

# 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<sup>[1]</sup>,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<sup>[2]</sup>。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)

一般农艺性状的初步研究,离产业化发展尚远。该研究主要是对引进国内外4个高酸苹果品种进行植物学特性和生育期观测记载,筛选抗寒、优质高产的优良品种;对结果苹果进行品质分析,确定优良高酸品种;通过观察了解4个品种的特性,以为高酸苹果种质资源的开发利用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料均取自新疆农垦科学院林园所苗圃、农八师一五〇团和林园所克拉玛依试验基地,正常管理。供试树种为“格罗斯”“红玉”“澳洲青苹”“凯威”,在树冠外围东南方向采取1年生枝条,要求枝条充分成熟,整齐均匀,剪留长度10 cm。用聚乙烯自封袋包好后立即装入冰盒带回实验室备用。

### 1.2 试验方法

2012年1月,气温-31℃采样,供试枝条先后用自来水和蒸馏水清洗拭干后,用自封袋分装保存待用,每处理3次重复。

### 1.3 项目测定

可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[3]</sup>;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝G-250染色法<sup>[4]</sup>;脯氨酸含量、过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性测定参照李合生<sup>[3]</sup>的方法,丙二醛含量和过氧化氢酶活性测定参照刘萍等<sup>[5]</sup>的方法,其中过氧化氢酶活力的测定为紫外吸收法,相对含水率的测定参照杨敏生等<sup>[6]</sup>的方法,即含水率(%)=(鲜质量-干质量)×100/鲜质量。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2003对测试数据进行统计、制图,对差异显著指标采用SPSS 16.0软件进行多重比较分析。同时将整理后的数据用模糊数学隶属度公式<sup>[7-8]</sup>进行定量转换,再将各指标隶属函数值取平均值进行无性系间相互比较。隶属函数公式为: $U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。如果某一指标与评判结果为负相关,则用反隶属函数进行定量转换。公式为: $U(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ,式中, $U(X_i)$ 为隶属函数值, $X_i$ 为无性系某项指标测定值, $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 为所有参试无性系中某一指标的最大值和最小值。

## 2 结果与分析

### 2.1 高酸苹果物候期观察

由表1可知,4个高酸苹果品种初花期一般在4月16—20日,盛花期在4月23—26日,末花期在

4月29日至5月6日,花期持续时间13~16 d。“红玉”开花最早,“凯威”开花最晚。“格罗斯”花期最短为13 d,“凯威”花期最长为16 d。“格罗斯”成熟最早在8月下旬,“凯威”成熟最晚在9月中下旬。

表1 4个高酸苹果品种物候期观察

Table 1      Observation on the phenology of 4 apple varieties with high acidity				月-日
品种 Variety	初花期 Early flowering period	盛花期 Flowering period	末花期 Late flowering	果实成熟期 Fructescence
“凯威”‘Kaiwei’	04-20	04-26	05-06	09-19
“红玉”‘Ruby’	04-18	04-24	05-02	08-27
“格罗斯”‘Gross’	04-16	04-23	04-29	08-25
“澳洲青苹” ‘Australia green apple’	04-19	04-24	05-03	09-12

### 2.2 不同品种果树枝条中相对含水量和丙二醛含量的比较

由图1可以看出,相对含水量最高的是“凯威”,“澳洲青苹”次之,最低为“红玉”;由图2可知,丙二醛含量最高的是“格罗斯”,最低的是“凯威”。

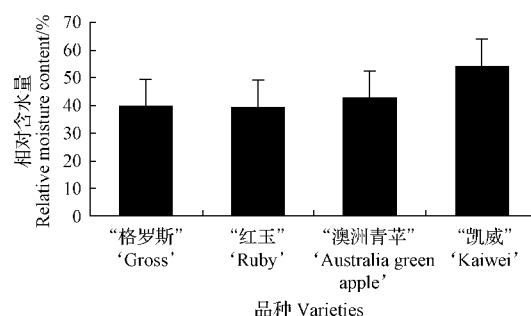


图1 不同品种果树枝条中相对含水量比较

Fig. 1 Comparison of the relative water content in the branches of different varieties of fruit trees

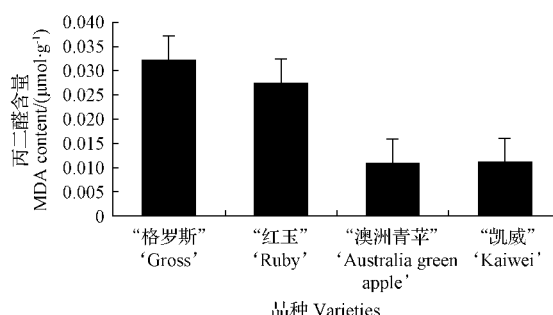


图2 不同品种果树枝条中丙二醛含量比较

Fig. 2 Comparison of MDA content in the branches of different varieties of fruit trees

### 2.3 不同果树品种枝条中渗透调节物质含量的比较

#### 2.3.1 可溶性糖含量比较

由图3可以看出,可溶

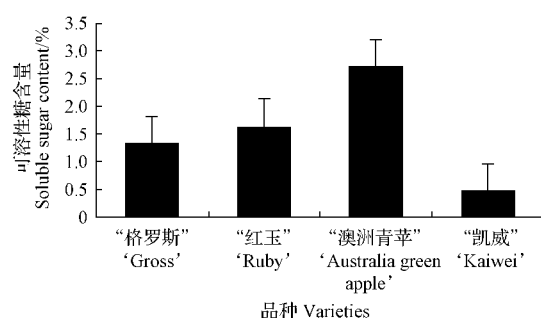


图3 不同品种果树枝条中可溶性糖含量比较

Fig. 3 Comparison of soluble sugar content in the branches of different varieties of fruit trees

性糖含量最高的“澳洲青苹”,最低的是“凯威”。

2.3.2 可溶性蛋白质含量比较 由图4可以看出,可溶性蛋白质含量最高的是“凯威”,最低的是“红玉”。

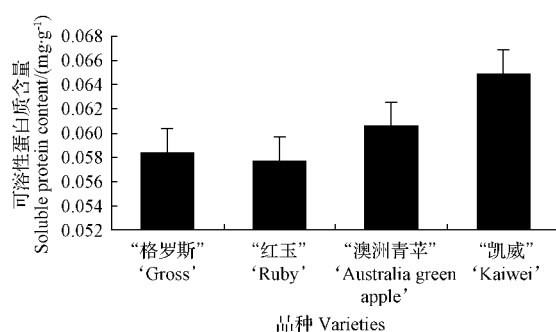


图4 不同品种果树枝条中可溶性蛋白质含量比较

Fig. 4 Comparison of soluble protein content in the branches of different varieties of fruit trees

2.3.3 脯氨酸含量比较 由图5可以看出,脯氨酸含量最高的是“格罗斯”,最低的是“凯威”。

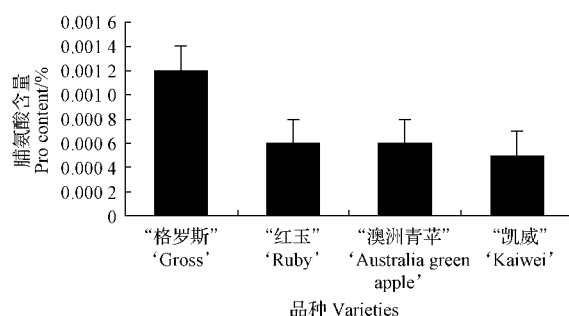


图5 不同品种果树枝条中脯氨酸含量比较

Fig. 5 Comparison of proline content in different varieties of fruit trees

## 2.4 不同果树品种枝条中抗氧化酶活性的比较

2.4.1 超氧化物歧化酶(SOD)活性比较 由图6可以看出,超氧化物歧化酶活性最高的是“凯威”,最低

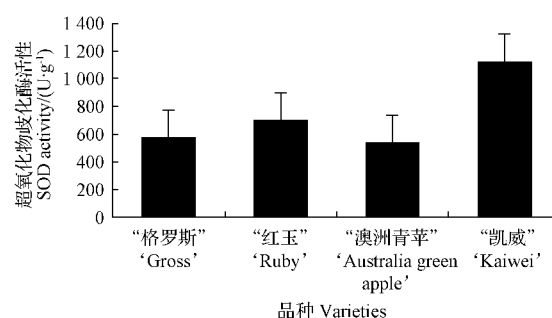


图6 不同品种果树枝条中超氧化物歧化酶活性比较

Fig. 6 Comparison of superoxide dismutase activity in the branches of different varieties of fruit trees

的是“澳洲青苹”。

2.4.2 过氧化物酶(POD)活性比较 由图7可以看出,过氧化物酶活性最高的是“红玉”,最低的是“澳洲青苹”。

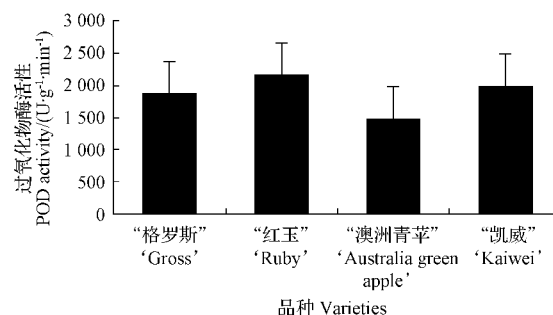


图7 不同品种果树枝条中过氧化物酶活性比较

Fig. 7 Comparison of peroxidase activity in different varieties of fruit trees

2.4.3 过氧化氢酶(CAT)活性比较 由图8可以看出,过氧化氢酶活性最高的是“格罗斯”,最低的是“凯威”。

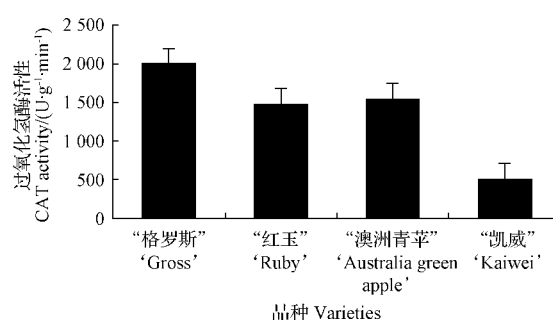


图8 不同品种果树枝条中过氧化氢酶活性比较

Fig. 8 Comparison of catalase activity in different varieties of fruit trees

## 2.5 不同果树抗寒性的综合评价

可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶

(CAT)活性、脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量等生理指标的变化都可以作为抗寒性鉴定的指标,但植物的生理过程是复杂多变的,受多种因素的影响,用单一指标很难反映植物的抗寒本质,而综合评价法可以在一定程度上克服指标鉴定的不足。

综合评价法有隶属函数法、分级评价法、直接比较法、主成分分析法。该研究采用抗寒性隶属函数值法综合评价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。由表2可以看出

表 2

不同果树抗寒性隶属度的综合评价

Table 2 Comprehensive evaluation of the membership degree of cold resistance of different fruit trees

测定指标 Determination index	“格罗斯” ‘Gross’	“红玉” ‘Ruby’	“澳洲青苹” ‘Australia green apple’	“凯威” ‘Kaiwei’
相对含水量 Relative moisture content/%	39.67	39.34	42.59	54.19
可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	1.32	1.63	2.70	0.47
可溶性蛋白质含量 Soluble protein content/(mg·g <sup>-1</sup> )	0.058 4	0.057 7	0.060 6	0.064 9
超氧化物歧化酶活性 SOD activity/(U·g <sup>-1</sup> )	575.47	698.11	533.02	1 120.00
过氧化物酶活性 POD activity/(U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	1 835.0	2 152.5	1 482.5	1 975.0
过氧化氢酶活性 CAT activity/(U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	1 990	1 440	1 595	580
脯氨酸含量 Proline content/%	0.001 2	0.000 6	0.000 6	0.000 5
丙二醛含量 MDA content/(μmol·g <sup>-1</sup> )	0.032 2	0.027 5	0.011 0	0.011 1
平均隶属度 Average membership degree	0.510	0.320	0.308	0.473
位次 Precedence	1	3	4	2

2.6.2 可滴定酸和维生素C含量 “凯威”可滴定酸含量最大为1.27%，“红玉”最低为0.73%。“格罗斯”“澳洲青苹”为1.14%、1.06%。维生素C含量以“澳洲青苹”最高为5.29%，“红玉”最低为2.50%，

表 3

果实品质分析检测

Table 3 Fruit quality analysis

品种 Variety	平均单果质量 Average fruit weight/g	果实硬度 Fruit hardness /(kg·cm <sup>-2</sup> )	可滴定酸含量 Titratable acid content/%	维生素C含量 Vitamin C content/%	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%
“凯威”‘Kaiwei’	182	9.1	1.27	2.81	11.4
“红玉”‘Ruby’	102	9.1	0.73	2.50	11.2
“格罗斯”‘Gross’	124	9.0	1.14	2.58	10.5
“澳洲青苹”‘Australia green apple’	136	9.1	1.06	5.29	11.4

### 3 讨论与结论

我国的浓缩苹果汁在世界果汁产业中占有重要地位,浓缩苹果汁一直是我国果产品国际贸易的主导产品之一。然而,由于国内缺乏加工专用高酸苹果原料而导致产品在国际市场上缺乏竞争力<sup>[9]</sup>。高酸苹果具有适应性强、结果早、易管理、投资少等特点,适合种植高酸苹果,不仅能开发利用盐碱地,而

出,4个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”。

#### 2.6 果实品质分析

果实的平均单果质量、果实硬度、可滴定酸含量、维生素C含量和可溶性固形物等指标可以反映果实的品质。

2.6.1 平均单果质量和果实硬度 由表3可以看出,4个品种中以“凯威”单果质量最大为182g,“红玉”单果质量最小为102g。4个品种中果实硬度“凯威”“红玉”“澳洲青苹”基本一致,“格罗斯”为9.0 kg·cm<sup>-2</sup>。

“凯威”“格罗斯”为2.81%、2.58%。经过比较,“凯威”为高酸苹果主栽品种,“红玉”为授粉树种。“格罗斯”“澳洲青苹”为兼用型高酸苹果品种。

且还能大幅度提高种植比较效益,生产高酸苹果汁原料,对果实外观形态要求不高,管理比较粗放,投入成本较少。要提高高酸苹果汁的酸度,满足果汁加工所需,提高果汁质量,就必须选择适宜加工的品种,使用酸度高的优质酸苹果作为加工原料,其酸度不能低于0.6%<sup>[10]</sup>,材料选择中“格罗斯”“凯威”“红玉”“澳洲青苹”酸度值均超过0.6%。其酸度“凯威”>

“格罗斯”>“澳洲青苹”>“红玉”,且维生素 C 含量高,可作为高品质加工品种。

该研究采用抗寒性隶属函数值法综合评价 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。可以看出,4 个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”。

### 参考文献

- [1] 王昆,朱佳满,龚欣.我国高酸苹果生产现状及建议[J].落叶果树,2007(6):20-21.
- [2] 铁民.高酸苹果:坚定种植信心[J].西北园艺,2009(2):49-50.
- [3] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [4] 白保障,王景安,孙玉班.植物生理学测试技术[M].北京:中国科学技术出版社,1993.
- [5] 刘萍,李明君.植物生理学实验技术[M].南京:科学技术出版社,2007.
- [6] 杨敏生,裴保华,朱之梯.白杨双交杂种无性系抗旱性鉴定指标分析[J].林业科学,2002,38(6):36-42.
- [7] GAO J S, WANG J, ZHOU Y X, et al. Studies on drought resistance of five poplar clones[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2005, 33(2): 112-116.
- [8] GAO J F. The experimental technology of plant physiology[M]. Xi'an: Xi'an World Book Inc, 2000.
- [9] 傅润民,毛旭太.栽植高酸苹果怎样选择品种[J].西北园艺,2004(12):4-5.
- [10] 傅润民,毛旭太.对发展高酸苹果的思考和建设[J].西北园艺,2005(4):4-5.

## Comprehensive Evaluation of Cold Resistance and Fruit Quality of Apple With High Acidity by Subordinate Function

FU Chao, ZHOU Xueling, ZHU Chunlin

(Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000)

**Abstract:** In this experiment, four varieties of fruit trees were tested for physiological and biochemical indicators including relative water content, soluble sugar, soluble protein, proline, malondialdehyde, superoxide dismutase, peroxidase and catalase, etc. Using the membership function method to comprehensively evaluate the cold resistance of the apple with high acidity trees, to provide the theoretical help for the utilization and development of the apple with high acidity in the area of Shihezi, Xinjiang, China. The results showed that, the cold resistance of subordinate function value method in comprehensive evaluation of the four kinds of fruit trees drought resistance was the index of average value conversion into membership function value, the index membership degree of the average value as the cold resistance of the cold tolerance of the comprehensive appraisal standard of four tree species from high to low according to the times: 'Gross' > 'Kaiwei' > 'Ruby' > 'Australia green apple'. In Xinjiang Shihezi (East longitude 84°58'—86°24', Northern latitude 43°26'—45°20', temperate continental climate) in the surrounding area, the introduction of 'Gross' 'Kaiwei' 'Ruby' 'Australia green apple' with high acidity cultivars should be chosen according to the cold hardness.

**Keywords:** apple with high acidity; cold resistance; comprehensive evaluation