

温度对绞股蓝和五柱绞股蓝生长及总皂苷积累的影响

刘世彪, 彭小列*, 李馨芸, 王开向

(吉首大学 植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南 吉首 416000)

摘要: 温度是影响绞股蓝生长发育和总皂苷积累的重要环境因子之一。将绞股蓝和五柱绞股蓝幼苗置于10、15、20、25 °C和30 °C的光照培养箱中处理40 d,检测其形态指标和总皂苷含量。结果表明:在25 °C条件下,绞股蓝的叶面积、叶柄长、茎长、新萌叶片数、生物量和总叶绿素含量均为最高,五柱绞股蓝的生长发育也具有类似的规律,因此推断25 °C是绞股蓝和五柱绞股蓝生长发育的适温条件。绞股蓝和五柱绞股蓝的总皂苷含量则以30 °C下最高。绞股蓝的生物量和总皂苷含量决定了总皂苷产量,25~30 °C最有利于提高绞股蓝的总皂苷产量,30 °C则是提高五柱绞股蓝总皂苷产量的最适温度。

关键词: 绞股蓝; 五柱绞股蓝; 温度; 生长; 绞股蓝总皂苷

中图分类号: Q946.83 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)02-0253-04

Effects of temperature on growth and total gypenosides accumulation in *Gynostemma pentaphyllum* and *Gynostemma pentagynum*

LIU Shi-Biao, PENG Xiao-Lie*, LI Xin-Yun, WANG Kai-Xiang

(Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization of Hunan Province, Jishou University, Jishou 416000, China)

Abstract: Temperature is one of the important environmental factors that affect the growth, development and accumulation of total gypenosides in *Gynostemma pentaphyllum*. Seedlings of *G. pentaphyllum* and *G. pentagynum* were grown in illumination incubators with temperatures of 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C and 30 °C respectively for 40 d. Then the morphological index and total gypenosides content were determined. The results showed that *G. pentaphyllum* had the highest values of leaf area, petiole length, stem length, sprouted leaves, biomass and total content of chlorophyll at the temperature of 25 °C. The growth trend of *G. pentagynum* was similar to that of *G. pentaphyllum*. So 25 °C was suggested to be the optimum temperature for the growth of above two species. Both *G. pentaphyllum* and *G. pentagynum* had the highest content of total gypenosides at the temperature of 30 °C. The yield of total gypenosides was composed of biomass and content of gypenosides. The temperature which was in favor of accelerating the yield of total gypenosides for *G. pentaphyllum* was 25-30 °C, and that for *G. pentagynum* was 30 °C.

Key words: *Gynostemma pentaphyllum*; *G. pentagynum*; temperature; growth; total gypenosides

绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)为葫芦科绞股蓝属多年生草质藤本植物,体内富含人参皂苷

成分,具有多种生理功效,因主要分布于我国秦岭以南地区而被誉为“南方人参”,是重要的药用、保健植

① 收稿日期: 2011-06-24 修回日期: 2011-12-17

基金项目: 湖南省自然科学基金重点项目(09JJ3051);湖南省高校产业化培育项目(10CY015)[Supported by Natural Science Foundation of Hunan Province(09JJ3051);Industrializing Cultivation Project of Hunan Higher Education(10CY015)]

作者简介: 刘世彪(1965-),男,湖南保靖县人,博士,教授,主要从事结构植物学和植物资源学研究,(E-mail)liushibiao_1@163.com。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: pengxiaolie2005@163.com)

物。五柱绞股蓝(*G. pentagynum*)主要分布在我国湘西北、鄂西南、渝东南、黔东北交界处的武陵山区,体内也含有绞股蓝皂苷成分。作为耐阴植物,绞股蓝的自然分布、生长发育和总皂苷积累主要受光照和温度的影响,目前关于光照对绞股蓝影响的研究报道较多(邓铭等,2000;郭素枝等,2008),但有关温度对绞股蓝的生长发育和总皂苷积累的研究尚未引起重视。绞股蓝受温度的影响,只能自然分布于南方地区,正常条件下其最适生长温度为20~28℃,连续出现3~5 d低温,就会受冻害,而超过30℃则易遭受日灼危害,低温和高温都会给生产种植带来影响(刘敏华,2001;李美月等,1994)。野外调查发现,湘西地区冬季的五柱绞股蓝地上部分能保持生活状态,而绞股蓝的地上部分则自然枯死,这种抗寒性的差异与它们的渗透调节物质的多少和保护酶的活性高低有关(刘世彪等,2008),但人们对这两种绞股蓝生长发育和皂苷积累的最适温度尚不了解。本实验以绞股蓝和五柱绞股蓝幼苗为材料,检测不同温度处理下植株的生长和总皂苷积累状态,以探讨其对温度影响的适应关系。

1 材料与方法

1.1 材料培养及处理

于2010年3月将盆栽于口径15 cm花钵内的生长一致、高约10 cm的绞股蓝和五柱绞股蓝扦插苗,随机分为5组,每组10株,分别置于SPX-250B-G微电脑光照培养箱中,培养箱温度分别设定为10、15、20、25、30℃。光照/黑暗时间12 h/12 h,光照强度1 100 lx,湿度90%。隔天用稀释的营养液喷水1次,保持土壤含水量20%~30%。连续培养40 d。

1.2 实验方法

1.2.1 形态指标的测定 用不锈钢数显卡尺测量温度处理后植株新长出的茎蔓长度、新长出茎蔓第3节间处的茎直径和第3片新叶的叶柄长度,用S-120便携式叶面积扫描仪测定第3片新叶的叶面积,用电子天平称取新生茎叶的干重作为生物量,同时统计新萌出的叶片数。每个温度处理组测定10株,取平均值,所得结果用SPSS统计软件进行多重比较的差异显著性分析。

1.2.2 叶绿素含量的测定 每处理组取各株的第3片叶,剪碎后混合,按照张志良和瞿伟菁(2003)的方

法测定总叶绿素含量和叶绿素a/b值。重复3次,取平均值。

1.2.3 总皂苷的提取及含量测定 分别采取处理后的绞股蓝和五柱绞股蓝的新生茎叶,置60℃烘箱内恒温烘干36h至恒重。用粉碎机粉碎后过10目筛保存。总皂苷的提取及含量测定参照宋小妹等(1998)的方法,即用乙醇浸提、超声波辅助提取总皂苷(KQ-250E型超声波清洗器),提取液用RE-52旋转蒸发器蒸发浓缩,分光光度法测定总皂苷含量(723A可见光分光光度计,检测波长550 nm)。每个处理重复测定3次,取平均值,所得结果用SPSS统计软件进行各处理间的显著性分析。

2 结果与分析

2.1 温度处理对两种绞股蓝生长和叶绿素含量的影响

按上述方法,测出不同温度处理对绞股蓝和五柱绞股蓝的生长和叶绿素含量的影响如表1所示:

表1显示,10℃时绞股蓝的单叶面积、叶柄长、茎长、茎直径、新萌叶数和单株生物量都明显低于其他各温度下的相应指标,这是由于低温下绞股蓝的生长迟缓导致的。随着温度的上升,绞股蓝的生长发育明显加快,15℃时的各项指标均高于10℃,其中单叶面积、茎长和单株生物量的差异达到显著水平。20℃时的各项指标除单株生物量与15℃时差异不显著外,其余各项指标均显著高于15℃。25℃下绞股蓝的叶柄长和单株生物量显著高于20℃下,其余各指标差异不明显。30℃下绞股蓝的各项指标比25℃下均有明显下降,其中单叶面积、茎长、新萌叶数和单株生物量的下降达显著水平;但30℃下的各项指标却显著高于10℃和15℃,而单叶面积、茎长和新萌叶数显著低于20℃下的绞股蓝,茎直径和单株生物量相差不显著。总体来看,25℃下的绞股蓝各指标最高,生长发育最好。不同温度处理下的绞股蓝总叶绿素含量也随温度的升高而增加,25℃下的数值显著高于其他处理,至30℃时有所下降。叶绿素a/b与温度的关系不明显,但以25℃时最大。

五柱绞股蓝的生长发育具有类似的规律,随着温度从10℃上升到25℃,五柱绞股蓝的各项生长指标都明显增加。10℃处理下的各项指标均最低,15℃时的单叶面积、叶柄长和茎长显著高于10℃时的数值。20℃时的茎长、新萌叶数和单株生物量

显著高于 15 °C, 其余差异不显著。25 °C 时的单叶面积和叶柄长显著高于 20 °C, 除茎直径外的其余各项指标显著高于 15 °C。30 °C 下的各指标均比 25 °C 时有所降低, 其中叶柄长、茎长、茎直径和新萌叶片数达显著水平, 单叶面积和单株生物量的下降未达显著水平。各级温度处理下的总叶绿素含量随温度的增加而升高, 以 25 °C 下的值最高, 但 30 °C 时降

至最低。叶绿素 a/b 的变化没有明显的规律, 但也以 25 °C 最高, 30 °C 最低。就绞股蓝和五柱绞股蓝两个物种而言, 绞股蓝新萌的叶片数较多, 茎蔓较长, 而五柱绞股蓝的茎蔓较粗, 生物量较大, 总叶绿素含量较高, 这与两种绞股蓝在野外的生长势是一致的, 但差异显著性测验结果显示, 这些数值差异均未达到显著水平。

表 1 不同温度对绞股蓝和五柱绞股蓝的生长和叶绿素含量的影响

Table 1 Effects of temperatures on growth and contents of chlorophyll in *G. pentaphyllum* and *G. pentagynum*

物种 Species	处理 条件 Tep.	单叶面积 (cm ²) Leaf area	叶柄长(cm) Petiole length	茎长(cm) Stem length	茎直径(mm) Stem diameter	新萌叶数 (片/株) New leaves	单株生物量 (g,dw) Single biomass	总叶绿素 含量(mg/L) Total Chl.	叶绿素 a/b Chl. a/b
绞股蓝 <i>G. pentaphyllum</i>	10 °C	0.88±0.10d	0.35±0.08c	1.05±0.22d	0.83±0.02b	2.3±0.2c	0.12±0.08c	6.35±0.01b	1.87
	15 °C	2.94±0.22c	0.91±0.18c	5.36±0.61c	0.97±0.08b	3.4±0.6c	0.63±0.12b	7.74±0.01b	2.18
	20 °C	10.74±1.13a	2.86±0.25b	38.43±2.71a	1.51±0.09a	14.4±1.5a	0.83±0.09b	7.76±0.01b	1.16
	25 °C	12.74±1.87a	3.80±0.38a	48.88±2.54a	1.38±0.10a	17.9±2.2a	1.23±0.08a	8.94±0.01a	2.59
	30 °C	8.63±1.32b	3.68±0.39a	17.88±2.38b	1.30±0.07a	8.0±1.1b	0.95±0.06b	7.99±0.01b	1.70
	平均	7.19±5.08	2.32±1.60	22.31±20.76	1.20±0.29	9.20±6.81	0.75±0.41	7.36±1.29	1.90
五柱绞股蓝 <i>G. pentagynum</i>	10 °C	2.06±0.21c	0.71±0.08c	3.36±0.27c	1.32±0.05a	3.0±0.5b	0.32±0.07b	9.08±0.02ab	2.03
	15 °C	7.22±0.87b	2.63±0.25b	13.13±1.73b	1.38±0.18a	4.3±0.8b	0.65±0.13b	9.37±0.01ab	1.82
	20 °C	7.49±1.22b	2.79±0.17b	27.51±2.22a	1.58±0.14a	9.3±1.7a	1.52±0.12a	9.82±0.02ab	2.41
	25 °C	10.18±1.38a	4.12±0.28a	29.47±2.15a	1.56±0.12a	8.7±1.3a	1.87±0.46a	11.08±0.01a	2.66
	30 °C	10.11±1.22a	2.72±0.12b	10.32±1.77b	1.06±0.08b	3.4±1.0b	1.64±0.55a	7.24±0.01b	1.43
	平均	7.41±3.30	2.59±1.22	16.76±11.31	1.38±0.21	5.74±3.02	1.20±0.67	9.32±1.39	2.07

注: 表中数据为 10 株平均值, 不同小写字母显示 0.05 水平差异显著。

Notes: The data means of 10 plants. Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

2.2 温度处理对两种绞股蓝中绞股蓝总皂苷含量的影响

按上述方法, 测出两种绞股蓝在四个不同温度处理下的总皂苷含量(10 °C 时绞股蓝的生物量太小, 未测定其总皂苷含量), 如图 1 所示。

从图 1 可以看出, 30 °C 下的绞股蓝总皂苷积累最多, 其含量达 1.40%, 显著高于其他处理组。15、20 和 25 °C 下的总皂苷含量相差不大, 分别为 1.11%、1.13% 和 1.06%。30 °C 下绞股蓝的总皂苷含量是 15 °C 下总皂苷含量的 1.26 倍, 20 °C 下的 1.24 倍, 25 °C 下的 1.32 倍。对五柱绞股蓝而言, 也是 30 °C 下的总皂苷含量最高, 为 0.91%, 显著高于 20 °C (0.55%) 和 25 °C (0.52%) 下的含量。15 °C 下的总皂苷含量(0.71%) 虽然也低于 30 °C, 却高于 20 °C 和 25 °C, 但与三者间的差异不显著。30 °C 下的总皂苷含量是 15 °C 下的 1.28 倍, 20 °C 下的 1.65% 倍, 25 °C 下的 1.75 倍。绞股蓝与五柱绞股蓝相比, 在相同温度处理下, 绞股蓝的总皂苷含量均显著大于五柱绞股蓝的总皂苷含量。

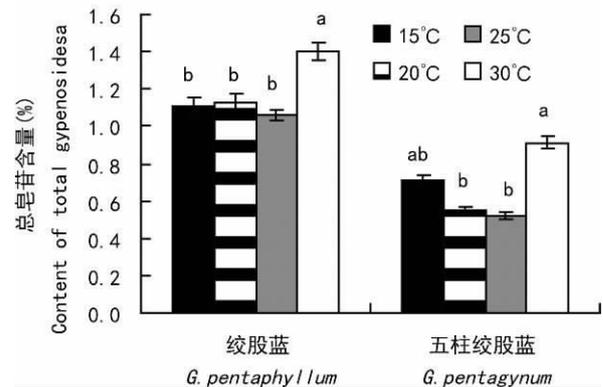


图 1 不同处理温度下绞股蓝和五柱绞股蓝总皂苷含量
Fig. 1 Contents of total gypenosides of *G. pentaphyllum* and *G. pentagynum* under different temperatures

2.3 温度处理对两种绞股蓝单株总皂苷产量的影响

绞股蓝单株总皂苷产量是由绞股蓝的生物量和总皂苷含量所构成。基于表 1 和图 2 的数据相乘, 可以得出温度对两种绞股蓝单株总皂苷产量的影响(表 2)。由表 2 可知, 绞股蓝单株的总皂苷产量是随温度的增加而增加的。30 °C 处理的绞股蓝单株

总皂苷最高,为 13.30 mg, 25 °C 的总产量(13.04 mg)与之相近,两者均显著高于 20 °C 下的 9.38 mg 和 15 °C 下的 6.99 mg。30 °C 下的总皂苷产量分别是 25 °C、20 °C 和 15 °C 下的 1.02 倍、1.42 倍和 1.90 倍。30 °C 处理的五柱绞股蓝的单株总皂苷产量高达 14.92 mg,显著高于 25 °C 下的 9.72 mg、20 °C 下的 9.38 mg 和 15 °C 下的 4.62 mg,是 25 °C 下产量的 1.54 倍、20 °C 的 1.78 倍和 15 °C 下的 3.23 倍。两个物种相比,绞股蓝的总皂苷含量高于五柱绞股蓝,但五柱绞股蓝的生物量高于绞股蓝,因此,虽然绞股蓝在 15~20 °C 时的总皂苷产量略高于五柱绞股蓝,五柱绞股蓝在 30 °C 时的总皂苷产量略高于绞股蓝,但其平均产量的差异并不显著。综合来看,绞股蓝在 25~30 °C 的温度环境中具有较高的总皂苷产量,而五柱绞股蓝只在 30 °C 具有较高的总皂苷产量。

表 2 不同处理温度下绞股蓝和五柱绞股蓝的单株总皂苷产量

Table 2 The yields of total gypenosides of *G. pentaphyllum* and *G. pentagynum* under different temperatures

物种 Species	处理 条件 Tep.	单株生物量 (g, dw) Biomass of single plant	总皂苷含 量(%) Contents of total gypenosides	单株总皂 苷产量(mg) Yields of total gypenosides of single plant
绞股蓝	10 °C	0.12±0.08c	/	/
<i>G. pentaphyllum</i>	15 °C	0.63±0.12b	1.11±0.04b	6.99b
	20 °C	0.83±0.09b	1.13±0.03b	9.38b
	25 °C	1.23±0.08a	1.06±0.04b	13.04a
	30 °C	0.95±0.06b	1.40±0.02a	13.30a
	平均	0.75±0.41	1.18±0.15	10.68±3.04
五柱绞股蓝	10 °C	0.32±0.07b	/	/
<i>G. pentagynum</i>	15 °C	0.65±0.13b	0.71±0.02ab	4.62c
	20 °C	1.52±0.12a	0.55±0.04b	8.36b
	25 °C	1.87±0.46a	0.52±0.03b	9.72b
	30 °C	1.64±0.55a	0.91±0.05a	14.92a
	平均	1.20±0.67	0.67±0.18	9.41±4.26

3 结论与讨论

绞股蓝自然分布于我国秦岭以南的广大地区,造成这种分布格局的主要环境因子是温度。作为昼夜连续生长型植物,绞股蓝在生长初期夜间的生长量小于白天,盛夏时则夜间高于白天,阴雨天高于晴天。绞股蓝在春季低温时萌发生长慢,而在夏秋季生长快,其原因在于适当的温度条件有利于植物的无氮物质如多糖、淀粉等的合成(鲁守平等,2006),

促进植物生物量的增加。本实验中绞股蓝的生长发育随着温度的升高而加快,在 10~30 °C 的温度区间内,以 25 °C 下绞股蓝的叶面积、叶柄长、茎长、新萌叶片数最多,所以其生物量最高。而此时的总叶绿素含量高,光合作用生成的物质最多。30 °C 时绞股蓝的各项形态指标和生物量有所下降,这与其总叶绿素含量的下降有关,因为高温对叶绿素具有破坏作用(蒋彪等,2007),从而影响了光合作用和初生产物的积累。五柱绞股蓝的生长发育也具有类似的规律,因此,可以推断 25 °C 是绞股蓝和五柱绞股蓝生长发育的适温条件。但五柱绞股蓝的生物量和总叶绿素含量都比绞股蓝要大,可能其光合效率也比绞股蓝要高。

温度也是调节植物次生代谢水平的重要环境因子。高温有利于生物碱、蛋白质等含氮物质的合成,低温会导致不饱和脂肪酸的增加以产生抗低温防御反应。在高温干旱条件下,颠茄、金鸡纳等植物体内生物碱的含量较高,而欧乌头在高温条件下含乌头碱有毒,在寒冷低温时则不含碱而无毒(鲁守平等,2006)。在非最佳温度下,玉米向光面的叶片中会积累花青素,从而有效防止光抑制造成的伤害(Pietrini 等,2002)。本实验证明,在 15~30 °C 的温度范围内,绞股蓝和五柱绞股蓝的总皂苷含量均以 30 °C 下最高,25 °C 下最低,而其余温度下的含量略高于 25 °C 下的含量,其原因可能是 25 °C 下,绞股蓝的光合产物主要用于营养生长来增加生物量,皂苷的转化和积累较少,而在非最适温度下,初生代谢产物更多地被转化为次生代谢产物,以皂苷的较多积累来抵御低温或高温逆境,因此 30 °C 时的皂苷含量最高。绞股蓝总皂苷的产量是由生物量和总皂苷含量所决定的,综合来看,25~30 °C 是绞股蓝获得较高的总皂苷产量的最适温度范围,30 °C 是五柱绞股蓝获得较高总皂苷产量的最适温度。因此,在绞股蓝的栽培生产中,除了要选择适宜的光照环境外,还应考虑适宜的气温环境,25~30 °C 的环境有利于绞股蓝的生长发育、生物量和总皂苷产量的增加。

参考文献:

- 刘敏华. 2001. 绞股蓝[M]. 北京:中国中医药出版社
 张志良,瞿伟菁. 2003. 植物生理学实验指导(第三版)[M]. 北京:高等教育出版社
 Deng M(邓铭), Zhong S(钟山), Ren B(任波), et al. 2000. Studies on the effect of illumination intensity on the content of total (下转第 279 页 Continue on page 279)

而且近来整合有地理信息的方法,不是基于传统的可操作的标准,而是至少转向显示部分谱系分离的基因型或表型特征的极具变化的方法。

3 结论

在概念化和逻辑性问题很清楚地分离情况下,关于统一物种概念的普通主题,应该意识到所有的物种概念是有变化的。统一的物种概念终止似乎无止尽的不必要的对于物种阶元的争端,而且提供统一背景,对与物种界定相关的方法多样性的理解,也是对凭经验判断物种方法的整合。

参考文献:

- Andersson L. 1990. The driving force: Species concepts and ecology[J]. *Taxon*, **39**:375—382
- Avice JC, RM Ball Jr. 1990. Principles of genealogical concordance in species concepts and biological taxonomy[J]. *Evol Biol*, **7**:45—67
- Cardoso A, Vogler AP. 2005. DNA taxonomy, phylogeny and Pleistocene diversification of the *Cicindela hybrida* species group(Coleoptera:Cicindelidae)[J]. *Mol Ecol*, **14**:35—31
- de Queiroz K. 1998. Species and Speciation[M]. New York:Oxford University Press:57—75
- de Queiroz K. 2005a. Ernst Mayr and the modern concept of species[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, **102**:6 600—6 607
- Dobzhansky T. 1970. Genetics of the Evolutionary Process[M]. New York:Columbia University Press
- Donoghue MJ. 1985. A critique of the biological species concept and recommendations for a phylogenetic alternative[J]. *Bryologist*, **88**:172—181
- Harrison RG. 1998. Linking Evolutionary Pattern and Process[M]. New York:Oxford University Press:19—31
- Hennig W. 1966. Phylogenetic Systematics[M]. Urbana:University of Illinois Press
- Irwin DE. 2002. Phylogeographic breaks without geographic barriers to gene flow[J]. *Evolution*, **56**:2 383—2 394
- Knowles LL,Carstens BC. 2007. Delimiting species without monophyletic gene trees[J]. *Syst Biol*:56
- Lambert DM,HG Spencer(eds). 1995. Speciation and the Recognition Concept: Theory and Application[M]. Baltimore:Johns Hopkins University Press
- Mallet J. 1995. A species definition for the modern synthesis[J]. *Trends Ecol Evol*, **10**:294—299
- Meier R,Willmann R. 2000. Species Concepts and Phylogenetic Theory[M]. New York:Columbia University Press:30—43
- Michener CD. 1970. Diverse approaches to systematics[J]. *Evol Biol*, **4**:1—38
- Nixon KC,Wheeler QD. 1990. An amplification of the phylogenetic species concept[J]. *Cladistics*, **6**:211—223
- Pigliucci M. 2003. Species as family resemblance concepts[J]. *Bio Essays*, **25**:596—602
- Templeton AR. 1998b. Nested clade analysis of phylogeographic data: Testing hypotheses about gene flow and population history[J]. *Mol Ecol*, **7**:381—397
- Wiley EO. 1978. The evolutionary species concept reconsidered[J]. *Syst Zool*, **27**:17—26
- Zink RM. 1996. Bird species diversity[J]. *Nature*, **381**:566
- 皂甙在 *Gynostemma pentaphyllum*(光照强度对绞股蓝皂甙含量的效应研究)[J]. *J Hubei Med Univ(湖北医科大学学报)*, **21**(2):102—103
- Guo SZ(郭素枝),Zhang YS(张育松),Ma QK(马庆奎),*et al.* 2008. Anatomic characteristics and quality of *Gynostemma pentaphyllum* vegetative organs in different niches(不同生境的绞股蓝营养器官解剖特征及品质分析)[J]. *Chin J Trop Crop(热带作物学报)*, **29**(4):472—477
- Jiang B(蒋彪),Pan YH(潘永华),Gong GB(龚国斌). 2007. Study of the influence of light and temperature on chlorophyll(光照和温度对叶绿素成分影响的研究与探索)[J]. *Optoelectr Tech(光电子技术)*, **27**(4):277—280
- Li XY(李羡月),Zhou GF(周国芬). 1994. Analysis on climatic adaptability of *Gynostemma pentaphyllum*(绞股蓝气候适应性分析)[J]. *Chin Agric Met(中国农业气象)*, **15**(1):18—19
- Liu SB(刘世彪),Yi P(易萍),Luo A(罗奥),*et al.* 2008. Influence of chilling stress on the physiological parameters associated with cold resistance of *Gynostemma pentaphyllum* and *G. pentagynum*(低温胁迫对绞股蓝和五柱绞股蓝抗寒性生理指标的影响)[J]. *Chin J Trop Crop(热带作物学报)*, **29**(5):572—576
- Lu SP(鲁守平),Sui XX(隋新霞),Sun Q(孙群),*et al.* 2006. Biological functions of secondary metabolism of medicinal plants and influences of ecological environment(药用植物次生代谢的生物学作用及生态环境因子的影响)[J]. *Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发)*, **18**(6):1 027—2 032
- Pietrini F,Iannelli MA,Massacci A. 2002. Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photoinhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis[J]. *Plant Cell Environ*, **25**:1 250—1 260
- Song XM(宋小妹),Cui JC(崔九成),Qiang J(强军),*et al.* 1998. Study on extraction process for total saponins of *Gynostemma longipes* by ultrasonic extraction method(超声法提取绞股蓝皂甙的工艺研究)[J]. *Chin Trad Patent Med(中成药)*, **20**(5):4—5

(上接第 256 页 Continue from page 256)