

鼠尾草属植物资源的分类研究进展

黄艳波, 林楚航, 刘凤栾

(上海辰山植物园华东野生濒危资源植物保育中心, 上海 201602)

摘要: 鼠尾草属(*Salvia* L.)全球约有1000个种,国外许多种已在药用、观赏、食用、精油和保健等诸多方面开发其价值。我国已发现84个种24个变种,资源丰富,但广泛栽培和应用的种质仅有供以药用的丹参(*S. miltiorrhiza* Bunge)。为促进该属植物在我国的高效开发和推广,本文在经典植物分类学基础上,依托本课题组10余年野外调查与栽培观测的扎实数据,重点针对鼠尾草的园艺学特性进行归纳分类与特点描述,包含用途、花期、花色、花大小、茎特征以及园林造型等6个方面。根据花期可分为春花(4-6月)、夏花(7-8月)和秋花类型(9-11月),花色包含紫色、蓝色、红色、粉色、黄色和白色系列。按照花朵大小分为小型(<1.5 cm)、中型(1.5~3.0 cm)、中大型(3.0~4.5 cm)和大型花种类(>4.5 cm)。株型主要为蔓生、丛生和直立类型,部分种质在园林造型方面的可塑性强。国内鼠尾草资源以春季花期、紫色和蓝色以及中(大)型花朵的丛生草本类型为主。本研究完善了鼠尾草属植物的应用分类体系,为我国鼠尾草属资源的深度开发和广泛应用提供参考。

关键词: 鼠尾草;唇形科;园林植物;药用植物;植物分类

Advances on the Taxonomy of Sage Plants (*Salvia* L.)

HUANG Yanbo, LIN Chuhang, LIU Fengluan

(Eastern China Conservation Centre for Wild Endangered Plant Resources,
Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602)

Abstract: There are about 1000 species of *Salvia* L. in the world, and a large number of species have been developed in many aspects of medicine, ornamental, edible as well as essential oils and health care. In China, there are abundant germplasm resources including 84 species and 24 varieties, while only one native species, *Salvia miltiorrhiza* Bunge, is widely cultivated and used for medicinal purpose. It is urgent to investigate and classify their growth habits, morphological characteristics and horticultural characteristics, in order to promote their efficient development and popularization. Based on classical taxonomy and solid data obtained from field investigation and cultivation observation in the past 13 years, this article focuses on the classification and characterization of the horticultural characteristics of *Salvia* L., including six aspects, such as end-use, flowering period, flower color, flower size, stem characteristics and garden shape. Spring-flowered (April-June), summer-flowered (July-August), and autumn-flowered (September-November) types were classified according to flowering periods, while purple, blue, red, pink, yellow and white flower styles were categorized based on flower colors. There were four levels for flower sizes: small (<1.5 cm), medium (1.5-3.0 cm), medium-large (3.0-4.5 cm), and large (>4.5 cm), and three forms for stem types: trailing, cespitose, and erect. Notable flexibility were displayed in garden shape by a number of germplasms. The majority of domestic sage resources are the cespitose herbs with medium-sized (large) purple and blue flowers that bloom in the spring. This study improved the applied classification system of *Salvia* L., and provided reference for further

收稿日期: 2023-11-15 修回日期: 2023-12-21 网络出版日期: 2024-01-04

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20231115001>

第一作者研究方向为唇形科植物保育与利用, E-mail: yanboef@163.com

通信作者: 刘凤栾, 研究方向为园艺植物种质资源与遗传育种, E-mail: 19liu19@163.com

基金项目: 上海市科委科技计划项目(20392000600);上海市绿化和市容管理局科研专项(G222402)

Foundation projects: Science and Technology Program of Shanghai Science and Technology Committee (20392000600); Special Fund for Scientific Research of Shanghai Landscaping & City Appearance Administrative Bureau (G222402)

development and extensive application of *Salvia* L. species in China.

Key words: *Salvia*; Lamiaceae; landscape plants; medicinal plants; plant classification

鼠尾草属(*Salvia* L.)为唇形科(Lamiaceae)最大的属,全球约有1000多个原生种,种质多样性极高,在医药、食用、园林观赏和精油研发等诸多方面有着广泛的应用^[1-5]。无论开发广度还是深度,以及受欢迎和重视程度,鼠尾草在欧美国家都远超国内。截止到2023年,英国皇家园艺学会网站已登录900多个栽培应用种质(品种/栽培群),国际和国内市场流行的观赏鼠尾草均为国外品种或原种。除了广为栽培、主要用于制药的丹参(*S. miltorrhiza* Bunge)^[6-7],我国尚未有1例自主选育的品种或国产原种在园林或其他应用方向上得到广泛推广^[4],国内缺乏完善的自主育种体系、精细的栽培应用技术以及成熟的商业品种品牌。

20世纪我国原产鼠尾草已发现84个种24个变种8个变型^[8-9],21世纪又有新种陆续被发表^[10-11],约占全球鼠尾草种质的近10%,是全球三大分布中心之一^[12-13]。国产鼠尾草在生态类型、药用性、抗逆性和观赏性上,也具有相当高的多样性和丰富度^[9]。这表明虽然国产鼠尾草资源利用率偏低,在药食赏等附加值上的开发少,限制了它的生态价值和经济价值的拓展,但是我国鼠尾草属种质资源是具备成熟商业开发潜力的。

目前,国内对鼠尾草属植物的研究,涉及种质调查保育^[14-17]、遗传多样性和系统发育^[18-21]、传粉与繁育机制^[22-23]、生理特性与形态学^[24-27]、药用成分^[28-30]以及药用和观赏种类的栽培与育种^[4, 31-33]等方面,并取得了很多成果。本文在植物分类学基础上,探究鼠尾草属植物的种质特性和应用方式,对其在应用层次(园艺学)进行用途、花期、花色、花大小、茎特征和园林造型等分类,以指导其在生产与应用中的高效利用,也为今后我国鼠尾草资源的生物多样性保护和药食赏性状开发提供参考。

1 传统植物分类学分类

鼠尾草属由Linnaeus于1753年建立^[34],其属下分类一直处于不断调整之中。根据花萼、花冠及雄蕊形态差异,研究者先将该属266个种分成14个组,然后缩减为12个组,最后划分为4个亚属,即弧隔鼠尾草亚属(*S. subgen. Salvia* L.)、荔枝草亚属(*S. subgen. Sclarea* Benth.)、*S. subgen. Calosphace* Benth.和*S. subgen. Leonia* Benth.^[35-37]。之后,

Briquet^[38]和Hrubý^[39]将该属分别划分为8个亚属14个组和8个亚属17个组;El-Gazzar等^[40]尝试利用MULTCLAS(多种性状混合)和CENTCLAS(质量性状)策略归类100个鼠尾草物种,但均未能突破4亚属分类的框架。为避免亚属分类导致的部分物种归属分歧,部分植物学者甚至采用了类群/种复合群或组的概念^[41-42]。虽然存在上述对鼠尾草属属下分类的不同研究与意见,但4个亚属仍旧是目前认可度较高的分类方式。在Briquet系统^[38]基础上,《中国植物志》^[9]将鼠尾草属下级分为弧隔鼠尾草亚属、荔枝草亚属、鼠尾草亚属(*S. subgen. Allagospadonopsis* Briq.)和美洲鼠尾草亚属(*S. subgen. Jungia* (Moench) Briq.) (图1,表1)。其中前3个亚属的物种,在我国均有自然分布,其多样性中心主要在西南地区(云南、四川和西藏)和秦岭山脉^[43-44]。

2 结合分子标记的植物分类学分类

基于主要形态特征,结合分子标记或DNA序列的证据,鼠尾草属植物有了更为细化的分类和精确的亲缘关系鉴定。在形态上,鼠尾草属植物具有杠杆状雄蕊^[45];传粉者通过推动雄蕊药隔组织增长形成的下臂做杠杆运动将上臂花粉涂抹于昆虫身体上,由其携带至下一朵花完成异花授粉。鼠尾草属植物因此结构特性而被视为单系类群,但Walker等^[46-47]研究表明,鼠尾草属植物是至少包含2个,更可能是3个独立分支的多系类群。其中,分支I主要为1个旧世界种类以及8个新世界种类,分布于西亚—地中海或非洲中南部;分支II由新世界种类组成,包含美洲鼠尾草亚属(*S. subgen. Calosphace* Benth.)和烟叶亚属/组(*S. sect. Audibertia* Benth.);分支III则均由亚洲鼠尾草组成,后期日本原产鼠尾草的分子系统学分析也证实,日本的鼠尾草物种均为分支III成员^[48]。张英涛等^[19]在分子水平鉴定发现,我国鼠尾草属植物为单系起源,但新疆鼠尾草(*S. deserta* Schangin)例外,它的形态和核糖体nrDNA内转录间隔区序列(ITS, internal transcribed spacer)均表现出与欧洲种质具有共同的起源。对我国38种鼠尾草的分子系统学分析表明,除新疆鼠尾草外,其他物种也都位于分支III中^[49]。使用两种核糖体nrDNA分子标记—ITS和外转录间隔区序列(ETS, external transcribed spacer)以及四种叶绿体cpDNA

分子标记(*psbA-trnH*, *ycf1-rps15*, *trnL-trnF*和*rbcL*), 对91种东亚鼠尾草进行系统发育分析,发现两种分子标记分别构建的系统树差异较大,其中nrDNA分子标记构建的发育树与形态特征较为一致,并认为东亚鼠尾草整体可视为鼠尾草亚属^[21]。由于采样范围有限,使用的分子标记较少(如仅有ITS或/和叶绿体基因片段*rbcL*、*matK*),目前鼠尾草属植物分子水平的亲缘关系鉴定还存在很多模糊地带。



A: 弧隔鼠尾草亚属, 栗色鼠尾草; B: 荔枝草亚属, 丹参; C: 鼠尾草亚属, 蕨叶鼠尾草; D: 美洲鼠尾草亚属, 大匍枝一串红
A: *S. subgen. Salvia*, *S. castanea* Diels; B: *S. subgen. Sclarea* Benth., *S. miltiorrhiza* Bunge; C: *S. subgen. Allagospadonopsis* Briq., *S. filicifolia* Merr.; D: *S. subgen. Jungia* (Moench) Briq., *S. darcyi* J. Compton

图1 鼠尾草4个亚属的花序特征

Fig. 1 Characteristics of inflorescence for four subgenera of *Salvia*

表1 鼠尾草4个亚属主要形态特征及其代表种

Table 1 Main morphological characteristics and typical species in four *Salvia* subgenera

亚属类别 Subgenus category	主要形态特征 Main morphological characteristics	代表种名称 Species name	拉丁学名 Latin name
弧隔鼠尾草亚属 <i>S. subgen. Salvia</i> L.	(1)一年生或多年生草本;基生叶常为单叶;	毛地黄鼠尾草	<i>S. digitaloides</i> Diels
	(2)雄蕊的药隔多少弯成半圆形或弧形;	鄂西鼠尾草	<i>S. maximowicziana</i> Hemsl.
	(3)雄蕊上臂比下臂长或等长;上下臂药室均发育;下臂联合,药室较小;	短冠鼠尾草	<i>S. brachyloma</i> E. Peter
	(4)花冠筒内面常具疏柔毛毛环;	栗色鼠尾草	<i>S. castanea</i> Diels
	(5)根常为直根系	粘毛鼠尾草	<i>S. roborowskii</i> Maxim.
荔枝草亚属 <i>S. subgen. Sclarea</i> Benth.	(1)一年生或多年生草本;基生叶常为复叶或单叶;	丹参	<i>S. miltiorrhiza</i> Bunge
	(2)雄蕊的药隔多少伸直,不弯成半圆形;	河南鼠尾草	<i>S. honania</i> L. H. Bailey
	(3)雄蕊上臂比下臂长;下臂药室不育;下臂联合;	长冠鼠尾草	<i>S. plectranthoides</i> Griff.
	(4)花冠筒内面无毛或全部被疏柔毛,稀有疏柔毛毛环;	大叶鼠尾草	<i>S. grandifolia</i> W. W. Sm.
	(5)根为肉质直根系或须根系	荔枝草	<i>S. plebeia</i> R. Br.
鼠尾草亚属 <i>S. subgen. Allagospadonopsis</i> Briq.	(1)一年生或多年生草本;基生叶常为复叶或单叶;	舌瓣鼠尾草	<i>S. liguliloba</i> Y. Z. Sun
	(2)雄蕊的药隔常伸直或稍弯曲;	佛光草	<i>S. substolonifera</i> E. Peter
	(3)雄蕊上臂比下臂长;下臂药室不育;下臂分离;	鼠尾草	<i>S. japonica</i> Thunb.
	(4)花冠筒内具毛环或不完全毛环,稀有两排长柔毛;	附片鼠尾草	<i>S. appendiculata</i> E. Peter
	(5)根常为须根系	秦岭鼠尾草	<i>S. piasezkii</i> Maxim.

表 1 (续)

亚属类别	主要形态特征	代表种名称	拉丁学名
Subgenus category	Main morphological characteristics	Species name	Latin name
美洲鼠尾草亚属	(1) 草本,半灌木或灌木;基生叶常为单叶;	朱唇	<i>S. coccinea</i> Buc'hoz ex Etl.
<i>S. subgen. Jungia</i> (Moench) Briq.	(2) 雄蕊的药隔下臂外弯;	一串红	<i>S. splendens</i> Sellow ex Wied-Neuw.
	(3) 上臂长或下臂长;下臂药室不育;下臂纵向靠合或联合;	凤梨一串红	<i>S. elegans</i> Vahl
	(4) 花冠筒内面无毛环,偶有基部增大为2齿;	樱桃鼠尾草	<i>S. greggii</i> A. Gray
	(5) 根常为须根系、肉质根等	奇亚鼠尾草	<i>S. hispanica</i> L.

3 应用分类

鼠尾草属植物应用历史悠久,其药用和观赏早有记载,尤其是园林应用形式丰富,是常见的园林栽培植物之一。近年,鼠尾草属植物在国内园林绿化、药用开发和精油提取等方面应用的数量和类型逐渐增多。为方便其生产、栽培和应用,依据用途、形态、生态等方面的特点与差异,对鼠尾草资源进行梳理和归类。

3.1 依据用途分类

目前,世界上对鼠尾草植物的开发已逐步深入,按照其被利用方向可将鼠尾草分为药用、观赏、食用和精油提取等类型。在我国历史上,很多鼠尾草属植物可以入药,在《中华本草》^[50]、《神农本草经》^[51]及《本草纲目》^[52]等古籍文献中,共有25种被记载为药用。其中,在全国广有分布的丹参(*S. militorrhiza* Bunge)为其代表,它是鼠尾草属唯一被《中国药典》收录的种类,具有祛瘀、生新、活血、调经的功效。除丹参外,《中华本草》记载的荔枝草(蛤蟆草)(*S. plebeia* R. Br.)、红根草(小丹参)(*S. prionitis* Hance)、栗色鼠尾草(藏丹参)(*S. castanea* Diels)、甘西鼠尾草(大丹参)(*S. przewalskii* Maxim.)、云南鼠尾草(紫丹参)(*S. yunnanensis* C. H. Wright)和南丹参(*S. bowleyana* Dunn)等也是民间常用药草^[50],后三者在西南、西北和华南地区常作为丹参的替代品。在欧洲,与被他们称为‘中国圣草’丹参相类似的就是‘欧洲圣草’药用鼠尾草(*S. officinalis* L.)^[53],并且它的使用范围更加宽广,不仅是多种药剂的常用成分,还是很多食品和化妆品的添加剂^[52],并已列入美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration)和《欧洲药典》(European Pharmacopoeia,第6版)^[54]的安全药物名录。

在观赏应用方面,与英国皇家园艺学会网站登录的900多个栽培应用种质相比,国内对国产鼠尾

草的观赏价值开发很少,园林景观中使用的鼠尾草资源几乎全部是国外品种和原种。经典品种包括[展望]一串红(*S. splendens* Sellow ex Wied-Neuw. ‘Vista’)和[火凤凰]一串红(*S. splendens* Sellow ex Wied-Neuw. ‘Fire bird’)、[珊瑚仙女](*S. coccinea* Buc'hoz ex Etl. ‘Coral nymph’)和[红衣女郎]朱唇(*S. coccinea* Buc'hoz ex Etl. ‘Lady in red’)、[二色]樱桃鼠尾草(*S. greggii* A. Gray ‘Biocolor’)、[花叶]墨西哥鼠尾草(*S. leucantha* Cav. ‘Variegata’)和[深蓝]蓝花鼠尾草(*S. farinacea* Benth. ‘Deep blue’);原种包括彩苞鼠尾草(*S. viridis* L.)、天蓝鼠尾草(*S. uliginosa* Benth.)、墨西哥鼠尾草、凤梨鼠尾草(*S. elegans* Vahl)和深蓝鼠尾草(*S. guaranitica* A. St.-Hil. ex Benth.)等。

除了传统的药用和观赏利用方式外,一些鼠尾草的叶、花或种子也可被用作食材成分和烹饪佐料。在欧洲,药用鼠尾草常被称为普通鼠尾草或烹饪鼠尾草,在厨房中使用范围极广,可制作各种饼干、面包、披萨、肉蔬、菜品、汤品、酱汤调料以及腌制食品等。奇亚鼠尾草(*S. hispanica* L.)的种子奇亚籽蛋白质含量高,富含 ω -3脂肪酸、 α -亚麻酸和天然抗氧化物等,食用历史可追溯至公元前3500年,是阿兹特克人和玛雅人的四大主食之一^[3, 55]。如今,奇亚籽已是美国食品药品监督管理局认证的安全食品,也是欧盟立法确认的面包添加成分,2014年被我国卫生和计划生育委员会正式批准为新食品原料。

作为芳香植物的重要类群之一,国外鼠尾草在精油和化妆品方面也有成熟开发^[56-58]。早在20世纪90年代,澳大利亚维多利亚香草学会鼠尾草组已关注精油类鼠尾草资源的收集,至1999年已保育超过160种。现在,很多种鼠尾草如快乐鼠尾草(*S. sclarea* L.)^[59]、药用鼠尾草^[60]和白鼠尾草(*S. apiana* Jeps.)^[5]等,已被开发提取多种精油成分,并形成了成熟的商业品牌,获得了巨大的经济利益。

3.2 依据开花季节分类

在长江下游地区,各种鼠尾草植物露天开花时间由春季经夏季延续至秋季,在简易设施栽培下甚至可实现整个冬季正常开花。根据开花季节可将鼠尾草物种分为春花、夏花和秋花等类型(表2)。中国低海拔分布、小花种类的鼠尾草多为春季开花,如佛光草(*S. substolonifera* E. Peter)、丹参、贵州鼠尾草(*S. cavaleriei* H. Lév.)和长冠鼠尾草(*S. plectranthoides* Griff.)等,花期主要集中在4-6月,为春花类型。中国高海拔分布、大花种类的鼠尾草则

大部分为夏季开花,如甘西鼠尾草、康定鼠尾草、长花鼠尾草等,花期主要集中在7-8月,为夏花类型。美洲分布的鼠尾草如堇花鼠尾草(*S. iodantha* Fernald)、连翘鼠尾草(*S. madrensis* Seem.)和瓦哈卡一串红(*S. adenophora* Fernald)等,花期多在9-11月,属于秋花类型(表2)。在园林应用中,可根据不同季节和景观设计的需求进行相应花期种类的栽培。上述各花期之间并无严格的界限,如蓝花鼠尾草(*S. farinacea* Benth.)花期为4-8月,属于春夏花类型,按季节进行人为划分花期主要为了便于实际应用。

表2 10种原生种鼠尾草花期和主要形态特征
Table 2 Flowering phase and main morphological characteristics of 10 wild species

物种名称 Species name	花期 Flowering phase	花长(cm) Length of flower	花色 Flower color	茎类型 Type of stem	株型 Plant type	主产地 Main origin
佛光草 <i>S. substolonifera</i> E. Peter	春花(4-6月)	0.7	淡紫/复色	草本	蔓生	中国
丹参 <i>S. miltiorrhiza</i> Bunge	春花(4-6月)	2.8	紫蓝	草本	丛生	中国
橙色鼠尾草 <i>S. aerea</i> H. Lév.	春花(4-6月)	3.2	橙黄/粉白	草本	直立	中国
新疆鼠尾草 <i>S. deserta</i> Schangin	夏花(7-8月)	1.3	蓝紫	草本	丛生	中国
张家界鼠尾草 <i>S. daiguii</i> Y. K. Wei & Y. B. Huang	夏花(7-8月)	1.0	白	草本	丛生	中国
天蓝鼠尾草 <i>S. uliginosa</i> Benth.	夏花(7-8月)	1.9	蓝	草本	直立	阿根廷/巴西
栗色鼠尾草 <i>S. castanea</i> Diels	秋花(9-11月)	4.0	栗/紫褐	草本	丛生	中国
堇花鼠尾草 <i>S. iodantha</i> Fernald	秋花(9-11月)	3.0	紫红	木质化	直立	墨西哥
连翘鼠尾草 <i>S. madrensis</i> Seem.	秋花(9-11月)	3.2	黄	木质化	直立	墨西哥
瓦哈卡一串红 <i>S. adenophora</i> Fernald	秋花(9-11月)	2.8	红	木质化	直立	墨西哥

3.3 依据花色分类

鼠尾草植物花色丰富,主要可分为紫色、蓝色、粉色、红色、黄色和白色等6种色系(表2,图2),也有品种为嵌色花朵,如[二色]樱桃鼠尾草。我国鼠尾草原生种主要以紫色花和蓝色花为主,如生长在高海拔的康定鼠尾草和暗紫鼠尾草(*S. atropurpurea* C. Y. Wu)等为紫色花,云南鼠尾草和西藏鼠尾草(*S. wardii* E. Peter)等为蓝色花,以及紫红色的暗红鼠尾草(*S. atrorubra* C. Y. Wu)和粉色的甘西鼠尾草。黄花鼠尾草(*S. flava* G. Forrest ex Diels)、橙香鼠尾草(*S. smithii* E. Peter)和台湾琴柱草(*S. nipponica* var. *formosana* Kudô)的黄色花、丹参特定居群的白色花则为我国鼠尾草属植物少见的花色,而红色花,目前国内只发现黄纹鼠尾草(*S. luteistriata* G. X. Hu, E. D. Liu & C. L. Xiang)一种。红色系在国外种类中常见,如原生种瓦哈卡一串红和纤枝一串红(*S. miniata*

Fernald)等,以及以朱唇、一串红和樱桃鼠尾草为亲本培育的[红衣女郎]朱唇和[展望]一串红等品种;蓝色系如天蓝鼠尾草、深蓝鼠尾草和[深蓝]蓝花鼠尾草也十分流行。这些多变的花色可打造出丰富多彩的花坛、花境和花海等园林景观。

3.4 依据花朵大小分类

鼠尾草植物不仅花色多样,花朵大小差异也很明显,其长度短则不足1 cm,长则约5 cm(表2,图2),此外,花冠筒长度、上下唇瓣高度等也有差异。根据本课题组10余年的野外实地与活体调查以及初步数据归纳分析,将鼠尾草花朵长度大致划分为4级:小型花(<1.5 cm)、中型花(1.5~3.0 cm)、中大型花(3.0~4.5 cm)和大型花(>4.5 cm)。就全球鼠尾草属植物而言,3个分布中心均包含以上4种花朵大小类型。但我国鼠尾草原生种以中型和中大型两类为主,如丹参、栗色鼠尾草和湖北鼠尾草(*S.*

hupehensis E. Peter)等;少量高海拔分布的种类为大型花,如康定鼠尾草和长花鼠尾草花朵长度可达4.5~5.0 cm。美洲分布种类的花朵大小以中大型和大型居多,且颜色更为鲜艳,如原产墨西哥的岩桐一串红(*S. gesneriiflora* Lindl. & Paxton)、堇花鼠尾草和连翘鼠尾草,洪都拉斯的果香鼠尾草(*S. dorisiana* Standl.)以及玻利维亚的尾叶一串红(*S. oxyphora*

Briq.)等。小型花,如鼠尾草(*S. japonica* Thunb.)、白马鼠尾草(*S. baimaensis* S. W. Su & Z. A. Shen)和红根草等,花朵长度都在1.0~1.3 cm(图2)。鼠尾草花朵大小还与其传粉机制紧密关联,小型至中大型花朵的鼠尾草在自然界主要为蜂媒传粉,而偏大型的美洲产鼠尾草则依赖蜂鸟传粉,生态位决定了花朵大小的演化方向。



图2 鼠尾草代表性花朵颜色和花朵大小

Fig.2 The representative in flower color and size for *Salvia*

3.5 依据茎特征分类

鼠尾草植物的茎根据质地差异,可分为草本和木本,东亚产地的鼠尾草均为草本,西亚和美洲产地的鼠尾草常有(半)灌木化现象。在草本类型中还可进一步分为一年生和多年生草本,一年生草本类型包括荔枝草、荫生鼠尾草(*S. umbratica* Hance)和粘毛鼠尾草(*S. roborowskii* Maxim)等;多年生草本类型包括丹参、栗色鼠尾草和毛地黄鼠尾草(*S. digitoides* Diels)等种类。按照茎的分枝方式,鼠

尾草可形成3种主要的株型:蔓生型、丛生型和直立型(图3)。基于植株(茎)高度的差异,鼠尾草属种质可划分为4个等级:矮小型<30 cm,中型约80 cm,中大型约120 cm,大型>170 cm。中国分布的佛光草为矮小型,可作为地被或盆栽;丹参为中等株高(图3B),适用于盆栽或丛植、片植和混植等观赏栽培方式;堇花鼠尾草、连翘鼠尾草和黏露鼠尾草(*S. fallax*)等为大型植株,宜于设计绿篱或伞形等特定造型或应用方式。



A: 雪叶鼠尾草,蔓生型、小型株高;B: 丹参,丛生型、中型株高;C: 莲灯一串红,直立型、大型株高;标尺=10 cm

A: *S. chionophylla* Fernald, trailing, small plant in height; B: *S. miltiorrhiza* Bunge, caespitose, medium plant in height; C: *S. wagneriana* Pol., erect, large plant in height; Bars = 10 cm

图3 鼠尾草3种主要株型和株高

Fig.3 Three main plant types and plant heights of sage plant

3.6 依据园林造型分类

植物茎的质地和着生方式很大程度上影响着植物的株型及其园林造型的可塑性。通过鼠尾草植物丛生、直立和蔓生等3种自然株型,在人工调控下可栽培出棒棒糖型、蘑菇/伞型、绿篱和花墙等造型与效果(图4)。利用黏露鼠尾草主茎可木质化特点,经过连续2~3年基部去枝修剪,可培养出棒棒糖造型。通过围架支撑和连续去侧枝,连翘鼠尾草被修整为顶部铺展的蘑菇/伞型。借助深蓝鼠尾草的直立高大、萌蘖性强、茎叶多的特性,可将其作为绿篱栽培。而堇花鼠尾草,由于其舒展的枝条、充足的花量以及紫红的花色,极适宜制备花墙造型(图4)。

4 鼠尾草属植物开发与应用展望

通过在药、赏、食、精油与保健成分等方面的成熟开发与综合利用,国外鼠尾草在生态效益、经济

价值及附加值提升等方面取得了良好的成果,为我国鼠尾草产业的建设和发展做出了极佳的示范。基于起步晚、重视程度低、投入力量少、理论研究和开发利用均十分薄弱的国内现状,本文建议可着重开展以下工作。

4.1 加强国产种质的遗传与改良研究

鼠尾草植物在国内属于相对小众的园艺植物,国内育种者对各种用途的优良资源筛查和新品种培育研究有限。在药用方面,受限于国家对药材的道地性要求,针对丹参的遗传改良工作很少^[7, 61]。在观赏性育种方面研究较多,使用了人工射线辐射^[31, 62]、秋水仙素诱导^[63]、太空辐射^[64]、离子注入^[65]、人工杂交^[66]和EMS诱变^[67]等不同技术,但集中在一串红这一单一的国外种质资源的新品种选育^[68],足见国内对国产鼠尾草丰富资源的极低利用率以及严重滞后的良种选育。



A: 黏露鼠尾草, 棒棒糖造型; B: 连翘鼠尾草, 伞状造型; C: 深蓝鼠尾草, 绿篱形式; D: 堇花鼠尾草, 花墙形式
A: *S. roscida* Fernald, lollipop type; B: *S. madrensis* Seem., umbrella styling; C: *S. guaranitica* A. St.-Hil. ex Benth., hedgerow type;
D: *S. iodantha* Fernald, flower-wall styling

图4 鼠尾草园林造型示例

Fig. 4 The exhibition of plant styling of sage plant in application

作为东亚鼠尾草的重要分布中心,我国具有开发为观花、观叶和室内绿植等潜力的鼠尾草优良种质资源。分布在西南高海拔地区的弧隔鼠尾草亚属物种,如康定鼠尾草和长花鼠尾草等,花朵大、颜色亮丽,是盆栽观花的良好资源和选育亲本。叶形独特的蕨叶鼠尾草(*S. filicifolia* Merr.)和大叶鼠尾草(*S. grandifolia* W. W. Sm.)等,是观叶类型适宜材料。生长在喀斯特地貌的岩生鼠尾草(*S. petrophila*

G. X. Hu)、张家界鼠尾草(*S. daiguii* Y. K. Wei & Y. B. Huang)和苣叶鼠尾草(*S. sonchifolia* C. Y. Wu),具有耐阴特性,可用来创制适于室内栽培的鼠尾草类型。在我国广泛栽培、主为制药的丹参,花色变化多端,包含紫、蓝、黄、白色等,在生产药物活性成分的同时,也可用于园林绿化和观光造景,以丰富和拓展其经济价值。

以国内本土资源的适应性和观赏性为主线,适

当引入国外种质的独特优良性状,培育抗逆性和观赏性兼备的优良种质,是国产鼠尾草产业快速追赶国外良种的有效途径之一。

4.2 挖掘鼠尾草资源的多元功能潜力

鼠尾草在药、赏、食、香料、精油和保健等诸多方面具有广泛潜力,在欧美国家备受青睐、开发较早、用途也广泛,很多物种具备一物多用、药赏食同源的特质。如‘欧洲圣草’药用鼠尾草,既可以入药又可做食物辅料以及精油提取原料^[55];中北美洲的风梨鼠尾草具有抗抑郁、抗焦虑和抗高血压等效果,又可用以制作菜肴配料、茶饮、香薰、花束以及精油等^[69]。我国只有丹参一个物种在栽培和应用广度上可与之匹敌,主要用于生物制药,还未能充分拓展其赏、食、精油等附加价值。荔枝草、红根草和栗色鼠尾草(藏丹参)等24种国产鼠尾草,被我国古籍记载为药用种类;主产于四川省的康定鼠尾草花朵大、色彩艳丽,极具观赏性,同时当地居民常采收其种子食用;橙香鼠尾草的叶子具有独特的气味,很多国产鼠尾草种质具有多功能同源开发潜力。因此,以国产鼠尾草的药赏食保健等性状为切入点,大力挖掘其多功能同源性,是助力我国鼠尾草产业建设与发展的重要突破口之一。

4.3 大力传播鼠尾草植物文化,提升大众及市场的认知度

以代表性或极具鲜明特色的国产鼠尾草原种或经典国内外品种为主体,建立鼠尾草专类园或示范点,举办鼠尾草展览以及科普和文化宣传活动,与成熟的园林园艺公司相结合,有效转化适应性较高的国产鼠尾草优异新品种,快速提高市场占有率,进而提升国产鼠尾草种质的市场竞争力。

随着资源深入调查、综合保育、次生代谢产物深入挖掘、多元用途的综合开发以及植物文化传播,相信会有越来越多的优良国产鼠尾草种质出现在我们生活之中。

致谢:本文植物图片拍摄于上海市唇形科植物国家林木种质资源库。

参考文献

- [1] Qiu L X, Yao L, Hong L M, Zhang Y L. Seasonal analyses of the essential oil of *Salvia officinalis* L.. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2005, 23 (3): 213-216, 222
- [2] 李旻辉, 宋晓玲, 王振旺, 张娜, 肖培根. 中国鼠尾草属植物传统药物学的调查. 时珍国医国药, 2011, 22 (2): 476-479
Li M H, Song X L, Wang Z W, Zhang N, Xiao P G. The ethnopharmacological investigation of Chinese *Salvia* plants.

- Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2011, 22 (2): 476-479
- [3] Muñoz L A, Cobos A, Diaz O, Aguilera J M. Chia seed (*Salvia hispanica*): An ancient grain and a new functional food. Food Reviews International, 2013, 29 (4): 394-408
- [4] 常宇航, 魏宇昆, 马永鹏, 黄艳波, 田晓玲, 郭凤根. 中国原生鼠尾草属植物园林应用现状与展望. 西部林业科学, 2020, 49 (5): 37-41, 53
Chang Y H, Wei Y K, Ma Y P, Huang Y B, Tian X L, Guo F G. Current situation and future of Chinese native *Salvia* L. in garden and landscape application. Journal of West China Forestry Science, 2020, 49 (5): 37-41, 53
- [5] Krol A, Kokotkiewicz A, Gorniak M, Naczka A M, Zabiegala B, Gebalski J, Graczyk F, Zaluski D, Bucinski A, Luczkiewicz M. Evaluation of the yield, chemical composition and biological properties of essential oil from bioreactor-grown cultures of *Salvia apiana* microshoots. Science Report, 2023, 13: 7141
- [6] 滕艳芬, 王峥涛, 余国蓼. 丹参的药用资源研究进展. 中国野生植物资源, 2001, 20 (2): 1-3, 16
Teng Y F, Wang Z T, Yu G D. Research progress of medicinal resources of *Salvia miltiorrhiza*. Chinese Wild Plant Resources, 2001, 20 (2): 1-3, 16
- [7] Li J, Wang C, Zhang Y Q. Research advances on germplasm resources, selection and cultivation of fine varieties of *Salvia miltiorrhiza* Bge.. Medicinal Plant, 2013, 4 (6): 77-82
- [8] Wu C Y, Raven P H. Flora of China. Beijing & St. Louis: Science Press & Missouri Botanical Garden Press, 1994: 196-224
- [9] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1977, 66: 70-196
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China. Beijing: Science Press, 1977, 66: 70-196
- [10] Hu G X, Liu Y, Xu W B, Liu E D. *Salvia petrophila* sp. nov. (Lamiaceae) from North Guangxi and South Guizhou, China. Nordic Journal of Botany, 2014, 32 (2): 190-195
- [11] Wei Y K, Pendry C A, Huang Y B, Ge B J, Xiao H W. *Salvia subviolacea*, a new species from the Himalayas-Hengduan Mountains, China. Edinburgh Journal of Botany, 2021, 78: 1-9
- [12] Alziar G. Catalogue synonymique des *Salvia* L. dumonde (Lamiaceae): I. Biocosme Mesogéen, 1988, 5 (3-4): 87-136
- [13] Torke B M. A revision of *Salvia* sect. *Ekmania* (Lamiaceae). Brittonia, 2000, 52 (3): 265-302
- [14] 孙雄才. 中国之鼠尾草. 中国植物学杂志, 1936, 3: 845-872
Sun X C. The genus *Salvia* in China. Journal of the Botanical Society of China, 1936, 3: 845-872
- [15] 方元平, 刘胜祥, 雷耘, 郑坚. 神农架自然保护区唇形科植物区系及资源植物分析. 黄冈师范学院学报, 2000, 20 (6): 44-48, 52

- Fang Y P, Liu S X, Lei Y, Zheng J. Analysis on flora and resources plants of Labiatae in Shengnongjia Nature Reserve. Journal of Huanggang Normal University, 2000, 20 (6): 44-48, 52
- [16] 王涛, 王龙, 杨在君, 张利. 川西地区鼠尾草属植物资源调查与引种研究. 园艺学报, 2012, 39 (12): 2507-2514
- Wang T, Wang L, Yang Z J, Zhang L. Investigation and introduction of ornamental resources of *Salvia* in West Sichuan Province. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39 (12): 2507-2514
- [17] 罗广令, 顾丽, 廖海民, 胡国雄. 唇形科莛叶鼠尾草的新分布及适生分布区预测. 西北植物学报, 2021, 41 (3): 501-508
- Luo G L, Gu L, Liao H M, Hu G X. New record of *Salvia sonchifolia* (Lamiaceae) and prediction of its suitable distribution areas. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2021, 41 (3): 501-508
- [18] 吴征镒, 李锡文. 论唇形科的进化与分布. 云南植物研究, 1982, 4 (2): 97-118
- Wu Z Y, Li X W. On the evolution and distribution in Labiatae. Acta Botanica Yunnanica, 1982, 4 (2): 97-118
- [19] 张英涛, 王迎, 李大辉, 艾铁民. ITS: 中国鼠尾草属植物的单系发生及系统演化. 新疆大学学报: 自然科学版, 2007, 24 (增刊): 11
- Zhang Y T, Wang Y, Li D H, Ai T M. ITS: Monophyletic origin and phylogenetic evolution of *Salvia* in China. Journal of Xinjiang University: Natural Science Edition, 2007, 24 (Supplement): 11
- [20] 邓科君, 张勇, 鄯丹, 彭金华, 张硕, 任正隆. 鼠尾草属部分物种 AFLP 指纹图谱构建及遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2010, 11 (4): 483-486
- Deng K J, Zhang Y, Yan D, Peng J H, Zhang S, Ren Z L. Construction of AFLP fingerprint and genetic diversity analysis of the genus *Salvia*. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11 (4): 483-486
- [21] Hu G X, Takano A, Drew B T, Liu E D, Soltis D E, Slotis P S, Peng H, Xiang C L. Phylogeny and staminal evolution of *Salvia* (Lamiaceae, Nepetoideae) in East Asia. Annals of Botany, 2018, 122 (4): 649-668
- [22] Zhang B, Classen-Bockhoff R, Zhang Z Q, Sun S, Luo Y J, Li Q J. Functional implications of the staminal lever mechanism in *Salvia cyclostegia* (Lamiaceae). Annals of Botany, 2011, 107 (4): 621-628
- [23] 肖汉文, 黄艳波, 王琦, 魏宇昆. 高山物种栗色鼠尾草 (*Salvia castanea* Diels) 访花昆虫多样性与传粉行为变化. 生态学报, 2022, 42 (5): 1841-1853
- Xiao H W, Huang Y B, Wang Q, Wei Y K. Diversity of visiting insects and changes of pollinator behavior in alpine species *Salvia castanea* Diels (Lamiaceae). Acta Ecologica Sinica, 2022, 42 (5): 1841-1853
- [24] 母贵琴, 张力文, 陈静. 宝兴鼠尾草的光合特性研究. 中国农学通报, 2011, 27 (13): 42-48
- Mu G Q, Zhang L W, Chen J. Study on the leaf photosynthetic characteristics of *Salvia paohsingensis*. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27 (13): 42-48
- [25] 曹丽敏, 王跃华, 刘春, 刘健晖. 鼠尾草属植物的叶表皮特征及其系统学意义. 云南大学学报: 自然科学版, 2012, 34 (3): 339-347
- Cao L M, Wang Y H, Liu C, Liu J H. A study on the leaf epidermis features and their taxonomic significance in *Salvia* (Labiatae). Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition, 2012, 34 (3): 339-347
- [26] 罗广令, 廖海民, 胡国雄. 唇形科莛叶鼠尾草和岩生鼠尾草营养器官的比较解剖结构及其生态适应性. 植物科学学报, 2022, 40 (5): 598-609
- Luo G L, Liao H M, Hu G X. Anatomical structures of vegetative organs of *Salvia sonchifolia* C. Y. Wu and *S. petrophila* G. X. Hu, E. D. Liu & Yan Liu (Lamiaceae) and their ecological adaptability. Plant Science Journal, 2022, 40 (5): 598-609
- [27] 陈云, 肖汉文, 黄艳波, 周翔宇, 黄卫昌, 彭东辉. 高温高湿胁迫对鼠尾草属 5 种植物生理特性的影响. 热带亚热带植物学报, 2023, 31 (6): 845-852
- Chen Y, Xiao H W, Huang Y B, Zhou X Y, Huang W C, Peng D H. Effects of high temperature and humidity stress on physiological characteristics of five *Salvia* species. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2023, 31 (6): 845-852
- [28] 肖小河, 方清茂, 夏文娟, 尹国萍, 苏中武, 乔传卓. 药用鼠尾草属数值分类与丹参药材道地性. 植物资源与环境, 1997, 6 (2): 18-22
- Xiao X H, Fang Q M, Xia W J, Yin G P, Su Z W, Qiao C Z. Numerical taxonomy of medicinal *Salvia* L. and the genuineness of Danshen. Journal of Plant Resources and Environment, 1997, 6 (2): 18-22
- [29] 张正付, 陈鸿珊, 李卓荣. 鼠尾草属植物化学成分及活性研究新进展. 中国新药杂志, 2007, 16 (9): 665-672
- Zhang Z F, Chen H S, Li Z R. Researches of constituents and bioactivity of *Salvia* spp. Chinese Journal of New Drugs, 2007, 16 (9): 665-672
- [30] Xia J, Luo G G, Zhang L, Huang Y B, Yang J, Guo J, Qi Z C, Li Z H, Zhang G L, Xu S C, Song X J, Zhang X D, Wei Y K, Liang Z S, Yang D F. Unveiling the spatial distribution and molecular mechanisms of terpenoid biosynthesis in *Salvia miltiorrhiza* and *S. grandifolia* using multi-omics and DESI-MSI. Horticulture Research, 2023, 10: uhad109
- [31] 陈宗瑜, 强继业. ^{60}Co γ 射线辐照处理对一串红、紫罗兰种子发芽率及幼苗的影响. 种子, 2004, 23 (10): 7-9
- Chen Z Y, Qiang J Y. The effect of germination rate and seedling of ^{60}Co - γ ray radiation on the seed of *Salvia splendens* Ker-Gawl. and *Matthiola incana* L. Seed, 2004, 23 (10): 7-9
- [32] 田伟, 谢晓亮, 彭卫欣, 刘铭. 不同丹参种质田间比较试验. 现代中药研究与实践, 2004, 18 (1): 22-24
- Tian W, Xie X L, Peng W X, Liu M. Comparison of different varieties of *Salvia miltiorrhiza* in fields. Research and Practice

- on Chinese Medicines, 2004, 18 (1): 22-24
- [33] 成晓丹, 魏宇昆, 黄艳波, 史春羽, 慈惠婷, 王顺利, 张秀新. 鼠尾草属品种 DUS 测试指南的研制. 园艺学报, 2020, 47 (S2): 3154-3163
- Cheng X D, Wei Y K, Huang Y B, Shi C Y, Ci H T, Wang S L, Zhang X X. Study on test guideline of distinctness, uniformity and stability for *Salvia*. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47 (S2): 3154-3163
- [34] Linnaei C. Species plantarum (Tomus I). Holmiae: Laurentii Salvii, 1753: 23
- [35] Bentham G. Labiatarum genera et species. London: James Ridgway and Sons, Piccadilly, 1832-1836: 190-312
- [36] de Candolle A. Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis XII. Parisii: Victoris Masson, 1848: 262-263
- [37] Bentham G, Hooker J D. Genera plantarum. London: Reeve and Co., 1876: 1194-1196
- [38] Briquet J. Labiatae//Engler A, Prantl K. Die Natürlichen Pflanzenfamilien nebst ihren Gattungen und wichtigeren Arten (IV-3a). Germany, Leipzig: Wilhelm Engelmann, 1897: 270-286
- [39] Hrubý K. Key to the supraspecific taxa of the genus *Salvia* L.. Preslia, 1962, 34: 368-373
- [40] El-Gazzar A, Watson L, Williams W T, Lance G N. The taxonomy of *Salvia*: A test of two radically different numerical methods. Botanical Journal of the Linnean Society of London, 1968, 60 (383): 237-250
- [41] Epling C. A revision of *Salvia*, subgenus *Calosphace*. Beihefte Feddes Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis, 1939, 110: 1-383
- [42] Hedge I C. A revision of *Salvia* in Africa, including Madagascar and the Canary Islands. Notes from the Royal Botanic Garden, Edinburgh, 1974, 33: 1-121
- [43] 黄艳波, 魏宇昆, 葛斌杰, 王琦. 鼠尾草属东亚分支的传粉模式. 生态学报, 2014, 34 (9): 2282-2289
- Huang Y B, Wei Y K, Ge B J, Wang Q. Pollination mechanisms of genus *Salvia* (Lamiaceae) in East Asia (China). Acta Ecologica Sinica, 2014, 34 (9): 2282-2289
- [44] 魏宇昆, 王琦, 黄艳波. 唇形科鼠尾草属的物种多样性与分布. 生物多样性, 2015, 23 (1): 3-10
- Wei Y K, Wang Q, Huang Y B. Species diversity and distribution of *Salvia* (Lamiaceae). Biodiversity Science, 2015, 23 (1): 3-10
- [45] 张勃, 孙杉, 张志强, 李庆军. 杠杆状雄蕊及其进化生态学意义. 植物生态学报, 2010, 34 (1): 89-99
- Zhang B, Sun S, Zhang Z Q, Li Q J. A review of the evolutionary and ecological significance of lever-like stamens. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34 (1): 89-99
- [46] Walker J B, Sytsma K J, Treutlein J, Wink M. *Salvia* (Lamiaceae) is not monophyletic: Implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe Mentheae. American Journal of Botany, 2004, 91 (7): 1115-1125
- [47] Walker J B, Sytsma K J. Staminal evolution in the genus *Salvia* (Lamiaceae): Molecular phylogenetic evidence for multiple origins of the staminal lever. Annals of Botany, 2007, 100 (2): 375-391
- [48] Takano A, Okada H. Phylogenetic relationships among subgenera, species, and varieties of Japanese *Salvia* L. (Lamiaceae). Journal of Plant Research, 2011, 124 (2): 245-252
- [49] Li Q Q, Li M H, Yuan Q J, Cui Z H, Huang L Q, Xiao P G. Phylogenetic relationships of *Salvia* (Lamiaceae) in China: Evidence from DNA sequence datasets. Journal of Systematics and Evolution, 2013, 51 (2): 184-195
- [50] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草. 上海: 上海科学技术出版社, 1999, 19: 159-193
- Editorial Committee of Chinese Materia Medica, National Administration of Traditional Chinese Medicine. Chinese Materia Medica. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1999, 19: 159-193
- [51] 顾观光. 神农本草经. 杨鹏举, 校注. 3 版. 北京: 学苑出版社, 2007: 79-80
- Gu G G. Shennong's herbal classic. Yang P J, rectification. 3rd edn. Beijing: Xueyuan Press, 2007: 79-80
- [52] 李时珍. 本草纲目. 胡承龙刻本. 金陵: 1596, 3:35, 43
- Li S Z. Compendium of materia medica. The block-printed edition of Hu Chenglong. Jinling: 1596, 3:35, 43
- [53] Ghorbani A, Esmailizadeh M. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 2017, 7 (4): 433-440
- [54] European directorate for the quality of medicines & healthcare. European pharmacopoeia. 6th edn. European directorate for the quality of medicines & healthcare. Strasbourg: European directorate for the quality of medicines & healthcare, 2007: 2853-2855
- [55] Chicco A G, D'Alessandro M E, Hein G J, Oliva M E, Lombardo Y B. Dietary chia seed *Salvia hispanica* L. rich in α -linolenic acid improves adiposity and normalises hypertriacylglycerolaemia and insulin resistance in dyslipaemic rats. British Journal of Nutrition, 2008, 101 (1): 41-50
- [56] Mot M D, Gavrilas S, Lupitu A I, Moisa C, Chambre D, Tit D M, Bogdan M A, Bodescu A-M, Copolovici L, Copolovici D M, Bungau S G. *Salvia officinalis* L. essential oil: Characterization, antioxidant properties, and the effects of aromatherapy in adult patients. Antioxidants, 2022, 11 (5): 808
- [57] Abd Rashed A, Rath D N G. Bioactive components of *Salvia* and their potential antidiabetic properties: A review. Molecules, 2021, 26 (10): 3042
- [58] Alves-Silva J M, Cocco E, Piras A, Gonçalves M J, Silva A, Falconieri D, Porcedda S, Cruz M T, Maxia A, Salgueiro L. Unveiling the chemical composition and biological properties of *Salvia cacaliifolia* Benth. essential oil. Plants, 2023, 12 (2): 359

- [59] Cui H Y, Zhang X J, Zhou H, Zhao C T, Lin L. Antimicrobial activity and mechanisms of *Salvia sclarea* essential oil. *Botanical Studies*, 2015, 56 (1): 16
- [60] 白小荣, 马岩, 李旻辉. 药用鼠尾草传统应用调查与研究进展. *中国现代中药*, 2019, 21 (2): 271-278
Bai X R, Ma Y, Li M H. Research progress on chemical constituents of *Salvia officinalis* and its pharmacological effects. *Modern Chinese Medicine*, 2019, 21 (2): 271-278
- [61] 郭绍芬, 刘淑美, 陈良, 王柯欣, 朱梦莹, 王镜雯, 付瑶. ^{60}Co - γ 射线辐射对不同产地丹参种子萌发和幼苗生长的影响. *临沂大学学报*, 2019, 41 (6): 39-45
Guo S F, Liu S M, Chen L, Wang K X, Zhu M Y, Wang J W, Fu Y. The ^{60}Co - γ radiation effect on the seed germination and seedling growth of *Salvia miltiorrhiza* from different places. *Journal of Linyi University*, 2019, 41 (6): 39-45
- [62] 傅巧娟, 陈一, 赵杭苹, 刘辉. ^{60}Co 射线处理对一串红种子发芽及幼苗形成的影响. *浙江农业学报*, 2009, 21 (2): 135-138
Fu Q J, Chen Y, Zhao H P, Liu H. Effects of ^{60}Co - γ -ray treatment on seed germination and seedling formation in *Salvia splendens*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2009, 21 (2): 135-138
- [63] 胡拥军. 秋水仙素处理对一串红生长的影响. *湖南林业科技*, 2011, 38 (4): 48-50
Hu Y J. The effect of colchicine on the growth of *Salvia splendens*. *Hunan Forestry Science & Technology*, 2011, 38 (4): 48-50
- [64] Li J, Geng, G P, Cao T G, Yu H, Chen Y F, An H L, Li D F, Wang X Z, Hu C L, Hu J S, Zhan Y. Phenotypic characteristics of the first generation mealycup sage *Salvia Farinacea* Benth. induced by space radiation. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2014, 74 (3): 400-403
- [65] 李俊, 张西西, 董爱香, 孙丽萍, 张丰收, 张涛, 程冰. 离子注入一串红的生物学效应研究. *核农学报*, 2015, 29 (7): 1302-1306
Li J, Zhang X X, Dong A X, Sun L P, Zhang F S, Zhang T, Cheng B. Study of biological effect of ion implantation on *Salvia splendens*. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29 (7): 1302-1306
- [66] 冯琪, 王鑫, 田琳, 赵艺璇, 张家培, 刘冬云. 鼠尾草属植物杂交亲和性探究. *河北师范大学学报: 自然科学版*, 2020, 44 (3): 260-266
Feng Q, Wang X, Tian L, Zhao Y X, Zhang J P, Liu D Y. Study on the cross-compatibility of *Salvia* L. *Journal of Hebei Normal University: Natural Science Edition*, 2020, 44 (3): 260-266
- [67] 傅巧娟, 李春楠, 赵福康, 沈国正. 采用EMS诱变方法选育一串红新品种‘非凡’. *分子植物育种*, 2023, 21 (14): 4729-4734
Fu Q J, Li C N, Zhao F K, Shen G Z. Breeding of a new scarlet sage variety ‘Feifan’ through EMS mutagenesis. *Molecular Plant Breeding*, 2023, 21 (14): 4729-4734
- [68] 傅巧娟. 一串红新品种选育研究进展. *植物遗传资源学报*, 2014, 15 (6): 1405
Fu Q J. Research progress in breeding of new cultivars for *Salvia splendens*. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15 (6): 1405
- [69] Lim T K. *Salvia elegans*. In: *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants*. Springer, Dordrecht, 2014: 202-206