهش مصرف کود فسفره استفاده کرد و نتیجه بهتری گرفت. از طرف دیگر تفاله گوجه‌فرنگی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گردد. استفاده از تیمار تلفیقی کود فسفر+اسید اگزالیك سبب می‌شود که گیاه فسفر بیشتری از خاک جذب کند و مقدار فسفر در گیاه افزایش یابد. اسید اگزالیك نسبت به اسید مالیک اثر بیشتری بر غلظت و جذب فسفر توسط ذرت از خاک-های مختلف دارد. همچنین، تیمارهای کودی باعث حصول نتایج بهتری در خاک‌های با درصد رس بالا گردید؛ لذا در خاک‌هایی که با محدودیت فسفر روبه‌رو هستند توصیه می‌شود که از ترکیب اسید اگزالیك و

تیمار تفاله گوجه‌فرنگی به دلیل اثر رقت کاهش یافته است.

نتایج نشان داد که حداکثر جذب فسفر توسط گیاه در تیمار اسید اگزالیك+فسفر و حداقل آن در تیمار شاهد به ترتیب ۵۰ و ۲۵ میلی‌گرم در گلدان تعیین گردید. با توجه به نتایج مقایسه‌ها میانگین (جدول ۶) بین تیمارهای اسید اگزالیك+فسفر، اسید اگزالیك و تفاله گوجه‌فرنگی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد از نظر میزان جذب فسفر توسط گیاه وجود نداشت. آزادسازی فسفر توسط اسیدهای آلی به نوع خاک، اسید آلی (۲۸)، مواد آلی و عواملی مانند فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک، شرایط رطوبتی، دما و اسیدیته خاک وابسته است (۱۷)؛ همچنین بین تیمارهای کود فسفر، اسید مالیک و شاهد نیز تفاوتی در سطح احتمال پنج درصد مشاهده نگردید. با مقایسه نتایج تیمارهای اسیدهای مورد مطالعه در این تحقیق مشخص شد که اسید اگزالیك سبب ۵۷/۲ درصد جذب فسفر بیشتری توسط گیاه نسبت به اسید مالیک شد؛ یعنی اسید مالیک اثر زیادی بر جذب فسفر توسط گیاه ندارد. زیرا اگزالات نسبت به مالات تمایل بیشتری برای تشکیل رسوب با یون کلسیم دارد (۱۳). از سوی دیگر گیاهان و ریز جانداران همچنین ممکن است ترکیبات آلی مانند سترات و اگزالات رها سازند که این ترکیبات حلالیت فسفر معدنی خاک را از طریق تجزیه کانی‌های جاذب فسفر و تبادل لیگاندی افزایش می‌دهند (۴۰). از طرف دیگر تیمار اسید اگزالیك+فسفر سبب جذب ۳۰/۷ درصد فسفر بیشتری توسط گیاه نسبت به تیمار کود فسفر گردید. به عبارت دیگر استفاده تلفیقی از کود فسفر و اسید اگزالیك نسبت به کود فسفر تنها، اثر بیشتری در افزایش جذب فسفر توسط گیاه ذرت داشت. اسیدهای آلی باعث کاهش پ.هاش درون‌سلولی در ریشه گیاه شده و در نتیجه جذب آنیون‌های فسفر توسط گیاه افزایش می‌یابد (۵۱)، در نتیجه وقتی به‌طور هم‌زمان با کود فسفر مصرف شود فسفر کافی در محیط برای جذب

کود فسفر به منظور افزایش جذب فسفر توسط گیاه استفاده شود. استفاده از تفاله گوجه فرنگی به جای کود فسفر علاوه بر افزایش جذب فسفر و وزن تر و خشک گیاه، از نظر اقتصادی و آلودگی های زیست محیطی نیز مقرون به صرفه تر است.

منابع

1. Akanni, D.I., and Ojeniyi, S.O. 2007. Effect of different levels of poultry manure on soil physical properties, nutrients status, growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Research Journal of Agronomy, 1: 1-4.
2. Aziz,T., Ullah, S., Sattar, A., Farooq, M., and Mujtaba khan, M. 2010. Nutrient availability and maize (*Zea mays*) growth in soil amended with organic manure. International Journal of Agriculture and Biology, 12: 621-624.
3. Balochgharayi, H. 2011. Effect of phosphorus fertilizer on chemical and biological properties of the corn crop. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Birjand. 188p. (in Persian with English abstract)
4. Barahimi, N., Afyuni, M., Karami, M., and Rezaee Nejad, Y. 2009. Cumulative and residual effects of organic amendments on nitrogen, phosphorus and potassium concentrations in soil and wheat. Soil Science Society of America Journal, 46: 803-812.
5. Bertrand, I., Hinsinger, P., Jaillard, B., and Arvieu, J.C. 1999. Dynamics of phosphorus in the rhizosphere of maize and rape grown on synthetic, phosphated calcite and goethite. Plant and Soil, 211: 111– 119.
6. Bouyucos,G. J. 1962. Hydrometer method improvd for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54: 464-465.
7. Crowley, J.H. 1998. A mutation in a purported regulatory gene affects control of sterol uptake in *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of Bacteriology, 180 (16): 4177-4183.
8. Dabestani Razavi, S., Khorassani , R., and Fotovat, A. 2015. Effect of Oxalic Acid on Increasing Soil Phosphorus Availability for Wheat. Iranian Journal of Soil Research, 29: 1-10. (in Persian with English abstract)
9. Dail, H. W., He, Z., Erich, S. M., and Honeycutt, W. C. 2009. Soil phosphorus dynamic in response to poultry manure amendment. Soil Science, 174: 195-201.

10. Earl, K. D., Syers, J. K., and McLaughlin, J. R. 1979. Origin of the effect of citrate, tartrate, and acetate on phosphate sorption by soils and synthetic gels. *Soil Science Society of America Journal*, 43: 674- 678.
11. Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*, 96: 442-447.
12. Fujii, K., Hayakawa, C., Van Hees, P.A.W., Funakawa, S., Kosaki, T. 2010. Biodegradation of low molecular weight organic compounds and their contribution to heterotrophic soil respiration in three Japanese forest soils. *Plant and Soil*, 334: 475 -489.
13. Gerke, J., Beissner, L., and Römer, W. 2000. The quantitative effect of chemical phosphate mobilization by carboxylate anions on P uptake by a single root. I. The basic concept and determination of soil parameters. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*, 163: 207–212.
14. Ghorbanzadeh, N., Haqnya, Q. Lakzyan, A., and Fotovat, A. 2008. Phosphorus in soil enriched with bone meal and its effect on corn growth. In proceedings of 3rd National Congress of Recycling of renewable organic resources in agriculture, Isfahan Islamic Azad University, Iran.
15. Giskin M., Hagin, J., and Kafkafi, P. 1972. Corn response to phosphate fertilization and residual phosphate level: III. Greenhouse Experiment. *Agronomy Journal*, 64: 593-597.
16. Govere E.M., Chien S.H., and Fox, R.H. 2004. Evaluation of dissolution of nonconventional phosphate fertilizers in Zimbabwe soils: effect of soil properties. *African Journal of Science and Technology*, 5: 73-82.
17. Hamilton, M.A., Westermann, D.T., and James, D.W. 1993. Factors affecting Zn uptake in cropping systems. *Soil Science Society of America Journal*, 57: 1310-1315.
18. Hao, X., Godlinski, F., and Chang, Ch. 2008. Distribution of phosphorus forms in soil following long-term continuous and discontinuous cattle manure applications. *Soil Science Society of America Journal*, 72: 90- 97.
19. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. *Soil fertility and fertilizer: An introduction to nutrient management*, 6th ed., Macmillan Pub. Co. New York, USA, pp: 154-196.
20. Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root -induced chemical changes: A review. *Plant and Soil*, 237: 173 -195.
21. Hu, H.Q., He, J.Z., Li, X.Y., and Liu, F. 2001. Effect of several organic acids on phosphate adsorption by variable charge soils of central china. *Environment International*, 26: 353-358.

22. Imas, P., BarYosef, B., Kafkafi, U., and Ganmore-Neumann., R. 1997. Phosphate induced carboxylate and proton release by tomato roots. *Plant and Soil*, 191: 35-39.
23. Javid, S., and Rowell, D.L. 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 and Management*, 18: 127-134.
24. Jones, D. L., and Darrah, P. R. 1994. Amino-acid influx at the soil-root interface of *Zea mays* L. and its implications in the rhizosphere. *Plant and Soil*, 163: 1-12.
25. Jones, D. L., and Darrah, P.R. 1996. Re-sorption of organic-compounds by roots of *Zea mays* L. and its consequences in the rhizosphere. 3. Characteristics of sugar influx and efflux. *Plant and Soil*, 178: 153-160.
26. Jones J.B. Jr. and Case V.W. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. In Westerman, R.L. (ed.), *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Madison, WI., USA. pp: 389-427.
27. Kazemi, Sh., Azrabady, S., Rahimzada Khoei, F., Nazari, R., and Mardan, R. 2011. Effectiveness of triple superphosphate fertilizer levels on yield and morphological traits of maize. In proceedings of the 1st national conference on modern topics in agriculture, University of Saveh, Iran. pp: 124-139. (in Persian)
28. Khademi, Z., Malakouti, M.J., and Jones, D.L. 2007. Effect of organic acids on nutrients availability in rhizosphere. *Iranian Journal of Soil Research* 21: 171-189. (in Persian with English abstract)
29. Kuczak, C.N., Fernandes, E.C.M., Lehmann, J., Rondon, M.A., and Luoza, F.J. 2006. Inorganic and organic phosphorus pools in earth worm casts (Glossoscolecidae) and a Brazilian rainforest oxisol. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 553-560.
30. Loeppert, R.H., and Suarez, D.L. 1996. Carbonate and gypsum. In Sparks, D.L. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods*. SSSA, Madison, WI. Pp: 437-474.
31. Lu, W., Zhang, F., and Cao, Y. 2001. Mobilization of soil phosphorus by low-molecular-weight organic acids. In Horst, W. J. et al. (eds.), *Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 92: 554-555.
32. Malakouti, M.J. 1996. Sustainable agriculture and increase performance by optimizing the use of fertilizers in agriculture. Agricultural Education's Bureau of Educational Technology Services Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. 460p. (in Persian)

33. Malakouti, M.J., and Homaei, M. 2005. Fertility of soils in arid and semiarid areas: problems and solutions. Tarbiat modares university press. Tehran, Iran. 518p. (in Persian)
34. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. 2nd ed. Academic Press, USA.889p.
35. Marschner, P., and Rengel, Z., 2003. Contributions of rhizosphere interactions residual phosphorus in Davidson clay loam. Soil Science Society of America Journal, 30: 617-620.
36. Mohammadpour Khanghah, A., Alaei, Y., Sajjad Moosavi, S., Jafari, M., and Khabiri, A. 2012. A study on the relation between yield and some maize genotypes traits in the presence of humic liquid fertilizer based on peat. Life Science Journal, 9 (4): 2063-2069.
37. Moldes, A., Cendon, Y., and Barral, M.T. 2007. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. Bioresource Technology, 98: 3069-3075.
38. Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S.H. 2012. Changes in DTPA-extractable copper, iron, manganese and zinc following water logging and application of sewage sludge and animal manure in two different types of soil. Iranian Journal of Soil and Water Research, 43(1): 9-22. (in Persian with English abstract)
39. Nelson, D. W., and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In Page, A. L., et al. (eds.), Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9 ASA, Madison, WI. Pp.539-577.
40. Neumann, G., Massonneau, A., Martinoia, A., and Romheld, V., 1999. Physiological adaptations to phosphorus deficiency during proteoid root development in white lupin. Planta, 208: 373-82.
41. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. In Page, A.L. et al. (eds.), In Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties, 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA and SSSA, Madison Wis., USA. Pp: 403-430.
42. Othman Sofy, S., and Hama Rashid, A. 2014. Effect of phosphate biofertilizer and different levels of chemical phosphorus fertilizer application on growth and yield of maize. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 4: 160-169.
43. Rasouli, F., and Maftoon, M. 2010. Residual effects of two organic matters with or without nitrogen on growth and chemical composition of wheat and some soil chemical properties. Journal of Water and Soil, 24: 262 to 273. (in Persian with English abstract)
44. Rhoades, J. D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved salts. In Sparks, D.L. (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods, SSSA Book Series 5, ASA, Inc., Madison, Wis. pp: 417-435.

45. Ronaghi, A. Chakerolhosseini, M. R., and Karimian, N. A. 2002. Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. *Journal of Water and Soil Science - Isfahan University of Technology*, 6 (2): 91-102. (in Persian with English abstract)
46. Saad, A.S., Muna, A.A., Eltahir, A.O., and Tageldin, E.M.H. 2009. Phosphorus supply and *Phaseolus vulgaris* performance grown in shambat clay alkaline soil and influenced by farmyard manure. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 3 (3): 2598-2606.
47. Salardini, A. 2000. Soil Fertility and fertilizers. Tehran university press, Tehran, Iran. 343p. (in Persian)
48. Samaras, V., Tsadilas, C.D., and Stamatiadis, S. 2008. Effects of Repeated Application of Municipal Sewage Sludge on Soil Fertility, Cotton Yield, and Nitrate Leaching. *Agronomy Journal*, 100 (3): 477-483.
49. SAS Software. 1999. SAS Institute. Version 8. Cary. NC, USA.
50. Sato, S., Sakaguchi, S., Furucawa, H., and Ikeda, H. 2006. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on fruit characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Horticulturae*, 109: 248-253.
51. Shariatmadari, H., Shirvani, M., and Dehghan, R.A. 2007. Availability of organic and inorganic phosphorus fractions to wheat in toposequences of calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 2601-2617.
52. Sharifi, M., Afyuni, M., and Khoshgoftarmanesh, A.H. 2011. Effects of sewage sludge, compost and cow manure on availability of soil Fe and Zn and their Uptake by Corn, Alfalfa and Tagetes Flower. *Journal of Water and Soil Science - Isfahan University of Technology*, 15 (56): 141-154. (in Persian with English abstract)
53. Sharpley, A.N., Singh, U., Uehara, G., and Kimble, J. 1989. Modeling soil and plant phosphorus dynamics in calcareous soils and highly weathered soils. *Soil Science Society of America Journal*, 53: 153-158.
54. Sui Y., and Thompson M.L. 2000. Phosphorus sorption, desorption and buffering capacity in biosolids-amended Mollisol. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 164-169.
55. Taghipour, M., and Jalali, M. 2013. Effect of low-molecular-weight organic acids on kinetics release and fractionation of phosphorus in some calcareous soils of western Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 5471-5482.
56. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In Sparks, D. L. et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. No. 5 in SSSA book series, SAS, SSSA Inc., Madison, Wisconsin, USA. Pp: 475-491.*

57. Tonitto, C., David, M.B., and Drinkwater, L.E. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and N dynamics. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 112: 58-72.
58. Van Hess, P.A.W., Jones, D.L., and Godbold, D.L. 2000. Biodegradation of low molecular weight organic acids in coniferous forest podzolic soils. *Soils Biology and Biochemistry*, 34: 1261 -1272.
59. Vaseghi, S., Afyuni, M., Shariatmadari, H., and Mobli, M. 2005. Effect of sewage sludge on some macronutrients concentration and soil chemical properties. *Journal of Water and Wastewater*, 53: 15-22. (in Persian with English abstract)
60. Violante, A., and Gianfreda, L. 1995. Adsorption of phosphate on variable charge mineral: competitive effect of organic ligands. In Huang, P.M. and Berthelin, J. (eds.), *Environmental Impact of Soil Component Interactions*. Vol. 2. Boca Roton, Florida: CRC Press. Pp: 29- 38.
61. Zhang, T.Q., Machenzie, A.F., Laing, B.C., and Drury, C.F. 2004. Soil test phosphorus and phosphorus fractions with long-term phosphorus addition and depletion. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 519-529.