تأثیر مصرف بهینه کود بر غلظت عناصر غذایی و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در ارقام ایرانی لوبیا قرمز در مراحل مختلف تکامل دانه

بابک متشرع زاده[1*] و غلامرضا ثواقبی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۰)

چکیده

اسید فیتیک، شکل عمده فسفر آلی ذخیره‌ای در دانه غلات و حبوبات بوده و توانایی زیادی برای تشکیل کمپلکس با فلزات و برخی یون‌های معدنی نظیر آهن، روی و کلسیم دارد. در نتیجه، این عناصر را به صورت کمپلکس‌های غیر محلول در آورده و قابلیت جذب آنها را برای انسان کاهش می‌دهد. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات نسبت مولی اسید فیتیک به روی و غلظت عناصر غذایی در ارقام مختلف لوبیا قرمز در شرایط مصرف بهینه کود (بر اساس نتایج آزمون خاک) و در چند دوره زمانی بعد از گل‌دهی در گلخانه اجرا گردید. تیمارهای مورد آزمایش شامل پنج رقم لوبیا قرمز (اختر، ناز، درخشان، گلی و صیاد)، با دو سطح کودی (شاهد و مصرف بهینه عناصر) و سه مقطع زمانی (۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز بعد از گل‌دهی، به ترتیب T_1، T_2 و T_3) در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی بود. صفات مورد بررسی غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن و روی و نیز نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه ارقام مختلف لوبیا بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر رقم، کود و زمان بر غلظت روی، آهن، پتاسیم، فسفر و نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. هم‌چنین، بیشترین غلظت روی در رقم گلی در زمان T_3 اندازه‌گیری شد. نسبت مولی اسید فیتیک به روی در تیمار مصرف بهینه کود در زمان‌های T_1، T_2 و T_3 در رقم گلی به ترتیب ۱۱/۱، ۱۰/۴۹ و ۷/۹۹ به‌دست آمد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف بهینه کود موجب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی گردید که این امر می‌تواند در ارتقای سطح سلامت افراد جامعه از طریق بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز انسان مؤثر باشد. بررسی‌های بیشتر در شرایط مزرعه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تشکیل کمپلکس، تغذیه متعادل، عناصر غذایی، فسفر آلی

مقدمه

میواینوزیتول ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ هگزا فسفات (Myo-inositol hexaphosphate)، با نام عمومی اسید فیتیک (Phytic acid)، شکل اصلی ذخیره فسفر در دانه غلات و بقولات است (۱۱، ۱۲، ۲۱ و ۴۲). اسید فیتیک ۵۰ تا ۸۰ درصد کل فسفر دانه را شامل می‌شود که در مراحل توسعه و تشکیل دانه به صورت ترکیبی از نمک‌های فیتات آهن، روی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم مشاهده می‌شود (۱۹، ۲۴ و ۲۷). اگر چه غلظت عناصر معدنی روی، آهن و کلسیم در حبوبات بالاست اما دانه این‌گیاهان حاوی اسید فیتیک است که قابلیت جذب و استفاده از این عناصر را به واسطه ایجاد پیوند قوی به شدت کاهش داده و سبب اختلال در جذب و هضم آنها در دستگاه

۱. گروه مهندسی علوم خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: moteshare@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

گوارش انسان می‌شود (۳۲، ۳۷ و ۴۶). از سوی دیگر، کمبود روی و آهن در جوامعی که رژیم غذایی مردم عمدتاً شامل غلات و حبوبات است، به ویژه درکشورهای در حال توسعه، گسترده می‌باشد (۴۲). مقدار زیاد فیتات در مواد غذایی یکی از عوامل بروز کمبود روی عنوان شده است (۳۸ و ۳۹). نسبت مولی اسید فیتیک به روی مهمترین عامل در تعیین پتانسیل زیست‌فراهمی روی تلقی می‌شود (۳۴). این شاخص به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و معیار خوبی برای تعیین زیست‌فراهمی روی توسط سازمان بهداشت جهانی (۴۷) و گروه بین‌المللی مشورتی تغذیه روی (۲۸) قرار گرفته است. پژوهش‌ها نشان داده که بیشترین میزان تجمع فیتات لوبیا در فرایند زمانی ۲۰-۲۵ روز پس از گل‌دهی صورت گرفته و بیشترین وزن خشک دانه نیز در همین دوره زمانی بوده است (۱۷). کوئلهو و بندیتو (۱۸) در بررسی تکامل دانه و تغییرات عناصر غذایی در لوبیا چیتی گزارش کردند که بیشترین فراوانی فسفر به صورت فیتات است و تشکیل فیتات یا فیتین سبب ایجاد ترکیبات نامحلول با عناصر غذایی می‌شود. ضمناً تغییرات فیتات تحت تأثیر زمان یا میزان نیتروژن مصرفی نبود.

محققین در بررسی کیفیت نان‌های مصرفی در شهر تبریز اعلام نمودند که کمبود روی یکی از شایع‌ترین مشکلات تغذیه‌ای به شمار می‌رود و عامل اصلی کمبود آن مقدار زیاد اسید فیتیک در نان‌های مصرفی‌است (۴ و ۲۳). محققین در بررسی تأثیر مصرف بهینه کود بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی در گندم اعلام کردند که مصرف بهینه کود سبب افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف گردید و نسبت مولی اسید فیتیک به روی در روش مصرف بهینه کود نسبت به مقادیر مصرف رایج کود، کاهش معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد (۶ و ۹). پژوهشگران در ترکیه با بررسی ۲۰ رقم گندم اعلام کردند که در شرایط کمبود روی، غلظت روی دانه ۷-۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که با اعمال تیمار کود روی (۲۳ کیلوگرم روی در هکتار) ۱۴-۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت. در ضمن، کاربرد روی، غلظت فسفر را از ۳/۹ درصد به ۳/۵ درصد و غلظت اسید فیتیک را از ۱۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۹/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش داد (۲۰).

مصرف بهینه کودهای شیمیایی، به ویژه کودهای فسفات، تأثیر زیادی بر غلظت قابل جذب عناصر کم‌مصرف و نیز غلظت اسید فیتیک دانه غلات و حبوبات دارد. متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور در سال‌های گذشته به صورت غیر علمی و بدون توجه به نتایج آزمون خاک بوده، به طوری که بر اساس گزارش‌های منتشر شده مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته سبب کاهش جذب بسیاری از عناصر غذایی از جمله روی و آهن در گیاه شده است (۳ و ۸). با توجه به ضرورت بررسی تأثیر مصرف بهینه کود در ارزش غذایی حبوبات، این تحقیق با هدف بررسی تغییرات غلظت اسید فیتیک، نسبت مولی اسید فیتیک به روی و غلظت عناصر غذایی طی دوره تکامل دانه پنج رقم لوبیا قرمز بومی ایران، در شرایط گلخانه‌ای اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده سازی خاک

خاک مورد استفاده با نام علمی Haplocambids, Loamy, Xeric Mixed, Super Active thermic از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج تهیه گردید. پس از هواخشک کردن و عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن بر اساس روش‌های استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتری (۱۵)، نیتروژن کل به روش کجلدال و با دستگاه کجلتک Buchi (مدل ۳۳۹) (۱۶)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۳۰)، پتاسیم قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال (۲۶)، پ- هاش در گل اشباع با دستگاه پ- هاش‌متر (۴۵)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با دستگاه هدایت‌سنج (۴۱)، کربنات کلسیم معادل با روش تیتراسیون برگشتی (۱۵)، میزان ماده آلی به روش والکی و بلک (۳۵) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور (۴۳) اندازه‌گیری شد. مقادیر قابل جذب آهن و روی با DTPA (۳۱) عصاره‌گیری شده و غلظت

Archive of SID
www.SID.ir

در عصاره حاصل با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu- AA 6400) اندازه‌گیری شد (۱).

کشت گلخانه‌ای

در این پژوهش، پنج رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) از ارقام بومی و تجاری ایران شامل اختر، ناز، درخشان، گلی و صیاد (۵) در آزمایشی با دو سطح کودی (شاهد (بدون مصرف کود) و مصرف بهینه بر اساس نتایج آزمون خاک) در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل (با دو فاکتور زمان و سطح کودی) با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. در هر گلدان ۳/۵ کیلوگرم خاک خشک توزین گردید و ۴ بذر لوبیا کشت شد (سوم اسفند ۱۳۸۸) که در مرحله ۴ برگی تنک و دو بوته لوبیا تا زمان برداشت در تیمارهای مختلف نگهداشته شد. در طول دوره داشت، آبیاری گلدان‌ها به روش وزنی و با حفظ رطوبت در حد ۰/۸ ظرفیت مزرعه با آب مقطر انجام و پس از آغاز دوره گل‌دهی در سه مقطع زمانی (۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز بعد از گل‌دهی) به منظور بررسی روند تغییرات صفات مورد مطالعه، نمونه برداری انجام گردید. از آنجایی که زمان گل‌دهی در ارقام مختلف لوبیا متفاوت است، بسته به زمان شروع گل‌دهی، در سه مقطع زمانی مورد نظر نمونه برداری صورت گرفت. به‌طور مثال، اولین نمونه برداری در ارقام زودرس ۳۱ فروردین ۱۳۸۹ بود. در ابتدای مرحله آماده سازی گلدان‌ها و کاشت، به نیمی از گلدان‌ها (۴۵ گلدان)، بر اساس آزمون خاک، ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به شکل اوره، ۸۳ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک از منبع سولفات پتاسیم، ۳/۱۹ میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک از منبع سکوسترین آهن و ۰/۹ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک از منبع سولفات روی اضافه شد. یک سوم نیاز اوره و تمام کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و بقیه اوره به همراه کودهای آهن و روی، در زمان داشت به گیاهان داده شد.

اندازه‌گیری اسید فیتیک و عناصر غذایی

اندازه‌گیری اسید فیتیک در دانه به روش هوگ و لانتزچ (به نقل از ۲۵) صورت گرفت. نیم گرم بذر از ارقام مختلف لوبیا، خشک و آسیاب شده، با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال به مدت یک ساعت عصاره‌گیری شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از این عصاره به لوله‌های سانتریفوژ منتقل و یک میلی‌لیتر از محلول آهن فریک به آن اضافه گردید. لوله‌های مورد نظر روی پایه‌ای مناسب درون حمام آب گرم ثابت شده و به مدت ۳۰ دقیقه در آب جوش حمام نگه‌داری شدند. پس از پایان این دوره، لوله‌ها در دمای اتاق سرد شدند. پس از رسیدن به دمای اتاق، محتوای لوله‌ها مخلوط و در دور ۳۰۰۰ به‌مدت ۳۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. یک میلی‌لیتر از محلول صاف رویی به لوله دیگر منتقل شده و با افزودن ۱/۵ میلی‌لیتر محلول بی‌پیریدین، جذب در طول موج ۵۱۹ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج (مدل Shimadzu UV 3100) قرائت‌گردید. نسبت مولی اسید فیتیک به روی بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (۲۰):

غلظت اسید فیتیک = نسبت مولی اسید فیتیک به روی (mg/kg)/۶۵/۴ غلظت روی/ ۶۶۰ /(mg/۱۰۰g) [۱]

این نسبت در ارقام مختلف لوبیا و نیز میانگین غلظت عناصر معدنی فسفر، پتاسیم، آهن و روی در دانه گیاه که به روش اکسیداسیون خشک (آسیاب یک گرم پودر نرم و انتقال به کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۶ ساعت و سپس افزودن اسید کلریدریک و صاف کردن) اندازه‌گیری شد (۱) مورد مقایسه قرار گرفت. داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه و خصوصیات خاک

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل رقم، کود و زمان بر صفات مورد مطالعه شامل غلظت عناصر روی، پتاسیم، فسفر، آهن و نسبت مولی اسید فیتیک به روی معنی‌دار بود. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش حاضر

ویژگی خاک	مقدار	ویژگی خاک	مقدار
رس (٪)	۲۶	فسفر قابل جذب (mg/kg)	۱۷/۳۰
سیلت (٪)	۳۵	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	۱۶۷/۰۰
شن (٪)	۳۹	سدیم (meq/L)	۲/۴۸
بافت	لوم	منیزیم (meq/L)	۱/۴۰
درصد اشباع	۳۷/۵۰	کلسیم (meq/L)	۹/۸۰
ظرفیت زراعی (٪)	۱۸/۷۵	CEC ($cmol_C/kg$)	۱۱/۷۰
pH	۸/۲۰	آهن قابل جذب (mg/kg)*	۴/۸۱
EC (dS/m)	۱/۴۵	مس قابل جذب (mg/kg)*	۱/۴۳
آهک معادل (٪)	۷/۹۰	منگنز قابل جذب (mg/kg)*	۱۲/۲۲
کربن آلی (٪)	۰/۷۳	روی قابل جذب (mg/kg)*	۱/۱۴
نیتروژن کل (٪)	۰/۰۸	بی‌کربنات (meq/L)	۵/۸۰

* به روش عصاره‌گیری با DTPA

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تأثیر کود بر خصوصیات بذر ارقام لوبیا قرمز در زمان‌های مختلف پس از گل‌دهی

		فسفر	غلظت روی	غلظت آهن	پتاسیم	نسبت مولی
منابع تغییرات	درجه آزادی	MS	MS	MS	MS	MS
تکرار	۲	۰/۰۰۰۸^{ns}	۹۰/۰۸*	۲۴۶/۳۲ ^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱۲/۸۰^{ns}
رقم	۴	۰/۰۸**	۳۷۷/۶۳**	۷۱۶۴/۰۷**	۰/۱۳*	۵۲/۲۷**
کود	۱	۰/۰۰۵^{ns}	۱۲/۶۳ ^{ns}	۷۱۳۸/۸۷**	۰/۰۱^{ns}	۴۸/۶۰**
رقم×کود	۴	۰/۰۳^{ns}	۱۵۱/۲۲۹**	۳۷۰۹/۸۴**	۰/۲۶**	۱۰/۳۷^{ns}
خطا ۱	۱۸	۰/۰۱	۱۹/۷۴	۲۵۳/۸۷	۰/۰۳	۳/۹۸
زمان	۲	۰/۰۴**	۱۱۶۰/۹۹**	۷۳۴۵/۲۸**	۰/۱۴^{ns}	۵۵/۰۵**
رقم× زمان	۸	۰/۰۳**	۲۶۲/۵۶**	۱۵۴۷/۸۳**	۰/۶۴**	۲۵/۰۹**
کود×زمان	۲	۰/۰۱^{ns}	۹۲/۳۴*	۱۸۸۱/۰۶ **	۰/۲۶*	۷/۲۹^{ns}
رقم×کود×زمان	۸	۰/۰۲**	۲۴۵/۱۹**	۱۸۹۰/۶۴**	۰/۱۸*	۱۷/۹۰**
تکرار (زمان)	۴	۰/۰۰۹^{ns}	۵۲/۰۹ ^{ns}	۱۱۰/۲۶ ^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۴/۹۰^{ns}
خطا ۲	۳۶	۰/۰۰۶	۲۲/۶۵	۳۱۴/۵۰	۰/۰۶	۳/۵۶
ضریب تغییرات		۳۲/۴۳	۱۴/۷۹	۱۲/۲۱	۱۶/۲۱	۱۴/۷۲

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

نشان داد که خاک مورد استفاده در این تحقیق دارای بافت مناسب بوده، اما فسفر آن بیشتر از حد بحرانی است که این امر می‌تواند در جذب برخی عناصر غذایی توسط گیاه مشکل ایجاد نماید. ضمناً کمبود نیتروژن، پتاسیم، آهن و روی نیز همان گونه که در بخش مواد و روش‌ها بیان گردید با مصرف کودهای شیمیایی تأمین گردید (جدول ۱).

www.SID.ir

جدول ۳. مقایسه میانگین غلظت آهن (mg/kg) در دانه ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۱۲۹/۷±۲/۹۱e-i	۱۵۸/۴±۴/۹۷cde	۱۲۸/۹±۳/۱۱f-i	۱۱۴/۷±۲/۹۱ij	۱۱۹/۸±۳/۰۶ij	۱۲۳/۹±۴/۷۱ghi
صیاد	۹۳/۶۷±۸/۲۹j	۱۲۱/۳±۴/۹۵ij	۲۰۲/۳±۶/۲۶ab	۱۱۶/۷±۶/۶۶ij	۱۲۲/۸±۱۱/۸۷hij	۱۴۲/۶±۱۵/۸۸d-i
گلی	۱۷۸/۳±۷/۲۶bc	۲۲۱/۷±۹/۸۰a	۲۲۷/۰±۷/۰۰a	۱۶۵/۵±۲۶/۱۸cd	۱۳۹/۳±۱۲/۷۳d-i	۱۳۲/۷±۶/۴۹e-i
اختر	۱۱۸/۷±۱/۸۶ij	۱۲۷/۷±۲/۱۹f-i	۱۳۳/۱±۶/۵۴e-i	۱۲۰/۳±۹/۰۶ij	۱۵۱/۱±۶/۲۶c-h	۱۵۶/۳±۱۶/۱۹c-f
ناز	۱۱۹/۳±۲/۹۱ij	۱۹۸/۹±۹/۷۵ab	۱۵۲/۵±۱۳/۷۵c-g	۱۲۰/۳±۶/۶۴ij	۱۳۸/۰±۱۵/۱۰d-i	۱۸۰/۱±۸/۵۰bc

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۲۹/۳۷). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

جدول ۴. مقایسه میانگین غلظت روی (mg/kg) در دانه ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۲۶/۳۳±۱/۸۶h-l	۲۳/۹۳±۲/۹۹i-l	۳۱/۱۳±۳/۵۷d-i	۲۱/۶۷±۱/۲۰l	۳۴/۶۷±۱/۷۷c-g	۳۴/۴۷±۱/۵۲c-g
صیاد	۲۶/۳۳±۰/۸۸h-l	۳۶/۴۷±۱/۱۶cde	۳۱/۲۷±۱/۵۲d-i	۲۵/۶۷±۱/۴۵i-l	۳۵/۰۷±۰/۴۸c-g	۲۸/۴۰±۰/۹۰f-l
گلی	۳۰/۳۳±۰/۳۳d-j	۳۸/۱۳±۰/۴۷cd	۵۱/۳۳±۴/۶۷b	۲۸/۲۰±۳/۰۶g-l	۳۹/۶۷±۹/۱۷c	۳۵/۰۰±۱/۵۳c-g
اختر	۲۵/۳۳±۱/۴۵i-l	۳۳/۹۳±۰/۵۸c-h	۲۵/۷۳±۱/۸۳i-l	۲۲/۰۰±۱/۷۳kl	۳۰/۸۷±۴/۲۳d-i	۲۷/۳۳±۸/۰۳g-l
ناز	۲۴/۳۳±۰/۸۸i-l	۳۶/۱۳±۱/۱۳c-f	۳۶/۲۷±۱/۸۸c-f	۲۲/۶۷±۱/۲۰jkl	۲۹/۶۷±۱/۲۰e-k	۷۲/۹۱±۱/۹۸a

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۷/۸۲). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

غلظت آهن و روی در دانه

بین ارقام مختلف لوبیا، اختلاف معنی‌داری از لحاظ غلظت آهن دانه مشاهده شد. تیمار کوددهی نیز بر غلظت آهن دانه تأثیر معنی‌داری داشت. به طوری که با مصرف بهینه کود بر اساس نتایج آزمون خاک، غلظت آهن دانه در ارقام درخشان، صیاد و گلی، در مقایسه با تیمار شاهد، افزایش یافت (جدول ۳). در ضمن، غلظت آهن دانه در مراحل مختلف توسعه و تکامل دانه نیز متفاوت بود. بیشترین غلظت آهن در رقم گلی به میزان ۲۲۷ mg/kg و در زمان T_3 گزارش شد. غلظت روی در دانه ارقام مختلف لوبیا اختلاف معنی‌داری داشت، اگرچه تیمار کودی و زمان تکامل دانه نیز غلظت روی دانه را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین غلظت روی دانه ارقام مختلف لوبیا قرمز نشان داد که بیشترین غلظت روی در بین پنج رقم لوبیا، مربوط به رقم ناز در زمان T_3 و به میزان ۷۲/۹۱ mg/kg بود (جدول ۴). مصرف کود بر اساس آزمون خاک سبب افزایش غلظت روی در دانه همه ارقام مورد مطالعه گردید. به‌طور کلی، با گذشت زمان و پر شدن دانه‌ها، غلظت روی نیز در همه تیمارها افزایش یافت. اما این روند، در ارقام مختلف الگوی یکسانی نداشت.

بیشترین نسبت آهن به روی نیز در ارقام اختر و درخشان اندازه‌گیری شد. امروزه از نسبت بین عناصر غذایی به عنوان شاخص بهتری برای ارزیابی وضعیت تغذیه گیاهان و حذف تأثیر سن فیزیولوژیک و نیز زمان نمونه‌برداری استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۴). یکی از برتری‌های استفاده از نسبت Fe/Zn این است که با وجود تغییر غلظت عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی طی دوره رشد در اثر پدیده رقت، این نسبت تقریباً ثابت می‌ماند. علاوه بر آن، اثر سن گیاه در تغییر عناصر غذایی کاهش می‌یابد (۱۰).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقایسه میانگین نسبت آهن به روی دانه در ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۴/۹۵±۰/۲۵c-g	۶/۷۶±۰/۵۸ab	۴/۲۴±۰/۴۴f-l	۵/۳۳±۰/۳۷cde	۳/۴۷±۰/۱۹lm	۳/۵۹±۰/۰۳jkl
صیاد	۳/۵۷±۰/۳۷kl	۳/۳۳±۰/۲۳lm	۶/۵۰±۰/۳۹b	۵/۵۵±۰/۱۹d-j	۳/۴۹±۰/۳۰lm	۴/۹۹±۰/۴۲c-g
گلی	۵/۸۷±۰/۱۹bc	۵/۸۲±۰/۳۱bc	۴/۵۰±۰/۵۰e-k	۵/۸۱±۰/۳۳bc	۳/۹۷±۱/۰۰h-l	۳/۸۲±۰/۳۶i-l
اختر	۴/۷۰±۰/۲۰d-i	۳/۷۶±۰/۱۳i-l	۵/۲۰±۰/۳۴c-f	۵/۴۹±۰/۳۳cd	۵/۱۳±۰/۸۹c-g	۷/۵۸±۰/۶۳a
ناز	۴/۹۲±۰/۲۷c-h	۵/۵۰±۰/۲۰cd	۴/۱۹±۰/۱۶g-l	۵/۳۰±۰/۰۸cde	۴/۶۲±۰/۳۱d-i	۲/۵۴±۰/۳۸m

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۰/۹۷۱). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

جدول ۶. مقایسه میانگین درصد پتاسیم دانه در ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۱/۶۱±۰/۱۱d-h	۱/۲۰±۰/۲۹i-l	۱/۴۲±۰/۱۵e-l	۱/۴۵±۰/۰۳e-l	۱/۷۹±۰/۰۸b-e	۱/۷۸±۰/۱۴b-f
صیاد	۲/۰۷±۰/۰۹abc	۱/۰۶±۰/۲۳l	۱/۳۴±۰/۰۴g-l	۲/۴۷±۰/۰۴a	۱/۵۷±۰/۰۴d-j	۱/۲۱±۰/۱۲h-l
گلی	۱/۵۹±۰/۰۶d-i	۱/۴۹±۰/۱۲e-k	۲/۰۸±۰/۰۶ab	۱/۴۳±۰/۰۷e-l	۱/۱۷±۰/۰۸jkl	۱/۶۲±۰/۰۴d-g
اختر	۱/۶۰±۰/۰۶d-i	۱/۶۳±۰/۰۳d-g	۱/۳۴±۰/۰۷g-l	۱/۱۰±۰/۰۵kl	۱/۹۱±۰/۳۱bcd	۱/۳۶±۰/۱۲g-l
ناز	۱/۵۶±۰/۰۷d-j	۱/۴۵±۰/۲۵e-l	۱/۱۹±۰/۰۷i-l	۱/۱۲±۰/۰۹kl	۱/۳۸±۰/۰۸f-l	۱/۶۷±۰/۲۰c-g

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۰/۴۰۹). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

غلظت پتاسیم و فسفر دانه

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، غلظت پتاسیم دانه بسته به رقم لوبیا و زمان تکامل دانه متفاوت بود (جدول ۶). بیشترین غلظت پتاسیم دانه در تیمارهای کود داده شده، در رقم صیاد در زمان T_1 و در رقم گلی در زمان T_3 حاصل شد. به نظر می‌رسد انتقال عناصر بین اندام‌های رویشی و زایشی (برگ و بذر) و بروز پدیده رقت می‌تواند از دلایل تغییرات غلظت عناصر به شمار رود (۱۰).

بیشترین درصد فسفر در بین ارقام مختلف لوبیا در رقم درخشان در زمان T_3 ثبت گردید (جدول ۷). از سوی دیگر، مقایسه نسبت پتاسیم به فسفر (جدول ۸) در ارقام مختلف نشان داد که بیشترین مقدار این نسبت در رقم گلی و با مصرف بهینه کود حاصل شد.

نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه

نتایج تأثیر تیمارهای کوددهی بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه لوبیا در جدول ۹ ارائه شده است. بین ارقام مختلف لوبیا، اختلاف معنی‌داری از لحاظ نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه مشاهده شد. هم‌چنین، مصرف بهینه کود سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در همه ارقام لوبیا شد و این نسبت در تیمار شاهد (بدون کوددهی) بزرگتر از تیمار مصرف بهینه کود بود (جدول ۹). نسبت مولی اسید فیتیک به روی دانه بسته به رقم گیاه و زمان تکامل دانه متفاوت بود. به طوری که بیشترین میزان نسبت مولی در رقم اختر در زمان T_3 مشاهده شد. مصرف بهینه کود سبب کاهش این نسبت از ۱۸/۹۵ در زمان سوم تیمار شاهد به ۱۵/۱۶ در تیمار مصرف بهینه در رقم اختر شد.

www.SID.ir

جدول ۷. مقایسه میانگین درصد فسفر دانه در ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۰/۲۵±۰/۰۷d-h	۰/۲۷±۰/۰۷d-g	۰/۳۰±۰/۰۶b-f	۰/۲۰±۰/۰۰e-i	۰/۳۵±۰/۰۸bcd	۰/۶۱±۰/۰۹a
صیاد	۰/۱۵±۰/۰۳g-j	۰/۳۵±۰/۱۲bcd	۰/۴۲±۰/۱۱b	۰/۲۰±۰/۰۶e-i	۰/۲۲±۰/۰۲e-i	۰/۲۸±۰/۰۷c-f
گلی	۰/۲۰±۰/۰۰e-i	۰/۱۳±۰/۰۳hij	۰/۰۶±۰/۰۱j	۰/۲۳±۰/۰۶d-i	۰/۱۷±۰/۰۲f-j	۰/۱۱±۰/۰۲ij
اختر	۰/۲۱±۰/۰۴e-i	۰/۲۰±۰/۰۰e-i	۰/۲۳±۰/۰۰d-i	۰/۲۰±۰/۰۰e-i	۰/۴۰±۰/۱۱bc	۰/۳۰±۰/۰۶b-f
ناز	۰/۲۲±۰/۰۴e-i	۰/۳۱±۰/۰۳b-e	۰/۱۸±۰/۰۰f-j	۰/۱۱±۰/۰۲ij	۰/۱۴±۰/۰۳g-j	۰/۱۹±۰/۰۲e-j

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۰/۱۲۸). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

جدول ۸. مقایسه میانگین نسبت پتاسیم به فسفر دانه در ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۷/۱۸±۱/۷۵d-h	۴/۴۸±۰/۳۶fgh	۵/۳۳±۱/۷۱e-h	۷/۲۵±۰/۱۴d-h	۵/۴۵±۰/۸۵d-h	۲/۹۵±۰/۲۲h
صیاد	۱۴/۸۲±۲/۶۹b	۴/۳۷±۲/۰۷fgh	۳/۵۹±۰/۷۵gh	۱۴/۸۰±۵/۳۹b	۷/۲۷±۰/۶۵d-h	۴/۷۰±۰/۶۵fgh
گلی	۷/۹۵±۰/۲۹c-g	۱۲/۸۰±۳/۲۶bc	۳۱/۶۹±۱/۷۹a	۶/۸۶±۱/۲۷d-h	۶/۶۴±۰/۴۲d-h	۱۴/۵۱±۲/۰۱b
اختر	۸/۰۵±۱/۷۵c-g	۸/۱۷±۰/۱۷c-g	۶/۳۶±۱/۴۰d-h	۵/۵۱±۰/۲۷d-h	۵/۲۹±۱/۵۱e-h	۴/۶۴±۰/۴۷fgh
ناز	۷/۵۱±۱/۰۷d-h	۴/۷۵±۱/۰۸fgh	۶/۶۰±۰/۳۷d-h	۱۰/۰۸±۱/۶۹b-e	۱۰/۲۹±۲/۴۲bcd	۹/۱۱±۱/۸۱c-f

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۴/۸۴۶). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

جدول ۹. مقایسه میانگین نسبت مولی در دانه ارقام لوبیا قرمز تحت تأثیر کوددهی، در روزهای مختلف پس از گل‌دهی*

	با کود			بدون کود		
رقم	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
درخشان	۱۳/۰۰±۰/۶۹c-i	۱۵/۹۷±۱/۸۸abc	۱۲/۴۱±۱/۸۸d-j	۱۴/۸۰±۰/۵۷cd	۱۰/۹۶±۱/۶۹g-k	۱۳/۹۴±۰/۵۴c-g
صیاد	۱۴/۰۶±۰/۵۹c-g	۱۰/۶۰±۰/۲۵h-k	۱۱/۰۹±۰/۶۲g-k	۱۴/۲۸±۰/۵۴c-f	۱۱/۴۶±۰/۹۴f-j	۱۵/۸۲±۱/۱۸bc
گلی	۱۱/۱۰±۰/۱۸g-k	۱۰/۴۹±۰/۶۰ijk	۷/۹۹±۰/۷۸kl	۱۲/۲۳±۰/۱۸d-j	۹/۵۷±۲/۵۰jk	۱۱/۳۳±۱/۱۶f-j
اختر	۱۳/۳۴±۰/۸۲c-i	۱۱/۳۲±۰/۲۶f-j	۱۵/۱۶±۱/۴۶bcd	۱۸/۱۱±۱/۷۵ab	۱۳/۶۶±۲/۴۷c-h	۱۸/۹۵±۰/۶۷a
ناز	۱۴/۵۹±۰/۲۷cde	۹/۶۷±۰/۳۹jk	۱۰/۵۹±۰/۷۳h-k	۱۸/۱۲±۱/۹۰ab	۱۴/۲۸±۰/۷۹c-f	۵/۹۱±۰/۶۷l

* حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند (LSD=۳/۱۲). T_1، T_2 و T_3 به ترتیب ۱۲، ۲۲ و ۳۲ روز پس از گل‌دهی است.

سازمان بهداشت جهانی(۴۴) طبقه‌بندی زیر را با توجه به نسبت مولی اسید فیتیک به روی برای جذب روی موجود در جیره غذایی پیشنهاد نمود: اگر نسبت اسید فیتیک به روی کمتر از ۵ باشد ۵۰–۵۵ درصد روی موجود توسط انسان جذب می‌شود. اگر نسبت اسید فیتیک به روی ۵–۱۵ باشد ۳۰–۳۵ درصد روی موجود توسط انسان جذب می‌شود و اگر نسبت اسید فیتیک به روی بیشتر از ۱۵ باشد کمتر از ۱۵ درصد روی موجود در غذا جذب می‌شود. محمود و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(۳۳) در بررسی تأثیر عوامل محیطی بر اسید فیتیک گندم گزارش دادند که بین ارقام مختلف، به علت تفاوت‌های ژنتیکی، پاسخ‌های مختلفی ثبت گردید. در پژوهشی، ۲۰ گونه گندم رشد یافته با کود شیمیایی روی و بدون روی در خاک-های آهکی دارای کمبود روی برای تعیین غلظت روی، فسفر، اسید فیتیک و فعالیت فیتاز در دشت مرکزی آناتولی ترکیه مطالعه گردیدند. به علاوه، بذر ۴ رقم گندم در ۵۵ مکان مختلف رشد یافت. در آزمایش با ۲۰ گونه گندم، غلظت روی در دانه بین ۷-۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار بدون کود روی و ۱۷-۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم با مصرف کود روی گزارش شد (۱۷). کوددهی روی، غلظت فسفر و اسید فیتیک دانه را در همه ارقام کاهش داد. به طور متوسط، کاربرد روی سبب کاهش غلظت فسفر به میزان ۳/۵-۳/۹ میلی‌گرم در گرم و ۹/۱-۱۰/۷ میلی‌گرم در گرم برای اسید فیتیک شد. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، کاربرد کود و رعایت تغذیه بهینه و توصیه کودی بر اساس نتایج آزمون خاک تا حدودی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در همه ارقام مورد مطالعه لوبیا قرمز گردید. بر این اساس، نسبت مولی اسید فیتیک به روی در رقم درخشان با مصرف بهینه کود از ۱۳/۹۴ (در شاهد) به ۱۲/۴۱ در زمان سوم در تیمار مصرف بهینه کود کاهش یافت (جدول ۹). در رقم صیاد، کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در زمان سوم از ۱۵/۸۲ (در تیمار شاهد) به ۱۱/۰۹ (در تیمار مصرف بهینه کود) اندازه‌گیری شد که این روند در همه ارقام با مصرف بهینه مشاهده شد. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۴۷)، با توجه به این که گستره نسبت اسید به فیتیک دانه ارقام لوبیا بین ۵-۱۵ بود، ۳۰-۳۵ درصد روی دانه توسط بدن انسان جذب می‌گردد. بر این اساس، می‌توان به ترتیب ارقام ناز، گلی، صیاد، درخشان و اختر را به عنوان ارقام مناسب با کمترین نسبت مولی اسید فیتیک به روی معرفی کرد. بای بوردی و همکاران (۲) بیشترین نسبت مولی اسید فیتیک به روی را در تیمار شاهد به میزان ۳۱ و کمترین آن را (برابر با ۱۷) در تیمار مصرف بهینه کود در گندم رقم الوند اعلام کردند. هم‌چنین، مصرف سولفات روی سبب افزایش غلظت این عنصر در گندم گردید. رابوی و دیکینسون (۴۰) در مطالعه‌ای رابطه بین مقدار غلظت فسفر قابل استفاده در خاک، برگ و بذر را با اسید فیتیک در سویا بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که ۹۸٪ تغییرات اسید فیتیک در بذر سویا (۴/۳ تا ۶/۲ گرم بر کیلوگرم) بستگی به فسفر قابل استفاده خاک دارد. این محققین نشان دادند که با مصرف ۱۰ میلی‌گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک، غلظت اسید فیتیک در سویا به ۲/۳ گرم بر کیلوگرم می‌رسد. با افزایش مصرف فسفر به ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، غلظت اسید فیتیک به حد ۶ گرم بر کیلوگرم افزایش یافت.

بر اساس گزارش محققین، تأثیر کوددهی روی در خاک‌های دارای کمبود روی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی می‌شود (۲۰). در تحقیق حاضر نیز به دلیل کمبود روی در خاک، کوددهی روی سبب کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی شد. نینگ و همکاران (۳۶) نشان دادند که تأثیر کوددهی بر غلظت اسید فیتیک و پروتئین دانه ارقام مختلف برنج ژاپنی بسیار بیشتر از تأثیر رقم بود. با افزایش سطح نیتروژن، غلظت اسید فیتیک کاهش یافت، در حالی که غلظت چهار پروتئین آلبومین، گلوبولین، پرولامین و گلوتن و نسبت گلوتن به کل پروتئین‌ها افزایش یافت. در پژوهشی، تأثیر مصرف کودهای نیتروژن و روی بر غلظت اسید فیتیک، روی، فسفر و پروتئین دانه ژنوتیپ‌های مختلف نخود مورد بررسی قرار گرفت (۲۹). با کوددهی روی، غلظت روی در دانه هر سه ژنوتیپ افزایش یافت، اگرچه درصد افزایش بسته به ژنوتیپ گیاه متفاوت بود. کوددهی روی، تأثیر منفی بر غلظت فسفر و اسید فیتیک دانه داشت و نسبت مولی اسید فیتیک به روی را کاهش داد. در تحقیقی دیگر، نقش روی در افزایش تولید و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه و سبوس گندم در ده استان ایران مورد بررسی قرار گرفت (۷). نتایج نشان داد که با مصرف سولفات روی، علاوه بر ۱۹٪ افزایش عملکرد، غلظت روی دانه گندم و سبوس به طور معنی‌داری زیاد شد.

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر، مصرف بهینه کود بر اساس نتایج آزمون خاک، سبب افزایش غلظت آهن و روی دانه ارقام مختلف لوبیا قرمز گردید. با وجود تفاوت در غلظت عناصر بین ارقام مختلف لوبیا قرمز، رقم گلی از نظر بسیاری از صفات مورد مطالعه بهترین نتایج را نشان داد. هم‌چنین در بین ۵ رقم لوبیا قرمز، بیشترین کاهش در نسبت مولی اسید فیتیک به روی با مصرف بهینه کود در زمان سوم (۳۲ روز بعد از گل‌دهی) در رقم صیاد (با کاهش ۴/۷۳ واحد در مقایسه با شاهد) مشاهده شد. کمترین تأثیر مصرف بهینه کود در کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در رقم درخشان (۱/۵۳ واحد در مقایسه با شاهد) گزارش گردید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی قطب علمی بهبود کیفیت خاک برای تغذیه متعادل گیاه دانشگاه تهران می‌باشد که بدین‌وسیله تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲. بای بوردی، ا.، م. ج. ملکوتی و م. اسلام زاده. ۱۳۸۳. روش‌های نوین تغذیه گندم، نقش مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در مزارع گندم میانه. نشر سنا، تهران،۸۵۱ صفحه، صفحات ۶۱۷-۶۲۶.

۳. بای بوردی، م.، م. ج. ملکوتی، ه. امیرمکری و م. نفیسی. ۱۳۷۹. تولید و مصرف بهینه کودهای شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. نشر آموزش کشاورزی، ۲۸۲ صفحه، کرج.

۴. پورقاسم گرگری، ب.، س. محبوب و س. و. رضویه. ۱۳۸۴. اسید فیتیک و نسبت مولی آن در نان‌های مصرفی تبریز. مجله علوم پزشکی ارومیه. ۱۶(۳): ۱۳۶-۱۴۲.

۵. مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران، ۲۸۳ صفحه، تهران.

۶. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. تغذیه گندم (مجموعه مقالات)، نقش روی در افزایش تولید و کاهش نسبت مولی اسید فیتیک به روی در دانه و سبوس گندم در ده استان کشور، ملکوتی و همکاران، نشر آموزش کشاورزی، ۵۳۷ صفحه، کرج، صفحات ۴۱۳-۴۲۸.

۷. ملکوتی، م. ج.، غ. ر. ثواقبی و م. ر. بلالی. ۱۳۷۸. بررسی اثرات عناصر ریزمغذی در غنی سازی آرد و سبوس گندم و کاهش اسید فیتیک به منظور ارتقای سلامت جامعه. مجله علوم خاک و آب ۱۲(۶): ۱۷۷-۱۸۷.

۸. ملکوتی، م. ج. و م. م. طهرانی. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۳۰۱ صفحه، تهران.

۹. ملکوتی، م. ج. و ع. مرشدی. ۱۳۸۲. تأثیر مصرف متعادل کود بر نسبت مولی اسید فیتیک به روی در گندم. خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده‌ی بهینه از کود و سم در کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، ۷۳۴ صفحه، کرج، صفحات ۱۱۳-۱۱۴.

۱۰. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

11. Alea, G. V. and M. G. Noel. 2007. Phytic acid in edible legume seeds. J. Res. Sci., Comput. and Eng. 4(2): 19-22.
12. Anderson, J. J. B. 2004. Minerals. PP. 120-163. *In*: Mahan, L. K. and S. Escott-Stump (Eds.), Krause's Food, Nutrition and Diet Therapy, 11th Ed., W. B. Saunders Co., USA.

Archive of SID
www.SID.ir

13. Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation of integrated system (DRIS). Soil Sci. Bull. No. 1, Univ. Natal, Pieternaritzburg, South Africa.
14. Beverly, R., B. Stark, J. C. Oyala and T. W. Embleton. 1984. Nutrition diagnosis of Valencia oranges by DRIS. J. Amer. Hort. Sci. 109: 649-654.
15. Bouyoucos, C. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.
16. Bremner, J. M. 1996. Nitrogen-total. PP. 1085-1122. *In*: Sparks, D. L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
17. Coelho, C. M. M., V. A. Benedito, A. Figueira, V. A. Vitorello and R. A. Azevedo. 2007. Variation in the enzyme activity and gene expression of myo-inositol-3-phosphate synthase and phytate accumulation during seed development in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Acta Physiol. Plant. 29: 265-271.
18. Coelho , C. M. M. and V. A. Benedito. 2008. Seed development and reserve compound accumulation in common been (*Phaseolus vulgaris* L.). Seed Sci. Biotech. 2(2): 42-52.
19. Doria, L., L. Galleschi, L. Calucci, C. Pinzino, R. Pilu, E. Cassani and E. Nielsen. 2009. Phytic acid prevents oxidative stress in seeds: evidence from a maize (*Zea mays* L.) low phytic acid mutant. J. Exp. Bot. 60(3): 967-978.
20. Erdal, I., A. Yilmaz, S. Tan, B. Torun and I. Cakmak. 2002. Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. J. Plant Nutr. 25(1): 113-127.
21. Fachmann, W., S. W. Souci and H. Kraut. 2000. Food Composition and Nutrition Tables. CRC Press, Boca Raton, FL.
22. Feil, B. and D. Fossati. 1997. Phytic acid in triticale grains as affected by cultivar and environment. Crop Sci. 37: 916-921.
23. Gargari, B. P., S. Mahboob. and S. V. Razavieh. 2007. Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran. Food Chem. 100: 1115-1119.
24. Harland, B. F. and D. Oberleas. 1987. Phytate in foods. In: World Review of Nutrition and Dietetics 52: 235-259.
25. Haug, W. and H. J. Lantzsch. 1983. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereal products. J. Sci. Food Agric. 34: 1423-1426.
26. Hemke, P. H. and D. L. Sparks. 1996. Potassium. PP. 551-574. *In*: Sparks, D. L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
27. Herndez-Unzon, H. Y. and M. L. Ortega-Delgado. 1989. Phytic acid in stored common bean seeds (*Phaseolus vulgans* L.). Plant Foods for Human Nutr. 39: 209-221.
28. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG). 2004. Assessment of the risk of zinc deficiency in population and options for its control. In: Hotz, C. and K. H. Brown (Eds.), Food and Nutrition Bulletin. 25(1): S113-S118.
29. Kaya, M., Z. Küçükyumuk and I. Erdal. 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. African J. Biotech. 8(18): 4508-4513.
30. Kuo, S. 1996. Phosphorus. PP. 869-920. *In*: Sparks, D. L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
31. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
32. Maga, J. 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interaction, nutritional significance and methods of analysis. J. Agric. Food Chem. 30(1): 1-9.
33. Mahmood, T., T. Hameed, N. R. Siddiqui, A. Mumtaz, N. Safdar and T. Masud. 2010. Effect of environmental changes on phytic acid content of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan J. Nutr. 9(5): 447-451.
34. Morris, E. R. and R. Ellis. 1989. Usefulness of the dietary phytic acid/zinc molar ratio as an index of zinc bioavailability to rats and humans. Biol. Trace Elem. Res. 19(1-2): 107-117.
35. Nelson, D. W. and L. E. Sommers.1982. Total carbon, organic carbon, and organic mater. PP. 539-580. *In*: Page, A. L. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Ed., Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph No. 9, SSSA and ASA, Madison,WI.
36. Ning, N., Z. Liu, Q. Wang, Z. Lin, S. Chen, G. Li, S. Wang and Y. Ding. 2009. Effect of nitrogen fertilizer application on grain phytic acid and protein concentrations in Japonica rice and its variations with genotypes. J. Cereal Sci. 50: 49-55.
37. Prasad, A. S. 2003. Zinc deficiency. British Medical J. 326(7386): 409-410.
38. Reddy, N. R., S. K. Sathe and D. K. Salunkhe. 1982. Phytates in legumes and cereals. Adv. Food Nutr. Res. 28: 235-259.
39. Reinhold, J. G. 1971. High phytate content of rural Iranian bread: A possible cause of human zinc deficiency. Amer. J. Clinical Nutr. 24(10): 1204-1206.

www.SID.ir

40. Raboy, V. and D. B. Dickinson. 1993. Phytic acid levels in seeds of Glycine max and G. soja as influenced by phosphorus status. Crop Sci. 33: 1300-1305.
41. Rhoades, J. D. 1996. Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. *In*: Sparks, D. L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA ans ASA, Madison, WI, USA.
42. Sandberg, A. S. 2002. Bioavailability of minerals in legumes. British J. Nutr. 88(3): 281-285.
43. Sumner, M. E. and W. P. Milker. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. PP. 1201-1230. *In*: Sparks, D.L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
44. Thavarajah, D., P. Thavarajah, C. T. See and A. Vandenberg. 2010. Phytic acid and Fe and Zn concentration in lentil (*Lens culinaris* L.) seeds is influenced by temperature during seed filling period. Food Chem. 122: 254-259.
45. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. *In*: Sparks, D.L. et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.
46. Urbano, G., M. Lopez-Jurado, P. Aranda, C. Vidal-Valverde, E. Tenorio and J. Porres. 2000. The role of phytic acid in legumes: J. Physiol. Biochem. 56(3): 283-294.
47. World Health Organization. 1996. Trace Element in Human Nutrition and Health. Geneva, Switzerland.

Archive of SID

www.SID.ir