

四个苹果品种在高海拔地区光合特性研究

张良英, 刘林, 牛歆雨

(西藏农牧学院 植物科学技术学院, 西藏 林芝 860000)

摘要:比较了‘富士王’、‘美国8号’、‘夏红’、‘弘前富士’4个苹果品种的光合特性,以期为西藏苹果品种的筛选提供参考。结果表明:‘夏红’、‘弘前富士’的光补偿点(LCP)较低,分别为26.43和30.06 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; CO_2 补偿点(CCP)以‘弘前富士’最低,为53.07 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。‘夏红’的表观量子效率(AQY)最高,为0.0411;‘富士王’最低,为0.0377;‘弘前富士’和‘夏红’的羧化效率(CE)最高,分别为0.0747、0.0750,说明对低浓度 CO_2 的利用效率较强;‘夏红’的叶绿素总含量最高,而叶绿素a/b以‘美国8号’最高。

关键词:苹果;高海拔;品种;光合特性

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)19-0020-03

苹果在西藏果树栽培中占据主导地位,以林芝地区为例,苹果栽培面积近266.7 hm^2 ,约占果树总面积的95%^[1]。但由于果树老化、品种结构单一^[2],导致苹果果实品质差,市场竞争力较弱。因此,苹果品种结构的调整与更新换代、特别是适宜西藏栽培环境的优质品种的引进已势在必行。光合作用是植物生长发育的基础,对于作物产量和品质的形成具有重要影响^[3]。该试验拟以引进的优良苹果品种为试材,研究其光合特性,为筛选适宜西藏栽培的苹果品种和栽培技术的制定提供理论依据。

第一作者简介:张良英(1981-),女,硕士,讲师,现主要从事园艺植物生理生态研究工作。E-mail:zhangliangying_123@163.com.

责任作者:刘林(1980-),男,博士,副教授,现主要从事园艺植物生理学的教学与科研工作。E-mail:Liuxlin54@sina.com.

基金项目:西藏农牧学院211工程师资队伍建设项目(SZRC-211-11)。

收稿日期:2012-06-11

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在西藏林芝地区西藏农牧学院实习果园进行,位于东经94°21',北纬29°31',海拔2900 m,年平均温度8.6℃,年均降水量664.4 mm,多集中在5~9月份,年日照时数1988.6 h。

1.2 试验材料

选取健壮、无病虫害的2 a生‘富士王’、‘美国8号’、‘弘前富士’和‘夏红’4个品种为试验材料,每处理重复3次。

1.3 试验方法

1.3.1 光合参数的测定 8月下旬选晴朗天气,于上午9:30~11:30,用Li6400便携式光合仪对新梢中部功能叶进行光合指标的测定。测定条件为:PAR 1400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,Ca 380~400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$,Ta (30±2)℃。在0~2000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间设置13个光照强度,测定光合-光(Pn-PAR)响应曲线。根据拟合曲线公式 $y=ax^2+bx+c$,计算饱和光强(LSP)和光补

Abstract: According to the different size and color of *Pyrus pashia* Buch, the fruit stalk length, weight, vertical and horizontal size, fruit characters and soluble solids content were compared. The results showed that green-brown, red-brown, dark-brown three color fruit characteristics, weight, fruit stalk grows difference were not remarkable; red-brown fruit by the maximum transverse and longitudinal diameter, average longitudinal diameter 1.484 cm, average transverse diameter 1.625 cm; soluble solids were extremely significant differences, red brown fruit soluble solid the content of the highest, was 22.349%, higher than the minimum content of green brown fruit (2.957%). Different colors and sizes, soluble solids content; big red-brown fruit (25.5%) > small red-brown fruit > big dark-brown fruit > middle size dark-brown fruit > middle size green-brown fruit > middle size red-brown fruit > big green-brown fruit > small dark-brown fruit > small green-brown fruit (17.68%).

Key words: *Pyrus pashia* Buch. fruit; color; size; fruit characteristics; soluble solids content; compare

偿点(LCP)。根据 PAR 在 0~200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时对应的 P_n 值进行直线回归,斜率为表观量子效率(AQY)。在 0~1 600 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 之间设置 12 个 CO_2 浓度梯度,进行光合- CO_2 (P_n -Ca,Ci)响应曲线测定,测定时光强设定为 1 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据 P_n -Ca 曲线的拟合方程求出饱和和 CO_2 (CSP)和 CO_2 补偿点(CCP)。将 Ci 在 0~200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 浓度间对应的 P_n 值进行直线回归,其斜率为羧化效率(CE)。

1.3.2 光合色素含量的测定 将功能叶去叶脉后,测定、比较不同苹果品种叶绿素含量的差异^[4]。

1.4 数据分析

所有数据均采用 Excel 和 SPSS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 不同苹果品种光合作用对光强和 CO_2 的响应

由图 1 可知,不同苹果品种的 P_n 对 PAR 的响应存在一定差异。当 PAR 在 0~400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间时,随光强的增加,4 个品种的净光合速率迅速提升。随着 PAR 的进一步增强, P_n 的提升趋缓,各品种间开始出现差异,其中以‘弘前富士’和‘夏红’的 P_n 较高。

表 1 4 个苹果品种的光合参数

Table 1 Photosynthetic parameters of 4 apple cultivars

品种 Cultivars	光补偿点 LCP/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	光饱和点 LSP/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	CO_2 补偿点 CCP/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	CO_2 饱和点 CSP/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	表观量子效率 AQY	羧化效率 CE
‘富士王’	43.69a	1 507.72a	61.51b	1 571.92a	0.0377b	0.0594b
‘美国 8 号’	43.99a	1 541.64a	69.04a	1 532.38a	0.0388b	0.0558c
‘弘前富士’	30.06b	1 492.80a	53.07c	1 588.88a	0.0381b	0.0747a
‘夏红’	26.43c	1 476.06a	63.78b	1 580.96a	0.0411a	0.0750a

注:表中小写字母表示方差分析中 5%水平上的显著差异,下同。

4 个苹果品种的 P_n 对不同浓度 CO_2 的响应见图 2。由图 2 可知, CO_2 浓度低于 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, P_n 随 CO_2 浓度增加基本呈直线上升; CO_2 浓度在 200~1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 时, P_n 增幅略缓。当 CO_2 浓度达到 800 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上时,‘夏红’的 P_n 值始终最大,其次为‘富士王’和‘弘前富士’,‘美国 8 号’的 P_n 最低。由表 1 可知, CO_2 浓度达到 1 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后, P_n 基本稳定在一定水平,各品种先后达到 CO_2 饱和点(CSP)。其中,‘弘前富士’和‘夏红’的 CSP 略高,‘美国 8 号’最低,但差异不显著。而 CO_2 补偿点(CCP)以‘弘前富士’最低,其次为‘富士王’和‘夏红’,‘美国 8 号’最高。

羧化效率(CE)反映了植物对 CO_2 的利用效率。在 4 个品种中,‘弘前富士’和‘夏红’的 CE 最高,说明对低浓度 CO_2 的利用率较高。

2.2 4 个苹果品种间光合色素含量的比较

由表 2 可知,‘夏红’的叶绿素总含量最高,其次为‘弘前富士’和‘富士王’,‘美国 8 号’最低。此前,对 P_n

达到光饱和点后, P_n 开始表现出下降的趋势。对光响应曲线的拟合方程计算可知(表 1),4 个品种的 LCP 也存在差异,‘弘前富士’和‘夏红’最低,这表明利用弱光的能力较强;但‘弘前富士’、‘夏红’的 LSP 略低于‘富士王’和‘美国 8 号’,差异不显著。

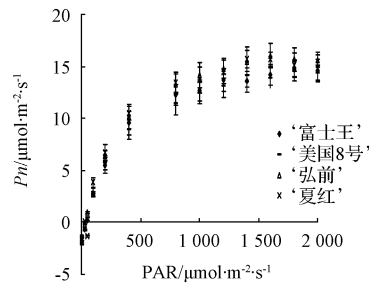


图 1 4 个苹果品种的 P_n -PAR 响应曲线

Fig. 1 Responses of P_n to photosynthetic active radiation in leaves of different apple cultivars

表观量子效率(AQY)是叶片光能利用效率的一个重要指标,既可以反映叶片对弱光的利用能力,也可以反映叶片的光合潜能^[5]。由表 1 可知,‘夏红’的 AQY 最高,‘富士王’最低。

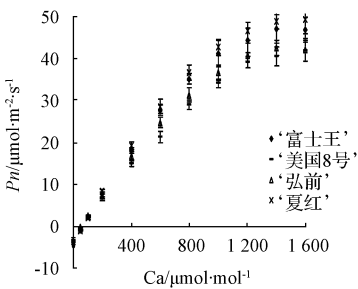


图 2 4 个苹果品种的 P_n -Ca 响应曲线

Fig. 2 Responses of P_n to different CO_2 concentrations in leaves of different apple cultivars

的光响应曲线测定结果也表明,在较高的光照强度下,‘夏红’和‘弘前富士’的 P_n 值较高,而‘美国 8 号’较低,叶绿素含量可能是其中一个重要原因。在 4 个苹果品种中,叶绿素 a/b 比值以‘美国 8 号’最高,其次为‘夏红’和‘弘前富士’。‘夏红’的类胡萝卜素含量最高。

表 2 不同苹果品种的光合色素含量

Table 2 Photosynthetic pigment contents of different apple cultivars

品种 Cultivars	叶绿素 a+b Total chlorophyll/mg · g ⁻¹	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b	类胡萝卜素 Carotenoid/mg · g ⁻¹
‘富士王’	1.58ab	1.84b	0.379bc
‘美国 8 号’	1.46b	2.20a	0.399b
‘弘前富士’	1.67a	1.97ab	0.369c
‘夏红’	1.72a	2.06a	0.458a

3 讨论与结论

光合作用是苹果生理生态的一个重要特性,是比较苹果种间、品种间及不同发育阶段的光合产量、经济产量等的重要指标^[6]。植物叶片的光饱和点与补偿点等参数反映了光合作用对环境条件的要求^[7]。该试验结果表明,4 个苹果品种的 LSP、CSP 无显著差异,仅‘弘前富士’和‘夏红’的 LCP、‘弘前富士’的 CCP 较低。总体来看,4 个品种对光强和 CO₂ 的适应范围较为近似。但在研究中发现,‘弘前富士’、‘夏红’的 *Pn* 对较强的 PAR 或 CO₂ 的响应值高于其它品种,表明 2 个品种对强光照和高浓度 CO₂ 的利用率较高。

AQY、CE 反映了植物对弱光 and 低浓度 CO₂ 的利用情况^[5]。‘夏红’的 AQY、‘弘前富士’和‘夏红’的 CE 最高。这说明‘弘前富士’对低浓度 CO₂ 的利用率较高,而

‘弘前富士’对弱光 and 低浓度 CO₂ 均具有较好的利用效率。

光合作用是植物生产力的最主要因素,而叶绿素含量的高低在某种程度上影响植物的光合速率^[8]。‘夏红’和‘弘前富士’的 *Pn* 较高,这可能与 2 个品种的叶绿素含量高有关。

参考文献

- [1] 德庆措姆. 19 个苹果品种在西藏引种表现[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(16):8370-8371,8400.
- [2] 张敏,谢永杰. 西藏林芝地区果树生产现状与对策研究[J]. 西藏科技, 2000(5):27-28.
- [3] 刘林,孟艳玲,张良英,等. 三个草莓品种光合特性的研究[J]. 北方园艺, 2010(22):38-40.
- [4] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 1995:36-39.
- [5] 赵德英,吕德国,刘国成,等. 冷凉气候区‘寒富’苹果及其亲本光合特性的研究[J]. 园艺学报, 2009, 36(7):945-952.
- [6] 王继和,张吨明,吴春荣,等. 金冠、毛里斯、新红星苹果光合特性的研究[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5):802-811.
- [7] 金则新,柯世省. 云锦杜鹃叶片光合作用日变化特征[J]. 植物研究, 2004, 24(4):447-453.
- [8] 吴雪霞,陈建林,查丁石. 低温胁迫对茄子幼苗叶片光合特性的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(5):185-189.

Study on Photosynthetic Characteristics of Four Apple Cultivars in High Altitude Region

ZHANG Liang-ying, LIU Lin, NIU Xin-yu

(Department of Plant Science and Technology, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000)

Abstract: To provide the basis for cultivar screening in Tibet, photosynthetic characteristics of four apple cultivars ‘Fushiwang’, ‘America No. 8’, ‘Xiahong’, ‘Hirosaki’ were studied. The results showed that ‘Xiahong’ and ‘Hirosaki’ had the higher light compensation point (LCP), which were 26.43 and 30.06 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ respectively. ‘Hirosaki’ had the lowest CO₂ compensation point (CCP=53.07 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$). The apparent quantum yield (AQY) ranged from 0.0377(‘Fushiwang’) to 0.0411(‘Xiahong’). ‘Hirosaki’ and ‘Xiahong’ had the higher carboxylation efficiency (CE), which were 0.0747 and 0.0750 respectively. Among four apple cultivars, chlorophyll content of ‘Xiahong’ were highest and chlorophyll a/b of ‘America No. 8’ were higher.

Key words: apple; high altitude; cultivar; photosynthetic characteristics