

酥梨缺铁黄化症发生规律及防治技术的研究^{*}

张朝红¹, 王跃进¹, 李 琰²

(1 西北农林科技大学 园艺学院; 2 生命科学学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘 要] 对渭北地区酥梨缺铁黄化症年周期发生规律和自流式树干注射防治缺铁黄化症技术进行了研究。结果表明, 新梢速生期为黄化症迅速发生期, 新梢完全停长期为缺铁黄化症的发病高峰期; 在年周期内, 防治时间愈早, 防治效果越好; 在试验注射量下, FeSO_4 以 5 g/L 的浓度为好, 既能复绿又可避免药害; 在不同含铁化合物中, 有机铁、 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 都有一定的防治效果, 以 Fe^{2+} 最为理想; 不同 pH 注射液, 其防治效果差异不明显。

[关键词] 梨; 缺铁黄化; 年周期发生规律; 防治技术

[中图分类号] S661.206⁺.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)02-0071-04

缺铁黄化症是一种常见的植物缺素症, 危害花生、大豆、向日葵、高粱、梨、苹果、柑桔等多种作物, 尤其对多年生果树危害较为严重。据统计^[1], 全世界大约有 40% 的土壤不同程度地存在着缺铁的危害。在我国四川盆地、黄淮以北以及沿海滩涂均有缺铁黄化症的危害。西北黄土高原地区是我国落叶果树优质商品生产基地, 但其土壤为高 pH 值的石灰性土壤, 果树常受到缺铁黄化症的危害, 目前有关缺铁黄化症的年发生规律尚未见报道, 因而在缺铁黄化的防治上较为盲目。国内外果树生产中采用改良土壤、挖根埋瓶、叶面喷施或土施螯合铁等方法防治缺铁黄化症, 但多因效果不明显或成本过高, 未能大面积推广。对树干注射防治缺铁黄化症也进行过一些研究, 强力注射, 人为施加强大压力常使树干开裂, 操作时费力且注射量不易控制, 注射孔大而不愈合; 一些自流式注射装置造成树体伤口过大, 操作也不方便^[2]。本试验在对梨树缺铁黄化症的发生规律进行研究的基础上, 采用一种自流式树干注射器研究缺铁黄化症的防治技术, 以探讨防治黄化的一种新方法。

1 材料和方法

1998 年在陕西蒲城县进行预试验, 1999~2000 年进行正式试验。失绿黄化树分级参照孙楚等^[3]的方法。田间调查于 1999 年在陈庄乡一农户果园中进行, 共调查 279 株, 黄化株率为黄化树占调查株数的

百分比, 黄化指数的计算公式为:

$$\text{黄化指数} = \frac{\text{黄化株黄化级总和}}{\text{调查株数} \times \text{最高黄化级别}} \times 100\%$$

缺铁黄化的防治试验在相邻的另一农户果园中进行。该园 1988 年定植, 株行距 $1.5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 树形为不规则三主枝开心形。自流式树干注射器为西北农林科技大学无公害农药研究中心的专利产品, 每株试验树注射 100 mL 药液, 药液分别采用 FeSO_4 , FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 柠檬酸铁和 Fe-EDTA 共 5 种含铁化合物, 每处理含纯 Fe 量均为 0.1842 g , 进行不同含铁化合物的防治效果试验。由于柠檬酸铁和 Fe-EDTA 使果树严重中毒而导致大量叶片脱落, 补作含纯铁 0.05 g 。不同 FeSO_4 浓度的防治效果试验中, FeSO_4 的质量浓度分别为 2, 5, 8, 10 和 15 g/L 。还用 5 g/L FeSO_4 进行了不同时期防治效果试验, 并用 HCl 或 NaOH 调整 pH 值进行了不同 pH 值的防治试验。除防治时间试验外, 其他防治试验均在 6 月上旬进行。试验采用单株小区, 每处理重复 5~6 次。

2 结果与分析

2.1 缺铁黄化症的年周期发生规律

年周期调查结果(图 1)表明, 酥梨在渭北地区叶幕开始形成时就出现缺铁黄化, 随着新梢的生长, 缺铁黄化症迅速发生, 仅在 5 月份内, 黄化株率和黄化指数分别增加 37.72% 和 19.60%, 到 6 月中下旬

^{*} [收稿日期] 2002-05-07

[基金项目] 陕西省“九五”攻关项目(98K05-G2-02)

[作者简介] 张朝红(1970-), 男, 陕西丹凤人, 讲师, 主要从事果树学研究。E-mail: z_zhaohong@163.com

[通讯作者] 王跃进(1958-), 男, 陕西三原人, 教授, 博士生导师, 主要从事果树学研究。E-mail: wangyj@public.xa.sn.cn

多数新梢停长后, 黄化症仍继续发生。芽外分化长稍停止生长时(7 月中下旬), 树体的缺铁黄化症达到高峰, 此时也恰是果实膨大和花芽分化期, 树体营养竞争激烈。此后缺铁黄化症略有下降, 但降幅很小。这说明缺铁黄化症在自然情况下很难恢复, 必须进行人工防治。

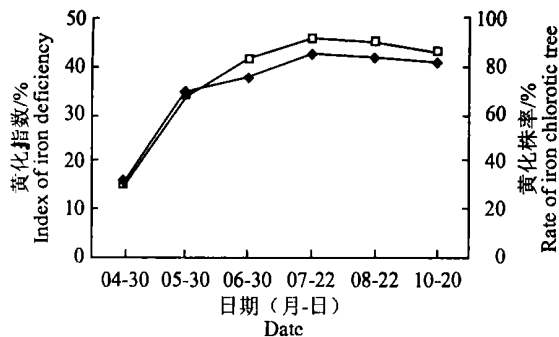


图 1 黄化症年周期发生规律
—□—, 黄化株率; —◆—, 黄化指数

Fig. 1 Happening pattern of pear iron deficiency during a year
—□—, Rate of iron chlorotic tree; —◆—, Index of iron deficiency

2.2 不同时期防治缺铁黄化症的效果

由表 1 可见, 不同时期注射铁肥后, 缺铁黄化症均有一定程度的恢复。在试验时期内防治时间愈早, 叶片复绿效果愈好。5 月 20 日防治的树在 10 月份

果实成熟时, 多数树已完全复绿, 平均失绿级仅为 0.7。因此, 在年周期内缺铁黄化的防治时期应尽可能早。

表 1 不同时期防治缺铁黄化症的效果

Table 1 Effect of different period on correcting iron deficiency

时间 Periods	原失绿级 Original chlorotic rating scores	处理后的失绿级 Chlorotic rating scores after correcting	
		30 d	10-01
05-20	3.80A a	1.20D d	0.70D d
06-20	3.83A a	1.58C c	1.08C c
07-20	3.25A a	1.92B b	1.83B b
08-20	3.50A a	2.30A a	2.30A a

注: 同一列标不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$), 标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下表同。

Notes: Different capital letter in same column means significant differences ($P < 0.01$), and small letter means significant differences ($P < 0.05$). The following tables are the same

2.3 不同浓度 FeSO_4 对防治缺铁黄化的作用

在试验浓度范围内, 随 FeSO_4 浓度增加防治黄化的效果愈好(表 2)。但浓度增加, 其药害亦明显加重。在 2 和 5 g/L 两水平未出现药害, 8 g/L 的仅出现在当年生枝条的叶片上, 10 和 15 g/L 时, 3~4 年生大枝组的叶片全部出现药害, 因此在不出现药害的前提下以 5 g/L FeSO_4 防治为好。

表 2 不同 FeSO_4 浓度防治黄化效果

Table 2 Effect of FeSO_4 concentration on correcting iron deficiency

FeSO_4 浓度/(g · L ⁻¹) Concentration	原失绿级 Original chlorotic rating scores	处理后失绿级 Chlorotic rating scores after treatments		药害情况 Injuring
		30 d	75 d	
CK	3.63A a	3.67A a	3.75A a	无 No
2	3.42A a	2.75B b	2.75B b	无 No
5	3.80A a	1.60C c	1.40C c	无 No
8	3.50A a	1.67C c	1.25C c	轻 Mild
10	4.20A a	1.50C c	1.40C c	重 Severe
15	3.75A a	1.42C c	1.33C c	严重 Severest

2.4 不同含铁化合物防治缺铁黄化的效果

由表 3 可知, 处理后第 3 天, 含 0.184 2 g 纯 Fe 的柠檬酸铁和 FeEDTA 发生严重药害, 补作的 FeEDTA 也发生严重药害, 出现一个主枝上整个叶片焦枯, 后大量脱落。含纯 Fe 0.05 g 的柠檬酸铁出现少量叶片焦枯, 其他处理叶片未中毒, 并逐渐开始复绿。30 d 时各处理已明显复绿, 以 FeSO_4 效果最好, 这种状况一直持续到 75 d。从叶片中毒及复绿情况可知, 药剂 FeEDTA 运输速度最快, 3 d 已使叶片中 Fe 积累到中毒量, 其次柠檬酸铁也较快, 高浓度中毒明显, 低浓度轻, 但防治效果较差。含 Fe^{2+} 的

FeSO_4 复绿效果略好于含 Fe^{3+} 的 2 个处理。 Fe^{3+} 可使叶片复绿, 表明树体有能力将 Fe^{3+} 还原利用。可见, 在树干注射防治缺铁黄化时, 有机铁、二价铁和三价铁均可, 但有机铁运输快, 易中毒, 二价铁效果较好。

2.5 注射液 pH 值对防治缺铁黄化的影响

植物体内汁液的 pH 值一般近中性, 细胞内细胞质也近中性, 防治缺铁黄化时注射液 pH 在 2.5~5.0 内的防治效果没有明显差异(表 4), 但 pH 值高时, 溶液中 Fe^{2+} 等易被空气氧化而发生沉淀, 溶液不稳定, 因此注射液以低 pH 值为好。

表 3 不同铁化合物防治黄化的效果

Table 3 Effect of different iron compounds on correcting iron deficiency

处理 Treatments	株注射量/g Injecting weight	原失绿级 Original chlorotic rating scores	处理后失绿级 Chlorotic rating scores after treatments		药害情况 Injuring
			30 d	75 d	
Fe ₂ (SO ₄) ₃	0 657 9	3 75A a	1 92A b	1 67A b	无 No
FeCl ₃	0 534 5	3 38A a	2 25A a	1 63A b	无 No
FeSO ₄	0 500 0	4 00A a	1 58A c	1 40A c	无 No
柠檬酸铁 Ferric citrate	0 801 9	3 67A a	—	—	严重 Severest
柠檬酸铁 Ferric citrate	0 218 7	3 83A a	2 42A a	2 08A a	重 Severe
FeEDTA	1 727 0	3 58A a	—	—	严重 Severest
FeEDTA	0 468 7	4 06A a	—	—	严重 Severest

注: 柠檬酸铁 0 801 9 g/株及 FeEDTA 1 727 0 g/株和 0 468 7 g/株, 注后引起严重药害, 大量叶片逐渐脱落, 故缺数据。
Notes: There were the severest injuries and the leaves dropped quickly after injecting ferric citrate 0 801 9 g, FeEDTA 1 727 0 g and FeEDTA 0 468 7 g for a tree, so there are not datum.

表 4 注射液 pH 对防治黄化的作用

Table 4 Effect of pH on correcting iron deficiency

pH 值 pH value	原失绿级 Original chlorotic rating scores	处理后失绿级 Chlorotic rating scores after treatments	
		30 d	75 d
2 5	4 00A a	1 92A a	1 58A a
3 0	3 33A a	1 83A a	1 33A a
3 5	3 50A a	1 67A a	1 25A a
4 0	3 83A a	1 50A a	1 40A a
4 5	3 67A a	2 00A a	1 50A a
5 0	3 50A a	1 58A a	1 42A a

3 讨 论

双子叶植物根系主要以 Fe²⁺ 离子形式吸收铁素营养, Fe³⁺ 在被吸收前首先被还原成 Fe²⁺ 才能被根系吸收利用^[4]。所以在土壤防治缺铁黄化中主要采用 Fe²⁺ 的化合物或螯合物, 而在树干注射防治中铁离子直接注入树体, 而不通过根系的吸收, 因此不存在将二价铁转化为三价铁的现象。另一方面, 双子叶植物铁从根部向地上部运输时在木质部中主要是以 Fe³⁺ 形式与柠檬酸结合而运输^[5], 故利用三价铁注射防治缺铁黄化也有一定的效果, 这与张光先

等^[6]在柑桔缺铁黄化中的研究结果一致。而 Fe²⁺ 离子注入木质部后, 其是否和根系吸收的铁一样要与柠檬酸结合才向上运输, 本研究采用咖啡噁琳与 Fe²⁺ 螯合成红色溶液进行自流式注射, 经对树干解剖观察, 在注孔以上有红色的咖啡噁琳铁出现, 据此可以推断, 在注射条件下, 在蒸腾拉力的作用下, 注入的 Fe²⁺ 可以直接在木质部中向上运输。

试验中采用的自流式树干注射器, 全部采用塑料制成, 成本低, 注射时仅在树体留直径 0 4 cm 的小孔, 操作也仅需一个人在 3~ 5 min 内便可完成, 省力、省时, 注射液在 0 5~ 24 h 内可注射完毕, 速度快, 注完后注射器还可回收重复作用, 是一种理想的防治缺铁器械。

缺铁黄化症的防治时期在本试验中以防治愈早效果愈好。这是因为早期叶片可塑性较强, 防治后新长出的叶片即可变为绿色, 因而效果较好。笔者在树木休眠期对上年发生黄化的梨树进行防治, 取得了更好的防治效果^[7]。这进一步说明防治时间愈早, 防治效果越好。

[参考文献]

[1] Vose P B. Iron nutrition in plants, a world overview [J]. Plant Nutr, 1982, 5: 233- 249
[2] 胥占义, 秦 飞, 周正标. 树木注射施药机械与使用技术进展[J]. 世界林业研究, 1998, (2): 38- 43
[3] 孙 楚, 张桂芳, 李明强, 等. 强力树干注射肥料对缺铁失绿梨产量的效应[J]. 中国果树, 1991, (4): 21- 22
[4] Olsen R A, Miller R O. Absorption of ferric iron by plant[J]. Plant Nutr, 1986, 9: 751- 757
[5] Tiffin L O. Translocation of iron citrate and phosphorus in xylem exudate of soybean[J]. Plant Physiol, 1970, 45: 280- 283
[6] 张光先, 陈德万, 孙 凡, 等. 树干注射不同含铁化合物矫正柑桔缺铁失绿研究[J]. 中国柑桔, 1993, 22(4): 27- 28
[7] 张朝红, 王跃进, 王西平. 黄叶绿制剂防治酥梨缺铁黄化症的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(3): 59- 62

Studies on iron deficiency happening pattern in pear and its correcting techniques

ZHANG Zhao-hong¹, WANG Yue-jin¹, LI Yan²

(1 College of Horticulture; 2 College of Life Sciences, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forest, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract By means of studying the happening pattern of pear iron deficiency during a year in Weibei district and its controlling techniques, the results were as follows. The time of new shoot rapid growth was the high happening period and its stop time was the high point of chlorotic grades. The earlier the deficiency was corrected, the better the effect of regreening was. The 5 g/L FeSO_4 was the best concentration in the test. It could correct the deficiency and avoid injury. Fe^{2+} , Fe^{3+} and organic iron compounds all had good effect on correcting iron deficiency, and Fe^{2+} compound is the best one. The pH of injecting liquid was not obviously different to correcting iron deficiency.

Key words: pear; iron deficiency; happening pattern; correction

· 简 讯 ·

中国杜仲次生代谢物研究取得重大成果

由西北农林科技大学张康健、王蓝教授率领的科研小组,从 1993 年开始,历时 10 年,对我国特有经济植物——杜仲的次生代谢物合成积累及其开发利用技术进行了攻关研究,取得了重大成果。2003 年 3 月 8 日通过了由陕西省科技厅组织的专家鉴定。

鉴定会专家一致认为:该项目首次在排除个体差异因素干扰的前提下,进行了杜仲叶次生代谢物合成积累动态与树木生长速率、物候期的相关性研究及其次生代谢物在杜仲树不同部位分布的差异性研究,发现了杜仲叶次生代谢物合成积累与树木生长、物候期的相关规律;杜仲叶中含量较高的次生代谢物(绿原酸、桃叶珊瑚甙、总黄酮)比杜仲树皮高及杜仲雄花黄酮含量较高的现象,为提高杜仲次生代谢物产量、正确选择杜仲最佳采收期和药用部位提供了科学依据;进行了杜仲叶中 6 种次生代谢物生态学及其个体生长发育特性的研究,发现了杜仲叶次生代谢物个体差异极其显著的特性,个体生长发育特性(遗传基因)和矿质元素是调控杜仲叶次生代谢物合成积累的重要因素;杜仲叶含胶量不仅与叶形有关,而且与叶面积呈反相关关系;通过对杜仲叶胶丝网络结构和含胶细胞长度、密度的研究,揭示了杜仲叶胶丝网络与叶脉网络相一致,含胶细胞长度、密度与含胶量呈正相关关系的规律。为提高杜仲叶次生代谢物产量提供了生物学途径;研究完成了杜仲叶一次投料、连续溶剂提取与柱层析吸附相结合分离“杜仲总甙”、总黄酮、绿原酸及酸性多糖的工艺(专利申请号:01128743.8),并提出较为准确、简便的测定方法;完成的“三步连续循环提取浓缩机组”(国家专利号:ZL 02224578.2),为杜仲含量较高的、具有产业化开发利用价值的几种次生代谢物的开发利用提供了高效的工艺技术。

围绕该项研究,在《分析化学》《林业科学》等一级学报上已发表论文多篇,其中被 SCI 收录 2 篇,CA 收录 2 篇,CAB 收录 3 篇;申报了 2 项国家专利;出版了国内外第一部系统论述我国特有植物——杜仲次生代谢物的专著《中国杜仲次生代谢物》(北京:科学出版社,2002)。法国、德国、阿尔及利亚等国专家索要论文。中国科学院周俊院士认为这一研究成果“达到了国内外同类研究的很高水平”。

综上所述,该项研究成果具有较高的学术水平和应用价值,对我国名贵药材兼工业提胶原料的杜仲树规范化种植和研究具有示范作用,对我国杜仲产业化开发有重要的作用。该项目在杜仲次生代谢物系统研究方面,达到了国际先进水平。

(窦春蕊 供稿)