

人工刺槐用材林多目标规划收获调整

刘伟, 黄家荣, 阚龙攀, 孟庆玲 (河南农业大学, 河南郑州 450002)

摘要 对陕县国有窑店林场的人工刺槐林进行多目标规划收获调整, 建立约束方程, 利用 Matlab 和 Excel 求解, 结果表明, 调整期内材积收获量最大、各分期内材积收获量近似均匀、调整期末龄级结构接近法正, 基本上达到了所有预期目的。

关键词 人工刺槐用材林; 多目标规划; 收获调整

中图分类号 S757.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)06-02491-02

Multi-objective Planning and Harvest Adjustment of Artificial Locust Timber

LIU Wei et al (Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract This study aimed to carry out multi-objective harvest adjustment on the *Robinia pseudoacacia* forest on the Jiandian State-owned Forest Farm to establish a constraint equation and solve by using Matlab and Excel. The results showed that the timber harvest volume would be the most during the adjustment period; the timber harvest volume in each stage would be even; age-class structure at the end of adjustment period would be close to the Act, which basically achieved all desired results.

Key words Artificial locust timber; Multi-objective planning; Harvest adjustment

木材永续利用是传统森林经理学的主要内容, 实际上, 传统森林经理学就是用材林经理学^[1]。尽管人们现在比较强调森林多资源利用和可持续经营, 然而木材生产仍然是林业主业之一, 用材林的经营管理问题依然受到广大森林经营工作者的重视。但是, 现代社会文明的发展诱发了对森林多资源管理及其决策问题的研究, 致使传统的森林经理学加进了大量的多资源管理的内容。

过去, 人们长期以法正林为模型, 采用简单的算数公式收获调整森林。从 20 世纪 50 年代起, 国外就把数学规划方法应用于森林收获调整, 提出和推广应用了多种数学模型及电算软件系统^[2-3]。其中多目标规划在林业中应用最早的学者是 D. B. Field^[4]。随后, 一些学者对运用这一方法进行森林收获调整进行了不少研究^[5-7]。我国的周国模等应用目标规划法对同龄林收获调整进行了初步研究, 并取得了一定的经验^[8-9]。王才旺对建立同龄林收获调整的多目标数学规划模型进行了探讨, 并以 1 个实例为调整对象, 运用模型编制了森林收获调整规划, 但是该模型在单元收获策略制定方面显得“模式化”^[10]。秦淑英等应用目标规划, 对林场的云杉林和落叶松林进行了森林收获调整, 取得了明显的效果^[11]。纵观以往的研究实践, 笔者认为, 多目标规划是解决森林时空结构调整、收获量均衡、获取最大木材产量及经济和生态效益的多效益永续利用问题的一种较为理想的有效方法。

与其他数学规划方法比较, 多目标规划法具有以下优点: ①能同时考虑多个森林收获调整目标的最优化; ②在约束条件不能满足或相互间不一致时也能获得有效解或弱有效解; ③采用了线性方程后的模型, 可转化为线性规划模型求解并作优化后分析。笔者基于以上多目标规划的优点, 对陕县国有窑店林场的人工刺槐用材林进行收获调整, 为河南省森林资源经营管理提供了同龄用材林多目标收获调整的先例, 具有重要的现实意义。

1 研究区域概况

陕县国有窑店林场位于河南省陕县南部, 地处 111°09'20" ~ 111°17'20"E, 34°26'30" ~ 34°34'00"N, 东与义马市矿务局曹家窑林场和洛宁县吕村林场为邻, 南与洛宁县上戈林场和灵宝县寺河乡相接, 西连陕县张汭乡, 北临陕县西张村镇, 土地总面积 7 860 hm², 总蓄积量 443 072 m³。林场属暖温带落叶阔叶林带, 动植物资源非常丰富, 乔木林多为次生林, 其中, 人工刺槐林面积 493.4 hm², 蓄积量 27 269 m³, 各个龄级的面积和蓄积量见表 1。刺槐林的年平均生长量为 2 441 m³, 生长率为 8.95%。另有荒山面积 17 hm², 可用于营造人工刺槐林。

表 1 人工刺槐林面积蓄积量按龄级统计

Table 1 Artificial locust forest area accumulation volume according to the age-class stock tables

龄级	面积//hm ²	蓄积量//m ³
Age-class	Area	Accumulation
I 龄级 Age-class I	18.7	428
II 龄级 Age-class II	287.4	12 246
III 龄级 Age-class III	31.5	1 247
IV 龄级 Age-class IV	58.7	2 486
VI 龄级 Age-class VI	35.5	3 749
VII 龄级 Age-class VII	61.6	7 114
合计 Total	493.4	27 269

2 森林收获调整多目标规划模型的建立及求解

2.1 约束条件的创建 根据现实林地特点和永续利用条件以及窑店林场决策人员的要求, 创建以下约束条件: ①调整期为 20 年, 轮伐期为 20 年, 龄级期为 5 年; ②采伐龄级约束: IV 龄级起采, VII 龄级以上全采伐; ③伐后及时更新同一树种; ④ 17 hm² 的荒山在第 1 分期完成造林; ⑤最大收获约束: 材积收获量尽可能不小于 30 000 m³; ⑥目标龄级约束: 期末龄级分配近似法正; ⑦各分期材积收获量尽可能均匀。

2.2 目标及目标权重的确定 森林收获调整的目标是指森林经营者在特定条件约束下所要达到的一定结果。本着“持续发展和永续利用”的原则, 为避免资源危机和经济困局局面的出现, 选用调整期内木材收获量最大、期末龄级分配近似法正和各分期材积收获量均匀作为目标。

基金项目 河南省科技攻关项目(0624050007)。

作者简介 刘伟(1982-), 男, 河南滑县人, 硕士研究生, 研究方向: 3S 和 ANN 技术在林业中的应用。

收稿日期 2008-12-08

3 个目标的重要性是不一样的, 根据目标的重要程度给以不同权重, 利用加权法评价才能得到可靠的优选方案。秦淑英等利用特尔菲法确定目标权重, 理论效果较好, 并且适合于实际生产情况^[11]。因此, 笔者请 12 位专家对这 3 个目标的权重进行打分, 最后算出平均值, 作为各个目标的权重系数。由此得到调整期内木材收获量最大, 期末龄级分配近似法正。各分期材积收获量均匀的目标权重系数分别为: 0.40、0.38、0.22。

2.3 约束方程和目标函数 设第 i 龄级第 j 分期的采伐面积为 X_{ij} , 根据上述约束条件, 可以列出如下约束方程:

$$\begin{aligned}
 (1) \sum_{i=4}^7 X_{i4} + d_{71}^- - d_{71}^+ &= 127.6; \\
 (2) \sum_{i=4}^7 X_{i3} + d_{72}^- - d_{72}^+ &= 127.6; \\
 (3) \sum_{i=4}^7 X_{i2} + d_{73}^- - d_{73}^+ &= 127.6; \\
 (4) \sum_{i=4}^7 X_{i1} + d_{74}^- - d_{74}^+ &= 110.6; \\
 (5) X_{44} + d_{75}^- - d_{75}^+ &= 18.7; \\
 (6) X_{43} + X_{54} + d_{76}^- - d_{76}^+ &= 287.4; \\
 (7) X_{53} + X_{42} + X_{64} + d_{77}^- - d_{77}^+ &= 31.5; \\
 (8) X_{71} &= 61.6; \\
 (9) X_{61} + X_{72} &= 35.5; \\
 (10) X_{73} + X_{62} + X_{51} &= 0; \\
 (11) X_{41} + X_{52} + X_{63} + X_{74} &= 58.7; \\
 (12) 40 \sum_{j=1}^4 X_{4j} + 55.5 \sum_{j=1}^4 X_{5j} + 92.72 \sum_{j=1}^4 X_{6j} + 115.03 \sum_{j=1}^4 X_{7j} + d_6^- &\geq 30\ 000;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (13) (40X_{41} + 55.5X_{51} + 92.72X_{61} + 115.03X_{71}) - (40X_{42} + 55.5X_{52} + 92.72X_{62} + 115.03X_{72}) - d_{81}^+ + d_{81}^- &= 0; \\
 (14) (40X_{42} + 55.5X_{52} + 92.72X_{62} + 115.03X_{72}) - (40X_{43} + 55.5X_{53} + 92.72X_{63} + 115.03X_{73}) - d_{82}^+ + d_{82}^- &= 0; \\
 (15) (40X_{43} + 55.5X_{53} + 92.72X_{63} + 115.03X_{73}) - (40X_{44} + 55.5X_{54} + 92.72X_{64} + 115.03X_{74}) - d_{83}^+ + d_{83}^- &= 0; \\
 (16) (40X_{41} + 55.5X_{51} + 92.72X_{61} + 115.03X_{71}) - (40X_{44} + 55.5X_{54} + 92.72X_{64} + 115.03X_{74}) - d_{84}^+ + d_{84}^- &= 0.
 \end{aligned}$$

根据以上约束方程, 得出目标函数为:

$$\text{Min}Z_1 = d_6^- \quad (1)$$

$$\text{Min}Z_2 = \sum_{j=1}^7 d_{4j}^+ + \sum_{j=1}^7 d_{7j}^- \quad (2)$$

$$\text{Min}Z_3 = \sum_{j=1}^4 d_{8j}^- + \sum_{j=1}^7 d_{8j}^- \quad (3)$$

Z_1 、 Z_2 、 Z_3 的目标权重系数分别为: 0.40、0.38、0.22, 可得综合目标函数为:

$$\begin{aligned}
 \text{Min}Z &= 0.40 d_6^- + 0.38 [22.70 (d_{71}^- + d_{71}^+) + 36.71 (d_{72}^- + d_{72}^+) + 43.35 (d_{73}^- + d_{73}^+) + 48 (d_{74}^- + d_{74}^+) + 55.5 (d_{75}^- + d_{75}^+) + 92.72 (d_{76}^- + d_{76}^+) + 115.03 (d_{77}^- + d_{77}^+)] + 0.22 \sum_{j=1}^4 (d_{8j}^+ + d_{8j}^-) \quad (4)
 \end{aligned}$$

2.4 模型求解 利用 matalab 和 Excel 对多目标规划模型的目标函数求解, 各目标函数值为: ①材积收获量 Z_1 为 31 322 m^3 ; ②收获调整解见表 2; ③1 到 4 分期的收获量分别为: 8 315、7 299、7 296、8 412 m^3 。

表 2 人工刺槐用材林收获调整解

Table 2 Artificial locust timber harvest adjustment solution

分期 Stages	1		2		3		4		5	
	保存 Save	采伐 Logging	保存 Save	采伐 Logging	保存 Save	采伐 Logging	保存 Save	采伐 Logging	保存 Save	采伐 Logging
I	18.7	0	106.6	0	97.7	0	152.0	0	154.1	0
II	287.4	0	18.7	0	106.6	0	97.7	0	152.0	0
III	31.5	0	287.4	0	18.7	0	106.6	0	97.7	0
IV	58.7	28.0	31.5	31.5	287.4	152	18.7	18.7	106.6	0
V	0	0	30.7	30.7	0	0	135.4	135.4	0	0
VI	35.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
≥ VII	61.6	61.6	35.5	35.5	0	0	0	0	0	0
荒山 Barren hills	17	17								

3 结果与讨论

3.1 结果 森林收获调整的主要目的是为了调整森林龄级结构, 笔者选用多目标规划对陕县窑店林场的人工刺槐林进行森林收获调整。从模型解可以得出:

- (1) 调整期末, 材积收获量达到 31 322 m^3 。
- (2) 调整期末, 人工刺槐林 I 到 IV 龄级的面积分别为 154.1、152.0、97.7 和 105.6 hm^2 。
- (3) 在 20 年的调整期内, 各分期的材积收获量分别为 8 315、7 299、7 296 和 8 412 m^3 。

3.2 讨论

(1) 多目标规划能够比较客观地提供一条实现用材同龄林多目标最优化的森林收获调整途径。虽然“调整期内收获量最大”是调整期内的主要任务, 但采用多目标规划, 还能同时兼顾其他方面 (期末龄级分配近似法正、各分期材积收获

量尽可能均匀), 可以取得更好的综合效果。

(2) 在调整期内, 各龄级的面积随调整分期逐渐趋于法正龄级分配。调整期末, 由于调整期前缺失 V 龄级, 导致龄级结构不能完全按法正龄级分配, 不过, 与调整前相比较, 调整后的人工刺槐林龄级结构明显改善, 有利于林分的可持续发展和永续利用。

同样, 调整期内, 1、4 分期的材积收获量分别近似相等, 2、3 分期也是这样, 这种情况的出现也是由于调整期前的 V 龄级缺失造成的。

(3) 为了考察多目标规划的结果是否实现了较高的收获, 笔者利用线性规划方法进行以材积收获最大为目标的多目标规划, 结果表明, 整个调整期内的材积最大收获量为 31 323 m^3 , 而多目标规划的总收获量为 31 322 m^3 , 2 个数据

2.2 不同浓度 IBA 和 NAA 处理对黄花槐株高的影响 由表 1、表 2 可知,不同浓度 IBA 和 NAA 处理后,成活枝条的株高均高于对照。其中,500 mg/L IBA 处理的黄花槐成活枝条的平均高度最高,达 33.5 cm,比对照高 15.87 cm。方差分析结果表明,IBA 处理的成活枝条的平均高度显著高于对照 ($P < 0.05$),而不同浓度 IBA 处理间差异不显著。250 和 500 mg/L NAA 处理的黄花槐成活枝条的株高显著高于 1 000 mg/L NAA 处理和对照 ($P < 0.05$),而 250 和 500 mg/L NAA 处理间差异不显著,对照和 1 000 mg/L NAA 处理差异不显著。

表 1 不同浓度 IBA 对黄花槐扦插的影响

Table 1 Effects of IBA at different concentration on the softwood cutting of *Cassia surattensis* Burm. f.

处理浓度 mg/L Treatment concentration	扦插枝 条数//个 Cutting quantity	成活枝条 数//株 Survival quantity	成活率 % Survival rate	平均株高 cm Average plant height	平均根数 条/株 Average root quantity	平均根长 cm Average root length
CK	60	25	41.67	17.63 Cc	6.67 Cc	4.91 Dd
250	60	34	56.67	31.73 Aa	10.10 Bb	9.44 Cc
500	60	37	61.67	33.50 Aa	13.13 Aa	14.53 Aa
1 000	60	30	50.00	22.77 Bb	7.30 Cc	10.50 Bb

表 2 不同浓度 NAA 对黄花槐扦插的影响

Table 2 Effects of NAA at different concentration on the softwood cutting of *Cassia surattensis* Burm. f.

处理浓度 mg/L Treatment concentration	扦插枝 条数//个 Cutting quantity	成活枝条 数//株 Survival quantity	成活率 % Survival rate	平均株高 cm Average plant height	平均根数 条/株 Average root quantity	平均根长 cm Average root length
CK	60	25	41.67	17.63 Bb	6.67 Cc	4.91 Cc
250	60	26	43.33	25.00 Aa	7.60 BCb	8.88 Aa
500	60	31	51.67	24.53 Aa	11.77 Aa	6.65 Bb
1 000	60	27	45.00	17.97 Bb	7.87 Bb	6.40 Bb

注:多重比较采用 LSD 法,小写字母表示在 0.05 水平差异显著,大写字母表示在 0.01 水平差异显著。

Note: LSD was adopted in multiple comparison; small letters indicate a difference level at 0.05; capitals indicate a difference level at 0.01.

2.3 不同浓度 IBA 和 NAA 处理对黄花槐平均生根数的影响 由表 1、表 2 可知,各处理扦插成活枝条的生根数均多于对照。500 mg/L IBA 和 500 mg/L NAA 处理的扦插成

活枝条的生根数最多,分别为 13.13 和 11.77 条,分别较对照增加了 96.85% 和 76.46%。经方差分析可知,IBA 各处理间差异显著 ($P < 0.05$),而 1 000 mg/L IBA 处理与对照差异不显著,250 和 500 mg/L IBA 处理与对照差异显著 ($P < 0.05$)。500 mg/L NAA 处理与其他浓度 NAA 处理和对照均有显著差异 ($P < 0.05$)。

2.4 不同浓度 IBA 和 NAA 处理对黄花槐平均根长的影响 由统计结果可知,500 mg/L IBA 处理的成活枝条的平均根长达到 14.53 cm,比对照增加 195.93%;而不同浓度 NAA 处理中,以 250 mg/L NAA 处理成活枝条的平均根长最长,为 8.88 cm,比对照增加了 80.86%。方差分析结果表明,不同浓度 IBA 和 NAA 处理成活枝条的平均根长显著长于对照 ($P < 0.05$)。不同浓度 IBA 处理间差异显著,250 mg/L NAA 与其他 NAA 处理差异显著 ($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

试验结果表明,适当浓度的植物生长调节剂处理,可大大增加黄花槐扦插成活枝条的生根量,提高其成活率并促进枝条旺盛生长。IBA 和 NAA 都可提高黄花槐扦插枝条的成活率、株高、根数和根长。但总体来看,IBA 处理的效果好于 NAA,其中,500 mg/L IBA 处理的效果最好。

扦插育苗是黄花槐在冬季寒冷地区不结实情况下的主要繁育方式。扦插成活的关键在于使扦插枝条生根,生根的难易除与植物自身的特性有关外,还与处理插条的激素种类、处理浓度和时间等因素有关,此外,扦插季节和基质对插条生根也有影响^[5]。该试验所用扦插基质为土+沙,扦插季节为夏季,但未考虑温度和湿度因素。因此,不同基质、不同环境对插条生根的影响有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 王桂英,刘晓杰.黄花槐组织培养技术研究[J].林业实用技术,2007(7):6-7.
- [2] 史靖,郭伟珍,徐春桥.黄花槐组培快繁技术[J].农业科技通讯,2006(1):53.
- [3] 李彬.黄花槐播种育苗试验初报[J].重庆林业科技,2004(1):13-14,12.
- [4] 娄利华,蒋宣斌,罗韧,等.银荆、黄花槐工厂化育苗技术研究[J].重庆林业科技,2003(4):8-11.
- [5] 王涛.植物扦插技术[M].北京:科学技术出版社,1989.

(上接第 2492 页)

偏差仅 1 m^3 ,因此可以忽略不计,完全可以认为实现了较高的收获。

(4) 该研究仅是多目标规划应用于人工刺槐用材林的收获调整,对于生态公益林,还有很大的研究空间。

参考文献

- [1] J L 克拉特, J C 弗尔, C H 布雷斯特.用材林经理学——定量方法[M].范济洲,董乃钧,于政中,等译.北京:中国林业出版社,1991.
- [2] 黄中立.管窥森林永续经营的新发展,森林合理经营永续利用[M].北京:中国林业出版社,1982.
- [3] CLUTTER J L, FORSTON J C, PIENAAR L V, et al. Timber management: a quantitative approach [M]. New York: Wiley, 1983: 238-307.
- [4] FIELD D B. Goal programming for forest management [J]. For Sci, 1973, 19: 125-135.
- [5] DE KLUYVER C A, DAELLENBACH H G, WHYTE A G D. A two-stage,

multiple objective mathematical programming approach to optimal thinning and harvesting [J]. For Sci, 1980, 26: 674-686.

- [6] FIELD R C, DRESS P E, FORTSON J C. Complementary linear and goal programming procedures for timber harvest scheduling models [J]. Can J For Res, 1982, 26: 121-133.
- [7] JOHNSON K N, SCHEURMAN H L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives discussion and synthesis [J]. Forest Science, 1977, 23: 444-445.
- [8] 周国模.目标规划在同龄林收获调整中的应用[J].北京林业大学学报,1989,11(4):39-46.
- [9] 高申奇.目标规划在国营林业局生产管理中的应用[J].北京林业大学学报,1990,12(3):95-102.
- [10] 王才旺.同龄林收获调整的多目标数学规划模型[J].河南农业大学学报,1991,9(3):307-319.
- [11] 秦淑英,王振一.应用目标规划进行森林收获调整[J].河北林果研究,1999,14(1):41-44.