

铁营养对水培芥菜和生菜生长及根系一些酶类特性的影响

刘士哲 罗健 罗庆云* 阿布**

(华南农业大学植物营养研究室, 广州, 510642)

摘要 本研究通过调节水培营养液中铁浓度分别为 0, 2.8, 5.6, 8.4, 11.2 和 14.0 mgFe/L 的 6 个水平种植生菜和芥菜, 比较这两种蔬菜在不同铁浓度下的生长及其对植物铁含量以及根系过氧化氢酶和过氧化物酶活性的影响。结果表明, 生菜和芥菜分别在 2.8 和 5.6 mgFe/L 时产量最高。在此最适水平以下, 随铁浓度的增高, 产量随着提高; 但铁浓度超过了这个水平, 生菜表现出铁中毒症状, 产量降低, 芥菜虽不表现严重铁中毒症状, 但其产量也降低了。在最适铁浓度水平下, 地下部铁含量高于地上部的芥菜对缺铁较敏感, 但不易出现铁中毒; 反之, 地下部铁含量低于地上部的生菜则不易出现缺铁, 但易出现铁中毒。在未产生严重铁中毒时, 相同的铁营养水平下, 根系过氧化物酶和过氧化氢酶活性都较高的芥菜, 其耐低铁能力较差而耐高铁能力较强; 而两种酶活性都较低的生菜, 其耐低铁能力较强而耐高铁能力较差。铁中毒并没有使根系这两种酶活性降低。

关键词 水培; 铁营养; 生菜; 芥菜; 过氧化氢酶; 过氧化物酶

中图分类号 S317

蔬菜无土栽培生产中, 常因在配制营养液过程或植物选择吸收后营养液 pH 值升高而出现缺铁现象, 生产上常用施螯合铁(如 EDTA-Fe)和适当降低营养液 pH 值来解决。关于植物铁营养需求, 特别是石灰性土壤上植物缺铁的报道很多(Romera, 1991), 近 10 多年来, 铁高效植物的筛选和生理生化特性差异方面的研究也很多(Mellytle et al, 1991; Rodriguez, 1991), 但在蔬菜作物方面铁营养的研究较少。例如陈春宏等(1992)曾用水培研究了小白菜和结球生菜铁锰之间的相互作用, 及其对过氧化物氢酶和过氧化物酶活性的影响。本文通过水培研究铁浓度水平对生菜和芥菜的生长和根系某些生理生化特性的影响, 以期为蔬菜无土栽培生产的营养液配方中铁浓度的确定以及从植物铁含量和根系酶活性方面判断作物对铁营养需求上的差异提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试作物

选用十字花科的芥菜(*Brassica juncea* Coss.)和菊科的直叶生菜(*Lactuca sativa* L.)。

1.2 试验方法

1994-03-23 收稿

*现在广东省中山市沙朗镇工作。

**现回贝宁工作。

采用华南农业大学植物营养研究室面积为 100 cm×150 cm, 容积为 100 L 的泡沫种植槽水培的方法(连兆煌等, 1994)。营养液配方为: N 8.0, P 0.74, K 4.74, Ca 2.0, Mg 1.0, S 2.0 mmol/L 和混合微量元素 3.88 mg/L。铁营养设 0, 2.8, 5.6, 8.4, 11.2 和 14.0 mgFe/L 6 个水平, 以 EDTA-Fe 为铁源, 以自来水为水源配制营养液, 其 Fe 含量为 0.17 mgFe/L。4 次重复。

种子播入蔗渣/沙 (V/V=1:1) 混合基质中, 长至 2~3 片真叶后移入定植杯内, 随即放入已配好营养液的种植槽中, 每槽种植 53 株。每天开启水泵循环 2~3 h, 生长过程只加入 1 次营养。经过 30 d 生长后每槽分别采样分析。

1.3 分析项目及方法

植株铁含量测定用干灰化-联吡啶比色法(李酉开, 1984), 根系过氧化氢酶测定用愈创木酚比色法(翁才浩等, 1988), 过氧化氢酶活性测定用 H₂O₂-碘量法(山东农学院等, 1980)。

2 结果与讨论

2.1 不同铁浓度水平对生菜和芥菜生长的影响

不同铁浓度水平对生菜和芥菜的生长有很大的影响。芥菜在不加铁时 (0 mgFe/L), 叶片出现严重缺铁黄化的症状, 随着铁浓度的增加, 黄化症状逐渐减轻, 但在 2.8 mgFe/L 时仍出现铁缺乏症状, 直至铁浓度达 5.6 mgFe/L 时症状才消失。但此后随着铁浓度的增加, 逐渐出现根系变得短粗, 分生根较少的铁中毒症状, 而叶片除了颜色较为深绿外, 并不表现严重的铁中毒症状。

生菜在不加铁时 (0 mgFe/L, 由水和其它肥料带入营养液的铁为 0.17 mgFe/L), 不表现出铁缺乏症状。随着铁浓度的增加, 逐渐表现出根系短粗, 变褐坏死, 叶片深绿色, 无光泽的铁中毒症状。在 14.0 mgFe/L 时, 表现出叶片呈现黄褐色锈斑, 根系变黑坏死, 叶片萎焉, 个别植株死亡的严重铁中毒症状。

从生菜和芥菜在不同铁浓度水平的生长情况来看, 芥菜对于低铁是很敏感的, 但可以忍受高浓度的铁; 而生菜耐低铁的能力较强, 但较易出现铁中毒。因此, 在无土栽培生产中应根据作物品种的不同来选择适当的铁浓度。

2.2 不同铁浓度水平对生菜和芥菜产量的影响

表 1		不同铁浓度水平对生菜和芥菜产量的影响 ^[1] （干物重, g/ 株）					
铁浓度/mgFe L ⁻¹		0	2.8	5.6	8.4	11.2	14.0
生菜	叶	5.32 ^b	7.09 ^a	6.85 ^a	6.04 ^b	5.89 ^b	5.27 ^b
	根	1.63 ^a	1.05 ^b	1.05 ^b	0.83 ^b	0.41 ^c	0.32 ^c
芥菜	叶	8.47 ^b	9.18 ^b	11.45 ^a	8.43 ^b	8.73 ^b	6.40 ^c
	根	1.36 ^a	1.31 ^a	1.52 ^a	1.28 ^{ab}	1.28 ^a	0.92 ^b

(1) 表中数据为 6 次重复平均值, 邓肯氏检验, 每行数据右上角字母相同的表示差异不显著 (P=0.05)

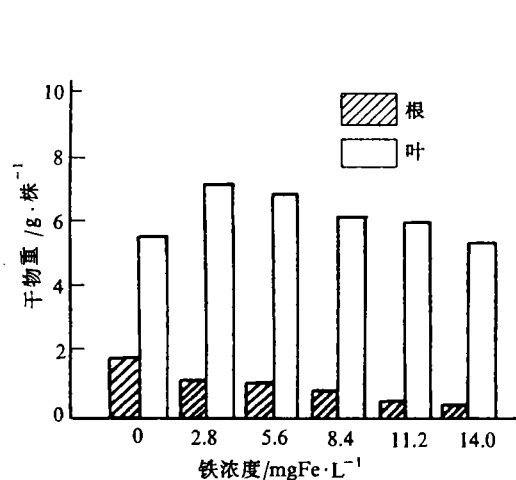


图 1 不同铁浓度水平对生菜产量的影响

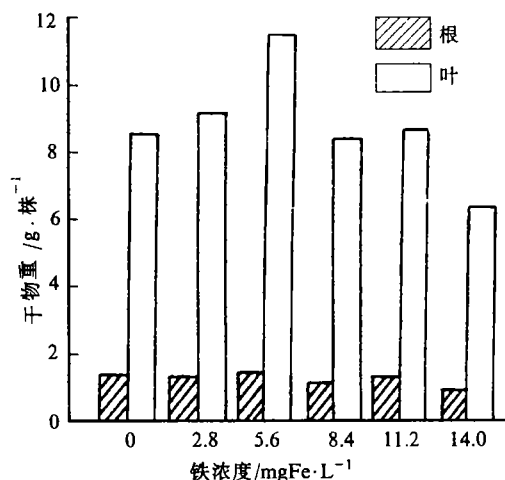


图 2 不同铁浓度水平对芥菜产量的影响

从表 1 和图 1,2 可以看出,铁浓度水平对于生菜和芥菜地上部和地下部的生长影响很大。生菜在 0 mgFe/L 时虽不表现缺铁,但其叶片的产量仍较低,而在 2.8 mgFe/L 时叶片产量达到最高,但随着铁浓度的增加,叶片和根系的产量则显著降低,这是由于铁毒所致。从表 1 和图 2 可知,在铁浓度为 5.6 mgFe/L 以下,随铁浓度的增大,产量逐渐提高;至 5.6 mgFe/L 时,叶片和根系产量均达到最大值,但铁浓度在 8.4 mgFe/L 以上时,则随铁浓度的增大,其产量逐渐降低。这是由于在低铁水平时植株缺铁而在高铁水平时产生铁中毒所造成的。

因此,水培中种植直叶生菜时其最适的铁浓度应为 2.8 mgFe/L,而种植芥菜时最适铁浓度应为 5.6 mgFe/L。

2.3 不同铁浓度水平对生菜和芥菜铁含量的影响

表 2 不同铁浓度水平对生菜和芥菜铁含量的影响^[1] (mgFe/L, 干基)

铁浓度/mgFe·L ⁻¹	0	2.8	5.6	8.4	11.2	14.0
生菜						
叶	750.2 ^a	673.3 ^{ab}	541.0 ^c	515.8 ^c	641.7 ^b	676.3 ^{ab}
根	207.5 ^c	480.6 ^d	569.6 ^c	568.5 ^c	901.4 ^a	822.6 ^b
芥菜						
叶	370.3 ^d	426.2 ^c	489.9 ^b	480.1 ^b	499.0 ^b	547.7 ^a
根	515.3 ^c	892.2 ^a	897.0 ^a	540.2 ^c	647.7 ^b	889.9 ^a

(1)表中数据为 4 次重复平均值。经邓肯氏检验,表中每行数据右上角带有相同字母的表示差异不显著 ($P=0.05$)

从表 2 和图 3 可以看到,在很低的铁浓度时 (0 mgFe/L 时营养液铁浓度为 0.17 mgFe/L),生菜叶片铁含量即达到最高,为 750.2 mgFe/kg,而此时根系铁含量最低。但生菜并不表现缺铁症状,这可能是生菜根系吸收的铁很快转运到地上部供叶片生长所需的缘故。随着营养液铁浓度提高至 5.6 mgFe/L 时,地上部铁含量开始低于地下部,而根

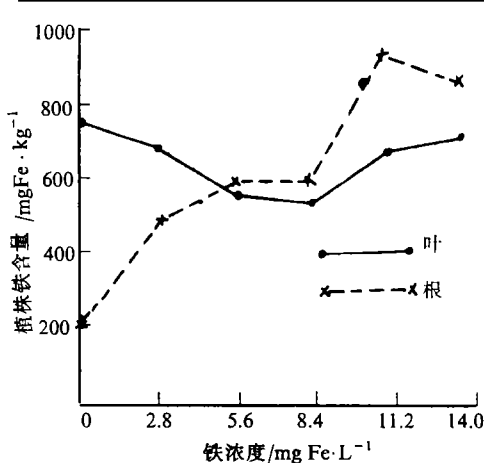


图3 铁浓度水平对生菜含铁量的影响

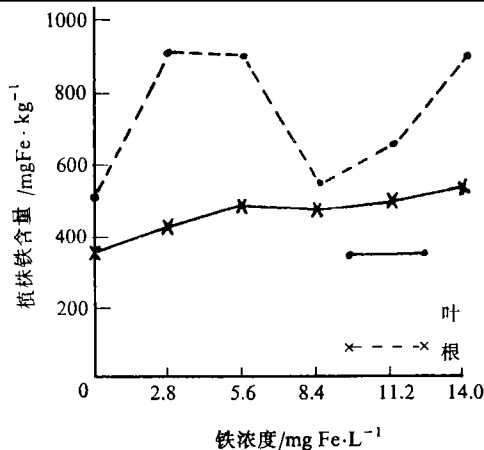


图4 铁浓度水平对芥菜铁含量的影响

系铁含量则继续提高,随后铁浓度进一步提高,叶片铁含量则一直低于地下部。这可能是在高浓度铁营养液时根系受铁毒而使地上部转运的数量相对较少所致。但铁浓度超过 8.4 mgFe/L 时,根系和叶片的铁含量均急剧增加,这可能与铁中毒非常严重,植株生理严重紊乱所致。

从表 2 和图 4 还可以看到,芥菜根系的铁含量在各种铁浓度水平时都显著地比叶片的高。这说明根系吸收的铁转运至地上部较为困难而在根系累积,因而芥菜极易出现缺铁现象,但它可以忍受高浓度铁的毒害。芥菜叶片铁含量随着营养液铁浓度的增加,在 5.6 mgFe/L 时达到最大值。此后铁浓度增至 8.4 mgFe/L 时又急剧降低,但再增大铁浓度后叶片铁含量又急剧增加。这一现象还很难解释。

从分析植株地上部和地下部铁含量水平,可能可以作为判断植株对铁营养敏感性的一个相对指标。即在未达铁中毒的营养水平时,如果地上部铁含量高于地下部的作物,其耐低铁能力较强,不易缺铁,但耐铁毒能力较差;反之,如果地下部铁含量高于地上部的作物,其耐低铁能力较差,易产生缺铁,但耐铁毒能力较强。这可能与作物体内铁的运输能力有关。

2.4 不同铁浓度水平对生菜和芥菜根系过氧化氢酶和过氧化物酶活性的影响

表 3 铁浓度水平对生菜和芥菜根系过氧化氢酶和过氧化物酶活性的影响^[1]

铁浓度/mgFe·L ⁻¹		0	2.8	5.6	8.4	11.2	14.0
过氧化氢酶活性 (分解 mg H ₂ O ₂ /g.min)	生菜	3.45 ^d	4.14 ^c	4.78 ^c	7.76 ^b	8.69 ^a	8.95 ^a
	芥菜	7.63 ^b	7.71 ^b	7.78 ^b	8.06 ^{ab}	7.52 ^b	8.85 ^a
过氧化物酶活性 (氧化愈创目酚μg/g.min)	生菜	2.76 ^c	3.39 ^b	3.25 ^b	3.87 ^{ab}	4.39 ^a	4.50 ^a
	芥菜	39.50 ^c	44.80 ^b	43.20 ^b	44.90 ^b	46.70 ^b	53.40 ^a

(1)表中每行数据右上角具有相同字母的差异不显著。邓肯氏检验, $P=0.05$ 。

从表 3 和图 5, 6 可以看出,营养液中不同铁浓度水平对生菜和芥菜根系过氧化氢酶和过氧化物酶活性的影响很大。这两种蔬菜在相同铁营养水平时的酶活性也有很大差异。在不供给铁营养时(0 mgFe/L),生菜和芥菜的这两种酶的活性都较低,特别是过氧化物酶的活性,更是显著地低于其它供应铁营养的处理,并有随着铁浓度的增加而提高

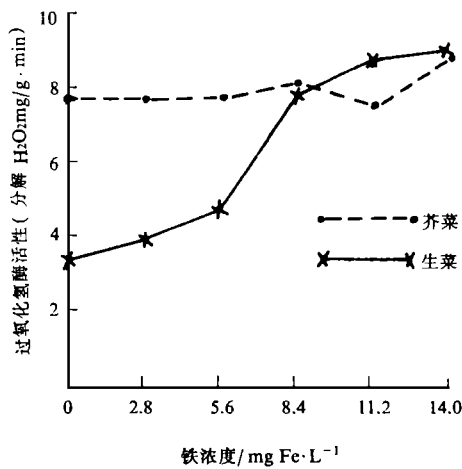


图5 铁浓度水平对生菜和芥菜根系过氧化氢酶活性的影响

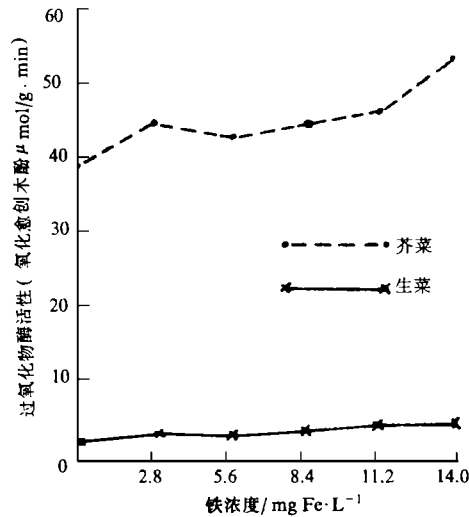


图6 铁浓度水平对生菜和芥菜根系过氧化物酶活性的影响

的趋势。但没有出现有些工作者认为的在高浓度铁时产生铁中毒而使这两种酶活性水平降低的现象(陈春宏等,1992)。特别是生菜,在铁浓度为8.4 mgFe/L时已出现很严重的铁中毒症状,这时非但过氧化氢酶活性不会降低,而且急剧升高(见图5)。究竟是什么原因造成的,有待进一步研究。

比较生菜和芥菜根系这两种酶的活性可知,在未产生严重铁中毒之前的各种铁浓度水平(5.6 mgFe/L),无论是过氧化氢酶或是过氧化物酶的活性,都是芥菜的显著高于生菜的。特别是芥菜根系的过氧化物酶活性在本试验的任何一种铁浓度水平是均比生菜的高约10倍。这也许可以作为判断作物对介质中铁营养的敏感性的一个相对指标,即在一定铁浓度水平下(未产生铁毒时),如果一种作物根系的过氧化氢酶和过氧化物酶的活性均比另一种作物的高,则其耐低铁能力较差,易出现缺铁症状,而耐高铁能力较强。这有待于在更多作物上的试验才能进一步确定。

致谢 本文承蒙连兆煌教授审阅,谨表谢忱。

参考文献

- 山东农学院,西北农学院.1980.植物生理学实验指导.济南:山东科学技术出版社,109~114
- 李酉开.1984.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社,294~296
- 连兆煌,李式军,庄仲连,等.1994.无土栽培原理与技术.北京:农业出版社,89~92
- 陈春宏,张耀林,张春兰,等.1992.铁、锰相互作用及其对植物生理生化的影响.土壤肥料,6:9~12
- 翁才浩,张国平.1988.作物的营养、施肥和诊断技术.南昌:江西科学出版社,245~247
- Mellytle C, Jolley V D, Brown J C. 1991. Iron-efficient and iron-inefficient oats and corn respond differently to iron-deficiency stress. Plant Soil, 130:165~172
- Rodriguez DE, Cianzio S R. 1991. Recent advances in breeding for improving iron utilization by plant. Plant Soil, 130:63~68
- Romera F J, Alcantara E, LA Guardia M D DE. 1991. Characterization of the tolerance to iron chlorosis in different peach rootstocks grown in nutrient solution. Plant Soil, 130:121~125

THE EFFECTS OF Fe ON THE GROWTH AND THE ACTIVITIES OF SOME ENZYMES IN THE ROOTS OF LETTUCE AND MUSTARD IN HYDROPONIC CULTURE

Liu Shizhe Luo Jian Luo Qinyun Arbu

(Lab.of Plant. Nutrition, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

This study reported the effects of Fe in the nutrient solutions with various levels, 0, 2.8, 5.6, 8.4, 11.2 and 14.4 mgFe/L on the growth, yield, Fe content in plants and the activities of catalase and peroxidase in the roots of lettuce and mustard in a hydroponic system. The results showed that the yields of the two crops were the highest when Fe concentration were 2.8 and 5.6 mgFe/L, respectively. The yields of both crops decreased if Fe increased further. Moreover, when the Fe levels were above 2.8 and 5.6 mgFe/L for lettuce and mustard, respectively, lettuce showed severe Fe toxic symptoms, but mustard only showed reduce yield. Below the optimum Fe level, the vegetable (mustard) with higher Fe content in the shoot than in the root was sensitive to Fe deficiency, but could tolerate Fe toxicity. The vegetable (lettuce) with higher Fe content in the root than in the shoot was sensitive to Fe toxicity but unlikely to show Fe deficient symptoms. Under the same Fe level at which plants did not show severe Fe toxic symptom, the vegetable (mustard) with higher activities of peroxidase and catalase in the root seemed to show poor tolerance to low Fe, but could tolerate high Fe. Lettuce with lower activities of both two enzymes in the root could tolerance to low Fe and likely show Fe toxic symptoms. The activities of the two enzymes, however, did not decrease with Fe toxicity.

Key words hydroponics; Fe nutrition; lettuce; mustard; peroxidase; catalase