

# 大豆铁素研究

## (I) 大豆铁素营养

吴明才 王泽建 瞿 楨

(中国农业科学院油料研究所)

### 提 要

本文着重阐述了黄淮砂姜土壤缺铁, 缺铁点次占分析点次53.1%, 施铁有效点次达92%, 对其缺铁环境, 铁对大豆产量的影响, 铁主要分布于根, 诊断大豆缺铁与否代表部位, 铁锰比值, 影响大豆铁素营养的主要因子, 均进行了探讨。

大面积大豆缺铁在美国普遍<sup>[1]</sup>, 大豆缺铁环境<sup>[2]</sup>, 品种间对铁的敏感性<sup>[3]</sup>, 诱发大豆缺铁除磷<sup>[4]</sup>、锰<sup>[5]</sup>外, 还有高pH<sup>[6]</sup>, 碳酸盐<sup>[1]</sup>, 铁主要分布于根亦有研究<sup>[7]</sup>。大豆缺铁已有初步的矫正之法<sup>[8,9]</sup>。

我国关于大豆生产上缺铁尚无报导。在大豆缺素病研究基础上<sup>[10]</sup>, 调查发现黄淮砂姜土大豆出现缺铁症植株。据此, 对大豆主要种植土壤有效铁含量, 铁的吸收, 诱因等进行了探讨, 试图为大面积防治提供理论依据。

### 材 料 和 方 法

供试大豆品种(系): 中油83—19, 跃进5号, 郑长叶7号等。田间设不同浓度铁喷洒、拌种等小区试验, 小区面积0.03亩左右, 3—4次重复, 随机排列。辅以不同浓度铁素喷洒水培, 及拌种土培试验。水培溶液为荷氏溶液。土壤、植株Fe<sup>2+</sup>测定用邻菲罗啉法, 土壤、植株全氮用凯氏半微量测定法; 全磷用钼锑抗比色法; 钾用火焰光度法; 锰用KNN04比色法测定。

### 结 果 和 讨 论

(一) 铁与大豆生育。缺铁对大豆生长、形态均有不良影响。缺铁顶叶黄化, 叶脉

仍为绿色，叶小。缺铁严重则全叶黄化，其上着生棕色斑点，并转褐，叶卷曲枯萎。甚者顶芽枯死，植株矮化，田间不多见。苗期大豆对铁敏感，缺铁症状常在1—2片复叶期出现。高温干旱，易诱发大豆缺铁。品种间对铁敏感性不同。如跃进5号敏感，其次是中油83—19，豫豆2号。郑长叶7号较抗。试验表明：铁对大豆生长影响因品种而异。涡阳7515—64，跃进5号，在一定铁素浓度范围内，株高随介质中铁浓度增加而加高；而中油83—19，郑长叶7号等品系则有所不同，缺铁则植株生长纤细蔓化，富铁则植株生长健壮（表1）。

表1 铁对不同品种生育影响

Table 1 Influence of  $Fe^{2+}$  on variety yield

品 种		中油83—19					郑长叶7号		涡7515—64			跃进5号	
		0.38	0.95	1.9	3.8	7.6	0.38	3.8	0.38	1.9	3.8	0.38	3.8
项 目	铁 $Fe^{2+}$ (PPM)												
株高 (cm)	Height	39.1	54.6	26.1	31.2	24.2	21.8	13.8	47.3	53.9	52.8	12.0	17.8
节数	No. of node	9.9	10.1	8.4	9.3	7.6	8.5	8.0	11.6	13.2	13.6	8.2	9.4
分枝	No. of branch	3.1	2.8	2.9	2.8	2.4	3.0	4.0	2.3	3.3	3.0	2.9	3.1
种子粒数	No. of grains	20.8	29.3	29.3	30.0	25.5	—	—	27.8	21.0	22.0	27.5	30.8
单株粒重 (克)	Weight of seed Per plant(g)	3.25	5.87	5.90	6.60	4.20	—	—	2.60	4.50	3.40	4.70	5.30

从表1还可看出：无论何品种（系），在上述一定铁浓度范围内，产量随铁浓度升高而增加，富铁较缺铁处理（0.38PPM $Fe^{2+}$ ，下同）均增产。据测定，每形成50kg大豆种子，亩需铁20—60g。大田喷铁增幅与土壤铁丰缺有关，喷铁增产3.6—33.3%，平均增产18.4%。

（二）大豆体内铁分布。大豆各器官中铁浓度与介质的关系，因器官而不同。有的随介质中铁浓度增加而减少。如花期介质中铁的水平在1.9—18.7PPM间，其茎部单位铁随介质中铁水平增高而降低。 $\hat{y} = 66.3653 - 0.7169x$ ,  $r = -0.6266$ ；同期叶部铁浓度 $\hat{y} = 87.7401 - 0.6422x$ ,  $r = -0.4334$ 。而根、蕾荚等器官则相反图1—6。如花期根部铁浓度 $\hat{y} = 180.55 + 8.23x$ ,  $r = 0.7228$ ；蕾荚中铁浓度， $\hat{y} = 85.6177 + 3.2305x$ ,  $r = 0.4753$ ，成熟期根部铁浓度， $\hat{y} = 136.01 + 79.7659x$ ,  $r = 0.6908$ 。

大豆各器官中铁的分布状况。据测定，铁主要分布于根，在富铁条件下，无论是单位浓度或是单株器官总铁量均为各器官之首。叶部虽单位浓度较低，但总铁量仅次于根部。其次是茎、荚皮、种子〔图3—9〕。大豆各部总铁量一般随器官干重增减相一致，分析表明：正常大豆花期根部铁总量为117.7—313.4微克，平均195.7微克，占同期全株总铁量42.9%；叶部为120.1—232.5微克，平均166.9微克，占同期全株总铁量36.5%；茎部47.5—94.3微克，平均65.6微克，占同期全株总铁量14.4%；荚皮为19.9—54.9微克，平均28.2微克，占同期全株总铁量6.2%。但在缺铁条件下，大豆根部总铁量，只占同期铁总量的25.1%，退居第二位；叶部占47.6%，居第一位，其次是茎、荚，各占19.9%，7.4%。

相同器官中单位铁含量因品种而异。如阜阳250品种，花期根部铁浓度为410PPM。

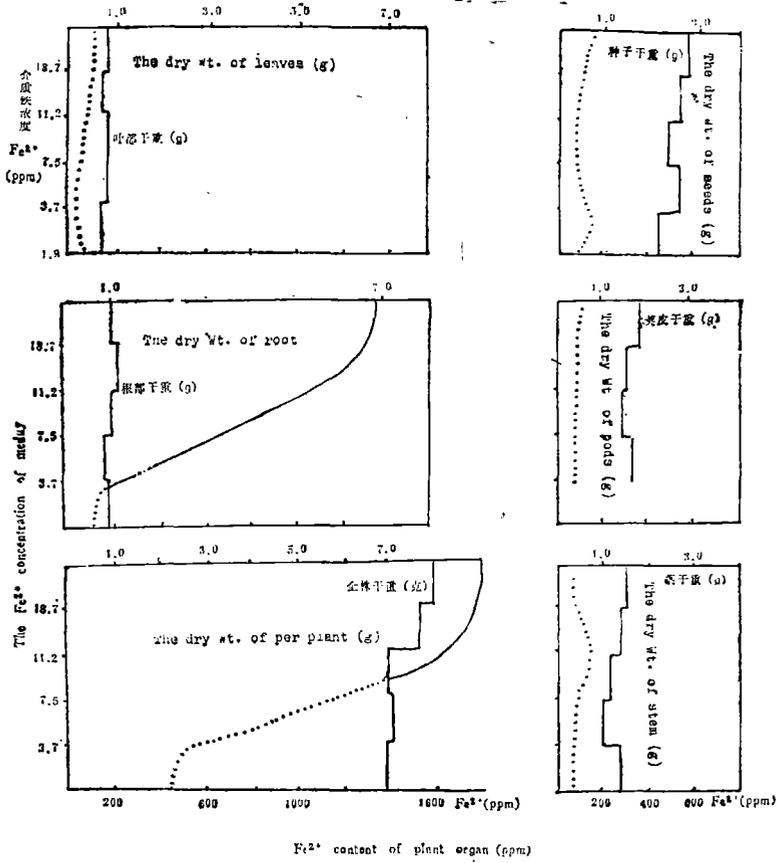


图 1—6 各器官干重与铁含量比较

Fig. 1—6: The content compare of  $Fe^{2+}$  with dry weight in organ

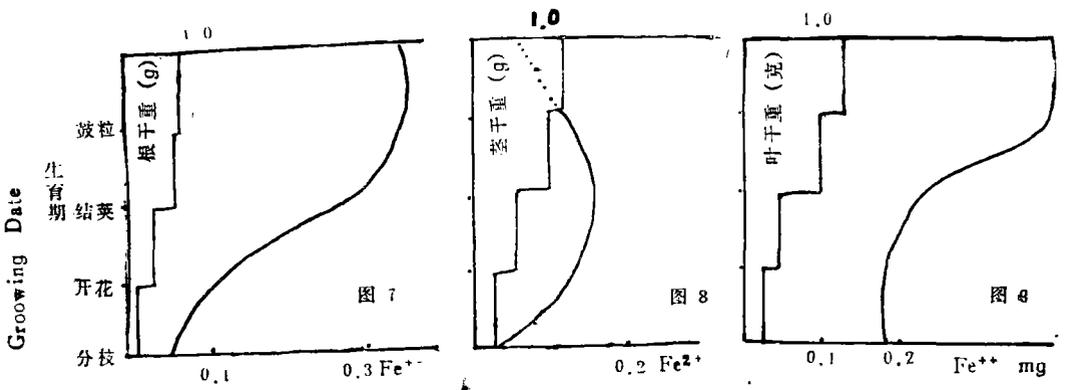


图 7—9 各器官干重与全铁

Fig 7-9 Total iron and dry weight in soybean orgae

跃进五号品种根部为424PPM，82—9为648PPM；同期茎部铁含量分别为78，72，146PPM。

(三) 铁与氮磷钾锰间的关系。铁对大豆氮的单位含量除叶外，均有促进作用〔图11〕，但叶部总氮含量，仍有增加。如缺铁处理花期叶部总氮量0.0684g，富铁各处理叶部总氮量则为0.0769—0.1079g。种子中全氮，随介质铁浓度从1.1增至18.7PPM而相应增加。如缺铁种子全氮含量为5.388%，富铁处理种子全氮为5.769%—6.575%。富铁处理种子蛋白质含量较缺铁处理高2.4—7.4%。

铁与磷拮抗。介质中铁浓度从1.9增至18.7PPM时，成熟大豆叶部含磷从2.00%降至1.25%〔图10〕，其回归方程 $\hat{y} = 1.8745 - 0.0261x$ ， $r = -0.7162$ 。同期叶部全磷总量其趋势相同，即全磷总量从0.0277克降至0.0193克。花期、成熟期根部全磷，随环境中铁浓度增高而增加，茎部相反。花期根部磷铁比值随介质中铁浓度的增高而下降（表2）。

表2 大豆花期根部磷与铁的关系

Table 2 The relationship of p with Fe on soybean in root

处理 Treatments	水培液浓度Fe (PPM) The Fe concentration of medium				
	1.9	3.7	7.5	11.2	18.7
根部Fe (PPM) Root Fe	178.0	165.0	220.0	426.0	698.0
根部全磷 (%) Root total p	2.00	1.34	2.41	1.94	2.04
根部P/Fe Root P/Fe	112.4	81.2	109.5	45.5	29.2

试验表明：磷锌比值低于1.56，即发生明显缺铁症。增加介质中钙的含量，有减轻缺铁症状作用。

钾对大豆花前铁的吸收有促进作用。如介质中钾浓度在0—351PPM范围内，根部铁单位含量从18.8增至28.1毫克/100克， $\hat{y} = 20.6686 + 0.0211x$ ， $r = 0.8629$ ；叶部铁从3.5增至56.9毫克/100克， $\hat{y} = 18.1488 + 0.1113x$ ， $r = 0.8636$ 〔图12〕。花期后这种趋势相反，相关不显著。

此外，锰对大豆铁素营养拮抗。试验证明：介质中锰浓度为1.8PPM以上时，易诱发不可逆转的缺铁症。

综上所述，铁促进器官的形态建成，单位浓度下降，常低于缺铁处理，如茎、叶，故测定其单位含量，藉以诊断缺铁与否是困难的。而根部直接受介质中铁影响，铁在器官中不易移动，分析根部单位浓度，确诊缺铁与否有一定根据。初步探明根部铁低于170PPM，则视为缺铁。

分析大豆下位叶铁锰比值，是诊断大豆缺铁又一重要方法。试验表明：大豆下位叶铁锰比值小于10，则出现缺铁症。如阜阳250品种，生长正常的比值为10.5，缺乏比值为8.86；跃进5号品种生长正常的比值为21.2，缺乏时比值为7.4。中油82—8品系正常比值为13.0，缺铁时的铁锰比值为6.2

(四) 土壤有效铁。大豆缺铁的土壤临界值，为2.5PPM有效铁，边缘值为2.5—

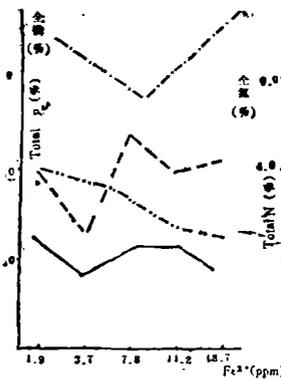


图 10 P与Fe的关系

Fig 10 The relation P and Fe  
——The root of bloom  
- - - -The root of maturity

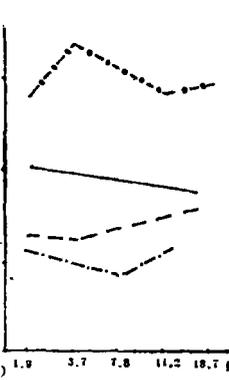


图 11 N与Fe的关系

Fig 11 The relation N and Fe  
——The leaves of bloom  
- - - -The leaves of maturity  
- . . . -The seed

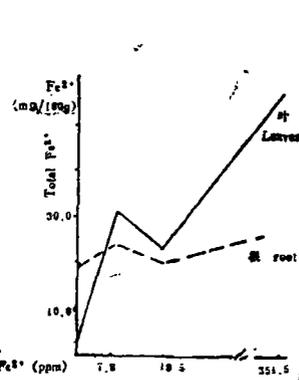


图 12 K与Fe的关系

Fig. 12 The relation k and Fe  
——The leaves of bloom  
- - - -The root of bloom

4.0PPM，大于4.5PPM则含铁丰富。

黄淮，长江中、下游大豆产区，土壤有效铁变幅大，从0.1至146.9 PPM。平均值亦因土类而异。横贯豫、鲁、皖等省的砂姜黑土，有效铁含量最低，变幅为0.1—14.7PPM，平均2.6PPM，缺铁点次占分析点次53.1%，边缘值达38.8%，施铁无效的点次只占8.2%。黄淮地区高产土壤，即二合土，河淤土，有效铁含量较高。变幅为1.37—17.25PPM，平均值3.0。其它土壤，如水稻土，黄棕壤，红、黄壤，其有效铁含量依次渐高。红、黄壤含量最高表(3)。

表 3 土壤有效铁含量表层单位 (PPM)

Table 3 The available iron contents in soil(surface horizon ppm)

土壤类型 Type of soil	红、黄壤 Red and earth	黄棕壤 Yellow brown soil	水稻土 Paddy soil	潮土(二合土、淤土) Fluvo-aquic soil	砂姜黑土 Sajang soil
平均值 Average	53.50	10.00	6.99	3.00	2.61
变幅 Range	2.49—146.92	1.15—11.76	1.92—17.69	1.37—17.25	0.10—14.70

有效铁在土壤剖面中的垂直分布状况：表层高于深层。如潮土1—10厘米土层为4.40PPM有效铁，10—20厘米为3.36PPM，20—30厘米为2.37PPM，30—40厘米土层为2.08PPM。砂姜黑土亦有相同趋势。

黄淮地区砂姜土壤面积近4000万亩，夏播大豆面积约占一半，其土壤有效铁缺乏面积约1000万亩，严重阻碍大豆单产提高。砂姜土壤施铁应成为该种土壤重要应用新技术之一。其它土壤如二合土，河淤土、黄棕壤，水稻土、红壤、黄壤铁素丰缺频数，因分析点次较少，尚待进一步研究揭示。

砂姜土壤大豆缺铁，主要因土壤有效铁低。如上所述，在相同含磷水平下，大豆缺铁与否，与介质中铁丰缺直接有关。即介质缺铁，大豆根部铁含量低，磷铁比值增高，

营养间比例失调,导致大豆缺铁。反之,介质中铁浓度增高,尽管大豆根部磷含量等于或高于缺铁处理(表2),因根部铁浓度增高,相应影响磷铁比值下降,故大豆生长正常。

偏施过量磷肥诱发大豆缺铁,除因磷增大了磷铁比值外,可能还与磷肥含有一定的锰,易于利用的 $Fe^{2+}$ ,被 $Mn^{2+}$ 氧化为不易移动的 $Fe^{3+}$ 。迄今黄淮大豆种植土壤仍大面积缺磷<sup>[11]</sup>,施磷诱发大豆缺铁尚是局部发生。随着生产发展,大豆铁素与其它元素配合应用,应加强研究。

## REFERENCE BOOKS

- [1] Al-Showk. A. M. et al: 1986, J. Plant Nut. 9(3-7): 355-371.
- [2] Elgal, A. M. et al: 1964, Plant Soil, 21: 201-212.
- [3] Brown. J. C. et al: 1955, Plant Physiol, 30: 457-462.
- [4] Bassiri, A, et al: 1979, Agron. J. 76: 139-140.
- [5] Vretta-Kouskoleka. H. et al: 1968. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32: 253-257
- [6] Wallace, A. et al: 1978, Soil Sci. 126: 336-341.
- [7] Ambler, J. E. et al: 1981 Agron. J. 63: 95-97.
- [8] Datin. C. L. et al: 1982, J. Plant Nut. 5: 703-714.
- [9] Hert 20013. A. et al: 1974, Agron. J. 66: 10-11.
- [10] 吴明才, 1983, 农业科技通讯, 6, 31.
- [11] 吴明才, 翟衡, 1985, 农业科技通讯, 8, 12-13.

## STUDY IN THE IRON OF SOYBEAN

### (I) IRON NUTRITION OF SOYBEAN

Wu mingcai Wang zejian Qu zhen

(Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agriculture Sciences)

#### Abstract

It has been found that Fe for soybean growth is deficient in Sajian black soil in Yellow River And Hui River plain, 53% samples Fe was deficient, less than 2.5ppm, 38.8% samples Fe was under marginal value. Application of  $Fe^{2+}$  caused soybean yield to be increased by 18.4% in 92% area.  $Fe^{2+}$  was absorbed and used by roots of soybean,  $Fe^{2+}$  content of root was lower during deficiency Fe supply. Fe content is different in the same organ of different culture. Soybean on seedling stage was sensitive to Fe. Fe deficiency index of soybean: root P/Fe 112.4;  $Fe^{2+}$  less than 180ppm in the root and  $Fe^{2+}/Mn$  10.0 in lower leaves. Factors reducing effective  $Fe^{2+}$  to soybean are p, Zn Mn, PH and draught. Calcium can reduce symptom of Fe deficiency for soybean growth,