

# 陇南白龙江流域不同海拔油橄榄生长指标对气候变化的响应差异

焦润安, 常正星

(通渭县气象局, 甘肃 通渭 743300)

**摘要:** 以白龙江流域不同海拔的油橄榄园为研究对象, 通过分析海拔对油橄榄园气候特征和油橄榄株高、基径和冠幅的影响, 研究了不同海拔条件下油橄榄生长指标对气候变化的响应差异。结果表明, 油橄榄株高在海拔 960~1 083 m 范围内随着海拔的升高呈降低趋势; 除海拔 990 m 的油橄榄园外, 油橄榄基径、冠幅和冠幅面积 (CA) 随着海拔的升高均降低。空气湿度、露点温度、气温均随着海拔的升高而降低, 平均温度露点差随海拔升高而升高, 土壤温度随着海拔升高而降低、随着土层加深而降低。各海拔的油橄榄基径与空气湿度均呈正相关。海拔通过影响气温、空气湿度、土壤温度等气象因素而影响橄榄的生长发育。

**关键词:** 海拔; 油橄榄; 气候; 生长指标; 白龙江流域

**中图分类号:** S565.7

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-1463(2022)01-0037-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2022.01.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2022.01.008)

## Responses of *OleaEuropaea* at Different Altitudes to Climate Change in Bailong River Basin, Longnan

JIAO Runan, CHANG Zhengxing

(The Meteorological Bureau of Tongwei County, Tongwei Gansu 743300, China)

**Abstract:** Taking the olive groves at different altitudes in the Bailong River Basin as the research object, the differences in the response of the growth indicators of the olives at different altitudes to climate change were analyzed by studying the influence of different altitudes on the climatic characteristics of the olive groves and the height, base diameter and crown width of the olive groves. The results showed that the plant height of *Olea europaea* showed a decreasing trend in the range of 960~1 083 m as the altitude increased; except for the olive orchard at 990 m above sea level, the base diameter, crown width and the crown area (CA) of the other olive orchards increased with altitude rise. The air humidity, dew point temperature, and air temperature all decrease with the increase in altitude, and the average temperature and dew point difference increases with the increase in altitude. Besides that the soil temperature decreases with the increase in altitude, and decreases with the deepening of the soil layer. The base diameter of *Olea europaea* at all altitudes was positively correlated with air humidity. Altitude affects the growth and development of olives by affecting meteorological factors such as air temperature, air humidity, and soil temperature.

**Key words:** Altitude; *Olea europaea* L.; Climate; Growth index; Bailong River Basin

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 是我国引种的优良木本油料树种, 具有经济和生态双重效益。这一

树种虽然适合在多种土壤类型上生长, 但其对气候条件的要求比较严苛, 特别是作为油用树种,

收稿日期: 2020-10-09; 修订日期: 2021-11-26

作者简介: 焦润安(1993—), 男, 甘肃通渭人, 助理工程师, 主要从事气象测报工作。联系电话: (0)15352049205。Email: jiaora0328@163.com。

ity tolerance[J]. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59: 651-681.

[17] ZHAO Y, LIU M, HE L, et al. A cytosolic NAD<sup>+</sup>-dependent GPDH from maize (*ZmGPDH1*) is involved in conferring salt and osmotic stress tolerance[J]. BMC

Plant Biology, 2019, 19(1): 16. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1597-6>.

[18] 武 燕, 解丹丹, 马小亭, 等. 外源 Ca<sup>2+</sup>对盐胁迫下玉米幼苗生理指标的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(12): 3471-2472.

要求日照充足、气温适宜、夏季湿度低并且具备灌溉条件的栽植条件,才能生长良好并带来经济效益<sup>[1]</sup>。气候因素的影响是我国油橄榄种植中遇到的最大问题之一。甘肃陇南白龙江低山河谷地带是我国油橄榄一级适生区之一,白龙江流域位于中纬度亚热带北部边缘,西南接壤青藏高原,青藏高原对大气环流的特殊影响使夏季来自太平洋东南季风的湿润气候向北迁移波及本区域,冬季本区域北部迭山(甘肃省甘南藏族自治州南部迭部县北部)的屏障效用削减了蒙古干冷气流的入侵强度,致使本区域冬季温度降幅减小,造成了沿白龙江两岸谷地向纵深山地气温递减的特征,山上寒冷湿润,河谷热且干燥,随着山区海拔的升高,各气候因子发生近似规则的变化,自下而上呈现明显的山地垂直气候带特点<sup>[2]</sup>。陇南是一个典型的多山地区,山地占90%以上<sup>[3]</sup>,山岭多、荒地多,大力发展油橄榄有很大的空间<sup>[4]</sup>。山地的基本特征之一是气候随海拔改变而变化,导致土壤和整个自然地域综合体的垂直分异<sup>[5]</sup>。受自然条件限制,大部分油橄榄园坡度大<sup>[6]</sup>,油橄榄沿山坡等高线定植<sup>[7]</sup>,气候垂直变化分异较为明显,随着海拔升高,土壤肥力状况具有空间异质性。

海拔不同,其成土母质类型有差异,进而形成的土壤类型也随之改变,水、热、湿、光也有较大区别<sup>[8]</sup>。海拔的变化可影响植物生长发育、新陈代谢、结构和功能等诸多方面,随着海拔的上升,平均气温降低、大气压及CO<sub>2</sub>分压下降、光强升高<sup>[9]</sup>,降水量和降水频率受到影响,气温的下降和辐射的增加等因素对植物生长不利<sup>[10]</sup>。科研工作者针对海拔对作物产量和品质的影响课题进行了大量探索,但由于研究地域及采取的试验方法有区别,所得出的结论也不尽相同。再生斌等<sup>[11]</sup>对甘南州高海拔地区饲用甜菜品种甜饲2号的研究表明海拔高度与饲用甜菜生长势、发病率和产量均呈负相关。刘文瑜等<sup>[12]</sup>的研究表明,随海拔的升高,藜麦叶片通过积累渗透调节物质和提高抗氧化酶活性,以清除多余的活性氧物质,维持细胞渗透势平衡,缓解环境变化对其生长造

成的伤害。

为促进油橄榄生物气候区划的研究,我们采用样地法,通过对甘肃省白龙江流域山地油橄榄园不同海拔气候状况和果树生长指标的调查,分析白龙江流域不同海拔油橄榄生长指标对气候变化响应的差异。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

供试油橄榄园位于甘肃省武都区白龙江河畔的陇南天然居油橄榄科技开发有限公司油橄榄种植基地(33.43°N, 104.94°E, 海拔960~1 083 m),为山地油橄榄园,北坡,沿山坡等高线定植,株距5.0 m。研究区总面积10 000 m<sup>2</sup>,园内种植树龄10 a的油橄榄。试验地年平均气温15.3℃,平均年降水量468 mm,降水主要集中在6—9月,年均相对湿度56.6%;年日照时数1 871 h,无霜期270 d以上。土壤类型包括山地黄棕壤、山地棕壤和山地暗棕壤,海拔高度差异较大,气候随海拔变化呈明显分异。

### 1.2 测定指标与方法

共设5个海拔梯度(960 m、990 m、1 021 m、1 052 m、1 083 m),于2016年11月28—29日测量油橄榄树的各项长势指标和油橄榄园气象因子。随机选取生长状况良好、未修剪的油橄榄植株,用钢卷尺测量油橄榄植株的冠幅(分南北和东西方向测量,并取平均值)、株高,用游标卡尺测量地径。每个海拔梯度测10株。用直角地温计测定0~25 cm土层地温:直角地温计放置于待测树体外围滴水线处,土温测定深度为5、10、15、25 cm,重复3次,各小区随机选取5个采样点,同一深度土层温度取平均值。从8:00时至14:00时对各项指标进行连续观测,每隔1 h观测1次。采用便携式风速气象测定仪(Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker)测定试验样地50 cm高处的空气温度、相对湿度和露点温度。露点温度是指空气在水汽含量和气压都不改变的条件下冷却到饱和时的温度(简称露点)。平均温度露点差(露点温度与平均气温的差值)表示空气中的水汽距离饱和的程度,是衡量湿度的参数,温度露点差越大,水汽距离

饱和程度大,即空气的湿度越小;反之,温度露点差越小,表示空气的湿度越大;当温度露点差近于0℃时,表示空气达到近似饱和状态<sup>[13]</sup>,计算平均温度露点差随海拔高度变化梯度,可作为湿度的一个指标(单位为℃/100 m)用以比较湿度在不同海拔高度的变化情况<sup>[14]</sup>。湿度和降水状况在不同海拔高度上的改变不是简单的线性函数关系。

### 1.3 数据处理和分析

采用温洛克国际推荐的方法计算冠幅面积(CA)<sup>[15]</sup>。采用Excel 2010软件整理调查所得数据,进行相关性分析。分别以株高、基径和冠幅为因变量( $y$ ),海拔为自变量( $x$ ),在置信水平为0.05时对自变量和因变量进行相关性分析。以 $y=ax+b$ 拟合因变量与自变量的关系,探索海拔对油橄榄的株高、基径和冠幅的影响规律,再采用SPSS19.0软件进行差异显著性检验,用Duncan法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 海拔对油橄榄生长指标的影响

由表1可知,在海拔960~1 083 m范围内,油橄榄的株高随着海拔的升高均呈降低趋势;除海拔990 m外,油橄榄园的基径、冠幅和冠幅面积(CA)随着海拔的升高均降低。株高海拔960 m与海拔990 m差异显著,与海拔1 021、1 052、1 083 m差异达极显著水平,海拔1 021、1 052、1 083 m差异不显著。基径海拔960、990、1 021 m差异不显著,与海拔1 052、1 083 m差异极显著。冠幅和CA海拔960、990 m均与1 021 m差异不显著,与海拔1 052、1 083 m差异极显著( $P<0.01$ )。

### 2.2 不同海拔与油橄榄生长指标的相关性分析

由表2可知,海拔960~1 083 m范围内,海

拔与株高、基径、冠幅呈显著负相关,相关系数分别为-0.942 8、-0.927 9、-0.929 7;海拔与CA呈极显著负相关,相关系数为-0.934 1。造成此结果的原因一是高海拔地区温度低,果树的酶活性较低海拔低,新陈代谢慢,生物量增长小;二是低海拔地区有比较充足的水肥条件供其生长;三是土壤生物活性强,有机质含量高,营养元素有效性高,有利于果树的生长发育。

表2 不同海拔与油橄榄生长指标的相关性分析

因变量	线性公式	相关系数 <sup>①</sup>	决定系数
株高	$y=-0.008 3x+11.465 8$	-0.942 8*	0.888 8
基径	$y=-0.052 9x+66.767 1$	-0.927 9*	0.861 0
冠幅	$y=-0.011 2x+14.446 7$	-0.929 7*	0.864 3
CA	$y=-0.049 9x+58.081 7$	-0.934 1**	0.872 7

① \*表示显著相关; \*\*表示极显著相关。

### 2.3 不同海拔下的气候变化

由表3可知,在陇南白龙江流域,油橄榄园内空气湿度、露点温度、气温均随着海拔的升高而降低,平均温度露点差随海拔升高而升高。海拔960~1 083 m时露点温度梯度值均小于0,海拔960~990 m时露点温度梯度绝对值较小,为0.222℃/100 m;海拔1 021~1 052 m范围内露点温度梯度绝对值最大,为8.495℃/100 m。

表3 不同海拔的空气湿度、露点温度、气温、平均温度露点差及露点温度梯度

海拔/m	空气湿度/%	露点温度/℃	气温/℃	平均温度露点差/℃	露点温度梯度/(℃/100 m)
960	46.93	2.93	12.73	9.80	
990	46.30	2.53	12.40	9.87	-0.222
1 021	45.37	1.30	11.67	10.37	-1.613
1 052	44.05	-2.57	10.43	13.00	-8.495
1 083	39.80	-2.67	10.40	13.07	-0.215

从图1可知,土壤温度随着海拔升高而降低,随着土层加深而降低。上层土壤温度不同海拔高

表1 不同海拔对油橄榄生长指标的影响

海拔/m	株高/m	基径/cm	冠幅/m	冠幅面积(CA)/m <sup>2</sup>
960	3.67±0.21aA	14.96±0.61aA	3.39±0.17aA	9.05±0.91aA
990	3.18±0.52bAB	15.82±1.47aA	3.52±0.18aA	9.75±1.01aA
1 021	2.82±0.28bcB	13.58±2.52aA	3.22±0.36aAB	8.21±2.35aAB
1 052	2.82±0.08bcB	10.04±0.82bB	2.66±0.13bBC	5.57±0.55bBC
1 083	2.55±0.07cB	9.70±0.40bB	2.08±0.25cC	3.44±0.83bC

度间差异比较大,下层差异小,5、10、15、25 cm 土层温度的极差分别为 4.0、2.6、2.5、1.0 ℃。

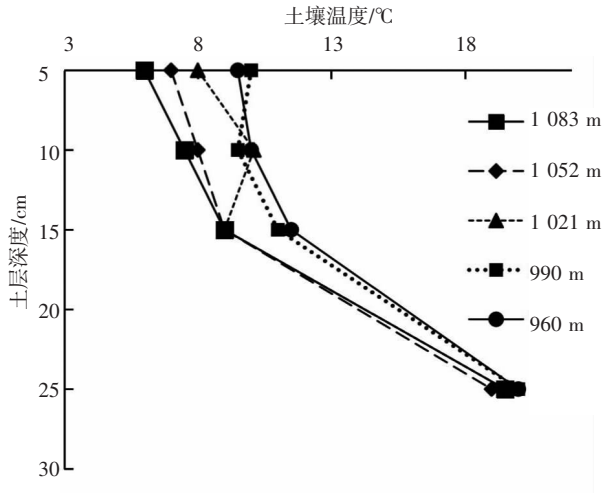


图1 不同海拔高度的土壤温度

2.4 不同海拔油橄榄基径与气候要素的响应

油橄榄基径与气候要素响应分析结果如图2所示。海拔960、990、1021、1052、1083 m处油橄榄基径与气温分别呈正、正、负、正、正相关,在海拔960~1021 m范围内,基径与气温的相关系数随海拔升高而呈降低趋势。海拔960、990、1021、1052、1083 m处油橄榄基径与露点温度

分别呈正、负、正、正、负相关,而与空气湿度均呈正相关。

3 结论与讨论

在陇南白龙江流域,油橄榄的株高在海拔960~1083 m范围内随着海拔的升高均呈降低趋势;除海拔990 m外,油橄榄的基径、冠幅和冠幅面积均随着海拔的升高均降低。空气湿度、露点温度、气温均随着海拔的升高而降低,平均温度露点差随海拔升高而升高,土壤温度随着海拔升高而降低。各海拔梯度下油橄榄基径与空气湿度均呈正相关。海拔通过改变气温、空气湿度、土壤温度等气象因素而影响橄榄的生长发育。

有学者通过对岷江冷杉年轮指数与气候因子进行相关分析,表明随海拔高度降低,温度与生长的负相关程度呈增加趋势<sup>[15-16]</sup>。高海拔下长白落叶松生长受当年气温影响,低海拔下长白落叶松生长对气候存在“滞后响应”<sup>[17]</sup>。树木径向生长与气候要素之间的关系研究是树轮气候学的基础,而对不同海拔树木径向生长与气候要素的关系研究,有助于更深入地阐释林木生长与气候因子的关系<sup>[18]</sup>。因树木年轮具有易于获取的特点而成为气候变化研究的重要资料之一,树木的年轮数与

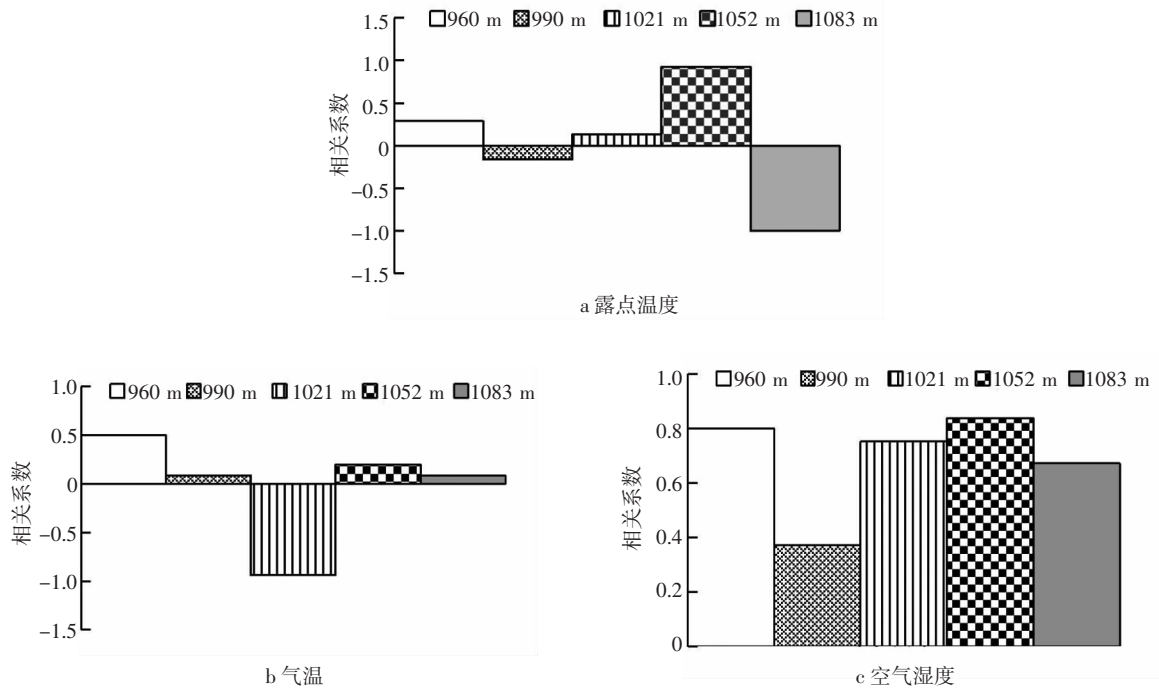


图2 不同海拔高度油橄榄基径与气候要素相关分析

其相对应的植株地径之间存在回归函数关系,可在一定程度用地径表达调查地内树木相对应的年龄<sup>[19-20]</sup>。因为不能确切测定每株油橄榄的年轮,本文采取空间代替时间的方法,推导测算油橄榄植株的年龄<sup>[21-22]</sup>。在海拔960~1021 m范围内,基径与气温的相关系数随海拔升高而呈降低趋势。气温是影响果树光合作用、呼吸作用、蒸腾作用等多种生理过程的主要因素。在海拔1021 m处的负相关关系可能是由光合作用与呼吸作用共同作用的结果。空气湿度影响蒸腾作用,大气湿度过大时蒸气压升高,从而减小了气孔内外的蒸气压差,气孔下腔内的水蒸气不易扩散出去,使蒸腾降低,反之,蒸腾加快<sup>[23]</sup>,在海拔990~1052 m范围内,大气湿度的降低促进了蒸腾作用的进行,从而促进植物的生长,故其呈正相关,随海拔升高相关系数增大。海拔960 m和海拔1083 m处的异常可能与土壤水分相关。

#### 参考文献:

- [1] 秦椒莲, 魏淑秋. 中国与世界生物气候相似研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1994.
- [2] 曹秀文, 邱祖青. 甘肃省白龙江林区木本药用植物资源的多样性[J]. 经济林研究, 2005(3): 9-14.
- [3] 樊明. 陇南市暴雨成因分析及引发泥石流滑坡灾害研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2006.
- [4] 刘润萍, 马丽荣, 王恒炜. 甘肃省油橄榄和紫苏生产现状及发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2014(4): 43-49.
- [5] ZHANG B P, WU H Z, XIAO F, et al. Integration of data on Chinese mountains into a digital altitudinal belts system[J]. Mountain Research and Development, 2006, 26(2): 163-171.
- [6] 杨斌, 邓煜. 甘肃陇南油橄榄扩区栽培建议[J]. 中国园艺文摘, 2015(6): 206-207.
- [7] 姜成英, 苏瑾, 陈炜青, 等. 油橄榄栽培品种灰色关联度分析评价[J]. 中国果树, 2012(1): 18-21.
- [8] 杜晋城, 代仕高, 王泽亮, 等. 不同海拔高度对灵山正路椒产量和品质的影响[J]. 经济林研究, 2015, 33(2): 97-100.
- [9] FRIEND A D, WOODWARD F I. Evolutionary and ecophysiological responses of mountain plants to the growing season environment[J]. Advances in Ecological Research, 1990, 20: 119-124.
- [10] 林小虎, 秘树青, 郭振清, 等. 不同海拔天女木兰叶抗氧化酶活性与光合色素含量[J]. 经济林研究, 2011(2): 60-64.
- [11] 再生斌, 刘建华, 尚永红, 等. 海拔和密度对甜饲2号生物学性状和产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2020(2): 65-69.
- [12] 刘文瑜, 李健荣, 黄杰, 等. 海拔对藜麦苗期生理指标的影响[J]. 甘肃农业科技, 2018(9): 17-21.
- [13] 温显罡, 马舒庆, 杜波, 等. 草温与露点温度对结露和结霜指示性分析[J]. 气象, 2012, 38(6): 745-750.
- [14] 许娟, 张百平, 朱运海, 等. 阿尔金山-祁连山山地植被垂直带谱分布及地学分析[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 977-984.
- [15] BROWN S, PEARSON T, WALKER S M, et al. Methods manual for measuring terrestrial carbon[M]. Arlington VA: Winrock International. 2005.
- [16] 徐宁, 王晓春, 张远东, 等. 川西米亚罗林区不同海拔岷江冷杉生长对气候变化的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(12): 3742-3751.
- [17] 陈力, 尹云鹤, 赵东升, 等. 长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异[J]. 生态学报, 2014, 34(6): 1568-1574.
- [18] 张慧, 邵雪梅, 张永. 不同海拔高度树木径向生长对气候要素响应的研究进展[J]. 地球环境学报, 2012(3): 845-854.
- [19] 吕朝燕, 张希明, 刘国军, 等. 准噶尔盆地西北缘梭梭种群结构和空间格局特征[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 380-387.
- [20] 周资行, 李毅, 焦健. 兰州市南北两山不同生境红砂种群数量动态研究[J]. 自然资源学报, 2012, 26(9): 11-16.
- [21] SILVERTOWN J W. Introduction to plant population ecology[M]. London, UK: Longman Press, 1982.
- [22] 闫淑君, 洪伟, 吴承祯, 等. 丝栗栲种群生命过程及谱分析[J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(4): 351-355.
- [23] 萧浪涛, 王三根. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.