

辽东地区日本落叶松立地分类和立地质量研究

惠淑荣¹, 李丽锋^{1*}, 刘 强², 陶桂洪¹, 宋 贻¹, 陈忠维¹

(1. 沈阳农业大学 理学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:通过对辽东地区日本落叶松林的调查,利用数量化理论 I 确定了辽东地区日本落叶松生长发育的主导环境因子为海拔、土层厚度和坡向,并构建了辽宁省东部地区日本落叶松立地质量评价模型,检验结果表明达到了精度要求。利用这一模型可对辽宁省东部地区日本落叶松立地质量进行数量化评价。

关键词:日本落叶松;数量化理论;立地质量评价

中图分类号:S791.223.02 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2011)03-0139-04

Analysis of Site Condition and Quality of *Larix kaempferi* in Eastern Liaoning Province

HUI Shu-rong¹, LI Li-feng¹, LIU Qiang², TAO Gui-hong¹, SONG Zhi¹, CHEN Zhong-wei¹

(1. College of Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2. College of Information and Electrical Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: Investigation was carried out in *Larix kaempferi* growing in eastern Liaoning Province, China. the main factors affecting the growth of were analyzed by quantitative theory I. It was found that the main factors were altitude, soil depth and slope direction, respectively. A model to evaluate the site quality of *L. kaempferi* in this region was established. The result of examination of the model indicated that the it met the precision requirements.

Key words: *Larix kaempferi*; quantitative theory; quality valuation

日本落叶松(*Larix kaempferi*)是一种优良的速生树种,在辽宁省境内有一定的栽植面积,其自然生长周期较长,而且受自然及人为因素影响较大,因此较难对其生长过程进行准确预测。由于日本落叶松在我国用材林中的重要地位,各地对日本落叶松的研究较多^[1-3]。张天才研究了岫岩地区立地质量对日本落叶松生长的影响^[4],但是在辽东地区关于日本落叶松的生长立地质量的研究还未见更加深入广泛的研究。森林立地分类和质量评价是林业生产中的一项目基础工作^[5-6],林业生产的特点是在研究林业实践问题时,不仅数据量大,而且涉及很多环境因子,但是,在这些因子中,哪些是主导因子,究竟改良这些影响因子的哪些方面所带来的效益最大,目前在我国还是一个十分重要的课题。利用数量化理论 I^[7-8]确定影响辽宁省东部地区日本落叶松生长发

育的主导因子,并对辽东地区的日本落叶松的立地质量进行评价,提出辽东地区日本落叶松适生的立地条件。

1 材料与方 法

1.1 研究区域自然概况

本研究在辽宁省东部地区日本落叶松主要栽植区内进行。该区多山地丘陵,为长白山脉延伸部分。气候属于山地湿润季风气候,年平均气温 5~8℃,年降水量 800~1 000 mm,多集中在 7—8 月份。土壤为暗棕色森林土和棕色森林土。

1.2 调查方法

在辽宁省东部地区,选择具有代表性、生长正常、未受到破坏的日本落叶松纯林,郁闭度 0.8 以上。标准地面积 0.60~1.00 hm²,共 168 块标准

收稿日期:2010-04-26 修回日期:2010-06-03

基金项目:辽宁省高等学校科研项目计划项目资助(2008626)

作者简介:惠淑荣,女,教授,从事林业统计预测与控制等研究。

* 通讯作者:李丽锋,女,硕士,副教授,主要从事林业科研及数学教学工作。E-mail: xiyue_li@163.com。

地。记载标准地的地形、土壤及植被等因子,选择具有代表性的位置挖土壤剖面,测其土层厚度。同时对历年数据进行收集和整理。

1.3 研究方法

1.3.1 数量化理论 I 模型 (1)项目。指数量化理论 I 中的定性变量,如坡向、坡度等。

(2)类目。每个项目下根据不同的研究内容可分为若干等级,如坡向分为阳坡、阴坡等。

每个等级称为该项目的一个类目。各个项目应根据研究对象的内容确定类目的个数,可以相等,也可以不等。

(3)反应矩阵。如果某个问题考查了 m 个项目 x_1, x_2, \dots, x_m , 第 j 个项目又设 r_j 个类目 $x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm}$, 那么共有 $\sum_{j=1}^m r_j = p$ 个类目。以此得到 n 个样本, 将 n 个样本的观察值排成 $n \times p$ 阶矩阵 $[\delta_j(j, k)]_{n \times m}$, 其中 $\delta_j(j, k)$ 是第 i 个样本在第 j 个项目的第 k 个类目上的反应值, 该值按如下法则确定:

$$\delta_j(j, k) = \begin{cases} 1 & \text{当第 } i \text{ 个样本属于第 } j \text{ 个项目的第 } k \text{ 个类目} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

该矩阵称为反应矩阵 X 。

(4)数学模型及解法。假设变量 y 与各项目的类目间的关系遵从以下线性关系:

$$y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} b_{jk} \delta_i(j, k) + \epsilon_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中: b_{jk} 是待定常数, ϵ_i 是第 i 次抽样的随机误差。(1)式称为数量化理论 I 模型。 b_{jk} 的确定采用最小二乘法。可以得到:

$$X^T X b = X^T Y \quad (2)$$

式中: X 是自变量的反应矩阵。

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$$
$$b = [b_{11}, \dots, b_{1r_1}, b_{21}, \dots, b_{m1}, \dots, b_{mr_m}]^T$$

公式(2)称为正规方程, 其中, $X^T X$ 是一个退化矩阵, 在一般情况下有无穷多解。可以证明, 虽然正规方程有无穷组解, 但对于任意一组解, 预测值是相同的。

(5)预测精度。由于数量化理论 I 与回归分析基本相同, 复相关系数与偏相关系数仍然分别是衡量预测精度与各项目对预测贡献大小的重要统计量, 只是计算方法略有区别。复相关系数即预测值与实测值的相关系数, 计算方法与多元回归相似。

$$r_{yy} = \sqrt{\frac{\sigma_{yy}^2}{\sigma_y^2 \sigma_y^2}} = \frac{\sigma_y}{\sigma_y} \quad (3)$$

在数量化理论 I 中, 将每个项目视为一个变量, 为了计算偏相关系数, 将 $X_i^{(j)} = \sum_{k=1}^{r_j} b_{jk} \delta_i(j, k), j = 1,$

$2, \dots, m$ 看作是第 i 个样本在第 j 个项目上的定量数据, 这样可以求得项目与项目、项目与因变量之间的单相关系数, 并得到相关矩阵 R 。然后可以求得因变量与第 j 个项目的偏相关系数:

$$\rho_{y,j} = \frac{-r^{jn+1}}{\sqrt{r^{ij} r^{m+1m+1}}}, j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

在实际应用中, 还可以用各项目的范围 $range$ 来衡量各项目对预测的贡献。范围越大, 说明第个项目对预测值的贡献越大。

$$range(j) = \max_{1 \leq k \leq r_j} b_{jk} = \min_{1 \leq k \leq r_j} b_{jk}, j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

1.3.2 立地因子的类目划分 在选择立地因子时, 既要考虑各因子对树木生长的影响, 又要便于在林业生产中的应用。根据各因子变化幅度对林木生长发育的影响程度, 结合有关林业调查技术标准, 选取标准地内测量基本环境因子(坡向、坡位、土壤质地、坡度、海拔、土层厚度), 并对各个因子进行分级处理, 共划分为 18 个类目(表 1)。

表 1 立地因子的类目划分
Table 1 Site factor classification

项目	代号	类目等级			
		1	2	3	4
坡向	x_1	阳坡	阴坡		
坡位	x_2	上	中	下	
土壤质地	x_3	砂壤	轻壤	中壤	重壤
坡度/(°)	x_4	>25	5~25	<5	
海拔/m	x_5	>500	200~500	<200	
土层厚度/cm	x_6	>60	30~60	<30	

2 结果与分析

2.1 立地因子分析

从树木生长与立地因子存在着相关关系的角度出发, 应用数量化理论 I 建立日本落叶松优势高与立地因子之间的回归关系, 求出每个因子对日本落叶松高生长所发挥作用的得分值, 然后将得分值相加, 即可对日本落叶松林分立地质量进行定量评价, 从而得知该林地的立地质量。基于以上分析, 对各因子进行数量化理论分析, 将反应表转化为反应矩阵后, 带入公式(2)得到正规方程, 运用公式(3)、(4)、(5)分别求得各项目的得分值、得分范围、偏相关系数及复相关系数(表 2)。

从表 2 可以看出, 在各个立地因子中, 海拔、坡向、土层厚度为极显著因子。

复相关系数是各个自变量与因变量的总相关, 它反映了自变量和因变量相关的紧密程度, 即反映了各自变量对因变量的综合影响。根据计算结果, 预测模型的复相关系数(表 2)为 $R = 0.9324$, R 值

在 0.90 以上,说明实测值与预测值的相关性较强。 t 检验结果 $t_0 = 32.626 > t_{0.01} = 2.355$,表明日本落叶松平均优势高与各个立地因子总体上相关极为紧密,回归效果好,用该回归方程评价日本落叶松人工林立地质量是准确可靠的^[9-10]。

表 2 立地因子分析
Table 2 Analysis of site factors

项目	类目	得分	得分范围	偏相关系数	<i>t</i> 检验
坡向	阳坡	−0.899	0.899	0.199 8	2.579
	阴坡	0			
坡位	上	0.135	0.701	0.151 06	1.933
	中	0.701			
	下	0			
土壤 质地	砂壤	0.262	1.13	0.142 2	1.817
	轻壤	1.133			
	中壤	0.906			
	重壤	0			
坡度/(°)	>25	2.668	2.669	0.150 3	1.923
	5~25	2.013			
	<5	0			
	>500	3.725			
海拔/m	200~500	4.849	4.849	0.581 7	9.047
	<200	0			
	>60	0.647			
土层厚度/cm	30~60	−0.537	1.184	0.212 1	2.745
	<30	0			
	年龄	23.010			
复相关系数 <i>R</i> =0.932 4			<i>F</i> _{0.01} =2.940	<i>t</i> _{0.1} =1.287	
			<i>t</i> ₀ =32.626	<i>T</i> _{0.01} =2.355	

在 6 个环境因子中,偏相关系数从高到底依次是海拔、土层厚度、坡向、坡位、坡度、土壤质地。海拔、土层厚度和坡向的偏相关系数较大,说明影响辽东地区日本落叶松生长的主导因子是海拔、土层厚度和坡向。辽东地区多是山地丘陵,平均海拔 300~800 m,海拔变化较大,在采样时很多涉及山谷地带,高差更大,而高差又会对土壤厚度和水肥的分配产生影响,因此海拔对日本落叶松的生长产生显著影响。土壤为林木提供了地下营养空间,土层厚度直接影响着土壤养分和水分的容量。辽东山区土层并不深厚,平均 30 cm 左右,很多山地丘陵表土中有沙砾,有的岩石裸露,因此土层厚度也成为影响日本落叶松生长的主导因子。坡向决定太阳辐射强度和日照时间长短,也会使不同坡向土壤中的水、热状况和土壤理化性质有很大不同,因此,坡向也对其生长产生的显著影响。

坡位、坡度与海拔、土层厚度有很强的一致性,它们的影响在海拔和土层厚度中有所体现,其独自发挥的作用不明显。辽东地区土层虽然不厚,但质地较为均一,多为轻壤、中壤。而日本落叶松属于浅根系喜光、喜肥、喜水、喜温暖湿润的树种,所以轻壤、中壤的土壤质地能满足它的生长要求,这种小幅度变化不会对其生长产生决定性影响。

根据模型计算求出待定系数,确定标准年龄的目的是寻找树高生长稳定且能灵敏反映立地差别的年龄。根据以往研究成果^[9,11],结合辽东地区日本落叶松用材状况,将树高标准年龄定为 20 a。将日本落叶松的标准年龄定为 20 a,得到回归方程:

$$y = -0.899\delta(1,1) + 0.135\delta(2,1) + 0.701\delta(2,2) + 0.262\delta(3,1) + 1.133\delta(3,2) + 0.906\delta(3,3) + 2.668\delta(4,1) + 2.013\delta(4,2) + 3.725\delta(5,1) + 4.849\delta(5,2) + 0.647\delta(6,1) - 0.537\delta(6,2) + 10.380$$

2.2 立地分类结果与立地质量评价

基于以上分析,采用海拔、土壤厚度、坡向 3 个主导立地因子分级组合划分立地类型,将立地因子排列组合得 18 种立地类型,但其中阳坡低海拔厚层土型和阴坡中海拔薄层土型没有对应的标准地,因此将这两个类型删除。考虑应用的方便,划分的立地类型不宜过多,并结合辽东山区的具体情况,将阳坡中海拔薄层土型并入阳坡中海拔中层土型中,将阳坡低海拔薄层土型并入阳坡低海拔中层土型,将阴坡高海拔薄层土型并入阴坡高海拔中层土型中,将阴坡低海拔厚层土型并入阴坡低海拔中层土型。最终将辽宁省东部地区日本落叶松立地类型划分为 12 类(表 3)。

表 3 立地分类结果
Table 3 Result of site classification

立地类型	立地类型代码	平均立地得分值	标准地数	评价结果
阴坡中海拔厚层土型	A2B2C1	19.205	10	优
阴坡中海拔中层土型	A2B2C2	18.244	27	中
阴坡高海拔厚层土型	A2B1C1	18.030	8	中
阳坡中海拔厚层土型	A1B2C1	17.881	8	中
阳坡中海拔中层土型	A1B2C2	17.267	13	中
阳坡高海拔厚层土型	A1B1C1	17.068	8	中
阴坡高海拔中层土型	A2B1C2	16.869	27	中
阳坡高海拔薄层土型	A1B1C3	16.532	4	中
阳坡高海拔中层土型	A1B1C2	15.920	30	中
阴坡低海拔薄层土型	A2B3C3	13.369	4	差
阴坡低海拔中层土型	A2B3C2	12.909	19	差
阳坡低海拔中层土型	A1B3C2	11.919	10	差

分类结果表明,辽东地区大部分立地类型在各个海拔范围内都是中层土型占大多数,中层土型立地类型占总采样标准地数的 74%。

立地质量评价等级的划分是根据立地质量预测方程分别标准地计算立地质量得分值,按照分级标准分为优、中、差 3 个等级(表 4)。

经过计算,立地质量得分值小于 14.248 的标准地的立地质量为差,分值大于 14.248 并且小于 18.491 的为立地质量为中,分值大于 18.491 的标准地立地质量为优(表 3)。

表 4 立地质量评价等级分级标准^①
Table 4 The standard of site classification

$y \geq \bar{y} + \Delta s$	$\bar{y} + \Delta s > y \geq \bar{y} - \Delta s$	$y < \bar{y} - \Delta s$
好	中	差

① y 为被评价标准地的得分值, \bar{y} 为日本落叶松各个标准地得分平均值, Δs 为标准差。

3 结 论

在综合分析辽宁省东部地区自然地理环境的基础上,选取了坡向、坡位、海拔、坡度等 6 个立地因子,运用数量化理论 I,构建了辽宁省东部地区日本落叶松立地质量评价模型,根据主导因子将辽东地区日本落叶松的立地类型划分为 12 类。

日本落叶松属于浅根系喜光、喜肥、喜水、喜温暖湿润的树种,所以,从评价结果得分值来看,以培育大径级林木为目标,部分生长良好的可培育特种用材,年限在 30 a 以上,宜选用阴坡中海拔厚土层地段;立地质量得分值大于 14.248 的标准地有 125 块,这些标准地占总调查量的 80%,都适合或较适合发展日本落叶松;得分值小于 14.248 的有 33 块,这些立地不适合日本落叶松的生长,应该优先考虑发展其他适合的树种,才能得到较好的经营效果。低产林分培育小径材或更新改造培育年限不宜超过 20 a。培育中径材、大径材年限应在 20~30 a。

参考文献:

[1] 李行斌. 新疆落叶松原始林分天然繁衍的动力探究[J]. 西北林学院学报,2002,17(2):19-21.
LI X B. On power of natural regeneration of *Larix sibirica* virgin forests[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002,17(2):19-21.

[2] 顾丽,王新杰,龚直文,等. 落叶松人工林根径材积表和合理经营密度研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(5):180-185.
GU L,WANG X J,GONG Z W, *et al.* Ground diameter volume table and reasonable density management of *Larix gmelinii* stand[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5):180-185.

[3] 张俊,孙玉军,许俊利. 东北地区兴安落叶松人工林生长过程研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(6):179-181.
ZHANG J,SUN Y J,XU J L. Research on growing process of *Larix gmeini* plantation in northeast of China[J]. Journal of Northwest Forestry University,2008,23(6):179-181.

[4] 张天才,刁玉利,李健,等. 立地质量对日本落叶松生长的影响[J]. 科技资讯,2008,34(12):118-119.

[5] 殷有,王萌,刘明国,等. 森林立地分类与评价研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(19):5765-5767.
YIN Y,WANG M,LIU M G, *et al.* Research on forest site classification and evaluation[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2007,35(19):5765-5767.

[6] 刘德章,毕君,马增旺,等. 太行山油松天然次生林立地类型的划分[J]. 河北林业科技,1996(3):27-31.

[7] 董文泉. 数量化理论及其应用[M]. 吉林:吉林人民出版社,1979. 1-65.

[8] 李丽锋,刘明国,李立新. 辽西地区山杏立地条件的主成分-数量化分析[J]. 生物数学学报,2008,23(4):687-694.
LI L F, LIU M G, LI L X. Study on the site condition of *Armeniaca sibirica* in western Liaoning Province based on quantitative-theory[J]. Journal of Biomathematics, 2008, 23(4): 687-694.

[9] 惠淑荣,刘强,张国伟. Reineke 密度指数在日本落叶松林分自然稀疏模型研究中的应用[J]. 沈阳农业大学学报,1999,30(5):520-522.
HUI S R, LIU Q, ZHANG G W, *et al.* The application of reineke density index in research of Japanese larch stand natural sparse model[J]. Journal of Shenyang Agricultural University,1999,30(5):520-522.

[10] 惠淑荣,刘强,张辉,等. 日本落叶松削度方程和林分材种出材率表的研究[J]. 沈阳农业大学学报,1996-03,27(1):71-74.
HUI S R,LIU Q,ZHANG H, *et al.* A study on taper equation and stand outturn tables of wood sorts for Japanese larch [J]. Journal of shenyang Agricultural University, 1996, 27(1):71-74.

[11] 惠淑荣,于洪飞. 日本落叶松林分生长量 Richards 生长方程的建立与应用[J]. 生物数学学报,2003,18(2):204-206.
HUI S R,YU H F. The application of richards growth equation in stand growth estimate[J]. Journal of Biomathematics, 2003,18(2):204-206.