

DOI:10.14188/j.ajsh.20241223002

## 影响积雪草分株繁殖因素的分析研究

张坤, 万凌云, 黄宝优, 冀晓雯, 韦树根, 潘丽梅, 谭桂玉\*

(广西壮族自治区药用植物园 广西道地药材高品质形成与应用重点实验室/广西中药材良种繁育技术创新中心,  
广西南宁 530023)

**摘要:** 分株繁殖是积雪草最主要的繁育方式。提高分株繁殖效率, 满足市场对积雪草的需求, 研究影响积雪草分株繁殖的因素十分必要。用不同配比(蛭石:营养土)的种植基质繁育积雪草分株苗, 测定形态、生理活性物质含量变化, 同时利用石蜡切片技术观察不同发育时期匍匐茎节结构, 比较内因(茎节)和外因(种植基质)对积雪草分株繁殖的影响。结果表明, 当蛭石、营养土的比例为1:2时, 积雪草地上部生长最为旺盛, 根系生长较好, 积雪草叶片的含水量、叶绿素、蛋白、可溶性糖、淀粉含量以及药效物质积雪草酸和羟基积雪草酸的含量不低于其他配方基质。石蜡切片及显微观察证明, 积雪草匍匐茎节的结构较为保守, 不同发育时期匍匐茎节均有繁殖的潜力。结果表明, 基质条件对积雪草分株繁殖的影响高于匍匐茎节, 为积雪草高质量栽培提供基础。

**关键词:** 积雪草; 匍匐茎节; 分株繁殖; 营养基质

**中图分类号:** S567.21

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3491(2025)03-0280-07

### Study on factors affecting the propagation of *Centella asiatica* ramets

Zhang Kun, Wan Lingyun, Huang Baoyou, Ji Xiaowen, Wei Shugen, Pan Limei, Tan Guiyu\*

(Guangxi Key Laboratory of High-Quality Formation and Utilization of Daodi Herbs, Guangxi Innovation Center of Breeding Technology for Traditional Chinese Medicine, Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plants, Nanning 530023, Guangxi, China)

**Abstract:** Ramet propagation is the main made of propagation for *Centella asiatica*. In order to improve the efficiency of ramer propagation, we studied the factors that affect ramet propagation of *C. asiatica*. The ramet seedlings were cultivated using substrates with different ratio of vermiculite to nutrient soil. The morphology, physiology, and the content of asiaticosides were investigated. Using paraffin sections and microscopy, the structures of stolon nodes at various developmental stages were examined. The results showed that the aerial part of *C. asiatica* grew most vigorously and the roots grew well when the substrate with a 1:2 ratio of vermiculite to nutrient soil was applied. In this substrate ratio group the contents of water, chlorophyll, protein, soluble sugar, and starch, as well as the contents of asiatic acid and madecassic acid were not lower than those of the other ratio groups. The structures of stolon nodes in various developmental stages remained unchanged and possessed the capacity to propagate. By screening stolon nodes and appropriate substrate for ramet propagation, the present work would serve as the foundation for high quality cultivation of *C. asiatica*.

**Key words:** *Centella asiatica*; stolon node; ramet propagation; nutrient substrate

### 0 引言

积雪草 [*Centella asiatica* (L.) Urban] 为伞形科

(Apiaceae) 积雪草属 (*Centella*) 多年生植物, 原产印度, 现广泛分布于世界热带和亚热带地区, 具有清热

收稿日期: 2024-12-23 修回日期: 2025-03-04 接受日期: 2025-06-09

作者简介: 张坤(1988-), 男, 助理工程师, 主要从事药用植物栽培与生理研究, E-mail: zhkun\_lc@126.com

\* 通讯联系人: 谭桂玉(1986-), 女, 副研究员, 主要从事植物药用品质形成研究, E-mail: tanguiyu@126.com

基金项目: 广西科技基地和人才专项(桂科AD22035026); 广西自然科学基金项目(2023GXNSFAA026330); 广西中医药适宜技术开发与推广项目(GZSY23-02); 广西中医药管理局横向项目(GZKJ2314-4)

引用格式: 张坤, 万凌云, 黄宝优, 等. 影响积雪草分株繁殖因素的分析研究[J]. 生物资源, 2025, 47(3): 280-286.

Zhang Kun, Wan Lingyun, Huang Baoyou, et al. Study on factors affecting the propagation of *Centella asiatica* ramets [J]. Biotic Resources, 2025, 47(3): 280-286.

利湿,活血止血,解毒消肿功能,1985年被记入《中华人民共和国药典》,此后一直为药典收录<sup>[1]</sup>。除药用外,积雪草还可用做食物及化妆品原料,在中药材、食品产业和化妆品领域均具有广阔的应用前景。但是,与不断扩大的生产需求相反,积雪草野生资源正逐步减少。目前,全球90%的积雪草工业原料依靠野生资源<sup>[2]</sup>。由于城市化进程以及除草剂的使用,人居环境周边已经少见积雪草的身影。工厂化种植积雪草已成为保护资源、满足生产需求的重要手段。

目前,积雪草组培苗还处于实验阶段,分株繁殖是积雪草繁育最主要的方法,与种子苗相比,分株苗更具有生长活力,无论是单独种植还是混合种植分株苗的产量均高于种子苗<sup>[3]</sup>。其中,匍匐茎节是分株成活的关键器官。前人已经探索了积雪草根、茎、叶、茎尖的显微结构<sup>[4-6]</sup>,但匍匐茎节结构及其对分株成活的影响未见报道。在积雪草的种植栽培方面,生态因子<sup>[7]</sup>、光强<sup>[8]</sup>、温度<sup>[9]</sup>等对积雪草形态发育的影响已进行了研究。种植基质的相关报道则表明,营养元素种类不同对积雪草生长影响各有差异。施用40 kg/hm<sup>2</sup>磷酸盐的积雪草,其叶片数量、叶柄长度、总叶面积、匍匐茎数量最高,生物量也较高<sup>[10]</sup>。当基质中鸡粪添加量为20 t/hm<sup>2</sup>时,积雪草的生长优势最强<sup>[11]</sup>。此外,不同品种、遮荫条件的积雪草对有机肥的施用量也各有要求<sup>[12]</sup>。

在工厂化生产中,培养条件的安全性及标准化十分重要。研究种植介质对积雪草分株苗生长发育及品质形成的影响对标准化种植、适应市场要求十分必要。因此,本研究在前人研究基础上,将蛭石与营养土按不同比例混合,探索种植介质对分株苗生长发育的影响,并利用石蜡切片及光学显微观察,研究匍匐茎节的结构特征,讨论其与分株苗成苗的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试样品采于广西壮族自治区药用植物园,经韦树根研究员鉴定为伞形科积雪草属植物积雪草。

### 1.2 主要试剂与仪器

蛭石(5~8 mm,南宁市花艺园林工具商行);营养土(10~30 mm,丹麦品氏托普(集团)公司);积雪草酸、积雪草苷、羟基积雪草酸、羟基积雪草苷标准品(98%,上海源叶生物科技有限公司);考马斯亮蓝G-250、蒽酮、乙腈、乙醇、番红、固绿(上海麦克林生

化科技股份有限公司);植物图像分析仪(LA-S,杭州万深检测科技有限公司);分光光度计(上海仪电分析仪器有限公司);液相色谱仪(DAD-1260,美国安捷伦科技有限公司);切片仪(RM2245,德国徕卡生物系统公司);倒置显微镜(TS2,日本尼康株式会社)。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 积雪草分株繁殖

将蛭石和营养土按体积比例1:0(配方1)、1:1(配方2)、1:2(配方3)、1:3(配方4)、0:1(配方5)分别混匀,放入30 cm×60 cm苗盘,每种配方放置3盘。取长势相近的积雪草带根茎节种植到苗盘,每盘种植10株。置于培养室内培养,培养条件为16~25℃,1 600 lx,16 h/8 h光照条件。

#### 1.3.2 不同比例基质对生长发育的影响

种植30 d后统计各配方基质种植分株苗的成活株数、叶片总数、分枝总数,分别计算成活率、平均叶片数和平均分枝数;每个配方随机采摘叶片20片,使用植物图像分析仪对叶面积进行测定,计算平均叶面积;每个配方随机取3株分株苗,洗净根系附着的土壤,用植物图像分析仪对根系全长进行测定,计算平均根长。

#### 1.3.3 不同比例基质对生理活性物质含量的影响

每个配方随机取叶片切成小块(0.5 cm×0.5 cm),称取适量样品分别进行蛋白(0.5 g)、可溶性糖(0.5 g)、淀粉(0.5 g)、叶绿素(a+b)(0.5 g)的含量测定,每个指标测定3个重复。叶绿素含量采用分光光度法测定,蛋白含量采用考马斯亮蓝G-250法(Bradford法),可溶性糖含量采用蒽酮比色法,淀粉含量采用酸水解方法。

#### 1.3.4 不同比例基质对积雪草酸和羟基积雪草酸含量的影响

利用高效液相色谱法测定积雪草中积雪草酸、羟基积雪草酸的含量,具体方法如下。将积雪草干粉0.1 g置50 mL离心管中,加40 mL甲醇溶解,超声30 min,放冷,然后用5 000 r/min离心10 min,最后将上清液通过微孔滤膜过滤后进行检测。色谱条件如下:层析柱为ZORB-AX Eclipse PLUS-C18柱(5 μm,250 mm×4.6 mm),柱温30℃;流动相为乙腈和2 mmol/L β-环糊精溶液二元溶剂体系,梯度洗脱:20%乙腈,0~3 min;20%~24%乙腈,3~8 min;24%乙腈,8~12 min;24%~40%乙腈,12~25 min;40%~60%乙腈,25~40 min,流速1 mL/min,进样量20 μL,紫外检测波长205 nm。出峰时间分别为15.37

min(羟基积雪草苷)、19.75 min(积雪草苷)、31.27 min(羟基积雪草酸)和36.16 min(积雪草酸)。

### 1.3.5 茎节结构的石蜡切片制作及观察

从匍匐茎茎尖至基部依次采集第1、第2、第3、第4、第5个根系未伸长的茎节,取5个匍匐茎重复。将茎节修剪成5 mm左右的小块,放入福尔马林-乙酸-乙醇(Formalin-Aceto-Alcohol, FAA)固定液固定3 d,依次用70%、80%、85%、95%、100%乙醇浸泡1 h脱水。再放入乙醇:T0透明液(1:1)及100% T0透明液各浸泡4 h进行组织透明。随后,组织块在T0透明液:石蜡(1:1)中浸泡4 h,再用100%石蜡透蜡2 d。其后,用56~58℃石蜡进行组织包埋,包埋好的蜡块用切片机切片,厚度15 μm,每隔约0.15 mm取切片染色。番红-固绿染色步骤如下:切片在60℃加热半小时融化石蜡,依次放入T0透明液30 min、95%、85%、75%乙醇溶液各5 min、超纯水2 min进行复水,番红染液染色10 min后,用95%乙醇洗去多余染料,再用固绿染色液浸泡10 s,无水乙醇脱水两次后,T0透明液浸泡2 min,中性树脂封片,显微镜观察拍照。

### 1.3.6 数据处理

全部数据经Excel汇总处理后,利用SPSS软件的Duncan检验进行差异显著性比较(\*\* $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 材料基质对分株苗生长的影响

本研究通过对商业化的蛭石、营养土进行不同

比例配比,调整基质的孔隙度和营养物质含量,探索最优的积雪草分株繁育种植基质。培养30 d后不同配比基质种植积雪草分株苗如图1所示,配方1由于营养条件不佳,叶片生长较其他组迟缓,叶片数量少、叶形小、叶色有黄化现象。当营养充足时,积雪草叶片逐渐增多增大,叶色为深绿色,匍匐茎分枝速度较快。配方5叶片生长健壮,但叶片数量有减少趋势,分枝速度不及配方3、配方4,其可能原因在于该配方的土壤孔隙不足,加之富营养条件,导致根系吸水困难,从而因生理缺水使其生长较配方3、配方4缓慢。

表1数据表明,积雪草匍匐茎节在不同比例基质中的成活率都接近100%,十分易于成活。配方1~5的积雪草分株苗的最大叶片面积、平均单株叶片数、平均单株分枝数、平均叶面积和根系总长如表1所示。纵观地上部生长指标,叶片和分株数据均呈现先升高再降低的趋势,配方3地上部各项数据均为高值,表明该配方种植的积雪草分株苗生长旺盛。地下部的根系生长与地上部呈现不同规律,配方2~5的根系总长在424.7~616.9 cm,配方1的根系长度为(40.1±4.3) cm显著低于2~5组,约是2~5组根系总长的十分之一甚至更低。

### 2.2 基质对分株苗的生理影响

测定积雪草分株苗生理活性物质含量发现(表2),因同组中不同植株个体的变异较大,导致在统计学意义上,除配方1外,其他比例基质种植的积雪草分株苗单株重量、含水量、叶绿素(a+b)、蛋白质、可溶性糖、淀粉、积雪草苷、羟基积雪草苷等的含量几乎没有显著差异。配方1种植的积雪草



图1 不同基质种植的积雪草分株苗生长状态

Figure 1 The growth status of *Centella asiatica* ramets cultivated in different substrates

注:从左至右依次为配方1~5,蛭石与营养土比例分别为1:0、1:1、1:2、1:3和0:1。

Note: From left to right are formulas 1-5, with vermiculite to nutrient soil ratios of 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, and 0:1, respectively.

表1 基质对积雪草分株苗生长的影响  
Table 1 Effect of substrate on the growth of *Centella asiatica* ramets

基质	蛭石:营养土	成活率/%	最大叶面积/cm <sup>2</sup>	平均单株叶片数/张	平均单株分枝数/个	平均叶面积/cm <sup>2</sup> (n=20)	根系总长/cm (n=3)
配方1	1:0	96.7	7.6	7.1	0.4	5.1±1.5 <sup>b</sup>	40.1±4.3 <sup>c</sup>
配方2	1:1	100.0	17.4	10.1	0.9	11.0±3.6 <sup>a</sup>	450.5±82.3 <sup>ab</sup>
配方3	1:2	100.0	17.3	14.9	2.1	11.7±4.3 <sup>a</sup>	503.3±121.4 <sup>ab</sup>
配方4	1:3	100.0	15.7	13.5	1.6	9.8±3.8 <sup>a</sup>	424.7±60.7 <sup>b</sup>
配方5	0:1	100.0	15.8	10.9	1.5	9.1±4.0 <sup>a</sup>	616.9±111.5 <sup>a</sup>

分株苗含水量、叶绿素、蛋白含量显著低于配方2~5种植的积雪草,而可溶性糖、淀粉、积雪草酸、羟基积雪草酸含量显著高于配方2~5组。从平均数值来看,单株重量、单株含水量、叶绿素含量、蛋白含量与生长指标相似,均表现出先升后降的趋势,而糖、淀粉、积雪草酸和羟基积雪草酸含量4个指标数据的趋势因配方1导致先升后降的趋势发生变化,干旱胁迫对积雪草的能量(糖和淀粉)及次生物质(积雪草酸和羟基积雪草酸)代谢表现为负调控。

### 2.3 匍匐茎节结构对积雪草分株繁育的影响

匍匐茎节是积雪草分株繁育的主要结构,扩繁的不定根、叶片、花序、果实均着生于匍匐茎节,见图3(a)和图3(b),离茎尖越远的茎节发育时间越长,反之越短。在上述基质对比实验中,随机选取的匍匐茎节分株苗成活率接近100%(表1)。石蜡切片观察发现,见图3(d)~图3(i),不同发育时长的茎节结构基本一致,均有两个根原基、一个花芽和一个叶芽(表3),表明匍匐茎节的组织结构较为保守。其中,两个根原基位于同一平面,见图3(c)和图3(e),处

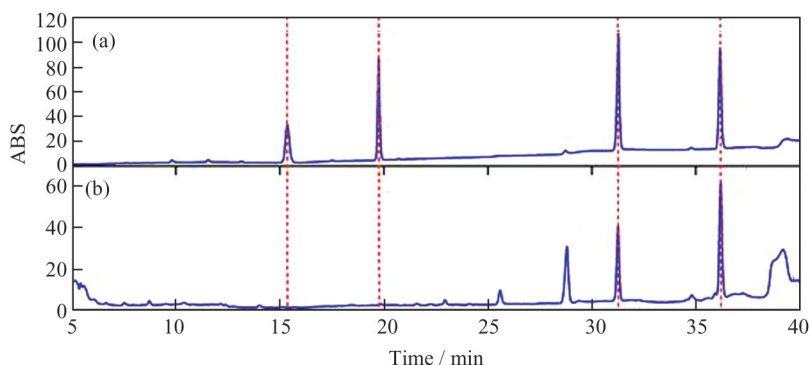


图2 积雪草高效液相色谱图

Figure 2 High performance liquid chromatography analysis of *Centella asiatica*

(a), 标准品:从左至右依次为羟基积雪草苷、积雪草苷、羟基积雪草酸和积雪草酸;(b), 样品  
(a), standards: madecassoside, asiaticoside, madecassic acid, and asiatic acid (from left to right); (b), one of the samples

表2 基质对积雪草分株苗的生理影响( $\bar{x}\pm s, n=3$ )  
Table 2 Effect of substrate on the physiology of *Centella asiatica* ramets ( $\bar{x}\pm s, n=3$ )

基质	单株重量/g	单株含水量/%	叶绿素含量/ (mg·g <sup>-1</sup> )	蛋白含量/ (mg·g <sup>-1</sup> )	糖含量/ (μg·g <sup>-1</sup> )	淀粉含量/ (μg·g <sup>-1</sup> )	积雪草酸含 量/(mg·g <sup>-1</sup> )	羟基积雪草酸含 量/(mg·g <sup>-1</sup> )
配方1	1.1±0.9 <sup>c</sup>	85.9±1.4 <sup>b</sup>	7.3±0.8 <sup>b</sup>	55.3±5.3 <sup>c</sup>	80.9±7.4 <sup>a</sup>	4.8±0.8 <sup>a</sup>	4.0±0.0 <sup>a</sup>	2.4±0.0 <sup>a</sup>
配方2	1.9±0.4 <sup>bc</sup>	90.3±0.6 <sup>a</sup>	9.8±2.4 <sup>a</sup>	89.5±2.9 <sup>ab</sup>	36.0±1.2 <sup>b</sup>	2.6±0.1 <sup>b</sup>	1.0±0.1 <sup>b</sup>	0.5±0.0 <sup>b</sup>
配方3	2.6±0.9 <sup>ab</sup>	90.6±0.3 <sup>a</sup>	11.0±1.2 <sup>a</sup>	83.1±8.4 <sup>ab</sup>	38.8±3.5 <sup>b</sup>	2.4±0.5 <sup>b</sup>	1.1±0.2 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>
配方4	3.4±0.7 <sup>a</sup>	90.1±0.8 <sup>a</sup>	12.0±1.0 <sup>a</sup>	94.1±8.7 <sup>a</sup>	37.2±3.1 <sup>b</sup>	2.0±0.5 <sup>b</sup>	1.0±0.2 <sup>b</sup>	0.5±0.1 <sup>b</sup>
配方5	2.8±0.3 <sup>ab</sup>	90.1±0.8 <sup>a</sup>	10.5±0.6 <sup>a</sup>	76.9±9.5 <sup>b</sup>	31.7±0.3 <sup>b</sup>	1.2±0.1 <sup>c</sup>	0.8±0.1 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>b</sup>

注:表中同列数据后不同小写字母表示配方间的差异,不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),相同字母表示无显著差异( $P>0.05$ )。

Note: Lowercase letters following data in the same column indicate the difference between the groups, different letters indicate significant difference ( $P<0.05$ ), and the same letter indicates no significant difference ( $P>0.05$ ).

于茎节近基部一端,不定根原基夹角在  $129.3^{\circ} \sim 154.3^{\circ}$ ,见图3(c)(黄色实线夹角),该夹角在五组茎节间无显著差异(图3,表3)。花芽和叶芽处于另一平面,夹角在  $166.5^{\circ} \sim 172.8^{\circ}$ ,见图3(c)(绿色实线与紫色实线的夹角)。该夹角在五组茎节间无显著差异(图3,表3)。相较于根平面,花叶平面位于近茎尖一侧,见图3(c)和图3(h),两个平面相距  $0.4 \sim 0.5$  mm,中间为一段交错的维管组织区域,见图3(f)和图3(g)。将花芽(紫色虚线)、叶芽(绿色虚线)映射到根平面上,可以发现两个不定根原基靠近叶芽一侧,且两条不定根原基的连线与叶芽的夹角在  $80.2^{\circ} \sim 86.1^{\circ}$ ,几近成直角,见图3(c),黄色虚线与绿色虚线夹角),且该夹角在五组茎节间也无显著差异(表3)。不同发育时期的茎节中各原基的数量及各夹角角度的差异均不显著,表明积雪草茎节的结构极度保守。

### 3 结论与讨论

积雪草是中国传统中药材之一,近年来在食品、化妆品行业的应用日渐广泛。面对日益增加的市场需求,筛选良好的分株繁育条件,提高积雪草的产量和质量,将有利于野生资源的保护与原材料供应。本研究进行了不同基质配方的积雪草分株繁育对比试验,结果表明,配方1的根系生长迟缓,配方2~5根系显著膨大,表明营养条件不足时积雪草匍匐茎节不采取根系觅食策略,其生长受营养物质影响。

在营养逆境下(配方1),积雪草的生物量和光合色素显著减少,但其总苷含量是其他组的4~6倍,这与高盐及重金属胁迫下积雪草种植的结果一致<sup>[13-15]</sup>。本研究与前人报道共同证明了非生物逆境对积雪草次生代谢的提升作用,验证了中药材“顺境出产量,逆境出质量”的结论。值得一提的是,配方2~5种植分株苗均未检测到积雪草苷和羟基积雪草

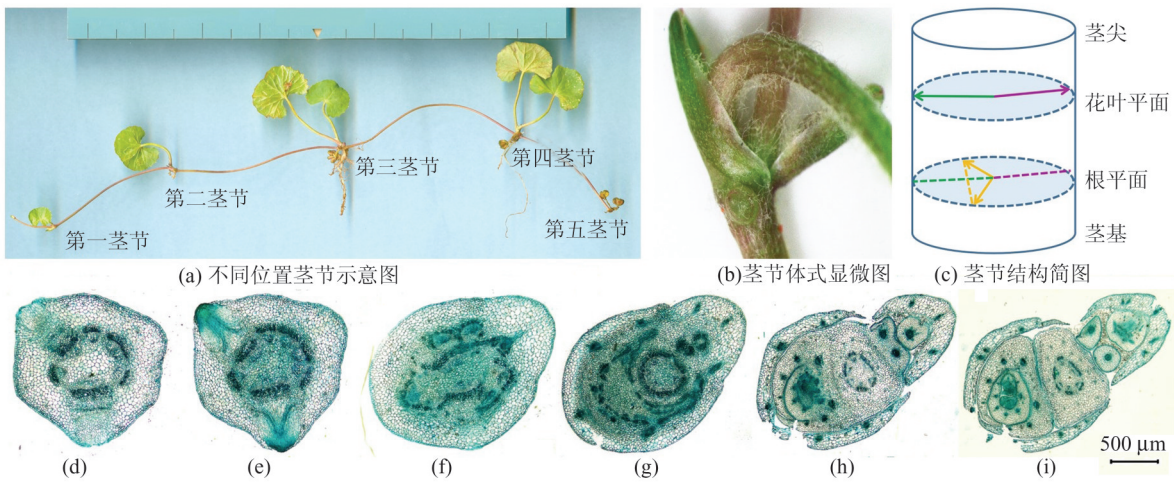


图3 积雪草典型匍匐茎茎节结构

Figure 3 Typical stolon node structure of *Centella asiatica*

d~i, 从基部至顶部依次排列的茎节横向剖面结构,两片切片间隔0.15 mm

d~i, transverse section of the stolon node arranged from base to top, with two slices at intervals of 0.15 mm

表3 积雪草茎节结构特征( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

Table 3 Structural characteristics of stem nodes of *Centella asiatica* ( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

茎节部位	不定根数目/个	不定根夹角/ $^{\circ}$	叶芽个数/个	根、叶芽角度/ $^{\circ}$	花芽数/个	花、叶芽角度/ $^{\circ}$
第一茎节	2.0±0.0	129.3±12.2	1.0±0.0	86.1±2.5	0.6±0.5	168.0±1.3
第二茎节	1.8±0.4	138.0±24.6	1.0±0.0	80.9±6.6	1.0±0.0	168.9±11.3
第三茎节	1.8±0.4	154.3±11.9	1.0±0.0	82.0±4.0	1.0±0.0	172.8±5.2
第四茎节	2.0±0.0	137.5±22.6	1.0±0.0	83.5±9.9	1.0±0.0	171.7±8.4
第五茎节	2.0±0.0	133.2±29.3	1.0±0.0	80.2±6.9	1.0±0.0	166.5±6.2
平均值	1.9±0.3	137.8±21.2	1.0±0.0	82.6±6.4	0.9±0.3	169.7±7.4

注:表中同列数据后不同小写字母表示配方间的差异,不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),相同字母表示无显著差异( $P > 0.05$ )。

Note: Lowercase letters following data in the same column indicate the difference between the groups, different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ), and the same letter indicates no significant difference ( $P > 0.05$ ).

苷,仅有配方1的积雪草检测到两种活性物质的含量分别为 $0.1\pm 0.0$  mg/g和 $0.2\pm 0.0$  mg/g。四环三萜类物质生物合成途径中,积雪草苷和羟基积雪草苷分别是积雪草酸和羟基积雪草酸的下游产物,它们在糖基转移酶的作用下由酸类物质连接3个糖苷形成<sup>[16]</sup>。据此可推测,种植30 d的积雪草分株苗仍处于积雪草酸类物质积累阶段,酸类物质向苷类物质转化反应尚未大量进行。此时采收药材难以符合药典要求(干燥品含积雪草苷和羟基积雪草苷的总量不少于0.80%),还需继续进行药效物质的积累。相较配方2~5,配方1的积雪草总苷检测结果表明,营养胁迫不仅可以刺激次生代谢物质的积累,还可以刺激糖基转移酶的活性,加快积雪草分株苗的酸→苷转化过程。

空心莲子草和莲子草在匍匐茎的第3至第7茎节进行分株繁殖时,两种植物的各茎节均成功繁殖<sup>[16]</sup>,与本研究结果相近。笔者进一步分析了积雪草匍匐茎节的组织结构,发现其花、叶芽形态与前人研究一致<sup>[3-4]</sup>。但在茎尖中未观察到不定根的出现<sup>[5]</sup>,考虑到匍匐茎节由茎尖发育而来,可推测不定根的发育晚于同一茎节的花、叶芽。在本研究中,无论是花、叶、根原基的数量还是夹角角度,在不同发育时长的茎叶中均无显著差异,表明积雪草茎节的结构具有高度一致性,其繁育分株苗的形态建成相近,有利于分株苗的标准化生产。其中,根系的数量和生长角度是根系结构重要的影响因素之一,它决定根系的起始膨大程度,与水分、养分吸收效率息息相关。积雪草匍匐茎节虽然只有两个不定根原基,但角度在 $129.3^{\circ}\sim 154.3^{\circ}$ ,可在较大空间内寻觅水分和养分。同时,根系与花叶芽形成近直角角度,有利于形成优势的空间构型,即花、叶互不干扰光合作用,根系稳固支撑地上部生长。

综合农艺性状、生理活性和药效物质积累考虑,当培养基质为蛭石与营养土比例1:2时(配方3),积雪草分株苗可获得较高的地上部生物量,较好的根系结构。但30 d培养的分株苗药效成分积累量较少,尚不能作为药材使用,需加长培养时间。在下一步研究中,课题组将延长分株苗培养时间,增加取样测定次数,丰富数据,为研究结论提供更好的支撑。此外,研究结果还表明,积雪草匍匐茎节的结构较为保守,不因发育时间的长短而变化,都具有分株繁殖的潜力。相较之下,积雪草分株苗对基质条件的要求高于匍匐茎节的选择。本研究探讨了营养介质和匍匐茎节对积雪草分株繁育的影响,为后续积雪草的栽培、采收提供了理论依据。

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.  
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2020.
- [2] Prasad A, Mathur A K, Mathur A. Advances and emerging research trends for modulation of centelloside biosynthesis in *Centella asiatica* (L.) Urban-A review [J]. *Industrial Crops and Products*, 2019, 141: 111768.
- [3] Singh P, Singh J S. Recruitment and competitive interaction between ramets and seedlings in a perennial medicinal herb, *Centella asiatica* [J]. *Basic and Applied Ecology*, 2002, 3(1): 65-76.
- [4] 李曼曼. 积雪草的性状和显微鉴别研究[J]. *亚太传统医药*, 2020, 16(7): 65-67.  
Li M M. Study on the macroscopic and microscopic characteristics of *Centellae Herba* [J]. *Asia-Pacific Traditional Medicine*, 2020, 16(7): 65-67.
- [5] Chomicki G, Staedler Y M, Bidel L P R, et al. Deciphering the complex architecture of an herb using micro-computed X-ray tomography, with an illustrated discussion on architectural diversity of herbs [J]. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2018, 186 (2): 145-157.
- [6] Sudhakaran M V. Botanical pharmacognosy of *Centella asiatica* (Linn.) Urban [J]. *Pharmacognosy Journal*, 2017, 9(4): 546-558.
- [7] Kunjumon R, Johnson A J, Remadevi R K S, et al. Influence of ecological factors on asiaticoside and madecassoside contents and biomass production in *Centella asiatica* from its natural habitats in south India [J]. *Industrial Crops and Products*, 2022, 189: 115809.
- [8] Li K N, Chen J S, Wei Q, et al. Effects of transgenerational plasticity on morphological and physiological properties of stoloniferous herb *Centella asiatica* subjected to high/low light [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2018, 9: 1640.
- [9] Pipatsithee P, Praseartkul P, Theerawitaya C, et al. Impact of temperature on centelloside content, growth characters, physio-morphological adaptations, and biochemical changes in Indian pennywort (*Centella asiatica*) [J]. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2023, 42 (10): 6776-6787.
- [10] Vinolina N S, Sigalingging R. Growth and secondary metabolites production of *Centella asiatica* (L.) Urb. cultivated at different phosphate application rates in acid soil [J]. *Trends in Sciences*, 2022, 19(18): 5820.

- [11] Maratul H, Widyastuti Y, Supriyono, et al. The diversity of leaves and asiaticoside content on three accessions of *Centella asiatica* with the addition of chicken manure fertilizer [J]. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 2020, 21(3): 1035-1040.
- [12] Priyanka S P, Sujatha S, Smitha G R, et al. Biomass accumulation, bioactive compounds and nutrient uptake in *Centella asiatica* (L.) in relation to organic nutrition in open-field and shade [J]. Industrial Crops and Products, 2022, 176: 114352.
- [13] Hoang H L, Rehman H. Unravelling the morphological, physiological, and phytochemical responses in *Centella asiatica* L. Urban to incremental salinity stress [J]. Life, 2022, 13(1): 61.
- [14] Gupta S, Wao A A. Effect of salinity stress on phytochemical characteristics of *Centella asiatica* [J]. Journal of Applied and Natural Science, 2022, 14 (2) : 684-691.
- [15] Biswas T, Parveen O, Pandey V P, et al. Heavy metal accumulation efficiency, growth and centelloside production in the medicinal herb *Centella asiatica* (L.) Urban under different soil concentrations of cadmium and lead [J]. Industrial Crops and Products, 2020, 157: 112948.
- [16] Song Y, Zhou M, Dai W, et al. Effects of node position on regeneration of stolon fragments in congeneric invasive and native *Alternanthera* species in China [J]. Plant Species Biology, 2014, 29(3): E93-E100.