

赵佳佳,祁睿尹,叶尔江·拜克吐尔汉,等. 乌尔禾区不同生境胡杨年轮宽度变化特征[J]. 江苏农业科学,2020,48(24):117-123.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.24.022

乌尔禾区不同生境胡杨年轮宽度变化特征

赵佳佳,祁睿尹,叶尔江·拜克吐尔汉,罗文成

(新疆农业大学林学与园艺学院/新疆教育厅干旱区林业生态与产业技术重点实验室,乌鲁木齐 830052)

摘要:以乌尔禾区天然胡杨林为研究对象,以乌尔禾区胡杨林 6 类不同生境下的 300 份胡杨年轮样本数据为基础,运用 R 软件分析其不同生境下的生长变化特征。研究表明,该区域胡杨年轮宽度在 1980—2015 年间存在时空一致性,整体的变化趋势表现一致,平原区比城镇区波动更明显。(1)平原区胡杨年轮宽度集中分布范围比城镇区更广;林分高密度区域胡杨年轮宽度集中分布范围比低密度区域更广;平原区不同密度林分的胡杨长势较城镇区更具有优势(平原区和城镇区年轮宽度集中分布分别为 0.50~2.25、0.50~2.50、0.50~3.25 和 0.50~2.00、0.50~2.25、0.50~2.50 mm);(2)通过单因素方差分析模型可知,平原区和城镇区 3 种密度林分下胡杨年轮宽度中位数分别为 1.807、1.797、1.926 mm 和 1.357、1.336、1.371 mm,三者之间没有显著性差异。而平原区 3 种密度林分下胡杨年轮宽度(均值)与城镇区存在极显著性差异($P < 0.001$),且平原区较之城镇区更具优势;(3)乌尔禾区胡杨年轮宽度在 1980—2015 年间整体呈现上下波动的趋势,其中平原区不同密度林分的突变点在 1987 年、2004 年、2013 年,而城镇区不同密度林分的突变点在 1986 年、2002 年、2009 年,平原区和城镇区存在着时间上的差别。研究认为,人为干扰对胡杨长势产生负面影响,因此在胡杨生长过程中,要减少人为干扰,同时应适当增加胡杨的林分密度,提高胡杨存活率和成长率。以期为胡杨林保护和管理提供科学依据。

关键词:胡杨;年轮宽度;生境;胸高年龄;乌尔禾区

中图分类号: S792.119.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)24-0117-07

近年来,随着树木年轮学的发展与成熟,树木年轮研究在各个领域发挥着越来越重要的作用,由于树木年轮资料具有定年精确、追索时间长、分辨率高、分布广、能就地取材且具有环境指示意义的特点等突出优势^[1-2],它可以很好地记录并反映气候的变化,因此可以通过研究树木年轮的变化特征来还原百年甚至千年的气候变化信息,为气象部门提供准确的气候信息,并以此来研究气候变化规律^[3],为人类生存提供更好的服务。同时还能利用年轮研究的方法来进行森林结构、功能、干扰历史、种群动态、群落演替等方面的研究^[4-5]。除此之外,通过研究树木年轮的变化特征还可以揭示出外界环境对其生长的影响,为林木的科学管理提供依

据。在干旱区生态系统中,天然植被是抑制荒漠化过程及保护生物多样性的重要因素^[6]。胡杨(*Populus euphratica*)作为干旱荒漠区域内自然分布的唯一乔木树种,对于稳定荒漠河流地带的生态平衡,遏制土地沙化,防风固沙,调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤,具有十分重要的作用,是荒漠地区维护生态安全和保障区域农牧业生产的天然屏障^[7-8]。对研究荒漠区气候变化、河流变迁、植物区系的演化以及古代经济、文化的发展都有重要的科学价值^[9-10]。本研究以新疆维吾尔自治区克拉玛依市乌尔禾区胡杨林 6 类不同生境下的 300 份胡杨年轮样本数据为基础,通过 R 软件分析不同生境下胡杨年轮宽度的变化特征及其与胡杨胸高年龄、采样方位等之间的关联性,确定人工干扰对胡杨生长的影响,以期为胡杨林保护和管理提供科学依据,为乌尔禾区生态环境建设以及生态旅游发展提供科学的参考,也为抑制荒漠化作出贡献。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验情况 试验于 2018 年 8 月在新疆维吾

收稿日期:2020-03-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31971713);乌尔禾区科技计划(编号:2017WEH07)。

作者简介:赵佳佳(1994—),女,河南漯河人,硕士研究生,主要从事森林生态系统研究。E-mail:1357136292@qq.com。

通信作者:叶尔江·拜克吐尔汉,硕士,副教授,硕士生导师,主要从事森林生态系统动态监测与生物多样性研究。E-mail:erjan0701@163.com。

尔自治区克拉玛依市乌尔禾区采集胡杨年轮条样本,2018 年 9 月至 2019 年 2 月在新疆农业大学实验室进行打磨分析。

1.1.2 研究区概况 乌尔禾区隶属于新疆维吾尔自治区克拉玛依市,位于新疆西北部,准噶尔盆地西北边缘地带,地理坐标为 85°16′~86°03′E,45°38′~46°18′N。该区地势基本由西北向东南倾斜,海拔高度在 260~710 m 之间。降水量较少,有时以暴雨形式出现,冲沟相当发育,其地貌以风成地貌和暂时性流水地貌为主,如沙丘、戈壁,干冲沟和洪积扇等。乌尔禾区属于典型的大陆性北温带干旱气候区,干旱少雨,境内累年平均降水量为 96.4 mm,年均蒸发量为 3 016.4 mm,是同期降水量的 31.3 倍。全年平均日照时数为 2 600 h 以上,全年日照率超过 60%,其中 5—9 月最丰富,12 月最少。该区还是新疆西部风口地区,春秋多风是其突出气候特征,年平均大风日数达 71.3 d。境内大部分为戈壁沙漠,土壤类型为典型的林灌草甸土,植被多属能耐干旱、抗风沙、抗盐碱的植被,主要以荒漠植被类型为主,如梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、白榆(*Ulmus pumila*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)等,

在区域内也分布有以胡杨为优势种的寒温带落叶阔叶林。

1.2 研究方法

1.2.1 样本的采集与处理 在乌尔禾区天然胡杨林内,考虑人为干扰的影响,划分离城镇较远的平原区和离人类居住地较近的城镇区,按照林分特点,选取平原区(平原区低密度林分、平原区中密度林分、平原区高密度林分)和城镇区(城镇区低密度林分、城镇区中密度林分、城镇区高密度林分)2 类不同区域下的 6 种生境类型。在不同生境下,分别选取有代表性的区段,随机选取 25 棵样株,用生长锥在胡杨胸径处呈十字交叉状,分别沿 2 个方向钻取年轮条样本,每棵样株采集 2 根样芯,并确保不同生境不同方位的年轮条样本均有采集,6 种生境共计取样 300 根年轮条样本,不同生境采样分类概况见表 1。将采集的样本存放在与样本直径相似的吸管内以防止样本损伤,存放在阴凉通风处,同时记录采样点的名称、位置(经纬度以及公里网)、海拔以及采样日期,将每棵树木所采样本分别编号,并在外业记录表中记录,在样本上用记号笔记录样地编号、树木胸径以及采样方位等。

表 1 不同生境采样分类概况					
生境	生境特点	样株数 (棵)	样芯数 (根)	平均胸径 (cm)	平均株间距 (m)
生境 1	平原区低密度林分	25	50	24.42	4.23
生境 2	平原区中密度林分	25	50	25.28	2.95
生境 3	平原区高密度林分	25	50	22.98	1.86
生境 4	城镇区低密度林分	25	50	24.13	5.02
生境 5	城镇区中密度林分	25	50	25.10	3.58
生境 6	城镇区高密度林分	25	50	23.67	2.45

将外业采集的年轮条样本带回实验室,放置在阴凉通风处,风干后,用双面胶将年轮条样本固定在特制的木槽内,用 240 号粗沙和 600 号细沙依次打磨,使样本达到光、滑、亮,树轮界限清晰分明,再使用 LINTAB 树木年轮测量仪对样本宽度进行处理^[11],然后使用 COFCHA 软件进行交叉定年,以剔除伪轮、缺轮等的影响^[12-13]。

1.2.2 分析方法 本研究测定的胡杨树龄为胡杨的胸高年龄,因为胡杨作为国家级保护植物,只能利用生长锥钻取胸高部位(1.3 m)的年轮条样本,测定胸高年龄。

为了消除树龄对年轮宽度值的影响,利用比值

方法对年轮宽度数据进行标准化处理,计算年轮指数序列^[14]。年轮指数(I_i)是利用原年轮宽度序列实测值(W_i),与从胡杨径向生长趋势曲线上(每年生长的期望值)查得的年轮宽度值(Y_i)之比,计算公式为

$$I_i = \frac{W_i}{Y_i}。$$

式中: I_i 为年轮指数序列,该序列通过消除不同树龄对年轮生长的影响,突出限制性环境因子对树木径向生长的影响,且计算过程简单、可操作性强。

相关性分析是研究 2 个或 2 个以上处于同等地位变量间的相关关系的统计分析方法,在分析年轮

指数、胸高年龄和采样方位之间的相关关系时,运用 Pearson 相关系数,并用 R 语言中的 car 包等进行分析和作图。

方差分析是用来检验 2 个或 2 个以上均值间差别的显著性,可以对不同生境下胡杨年轮宽度差异作更深入的比较。分析中选取年龄近似的胡杨年轮数据,利用 R 语言 car 包和 multcomp 包进行单因素方差分析和组间差别比较。

选取 1980—2015 年间的胡杨年轮宽度数据用于研究。将所得数据导入到 Excel 2010 中,并将数据整理成需要的格式;然后使用 RStudio 软件中的 car、corplot、gplots、dplR 等扩展包对数据进行处理、统计、分析和绘图^[15]。

2 结果与分析

2.1 不同生境下胡杨年轮指数的变化特征

从图 1 可以看出,不同生境下胡杨年轮指数变化趋势,生境 1 的年轮指数整体分布在 0.475 ~ 2.290 之间,在 2000 年出现最小值,在 2003 年出现最大值;生境 2 的年轮指数整体分布在 0.407 ~ 2.460 之间,在 1997 年出现最小值,在 2013 年出现最大值;生境 3 的年轮指数整体分布在 0.738 ~ 2.567 之间,在 1996 年出现最小值,在 2013 年出现最大值。城镇区生境中,生境 4 的年轮指数整体分布在 0.404 ~ 2.167 之间,1980—1997 年间整体在 0.404 ~ 1.628 之间呈波动减小趋势,在 1997—2003 年间从 0.404 波动上升至 1.749,下降后又升至 2009 年的峰值(2.167),在 2003—2015 年间在 0.673 ~ 2.167 之间呈波动减小趋势;生境 5 的年轮指数整体分布在 0.669 ~ 2.334 之间,在 1980—2002 年间整体呈波动下降趋势,在 2002—2015 年间整体呈现先波动上升后波动下降的趋势,并在 2009 年达到峰值(2.334),在 2002 年出现最小值;生境 6 的年轮指数整体分布在 0.725 ~ 2.368 之间,分别在 1980—1991 年、2000—2007 年、2007—2015 年呈现波动上升又下降的趋势,且波动幅度较为相似,分别在 1986 年、2003 年和 2009 年出现峰值,分别为 2.293、2.189、2.366,1991—2000 年间在 0.725 ~ 1.213 之间平稳波动。乌尔禾区平原区生境不同密度林分(生境 1、生境 2、生境 3)的年轮指数不同年份间变化整体趋于一致,城镇区生境不同密度林分(生境 4、生境 5、生境 6)的年轮指数不同年份间变化整体趋于一致。平原区生境在 1980—2000 年间

呈波动减小趋势,在 2000—2015 年呈现先增大后减小再增大再减小的趋势,变化波动较大,出现 2 个最大峰值。

2.2 胡杨年轮指数与胸高年龄和采样方位的关系

不同生境下胡杨年轮指数与胸高年龄及采样方位间的关系见图 2,从图 2 可以看出,生境 1 至生境 6 中胡杨年轮指数与采样方位相关系数分别为 -0.27、-0.14、-0.15、0.03、-0.10、0.23,说明胡杨年轮指数与采样方位没有直接关联性;生境 1 至生境 6 中胡杨年轮指数与胸高年龄的相关系数分别为 -0.46、-0.50、-0.80、-0.81、-0.47、-0.83。分析结果表明,胡杨年轮指数与胸高年龄呈负相关关系。

2.3 不同生境胡杨年轮宽度的分布特征

从图 3 可以看出,不同生境下胡杨年轮宽度增长频率分布,生境 1 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 2.25 mm 之间;生境 2 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 2.50 mm 之间;生境 3 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 3.25 mm 之间;生境 4 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 2.00 mm 之间;生境 5 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 2.25 mm 之间;生境 6 胡杨年轮宽度集中分布在 0.50 ~ 2.50 mm 之间。同区域下,不同密度林分之间高密度林分的胡杨年轮宽度集中分布范围更广、中密度林分的次之、低密度的最窄;不同区域下,平原区不同密度林分的胡杨年轮宽度集中分布范围较城镇区的更广。

由不同生境胡杨年轮宽度(均值)正态性检验(图 4)和方差齐性检验(表 2)结果可知,数据总体服从正态分布,且 $P = 0.878\ 9 > 0.05$,因此接受原假设(原假设 H_0 : 方差齐),即方差齐,满足进行方差分析的条件。由胡杨年轮宽度(均值)的单因素方差分析结果(表 3)可知 $P = 0.000\ 19 < 0.001$,因此拒绝原假设,即不同生境下胡杨年轮宽度(均值)存在显著性差异。由胡杨年轮宽度(均值)差异性检验结果(图 5)可知,生境 A 至生境 F 各生境年轮宽度中位数分别为 1.807、1.797、1.926、1.357、1.336、1.371 mm。b 组(城镇区)中的生境 A(平原区低密度林分)、B(平原区中密度林分)、C(平原区高密度林分)处于同一亚组中,而 a 组(城镇区)中的生境 D(城镇区低密度林分)、E(城镇区中密度林分)、F(城镇区高密度林分)处于另一个亚组中。b 组中,生境 A、B、C 之间差异不明显,a 组中生境 D、E、F 之间差异也不明显;而 a、b 不同亚组间,生境 D

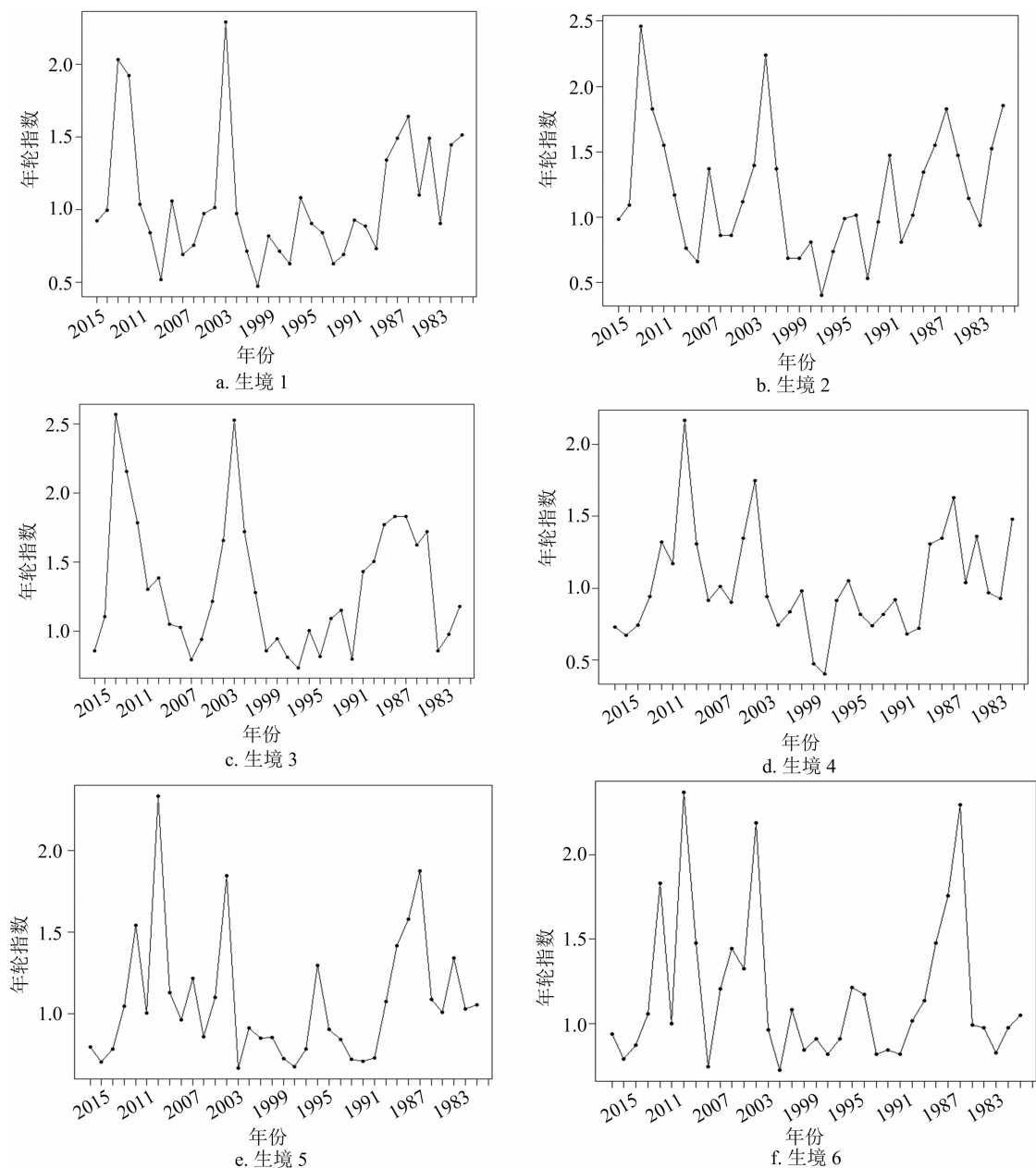


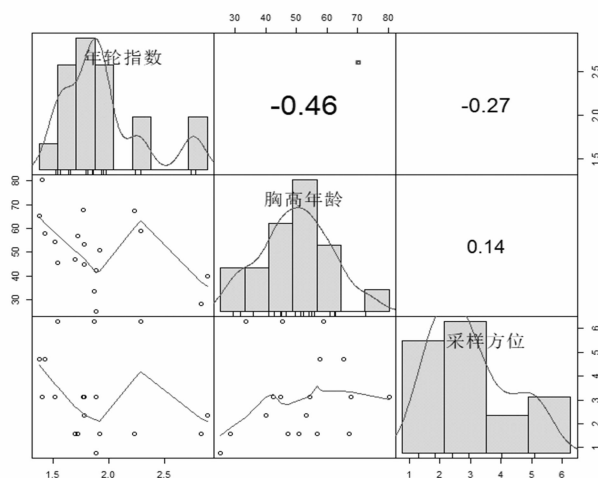
图1 不同生境条件下胡杨年轮指数变化趋势

和 A、D 和 B、D 和 C 之间,生境 E 和 A、E 和 B、E 和 C 之间,生境 F 和 A、F 和 B、F 和 C 之间,均存在明显差异。

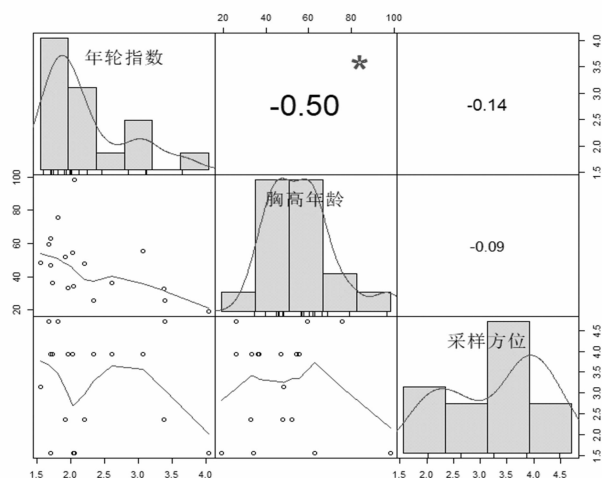
3 讨论与结论

乌尔禾区胡杨年轮在 1980—2015 年间整体呈现上下波动的趋势,在平原区和城镇区波动最剧烈的年份分别为 1987 年、2004 年、2013 年和 1986 年、2002 年、2009 年。因为树木年轮结构和宽度记录了在树木生长过程中的各种干扰因素,如大范围的森林虫害、旱灾等^[16]。而乌尔禾区年平均降水量甚

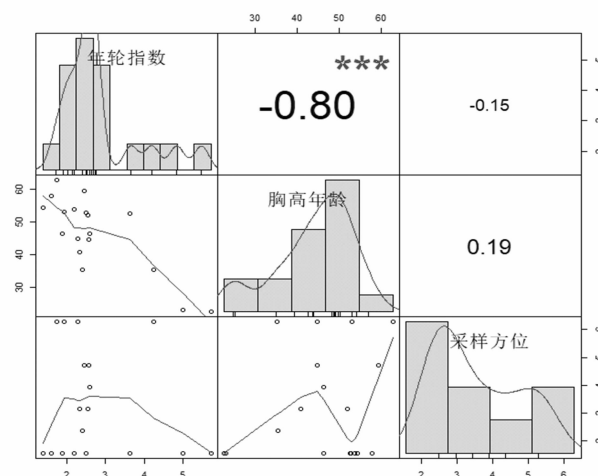
少,所以这些生长波动很有可能受到了外界人为干扰的影响;其中平原区和城镇区在波动年份上有着滞后性,说明树木会采用多种生理反应来适应外界环境变化^[17]。其次胡杨胸高年龄和年轮指数的关系,不仅可以用来反映胡杨生长随树龄的变化,还可以结合株高、立地指数等来预测胡杨长势,提高模型精确度^[18]。最后平原区不同密度林分年轮宽度(均值)和城镇区的差异,也可以间接反映出人为干扰对胡杨生长的影响。所以应综合考虑胡杨的立地条件及人为干扰状况,在今后的研究中需进一步验证。不过树木年轮宽度信息仅能表征树木年



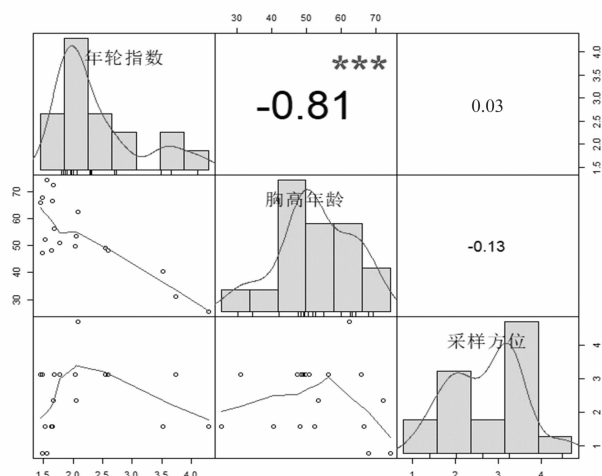
a. 生境 1



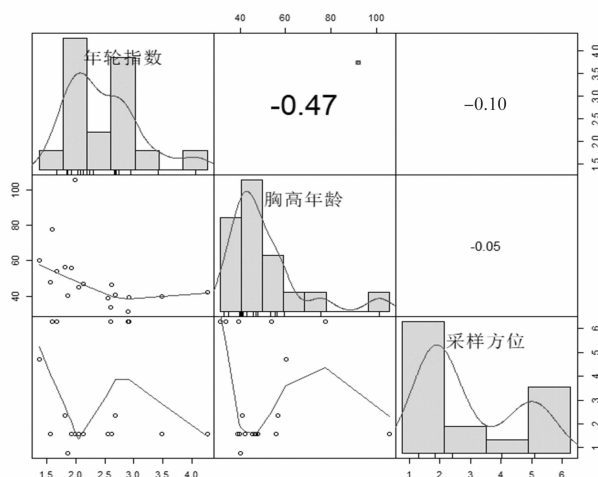
b. 生境 2



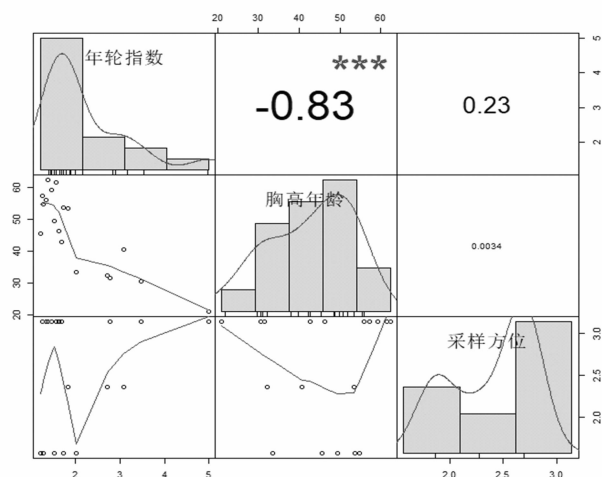
c. 生境 3



d. 生境 4



e. 生境 5



f. 生境 6

对角线上显示的是频率分布图和轴须图, 对角线下方显示的是具有拟合线的双变量散点图, 对角线上方显示的是相关系数及显著性水平 (数字的大小表示显著性的大小, 其中“*”表示 $P<0.05$, “**”表示 $P<0.01$, “***”表示 $P<0.001$)。

坐标表示: 将每幅图左边和上边的坐标分别补至右边和下边空白处, x 轴和 y 轴均表示分布范围

图2 胡杨年轮指数与胸高年龄及采样方位间的关系

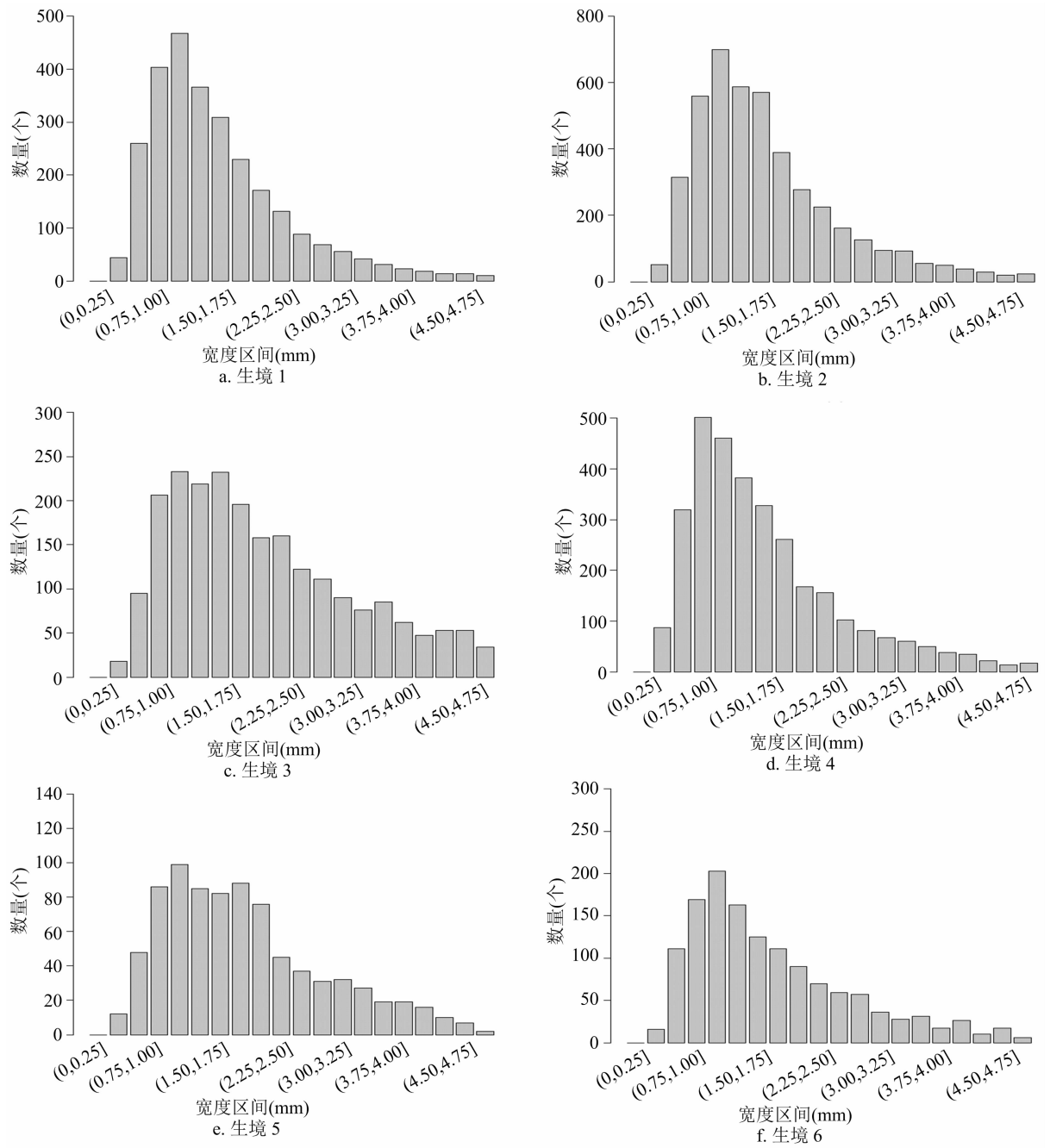


图3 胡杨年轮宽度增长频率分布

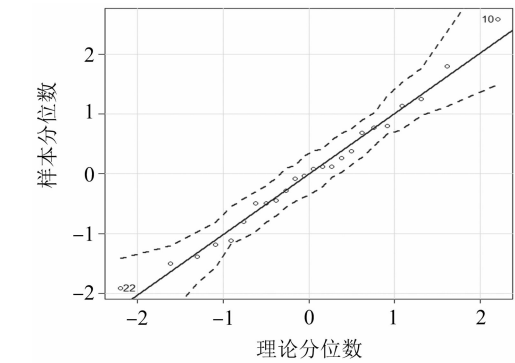


图4 胡杨年轮宽度(均值)正态性检验

表2 胡杨年轮宽度(均值)的方差齐性检验

自由度 1	自由度 2	F 值	P 值
5	18	0.344 7	0.878 9

表3 胡杨年轮宽度(均值)的单因素方差分析

方差来源	自由度	平方和	均方和	F 值	P 值
因素	5	1.474 6	0.294 92	9.083	0.000 19 ***
残差	18	0.584 4	0.032 47		
总和	12	2.059 0	0.089 52		

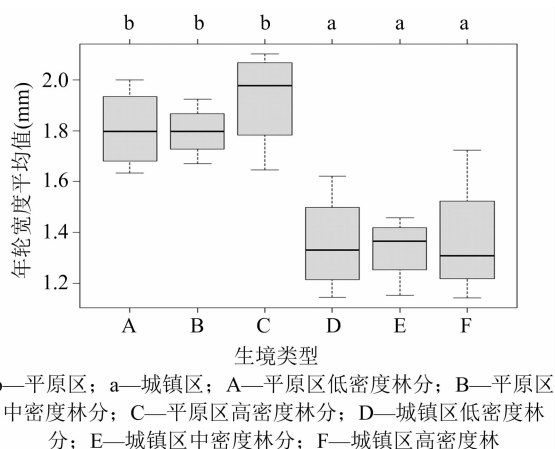


图5 胡杨年轮宽度(均值)差异性检验

际平均生长状况,不能反映树木生长的年内变化,运用胡杨年轮细胞密度分析可能会使研究更加充实,还需要进一步研究。通过研究得出如下结论。

(1) 乌尔禾区胡杨年轮在 1980—2015 年间整体呈现上下波动的趋势,其中平原区不同密度林分的突变点在 1987 年、2004 年、2013 年,而城镇区不同密度林分的突变点在 1986 年、2002 年、2009 年,平原区突变点比城镇区存在着时空上的滞后性,城镇区更易受人为因素的影响。(2) 通过对乌尔禾区胡杨年轮数据、采样方位和胸高年龄(1.3 m 处)的相关性分析可以得出,胡杨年轮指数与其胸径年龄存在负相关性(P 值分别为 -0.46 、 -0.50 、 -0.80 、 -0.81 、 -0.47 、 -0.83),而其值与胡杨树木个体的生长方位没有直接关联性(P 值分别为 -0.27 、 -0.14 、 -0.15 、 0.03 、 -0.10 、 0.23),随着树龄的增长,胡杨生长速度会逐渐变慢,最后呈现线性趋势。(3) 通过对乌尔禾区不同生境下胡杨年轮宽度分布的对比,可以发现平原区胡杨年轮宽度集中分布范围分别在 $0.50 \sim 2.25$ 、 $0.50 \sim 2.50$ 、 $0.50 \sim 3.25$ mm,城镇区胡杨年轮宽度集中分布范围分别在 $0.50 \sim 2.00$ 、 $0.50 \sim 2.25$ 、 $0.50 \sim 2.50$ mm。平原区胡杨年轮宽度集中分布范围比城镇区更广;林分高密度区域胡杨年轮宽度集中分布范围比低密度区域更广;平原区不同密度林分的胡杨长势较之城镇区更具有优势。说明人工干扰对胡杨长势有影响,因此在胡杨生长过程中,要减少人为干扰,增加胡杨幼苗的成活率及胡杨林分密度。(4) 通过乌尔禾区不同生境下胡杨年轮宽度(均值)的单因素方差分析模型可知,平原区 3 种密度林分下胡杨年轮宽度中位数分别为 1.807、1.797、1.926,没有显著性差异,城镇区 3 种密度林分下胡杨年轮宽度

中位数分别为 1.357、1.336、1.371,没有显著性差异,均处于同一水平。平原区 3 种密度林分下胡杨年轮宽度(均值)与城镇区存在极显著性差异($P < 0.001$),且平原区较城镇区更具优势,这与上面提到的结论一致,说明人工干扰对胡杨的成长确实有影响。

参考文献:

- [1] 吴祥定. 树木年轮分析在环境变化研究中的应用[J]. 第四纪研究,1990,51(2):188-196.
- [2] 祁承经,赵运林,喻勋林,等. 树木年轮学综论[J]. 中南林业科技大学学报,2017,37(3):1-8,16.
- [3] 马永永. 近 500 年来亚洲干旱变化的树轮记录研究[D]. 北京:中国科学院大学,2016.
- [4] 侯爱敏,彭少麟,周国逸. 树木年轮对气候变化的响应研究及其应用[J]. 生态科学,1999,14(3):3-5.
- [5] 夏冰,邓飞,周康,等. 青海麦秀林场紫果云杉次生林的干扰重建[J]. 植物资源与环境学报,2002,11(2):6-10.
- [6] 陈亚宁,李卫红,徐海量,等. 塔里木河下游地下水位对植被的影响[J]. 地理学报,2003,58(4):542-549.
- [7] 王海珍,韩路,徐雅丽,等. 干旱胁迫下胡杨光合响应过程模拟与模型比较[J]. 生态学报,2017,37(7):2315-2324.
- [8] 高润宏,董智,张昊,等. 额济纳绿洲胡杨林更新及群落生物多样性动态[J]. 生态学报,2005,25(5):1019-1025.
- [9] 刘普幸,姚晓军,张克新,等. 疏勒河中下游胡杨林土壤水盐空间变化与影响[J]. 水科学进展,2011,22(3):359-366.
- [10] 王洪岩. 金塔-鼎新绿洲天然胡杨林下土壤水盐空间变化特征研究[D]. 兰州:西北师范大学,2012.
- [11] 王童,孙玉军,乔晶晶. 将乐林场马尾松树轮宽度对气候变化的响应[J]. 北京林业大学学报,2019,41(9):30-39.
- [12] 马志远,高露双,郭静,等. TSAP 软件和 COFECHA 软件交叉定年差异研究——以长白山阔叶红松林优势树种红松为例[J]. 四川农业大学学报,2014,32(2):141-147.
- [13] 何海. 使用 WinDENDRO 测量树轮宽度及交叉定年方法[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2005,22(4):39-44.
- [14] 汪亮亮,叶茂,高生峰,等. 水热因子对塔里木河下游胡杨年轮指数和植被指数的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2017,41(5):85-91.
- [15] 赵守栋,江源,焦亮,等. ARSTAN 程序和 R 语言 dplR 扩展包进行树轮年表分析的比较研究[J]. 生态学报,2015,35(22):7494-7502.
- [16] 张波,周梅,赵鹏武,等. 树木年轮分析方法在气候变化对森林影响研究中的应用[J]. 内蒙古林业调查设计,2017,40(5):90-93.
- [17] 汪亮亮,张同刚,叶茂,等. 基于线性趋势外推和 GM(1,1) 模型预测塔里木河下游胡杨年轮径向生长变化[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(4):87-94.
- [18] 董健,日志和,王喜武,等. 日本落叶松林分生长和收获预估模型的研究[J]. 辽宁林业科技,1994,11(6):23-26.