

## 彩叶植物矾根的研究进展

殷丽青<sup>1</sup>, 谢苗苗<sup>1,2</sup>, 孙 翊<sup>1</sup>, 蔡友铭<sup>1\*</sup>, 张永春<sup>1</sup>, 李青竹<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 上海市农业科学院, 上海 201403, <sup>2</sup> 长江大学园艺园林学院, 荆州 434025)

**摘 要:** 从国内外种质资源概况、生物学特性、繁殖方法与栽培管理、抗性研究以及应用等方面总结了矾根的研究现状, 重点阐述了近年来矾根在繁殖方法及其抗性方面的研究进展, 认为高抗性矾根选育及其叶色形成机理是今后研究的重点, 相关研究的深入可丰富矾根品种, 以满足不同人群的观赏需求, 进而促进矾根产业的发展。

**关键词:** 矾根; 国内外资源; 繁殖; 抗性

**中图分类号:** S682.36 **文献标识码:** A

## Research development of colorful plant of *Heuchera* spp.

YIN Li-qing<sup>1</sup>, XIE Miao-miao<sup>1,2</sup>, SUN Yi<sup>1</sup>, CAI You-ming<sup>1\*</sup>, ZHANG Yong-chun<sup>1</sup>, LI Qing-zhu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Shanghai Academy of Agricultural Sciences, 201403, Shanghai, China;

<sup>2</sup> College of horticulture and gardening, Yangtze University, Jinzhou 434025, China)

**Abstract:** The present situation of studies on germplasm resources at domestic and abroad, biological characteristics, propagation methods, cultivation management, resistance researches, and applications of *Heuchera* spp. were reviewed in this paper. The progress of propagation methods and resistance researches were highlighted. The crossbreeding and selective breeding of high resistant and formation mechanism of leaf color in alumroot would be researched priorities in the future. Meanwhile, the deeper of relative researches could enrich alumroot varieties to satisfy the need of different people, and promote the development of alumroot industry.

**Key words:** *Heuchera* spp.; Resources; Propagation; Resistance

矾根(*Heuchera* spp.)是虎耳草科矾根属(*Heuchera*)植物的通称,为多年生彩叶草本花卉。用于矾根园艺品种杂交选育的植物主要包括矾根属的小花矾根(*Heuchera micrantha*)、美洲矾根(*Heuchera americana*)、柔毛矾根(*Heuchera villosa*)、红花矾根(*Heuchera sanguinea*)、柱状矾根(*Heuchera cylindria*)、凌风草矾根(*Heuchera brizoides*)和雅致矾根(*Heuchera elegans*),以及黄水枝属的黄水枝(*Tiarella polyphylla*)。有时矾根也会特指其亲本中最为重要的一个种——小花矾根,但一般在研究和应用中所使用的矾根绝大部分为后来培育出来的杂交品种。矾根属植物大多自然生长在湿润多石的高山和山崖旁,具有较强的耐寒性,属于常绿植物<sup>[1]</sup>。矾根是美国的本土植物,在美国园林景观中应用广泛,被誉为“花园的调色板”。而我国最近几年引进后,被作为彩叶阴生地被植物予以应用,通常用于林下花境、花坛、花带、地被、庭院,以此来增加色彩的丰富度。矾根也可作为观叶盆栽植物,因其多彩的叶色和多样的叶形深受人们的喜爱,同样具有良好的发展前景。目前国内外有关矾根的研究主要集中于新品种选育、组培快速繁殖、驯化、抗性研究、光合生理特性以及开发与应用等方面<sup>[2-6]</sup>。

### 1 矾根的种质资源概况

矾根的地理分布较广,从太平洋海岸到大西洋,以及从科迪亚岛到南墨西哥的塞拉德瓦哈卡州<sup>[7]</sup>。

收稿日期:2017-07-19

基金项目:上海市花卉产业体系[沪农科产字(2017)第8号];上海市宝山区科技项目(16-A-2)

作者简介:殷丽青(1965—),女,硕士,研究员,从事观赏植物组培/生物技术研究。E-mail:ylq\_saas@tom.com

\*通信作者:蔡友铭(1965—),男,博士,研究员,从事花卉品种选育和产业化研究与管理。E-mail:caiyouming@saas.sh.cn

例如,小花矾根常分布于加拿大不列颠哥伦比亚省南部到美国加利福尼亚州的喀斯喀特山脉,在海岸山脉和美国加州的内华达山脉也有分布。毛叶矾根(*Heuchera puberula*)则完全分布于北美东部,巨型矾根(*Heuchera maxima*)是加利福尼亚南海岸的圣克鲁斯和圣罗莎岛上特有的种<sup>[8]</sup>。大多数矾根生长在陡峭的山崖和山地森林中,从低海拔地区到海拔最高的可居住的高山区域,以及从海平面到距离海平线4 500 m的分割高原地区都有其分布<sup>[7]</sup>。自20世纪70、80年代逐渐兴起矾根的选育栽培之风,并从北美蔓延到欧洲<sup>[9]</sup>,目前国际上矾根杂交育种已经较为成熟,其新品种培育工作在美国和法国开展地相对较多,有专业的育种公司,如:Terra Nova Nurseries和Thierry Delabroye of France。国外矾根育种公司每年会培育新的品种,如‘李子布丁’(‘Plum Pudding’)、‘巴黎’(‘Paris’)、‘草莓漩涡’(‘Strawberry Swirl’)、‘黄色里奇’(‘Lime Lickey’)和‘桃色火焰’(‘Peach Flambe’)等。虽然,国内在90年代初就开始引进矾根,但一直没被得到重视,近年才开始受到关注并逐渐被应用。

矾根属有40多个种,是美国本土虎耳草科植物中最大的属<sup>[10]</sup>。许多园艺杂交品种与2种及以上的矾根属植物,或黄水枝属的黄水枝有亲缘关系。如‘咖啡馆’(‘Café Olé’)与小花矾根及美洲矾根有亲缘关系;‘橘子果酱’(又名‘玛玛蕾都’、‘Marmalade’)中含有小花矾根、美洲矾根以及凌风草矾根的亲缘关系;‘瑞弗安’(‘Rave On’)与红花矾根、小花矾根、美洲矾根以及柱状矾根都有亲缘关系;‘花毯’(‘Tapestry’)则与矾根属和黄水枝属有亲缘关系<sup>[11-14]</sup>。

矾根是一种新优彩叶植物,因其具有耐寒、耐阴、抗旱、耐盐碱等特点,目前在全国很多城市可见,但是大量的市场需求主要集中在长三角地区、北京和西部地区的几个城市,包括成都、重庆。另外,由于矾根具有较强的耐寒性,未来在我国北方市场会有较大的推广应用<sup>[15]</sup>。

## 2 矾根的生物特性

矾根为多年生耐寒草本花卉,浅根,喜中性偏酸、肥沃、排水性良好以及富含腐殖质的土壤<sup>[15-16]</sup>,叶基生,叶面上有短绒毛,阔叶型,叶形特殊、多样,叶色丰富。单色系的叶色有深紫色、绿色、明黄、橙红色等,复色系的叶色有多种不同类型:叶片正反面有不同颜色,叶脉和边缘呈现其他颜色,或者叶片上有不同颜色斑纹。例如,柔毛矾根‘棕色’(‘Brownies’)的正面是巧克力色,而背面则是紫红色,‘提拉米苏’(‘Tiramisu’)的嫩叶呈黄色,而生长到中后期叶脉呈红色,‘绘画大师高更’(‘Master Painter Gauguin’)当植株成熟后,老叶变成粉色-李子色,但仍有绿色的镶边,‘午夜玫瑰’(‘Midnight Rose’)叶片黑色有亮粉色斑点。有些矾根品种在不同季节和不同叶龄,其叶色也会有较大的变化,如‘绘画大师梵高’(‘Master Painter Van Gogh’),在春季,新叶为紫色-红色,到了秋季变成红色网纹。矾根花期集中在4—6月,花小,钟状,两侧对称,花色以粉色居多,也有奶白色和红色等。

## 3 矾根的繁殖技术

矾根常规的繁殖多采用有性繁殖和无性繁殖2种,其中主要包括:播种繁殖、分株繁殖以及组织培养。

### 3.1 播种繁殖

有些矾根品种能结籽,但通过播种繁殖方法获得的后代往往变异较大,因此,该方法不能用于商业化生产,只能用于培育新个体。张德祥等<sup>[17]</sup>通过对‘烈火’(‘Melting Fire’)和‘紫色宫殿’(‘Palace Purple’)进行栽培管理中发现,于8—12月份进行播种,育苗的温度在18—21℃,播种后马上浇水覆膜保湿,2—3周后可萌发。Hidayati等<sup>[18]</sup>对北美不同地区的2种矾根进行了种子萌发试验,结果发现不同品种的矾根,适宜其种子萌发的温度不同,细花矾根(*H. parviflora* var. *parviflora*),其种子萌发最适温度为白天25℃,晚间15℃,其萌发率为87%,而柱状矾根种子萌发的最适温度为白天15℃,晚间6℃,其萌发率为94%;不同矾根品种的种子经5℃冷藏后的萌发率也有显著性差异,冷藏后的小白花地榆矾根的种子在温变周期适宜的条件下萌发率达96%,比不冷藏处理提高了10.3%。而柱状矾根冷藏后萌发率比不冷藏处理下降了28.7%。

### 3.2 分株繁殖

分株繁殖是花卉生产上常用的一种扩繁方法。矾根一般每隔4—5年花后进行分株繁殖1次,分株后

的子株要注意消毒,并且需要带有一些根系,有助于子株成活。但是分株繁殖成活率低而且新育品种母株的数量少,导致扩繁的速度慢,限制了优良新品种的推广和应用<sup>[19]</sup>。

### 3.3 组培繁殖

为满足市场对矾根的大量需求,近几年科研人员加大了对矾根组织培养技术的研究,用以培育大量优质的矾根组培苗。矾根组织培养主要多在春天采用顶芽、茎尖、腋芽以及叶鞘作外植体<sup>[20-21]</sup>,这些具有高分生能力的组织部分比叶片和茎段更容易诱导形成无菌系。通过诱导培养、增殖培养、生根培养以及炼苗可以获得大量性状一致的矾根组培苗。但是,由于基因型的原因,品种之间具有一定的差异,目前报道能够组培成功的矾根品种较少<sup>[22-24]</sup>。陈宏等<sup>[25]</sup>通过对矾根茎尖诱导培养发现:MS+6-BA 0.1 mg/L+NAA 0.01 mg/L 中进行增殖培养,其增殖系数达 3.18,且增殖苗的生长状况很好。高燕等通过对矾根‘布西迪昂’(‘Obsidian’)组培苗采用基质为草炭:珍珠岩=3:1进行育苗时,其成活率一般达到 95%以上<sup>[26]</sup>。Hosoki 等<sup>[27]</sup>对矾根‘红宝石’(‘Red Spangles’)的组培苗进行盆栽种植时有 73% 的植株能够成活,移栽至田间栽培并顺利越冬后,大多数的矾根都能够在来年开花。研究矾根的组织培养快速繁殖技术,对于矾根的标准化、规模化生产以及矾根新优品种的推广应用具有重要意义。

## 4 矾根的生态学特性

### 4.1 光照

矾根是较耐阴的常绿植物。Czuchaj 等<sup>[28]</sup>研究表明,相对于半阴条件下(40%遮光度)生长的矾根,如‘紫色宫殿’、‘李子布丁’(‘Plum Pudding’)和‘萤火虫’(‘Leuchtkafer’),在全光照条件下会产生更多的花序,而且始花期要更早,但是半阴条件下的花序要更长。这可能与矾根在全光照条件下,充分进行光合作用,积累养分,为其后期的开花打下了良好的基础。也有研究显示,矾根的最大光合作用在高光照下要比低光照的强,而且矾根在低光照下, $F_v/F_m$ (最大 PSII 的光能转换效率)下降速度与范围要更大<sup>[29]</sup>。所以不同的矾根品种对光照条件要求不一致,如,‘孔雀石’(‘Malachite’)要求相对较低的光照强度,而‘紫色宫殿’对光照强度的要求较高<sup>[17]</sup>。据观察,在较强光照强度下,矾根叶色更深,也有出现老叶有褪色的现象,并在夏季的直射阳光下容易产生焦叶以及叶面的烫伤状。

### 4.2 温度

温度是影响矾根生长和存活的主要因素之一,其生性喜凉,多数品种在高温条件下生长较差<sup>[4]</sup>,生长适宜温度为 18—27℃。据报道,该新优花卉即使在 -15℃ 的温度下也能生长良好,在我国北方地区能安全越冬<sup>[30]</sup>,同时在上海地区冬季也生长良好。

### 4.3 土壤与栽培基质

一般在穴盘育苗中采用的基质多为草炭、椰壳和珍珠岩,由于矾根不耐水湿,栽培基质的调配中应考虑透气性良好不积水。另外,对栽培的基质进行地膜覆盖有利于矾根产生更多的花序<sup>[28,31]</sup>。

### 4.4 水肥条件

在早期穴盘育苗时矾根须根较发达,需水量较大,要保持基质和空气的湿润,最好用塑膜保湿,但是成苗具有一定的耐旱性。矾根不耐水淹,适宜生长在斜坡上。同时对肥料的要求不高,在定植时施加缓释肥有利于茎的加粗,嫩枝的增多以及生物量的增加<sup>[32]</sup>,生长期适当施加一些硫酸镁或硝酸镁补充微量元素,以利于叶色鲜艳<sup>[17]</sup>。例如,一般浓度的 N 肥(75 mg/周,2.48 L 基质/盆)就能促使矾根叶片和根系的生长,Bejleri<sup>[33]</sup>认为水分对矾根的生长要比 N 肥的作用更大,即使在高浓度的 N 肥条件下,减少水分的供应会抑制矾根的生长。

## 5 矾根的抗性研究

### 5.1 抗旱性的研究

在现今社会缺水严重的条件下,观赏植物耐旱性高是现代绿化植物配置的重要选择条件,色彩鲜艳又具有较强抗旱性的矾根品种在环境的美化和绿化中具有很高的应用价值,是立体景观的优先材料。矾根作为园林绿化的“调色板”,对其进行干旱性研究显得尤为重要。研究表明,不同矾根品种的抗旱性差异较大,秦登<sup>[34]</sup>综合各种生理测定结果,如叶片水势的降低程度、相对电导率的上升幅度和叶绿素荧光特

性等,对三种不同的矾根进行耐旱性研究,认为三种不同矾根抗旱性为‘草莓漩涡’>‘巴黎’>‘好莱坞’。

## 5.2 抗寒性研究

近期研究表明,矾根是一种比较耐寒的花卉植物。王建强等<sup>[35]</sup>通过对矾根品种‘紫色宫殿’进行低温处理,并测定其抗寒性生理指标,结果显示,在-20℃的条件下,矾根的叶片伤害度只有13.82%,而且其半致死的温度为-61.09℃。研究者通过相对电导率的强弱来判断矾根受低温胁迫的程度,低温胁迫越大,相对电导率愈大;在-20—0℃的温度变化中,矾根相对电导率变化小,说明细胞膜受伤害的程度低。结果显示矾根具有很强的抗寒性。许红娟等<sup>[5]</sup>对7种不同矾根品种进行了贵州冬天适应性比较,结果发现:不同矾根的适应性不同,‘李子布丁’和‘海浪’(‘Stormy Seas’)具有较强的适应性,主要表现于较好的形态指标和较快的生长速度。

## 5.3 耐热性研究

矾根作为一种较为抗寒的花卉植物,对其耐热性的研究甚少,黄少玲等<sup>[4]</sup>研究发现,平均气温在29.5℃的条件下,21个不同矾根品种的耐热性具有较大的差异,‘绿碧玺’和‘饴糖’(‘Caramel’)有较好的耐热性,而颜色鲜艳的矾根品种的耐热性较差,经过露地越夏后其成活率较低,如粉红色的‘蜜桃冰沙’、桃红色的‘桃子甜酒’(‘Peach Flambé’)、叶片白绿相间的‘白雪天使’(‘Snow Angel’)等。秦登等<sup>[7]</sup>在研究3种矾根夏季光合特性中发现,品种‘巴黎’(‘Pairs’)对夏季强光高温环境的适应性最好,例如,其在上海地区夏天绿地栽培中也能长势良好。而且矾根在夏季存在明显的光合“午休”现象,其原因是因为温度过高导致叶肉细胞自身羧化酶活性降低而引起光合速率下降,而非因高温下叶片气孔关闭从而使CO<sub>2</sub>进入叶片受阻,光合速率下降。

## 5.4 病虫害防治研究

在国内,由于矾根是新优观赏植物,引进时间较短,目前未见有明显的病虫害危害。但作为一种观叶植物,一旦有病虫害危害,将大大影响其观赏价值,影响严重的还会导致植株的死亡。Bejleri<sup>[33]</sup>研究发现,通过对矾根‘紫色宫殿’在2种水分和3种浓度氮肥施加的条件下接种黑藤象鼻虫(*Otiorhynchus sulcatus*),高浓度为150 mg/周的N肥施用量降低矾根对黑藤象鼻虫的抗性,因为高浓度的N肥有利于黑藤象鼻虫在矾根上的繁殖与生长,而且矾根在一般浓度为75 mg/周(2.48 L 基质/盆)的施用量就能使矾根很好的生长。同时矾根不管是在正常水分供给或干旱条件下,对黑藤象鼻虫的抗性没有影响。Hirooka等<sup>[36]</sup>在矾根的新型柱枝胞叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)的研究指出,该病于1998年在日本田间栽培的矾根中被发现,接种病菌5—8 d后就可出现白色的菌丝以近圆形的斑点分布在植株上,紧接着叶片快速的干化,落叶以及突然的枯萎。由此可见,矾根对这种新型病的抗性较弱。

## 5.5 抗重金属研究

因矿产的过度开发,大面积土壤中重金属的含量超标,严重影响着人们的健康,现阶段通过种植一些抗重金属的绿化植物来改善重金属超标的生态环境。通过研究发现,矾根具有较强的抗重金属能力,而且具有良好的吸收土壤中重金属的能力。Sakol等<sup>[37]</sup>研究指出,3种不同的矾根在高金属含量的采矿区域土壤中生长良好,甚至能够在其根和叶中累积镉、铅、锌这些重金属,不同矾根品种的重金属吸收能力不同,‘紫色宫殿’对铅的吸收能力最强,相对较强的品种为‘话匣子’(‘Chartterbox’)和‘草莓漩涡’(‘Strawberry Swirl’),其根系吸收重金属的能力为镉>锌>铅。同样的结果在品种‘紫色衬裙’(‘Purple Petticoats’)中也得到证实<sup>[38]</sup>,而且不同苗龄的植株对重金属的转化能力不同,生长11个月的植株比36个月的转化效率要高,但其吸收的量比较有限。

# 6 矾根的应用

矾根是一种具有较高观赏价值,不可多得的新优彩叶植物。矾根的叶色繁多,且叶色会随着季节、环境、温度和光照条件的变化而改变,因其叶色瑰丽多变,花形小巧玲珑,开花期花朵数量众多,深受人们的喜爱与关注。作为盆栽观赏,矾根既可以与其他观赏植物搭配种植,也可以将不同颜色的矾根品种搭配种植,均具有很高的观赏性。一些抗性较强的品种可以应用于园林中,如花坛、花镜、立体造景以及林荫下自然景观的布置等多种园林景观形式。

矾根在国外的应用较广,不只限于在观赏性的应用,在生态修复和环境保护方面也有一定的应用研究,矾根因其较好的抗性不仅能在恶劣环境中生存,而且其较好的观赏性能够改善恶劣环境视觉效应,同时也起到保护环境生态的作用。矾根对土壤的重金属有较强的吸收,从而使一些含重金属较高的土壤得到修复,进而改善重金属污染地区的生态环境<sup>[37-38]</sup>。近几年,矾根作为阴生的优良彩叶地被植物被国内引进和应用,并逐渐受到关注。在片林群落中,种植一些矾根等耐阴的彩色地被植物,可增加植物群落色彩的丰富度,组成较稳定、外观较优美的多层混交群落,以此来美化环境,提高城市生态效益<sup>[39]</sup>,可改变冬季地被植物比较缺乏的状况。最初引进国内,矾根被定位于花园植物,后应用于工程花卉,尤其是江、浙、沪一带的工程将其应用于立体绿化,因其优良的表现使其用量不断增加,而且作为工程摆花的时间可以从当年的9月至翌年6月,更换周期长,换花次数降低。矾根作为家庭花卉的应用也具有较大的市场。

## 7 展望

目前,我国花卉市场对矾根的需求量越来越大,但是迄今为止国内的矾根品种相对较少,而且优良矾根品种的选育较困难。同时虽然矾根在需求的量上有很大的提高,但是应用的范围和地区不是很广泛,所以今后应当加强以下几个方面的工作:(1)加大对矾根新优品种的引进以及建立引进的矾根品种和已有品种的观赏性和适应性评价体系,为后期矾根的应用推广打好基础,在引进的同时也亟需建立我国在矾根杂交育种的技术体系来培育具有自主知识产权的新品种。(2)矾根的推广和应用离不开高效繁育技术的建立,虽然矾根组培繁育方面有一定的研究,但还存在污染率高、繁殖系数低,不同品种对培养基激素水平要求不一致等问题,所以应加强观赏性以及适应性优良的矾根品种繁殖技术的研究,以降低其种苗的生产成本。(3)叶色是矾根最为重要的观赏性状之一,叶色鲜艳的品种在市场上更受欢迎,然而矾根的叶色形成机理和杂交后代叶色变异规律等方面的研究目前还处于空白阶段,也将成为今后研究的重点。(4)同时矾根抗性方面的研究不是很全面,研究的品种较少,程度较浅,所以加强其抗性方面的研究,以及筛选和驯化出抗性好且观赏性高的品种,以适应不同气候条件,满足不同地区市民的观赏需求。

目前,矾根在园林造景、工程摆花以及都市家庭和办公室盆栽等方面的应用相对较少,矾根在市场上的应用还有很大的发展空间。近年来,我国对环境保护和生态修复方面越来越重视,同时,园林上对彩叶植物的应用不断加强,矾根在国内园林绿化、美化环境中的应用也得到了关注,相关的研究和应用也将逐渐得到重视。

## 参 考 文 献

- [1] 刘佳. '焦糖'矾根的组织培养与快速繁殖[C]. 北京:北京园林绿化新起点,2010.
- [2] 孟清秀,刘红权,李永灿,等. 几种矾根的组织培养与快速繁殖[C]. 北京:中国风景园林学会,2014.
- [3] 黄少玲,汪华清,周意峰,等. 矾根在东莞地区引种驯化过程中的夏季适应性研究[J]. 热带林业,2016,44(4):4-7.
- [4] 许红娟,陈之林,杨澜,等. 五种彩叶矾根苗期在贵州冬季生长适应性比较[J]. 北方园艺,2016(24):61-65.
- [5] 许红娟,吴青青,石乐娟. 优新彩叶植物矾根研究开发利用探讨[J]. 农技服务,2015,32(9):196-196.
- [6] 秦登,唐吕君,陈尧,等. 夏季高温环境下3个矾根品种的光合特性比较[J]. 西北林学院学报,2014,29(3):32-36.
- [7] FOLK R A, FREUDENSTEIN J V. Phylogenetic relationships and character evolution in *Heuchera* (Saxifragaceae) on the basis of multiple nuclear loci[J]. American Journal of Botany, 2014, 101(9):1532-1550.
- [8] NESS B D, SOLTIS D E, SOLTIS P S. Autopolyploidy in *Heuchera micrantha* (Saxifragaceae) [J]. AM. J. BOT., 1989, 76(3):614-626.
- [9] 韶月. 花园使者:矾根[J]. 中国花卉园艺,2016(24):28.
- [10] FOLK R A. Biosystematics of the Genus *Heuchera* (Saxifragaceae) [D]. Gradworks: Dissertations & Theses, 2015.
- [11] HEIMS D M. *Heuchera* plant named 'Café Olé'; USPP18922 [P]. 2008-06-10.
- [12] EGGER J N. *Heuchera* plant named 'Rave On'; USPP18127 [P]. 2007-10-16.
- [13] EGGER J. *Heuchera* plant named 'Marmalade'; USPP15945 [P]. 2005-09-06.
- [14] EGGER J N. *Heucherella* plant named 'Tapestry'; US PP21150 P3 [P]. 2010-07-06.
- [15] 叶剑秋. 庭园新优花卉品种应用系列花园配置中的饰边花卉美洲矾根[J]. 园林, 2010(3):58-59.
- [16] 丛群,石姜超. 矾根流行品种与应用[J]. 中国花卉园艺,2014(20):38-39.
- [17] 张德祥,张君艳. 新优观叶花卉矾根的栽培管理技术[J]. 林业实用技术,2014(4):62-63.
- [18] HIDAYATI S N, WALCK J L. Contrasting seed germination patterns for intracontinental disjuncts of *Heuchera* (Saxifragaceae) in North America: the eastern temperate *H. parviflora* and western montane *H. cylindrica* [J]. Canadian Journal of Botany, 2002, 80(80):1185-1192.
- [19] 王晶,刘立功,左丽娟,等. 柔毛矾根组培快繁技术研究[J]. 北方园艺,2012(23):116-118.

- [20] 陈锦,杨侃侃,王志伟,等. 美洲矾根愈伤组织诱导及其快繁技术体系研究[J]. 湖北农业科学,2017(5):973-975.
- [21] 孙国峰,张金政,吴东启. 矾根杂种银王子的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学报,2007,43(3):500-501.
- [22] LARIMER J L. Tissue Culture and Rapid Propagation of Heuchera hybrid Hort. 'Prince of Silver' [J]. Journal of Cellular Physiology,1964,64(1):139-148.
- [23] MIURA Y,KITAURA T,TAKAYANAGI R,et al. Propagation of coral bells (*Heucherasanguinea* Engelm.) by tissue culture, and forcing of flowering on the regenerated plants by a combination of low and high temperature treatment [J]. Bulletin of the Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture,1995. 136:17-24.
- [24] 三浦,泰昌. ツボサンゴ (*Heuchera sanguinea* Engelm.) の組織培養による大量増殖と低・高温処理による開花促進法 [J]. Bulletin of the Kanagawa Prefectural Agricultural Research Institute,1995:17-24.
- [25] 陈宏,唐莹,施月欢,等. 矾根的组织培养与快速繁殖[J]. 上海农业学报,2011,27(4):80-82.
- [26] 高燕,宋焱,叶康,等. 矾根欧布西迪昂组培快繁技术[J]. 浙江农业科学,2015,56(6):895-898.
- [27] HOSOKI T,KAJINO E. Shoot Regeneration from Petioles of Coral Bells (*Heuchera sanguinea* Engelm.) Cultured *In vitro*, and Subsequent Planting and Flowering *Ex vitro* [J]. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*,2003,39(2):135-138.
- [28] CZUCHAJ P K,SZCAEPANIAK S J. Flowering of *Heuchera* L. cultivated in full sunlight and in semi-shade [J]. Bulg. J. Agric. Sci.,2014(20):1421-1425.
- [29] SKILLMAN J B,OSMOND C B. Influence of nitrogen supply and growth irradiance on photoinhibition and recovery in *Heuchera americana* (Saxifragaceae) [J]. *Physiologia Plantarum*,1998,103(4):567-573.
- [30] 袁燕波,李国强,闫磊. 矾根“不凡” [J]. 中国花卉园艺,2015(22):40-40.
- [31] KRZYMINSKA, A. and A. LISIECKA, 2004. The influence of mulching on growth and flowering of some species of perennials. *Folia Universitatis Stetinensis Agricultura*,2004,236(94):93-96.
- [32] KOZIK E,BOSIACKI M,GOLCZ A. Slow-release fertilizers in the production of horticultural plants. Part II. Estimation of the growth nutritional status of *Heuchera* L. grow in pots depending on the fertilization with Osmocote [J]. *Journal of Research & Applications in Agricultural Engineering*,2009,54(3):35-39.
- [33] BEJLERI K. Bottom up effects of nutrients and water on black vine weevil *Otiiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae) and *Heuchera micrantha* "Palace Purple" (Saxifragaceae) [D]. City of College Park; University of Maryland,2004.
- [34] 秦登. 矾根品种的光合生理特性及耐旱性研究 [D]. 杭州:浙江农林大学,2014.
- [35] 王建强,邓永成. 低温胁迫对银叶菊和矾根抗寒生理指标的比较研究 [J]. 中国农学通报,2014(7):224-227.
- [36] HIROOKA Y,ISHIKAWA S,TAKEUCHI J,et al. New cylindrocladium diseases of strawberry and coral bells caused by *Cylindrocladium canadense* [J]. *Journal of General Plant Pathology*,2009,75(1):83-86.
- [37] SAKOL G,OCHOTA P,MIROSLAWSKI J,et al. Suitability of three cultivars of coral bells (*Heuchera* cvs) to bioremediation of cadmium (Cd), lead (Pb) and zinc (Zn) from post-mining area in Zagłębie Dabrowskie [J]. *Medycyna Srodowiskowa – Environmental Medicine*,2011,14(3):17-27.
- [38] Sakol G,Mirolawski J,Brewczynski P Z. Efficient Pb translocation by 'Purple Petticoats' cv. of *Heuchera* L. From contaminated soil in a coal basin [J]. *Pol. J. Environ. Stud*,2014(6):2199-2205.
- [39] 朱云华,汤庚国,臧廷亮. 园林地被植物的研究现状及趋势 [J]. 江苏林业科技,2000(s1):16-19.

(责任编辑:张睿)