

多肉植物离体再生研究进展

卫 俨^{1,2,3}, 李梅兰³, 朱木兰^{1,2*}

- (1. 中国科学院 上海辰山植物科学研究中心, 上海 201602;
2. 中国科学院上海生命科学研究院 植物生理生态研究所, 上海 200032;
3. 山西农业大学 园艺学院, 山西 太谷 030801)

摘要: 通过品种、外植体类型、培养基、外源植物激素的选择等几方面对国内多肉植物的离体再生研究现状进行了综述。发现多肉植物的离体再生研究多以种子、叶片、茎段、花器官等为外植体;不定芽诱导阶段常用的培养基类型为MS培养基,不定根诱导常用1/2 MS培养基;6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)、萘乙酸(NAA)和激动素(KT)作为常见的外源植物激素,被广泛运用于多肉植物愈伤组织诱导、不定芽诱导、不定根诱导等离体再生各阶段;分析了当前存在的问题和发展前景,以期对日后多肉植物的相关研究提供可行性建议。

关键词: 多肉植物;离体再生;研究进展

中图分类号: S682.33

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2018)04-0308-06

Research progress in *in vitro* regeneration of succulent plants

WEI Yan^{1,2,3}, LI Meilan³, ZHU Mulan^{1,2*}

- (1. Shanghai Chenshan Plant Science Research Center, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201602, China;
2. Institute of Physiology & Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China; 3. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi, China)

Abstract: The achievements in recent years in *in vitro* regeneration of succulent plants are reviewed, including the selection of variety, explant, culture medium and the uses of plant hormones. Seeds, leaves, stem segments, flower organs are often adopted in succulent plant tissue culture; the type of media commonly used in the induction of adventitious buds is MS medium, adventitious root induction commonly uses 1/2 MS medium; 6-benzyl amino adenine (6-BA), 1-naphthylacetic acid (NAA) and kinetin (KT), as common exogenous plant hormones, are widely used in callus induction, adventitious bud induction, adventitious root induction and other regeneration stages *in vitro* of succulent plants; The current problems and development prospects are analysed in order to provide feasible suggestions for related research on succulents.

Key words: succulent plant; *in vitro* regeneration; research progress

0 引言

多肉植物(succulent plant)最早由瑞士植物学家琼·鲍汉在1619年提出,指营养器官(根、茎、叶)具有发达的薄壁组织,可以贮存大量的水分和养分,并且在外型上肥厚多汁的一类植物,有时也被

称为多浆植物、肉质植物、多肉花卉等^[1]。多肉植物种类繁多,形态奇特,在栽培上管理粗放,易于生长,又具有一定的空气净化功能,近年来,深受消费者的喜爱与热捧。据统计,目前世界范围内发现的

收稿日期:2018-02-19 修回日期:2018-05-01

作者简介:卫俨(1993-),女,硕士生,研究方向为牡丹离体再生与遗传转化研究。E-mail:358854142@qq.com

*通讯联系人 E-mail: mlzhu@sippe. ac. cn

引用格式:Wei Y, Li M L, Zhu M L. Research progress in *in vitro* regeneration of succulent plants [J]. Biotic Resources, 2018, 40(4): 308-313.

卫俨,李梅兰,朱木兰. 多肉植物离体再生研究进展[J]. 生物资源, 2018, 40(4): 308-313.

多肉植物已达 12 000 多种, 隶属 80 多科, 近 800 属^[2]。

栽培中, 常见的多肉植物归属不同的科, 如夹竹桃科(Apocynaceae)、仙人掌科(Cactaceae)、番杏科(Aizoaceae)、百合科(Liliaceae)、大戟科(Liliaceae)、景天科(Liliaceae)等^[3]。由于品种以及株型、品相各有不同, 繁育技术差异很大, 传统繁育技术容易造成多肉的品相退化、繁殖系数降低、繁育时间过长和易被病原微生物感染等问题, 加上市场对多肉植物需求的增加, 供不应求的矛盾日渐突出, 因此, 急需高效的离体再生体系以解决上述问题。

我国的植物组织培养研究盛行于 20 世纪 70 年代后期^[4]。而对于多肉植物的组织培养研究开始较晚, 多肉植物的报道与相关文献也较少。近年来随着我国多肉植物市场的火热, 关于多肉植物的科学研究也逐渐增加, 不过仍存在诸如植物外源激素配比不明确, 诱导率、生根率不理想等问题^[5]。本文对多肉植物的离体再生研究进行了综述, 以供后续的研究参考。

1 外植体的选择

在组织培养过程中, 选择合适的外植体至关重要。外植体的品种、基因型、类型、生长阶段等都会影响组织培养的效果。就多肉植物而言, 其种子、根、茎、叶片、花茎等均可作为起始外植体, 根据多肉植物品种不同, 其最适宜的外植体也有所差异。

王紫珊等^[6]以百合科白银寿(*Haworthia emelyae* Poelln.) 品种‘奇迹’的花萼及花蕾为外植体, 对其离体培养及快速繁殖技术进行了研究, 结果表明, 相对于花萼来说, 花蕾为更适合白银寿离体培养的外植体。王泉等^[7]则对百合科多肉植物美吉寿(*Haworthia emelyae* var. *major*) 春生花茎子房部位进行了组织培养与快速繁殖。以上几种外植体有以下优点, 一是可以避免叶片含水分多不易存活的问题, 二是可以保证植株的完整性, 使其观赏价值不受影响, 但取材受季节的限制。杨娟等^[8]以百合科十二卷属植物花影寿的叶片为起始材料, 成功诱导出再生植株。虽然选择叶片作为外植体不受季节限制, 但取材时会损坏植株品相, 特别是对于一些名贵品种, 成本较高。苏海等^[9]的研究结果表明库拉索芦荟(*Aloe barbadensis* Mill) 的茎尖比茎段更容易诱导出不定芽, 并且库拉索芦荟通过茎尖诱导出不定芽而获得无菌苗, 可以省去诱导愈伤组织

的步骤, 不仅缩短了诱导时间, 还可以减少种苗的变异率。由此可见, 在多肉植物组织培养过程中, 起始外植体的选择受多因素的影响, 在研究中应根据种类、品种、环境、季节等实际情况而定。

2 基本培养基及植物生长调节物质

2.1 基本培养基

在植物组织培养中, 培养基是离体植物所需营养物质的来源。多肉植物在不定芽诱导阶段常选用 MS 为基本培养基, 在生根培养过程中, 常用 1/2 MS 为基本培养基。以 MS 为基本培养基, 分别对芦荟科瓦苇属的帝王寿(*Haworthia kingiana* V. Poelln)、百合科十二卷属的玉露(*Haworthia cooperi* Baker)、日光兰科十二卷属的水晶掌(*Haworthia cymbiformis* (Haw.) Duval) 等进行组织培养, 均成功获得再生植株^[10-12]。有学者在研究芽分化的最佳培养基时发现, MS 培养基诱导出的侧芽数最多, 是芦荟外植体侧芽分化最理想的培养基; 其次是 H 培养基, 较差的是 KC 培养基^[13]。

2.2 植物生长调节物质

通过添加适宜外源植物生长的调节物质, 能够有效促进植物细胞的生长、分化。在多肉植物的组织培养过程中, 不同植物生长调节物质及其配伍也有着重要影响。其中常用的植物生长调节物质有萘乙酸(NAA)、6-苄氨基腺嘌呤(6-BA)、激动素(KT)。

以景天科多肉植物为外植体, 研究 NAA 和 6-BA 对愈伤组织诱导的影响, 发现 NAA 和 6-BA 的浓度对愈伤组织诱导的影响较显著, 在培养基中添加 2.4 mg/L 6-BA 和 0.7 mg/L NAA 最有利于愈伤组织的诱导^[14]。同样, NAA 和 6-BA 对多肉植物帝王寿组织培养各阶段影响的研究结果表明, MS+2.0 mg/L 6-BA +0.2 mg/L NAA 是帝王寿诱导愈伤组织效果最佳的培养基配方; 而适合增殖的培养基为 MS+3.0 mg/L 6-BA +0.2 mg/L NAA; 最佳生根培养基为 1/2MS+0.1 mg/L NAA^[10]。多肉植物组织培养过程中, 虽然选用了不同品种的不同外植体, 但添加的植物生长调节物质基本均为用来促进细胞分裂的 6-BA、促进细胞生长和有助于生根的 NAA。

有学者研究了不同浓度 NAA、6-BA、KT 及其配伍对多肉植物劳尔组织培养过程的影响, 发现 NAA、6-BA 和 KT 对愈伤组织诱导有明显效果, 最

佳培养基为MS+0.1 mg/L NAA+3.0 mg/L 6-BA+1 mg/L KT;不定芽分化阶段NAA和6-BA作用明显,添加适宜浓度的NAA和6-BA能明显促进不定芽的分化,最佳不定芽分化培养基为3/4 MS+0.3 mg/L NAA+3.0 mg/L 6-BA;在生根培养基中,添加适宜浓度的NAA有助于多肉植物的根系诱导,最佳的生根培养基为1/2 MS+0.03 mg/L NAA,生根率可达94.89%^[15]。以白银寿品种‘奇迹’的花萼和花蕾为外植体的研究中也发现,研究表明,在愈伤组织诱导培养基中添加2.0 mg/L 6-BA、1.0 mg/L KT和0.2 mg/L NAA,外植体的脱分化速度快,愈伤组织诱导率高且诱导出的愈伤组织质量好;而1.0 mg/L 6-BA和0.5 mg/L KT则更有利于不定芽的分化;生根培养时,添加0.1 mg/L NAA效果最佳,生根率高且移栽成活率可以达到80%^[6],与关于帝王寿的研究发现一致^[10],

即低浓度的NAA有利于多肉植物的生根培养。

3 再生苗移栽

多肉植物市场需求大,对其品相和活力的要求较高,因此通过组织培养技术对多肉植物进行快速繁殖后,再生苗的移栽是保证其存活率和维持品相的关键步骤。根据多肉植物的生长习性,于温室中开瓶炼苗2~3 d后,取出生根幼苗,洗去基部残留培养基,置于干燥通风处自然晾干,均匀插入以泥炭土、蛭石、泥沙(体积比1:1:1)为基质的苗钵中,可覆盖薄膜1~2 wk以保持湿度。

4 常见多肉植物离体再生现状

多肉植物是一个庞大的家族,其种类繁多,形态各异,又有各种各样的变异品种。本文就目前市场上较为常见,已进行了离体再生相关研究,且有一定研究成果的几个品种进行了归纳,如表1所示。

表1 常见多肉植物离体再生状况简表
Table 1 *In vitro* regeneration of common succulents

多肉植物(科)	多肉植物(种)	外植体	研究成果	参考文献
景天科 (Crassulaceae)	松塔景天(<i>Sedum nicaeense</i>)	叶片	建立再生体系	[16]
	狭叶红景天(<i>Rhodiola sachalinensis</i>)	叶柄	建立快繁体系	[17]
	劳尔(<i>Sedum clavatum</i>)	叶片	建立快繁体系	[15]
菊科 (Compositae)	珍珠吊兰(<i>Senecio rowleyanus</i>)	茎段、叶片	初步建立再生体系	[18]
	珍珠吊兰(<i>Senecio rowleyanus</i>)	腋芽	初步探索适宜再生培养的激素浓度	[19]
夹竹桃科 (Apocynaceae)	萝藦(<i>Metaplexis japonica</i>)	茎上的生长点	建立再生体系	[20]
番杏科 (Aizoaceae)	生石花(<i>Lithops</i> sp.)	种子	建立再生及快繁体系	[21]
	风铃玉(<i>Ophthalmophyllum friedrichiae</i>)	叶片	建立再生体系	[22]
仙人掌科 (Cactaceae)	珊瑚树(<i>Viburnum odoratissimum</i>)	嫩茎	建立再生体系	[23]
	黄毛掌(<i>Opuntia microdasys</i>)	嫩茎	建立再生体系	[23]
	山影掌(<i>Cereus</i> sp. f. <i>monst</i>)	嫩茎	建立再生体系	[23]
	蟹爪兰(<i>Zygocactus truncatus</i> (Haw.) K. Schum.)	幼嫩茎段、顶芽	初步建立再生体系	[24]

续表

多肉植物(科)	多肉植物(种)	外植体	研究成果	参考文献
	令箭荷花(<i>Nopalxochia ackermannii</i> Kunth)	种子	初步建立再生体系	[25]
大戟科 (Euphorbiaceae)	虎刺梅(<i>Euphorbia milii</i>)	花朵子房	初步建立再生体系	[26]
	大花虎刺梅(<i>Euphorbia milii</i> var. <i>splendens</i>)	苞片	建立快繁体系	[27]
	点纹十二卷(<i>Haworthia margaritifera</i>)	腋芽	建立快繁体系	[28]
	冰灯玉露(<i>Haworthia cooperi</i> Baker)	花茎	建立再生及快繁体系	[29]
阿福花科 (Asphodelaceae Dumort.)	西山寿(<i>Haworthia mutica</i> var. <i>nigra</i> M. B. Bayer)	春生花茎子房	初步建立再生体系	[30]
	花影寿	叶片	初步建立再生及快繁体系	[8]
	白银寿(<i>Haworthia emelyae</i> Poelln.)	花萼、花蕾	初步建立再生及快繁体系	[7]
	万象(<i>Haworthia maughanii</i>)	叶片	初步建立快繁体系	[31]
天门冬科 (Asparagaceae)	狐尾龙舌兰(<i>Agave attenuata</i>)	幼芽	初步建立再生体系	[32]
	笹之雪(<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore)	茎尖	初步建立再生体系	[33]

5 讨论与展望

目前,在生产上多肉植物仍多采用的是扦插、分株、嫁接等方法,繁殖系数较低且繁殖的周期较长,难以满足日益增长的市场需求,因此市场上名品价格居高不下^[15]。采用离体再生技术进行工厂化快繁可以缓解市场压力,但我国关于多肉植物的研究起步较晚,现阶段的研究主要集中在激素配比对外植体愈伤组织诱导、分化的影响上,且植物激素主要选用6-BA和NAA;关于其他植物激素在多肉离体再生中的作用,以及叶片大小、摆放方式及开花程度等因素对离体再生的影响,有待深入研究。在多肉植物组织培养过程中,常使用MS培养基,甚少选用其他基础培养基,缺少不同培养基之间的系统比较。因此,有待研究探讨出一个更加完整的、可应用于实际生产的多肉植物离体再生体系^[34]。

近年来,多肉植物作为一种新型的观赏植物,具有小巧玲珑、造型奇特多样、视觉效果强等特点,在园艺、造景应用以及生态效益中蕴含着巨大的市场潜力。除了具有观赏特性外,多肉植物还具有耐

旱耐贫瘠、病虫害较轻、可作药用、可食用等特性^[35~37]。在接下来的实验中,可以尝试在诱导愈伤之前进行3~5 d的预培养,这样可适当扩大外植体,增加接触面积,进而增强外植体的活力。还可以将种质资源创新中的不对称杂交这一方法,应用到多肉植物中,以培育新品种。多肉植物的未来发展以及应用受到了越来越多的关注,然而使用传统的生产培育方式,根本无法满足日益增长的市场需求,因此,开展多肉植物离体快繁研究是十分具有意义的,通过对多肉植物离体再生技术的进一步研究和优化,可以推进多肉植物的良种繁育以及快速繁殖。

参考文献

- [1] Xie W S, Xu M S. Succulent plant[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999.
谢维荪,徐民生.多浆花卉[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [2] Xie W S. The new range and classification of succulent plants[J]. China Flower & Penjing, 2012(6): 13-14.
谢维荪.多肉植物的新范围与新分类[J].中国花卉盆景, 2012(6): 13-14.

- [3] Wang X P, Lu X Y. Cultivation of succulent plants [J]. Guangxi Tropical Agriculture, 2008(6): 59-60.
王秀平, 陆晓燕. 多肉植物的栽培要点[J]. 广西热带农业, 2008(6): 59-60.
- [4] Chen C Z. An overview of the experimental technique of plant tissue culture and rapid propagation [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2016, 16(14): 56-58, 108.
陈长征. 植物组织培养脱毒快繁实验技术综述[J]. 安徽农业通报, 2016, 16(14): 56-58, 108.
- [5] Hao Z H, Gu R C, Huang J L, *et al.* Research progress on common succulents breeding technology [J]. Guangdong Sericulture, 2017, 51(4): 13-16.
郝志华, 顾偌铨, 黄洁兰, 等. 常见多肉植物繁育技术的研究进展[J]. 广东蚕业, 2017, 51(4): 13-16.
- [6] Wang Z S, Wang G D, Wang Y. Study on *in vitro* culture and rapid propagation in *Haworthia emelyae* var. *emelyae* V. Poelln 'Miracle' [J]. Genomics and Applied Biology, 2014, 33(6): 1329-1335.
王紫珊, 王广东, 王雁. 多肉植物白银寿'奇迹'的离体培养与快速繁殖[J]. 基因组学与应用生物学, 2014, 33(6): 1329-1335.
- [7] Wang Q, Zuo Z Y, Song X T, *et al.* Tissue culture and rapid propagation of *Haworthia emelyae* var. *majar* (G. G. Smith) M. B. Bayer [J]. Plant Physiology Communications, 2008, 44(1): 123-124.
王泉, 左志宇, 宋晓涛, 等. 百合科多肉植物美吉寿的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(1): 123-124.
- [8] Yang J, Yu A J, Zhou Y, *et al.* Study on *in vitro* rapid propagation of succulents twelve volume of flowers. [J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2017(2): 83-84.
杨娟, 俞爱军, 周燕, 等. 多肉植物十二卷花影寿离体快繁技术研究[J]. 上海农业科技, 2017(2): 83-84.
- [9] Su H, Zhong M, Xie M X, *et al.* Study on tissue culture of *Aloe barbadensis* Mill [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2003(3): 27-28.
苏海, 钟明, 谢梅新, 等. 库拉索芦荟组织培养技术研究[J]. 广东农业科学, 2003(3): 27-28.
- [10] Guo Y. Tissue culture and rapid propagation of *Haworthia kingiana* V. Poelln [J]. Journal of Green Science and Technology, 2017(19): 120-121.
郭艳. 帝王寿的组织培养与快速繁殖[J]. 绿色科技, 2017(19): 120-121.
- [11] Guo S H, Zhu Y X, Guan Y J. Key techniques for rapid propagation of *Haworthia cooperi* var. *pilfera* of Liliaceae [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(34): 85-89.
郭生虎, 朱永兴, 关雅静. 百合科十二卷属玉露的组培快繁关键技术研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(34): 85-89.
- [12] Huang S H, Xiao H Y, Hong Y P. Tissue culture and rapid propagation of *Haworthia cymbiformis* [J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2014, 30(5): 96-100.
黄素华, 肖惠匀, 洪燕萍. 水晶掌组织培养与快速繁殖[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2014, 30(5): 96-100.
- [13] Pan X F, Li R Z, Xie Y K, *et al.* Tissue culture of *Aloe vera* L. [J]. Natural Science Journal of Hainan University, 1995(1): 29-35.
潘学峰, 李任珠, 谢银坤, 等. 古巴芦荟的组织培养[J]. 海南大学学报(自然科学版), 1995(1): 29-35.
- [14] Huang L H, Wang Y S, Weng F F, *et al.* The establishment of system for induction of callus of Crassulaceae plants [J]. South China Agriculture, 2016, 10(25): 59-62.
黄利辉, 王艺胜, 翁飞凤, 等. 景天科多肉植物愈伤组织诱导体系的建立[J]. 南方农业, 2016, 10(25): 59-62.
- [15] Liu F, Tang Y H, Yuan Y M, *et al.* Tissue culture of *Sedum clavatum* [J]. Chinese Bulletin of Botany, 2016, 51(2): 251-256.
刘芳, 唐映红, 袁有美, 等. 多肉植物劳尔的组织培养[J]. 植物学报, 2016, 51(2): 251-256.
- [16] Hu Y H, Ma C X, Liang X L. Tissue culture and rapid propagation of *Sedum nicaeense* [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2014(2): 3-6.
胡颖慧, 马春祥, 梁孝莉. 松塔景天组织培养与快速繁殖的研究[J]. 中国林副特产, 2014(2): 3-6.
- [17] Wang Y H, Liu H M, Peng S M, *et al.* Study on the rapid breeding of the regenerated plants of *Rhodiola sachalinensis* [J]. Seed, 2016, 35(11): 128-130.
王跃华, 刘洪明, 彭世明, 等. 狭叶红景天再生植株的快速繁育研究[J]. 种子, 2016, 35(11): 128-130.
- [18] Liao J, Shi D X, Wang M L, *et al.* Callus induction and plantlet regeneration of *Senecio rowleyanus* Jacobson [J]. Plant Physiology Journal, 2005, 41(6): 797.
廖静, 石大兴, 王米力, 等. 翡翠珠的愈伤组织诱导和植株再生[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(6): 797.
- [19] Li J, Bai H, Cao Y. A study on the tissue culture technique in *Senecio rowleyanus* Jacobsen [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2008(2): 15-16.
李京, 白卉, 曹焱. 翡翠珠组织培养技术的研究[J]. 中国林副特产, 2008(2): 15-16.
- [20] Zheng H L, Song J, Liu Y, *et al.* Study on tissue culture and plant regeneration of *Metaplexis japonica* [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2009(1): 13-15.

- 郑宏丽, 宋佳, 刘羽, 等. 萝藦的组织培养与植株再生研究[J]. 湖南农业科学, 2009(1): 13-15.
- [21] Mou H J, Wang Y, Lv Y P, *et al.* Plantlet regeneration *in vitro* and rapid propagation of *Lithops* sp. [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2016, 44(33): 143-144, 181.
- 牟豪杰, 王燕, 吕永平, 等. 生石花植株离体再生及组培快繁研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(33): 143-144, 181.
- [22] Wu Z J, Huang X J, Wang B, *et al.* Tissue culture and rapid propagation of *Ophthalmophyllum friedrichiae* [J]. Plant Physiology Journal, 2015, 51(11): 2013-2016.
- 吴正景, 黄雪娇, 王柏, 等. 风铃玉的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学报, 2015, 51(11): 2013-2016.
- [23] Guan L X, Han D W, Xie Y G, *et al.* Research on tissue culture of four kinds of cactaceae plant [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2009(9): 34-36.
- 关丽霞, 韩德伟, 谢永刚, 等. 4种仙人掌科植物的组织培养研究[J]. 广东农业科学, 2009(9): 34-36.
- [24] Chu J F, Zheng Q, Xing H, *et al.* Tissue culture and rapid propagation of *Zygocactus truncatus* K. Schum. [J]. Plant Physiology Journal, 2006, 42(3): 471.
- 褚剑峰, 郑琪, 邢海, 等. 蟹爪兰的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2006, 42(3): 471.
- [25] Ni S, Liu F, Tian M L. Tissue culture and rapid propagation of *Nopalxochia ackermannii* Kunth [J]. Plant Physiology Journal, 2007, 43(1): 120.
- 倪苏, 刘帆, 田孟良. 令箭荷花的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(1): 120.
- [26] Kong D P, Wang Z C. Preliminary study on the tissue culture and rapid propagation of *Euphorbia milii* var. *splendens* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(15): 6208.
- 孔德平, 王增池. 虎刺梅的组织培养及快速繁殖初报[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(15): 6208.
- [27] Zhang Y. Tissue culture and rapid propagation of *Euphorbia milii* var. *splendens* [J]. Northern Horticulture, 2011(8): 156-158.
- 张燕. 大花虎刺梅的组培快繁技术[J]. 北方园艺, 2011(8): 156-158.
- [28] Liu C M, Zhang H. Study on tissue culture and rapid propagation of *Haworthia margaritifera* [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2012, 18(3): 32, 37.
- 刘春梅, 张红. 点纹十二卷的组培与快繁研究[J]. 安徽农学通报, 2012, 18(3): 32, 37.
- [29] Song Y. Culture and rapid propagation of *Haworthia cooperi* Baker [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2014(18): 164, 166.
- 宋扬. 冰灯玉露的组织培养与快速繁殖技术研究[J]. 现代农业科技, 2014(18): 164, 166.
- [30] Song X T, Shen M, Zuo Z Y, *et al.* Tissue culture and rapid propagation of *Haworthia mutica* var. *nigra* M. B. Bayer [J]. Plant Physiology Journal, 2007, 43(5): 883-884.
- 宋晓涛, 沈萌, 左志宇, 等. 十二卷属植物西山寿的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(5): 883-884.
- [31] Li Y, Hou K L. Study on the rapid propagation by tissue culture of succulent *Haworthia maughanii* [J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2017, 33(5): 17-18.
- 李媛, 侯可雷. 珍奇植物万象的组培快繁研究[J]. 中国园艺文摘, 2017, 33(5): 17-18.
- [32] Li Y, Yang J F, Zhang C C. Tissue culture and rapid propagation of *Agave attenuata* [J]. Plant Physiology Journal, 2003, 39(5): 474.
- 李勇, 杨建芬, 张朝成. 狐尾龙舌兰的组织培养和快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(5): 474.
- [33] Wei L J, Lv P. Tissue culture and rapid propagation of *Agave victoriae-reginae* T. Moore [J]. Plant Physiology Journal, 2008, 44(4): 747-748.
- 韦丽君, 吕平. 笹之雪的组织培养与快速繁殖[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(4): 747-748.
- [34] Huang X Y, Yan L, Mao L Y, *et al.* Research progress on tissue culture of domestic succulent [J]. Agricultural Research and Application, 2017(1): 45-48.
- 黄显雅, 严霖, 毛立彦, 等. 我国多肉植物组织培养研究现状概述[J]. 农业研究与应用, 2017(1): 45-48.
- [35] Li J. Study on the processing technology of *Rhodiola* composite fermented health wine[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2007.
- 李晶. 复合发酵型红景天保健酒生产工艺的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2007.
- [36] Lu X C, Shang Y, Shi M Q. Toxicity and selection of edible and medicinal *Aloe vera* [J]. Pharmacy and Clinics of Chinese Materia Medica, 2011, 2(5): 4-6.
- 卢训丛, 尚扬, 石孟琼. 食用和药用芦荟的毒性问题与品种选择[J]. 中药与临床, 2011, 2(5): 4-6.
- [37] Wang L Y. Quantification of the flavanoids in *Herba Sedi Linearis* and other two *Sedum* medicines and research on their antitumor activity[D]. Wuhan: South-Central University For Nationalities, 2013.
- 王璐瑶. 佛甲草等景天属植物药中黄酮类物质的抗肿瘤活性研究及含量测定[D]. 武汉: 中南民族大学, 2013.