

# 青海云杉矮槲寄生害的危害评估

——以青海省仙米林场、麦秀林场为例

姜 宁<sup>1</sup>, 孙秀玲<sup>2</sup>, 李学武<sup>3</sup>, 田呈明<sup>1\*</sup>

(1. 北京林业大学 林学院, 北京 100083; 2. 北京自然博物馆, 北京 100050; 3. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

**摘 要:**对 17 个受云杉矮槲寄生(*Arceuthobium sichuanense*)为害的青海云杉(*Picea crassifolia*)样地调查,结果表明:云杉矮槲寄生能够降低青海云杉的结实率,并增加小蠹虫入侵的几率以及致死率,最终影响云杉林的自然更新。云杉寄生害的不同危害等级对云杉胸径、树高和材积的影响程度呈递增状态,各危害等级对树高平均年生长量、径平均年生长量、材积平均年生长量之间的影响呈显著性差异,且当危害等级达到Ⅲ级时,对寄主造成严重危害。同时发现青海云杉的 2 年生针叶长度和直径随着危害等级的增加递减。对受害青海云杉进行修枝处理的完全治愈率达到 45.4%,降低危害等级的比例达到 72.8%,是有效控制云杉矮槲寄生危害的技术手段。

**关键词:**云杉矮槲寄生;危害;生长量损失;修枝

**中图分类号:**S791.18      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2017)01-0190-07

Risk Assessment of *Arceuthobium sichuanense* to *Picea crassifolia*

——Take Xianmi Forest Farm and Maixiu Forest Farm in Qinghai Province for Example

JIANG Ning<sup>1</sup>, SUN Xiu-ling<sup>2</sup>, LI Xue-wu<sup>3</sup>, TIAN Cheng-ming<sup>1\*</sup>

(1. College of forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Museum of Natural History, Beijing 100050, China; 3. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** An investigation was carried out in 17 sampling plots in two forest farms on the injuries of *Picea crassifolia* by parasitic *Arceuthobium sichuanense*. The results indicated that the parasitism decreased the seed setting rate of *P. crassifolia*, increased the evasion possibility and lethality of bark beetles, eventually inhibited the natural regeneration of *P. crassifolia*. The levels of injury of *P. crassifolia* by parasitice *A. sichuanense* were positively correlated to the annual average growths of tree height, diameter, and timber volume. Most serious damages occurred at injury level Ⅲ. It was found that the needle length and diameter of biennial branches of *P. crassifolia* increased with the increase of injury level. After pruning, the recovery rate reached 45.4%, the level of injury of 72.8% trees decreased, indicating the usefulness of pruning.

**Key words:** *Arceuthobium sichuanense*; risk assessment; biomass loss; pruning

云杉矮槲寄生是一种专性寄生种子植物,主要寄生于青海、四川和西藏海拔 2 800~4 100 m 高山地带的青海云杉(*Picea crassifolia*)、紫果云杉(*P. purpurea*)、川西云杉(*P. likiangensis* var. *bal-fouriana*)和西藏云杉(*P. spinulosa*)以及青杆(*P. wilsonii*)上<sup>[1]</sup>。受侵染的枝条和茎干会扭曲生长并

形成大量丛枝,导致寄主再生能力降低、材质下降,生长量和寿命减少,严重时寄主死亡<sup>[2-5]</sup>。同时矮槲寄生的长期寄生会导致寄主树势下降,并诱导次期性病虫害的发生<sup>[6]</sup>。截至 2003 年,云杉矮槲寄生害在青海省爆发流行,危害面积约 933 hm<sup>2</sup>,主要分布于天然林保护区,危害严重区域受害株率甚至高达

收稿日期:2016-05-10 修回日期:2016-06-23

基金项目:国家“十二五”林业科技支撑项目(2012BAD19B0702);林业公益性行业科研专项(201204503)。

作者简介:姜 宁,男,硕士,研究方向:森林病理学。E-mail:jn\_pathology@bjfu.edu.cn

\* 通信作者:田呈明,男,教授,博士生导师,研究方向:森林病理学。E-mail:chengmt@bjfu.edu.cn

90%以上,该病害已成为“三江源”地区云杉林毁灭性病害<sup>[7]</sup>。然而,云杉矮槲寄生对青海云杉单株及纯林的危害尚缺乏系统性研究,准确掌握其危害特性对及时、有效和经济控制该病害有实际意义。

本研究在青海省仙米林场和麦秀林场的青海云杉林地设置样地,对单株青海云杉的树高、胸径、材积,以及云杉林的地表盖度、郁闭度、蓄积量等进行调查,通过相关性检验、方差分析的数据分析、量化比较,系统评价不同危害等级下的云杉矮槲寄生的危害。

## 1 研究区概况

仙米林场位于青海省海北州门源县,地理位置37°02′—37°50′N,101°46′—102°39′E,总面积达32.459 3万 hm<sup>2</sup>。海拔高度 2 400~4 949 m,气候可分为山区地带和河谷地带 2 大类型,属高原大陆性气候,年均降水量在河谷地带为 525.8 mm,全年降水量的 75%集中在 6—9 月。全年日照时数为 2 265 h,太阳辐射总量为 547.2 kJ·cm<sup>-2</sup>,平均气温为 2.3℃,极端最高温度为 29℃,极端最低温度为-34.1℃<sup>[8]</sup>。植被主要以青海云杉为主,兼有白桦(*Betula platyphylla*)、祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)、山杨(*Populus davidiana*)等,灌木有忍冬(*Lonicera* spp.)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、银露梅(*P. glabra*)等<sup>[9]</sup>。

麦秀林场位于青海省黄南州泽库县,海拔高度大部分在 3 200 m 以上,属高山峡谷地貌,凉温半湿润气候型,境内年平均气温为 2.8℃,极端最高气温 29℃,极端最低气温 -31℃。年均降水量约 530 mm,全年 85%的降水集中在 5—9 月。受海拔高度

影响,植被类型以温带起源的中生或喜温的植物为主,乔木种类主要有青海云杉、紫果云杉、白桦、山杨以及祁连圆柏等<sup>[10]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 矮槲寄生分级方法

采用 F. G. Hawksworth<sup>[11]</sup>建立的 DMR 系统(dwarf mistletoe rating)描述云杉矮槲寄生对寄主的危害程度和寄主受侵染的严重程度。DMR 等级系统如下。

第 1 步:将活体树冠分成上、中、下 3 部分。

第 2 步:将每部分按侵染情况由轻到重分别描述成 0、1、2 等级(0,没有明显的侵染;1,轻度侵染,1/2 或者少于 1/2 总数枝条受到浸染;2,重度侵染,多于总数枝条的 1/2 受到侵染)

第 3 步:把 3 部分等级相加获得总的等级。

例如:如果下部没有侵染,它的等级是 0;中部轻度侵染,它的等级是 1;上部重度侵染,它的等级是 2;那么这棵树的危害等级就是 0+1+2=3。

在 DMR 等级系统的基础上,根据云杉的生长状况以及云杉矮槲寄生危害特点,可将危害等级分级<sup>[12]</sup>,并根据林分总体健康状况进行云杉林病情指数分级(表 1、表 2)。

表 1 云杉矮槲寄生危害等级划分  
Table 1 Classification of dwarf mistletoe rating

危害等级分级	危害程度描述
初级危害	等级Ⅰ、Ⅱ为初级危害,树势良好,没有产生丛枝或产生少量丛枝
中级危害	等级Ⅲ、Ⅳ为中级危害,树势较差,产生较多丛枝
重度危害	等级Ⅴ、Ⅵ为重度危害,树势衰弱,产生大量丛枝

表 2 云杉林病情指数分级

Table 2 Classifications of *P. crassifolia* forest disease index

病情指数分级	危害程度描述
轻度危害 1	林分病情指数>0 且<30 时,林分总体状况良好,可见少量病树,偶见死树,为轻度危害
中度危害 2	林分病情指数≥30 且<55 时,林分总体状况中等,可见一定面积的病树,少见死树,为中度危害
重度危害 3	林分病情指数≥55 且<80 时,林分总体状况较差,可见较多病树,少见死树,为重度危害
严重危害 4	林分病情指数≥80 时,林分总体状况极差,可见大量病树,较多死树,为严重危害

### 2.2 单株材积损失

在麦秀林场的青海云杉林地,以林班为单位设置样地。对样地内青海云杉进行每木检尺,计算感病率及病情指数,并分别统计同一危害等级样树的树高、胸径的平均值,然后根据其平均值在样地中每个危害等级取 3 株标准木(枯死木未取样),按 2 m 区分段进行树干解析<sup>[13]</sup>(即在 0、1.3、3.6、3.6 m 以后每隔 2 m 锯取树干解析圆盘,梢头<1 m 时弃取,梢头>1 m 时在 1 m 处取样),通过对其结果的方差

分析,从而得出危害等级与云杉树高、胸径、材积平均年生长量的关系,同时比较各病级对云杉生长指标的影响。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各病级株数} \times \text{该级代表数值})}{\text{调查总株数} \times \text{最高一级代表数值}} \times 100\%$$

(1)

$$\text{发病率} = \frac{\text{调查病株数}}{\text{调查总株数}} \times 100\%$$

(2)

材积区分段求积法估算材积(m<sup>3</sup>):

$$V=2.6\pi/4+2.0\pi(D_{3.6}^2+D_{5.6}^2+D_{7.6}^2+\cdots)/4+1.0\pi D_{\text{梢头}}^2/12 \tag{3}$$

### 2.3 单株光合作用损失

在仙米林场的青海云杉林地,选取危害等级为 0、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ的样树,每个危害等级选取 5 株样树,在每株样树南面中部选取 2 年生枝条,保证在 2 年生枝条基部着生云杉矮槲寄生,于该枝条中部等距离地采集 10 枚针叶。用游标卡尺测定针叶长度及直径并记录数据。

### 2.4 云杉林健康评价

人为因素、自然干扰以及种群的生物学特性共同造成了云杉种群的聚集分布<sup>[14]</sup>,为探究云杉矮槲寄生对云杉林自然更新以及抵御次期性病虫害的能力,依照云杉纯林病情指数有梯度地进行样地设置,共设置 20 m×20 m 的样地 17 个,其中健康云杉样地 1 个,危害程度较轻和较重分别 8 个样地。所选取的样地均为青海云杉纯林,以避免林分类型对试验结果产生影响。测量记录样地中云杉胸径、树高、球果数、小蠹危害程度、草本盖度、灌木盖度以及苔藓厚度,分析云杉矮槲寄生的爆发对云杉林的自然更新以及受次期性病虫害的影响<sup>[15]</sup>。

### 2.5 修枝防治效果评价

依照青海云杉龄级在仙米林场设置 2 处共 16 个样地,根据《青海省云杉矮槲寄生害修枝技术规程》于 2014 年进行修枝处理并调查记录青海云杉的

危害等级、胸径、树高、生长势,2015 年同期调查记录相同信息,对比分析修枝手段对云杉矮槲寄生害的防治效果。

### 2.6 数据处理方法

云杉矮槲寄生对云杉材积、胸径、树高生长量的差异采用 ANOVA 分析,显著性采用 LSD 方法;云杉矮槲寄生对云杉针叶的影响、修枝防治效果采用 ANOVA 分析,分析结果用 Sigmaplot12.5 制作图表。

## 3 结果与分析

### 3.1 云杉矮槲寄生对云杉材积量生长量的影响

青海云杉树高生长量随着云杉矮槲寄生危害等级的增大而减少。其中危害等级在Ⅰ和Ⅱ之间,树高生长量没有显著性差异( $P=0.064$ );当危害等级达到Ⅲ级时,云杉的树高生长量出现显著性下降( $P<0.001$ ),损失率达到 52.4%;危害等级Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ之间差异不显著( $P=0.615$ ),损失率分别为 76.43%、77.46%和 77.62%(表 3)。

青海云杉胸径生长量随着云杉矮槲寄生危害等级的增大而减少。Ⅳ级与Ⅴ级之间的胸径生长量没有显著性差异( $P=0.071$ ),其他危害等级的云杉胸径生长均存在显著性差异( $P<0.001$ ),且危害等级越高,胸径生长量越小。其中病害达到Ⅵ级时,云杉胸径的损失率可达 79.96%(表 4)。

表 3 云杉矮槲寄生对云杉树高生长的影响  
Table 3 Effects of *A. sichuanense* to *P. crassifolia*'s height growth

危害等级	树高生长量/m			$\bar{X}$	5% 显著水平	损失量 /m	损失率 /%
	1	2	3				
0	0.314 2	0.301 6	0.315 7	0.310 5	a	0	0
Ⅰ	0.282 9	0.261 9	0.272 6	0.272 5	b	0.038 0	12.24
Ⅱ	0.249 0	0.274 0	0.253 2	0.258 7	b	0.051 8	16.68
Ⅲ	0.159 6	0.136 4	0.147 5	0.147 8	c	0.162 7	52.40
Ⅳ	0.074 8	0.071 7	0.073 0	0.073 2	d	0.237 3	76.43
Ⅴ	0.071 2	0.068 4	0.070 3	0.070 0	d	0.240 5	77.46
Ⅵ	0.068 8	0.070 2	0.069 4	0.069 5	d	0.241 0	77.62

注:表中不同字母表示差异显著。下表同。

青海云杉材积生长量随着云杉矮槲寄生危害等级的增大而减少。危害等级为Ⅰ、Ⅱ级时,对寄主的材积生长量有显著降低( $P<0.001$ ),材积损失率分别为 18.28%和 21.48%;危害等级达到Ⅲ级时,与Ⅰ、Ⅱ级差异显著( $P<0.001$ ),损失率达到 41.77%。危害等级达到Ⅳ、Ⅴ级和Ⅵ级时,损失率可达到 65.67%、73.45%和 78.47%(表 5)。

### 3.2 云杉矮槲寄生对云杉光合作用的影响

受矮槲寄生害的青海云杉 2 年生针叶长度( $P<0.001$ )和直径( $P<0.001$ )显著<健康青海云

杉。危害等级在Ⅲ级以下时,青海云杉的针叶长度差异不显著( $P=0.063$ );当危害等级超过Ⅳ时,针叶长度显著低于Ⅲ级以下的针叶长度( $P<0.001$ )。对于针叶的直径生长量来说,危害等级为Ⅰ与Ⅱ、Ⅲ以及其他等级的青海云杉针叶互相显著( $P<0.001$ )(图 1)。

### 3.3 云杉矮槲寄生对云杉林更新的影响

17 个样地中,共有青海云杉 2 092 株,其中健康青海云杉 463 株,其余均受到不同程度的云杉矮槲寄生或者小蠹虫危害(表 6)。

表 4 云杉矮槲寄生对云杉树胸径生长的影响

Table 4 Effects of *A. sichuanense* to *P. crassifolia*'s diameter growth

危害等级	胸径生长量/cm			$\bar{X}$	5% 显著水平	损失量 /m	损失率 /%
	1	2	3				
0	0.501 4	0.492 3	0.502 2	0.498 6	a	0	0
I	0.435 8	0.446 7	0.425 6	0.436 0	b	0.062 6	12.56
II	0.374 1	0.380 1	0.362 4	0.372 2	c	0.126 4	25.35
III	0.242 4	0.278 3	0.253 1	0.257 9	d	0.240 7	48.28
IV	0.165 5	0.128 0	0.134 0	0.142 5	e	0.356 1	71.42
V	0.127 2	0.115 8	0.126 8	0.123 3	e	0.375 3	75.27
VI	0.102 4	0.097 6	0.099 8	0.099 9	f	0.398 7	79.96

表 5 云杉矮槲寄生对云杉材积生长量的影响

Table 5 Effects of *A. sichuanense* to *P. crassifolia*'s volume growth

危害等级	材积损失量/m <sup>3</sup>			$\bar{X}$	5% 显著水平	损失量 /m	损失率 /%
	1	2	3				
0	0.001 953	0.002 034	0.002 102	0.002 030	a	0	0
I	0.001 891	0.001 444	0.001 643	0.001 659	b	0.000 371	18.28
II	0.001 762	0.001 597	0.001 422	0.001 594	b	0.000 436	21.48
III	0.001 394	0.001 123	0.001 028	0.001 182	c	0.000 848	41.77
IV	0.000 677	0.000 661	0.000 754	0.000 697	d	0.001 333	65.67
V	0.000 536	0.000 458	0.000 622	0.000 539	de	0.001 491	73.45
VI	0.000 412	0.000 433	0.000 467	0.000 437	e	0.001 593	78.47

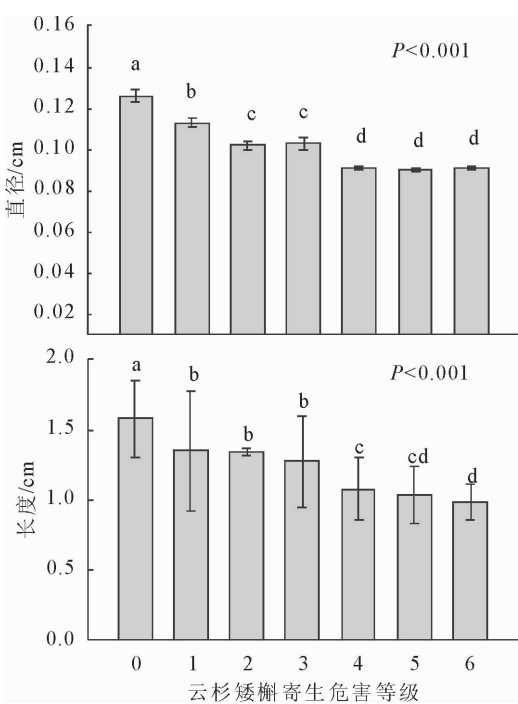


图 1 青海云杉 2 年生针叶生长量与云杉寄生害危害等级的关系

Fig. 1 Relationship between length and diameter of needles in biennial branch and dwarf mistletoe ratings

3.3.1 云杉林发病程度 对云杉纯林样地中云杉矮槲寄生害发生程度分析,可以发现,在低水平的病情指数下,初级危害占多数,随着云杉林的病情指数上升,中级发病甚至重度发病逐渐增多(图 2)。

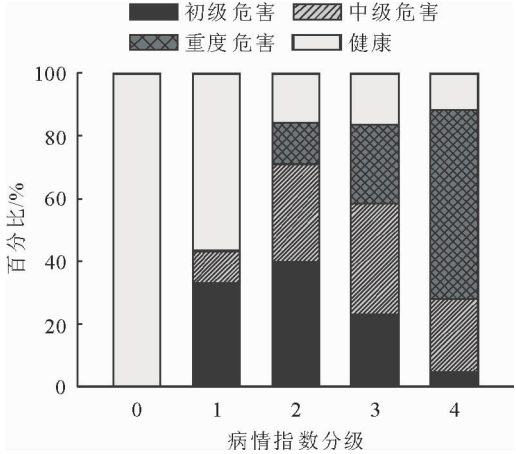


图 2 各病情指数林分下云杉危害情况

Fig. 2 Percentages of dwarf mistletoe ratings in *P. crassifolia* forest

3.3.2 寄生害对云杉结实率的影响 云杉矮槲寄生对云杉林的自然更新有很大影响,当林分病情指数分级达到 3 以上时,受危害云杉的结实率降低到 10%以下,远低于对照健康云杉林 45%的结实率。当云杉林病情指数升高时,云杉林的结实率降低。对于林分内的健康云杉,结实率没有明显降低,反而略有提升,而受危害的青海云杉结实率大幅度降低(表 7)。

3.3.3 云杉矮槲寄生与小蠹危害 对云杉林小蠹为害调查结果显示,云杉矮槲寄生危害较轻的 8 块样地共有云杉 1 193 株,死亡率 7.63%;危害较重的

样地共有云杉 714 株,死亡率 19.6%;未发生矮槲寄生害的 148 株云杉的死亡率为 3.38%。可以发现,随着寄生害为害程度的升高,小蠹虫的寄生率以及致死率有上升趋势。在云杉林病情指数分级达到 4 时,小蠹虫的寄生率达到 34.48%,致死率达到 32.26%(图 3)。

表 6 样地基本信息

Table 6 Basic information of seventeen sample plots																	株, %
样地	云杉株数	健康株	不同危害等级感病云杉株数						小蠹虫为害株数		结球果树		病情指数	结实率	健康树结实率	病树结实率	小蠹发生率
			I	II	III	IV	V	VI	致死树	未死树	健康树	矮槲寄生树					
东山 1	155	26	16	14	21	17	21	18	21	9	18	23	55.27	26.45	69.23	17.83	19.35
东山 2	75	6	6	10	14	13	11	4	10	0	4	2	57.56	8.00	66.67	2.90	13.33
东山 3	151	14	17	25	37	15	15	10	15	0	12	27	51.10	25.83	85.71	19.71	9.93
东山 4	231	51	52	37	40	21	12	13	4	1	32	75	35.50	46.32	62.75	41.67	2.16
东山 5	262	27	22	24	44	31	26	20	62	6	15	12	60.31	10.31	55.56	5.11	25.95
西山 1	59	1	0	2	4	6	8	18	19	1	1	0	85.31	1.69	100	0	33.90
西山 2	244	28	34	46	54	30	29	4	19	16	28	3	47.20	12.70	100	1.37	14.34
西山 3	176	6	15	28	27	31	26	12	28	5	5	13	61.17	10.23	83.33	7.65	18.75
玉龙沟 4	83	12	11	10	11	14	12	5	2	4	7	0	44.58	8.43	58.33	0.00	7.23
玉龙沟 6	27	1	3	7	6	5	3	2	0	0	1	19	50.62	74.07	100	73.08	0
达龙沟 2	17	3	0	5	2	2	2	0	3	0	3	9	50.98	70.59	100	64.29	17.65
达龙沟 4	37	2	15	11	6	2	0	1	0	2	2	4	31.08	16.22	100	11.43	5.41
达龙沟 5	40	11	12	8	6	0	0	0	3	0	9	14	26.67	57.50	81.82	48.28	7.50
达龙沟 6	43	14	12	8	5	2	0	0	2	0	6	2	24.42	18.60	42.86	6.90	4.65
梅花沟	209	40	48	46	34	12	7	4	18	2	28	83	36.44	53.11	70	49.11	9.57
巴哈沟	135	81	12	10	2	4	1	0	25	0	33	16	25.80	36.30	40.74	29.63	18.52
寺尔沟	148	143	0	0	0	0	0	0	5	0	67	0	0	45.27	46.85	0	3.38

表 7 不同病情指数分级下云杉林结实率

Table 7 Maturing rate in <i>P. crassifolia</i> forest of different disease indices					
病情指数分级	0	1	2	3	4
健康树结实率/%	46.85	45.28	72.97	64.62	60.0
病树结实率/%	0	26.47	22.55	8.45	1.89

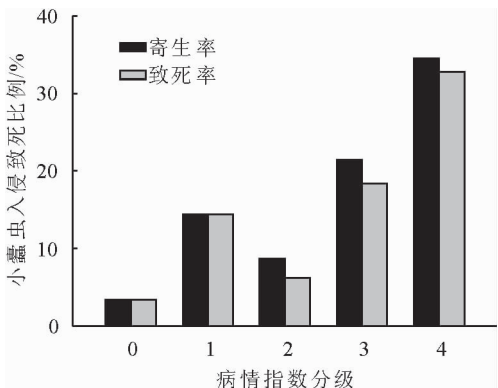


图 3 小蠹虫在不同病情指数林分中危害情况

Fig. 3 Injuries of bark beetles to *P. crassifolia* forest in different disease indexes

3.4 修枝防治效果研究

对 16 块修枝样地中 420 株青海云杉中的 302 株染病云杉进行修枝处理,修枝 1 a 后病情指数下降平均值为 2.9,胸径、树高、材积与修枝前相比没有显著差异( $P>0.05$ )(图 4)。

不同危害等级的青海云杉经过修枝处理后,健康云杉的平均胸径增长高于受害青海云杉;健康云杉的平均高增长高于受害青海云杉。危害等级Ⅰ、Ⅱ的青海云杉平均材积增长最大,其次是健康云杉,再次是等级Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ的青海云杉,等级为Ⅵ的青海云杉平均材积增长最小,仅为健康云杉材积增长的 62%(表 8)。

以危害等级降低作为有治疗效果,共有 220 棵青海云杉降低了危害等级,占受害树的 72.8%,其中有 137 棵青海云杉危害等级降为 0,即恢复健康,占受害树的 45.4%。(表 9)

4 结论与讨论

云杉矮槲寄生的长期侵染对寄主的针叶生长产生极大的影响。不同等级的矮槲寄生害均显著减小青海云杉针叶长度及直径。当危害等级达到Ⅳ时,其危害程度显著>前几个等级,极大地影响云杉针叶生长量。可以认为,高危害等级的云杉寄生害会对云杉的光合作用产生影响,从而对云杉生长产生影响。

染病青海云杉的材积生长量、树高生长量、胸径生长量都显著<健康树,各危害等级对直径、树高和材积的影响呈递增状态。当危害等级达到Ⅲ时,树高、胸径、材积生长量损失达到 50%左右。云杉矮

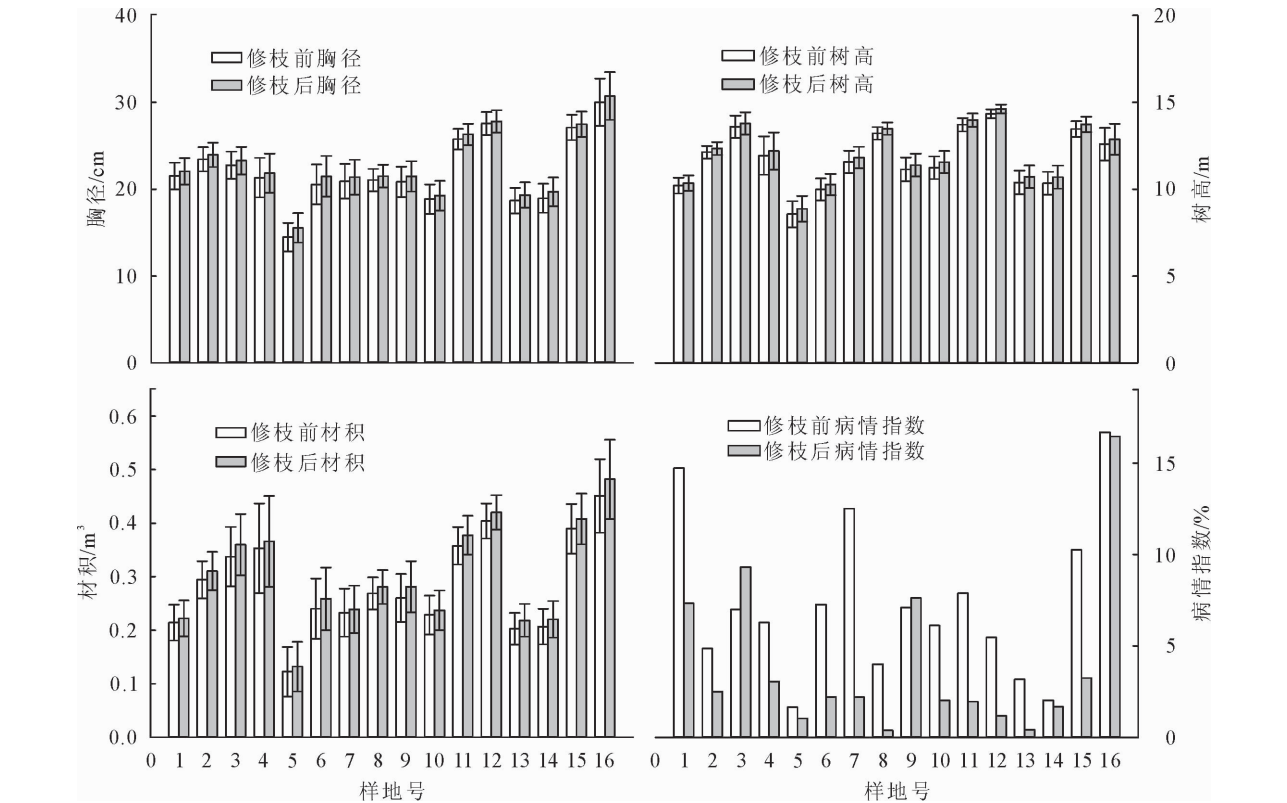


图 4 样地修枝效果

Fig. 4 Effects of pruning

表 8 修枝对青海云杉的自然生长的影响

Table 8 Influences of pruning to the growth of <i>P. crassifolia</i>										cm,m,m <sup>3</sup>
修枝前 危害等级	数目/株	修枝前 胸径	修枝后 胸径	增加 胸径	修枝前 树高	修枝后 树高	增加 树高	修枝前 材积	修枝后 材积	增加 材积
0	118	17.02	17.68	0.66	10.09	10.44	0.35	0.177 4	0.188 9	0.011 5
I	92	22.45	23.01	0.56	12.23	12.52	0.29	0.292 7	0.305 6	0.012 9
II	92	22.47	23.12	0.64	12.33	12.59	0.25	0.289 4	0.301 6	0.012 2
III	58	24.47	24.93	0.47	12.92	13.16	0.24	0.364 5	0.374 9	0.010 4
IV	29	26.07	26.59	0.52	12.45	12.62	0.18	0.373 1	0.383 4	0.010 3
V	20	23.3	23.81	0.52	11.85	11.96	0.11	0.285 6	0.295 1	0.009 5
VI	11	23.63	24.18	0.55	10.92	10.97	0.05	0.283 3	0.290 4	0.007 1

表 9 修枝前后的青海云杉健康状况

Table 9    Health situation of <i>P. crassifolia</i> both before and after pruning									
修枝前 危害等级	修枝后危害等级							死亡	总计
	0	I	II	III	IV	V	VI		
0	103	8	4	1	0	0	0	2	118
I	62	19	7	1	0	1	0	2	92
II	45	18	18	2	4	1	0	4	92
III	23	14	10	2	5	3	0	1	58
IV	6	6	9	3	2	3	0	0	29
V	0	2	3	4	6	5	0	0	20
VI	1	0	1	3	4	0	1	1	11

桤寄生主要通过吸取寄主体内水分从而导致寄主水分供给不足,尤其是水分成为限定因子时,会导致青海云杉因缺水而枯死<sup>[16]</sup>。所以在年降水量远低于

当地平均年降水量时,矮桤寄生害有可能对云杉造成更大的损失。

如果没有人为干扰以及自然灾害,天然云杉林

的林分结构就成为矮槲寄生爆发的关键因子<sup>[17]</sup>。有研究表明,矮槲寄生 70% 的种子在 3~7 m 范围内弹射传播<sup>[18]</sup>,三江源地区青海云杉纯林是其爆发的适宜区。在低水平的病情指数下,危害等级Ⅰ和Ⅱ占多数,随着云杉林的病情指数上升,危害等级Ⅲ和Ⅳ,甚至危害等级Ⅴ和Ⅵ逐渐增多并占据主导地位。青海云杉的结实率随着病情指数的升高而降低;受害林分中健康云杉的结实率没有降低,反而略有增加,而受害云杉的结实率极大降低。同时,受危害的青海云杉抵抗小蠹虫的能力大大降低,小蠹虫的寄生率与致死率随着病情指数的升高而增加。可以认为,云杉矮槲寄生的入侵以及缺乏有效的防治措施,会对天然青海云杉纯林造成毁灭性的危害。

有研究表明,喷施乙烯利会使矮槲寄生提前脱落,虽不能完全破坏其内寄生系统,但是一定程度上抑制矮槲寄生的营养生长及传播,降低对云杉纯林的危害<sup>[19]</sup>。修枝手段针对小范围的矮槲寄生害防治效果更显著,通过修枝,1 a 后矮槲寄生害的完全治愈率达到 45.4%,降低危害等级的比例达到 72.8%,是一种有效的防治技术。在研究过程中,发现低危害等级的矮槲寄生害会略微促进青海云杉的材积增长,但是否会影响青海云杉的材质尚有待于进一步研究。

通过本次研究,得出了危害等级与云杉针叶生长以及树高、径、材积平均年生长量的关系,同时比较各危害等级对青海云杉各生长指标的影响,准确掌握不同程度云杉寄生害的危害强度,作为青海云杉林材积及生态损失估计的依据,可为进一步制定合理的防治指标及为生产单位开展经济、有效、适时的防治提供科学依据。

参考文献:

[1] 丘华兴,任玮. 西藏油杉寄生属一新种[J]. 西南林学院学报, 1982(1):5.

[2] HAWKSWORTH F G, WIENS D. Dwarf mistletoes; biology, pathology, and systematics[M]. Washington, DC: DIANE Publishing, 1998:73-85.

[3] MATHIASSEN R L, NICKRENT D L, SHAW D C, *et al.* Mistletoes; pathology, systematics, ecology, and management[J]. Plant Disease, 2008, 92(7): 988-1006.

[4] MEINZER F C, WOODRUFF D R, SHAW D C. Integrated responses of hydraulic architecture, water and carbon relations of western hemlock to dwarf mistletoe infection[J]. Plant, Cell & Environment, 2004, 27(7): 937-946.

[5] ALEXANDER M E, HAWKSWORTH F G. Fire and dwarf mistletoes in North American coniferous forests[J]. Journal of Forestry, 1976, 74(7): 446-449.

[6] MATHIASSEN R L. Dwarf mistletoes in forest canopies[J]. Northwest Science, 1996, 70(SPEC. ISS. ): 61-71.

[7] 马建海,张鹏,史冬梅,等. 青海省林业重点工程中森林病虫害发生与可持续控制策略[J]. 青海环境, 2003, 13(3): 108-110

[8] 李涛. 仙米林区云杉丛枝病危害及防治[J]. 青海农林科技, 2004 (3): 70-72.

[9] 李涛,马明呈,谭建萍. 仙米林区云杉矮槲寄生为害状况及防治[J]. 青海大学学报:自然科学版, 2010, 28(3): 69-72.

[10] 周在豹,许志春,田呈明,等. 除草剂防治云杉矮槲寄生效果初报[J]. 植物保护, 2014, 40(4): 198-200.

[11] HAWKSWORTH F G, WIENS D. Biology and classification of dwarf mistletoes (*Arceuthobium*) [M]. Washington, D. C. : US Forest Service, 1972: 42-45.

[12] REICH R M, MIELKE JR P W, HAWKSWORTH F G. Spatial analysis of ponderosa pine trees infected with dwarf mistletoe[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1991, 21 (12): 1808-1815.

[13] 高发明,杨启青,才让丹周,等. 麦秀林区青海云杉种群发育特征及其格局研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(4): 61-65. GAO F M, YANG Q Q, CAIRANG D Z, *et al.* Population development characteristics and spatial patterns of *Picea crassifolia* in Maixiu forest farm of Qinghai Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(4): 61-65. (in Chinese)

[14] 刘建泉,丁国民,郝虎,等. 青海云杉群落特征和动态研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(1): 14-17. LIU J Q, DING G M, HAO H, *et al.* Structure and dynamic of *Picea classifolia* community in Qilian mountains forest area [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(1): 14-17. (in Chinese)

[15] 胡阳,田呈明,才让旦周等. 青海仙米林区云杉矮槲寄生空间分布格局及其与环境的关系[J]. 北京林业大学学报, 2014, 36 (1): 102-108. HU Y, TIAN C M, CAIRANG D Z, *et al.* Spatial distribution pattern of *Arceuthobium sichuanense* and its correlation with environment in Xianmi forest region of Qinghai, northwestern China[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2014, 36 (1): 102-108. (in Chinese)

[16] DOBBERTIN M, RIGLING A. Pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality in the Rhone valley of Switzerland[J]. Forest Pathology, 2006, 36(5): 309-322.

[17] TAYLOR A, BURNS K. Radial distributions of air plants: a comparison between epiphytes and mistletoes[J]. Ecology, 2016, 97(4): 819-825.

[18] 孙秀玲,许志春,才让旦周,等. 云杉矮槲寄生种子雨的时空分布格局[J]. 西北林学院学报, 2014, 29(4): 65-68. SUN X L, XU Z C, CAIRANG D Z, *et al.* Spatiotemporal patterns of the seed rain of *Arceuthobium sichuanense* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2014, 29(4): 65-68. (in Chinese)

[19] 周在豹,许志春,田呈明,等. 促使云杉矮槲寄生果实提前脱落药剂筛选[J]. 中国森林病虫, 2007, 26(3): 39-41.