

根际施肥对防治苹果缺铁黄叶病效果的研究

叶优良^{1,2}, 张福锁¹, 李絮花², 史衍玺², 许方振²

(1. 农业部植物营养学重点开放实验室, 中国农业大学 植物营养系, 北京 100094;

2. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 以山东省德州市为试验地点, 对用 TL-Fe 根系输液法矫正苹果缺铁黄叶病的效果进行了研究, 结果表明: TL₁ 根系输液 6 d 后, 苹果叶片全铁含量比 ck 增加 104.16%, 活性铁含量增加 307.61%, 14 d 后叶片全铁和活性铁达到最大值, 分别比 ck 增加了 147.35% 和 393.04%, 然后开始下降。TL₂ 处理 6 d 后, 苹果叶片全铁和活性铁含量达到最大值, 分别比 ck 增加 273.22% 和 642.14%, 然后开始下降。TL₁ 处理苹果叶片花全铁、活性铁、挂果数、座果率分别比 ck 增加 140.79%, 137.24%, 230.35% 和 696.56%, 但花朵数比 ck 减少 25.18%。TL₂ 处理苹果叶片花全铁、活性铁、花朵数、挂果数、座果率分别比 ck 增加 157.90%, 189.16%, 38.21%, 214.82% 和 150.46%。从试验结果来看, 两种浓度 TL(TL₁, TL₂) 根系输液对矫正苹果缺铁黄叶病均有较好的效果, 均可持续一年的时间, 但相比较而言, 以 TL₁ 处理效果更好, 也更经济。

关键词: 苹果; 缺铁黄叶病; 根系输液; 矫正

中图分类号: S666.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2002)01-0088-06

植物缺铁黄化是石灰性土壤上常见的生理病害, 尤其在果树上最为严重和普遍。苹果是我国栽种面积最大的水果, 也是缺铁黄叶病发病率最高的树种。由于果树大面积的失绿黄化, 给果农带来巨大的经济损失, 也严重制约了当地经济的发展。为了寻找果树缺铁黄叶病的有效防治措施, 几年来, 我们进行了大量的探索, 自行研制了用 TL 根系输液法来矫正果树缺铁, 经在苹果、桃、柑桔、葡萄等果树上应用, 都取得了良好的效果^[1~3]。为了使这一技术在生产上能够推广、应用, 我们对苹果施用 TL 后, 树体铁营养和生长状况进行了调查, 为今后植物缺铁黄叶病的防治提供了依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试地点为山东省德州市索庄镇, 土壤为潮土, 土壤基本性质见表 1, 供试树种为 7~8 年树龄的新红星。试验于 1997 年 10 月 8 日进行。

1.2 供试肥料

TL 为自行研制的新型铁肥, 呈粉末状, 是以硫酸亚铁为主的固体肥料, 用小塑料袋包装, 每包重 50 g, 铁含量 10.5%, pH 值为 6~7。施用时先将肥料溶解于水中, 分装于塑料

收稿日期: 2001-07-10

基金项目: 国家重点基础研究专题(G1999011700); 国家自然科学基金重点项目(39790100)

作者简介: 叶优良(1968-), 男, 讲师, 在读博士, 主要从事果树根际营养与施肥方面的研究工作。

袋中，在每棵树冠下分 3 个方向，挖出 2 ~ 5 mm 的苹果根后分别放于装有 TL 溶液的塑料袋中，将塑料袋系好口，放置 1~ 3 d，保证根系充分吸收^[1]。

表 1 供试土壤基本理化性质

土层深度 (cm)	有机质 (g•kg ⁻¹)	碱解氮	速效磷	速效钾	有效铜				pH
					有效铜	有效锌	有效铁	有效锰	
					(mg•kg ⁻¹)				
0~ 20	10. 1	63. 94	8. 37	146. 33	1. 68	1. 04	17. 38	22. 73	7. 4
20~ 40	12. 5	67. 68	4. 06	125. 40	2. 21	0. 99	12. 42	23. 05	7. 4
40~ 60	11. 5	53. 46	2. 49	125. 62	1. 21	0. 35	10. 73	19. 63	7. 4

1. 3 试验设计

试验设 3 个处理，每个处理选树势均一的 5 棵树，共 15 株树，随机排列。

处理 1——ck，用清水进行根系输液。

处理 2——TL₁，每 1 包 TL 溶于 6 L 水中，分装 15 个塑料袋，用 5 棵树，溶液铁浓度为 57. 06 mg•L⁻¹。

处理 3——TL₂，每 2 包 TL 溶于 6 L 水中，分装 15 个塑料袋，用 5 棵树，溶液铁浓度为 114. 12 mg•L⁻¹。

1. 4 分析测定

在 TL 使用前、后每棵树采集新梢中部 7~ 8 片叶，采后立即用蒸馏水漂洗干净，在 70 ℃烘箱中烘干，用玻璃研钵磨细，备用。

叶绿素测定采用日本 Minolta 公司生产的 SPAD- 502 手持叶绿素仪活体测定^[8]，施铁肥前后测定新梢中部 7~ 8 片叶。

全铁用烘干叶片干灰化法测定^[4]，260 ℃碳化，580 ℃灰化，加 2 mL 1: 1 HCl 溶解，蒸馏水定容至 20 mL，用 PK-2100 原子吸收测定。

活性铁测定用 0. 1 mol•L⁻¹的 HCl 与烘干叶片按 50: 1 的比例浸提，静置 24 h，过滤，用 PK-2100 原子吸收测定^[6,9]。

1998 年 4 月在苹果盛花期采集花，并调查开花情况。5 月 22 日调查座果情况。花采回后立即烘干，用玻璃研钵磨细，备用。

2 结果与分析

2. 1 施用 TL 后苹果叶片叶绿素含量的变化

由表 2 可见，在 1997 年秋季施用 TL 前、后苹果叶片叶绿素含量并没有明显变化。而 1998 年 5 月 22 日测定时，TL₁ 和 TL₂ 处理叶绿素含量分别比 ck 增加了 37. 36% 和 52. 42%，而且 TL₂ 处理的叶绿素含量比 TL₁ 处理还高 10. 96%。到 7 月 25 日测定时，TL₁ 处理和 TL₂ 处理苹果叶片叶绿素含量分别比 ck 增加 27. 59% 和 24. 23%，但两个处理间的叶绿素含量相差不大，TL₁ 处理略高于 TL₂ 处理。10 月 17 日测定时，TL 处理的叶绿素含量虽然仍高于 ck，但差别已不大，TL₁ 处理和 TL₂ 处理仅分别比 ck 高 9. 15% 和 13. 53%，以 TL₂ 处理叶绿素含量略高。苹果叶片叶绿素的变化说明，在 1997 年秋季施用 TL 时，苹果生长已进入营养储藏期，对当时苹果叶片叶绿素含量没有明显影响，但当年树体储藏的铁可以满足

来年果树的生长对铁的需求, 尤其是 5 月和 7 月这两个苹果缺铁黄化高峰期叶绿素含量明显高于 ck, 就充分证明了 TL 根系输液矫正苹果缺铁黄叶病的效果。同时从表 2 可以看出, 尽管两种浓度 TL 都可以使苹果叶片叶绿素含量增加, 相比较而言, TL₂ 效果较好。

表 2 TL 根系输液对苹果叶绿素含量的影响 (SPAD)

采样日期	ck ($X \pm S$)	TL ₁ ($X \pm S$)	TL ₂ ($X \pm S$)
1997- 10- 08	33. 50 \pm 3. 39	33. 22 \pm 3. 58	33. 17 \pm 2. 40
1997- 10- 14	40. 16 \pm 4. 38	43. 60 \pm 3. 73	44. 00 \pm 5. 30
1998- 05- 22	32. 28 \pm 3. 97	44. 34 \pm 1. 44	49. 20 \pm 3. 52
1998- 07- 25	35. 66 \pm 3. 93	45. 50 \pm 4. 59	44. 30 \pm 4. 12
1998- 10- 17	48. 50 \pm 2. 10	52. 94 \pm 2. 34	55. 06 \pm 2. 94

2.2 施用 TL 后苹果叶片全铁含量的变化

叶片全铁含量高低是反映苹果树体铁营养状况的重要指标。从表 3 可见, 通过根系输液给苹果树体供应 TL 铁以后, 叶片全铁也发生了明显的变化。在 1997 年 10 月 8 日施肥前, 供试苹果树叶片全铁含量基本一致, 而根系输液 6 d 后, TL₁ 处理叶片全铁含量比 ck 增加 127. 17 mg·kg⁻¹, TL₂ 处理则比 ck 增加 333. 58 mg·kg⁻¹。14 d 后, TL₁ 处理叶片全铁含量比 ck 增加 201. 11 mg·kg⁻¹, TL₂ 处理比 ck 增加 175. 46 mg·kg⁻¹。表明 TL₂ 处理 6 d 后叶片全铁含量达最高值, 比 ck 增加 273. 22%, 而 TL₁ 处理则在 14 d 后达最大值, 比 ck 增加 147. 35%。两种浓度 TL 处理, 以浓度较高的 TL₂ 吸收的较快, 因而叶片全铁变化得也快。经过一个冬季的储藏, 到 1998 年 5 月 22 日测定时, TL₁ 处理和 TL₂ 处理的苹果叶片全铁含量都明显低于 1997 年冬测定的结果, 但仍明显高于 ck: TL₁ 处理苹果叶片全铁含量比 ck 增加了 62. 28%; TL₂ 处理比 ck 增加 109. 38%。7 月 25 日测定时, TL₁ 处理苹果叶片全铁含量和 5 月 22 日的测定结果基本一致, 比 ck 高出 91. 69 mg·kg⁻¹, 增加了 134. 9%; 而 TL₂ 处理的叶片全铁含量虽高出 ck 34. 32 mg·kg⁻¹, 却明显低于 TL₁ 处理, 仅为后者的 64. 07%。10 月 17 日测定时, 树体已进入营养储藏期, ck 叶片全铁含量也显著提高, TL₁ 处理和 TL₂ 处理仍分别比 ck 增加 18. 13% 和 7. 05%, 但差别已不大, 说明通过 TL 根系输液给树体补充铁只能维持一年的时间。

表 3 TL 根系输液对苹果叶片全铁含量的影响

mg·kg⁻¹

采样日期	ck ($X \pm S$)	TL ₁ ($X \pm S$)	TL ₂ ($X \pm S$)
1997- 10- 08	125. 44 \pm 14. 97	129. 88 \pm 6. 77	127. 30 \pm 7. 38
1997- 10- 14	122. 09 \pm 11. 26	249. 26 \pm 46. 84	455. 67 \pm 182. 83
1997- 10- 22	136. 51 \pm 10. 48	337. 66 \pm 43. 29	311. 97 \pm 12. 40
1998- 05- 22	98. 76 \pm 12. 43	160. 27 \pm 20. 19	206. 78 \pm 33. 73
1998- 07- 25	67. 97 \pm 7. 24	159. 66 \pm 25. 39	102. 29 \pm 14. 16
1998- 10- 17	200. 66 \pm 45. 71	237. 03 \pm 24. 78	214. 81 \pm 15. 68

2.3 施用 TL 后苹果叶片活性铁含量的变化

一些研究表明^[5-7], 叶片全铁难以准确反映植物体内铁营养状况, 而叶片活性铁才是较好的铁营养诊断指标。从表 4 可以看出, 通过根系输液供铁后, 苹果叶片活性铁也明显增加。与 ck 相比, 根系输液 6 d 后, TL₁ 处理的含量增加了 307. 61%, TL₂ 处理增加了

642.14%。根系输液 14 d 后, TL₁ 处理叶片活性铁含量仍继续上升, TL₂ 处理的则开始下降, 分别比 ck 提高 393.04%, 369.17%。1998 年 5 月 22 日测定时, TL₁ 和 TL₂ 处理的叶片活性铁含量比 1997 年冬均有所下降, 但仍分别比 ck 高 158.91% 和 246.98%。到 7 月 25 日测定时, 各处理的叶片活性铁含量继续下降, 以 TL₂ 处理下降最多, TL₁ 和 TL₂ 处理比 ck 提高的幅度分别降至 188.98% 和 178.10%。到 10 月 17 日测定时, ck 和 TL 处理叶片活性铁含量都明显上升, 尤以 ck 上升幅度最大, 但两种浓度 TL 处理叶片活性铁含量仍明显高于 ck, TL₁ 和 TL₂ 分别比 ck 高出 58.59% 和 33.42%。

表 4 TL 根系输液对苹果叶片活性铁含量的影响 mg·kg⁻¹

采样日期	ck (<i>X</i> ± <i>S</i>)	TL ₁ (<i>X</i> ± <i>S</i>)	TL ₂ (<i>X</i> ± <i>S</i>)
1997- 10- 08	36.08±4.29	35.39±4.18	38.64±5.72
1997- 10- 14	34.69±8.84	141.40±25.85	257.45±109.55
1997- 10- 22	43.76±4.24	215.74±17.42	205.31±16.89
1998- 05- 22	32.93±3.97	85.26±3.84	114.26±6.68
1998- 07- 25	27.49±2.42	79.44±17.24	76.45±8.70
1998- 10- 17	113.96±12.37	180.73±4.41	152.05±18.85

2.4 施用 TL 后苹果花铁含量变化

由表 5 可见, 施用 TL 后, 同叶片变化一样, 苹果花铁含量明显上升。与 ck 相比, TL₁ 处理苹果花全铁含量增加 496.15 mg·kg⁻¹, TL₂ 处理的苹果花全铁含量增加 556.45 mg·kg⁻¹, 分别比 ck 增加 140.79% 和 157.90%。同全铁变化一样, TL 根系输液后, 苹果花活性铁含量也明显上升。TL₁ 处理苹果花活性铁含量比 ck 增加 165.07 mg·kg⁻¹, TL₂ 处理的苹果花活性铁比 ck 增加 227.52 mg·kg⁻¹, 分别比 ck 增加 137.24% 和 189.16%。而且花全铁和活性铁变化一致, 都是 TL₂ 处理明显高于 TL₁ 处理。

2.5 施用 TL 后苹果开花、座果情况的影响

为了了解施用 TL 后对苹果开花、座果情况的影响, 我们就此进行了调查。由表 5 可见, TL₁ 处理后苹果花朵数比 ck 减少 28.51%, 而 TL₂ 处理后苹果花朵数比 ck 增加 38.21%。两种浓度 TL 处理后, 苹果挂果数均明显增加, TL₁ 处理苹果挂果数比 ck 增加 230.35%, TL₂ 处理的苹果挂果数比 ck 增加 214.82%, 以 TL₁ 处理挂果数略高。两种浓度 TL 处理后, 苹果座果率也明显上升, TL₁ 处理苹果座果率比 ck 增加 362.05%, TL₂ 处理苹果座果率比 ck 增加 127.68%。

表 5 TL 根系输液对苹果开花、座果的影响

处理	花全铁 (mg·kg ⁻¹) (<i>X</i> ± <i>S</i>)	花活性铁 (mg·kg ⁻¹) (<i>X</i> ± <i>S</i>)	花朵数 (<i>X</i> ± <i>S</i>)	挂果数 (<i>X</i> ± <i>S</i>)	座果率(%) (<i>X</i> ± <i>S</i>)
ck	352.41±94.08	120.28±4.81	2 214.0±204.16	92.75±70.94	4.19±3.78
TL ₁	848.56±88.44	285.35±9.81	1 582.8±168.73	306.40±51.28	19.36±14.43
TL ₂	908.86±123.16	347.80±10.98	3 060.0±211.04	292.00±76.70	9.54±4.66

3 讨论

从本次试验结果来看, 两种浓度 TL 对矫正苹果缺铁黄叶病都有较好的效果。相比较而

言, TL_1 处理由于铁浓度较低, 施用后叶片全铁、活性铁和叶绿素增加要慢一些。 TL_2 处理由于铁浓度比 TL_1 处理高一倍, 施用后根系对铁的吸收快, 叶片全铁、活性铁和叶绿素增加得也快, 但全铁和活性铁下降得也快。因此, 到 1998 年 7 月 25 日测定时, TL_2 处理苹果叶片全铁和活性铁含量均明显低于 TL_1 处理。这就说明, TL_1 处理浓度较低, 通过被动吸收对树体造成的毒害轻, 树体吸收的时间长, 树体储藏的铁多, 向其他部位转运的也多, 因此用于矫正苹果缺铁黄叶病持续的时间也长。 TL_2 处理浓度高, 虽然树体吸收的快, 体内储藏的铁浓度高, 但由于吸收时间短, 铁可能只在局部累积, 而且浓度过高易对树体造成伤害, 因此用于矫正苹果缺铁黄叶病持续的时间短, 后期的效果也不如 TL_1 处理。从施用 TL 后苹果开花、座果情况来看, 虽然 TL_2 处理花铁含量、花朵数、挂果数及座果率都明显高于 ck, 但座果率比 TL_1 处理低得多, 挂果数也略低。这就说明, 由于 TL_2 处理浓度太高, 可能对苹果花芽的形成和座果造成伤害。因此, 综合本次试验结果来看, 以 TL_1 处理矫正苹果缺铁黄叶病效果更好, 也更经济。

参考文献:

- [1] 叶优良, 史衍玺, 吕世华, 等. TL 根系输液防治果树缺铁黄叶病研究 I. 在几种果树上的应用效果[J]. 北方果树, 2001, (1): 8-9.
- [2] 张崇玉, 梁圉社, 叶优良, 等. 螯合铁肥对矫治果树叶片黄化症的效果[J]. 陕西农业科学, 1998, (9): 43-45.
- [3] 吕世华. 桃树黄化病施铁矫正的效果[J]. 四川农业大学学报, 1994, 12(2): 227-230.
- [4] 南京农业大学主编. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1994. 222-230.
- [5] 何念祖译. 植物的铁营养[J]. 土壤学进展, 1986, (1): 19-23.
- [6] 黄宏义. 果树缺铁失绿症的叶片诊断研究[J]. 中国果树, 1986, (1): 5-8.
- [7] 杨玉爱, 吕滨. 柑桔的铁营养诊断方法的探讨[J]. 土壤通报, 1988, 19(2): 74-77.
- [8] Peryea F J, Kammereck R. Use of Minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees[J]. Journal of Plant Nutrition, 1997, 20(11): 1457-1463.
- [9] Koseoglu A T, Acikgoz V. Determination of iron chlorosis with extractable iron analysis in peach leaves [J]. Journal of Plant Nutrition, 1995, 18(1): 153-161.

Effects of Rhizosphere Fertilization on Correcting Iron Deficient Chlorosis of Apple Tree

YE You-liang^{1,2}, ZHANG Fu-suo¹, LI Xu-hua², SHI Yan-xi², XU Fang-zhen²

(1. China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Shandong

Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: This study was conducted to test the TL root soaking method on correcting iron deficient chlorosis in Chao soil in Dezhou city, Shandong province. The results showed that six days after TL₁ root soaking, the total iron and active iron of apple leaves were increased by 104.16% and 307.61% respectively, comparing with ck. Fourteen days later, the total iron and active iron were increased by 147.35% and 393.04% respectively and reached the peaks. The values then began to drop. Six days after TL₂ root soaking the total iron and active iron of apple leaves were increased by 273.22% and 642.14% respectively, comparing with ck. The parameters then began to fall. After TL₁ application, the total iron and active iron of apple flowers were increased by 140.79% and 137.24% respectively, and the fruit quantity and fruit set percentage were increased by 230.35% and 696.56% respectively, yet the flower quantity was decreased by 25.18%. After TL₂ application, the total iron and active iron of apple flowers increased by 157.90% and 189.16% respectively, the flower quantity, fruit quantity and fruit set percentage were increased by 38.21%, 214.82% and 150.46% respectively. The study indicated that both TL₁ and TL₂ applications had beneficial effects on correcting iron deficient chlorosis, yet TL₁ application was better and more profitable.

Key words: Apple tree; Iron deficient chlorosis; Correction; Root soaking