

# 拉枝角度对富士苹果树生理特性和果实品质的影响

韩明玉\*, 李永武, 范崇辉, 赵彩萍

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要:** 对不同拉枝角度对富士苹果树生理特性和果实品质的影响进行了研究。结果表明: 富士苹果枝条经不同角度拉枝处理后, 除果实总酸含量外, 多数指标均随着拉枝角度的增大而升高, 在 110° 时为最高, 随后下降; 其中叶片净光合速率和果实维生素 C 含量在拉枝 110° 时与其他角度处理达极显著水平; 叶片气孔导度、叶片厚度、平均单果质量及果实果胶含量在拉枝 110° 时与 70° 及 55° 达极显著水平; 叶片总糖含量及下表皮厚度在拉枝 110° 与 90°、70° 及 55° 达极显著水平; 叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度、叶片总氮含量、栅栏细胞长度、果形指数、果实硬度以及果实总糖含量等各处理间差异不显著; 果实总酸含量随着拉枝角度的增大而减少, 在拉枝 110° 时达最低随后又增加。拉枝角度不同, 果树抽生枝条的数量和枝类组成也不同, 当主枝拉枝 90° 和 110° 时抽生的枝条主要集中在距主干 30 ~ 120 cm 之间, 枝类组成以 5 ~ 30 cm 的中、长枝为主。说明富士拉枝角度为 110° 时, 树体易成花, 果实品质好。

**关键词:** 苹果; 拉枝角度; 生理特性; 果实; 品质

**中图分类号:** S 661.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 0513-353X (2008) 09-1345-06

## Effects of Branch Bending Angle on Physiological Characteristics and Fruit Quality of Fuji Apple

HAN Ming-yu\*, LI Yong-wu, FAN Chong-hui, and ZHAO Cai-ping

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The effects of branch bending angle on physiological characteristics and fruit quality of Fuji apple were studied. The results showed that except the content of fruit total acid, most of the items increased with the increase of branch bending angle, arrived to the highest point when the angle of branch was 110°, and then decreased. Leaf photosynthetic rate and fruit vitamin C content in 110° were markedly higher than that of the other angles; Leaf stomata conductance, leaf thickness, fruit mass and fruit pectin content in 110° were significantly higher than those of 70° and 55°; Leaf total sugar content and thickness of the foliar epidermis in 110° were markedly higher than those of 90°, 70° and 55°; There were no significant differences in leaf intercellular CO<sub>2</sub> concentration, leaf total nitrogen content, stockade cell length, fruit shape index, hardness and total sugar content between the different treatments of branch bending angle. The content of fruit total acid reduced with the increase of branch bending angle, and arrived its lowest point when the angle of branch was 110°, and then increased. The angle of bending branch also affected the quantity and types of shoots, and when the angle of bending branch was 90° and 110°, shoots were mainly located in 30 - 120 cm from the trunk and the length of most branches was 5 - 30 cm. So when bending angle is 110°, Fuji tree is easy to form flower bud and improve fruit quality.

**Key words:** apple; bending angle; physiological characteristics; fruit; quality

收稿日期: 2008-06-03; 修回日期: 2008-08-18

基金项目: 农业部 '948' 项目 (2006-G28); 农业部公益性行业专项 (Nyhyzx07-024)

\* E-mail: hanmy@nwsuaf.edu.cn

拉枝是果树整形修剪中常采用的方法,研究者对其作用和机理进行了较多研究(徐绍清等, 2000; 廖立安等, 2003; 赖坚定, 2004; 许家辉等, 2004; 王涛, 2004), 普遍认为拉枝角度与果树的目标树形有关, 如我国苹果生产上常用的疏散分层形、纺锤形等树形, 主枝角度一般在  $50^{\circ} \sim 90^{\circ}$  之间, 很少大于  $90^{\circ}$  (耿玉韬, 1995)。近年来, 欧洲推行的高纺锤形, 要求枝条角度在  $95^{\circ} \sim 120^{\circ}$ , 其优点是易成花, 树体容易控制(韩明玉等, 2005)。目前这一拉枝方法在我国陕西、河南、山西一带富士苹果幼树整形和成龄树改造上已有应用(王金泉和左奎旺, 1999), 有效解决了富士苹果成花难的问题。作者就不同拉枝角度对富士苹果生理特性和果实品质的影响进行了研究, 以期为一方法更广泛应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验园概况

试验在宝鸡市农业科技果业专家大院果园进行。该果园 1998 年冬建园, 主栽品种‘富士’, 授粉品种‘嘎拉’, 基础‘西府海棠’, 中间砧‘M26’, 树形高纺锤形, 株行距  $2.5 \text{ m} \times 4.2 \text{ m}$ , 树势均一, 有灌溉条件, 沙壤土, 管理精细。

### 1.2 试验设计与方法

试验于 2003 年秋进行拉枝处理。选取生长势、负载量较一致的富士苹果树 25 株, 在每株树的同一方位、同一高度选取基部粗细相当, 分枝数基本相同的主枝作为一个小区, 进行不同角度 ( $55^{\circ}$ 、 $70^{\circ}$ 、 $90^{\circ}$ 、 $110^{\circ}$ 、 $120^{\circ}$ ) 拉枝处理, 每个处理 5 株。

2005 年, 在秋季新梢停止生长后, 随机采处理主枝上基部粗度、长度基本相同的新梢中部第 6、7、8 完整无损叶片, 每处理取 10 个枝的叶片, 用去离子水冲洗 3 次, 于  $105^{\circ}\text{C}$  烘箱烘 30 min, 再于  $75^{\circ}\text{C}$  烘箱烘 24 h 至恒重, 粉碎, 用蒽酮法测其总糖即为叶片碳素营养物质的含量, 用凯斯定氮法测其总氮即为叶片氮素营养物质的含量。用同样方法取叶片, 在叶中部沿中脉取  $0.8 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$  的叶块, 每叶片取两块, 每处理共取 10 块, 用 FAA 固定液抽气固定, 经过梯度酒精脱水, 二甲苯透明,  $35^{\circ}\text{C}$  烘箱浸蜡, 纯蜡包埋, 修蜡切片、粘片烤片等步骤以后, 用番红固绿对染, 最后封片。阴干后在 Motic DM B5 显微镜下观察拍照并测定叶片厚度, 栅栏组织厚度, 海绵组织厚度, 栅栏细胞长度, 上、下表皮厚度和栅栏细胞层数。

2005 年在果实成熟期, 将每处理主枝果实采下, 测定平均单果质量、果形指数、硬度、可溶性固形物、总糖(蒽酮法)、总酸(酸碱中和滴定法)、蛋白质(考马斯亮蓝 G-250 法)、果胶(咔唑比色法)、花色素(全月澳和周厚基, 1982)、维生素 C(钼蓝比色法)和 Ca 元素(元素吸收法)。各处理重复 3 次, 取平均值。秋季落叶以后, 对处理树抽生枝条数量和枝类组成进行统计。

2006 年 7、8、9 月分别选处理主枝上一年生健壮枝条中部完整无损叶片, 采用美国产 LI-6400 型便携式光合测定仪测定其光合速率, 每处理枝测 5 片叶, 共测 25 片叶。

### 1.3 数据分析

利用 DPS 软件对各指标数据进行方差分析和显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 拉枝角度对叶片光合特性和营养物质含量的影响

从表 1 可以看出, 果树枝条经过不同拉枝角度处理以后, 叶片的净光合速率、气孔导度在  $110^{\circ}$  时达到最高。胞间  $\text{CO}_2$  浓度各处理间差异不显著。拉枝角度对叶片氮素营养的影响不显著。而总糖含量随着拉枝角度的增大而上升, 当拉枝角度为  $110^{\circ}$  时达到最高。

表 1 拉枝角度对叶片光合特性和营养物质含量的影响

Table 1 Influence of branch bending angle to the photosynthetic characteristic and nutrients content of leaf

拉枝角度/ Angle	净光合速率/ (mmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) Net photosynthetic rate	气孔导度/ (mmol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> ) Stomata conductance	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度/ (mmol · mol <sup>-1</sup> ) Intercellular CO <sub>2</sub> concentration	叶片总氮含量/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Total nitrogen content	叶片总糖含量/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Total sugar content
55	8.71dC	1.41cC	356.03a	21.77a	58.34cC
70	9.71cBC	2.15bB	355.03a	22.73a	59.92cBC
90	10.65bB	2.29bAB	352.97a	21.22a	61.99bcBC
110	11.75aA	2.84aA	351.17a	20.09a	69.16aA
120	9.45cC	2.26bAB	352.29a	20.17a	65.36abAB

注: 同列数据后不同字母表示差异显著 (小写表示  $P < 0.05$ , 大写表示  $P < 0.01$ )。下同。

Note: Different small and capital letters within the same column indicate significant difference at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  levels. The same below.

## 2.2 拉枝角度对叶片解剖结构的影响

从表 2 可以看出, 富士枝条经过不同拉枝角度处理以后, 叶片厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、上表皮厚度、下表皮厚度和栅栏细胞层数在拉枝角度 110° 时达到最大。栅栏细胞长度各处理间差异不显著。

表 2 拉枝角度对叶片解剖结构的影响

Table 2 Influence of branch bending angle to leaf dissection structure

拉枝角度/ Angle	叶片厚度/ $\mu\text{m}$ Leaf thickness	栅栏组织厚度/ $\mu\text{m}$ Stockade organization thickness	海绵组织厚度/ $\mu\text{m}$ Sponge organization thickness	栅栏细胞长度/ $\mu\text{m}$ Stockade cell length	上表皮厚度/ $\mu\text{m}$ Up epidermis thickness	下表皮厚度/ $\mu\text{m}$ Down epidermis thickness	栅栏细胞层数 Stockade cell layer
55	237.598cB	95.827cB	80.68bcB	38.073a	15.007b	8.011cB	2.5bB
70	247.455bcB	103.009bcB	88.83bcB	39.125a	16.067ab	8.424bcB	2.9aAB
90	259.975abAB	108.454bAB	85.75bAB	40.409a	16.425ab	8.937bB	3.0aAB
110	278.245aA	117.390aA	93.66aA	40.390a	16.795a	10.010aA	3.1aA
120	249.885bcAB	106.417cB	78.68cB	38.906a	15.954ab	9.928aA	2.8abAB

## 2.3 拉枝角度对果实品质的影响

### 2.3.1 果实外观品质

从表 3 可以看出, 在不同拉枝角度处理中, 果实的单果质量、花色素在拉枝角度 110° 时最高。果形指数随着拉枝角度的增加处理间差异不显著。

表 3 拉枝角度对富士果实外在品质的影响

Table 3 Influence of branch bending angle to fruit exterior quality

拉枝角度/ Angle	单果质量/g Fruit mass	果形指数 Fruit shape index	花色素/(nmol · g <sup>-1</sup> ) Colored pigment
55	234.34cB	0.873a	3.824bB
70	234.69cB	0.881a	4.636abAB
90	250.34bcAB	0.899a	4.694abAB
110	295.47aA	0.884a	5.588aA
120	273.48abAB	0.920a	3.890bB

### 2.3.2 果实内在品质

从表 4 可以看出, 富士枝条经过不同角度拉枝处理后, 果实硬度、总糖含量各处理间差异不显著。可溶性固形物、维生素 C、果胶和蛋白质含量在拉枝角度 110° 时最高, 而总酸含量在 110° 时最低。钙元素含量随着拉枝角度的增大而增加。

表 4 拉枝角度对果实内在品质及钙含量的影响

Table 4 Influence of branch bending angle to fruit inherent quality and the content of calcium

拉枝 角度/° Angle	硬度/ (kg · cm <sup>-2</sup> ) Hardness	可溶性固形物/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Soluble solid	总糖/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Total sugar	总酸/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Total acid	维生素 C/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Vitamin C	果胶/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Pectin	蛋白质/ (mg · g <sup>-1</sup> ) Protein	钙/ (μg · g <sup>-1</sup> ) Calcium
55	6.256a	117.8b	92.16a	3.93bAB	0.029bB	4.269bB	2.287bAB	104.51bcB
70	6.346a	117.4b	92.10a	3.23cBC	0.031bB	4.412bB	2.216bB	102.20cB
90	6.376a	125.0ab	92.24a	3.06cC	0.031bB	5.504aA	2.319bAB	106.83bB
110	6.512a	135.8a	92.54a	2.82cC	0.044aA	6.070aA	2.677aA	112.18aA
120	6.460a	126.0ab	92.31a	4.55aA	0.030bB	5.872aA	2.443abAB	113.06aA

## 2.4 拉枝角度对抽生枝条的数量和枝类组成的影响

### 2.4.1 距处理枝基部不同距离抽生枝条的数量

从图 1 看出,富士苹果主枝经不同角度拉枝处理后,距处理枝基部不同距离抽生枝条数量不同。55°和 70°处理的主枝上抽生枝条主要集中在距基部 60 cm 以上的枝段,90°处理的主枝上抽生的枝条基本分布在整个枝段,110°处理的主枝上抽生枝条基本分布在小于 120 cm 以下的枝段,120°处理的主枝上抽生的枝条主要集中在 30~90 cm 的枝段。

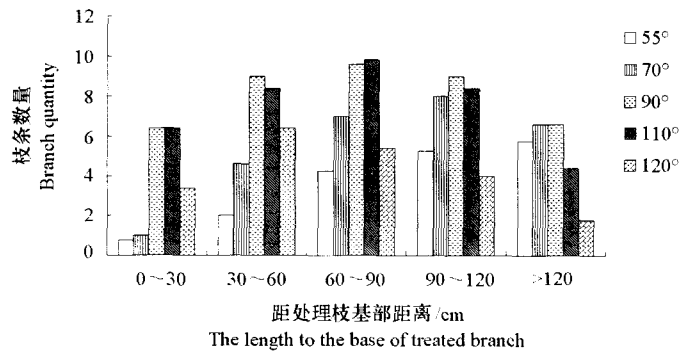


图 1 距处理枝基部不同距离抽生新梢的数量

Fig. 1 The quantity of shoot with different distances from the base of treated branch

### 2.4.2 不同长度枝条的数量

从图 2 看出,富士苹果主枝经不同角度处理后,抽生枝条长度不同。55°处理的主枝上抽生枝条主要以 >15 cm 以上的长枝为主。70°处理的主枝抽生枝条主要以 >5 cm 的中长枝为主。90°处理的主枝抽生枝条数量较多,且长中短枝比例适合。110°处理的主枝上抽生枝条主要以 5~30 cm 的中枝和长枝为主,而且数量相对最多。120°处理的主枝上抽生枝条以 >15 cm 的长枝为主,其数量较少。

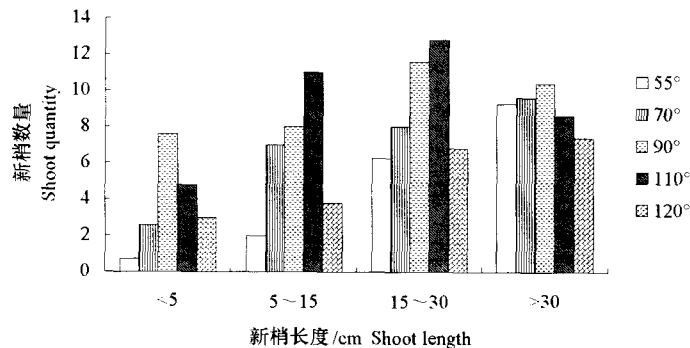


图 2 处理枝上不同长度新梢数量

Fig. 2 The quantity of different length shoot among the treated branches

### 3 讨论

果树枝条经过拉枝以后,改变了树体通风透光状况,特别是提高了下部及内膛叶片光合效能,增加了光合产物的积累,有利于这些部位果实品质的提高。刘志坚(1994)认为,拉枝(包括拿枝、捋枝、折枝、扭枝等措施)由于改变了枝条的角度,从而削弱了顶端优势,损伤了木质部,限制水路畅通而达到缓和树势的目的。另外果树拉枝以后,枝内蒸腾液流呈单方向运输,且速度减慢。生长素、赤霉素含量减少,运输到叶片的氮素营养减少而碳水化合物输出量又相对减少(彭福田和姜远茂,2006)。但是拉枝角度不同,影响果树叶片光合效能的作用也不同,其内源激素的平衡状况也不同,开张角度小的直立枝,光合产物自留量少,外运入主轴和根中的数量多,虽然养根、养干的作用较大,但因本枝同化产物自留量少,成花难,结果少。而角度开张的水平枝虽养根、养干的作用小一些,但却利于成花和结果。本研究中富士枝条经过不同角度处理以后,叶片光合速率随着拉枝角度的增大而增强,总糖含量随之增加,果实品质也随之提高。但当拉枝角度过大时,可能由于枝叶间相互遮掩,叶片光合速率、总糖含量和果实品质均下降,进一步验证了前人的结果。

植物器官的形态结构是与其生理功能和生长环境密切相适应的,在长期外界生态因素的影响下,叶片形态结构上的变异性和可塑性是最大的,其组织结构对生长环境的反应最为敏锐。富士枝条经过不同角度处理后,叶片的组织结构发生了改变,可能是因为随着拉枝角度的增大,枝条的损伤程度也越来越严重,供给叶片自身生长的矿物质和水分运输严重受阻,叶片的碳水化合物外运减少,以致于影响叶片的解剖结构。本研究中,随着拉枝角度的增大,叶片越厚,栅栏组织越发达,叶片的叶绿素含量高,光合速率也越高,这与杨江山等(2005)对樱桃不同节位叶片光合特性与解剖特征比较研究的结果相符。可能由于叶片结构影响对光能的捕获,一般认为叶片厚度增加,单位叶面积的叶肉细胞表面积也增大,从而使 $\text{CO}_2$ 更易进入到叶肉细胞的羧化部位,即叶肉导度增大,而使光合速率增强(Blanke, 1987; Nesterov & Shipota, 1988)。

许家辉等(2004)认为枇杷枝梢进行拉枝处理后,小角度拉枝会促进枝梢的旺长,而大角度的拉枝调节养分、水分和激素,均衡树势。何世珑和陈芳子(1994)认为果树叶片制造的碳水化合物的分配遵循主轴贮备的原则,在主轴上一切从属器官从有光合能力开始向主轴输送。但各类枝有很大的差别,直立枝输出的多,平斜枝输出的少,而且直立枝幼叶制造的碳素营养物质主要直接输送新生根,自留量很少。本研究中富士主枝的拉枝角度不同,抽生枝条的部位和枝类组成也不同,随着拉枝角度的增大,抽生的枝条主要集中在主枝的中部,而且中短枝相对较多。

拉枝效应是一项长期效应,尤其是大角度的处理,更易使枝条老化、树体衰弱,因此主枝经过大角度处理以后要加强对树体的更新复壮和肥水管理,才能达到大角度拉枝的长期效应。

### References

- Blanke M M. 1987. Comparative SEM study of stomata and surface morphology in apple. *Angewandte Botanik*, 61: 433-438.
- Dai Wen-sheng, Wang Bai-po, Qian Yin-cai. 1996. Influence of bending to different variety young age pear tree growth and fruit. *Journal of Zhejiang Forestry College*, (2): 123-129. (in Chinese)
- 戴文圣, 王白坡, 钱银才. 1996. 拉枝对不同品种幼龄梨树生长结果的影响. *浙江林学院学报*, (2): 123-129.
- Geng Yu-tao. 1995. *Apple tree pruning guidebook*. Zhengzhou: Henan Science and Technology Publishing House; 57. (in Chinese)
- 耿玉韬. 1995. *苹果树修剪大全*. 郑州: 河南科技出版社: 57.
- Han Ming-yu, Li Bing-zhi, Gao Yan. 2005. American and other 7 national apple production status. *China Fruit*, (5): 61-62. (in Chinese)
- 韩明玉, 李丙智, 高妍. 2005. 美国等7个苹果主产国生产简况. *中国果树*, (5): 61-62.
- He Shi-long, Chen Fang-zi. 1994. Report of observation to young apple tree branch of the effect. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology*, (1): 21-24. (in Chinese)

- 何世琰, 陈芳子. 1994. 苹果幼树拉枝效应观察初报. 宁夏农林科技, (1): 21-24.
- Lai Jian-ding. 2004. Influence of branch to growth and fruit of Xizilü young pear. Fujian Fruits, (4): 27. (in Chinese)
- 赖坚定. 2004. 拉枝对西子绿梨幼龄树生长结果的影响. 福建果树, (4): 27.
- Liao Li-an, Li Zhi-guang, Cao Jian-ming. 2003. Introduction experiment of cuiguan pear and effect of trimming the branches on its economic properties. Journal of Central South Forestry University, (2): 79-81. (in Chinese)
- 廖立安, 李志光, 曹建明. 2003. 翠冠梨引种试验及整形拉枝对其经济性状的影响. 中南林学院学报, (2): 79-81.
- Liu Zhi-jian. 1994. On branching, carved, stripping technique in the application of apple trees. Northern Horticulture, (1): 18-19. (in Chinese)
- 刘志坚. 1994. 论拉, 刻, 剥技术在苹果树上的应用. 北方园艺, (1): 18-19.
- Nesterov Y S, Shipota S E. 1988. Leaf surface area and amount of chlorophyll II in apple varieties of the spur type. Sbornik Nauchnykh Trudov po Prikladnoi Botanike, Genetike i Selekcii, 121: 41-45.
- Peng Fu-tian, Jiang Yuan-mao. 2006. Characteristics of N, P and K nutrition in different yield level apple orchards. Scientia Agricultura Sinica, 39 (2): 361-367. (in Chinese)
- 彭福田, 姜远茂. 2006. 不同产量水平苹果园氮磷钾营养特点研究. 中国农业科学, 39 (2): 361-367.
- Tong Yue-ao, Zhou Hou-ji. 1982. Nutrition diagnosis of fruit trees. Beijing: Agriculture Publishing House: 112-115. (in Chinese)
- 仝月澳, 周厚基. 1982. 果树营养诊断法. 北京: 农业出版社: 112-115.
- Wang Jin-quan, Zuo Kui-wang. 1999. High light spindle shape trim and high quality bumper crop technology of apple. Shanxi Fruit, (3): 11-12. (in Chinese)
- 王金泉, 左奎旺. 1999. 苹果树高光纺锤形树形建造及优质丰产技术. 山西果树, (3): 11-12.
- Wang Tao. 2004. Experiment report of south early-maturing young pear branching. Southwest Horticulture, (4): 20-21. (in Chinese)
- 王 涛. 2004. 南方早熟梨幼树拉枝试验报告. 西南园艺, (4): 20-21.
- Xu Jia-hui, Zhang Ze-huang, Chen Chang-zhong. 2004. Influence of branch to shoot growth and flower buds formation of Loquat. South Fruit of China, (1): 34-35. (in Chinese)
- 许家辉, 张泽煌, 陈长忠. 2004. 拉枝对枇杷枝梢生长与成花的影响. 中国南方果树, (1): 34-35.
- Xu Shao-qing, Lü Jian-miao, Xu Yong-hong. 2000. Experiment of branch to high-yield early of Haitu Huanghua pear. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, (4): 84-85. (in Chinese)
- 徐绍清, 吕建淼, 徐永红. 2000. 拉枝对海涂黄花梨早期丰产的效应试验. 浙江林业科技, (4): 84-85.
- Yang Jiang-shan, Chang Yong-yi, Zhong Pei-fang. 2005. Studies on the photosynthetic characteristics of leaves at different node positions and their comparative anatomy of sweet cherry. Journal of Fruit Science, 22 (4): 323-326. (in Chinese)
- 杨江山, 常永义, 钟培芳. 2005. 樱桃不同节位叶片光合特性与解剖特征比较研究. 果树学报, 22 (4): 323-326.

## 欢迎订阅 2009 年《植物营养与肥料学报》

《植物营养与肥料学报》由中国植物营养与肥料学会主办, 为中国科技核心期刊、中文核心期刊、中国农业核心期刊以及“中国科技论文统计源期刊”、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国科学引文数据库》和《美国化学文摘》来源期刊, 影响因子和总被引频次居全国农业科技期刊前列, 荣获第四届全国优秀农业期刊学术类一等奖。

报道范围包括土壤、肥料和作物间的关系, 养分变化和平衡; 各种肥料在土壤中的变化规律和配施原理; 农作物遗传种质特性对养分反应; 作物根际营养; 施肥与环境; 施肥与农产品品质; 农业生物学和生物化学应用; 肥料的新剂型新品种的研制、应用及作用机理; 新手段、新方法的研究以及与本学科相关联的边缘学科等。

2009 年改为双月刊, 大 16 开本, 页码增至 216 页, 单月 25 出版, 每期定价 28 元, 全年 168 元。邮发代号: 82-169。可通过全国各地邮局订阅。也可直接汇款到编辑部订购。欢迎登陆本刊网站 (<http://www.plantnutrifert.org>) 在线投稿, 查阅稿件处理情况等。

地址: 北京市中关村南大街 12 号 中国农业科学院资源区划所《植物营养与肥料学报》编辑部。

邮政编码: 100081; 电话: 010-82108653; E-mail: [zwyf@caas.ac.cn](mailto:zwyf@caas.ac.cn)。