

DOI:10.11937/bfyy.201621009

不同树莓品种叶片解剖结构与抗旱性的关系

桂 毓¹, 刘 婷^{1,2}, 杨 静 慧¹, 史 滢 灏¹, 张 超³, 刘 太 林³

(1. 天津农学院 园艺园林学院, 天津 300384; 2. 天津市鑫苑之家电子商务有限公司, 天津 300384;

3. 天津天狮学院 生物与食品工程学院, 天津 301700)

摘 要:以树莓叶片为试材,分析了叶片的厚度气孔密度和表皮细胞、表皮毛、栅栏组织、海绵组织、保卫细胞等叶解剖结构,比较了不同树莓品种的抗旱性。结果表明:“凯欧”和“莎妮”的叶片最厚,“加拿大黑莓”次之,其次是“南方黑树莓”“海尔特兹”的叶片最薄;“凯欧”的上下表皮、栅栏组织均最厚,其次是“莎妮”“加拿大黑莓”和“南方黑树莓”居中,“海尔特兹”最薄;“凯欧”和“莎妮”的气孔密度均最大,“加拿大黑莓”和“南方黑树莓”居中,“海尔特兹”最小;隶属函数综合分析发现,5个树莓品种中“凯欧”的耐旱性最强,其次是“莎妮”,再次是“南方黑树莓”和“加拿大黑莓”;“海尔特兹”的耐旱性最弱。

关键词:树莓;品种;解剖;抗旱;**中图分类号:**S 663.203.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)21-0036-05

树莓果实营养成分十分丰富,是高钾低钠果品,除含有丰富的有机酸、氨基酸、维生素外,还富含其它水果中含量少或不含的特殊营养成分,如鞣化酸、黄酮类物质、维生素、生理活性物质等^[1-3],有明显的促进代谢、抗心血管病、降血压血脂和抗衰老作用^[4-7],越来越受到

广大消费者的喜爱。在我国树莓抗逆性强^[8],市场需求量越来越大,具有很大的发展空间,目前树莓的栽培主要集中在东北和西南2个地区,为满足市场对树莓的需求,必须加强对树莓品种引种和选种工作,选择培育出适应性广、品质优良树莓品种在全国范围内进行推广。

该试验选择了品质优良、产量较高、抗逆性较强的具有区域代表性的国内育成的夏果型黑树莓“凯欧”和“莎妮”、美国培育的夏秋2季结果型“海尔特兹”、加拿大培育的产量较高的“加拿大黑莓”和原产西南高地的“南方黑树莓”品种,通过对它们的叶解剖结构特征进行比较,研究不同树莓品种之间的耐旱性的关系,以期为树莓的分类和引种栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

“加拿大黑莓”由天津农学院园林植物教研室提供,

第一作者简介:桂毓(1982-),女,硕士研究生,研究方向为园林植物栽培及园林美学。E-mail:36361950@qq.com.

责任作者:杨静慧(1961-),女,博士,教授,现主要从事园艺植物栽培与抗逆生理和分子育种等研究工作。E-mail:jinghuiyang2@aliyun.com.

基金项目:天津市农委资助项目(201502100,14JCTPJC00530);天津市科技成果转化及产业化推进计划资助项目(14ZXNZNC0040);天津农学院科技发展基金资助项目(2014N15);国家星火计划资助项目(2012GA610026)。

收稿日期:2016-07-25

Abstract: Taking three-year-old wine grape ‘Cabernet Sauvignon’ as test material at the eastern foot of Helan Mountain, farmer tradition was used to set six gradient nitrogen fertilizers of namely pure nitrogen application amount 0 kg · hm⁻², 120 kg · hm⁻², 240 kg · hm⁻², 360 kg · hm⁻², 480 kg · hm⁻² and 600 kg · hm⁻² to research the effects of nitrogen fertilizer application on the beginning growth and yield, quality of wine grape. The results showed that nitrogen fertilizer could significantly promote the occurrence of plant height, shoots length, axillary shoots number, nitrogen application amount was 480 kg · hm⁻² made SPAD value for 43.11, and 3.14 μmol · mmol⁻¹ stand for enhancing the utilization of water effectively. It was concluded that the nitrogen application amount for maximum yield was 398.75 kg · hm⁻² by the simulation equations, when nitrogen application amount exceed 480 kg · hm⁻² showed the growth decline, at the same time reducing sugar acid ratio. Nitrogen application amount 360 kg · hm⁻² significantly improved the anthocyanins, soluble sugar, total phenols, and improved the quality of wine grape.

Keywords: eastern foot of Helan Mountain; wine grape; pure nitrogen fertilizer; production

“凯欧”“莎妮”由中国农科院郑州果树研究所提供,“海尔特兹”由中国农科院提供,“南方黑树莓”由西南大学提供。

1.2 试验方法

5个品种扦插繁殖的一年生树莓苗木于2012年11月栽植于西青杨柳青,每处理1株,9次重复,栽植株行距1.5 m×2.5 m。土壤含盐量为0.25%,pH 8.5。苗木栽植前对土壤进行深翻1 m,667 m²施牛粪5 m³。采用篱壁式整枝、修剪。冬季下架,进行埋土防寒。

1.3 项目测定

2014年9月采用随机取样方法取植株中下部枝条和枝条中部的成熟叶片进行测定。观测不同品种的叶片横切面解剖结构、叶下表皮气孔密度。叶片结构观察:从样株中随机选取枝条中部无病虫害的成熟叶片10片,用徒手切片法横切叶片中部无主脉部分制成临时装片,在显微镜下观察,每个叶片随机观察3个视野。气孔观测:从样株中随机选取枝条中部无病虫害的成熟叶片10片,徒手撕取下表皮,制成临时装片,在显微镜下观

察。每个叶片随机观察3个视野。

1.4 数据分析

采用 Leica DM 2000 显微镜进行观测,分别在 10×4,10×10,10×40 放大倍数下观察和照相,用 CAD 软件进行细胞和组织结构大小的测定,用 Excel 软件对试验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同品种树莓叶片厚度比较

从图 1、2 可以看出,5种树莓的叶片厚度有着显著的差异。“凯欧”的叶片最厚,为 199.87 μm;“莎妮”次之,为 174.17 μm;“加拿大黑莓”第3,为 139.41 μm;“南方黑树莓”第4为 114.67 μm;“海尔特兹”的叶片最薄,为 88.52 μm。一般而言,叶片越厚,保水性、耐旱性越好^[9]。因此,仅从叶片厚度来看,5种树莓的耐旱性为“凯欧”>“莎妮”>“加拿大黑莓”>“南方黑树莓”>“海尔特兹”。

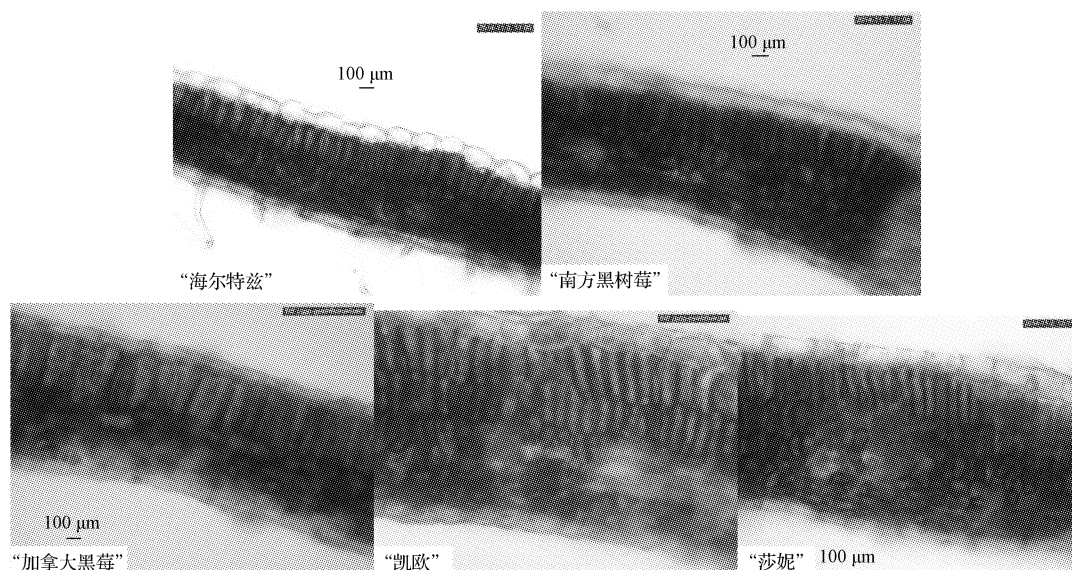


图 1 5种树莓叶片的横切面结构(10×40)

Fig. 1 Leaves cross-section of five raspberry varieties(10×40)

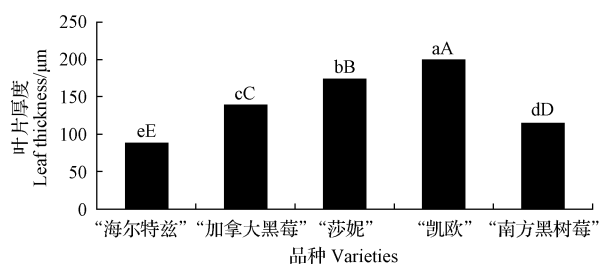


图 2 5种树莓叶片厚度比较

Fig. 2 Leaf thickness of five raspberry varieties

2.2 不同品种树莓叶片横切面表皮细胞厚度比较

由图 3 可知,不同品种树莓叶片上下表皮厚度有所不同,但 5 个品种树莓的上表皮细胞均比其下表皮细胞厚。就上表皮而言,“凯欧”的上表皮最厚,为 30.48 μm,极显著厚于其它 4 种树莓,是“莎妮”的 1.44 倍,是“海尔特兹”的 1.79 倍,是“加拿大黑莓”的 1.88 倍,是“南方黑树莓”的 2.00 倍;其次是“莎妮”,上表皮厚度为 21.17 μm,极显著厚于“海尔特兹”“加拿大黑莓”和“南方黑树莓”;“海尔特兹”“加拿大黑莓”“南方黑树莓”的上表皮厚度差异不显著,分别为 17.04、16.19、15.21 μm。

5 个品种树莓的下表皮厚度与上表皮厚度的变化趋势类似,“凯欧”的下表皮最厚,极显著厚于其它 4 种树莓,为 17.75 μm ;“莎妮”和“加拿大黑莓”的下表皮厚度差异不显著,分别为 13.39、13.16 μm ,显著厚于“南方黑树莓”的下表皮,极显著厚于“海尔特兹”的下表皮,“海尔特兹”的下表皮最薄,为 10.42 μm ,显著薄于“南方黑树莓”的下表皮(11.85 μm)。

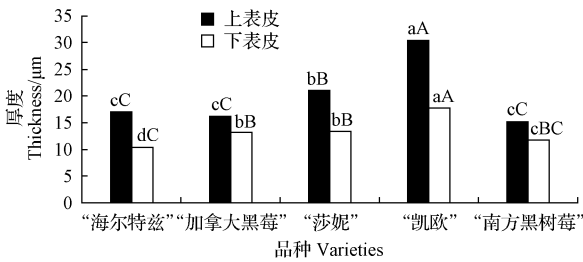


图 3 5 种树莓叶片横切面表皮细胞厚度比较

Fig. 3 Epidermal cells thickness of five raspberry varieties

2.3 不同品种树莓叶片表皮毛比较

对图 1 进一步分析,“凯欧”下表皮有少量的、粗壮的表皮毛,“海尔特兹”有密集的、细长的表皮毛,“南方黑树莓”和“莎妮”及“加拿大黑莓”均没有表皮毛。表皮毛对植物的保水、防止水分的散失有重要作用。“海尔特兹”虽然气孔密度不高,但是,其有密集的、细长的表皮毛,可以通过这一保水策略提高其耐旱性。

2.4 不同品种树莓叶片横切面叶肉组织比较

由图 4 可以看出,“凯欧”叶片横切面的栅栏组织最厚,为 72.63 μm ,显著厚于“莎妮”的栅栏组织,极显著厚于其它 3 种树莓的栅栏组织;其次是“莎妮”,其栅栏组织比“凯欧”薄 3.76 μm ,为 68.87 μm ,极显著厚于其它 3 种树莓的栅栏组织;再次是“加拿大黑莓”,其栅栏组织厚度为 45.01 μm ,极显著厚于“南方黑树莓”和“海尔特兹”的栅栏组织;“南方黑树莓”的栅栏组织厚度为 32.86 μm ,极显著厚于“海尔特兹”的栅栏组织;“海尔特兹”的栅栏组织最薄,仅为 25.83 μm ,比“凯欧”的栅栏组织薄 46.80 μm 。5 个品种树莓叶片的海绵组织厚度

表现出与栅栏组织相似的规律,“凯欧”最厚为 79.02 μm ,“莎妮”(70.78 μm)、“加拿大黑莓”(65.05 μm)次之,分别比“凯欧”的海绵组织薄 8.24、13.97 μm ,再次是“南方黑树莓”,其海绵组织厚度为 54.73 μm ,比“凯欧”薄 24.29 μm ,“海尔特兹”的海绵组织最薄为 35.23 μm ,仅为“凯欧”的 44.58%。

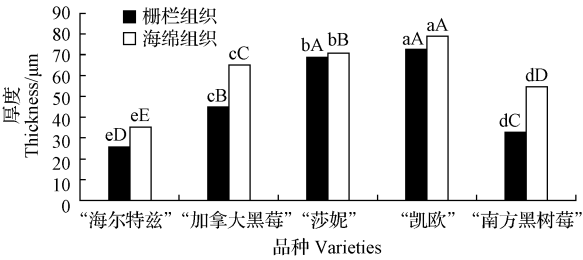


图 4 5 种树莓叶片横切面叶肉组织比较

Fig. 4 Mesophyll comparison of five raspberry varieties

由表 1 可以看出,5 个品种树莓的栅栏组织层数、组织密度以及栅栏组织和海绵组织厚度比值有较大差异,“凯欧”和“莎妮”的栅栏组织均为 2 层,其它 3 种树莓的栅栏组织只有 1 层。“凯欧”的栅栏组织排列紧密,密度最大,为 52 个 $\cdot (100\mu\text{m})^{-1}$,其次是“莎妮”,为 46 个 $\cdot (100\mu\text{m})^{-1}$,“海尔特兹”“加拿大黑莓”“南方黑树莓”的栅栏组织密度较为一致,均在 40 个 $\cdot (100\mu\text{m})^{-1}$ 左右。“凯欧”和“莎妮”的栅栏组织与海绵组织厚度比值均在 0.9 以上,分别是 0.92、0.97;其次是“海尔特兹”,为 0.73;再次是“加拿大黑莓”,为 0.69;“南方黑树莓”最低为 0.60。这些都说明“凯欧”和“莎妮”是最耐旱的品种,其中最关键的是复栅栏组织,这是旱生结构叶片的主要特征之一。

栅栏组织和海绵组织的厚度与栅栏组织/海绵组织比值有些不同,“凯欧”的栅栏组织和海绵组织均较“莎妮”的厚,但其栅栏组织与海绵组织比值却较“莎妮”的小,栅栏组织和海绵组织均最薄的“海尔特兹”,其栅栏组织与海绵组织比值却居于第 3 位。说明栅栏组织厚度、栅栏组织与海绵组织比值并没有相关性。

表 1 5 种树莓叶片横切面栅栏组织与海绵组织厚度比值

Table 1 Palisade tissue/spongy tissue of five raspberry varieties

| 指标 Index | “海尔特兹” ‘Heritage’ | “加拿大黑莓” ‘Canada black berry’ | “莎妮” ‘Shani’ | “凯欧” ‘Kaïou’ | “南方黑树莓” ‘Southern black raspberry’ |
|---|----------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| 栅栏组织/海绵组织 Palisade tissue/spongy tissue | 0.73 | 0.69 | 0.97 | 0.92 | 0.60 |
| 栅栏组织层数 Palisade tissue layer | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 栅栏组织密度 Palisade tissue density /(个 $\cdot (100\mu\text{m})^{-1}$) | 39 | 40 | 46 | 52 | 41 |

通常叶片横切面叶肉组织中栅栏组织越厚,保水性、适应性、抗性越强,排列越紧密,越有利于降低蒸腾失水,是植物对于干旱的一种适应性表现^[10],即植物叶片

的栅栏组织越厚、越紧密,其抗旱性越强。因此,“凯欧”适应干旱或水分缺乏环境的能力最强,其次是“莎妮”,再次是“加拿大黑莓”“南方黑树莓”,“海尔特兹”最差。

此结果与图 1 结果基本一致。

2.5 不同品种树莓叶片下表皮气孔特性比较

从表 2、图 5 可以看出,5 个树莓品种的气孔密度有很大差异,“凯欧”和“莎妮”的气孔密度无差异,分别为 585.03、587.75 个·mm⁻²,极显著大于其它 3 种树莓的气孔密度。“南方黑树莓”的气孔密度次之,为 472.11 个·mm⁻²,极显著地高于“加拿大黑莓”和“海尔特兹”。“海尔特兹”的气孔密度最低为 146.94 个·mm⁻²,极显著低于“加拿大黑莓”(221.77 个·mm⁻²)。

由表 2 可知,“凯欧”的保卫细胞的长度最长,为 21.95 μm,显著长于“莎妮”,极显著长于“南方黑树莓”“加拿大黑莓”和“海尔特兹”的保卫细胞长度;“莎妮”次之,为 20.67 μm,极显著长于其余 3 种树莓;“南方黑树莓”叶片气孔的保卫细胞长度最小,为 17.79 μm,显著低于“海尔特兹”和“加拿大黑莓”叶片气孔的保卫细胞长度。“海尔特兹”和“加拿大黑莓”叶片气孔的保卫细胞

长度无差异,分别为 19.20、18.62 μm。

5 种树莓叶片气孔保卫细胞的宽度与长度的变化趋势有所不同,“海尔特兹”“加拿大黑莓”“凯欧”的保卫细胞宽度无差异,但“莎妮”保卫细胞的宽度显著小于“加拿大黑莓”,极显著小于“海尔特兹”和“凯欧”;“南方黑树莓”保卫细胞的宽度极显著小于“海尔特兹”“加拿大黑莓”和“凯欧”,而“莎妮”和“南方黑树莓”之间差异不显著。

气孔是植物叶片表皮上的一个特殊结构,气孔保卫细胞越长,则气孔器越大,气孔的开张度也就越大,通过气孔蒸发的水分越多,不利于叶片的保水^[11]。就气孔密度而言,在没有胁迫的情况下,耐旱性较强的猕猴桃品种与耐旱性较弱的猕猴桃相比品种具有较高的气孔密度^[12]。

因此,该试验中,根据气孔密度的高低,不同树莓品种的耐旱性“凯欧”和“莎妮”最高,其次是“南方黑树莓”“加拿大黑莓”“海尔特兹”。

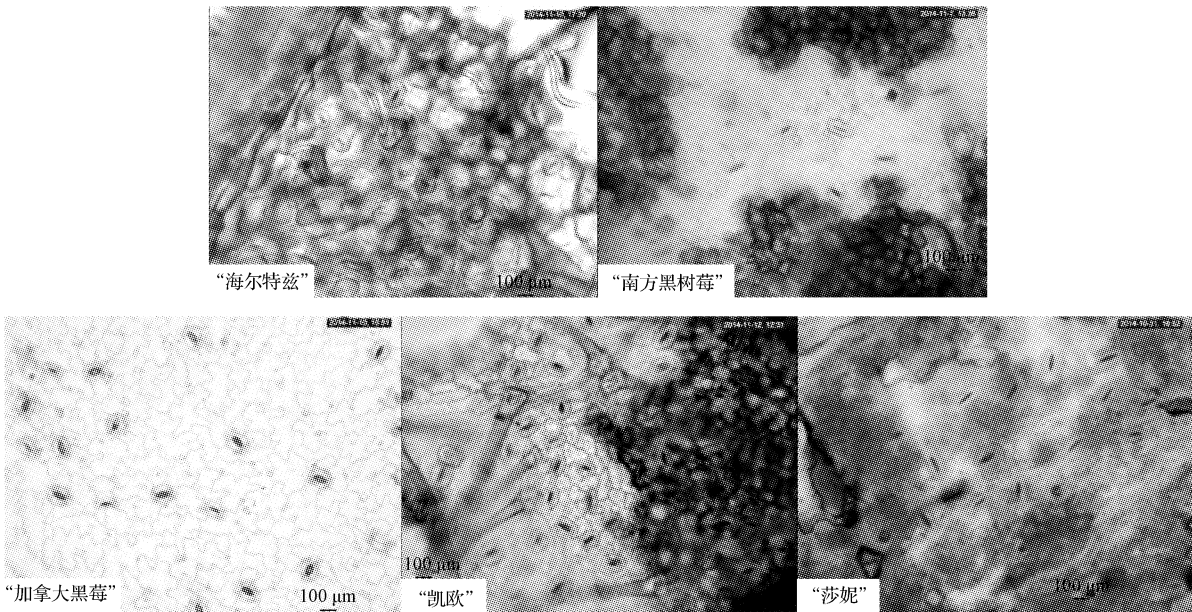


图 5 5 种树莓叶片气孔特性的比较(10×40)

Fig. 5 Stomatal comparison of five raspberry varieties(10×40)

表 2

5 种树莓叶片气孔特性的比较

Table 2

Stomatal comparison of five raspberry varieties

| 指标 Index | “海尔特兹” ‘Heritage’ | “加拿大黑莓” ‘Canada black berry’ | “凯欧” ‘Kaiou’ | “莎妮” ‘Shani’ | “南方黑树莓” ‘Southern black raspberry’ |
|---|----------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| 气孔密度 Stomatal density /(个·mm ⁻²) | 146.94dD | 221.77cC | 585.03aA | 587.75aA | 472.11bB |
| 保卫细胞长 Guard cell length/μm | 19.20cB | 18.62cdB | 21.95aA | 20.67bA | 17.79dB |
| 保卫细胞宽 Guard cell width/μm | 6.26aA | 5.97aAB | 6.41aA | 5.50bBC | 5.10bC |
| 保卫细胞长/宽 Guard cell length/width | 3.07bB | 3.12bB | 3.42aAB | 3.75aA | 3.48aAB |

2.6 不同品种树莓叶解剖结构综合分析

表 3 树莓叶解剖结构各指标隶属函数值赋予相同的权重,求综合隶属函数值。并根据求出的综合隶属函

数值大小对 5 种树莓的耐旱性进行排序。由于各指标呈正相关,所以隶属函数值越大,保水性越强。

表 3 种树莓生长及茎、叶解剖结构各指标的隶属函数值

Table 3 Membership function analysis about anatomical structure of five raspberry varieties

| 指标 Index | “海尔特兹” ‘Heritage’ | “加拿大黑莓” ‘Canada black berry’ | “莎妮” ‘Shani’ | “凯欧” ‘Kaiou’ | “南方黑树莓” ‘Southern black raspberry’ |
|--|----------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| 叶片厚度 Blade thickness | 0.000 | 0.460 | 0.769 | 1 | 0.235 |
| 上表皮厚度 Upper epidermis thickness | 0.120 | 0.064 | 0.387 | 1 | 0.000 |
| 下表皮厚度 Lower epidermis thickness | 0.000 | 0.374 | 0.406 | 1 | 0.195 |
| 栅栏组织厚度 Palisade tissue thickness | 0.000 | 0.410 | 0.920 | 1 | 0.151 |
| 气孔密度 Stomatal density | 0.000 | 0.170 | 0.994 | 1 | 0.783 |
| 综合隶属函数值 Comprehensive membership function value | 0.024 | 0.296 | 0.695 | 1 | 0.273 |
| 排序 Order | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 |

比较表 3 可以看出,“凯欧”的综合隶属函数值最高,为 1,远高于其它品种;其次是“莎妮”,综合隶属函数值为 0.695,“南方黑树莓”和“加拿大黑莓”的分别为 0.273 和 0.296;“海尔特兹”仅 0.024。因此,从 5 种树莓生长及茎、叶解剖结构各指标的综合隶属函数值看,“凯欧”的保水性最强,“莎妮”次之,第 3 是“南方黑树莓”和“加拿大黑莓”,“海尔特兹”最差。

3 结论

根据不同树莓品种植株的叶片厚度,上、下叶片表皮组织的厚度,叶片表皮组织中的气孔密度和叶肉组织中栅栏组织的厚度综合分析,5 个树莓品种中“凯欧”的耐旱性最强,其次是“莎妮”,再次是“南方黑树莓”和“加拿大黑莓”,“海尔特兹”的耐旱性最弱。

参考文献

- [1] 姜河,修英涛,蔡骞,等.我国树莓发展现状及产业化前景分析[J].辽宁农业科学,2006(2):45-48.
- [2] 何家庆,任静.皖南悬钩子植物资源及开发利用[J].天然产物研究

与开发,2000,13(2):55-58.

- [3] 王宏斌,陈铁山.树莓和黑莓的栽培与加工利用[J].陕西林业科技,2000(2):66-69.
- [4] 陆新龙.黑莓菊花饮料生产工艺[J].饮料工业,2002(5):33-36.
- [5] 张帅.无公害树莓生产技术[J].河南农业,2014(12):52-53.
- [6] 张清华,董凤祥.树莓发展现状与前景(下)[J].林业实用技术,2007,50(12):12-13.
- [7] 徐俐,金毅,王斌.树莓红色素的提取及稳定性的研究[J].食品科学,2006,27(5):191-194.
- [8] 黄俊轩,杨静慧,李双跃,等.不同防寒措施对树莓生长和越冬的影响[J].天津农业科学,2011,17(1):78-80.
- [9] 王丹丹.盐胁迫下樱桃砧木生长、生理生化及解剖结构的研究[D].天津:天津农学院,2013.
- [10] 吕晋慧,王玄,冯雁梦,等.遮荫对金莲花光合特性和叶片解剖特征的影响[J].生态学报,2011,32(19):6033-6043.
- [11] 徐兴友,张凤娟,郭振清,等.6 种野生耐旱花卉解剖学特征与耐旱性的关系[J].经济林研究,2008,26(3):13-19.
- [12] 彭永宏,章文才.称猴桃叶片耐旱性指标研究[J].果树科学,1996(13):29-32.

Relationship Between Leaf Anatomical Structure and Drought Resistance in Different Varieties of Raspberry

GUI Yu¹, LIU Ting^{1,2}, YANG Jinghui¹, SHI Yanyu¹, ZHANG Chao³, LIU Tailin³

(1. Horticulture and Gardening College, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384; 2. Tianjin Xinyuan House E-commerce Co. Ltd., Tianjin 300384; 3. Biology and Food Engineering College, Tianshi University, Tianjin 301700)

Abstract: The thickness of leaf, stomata density, leaf anatomical structure of epidermal cells, palisade tissue, spongy tissue, guard cells were analyzed with raspberry leaves to compare drought resistance of five kinds of raspberry varieties. The results showed that the leaves of ‘Kaiou’ (KO) and ‘Shani’ (SN) were the thickest, followed by ‘Canada black berry’ (CAN) and ‘Southern black raspberry’ (SBR) and ‘Heritage’ was the thinnest; the epidermal cells and palisade tissue of KO were the thickest, followed by SN, and CAN and SBR, while ‘Heritage’ was the thinnest. The stomatal density of KO and SN were the biggest, followed by CAN and SBR, ‘Heritage’ was the minimum. By membership values of anatomy-comprehensive analysis, the drought tolerance was that KO was the best and then SN, followed by CAN and SBR, while ‘Heritage’ was the worst.

Keywords: raspberry; variety; anatomy; drought resistance