

日光温室内外杏叶片光合特性研究

胡喜来, 王 娜, 张惠梅

(河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002)

摘 要:以凯特杏为试材, 研究了日光温室内外杏叶片的光合特性。结果表明:日光温室内凯特杏叶片的净光合速率的日变化呈双峰曲线, 光补偿点和饱和点以及 CO_2 补偿点和饱和点均低于露地。温室内不同部位的净光合速率、光补偿点和饱和点、 CO_2 补偿点和饱和点也存在明显差异。净光合速率绝对值、光补偿点、光饱和点、 CO_2 饱和点南部高于北部和中部; CO_2 补偿点北部高于中部和南部。水分利用效率从高到低依次为南部、露地、北部、中部。

关键词:日光温室; 露地; 凯特杏; 光合特性

中图分类号:S 662.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)09-0064-03

设施果树栽培是果树栽培的一个重要分支, 在我国的广大地区有大面积应用; 黄淮海地区改良型日光温室在设施果树栽培中又占有较大的比重, 广泛用于桃、杏、葡萄、草莓等果树。与自然条件下相比, 日光温室内光照只达到 60%~70%, 温度高于同时期露地温度, 湿度过高, CO_2 则表现为严重亏缺。这些环境因子的变化显

著影响了果树正常的生理活动, 如酶活性下降、叶片气孔关闭等, 导致光合能力下降^[1-3]。

以凯特杏为试材, 以露地为参照, 针对日光温室栽培的特定环境条件, 研究其光合特性以及温室内不同部位光合特性与环境因子变化关系, 探讨日光温室条件凯特杏树光合作用的特点与规律, 为杏树保护地生产管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2009 年 4~5 月在郑州市中牟县白沙乡生产园区进行, 设施为轻钢桁架无立柱结构黄淮海改良型节能日光温室, 东西走向, 长 60 m, 跨度 8 m, 顶高 3.2 m。

第一作者简介:胡喜来(1962-), 男, 河南郑州人, 副教授, 硕士生导师, 现主要从事果树教学及栽培生理研究工作。E-mail: zhmd@126.com。

基金项目:河南省重点攻关资助项目(072102140001)。

收稿日期:2010-01-26

[10] 王合理. 无机及有机栽培对黄瓜生育的影响[J]. 塔里木大学学报, 2005, 17(3): 1-4.

[11] 任志雨, 贾莉, 宋艳娜. 营养液浓度对秸秆基质栽培黄瓜生长和产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2006(12): 34-35.

[12] 杨旭, 邹志荣, 陈晓红, 等. 黄瓜无土栽培结果期营养液配方的优选

[J]. 西北农业学报, 2003, 12(1): 68-71.

[13] 李冬梅, 魏琨. 氮磷钾不同用量及配比对日光温室黄瓜产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 262-265.

[14] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 129-130.

Screening Experiment of Nutrient Solution Formula on Sand Culture *Cucumis sativus* L.

BU Yan-yan, GAO Yan-ming, LI Jian-sha, LI Wen-jia

(Agricultural College of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: The comprehensive effects of N, P, K concentrations on *Cucumis sativus* L. were studied by quadratic general spinning design under modern greenhouse. The results calculated from regression equation between yield and there elements concentrations factors of N, P, K showed that: the effects sequence of there nutrients on the yield of *Cucumis sativus* L. was nitric-N ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) > potassium (K) > phosphorus (P); After simulation with computer, the optimal ration of N, P and K to achieve highest yield of individual *Cucumis sativus* L. (1 395.97 g) was 15, 1.0 and 6.0 mmol/L respectively. This ration A and B were verified because the height, stem diameter, growth potential, yield and quality of *Cucumis* were superior to CK.

Key words: protected cucumber; sand culture; nutrient solution formula; regression model

棚膜为醋酸—聚氯乙烯无滴塑料薄膜 采用草苫覆盖保温。凯特杏(Katy Apricot)为 8 a 生,砧木为山杏(*Prunus armeniaca* Var.*ansu Maxim*),株行距为 1 m×2 m,小冠型整枝;露地试材为 8 a 生凯特杏,株行距为 2 m×4 m,小冠型整枝。

1.2 试验方法

试验在凯特杏果实膨大期进行。首先在温室中部的行内,于南、中、北各选取长势相同的植株 3 株,在每株东南方向的中上部选取外围新梢上生长健壮、叶龄一致的第 7~9 片成熟叶,每株各选取 3 片进行测定,3 次重复。采用英国 PP system 公司生产的 CIRAS-2 型全自动便携式光合作用荧光测定系统,从 7:00~18:00 每隔 1 h 测定 1 次。检测指标为温室内外凯特杏的净光合速率、光合有效辐射强度、相对湿度、室温、叶温、大气 CO₂ 浓度、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度、蒸腾速率等参数。水分利用效率为净光合速率与蒸腾速率的比值。凯特杏果实膨大期测定净光合速率时日光温室和露地的环境因素水平如表 1。

表 1 凯特杏果实膨大期环境因素日平均值

| 处理 | 光合有效 辐射强度 | 相对湿度 | 大气 CO ₂ 浓度 | 室温 | 测定日期 |
|--------|---|------|-----------------------------------|------|-----------|
| | $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | % | $\mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ | /℃ | /年—月—日 |
| 日光温室 | 303.7 | 52.1 | 374.4 | 25.9 | 2009-4-27 |
| 露地(CK) | 690.9 | 49.5 | 407.6 | 28.6 | 2009-5-18 |

2 结果与分析

2.1 日光温室内外杏叶片净光合速率日变化比较

日光温室与露地栽培条件下,凯特杏净光合速率日变化均呈“双峰”曲线,但曲线表现明显不同(见图 1)。日光温室栽培光合日变化曲线变化较平缓,而露地栽培的变化幅度较大。日光温室净光合速率的第 1 高峰出现在 10:00 12:00 后有所下降,15:00 出现第 2 高峰,然后缓慢下降;第 1 高峰值为 $9.05 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,第 2 高峰值为 $5.34 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。对照露地栽培凯特杏净光合速率第 1 次高峰亦出现在 10:00 之后光合速率迅速下降,13:00 左右达到低谷,约在 15:00 出现第 2 次高峰,第 1 高峰值达 $13.36 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,第 2 高峰值达 $8.33 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

在日光温室内不同部位的净光合速率日变化亦不相同(见图 1)。从净光合速率绝对值比较,北部最低,南部最高。从净光合速率日变化来看,日光温室南部呈明显的双峰曲线,温室中部和北部的双峰曲线不太明显,18:00 净光合速率几乎均为零。

2.2 杏叶片净光合速率与光补偿点和光饱和点比较

日光温室内不同部位杏叶片光补偿点和饱和点差别不大,光补偿点平均为 $45.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光饱和点平均为 $1\,233.3 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;露地凯特杏光饱和点为 $1\,387.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光补偿点为 $87.5 \mu\text{mol} \cdot$

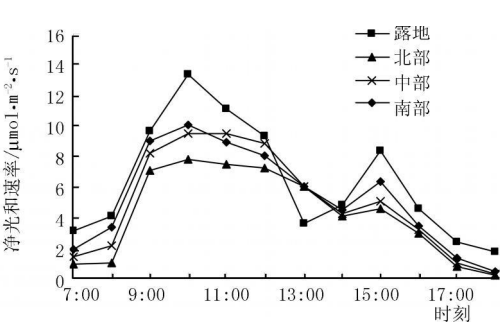


图 1 日光温室内外凯特杏净光合速率日变化

$\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。比较而言,日光温室内凯特杏光饱和点和光补偿点比露地凯特杏的光饱和点和补偿点都要低,日光温室内凯特杏饱和点下降 11.1%,补偿点下降 48%(见表 2)。饱和点时净光合速率平均为 $12.5 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,比露地下降 7.4%。

表 2 日光温室内外杏叶片净光合速率与光补偿点和饱和点

| 处 理 | 光合有效辐射 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ | | 饱和点时净光合速率 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ |
|--------|---|---------|--|
| | 补偿点 | 饱和点 | |
| 日光温室北部 | 44.4 | 1 210 | 13.5 |
| 日光温室中部 | 45.4 | 1 240 | 12.3 |
| 日光温室南部 | 46.9 | 1 250 | 11.6 |
| 露地(CK) | 87.5 | 1 387.5 | 13.5 |

2.3 杏叶片净光合速率与 CO₂ 补偿点和 CO₂ 饱和点比较

温室内北部凯特杏 CO₂ 饱和点最低,但补偿点最高;而南部凯特杏 CO₂ 饱和点最高,但补偿点最低。日光温室内凯特杏 CO₂ 光饱和点平均为 $1\,090.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光补偿点平均为 $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;比较而言,日光温室内凯特杏 CO₂ 饱和点和补偿点比露地的 CO₂ 饱和点和补偿点都要低,日光温室内 CO₂ 饱和点平均下降 28.4%,CO₂ 补偿点平均下降 8.6%(见表 3)。

表 3 日光温室内外杏叶片净光合速率与 CO₂ 补偿点和饱和点

| 处理 | 大气 CO ₂ 浓度/ $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ | | 饱和点时净光合速率 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ |
|--------|--|---------|--|
| | 补偿点 | 饱和点 | |
| 日光温室北部 | 85.5 | 930.0 | 14.5 |
| 日光温室中部 | 84.0 | 1 100.0 | 17.9 |
| 日光温室南部 | 70.5 | 1 242.5 | 15.5 |
| 露地(CK) | 87.5 | 1 522.5 | 18.5 |

2.4 杏叶片净光合速率与水分利用效率比较

凯特杏日平均水分利用效率比较,从高到低依次为露地、北部、中部、南部。总的来说,日光温室水分利用效率比露地低;南部水分利用效率平均为 $2.87 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;温室中部的水分利用效率最低,最大值是 $1.79 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;露地水分利用效率最大值是 $2.7 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。南部水分利用效率比露地高出 6.3%;中部水分利用效率比露地降低 33.7%(见表 4)。

| 表 4 日光温室内外杏叶片净光合速率及水分利用效率 | | | | | | |
|---------------------------|--|--|-------|-----------------------|--|----------|
| 处理 | 净光合速率 | 蒸腾速率 | 水分利用率 | 胞间 CO ₂ 浓度 | 气孔导度 | 叶温 /℃ |
| | /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹ | /mmol·m ⁻² ·s ⁻¹ | | /μL·L ⁻¹ | /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹ | |
| 日光温室北部 | 4. 20 | 2. 8 | 1. 50 | 351. 4 | 278. 9 | 25. 7 |
| 日光温室中部 | 4. 95 | 3. 9 | 1. 27 | 338. 8 | 469. 6 | 26. 2 |
| 日光温室南部 | 5. 30 | 4. 2 | 1. 26 | 347. 2 | 722. 6 | 25. 9 |
| 露地(CK) | 6. 35 | 4. 1 | 1. 55 | 360. 0 | 265. 8 | 28. 5 |

3 结论与讨论

温室内外凯特杏叶片净光合速率日变化均呈双峰曲线,露地具有明显光合“午休”现象。露地在上午10:00左右出现第1次高峰后,光合速率迅速下降,而温室内光合速率呈现缓慢下降的趋势,但都同时在15:00左右Pn达到第2次高峰,随之缓慢下降。从温室内不同部位Pn日变化规律可以看出,1 d当中净光合速率日最大值和日均平均值均表现为南部高于中部和北部。

日光温室栽培的凯特杏有着较低的光补偿点和饱和点、CO₂补偿点和饱和点,可以认为是其对温室内生态环境产生的适应性变化,与桃的相关性研究一致^[6-7]。在温室栽培条件下,低光照、低CO₂浓度和高湿度是影响作物生长发育的主要因素^[5]。有研究结果表明,一般设施环境中CO₂浓度在200~1 000 μL·L⁻¹之间^[8]。结果表明,CO₂浓度早上最高,约为600 μL·L⁻¹,中午最低,约为300 μL·L⁻¹左右,日光温室内大部分时间的CO₂水平远远难以满足树体光合作用的需求,除了上述光照因素影响外,CO₂浓度的匮乏也直接影响着树体的光合速率^[4],因而温室内施CO₂肥成为日光温室果树栽培的主要技术之一。根据温室内不同部位对CO₂需求量不同,针对CO₂饱和点南部较高,北部较低,可以合理安置CO₂施肥部位。

试验通过比较在不同光照强度下温室内外和温室内不同部位凯特杏叶片水分利用效率,可以看出,露地和温室南部的的水分利用效率高于温室北部和中部,说明露地和温室南部的凯特杏能够更好地利用水分,进行较强的光合作用。

参考文献

[1] 王红霞, 张志华, 玄立春. 果树光合作用研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(4): 49-52.
[2] 郑洲, 陈学森, 李玉辉. 杏树营养与生殖生物学研究进展[J]. 西北农业学报, 2002, 12(1): 84-89.
[3] 李宪利, 高东升, 夏宁. 果树设施栽培的原理与技术研究[J]. 山东农业大学学报, 1996, 27(2): 227-231.
[4] 温鹏飞. 设施栽培油桃光合特性的研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(3): 195-197.
[5] 王金政, 张安宁, 单守明. 3个设施或露地栽培常用杏品种光合特性的研究[J]. 园艺学报, 2005(12): 980-984.
[6] 王志强, 何方, 牛良, 等. 设施栽培油桃光合特性研究[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 245-250.
[7] 张淑云, 徐继忠, 陈海红, 等. 设施内外早露蟠桃光合特性的比较研究[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(3): 41-44.
[8] 张福墁. 设施园艺学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
[9] 张家稳, 厉研研, 陶丽英, 等. 凯特杏大棚高产优质栽培技术[J]. 山西果树, 2003, 95(5): 25-26.

Study on Photosynthesis of Apricot Leaf in and out Greenhouse

HU Xi-lai, WANG Na, ZHANG Hui-mei
(College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: The photosynthesis of the leaves of apricot “Katy” grew in Huanghuai improved energy-saving greenhouse was studied using apricot “Katy” as experimental material. The results showed that in greenhouse cultivation conditions, the diurnal variation of net photosynthetic rate displayed double-peak curve, and the light compensation point/saturation point as well as the CO₂ compensation point/saturation point were lower than in open field. Significant differences in the net photosynthetic rate, the light compensation point/saturation point and the CO₂ compensation point/saturation point were observed in different parts of the greenhouse. The absolute value of net photosynthetic rate, the light compensation point/saturation point and CO₂ saturation point in the Southern part were higher than in the Northern and central parts but CO₂ compensation point in the Northern part was higher than in the Southern and central parts. Also, water use efficiency from high to low in turn was as: the Southern part, the open field, the Northern part and the central part.

Key words: greenhouse; open field; Katy apricot; photosynthesis characteristic