应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2017, 54(1): 126−134. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2017.015

北京园林花灌木对天敌昆虫成虫补充营养引诱作用的研究*

王建红[1**] 李 广[1] 仇兰芬[1] 车少臣[1] 邵金丽[1] 仲 丽[1]

（北京市园林科学研究院，北京 100102）

摘 要 **【目的】** 多数寄生性和捕食性天敌成虫具有取食花粉和/或花蜜补充营养的习性，补充营养对提高天敌的生物防治效率具有非常重要作用。为此，本文研究了北京园林花灌木对不同种类天敌的引诱作用。**【方法】** 采用在花枝下悬挂黄板的方法诱集补充营养的天敌，统计其数量后与对照进行 *t*-检验。**【结果】** 山茱萸 *Cornus officinalis*、蒙椴 *Tilia mongolica*、无刺野蔷薇 *Rosa multiflora inermis* 和丝棉木 *Euonymus maackii* 为食蚜蝇喜食补充营养花灌木，迎春 *Jasminum nudiflorum* 为食蚜蝇补充营养花灌木；山茱萸、连翘 *Forsythia suspensa* 和丝棉木为草蛉嗜食补充营养花灌木，蒙椴、珍珠梅 *Sorbaria kirilowii* 和紫玉兰 *Magnolia liliflora* 为草蛉喜食补充营养花灌木；丰花月季 *Rose hybrida* cv. *Floribunda* 和蒙椴为瓢虫嗜食补充营养花灌木，丝棉木和山茱萸为瓢虫补充营养花灌木；山茱萸、连翘、丝棉木和三裂绣线菊 *Spiraea trilobata* 为寄生蜂喜食补充营养花灌木。**【结论】** 早春开花的山茱萸和连翘，夏季开花的蒙椴，以及 3 季有花的丰花月季对提高天敌的生防效率具有重要的作用。

关键词 花灌木，食蚜蝇，草蛉，瓢虫，寄生蜂，生物防治，黄板

Attractiveness of flowering shrubs in urban green space in Beijing to natural enemies of insect pests

WANG Jian-Hong[1**] LI Guang[1] QIU Lan-Fen[1] CHE Shao-Chen[1] SHAO Jin-Li[1] ZHONG Li[1]

(Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing 100102, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate the attractiveness of flowering shrubs in urban green spaces in Beijing to parasitic and predatory invertebrates that supplement their diet with nectar and/or pollen. Adults of many species of parasitic and predatory invertebrates supplement their diet behaviors by visiting flowering plants to feed on nectar and/or pollen. The availability of flowering plants could therefore increase the number of such parasites and predators, thereby improving the biological control of insect pests. **[Methods]** Yellow sticky boards were hung under flower shoots to trap parasitic and predatory invertebrates feeding on nectar or pollen. The statistical significance of differences between the number of parasites and predators trapped at flowering plants and at control plants was assessed with Student's *t*-test. **[Results]** Hover flies visited *Cornus officinalis*, *Tilia mongolica*, *Rosa multiflora inermis* and *Euonymus maackii*, but preferred *Jasminum nudiflorum*. Lacewings visited *C.officinalis*, *F. suspensa* and *E. maackii* but preferred *T. mongolica*, *S.kirilowii* and *M. liliflora.* Ladybugs visited *Rose hybrida* cv. *Floribunda* and *T. mongolica*, but preferred *E. maackii* and *C. officinalis*. Parasitoids preferred *C. officinalis*, *F. suspensa*, *E. maackii* and *S. trilobata*. **[Conclusion]** *C. officinalis* and *F. suspensa*, which bloom in early spring, *T. mongolica*, which blooms in midsummer, and *Rose hybrida* cv. *floribunda* which flowers in three seasons, can significantly increase the abundance of some natural enemies of pest insects.

Key words flowering shrubs, hoverflies, lacewings, ladybugs, parasitoids, biological control, yellow sticky board

*资助项目 Supported projects：北京市科委课题（Z131100005613013）；北京市公园管理中心课题（ZX2013030）；北京市重点实验室：园林绿地生态功能评价与调控技术

**通讯作者 Corresponding author，E-mail：jhwang222@sohu.com

收稿日期 Received：2016 -03-24，接受日期 Accepted：2016-10-07

多数寄生性和捕食性天敌成虫具有取食非寄主食物，如植物的花粉、花蜜或花外蜜露来补充营养的习性（Wäckers *et al.*，2008；王建红等，2015）。天敌成虫通过补充营养可促进其生殖系统特别是卵巢的发育而达到性成熟（Thorpe and Caudle，1938；Winkler *et al.*，2006），从而显著增加其产卵量（Ellis *et al.*，2005；Winkler *et al.*，2006），提高对寄主的寄生率（Berndt and Wratten，2005；Winkler *et al.*，2006；Lee and Heimpel，2008）和/或子代雌性比率（Berndt *et al.*，2002；Berndt and Wratten，2005）；同时，花粉和花蜜中丰富的碳水化合物，可直接作为天敌生存和活动所需的能量（Hoferer *et al.*，2000），从而显著延长其寿命（Irvin *et al.*，2007；Langoya *et al.*，2008）和提高其搜寻寄主的效率（Stapel *et al.*，1997；Patt and Pfannenstiel，2009；Araj *et al.*，2011）；甚至一些天敌如黑瘤姬蜂 *Pimpla examinator* 若不经过补充营养阶段就不能达到性成熟（Thrope and Caudle，1938；何继龙，1989；Van Rijn *et al.*，2006；）。因此，补充营养对于提高天敌的生物防治效率具有非常重要的作用（Van Rijn and Tanigoshi，1999；Winkler *et al.*，2006）。然而，蜜粉源植物在为天敌提供补充营养食物的同时，也可能为植食性害虫成虫提供补充营养食物，从而提高害虫的寿命和产卵能力，增加害虫的危害程度（Wang *et al.*，2006）。

不同蜜粉源植物花的结构（Wäckers，2004；Winkler *et al.*，2009）和营养成分（Irvin *et al.*，2007）均不同，对天敌及害虫产生不同的视觉、嗅觉和味觉信号（Chittka and Menzel，1992；Wäckers，1994，1999；Beach *et al.*，2003；Adedipe and Park，2010；Belz *et al.*，2013；Géneau *et al.*，2013），故不同蜜粉源植物对补充营养的天敌及害虫种类表现出不同的引诱能力（Vattala *et al.*，2006；Winkler *et al.*，2009）；同样，由于不同天敌及害虫在营养需求和代谢上的差异（Thompson，1999），不同天敌及害虫种类可对不同补充营养植物的花粉和花蜜表现出不同的选择性（Irvin *et al.*，2007；Wäckers，2004；Winkler *et al.*，2009）。为此，本文研究了北京园林花灌木对不同种类天敌及害虫的引诱作用，从而为在园林绿地中合理配置花灌木，提高天敌对园林有害生物的控制作用提供技术支撑。

由于不同种类天敌的活动时间不同，如食蚜蝇喜在白天活动，尤其是晴朗无风的 10:00—11:00 及 15:00—16:00 活动（龙见坤等，2010），草蛉喜欢在黎明和黄昏活动（魏玮，2009），瓢虫和寄生蜂也主要在白天活动，因而通过网捕的方式很难得到蜜粉源植物对 4 类天敌的全面数据。且瓢虫、食蚜蝇和一些寄生蜂均对黄色较敏感（Adedipe and Park，2010；Aquino *et al.*，2012；康总江等，2012；李佳，2012；Mitsunaga *et al.*，2012；张利军等，2014），以及黄板也可诱捕到一定数量的草蛉（李佳，2012），因而本研究采用黄板诱集的方法。

1　材料与方法

1.1　植物材料

调查的花灌木种类和对照植物的花期见表 1。

1.2　调查地点

北京市园林科学研究院绿地（116°28′30″N，39°59′00″E）和北京市园林科学研究院外东侧绿地（116°28′40″N，39°58′57″E）。

1.3　研究方法

采用悬挂黄板诱捕法进行。根据每种花灌木的大小，随机选择 1 株或 4 株该花灌木，在花灌木树冠东南西北 4 个方向的花枝最密集处各悬挂 1 块黄板（北京中捷四方生物科技有限公司生产，40 cm×25 cm，两面着高粘度防水胶，单面胶厚度为 0.03～0.05 mm，胶体粘接力≥6.8×10^{-4} N/mm^2，淡黄色或淡白色粘稠胶体，无异味，无异物），每块黄板间的距离在 3~5 m 之间。7 d 后观察并记录黄板上的天敌和害虫种类及其数量。调查于 2015 年 3 月 17 日山茱萸始花后首次进行，对于濒临始花期的花灌木，按其进入始花期悬挂黄板，但要每天调查 1 次其是否始花，若悬挂黄板后 1~3 d 内始花，记录本次数据，若 4 d 后始花，不记录本次数据。为避免上周黄板上引诱的天敌对下周黄板引诱作用的干扰和保证黄板对诱集天敌的粘性，每次调查时，若该花灌木仍处于花期，更换黄板，7 d 后继续调查，直至花末期。

表 1 园林绿地花灌木在北京的花期（2015）

Table 1 The florescence time of different flowering shrubs in greening space of Beijing (2015)

序号 No.	植物种类 Plant species	花期（月.日） Florescence (month.day)	序号 No.	植物种类 Plants species	花期（月.日） Florescence (month.day)
1	山茱萸 *Cornus officinalis*	3.16-4.7	19	山楂 *Crataegus pinnatifida*	4.20-5.11
2	连翘 *Forsythia suspensa*	3.19-4.21	20	水栒子 *Cotoneaster multiflorus*	4.16-5.4
3	迎春 *Jasminum nudiflorum*	3.19-4.7	21	三裂绣线菊 *Spiraea trilobata*	4.24-5.11
4	紫丁香 *Syringa oblata*	3.26-4.26	22	土庄绣线菊 *Spiraea pubescens*	4.25-5.11
5	暴马丁香 *Syringa reticulata* var. *amurensis*	5.10-6.1	23	珍珠梅 *Sorbaria kirilowii*	5.20-6.8
6	小叶水蜡 *Ligustrum quihoui*	5.9-5.25	24	紫藤 *Wisteria sinensis*	4.15-5.4
7	金银木 *Lonicera maackii*	4.18-5.4	25	紫荆 *Cercis chinensis*	3.30-4.24
8	金叶女贞 *Ligustrum* × *vicaryi*	5.31-6.15	26	流苏 *Chionanthus retusus*	4.20-5.11
9	大叶女贞 *Ligustrum lucidum*	6.14-6.30	27	丝棉木 *Euonymus maackii*	5.5-6.1
10	红王子锦带 *Weigela florida* cv. Red prince	5.5-5.25	28	蒙椴 *Tilia mongolica*	5.25-6.22
11	榆叶梅 *Amygdalus triloba*	3.23-4.14	29	栾树 *Koelreuteria paniculata*	6.21-7.6
12	紫叶李 *Prunus ceraifera* cv. Pissardii	3.25-4.21	30	紫玉兰 *Magnolia liliflora*	3.23-4.7
13	碧桃 *Prunus perscial* var. duplex	4.2-5.2	31	青檀 *Pteroceltis tatarinowii*	3.26-4.7
14	稠李 *Padus virginiana*	4.17-4.27	32	枇杷叶荚蒾 *Viburnum rhytidophyllum*	4.1-4.28
15	无刺野蔷薇 *Rosa multiflora* inermis	5.5-5.25	33	文冠果 *Xanthoceras sorbifolia*	4.13-4.27
16	丰花月季 *Rosa hybrida* cv. Floribunda	5.7-10.31	34	紫叶小檗 *Berberis thunbergii* cv. atropurpurea	4.13-4.27
17	海棠 *Malus micromalus*	4.1-4.18	35	猥实 *Kolkwitzia amabilis*	CK4.22-5.11
18	贴梗海棠 *Chaenomeles speciosa*	4.2-4.16	36	榆树 *Ulmus pumila*	CK3.15-3.21

同时榆树是北京乡土植物之一，风媒花，花期极短，非天敌补充营养蜜粉源植物，故可作为花灌木诱集补充营养天敌的对照。但榆树 5 月至 6 月上蚜虫为害较重，有研究表明蚜虫分泌的蜜露可作为天敌补充营养源食物（Han and Zhou，2007），为此，选用无蚜虫为害且在 2014 预试验中花期诱集天敌种类与数量与榆树无显著差异的花灌木猥实作第 2 对照，于 2015 年 3 月 17 日首次悬挂黄板，直至 2015 年 10 月 31 日调查结束。

1.4 分析方法

分别对花灌木花期时各周诱集的天敌和害虫成虫数量与同期猥实和榆树对照上诱集的天敌和鳞翅目害虫成虫数量进行 *t*-检验。参照普氏原羚 *Procapra prezwalskii* 的食性分级标准（易湘蓉等，2005），根据花灌木各周诱集的天敌和害虫成虫数量与 2 种对照之间的差异显著性，定义天敌和害虫对花灌木补充营养的偏好性。除丰花月季外，当至少 1 周花灌木花期诱集的天敌和害虫成虫数量与 2 种对照差异均为 $P<0.001$ 时，定义该花灌木为天敌和害虫补充营养嗜食花灌木；当均 $P<0.01$，且至少一值为 $0.001\leqslant P<0.01$ 时，定义该花灌木为天敌和害虫补充营养喜食花灌木；当均 $P<0.05$，且至少一值为 $0.01\leqslant P<0.05$ 时，定义该花灌木为天敌和害虫补充营养花灌木。

2 结果与分析

2.1 对照植物猥实、榆树上诱集的天敌成虫数量

由图 1 和图 2 可见，食蚜蝇和瓢虫数量全年

在 2 种对照植物上均较少；草蛉除早春 3 月底至 4 月初在 2 种对照植物上数量较多外，其余时间均较少；寄生蜂数量 4 月中旬、5 月初至 6 月初和 8 月底至 9 月底较多，其余时间均较少。除榆树在 5 月初由于有蚜虫发生诱集的寄生蜂数量显著多于猥实，及早春猥实诱集的草蛉数量显著多于榆树外，两种对照上天敌种类及其数量间无显著差异。

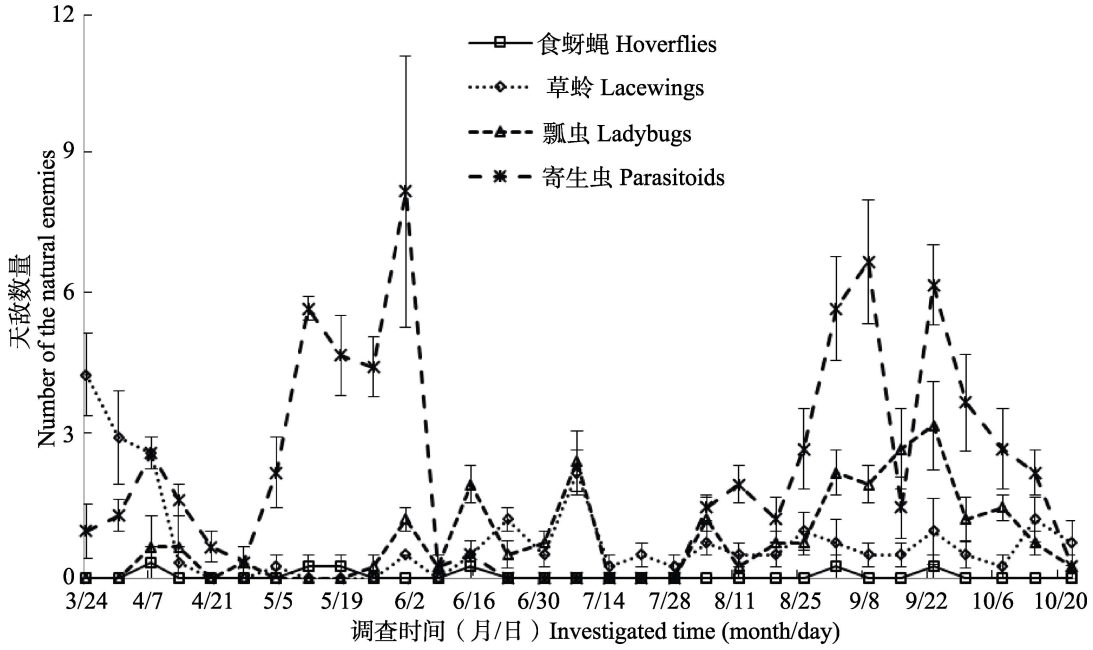

图 1　对照植物猥实上诱集的天敌成虫数量（只/周/黄板）

Fig. 1　Number of adult of the natural enemies lured by yellow board on plants of *Kolkwitzia amabilis* (natural-enemy/week/yellow-board)

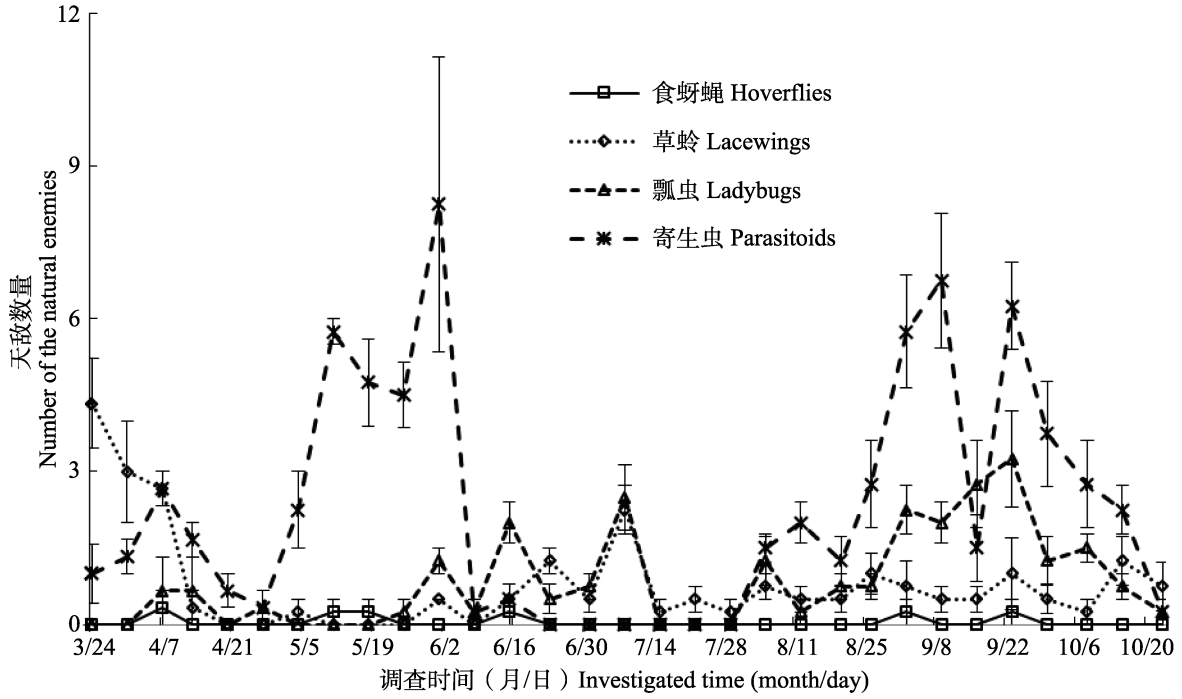

图 2　对照植物榆树上诱集的天敌成虫数量（只/周/黄板）

Fig. 2　Number of adult of the natural enemies lured by yellow board on plants of *Ulmus pumila* (natural-enemy/week/yellow-board)

2.2 丰花月季上诱集的天敌成虫数量

图 3 为花期很长的丰花月季诱集的天敌种类和数量及 *t*-检验结果。由图 3 可见，在 24 次调查瓢虫数据的 *t* 检验结果中，5 次 $P<0.001$，10 次 $0.001\leqslant P<0.01$，6 次 $0.01\leqslant P<0.05$，仅 3 次为 $P>0.05$；食蚜蝇和寄生蜂仅 1 次 $0.01\leqslant P<0.05$，其余均为为 $P>0.05$；草蛉仅 2 次 $0.01\leq P<0.05$，其余均为为 $P>0.05$。因此，丰花月季为瓢虫嗜食补充营养花灌木。

2.3 不同花灌木花粉/花蜜对补充营养食蚜蝇的诱集作用

花灌木诱集的捕食性食蚜蝇种类主要有刻点小食蚜蝇 *Paragus tibialis*、黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteata*、大灰优食蚜蝇 *Eupeodes corollae*、斜斑鼓额食蚜蝇 *Scaeva pyrastri*、印度细腹食蚜蝇 *Sphaerophoria indiana*、连带细腹食蚜蝇 *Sphaerophoria taeniata*、札幌黄斑食蚜蝇 *Xanthogramma sapporense* 和方斑墨蚜蝇 *Melanostoma mellinum*。同时，花灌木也可诱集大量的长尾管蚜蝇 *Eristalis tenax* 和短腹管蚜蝇 *E. arbustorum*，因这 2 种食蚜蝇的幼虫为腐食性，未计入黄板诱集食蚜蝇数量中。

t-检验结果显示，山茱萸、蒙椴、无刺野蔷薇和丝棉木为食蚜蝇喜食补充营养花灌木，迎春为食蚜蝇补充营养花灌木（表 2），其它植物 *t*-检验结果与对照无显著差异，未列入表 2。

2.4 不同花灌木花粉/花蜜对补充营养草蛉的诱集作用

花灌木诱集的草蛉种类主要有：日本通草蛉 *Chrysoperla nipponensis*、叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*、大草蛉 *Chrysopa pallens* 和丽草蛉 *Chrysopa formosa* 等。

t-检验结果显示，山茱萸、连翘、丝棉木为草蛉嗜食补充营养花灌木，蒙椴、珍珠梅和紫玉兰为草蛉喜食补充营养花灌木，紫叶李为草蛉补充营养花灌木（表 3），其它植物 *t*-检验结果与对照无显著差异，未列入表 3。

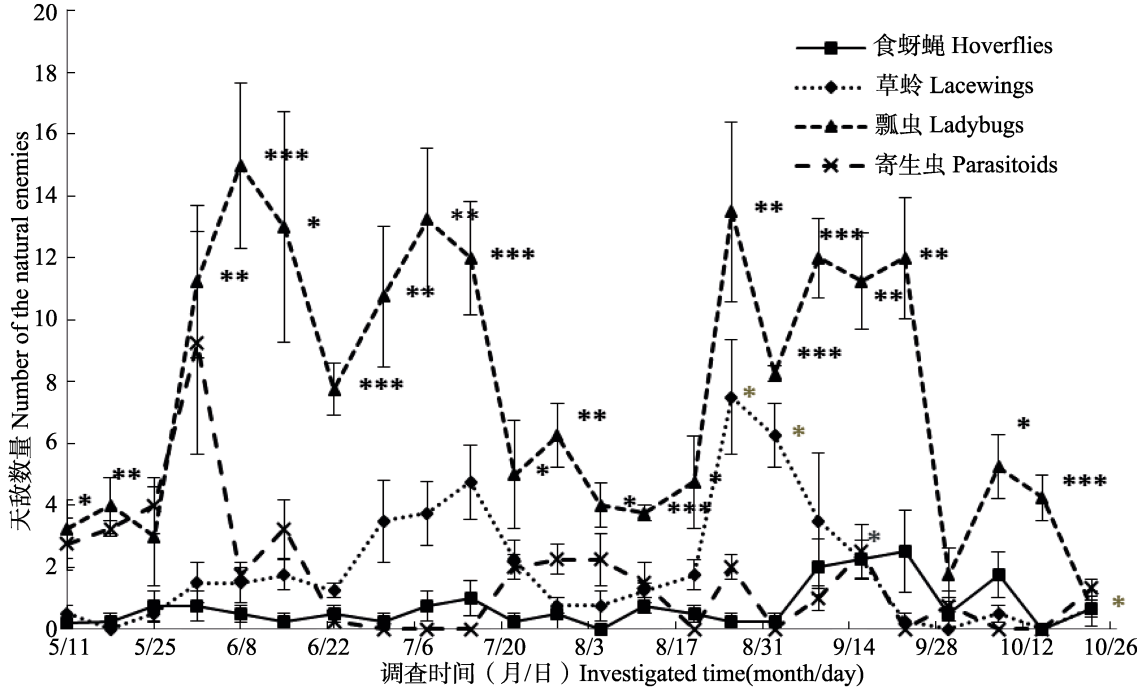

图 3 丰花月季上诱集的天敌成虫数量（只/周/黄板）

Fig. 3 Numbers of the natural enemies lured by yellow board on plants of *Rosa hybrida* cv. floribunda (natural-enemy/week/yellow-board)

***$P<0.001$；**$0.001\leqslant P<0.01$；* $P<0.05$.

表 2　花期时食蚜蝇嗜食、喜食及补充营养花灌木种类（只/周/黄板）
Table 2　The most favorite, more favorite and favorite flowering shrubs for hoverflies to explore pollens and/or nectars (natural-enemy/week/yellow-board)

植物种类 Plants species	花期 Florescence stage				
	第 1 周 First week	第 2 周 Second week	第 3 周 Third week	第 4 周 Fourth week	第 5 周 Fifth week
山茱萸 *Cornus officinalis*	7.75±1.25**	4.25±0.75**	1.75±0.48*	—	—
蒙椴 *Tilia mongolica*	1.25±0.25**	2.25±0.75*	3.75±0.48**	0.25±0.25	—
无刺野蔷薇 *Rosa multiflora* inermis	1.00±0.71	2.50±0.50**	1.75±0.48*	—	—
丝棉木 *Euonymus maackii*	1.50±0.25*	1.75±0.25**	1.00±0.25**	0.75±0.48	—
迎春 *Jasminum nudiflorum*	0.75±0.25*	0.50±0.29	0.25±0.25	—	—

*** $P<0.001$；** $0.001 \leqslant P < 0.01$；* $P<0.05$. 下表同。The same below.

表 3　花期时草蛉嗜食、喜食及补充营养花灌木种类（只/周/黄板）
Table 3　The most favorite, more favorite and favorite flowering shrubs for lacewings to explore pollens and/or nectars (natural-enemy/week/yellow-board)

植物种类 Plants species	花期 Florescence stage				
	第 1 周 First week	第 2 周 Second week	第 3 周 Third week	第 4 周 Fourth week	第 5 周 Fifth week
山茱萸 *Cornus officinalis*	35.25±4.07***	16.50±3.28*	4.00±1.08	—	—
连翘 *Forsythia suspensa*	15.25±1.60*	26.75±3.37***	3.50±1.04	1.00±0.58	2.75±0.75*
丝棉木 *Euonymus maackii*	1.00±0.71	4.75±1.49*	18.50±1.40***	20.25±1.84***	—
蒙椴 *Tilia mongolica*	1.00±0.58	7.75±2.78*	16.75±2.93**	10.75±2.93*	—
紫叶李 *Prunus ceraifera* cv. Pissardii	15.25±3.83*	4.00±2.04	2.75±1.25	2.75±0.48*	—
紫玉兰 *Magnolia liliflora*	12.00±1.41**	0.50±0.29	—	—	—
珍珠梅 *Sorbaria kirilowii*	1.25±0.48	6.25±1.97**	3.75±1.48	—	—

2.5　不同花灌木花粉/花蜜对补充营养瓢虫的诱集作用

花灌木诱集的瓢虫种类主要有：异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica*、菱斑巧瓢虫 *Oenopia conglobata*、红点唇瓢虫 *Chilocorus kuwanae*、多异瓢虫 *Hippodamia variegata* 和七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 等。

t-检验结果表明，蒙椴为瓢虫嗜食补充营养花灌木，丝棉木和山茱萸为瓢虫补充营养花灌木（表 4），其它植物 *t*-检验结果与对照无显著差异，未列入表 4。

2.6　不同花灌木花粉/花蜜对补充营养寄生蜂的诱集作用

花灌木诱集的寄生蜂种类主要有：蚜茧蜂科 Aphidiidae 和蚜小蜂科 Aphelinidae 等。

表 4　花期时瓢虫嗜食、喜食及补充营养花灌木种类（只/周/黄板）
Table 4　The most favorite, more favorite and favorite flowering shrubs forladybugs to explore pollens and/or nectars (natural-enemy/week/yellow-board)

植物种类 Plants species	花期 Florescence stage				
	第 1 周 First week	第 2 周 Second week	第 3 周 Third week	第 4 周 Fourth week	第 5 周 Fifth week
丝棉木 *Euonymus maackii*	0.25±0.25	0.25±0.25	0.50±0.29	6.25±1.65*	—
蒙椴 *Tilia mongolica*	1.50±0.65	3.00±0.82*	4.75±0.85*	6.50±0.65***	—
山茱萸 *Cornus officinalis*	0.75±0.48	1.75±0.63*	0.25±0.25	—	—

t-检验结果显示，紫叶李、碧桃和榆叶梅为寄生蜂嗜食补充营养花灌木，山茱萸、连翘、丝棉木和三裂绣线菊为寄生蜂喜食补充营养花灌木（表 5），其它植物 *t*-检验结果与对照无显著差异，未列入表 5。

2.7 不同花灌木花粉/花蜜对补充营养害虫成虫的诱集作用

碧桃、榆叶梅、海棠和紫叶李花期时黄板上可诱集数量众多的蚜虫成虫，碧桃花期时黄板上也可诱集到数量众多的桃一点叶蝉 *Singapora shinshana* 成虫，因这些害虫不以花粉和花蜜补充营养，不做统计；黄板上诱集到以花粉和花蜜补充营养的鳞翅目害虫成虫种类和数量均很少，种类主要有国槐小卷蛾 *Cydia trasias* 和微红梢斑螟 *Dioryctria rubella* 等。*t*-检验结果显示花灌木黄板上诱集的鳞翅目成虫与对照无显著差异，因此，初步确定所研究的园林花灌木非鳞翅目成虫嗜食和喜食补充营养植物。

表 5 花期时寄生蜂嗜食、喜食及补充营养花灌木种类（只/周/黄板）

Table 5 The most favorite, more favorite and favorite flowering shrubs for parasitoids to explore pollens and/or nectars (natural-enemy/week/yellow-board)

植物种类 Plants species	花期 Florescence stage				
	第 1 周 First week	第 2 周 Second week	第 3 周 Third week	第 4 周 Fourth week	第 5 周 Fifth week
紫叶李 *Prunus ceraifera* cv. Pissardii	7.75±0.63***	34.25±3.82***	2.75±1.25	2.50±0.50*	—
碧桃 *runs perscial* f.duplex	32.25±3.50***	31.00±3.16***	17.50±2.10***	7.75±1.81*	34.25±8.17**
山茱萸 *Cornus officinalis*	11.50±1.94**	6.75±1.18**	3.25±0.75	—	—
连翘 *Forsythia suspensa*	5.00±1.47*	4.00±0.71*	14.25±1.89**	2.25±0.63	3.75±0.63**
榆叶梅 *Amygdalus triloba*	14.00±2.04***	22.25±6.39*	23.50±5.84***	—	—
海棠 *Malus micromalus*	12.50±2.90	10.25±3.20**	2.25±0.63	—	—
丝棉木 *Euonymus maackii*	5.75±0.75	10.75±1.28**	12.25±1.75**	7.75±2.39	—
三裂绣线菊 *Spiraea trilobata*	12.50±2.40**	4.50±0.87	—	—	—

3 讨论

尽管众多的研究表明蜜粉源植物在天敌生物防治中扮演着重要的作用，但天敌种类对补充营养蜜粉源植物选择性方面的研究报道均集中于国外，国内仍未见该方面的研究报道。如蜜源植物对红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* 均具显著诱集作用，而矢车菊 *Centaurea cyanus* 和屈曲花 *Iberis amara* 对茧蜂诱集作用显著高于普通荞麦（Belz *et al.*，2013；Géneau *et al.*，2013）；莳萝 *Anethum graveolens* 和向日葵 *Helianthus annuus* 对异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 的诱集作用显著高于其它植物（Adedipe and Park，2010）；在 3 种常见蜜粉源植物和 6 种花卉中，趋向香雪球 *Lobularia maritima* 补充营养的食蚜蝇数量最多，且极显著地多于其它植物，同时在其上补充营养的捕食性同翅亚目如花蝽科 Anthocoridae 和长蝽科 Lygaeidae 等天敌数量也最多（Hogg *et al.*，2011）；由普通荞麦 *Fagopyrum esculentum* 和印度麻 *Crotalaria juncea* 组成的蜜粉源植物系统可较好地控制洋葱 *Allium cepa* 和菜心 *Brassica rapa* cv. Chinensis 上的蚜虫和鳞翅目幼虫，但对蓟马无效（Tavares *et al.*，2015）。由于国外的天敌种类与植物种类和国内均有较大的差异，因而国外的研究结果基本不能在国内应用，但在国内园林绿化植物保护实践中又急需这方面的资料，以期在园林绿地中有目的地配置蜜粉源植物以显著提高天敌的生物多样性和对有害生物的控制能力，逐步实现园林生态系统的生态平衡。因此，该研究结果可以补充一部分这方面科研资料的空白。

园林植物中的紫叶李和海棠为先叶后花，而

碧桃和榆叶梅花后 1 周内展叶，这 4 种植物在展叶时都有蚜虫类开始危害，并且在蚜虫危害盛期均可发现数量较多的僵蚜和一定数量的蚜狮。因而这 4 种植物花期诱集的天敌成虫有可能是在搜寻补充营养蜜粉源植物，也有可能是在搜寻寄主，其中在花期诱集较多数量的茧蜂科 Braconidae 和蚜小蜂科 Aphelinidae 寄生蜂，但它们是否是寄生蜂补充营养蜜粉源植物还有待于进一步研究。同理紫叶李是否为草蛉补充营养花灌木也有待于进一步研究。

排除发生蚜虫等害虫的花灌木紫叶李、海棠、碧桃和榆叶梅外，可以确定山茱萸、蒙椴、无刺野蔷薇和丝棉木为食蚜蝇喜食补充营养花灌木，迎春为食蚜蝇补充营养花灌木；山茱萸、连翘、丝棉木为草蛉嗜食补充营养花灌木，蒙椴、珍珠梅和紫玉兰为草蛉喜食补充营养花灌木；丰花月季和蒙椴为瓢虫嗜食补充营养花灌木，丝棉木和山茱萸为瓢虫补充营养花灌木；山茱萸、连翘、丝棉木和三裂绣线菊为寄生蜂喜食补充营养花灌木。

由于园林绿地施药较频繁，绿地中最常见昆虫为刺吸类害虫及其天敌和蚊蝇等昆虫，鳞翅目害虫数量全年均较低，同时，鳞翅目成虫对白色板较敏感，对黄色板敏感度低（李佳，2012），使本研究中黄板上诱集到补充营养的鳞翅目害虫种类极少，同时，由于在多数情况下害虫和天敌选择不同蜜源植物补充营养（Winkler，2005），因此，研究结果中的一些对天敌有显著诱集效果或对天敌无显著诱集效果的花灌木可能对鳞翅目害虫具补充营养引诱作用，也有可能无补充营养引诱作用，具体作用有待于进一步研究。

补充营养对于天敌的生存和繁衍具有重要的作用，特别是对于出蛰较早的天敌，此时天敌的寄主或猎物普遍较缺乏，因而花蜜和/或花粉成为天敌的主要食物源。尽管此时环境中的天敌基数较少，但在蜜粉源植物上补充营养的草蛉和食蚜蝇数量远多于夏秋两季。6 月后的高温季节，北京的夏季园林植物上蚜虫种群数量急剧减少，天敌也普遍缺少寄主食物，此时在蜜源植物上补充营养的瓢虫、草蛉和食蚜蝇数量也较多。因此早春开花的山茱萸、连翘，夏季开花的蒙椴，以及三季有花的丰花月季对于提高天敌的生物防治效率具有重要的作用。

参考文献 (References)

Adedipe F, Park YL, 2010. Visual and olfactory preference of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) adults to various companion plants. *J. Asia-Pac. Entomol.*, 13(4): 319–323.

Aquino MFS, Dias AM, Borges M, Moraes MCB, Laumann RA, 2012. Influence of visual cues on host-searching and learning behaviour of the egg parasitoids *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis*. *Entomol. Exp. Appl.*, 145(2): 162–174.

Araj SE, Wratten S, Lister A, Buckleya H, Ghabeishb I, 2011. Searching behavior of an aphid parasitoid and its hyperparasitoid with and without floral nectar. *Biol. Control*, 57(2): 79–84.

Beach JP, Williams LI, Hendrix DL, Price LD, 2003. Different food sources affect the gustatory response of *Anaphes iole*, an egg parasitoid of *Lygus* spp. *J. Chem. Ecol.*, 29(5): 1203–1222.

Belz E, KÖlliker M, Balmer O, 2013. Olfactory attractiveness of flowering plants to the parasitoid *Microplitis mediator*: potential implications for biological control. *BioControl*, 58(2): 163–173.

Berndt LA, Wratten SD, 2005. Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. *Biol. Control*, 32(1): 65–69.

Berndt LA, Wratten SD, Hassan PG, 2002. Effects of buckwheat flowers on leafroller (Lepidoptera: Tortricidae) parasitoids in a New Zealand vineyard. *Agr. Forest Entomol.*, 4(1): 39–45.

Chittka L, Menzel R, 1992. The evolutionary adaptation of flower colours and the insect pollinators' colour vision. *J. Comp. Physiol. A*, 171(2): 171–181.

Ellis JA, Walter AD, Tooker JF, Ginzela MD, Reagela PF, Laceya ES, Bennetta AB, Grossmana EM, Hanksa LM, 2005. Conservation biological control in urban landscapes: Manipulating parasitoids of bagworm (Lepidoptera: Psychidae) with flowering forbs. *Biol. Control*, 34(1): 99–107.

Géneau CE, Wäckers FL, Luka H, Balmera O, 2013. Effects of extrafloral and floral nectar of *Centaurea cyanus* on the parasitoid wasp *Microplitis mediator*: Olfactory attractiveness and parasitization rates. *Biol. Control*, 66(1): 16–20.

Han BY, Zhou CS, 2007. Rhythm of honeydew excretion by the tea aphid and its attraction to various natural enemies. *Acta Ecol. Sin.*, 27(9): 3637–3643.

Hoferer S, Wäckers FL, Dorn S, 2000. Measuring CO_2 respiration rates in the parasitoid *Cotesia glomerata*. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 12(1/6): 555–558.

Hogg BN, Bugg RLb, Daane KM, 2011. Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects.

Biol. Control, 56 (1): 76–84.

Irvin NA, Hoddle MS, Castle SJ, 2007. The effect of resource provisioning and sugar composition of foods on longevity of three *Gonatocerus* spp, egg parasitoids of *Homalodisca vitripennis*. *Biol. Control*, 40(1): 69–79.

Langoya LA, van Rijin PCJ, 2008. The significance of floral resources for natural control of aphids. *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.*, 19(1): 67–74.

Lee JC, Heimpel GE, 2008. Floral resources impact longevity and oviposition rate of a parasitoid in the field. *J. Anim. Ecol.*, 77(3): 565–572.

Long JK, Luo QH, Pan SB, Mang DZ, Shu M, Zhang ZY, 2010. Study on species diversity and foraging behavior of flower-visiting hoverflies on *Ligustrum vicaryi* in Guiyang district. *Journal of Environmental Entomology*, 32(2): 235–242. [龙见坤, 罗庆怀, 潘盛波, 忙定泽, 舒敏, 张志燕, 2010. 贵阳市区金叶女贞上访花食蚜蝇物种多样性及访花行为研究. 环境昆虫学报, 32(2): 235–242.]

Mitsunaga T, Shimoda T, Mukawa S, Kobori Y, Goto C, Suzuki Y, Yano E, 2012. Color and height influence the effectiveness of an artificial feeding site for a larval endoparasitoid, *Cotesia vestalis* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Jpn. Agr. Res. Q.*, 46(2): 161–166.

Patt JM, Pfannenstiel RS, 2009. Characterization of restricted area searching behavior following consumption of prey and non-prey food in a cursorial spider, *Hibana futilis*. *Entomol. Exp. Appl.*, 132(1): 13–20.

Stapel JO, Cortesero AM, De Moraes CM, Tumlinson JH, Lewis WJ, 1997. Extrafloral nectar, honeydew, and sucrose effects on searching behavior and efficiency of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in Cotton. *Environ. Entomol.*, 26(3): 617–623.

Tavares J, Wang KH, Hooks CRR, 2015. An evaluation of insectary plants for management of insect pests in a hydroponic cropping system. *Biol. Control*, 91(1): 1–9.

Thompson SN, 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 44: 561–592.

Thrope WH, Caudle HB, 1938. A study of the olfactory responses of insect parasites to the food plant of their host. *Parasitology*, 30(4): 523–528.

Van Rijn CJP, Kooijman J, Wäckers FL, 2006. The impact of floral resources on syrphid performance and cabbage aphid biological control. *IOBC/wprs Bulletin*, 29(6): 149–152.

Van Rijn CJP, Tanigoshi LK, 1999. The contribution of extrafloral nectar to survival and reprodution of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis*. *Exp. Appl. Acarol.*, 23(4): 281–296.

Vattala HD, Wratten SD, Phillips CB, Wäckers FL, 2006. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. *Biol. Control*, 39(2): 179–185.

Wäckers FL, 1994. The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula*. *J. Insect Physiol.*, 40(8): 641–649.

Wäckers FL, 1999. Gustatory response by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata* to a range of nectar and honeydew sugars. *J. Chem. Ecol.*, 25(12): 2863–2877.

Wäckers FL, 2004. Assessing the suitablility of flowering herbs as parasitoid food source: flower attractiveness and nectar accessibility. *Biol. Control*, 29(3): 307–314.

Wäckers FL, van Rijn PCJ, Heimpel GE, 2008. Honeydew as a food source for natural enemies: Making the best of a bad meal? *Biol. Control*, 45(2): 176–184.

Wang GP, Zhang QW, Ye ZH, Luo LZ, 2006. The role of nectar plants in severe outbreaks of armyworm *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) in China. *Bull. Entomol. Res.*, 96(5): 445–455.

Wang JH, Qiu LF, Che SC, You GY, Shao JL, Zhong L, 2015. The effects of floral resource plants on natural enemy insects and implications for biological control. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(2): 289–299. [王建红, 仇兰芬, 车少臣, 虞国跃, 邵金丽, 仲丽, 2015. 蜜粉源植物对天敌昆虫的作用及其在生物防治中的应用. 应用昆虫学报, 52(2): 289–299.]

Wei W, 2009. Study on microstructure of the compound eye and phototactic behavior of *Chrysoperla sinica* Tjeder and *Chrysopa formosa* Brauer (Neuroptera: Chrysopidae). Master thesis. Baoding: Agricultural University of Hebei. [魏玮. 2009. 两种草蛉成虫复眼显微结构及其趋光行为的研究. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学.]

Winkler K, 2005. Assessing the risk and benefits of flowering field edges. Strategic use of nectar sources to boost biological control. PhD disseration. Wageningen: Wageningen University.

Winkler K, Wäckers FL, Bukovinszkine KG, van Lenteren J, 2006. Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. *Basic Appl. Ecol.*, 7(2): 133–140.

Winkler K, Wäckers FL, Kaufman LV, Larraz V, van Lenterena JC, 2009. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. *Biol. Control*, 50(3): 299–306.

Yi XR, Wang XL, Zhou H, Li DQ, Liu Y, 2005. Study on food habits of *Procapra prezwalskii*. *Journal of Hunan Agricultural University* (*Natural Sciences*), 31(3): 289–292. [易湘蓉, 王秀磊, 周慧, 李迪强, 刘毅, 2005. 普氏原羚的食性研究. 湖南农业大学学报(自然科学版), 31(3): 289–292.]

Zhang LJ, Li BY, Li YY, Li Y, Zhao ZG, Ma RY, 2014. Effectiveness of yellow sticky traps in capturing aphids and their natural enemies in three kinds of orchards. *Acta Phytophylacica Sinica*, 41(6): 747–753. [张利军, 李宾瑶, 李丫丫, 李玥, 赵志国, 马瑞燕, 2014. 黄色黏虫板在 3 种果园对蚜虫及其天敌的诱集作用. 植物保护学报, 41(6): 747–753.]