

- [4] Feng D X, Chen B, Dang C L, *et al.* Karyotype and allozyme analyses of three population of *Erigeron breviscapus* from Yunnan [J]. *A cta B ot Yunnan* (云南植物研究), 2002, 24 (6): 754-758.
- [5] Yang Y W, Qian Z G. The first step research of tissue culture on *Erigeron breviscapus* [J]. *J Yunnan Coll Tradit Chin Med* (云南中医学院学报), 2002, 25(20): 12-13.
- [6] Zhang W D, Chen W S, Wang Y H, *et al.* Studies on the flavone glycosides from the extract of *Erigeron breviscapus* [J]. *A cta B ot Yunnan* (云南植物研究), 2000, 31(8): 565-566.
- [7] Chen B, Li B G, Zhang G L. Glycosides from *Erigeron breviscapus* [J]. *A cta B ot Sin* (植物学报), 2002, 44(3): 344-348.
- [8] Zhang W D, Ha T B T, Chen W S, *et al.* Two new glycosides from *Erigeron breviscapus* [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2000, 9: 122-124.
- [9] Zhang W D, Chen W S, Wang Y H *et al.* Studies on flavone constituents of *Erigeron breviscapus* [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2000, 25(9): 536-537.
- [10] Zhang W D, Kong D Y, Li H T, *et al.* Study on chemical constituents of *Erigeron breviscapus* (I) [J]. *Chin J Pharm* (中国医药工业杂志), 1998, 29(1): 498-499.
- [11] Zhang W D, Kong D Y, Li H T, *et al.* Study on chemical constituents of *Erigeron breviscapus* (II) [J]. *Chin J Pharm* (中国医药工业杂志), 1998, 29(12): 5534-5535.
- [12] Zhang W D, Kong D Y, Li H T, *et al.* Study on chemical constituents of *Erigeron breviscapus* (III) [J]. *Chin J Pharm* (中国医药工业杂志), 2000, 31(8): 347-348.
- [13] Zhang W D, Chen W S, Wang Y H, *et al.* Isolation and identification of two new compounds from *Erigeron breviscapus* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2001, 26(10): 689-690.
- [14] Zhang W D, Ha T B T, Chen W S, *et al.* Study on the structure and activity of new phenolic acid compounds from *Erigeron breviscapus* [J]. *A cta Pharm Sin* (药学报), 2001, 36(5): 360-363.
- [15] Zhang W D, Chen W S, Wang Y H, *et al.* New alkaloid isolated from *Fritillaria Pallidiflore* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2001, 32(7): 577-579.
- [16] Zhang W D, Chen W S, Kong D Y, *et al.* Study on the chemical constituents of *Erigeron breviscapus* [J]. *A cad J Second Mil Med Univ* (第二军医大学学报), 2000, 21(10): 914-916.
- [17] Rao Y, Wei H Z, Wang Y M, *et al.* Determination of scutellarin in *Erigeron breviscapus* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2002, 33(9): 796-798.
- [18] Cui J M, Wu S. The advance on the research of breviscapine [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2003, 15(3): 255-258.
- [19] Zeng M, Ma Y J, Zheng S Q, *et al.* Studies on ribosomal DNA sequence analyses of *Radix puerariae* and its sibling species [J]. *Chin Pharm J* (中国药理学杂志), 2003, 38(3): 173-175.

绞股蓝生物学的研究进展

刘世彪^{1,2}, 胡正海^{1*}

(1. 西北大学植物研究所, 陕西 西安 710069; 2. 吉首大学生态研究所, 湖南 吉首 416000)

绞股蓝 *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino 为葫芦科绞股蓝属内分布最广、资源最丰富的主要药用植物种类。自 20 世纪 70 年代以来, 从该种植物中分离出了 84 种绞股蓝皂苷, 其中 6 种与人参皂苷的结构完全相同, 具有调血脂、抗衰老、抗肿瘤等多种生理功效, 由此引发了对绞股蓝植物的科研和开发热潮。现综述近 10 年来有关绞股蓝生物学方面的研究进展, 以为绞股蓝的规范化栽培和开发利用提供科学依据。

1 绞股蓝的植物学特征

绞股蓝为草质藤本植物, 具有攀援性。根系为由不定根组成的须根系。根的初生结构由表皮、皮层和中柱构成, 木质部 2~4 原型, 具凯氏带, 次生结构中栓内层较厚。茎有地上茎和地下茎之分。地上茎细柔, 具槽纹, 五棱形富韧性, 无毛或被短柔毛。具卷须, 生于叶腋, 顶端多分二叉。由表皮、皮层、维管柱和髓构成, 双韧型维管束, 排成两圈, 外圈 5 个, 内圈 4~5 个, 周围纤维连成一环。地下老茎圆柱形, 周围纤维呈不连续环状, 维管束具次生木质部和次生韧皮部, 排成一圈, 外生韧皮部明显, 木质部发达, 导管直径 20~155 μm, 髓射线较宽, 髓射线及髓薄壁细胞内含淀粉。茎触地处长出不定根。鸟足状复叶 5~7 片, 背腹型结构, 不等型气孔器, 叶柄具 5 束维管束, 进入小叶时分为 7~9 束^[1]。不同产地的绞

股蓝类群, 其小叶数、小叶的形状及大小存在着变异^[2]。随着生态条件不同, 叶肉栅栏组织和海绵组织的分化程度不同, 叶表皮形态也不同, 生长在较干燥环境中的种群, 叶片在控制水分散失方面的结构发育得比较完善, 而在空气湿度较大环境中的种群, 由于控制水分散失的能力差, 只能分布在极有限的区域中^[3]。

应用组织化学定位技术, 发现绞股蓝皂苷主要分布在营养器官的同化组织及韧皮部薄壁细胞中, 厚角组织、表皮和周皮的栓内层也有少量分布, 其相对含量为叶>茎>根; 在年生长期中, 以开花期的皂苷含量最高^[1,4]。超微结构观察到, 低温下细胞叶绿体基粒消失, 皂苷可能通过光合作用形成原初产物, 贮存在液泡内, 但细胞液泡内的电子致密体初步证明只是一种蛋白质^[5]。

绞股蓝雌雄异株, 花单性。花梗只有 1 条中央维管束, 中央维管束进入雌蕊或雄蕊时分枝。花瓣的上、下表皮都有膨大的泡状细胞和泡状毛。雄花花药壁的发育为 DAVIS 的双子叶型, 分泌型绒毡层, 花粉母细胞减数分裂同时形成四分体, 四分体中小孢子排列成四面体型, 二细胞型成熟花粉粒。雌花具 3 心皮, 花柱 3 条, 子房 3 室, 倒生胚珠, 每室 1 枚, 珠被 2 层。花后 6~7 d 极核分裂, 12 d 合子第 1 次分裂, 蓇葖胚囊, 核型胚乳, 无胚乳吸器。胚的发育方式为茄型, 经 2 细

* 收稿日期: 2003-12-19

基金项目: 陕西省自然科学基金资助项目(2003C113); 湖南省自然科学基金资助项目(04JJ3071)

作者简介: 刘世彪(1965—), 男, 土家族, 湖南保靖人, 副教授, 在读博士生, 主要从事药用植物学及植物资源学教研工作。

胞原胚、T型原胚、球形原胚和心型原胚至成熟胚。种子侧面有纵沟,表面有光滑型和具纹饰型两大类,是该属的种的分类型状。浆果,假果,果壁3层,内侧细胞后期解体^[6]。

绞股蓝属植物花粉为小花粉类型,椭圆形或近球形,三孔沟,等极,体型较小者表面雕纹呈条纹状,体型较大者雕纹呈拟网状,花粉的大小和形态,尤其是极面观特征在各种之间有不同程度的差异,在二亚属之间则无明显的区别^[2]。

绞股蓝亚属和喙果藤亚属植物的染色体基数均为 $x=11$,是一个自然类群。其中绞股蓝的体细胞染色体数有22、44、66和88条共4种类型,植物的分布区相对较大,生境复杂,高倍性植株体形稍大,常生长在极湿润且阳光不充足的阔叶林中^[7]。

绞股蓝易与某些植物相混淆,但绞股蓝及同属植物茎叶的显微特征不仅具有种间差别,而且具有亚属分类意义,绞股蓝亚属叶表皮细胞的垂周壁平直或微波状,上表皮有或无气孔,喙果藤亚属叶表皮细胞的垂周壁除聚果绞股蓝外,均非平直而呈微波状或波状,上表皮均无气孔。绞股蓝与葡萄科易混淆种乌莓的性状区别,既表现在根、茎、叶、花和果实等外部形态上^[8],也表现在内部解剖结构上^[9],这些特征为绞股蓝的采集和收购提供了鉴别依据。

2 绞股蓝生长发育特性

绞股蓝种子的萌发能力受内外因素的影响。由于种子中含有抑制物质,刚采收的种子需要休眠2~3个月才能萌发,若用流水冲洗、适温培养,则能有效打破休眠。25~28℃是种子发芽较适宜的温度,播种后5d发芽率即可达93%。种子的萌发也需要在黑暗及变温条件下才能完成。磁场处理绞股蓝种子能显著提高出苗率(28%~51%),在一定范围内磁场强度越大,种子的发芽率越高。绞股蓝属不同种之间、同一种的不同种源之间,发芽率不同,最高可达91%,低者只有28%,相同条件下的喙果绞股蓝的苗圃发芽率则为零^[10]。

绞股蓝的生育期一般分为出苗期、放蔓开花分枝期、旺盛生长期、开花结果期、缓慢生长期和受冻枯萎期。15~16℃为北方地区绞股蓝地下茎出苗的最适合温度,亚热带地区的野生绞股蓝于3月下旬至4月上旬萌发出土,进行营养生长,夏季开花,秋季结实,11月下旬前落叶枯萎,以地下茎方式越冬。栽培绞股蓝以人工埋茎方式越冬,年可收获茎叶1~3次。但海南岛绞股蓝的物候期要比其他地区提前1个多月^[11]。

绞股蓝在亚热带地区的青绿期约240d,自然寿命10a。生境适宜时,当年生枝种群的出生率高,死亡率低,亏损个体较少;生境恶劣时,枝种群通过提高出生率而增强种群的适合度,维持种群的延续^[12]。绞股蓝种群中性比偏雄(雄雌=20:1)的原因可能是雄性种群通过提高其主枝生物量比的策略而加强营养繁殖功能,同时以高效率(高繁殖效率指数)、高潜力(高繁殖比率)、低消耗(低繁殖指数)的繁殖策略来更加经济地利用资源,促进种群个体数量的增加^[13]。

3 绞股蓝的生理生态特性

绞股蓝系喜温植物,温度高低是决定其生长快慢的主导因子。20~25℃为其快速生长的最适温度,超过30℃易使绞股蓝遭受日灼危害,轻霜冻则对植株的影响不大,但连续

3~5d的零下低温仍会造成冻害。绞股蓝在夏秋季生长最快,如陕西的绞股蓝7月中旬藤蔓可长达1.5m以上,海南岛的绞股蓝可达4.3~4.4m^[11]。绞股蓝为昼夜连续生长型,生长初期夜间的生长量小于白天,盛夏时则高于白天,阴雨天高于晴天。温度能影响绞股蓝黄酮类化合物、水溶性糖和游离氨基酸的含量^[14]。

绞股蓝为中性偏阴植物,喜散射光。光资源通过改变生物量的分配来影响其攀援茎的生长和繁殖行为,幼苗的形态和生长对不同光环境具有可塑性,其茎长与茎生物量比值以及株高随光照的减弱而增加,以有利于寻找外界的支持物^[15]。一定强度的光照才能促使绞股蓝开花结果,野生类群多生长在郁闭度为0.5~0.7的乔灌疏林中,过于遮荫环境下的绞股蓝不开花。过强的光照抑制绞股蓝的生长。相对照度在70%左右时绞股蓝的总皂苷含量、干物质生产量以及种子产量都最高^[16],在65%~75%时,果实和种子量最大,发芽率最高^[17]。光照影响绞股蓝叶片的形态结构,比如偏荫环境下的叶面积较大,角质层不明显,叶脉相应不发达,栅栏组织多为1层,排列较松散,所占体积较小,海绵组织排列疏松,所占体积较大,显示出阴生植物叶的特征^[3,18]。光照还是影响水溶性糖动态变化的最重要的气候因素之一^[14]。绞股蓝的净光合速率日变化曲线呈双峰形,具“午休”现象,上午峰值高于下午,蒸腾速率和气孔导度之间有显著的相关性^[19]。绞股蓝光合作用还与光质有关,当环境荫蔽,严重缺乏光谱中的蓝光和红橙光时,净光合速率、干物质积累量、日茎净伸长量和总皂苷含量都低于对照^[18]。这些研究成果在绞股蓝规范化栽培中具有重要的借鉴作用。

绞股蓝喜阴湿,多生长在林缘、疏林及灌丛中,不耐旱不耐涝。空气湿度达90%以上时生长良好。降雨是影响绞股蓝皂苷、多酚类化合物和黄酮类化合物积累的最重要的气候因子^[14]。绞股蓝要求的土壤含水量在25%~40%,萎蔫时的土壤含水量为12%。土壤含水量<20%的干旱状态及>60%的重湿状态都会使生长速度减缓,光合速率下降,产量降低;干旱时有机物向根系积累,根系膨大变粗肉质化,为逆境休眠作准备,重湿时则须根数量增加,长度减少,伸展性降低^[20]。在水分胁迫下,可溶性总糖和游离脯氨酸含量增加,以产生渗透调节作用,但随着胁迫的加剧,酶促和非酶促膜保护系统能力均下降,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性减弱,ASA含量降低,导致氧自由基增加,膜脂过氧化,丙二醛(MDA)剧增,最终使植物遭受伤害^[21]。

绞股蓝对土壤的要求不严格。多种土质甚至冲积的细砂土和石灰岩缝隙均可生长,但以富含腐殖质,pH5.5~7.5的疏松土壤最佳,在微酸性至微碱性土壤中也能正常生长^[17]。

生理学研究表明,绞股蓝的超氧化物歧化酶同工酶谱有12条带,其活性和对热稳定性为野生型优于棚栽型^[22]。不同部位的过氧化物酶活性也不同,表现为叶片>茎部>叶柄>卷须>根系^[23]。过氧化物酶活性既受外源激素的影响,如在培养基中添加NAA,阴极区的同工酶带活性增强,添加BA

则在阳极区产生新的酶带^[24]; 又与细胞分化状态有关, 悬浮培养的细胞显示出4条酶带, 处于分化状态时酶活性较高, 脱分化状态时酶活性较低, 而固体培养的愈伤组织, 其同工酶带则有5条^[25]。

4 结语

在绞股蓝的生物学研究领域, 各器官的形态结构和发育在显微水平上的研究比较深入, 而超微水平上的研究仍有待加强; 外界环境因子对绞股蓝生长发育和生理生态影响的研究比较深入, 而有关绞股蓝皂苷在植物体内的合成、转运和储藏的机制研究基本上还是空白, 尤其是绞股蓝皂苷的代谢功能与其相关组织超微结构的相互关系的深入研究, 将有助于理解植物次生代谢产物与细胞结构的相互关系, 促进对绞股蓝生物学的进一步研究。

References

- [1] Lin R, Cao Y F, Hu Z H. Anatomical structure of vegetative organs and histochemical localization of ginsenosides in *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 2002, 22(4): 796-800.
- [2] Zhang J J, Wu H Q, Gong Z N, et al. Morphology and pollen morphology study of different population *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Jiangsu Agric Res* (江苏农业研究), 2000, 21(4): 51-53.
- [3] Zhou Z F, Zhang Z, Li Y. The relationship between epidermal appearance of *Gynostemma* leaf and ecological environment [J]. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), 1993, 20(1): 79-85.
- [4] Lin R, Liu S B, Cao Y F, et al. Studies on the correlation between the content of gypenosides and its vegetative organs and growth period [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 2003, 23(7): 1173-1177.
- [5] Ji Q L, Lu W Y, Chen M Z, et al. A study of the protein bodies in the stem-tip and leaflet cells of the *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino [J]. *J Nanjing Univ—Special Issue on the Researches on Gynostemma pentaphyllum* (南京大学学报·绞股蓝研究专辑), 1993, 80-86.
- [6] Wang Q Y, Zhang S D, Sun J Y, et al. Anatomical studies on the fruit development of *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Guihaia* (广西植物), 2003, 23(4): 323-326.
- [7] Gao X F, Chen S K, Gu J Z, et al. A chromosomal study on the genus *Gynostemma* (Cucurbitaceae) [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 1995, 17(3): 312-316.
- [8] Tang C Z. Identification of *Gynostemma pentaphyllum* and *Cayratia japonica* [J]. *Lishizhen Med Mater Res* (时珍国医国药), 2000, 11(11): 1003.
- [9] Wang T X, Li J T, Li J Y, et al. Microscope identification of medicinal parts between *Gynostemma pentaphyllum* and *Cayratia japonica* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2003, 34(5): 465-467.
- [10] Pan X J, Huang C L, Dong F S. A study on reproductive techniques of *Gynostemma* in Huangshan mountain [J]. *J Nanjing Univ—Special Issue on the Researches on Gynostemma pentaphyllum* (南京大学学报·绞股蓝研究专辑), 1993, 171-175.
- [11] He H M, Li J Y, Wu Y S. The biological characteristics and phenophase observation on *Gynostemma pentaphyllum* in Hainan Island [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 1996, 15(1): 20-24.
- [12] He W M, Zhong Z C. Preliminary studies on quantitative dynamics of current-year shoot populations in the climbing herbaceous plant—*Gynostemma pentaphyllum* [J]. *J Southw est China Normal Univ—Nat Sci* (西南师范大学学报·自然科学版), 1998, 23(3): 311-316.
- [13] He W M, Zhong Z C. Comparative study of foraging behavior and reproductive strategies in female and male populations of *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Acta Bot Yunnan* (云南植物研究), 2000, 22(1): 59-64.
- [14] He W M, Zhong Z C. Dynamic features of some biochemical constituents in *Gynostemma pentaphyllum* under different environments [J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2000, 11(1): 149-151.
- [15] He W M, Zhong Z C. Morphological and growth responses of the climbing plant, *Gynostemma pentaphyllum* seedlings to varying light intensity [J]. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2000, 24(3): 375-378.
- [16] Deng M, Zhong S, Ren B, et al. Studies on the effect of illumination intensity on the content of total saponin in *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino [J]. *Acta Med Hubei* (湖北医科大学学报), 2000, 21(2): 102-103.
- [17] Guo W Y, Yang Y, Chen J P. Effect of illumination intensity and solution on the growth and the development of *Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino [J]. *J Hubei Univ—Nat Sci* (湖北大学学报·自然科学版), 1994, 16(2): 207-210.
- [18] Wei C L, Sun Q X, Peng Z H. Light environment characteristics of forest gap in deciduous broad-leaved forest and its effects on growth features of *Gynostemma pentaphyllum* in Jianguai watershed [J]. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2003, 14(5): 665-670.
- [19] Zhou X, He H M, Zheng J. Study on the ecological and physiological characters of *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 1999, 18(2): 1-4.
- [20] Sun F, Guo C G, Yang Y L. Effect of moisture in soil on Jiaogulan tea growth [J]. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2001, 29(2): 265-267.
- [21] Long Y, Deng M L, Tan F. Study on adaptability to water stress in *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *J Southw est China Normal Univ—Nat Sci* (西南师范大学学报·自然科学版), 1999, 24(1): 81-86.
- [22] Huang Q, He H M. Studies on superoxide dismutase and other physiological characteristics of *Gynostemma pentaphyllum* [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 2000, 19(3): 17-19.
- [23] Huang Q, He H M. Comparative analysis on peroxidase isozymes of 4 species of medicinal plants [J]. *Chin Wild Plant Res* (中国野生植物资源), 1999, 18(2): 32-35.
- [24] Li C, Zhou L R. Effects of hormone on the peroxidase and the content of gypenoside in *Gynostemma callus* [J]. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), 1998, 25(4): 448-451.
- [25] Shi H Z, Cheng C. Cell culture of *Gynostemma pentaphyllum* and its physiological and biochemical characteristics [J]. *Plant Physiol Comm un* (植物生理学通讯), 1991, 27(2): 97-100.

声 明

为适应我国信息化建设需要, 扩大作者学术交流渠道, 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”。如作者不同意将文章编入光盘及网络数据库, 请在来稿时声明, 本刊将作适当处理。本刊所付稿酬包含刊物内容编入数据库服务报酬, 不再另付。