东北师范大学生命科学学院 2011 级长白山野外综合实习报告

尖萼耧斗菜传粉生物学研究

小组名称：植物第二小组

指导老师：李霖锋

小组成员：曹帅　姜悦　王冰瑜　昌华

刘雨霏　杨策涵　王殊　魏静泽

实习时间：2013 年 7 月 1 日—2013 年 7 月 11 日

中国•长春

二 〇 一 三 年 九 月

尖萼耧斗菜传粉生物学研究

曹帅 姜悦 王冰瑜 昌华 刘雨霏 杨策涵 王殊 魏静泽

（东北师范大学生命科学学院，吉林 长春 130024）

摘要：本论文通过对尖萼耧斗菜（*Aquilegia oxysepala*）的传粉生物学研究发现，其花器官的各个部位对访花昆虫的吸引机制存在不同的效果。首先，通过实验发现花药不仅能显著影响访花昆虫的种类，而且对每种昆虫的传粉频率有决定性作用。其次，花被和花蜜对传粉频率也具有显著影响，但对访花昆虫种类却没有明显作用。此外，熊蜂、蜜蜂和食蚜蝇是尖萼耧斗菜主要的传粉者，熊蜂吸吮花距中的花蜜，食蚜蝇和蜜蜂啃食花粉。

关键字：特征；访花昆虫；种类；访花频率；花粉

前言

尖萼耧斗菜(*Aquilegia oxysepala* Trautv.et C.A.Mey.)隶属于毛茛科（Ranunculaceae）耧斗菜属（*Aquilegia*）。其广泛分布于黑龙江、吉林、辽宁海拔 450-1000m 的地区，为东北地区最常见的几种植物之一。已有研究表明耧斗菜属起源于 600 万年前的亚洲北部，于 300 万年前扩散至欧洲及北美。由于分布的广泛性，并受生物因素和非生物因素影响而发生了适应性辐射进化，从而产生了种间分化较低但丰富形态学多样性类群（朱蕊蕊等, 2010）。耧斗菜是研究适应辐射进化的模式植物，已证明北美耧斗菜适应辐射进化的主要原因是其传粉者的改变（Garrido et al., 2012）。对尖萼耧斗菜及其变种黄花尖萼耧斗菜的研究表明花色影响了传粉的高峰期（庞迪等, 2012）。本文初步探究尖萼耧斗菜花器官特征的变化对访花昆虫种类及访花频率的影响，试图进一步揭示花器官的变化在被子植物进化过程中所起的重要作用。

1 材料与方法

1.1 材料

本次实验选取的实验材料是 7 月上旬长白山抚松县露水河镇永清林场道路旁自然生长的尖萼耧斗菜(*Aquilegia oxysepala* Trautv.et C.A.Mey.)。

1.2 材料处理及访花过程观察

在道路同侧，选取紫色、等间距并且具有完全开放 4 朵花以上的尖萼耧斗菜 4 丛。依次做如下处理：对照（不做任何处理）、剪去花距、剪去花被、剪去花药，注意做处理时应避免用手触碰花朵，以免对花的气味造成影响，从而影响实验结果。已有实验证明尖萼耧斗菜传粉的高峰期为上午 10:00-10:30（庞迪等 2012）。所以于上午 9:30-11:25 分别对对照组和 3 个处理组进行传粉生物学观察，并以 30min 为单位对访花者的种类、访花次数、访花位置、停留时间进行整理记录。同时，捕获部分访花者作为实验凭证。

2 结果与分析

2.1 访花昆虫

通过观察发现，尖萼耧斗菜的访花昆虫种类具有显著的多样性，大多数是膜翅目蜜蜂总科的蜜蜂、熊蜂，胡蜂科的黑胡蜂，以及双翅目蝇科的食蚜蝇，花蝇科的花蝇等。

由表 1：总的来说，各处理组较对照组访花者的种类显著下降；各处理组之间访花者的种类也有明显差异。

表1 尖颚耧斗菜各处理组传粉者种类和比例

	Control	去花距	去花被	去花药
食蚜蝇	0.45	0.331263	0.117647	0.117647
熊蜂	0.3	0.389234	0.352941	0.764706
蜜蜂	0.15	0	0.529412	0
其他	0.1	0.333333	0	0.117647

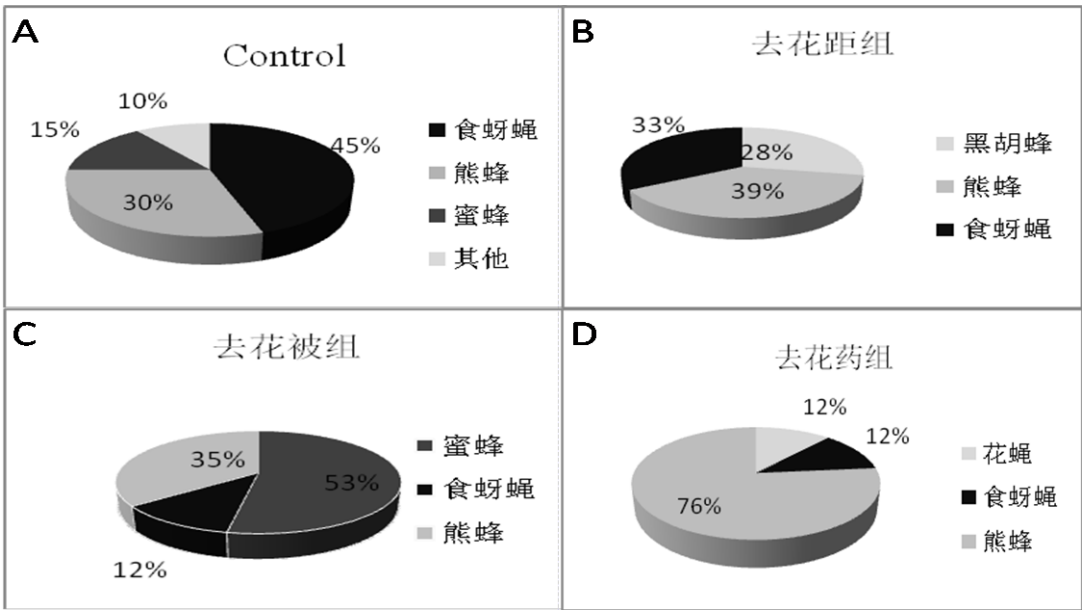

图 1 尖萼耧斗菜传粉者的多样性

由图 1 对照组所拥有访花昆虫种类最多，“其他”包括黑胡蜂、花蝇及其他不知名昆虫。各处理组均只有 3 种主要的访花昆虫，但种类上存在差异。其中熊蜂和食蚜蝇是各观察组所共有的访花者，对照组中食蚜蝇和熊蜂是主要的访花者，占总访花频率的 75%；去花距后访花者有三种：食蚜蝇、熊蜂和黑胡蜂，三者所占比率几乎相等；去花被后蜜蜂为主要访花者，占总访花频率的 53%；去花药后熊蜂成了主要访花者，所占比率达到 76%。各组之间的访花者种类及访花频率之间存在着显著差异。

2.2 传粉方式

观察过程中发现：在去花距的花朵上，熊蜂总是先落在花药上，再顺着花蕊向上爬，并将其口器伸入花距。由于花距被剪掉，所以其口器从花距断口处外探。除此之外，在只留有花药的花朵上熊蜂落上去后直接飞走，而在对照组中停留一般 30 秒左右。所以，可以推测熊蜂是取食花距顶端花蜜的，但是由于去掉了花被较去掉花距的访花频率有所下降，所以推测吸引熊蜂访花的很可能是花被的颜色。和其它几种访花昆虫相比，熊蜂传粉速率快、效率高(郭志弘 1999)。食蚜蝇和黑胡蜂都是落在花药上，来回爬动取食花药的时间可以长达 5 多分钟。在去花被和花药后食蚜蝇访问次数显著下降，我们推测尖萼耧斗菜是靠花被颜色和花药气味来吸引食蚜蝇的。蜜蜂采食花粉，而且不访问去花药的花，所以我们推测引诱蜜蜂的是花药的气味。花粉的气味也是昆虫寻找和辨别花源的一种信号。花粉的气味不同于花香气味,蜜蜂单从

花粉的气味也能辨别花的类型（管昭瑛，2005）。此外，去掉花被组无“其它”昆虫的访问，所以推测黑胡蜂和花蝇等都是被花被吸引的。

2.3 访花频率

图 2 A：去花药组的访花昆虫总访花频率显著低于其他三组，其他三组的总访花频率并没有明显差异，很可能是绝大多数的访花昆虫都是被尖萼耧斗菜花药的气味吸引前来传粉的；图 2 B：食蚜蝇的访花频率取决于尖萼耧斗菜的花被颜色和花药气味，当剪去花药后其访花频率由 2.25 直降到 0.167；图 2 C：去花距或花药蜜蜂的访花频率都为 0，而去花被其访花频率却显著上升到 3，可见，吸引蜜蜂传粉的主要因素是花药的气味，剪去花被后花药的气味更容易散发，更易吸引蜜蜂；图 2 D：展示的是主要访花者的访花优势。不同种或同种不同个体访问同一朵花时，它们之间存在一种竞争关系，只有在竞争中取胜的种类或个体才能进行访花。如表 2 加粗的部分为各处理组访花昆虫中的主要访花者。所以主要访花者优势是衡量访花者在进行访花活动中所占优势度的标准，直接影响传粉效率。其计算公式为：主要访花者的访花频率与访花者总频率之商。在四个观察组中，去花被的尖萼耧斗菜主要访花者的访花优势显著提高，我们猜测在尖萼耧斗菜的传粉中花被（除花距中花蜜）并没有起到多么重要的作用，相反很可能阻碍了其传粉。同时也说明尖萼耧斗菜的传粉者主要是由花粉或花蜜的吸引而前来访花的。

表2 尖颚耧斗菜各处理组传粉者的访花频率

	Control	去花距	去花被	去花药
食蚜蝇访花频率	**2.25**	**2.28571**	0.666667	0.166667
熊蜂访花频率	**1.5**	**2.68571**	**2**	**1.08333**
蜜蜂访花频率	0.75	0	**3**	0
其他访花频率	0.5	1.928571	0	0.166667
访花总频率	5	6.9	5.67	1.416
主要访花者频率	3.75	4.971429	5	1.083
主要访花者优势	0.75	0.720497	0.881834	0.764831

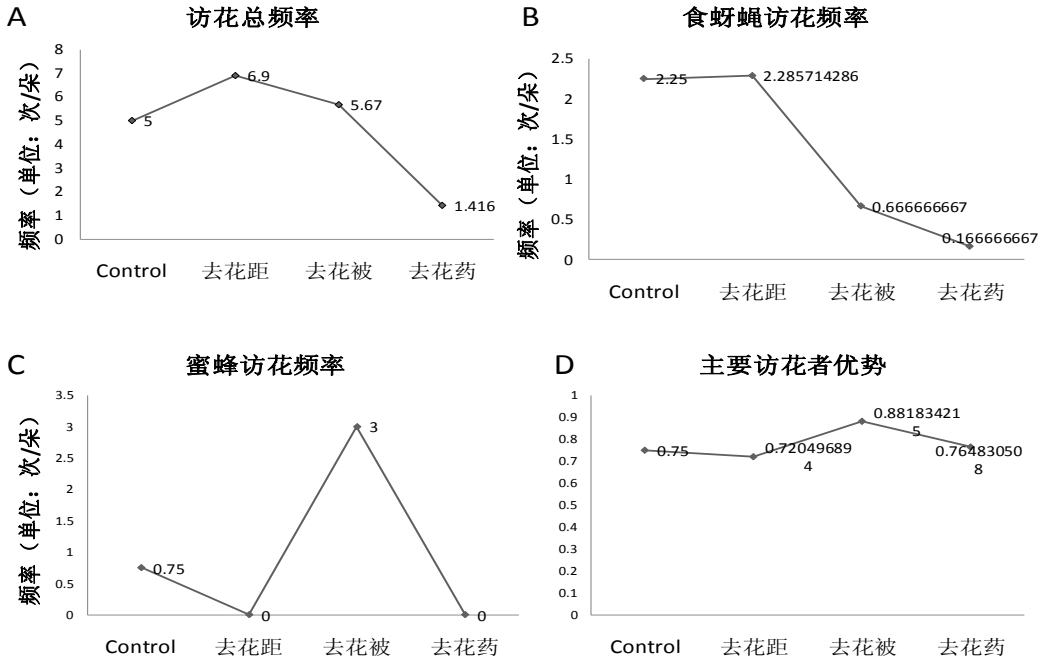

图 2 尖颚耧斗菜四种处理传粉者的访花频率

3 讨论

对不同实验组和对照组的观察结果显示，尖萼耧斗菜花器官特征的变化对访花昆虫的种类和访花频率均具有显著影响。去花药组的访花昆虫总访花频率显著低于其他三组，但其他三组的总访花频率并没有明显差异，很可能是绝大多数的访花昆虫都是被尖萼耧斗菜花药的气味引诱前来传粉的；虽然有些昆虫的访花频率还会受到花被颜色的影响，但是当剪去花药后其访花频率发生大幅度的下降；此外，去花距或花药后蜜蜂的访花频率都为 0，而去花被其访花频率却显著上升到 3，可能是剪去花被后花药的气味更容易散发，从而更能够吸引蜜蜂前来传粉。可见，花药的气味才是影响昆虫访花频率的最主要因素。综上所述，尖萼耧斗菜花器官特征的变化对访花昆虫的种类和访花频率均具有显著影响。

参考文献

[1]中国科学院中国植物志编辑委员会．中国植物志第二十七卷[M]．北京：科学出版社.1979.498—500.

[2]朱蕊蕊,高亦珂,张启翔 耧斗菜属的物种进化与遗传学[J]分子植物育种.2010. 8（10）：784-789

[3]J. L. Garrido, G. Fenu, E. Mattana, G. Bacchetta.Spatial genetic structure of Aquilegia taxa

endemic to the island of Sardinia[J] Annals of Botany.2012.109(5):953-964

[4]庞 迪 史凤雪 李志瑞 崔 娜 孙明洲 李霖锋 肖洪兴.尖萼耧斗菜的传粉机制与遗传结构[J]东北师范大学报（自然科学版）.2012. 44（1）:132-135

[5]郭志弘 王凤鹤 王曼春 王惠宁 张艺圃 郭建鑫 李春生 陈峰 李占平 李玉海 李建国.熊蜂资源的开发与利用[J]北京农业科学.1999 .17(1):42-43

[6]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.

Floral Biological Characteristics of *Aquilegia oxysepala* Trautv.et C.A.Mey and Selectivity of Flower-visiting Insects

CAO Shuai, JIANG Yue,WANG Bing-yu, CHANG Hua,
LIU Yu-fei, YANG Che-han, WANG Shu, WEI Jing-zhe
（School of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun ,Jilin,130024,China）

Abstract: In this study, we analyzed how the flower of *Aquilegia oxysepala* Trautv.et C.A.Mey attracted the pollinators. Our results shows that the semet has significant influences on the types of pollinator and also increased the frequency of pollination; In addition, perianth and nectar also have obvious effects on the frequency of pollination; Furturemore, bumble bees and hoverflies are the main pollinators, bumblebee sucks the nectar of flowers, hoverflies and bees feed on pollen stamens.

Keyworks: Characteristics; flower-visiting insect; species; frequency of pollination