



引用格式: 容鑫林, 周忠泽. 苦草属植物雄花果实种子显微结构研究[J]. 西北植物学报, 2024, 44(1): 0122-0126. [RONG X L, ZHOU Z Z. Analysis of the microstructures of the male flowers, fruits, and seeds of *Vallisneria* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2024, 44(1): 0122-0126.] DOI: 10.7606/j.issn.1000-4025.20230351

苦草属植物雄花果实种子显微结构研究

容鑫林, 周忠泽*

(安徽大学 资源与环境工程学院, 合肥 230601)

摘要 【目的】苦草属植物外部形态相似, 叶线形或带形, 野外难以直接鉴定到种, 而雄花雄蕊数目、果实和种子的显微结构是苦草属(*Vallisneria*)植物物种的鉴别性特征之一。苦草属物种的雄花小, 仅有 1.5 mm, 人工解剖雄花观察方法难以实现雄花雄蕊数目的识别。【方法】采用雄株雄佛焰苞水培预培养技术获取自然开放的雄花, 并利用解剖学显微镜对 3 种苦草属植物雄花、果实和种子进行解剖观察和研究。【结果】苦草(*V. natans*)雄蕊 1 枚, 果实圆柱形, 表面光滑, 种子无翅, 具纵条纹; 刺苦草(*V. spinulosa*)雄蕊 2 枚, 果实三棱形, 棱上具刺, 种子具翅; 密刺苦草(*V. denseserrulata*)雄蕊 2 枚, 果实三棱圆柱形, 表面光滑, 种子无翅。【结论】密刺苦草、刺苦草、长梗苦草(*V. longipedunculata*)和安徽苦草(*V. anhuiensis*)是安徽苦草属新分布记录种, 其中长梗苦草和安徽苦草是分布于安徽的新种。

关键词 水培; 显微结构; 苦草属; 新分布; 安徽

中图分类号 Q944.55 **文献标志码** A

Analysis of the microstructures of the male flowers, fruits, and seeds of *Vallisneria*

RONG Xinlin, ZHOU Zhongze*

(School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract [Objective] Plants in the *Vallisneria* genus have similar external morphologies, with linear or strap-shaped leaves, making it difficult to identify species in fields. Stamen numbers of the male flowers are one of the distinguishing characteristics of species in *Vallisneria* Linn. The male flowers of *Vallisneria* species are small, measuring only 1.5 mm. However, identifying the number of stamens in male flowers by manual dissection and observation methods can be challenging. [Methods] This study utilized a hydroponic pre-culture method with male plants and male flower primordia of *Vallisneria* to obtain naturally opened male flowers. Anatomical observations of the male flowers, fruits, and seeds of three *Vallisneria* species were conducted using anatomical microscopes. [Results] Microscopic observations revealed that there was one stamen in male flowers of *V. natans*. The fruits were cylindrical in shape with a smooth surface, and the seeds were wingless with longitudinal stripes. In *V. spinulosa*, there were two stamens in male flowers. The fruits were triangular in shape with spines along the edges, and the seeds had wings.

收稿日期: 2023-06-03; 修改稿收到日期: 2023-10-17

基金项目: 2020 年安徽省科技重大专项“基于微纳米曝气、高效微生物与水生植物联合的重度污染水体生态修复关键技术研发及应用”(202003a07020014)

作者简介: 容鑫林(1996—), 男, 硕士研究生, 主要从事生物资源保护利用研究。E-mail: 1396919031@qq.com

* 通信作者: 周忠泽, 博士, 教授, 主要从事植物生态学。E-mail: zhzz@ahu.edu.cn

In *V. denseserrulata*, there were two stamens in male flowers. The fruits were cylindrical with three edges and smooth surface, and the seeds were wingless. [Conclusion] *V. denseserrulata*, *V. spinulosa*, *V. longipedunculata*, and *V. anhuiensis* were reported as new distribution records of *Vallisneria* Linn. in Anhui Province, China, where *V. longipedunculata* and *V. anhuiensis* are new species found in Anhui. **Key words** hydroponic cultivation; microstructure; *Vallisneria* Linn.; new distribution; Anhui

植物的结构和功能是高度统一的,探明植物各部分的结构是研究其功能的第一步^[1]。苦草属植物在中国分布广泛,是长江中下游常见的沉水植物优势种,是鱼类的良好的饵料,对水质的净化具有很重要的作用^[2]。因此,对苦草属植物的深入研究不仅有助于我们更好地了解中国水域生态系统的生物多样性,还有助于保护和管理这一重要资源。据《中国植物志》记载中国有苦草、刺苦草和密刺苦草 3 个种^[3]。沈显生发表了分布于安徽的 2 个新种,分别是长梗苦草^[4]和安徽苦草^[5],因此,中国苦草属有 5 种。《安徽植物志》记载苦草属仅有 1 种,即苦草^[6]。

野外调查发现,由于该属物种外部形态相似,植物体在营养生长期,通过根状茎进行克隆繁殖,每年秋季根状茎顶端膨大成越冬块茎,叶线形或带形,叶缘具锯齿或刺^[7];在生殖生长时,均为雌雄异株,雄佛焰苞内产生极多具短柄的雄花,雌株花梗细长,螺旋形,野外仅通过外部形态来分辨苦草属的 5 个物种是比较困难的^[8]。

据《中国植物志》报道,在开花时,其雄花雄蕊数目是该属物种的鉴别性特征之一。然而由于苦草属物种的雄花均很小,仅有 1.5 mm,采用传统形态学人工解剖雄花观察方法,在解剖学显微镜下用解剖针拨开苦草雄佛焰苞挑出雄花^[9],解剖针难以准确打开雄花萼片,同时也容易捣烂雄花,因此,很难实现雄花雄蕊数目的识别。野外观察时发现,苦草属植物属于典型的水媒植物,成熟时雄佛焰苞打开,雄花浮于水面,花萼开放,露出雄蕊,并聚集在一起,随风飘到成熟的雌花柱头边完成传粉和受精^[10]。根据这一特性,本研究采集饱满的雄佛焰苞水培预培养技术,获取自然开放的雄花,置解剖学显微镜下观察并拍照,成功获得雄花结构图解。

此外,苦草属植物果实和种子的显微结构也是该属物种分类的重要依据^[11]。本研究在雄花水培预培养技术基础上,采用解剖学显微镜系统观察苦草、刺苦草和密刺苦草的雄花果实种子的显微结构,探讨其分类学意义^[12]。通过研究,期望为苦草属植物的分类和鉴别提供更为准确和可靠的方法,同时

增进对这一重要植物群体的了解。这将有助于更好地保护和管理这些植物资源,维护水生生态系统的稳定性,以及促进生物多样性的研究和保护。

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料为苦草属的 3 个种,即苦草、刺苦草和密刺苦草,其中苦草取自安徽大学校园研究基地,刺苦草和密刺苦草取自安徽大学枞阳周潭苦草种源基地。

2016 年刺苦草引种于安徽淮南焦岗湖国家湿地公园,采集其实生苗栽培于枞阳周潭安徽大学苦草种源基地。2016 年密刺苦草引种于安徽池州秋浦河国家湿地公园,采集其实生苗栽培于枞阳周潭安徽大学苦草种源基地。于 2021 年 3 月 24 日在安徽大学校园的琵琶湖采用撒播苦草种子的方法构建苦草研究基地。

1.2 雄花水培预培养方法

取 1 个 1 000 mL 烧杯,在烧杯底部平铺厚 3 cm 苦草采样地的底泥,加入自来水,保持在 900 mL 左右。采集 3 棵雄花即将成熟雄株,割除植株叶片顶端部分,仅留下 10 cm 左右,将植株栽培于烧杯内的底泥中。

烧杯贴上标签纸,放入恒温培养箱(试验采用 Bule pard MGC-250)预培养,控制温度为 18 ℃,光照周期为 16 h 的光照,8 h 的黑暗,光照强度为 1 000~2 000 lx。

1.3 显微观察方法

待成熟的雄花浮于水面聚集成一层,此时,雄花自然开放,花萼打开,雄蕊露出,是观察雄蕊数量的最佳时期。用载玻片捞取水面上聚集的雄花,置 OLYMPUS SZX7 解剖学显微镜下观察雄蕊的数量,拍照并记录。

选取苦草属植物成熟饱满的果实,用超纯水清洗干净,将整个苦草属果实放在载玻片上,置 OLYMPUS SZX7 解剖学显微镜下观察其果实的整体形态、果实上面着生的刺,然后用双层刀片进行徒手切片获取果实横切片,选取一薄切片,置 OLYM-

PUS SZX7 解剖学显微镜下观察果实横切面形态、果实表面刺和果实内部种子表面翅的分布状况,拍照并记录。

用解剖针将果实的果皮剥开,挑出里面的种子置于载玻片上,置 OLYMPUS SZX7 解剖学显微镜观察其种子形态、有无翅膜和纵条纹情况,拍照并记录。

2 结果与分析

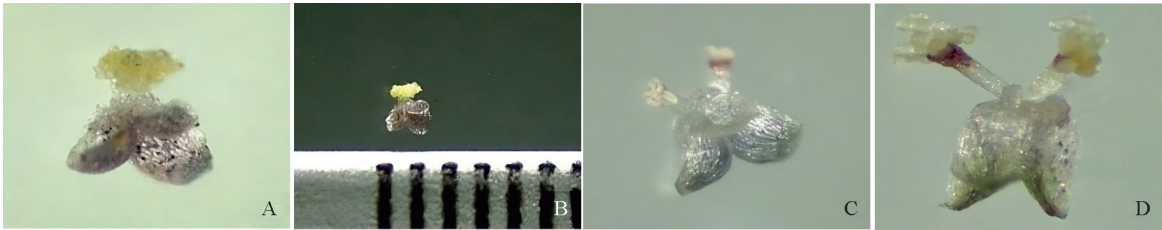
2.1 雄花显微结构

3 种苦草的雄花经上述步骤培养后,置 OLYMPUS SZX7 解剖学显微镜下观察,均可观察到清晰的雄花结构,其中苦草雄花萼片 3,大小不等,两片

较大,雄蕊 1,花丝基部具毛状凸起和部分枚膜状体,萼片呈红紫色,花丝先端 2 裂,部分花丝先端不分裂(图 1,A、B)。刺苦草萼片 3,大小不等,2 片较大,雄蕊 2,向上斜展,花丝基部无毛,花粉粒白色,球形,无萌发孔(图 1,C)。密刺苦草萼片 3,反卷,大小雄蕊 2 枚,花丝顶端呈紫色,花丝基部光滑,具 1 枚退化雄蕊(图 1,D)。

2.2 果实显微结构

果实的显微观察同样采用的是 OLYMPUS SZX7 解剖镜,苦草果实圆柱形,表面光滑,无小刺状凸起(图 2,A、B),果实顶端具 3 枚宿存的花萼,花柱 3,顶端深 2 裂(图 2,C、D)。



A. 苦草;B. 苦草雄花大小;C. 刺苦草;D. 密刺苦草。

图 1 雄花的显微结构

A. *V. natans*. B. The size of *V. natans* male flower. C. *V. spinulosa*. D. *V. denseserrulata*.

Fig. 1 Microstructure of male flower



A—D. 苦草;E—H. 刺苦草;I—L 密刺苦草(J 为密刺苦草果实内部种子)。

图 2 果实的显微结构

A—D. *V. natans*. E—H. *V. spinulosa*. I—L. *V. denseserrulata* (J is inner seed of the fruit of *V. denseserrulata*).

Fig. 2 Microstructure of fruit

刺苦草果实三棱状圆柱形,棱上有刺(图 2,E、F),果实顶端具 3 枚宿存的花萼,花柱 3,顶端深 2 裂(图 2,G、H)。

密刺苦草果实三棱状圆柱形,表面光滑,棱上无小刺状凸起(图 2,I、J),果实顶端具 3 枚宿存的花萼,花柱 3,顶端 2 裂(图 2,K、L)。

2.3 种子显微结构

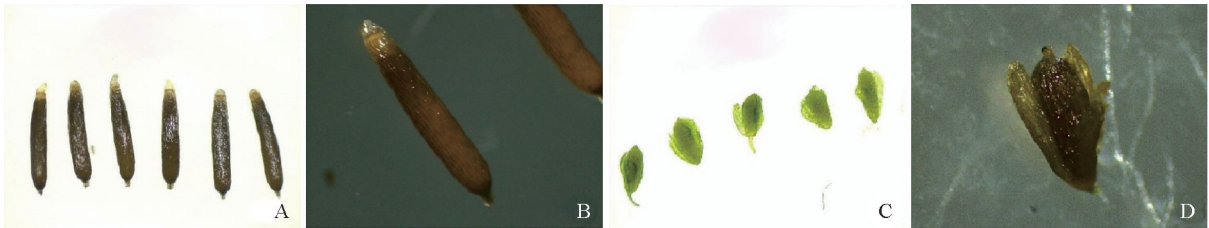
苦草种子圆柱形,表面具纵条纹(图 3,A、B)。

刺苦草种子椭球形,边缘具翅,表面具纵条纹(图 3,C、D)。

密刺苦草种子边缘无翅(图 2,J)。

2.4 基于显微结构的苦草属 3 种植物检索表

本文作者采纳中国植物志关于苦草属植物的分类,即包含苦草、刺苦草和密刺苦草。据本文报道和文献记录^[3,6],安徽地区目前已知苦草属有 3 种,它们的区别特征如下检索表所示。



A—B. 苦草种子。C—D. 刺苦草种子。
图 3 种子的显微结构
A—B. Seed of *V. natans*. C—D. Seed of *V. spinulosa*.
Fig. 3 Microstructure of seed

分种检索表

- 1 叶光滑无刺;雄蕊 1 枚;果实圆柱形,光滑;种子无翅,具纵条纹。..... 苦草
- 1 叶有刺;雄蕊 2 枚;果实三棱状圆柱形。..... 2
- 2 种子有 2~5 枚翅。..... 刺苦草
- 2 种子无翅。..... 密刺苦草

3 讨 论

3.1 苦草雄花显微结构的分类学意义

苦草属物种在中国有苦草、密刺苦草、刺苦草、长梗苦草和安徽苦草 5 个种,由于其外部形态相似,野外难以鉴别到种,雄花雄蕊数目是该属物种的鉴别性特征之一,苦草和安徽苦草雄蕊仅 1 枚;刺苦草、密刺苦草以及长梗苦草雄蕊都有 2 枚。果实显微结构是该属另一重要鉴别特征,苦草和长梗苦草果实为圆柱形,表面光滑,无小刺状凸起;刺苦草、密刺苦草以及安徽苦草果实均为三棱状圆柱形,其中刺苦草和安徽苦草果实棱上有小刺状凸起,密刺苦草果实棱上光滑,无小刺状凸起。本试验观察到采自升金湖国家自然保护区内材料的雄花,其雄蕊 1 枚,果实圆柱形,表面光滑,无小刺状凸起,可确定该材料为苦草;观察到采自秋浦河国家湿地公园内材料的雄花,其雄蕊 2 枚,且果实三棱状圆柱形,棱上无小刺凸起,种子无翅,因此秋浦河所采的材料为密

刺苦草。雄花水培预培养和显微观察技术为该属 5 个物种的分类鉴定提供了直接实验方法。综上所述,密刺苦草、刺苦草、长梗苦草和安徽苦草这 4 种为安徽新分布记录种。

3.2 微小雄花水培预培养观察方法在水生植物物种鉴别中的应用

苦草雄花长约 1.5 mm,采用传统的花部解剖结构观察方法,难以观察到雄花内部的形态结构,本技术不仅解决了苦草属毫米级别的雄花内部结构的实验观察方法难题,还为研究类似苦草沉水植物花部形态结构提供试验手段,因此在观察如黑藻属(*Hydrilla* Rich)雄花长约 2.3 mm,宽约 0.7 mm^[13],以及狐尾藻属(*Myriophyllum*)雄花大小 1~3 mm 这些花形态较小的水生植物时^[14],可用本研究采用的沉水植物花水培的预培养方法,进行显微观察拍照,其观察结果为这些沉水植物物种鉴别提供科学依据。

参考文献：

- [1] 吴春梅, 秦思, 吴梅, 等. 台湾独蒜兰假鳞茎显微及超微结构观察[J]. 西北植物学报, 2022, 42(2): 242-254.
- WU C M, QIN S, WU M, *et al.* Micro- and ultra-structure of pseudobulb of *Pleione formosana* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(2): 242-254.
- [2] 杜诚, 刘军, 叶文, 等. 中国植物新分类群、新名称变化 2021 年年度报告[J]. 生物多样性, 2022, 30(8): 13-21.
- DU C, LIU J, YE W, *et al.* 2021 annual report on new taxa and nomenclatural changes of Chinese plants[J]. *Biodiversity Science*, 2022, 30(8): 13-21.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 42 卷(第一分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 177-179.
- [4] 沈显生. 中国苦草属一新种[J]. 西北植物学报, 2000, 20(5): 889-891.
- SHEN X S. A new species of *Vallisneria* (Hydrocharitaceae) from China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2000, 20(5): 889-891.
- [5] 沈显生. 安徽苦草属一新种[J]. 植物分类学报, 2001, 39(6): 571-574.
- SHEN X S. A new species of *Vallisneria* (Hydrocharitaceae) from Anhui Province, China[J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 2001, 39(6): 571-574.
- [6] 《安徽植物志》协作组. 安徽植物志: 第 5 卷[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992.
- [7] 姚铁倩, 袁昌波, 吕超超, 等. 6 种沉水植物的克隆生长特征[J]. 水生生物学报, 2022, 46(7): 1088-1096.
- YAO Y Q, YUAN C B, LÜ C C, *et al.* Clonal growth characteristics of six submerged macrophytes[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(7): 1088-1096.
- [8] 付文龙, 李治中, 刘洋, 等. 中国苦草属(*Vallisneria*)植物命名考及区分要点[J]. 植物科学学报, 2019, 37(4): 448-453.
- FU W L, LI Z Z, LIU Y, *et al.* Naming history, classification and characteristics of species from the genus *Vallisneria* in China[J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(4): 448-453.
- [9] 颜素珠, 朱伟杰. 我国 3 种苦草的比较形态观察[J]. 广西植物, 1984, 4(4): 309-315.
- YAN S Z, ZHU W J. Comparative morphological studies on three species of *vallisneria* from China[J]. *Guihaia*, 1984, 4(4): 309-315.
- [10] 黎维平. 关于水生植物的一系列问题: 植物学教材质疑(三)[J]. 生命科学研究, 2021, 25(3): 276-282.
- LI W P. A series of questions on botany of aquatic plants questioning botany textbooks (Ⅲ) [J]. *Life Science Research*, 2021, 25(3): 276-282.
- [11] 曹明, 曹丽敏, 曹小燕, 等. 中国吴茱萸属(广义)叶结构特征及其分类学意义[J]. 西北植物学报, 2022, 42(3): 410-417.
- CAO M, CAO L M, CAO X Y, *et al.* Leaf architecture characteristics and their taxonomic significance in *Euodia* s.l. (Rutaceae) from China[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2022, 42(3): 410-417.
- [12] 易雪倩, 何花, 曾罗, 等. 基于同质园栽培的 21 种淫羊藿属植物花部特征的分类学意义[J]. 西北植物学报, 2023, 43(8): 1415-1426.
- YI X Q, HE H, ZENG L, *et al.* Taxonomic significance of floral traits of 21 *Epimedium* species based on common garden cultivation[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2023, 43(8): 1415-1426.
- [13] JUNG J, HYE RYUN N A, LEE K S, *et al.* New records of two alien plants, *Juncus torreyi* (Juncaceae) and *Egeria densa* (Hydrocharitaceae) in Korea[J]. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 2023, 53(1): 54-59.
- [14] VAN VALKENBURG J L C H, DUISTERMAAT L H, BOER E D, *et al.* *Myriophyllum rubicaule* sp. nov., a M. aquaticum look-alike only known in cultivation[J]. *European Journal of Taxonomy*, 2022, 828: 1-15.