نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396، ص. 1158-1148

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1148-1158

تعیین حد بحرانی آهن برای لوبیا در استان مرکزی

محمدعلی خودشناس[1*] - جواد قدبیک لو[2] - مسعود دادیور[3]

تاریخ دریافت: 1395/06/13
تاریخ پذیرش: 1395/11/10

چکیده

کشت لوبیا در استان مرکزی از اهمیت زیادی برخوردار است. آهن از عناصر ضروری کم‌مصرف جهت رشد لوبیا می باشد. مبنای توصیه کود آزمون خاک هست. برای اینکه آزمون خاک بتواند مبنای توصیه کودی قرار گیرد بایستی در شرایط خاک‌های منطقه مورد مطالعه واسنجی گردد. در این راستا، شناسایی دقیق وضعیت خاک‌های لوبیاکاری استان مرکزی، مطالعه تعیین حدود بحرانی آهن انجام شد. تعداد 18 نمونه خاک با دامنه وسیعی از غلظت آهن قابل‌استفاده انتخاب گردید. جهت بررسی تأثیر آهن بر گیاه لوبیا از دو سطح صفر و ده میلی‌گرم آهن از منبع سولفات آهن استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به اجرا درآمد. پس از اتمام مرحله رویشی، قسمت هوایی لوبیا برداشت و پارامترهای گیاهی شامل وزن ماده خشک لوبیا در هر گلدان، غلظت و جذب کل آهن در هر گلدان و عملکرد نسبی در هر خاک اندازه‌گیری شد. همچنین پاسخ لوبیا نسبت به مصرف آهن و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تأثیر مصرف آهن بر پاسخ‌های گیاهی معنی‌دار بود. با استفاده از روش تصویری کیت – نلسون حد بحرانی آهن در خاک‌های مورد مطالعه 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به دست آمد. پارامترهای گیاهی با استفاده از ویژگی‌های خاک نظیر رس، شن، سیلت، کربن آلی و غلظت آهن قابل‌استفاده خاک به‌طور معنی‌داری قابل تخمین است.

واژه‌های کلیدی: آزمون خاک، آهن قابل‌جذب، لوبیاچیتی، DTPA

مقدمه

به‌طور اصولی آزمون خاک در مورد هر عنصر (عناصر کم‌تحرک در خاک) قبل از اینکه یک تجزیه شیمیایی ساده در نظر گرفته شود می‌بایست مراحلی را طی نمایند که این مراحل عبارت‌اند از تهیه و جمع‌آوری نمونه‌های خاک، تجزیه آزمایشگاهی، تفسیر نتایج تجزیه و توصیه‌ها که معمولاً بر اساس عوامل اقلیمی، اقتصادی و مدیریت مزرعه در نظر گرفته می‌شود. گام اول در این راستا تقسیم نمودن جامعه خاک‌ها به بخش پاسخ‌دهنده یا بی‌پاسخ به مصرف کود است که همان هدف اصلی واسنجی محسوب می‌شود و بر پایه تعیین حد بحرانی غلظت عنصر در خاک استوار است، بنابراین قبل از هرگونه توصیه کودی می‌بایست از مقدار حد بحرانی عناصر در هر منطقه اطلاع کافی داشت. عناصر کم‌مصرف شامل بر، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، روی و کلر برای رشد گیاهان ضروری محسوب می‌شوند اما مقادیر بسیار کمی از آن‌ها نسبت به عناصر پرمصرف برای رشد موردنیاز است (9 و 11).

آهن فراوان‌ترین عنصر ضروری کم‌مصرف در خاک است، مقدار آن در حدود 7000 تا 500000 میلی گرم بر کیلوگرم در نوسان است که عمدتاً به‌صورت یون آهن سه‌ظرفیتی نامحلول است. با افزایش پی اچ خاک از 4 به 8 غلظت یون آهن سه‌ظرفیتی از 10^{-8} به 10^{-20} کاهش می‌یابد. حداقل حلالیت آهن معدنی کل بین پی اچ 7/4 تا 8/5 اتفاق می‌افتد (17). اگرچه اکسیدهای آهن فریک نسبتاً در آب نامحلول هستند، در حضور ترکیبات آلی مختلف متحرک می‌شوند (23).

سیمز و جانسون (24) نشان دادند که به‌طورکلی حد بحرانی آهن قابل‌استفاده با روش عصاره گیری بیکربنات آمونیوم و DTPA، 4 تا 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم و با روش DTPA، 2/5 تا 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌های آهکی و با در نظر گرفتن تفاوت‌های نوع

1 و 2- مربیان پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: khodshenasm@gmail.com
3- مربی پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

DOI: 10.22067/jsw.v31i4.57439

Archive of SID
www.SID.ir

کشت، مواد آلی، اسیدیته و درصد کربنات کلسیم خاک است.

در تحقیقی بر روی خاک‌های آهکی زیر کشت گندم آبی استان فارس، پس از تعیین آهن قابل‌استفاده با روش عصاره‌گیری DTPA، حد بحرانی با روش کیت – نلسون 3/8 میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با مصرف آهن از منبع سکوسترین 138، عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب کل آهن در اندام های هوایی به ترتیب 10، 26 و 30 درصد افزایش یافت (27).

در خاک‌های زیر کشت گندم آبی در استان اصفهان حد بحرانی آهن قابل‌استفاده به روش کیت – نلسون و با استفاده از عصاره گیر DTPA، 6 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش‌شده است (18).

قابلیت استفاده عناصر کم مصرف مانند آهن به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به پی اچ خاک، ماده آلی خاک و واکنش‌های اکسایش- کاهش اشاره نمود. به‌عنوان‌مثال، در دامنه پی اچ 4 تا 9 غلظت آهن محلول با افزایش هر واحد پی اچ هزار مرتبه کاهش می‌یابد (17). گونه‌های گیاهی، توانایی‌های متفاوتی در شرایط کمبود آهن از خود نشان می دهند. کاشت گونه‌های مقاوم به کمبود آهن یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل عارضه زرد شدگی برگ‌ها است (8 ،10، 15و 17).

نتایج تحقیقات چانگ کین و همکاران (9) بر روی لوبیا در شرایط گلخانه‌ای نشان داد که مصرف آهن از منبع سولفات آهن، جذب کل و مقدار آهن در برگ‌های جوان را افزایش داده اما مقادیر و جذب کل منگنز، روی و مس را کاهش می‌دهد. در خاک‌های آهکی داکوتای شمالی محلول‌پاشی سولفات آهن را برای افزایش غلظت آهن لوبیا و نیز رفع کلروز آهن توصیه نموده‌اند (11).

در مورد تعیین حدود بحرانی عناصر غذایی ضروری شامل روی و آهن در خاک‌های زیر کشت لوبیا در کشور تاکنون مطالعه ایی صورت نگرفته است، اما مقادیر متفاوتی از حدود بحرانی عناصر غذایی در خاک‌های لوبیا کاری در مناطق مختلف در دنیا گزارش‌شده است که ناشی از تفاوت در ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ها و نوع عصاره گیر بکار رفته است (17، 19 و 22).

لوبیا اهمیت زیادی در تولیدات کشاورزی استان مرکزی داشته و به لحاظ دارا بودن حدود 24-20 درصد پروتئین در تغذیه جامعه حائز اهمیت زیادی است. تحقیق حاضر با هدف تعیین حد بحرانی عنصر غذایی آهن در خاک‌های زیر کشت لوبیا در استان مرکزی اجرا گردید.

مواد و روش

از میان تعداد زیادی خاک سطحی (عمق 0 تا 30 سانتیمتر) مزارع لوبیا کاری استان مرکزی، تعداد 18 نمونه خاک با دامنه وسیعی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به‌طوری‌که نمونه‌ها بیانگر فراوانی وضعیت غلظت آهن در مزارع کشاورزان استان باشد انتخاب گردید. نمونه ها را هوا خشک نموده و پس از عبور از الک 2 میلی‌متری جهت کشت گلخانه ای و تجزیه آزمایشگاهی آماده شد. در تجزیه آزمایشگاهی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از قبیل بافت به روش هیدرومتر (3)، پی اچ گل اشباع با الکترود شیشه‌ای (21)، درصد کربنات کلسیم معادل با استفاده از اسیدکلریدریک (2)، درصد ماده آلی به روش واکی و بلاک (25)، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم (7)، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (1) تعیین شد.

غلظت آهن قابل‌استفاده در خاک به روش عصاره گیر DTPA و دستگاه جذب اتمی(Unicam Solaar) تعیین گردید (1).

در آزمایش گلخانه‌ای مقدار 4 کیلوگرم خاک داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد. جهت بررسی تأثیر آهن بر وزن ماده خشک، غلظت کل و جذب کل آهن و تعیین حد بحرانی از دو سطح صفر و ده میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به‌صورت سولفات آهن ($FeSO_4,7H_2O$) استفاده شد (4 و 9). به تمام خاک‌ها 150 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم به‌صورت اوره در دو نوبت (75 میلی گرم قبل از کاشت و 75 میلی گرم 2 هفته بعد از کاشت) پتاسیم، فسفر، منگنز، مس و روی به ترتیب به مقدار 100، 25، 5، 5 و 5 میلی گرم در کیلوگرم خاک اضافه گردید. فسفر از منبع پتاسیم دی هیدروژن فسفات (KH_2PO_4)، پتاسیم (K_2SO_4)، منگنز ($MnSO_4,H_2O$)، مس ($CuSO_4,5H_2O$) و روی ($ZnSO_4,7H_2O$) تهیه و به گلدان‌ها اضافه شد. تمام عناصر غذایی به‌صورت محلول به خاک اضافه گردید. پس از رساندن رطوبت خاک به حدود 80-70 درصد ظرفیت مزرعه، خاک درون هر کیسه پلاستیکی کاملاً مخلوط و به داخل گلدان ریخته شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو سطح کودی و سه تکرار در هر خاک (در مجموع 108 گلدان) و در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. تعداد 6 عدد بذر لوبیاچیتی *(Phaseolus vulgaris L.)* رقم غالب منطقه (چیتی محلی خمین) در گلدان ها کاشته شد. در پایان هفته دوم، 3 بوته یکنواخت نگهداری گردید. با توجه به مقدار ظرفیت زراعی خاک‌ها رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداری و پس از اتمام مرحله رویشی (8 هفته) و آغاز ورود گیاه به فاز زایشی قسمت هوایی لوبیا برداشت و سپس غلظت آهن در نمونه‌های گیاهی به روش خاکستر خشک (4) و توسط دستگاه جذب اتمی (Unicam Solaar) تعیین گردید. بعد از تعیین پارامترهای گیاهی شامل وزن ماده خشک لوبیا در هر گلدان، غلظت و جذب کل آهن (حاصل‌ضرب ماده خشک در غلظت آهن) در هر گلدان و عملکرد نسبی (نسبت وزن ماده خشک تولیدی در تیمار شاهد به وزن ماده خشک تولیدی در تیمار کود خورده) در هر خاک، حد بحرانی از روش تصویری کیت و نلسون تعیین شد (5). همچنین پاسخ لوبیا نسبت به مصرف آهن و ارتباط آن‌ها با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها با استفاده از

Archive of SID

www.SID.ir

نرم‌افزارهای Mstatc و Excel مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک‌های مورداستفاده

ویژگی‌های خاک‌های موردمطالعه در جدول 1 نشان داده‌شده است. همچنین مطابق جدول 2 شاخص‌های آمار توصیفی خاک‌های مورد مطالعه در آزمایش آهن نشان می‌دهد که دامنه تغییرات مقدار آهن قابل‌استفاده در خاک از 1/5 تا 20 میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین 7/76 در نوسان بوده است. دامنه مقادیر کربنات کلسیم معادل از 14 تا 52/5 درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی از 7 تا 24/9 سانتی‌مول بر کیلوگرم، هدایت الکتریکی از 0/43 تا 1/19 دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی از 0/4 تا 1/9 درصد، مقدار رس خاک از 10 تا 48/3 درصد و پی اچ از 7/7 تا 8/1 در تغییر بوده است که در مقایسه با نتایج تحقیق دیگری توسط خودشناس و دادیور (14) در استان مرکزی نشان‌دهنده تنوع بیشتر ویژگی‌های نمونه خاک‌های موردمطالعه است.

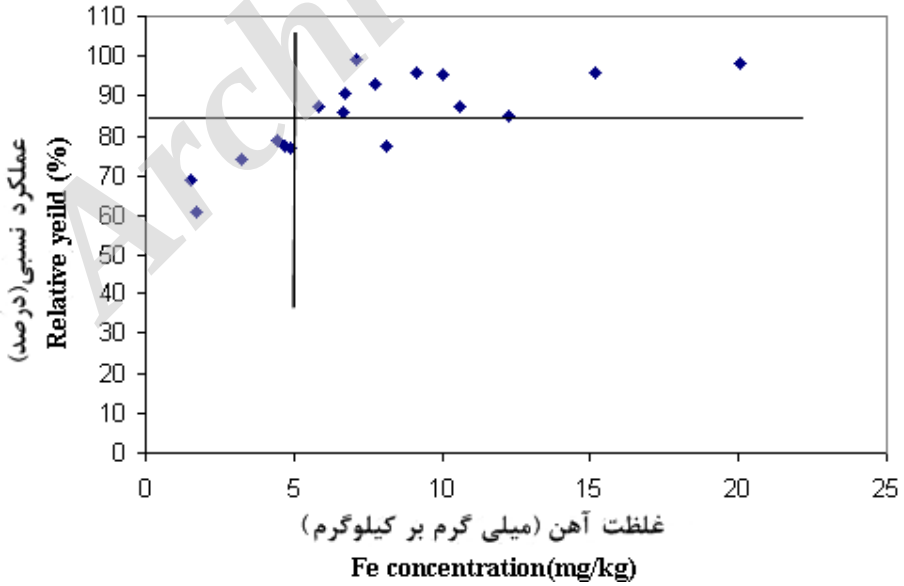
تأثیر مصرف آهن‌بر پاسخ‌های گیاه لوبیا

نتایج تجزیه واریانس در جدول 3 نشان می‌دهد که تأثیر خاک و کود به‌طور جداگانه بر پارامترهای وزن ماده خشک، غلظت آهن در ماده خشک و جذب کل آهن در سطح 1 درصد معنی‌دار بوده است. تأثیر برهمکنش خاک و کود تنها بر روی غلظت و جذب کل آهن گیاه در سطح 1 درصد معنی دار بوده اما بر پارامتر وزن ماده خشک معنی‌دار نیست.

در جدول 4 نتایج تأثیر مصرف آهن بر روی صفات اندازه‌گیری شده گیاه در هر خاک به‌طور جداگانه نشان داده شده است. میانگین تأثیر آهن بر روی ماده خشک تولیدی، غلظت و جذب کل آهن نشان می‌دهد که مصرف کود آهن تفاوت آماری معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد به وجود آورده است.

بطوریکه این افزایش برای ماده خشک، غلظت و جذب کل آهن به ترتیب 18/4، 21/6 و 40/3 درصد نسبت به تیمار شاهد بوده است که با نتایج ژانگ و همکاران (26) مطابقت دارد. دامنه تغییرات عملکرد نسبی از 60/74 درصد در خاک 2 تا 99/13 درصد در خاک 10 متغیر بوده است. مقدار آهن قابل‌استفاده در این دو خاک به ترتیب 1/7 و 7/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است بنابراین تغییرات عملکرد نسبی براثر مصرف کود می‌تواند ناشی از کمبود آهن قابل‌استفاده در خاک 2 و بیش‌بود در خاک 10 تلقی گردد.

با استفاده از روش تصویری کیت و نلسون (شکل 1) در خاک‌های موردمطالعه با در نظر گرفتن عملکرد نسبی 85 درصد، حد بحرانی آهن 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به دست آمد. مقدار حد بحرانی به‌دست‌آمده از نتایج این طرح با نتیجه سیمز و جانسون (24) مشابه بوده، اما از مقادیر گزارش‌شده در گندم توسط ضیاییان و ملکوتی (27) بیشتر، درحالی‌که از نتایج مرجوی و صلحی (18) که مقدار حد بحرانی آهن را در خاک‌های زیر کشت گندم آبی استان اصفهان 6 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به دست آورده‌اند کمتر است.



شکل 1- حد بحرانی آهن در خاک‌های موردمطالعه

Figure 1- Fe critical level in studied soils

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ – ویژگی‌های فیزیک، شیمیایی خاک‌های موردمطالعه

- Physical and chemical characteristics of the studied soils. ۱Table

شماره خاک Soil no	آهن قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available Fe (mg kg^{-1})	کربنات کلسیم معادل (٪) Calcium Carbonate Equivalent (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم) Cation Exchange Capacity (cmol kg^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical Conductivity (dS m^{-1})	پی اچ pH	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	بافت Texture	کربن آلی (٪) Organic Carbon (%)
1	1.5	40	11	0.75	7.9	22	38	40	Loam لوم	0.4
2	1.7	30	8.5	0.65	7.9	18	22	60	Sandy Loam لوم شنی	0.4
3	3.2	27	15.5	0.45	8	25	33	42	Loam لوم	0.6
4	4.5	25	7	1	7.8	10	30	60	Sandy Loam لوم شنی	0.9
5	4.7	14	16	0.8	7.9	21	24	55	Sandy Clay Loamلوم رسی شنی	0.6
6	4.9	34	11.5	0.43	8	23	32	45	Loam لوم	0.5
7	5.8	23	12.5	0.5	7.9	30	40	30	Clay Loam لوم رسی	0.4
8	6.6	52.5	18.5	0.8	7.9	42.3	34.4	23.3	Clay رسی	0.48
9	6.7	37	13.5	0.68	7.9	32.3	33.4	34.3	Clay Loam لوم رسی	0.45
10	7.1	35	24.4	0.45	7.9	44.3	35.4	20.3	Clay رسی	0.75
11	7.7	33.5	11.2	1.19	7.8	14.3	45.4	40.3	Loam لوم	1.09
12	7.1	18	24.9	0.88	8	36.3	25.4	38.3	Clay Loam لوم رسی	0.72
13	9.1	47	23.6	0.55	7.8	44.3	33.4	22.3	Clay رسی	0.84
14	10	46.5	18.6	0.45	8.1	42.3	31.4	26.3	Clay رسی	0.66
15	10.6	28	20	0.53	7.7	30.3	43.4	26.3	Clay Loam لوم رسی	0.55
16	12.2	31.5	17.9	0.55	8	32.3	39.4	28.3	Clay Loam لوم رسی	0.75
17	15.2	32	21.6	0.56	8	48.3	29.4	22.3	Clay رسی	0.47
18	20	29	20.5	0.55	7.9	36.3	27.4	36.3	Clay Loam لوم رسی	0.57

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲ - شاخص‌های آمار توصیفی ویژگی‌های خاک‌های موردمطالعه

Table 2- Descriptive statistical characteristics of the studied soils.

شاخص‌های آماری Statistical characteristics	آهن قابل‌استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم) Available Fe ($mg\ kg^{-1}$)	کربنات کلسیم معادل (٪) Calcium Carbonate Equivalent (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم) Cation Exchange Capacity ($cmol\ kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) Electrical Conductivity ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪) Organic Carbon (%)	رس (٪) Clay (%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن (٪) Sand (%)	پی اچ pH
میانگین Average	7.76	32.4	16.5	0.65	0.62	30.7	33.2	36.1	7.9
میانه Median	6.89	31.8	17	0.56	0.59	31.3	33.2	35.5	7.9
انحراف استاندارد Standard deviation	4.68	9.9	5.5	0.21	0.19	11.2	6.4	12.7	0.1
حدود اطمینان ۵٪ Confidence interval5%	2.3	4.9	2.7	0.1	0.1	5.6	3.2	6.3	0.01
بیشینه Maximum	20	52.5	24.9	1.19	1.09	48.3	45.4	60	8.1
کمینه Minimum	1.5	14	7	0.43	0.4	10	22	20.3	7.7

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 3 – تجزیه واریانس اثر آهن بر پارامترهای موردمطالعه

Table 3- Analysis of variance of Fe effect on the study parameters

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of sum Squares		
		وزن ماده خشک Dry matter weight	غلظت Concentration	جذب کل Total uptake
خاک Soil	18	1.150**	43560**	0.903**
کود Fertilizer	1	10.641**	243370**	10.675**
خاک * کود Soil*Fertilizer	17	0.290ns	22496**	0.466**
خطا Error	70	0.199	6240	0.128
ضریب تغییرات C.V	-	11.94	16.22	19.31

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح 5 درصد، 1 درصد و عدم معنی‌داری است.

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant, respectively

جدول 4- تأثیر مصرف کود آهن بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

Table 4-Effect of Fe fertilizer on measured parameters

خاک Soil	عملکرد نسبی (درصد) Relative yield (%)	ماده خشک (گرم در گلدان) Dry matter (gr pot^{-1})	غلظت آهن کل در ماده خشک گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total Fe concentration in plant (mg kg^{-1})		جذب کل آهن (میلی‌گرم بر گلدان) Fe uptake (mg pot^{-1})	
		سطوح کود آهن Fe fertilizer levels				
		0	10	0	10	0	10
1	68.7	2.31	3.36	388.3	599.6	0.90	2.02
2	60.7	2.45	4.03	299.0	705.0	0.57	2.86
3	73.9	3.47	4.70	353.0	427.6	1.23	1.99
4	78.8	3.59	4.52	489.6	515.5	1.57	2.31
5	77.5	2.66	3.43	262.3	231.3	0.72	0.80
6	77.1	2.79	3.62	424.3	504.0	1.20	1.83
7	87.2	3.31	4.18	431.0	430.0	1.45	1.79
8	85.9	3.51	4.09	494.0	627.3	1.74	2.58
9	90.7	4.03	4.44	415.0	534.0	1.67	2.34
10	99.1	3.80	3.83	331.6	563.3	1.26	2.15
11	93.2	3.50	3.76	574.3	622.6	2.05	2.38
12	77.3	3.56	4.60	426.0	652.3	1.64	2.97
13	96.0	4.29	4.47	453.6	458.3	1.93	2.03
14	95.2	3.84	4.03	501.0	479.6	1.92	1.93
15	87.2	3.23	3.68	451.6	510.0	1.46	1.87
16	85.2	3.29	3.87	600.0	670.0	1.96	2.59
17	95.6	4.13	4.32	518.0	553.0	2.14	2.37
18	98.2	3.88	3.98	526.0	536.0	2.04	2.13
میانگین Average	-	3.42^{b}	4.05^{a}	439.4^{b}	534.4^{a}	1.54^{b}	2.16^{a}

میانگین هایی ،در هر ستون، که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means, in each column followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan s Multiple Range Test.

ویژگی‌های خاص خاک‌های یک منطقه مانند pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار رس کانی‌شناسی خاک و نوع محصول و به‌ویژه روش عصاره گیری مورداستفاده ازجمله مهم‌ترین دلایل متفاوت بودن مقدار حد بحرانی توسط هبی و همکاران (13) عنوان‌شده است. مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

درصد فراوانی نسبی نشان می‌دهد که 34 درصد خاک‌ها مقدار آهن آن‌ها کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم، 33 درصد بین 5 تا 8 میلی‌گرم در کیلوگرم، 33 درصد بین 8 تا 20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است.

روش کیت و نلسون حد بحرانی را یک عدد فرض کرده و جامعه خاک‌های موردمطالعه را به دو دسته کمبود و بیش‌بود تقسیم می‌نماید، به‌طوری‌که کمتر از غلظت بحرانی گروه خاک‌های پاسخ‌پذیر به کود و بالاتر از این غلظت گروه خاک‌های کم پاسخ یا بی‌پاسخ قرار می‌گیرند (16). در این تحقیق درصد فراوانی نمونه‌های پائین تر از حد بحرانی (5 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) 34 درصد و درصد فراوانی خاک‌های بیش از این حد 66 درصد است که نشان‌دهنده وضعیت واقعی خاک‌های زراعی لوبیاکاری استان و از طرفی دارای پراکندگی مطلوبی ازلحاظ تفاوت غلظت از 1/5 تا 20 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با دامنه 18 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است.

حد بحرانی معیار مطلوبی برای سنجش وضعیت آهن قابل‌استفاده بوده اما بایستی در شرایط زارعین و با در نظر گرفتن عملکرد اقتصادی محصول لوبیا ارزیابی شود زیرا واکنش خاک‌ها به عملیات زراعی و مصرف کود متفاوت بوده و قابل پیش‌بینی نیست. در این تحقیق میانگین غلظت آهن در خاک‌های کمتر از حد بحرانی، 3/4 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و میانگین درصد عملکرد نسبی آن‌ها 73 درصد است درحالی‌که میانگین غلظت آهن قابل‌استفاده در گروه خاک‌های بالاتر از حد بحرانی، 9/9 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و میانگین درصد عملکرد نسبی آن‌ها 91 درصد است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد باوجود افزایش بیش از دو برابر میانگین غلظت آهن قابل‌استفاده (از 3/4 به 9/9 میلی گرم بر کیلوگرم خاک) تفاوت عملکرد نسبی بین دو گروه 25 درصد است. پاسخ‌پذیری گروه خاک‌های بالای حد بحرانی در مواردی محتمل بوده و دور از انتظار نمی باشدکه این موضوع بامعنی دار شدن اثر کود بر صفت وزن ماده خشک در آزمون F مطابقت دارد.

میانگین غلظت آهن کل در ماده خشک تیمار شاهد 439/4 میلی‌گرم آهن در کیلوگرم گیاه بوده است که با مصرف 10 میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک به 534/4 میلی‌گرم آهن در کیلوگرم گیاه رسیده است که این افزایش براثر ازدیاد فراهمی آهن براثر مصرف کود است.

میانگین جذب کل آهن از 1/54 میلی‌گرم در گلدان به 2/16 میلی‌گرم در گلدان برای تیمار مصرف 10 میلی‌گرم آهن در کیلوگرم خاک رسیده است. این افزایش به دلیل زیادشدن وزن ماده خشک و غلظت آهن گیاه براثر مصرف کود است.

بررسی قابلیت استفاده آهن در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و پاسخ گیاه لوبیا

عملکرد نسبی و وزن ماده خشک گیاه لوبیا به ترتیب با مقدار رس، ظرفیت تبادل کاتیونی و آهن قابل‌استفاده همبستگی مثبت و معنی‌دار و با مقدار شن همبستگی منفی نشان داد، اما جذب کل آهن با درصد شن همبستگی منفی و معنی‌دار و تنها با آهن قابل استفاده همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول 5). سایر ویژگی های خاک نظیر هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، مقدار سیلت، کربن آلی و اسیدیته گل اشباع با پاسخ‌های گیاه همبستگی معنی‌داری نشان ندادند.

جدول 5 – ضریب همبستگی میان ویژگی‌های خاک و پاسخ‌های گیاهی

Table 5-Correlation coefficient between soil characteristics and plant response

پاسخ گیاه Plant response	ویژگی‌های خاک Soil properties			
	رس (درصد) Clay (%)	شن (درصد) Sand (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی مول بر کیلوگرم خاک) Cation Exchange Capacity ($Cmol\ kg^{-1}$)	آهن قابل‌استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) Available Fe ($mg\ kg^{-1}$)
عملکرد نسبی Relative yield	0.64^{**}	-0.74^{**}	0.61^{**}	0.63^{**}
وزن ماده خشک Dry matter weight	0.64^{**}	-0.60^{**}	0.58^{*}	0.61^{**}
جذب کل آهن Fe uptake	0.50^{ns}	-0.55^{**}	0.38^{ns}	0.74^{**}

* و ** و به ترتیب در سطح 5 درصد و یک درصد معنی‌دار است.

*, **: Significant at the 5% and 1% probability levels respectively

اثرات ویژگی خاک‌های موردمطالعه بر پاسخ‌های گیاهی (در تیمارهای بدون مصرف کود) با معادلات رگرسیونی بررسی شد. در این معادلات، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک‌های مورد مطالعه به‌عنوان متغییرهای مستقل در برابر پاسخ‌های گیاهی به‌عنوان متغییر

Archive of SID

www.SID.ir

وابسته در نظر گرفته شد.

معادله 1 نشان می‌دهد که مقدار رس (CLAY) و کربن آلی (OC) می‌توانند با تولید ماده خشک گیاهی (DM) رابطه مثبت و معنی‌داری برقرار نمایند. این دو پارامتر در معادله می‌توانند 64/2 درصد تغییرات ماده خشک را پیش‌بینی نمایند(معادله 1).

معادله 1 [Eq.1]

$$DM = 1.407 + 0.037 \times CLAY + 1.436 \times OC$$
$$R^2 = 0.642^{**}$$

معادله 2 تأثیر ویژگی‌های خاک بر عملکرد نسبی گیاه لوبیا (RY) را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، غلظت آهن قابل‌استفاده در خاک ($Fe_{(soil)}$) و درصد کربن آلی ارتباط مثبت و معنی‌دار و مقدار شن (SAND) با عملکرد نسبی ارتباط منفی دارد. در معادله 2، 79 درصد تغییرات عملکرد نسبی قابل پیش‌بینی است.

معادله 2 [Eq.2]

$$RY = 83.33 - 0.454 \times SAND + 0.958 \times Fe_{(soil)} + 16.99 \times OC$$
$$R^2 = 0.791^{**}$$

در معادله 3 مقدار غلظت آهن درون گیاه در ارتباط با غلظت آهن قابل‌استفاده و مقدار سیلت خاک (SILT) نشان داده‌شده است. در معادله 3 حدود 63 درصد تغییرات آهن درون گیاه قابل پیش‌بینی است.

معادله 3 [Eq.3]

$$Fe_{Conc.} = 91.11 + 13.16 \times Fe_{(soil)} + 7.35 \times SILT$$
$$R^2 = 0.634^{**}$$

در معادله 4 جذب کل آهن گیاه تحت تأثیر غلظت آهن قابل‌استفاده در خاک و درصد کربن آلی می‌باشد. ضریب تبیین معادله مذکور **0/677 است.

معادله 4 [Eq.4]

$$Fe_{Uptake} = 442 + 0.07 \times Fe_{(soil)} + 0.89 \times OC$$
$$R^2 = 0.677^{**}$$

نتیجه‌گیری کلی

دامنه تغییرات مقدار آهن قابل‌استفاده در خاک‌های مورد مطالعه از 1/5 تا 20 میلی‌گرم بر کیلوگرم با میانگین 7/75 در نوسان بوده است. حد بحرانی آهن در خاک‌های مورد مطالعه 5 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به دست آمد. مقادیر درصد فراوانی نسبی نشان می‌دهد که 34 درصد خاک‌ها مقدار آهن آن‌ها کمتر از 5 میلی‌گرم در کیلوگرم، 33 درصد بین 5 تا 8 میلی‌گرم در کیلوگرم، 33 درصد بین 8 تا 20 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است. از بین ویژگی‌های خاک، مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیونی با آهن قابل‌استفاده همبستگی مثبت و معنی‌دار و مقدار شن همبستگی منفی و معنی‌دار نشان می‌دهد. تغییرات جذب کل آهن گیاه تحت تأثیر غلظت آهن قابل‌استفاده در خاک و درصد کربن آلی با ضریب تبیین **67/7 درصد قابل پیش‌بینی است.

منابع

1- Aliehyaee M., and Behbahanizadeh A. A. 1996. Description of soil chemical analysis methods. Soil and Water Research Institute. Technical Bulletin No: 893. (in Persian)
2- Allison L. E., and Moodie C. D. 1965. Carbonate. p. 1379-1396. *In* C. A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part II. American Society Agronomy, Inc., Madison, Wis, USA.
3- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal, 54, 464- 465.
4- Campbell C. R., and Plank C. O. 1998. Preparation of plant tissue for laboratory analysis. P. 37– 49. *In* Kalra, Y. P. (ed), Handbook of reference methods for plant analysis, Boca Raton Fl.: CRC Press.
5- Cate R. B. Jr. and nelson L. A. 1971. A Simple Statistical Procedure For Partitioning Soil test correlation data into two classes. Soil Science Society of America Proceeding. 35: 658- 660.
6- Chakeralhousseini M. R., and Ronaghi M. 2000. Evaluation of iron status in corn and soybean by using the chlorophyll meter model Spad- 502 in a calcareous soil. 6th Iranian Congress of Soil Science. (in Persian)
7- Chapman H. D. 1965. Cation- exchange capacity. p. 891- 901. *In* C. A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
8- Chen Y., and Barak, P. 1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Advances in Agronomy. 35: 217- 240.
9- Chung qin Z., Zhang F., Daru M., Zou C., Zhang F., and Mao D. 1997. Effect of iron, nitrogen forms and shading on uptake and distribution of other nutrient elements in bean plant. I. Fe, Mn, Cu, Zn. Journal of China Agricultural University. 2: 37- 43.
10- Ellsworth J.W., Jolley V.D., Nuland D., and S. Blaylock A. D. 2008. Screening for resistance to iron deficiency chlorosis in dry bean using iron reduction capacity. Journal of Plant Nutrition. 20: 1489- 1502.
11- Franzen D. W., and Moraghan J. 1995. Fertilizing Pinto, Navy, and other dry edible bean. NDSU Extension Service. no. SF- 720.
12- Garg O. K., and Hemantaranjan A. 2008. Iron sources in relation to leaf senescence in French bean *(phaseolus vulgaris L.)*. Journal of Plant Nutrition. 11: 1205- 1215.

Archive of SID

www.SID.ir

13- Haby V. A., Russelle M. P., and Skogley, E. O. 1990. Testing Soils for Potassium, Calcium, and Magnesium. P. 181- 227. *In* R. L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. 3rd Ed. Soil Science Society of America, Madison, WI.
14- Khodshenas M. A., and Dadivar M. 2006. Study distribution of soil nutrient status under bean cultivation in Markazi province. The first Iranian pulse crop symposium. (in Persian)
15- Krouma A., Gharsalli M., and Abdelly. C. 2003. Differences in response to iron deficiency among some lines of common bean. Journal of Plant Nutrition. 26: 2295- 2305.
16- Lindsay W. L. 1979. Chemical equilibria in soils. Wiley Inter Science, New Yourk, NY.
17- Luo Y.W., Xie W. H., Xu M., and Luo F. X. 2012. Effects of phytase and polyphenol oxidase treatments on in vitro iron bioavailability in faba bean *(Vicia faba L.)*. Journal of Plant Nutrition. 10: 165- 171.
18- Marjouee A., and Solhi M. 2001. Determination of critical level of trace elements and their interaction on the increase of the irrigated wheat production in Isfahan province. Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress. (in Persian)
19- Mckenzie R. H., Middleton A. B., Seward K. W., Gaudiel R., Wildschut C., and Breme E. 2001. Fertilizer responses of dry bean in Southern Alberta. Canadian Journal of Plant Science. 81: 343- 350.
20- Moraghan J. T., and Grafton K. 1999. Seed- Zinc Concentration and the zinc – efficiency trait in Navy bean. Soil Science Society of America Journal. 63: 918- 922.
21- Peech M. 1965. Hydrogen ion activity. p. 914- 925. *In* C. A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wis, USA.
22- Rehm G., Schmitt M., and Eliason R. 1997. Fertilizer recommendation for edible beans in Minnesota, University of Minnesota Extension Service. Fo – 6572- Goo.
23- Römheld V., and Nikolic M. 2007. Iron. p. 329- 345. *In:* Barker, A. V. and Pilbeam, D. J. (ed.) Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor & Francis Group.
24- Sims J. T., and Johnson G. V. 1991. Micronutrient soil tests. In (ed.) Micronutrients in agriculture. 2ed Ed. Soil Science Society of America, Madison, WI.
25- Walkley A., and Black I. A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Sci. 37: 29- 37.
26- Zhang C., Römheld V., and Marschner H. 2008. Distribution pattern of root- supplied 59iron in iron-sufficient and iron- deficient bean plants. Journal of Plant Nutrition. 18: 2049- 2058.
27- Ziaeian A., and Malakouti M. J. 2000. Determination of critical limit and the effect of nutrients on the yield and composition of micronutrients fortification of wheat in calcareous soils of Fars Province. 6th Iranian Congress of Soil Science. (in Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 31, No. 4, Sept.-Oct. 2017, p. 1148-1158

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، مهر – آبان 1396، ص. 1158-1148

Critical Level of Iron for Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivation in Markazi Province

M. A. Khodshenas[1*] - J. Ghadbeiklou[2] - M. Dadivar[3]
Received: 03-09-2016
Accepted: 29-01-2017

Introduction: Soil test has an important role in plant nutrition management to obtain the economical agriculture system. The nutrient concentration in soils that indicates the division between responsive and non-responsive conditions is termed the critical level. Before any fertilizer recommendation, we should be aware of the amount of nutrient critical levels in each region. Soil test results in an area, is not applicable for other agricultural areas. Therefore, these tests should be carried out in the soils of a desired area, so that the soil test could be the base for fertilizer recommendation. Iron is an essential micro element in the soil that mainly was found as insoluble (Ferric or Fe^{3+}) form. Solubility of total inorganic iron decreases between pH 7.4 to 8.5. Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop is one of the most widely grown throughout the Markazi province in Iran and has high nutritional value for human. Knowing that bean is a sensitive plant to iron, and because of lack of any information about iron critical level and regional calibration, this study was conducted in Markazi province.

Materials and Methods: Eighteen soil surface samples (0-30 cm) selected with a wide range of soil properties and iron concentration (extracted with DTPA method) from different zone of province and prepared for greenhouse cultivation. Soil physical and chemical properties such as: (texture, pH, calcium carbonate, organic matter, cation exchange capacity, and electrical conductivity) of soil were determined by routine laboratory methods. In this study, bean plant responses were investigated by application of two levels of iron (0 and 10 mg kg^{-1}) in soil as iron sulfate in the greenhouse experiment. All of soil samples received nitrogen, potassium, phosphorus, manganese, copper and zinc as; (150, 100, 25, 5, 5, 5) mg kg^{-1} as solution in each pot respectively. The greenhouse study was conducted in a factorial experiment with three replications as complete randomized design. Six bean seeds were planted in pots. After the second week three plants of these six seeds were kept.

Soil moisture was maintained at field capacity. At the end of vegetative phase, the shoot bean and iron concentrations were determined in plant samples. At the end of the vegetation period, the shoot parts of plants cut, and plant responses including; (dry matter weight, Fe concentration, total Fe uptake and relative yield) ($DM_{control.}/DM_{Fe\ fertilizer}*100$) were determined.

Results and Discussion: The results showed that available iron content in the soil varied from 1.5 to 20 mg kg^{-1} of soil with a mean value of 7.75 mg kg^{-1}. The bean plant responded to Fe application and their relationships with physical and chemical properties of soils, which were investigated were effected too. Analysis of variance showed that the effects of soil and Fe fertilizer application were separately significant at 1% level for (weight dry matter, Fe concentration and Fe uptake). The effects of the (soil and fertilizer) interaction were significant at 1% level for the Fe concentration and Fe uptake. The mean comparison test of plant responses was significant as affected by Fe fertilizer consumption. By using Cate-Nelson graphic method, the critical level of iron in soils was five mg kg^{-1}. Amounts of percent relative frequency indicated that eight percent of the soils were less than five mg kg^{-1} Fe, 63% of soils between 5 to 10 mg kg^{-1}, 16% of soil between 10 to 15 mg kg^{-1} and 13% of soil above 15 mg kg^{-1} Fe. Plant Fe concentration in the control treatment (without Fe application) was 439.4 (mg kg^{-1}), but at the Fe treatment (10mg kg^{-1}) increased to (534.4mg kg^{-1}).

The Fe uptake significantly increased from 1.54 to 2.16 mg Fe pot^{-1} with the application of 10 mg-Fe kg^{-1}. The Fe uptake differences between treatments was due to increase of dry matter weight, and the plant Fe concentration, and this was due to the fertilizer application. Relative yield and dry matter weight showed positive and significant correlation with (clay, CEC and Fe available), but sand revealed negative correlation with the plant's response. The Fe uptake showed positive and significant correlation with Fe available but negative and significant correlation with the sand. The regression equation showed that Fe uptake to be related with CEC

1 and 2 - Members of Scientific Board of Soil and Water Department, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Arak, Iran
(*- Corresponding Author Email: khodshenasm@gmail.com)
3- Instructor, Soil and Water Department, Markazi Agricultural and Resources Research and Training Center, AREEO, Mashhd, Iran

Archive of SID

www.SID.ir

significantly.

Conclusion: By using Cate-Nelson graphic method, the critical level of iron in soils was five mg kg^{-1}. The plant parameters were predictable significantly by soil properties such as (clay, sand, silt, soil organic carbon and Fe concentration).

Keywords: Available Fe, Bean, Soil Test

Archive of SID

www.SID.ir