

宝天曼栎类天然次生林群落稳定性研究

闫东锋, 李纪亮, 何瑞珍*, 韩磊, 郭欢欢

(河南农业大学 林学院园艺学院, 河南 郑州 450002)

摘要:依据宝天曼栎类天然次生林 32 块样地的调查资料,建立栎类天然次生林群落稳定性综合评价指标体系,定义了稳定度指数计算公式及评价方法,运用 EXCEL 和 SPSS 统计软件进行数据处理。结果表明,该地区栎类天然次生林群落稳定性因乔木的树种组成而异,锐齿栎+短柄枹树群落结构最优;1250 m 以上随海拔的升高其稳定性呈增强趋势;样地分布显示,该群落稳定性较强与较差 2 类几乎各占 1/2,因此宝天曼栎类天然次生林群落的稳定性应成为值得关注的重要问题。

关键词:天然次生林;群落稳定性;指标体系;稳定度指数;宝天曼

中图分类号:S792.180

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2006)05-0069-05

Community Stability of Oak Natural Secondary Forest in Baotianman Nature Reserve

YAN Dong-feng, LI Ji-liang, HE Rui-zhen*, HAN Lei, GUO Huan-huan

(College of Forest and Horticulture, He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China)

Abstract: Based on the data collected from 32 samples plots of natural secondary oak forests in Baotianman Nature Reserve, the system of comprehensive assessment indexes of community stability of natural secondary oak forests was established, the computation formula and assessment method of stability degree indexes were defined, and statistic softwares of EXCEL and SPSS were adopted to process data. The results indicated that the community stabilities of natural oak secondary forest varied with the composition of tree species. The community with the tree species of *Quercus acutidentata* + *Q. glanduifera* var. *breripetiolata* was the most stable one. On vertical gradient, community stability increased along with the increase of altitude above 1250 m. The distribution of the sample plots showed that those with relatively good and bad community stability almost went halves, indicating the severity of the community stability in this region.

Key words: natural secondary forest; community stability; index system; stability degree index; Baotianman Nature Reserve

稳定性是森林群落或森林生态系统存在的必要条件和功能表现,物种丧失或增加、物种内部结构变化、物种之间的竞争和干扰、人为干扰及病虫害等对林分的稳定性都有着极为重要的影响^[1]。在森林群落稳定性研究方法上可概括为 2 类:一类为生物生态学方法,主要采用对样地林木年龄结构的分析^[2];另一类为数学生态学方法,如阳含熙在马尔柯夫链模型的基础上提出的转移概率法^[3]。前人对宝天曼

地区栎类的研究主要集中在生物多样性、群落学特征、生物量和生产力方面,而对该群落稳定性的研究未见报道。本研究在构建稳定性指标体系的基础上,定义了稳定度指数,采用考察多因子影响的数学方法对宝天曼栎类天然次生林群落稳定性进行研究。

1 研究地区概况

宝天曼国家级自然保护区位于河南省的西南部

收稿日期:2006-02-24 修回日期:2006-03-10

基金项目:河南省科技攻关项目(991200130)

作者简介:闫东锋(1979-)男,河南平舆人,助教,硕士,从事数量生态与森林调查的教学与研究。

* 通讯作者:何瑞珍(1970-),女,河北商邑人,讲师。E-mail:hrz-666@sina.com

内乡县境内,伏牛山南麓,总山体走向为东南西北向,最高峰宝天曼 1 830 m,地理位置为 $33^{\circ}25' \sim 33^{\circ}33'N$, $111^{\circ}53' \sim 112^{\circ}E$ 之间,总面积为 53.4 km²。该地区年平均气温 15.1℃,1 月份平均为 15℃,7 月份,平均为 27.8℃, $\geq 10^{\circ}C$ 的年活动积温为 2 931.0~4 217.1℃;高山区无霜期 160 d,低山区无霜期 227 d。年均降水量为 900 mm 以上,多集中于 6~8 月份的雨季,年蒸发量 9 916 mm,年均相对湿度为 68%^[4,5]。该地区是我国中部地区植物群落类型最复杂、植物种类最丰富的地区。栎类是宝天曼的主要建群树种,约占整个乔木树种的 70%^[6],主要有锐齿栎 (*Quercus acutidentata*)、短柄栎树 (*Q. glandulifera* var. *breripetiolata*) 栓皮栎 (*Q. variabilis*) 等。

2 研究方法

2.1 样地的设置与调查

样地的选择充分考虑不同年龄、不同树种组成、不同海拔、不同生境条件的栎类天然林。本研究调查的乔木样地面积为 20 m×20 m,进行每木检尺,记录乔木的种类、数量、高度、胸径、冠幅、林木分级、生活力和病虫害情况,同时调查记录各个样地的海拔、坡度、坡向、落叶厚度、腐殖质厚度、根系的分布情况,进行常规的土壤和气温、空气湿度的测定。在每个乔木样地的 4 个角各设置 1 个 2 m×2 m 的灌木样方和 1 个 1 m×1 m 的草本样方,记录灌木和幼苗的种类、数量、平均高度、盖度及草本植物的种类、数量、平均高度和盖度。

2.2 稳定度指标体系的建立

群落稳定性研究作为一个新的研究内容,从现有的文献来看,还没有一个比较完善的研究理论和方法及易于操作的完整的评价指标体系,还停留在探索和争论阶段^[7]。本研究在选择评价指标时,参考有关文献并充分考虑群落的抵抗力、恢复力和持久性对群落稳定性的影响,共选取 15 项相关指标构成指标体系^[8],分别为:复层数目 X_1 (个·样方⁻¹),物种种数 X_2 (个·样方⁻¹),平均胸径 X_3 (cm·样方⁻¹),平均树高 X_4 (m·株⁻¹),林分密度 X_5 (株·m⁻²),幼苗数量 X_6 (株·样方⁻¹),3 级木以下的乔木所占比例 X_7 (株·样方⁻¹),病虫害的乔木所占比例 X_8 (株·样方⁻¹),郁闭度 X_9 ,土壤厚度 X_{10} (cm),腐殖质厚度 X_{11} (cm),落叶厚度 X_{12} (cm),乔木 Shannon-Wiener 指数 X_{13} ,灌木 Shannon-Wiener

指数 X_{14} ,草本 Shannon-Wiener 指数 X_{15} 。

参考相关文献,对这 15 项指标进行分类^[9],在 15 项指标中, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 、 X_{12} 、 X_{13} 、 X_{14} 、 X_{15} 这 13 项指标与稳定性呈正相关, X_7 、 X_8 与稳定性呈负相关。对呈负相关的指标采用其倒数 ($1/X_i$) 进行数学处理,纳入稳定性指标体系。

2.3 稳定度指数的计算方法

因 15 项指标的量纲各异,故需对指标的原始数据进行标准化处理,有

$$U_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_i} (i = 1, 2, 3, \dots, 15; j = 1, 2,$$

3, ..., 32, 下同) (1)

式中 U_{ij} 为第 i 个指标的第 j 个样地观测值的标准化数据,为无量纲的相对值, X_{ij} 为第 i 个指标第 j 个样地观测值, \bar{X}_i 、 S_i 分别为第 i 个指标的平均值及标准差;

这里定义第 j 个样地稳定度指数,为

$$H_j = \sum_{i=1}^{15} U_{ij} W_i \quad (2)$$

式中 W_i 为第 i 个指标的权重系数,有

$$W_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{15} S_i} \quad (3)$$

(2) 式中 U_{ij} 的值域为 $(-\infty, +\infty)$, 其数值越大越有利于林分稳定性,各指标对群落稳定性的重要程度是不相同的,不能等权重相加。从统计学的基本原理出发,波动越大的指标越重要,故各指标以 (3) 式定义的标准比例系数为权重系数进行相加^[10]。

根据公式 (1) 对原始数据进行标准化处理得表 1。

3 结果与分析

3.1 栎类天然林稳定性指标体系的建立

根据宝天曼地区的实际林分条件和建立指标体系的原则,本文选取 15 项相关指标。计算标准差并利用公式 (3) 计算各个指标权重系数表 2。

从表 2 可以看出, X_{10} (土壤厚度) 对稳定性的影响最大,其次是 X_{11} (腐殖质厚度)、 X_6 (幼苗数量);影响最小的 X_5 (林分密度)。

3.2 稳定度指数分析

利用表 2 和表 3 中的数据,根据公式 (2),计算出各个样地的稳定度指数 (表 3)。

表 1 样地各个评价指标的标准化值
Table 1 The standardization values of every evaluating index of each sample plot

| 样地 | U_1 | U_2 | U_3 | U_4 | U_5 | U_6 | U_7 | U_8 | U_9 | U_{10} | U_{11} | U_{12} | U_{13} | U_{14} | U_{15} |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | -0.3720 | 0.1768 | -1.7848 | -0.5179 | 0.7811 | -1.2125 | -0.4393 | -0.3709 | 0.3729 | 0.4363 | -0.3277 | -0.6446 | 0.3907 | -1.6655 | -0.8174 |
| 2 | -0.3720 | 0.1768 | -0.1833 | 1.2611 | -0.1967 | 1.6735 | -0.5447 | -0.0412 | 0.3729 | -0.3322 | -1.9077 | -0.1332 | -0.6208 | -0.7580 | -1.1206 |
| 3 | -0.3720 | 1.5910 | 0.1760 | 0.1362 | -0.1967 | 0.0701 | -0.6715 | -0.5541 | 0.3729 | -0.6738 | -1.9077 | -0.1332 | 0.9166 | 0.7318 | 1.3227 |
| 4 | -0.3720 | -1.2374 | 2.7243 | -1.8720 | -1.7857 | 0.2305 | -0.6581 | -0.8970 | -4.7052 | -0.4176 | -0.7586 | 0.2078 | -0.3874 | 0.4257 | -0.2838 |
| 5 | -0.3720 | -1.2374 | 0.4043 | -0.7721 | -0.5023 | 0.3908 | -0.2374 | -0.8756 | -1.3198 | -0.4603 | -0.9022 | -0.4315 | -0.5449 | 0.1409 | 0.1091 |
| 6 | 2.6041 | 1.5910 | 0.4479 | -1.9220 | -1.0523 | -1.2125 | -0.8766 | -0.6986 | 0.3729 | 0.8633 | 0.5342 | 0.6339 | 2.3838 | -0.8477 | 0.3332 |
| 7 | -0.3720 | 0.1768 | -1.0797 | -1.2679 | 0.2922 | -0.7315 | -0.4231 | -0.5659 | -0.4734 | 0.9487 | -0.6150 | 0.2078 | 0.4522 | -0.9960 | 1.1063 |
| 8 | -0.3720 | -0.5303 | 2.5765 | -0.6179 | -2.0302 | -1.2125 | -0.0385 | -0.7325 | 0.3729 | 0.9487 | -0.0404 | 1.0601 | -0.0143 | -0.3753 | 0.8497 |
| 9 | 2.6041 | 1.5910 | -0.4217 | -2.1387 | 1.2701 | -0.5712 | -0.5778 | -0.8624 | -0.4734 | 1.2049 | 0.9651 | -0.6446 | 0.2999 | -0.9131 | -0.2406 |
| 10 | -0.3720 | -0.5303 | 0.1054 | 0.0320 | 1.2090 | -0.8919 | 0.0525 | -1.2260 | -0.4734 | 1.4184 | 0.6778 | -0.8577 | -1.0360 | -2.0672 | 0.0592 |
| 11 | -0.3720 | 1.5910 | 0.5822 | -0.1471 | -1.5413 | -1.0522 | 0.4167 | -0.4124 | -0.4734 | -1.9548 | 0.8214 | 4.4696 | 0.8788 | -0.7418 | 0.4684 |
| 12 | -0.3720 | -1.9445 | -0.4082 | -0.5638 | 0.2922 | 1.0322 | -0.3345 | -0.9710 | 0.3729 | -1.3570 | 0.9651 | -1.0708 | -1.5297 | 0.0735 | 0.1035 |
| 13 | -0.3720 | -1.2374 | -0.6399 | 0.2653 | 0.1089 | 1.0322 | -0.1844 | -0.6212 | 0.3729 | -1.5705 | -0.4713 | -0.6446 | -1.3018 | 1.3887 | -1.9630 |
| 14 | -0.3720 | 0.8839 | -0.7574 | -0.0596 | 1.9423 | 1.9942 | -0.4612 | -0.4511 | 0.3729 | 0.1374 | 0.6778 | -0.2184 | -0.7756 | 0.8375 | -1.6954 |
| 15 | -0.3720 | 0.1768 | -0.7507 | -0.6638 | 1.0256 | 2.7959 | -0.4550 | 2.2305 | 0.2037 | -1.5705 | -1.4768 | -1.0708 | 0.8483 | 0.8403 | -0.4906 |
| 16 | -0.3720 | 0.8839 | -0.7205 | 0.5028 | 0.2311 | -0.4109 | 0.2893 | 1.9595 | -0.4734 | 1.2049 | 0.6778 | -0.2184 | 0.7035 | -0.6047 | -1.0804 |
| 17 | -0.3720 | 0.1768 | -0.2303 | 0.5320 | 0.5978 | 1.6735 | -0.0870 | 0.1483 | 0.5422 | 0.1374 | -0.6150 | -0.2184 | 0.6624 | 0.9328 | 0.9538 |
| 18 | -0.3720 | -0.5303 | -0.4351 | 0.0570 | 0.1089 | 0.7115 | -0.0946 | -1.0442 | -0.4734 | 0.5644 | -1.7641 | -1.0708 | -0.1961 | 2.0760 | 1.7081 |
| 19 | -0.3720 | -0.5303 | -0.7977 | -1.0137 | 0.5978 | -0.5712 | -0.1359 | -1.0643 | 0.7961 | 2.4859 | 0.2469 | -0.2184 | -0.0376 | 1.6991 | -0.1294 |
| 20 | -0.3720 | 2.2981 | -0.8078 | -0.3638 | -1.1135 | -0.8919 | -0.2007 | -0.5085 | 1.2193 | 0.1374 | 1.3960 | -0.6446 | 2.3620 | 0.4734 | 1.5485 |
| 21 | -0.3720 | 0.8839 | -0.3008 | 0.1820 | 0.2922 | -1.0522 | 0.2268 | 1.6235 | 0.3729 | -1.1435 | -0.0404 | 0.6339 | 1.0711 | -0.5799 | -0.6707 |
| 22 | -0.3720 | -0.5303 | -0.4955 | 0.1737 | 0.5978 | -0.4109 | 0.0917 | 0.3377 | 0.3729 | -0.2895 | -1.4768 | -0.2184 | -0.9747 | -0.2489 | 0.0182 |
| 23 | -0.3720 | 0.1768 | -0.3780 | 0.0154 | 0.1089 | -0.5712 | -0.3301 | 1.8240 | 0.3729 | -0.0761 | -0.7586 | 0.2078 | 0.4980 | 0.2529 | -1.2034 |
| 24 | -0.3720 | 0.1768 | 1.9420 | 1.8903 | -1.4190 | -0.0902 | 0.2651 | -0.5914 | 0.3729 | 0.1374 | 0.6778 | 0.6339 | 0.5682 | -0.0396 | -0.2087 |
| 25 | -0.3720 | 0.1768 | 0.5117 | 1.3903 | -0.1967 | -0.2505 | -0.0385 | 0.9412 | 0.7115 | -0.5030 | -0.7586 | -1.0708 | 1.0385 | -1.4387 | 0.5700 |
| 26 | -0.3720 | -0.5303 | -0.4788 | 0.3278 | 1.7590 | 0.3908 | -0.1947 | 1.4901 | 0.3729 | 0.4363 | 0.6778 | -0.2184 | -1.2011 | 0.9472 | 0.8199 |
| 27 | 2.6041 | -0.5303 | -0.4922 | 0.1987 | -0.6245 | -0.0902 | -0.3422 | -0.3764 | 0.3729 | 0.9914 | 0.6778 | -0.2184 | -0.9747 | 1.1837 | 1.8376 |
| 28 | 2.6041 | -0.5303 | 0.6964 | 0.1612 | -0.3189 | -0.0902 | -0.2067 | 1.4327 | 0.3729 | 0.3509 | 0.6778 | 0.4209 | -1.0216 | -0.6148 | -0.7654 |
| 29 | -0.3720 | -0.5303 | 0.5721 | 1.6486 | -0.0134 | -0.5712 | 1.0032 | 0.3453 | -0.4734 | -0.7165 | 0.6778 | 0.6339 | -0.6792 | 0.4384 | 1.1564 |
| 30 | -0.3720 | -0.5303 | 0.9012 | 1.5278 | -0.9912 | 0.2305 | 5.0581 | -0.2389 | 0.3729 | -0.9300 | 1.3960 | 0.2078 | -0.9039 | -0.5999 | -0.3645 |
| 31 | -0.3720 | -0.5303 | 0.5184 | 1.0403 | -0.5634 | -0.2505 | 0.4822 | 0.0936 | 0.3729 | 0.4363 | 0.9651 | -0.0053 | -0.9848 | -0.8824 | -1.3348 |
| 32 | -0.3720 | -1.2374 | -0.9958 | 0.5778 | 1.3312 | -0.0902 | -0.3531 | 0.6771 | -0.4734 | -0.8446 | 1.1087 | 0.6339 | 0.1103 | 0.9315 | -0.5958 |

万方数据

由表 3 可知,稳定度指数最大是 19 号样地,达到 1.001 5,树种组成是锐齿栎+短柄木包树,是该地区栎类天然次生林最稳定的林分。其次是 16 号样地和 27 号样地。稳定度指数最小的是 13 号样地,它的树种组成为锐齿栎纯林,是该地区栎类天然次生林最不稳定的林分。

表 2 各个评价指标的标准差、权重系数

| | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Table 2 Standard deviation and weighted coefficient of every evaluating index | | | | | | | | |
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ |
| 标准差(S _i) | 0.336 0 | 1.141 4 | 2.978 4 | 2.400 1 | 0.040 9 | 6.236 9 | 2.744 1 | 0.144 7 |
| 权重系数(W _i) | 0.006 7 | 0.028 1 | 0.059 2 | 0.047 7 | 0.000 8 | 0.124 0 | 0.054 6 | 0.002 9 |
| | X ₉ | X ₁₀ | X ₁₁ | X ₁₂ | X ₁₃ | X ₁₄ | X ₁₅ | |
| 标准差(S _i) | 0.118 2 | 23.420 1 | 6.961 8 | 2.346 4 | 0.404 4 | 0.394 6 | 0.363 2 | |
| 权重系数(W _i) | 0.002 3 | 0.465 6 | 0.138 4 | 0.046 6 | 0.008 0 | 0.007 8 | 0.007 2 | |

表 3 各个样地的稳定度指数

| | | | | | | | |
|--|----------|------|----------|------|----------|------|----------|
| Table 3 Stability degree index of every sample | | | | | | | |
| 样地编号 | 稳定度指数 | 样地编号 | 稳定度指数 | 样地编号 | 稳定度指数 | 样地编号 | 稳定度指数 |
| 1 | -0.189 9 | 9 | 0.488 2 | 17 | 0.207 4 | 25 | -0.317 8 |
| 2 | -0.213 8 | 10 | 0.569 1 | 18 | 0.034 3 | 26 | 0.304 8 |
| 3 | -0.530 9 | 11 | -0.624 9 | 19 | 1.001 5 | 27 | 0.512 2 |
| 4 | -0.279 3 | 12 | -0.559 3 | 20 | 0.136 9 | 28 | 0.291 9 |
| 5 | -0.382 5 | 13 | -0.785 6 | 21 | -0.608 3 | 29 | -0.125 |
| 6 | 0.317 1 | 14 | 0.333 6 | 22 | -0.441 1 | 30 | 0.168 |
| 7 | 0.131 9 | 15 | -0.719 7 | 23 | -0.235 2 | 31 | 0.370 8 |
| 8 | 0.439 | 16 | 0.610 9 | 24 | 0.399 1 | 32 | -0.303 5 |

3.2.1 按照不同的树种组成分析 把 32 块样地按树种组成分成 4 类(表 4)。

从表 4 可以看出,锐齿栎+三桠乌药的林分类型平均稳定度指数最大,达到 0.126 4,最小的是组成树种为栓皮栎+化香的林分,平均稳定度指数为-0.230 9,这说明锐齿栎+三桠乌药的林分是该地区最稳定的林分类型,这 2 种树种的搭配是最好的。

3.2.2 按照不同的海拔分析 32 块样地的海拔范围为 1 097 ~1 740 m,基本上涵盖了宝天曼栎类天然次生林分布的海拔区域。根据前人研究,把该地区海拔范围区分为 6 个区分段,以比较垂直梯度上的平均稳定度指数的变化(表 5)。

由表 5 可以看出,平均稳定度指数随海拔的变化规律比较明显,从 1 250 m 开始,随着海拔的增加,呈增加趋势。该区域受人为干扰极小,树种主要为栓皮栎和短柄枹树,这 2 个树种从其抵抗力上来说,比锐齿栎要好。在 1 650 m 以上,该群落稳定性最好。

表 4 不同树种组成的平均稳定度指数比较

| | | |
|--|----------|----------|
| Table 4 Comparison of average stability degree index of different kind of tree composition | | |
| 样地数目 | 树种组成 | 平均稳定度指数 |
| 16 | 锐齿栎 | 0.008 6 |
| 3 | 栓皮栎+短柄枹树 | -0.051 3 |
| 4 | 锐齿栎+三桠乌药 | 0.126 4 |
| 5 | 锐齿栎+短柄枹树 | 0.086 8 |
| 4 | 锐齿栎+化香 | -0.230 9 |

表 5 不同海拔的平均稳定度指数比较

| | | |
|---|-------------|----------|
| Table 5 Comparison of average stability degree index of vary altitude | | |
| 样方数目 | 海拔/m | 平均稳定度指数 |
| 2 | <1 250 | 0.040 7 |
| 3 | 1 250~1 350 | -0.397 0 |
| 16 | 1 350~1 450 | -0.014 3 |
| 5 | 1 450~1 550 | 0.010 4 |
| 4 | 1 550~1 650 | 0.132 4 |
| 2 | >1 650 | 0.378 1 |

3.2.3 在稳定性方面的样地分布 计算各个样地稳定度指数的平均值 \bar{X} 和标准差 S ,并计算出标准误差 $S_{\bar{X}}$ ^[11]。

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$
(n 为样方总数,这里 $n = 32$) (4)

以95.45%的可靠性将稳定度指数划分为4个区间:稳定度指数大于 $\bar{X} + 2S_{\bar{X}}$ 的稳定性为强,介于 $\bar{X} \sim \bar{X} + 2S_{\bar{X}}$ 之间的为较强,介于 $\bar{X} - 2S_{\bar{X}} \sim \bar{X}$ 之间的为中,小于 $\bar{X} - 2S_{\bar{X}}$ 的为差。

表6 栎类天然次生林群落稳定性分析

Table 6 Analysis of communit stability of okanatural secondary forest

| 群落稳定性 | 强 | 较强 | 中 | 差 |
|-------|----|----|---|----|
| 样地数目 | 14 | 3 | 0 | 15 |

由表6知,群落稳定性强和较强的样地数目占53%,稳定性中等及较差的占47%。

4 结 论

由平均稳定度指数知锐齿栎+三桠乌药的组成树种稳定性最好,锐齿栎+化香较差。

从海拔高度看,从1250 m向上稳定性呈增强趋势。

样地稳定性在中等以上的占53%,中等及较差

的占47%。
本文采用建立群落稳定性评价指标体系及稳定度指数计算的方法,考虑了多因素影响,但还有待进一步完善。

参考文献:

[1] 毕晓丽,洪伟,吴承祯,等.珍稀植物群落多样性及稳定性分析[J].福建林学院学报,2003,23(4):301-304.
[2] 彭少麟.森林群落稳定性与动态测度[J].广西植物,1987,7(1):67-72.
[3] 阳含熙,潘愉德,任业钢,等.长白山阔叶红松林马氏链模型[J].生态学报,1988,8(3):211-219.
[4] 史作民,刘世荣,王正用.河南宝天曼种子植物区系特征[J].西北植物学报,1996,16(3):329-335.
[5] 史作民,刘世荣,程瑞梅,等.河南宝天曼植物群落数量分类与排序[J].林业科学,2000,36(6):20-27.
[6] 宋朝枢.宝天曼自然保护区科学考察集[M].北京:中国林业出版社,1994.
[7] 王国宏.再论生物多样性与生态系统的稳定性[J].生物多样性,2001,10(1):126-134.
[8] 郑元润.森林群落稳定性研究方法初探[J].林业科学,2000,36(5):38-32.
[9] 巩文.洮河林区云、冷杉林分类型的多样性及稳定性[J].中南林学院学报,2003,23(2):71-75.
[10] 张忠义.生物资源抽样调查技术[M].北京:气象出版社,1996.
[11] 张文彤.SPSS11.0统计分析教程[M].北京:北京希望电子出版社,2002.

(上接第36页)

分利用率为最低。从此结果可以表明,在我国其他缺水地区可通过控制含水量在田间持水量在中度干旱范围内,能将当地有限的水资源做最优化配置。

参考文献:

[1] 韩蕊莲,梁宗锁.黄土高原适生树种苗木的耗水特性[J].应用生态学报,1994,5(2):210-213.
[2] 郭小平,朱金兆,余新晓,等.论黄土高原低效刺槐林改造问题[J].水土保持研究,1998,5(4):77-81.
[3] 卫三平,卫正新,李树怀,等.晋西黄土丘陵沟壑区刺槐林适宜性调查研究[J].山西水土保持科技,2001,(2):36-39.
[4] 魏天兴,余金兆,张学培,等.晋西南黄土区刺槐油松林耗水规律的研究[J].北京林业大学学报,1998,20(4):36-40.
[5] 田晶会,王百田.黄土半干旱区刺槐林水分与生长关系研究[J].水土保持学报,2002,16(5)61-63,121.

[6] 王克勤,王斌瑞.黄土高原刺槐林间伐改造研究[J].应用生态学报,2002,13(1):11-15.
[7] 韩蕊莲,梁宗锁,邹厚远.在土壤不同干旱条件下沙棘耗水特性的初步研究[J].沙棘,1991,(4):33-35,38.
[8] 李洪建,柴宝峰,王孟本.北京杨水分生理生态研究[J].生态学报,2000,20(3):417-422.
[9] 左仲武,刘彦超,刘志龙.水分胁迫下水杨酸对油松幼苗叶片膜脂过氧化作用的影响[J].西北林学院学报,2003,18(4):24-25.
[10] Bowlter C, Van M. M, Inze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. [J]. 1992. 43:83-116.
[11] 李德全,邹琦,程炳高.土壤干旱下不同抗旱性小麦品种的渗透调节和渗透调节物质[J].植物生理学报,1992,18(1):37-44.