

网络出版时间:2012-12-21 17:30

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20121221.1730.026.html>

苹果高纺锤形和 V 形冠层结构参数与果实品质的相关性分析

董然然, 安贵阳, 赵政阳, 梅立新, 李敏敏

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**研究 2 种树形对 2 个品种苹果幼树树体结构、冠层结构、产量、果实品质的影响以及冠层参数与果实品质的相关性, 为渭北黄土高原地区不同品种苹果的树形评价与改良提供理论依据。 **【方法】**以 5 年生的“富士”和“皇家嘎啦”苹果树为试材, 应用 WinSCANOPY2006a 冠层分析仪, 观测 2 种树形下 2 个品种苹果树的树体结构、冠层结构, 测定产量和果实品质, 并分析冠层参数与果实品质的相关性。 **【结果】**2 个苹果品种采用高纺锤形, 其树高、主枝数、总枝量、叶面积指数均显著大于 V 形, 而主枝间距、平均叶倾角、开度、总定点因子、冠下总辐射、冠下直接辐射、冠下间接辐射等显著小于 V 形。高纺锤形“皇家嘎啦”的平均单果质量和平均每 hm^2 产量显著大于 V 形, 而“富士”苹果则恰好与之相反。V 形“富士”苹果的果皮色泽饱和度、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖/酸和着色面积均明显大于高纺锤形, 但可滴定酸小于高纺锤形。2 种树形对“皇家嘎啦”果实品质的影响各有特点。 **【结论】**高纺锤形有利于“皇家嘎啦”幼树早期产量的提高, 对其品质影响不大, V 形有利于“富士”幼树早期产量和品质的提高。

【关键词】 苹果; 树形; 光合特性; 产量; 品质

【中图分类号】 S661.105⁺.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)01-0125-05

Correlation analysis of tall spindle and V-trellis canopies and fruit quality on apple saplings

DONG Ran-ran, AN Gui-yang, ZHAO Zheng-yang, MEI Li-xin, LI Min-min

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

Abstract: **【Objective】** Effects of tree shapes and canopy structures on fruit quality, yield and the relativity of fruit quality and canopy parameters were studied to support the evaluation and improvement of apple cultivation and tree shapes on Weibei region of the Loess Plateau. **【Method】** We used 5-year-old trees of ‘Fuji’ and ‘Royal Gala’ trained with shapes of tall spindle (TS) and V-trellis (VT) as experiment materials. The structure indexes and canopy structures were observed and fruit quality and yield were determined based on hemispherical image analysis from WinSCANOPY2006a. The relativity of fruit quality and canopy parameters were analyzed as well. **【Result】** The tree height, number of scaffold limbs, mean yield per hm^2 and leaf area index of both types of trees with TS were significantly higher, while the distance of scaffold limb, mean foliage inclination angle, openness, total site factor, PPFD total under, PPFD direct under and PPFD diffuse under were lower compared to VT. Mean fruit mass and mean yield per hm^2 of ‘Royal Gala’ trained with TS were significantly higher than that of ‘Royal Gala’ trained with VT, while the situation was opposite for ‘Fuji’. Pericarp color saturation, soluble sugar, sugar/acid, coloring area of ‘Fuji’ trained

【收稿日期】 2012-05-03

【基金项目】 国家现代农业技术体系专项(nycytx-08-01-03)

【作者简介】 董然然(1987—), 女, 河南新乡人, 硕士, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: dongran1987@163.com

【通信作者】 安贵阳(1964—), 男, 陕西杨凌人, 研究员, 硕士, 主要从事果树栽培技术与栽培生理研究。E-mail: guiyangan@163.com

with VT were significantly higher, while titratable acidity was lower compared to that of ‘Fuji’ trained with SP.【Conclusion】The two different tree shapes had quite distinct effects on ‘Royal Gala’. TS was very beneficial for ‘Royal Gala’ saplings in increasing yield but had no significant effects on quality. VT had large effects on improving yield and quality of ‘Fuji’ saplings.

Key words: apple; tree shapes; photosynthetic characteristic; yield; quality

苹果属于喜光树种,在苹果的生产管理中,树形直接影响苹果的产量和品质。矮化栽培模式作为一种新型的栽培模式,具有早果、丰产、质优、便于管理、寿命短、更新快、效益高等优点,是当今世界果树发展的趋势。高纺锤形是 20 世纪 90 年代末期,世界苹果生产先进国家针对矮砧密植果园提出的一种新树形^[1],在欧洲较流行。目前,苹果高纺锤形整形技术已在意大利、美国等国家推广应用^[2-3]。梁海忠等^[4]曾对高纺锤形不同树体枝量与果实产量和品质的关系进行过报道。V 形树形无中心干,主枝绑在支架上,为薄膜层的高光效树形。由于 V 形对栽培条件要求较严格,目前在我国还未见关于 V 形的报道。国内目前关于果树冠层研究的方法主要是测定树冠不同部位的相对光照强度^[5-8]。伍涛等^[9]曾利用 WinSCANOPY2005a 冠层分析仪比较了“丰水”梨不同树形的冠层结构特点与产量品质的关系。但关于高纺锤形和 V 形的冠层特征参数与果树产量、品质的关系,尚缺乏系统的研究,不同果树品种采用不同树形的效果也未见报道。

本试验拟研究矮化自根砧栽培模式下高纺锤形和 V 形 2 种高光效树形对“皇家嘎啦”、“富士”2 个苹果品种幼树的光截获能力以及生长和结果的影响,采用 WinSCANOPY2006a 冠层分析仪进行冠层参数的分析,对比研究 2 种苹果树形的冠层结构特点、产量及品质之间的相互关系,以期为我国渭北黄土高原地区苹果矮化自根砧栽培以及与其相适应的树形的评价与改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在陕西省渭南市白水縣西北农林科技大学苹果试验站进行,苹果品种为“皇家嘎啦”和“富士”。2007 年定植,2010 年挂果,2011 年形成一定的产量。树形分为高纺锤形和 V 形,砧木为 M26,矮化自根砧栽培,砧木完全入土,栽植深度与地面相平。高纺锤形株行距为 $1\text{ m} \times 4\text{ m}$,V 形株行距为 $0.5\text{ m} \times 4\text{ m}$ 。土壤为沙壤土,灌溉水平良好,管理水平较高,统一使用了套袋和采收前铺反光膜等技

术措施。每 3 行为 1 个小区,随机区组设计,每小区取中间行长势基本一致、树形标准的 6 株树作为试验材料。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 光截获能力的测定 2011-07 下旬,果树冠层稳定后,应用加拿大生产的 WinSCANOPY2006a 冠层分析仪在晴朗无云的白天进行不同树形的图像采集,每处理 3 次重复。并应用其配套的专业分析软件对采集图像进行处理,分析树冠开度、叶面积指数、冠下总辐射、冠下间接辐射、冠下直接辐射、总定点因子、平均叶倾角等冠层参数。

1.2.2 树体结构的分析 2011 年冬季果树生理落叶后、冬剪前,调查各标准树的树高、主枝数以及长枝($\geq 15\text{ cm}$)、中枝($\geq 5 \sim < 15\text{ cm}$)、短枝($< 5\text{ cm}$)的数量并计算其比例。

1.2.3 果实产量和品质的分析 于“皇家嘎啦”(2011-08)和“富士”成熟时(2011-10),调查标准树的挂果数,根据单果质量估算单株产量和每 hm^2 的产量。每株标准树随机取 10 个果实,带回实验室进行果实品质的分析。用电子天平测单果质量;用 GY-1 型果实硬度计测果实硬度;用 WYT-4 型糖量计测可溶性固形物含量;用 NaOH 滴定法测可滴定酸含量;蒽酮比色法测定果实可溶性糖含量;果面色泽的测定用 Minolta CR-400/410 型色差仪,并计算果皮的色泽饱和度(果皮色泽饱和度越高,果皮越红);根据果实着色部分占整个果面的比率确定果实着色面积。

1.3 数据分析

试验数据采用 EXCEL 做表,使用 SPSS 17.0 统计软件进行方差分析并对冠层特征指标与果实品质和产量之间的相关性(r 值)进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同树形不同苹果品种树体结构指标的比较

从表 1 可以看出,不同树形不同苹果品种间的树体结构差异很大。在同一苹果品种下,树高、主枝数和总枝量均表现为高纺锤形大于 V 形,主枝间距表现为高纺锤形小于 V 形,且差异显著。同一树形

下,高纺锤形“皇家嘎啦”的主枝数、短枝占总枝量比例和总枝量比高纺锤形“富士”分别高 28.78%,19.7%和 1.93%,主枝间距比高纺锤形“富士”小 21.91%;V 形“皇家嘎啦”的主枝间距、短枝占总枝量比例和总枝量比 V 形“富士”分别高 9.95%,11.94%和 13.33%。

表 1 不同树形 2 个苹果品种的树体结构指标

Table 1 Tree structure indexes of two different apple tree shapes

树形 Tree shapes	品种 Varieties	树高/m Tree height	主枝数 Number of scaffold limb	主枝间距/cm Distance of scaffold limb	各级枝数及其占总枝量的比例 Branch number at all levels and the proportion of the amount of total branches			总枝量/hm ⁻² Total shoots
					长枝 Long shoots	中枝 Medium shoots	短枝 Spur shoots	
高纺锤形 Tall spindle	皇家嘎啦 Gala	4.82 a	37.5 a	9.6 d	49.0 (21.1%)	22.5 (9.6%)	161.2 (69.3%)	882 045.0 c
	富士 Fuji	4.81 a	29.1 b	11.7 c	82.1 (36.0%)	32.7 (14.3%)	113.5 (49.7%)	871 042.5 d
V 形 V-trellis	皇家嘎啦 Gala	4.08 b	14.5 c	21.0 a	35.8 (22.2%)	24.2 (15.0%)	101.5 (62.8%)	807 907.5 a
	富士 Fuji	3.93 b	14.3 c	19.1 b	36.9 (25.9%)	25.6 (18.0%)	80.0 (56.1%)	712 867.5 b

注:同列数据后标不同小写字母者表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下表同。

Note:The different small letters within the same column indicate significant difference at $P<0.05$. The same as below.

2.2 不同树形对不同苹果品种幼树光截获能力的影响

由表 2 可知,不同树形对不同苹果品种幼树冠层光截获能力的影响差异明显。在同一苹果品种下,叶面积指数在果树冠层稳定后(7 月下旬)表现为高纺锤形大于 V 形,平均叶倾角、开度、总定点因子和冠下总辐射表现为高纺锤形小于 V 形,说明在冠层稳定后高纺锤形的透光性小于 V 形,这与 V 形是单层薄叶幕结构有关。同一树形下,高纺锤形“富士”幼树的叶面积指数和总定点因子显著小于“皇家嘎啦”幼树,其他冠层指标差异不明显。V 形“皇家嘎啦”幼树的总定点因子、冠下总辐射和冠下直接辐射均显著大于“富士”幼树,平均叶倾角表现为“富士”幼树显著大于“皇家嘎啦”幼树。

表 2 不同树形对 2 个苹果品种幼树光截获能力的影响

Table 2 Effects of different tree shapes on light interception of two different young apple varieties

树形 Tree shapes	品种 Varieties	叶面积 指数 Leaf area index	平均 叶倾角 Mean foliage inclination angle	开度/% Openness	总定点 因子/% Total site factor	冠上总辐射/ (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)	冠下总辐射/ (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)	冠下直接辐射/ (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)	冠下间接辐射/ (mol·m ⁻² ·d ⁻¹)
						PPFD	PPFD	PPFD	PPFD
						total over	total under	direct under	diffuse under
高纺锤形 Tall spindle	皇家嘎啦 Gala	3.54 a	14.80 c	13.92 b	3.08 d	32.85 a	1.01 c	0.33 d	0.68 b
	富士 Fuji	2.96 b	14.80 c	13.84 b	2.94 c	32.85 a	0.97 c	0.36 c	0.61 b
V 形 V-trellis	皇家嘎啦 Gala	2.10 c	21.80 b	23.56 a	32.27 a	32.85 a	10.60 a	9.27 a	1.33 a
	富士 Fuji	2.22 c	23.47 a	23.31 a	17.21 b	32.85 a	5.69 b	4.22 b	1.28 a

2.3 不同树形对不同品种苹果幼树早期产量的影响

由表 3 可知,在同一树形下,平均单株果实数和平均每 hm² 产量均表现为“皇家嘎啦”大于“富士”,但平均单果质量表现为“富士”显著大于“皇家嘎啦”。

2 个苹果品种的平均单株产量均表现为高纺锤形显著大于 V 形,但“富士”幼树的平均每 hm² 产量表现为 V 形显著高于高纺锤形,“皇家嘎啦”幼树的平均每 hm² 产量则表现为高纺锤形显著高于 V 形。

表 3 不同树形对 2 个苹果品种幼树产量的影响

Table 3 Effects of different tree shapes on yields of different young apple varieties

树形 Tree shapes	品种 Varieties	平均单株果实数 Mean fruit number per plant	平均单果质量/g Mean fruit mass	平均单株产量/kg Mean yield per plant	平均每 hm ² 产量/kg Yield of per hm ²
高纺锤形 Tall spindle	皇家嘎啦 Gala	70.0 a	193.9 c	15.5 a	33 949.5 a
	富士 Fuji	26.3 c	263.8 b	6.9 b	17 169.0 d
V 形 V-trellis	皇家嘎啦 Gala	29.0 b	184.5 d	5.4 c	26 758.5 b
	富士 Fuji	14.1 d	275.3 a	3.9 d	19 279.2 c

2.4 不同树形对不同品种苹果幼树早期果实品质的影响

苹果果实的品质主要与光照、通风透光等有关,不同树形对苹果果实品质的影响见表 4。从表 4 可以看出,“皇家嘎啦”的果形指数、果皮色泽饱和度和糖/酸表现为高纺锤形显著大于 V 形,硬度、可溶性

糖含量和可滴定酸含量表现为 V 形显著大于高纺锤形。说明这 2 种树形对“皇家嘎啦”果实品质的影响各有特点。对于“富士”幼树而言,V 形在果皮色泽饱和度、可溶性固形物、可溶性糖含量、糖/酸和着

色面积等均明显大于高纺锤形,且差异显著,但果实硬度和可滴定酸含量显著小于高纺锤形。说明 V 形有利于“富士”苹果果实品质的提高。

表 4 不同树形对 2 个苹果品种幼树早期果实品质的影响

Table 4 Effects of different tree shapes on fruit qualities of different young apple varieties

树形 Tree shapes	品种 Varieties	果形指数 Fruit shape index	果皮色泽 饱和度 Pericarp color saturation	硬度/ (kg·cm ⁻²) Firmness	可溶性 固形物/% Soluble solid	可溶性 糖含量/% Soluble sugar	可滴定 酸含量/% Titratable acidity	糖/酸 Sugar/Acid	着色 面积/% Coloring area
高纺锤形 Tall spindle	皇家嘎啦 Gala	0.89 a	46.01 a	6.36 b	13.03 c	11.05 d	0.33 b	33.48 c	96.7 b
	富士 Fuji	0.82 b	37.89 d	6.67 a	14.94 b	13.75 b	0.35 a	39.29 b	89.0 c
V 形 V-trellis	皇家嘎啦 Gala	0.82 b	40.24 c	6.92 a	13.37 c	11.52 c	0.39 a	29.54 d	97.1 b
	富士 Fuji	0.84 b	41.56 b	6.17 b	15.77 a	14.18 a	0.33 b	42.97 a	98.4 a

2.5 “富士”苹果树冠层特征参数与果实品质的关系

将“富士”苹果 2 种树形的冠层测定结果与果实品质和产量进行相关性分析,结果(表 5)表明,苹果幼树冠层参数与果实品质和产量之间存在着不同的相关性。果树的叶面积指数与果实的果形指数、果皮色泽饱和度呈显著相关,与可溶性固形物、可溶性糖含量、可滴定酸含量、糖/酸、着色面积、每 hm² 产量呈极显著相关;平均叶倾角与果皮色泽饱和度呈显著相关,与其他冠层指标的相关性不显著;开度与果形指数、果皮色泽饱和度、可溶性固形物含量、可溶性糖含量和着色面积呈极显著正相关,与每 hm²

产量呈极显著负相关;总定点因子与可溶性糖含量、糖/酸呈极显著正相关;冠下总辐射与可滴定酸含量、每 hm² 产量呈显著负相关,与可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖/酸呈极显著正相关;冠下直接辐射与可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖/酸、每 hm² 产量呈极显著正相关,与可滴定酸含量呈显著负相关;冠下间接辐射与果皮色泽饱和度、每 hm² 产量呈显著正相关,与果实硬度呈极显著正相关。通过以上相关性分析可知,“富士”苹果幼树的冠层结构和果树早期果实品质、产量有很好的相关性,说明用冠层分析仪测定冠层指标可以作为评价苹果幼树树形的一种简单、方便、快捷方法。

表 5 “富士”苹果树主要冠层特征指标与果实品质和每 hm² 产量指标之间的相关性(r 值)

Table 5 Correlations (r values) between the major canopy characteristic indexes and fruit qualities and mean yield per hm² of ‘Fuji’

主要冠层指标 Major canopy characteristic indexes	果形指数 Fruit shape index	果皮色泽 饱和度 Pericarp color saturation	硬度 Firmness	可溶性 固形物 Soluble solid	可溶性 糖含量 Soluble sugar	可滴定 酸含量 Titratable acidity	糖/酸 Sugar/Acid	着色面积 Coloring area	每 hm ² 产量 Mean yield per hm ²
叶面积指数 Leaf area index	0.729 5 *	-0.706 0 *	-0.249 8	-0.815 1 * *	-0.852 8 * *	0.974 2 * *	-0.885 8 * *	-0.947 7 * *	0.885 6 * *
平均叶倾角 Mean foliage inclination angle	-0.395 1	0.716 9 *	-0.085 9	0.210 4	0.468 0	-0.426 8	0.526 4	-0.159 6	-0.351 3
开度 Openess	0.983 5 * *	0.926 8 * *	-0.327 3	0.932 3 * *	0.810 2 * *	-0.045 7	0.475 1	0.983 5 * *	-0.899 7 * *
总定点因子 Total site factor	-0.114 9	0.230 6	0.079 2	0.778 0 *	0.922 5 * *	-0.598 2	0.869 2 * *	0.465 6	0.544 8
冠下总辐射 PPDF total under	0.333 5	-0.306 5	-0.163 4	0.859 5 * *	0.968 6 * *	-0.701 5 *	0.949 1 * *	0.567 5	-0.605 0 *
冠下直接辐射 PPDF direct under	0.339 1	-0.394 1	-0.325 9	0.855 9 * *	0.949 5 * *	-0.788 2 *	0.984 6 * *	0.570 9	0.824 5 * *
冠下间接辐射 PPDF diffuse under	-0.244 4	0.657 9 *	0.967 6 * *	-0.199 1	-0.087 4	0.491 3	-0.310 5	-0.247 4	0.602 8 *

注:“*”表示显著相关(P<0.05),“* *”表示极显著相关(P<0.01)。
Note:“*”indicates significant correlation (P<0.05) and “* *”indicates very significant correlation (P<0.01).

3 讨 论

果树无论采用何种树形,其目的均应保障冠层内部光辐射分布合理,源足库大,光能利用率高,这样才能达到优质高产^[10]。树形与冠层内部光辐射分布有很大关系,不同树形的冠层参数不同,通过测量冠层指标评价树形是一种行之有效的办法^[11-12]。本研究采用 WinSCANOPY2006a 冠层分析仪就 2 种高光效树形分别对“富士”、“皇家嘎啦”幼树生长的影响进行了比较。通过冠层仪测定的冠层结构参数——叶面积指数、开度与果实的可溶性糖含量、可滴定酸含量、着色面积、每 hm^2 产量呈极显著相关,这与伍涛等^[9]、高登涛等^[13]、Janet 等^[14]的研究结果相同。

本研究对 2 种树形的冠层结构进行了比较,结果显示,高纺锤形在叶面积指数、树高、主枝数和总枝量等方面显著大于 V 形,这说明 V 形作为树体叶面积重要来源的短果枝群数量较少,营养生长整体偏弱^[15]。高纺锤形在开度、总定点因子和冠下总辐射等方面显著小于 V 形,说明 V 形在通风透光方面优于高纺锤形,这与 V 形是篱笆式单层叶幕结构、冠层内光分布均匀有关。

本研究结果显示,在产量方面,高纺锤形“皇家嘎啦”幼树的早期平均单果质量和平均每 hm^2 产量显著优于 V 形“皇家嘎啦”,但是 V 形“富士”苹果幼树在早期的平均单果质量和平均每 hm^2 产量显著高于高纺锤形“富士”。V 形由于没有中心干,控制了树体的顶端优势,抑制了树体枝干生长的营养消耗,让营养能够更多地向果实运输^[16],较适合“富士”苹果幼树产量和品质的提高。V 形“富士”苹果幼树在果皮色泽饱和度、可溶性固形物、可溶性糖含量、糖/酸、着色面积等方面分别比高纺锤形“富士”高 9.69%,5.56%,9.37%和 10.56%,可滴定酸含量比高纺锤形“富士”小 6.06%,这与 V 形果树的叶面积指数小、光照条件好有很大关系。对“皇家嘎啦”幼树而言,果形指数、果皮色泽饱和度和糖/酸均表现为高纺锤形大于 V 形,硬度、可溶性糖和可滴定酸含量均表现为 V 形大于高纺锤形,且差异显著。说明这 2 种树形对“皇家嘎啦”幼树品质的影响各有特点。

4 结 论

苹果幼树的冠层结构参数与早期果实品质、产量有很好的相关性,说明用冠层分析仪测定冠层指

标可以作为评价苹果幼树树形的一种简单、方便、快捷的方法。高纺锤形“皇家嘎啦”幼树的早期产量显著高于 V 形“皇家嘎啦”幼树,V 形“富士”幼树的早期产量和品质均优于高纺锤形“富士”幼树。说明在渭北黄土高原地区,高纺锤形有利于“皇家嘎啦”苹果幼树树冠的形成,且早期产量较高;V 形有利于“富士”苹果幼树的树冠形成,早期产量和品质较高。本试验对 2 种树形“富士”和“皇家嘎啦”在幼树期至初果期的表现进行了研究,下一步将继续研究这 2 个品种结果期的表现,以提出适合西北黄土高原地区不同苹果品种的适宜树形。

[参考文献]

- [1] 张林森,马锋旺,李丙智,等.国外苹果高纺锤形整形技术与应用[J].中国果树,2007(6):69-70.
Zhang L S, Ma F W, Li B Z, et al. Foreign technology and adhibition of tall spindle tree form reconstruction [J]. China Fruits, 2007(6): 69-70. (in Chinese)
- [2] 韩明玉,马锋旺,李丙智,等.意大利法国苹果发展情况[J].西北园艺,2008(2):49-50.
Han M Y, Ma F W, Li B Z, et al. Development situation of apple in Italy and France [J]. Northwest Horticulture, 2008(2): 49-50. (in Chinese)
- [3] 邓丰产,马锋旺,束怀瑞.美国苹果生产新体系[J].西北林学院学报,2009,24(4):114-117.
Deng F C, Ma F W, Shu H R. Noval apple production system in USA [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4): 114-117. (in Chinese)
- [4] 梁海忠,范崇辉,王 琰,等.苹果高纺锤形树体枝量、果实产量与品质的研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(7):123-128.
Liang H Z, Fan C H, Wang Y, et al. Research on shoot number, fruit yield and quality of high-spindle apple trees [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2010, 38(7): 123-128. (in Chinese)
- [5] 岳玉苓,魏钦平,张继祥,等.黄金梨棚架树体结构相对光照强度与果实品质的关系[J].园艺学报,2008,35(5):625-630.
Yue Y L, Wei Q P, Zhang J X, et al. Relationship between the distribution of relative light intensity and fruit quality of Trelis-trained ‘Hwangkumbae’ [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(5): 625-630. (in Chinese)
- [6] 徐胜利,陈小青,李绍华.篱壁式红富士苹果光照分布对光合作用和果实品质的影响[J].新疆农业科学,2001,38(6):309-312.
Xu S L, Chen X Q, Li S H. Effect light distribution characters on photosynthesis quality distribution of red Fuji apple trees trained in vertical axe [J]. Xinjiang Agricultural Science, 2001, 38(6): 309-312. (in Chinese)