

文章编号: 1001-1498(2007)05-0694-05

云南印楝区域试验寒害调查分析

张燕平, 彭兴民, 赖永祺

(中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224)

摘要:据印楝区域种植试验的常年观察,尤其是对苗木遭遇偶然低温寒害后的调查结果表明,极端低温是能否造成寒害或冻害的主要因素:极端低温 ≥ 2 ,不出现危害; >0 而 <2 ,会产生以枯叶和落叶为主的低温冷害,对植株持续生长无影响; <0 会发生冻害,导致枝干部分或全株干枯,直至死亡;轻霜对印楝生长无影响,重霜会引起寒害,若伴有结冰,则危害加剧,相对湿度大,危害更重。树势强,树龄大,抗寒能力加强。导致印楝出现冷害或冻害的确切临界温度,尚待试验证实。参照多年气象资料,在极端低温 >0 的地方种植印楝,不会受到低温影响;极端低温 <0 ,而出现概率极低的地方也可种植印楝,虽幼树可能会出现轻度寒害,但对生长发育无明显影响,仍能发挥印楝的生态效应和经济效应。

关键词:印楝;区域试验;寒害;干热河谷

中图分类号: S792.33

文献标识码: A

A Study on the Cold Injury of *Azadirachta indica* in the Regional Testing Areas of Yunnan Province

ZHANG Yan-ping, PENG Xing-min, LAI Yong-qi

(Research Institute of Resource Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Low temperature and cold injury need to be taken into account for the introduction of *Azadirachta indica* from its native with tropical climate condition to subtropical climate areas. The extremely low temperature is the most important factor to cold damage of *A. indica*. There was no cold injury in areas where the temperature was above 2 . In the range of $0 \sim 2$ some saplings exhibited symptoms of leaf fall and withering. The symptoms of tip, branch withering and stem death occurred as the lowest temperature was below 0 . Cold injury was exacerbated by heavy frost and ice. An increase in relative humidity aggravated the extent of cold injury. The result from yearly observation of cold damage and the analysis of meteorological data shows: branches or stems of trees died to different degrees throughout the winter, weak trees died, a few trees blossomed and fruited, and the fruits could not ripen when the mean daily minimum temperature lower than or equal to 0 was more than 1.5 days within one year. There was no cold injury to trees over 4 years old. Leaves of a few young trees died in the winter if the lowest temperature (below 0) occurred occasionally when the mean daily minimum temperature 0 drop down to 0 days in one year. When the lowest temperature ranged between $0 \sim 2$, young trees blossomed and fruited normally, some dieback occurred, and the tip or margin of leaflets dried. No symptom of cold injury occurred when the lowest temperature was above 2 in the winter. The oldest and strongest trees were more resistant to the coldness. Trees distributed in the valley-bottoms and on the northern slopes are apt to be affected by low temperatures.

Key words: *Azadirachta indica*; regional test; cold injury; dry-hot valley

收稿日期: 2006-09-10

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BA18B03)、国家林业局引进创新项目(2003-C01)和云南省科技计划项目(2005YX20)

作者简介: 张燕平(1963—),男,云南景谷人,研究员,主要从事经济林栽培研究。

印楝 (*Azadirachta indica* A. Juss.) 原产于热带或近热带的亚热带地区^[1]。印楝原产地年均温 21~32℃, 气温低于 4℃ 和有霜, 会造成落叶和幼树死亡。在巴基斯坦北部 0℃ 以下的地方, 印楝也能适应, 但幼树需罩膜保护^[2]。1986 年, 华南农业大学赵善欢教授^[3]从非洲引种印楝到海南省试种获得成功(种植地年均气温 24.3℃, 年均降水量 2 078 mm)。出于环境保护和农产品安全的需要, 无印楝自然分布的中国, 也引种印楝到热区, 尤其是造林极端困难的干热河谷地区试种^[4]。10 余年来, 对其引种繁殖栽培技术进行研究^[5,6], 已在干热河谷地区大面积推广^[7,8]。引种之初, 考虑到云南温度偏低, 大面积推广种植, 在一些地方很可能受到低温影响, 故试种初期就开始了以温度和雨量为主要气象要素的研究, 选择不同的地方设点进行印楝区域性种植试验, 并在每年冬季和春季, 观察印楝生长和寒害情况。

1999 年 12 月下旬, 云南出现了 40 年一遇的罕见低温, 为进一步研究印楝对低温的耐受能力提供

了一次难得的机遇。这次印楝低温寒害调查以后, 一直希望继续开展类似的调查研究, 但 7 年一直未出现异常低温。基于目前云南省已着手制定印楝产业发展规划, 为了给印楝寒害识别并为各地印楝的种植区划和林地选择提供参考, 对当年的观察和调查结果进行了总结。

1 林地概况

1.1 试验点的分布与自然概况

印楝区域性种植试验在布设时, 以已知干热河谷地区温度最高的元江点为温度上限, 在其它地区以温度相差约 2℃、年降水量相差约 200 mm 为梯度, 选定试验点为: 元江, 23°36'N, 101°59'E; 元谋, 25°44'N, 101°52'E; 景谷, 23°30'N, 100°42'E; 景东, 24°28'N, 100°52'E。4 个试验点中, 元江、元谋属于干热河谷。试验地除景东为弃耕地外, 其余均为草坡或稀树草坡。土层深厚, 但有机质含量低。基本气象元素如表 1。

表 1 调查点基本气象要素及印楝常年遭受寒害情况

| 项目 | 调查地点 | | | |
|-----------------|---------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| | 元江 | 元谋 | 景谷 | 景东 |
| 海拔高度 /m | 400.0 | 1 118.0 | 912.0 | 1 162.0 |
| 年均气温 /℃ | 23.8 | 22.0 | 20.2 | 18.3 |
| 最冷月平均气温 /℃ | 16.5 | 14.9 | 13.0 | 10.9 |
| 极端低温 /℃ | 2.0 | -1.3 | 0.2 | -1.4 |
| 年均日最低 0℃ 的天数 /d | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 |
| 年均霜日数 /d | 0.7 | 2.0 | 1.8 | 10.8 |
| 年均日照时数 /h | 2 261.7 | 2 670.4 | 2 049.4 | 2 105.7 |
| 年均降水量 /mm | 801.2 | 611.1 | 1 253.7 | 1 096.4 |
| 年均蒸发量 /mm | 1 750.0 | 3 911.2 | 1 915.4 | 1 746.8 |
| 年均相对湿度 /% | 68.0 | 53.0 | 78.0 | 77.0 |
| 常年寒害情况 | 无 | 苗和部分幼树枯叶、落叶, 少量枯梢; 开花结果正常。 | 部分幼树嫩叶尖和边沿干枯, 少量嫩叶脱落, 个别枝枯梢; 开花结果正常。 | 叶几乎全部脱落, 枝、干部分或全部干枯, 弱树死亡; 少量开花结果, 但不能成熟。 |

1.2 造林方法

在靠近气象观测站, 海拔高度也与之相近的地方营建试验林。种子繁殖, 袋苗, 定植时苗龄约 10 月, 苗高 >50 cm。砍除杂灌草后, 以 4 m ×4 m 的株行距挖定植穴, 规格为 60 cm ×60 cm ×60 cm。雨季初期定植。定植后 2 a 内, 每年雨季来临前铲除树周围的杂草。

1.3 试验点林木概况

种源来自缅甸、印度、非洲等地。2.5 年生(含

苗期)幼树, 株高 1.5~2.5 m, 地径 2.0~4.0 cm。1999 年 12 月偶然低温出现前, 在冬季温度较低的景东点, 出现枯枝、枯干, 来年春, 未干枯部分可萌生枝条, 且生长较快; 元谋点部分植株出现枯叶和落叶, 少量枯梢; 景谷点仅嫩叶边缘出现枯斑, 两点幼树都生长正常。元江点无低温危害症状。元江、元谋 2 点 4 年生树开花结果。各点均未发现病虫害。

2 调查时间和方法

2.1 调查时间

1999年12月下旬低温后,嫩叶很快显现危害症状,但枝干症状尚不易用肉眼识别。为确定调查时间,受害后持续观察症状变化。至2000年2月上旬,枝和干的危害症状已相当明显,故于2000年2月中旬进行调查。

2.2 危害症状观察

借鉴作物寒害的通常表现,并与未受害的植株进行比较,选择受害程度不同的植株,自梢端开始从上到下直至根部,观察顶芽、嫩叶、老叶、枝、干的颜色、形态、质地及落叶位置,确定危害症状。

2.3 危害程度分级

各点全面观察后,依据印楝的生长习性和1999年以前已有的认识,判断各种危害症状及其数量可能对植株持续生长的影响程度,结合便于操作,以株为单位制定危害程度的分级标准。经分析比较,定为6级。

0级:无危害症状;

1级:枯叶、落叶、无枯梢;

2级:枯梢枝比例小于全株末次分枝总数的1/2;

3级:枯梢枝比例等于或大于1/2,至末次分枝全部及其以下枝干干枯,但其长度比例小于总长度的1/2;

4级:枝干干枯长度等于或大于1/2,至全株干枯,但干的基部不受到伤害;

5级:除根以外,全部干枯。

2.4 取样与调查

原试验林地为每种源4次重复。此次调查时,对每一重复都进行调查,样方为5株×5株,逐株调查记录危害级别。计算危害株率,4级、5级受害株率和寒害指数。

2.5 受害后的生长发育

寒害调查时,选择危害级别比较典型的植株作标记,其后持续观察不同危害级别植株的萌芽、生长和开花结果期及其数量,并与未受害植株进行比较。

3 结果与分析

3.1 危害症状及其对持续生长的影响

印楝低温危害症状,从轻到重归纳起来为:叶

尖或(和)叶缘出现不规则的、面积大小不等的褐色斑块;枝梢部从上至下小叶或复叶脱落;落叶后,枝条梢部或上段呈现桔红色;枝(或干)梢部至不同年龄枝,甚至主干,部分或全部干枯,枯枝上的叶枯黄而不脱落。解剖观察,枝或干的干枯部分与未干枯部分分界明显整齐,界面如一横断面。分界线处明显上细下粗,无过渡症状。此种现象,树龄越小越明显。

据受害后持续生长发育的观察与调查,枯叶、落叶,乃至枝条上段变为桔红色的受害植株都能正常生长发育;枯梢后,未枯段前面的芽萌发后可起到顶芽的作用,不妨碍枝条的持续生长;而枝枯或干枯,新出的枝只能从下部未枯段上的不定芽形成,这样,即使以后不再受寒害,与正常株比较,开花结果期推迟,结果数量少,但经人为更新仍可成为正常植株。若再受寒害,如同景东点的情况一样,虽也成活,但丧失其生态价值和经济价值。从危害级别看,1级无影响,2级无明显影响,3级仅枝或干干枯的植株危害较重,但可改造成正常植株,4级和5级危害严重,已失去改造利用的价值。

3.2 偶然低温期间的重要气象要素与印楝受害程度差异

1999年12月下旬出现罕见低温,各点,甚至印楝未受害的元江,喜温作物如香蕉、咖啡等都严重受害。依据各试验点在此段期间的气象观测资料,择其相关要素和各点2.5年生印楝受害情况的调查结果,整理成表2。表2表明,寒害最重的是景东点,其次为元谋、景谷,元江无害。受害4、5级植株之和,依次分别为91.0%,19.6%,0.3%和0.0%,寒害指数依次分别为0.78,0.36,0.34和0.0。景东、元谋、景谷、元江4点比较,气象要素的显著差异是极端低温,前2点在0以下,后2点0以上;日最低气温0的日数,前2点为连续的4d(12月25—28日),后2点为0。景东与元谋比较,突出的是有4d结冰,相对湿度较高而日均最低温还略高于元谋。元谋与景谷比较,显著差异是景谷点的极端低温在0以上,日均最低温明显高于元谋。景谷与元江比较,极端低温,前者为0.9,后者为2.0;日最低温<2的天数,前者为3d,后者无;重霜日数前者为2d,后者为0。

表 2 1999 年 12 月 21 至 31 日寒害期重要气象要素与受害情况

| 项目 | 调查地点 | | | |
|-------------------|-------|------|------|------|
| | 景东 | 元谋 | 景谷 | 元江 |
| 日均日照时数 /h | 6.0 | 7.7 | 6.7 | 6.9 |
| 日均气温 / | 7.2 | 7.9 | 9.2 | 10.5 |
| 日均最低气温 / | 2.0 | 1.4 | 3.9 | 4.8 |
| 温度最低时段 (25—28 日) | | | | |
| 日均最低气温 / | -0.9 | -0.9 | 1.5 | 2.3 |
| 极端最低气温 / | -1.4 | -1.3 | 0.9 | 2.0 |
| 日最低气温 <4 日数 /d | 9 | 9 | 6 | 6 |
| 日最低气温 <2 日数 /d | 7 | 8 | 3 | 0 |
| 日最低气温 0 日数 /d | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 轻霜日数 /d | 5 | 5 | 5 | 8 |
| 重霜日数 /d | 0 | 3 | 2 | 0 |
| 结冰日数 /d | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 日均相对湿度 /% | 75.8 | 68.0 | 75.6 | 70.5 |
| 受害株率 /% | 100.0 | 98.5 | 97.9 | 0.0 |
| 寒害指数 | 0.78 | 0.36 | 0.34 | 0.0 |
| 受害 3 级植株比率 /% | 0.6 | 2.0 | 19.6 | 0.0 |
| 受害 4 级植株比率 /% | 90.6 | 17.6 | 0.3 | 0.0 |
| 受害最高级别 5 级植株比率 /% | 0.4 | 2.0 | 0.0 | 0.0 |

注: 样株数 1 042 株。

据上述,极端低温 0 以下,且持续时间较长,印楝会出现冻害,导致枝干干枯;若出现结冰,危害程度加重。极端低温 0~2,幼树会出现枯叶落叶和部分枝梢干枯的冷害。相对湿度高,助长低温危害。其可能原因是:印楝 10 月份以后进入干季生长,湿度大的点,雨水多,土壤水分含量高,而此时温度还较高(即使受害较重的元谋点,1999 年 11 月平均气温 16.9,12 月中旬均温 14,极端低温 5.5),植株生长还较活跃,枝叶组织水分含量高,呼吸旺盛,对突然出现的剧烈低温无适应准备,导致受害加重;重霜加重危害。据十余年来于冬季开展的对印楝生长和寒害观察,对照多年的气象要素统计结果(表 1)可以看出:元江的极端低温为 2.0,平均最低温 0 的日数为 0 d,无寒害;虽然景谷的年均温比元谋低 1.8,但景谷的极端低温为 0.2,且没有出现 0 的情况,而元谋的极端温度为 -1.3;常年冬季景谷仅出现枯叶,少落叶,个别枯梢;元谋出现的枯叶和落叶比例较高,有少量枯梢,开花结果均正常;景东极端低温 -1.4,平均日最低 0 的日数为 1.5 d,每年冬季都大量出现枝干干枯,弱树死亡,虽有开花结果,但不能成熟。可见极端低温是引起印楝低温寒害的极其主要的指标。

3.3 幼树生长势与寒害的关系

该次调查的树龄均较小,树的生长势以株高和

冠幅表示;同龄树,高大者视为生长势强。1.5 年生树,有些还未分枝,故未查冠幅。从表 3 中“寒害指数”和“4、5 级受害株比率”2 栏数据明显可以看出,1.5 年生树,树高相差约 50 cm,2.5 年生树树高相差约 100 cm,冠幅相差约 4 倍的不同长势的植株,其寒害程度差异极其明显。

表 3 印楝树的生长势与寒害关系调查结果

| 样地号 | 树龄 / a | 株高 / cm | 平均冠幅 / cm | 样株数 / 受害株 株 率 / % | 寒害 指数 | 4、5 级受害 株比率 / % | |
|------------------|--------|---------|-----------|-------------------|-------|-----------------|------|
| 元谋 ^{5#} | 1.5 | 22~50 | | 142 | 95.2 | 0.49 | 35.7 |
| | | 51~100 | | 149 | 100.0 | 0.44 | 28.7 |
| | | 101~162 | | 86 | 100.0 | 0.38 | 17.4 |
| 元谋 ^{7#} | 1.5 | 12~50 | | 107 | 100.0 | 0.65 | 65.4 |
| | | 51~100 | | 211 | 100.0 | 0.42 | 24.2 |
| | | 101~158 | | 110 | 99.1 | 0.31 | 8.2 |
| 元谋 ^{2#} | 2.5 | 平均 181 | 110 ×100 | 100 | 100.0 | 0.30 | 5.0 |
| | | 平均 300 | 210 ×210 | 142 | 80.0 | 0.04 | 0.0 |

3.4 树龄与寒害的关系

云南成功引种印楝始于 1995 年,到 1999 年月 12 月,树龄最大的仅 4.5 a,且都种在温度最高的元江,元谋仅在宅旁种有几株,故调查的都是 2.5、1.5 年生的树。树龄只相差 1 a,但从表 4 中 4、5 级的受害株率和寒害指数看,树龄高者受害更轻。表 4 显示,元谋于宅旁种植的 2.5 年生幼树也未遭受寒害,说明不同生境对印楝的耐寒性具有一定影响。

表 4 印楝树的树龄与寒害关系调查

| 地点 | 样地 位置 | 树龄 / a | 样株数 / 受害株 株 率 / % | 寒害 指数 | 4 级株 比率 / % | 5 级株 比率 / % | |
|----|-------|--------|-------------------|-------|-------------|-------------|-----|
| 景东 | 野外 | 2.5 | 256 | 100.0 | 0.78 | 90.6 | 0.4 |
| | | 1.5 | 195 | 100.0 | 0.81 | 96.9 | 3.1 |
| 元谋 | 野外 | 2.5 | 392 | 98.5 | 0.36 | 17.8 | 0.0 |
| | | 1.5 | 315 | 100.0 | 0.38 | 24.4 | 0.0 |
| | 宅旁 | 4.5 | 7 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| | | 2.5 | 15 | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 0.0 |

3.5 坡向坡位与寒害的关系

在出现寒害的 3 个试验点中,仅在元谋可找到种源相同、树龄相同而处于不同坡向坡位的林地,调查结果见表 5。从不同坡向看,北坡受害最重;东、南坡间无明显差异。不同坡位的寒害调查,选在高度差异不大的窄沟,其上为较宽台地。调查结果表明,尽管坡面上下高差仅 20 m,但处于上坡位、中上坡位、中下坡位和近谷底坡下位的植株,受害程度差异极其显著,4 级受害株率的差异更明显。照常理解,为冷空气下沉积聚所致。在不会出现寒害的地方,种植印楝时不必考虑坡向坡位问题。

表 5 坡向和坡位与印楝寒害关系调查

| 样地位置 | 坡向 | 坡位 | 海拔高度 /m | 样株数 /株 | 受害株率 /% | 寒害指数 | 4级株比率 /% | 5级株比率 /% |
|------|----|-----|-------------|--------|---------|------|----------|----------|
| 小丘 | 北 | | | 127 | 99.2 | 0.31 | 1.6 | 3.9 |
| | 东南 | 上~下 | 1150 ~ 1130 | 259 | 93.4 | 0.23 | 1.2 | 0.0 |
| | 南 | | | 185 | 100.0 | 0.23 | 1.1 | 0.0 |
| 沟谷 | 东北 | 上 | | 99 | 96.0 | 0.23 | 0.0 | 0.0 |
| | | 中上 | 1120 ~ 1100 | 99 | 98.0 | 0.37 | 18.2 | 0.0 |
| | | 中下 | | 96 | 100.0 | 0.38 | 19.8 | 0.0 |
| | | 下 | | 98 | 100.0 | 0.45 | 32.7 | 0.0 |

注：西坡无树。

4 初步结论

1999年12月下旬云南出现的罕见低温,各个区域性试验点上印楝幼苗所遭受的危害差异很大,从未受影响到枝干大部干枯,直至死亡,其调查结果对认识印楝低温寒害很有意义。它虽不如严格试验设计的研究结果精确,但它是客观事实,并与常年的寒害观察结果相一致,仍能反应低温对印楝生长的影响,对印楝寒害研究、引种、种植区划和林地选择具有重要的参考价值。

(1)寒害是否产生和危害程度如何,关键性气象因子是低温强度及其持续时间。该调查结果表明:极端低温 -2 ,印楝不会出现寒害;极端低温 $0 \sim -2$,幼树会产生以枯叶和落叶为主要症状的冷害,几乎不出现枯梢,对树的持续生长无影响;极端低温 < 0 时,出现大量枯梢、枯枝甚至干枯的冻害,严重影响生长,直至死亡。重霜会产生危害,若出现结冰,危害程度加剧。相对湿度大,危害更重。精确的印楝受冷害和冻害的临界温度、不同低温强度及其持续时间与危害强度的关系,尚待进一步研究。

(2)印楝幼树的生长势和树龄与低温危害程度密切相关。树的生长势越强,抗寒害的能力越强;树

龄较大的植株抗寒害的能力比树龄小的强。

(3)在可能出现寒害的地方种植印楝,需考虑低温沉积的“冷湖现象”。沟谷底部温度更低,受害会更重;随坡面向上,温度渐次较高寒害程度也渐次减轻。在坡地种植印楝,北坡较易遭受寒害,应注意防护。

参考文献:

- [1] National Research Council. Neem-A Tree for Solving Global Problems [M]. Washington, DC: National Academy Press, 1992
- [2] Schmutterer H. The tree and its characteristics [A]. In: Schmutterer H. The Neem Tree: *Azadirachta indica* A. Juss. And Other Meliaceous Plants [M]. VCH, Weinheim. 1995: 1 ~ 34
- [3] 赵善欢,张业光,蔡德智,等. 印楝引种试验初报 [J]. 华南农业大学学报, 1989, 10(2): 34 ~ 39
- [4] 张燕平,赖永祺,彭兴民,等. 印楝的世界地理分布与引种栽培概况 [J]. 林业调查规划, 2002, 27(3): 98 ~ 101
- [5] 彭兴民,张燕平,赖永祺,等. 印楝生物学特性及引种栽培 [J]. 林业科学研究, 2003, 16(1): 75 ~ 80
- [6] 张燕平,赵粉侠,刘秀贤,等. 干热河谷印楝生长与立地条件关系 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(1): 74 ~ 79
- [7] 赖永祺. 印楝栽培 [M]. 昆明:云南科技出版社, 2003
- [8] 赵元藩. 政府的有效组织与云南印楝产业的快速发展 [J]. 林业调查规划, 2006, 31(6): 71 ~ 73