

云杉矮槲寄生开花特性及化学防控*

夏 博¹ 田呈明¹ 骆有庆¹ 赵丰钰² 马建海² 王国仓³ 韩富忠³

(1. 北京林业大学教育部北京市共建森林培育与保护重点实验室 北京 100083 ; 2. 青海省林业局森林病虫害防治检疫站 西宁 810000 ;
3. 青海省黄南州麦秀林场 黄南 811300)

摘 要 : 云杉矮槲寄生是严重危害三江源地区天然云杉林的多年生寄生性种子植物。对云杉矮槲寄生开花动态的定点监测结果表明 : 云杉矮槲寄生花期持续 40 天以上 , 单株花序寿命约为 15 天 ; 雌花在花期结束后 6 ~ 8 天后开始坐果 , 幼果初期无果梗 , 浅绿色 , 直径约为 1 ~ 1.3 mm ; 果实成熟后期 , 果梗逐渐伸长至 1 ~ 1.5 mm , 颜色转为深绿色。4 种不同浓度的植物激素类药剂 [40% 乙烯利水剂 , 50% 国光丁酰肼可溶性粉剂 , 20% 国光萘乙酸粉剂 (NAA) 和 90.8% 脱落酸 (ABA)] 对云杉矮槲寄生花芽的药剂防治试验发现 : 1 : 400 的 40% 乙烯利水剂为防除效果最佳 , 可达 100% , 且未对云杉植株产生不良药害反应。

关键词 : 云杉寄生 ; 花期 ; 开花特性 ; 乙烯利

中图分类号 : S763.2 文献标识码 : A 文章编号 : 1001 - 7488(2010) 04 - 0098 - 05

Flowering Characteristics and Chemical Control of the Buds of *Arceuthobium sichuanense*

Xia Bo¹ Tian Chengming¹ Luo Youqing¹ Zhao Fengyu² Ma Jianhai²
Wang Guocang³ Han Fuzhong³

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education , Beijing Forestry University Beijing 100083 ;
2. Forest Pest Control and Quarantine Station of Qinghai Province Xining 810000 ;
3. Maixiu Forest Farm of Qinghai Province Huangnan 811300)

Abstract : *Arceuthobium sichuanense* is the most important vascular parasite on *Picea crassifolia* , *Picea purpurea* , *Picea likiangensis* var. *balfouriana* and *Picea spinulosa* in Sichuan , Qinghai and Tibet , and has severely damaged forest stands by dispersing explosive fruits in August and September in Sanjiangyuan area of Qinghai Province. *A. sichuanense* affects host growth through the interaction of the host with the mistletoe endophytic system , and expropriates water , minerals , and carbohydrates from the host , causes deformation of the infected stem , increases susceptibility to other disease agents or insect pests , and reduced the host longevity. To select the best measure for control of *A. sichuanense* flowering buds in its early days and the flowering dynamics were investigated in its initial flowering phase (in the middle of May). The results showed that the flowering span of *A. sichuanense* populations was more than 40 days , while individual parasite was flowering for around 15 days. Greenish fruits emerged in 6 - 8 days after the flowering span , and the fruit pedicel elongated to 1 - 1.5 mm in its explosive span. Meanwhile , four kinds of plant hormones including 40% ethephon aqueous solution , 50% daminozide water solution powder , 20% 1-naphthylacetic acid dust and 90.8% abscisic acid were applied to the flowering buds of *A. sichuanense*. The results showed that all diluted 40% ethephon (diluted 100 , 200 and 400 fold) killed the flowering buds successfully and the mortality of flowering buds reached nearly 100% . The dilution of 1 : 400 was the best choice because it was harmless to spruce needles and branches. Although the other three kinds of plant hormones also had relative effects , they were not suitable for epidemic prevention in large areas in regard of the cost and ecological concerns.

Key words : *Arceuthobium sichuanense* ; flowering phase ; flowering characteristics ; ethephon

云杉天然林作为三江源地区森林演替的顶级群落 , 具有保持水土和涵养水源等特殊价值 (罗建勋等 2001) , 其健康状况不仅直接关系到区域生态环

境的安全 , 更对维护高原生态平衡、确保大江大河的安澜畅流以及三大江河流域社会经济和农业的可持续发展具有重要的地位。近年来 , 由于对有害生物

缺乏实用有效的监测和控灾技术,致使云杉矮槲寄生(*Arceuthobium sichuanense*)仅在青海省的发生面积就已超过1.33万 hm^2 ,对该地区的青海云杉(*Picea crassifolia*)和紫果云杉(*Picea purpurea*)林造成了毁灭性破坏(马建海等,2003)。

云杉矮槲寄生是槲寄生科(Viscaceae),油杉寄生属(*Arceuthobium*)的多年生寄生性种子植物(吴征镒,2003),依靠其庞大的内部寄生系统从寄主获取水份、营养物质和其他更多的碳水化合物(Livingston et al.,1984;Rey et al.,1991;Snyder et al.,1996),导致寄主植物生理和形态的改变(Hawksworth et al.,1996),致使寄主于被侵染的枝干部位抽发出大量下垂的帚状丛枝,树体再生能力和材质下降,生长量和寿命减少,如不进行及时治理可导致树龄百年的云杉死亡,严重威胁着三江源等西部生态脆弱地区的森林植被健康和生态环境安全。

由于云杉矮槲寄生是中国的特有种,国外对其鲜有研究报道。国外对矮槲寄生的化学防治开展较早(Gill,1956;Quick,1963;1964;Scharpf,1972),最早筛选出的代表性化学药剂如2,4-D和2,4,5-T虽然有较好的防治效果,但由于其对寄主植物产生的强烈药害性而被禁用。随着研究的不断深入,乙烯利被认为是目前条件下最有希望进行大面积化学防治的合理药剂,因为其不仅具有良好的防治效果,同时对不同寄主植物的影响都十分有限(Frankel et al.,1989;Hawksworth et al.,1989;Livingston et al.,1983;1985)。我国对矮槲寄生的研究起步较晚,游铭佩(1985)、游铭佩等(1987)和丘华兴等(1982)首次对分布于云南、四川、湖北等地区的油杉矮槲寄生(*Arceuthobium chinense*)生活史及危害性展开了相关调查,但并未就此提出系统有效的化学防治策略。周在豹等(2007a;2007b)率先筛选出促使云杉矮槲寄生果实提前脱落的植物激素类药剂,但尚未在其花期进行过药剂防治的相关试验。本试验在前人经验基础上,为进一步探索防治的最佳施药时期和浓度,对云杉寄生开花动态进行定点监测,在云杉矮槲寄生花期喷施植物激素类药剂,致使其花芽死亡或花朵提前凋落,彻底阻遏云杉矮槲寄生种子的产生和传播,为营林生产防治提供技术支持。

1 试验地概况

试验地点麦秀林场位于青海省东南部黄南州泽库县境内,地理坐标为 $35^{\circ}10'51''$ — $35^{\circ}20'32''\text{N}$, $101^{\circ}57'5''$ — $101^{\circ}50'9''\text{E}$ 。属高山峡谷地貌,整个地形呈南高北低走势,大部分地区海拔3200 m以上;气候

属凉温半湿润气候型,境内年平均气温 2.8°C ,年降水量530 mm左右,极端最高气温 29°C ,极端最低气温 -31°C ,气温极差 60°C 。受海拔及地形的影响,植被总的表现为青藏高原型,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(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)及祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)等,灌木树种主要有杜鹃(*Phododendron simsii*)、柳类(*Salix* spp.)、锦鸡儿(*Caragana* sp.)、忍冬(*Lonicera* spp.)、蔷薇(*Rosa* spp.)、金露梅(*Potentilla fruticosa*)、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)和花楸(*Sorbus pohuashanensis*)等。

2 试验药剂

药剂采用40%乙烯利水剂(上海彭浦化工厂),50%国光丁酰肼可溶性粉剂(四川国光农化有限公司)20%国光萘乙酸粉剂(NAA,四川国光农化有限公司)和90.8%脱落酸(ABA,化学纯,北京拜尔生物科技有限公司)。

3 研究方法

3.1 开花动态及花朵基本数量性状的观测与统计

在试验地选择青海云杉为研究对象,标记特定花序开始开花的时间,在自然条件下连续数天定位观察并记录花朵的开放进程,直至花瓣脱落。注意观测花序内花朵开放的顺序、花朵裂片数目、长度、宽度等基本数量性状。

3.2 药剂筛选

2008年5月25日,在麦秀林场龙藏沟青海云杉天然林地样地(面积 $30\text{ m}\times 20\text{ m}$,沿河,郁闭度0.4,海拔3025 m,云杉感病严重,感病率约为91%)内,选取树高6~11 m、胸径12~26 cm、受云杉寄生侵染、处于矮槲寄生开花初期且花量较多的青海云杉20株,对寄生在树体中下部分的云杉寄生花序分别喷施用水稀释成不同比例(1:100和1:200)的40%乙烯利水剂、50%国光丁酰肼可溶性粉剂、20%国光萘乙酸粉剂和浓度为2000,1000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的90.8%脱落酸,其中4株云杉喷施清水作对照,共10个处理,每个处理4个重复。每个重复调查每株云杉中选取的花序较多的1个枝条,共计调查40个枝条。喷药前在选定的枝条两端用红油漆标记,用标签标号,记下开花数,然后均匀喷药,以药液在云杉矮槲寄生花上形成微小药滴而不滴下为好。施药后第2天开始调查防治效果,连续调查15天。针对脱落酸处理观测云杉矮槲寄生花芽脱落

率,其他3种处理观测花芽死亡率。

通过数据分析及调查药剂是否对寄主产生不良影响,确定防除云杉矮槲寄生花芽效果最好的植物激素种类。

3.3 浓度筛选

通过对药剂的筛选,确定乙烯利是防除花芽的最好药剂。在6月10日应用40%乙烯利分别以1:100,1:200,1:400的比例进行防治试验,喷施清水作为对照,每个比例12个重复,并对每个处理最后的防治率(云杉矮槲寄生花芽死亡率)进行统计。

3.4 云杉安全性调查

喷药后连续15天查看云杉针叶、枝条是否正常,是否有残留的药害。

4 结果与分析

4.1 开花动态及花朵基本数量性状

在所在试验地,云杉矮槲寄生花期自5月中旬开始至7月初结束,持续40天以上,首次观测到云杉矮槲寄生开花的日期是2008年5月18日,单个花序的花期约为14~17天。6月11日起该样地内大部分云杉矮槲寄生进入开花盛期。单株花序开花基本动态如下:

花期初期1~3天内基本没有花凋落;4~7天开始约有2%~4%的花凋落;9~11天逐渐有超过20%的花开始萎蔫;12~14天有超过60%的花凋落;15~17天花期基本结束。

同一花序中,花序基部的花最先开放,顶部花在其后1~2天内陆续开放,具体视植株高度、花序中花朵数量而定。植株高在2~3cm的花序通常在2天内全部开放,植株高4~6cm且花苞较多的花序全部开放通常要2~4天。雌花的花期结束后,形成类似开花初期的卵状花苞,颜色为嫩黄色;而开花初期的花苞为淡黄绿色,两者不易用肉眼分辨。花期后自形成嫩黄色卵状花苞起,约6~8天后形成直径约1~1.3mm的云杉矮槲寄生果实,颜色为浅

绿色,坐果初期果实无梗,随着果实的成熟,果实梗逐渐伸长至1~1.5mm。首次观测到初次结果期为2008年6月17日。

降雨对云杉寄生的落花率影响较小。所在麦秀林区的雨期为6—9月,据观测,花期前8天内所降中雨对花朵的脱落几乎没有影响,落花率均在6%以内;花期第9天以后的强降雨对花序的落花率有较大影响,落花率平均增加20%~30%。

云杉矮槲寄生花的部分数量性状特征见表1。

表1 云杉矮槲寄生花朵的数量性状

Tab.1 Floral quantitative character of *A. sichuanense*

观测项目 Items	mm	
	基部花 Basal flowers	顶部花 Apical flowers
花朵直径 Flower diameter	3.11 ± 0.07	3.02 ± 0.13
裂片长 Calyx lobes length	1.65 ± 0.06	1.72 ± 0.02
裂片宽 Calyx lobes width	1.24 ± 0.03	1.15 ± 0.01

同一花序中的基部花与其顶部花在花朵直径、裂片长和宽并无多大差异,只是在定点观测中发现基部花的开放日期比顶部花略早而已。

4.2 药剂筛选

4.2.1 4种药剂的防治效果 比例为1:100的乙烯利水剂在施药后第7天就使花芽的死亡率达到了100%,死亡的花芽呈现黄化卷缩状,同时对云杉针叶没有不良影响(图1a)。虽然萘乙酸对花芽的作用一开始阶段就十分迅速,但是它对针叶的负作用很大,几乎所有沾染药剂的针叶都呈现不同程度的红褐色斑点,因此不作考虑。清水对照表明,清水对云杉矮槲寄生花芽的死亡率几乎没有影响,这与在雨天后观测到的槲寄生开花状况也是吻合的。

比例为1:200的40%乙烯利水剂防治效果远高于其他2种药剂。对不同处理的防治率方差分析表明,各处理与对照存在极显著差异($F = 16.3 > F_{crit} = 4.1$);对3种药剂的多重比较(LSD)表明,40%乙烯利水剂与50%国光丁酰肼可溶性粉剂,20%国光萘乙酸粉剂有着极显著性差异(图1b)。

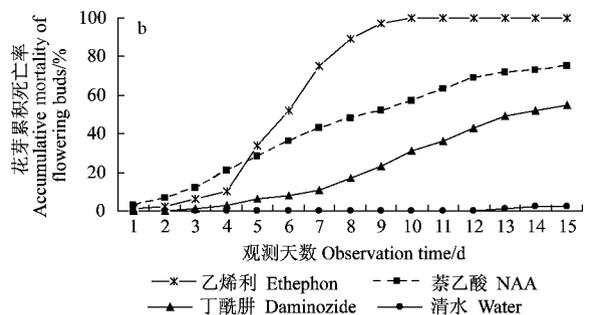
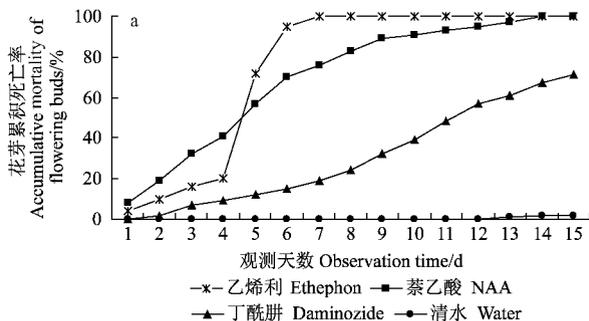


图1 比例为1:100的不同药剂防除效果

Fig.1 Control efficiency of different medicament with 1:100 (a), 1:200 (b)ratio

喷施脱落酸的试验结果表明：90.8%脱落酸不会对云杉产生任何药害,同时也不会杀死云杉矮槲寄生的花芽;但是却可以使槲寄生的花从花萼处连同花朵的子房一起脱落,在花柄处形成椭圆型的脱落残口,这种非正常的落花会使云杉矮槲寄生的结实率大大降低。浓度为 $2\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的脱落酸药效比浓度为 $1\ 000\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的明显,但其药剂造价过于昂贵,不利于其在生产中大面积推广应用(图 2)。

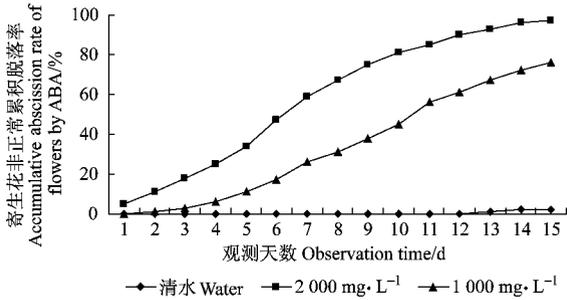


图 2 不同浓度脱落酸(ABA)的防除效果

Fig. 2 Effects of killing flowering buds by different ABA concentration
非正常脱落是指花朵自花托处提前脱落,无法结实。Abscission means flowers fall off from the receptacle without fruit.

4.2.2 乙烯利最佳浓度的确定 不同浓度乙烯利

表 2 不同比例乙烯利水剂花芽的死亡率

Tab. 2 Mortality of flowering buds by ethephon in different dilution

比例 Dilution ratio	处理 Treatment											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1:100	100	91.2	98.6	97.3	97.9	100	98.2	96.9	94.6	96.4	95.2	95.3
1:200	92.5	98.9	100	91.4	97.4	99.2	100	95.3	94.9	97.6	92.7	96.2
1:400	91.7	99.5	98.6	100	95.6	94.7	97.6	100	99.1	93.2	95.8	97.4
CK	0	1.1	1.7	1.5	0	0	3.2	2.6	0.8	1	2.1	0

4.2.3 药剂对云杉的安全性 施药后第 2 天起进行跟踪调查,调查 15 天。结果表明:萘乙酸对云杉针叶有较明显的药害现象,致使部分针叶产生红褐色斑点;比例为 1:100,1:200,1:400 的 40% 乙烯利水剂、丁酰肼和脱落酸水剂对云杉针叶均无药害现象,同时观测到以上药剂对云杉枝条及新生针叶也没有影响,至于对云杉种子的影响还需要做进一步检验和调查。

3 结论与讨论

青海麦秀林区的海拔差异较大,在海拔相对较低、透光度较大的疏林林斑中,云杉矮槲寄生开花的初始日期在 5 月中下旬左右;而在较高海拔的林斑中,其开花的初始日期会推迟到 6 月初甚至更迟,具体还要视各不同地段的条件而定。单株云杉矮槲寄生的花序寿命为 15 天左右,在同一地段内的受侵染云杉林中,整片云杉矮槲寄生的开花时间会持续 40

天以上;单株寄生植株的花序中,基部花最先开放,同花序的花在花朵直径、裂片长、裂片宽等基本性状方面没有明显差异,对这些开花特性的了解为为人工喷药防治提供了技术支持。同时由于矮槲寄生的花呈黄绿色并且聚集成点片状 (Robinson *et al.*, 2002),较之其果实和植株更易于发现,这就为生产上进行大规模花期喷药防治增加了可行性,也将大大节省人工劳动的投入。

防除效果如表 2 所示。通过对表 2 中数据进行方差分析表明,各处理与对照均存在极显著差异。对 3 种不同比例乙烯利水剂的防治率进行方差分析及 LSD 多重比较表明:比例为 1:100,1:200 和 1:400 的 40% 乙烯利水剂的药效没有显著性差异 ($P = 0.75 > 0.05$)。施药后观测的结果表明:云杉矮槲寄生花芽的死亡率在喷施比例为 1:100 的乙烯利水剂后第 7 天就达到了 100%,在喷施比例为 1:200 的乙烯利水剂后第 10 天将达到 100%,而在喷施比例为 1:400 的乙烯利水剂后第 13 天也达到了 100%。这说明三者的防治效果均很理想,只是比例为 1:400 乙烯利水剂的药效较前 2 个比例缓慢一些。观察施药后云杉矮槲寄生花芽的死亡状况可以看出,比例为 1:100 的乙烯利水剂使花芽呈黄化干缩状死亡,比例为 1:200 的乙烯利水剂使花芽死亡时略呈黄绿色,花芽皱缩明显,而比例为 1:400 的药剂在使花芽死亡的同时,并不使花芽失绿,仅使其皱缩干瘪。因此,从综合经济和生态等方面的因素考虑,应用比例为 1:400 的乙烯利水剂效果更好。

不同药剂及其最佳比例的筛选试验结果显示:虽然 20% 国光萘乙酸粉剂及 50% 国光丁酰肼可溶性粉剂会使槲寄生的花芽死亡,对降低其结实率有一定的效果,但远没有乙烯利水剂效果好;相比之下虽然脱落酸的药效也较为明显,但由于其并不是直接杀死花芽而且造价昂贵,并不适于大面积林业防治中的推广应用。各比例的乙烯利水剂对降低云杉矮槲寄生的结实率都有非常明显的效果,但从应用中的经济 and 环境保护等综合因素角度出发,选用

1:400 比例的乙烯利水剂不但节约了防治成本,同时也将对其他森林植被的影响降至最小。本研究表明,在云杉矮槲寄生花期采用喷药防治是防止其种子形成和传播的有效途径,同时兼具生态和经济意义。然而,关于乙烯利水剂对植物内部寄生系统的持续抑制效果和相关机制还有待进一步研究。

矮槲寄生对针叶树种的生存状况构成了极大危害(Dobbertin *et al.*, 2005 ; 2006 ; Barney *et al.*, 1998), 由于其主要依靠种子弹射进行传播的生物学特性(Nicholls *et al.*, 1984) , 种子萌发的制约因子就成为其地理分布的主要依据。相关研究表明,持续 48 h 以上的 $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温会使矮槲寄生种子丧失发芽能力(Brandt *et al.*, 2004), 而三江源云杉林区内冬季的极端低温仅为 $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$, 属于云杉寄生的易扩散地域, 加之作为云杉矮槲寄生主要寄主的青海云杉、紫果云杉和川西云杉(*Picea likiangensis* var. *balfouriana*) 在当地生态环境中有着极其重要的地位(何友均等, 2004) , 因此为保护三江源地区的生态环境安全, 对该病害的防治工作就更显得尤为重要。

参 考 文 献

何友均, 崔国发, 冯宗炜, 等. 2004. 三江源自然保护区森林——草甸交错带植物优先保护序列研究. 应用生态学报, 15(8): 1307-1312.

罗建勋, 左 林. 2001. 云杉人工林材性变异的初步研究. 西北农林科技大学学报, 29(3): 29-34.

马建海, 张 鹏, 史冬梅. 2003. 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. 青海环境, 13(3): 108-110.

丘华兴, 任 纬. 1982. 西藏油杉寄生属一新种. 云南林学院学报, (1): 42-45.

吴征镒. 2003. Flora of China. 5. 北京: 科学出版社, 240-245.

周在豹, 许志春, 田呈明, 等. 2007a. 矮槲寄生的生物学特性及管理策略. 中国森林病虫, 26(4): 37-39.

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

游铭佩. 1985. 油杉寄生性病害生理和生物化学形状的研究. 西南林学院学报(1): 10-16.

游铭佩, 董 俊. 1987. 油杉寄生生物学特性及其对寄主为害性的研究. 西南林学院学报(1): 38-46.

Barney C W, Hawksworth F G, Geils B W. 1998. Hosts of *Viscum album*. Eur J For Path, (28): 187-208.

Brandt J P, Hiratsuka Y, Pluth D J. 2004. Extreme cold temperatures and survival of overwintering and germinated *Arceuthobium americanum* seeds. Can J For Res, (34): 174-183.

Dobbertin M, Hilker N, Rebetez M, *et al.* 2005. The upward shift in altitude of pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) in Switzerland - the result of climate warming? Int J Biometeor, (50): 40-47.

Dobbertin M, Rigling A. 2006. Pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality in the Rhone valley of Switzerland. For Patn, 36(5): 309-322.

Frankel S, Adams D. 1989. Reduction of dwarf mistletoe with the plant growth regulator ethephon. Forest Pest Management Rep. 89-1. San Francisco: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific

Southwest Region 5.

Gill L S. 1956. Summary of chemical tested for controlling western species of dwarf mistletoes (*Arceuthobium* spp.). Proceedings 3rd Annual Western International Forest Disease Work Conference. 1955 December. Spokane, WA, 18-25.

Hawksworth F G, Johnson D W. 1989. Mistletoe control with ethephon // van der Kamp B J. Proceedings 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. 1988 September 19-23, Park City, UT. Vancouver, BC: University of British Columbia, Department of Forest Sciences, 29-45.

Hawksworth F G, Wiens D. 1996. Dwarf mistletoes: biology, pathology, and systematics. U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Agric, 73-89.

Livingston W H, Brenner M L. 1983. Ethephon stimulates abscission of eastern dwarf mistletoe aerial shoots on black spruce. Plant Disease, 67: 909-910.

Livingston W H, Brenner M L, Blanchette R A. 1984. Altered concentrations of abscisic acid, indole-3-acetic acid, and zeatin riboside associated with eastern dwarf mistletoe infections on black spruce // Hawksworth F G, Scharpf R F (tech coords). Biology of Dwarf Mistletoes. Proceedings of the Symposium. August 8, 1984. Fort Collins, CO. Gen Tech Rep RM-111 (U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station), 53-61.

Livingston W H, Blanchette R A, Brenner M L, *et al.* 1985. Effective use of ethylene-releasing agents to prevent spread of eastern dwarf mistletoe on black spruce. Canadian Journal of Forest Research, 15: 872-876.

Nicholls T H, Hawksworth F G, Merrill L M. 1984. Animal vectors of dwarf mistletoe with special reference to *Arceuthobium americanum* on lodgepole pine // Hawksworth F G, Scharpf R F (tech coords). Biology of Dwarf Mistletoes. Proceedings of the Symposium. August 8, 1984. Fort Collins, CO. Gen Tech Rep RM-111 (U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station), 102-110.

Quick C R. 1963. Chemical control. Unit IX. Leafy mistletoes (*Phoradendron* spp.) Proceedings 10th Western International Forest Disease Work Conference. 1962 October 15-19. Victoria, Alberta (sic), 97-98.

Quick C R. 1964. Experimental herbicide control of dwarf mistletoe on some California conifers. Res Note PSW-47. Berkeley, CA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 9.

Robinson D C E, Geils B W, Muir J A. 2002. Spatial statistical model for the spread and intensification of dwarf mistletoe within and between stands // Crookston N L and Havis R N (comps.). Second Forest Vegetation Simulator (FVS) Conference. February 12-14, 2002, Fort Collins, CO. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-25 (U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station), 178-185.

Rey L, Sadik A, Fer A, *et al.* 1991. Trophic relations of the dwarf mistletoe *Arceuthobium oxycedri* with its host *Juniperus oxycedrus*. Journal of Plant Physiology, 138: 411-416.

Scharpf R F. 1972. Summation of tests for chemical control of dwarf mistletoe. Proceedings 19th Annual Western International Forest Disease Work Conference. 1971 September 13-17. Medford, OR, 80-83.

Snyder M A, Fineschi B, Linhart Y B, *et al.* 1996. Multivariate discrimination of host use by dwarf mistletoe *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptopodum*: inter- and intraspecific comparisons. Journal of Chemical Ecology, 22(2): 295-305.