

# 不同致死因素对抗逆剂侧柏蘸浆造林效果的影响

张斌善<sup>1,2</sup>, 王培新<sup>3</sup>, 张芳宝<sup>4</sup>, 孟惠荣<sup>5</sup>, 韩崇选<sup>1\*</sup>

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 汉中市森林病虫害防治检疫站, 陕西 汉中 723000;  
3. 陕西省森林病虫害防治检疫总站, 陕西 西安 710082; 4. 延安市森林病虫害防治检疫站, 陕西 延安 716000;  
5. 咸阳市森林病虫害防治检疫站, 陕西 咸阳 712000)

**摘 要:**以多效抗旱驱鼠剂(RPA)为参照,利用蘸浆造林方法比较了不同地区采用纳米植物抗逆剂(NPA)和RPA侧柏蘸浆造林的整体效果,分析了干旱、鼯鼠、草兔和其他因素对林木致死作用的变化。结果表明,引起造林后侧柏死亡的主要因素是干旱和鼠(兔)害,其定植当年和3年的致死贡献率分别为63.9%、32.4%和63.0%、35.1%。药剂处理区的干旱致死贡献率增强,鼠(兔)害致死贡献率减弱。定植当年NPA和RPA的综合预防效果为69.2%和39.0%。其中,干旱为59.4%和18.0%,鼠(兔)害为97.1%和92.8%。定植3年的综合预防效果为84.6%和68.6%。其中,干旱为80.9%和63.0%,鼠(兔)害为93.6%和82.8%。其他因素致死作用重复与地区间变异较大,与药剂试验关联不紧密,对野外试验,尤其是鼠(兔)害预防效果评价干扰极大,分析时必须剔除。

**关键词:**纳米型植物抗逆剂;蘸浆造林;抗旱;促长

**中图分类号:**S725.71      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2014)04-0132-07

## Influence of Different Lethal Factors on Afforestation by Dipping Roots of *Platycladus orientalis* in A Clay Slurry with Plant Stress-resistance Agents

ZHANG Bin-shan<sup>1,2</sup>, WANG Bei-xin<sup>3</sup>, ZHANG Fang-bao<sup>4</sup>, MENG Hui-rong<sup>5</sup>, HAN Chong-xuan<sup>1\*</sup>

(1. College of Forestry North-west A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Hanzhong Station of Forest Pest Management, Hanzhong, Shaanxi 723000, China; 3. Shaanxi Station of Forest Pest Management, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 4. Yanan Station of Forest Pest Management, Yanan, Shaanxi 716000, China; 5. Xianyang Station of Forest Pest Management, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** Referring to RPA, the whole afforestation effects of dipping *Platycladus orientalis* in a clay slurry contained NPA or RPA in different areas were compared, and the changes of the roles of drought, zokor, hare and other factors in the death of tree were analyzed. The results showed that the main causes of death of *P. orientalis* seedlings were drought and rodent damage, accounting for 63.9% and 32.4% in the first year and 63.0% and 35.1% in the third year. In drug treated area, the drought lethality contribution rates increased, and rodent lethal contribution rate reduced. In the first year comprehensive prevention effects of NPA and RPA were 69.2% and 39.0%. Among them, prevention effects were 59.4% and 18.0% from drought resistance, 97.1% and 92.8% for rodent damage control. After three years, comprehensive prevention effects were 84.6% and 68.6%. Prevention effects were 80.9% and 63.0% on drought, 3.6% and 82.8% on rodent damage. Other factors on the lethal effects were not significant.

**Key words:** nano-type plant anti-adversity agent (NPA); dipping afforestation; drought resistance; promoting growth

收稿日期:2013-09-30    修回日期:2014-03-04  
基金项目:国家林业公益性行业专项(201404405);国家林业局重点项目(2012-02)。  
作者简介:张斌善,男,高级工程师,研究方向:森林病虫害治理。E-mail:hsenfong@163.com  
\* 通信作者:韩崇选,男,教授,研究员,研究方向:森林鼠害治理。E-mail:sendakingcat@qq.com

侧柏(*Platycladus orientalis*)耐干旱瘠薄、适应性强,是我国黄土高原的主要造林树种<sup>[1-3]</sup>。但因黄土高原特有的地形地貌、土壤和气候条件,使其成为我国干旱频发和鼠(兔)猖獗的生态脆弱地区<sup>[4-5]</sup>。造成大面积的人工幼林退化,局部甚至陷入了常常造林不见林的恶性循环<sup>[6-7]</sup>。严重降低林业生态工程建设的整体质量和综合效益,制约当地经济协调发展。如何实现鼠(兔)害预防与抗旱造林的有机结合,做到从造林源头预防害鼠(兔)的发生是人们致力寻找的理想目标<sup>[8-11]</sup>。改变造林方式、培育抗性树种和开发新型植物抗逆剂是人们研究的热点问题<sup>[12-16]</sup>。其中,利用植物抗逆剂对苗木进行处理是一条有效的途径<sup>[17-28]</sup>。准确评价植物抗逆剂的功效,使其功能最大化,是合理使用抗逆剂的前提<sup>[29-30]</sup>。为此,以多效抗旱驱鼠剂(RPA)为参考,采用蘸浆造林方法研究了不同地区纳米型植物抗逆剂(NPA)蘸浆造林后林木的抗旱能力和鼠(兔)害发生情况,分析蘸浆处理后干旱、鼯鼠、草兔和其他因素对侧柏致死作用的变化规律,定量探讨各种致死因素对林木存活率的影响程度,为制定 NPA 蘸浆造林效果评价体系和科学使用提供参数。

## 1 材料与方法

2008 年 7 月通过踏查,选择以榆林米脂、延安宝塔和宝鸡麟游等 3 个黄土高原典型立地为试验区。试验区年均降水量依次为 483.4、549.9 mm 和 640.4 mm;年均温度为 7.8℃、9.4℃和 9.2℃;海拔分别为 1 250~1 580、895~1 035 m 和 1 350~1 520 m。米脂土壤为黄土母质上发育的山地棕褐土和栗钙土,水土流失严重。宝塔土壤为垆土、黑垆土和黄绵土等,麟游土壤为垆土和森林黄土性黄土。主要造林树种有沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、柠条(*Caragana microphylla*)、山桃(*Amygdalus davidiana*)、山杏(*Prunus armenica*)和油松(*Pinus tabulaeformis*)等。试验区内农林交错分布,牛羊危害比较严重,为鼯鼠(*Myospalax* spp.)和草兔(*Lepus capensis*)的重发区。

2009 年 4 月,分别在 3 个试验点,用 150 倍的 NPA 和 RPA 水溶液兑成泥浆,对 2 年生侧柏苗进行蘸浆处理,各浓度设 3 次重复,并设不加药泥浆对照。每重复 0.2 hm<sup>2</sup>。造林后,于 2009 年 4 月、10 月和 2011 年 10 月,按干旱致死(干枯)、鼯鼠咬根、兔害剪株(地面害鼠)和其他因素致死(践踏、碾压、水土掩埋等)调查各处理苗木死亡情况,对调查的数据

分类整理,利用 3 次重复值计算标准误差,比较不同处理方法的差异,评价 2 种药剂对苗木存活率的影响<sup>[17-21]</sup>。同时利用各因子对林木致死贡献率定量分析各因子对侧柏存活状况的作用;用变异系数(*Cv*)讨论其他因素数据的离散程度和与药剂处理的关系。

## 2 结果与分析

用各因子致死贡献率进行最近相邻法对防治方法、致死因素聚类分析,可将药剂处理 and 对照各重复分为 2 大类(表 1,图 1)。第 1 类为对照。其中,定植 3 a 的对照在 2.241 处聚为 1 类,而与定植当年对照在 5.836 处合并为 1 类。第 2 类为 NPA 和 RPA 处理(图 1 左)。不同地区各年份资料差异明显,分成了若干小类。同时在 12.702 处将致死因素分为 3 类。第 1 类为干旱因子。其中,米脂和宝塔点干旱因子比较相近,在 1.204 处聚为 1 类。第 2 类为其他致死因素,各点之间距离较远,作用有所差异。第 3 类为鼯鼠和草兔致死因子,不同地区差距相对较大(图 1 右)。其中,米脂点两者在 6.541 处聚为 1 类,宝塔点在 5.235 处聚为 1 类,而麟游点鼯鼠和草兔贡献率差异较大。所以结果分析应按地区进行,也可将鼯鼠与草兔危害归类统计。

### 2.1 不同因素的致死作用

对照区侧柏总致死率从北向南依次降低。定植当年总致死率与油松<sup>[21]</sup>差距逐步递减,而定植 3 a 的依次递增。其中,定植当年总致死率为 28.6%(28.3%~28.8%);定植 3 a 的总致死率为 68.1%(63.3%~71.2%)。

2.1.1 干旱是侧柏定植后致死的首要因素 干旱对侧柏的致死率明显低于油松<sup>[21]</sup>,其致死率从北向南依次降低。定植当年的致死率为 18.4%(16.0%~20.4%)。定植 3 a 的干旱致死率为 43.3%(30.1%~52.3%)(与油松差异极显著, $p<0.01$ )。干旱致死贡献率从北向南依次下降,差距逐次扩大。其中,定植当年贡献率为 63.9%(55.6%~71.2%);定植 3 a 的贡献率为 63.0%(47.6%~73.5%)(表 1)。

2.1.2 鼠(兔)害的综合作用是引起侧柏死亡的第 2 大原因 鼠(兔)害对侧柏的致死率从北向南依次加大。定植当年,侧柏的致死率为 9.2%(7.2%~11.7%)(地区间差异显著, $p<0.05$ ),其中米脂与宝塔差异不显著,米脂与宝塔差异极显著,宝塔与麟游差异显著。定植 3 a 侧柏致死率为 23.5%(17.6%~32.4%)(地区间差异极显著),其中米脂与宝塔差异不显著,米脂、宝塔与麟游差异极显著;

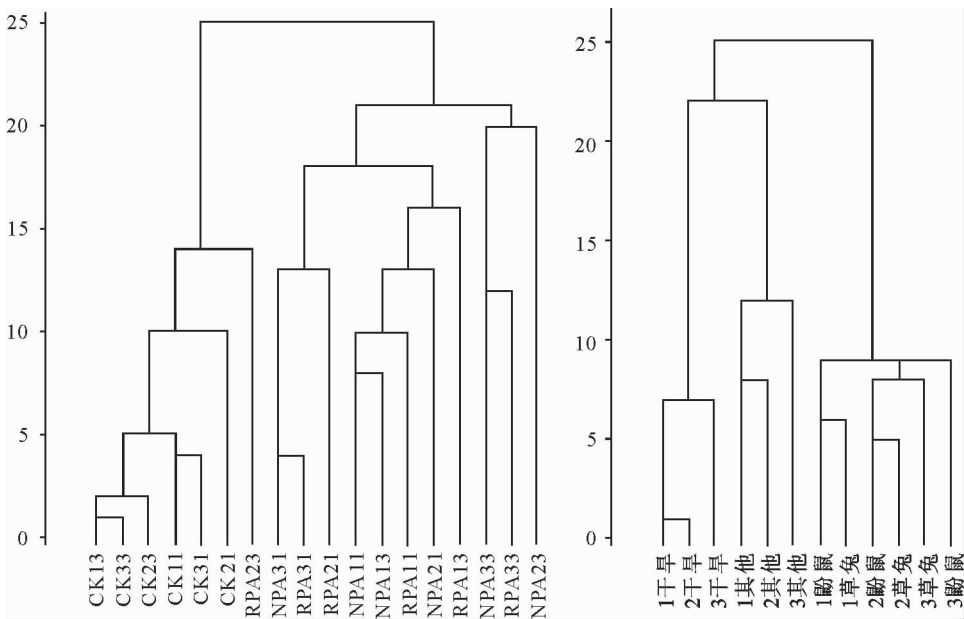


图 1 各因子对侧柏致死作用最近相邻法树状图

Fig. 1 Dendrogram of lethal factors using single linkage in arborvitae

麟游鼠(兔)害对侧柏的致死率高于干旱对侧柏的致死率(表 1)。

2.1.2.1 草兔危害是引起侧柏死亡的关键因子  
草兔对侧柏的致死率比油松明显增大,其致死率和与油松的差幅从北向南逐渐增大。定植当年的致死率为 5.6%(4.3%~6.7%)(与油松差异显著);定

植 3 a 的致死率为 15.2%(10.7%~21.3%)(与油松差异极显著)。其致死贡献率变化规律与致死率相同。定植当年的贡献率为 19.8%(15.0%~24.2%);定植 3 a 贡献率为 22.7%(15.0%~33.6%)(表 1)。

表 1 各种致死因素对侧柏试验效果的贡献

Table 1 Contributions of various lethal factors to the test results in arborvitae

地点	定植 年限/a	处理	致死株数/株				致死贡献率/%			
			干旱	鼯鼠	草兔	其他	干旱	鼯鼠	草兔	其他
米脂	1	NPA	24.0±2.6	0.0±0.0	0.0±0.0	3.7±2.2	88.4±5.2	0.0±0.0	0.0±0.0	11.6±5.2
		RPA	56.3±4.5	0.0±0.0	0.0±0.0	5.0±2.3	91.9±3.9	0.0±0.0	0.0±0.0	8.1±3.9
		CK	61.3±3.2	8.7±0.3	13.0±1.0	3.3±0.9	71.1±0.8	10.1±0.2	15.0±0.3	3.8±0.8
	3	NPA	25.7±3.0	2.3±0.7	3.7±1.9	3.7±2.2	72.2±3.0	6.9±2.2	11.0±5.5	10.0±5.4
		RPA	58.3±5.0	5.0±0.6	7.3±2.7	5.3±2.3	76.7±0.5	6.6±0.8	9.4±3.4	7.3±3.6
		CK	157.0±4.0	20.7±0.3	32.0±1.0	4.0±1.0	73.5±0.3	9.7±0.1	15.0±0.1	1.9±0.4
宝塔	1	NPA	21.3±2.7	0.3±0.3	0.0±0.0	5.3±1.9	79.8±5.3	1.0±1.0	0.0±0.0	19.2±4.5
		RPA	48.3±5.9	0.7±0.3	1.3±0.3	6.3±2.4	85.1±5.3	1.3±0.6	2.4±0.6	11.2±4.4
		CK	56.0±2.6	8.7±0.3	17.3±0.9	4.0±0.6	65.1±0.6	10.1±0.2	20.2±0.2	4.6±0.6
	3	NPA	23.3±2.7	1.0±0.6	2.3±0.9	6.7±1.8	69.7±1.8	3.0±1.6	7.0±2.3	20.3±5.0
		RPA	52.7±5.5	3.7±0.7	6.3±1.8	7.7±2.2	74.6±2.0	5.3±1.1	8.7±2.0	11.4±4.0
		CK	142.33.5	21.0±0.6	40.7±0.9	5.3±0.9	68.0±0.2	10.0±0.0	19.4±0.1	2.5±0.4
麟游	1	NPA	21.3±7.0	1.0±0.6	1.7±0.3	1.0±0.0	83.7±3.4	4.3±2.3	7.2±1.1	4.9±1.5
		RPA	31.3±7.8	2.0±0.6	2.7±0.3	1.3±0.3	81.7±5.7	6.4±3.1	8.1±2.4	3.8±0.9
		CK	48.0±9.5	15.0±2.3	20.0±1.5	2.0±0.6	55.6±3.0	17.6±0.2	24.2±2.3	2.6±1.1
	3	NPA	21.3±7.0	1.0±0.0	1.7±0.3	1.0±0.0	83.2±3.6	4.8±1.5	7.1±0.9	4.8±1.5
		RPA	32.7±6.4	4.7±1.8	7.7±1.8	2.0±0.6	68.3±9.4	10.3±4.5	16.9±4.9	4.4±1.4
		CK	90.3±4.2	33.3±2.0	64.0±4.4	2.3±0.9	47.6±1.0	17.5±0.1	33.6±0.5	1.2±0.4

2.1.2.2 鼯鼠咬根是导致侧柏直接死亡的直接因素  
定植当年,米脂和宝塔的致死率基本相同,麟游的致死率较高,均值为 3.6%(2.9%~5.0%)。定植 3 a 致死率从北向南依次提高,均值为 8.3%(6.9%~

11.1%)。鼯鼠对侧柏致死贡献率从北向南依次增加。定植当年的为 12.6%(10.1%~17.6%);定植 3 a 贡献率为 12.4%(9.7%~17.5%)。

2.1.3 其他因素是导致侧柏死亡的随机因子 宝

塔点其他因素对侧柏的致死率相对较高,麟游点的相对较低。定植当年的致死率为 1.0%(0.7%~1.3%);定植 3 a 致死率为 1.3%(0.8%~1.8%)。致死贡献率变化趋势与其致死率相同。定植当年为 3.9%(2.6%~4.6%);定植 3 a 的贡献率为 1.9%(1.2%~2.5%)(表 1)。

2.2 NPA 和 RPA 对致死作用的综合影响

2.2.1 对致死率的作用 NPA 和 RPA 蘸浆造林后,侧柏的总致死率大幅度下降,从北向南依次降低。定植当年与对照的降幅依次扩大,定植 3 a 的 NPA 递减,RPA 递增;NPA 与 RPA 的降幅逐次缩小。其中,NPA 处理区定植当年的侧柏总致死率为 8.9%(8.3%~9.2%),与对照相差 19.7%(19.6%~20.0%)。RPA 总致死率为 17.3%(12.4%~20.4%),比对照降低了 11.3%(8.3%~15.9%)。NPA 对 RPA 降幅为 8.4%(4.1%~11.2%)。定植 3 a NPA 总致死率为 10.4%(8.3%~11.8%)),

比对照下降了 57.7%(55.0%~59.4%)。RPA 总致死率为 21.5%(15.7%~25.3%),地区整体差异显著,其中米脂与宝塔差异不显著,宝塔与麟游差异显著,米脂与麟游差异极显著;比对照降低 46.6%(45.9%~47.7%)。NPA 比 RPA 减少了 11.1%(7.3%~13.6%)(表 1,图 2)。

2.2.2 综合预防效果的变化 综合预防效果从北向南逐渐提高,NPA 相对 RPA 的增幅逐步降低。定植当年 NPA 和 RPA 预防效果为 69.2%(67.9%~70.8%)和 39.0%(27.8%~56.1%),相差 30.1%(14.8%~40.2%)。定植 3 a 为 84.6%(83.4%~86.3%)和 68.6%(64.5%~74.9%),其中后者米脂与麟游差异显著。两者相差 16.0%(11.4%~18.9%)。NPA 定植 3 a 的累积预防效果比定植当年的提高 15.4%(15.3%~15.5%),RPA 提高 29.5%(18.9%~36.7%)(表 1,图 2)

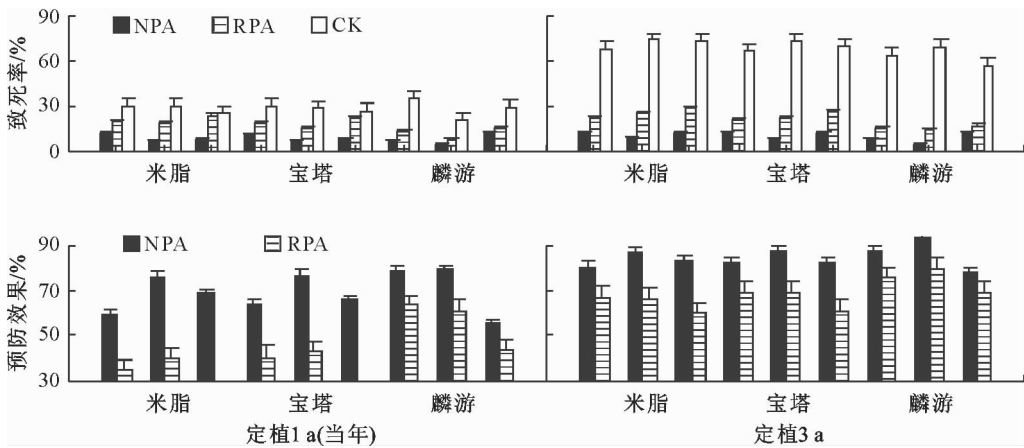


图 2 NPA 和 RPA 对致死作用的综合影响

Fig. 2 The comprehensive influence of NPA and RPA on lethal effect

2.3 NPA 和 RPA 对干旱和鼠(兔)害致死作用的影响

2.3.1 干旱因子 药剂处理区干旱对侧柏的致死率明显下降,但其致死贡献率比对照相应提高。

2.3.1.1 对林木的致死作用 药剂处理区干旱因子对侧柏致死率从北向南依次降低。定植当年 NPA 与对照的降幅依次缩小,RPA 逐渐增大;定植 3 a 2 种药剂与对照的降幅均逐渐缩小。NPA 处理区致死率明显低于 RPA,两者差幅从南向北递减。NPA 定植当年致死率为 7.4%(7.1%~8.0%),与对照降幅为 11.0%(8.9%~12.4%),差异显著。RPA 的致死率为 15.1%(10.4%~18.6%),与对照降幅为 3.3%(1.7%~5.6%)。NPA 与 RPA 相差 7.7%(3.3%~10.8%),差异极显著。定植 3 a NPA 的总致死率为 7.8%(7.1%~8.6%),比对照

降低 35.5%(23.0%~43.8%)差异极显著。RPA 的致死率为 16.0%(10.9%~19.4%),比对照下降 27.3%(19.2%~32.9%)。NPA 比 RPA 降低为 8.1%(3.8%~10.9%),差异极显著(表 1)。

2.3.1.2 对致死贡献率的影响 定植当年,NPA 贡献率米脂最高,宝塔最低,均值为 84.0%(79.8%~88.4%);麟游与对照降幅最大,宝塔最低,均值为 20.0%(14.7%~28.1%)。RPA 贡献率从北向南依次降低,均值为 86.3%(81.8%~91.9%);麟游与对照增幅最高,宝塔相对较低,均值为 22.3%(20.0%~26.2%)。米脂与宝塔 RPA 比 NPA 贡献率增加,而麟游降低,平均提高 2.3%(−1.9%~5.3%)。NPA 定植 3 a 的贡献率麟游最高,宝塔最低,均值为 75.0%(69.7%~83.2%);米脂比对照有所降低,宝塔和麟游比对照增加,平均增幅为

12.0%(−1.3%~35.6%)。RPA 贡献率从北向南逐渐降低,均值为 73.2%(68.3%~76.7%),与对照增幅从北向南依次扩大,均值为 10.2%(3.3%~20.7%)。米脂与宝塔比对照贡献率降低,麟游增强,平均提高 1.8%(−4.5%~14.9%),差异不显著(表 1)。

2.3.1.3 2 种药剂干旱预防效果的变化 定植当年宝塔的 NPA 预防效果最高,麟游最低,均值为 59.4%(55.7%~61.8%);RPA 的预防效果从北向南逐渐提高,但总体效果较差。均值为 18.0%(6.8%~34.6%)。从北向南两药剂预防效果差异逐渐降低,NPA 预防效果比 RPA 增加了 41.5%(21.1%~53.9%)。定植 3 a 的 NPA 预防效果从北向南逐渐降低,均值为 80.9%(75.6%~83.6%);RPA 预防效果相对稳定,均值为 63.0%(62.9%~63.1%)。两者差异从北向南逐渐缩小,NPA 比 RPA 高 17.9%(12.5%~20.6%)(表 1)。

2.3.2 鼠(兔)害 鼠(兔)对林木的致死作用主要是鼯鼠咬根和草兔剪株,常导致林木直接死亡。

2.3.2.1 对林木的致死作用 药剂处理区鼠(兔)害对侧柏的致死率明显下降。定植当年,药剂处理区草兔对侧柏的剪株危害相对较低,从北向南有降低的趋势;与对照区降幅逐渐扩大。鼯鼠对侧柏的致死率从北向南递增,麟游与对照降幅较大,宝塔相对较小;药剂间差异逐渐增大。鼠(兔)综合致死率从北向南依次增加,两者差距以及与对照降幅逐渐扩大。定植 3 a, NPA 草兔致死率从北向南逐渐减少;RPA 宝塔最低,麟游最高;NPA 与 RPA 降幅,以及与对照的降幅均逐渐扩大。NPA 鼯鼠致死率从北向南依次降低,RPA 米脂较高,宝塔较低;与对照降幅和两药剂差异逐渐扩大。NPA 鼠(兔)综合致死率从北向南依次降低,RPA 的米脂和麟游较高,宝塔较低;两者差距以及与对照降幅逐渐扩大(表 1,图 3)。

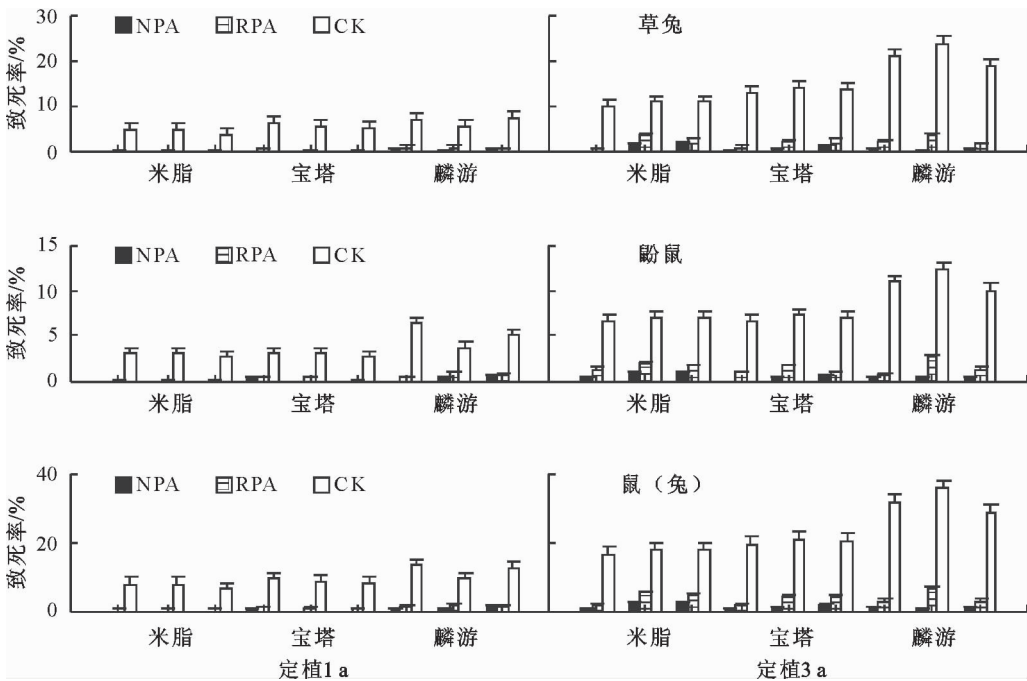


图 3 NPA 和 RPA 对鼠(兔)致死率的影响

Fig. 3 The influence of NPA and RPA on rodent (hare) lethal rate

2.3.2.2 对致死贡献率的影响 与对照相比,药剂处理区的致死贡献率明显降低。定植当年药剂处理区草兔致死贡献率从北向南有所增强;NPA 相对 RPA 增幅,以及其与对照间降幅均以宝塔最大,米脂最小。鼯鼠对侧柏的致死贡献率从北向南依次降低,两者差异逐渐增强;与对照降幅以麟游最大,宝塔较小。鼠(兔)综合致死贡献率从北向南逐渐增强,两者差距及其与对照的降幅也依次扩大。定植 3 a, NPA 处理区的草兔对侧柏的致死贡献率从北向南具有降低的趋势,而 RPA 处理区有上升的趋

势,两者与对照的降幅均依次扩大。NPA 处理区鼯鼠致死贡献率和鼠(兔)综合致死贡献率以米脂较高,而 RPA 以麟游较高,宝塔均相对较低;与对照的降幅和两者间差异从北向南递增(表 1,图 4)。

2.3.2.3 2 种药剂鼠(兔)害预防效果的变化 定植当年的预防效果从北向南依次降低,NPA 相对 RPA 的增幅依次扩大。而定植 3 年的预防效果依次提高,增幅依次缩小。米脂和宝塔定植当年的对草兔和鼯鼠的预防效果高于定植 3 a 的累积效应,其中米脂差异较大,而麟游定植当年预防效果低于



3 a 累积效果,综合预防效果差幅从北向南逐渐缩小 (表 1)。

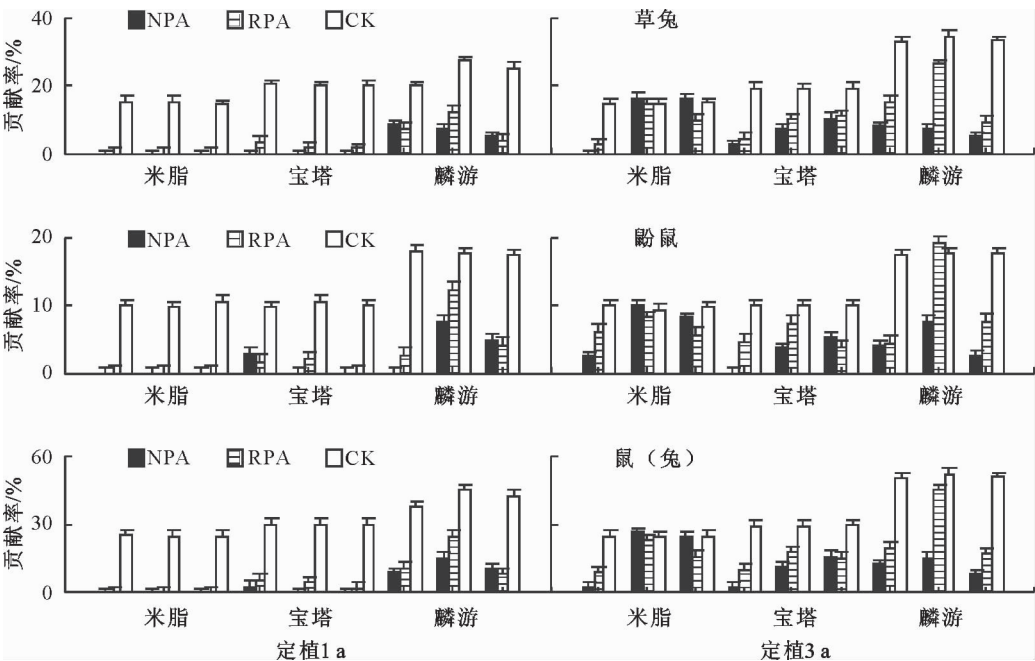


图 4 NPA 和 RPA 对鼠(兔)致死贡献率的影响

Fig. 4 The influence of NPA and RPA on lethal contribution rate of rodent (hare)

2.4 NPA 和 RPA 与其他因素的关系

2.4.1 对林木的致死作用 NPA 和 RPA 处理区其他因素对林木的致死率以宝塔最高,麟游最低;两者差异从北向南依次扩大。定植当年 NPA 和 RPA 处理区其他因素对林木的致死率为 1.1%(0.3%~1.8%)和 1.4%(0.4%~2.1%)。NPA 比 RPA 低 0.3%(0.1%~0.4%)。定植 3 a 药剂处理区的致死率为 1.3%(0.3%~2.2%)和 1.7%(0.7%~2.6%),相差 0.4%(0.3%~0.6%)(表 1)。

2.4.2 对致死贡献率的影响 其他因素对侧柏的致死贡献率及其与对照增幅均以宝塔最高,麟游最低;两者差异也以宝塔最大,麟游最小。其中,定植当年 NPA 和 RPA 贡献率为 11.9%(4.9%~19.2%)和 7.7%(3.8%~11.2%),比对照高 8.2%±(2.2%~14.6%)和 4.0%(1.2%~6.6%)。定植 3 a 两者的贡献率为 11.7%(4.8%~20.3%)和 7.7%(4.4%~11.4%);两者相差 9.8%(3.6%~17.7%);比对照分别增加 9.8%(3.6%~17.7%)和 5.8%(3.2%~8.8%)(表 1)。

3 结论与讨论

导致侧柏造林后林木死亡的主要原因包括干旱、有害生物危害和其他致死因素(人为活动与水土流失)等。试验区内定植当年侧柏总致死率均值为 28.6%,比油松低 16.8%( $p<0.01$ )。定植 3 a 的总致死率为 68.1%,相对油松降低 13.7%( $p<$

0.01)<sup>[21]</sup>。

干旱是侧柏造林后死亡的首要原因。定植当年的致死贡献率为 63.9%,相对于油松降幅 22.6%( $p<0.01$ )。定植 3 a 致的死贡献率为 63.0%,比油松下降 8.3%。鼠(兔)害的综合作用是引起侧柏死亡的第 2 大原因。定植当年,侧柏的致死率为 9.2%,比油松增加 3.7%( $p<0.01$ )。定植当年与 3 a 的贡献率为 32.4%和 35.1%,与油松相比较增幅为 20.3%( $p<0.01$ )和 7.6%。其中,定植 3 a 麟游的鼠(兔)害资深贡献率高于干旱贡献率,成为了当地侧柏的首要致死因素。其他因素是导致侧柏死亡的随机因子。定植当年和 3 a 的致死贡献率为 3.9%和 1.9%,比油松增加 2.3%( $p<0.01$ )和 0.7%<sup>[21]</sup>。

NPA 和 RPA 蘸浆造林后,侧柏总致死率从北向南依次降低;与对照相比,总致死率大幅度下降。综合预防效果从北向南逐渐提高,NPA 与 RPA 的增幅逐步缩小。NPA 与 RPA 处理区,干旱致死率明显降低,而致死贡献率比对照有所增加。NPA 的预防效果相对稳定,RPA 定植当年的预防效果地区差异明显,整体效果较差。药剂处理区草兔、鼯鼠以及鼠(兔)综合致死率比对照明显降低,其致死贡献率也比对照显著降低。对鼠(兔)害的预防效果相对稳定,整体预防效果很高。定植当年的预防效果从北向南依次降低,NPA 相对 RPA 的增幅依次扩大;而定植 3 a 的预防效果依次提高,增幅依次缩小。

其他因素对林木的致死作用受人为活动、土壤类型、坡位坡度、降水强度以及试验地植被状况等的影响,具有很大的随机性、地域性和时域性。野外试验中难以辨析、归类和控制。其调查数据在重复与地区间离散程度很高,变异较大,与药剂试验关联不紧密。往往会引起较大的系统误差,对不同地区野外试验数据采集干扰差异很大。直接影响野外试验的准确性,尤其对鼠(兔)害控制作用评价影响更显著,甚至会得出完全背离实际的结论。试验时,要制定科学的数据采集标准,做到分类记载、分项统计,将其他因素对试验结果的干扰限制在统计允许范围内。

参考文献:

[1] 王玉山,邢世岩,唐海霞,等. 侧柏种源遗传多样性分析[J]. 林业科学,2011,47(7):91-96.  
WANG Y S, XING S Y, TANG H X, *et al.* Genetic diversity of *Platycladus orientalis* provenances[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2011, 47(7): 91-96. (in Chinese)

[2] 杨喜田,董娜琳,闫东锋,等. 不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布[J]. 生态学报,2011,31(19):5818-5823.  
YANG X T, DONG N L, YAN D F, *et al.* The growth and distribution of *Platycladus orientalis* seed-base seedling root in different culture periods[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5818-5823. (in Chinese)

[3] 徐佳佳,张建军,王清玉,等. 油松和侧柏的光合蒸腾特性及其与环境因子的关系[J]. 东北林业大学学报,2011,39(7):15-18.  
XU J J, ZHANG J J, WANG Q Y, *et al.* Photosynthesis and transpiration characteristics of *Pinus tabulaeformis* and *Platycladus orientalis* and their relationship with environmental factors [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2011, 39(7): 15-18. (in Chinese)

[4] 崔迅,韩崇选,王明春,等. 黄土高原次生林改造林地鼯鼠发生规律研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(1):96-101  
CUI X, HAN C X, WANG M C, *et al.* A study on the outbreak regularity of zokor in the improved secondary forests on the Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(1): 96-101. (in Chinese)

[5] 韩崇选,张刚龙,王明春,等. 黄土高原次生林改造林地鼯鼠与林木关系动态分析[J]. 林业科学,2007,43(8):71-78.  
HAN C X, ZHANG G L, WANG M C, *et al.* Dynamics analysis of the relationship between zokor and secondary forests on the Loess Plateau[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(8): 71-78. (in Chinese)

[6] 韩崇选,李金钢,杨学军,等. 中国农林啮齿动物与科学管理[M]. 杨陵:西北农林科技大学出版社,2005:197-234.

[7] 韩崇选. 农林啮齿动物灾害环境修复与安全诊断[M]. 杨陵:西北农林科技大学出版社,2004:161-382.

[8] 韩崇选,杨学军,王明春,胡忠朗,杨清娥. 林区鼯鼠的综合管理研究[J]. 西北林学院学报,2002,17(3):53-57  
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* The integrated

pest management of zoker in forest area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(3): 53-57. (in Chinese)

[9] 韩崇选,杨林. 鼠类的危害与可持续控制技术研究[J]. 西北林学院学报,2003,18(1):49-52.  
HAN C X, YANG L. Study on the endanger and the sostenuto to controlling for rodents[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(1): 49-52. (in Chinese).

[10] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 鼠类危害的环境生态修复探讨[J]. 西北林学院学报,2005,20(4):124-128  
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* The environmental ecosystem rehabilitations of the rodent pests [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(4):124-128. (in Chinese)

[11] 韩崇选,张放,李惠萍,等. 退耕还林不同整地方式油松林地鼯鼠种群动态研究[J]. 西北林学院学报,2010,25(4):120-126.  
HAN C X, ZHANG F, LI H P, *et al.* Population dynamics of zokor in Chinese pine forests with different site preparations in grain for green project areas[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(4): 120-126. (in Chinese)

[12] MIAH M D, REHMAN M L, AHSAN M F. Assessment of crop damage by wildlife in Chunati Wilklife Sanctuary[J]. Balgladesh Tigerpaper, 2001, 28(4): 22-28.

[13] KIMBALL B A, NOLTE D L, PERRY K B, *et al.* Hydrolyzed casein reduces browsing of trees and shrubs by white tailed deer[J]. Hort. Science, 2005, 40(6): 1810-1814.

[14] AVERY M L, TILLMAN E A, LAUKERT C C. Evaluation of chemical repellents for reducing crop damage by Dickcissels in Venezuela[J]. International Journal of Pest Management, 2001, 47(4): 311-314.

[15] JOHNSTON J J, GOLDADE D A, CHIPMAN R B. Capsaicin migration through maple sap collection tubing[J]. Crop Protection, 2002, 21: 1109-1112.

[16] KIDD H. Wildlife management in Australia[J]. Pesticide Outlook, 2002, 13(6): 249

[17] 韩崇选,杨学军,胡忠朗,等. 多效抗旱驱鼠剂的苗木处理方法与效果[J]. 西北林学院学报,2001,16(4):41-45  
HAN C X, YANG X J, HU Z L, *et al.* Effect and seedling treatment method of RPA[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2001,16(4): 41-45. (in Chinese)

[18] 杨学军,王显车,吴凤霞,等. 多效抗旱驱鼠剂(RPA)的研制与应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(4):37-40.  
YANG X J, WANG X C, WU F X, *et al.* Study on the development and application of RPA[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2004, 32(4): 37-40. (in Chinese)

[19] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用研究[J]. 西北植物学报,2002,22(5):1150-1157  
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* Study on the action of fight drought and promoting growth of RPA [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2002, 22(5): 1150-1157. (in Chinese)

competition relationship of the foresee with different densities based on near-nature forestry management[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(5): 149-153. (in Chinese)

[4] 国家林业局. 第七次全国森林清查结果[EB/OL]. <http://www.forestry.gov.cn>. 2010, 1.

[5] SMARDZEWSKI J, DZICIEGIELEWSKI ST. Stability of cabinet furniture backing boards[J]. Wood Science and Technology, 1993, 28(1): 35-44.

[6] SHEN Y H , RAKESH G. Evaluation of creep behavior of structural lumber in a natural environment[J]. Forest Products Journal, 1997, 47(1): 89-96.

[7] HANHIJARVI A, HUNT D. Experimental indication of interaction between viscoelastic and mechano-sorptive creep[J]. Wood Science and Technology, 1998, 32(1): 57-70. (in Chinese)

[8] 卢宝贤, 李静辉, 丁卫, 等. 几个主要树种的蠕变特性[J]. 力学与实践, 1996(1): 15-18.

[9] 李静辉, 刘广仁, 卢宝贤, 等. 受剪薄木板在变载下的挠度[J]. 东北林业大学学报, 1992, 20(5): 1-8.

LI J H, LIU G R, LU B X, *et al.* Deflection of sheared wood plate under the changing load[J]. Journal of Northeast Forestry University, 1992, 20(5): 1-8. (in Chinese)

[10] 那斌, 岳孔, 卢晓宁, 等. 速生杨木改性材蠕变性能的初步研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(3): 90-94.

NA B, YUE K, LU X N, *et al.* A primary study of the creep properties of modified fast -growing poplars[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2009, 29(3): 90-94. (in Chinese)

[11] 徐咏兰, 华毓坤. 不同结构杨木单板层积材的蠕变和抗弯性能[J]. 木材工业, 2002, 16(6): 10-12.

XU Y L, HUA Y K. Creep behavior and bending properties of poplar LVL in different assembly types[J]. China Wood Industry, 2002, 16(6): 10-12. (in Chinese)

[12] 贾娜, 金维洙. 单板层积材弯曲蠕变应力水平的相关性的试验研究[J]. 林业科技, 2008, 33(3): 38-40.

[13] 吕斌, 付跃进, 虞华强, 等. 结构胶合板蠕变测试方法的研究[J]. 木材工业, 2004, 18(4): 16-19.

LV B, FU Y J, YU H Q, *et al.* A new test method for creep of structural plywood[J]. China Wood Industry, 2004, 18(4): 16-19. (in Chinese)

[14] 杜以城. 杨木单板层积材蠕变性能的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2004.

[15] 岳孔. 速生杨木改性材力学性能及耐久性研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.

[16] ROBERT J. Primary creep in douglas-fir beams of commercial size and quality [J]. Wood and Fiber Science, 1985, 17(3): 300-313.

(上接第 138 页)

[20] 韩崇选, 杨学军, 王明春, 等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用机理研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 96-99.

HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* A study on the mechanisms of drought resistance and growth promotion of RPA [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(4): 96-99. (in Chinese)

[21] 韩崇选, 张浩, 党齐域, 等. 不同致死因素对植物抗逆剂油松蘸浆造林效果的影响[J]. 中国森林病虫, 2012, 31(5): 28-35

HAN C X, ZHANG H, DANG Q Y, *et al.* Influence of different lethal factors on afforestation by dipping seedlings of *Pinus tabulaeformis* in thick liquid of plant stress-resistance agents[J]. Forest Pest and Disease, 2012, 31(5): 28-35. (in Chinese)

[22] 姚显明, 白日, 常兴秋, 等. 油松飞播造林应用 HL 粉剂拌种防止鼠害的研究[J]. 林业科技通讯, 1991(7): 25-27.

[23] 李怀忠. 种子拌药提高柠条出苗率[J]. 植物保护, 1986, 12(6): 48.

[24] 姚显明, 李久林, 白日. 油松种子涂色模拟飞播造林学鸟、鼠试验初报[J]. 辽宁林业科技, 1986(6): 51-53.

[25] 张振核, 郑维鹏, 伊可儿, 等. 鸟鼠忌食新药剂试验研究初报[J]. 福建林业科技, 1992(3): 38.

[26] 宋廷国. 飞播治沙中应用多效复合剂拌种成效调查[J]. 辽宁林业科技, 2000(4): 34-35.

[27] 张希金, 张亚光. 多效复合剂应用效果调查[J]. 辽宁林业科技, 2001(3): 19-20.

[28] 毛秀齐, 张永杰, 张永生, 等. 油松林用保水剂包衣种子飞播造林试验报告[J]. 河南林业科技, 2000, 20(4): 13-14.

[29] 杨静莉, 张春美, 李继光, 等. 兔害防治措施及评价[J]. 中国森林病虫, 2004, 23(3): 30-32.

YANG J L, ZHANG C M, LI J G, *et al.* Control measures against rabbit pest and its evaluation[J]. Forest Pest and Disease, 2004, 23(3): 30-32. (in Chinese)

[30] NINAN K N, JYOTHIS S. The economics of biodiversity conservation: a study of a coffee growing region in the Western Ghats of India[J]. Ecological Econ., 2005, 55(1): 61-72.