

多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害的效益评估及决策

吴斌 温俊宝 骆有庆 许志春

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室)

摘要: 该文根据宁夏引黄灌区的具体情况,有目的选择了农田防护林网的6种不同的典型配置模式,建立了具有地区特色的多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害综合效益的评价指标体系。按照抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益指标为目标函数,运用目前国内外通行的多目标灰色局势决策方法,首次全面地对其综合效益进行了评价。旨在从定量的角度,选择一种最优的树种配置模式,在解决光肩星天牛灾害的基础上,达到综合效益最佳。研究结果表明:“65%目标树种+25%非寄主树种+10%诱饵树”模式的综合效益最佳,评价决策值为0.948,既达到了抗御光肩星天牛灾害的目的,又保证了综合效益的最大化;而目标树种纯林模式的综合效益最低,评价决策值仅为0.369 2。

关键词: 多树种配置, 光肩星天牛, 综合效益, 评价

中图分类号:S763.38 文献标识码:A 文章编号:1000-1522(2006)03-0128-05

WU Bin; WEN Jun-bao; LUO You-qing; XU Zhi-chun. **Decision-making and integrated benefit evaluation of resistance to *Anoplophora glabripennis* disaster by reasonable allocation with different tree species.** *Journal of Beijing Forestry University* (2006) **28** (3) 128-132 [Ch, 8 ref.] Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

According to the situation of experimental fields of the irrigated areas in Ningxia Hui Autonomous Region, six types of allocation patterns with different tree species in farmland shelter forests were chosen to evaluate the integrated benefit of resisting *Anoplophora glabripennis* disaster, and the evaluation index system was also established. Multi-target grey strategy decision method was taken to study integrated benefit of different tree species patterns originally. Based on resistance of *A. glabripennis* disaster, one rational pattern was chosen by rationed evaluation of integrated benefit. The results showed that the pattern of “65% target trees + 25% non-host trees + 10% bait trees” was the best and the threshold value was 0.948, which can resist *A. glabripennis* disaster and assure optimized integrated benefit. While the integrated benefit of the pure target trees was the lowest and its threshold value was only 0.369 2.

Key words allocation of different tree species, *Anoplophora glabripennis*, integrated benefit, evaluation

多树种配置抗御光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)的生态调控技术^[1-2],人们从理论上已经广泛认同。但对其综合效益的定量分析尚未进行^[3],如何合理的确定在不同情况下的具体实施手段,还有待于进一步探讨。

本文通过对防护林不同树种配置模式的抗虫、生态、经济和社会等效益指标的综合分析,应用经济学、生态学、模糊数学等原理与方法,对不同树种配置模式的各种效益从定量角度进行评价,提高人们

对于建设生态经济型防护林的积极性。根据“稳定性优先,多层次景观,多树种配置,多效益产出”的原则,选出最优配置模式,通过人工调控措施,改善林分自身的结构和环境条件,提高林分对有害生物的整体抗性,从而达到可持续控灾的目的。

1 研究方法

1.1 研究区概况

根据抗天牛灾害功能的分析,选择了宁夏引黄

收稿日期:2005-02-28

http://journal.bjfu.edu.cn

基金项目:“十五”国家科技攻关项目(2001BA509B10)。

第一作者:吴斌,硕士。主要研究方向:森林害虫生态调控。电话:010-60281025 Email: binwigi@sina.com 现工作单位地址:102600 北京大兴区大庄北京市京石园林绿化有限公司。

责任作者:骆有庆,教授,博士生导师。主要研究方向:森林害虫生态调控。电话:010-62337716 Email: yqluo@bjfu.edu.cn 地址:100083 北京林业大学资源与环境学院。

灌区具有代表性且生长期、立地条件、经营方式基本相同的6种农田防护林网配置模式的农田防护林作为研究对象,每种模式取10档防护林带,约60 hm²

作为标准地,自2001年起进行连续3年的野外调查,其6种不同树种配置模式的试验地概况见表1.

表1 不同树种配置模式的试验地概况

TABLE 1 Situation of experimental fields for the allocation patterns of different tree species

模式	树种配置	树龄	调查地点	配置模式在各地区所占比例/%
1	目标树种纯林(新疆杨)	8	灵武	50
2	目标树种(新疆杨)50%:非寄主树种(臭椿、刺槐)50%	8	吴忠	80
3	目标树种(新疆杨)35%:非寄主树种(臭椿)65%	8	惠农	70
4	目标树种(新疆杨)68%:非寄主树种(臭椿、刺槐、白蜡)26%:诱饵树(合作杨)6%	8	青铜峡	25
5	目标树种(新疆杨)65%:非寄主树种(臭椿、刺槐、白蜡)25%:诱饵树(合作杨)10%	8	灵武	10
6	目标树种(新疆杨)50%:非寄主树种(臭椿、刺槐、白蜡)25%:诱饵树(合作杨)25%	8	青铜峡	5

注:新疆杨(*Populus alba* var. *pyramidalis*)、臭椿(*Ailanthus altissima*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、白蜡(*Fraxinus chinensis*)、合作杨(*Populus × xiaozhuani* cv. 'Opera').

1.2 研究方法

1.2.1 指标体系的建立

多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害的综合效益包括抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益。考虑到本研究现有试验和观测数据及以往相关资料的实际情况,选择了光肩星天牛的刻槽数、排粪孔数和羽化孔数作为抗虫效益指标;经济效益方面,为全面反映配置模式的经济效益和投入产出情况,采取静态与动态分析相结合的方式,选择净现值(NPV)、效益成本比(B/C)、土地净产率、劳动净产率4个经济学指标进行分析;生态效益方面,采用以往的历史数据与前人的研究结果对不同模式进行对比,选择了与防护林防风效应、热力效应、水文效应具有相关关系的林带高度等作为生态效益指标,根据试验地区气候特点,另选取了减少干热风青干发生频率作为生态效益指标之一;社会效益方面,采用德乐菲技术选取树种植难易程度、景观美化程度等9个指标对当地不同层次群众进行问卷及访问调查,运用层次分析法^[4]进行分析。指标选取结果见图1。

1.2.2 多目标灰色局势决策

本研究的目的在于选择一种综合效益最佳的配置模式,使抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益处在一个最佳的结合点上。由于涉及到抗虫、经济、生态、社会等多方面的效益而且各种效益存在着非一致性和非简单加和性,最终采用多目标灰色局势决策^[5]的方法对抗御光肩星天牛灾害的不同树种配置模式进行综合效益的评价。具体步骤如下:

第1步:确定事件集A和对策集B,并根据A和B构造局势集S;

第2步:确定决策目标k=1, 2, ..., s;

第3步:对目标k=1, 2, ..., s求相应的效果样本矩阵:

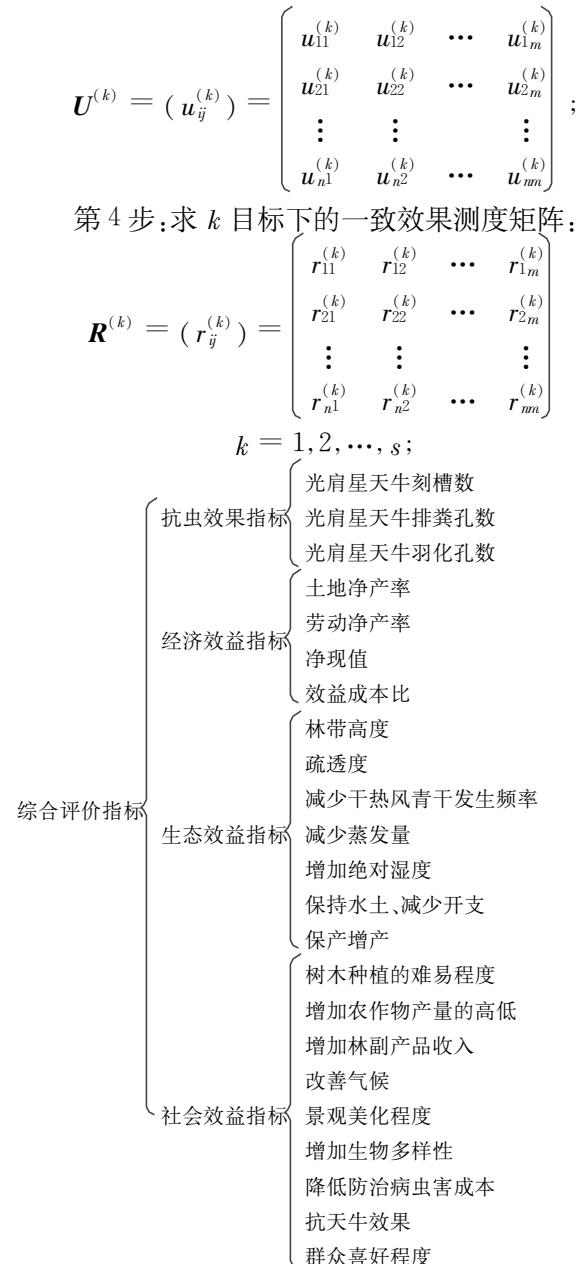


图1 多树种配置综合效益评价指标体系

FIGURE 1 Assessment index system on the integrated benefit of allocation with different tree species

第5步:确定各目标的决策权 $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k$;

第6步:由 $r_{ij}^{(\Sigma)} = \sum_{k=1}^N \eta_k r_{ij}^{(P)}$ 得综合效果测度矩阵:

$$R = (r_{ij}^{(\Sigma)}) = \begin{bmatrix} r_{11}^{(\Sigma)} & r_{12}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{1m}^{(\Sigma)} \\ r_{21}^{(\Sigma)} & r_{22}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{2m}^{(\Sigma)} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1}^{(\Sigma)} & r_{n2}^{(\Sigma)} & \cdots & r_{nm}^{(\Sigma)} \end{bmatrix};$$

第7步:根据行、列决策准则确定最优局势.

2 结果与分析

2.1 多目标灰色局势决策结果

以宁夏灌区农田防护林为事件集 $a_i (i=1)$, 树种配置模式为对策集 $b_j (j=1, 2, \dots, 6)$, 以抗虫效果、经济效益、生态效益、社会效益(层次分析值)为目标集(目标个数 $k=16$), 组成 6 个局势在 16 个目标下进行多目标灰色局势决策.

根据表 2 可以得到各个目标的效果样本矩阵:

$$U^{(1)} = (u_{ij}^{(1)}) = (56.47 \ 52.32 \ 54.62 \ 32.45 \ 8.7 \ 5.88)$$

$$U^{(2)} = (u_{ij}^{(2)}) = (24.81 \ 22.08 \ 24.54 \ 21.36 \ 2.90 \ 2.47)$$

$$U^{(3)} = (u_{ij}^{(3)}) = (11.05 \ 11 \ 9.62 \ 4.21 \ 0.9 \ 0.37)$$

$$U^{(4)} = (u_{ij}^{(4)}) = (6 \ 578.43 \ 8 \ 544.63 \ 8 \ 445.11 \ 8 \ 805.00 \ 8 \ 874.39 \ 8 \ 868.12)$$

$$U^{(5)} = (u_{ij}^{(5)}) = (27.09 \ 54.13 \ 56.865 \ 135.76 \ 137.56 \ 133.31)$$

$$U^{(6)} = (u_{ij}^{(6)}) = (460.38 \ 616.68 \ 608.46 \ 635.19 \ 657.86 \ 636.93)$$

$$U^{(7)} = (u_{ij}^{(7)}) = (1.544 \ 1.731 \ 1.724 \ 1.754 \ 1.758)$$

1.756)

$$U^{(8)} = (u_{ij}^{(8)}) = (9.1 \ 9.37 \ 9.6 \ 9 \ 10.8 \ 10.2)$$

$$U^{(9)} = (u_{ij}^{(9)}) = (0.65 \ 0.5 \ 0.55 \ 0.35 \ 0.4 \ 0.2)$$

$$U^{(10)} = (u_{ij}^{(10)}) = (0.9 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1)$$

$$U^{(11)} = (u_{ij}^{(11)}) = (0.4 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

$$U^{(12)} = (u_{ij}^{(12)}) = (4.5 \ 6 \ 6 \ 6.5 \ 6.5 \ 6.5)$$

$$U^{(13)} = (u_{ij}^{(13)}) = (3.3 \ 4.2 \ 4.2 \ 4.6 \ 4.6 \ 4.6)$$

$$U^{(14)} = (u_{ij}^{(14)}) = (63.25 \ 71.52 \ 71.52 \ 71.52 \ 71.52 \ 71.52 \ 71.52)$$

$$U^{(15)} = (u_{ij}^{(15)}) = (11.28 \ 21.28 \ 21.28 \ 21.28 \ 21.28 \ 21.28 \ 21.28)$$

$$U^{(16)} = (u_{ij}^{(16)}) = (0.047 \ 0.144 \ 0.124 \ 0.238 \ 0.241 \ 0.207)$$

反映抗虫效果的刻槽数、排粪孔数、羽化孔数指标采用下限效果测度, 即越少越好. 另外, 生态效益指标中的干热风青干频率也采用下限效果测度. 据有关研究表明^[5], 林带高度与防护距离紧密相关, 一般来说, 在不考虑其他影响因素的条件下, 林带高度大, 则防护距离就远, 因此林带高度目标采用上限效果测度. 还有, 生态效益指标中的减少蒸发量、提高绝对湿度、保持水土减少开支、保产增产率、所有经济效益指标和社会效益指标均采用上限效果测度. 另外, 疏透度是林带结构的重要特征, 许多研究表明^[6-10], 疏透度大的通风结构和疏透度小的紧密结构林带的防护效果都不尽理想, 而疏透度为 0.3~0.5 的疏透结构林带的防护效果较好, 因此在进行局势决策时确定 0.35 为疏透度的适中值, 采用中心效果测度.

表 2 各配置模式综合效益特征表

TABLE 2 Integrated benefit of different allocation patterns

	特征指标	模式 1	模式 2	模式 3	模式 4	模式 5	模式 6
抗虫效果	刻槽数	56.47	52.32	54.62	32.45	8.7	5.88
	排粪孔数	24.81	22.08	24.54	21.36	2.90	2.47
	羽化孔数	11.05	11	9.62	4.21	0.9	0.37
经济效益	土地净产率/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹)	6 578.43	8 544.63	8 445.11	8 805.00	8 874.39	8 868.12
	劳动净产率/(元·工日 ⁻¹)	27.09	54.13	56.865	135.76	137.558	133.312
	净现值/万元	460.38	616.68	608.46	635.19	657.86	636.93
生态效益	产投比	1.544	1.731	1.724	1.754	1.758	1.756
	林带高度/m	9.1	9.37	9.6	9	10.8	10.2
	疏透度	0.65	0.5	0.55	0.35	0.4	0.2
	干热风频率/次	0.9	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
	青干频率/次	0.4	0	0	0	0	0
	减少蒸发量/%	4.5	6	6	6.5	6.5	6.5
社会效益	提高绝对湿度/kPa	0.33	0.42	0.42	0.46	0.46	0.46
	保持水土减少开支/%	63.25	71.52	71.52	71.52	71.52	71.52
	保产增产率/%	11.28	21.28	21.28	21.28	21.28	21.28
	层次分析总排序值	0.047	0.144	0.124	0.238	0.241	0.207

确定了各个目标的效果测度方法后,进行“多目标灰色局势决策”分析,得到各个目标的一致效果测度矩阵:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{M}^{(1)} &= (0.139\ 6\ 0.150\ 6\ 0.144\ 3\ 0.336\ 0.949\ 4\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(2)} &= (0.099\ 6\ 0.111\ 9\ 0.100\ 7\ 0.217\ 4\ 0.851\ 7\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(3)} &= (0.051\ 6\ 0.051\ 8\ 0.059\ 3\ 0.135\ 4\ 0.633\ 3\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(4)} &= (0.741\ 3\ 0.962\ 8\ 0.951\ 6\ 0.992\ 2\ 1\ 0.999\ 3) \\
 \mathbf{M}^{(5)} &= (0.196\ 9\ 0.393\ 5\ 0.413\ 4\ 0.986\ 9\ 1\ 0.997\ 3) \\
 \mathbf{M}^{(6)} &= (0.699\ 8\ 0.937\ 4\ 0.924\ 9\ 0.965\ 6\ 1\ 0.968\ 4) \\
 \mathbf{M}^{(7)} &= (0.878\ 0.984\ 6\ 0.980\ 4\ 0.997\ 9\ 1\ 0.998\ 8) \\
 \mathbf{M}^{(8)} &= (0.892\ 2\ 0.918\ 6\ 0.941\ 2\ 0.882\ 4\ 1.058\ 8\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(9)} &= (0.538\ 5\ 0.7\ 0.636\ 4\ 1\ 0.875\ 0.571\ 4) \\
 \mathbf{M}^{(10)} &= (0.111\ 1\ 0.5\ 0.5\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(11)} &= (0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(12)} &= (0.692\ 3\ 0.923\ 1\ 0.923\ 1\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(13)} &= (0.717\ 4\ 0.913\ 0.913\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(14)} &= (0.884\ 4\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(15)} &= (0.530\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1\ 1) \\
 \mathbf{M}^{(16)} &= (0.195\ 8\ 0.599\ 5\ 0.513\ 6\ 0.987\ 1\ 1\ 0.858\ 6)
 \end{aligned}$$

多目标灰色局势决策最关键的一步为综合决策矩阵的计算,即根据各目标权重不同对各局势效果测度值进行综合,首先确定目标权重。鉴于目前提倡的发展农田防护林,抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益并重,邀请专家对各效益进行综合评判,结合当地农田防护林建设的实际情况,确定各目标权重各占1/4,抗虫效果、经济效益、生态效益和社会效益各具体目标权重为:

$$\begin{aligned}
 P_k &= (0.083\ 0.083\ 0.083\ 0.063\ 0.063 \\
 0.063 &\ 0.063\ 0.035\ 0.035\ 0.018\ 0.018 \\
 0.035 &\ 0.035\ 0.035\ 0.035\ 0.250)
 \end{aligned}$$

进行效果测度值加权综合,即

$$r_{ij}^{(\Sigma)} = \sum_{k=1}^8 r_{ij}(k) \cdot P_k \quad (i = 2, j = A, B, \dots, G)$$

得到综合决策矩阵为:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{M}^{(\Sigma)} &= (0.369\ 2\ 0.602\ 3\ 0.577\ 7\ 0.793\ 7 \\
 0.948\ 0 &\ 0.943\ 5)
 \end{aligned}$$

得出不同树种配置模式控制光肩星天牛灾害的农田防护林综合效益的决策值,见表3。

表3 各配置模式综合决策值

TABLE 3 Integrated decision-making values of different allocation patterns

模式	1	2	3	4	5	6
决策值	0.369 2	0.602 3	0.577 7	0.793 9	0.948 0	0.943 5

2.2 多目标灰色局势决策结果分析

综合评价结果表明,综合效益优劣依次为模式5>模式6>模式4>模式2>模式3>模式1。

从总体上看,目标树种、非寄主树种与诱饵树混交的农田防护林树种配置模式优于其他两种配置模式,其主要原因在于这种混交模式不仅可以不经过过多的人为干预就可减轻光肩星天牛危害,目标树种生长量增加,而且节省了人力、物力,降低了防治成本,提高了抗虫效果和经济效益。另外,由于树种配置的多样化,增加了林副产品的收入,同时,生态效益也得到了保障。

相比之下,目标树种与非寄主树种混交的配置模式对当地的主要灾害——光肩星天牛的控制没有明显的改善,目标树种仍然受害,而且由于增加了非寄主树种,使木材产量下降,综合效益不理想。

目标树种纯林的配置模式,树种过于单一,受天牛危害严重,无论是经济效益、生态效益,还是社会效益表现最差,在农田防护林建设中应予以摒弃。

就目标树种、非寄主树种与诱饵树混交的模式来说,配置不同诱饵树比例综合效益也不相同。相比之下,模式5,即诱饵树比例为10%时,综合效益最佳。模式4,即诱饵树比例为6%,由于诱饵树配置比例过小,还没有到达一个轮伐期,诱饵树便失去了诱集天牛的作用,天牛转而危害目标树种,使得目标树种生长量下降,抗虫效果及其经济效益下降,综合效益不高。模式6,即诱饵树比例为25%,综合效益稍次于模式5,说明这种诱饵树配置比例稍高。同时也表明,所研究的几种模式不一定是农田防护林控制光肩星天牛灾害的最合理配置,最佳配置也不一定是某个定值,可能会在某个区间范围内,相关内容仍需进一步研究。

3 讨论

3.1 决策的合理性和可行性

一个可行的策略一定是能揭示系统运动的规律,促进决策者对系统的控制和改造,也就是说,可行的策略一定是符合系统发展的规律性。综合评价结果表明多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害的合理性及可行性。

当评价的目标有多个,而且彼此间又有矛盾,要选出一个对所有目标都最优的方案就需要使用多目标最优方法来选出最优方案。除了定量目标外,还要考虑一些定性目标,尽可能使方案从各个角度去看都是相对最优的。但试验地农田防护林树种配置模式有限,本文仅对6种模式进行评价,表现出对最优模式筛选的有限性。随着农田防护林树种配置状况变化,此问题仍需进一步研究和探讨。

3.2 评价指标体系还有待于完善

系统结构和功能越复杂,决策越难。在森保管理

中,不同管理层次所面对的系统,其性质和结构都有所不同,因而决策的内容和方法也有所不同.系统中不确定因素越多,则决策越难,随之带来的决策风险性也就越大.

目前,对于防护林综合效益评价方法及指标体系的研究尚不完善,仍没有一套具体、统一的评价体系.近几年各国都在探讨如何从定性评价过渡到定量评价,但是,如何进行定量计算,对于生产周期长、效益多样性的林业来说,困难很多,其中以生态效益的计量问题最为突出.其他问题也由于林业管理落后,多数问题至今没有解决.从理论和计算方法上,我国至今还没有一套完整权威性的体系,在实际工作中也缺乏对相关资料的积累和总结.所以,给本文的综合评价带来相当大的困难.本文根据当地防护林配置模式及资料收集的状况,确定评价指标;根据以往的评价方法结合实际情况,确立评价方法;分别对抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益进行分析评价,最终选出一种最优配置模式,具有一定的理论基础和实用价值.

3.3 评价的区域存在一定的局限性

尽管在选择最优方案时进行了各方面的考虑,但有的时候也难免有不周密之处,另一方面,客观情况也是不断变化的,所以在执行过程中应根据不同问题不同情况,对原决策进行必要的调整和修正.

由于各地区的立地条件等环境因素不同,光肩星天牛对农田防护林的危害状况也不相同,防护林所发挥的作用存在着不同程度的差异,所以不同地区农田防护林配置模式的评价效果不能一概而论.本文仅对宁夏引黄灌区的农田防护林配置模式进行综合评价,结果对其他地区虽有一定的参考价值,但应根据不同地区的实际情况进行相关评价分析,从而选择出适宜于当地的配置模式.

3.4 农田防护林的树种改进措施

一个合理而最优的系统结构,必然会产生最优化的系统功能,从而使系统输出最佳的经济效益、生态效益和社会效益,在三者之间若给予适当的分配权重,通过一系列计算,可获得一个能反映三大效益的综合效益的定量指标,以此进行管理方案的比较和寻优,通过优化决策提供可靠的科学依据.

林业措施是一项预防天牛危害的重要措施,其本质是通过优良树种的选择,科学造林方式的配置以及集约化的经营与管理,来提高整个林分乃至整个生态系统的稳定性和抗逆性,以此来实现林分的抗虫效果及其经济效益、生态效益和社会效益的最佳.在宁夏引黄灌区农田防护林应推广“目标树种+非寄主树种+诱饵树”的配置模式,其中诱饵树的比

例应尽量接近10%.在原有的目标树种纯林和目标树种与非寄主树种混交的农田林网中适当补种诱饵树,增加对光肩星天牛的诱集能力,更好地保护目标树种,使综合效益达到最佳.在设计上,在农渠、毛渠、田边等副林带上营造短轮伐期的诱饵树和目标树种,减少对农作物的产量影响,在主林带栽植轮伐期长的非寄主树种,在保证生态效益的前提下,在短期内获得经济效益,以提高农民的生产积极性,确保多树种合理配置抗御光肩星天牛灾害的农田防护林模式持续发展.

参 考 文 献

- [1] 骆有庆,刘荣光,许志春,等. 防护林杨树天牛灾害的生态调控理论与技术[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 161-163.
- [2] LUO Y Q, LIU R G, XU Z C, et al. Theories and technologies of ecologically regulating poplar longhorned beetle disaster in shelter forest [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002, 24(5/6): 161-163.
- [3] 骆有庆,李建光. 杨树天牛灾害控制的应用技术和基础研究策略[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(4): 7-12.
- [4] LUO Y Q, LI J G. Strategy on applied technology and basic studies of poplar longhorned beetle management [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21(4): 7-12.
- [5] 邵爱英,吴燕,刘文蔚. 宁夏平原农田防护林几种树种配置模式综合效益的初步研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(4): 49-53.
- [6] SHAO A Y, WU Y, LIU W W. The initial study of comprehensive benefit of seven tree species disposition models in shelter-belt in the Ningxia Plains[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, 20(4): 49-53.
- [7] 王莲芬. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.
- [8] WANG L F. *Conspicuous of methods of hierarchy analysis* [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1990.
- [9] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [10] DENG J L. *Basis of grey theory* [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Publishing House, 2002.
- [11] 阎树文主编. 农田防护林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [12] YAN S W. *Farmland protection forest* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993.
- [13] 中国林业科学研究院科技情报研究所编译. 国外农田防护林·林业译丛[M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [14] Institute of Scientific and Technological Information, Chinese Academy of Forestry. *Foreign farmland protection forest · Forestry translation series* [M]. Beijing: Agricultural Press, 1980.
- [15] 王广钦. 国内外农田防护林的研究动态[J]. 河南林业科技, 1987(4): 1-6.
- [16] WANG G Q. Research trends of domestic and foreign farmland protection [J]. *Henan Forest Science and Technology*, 1987(4): 1-6.

(责任编辑 董晓燕)