

زیست‌شناسی گیاهی، سال دوم، شماره پنجم، پاییز ۱۳۸۹، صفحه ۳۷ - ۵۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۳/۱۲

تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۰۴/۲۱

تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۰۶/۰۲

تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۰۸/۰۵

تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۸۹/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۱۰/۰۶

تأثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی آهن بر روی برخی از خصوصیات کیفی دانه گیاه بادام‌زمینی (*Arachis hypogaeae* L.) در خاک قلیایی

محمود پنج‌تن‌دوست، علی سروش‌زاده*^۱ و فائزه قناتی^۲

^۱گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

^۲گروه علوم گیاهی، دانشکده زیست‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی و مصرف خاکی آهن [سکوسترین ۱۳۸ (Fe-EDDHA)] بر روی برخی از خصوصیات کیفی دانه بادام‌زمینی رقم North Carolina 2 دو آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در بندر کیشهر استان گیلان اجرایی شد. در هر آزمایش چهار سطح از آهن استفاده گردید. در آزمایش اول تیمارهای محلول‌پاشی در پنج سطح (۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ گرم آهن در یک لیتر آب) در مراحل شاخه‌دهی و گلدهی و در آزمایش دوم تیمارهای خاکی نیز در پنج سطح (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار) فقط در زمان کاشت اعمال شدند. نتایج نشان داد که بر اثر مصرف آهن به هر دو روش مقدار روغن کل دانه کاهش یافت، اما مقدار پروتئین کل دانه و مقدار عناصر ضروری، همچون آهن دو ظرفیتی، آهن کل، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم دانه گیاه بادام‌زمینی را به طور معنی‌داری افزایش داد. مصرف مقدار ۴ گرم آهن در لیتر و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار به ترتیب در روش‌های محلول‌پاشی و خاکی نسبت به شاهد (عدم مصرف آهن) در هر دو روش بهترین اثر را بر افزایش عناصر ضروری دانه گیاه بادام‌زمینی داشتند، اما در مجموع بر اثر مصرف خاکی آهن غلظت عناصر تا حدود بیشتری نسبت به روش محلول‌پاشی افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آهن، بادام‌زمینی، روغن، پروتئین

مقدمه

ریز مغذی در این خاک‌ها، نامحلول، غیرمتحرک و غیرقابل دسترس می‌شود (فاجریا، ۱۳۷۵). البته، باید توجه داشت که در خاک نسبت بین یون‌های H^+/OH^- که از ریشه ترشح می‌شوند، با تغذیه آهن در گیاهان فرآیندی کاملاً

کمبود آهن در طیف وسیعی از خاک‌ها قابل مشاهده است. معمولاً خاک‌هایی که کمبود آهن دارند، دارای pH بیشتر از ۶ هستند. آهن همانند بعضی از عناصر غذایی

آن مقدار پروتئین و روغن دانه نیز افزایش می‌یابد. در این تحقیق، با مصرف خاکی و محلول‌پاشی آهن در یک خاک قلیایی سعی کرده‌ایم چگونگی تغییرات برخی از شاخص‌های کیفیت بذر در شرایط کمبود آهن را بررسی کنیم.

مواد و روش‌ها

محل اجرای تحقیق و طرح آزمایشی

این آزمایش در شهرستان بندر کیشهر، واقع در شرق استان گیلان اجرایی شد. برای این تحقیق، دو آزمایش در یک مزرعه همزمان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) در سه تکرار استفاده گردید. برای تعیین مقدار عناصر و نوع خاک از چهار قسمت مختلف مزرعه نمونه‌برداری شد. مقدار بحرانی آهن قابل جذب در خاک ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم است (ملکوئی و همائی، ۱۳۷۳)، که در هر چهار بخش خاک مزرعه مورد آزمایش تقریباً ۲/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین گردید. در ضمن، اسیدیته خاک نیز ۷/۶ و خاکی از نوع رسی-سیلتی بود. تیمارهای آزمایشی شامل روش محلول‌پاشی آهن در پنج غلظت ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ گرم آهن در یک لیتر آب و همچنین روش مصرف خاکی آهن با پنج غلظت ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. محلول‌پاشی در دو مرحله (آغاز ساقه‌دهی و گلدهی) انجام شد. مصرف خاکی آهن نیز به صورت اختلاط آهن با خاک سطحی (تا عمق ۱۰ سانتی‌متری) فقط در زمان کاشت صورت گرفت.

آماده‌سازی زمین و اجرای آزمایش

برای تهیه بستر کاشت، شخم نسبتاً عمیقی در اوایل بهار زده شد و پس از آن، عملیات دیسک‌زنی اجرا گردید.

پیچیده را به وجود می‌آورد که به پارامترهای خاکی، از جمله محتوای کربنات کلسیم خاک بستگی زیادی دارد (فاجریا، ۱۳۷۵).

گیاهان عالی، از جمله بادام‌زمینی ساز و کارهای تخصصی و غیرتخصصی مختلفی را برای افزایش محلول‌سازی و جذب آهن در محیط ریشه دارند. از جمله مهمترین فاکتورهایی که در ایجاد تعادل یونی و در نتیجه، جذب آهن نقش دارند، عبارتند از: نوع مصرف نیتروژن، نوع مصرف پتاسیم (Marschner, 1995)، وضعیت تغذیه‌ای فسفر در گیاه (Dinkelaker et al., 1989)، اختلاف در ژنوتیپ (Marschner, 1995) و مکانیسم‌های غیرتخصصی، جذب اسیدی (جذب کاتیون بیشتر از آنیون) است که یکی از مهمترین فاکتورها در کاهش pH محیط اطراف ریشه است (Romheld and Marschner, 1983).

البته، باید توجه داشت که افزایش ترشح یون H^+ و جذب آهن توسط گیاه ممکن است به صدمه رساندن به گیاه منجر شود (Marschner, 1995). چون مصرف آهن آثار متقابلی بر جذب دیگر عناصر غذایی در بافت گیاهی دارد. در این خصوص Zaharieva (۱۹۸۶) گزارش کرده است که با مصرف خاکی آهن در بادام‌زمینی‌هایی که دچار کمبود آهن بودند، مقدار عناصر پتاسیم، کلسیم، منگنز و روی در اندام هوایی افزایش و مقدار فسفر آن کاهش یافت. مصرف آهن در خاک‌های آهکی، علاوه بر اثرگذاری روی غلظت دیگر عناصر در گیاه، شاخص‌هایی از جمله مقدار روغن و پروتئین دانه بادام‌زمینی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این خصوص Patel و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که مصرف آهن در خاک‌هایی با اسیدیته بالا، مقدار نیتروژن، گوگرد و پتاسیم را در بادام‌زمینی به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد که در نتیجه

روش از o-phenantroline برای استخراج آهن به عنوان معرف در محلول استخراج شده از بافت گیاهی استفاده شد و سپس مقدار تثبیت شده آهن فعال در طول موج ۵۶۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC) (ساخت کشور استرالیا) قرائت شد.

کلسیم، منیزیم، پتاسیم و آهن کل: هضم نمونه‌های گیاهی برای سنجش عناصر کلسیم، آهن کل، منیزیم و پتاسیم به روش هضم اسیدی (هضم تر) با کلریدریک اسید و نیتریک اسید غلیظ در حرارت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. مقدار این عناصر در بافت گیاهی نیز توسط دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (امامی، ۱۳۷۵).

فسفر: از محلول هضم شده فوق، همچنین برای اندازه‌گیری فسفر به روش وانادات مولیدات استفاده شد. در نهایت، جذب کمپلکس زرد رنگ تشکیل شده به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (GBC) قرائت شد (Black, 1982).

مقدار پروتئین و روغن کل دانه

برای تعیین درصد پروتئین و روغن کل دانه، پس از خشک کردن دانه‌ها، نمونه‌های مربوط به هر تیمار آسیاب شده، با استفاده از دستگاه Inframatic 8620 Pecor (Germany) اندازه‌گیری شدند (Cho et al., 1998).

تعیین میزان اسیدهای چرب دانه

تعیین میزان اسیدهای چرب دانه‌های بادام زمینی به روش Metcalf و همکاران (۱۹۶۶) انجام گرفت. برای این منظور، حدود یک گرم خالص از هر نمونه خشک وزن شد. نمونه‌ها پس از پودر شدن با هاون، مجدداً توزین و به لوله‌های آزمایش درب‌دار منتقل شدند. روی هر لوله برچسب مربوطه درج و ۳ میلی‌لیتر هگزان به هر لوله اضافه

سپس واحدهای آزمایشی در ابعاد ۳×۴ متر به فاصله ۸۰ سانتی‌متر از واحد آزمایشی مجاور ایجاد شدند. بین تکرارها نیز فاصله‌ای حدود یک متر در نظر گرفته شد. کاشت بادام زمینی به صورت مسطح و در شرایط دیم انجام گرفت. تراکم کاشت معادل ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار بود. در زمان کاشت مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه (به عنوان کود) از منبع اوره و به مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر مورد نیاز گیاهان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در بین ردیف‌های کاشت به صورت نواری و در عمق مناسب خاک قرار داده شدند و نیز برای تامین منبع گوگردی از ۹۰ کیلوگرم گچ استفاده شد (این مقادیر بر اساس وضعیت عناصر در خاک و توصیه کودی برای این گیاه تعیین گردیده‌اند). رقم مورد استفاده NC₂ (North Carolina 2) بود که رقم غالب مورد استفاده در منطقه است. قبل از کاشت بذرها با قارچ کش تیرام به نسبت ۲ در ۱۰۰۰ ضد عفونی شدند. مبارزه با علف‌های هرز نیز به وسیله دست انجام گرفت و مزرعه تحقیقاتی سه بار وجین شد.

سنجش عناصر معدنی دانه

نیتروژن: برای سنجش نیتروژن نمونه‌های گیاهی، پس از آسیاب کردن و گذراندن آنها از الک ۲ میلی لیتری، ۲۰۰ گرم از هر نمونه جدا کرده، نمونه‌ها به روش هضم در لوله‌های مخصوص با سولفوریک اسید، سالیسیلیک اسید، آب اکسیژنه و سلنیم هضم گردید و به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه Kejeltec Auto 1030 Analyser Techator غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵).

آهن فعال یا دو ظرفیتی (Fe⁺²): آهن فعال نیز به روش Katyal و Sharma (۱۹۸۰) اندازه‌گیری شد. در این

مورد بررسی اثر معنی‌داری داشته است.

در هر دو روش مصرف آهن (خاکی و محلول‌پاشی) با افزایش غلظت آهن تیمارها، مقدار آهن کل در دانه‌ها افزایش معنی‌داری نشان داد؛ به طوری که حداکثر مقدار آهن کل در دانه با تیمار ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار و محلول‌پاشی ۴ گرم آهن در لیتر به ترتیب در روش‌های مصرف خاکی و محلول‌پاشی به دست آمد. نتیجه مشابهی نیز بر روی گیاه سویا به دست آمده است که با مصرف Fe-EDDHA در گیاه سویا، آهن کل (تا ۵۰٪) افزایش نشان داد (Schenkeveld *et al.*, 2008). همچنین، همانند آهن کل، بیشترین افزایش مقدار آهن فعال دانه، در تیمارهای ۴ گرم آهن در لیتر و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار به ترتیب در روش محلول‌پاشی و مصرف خاکی دیده شد. همچنین کمترین مقدار آهن فعال در هر دو روش مصرف، در شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

Zaharieva (۱۹۸۶) نشان داد که همراه با کمبود آهن کل در گیاه بادام‌زمینی، آهن دو ظرفیتی نیز به شدت کاهش می‌یابد. بادام‌زمینی عمدتاً آهن را به صورت آهن دو ظرفیتی جذب می‌کند، اما در خاک‌هایی که تهویه معمولی دارند، آهن به صورت آهن سه ظرفیتی وجود دارد. بنابراین، آهن سه ظرفیتی قبل از آنکه توسط ریشه‌های گیاهان جذب شود باید به آهن دو ظرفیتی احیا شود (Romheld and Marschner, 1983)، زیرا احیای آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی یک مرحله اجباری در جذب آهن برای گونه‌های گیاهی است که در جذب آهن کارآمد هستند (Chaney *et al.*, 1972). تحقیقات نشان داده است که گیاهان دولپه، از جمله بادام‌زمینی در مقابله با کمبود آهن استراتژی نوع I را برای جذب آهن به کار می‌برند (Marschner, 1995; Smart, 1994). در این

شد. سپس لوله‌های آزمایش به مدت سه ساعت در بن ماری اولتراسونیک (Ultrasonic) قرار گرفتند. بعد از خارج کردن نمونه‌ها از بن ماری، فاز مایع لوله‌های آزمایش که اسیدهای چرب نیز جزو آن بود به لوله‌های جدید منتقل و با استفاده از گاز نیتروژن تا رسیدن به وزن خشک تبخیر شد. در نهایت، عصاره‌گیری انجام و ۰/۲ میکرولیتر از محلول به دستگاه تزریق شد. مشخصات دستگاه GC مورد استفاده نیز شامل 4600 Gas Chromatograph UNICAM با ستون کاپیلاری BPX به طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر بود که مخصوص جداسازی اسیدهای چرب است.

محاسبات آماری

کلیه محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۶/۱۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با روش LSD و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس مقادیر عناصر دانه در تیمارهای محلول‌پاشی و مصرف خاکی آهن در جدول ۱ ارائه گردیده است. در روش محلول‌پاشی اثر تیمارها از نظر آماری بر مقدار عناصر آهن دو ظرفیتی، آهن کل (Total Fe: T. Fe)، نیتروژن و فسفر بسیار معنی‌دار و بر مقدار پتاسیم منیزیم و کلسیم معنی‌دار نیست، اما در روش مصرف خاکی آهن، اثر تیمارها بر مقدار عناصر آهن دو ظرفیتی، آهن کل، نیتروژن، پتاسیم و منیزیم بسیار معنی‌دار و بر مقدار فسفر و کلسیم معنی‌دار است. به عبارتی، در روش مصرف خاکی آهن، تیمار بر مقدار تمامی عناصر

داخل سلول‌های ریشه جذب می‌شود. علاوه بر این، آهن سه ظرفیتی می‌تواند به وسیله سیستم احیای فعال که در دیواره پلاسمای ریشه قرار دارد، به فرم آهن دو ظرفیتی احیا شود.

روش، کمبود آهن در گیاه موجب آزاد شدن مواد احیا کننده از ریشه گیاه می‌شود. این مواد در فضای آزاد ریشه یا در محلول خارجی، آهن سه ظرفیتی را احیا می‌کنند (Olsen *et al.*, 1982). پس از احیا، آهن دو ظرفیتی به

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دو روش محلول پاشی و مصرف خاکی آهن بر روی برخی از عناصر معدنی در دانه بادام زمینی

میانگین مربعات در روش محلول پاشی					
منابع تغییر	تکرار	تیمار	اشتباه	CV%	درجه آزادی
	۲	۴	۸	-	
Ca	۰/۰۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۴	۴/۹۴	عناصر معدنی
Mg	۰/۰۰۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۷	۱/۵۵	
K	۰/۰۰۰۰۰۰۲۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۲۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۲/۵۲	
P	۰/۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۱۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۴/۳۷	
N	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۸۴۷ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۴۶	۱/۳۳	
Fe ⁺²	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۱/۰۴	
T. Fe	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۳۳ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۱/۶۵	
میانگین مربعات در روش مصرف خاکی					
منابع تغییر	تکرار	تیمار	اشتباه	CV%	درجه آزادی
	۲	۴	۸	-	
Ca	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱ [*]	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۴/۶۶	عناصر معدنی
Mg	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱۲ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۶	۱/۳۲	
K	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۹۸ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲۲ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۲/۷۱	
P	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ [*]	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۳/۷۵	
N	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۷۵۶ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴۷	۱/۲۷	
Fe ⁺²	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱	۱/۶۶	
T. Fe	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴۷ ^{**}	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۴	۱/۶۷	

ns* و **: به ترتیب معنی دار نیست و معنی دار در سطح احتمال ۰/۵ و ۰/۱

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی در دو روش محلول‌پاشی و مصرف خاکی آهن بر روی برخی عناصر معدنی در دانه بادام‌زمینی (مقادیر بر حسب درصد وزنی)

مقدار عناصر در روش محلول‌پاشی							مقدارهای Fe-EDDHA مصرفی (gr/lit)
T. Fe	Fe ⁺²	N	P	K	Mg	Ca	
e./۱۱۷	۰/۰۰۲۶ ^d	c۴/۶۵	c۰/۱۰۷	a۰/۶۱	a۰/۱۷۳	a۰/۰۴۰	۰
d۰/۱۲۵	۰/۰۰۲۶ ^d	c۴/۶۲	c۰/۱۰۷	a۰/۶۱	a۰/۱۷۴	a۰/۰۴۰	۱
c۰/۱۳۲	۰/۰۰۳۳ ^c	b۵/۰۶	bc۰/۱۱	a۰/۷۳	a۰/۱۷۴	a۰/۰۴۳	۲
b۰/۱۳۳	۰/۰۰۴۴ ^b	a۵/۷۳	ab۰/۱۱۹	a۰/۷۴	a۰/۱۷۴	a۰/۰۴۳	۳
a۰/۱۴۴	۰/۰۰۴۵ ^a	a۵/۶۶	a۰/۱۲۴	a۰/۷۴	a۰/۱۷۲	a۰/۰۴۳	۴

مقدار عناصر در روش مصرف خاکی							مقدارهای Fe-EDDHA مصرفی (kg/ha)
T. Fe	Fe ⁺²	N	P	K	Mg	Ca	
e./۱۱۷	۰/۰۰۲۶ ^d	c۴/۶۵	b۰/۱۰۷	a۰/۶۱	c۰/۱۷۲	b۰/۰۴۰	۰
d۰/۱۲۵	۰/۰۰۳ ^c	b۵/۳۲	b۰/۱۱	a۰/۶۱	c۰/۱۷۵	ab۰/۰۴۲	۵
c۰/۱۳۵	۰/۰۰۴۳ ^b	b۵/۲۷	b۰/۱۱۱	a۰/۷۲	b۰/۲۰۲	a۰/۰۴۵	۱۰
b۰/۱۴۱	۰/۰۰۴۵ ^a	a۵/۸۶	a۰/۱۲۱	a۰/۷۳	a۰/۲۱۳	a۰/۰۴۶	۱۵
a۰/۱۴۷	۰/۰۰۴۷ ^a	a۵/۸۶	a۰/۱۲۸	a۰/۷۴	a۰/۲۱۴	a۰/۰۴۶	۲۰

در هر یک از روش‌های مصرف میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند ($P \leq 0.05$).

خانواده بقولات است که دارای همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (ریزوبیوم) هستند و می‌توانند مقدار درخور توجهی از نیتروژن مورد نیاز را تأمین نمایند. در این میان، برای تثبیت نیتروژن، عنصر آهن در ترکیب لگ‌هموگلوبین و واکنش‌های مربوط به تثبیت نیتروژن شرکت دارد. علاوه بر این، آهن در ترکیب با آنزیم‌های نیترات و نیتريت‌ردوکتاز (به ترتیب در سیتوپلاسم و کلروپلاست) نیز شرکت دارد، که در نتیجه، علاوه بر تثبیت نیتروژن، بر روی مقدار احیای نیتروژن در گیاه اثر مستقیم دارد (Marschner, 1995)، اما احیاء نیترات با افزایش سن

بر اساس جدول ۲، محتوای نیتروژن دانه‌ها در هر دو روش افزایش یافت؛ به طوری که تیمارهای ۴ گرم آهن در لیتر و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار، به ترتیب در روش‌های محلول‌پاشی و مصرف خاکی بیشترین مقدار را در دانه داشتند، ولی تیمار شاهد در هر دو مرحله از برداشت کمترین مقدار را داشت. در هر دو روش، محتوای نیتروژن دانه تیمارهای شاهد، کمترین مقدار را نشان دادند. این نتایج با نتایج Patel و همکاران (۱۹۹۳) که گزارش کردند با محلول‌پاشی آهن، محتوای نیتروژن و پتاسیم بادام‌زمینی افزایش می‌یابد، مطابقت دارد. بادام‌زمینی یکی از گیاهان

کمبود آهن به طور قابل توجهی می تواند جذب فسفر را کاهش دهد (Marschner, 1995). به همین صورت، وقتی به محتوای فسفر دانه توجه می کنیم، دیده می شود که با افزایش مقدار آهن در تیمارها در هر دو روش، محتوای فسفر دانه افزایش یافته است که نشان دهنده اثر متقابل این دو عنصر در گیاه است (جدول ۲).

محتوای پتاسیم دانه ها در هر دو روش مصرف آهن اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند (جدول ۲)، ولی یک روند افزایش عددی با افزودن آهن دیده می شود که در این باره نیز Zaharieva (۱۹۸۶) مشاهده کرد که با کمبود آهن در گیاه بادام زمینی، محتوای پتاسیم گیاه کاهش یافت که علت آن را تبادل کمتر بین آنیون و کاتیون بر اثر کمبود آهن دانست، ولی در این آزمایش به نظر می رسد به این علت که در بادام زمینی آهن اثر مستقیمی بر جذب بعضی از کاتیون ها، همچون پتاسیم ندارد، می توان نتیجه گرفت که جذب این عنصر تا حدودی مستقل از وضعیت آهن در بافتهاست که نتایج این آزمایش نیز بر این موضوع تأکید دارد. با این تفسیر در مقابل، بعضی از محققان نتایج کاملاً متفاوتی نیز گرفته اند. از جمله Mahmoudi و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تیمار آهن، محتوای پتاسیم عدس و لوبیا چشم بلبلی را در برگ و دانه به طور معنی داری افزایش داد که علت آن را کاهش فراهمی انرژی و در نتیجه کاهش جذب فعال آنیون ها در سلول های ریشه بر اثر کمبود عنصر آهن، دانسته اند که جذب کاتیون هایی از جمله پتاسیم را کاهش می دهد.

در محتوای منیزیم دانه ها در روش محلول پاشی بین تیمارها تفاوت معنی داری با شاهد دیده نشد (جدول ۲). برخلاف روش محلول پاشی، دانه هایی که با روش مصرف خاکی تیمار شده اند، دارای محتوای منیزیم متفاوتی هستند؛

برگ کاهش می یابد و با توجه به اینکه کمبود آهن بیشتر در برگ های جوان رخ می دهد، لذا احیای نیترات در این مناطق نیز کاهش می یابد و در نهایت، کل گیاه به شدت علایم مربوط به کمبود نیتروژن را نشان می دهد (O'Hara *et al.*, 1988).

مقادیر برای فسفر دانه در روش محلول پاشی با افزایش غلظت تیمارها نیز افزایش یافت و بیشترین مقدار در تیمار ۴ گرم آهن در لیتر مشاهده شد (جدول ۲). تیمارهای ۱ گرم آهن در لیتر و شاهد از نظر محتوای فسفر دانه اختلاف معنی داری نداشتند. در روش مصرف خاکی مقدار فسفر دانه تیمارهای ۵ و ۱۰ کیلوگرم آهن در هکتار و شاهد تفاوت معنی داری نداشتند و تیمار ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار بیشترین مقدار فسفر در بذر را از نظر آماری نشان داد.

گزارش شده است که در خاک هایی که کربنات کلسیم بالایی دارند (خاک های قلیایی)، مقدار زیادی از فسفر به وسیله همین کربنات کلسیم تثبیت می شود (Suwanvesh and Morrill, 1986). از آنجایی که انتقال فسفر در خاک به صورت انتشار است (Marschner, 1995)، در نتیجه حرکت کندی دارد. در این حالت، گیاه بادام زمینی هر چه برای جذب آهن مقدار H^+ بیشتری در خاک آزاد کند (اسیدیته حدود ۶-۶/۵)، فسفر قابل دسترس بیشتری همزمان با احیای آهن در منطقه ریشه برای گیاه فراهم می سازد (به علت جدایی فسفر از ترکیب با کربنات کلسیم در خاک های قلیایی) (Smart, 1994). در تحقیقی نیز دیده شد که با کمبود آهن در بادام زمینی محتوای فسفر گیاه کاهش می یابد (Zaharieva, 1986). همچنین از آنجایی که جذب فسفر فعال است و آهن نیز نقش مهمی در انتقال الکترون دارد،

یکی از آنها بروز کمبود آهن در گیاه است (Vanderstraten *et al.*, 1995). از آنجایی که بادام‌زمینی کلسیم مورد نیاز خود را به طور غیر فعال جذب می‌کند (Murata, 2003)، پس کمبود آهن به طور مستقیم در جذب این عنصر چندان دخالتی نمی‌تواند داشته باشد. البته، بر خلاف دیگر گیاهان زراعی که کلسیم از ریشه جذب می‌کنند، این امر در بادام‌زمینی بیشتر و به طور مستقیم به وسیله غلاف‌ها صورت می‌گیرد؛ بدین معنی که چون کلسیم در آوند چوبی عمدتاً بر اثر تعرق انتقال می‌یابد (Murata, 2003)، بنابراین، تأمین کلسیم برای قسمت‌هایی از گیاه که سطح تعرق کننده کمی دارند (مانند غلاف‌ها) بسیار مشکل خواهد بود. در نتیجه، غلاف‌ها بدون توجه به محتوای کلسیم قسمت‌های هوایی، این عنصر را مستقیماً از خاک جذب می‌کنند (Vanderstraten *et al.*, 1995; Chang and Sung, 2004; Maccio *et al.*, 2002; Smart, 1994).

اثر مصرف آهن بر مقدار پروتئین و روغن دانه بادام‌زمینی

نتایج آنالیز واریانس اثر مصرف آهن به دو روش محلول‌پاشی و مصرف خاکی بر مقدار پروتئین دانه (جدول ۳) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار آهن مصرفی به هر دو روش، مقدار پروتئین و روغن دانه افزایش معنی‌داری را دارد.

بیشترین مقدار پروتئین دانه از تیمارهای ۳ و ۴ گرم آهن در لیتر در روش محلول‌پاشی و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار در روش مصرف خاکی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (جدول ۴).

به طوری که تیمار ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار بیشترین مقدار منیزیم دانه را داشتند، اگرچه اختلاف‌ها بین تیمارها کم بود. منیزیم از جمله عناصری است که مقدار زیادی با فرآیند تبادل آنیون-کاتیونی در سلول‌های ریشه با خاک وارد گیاه می‌شود و احتمالاً کاهش جذب آنیون‌ها و همچنین، کاهش مقدار انرژی بر اثر کمبود آهن در گیاه، جذب و انتقال این عنصر را در بادام‌زمینی کاهش داده است. Zaharieva (۱۹۸۶) نیز گزارش کرد که محتوای آنیون‌هایی، از جمله فسفر در شرایط کمبود آهن کاهش یافت که با مصرف آهن به حالت عادی بازگشت، زیرا جذب آنیونی مثل فسفر بر جذب کاتیون منیزیم نقش مهمی دارد.

مقدار عنصر کلسیم دانه در تیمارهای محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند، ولی مقدار این عنصر در دانه‌های تیمار شده به روش مصرف خاکی متفاوت بود؛ به طوری که تیمارهای ۱۵ و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار بیشترین مقدار و شاهد کمترین مقدار را از نظر عددی داشتند (جدول ۲). کلسیم مهمترین عنصر در رشد و توسعه بذر بادام‌زمینی است و در بسیاری از نواحی دنیا این عنصر عامل اصلی محدودکننده تولید بادام‌زمینی است (Maiti and Ebeling, 2002; Murata, 2003). به طور کلی، قابلیت دسترسی به کلسیم در خاک‌های قلیایی برای بادام‌زمینی زیاد است و در نتیجه، رشد بادام‌زمینی در چنین خاک‌هایی می‌تواند به خوبی صورت بگیرد. پس خاک‌های غیر اسیدی معمولاً مقدار کافی کلسیم را در اختیار گیاه قرار می‌دهند، ولی در این خاک‌ها کمبود کلسیم بیشتر به توزیع و انتقال کم کلسیم در گیاه مربوط می‌شود که این امر می‌تواند علل متفاوتی داشته باشد که

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مصرف آهن به دو روش محلول پاشی و مصرف خاکی بر روی مقدار پروتئین و روغن کل دانه بادام زمینی

میانگین مربعات در روش مصرف خاکی		میانگین مربعات در روش محلول پاشی		منابع تغییر درجه آزادی	
پروتئین %	روغن %	پروتئین %	روغن %		
۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۳۱ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۳۵۹ ^{NS}	۲	تکرار
۲/۹۹ ^{**}	۱۳/۵۳ ^{**}	۲/۸۱ ^{**}	۷/۶۸ ^{**}	۴	تیمار
۸/۹۲	۸/۵۱	۶/۴۰	۱/۷۳	۸	اشتباه
۶/۳۸	۹/۷۳	۵/۳۹	۴/۴۸	-	CV%

NS، * و **: به ترتیب معنی دار نیست، معنی داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها (مقادیر مختلف آهن) در دو روش محلول پاشی و مصرف خاکی بر روی پروتئین

و روغن کل دانه بادام زمینی

روش مصرف خاکی		مقدار مصرفی Fe-EDDHA (kg/ha)	روش محلول پاشی		مقدار مصرفی Fe-EDDHA (gr/lit)
پروتئین دانه %	روغن دانه %		پروتئین دانه %	روغن دانه %	
۲۷/۱۸ ^e	۴۸/۲۰ ^a	۰	۲۷/۰۰ ^c	۴۸/۱۴ ^a	۰
۲۸/۹۳ ^d	۴۷/۱۶ ^b	۵	۲۸/۵۷ ^b	۴۷/۳۷ ^b	۱
۲۹/۹۴ ^c	۴۶/۷۲ ^c	۱۰	۲۹/۳۳ ^b	۴۷/۱۱ ^c	۲
۳۰/۹۱ ^b	۴۶/۱۴ ^d	۱۵	۳۰/۴۵ ^a	۴۶/۰۸ ^d	۳
۳۲/۷۵ ^a	۴۵/۵۲ ^e	۲۰	۳۱/۱۶ ^a	۴۵/۷۷ ^e	۴

در هر یک از روش های مصرف میانگین های هر ستون که دارای حروف مشابه هستند، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند ($P \leq 0.05$).

جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای آهن بر مقدار روغن در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزایش مقدار آهن مصرفی در هر دو روش، محتوای روغن دانه کاهش یافته است. بالاترین مقدار روغن در هر دو روش، از تیمار شاهد به دست آمد که اختلاف معنی داری با تیمارهای مصرفی آهن داشت (جدول ۴). نکته قابل توجه این که استفاده آهن به هر دو روش باعث کاهش روغن در دانه ها شده است. مقدار تولید روغن در دانه بادام زمینی، به مقدار ماده فتوسنتزی تولید شده طی ۵ تا ۱۲ هفته پس از گلدهی بستگی دارد و بیشتر مواد پرورده تولید شده طی این مدت در سنتز روغن مصرف می شود (Sukhija et al., 1987). به

این امر می تواند ناشی از بالاتر بودن شاخص سطح برگ در فاصله زمانی ۹۰ تا ۱۲۰ روز پس از کاشت در تیمارهای ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار و ۳ و ۴ گرم آهن در لیتر نسبت به سایر تیمارها و همچنین بالاتر بودن تولید مواد فتوسنتزی و پروتئین سازی در این تیمارها باشد (داده ها ارائه داده نشده است). از آنجایی که عنصر آهن، یکی از مهمترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (Tewari et al., 2005)، پس می توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می دهند، پروتئین سازی افزایش یابد.

شدن دانه تشکیل می‌دهند (Shibahara *et al.*, 1977)، که در نهایت این مقدار به ۹۰٪ در زمان رسیدگی فیزیولوژیک می‌رسد (Smart, 1994).

گزارش شده است که ترکیب روغن دانه بادام‌زمینی تحت تأثیر محیط و تغییرات فصلی و همچنین تغییرات در ژنوتیپ و طول دوره رسیدگی قرار می‌گیرد (Taira, 1985). اثرات محیطی و فصلی شامل نوسان‌های اقلیمی سالانه، شرایط متغیر شیمی خاک و عملیات کشاورزی (از جمله خاک‌ورزی، کاشت، وجین، آبیاری و برداشت) است (Liu *et al.*, 1984; Worthington *et al.*, 1972).

همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود، در روش محلول‌پاشی با افزایش غلظت آهن مقدار سنتز دو اسید چرب مهم پالمیتیک اسید و اولئیک اسید به طور معنی‌داری کاهش یافته است. می‌توان نتیجه گرفت که مصرف آهن در شرایط کمبود آهن در گیاه بادام‌زمینی باعث کاهش مقدار سنتز روغن می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار آهن در شرایط کمبود این عنصر در خاک، مقدار سنتز اسیدهای چرب در بادام‌زمینی کاهش می‌یابد.

همچنان که در جدول ۵ نیز دیده می‌شود، در روش مصرف خاکی با مصرف آهن، سنتز سه اسید چرب پالمیتیک اسید، اولئیک اسید کاهش یافته که در نهایت کاهش معنی‌داری در مقدار روغن کل دانه (جدول ۴) ایجاد کرده است. در این روش نیز با مصرف آهن در شرایط کمبود آن در بادام‌زمینی مقدار سنتز اسید چرب و در نهایت روغن کل کاهش یافته است.

نظر می‌رسد که گیاه در شرایط کمبود آهن برای تولید روغن چندان مشکلی نداشته است، زیرا به علت تأمین کافی منبع گوگردی (۹۰ کیلوگرم گچ) هنگام کاشت و نیز شرکت گوگرد در سنتز اسیدهای چرب مهم در بادام‌زمینی (Sharma *et al.*, 1992)، افزودن آهن باعث افزایش پروتئین دانه شده و از آنجایی که بین مقدار روغن و پروتئین کل در دانه بادام‌زمینی همبستگی منفی وجود دارد (Sukhija *et al.*, 1987)، در نتیجه مقدار روغن دانه کاهش یافته است، زیرا اثبات شده است که پروتئین‌سازی در دانه بادام‌زمینی با تولید روغن آن رابطه عکس دارد (Sukhija *et al.*, 1987). در این پژوهش نیز دیده شد که با افزایش مقدار پروتئین دانه بادام‌زمینی بر اثر مصرف آهن، مقدار روغن دانه کاهش یافت. احتمالاً بتوان نتیجه گرفت که بیشتر آهن اضافه شده در هر دو روش، در مسیر پروتئین‌سازی به کار گرفته شده است.

اثر مصرف آهن بر مقدار اسیدهای چرب دانه بادام‌زمینی

کیفیت و ترکیب روغن دانه گیاهی به دو دلیل مهم است: نقشی که در تغذیه انسان دارد و تأثیر مستقیمی که بر کیفیت روغن در طول مدت انبارداری دارد (Smart, 1994). در مجموع ۸ اسید چرب ۹۸٪ روغن بادام‌زمینی را تشکیل می‌دهند (Woodroof, 1983; Worthington *et al.*, 1972). همچنین گزارش شده که پالمیتیک، اولئیک و لینولئیک، سه اسید چربی هستند که تقریباً ۸۰٪ محتوای روغن دانه بادام‌زمینی را تا روز سی‌ام بعد از زمان شروع پُر

جدول ۵- اثر مصرف محلول پاشی و خاکی آهن بر ترکیب اسید چرب دانه بادام زمینی (% از کل اسید چرب)

تیمارهای محلول پاشی آهن (gr/lit)					نوع اسید چرب	
۴	۳	۲	۱	شاهد		
۱۰/۷۳±۰/۳۳ ^d	۱۰/۷۹±۰/۱۸ ^{cd}	۱۱/۰۸±۰/۲۵ ^c	۱۱/۸۱±۰/۱۷ ^{ab}	۱۲/۰۶±۰/۰۵ ^a	(16:0)	
۴/۸۳±۰/۰۵ ^a	۳/۵±۰/۰۴ ^d	۴/۰۲±۰/۰۲ ^b	۳/۱۹±۰/۰۲ ^c	۳/۲۱±۰/۰۱ ^c	(18:0)	
۵۰/۹۰±۰/۰۳ ^h	۵۱/۶۵±۰/۰۵ ^g	۵۱/۹۸±۰/۰۲ ^f	۵۲/±۰/۰۷ ^d	۵۳/۵۸±۰/۰۷ ^a	(18:1)	
۲۶/۴۴±۰/۰۱ ^a	۲۵/۷۸±۰/۰۴ ^d	۲۵/۹۹±۰/۰۱ ^c	۲۶/۴۶±۰/۰۷ ^a	۲۵/۴۳±۰/۰۱ ^c	(18:2)	
۱/۹۷±۰/۰۰۳ ^a	۱/۸۹±۰/۰۰۲ ^b	۱/۷۲±۰/۰۰۲ ^c	۱/۳۳±۰/۰۰۲ ^f	۱/۴۵±۰/۰۰۲ ^c	(18:3)	
۱/۰۲±۰/۰۰۷ ^b	۱/۲۱±۰/۰۰۵ ^a	۰/۹۸±۰/۰۰۲ ^b	۰/۸۸±۰/۰۰۱ ^c	۰/۸۳±۰/۰۰۱ ^c	(20:4)	
۲/۷۶±۰/۰۰۳ ^b	۳/۳۱±۰/۰۰۷ ^a	۲/۷۲±۰/۰۰۳ ^{bc}	۲/۲۶±۰/۰۰۳ ^c	۲/۲۲±۰/۰۰۳ ^c	(20:0)	
۱/۳۴±۰/۰۰۵ ^c	۱/۸۲±۰/۰۰۲ ^a	۱/۴۶±۰/۰۰۵ ^b	۱/۱۳±۰/۰۰۱ ^c	۱/۱۷±۰/۰۰۵ ^c	(23:0)	

تیمارهای مصرف خاکی آهن (kg/ha)					نوع اسید چرب	
۲۰	۱۵	۱۰	۵	شاهد		
۱۱/۴۱±۰/۰۱ ^b	۱۱/۵۹±۰/۰۱ ^b	۱۱/۳۵±۰/۰۱۵ ^{bc}	۱۱/۹۵±۰/۰۱۳ ^a	۱۲/۰۶±۰/۰۰۵ ^a	(16:0)	
۳/۷۵±۰/۰۰۴ ^c	۴±۰/۰۰۱ ^b	۳/۴۹±۰/۰۰۱ ^d	۲/۲۲±۰/۰۰۲ ^f	۳/۲۱±۰/۰۰۱ ^c	(18:0)	
۵۲/۵۷±۰/۰۱۲ ^c	۵۳±۰/۰۰۱ ^c	۵۳/۲۰±۰/۰۰۶ ^b	۵۳/۵۷±۰/۰۰۲ ^a	۵۳/۵۸±۰/۰۰۷ ^a	(18:1)	
۲۵/۸۶±۰/۰۰۳ ^d	۲۴/۹۱±۰/۰۰۲ ^f	۲۵/۳۵±۰/۰۰۲ ^c	۲۶/۲۷±۰/۰۰۲ ^b	۲۵/۴۳±۰/۰۰۱ ^c	(18:2)	
۱/۵۶±۰/۰۰۳ ^d	۱/۵۲±۰/۰۰۳ ^d	۱/۵۵±۰/۰۰۳ ^d	۱/۳۳±۰/۰۰۲ ^f	۱/۴۵±۰/۰۰۲ ^c	(18:3)	
۰/۹۲±۰/۰۰۲ ^c	۱/۰۳±۰/۰۰۲ ^b	۰/۹۵±۰/۰۰۱ ^b	۰/۹۲±۰/۰۰۴ ^c	۰/۸۳±۰/۰۰۱ ^c	(20:4)	
۲/۵±۰/۰۰۶ ^d	۲/۵۳±۰/۰۰۱ ^d	۲/۶۵±۰/۰۰۵ ^c	۲/۴۲±۰/۰۰۳ ^f	۲/۲۲±۰/۰۰۳ ^c	(20:0)	
۱/۳۷±۰/۰۰۴ ^c	۱/۳۷±۰/۰۰۲ ^c	۱/۴۳±۰/۰۰۲ ^{bc}	۱/۲۷±۰/۰۰۱ ^d	۱/۱۷±۰/۰۰۵ ^c	(23:0)	

داده‌ها ± انحراف معیار، میانگین سه تکرار هستند. میانگین‌های هر ردیف که دارای حروف مشابه هستند، از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند ($P \leq 0.05$). (پالمیتیک اسید: (۱۶:۰)، استئاریک اسید: (۱۸:۰)، اولئیک اسید: (۱۸:۱)، لینولئیک اسید: (۱۸:۲)، آلفا لینولئیک اسید: (۱۸:۳)، آراشیدونیک اسید: (۲۰:۴)، آراشیدیک اسید: (۲۰:۰) و تریکوزانویک اسید: (۲۳:۰))

در پایان، می‌توان نتیجه گرفت که قلیایی بودن خاک منطقه، عامل مهمی در بروز کمبود آهن در بادام زمینی شده است. از آنجایی که این گیاه از خانواده بقولات است، نیاز دو چندان به عنصر ضروری آهن به علت تثبیت نیتروژن پیدا می‌کند (به ویژه در خاک قلیایی). نتایج نشان داد که با مصرف آهن، پروتئین کل دانه‌ها در هر دو روش افزایش ولی محتوای روغن کل آنها کاهش یافت. در مجموع می‌توان گفت که در این تحقیق مشاهده شد مصرف مقدار ۴ گرم آهن در لیتر و ۲۰ کیلوگرم آهن در هکتار، به ترتیب

در روش‌های محلول پاشی و خاکی نسبت به شاهد (عدم مصرف آهن) در هر دو روش بهترین اثر را بر افزایش عناصر ضروری دانه گیاه بادام زمینی داشتند. کاربرد هر یک از روش‌ها در مزرعه، به عوامل زیادی، از جمله شرایط آب و هوایی منطقه، تناوب زراعی، شرایط آبیاری، خاک منطقه و امکانات مزرعه بستگی دارد. بنابراین، تصمیم‌گیری در مورد استفاده از هر یک از این روش‌ها در هر منطقه به تحقیق نیاز دارد.

منابع

- امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. نشریه فنی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور ۹۸۲ (۱) انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، تهران.
- فاجریا، ان. کا. (۱۳۷۵) افزایش عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- Black, C. A. (1982) Method of soil analysis. Vol. 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Chaney, R. L., Brown, J. C. and Tiffin, O. (1972) Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soybean (*Glycin max* L.). Plant Physiology 50: 208-223.
- Chang, C. S. and Sung, J. M. (2004) Nutrient uptake and yield responses of peanuts and rice to lime and fused magnesium phosphate in an acid soil. Field Crops Research 89: 319-325.
- Cho, S. Y., Kim, J. L. and Rhee, C. (1998) Determination of rancidity of soybean oil by near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy 6: 349-35.
- Dinkelaker, B., Romhel, V. and Marschner, H. (1989) Critic acid excretion and precipitation of calcium citrate in the Rhizosphere of white lupin (*Lupinus albus* L.). Plant Cell Environment 12: 285-292.
- Katyal, J. C., and Sharma, B. D. (1980) A new technique of plant analysis to resolve iron chlorosis. Plant and Soil 55: 105-119.
- Liu, S. Y., Chan, K. L. and Yang, J. H. (1984) Variation in oil content of the main oil crops of Taiwan. Fette Seifen Anstrichmittel 86 (12): 466-468.
- Maccio, D., Fabra, A. and Castro (2002) Acidity and calcium interaction affect the growth of *Bradyrhizobium* sp. and the attachment to peanut roots. Soil Biology and Biochemistry 34: 201-208.
- Mahmoudi, H., R. Ksouria., M. Gharsallia and Lachaa, M. (2005) Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) Plant Physiology 162: 1237-1245.
- Maiti, R. and Ebeling, P. W. (2002) The peanut (*Arachis hypogaea* L.) Science Publishing Inc. Enfield (London), UK.
- Marschner, H. (1995) Mineral nutrition of higher plants: Function of mineral nutrients: Microelements. 2nd Ed, Academic Press, London.
- Metcalf, L. C., Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. (1966) Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. Analytical Chemistry 38: 514-515.
- Murata, M. R. (2003) The impact of soil acidity amelioration on groundnut production on sandy soils of Zimbabwe. Ph.D Thesis University of Pretoria, Zimbabwe.
- O'Hara, G. W., Dilworth, M. J., Boonkero, N. and Parkpian, P. (1988) Iron-deficiency specially limits nodule development in peanut inoculation with *Bradyrhizobium* sp. New Phytologist 108: 51-57.
- Olsen, R. A., Brown, J. C., Bennett, J. H. and Blume, D. (1982) Rduction of Fe⁺³ as it release to Fe chlorosis. Journal of Plant Nutrition 5: 433-445.
- Patel, M. S., Sutar, D. M. and Kanizaria, M. V. (1993) Effect of foliar application of iron and sulfur in curing chlorosis in groundnut. Journal of the Indian Society of Soil Science 41: 103-105.
- Romheld, V. and Marschner, H. (1983) Mechanism of Iron uptake by peanut plants. Plant Physiology 71: 949-954.
- Schenkeveld, W. D. C., Dijcker, R., Reichwein, A. M., Temminghoff, E. J. M. and Riemsdijk, W. H. van (2008) The effectiveness of soil-

- applied FeEDDHA treatments in preventing iron chlorosis in soybean as a function of the o,o-FeEDDHA content. *Plant and Soil* 303:161-176.
- Sharma, P. K., Gill, O. P. and. Sharma, B. L. (1992) Effect of source and mode of sulfur application on yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian Journal of Agronomy* 37 3: 489-492.
- Shibahara, A., Fukumizu, M. and Yamashoji, S. (1977) Changes in the composition of lipids, fatty acids and tocopherols in peanut seeds during maturation. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan* 51 (10): 575-581.
- Smart, J. (1994) *The groundnut crop: A scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, London.
- Sukhija, P. S., Radhawa, V., Dhillon, K. S. and Munshi, S. K. (1987) The influence of zinc and sulfur deficiency on oil-filling in peanut (*Arachis hypogaea* L.) kernels. *Plant and Soil* 103: 261-267.
- Suwanvesh, T., Morrill, L. G. (1986) Foliar Application of phosphorus to spanish peanuts *Arachis-Hypogaea*. *Agronomy Journal* 78: 54-58.
- Taira, H. (1985) Oil content and fatty acid composition of peanuts imported in Japan. *Journal of the American Oil Chemist's Society* 62 (4): 699-702.
- Tewari, R. K., Kumar P. and Sharma P. N. (2005) Sign of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. *Plant Science* 169: 1037-1045.
- Vanderstraten, M., Keltjens, W. G., Okobi, A. C. and Westphal, E. (1995) The calcium nutrition of bambara groundnut (*Vigna subterranean* L.). *Plant and Soil* 176: 229-234.
- Woodroof, J. G. (1983) *Peanut production, processing, products*. 3rd Ed, AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA.
- Worthington, R. E., Hammons, R. O. and Alison, J. R. (1972) Varietal differences and seasonal effects on fatty acid composition and stability of oil from 82 peanut genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 20 (3): 727-730.
- Zaharieva, T. (1986) Comparative studies of iron inefficient plant species with plant analysis. *Journal of Plant Nutrition* 9: 939-946.