

红富士苹果树小叶病与营养条件的关系*

李辉桃 周建斌 王 健

(西北农业大学, 陕西杨陵, 712100)

马文哲 党 涛 雷正贤

(宝鸡县桑果站, 陕西宝鸡, 721300)

摘 要 测定了苹果园土壤、树体中的 Zn 和有关养分的含量, 结果表明: 20个正常果园土壤有效 Zn 的平均含量为 $3.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 10个小叶病果园的土壤有效 Zn 低于 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。小叶病果树枝、叶中 Zn 的含量显著低于正常树, 根中则相反。小叶病果树枝、叶中的 P/Zn、K/Zn 和 Fe/Zn 显著高于正常树, 病叶中的 P/Zn > 100, 正常树叶的 P/Zn < 100。由此认为, 除土壤有效 Zn 不足外, 根中的 Zn 向地上部分运输受阻和营养元素间的不平衡, 也是小叶病发生的重要原因。

关键词 渭北旱塬 富士苹果树 小叶病 营养条件 养分不平衡 Zn 的运输受阻

Relationships Between Little Leaf and Nutrient Condition of Fuji Apple Trees

Li Huitao¹ Zhou Jianbin¹ Wang Jian¹

Ma Wenzhe² Dang Tao² Lei Zhengxian²

1, Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100
2, Mulberry and Fruit Station of Baoji County, Baoji, Shaanxi, 721300

Abstract The contents of Zn and other nutrients in soil and trees of orchards were measured. The results showed that in 20 orchards without little leaf the means of soil available Zn was $3.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; in 10 orchards with little leaf it was below $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The Zn contents in branches and leaves of trees with little leaf was significantly lower than that in trees without little leaf, and the reverse was true for Zn in roots, P/Zn, K/Zn and Fe/Zn in branches and leaves of trees with little leaf were significantly higher than that in trees without little leaf, and P/Zn in trees with little leaf was higher than 100. in trees without little leaf it was below 100. Therefore, it was concluded that except low available Zn in soil, retardation of Zn transportation to upper part of tree and nutrient imbalance in tree were the causes of occurrence of little leaf.

Key words Weibei rainfed highland Fuji apple tree little leaf nutrient condition imbalance of nutrient retardation of Zn transportation

① 收稿日期: 1995—11—10 * 陕西省“八五”攻关课题部分内容。

自从1932年 Chandler 等发现果树小叶病系缺 Zn 所致^[1]以来,小叶病的危害、缺 Zn 的诊断指标以及施用 Zn 肥矫治果树缺 Zn 等方面已进行了不少研究^[2~5]。但其他营养元素与缺 Zn 的关系报道不多,旱地红富士果树小叶病与土壤和植株中各种养分的关系更是少见报道。

陕西省是我国苹果生产的重要基地之一。近年来,苹果栽培面积急剧增加,苹果树小叶病的发生逐年增多,富士系尤为严重,已造成不同程度的危害。本研究在主产红富士苹果的渭北旱塬地区进行,测定了病树和正常树的土壤、根、枝和叶中几种主要营养元素的含量,探讨该区红富士苹果树小叶病与营养条件之间的关系。

1 材料与方法

供试果园在宝鸡县双白杨乡,处于渭北旱塬西部,石灰性土壤,无灌溉条件。供试苹果树均系1986年定植的红富士,栽种密度是3m×4m。1993年10月初,在该乡选10个发生小叶病中等程度的果园,每个果园选正常株和病株各4棵,分别采树冠投影下0~40 cm 深的土样,直径≤2mm 的吸收根,25 cm 长的当年生末端枝条及其叶片,每个果园按正常株和病株分别混成8个样品。同期,又在该乡选20个未发生小叶病的果园,每个果园选健康株25个,同法采集土样和叶样。以上所采土样经自然风干、研碎,通过0.5mm 孔径的尼龙筛。叶、枝、根样按标准方法洗涤、烘干^[5],用不锈钢磨粉碎。

样品的测定方法是^[6]:土壤有效 P 用 NaHCO₃浸提,钼锑抗比色法;土壤有效 K 用 NH₄AC 浸提,火焰光度计法;土壤有效 Zn 和 Fe 用 DTPA 浸提,原子吸收分光光度法;土壤 pH 用水:土=1:1的溶液,电位计法。植物样品用 H₂SO₄-H₂O₂消解,其中的 P 用钒钼黄比色法;K 用火焰光度计法;Zn 和 Fe 用原子吸收分光光度计法。测定结果用 $\bar{X} \pm S$ 表示,并用配对法^[7]对10个果园正常株和病株的各项测定结果进行 t 检验。

2 结果与分析

2.1 无小叶病果园土壤和叶片中几种养分的含量

表1上栏是20个无小叶病果园土壤和叶片中几种养分含量的平均值和标准差,下栏是苹果园土壤和叶片营养诊断常用的标准值^[8,9]。

表1 无小叶病果园土壤和叶片几种养分含量

| 项 目 | 土壤有效养分 | | | | 叶片全量养分 | | | |
|-----|----------------------|------------|-------------|--------------|---------------------|----------------|---------------|----------------|
| | P | K | Zn | Fe | P | K | Zn | Fe |
| | mg. kg ⁻¹ | | | | g. kg ⁻¹ | | | |
| 测定值 | 13.0 ±10.1 | 205 ±72 | 3.7 ±0.9 | 10.0 ±1.6 | 1.29 ±0.37 | 11.41 ±3.36 | 39.8 ±16.0 | 236.6 ±54.2 |
| 标准值 | 10~15 | 70~100 | 1~2 | 5~10 | 1.5~2.3 | 10~20 | 15~80 | 150~290 |

表1各项测定结果的变异系数都在16%以上,其中土壤有效 P 达77.8%,叶片中的 Zn 为40.2%,说明该地区果园间营养状况差异比较大。实测值与养分标准值比较,土壤有效 P 的含量在标准范围内,土壤有效 Fe 处于标准范围内的高限,土壤有效 Zn 和 K 的含量远远高于标准值。叶片中的 P 含量稍低,Zn、Fe 和 K 的含量都在标准的范围内,且 Zn 和 Fe 比较高,P/Zn=32.4。土壤和叶片中 Zn 的含量高,P 的含量不高,标志 Zn 素供应充足,P 和 Zn 不会在植株体内发生拮抗作用^[10],这是供试20个果园没有发生小叶病的根本原因。

2.2 发生小叶病果园土壤营养状况

表2 10个小叶病果园土壤 pH 和有效 P、Fe、Zn 平均含量

| 土样 | pH | 有效 P (mg. kg ⁻¹) | 有效 Fe (mg. kg ⁻¹) | 有效 Zn (mg. kg ⁻¹) |
|-------|-----------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 病株下土 | 7.94±0.16 | 10.83±5.16 | 10.40±1.75 | 0.99±0.31 |
| 正常株下土 | 7.88±0.14 | 8.25±3.23 | 9.97±1.77 | 0.70±0.32 |
| t 检验 | 1.25 | 2.37* | 0.81 | 3.97** |

注:n=10,t_{0.05}=2.31,t_{0.01}=3.36,以下表3、表4同。

由表2可以看出:(1)病株和正常株下的土壤 pH 值无明显差异。(2)病株下土壤有效 P、Fe 和 Zn 都高于正常株,Fe 未达差异显著水准,P 达到显著(P<0.05),Zn 达到极显著(P<0.01)。据调查,供试果园未施用过 Fe 肥,近两年有喷施 ZnSO₄的措施。病株下土壤有效 P 和 Zn 含量高的原因,一方面可能是喷施 Zn 肥和土施磷肥时偏施所致,另一方面是因为苹果树是多年生作物,正常株对土壤养分的吸收相对较多。(3)病株和正常株下土壤有效 Zn 的平均值均低于标准值(表1),说明土壤缺 Zn 是供试10个果园发生小叶病的重要原因。土壤中 Zn²⁺的溶解度随 pH 升高而降低,供试地区属石灰性土壤,病株和正常株下土壤 pH 均较高,加之碳酸盐对 Zn 的吸附作用,容易造成土壤缺 Zn^[1]。这些果园内未表现出小叶病的植株,很可能存在潜在性缺 Zn,若不重视施肥管理,小叶病将继续蔓延。施肥时要对症下药,除了喷施 Zn 肥外,对病株和正常株都应重施有机肥,并合理土施化学 Zn 肥。

2.3 植株根、枝、叶中养分含量

供试10个小叶病果园中,病株和正常株根、枝和叶内 P、K、Fe、Zn 的含量及其 t 检验结果列于表3。

表3 病株和正常株各器官中养分含量

| 器官 项目 | P (g. kg ⁻¹) | K (g. kg ⁻¹) | Fe (mg. kg ⁻¹) | Zn (mg. kg ⁻¹) | 根 Zn 叶 Zn | 或 | 根 Zn 枝 Zn |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---|--------------|
| | | | | | | | |
| 叶 | (1) | 1.39±0.56 | 18.05±2.33 | 258.5±40.7 | 14.09±4.77 | | 2.67±1.49 |
| | (2) | 1.32±0.29 | 14.29±2.29 | 180.8±41.6 | 16.77±5.31 | | 1.70±0.84 |
| | (3) | 0.54 | 5.11** | 4.57** | 2.35* | | 2.51* |
| 枝 | (1) | 1.32±0.15 | 3.20±0.36 | 175.9±52.2 | 9.39±4.20 | | 3.88±1.64 |
| | (2) | 1.16±0.11 | 2.96±0.22 | 131.1±44.9 | 11.93±5.16 | | 2.46±1.13 |
| | (3) | 3.49** | 2.52* | 4.02** | 3.54** | | 5.50** |
| 根 | (1) | 1.46±0.19 | 3.20±0.42 | 334.2±73.5 | 31.90±7.09 | | — |
| | (2) | 1.31±0.21 | 3.41±0.65 | 377.7±126.6 | 24.93±5.89 | | — |
| | (3) | 2.46* | 0.85 | 1.02 | 2.93* | | — |

注:(1)代表病株,(2)代表正常,(3)代表 t 检验值,以下表4同。

2.3.1 病株和正常株各器官中含 Zn 量比较 由表3看出,病株叶片和枝条的含 Zn 量显著或极显著低于正常株。周厚基等报道,国光苹果缺 Zn 发病叶片含 Zn 量<16.4mg. kg⁻¹,同一果园无病叶片含 Zn 量为21.2mg. kg⁻¹,16.4~21.2mg. kg⁻¹之间为潜在性缺 Zn^[3]。表3病叶含 Zn 量只有14.09mg. kg⁻¹,同一果园正常叶的含 Zn 量也只有16.77mg. kg⁻¹。本研究表明,渭北旱塬红富士苹果树叶片缺 Zn 的临界浓度与国光苹果树一致,而且本研究叶片测定结果和土壤测定结果完全吻合(表2)。叶和枝内 Zn 素营养不足,是小叶病发生的直接原因。

与枝、叶相反,病株根中 Zn 的含量比正常株高28%(P<0.05),而且病株的“根 Zn/叶 Zn”和“根 Zn/枝 Zn”显著或极显著高于正常株。Carroll 等报道,Zn 的供应适宜时,植物的根通常会累积

奢侈吸收的 Zn,如果生长出现缺 Zn 时,根内的 Zn 有许多会被地上部分重新利用^[11]。Riceman 报道,对植物减少供 Zn 时,根系累积的 Zn 向地上部分转移,直到根中的 Zn 含量与地上部分的 Zn 含量相等为止^[11]。本研究表明,病株枝、叶中 Zn 的含量明显降低,而根中的 Zn 显著累积,病株根中的 Zn 为什么不向地上部分转移呢?由此推断病株根中的 Zn 向地上部分的运输受到了抑制。

2.3.2 病株和正常株中含 P 量比较 由表3看出,病株根、枝、叶中 P 的含量都高于正常株,且枝、根中的差异达到显著或极显著水准。关于 P—Zn 在植株体内的关系,目前尚未定论。Biddulph 在植株体内发现, $Zn_3(PO_4)_2$ 沉淀^[12], Burselson 等认为, P—Zn 的拮抗作用发生在根部, P 干扰了 Zn 向地上部分转运^[12]。练春兰等研究指出,在缺 Zn 条件下,大麦根和叶细胞的透性增加,有利于 P 的吸收,并促进根 P 向地上部转运^[13]。本研究与上述报道一致。病株根、枝、叶中的 P 高于正常株,说明缺 Zn 植株吸收和运转 P 的能力相对较强。在生产实践中,缺 Zn 必须施用 Zn 肥,若继续大量施用磷肥,会加剧 Zn 在根中的累积和小叶病的发生。

2.3.3 病株和正常株中 K 和 Fe 的含量比较 叶片和枝条中 K 和 Fe 的含量都是病株>正常株,且达到了显著和极显著的标准。相反,根中 K 和 Fe 的含量都是病株<正常株,但未达到差异显著水平。出现这种相反的现象,主要是缺 Zn 植株对各种无机养分的吸收和运输不平衡。Jackson 等在缺 Zn 的甜玉米上发现了较高浓度的 Fe^[12], Warnock 也有类似的报道^[12]。Giordano 等研究证明,高浓度的 Fe 会抑制 Zn 的吸收和运转^[11]。供试地区土壤中 K 和 Fe 的含量较高(表1)。在阳离子吸收和运输过程中, K 是强竞争者; Zn 和 Fe 的离子半径都是 0.083nm,必然存在拮抗作用。在 Zn 素营养不足时,更会加剧 K 和 Fe 向地上部分转移。

2.4 植株根、枝、叶中的养分比例

正常生长的植物,体内的各种养分有相对稳定的比例,为了研究体内养分比例与小叶病的关系,对病株和正常株中 P、K、Fe 与 Zn 的比例进行比较(表4)。

表4 病株和正常株各器官中几种营养元素的比例

| 器官 | 项目 | P/Zn | K/Zn | Fe/Zn |
|----|-----|--------------|----------------|------------|
| 根 | (1) | 48.21±13.62 | 105.77±28.37 | 11.26±4.67 |
| | (2) | 54.82±14.94 | 143.51±43.71 | 16.22±9.84 |
| | (3) | 1.42 | 3.07* | 2.47* |
| 枝 | (1) | 169.19±84.19 | 399.64±161.57 | 20.53±6.22 |
| | (2) | 111.37±41.49 | 286.25±99.04 | 11.94±2.94 |
| | (3) | 3.33** | 3.92** | 5.30** |
| 叶 | (1) | 105.88±40.10 | 1446.26±621.78 | 20.18±6.38 |
| | (2) | 84.59±25.71 | 919.57±268.14 | 12.04±5.61 |
| | (3) | 2.82* | 3.34* | 4.50** |

由表4看出,病株根中 P/Zn、K/Zn 和 Fe/Zn 小于正常株,其中 K/Zn 和 Fe/Zn 达到差异显著水准。与根部相反,病株枝条和叶片中的 P/Zn、K/Zn 和 Fe/Zn 显著或极显著大于正常株。原因是病株根中的 P、K 和 Fe 向地上部分转移较多,而 Zn 滞留在根中较多。养分比例的显著差异说明,营养不平衡是小叶病的重要特征。

由表4还可以看出,小叶病株叶片的 P/Zn>100, Fe/Zn>20, K/Zn>1 400,其 P/Zn 与全月澳等提出的临界比值一致^[4]。关于 Fe/Zn 和 K/Zn 指标,目前尚无报道,需今后通过大样本测定进一步验证和确定。以往,矫治小叶病的方法单纯靠施用 Zn 肥。由本研究看出,果树营养失调也会造成小叶病。因此,重视施用有机肥料,有机肥料和无机肥料合理配合,科学确定各种化肥的适

宜用量,也是防治小叶病的重要措施。

3 结 论

(1)无小叶病果园里,土壤有效 Zn 的平均含量是 $3.7\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,小叶病果园里,病株和正常株下土壤有效 Zn 都低于 $1\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。小叶病的发生,首先是由土壤缺 Zn 造成的。

(2)无小叶病果园里,叶片平均含 Zn $39.8\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;小叶病果园里,病株枝条和叶片含 Zn 量明显低于正常株。病株和正常株叶片中 Zn 的平均含量分别是 $14.09\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $16.77\text{mg}/\text{kg}^{-1}$,处于缺 Zn 和潜在性缺 Zn 范围内。相反,病株根的含 Zn 量($31.90\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)显著大于正常株($24.93\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。小叶病株根中 Zn 的上运受抑制。

(3)小叶病株叶和枝中的 P/Zn、K/Zn 和 Fe/Zn 明显高于正常株。病株叶的 P/Zn >100 ,正常株叶的 P/Zn <100 ,小叶病的发生与体内营养元素比例失衡有关。

参考文献

- 1 Chandler, W. H., Hoagland, D. R. and Hibbard, P. L. Little-leaf or rosette in fruit trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1932, 28: 556~560
- 2 Smith, M. W. and Storey, J. B. Zinc concentration of pecan leaflets and yield as influenced by zinc source and adjuvants. Amer. Soc. Hort. Sci. 1979, 104(4): 474~477
- 3 周厚基, 仝月澳, 刁凤贵, 杨儒林, 王富贵. 国光苹果树缺锌的临界指标与不同锌肥新品种的肥效. 中国农业科学, 1981, (6): 56~69
- 4 仝月澳, 杨儒林, 张桂芬, 李明强. 苹果树锌营养的磷锌比指标. 中国果树, 1984, (1): 15~18
- 5 北京农业大学园艺系果树矿质营养研究室. 果树文集(5). 北京: 北京农业大学出版社, 1988. 11~30
- 6 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1980
- 7 西北农学院, 华南农学院主编. 农业化学研究法. 北京: 农业出版社, 1980
- 8 王志恒, 王吉祥. 苹果园营养化学诊断初报. 陕西农业科学, 1994, (3): 32~33
- 9 李港丽, 苏润宇, 沈隽. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究. 园艺学报, 1987, 14(2): 81~89
- 10 Stukenhoiottz, D. D., Olsen, R. J., Gerald, Gogan and Olsen, R. A. On the mechanism of P—Zn interaction in corn nutrition, Soil Soc. Amer. Proc., 1966, 30: 759~763
- 11 刘铮, 朱其清等译. 土壤微量元素译文集. 南京: 江苏科学技术出版社, 1981
- 12 中国农业科学院土壤肥料研究所译. 农业中的微量营养元素. 北京: 农业出版社, 1984
- 13 练春兰, 鲍士旦, 史瑞和. 大麦磷锌相互关系的研究. 土壤学报, 1992, (3): 282~289