

大豆蚜的生物学防治技术^{*}

刘 健 赵奎军^{**}

(东北农业大学农学院 哈尔滨 150030)

Biology and control techniques of soybean aphid, *Aphis glycines*. LIU Jian, ZHAO Kui-Jun^{**} (*Agricultural College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China*)

Abstract Soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, native to Asia, has invaded to the major soybean growth regions in America and Oceania in recent years, and has become one of the most important insect pests in soybean fields. Its distribution, damage, lifecycle, dynamics, hosts, natural enemies and integrated pest management was reviewed.

Key words soybean, soybean aphid, *Aphis glycines*, review

摘 要 大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 是亚洲大豆种植区的一种主要农业害虫。近年来,大豆蚜又先后侵入北美洲和大洋州等地,对当地的大豆生产构成了潜在威胁,正成为一种世界性的农业害虫。文章对大豆蚜的分布、危害、生物学特征、天敌和防治技术等方面的研究现状进行了详细论述。
关键词 大豆, 大豆蚜, 综述

大豆蚜 *Aphis glycines* 是栽培大豆 (*Glycine max*) 的主要害虫之一,通过刺吸危害常引起叶片卷曲、节间缩短、植株矮化等症状^[1, 2], 严重发生时可造成植株死亡。大豆蚜也是多种植物病原病毒田间扩散、传播的媒介,常引起大豆花叶病等病害在田间大流行^[3~6]。早在 20 世纪 60 年代,大豆蚜的危害已引起了人们的重视^[7]。2000 年以来,大豆蚜又先后侵入北美洲^[8, 9] 和大洋洲^[10], 已成为受到广泛关注的一种世界性害虫。

1 地理分布、危害

1.1 地理分布

中国是栽培大豆的起源地^[11, 12], 同时也是大豆蚜的原始发生地之一,在中国的东北、华北、华南、西南等地区以及内蒙古自治区、宁夏自治区^[13] 和台湾省^[14] 都有大豆蚜的广泛分布。同时,在东亚的日本^[15, 16]、韩国^[15, 17]、俄罗斯的东部地区^[18]、东南亚的菲律宾^[19]、印度尼西亚^[20]、马来西亚、泰国^[15]、越南^[18] 等地以及南

亚的印度^[21]、非洲的肯尼亚^[22] 也有分布。近年来,大豆蚜更进一步成为加拿大^[8]、美国^[9, 23] 和澳大利亚^[10] 大豆生产中的一种具有潜在危害的农业害虫,其分布地区和危害范围正呈现逐年扩大的趋势。

1.2 危害

大豆蚜常以成蚜和若蚜集中在大豆植株的顶叶、嫩叶和嫩茎上进行刺吸危害,严重时可布满茎叶,也可侵害嫩荚^[24],影响植株的光合作用和营养物质的积累^[25]。受害大豆常表现为叶片皱缩、节间缩短、植株矮化及发育提前等症状^[1, 3]。分泌的蜜露布满叶面也常导致霉菌的繁殖而引发霉污病^[26]。大豆蚜更是大豆花叶病毒(SMV)田间传播的重要媒介^[3~6, 27, 28],在病株上取食 1 min 后,其传毒率可高达

^{*} 黑龙江省“十一五”攻关重点项目 (GB06B105)、大豆生物学教育部重点实验室主任基金项目 (SB06A05)。

^{**} 通讯作者, E-mail: kjzhao@neau.edu.cn

收稿日期: 2006-01-23, 修回日期: 2006-06-02, 2007-01-15 再修回

34.72%^[29]。最新报道表明:大豆蚜还可传播苜蓿花叶病毒(AMV)^[30]、马铃薯Y病毒(PVY)^[31]和烟草环斑病毒(TRSV)^[32]。

在大豆生育期间,大豆蚜的危害常造成大豆秕荚率增高、百粒重和单株粒重下降,导致大豆减产^[33]。大发生年份,可造成严重的经济损失。1998年黑龙江省绥化地区大豆蚜大发生,全区大豆平均减产30%^[34, 35];2001年美国明尼苏达州部分田块由于大豆蚜造成了高达50%以上的产量损失^[36];2004年黑龙江省大豆蚜再次大发生,发生面积139.30万hm²,占全省大豆种植总面积的40%左右^[37],对大豆生产造成了严重影响。也有研究表明大豆植株对大豆蚜的危害具有一定的耐害性和补偿能力^[38],早期轻微危害或早期严重发生的虫害在得到及时防治的情况下,均不会引起大豆减产。虽有关于大豆耐害性和补偿能力的报道,但耐害性产生机制及受害后植株补偿能力水平等问题仍有待深入研究。

2 生物学特征

2.1 形态特征

(1)成蚜:无翅孤雌蚜体长1.60 mm,体宽0.86 mm。表皮光滑,第7~8腹节可见模糊横网纹。缘瘤位于前胸、腹部第1和第7节,钝圆锥形,高大于宽。触角1.10 mm,为体长的0.70倍。腹管为触角第3节的1.30倍、长圆桶形,有瓦纹、缘凸和切迹。尾片约为腹管长度的0.70倍,圆锥形,近中部收缩,有微刺形成的瓦纹,具长毛7~10根。有翅孤雌蚜长卵形,头、胸部黑色,腹部黄色,仅腹管后斑大方形黑色。有翅性母蚜腹部草绿色,触角第3节的次生感觉圈可增至6~9个,其它特征同无翅孤雌蚜^[39]。

(2)若蚜:若蚜共有4个龄期。1龄若蚜触角4节,腹管长0.05 mm;2龄若蚜触角4~5节,腹管长0.15 mm,尾片舌形;3龄若蚜触角5~6节,腹管长0.21 mm,尾片舌形;4龄若蚜触角6节,腹管0.26 mm,生殖前期尾片为舌形,生殖期尾片为长圆锥形^[40]。

(3)卵:雌蚜多将受精卵产于越冬寄主枝条芽腋或缝隙间^[9, 15],关于卵粒形态特征未见相关报道。

2.2 世代周期

大豆蚜的生活史属于雌雄异体的异寄主全生命周期类型^[7, 41]。以受精卵在鼠李(*Rhamnus davurica*)枝条的芽腋或缝隙间越冬。翌年春天,越冬卵孵化为无翅干母,以干母在鼠李上孤雌繁殖1~2代,其间产出有翅孤雌蚜迁入大豆田进行危害。夏季在大豆田大豆蚜可发生多代,在山东省济南地区可繁殖18~22代,世代历期为2~16 d^[42]。秋季,随着气候恶化和大豆植株的逐渐成熟,田间开始大量出现有翅孤雌蚜。有翅蚜回迁至冬寄主鼠李,经孤雌繁殖产出无翅胎生雌蚜,与豆田中迁飞来的有翅雄蚜交配产出受精卵越冬。有翅蚜对于大豆蚜在田间的扩散和寄主间的迁栖起着关键性作用,无翅成蚜数量过多和个体间的拥挤是诱导有翅蚜形成的主要原因^[43]。

在自然界中,大豆蚜与棉蚜 *Aphis gossypii* 偶尔会发生杂交。试验条件下,杂交卵可以孵化,孵化的干母可以存活并可连续繁殖后代直至秋末;但杂交后代对寄主植物存在一定的选择性^[41]。

2.3 搜寻寄主

大豆蚜属乔迁式蚜虫,寄主植物可分为冬寄主(第一寄主)和夏寄主(第二寄主),冬寄主为鼠李科(*Rhamnaceae*)植物,夏寄主为豆科(*Leguminosae*)植物。鼠李和乌苏里鼠李(*Rhamnus ussuriensis*)(俗名老鸱眼^[44])是大豆蚜的主要越冬寄主^[13, 39]。此外,大豆蚜可在日本鼠李(*Rhamnus japonica*)上越冬^[16]。2004年以来,在北美洲又有冬寄主药鼠李(*Rhamnus cathartica*)及另2种鼠李科植物(*Rhamnus alnifolia*)和(*Rhamnus lanceolata*)被相续发现^[45, 46]。大豆蚜的夏寄主为大豆、黑豆(*Glycine* sp.)和野生大豆(*Glycine soja*)^[13, 39],但也有关于大豆蚜可在绛三叶(*Trifolium incarnatum*)、红三叶(*Trifolium pratense*)^[47]、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)及红花菜豆(*Phaseolus coccineus*)上取食

的相关报道^[48]。新的寄主植物出现是大豆蚜与寄主协同进化的结果,大豆蚜能够侵入北美洲等全新的栖息地并存活,也是其适应新环境并可搜寻到适于取食植物的必然结果。昆虫在与植物协同进化的过程中食性必然发生变化,但是否仍有未被发现的寄主植物则需要进一步的调查。

在选择寄主的过程中,蚜虫的视觉起着重要作用^[49-50]。由以上描述可见大豆蚜为寡食性蚜虫。如果仅凭借视觉,在种类庞杂的植物中能够找寻到寄主的可能性会较低,这也将很难解释每年大豆蚜在田间的大量稳定发生。试验证明在选择寄主的过程中大豆蚜的嗅觉同样起着重要作用。有翅和无翅孤雌蚜对大豆叶和鼠李叶气味具有很强的正趋性,对非寄主植物棉花和黄瓜叶片的气味无反应,对丝瓜叶和南瓜叶的气味具有明显的负趋性^[51]。大豆蚜对气味的感知主要借助触角嗅觉感器完成,有翅孤雌蚜对萜烯衍生物的感受部位位于第6节原生感器上,对萜烯烃类则位于第5节原生感器上^[52]。室内试验也表明大豆蚜对于醛类和酯类的触角电位反应强过醇类^[53]。同其它蚜虫一样,大豆蚜在发现寄主以后,仍需完成“检测”植物表面和外层组织及针刺“评估”内部组织两过程,才能决定最终存留。大豆蚜在大豆、棉花(*Gossypium hirsutum*)、黄瓜(*Cucumis sativa*)和丝瓜(*Luffa cylindrica*)叶片表面上口针针刺次数和针刺频率无显著差异,但在寄主植物大豆上口针刺探前所需时间较短。同时,大豆蚜在大豆植株的韧皮部取食时间较长,而在非寄主植物棉花、黄瓜和丝瓜韧皮部取食时间较短,甚至不取食^[54]。

2.4 种群动态

大豆蚜每年可在田间发生多代^[15, 39],在不同地区的发生情况略有差异。在黑龙江省,当春季温度达 10℃时,越冬卵即可发育为干母。6月中旬田间出现有翅蚜,7月中旬有翅蚜在田间大量迁飞,7月末至8月中旬,蚜虫种群数量逐渐消退;8月末至9月初有翅性母蚜迁回越冬寄主,9月中下旬雌蚜与雄蚜交配产卵越冬^[55]。在吉林省,出现于5月末至6月初,初盛期出现在6月25日左右,7月中下旬出现蚜量高峰,之后种群数量逐渐消退^[56]。在山东省,田间7月上旬出现有翅蚜,7月末至8月初种群数量迅速增加,8月中旬达到高峰期,8月下旬后种群数量迅速下降^[57]。在河北省,大豆蚜一般7月初发生,7月末至8月初数量增加较快,8月中旬后种群数量迅速下降^[58]。而在河南省,大豆蚜虫始发期为7月中上旬,盛发期为7月下旬至8月上旬,进入8月中旬种群数量逐渐下降^[59]。大豆蚜种群动态变化的差异性与不同地区间相同月份内温度的波动具有一定的相关性。已有研究表明 25~27℃的环境温度适于大豆蚜的个体发育^[60, 61],如温度适宜,则大豆蚜的种群数量必将迅速增加。土壤中钾的含量也是影响大豆蚜种群动态的潜在因子之一^[62]。湿度、降水和大豆植株发育状况也在一定程度上影响蚜虫的种群动态。此外,越冬卵的存活状况影响越冬后的蚜虫基数,从而影响蚜虫的田间动态,因此在进行大豆蚜种群动态相关研究时应注意考虑各因子的综合作用。

在发生初期至高峰期,大豆蚜种群在空间上呈现个体群的聚集分布^[63-65];有蚜植株在田间的分布因有蚜株率的变化而变动,有蚜株率较低时为均匀分布或随机分布,有蚜株率较高时则呈现均匀分布^[63]。随着植株的生长和营养条件的变化,大豆蚜也可在大豆植株不同部位间移动^[66]。一般来讲,在生长季的初期,大豆蚜从植株顶部向底部移动;随着生长季的推进,蚜虫又从植株底部向顶部移动。

在发生初期至高峰期,大豆蚜种群在空间上呈现个体群的聚集分布^[63-65];有蚜植株在田间的分布因有蚜株率的变化而变动,有蚜株率较低时为均匀分布或随机分布,有蚜株率较高时则呈现均匀分布^[63]。随着植株的生长和营养条件的变化,大豆蚜也可在大豆植株不同部位间移动^[66]。一般来讲,在生长季的初期,大豆蚜从植株顶部向底部移动;随着生长季的推进,蚜虫又从植株底部向顶部移动。

3 天敌

大豆蚜的天敌包括捕食性、寄生性和病原性三大类群。食蚜蝇、瓢虫和草蛉为主要的捕食性天敌种类。田间常见的食蚜蝇有大灰食蚜蝇 *Metasyrphus corollae*、四条小食蚜蝇 *Paragus quadrfasciatus*、黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*、黑盾壮食蚜蝇 *Ischnosyrphus lateralis*、斜斑鼓额食蚜蝇 *Scaeva pyrastri* 和短翅目细腹蚜蝇 *Sphaerophoria scripta*, 其中大灰食蚜蝇和四条小

食蚜蝇为优势种^[67, 68]。在吉林省通化地区, 四条小食蚜蝇1年可发生3~4代。4月下旬至5月上旬越冬成虫羽化, 5月中旬至6月中旬和8月下旬分别出现2个发生高峰, 9月下旬老熟幼虫化蛹越冬^[67, 69]。越冬蛹的存活率与越冬场所关系密切, 在黑土地和坡地存活率较低; 在朝阳地和沙土地存活率较高(达50%), 成虫翌年羽化也较早^[70]。四条小食蚜蝇幼虫的捕食量为53~67头蚜虫/24 h, 一生可捕食蚜虫800头左右^[68, 69], 具有较好的应用价值。人工饲养试验也证明, 在适宜的环境下(温度20~25℃、湿度70%), 利用益母草和川军草上的蚜虫可成功繁育4条小食蚜蝇^[71]。瓢虫天敌中, 龟纹瓢虫 *Propylaea japonica*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 和七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 为常见种类, 龟纹瓢虫和异色瓢虫为优势种^[72], 应用异色瓢虫可以很好地控制田间蚜虫发生的数量^[73]。通过试验, 已准确建立了异色瓢虫对大豆蚜的捕食功能反应模型^[74]。宽纹纵条瓢虫 *Brunoides lineatus*^[75]、十四星瓢虫 *Propylea quatuordecimpunctata*、粉点瓢虫 *Coleomegilla maculata lengi*^[76] 和瓢虫 *Scymnus louisianae*^[77] 也可较好地控制大豆蚜的种群数量。脉翅目天敌多为大草蛉 *Chrysopa septempunctata*、丽草蛉 *Chrysopa formosa*^[15, 39] 和中华草蛉 *Chrysopa sinica*^[81]。

日本豆蚜茧蜂 *Lysiphleia japonica* 也是大豆蚜的重要天敌之一。在吉林省, 1年可发生7~8代, 越冬成虫多于4月中下旬羽化, 6月上旬迁入豆田寄生大豆蚜。蚜虫被寄生后3~4 d内仍可取食, 4 d后活动迟缓、停止取食, 逐渐变为灰黑色的僵蚜^[78]。每667 m² 地块放蜂1 000头可以降低前期蚜虫基数, 能够很好地控制后期大豆蚜的发生数量^[79]。日本豆蚜茧蜂每年10月下旬以老熟幼虫在植物根部的寄主体内越冬。越冬场所是影响幼虫越冬存活率的重要因素, 在朝阳地和沙土地越冬的日本豆蚜茧蜂自然羽化率较高, 在黑土地越冬的茧蜂存活率较低^[80]。桃瘤蚜茧蜂 *Ephedrus persicae*、麦蚜茧蜂 *Ephedrus plagiator*、茧蜂 *Aphidius*

cingulatus^[81]、蚜小蜂 *Aphelinus albipodus*^[82] 和科尔曼氏蚜茧蜂 *Aphidius colemani*^[83] 也是大豆蚜的重要寄生性天敌。

在自然界中同样存在着丰富的大豆蚜病原真菌资源。最近报道表明真菌 *Pandora neoaphidis*, *Conidiobolus thromboides*, *Entomophthora chromaphidis*, *Pandora* sp., *Zoophthora occidentalis*, *Naegyites fresenii* 和 *Lecanicillium lecanii*, 均能在一定程度上控制田间大豆蚜的发生^[84]。

此外, 黑背毛瓢虫 *Scymnus* (*Neopullus*)、刻点小食蚜蝇 *Paragus tibialis*、大眼蝉长蝽 *Gaeoris pallidipennis*、黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*、灰姬猎蝽 *Nabis palliferus*、小花蝽 *Orius similis*^[58] 和花蝽 *Orius insidiosus*^[85, 86] 也是大豆蚜的重要天敌昆虫。

4 防治技术

防治大豆蚜应遵循早期防治、合理施药和保护天敌的原则^[13], 在做好预测预报的基础上进行综合治理。

4.1 预测预报

环境因素、越冬卵量和大豆营养组分均可作为用于预测大豆蚜发生程度的相关因子。6月下旬至7月上旬的旬平均温度22~25℃、相对湿度低于78%的环境条件极有利于田间大豆蚜的发生与繁殖^[7]。越冬卵量与大豆蚜的发生数量呈显著相关, 每百枝鼠李枝条上的越冬卵超过10 000粒的年份常造成第2年大豆蚜早期的大发生^[59]。此外, 在明确越冬卵的过冷却点的基础上, 进行地区间最低温度波动范围的分析也能在一定程度上预测大豆蚜的发生^[87]。大豆顶叶全氮含量与百株蚜量密切相关, 也可作为大豆蚜发生的预测因子之一^[88]。明确大豆蚜的经济阈值是准确选择防治时期的主要依据。在大豆苗期, 当百株蚜量达500头、有蚜株率达35%时则需进行防治^[89]。而在大豆花荚期, 大豆蚜的经济阈值相对较高, 只有当百株蚜量达万头以上才需防治^[90]。卷叶株率在田间更易于观察, 也可作为描述阈值的指标。如大

豆品种铁丰 18 和辽豆 3 号的卷叶率分别达到 10%和 8%时,就需开展防治工作^[91]。

4.2 药剂防治

在生产中,已有氧乐果、吡虫啉^[92]、2.5%功夫乳油^[93]、溴氟菊酯^[94]、氰戊菊酯、伏杀磷、抗蚜威^[95]和速灭杀丁^[96]等多种化学药剂被应用于大豆蚜的防治。G-P 复合生物杀虫剂对大豆蚜防效较好^[97]、对天敌昆虫毒性较低^[98],同样具有较好的应用价值。在应用药剂对大豆蚜进行防治时,施药时期的选择是影响防治效果的重要因素。在大豆花期至结荚期施药,能有效地控制大豆蚜的发生,减少产量损失^[99]。

4.3 生物防治

自然界中存在着丰富的大豆蚜天敌资源,笼罩试验也已证明天敌昆虫对控制大豆蚜的发生起着重要作用^[58, 100, 101],因此相关种类天敌均可被用于大豆蚜的生物防治。在大豆田释放异色瓢虫,10 d 后对大豆蚜的防效高达 90%^[73]。连续多年的豆田放蜂试验表明日本豆蚜茧蜂可使大豆蚜的寄生率达 56%以上,在中等发生年份可将大豆的卷叶率控制在 1%以下^[79]。

4.4 农业防治

在生产中,合理进行大豆、玉米的间作或混播可以有效控制豆田病虫害的发生^[102]。大豆和玉米按 4:1 的比例间作、大豆和玉米的种子按 9:2 的比例同穴混播对大豆蚜的防治效果分别为 83.90%和 93.50%,同时可提高大豆产量^[103]。

选用抗虫品种是害虫综合治理的基础措施^[104],同样也是开展大豆蚜农业防治的重要措施之一。多年的研究表明在中国存在着优良的抗蚜种质资源^[105, 106],一般木质素含量较高,对大豆蚜的抗性较强^[107]。近年的研究表明美国的早熟大豆 PI567543C, PI567597C, PI567541B 和 PI567598B 对大豆蚜具有一定的抗性^[108]。此外,大豆品种“Bowling”和“Jackson”对大豆蚜同样具有较高的抗性^[109],常导致大豆蚜的产卵力下降、寿命缩短和死亡率增加^[110]。与栽培大豆相比,野生大豆具有更强的抗虫性^[111],美国

的野生大豆 PI518282, G3, Z9, JS1, L4 和 S12 已对大豆蚜表现出一定的抗性^[48],在抗蚜大豆品种选育研究中具有更好的应用前景。

试验证明多种药剂对大豆蚜具有较好的防治效果,但考虑其对环境的不利影响,应着重发展生物防治和农业防治。鉴于捕食性天敌对生境内非靶标生物的作用及大量应用后可能会对农田食物链造成的不利影响,应优先选用专一性强的寄生性天敌开展防治。同时,应注重合理的作物间作、选育及推广应用抗蚜品种。

参 考 文 献

1 王素云, 暴祥致, 孙雅杰, 陈瑞鹿, 翟保平. 大豆科学, 1996, 15(3): 243~247.

2 王素云, 孙雅杰, 陈瑞鹿, 翟保平, 暴祥致. 植保技术与推广, 1994, (2): 5~6.

3 张慧杰. 中国油料, 1982, (3): 59~61.

4 郭井泉, 张明厚. 大豆科学, 1989, 8(1): 55~62.

5 罗瑞梧, 尚佑芬, 杨崇良, 赵玖华, 李长松. 植物保护学报, 1991, 18(3): 267~271.

6 李尉民, 濮祖芹. 植物保护学报, 1991, 18(2): 123~126.

7 王承纶, 相连英, 张广学, 朱弘复. 昆虫学报, 1962, 11(1): 31~43.

8 Craig G., Bryan J., Scott M., John W. Team Grains Publication., 2003, (1): 2~5.
http://ipcm.wisc.edu/news/pest/soybean_aphid_2002.pdf

9 David W. R., David J. V., Robert J. O. Am. Entomol. Soc. Am., 2004, 97(2): 204~208.

10 Murray J. F., Petter D. The Soybean Aphid, Aphis Glycines, Present in Australia. 2002.
<http://www.agric.nsw.gov.au/Hort/ascu/insect/s/aglycin.htm>. 2002.

11 刘文浩主编, 大豆史话. 西安: 陕西科学技术出版社, 1981. 1~78.

12 王绶, 吕世霖主编, 大豆. 太原: 山西人民出版社, 1984. 1~14.

13 中国科学院动物研究所主编, 中国农业昆虫(上册). 北京: 农业出版社, 1986. 252.

14 王清玲. 中华农业研究, 1980 29(4): 283~286.

15 张履鸿主编, 农业经济昆虫学. 哈尔滨: 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1993. 211~215.

16 Takahashi S., Iraizumi M., Kawakami K. Jap. J. Appl. Entomol. Zool., 1993, 37(4): 207~212.

17 Chung K. H., Kwon S. H., Lee Y. I. Korean J. Crop Sci., 1980, 25: 35~40.

18. CAB International, Crop Protection Compendium, CD-ROM.

2001.
<http://www.aphis.usda.gov/npb/soybean/aphisglycines.pdf>.
- 19 Quimio G. M., Calilung V. J. *Philipp. Entomol.*, 1993, **9**: 52~100.
- 20 Van den Berg H., Ankasah D., Muhammad A., Rusli R., Widyanto H. A., *et al.* *J. Appl. Ecol.*, 1997, **34**: 971~984.
- 21 Venette R. C., Ragsdale D. W. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2004, **97**(2): 219~226.
- 22 Singh S. R., Van Emden H. F. *Annu. Rev. Entomol.*, 1979, **24**: 255~278.
- 23 Christina D., Rebecca H. *Michigan State Univ. Extens. Bull.*, 2002 E-2748.
<http://www.ipm.msu.edu/CAT02fld/pdf/5-9SoybeanAphid.pdf>
- 24 刘绍友主编, 农业昆虫学(北方本). 杨凌: 天泽出版社, 1990. 292~296.
- 25 Maceod T. B., Bastos C. S., Higley L. G., Oslie K. R., Madhavan S. *J. Econ. Entomol.*, 2003, **96**(1): 188~193.
- 26 陈其珣, 俞水炎主编, 蚜虫及其防治. 上海: 上海科学技术出版社, 1988. 206~210.
- 27 Domier L. L., Latorre I. J., Steinlage T. A., McCoppin N., Hartman G. L. *Arch Virol.*, 2003, **148**(10): 1925~1941.
- 28 Burrows M. E. L., Boerboom C. M., Gaska J. M., Grau C. R. *Plant Disease.*, 2005, **89**(9): 926~934.
- 29 Wang R. Y., Ghabrial S. A. *Plant Disease.*, 2002, **86** (11): 1260~1264.
- 30 Hill J. H., Alleman R., Hogg D. B., Grau C. R. *Plant Disease.*, 2001, **85** (5): 561.
- 31 Jeffrey A. D., Edward B. R., David W. R. *Am. J. Potato Res.*, 2005, **82**(3): 197~201.
- 32 Clark A. J., Perry K. L. *Plant Disease.*, 2002, **86** (11): 1219~1222.
- 33 林存奎, 李令堂, 王延鹏, 寻振山, 张广信, 等. 大豆科学, 1993, **12**(3): 252~254.
- 34 于振民. 植保技术与推广, 1999, **19**(6): 17.
- 35 孙博, 梁书宝, 赵伟霞. 大豆通报, 2000, (1): 5.
- 36 Anonymous. Soybean aphid (*Aphis glycines*). 2003. <http://planthealth.info/soyaphid.htm>.
- 37 王春荣, 邓秀成, 殷立娟, 宋玉华, 张冬英, 等. 大豆通报, 2005, (3): 19~20.
- 38 戴宗廉, 范君. 沈阳农业大学学报, 1991, **22**(2): 135~139.
- 39 张广学, 钟铁森主编, 中国经济昆虫志(第25册, 同翅目, 蚜虫类(1)). 北京: 科学出版社, 1983. 214~215.
- 40 张秀荣. 吉林农业大学学报, 1988, **10**(3): 15~17, 46.
- 41 张广学, 钟铁森. 中国科学院动物研究所编, 动物学集刊. 北京: 科学出版社, 1982, **2**: 7~16.
- 42 李长松, 罗瑞梧, 杨崇良, 尚佑芬, 赵玖华, 等. 大豆科学, 2000, **19**(4): 337~340.
- 43 吕利华, 陈瑞鹿. 昆虫学报, 1993, **36**(2): 143~149.
- 44 中国科学院中国植物志编辑委员会主编, 中国植物志(第48卷第1分册). 北京: 科学出版社, 1982. 64~65.
- 45 Voegtlin D. J., O'Neil R. J., Graves W. R. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2004, **97**(2): 233~234.
- 46 Voegtlin D. J., O'Neil R. J., Graves W. R., Lagos D., Yoo H. J. S. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2005, **98**(5): 690~693.
- 47 Voegtlin D. The Soybean Aphid in North America Background and Biology. 2004.
<http://www.ipm.uiuc.edu/fieldcrops/insects/soybean-aphids/workshop/SoybeanAphidVoegtlin.ppt>
- 48 Curtis B. H., Yan L., Glen L. H. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(3): 1071~1077.
- 49 钦俊德. 昆虫学报, 1980, **23**(1): 106~122.
- 50 Moericke V. *Ento. Exp. Appl.*, 1969, **12**: 524~534.
- 51 杜永均, 严福顺, 韩心丽, 张广学. 昆虫学报, 1994, **37** (4): 385~391.
- 52 杜永均, 严福顺, 唐觉. 昆虫学报, 1995, **38**(1): 1~6.
- 53 Yan F., Du Y., Han X. *Entomol. Sin.*, 1994, **1**(1): 53~66.
- 54 韩心丽, 严福顺. 昆虫学报, 1995, **38**(3): 278~283.
- 55 王春荣, 陈继光, 郭玉人, 宫香余, 徐兆飞, 等. 大豆通报, 1998, (6): 15.
- 56 陈瑞鹿, 王素云, 暴祥致, 徐恩培, 谢为民. 吉林农业科学, 1984, (1): 56~61.
- 57 林存奎, 寻振山, 李令堂, 张会孔, 张广信, 等. 山东农业科学, 1994, (4): 44.
- 58 Liu J., Wu K., Hopper K., Zhao K. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2003, **97**(2): 235~239.
- 59 韩新才. 湖北农业科学, 1997, **2**: 22~24.
- 60 Hirano K., Honda K., Miyai S. *Appl. Entomol. Zool.*, 1996, **31**(1): 178~180.
- 61 McCormack B. P., Ragsdale D. W., Venette R. C. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(3): 854~861.
- 62 Myers S. W., Gratton C., Wolkowski R. P., Hogg D. B., Wedberg J. J. *J. Econ. Entomol.*, 2005, **98**(1): 113~120.
- 63 刘章富. 植物保护, 1986, **12**(4): 16~18.
- 64 苏建亚, 郝康陕, 侍晓玲. 南京农业大学学报, 1996, **19** (3): 55~58.
- 65 黄峰, 丁秀云, 王小奇, 黄章海. 沈阳农业大学学报, 1992, **23**(2): 81~87.
- 66 史树森, 伊伯仁, 李殿申, 于艳杰. 吉林农业大学学报, 1994, **16**(增刊): 75~79.
- 67 高峻峰. 中国生防, 1991, **7**(2): 95.
- 68 薛宝东, 高俊峰, 王伟华. 吉林农业科学, 2000, **25**(4): 33.

~ 34.

69 高峻峰, 姜连峰, 张广信, 李春山, 赵广权. 吉林农业科学, 1996, **2**: 60~61.

70 高峻峰, 张广信 秦永春, 于凯, 李明海, 等. 中国生防, 1993, **9**(3): 142~143.

71 高峻峰, 张丽, 张树彬, 秦波. 昆虫天敌 1992, **14**(4): 188, 190.

72 孟国玲, 刘细群. 长江蔬菜, 2002, (10): 32~33.

73 袁荣才, 于明, 文贵柱. 吉林农业科学, 1994, (1): 30~32, 57.

74 林志伟, 王丽艳, 孙强, 南山. 黑龙江八一农垦大学学报, 1999, **11**(1): 26~28.

75 翁文棠, 黄玉清. 昆虫知识, 1988, **25**(2): 105~108.

76 Marie-Pierre M., Michèle R., Jacques B. *BioControl*, 2006, **51**(1): 89~106.

77 Brown G. C., Sharkey M. J., Johnson D. W. *J. Econ. Entomol.*, 2003 **96**(1): 21~24.

78 高峻峰. 中国生防, 1994, **10**(2): 91~92.

79 高峻峰. 昆虫天敌, 1985, **7**(3): 152~154.

80 高峻峰, 于凯. 中国生防, 1991, **7**(4): 188~189.

81 Young D. C., Jae Y. L., Young N. Y. *Korean J. Appl. Entomol.*, 1994 **33**(2): 51~55.

82 Wu Z., Hopper K. R., O' Neil R. J., Voegtlin D. J., Prokrym D. R., *et al. E. BioControl*, 2004, **31** (3): 311~319.

83 Li A. L., Anthony R. I. *Ecol. Entomol.*, 2003, **28**(5): 542~550.

84 Nielsen C., Hajek A. E. *Environ. Entomol.*, 2005, **34**(5): 1036~1047.

85 Rutledge C. E., O' Neil R. J. *Biol. Contr.*, 2005 **33**: 56~64.

86 Rutledge C. E., O' Neil R. J., Fox T. B., Landis D. A. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 2004, **97**(2): 240~248.

87 McComack B. P., Carrillo M. A., Venette R. C., Ragsdale D. W. *Environ. Entomol.*, 2005 **34**(2): 235~240.

88 胡奇, 张为群, 姚玉霞, 鄢淑琴. 吉林农业大学学报, 1992 **14**(4): 103~104.

89 汪西北, 方屹豪, 郑校平, 林致中, 章礼熔. 植物保护, 1994, **20**(4): 12~13.

90 林存鑫, 寻振山, 李令堂, 王延鹏, 张广信. 大豆科学, 1992, **11**(4): 318~321.

91 何富刚, 颜范悦, 辛万民, 李小平, 王艳琴. 植物保护学报, 1991, **18**(2): 155~159.

92 黄存达, 周剑峰, 杨丹. 农药, 1998, **37**(1): 44~45.

93 付波, 唐文海, 王传士. 农药, 1999, **38**(8): 19.

94 刘慧平, 韩巨才, 李冬梅. 农药, 1996, **35**(9): 37~39.

95 王其胜, 单德安, 马振泉. 昆虫知识, 1993 **30**(3): 333~335.

96 曲耀训, 马振泉, 单德安, 高晓华, 王其胜. 植物保护, 1987, **13**(1): 4~6.

97 戴美学, 祖爱民. 昆虫天敌, 1997, **19**(2): 49~54.

98 戴美学, 祖爱民. 昆虫天敌, 1997, **19**(4): 146~151.

99 Scott W. M., David B. H., John L. W. *J. Econ. Entomol.*, 2005 **98**(6): 2006~2012.

100 Fox T. B., Douglas A. L., Fernando F. C., Christina D. *D. Environ. Entomol.*, 2004, **33**(3): 608~618.

101 Fox T. B., Douglas A. L., Fernando F. C., Christina D. *D. BioControl.*, 2005, **50**(4): 545~563.

102 王玉正, 岳跃海. 植物保护, 1998, **24**(1): 13~15.

103 王玉正, 巴峰. 植物保护学报, 1998, **25**(2): 151~155.

104 Harrewijn P. (ed.), *Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Vol C. New York: Elsevier Press, 1989. 225~265.

105 范遗恒. 大豆科学, 1988, **7**(2): 167~169.

106 何富刚, 刘晓东, 颜范悦, 王艳琴. 辽宁农业科学, 1995, (4): 30~34.

107 胡奇, 赵建伟, 崔德文. 植物保护, 1993, **19**(1): 8~9.

108 Clarice M., Christina D. D., Randal L. N., Dechun W. *Crop Sci.*, 2005, **45**(6): 2228~2233.

109 Curtis B. H., Yan L., Glen L. H. *Crop Sci.*, 2004, **44**(1): 98~106.

110 Yan L., Curtis B. H., Glen L. H. *J. Econ. Entomol.*, 2004, **97**(3): 1106~1111.

111 岳德荣, 郭守桂, 单玉莲. 吉林农业科学, 1989, (3): 15~19, 39.