

## 石灰性土壤大豆缺铁矫正

张伟<sup>1</sup>, 赵丽梅<sup>1</sup>, 韩喜国<sup>2</sup>, 徐长宏<sup>2</sup>, 赵婧<sup>1</sup>, 邱强<sup>1</sup>, 闫晓艳<sup>1</sup>, 张鸣浩<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院 大豆研究中心, 吉林 长春 130033; 2. 吉林省农业科学院 洮南试验站, 吉林 洮南 137100)

**摘要:**石灰性土壤都不同程度存在土壤铁供应不足问题, 吉林白城大部分地区为典型石灰性土壤, 大豆缺铁黄化严重。以铁敏感大豆品种为材料, 分别采用土壤改良、补充铁肥、大豆和玉米混作及铁高效品种筛选方法, 寻求大豆缺铁矫正最佳措施。结果表明: 禾康清除剂和发酵鸡粪不同处理无显著效果, 石膏粉和自制肥(以腐殖质为主肥料)分别施入  $1.5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上时, 大豆缺铁才有一定缓解作用; 玉米与大豆间混作未改善大豆缺铁症状; EDDHA-Fe 做种肥极显著改善了大豆缺铁症状, 使大豆叶片叶绿素含量完全恢复。

**关键词:**石灰性土壤; 大豆; 缺铁

**中图分类号:** S565.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-9841(2011)03-0463-05

## Remediation Iron Deficiency of Soybean Grown in Lime Soil

ZHANG Wei<sup>1</sup>, ZHAO Li-mei<sup>1</sup>, HAN Xi-guo<sup>2</sup>, XU Chang-hong<sup>2</sup>, ZHAO Jing<sup>1</sup>, QIU Qiang<sup>1</sup>, YAN Xiao-yan<sup>1</sup>, ZHANG Ming-hao<sup>1</sup>

(1. Soybean Research Center, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. Taonan experimental station, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Taonan 137100, Jilin, China)

**Abstract:** Lime soil tends to cause shortage of iron supply in varying degrees, Baicheng in Jilin province is a typical area, the symptom that soybean leaves turned yellow resulted from lack of iron is severe. The present research taken Fe-sensitive soybean varieties as materials, by means of soil improvement, replenishing with iron fertilizer, soybean-maize mixed cropping and screening Fe-efficient varieties, respectively, try to seek the best correction measures to iron deficiency in soybean. No significant effects were found in the treatments of Hekang scavenging agent and fermented chicken manure. When fertilizing  $1.5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  gesso powders and homemade fertilizer (confect fertilizer based on fumus), soybean iron deficiency was relieved partly; not ameliorated by the maize-soybean intercropping; by EDDHA-Fe as starter fertilizer, soybean iron deficiency was significantly improved and chlorophyll content fully recovered.

**Key words:** Lime soil; Soybean; Iron deficiency

植物缺铁失绿是一个世界性的营养失调问题, 特别是石灰性土壤上, 许多农作物常因发生缺铁失绿导致生长不良, 产量下降, 全世界约有 40% 的土壤缺铁。尽管地壳中铁的丰度很高, 平均为 3.2%, 但土壤中的铁由于受土壤溶液的 pH 值及氧分压的影响, 几乎都是以难溶于水的  $\text{Fe}^{3+}$  形式存在的。植物所需的铁浓度约为  $1.0 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 而在石灰性土壤 (pH 7.4~8.5) 中, 可溶性铁的总量不足  $1.0 \times 10^{-10} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  [1]。据统计, 北美大陆、地中海沿岸、南美的部分地区都严重缺铁, 我国南起四川盆地, 北至东北平原, 东至淮北平原, 西到黄土高原及甘肃、青海、新疆, 都有缺铁现象的发生 [26]。虽然土壤缺铁只在一定的土类和地区存在, 但由于总面积较

大, 所以植物缺铁失绿成为全世界普遍关注的问题, 也是 21 世纪初以来植物营养学研究的热点之一。

长期研究表明高等植物对缺铁具有广泛的适应性。植物对缺铁胁迫形成的适应性机理可被划分为两大类, 机理 I (包括大豆等双子叶植物和非禾本科单子叶植物) 和机理 II (禾本科植物)。双子叶植物缺铁最显著的适应性生理反应是根系还原力增加, 氢离子分泌量增加, 促进铁的吸收 [7-8]。禾本科植物能在缺铁时分泌一类非蛋白质氨基酸即植物铁载体, 对  $\text{Fe}^{3+}$  有着强烈的亲和力, 并能形成稳定的三价铁螯合物  $[\text{Fe}^{3+} 2\text{MAs}]$ 。麦根酸 (MAs) 的分泌由缺铁胁迫诱导产生, 禾本科植物缺铁时通过 MAs 的诱导合成向根际分泌, 在根际对

收稿日期: 2011-03-24

第一作者简介: 张伟 (1979-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事大豆生理与栽培研究。E-mail: zhangwei-fhm@163.com。

通讯作者: 闫晓艳 (1964-), 女, 研究员, 主要从事土壤肥料与作物栽培研究。E-mail: yanxy8548@yahoo.com.cn。

难溶性铁进行活化,根际通过对 $[\text{Fe}^{3+} + 2\text{MAs}]$ 螯合物的专一性吸收以适应缺铁胁迫环境<sup>[9]</sup>。因此,不像双子叶及非禾本科单子叶植物那样容易发生缺铁黄化现象。有些学者利用机理Ⅱ优势,将禾本科作物与双子叶植物混作,改善双子叶植物缺铁症状<sup>[10]</sup>。国外现已开展了铁高效品种选择和喷施络合铁肥等综合矫正研究阶段<sup>[11-13]</sup>。国内大豆缺铁主要采用土壤改良和喷施硫酸亚铁措施<sup>[14]</sup>。该文利用缺铁土壤研究了土壤改良、补施铁肥、与玉米混作等措施对大豆缺铁的改善效果,为缺铁土壤大豆合理栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 土壤基础肥力

试验于2009~2010年在吉林省洮南试验站进行,试验地0~20 cm土壤基本情况:2009年pH 8.01,速效氮 $56.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效磷 $23.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $57.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效铜 $0.84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效锌 $2.28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效铁 $3.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效锰 $6.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;2010年pH 8.16,速效氮 $62.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效磷 $18.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 $60.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效铜 $0.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效锌 $3.34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效铁 $3.34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效锰 $5.73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。速效铁含量在 $2.5 \sim 4.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间,与《化学科学使用指南》<sup>[15]</sup>指出的铁缺失标准对比,试验土壤速效铁含量处于较低状态。

### 1.2 试验设计

土壤改良试验:2009年进行,供试品种为铁敏感的3个品种(系)SB8658、东农7646、合丰29,土壤改良剂分别选择禾康清除剂、石膏粉、发酵鸡粪、腐殖质肥,禾康清除剂分别以 $15$ 、 $30$ 、 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 喷施,喷后灌水,石膏粉、腐殖质肥(吉林农科院环资中心研制,以腐殖质为主配置肥料)分别 $4$ 、 $9$ 、 $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,发酵鸡粪分别 $4$ 、 $9$ 、 $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,播种前15 d与基肥同时施入。

补施铁肥试验:2010年进行,供试品种选择较高效率品系98946和敏感品种(品系)东农7646、合丰29。铁肥分别选择硫酸铁( $\text{FeSO}_4$ )和乙二胺邻二羧

基乙酸铁(EDDHA-Fe),种肥 $\text{FeSO}_4$ 为 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,EDDHA-Fe为 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,喷肥为V1期叶片黄时喷施,2种铁肥喷施浓度均为1%,每隔6 d喷施1次,共喷施3次。

试验采用随机区组设计,5行区,行长5 m,行距60 cm,株距11 cm,单株留苗,3次重复。

玉米大豆间混作试验:2010年进行,大豆与玉米行数分别设1:1、2:1和混作3个处理,供试玉米品种辽单565,大豆品系为东农7646,大田小区行长5 m,行距60 cm,3次重复。同时进行盆栽混作试验,盆栽混作试验10盆,其中5盆黄叶后喷施硫酸亚铁。

### 1.3 测定项目与方法

6月23日(V3)和7月28日(R3)分别采用SPAD502测定倒2叶的叶绿素含量,同时取4株植株烘干称重得生物产量,大豆成熟时每小区取中间3行,每行取3 m长,进行小区测产,测产面积为 $5.4 \text{ m}^2$ ,最终折合公顷产量。

### 1.4 数据分析

所有数据均在Excel 2003和DPS 12.01软件中进行分析 and 处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤改良对大豆缺铁矫正

土壤改良研究结果表明(表1),禾康盐碱清除剂和发酵鸡粪对大豆缺铁症状没有缓解作用,7月28日3个品种已经死苗,石膏和自制肥料施入达 $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 以上时,对大豆缺铁才有一定缓解作用,叶片叶绿素含量、植株干物质重显著增加,其中自制肥的效果好于石膏粉。

### 2.2 铁肥处理对大豆缺铁矫正

由表2可知,品系98946在苗期叶片黄化,但开花后叶片可以恢复绿色。硫酸亚铁做种肥和叶片黄化时喷施,对大豆缺铁没有缓解作用;EDDHA-Fe做种肥使大豆叶绿素含量完全恢复正常,叶片黄化时喷施EDDHA-Fe未见效果。EDDHA-Fe喷施效果不显著,主要是大豆叶片从V1时期就开始黄化,这一时期叶片较小,很难吸收到喷施的铁肥。EDDHA-Fe做种肥时极显著增加产量(表3),品系98946比对照增产46.4%,百粒重增加2 g,铁敏感品种东农7646、合丰29增产100%。

表 1 土壤改良对缺铁土壤大豆叶绿素含量和生物产量的影响

Table 1 Effects of soil improvement on chlorophyll content and biological yield of soybean in iron deficiency soil

处理 Treatment/kg · hm <sup>-2</sup>		品种 Cultivar	V3		R3		
			叶绿素含量	生物产量	叶绿素含量	生物产量	
			SPAD	Biological yield/g	SPAD	Biological yield/g	
石膏粉 Gesso powders	4950	SB8658	11.2	2.5	—	—	
		东农 764 Dongnong764	12.5	1.8	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.2	1.9	—	—	
	9900	SB8658	12.4	2.5	—	—	
		东农 764 Dongnong764	11.3	2.2	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	9.5	1.9	—	—	
	15000	SB8658	15.2	5.6	29.1	65.2	
		东农 764 Dongnong764	13.5	6.5	28.5	56.3	
		合丰 29 Hefeng29	13.6	4.2	32.1	56.5	
	禾康清除剂 Hekang scavenging agent	15	SB8658	11.8	1.5	—	—
			东农 764 Dongnong764	12.5	1.6	—	—
			合丰 29 Hefeng29	10.8	1.7	—	—
30		SB8658	9.5	1.9	—	—	
		东农 764 Dongnong764	12.8	2.1	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.2	2.5	—	—	
45		SB8658	9.8	2.0	—	—	
		东农 764 Dongnong764	12.8	1.8	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.8	1.9	—	—	
自制肥 Homemade fertilizer		4950	SB8658	12.8	1.8	—	—
			东农 764 Dongnong764	11.5	1.9	—	—
			合丰 29 Hefeng29	11.5	1.6	—	—
	9900	SB8658	12.6	1.5	—	—	
		东农 764 Dongnong764	13.5	2.0	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.5	1.6	—	—	
	15000	SB8658	20.5	5.5	32.5	68.8	
		东农 764 Dongnong764	18.9	6.5	35.6	62.3	
		合丰 29 Hefeng29	17.6	8.2	32.8	60.5	
	发酵鸡粪 Ferment of chicken manure	4500	SB8658	12.4	1.8	—	—
			东农 764 Dongnong764	11.2	1.9	—	—
			合丰 29 Hefeng29	12.5	1.6	—	—
9000		SB8658	10.8	1.8	—	—	
		东农 764 Dongnong764	13.1	1.9	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	12.3	1.7	—	—	
15000		SB8658	11.5	1.7	—	—	
		东农 764 Dongnong764	12.3	1.8	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.8	1.6	—	—	
CK		SB8658	12.8	1.4	—	—	
		东农 764 Dongnong764	10.5	1.8	—	—	
		合丰 29 Hefeng29	10.8	1.6	—	—	

“—” 表示黄叶死秧无数据。  
"—" denotes no data because of yellow leaves/dead seedlings.

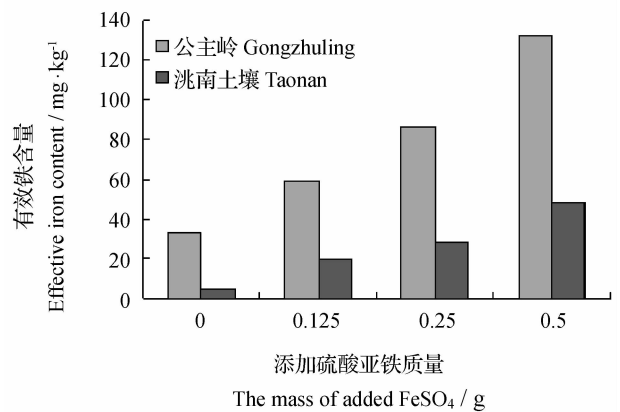
u ä, Á Ä z • © Á Á + , ! " " w   x X   § ^ e X * È É									
ä, ö !		! ' !		& ! !		& &		&	
j k		g h ò" ! #		å		å			
! !á ë ßä				• € þ ž .		• € þ ž .			
				ÿðó ñ & á		ÿðó ñ & á			
Š " a } õ þæ	h C ! ' , , éèæó éèæ	ëëëæ		äâ%å	ä%å	äâ%å	èè%å		
		f i äë ÷ äë		è%å	ä%å	ß	ß		
				é%å	ä%å	ß	ß		
	£ B &	ëëëæ		äâ%ø	ä%å	äâ%ø	éä%å		
		, , éèæó éèæ		è%å	ä%å	ß	ß		
		f i äë ÷ äë		è%å	ä%å	ß	ß		
ôóó÷ð ß õ	h C ! ' , , éèæó éèæ	ëëëæ		æ%å	ä%å	æ%ø	äâä%ø		
		f i äë ÷ äë		äè%å	ä%å	äè%å	äâç%å		
				äé%ø	ä%å	äé%å	èè%ø		
	£ B &	ëëëæ		äæ%ø	ä%å	äâ%å	éè%å		
		, , éèæó éèæ		è%å	ä%å	ß	ß		
		f i äë ÷ äë		äâ%ø	ä%ø	ß	ß		
òú	y ú ò \$ ! , , éèæó éèæ	ëëëæ		äâ%ø	ä%å	äè%å	èè%ø		
				äâ%å	ä%å	ß	ß		
		f i äë ÷ äë		äâ%å	ä%å	ß	ß		

u ä, ôóó÷ð Š © Á È É ! " ‡ \_ e X | Ê Á Á \* È É  
 å, ø " ôóó÷ð Š ! & &  
 äääŠ \$ ! õ Š ! # # !

g h		6 .		A ^ <	
ò" ! #		á ë ßä	äääŠ \$ ! á		
		ôóó÷ð Š	òú	ôóó÷ð Š	òú
, , , , ëëëæ		äèäâ%ø	äâäâ%ø	äæ%æ	äâ%æ
, , éèæó éèæ		äâçæ%ø	ß	äæ%å	ß
f i äë ÷ äë		äâäé%ø	ß	äé%å	ß

Š " a } [ h C Á O q ä 6 È Æ Ç Î 3 4  
 5 B û q Š " a } ÿ 3 ÷ < Ý å ° & ' Á — » Ô  
 q ð Š } ê Ç Î } ž . “ W z › ä @ B Ç Î \* 3 O  
 } ž . %¹ æ ë ßä ĩ ĩ å W ° } ž . 4 » {  
 äâ%å ë ßä ê í ā f ° – äçâ Ú ^ • T § a Ç  
 Î æ • Š " a } ™ # ‘ W â ² z › á ŷ ^ • Ç Î  
 Ø , ™ # } ¹ O \$ – < { äâÛ æ § a Ç Î ™ # }  
 ¹ O \$ – < %¹ æÛ æ % & 6 L Ä æ û q C  
 • Š " a } [ h C í ³ u 5 ç E ° v ê  
 ä%å, - È ì ' 9 © ! " À Á Â Õ

w x 1 2 z › | } µ ¶ q r % • ö 0 9 a †  
 ( / 0 w v / / å % • ö 0 | } ÿ Ø 7 u á :  
 ¬ ê œ 1 2 ± ² á äâz › æ a Ç Î & ' 9 Ä Ä  
 / / ääŠ T äŠä. / , ! : ¬ | } ÿ Ø ê ÿ Š 3  
 4 5 / / æ s q Ä Ä g ŷ - z ‡ Þ x Ý æ B } C  
 ... & ' T Ä Ä • Ú , u á Ç € ê Ä › § a Ç Î 3 4  
 5 æ ' 9 Ä Ä. ø / Á — : ¬ & ' | } ÿ Ø ê



E ä, í î | ĩ ĩ ð + , Ñ • # „ Ò Á Ó Ê b ääçâ + , â  
 õ à ä, ! # õ þæ  
 ! ö ' " ääçâ â

å, W • - € •

Ç Î : ; h B # æ L y z | T † © š « Á  
 ³ Á O ² å @ " - T A m C f ° B û äç äâä  
 ë ßä ½ ± æ ' | } ÿ Ø ‡ u á w W ä H ä  
 • € þ ž . › ³ " # ê Ä › © " - T A m C B û  
 %¹ { á w W • ‡ d } | • ¹ ä H / – ê Š " a  
 } [ h C æ & ' | } Á O ² å \_ ä 6 Š " a }  
 B û ÷ & Ä é Ç Î u ° Á O } æ ' Á — » Ô ê  
 ôóó÷ð Š [ h C 0 & ' • € þ ž . ÿ ° ö Ç Û  
 E ä B ³ Á " # 6 . å... # g ŷ ëëëæ B û  
 ôóó÷ð Š ..., d ' " 6 æ%äÛ ä ^ < " & ä ä  
 } µ ¶ g h , , éèæ f i äë" 6 äääÛ ê • b x

