

落叶松人工林重要害虫天敌——大腹圆蛛生物学特性及其对害虫控制作用的研究

王志明¹, 刘进宝², 王海峰², 杨彦龙³

(1. 吉林农业大学农学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省敦化市林业局, 吉林 敦化 133700; 3. 长春师范学院, 吉林 长春 130032)

摘要:大腹圆蛛(*Araneus ventricosus*)在吉林省2年完成1代,跨3个年度,以1~2龄和6~7龄若蛛越冬。该蛛除卵期及1、2龄蛛外,其它龄态的若、成蛛均张网捕食生活。该蛛喜居有光的栖境,在林缘、林窗处、路旁处结圆形垂直网,昼伏夜出,在小雨条件下可以正常活动。大腹圆蛛对小型猎物可直接取食,对中、大型猎物,需缠绕成束的捕获丝缚住再取食。在林间大腹圆蛛可取食多种蛾和叶蜂成虫,包括兴安落叶松鞘蛾、落叶松毛虫、黄褐幕枯叶蛾、舞毒蛾、栎毒蛾、松皮小卷蛾、松腹小卷蛾、伊藤厚丝叶蜂和落叶松叶蜂等多种落叶松害虫,是一种有效的害虫天敌。

关键词:大腹圆蛛;生物学特性;害虫防治;落叶松林

中图分类号:S763, Q959.226+.2

文献标识码:A

Biology of Orb-weaver Spider *Araneus ventricosus* and Its Role in Insect Pest Control

WANG Zhi-ming¹, LIU Jin-bao², WANG Hai-feng², YANG Yan-long³

(1. Faculty of Agriculture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China; 2. Forestry Bureau of Dunhua City, Jilin Province, Dunhua 133700, Jilin, China; 3. Changchun Normal University, Changchun 130032, Jilin, China)

Abstract: The life cycle of orb-weaver spider, *Araneus ventricosus* (Arachnida: Araneae, Araneidae) takes for two years stretching over three years in Jilin province, China. The spider overwinters in the first to second and the six to seven instars. Except for the egg stage and the first to second instars, the other young instars and the mature spiders spin webs so they can catch insects and other small animals for their food. The spider favorites light place in the habitat, and spin vertical circular nets in the forest edge, forest gap, roadside, resting in the daytime and feeding in the night. Even in the light rain condition they are active normally. The spider can prey directly small insects, however, for large insect they can feed it after web capture silk is twined. The spider feed many larch insect pests, including the moths of *Coleophora obducta* (Meyrick), *Dendrolimus superans* (Butler), *Malacosoma neustria testacea* Motschulsky, *Lymantria dispar* L., *Lymantria mathura* Moore, *Laspeyresia grunertiana* (Ratzburg), *Laspeyresia zebeana* (Ratzburg), and the sawflies of *Pachynematus itoi* Okutani, *Pristiphora erichsonii* (Hartig). Thus, the spider potentially becomes an effective natural enemy of larch insect pests.

Key words: *Araneus ventricosus*; biology; pest control; larch stand

落叶松(*Larix* spp.)是中国北方的主要造林树种。在吉林省,长白落叶松(*L. olgensis* Henry)人工林面积占全省人工林总面积的50%以上,面积达

100多万hm²。在长白山林区,长白落叶松人工林面积占整个人工林面积的80%以上;但由于落叶松人工林树种单一,天敌种类较少和数量贫乏,加上人为

收稿日期:2010-05-23

基金项目:吉林省科技发展计划项目“落叶松人工林病虫害可持续防治技术的研究”(2010 0252)

作者简介:王志明(1956—),男,吉林长春人,教授,从事森林昆虫学研究。E-mail: wzmongda@163.com

扰动频繁,致使林分自控能力不强,害虫易于爆发成灾。2003—2007年,伊藤厚丝叶蜂(*Pachynematus itoi* Okutani)数度在吉林省长白山林区成灾,累积危害面积5万余 hm^2 。因此,落叶松人工林害虫的防治工作是森林保护工作的重点之一。

蜘蛛是落叶松人工林内最大的害虫天敌类群,对害虫种群数量具有重要的控制作用^[1-3]。近年研究表明,蜘蛛在不同的生态系统内,作为生物多样性的成员,无论是结网类还是游猎类,均可依照其自身的捕食功能,发挥不同的控制害虫的作用,因此,具有极大地利用价值和潜力;但是由于蜘蛛的杂食性和部分蜘蛛织网捕获的被动性,也使人们低估了利用蜘蛛控制害虫的价值。相对而言,利用蜘蛛天敌控制害虫方面的报道则明显少于昆虫天敌^[4-8]。

大腹圆蛛(*Araneus ventricosus* (L. Koch))属蜘蛛目、圆蛛科(Araneidae),广布于全国,也是吉林省林区常见种类,但国内有关其生物学方面的文献报道极少^[9-11];国外,该蛛分布于日本、俄罗斯、朝鲜。日本对其分类较细,将该种分为10个亚种,但对其生物学的研究也尚未见报道^[12-13]。作者在对落叶松人工林昆虫调查中发现,大腹圆蛛在林中受害虫有着较强的控制作用。

我国在利用蜘蛛防治农田害虫上曾做了大量的尝试,而将其应用于林木害虫的防治上报道鲜少。由于森林生态系统较农田更为复杂且相对稳定,因此,更适于蜘蛛的繁衍生栖,其利用蜘蛛防治林木害虫的前景更为光明。因此,为探讨有效防治落叶松害虫的新途径,开发和利用大腹圆蛛潜在的天敌资源,作者于1992—1993年和2008—2009年,在吉林省敦化市落叶松人工林的生境下,对大腹圆蛛的生物学及其控制害虫作用进行了研究。

1 试验地概况及研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于吉林省敦化市新开岭林场,该地属中温带冷凉气候区,山区气候特点明显;年平均气温 $2.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,年平均降水量 630 mm 。调查样地均为长白落叶松人工纯林,林龄分别为5、7、9、10、13 a,每林龄设1块样地,共5块。5、7、9、10、13 a林分样地的面积分别为:400、400、725、900、900 m^2 ;平均树高分别为1.5、2.5、4.1、4.5、5.1 m;郁闭度分别为0.4、0.5、0.7、0.8、0.8。5年生样地和7年生样地林下植被类似,主要为刺薊(*Cephalanoplos segetum*

(Bge.))、老鹳草(*Geranium pseudosibiricum* (J. Mayer))、蒲公英(*Taraxacum heterolepis* Nakai et Koidz.)等;9、10、13年生样地林下植被类似,主要为刺薊、蒲公英、青蒿(*Artemisia apiacea* Hance)、乌拉草(*Carex meyeriana* Kunth)、林间荆(*Equisetum sylvaticum* L.)、铃兰(*Convallaria majalis* L.)、地榆(*Sanguisorba officinalis* L.)等。

1.2 个体发育及生活史观察

1992—1993年于5月10日起至10月10日,在林内巡查,选择结网的蜘蛛5~10处,3~5日观察1次。

1.3 若蛛取食行为观察

野外采回若蛛,置于 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 沙网笼内,每日在野外采集蚜、小型蛾类等饲喂若蛛,记录若蛛取食的种类、数量和时间。

1.4 与林龄关系调查

在5、7、9、10、13年生样地内,每样地随机设样株30株,统计每样株上大腹圆蛛数量,15 d调查1次;同时按树冠上下层次各取1 m以上树枝,以白布承接,振落各类昆虫,统计数量。

1.5 蛛网昆虫种类调查及鉴定

在大腹圆蛛结网期,在9年生落叶松人工林林缘及向林内延伸20 m范围内,于6月24日、7月5日、7月15日、7月25日、8月5日、8月15日和8月26日各调查1次,每次调查10张蛛网。将蛛网上能鉴定出种名的昆虫直接统计,不能鉴定的装入指形管内,带回鉴定。参考国内文献书籍,对调查取样的昆虫,在SMZ-168 Motic体视显微镜下鉴定。

2 结果与分析

2.1 大腹圆蛛的形态特征

雌蛛:雌蛛体长 $16 \sim 30\text{ mm}$,雄蛛体长 $12 \sim 18\text{ mm}$ 。体黑褐色,背甲扁平,前端宽,中窝横向,颈沟明显。胸板中央有1个“T”形黄斑,周缘呈黑褐色轮纹。腹部背面前端有肩突,心脏斑黄褐色,其两侧各有2个黑色筋点,呈梯形排列。腹背部直至体末端有1棕黑色叶斑,边缘有黑色波纹,叶斑两侧为黄褐色。腹部腹面中央褐色,两侧各有1黑色条斑。纺器黑褐色。外雌器垂体呈黑色,弯曲部柔软,黄白色,有环纹,末部褐色,坚硬,边缘卷起^[14]。

雄蛛:体长 $12 \sim 17\text{ mm}$,中窝横凹呈坑状,步足较雌蛛长。第1对步足胫节末端较粗,下方内侧角有粗刺,后跗节基半部有一弧形弯曲。

卵及卵囊:卵近黄色、扁圆形,约1.1 mm。卵囊近圆形,20~35 mm,由强韧的黄色粗丝组成,内包卵块。卵块10~15 mm,扁圆形,含卵数百粒至上千粒不等。

若蛛:雄蛛7龄,雌蛛8龄。1龄若蛛体白色,近透明,腹背上无斑纹,但生有长毛;步足短,腹柄明显。2龄若蛛步足有环纹;胸板上缘平截,黑色。3龄若蛛有肩突,腹背有2对黑斑。4龄若蛛肩突明显,头胸部有深黑色倒三角形斑。5龄若蛛胸部出现黄褐色毛,胸板有黄褐色“T”形斑。6龄若蛛头部密生黑褐色长毛,上有黑色倒三角形斑;胸板具“T”形斑;雌蛛生殖厩处色深色。7~8龄类似成蛛^[15]。1~5龄若蛛和雌成蛛见图1,各龄若蛛体长见表1。

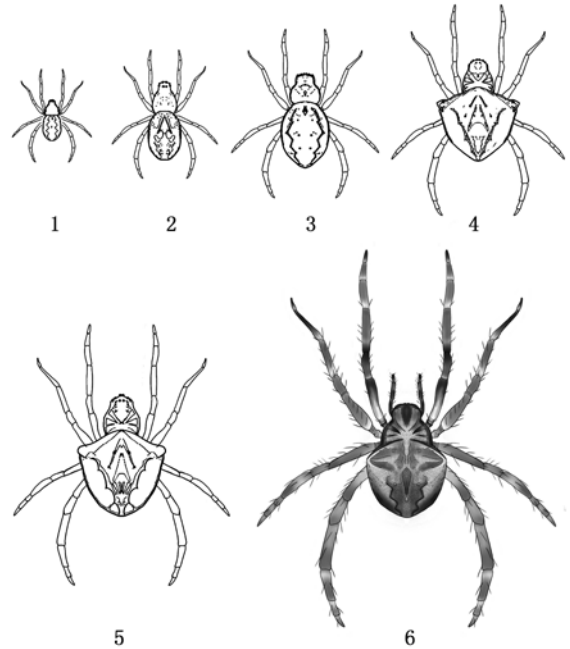
表1 大腹圆蛛若蛛体长

龄期	体长/mm	龄期	体长/mm
1	1.5~1.6	5	4.3~5.5
2	1.6~2.1	6	6.2~7.5
3	1.9~2.5	7	8.5~10.0
4	2.5~4.5	8	10.0~15.0

2.2 大腹圆蛛生活史

大腹圆蛛在敦化林区2年完成1代,跨3个年度,并且其生活史很不整齐,同代个体发育可相差2~3龄。雌成蛛初产卵期为8月中旬,部分雌蛛产卵可延至9月中旬。卵于当年孵化。早期孵化的若

蛛发育较快,至冬季休眠前可发育成2龄蛛。少数因产卵较晚而孵化的若蛛仅为1龄蛛。第2年若蛛经多次脱皮发育,但仍未达到性成熟,以7龄若蛛或亚成蛛过冬,至第3年6月中旬后,陆续达到性成熟,开始交配产卵。大腹圆蛛生活史见表2。



1:1龄若蛛;2:2龄若蛛;3:3龄若蛛;
4:4龄若蛛;5:5龄若蛛;6:雌成蛛

图1 大腹圆蛛1~5龄若蛛及雌成蛛

表2 大腹圆蛛生活史

吉林 敦化:1992—1993年

年度	5月			6月			7月			8月			9月			10月至次年3月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1										●	●	●	●					
2	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(-)	(-)	(-)	(-)
3	(-)	-	-	-	-	-												
					+	+	+	+	+	+	+	+						

注: + 成蛛; - 若蛛; ● 卵; () 越冬态。

2.3 大腹圆蛛生物学特性

雌成蛛于8月中旬后,随着腹内卵发育成熟,离开所织捕网,寻找树皮缝或隅角处产卵块及织缠卵囊。囊与物体着接处极为坚固,但囊丝并无粘性。卵囊位置多距地面1 m以上,通风、较干燥、无直射光。

卵当年孵化,孵化的若蛛大部分可发育至2龄蛛,少数仅为1龄蛛,但1、2龄蛛均不出卵囊,在囊内群居越冬。

翌年5月中旬后,若蛛陆续出囊,开始营独立生活。此时正值春风季节,若蛛借助风力可向远处迁

移;也可见数个若蛛彼此相隔10 cm左右各自结网取食,互不干扰。5月下旬,若蛛进入3龄蛛,6月中旬进入4龄蛛,7月中旬达到5龄蛛。7月末有6龄蛛出现,此时若蛛发育已显现雌雄两型。雄若蛛的触肢跗节已见膨大,颜色变浅。至8月末,若蛛进入7龄阶段,此时部分雄若蛛发育为亚成蛛,触肢进一步膨大,但跗节尚未分化。9月下旬后,若蛛开始陆续越冬休眠,越冬地点多在树皮缝或粗皮下、柴垛内。

第3年5月中旬后,若蛛开始活动。6月中旬雌若蛛进入8龄蛛,达到亚成蛛状态,此时雌若蛛外生

殖器垂体已出现,但较成蛛垂体短,且无分化。6月下旬后,再脱1次皮,雌蛛达到成蛛状态,而雄蛛较雌蛛早10余天即达到性成熟状态。由于大腹圆蛛龄期相差较大,至8月中旬,仍可看到少数亚成蛛。性成熟的雌蛛需经一段补充营养后才产卵。由蛛体外观可看到,随着补充营养天数的增加,雌蛛腹部也逐日膨大。经8月初解剖发现,大部分卵粒已发育成熟。

雄成蛛出现期早于雌蛛。雄蛛交配时动作快,头部与雌蛛方向相反,并可多次插入雌蛛生殖殖。交配后雄蛛离开雌蛛,也有被雌蛛获食可能。雌蛛交配后10余天可产卵,产卵时先抽出黄色丝作丝垫,之后再织卵囊。雌蛛可多次产卵,产卵量可达上千粒。

2.4 大腹圆蛛林间活动规律

2.4.1 昼夜节律 该蛛的活动时间与日照有关。在7月上旬,亚成蛛和成蛛均在19:30时左右由隐蔽处出来活动,次日5:30时回到隐蔽处。3~4龄蛛比前者要提前出来。至7月末,蛛在晚18:40时左右开始活动,次日早回隐蔽处的时间也延长,6:30时,仍有大部分蛛在网上。

2.4.2 结网与捕食过程

2.4.2.1 结网 大腹圆蛛除卵期和当年1、2龄若蛛期不结网外,其生活完全依赖于网。网是大腹圆蛛取食的重要工具,但不是休息场所。白天休息时大腹圆蛛躲在网纲一端植物的枯叶或树缝内,极少在新鲜的植物中藏身。大腹圆蛛所结的网为垂直车轮状圆网,但因环境不同,网与地平面垂直角度会有变化。有时可倾斜至45°。网上约有15~22条辐射线,10~15条螺旋线。一般2龄蛛结的网直径约10 cm,3龄蛛的为18~20 cm,4龄蛛的为20~25 cm,5龄蛛的为40 cm,6龄蛛约50 cm,7、8龄网约达70 cm,成蛛通常在80~90 cm。网的高度随龄期增加而增高。2~4龄一般在0.5~1 m高度结网,而亚成蛛和成蛛常在1 m以上高度结网,有时可高达10 m以上。

大腹圆蛛通常在傍晚以后结网或补网。结织新网大约需用1 h,而补织旧网时间会更短,由网的破坏程度而定。结网的过程为:先抽出数根丝与物体相接,再织框架,最后由外向内织成螺旋丝。大腹圆蛛腹内的丝腺量很大。作者曾在1头雌成蛛的纺器外连接抽丝长达129 m,时间持续近1 h。

2.4.2.2 捕食 大腹圆蛛一般在旧网上先取食几

只被网粘获得虫体后,即行补网。补网工作几乎天天要做。补完后即位于网中心位置,头部朝向地面,等待猎物上网。大腹圆蛛对蝉、虻等小型猎物,可直接取食。对中型猎物,以足转动猎物,同时缠绕成束的捕获丝,最后将猎物固定取食。对大型昆虫,如落叶松毛虫,则需在猎物四周边爬行边抽丝,缠绕猎物,之后拖至网中心处取食(图2)。如因外来物体撞网上,致使蛛网完全破坏,大腹圆蛛会根据物体撞网振动程度来判断是否安全。如感到不安全时,便另寻它处结织新网,否则会在原处再次结网。



图2 大腹圆蛛捕食大型猎物

2.4.2.3 行为习性 大腹圆蛛在特定的条件下,也可主动捕食猎物。作者曾将1头雌亚成蛛置玻璃管内饥饿4 d,之后投入1头家蝇(*Musca domestica* L.),蛛看见蝇后,立刻直接攻击。先将蝇的头去掉,以触肢和螯肢辅助,不断翻动蝇体,送入口下,并用螯牙刺破蝇体表皮,吸吮体液。吸吮频次较快,约3 min,此蝇即被食净。

大腹圆蛛在每次脱皮前1~2 d,会改变昼伏夜出的规律,整天都在网上不动,随后到隐蔽处脱皮。脱皮时间约1.5~3 d。脱皮后,仍可用前龄张的网捕食。

大腹圆蛛正常活动范围仅在自己网上和网旁的隐蔽处。小龄蛛有迁移现象。近成蛛时,如无意外情况,雌蛛可在原处生活至产卵前为止。作者曾观察到1头雌亚成蛛与2头肖蛸(*Tetragnatha* sp.)成蛛栖息于相邻的云杉树枝上。经1周观察发现,傍晚,肖蛸常在这头圆蛛的网上爬行并捕食,却未见这头圆蛛有何反应。

大腹圆蛛对网的振动有不同的反应。以手指轻轻粘网,稍稍振动,蛛就会误认为猎物上网而急速奔来。当加大振动幅度时,5龄以上的蜘蛛初始以足用力振荡筑网,以示恐吓,如发现不起作用,则快速逃遁或坠落;而3~4龄蛛对外界刺激更为敏感,一有惊动,即由网上坠下,静止10 min再行上网。该蛛对空气传播的声音反应不敏感,在蛛体近处击掌,

蛛无任何反应。

在夜晚,大腹圆蛛视力较差,以手指在距蛛10 cm处晃动,蛛并无反应。以手电(3V)照射,也无反应。如果天没完全黑下来时,蛛的视力大大增强,亚成蛛在2 m距离时,即可发觉人的走动,而4龄蛛的视力范围在40 cm。

在林内,由于有较高的湿度,大腹圆蛛喜在天气晴朗的条件下生活。在小至中雨天气,该蛛也会正常活动,包括织补旧网和捕食;但在大雨的条件下,蜘蛛会躲藏在植物的枝叶下。

2.4.3 捕虫作用 大腹圆蛛捕虫效果较好。蛛网大,网直径通常在40 cm上,拦截飞虫数量多。据调查,在落叶松人工林内,该蛛捕获的绝大部分是害虫,其中有许多是落叶松的重要害虫,如兴安落叶松鞘蛾、落叶松毛虫、黄褐幕枯叶蛾、舞毒蛾、栎毒蛾、松皮小卷蛾、松瘿小卷蛾、伊藤厚丝叶蜂和落叶松叶蜂等。

6月24日至8月26日,对林内蛛网调查,网上还可见到大量林业害虫(表3)。

表3 大腹圆蛛网捕昆虫效果调查

调查时间 (月-日)	昆虫名称	数量/ 头
06-24	兴安落叶松鞘蛾	26
	松皮小卷蛾(<i>Laspeyresia grunertiana</i> (Rtzb.))	4
	松瘿小卷蛾(<i>L. zebeana</i> (Ratzeburg))	3
	落叶松叶蜂(<i>Pristiphora erichsonii</i> (Hartig))	12
	其他	7
07-05	落叶松毛虫	2
	黄褐幕枯叶蛾(<i>Malacosoma neustria testaces</i> Motschulsky)	1
	其他	8
07-15	落叶松毛虫	2
	伊藤厚丝叶蜂(<i>Pachynematus itoi</i> Okutani)	5
	其他	7
07-25	栎毒蛾(<i>Lymantria mathura</i> Moore)	1
	其他	17
08-05	伊藤厚丝叶蜂	2
	其他	53
08-15	舞毒蛾(<i>Lymantria dispar</i> L.)	3
	其他	38
08-26	舞毒蛾	2
	其他	122

注:表中数量为2008年调查的9年生落叶松人工林10网平均数。

2.4.4 与林分因子的关系 大腹圆蛛喜光,结网处通常位于早晚阳光可照射的地方,但栖息的隐蔽处不受阳光直射。通常,大腹圆蛛喜在林缘、林窗处、路旁处张网。经对5~13年生人工落叶松林调查,

大腹圆蛛的密度与林龄有一定的关系。林分初生长时,蛛口密度较低,之后上升,以后会逐渐上升,到林分10年生完全郁闭时,还会下降(表)。

表4 大腹圆蛛与林龄的关系

林龄/a	郁闭度	调查面积/m ²	平均蛛数/(头·株 ⁻¹)
5	0.4	400	3.4
7	0.5	400	3.3
9	0.7	725	5.2
10	0.8	900	5.1
13	0.8	900	4.8

2.4.5 对杀菌烟剂的反应 大腹圆蛛对林内释放杀菌烟剂较为敏感。当地每年通常于6月下旬利用10%百菌清烟剂防治落叶松落叶病(*Mycosphaerella larici-leptolepis* Ito et al.)。2008年对施放1次百菌清烟剂的10年生林分调查,结果表明:施放烟剂对大腹圆蛛可产生较大的负面影响(表5)。

表5 林间施放百菌清烟剂(15 kg·hm⁻²·次⁻¹)对大腹圆蛛的影响

调查位置	调查株数/株	平均蛛数/(头·株 ⁻¹)
林缘	20	2.0
林内	30	1.1
林中	30	0.5

3 小结与讨论

调查表明,大腹圆蛛是落叶松害虫的主要天敌之一。在吉林省敦化林区,该蛛2年完成1代,若、成蛛均张网捕食生活。该蛛结圆形垂直网,昼伏夜出,取食多种落叶松害虫,包括兴安落叶松鞘蛾、落叶松毛虫、黄褐幕枯叶蛾、舞毒蛾、栎毒蛾、松皮小卷蛾、松瘿小卷蛾、伊藤厚丝叶蜂和落叶松叶蜂等,是一种有效的害虫天敌;该蛛也捕食赤蜻(*Sympetrum* spp.)、蜜蜂(*Apis mellifera* L.)和林木害虫的其他天敌。

以前,由于基础研究不够,没能完全了解它在林内的作用。事实证明,大腹圆蛛的潜在资源是完全可以利用的。由于大腹圆蛛结网捕食的特性,且专食活虫,在害虫防治的应用中,不应沿用过去传统的人工室内繁育天敌,再大规模向林间施放的生物防治方法,而是采用改善林间环境,增加蛛口密度的方式控制害虫。如,在蜘蛛产卵盛期或若蛛早期采集卵袋和收集若虫,也可人工助迁于其它有害虫的林内。因此,在此方面,尚需进一步继续研究。

建议在今后的实践中,可采取如下措施:①对现有落叶松人工林的经营,应注意保留林内地下植被。

林下植被的丰富,不仅可促进稳定林内的环境,也可增加林内的昆虫物种,利于蜘蛛的栖息、猎物获取,可稳定和增加林间蛛口数量。②人工助迁蜘蛛,合理利用天敌资源。以目前我国林间释放天敌防治害虫的惯例,通常是在室内大量增殖一定数量天敌后再向林间释放,如赤眼蜂的利用就是如此;但以目前的研究水平和手段,采取人工大量饲养大腹圆蛛是难以办到的,而将异地的大腹圆蛛卵囊或若蛛迁移到应需防治的林内地内是较为可行的。可在此方面进行进一步的研究。③合理施放农药。化学农药对大腹圆蛛有很大的杀伤作用,因此,在防治林木害虫时,要尽量选用高效低毒的药剂。防治时间也应因地制宜,尽量于5月中旬至6月上旬与若蛛分散高发期错开。

参考文献:

- [1] 王志明,皮忠庆,胡玉山,等.兴安落叶松鞘蛾天敌及其作用研究初报[J].中国生物防治,1995,11(1):33-35
- [2] 王志明,胡玉山,宁长林,等.落叶松人工混交林内害虫——天敌种群动态及其相关的初步研究[J].生态学杂志,1992,11(3):59-61
- [3] 王志明,皮忠庆,胡玉山,等.落叶松人工林害虫与天敌自然制约作用研究[J].林业科学研究,1993,6(专刊):130-133
- [4] 任立宗.马尾松林蜘蛛群落组成及其聚类分析[J].林业科学研究,1993,5(4):147-122
- [5] Darlene M, Francis A D, Randy A. Spider Predation in Agroecosystems: Can Spiders Effectively Control Pest Populations? [R]. Technical Bulletin 190 Maine agricultural and forest experiment station, The University of Maine
- [6] Patrick M, Alain C. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 1997, 62 (2-3): 229-235
- [7] Martin N, Keith D S. Composition, abundance and pest control potential of spider communities in agroecosystems: a comparison of European and US studies [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2003, 95 (2-3): 579-612
- [8] Symondson W O C, Sunderland K D, Greenstone M H. Can generalist predators be effective biocontrol agents? [J]. Annual Review of Entomology, 2002, 47: 561-594
- [9] 于春林.大腹圆蛛的生活习性[J].动物学杂志,1982(6):1-3
- [10] 王志明.大腹圆蛛(蜘蛛目:圆生物学及其控制害虫作用蛛科)生物学的研究[C].中国动物学会成立60周年纪念论文集.北京:中国科学技术出版社,1994:192-195
- [11] 王昌贵,于红国,王翠珍,等.大腹圆蛛生物学特性研究初报[J].森林病虫通讯,1995(4):23-24
- [12] Koch L. Japanische Arachniden und Myriapoden [J]. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien, 1878, 27: 735-798
- [13] Platnick N I. The World Spider Catalog, version 9.0 [M/OL]. American Museum of Natural History, 2008. <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/>
- [14] 尹长民,王家福,朱明生,等.中国动物志·蛛形纲·蜘蛛目:圆蛛科[M].北京:科学出版社,1997:195-196
- [15] 蔡峻,赵敬钊,严冰.3种圆蛛幼蛛各龄形态比较[J].蛛形学报,1998,7(1):48-53