

黄芩传粉生物学特性研究

张红瑞^{1,*}, 高致明¹, 贺德先¹, 王文全²

(¹河南农业大学农学院, 郑州 450002; ²北京中医药大学中药学院, 北京 100102)

摘要: 通过野外观察、人工辅助授粉和室内测定等方式, 对黄芩 (*Scutellaria baicalensis* Georgi.) 传粉生物学特性进行了研究。结果表明: 黄芩花紫色、紫红色或蓝色, 花冠口部直径 0.5 ~ 1.2 cm, 花冠筒长 2.3 ~ 3.4 cm, 花柱长 2.3 ~ 3.5 cm, 后对花药长 0.1 ~ 0.15 cm, 前对花药长 0.18 ~ 0.3 cm, 柱头及雄蕊不伸出花冠, 不接触; 花粉生活力在开花当天最强, 花药刚开裂时有生活力花粉为 76.94%, 3 d 后为 54.06%; 花粉/胚珠 (P/O) 为 635 ~ 7 220, 自然状态下结实率为 56.74%。黄芩为异花虫媒授粉植物, 传粉昆虫主要是沙漠条蜂 (*Anthophora deserticola* Morawitz)、红光雄蜂 [*Bombus* (*Bombus*) *ignitus* Smith]、花条蜂 (*Anthophora florum* Smith) 和富丽熊蜂 [*Bombus* (*Thoracobombus*) *opulentus* Smith] 等。

关键词: 黄芩; 传粉生物学; 访花昆虫; 繁育系统

中图分类号: S 567.23+9

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 11-2209-06

Pollination Biology Characters of *Scutellaria baicalensis*

ZHANG Hong-rui^{1,*}, GAO Zhi-ming¹, HE De-xian¹, and WANG Wen-quan²

(¹Agronomy College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; ²School of Chinese Pharmacy, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100102, China)

Abstract: Reproductive characteristics of *Scutellaria baicalensis* were studied by field observation, artificial pollination and laboratory tests. The results showed that corolla was purple or amaranth or blue color. Corolla tube was 0.5 – 1.2 cm wide, and 2.3 – 3.4 cm long, style was 2.3 – 3.5 cm long. The behind pair of anthers was 0.1 – 0.15 cm long while the front pair of anthers was 0.18 – 0.3 cm long. There were neither protruding stigmas nor contacting anthers. Pollen vigor was the strongest on the day of anthesis. At the beginning of anthesis, the vigor was 76.94%, and decreased rapidly to 54.06% three days later. Pollen-ovule ratio (P/O) ranged from 635 to 7 220. Natural outlet setting rate was 56.74%. It was inferred that *S. baicalensis* belong to an entomophilous cross-pollinated plant based on the results of pollination observations and artificial pollination studies. The most frequently known pollinators of *S. baicalensis* were as follows: *Anthophora deserticola* Morawitz, *Bombus* (*Bombus*) *ignitus* Smith, *Anthophora florum* Smith and *Bombus* (*Thoracobombus*) *opulentus* Smith.

Key words: *Scutellaria baicalensis*; pollination biology; pollination insect; breeding system

黄芩 (*Scutellaria baicalensis* Georgi.) 为唇形科黄芩属多年生草本植物, 以干燥根入药, 是常用

收稿日期: 2011-07-05; 修回日期: 2011-09-06

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目 (2011B360003)

* E-mail: zhanghongrui2003@126.com

大宗中药材,具有清湿热,泻火,解毒,安胎等功效(中华人民共和国国家药典委员会,2010)。近年来由于国内外对黄芩药材和黄芩苷需求量的日益增加,野生黄芩资源已不能满足市场需求,栽培黄芩逐步成为主要原料来源(杨全等,2006)。然而至今未见黄芩审定品种,对其传粉特性的报道较少(徐昭玺和魏建和,1997)。本试验中采用野外观察、人工辅助授粉和室内测定等不同方式,对黄芩生殖与传粉、繁育等特性进行了研究,以期为黄芩杂交技术制定和新品种培育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

野外试验于 2007—2008 年在河北省承德市中国药材集团承德药材有限责任公司黄芩种质资源圃进行。黄芩种质来源于河北承德,经北京中医药大学刘春生老师鉴定为 *Scutellaria baicalensis* Georgi.。

1.2 方法

1.2.1 花期和结实率观察

选择 2007 年 3 年生根茎种植生长状况一致的黄芩植株 10 株,于 2008 年 6 月至 8 月,分别观测各株的主茎及各分枝现蕾、开花、脱落和果实成熟的时间。随机选择 540 个花序 5 281 朵花统计自然结实率,结实率(%) = 小坚果总数/花朵数/4 个胚珠 $\times 100$ 。

1.2.2 花部形态特征

随机选取 1 080 朵花,测量花冠口部直径、花冠长度、花柱长度、后对花药长度、前对花药长度等。

1.2.3 花粉形态

花粉鉴定采用日立 S-570 型扫描电镜以喷金镀膜方法观察拍照。

1.2.4 花粉活力和柱头可授性测定

采用氯化三苯基四氮唑染色法测定花粉活力(胡适宜,1993)。以田间为对照,设置两个处理,常温保存和 4℃ 冷冻保存,都用硅胶干燥,每个处理 3 次重复,每个重复随机选择 30 朵花,测定放置不同天数后的花粉生活力(魏建和等,2006)。每处理计数 100 倍下的视野 3 个,取 6 个观察值的平均值。于盛花期用联苯胺—过氧化氢溶液检测不同发育时期(即将开放期、开放初始期、开放 1 d、开放 2 d、开放 3 d)柱头的可授性(刘林德等,2001),将柱头浸入凹面载片中含有联苯胺—过氧化氢反应液的凹陷处,若柱头具可授性,柱头周围的反应液呈现蓝色并有大量气泡出现,每个发育时期 3 次重复,每个重复随机选择 30 朵花,以“-”表示柱头不具可授性,“+”表示柱头具可授性,“++”表示柱头可授性较强。

1.2.5 花粉量和花粉/胚珠比率(P/O)测定

随机选取将要开放的花朵 540 朵,取下花药,用 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 60℃ 下水解去花药壁,制成 2.0 mL 的悬浮液。取 0.01 mL,制片,显微镜下计数,重复计数 25 次,统计每朵花的花粉量。黄芩每朵花 4 个胚珠, $\text{P/O 比率} = \text{每朵花的花粉量}/4$ 。

1.2.6 传粉昆虫及其活动规律观察

于盛花期,随机选取 $1.2 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ 的观察小区,捕捉钻入花朵中的昆虫,测量虫体数量特征,并作为凭证标本(物种鉴定由中国科学院动物研究所丁亮老师完成)。选择在晴天 5:30—20:30,每隔 30 min 记录出现在视野中的昆虫总数,连续观测 4 d;对每 1 种传粉昆虫固定 1 头进行跟踪观

察，以秒表记录昆虫在每朵花中的停留时间，观测 4 d。

1.2.7 传粉效果试验

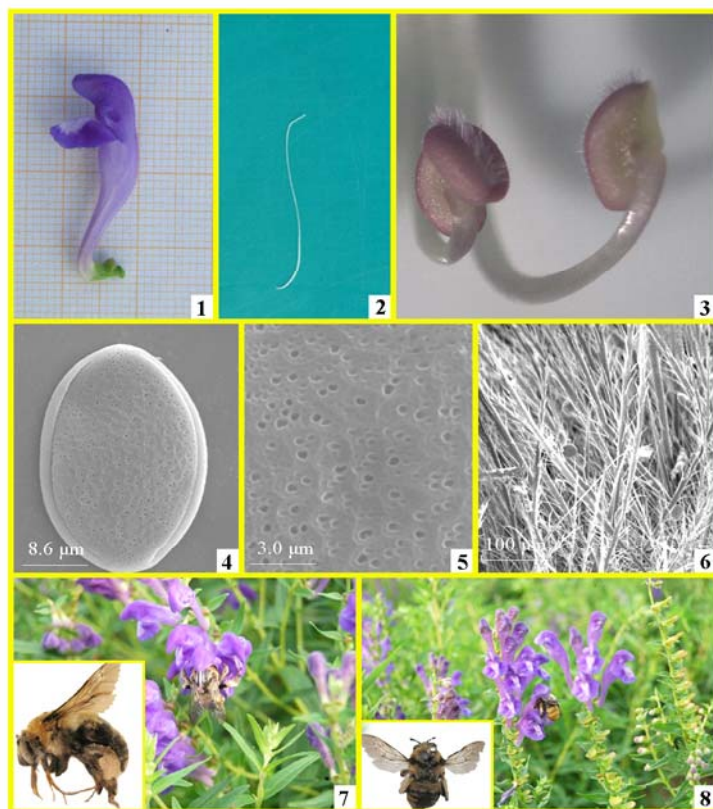
在野外对花朵分别采取如下处理：（1）植株隔离于无风雨和昆虫的环境；（2）花序套袋置于自然环境中；（3）单花套袋置于自然环境中；（4）花序去雄置于自然环境中；（5）剥离花冠不套袋置于自然环境中；（6）剥离花冠套袋置于自然环境中；（7）去雄，套袋，人工异株异花授粉；（8）去雄，套袋，人工同株异花授粉。果实成熟时统计结实率。

2 结果与分析

2.1 黄芩花生物学特性和花部形态

观察发现，在河北承德 7—8 月的晴朗天气条件下，黄芩小花于凌晨 1:00—7:00 陆续开放，其中以 4:00—6:00 为开花盛期。开花 2~4 h 后散粉，4~5 d 后花冠脱落。同一株主茎先开花，同一花枝由下而上依次开放。黄芩现蕾约 10 d 后开花，花后 22 d 左右果实成熟，自然状态下的平均结实率为 56.74%。

黄芩花冠唇形（图版，1），不同植株花色有紫色、紫红色或蓝色，花柱细长，先端锐尖，微裂，呈“S”形自然弯曲（图版，2），雄蕊 4 个，2 强，花药纵裂散粉，裂口处有白色髯毛（图版，3）。花冠口部直径为 0.5~1.2 cm，花冠筒长 2.3~3.4 cm，花柱长 2.3~3.5 cm，后对花药长 0.1~0.15 cm，前对花药长 0.18~0.3 cm，自然状态下，柱头及雄蕊不伸出花冠，柱头与花药不接触。



图版说明：1. 花；2. 花柱；3. 花药；4. 花粉粒；5. 花粉粒表面雕纹；6. 传粉蜂背部毛及毛丛中的花粉粒；7、8. 传粉昆虫。

Explanation of plates: 1. Flower; 2. Style; 3. Anthers; 4. Pollens; 5. Carving grain surface of pollen grain; 6. Pollinating insect back wool and hair rosette of pollen grains; 7, 8. Pollinating insect visitations.

2.2 黄芩花粉特征、花粉活力、柱头可授性及花粉数量与胚珠比（P/O）

黄芩花粉粒呈长球形，具 3 沟（图版，4），表面具网状雕纹（图版，5）。测定结果（表 1）表明，自然条件下，黄芩柱头上的花粉生活力以开花当天为最强，花药刚开裂时有生活力花粉为 76.94%，后逐渐下降，3 d 后降为 54.06%。花朵完全开放后至开花末期（花后 3 d），柱头均具过氧化物酶活性，即花朵完全开放后至开花末期柱头均具有可授性（表 2）。

表 1 黄芩花粉寿命及不同离体保存条件对花粉寿命的影响

Table 1 Pollen life span and influence of different preservation conditions *in vitro* on the life span of *S. baicalensis*

放置环境 Kept environments	有生活力花粉比例/% Percentage of the viable pollens			
	初始 Initial	1 d	2 d	3 d
柱头 Stigma	76.94	70.19	66.24	54.06
干燥 Dry	76.94	74.29	79.12	73.39
冷藏 + 干燥 Refrigerated + Dry	76.94	79.53	80.00	76.20

表 2 黄芩柱头可授性的联苯胺—过氧化氢法检测结果

Table 2 Test for stigma receptivity of *S. baicalensis* by Benzidine - H₂O₂

时间 Time	可授性 Stigma receptivity
即将开放期 On coming	—
开放初始期 Initial stage	+
1 d	+
2 d	+
3 d	+

Cruden（1977）认为花粉数量/胚珠比（P/O）能较好地反映繁育系统的差异。观测结果表明，黄芩花药的花粉量变化幅度较大，为 2 538 ~ 28 880 粒，平均每朵花的花粉量为 14 148 粒，P/O 为 635 ~ 7 220，平均为 3 537。根据 Cruden（1977）的标准，黄芩属于异花授粉。

2.3 黄芩传粉昆虫及其活动规律

观察结果显示，黄芩的传粉媒介主要是蜂类，特别是蜜蜂总科的昆虫，其中主要有沙漠条蜂（*Anthophora deserticola* Morawitz）、红光雄蜂[*Bombus (Bombus) ignitus* Smith]、花条蜂（*Anthophora florum* Smith）、富丽熊蜂[*Bombus (Thoracobombus) opulentus* Smith]、黄胸木蜂（*Xylocopa appendiculata* Smith）、缘条蜂[*Anthophora (Mystacanthophora) borealis*]等。

蜂类昆虫的体长、胸径等形体数量性状（表 3）与黄芩花冠筒长（2.3 ~ 3.4 cm）、口部直径（0.5 ~ 1.2 cm）等花冠数量性状相吻合，身上均具有丰富的毛丛，是比较有效的传粉昆虫。黄芩花朵开放后，花药很快开裂，花粉暴露，昆虫在吸食花蜜的过程中，通过体表丰富的毛丛粘附花粉（图版，6），起到传播作用。传粉昆虫中数量较多的是沙漠条蜂（图版，7），其口器较长，容易直达蜜腺花盘吸食到花蜜，在花朵上停留的时间较短，为（3.332 ± 0.456）s。另一数量较多的是红光雄蜂（图版，8），不仅吸食花蜜，还采食花粉，所需时间较长，为（9.967 ± 0.894）s。此外，访花昆虫还有斯马蜂（*Polistes snelleni* Saussure）只吸食花蜜，而且是直接从花冠筒基部刺入吸食，不具有传粉作用。黄芩花丛中也偶尔见到蓬雀天蛾[*Macroglossum stellatarum*（Linne）]，这类昆虫只吸食花蜜，在花朵上的停留时间短，几乎不具有传粉作用。

表 3 传粉昆虫的形体特征

Table 3 Body characters of pollinating insects for *S. baicalensis*

昆虫 Insects	体长/cm Body length	胸径/cm Thorax width	毛被情况 Hair
沙漠条蜂 <i>Anthophora deserticola</i> Morawitz	2.10	0.7	密长毛 Long and dense
红光雄蜂 <i>Bombus (Bombus) ignitus</i> Smith	1.50	0.7	密长毛 Long and dense
花条蜂 <i>Anthophora florum</i> Smith	1.45	0.6	密毛 Dense
富丽熊蜂 <i>Bombus (Thoracobombus) opulentus</i> Smith	1.90	0.7	密长毛 Long and dense
黄胸木蜂 <i>Xylocopa appendiculata</i> Smith	2.45	0.8	密长毛 Long and dense
缘条蜂 <i>Anthophora (Mystacanthophora) borealis</i>	1.20	0.5	密毛 Dense

观察发现，天气状况影响昆虫的访花频率。在晴朗天气条件下，绝大多数昆虫在早晨 5：00 以后开始活动，傍晚 8：00 基本停止（图 1），只有极少数蜂例外。在强风、阴天或气温低的情况下，昆虫活动较少。

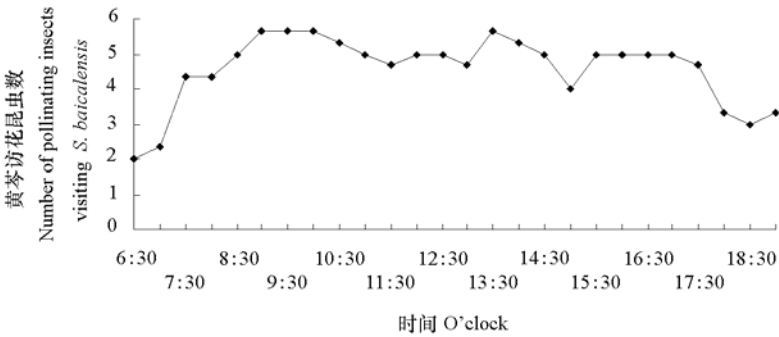


图 1 黄芩传粉昆虫的活动规律
Fig. 1 Diurnal activity patterns of pollinating insects visiting *S. baicalensis*

2.4 不同条件下黄芩的传粉效果与结实率

表 4 表明：自然状态下，黄芩的结实率为 56.74%；剥离花冠套袋，结实率为 4.35%；剥离花冠不套袋，几乎不结实；人工异株异花授粉结实率为 51.3%，人工同株异花授粉则不结实。植株隔离（于无风雨无昆虫的条件下）、花序套袋、单花套袋和去雄不套袋等在自然环境中均不结实。这表明黄芩异交结实，可能自交不亲和。

表 4 不同条件下黄芩的传粉效果与结实率
Table 4 Pollination characteristics and nutlet setting rate of *S. baicalensis* under different experimental conditions

授粉条件 Pollination conditions	处理花朵数 Number of treated flowers	结果数 Nutlets	结实率/% Nutlet setting rate
自然传粉 Natural pollination	5 281	11 986	56.74
植株隔离 Plant isolation	1 026	0	0
花序套袋 Inflorescence isolation	210	0	0
单花套袋 Flower isolation	150	0	0
去雄不套袋 Emasculation without isolation	100	0	0
剥离花冠不套袋 Removal of corolla without isolation	23	1	1.09
剥离花冠套袋 Removal of corolla and isolation	569	99	4.35
去雄，套袋，人工异株异花授粉 Emasculation, isolation and artificial xenogamy	97	199	51.30
去雄，套袋，人工同株异花授粉 Emasculation, isolation and artificial geitonogamy	75	0	0

3 讨论

3.1 黄芩传粉特性与自然结实率

Baker（1961）认为，花部结构、生殖系统，特别是传粉者的习性，是协同发育起来的。自然状态下，柱头及雄蕊不伸出花冠，柱头与花药不接触，因而借助风媒传粉的可能性较小。黄芩剥离花冠不套袋时结实率非常低。但可能是由于黄芩适度紧缩的花序和鲜艳的花色增强了对昆虫的吸引力（Mulligan & Kevan，1973；周世良 等，1996），较大的花粉量和花蜜可以保证给传粉昆虫以一定

报偿 (Spira, 1980; Galen & Stanton, 1989), 自然状态下, 黄芩适合于虫媒异花传粉, 结实率应归功于昆虫, 即昆虫对黄芩完成生殖传粉具有重要作用。另外, 黄芩药室裂口的白色髯毛, 可能增加花粉的存活机会, 也给异花传粉创造有利的条件; 黄芩较长时间的花期和花朵寿命, 也给异花传粉增加成功的机会。

3.2 黄芩人工杂交育种技术

黄芩花粉活力与柱头可授性测定结果与昆虫活动结果一致, 这与徐昭玺和魏建和 (1997) 报道的小花开放期间均可接受外来花粉, 花后不同天数及同一天不同时间授粉的结实率并不规律, 在自然情况下, 黄芩小花开放时间长短不同结实率差异不明显大致相同。此外, 离体花药保存有利于保持花粉活力。因此, 初步拟定黄芩的杂交技术为: 选开花前 1 d 的花朵去雄, 套袋, 选用开花当天的花粉或者干藏或低温干藏的花粉, 在小花开放期内授粉, 然后继续套袋, 并于柱头彻底枯萎脱落后 (约开花后 10 d) 去除纸袋。由于黄芩属于异花授粉植物, 本文的结论与萧凤回和郭巧生 (2008) 推断一致。因此, 为提高黄芩的育种效率和效果, 黄芩育种的途径应采用混合选择的方法, 如果选育自交系, 需要连续进行人工自交, 这有待于进一步研究。

References

- Baker H G. 1961. The adaptation of flowering plants to nocturnal and crepuscular pollinators. *Q R Biol*, 36 (1): 64 - 73.
- Chinese Pharmacopoeia Committee. 2010. Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Volume I. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press: 282 - 283. (in Chinese)
- 中华人民共和国国家药典委员会. 2010. 中华人民共和国药典一部. 北京: 中国医药科技出版社: 282 - 283.
- Cruden R W. 1977. Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31 (1): 32 - 46.
- Galen C, Stanton M L. 1989. Bumble bee pollination and floral morphology: Factors influencing pollen dispersal in the alpine sky pilot, *Polemonium viscosum* (Polemoniaceae). *Am J Bot*, 76: 419 - 426.
- Hu Shi-yi. 1993. Eeperimental methods in plant embryology (I) determination of pollen viability. *Chinese Bull of Bot*, 10 (2): 60 - 62. (in Chinese)
- 胡适宜. 1993. 植物胚胎学实验方法 (一) 花粉活力的测定. *植物学通报*, 10 (2): 60 - 62.
- Liu Lin-de, Zhang Hong-jun, Zhu Ning, Shen Jia-heng. 2001. Pollen viability and stigma receptivity of *Eleutherococcus senticosus* (Arakiaceae). *Bulletin of Botanical Research*, 21 (3): 376 - 380. (in Chinese)
- 刘林德, 张洪军, 祝 宁, 申家恒. 2001. 刺五加花粉活力和柱头可授性研究. *植物研究*, 21 (3): 376 - 380.
- Mulligan G A, Kevan P G. 1973. Color, brightness, and other floral characteristics attracting insects to the blossoms of some Canadian weeds. *Can J Bot*, 51 (10): 1939 - 1952.
- Spira T. 1980. Floral parameters, breeding system and pollinator type in *Trichostema* (Labiatae). *Am J Bot*, 67: 278 - 284.
- Wei Jian-he, Huang Lu-qi, Chen Shi-lin, Cheng Hui-zhen, Yang Cheng-ming, Chu Qing-long. 2006. Study on the stigma/pollen vigor and self-compatibility of *Platycodon grandiflorum*. *China Journal of Chinese Mater Medi*, 31 (5): 366 - 368. (in Chinese)
- 魏建和, 黄璐琦, 陈士林, 程惠珍, 杨成民, 褚庆龙. 2006. 桔梗柱头、花粉活力及自交亲和性研究. *中国中药杂志*, 31 (5): 366 - 368.
- Xiao Feng-hui, Guo Qiao-sheng. 2008. Genetic breeding in medicinal Plants. Beijing: China Forestry Publishing House: 19 - 22. (in Chinese)
- 萧凤回, 郭巧生. 2008. 药用植物育种学. 北京: 中国林业出版社: 19 - 22.
- Xu Zhao-xi, Wei Jian-he. 1997. Studies on the habit of propagation biology of bailcal skullcap (*Scutellaria baicalensis*) and comparisons among its types. *Chinese Trad Herb Drug*, 8 (10): 623 - 625. (in Chinese)
- 徐昭玺, 魏建和. 1997. 黄芩生殖生物学特性研究及其群体分离类型的比较. *中草药*, 8 (10): 623 - 625.
- Yang Quan, Bai Yin, Chen Qian-liang, Zhang Yan, Chen Yun-hua, Wang Wen-quan. 2006. The resource investigation and continual utilization of *Scutellaria baicalensis*. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 17 (7): 1159 - 1160. (in Chinese)
- 杨 全, 白 音, 陈千良, 张 燕, 陈云华, 王文全. 2006. 黄芩资源现状及可持续利用的研究. *时珍国医国药*, 17 (7): 1159 - 1160.
- Zhou Shi-liang, Pan Kai-yu, Hong De-yuan. 1996. Comparative studies on pollination biology of *Mosla hangzhouensis* and *M. chinensis* (Labiatae). *Acta Bot Sin*, 38 (7): 530 - 540. (in Chinese)
- 周世良, 潘开玉, 洪德元. 1996. 杭州石荠苎和石香薷 (唇形科) 的传粉生物学比较研究. *植物学报*, 38 (7): 530 - 540.