

连云港市云台山宜林荒山立地质量分类及评价

张勇^{1,2}, 李土生², 潘江灵³, 胡海波¹, 周子贵², 张晓勉⁴

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 浙江省林业生态工程管理中心, 浙江 杭州 310020; 3. 浙江省林业基金管理服务中心, 浙江 杭州 310020; 4. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

摘要:以江苏省连云港市云台山 22 个宜林荒山地段为研究对象,共选取了 16 个立地因子,将其分成宏观因子和微观因子分别进行立地质量分类及评价,最后再综合起来评价。评价结果表明,22 个地段最终分成 5 类。第 1 类主要特征为土层中上偏厚,宏观立地质量相对较好,土壤质量中等,包括 2 个地段;第 2 类为土层中上偏厚,宏观立地质量相对较好,土壤质量差,包括 4 个地段;第 3 类为土层中下偏薄,宏观立地质量相对一般,土壤质量中等,包括 7 个地段;第 4 类为土层中下偏薄,宏观立地质量相对一般,土壤质量差,包括 7 个地段;第 5 类主为土层非常薄,宏观立地质量很差,土壤质量中等,包括 2 个地段。综合分析表明,研究区立地质量整体不高,今后绿化造林任务十分艰巨。

关键词:立地质量;分类评价;土壤;云台山

文献标识码:A

文章编号:1000-288X(2014)03-0171-07

中图分类号:S714.4

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.033

Site Quality Classification and Assessment in Barren Hills for Suitable Afforestation in Yuntai Mountains of Lianyungang City

ZHANG Yong^{1,2}, LI Tu-sheng², PAN Jiang-ling³, HU Hai-bo¹, ZHOU Zi-gui², ZHANG Xiao-mian⁴

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China; 2. Zhejiang Forestry Ecological Engineering Management Center, Hangzhou, Zhejiang 310020, China; 3. Zhejiang Forestry Fund Management and Service Center, Hangzhou, Zhejiang 310020, China; 4. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: By taking the 22 barren hills for suitable afforestation in the Yuntai Mountains of Lianyungang City as the research object, 16 site factors were selected and divided into macroscopic and microcosmic factors to conduct site quality classification and assessment, respectively. In the end, the classification and assessment results were combined. Results are as follows: The 22 hills could be divided into five types. The main features of the first type, consisting of 2 hills, had a medium or superior thickness of soil layer, relatively fine site quality of macroscopic factor and medium soil quality; the second type, consisting of 4 hills, a medium or superior thickness of soil layer, relatively fine site quality of macroscopic factor and poor soil quality; the third type, consisting of 7 hills, a medium or inferior thickness of soil layer, relatively medium site quality of macroscopic factor and medium soil quality; the fourth type, consisting of 7 hills, a medium or inferior thickness of soil layer, relatively medium site quality of macroscopic factor and poor soil quality; and the fifth type, consisting of 2 hills, a very thin thickness of soil layer, relatively very poor site quality of macroscopic factor and medium soil quality. In summary, the site quality in the research area is not fine as a whole, and afforestation will be very difficult in the future.

Keywords: site quality; classification and assessment; soil; Yuntai Mountains

随着人口增长,土地退化和生态环境问题的日益加剧,土地可持续与合理利用问题已成为研究的焦点。1976 年联合国粮农组织(FAO)颁布的“土地评价纲要”被广泛地应用于世界各国的土地评价,大大

促进了国际上土地评价的研究^[1]。立地分类是依据立地特征的相似性和差异性将立地综合体划分为不同等级和类别,其是研究森林生长环境以及环境对于森林类型和生产力影响的一个重要手段^[2-3]。通过立

收稿日期:2013-10-16

修回日期:2013-10-30

资助项目:国家林业局重点项目“长江三角洲城市森林生态系统定位研究(2001-5)”;江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介:张勇(1981—),男(汉族),山东省安丘市人,硕士,工程师,研究方向为林业生态工程等。E-mail:zhangyong8182@163.com。

通信作者:胡海波(1964—),男(汉族),江苏省宝应县人,博士,教授,主要从事水土保持等研究。E-mail:huhb2000@aliyun.com。

地分类进而准确地对区域立地质量作出恰当的评价,才能做到适地适树,充分发挥地力,达到形成稳定的森林生态系统和实现林业可持续发展的目的^[4]。近年来,有关立地分类和立地质量评价的研究很多,所采用的分类评价因子和模型方法也不一致^[5-9],而把立地因子根据不同性质分类进行评价的研究比较少见。在连云港云台山地区,由于长期过渡砍伐和植被破坏,水土流失十分严重,区域已基本都是宜林荒山荒地,因此,应在实施造林前进行科学的立地质量分类及评价,以期为林业生态工程的科学设计提供重要依据。

1 研究区概况

云台山位于江苏省连云港市郊东北部,为泰山山脉沂蒙分脉的一支余脉,地理坐标为东经 119°18′—119°30′,北纬 34°39′—34°47′。地处暖温带和北亚热带过渡区域,平均气温 11.3~14.9℃,全年山区总降水量 1 411.7~1 735.0 mm,全年蒸发量 1 130.0~1 580.0 mm。云台山人土体土壤主要为棕壤,偏酸性。由于人为干扰,原生植被破坏严重,随之代以黑松、湿地松等针叶纯林。20 世纪 80 年代松材线虫病大暴发,大量松树枯死,林下灌木层和草本层一些物种因无法适应强光照和干旱,种类数量急剧减少,导致土层大面积裸露^[10]。

选取云台山的朱麻后山、朱麻西山、渔湾小磨垛子、渔湾西山跟、东磊黄崖、东磊石海下、东磊大小塘湾、山东东山、山东杨家户、山东马腰、山东西山、凌州东山、谷顶塘、凌州西山、凌州黄崖、后关村老龙涧、前关村西山、丹霞西山、丹霞后山、东窑山、葫芦山和头二道涧 22 个地段(小地名),开展立地质量分类及评价研究。

从 22 个地段调查的情况来看,主要植物有:乔灌木树种为黑松(*Pinus thunbergii*)、毛壳竹(*Phyllostachys varioauriculata*)、化香(*Platycarya strobilacea*)、茅莓(*Rubus parvifolius*)、棠梨(*Pyrus betulaeformis*)、野蔷薇(*Rosa multiflora*)、白檀(*Symplocos paniculata*)、卫矛(*Euonymus alatus*)等,草本为灰绿苔草(*Carex pallens*)、小薊(*Cephalanoplos segetum*)、徐长卿(*Cynanchum paniculatum*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、大巢菜(*Vicia sativa*)、野艾蒿(*Artemisia lavandulaefolia*)、日本金星蕨(*Parathelypteris nipponica*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)等。

2 研究方法

2.1 立地因子的选取

研究区土壤是影响和制约林木生长的最主要因

素,在与土壤相关的立地因子中,土层厚度是决定林木成活的主要限制性因子之一,而土壤肥力则主要决定着林木的生长状况^[11]。制约林木成活的另一重要因素是水分条件,在地形地貌诸因子中,坡向对水分条件的影响最大,其次为坡位、坡度。同时海拔因子对林木的分布和生长影响也较大^[12]。因此,共选取了坡向、坡位、坡度、海拔、土层厚度、石砾(1~10 mm)含量、容重、pH 值、有机质、全氮、水解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾以及土壤可蚀性因子 *K* 值 16 个评价因子。

2.2 分类评价的方法

研究中将 16 个立地因子分成两类,坡向、坡位、坡度、海拔和土层厚度作为宏观立地质量因子,而其余因子作为反映土壤性质的微观因子,分别进行基于宏观因子和基于微观因子的立地质量分类及评价,最后再综合起来,使研究结果一目了然。通过在各自两类因子内分别采用相应的方法确定各因子的权重(宏观因子采用层次分析法确定权重,而微观因子采用主成分分析法确定权重),避免了将所有因子放在一起来确定权重而造成顾此失彼。另外,在宏观分类及评价过程中还运用标准化模型、加权求和模型和聚类分析,微观分类及评价则运用隶属度函数法等数学方法。

2.3 样品的采集及处理

2008 年 4 月下旬,采用标准地采样法,在每个地段的典型区域设置 3 个 20 m×20 m 的标准地,共设标准地 66 个。每块标准地中,选取有代表性的位置,垂直于坡面挖 4 个土壤剖面。由于研究区土层相对较薄,且各个地段差别较大,即按 0—10 和 10—30 cm 分两层采集土样,土层相对薄的采一层,采两层的数据取平均值。

2.4 立地因子的测定

石砾(1~10 mm)含量过 1 mm 筛后称重即得;土样容重采用环刀法;土壤 pH 值采用 pH 计测定;有机质含量采用重铬酸钾氧化法;全氮含量采用半微量凯氏定氮法;水解氮采用碱解—扩散法;全磷采用钼锑比色法测定;速效磷采用碳酸氢钠浸提法;全钾采用酸溶—火焰光度计法;速效钾采用乙酸铵浸提法测定;可蚀性 *K* 值运用 Williams 等^[13]在 EPIC 模型中的估算方法;坡向、坡度、海拔和土层厚度通过室外观测。

3 结果与分析

3.1 基于宏观因子的立地质量分类及评价

3.1.1 立地因子的数量化和标准化 确定了坡向、

坡位、坡度、海拔和土层厚度 5 个参评立地因子并获取实测数据之后,将定性因子坡向和坡位数量化,其中阴坡赋值为 4,半阴坡为 3,半阳坡和阳坡分为 2 和 1;坡位则是山顶为 1,上坡为 2,中坡和下坡分别为 3 和 4^[12]。数量化后发现因子间量纲不同,且数量级上也有很大差异,原则上不同的量纲和数量级直接用来进行评价是比较困难的,为消除其影响,必须对数据进行标准化处理^[14],转化公式为:

$$u_{ij} = (x_{ij} - x_{imin}) / (x_{imax} - x_{imin}) \quad (1)$$

$$u_{ij} = (x_{imax} - x_{ij}) / (x_{imax} - x_{imin}) \quad (2)$$

$$(i=1, 2, \dots, 5; j=1, 2, \dots, 22)$$

式中: u_{ij} ——第 i 项评价因子,第 j 地段的标准化处理后的值; x_{ij} ——第 i 项评价因子,第 j 地段的实测值(坡向和坡位为数量化的值); x_{imin} ——第 i 项评价因子,22 个地段实测值中的最小值; x_{imax} ——第 i 项评价因子,22 个地段实测值中的最大值。

其中,公式(1)适合坡向、坡位和土层厚度 3 个正向因子,其值越大越好;公式(2)则适合坡度和海拔两个反向因子,值越小越好。这样经标准化处理后的值都分布在 0~1 之间(表 1),其值越大表明该因子值越好,0 不意味着被测地的某项值不能测出,只是表示该值相对其他地段最小。

表 1 宏观因子数量化和标准化处理值

地段	土层厚度	坡向	坡位	坡度	海拔
朱麻后山	0.750	0.333	0.667	0.875	0.568
朱麻西山	0.625	0.000	1.000	0.750	0.955
渔湾小磨垛子	0.200	0.333	0.333	0.300	0.242
渔湾西山跟	0.125	0.333	0.000	0.125	0.000
东磊黄崖	0.375	0.333	0.667	0.250	0.424
东磊石海下	0.000	1.000	0.667	0.000	0.500
东磊大小塘湾	0.875	0.333	1.000	0.750	0.909
山东东山	1.000	0.333	0.667	1.000	0.530
山东杨家户	0.300	0.000	1.000	0.625	0.720
山东马腰	0.575	0.333	0.000	0.875	0.136
山东西山	0.650	1.000	1.000	0.675	0.886
凌州东山	0.400	0.000	0.667	0.525	0.652
谷顶塘	0.225	0.333	0.333	0.825	0.439
凌州西山	0.150	0.667	1.000	0.850	1.000
凌州黄崖	0.425	0.333	1.000	0.450	0.871
后关村老龙涧	0.100	0.000	0.333	0.325	0.280
前关村西山	0.375	0.333	0.667	0.475	0.409
丹霞西山	0.175	0.333	0.667	0.525	0.591
丹霞后山	0.125	0.667	0.667	0.775	0.417
东窑山	0.650	0.667	1.000	0.925	0.833
葫芦山	0.400	0.000	0.667	0.725	0.682
头二道涧	0.875	0.333	0.333	0.675	0.341

3.1.2 立地因子权重的确定 科学的评价方法应能考虑各评价因子的权重对评价结果的影响,权重是表示某一因子对立地质量敏感性的相对重要程度所赋予的一个值。本文采用层次分析法(AHP)确定宏观因子的权重。AHP 是将决策问题按顺序分解为不同的层次结构,在每一层次,可以按上一层的某一准则或因素,对该层进行两两相对比较进而建立判断矩阵,计算判断矩阵的最大特征根及其对应特征向量,最后依据特征向量得到权重。主要步骤如下:

(1) 建立层次结构模型。依据问题范围所包含的因素及各因素之间的关系等,将各因素分组分层,按照目标层、准则层和评价指标层的形式排列,建立层次结构模型(图 1)。

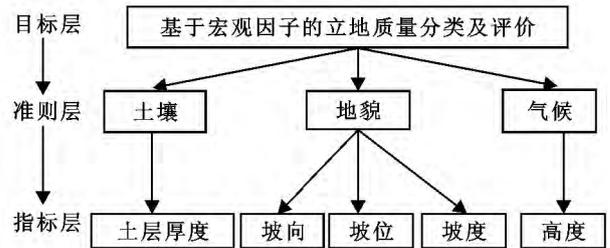


图 1 基于宏观因子的立地质量分类及评价层次结构模型

(2) 构造判断矩阵。对同一层次各因素或因子对上层的相对重要性进行两两比较,构造比较判断矩阵,判断矩阵中的标度值是依据美国运筹学家、匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 提出的比较标度法。

(3) 求解特征向量并确定权重。根据判断矩阵,采用“和法”近似求解得到上述判断矩阵的最大特征值及其对应特征向量。该特征向量即为各评价因素或因子的重要性排序,即权重。最后得出土层厚度、坡向、坡位、坡度和海拔的权重分别为 0.643, 0.179, 0.074, 0.030 和 0.074。

3.1.3 评价与分类 由于立地质量是各因子综合作用的结果,采用加权求和的数学模型,其表达合理科学,能正确地反映的综合优劣状况^[15]。计算公式为:

$$Y_j = \sum_{i=1}^5 a_i u_{ij} \quad (3)$$

式中: Y_j ——第 j 地段的宏观立地质量综合得分值; a_i ——第 i 项评价因子的权重; u_{ij} ——第 i 项评价因子,第 j 地段的标准化处理后的值。

聚类分析法是目前国内外使用最多的一种生态区划方法。以各地段的综合得分值为聚类因子,采用 SAS 系统聚类法,将研究区 22 个地段按立地质量得分值(表 2)分为 3 类。第 1 类包括:朱麻后山、东窑山、头二道涧、东磊大小塘湾、山东西山、山东东山 6

个地段,主要特征为土层中上偏厚,宏观立地质量相对较好;第 2 类包括:朱麻西山、山东马腰、凌州黄崖、渔湾小磨垛子、东磊石海下、谷顶塘、丹霞西山、丹霞后山、凌州东山、凌州西山、东磊黄崖、前关村西山、山

东杨家户、葫芦山 14 个地段,主要特征为土层中下偏薄,宏观立地质量相对一般;第 3 类包括:渔湾西山跟、后关村老龙涧 2 个地段,主要特征为土层非常薄,宏观立地质量相对很差。

表 2 基于宏观因子的立地质量得分值

地段	综合得分	地段	综合得分	地段	综合得分
朱麻后山	0.660	山东杨家户	0.339	前关村西山	0.395
朱麻西山	0.569	山东马腰	0.466	丹霞西山	0.281
渔湾小磨垛子	0.240	山东西山	0.757	丹霞后山	0.303
渔湾西山跟	0.144	凌州东山	0.370	东窑山	0.701
东磊黄崖	0.389	谷顶塘	0.286	葫芦山	0.379
东磊石海下	0.265	凌州西山	0.389	头、二道涧	0.692
东磊大小塘湾	0.786	凌州黄崖	0.485		
山东东山	0.821	后关村老龙涧	0.119		

3.2 基于微观因子的立地质量分类及评价

利用微观因子建立隶属度函数,计算不同地段各因子的隶属度值,然后采用主成分分析法确定因子的权重,最终计算得分值并进行分类,得分值的取值范围为 0~1,其值越大,表明表征土壤性质的微观立地质量评价越好。

3.2.1 立地因子隶属度函数的确定 由于各立地因子对土壤质量的影响作用不完全相同,并且实测值之间量纲也各异,所以需要运用隶属度函数模型对各项数据进行归一化、标准化处理,将立地因子实测值转变为无量纲值的隶属度值^[16]。隶属度函数的形式较多,根据在一定范围内立地因子与植物生长效应的关系,本次采用 3 种类型的隶属函数(S 型、反 S 型和抛物线型)。隶属度值是介于 0~1 间的数值,当等于 1 时,表明土样此指标达到最适宜植物生长的要求;而随着值的逐渐减小,对植物生长发育限制性逐渐增强;直至等于 0,表明地段此指标极不利于植物的生长。

(1) pH 值和容重采用抛物线型隶属度函数,它们的性质对土壤质量即植物生长的影响有一个最佳范围。如 pH 值的隶属度函数表示为:其值在 6.5~7.5,对植物生长最有利;超过此范围,随着因子值偏离程度的增大,会导致土壤退化,越不利于植物生长发育;当大于等于 10 或小于 4 时,则土壤表现为极不利于植物生长。

① pH 值:

$$u = \begin{cases} 1 & (6.5 \leq x < 7.5) \\ (10-x)/(10-7.5) & (7.5 \leq x < 10) \\ (x-4)/(6.5-4) & (4 \leq x < 6.5) \\ 0 & (x < 4, x \geq 10) \end{cases} \quad (4)$$

② 容重:

$$u = \begin{cases} 1 & (1.1 \leq x < 1.3) \\ (1.6-x)/(1.6-1.3) & (1.3 \leq x < 1.6) \\ (x-0.5)/(1.1-0.5) & (0.5 \leq x < 1.1) \\ 0 & (x \geq 1.6, x < 0.5) \end{cases} \quad (5)$$

(2) 有机质、全氮、全磷、全钾、水解氮、速效磷和速效采用 S 型隶属度函数,这些因子在一定范围内与土壤质量的优劣呈正相关关系,在而低于下限或高于上限对土壤质量影响均较小。如有机质的隶属度函数表示为:其值在大于 40 g/kg 时,对植物生长最有利;小于 6 g/kg 时,表现为极不利于植物生长;而在 6~40 g/kg,随着因子值的增大,土壤肥力增强,土壤质量变好。

① 有机质:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 40) \\ (x-6)/(40-6) & (6 \leq x \leq 40) \\ 0 & (x < 6) \end{cases} \quad (6)$$

全氮:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 2) \\ (x-0.5)/(2-0.5) & (0.5 \leq x \leq 2) \\ 0 & (x < 0.5) \end{cases} \quad (7)$$

全磷:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 1) \\ (x-0.2)/(1-0.2) & (0.2 \leq x \leq 1) \\ 0 & (x < 0.2) \end{cases} \quad (8)$$

② 全钾:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 25) \\ (x-5)/(25-5) & (5 \leq x \leq 25) \\ 0 & (x < 5) \end{cases} \quad (9)$$

③ 水解氮:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 150) \\ (x-30)/(150-30) & (30 \leq x \leq 150) \\ 0 & (x < 30) \end{cases} \quad (10)$$

④ 速效磷:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 40) \\ (x-3)/(40-3) & (3 \leq x \leq 40) \\ 0 & (x < 3) \end{cases} \quad (11)$$

⑤ 速效钾:

$$u = \begin{cases} 1 & (x > 200) \\ (x-30)/(200-30) & (30 \leq x \leq 200) \\ 0 & (x < 30) \end{cases} \quad (12)$$

关系。如石砾含量的隶属度函数表示为:其值在小于 10%时,对植物生长最有利;大于 40%时,表现为极不利于植物生长;而在 10%~40%间,土壤随着因子值的增大,越不利于植物生长发育。

⑥ 石砾含量:

$$u = \begin{cases} 1 & (x < 10) \\ (40-x)/(40-10) & (10 \leq x \leq 40) \\ 0 & (x > 40) \end{cases} \quad (13)$$

⑦ 土壤可蚀性 K 值:

$$u = \begin{cases} 1 & (x < 0.1) \\ (0.5-x)/(0.5-0.1) & (0.1 \leq x \leq 0.5) \\ 0 & (x > 0.5) \end{cases} \quad (14)$$

石砾含量和土壤可蚀性 K 值采用反 S 型隶属度函数,因子在一定范围内与土壤质量的优劣呈负相关

上述 11 种隶属度函数中, u 表示各个因子所属的隶属度值(表 3), x 为微观立地因子的实测值。

表 3 微观因子的隶属度值

地段	石砾含量	容重	K 值	pH 值	有机质	全氮	水解氮	全磷	速效磷	全钾	速效钾
朱麻后山	0.72	0.99	0.75	0.32	0.76	0.87	0.85	0.00	0.05	1.00	0.80
朱麻西山	0.86	1.00	0.73	0.05	0.20	0.47	0.52	0.00	0.12	1.00	0.35
渔湾小磨垛子	1.00	0.63	0.81	0.30	1.00	1.00	1.00	0.12	0.25	0.70	0.57
渔湾西山跟	0.71	0.94	0.82	0.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.11	1.00	0.69
东磊黄崖	0.78	0.93	0.70	0.07	0.35	0.42	1.00	0.07	0.01	1.00	0.56
东磊石海下	0.45	1.00	0.80	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.62
东磊大小塘湾	0.53	0.15	0.70	0.01	0.33	0.33	1.00	0.00	0.02	1.00	0.32
山东东山	0.67	0.61	0.73	0.08	0.59	0.77	0.87	0.00	0.08	0.81	0.91
山东杨家户	0.50	0.84	0.83	0.03	1.00	1.00	1.00	0.13	0.44	1.00	0.69
山东马腰	0.88	0.97	0.61	0.00	0.30	0.20	0.34	0.00	0.11	0.97	0.39
山东西山	0.26	0.29	0.80	0.12	0.67	0.83	0.87	0.03	0.06	0.99	0.31
凌州东山	0.76	0.97	0.75	0.04	0.69	0.66	0.87	0.09	0.11	1.00	0.45
谷顶塘	1.00	1.00	0.78	0.02	0.84	1.00	0.87	0.03	0.13	1.00	0.48
凌州西山	0.32	0.07	0.82	0.07	0.88	1.00	0.84	0.12	0.44	1.00	0.28
凌州黄崖	0.00	0.27	0.74	0.00	0.33	0.42	0.16	0.00	0.21	1.00	0.27
后关村老龙涧	0.50	0.89	0.81	0.00	1.00	1.00	1.00	0.09	0.42	1.00	0.53
前关村西山	0.75	1.00	0.78	0.00	0.55	0.58	0.63	0.79	1.00	1.00	0.22
丹霞西山	0.08	0.34	0.75	0.00	0.37	0.72	0.70	0.00	0.23	1.00	0.44
丹霞后山	0.31	0.92	0.79	0.00	0.74	0.87	1.00	0.00	0.24	1.00	0.57
东窑山	0.79	0.60	0.84	0.05	0.64	0.71	0.86	0.08	0.50	1.00	0.45
葫芦山	0.00	0.43	0.73	0.02	0.40	0.37	0.51	0.00	0.14	1.00	0.29
头二道涧	0.00	0.81	0.70	0.08	0.23	0.57	0.47	0.00	0.02	1.00	0.32

3.2.2 利用主成分分析法确定因子权重 主成分分析法(PCA)是土壤质量定量评价中应用最为广泛的数理统计方法^[17]。其是利用降维的思想从较多的指标中找出较少的几个综合的指标(主成分),而这些指标能较好地反映原来资料的信息。

以 22 个地段为样本,利用 SAS 软件对对 11 个微观因子的实测值进行主成分分析。前 4 个主成分的特征值分别为: $\lambda_1 = 4.108, \lambda_2 = 2.716, \lambda_3 = 1.586, \lambda_4 = 0.802$,累积贡献率达 83.7%。一般情况下主成

分的选择是以累积贡献率超过 80%~85% 为依据^[18]。因此选了前 4 个主成分。主成分载荷是各特征值的方根与其对应特征向量乘积,反映了所选择主成分与原始因子的相关关系,公因子方差反映了各原始因子对所选择主成所起的作用,即反映了各原始因子的重要程度。将公因子方差值归一化后,就得出因子的权重^[18]。由此可得石砾含量、容重、可蚀性 K 值、pH 值、有机质、全氮、水解氮、全磷、速效磷、全钾和速效钾的权重分别为 0.081,0.080,0.100,0.105,

0.102, 0.100, 0.087, 0.099, 0.101, 0.077 和 0.069。

3.2.3 评价与分类 根据求得的各微观因子的隶属度值和对应的权重,按照公式进而计算出各地段基于微观因子的立地质量得分值(表 4),计算公式为:

$$Y_j = \sum_{i=1}^{11} a_i u_{ij} \quad (15)$$

式中: Y_j ——第 j 地段的微观立地质量综合得分值; a_i ——第 i 项评价因子的权重; u_{ij} ——第 i 项评价因子,第 j 地段的隶属度值。

将计算出的综合值,按一定的方法划分不同等级。本研究采用等间距法将其划分为 4 个等级。I 级: $Y \geq 0.75$, 土壤质量较好; II 级: $0.5 \leq Y < 0.75$, 土壤质量中等; III 级: $0.25 \leq Y < 0.5$, 土壤质量差; IV 级: $Y < 0.25$, 土壤质量较差。

对照表 4 可以看出,云台山 22 个地段的得分值都分布在中等和差之间,最好的山东杨家户为 0.623, 最差的凌州黄崖为 0.301。

表 4 基于微观因子的立地质量得分值

地段	综合得分	地段	综合得分	地段	综合得分
朱麻后山	0.562	山东杨家户	0.623	前关村西山	0.598
朱麻西山	0.383	山东马腰	0.331	丹霞西山	0.402
渔湾小磨垛子	0.581	山东西山	0.450	丹霞后山	0.542
渔湾西山跟	0.594	凌州东山	0.495	东窑山	0.514
东磊黄崖	0.423	谷顶塘	0.547	葫芦山	0.342
东磊石海下	0.568	凌州西山	0.508	头二道涧	0.365
东磊大小塘湾	0.337	凌州黄崖	0.301		
山东东山	0.475	后关村老龙涧	0.604		

3.3 综合立地质量分类及评价

通过宏观立地质量研评价将 22 个地段分成了 3 类,再根据微观立地质量评价将每类又作了进一步细

分,这种先宏观后微观的方法很好的解决了因为相关立地因子过多而权重难以确定的问题,最终将 22 个研究地段分成了 5 类(表 5)。

表 5 云台山综合立地质量分类及评价

类别	宏观立地质量评价	微观立地质量评价	地段
1	土层中上偏厚,宏观立地质量相对较好	土壤质量中等	朱麻后山、东窑山
2	土层中上偏厚,宏观立地质量相对较好	土壤质量差	头二道涧、东磊大小塘湾、山东东山、山东西山
3	土层中下偏薄,宏观立地质量一般	土壤质量中等	渔湾小磨垛子、东磊石海下、谷顶塘、丹霞后山、凌州西山、前关村西山、山东杨家户
4	土层中下偏薄,宏观立地质量一般	土壤质量差	朱麻西山、山东马腰、凌州黄崖、丹霞西山、凌州东山、东磊黄崖、葫芦山
5	土层非常薄,宏观立地质量相对很差	土壤质量中等	渔湾西山跟、后关村老龙涧

4 结论

(1) 立地质量是对区域的光照、水分、温度及土壤性质等因素的综合表述,依靠室外监测仪器测定的海拔、坡度、坡向及坡位、土壤厚度等宏观因子主要影响温度、光照和水分,它们与采取室内试验分析获得的土壤性质等因子没有明确的直接相关性。目前很多研究往往将宏观因子和微观因子合并一起进行立地质量分类评价,这往往造成两类因子之间权重难以确定,或影响到权重准确性。本研究将两类因子分开,分别采用不同的方法进行评价,最后再把两者结合起来,可在很大程度上提高结果的质量。

(2) 本研究在具体评价过程中还结合与吸纳现

代数学分析工具和计算机技术,提高了分类及评价的精度。宏观立地质量评价利用层次分析法确定权重,它可以将主观判断用定量形式表达和处理,是定量与定性相结合的分析方法^[19];同时对因子进行数量化和标准化,消除因子间量纲的不同。在微观立地质量评价中,则采用主成分分析法确定权重,其优点可消除评价指标之间相关影响^[20],并利用隶属度函数对因子进行归一化处理。

(3) 从研究结果来看,宏观立地质量评价较好的地段微观立地质量并不一定就好,如第 2 类头二道涧、东磊大小塘湾等地;反过来,宏观立地质量评价很差的地段微观立地质量并不一定很差,如第 5 类渔湾西山跟、后关村老龙涧。本文采用的分类评价法,对

今后绿化造林过程中,针对不同情况采取不同的造林、育林措施及选择相应的适宜树种,提高造林的成活率和植被生长状况具有重要意义。

[参 考 文 献]

- [1] 于勇,周大迈,王红,等. 土地资源评价方法及评价因素权重的确定探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 213-215.
- [2] 中国森林立地分类6编写组. 中国森林立地分类[M]. 北京:中国林业出版社, 1989.
- [3] 邓送求,闫家锋,关庆伟,等. 基于聚类分析的风景林立地类型划分[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2009, 33(3): 73-77.
- [4] 张万儒. 中国森林立地[M]. 北京:科学出版社, 1997.
- [5] 樊华,赵方莹,孙保平,等. 北京市门头沟区植被恢复立地类型划分[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(8): 29-31.
- [6] 周应书,何兴辉,谢永贵,等. 毕节喀斯特山地植被恢复立地类型划分[J]. 林业科学, 2008, 44(12): 123-128.
- [7] 黄家荣,马天晓,王艳梅,等. 基于BP网络的无林地立地质量评价模型研究[J]. 山地农业生物学报, 2006, 25(6): 479-483.
- [8] 郭艳荣,吴保国,刘洋,等. 立地质量评价研究进展[J]. 世界林业研究, 2012, 25(5): 47-52.
- [9] 郑佳丽,高国雄,吕粉桃,等. 青海省大通县脑山区退耕还林土壤质量演变评价[J]. 水土保持通报, 2007, 27(1): 6-10.
- [10] 王永昌. 云台山立地分类及造林树种选择[J]. 中南林业调查规划, 1994, 13(3): 5-7.
- [11] 孙波,张桃林,赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J]. 土壤学报, 1995, 32(4): 362-369.
- [12] 鲁法典,谷建才,贾俞彬,等. 沂蒙工程造林区立地类型划分的研究[J]. 河北林学院学报, 1996, 11(1): 37-40.
- [13] Sharply A N, Williams J R. Epic-erosion Productivity impact Calculator (I): Model Documentation [M]. Washington D C: U S Department of Agriculture, 1990.
- [14] 刘崇洪. 几种土壤质量评价方法的比较[J]. 干旱环境监测, 1996, 10(1): 26-29.
- [15] 刘世梁,傅伯杰,陈利顶,等. 两种土壤质量变化的定量评价方法比较[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(5): 422-426.
- [16] 谢瑾,李永梅,候天才. 纳板河流域不同土地利用类型下土壤综合肥力分析[J]. 云南农业大学学报, 2012, 27(3): 401-407.
- [17] 吴玉红,田霄鸿,同延安,等. 基于主成分分析的土壤肥力综合指数评价[J]. 生态学杂志, 2010, 29(1): 173-180.
- [18] 唐晓平. 四川紫色土肥力的 Fuzzy 综合评价[J]. 土壤通报, 1997, 28(3): 107-109.
- [19] 李学全,李松仁,韩旭里. AHP 理论与方法研究:一致性检验与权重计算[J]. 系统工程学报, 1997, 12(2): 111-117.
- [20] 陶晓燕. 基于主成分分析的资源型城市产业转型能力评价[J]. 资源与产业, 2013, 15(2): 1-5.

(上接第 170 页)

- [10] 波钦诺克 X H. 植物生物化学分析方法[M]. 荆家海,丁钟荣译. 北京:科学出版社, 1981.
- [11] 陈丽华,余新晓,张东升,等. 整株林木垂向拔拉试验研究[J]. 资源科学, 2004(1): 39-43.
- [12] Archer R R. Growth stresses and strains in trees[M]. Springer-Verlag, 1987.
- [13] Sjöström E. Wood chemistry: fundamentals and applications[M]. Gulf Professional Publishing, 1993.
- [14] 杨淑惠. 植物纤维化学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001.
- [15] Hathaway R L, Penny D. Root strength in some Populus and Salix clones[J]. New Zealand Journal of Botany, 1975, 13(3): 333-344.
- [16] Chiatante D, Scippa S G, Di Iorio A, et al. The influence of steep slopes on root system development[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2002, 21(4): 247-260.
- [17] Waldron L J. The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil[J]. Soil Science Society of America Journal, 1977, 41(5): 843-849.
- [18] Riestenberg M M. Anchoring of thin colluvium by roots of sugar maple and white ash on hillslopes in Cincinnati[M]. US Government Printing Office, 1994.
- [19] Docker B B, Hubble T C T. Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species[J]. Geomorphology, 2008, 100(3): 401-418.