

黄金梨棚架树体结构相对光照强度与果实品质的关系

岳玉苓¹, 魏钦平^{2*}, 张继祥¹, 王小伟², 刘军², 张强²

(¹ 山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018; ² 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093)

摘要: 为了探明棚架栽培黄金梨果实品质与相对光照强度和枝(梢)叶的关系, 应用树冠分格方法系统研究了冠层不同部位相对光照强度的变化、枝(梢)叶空间分布特征和果实品质差异及相对光照强度与果实品质和枝(梢)叶关系。结果表明: 树冠不同层次相对光照强度从上到下逐渐降低, 树冠上部的相对光照强度大于树冠下部, 相对光照强度小于 30% 的区域主要分布在树冠下部; 枝(梢)垂直方向上分布主要在树冠的 1.0~2.0 m 冠层内, 水平方向分布从树冠内膛到外围差异较小; 产量主要分布在光照条件较好的 1.0~2.0 m 冠层内, 果实单果质量、硬度、可溶性固形物含量均与相对光照强度呈正相关, 可滴定酸含量与相对光照强度呈负相关; 应用多元统计分析方法, 建立了果实品质与相对光照强度、相对光照强度与枝(梢)叶量关系的回归方程, 获得了最佳梨果实品质因素的相对光照强度分别是: 单果质量的最佳相对光强为 42.17%, 可溶性固形物的为 78.98%, 硬度的为 70.12%, 可滴定酸的为 59.97%; 整个树冠最低相对光照强度大于 42.17% 时, 每公顷总枝(梢)量约为 42.95 万条, 长枝、中枝、短枝的比例分别为 2.61%、6.59% 和 90.8%。

关键词: 梨; 树形; 棚架; 相对光照强度; 果实品质

中图分类号: S 661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 05-0625-06

Relationship Between the Distribution of Relative Light Intensity and Fruit Quality of Trellis-trained 'Hwangkumbae'

YUE Yu-ling¹, WEI Qin-ping^{2*}, ZHANG Ji-xiang¹, WANG Xiao-wei², LIU Jun², and ZHANG Qiang²

(¹ College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, State Key Laboratory of Crop Biology, Taian, Shandong 271018, China; ² Institute of Forestry & Pomology, Beijing Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: The relationship between the fruit quality and the relative light intensity, and the number of branches and leaves in trellis-trained 'Hwangkumbae' (*Pyrus pyrifolia* 'Hwangkumbae') was studied. The method of division in canopy was used to study the distribution of relative light intensity, and shoots and leaves, and fruit quality in different layers and positions of canopy. The results showed that the distribution of relative light intensity in the canopy gradually descended from upper to lower layer, and less 30% of the relative light intensity distributed mainly in the lowest layer of canopy. The branches (shoots) and fruitage were distributed mainly from 1.0 m to 2.0 m height of the canopy in uprightness. And the per fruit mass, firmness, soluble solid content were positively correlated to relative light intensity, whereas titratable acidity negatively correlated with it. The regression equations in relationships between quality factors and relative light intensity were set up and the obtained optimum relative light intensity was 42.17% for per fruit mass, 78.98% for soluble solid, 70.12% for firmness, 59.97% for titratable acidity, respectively. The regression equations in relationships between relative light intensity and types of branches (shoots) were set up and the obtained opti-

收稿日期: 2007-10-29; 修回日期: 2008-04-09

基金项目: 北京市科委资助项目 (D0705044040191)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: qpwei@sina.com)

mum proportion in shoot, meddle shoot and spur shoot were 2.61%, 6.59%, and 90.8%, and the total number of the shoots was $4.295 \times 10^5 \cdot \text{hm}^{-2}$.

Key words: pear; tree form; trellis-trained; relative light intensity; fruit quality

梨树棚架栽培在日本、韩国应用较普遍,该树形在管理中具有操作方便、枝条分布均匀、树冠通风透光好、果实整齐度高、抗风力强等特点。

黄金梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Hwangkumbae') 是 20 世纪 90 年代从韩国引进我国的梨新品种,该品种具有果实外形美观、果肉细腻、石细胞少、品质优良等特点。前人关于黄金梨的生物学习性、花果管理、早期丰产、果实套袋等方面做了大量的工作 (樊秀京 等, 2005; 王金政 等, 2006), 有关黄金梨棚架树体结构光照状况与果实品质关系的研究国内报道尚少。

作者以棚架形黄金梨为试材,研究棚架树冠内不同层次不同方位的相对光照强度分布、枝(梢)类型数量和叶面积对树冠相对光照的影响,以及相对光照强度与黄金梨果实品质的关系等,为棚架黄金梨树调节冠层枝(梢)叶空间分布和配比,充分利用光能,增进品质,增加高档果比率等提供理论依据和指导性方案。

1 材料与方法

试验于 2006 年 7—10 月在北京大兴区半壁店梨园进行。试材为黄金梨 (*Pyrus pyrifolia* 'Hwangkumbae'), 树龄 6 年生,株行距为 5 m \times 5 m, 南北行向,树形为棚架形,土壤为砂壤土,栽培管理水平较高。在果园选取有代表性的 3 个点,每点 6 株树,从每点中选取树体形状大小基本一致的 2 株,采用魏钦平等 (1997)、Wertheim 和 Wagenmakers (2001) 的方法,以树干为中心,用竹竿将树冠分成不同层次、不同方位的 50 cm \times 50 cm \times 50 cm 的立方体,同时把树冠水平方向分成内膛(距树干小于 1.0 m)、中部(距树干 1.0 ~ 2.0 m)和外围(距树干大于 2.0 m)3 部分。

7—8 月间选择晴天,从上午 8:00 时到下午 17:00 时每 3 h 用 TES-1332A 数字式照度计测定各立方体中心位置的光照强度,同时测定树冠上方无枝叶部位的光照强度,其比值为相对光照强度。9 月 17 日统计每个立方体内长、中、短枝(梢)数量和果实个数;在每个立方体内取有代表性的果实 3~5 个,用 1/100 天平测量单果质量;GY-1 型果实硬度计测量去果皮后的果实硬度;PR-100 型数字折光仪测量果实可溶性固形物含量;NaOH 中和滴定法测量可滴定酸含量 (汪沛洪, 1985)。叶片接近脱落时摘取树冠不同层次和部位立方体内所有叶片,用叶面积仪扫描计算各立方体内叶面积,然后再次调查各立方体内的长、中、短枝(梢)数量,取 2 次调查平均值为枝(梢)叶空间分布的分析数据, SAS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 棚架黄金梨树冠不同层次、不同部位相对光照的分布

由图 1 可以看出,树冠内不同层次相对光照强度有明显的规律性,从上到下逐渐降低,并且各层次间差异显著;同一层次内相对光照强度从内膛到外围逐渐增大,但差异不显著,表明梨树棚架结构从树冠内膛到外围的光照一致性特点。

为了说明梨树棚架结构相对光照强度的特点,计算了不同相对光照强度占树冠体积的空间比例(表 1)。小于 30% 的相对光照强度占树冠体积的

表 1 不同层次相对光照比例

Table 1 The proportion of relative light intensity at different canopy levels /%

树冠高度 /m Canopy height	<30%	30% ~ 59%	60% ~ 80%	>80%
0.5 ~ 1.0	26.4	6.9	0	0
1.0 ~ 1.5	8.8	21.7	2.3	0.6
1.5 ~ 2.0	0	4.2	20.8	8.3
合计 Total	35.2	32.8	23.1	8.9

35.2%，其中 26.4%位于树冠下层（离地面 0.5 ~ 1.0 m）；相对光照 30% ~ 59%占 32.8%，60% ~ 80%占 23.1%，大于 80%的高光区只占 8.9%。

不同相对光照强度占树冠体积的比例表明，尽管梨树采用棚架结构，但由于枝（梢）叶空间分布不合理，树冠内也容易造成相对光照强度小于 30% 的低光区（Wertheim & Wagenmarkers, 2001），生产中为了增加产量和提高品质，必须通过冬季和夏季修剪相结合的方法及时调整枝（梢）叶的空间布局。

2.2 棚架黄金梨枝（梢）叶空间分布特点

从表 2 看出，棚架黄金梨不同类型枝（梢）在树冠垂直方向上的分布主要集中在 1.0 ~ 2.0 m

层间；水平方向上树冠内膛、中部和外围分布较均匀，从枝类组成分析，短枝（梢）占总枝（梢）量的 88%，中枝（梢）占 6%、长枝（梢）占 6%，折合每公顷枝（梢）总量为 53.4 万条；以累计叶面积看，垂直方向上从树冠上部到下部呈现很明显的增加趋势，水平方向上从树冠内膛到外围逐渐减小，这与枝（梢）分布规律基本一致，当累计叶面积大于 3.96 m²后，相对光照强度均低于 32.18%，这些部位主要集中在树冠垂直方向 1.0 m 以下，水平方向离树干中心小于 1.0 m 的部位。

表 2 树冠内枝条数量、累计叶面积和相对光照强度分布

Table 2 The distribution of shoots number, accumulative leaves area and relative radiation intensity in canopy

树冠高度 /m Height of canopy	外围 Outer(>2.0 m)			中部 Middle (1.0 ~ 2.0 m)			内膛 Inner(<1.0 m)		
	枝条数 Number of shoots	叶面积 Leaves area /m ²	相对光强 /% Relative light intensity	枝条数 Number of shoots	叶面积 Leaves area /m ²	相对光强 /% Relative light intensity	枝条数 Number of shoots	叶面积 Leaves area /m ²	相对光强 /% Relative light intensity
>2.0	5, 0, 0	0.39	100	5, 12, 2	0.82	100	0, 0, 2	0.87	100
1.5 ~ 2.0	177, 9, 15	2.70	79.05	190, 11, 22	2.72	66.97	207, 14, 19	3.05	51.89
1.0 ~ 1.5	45, 0, 1	2.75	45.62	80, 2, 2	3.96	32.18	108, 3, 8	4.27	19.20
<1.0	0, 0, 0	2.75	28.69	11, 0, 0	4.01	19.23	10, 1, 1	4.56	14.34

注：枝条数依次代表短枝、中枝和长枝的条数。

Note: Number of shoots are followed by the spurs, medium shoots and long shoots

可见棚架黄金梨枝（梢）在树冠内的空间分布存在差异，这些差异直接影响了树体光照分布状况。

2.3 棚架黄金梨树冠不同层次不同部位果实产量分布

棚架黄金梨不同层次、部位的果实分布如图 2 所示，单株产量为 54.99 kg，单位面积产量为 2.31 ×10⁴ kg · hm⁻²，在垂直方向上，果实主要集中分布在光照条件较好的 1.0 ~ 2.0 m 之间，最高产量区分布在 1.0 ~ 1.5 m 之间；水平方向上，内膛果实较少，中部果实最多，外围枝叶量较少，果实也相应减少，且树冠内膛、中部和外围的产

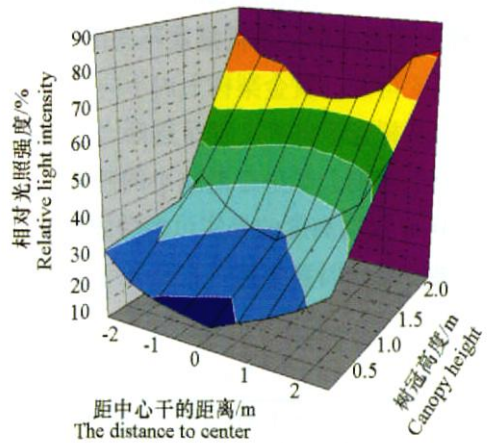


图 1 相对光照强度的三维分布

Fig 1 The distribution of relative light intensity

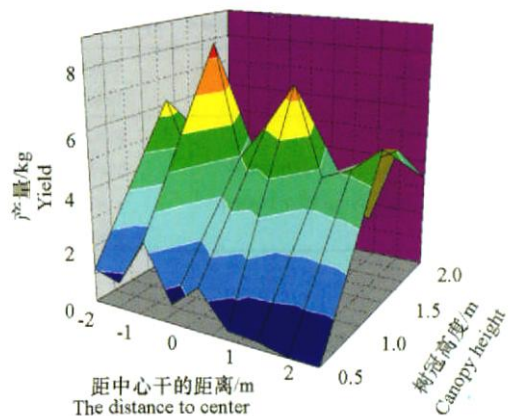


图 2 树冠内不同部位的果实产量

Fig 2 The yield distribution in outer and inner of canopy

量差异不显著,果实在树冠的分布状况与枝(梢)叶和相对光照强度的分布呈现出明显的一致性。

2.4 棚架黄金梨树冠不同层次不同部位果实品质的差异

从表 3 可知,黄金梨树冠内不同层次果实品质存在差异。单果质量、可溶性固形物含量、硬度、固酸比等从树冠下部到上部呈逐渐增大的趋势,并且差异达到显著的水平;相反,果实可滴定酸含量是从树冠下部到上部呈逐渐减小的趋势。在水平方向上外围和中部的单果重、硬度均大于内膛,在 1.0~2.0 m 冠层高度的果实可溶性固形物含量是外围>中部>内膛。结合相对光照强度的分布状况,表明了果实品质因素与相对光照强度有密切的相关性。

表 3 不同冠层果实品质的差异

Table 3 The difference of fruit quality in different layer of tree canopy

树冠高度 /m Canopy height	树冠水平方向分布 Distributing in level of canopy	单果质量 /g Per fruit mass	硬度 /(kg·cm ⁻²) Firmness	可溶性固形物含量 /% Soluble solid content	可滴定酸含量 /% Titratable acidity content	固酸比 Soluble/acid
0.5~1.0	内膛 Inner	266.5a	7.35a	9.57a	0.104a	102.9a
	中部 Middle	293.7a	7.30a	10.85a	0.096a	113.4a
	外围 Outer	289.6a	7.74a	10.85a	0.099a	98.3b
1.0~1.5	内膛 Inner	283.6a	7.00b	9.93c	0.098a	101.2b
	中部 Middle	300.1a	8.21a	11.83b	0.095a	124.2a
	外围 Outer	319.4a	8.27a	12.33a	0.094a	131.2a
1.5~2.0	内膛 Inner	295.3a	8.43a	11.00b	0.084a	130.9b
	中部 Middle	307.2a	9.26a	12.43a	0.088a	141.2a
	外围 Outer	346.1a	9.34a	12.54a	0.085a	147.8a

注:不同字母为 0.05%显著水平差异。

Note: The different small letters stand for $P < 0.05$ respectively.

2.5 相对光照强度与果实品质的相互关系

为了找出果实品质与相对光照强度的关系,以每个 50 cm × 50 cm × 50 cm 立方体内的果实品质、产量为应变量,以每个立方体内的相对光照强度为自变量,通过一元二次多项式的拟合,建立果实品质因素与相对光照强度的回归方程(表 4)。从表 4 看出,果实品质各项指标与相对光照强度的回归方程均达到极显著水平,表明建立的回归方程是稳定可靠的。根据二次方程求极值的原理,对方程求导得出各果实品质最佳时的相对光照强度分别为:单果质量为 42.17%,可溶性固形物为 78.98%,可滴定酸为 59.97%,硬度为 70.12%,可以看出不同的果实品质因素对光照强度的要求不同,黄金梨优质丰产的最佳相对光照强度为 42.17%~70.12%。

表 4 黄金梨品质与相对光照的多项式拟合

Table 4 The polynomial fit of fruit quality and relative light intensity

品质和产量因素 Quality and yield factor	回归方程 Regression equation	方程 F 值 Value of F	最佳光照取值 /% Optimum value of light
单果质量 Per fruit mass	$y = 22.39 + 14.7079x - 0.16597x^2$	54.70 **	42.17
可溶性固形物含量 Soluble solid content	$y = 9.15 + 0.07980x - 0.00050x^2$	15.02 **	78.98
可滴定酸含量 Titration acidity content	$y = 0.11 - 0.00071x + 0.000006x^2$	4.54 **	59.97
硬度 Firmness	$y = 6.23 + 0.04104x - 0.00029x^2$	7.05 **	70.12

树冠内的相对光照强度受枝(梢)叶类型、数量和分布的影响。为寻找出枝(梢)叶对相对光照强度的影响,应用最优组合回归方法,建立了相对光照强度和枝(梢)类型、数量和叶面积间的回归方程(表 5)。从表 5 看出,枝(梢)数量和叶面积与相对光照强度间呈指数关系,当整个树冠最低相对光照强度大于 42.17% 时,理论计算每公顷总枝(梢)量约为 42.95 万条,长枝、中枝、短枝的比例分别为 2.61%、6.59% 和 90.8%。

表 5 黄金梨不同枝（梢）数量与相对光照间的回归分析

Table 5 The regression analysis of relationship between shoot type and relative light intensity

自变量 The value of variable	回归方程 Regression equation	方程 <i>F</i> 值 Value of <i>F</i>	相对光照为 42.17% 时 自变量取值 The value of variable in 42.17% relative light intensity	相对光照为 42.17% 时 每公顷枝条量 / 条 Total number of shoots above 42.17 % relative light intensity per hectare	比例 / % Percent
x_1	$y = \exp(4.581 - 0.086x_1)$	26.18 ^{**}	9.76	390 009	90.8
x_2	$y = \exp(3.932 - 0.274x_2)$	13.90 [*]	0.70	28 350	6.59
x_3	$y = \exp(3.936 - 0.691x_3)$	25.12 ^{**}	0.28	11 188	2.61
总枝量	$y = \exp(4.355 - 0.067x_1 -$ $0.133x_2 - 0.194x_3)$	9.37 [*]	-	429 547	100

注： x_1 、 x_2 、 x_3 分别代表冠层垂直方向累计短枝数、中枝数和长枝数。

Note: x_1 , x_2 , x_3 show the spurs, medium shoots and long shoots in uprightness of canopy respectively.

3 讨论

本研究结果表明，光照强度从树冠上部到下部、树冠外围到内膛逐渐降低，这与 Robinson 和 Seeley (1983)、Robinson 和 Lakso (1991) 等人的研究结果相似；但同一层次内从外围到内膛相对光照强度变化比较缓和，而一层一干纺锤型和疏散分层型树冠从外围到中心的相对光照强度变化较大，且棚架黄金梨各部位的相对光照强度均高于这两种树形相应部位的相对光照强度（李雄等，1998）；棚架形黄金梨架面上的光照度均大于 30%，为生产优质果品提供了良好的光环境。

个体枝叶空间分布及良好的树冠光照体系是实现优质丰产的关键（张大鹏和姜红英，1995；Barritt, 1998；张显川等，2007）。本研究结果表明树冠枝（梢）类型、数量直接影响树冠内光照分布状况，这与 Lakso 和 Roinson (1989)、Wunsche 和 Lakso (2000) 等人的研究结果相似。应用最优组合回归分析建立了相对光照强度和枝（梢）量的回归方程，从保证黄金梨果实品质优质出发，获得了利用光能的最佳树冠结构参数为生长季每公顷总枝（梢）量约 42.95 万条，低于苹果、桃等其它果树，这主要是因为黄金梨成枝力弱，长枝量比较少；求出的黄金梨长枝、中枝、短枝的理论比例为 2.61% 6.59% 90.8%，其中长枝所占的比例明显低于苹果（38.24% 6.43% 55.33%）（邹秀华，1999）。但黄金梨以短枝结果为主，总枝（梢）量的减少对果树负载量影响较小，并且在当前果品生产从产量效益向质量效益转化的阶段，这样的枝类组成明显改善树冠内的光照条件，提高了果实的品质，增加了果园整体效益。

本研究结果表明黄金梨果实单果质量、可溶性固形物含量、固酸比与光照成正相关，这与魏钦平等（2004）、张琦等（2001）对苹果、梨的研究结果相似；果实硬度与相对光照强度成正相关，与 Patricia (1990) 的研究结果相似。通过产量分析得出棚架黄金梨（株行距为 5 m × 5 m）单产为 $2.31 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，比赵春磊等（2006）在纺锤型黄金梨上的研究产量（单产为 $2.72 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ）稍低，但果实品质好，高档果所占比率高。通过果实品质和相对光照强度的回归分析表明，黄金梨优质果实品质所需要的最低光照强度为 42.17%，高于徐胜利和陈小青（2004）、魏钦平等（2004）在苹果上的研究结果，说明黄金梨品质优质对光照强度的要求较高；并且本研究结果表明棚架黄金梨主要结果部位（棚架形架面上）的相对光照强度基本上满足生产优质果品的要求，是生产优质高档果的适用树形。

References

- Barritt B H. 1998. Vertical aris training seen as alternative for apple. *Good Fruit Grower*, 39 (3): 24 - 26.
- Fan Xiu-jing, Tian Xia, Qin Lan-xiang, Xing Xiang-zheng, Ding Yuan-e. 2005. Culture techniques for 'Hwangkumbare' pear to get early high

- yield Deciduous Fruits, (4): 48 - 49. (in Chinese)
- 樊秀京, 田 霞, 秦兰香, 邢相政, 丁元娥. 2005. 黄金梨的早期丰产栽培技术. 落叶果树, (4): 48 - 49.
- Lakso A N, Roinson T L. 1989. The palmetto leader: A tree design for improved light distribution. HortScience, 24 (2): 271 - 275.
- Li Xiong, Sun Bo-jun, Li Rong-fu, Miao Hong-ying, Gao Li-ping. 1998. Light distribution in the crown of pear influence on fruit quality and yield. China Fruits, (1): 23 - 24. (in Chinese)
- 李 雄, 孙伯筠, 李福荣, 苗红英, 高利平. 1998. 树冠内光分布对苹果梨产量和品质的影响. 中国果树, (1): 23 - 24.
- Patricia S. 1990. Effects of orchard geometry on light distribution. Acta Horticulturae, 276: 265 - 272.
- Robinson T C, Seeley E J. 1983. Effect of light environment and spur age on Delicious apple fruit size and quality. J Amer Soc Hort Sci, 70 (6): 855 - 861.
- Robinson T L, Lakso A N. 1991. Modifying apple area canopies for improved production efficiency. HortScience, 26 (8): 1005 - 1012.
- Wang Pei-hong. 1985. The guidance of the basic biochemistry examination. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press: 16 - 18. (in Chinese)
- 汪沛洪. 1985. 基础生物化学实验指导. 西安: 陕西科技出版社: 16 - 18.
- Wei Qing-ping, Lu Ren-qing, Zhang Xian-chuan, Wang Xiao-wei, Gao Zhao-quan, Liu Jun. 2004. Relationships between distribution of relative light intensity and yield and quality in different tree canopy shapes for 'Fuji' apple. Acta Horticulturae Sinica, 31 (3): 291 - 296. (in Chinese)
- 魏钦平, 鲁韧强, 张显川, 王小伟, 高照全, 刘 军. 2004. 富士苹果高干开心形光照分布与产量品质的关系研究. 园艺学报, 31 (3): 291 - 296.
- Wei Qing-ping, Wang Li-qing, Yang De-xun. 1997. Effect of relative light intensity on fruit quality of 'Fuji' apple. Chinese Journal of Agrometeorology, 18 (5): 12 - 14. (in Chinese)
- 魏钦平, 王丽琴, 杨德勋. 1997. 相对光照强度对富士苹果品质的影响. 中国农业气象, 18 (5): 12 - 14.
- Wertheim S J, Wagenmakers P S. 2001. Orchard systems for apple and pear conditions for success. Acta Hort, 557: 209 - 227.
- Wunsche J N, Lakso A N. 2000. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. Hort Sci, 35 (7): 1202 - 1206.
- Xu Sheng-li, Chen Xiao-qing. 2004. Effect of light distribution and setting fruit position in vertical trellis on fruit quality of 'Xiang Li' pear. Deciduous Fruits, (3): 3 - 5. (in Chinese)
- 徐胜利, 陈小青. 2004. 香梨壁式树形光照分布及结果部位对果实品质的影响. 落叶果树, (3): 3 - 5.
- Xue Xiaomin, Zhang Yu-xing, Wang Jin-zheng, Zhang An-ning. 2006. Studies on the changes of some main nutritional components in Hwangkumbae pear during maturation. Chinese Agricultural Science Bulletin, 22 (9): 321 - 324. (in Chinese)
- 薛晓敏, 张玉星, 王金政, 张安宁. 2006. 黄金梨果实发育过程中主要营养成分的变化. 中国农学通报, 22 (9): 321 - 324.
- Zhang Da-peng, Jiang Hong-ying. 1995. The studies on the basic relationship between the canopy microclimate and the grape physiology, yield and quality. Acta Horticulturae Sinica, 22 (2): 110 - 116. (in Chinese)
- 张大鹏, 姜红英. 1995. 叶幕微气候与葡萄生理、产量和品质形成之间的基本关系研究. 园艺学报, 22 (2): 110 - 116.
- Zhang Qi, He Tian-ming, Feng Jian-ju, Chen Jing-feng. 2001. Light distribution in the crown of pear variety Xiangli and influence on fruit quality. Deciduous Fruits, (3): 1 - 3. (in Chinese)
- 张 琦, 何天明, 冯建菊, 陈敬峰. 2001. 香梨树冠内的光照分布及对果实品质的影响. 落叶果树, (3): 1 - 3. (in Chinese)
- Zhang Xian-chuan, Gao Zhao-quan, Fu Zhan-fang, Fang Jian-hui, Li Tian-hong. 2007. Influences of tree form reconstruction on canopy structure and photosynthesis of apple. Acta Horticulturae Sinica, 34 (3): 537 - 542. (in Chinese)
- 张显川, 高照全, 付占方, 方建辉, 李天红. 2007. 苹果树形改造对树冠结构和冠层光合能力的影响. 园艺学报, 34 (3): 537 - 542.
- Zhao Chun-lei, Zhao Zhi-feng, Gong Qing-dang. 2006. Effect of sod culture on soil conditions along with yield and quality of 'Hwangkumbae' pear. Deciduous Fruits, (4): 11 - 12. (in Chinese)
- 赵春磊, 赵之峰, 公庆党. 2006. 生草方法对土壤环境条件及黄金梨产量和品质的影响. 落叶果树, (4): 11 - 12.
- Zou Qiu-hua. 1999. The relationship between yield and the number of branches and leaf of young 'Fuji' apple. Shandong Forestry Science and Technology, (6): 14. (in Chinese)
- 邹秀华. 1999. 幼龄富士苹果枝类组成与产量的关系. 山东林业科技, (6): 14.