

辽东山区天然次生林的数量分类

胡理乐^{1,2}, 毛志宏^{1,2}, 朱教君^{1*}, 刘足根^{1,2}, 陈广华³, 张立君³

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 辽宁省清原满族自治县林业局, 清原 113300)

摘要: 结合 DCA 排序和 TW N SPAN 分类结果, 将辽东山区天然次生林划分为 5 个群落类型: 花曲柳林、蒙古栎林、阔叶混交林、水曲柳林、胡桃楸林。DCA 排序与 TW N SPAN 分类产生了较一致的分类结果。DCA 第一轴代表的环境意义为坡向。花曲柳林多分布于阳坡的中坡及中上坡, 蒙古栎林多分布在中上坡。花曲柳与蒙古栎常混生在一起, 随着坡位上升, 花曲柳优势度下降, 而蒙古栎优势度增加。阔叶混交林多位于阴坡, 乔木层没有稳定和绝对优势种, 多以假色槭、风桦、色木槭为优势种, 但假色槭分布于乔木层第 2 亚层。水曲柳林多分布在中下坡。胡桃楸分布在山下部, 喜潮湿生境。色木槭在辽东山区分布广泛, 重要值较高, 且更新良好, 很可能是群落演替顶级物种。辽东山区天然次生林林下藤本植株数量多, 以五味子、软枣猕猴桃、狗枣猕猴桃为主。

关键词: 次生林; TW N SPAN 分类; DCA 排序; 群落类型; 色木槭

文章编号: 1000-0933(2005)11-2848-07 **中图分类号:** S8.8565 **文献标识码:** A

Classification and ordination of secondary forests in montane zone of eastern Liaoning Province

HU Li-Le^{1,2}, MAO Zhi-Hong^{1,2}, ZHU Jiao-Jun^{1*}, LIU Zu-Gen^{1,2}, CHEN Guang-Hua³, ZHANG Li-Jun³ (1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Forestry Bureau of Qingyuan Manzhou Autonomous County, Qingyuan 113300, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 2848~2854

Abstract We investigated 21 plots including 239 tree species, which were selected from the secondary forests in montane zone of eastern Liaoning province (41°51.102'N, 124°54.543'E). With the help of TW N SPAN classification and DCA ordination, the secondary forests were classified into 5 community types, including *Fraxinus rhynchophylla* community, *Quercus mongolica* community, Broadleaved stand community, *F. madshurica* community and *Juglans mandshurica* community. Then, the community characteristics of the 5 types were researched as well. Both DCA ordination and TW N SPAN classification exhibited the consistent results of secondary forest classifications. The first axis of DCA represented the slope aspects. The field survey indicated that *F. rhynchophylla* communities were often associated with *Q. mongolica*. They mainly distributed from hillside to hilltop, with decreasing of *F. rhynchophylla* dominance and increasing of *Q. mongolica* dominance. Broadleaved communities mostly distributed on the shade side, the arbor layer of this type of communities hadn't stable and absolute dominant tree species, but *Acer pseudo-sieboldianum*, *Betula costata*, *A. mono* often distributed as one of the dominant species. *A. pseudo-sieboldianum* mostly distributed at the second sub-layer of the arbor layer. *F. madshurica* communities

基金项目: 中国科学院百人计划资助项目(BR0301); 国家自然科学基金资助项目(30371149)

收稿日期: 2005-04-18; **修订日期:** 2005-09-08

作者简介: 胡理乐(1979~), 男, 江西南昌人, 博士生, 主要从事植物生态学研究. E-mail: hulile96@sohu.com

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jiaojunzhu@iae.ac.cn

致谢: 标本鉴定得到植物分类学专家李翼云研究员的大力帮助, 大苏河林场副场长张立君、经营股股长陈广华、档案管理员范丙仁等在典型样地选择时给予了大力帮助, 在此一并致谢!

Foundation item: The 100-young-researcher Project of Chinese Academy of Sciences(No. BR0301); and National Natural Science Foundation of China(No. 30371149)

Received date: 2005-04-18; **Accepted date:** 2005-09-08

Biography: HU Li-Le, Ph.D. candidate, mainly engaged in plant ecology. E-mail: hulile96@sohu.com

mostly distributed from mesoslope to piedmont. *J. mandshurica* communities distributed on piedmont, and grew well in the wet habitats. With wide distribution and high dominance, *Acer mono* was an important species which had drawn our great attention because the species exhibited very good regeneration patterns in many kinds of stands. These indicated that the species of *A. mono* might be considered as the climax species in the study area. Another characteristic of the secondary forests in montane zone of eastern Liaoning Province might be the big biomass of liana, which were mostly accounted for by *Schisandra chinensis*, *Actinidia arguta* and *A. kolamiktia* and so on.

Key words: secondary forest; TW N SPAN classification; DCA ordination; community type; *Acer mono*

辽东山区次生林是由原生的地带性顶极植被——阔叶红松(*Pinus koraiensis*)林经过长期掠夺式的采伐和破坏后逆行演替而形成的^[1,2]。次生林是中国森林资源的主体,仅辽东山区现有次生林就有 $1.2 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[3],是辽东山区森林资源的重要组成部分,已占该区森林面积的 84%^[4]。次生林除了提供大量的木材资源外,还可以暂存遗传多样性、贮存 C 和营养物质及缓和水文循环等^[5]。对东北地区次生林的研究涉及很多方面,如次生林的天然更新、演替、结构特征、人工抚育、经营技术等^[2,6,7]。对次生林类型划分的问题,也早在 20 世纪 60 年代就有论著。陈大珂将次生林分为 4 类:蒙古栎(*Quercus mongolica*)林、山杨(*Populus davidiana*)林、软阔叶林、硬阔叶林^[8]。姚国清划分为 5 类:白桦(*Betula platyphylla*)林、硬阔叶林、软阔叶林、柞木林、针阔混交林。王长富划分为硬阔叶林、软阔叶林、针阔混交林^[9]。但这些分类都带有主观因素,因此,很有必要对辽东山区次生林进行客观的划分。孔祥文应用数学模糊聚类方法对辽东山区次生林进行数量分类,把辽东山区现有次生林分为 4 类即柞木林、阔叶混交林、硬阔叶林和杨桦林^[3]。但模糊等价聚类门槛值 λ 的选取带有一定的主观性,选的值越大,最后分组越多^[10]。

除趋势对应分析(Detrended Correspondence Analysis, DCA)^[11]与双向指示种分析(Two-way Indicator Species Analysis, TW N SPAN)^[12]是迄今为止普遍认为比较完善和先进的群落排序和分类方法^[13]。大量应用表明 TW N SPAN 是一种理想的植物群落分类方法,它具有同时划分样方和物种的优点,但会产生边界种甚至错分种。DCA 的 3 个分类轴虽可很好的将样方区分开,但每一轴所代表的意义需结合相关专业知识进行解释,甚至可能不具明显的环境意义。将 TW N SPAN 与 DCA 结合起来使用,可相互补充^[10]。且这 2 种方法具有客观性,是目前国外进行植物群落多元分析时使用最多的数量方法^[14]。本文分别应用 DCA、TW N SPAN 分别对辽东山区 21 块典型样地进行排序与分类,以期得到更加客观的分类结果,并揭示各种群落类型的特征及其相互之间的相似性。

1 研究地环境概况

中国科学院沈阳应用生态研究所清原森林生态实验站是为开展次生林研究于 2003 年新成立的野外台站,地处辽宁省东部山区清原县南部,41°51.102'N, 124°54.543'E,海拔 252~1116m。植被隶属于长白山区系。气候属暖温带大陆性季风气候,冬季漫长寒冷,夏季炎热多雨。年平均气温 3.9~5.4℃,极端最高气温 36.5℃,最低零下 37.6℃。大于 10℃ 的年活动积温 2497.5~2943.0℃,无霜期 120~139 d,年平均日照 2433 h,年降水量 700~850 mm,降雨集中在 6~8 月份^[15]。

2 研究方法

2.1 野外调查

野外调查于 2004 年 7~9 月份在清原站进行。经踏察后,共设置 21 块典型样地(见表 1),总面积 21400m²。将每一样地分成 10m×10m 样方对乔木层植株进行每木检尺,记录树高、枝下高、胸径、冠幅以及郁闭度。将 10m×10m 样方分成 5m×5m 样方,在每一个 5m×5m 样方的左下角和右上角各取一个 2m×2m 小样方进行灌木调查,记录每一植物种类的平均高度、平均基径、株数。在每一个 2m×2m 样方中随机取一个 1m×1m 小样方对草本层进行调查,记录每一植物种类的平均高度、多度、盖度及层盖度。用手持 GPS 和森林罗盘仪测量海拔、坡度、坡向、坡位、经纬度。

2.2 数据处理

重要值(IV)=(相对显著度+相对密度+相对频度)×100/3,重要值取值范围为 0~100。

对 21 块样地(共 45 个乔木层物种)进行数量分类,DCA 排序和 TW N SPAN 分类在 PC-ORD for Windows (Version 4.0) 上完成。在 DCA 计算中,把选项(Downweight rare species)选中,其它采用默认值。TW N SPAN 设置中全部采用默认值,假种切割水平(Pseudo species Cut Levels)为:0, 2, 5, 10, 20。

3 结果与分析

3.1 TW N SPAN 分类与 DCA 排序的结果

图 1 与图 2 分别是 TW N SPAN 分类与 DCA 排序的结果。TW N SPAN 最终将 21 块样地划分为 8 类。DCA 三轴的特征值分别为: $X_1 = 0.484$, $X_2 = 0.332$, $X_3 = 0.096$,由于 X_3 特征值太小,所以本文仅讨论 X_1 与 X_2 的二维散点图。DCA 与 TW N SPAN 的结果十分一致, TW N SPAN 每次划分结果都能在 DCA 图上很好地区分开。图 2 中的 I 1、I 2、II 1、..., V 2 与图

1 中同名代码包括的样地几乎完全一致, 不同之处仅在于对 P5 的处理。P5 是 TW N SPAN 划分 I 1 与 I 2 时产生的边界 (Borderline) 样地, 因此本文接受 DCA 排序对 P5 的处理结果, 即将 P5 与 P7、P13 等划分在一起。DCA 第 1 轴清楚地将 21 块样地区分为 2 大类 I 1、I 2, 第 2 轴将 I 1 再区分为两类 II 1、II 2。DCA 第 1 轴反映了坡向梯度。I 1 的 6 块样地在阳坡, I 2 除 P1、P2、P18 在阳坡外, 其余 12 块样地均在阴坡。DCA 第 2 轴反映的环境意义不明显。

表 1 样地概况

Table 1 Plot Information						
样地编号 Plot Code	地点 Location	海拔 (m) Alt.	坡位 Slope site	坡度 (°) Slope	坡向 (°) Aspect	面积 (m × m) Area
P1	大板桥 Dabanqiao	671	中坡 mesoslope	35	WS27	30 × 30
P2	大板桥 Dabanqiao	770	上坡 hilltop	30	WS28	30 × 30
P3	大板桥 (西) Dabanqiao (West)	715	中坡 mesoslope	35	NE40	30 × 30
P4	大板桥 (西) Dabanqiao (West)	698	中坡 mesoslope	10	NW10	30 × 30
P5	大板桥北沟 North raceway of Dabanqiao	700	中坡 mesoslope	25	SW35	30 × 30
P6	大板桥北沟 North raceway of Dabanqiao	698	中坡 mesoslope	20	SW20	30 × 30
P7	大板桥北沟 North raceway of Dabanqiao	710	中坡 mesoslope	35	SW40	30 × 30
P8	头道湖 Toudaohu	928	中坡 mesoslope	25	NE45	20 × 30
P9	大天桥 Datianqiao	630	中坡 mesoslope	20	NE22	30 × 30
P10	大天桥 Datianqiao	625	中坡 mesoslope	25	SW30	30 × 30
P11	大东沟亮台子 Dadonggouliangtaizi	650	中坡 mesoslope	20	NE15	30 × 30
P12	大东沟亮台子 Dadonggouliangtaizi	650	中坡 mesoslope	20	NE15	30 × 30
P13	大板桥北沟 North raceway of Dabanqiao	693	中坡 mesoslope	40	SW23	30 × 40
P14	大东沟 Dadonggou	647	山麓, 溪边 Piedmont, near raceway	10	SW15	50 × 30
P15	头道湖 Toudaohu	722	上坡 hilltop	26	NW45	40 × 40
P16	南天门 Nantianmen	750	山麓 piedmont	20	NE25	10 × 20
P17	南天门 Nantianmen	750	中坡 mesoslope	30	NE30	10 × 20
P18	头道湖 Toudaohu	675	山麓 piedmont	15	WS40	40 × 40
P19	三道湖 Shandaohu	831	中坡 mesoslope	20	NW40	50 × 30
P20	文字号 Wenzihao	847	山顶 ridge	25	NW23	40 × 40
P21	三道湖 Shandaohu	831	中坡 mesoslope	25	NW30	50 × 30

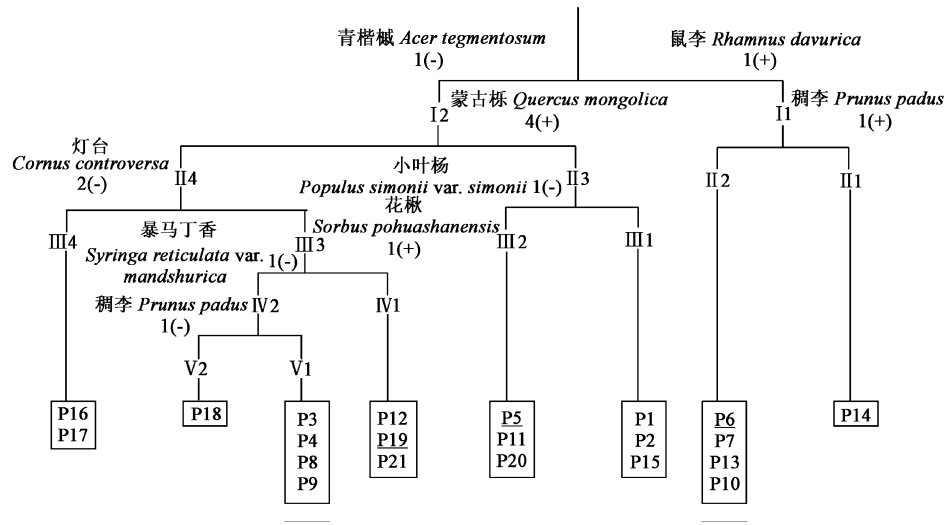


图 1 辽东山区次生林 TW N SPAN 分类树状图

Fig. 1 Dendrogram of TW N SPAN classification for secondary forests in montane zone of eastern Liaoning Province

图中 I 1、I 2、...、V 2 代表每次分类结果。P1、P2、...、P21 是样地编号, 同表 1, 其中 P5、P6、P19 是边界样地

Note: I 1、I 2、...、V 2 represent the results of each division; P1、P2、...、P21 are plot codes listed in table 1, P5、P6、P19 of which are Borderline plots

从图 1 分析, 指示种鼠李(Rhamnus davurica) (+) 和青楷槭(Acer tegmentosum) (-) 将 21 块样地划分为 I 1、I 2 两类。正

轴 I 1 样地中没有青楷槭, 但有鼠李分布; 负轴 I 2 反之。I 1 被指示种稠李(*Prunus padus*) (+) 分为 II 1、II 2 两类。胡桃楸(*Juglans mandshurica*) 为 II 1 样地乔木层绝对优势种, 可命名为胡桃楸林。II 2 共有 5 个样地, 以花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla*) 为优势种, 命名为花曲柳林。I 2 以蒙古栎为指示种划分为 II 3、II 4。II 3 样地中, 蒙古栎重要值均在前 2 位, 命名为蒙古栎林。蒙古栎林以小叶杨(*Populus simonii* var. *simonii*) 为指示种分为 2 类(III 1、III 2), III 1 中以蒙古栎和假色槭(*Acer pseudo-sieboldianum*) 为前 2 优势种, III 2 以花曲柳和蒙古栎为前 2 优势种。由于 DCA 排序难以将 III 1 和 III 2 分开, 此外, 指示种蒙古栎的指示值很大(见图 1), 所以笔者认为不宜对蒙古栎林进行细分。II 4 以灯台树为负指示种分为 III 3、III 4。III 4 中灯台树(*Cornus controversa*) 的重要值较大, 排在前 4 位; 而 III 3 样地没有灯台树分布或灯台树重要值很小。III 4 以黄蘗(*Phellodendron amurense*) 为绝对优势种, 重要值大于 32。但笔者认为不宜把这一类群命名为黄蘗林。因为 P16 和 P17 是 21 块样地中仅有的两块萌芽林, 1990 年皆伐后形成的, 至今林龄仅 15a, 冠层优势高度仅 5.5m, 最高植株不过 6.5m。黄蘗在萌芽林中占绝对优势度, 而在其它 19 块样地中虽常见分布, 重要值却仅排在中等水平。这说明黄蘗在辽东山区次生林中难成为乔木层优势种。III 3 最终被 TW N SPAN 分成 IV 1、IV 2(IV 2 再细分为 V 1 和 V 2 2 类) 3 类。在图 2 中, IV 1 与 IV 2 边界不明显, 并且 P19 是 TW N SPAN 划分 IV 1 与 IV 2 时的边界样地, 但 DCA 第 2 轴能将 V 1 和 V 2(仅包括 P18) 区分开了。P18 以水曲柳(*Fraxinus mandshurica*) 为优势种, 而其它 7 块包括在 III 3 中的样地没有稳定或明显的优势种, 往往以假色槭、风桦(*Betula costata*)、色木槭(*Acer mono*) 等阔叶树种为优势种。将 P18 命名为水曲柳林, 而将其它 7 块样地命名为阔叶混交林。辽东山区次生林群落类型最终划分结果见图 3。

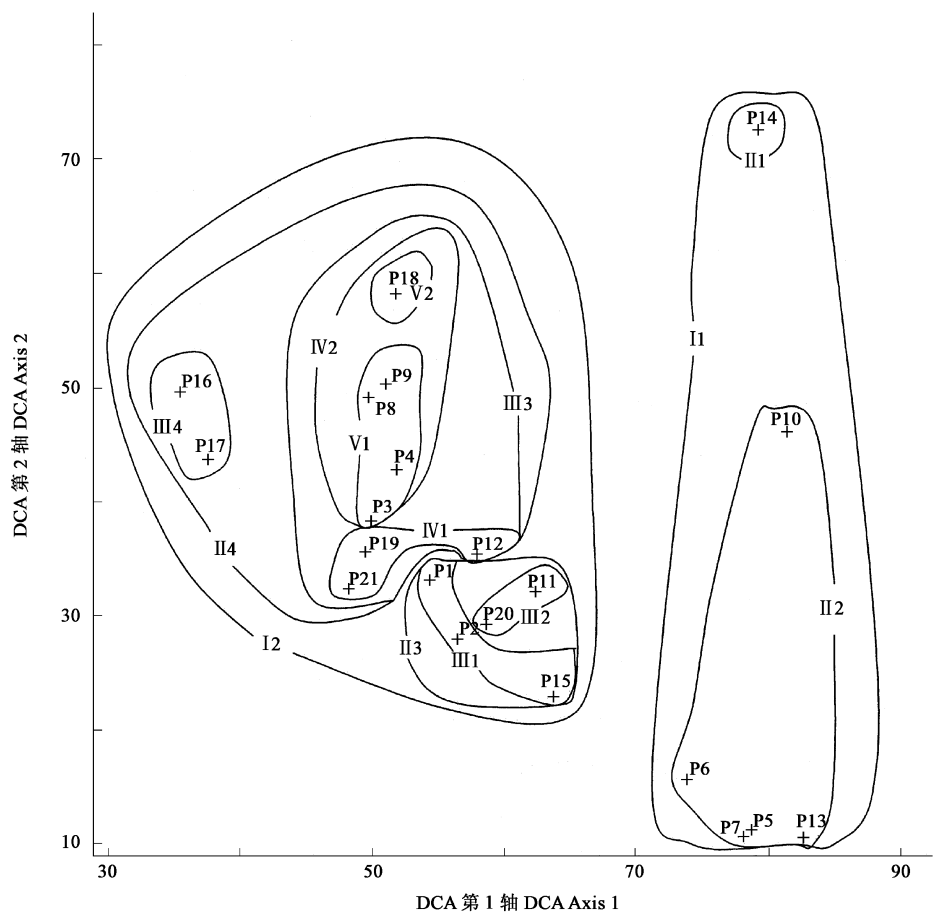


图 2 辽东山区次生林 DCA 二维散点图(X 1 与 X 2)

Fig. 2 Two-dimensional scatter plot of DCA ordination for secondary forests in montane zone of eastern Liaoning Province

3.2 辽东山区次生林群落类型

结合 TW N SPAN 分类与 DCA 排序, 笔者将辽东山区 21 块样地分为 5 种群落类型: 花曲柳林、蒙古栎林、阔叶混交林、水曲柳林、胡桃楸林。

(1) 花曲柳林 多分布于阳坡的中坡及中上坡。中坡的花曲柳林中花曲柳重要值较高, 甚至为花曲柳纯林。中上坡花曲柳林中花曲柳多与蒙古栎混生, 两者为群落优势种。色木槭和假色槭常为群落亚优势种。花曲柳适生于光照充足、排水条件良好、土

壤湿润肥沃、土层较厚的立地条件, 阳坡和半阳坡的中、上部为花曲柳的天然集中分布区^[17]。灌木层中蒙古栎、花曲柳、色木槭是优势种。草本层绝对优势种为毛缘苔草(*Carex pilosa*), 第2优势种为宽叶山蒿(*Artemisia stolonifera*), 常见种有歪头菜(*Vicia unijuga* var. *unijuga*)、莓叶委陵菜(*Potentilla fragarioides*)等。

(2) 蒙古栎林 顺利将天然蒙古栎林划分为纯蒙古栎群落、蒙古栎桦树群落、蒙古栎槭树群落等5类^[18]。本研究中, P15为蒙古栎纯林, 重要值大于40; P1、P2在阳坡, 蒙古栎与假色槭、糠椴(*Tilia mandshurica*)混生; P11、P20在阴坡, 蒙古栎与花曲柳、色木槭混生。色木槭是蒙古栎林中常见种, 重要值较大。蒙古栎多分布在中、上坡^[19, 20], 常和色木槭、假色槭、花曲柳混生在一起^[21]。灌木层: 假色槭为第1优势种, 其次为色木槭, 蒙古栎在5块样地中的重要值均很小。不同坡向蒙古栎群落草本层优势种不同: 蒙古栎纯林中前2优势种为羊胡苔草(*Carex callitrichos*)、北重楼(*Parix verticillata*); 阳坡蒙古栎群落前2优势种为苦荬菜(*Ixeris denticulata*)、北重楼, 阴坡蒙古栎群落前3优势种分别为蕁麻叶龙头草(*Meehanian urticifolia*)、中华蹄盖蕨(*Adiantum sinense*)、白花碎米荠(*Cardamine leucantha*)。

(3) 阔叶混交林 均位于阴坡。乔木层没有稳定和绝对优势种, 为多物种共优, 多以假色槭、风栎、色木槭为优势种, 假色槭主要位于乔木层第二亚层(借助树高频率分布直方图划分乔木亚层, 后面划分乔木亚层的方法与此相同)。灌木层常见乔木幼树种主要有假色槭、色木槭, 其它常见种均为灌木: 京山梅花(*Philadelphus pekinensis*)、毛榛子(*Corylus mandshurica*)、翅卫矛(*Euonymus macropterus*); 草本层常见种有蕁麻叶龙头草、木贼(*Equisetum hyemale* var. *hyemale*)、掌叶铁线蕨(*Adiantum pedatum*)、粗茎鳞毛蕨(*Dryopteris crassirhiza*)、短柱大叶芹(*Spuriopimpinella brachystyla*)。

(4) 水曲柳林 水曲柳重要值为20.1, 色木槭也是群落优势种, 重要值为17。亚优势种有千金榆(*Carpinus cordata*)、裂叶榆(*Ulmus laciniata*)、胡桃楸, 这3物种重要值在14.6~12.6之间, 其它物种重要值小于4.3。水曲柳和胡桃楸主要位于第1亚层(15~23m), 色木槭和千金榆主要分布于第2亚层(5~15m)。半阴半阳坡最适于水曲柳生长^[22]。对于水曲柳适生立地条件研究结果不一, 李俊清认为水曲柳在山中部生长最好, 葛剑平认为适宜在中下部生长^[23, 24]。野外调查结果与葛剑平的观点一致。稠李在灌木层占绝对优势, 重要值高达31.5, 第2优势种青楷槭重要值也有20.3, 色木槭是常见种, 常见灌木有暴马丁香(*Syringa reticulata* var. *mandshurica*)、京山梅花。草本层前2优势种蕁麻叶龙头草、珠芽艾麻(*Laportea bulbifera*), 重要值分别为18.0、11.6, 亚优势种有北重楼、北乌头(*Aconitum kusnezoffii*)、木贼。

(5) 胡桃楸林 胡桃楸重要值高达24.6。乔木层亚优势种为拧筋槭(*Acer triflorum* var. *subcariacea*)、暴马丁香、榆树(*Ulmus pumila*)。胡桃楸主要分布于第1亚层(10~22m), 占该亚层植株数53.1%。拧筋槭、暴马丁香、榆树主要分布于第2亚层(5~10m), 占该亚层个体数分别为26.4%、21.8%、14.5%。胡桃楸分布在山下部, 喜潮湿生境, 与马建路^[16]研究结果一致。暴马丁香和毛卫矛(*Euonymus alatus* var. *pubescens*)是灌木层绝对优势种, 重要值分别为26.6、24.7; 常见种有拧筋槭、金银忍冬(*Lonicera maackii*)。草本层优势种为蕁麻叶龙头草和珠芽艾麻, 重要值分别为14.1、9.1。亚优势种有白花碎米荠、宽叶山蒿等。

4 讨论与结论

TW N SPAN 分类不仅能将样方划分成不同群落类型, 并给出每次划分的指示种及指示值, 还可以揭示各群落类型之间的关系远近, 但该方法会产生边界样地, 甚至错分样地, 因此结合 DCA 排序能得到更合理的划分结果。本研究中, P5 是 TW N SPAN 第1次分割时产生的边界(Borderline)样地, 最后将 P5 和 P11、P20 划分为一类, 但在 DCA 第1轴与第2轴的二维散点图上 P5 与 P7、P13 聚在一起, 而笔者分析群落特征时发现这3个样地更相似, 因此接受 DCA 排序的结果。多数情况下两种方法的结果比较一致, 它们可相互补充, 互相检验, 多数学者都同时使用这两种方法来进行群落数量分类^[25]。本文结合 DCA 排序与 TW N SPAN 分类方法, 将辽东山区天然次生林划分为5类。

花曲柳与蒙古栎常混生在一起, 在两物种混生群落中, 随着坡位上升, 花曲柳优势度下降, 而蒙古栎优势度上增加, 中坡常

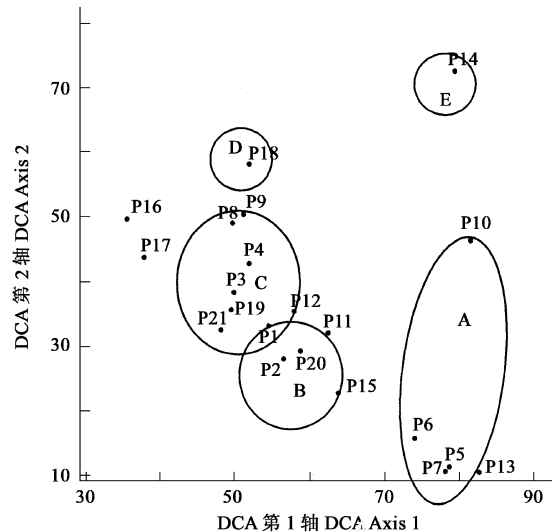


图3 辽东山区次生林5个群落类型在DCA二维散点图上的分布图
Fig. 3 Distribution of five types of plant communities of secondary forests in montane zone of eastern Liaoning Province in the two-dimensional scatter plot of DCA ordination

A. 花曲柳林 *Fraxinus rhynchophylla* community, B. 蒙古栎林 *Quercus mongolica* community, C. 阔叶混交林 Broadleaved stand, D. 水曲柳林 *Fraxinus mandshurica* community, E. 胡桃楸林 *Juglans mandshurica* community.

为花曲柳纯林, 中上坡为花曲柳与蒙古栎混交林, 而山顶多为蒙古栎纯林。有研究表明蒙古栎是先锋物种^[19, 21]。在辽东山区次生林中, 由种子萌发的蒙古栎更新幼苗虽不及花曲柳和色木槭, 但其萌芽力很强, 且结实多, 种子较大, 这些与先锋树种的特征不相符。花曲柳林中花曲柳更新良好, 但多为 0.5m 以下幼苗^[17]。假色槭、色木槭在辽东山区分布广泛, 在乔木层重要值较高, 且更新良好, 常为林下层优势物种。但假色槭为小乔木, 高 8m, 仅在乔木第 2 亚层占优势; 而色木槭为高大乔木, 色木槭很可能是群落演替顶级物种。辽东山区天然次生林林下藤本植株数量多, 以五味子 (*Schisandra chinensis*)、软枣猕猴桃 (*Actinidia chinensis*)、狗枣猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 为主。

References

- [1] Li D Z, Qin A L, Yang M L, et al. Study on the interconnections among main tree populations in natural secondary forest communities. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, **20**(3): 263~ 271.
- [2] Zhu J J. A review on fundamental studies of secondary forest management. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(12): 1689~ 1694.
- [3] Kong X W, Hu W L, Zhang B, et al. Quantitative classification of structural types of present secondary natural forests in eastern Liaoning. *Journal of Liaoning Forestry Science & Technology*, 2002, **3**: 14~ 16.
- [4] Gao R, Zhou G Z. A study on water-holding properties of litter layer for various major forest vegetation types in eastern mountainous region in Liaoning Province. *Shenyang Agricultural University*, 2002, **32**(2): 115~ 118.
- [5] Mac G V, Arlete S A, Eric A D, et al. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, 2003, **87**: 470~ 481.
- [6] Wang H X, Yao G Q. Studies on Three-dimensional management pattern of natural secondary forest. *Scientia Silvae Sinicae*, 1992, **28**(6): 502~ 509.
- [7] Guo S P, Zhang X W, Lv Q Y, et al. Evaluation on regeneration of primary forests and natural secondary forests of *Pinus koraiensis*. *Forestry Science Technology*, 1995, **20**(5): 12~ 14.
- [8] Chen D K. Forest Management. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1993.
- [9] Sun H Z, Qu H J, Ren Q S. Advances of research on secondary forests in Heilongjiang province. *Forest Engineering*, 2003, **19**(4): 9~ 11.
- [10] Zhang J T. *Quantitative Ecology*. Beijing: Science Press, 2004. 120~ 242.
- [11] Hill M O, Gauch J H G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetation*, 1980, **42**: 47~ 58.
- [12] Hill M O. TWINSpan—A Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Ithaca: Cornell University, 1979.
- [13] Jiang H, Huang J H, Chen L Z, et al. DCA ordination, quantitative classification and environmental interpretation of plant communities in Dongling mountain. *Acta Botanica Sinica*, 1994, **36**(7): 539~ 551.
- [14] Alejandro V. Multivariate analysis of vegetation of the volcanoes Tlaoac and Pedado, Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 1994, **15**(2): 101~ 113.
- [15] Li X F, Zhu J J, Wang X L, et al. Snow/wind damage in natural secondary forests in Liaodong mountainous regions of Liaoning Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, **15**(6): 941~ 946.
- [16] Ma J L. Comparison on suitable site conditions of tree species *Fraxinus mandshurica*, *Juglans mandshurica*, *Phellodendron amurense* and *Tilia amurensis*. *Forest Resource Management*, 1996, **4**: 52~ 56.
- [17] Xiang F W, Yao C J, Liu Y H. On the distribution growth and natural regeneration of *Fraxinus chinensis*. *Journal of Jilin Forestry University*, 1997, **13**(4): 212~ 215.
- [18] Yu S L, Ma K P, Chen L Z, et al. The ecological characteristics of *Quercus mongolica* forest in Heilongjiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 41~ 46.
- [19] Fan H B, Zang R G, Li D Z. Natural regeneration of mongolian oak population. *Chinese Journal of Ecology*, 1996, **15**(3): 15~ 20.
- [20] Gao W T, Ding W, Li S, et al. Study on site suitable to *Quercus mongolica* in natural hag in Changbai mountain forest region. *Journal of Beihua University (Natural Science)*, 2000, **1**(1): 77~ 81.
- [21] Suh M H, Lee D K. Stand structure and regeneration of *Quercus mongolica* forests in Korea. *Forest Ecology and Management*, 1998, **106**: 27~ 34.
- [22] Ma J L, Shi J C, Jing F M. Site quality evaluation of Manchurian ash. *Journal of Northeast Forestry University*, 1991, **19**: 69~ 73.
- [23] Li J Q, Zhou X F. Adaptable site studies of some main silvicultural trees in northeast mountain area. *Journal of Northeast Forestry University*, 1991, **19**: 1~ 8.

- [24] Ge J P, Liu L, Tian S Y, et al The relationship between site and tree growth of *Phellodendron amurense* and *Fraxinus mandshurica* plantations *Journal of Northeast Forest University*, 1991, **19**: 9~ 15
- [25] Jiang H. DCA ordination, quantitative classification and environmental interpretation of spruce and fir communities in northwest Sichuan and south Gansu *Acta Phytocologica Sinica*, 1994, **18**(4): 297~ 305

参考文献:

- [1] 李德志, 秦艾丽, 杨茂林, 等 天然次生林群落中主要树木种群间联结关系的研究 *植物生态学报*, 1996, **20**(3): 263~ 271
- [2] 朱教君 次生林经营基础研究进展 *应用生态学报*, 2002, **13**(12): 1689~ 1694
- [3] 孔祥文, 胡万良, 张冰, 等 辽东山区现有次生林结构类型的数量分类 *辽宁林业科技*, 2002, **3**: 14~ 16
- [4] 高人, 周广柱 辽东东部山区几种主要森林植被类型枯落物层持水性能研究 *沈阳农业大学学报*, 2002, **32**(2): 115~ 118
- [6] 王贺新, 姚国清 天然次生林立体经营模式的研究 *林业科学*, 1992, **28**(6): 502~ 509
- [7] 郭树平, 张晓巍, 吕秋银, 等 原始红松林天然次生林的更新评价 *林业科技*, 1995, **20**(5): 12~ 14
- [8] 陈大珂, 森林经营学 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993
- [9] 孙洪志, 屈红军, 任青山 黑龙江省次生林研究进展 *森林工程*, 2003, **19**(4): 9~ 11
- [10] 张金屯 数量生态学 北京: 科学出版社 2004 120~ 242
- [13] 江洪, 黄建辉, 陈灵芝, 等 东灵山植物群落的排序、数量分类与环境解释 *植物学报*, 1994, **36**(7): 539~ 551
- [15] 李秀芬, 朱教君, 王庆礼, 等 辽东山区天然次生林雪/风灾害成因及分析 *应用生态学报*, 2004, **15**(6): 941~ 946
- [16] 马建路 水曲柳, 胡桃楸, 黄蘗和紫椴适生立地条件的对比研究 *林业资源管理*, 1996, **4**: 52~ 56
- [17] 项凤武, 姚丛军, 刘艳华 花曲柳的分布、生长及天然更新的研究 *吉林林学院学报*, 1997, **13**(4): 212~ 215
- [18] 于顺利, 马克平, 陈灵芝, 等 黑龙江省不同地点蒙古栎林生态特点研究 *生态学报*, 2001, **21**(1): 41~ 46
- [19] 樊后保, 臧润国, 李德志 蒙古栎种群天然更新的研究 *生态学杂志*, 1996, **15**(3): 15~ 20
- [20] 高文韬, 丁伟, 李胜, 等 长白山林区天然过伐林中蒙古栎适生立地研究 *北华大学学报(自然科学版)*, 2000, **1**(1): 77~ 81
- [22] 马建路, 石家琛, 景凤鸣 水曲柳立地质量评价 *东北林业大学学报*, 1991, **19**(水胡黄椴专刊): 69~ 73
- [23] 李俊清, 周晓峰 东北山区主要造林树种适生立地条件研究 *东北林业大学学报*, 1991, **19**(水胡黄椴专刊): 1~ 8
- [24] 葛剑平, 刘力, 田松岩, 等 黄蘗、水曲柳人工林生长与立地条件关系的研究 *东北林业大学学报*, 1991, **19**(水胡黄椴专刊): 9~ 15
- [25] 江洪 川西北甘南云冷杉林的数量分类 *植物生态学报*, 1994, **18**(4): 297~ 305