

水仙属植物研究进展*

陈段芬¹ 高 健¹ 彭镇华^{1,2}

(1. 国际竹藤网络中心 北京 100102; 2. 中国林业科学研究院 北京 100091)

摘 要: 简述水仙属植物的起源、分布与分类,重点综述水仙属植物在遗传育种及园艺学领域取得的最新研究成果及应用的研究方法,概述水仙属植物在组织培养、病虫害防治及其他领域的研究现状,并对研究中未涉及的问题进行论述和总结。其中,重点总结中国水仙研究的重要进展。最后对该属植物今后研究的重点领域和研究方向进行展望,旨在为今后水仙属植物研究和利用提供参考。

关键词: 水仙属; 中国水仙; 遗传; 育种; 组织培养

中图分类号: S682.2⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7488(2008)03-0140-07

Advances and Perspectives in Studies on *Narcissus* plantsChen Duanfen¹ Gao Jian¹ Peng Zhenhua^{1,2}

(1. International Center for Bamboo and Rattan Beijing 100102; 2. Chinese Academy of Forestry Beijing 100091)

Abstract: The origin, distribution and classification of *Narcissus* genus were briefly introduced and the latest research results and methods applied to *Narcissus* in genetics and horticulture were critically reviewed in this paper. The developments in tissue culture, control of diseases and insects and other relevant fields, as well as some untouched problems, were discussed and summarized, among which emphasis was put on *N. tazetta* var. *chinensis*, the so-called "Chinese sacred-lily". At the end, the future prospects were put forward, to propose the strategy of studying and utilizing *Narcissus*.

Key words: *Narcissus*; *N. tazetta* var. *chinensis*; genetics; breeding; tissue culture

水仙(*Narcissus*)是石蒜科(Amaryllidaceae)多年生鳞茎植物,其花姿、花色丰富,部分种类具有宜人的香味,是世界各国广泛种植的著名观赏兼药用植物(陈俊愉,2001)。国内外在遗传学、育种学、组织培养、病虫害防治、提取物开发利用等方面取得了许多富有成效的研究结果(陈振光,1982; Brandham, 1992; Linfield, 1994; Tucci *et al.*, 2005),尤其是从细胞及分子水平深入研究了该属植物的遗传多样性(吕柳新等,1989; 吴菁华等,2005),利用传统与现代育种技术选育出了上万个水仙品种(Blanchard, 2004),并在组织培养基础上初步建立了基因转化体系(叶祖云,2001; 庄晓英等,2006),为水仙属植物的栽培应用及新品种的选育提供了理论依据和技术支持。

中国是世界重要的水仙生产及出口国之一,久负盛名的中国水仙(*Narcissus tazetta* var. *chinensis*)不仅是中国著名的十大传统名花之一,更是中国传统出口花卉中的佼佼者。但近年来,我国在水仙科研及生产中存在的问题日益显现,集中表现为品种单一,品质下降,开发力度不够等(林锦辉,2002; 洪尔彬等,2005)。及时准确地了解世界各国对该属植物的研究进展,掌握该属植物的研究动态,有助于发现我国在水仙研究、生产及开发中存在的问题及不足,为开拓研究思路提供有意义的参考,从而改善中国水仙的科研与生产现状。

1 起源、分布与分类

水仙属植物喜温暖、湿润及沙质土壤,地中海沿岸及中国的漳州、崇明和普陀地区因气候适宜、交通方便、利于出口等优越条件而成为水仙种球的生产和科研基地。现代水仙品种最早起源于西班牙和葡萄牙的野生种水仙。目前,水仙野生种和栽培种以地中海沿岸为分布中心,西班牙、葡萄牙最为集中,摩洛哥、克什米尔、捷克分布较多,法国南部、意大利、小亚细亚、西班牙以东至亚洲一带也有分布(Rivera *et al.*, 2003; Blanchard, 2004)。中国水仙是多花水仙的重要变种之一,唐代时经由丝绸之路从北非、中欧等地传入,经过上千年的栽培驯化,已成为重要的主栽花卉之一(陈心启等,1982; 1991)。围裙水仙(*Narcissus bulbocodium*)

收稿日期:2007-03-05。

基金项目:国家林业局“948”资助项目(2006-4-C07)。

* 彭镇华为通讯作者。

是中国水仙的变种,来自于中国漳州,在日本不同地区栽培时发生了较小程度的变异(Ohki *et al.*, 2003)。

英国皇家园艺学会曾于1977年把水仙属植物分为12类(陈俊愉, 2001),而德国 *parey* 花卉辞典上 Wehrhahn 把水仙属植物分为6类(Vasileva, 1991)。1998年7月,英国皇家园艺学会正式把水仙属分为13类,即:喇叭水仙(Trumpet Daffodil cultivars)、大杯水仙(Large-Cupped Daffodil cultivars)、小杯水仙(Small-Cupped Daffodil cultivars)、重瓣水仙(Double Daffodil cultivars)、三蕊水仙(Triandrus Daffodil cultivars)、仙客来水仙(Cyclamineus Daffodil cultivars)、丁香水仙(Jonquilla Daffodil cultivars)、多花水仙(Tazetta Daffodil cultivars)、红口水仙(Poeticus Daffodil cultivars)、围裙水仙(Bulbocodium Daffodil cultivars)、裂冠水仙(Split Corona Daffodil cultivars)、其他品种(other Daffodil cultivars)和仅能通过植物学名区分的种类(Daffodils distinguished solely by botanical name)(Hanks, 2002)。

由此可见,水仙的分类至今还未形成科学统一的系统,传统分类法仍主要以形态特征为依据,不能十分准确地描述水仙种间界限和亲缘关系。因此,需要引入现代分类方法,如分子标记技术等,以分子水平作为形态学分类的补充和验证。

2 主要研究领域及进展

2.1 遗传学研究

水仙属植物在形态学、细胞学及分子水平表现出广泛的遗传多样性。

水仙属植物的株高、叶片、花朵着生方式、花序着花数、花被、雄蕊着生方式和长短等均因种类而异,尤其以花器官多样性表现最为突出(Vasileva, 1991; 赵莺莺, 2003)。该属植物花柱在长度变化上表现出单态、二态和三态性,这种多态性导致了种间在授粉生物学上的显著区别(Angela *et al.*, 2004)。由于水仙的自交不亲和性,花形态在控制异型杂交方式上起着关键的作用(Cesaro *et al.*, 2004; Barrett *et al.*, 2005)。但也有研究认为,在一些水仙种类中,如 *N. longispathus*, 异型杂交率与雌雄异位间不存在正相关,而是由于传粉者的不规律活动(Medrano *et al.*, 2005)。

水仙属植物遗传多样性在染色体和DNA变化水平上也明显地表现出来。染色体荧光技术、AFLP技术以及RAPD技术的应用分别在细胞、染色体及DNA等水平揭示了水仙属植物不同群体及个体的亲缘关系及遗传多样性。

Darlington(1955)曾指出,水仙属植物染色体基数 x 有7、10和11三类。Brandham(1992)对731个水仙品种进行染色体核型分析,发现水仙属的染色体数目变化极大, $2n$ 从14到46均有存在,此外还有三倍体和非整倍体等的存在,所以有的种类高度可育,有的种类育性降低甚至全部不育;不育主要由以下因素引起:减数分裂行为异常、多倍性存在及由于不同倍性水平上不同染色体基数种的杂交引起的可育配子减少等。

Dominicis等(2002)利用Giemsa和DAPI荧光染色技术结合色霉素A3对双花水仙(*N. biflorus*)及其亲本多花水仙(*N. tazetta*)和红口水仙(*N. poeticus*)进行核型分析,揭示了双花水仙与其亲本的关系。Tucci等(2005)应用AFLP技术对相距100 km的形态截然不同的红口水仙种群和半花水仙(*N. radiiflorus*)种群的120个个体进行了遗传多样性分析,发现种群和种的个体间呈现出一种低水平的遗传多样性;2个种群在染色体水平上不存在差异。

吕柳新等(1989)对7个多花水仙品种进行细胞学观察发现,其中有3个二倍体和4个三倍体,染色体基数 x 有10和11两类;二倍体类型中,有1个 $2n = 2x = 20$ 的品种,减数分裂行为与育性基本正常;另外2个品种 $2n = 2x = 22$,其育性稍低,但亦能结籽;三倍体类型中,有3个品种是 $2n = 3x = 30$ 的同源三倍体,还有1个由2套 $x = 11$ 与1套 $x = 10$ 的染色体组构成的 $2n = 32$ 的同源异源三倍体;三倍体的减数分裂行为均不规则,高度不育,不能结籽。吴菁华等(2005)进一步应用RAPD和AFLP技术对中国水仙分析,发现中国水仙包含有染色体基数、体细胞染色体数不同的二倍体、三倍体以及杂种起源的同源异源三倍体,但以同源三倍体为最多;中国水仙的2个主要品种‘金盏银台’和‘玉玲珑’的体细胞染色体数均为 $2n = 3x = 30$,为同源三倍体。中国水仙各栽培品种之间以及不同生态类型之间的亲缘关系密切,其遗传多样性水平偏低,且大多不育(陈林姣等, 2003; 陈晓静, 2004)。

对围裙水仙的Giemsa带型分析发现,它是水仙中染色体数目变化最大的一个种,染色体数目在变种及亚种间有很大差异,大部分是染色体基数 x 为7的二倍体、三倍体、四倍体等整倍体及非整倍体,这可能是在

进化过程中发生了染色体结构变异(王月霞等,1996)。

用 RAPD 标记方法对中国水仙和红口水仙的遗传多样性和亲缘距离研究发现,红口水仙除在外部形态特征上与中国水仙有着明显差异外,二者在 DNA 水平上亦表现出较大差异,其亲缘关系较远(陈林姣等,2003)。

水仙属植物遗传学研究的成果在很大程度上揭示了该属植物的亲缘关系和演化规律,为水仙新品种的选育奠定了扎实的理论基础,提供了有益的技术参考。分子标记技术的应用将遗传学推向了新的研究层次,使种间、品种间的亲缘关系更为清晰,这对运用现代生物工程技术创造新种质,如远缘种之间的性状融合提供了指导。

2.2 育种学研究

水仙属原种有 60 余个,连同变种有 100 余个,部分已经被引种栽培,或被作为育种亲本,培育出上万个园艺栽培品种,且每年都有新品种诞生。绝大部分水仙的育种工作是在近 150 年中完成的。

2.2.1 育种手段 水仙属品种虽然已达万个,但截至目前,现有的品种仍主要来源于传统的实生选种、杂交育种和自然突变育种等。实生选种和杂交育种的周期较长,新品种上市少则 10 年,多则 15~20 年;自然突变育种的突变方向不确定,且突变率相对较低。鉴于此,水仙育种工作者除坚持原来的方法外,近年来还积极开展育种新方法的探索和相关的基础研究,如物理、化学诱变育种及分子育种等,并取得了一定的成果。国内在中国水仙方面取得的成果较为突出。

利用⁶⁰Coγ射线辐射中国水仙,得到了株型矮化、花期延长、香气馥郁的中国水仙新品种,为水仙资源库增添了新的种质;在染色体及 DNA 水平上对辐射材料进行的深入分析和研究,还为中国水仙的辐射育种打下了良好的基础(彭镇华等,2001;高健,2000;高健等,2006)。同时,国内许多学者针对中国水仙进行了分子育种的基础工作,取得了良好的进展。目前已成功克隆出控制中国水仙花色发育的查尔酮合酶基因,控制花型发育的 Agmous 基因,对其进行序列分析,并成功构建了植物表达载体(黄胤怡等,2002;Wang *et al.*, 2006)。利用中国水仙带鳞叶的鳞茎盘初步建立了直接分化遗传转化体系(曾荣华,2001;庄晓英等,2006);利用幼嫩花萼、叶片、鳞片等初步建立了愈伤组织再生的遗传转化体系(汪政科,2000;庄晓英等,2006)。据报道,曾荣华(2001)已经通过农杆菌介导法成功将延缓衰老的 IPT 基因转入中国水仙;而叶祖云(2001)在通过农杆菌将控制花色的 F-3',5'H 基因转入水仙时却未能成功。上述研究为改良中国水仙的花型、花色、抗逆性等奠定了理论基础,提供了可行的手段与参考方法,也给通过基因工程创造水仙新花色带来了希望。

2.2.2 育种目标及成果 作为世界性著名球根花卉,国际上极其重视水仙的育种工作,育种目标主要集中于:1) 新颖花色品种 水仙现有品种花色以黄、白、橙、桃粉色为主,具红色、粉红色副冠品种较少。全红、全粉和其他花色品种的选育一直是育种工作者的研究目标。在众多的亲本中,红口水仙副冠上具有鲜艳的红边,是杂交育种的优良亲本之一,有望对全红、全橙、全粉色的现代水仙品种的选育做出贡献。

2) 抗逆性品种 水仙属植物真菌性及病毒性病害发生严重,尤其是镰刀菌(*Fusarium*)等引起的基腐病常给种植者带来致命性打击,所以抗基腐病品种的选育是生产中的当务之急。据报道,二倍体的丁香水仙(*N. jonquilla*)具有完全的抗基腐病特性,利用其作为亲本已经育出了具有抗病性的杂交后代(Carder *et al.*, 2002)。水仙属植物野生资源丰富,有些种类具有很强的抗病能力,是选育抗镰刀菌等顽固病害品种的优良种质资源。

3) 切花品种 小花数多、花蕾大、花色鲜艳、花期长、能承受采切后预冷刺激、产量高、有的还有花香等,是切花水仙质量要求的重要指标,故而也是切花育种的目标所在。此外,培育不同季节开花的种类,填补切花生产时间的空白,实现切花周年供应,也是切花品种的要求。目前已有部分切花品种被成功选育出来,并已经应用到生产(Fry, 1975),但切花品种仍是目前水仙育种工作的一个重要目标。

4) 微型品种以及适于盆栽的短茎品种等 水仙在欧洲大多做露地栽培,盆栽品种较少。培育适于小型或微型盆栽品种可使水仙更适合于室内观赏,从而丰富水仙资源种类。

5) 香气品种 水仙属有些种类香气浓郁但观赏性较差,有的水仙则观赏价值高但无香气。通过育种手段培育香气品种,满足市场对特殊香精油的需求,或实现香气与观赏性状的互补是育种工作者的又一目标和课题。

2.2.3 育种展望 消费者对新品种的需求是水仙育种的源泉和动力;水仙属丰富的种质资源为优良品种

的选育奠定了良好的基础;现代生物技术的迅猛发展为水仙现代育种注入了新的活力。随着传统育种技术与现代生物工程技术的结合,水仙品种会越来越丰富。有鉴于此,对水仙育种领域的前景作如下展望:

1) 继续加强现代育种技术在水仙属植物上的应用 如克隆分析控制花发育的相关基因;搞清其调控功能;探索水仙属植物高效遗传转化体系的优化;除传统的农杆菌介导法、基因枪法等,积极探索新的介导方法,在此基础上利用基因工程技术创造出花型、花色、抗性有所改变或提高的新品种。尤其是充分利用现代原生质体融合技术,将不同种质水仙的优良性状,如鲜艳花色、抗基腐病等相互融合,实现种间性状互补,创造出新的种质。

2) 继续发挥辐射育种、化学诱变育种在花卉育种方面的优势利用 利用 ^{60}Co 等强辐射源,烷化剂、核酸碱基类似物等化学诱变剂处理水仙植株,筛选出有益的突变植株。

3) 不可忽视传统的实生选种和杂交育种 现有的优良品种大多是传统育种手段运用的成果。充分发挥已有的技术优势,利用部分水仙结实能力强和自然突变率高等特点,继续进行传统育种手段的普及推广,从而得到更多有价值的新品种,尤其是把红口水仙等西方种类的花大、色艳和中国水仙花多、芳香等优点相融合,将会创造更具观赏价值的全新品种。

4) 利用现代分子标记等技术,继续加强种质资源遗传多样性分析,摸清不同种质间亲缘关系,为优良品种选育奠定扎实的基础。

2.3 组织培养研究

水仙的组织培养研究在20世纪八、九十年代主要集中于快繁和脱毒,目前则主要围绕基因工程中遗传转化受体系统的建立而进行。组培研究取得的成果为开展水仙属植物现代育种奠定了重要基础。

2.3.1 外植体选择及消毒方式 水仙的鳞茎盘、下部鳞片、叶片、花梗、花被和子房均可作为组培外植体。其中,带鳞叶的鳞茎盘常用作不定芽直接诱导,而鳞片、叶片、花梗、花被和子房常用作愈伤组织诱导。常用的培养基为MS、N6或改良的MS、N6(曾荣华,2001;庄晓英等,2006)。

降低初始外植体的污染率一直是组培成功的关键环节之一。常用的消毒剂有75%乙醇、0.1%升汞、2%次氯酸钠、1%抑霉唑、0.75%氯化胺等。消毒时间与外植体类型有关。一般先用75%乙醇消毒,再用上述药剂处理适当时间。热处理结合化学法消毒效果优于单纯的化学方法(李招文等,1982;汪政科,2000;Sochacki *et al.*, 2005)。

2.3.2 不定芽直接分化受体系统 利用带鳞叶的鳞茎盘直接诱导不定芽发生时,常用的分裂素类物质有6-BA、KT等,使用浓度一般为 $1 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。常用的生长素类物质有NAA、IAA和IBA等,其中以NAA为最佳,其用量为 $0.1 \sim 1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时即可诱导大量丛生芽的形成(Staikidou *et al.*, 1994; Santos *et al.*, 1998)。

Chow等(1992)和Staikidou等(1994; 2005)对多个水仙品种研究发现,蔗糖、葡萄糖、果糖均可作为不定芽分化的碳源,其中蔗糖效果最好,为常用碳源;当其浓度为 $116 \sim 176 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,即可满足鳞芽分化和发育所需,低于 $116 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时鳞芽分化会受到明显抑制。

多胺对外植体再生芽数量也有明显影响。Riera等(1997)在MS + 6-BA $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 培养基中添加 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 丙二胺,可使*N. leonensis*不定芽发生率明显增加。在 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷处理6周的鳞茎中,丙二胺浓度明显提高,这可能是冷藏鳞茎分化能力提高的原因所在。

2.3.3 愈伤组织诱导分化受体系统 关于水仙愈伤组织诱导与分化的报道很多,但无论是外植体的选择还是培养基配方的组成,结论不尽相同(陈振光,1982;李招文等,1982;Sage *et al.*, 2002)。国外有研究报道,喇叭水仙(*N. pseudonarcissus*)品种在含有TDZ和NAA或2,4-D的培养基中,幼嫩花萼被诱导形成小瘤状愈伤组织,经诱导形成体细胞胚后转入含有IBA的培养基上,于 $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理10~20周,之后转到 $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 培养,即可形成小植株(Sage *et al.*, 2002)。但由于花萼作为外植体的数量少,且受时间限制,探索其他外植体,如鳞片、叶片等更具有实用价值(余望,2001;Sage *et al.*, 2002)。

2.3.4 组培苗生根与移栽 组培形成的小鳞茎在添加一定浓度NAA、IAA或IBA的1/2MS培养基中极易生根;生根的小鳞茎经过一定时间的炼苗后,即可移栽于温室进行正常管理(Santos *et al.*, 1998;蔡文燕, 2005)。Squires等(1991)对5种水仙组培苗移栽试验发现,质量达 0.2 g 以上的鳞芽移栽成活率最高;组培的小鳞茎在形成后会休眠,可以在 $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 储存打破休眠后继续培养。

目前,水仙的组培虽然取得了较大的进展,但以下问题仍亟待解决:1)愈伤组织的诱导与分化仍存在许

多问题,如外植体的选择、培养基的组成、愈伤组织的质量、不定芽的诱导等仍未达到理想状态。这在很大程度上阻碍了水仙转基因受体系统的建立,制约了水仙基因工程的顺利开展。2)利用组培技术进行水仙脱毒处理还未达到理想效果,加强该领域的研究对提高种球产量、质量很有必要。3)目前组培时多在培养基中添加琼脂等固体基质,应积极探索新的培养方式,如液体悬浮培养技术等,或为转基因技术建立良好受体系统,或为利用生物反应器生产水仙凝集素等开拓新的领域。

2.4 病虫害研究

水仙是受病毒病严重危害的球根植物,常引起种球质量和产量的大幅下降,开花质量也受到严重影响(Miglino *et al.*, 2005)。水仙属植物上常见的病毒几乎占据了文献记录病毒的 1/2。目前,销毁高病源植株是一个间接防治病毒病的方法。但有些病毒是通过土壤下部传播的,有的则传播途径不明,所以通过地上控制的方法并不理想,应探讨更有效的方法,如组培脱毒和抗性育种等(Asjes, 1996; Clark *et al.*, 2000)。

真菌病害中,最为严重的是引起球根基腐病的镰刀菌、核盘菌(*Sclerotinia*)、青霉菌(*Penicillium*)等。这些真菌在生长期和贮藏期均会引起水仙基腐病,降低发芽数量,从而导致种球生产的巨大损失。常用的防治方法有热水浸泡、化学处理、栽培防治、选育抗病品种等(Davies *et al.*, 1998; Hanks *et al.*, 2003)。

鳞茎线虫对水仙种球生长影响较为严重,采用热水处理种球可以控制线虫,但会导致花、叶及根原基的伤害。在 30 °C 预储种球可以降低这种伤害(Hanks, 1995)。

作为世界重要的球根花卉之一,水仙是对病原很敏感的种类。加强疾病控制是提高水仙品质的重要措施。通过使用田间抗病品种、改变耕作方式和化学控制等能在一定程度上控制疾病发生。所以未来疾病控制的方法应该是最大程度地改变耕作制度、选择可替代化学药品、使用抗病虫品种、加强虫情和病情的预报体系以及加强生物学综合防治等(Linfield, 1994)。

2.5 其他研究

优质商业种球的生产 and 培育一直受到国内外水仙种植者高度重视。气象因素、人为因素在不同程度上影响水仙种球的生长和发育。气象因素中,温度和水分是最主要的因素,可影响种球产量及质量(Hanks, 1996; Wurr *et al.*, 2001)。人为因素除栽培制度外,生长调节剂的应用对种球和开花质量影响更大。尤其是在夏季休眠期,即花芽分化的关键时期,在适宜的温湿度下,结合乙烯熏蒸可以明显增多花枝,提高种球质量(冯立强等, 1998)。

切花保鲜剂研究是水仙研究的又一方面。一般在水仙第 1 朵小花开放时进行氯化钴和硫代硫酸银处理具有极好的保鲜效果,不仅可延长瓶插寿命,还能改善小花的外观,保护叶绿素不降解,防止褐变(Ichimura *et al.*, 2002; Parmil *et al.*, 2004; Jowkar *et al.*, 2005)。随着分子生物学基因克隆技术的迅速发展,利用 PCR 技术从早衰花被中克隆了水仙花被衰老基因(Hunter *et al.*, 2002),这对进一步研究切花衰老机制,探索水仙花期延长技术提供了研究思路。

3 前景展望

水仙属植物是世界性著名球根花卉,其消费市场遍及世界各地,是西班牙、荷兰等国家的重要支柱产业。除作为观赏之用外,水仙属植物的其他用途被不断开发出来。现在水仙已经是世界著名的香精植物,花瓣提取物中含有几十种香气成分(Ehret *et al.*, 1990)。其鳞茎内含有具药理活性的多种凝集素,可用来抑制乙酰胆碱酯酶和 HIV-1 病毒活性,被用作治疗阿兹海默氏症病(Alzheimer's)和艾滋病(AIDS)的重要药物。这些凝集素还具有杀虫特性和增强转基因植物抗虫特性,在农业生产上具有极大的应用潜力(Hanks, 2002)。此外,喇叭水仙中的八氢番茄红素合成酶基因被转入稻米中,用于治疗维生素 A 缺乏症(Burkhardt *et al.*, 1997)。所以,目前世界各国已经不仅仅将其作为观赏植物栽培,而更关注于其中的凝集素、特殊香精油的研究和开发应用,如利用生物反应器大量生产医用凝集素、研究水仙凝集素在医学上的药理作用、探索水仙香精油提取与人工合成方法等已经成为国内外关注的重要课题,水仙属植物研究和应用的领域空前广阔。

中国水仙是水仙属中观赏价值极高的一类,其花瓣中含特殊的香精油,鳞茎中具高含量的凝集素和其他药用成分,是化工和制药业中的重要资源植物。虽然国内研究者对其进行了一系列研究,但长期以来,中国水仙的研究和应用,尤其是新品种选育工作和开发利用研究并未取得显著进展。其中除中国水仙是同源三倍体,育性极低外,对国内种质资源的收集、分析、整理、深加工研究等工作均存在一定问题。掌握国外水仙

属植物研究领域及进展,借鉴其研究经验和方法,可以为我国的水仙研究和应用开拓新的思路,为中国水仙的产业发展注入新的活力。

参 考 文 献

- 蔡文燕. 2005. 根癌农杆菌介导人乳铁蛋白基因转化中国水仙的初步研究. 福州: 福建师范大学硕士学位论文, 30-31.
- 陈俊愉. 2001. 中国花卉品种分类学. 北京: 中国农业出版社.
- 陈林姣, 田惠桥, 武 剑. 2003. 中国水仙与欧洲水仙品种 RAPD 指纹的研究. 热带亚热带植物学报, 11(2): 177-180.
- 陈晓静. 2004. 福建 3 个产地水仙的核型分析. 植物资源与环境学报, 13(4): 28-31.
- 陈心启, 吴应祥. 1982. 中国水仙考. 植物分类学报, 20(2): 371-379.
- 陈心启, 吴应祥. 1991. 中国水仙续考. 武汉植物学研究, 9(2): 70-73.
- 陈振光. 1982. 中国水仙组织培养快速繁殖研究初报. 福建农学院学报, (1): 9-13.
- 冯立强, 游克仁. 1998. 平潭水仙种球处理与商品球贮藏技术. 福建农业科技, (5): 42-43.
- 高 健. 2000. $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线辐照中国水仙的诱变效应和机理研究. 北京: 中国林业科学研究院博士学位论文, 1-4.
- 高 健, 彭镇华. 2006. $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线辐射中国水仙的细胞学诱变效应. 激光生物学报, (2): 179-183.
- 洪尔彬, 杨林杰. 2005. 浅析漳州水仙花经济发展问题及其对策. 区域经济, (5): 5.
- 黄胤怡, 沈明山, 陈 亮, 等. 2002. 中国水仙查尔酮合酶 cDNA 的克隆及序列分析(简报). 实验生物学报, 35(3): 195-197.
- 李招文, 唐道一. 1982. 水仙组织培养的研究. 园艺学报, 9(4): 65-68.
- 林锦辉. 2002. 浅析漳州水仙花质量下降原因及若干应对的措施. 福建农业科技, (1): 29.
- 吕柳新, 陈晓静, 余小玲, 等. 1989. 水仙品种资源的育种基础研究 I. 多花水仙若干品种类型的细胞学研究. 福建农学院学报, 18(1): 31-36.
- 彭镇华, 汪政科, 孙振元. 2001. 辐射转基因水仙花育种取得突破. 中国花卉园艺, (7): 30-31.
- 王月霞, 王苏玲, 刘大钧. 1996. 微型水仙染色体 C-带带型研究. 园艺学报, 23(3): 274-276.
- 汪政科. 2000. 水仙转化系统的建立与 Agamous 基因的克隆及油菜素内酯应答基因鉴定与分析. 北京: 中国林业科学研究院博士学位论文, 29-40.
- 吴菁华, 吕柳新, 张志忠. 2005. 用 RAPD 标记研究多花水仙若干品种类型的亲缘关系. 中国农学通报, 21(8): 299-301.
- 叶祖云. 2001. 根癌农杆菌介导 F-3', 5'H 酶基因转化中国水仙的初步研究. 昆明: 云南大学硕士学位论文, 26-29.
- 余 望. 2001. 植物激素对水仙 (*Narcissus tazetta* var. *chinensis*) 愈伤组织形成及分化的影响. 福州师专学报: 自然科学版, 21(5): 55-57.
- 曾荣华. 2001. 中国水仙转 IPT 基因的研究. 厦门: 厦门大学硕士学位论文, 32-34.
- 赵莺莺. 2003. 水仙属植物形态学、解剖学、孢粉学初步研究. 南京: 南京农业大学硕士学位论文, 1-3.
- 庄晓英, 卢 钢, 汪志平, 等. 2006. 中国水仙遗传转化及离体诱变体系的研究. 核农学报, 2(1): 32-35.
- Angela M, Baker, John D, et al. 2004. Evolution and maintenance of stigma-height dimorphism in *Narcissus* II. Fitness comparisons between style morphs. *Physiologia Plantarum*, 121(2): 313.
- Asjes C J. 1996. Control situation of virus diseases in *Narcissus* in the Netherlands. *Acta Horticulturae*, (432): 166-174.
- Barrett S C H, Harder L D. 2005. The evolution of polymorphic sexual systems in daffodils (*Narcissus*). *New Phytologist*, 165(1): 45-53.
- Blanchard J W. 2004. *Narcissus conspectus*. *Plantsman*, 3 (1): 44-51.
- Brandham P E. 1992. Chromosome numbers in *Narcissus* cultivars and their significance to the plant breeder. *Plantsman*, 14(3): 133-168.
- Burkhardt P K, Beyer P, Wünn J, et al. 1997. Transgenic rice (*Oryza sativa*) endosperm expressing daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A biosynthesis. *Plant J*, 11(5): 1071-1078.
- Carder J H, Grant C L. 2002. Breeding for resistance to basal rot in *Narcissus*. *Acta-Horticulturae*, (570): 255-262.
- Cesaro A C, Barrett S C, Maurice S, et al. 2004. An experimental evaluation of self-interference in *Narcissus assoanus*: functional and evolutionary implications. *Evol Biol*, 17(6): 1367-1376.
- Chow Y N, Selby C, Harvey B M R. 1992. Stimulation by sucrose of *Narcissus* bulbil formation in vitro. *Journal of Horticultural Science*, 67(2): 289-293.
- Clark V R, Guy P L. 2000. Five viruses in *Narcissus* spp. from New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 29(4): 227-229.
- Darlington C D. 1955. Chromosome atlas of flowering plants. George Allen & Unwin, Ltd., London.
- Davies J M L, Dickens J S W, Inman A J, et al. 1998. Fungi associated with, and possible causes of, neck rot of narcissus. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(2): 245-250.
- Dominicis R I, Amato G, Tucci G F. 2002. On the hybrid origin of *Narcissus biflorus* (Amaryllidaceae): analysis of C-banding and rDNA structure. *Caryologia*, 55(2): 129-134.
- Ehret C, Maupetit P, Petrzilka M. 1990. New organoleptically important components from *Narcissus absolute* (*Narcissus poeticus* L.) // Bhattacharyya S C, Sen N, Sethi K L. Proceedings of the 11th international congress of essential oils, fragrances and flavours. London, UK: Aspect Publishing, 49-55.
- Fry B M. 1975. Breeding narcissus for cut flower production // Rees A R, Vanderborg H H. *Acta Horticulturae* 47: II International Symposium on Flower Bulbs. Littlehampton-Skegness, UK: ISHS, 173-178.
- Hanks G R, Carder J. 2003. Management of basal rot-the narcissus disease. *Pesticide-Outlook*, 14(6): 260-264.
- Hanks G R. 1995. Prevention of hot-water treatment damage in narcissus bulbs by pre-warming. *Journal of Horticultural Science*, 70(2): 343-355.

- Hanks G R. 1996. Variation in the growth and development of narcissus in relation to meteorological and related factors. *Journal of Horticultural Science*, 71(4): 517 - 532.
- Hanks G R. 2002. *Narcissus* and daffodil: the genus *Narcissus*. CRC Press, London.
- Hunter D A, Steele B C, Reid M S. 2002. Identification of genes associated with perianth senescence in Daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* L. 'Dutch Master'). *Plant Science*, 163(1): 13 - 21.
- Ichimura K, Goto R. 2002. Extension of vase life of cut *Narcissus tazetta* var. *chinensis* flowers by combined treatment with STS and gibberellin A₃. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 71(2): 226 - 230.
- Jowkar M M, Mohsen K. 2005. Effects of harvesting stages, 8-hydroxyquinoline citrate, silver thiosulphate, silver nitrate on the postharvest life of cut *Narcissus tazetta*. *Acta Horticulturae*, (669): 405 - 409.
- Linfield C A. 1994. Fungal and nematode pathogens of *Narcissus*: current progress and future prospects for disease control// Martin T. Seed treatment: progress and prospects. Farnham, UK: BCPC, 247 - 256.
- Medrano M, Herrera C M, Barrett S C H. 2005. Herkogamy and mating patterns in the self-compatible daffodil *Narcissus longispathus*. *Annals of Botany*, 95(7): 1105 - 1111.
- Miglino R, Jodłowska A, Schadewijk A R. 2005. First report of *Narcissus mosaic virus* infecting *Crocus* spp. cultivars in the Netherlands. *Plant Disease*, 89(3): 342.
- Ohki S, Tanaka A, Suzukawa U, et al. 2003. *Narcissus tazetta* var. *chinensis*: can DNA analysis reveal its origin? *Acta Horticulturae*, (620): 353 - 358.
- Parmil S, Mandeep K, Jagmeet K, et al. 2004. Aspects of physiological regulation of flower senescence of *Gladiolus* and *Narcissus*. *Crop Res*, 28(1/3): 142 - 145.
- Riera R, Bastida J, Viladomat F, et al. 1997. Regeneration of *Narcissus* plants influenced by Dap. *Acta Horticulturae*, (447): 179 - 183.
- Rivera N D, Obon de C C, Rios R S, et al. 2003. The origin of cultivation and wild ancestors of daffodils (*Narcissus subgenus Ajax*) (Amaryllidaceae) from an analysis of early illustrations. *Scientia Horticulturae*, 98(4): 307 - 330.
- Sage D, Hammatt N. 2002. Somatic embryogenesis and transformation in *Narcissus pseudonarcissus* cultivars. *Acta Horticulturae*, (570): 247 - 249.
- Santos J, Santos I, Salema R. 1998. In vitro production of bulbs of *Narcissus bulbocodium* flowering in the first season of growth. *Scientia Horticulturae*, 76(3/4): 205 - 217.
- Sochacki D, Orlikowska T. 2005. Factors influencing micropropagation of *Narcissus*. *Acta Horticulturae*, 673(2): 669 - 673.
- Squires W M, Langton F A, Fenlon J S. 1991. Factors influencing the transplantation success of micropropagated *Narcissus* bulbils. *Journal of Horticultural Science*, 66(6): 661 - 671.
- Staikidou I, Selby C, Harvey B M R. 1994. Stimulation by auxin and sucrose of bulbil formation in vitro by single leaf cultures of *Narcissus*. *New Phytologist*, 127(2): 315 - 320.
- Staikidou I, Watson S, Harvey B M R, et al. 2005. *Narcissus* bulblet formation in vitro: effects of carbohydrate type and osmolarity of the culture medium. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 80(3): 313 - 320.
- Tucci G F, Winfield M O, D'Amato G F, et al. 2005. Genetic diversity in *Narcissus poeticus* L. and *N. radiifloras* Salisb. (Amaryllidaceae) in two different populations: AFLP and karyological studies. *Caryologia*, 57(4): 405 - 411.
- Vasileva M Y. 1991. Origin of daffodil varieties and their classification. *Nauchno Tekhnicheskii Byulleten*, 212: 87 - 92.
- Wang Zhengke, Gao Jian, Li Lubin, et al. 2006. Isolation and characterization of the ACAMOUS homologous gene NTAG in *Chinese narcissus* (*Narcissus tazetta* var. *chinensis* Roem). *Forestry Studies in China*, 8(1): 21 - 26.
- Wurr D C E, Hanks G R, Fellows J R. 2001. The effects of bulb storage temperature, planting date and soil temperature on the growth and development of *Narcissus* bulb units. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76(4): 465 - 473.

(责任编辑 徐 红)