

# 玉簪属植物生理生态学研究进展

徐庆祥 (辽宁省森林经营研究所, 辽宁丹东 118003)

**摘要** 综述了玉簪属植物对光照、水分、温度、养分、重金属胁迫 5 个方面的适应性, 并对玉簪属植物的科学研究提出了几点建议, 旨在为玉簪属植物栽培提供参考。

**关键词** 玉簪属; 生理生态; 研究进展; 耐阴性

**中图分类号** S682.1<sup>+</sup>9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)15-0006-03

## Research Progress of Physiological Ecology of *Hosta* Plants

XU Qing-xiang (Liaoning Institute of Forest Management, Dandong, Liaoning 118003)

**Abstract** The adaptability of genus *Hosta* in five aspects of light, moisture, temperature, nutrients and heavy metals stress were summarized. Some suggestions about scientific study of the genus *Hosta* were put forward.

**Key words** *Hosta*; Physiological ecology; Research progress; Shade tolerance

玉簪属(*Hosta* Tratt.) 植物为百合科多年生宿根草本, 在自然界中主要分布在亚洲的温带与亚热带地区, 包括日本、朝鲜半岛、中国及俄罗斯远东地区<sup>[1]</sup>。中国原产种主要有 3 个: 玉簪[*Hosta plantaginea* (Lam.) Aschers.], 主要分布在长江流域以南各省区; 紫萼[*Hosta ventricosa* (Salisb.) Stearn], 主要分布在秦岭以南各省区; 东北玉簪(*Hosta ensata* F. Maekawa), 主要分布在东北地区<sup>[1]</sup>。另外, 还有一些从国外引入的栽培种<sup>[1]</sup>。

玉簪属植物在观赏、药用、食用方面都有很高的应用价值。玉簪属植物种类丰富, 形态独特, 叶、花俱美, 花期较长, 在园林绿化应用中备受青睐, 可用作地被、林下植被、花径、盆栽观赏、切花等<sup>[2]</sup>。玉簪属植物为常用的中草药, 其花、叶、根均可入药, 主要含甙体、黄酮、生物碱、脂肪酸类等化学成分, 具有抗炎、抗肿瘤等药理活性<sup>[3]</sup>。民间偏方玉簪花粥以玉簪花等原料配制, 具有活血化瘀、养血育阴的功效。玉簪属植物中的某些种可作为蔬菜食用。东北玉簪, 俗称河白菜, 东北地区一些居民将其当作蔬菜食用。日本为玉簪属植物的原产地之一, 在其北部一些城市, 当地人把本地原产的圆叶玉簪(*Hosta sieboldiana* Hort.) 当作蔬菜进行栽培, 食用其嫩叶柄和嫩叶<sup>[4]</sup>。在我国玉簪属植物的人工栽培具有悠久的历史, 主要栽培种为白玉簪(玉簪)和紫萼。近现代以来, 由于投入和系统科学研究较少, 在玉簪属植物的引种驯化、种质资源创新方面, 我国已落后于日本及一些欧美国家。改革开放后, 特别是近几年来, 伴随着我国经济快速发展和城市化进程的加快, 市场对玉簪属植物的需求量越来越大, 我国对玉簪属植物的研究越来越多。玉簪属植物的栽培主要受其生理生态学特性的影响。笔者综述了玉簪属植物在光照、水分、温度、养分、重金属胁迫方面的适应性机理, 并对今后研究提出了建议。

## 1 玉簪属植物对光的适应性

玉簪属植物为典型的耐阴地被植物<sup>[4]</sup>。玉簪属植物喜阴凉, 忌强光直射, 宜生长于光线柔和的散射光下, 自然生长在林缘、林下及水溪边<sup>[4-5]</sup>。玉簪属植物用于园林绿化, 在全光的环境下生长也很常见。玉簪属植物适应光照强度的范围很广。玉簪属植物的耐阴性和对强光的适应性都是植物对环境条件适应的结果。了解玉簪属植物适应光环境的策略和机制, 对玉簪属等喜阴植物的优质栽培有重要意义<sup>[6]</sup>。

**1.1 玉簪属植物的耐阴性** 耐阴性是指植物能在弱光下继续生存的能力<sup>[7]</sup>。耐阴植物是指在光照条件好的地方生长好, 但也能耐受适当的荫蔽, 或者在生育期间需要较轻度遮阴的植物<sup>[8]</sup>。耐阴植物对光的需要介于阳生和阴生植物之间, 它们所需的最小光量为全光照的 1/15 ~ 1/6<sup>[9]</sup>。它们在形态和生理功能上的可塑性很大, 也介于上述 2 种类型之间。植物的光补偿点、光饱和点, 以及叶绿素含量、叶绿素 a/b 值是衡量植物耐阴性的指标, 植物的表皮特征以及叶片解剖结构与耐阴性关系密切<sup>[7]</sup>。气孔密度与植物光合作用和耐阴性无关<sup>[7]</sup>。

野生玉簪属植物多生长在林下、林缘、水溪边等光线较暗的环境中, 具有良好的耐阴性。受强阳光直射时间过长, 会使其叶绿素被破坏, 叶片发黄, 叶缘干焦。玉簪属植物的耐阴性与其光合器官的结构和光合特性密不可分。

玉簪属植物具有典型阴生植物的特征, 叶表面光滑无毛; 叶绿素含量较高, 而叶绿素 a/b 值较低, 具有较强的光合活性; 光补偿点和光饱和点较低; 上下表皮气孔密度及比率显著低于阴生草本的平均水平; 自然状态下净光合速率普遍较低, 净光合速率日变化大多表现为单峰型<sup>[7,10]</sup>。在适度遮阴条件下玉簪属植物的净光合速率比全光下显著增强, 干物质积累速度加快, 全光或过度遮阴(>50%)都不能达到其最大净光合速率<sup>[7,11]</sup>。从严格意义上讲, 大多数玉簪属植物既不属于阳生植物, 也不属于阴生植物, 而属于较强耐阴植物。

适度遮阴条件相较全光条件, 可以提高玉簪属植物的叶绿素 a + b 含量, 降低叶绿素 a/b 值, 提高其净光合速率<sup>[10]</sup>。李金鹏<sup>[10]</sup>研究表明, 随着遮阴程度的增加, 3 种彩叶玉簪叶

**基金项目** 国家科技支撑计划项目(2012BAD22B0403); 辽宁省农业攻关及成果产业化项目(201404202)。

**作者简介** 徐庆祥(1981—), 男, 河北保定人, 工程师, 硕士, 从事森林培育、森林经营、森林生态等研究。

**收稿日期** 2017-05-05

绿素 a + b 含量均呈显著增加趋势,其中金头饰玉簪 (*Hosta* 'Golden Tiara') 在遮阴 70% 处理、金鹰玉簪 (*Hosta* 'Gold Edger') 和黄金叶玉簪 (*Hosta* Sieboldiana 'Gold') 在遮阴 90% 时达到最大值,而叶绿素 a/b 值则相反;3 种彩叶玉簪的叶绿素 a/b 均小于 2.3,其变化符合耐阴植物叶绿素含量变化规律,它们对阴生环境有较强的适应能力,为较强耐阴植物。

玉簪属植物在弱光条件下,形态结构会慢慢发生改变,可塑性很强。植物的叶片是光合作用的主要器官,叶片形态适应光照的策略为扩展叶片增大面积或收拢(下垂),叶片变薄和变厚等<sup>[7]</sup>。适宜的遮阴处理能增加玉簪的叶片长、叶片宽及植株高度,并使植株生物量增加<sup>[10]</sup>。施爱萍<sup>[7]</sup>对 4 个玉簪品种在全日照的 5%、30%、50%、100% 条件下的光合器官结构和组成变化、光合特性以及生长状况进行了研究。结果表明,叶绿素含量随光强的减弱而增加,而叶绿素 a/b 值随遮阴强度增大而降低;气孔多数分布在下表皮,气孔密度也随光强的变化而变化,30% 光强下最小,5% 光强下最大,但植物光合作用随气孔密度变化无显著变化,植物的耐阴性与气孔密度无关;叶片在 30% 光强下最厚;生物量增量随遮阴程度的加深而下降,说明玉簪属植物耐阴但不喜强阴,遮阴超过 50% 后,其物质积累速度会变慢<sup>[7,11]</sup>。

不同种类的玉簪属植物的叶绿素含量不同,净光合速率不同,耐阴性也不同。叶片颜色在一定程度上能反映该植物的光合特性。施爱萍<sup>[7]</sup>通过对林下生长环境下 4 种玉簪属植物的研究表明,不同颜色类型玉簪的叶绿素含量表现为黄叶 < 花叶 < 绿叶 ≈ 灰叶,叶绿素 a/b 值与叶绿素含量相反,叶片上下表皮气孔密度大小顺序与叶绿素含量相同,净光合速率大小表现为黄叶 > 花叶 > 绿叶 > 灰叶,表明灰叶类型玉簪的耐阴性最强,黄叶类型最弱。

**1.2 玉簪属植物对强光的适应性** 玉簪属植物虽为在林下生长的耐阴地被植物,但其在全日照条件下也能正常生长,叶片发育形成适应强光的形态特征;与遮阴处理相比,强光下生长的玉簪光合速率和叶绿素含量较低,但 2 种处理叶片最大光化学效率差异不大,强光下植株可以正常生长且光合机构未发生严重的光抑制。

多数玉簪属植物在全日照或近全日照的强光条件下仍然生长良好,不被强光灼伤,与其存在“光合午休”现象有关。玉簪属植物的光饱和点和光补偿点均较低,因而在全光(或较强光照)条件下,其光合有效速率日变化呈“双峰”型曲线,即“光合午休”现象。玉簪属植物表现出栽培 C<sub>3</sub> 型植物的典型特征。李金鹏<sup>[10]</sup>研究了 3 种彩叶玉簪对光的适应性。结果表明,3 种玉簪在全光条件下的光合有效速率日变化呈“双峰”型曲线,高峰和次峰分别出现在 10:00 和 16:00 左右,均有明显光合“午休”的现象,该现象是非气孔限制因素导致的。3 种彩叶玉簪的光饱和点在 776.24 ~ 802.580 μmol/(m<sup>2</sup>·s),光补偿点 17.50 ~ 19.68 μmol/(m<sup>2</sup>·s),均表现出栽培 C<sub>3</sub> 型植物的典型特征<sup>[10]</sup>。

不同的玉簪属植物种适应强光的能力有差异<sup>[7,10]</sup>。东

北玉簪比紫萼强光耐受性更强<sup>[4]</sup>。金头饰玉簪对光环境适应性相对较宽,而黄金叶玉簪和金鹰玉簪对环境要求相对苛刻<sup>[10]</sup>。

在全日照下萌发、生长的玉簪属植物植株会逐渐形成适应强光的形态特征和对应的生理功能。但是当环境光强骤然提高并超过其生长光强时很容易诱导其光合机构发生严重的光抑制<sup>[6]</sup>。若将遮阴处生长的植株转移到全日照下,其光合速率和最大光化学效率急剧下降;荧光诱导动力学曲线发生明显改变,而且光系统 II 供体侧和受体侧荧光产量的变化幅度分别达到 24.3% 和 34.2%,表明玉簪由弱光转入强光后光系统 II 发生不可逆失活,且受体侧受到的伤害较供体侧更严重<sup>[6]</sup>。

## 2 玉簪属植物对水分的适应性

玉簪属植物为浅根性地被草本,根系较浅,分布最深不超过 40 cm,耐旱能力远逊于木本植物<sup>[4]</sup>。大多数玉簪属植物喜潮湿,生长季节每周平均 25 ~ 30 mm 的降雨量可使其正常生长<sup>[12]</sup>。

**2.1 玉簪属植物的耐水湿性** 玉簪属植物多耐水湿,不同种之间耐水湿性存在差异。李博<sup>[12]</sup>研究了 5 种玉簪对于水分胁迫的适应性,“山中脊”(*Hosta*. 'Middle Ridge') 和“金标”(*Hosta*. 'Gold Standard') 耐水湿性强于白花玉簪和东北玉簪,白花玉簪和东北玉簪无法适应高湿环境,在淹水胁迫下生长会停滞,根系褐变腐烂,叶片逐渐失绿,开花异常。适当地施用氮肥可提高水分利用效率<sup>[12]</sup>。玉簪属植物耐水湿性的机理有待进一步研究。

**2.2 玉簪属植物对干旱的适应性** 干旱胁迫会使植物外部形态、内源激素、叶片光合作用等受到多方面的影响。短期轻度干旱会使植物叶片水势降低、气孔关闭,CO<sub>2</sub> 摄取与光合作用降低;长期严重干旱则会抑制植物生长发育,引起外部形态和生物量变化,甚至导致植物死亡<sup>[13-14]</sup>。

玉簪属植物自然生长在林下,具有一定的抗旱性。玉簪属植物不同种之间抗旱性存在差异。干旱胁迫会导致玉簪叶片的相对含水量、叶绿素含量、细胞质膜透性、水分饱和亏、脯氨酸等发生变化,依据这些指标可将玉簪分成不同的抗旱类型,如:白花玉簪属于强抗旱型;“金标”属于中抗型;“金冠”(*Hosta*. 'Golden Tiara') 和东北玉簪属于弱抗型;“山中脊”为不抗旱型<sup>[10]</sup>。紫玉簪 [*Hosta albo-marginata* (Hook.) Ohw] 作为园林绿化花卉品种,与其他种宿根花卉相比,紫玉簪的抗旱性弱于短茎鸢尾 (*Iris brevicaulis*),但比金娃娃萱草 (*Hemerocallis fulva* Stella deora) 和秋菊贵妃红 (*Den-dranthemz morifolium* Guifeihong) 要强<sup>[15]</sup>。东北玉簪的抗旱能力比紫萼要强<sup>[4]</sup>。

明确玉簪属植物抗旱性的生理机制,是提高玉簪属植物水分利用效率、实行节水栽培首先要解决的问题<sup>[4]</sup>。短期干旱胁迫后复水能够恢复或部分恢复干旱所造成的损失,既保证了植物的生长发育需要又做到了节水,成为近年研究的一个热点<sup>[4]</sup>。张金政<sup>[4]</sup>对东北玉簪和紫萼的干旱胁迫及复水研究表明,干旱胁迫处理能够降低或显著降低 2 种玉簪的

净光合速率、气孔导度、蒸腾速率,降低或升高胞间  $\text{CO}_2$  浓度;降低或显著降低光系统 II 最大光能转化效率、光适应下光系统 II 最大光能转化效率、光系统 II 电子传递量子效率和光化学猝灭系数,显著提高非光化学猝灭系数。干旱胁迫的程度和时间在不超过允许阈值的情况下,复水一段时间后,玉簪的各生理指标能够得到不同程度的恢复,否则会造成光合细胞器的不可逆损伤,即使复水后也无法恢复<sup>[4]</sup>。

### 3 玉簪属植物对温度的适应性

**3.1 玉簪属植物的耐寒性** 低温伤害是自然界植物分布和引种的主要限制因子<sup>[5]</sup>。低温尤其是寒害损伤植物的正常机能,导致植物生长不良甚至死亡。植物的抗寒性是指植物在对低温寒冷环境的长期适应过程中通过本身的遗传变异和自然选择而获得的一种抵御寒冷的能力<sup>[5]</sup>。影响和评价植物抗寒性的重要指标有可溶性蛋白质含量、超氧化物歧化酶活性、相对电导率及半致死温度等<sup>[16-17]</sup>。植物的抗寒性与其体内可溶性蛋白质含量有关,可溶性蛋白质含量在低温胁迫下会增加,因而增强了细胞的保水能力<sup>[17]</sup>。氧化酶作为保护酶,其含量多少与植物的抗逆性正相关,低温胁迫促使它与活体氧和自由基发生超氧化歧化反应,从而对膜的稳定起保护作用<sup>[17]</sup>。抗寒性越强的植物,体内酶的活性越高<sup>[17]</sup>。外界环境首先作用于细胞膜,其透性对植物的抗逆性非常重要<sup>[16]</sup>。植物受低温胁迫严重时,质膜由液晶态转变为凝胶态,膜透性变大,原生质流动变慢,出现代谢紊乱<sup>[5]</sup>。电解质渗出率,即相对电导率,是反映细胞膜透性的主要指标,因而可作为判定植物抗寒性大小的依据。

玉簪属植物中的某些种可适应中温带寒冷的冬季,抗寒能力较强。东北玉簪主要自然分布在我国吉林省和辽宁省,具有较强的抗寒能力。高志慧<sup>[5]</sup>对玉簪属植物耐寒性的生理机制进行了初步研究,随着环境温度的降低和时间的延长,5种玉簪根系的可溶性蛋白质、可溶性糖和丙二醛含量均呈先增加后减少的趋势,但变化的幅度存在差异。玉簪根系中游离脯氨酸含量不断增加,但游离脯氨酸变化与温度以及处理时间长短不存在明显的相关性。依据低温胁迫后玉簪生长恢复的成活率的差异,可对5种玉簪的抗寒性进行排序:东北玉簪>“山中脊”玉簪>“金标”玉簪>“金冠”玉簪>白花玉簪。玉簪的抗寒性明显比鸢尾(*Iris* spp.)、萱草(*Heimerocallis fulva*)、白花三叶草(*Trifolium repens*)要强<sup>[17]</sup>。研究玉簪属植物的抗寒性,对其在我国北方园林绿化中的应用有重要意义。

**3.2 玉簪属植物对高温的适应性** 玉簪属植物自然分布范围最南可至亚热带,具有一定的耐热性。白玉簪(玉簪)是自然地理分布纬度最低的种,耐高温性最好。

电导率、自由水/束缚水、脯氨酸含量、抗氧化酶活性、可溶性酶活性、可溶性蛋白活性可作为玉簪属植物及其他园林植物品种耐热性筛选的指标<sup>[18]</sup>。莫健彬等<sup>[18]</sup>研究表明,6个不同耐热性玉簪品种的耐热性与高温条件下电导率和自由水/束缚水比值的上升幅度呈负相关关系,与脯氨酸含量、抗氧化酶活性、可溶性蛋白含量的变化程度呈正相关关系。

### 4 玉簪属植物的矿质营养

养分供应量和供给方式的差异可改变植物光合器官的结构和功能,进而对植物的物质构成、外部形态和生活习性产生影响。施肥会影响玉簪属植物对光照的适应能力,栽培玉簪品种施用氮肥可提高其光合有效速率<sup>[10,19]</sup>。

适量供给控释氮肥可提高玉簪属植物叶片的净光合速率,以及气孔导度、蒸腾速率、光系统 II 最大光能转化效率、光系统 II 光化学与非光化学量子产量最大比率、光系统 II 电子传递量子效率和光化学猝灭系数,并且显著降低胞间  $\text{CO}_2$  浓度和非光化学猝灭系数,最终增加干物质的积累<sup>[4]</sup>。究其原因可能是叶片在较长生长期中气孔和非气孔状况得以改善的缘故<sup>[4]</sup>。过量施用氮肥,可使玉簪属植物的叶绿素含量发生变化,叶的颜色发生改变<sup>[4]</sup>。对嵌合体“金旗”玉簪(*Hosta* ‘Gold Standard’)过量施用氮肥一定时间后,叶片的全氮含量、硝酸还原酶活性、谷氨酸脱氢酶活性、谷氨酰胺合成酶活性逐渐达到最大值<sup>[4]</sup>。叶绿素的含量与谷氨酰胺酶活性的高低正相关。氮素和光照对玉簪属植物生长发育的影响存在互作<sup>[10,20]</sup>。

通过控释养分以及养分与光照的互作等来影响植物的外部形态,对于提高玉簪属植物的园林应用和种质创新能力具有重要意义<sup>[4]</sup>。

### 5 重金属胁迫对玉簪属植物生理生长的影响

大部分植物对重金属胁迫均有一定的忍耐性,但如果胁迫程度超过该植物的允许阈值,就会对植物的正常生长产生危害,严重时可导致植物死亡<sup>[21-22]</sup>。

玉簪属植物受重金属胁迫超过一定限度时,会引起生理中毒现象。高浓度重金属铬、铜胁迫使甜心玉簪(*Hosta* × *Hybrida* ‘So Sweet’)和紫萼的外部形态发生变化,表现为:老叶的叶尖部出现褪绿、枯黄,叶面出现枯斑,花期花萼易倒伏;叶片的光合作用受到抑制,净光合速率、气孔导度和蒸腾速率下降,干物质积累速率变慢;2种玉簪对铬、铜的吸收与积累的主要器官是根部;甜心玉簪对铬、铜胁迫耐受性比紫萼强<sup>[23]</sup>。过氧化氢酶、超氧化物歧化酶、过氧化物酶、丙二醛是对产生重金属毒害相对敏感的一些指标<sup>[23-24]</sup>。

### 6 对玉簪属植物研究的几点建议

虽然我国玉簪属植物栽培历史悠久,但是对玉簪属植物进行系统科学研究的时间还不长,20世纪80年代中期始见有相关报道,进入21世纪之后,伴随着经济社会发展和市场需求,对玉簪属植物的研究越来越多。目前,玉簪属植物在我国园林绿化中的应用仍以白玉簪(玉簪)和紫萼为主,玉簪属植物的引种栽培研究虽取得了一些初步成果,但水平还比较低,仍处于探索阶段<sup>[4]</sup>。建议今后对玉簪属植物的研究关注以下几个方面:①对我国原生种质资源进行调查、收集、保存和分类评价,加大对原生种和其变种的开发力度,大力发掘本土玉簪属种质资源作为园林地被和盆栽观赏材料的潜力<sup>[25]</sup>。②通过引进国外品种,采用生物育种技术培育新品种等,充实国内玉簪属的品种资源<sup>[25]</sup>。③深入研究外界环

光照和湿度监测进行定位观察。③一些研究表明,人工除草对水蕨的生长具有积极意义<sup>[12-13]</sup>,这可能与减少周边竞争物种直接相关;在保护同生态类型的湿地草本植物中华水韭(*Isoetes sinensis*)时,也采用去除竞争力强的物种的方法<sup>[14]</sup>,整体上应该不需担心破坏微生境。因此,在该群落中可拔除草龙、水竹叶、革命菜等容易去除的种类,促进水蕨种群的增长。④保障群落的次生湿地状态。陈庆山<sup>[15]</sup>研究表明,水蕨适合用湿润的水稻土是最适宜的孢子萌发和生长的基质,常年积水区域更是该物种的主要生境<sup>[16-17]</sup>,该群落较为靠近人工湖以及湖边的黄槿群落,建议禁止对该区域进行园林开发,避免改造周边地形,保障该区域的次生湿地状态。

**4.2 公园对城市生态系统中珍稀濒危种的保育和科普宣传具有重要意义** 水蕨种群受到耕作、旅游活动和放牧等人为活动的影响<sup>[1-2,5]</sup>,而该群落的发现显示城市建设也是水蕨种群生存的重要影响因素之一。在城市建设中,公园对城市生态系统中物种多样性的维护起到重要作用,包括形成多个生态斑块和生态廊道等<sup>[18]</sup>;同时,公园也对珍稀濒危植物的保育起到重要作用,除水蕨外,在笔架山公园中也保育许多樟树(*Cinnamomum camphora*)。建议加强城市公园的生态调查,摸清公园在城市化生态系统中珍稀濒危种保育的作用,同时也结合该群落的具体分布,加强对其保育和科普宣传工作,树立警示牌,防止游人的无意践踏。

#### 参考文献

[1] 董元火,王青锋. 中国濒危水生蕨类植物研究进展[J]. 武汉大学学报

(理学版),2011,57(4):335-342.

- [2] 董元火,王青锋. 水蕨的生境及其遗传多样性分析[J]. 武汉大学学报(理学版),2007,53(2):224-230.
- [3] 李焯,陈锡沐,李镇魁,等. 深圳市重要药用植物资源调查[J]. 中国野生植物资源,2001,20(4):26-30.
- [4] 董元火,曾长立,吴翠. 新记录的水蕨种群特征和群落的物种多样性[J]. 生态环境,2008,17(3):1074-1076.
- [5] 吴翠. 水蕨濒危机制的生态学研究[D]. 武汉:武汉大学,2005.
- [6] 董元火. 李时珍故里的水蕨群落结构基本特征[J]. 安徽农业科学,2009,37(15):7119.
- [7] 董元火. 杭州西湖水蕨种群的生境特征和群落基本结构[J]. 湖北农业科学,2012,51(23):5381-5383.
- [8] 董元火,吴翠. 濒危水生植物水蕨在湖北分布的新记录[J]. 湖北林业科技,2007(6):6.
- [9] 杨逢春. 水蕨的栽培[J]. 中国花卉园艺,2011(2):28-29.
- [10] 陈蔚辉,刘俊祥. 生态因子对水蕨生长的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2009,35(5):493-496.
- [11] 孙鑫,朱旋,张莹,等. 光照强度对水蕨孢子萌发及配子体性别分化的影响[J]. 植物研究,2010,30(2):170-173.
- [12] 郭忠海,陈贤兴,季来晓,等. 水蕨——温州新发现的国家二级重点保护野生植物[J]. 安徽农业科学,2007,35(35):11444.
- [13] 黄碧光,陈庆山,林文雄. 水蕨的农田生境调查和人工繁育探索[J]. 中国生态农业学报,2012,20(6):810-812.
- [14] 方建新,张慧冲,胡长玉. 极濒危植物中华水韭屯溪居群调查研究报告[J]. 生物学报,2010,27(3):56-58.
- [15] 陈庆山. 水蕨的生物学特性观察和人工繁育探索[D]. 福州:福建农林大学,2013.
- [16] 吴兆洪,秦仁昌. 中国蕨类植物科属志[M]. 北京:科学出版社,1991:20-21.
- [17] 朱晓芸,田如男. 江苏省珍稀濒危保护植物资源及其园林应用前景[J]. 中国野生植物资源,2014,33(2):56-61.
- [18] YE Y H, LIN S S, WU J, et al. Effect of rapid urbanization on plant species diversity in municipal parks, in a new Chinese city: Shenzhen [J]. Acta ecologica sinica, 2012, 32(5): 221-226.

(上接第8页)

境(栽培条件:光照、肥料、水分等)对其外部形态的影响机理,研究新的栽培技术和方法。④除研究玉簪属植物的观赏价值外,建议充分发掘玉簪属植物作为山野菜的属性,增加对玉簪属植物可食种类、营养价值的研究,开发玉簪蔬菜栽培技术,使玉簪属植物早日进入老百姓的菜篮子。⑤加大玉簪属植物药用价值的研究,研究玉簪绿色保药性栽培方法。⑥研究玉簪属植物林下栽植技术方法,制定详细技术规程,使林下种植玉簪成为集体林权制度改革后林区经济新的增长点。⑦研究玉簪属植物产品深加工技术,提高附加值。

#### 参考文献

- [1] 唐进,汪发缙. 中国植物志:第14卷[M]. 北京:科学出版社,1980:49.
- [2] 代慧,方炎明,黄利斌,等. 玉簪属植物研究概况与展望[J]. 江苏林业科技,2014,41(3):37-41.
- [3] 薛培凤,张金花,解红霞,等. 玉簪属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药材,2011,34(4):647-651.
- [4] 张金政. 栽培条件对玉簪属植物生长和光合作用的影响研究[D]. 长春:吉林农业大学,2013.
- [5] 高志慧. 引种玉簪(*Hosta*)抗寒性及组培快繁研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008.
- [6] 李志真,刘东焕,赵世伟,等. 环境强光诱导玉簪叶片光抑制的机制[J]. 植物生态学报,2014,38(7):720-728.
- [7] 施爱萍. 玉簪属植物的耐阴性研究[D]. 北京:北京林业大学,2004.
- [8] 《环境科学大辞典》编委会. 环境科学大辞典[M]. 修订版. 北京:中国环境科学出版社,2008:451.
- [9] 周云龙. 植物生物学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2004:491.

- [10] 李金鹏. 3种彩叶玉簪光适应性及光氮互作效应的研究[D]. 长春:吉林农业大学,2012.
- [11] 施爱萍,张金政,张启翔,等. 不同遮荫水平下4个玉簪品种的生长性状分析[J]. 植物研究,2004,24(4):486-490.
- [12] 李博. 几种玉簪的水分胁迫耐受性研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008.
- [13] 关义新,戴俊英,林艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. 植物生理学通讯,1995,31(4):293-297.
- [14] 姚庆群,谢贵水. 干旱胁迫下光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 热带农业科学,2005,25(4):80-85.
- [15] 李涛,王飞,卢艳,等. 4种宿根花卉在自然失水胁迫下的生理变化与抗旱性关系[J]. 西北农业学报,2010,19(10):146-151.
- [16] 李美茹,刘鸿先,王以柔. 植物细胞中的抗寒物质及其与植物抗冷性的关系[J]. 植物生理学通讯,1995,31(5):328-334.
- [17] 许卉,赵丽萍,陈莉. 6种宿根花卉抗寒性比较研究[J]. 北方园艺,2007(6):140-142.
- [18] 莫健彬,陈必胜,黄梅,等. 高温对玉簪品种部分生理指标的影响研究[J]. 种子,2007,26(5):48-51.
- [19] 张金政,周美英,李晓东,等. 氮素水平与光强互作“蓝伞”玉簪生长和光合特性的影响[J]. 园艺学报,2007,34(6):1497-1502.
- [20] 周美英. 光氮互作对玉簪属植物光合特性和生长影响的研究[D]. 重庆:西南大学,2007.
- [21] 江行玉,赵可夫. 植物重金属伤害及其抗性机理[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(1):92-99.
- [22] 王艳,王莹,刘兵,等. 蓝莓的生理生态学研究进展[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版),2015(2):122-124.
- [23] 顾艾博. 铬、铜胁迫对2种玉簪生长及生理特性的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2014.
- [24] 刘筱,易守理,高素萍. 铅胁迫对紫萼玉簪幼苗SOD,POD和CAT活性的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(14):8244-8246.
- [25] 李钱鱼,夏宜平. 玉簪属植物种质资源及其园林应用现状[J]. 中国园林,2004,20(2):77-79.