

不同欧李品种(系)光合与水分利用特性比较

哈小丽, 韩占江, 梁继业

(塔里木大学 植物科学学院, 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室,
环塔里木生态农业协同创新中心, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要:以 9 种不同欧李品种(系)为试材, 使用 GFS3000 光合测定系统测定了自然条件下叶片的光合和水分利用特性。结果表明: 9 种欧李品种(系)的净光合速率(P_n)、叶片气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、蒸腾比率(TR)、水分利用效率(WUE)均存在差异; 在新疆生产建设兵团第十四师二二四团的生长环境下, P_n 与 G_s 、 T_r 、 WUE 呈极显著正相关关系, 而与 C_i 、 TR 呈极显著负相关关系; C_i 与 TR 呈极显著正相关关系, 与 WUE 呈极显著负相关关系; G_s 与 T_r 呈极显著正相关关系, 与 TR 呈显著负相关关系; P_n 最高的“宏宇Ⅵ号”其 WUE 较高, 但不是最高; WUE 最高的“宏宇Ⅰ号”其 P_n 较高, 但不是最高; “01-01 号”的 P_n 和 WUE 均最低, 其它品种(系)的 P_n 和 WUE 均处于中等水平, 不同的欧李品种(系)通过不同方式协调自身的光合和水分利用来适应生长的环境。

关键词:欧李; 光合特性; 水分利用效率

中图分类号:S 662.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)02-0007-05

欧李(*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) 属蔷薇科樱桃属灌木果树, 是中国特有的果树资源, 因果实富含人体易吸收的果酸钙被称为“钙果”, 具有结果早、产量高、抗寒、抗旱、耐瘠薄, 防风固沙、防治水土流失的能力, 是我国果树可持续发展的战略树种。果实色泽鲜艳, 风味独特, 含有丰富的糖、蛋白质、矿质元素(尤其是钙)、氨基酸等营养物质和类黄酮、有机酸、维生素 C 等生物活性物质, 与蓝莓、树梅、沙棘等均属于第三代新兴果树, 具有高抗性、高营养、高保健的共同特点。果实既可鲜食又可加工果汁、果酒、果酱、果脯等多种产品, 果仁可入药, 茎可做饲料和编织材料。欧李种植第 2 年结果, 第 3 年实现丰产, 是适应我国中西部干旱、半干旱地区发展的生态经济型灌木果树, 也是构建生态经济型产业链的理想

树种^[1-2]。

光合作用是高等植物体内重要的生理过程, 是生物界赖以生存的基础。光合作用可以作为判断植物生长和抗逆强弱的指标。目前对欧李品种的光合特性和水分利用特性的研究报道尚少^[3-4]。该研究以新疆生产建设兵团第十四师二二四团引种栽培的 9 种不同欧李品种(系)为试材, 对其光合特性及水分利用效率进行比较研究, 以期对新疆南疆绿洲引种欧李的高产优质栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于新疆生产建设兵团第十四师二二四团(北纬 $37^{\circ}12'04''$, 东经 $79^{\circ}15'52''$), 该团位于昆仑山北麓, 塔克拉玛干沙漠南缘, 属极度干旱的暖温带大陆性气候。降水稀少, 蒸发强烈, 空气干燥, 光热资源充足, 太阳总辐射量为 $5\,780.9 \sim 6\,341.8 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 光能利用最佳期 6—9 月, 光辐射总量达 $2\,553.5 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$, 占全年 42.7%, 多年平均日照时数 $2\,610.6 \text{ h}$, 由于浮尘的阻挡作用, 年平均日照百分率只有 53%~58%。

1.2 试验材料

9 个欧李品种(系)引自山西省, 分别为“宏宇Ⅰ

第一作者简介:哈小丽(1992-), 女, 湖北利川人, 硕士研究生, 研究方向为果树栽培生理与生态。E-mail: hahaxiaoli@126.com.

责任作者:韩占江(1979-), 男, 黑龙江绥化人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 现主要从事植物资源与逆境生理等研究工作。E-mail: hanzhanjiang@126.com.

基金项目:国家科技支撑计划课题资助项目(2014BAC14B04)。

收稿日期:2016-09-23

号”(HY-I)、“宏宇Ⅱ号”(HY-II)、“宏宇Ⅲ号”(HY-III)、“宏宇Ⅳ号”(HY-IV)、“宏宇Ⅴ号”(HY-V)、“宏宇Ⅵ号”(HY-VI)、“宏宇Ⅶ号”(HY-VII)、“宏宇Ⅷ号”(HY-VIII)、“宏宇Ⅸ号”(HY-IX)和“01-01 号”。

表 1

9 个欧李品种(系)特性

Table 1

Characteristic of 9 varieties (lines) in *Cerasus humili*

品种(系) Variety (line)	特性 Characteristic
“宏宇I号”HY-I	株高 0.5~0.7 m, 一年生枝灰白色。新梢灰绿色, 4 月下旬开花, 花蕾浅红色, 花白色。果实 8 月下旬成熟, 平均果质量 6.5 g, 最大 8.0 g, 果实圆形, 外观黄色, 向阳面微红或红色, 果面美观。果肉厚、脆、黄色, 汁多, 味甜, 无涩味, 粘核, 可食率 93%, 极丰产, 果实鲜食性良好, 久放不脱色, 也可加工成罐头, 为优良鲜食和加工兼用品种
“宏宇II号”HY-II	株高 0.3~0.5 m, 叶色浓绿, 4 月下旬开花, 果实 9 月上旬到中甸成熟, 平均果质量 6.0 g, 最大果质量 7.0 g, 果扁圆形至圆形, 果顶平或微凹, 柱头常残留, 果沟明显, 梗洼窄, 果柄长 0.92 cm, 果面红色至暗红色, 果肉红色, 肉脆但稍粗、硬、味甜、汁液少, 离核, 可食率为 94.0%, 植株抗黄化, 为一优良晚熟鲜食品种
“宏宇III号”HY-III	株高 0.4~0.6 m, 叶片大, 花为白色, 4 月中旬开花, 果实圆形、个大、品均单果质量 10 g。果实外观黄色、肉也呈黄色、果肉液汁多, 可鲜食, 加工果脯果汁。果实 8 月下旬成熟, 丰产性好, 自然授粉坐果率可达 40%
“宏宇IV号”HY-IV	不详
“宏宇V号”HY-V	果实扁圆形, 底色橘黄色, 向阳面着红晕, 果肉淡黄色, 离核、果个大, 外观漂亮, 香味浓郁, 酸甜适口, 丰产性强, 8 月中旬成熟, 为鲜食品种
“宏宇VI号”HY-VI	为早熟、鲜食品种, 果个大, 平均单果质量 7 g 以上, 果色紫红、口味较好, 4 月中旬初花, 7 月中旬成熟, 丰产性强
“宏宇VII号”HY-VII	为早熟、鲜食品种, 果个大, 平均单果质量 7 g 以上, 4 月中旬开花, 花枝白色, 果色紫红、口味较好, 7 月中旬成熟
“宏宇VIII号”HY-VIII	不详
“01-01 号”	新品种, 产品特性暂不明确

1.3 项目测定

于 2016 年 7 月中旬, 使用德国产 GFS3000 光合测定系统, 在自然光照下测定欧李叶片的叶光合特性, 主要包括净光合速率 (net photosynthetic rate, P_n , $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率 (transpiration rate, T_r , $\text{H}_2\text{O} \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、胞间 CO_2 浓度 (intercellular CO_2 concentration, C_i , $\text{CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ air)、气孔导度 (stomatal conductance, G_s , $\text{CO}_2 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); 利用以上指标计算蒸腾比率 (transpiration ratio, TR) 和水分利用效率 (water use efficiency, WUE , $\text{CO}_2 \text{ mol} \cdot \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), 即 $TR = T_r / P_n$, $WUE = P_n / T_r$ 。

1.4 数据分析

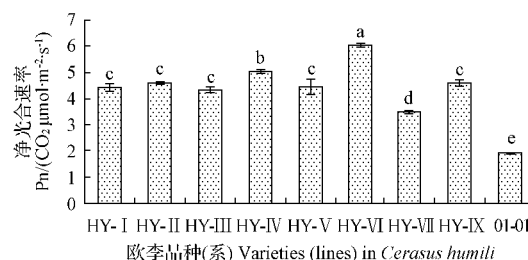
采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据计算和绘图, 用 DPS 7.05 统计分析软件进行方差分析和单因素测验 (LSD 法) 分析处理。

2 结果与分析

2.1 不同欧李品种(系)光合特性的比较

2.1.1 不同欧李品种(系)净光合速率的比较 净光合速率高有利于形成较高产量。由图 1 可以看出, 不同欧李品种(系)的净光合速率存在较大差异。9 个供试欧李品种(系)中, 净光合速率大小依次为“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅰ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅸ号”>“宏宇Ⅶ号”>“01-01 号”, 其中“宏宇Ⅰ号”“宏宇Ⅱ号”“宏宇Ⅲ号”“宏宇Ⅴ号”“宏宇Ⅸ号”之间无显著差异。

2.1.2 不同欧李品种(系)气孔导度的比较 气孔



注: 不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 以下各图同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level, the same as following figer.

图 1 不同欧李品种(系)的净光合速率

Fig. 1 Net photosynthetic rate (P_n) of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

是植物叶片与外界进行气体交换的主要通道。气孔导度表示的是气孔张开的程度, 植物通过调节气孔孔径的大小控制植物光合作用中 CO_2 吸收和蒸腾过程中水分的散失, 气孔导度的大小与光合及蒸腾速率紧密相关^[5]。由图 2 可以看出, 不同欧李品种(系)的气孔导度存在较大差异, 表现为“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅸ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅰ号”>“宏宇Ⅶ号”>“01-01 号”, 其中“宏宇Ⅳ号”“宏宇Ⅵ号”“宏宇Ⅸ号”之间无显著差异, “宏宇Ⅱ号”“宏宇Ⅲ号”之间无显著差异, “宏宇Ⅲ号”“宏宇Ⅰ号”之间无显著差异。

2.1.3 不同欧李品种(系)胞间 CO_2 浓度的比较 CO_2 是光合作用碳同化的底物, 是光合作用的主要原料之一, 叶片 C_i 反映了叶片进行光合作用的过程^[6]。由图 3 可以看出, 不同欧李品种(系)的胞间

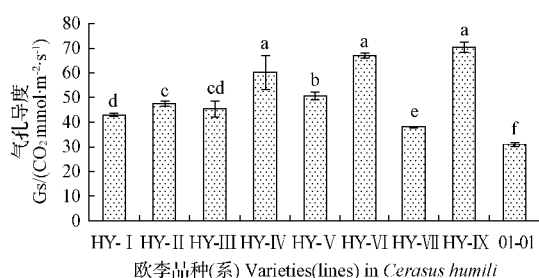


图2 不同欧李品种(系)的气孔导度

Fig. 2 Stomatal conductance(Gs) of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

CO₂ 浓度存在一定差异,表现为“01-01 号”>“宏宇Ⅸ号”>“宏宇Ⅰ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅶ号”,其中“宏宇Ⅰ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅶ号”之间无显著差异。

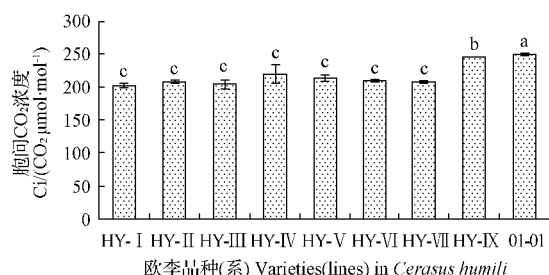
图3 不同欧李品种(系)的胞间 CO₂ 浓度

Fig. 3 Intercellular CO₂ concentration(Ci) of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

2.2 不同欧李品种(系)水分利用的比较

2.2.1 不同欧李品种(系)蒸腾速率比较 蒸腾是植物必不可少的生理过程,其主要生理过程在于降低植物体温、增加植物水分吸收和增加无机离子的吸收和运输^[7-8]。由图4可以看出,不同欧李品种(系)的蒸腾速率存在较大差异,表现为“宏宇Ⅸ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅶ号”>“01-01 号”,“宏宇Ⅶ号”>“宏宇Ⅰ号”,其中,“宏宇Ⅱ号”和“宏宇Ⅲ号”之间无显著差异,“宏宇Ⅶ号”和“01-01 号”之间无显著差异,“01-01 号”和“宏宇Ⅰ号”之间无显著差异。

2.2.2 不同欧李品种(系)蒸腾比率的比较 蒸腾比率为植物蒸腾作用丧失的水分与光合作用同化 CO₂ 的物质的量(mol)比值,在农业区划、作物布局及田间管理中有一定的指导意义^[8]。由图5可以看出,不同欧李品种(系)的蒸腾比率存在较大差异,表现为“01-01 号”>“宏宇Ⅸ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅶ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅱ号”

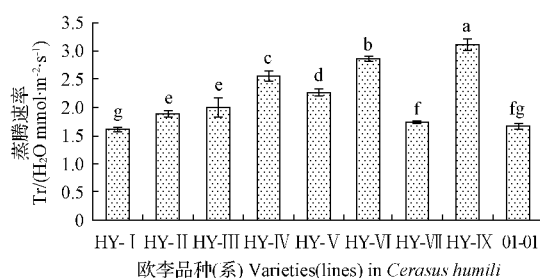


图4 不同欧李品种(系)的蒸腾速率

Fig. 4 Transpiration rate(Tr) of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

号”>“宏宇Ⅰ号”,其中“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅶ号”之间无显著差异。

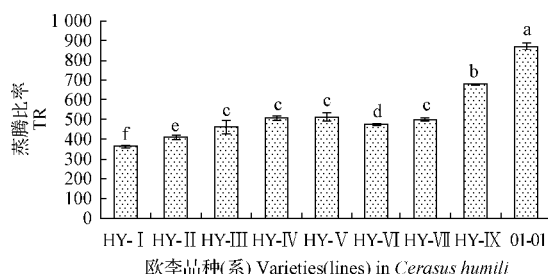


图5 不同欧李品种(系)的蒸腾比率

Fig. 5 Transpiration ratio(TR) of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

2.2.3 不同欧李品种(系)水分利用效率的比较

水分利用效率(WUE)为 Pn 和 Tr 的比值,表示植物消耗单位水量所产生的同化量,是反映植物利用水分能力的重要指标^[9]。在干旱半干旱地区,WUE 对于维持植物正常生长具有非常重要的作用。从图6可以看出,不同欧李品种(系)的 WUE 存在较大差异,表现为“宏宇Ⅰ号”>“宏宇Ⅱ号”>“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅶ号”>“宏宇Ⅸ号”>“01-01 号”,其中“宏宇Ⅲ号”>“宏宇Ⅳ号”>“宏宇Ⅴ号”>“宏宇Ⅵ号”>“宏宇Ⅶ号”之间无显著差异。

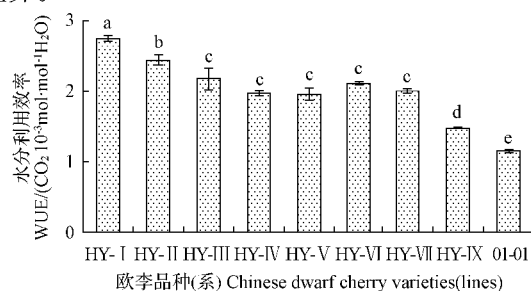


图6 不同欧李品种(系)的水分利用效率

Fig. 6 Water use efficiency of different varieties (lines) in *Cerasus humili*

2.3 各指标间的相关性分析

由表 2 可以看出, Pn 与 Gs、Tr、WUE 呈极显著正相关关系, 而与 Ci、TR 呈极显著负相关关系; Ci 与 Gs、Tr 呈负相关关系, 但未达差异显著水平, 与 TR 呈

极显著正相关关系, 与 WUE 呈极显著负相关关系; Gs 与 Tr 呈极显著正相关关系, 与 TR 呈显著负相关关系, 与 WUE 呈正相关关系, 但未达到显著水平; Tr 与 TR 呈负相关关系, 但未达到显著水平。

表 2

各指标间的相关性分析

Table 2

Correlation analysis of each index(n=30)

	光合速率 Pn	胞间 CO ₂ 浓度 Ci	气孔导度 Gs	蒸腾速率 Tr	蒸腾比率 TR	水分利用效率 WUE
光合速率 Pn	1					
胞间 CO ₂ 浓度 Ci	-0.696 9**	1				
气孔导度 Gs	0.827 0**	-0.203 9	1			
蒸腾速率 Tr	0.701 0**	-0.142 4	0.921 4**	1		
蒸腾比率 TR	-0.811 8**	0.881 6**	-0.434 0*	-0.229 4	1	
水分利用效率 WUE	0.708 9**	-0.823 2**	0.283 2	0.014 2	-0.940 1**	1

3 结论与讨论

植物光合作用受到光合有效辐射、CO₂ 浓度、气温、相对湿度等多个环境因子的影响, 同时光、温、水、气等生态因子变化对植物光合作用都有一定的影响^[10]。该研究发现, 9 个欧李品种(系)的净光合速率(Pn)、叶片气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)、蒸腾比率(TR)、水分利用效率(WUE)均存在差异; 综合供试的 9 个欧李品种(系)光合和水分利用特性比较结果发现, Pn 最高的“宏宇Ⅵ号”其 WUE 较高, 但不是最高; WUE 最高的“宏宇Ⅰ号”的 Pn 较高, 但不是最高; “01-01 号”的 Pn 和 WUE 均最低, 其它品种的 Pn 和 WUE 均处于中等水平, 说明不同的欧李品种通过不同方式协调自身的光合和水分利用来适应生长的环境。综合而言, “01-01 号”为 9 个品种(系)中处于最劣势的位置。

光合与水分利用特性有关指标间存在一定的相关性, 而且会因生长环境变化而变化。该研究发现, 在新疆生产建设兵团第十四师二二四团栽培条件下, Pn 与 Gs、Tr、WUE 呈极显著正关系, 而与 Ci、TR 呈极显著负相关关系; Ci 与 TR 呈极显著正相关关系, 与 WUE 呈极显著负相关关系; Gs 与 Tr 呈极显著正相关关系, 与 TR 呈显著正相关关系, 这与前人研究结果有相似之处, 也有不同^[10-12], 可能与供试材料不同及栽培条件不同有关。

参考文献

- [1] 周家华, 常虹, 兰彦平, 等. 欧李果酒的酿造工艺研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(1): 269-271.
- [2] 车家骧, 谢元贵, 彭熙, 等. 欧李叶片秋季光合作用日变化研究[J]. 北方园艺, 2012(9): 6-9.
- [3] 褚建民, 孟平, 张劲松, 等. 土壤水分胁迫对欧李幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究, 2008, 21(3): 295-300.
- [4] 尹敏鹏, 刘雪梅, 商志伟, 等. 不同干旱胁迫下欧李光合及叶绿素荧光参数的响应[J]. 植物生理学报, 2011, 47(5): 452-458.
- [5] 孙丽君, 吕光辉, 田幼华, 等. 不同土壤水分条件下荒漠植物白麻光合生理特性的比较[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(4): 755-760.
- [6] 刘端, 白志强, 韩燕梁, 等. 2 种欧李幼苗光合特性及叶绿素含量的比较[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(2): 115-117.
- [7] 罗永忠, 成自勇. 水分胁迫对紫花苜蓿叶水势、蒸腾速率和气孔导度的影响[J]. 草地学报, 2011, 19(2): 215-221.
- [8] 李合生. 现代植物生理学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2012: 44-45.
- [9] 万素梅, 胡守林, 果先民, 等. 干旱胁迫对塔里木盆地红枣光合特性及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012(3): 171-175.
- [10] 周小玲, 田大伦, 张旭东, 等. 柃木不同品系蒸腾特性与水分利用效率的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(1): 1-7.
- [11] 柴仲平, 王雪梅, 孙霞, 等. 氮、磷、钾施肥配比对红枣光合特性与水分利用效率的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(2): 144-150.
- [12] 杨俊, 马健, 王婷婷, 等. 5 种荒漠植物抗旱性及其与抗旱指标相关性的定量评价[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(6): 143-146.

Comparasion of Photosynthetic and Water Use Characteristics of Different Varieties (Lines) in *Prunus humilis*

HA Xiaoli, HAN Zhanjiang, LIANG Jiye

(College of Plant Science, Tarim University/Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Protection and Utilization of Biological Resources in Tarim Basin/Collaborative Innovation Center for Eco-agriculture Around Tarim Basin, Alar, Xinjiang 843300)

应用隶属函数法综合评价高酸苹果抗寒性及果实品质

付超, 周雪玲, 朱春林

(新疆农垦科学院, 新疆 石河子 832000)

摘要:以4种不同品种果树为试材,通过对枝条中相对含水率、可溶性糖、可溶性蛋白质、脯氨酸、丙二醛、超氧化物歧化酶、过氧化物酶以及过氧化氢酶等生理生化指标测试,用隶属函数法综合评价高酸苹果果树抗寒性,以期掌握新疆高酸苹果品种间的特征特性,为新疆高酸苹果的开发利用提供理论依据。结果表明:采用抗寒性隶属函数法综合评价该4种果树的抗寒性,即将各指标的平均数值换算成隶属函数值,取各指标隶属度的平均值作为抗寒能力的综合鉴定标准;4种果树品种的抗寒性由高到低依次为“格罗斯”>“凯威”>“红玉”>“澳洲青苹”。表明在新疆石河子(东经84°58′~86°24′,北纬43°26′~45°20′,温带大陆性气候)地区周边,引进“格罗斯”“凯威”“红玉”“澳洲青苹”高酸苹果品种时,应根据其抗寒性进行选择。

关键词:高酸苹果;抗寒性;综合评价

中图分类号:S 661.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)02-0011-05

由于我国高酸苹果数量极少,目前加工多以残次品和低酸度苹果为原料,新疆在苹果加工方面又

没有优良加工专用型高酸品种,果汁在市场上缺乏竞争优势;因此筛选优良高酸苹果品种及合理搭配规划以保证原料的周年供给^[1],为今后高酸苹果产业化发展打好基础。无论从国际市场还是国内市场看,随着经济危机的过去,对高质量果汁饮料的需求市场会呈现不断扩大的趋势^[2]。因此,该研究对高酸苹果产业发展至关重要。新疆农垦科学院迄今为止进行大量的搜集高酸苹果品种的工作,现只进行

第一作者简介:付超(1969-),男,硕士,助理研究员,现主要从事果树栽培与生理等研究工作。E-mail:fuchao1020@sohu.com.

责任作者:周雪玲(1968-),女,本科,高级实验师,研究方向为果树栽培与生理。E-mail:zhxl1020@163.com.

基金项目:新疆农垦科学院引导计划资助项目(YXD201412)。

收稿日期:2016-10-08

Abstract: The measurement of leaf photosynthetic characteristics and water use characteristics of 9 varieties (lines) in *Prunus humilis* was taken by GFS3000 photosynthesis system under natural condition. The results showed that net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s), intercellular CO_2 concentration (C_i), transpiration rate (T_r), transpiration ratio (TR) and water use efficiency (WUE) were different among 9 varieties (lines) in *Prunus humilis*. Under the Regiment 224 cultivation condition, there was an extremely significant positive correlation between P_n and G_s , T_r , WUE, while an extremely significant negative correlation between P_n and C_i , TR. C_i had an extremely significant positive correlation with TR while an extremely significant negative correlation with WUE. G_s had an extremely significant positive correlation with T_r while a significant negative correlation with TR. HY-VI had the highest P_n and higher WUE, but its WUE was not the highest, while HY-I had the highest WUE and higher P_n , but its P_n was not the highest. P_n and WUE of 01-01 were all the lowest and those of the other varieties (lines) were in the middle level. Different varieties (lines) adapted to growth environment by different ways of regulation of photosynthesis and water use in *Prunus humilis*.

Keywords: *Prunus humilis*; photosynthetic characteristics; water use efficiency (WUE)