

بررسی اثرات فسفر

مقدمه

گردو درختی یک پایه از تیره *Juglandaceae* و جنس *Juglans* است. جنس *Juglans* شامل بیست و یک گونه است که از میان آنها گردوی ایرانی *Juglans regia* بسیار مهم بوده و به صورت تجاری در بسیاری از کشورها پرورش داده می‌شود و ایران یکی از رویشگاه‌های طبیعی این گونه می‌باشد (سالسیدو و همکاران، 2010).

رویشگاه گردوی ایرانی از کوه‌های کارپات از شرق اروپا آغاز شده و با عبور از کشورهای ترکیه، عراق، ایران، افغانستان و جنوب کشور شوروی سابق به سمت دامنه‌های هیمالیا کشیده می‌شود (اصلانی و همکاران، 2009). گردوی ایرانی یکی از منابع ارزشمند گیاهی جهان و به ویژه ایران است. چرا که ایران با در برگیری بخش زیادی از ناحیه آسیای میانه به عنوان مرکز تنوع و پیدایش بسیاری از گونه‌های زراعی - باغی به ویژه گونه گردوی ایرانی صاحب امتیاز خاصی در این زمینه است (سالسیدو و همکاران، 2010). درختان گردو نور پسند و پر نیاز، نسبتاً مقاوم به خشکی، طالب آب و هوای خشک کوهستانی، دره‌ای مناطق استپی و مدیترانه‌ای تا مناطق معتدله مرطوب هستند. از نظر ارتفاع از سطح دریا و طول و عرض جغرافیایی دامنه بردباری بسیار وسیعی دارند. خاک‌های عمیق و حاصلخیز با بافت لومی، شنی رسی با زهکشی خوب را دوست دارند (بحرامی و همکاران، 2009).

فسفر از جمله عناصر کلیدی در گیاه به شمار می‌رود که وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. این عنصر در نقل و انتقالات انرژی در فرایندهای متابولیسمی گیاه، تقسیم سلولی، ساختمان فسفولیپیدهای دیواره سلول‌های گیاهی، توسعه قسمت‌های زایش گیاه، رشد و تکامل ریشه‌های فرعی و مویی و همچنین در تشکیل و انتقال موادی همانند قندها و نشاسته در گیاه شرکت می‌نماید (بنت، 1996؛ هاولین و همکاران، 2005؛ مارسچنر، 2002). روی نیز در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، تولید شدن فاصله گره‌ها، تشکیل کلروپلاست، احیای مواد، سنتز نوکلئوتیدها، تنظیم آب گیاه مؤثر است (کومارداس، 1997).

گزارشات متعددی مبنی بر تأثیر منفی کاربرد زیاد فسفر بر جذب بعضی عناصر کم مصرف وجود دارد. از جمله رایج‌ترین این موارد می‌توان به اثرات متقابل فسفر و روی در گیاه اشاره نمود که توجه بسیاری از پژوهشگران علم تغذیه گیاهی را به خود جلب کرده و گزارش‌های متعددی حکایت از ناسازگاری (Antagonism) این دو

عنصر غذایی در گیاه دارند (تاندون، 1995؛ کریمیان و یثربی، 1995؛ مارسچنر، 2002).

استفاده نادرست و نامتعادل کودهای شیمیایی نه تنها موجب افزایش هزینه‌های تولید شده بلکه موجب آلودگی محیط زیست نیز می‌شود. در این بین مصرف نامتعادل و بیش از حد کودهای فسفره بیشتر به چشم می‌خورد. مصرف نامتعادل این کود موجب کاهش جذب عناصر کم مصرف به ویژه عنصر روی می‌شود (ملکوئی، 2000).

رونقی و همکاران (2002) گزارش دادند مصرف زیاد کودهای فسفردار، تغذیه آهن به وسیله گیاه را تحت تأثیر قرار داده و فراهمی آن را کاهش می‌دهد. بر همکنش منفی فسفر و سایر عناصر غذایی در مقدار و چگونگی محصول در پژوهش‌های زیادی گزارش شده است.

مصرف بی رویه کودهای فسفردار موجب کاهش جذب، انتقال و متابولیسم عناصر کم مصرف می‌شود و در نهایت تأثیر نامطلوبی روی رشد گیاه دارد (رونقی و همکاران، 2002؛ سرحدی ساردویی و همکاران، 2003). متن و آمبروگر (1975) نشان دادند که در مقادیر زیاد فسفر قابل حل، جابه‌جایی برخی عناصر کم مصرف از جمله آهن و منگنز را از ریشه به ساقه گیاه ذرت (*Zea mays L.*) کاهش می‌یابد که بیانگر حالت غیر فعال شدن درونی این عناصر توسط فسفر است.

با توجه به اینکه که اثرات کاربرد توأم کودهای فسفر و روی بر وزن مغز و تعادل عناصر غذایی آهن، مس، منگنز در گردو مورد مطالعه قرار نگرفته است، بنابراین انجام این آزمایش به منظور بررسی تغییرات غلظت عناصر یاد شده در گردو در صورت کاربرد کودهای فسفر و روی و همچنین رسیدن به عملکرد مطلوب ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یکی از باغ‌های روستای بندر هنزا از توابع شهرستان رابر در سال 91 انجام گرفت. این روستا که یکی از مستعدترین مناطق تولید گردو در استان کرمان است. این روستا در ارتفاع 2800 متری از سطح دریا قرار دارد. ابتدا نمونه خاکی از عمق توسعه ریشه از این باغ تهیه و پس از خشک کردن در هوا و عبور از الک 2 میلی‌متری بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله pH در عصاره اشباع به وسیله الکتروود شیشه‌ای (رودس، 1982)، شوری با دستگاه کاندکتیویتی متر، بافت با روش هیدرومتر (بویوکاس، 1951)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک (پیچ و همکاران، 1982)، درصد کربن آلی با روش (جکسون، 1975)، فسفر قابل استفاده با روش (اولسن، 1954) و

بالغ جمع آوری و بعد از انتقال به آزمایشگاه غلظت عناصر کم مصرف آهن، مس، منگنز، روی با روش خشک سوزانی و عصاره‌گیری با اسید کلریدریک دو نرمال توسط دستگاه جذب اتمی Perkin - Elmer مدل 5100 PC اندازه‌گیری شد (امامی، 1997) و فسفر با روش اوالسن اندازه‌گیری گردید. در اوایل پاییز بعد از برداشت کامل میوه‌های موجود بر شاخه‌های اصلی هر درخت 500 میوه به صورت تصادفی از هر درخت انتخاب و وزن مغز گردو در تیمارهای مختلف مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها در سطح یک درصد آماری با آزمون توکی انجام شد. پردازش داده‌های حاصل توسط نرم افزار Excel و آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

میزان شوری (EC_e)، واکنش خاک (pH)، درصد کربنات کلسیم معادل (CCE)، در صدکربن آلی (OC)، غلظت برخی عناصر و بافت خاک باغ مورد آزمایش در جدول 1 ذکر شده است

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدار	واحد	ویژگی
0/95	$dS m^{-1}$	EC_e
7/98	---	pH
4/4	%	CCE
1/5	%	OC
7/45	$mg kg^{-1}$	فسفر قابل استفاده
0/72	$mg kg^{-1}$	روی قابل استفاده
9/4	$mg kg^{-1}$	آهن قابل استفاده
13	$mg kg^{-1}$	منگنز قابل استفاده
5/2	$mg kg^{-1}$	مس قابل استفاده
28	%	سیلت
14	%	رس

برگ گردید اما افزایش فسفر به سطح 300 کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر افزایش غلظت فسفر در برگ نداشت. در مقابل افزایش روی موجب کاهش معنی‌دار در غلظت فسفر برگ گردید. نتایج نشان داد افزایش مصرف روی از سطح صفر به 15 و 30 کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب کاهش معنی‌دار غلظت فسفر از 0/158 به 0/152 و 0/141 درصد فسفر در برگ گردید. که نشان دهنده رابطه آنتاگونیسم روی با فسفر در گردو است. ملکوتی و لطف الهی (2000) نشان دادند غلظت بالای روی باعث کاهش فسفر در اندام گیاه

غلظت عناصر آهن، مس، منگنز و روی قابل استفاده با روش (لیندسی و نورول، 1979) تعیین گردید. باغ مورد نظر بدلایلی از جمله کمبود فسفر و روی (نتایج حاصل از آزمون خاک، مقدار فسفر 7 میلی‌گرم بر کیلوگرم و روی 0/8 میلی‌گرم بر کیلوگرم)، یکنواختی درختان، قرار گرفتن در محل مناسب و در دسترس بودن انتخاب شد. آزمایش به صورت فاکتوریل 3×3 با سه سطح فسفر (صفر، 150 و 300 کیلوگرم P_2O_5 در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل و سه سطح روی (صفر، 15 و 30 کیلوگرم Zn در هکتار) از منبع ZnEDTA در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد.

همه درختان از رقم گردوی ایرانی انتخاب شد و از نظر شکل ظاهر و سن دارای شرایط نسبتاً مشابه بودند. سن درختان 15 سال و فاصله‌ی آن‌ها 10 متر بود. و هیچ گونه کود دامی و شیمیایی در سال 90 مصرف نشد. پس از مشخص نمودن درختان و شماره‌گذاری، کودهی فسفر در اسفند ماه و محلول پاشی روی در اردیبهشت ماه و در سه نوبت در فاصله 10 روزه صورت گرفت. زمان محلول پاشی در اوایل روز بین ساعت 6 تا 10 بود. در اواسط تابستان نمونه‌های برگ‌گی از قسمت سرشاخه‌ها و برگ‌های

ترکیب شیمیایی برگ

نتایج تجزیه واریانس برای غلظت عناصر فسفر، روی، آهن، مس و منگنز در جدول 1 نشان داده شده است.

فسفر

تأثیر فسفر، روی و اثر متقابل این دو عنصر بر غلظت فسفر در برگ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها در جدول 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که افزایش مصرف فسفر از سطح صفر به 150 کیلوگرم در هکتار موجب افزایش 13/12 درصدی غلظت فسفر در

1993؛ بنت، 1996؛ مارسچنر، 2002؛ هاولین و همکاران، 2005). همچنین مرگان و ماسگانی (1991) اعتقاد دارند که با افزایش فسفر در محیط ریشه جذب آهن توسط گیاه کاهش می‌یابد. اما گیاهان مختلف پاسخ‌های متفاوتی را در این خصوص داشتند، به عنوان نمونه در شبدر سفید و سیب‌زمینی افزایش فسفر خاک باعث جذب بیش از حد آهن ولی در برنج موجب کاهش جذب این عنصر غذایی گردید.

مس

اثر فسفر و اثر متقابل فسفر و روی بر غلظت مس در برگ معنی‌دار بود. در حالیکه اثر روی بر غلظت مس در برگ معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌ها در جدول 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سطح 150 کیلوگرم در هکتار فسفر بیشترین غلظت مس در برگ را نشان داده است که نسبت به سطح صفر و 300 کیلوگرم در هکتار فسفر به ترتیب غلظت مس برگ 32/66 و 42/96 درصد بیشتر است. همچنین مصرف روی در سطح 15 کیلوگرم در هکتار بیشترین غلظت مس در برگ را نشان داد ولی نسبت به سطوح دیگر مصرفی روی تفاوت معنی‌داری نداشت.

تعدادی از پژوهشگران بیان کردند که کاربرد روی به ویژه در در سطوح بالای فسفر غلظت مس را در گیاه به طور محسوسی کاهش می‌دهد (برادی، 1990؛ مینگ و چونجرن، 1991؛ تاندون، 1995).

منگنز

نتایج تجزیه واریانس در جدول 2 نشان داد که تأثیر فسفر و اثر متقابل فسفر و روی بر غلظت منگنز در برگ معنی‌دار شده است. مقایسه میانگین‌ها در جدول 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که سطح 150 کیلوگرم در هکتار فسفر و بیشترین غلظت منگنز در برگ را نشان داده است اگرچه نسبت به سطوح مصرفی دیگر فسفر تفاوت معنی‌داری نشان نداد. و با افزایش میزان فسفر مصرفی غلظت منگنز کاهش پیدا کرد ولی این کاهش غلظت در برگ از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین مصرف روی در سطح 15 کیلوگرم در هکتار بیشترین غلظت منگنز در برگ را نشان داد ولی نسبت به سطوح دیگر مصرفی روی تفاوت معنی‌داری نداشت.

رونقی و همکاران (2002) گزارش دادند مصرف زیاد کودهای فسفردار، تغذیه منگنز به وسیله گیاه را تحت تأثیر قرار داده و فراهمی آن را کاهش می‌دهد. بر همکنش منفی فسفر و سایر عناصر غذایی در مقدار و چگونگی محصول در پژوهش‌های زیادی گزارش شده است. مصرف بی رویه کودهای فسفردار موجب کاهش

گردید. همچنین سرحدی ساردویی و همکاران (2003) نشان دادند که روی با فسفر رابطه آنتاگونیسمی داشته و با افزایش غلظت روی جذب فسفر کاهش می‌یابد. پژوهشگران دیگری نیز بر اثرات منفی کاربرد روی در جذب فسفر در گیاهان مختلف تأکید کردند (برادی، 1990؛ تاندون، 1995؛ مارسچنر، 2002).

تأثیر روی بر غلظت روی در برگ معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در جدول 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد، مصرف روی موجب افزایش معنی‌دار این عنصر در برگ گردید. افزایش مصرف روی از صفر به 15 و 30 کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار غلظت روی در برگ از 145/83 به 158/33 و 175 میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید. اما اگرچه افزایش فسفر موجب کاهش غلظت روی در برگ شد اما اثر آن معنی‌دار نبود. همچنین نتایج نشان دادند که اثر متقابل این دو عنصر در سطح 5 درصد اثر معنی‌داری در افزایش غلظت روی در برگ دارد.

سامرن و فارینا (1986) در آزمایشی در مورد لوبیا و ذرت انجام شد به این نتیجه رسیدند که افزایش فسفر موجب کاهش غلظت روی در گیاهان می‌شود که نشان دهنده رابطه آنتاگونیسم بین این دو عنصر است اما در آزمایش دیگر نشان دادند که افزودن فسفر نه تنها سبب بروز علائم کمبود روی در برگ‌ها نمی‌شود، بلکه افزایش عملکرد را نیز به دنبال دارد.

آهن

تأثیر فسفر بر غلظت آهن در برگ معنی‌دار گردید. نتایج تجزیه واریانس در جدول 2 نشان داد که تأثیر فسفر بر غلظت آهن در برگ معنی‌دار شده است. در حالیکه تأثیر روی و اثر متقابل این دو عنصر معنی‌دار نگردید. مقایسه میانگین‌ها در جدول 2 نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش مصرف فسفر از سطح صفر به 150 و 300 کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب افزایش معنی‌دار غلظت آهن در برگ از 67/42 به 141/67 و 211/67 میلی‌گرم بر کیلوگرم گردید. در مقابل همانگونه که مقایسه میانگین‌ها در جدول 3 نشان داده است. افزایش مصرف روی موجب افزایش در غلظت آهن در برگ گردید اما این تأثیر معنی‌دار نبود.

اکثر پژوهشگران بر این باورند که فسفر کافی سبب ازدیاد رشد گیاه و توسعه و گسترش ریشه می‌شود. بدین ترتیب گیاه می‌تواند از حجم بیشتری از خاک به منظور جذب عناصر غذایی و رطوبت استفاده نماید که در چنین شرایطی جذب و کارایی استفاده از اکثر عناصر غذایی به ویژه آهن افزایش می‌یابد (جورلی و همکاران،

جذب، انتقال و متابولیسم منگنز می‌شود و در نهایت تأثیر نامطلوبی روی رشد گیاه دارد (رونقی و همکاران، 2002؛ سرحدی ساردویی و همکاران، 2003). نیلسون و همکاران (1992) کاهش غلظت منگنز را در برگ گندم در نتیجه زیادی فسفر در خاک‌های آهکی و همچنین در خاک‌هایی با فسفر بالا گزارش کردند.

وزن خشک مغز

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) بیانگر معنی‌دار بودن تأثیر فسفر و بر همکنش فسفر و روی بر وزن خشک مغز (500 دانه) می‌باشد در حالی که روی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک مغز نداشت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در جدول 3 نشان داده شده است. میانگین وزن خشک مغز با افزایش فسفر از سطح صفر به 150 کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌داری داشت ولی با افزایش فسفر از سطح 150 به 300 کیلوگرم بر هکتار وزن خشک مغز به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به طوری که در سطح 150 کیلوگرم در هکتار فسفر، وزن

خشک مغز به ترتیب 9/3 و 6/3 درصد نسبت به سطح صفر و 300 کیلوگرم در هکتار فسفر افزایش نشان داد. با توجه به اینکه غلظت فسفر در خاک مورد آزمایش کمتر از سطح بحرانی فسفر برای گردو (15 ppm) است (ملکوتی و همکاران، 1999). پاسخ گیاه به افزودن فسفر قابل انتظار است. کریمیان و قنبری (1990) گزارش کردند با افزایش سطح فسفر، از صفر تا 400 کیلوگرم در هکتار، میانگین وزن خشک شاخساره ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت.

ولی با افزایش مصرف روی از صفر به 30 کیلوگرم در هکتار وزن خشک مغز (500 دانه) افزایش معنی‌داری نشان نداد. فیضیلی اصل و ولیزاده (2004) گزارش کردند افزایش روی مصرفی بر وزن هزار دانه گندم تأثیر معنی‌داری نداشت. که احتمالاً به دلیل بهم خوردن تعادل عناصر غذایی، مخصوصاً عناصر کم مصرف می‌باشد (مظفری، 2006).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثرات مختلف فسفر و روی بر ترکیب شیمیایی برگ و وزن

خشک مغز گردو

میانگین مربعات

وزن خشک مغز (500 دانه)	Mn	Cu	Fe	Zn	P	درجه آزادی	منبع تغییرات
110138**	39/69**	5977**	62442**	219	0/01269**	2	فسفر
7222	17/38	857	1521	2569**	0/00095**	2	روی
30972**	22/77**	689**	4355	323	0/00026*	4	فسفر × روی
3055	7/29	131	1678	289	0/00008	27	خطا
1/98	16/09	15/41	29/21	10/65	6/13		%CV

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد افزایش مصرف فسفر اثر معنی‌داری بر افزایش غلظت فسفر و آهن در برگ داشت. کاربرد فسفر در سطح 150 کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار غلظت مس در برگ گردید، اما کاربرد سطح بیشتر فسفر آن را کاهش داد. همچنین کاربرد روی سبب افزایش

غلظت روی در برگ شد ولی غلظت فسفر را به طور معنی‌داری در برگ کاهش داد. نتایج نشان داد افزایش فسفر مصرفی در سطح 150 کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک مغز گردید، اما کاربرد سطح بیشتر فسفر آن را کاهش داد. همچنین کاربرد روی اثر معنی‌داری بر وزن مغز گردو نداشت.

جدول 3- تأثیر کاربرد فسفر و روی بر غلظت عناصر در برگ و وزن خشک مغز گردو

سطوح روی (کیلوگرم در هکتار)				
میانگین	30	15	0	سطوح فسفر (کیلوگرم در هکتار)
وزن خشک مغز (500 دانه) (گرم)				
2650 ^B	2650	2637/5	2662/5	0
2920 ^A	2912/5	3050	2800	150
2737/5 ^B	2650	2712/5	2850	300
	2737/5 ^A	2800 ^A	2770/8 ^A	میانگین
فسفر (درصد)				
0/139 ^B	0/127	0/135	0/155	0
0/16 ^A	0/15	0/17	0/16	150
0/153 ^A	0/147	0/152	0/16	300
	0/141 ^B	0/152 ^{AB}	0/158 ^A	میانگین
روی (میلی گرم بر کیلوگرم)				
160/83 ^A	182/5	152/5	147/5	0
163/33 ^A	182/5	165	142/5	150
155 ^A	160	157/5	147/5	300
	175 ^A	158/33 ^{AB}	145/83 ^B	میانگین
آهن (میلی گرم بر کیلوگرم)				
67/42 ^C	64/75	67	70/5	0
141/67 ^B	125	185	115	150
211/67 ^A	250	188/75	196/25	300
	146/58 ^A	146/92 ^A	127/25 ^A	میانگین
مس (میلی گرم بر کیلوگرم)				
67 ^B	65	68/75	67/25	0
99/5 ^A	96/25	113/5	88/75	150
56/75 ^B	41/5	53/75	75	300
	67/58 ^A	78/66 ^A	77 ^A	میانگین
منگنز (میلی گرم بر کیلوگرم)				
15/42 ^A	15/75	15/75	14/75	0
18/83 ^A	18	22/5	16	150
16/08 ^A	15/5	15	17/75	300
	16/41 ^A	17/75 ^A	16/16 ^A	میانگین

حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی دار بین میانگین تیمارها می باشد.

فهرست منابع:

1. امامی، ع. 1375. روش های تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه فنی شماره 982. موسسه تحقیقات خاک و آب.
2. فیضی اصل، و. و غ، ل، ولیزاده. 1383. تأثیر کاربرد کود فسفر و روی بر غلظت مواد غذایی در بوته و عملکرد دانه گندم رقم سرداری در شرایط دیم. مجله علوم زراعی ایران. جلد 6. شماره 3. صفحه 223-229.
3. مظفری، و. 1384. بررسی نقش پتاسیم، کلسیم و روی در کنترل عارضه سرخشکیدگی پسته رساله نامه دکتری، بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

4. ملکوتی، م. ج. و م. ا. لطف‌اللهی. 1378. نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامتی جامعه ((روی عنصری فراموش شده)). شورای عالی سیاستگذاری کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی، وزارت کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.
5. ملکوتی، م. ج. 1378. تأثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ایران.
6. ملکوتی، م. ج. 1378. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. چاپ دوم. صفحه 460.
7. Aslamarz, A.A., K. Vahdati., M. Rahemi., and D. Hassani. 2009. Estimation of chilling and heat requirements of some Persian walnut cultivars and genotypes. *HortScience*. 44: 697-701.
8. Bahrami Sirmandi H., K. Vahdati., K. Kalantari., and C.A. Leslie. 2009. Enhancement of maturation and germination of somatic embryos in Persian walnut (*Juglans regia*L.). *Plant, Cell, Tissue and Organ Culture*.
9. Bennett, W. F. 1996. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. p.1-7. In: W. F. Bennett. *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. APS Press.
10. Bouyoucos, G.J. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Journal of Soil Science* 41: 225-228.
11. Brady, N.C. 1990. *The nature of properties of soils*. Macmillan Publishing Company, Inc. Development and consultation organisation, New Delhi.
12. Gourley, C. J. P., D. L. Allan., and M.P. Russell. 1993. Defining phosphorus efficiency in plants. *Plant and Soil*. 155/156: 29-37.
13. Havlin, J., J.D. Beaton., S.L. Tisdale., and W.L. Nelson. 2005. "Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management," Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
14. Karimian, N., and A. Ghanbari. 1990. Evaluation of different extractants for prediction of Plant response to applied P fertilizer in highly calcareous soils. Abstract, p. 25, 10th World fertilizer congress, CIEC, Nicosia, Cyprus.
15. Karimian, N., and J. Yasrebi. 1995. Prediction of residual effects of zinc sulfate on growth and zinc uptake of corn plants, using three-zinc soil tests. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 26: 277-287.
16. Kumar Das, D. 1997. *Introductory Soil Science*. Kalyani Publishers, India.limited, New Delhi.
17. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Journal*. 42: 421-428.
18. Marschner, H., 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. Elsevier Science Ltd.
19. Mathan, K.K., and A. Amberger. 1975. Influence of iron on the uptake of phosphorus by maize. *Journal of Plant and Soil* 46(2): 413-422.
20. Ming, C., and Y. Chungren. 1991. Effect of manganese and zinc fertilizer on nutrient balance and deficiency diagnosis winter wheat crops in pot experiment. *International Symposium on the Role of Sulphur, Magnesium and Micronutrient in Balanced Plant Nutrition/Sponsors, the Potash and Phosphate Institute*, p.369-378.
21. Ming, C., and Y. Chungren. 1991. Effect of manganese and zinc fertilizer on nutrient balance and deficiency .
22. Morghan, J. T., and H. J. Mascagni. 1991. Environmental and soil factor affecting micronutrient deficiencies. p. 371-425. In: J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M, Shuman, and R. M. Welch (eds.). *Micronutrient in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madisson, WI.

23. Nilson, D., G. H. Nielsen., A. H. Sinclair., and D. J. Linehan. 1992. Soil phosphorus status, pH and manganese nutrition of wheat. *Plant and Soil*. 145: 45-50.
24. Olsen, S.R., V. Cloe., F.S. Watnebe., and L.A. Pean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA, 939 USA.
25. Page, A. L., R. H. Miller., and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis, part 2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of America, Madison, WI.
26. Rhoades, J.D., 1982. Soluble salts. p. 167-179. In: A.L. Page (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. 2nd ed. Agronomy monograph no.9. SSSA and ASA, Madison, WI.
27. Ronaghi, A., M. Chakrol-hosseini., and N. Karimian. 2002. Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. *Journal of Science and Technology of Agricultural and Natural Resources*. 6: 91-102.
28. Salcedo, C. L., B. A. López de Mishima., and M.A. Nazareno. 2010. Walnuts and almonds as model systems of foods constituted by oxidisable, pro-oxidant and antioxidant factors. *Food Research International* 43, 1187-1197.
29. Sarhadi-Sardoui, J., Ronagashi, A., Maftoun., and M., Karimian, N. 2003. Growth and chemical composition of corn in three calcareous sandy soil of Iran as affected by applied phosphorus and manure. *Journal of Agricultural Science and Technology* 5: 77-84.
30. Sumner, M.E., and M.P.W. Farina. 1986. Phosphorus interactions with other nutrients in field cropping systems. pp. 201-230. In, , Stewart, B.A. (ed). *Advanced in Soil Science*, Vol. 5, Springer-Verlage, New York.
31. Tandon, H., 1995. *Micronutrients in soils, crop and fertilizer. A source book-cum-directoy. Fertilizer.*