

文章编号: 1000-5692(2007)06-0725-06

海南桉树林林下植物多样性特点的简单相关分析

杨再鸿¹, 杨小波², 余雪标³, 李跃烈², 吴庆书²

(1. 西南林学院 环境科学与工程系, 云南 昆明 650224; 2. 海南大学 农学院, 海南 海口 570228;
3. 华南热带农业大学 农学院, 海南 儋州 571737)

摘要: 通过野外样方样地调查, 在比较分析海南岛年降水量、土壤含水量和土壤速效养分氮、磷、钾的基础上, 寻找影响桉树 *Eucalyptus* spp. 林下植被的关键因子。单因子相关分析结果表明: 木本植物 Shannon-Wiener 指数 (H') 和 Simpson 指数 (D') 与土壤含水量、年降水量、土壤速效氮和有效磷达到了显著相关水平, 但这些因子无一与草本多样性指数 H' 和 D' 达显著相关水平。造成如此差异, 可能由于桉树林下灌木发育阻碍了林下草本的生长, 或由于桉树林下植被演替所处阶段使然。表2 参15

关键词: 森林生态学; 桉树人工林; 林下植被; 植物多样性; 环境因子; 单因子相关分析
中图分类号: S792.39; S718.5 **文献标志码:** A

桉树是桃金娘科 Myrtaceae 桉属 *Eucalyptus* 树种的总称, 原产澳大利亚、印度尼西亚和菲律宾等国, 我国于1890年开始引种桉树^[1-2]。桉树生长迅速, 用途广泛, 经济价值大, 生态和社会效益显著, 是全球三大著名速生树种(松、杨、桉)之一。我国桉树人工林面积仅次于巴西, 列世界第2位; 已有17个省(市、自治区)共栽植200多个桉树品种, 人工林面积约90万 hm^2 ^[3]。林下植被是桉树林生态系统的-一个重要组成部分, 在促进人工林养分循环和维护林地地力中起着不可忽视的作用^[4-5]。由于各种原因, 目前桉树人工林生态系统土地退化较为严重, 林下植物多样性下降, 已不利于人工林的持续发展^[4-9]。海南年降水量较大, 但不同地区雨水量分配不均匀, 加之土壤速效养分也有一定的差别, 对桉树林林下植物多样性产生一定的影响。为此, 作者就影响桉树林林下植被多样性的关键因子这一问题开展大范围的调查研究。

1 调查地区概况

海南岛位于 $10^{\circ}09' \sim 20^{\circ}10' \text{N}$, $108^{\circ}03' \sim 110^{\circ}03' \text{E}$, 属于热带季风气候, 年日照时数约为2 500 h, 年平均气温 $23.0 \sim 26.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均降水量1 000~2 500 mm, 雨热同期, 干湿季明显, 地带性土壤为砖红壤。海南岛桉树人工林结构比较简单, 上层为目的树种——桉树, 下层即林下植被为灌木-草本层和纯草本层2类。

本调查取样点除原海口市及海南岛中部的琼中、通什、白沙和保亭等5市(县)以外, 调查地涉及

收稿日期: 2007-01-19; 修回日期: 2007-05-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30160070)

作者简介: 杨再鸿, 讲师, 硕士, 从事生态学和环-境科学等研究。E-mail: esmond@swfc.edu.cn; esmond1998@

余下的14市(县)。所调查的14市(县)在桉树人工林栽植规模上都有3 333 hm²以上^[2],达到了调查取样要求。不足的是各样点的林分、桉树种类和管理模式不一致,从而对分析结果有一定的影响。

2 研究方法

2.1 调查方法

采用样方调查方法:灌木与小乔木(木本类)调查样方面积为10 m×10 m,每样地调查2~4个10 m×10 m样方,记录种类、株数和高度。草本类调查是在对应的木本类10 m×10 m样方内设置2~4个1 m×1 m小样方或调查整个10 m×10 m样方(视丰富度大小),测定种类、株数(多度)或盖度。

2.2 土壤养分测定

土壤样品的采集方法是对应于每个10 m×10 m样方,挖一土壤剖面,深度0~40 cm,分上下2层即分别在0~20 cm和20~40 cm取500~1 000 g土样装入布袋,捆扎好,带回室内晾干,研磨成粉,用100目网筛筛出土壤养分待测样品。针对桉树人工林林下植被对速效养分较为敏感的特点,将土壤速效氮、磷、钾为主要测定指标。测定方法为^[10]:碱解氮测定用碱解扩散法;有效磷测定用钼锑抗比色法;速效钾测定用火焰光度计法。

2.3 土壤水分测定

由于土壤水分是一个不稳定因子,它受取样时天气情况(晴天、雨天)影响很大,为尽量减低这种影响,特作规定:每次取样在无雨的天气下进行。具体方法如下:

对应于每个10 m×10 m样方,挖一土壤剖面,深度0~40 cm,分3层(0~15,15~25,25~35 cm),将样品分别装入3个铝盒(密封),带回室内,用无水乙醇烧3次,分别记下烧前质量(W_g ;使用单位为g,下同)和第3次烧干后的质量(W_d),两者差值($W_g - W_d$)即土壤水分质量(W_w), W_w/W_g 百分比即土壤含水量(%).将3个铝盒的土壤含水量(%)平均值视为对应的土壤剖面水分含量。

2.4 物种多样性参数的选用

经大量的实地调查,林下植被在桉树人工林生长状况除中部县市丰富度较高以外,沿海岸台地市县的林下植被物种丰富度较低,故选用应用最为广泛的几种物种多样性指数:物种丰富度(S),Shannon-Wener指数(H),Simpson指数(D)^[11]。

2.5 数据处理

对原始数据的简单相关分析采用国际通用的统计分析系统软件SAS 6.0和6.12版本进行处理。

3 结果与分析

3.1 林下植被多样性指数与年降水量和土壤含水量的相互关系分析

表1为各调查样点多样性指数与年降水量和土壤含水量的对应值。由于木本植物易于点数而草本植物难于点数的特点,对木本植物和草本植物个体数量的统计采取不同的统计方法,如木本植物采用直接点数个体数量,而草本植物用多度或盖度统计其个体数量的方法^[12,13]。因此,本文以下分别从木本植物、草本植物2个方面来加以分析。

3.1.1 林下植被多样性指数与土壤含水量的相关分析 ①木本植物的情况。由表1可知,土壤含水量(W_w/W_g)与木本植物 H 的相关系数为0.596 88,显著性测验表明 $P_r = 0.002 6 < 0.01$ 达极显著; W_w/W_g 与木本植物 D 相关系数为0.604 17,显著性测验亦达极显著(因 $P_r = 0.002 3 < 0.01$)。另外,2种多样性指数 H 与 D 相关系数为0.935 90,达极显著密切相关($P_r = 0.000 1 < 0.01$)。由以上的分析不难发现,木本植物多样性指数与土壤含水量呈极显著相关。②草本植物的情况。 W_w/W_g 与 H 的相关系数为0.284 88,显著性测验表明 $P_r = 0.187 7 > 0.05$,不显著; W_w/W_g 与 D 相关系数为0.140 75,显著性测验亦显示 $P_r = 0.521 8 > 0.05$,亦不显著。而2种多样性指数 H 与 D 相关系数高达0.885 76, $P_r = 0.000 1 < 0.01$,达极显著密切相关。

总之,木本植物多样性指数与土壤含水量呈极显著相关,2种多样性指数 H 和 D 与土壤含水量的相关系数分别为0.596 88和0.604 17;草本植物的2种多样性指数 H 和 D 与土壤含水量的相关系

表1 各调查样点多样性指数(木本/草本)与年降水量和土壤含水量

Table 1 Diversity index (wood/herb) and water contents of soil, annual rainfall in different plots

样点	年降水量	土壤含水量	Shannon- Wener	Simpson 指数
	mm	%	指数 H	D
1. 琼山大坡	1 697.8	9.5	0.604 6/0.684 3	0.715 0/0.732 9
2. 琼山新民	1 697.8	4.5	0.584 9/0.515 3	0.669 8/0.662 6
3. 琼山新林	1 697.8	6.1	0.622 7/0.440 1	0.660 6/0.629 0
4. 文昌抱罗	1 740.5	6.3	0.682 4/0.734 7	0.706 0/0.756 5
5. 文昌公坡	1 740.5	4.4	0.786 5/0.505 9	0.803 4/0.610 8
6. 定安金鸡岭	1 960.6	8.5	0.713 8/0.918 2	0.791 4/0.840 0
7. 定安龙门	1 960.6	12.9	0.870 1/0.746 5	0.824 8/0.748 8
8. 澄迈	1 764.3	5.8	0.404 3/0.741 6	0.584 3/0.785 3
9. 临高	1 446.5	12.3	0.678 5/0.606 3	0.702 9/0.662 5
10. 万宁	2 151.0	4.1	0.887 5/0.691 1	0.841 8/0.732 4
11. 琼海上塘	2 070.3	3.5	0.414 9/0.774 4	0.534 4/0.799 2
12. 屯昌雨水岭*	2 008.7	8.1	1.356 7/0.951 4	0.955 7/0.884 7
13. 屯昌大同	2 008.7	5.4	1.131 9/0.260 3	0.932 5/0.189 6
14. 陵水英州	1 623.9	3.2	0.000 0/0.343 5	0.000 0/0.536 6
15. 陵水隆广	1 623.9	4.7	0.525 9/1.006 1	0.624 5/0.888 4
16. 乐东	1 050.5	1.0	0.000 0/0.249 9	0.000 0/0.578 6
17. 三亚	1 246.9	3.2	0.410 2/0.893 8	0.485 3/0.819 2
18. 东方	1 011.7	1.2	0.178 1/0.798 9	0.254 3/0.824 7
19. 昌江	1 205.8	2.5	0.471 1/0.776 8	0.655 3/0.755 7
20. 儋州东城1	1 764.3	3.5	0.724 6/0.649 5	0.784 6/0.699 5
21. 儋州东城2	1 764.3	6.9	0.673 7/0.817 6	0.738 6/0.786 8
22. 儋州林场	1 446.5	2.2	0.044 8/0.691 7	0.052 7/0.780 0
23. 儋州兰洋	1 960.8	9.3	1.030 1/1.153 8	0.871 5/0.920 1

说明：*人工相思林。

数较低,分别为0.284 88 和0.140 75,相关性极小。而无论木本植物还是草本植物,对应的2种多样性指数 H 与 D 均呈极显著相关。由此可见,土壤水分对木本植物多样性的影响远远大于草本植物,这可能是由于木本植物和草本植物不同的生物学特性造成的。

3.1.2 林下植被多样性指数与年降水量的相关分析 对表1 数据进行处理,木本植物多样性与年降水量(用 y 表示,下同)之间的简单相关分析结果如下: y 与木本植物多样性指数 H 和 D 的相关系数分别为0.697 80 和0.671 34,显著性测验分别为0.002 和0.005,均达极显著水平($P < 0.01$)。这表明,年降水量对木本植物多样性的影响较大。草本植物多样性指数与年降水量的关系为: y (年降水量)与 H 的相关系数为0.173 83,显著性测验 $P_r = 0.427 6 > 0.05$,不显著; y 与 D 的相关系数为-0.021 96,显著性测验 $P_r = 0.920 8 > 0.05$ 亦不显著。可见年降水量 y 对桉树林地的草本植物多样性影响较小。

造成这种不同的结果,可能因为林下灌木的良好发育限制了草本植物的生长,也可能因为灌木和草本植物不同的生物学特性造成的,还有可能是其他的原因。当然,更深层的原因有待进一步开展调查工作。

3.2 林下植被多样性指数与土壤速效养分相关分析

为探讨桉树林下植物多样性指数与土壤速效养分的关系,依据表2 各调查样点多样性指数与土壤速效养分的数据进行相关分析。

3.2.1 林下木本植物多样性与土壤速效养分的相互关系分析 ①林下木本植物多样性与土壤上层(0~20 cm)速效养分氮、磷、钾相关分析。木本植物多样性指数与氮、磷、钾上层(0~20 cm)相关分析输出结果表明,氮与 H 和 D 均呈显著性相关;显著性测验即概率值 P_r 分别为0.014 4,0.025 3,均小于0.05 而大于0.01。有效磷与 H 达极显著负相关,相关系数为-0.570 92 ($P_r = 0.004 4 < 0.01$);有效磷与 D 显著性测验 $P_r = 0.012$,介于0.01 至0.05 之间,呈显著负相关。另外,从相关系

数矩阵上看出速效钾与 H 和 D 的相关系数分别为0.25052 和0.25005, 显著性测验 P_r 分别为0.2489 和0.2498, 均超过了0.05, 故相关性不显著。

表2 各调查样点多样性指数(木本/草本)与土壤速效养分(0~20 cm/20~40 cm)

Table 2 Diversity index (wood/herb) and available contents of soil (0-20 cm/20-40 cm) in different plots

样点	Shannon-Wener 指数 H	Simpson 指数 D	土层土壤养分 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
			氮	磷	钾
1	0.6046/0.6843	0.7150/0.7329	107.5/91.8	0.229/0.164	67.987/85.114
2	0.5849/0.5153	0.6698/0.6626	26.3/22.4	6.950/6.363	14.460/10.974
3	0.6227/0.4401	0.6606/0.6290	68.1/61.8	4.960/2.685	30.728/33.052
4	0.6824/0.7347	0.7060/0.7565	50.4/37.1	16.005/8.467	244.536/220.134
5	0.7865/0.5059	0.8034/0.6180	28.7/22.9	5.697/4.172	28.404/18.333
6	0.7138/0.9182	0.7914/0.8400	46.9/35.7	9.724/4.242	146.153/94.25
7	0.8701/0.7465	0.8248/0.7488	113.2/94.0	1.717/0.859	22.445/14.660
8	0.4043/0.7416	0.5843/0.7853	75.1/41.8	10.735/7.105	31.890/48.739
9	0.6785/0.6063	0.7029/0.6625	104.5/79.3	0.394/0.345	32.760/48.524
10	0.8875/0.6911	0.8418/0.7324	112.0/73.3	4.990/3.456	32.773/39.309
11	0.4149/0.7744	0.5344/0.7992	65.3/46.4	18.664/9.397	12.136/8.263
12	1.3567/0.9514	0.9557/0.8847	72.8/60.2	4.111/3.720	79.532/56.292
13	1.1319/0.2603	0.9325/0.1896	68.6/56.7	5.451/0.758	68.376/38.015
14	0.0000/0.3435	0.0000/0.5366	52.9/24.5	6.140/6.284	29.869/42.940
15	0.5259/1.0061	0.6245/0.8884	35.0/45.9	6.284/2.690	49.475/82.153
16	0.0000/0.2499	0.0000/0.5786	25.9/7.4	16.490/15.915	32.047/10.262
17	0.4102/0.8938	0.4853/0.8192	44.1/29.9	15.819/10.165	46.255/28.511
18	0.1781/0.7989	0.2543/0.8247	23.1/15.4	23.390/17.569	32.577/33.686
19	0.4711/0.7768	0.6553/0.7557	31.2/24.2	19.294/22.025	59.193/69.174
20	0.7246/0.6495	0.7846/0.6995	68.6/73.5	12.717/7.192	11.156/6.485
21	0.6737/0.8176	0.7386/0.7868	56.4/43.4	4.619/2.424	11.156/5.318
22	0.0448/0.6917	0.0527/0.7800	50.4/53.2	14.584/12.818	11.546/12.324
23	1.0301/1.1538	0.8715/0.9201	119.70/78.3	1.705/0.532	57.866/46.189

说明: 样点地点同表1。

土壤上层0~20 cm 速效养分与木本植物的多样性指数的关系, 可以归结为: 土壤碱解氮与多样性指数 H 和 D 均达显著相关水平; 土壤有效磷与多样性指数 H 及 D 均分别达到极显著和显著负相关; 而速效钾与2种多样性指数相关性极小, 未达显著水平, 可视为不相关。这表明土壤碱解氮和有效磷的质量分数强烈影响到桉树林下木本植物的生长和分布。②林下木本植物多样性与土壤下层(20~40 cm)速效养分氮、磷、钾相关分析。木本植物多样性指数与土壤下层(20~40 cm)速效养分的关系, 由它们的相关系数矩阵得出: 碱解氮与2种多样性指数 H 和 D 相关系数分别为0.55104 和0.53637, 显著性测验即概率值 P_r 分别为0.0064 和0.0083, 均小于0.01, 故呈极显著相关水平。有效磷与2种多样性指数 H 和 D 相关系数分别为-0.62828 和-0.59642, 显著性测验即概率值 P_r 分别是0.0013 和0.0027, 均小于0.01, 故分别达极显著负相关。而速效钾与2种多样性指数均未达显著水平, 相关系数较小, 可视为不相关。

综上所述, 土壤中碱解氮和有效磷强烈影响到桉树林下木本植物的分布, 木本植物多样性与碱解氮呈正相关, 与有效磷呈负相关, 显著性测验均达到显著水平以上。速效钾与2种多样性指数相关系数较小, 可视为不相关。

3.2.2 林下草本植物多样性与土壤速效养分的相关分析 对草本植物多样性指数与土壤上层(0~20 cm)速效养分进行相关分析(由表2数据处理), 结果如下: 3种速效养分氮、磷、钾与草本多样性指数 H 和 D 的相关系数都较低, 相关性小, 未达到显著水平。这说明土壤上层速效养分对林下草本植物影响不大。对草本植物多样性指数与土壤下层(20~40 cm)速效养分的相关分析, 结果表明,

土壤下层速效养分氮、磷、钾与草本植物多样性指数 H 和 D 的相关系数都很低，亦未达显著水平，土壤下层速效养分对草本植物的影响也不大，这同上层的分析是一致的。

由此可见，土壤速效养分碱解氮、有效磷和速效钾对草本植物的生长和分布等并无明显影响，而除了速效钾以外，碱解氮和有效磷对木本植物的生长和分布等密切相关，影响较大。换言之，土壤速效养分不成为控制桉树林地草本植物多样性的关键因子。

4 结论与讨论

4.1 结论

综合前文的分析，对海南岛桉树林林下植被木本植物多样性产生强烈影响的环境因子有年降水量、土壤水分含量及土壤速效养分水解氮和有效磷，速效钾与2种林下木本植物多样性指数相关性小，可视为不相关；而上述因子无一与林下草本植物多样性指数 H 和 D 达到显著相关水平，可视为不相关，它们对草本植物的影响很小。

4.2 讨论

就年降水量与生物多样性的关系，普遍认为，年降水量与生物多样性呈正相关，加之年降水量与土壤含水量存在很大的正相关，二者关系密切，所以对年降水量的分析足以代替土壤含水量。

年降水量和土壤含水量对海南岛桉树林林下木本多样性的影响远远大于草本植物。原因之一，可能由于木本植物和草本植物不同的生物学特性造成的：因为草本植物的生命力极强，可以看作是生态对策中的 r -选择种，而木本植物看作是生态对策中的 K -选择种，具有比较高的竞争能力，所以林下灌木的良好发育限制了草本植物的生长。第二，造成这种差异，也可能由于林下植被演替所处阶段使然：木本植物的寿命一般比草本植物长，海南桉树林林下植被的演替阶段正处于灌木生长的鼎盛期，而草本植物的鼎盛生长期已过正逐渐被木本植物所取代。这一分析的反面例证就是，早期的人工桉树林草本植物的覆盖度远比灌木高，发育也优于灌木（本调查只有极少数样方属于此情形）；而本研究所调查的桉树林绝大多数都已经有一定的栽植年限并具备一定的郁闭度，这使得林下灌木和草本植物为争夺空间、资源及环境条件等发生激烈的竞争。

土壤中碱解氮和有效磷强烈影响到海南桉树林林下木本植物的生长和分布，速效钾无影响；可能由于钾在土壤中本底值已满足林下木本植物的需求，不构成限制因子。而土壤速效养分氮、磷、钾无一影响到草本植物的生长和分布，有可能是速效养分在土壤的本底值已远远满足林下草本植物的需求，从而不成为限制条件；还可能草本植物固有的生物学特性造成的：草本植物的生命力极强，在极端恶劣的生境下亦能生存，因而速效养分不是它们的限制因子。

当然，除了上述自然环境因子对桉树林下植被物种多样性产生影响之外，温远光等^[14]认为桉树连栽导致其林下植被物种多样性减少；而余雪标^[15]的研究认为，广东雷州林业局连栽桉树林分的蓄积量及生物量随连栽代次的增加而逐代降低。但这些人作为干扰因子都不是本研究探讨的范畴。

综上所述，关于海南岛桉树林林下植被多样性与几种环境因子的相关性，可以认为只有年降水量、土壤含水量、土壤速效养分碱解氮及有效磷对林下木本的生长与分布产生直接的影响，它们对林下草本的作用很小。而在影响林下植被木本多样性的上述因子中，哪一种又是林下植被多样性的关键因子或称限制因子，这在下一篇文章中将有结论。

参考文献：

- [1] 祁述雄. 中国桉树[M]. 北京：中国林业出版社，1989.
- [2] 海南省林业局，海南省林学会. 纪念中国引种桉树100周年——海南桉树专辑[R]. 海口：海南省林业局，1990.
- [3] 罗建举. 用可持续发展的战略眼光看广东省桉树人工林生产[J]. 桉树科技，1998(1)：1-6.
- [4] 余雪标. 桉树人工林林下植被结构的研究[J]. 热带作物学报，1999，2(1)：66-72.
- [5] 姚茂和. 杉木林林下植被及其生物量的研究[J]. 林业科学，1991，27(6)：644-648.
- [6] ZHOU G Y, MORRIS J D. Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species : a case study in southern

- China [J]. *For Ecol Manage* 2002, **167** (1-3): 209-222.
- [7] HOSSAIN M K, HOSSAIN M S, MUHAMMAD N. A comparative study of undergrowth of *Eucalyptus camaldulensis* and some other plantation in sal forest area of Bangladesh [J]. *Indian J For*, 1998, **21** (2): 93-96.
- [8] 余雪标, 李维国. 桉树人工林的生态问题及其研究进展[J]. 热带作物学报, 1997, **18** (4): 60-68.
- [9] 温远光, 刘世荣, 陈放, 等. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, **27** (4): 21-26.
- [10] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 1-11, 67-115.
- [11] 王伯荪, 余世孝, 彭少麟, 等. 植物群落学实验手册[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1996: 100-103.
- [12] 李博, 杨持, 林鹏. 生态学——面向21世纪课程教材[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [13] 曹凑贵, 严力蛟, 刘黎明. 生态学概论——面向21世纪课程教材[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] 温远光, 刘世荣, 陈放. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, **16** (9): 1667-1671.
- [15] 余雪标. 桉树不同连栽代次人工林生产力及土壤性质的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 1998.

Single factor correlation analysis of diversity in a *Eucalyptus* plantation understory on Hainan Island

YANG Zai-hong¹, YANG Xiao-bo², YU Xue-biao³, LI Yue-lie², WU Qin-shu²

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China; 2. Agricultural College, Hainan University, Haikou 570228, Hainan, China; 3. Agricultural College, South China University of Tropical Agriculture, Danzhou 571737, Hainan, China)

Abstract: This research was conducted to find the critical factors that influenced diversity of *Eucalyptus* understory vegetation. A comparative analysis of annual rainfall, soil water content, and available soil N, P, and K using the Shannon-Wiener (H) and Simpson's (D) diversity indexes from outdoor sample-plot surveying was undertaken on Hainan Island. Results of a single factor correlation analysis showed woody plants had a significant or highly significant correlation with soil moisture (H , $P=0.0026$; D , $P=0.0023$), annual rainfall (H , $P=0.002$; D , $P=0.005$), as well as available N (H , $P=0.0144$; D , $P=0.0253$) and available P (H , $P=0.0044$; D , $P=0.0120$) of the soil. However, the relationship of these factors with diversity indexes H and D in herbaceous plants were not significantly different. This was probably due to understory shrub development that limited herbaceous growth or due to the vegetative successional stage of the understory in the *Eucalyptus* plantation. [Ch, 2 tab. 15 ref.]

Key words: forest ecology; *Eucalyptus* plantation; understory vegetation; diversity; environmental factors; single factor correlation analysis