

非耕地日光温室条件下 10 个桃品种的光合日变化特征研究与分析

王晨冰, 王 鸿, 赵秀梅, 牛茹萱, 王发林

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在西北地区戈壁非耕地日光温室条件下测定了 10 个桃品种的桃树叶绿素含量、光合率日变化特性[包括净光合速率(Pn)、蒸腾速率(E)、气孔导度(Gs)、细胞间隙 CO₂]以及果实性状。结果表明: 不同桃品种叶绿素总量、日均净光合速率、果实产量和品质各不相同, 其中油桃品种中油 14 号叶绿素含量最高, 为 3.03 mg/g; 油桃品种华光净光合速率日均值最高, 为 13.83 μmol/(m²·s); 油桃品种金辉气孔导度日均值最大, 为 0.372 μmol/(m²·s); 油桃品种金辉蒸腾速率日均值最大, 为 8.86 mmol/(m²·s), 普通桃品种春雪胞间 CO₂ 浓度日均值最大, 为 371.8 μmol/(m²·s)。普通桃品种春雪平均单果重最大, 为 176 g; 普通桃品种春美单株平均产果量最高, 为 13.5 kg; 油桃品种金辉、中油 4 号、沪油 002 和普通桃品种单株平均产果量较高, 为 10.4~13.0 kg。综合评价, 普通桃品种春美、春雪和油桃品种金辉、中油 4 号表现良好, 可在西北地区戈壁非耕地日光温室推广栽培。

关键词: 桃品种; 光合日变化; 果实性状; 产量; 非耕地日光温室

中图分类号: S662.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)11-0020-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.11.007

桃 (*Prunus persica* L.) 原产于中国^[1]。近年来, 西北非耕地日光温室发展势头迅速, 尤其桃树设施栽培技术发展较快, 成为戈壁非耕地日光温室主栽果树树种之一^[2-3]。日

收稿日期: 2019-09-04

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-30-Z-17); 甘肃省重大专项(18ZD2NA006-2)。

作者简介: 王晨冰(1973—), 男, 甘肃秦安人, 副研究员, 博士, 主要从事果树栽培与生理生态研究工作。联系电话: (0)13993117109。Email: wangchb7109@163.com。

通信作者: 王发林(1964—), 男, 河南南乐人, 研究员, 博士, 主要从事果树栽培与生理研究工作。联系电话: (0931)7614834。

中国农业出版社, 2002.

- [2] 曹世勤, 王小明, 贾秋珍, 等. 2003—2013 年小麦品种(系)抗条锈性鉴定及评价[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(2): 253-260.
- [3] 马东方, 彭 菲, 方正武, 等. 中梁 12 小麦抗条锈病基因遗传分析与 SSR 分子定位[J]. 西北农业学报, 2014, 23(11): 40-44.
- [4] 骆惠生, 曹世勤, 黄 瑾, 等. 美国小麦种质资源 IR35 抗条锈性评价及遗传分析[J]. 植物保护, 2013, 39(1): 100-103.
- [5] 尹军良, 马东方, 周新力, 等. 小麦品种天 867 抗条锈性评价和遗传分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(1): 45-49.

- [6] 黄苗苗, 李亚凯, 黄 瑾, 等. 冬小麦品种兰天 23 号苗期抗条锈性遗传分析[J]. 植物保护, 2015, 41(5): 188-191.
- [7] 曹世勤, 骆惠生, 贾秋珍, 等. 农家品种红秃麦抗条锈性遗传分析[J]. 甘肃农业科技, 2008(7): 3-5.
- [8] 杜久元, 李金昌, 张耀辉. 引进国外种质对甘肃陇南小麦生产和条锈病控制的作用[J]. 中国种业, 2011(8): 12-15.
- [9] 贾秋珍, 曹世勤, 黄 瑾, 等. 2013—2016 年甘肃省小麦条锈菌生理小种变异监测[J]. 植物保护, 2018, 44(6): 162-167.

(本文责编: 杨 杰)

光温室桃树栽培不仅在生产上延长了市场供应期,满足了消费者对反季节桃的需求,同时也给果农带来了良好的经济效益,因此,选择西北非耕地日光温室适宜桃品种和配套栽培技术至关重要。在前期桃品种区域试验的基础上,我们以桃促早栽培为目标选择了10个不同桃树品种为研究对象,在非耕地日光温室条件下分析了各供试桃品种桃树叶片的叶绿素含量,测定了其光合日变化以及果实性状等,以其为非耕地日光温室桃品种选择提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2012年12月至2016年5月在甘肃省嘉峪关市新城镇设施农业示范园区进行。试验地中心位于东经 $98^{\circ}22'22''$,北纬 $39^{\circ}55'8''$ 。当地海拔约1599 m,年均气温 7.9°C ,年日照时数3050 h,日光温室为砖墙钢架结构,温室覆膜为聚氯乙烯日光温室专用棚膜,日光温室长60.0 m、跨度9.0 m、顶高4.2 m。试验温室管理水平一般。试验地土壤含有机质9.2 g/kg、全盐1.1 g/kg、全氮1.24 g/kg、碱解氮105 mg/kg、有效磷130 mg/kg、速效钾199 mg/kg, pH 8.74。

1.2 供试材料

供试10个桃品种基本情况及来源见表

1。试验苗木均采用一年生山桃为砧木嫁接的芽苗,2012年成活率95%以上。

1.3 试验方法

用LI-6400型便携式光合系统(LI-COR,美国)测定气体交换参数,大气 CO_2 浓度、光合有效辐射、叶温、水汽压等参数均采用仪器自控系统控制。于2016年4月25—28日(果实成熟期)进行气体交换参数和光合日变化的测定,每天于8:00、9:00、10:00、12:00、14:00、15:00、16:00、17:00、18:00时各测定1次。每个桃品种选取3株桃树,每株桃树选取枝条长度在40 cm以上、光照条件良好且无病虫害危害的中上部新梢,新梢选枝条中部无病虫害危害的功能叶5片进行标记并测定。同时每株桃树摘取与光合测定叶片相同部位的功能叶片10片,带回实验室测定叶片叶绿素含量。

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量

叶绿素是植物光合作用的主要色素,其含量的高低直接反映光合作用能力的强弱。由表2可以看出,供试10个桃品种的叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素以及类胡萝卜素含量不同。叶绿素a含量变化范围为1.80~2.46 mg/g,其中油桃品种中油14号最高,为2.46 mg/g;普通桃品种春美最低,为1.80

表1 10个供试桃品种基本情况及来源

品种	类型	需冷量/h	果肉色泽	品种来源	栽培株行距/(m×m)
陇油桃2号	油桃	<700	白	甘肃省农业科学院林果花卉研究所	1×2
春美	普通桃	600	白	中国农业科学院郑州果树研究所	1×2
春雪	普通桃	600	白	美国品种	1×2
沪油002	油桃	<700	白	上海农业科学院林木果树研究所	1×2
华光	油桃	650	白	中国农业科学院郑州果树研究所	1×2
金辉	油桃	650	黄	中国农业科学院郑州果树研究所	1×2
瑞光40	油桃	650	黄	北京市农林科学院林果花卉研究所	1×2
瑞光41	油桃	<700	黄	北京市农林科学院林果花卉研究所	1×2
中油14号	油桃	600	白	中国农业科学院郑州果树研究所	1×2
中油4号	油桃	650	黄	中国农业科学院郑州果树研究所	1×2

mg/g。叶绿素 b 含量变化范围为 0.16 ~ 0.57 mg/g，其中油桃品种中油 14 号最高，为 0.57 mg/g；油桃品种瑞光 40 最低，为 0.16 mg/g。叶绿素总量变化范围为 2.26 ~ 3.03 mg/g，其中油桃品种中油 14 号最高，为 3.03 mg/g；普通桃品种春美、油桃品种瑞光 40 最低，均为 2.26 mg/g。类胡萝卜素含量变化范围为 0.10 ~ 0.62 mg/g，其中油桃品种金辉最高，为 0.62 mg/g；普通桃品种春美最低，为 0.10 mg/g。

2.2 试验期间主要生理生态因子日变化

由图 1-a 可以看出，日光温室内光合有效辐射(PAR)日变化呈正态分布，午前迅速上升，到 12:00 时达最高峰，峰值为 1 854.0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，随后逐渐下降，至 18:00 时降至 152.1 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。温室内 CO_2 浓度早晨最高，可达 819.0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，升起保温被后迅速下降，到 10:00 时降到全天最低

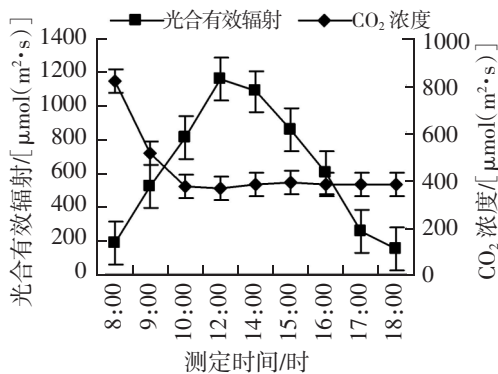
[366.0 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$]，随后上升但变化幅度不大。从图 1-b 可知，温室内气温自日出后逐渐上升，14:00 时达到最高 33.7 $^{\circ}\text{C}$ ，然后逐渐下降。相对湿度早晨 8:00 时为最高值 60%，10:00 时温室打开通风口后迅速下降，至 12:00 时降至 41.6%；此后下降较为平缓，16:00 时达到最低值为 32.0%，16:00 时以后随温度的降低而逐渐上升，傍晚覆盖保温被时湿度为 46.5%。

2.3 净光合速率日变化

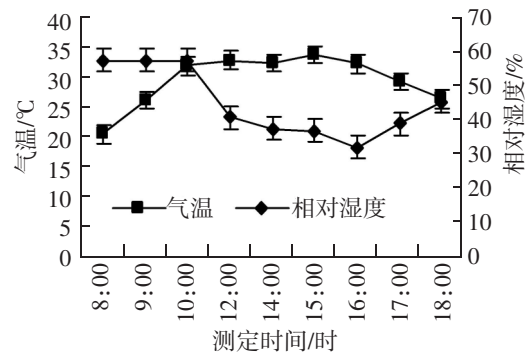
从表 3 可以看出，日光温室内不同桃品种净光合速率日变化不尽相同，变化趋势不一致。早晨卷帘后日光温室中 CO_2 浓度最高，但受光强影响，净光合速率不高。全天净光合速率多表现为单峰或多峰形式。供试各桃品种的净光合速率变化范围为 2.85 ~ 24.20 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，净光合速率日均值为 10.43 ~ 13.83 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，其中以油桃品种

表 2 不同桃品种的叶绿素含量

品种	叶绿素a	叶绿素b	叶绿素总量	类胡萝卜素
陇油桃2号	2.20	0.55	2.75	0.53
春美	1.80	0.46	2.26	0.10
春雪	2.06	0.49	2.55	0.51
沪油002	2.12	0.55	2.67	0.58
华光	2.24	0.53	2.77	0.49
金辉	2.22	0.52	2.74	0.62
瑞光40	2.10	0.16	2.26	0.23
瑞光41	2.16	0.19	2.35	0.16
中油14号	2.46	0.57	3.03	0.51
中油4号	1.89	0.41	2.30	0.52



a 温室光合有效辐射和 CO_2 浓度日变化



b 温室气温与相对湿度日变化

图 1 日光温室内主要生理生态因子日变化

华光净光合速率日均值最高, 为 $13.83 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种瑞光 41 次之, 为 $13.35 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 普通桃品种春雪居第 3, 为 $13.08 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种中油 4 号最小, 为 $10.43 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2.4 气孔导度日变化

从表 4 可以看出, 不同桃品种的气孔导度日变化表现均为先升后降的趋势, 不同桃品种变化高峰不同。其中以中油 4 号峰值出现最早, 出现在 9:00 时; 瑞光 41 峰值出现次之, 出现在 12:00 时; 华光峰值出现在 14:00 时; 陇油桃 2 号、春雪、沪油 002、金辉、中油 14 号峰值出现在 15:00 时; 春美、瑞光 40 峰值出现在 17:00 时。供试各桃品种的气孔导度变化范围为 $0.114 \sim 0.483 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 气孔导度日均值为 $0.294 \sim 0.372 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 其中以油桃品种金辉气

孔导度日均值最大, 为 $0.372 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种中油 4 号次之, 为 $0.359 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种陇油桃 2 号居第 3, 为 $0.354 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 普通桃品种春美气孔导度日均值最小, 为 $0.294 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2.5 蒸腾速率日变化

从表 5 可以看出, 不同桃品种的蒸腾速率均表现为先升后降的变化趋势, 不同桃品种到达高峰的时间有所不同。蒸腾速率均在 8:00—14:00 时处于上升阶段, 14:00 时以后开始下降。不同桃品种蒸腾速率峰值变化区间为 $11.10 \sim 13.60 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 日均值为 $6.91 \sim 8.86 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 其中以油桃品种金辉蒸腾速率日均值最大, 为 $8.86 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种华光、中油 4 号次之, 均为 $8.78 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 油桃品种中油 14 号居第 3, 为 $8.67 \text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 普通桃品种春雪蒸

表 3 不同桃品种净光合速率日变化

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

测定时间	陇油桃 2 号	春美	春雪	沪油 002	华光	金辉	瑞光 40	瑞光 41	中油 14 号	中油 4 号
8:00	6.22	4.94	6.63	4.44	3.45	8.61	8.57	7.51	8.03	4.50
9:00	8.12	13.90	10.90	6.44	12.50	12.70	13.60	12.80	15.40	4.96
10:00	13.00	9.95	11.10	9.15	18.70	11.70	7.78	9.88	12.70	12.40
12:00	17.60	17.70	20.10	14.30	20.30	22.50	16.30	20.30	24.20	15.20
14:00	16.20	16.40	17.30	15.60	17.10	16.50	14.70	19.00	18.20	16.90
15:00	17.80	14.8	17.30	17.90	15.00	15.80	12.00	10.90	12.90	17.00
16:00	14.80	13.00	15.80	8.82	16.80	15.90	14.10	17.00	11.60	11.50
17:00	10.20	12.00	9.85	13.40	12.80	7.29	8.74	11.90	5.53	6.35
18:00	4.98	9.36	8.80	6.61	7.82	3.67	4.24	10.90	2.85	5.06
平均值	12.10	12.45	13.08	10.74	13.83	12.74	11.11	13.35	12.38	10.43

表 4 不同桃品种气孔导度日变化

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

测定时间	陇油桃 2 号	春美	春雪	沪油 002	华光	金辉	瑞光 40	瑞光 41	中油 14 号	中油 4 号
8:00	0.202	0.146	0.114	0.199	0.172	0.234	0.141	0.185	0.228	0.288
9:00	0.341	0.292	0.178	0.265	0.339	0.343	0.235	0.310	0.328	0.556
10:00	0.439	0.329	0.368	0.348	0.418	0.443	0.345	0.365	0.427	0.466
12:00	0.363	0.353	0.427	0.402	0.430	0.383	0.362	0.439	0.383	0.420
14:00	0.400	0.352	0.445	0.392	0.464	0.435	0.391	0.413	0.402	0.295
15:00	0.483	0.357	0.456	0.455	0.387	0.446	0.364	0.402	0.458	0.490
16:00	0.322	0.298	0.323	0.173	0.409	0.367	0.289	0.315	0.327	0.341
17:00	0.400	0.360	0.394	0.375	0.394	0.394	0.401	0.429	0.346	0.196
18:00	0.244	0.159	0.295	0.300	0.329	0.301	0.212	0.272	0.183	0.175
平均值	0.354	0.294	0.333	0.323	0.371	0.372	0.304	0.348	0.342	0.359

腾速率日均值最小, 为 6.91 mmol/(m²·s)。

2.6 胞间 CO₂ 浓度日变化

从表 6 可以看出, 细胞间隙 CO₂ 浓度基本变化规律是 8:00—10:00 时迅速下降, 10:00 时后下降速度放缓, 在 12:00—14:00 时相继达到低谷, 之后逐渐上升。春雪全天胞间 CO₂ 浓度最高, 华光和中油 14 号相对较低。供试各桃品种的胞间 CO₂ 浓度变化范围为 208.9~829.3 μmol/(m²·s), 胞间 CO₂ 浓度日均值为 334.6~371.8 μmol/(m²·s), 其

中以普通桃品种春雪胞间 CO₂ 浓度日均值最大, 为 371.8 μmol/(m²·s); 油桃品种沪油 002 次之, 为 350.9 μmol/(m²·s); 普通桃品种春美居第 3, 为 347.3 μmol/(m²·s); 油桃品种中油 14 号胞间 CO₂ 浓度日均值最小, 为 334.6 μmol/(m²·s)。

2.7 果实性状表现

从表 7 可以看出, 供试的 10 个桃品种平均单果重变化范围为 78~176 g, 其中以普通桃品种春雪平均单果重最大, 为 176 g;

表 5 不同桃品种蒸腾速率日变化

mmol/(m²·s)

测定时间	陇油桃 2 号	春美	春雪	沪油 002	华光	金辉	瑞光 40	瑞光 41	中油 14 号	中油 4 号
8:00	2.11	1.60	1.33	2.16	1.93	2.56	1.71	1.99	2.67	3.39
9:00	5.32	4.13	2.72	4.34	5.63	5.84	4.07	4.36	5.75	7.27
10:00	9.63	6.57	6.38	7.00	10.2	10.8	7.37	6.94	10.90	11.2
12:00	11.20	9.16	7.99	11.10	11.8	12.3	10.2	11.00	12.80	13.9
14:00	12.60	11.10	11.06	12.70	13.6	13.4	11.9	12.40	13.80	12.3
15:00	12.00	10.70	10.40	12.10	10.4	10.6	10.1	11.30	11.20	11.3
16:00	9.78	8.33	8.53	6.17	10.9	10.2	8.88	8.91	9.30	9.41
17:00	7.77	7.78	8.21	7.96	8.21	8.04	8.61	8.32	7.42	4.89
18:00	5.30	3.65	5.56	5.76	6.38	6.01	4.59	5.19	4.18	4.15
平均值	8.41	7.00	6.91	7.69	8.78	8.86	7.49	7.82	8.67	8.78

表 6 不同桃品种胞间 CO₂ 浓度日变化

μmol/(m²·s)

测定时间	陇油桃 2 号	春美	春雪	沪油 002	华光	金辉	瑞光 40	瑞光 41	中油 14 号	中油 4 号
8:00	739.5	787.0	829.3	755.7	743.5	689.4	695.0	738.9	678.7	668.3
9:00	422.9	487.2	507.8	449.0	376.3	360.7	404.3	452.9	331.2	359.3
10:00	272.4	287.4	275.8	296.3	247.1	303.8	302.9	301.6	288.7	291.7
12:00	234.7	244.1	265.8	265.8	234.3	212.3	252.0	249.2	208.9	273.3
14:00	260.3	247.5	287.8	263.8	266.0	262.3	273.9	245.5	254.1	250.7
15:00	274.8	270.5	273.0	272.7	267.7	275.6	285.2	300.2	289.4	293.3
16:00	251.6	265.8	267.0	246.5	256.4	256.2	252.0	243.8	276.5	315.3
17:00	308.6	285.4	329.6	286.7	296.9	333.5	316.4	296.0	341.7	329.0
18:00	328.2	250.7	309.8	322.0	327.0	354.0	325.8	278.0	341.8	330.2
平均值	343.7	347.3	371.8	350.9	335.0	338.6	345.3	345.1	334.6	345.7

表 7 不同桃品种果实性状与综合评价

供试品种	平均单果重	平均可溶性固形物含量	裂果率	树势	单株平均产果量
	/g	%	%		/kg
陇油 2 号	78	13.3	0	旺盛	6.2
春美	152	10.8	0	中庸	13.5
春雪	176	10.4	0	中庸	10.4
沪油 002	132	12.2	0	旺盛	11.0
华光	79	13.9	22	中庸	6.9
金辉	132	13.5	0	中庸	13.0
瑞光 40	88	11.6	0	旺盛	7.3
瑞光 41	98	13.4	0	中庸	8.3
中油 14 号	143	10.4	0	半矮	4.2
中油 4 号	116	12.2	0	旺盛	11.7

油桃品种陇油2号最低,为78 g。平均可溶性固形物含量变化范围为10.4%~13.9%,以油桃品种华光最高,为13.9%;普通桃品种春雪最低,为10.4%。油桃品种华光裂果率为22%,其余品种均未发现裂果。陇油2号、沪油002、瑞光40、中油4号树势生长旺盛,春美、春雪、华光、金辉、瑞光41树势生长中庸,中油14号树势生长半矮。单株平均产果量为6.2~13.5 kg,其中以普通桃品种春美最高,为13.5 kg;油桃品种金辉次之,为13.0 kg;油桃品种中油4号居第3,为11.7 kg;油桃品种沪油002居第4位,为11.0 kg;普通桃品种春雪居第5位,为10.4 kg;其余桃品种的单株平均产果量均低于10 kg。经综合分析,认为综合表现较好的桃品种有普通桃品种春美、春雪和油桃品种金辉、中油4号。

3 结论与讨论

研究表明,不同桃品种叶绿素总量、日均净光合速率、产量和品质各不相同,其中以油桃品种中油14号叶绿素含量最高,为3.03 mg/g;油桃品种华光净光合速率日均值最高,为13.83 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;油桃品种金辉气孔导度日均值最大,为0.372 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;油桃品种金辉蒸腾速率日均值最大,为8.86 $\text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$;普通桃品种春雪胞间 CO_2 浓度日均值最大,为371.8 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。普通桃品种春雪平均单果重最大,为176 g;普通桃品种春美单株平均产果量最高,为13.5 kg;油桃品种金辉、中油4号、沪油002和普通桃品种单株平均产果量较高,为10.4~13.0 kg。综合评价认为,普通桃品种春美、春雪和油桃品种金辉、中油4号表现良好,可在西北地区戈壁非耕地日光温室栽培。

通常情况下叶绿素含量与植物光合作用呈正相关。在日光温室环境下由于棚膜遮光的影响,叶绿素含量一般较露地栽培高。我

们研究分析认为,叶绿素总含量升高可能是日累积光合产物升高的一个主要因素。植物光合作用对生态因子极为敏感,生态因子变化通过对植物生理因子的间接影响和对叶片直接影响双重影响光合作用。日光温室白天气温变化大,湿度变化明显。其中油桃品种陇油桃2号、金辉、华光、沪油002和普通桃品种春美、春雪等都表现为中午高温时段净光合速率降低,存在“午休”现象,而中油4号则表现为由低到高再到低的过程,无明显“午休”现象。日光温室内到12:00时以后温室中由于持续的强光照、高温和低大气湿度,叶片蒸腾速率增加迅速,使水势降低,造成水分代谢失调,另外叶片表面的高温抑制了参与光合作用酶的活性,进而降低了叶片羧化效率,使净光合速率锐减,从而形成“午休”现象^[4]。在设施栽培中如何调控生态因子降低或减少午休时间,有助于桃新品种的选育。利用不同桃品种的光合特性,结合桃果实品质产量等因素,有利于适宜温室生产优良品种的选择,另外还应该考虑当地市场实际情况来决定早晚熟品种^[5]。

参考文献:

- [1] 郑殿升,刘旭,黎裕.起源于中国的栽培植物[J].植物遗传资源学报,2012(1):1-10.
- [2] 牛茹萱,王晨冰,赵秀梅,等.非耕地日光温室油桃根域限制对冠层特征及果实品质的影响[J].果树学报,2017,34(1):26-32.
- [3] 王鸿,李宽莹,李艳峰,等.几个桃品种在西北非耕地日光温室栽培表现[J].西北园艺(果树),2017(6):39-42.
- [4] 王晨冰,李宽莹,陈佰鸿,等.温室油桃光合作用与生理生态因子的关系[J].西北植物学报,2010,30(7):1435-1440.
- [5] 王鸿,李宽莹,陈建军,等.非耕地日光温室桃根域限制栽培关键技术[J].甘肃农业科技,2015(8):93-94.

(本文责编:郑立龙)