

姚益平,郭芬芬,金志凤,等. 浙江省葡萄气候生产潜力及利用率分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(5):85-90.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.021

浙江省葡萄气候生产潜力及利用率分析

姚益平¹, 郭芬芬², 金志凤¹, 张 寒¹, 何宽科³, 肖晶晶¹

(1. 浙江省气候中心,浙江杭州 310017; 2. 国家海洋局第二海洋研究所,浙江杭州 310012;
3. 浙江省舟山市气象局,浙江舟山 316000)

摘要:葡萄是浙江十大主导产业果品之一,其生长、结实与气候条件关系密切,研究葡萄气候生产潜力对于科学发展葡萄产业、提高气候资源利用率意义明显。基于 1971—2017 年浙江 68 个基本气象站气象资料、1985—2017 年浙江省葡萄统计年鉴资料和 2016 年浙江省县(市、区)葡萄面积、产量资料,采用逐步订正、线性趋势分析等方法研究葡萄的光合生产潜力(Y_Q)、光温生产潜力(Y_T)和气候生产潜力(Y_W)及其时空变化特征和气候资源利用率。结果表明,浙江省葡萄 Y_Q 、 Y_T 和 Y_W 多年平均值分别为 141.3、115.3、102.8 t/hm²。空间分布表现为: Y_Q ,浙北高浙南低; Y_T ,浙中高于浙南和浙北; Y_W ,浙南高浙北低。近 47 年, Y_Q 、 Y_T 和 Y_W 气候倾向率分别为 -2.6、-0.10、1.2 t/(hm²·10 年)。2016 年浙江省葡萄生产气候资源利用率各地平均为 20.5%,高值区主要分布在杭州建德、宁绍平原中部、嘉兴南部等地区;低值区在浙西西部、浙南山区等地区。

关键词:葡萄;气候生产潜力;光合生产潜力;光温生产潜力;气候资源利用率;浙江

中图分类号: S162.5+5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)05-0085-05

葡萄(*Vitis vinifera*)是温带和亚热带落叶果树之一,其生长和结实对气候条件有较严格的要求^[1-2]。浙江属葡萄“美洲种和欧美杂种品种种适宜区”^[3],20 世纪 80 年代以来,浙江葡萄产业迅速发展,1983 年浙江葡萄种植面积为 27.0 hm²,到 2016 年达 32.5 × 10³ hm²,面积和产量分别占全国葡萄种植面积和产量的 4.0%、5.7%,目前葡萄已成为浙江十大主导产业果品之一。研究表明,气候对作物产量的影响占 5%~25%,而我国气候波动较大,生产力水平较低,受气候影响的可能占 10%~30%^[4]。光、温、水是葡萄生产不可或缺的气候资源,气候变化下浙江光、温、水等气候资源发生显著变化,影响葡萄产量、品质和种植布局,研究葡萄气候资源分布及其变化特征,因地制宜地建立和发展与自然条件最适应的优势区,对于提高葡萄气候资源利用率、优化葡萄产业布局具有积极意义。

气候生产潜力是评价地区气候资源的重要依据,通过对区域农业气候生产潜力的评估,可以直接反映地区现实和未来情景下农业气候生产中光、热、水资源配置是否满足作物需要^[5-6]。气候生产潜力研究较早,1840 年 Liebig 首次从光能利用与同化 CO₂ 角度提出光合生产潜力模型,而后温度和降水订正函数被引入模型,建立的气候生产潜力模型被认为是可以实现作物产量^[7],建立的模型包括 Hanks 模型^[8]、瓦

赫宁根(Wageningen)模型^[9]、农业生态区域(AEZ)模型^[10]等;我国气候生产潜力研究始于 20 世纪 50 年代,而后结合自然降水订正法^[11]、叶面积动态指数^[12]、“衰减法”^[13]等研究方法对我国不同地区、不同作物的作物气候生产潜力进行了广泛的分析和深入的研究,建立了包括水稻、玉米、小麦等粮食作物^[14-15]、杨梅、茶叶等经济作物的气候生产潜力^[16-17],葡萄气候生产潜力及其利用率的研究还未见报道。

本研究以浙江全省地面气象监测资料和葡萄生长发育及产量资料为基础,采用逐步订正、线性趋势分析等方法研究了葡萄的光合生产潜力(Y_Q)、光温生产潜力(Y_T)和气候生产潜力(Y_W)及其时空变化特征和气候资源利用率。在此基础上,讨论了葡萄栽培可能发生的气象灾害及其对葡萄物候期和产量的影响,以期为提高葡萄气候资源利用率、品质产量,优化葡萄产业布局提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 资料来源

气象资料取自浙江省气候中心,太阳辐射资料取自浙江省气象网络信息中心,气象资料包括浙江省 67 个基本气象站 1971—2017 年逐日的气压(hPa)、降水量(mm)、最高气温(℃)、最低气温(℃)、水气压(hPa)、风速(m/s)、日照时数(h)等气象资料,个别资料缺失值用多年平均值代替。太阳辐射资料包括杭州(1971—2010 年)、慈溪(1971—1990 年)和洪家(1990—2010 年)3 站逐月的太阳总辐射(MJ/m²)资料。根据中国气象局编制的《气象辐射观测方法》的规定,对 1981 年 1 月 1 日前的辐射观测资料乘以系数 1.022 进行订正。葡萄农业统计数据包括浙江省及其县(市、区)的葡萄面积、产量等资料,浙江省葡萄面积、产量资料来自 1985—2017 年中国农村统计年鉴;县(市、区)葡萄面积、产量资料来自 2016 年浙江省农业统计数据。

收稿日期:2018-10-10

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAD20B02);中国气象局气候变化专项(编号:CCSF201427);浙江省科技计划(编号:2015C02048,2015C33055)。

作者简介:姚益平(1962—),男,浙江庆元人,博士,正研级高级工程师,主要从事应用气象与生态气象相关研究。Tel:(0571)86783568;E-mail:yyp96121@163.com。

通信作者:肖晶晶,硕士,高级工程师,主要从事气候资源与气象灾害研究。Tel:(0571)86508672;E-mail:xiaojingjing2005@163.com。

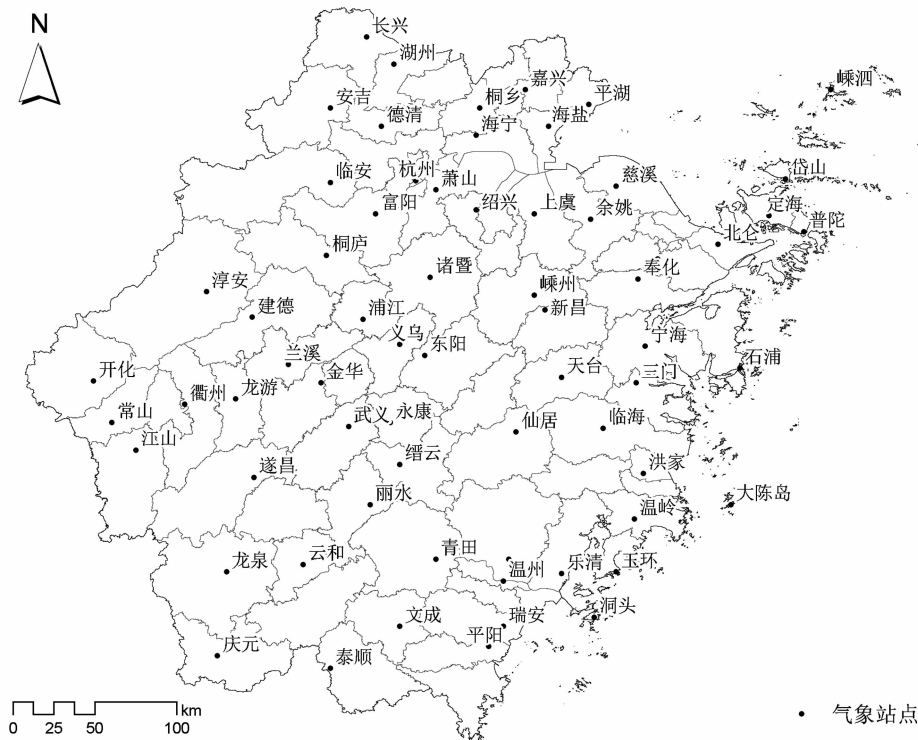


图1 浙江省气象观测站点分布

1.2 研究方法

1.2.1 太阳辐射计算 选用国内有代表性的孙治安等的经验公式^[18]来计算不同站点的辐射,计算公式:

$$Q_s = Q_0 [c + (1 - c)s]. \quad (1)$$

式中: $c = 0.299 - 0.00613\bar{e}$, \bar{e} 为年平均水气压, hPa; s 为日照率, %; Q_0 为晴天太阳总辐射量, MJ/m^2 ; 参考 FAO-56 方法^[19]进行计算。

1.2.2 气候生产潜力计算 采用逐步订正法对光合生产潜力逐步进行温度订正和水分含量订正来计算气候生产潜力^[20], 计算公式:

$$Y_w = Q \times f(Q) \times f(T) \times f(W) = Y_Q \times f(T) \times f(W) = Y_T \times f(W). \quad (2)$$

式中: Y_Q 、 Y_T 、 Y_w 分别为光合生产潜力、光温生产潜力和气候生产潜力, t/hm^2 ; Q 为太阳辐射, MJ/m^2 ; $f(Q)$ 、 $f(T)$ 、 $f(W)$ 分别为光照、温度和水分含量订正函数。

光合生产潜力是当温度、水分含量、土壤肥力和农业技术措施等参量处在最适宜的条件下, 只由辐射所确定的作物产量。这是在当地气候条件下作物产量的上限。计算公式:

$$Y_Q = \sum \mu E Q_i; \quad (3)$$

$$\mu = \alpha \Omega K / [C(Q - I)(1 - J)]; \quad (4)$$

$$E = \varepsilon(1 - R)(1 - t)(1 - n)(1 - R_s)(1 - \gamma)\varphi. \quad (5)$$

式中: Y_Q 为光合生产潜力, t/hm^2 ; μ 为光能转化为化学能的效率(2.0); E 为光能利用率(0.039); Q_i 为葡萄接收的辐射总量, MJ/m^2 ; α 为葡萄经济系数(0.55)^[21]; Ω 为葡萄固定 CO_2 能力的比例(0.95)^[22]; K 为单位转换系数(10); C 为单位葡萄干物质所含热量(17.79 MJ/kg)^[20]; I 为葡萄无机灰分含量, 其值一般为 0.02 ~ 0.06, 本研究取 0.02^[23]; J 为成熟鲜葡

萄的水分含量, 浙江葡萄以鲜食为主, 水分含量较高(0.80)^[1,24]; ε 为光合辐射占总辐射的比例, 浙江地区为 0.49^[25]; R 、 t 分别为葡萄群体反射率(0.06)和透射率(0.04)^[24]; n 为非光合器官截获辐射比例, 通常取 0.10^[20]; R_s 为呼吸消耗占光合产物的比例(0.55)^[24]; γ 为超过光饱和和点光的比例(0.03)^[13]; φ 为光合作用量子效率, 一般取 0.224^[20]。由于葡萄气候生产潜力方面报道较少, 本研究 C 为大多数作物(非油料作物)的均值, n 、 φ 为一般情况下的取值, γ 为大田作物研究所得系数, 其余系数为报道中葡萄相关研究成果中所得。

光温生产潜力是在光合生产潜力基础上进一步考虑温度的影响所形成的理论产值。温度低于生物学下限或高于其生物学上限, 光合产物趋于 0。公式为:

$$Y_T = f(T)Y_Q. \quad (6)$$

式中: $f(T)$ 为温度订正系数。国内外关于温度订正系数的研究有许多, 订正函数形式一般为正弦函数、二次函数或分段函数等单波形式^[26], 计算方式如下^[13]:

$$f(T) = [(T - T_1)(T_2 - T)^b] / [(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^b]; \quad (7)$$

$$b = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1}. \quad (8)$$

式中: T 是某一时期的平均温度, $^{\circ}\text{C}$; T_1 、 T_2 和 T_0 分别是葡萄生长发育期(4—8 月)的下限温度、上限温度和产量形成的最适温度^[1], $^{\circ}\text{C}$ (表 1)。

气候生产潜力是当土壤肥力和农业技术措施等参量处在最适宜的条件下, 受辐射、气温、水分含量共同影响所确定的作物产量。计算公式为^[16]

$$Y_w = f(W) \cdot Y_T = f(Q)f(T)f(W); \quad (9)$$

表 1 浙江主要葡萄生育期及三基点温度

发育期	时间	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	T_0 ($^{\circ}\text{C}$)
萌芽展叶期	4 月至 5 月上旬	10	29	35
开花授粉期	5 月中下旬	15	28	35
浆果生长期	6—7 月	20	28	35
成熟期	8 月	18	30	35

$$f(W) = \begin{cases} (1-A-B)\frac{R}{ET_m} & (1-A-B)R < ET_m \\ 1 & (1-A-B)R \geq ET_m \end{cases}; \quad (10)$$

$$ET_m = K_c \times ET_0. \quad (11)$$

式中: A 为葡萄冠层对降水的截留率(0.10)^[27]; B 为径流系数(0.15)^[28]; ET_m 为葡萄生育期需水量, mm; K_c 为葡萄生育期作物系数(0.65)^[19]; ET_0 为葡萄参考蒸散量, mm, 采用联合国粮农组织(FAO)于 1998 年推荐的 Penman - Monteith 公式^[29]求得。

1.2.3 农业气候资源利用率 农业资源利用率即当前生产条件下, 农业实际产量与生产潜力的比值, 研究表明气候生产潜力与实际产量最接近, 公式^[30]为:

$$F_i = \frac{Y_{i1}}{Y_{i2}}. \quad (12)$$

式中: Y_{i1} 为作物的实际单位面积产量, t/hm^2 ; Y_{i2} 为作物的气候生产潜力, t/hm^2 。

1.2.4 气候倾向率计算 采用最小二乘法计算样本 y 与时间 x 的线性回归系数 a , 各要素的变化可用一次线性方程表示^[31]:

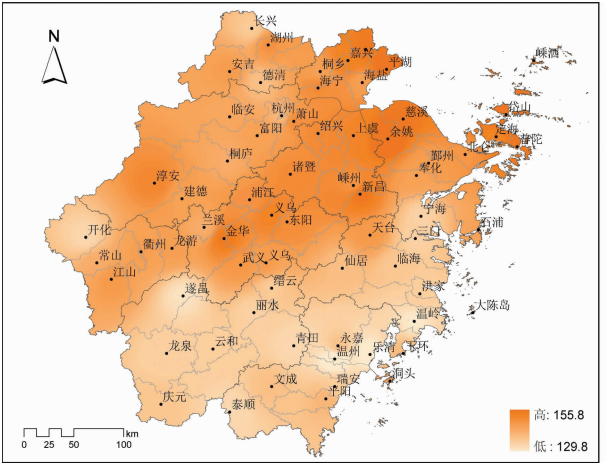
$$y = ax + b. \quad (13)$$

气候倾向率为 $10a$ 。

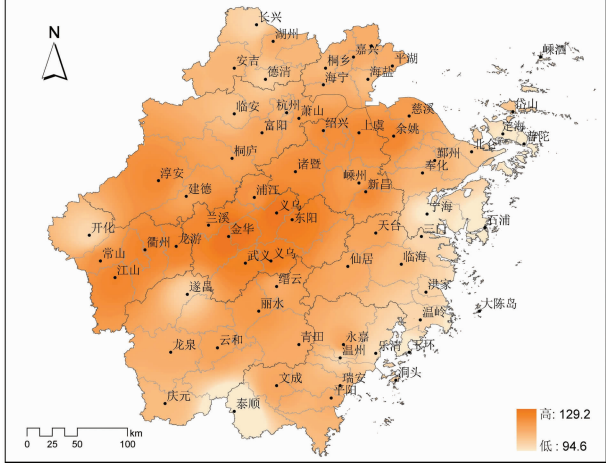
2 结果与分析

2.1 浙江葡萄气候生产潜力

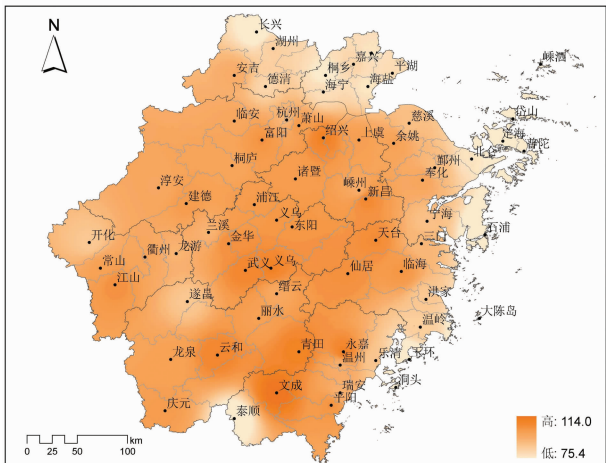
由式(1)~式(11)分别计算浙江葡萄光合生产潜力、光温生产潜力和气候生产潜力。由图 2 可以看出, 浙江葡萄光合生产潜力、光温生产潜力与纬度、海拔关系密切, 地域特征明显。浙江全省光合生产潜力平均为 $141.3 \text{ t}/\text{hm}^2$, 各地分布在 $129.8 \sim 155.8 \text{ t}/\text{hm}^2$, 空间分布表现为浙北高于浙南, 浙中偏大(图 2-a)。从地区分布来看, 嘉兴、杭州西部、绍兴大部、宁波中北部、舟山和金衢盆地及以西部分地区等地光合生产潜力大于 $140.0 \text{ t}/\text{hm}^2$; 高值区分布在嘉兴和绍兴东部、宁波北部和舟山地区; 浙南为相对低值区, 大部地区光合生产潜力分布在 $134.0 \sim 140.0 \text{ t}/\text{hm}^2$, 其中天台、洞头超过 $140.0 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。浙江全省光温生产潜力平均为 $115.3 \text{ t}/\text{hm}^2$, 各地分布在 $94.6 \sim 129.2 \text{ t}/\text{hm}^2$, 表现为两头小中间大的空间分布特点(图 2-b); 高值区分布在金衢盆地、宁绍平原、浙北沿海地区, 大部分地区分布在 $120.0 \sim 125.0 \text{ t}/\text{hm}^2$, 最大值为金华婺城; 沿海岛屿、浙南山区等地的气候产量分布在 $100.0 \text{ t}/\text{hm}^2$ 以下。气候生产潜力浙江全省平均为 $102.8 \text{ t}/\text{hm}^2$, 各地分布在 $75.4 \sim 114.0 \text{ t}/\text{hm}^2$, 空间分布与光合生产潜力相反, 即浙南高于浙北(图 2-c)。从地区分布来看, 金衢盆地、台州中北部、浙南中东部、富阳、绍兴、新昌等地的气候生产潜力在 $100.0 \text{ t}/\text{hm}^2$ 以上, 最高值区在浙南文成, 浙北北部、浙东沿海、浙南山区为低值区。



a. 光合生产潜力



b. 光温生产潜力



c. 气候生产潜力

图 2 浙江省葡萄光合生产潜力、光温生产潜力和气候生产潜力的分布

2.2 生产潜力时间变化特征

由图 3 可以看出, 1971—2017 年浙江省葡萄光合生产潜力、光温生产潜力、气候生产潜力的气候倾向率分别为 $-2.6 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P < 0.1$)、 $-0.10 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P > 0.1$)、 $1.2 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P > 0.1$)。光合生产潜力总体呈下降趋势, 这与浙江太阳辐射变化趋势一致^[25], 尤其是 1971—1999 年的下降趋势达 $5.8 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P <$

0.01);光温生产潜力下降变化趋势和速率存在一定的阶段性,1971—1986年光温生产潜力的气候倾向率为 $2.8 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P>0.1$),1987年以后光温生产潜力在波动中减小,1999年达到最低值($88.8 \text{ t}/\text{hm}^2$),而后2000—2017年光温生产潜力下降趋势为 $4.2 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$;气候生产潜力总体呈上升趋势,1971—1999年变化趋势特征不明显 [$0.7 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$, $P>0.1$],2000—2017年的上升趋势明显低于光温生产潜力 [$1.5 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$, $P>0.1$]。

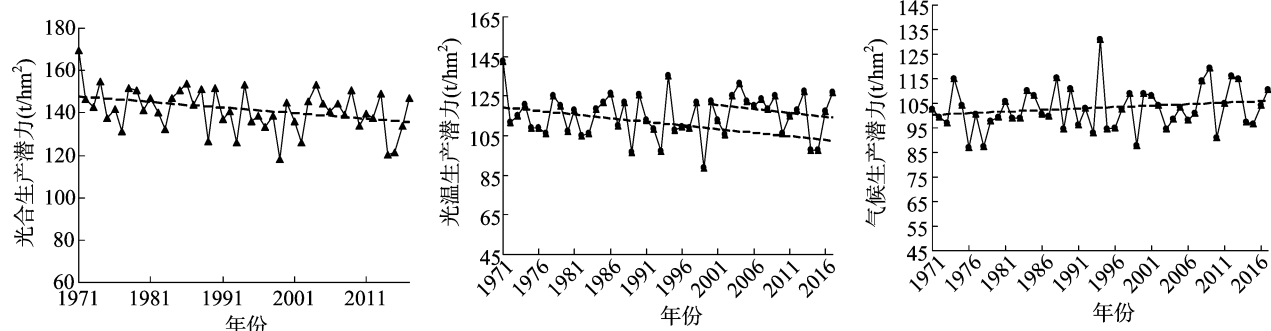


图3 1971—2017年浙江葡萄光合生产潜力、光温生产潜力和气候生产潜力随时间变化的趋势

2.3 浙江葡萄气候资源利用率

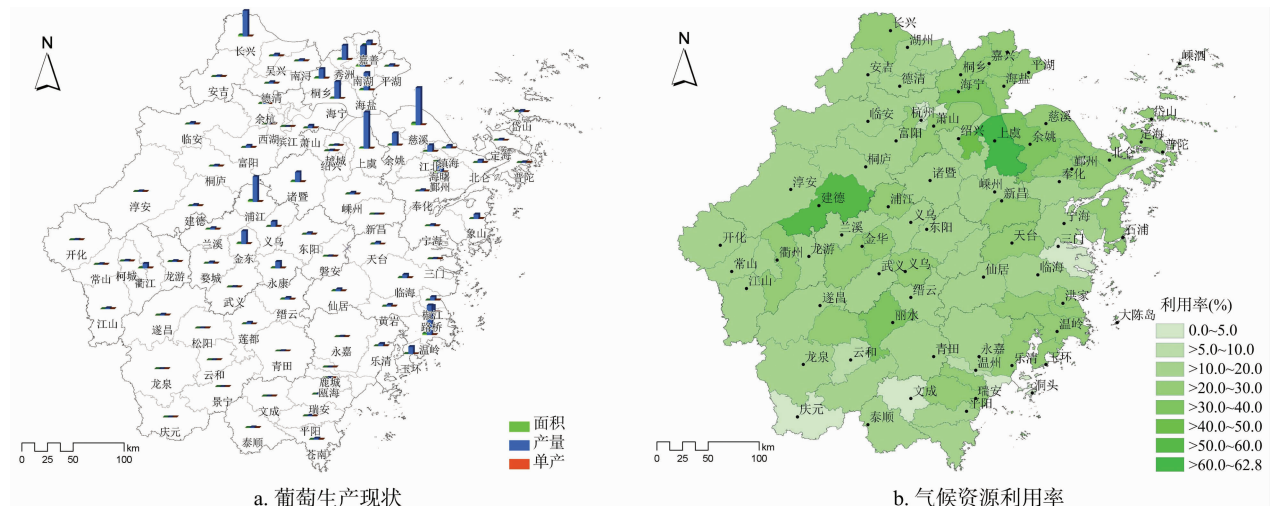
气候资源利用率即农作物单位面积产量与气候生产潜力的比率,即雨养条件下,通过品种改良、栽培措施改进等技术实现的气候资源利用率。据2016年统计,浙江葡萄主产区主要集中在嘉兴、宁波、金华和台州地区,4个地区的葡萄面积和产量总量分别占全省的72.6%、70.6%,其中嘉兴葡萄的面积($6\,686 \text{ hm}^2$)和产量($170\,368 \text{ t}$)居全省首位,其次为宁波(面积和产量分别为 $6\,509 \text{ hm}^2$ 和 $159\,668 \text{ t}$),各县(市、区)葡萄的面积、产量如图4-a所示。受栽培措施、品种等因素限制,2016年浙江各地葡萄单位面积产量分布在 $2.5 \sim 67.0 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。低值区分布在浙西北大部、浙南山区、浙西山区、浙中东阳等地区,葡萄单位面积产量小于 $10 \text{ t}/\text{hm}^2$,其中浙西和浙南山区部分地区小于 $5 \text{ t}/\text{hm}^2$;高值区分布在嘉兴平原、宁绍平原、杭州富阳等地区(单位面积产量大于 $30 \text{ t}/\text{hm}^2$)。浙江省葡萄生产气候资源利用率各地分布在2.4%~62.8%,平均为20.5%(无种植或无数据的地区未统计),高值区主要分布在上虞、建德、嘉兴南部等地区,气候利

用率超过30.0%;低值区在浙西西部、浙南山区等地,利用率低于10.0%(图4-b)。葡萄气候资源利用率的高值区基本与葡萄适宜性区划结果一致^[32],即浙北、浙中、浙南分别为葡萄栽培生态气候适宜区、次适宜区、可能种植区。

作物增产潜力是用来评判一个地区作物产量可能增产的空间水平。葡萄增产潜力在浙江各地差异显著(图5),其中高值区分布在浙西衢州、浙南山区($>90\%$),低值区主要为葡萄主产区($<50\%$)。浙江水网发达,大部地区水分基本能满足葡萄生产,若以光温产量作为生产潜力来计算,2011—2017年浙江葡萄气候资源利用率平均仅为21.6%,增产潜力达78.4%。如以中长期目标实现50%的光温生产潜力计算,浙江葡萄生育期(4—8月)平均单位面积产量可以达到 $57.7 \text{ t}/\text{hm}^2$,在现有生产规模的基础上,浙江葡萄总产达到187.5万t(参照2017年中国农村统计年鉴数据)。

3 讨论与结论

本研究应用逐步订正法,开展浙江省葡萄气候生产潜力



a. 葡萄生产现状

b. 气候资源利用率

图4 2016年浙江省葡萄生产现状及气候资源利用率分布

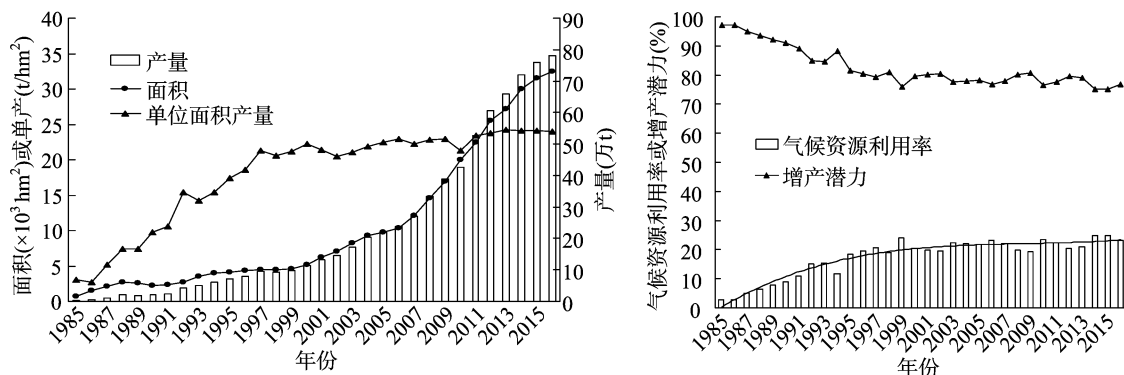


图5 1985—2016年浙江省葡萄生产情况与气候资源利用率

的定量评估,研究了葡萄光温生产潜力、光合生产潜力、气候生产潜力及气候资源利用率。结果显示,浙江全省光合生产潜力(Y_Q)平均为 141.3 t/hm^2 ,各地为 $129.8 \sim 155.9 \text{ t/hm}^2$,空间分布为浙北高于浙南,浙中偏大;全省光温生产潜力(Y_T)平均为 115.3 t/hm^2 ,各地为 $94.6 \sim 129.2 \text{ t/hm}^2$,空间上表现为两头小中间大;全省气候生产潜力(Y_W)平均为 102.8 t/hm^2 ,各地为 $75.4 \sim 114.0 \text{ t/hm}^2$,空间分布为自北向南递增。1971—2017年 Y_Q 、 Y_T 和 Y_W 的气候倾向率分别为 $-2.6 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P < 0.1$)、 $-0.10 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P > 0.1$)、 $1.2 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot 10 \text{ 年})$ ($P > 0.1$)。2016年浙江葡萄气候资源利用率平均为 20.5%,增产潜力达 79.5%。

太阳辐射是葡萄光合作用的基础,是影响浙江葡萄气候产量的最主要因素。1971—2017年浙江葡萄生育期(4—8月)日照时数的气候倾向率达 $-38.5 \text{ h}/10 \text{ 年}$ ($P < 0.05$),导致光合产量减少趋势明显。浙江地区葡萄平均气候生产潜力分别是其光合生产潜力、光温生产潜力的 72.7%、89.1%,表明除日照时数外,限制浙江葡萄生产发挥的因子按其重要性依次为温、水,但各地的限制因素各有特点:浙北地区光、温、水均适合葡萄生长^[32];浙中、浙南影响葡萄生长的主要因素是降水,降水偏多达 2 倍以上,尤其是浙江西南部、南部山区和东南沿海地区,4—7 月上旬雨量达 600 mm 或 800 mm 以上,易诱发葡萄病害;浙南南部限制葡萄生产的因素除降水外,越冬期平均气温偏高造成该地区葡萄不能自然越冬^[32]。葡萄浆果生长期的气候生产潜力占全生育期的 50% 左右,是葡萄气候生产潜力增加的关键时期。

本研究的浙江葡萄气候生产潜力利用率偏低,一方面是由浙江葡萄生态适宜性决定的^[32],另一方面是由于浙江葡萄以鲜食为主^[3],对品质的要求很高,往往要求以控产来保障葡萄品质^[33],因此追求产量增长和品质并重是浙江葡萄品种改良和栽培改进的研究重点。气候变化下浙江光、温、水年际间波动增大,葡萄开花期、果实膨大期遇灾害性天气概率增大,最终影响葡萄产量和品质,如强对流、高温、台风等容易造成葡萄植株或者果实损伤,导致产量波动。因此,在进一步评价气候生产潜力时,灾害因子对作物潜力的影响不容忽视^[34]。需要说明的是,气候生产潜力的模型不同,计算结论存在一定差异。本研究结论可以为葡萄发展提供一个参考,尤其是浙北葡萄生态适宜区、浙中葡萄较适宜区可以进一步发展葡萄产业。此外,本研究采用的基本气象观测站为县级观测站,未使用高密度的中尺度区域自动站,且浙江地形差异明显,小气

候种类多样,地形因素对气候资源分布的影响未考虑,基于格点化环境要素的葡萄气候生产潜力评价有待在以后的工作中进一步探索,从而使评价结果更具精细化和客观性。

参考文献:

- [1] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:59—62.
- [2] 王 蕾,李 华,王 华. 中国葡萄气候区划 I:指标与方法[J]. 科学通报,2017,62(14):1527—1538.
- [3] 陈履荣. 浙江省鲜食葡萄设施栽培的现状与前景[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2004(6):32—35.
- [4] 王 谦. 新疆农业气候资源的分析与评价[J]. 干旱地区农业研究,1992,10(2):91—97.
- [5] 赖荣生,余海龙,黄菊莹. 作物气候生产潜力计算模型研究述评[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):11—14.
- [6] 初 征,郭建平. 未来气候变化对东北玉米品种布局的影响[J]. 应用气象学报,2018,29(2):165—176.
- [7] Odum E P, Barrett G W. 生态学基础[M]. 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等译. 北京:人民教育出版社,1981:42—61.
- [8] Hanks R J. Yield and water - use relationships: an overview [M]// Taylor H M, Jordan W R, Sinclair T R. Limitations to efficient water use in crop production. American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc., 1985:393—411.
- [9] Bouman B A M, van Keulen H, van Laar H H, et al. The school of de Wit crop growth simulation models: a pedigree and historical overview [J]. Agricultural Systems, 1996, 52(2/3): 171—198.
- [10] 赵 安,赵小敏. FAO-AEZ 法计算气候生产潜力的模型及应用分析[J]. 江西农业大学学报,1998,20(4):528—533.
- [11] 侯光良,刘允芬. 我国气候生产潜力及其分区[J]. 资源科学,1985,7(3):52—59.
- [12] 王素艳,霍治国,李世奎,等. 中国北方冬小麦的水分亏缺与气候生产潜力——近 40 年来的动态变化研究[J]. 自然灾害学报,2003,12(1):121—130.
- [13] 郭建平,高素华,潘亚茹. 东北地区农业气候生产潜力及其开发利用对策[J]. 气象,1995,21(2):3—9.
- [14] 商兆堂,张旭晖,商 舜,等. 江苏省冬小麦生产潜力气候变化趋势评估[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):245—249.
- [15] 赵俊芳,郭建平,郭定荣,等. 2011—2050 年黄淮海冬小麦、夏玉米气候生产潜力评价[J]. 应用生态学报,2011,22(12):3189—3195.
- [16] 顾 浩,景元书,申双和,等. 浙江杨梅气候生产潜力研究[J]. 中国农业气象,2008,29(3):290—293,297.

徐胜利. 和田密植红枣果实发育中高维生素 C 积累与相关酶活性及独特环境协同作用的关系[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(5): 90–94.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.05.022

和田密植红枣果实发育中高维生素 C 积累与相关酶活性及独特环境协同作用的关系

徐胜利

(西安外事学院, 陕西西安 710077)

摘要:对 4 个和田红枣品种果实发育过程中维生素 C 含量和半乳糖内酯脱氢酶、抗坏血酸氧化酶、抗坏血酸过氧化物酶、单脱氢抗坏血酸还原酶、脱氢抗坏血酸还原酶的活性以及果实鲜干质量和糖积累进行测试分析, 结果显示, 维生素 C 含量的积累在发育过程中呈“S”形的模式, 其中 120、140 d 是维生素 C 积累最快和最重要的 2 个时期。半乳糖内酯脱氢酶活性与维生素 C 积累速率及糖的变化趋势相似, 二者在 60~120 d 呈明显的线性正相关关系。维生素 C 分解酶抗坏血酸氧化酶和抗坏血酸过氧化物酶只在发育前期短时间内表现活性, 从而使维生素 C 极少被氧化分解, 这是枣果实能积累高水平维生素 C 的重要原因; 单脱氢抗坏血酸还原酶和脱氢抗坏血酸还原酶的活性则主要表现在生育后期, 结果显示, 3 个制干枣品种中维生素 C 含量主要受半乳糖内酯脱氢酶活性调节, 同时维生素 C 代谢酶抗坏血酸氧化酶也对维生素 C 积累起到了重要作用, 而单脱氢抗坏血酸还原酶和脱氢抗坏血酸还原酶活性对维生素 C 积累的作用主要在生长晚期, 制干品种生育期比鲜食品种延长 55~65 d, 果实成熟采收期比其他区域延迟 30~45 d, 此时制干枣品种果实维生素 C 积累明显高于鲜食枣品种。

关键词:枣品种; 抗坏血酸; 半乳糖内酯脱氢酶; 抗坏血酸氧化酶; 抗坏血酸过氧化物酶

中图分类号: S665.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)05-0090-05

维生素 C 是植物体内合成的一类己糖内酯化合物, 不仅是维持人体健康的必需物质, 而且对植物在维持细胞光合和代谢的氧化还原平衡方面具有特殊功能^[1]。它广泛存在于

各类新鲜果和干果中, 是人体必需的维生素之一, 且由于人类缺乏其合成关键酶而只能从食物中获取, 因此, 维生素 C 含量已成为衡量果品品质的重要指标, 果品维生素 C 的合成途径和代谢机理等方面的研究在刺梨、白菜、猕猴桃等中已有报道^[2-4], 而有关和田红枣维生素 C 积累与相关酶活性方面鲜见报道。

植物体内维生素 C 含量受合成和再生能力的调控。维生素 C-谷胱甘肽循环是维生素 C 再生的主要途径。在该途

收稿日期: 2017-11-06

基金项目: 新疆生产建设兵团产学研重大专项(编号: 2010ZX02); 科技部富民强县专项(编号: 2011KJ008)。

作者简介: 徐胜利(1964—), 男, 上海人, 博士, 教授, 研究方向为园林资源与利用研究。E-mail: xusl0997@163.com。

[17] 金志凤, 杨 栋, 姚益平, 等. 浙江省茶叶气候生产潜力评估[J]. 生态学杂志, 2016, 35(7): 1791–1798.

[18] 孙治安, 施俊荣, 翁鹭鸣. 中国太阳总辐射气候计算方法的进一步研究[J]. 南京气象学院学报, 1992, 15(2): 21–29.

[19] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements[M]. Rome: FAO, 1998: 80–85.

[20] 霍治国, 张养才, 李全胜. 亚热带东部丘陵区作物气候生产力研究[J]. 应用气象学报, 1989, 70(3): 300–310.

[21] 牛敏锐, 许泽华, 陈卫平, 等. 贺兰山东麓葡萄干物质积累及养分吸收量研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014(4): 12–14, 18.

[22] Zhang D P, Huang C L. Study of diurnal changes in photosynthetic rate and quantum efficiency of grapevine leaves and their utilization in canopy management[J]. Acta Botanica Sinica, 1995, 37(1): 25–33.

[23] 涂 佳, 邓学良, 周文化, 等. 野生毛葡萄常规营养成分和原花青素含量分析[J]. 食品与机械, 2010, 26(2): 82–85.

[24] Markus K. The science of grapevines[M]. Elsevier Inc., 2000.

[25] 肖晶晶, 金志凤, 李 娜, 等. 浙江省太阳辐射计算及分布特征

[J]. 浙江气象, 2012, 33(3): 13–17.

[26] 于沪宁, 赵丰收. 光热资源和农作物的光热生产潜力 – 以河北省栾城县为例[J]. 气象学报, 1982, 40(3): 327–334.

[27] 刘艳丽, 王全九, 杨 婷, 等. 不同植物截留特征的比较研究[J]. 水土保持学报, 2015, 29(3): 172–177.

[28] 宁金花. 气候变率和变化对中国北方冬小麦气候生产力的影响[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.

[29] 毛 飞, 霍治国, 李世奎, 等. 中国北方冬小麦播种期底墒干旱模型[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(2): 85–91.

[30] 马树庆, 袁福香. 吉林省粮食生产的农业自然资源利用率研究[J]. 中国农业气象, 1997, 18(2): 26–30.

[31] 郭芬芬, 肖晶晶, 张 蕾, 等. 1961—2013 年中国农业界限温度的时空变化特征[J]. 生态学杂志, 2016, 35(2): 489–498.

[32] 裘鹏霄, 陈履荣, 黄寿波. 浙江省葡萄生态气候适宜性区划的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1987, 13(4): 421–428.

[33] 黄武权, 陈增灿. 浙江杭州湾南岸地区巨峰葡萄露地栽培生产调查[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2010(5): 42–44.

[34] 江爱良, 张福春. 中国农业气候生产力的一个模式[J]. 中国农业气象, 1988, 9(1): 16–18.