

## 花的含糖状况与其传粉方式的关系

复旦大学生命科学学院 96 级 李 辉

**论文点评:** 李辉同学从复旦校园中常见的花卉着手, 比较了花的含糖状况和传粉的关系, 并进行协同进化分析, 选题平常而又独特, 观察细致入微, 分析合理, 结论可靠, 值得一读。李辉同学热爱生物, 善于观察, 勤于思考值得我们学习, 达尔文的进化论就是从细致的观察开始的, 希望我们的大学生有更多更好的发现, 并开展各种各样的小实验进行分析。

**点评教师:** 卢大儒 (教授)

**摘要:** 被子植物的花是其最进化的器官, 有许多适应不同传粉方式的机理。其中含糖状况与传粉方式的关系极为密切。通过对多种花含糖状况的测定和用加工过的花进行昆虫试验, 发现花总糖含量相近, 糖本不是供给昆虫的。而糖分在虫媒花中明显分多蜜、多粉、兼有三种, 因此虫媒花的诱虫方式也各不相同。在木兰科到菊科的进化路线上, 发生了由无蜜到多蜜再少蜜的过程, 这是花与昆虫传粉者协同进化的结果。

**关键词:** 花, 糖类, 传粉, 虫媒, 协同进化

**科学分类号:** Q945, Q946

被子植物是目前生物界中的显著类群, 其所以能取得选择优势主要原因之一是有花。花的发生把孢子体与配子体两个世代结合起来, 增加了许多控制点, 大大加快了被子植物的进化。考证白垩纪化石发现被子植物的进化与昆虫这一重要传粉者的进化关系非常密切。<sup>(1)</sup> 所以传粉及其相关机制的研究对阐明被子植物的进化机理是十分重要的。

有部分植物是自花传粉的, 但长期连续自花传粉对植物有害。<sup>(2)</sup> 异花传粉比之自花传粉进步, 但需要某些媒介传播花粉。这些媒介主要有风和昆虫两种。适应不同媒介的花形态上有明显不同。风媒花多密集, 产生大量轻小花粉, 花柱长大, 花被消失, 无香、色。但这些并非必要特征。虫媒花有特殊气味, 产蜜, 花大, 这些要素对昆虫的吸引程度是不完全清楚的。

较原始的无翅类和鞘翅目昆虫有会咬的口器。他们不在乎蜜腺, 而食用花粉、花瓣和雄蕊。他们是原始的玉兰科、蔷薇科、毛茛科等的传粉者, 也是十分进化的菊科的传粉者 (见图)。白垩纪晚期出现的一些双翅目昆虫对蜜极感兴趣。蔷薇科、报春科、夹竹桃科、菊科等都会由它们传粉。始新世出现的鳞翅



图 1 金龟子正食用紫菀花粉 (李辉摄于 Norway, Wishland)

目能飞极远的距离进行种群间传粉。它们对花蜜依赖性极大, 而且选择性强。如紫菀属对某些蝴蝶特别有吸引力。膜翅目特别采访所有含蜜的花, 并在同种花间传粉, 如紫萼英、酢酱草, 使其花粉有效率比芍药等好了好几万倍。<sup>(3)</sup>

花在形态上对传粉方式的适应是研究得极为清晰的, 但在内部生化机理上的适应的研究往往限于花粉。花粉主要含有孢粉素, 纤维素, 果胶质、蛋白质、脂类和一些酶等。

<sup>(4)</sup> L.N. Standifer 1966 年证实风媒和虫媒花粉中含类脂量无显著差异。1983 年江苏农科院证明蛋白质在花粉中含量大致一样。<sup>(5)</sup> 但糖类的含量却大不相同, 玉米花粉比海棠花粉高了 35 倍。<sup>(6)</sup> 在花的其它部分也存在类似状况, 糖类不像蛋白质和脂类那样含量相近。比如在花柱道中有的充满糖类, 有的则没有<sup>(7)</sup>, 在柱头上多分泌阿拉伯半乳糖

蛋白<sup>(8)</sup>。含糖状况的不同与花的传粉方式间必然存在某种关系。

自从 1793 年 Sprengel 查明昆虫与花蜜和授粉间关系,人们不断研究虫媒花的诱虫机理,并发现花精油(与糖结合)的香气、花的色泽都对昆虫有复杂的吸引关系<sup>(6)</sup>。但近年来分子生物学的兴起使人们的目光从这些较宏观的事物上移开了。所以我们尝试重新进行这类研究,并先用简单的生化方法和动物试验来探索含糖状况、授粉方式和诱虫机理等等之间的关系。

## 1. 材料和方法

### 1. 1 花朵材料

5 月上旬采自复旦校园的 18 种不同传粉类型的花朵。采集依照下列原则:

- (1) 尽量使各种传粉方式齐全;
- (2) 同样类型的花有几种以排除偶然性;
- (3) 对本地的适应性较强,不至于影响其生化生理状况。

20 种花如下:

棒头草 *Polypogon Fugax* Steud  
棕榈 *Trachycarpus Fortunei* H.Wendl.  
樟 *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb  
悬铃木 *Platanus xacerifolia* (Ait.) Willd  
油柿 *Diospyros oliefera* Cheng  
金盏菊 *Calendula officinalis* L.  
母菊 *Matricaria recutitia* L.  
蓝芙蓉 *Centaurea cyanus* L. Sp.Pl.  
美洲紫菀 *Astez subulatus* Michx.  
忍冬 *Loniaera japonica* Thunb.  
石榴 *Punica granatum* L.  
丽春花 *Papaver rhoeas* L.  
印度蔊菜 *Rorippa indica* (L.) Hiern.  
蔷薇 *Rosa multiflora* Thunb.  
珊瑚树 *Viburnum odoratissimum* Ker var. Awabuki  
夹竹桃 *Nericum indicum* Mill f. *Leucanthum* (Mak.) Hsu.  
酢酱草 *Oxalis corymbosa* DC.  
石竹 *Dianthus barbatus* L.

### 1. 2 材料处理

每种新鲜花朵精确称取每份 3.0 克各三份。

第一份:各部分小心分开,浸在 20ml 蒸馏水中,涡旋振荡机上振荡 5min。倾滤出液体,加适量活性炭去色,定容 50ml。过滤得透明无色溶液 1<sup>#</sup>。取 10ml 滤液,加 7ml 6mol/L 的 HCl,煮沸 30min,冷水冷却。用 6mol/L NaOH 调 pH 至中性,定容 50ml,得 2<sup>#</sup>液。

第二份:研浆,加 10ml 水,50℃保温 20min,定容 50ml。加适量活性炭去色,得无色溶液 3<sup>#</sup>。

第三份:研浆,加 10ml 水,6mol/L HCl 7ml,煮沸 30min,冷水冷却。6mol/L NaOH 调 pH 至中性,加适量活性炭,定容 100ml,过滤。取滤液 5ml,定容 50ml,得无色溶液 4<sup>#</sup>。

### 1. 3 糖含量测定方法

每种溶液取 0.5ml 各三份，加 0.5ml 3,5-二硝水杨酸 (DNS)，沸水浴精确 5min，冷水冷却。各加 4.0ml 水。在 721 分光光度计上测 OD 值。

以 0、20、40...200 μg/ml 的葡萄糖溶液与 DNS 同样处理定出 OD 值与浓度关系，以把各样液 OD 值变为含量。

### 1. 4 附加验证

对上述材料中几种草本花卉分别进行剪除花瓣，洗去外泌物等处理后，全株与未处理植株混放在蜂巢旁，观察蜜蜂来访几率。

## 2. 结果

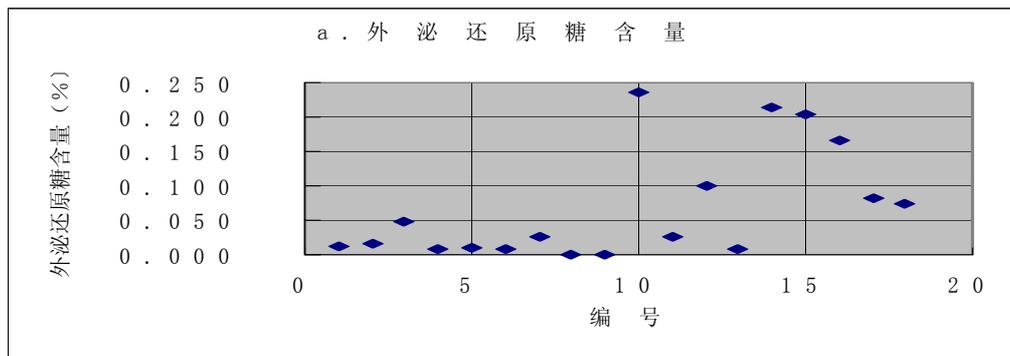
### 2. 1 各类花朵四种糖的含量

各类花处理得的 1#、2#、3# 溶液差异较大，而 4# 溶液差异并不大 (见表 1)。

表 1. 各种花 4 种处理液 OD 值及对应糖含量

编号	花名	1#OD	外泌还原糖含量 (%)	2#OD	外泌总糖含量 (%)	3#OD	总还原糖含量 (%)	4#OD	总糖含量 (%)
A	樟	0.008	0.013	0.002	0.014	0.049	0.078	0.132	3.77784
B	棕榈	0.010	0.016	0.002	0.014	0.065	0.103	0.124	3.54888
C	棒头草	0.030	0.048	0.016	0.114	0.082	0.130	0.146	4.17852
D	悬铃木	0.005	0.008	0.001	0.007	0.032	0.051	0.099	2.83338
E	蓝芙蓉	0.006	0.010	0.013	0.093	0.011	0.017	0.196	5.60952
F	金盏菊	0.005	0.008	0.012	0.086	0.009	0.014	0.192	5.49504
G	紫菀	0.016	0.025	0.024	0.172	0.023	0.037	0.181	5.18022
H	母菊	0.000	0.000	0.011	0.079	0.003	0.005	0.184	5.26608
I	丽春花	0.000	0.000	0.001	0.007	0.000	0.000	0.083	2.37546
J	酢酱草	0.148	0.235	0.032	0.229	0.164	0.261	0.223	6.38226
K	石榴	0.016	0.025	0.005	0.036	0.038	0.060	0.102	2.91924
L	珊瑚树	0.063	0.100	0.018	0.129	0.133	0.211	0.175	5.0085
M	油柿	0.005	0.008	0.018	0.129	0.017	0.027	0.103	2.94786
N	夹竹桃	0.135	0.215	0.027	0.193	0.158	0.251	0.214	6.12468
O	石竹	0.128	0.204	0.025	0.179	0.166	0.264	0.198	5.66676
P	蔷薇	0.105	0.167	0.024	0.172	0.139	0.221	0.185	5.2947
Q	葎菜	0.052	0.083	0.019	0.136	0.063	0.100	0.095	2.7189
R	忍冬	0.046	0.073	0.014	0.100	0.067	0.107	0.107	3.06234

在下图中可明显地看到各类花的分层。



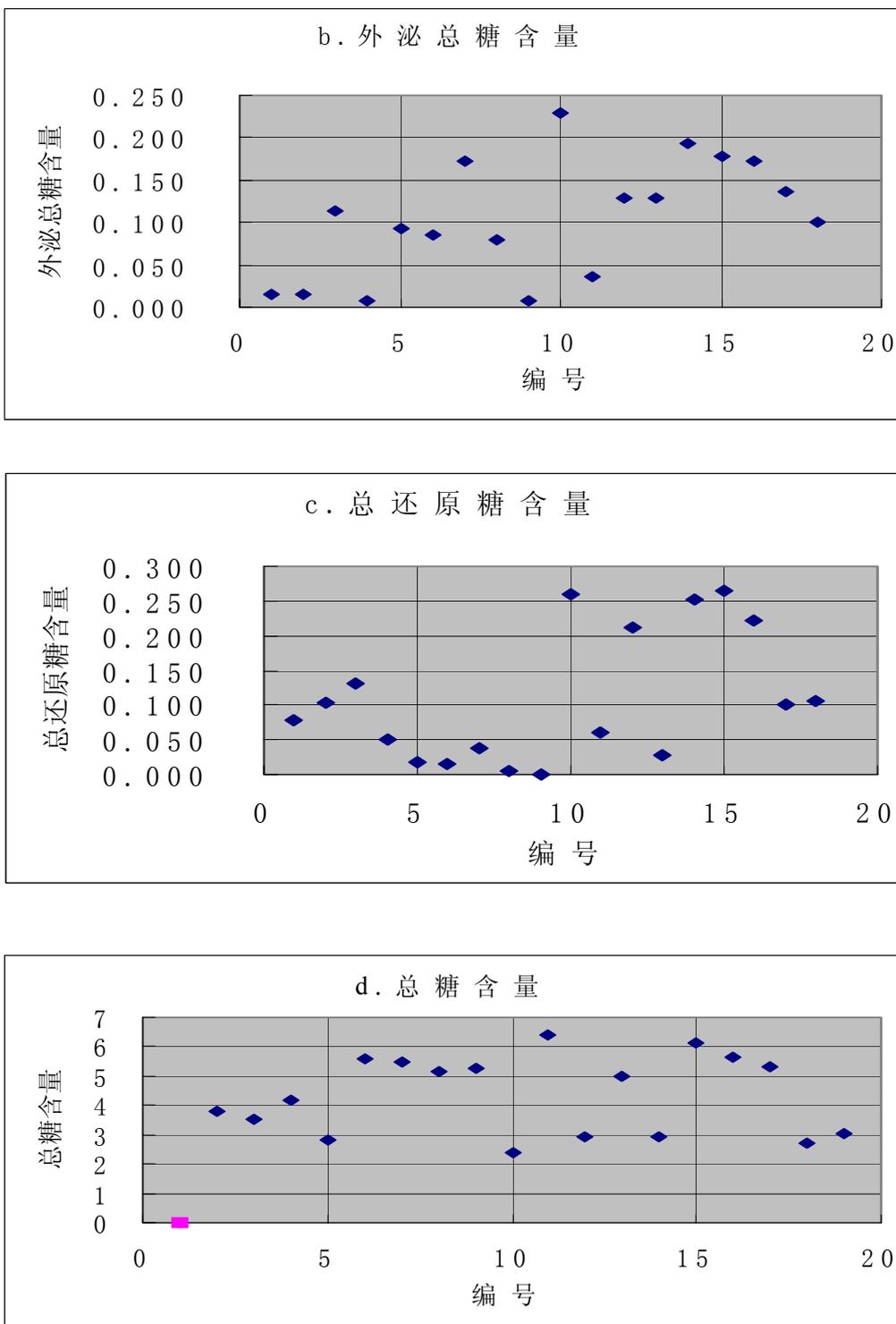


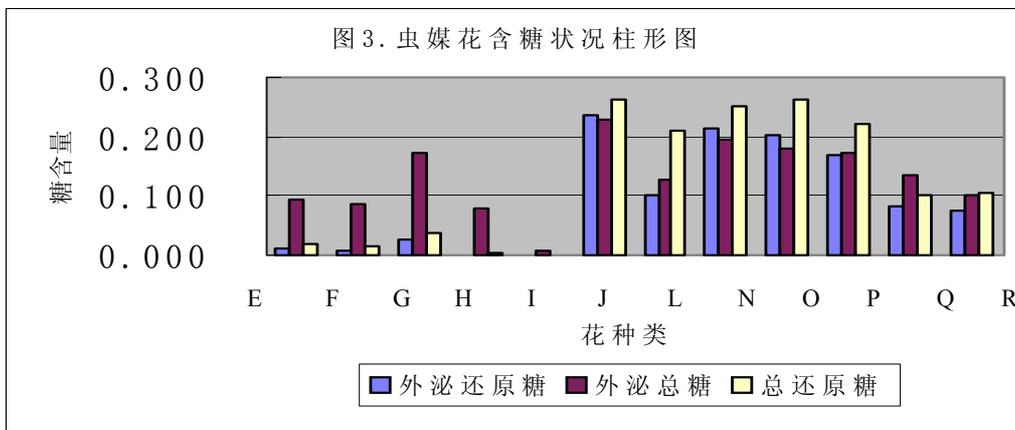
图 2、各类花的 4 种糖的含量分布图

酢酱草、珊瑚树、夹竹桃、石竹、蔷薇等典型虫媒花的外泌还原糖含量明显极高，棒头草、油柿等非虫媒花的含量普遍较低，但几种菊科花的含量也极低。蜜二糖并不在所有虫媒花中存在。总还原糖含量的差异与外泌还原糖相似。总糖含量并

没有明显地区分现象，各类花的含量与传粉方式间没有对应关系。

## 2. 2 虫媒花的含糖状况。

在下面柱状图中可看出虫媒花的含糖状况差异很大。



主要分三种类型：第一类是几类菊科花，外泌还原糖极少，即蜜少，而其它糖类（在花粉和柱头中）较多；第二类为酢酱草、夹竹桃、石竹、蔷薇等，外泌还原糖极丰富，而其它糖类不多；第三类珊瑚树、忍冬、葎菜等，外泌还原糖没有第二类多，但其它糖比之多。紫菀虽为菊科植物也泌蜜较多。而丽春花各种糖含量都极低。

## 2. 3 蜜蜂对以各种处理的花的拜访情况。

对虫媒花分别进行剪除花瓣，洗去花蜜，涂香草醛等处理后，与未处理株放在蜂巢周围，蜜蜂在 1 分钟内对每种各 10 朵花拜访次数（以接触为准）如表 2 分布：

表 2 1 分钟内蜜蜂对经各种处理的花的拜访状况

编号	E	F	H	G	I	J	N	O	P	Q	R
未处理	18	15	21	16	17	25	14	19	18	7	16
去瓣	16	12	19	15	2	14	9	2	3	3	3
去瓣涂香草醛	21	22	21	19	18	16	15	18	16	14	16
水洗	19	13	19	15	18	10	8	15	17	5	9

可见，菊科植物去除花瓣和水洗处理对蜜蜂来访影响并不大，而花瓣对丽春花、石竹、蔷薇、忍冬等的招引蜜蜂几乎起了决定性作用，对夹竹桃和葎菜也影响较大。涂上香草醛对各种去瓣处理有拉平效应。而水洗去蜜对酢酱草、夹竹桃和忍冬也影响颇大。

## 3. 讨论

各类花总糖含量相近，说明花内糖的存在原并不是为诱虫传粉计。有研究表明糖类及其代谢的一些中间产物是开花所必需的<sup>(1)</sup>。非虫媒花的外泌糖份普遍是低的，这一点在实验中验证得很好。棒头草的外泌糖较多是因为禾本科植物柱头较大，上面分泌大量糖份以粘合花粉。而且花粉中的含量禾本科也是远高于其它植物的<sup>(6)</sup>，这于花粉在柱头上的识别有关。

各虫媒花的含糖状况和引蜂试验证明虫媒花并不是有一样的诱虫机理。菊科一般不以蜜诱虫，而是以丰富的花粉，花瓣(舌状花)对其只略有辅助作用。紫菀有一定的蜜，对蝴蝶吸引力较强。酢酱草、夹竹桃、蔷薇等主要以蜜来保证蜂访，但花瓣对蜂类识别有很重要的作用。忍冬科(忍冬、珊瑚树)和十字花科(葎菜)也以蜜诱虫，但此外还有大量其它糖类分泌物。石竹花的香草醛是花精油的代表，对昆虫

的吸引作用是极显著的。香草醛也是其主要还原物质。丽春花含糖极少, 它几乎全以鲜艳的花瓣吸引昆虫, 而其蛋白质和其它物质的含量相对较高, 以保证昆虫对它的兴趣持久。

木兰科至菊科的一条进化路线上, 起先是没有泌蜜花的。蔷薇科、夹竹桃科、酢酱草科的发展使泌蜜达到顶峰, 它们产生的年代正是鳞翅目、膜翅目大发展的年代。而忍冬科、十字花科为了适应多种兴趣的昆虫, 泌蜜开始减少。菊科花的聚生使远距离传粉不再迫切, 而大量减少泌蜜, 重以花粉殷实代替。罂粟科是一个发展的旁支。从木兰科到菊科的发展中经历了这样一个由无蜜到多蜜再到少蜜的过程, 也是与昆虫协同进化引起的这一现象。

我们这项试验选取的花品种还太少, 虽然找到了一些含糖状况与传粉、诱虫之间的简单规律, 被子植物花与昆虫协同进化的模式, 但还需要更多品种更完整的实验来验证、丰满它。

#### 参考文献:

- (1) 姚敦义 《植物形态发生学》 ISBN7-04-004662-8/Q.218 高等教育出版社
- (2) 陆时万 《植物学》 ISBN 7-04-003254-5/Q.175 高等教育出版社
- (3) M.A.Hall “*Plant Structure, Function and Adaptation*” MacMillan,1976
- (4) 滕崇德 《植物学》 ISBN 7-5602-0406-6/Q.11 东北师大出版社
- (5) 房柱 《花粉》 13144.295 农业出版社
- (6) 加藤幸雄 《植物生殖生理学》 13031.3518 科学出版社
- (7) 胡适宜 《植物的生活》 7012.0455 人民教育出版社
- (8) 裴保华 《植物生理学》 ISBN 7-5038-2-0782-2/S.0381 中国林业出版社