

产祝龙, 向林, 王艳平. 郁金香种质资源、育种进展及种球国产化思考[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(2): 144-150.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.02.017

郁金香种质资源、育种进展及种球国产化思考

产祝龙, 向林, 王艳平

园艺植物生物学教育部重点实验室/华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

摘要 郁金香是荷兰、土耳其等多国的国花,但其主要的起源中心位于中国和中亚国家接壤的天山山脉和帕米尔高原地区。1 000多年前突厥人发现了天山山谷中的郁金香,并在奥斯曼帝国进行了大量传播和种植。1559年布斯拜克将郁金香带到维也纳,并于1573年由“郁金香之父”克卢修斯带到荷兰莱顿。荷兰作为郁金香大国,收藏了约2 400份郁金香种质资源。其他国家如土耳其、英国、以色列、捷克、波兰及中国都收藏保存了数百份郁金香种质资源。郁金香的育种目标包括花色、花香、花形、花期、瓶插期、抗热性、抗病性、低需冷量、种球繁育等。通过系统驯化和芽变选育,我国培育了13个郁金香品种。我国郁金香种球几乎全部依赖进口,国产种球由于采后处理不当、病毒侵染等原因导致开花效果差和种球退化。通过新品种培育和郁金香种球复壮,有望实现我国郁金香种球及品种的国产化。

关键词 郁金香; 起源; 种质资源; 育种; 种球生产

中图分类号 S682.2⁺63 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)02-0144-07

郁金香是百合科(Liliaceae)郁金香属(*Tulipa* L.)多年生鳞茎类球根花卉,是世界上重要的球根花卉之一。郁金香花形典雅、花色艳丽,它象征着美好、庄严、华贵和成功。在全球范围内,生产郁金香的国家大约有15个,总面积13 000 hm²,其中种植面积最大的是荷兰,占全球面积的88%,种球产量超过43亿颗^[1]。

1 郁金香起源

郁金香是荷兰、土耳其等国的国花,但是其原产地并不在荷兰,目前认为是在地中海沿岸、中东和土耳其^[2-3]。我国和中亚国家接壤的天山山脉和帕米尔高原地区是郁金香属植物最主要的起源中心,其次是高加索地区^[4-5]。

公元10—11世纪,土耳其突厥人在天山山谷里发现了野生的郁金香,带回在花园里大量种植。随着奥斯曼帝国(The Ottoman Empire)的创建,奥斯曼人将郁金香提升到了一个前所未有的地位。在穆斯林花园里的所有花卉中,郁金香被认为是最神圣的。土耳其及阿拉伯语中的郁金香“lale”与真主“Allah”拼写相同,因此被视为真主的花,成为一种宗教的符号^[4,6]。在苏莱曼统治时期(约1495—1566年),郁

金香传播到奥斯曼帝国的每个角落。在16世纪,郁金香成了当地人们生活的一部分。在奥斯曼文化中,几乎所有的设计都包含有郁金香,郁金香成为了国家的一种象征^[1,4,7]。

1554年,布斯拜克(Ogier Ghislain De Busbecq, 1522—1592)作为神圣罗马帝国(Holy Roman Empire)驻奥斯曼帝国的大使,第1次把郁金香带到了欧洲。1559年4月,欧洲第1株郁金香出现在神圣罗马帝国奥格斯堡市议员约翰·海因里希·赫瓦特(Johann Heinrich Herwart)的花园里。赫瓦特的朋友,詹姆斯·加勒特(James Garret),是英国最著名的植物学家之一。他随后开展了大量的郁金香新杂交种培育^[4]。Rembert Dodoens(1517—1585)在1569年出版的第一本园艺植物专著*Florum, et Coronariarum Odoratarumque nonnullarum herbarum historia*中纪录了郁金香这个物种。“郁金香之父”卡罗卢斯·克卢修斯(Carolus Clusius, 1526—1609)于1568年前后移居比利时梅切伦市开始种植郁金香。1573年神圣罗马帝国皇帝马克西米利安二世(Maximilian II, 1527—1576)邀请克卢修斯在维也纳建立皇家植物园并种下了郁金香。1592年克卢修斯到荷兰新成立的莱顿大学(University of Leiden)任职。1593年克卢修斯

收稿日期: 2021-10-18

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFD1000402);华中农业大学自主科技创新基金项目(2662016QD026和2662020YLPY010)

产祝龙, E-mail: zlcchan@mail.hzau.edu.cn

在莱顿大学植物园种下了郁金香种球,1594年春季,盛开的郁金香成为莱顿大学植物园的亮点,众多游客纷至沓来。由于向克卢修斯求购不成功,1596和1598年,莱顿大学植物园的大量郁金香种球被盗,客观上促进了郁金香在荷兰的种植,从此开遍荷兰的大街小巷^[1,4,8]。因此,郁金香是从天山山脉和帕米尔高原地区,经土耳其到维也纳,随后才传播到荷兰的。

2 郁金香种质资源

全世界郁金香属(*Tulipa*)植物到底有多少种在学术界仍有争议,不同学者观点各异,有50~60种^[9-10]、76种^[11]、87种^[3]或100种^[2,12]等不同的观点。《中国植物志》认为有150种^[13]。英国皇家植物园邱园(The Royal Botanic Gardens, Kew)编制的《世界选定植物科分类清单》(《*World checklist of selected plant families*》)列有581个郁金香属植物种的纪录,其中105个种及变种被学界所认可(accepted names)^[14]。

我国郁金香属植物,在《中国植物志》中记载有14个种(11个种原产于新疆),共分为4个组,包括有苞组[sect. *Amana* (Honda) Mao, comb. nov.]、毛蕊组(sect. *Eriostemon* Boiss.)、无毛组(sect. *Leiostomon* Boiss.)和长柱组(sect. *Orithyia* Baker)^[13]。谭敦炎等^[15]研究表明,有苞组*Amana*特征与狭义郁金香属植物存在显著差异,基因序列上与猪牙花属(*Erythronium* L.)亲缘关系更接近,建议*Amana*应该独立为老鸩瓣属(*Amana* Honda)。APG IV分类系统已将有苞组从郁金香属中独立出来,定为老鸩瓣属^[16]。《中国植物志》也已标注,将*T. edulis*正名为*A. edulis*^[13]。

综合《中国植物志》和相关文献报道,我国的野生郁金香植物有19个种,包括郁金香属14个种和老鸩瓣属5个种。郁金香属(*Tulipa*)14个种(包括1个变种)有准噶尔郁金香(*T. schrenkii*)、阿尔泰郁金香(*T. altaica*)、迟花郁金香(*T. kolpakowskiana*)、新疆郁金香(*T. sinkiangensis*)、伊犁郁金香(*T. iliensis*)和天山郁金香(*T. tianschanica*) (图1)、柔毛郁金香(*T. buhseana*)、毛蕊郁金香(*T. dasystemon*)、垂蕾郁金香(*T. patens*)、异叶郁金香(*T. heterophylla*)、异瓣郁金香(*T. heteropetala*)、单花郁金香(*T. uniflora*)、塔城郁金香(*T. tarbagataica*)和赛里木湖郁金香(*T. tianschanica* var. *sailimuensis*)。老鸩瓣属(*Amana*)植物

5种,包括老鸩瓣(*A. edulis*)、二叶郁金香(*A. erythronioides*)、皖郁金香(*A. anhuiensis*)、括苍郁金香(*A. kuocangshanica*)以及皖浙郁金香(*A. wanzhensis*)。郁金香属14个种中的13个种(包括1个变种)产自新疆^[17-22],仅单花郁金香(*T. uniflora*)分布于内蒙古和新疆地区^[13]。

作为郁金香大国,16—19世纪荷兰收藏了大约2400份郁金香野生种和品种(accession)资源,保存于荷兰北部丽门(Limmen)的Hortus Bulborum基金会。这些种质中的90%在生产上已不再应用^[1]。土耳其作为重要的郁金香属植物基因资源多样性中心,在亚洛瓦省(Yalova)的阿塔图尔克园艺中心研究所(Atatürk Horticultural Central Research Institute)以及港口城市萨姆松(Samsun)的黑海农业研究所(Black Sea Agricultural Research Institute)收集保存有大量的郁金香种质资源。2006年黑海农业研究所启动了土耳其国家郁金香育种计划(the National Tulip Breeding Project)。在英国,位于英国皇家植物园邱园内的千年种子库(Millennium Seed Bank)保存有13个郁金香种的21份材料。以色列农业研究组织基因库(Israeli Gene Bank at the Agricultural Research Organization)保存有郁金香5个种的74份材料。同时,在阿塞拜疆、哈萨克斯坦、俄罗斯、捷克、拉脱维亚、立陶宛、波兰、日本等国都保存有郁金香的种质材料。捷克的作物保护研究所保存了郁金香属的289份材料,波兰的园艺研究所(the Research Institute of Horticulture)收集了450份郁金香属材料^[1]。我国辽宁省农业科学院为国内首批获批建设的国家郁金香种质资源库,收集有郁金香种质资源500余份,包括新疆地区野生的郁金香种质资源8个种^[17-18,22]。

郁金香的园艺栽培品种达8000多个,常用栽培品种200多个。1981年,在荷兰举行的世界品种登陆大会郁金香分会,重新修订并编写的《郁金香国际分类鉴定名录》根据花期、花形、花色等性状,将郁金香分为早花、中花、晚花和原种4大类,15个群。它们是:单瓣早花群、重瓣早花群、胜利群、达尔文杂交群、单瓣晚花群、百合花群、花边群、绿斑群、伦布朗群、鸚鵡群、重瓣晚花群、考夫曼群、福斯特群、格里氏群、其他混杂群等(表1)^[1,23]。

3 郁金香育种进展

14—15世纪之前的奥斯曼帝国,多数的郁金香



A:新疆昭苏地区野生天山郁金香生境;B:6个花被片;C:雌蕊;D:6个雄蕊。标尺为1 cm。A:Habitat of *T. tianschanica* from Zhaosu County, Xinjiang; B:Six tepals; C:Pistil; D:Six stamens. Scale is 1 cm.

图1 天山郁金香(*T. tianschanica*)

Fig. 1 Tulip species from Tianshan (*T. tianschanica*)

表1 郁金香的分类体系

Table 1 Classification system of tulip

类 Classes	群 Groups
早花类 Early flowering	单瓣早花群 Single early(SE) 重瓣早花群 Double early(DE)
中花类 Mid-season flowering	胜利群(凯旋群) Triumph(T) 达尔文杂交群 Darwin hybrids(DH) 单瓣晚花群 Single late(SL) 百合花群 Lily-flowered (L) 花边群 Fringed(Crispa)
晚花类 Late flowering	绿斑群 Viridiflora(V) 伦布朗群 Rembrant(R) 鸚鵡群 Parrot(P) 重瓣晚花群 Double late(DL) 考夫曼群 Kaufmanniana(K)
变种及杂种 Species and their hybrids	福斯特群 Fosteriana(F) 格里氏群 Griegii(G) 其他混杂群 Miscellaneous(M)

都是从野外挖掘并种植到城市公园里,很少经过人工选育。奥斯曼帝国时期人们喜爱具有尖细花被片的针叶郁金香(*T. cornuta* Delile),这与后来在欧洲流行的圆形花被片郁金香不同。这种针叶郁金香没

有野生分布,有可能是来自郁金香(*T. gesneriana* L.)和香花郁金香(*T. suaveolens* Roth)之间的杂交,尽管前者就是复杂的花园杂交种,甚至本身可能来自后者。其他郁金香种,如亚美尼亚郁金香(*T. armena* Boiss)、眼斑郁金香(*T. agenensis* Redouté)和绵毛郁金香(*T. lanata* Regel),或来自中亚的郁金香,相互杂交形成了多样性的花园郁金香品种。在欧洲,园艺学家们开始有意识地培育郁金香新品种。英国植物学家詹姆斯·加勒特(James Garret)耗时20 a培育出大量郁金香新杂交种。Gesner^[24]描述的于1559年在神圣罗马帝国奥格斯堡市议员的花园里开放的郁金香具有香味,有可能是香花郁金香(*T. suaveolens*)。而布斯拜克描述的郁金香则没有香气,可能是郁金香的杂交种。由于命名不规范导致郁金香名称的混乱,克卢修斯于1601年接受了Gesner采用*Tulipa*作为郁金香的属名,并按照花期进行分类。这种分类系统在18世纪被林奈(Linnaeus)所采用^[4,11]。目前并不清楚哪些野生郁金香促成了土耳其和欧洲栽培郁金香的培育,而*T. gesneriana*仍然被用来作为大量郁金香品种的总称。

随着郁金香在欧洲大陆的盛行,育种学家狂热地选育不同形状和颜色的新品种。17世纪早期出现了重瓣(double flower)的郁金香品种,同时培育出了火焰和花边形(flamed and fringed tepals)的郁金香。稀有品种的出现引起了投机者的兴趣。从法国到荷兰,郁金香种球价值节节攀升。荷兰的郁金香狂热始于1634年,1636年到达高峰,当时甚至还有过一个高级品种的球根交换了一座宅邸的纪录。1637年2月4日,郁金香价格突然暴跌,郁金香狂热时代就此结束^[4,8]。从18世纪开始,人们培育了更多的郁金香品种。目前全球大概有14 000个品种,最新版的*Classified list and international register of tulip names*有超过8 000个郁金香品种。除荷兰以外,日本培育了100个左右的郁金香品种^[11]。

在我国,中国科学院北京植物园于20世纪50年代到80年代曾开展了郁金香杂交育种研究,但目前所有材料基本遗失。截至2021年,辽宁省农业科学院成功选育11个具有自主知识产权的郁金香新品种,其中5个品种通过国际郁金香新品种登记,包括‘丰收季节’(‘Harvest Time’, *T. sinkiangensis*)、‘和平时代’(‘Peacetime’, *T. altaica*)、‘金色童年’(‘Golden Childhood’, *T. schrenkii*)、‘伊犁之春’(‘Spring of Ili’, *T. iliensis*)和‘天山之星’(‘Star of Tianshan Mountain’, *T. thianshanica*);2个品种申请了农业农村部新品种权(‘紫玉’和‘黄玉’)^[19];上海交通大学培育出2个郁金香芽变品种‘上农早霞’和‘上农09’^[25]。对新疆野生郁金香与栽培品种进行遗传多样性分析,为种间杂交提供了理论依据,为培育具有自主知识产权的新品种^[26-28]奠定了基础,有望尽快实现陈俊愉先生建议的选育中华郁金香新品种群^[29]。

4 郁金香育种目标

郁金香的育种目标包括以下几个方面。

1) 花色。郁金香现有品种中,花色白、红、粉、紫(黑)、绿、橙、黄都有。目前产业上唯缺少蓝色郁金香品种。

2) 花香。多数郁金香品种没有或具很淡的香味^[30],如‘红色力量’(‘Red Power’)等。培育真正带有香味的郁金香新品种,是未来的育种方向之一。

3) 花形。郁金香花瓣维持闭合的杯状时,亭亭玉立,观赏性状最佳。影响郁金香花瓣开闭运动的主要因素是温度和光照^[31]。

4) 花期和瓶插期。目前郁金香的花期多在1~3周^[32]。培育长花期的品种,延长观赏期十分重要。郁金香切花瓶插期与田间花期长短相一致。研究表明,最后一个节间越长,花期越短。另一个指标是采后对水分的吸收能力。此外,对于需要长时间低温处理打破休眠的品种,其瓶插期通常较长^[1,33]。

5) 抗热性。郁金香不耐热,25℃以上植株和花瓣衰老非常快,花瓣失去运动能力,花朵迅速凋谢。同时郁金香种球贮藏在28℃以上环境中,花芽分化畸形^[31,34]。

6) 抗病性。包括对郁金香青霉病(*Fusarium oxysporum*)、郁金香疫病(*Botrytis tulipae*)、郁金香病毒病(Tulip Breaking Virus)的抗性^[1,34]。

7) 低需冷量。培育具有短的休眠特性的郁金香新品种^[35],有助于加速新品种的培育,营造郁金香四季花海。

8) 种球繁育。培育子球繁殖能力相对较强的品种,加快新品种的种球生产和商品化进程。同时,为适应产业上的机械化操作,培育种球外皮厚、形状规则一致与枯枝枯叶容易脱落的品种。

5 郁金香育种技术与方法

目前已有的郁金香品种主要通过以下技术和方法来培育的^[1,4]。

1) 引种驯化。荷兰作为郁金香生产大国,并没有野生郁金香植物分布,一开始都是通过引种,筛选出适合荷兰气候的郁金香品种。日本在引进荷兰品种的基础上,进一步培育了适合日本高温、高湿条件的郁金香品种。

2) 杂交育种。这是郁金香新品种培育的主要方法,包括品种间杂交、种间杂交和远缘杂交等。胜利型郁金香是单瓣早花和单瓣晚花品种杂交而来,而达尔文型郁金香是由 *T. gesneriana* 和 *T. fosteriana* 杂交培育而成。郁金香品种间杂交亲本来源丰富。郁金香远缘杂交存在不亲和性。胚抢救技术在郁金香远缘杂交上广泛应用。

3) 芽变选育。郁金香发生芽变的几率高。荷兰早在1987年就利用芽变培育了50个新品种。

4) 倍性育种。郁金香属植物大多是二倍体,染色体基数为12(2n=24),多倍体郁金香一般植株高大,花形和鳞茎较大。通过秋水仙碱处理腋芽等方法培育四倍体。二倍体和四倍体杂交产生三倍体,目前已选育出如‘阿普多美’等植株高大、鳞茎肥大

的三倍体品种。

5) 诱变育种。20世纪30年代,荷兰育种家De Mol就开始进行了郁金香的辐射育种。近代日本和荷兰育种家开展了大量的郁金香诱变育种工作。

6) 体细胞无性系变异。长期用噻苯隆(thidiazuron, TDZ)进行郁金香不定芽的体外培养会发生体细胞无性系变异。研究表明,在经过4~6 a 离体培养的材料中,体细胞无性系变异发生频率最高,表型变化最丰富。利用氨磺乐灵(oryzalin)或甲基胺草磷(amiprofos-methyl, APM)处理低温春化种球的花茎可以诱导多倍体产生。

6 我国郁金香产业发展思考

中国作为野生郁金香的起源地之一,目前发现并报道了郁金香属植物14种(含1变种),老鸦瓣属植物5种。随着科考的继续,可能会有更多的郁金香类植物被发现,西藏和内蒙古部分地区是野生郁金香可能的分布区。荷兰人在近500 a 时间内培育了大量郁金香新品种并成为郁金香产业当之无愧的世界第一大国。日本从荷兰引进郁金香后,也培育出了适合日本气候条件的品种。我国郁金香育种工作起步晚,具有自主知识产权的品种很少,加之郁金香育种周期较长,从播种到开花需要4~5 a,培育新品种需要10 a 甚至更久的时间,而要达到规模化生产则需要更长时间。在野生条件下,很少有不同种类的郁金香生长在同一个生境,出现杂交品种的现象极少。根据文献[4]记载,16—17世纪之前,人们对郁金香种间杂交亲和性了解得少,新品种的培育十分缓慢。后来,将不同种类的郁金香混合种植,通过虫媒和风媒传粉,出现杂交品种的几率大大提升。随着我国一些科研单位前期杂交育种工作的积累和生物技术育种手段的进步,国产郁金香品种培育有望取得新的突破。

在郁金香种球生产方面,荷兰利用其气候优势,在邻近海边的埃克霍森一带大量进行种球繁殖生产,通常采用分级繁育法。即用周径8~9、10~11 cm 的种球,种植1 a 以后培育成周径为11~12、>12 cm 的商品种球。荷兰非常重视郁金香的轮作,一般每隔5~6 a 才连作1次。其间用旋耕机打碎地下的残余种球,并与马铃薯或豆科作物进行轮作,减轻连作障碍的影响。

我国新疆、西藏、青海、甘肃及东北部分地区,4—5月份最高气温不超过25℃、雨水少,非常适合郁

金香种球生产和复壮,退化鳞茎经过2~3 a 的复壮有望达到商品种球的周径要求。但是,目前国内对国产郁金香种球的采后处理不重视,对郁金香的花芽发育规律不了解,一些商贩盲目收购花海景区开花后的郁金香种球,不经过采后标准化处理就低价出售,这些种球由于在贮藏期间花芽发育不充分,未解除休眠,种植以后盲花率高,开花不整齐,景观效果差。人为因素造成的国产郁金香种球质量问题,极大影响了国产种球的口碑,最终形成了郁金香种球必须每年从荷兰进口的观念误区,限制了国产郁金香种球的生产应用。华中农业大学球宿根研究团队摸索出了一套适用于我国国产郁金香种球的处理方法,使国产郁金香种球的开花效果媲美荷兰进口种球;而且使国产郁金香种球从当年的9月份到第2年的夏季次第开放,满足国内教师节、圣诞节、元旦以及春节的年宵花市场,实现四季开花。

目前郁金香产业的困境在于缺乏协调组织机制。科研人员有完整的技术方法,但没有人力物力财力去扩大规模。企业的需求是投入即有产出。在目前国内市场对于国产郁金香种球质量疑虑重重、不敢使用的现状下,有魄力进军郁金香种球复壮生产的企业少之又少。而全国各地的花海景区,动辄花费数百万上千万元进口荷兰郁金香种球,买的是安心,能确保开花质量和景观效果。地方农业林业行政部门在花卉产业的规划上对郁金香重视程度不够。全社会都意识到郁金香种球依赖进口的问题,但是如何破局,从20世纪80年代就开始讨论过政府、企业、高等院校及科研院所的合作,目前仍没有明确的方案。郁金香产业的健康发展和解决种球供应的瓶颈问题,需要多方合作,破解目前研究人员有技术无产地和产量、企业景区不敢投入不敢应用、地方上缺意识少规划的困局。

致谢:感谢辽宁省农业科学院屈连伟研究员在郁金香分类上的指导!

参考文献 References

- [1] ORLIKOWSKA T, PODWYSZYŃSKA M, MARASEK-CIOŁAKOWSKA A, et al. Tulip [M]// VAN HUYLEN-BROECK J. Ornamental crops.[S.l.]:Springer,2018:769-802.
- [2] BOTSCHANTZEVA Z P. Tulips: taxonomy, morphology, cytology, phytogeography, and physiology [M]. Rotterdam: CRC Press,1962:1-230.
- [3] ZONNEVELD B J M. The systematic value of nuclear genome size for "all" species of *Tulipa* L. (Liliaceae) [J]. Plant

- systematics and evolution, 2009, 281:217-245.
- [4] DASH M. Tulipomania: the story of the world's most coveted flower & the extraordinary passions it aroused [M]. New York: Three Rivers Press, 2001: 1-273.
- [5] HOOG M H. On the origin of *Tulipa* [M]//NAPIER E, PLATT J N. Lilies and other Liliaceae. London: Royal Horticultural Society, 1973: 47-64.
- [6] KILLINGBACK S. Tulips: an illustrated identifier and guide to their cultivation [M]. London: Apple Press, 1990: 9-13.
- [7] RODING M, THEUNISSEN H. The tulip: a symbol of two nations [M]. Utrecht: M. Th. Houtsma Stichting, 1993.
- [8] PAVORD A. The tulip [M]. London: Bloomsbury Publishing, 1999.
- [9] VAN RAAMSDONK L W D, DE VRIES T. Biosystematic studies in *Tulipa* sect. *Eriostemones* (Liliaceae) [J]. Plant systematics and evolution, 1992, 179: 27-41.
- [10] VAN RAAMSDONK L W D, DE VRIES T. Species relationships and taxonomy in *Tulipa* sub. *tulipa* (Liliaceae) [J]. Plant systematics and evolution, 1995, 195: 13-44.
- [11] CHRISTENHUSZ M J M, GOVAERTS R, DAVID J C, et al. Tiptoe through the tulips-cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae) [J]. Botanical journal of the Linnean Society, 2013, 172: 280-328.
- [12] HALL A D. The genus *Tulipa* [M]. London: Royal Horticultural Society, 1940.
- [13] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第14卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1980. Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China (Volume 14) [M]. Beijing: Science Press, 1980 (in Chinese).
- [14] GOVAERTS R H A. World checklist of selected plant families (WCSP) [M/OL]. [S.l.]: Elsevier, 2011 [2021-10-18]. <http://apps.kew.org/wcsp/>.
- [15] 谭敦炎, 张震, 李新蓉. 老鸦瓣属(百合科)的恢复: 以形态性状的分支分析为依据 [J]. 植物分类学报, 2005, 43(3): 262-270. TAN D Y, ZHANG Z, LI X R. Restoration of the genus *Amana* Honda (Liliaceae) based on a cladistic analysis of morphological characters [J]. Acta phytotaxonomica sinica, 2005, 43(3): 262-270 (in Chinese with English abstract).
- [16] The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV [J]. Botanical journal of the Linnean Society, 2016, 181: 1-20.
- [17] QU L W, XING G M, ZHANG Y Q, et al. Native species of the genus *Tulipa* and tulip breeding in China [J]. Acta horticultrae, 2017, 1171: 357-365.
- [18] XING G M, QU L W, ZHANG Y Q, et al. Collection and evaluation of wild tulip (*Tulipa* spp.) resources in China [J]. Genetic resources and crop evolution, 2017, 64(4): 641-652.
- [19] 谭敦炎, 魏星, 方瑾, 等. 新疆郁金香属新分类群 [J]. 植物分类学报, 2000, 38(3): 302-304. TAN D Y, WEI X, FANG J, et al. New taxa of *Tulipa* L. from Xinjiang [J]. Acta phytotaxonomica sinica, 2000, 38(3): 302-304 (in Chinese with English abstract).
- [20] 沈显生. 中国郁金香属一新种 [J]. 云南植物研究, 2001, 23(1): 39-40. SHEN X S. A new species of *Tulipa* (Liliaceae) from China [J]. Acta botanica Yunnanica, 2001, 23(1): 39-40 (in Chinese with English abstract).
- [21] HAN B X, ZHANG K, HUANG L Q. *Amana wanzhensis* (Liliaceae), a new species from Anhui, China [J]. Phytotaxa, 2014, 177: 118-124.
- [22] 屈连伟, 雷家军, 张艳秋, 等. 中国郁金香科研现状与存在的问题及发展策略 [J]. 北方园艺, 2016, 11: 188-194. QU L W, LEI J J, ZHANG Y Q, et al. The present situation, existing problems and development strategies of Chinese tulip research [J]. Northern horticulture, 2016, 11: 188-194 (in Chinese with English abstract).
- [23] 包满珠. 花卉学 [M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2011. BAO M Z. Floriculture [M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2011 (in Chinese).
- [24] GESNER C. De hortus germaniae liber recens, unacum descriptione *Tulipae* Turcanum, *Chamaecerasi montani*, *Chamaemespili*, *Chamaenerii* & *Conizoidis* [M]. Zurich: Vallete, 1561.
- [25] 袁媛, 沈强, 马晓红. 郁金香上农早霞花色苷组成及含量变化 [J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2014, 32(3): 81-88. YUAN Y, SHEN Q, MA X H, et al. Anthocyanin compositions and changes in *Tulipa fosteriana* 'Shangnong Zaoxia' [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (agricultural science edition), 2014, 32(3): 81-88 (in Chinese with English abstract).
- [26] 欧阳彤, 姜彦成, 栾启福, 等. 新疆野生郁金香与栽培品种的杂交性状 [J]. 植物学通报, 2008, 25(6): 656-664. OUYANG T, JIANG Y C, LUAN Q F, et al. Characters of crossing of botanical *Tulipa* species from Xinjiang and *Tulipa gesneriana* cultivars [J]. Chinese bulletin of botany, 2008, 25(6): 656-664 (in Chinese with English abstract).
- [27] 巨秀婷, 潘阿青, 蒋福娟, 等. 郁金香种质资源遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 基因组学与应用生物学, 2019, 38(8): 3667-3674. JU X T, PAN A Q, JIANG F J, et al. Genetic diversity of tulip germplasm resource revealed by ISSR markers [J]. Genomics and applied biology, 2019, 38(8): 3667-3674 (in Chinese with English abstract).
- [28] 张艳秋, 屈连伟, 邢桂梅. 郁金香杂交种子萌发和小鳞茎离体形成研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(1): 89-93. ZHANG Y Q, QU L W, XING G M. Hybrid seed germination and bulblet formation *in vitro* in tulip [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2017, 48(1): 89-93 (in Chinese with English abstract).
- [29] 陈俊愉. 通过远缘杂交选育中华郁金香新品种群 [J]. 现代园林, 2015, 12(4): 327. CHEN J Y. Selecting and breeding the new cultivar groups of Chinese tulip by distant hybridization [J]. Modern landscape architecture, 2015, 12(4): 327 (in Chinese).
- [30] OYAMA-OKUBO N, TSUJI T. Analysis of floral scent compounds and classification by scent quality in tulip cultivars [J]. Journal of Japanese Society for Horticultural Science, 2013, 82(4): 344-353.
- [31] AZAD A K, SAWA Y, ISHIKAWA T, et al. Temperature-dependent stomatal movement in tulip petals controls water transpiration during flower opening and closing [J]. Annals of

- applied biology 2007, 150:81-87.
- [32] WANG Y, ZHAO H, LIU C, et al. Integrating physiological and metabolites analysis to identify ethylene involvement in petal senescence in *Tulipa gesneriana* [J]. Plant physiology and biochemistry, 2020, 149: 121-131.
- [33] VAN EIJK J P, EIKELBOOM W. Aspects of breeding for keeping quality in *Tulipa* [J]. Acta horticulturae 1986, 181: 237-243.
- [34] EVERETT D. The genus *Tulipa*: tulips of the world [M]. [S. l.]: Kew publishing, 2013: 1-380.
- [35] WANG Y, ZHAO H, WANG Y, et al. Comparative physiological and metabolomic analyses reveal natural variations of tulip in response to storage temperatures [J]. Planta, 2019, 249: 1379-1390.

Germplasm, breeding and localization of tulip bulbs in China

CHAN Zhulong, XIANG Lin, WANG Yanping

Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education/

College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract Tulip is the national flower of the Netherlands and other countries, but it is originated from Tianshan Mountain and the Pamir-Alai Mountains between China and Central Asian countries. Turks discovered tulips in the Tianshan valley more than 1 000 years ago and spread and planted them extensively in the Ottoman Empire. The ambassador of the Holy Roman Empire, Busbecq, brought tulips to Vienna in 1559. Clusius, the “patron saint of the tulip”, brought them to Leiden, the Netherlands in 1573. From then on, tulip was spread all over the Netherlands. As a big tulip country, the Netherlands has collected about 2 400 tulip accessions. Hundreds of tulip germplasm resources are also collected and preserved in some countries including Turkey, Britain, Israel, the Czech Republic, Poland and China. The breeding goals of tulips include flower color, flower aroma, flower shape, flowering period, vase life, heat tolerance, disease resistance, low cooling requirement, and bulb proliferation. Through systematic domestication and bud mutation, 13 tulip varieties were released in China. Almost all tulip bulbs in China were imported from the Netherlands. Quality of domestic tulip bulbs could not bloom well due to improper postharvest treatment and virus-induced degeneration. Through the breeding of new varieties and the proliferation and rejuvenation of tulip bulbs, it is expected to realize the localization of tulip bulbs and varieties in China.

Keywords tulip (*Tulipa*); origin; germplasm resources; breeding; bulb proliferation

(责任编辑:张志钰)