

蕺菜苞片在吸引昆虫访花过程中的作用

周子雪*, 傅晓蕾*, 程延, 原静怡, 王千玥

(复旦大学生命科学学院, 上海 200433)

摘要: 蕺菜具有大而纯白的苞片, 并在整个花序成熟过程中都存在。蕺菜本身并没有蜜腺以及花被等能够吸引昆虫为其授粉, 但尚未有研究说明蕺菜的传粉昆虫以及苞片在传粉过程中的作用。因此, 笔者基于自身对蕺菜的观察结果, 认为食蚜蝇等双翅目昆虫是蕺菜的传粉昆虫, 同时发现白色苞片在传粉过程中仅起一定的辅助作用, 其具体作用还需进一步实验证明。本实验可以为研究蕺菜的繁殖及其与昆虫的共同进化提供依据。

关键词: 蕺菜, 苞片, 传粉昆虫, 传粉机制

The function of the bracts of *Houttuynia cordata* during the process of attracting insects and pollination

Zixue Zhou*, Xiaolei Fu*, Yan Cheng, Jingyi Yuan, Qianyu Wang

(School of life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract: *Houttuynia cordata* Thunb has large and pure bracts which exist during the maturation of the inflorescence, and it has no nectary and perianth that can attract insects. However, little is known about its pollinating insects and the role of bracts in pollination. We observed and recorded all insects which visited plant. Meanwhile, we changed the colour of bracts to test the response of those insects. Therefore, based on our observation, we draw a conclusion that *Episyrphus balteatus* and other dipterous insects take an important part in the pollinating process. And white bracts just play a supporting role in pollination, so their specific function needs further experimental proof. Our work can provide a basis for the study of the breeding of *Houttuynia cordata* and its co-evolution with insects.

Key words: *Houttuynia cordata* Thunb, bract, pollinating insects, pollination mechanism

引言:

蕺菜 (*Houttuynia cordata* Thunb), 属于三白草科蕺菜属, 在中国药典中又称鱼腥草, 我国仅 1 种, 分布于亚洲东部和东南部。^[1]蕺菜花结构简单, 无花被, 聚合形成花序, 肉眼可见的白色花瓣状结构为苞片。蕺菜叶上有腺点分布, 散发浓烈的鱼腥味, 蝶类及蜂类等常见的传粉昆虫趋于远离。^[2]而蕺菜苞片大而纯白, 在整个花期中始终存在, 直至整个花序成熟之后才衰败枯萎。因此, 蕺菜苞片在吸引访花昆虫方面可能会有独特的作用。但是目前尚无研究揭示蕺菜苞片在吸引昆虫访花和授粉方面的功能。所以, 笔者将以浙江杭州天目山上蕺菜为研究对象, 统计其在实验过程中的访花昆虫的种类和访花次数, 寻找蕺菜的特异性授粉昆虫, 探寻显眼的白色苞片在授粉过程中的作用, 并为研究蕺菜的繁殖及其与昆虫的共同进化提供依据。

一、实验地点概况及实验时间

以西天目山为实验地。西天目山位于浙江省西北部临安市境内的天目山国家级自然保护区, 30° 19' ~30° 25' N, 119° 24' ~119° 28' E, 保护区总面积 4284 hm², 海拔 300-1506 m。^[3]实验时间为 2017 年 7 月 7 日至 9 日。

*共同第一作者 Author for correspondence. Email : 15307110363@fudan.edu.cn, 15307110350@fudan.edu.cn.

二、实验方法

2.1 实验准备

2.1.1 实验材料

竹枝若干，各色彩纸（黄色、红色、绿色）若干，剪刀，胶带，双面胶等。

2.1.2 实验样地

两处葎菜地，植株处于盛花期。

2.1.3 实验器材

解剖镜，解剖针，刀片，镊子，解剖剪等。

2.2 实验内容

2.2.1 确定葎菜的授粉昆虫

对葎花花序周围以及花序上出现的昆虫进行观察整理，结合昆虫的行为，确定葎菜的特异性授粉昆虫。

2.2.2 探究苞片颜色与吸引昆虫的关系

用各色彩纸（黄色、红色、绿色）以及竹枝仿照苞片的形状做成“人造苞片”，每种颜色各7枝。在样地中划出3块大小相近且其中植株生长状况相似的试验地，将葎花花序原有的白色苞片全部除去（不包括未展开的苞片），以细长草叶将“人造苞片”与花序固定在一起。在临近处设置大小相近且植株生长状况相似的对照地，不进行摘除苞片的处理。

2.2.3 探究苞片有无与吸引昆虫的关系

将一部分葎菜样地中所有苞片（不包括未展开的苞片）摘除，在临近处设置大小相近且植株生长状况相似的对照地，即不进行摘除苞片处理。

2.2.4 探究白天与黄昏不同的光照情况下苞片在吸引昆虫上的作用

在黄昏期间，观察各实验组与对照组中的昆虫访花情况，与白天观察结果进行比较。

2.2.5 观察葎花花序及花结构

采取老熟花序、新生花序、苞片包被的花序若干，利用解剖镜等仪器、工具进行解剖观察。

2.3 统计方法

在上午9:00至11:00及下午14:00至17:00两个时间段内，记录不同时间点上不同种类的昆虫在苞片以外（指花序周围，包括最靠近花序的叶片及其与花序相连的花枝）和苞片中心（指花序上，包括花序本身以及苞片）的停留次数。同时在晚上18:00至19:00借助微弱天光和手电的短时光照，观察昆虫访花情况，并记录昆虫种类和访花次数。

三、实验结论与分析

3.1 实验结果及结论

3.1.1 葎菜的授粉昆虫

葎菜花期中到访的昆虫种类较多，涉及的昆虫共16种，分属于蜻蜓目、直翅目、鞘翅目、膜翅目、双翅目、革翅目以及半翅目共7个目（附录一表1），其中访问频率以革翅目与双翅目为最，远高于直翅目、鞘翅目、膜翅目等其他几个目类（图1A）。而不同的昆虫访花时间段也不尽相同。双翅目昆虫主要集中在上午9:00至10:30以及下午15:00至16:30两个时间段出现。而革翅目昆虫出现的时间段则比较长，从早上9:00至下午17:00均有出现，以下午13:00左右为最。而其他类别的昆虫没有明显聚集的访花时间段（图1B）。

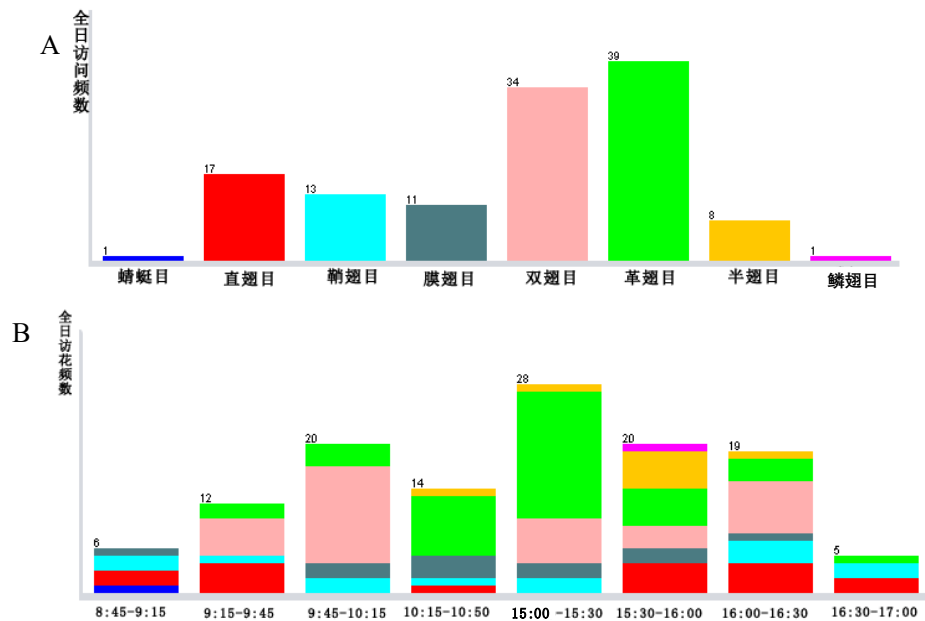


图 1 访花昆虫的目别 (A) 以及在不同时间段中的访花情况 (B)

Fig.1 the orders of visiting insects(A) and records in different time periods(B)

根据 7 月 7 日全天观察结果成图，柱形上方数字表示该目昆虫出现的总次数。图 B 中的颜色标注同图 A

According to the records on July 7, 2017, we drew these figures. The numbers upon columns show the times of insects visiting plant. The colours in figure B depend on that in figure A.

但就具体访花行为来看，双翅目昆虫几乎不停留于蕺菜花序之外的部位，而其他目别的昆虫则缺乏这样的目的性，在苞片中心和苞片周围均有停留（图 2）。同时，双翅目昆虫有舔舐花粉的行为。由此，可以有把握地推定，双翅目昆虫是蕺菜的主要授粉昆虫。

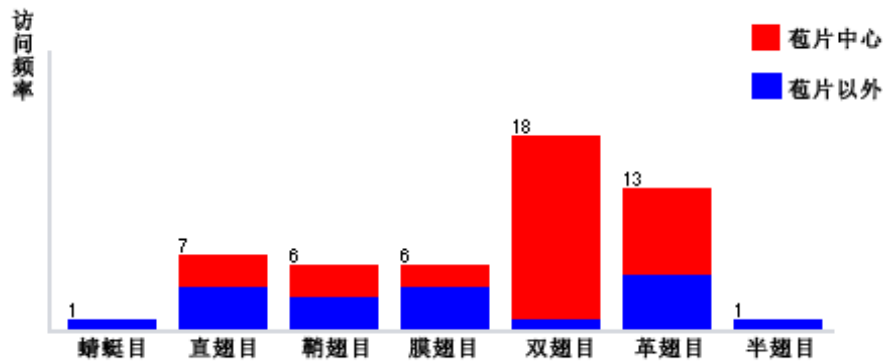


图 2 不同目别昆虫的访花频率

Fig.2 The visiting frequency of insects in different orders

根据 7 月 7 日上午 9:00-11:00 的观察结果成图，柱形上方数字表示该目昆虫出现的总次数

According to the records from 9am to 11am on July 7, 2017, we drew this figure. The numbers upon columns show the times of insects visiting plant.

为参与戴菜授粉的昆虫种类，选择访问频率较高的几种昆虫进行比较（图 3）。可见访花频率以双翅目食蚜蝇和革翅目蠅虻为最高，但是蠅虻在苞片周围和在苞片上的出现频率基本持平，即蠅虻本身对苞片并没有明显的辨识。为进一步确定传粉昆虫，对蠅虻和食蚜蝇取样具体观察。因为除了访花行为，传粉昆虫本身应具有相应的传粉结构，比如膜翅目蜂类具有携粉足以及足上的花粉篮；鳞翅目蝶类及蛾类在吸食花蜜时以足上体毛等结构携带花粉；双翅目昆虫体毛可以黏附花粉，在其穿梭于不同花及花序时可以起到传粉的作用^{[4][6]}。但是在实际的观察过程中发现，蠅虻外观黑褐色，体表革质光滑，没有可见的能够携带花粉的结构；另外，蠅虻没有明显的取食花粉或是吸食花蜜的行为，仅是停留于苞片周围。而与之比较，食蚜蝇就有以足反复接触花粉、啃食花粉的行为，其足上也可见粘有黄色的花粉粒。故而，有很大把握认定食蚜蝇等双翅目昆虫就是戴菜的传粉昆虫。

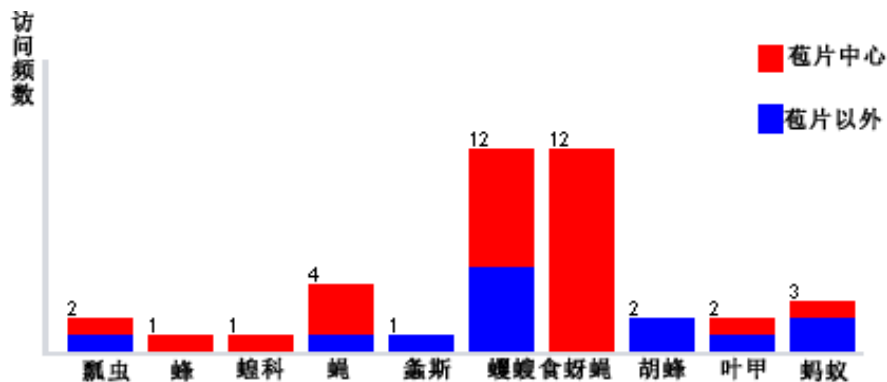


图 3 不同种类昆虫的访花频率

Fig.3 The visiting frequency of different kinds of insects

根据 7 月 7 日上午 9:00–11:00 的观察结果成图，柱形上方数字表示该目昆虫出现的总次数

According to the records from 9am to 11am on July 7, 2017, we drew this figure. The numbers upon columns show the times of insects visiting plant.

3.1.2 苞片颜色及有无与吸引昆虫的关系

在使用不同颜色的卡纸人工模拟苞片结构，并设置不加处理的白色苞片组和人工去除苞片的无苞片组作为对照。从结果来看，双翅目昆虫对红色苞片的趋向性高于白色苞片，而黄色苞片则基本持平，而绿色苞片则略低（图 4）。但是值得注意的是，去除苞片的组别反而更能吸引双翅目昆虫前来访问。这似乎说明了苞片本身对于吸引昆虫并没有实质性的帮助。而在革翅目中，红色苞片能够显著提高昆虫的访花次数，黄色苞片则与不加处理的白色苞片对照相近，而绿色苞片则显著降低了昆虫访问戴菜花序的次数。而除去苞片之后，昆虫访花次数略有降低，但高于绿色苞片组。与双翅目、革翅目相反，直翅目、半翅目以及鞘翅目等昆虫对绿色苞片比较偏爱。而膜翅目、鳞翅目等因数据过少，无法产生有效结论。

而将双翅目昆虫进行细分，发现只有两个种类：食蚜蝇和寄蝇（图 5、6）。其中食蚜蝇对红色苞片的访花次数远高于其他组别，其次为摘除苞片组，黄色和绿色苞片组别很少被访问。但是与预期情况不同的是，白色苞片组并没有吸引到食蚜蝇。这似乎表明野生戴菜苞片对食蚜蝇并没有显著的吸引能力。但是在寄蝇中，昆虫对白色苞片的识别情况是最高的。摘除苞片组其次，略高于红色苞片组，而黄色和绿色苞片组则鲜有问津。由此可见，两种双翅目昆虫对戴菜苞片颜色的反应有很大不同，可能是因为这两种传粉昆虫在识别戴菜方面使用了不同的策略，即食蚜蝇可能并不依赖苞片而是气味等其他因素识别戴菜。

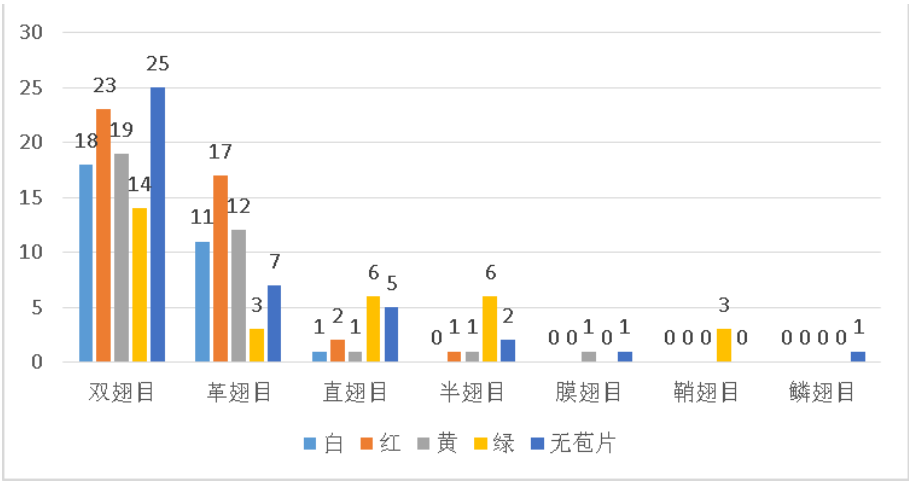


图 4 苞片颜色与昆虫访花次数的关系

Fig.4 The connection between the colours of bracts and the times of insects visiting plant

根据 7 月 8 日的观察结果成图，柱形上方数字表示该目昆虫出现的总次数

According to the records on July 8, 2017, we drew this figure. The numbers upon columns show the times of insects visiting plant.

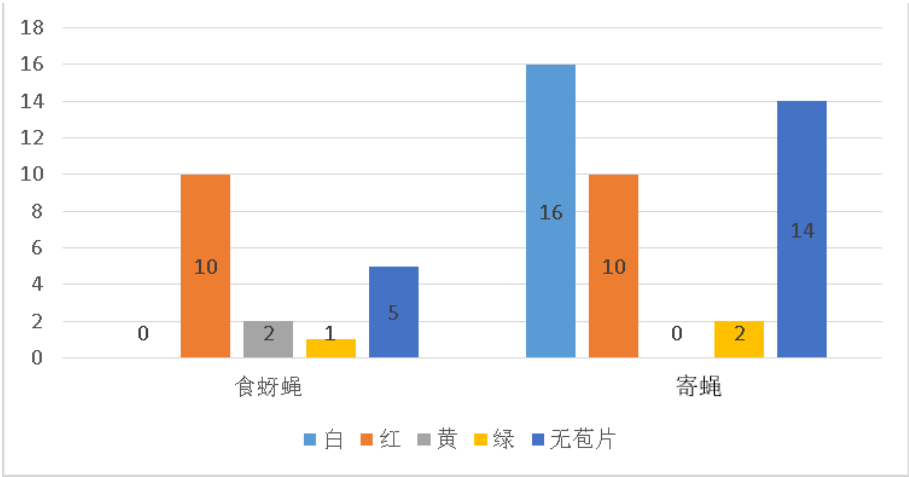


图 5 双翅目昆虫对不同苞片处理的访花情况

Fig.5 The records of two kinds of dipterous insects visiting bracts with different colours

根据 7 月 8 日的观察结果成图，柱形上方数字表示该目昆虫出现的总次数

According to the records on July 8, 2017, we drew this figure. The numbers upon columns show the times of insects visiting plant.



图 6 食蚜蝇 (左) 以及寄蝇 (右)

Fig.6 Syrphidae (left) and Tachinidae(right)

3.1.3 白天与黄昏时期昆虫访花的结果

通常来说,蝶类昆虫主要在白天活动,蛾类则多在晚上活动。^[4]于晚上 18:00 至 19:00 观察样地中经过各种处理的戴菜植株以及对照植株,目的是探寻天蛾等鳞翅目昆虫是否参与戴菜的授粉过程。但最终并没有观察到蛾类出没。因此,戴菜的授粉过程中,蛾类可能并没有参与,也没有受其白色苞片吸引。

3.1.4 戴菜花序及花结构观察结果

经过解剖观察发现,戴菜花本身并没有蜜腺等结构。穗状花序生于茎梢,与叶对生。其花被退化,除极小的 1 小苞片之外,仅保留雄蕊群和雌蕊群。^[6]雌蕊数 3,基部合生,柱头分立而具有黏性绒毛结构(图 7B);侧膜胎座,胚珠多数。每一子房室外壁附有 1 雄蕊,花丝细长,花药着生方式为全着药(图 7A)。整个花序自下而上逐次成熟。白色总苞片可分为大小两类,大型苞片 4 片,小型苞片 1-2 片,位于花序基部。



图 7 戴菜花序局部结构 (A) 以及戴菜单花结构 (B)

Fig.7 A magnified image of the inflorescence(A) and a single flower(B)

3.2 实验分析及讨论

昆虫访花行为主要是受到植物自身花色、花味、花粉、花蜜以及一些植物次生代谢物等的影响。^[7]昆虫为植物授粉的主要目的是从植物的花粉或花蜜中获得食物,而植物的花形、花味、花色都是为了达成吸引昆虫完成授粉这一目的的手段。^{[7][8]}戴菜拥有浓烈的鱼腥味,没有鲜艳的花被,也没有可供蝶类、蛾类吸食的花蜜。传统的授粉昆虫如蝶类、蜂类就不再是其主要授粉昆虫了,而另有特异性昆虫为其授粉。据实验观察结果来看,其授粉昆虫主要为双翅目昆虫,其中以食蚜蝇为最。双翅目昆虫如食蚜蝇、寄蝇等足上体毛能够携带花粉,在戴菜花序上爬行时,能够促进戴菜自花授粉或异花授粉。

植物花色是重要的吸引昆虫为之授粉的因素,不同花色吸引的昆虫种类不同。如膜翅目的蜜蜂,对黄色、蓝色、白色敏感,而对红色不敏感;鳞翅目的蛾类,对白色、淡红色或红色敏感,同时主要在夜间活动;鳞翅目的蝶类,对红色、紫色等鲜艳的颜色敏感;而双翅目的蝇类则对暗色、褐色或绿色比较敏感。^[8]戴菜花自身无花被,而苞片却大而纯白,极为显眼;同时这些苞片在整个花序成熟过程中都存在。因此,戴菜苞片很有可能具有吸引昆虫授粉的作用。

但是实际观察结果中,戴菜苞片在吸引访花昆虫过程中并没有显示出很重要的作用。两种主要的授粉昆虫中,食蚜蝇在访问戴菜的过程中并没有体现出明显的被苞片吸引的倾向,反而对红色等人造苞片更加感兴趣。同属于双翅目的寄蝇却对白色苞片有较高的识别度。有研究显示,寄蝇是一类重要的访花传粉昆虫,其成虫访花偏爱白色以及黄色花被的植物。^[9]

这说明苞片确实有吸引昆虫辅助授粉的作用，但这作用是比较有限的。

由此可见，葎菜在吸引昆虫访花上有不同的策略，大而纯白的苞片只是其中一种手段。有研究表明，食蚜蝇是通过嗅觉而不是视觉来寻找植物花粉或是蜜腺的。^[10]强烈的气味同样能够吸引昆虫前来授粉。气味的主要成分是单帖和倍半萜，以及酚类、简单的醇类、酮类和酯类等。^[8]鱼腥草挥发油中主要包括癸酰乙醛（decanoyl acetaldehyde）、甲基正壬酮（2-methylheptenone）、乙酸龙脑酯（bomyl acetate）、 α -蒎烯（ α -pinene）、月桂烯（myrcene）、d-柠檬烯（d-limonene）等组分。^{[6][11][12]}食蚜蝇可能对葎菜挥发油中某一或某些成分具有较高的识别能力，从而被葎菜吸引参与其授粉过程。但具体结论尚需后续实验证明。

国内对葎菜的有性生殖的研究很少，对其生殖器官的功能的研究更是寥寥。但葎菜全株均可以入药，具有抑菌清热等医疗作用，是目前经济价值较高的作物。^[13]所以笔者通过葎菜苞片在吸引昆虫访花过程中的功能研究为葎菜的有性生殖以及进化机制相关研究提供了新的思路，为葎菜资源更好的开发利用提供应用基础。

致谢

感谢复旦大学生命科学学院以及张文驹、王玉国、宋志平诸位老师，为笔者提供了大量的资源支持，在实验过程中也给出了相当多的指导和建议。

参考资料

- [1] 候昭宽编，吴德邻，高蕴章，陈德昭等修订. 中国种子植物科属词典（第二版）[M]. 北京：科学出版社，1982. 238.
- [2] 黄春梅，许鸿川，林光美，张健，吴金寿，吴孔鑫，赖志斌. 鱼腥草若干居群叶片腺点和油细胞的比较观察[J]. 亚热带农业研究，2006，(1)：8-11.
- [3] 丁炳扬，潘承文. 天目山植物学实习手册[M]. 浙江：浙江大学出版社，2003. 1-2.
- [4] 李稚，杨国栋，段一凡，等. 桂花访花昆虫及其访花行为观察[J]. 南京林业大学学报：自然科学版，2014，38(S1)：47-50.
- [5] 孙颖，卓丽环. 百子莲的传粉昆虫及其访花行为研究[J]. 上海农业学报，2009，25（1）：87-91.
- [6] 牛华英. 鱼腥草素类药物研究[D]. 山东大学，2006.
- [7] 官昭瑛，吴艳光，袁海滨，任炳忠. 昆虫访花机制研究概述[J]. 吉林农业大学学报，2005，27（6）：608-613.
- [8] 赵丹. 春季蜜源植物对粘虫蛾吸引及营养效应的初步研究[D]. 河南农业大学，2009.
- [9] 王欣丽，范宏辉，王强，崔乐，张春田. 中国常见的访花传粉寄蝇（昆虫纲：双翅目）[J]. 沈阳师范大学学报（自然科学版），2012，30（3）：393-398.
- [10] Primante C, Dötterl S. A syrphid fly uses olfactory cues to find a non-yellow flower. *J Chem Ecol*, 2010, Nov, 36(11):1207-10.
- [11] 薛青松. 鱼腥草挥发油的研究进展[J]. 中国药业，2014，23(04)：15-18.
- [12] 曹晖，王绍云. 鱼腥草的化学成分及开发前景[J]. 黔东南民族师范高等专科学校学报，2005，23（6）：20-22.
- [13] 辛艳. 鱼腥草引种栽培及种植前景[J]. 现代种业，2003，(06)：21.

附录一

表 1 主要访花昆虫分类

The classifications of main visiting insects to *Houttuynia cordata*

目 order	科 family
双翅目 <i>Diptera</i>	食蚜蝇科 <i>Syrphidae</i>
双翅目 <i>Diptera</i>	丽蝇科 <i>Calliphoridae</i>
双翅目 <i>Diptera</i>	寄蝇科 <i>Tachinidae</i>
革翅目 <i>Dermaptera</i>	蠼螋科 <i>Labiduridae</i>
革翅目 <i>Dermaptera</i>	菊虎科 <i>Cantharidae</i>
直翅目 <i>Orthoptera</i>	飞蝗科 <i>Oedipodidae</i>
直翅目 <i>Orthoptera</i>	草螽科 <i>Conocephalus</i>
半翅目 <i>Hemiptera</i>	缘蝽科 <i>Coreidae</i>
半翅目 <i>Hemiptera</i>	猎蝽科 <i>Reduviidae</i>
半翅目 <i>Hemiptera</i>	蝽科 <i>Pentatomidae</i>
鞘翅目 <i>Coleoptera</i>	铁甲科 <i>Hispidae</i>
鞘翅目 <i>Coleoptera</i>	瓢虫科 <i>Coccinellidae</i>
鞘翅目 <i>Coleoptera</i>	芜菁科 <i>Meloidae</i>
鞘翅目 <i>Coleoptera</i>	叶甲科 <i>Chrysomelidae</i>
蜻蜓目 <i>Odonata</i>	蜻科 <i>Libellulidae</i>
膜翅目 <i>Hymenoptera</i>	胡蜂科 <i>Vespidae</i>

实验改进：

- 1. 在设置苞片颜色实验组时，默认了摘除苞片处理并不会引起葎菜气味增加，或者影响程度较小可以忽略。但是出于实验严谨性，应该再加一组人工构建白色苞片的实验组。
- 2. 由于技术限制，笔者缺乏夜间观察的仪器设备，所以无法在夜间进行有效的观察，因而不能完全确定夜间是否有昆虫参与了葎菜的传粉过程。

组员分工情况（★表示参加相关工作）

	周子雪	傅晓蕾	王千玥	程延	原静怡
样地观察	★	★	★	★	★
人工苞片制作及安装	★	★	★	★	★
摄像	★	★	★	★	★
解剖镜下观察葎菜结构	★	★	★		★
数据处理	★				
论文写作		★			
论文修改		★		★	★
昆虫鉴定	★	★	★	★	★