

灌木围障预防林木兔害投入产出效益分析

张树慧^{1,2},石建宁²,韩崇选^{1*},王培新³,孟惠荣⁴,张芳宝⁵,
李建国⁶,张 浩¹,张 磊¹

(1. 西北农林科技大学 林学院,陕西 杨陵 712100;2. 宁夏防沙治沙职业技术学院,宁夏 银川 750199;
3. 陕西省森林病虫害防治检疫总站,陕西 西安 710082;4. 咸阳市森林病虫害防治检疫站,陕西 咸阳 712000;
5. 延安市森林病虫害防治检疫站,陕西 延安 716000;6. 咸阳市职业技术学院,陕西 咸阳 713700)

摘要:灌木围障是预防林木兔害的有效方法。为了评价灌木围障方法的经济性,研究了灌木围障的投入产出比和投资收益率。结果显示,灌木围障成本主要是用工支出,总效益取决于处理区和对照区林木的保存率、单价和定植株数。试验期内,桥北林区2种处理的净增益分别为($2\ 806.25 \pm 37.84$)元·hm⁻²和(490.33 ± 3.47)元·hm⁻²,旬邑为(711.84 ± 5.45)元·hm⁻²和(388.25 ± 3.30)元·hm⁻²。桥北灌木篱笆投资回收期2 a,投入产出比1:5.98;灌木围墙投资回收期为3 a,投入产出比1:2.50。旬邑2种处理的回收期均为4 a,投入产出比为1:2.05和1:1.41。证明灌木围障,尤其是灌木篱笆处理是一种经济有效的林木兔害预防方法。

关键词:林木兔害;空间隔离;灌木篱笆;灌木围墙;投入产出

中图分类号:S764.5 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2013)04-0255-09

Input-output Benefit Analysis on Using Shrub Barriers to Prevent Hare Damage

ZHANG Shu-hui^{1,2}, SHI Jian-ning², HAN Chong-xuan^{1*}, WANG Pei-xin³, MENG Hui-rong⁴, ZHANG Fang-bao⁵,
LI Jian-guo⁶, ZHANG Hao¹, ZHANG Lei¹

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Ningxia College of Prevent and Control Desertification, Yinchuan, Ningxia 750001, China; 3. Shaanxi Station of Forest Pest Management, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 4. Xianyang Station of Forest Pest Management, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 5. Yan'an Station of Forest Pest Management, Yan'an, Shaanxi 716000, China; 6. Xianyang Institute of Vocation and Technology, Xianyang, Shaanxi 713700, China)

Abstract: Barriers established with shrub branches around newly planted seedlings are effective measures to prevent young seedlings from hare damages. The seedlings were enclosed by the shrub branches with a shape of squared fence (SF) and tetrahedron walls (TW). In order to evaluate the economic efficiency of these measures, input and output ratio and the rate of return on investment were analyzed. The costs of the two measures were mainly from the labors used. Total benefits were determined by preserving rate, unit price, and the number of the seedlings. During the trial period, the net gain of the two methods in Qiaobei were ($2\ 806.25 \pm 37.84$) yuan·hm⁻² and (490.33 ± 3.47) yuan·hm⁻², respectively; in Xunyi were (711.84 ± 5.45) yuan·hm⁻² and (388.25 ± 3.30) yuan·hm⁻². In Qiaobei, the payback period of the SF was 2 years with a ratio of input to output 1:5.98, 3 years for TW with a ratio of input to output 1:5.98. In Xunyi the payback periods of the two methods both were 4 years, and the ratios of input to output were 1:2.05, and 1:1.41, respectively. The data indicated that two methods, especially SF, were cost-effective to prevent forest damage from hares.

收稿日期:2013-01-14 修回日期:2013-02-23

基金项目:国家林业局重点项目(2012-02);林业公益性行业科研专项(201004003-4);教育部长江学者和创新团队发展计划。

作者简介:张树慧,女,经济师,研究方向:农林经济管理。

*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

Key words: forest hare damage; spatial separation; shrubs fence; shrub barrier; input-output

随着林权制度的改革和科学技术的进步,林业有害生物治理的市场化和专业化进程加快,有害生物治理方法、成本投入和产出效益等日趋多元化和复杂化。如何实现对林业有害生物治理投入产出过程的信息进行动态实时监测和跟踪,对有害生物治理的质量进行合理评价和有效调控,实现有害生物治理健康持续发展,是迫切需要解决的问题。随着我国林业生态工程的实施,人工纯林面积逐渐增加,野生动物尤其是鼠(兔)危害问题凸显,已经成为影响林业生态工程建设质量和可持续发展的主要矛盾之一^[1-7]。灌木围障是一种林木免害的有效预防方法^[8],但其投入产出效益直接决定该方法的推广使用^[9-10]。为此,2006—2011年,对灌木围障预防油松免害试验投入产出进行了追踪调查,试图摸清灌木围障方法的投入产出动态,为正确应用其预防林木免害提供科学参数。

1 材料与方法

灌木围障试验地点设在延安市桥北林区和咸阳

市旬邑林区。试验在当年油松定植时进行。造林苗木为3年生的油松容器苗,苗高41.5~46.0 cm,穴状整地,株行距2 m×3 m。2006年4—5月造林时,利用清灌产生的沙棘、黄刺玫和其他灌木枝条,采用2种方法对定植的油松进行处理。一种是将灌木枝条剪成50 cm长的段,造林时在苗木四周围成篱笆状,枝条间隔5~7 cm,基部10~15 cm埋入土中。另一种是用长40 cm左右的灌木枝条在定植油松四周搭建一个高30~40 cm的三角形围墙。试验采用间隔布设,10株为1组,30组为1处理,组间预留10株不用灌木枝条处理的油松作对照,重复5次。试验布设时统计用工量、费用支出和测量油松高^[8]。试验后2007—2011年5月各调查一次油松高、野兔危害情况,并采用专家决策的方法估算保存苗木的价值^[10]。对调查的数据分类整理,剔除因其他因素死亡的油松资料,用5次重复的均值计算标准误差,采用模型分析法和方差分析法比较不同处理方法投入产出差异^[11-13],建立灌木围障投入产出年动态模型。

表1 灌木枝条围障处理成本核算

Table 1 Afforestation cost calculation by shrub branch barriers

试验地点	统计项目	重复次数	定值株数	单价 (元·h ⁻¹)	篱笆		围墙	
					工时/h	支出/元	工时/h	支出/元
桥北	处理	I	300	4.38	94	411.72	85	372.30
		II	300	4.38	102	446.76	94	411.72
		III	300	4.38	93	407.34	78	341.64
		IV	300	4.38	101	442.38	95	416.10
		V	300	4.38	93	407.34	84	367.92
	平均	(M+SE)	300	4.38	96.6±2.01	423.11±8.83	82.2±3.22	381.94±14.08
	CK	I	300	4.38	65	284.70	65	284.70
		II	300	4.38	76	332.88	76	332.88
		III	300	4.38	57	249.66	57	249.66
		IV	300	4.38	78	341.64	78	341.64
		V	300	4.38	68	297.84	68	297.84
	平均	(M+SE)	300	4.38	8.8±3.81	301.34±16.70	68.8±3.81	301.34±16.70
旬邑	处理	净成本/元	300	4.38	27.8±2.27	121.76±9.93	18.4±0.93	80.59±4.06
		I	300	3.75	109	408.75	100	375.00
		II	300	3.75	101	378.75	96	360.00
		III	300	3.75	93	348.75	87	326.25
		IV	300	3.75	111	416.25	104	390.00
		V	300	3.75	104	390.00	97	363.75
	平均	(M+SE)	300	3.75	103.6±3.19	388.50±11.95	96.8±2.82	363.00±10.57
	CK	I	300	3.75	78	292.50	78	292.50
		II	300	3.75	68	255.00	68	255.00
		III	300	3.75	59	221.25	59	221.25
		IV	300	3.75	78	292.50	78	292.50
		V	300	3.75	68	255.00	68	255.00
	平均(M+SE)	300	3.75	70.2±3.58	263.25±13.44	70.2±3.58	263.25±13.44	
	净成本/元	300	3.75	33.4±0.8	125.25±3.05	26.6±1.25	99.75±4.68	

2 结果与分析

2.1 成本核算

造林成本(AC)包括苗木费、整地费、造林用工费、施肥费、水费、运费费和其他管理费等^[14-17]。灌木围障成本除包括以上外,增加了围障用工费。以试验重复为单位,桥北林区2处理定植3年生油松用工比对照增加(27.8 ± 2.27) h · (300株)⁻¹和(18.4 ± 0.93) h · (300株)⁻¹,成本增加(121.76 ± 9.93)元 · (300株)⁻¹和(80.59 ± 4.06)元 · (300株)⁻¹。旬邑林区的民工单价虽然较低,但造林工时较多,所以处理产生的成本也相对较高,分别为

(125.25 ± 3.05)元 · (300株)⁻¹和(99.75 ± 4.68)元 · (300株)⁻¹。但因均值标准误差(SE)较大,说明2地造林用工支出变化相对较大,也有桥北林区大于旬邑的情况(表1)。

2.2 效益分析

灌木围障产生的直接经济效益包括降低林木免害减少的损失和提高林木生长量产生的林木价值增量。

2.2.1 定植后油松价格动态 苗木定植后的价格由苗木高度和长势决定。油松定植后苗高根据实际调查计算,油松苗木单价通过对26个园林绿化公司出价确定(表2)。

表2 油松定植后苗高与价格动态

Table. 2 The annual dynamic state of Seedling height and price after Chinese pine planting

项目	地点	方法	重复	油松年动态/a				
				1	2	3	4	5
苗高/cm	桥北林区	篱笆	5	44.8 ± 0.15	48.3 ± 0.33	52.3 ± 0.49	58.4 ± 0.64	71.1 ± 1.18
		围墙	5	44.6 ± 0.15	47.7 ± 0.31	51.7 ± 0.48	59.4 ± 0.67	68.5 ± 0.96
		CK	5	44.5 ± 0.12	47.1 ± 0.24	50.6 ± 0.39	56.5 ± 0.41	64.7 ± 0.83
	旬邑林区	篱笆	5	45.6 ± 0.09	48.6 ± 0.15	52.5 ± 0.50	58.6 ± 0.83	68.5 ± 1.19
		围墙	5	45.5 ± 0.10	48.5 ± 0.19	52.5 ± 0.42	58.4 ± 0.76	68.5 ± 1.13
		CK	5	45.4 ± 0.11	48.2 ± 0.24	51.8 ± 0.51	57.1 ± 0.89	65.6 ± 1.25
	单价/元	桥北林区	篱笆	2.81 ± 0.30	3.40 ± 0.60	4.20 ± 0.80	5.33 ± 1.50	7.17 ± 1.20
		围墙		2.80 ± 0.30	3.32 ± 0.60	4.10 ± 0.80	5.40 ± 1.50	5.59 ± 1.20
		CK		2.72 ± 0.30	3.30 ± 0.60	4.03 ± 0.80	5.10 ± 1.50	5.20 ± 1.20
	旬邑林区	篱笆		2.90 ± 0.30	3.40 ± 0.40	4.25 ± 0.40	5.27 ± 1.10	6.85 ± 1.00
		围墙		2.80 ± 0.30	3.40 ± 0.40	4.20 ± 0.40	5.26 ± 1.10	6.85 ± 1.00
		CK		2.62 ± 0.30	3.33 ± 0.40	4.14 ± 0.40	5.00 ± 1.10	6.56 ± 1.00

桥北林区灌木篱笆区,年份间苗高差异极显著($F=252.062, p<0.01$)。定植后5 a 的平均高比对照区增加(6.4 ± 0.44)cm,差异极显著($F=9.779$)。灌木围墙区年间差异也极显著($F=262.009$),定植后5 a 的平均高比对照区增加了(3.9 ± 0.47) cm,但与对照差异不显著(表2)。随着定植年限的增加,差异虽有变化,但均不显著,均值与对照差异也不显著。

油松价格(p)与定植年限(a)的关系均符合指数模型的变化规律,且模型关系极显著;但桥北对照区也满足直线模型;且决定系数大于指数模型;旬邑灌木篱笆区油松价格与定植年限模型以幂函数模型最优,其决定系数为0.999。油松价格(p)与苗高(h)的模型关系也极显著,但模型类型变化较大。其中,桥北林区,灌木篱笆区为对数模型,灌木围墙和对照符合线性模型;旬邑林区为幂函数关系,对照符合对数模型,2种处理与幂函数模型符合度最高(表3)。

回归模型分析显示,桥北林区油松价格(p)与苗高(h)的关系,灌木篱笆区线性回归关系极显著,回归系数为0.995;而与油松定植年限(a)线性回归关系不显著。灌木围墙和对照区与定植年限线性关系极显著,回归系数为0.961;苗高的线性回归关系

不显著。旬邑林区篱笆区油松价格与苗高线性关系极显著,相关系数为0.997,其中,灌木围墙区和对照区,油松价格与定植年限线性关系不显著;而灌木围墙区价格与年限、苗高线性关系显著,其模型复相关系数为1.000,定植年限相关系数和偏回归系数均为0.998,苗高回归系数和偏回归系数分别为0.982和0.980(表3)。

从模型分析可看出,油松价格与定植年限、苗高呈显著正相关。不仅如此,苗木价格也取决于当年市场的供求关系。苗木产地和当地交通条件、经济水平以及苗木产业规模都会对苗木价格形成产生影响。另外,苗木价格受国家政策和当地经济发展水平的制约,也受供需双方心理接受价位的影响。因此,苗木价格是一个随苗木规格和当年市场需求关系决定的动态值,不仅存在年份差异,也有地区差异。

2.2.2 减少的经济损失 灌木围障减少的经济损失(MEL)主要包括两个方面,一是降低免害减少的损失,二是因围障减少的其它因素造成了苗木损失。减少的经济损失决定于处理区与对照区油松被害株数之差和油松单价,是一个随油松定植年限变化的动态值(表4)。

表 3 油松价模型

Table 3 The price model of Chinese pine

地点	处理	模型	R^2	F-检验	t-检验		
					c	a	h
桥北林区	篱笆	$p = 2.16e^{0.23a}$	0.992	F=383.062	25.403	19.572	—
				$p=0.000$	0.028	0.000	—
		$p = -33.66 + 9.58\ln h$	0.999	F=3 166.725	-49.462	—	56.274
				$p=0.000$	0.000	—	0.000
		$p = -4.59 + 0.17h^*$	0.995	F=636.893	-12.455	—	25.237
				$p=0.000$	0.001	—	0.000
	围墙	$p = 2.34e^{0.19a}$	0.965	F=83.614	14.750	9.144	—
				$p=0.003$	0.001	0.003	—
		$p = 11.49 - \frac{h}{384.67}$	0.959	F=70.979	13.211	—	-8.425
				$p=0.004$	0.001	—	0.001
		$p = 1.94 + 0.77a^*$	0.961	F=73.308	8.562	6.552	—
				$p=0.003$	0.007	0.003	—
CK	CK	$p = 2.04 + 0.68a$	0.961	F=74.088	7.839	8.607	—
				$p=0.003$	0.004	0.003	—
		$p = 2.35e^{0.17a}$	0.958	F=68.956	14.462	8.305	—
				$p=0.004$	0.001	0.004	—
		$p = 11.36 - \frac{h}{375.87}$	0.931	F=40.632	9.864	—	-6.374
				$p=0.008$	0.002	—	0.008
		$p = 2.042 + 0.68a^*$	0.961	F=74.088	7.839	8.607	—
				$p=0.003$	0.004	0.003	—
	CK	$p = 2.26e^{0.22a}$	0.993	F=155.063	29.814	21.332	—
				$p=0.000$	0.000	0.000	—
		$p = 1.05h^{0.97}$	0.999	F=3 049.182	38.236	—	55.219
				$p=0.000$	0.000	—	0.000
		$p = -4.95 + 0.17h^*$	0.997	F=1 085.855	-17.014	—	32.950
				$p=0.000$	0.000	—	0.000
旬邑林区	篱笆	$p = 2.2e^{0.22a}$	0.996	F=850.903	35.518	29.170	—
				$p=0.000$	0.000	0.000	—
		$p = 0.95h^{1.03}$	0.999	F=3 049.182	35.851	—	55.219
				$p=0.000$	0.000	—	0.000
		$p = -3.69 + 0.23a + 0.14h^*$	1.000	F=8 149.670	-17.008	6.988	24.167
				$p=0.000$	0.003	0.020	0.002
	CK	$p = 2.01e^{0.22a}$	0.997	F=1087.687	44.350	32.980	—
				$p=0.000$	0.000	0.000	—
		$p = -37.50 + 10.53\ln h$	0.998	F=1621.971	-36.086	—	40.274
				$p=0.000$	0.000	—	0.000
		$p = -5.91 + 0.19h^*$	0.995	F=570.322	-13.622	—	23.882

桥北林区 2 种处理降低免害减少的经济损失 (MEL) 与定植年限 (a) 的关系可以用 S-模型表示:

$$MEL = e^{5.03-2.29\frac{1}{a}} \quad (\text{篱笆}) \quad (1)$$

$$(R^2 = 0.927, F = 291.234, p = 0.000)$$

$$MEL = e^{4.48-2.37\frac{1}{a}} \quad (\text{围墙}) \quad (2)$$

$$(R^2 = 0.796, F = 291.234, p = 0.000)$$

旬邑林区 2 种处理关系符合幂函数模型:

$$MEL = 12.09a^{1.28} \quad (\text{篱笆}) \quad (3)$$

$$(R^2 = 0.732, F = 62.867, p = 0.000)$$

$$MEL = 15.68a^{0.73} \quad (\text{围墙}) \quad (4)$$

$$(R^2 = 0.614, F = 36.539, p = 0.000)$$

桥北林区林区 2 种方法减少的经济损失差异极显著, 篱笆处理明显高于围墙处理, 两者的差幅年间变化不大, 但均与定植年限呈正相关; 篱笆的重复间差异显著, 年间差异极显著; 围墙处理重复间差异不显著。旬邑林区 2 种方法减少的经济损失与定植年限符合幂函数关系, 两者之间的差异随着定植年限逐渐增加, 差异从不显著逐渐过渡为极显著, 但总体差异极显著; 篱笆重复间差异不显著, 年份间极显著; 围墙处理重复间差异极显著, 年份间差异显著(图 1)。

表4 林区灌木围障预防免害减少损失分析

Table 4 Economic loss analysis after the establishment of shrub branch barriers in forest(M+SE)

地点	项目	处理	定植(300株)后的损失				
			1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
桥北林区	被害株数/株	篱笆	8.00±0.71	9.80±0.66	12.00±0.77	12.80±0.66	13.40±0.75
		围墙	8.80±0.37	12.20±0.86	14.20±1.16	16.00±0.71	18.60±0.93
		CK	13.80±0.86	26.20±1.96	30.20±1.29	32.40±1.29	34.80±0.95
		篱笆其他	22.20±3.65	23.60±3.50	24.20±3.56	26.20±3.65	27.60±3.34
		围墙其他	49.60±2.09	51.00±1.62	52.00±1.30	52.00±2.02	52.80±1.53
	损失/元	其他对照	49.40±3.34	55.60±3.30	58.80±3.32	60.00±3.29	63.60±3.26
		篱笆	22.48±1.99	33.32±2.26	50.40±3.25	68.22±2.61	96.08±5.37
		围墙	24.64±1.05	40.50±2.86	58.22±4.75	86.40±3.82	103.97±5.18
		CK	37.54±2.34	86.46±6.47	121.71±5.00	165.24±6.57	180.96±4.43
		篱笆其他	138.88±5.85	169.32±5.35	213.20±5.35	280.80±10.83	295.15±8.55
甸邑林区	被害株数	围墙其他	138.88±5.85	169.32±5.35	213.20±5.35	280.80±10.93	295.15±8.55
		其他对照 CK	134.37±9.09	183.48±10.87	236.96±13.39	306.00±16.76	330.72±16.98
	减少损失/元	篱笆	15.06±1.01	53.14±5.15	71.31±4.70	97.02±6.17	84.88±6.88
		篱笆其他	71.99±13.38	103.24±16.19	135.32±19.92	166.35±28.88	132.83±31.31
		篱笆合计	87.04±13.64	156.38±17.72	206.63±21.57	263.37±31.61	217.71±37.09
		围墙	12.90±2.44	45.96±8.62	63.49±7.92	78.85±8.93	76.99±8.27
		围墙其他	-4.51±10.49	14.16±10.78	23.76±14.81	25.20±19.17	35.57±19.19
	损失/元	围墙合计	8.38±8.93	60.12±9.25	87.25±13.14	104.04±15.10	112.55±18.00
		篱笆	7.40±0.51	10.00±0.71	12.60±0.68	16.00±0.84	17.80±0.86
		围墙	7.20±0.86	11.80±1.02	14.80±1.07	21.60±1.81	25.20±2.13
		CK	13.80±0.86	20.40±1.21	24.00±1.10	31.00±1.87	35.00±1.92
		篱笆其他	20.60±2.50	22.00±2.98	22.20±2.96	23.40±2.87	24.00±3.15
甸邑林区	被害株数	围墙其他	23.00±3.02	24.00±2.93	28.40±1.86	30.40±2.06	33.00±2.19
		其他对照 CK	22.20±1.56	25.40±1.03	30.20±1.39	32.80±1.46	36.40±1.43
	损失/元	篱笆	21.46±1.48	34.00±2.40	53.55±2.88	84.32±4.41	121.93±5.89
		围墙	20.16±2.41	40.12±3.47	62.16±4.48	113.62±9.50	172.62±14.60
		CK	34.78±2.17	67.32±3.99	96.96±4.43	155.00±9.35	222.60±12.23
	减少损失/元	篱笆其他	59.74±7.26	74.80±10.14	94.35±12.56	123.32±15.15	164.40±21.44
		围墙其他	64.40±8.45	81.60±9.97	119.28±7.81	159.90±10.86	226.05±15.01
		其他对照 CK	58.16±4.09	84.58±3.43	125.03±5.77	164.00±7.31	238.78±9.41
		篱笆	14.70±3.16	33.93±5.36	45.81±5.69	70.68±10.59	107.67±13.60
		篱笆其他	-1.58±9.10	9.78±10.11	30.68±13.58	40.68±15.65	74.38±18.97
	围墙合计	篱笆合计	13.12±9.25	43.71±9.09	76.49±11.55	111.36±11.62	182.05±19.02
		围墙	16.00±1.63	27.81±5.81	37.20±5.81	41.38±6.80	56.98±7.29
		围墙其他	-6.24±5.81	2.98±7.31	5.75±8.01	4.10±9.97	12.73±17.59
		围墙合计	9.76±5.24	30.79±5.24	42.95±10.22	45.48±13.05	69.71±21.41

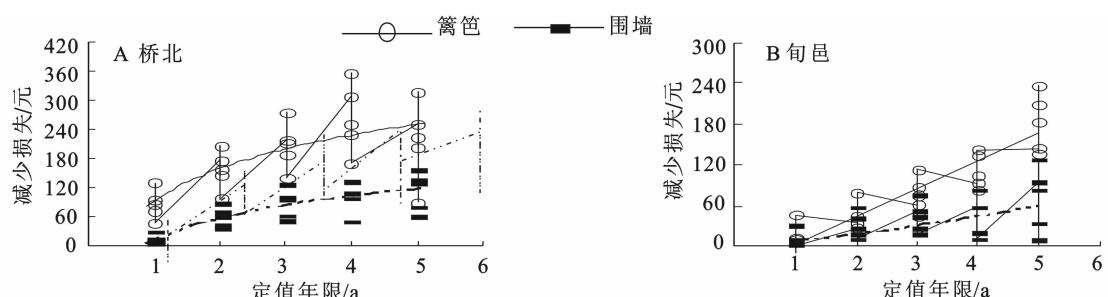


图1 灌木围障减少的经济损失年变化

Fig. 1 Annual variations of minimizing economic loss by using shrub branch

逐步回归分析,桥北林区篱笆处理减少的经济损失模型为:

$$MEL = -1592.55 + 4.00P_c + 14.62K_{rf} + 80.00p_c - 40.83p_f \quad (5)$$

式中: P_c 为对照损失株数, K_{rf} 为篱笆区保存率, p_c 为对照苗木价格, p_f 为篱笆区价格。模型复相关系数为 0.984,极显著, P_c 偏相关系数为 0.910, K_{rf} 偏相关系数为 0.911, p_c 偏相关系数 0.882,均达极

显著水平, p_f 偏相关系数为 -0.826。说明减少的经济损失首先决定于处理区和对照区林木油松被害程度的差异,其次受对照区和处理区苗木单价的控制。

灌木围墙处理区模型为:

$$MEL = -118.25 - 11.83K_w + 12.85K_{rf} + 8.83p_w \quad (6)$$

式中: K_w 为对照保存率, p_w 为围墙处理区苗木单价。模型复相关系数为 0.989,极显著。 K_w 偏相关系

数为 -0.975 , K_{rf} 偏相关系数为 0.906 , 二者均极显著, p_w 偏相关系数为 0.620 。模型显示, 减少的经济损失与处理和对照区油松的保存率密切相关, 同时也决定于处理苗木的单价。

旬邑林区篱笆处理减少的经济损失逐步回归模型为:

$$\begin{aligned} MEL = & -1343.92 + 27.79 p_c + 18.82 K_{rf} \\ & + 3.19 P_t - 21.17 a \end{aligned} \quad (7)$$

式中: a 为定植年限, 复相关系数为 0.988 , 回归关系极显著, p_c 偏相关系数为 0.794 , K_{rf} 偏相关系数为 0.941 , P_t 偏相关系数 0.834 , 三者均极显著, a 的偏相关系数为 -0.461 , 显著。这说明旬邑林区灌木篱笆处理减少的经济损失很大程度上取决于林木的被害程度和当年油松价格, 同时也存在着明显的年问差异。

灌木围墙处理区的模型为:

$$MEL = -1390.06 + 13.47 K_{rw} + 5.16 P_t \quad (8)$$

模型复相关系数为 0.968 , 极显著, K_{rw} 偏相关系数为 0.933 , P_t 偏相关系数为 0.963 , 均为极显著。模型显示, 处理与对照林木被害程度的差异对经济损失的减少影响较大。

用 300 株油松减少的损失量除以油松单位面积定植株数就可计算出单位面积减少的经济损失。例如, 桥北林区灌木篱笆处理前 5 a 减少的损失为 (182.05 ± 19.02) 元 $\cdot (300 \text{ 株})^{-1}$, 667 m^2 定植油松株数为 110 株, 则减少的经济损失为 (66.75 ± 6.97) 元 $\cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 。

从本质分析, 灌木围障减少的经济损失可以通过处理区和对照区油松保存率(K_r) 计算, 公式为:

$$\begin{aligned} MEL = & P_t [(100 - K_r) p_c \\ & - (100 - K_n) p_t] / 100 \end{aligned} \quad (9)$$

式中: P_t 为林木定植株数, K_r 为对照保存率, K_n 为处理区保存率, p_c 和 p_t 分别为对照和处理区林木单价。利用该公式也可计算单位面积减少的经济损失。

2.2.3 净增益 灌木围障的净增益(N_i) 主要是处理区保存苗木产生的经济效益增量, 决定于处理区林木保存株数和处理区与对照区林木单价, 也是一个随定植年限变化的动态值。根据表 2 中的油松单价数据, 按照公式计算:

$$N_i = K_p (p_t - p_c) \quad (10)$$

式中: N_i 为净增益, K_p 为林木保存株数, 可计算出不同处理 300 株油松的净收益(表 5)。

不同处理油松的净收益也可通过处理区油松的保存率计算, 公式为:

$$N_i = K_r (p_t - p_c) P_t / 100 \quad (11)$$

式中: K_r 为林木保存率, P_t 为定植株数。利用该公式

可以计算出单位面积油松的净增益, 例如油松桥北林区篱笆处理区重复 I 定植前 5 a 的油松保存率为 82.0% , 油松单价为 (7.17 ± 1.20) 元 $\cdot \text{株}^{-1}$, 处理区单价为 (5.20 ± 1.20) 元 $\cdot \text{株}^{-1}$, 计算出的 300 株油松净增益为 484.62 元 $/300$ 株, 与实际值一致; 而计算出的 5 重复平均值为 510.03 元 $\cdot (300 \text{ 株})^{-1}$, 与表 5 中的数据一致。

桥北林区灌木篱笆区净收益重复间差异不显著, 而年间差异极显著, 净增益随定植年限增加, 逐步回归模型为:

$$\begin{aligned} N_{if} = & -125.00 + 260.33 (P_f - P_c) \\ & + 1.42 K_{rf} \end{aligned} \quad (12)$$

式中: P_f 为篱笆区油松单价, K_{rf} 为篱笆区油松保存率。复相关系数为 0.999 , 线性关系极显著。篱笆与对照区苗木单价增量的偏回归系数接近 1.000 , 极显著。 K_{rf} 的偏回归系数为 0.550 , 显著。这说明桥北灌木篱笆区净效益主要取决于篱笆与对照区苗木单价增量, 其次取决于苗木保存率。

灌木围墙区净增益重复间差异不显著, 而年份间差异极显著。净增益前 2 a 呈下降的趋势, 2 a 后净效益逐年增加。逐步回归模型为

$$\begin{aligned} N_{rw} = & -47.41 + 228.98 (p_w - p_c) + 0.58 K_{rw} \\ & + 0.69 p_c \end{aligned} \quad (13)$$

式中: p_w 为灌木围墙区苗木单价, K_{rw} 为围墙区保存率。复相关系数与接近 1.000 , 线性关系极显著。对照区苗木价格增量偏相关系数为 0.999 , K_{rw} 的偏相关系数为 0.804 , 均极显著, 对照苗木价格的相关系数为 0.459 , 关系显著。2 种处理(篱笆与围墙) 间差异显著, 而且差异随定植年限扩大(图 2A)。

与桥北林区相同, 旬邑林区 2 种处理的净增益重复间也无差异。而年份间差异极显著。净增益的第 2 年和第 3 年较低, 其他各年份较高(图 2B)。篱笆区净收益逐步回归模型:

$$N_{if} = -61.90 + 266.09 (P_f - P_c) + 0.70 K_{rf} \quad (14)$$

模型的复相关系数平方为 0.994 , 极显著, 与对照区苗木单价增量的偏相关系数为 1.000 , 保存率偏相关系数为 0.939 , 均达到极显著水平。围墙区净收益逐步回归模型:

$$\begin{aligned} N_{rw} = & -38.243 + 256.47 (p_w - p_c) + 0.47 K_{rw} \\ & - 0.50 p_w \end{aligned} \quad (15)$$

复相关系数平方为 0.999 , 回归关系极显著。与对照区苗木单价增量的偏相关系数接近 1.000 , 线性关系极显著, 保存率偏相关系数为 0.801 , 均达到极显著, 而处理区苗木价格的偏相关系数为 -0.454 , 线性关系显著。

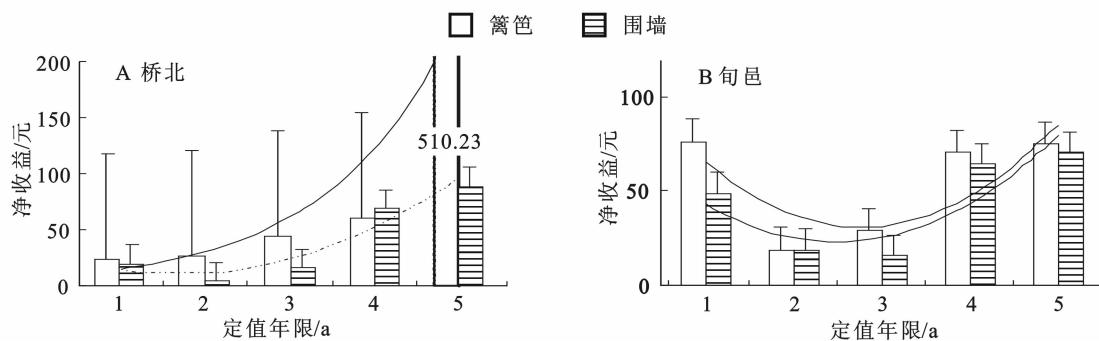


图2 灌木围障净增益年变化

Fig. 2 Annual variations of net income by using shrub branch barriers

表5 林区灌木围障增收效益分析

Table 5 Net income analysis of the establishment of shrub branch barriers in forest(M+SE)

地点	项目	定值(300株)后的损失/元				
		1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
桥北	篱笆保存株	269.80±3.38	266.60±3.09	263.80±3.32	261.00±3.48	259.00±3.49
	围墙保存株	241.60±2.18	236.80±1.39	233.80±1.46	232.00±1.79	228.60±1.63
	对照保存株	236.80±3.25	218.20±3.02	211.00±2.81	207.60±3.20	201.60±3.29
	篱笆保存率/%	89.90±1.23	88.90±1.03	87.90±1.11	87.00±1.16	86.30±1.64
	围墙保存率/%	80.80±0.73	78.90±0.47	77.90±0.49	77.30±0.60	76.20±0.54
	对照保存率/%	78.90±1.08	72.70±1.01	70.30±0.94	69.20±1.07	67.20±1.10
	篱笆净增益/元	24.28±0.30	26.66±0.31	44.85±0.56	60.03±0.80	510.23±6.88
	围墙净增益/元	19.33±0.17	4.74±0.03	16.37±0.10	69.60±0.54	89.15±0.63
旬邑林区	篱笆保存株	272.00±2.39	268.00±2.93	265.20±3.12	260.60±3.20	258.20±3.43
	围墙保存株	269.80±2.29	264.20±2.15	256.80±1.50	248.00±1.55	241.80±2.06
	篱笆保存率/%	264.00±1.58	255.40±1.43	245.80±1.28	236.20±1.93	228.60±2.77
	围墙保存率/%	89.90±0.76	88.10±0.72	85.60±0.50	82.67±0.52	80.60±0.69
	对照保存率/%	90.70±0.80	89.30±0.98	88.40±1.01	86.90±1.07	86.10±1.14
	篱笆保存率/%	88.00±0.53	85.10±0.48	81.90±0.43	78.70±0.64	76.20±0.92
	篱笆净增益/元	76.16±0.67	18.76±0.21	29.17±0.21	70.36±0.86	74.88±0.99
	围墙净增益/元	48.56±0.41	18.49±0.15	15.40±0.09	64.48±0.40	70.59±0.60

2.2.4 总收益 灌木围障的总收益(T_R)是减少损失和净增益之和。桥北林区篱笆区总收益逐步回归模型为:

$$T_{Rf} = -684.86 + 227.45p_f + 20.69K_{rf} \\ - 2172.58p_c - 3.69P_c \quad (16)$$

模型复相关系数平方为0.993,回归关系极显著。处理区苗木价格的偏相关系数为0.989,保存率偏相关系数为0.889,对照区苗木价格的偏相关系数为-0.942,对照保存株数的偏回归系数为-0.823,均达到极显著水平。结果说明,总收益与处理区林木保存率和苗木价格呈极显著的正相关,而与对照区苗木价格和保存株数呈极显著的负相关。桥北灌木围墙总收益逐步回归模型

$$T_{Rw} = -155.31 + 244.54p_w + 4.47P_w \\ - 236.45p_c - 11.89K_c \quad (17)$$

模型的复相关系数平方为0.990,回归关系极显著。处理苗木价格的偏相关系数为0.910,处理保存株数偏相关系数为0.909,对照苗木价格的偏相关系数为-0.874,对照保存率的偏回归系数为-0.911,均达到

极显著水平。模型显示,总收益与处理区苗木单价和保存株数呈正相关,而与对照苗木价格和保存率呈负相关。

旬邑林区灌木笆总收益逐步回归模型为:

$$T_{Rf} = -502.44 + 31.44p_f + 4.03p_f \\ + 243.51(p_f - p_c) - 2.74p_c \quad (18)$$

模型复相关系数平方为0.980,回归关系极显著。处理苗木价格的偏相关系数为0.789,处理保存株数偏相关系数为0.912,处理与对照区苗木价格增量的偏系数为0.872,对照保存株数的相关归系数为-0.719,均达到极显著水平。结果证明,总收益与处理区苗木价格和保存株数、处理与对照区苗木价格增量呈正相关,而与对照林木保存株数呈负相关。旬邑灌木围墙总收益模型为:

$$T_{Rw} = 530.86 + 322.15p_w + 4.30P_w \\ - 296.39P_c - 2.59P_c \quad (19)$$

模型的复相关系数平方为0.972,回归关系极显著。处理苗木价格的偏相关系数为0.872,处理保存株数偏相关系数为0.888,对照苗木价格的偏相关系数

数为 -0.836 , 对照保存株数的偏回归系数为 -0.643 , 线性关系均极显著。模型显示, 旬邑灌木围墙总收益与处理苗木价格和保存株数呈极显著的正相关, 而与对照苗木价格和林木保存率呈极显著的负相关。

2.3 投入产出分析

2.3.1 投资收益率 投资收益率(ROI)计算公式

为:

$$ROI = \frac{NI}{OI} \times 100\% \quad (20)$$

式中: NI 为每年获得的净收入, 灌木围障处理的年净收入是减少的经济损失和净收益之和; OI 为原始投资, 也就是灌木围障处理的成本。利用公式可以计算出桥北和旬邑 2 种方法各年的投资收益率(表 6)。

表 6 投资收益率年变化

Table 6 Annual variations of rate of return on investment

项目	地点	方法	成本/元	年度变化				
				1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
年净收入/元	桥北	篱笆	121.76	111.32	71.72	68.44	71.92	404.54
		围墙	80.59	27.71	37.15	38.76	70.02	28.06
	旬邑	篱笆	125.25	89.28	-26.81	43.19	76.06	75.21
		围墙	99.75	58.32	-9.04	9.07	51.61	30.34
投资收益率/%	桥北	篱笆	121.76	91.43	58.90	56.21	59.07	332.24
		围墙	80.59	34.38	46.10	48.10	86.88	34.82
	旬邑	篱笆	125.25	71.28	-21.41	34.48	60.73	60.05
		围墙	99.75	58.47	-9.06	9.09	51.74	30.42

2.3.2 投入产出比 投入产出比(IOR)反应了投入成本(CI)与收益之间的关系, 是表示投资效果的

一项指标, 也称为投入产出率。计算公式为:

$$IOR = \frac{CI}{IN} = \frac{CI}{P_i [K_n (2p_t - p_c) - 100(p_t - p_c) - p_c K_n)] / 100} = \frac{1}{n} \quad (21)$$

式中: CI 为投资总额, IN 为试验期内各年增加值的总和, $n = IN/CI$, n 值越大, 经济性越好。根据公式

表 7 投入产出比年变化

Table 7 Annual variations of the ratios of input to output

项目	地点	方法	成本/元	年变化				
				1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
投入产出比/%	桥北	篱笆	121.76	0.91	1.50	2.07	2.66	5.98
		围墙	80.59	0.34	0.80	1.29	2.15	2.50
	旬邑	篱笆	125.25	0.71	0.50	0.84	1.45	2.05
		围墙	99.75	0.58	0.49	0.58	1.10	1.41

3 结论与讨论

清灌是造林前必须例行的程序, 防治沙柳木蠹蛾(*Holcocerus arenicola*)和沙棘木蠹蛾(*Holcocerus hippophaecolus*)要对沙柳和沙棘进行定期平茬, 这样会产生大量的灌木枝条, 为处理这些剩余物往往需要花费大量的人力、物力。造林时采用灌木围障处理可以消耗部分灌木枝条, 减少清理费用; 同时可以减轻林木危害, 提高林木的生长量^[8]。灌木围障处理成本主要是用工费支出, 桥北林区灌木篱笆和围墙处理成本分别为 (121.76 ± 9.93) 元·(300 株)⁻¹和 (80.59 ± 4.06) 元·(300 株)⁻¹。按 1 650 株·hm⁻²折算, 处理成本为 (669.68 ± 54.62) 元·hm⁻²和 (443.25 ± 22.33) 元·hm⁻²。旬邑为 (688.88 ± 16.78) 元·hm⁻²和 (548.63 ± 25.74) 元·hm⁻²。用工量取决于劳动者工作技能的熟练程

度和造林管理组织水平, 用工单价随着时间波动, 所以用工支出存在着很大地区和时间差异, 是一个随时间变化的动态值; 因此, 灌木围障处理成本也是一个随时间变化的动态量。

灌木围障预防林木危害减少的经济损失随定植年限而变化, 主要取决于处理与对照区林木被害程度的差异和苗木单价。试验期内, 桥北 2 种处理减少的经济损失为 (1197.41 ± 204.00) 元·hm⁻²和 (619.03 ± 99.00) 元·hm⁻², 年减少损失 (239.48 ± 40.80) 元·hm⁻²和 (123.81 ± 19.80) 元·hm⁻²。旬邑减少的经济损失分别为 (1001.28 ± 104.61) 元·hm⁻²和 (383.41 ± 117.76) 元·hm⁻²。净增益也是一个随定植年限变化的动态值, 不仅取决于对照和处理区油松的保存率, 还受对照和处理区苗木单价差异大小的制约。模型分析结果显示, 处理与对照苗木价格对净增益作用最大, 是决定净增益的关

键因素;另外处理区油松保存率也是净增益的决定因素,苗木价格增量和林木保存率愈大,净增益愈高,各处理净增益与林木保存率密切相关。试验期内,桥北林区2种处理的净增益分别为(2 806.25±37.84)元·hm⁻²和(490.33±3.47)元·hm⁻²,年均为(561.25±7.57)元·hm⁻²和(98.07±0.69)元·hm⁻²;旬邑为(711.84±5.45)元·hm⁻²和(388.25±3.30)元·hm⁻²。

除过旬邑林区定植第2年外,各年的投资效率均为正值,有的甚至超过了300%。这说明灌木围障处理预防林木兔害方法投资收益率很高。从投资收益率大小分析,桥北林区大于旬邑林区,灌木篱笆处理高于围墙处理。从投入产出比分析,桥北林区灌木篱笆处理第2年就可收回投资,灌木围墙处理的投资回收期为3 a;旬邑的回收期均为4 a。在试验期内,桥北2种处理投入产出比分别为1:5.98和1:2.50,显然高于旬邑的1:2.05和1:1.41。投入产出比虽然是一个静态指标,但当随着灌木围障处理之后,投入产出比与投资收益率有对应的关系,故可根据基准投资收益率估计基准投入产出比。对于有害生物治理1:2可以作为基准投入产出比。所以使用清灌剩余物围障,尤其是灌木篱笆处理是一项经济实用的空间隔离措施,可起到一举多得的效果。

参考文献:

- [1] 韩崇选.中国农林啮齿动物与科学管理[M].陕西杨陵:西北农林科技大学出版社,2005:117-127.
- [2] 韩崇选.林啮齿动物灾害环境修复与安全诊断[M].陕西杨陵:西北农林科技大学出版社,2004:660-679.
- [3] 王明春,张芳宝,韩崇选,等.草兔对黄土高原主要造林树种的危害特征[J].东北林业大学学报,2010,38(11):42-45.
WANG M C,ZHANG F B,HAN C X,*et al.* Harmful characteristics of *Lepus capensis* to major afforestation tree species in the Loess Plateau[J]. Journal of Northeast Forestry University,2010,38(11):42-45. (in Chinese)
- [4] 王明春,李琪,宗德禄,等.退耕还林区抗逆袋栽植的抗旱与驱鼠(兔)作用[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):40-45.
WANG M C,LI Q,ZONG D L,*et al.* Effect of drought resistance and rodent repellent on using the stress resistance bag in planting at the area of removal lands from cultivation for afforestation[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2007,25(5):40-45. (in Chinese)
- [5] 韩崇选,杨学军,王明春,等.林区啮齿动物群落管理中的生态阈值研究[J].西北林学院学报,2005,20(1):156-161.
HAN C X,YANG X J,WANG M C,*et al.* A study on the ecological threshold in the forest bandicoot community management[J]. Journal of Northwest Forestry University,2005,20(1):156-161. (in Chinese)
- [6] 杨学军,韩崇选,张宏利,等.陕北与关中林区草兔危害及发生规律分析[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(3):85-89,94.
YANG X J,HAN C X,ZHANG H L,*et al.* Analysis of the law and harm of hare to forest in the North of Shaanxi and Guanzhong[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2005, 33(3):85-89,94. (in Chinese)
- [7] 韩崇选,杨学军,杨清娥,等.陕西林区草兔空间格局及区域变化研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(11):65-72.
HAN C X,YANG X J,YANG Q E,*et al.* Study on spatial distribution patterns and district variation of *Lepus capensis* in Shaanxi forest-land[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Natural Science Edition , 2004,32(11):65-72. (in Chinese)
- [8] PEINETTI H R,MENEZES M B. Coughenour changes induced by elk browsing in the aboveground biomass production and distribution of willow (*Salix monticola* Bebb); their relationships with plant water, carbon, and nitrogen dynamics[J]. Oecologia,2001,127:334-342.
- [9] CASEY A M,CHAD S B,TAMZEN K S. Use of felled junipers to protect streamside willows from browsing[J]. Range-land Ecol. Manage. ,2005,58:652-655.
- [10] ROBERT M S. Technical change and the aggregate production function[J]. The Review of Economics and Statistics, 1957,39(3):312-320.
- [11] 刘亚旭,龚小军,高蓉,等.科技投入产出评价方法探析[J].中国科技论坛,2007(4):36-41.
- [12] 王亚伟,陈振,梁保松,等.基于投入产出理论的河南省农业关联效应分析[J].河南农业大学学报,2010,44(2):224-228.
WANG Y W,CHEN Z,LIANG B S,*et al.* Analysis of the industry correlation of agriculture in Henan Province based on input-output theory[J]. Journal of Henan Agricultural University,2010,44(2):224-228. (in Chinese)
- [13] 韩崇选,杨学军,王明春,等.秦巴林区草兔空间格局研究[J].西北林学院学报,2005,20(3):133-136.
HAN C X,YANG X J,WANG M C,*et al.* Spatial distribution patterns of *Lepus capensis* in the Mountaions of Qinling and Bashan[J]. Journal of Northwest Forestry University,2005, 20(3):133-136. (in Chinese)
- [14] 韩崇选,杨清娥,杨学军,等.关中北部塬区林地草兔空间格局研究[J].西北林学院学报,2004,19(4):82-85.
HAN C X,YANG Q E,YANG X J,*et al.* Spatial distribution patterns of *Lepus capensis* in the North Plateau Area of Guanzhong[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004,19(4):82-85. (in Chinese)
- [15] 韩崇选,杨学军,王明春,等.林区鼢鼠的综合管理研究[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)
- [16] 韩崇选,胡忠朗,陈孝达,等.甘肃鼢鼠对油松危害动态经济阈值研究及应用[J].西北林学院学报,1994,9(3):45-52.
HAN C X,HU Z L,CHEN X D,*et al.* Study on dynamic economic threshold of daamge to chinese pine forests by Gansu zoker[J]. Journal of Northwest Forestry University,1994, 9(3):45-52. (in Chinese)