

## 研究报告

## Research Report

# 2018 年美国公布的全球蓝莓新品种及其育种趋势分析

徐国辉<sup>1,3\*</sup> 张明军<sup>2\*</sup> 雷蕾<sup>2</sup> 安琪<sup>2</sup> 赵丽娜<sup>3</sup> 刘国玲<sup>3</sup> 王贺新<sup>1,3\*\*</sup>

1 大连大学现代农业研究院, 大连, 116622; 2 大连大学生命科学与技术学院, 大连, 116622; 3 大连森茂现代农业有限公司, 大连, 116112

\* 同等贡献作者

\*\* 通信作者, whexin@sina.com

**摘要** 2018 年由美国农业部(USDA-ARS)、克莱姆森大学和加利福尼亚大学联合公布了全球 40 个蓝莓新品种, 其中包括北高丛 12 个、南高丛 21 个以及观赏类 7 个。本研究通过对所公布蓝莓品种综合特征进行分析的基础上, 归纳总结了现阶段全球蓝莓育种的发展趋势, 结果显示: 1) 培育南高丛蓝莓新品种仍是目前蓝莓育种的主要趋势, 同时, 观赏类蓝莓新品种数量有所增加; 2) 北高丛蓝莓育种体现在以培育早熟、大果、果实质地硬、耐贮性强的新品种为主要方向; 3) 南高丛蓝莓育种的主要方向则是以培育低需冷量品种为主, 同时兼顾早熟、大果、果实品质优良等综合性状; 4) 观赏类蓝莓育种的主要方向则是以培育果实颜色多样化、叶片颜色随季节变化、用于庭院盆栽和园林绿化的品种为特色; 5) 除欧美等传统蓝莓育种国家以外, 近年来中国蓝莓育种工作也取得了较快进展。本研究所阐述的育种趋势将为中国今后开展蓝莓育种工作指明方向, 具有重要的实际参考价值。

**关键词** 蓝莓, 新品种, 特征, 育种趋势

## New Varieties of Blueberry Released by US in 2018 and Analysis of Breeding Trends

Xu Guohui<sup>1,3\*</sup> Zhang Mingjun<sup>2\*</sup> Lei Lei<sup>2</sup> An Qi<sup>2</sup> Zhao Lina<sup>3</sup> Liu Guoling<sup>3</sup> Wang Hexin<sup>1,3\*\*</sup>

1 Institute of Modern Agricultural Research, Dalian University, Dalian, 116622; 2 Life Science and Technology College, Dalian University, Dalian, 116622; 3 Dalian Senmao Modern Agriculture Co., Ltd, Dalian, 116112

\* These authors contributed equally to this work

\*\* Corresponding author, whexin@sina.com

DOI: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0007

**Abstract** In 2018, the United States Department of Agriculture (USDA-ARS), the Clemson University, and the University of California jointly announced 40 new varieties of blueberry, including 12 varieties of northern highbush blueberry, 21 varieties of southern highbush blueberry, and 7 varieties of ornamental blueberry. Based on the analysis of the comprehensive characteristics of the announced blueberry varieties, this paper summarizes the current development trend of global blueberry breeding. The results have been shown that: 1) the cultivation of southern highbush blueberry is still the main direction of blueberry breeding, and the number of new ornamental blueberry varieties has increased. 2) The main breeding direction for northern highbush blueberry is to cultivate new varieties with early maturity, large fruit, hard texture, and good storability. 3) The breeding trend of blueberries in the southern highbush blueberry is mainly focused on cultivating new cultivars with the low chilling

---

本文首次发表在《分子与植物育种》上, 现依据版权所有人授权的许可协议, 采用 Creative Commons Attribution License, 协议对其进行授权, 再次发表与传播

收稿日期: 2020 年 5 月 25 日; 接受日期: 2020 年 5 月 28 日; 发表日期: 2020 年 6 月 4 日

引用格式: 徐国辉, 张明军, 雷蕾, 安琪, 赵丽娜, 刘国玲, 王贺新, 2020, 2018 年美国公布的全球蓝莓新品种及其育种趋势分析, 分子植物育种(网络版), 18(7): 1-8 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0007) (Xu G.h., Zhang M.j., Lei L., An Q., Zhao L.N., Liu G.L., Wang H.X., 2020, New varieties of blueberry released by US in 2018 and analysis of breeding trends, Fengzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding (online)), 18(7): 1-8 (doi: 10.5376/mpb.cn.2020.18.0007))

requirement and have comprehensive characteristics such as early maturity, large fruit, and good fruit quality. 4) The main direction of ornamental blueberry breeding is to pay attention to the diversification of fruit color and the leaf color that changes with the season for use in Garden potted plants and landscaping. 5) In recent years, China has made rapid progress in blueberry breeding except for the traditional breeding countries such as Europe and America. The breeding trend described in this paper will point out the direction for blueberry breeding in China in the future and have important practical reference value.

**Keywords** Blueberry; New variety; Variety characteristics; Breeding trend

蓝莓属于杜鹃花科(Ericaceae)越桔属(*Vaccinium* L.)蓝浆果组(Cyanococcus)的小浆果类果树,其果实富含花青素、维生素、氨基酸等多种营养物质,抗氧化能力强,同时还可护眼,是一种营养与保健价值极高的小浆果(李亚东等, 2006; 赵丽娜等, 2016)。蓝莓栽培品种主要分为三大类型,即高丛蓝莓、兔眼蓝莓和矮丛蓝莓,其中高丛蓝莓根据需冷量的不同又细划分为北高丛蓝莓、半高丛蓝莓和南高丛蓝莓(孙海悦和李亚东, 2014)。自 20 世纪初北美开始利用野生越桔属资源选育蓝莓新品种以来(Song and Hancock, 2011),育种工作迄今已有近 120 年的历史。随着全球蓝莓产业的不断发展,已开始出现品种抗逆性不足、适应性差、需冷量高等问题,单一性状的蓝莓品种显然已经无法满足人们的需求,更不利于蓝莓种植范围的扩大(Lobos and Hancock, 2015),因此加快研发出具有多种优良性状的蓝莓新品种尤为重要。中国自 20 世纪 80 年代初才开始引入蓝莓(王慧亮等, 2010),而育种工作进展较缓慢,直至最近 20 年来,随着中国蓝莓产业的不断发展,引入的品种表现出各种各样的问题,才促使中国蓝莓育种工作者们加快育种步伐,致力于培育出具有中国自主知识产权且适宜不同区域环境的蓝莓新品种。目前,据相关统计数字可知,自 2016 年~2019 年已受理的国家植物新品种权 157 项,其中授权 19 项(数据来源于中国林业知识产权网, <http://forest.ckcest.cn:8080/43.html>)。

自 1991 年至今,美国农业部 USDA-ARS (U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service) 已公布了 292 个蓝莓新品种(Cummins, 1991; Clark et al., 2006, 2010; Finn et al., 2008, 2012; Gasic et al., 2014, 2016, 2018; Okie, 1997, 1999, 2002, 2004),先后在果实大小、风味、质地、丰产性、需冷量和成熟期等性状方面进行了优化与改良 (Hancock et al., 2008)。尤其近些年来,培育早熟、极低需冷量、大果~极大果、果品优良、丰产的南高丛蓝莓品种已成为一种必然趋势。2018 年由美国农业部等多家单位联合公布了源自美国、澳大利亚、新西兰、加拿大以及中国等

5 个国家培育的 40 个蓝莓新品种,具体包括北高丛、南高丛以及观赏类蓝莓类型。本研究通过对这些蓝莓新品种特征进行总结与分析,明确了目前国内外蓝莓的育种趋势,以期为中国蓝莓育种工作提供参考依据。

## 1 结果与分析

### 1.1 2018 年公布的蓝莓新品种及其特征

2018 年美国农业部等部门联合公布了蓝莓新品种 40 个,其中包括北高丛蓝莓 12 个、南高丛蓝莓 21 个以及观赏类蓝莓 7 个。从公布的数据可知,目前蓝莓育种工作着重于南高丛蓝莓新品种的培育,其次是北高丛蓝莓和观赏类蓝莓。

#### 1.1.1 北高丛蓝莓新品种特征

由美国、澳大利亚、新西兰以及中国共培育出 12 个北高丛蓝莓新品种(表 1)。其中美国培育的 2 个品种“OBF0627 (GraniteTM)”和“ZF08-070 (Valor)”均为中熟种,果实成熟期一致,适合机械收割,“OBF0627 (GraniteTM)”果肉质地极硬、贮藏时间长、果蒂痕小而干、果实甜度中等、花香风味、需冷量达 1 000 h; “ZF08-070 (Valor)”叶果比均衡、果实大、平均果重 2.5 g、丰产稳产、具有较好的耐寒性。澳大利亚推出 5 个新品种,即极早熟种 EB 9-2 和 EB 9-4、早熟种 EB 8-50 和 EB 9-12 以及中晚熟种 EB 10-1, 这些新品种均为大果~极大果、最大果重 2.9 g~5.6 g、果肉质硬、果实甜酸度低、风味好。新西兰培育的“Jaac”果实大、最大果重 2.5 g、果实呈扁圆形、甜度大、Brix% 为 16、口感脆。中国自主培育出 4 个蓝莓新品种,分别是耐寒品种“徽王一号”以及 3 个适宜作鲜食的大果品种“森茂一号”、“森茂二号”和“森茂七号”,其中“徽王一号”为早熟种、最大果重 2.3 g、Brix% 为 12.7。“森茂一号”、“森茂二号”均为早熟种、果实大至极大、最大果重达 6.6 g、果实风味好、硬度大、耐贮藏。“森茂七号”为中晚熟种、果实大~极大、平均果重 3.4 g、果蒂痕小而干、甜度大、酸度极低、风味好、耐贮藏。

### 1.1.2 南高丛蓝莓新品种特征

本次公布了 21 个南高丛蓝莓新品种,其总体特征见表 1。从果实成熟期方面来看,FCM12-038、FF03-178 为极早熟品种;A132-926 (Colibri)、Patrecia、Winter Bell、FL03-228、FL06-203 (Avanti™)、FL 06-377 (Endura™)、FL 06-556 (Keecrisp™)、FCM12-045 (AtlasBlue™)、FCM12-097、FCM12-131 (JupiterBlue™)、FF03-015 (CristinaBlue™) 为早熟品种。Ridley 4408 (Masena)、超越一号、新昕一号为早中熟品种。在果实大小方面,极大果型有 3 个,分别是 Patrecia、FL 06-556 (Keecrisp™)、Ridley 1 812; 大果型有 12 个,其中包含 A132-926 (Colibri)、Winter Bell、FL03-228、FL06-203 (Avanti™)等,单果重 2.0 g~3.0 g; 中果型有 6 个,即 Gumbo、FCM12-045 (AtlasBlue™)、FCM12-087 (BiancaBlue™)、FF03-015 (CristinaBlue™)、超越一号、新昕一号等。

### 1.1.3 观赏类蓝莓新品种特征

Corablue、FLX-2 (Bountiful Blue)、Rosa's Blush、Echo、TO-1088 (Cutie Pie™)、VacBri1 (Cabernet Splash™)、Vacsid1 (Scarlet Ovation)为本次公布的 7 个观赏类蓝莓新品种(表 1),其中 Corablue 是通过佛罗里达常绿越桔 (*V. myrsinites*) 和伞房花越桔 (*V. corymbosum*) 杂交而来的,其果实小,呈深红紫色,具有较好的耐旱性;FLX-2 (Bountiful Blue) 的果实中等大小,呈浅蓝色,果实口感和质地极好,早熟,耐寒,需冷量为 200~300 h。Rosa's Blush 是利用常绿越桔 (*V. darrowii*) 选育的早熟品种,其果实小,呈深蓝色,具有耐寒特性,其叶片春季呈亮粉色,成熟时呈蓝绿色,夏季则略带粉红色,秋天呈深紫色,具有较好的观赏价值。Echo 是这 7 种观赏类蓝莓中唯一可以二次结果的品种,其果实为小~中果,果个均匀,呈椭圆形,硬度较软,风味温和。TO-1088 (Cutie Pie™) 是通过伞房花越桔和常绿越桔杂交而选育出来的,其果实小,呈深蓝色,果蒂痕小而干,需冷量 400~500 h。中熟品种 VacBri1 (Cabernet Splash™) 的果实为中~大果,呈深蓝色,果蒂痕小而干,质地较硬,甜酸适宜,香味浓,其叶片春季呈暗紫色,成熟叶片带有紫红色斑驳的深绿色。源于海岸越桔 (*V. ovatum*) 的 Vacsid1 (Scarlet Ovation) 品种,其植株生长紧凑,新叶片呈亮红色,果粒小~极小,呈深紫蓝色。

## 1.2 蓝莓新品种育种趋势分析

### 1.2.1 北高丛蓝莓新品种

在公布的 12 个北高丛蓝莓新品种中,树势为半

直立类型的居多,占比 41.67%,其次是直立型和开张型,分别占比 33.33%和 25.0%。在果实大小方面,果实多为大果型,占比 58.33%,其次是极大果型,占比 33.33%,其中“森茂一号”的最大果重为 6.6 g,“EB 8-50”、“EB 10-1”的最大果重均超过 5.g (图 1)。在果实成熟期方面,早熟的品种最多,占比 50.0%,其次是极早熟种、中熟种以及中晚熟种,各占 16.6% (图 2)。另外,在公布的这些新品种中,果肉质地硬的较多,占比 50.0%,极硬的有 1 个,即“OBF0627 (Granite™)”,占比 8.33%,硬度中等的有 2 个,占比 16.67%。通过以上数据分析表明,目前北高丛蓝莓的育种目标主要集中于开发早熟、大果、质地硬、耐贮性强的鲜食蓝莓品种。

### 1.2.2 南高丛蓝莓新品种

本次公布的南高丛蓝莓品种的树势一般为直立和半直立两种类型,分别占比 42.86%、38.09%,还有少部分品种呈开张型,占比 19.05%。在果实大小方

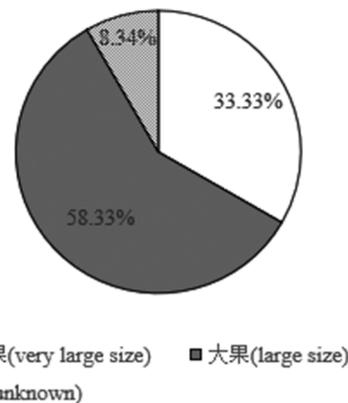


图 1 北高丛蓝莓新品种果实大小比例图

Figure 1 Proportion of fruit size of new northern highbush blueberry varieties

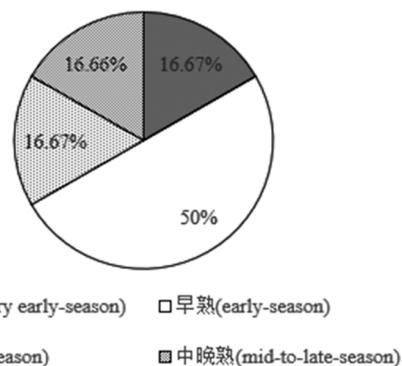


图 2 北高丛蓝莓新品种果实成熟期比例图

Figure 2 Proportion of fruit maturity of new northern highbush blueberry varieties

表 1 2018 年美国公布的蓝莓新品种及其总体特征

Table 1 General characteristics of new blueberry varieties released by US in 2018

品种类型	品种数量	品种总体特征
Variety type	Number	General characteristics of varieties
北高丛蓝莓 Northern highbush blueberry	12	树势旺盛, 半直立型, 果实早熟, 大果型, 果肉质度硬, 果蒂痕小而干, 风味佳, 耐贮性好 Vigorous, growth habit semi-upright, early season, larger fruit, firm, picking scar small and dry, flavor good, store well
南高丛蓝莓 Southern highbush blueberry	21	树姿直立型, 果实早熟, 大果型, 果肉质度硬, 果蒂痕小而干, 风味佳, 丰产, 需冷量极低 Vigorous, growth habit upright, early season, larger fruit, firm, picking scar small and dry, flavor good, yield excellent, low-chill
观赏类蓝莓 Ornamental blueberry	7	植株矮小, 生长紧凑; 叶片颜色随季节变化; 果实小, 果皮颜色多样, 果蒂痕小而干, 果实口感好, 质地较好, 耐旱, 耐寒, 需冷量低 Growth habit low-growing, compact; Leaf color changes with season, small size, very good color, picking scar small and dry, flavor good, firm, drought-tolerance, cold-resistant, low-chill

面,主要有 3 种类型,即极大果型、大果型和中果型,分别占总量的 14.29%、57.14%和 28.57% (图 3)。在果实成熟期方面,多数为早熟品种,其中极早熟品种占 9.52%,早熟品种占 52.38%,早中熟品种占 14.29%,中熟品种占 4.76%,晚熟品种占 14.29%。而在果实质地硬度方面,质地硬的居多,占比 52.38%,其次是质地极硬类型,占比 28.58%,其中“FL 06-377 (Endura™)”、“FL 06-556 (Keccrisp™)”等品种的果实质地极硬(图 4)。南高丛蓝莓的需冷量均较低,从公布的品种介绍可以看出,需冷量主要集中在 150~200 h,部分品种需冷量在 350~400 h。此外,南高丛蓝莓品种普遍还具有风味佳、甜酸度适宜、耐贮性强、果蒂痕小而干等优良特性。通过对南高丛蓝莓新品种的特征分析可知,其育种目标主要集中在培育早熟、大

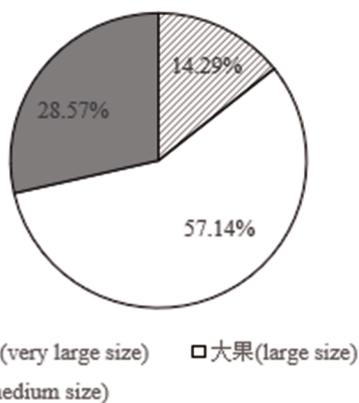


图 3 南高丛蓝莓新品种果实大小比例图  
Figure 3 Proportion of fruit size of new southern highbush blueberry varieties

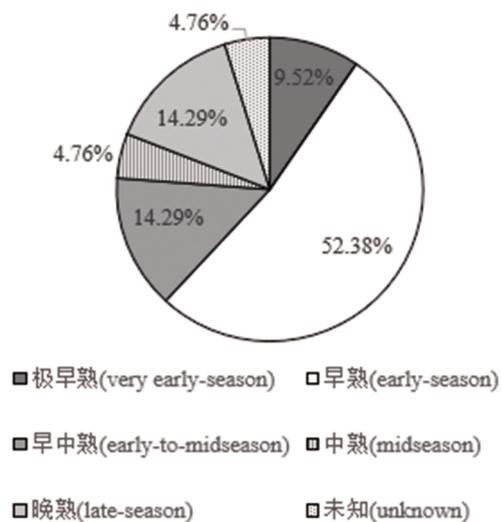


图 4 南高丛蓝莓新品种果实成熟期比例图  
Figure 4 Proportion of fruit maturity of new southern highbush blueberry varieties

果、需冷量极低、果品优且丰产的蓝莓新品种。

### 1.2.3 观赏类蓝莓新品种

与之前公布的蓝莓新品种相比,2018 年公布的观赏类蓝莓品种数量最多,共有 7 个,树冠多呈半直立,植株生长低矮紧凑;果实多为小果型,占观赏类蓝莓总量的 71.43%,其次是中果型,占总量的 28.57%;果实颜色多呈蓝紫色,只有耐旱品种 Corablue 的果实呈深红紫色。在果实成熟期方面,不同品种蓝莓的成熟期有很大差异,其中 FLX-2 (Bountiful Blue)、Rosa's Blush 均为早熟、耐寒的品种, VacBri1 (Cabernet Splash™)为中熟品种,最有特点的一个品种是 Echo,

该品种可二次结果,第一次成熟期早于公爵(Duke),第二次成熟期则从八月中旬开始。此外,Rosa's Blush和Vacsid1(Scarlet Ovation)的新生叶片呈亮红色,VacBri1(Cabernet Splash™)叶片呈暗紫色,具有一定的观赏价值,适宜庭院盆栽。因此,目前观赏类蓝莓的育种目标是培育果实颜色多样化、叶片颜色可随季节变化、更加适宜庭院盆栽以及园林绿化的新品种。

## 2 讨论

自1991年至今,美国农业部已公布蓝莓新品种资源292个,其中包括北高丛蓝莓80个,南高丛蓝莓145个,兔眼蓝莓42个,半高丛蓝莓10个、矮丛蓝莓6个、观赏类蓝莓8个及五倍体蓝莓1个。从公布的数据可以看出,开发出的南高丛蓝莓新品种最多,是目前蓝莓育种的主要培育方向,尤其是2016年公布的58个蓝莓新品种中包含南高丛蓝莓品种42个,占本年度总品种数的72.41%(Gasic et al., 2016)。而近年来南高丛蓝莓的育种趋势是培育出具有不同优良性状的蓝莓品种,育种目标多集中在果实大小、硬度、风味、耐贮性、适应性及丰产性等方面。另外,通过对比近10年的数据发现,兔眼蓝莓选育的品种数量在不断减少,已从2012年9个降至无。究其原因,主要是由于兔眼蓝莓果个较小(相对于高丛蓝莓)、种子又多又大,口感较差等方面的劣势,造成市场需求量减少,阻碍了其育种研发进程,但五倍体无籽蓝莓新品种“海恩兔(Heintooga)”的成功选育对于兔眼蓝莓新品种的选育工作具有重要意义。此外,通过数据分析还可以看出,观赏类蓝莓新品种数量在逐年增加,其中2018年培育出7个观赏类品种,占2018年总品种数的17.5%。该类型品种选育数量的增加也进一步说明了目前蓝莓育种方向在不断转变和延伸,已开始逐渐重视盆栽观赏、园林绿化等方面的育种工作,充分挖掘蓝莓的潜在价值,拓宽蓝莓商用领域,培育出同时具有观赏、生态及经济价值的蓝莓新品种。

目前在美国农业部公布的蓝莓品种中,极早熟品种有13个、早熟品种有73个、早中熟品种有36个、中熟品种有59个、中晚熟品种有12个、晚熟品种有32个。而在北高丛蓝莓品种中,中熟品种最多,占比32.5%,其次是早熟品种,占比25%,早中熟品种和晚熟品种均占13.75%,中晚熟种占比10%,最少的是极早熟品种占比5%。南高丛蓝莓品种中,早熟品种最多,占比36.55%,中熟品种占比22.76%,早中熟品种占比17.24%,晚熟品种占比14.48%,极早熟品种

占比6.21%,而中晚熟品种最少,占比2.76%。通过数据分析发现,目前蓝莓新品种的成熟期主要集中于早熟和中熟两个阶段,其中北高丛蓝莓品种成熟期主要集中在中熟阶段,其次是早熟品种;南高丛蓝莓品种中早熟品种居多,其次是中熟品种。早熟阶段(6月中旬)的品种提前上市,价格相对较高,对于提高果农效益具有重要意义,中熟阶段(7月上旬)的蓝莓果实品质较好,同时价格适中,深受消费者喜爱。而兔眼蓝莓大多是晚熟品种,成熟期在后期阶段(8月下旬)的品种居多。兔眼蓝莓因其成熟期极晚的特点,填补了市场无果的空白期,并且由于后期光照充足、早晚温差较大,使得果实品质佳,甜度高,酸度低,耐贮存(徐国辉等, 2015)。因此,在成熟期方面,采用成熟期早、中、晚熟搭配的方式,一方面可以延长蓝莓采收时间,达到长时间供应市场的目的,另一方面也避免单一品种集中成熟时采摘劳动力不足等问题。此外,极早熟和极晚熟蓝莓品种避开了鲜果上市的旺季,经济效益较高,是目前蓝莓育种的趋势之一。

在果实大小方面,已公布的292个蓝莓品种中,极大果型22个,大果型117个,中果型115个,小果型11个,极小果型2个。其中北高丛蓝莓品种中极大果型8个,占比10%,大果型31个,占比38.75%,中果型36个,占比45%,小果型5个,占比6.25%;南高丛蓝莓品种中极大果13个,占比8.97%,大果71个,占比48.97%,中果58个,占比40%,小果3个,占比2.06%。根据果实大小性状的统计,不难发现目前开发的蓝莓品种中,主要是大果型和中果型品种。在北高丛蓝莓品种中,开发的中果型最多,大果型次之。而南高丛蓝莓品种中,大果型最多,其次是中果型品种。果实大小是蓝莓外观品质评价中非常重要的性状,也是市场对优质果分级的重要指标之一,直接影响商品价值和经济效益。根据商业用途的不同,大果型、中果型的蓝莓品种更适宜作为鲜果进行销售,而小~中果型且易于机械采收的蓝莓品种更适宜作为加工型品种。因此,一方面积极开展大果型蓝莓品种选育工作,以满足蓝莓鲜食市场的需求;另一方面,加强对高花青素含量、成熟期一致、易于机械采收的中小果型蓝莓新品种的选育工作,拓宽其加工领域,提高市场竞争力,获得更大的经济效益。

在需冷量方面,已公布的蓝莓品种在7.2℃下,极低需冷量(<300 h)的蓝莓品种有56个、低需冷量(300~600 h)的蓝莓品种有108个、需冷量中等(600~900 h)的蓝莓品种有22个、高需冷量(900~1200 h)的蓝莓品种有81个。其中北高丛蓝莓品种中低需冷

量品种占比 3.75%、中等需冷量品种占比 6.25%、高需冷量品种占比 90%。南高丛蓝莓品种中极低需冷量品种占比 35.17%、低需冷量品种占比 55.17%、中等需冷量品种占比 8.97%、高需冷量品种占比 0.69%。兔眼蓝莓品种中极低需冷量品种占比 11.91%、低需冷量品种占比 59.52%、中等需冷量品种占比 9.52%、高需冷量品种占比 19.05%。从以上数据可以看出,目前开发的蓝莓品种中,低需冷量品种居多,其次是高需冷量品种。而低需冷量品种主要是南高丛蓝莓和兔眼蓝莓,南高丛蓝莓品种中低需冷量的品种居多,其次是极低需冷量的品种,而在北高丛蓝莓品种中近 90%的品种是高需冷量蓝莓。在全球变暖趋势下,高需冷量的品种往往会由于温暖气候引起的冷温不足问题,导致出现开花不整齐、花芽萌发率以及座果率低等现象(杨玉春等, 2020)。而低需冷量品种一方面可在温室栽培可控条件下提前达到其需冷量,避免暖冬气候下的长期休眠,大大提早蓝莓上市时间;另一方面打破了栽培界限,扩大了蓝莓种植范围。因此,培育低需冷量以及极低需冷量的南高丛蓝莓新品种是目前蓝莓育种工作的主要发展方向。

蓝莓育种主要是通过种间杂交来实现,但已有的北高丛蓝莓品种中绝大多数都存在着近亲杂交、遗传基础狭窄等问题,培育的植株出现树势减弱、适应性差等现象(Brevis et al., 2008)。例如常见的北高丛蓝莓泽西(Jersey)、康维尔(Coville)、伯克利(Berkeley)、晚蓝(Lateblue)以及埃利奥特(Elliott)等品种的遗传背景中只含伞房花越桔。美国蓝莓育种工作者针对不同地域环境特点制定了相应的育种目标,先后将常绿越桔、狭叶越桔(*V. angustifolium*)、康斯越桔(*V. constablaei*)等多种野生越桔基因整合到北高丛蓝莓栽培品种中,以改善果实风味、提高果实耐贮性、改良果实成熟期、增强果实抗病虫害、提高其抗寒等抗逆特性(Hancock et al., 1995; Ballington, 2009)。此外,随着美国成功利用野生越桔选育出蓝莓新品种后,欧洲一些国家也开始利用其本土资源,培育出更加耐寒、适应短生长季和高抗氧化活性的蓝莓新品种(於虹和贺善安, 2013)。目前公布北高丛蓝莓品种的遗传背景主要由伞房花越桔、狭叶越桔、兔眼越桔/帚枝越桔(*V. ashei* syn. *V. virgatum*)、常绿越桔、小穗越桔(*V. tenellum*)和康斯越桔等 6 种越桔构成。而笃斯越桔(*V. uliginosum*)、高原矮越桔(*V. pallidum*)和高丛越桔(*V. simulatum*)等在北高丛蓝莓早熟、耐旱、耐寒以及适应性等性状改良方面具有一定的潜在价值

(Luby, et al., 1991)。南高丛蓝莓品种的遗传背景最为复杂,主要由伞房花越桔、狭叶越桔、常绿越桔、兔眼越桔(帚枝越桔)、小穗越桔、伊利越桔(*V. elliotii*)、康斯越桔构成,部分品种还含有绒叶越桔(*V. myrtilloides*)、佛罗里达常绿越桔、乔木越桔(*V. arboretum*)和高丛越桔等种质资源(Hancock et al., 1997; Ballington et al., 2006)。在南高丛蓝莓遗传背景中,常绿越桔和兔眼越桔是南高丛蓝莓的低需冷量、耐热和耐旱等性状的主要基因来源,而小穗越桔、伊利越桔和康斯越桔等是次要基因来源。对比高丛蓝莓,本次公布的 7 个观赏类蓝莓新品种的遗传背景主要由伞房花越桔、常绿越桔、佛罗里达常绿越桔以及海岸越桔等 4 种野生越桔构成。因此,在未来蓝莓育种中要加强对野生越桔属种质资源的开发利用,充分开发野生越桔的优良特性,引入野生资源的优良基因,进而提高商业蓝莓栽培品种的果实品质,从而扩大蓝莓的种植范围,推动蓝莓育种工作快速发展。

目前蓝莓育种不再局限于美国、加拿大等原产国,在澳大利亚、新西兰、日本、欧洲以及中国等地的蓝莓育种工作逐渐取得成效。据统计,自 1991 年起,在美国农业部公布的蓝莓新品种中,美国共培育新品种 208 个、澳大利亚 28 个(其中 10 个新品种与美国共同培育)、新西兰 25 个、罗马尼亚 9 个、日本 7 个、中国 6 个、加拿大 5 个、瑞典和拉脱维亚各 2 个。北高丛蓝莓育种工作目前主要在美国新泽西州、密歇根州、俄勒冈州等地开展,澳大利亚、新西兰、智利、日本以及中国也在进行部分北高丛蓝莓新品种的培育。其中蓝丰(Bluecrop)、公爵(Duke)、卡拉(Cara's Choice)、德雷珀(Draper)、汉娜(Hannah's Choice)、自由(Liberty)和休伦(Huron)等品种广泛用于商业种植。除了美国农业部外,密歇根州的贝瑞蓝公司(Berry Blue)、俄勒冈州的秋溪农场和洛厄尔苗圃(Fall Creek Farm & Nursery)、加州的德瑞斯克公司(Driscoll's)、智利的塔尔卡大学和维塔尔蓝莓公司(Vital Berry)等私人育种团队也在积极进行北高丛蓝莓新品种的研发。南高丛蓝莓育种主要在阿肯色州、加利福尼亚州、佛罗里达州、乔治亚州、密西西比州、澳大利亚、智利和西班牙等多地进行,研发的蓝莓品种绿宝石(Emerald)、珠宝(Jewel)、迷雾(Misty)、明星(Star)、卡米尔(Camelia)等颇具商业价值。而佛罗里达基金会种子生产公司(Florida Foundation Seed Producers)、西班牙的大西洋蓝公司(Atlantic Blue in Spain)、密歇根州的贝瑞蓝公司(Berry Blue)、加州的德瑞斯克公司(Driscoll's)、澳大利亚蓝山果园(Mountain Blue Orcha-

reds)、智利维塔尔蓝莓公司(Vital Berry)等公司团队也参与了南高丛蓝莓的育种工作。此外,矮丛蓝莓育种主要在美国和加拿大等国家展开,其中加拿大农业部肯特维尔研究中心(Kentville, NS)先后培育出适应当地种植的矮丛蓝莓品种奥古斯塔(Augusta)、美登(Blomidon)、斯卫克(Brunswick)、芝妮(Chignecto)、坤蓝(Cumberland)、芬蒂(Fundy)和诺威蓝(Novablue)等新品种。半高丛蓝莓品种选育集中在美国明尼苏达大学进行,相继培育出北蓝(Northblue)、北空(Northsky)、北春(Northcountry)、圣云(St.Cloud)、粉色爆米花(MNPK1 Pink Popcorn)等品种。兔眼蓝莓新品种的培育多在美国、新西兰和日本等国家开展,主要品种有顶峰(Climax)、梯芙蓝(Tifblue)、灿烂(Brightwell)、波尼塔(Bonita)和杰兔(Premier)等。中国起步虽然较晚,与北美等原产国仍有较大差距,但通过不断努力,也取得了一定的成效。其中大连大学、大连森茂现代农业有限公司相继培育出“森茂一号”、“森茂二号”(雷蕾等, 2019)、“森茂三号”(彭恒辰等, 2019)和“森茂七号”等4个北高丛蓝莓新品种,江苏省中国科学院植物研究所先后公布了3个蓝莓新品种“寨选4号”、“寨选7号”以及南高丛品种“超越一号”(品种信息来源于中国林业知识产权网, <http://forest.ckcest.cn:8080/43.html>)。因此,作为亚洲蓝莓的主要贡献地之一,在面对蓝莓生产日益规模化和产业化发展格局中,我们应该吸收国外蓝莓育种研究经验,分析近年来全球蓝莓育种趋势,大范围且深入开展适合中国不同区域种植的蓝莓新品种研发工作。同时,加强对中国野生越桔属资源的收集、评价以及利用等工作,并结合现代分子生物学手段挖掘其优良性状,将其导入现有蓝莓栽培品种中,拓宽中国现有蓝莓品种的遗传基础,以期开发出适宜中国本土区域环境的且具有中国自主知识产权的蓝莓新品种,促进中国蓝莓产业快速、健康地发展。

### 3 材料与方 法

#### 3.1 材料及主要试验地

本研究以2018年美国克莱姆森大学、美国农业部(USDA-ARS)和加利福尼亚大学联合公布的40个蓝莓(*Vaccinium*)新品种为材料,这些品种主要来自于美国、澳大利亚、中国、新西兰以及加拿大等国。其中美国的蓝莓新品种主要在密歇根州的哈特曼苗圃合作公司、俄勒冈州的美国农业部园艺作物研究组、秋溪农场和洛厄尔苗圃(Fall Creek Farm & Nursery)以

及俄勒冈州蓝莓农场和苗圃(Oregon Blueberry Farms and Nursery)、佛罗里达州基金会种子生产公司(Florida Foundation Seed Producers)等地开展,密西西比、乔治亚州以及华盛顿州等地也有少量培育。澳大利亚培育的蓝莓品种主要来自于君达乐市和新南威尔士州的蓝山果园(Mountain Blue Orchards)2个育种基地。本研究中中国6个自主研发的蓝莓新品种源于中国南京中国科学院江苏省植物研究所、安徽农业大学、安徽徽王农业有限公司、大连大学以及大连森茂现在农业公司。此外,新西兰怀卡托的戈登顿、加拿大不列颠哥伦比亚省的西杜桑斯苗圃(Sidhu & Sons Nursery)也是蓝莓新品种的育种试验地。

#### 3.2 分析方法

查阅并整理了2018年美国公布的蓝莓新品种及其特征,同时对蓝莓育种相关文献进行归纳总结,全面分析了国内外近年来的育种趋势;最后采用Microsoft Excel对数据进行整理与分析。

#### 作者贡献

王贺新是本研究的构思者;徐国辉是本研究的负责人,指导论文写作与修改;张明军负责翻译与本研究相关的英文资料,雷蕾负责论文初稿撰写工作;安琪、赵丽娜和刘国玲负责整理与分析数据。全体作者都阅读并同意最终的文本。

#### 致谢

本研究由国家“十三五”重点研发计划项目(2016YFC0500304-06)和国家级大学生创新创业训练计划项目(201811258021)共同资助。

#### 参考文献

- Ballington J.R., 2009, The role of interspecific hybridization in blueberry improvement, *Acta Horticulturae*, 810: 49-60
- Ballington J.R., Rooks S.D., Bland W.T., and Draper A.D., 2006, The role of interspecific hybridization in the North Carolina State University blueberry breeding program, *Proc. 10th North Amer. Blueberry Res. & Ext. Workers' Conf*, pp. 6-13
- Brevis P.A., Bassil N.V., Ballington J.R., and Hancock J.F., 2008, Impact of wide hybridization on highbush blueberry breeding, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(3): 427-437
- Clark J.R., and Finn C.E., 2006, Register of new fruit and nut varieties list 43, *HortScience*, 41: 1106-1107
- Clark J.R., and Finn C.E., 2010, Register of new fruit and nut va-

- ieties list 45, *HortScience*, 45(5): 721-723
- Cummins J.N., 1991, Register of new fruit and nut varieties, *HortScience*, 26(8): 951-986
- Finn C.E., and Clark J.R., 2008, Register of new fruit and nut varieties list 44, *HortScience*, 43(5): 1324-1325
- Finn C.E., and Clark J.R., 2012, Register of new fruit and nut varieties list 46, *HortScience*, 47(5): 540-542
- Gasic K., and Preece J.E., 2014, Register of new fruit and nut varieties list 47, *HortScience*, 49(4)
- Gasic K., Preece J.E., and Karp D., 2016, Register of new fruit and nut varieties list 48, *HortScience*, 51(6): 625-628
- Gasic K., Preece J.E., and Karp D., 2018, Register of new fruit and nut varieties list 49, *HortScience*, 53(6): 755-758
- Hancock J.F., Erb W.A., Goulart B.L., and Scheerens J.C., 1997, Blueberry hybrids with complex genetic backgrounds evaluated on mineral soils: cold hardiness as influenced by parental species and location, VI International Symposium on *Vaccinium* Culture, 446: 389-396
- Hancock J.F., and Galletta G.J., 1995, Dedication: Arlen D. Draper: Blueberry Wizard, *Plant Breeding Reviews*, 13: 1-10
- Hancock J.F., Lyrene P.M., Finn C.E., Vorsa N., and Lobos G.A., 2008, Blueberries and Cranberries, *Temperate Fruit Crop Breeding*, 115-150
- Lei L., Wang H.X., Xu G.H., Peng H.C., Liu G.L., Zhang M.J., and Wei B.K., 2019, A new blueberry cultivar 'senmao 2', *Yuanyi Xuebao (acta horticulturae sinica)*, 46(S2): 2756-2757 (雷蕾, 王贺新, 徐国辉, 彭恒辰, 刘国玲, 张明军, 魏炳康, 2019, 蓝莓新品种 '森茂二号', *园艺学报*, 46(S2): 2756-2757)
- Li Y.D., Liu H.G., Zhang Z.D., and Wu L., 2006, Thoughts on the development of *Vaccinium* industry in China, *Zhongguo Guoshu (China Fruits)*, (01): 46-47 (李亚东, 刘海广, 张志东, 吴林, 2006, 我国中国越桔产业发展的思考, *中国果树*, (01): 46-47)
- Lobos G.A., and Hancock J.F., 2015, Breeding blueberries for a changing global environment: a review, *Frontiers in plant science*, 6: 782
- Luby J.J., Ballington J.R., Draper A.D., Pliska K., and Austin M. E., 1991, Blueberries and cranberries (*Vaccinium*), *International Society for Horticultural Science*, pp 391-456
- Okie W.R., 1997, Register of new fruit and nut varieties list 38, *HortScience*, 32(5): 787
- Okie W.R., 1999, Register of new fruit and nut varieties list 39, *HortScience*, 34: 184-185
- Okie W.R., 2002, Register of new fruit and nut varieties list 41, *HortScience*, 37: 252-253
- Okie W.R., 2004, Register of new fruit and nut varieties list 42, *HortScience*, 39: 1509-1510
- Peng H.C., Wang H.X., Xu G.H., Lei L., Liu G.L., Yan D.L., and Zhao L.N., 2019, A new blueberry cultivar 'Senmao 3', *Yuanyi Xuebao (Acta Horticulturae Sinica)*, 46 (S2): 2758-2759 (彭恒辰, 王贺新, 徐国辉, 雷蕾, 刘国玲, 闫东玲, 赵丽娜, 2019, 蓝莓新品种 '森茂三号', *园艺学报*, 46 (S2): 2758-2759)
- Song G.Q., and Hancock J.F., 2011, *Vaccinium*, *Wild Crop Relatives Genomic & Breeding Resources*, 197-221
- Sun H.Y., and Li Y.D., 2014, Overview of blueberry breeding in the world, *Dongbei Nongye Daxue Xuebao (Journal of Northeast Agricultural University)*, (9): 116-122 (孙海悦, 李亚东, 2014, 世界蓝莓育种概述, *东北农业大学学报*, (9): 116-122)
- Xu G.H., Wang H.X., and Gao X.M., 2015, Resources and characteristics of new blueberry varieties in the United States in recent ten years, *Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits)*, 44(4): 138-144 (徐国辉, 王贺新, 高雄梅, 2015, 近十年美国蓝莓新品种资源及其特征, *中国南方果树*, 44 (4): 138-144)
- Wang H.L., Zhang H.Q., Xiao J.P., and Xie M., 2010, Overview of blueberry breeding research, *Zhejiang Nongye Kexue (Journal of Zhejiang Agricultural Sciences)*, 1 (3): 474-481 (王慧亮, 张慧琴, 肖金平, 谢鸣, 2010, 蓝莓育种研究概况. *浙江农业科学*, 1(3): 474-481)
- Yang Y.C., Wei X., Sun B., Zhang D., Wang X.D., Liu Y.C., Wei Y.X., Tian Y., and Liu C., 2020, The research and analysis of the low chilling requirement of different blueberry varieties, *Nongye Keji Tongxun (Bulletin of Agricultural Science and Technology)*, 2020 (01): 178-181 (杨玉春, 魏鑫, 孙斌, 张舵, 王兴东, 刘有春, 魏永祥, 田颖, 刘成, 2020, 蓝莓不同品种低温需冷量研究分析, *农业科技通讯*, 2020(01): 178-181)
- Yu H., He S.A., 2013, Status of the world's blueberry industry and research, *Luoye Guoshu (Deciduous Fruits)*, 45 (3): 19-22 (於虹, 贺善安, 2013, 世界的蓝莓产业及研究现状, *落叶果树*, 45(3): 19-22)
- Zhao L.N., Wang H.X., Xu G.H., and Chen Y.M., 2016, The latest *Vaccinium* cultivars and their characteristics released by the United States, *Zhongguo Nanfang Guoshu (South China Fruits)*, 45(05): 174-180 (赵丽娜, 王贺新, 徐国辉, 陈英敏, 2016, 美国最新公布的越桔属品种及特征, *中国南方果树*, 45(05): 174-180)