

DOI:10.11937/bfyy.201711006

根据太阳照射角度确定 Y 字形果园 种植密度的探讨

李桂祥, 张安宁, 刘伟, 张毅, 董晓民

(山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

摘 要:以 Y 字形修剪桃树为试材, 根据山东泰安地区的太阳照射角, 计算了不同树高、干高和夹角的行距和 2 个主枝的遮挡情况, 并研究了适合 Y 形树形的 2 个主枝夹角及行距。结果表明: 同一树高, 行距随干高的升高而减小, 随 2 个主枝夹角的增大而增大; 行距随树高的增大而增大。通过计算得出的 2 个主枝夹角最小角度应为 72.04° , 为方便生产, 可将 2 个主枝的夹角定为 75° , 合适的种植行距为 4.45 m(树高 3.5 m, 干高 0.6 m) 或者 5.22 m(树高 4.0 m, 干高 0.6 m)。

关键词: 太阳照射角度; 种植密度; 树形; 果园

中图分类号: S 66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)11-0028-05

果树整形是果树综合管理的重要措施, 选择合适的树形可以早实丰产、提高果实产量质量、便于田间管理。自然开心形是桃树生产中最常用的树形, 具有早实丰产、易成形、便于推广的优点, 但也存在着修剪量大、容易郁闭、不适宜密植等缺点。随着经

济的发展, 农村劳动力逐年减少, 劳动力价格逐年升高, 农药化肥等物资价格逐年升高, 省力化成为解决生产成本上升的一个重要选择。在果树的众多树形中, 主干形、纺锤形、Y 字形是适合机械化和省力化生产的树形。

光照影响果实的品质。果树的栽植密度直接影响果园光照条件。在果树栽培中, 合理密植的基本原则应依据具体树种或品种的生物学特性, 使果园中所有果树叶幕的各部分都能合理地利用立体空间, 充分利用太阳光能进行光合生产^[1]。果园中光照的分布受树体内部枝叶的遮挡和树体之间的相互遮挡的影响。树体内部枝叶的遮挡可以通过合理的修剪解决, 树体之间的相互遮挡主要取决于果树的栽植密度。太阳光照是决定果树遮挡的决定因素, 其照射的方位和高度具有规律性。根据果树的树形和太阳照射的高度角和方位角, 通过计算, 可以确定

第一作者简介: 李桂祥(1987-), 男, 山东安丘人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事果树栽培生理等研究工作。E-mail: liguixiang-2010@163.com.

责任作者: 张安宁(1974-), 男, 山东新泰人, 硕士, 副研究员, 现主要从事水果育种和果树设施栽培与推广等工作。E-mail: zan_hope@163.com.

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD02B03); 国家现代桃产业技术体系建设专项基金资助项目(CARS-31); 山东省农业科学院科技创新重点资助项目(2014CXZ11-4)。

收稿日期: 2017-03-07

concentration in grapes leaf removal. Determined the best time of leaf removal which could effectively reduce IBMP content in ‘Cabernet Sauvignon’ grape from Yantai. The results showed that, the limit of detection (LOD) and limit of quantitation (LOQ) were very low in model juice and samples. Leaf removal in preflowering (LR-pre) had significant effect on the accumulation of IBMP during the growth of ‘Cabernet Sauvignon’ grapes, while the leaf removal in veraison (LR-v) had no effect on concentration in harvest. The method of quantitative analysis of IBMP had low detection line and high recovery rate. Earlier leaf removal treatment could reduce the accumulation of IBMP in grape fruit more effectively in preflowering, thus reduce the ‘green pepper’ odor in ‘Cabernet Sauvignon’ wine.

Keywords: leaf removal; ‘Cabernet Sauvignon’ grape; IBMP; HS-SPME

在不同栽植模式下合适的株行距和栽植密度。前人根据太阳的高度角和方位角的变化规律对果树的合适株行距^[1]、不同经纬度树木的投影面积以及树冠在正南方向完全无遮挡时最短的树木间距^[2]、果园最佳行向和行间距^[3-5]等进行了研究。在计算果树的株行距时,果树定干高度以下没有叶片进行光合作用的高度应该作为计算的一部分进行考虑^[6]。课题组已根据太阳高度角和方位角对主干形桃树的树高、干高以及株行距进行了研究^[6]。现根据太阳高度角和方位角对 Y 字形桃树的树高、干高以及合适株行距之间的关系进行了计算,以期为果树的田间生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试桃品种为 Y 字形修剪的“玉妃”桃,该品种为山东省果树研究所选育的中熟品种,丰产稳产、抗性和适应性强。

1.2 试验方法

1.2.1 坐标 使用 GPS 仪(UniStrong MG758)定位试验地点的坐标。试验地块在山东省果树研究所天平湖示范基地,其坐标为北纬 36°12′55.46″、东经 117°01′08.72″。

1.2.2 太阳高度角和方位角的计算 试验地点所在地的太阳高度角 α 和方位角 β 可以通过计算得出^[7-8],也可以通过相关软件计算或者查阅专业网站得出。

1.2.3 行距计算 树高(H)选择 3.0、3.5、4.0 m,干高(h)选择 0.6、0.8、1.0 m;2 个主枝夹角(γ)选择

70°、80°、90°;桃树开花时间为 3 月底至 4 月初,此时叶片面积小,光合作用弱,生长缓慢,立夏后生长速度加快,因此,春分及清明均不宜作为株行距计算的考虑季节。夏秋季为果实的生长发育时期,果实成熟期的光照对果实的品质至关重要,因此应该以果实成熟时期的光照情况来计算行距。选择秋分(9 月 23 日)作为考虑日期,时间选为当天的 09:00^[6](24 h 制)。行距=A+B,其中 A 为背阳或向阳侧主枝顶点垂直投影到地面的点到树干的距离,其计算公式为 $(H-h)\tan(\gamma/2)$,B 为任意一天白天背阳或向阳侧主枝在阳光下影子顶点向 2 个主枝所在平面的投影距离,计算公式为 $\sin(\beta-90^\circ)\times(H-h)/\tan\alpha$ 。当 $B<A$ 时,最小行距=A \times 2;当 $B>A$ 时,最小行距=A+B。

1.2.4 向阳侧主枝对该行树的影响 根据 B-A 所得数值大小来判别向阳侧主枝对该行树是否有影响。数值大于 0,则有影响;数值小于 0,则没有影响。

2 结果与分析

2.1 果树生长主要节气时太阳高度角和方位角

表 1 为基地所在位置春分、立夏、夏至、立秋、秋分 5 个节气时的 05:00—19:00 太阳高度角和方位角的度数,数据来源于 <http://keisan.casio.com>。2015 年春分为 3 月 21 日、立夏为 5 月 6 日、夏至为 6 月 22 日、立秋为 8 月 8 日、秋分为 9 月 23 日。每间隔 15 min 计算一次高度角和方位角。所得数据中,春分、立夏、夏至、立秋在 12:15 时的高度角最大,秋分在 12:00 的高度角最大。

表 1 桃树生长主要节气时太阳高度角和方位角

Table 1 Solar altitude angle and azimuth angle of peach growth season

(°)

时刻 Time	春分 Vernal equinox		立夏 Beginning of summer		夏至 Summer solstice		立秋 Beginning of autumn		秋分 Butumnal equinox	
	高度角	方位角	高度角	方位角	高度角	方位角	高度角	方位角	高度角	方位角
	Altitude angle	Azimuth angle	Altitude angle	Azimuth angle	Altitude angle	Azimuth angle	Altitude angle	Azimuth angle	Altitude angle	Azimuth angle
05:00	-15.95	78.00	-3.64	66.95	0.55	60.52	-5.29	65.36	-12.92	80.15
07:00	8.31	96.05	19.68	84.07	22.60	76.72	18.00	82.62	11.32	98.18
09:00	31.42	116.49	43.73	102.97	46.58	93.24	42.05	101.1	34.11	119.50
11:00	49.45	148.59	64.79	138.32	69.60	123.70	63.64	134.13	50.90	153.89
12:00	53.60	171.88	69.84	174.00	76.88	166.00	69.65	167.79	53.85	178.11
12:15	53.87	178.21	69.88	184.47	77.22	181.31	70.02	178.19	53.77	184.46
13:00	52.67	196.97	66.92	213.01	73.78	221.18	67.90	208.01	51.62	202.74
15:00	38.16	235.15	47.13	253.68	52.09	262.07	48.87	251.79	35.58	238.46
17:00	16.01	258.13	23.20	273.61	28.01	279.74	24.99	272.30	12.99	260.31
19:00	-8.20	276.24	0.14	290.59	5.14	295.53	1.59	289.22	-11.29	278.29

注:方位角,北=0°,东=90°,南=180°,西=270°。

Note: Azimuth angle, North=0°, East=90°, South=180°, West=270°.

2.2 行距确定计算

当树高为 4 m, 秋分 09:00 不同夹角、不同干高的行距计算结果如表 2 所示。同一夹角, 最小行距随着干高的增加而减小; 同一干高, 最小行距随着角度的增大而增大。2 个主枝夹角为 70° 干高 1.0 m 的行距最小, 为 4.28 m, 2 个主枝夹角为 90° 干高 0.6 m 的行距最大, 为 6.80 m。

当树高为 3.5 m, 秋分 09:00 不同夹角、不同干

表 2 秋分 09:00 计算的行距(树高 4.0 m)

Table 2 Row spacing calculation at 09:00 of butumnal equinox (tree height=4.0 m)

m

夹角 Intersection angle/($^\circ$)	干高 Trunk height	A	B	A+B	A \times 2	最小行距 Minimum row spacing
70	0.6	2.38	2.47	4.85	4.76	4.85
	0.8	2.24	2.33	4.57	4.48	4.57
	1.0	2.10	2.18	4.28	4.20	4.28
80	0.6	2.85	2.47	5.32	5.70	5.70
	0.8	2.68	2.33	5.01	5.37	5.37
	1.0	2.52	2.18	4.70	5.04	5.04
90	0.6	3.40	2.47	5.87	6.80	6.80
	0.8	3.20	2.33	5.53	6.40	6.40
	1.0	3.00	2.18	5.18	6.00	6.00

表 3 秋分 09:00 计算的行距(树高 3.5 m)

Table 3 Row spacing calculation at 09:00 of butumnal equinox (tree height=3.5 m)

m

夹角 Intersection angle/($^\circ$)	干高 Trunk height	A	B	A+B	A \times 2	最小行距 Minimum row spacing
70	0.6	2.03	2.11	4.14	4.06	4.14
	0.8	1.89	1.96	3.85	3.78	3.85
	1.0	1.75	1.82	3.57	3.50	3.57
80	0.6	2.43	2.11	4.54	4.86	4.86
	0.8	2.27	1.96	4.23	4.54	4.54
	1.0	2.10	1.82	3.92	4.20	4.20
90	0.6	2.90	2.11	5.01	5.80	5.80
	0.8	2.70	1.96	4.66	5.40	5.40
	1.0	2.50	1.82	4.32	5.00	5.00

表 4 秋分 09:00 计算的行距(树高 3.0 m)

Table 4 Row spacing calculation at 09:00 of butumnal equinox (tree height=3.0 m)

m

夹角 Intersection angle/($^\circ$)	干高 Trunk height	A	B	A+B	A \times 2	最小行距 Minimum row spacing
70	0.6	1.68	1.74	3.43	3.36	3.43
	0.8	1.54	1.60	3.14	3.08	3.14
	1.0	1.40	1.45	2.85	2.80	2.85
80	0.6	2.01	1.74	3.76	4.02	4.02
	0.8	1.85	1.60	3.45	3.69	3.69
	1.0	1.68	1.45	3.13	3.36	3.36
90	0.6	2.40	1.74	4.14	4.80	4.80
	0.8	2.20	1.60	3.80	4.40	4.40
	1.0	2.00	1.45	3.45	4.00	4.00

2.3 向阳侧主枝对该行树的影响

当树高为 4 m, 秋分 09:00 不同夹角、不同干高的向阳侧枝顶点的垂直投影到中心干距离如表 5 所

高的行距计算结果如表 3 所示。2 个主枝夹角为 70° 干高 1.0 m 的行距最小, 为 3.57 m, 2 个主枝夹角为 90° 干高 0.6 m 的行距最大, 为 5.80 m。

当树高为 3 m, 秋分 09:00 不同夹角、不同干高的行距计算结果如表 4 所示。行距最小的是 2 个主枝夹角为 70° 干高 1.0 m, 为 2.85 m, 行距最大的是 2 个主枝夹角为 90° 干高 0.6 m, 为 4.80 m。

示。同一夹角, 两点距离随着干高的增加而减小; 同一干高, 随着角度的增大而减小。向阳侧枝顶点的垂直投影到中心干距离最小的是 -0.930 m(夹角

90°,干高 0.6 m),距离最大的是 0.091 m(夹角 70°,干高 0.6 m)。2 个主枝夹角为 70°的 3 个干高的树均会在太阳照射时对该树有遮阴,2 个主枝夹角为 80°和 90°的 3 个干高的树均在太阳照射时对该树没有遮阴。

表 5 秋分 09:00 向阳主枝投影到主干的距离
(树高 4.0 m)

Table 5 Distance from the lateral branch projection to the trunk at 09:00 of butumnal equinox (tree height=4.0 m) m

夹角 Intersection angle/(°)	干高 Trunk height	A	B	B-A
70	0.6	2.38	2.47	0.091
	0.8	2.24	2.33	0.086
	1.0	2.10	2.18	0.080
80	0.6	2.85	2.47	-0.380
	0.8	2.68	2.33	-0.360
	1.0	2.52	2.18	-0.340
90	0.6	3.40	2.47	-0.930
	0.8	3.20	2.33	-0.870
	1.0	3.00	2.18	-0.820

当树高为 3.5 m,秋分 09:00 不同夹角、不同干高的向阳侧枝顶点的垂直投影到中心干距离如表 6 所示。向阳侧枝顶点的垂直投影到中心干距离最小的是-0.790 m(夹角 90°,干高 0.6 m),距离最大的是 0.078 m(夹角 70°,干高 0.6 m)。2 个主枝夹角为 70°的 3 个干高的树均会在太阳照射时对该树有遮阴,2 个主枝夹角为 80°和 90°的 3 个干高的树均在太阳照射时对该树没有遮阴。

表 6 秋分 09:00 向阳主枝投影到主干的距离
(树高 3.5 m)

Table 6 Distance from the lateral branch projection to the trunk at 09:00 of butumnal equinox (tree height=3.5 m) m

夹角 Intersection angle/(°)	干高 Trunk height	A	B	B-A
70	0.6	2.03	2.11	0.078
	0.8	1.89	1.96	0.072
	1.0	1.75	1.82	0.067
80	0.6	2.43	2.11	-0.320
	0.8	2.27	1.96	-0.300
	1.0	2.10	1.82	-0.281
90	0.6	2.90	2.11	-0.790
	0.8	2.70	1.96	-0.740
	1.0	2.50	1.82	-0.680

当树高为 3 m,秋分 09:00 不同夹角、不同干高的向阳侧枝顶点垂直投影到中心干距离如表 7 所示。向阳侧枝顶点的垂直投影到中心干距离最小的是-0.660 m(夹角 90°,干高 0.6 m),距离最大的是 0.064 m(夹角 70°,干高 0.6 m)。2 个主枝夹角为 70°

的 3 个干高的树均会在太阳照射时对该树有遮阴,2 个主枝夹角为 80°和 90°的 3 个干高的树均在太阳照射时对该树没有遮阴。

表 7 秋分 09:00 向阳主枝投影到主干的距离
(树高 3.0 m)

Table 7 Distance from the lateral branch projection to the trunk at 09:00 of butumnal equinox (tree height=3.0 m) m

夹角 Intersection angle/(°)	干高 Trunk height	A	B	B-A
70	0.6	1.68	1.74	0.064
	0.8	1.54	1.60	0.059
	1.0	1.40	1.45	0.054
80	0.6	2.01	1.74	-0.270
	0.8	1.85	1.60	-0.250
	1.0	1.68	1.45	-0.220
90	0.6	2.40	1.74	-0.660
	0.8	2.20	1.60	-0.600
	1.0	2.00	1.45	-0.550

2.4 最适宜角度及行距的确定

在秋分这一日,80°、90°夹角的主枝均不会在 09:00 的时候投影到主干上,70°夹角会与主干行向垂直平面有重叠。当 $A=B$ 时,即当 $\tan(\gamma/2) = \sin(\beta-90^\circ)/\tan \alpha$ 时,求得的 γ 值为 72.04°,即当 2 个主枝夹角大于 72.04°,向阳侧主枝与主干所在的行向的垂直面不会有重叠。因在不同的年份秋分这一日方位角和高度角有小的变化,此值发生小的变化。由表 8 可知,最适宜行距分别为 3.48 m(3.0 m、0.6 m)、3.20 m(3.0 m、0.8 m)、2.90 m(3.0 m、1.0 m)、4.22 m(3.5 m、0.6 m)、3.92 m(3.5 m、0.8 m)、3.64 m(3.5 m、1.0 m)、4.94 m(4.0 m、0.6 m)、4.66 m(4.0 m、0.8 m)、4.36 m(4.0 m、1.0 m)。

表 8 最适宜行距的确定

Table 8 Calculation of optimum spacing m

树高 Tree height/m	干高 Trunk height	A 或 B Distance A or B	行距 Row spacing
3.0	0.6	1.74	3.48
	0.8	1.60	3.20
	1.0	1.45	2.90
3.5	0.6	2.11	4.22
	0.8	1.96	3.92
	1.0	1.82	3.64
4.0	0.6	2.47	4.94
	0.8	2.33	4.66
	1.0	2.18	4.36

2.5 生产实用夹角及对应行距的确定

通过上述计算得出当 2 个主枝的夹角大于 72.04°时,在秋分 09:00 时,向阳侧主枝与主干所在

的行向的垂直面不会有重叠。在果树的生产过程中,角度的确定不会如此精确,为方便生产,可将2个主枝夹角定为 75° ,通过计算,应该选择的行距为

4.45 m(树高 3.5 m,干高 0.6 m)或者 5.22 m(树高 4.0 m,干高 0.6 m)(表 9)。

表 9 生产应用行距的确定

Table 9		Calculation of optimum spacing for production				m
树高 Tree height	干高 Trunk height	A Distance A	B Distance B	A+B Distance A+B	A×2 Distance A×2	行距 Row spacing
3.0	0.6	1.84	1.74	3.59	3.68	3.68
	0.8	1.69	1.56	3.29	3.38	3.38
	1.0	1.53	1.45	2.99	3.07	3.07
3.5	0.6	2.23	2.11	4.33	4.45	4.45
	0.8	2.07	1.96	4.03	4.14	4.14
	1.0	1.92	1.82	3.74	3.84	3.84
4.0	0.6	2.61	2.47	5.08	5.22	5.22
	0.8	2.46	2.33	4.78	4.91	4.91
	1.0	2.30	2.18	4.48	4.60	4.60

3 结论与讨论

试验通过简化桃树树形,将Y形树的2个主枝看作2条直线,结合当地的太阳照射角和高度角,计算了不同树高、干高和夹角的行距和2个主枝的遮挡情况,在此基础上计算了适合Y形树形的2个主枝夹角以及行距。

该试验仅从太阳高度角和方位角2个方面对南北行向的Y字形桃树适宜株行距进行了探讨。阳光的散射辐射、空气湿度、不同地域土壤养分等都会对果树的生长产生影响,不同夹角的果树生长特性以及对修剪的反应等都对果树的生长和果实的产量、质量产生影响,该试验均未列入考虑。不同的年份、不同的太阳照射角计算方法得出的计算结果不同,该计算结果仅供参考。

参考文献

- [1] 陈凯,周武忠,胡国谦,等.应用微机建立平地果园合理密植的优化模式[J].上海农业学报,1987,3(2):31-38.
- [2] 黄晓东,王玉洁,石恒华,等.树木树冠阴影面积与种植间距的编程计算分析研究[J].北京农学院学报,2013,28(1):50-52.
- [3] 刘永朝.密植果园最佳行向探讨[J].邯郸农业高等专科学校学报,1999,16(2):6-9.
- [4] 刘永朝.篱式果园最佳行向探讨[J].山东农业大学学报(自然科学版),2008,39(3):393-398.
- [5] 刘永朝.密植果园行间距与冠形探讨[J].邯郸农业高等专科学校学报,2000,17(1):46-47.
- [6] 李桂祥,王长君,刘伟,等.太阳入射角与果树株行距的关系[J].中国农学通报,2014,30(13):168-172.
- [7] 中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,2003:133.
- [8] 张海玉,王莹,宋丽萍,等.从气象角度探讨日照对哈尔滨市建筑间距的影响[J].黑龙江气象,2010,27(4):17-19.

Discussion of the V-shaped Density Orchards According to Solar Radiation Angle

LI Guixiang,ZHANG Anning,LIU Wei,ZHANG Yi,DONG Xiaomin

(Shandong Institute of Pomology,Tai'an,Shandong 271000)

Abstract: The Y shape pruning peach trees were used as research materials, according to the local solar radiation angle, row spacing with different tree height, trunk height and angle of two branch and two main branches occlusion was calculated, the suitable branch angle and row spacing was studied. The results showed that the same height, spacing decreases with the increase of the stem, and increases with the increasing of the two main branch angle; row spacing increases with tree height increase. The two main branch minimum angle should be 72.04° according to the calculate result, for the convenience of production, the main branch angle should be 75° . Suitable row spacing was 4.45 m (height 3.5 m, trunk high 0.6 m) or 5.22 m (tree height 4.0 m, trunk high 0.6 m).

Keywords: solar radiation angle; planting density; tree shape; orchard