

# ‘寒富’苹果短枝型特征的解剖学评价

刘国成, 马怀宇, 吕德国, 秦嗣军, 杜国栋, 王 浩

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:**以‘寒富’苹果及其亲本(‘东光’×‘富士’)为试材,通过田间调查和解剖学方法,研究‘寒富’苹果短枝型结构特点。结果表明:‘寒富’苹果 1 a 生枝的平均长度和节间长度小于亲本;枝条粗度、节位数和尖削度高于亲本,具有明显的短枝型性状;‘寒富’苹果叶片厚度和叶脉突起度均大于亲本,叶片的栅栏组织细胞排列为 3 层,栅栏组织细胞形状较为细长,栅栏组织与海绵组织的比值大于 1,叶片的气孔孔径大于亲本,但气孔密度小于亲本。‘寒富’苹果枝条皮部比率大于亲本,为 43.11%;材部比率和材/皮小于亲本,分别为 56.89%和 1.32。由此可看出,‘寒富’苹果短枝型性状较明显,具有典型的矮化特征。

**关键词:**‘寒富’苹果;短枝型;解剖学

中图分类号:S 661.1 文献标识码:A 文章编号:1001-0009(2011)15-0025-04

‘寒富’苹果是沈阳农业大学以‘东光’×‘富士’为亲本育成的抗寒优质大果型品种。在生产实践中观察发现,‘寒富’苹果具有叶片大而厚、枝条粗壮、节间短等表现短枝型特征。目前,对‘寒富’苹果这些特征和与之相关的解剖结构仍缺乏系统研究。该试验通过对‘寒富’苹果和其亲本系品种进行解剖学观察,对其短枝型性状进行表现和组织结构的综合分析评价,为判定其短枝型特征提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以 5 a 生盆栽‘寒富’苹果及其亲本‘东光’和‘富士’植株为试材(盆高 25 cm,盆口内径 27 cm,盆底内径 20 cm),管理水平一致,选取生长势一致、健壮无病虫害的植株进行取样。

### 1.2 试验方法

1.2.1 田间调查 连续 2 a 于 7 月末对‘寒富’及其亲本‘东光’和‘富士’苹果 1 a 生延长枝的长度、粗度和节位数进行田间调查,每个品种共调查 60 个枝条,结果取其平均值。

1.2.2 叶片和枝条解剖学观察 于 7 月下旬,分别选取‘寒富’、‘东光’和‘富士’盆栽植株树冠东南方向新梢 30 个。其中,10 个枝条作为叶片组织结构观察,10 个枝条作为叶片气孔观察,10 个枝条作为枝条解剖结构观察。

## 2 结果与分析

### 2.1 表现性状调查

由表 1 可知,‘寒富’苹果 1 a 生延长枝的平均长度和节间长度分别为 63.30 cm 和 1.44 cm,均低于‘东光’和‘富士’;节位数、粗度和尖削度分别为 44 个、0.89 cm 和 1.41%,均高于‘东光’和‘富士’。‘寒富’苹果的表现性状具有明显的短枝型性状(表 1)。

表 1 1 a 生‘寒富’苹果延长枝平均长度、粗度和节位数

Table 1 Mean length, internode length, node numbers, diameter and taper of ‘Hanfu’ apple branches

品种 Cultivar	长度 Length/cm	节间长度 Internode length/cm	节位数 Internode numbers/个	粗度 Diameter/cm	尖削度 Taper/%
寒富 Hanfu	63.30	1.44	44	0.89	1.41
东光 Dongguang	79.28	2.14	37	0.82	1.03
富士 Fuji	83.75	2.33	36	0.73	0.87

### 2.2 叶片组织结构观察

2.2.1 叶片厚度及叶脉结构特征 显微测定结果表明,‘寒富’苹果与其亲本在叶片厚度、叶脉厚度及叶脉突起度存在一定差异。其中,‘寒富’苹果叶片厚度最大,为 224.48  $\mu\text{m}$ ,‘富士’苹果叶片厚度最小,为 195.20  $\mu\text{m}$ 。叶脉厚度和叶脉突起度均表现为‘寒富’>‘东光’>‘富士’的趋势(表 2)。测定叶脉各组织比率的结果表明,每个品种均表现为薄壁细胞所占的比率最大,其次是木质部,韧皮部所占的比率最小(表 3),木质部、韧皮部和薄壁细胞所占比率在 3 个品种之间略有差异。木质部和韧皮部所占的比率都表现为‘寒富’>‘东光’>‘富士’,薄壁细胞所占的比率则表现为‘寒富’<‘东光’<‘富士’(图 1)。

2.2.2 叶肉组织结构特征 从图 2 可看出,‘寒富’苹果和‘东光’苹果的栅栏组织细胞排列为 3 层,形状较为细长,‘富士’苹果栅栏组织排列为 2 层,细胞短圆。

第一作者简介:刘国成(1954-),男,研究员,现主要从事果树栽培生理与生态研究工作。E-mail:liuguocheng200@sina.com。

基金项目:沈阳市科技攻关资助项目(1071154-3-00);国家苹果产业技术体系苹果专项资助项目(nycyt-x-08-03-05)。

收稿日期:2011-04-28

表 2 叶片厚度、叶脉厚度和突起度  
Table 2 Leaf thickness, vein thickness and vein protuberant degree

品种 Cultivar	叶片厚度 Leaf thickness/ $\mu\text{m}$	叶脉厚度 Vein thickness/ $\mu\text{m}$	叶脉突起度 Vein protuberant degree
寒富 Hanfu	224.48	1 296.59	5.78
东光 Dongguang	218.38	1 232.50	5.64
富士 Fuji	195.20	887.40	4.55

表 3 叶脉各部组织所占比率  
Table 3 Ratio of vein tissues %

品种 Cultivar	木质部 Xylem	韧皮部 Phloem	薄壁细胞 Parenchyma cells
寒富 Hanfu	18.01	12.27	69.72
东光 Dongguang	17.60	12.20	70.20
富士 Fuji	16.67	11.09	72.24

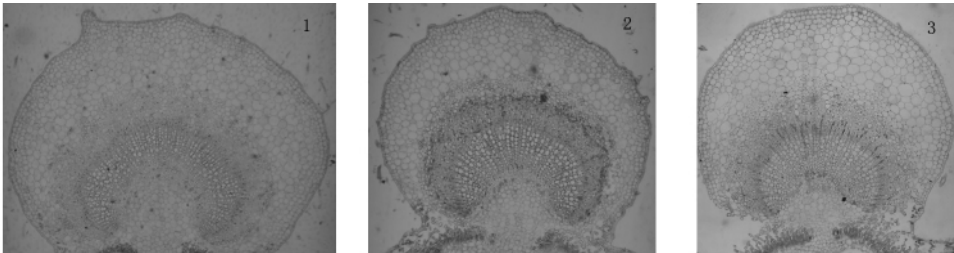


图 1 ‘寒富’苹果及其亲本叶脉解剖构造(10×10)  
Fig. 1 The anatomical structure of vein in ‘Hanfu’ apple and its parents(10×10)  
注:1. ‘寒富’苹果;2. ‘东光’苹果;3. ‘富士’苹果。图 2、4 同。  
Note: 1. ‘Hanfu’ apple; 2. ‘Dongguang’ apple; 3. ‘Fuji’ apple. The same as figure 2 and 4.

通过对 3 个苹果品种叶肉组织的对比发现,其中‘寒富’苹果的栅栏组织最厚,为 114.68  $\mu\text{m}$ ,‘富士’的栅栏组织最薄,为 82.96  $\mu\text{m}$ 。3 个品种海绵组织厚度变化情况则相反,‘寒富’的海绵组织最薄,为 81.74  $\mu\text{m}$ ,‘富

士’的海绵组织最厚,为 90.28  $\mu\text{m}$ 。栅栏组织与海绵组织厚度比值表现为:‘寒富’>‘东光’>‘富士’的趋势,‘富士’的叶片栅/海厚度比小于 1;‘寒富’和‘东光’的叶片栅/海厚度比大于 1(表 4)。

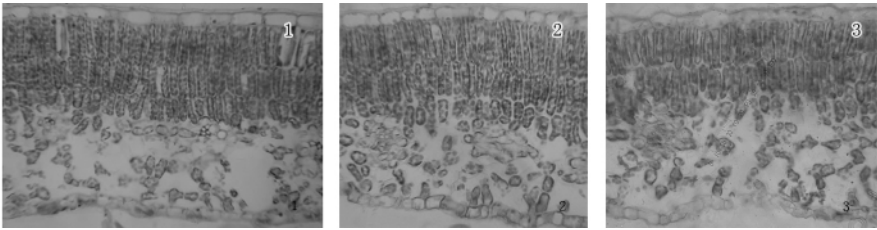


图 2 ‘寒富’苹果及其亲本叶肉组织结构(40×10)  
Fig. 2 The mesophyll tissues structure of leaf in ‘Hanfu’ apple and its parents

表 4 叶肉组织结构特征  
Table 4 Structural characteristics of mesophyll tissues

品种 Cultivar	栅栏组织 Palisade thickness/ $\mu\text{m}$	海绵组织 Spongy thickness/ $\mu\text{m}$	栅/海比 Palisade/Spongy ratio
寒富 Hanfu	114.68	81.47	1.40
东光 Dongguang	107.36	85.40	1.26
富士 Fuji	82.96	90.28	0.92

2.2.3 叶片各组织所占比率 上、下表皮厚度占叶厚度的百分率均表现为‘寒富’>‘东光’>‘富士’,每个品种的上表皮厚度占叶厚度的百分率大于下表皮厚度占叶厚度的百分率。栅栏组织厚度占叶片厚度百分率表现为‘寒富’>‘东光’>‘富士’,而海绵组织厚度占叶片厚度的百分率表现为‘寒富’<‘东光’<‘富士’。  
2.2.4 叶片气孔观察 对 3 个品种叶片气孔的观测结果显示,‘寒富’苹果叶片气孔的纵径和横径均最大,双径平均值也最大,为 25.62  $\mu\text{m}$ ;‘富士’苹果的叶片气孔纵径和横径都最小,双径平均值也最小,为 21.96  $\mu\text{m}$ 。但‘寒富’苹果叶片的气孔密度则最小,‘富

士’苹果叶片的气孔密度最大。说明气孔大小与密度性状间存在一定负相关性。此外,‘富士’苹果叶片气孔开张程度小于‘东光’和‘寒富’(图 3)。

表 5 叶片各组织所占比率  
Table 5 Thickness ratio of palisade, spongy and super cuticle to leaf %

品种 Cultivar	栅栏组织 Palisade	海绵组织 Spongy	上表皮 Super cuticle	下表皮 Lower cuticle
寒富 Hanfu	51.09	36.41	6.52	5.98
东光 Dongguang	49.16	39.11	6.15	5.58
富士 Fuji	42.50	46.25	6.05	5.20

表 6 ‘寒富’苹果及其亲本叶片气孔大小和密度  
Table 6 Leaf stoma size and density of ‘Hanfu’ apple and its parents

品种 Cultivar	气孔密度 Stoma density /个· $\text{mm}^{-2}$	气孔大小 Stoma size/ $\mu\text{m}$		双径平均值 Mean values of length and width/ $\mu\text{m}$
		长 Length	宽 Width	
寒富 Hanfu	103.64	28.06	23.18	25.62
东光 Dongguang	127.04	26.84	20.74	23.79
富士 Fuji	160.48	24.40	19.52	21.96

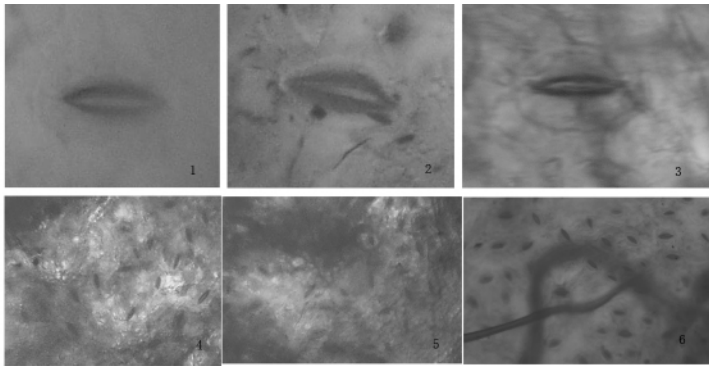


图3 寒富苹果及其亲本品种叶片气孔  
Fig. 3 The stoma of leaf in 'Hanfu' apple and its parents

注:1. '寒富'苹果 40×10;2. '东光'苹果 40×10;3. '富士'苹果 40×10;4. '寒富'苹果 10×10;5. '东光'苹果 10×10;6. '富士'苹果 10×10。  
Note:1. 'Hanfu' apple 40×10;2. 'Dongguang' apple 40×10;3. 'Fuji' apple 40×10;4. 'Hanfu' apple 10×10;5. 'Dongguang' apple 10×10;6. 'Fuji' apple 10×10.

2.3 枝条组织结构观察

观测3个品种的枝条横切面发现,‘寒富’枝条材部(木质部和髓部)占横断切面面积的百分比最小,为56.89%;‘东光’居中;‘富士’最大,为64.63%。髓部比率则以‘富士’最大,占横切面面积的13.24%;‘寒富’居中;‘东光’最小,为7.21%。供试品种中,皮部

(表皮、皮层和韧皮部)比率以‘寒富’最大,可占枝条横切面积的43.11%;‘东光’为41.34%;‘富士’为35.37%。供试苹果品种中,枝条材部与皮部的比例以‘寒富’最小,比例为1.32;‘东光’为1.42;‘富士’最大,为1.83(表7,图4)。

表7 ‘寒富’及其亲本1a生枝条解剖结构

品种	横切面面积	木质部面积	髓部面积	材部面积	百分比	皮部面积	百分比	材皮比
Cultivar	Section area	Xylem area	Pith area	Timber area	T/S/%	Cortex area	C/S/%	T/C
寒富 Hanfu	12.85	6.21	1.10	7.31	56.89	5.54	43.11	1.32
东光 Dongguang	13.45	6.92	0.97	7.89	58.66	5.56	41.34	1.42
富士 Fuji	8.99	4.62	1.19	5.81	64.63	3.18	35.37	1.83

注:表中面积单位为 mm<sup>2</sup>。  
Note:The unit of area is mm<sup>2</sup> in the table.

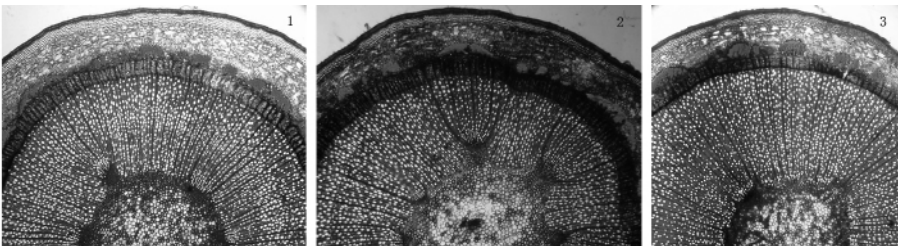


图4 ‘寒富’苹果及其亲本品种1a生枝条解剖结构(10×10)  
Fig. 4 Annual shoot anatomical structures of 'Hanfu' apple and its parents

3 讨论

3.1 叶片解剖结构与短枝性状和矮化程度的关系

树体矮化程度与叶片的内部构造具有相关性,叶片解剖构造上的差异能够反映树体是否具有短枝性状及树体矮化程度的大小。陈之欢等对4个短枝型和4个乔化苹果品种的叶片进行了解剖学观察,结果表明栅栏组织厚度占叶厚度的百分率大,品种趋于矮化,反之则趋于乔化<sup>[1]</sup>。梨矮化资源也表现出类似的变化趋势<sup>[2-3]</sup>。有研究表明,随着矮化程度的加强,栅栏组织细胞层数和栅/海比有增加趋势,普通型苹果的叶片栅栏组织细胞一般排列成2层,柱型和短枝型苹果的栅

栏组织细胞通常排列成3层或4层;普通型苹果栅栏组织与海绵组织的厚度比值小于1,柱型和短枝型栅栏组织与海绵组织的比值大于1<sup>[4]</sup>。该试验中,‘寒富’苹果的栅栏组织厚度占叶厚度的百分率均为最大,‘富士’苹果为最小。‘寒富’苹果的栅栏组织细胞排列为3层,而‘富士’苹果的叶片栅栏组织排列为2层;‘富士’苹果叶片栅栏组织与海绵组织的比值小于1;而‘寒富’苹果栅栏组织与海绵组织的比值大于1。‘寒富’苹果与‘富士’苹果叶片内部构造的差异,为‘寒富’苹果具有短枝型性状趋势提供了解剖学证据。

杨传友对苹果叶片气孔进行了系统研究,进一步

证明,短枝型品种的气孔密度小于普通型。同时气孔密度比气孔大小更具有规律性,并与气孔大小有较明显的负相关<sup>[5]</sup>。刘捍中等研究证明,按测定的叶片气孔密度值确认的砧木矮化性,与对应的试材生长势相吻合<sup>[6]</sup>。该试验研究发现,3个品种的气孔密度与气孔大小呈负相关,‘寒富’苹果气孔密度明显小于‘富士’苹果,表明‘寒富’苹果具有一定的短枝型特性。

### 3.2 枝条组织结构与短枝性状和矮化程度的关系

前人研究发现,果树乔化砧与矮化砧根部解剖结构不同,并提出可用根皮率预测砧木的生长势。由于根系较难采集,后来转向对枝条解剖结构的研究。王中英研究苹果砧木的枝条认为,1 a 生枝的材皮比小则趋于矮化,材皮比大则为乔化,比率越大,乔化程度越大<sup>[7]</sup>。有研究证实,苹果枝条的解剖学指标与树体生长势具有一定的正相关性<sup>[8-9]</sup>。杨佩芳等研究发现,短枝型品种枝条皮层厚于普通型,矮砧髓部面积占木质部面积的比例大于乔砧,但规律不明显,可作为参考指标<sup>[10]</sup>。该试验结果表明,‘寒富’苹果枝条皮层最厚,‘富士’苹果枝条皮层最薄;但髓部面积和材皮比均表现为‘寒富’苹果小于‘富士’苹果。枝条解剖结构表明,‘寒富’苹果与亲本‘富士’苹果相比具有一定的短枝型特性和矮化趋势。

前人研究了苹果短枝型和树体矮生的关系认为,短枝型比率与树体大小之间并不存在必然联系,将短枝型划分为矮生短枝型、半矮生短枝型以及半乔生短枝型等。树体高矮的遗传非常复杂,多数情况下,矮化性状是多基因控制的数量性状。高矮与亲本之间没有相关,杂交后代矮化表现为超亲遗传是正常现象<sup>[11]</sup>。由此看来,‘寒富’苹果树体矮生及短枝化趋势超过亲本是有可能的。该试验由于受气候条件和树体年龄的限制,目前还不能完全证实‘寒富’苹果的矮生短枝型特征,其矮生型特征有待于进一步的确定。

## 4 结论

通过田间调查结果表明,‘寒富’苹果 1 a 生延长枝的平均长度和节间长度低于‘东光’和‘富士’;粗度、节位数和尖削度高于‘东光’和‘富士’,具有明显的短枝性状。叶片和枝条解剖构造上的差异表明,‘寒富’苹果叶片厚度和叶脉突起度均为最大,叶片的栅栏组织细胞排列为 3 层,栅栏组织细胞形状较为细长,栅栏组织与海绵组织的比值大于 1;‘寒富’苹果叶片的气孔孔径最大,但气孔密度则最小;‘寒富’苹果枝条皮部比率最大,为 43.11%;材部比率和材/皮最小,分别为 56.89% 和 1.32。从‘寒富’苹果叶片的栅/海比、气孔密度和枝条的材皮比等指标可以看出,与‘东光’和‘富士’相比,‘寒富’苹果短枝性状较明显,具有矮化特征。

### 参考文献

- [1] 陈之欢,马兰青,姚允聪,等. 苹果品种叶片解剖结构与生长势关系初探[J]. 北京农学院学报,1996(2):32-36.
- [2] 贾敬贤,陈长兰. 紧凑型梨的生长、解剖及生化特性研究[J]. 园艺学报,1985,12(4):228-232.
- [3] 王彩虹,王义珂,戴洪义,等. 西洋梨矮化资源的生物学特性研究[J]. 莱阳农学院学报(自然科学版),2006,23(2):119-121.
- [4] 王彩虹,王义珂,初庆刚,等. 柱型苹果叶片的解剖学研究[J]. 果树学报,2005,22(4):311-314.
- [5] 杨传友,史金玉. 苹果叶片气孔的研究[J]. 山东农业大学学报,1998,29(1):138-141.
- [6] 刘捍中,蒲富慎. 电阻与气孔测定方法在苹果矮化种质资源预测鉴定的应用[A]. 中国农科院果树研究所科学研究年报,1980:63-66.
- [7] 王中英,解思敏,杨佩芳,等. 苹果矮砧解剖构造研究[J]. 果树科学,1988(1):6-10.
- [8] 陈静,陈培珠. 苹果树枝条解剖结构与生长势的关系[J]. 中国农学通报,1998,14(4):46-47.
- [9] 李明哲,高慧敏,焦永刚. 不同矮化中间砧对红富士苹果枝条解剖结构的影响[J]. 华北农学报,2006,21(增刊):160-162.
- [10] 杨佩芳,洛建霞,谷润刚,等. 短枝型苹果枝条组织解剖显微构造研究[J]. 山西农业大学学报,1993,13(2):114-116.
- [11] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:156.

## Anatomical Evaluation of ‘Hanfu’ Apple Spur Type Characteristics

LIU Guo-cheng, MA Huai-yu, LV De-guo, QIN Si-jun, DU Guo-dong, WANG Hao  
(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161)

**Abstract:** ‘Hanfu’ apple and its parents(‘Dong guang’×‘Fuji’) were used as materials in this experiment to study the anatomical structural characteristics of ‘Hanfu’ apple spur type. The results showed that mean length and internode length of ‘Hanfu’ annual branches were shorter than that of its parents, and mean branch diameter, number of nodes and branch taper of ‘Hanfu’ apple were higher than that of its parents, which obviously proved to be spur type of ‘Hanfu’ apple. Leaves thickness and prominences height of ‘Hanfu’ apple were higher than that of its parents which cells of palisade tissue with three cell layers were relative elongated, and the ratio of palisade tissue to spongy tissue was greater than one. Stoma apertures of ‘Hanfu’ apple leaves were bigger than that of its parents. However, the stoma density of ‘Hanfu’ apple was less than that of its parents. Ratio of branch phloem department was 43.11% which was greater than that of its parents, on the contrary, not only the ratio of xylem department but also the ratio of xylem department to phloem department were less than that of its parents, which were 56.89% and 1.32, respectively. In conclusion, ‘Hanfu’ apple had obvious characteristics of spur type and typical dwarf traits.

**Key words:** ‘Hanfu’ apple; spur type; anatomy