

# 梨树树干注射施肥的研究\*

王跃进, 张朝红

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

**[摘要]** 将树干注射技术作为正常果树的一种施肥方式, 对比树干注射加土壤施肥、树干注射施肥和常规的土壤施肥加叶面喷肥3种施肥处理的效果, 结果表明, 含有树干注射施肥的2个处理单叶面积分别增加了8.63%和6.11%, 比叶重增加了2.90%和0.40 mg/cm<sup>2</sup>, 叶绿体色素的含量也显著增加, 其中总叶绿素增加47.76%和42.13%; 含树干注射施肥的2个处理使叶内营养元素含量较均衡, 叶片净光合速率分别提高了36.30%和21.28%, 单果重提高了17.8%和6.5%, 单株产量增加了31.77%和18.26%, 增加了座果率和成花率, 并提高了花芽质量。

**[关键词]** 梨树; 树干注射; 施肥方式

**[中图分类号]** S661.206<sup>+</sup>.2

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1000-2782(2002)04-0069-04

树干注射是依靠树体自身的蒸腾拉力或外力, 向树体内输入营养元素、生长调节剂、农药或其他物质的一种方法。它起源于1926年M. Üler发表的《植物的内部治疗》中提出的农药注入理论, 主要用于植物的蛀干害虫、维管束病虫、结包性害虫和具蜡壳保护的吸汁害虫的防治<sup>[1]</sup>, 也用于植物缺铁黄化症的防治<sup>[1-5]</sup>。木本果树的树干可将根部的水、无机盐和有机营养运输到地上各部分, 也可将地上部合成的营养运输到根部, 而且树干具有贮藏营养的特性。在木本植物施肥中, 树干是否可以作为肥料的吸收器官, 树干注射是否可以作为一种正常果树的施肥方式, 尚未见到这方面的报道。为进一步加强树干注射技术的应用, 本研究进行了树干注射施肥、树干注射加土壤施肥和土壤施肥加叶面喷肥3种施肥处理的对比试验, 以丰富果树的施肥方式。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试梨园为陕西蒲城县护难村二组果园, 品种为砀山酥梨。该园1989年定植, 株行距1.5 m × 3.5 m, 树形为不规则开心形。试验用注射专用肥为作者根据梨树正常生长所必需的多种营养元素而制成的复混液体平衡肥料(专利申请号为01130752.8), 原液呈淡绿黄色, 含N 40~95 g/L、K 15~42 g/L、Fe 2~12 g/L、Zn 1.5~8.2 g/L, 另外还含有P、Ca

Mg、Mn、B、Cu、S共11种营养元素, 使用时释稀30倍。

### 1.2 方法

1998年进行田间预备试验, 1999~2000年进行正式田间试验。试验共设3种施肥处理: 处理1, 树干注射加土施, 于1999年3月上旬用果园常用踏板式高压喷雾器加一特制的前细后粗的中空螺纹针头高压注射复混液体肥料稀释液500 mL, 每株土施尿素0.2 kg, 同年5月下旬每株再追施普通过磷酸钙0.5 kg; 处理2, 单独注射施肥, 仅注射复混液体肥料稀释液500 mL; 处理3, 土壤施肥加叶面喷肥, 为对照, 在1999年3月上旬每株开4沟施入0.5 kg尿素和25 kg牛粪, 5月下旬每株再施0.5 kg的普通过磷酸钙, 并在生长季结合喷施农药喷3次3 g/L尿素和2次2 g/L磷酸二氢钾。每处理20株, 重复3次, 并设保护行和保护株。

叶样于7月下旬采集无果短枝叶片, 采后迅速放入冰壶带回实验室, 鲜叶测定叶绿体色素<sup>[6]</sup>, 其余参照李港丽<sup>[7]</sup>方法洗涤烘干。叶面积采用剪纸称重法测算。光合特性采用LCA-3型便携式光合测定仪田间活体测定净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $E$ )、胞间CO<sub>2</sub>浓度( $C_i$ )和气孔导度( $G_s$ ), 在 $Q = (1.770 \pm 24) \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,  $T = (37 \pm 0.4)$ 和大气CO<sub>2</sub>条件下测定, 每处理8片叶。果实采收后的10月中旬, 在距树干80 cm处以树干为中心, 挖长80 cm, 深60

\* [收稿日期] 2001-12-26

[基金项目] 陕西省“九五”攻关项目(98K05-G2-02)

[作者简介] 王跃进(1958-), 男, 陕西三原人, 教授, 主要从事果树学研究工作。

cm 的剖面,调查根系数量。落叶前调查成花率和花芽重,次年花期调查每序花朵数。叶片用  $H_2SO_4-H_2O_2$  消解后,叶中营养元素 N 的测定用凯氏法, P 用钒钼黄比色法, K 用火焰光度法, Ca、Mg、Fe、Mn、Zn 用干灰化—原子吸收分光光度法, B 用干灰化姜黄比色法。果实有机酸的测定采用酸碱滴定法, 可溶性糖采用蒽酮比色法, 维生素 C 用 2, 6-二氯酚酚滴定法, 硬度用 GY-1 型果实硬度计测定, 可溶性固形物用折光仪测定。

表 1 不同施肥处理对叶片单叶面积、干/鲜比和比叶重的影响

Table 1 Effect of different fertilizing treatments on individual leaf and dry weight/fresh weight and leaf dry weight/area

处理 Treatment	单叶面积/ $cm^2$ Individual leaf area	(干重/鲜重)/% Dry weight/fresh weight	比叶重/( $mg \cdot cm^{-2}$ ) Leaf dry weight/area
1	52.86 Aa	0.4786 Aa	11.96 Aa
2	50.34 Aa	0.4592 Bb	9.46 Bb
3	44.23 Ab	0.4291 Cc	9.06 Bb

注:小写字母表示  $P < 0.05$ , 大写字母表示  $P < 0.01$ , 下表同。

Notes: The capital letters mean  $P < 0.01$  and small letters mean  $P < 0.05$ . The following tables are just the same

2.1.2 对叶片叶绿体色素的影响 试验园内叶片的色泽有显著差异, 注射加土施和单独注射施肥的叶片浓绿发亮, 本来并不失绿的土施加叶喷处理叶片相比之下变为黄绿色, 处理 3 与处理 1、2 之间的这种反差在整个生长季均极为明显。对其叶绿体色素含量进行分析后表明(表 2), 叶绿素 a、叶绿素 b、

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对叶片质量和光合特性的影响

2.1.1 对单叶面积、干/鲜比和比叶重的影响 由表 1 可知, 注射加土施和单独注射施肥这 2 种处理的春季萌芽时间明显早于传统施肥方式, 叶幕形成也早。注射加土施的单叶面积较单独注射施肥大  $2.52 cm^2$ , 较土施加叶喷大  $8.63 cm^2$ , 差异明显。不同处理的干重/鲜重和比叶重也差异极显著。

总叶绿素和类胡萝卜素均为处理 1 大于处理 2, 处理 2 大于处理 3, 其中处理 1 和处理 2 的总叶绿素含量比处理 3 分别增加 47.76% 和 42.13%。经方差分析, 总叶绿素、叶绿素 a、类胡萝卜素差异极显著, 叶绿素 b 差异显著, 但叶绿素 a/叶绿素 b 和总叶绿素/类胡萝卜素的比值差异不明显。

表 2 不同施肥处理对叶片叶绿体色素的影响

Table 2 The contents of chloroplast pigments with different fertilizing treatments

处理 Treatment	叶绿素 a/ ( $mg \cdot g^{-1}$ ) Chl a	叶绿素 b/ ( $mg \cdot g^{-1}$ ) Chl b	总叶绿素/ ( $mg \cdot g^{-1}$ ) Total chlorophyll	类胡萝卜素/ ( $mg \cdot g^{-1}$ ) Carotenoid	叶绿素 a/ 叶绿素 b Chl a/Chl b	总叶绿素/ 类胡萝卜素 Total/carotenoid
1	2.52 Aa	0.65 Aa	3.17 Aa	0.68 Aa	3.88 a	4.66 a
2	2.44 Aa	0.63 Aa	3.07 Aa	0.67 Aa	3.87 a	4.58 a
3	1.70 Bb	0.46 Ab	2.16 Bb	0.48 Bb	3.70 a	4.50 a

2.1.3 对叶片光合特性的影响 不同施肥方式对叶片净光合速率有明显的影响, 处理 1 比处理 2 增加 12.38%, 比处理 3 增加 36.30%, 方差分析差异显著(表 3)。胞间  $CO_2$  浓度与净光合速率相反, 处理

1 最小, 处理 3 最大, 其主要是由细胞光合作用消耗  $CO_2$  量的多少所决定的, 但未达到差异水平。蒸腾速率和气孔导度以处理 1 最大, 但三者没有明显的差异。

表 3 不同施肥处理对叶片光合特性的影响

Table 3 Effect of different fertilizing treatments on the photosynthetic characteristics

处理 Treatment	净光合速率/ ( $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) Net photosynthetic rate	蒸腾速率/( $mol \cdot m^{-2}$ ) Transpiration rate	胞间 $CO_2$ 浓度/ ( $\mu mol \cdot mol^{-1}$ ) Intercellular $CO_2$ concentration	气孔导度/ ( $mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) Stomatal conductance
1	9.35 Aa	$9.65 \times 10^6$ Aa	2.78 Aa	1.01 Aa
2	8.32 Aa	$9.50 \times 10^6$ Aa	2.85 Aa	0.96 Aa
3	6.86 Ab	$9.25 \times 10^6$ Aa	2.91 Aa	0.99 Aa

### 2.2 不同施肥处理对叶片矿质营养的影响

不同施肥方式对叶片内的营养元素的含量有较大影响(表 4), 采用树干注射施肥的 2 种方式, 叶片

中 N、P、Fe、Cu、Zn 比常规施肥的处理 3 明显增加, 且均为处理 1 大于处理 2。K、Mg、Mn、B、Ca 的含量为处理 3 高于树干施肥的 2 种处理, Ca、Mn 的含量

为处理 2 高于处理 1, B、K 含量处理 1 大于处理 2, Mg 含量 2 种树干施肥方式相同。尽管处理 3 施入较多尿素, 但叶片仍表现缺 N, 而处理 1 和处理 2 表现适量。Mn 在处理 3 中达 239.15 mg/kg, 高于适

量的 3 倍, 处理 1 和处理 2 中 Mn 分别下降 24.43% 和 15.87%。处理 3 B 含量高于适量, 处理 1 和处理 2 接近适量。可见, 树干施肥的 2 种方式叶片营养更趋于平衡。

表 4 不同施肥处理对叶片矿质营养的影响

Table 4 The contents of leaves nutrient element with different fertilizing treatments

处理 Treatment	N/ (g · kg <sup>-1</sup> )	P/ (g · kg <sup>-1</sup> )	K/ (g · kg <sup>-1</sup> )	Ca/ (g · kg <sup>-1</sup> )	Mg/ (g · kg <sup>-1</sup> )	Fe/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Mn/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Cu/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	Zn/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	B/ (mg · kg <sup>-1</sup> )
1	21.52	1.58	7.00	14.40	3.95	205.47	180.72	20.25	85.74	67.74
2	20.88	1.54	5.88	14.95	3.95	196.44	201.19	15.25	82.22	65.23
3	16.59	1.53	8.88	18.24	4.26	118.71	239.15	14.99	37.48	79.22

表 5 不同施肥处理果实品质和产量的影响

Table 5 Effect of different fertilizing treatments on fruit qualities and yield

处理 Treatment	单株 产量/kg Individual tree yield	单果重/g Individual fruit weight	果实硬度/ (kg · cm <sup>-2</sup> ) Firmness of flesh	可溶性 固形物/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Soluble solid	可溶 性糖/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Soluble sugar	有机酸/ (g · kg <sup>-1</sup> ) Acid	Vc/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	糖酸比 Sugar/ Acid
1	27.46 Aa	293.80 Aa	4.42 a	136.7 a	87.7 a	0.92 a	27.97 a	95.33 a
2	24.65 Ab	265.45 Ab	4.03 a	133.6 a	82.2 a	0.76 a	24.79 a	108.16 a
3	20.84 Ac	249.25 Ab	4.70 a	134.5 a	85.0 a	0.82 a	31.13 a	103.66 a

2.3 不同施肥处理对果实产量和品质的影响

由表 5 可见, 处理 1 和处理 2 的单株产量分别比处理 3 提高 31.77% 和 18.26%, 差异显著。单果重处理 1、处理 2 分别比处理 3 增加 17.8% 和 6.5%, 差异显著。果实硬度以处理 3 最大, 处理 2 最小。可溶性固形物、可溶性糖、有机酸均以处理 1 最高, 其次为处理 3。Vc 含量以处理 3 最高, 其次为处理 1。糖酸比以处理 1 最小, 其次为处理 3。综合分析, 处理 1 果实品质最好, 处理 2 和处理 3 相近。

2.4 不同施肥处理对座果率、枝根生长和成花的影响

不同施肥处理, 当年座果率有明显的差异(表

6), 花序座果率和花朵座果率均为注射施肥的 2 种处理高于常规施肥的处理。处理 1 当年新梢长度比处理 2 增加 15%, 比处理 3 增加 26.6%, 生长量明显增加。在秋季根系生长状况调查中, 剖面根数以处理 1 最多, 其次为处理 3, 处理 2 最少。3 种施肥处理对当年成花和花芽质量的影响以处理 1 最好, 其次为处理 2, 这主要是注射施肥增加了树体内的营养水平, 缓解了当年新梢生长、果实膨大、花芽分化等对养分的需求矛盾, 不仅促进了当年生长, 也为次年开花结果奠定了良好的基础。

表 6 不同施肥处理对座果率、枝根生长和成花的影响

Table 6 Effect of different fertilizing treatments on setting percentage, branch and root growing and floral bud

处理 Treatment	花序座 果率/% Flower cluster setting percentage	花朵座 果率/% Floscule setting percentage	新梢 生长量/cm Branch length	剖面 根数 Root No.	顶芽成 花率/% Floral terminal bud rate	单花芽重/mg Individual floral bud fresh weight	每序 花朵数 Floscule No. of a cluster
1	58.24Aa	13.60Aa	54.3Aa	248	55.85Aa	97.19Aa	6.79Aa
2	52.59Ab	13.41Aa	47.2Bb	191	50.76Bb	83.44Bb	6.62Aa
3	43.09Bc	11.13Bb	42.9Bc	209	43.58Cc	74.34Bc	6.34Aa

3 讨论

正常生长果树的常规施肥方式有土壤施肥和叶面喷肥, 本试验将树干注射施肥作为正常果树类似于土壤施肥和叶面喷肥的第 3 类施肥方式进行研究。试验在萌芽前直接将大量营养注射到树体内, 相当于为树体增加了大量的储存营养, 而果树等木本

植物本身具有储藏营养的特性, 储藏营养对春季和初夏的根系生长、枝叶发育、开花座果、果实早期发育和花芽分化起着重要的作用<sup>[8]</sup>。这样, 注射施肥后树体在高的营养水平上生长发育, 形成高质量的叶片和吸收能力强的根系, 表现在注射施肥后叶片的单叶面积、比叶重、干鲜比、叶绿体各色素含量、枝条生长量、光合速率、叶内营养元素等高于常规的土施

加叶喷施肥处理,因而座果率、单果重、单株产量也高于常规的土施加叶喷施肥,故注射施肥是极有应用前景的一种果树施肥方式。

本试验的注射用液体复混肥料,除含有常规施肥所供应的N、P、K三大元素以外,还含有多种生产中不易补充的中量和微量元素,是一种元素种类多且均衡的肥料,这是一般常规土壤施肥所难以达到的。试验中单独注射施肥的处理,叶片质量和果实产量比常规的土施加叶喷高,但秋末的根系数量少于常规施肥,而注射加土施的处理各项指标均好于常规施肥。可见,单独注射为树体施入的肥量不能满足多年生果树在一个生长季中生长发育和结果所需的营养,果树还需从土壤中吸收营养,在注射施肥的同时还必须配合适量的土壤施肥,以提高土壤肥力。在连续多年施肥量较大、土壤肥力较高的果园中和挂果量较少时可以单独采用注射施肥,但也不能放

松对土壤的管理。

树干注射施肥直接将肥液注射到树体内,肥料几乎全部进入树体,减少了土壤对肥料的固定、淋溶流失和挥发,肥料的利用率极高。同时,肥料直接进入树体,克服了老弱病树根系吸收能力差的问题,树体复壮迅速,这是其他施肥方式难以达到的。另外,注射施肥也减少了常规土壤施肥和叶面喷肥对土壤、地下水等环境的污染,减少了山地果园因施肥挖土而引起的水土流失,有一定生态保护作用。但注射施肥为一种新的施肥方式,本试验的液体肥料是否为最佳组合,还需进一步试验。注射时在树干上留一孔洞,梨树上很易愈合,其他树种能否愈合?孔洞对树体的输导和支持能力是否有影响?另外,注射时间、注射方式、注射量、注射工具等注射技术都影响施肥的效果,只有将这些技术进行优化,注射施肥才能真正成为正常果树的一种施肥方式。

#### [参考文献]

- [1] 胥占义,秦飞,周正标. 树木注射施药机械与使用技术的进展[J]. 世界林业研究, 1998, (2): 38- 43
- [2] Barney D L. Trunk injection of iron compounds as a treatment for overcoming iron chlorosis in apple trees[J]. Hort Science, 1985, 20(2): 236- 238
- [3] Fernandexz-Escobar R, Barranco D, Benlloch M. Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low pressure trunk injection method[J]. Hort Science, 1993, 28(3): 192- 194
- [4] Raese J T. Nutrition of apple and pear trees with foliar sprays, trunk injection or soil application of iron compounds[J]. J Plant Nutr, 1986, 9: 987- 999
- [5] Wallace G A. Correction of iron deficiency in tree by injection with ferric ammonium citrate solution[J]. J Plant Nutr, 1986, 9: 981- 986
- [6] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 44- 46
- [7] 李港丽, 苏润宇, 沈隽. 几种落叶果树叶内矿质营养元素含量标准值的研究[J]. 园艺学报, 1987, 14(2): 81- 89
- [8] 韩振海, 王倩. 我国果树营养研究的现状和展望——文献述评[J]. 园艺学报, 1995, 22(2): 138- 146

## Studies of trunk injection fertilizing in pear trees

WANG Yue-jin, ZHANG Zhao-hong

(College of Horticulture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Trunk injection as a normal fertilizing method was studied in this paper. Three fertilizing practices, single trunk injection fertilizing, trunk injection fertilizing and soil fertilizing, soil fertilizing and foliar spray fertilizing, were evaluated. The results showed that the two trunk injection fertilizing practices could increase individual leaf area by 8.63 cm<sup>2</sup> and 6.11 cm<sup>2</sup>, dry weight per cm<sup>2</sup> by 2.90 mg/cm<sup>2</sup> and 0.40 mg/cm<sup>2</sup>; the contents of leaf total chlorophyll by 47.76% and 42.13% respectively. The two practices could also balance leaf nutrient elements, raise the net photosynthetic rate by 36.30% and 21.28%, and increase setting percentage. Individual fruit weight increased by 17.8% and 6.5%, and yield per tree by 31.77% and 18.26%.

**Key words:** pears; trunk injection; fertilizing pattern