

大 豆 铁 素 研 究

Ⅱ 大豆缺铁胁迫响应

吴 明 才

(中国农业科学院油料作物研究所)

摘 要

铁对大豆叶绿素, 抗坏血酸的形成, 积累有积极作用。缺铁胁迫大豆过氧化物值增高, 硝酸还原酶, 过氧化物酶等活性下降。叶绿素 a、b 含量降低。本文发现品种间对缺铁胁迫存在差异, 以跃进 5 号, 中油 83—19 对铁敏感, 郑长叶 7 号较耐。大豆根部过氧化物酶活性高低, 与品种特性有关, 凡生长发育早或快的品种, 根系过氧化物酶活性高峰出现早。

我国关于植物缺铁生理研究报告极少, 国际研究活跃。五十年代发现叶绿素形成依赖于铁。重金属毒害, 过氧化氢酶, 过氧化物酶等含铁酶活性下降^[4], 对铁与细胞色素电子传递途径, 色素与叶绿素间密切相关^[5], 叶绿素与过氧化氢酶^[6], 以及其它铁生理功能亦作了研究^[7, 8, 9, 10, 11]。但 Kamerbeek, G. A 发现过氧化物酶与植株生长间反相关^[12], 本研究组在发现我国黄淮大豆产区土壤缺铁, 对大豆缺铁机制进行了初探, 结果如下。

一、材料和方法

供试品种为黄河流域推广品种: 中油 83—19, 郑长叶 7 号, 跃进五号、涡 7515—64 等。种子播于消毒后水份适当锯屑中, 当胚根长至 5 cm 左右时, 定植于容积 1200ml 水培钵中, 每钵留苗 2 株, 6 次重复。水培液为荷氏液。设计 0.38, 0.98, 1.9, 3.8, 7.6ppm 铁处理。自然光照。每钵加 2 滴大豆根瘤菌液。于有关生育期取顶部第 3、4 片叶测定叶绿素, 硝酸还原酶, 过氧化物酶等活性。取处理支根测定过氧化物酶, 过氧化物值、抗坏血酸含量。除过氧化物酶^[1], 过氧化物值, 抗坏血酸^[2]等生理生化测定外, 其余测定方法参见大豆钾素研究^[3]。

本文于 1988 年 3 月 29 日收到。

This paper was received on March 29, 1988.

二、结果与讨论

水培介质 0.38ppm 铁，则可见明显大豆缺铁症状：植株明显矮化，顶部叶首先黄化，后有典型的缺铁褐斑，生长发育迟缓。

(一) 缺铁胁迫响应

1. 过氧化物酶。缺铁胁迫，过氧化物酶活性最低。如 0.38ppm 铁处理，其荚期根部过氧化物酶活性最低，正常供铁处理，如 0.98ppm 铁处理最高，其余铁浓度处理较后者低，但均较前者高。过氧化物值则与过氧化酶活性变化有相反趋势。即缺铁处理，过氧化物值升高；过氧化物酶活性为峰值的铁处理，其过氧化物值亦低（如图 1）。

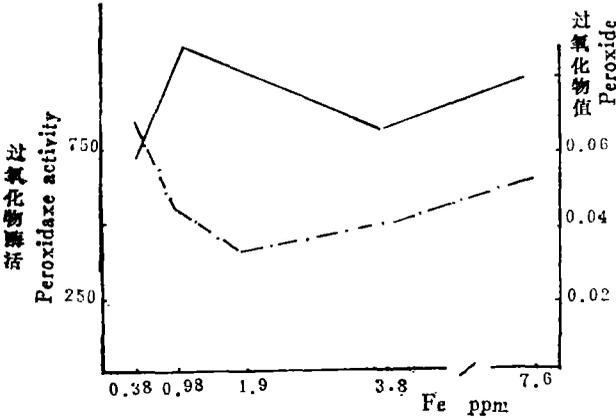


图 1 铁对荚期根部过氧化物酶（值）影响

Fig.1 The effect of iron on peroxidase and peroxide of root on podding stage

缺铁胁迫干重变化，与过氧化物酶活性有相似之处，即缺铁胁迫大豆荚期根部干重，花期叶干重低，增加水培介质铁浓度，其干重增加(图2)。

2. 叶绿素

铁对大豆叶绿素含量有促进作用。缺铁胁迫，叶绿素a、b含量均低，尤其是叶绿素b，随着介质中铁供应量增加，叶绿素a、b含量相应增高（如图3）。

3. 硝酸还原酶

在一定铁浓度范围内，随着铁浓度增加，NR活性相应增强，但高铁处理，如 3.8ppm 铁处理，表现出高铁对NR的毒害抑制作用。缺铁胁迫，功能叶NR活性亦低。单株全叶含氮量与NR活性有类似趋势（如图4）。

(二) 品种间缺铁响应比较

1. 过氧化物酶。种子萌发期，过氧化物酶存在于大豆根，下胚轴，子叶等部，以

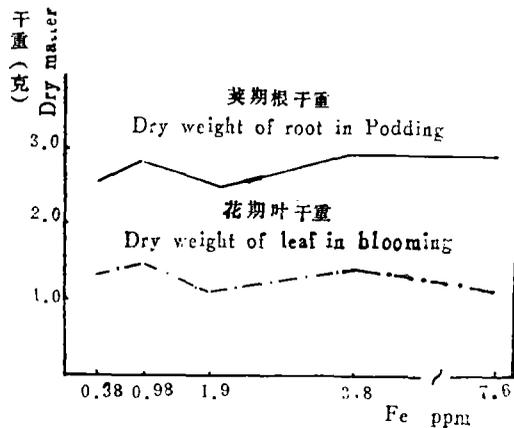


图 2 根叶干重与铁的关系

Fig. 2 The relationship between iron and dry matter of root and leaf

子叶中活性较高（如表 1）。

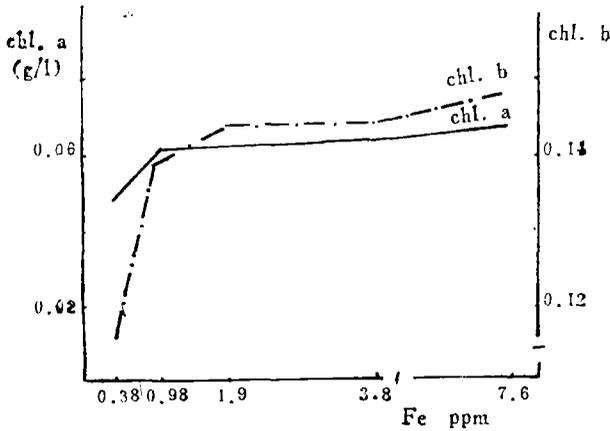


图 3 铁与叶绿素的关系

Fig. 3 The relationship between iron and chlorophyll

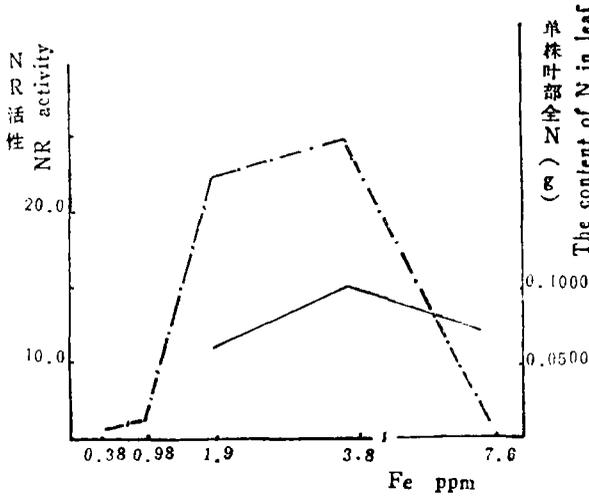


图 4 铁与 NR、全 N 关系

Fig. 4 The relationship between iron and NR activity and N content

表 1 过氧化物酶活性

(单位/克鲜重/5分钟)

Table 1 Activity of peroxidase (Unit/g Fwt/5m)

品种 Varieties	器官 Organs	根 Root	下胚轴 Hypocoty	子叶 Cotyledon
中油83—19 Zhongyon 83—19		0.701	1.516	3.932
涡 7515—64 Wuo 7515—64		0.832	20.603	0.501
郑长叶 7号 Zhengchangye 7		0.814	1.149	5.75

随着大豆生长发育进行,根部过氧化物酶活性渐高,直至结荚期。叶次之。但品种间同一器官过氧化物酶活性出现明显差异(如表2)。如第一片复叶期、中油83—19、跃进5号根部过氧化物酶活性较高,其余品种过氧化物酶活性高低依次是涡7515—64,郑长叶7号。前二者过氧化物酶活性较后二品种高,一般高约41.5—81.5%,最高达2.7—4.8倍。叶部差异不明显。从第3片复叶期起,原来根部过氧化物酶活性高的品种,其活性逐渐降低,原来活性低的品种,其根部过氧化物酶活性渐高,以后这种变化趋势愈明显,直至荚期。

表2 品种间过氧化物酶活性比较

Table 2 Comparison of peroxidase activity of different varieties

项 目 Items		过氧化物酶活性(单位/克鲜重/5分钟) Peroxidase activity				过氧化物值(碘%) Peroxide (I%)		
生育期 Growth period	部位parts	第一复叶 1st leaf	第三复叶 3rd leaf	花 期 Flowering	荚 期 Podding	分枝期 Branching	花 期 Flowering	荚 期 Podding
		根 叶 Root leaf	根 叶 Root leaf	根 Root	根 Root	根 Root	根 Root	根 Root
品 种 Varieties	ppm Fe							
中油83—19 Zhongyou 83—19	0.38	190.8 17.8	45.0 5.8	141.0	717.6	0.045	0.047	0.069
	3.8	98.9 8.1	42.5 5.8	227.5	827.1	0.0410	0.043	0.41
涡7515—64 Wuo7515— 64	0.38	134.8 9.9	37.5 6.9	186.8	1393.4	0.024	0.026	0.044
	3.8	54.5 11.4	54.0 9.6	263.1	992.5	0.020	0.037	0.042
跃进5号 Great strode 5	0.38	193.9 9.7	59.0 6.4	175.9	709.4	0.017	0.043	0.113
	3.8	97.7 12.3	37.8 8.7	159.9	1240.6	0.033	0.053	0.037
郑长叶7号 Zhenchang yie 7	0.38	33.3 9.9	60.0 4.9	211.2	914.5	0.015	0.091	0.022
	3.8	26.0 11.8	38.3 4.8	164.3	1335.5	0.018	0.076	0.050

缺铁胁迫,品种间根,叶中过氧化物酶活性,于花前无明显变化趋势,从花期开始,缺铁胁迫,过氧化物酶活性降低。如中油83—19根部过氧化物酶活性较正常供铁处理低约13%。郑长叶7号低约32.5%,跃进5号低42.8%,显然跃进5号品种缺铁胁迫响应高于其它品种。

分枝期、花期、荚期根部过氧化物值、缺铁胁迫,其值一般高于正常铁素处理。如中油83—19,涡阳7515—64二品种,其余二品种缺铁胁迫的过氧化物值反映不太一致。缺铁胁迫、中油83—19过氧化物值较正常处理高9.0—68.3%,平均高29.1%,缺铁胁迫,涡7515—64,根部过氧化物值较正常处理高4.8—20%,平均12.4%,其缺铁胁迫响应,前者高于后者(如表2)。

2. 叶绿素含量

缺铁胁迫,大豆叶绿素a、b一般下降。品种间对缺铁胁迫响应不同(如表3)。中

油83—19从第3片复叶到荚期, 叶绿素a较正常处理降幅9.3—26.3%, 平均下降19.2% 叶绿素b降幅14.8—31.2%, 平均下降13.2%; 叶绿素b降幅2.9—64.6%, 平均下降31.8%。跃进5号叶绿素a降幅为4.9—23.1%, 平均下降11.2%; 叶绿素b降幅5.5—23.1%, 平均下降12.9%, 郑长叶7号品种叶绿素a降幅13.9—27.3%, 平均下降20.6%; 叶绿素b降幅10.3—23.2%, 平均下降16.8%。

表3 缺铁胁迫对品种间叶绿素影响

(单位克/升)

Table 3 The stress response of iron deficiency to the formation of chlorophyll of different soybean varieties (g/l)

生育期 Growth period	第一片复叶期 The first	分枝期 Branching		花期 Flowering		荚期 Podding			
项目 Items ppm Fe	Chl a	Chl b	Chl a	Chl b	Chl a	Chl b	Chl a	Chl b	
中油83—19 Zhongyou 83—19	0.38	0.0600	0.0380	0.0179	0.0735	0.0498	0.0473	0.0488	0.1100
	3.8	0.0865	0.245	0.1290	0.0670	0.0585	0.0555	0.0651	0.1490
涡7515—64 Wuo 7515— 64	0.38	0.0543	0.0167	0.1480	0.0795	0.0800	0.0257	0.0779	0.1680
	3.8	0.0789	0.0232	0.1550	0.0789	0.0730	0.0725	0.0810	0.1730
跃进5号 Great strode 5	0.38	0.0610	0.0152	0.1330	0.0695	0.0554	0.0382	0.0601	0.1780
	3.8	0.0650	0.0169	0.1730	0.0688	0.0623	0.0497	0.0637	0.1353
郑长叶7号 Zhenchang- yie 7	0.38	0.0538	0.0140	0.1399	0.0669	/	/	0.0512	0.1080
	3.8	0.0625	0.0156	0.1340	0.0674	/	/	0.0704	0.1429

综上所述, 缺铁胁迫叶绿素a平均下降幅度以中油83—19明显, 其余依次是郑长叶7号, 涡阳7515—64, 跃进5号; 叶绿素b下降幅度以涡阳7515—64, 中油83—19较大, 郑长叶7号, 跃进5号次之。

3. 硝酸还原酶

缺铁胁迫大豆硝酸还原酶活性下降(表4)。缺铁胁迫郑长叶7号硝酸还原酶活性

表4 缺铁胁迫品种间NR活性比较

(单位NO₂ ppm/克鲜重)Table 4 Comparison of NR activity in different varieties under the stress responses of iron deficiency NO₂ 2ppm/g Fwt

品种 Varieties ppm Fe	中油83—19 Zhongyou 83—19	涡7515—64 Wuo 7515—64	跃进5号 Great strode	郑长叶7号 Zhenchangyie 7
0.38	20.65	53.92	4.02	23.76
3.80	30.04	56.06	6.15	52.42

较正常处理下降54.7%，跃进5号下降34.6%，中油83—19下降31.3%，涡阳7515—64胁迫响应最小，为3.8%。

4. 抗坏血酸

缺铁胁迫，大豆根部抗坏血酸含量均下降（表5）。品种间缺铁胁迫响应大小顺序依次是：郑长叶7号抗坏血酸较正常下降67.8%，中油83—19下降60.0%，涡阳7515—64下降19.5%，跃进5号下降56.6%。

表5 分枝期品种间根部抗坏血酸含量 (单位: Vit Cmg/100克鲜重)

Table 5 Vitamin C content of the root in different varieties in the branching period

品 种 Varieties	中油83—19 Zhongyou	涡7515—64 Wuo 7515—64	跃进5号 Great strode 5	郑长叶7号 Zhenchang-
ppm Fe	83—19	Wuo 7515—64	Great strode 5	yie 7
0.38	0.0378	0.0363	0.0341	0.01478
3.80	0.0945	0.0894	0.0785	0.4584

(三) 讨 论

铁为植物必需元素之一，在植物生命活动中作为细胞构成和酶促反应辅助因子，以氧化态，与卟啉结合形成多样，多功能的活性化合物，按反应物的氧化电位，接受或作为电子供体，与广泛的氧化还原反应有密切的联系。过氧化物酶是含铁卟啉氧化酶。缺铁胁迫，花期以后根部过氧化物酶活性下降。在此前，其活性变化无明显趋势，与 P. C. DEKOCK 等结果不同，其水培介质中铁浓度较本研究低。分别为 0.1、0.5、2.5ppm 铁。一般缺铁胁迫响应，与缺铁严重程度有关。

据报导，铁有阻止过氧化物形成的阻化剂功能，但不能清除已经形成的过氧化物，缺铁胁迫，植株体内毒性过氧化物增加，过氧化物酶清除毒物能力下降，对于保护机体生理代谢正常进行，免遭过氧化物毒害极为不利。这可能是缺铁胁迫硝酸还原酶活性下降，大豆叶部全氮含量不高的重要原因之一。

本试验结果表明，铁对大豆过氧化物酶活性加强，增加叶绿素含量均有积极作用，与 P. C. Dekock 等结果相似。

绿色植物叶绿体结合的铁，多达细胞含铁总量的 75%。铁促进卟啉原的形成，显然，缺铁胁迫，大豆叶绿素下降，叶片黄化。

抗坏血酸有结合氧为除氧剂，还原高价金属离子，将氧化还原电势转移到还原范围，减少产生不良的氧化产物等作用。缺铁胁迫大豆根部还原型抗坏血酸大幅度下降，可能与增生的大量过氧化物消耗有关。

缺铁胁迫还原型抗坏血酸含量下降，过氧化物值增加，氧化还原电势偏氧化范围，加剧所剩无几的低价铁的无效性，植株体内愈感有效铁枯竭。若介质中铁供应状况不能改善，则上述恶性循环愈演愈烈，以致叶片黄化，全株枯萎死亡。

品种间表现出过氧化物酶活性差异。受基因控制, 与品种生长发育快慢有关。凡生长发育快的品种, 其根部过氧化物酶活性高峰出现早, 对根部形态建成有利。

参 考 文 献

- [1] 华东师大植生教研组, 1936, 植物生理学实验指导, 高等教育出版社, P 243—244.
 [2] 中国农科院茶叶研究所, 1983 茶树生理及茶叶生化实验手册, 农业出版社, P. 231—233, 249—250.
 [3] 吴明才, 1983, 大豆科学, 2. p 93—99.
 [4] Wallace, J. M. 1957. Dissertation Abstract. XV 11: 2398
 [5] Sironval, C. 1958. Nature, London. 182: 1170—1171.
 [6] Nakamura, V. H. 1941. Jap. Jour. Bot. 11: 221—236.
 [7] Akazawa, T. et al. 1958. Jour. Biol. Chem, 232: 403—415.
 [8] Galston, A. W. 1953. Biochem. 42: 456—470.
 [9] Kenten, R. H. 1955, Biochem. Jour, 61: 353—359.
 [10] Kenten, R. H. et al. 1950, Biochem Jour. 46: 67—73.
 [11] Dekock, P. C. et al. 1959, Plant physiology. 599—604.
 [12] Kamerbeek, G. A. 1956. Acta Bot, Neerl, 5: 257—263.

STUDY IN THE IRON OF SOYBEAN II. THE STRESS RESPONSE TO IRON DEFICIENCY OF SEYBEAN

Wu Mingcai Qu Zhen
 (Oil Crops Research Institute
 Chinese Academy of Agriculture Sciences)

Abstracts

Iron has positive effect on the formation of chlorophyll, and vitamin C of soybean. Iron deficiency can increase the value of peroxide, decrease the nitrate reductase and peroxidase activity. The weakening of self-protection of soybean has a great relationship with the decreasing of nitrate reductase activity and the increasing of the oxidation-reduction potential. These factors influence the effectiveness of the limited iron, so that causes the decreasing of nitrate metabolism; the content of chlorophyll and the quantity of dry matter. The results of the study reveals that there are different responses in different variety to iron deficiency. For example: Great stride 5 and Zhongyou 83—19 have sensitive response to iron deficiency, Zhenchangyie 7 is on the contrary. The peroxidase activity in the root of soybean has a strong relationship with the characters of soybean varieties. The peak of peroxidase activity come out early in the soybean varieties which grow and develop quicker.