

‘树上干杏’果实生长与气象因子的相关性

吴顺科¹, 孙丙寅², 郑涛^{3*}, 刘淑明^{3*}

(1. 陕西省凤县平木镇林业站, 陕西 凤县 721700; 2. 杨凌职业技术学院 生态环境工程分院, 陕西 杨陵 712100;
3. 西北农林科技大学 理学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:以7年生‘树上干杏’为材料,测定果实的纵、横径,对试验区各气象因子进行同步观测,分析‘树上干杏’果径(纵径和横径)生长规律及与气象因子的相关性。结果表明,‘树上干杏’果实的果径生长表现为逐渐上升的单S形曲线,分为果实膨大期和果实成熟期2个阶段;果实体积增长呈双S形变化,具有2个生长变化高峰。果径和体积与最高气温、最低气温、地表温度和地下20 cm温度呈显著正相关($P < 0.01$),与瞬时风速、平均风速呈显著负相关($P < 0.01$)。果实的生长发育与气温、地温、风速和光照有密切的相关性。根据‘树上干杏’果实的生长曲线,可充分利用当地的气候资源,在‘树上干杏’生长的关键时期,合理施肥、加强病虫害管理,提升果实的产量和品质。

关键词:树上干杏;果实;果径;气象因子;相关性分析

中图分类号:S662.2

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2022)05-0111-06

Correlation Between Meteorological Factors and Fruit Growth of ‘Shushanggan’ Apricot

WU Shun-ke¹, SUN Bing-yin², ZHENG Tao^{3*}, LIU Shu-ming^{3*}

(1. Pingmu Town Forestry Station, Fengxian 721700, Shaanxi, China; 2. Branch of Eco-environmental Engineering, Yangling Vocational & Technical College, Yangling 712100, Shaanxi, China;
3. College of Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The aim of this study was to study the growth and development dynamics of ‘Shushanggan’ Apricot (apricot fruit dried in the tree) and its relationship with meteorological factors. Taking 7-year-old trees of ‘Shushanggan’ apricot as materials, the longitudinal and transverse diameters of fruits were measured, the meteorological factors in the testing area were determined at the same time, and the correlation between fruit diameter change and meteorological factors at different developmental stages were analyzed. The results showed that the diameter of ‘Shushanggan’ Apricot fruit showed a single ‘S’ dynamic curve, and fruit volume growth curve presented a double ‘S’ type with two growth peaks. Fruit diameter and volume were significantly and positively correlated with maximum temperature, minimum temperature, surface temperature and underground 20 cm temperature ($P < 0.01$), and significantly and negatively correlated with instantaneous wind speed and average wind speed ($P < 0.01$). Fruit growth and development were closely related to temperature, ground temperature, wind speed and light. Based on the growth curve of ‘Shushanggan’ Apricot, It was suggested that local climate resources should be fully used, attention should be paid during the key growth stages in the aspects of reasonable fertilizer application, intensive pest management to improve fruit yield and quality.

Key words: ‘Shushanggan’ apricot; fruit; fruit diameter; meteorological factor; correlation analysis

收稿日期:2021-11-05 修回日期:2022-01-04

基金项目:咸阳市重大科技项目(2020k01-35);咸阳市科技局项目(2019k02-44)。

第一作者:吴顺科。研究方向:森林资源管理。E-mail:1701967482@qq.com

*通信作者:郑涛,在读博士。研究方向:植物资源利用与遗传育种,环境生物物理。E-mail:zhengyhy@163.com;

刘淑明,硕士,教授。研究方向:应用气象及环境生物物理。E-mail:liusm@nwsuaf.edu.cn

‘树上干杏’(‘Shushanggan Apricot’)属新疆杏的地方品种,为中亚品种群。‘树上干杏’果实体态较小,单果的平均质量 10~30 g,果实成熟期散发浓郁的芳香气味,色泽鲜艳^[1]。‘树上干杏’果实、杏仁均含有丰富的营养物质和人体所需的微量元素,果实的糖酸比适宜,口感较好,深受广大消费者的喜爱,具有广阔的种植前景^[2-3]。

2014 年,咸阳市三原县天齐现代农业有限公司引进‘树上干杏’定植,2 a 后开始挂果。根据连续 5 a 的生长观察,‘树上干杏’表现出优良的抗性和适应性,具有较强的抗病虫害、抗旱和抗寒的特性。此外,‘树上干杏’结果早,果实成熟期香气浓郁,色泽黄中带红,杏仁和果肉均含有丰富的微量元素,鲜果和杏仁都具有较高的食用价值。‘树上干杏’的产量较当地品种梅杏产量较低,但价格较高,具有广阔的引种发展前景。但最近几年,在‘树上干杏’成熟期降雨量较多,致使果实落果和裂果,影响成熟期的采摘,造成产量下降^[4]。‘树上干杏’果实的品质和产量取决于果实的生长发育特性,同时也与果实生长发育阶段同期的气象因子有关。因此,探讨‘树上干杏’果实生长与气象因子的相关性,优化‘树上干杏’果实生长发育阶段的生长环境,对提升‘树上干杏’果实品质和产量具有重要的意义。

研究表明,果实生长发育同时期的气象因子对果实的生长、外观、品质和产量具有重要影响^[5-6]。区善汉等^[7]对迟熟蕉柑果实的生长动态进行观测,发现结果显示其生长发育曲线为“大 S”形,果实在 7 月份迅速膨大。薄颖生^[8]发现“西林 3 号”核桃在果实膨大期,气温和土壤温度促进果实的生长呈正相关;降雨量、空气湿度和土壤湿度则与果实的生长呈现负相关。杨培丽等^[9]对低纬度高海拔地区纽荷尔脐橙果实生长发育规律及其与气象因子的相关性研究发现,气温、降雨量和光照促进果实的发育,与果实逐月净生长量呈现显著正相关的关系。

果实的生长发育与品种特性和栽培管理技术密切相关,同时期的气象因子也是果实生长发育阶段的重要影响要素^[10-12]。目前对‘树上干杏’的研究主要集中在果实的品质和引种栽培管理上,果实生长与气象条件相关性研究很少有报道。本试验以三原县天齐现代农业有限公司栽植的‘树上干杏’为材料,通过物候观测和果实生长发育的测定,分析‘树上干杏’果实生长发育规律,探讨果实生长发育与同时期气象因子之间的关系,研究影响‘树上干杏’果实生长发育的重要气象因子,为‘树上干杏’丰产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于咸阳市三原县天齐现代农业有限公司(34°42′59″N,108°51′06″E),海拔 680 m,该区域属暖温带半干旱大陆性季风气候。四季分明,光照充足,无霜期长,春季干旱多风,夏季雨量集中,秋季温和凉爽,冬季干冷少雪。多年平均气温 11℃,极端最低气温-20.8℃、多年平均降水 500 mm,极端年最大降水量为 830 mm,极端年最少降水量 296 mm,降水主要集中在 6—9 月。

栽植试验区土壤母质主要是次生黄土,土壤肥力中等。土壤 pH7.35(偏碱性),有机质质量分数 9.24~12.83 g·kg⁻¹,速效 N 质量分数 34.26~54.70 mg·kg⁻¹,速效 P 质量分数 6.38~12.91 mg·kg⁻¹,速效 K 质量分数 140.95~203.80 mg·kg⁻¹。

供试材料为 2014 年 3 月栽植的 7 年生树上干杏,株高 2.5~5.0 m,冠幅 3.0~4.0 m,株行距 4 m×4 m,南北行向,树势生长健壮,常规化管理,灌溉方便。观测株树势良好,结果正常。

1.2 研究方法

1.2.1 果实生长动态观测 2021 年 3—6 月,在栽植试验区选择生长正常、无病虫害的植株 5 株,作为观测植株,从雌花柱头枯萎后,果实露出第 1 天开始,在样树的东、西、南、北 4 个方向选取长势接近的结果枝挂牌标记,每个结果枝选取 10 个没有病虫害、无机械损伤的果实作为调查对象;每隔 3 d 于 8:00—10:00 用游标卡尺测定 1 次果实的纵径(L-longitudinal diameter)、横径(T-transverse diameter),精确到 0.01 mm,直至果实成熟。按椭圆形体积公式计算果实体积。

果实纵径、横径日均增长量

$$\Delta D = (D_2 - D_1) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

果实的纵径、横径日相对增长率:

$$D_i = (\ln D_2 - \ln D_1) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

式中: ΔD 为果实纵径、横径的日均增量, D_i 为纵径、横径的日相对增长率, \ln 为自然对数, D_1 和 D_2 分别为相邻前后 2 次测定的果径的平均值, $t_2 - t_1$ 为 2 次测定的时间间隔,本式取 3 d。

1.2.2 气象因子观测 测定栽植试验区的空气温度、相对湿度、地表温度、瞬时风速、平均风速、紫外线强度、光照强度以及 5、10、15、20 cm 土壤温度。

1.3 数据处理

利用 Excel 2010 对‘树上干杏’果实生长动态观测的数据统计分析,SPSS24.0 和 Origin Pro 构

建‘树上干杏’果实生长发育的数学模型,模拟‘树上干杏’果实生长发育的回归方程;分析果实纵径、横径日均增长量与气象因子的相关性。

2 结果与分析

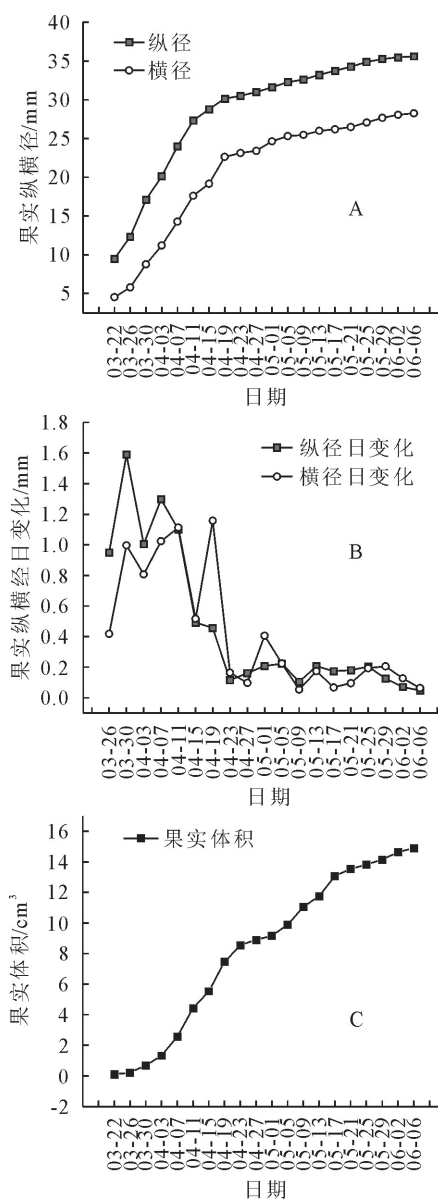
2.1 ‘树上干杏’果实生长发育规律

观测表明,‘树上干杏’果实的生长发育阶段为3月下旬至6月中旬,成熟期在6月中上旬,果实生育期80 d左右。从图1A可以看出,以调查时间为自变量,果实的纵径和横径的测量值为变量,做回归分析,并计算其相关指数 R^2 ;发现‘树上干杏’果实的纵径和横径的生长曲线呈抛物线,其中果实纵径生长曲线为 $y = -0.0066x^2 + 581.38x - 1E + 07$, $R^2 = 0.9637$,果实横径生长曲线为 $y = -0.0059x^2 + 522.27x - 1E + 07$, $R^2 = 0.9833$ 。果实生长发育分为2个阶段:果实快速膨大期(3月下旬至4月中旬)和果实缓慢生长期(4月下旬至6月上旬);在3月下旬—4月中旬,果实的生长以细胞分裂、细胞增大为主,以果实的体积增长为主,体现在果实纵径和横径的迅速增大;4月下旬至6月上旬,‘树上干杏’的果实纵、横径增长速率逐渐下降,果实生长缓慢,逐渐进入成熟期,此时果实主要体现在糖分的积累以及相关物质之间的转换与积累。由图1B可知,在谢花后15 d(3月30日),果实的纵径增长量最大(4.77 mm),日均增长1.59 mm;果实横径在谢花40 d(4月19日)时增长量最大,为3.48 mm,日均增长1.16 mm。果实的纵径和横径在谢花40 d(4月19日)日均变化幅度趋于稳定。从图1C可以看出,‘树上干杏’的果实体积增长曲线表现为不太明显的双S形增长曲线,呈现快—慢—快的增长趋势;有2次增长高峰,第1次出现在果实快速膨大期(3月26—4月19日),第2次出现在果实的缓慢生长期(5月5日—5月20日)。表明‘树上干杏’果实体积增长的快慢与纵横径生长同步。

2.2 ‘树上干杏’果实的纵径、横径日增长率

果实纵径、横径日增长率反映了果实在单位时间内(本研究单位时间为日)的增长量占其生长期总增长量的比率。图2(A)表明,‘树上干杏’的果实的纵径、横径日增长率在果实快速膨大期(3月26日至4月19日)明显高于果实成熟期,其中果实的横径日增长率高于纵径的日增长率。在果实生长发育的前1/3时期,‘树上干杏’横径增长量占全年增长量的89.15%,纵径的增长量占全年增长量的88.53%,说明3月下旬至4月中旬是‘树上干杏’果实纵径、横径生长的主要阶段,是果实体积增大的重

要阶段。从4月下旬至果实成熟,果实的纵径、横径的日增长率逐渐降低,果实的纵横径变幅逐渐趋于稳定,直至果实成熟。



A. ‘树上干杏’果径生长曲线;B. 果径日变化趋势;C. 果实体积增长动态

图1 树上干杏果实直径和体积变化曲线

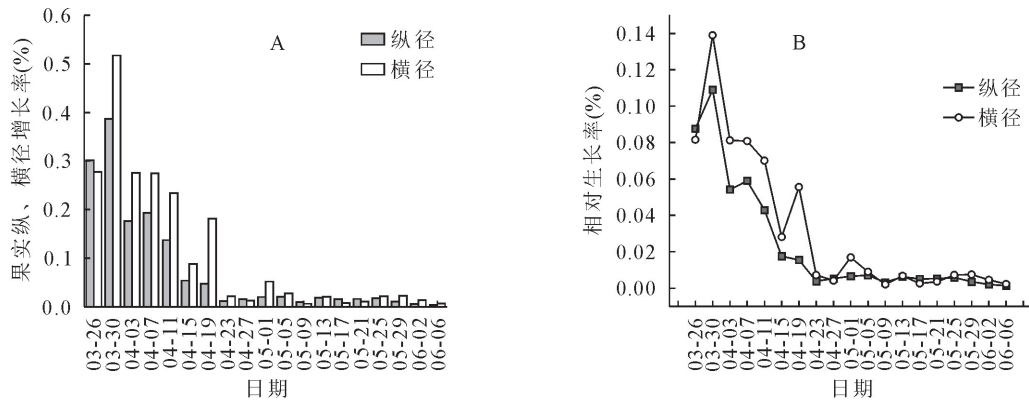
Fig. 1 Fruit diameter and volume change curve for ‘Shushanggan Apricot’

2.3 ‘树上干杏’果实的纵径、横径相对生长速率

果实的纵径、横径相对生长速率反映了在单位时间内的增长速度。图2(B)显示,在生长发育阶段,‘树上干杏’果实的纵径相对生长速率出现3个峰值;横径的相对生长速率出现4个峰值;其中纵径、横径相对生长速率有3个共同的明显峰值,分别出现在3月30日、4月7日和4月19日,横径的相对生长速率在5月1日还出现1个峰值。4月19日后果实的纵径、横径相对增长率逐渐趋于稳定,逐渐减小。根据果实的纵径、横径相对生长速率,依然

可以把‘树上干杏’果实的生长发育分为 2 个阶段，分别为果实的快速膨大期和果实成熟期，与果实纵横径的观测结果保持一致。3 月下旬至 4 月中旬为

‘树上干杏’果径增大的阶段，在 4 月下旬至 6 月中旬，是果实营养积累，光合产物向果实运输的阶段，主要积累干物质。



A. ‘树上干杏’果实的果径的日增长率;B. ‘树上干杏’果径的相对增长率

图 2 树上干杏果径增长率

Fig. 2 Fruit diameter growth rate of ‘Shushanggan Apricot’

2.4 ‘树上干杏’果径、体积与同期气象因子的相关性分析

在生长发育阶段，果实纵横径与同日气象因子的相关性分析结果见表 1。果实纵径、横径和体积与日最高气温和日最低气温呈现极显著正相关 ($P<0.01$)，与地表平均温度、地表最高温度和地表最低温度呈现极显著正相关 ($P<0.01$)。果实纵、横径与光照强度呈现正相关 ($P<0.05$)，相关系数分别为 0.541、0.567。果实体积与地下 10 cm 温度呈现正相关。纵径、横径和体积与地下 15 cm 温

度和地下 20 cm 温度呈现极显著正相关 ($P<0.01$)。对‘树上干杏’果实外观形态影响有负影响的气象因子是瞬时风速、平均风速，均达极显著水平 ($P<0.01$)。从相关性分析可知，果实纵横径和体积主要受温度和风速的影响，温度和风速是影响‘树上干杏’果实外观的主要气象因子；日最高气温、日最低气温、地表最高温度、地表最低温度及地下 15 cm 温度和地下 20 cm 是影响最大的正因子，瞬时风速、平均风速是影响最大的负因子。

表 1 树上干果径、体积与气象因子的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between fruit diameter and volume of ‘Shushanggan Apricot’ and meteorological factors

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
纵径	0.576**	0.636**	-0.447	0.900**	0.865**	0.698**	-0.677**	-0.748**	0.541*	0.156	0.410	0.598**	0.687**
横径	0.629**	0.685**	-0.424	0.908**	0.867**	0.723**	-0.716**	-0.780**	0.567*	0.181	0.446	0.630**	0.726**
体积	0.728**	0.773**	-0.377	0.877**	0.821**	0.782**	-0.799**	-0.820**	0.454	0.267	0.523*	0.707**	0.808**

注：* 表示相关性达显著水平 ($P<0.05$)；** 表示相关性达极显著水平 ($P<0.01$)。 X_1 ：日最高气温； X_2 ：日最低气温； X_3 ：空气湿度(%)； X_4 ：地表平均温度； X_5 ：地表最高温度； X_6 ：地表最低温度； X_7 ：瞬时风速/($m \cdot s^{-1}$)； X_8 ：平均风速/($m \cdot s^{-1}$)； X_9 ：光照强度(Lx)； X_{10} ：地下 5 cm 温度； X_{11} ：地下 10 cm 温度； X_{12} ：地下 15 cm 温度； X_{13} ：地下 20 cm 温度。

3 结论与讨论

3.1 ‘树上干杏’生长动态变化

研究区地处渭河冲积平原和陕北黄土高原之间，春季风大，土壤蒸发量大，春夏季易发生干旱，但光照充足，黄土层较厚，昼夜温差较大。树上干杏的抗旱能力较强，适合在渭北旱塬栽植，较大的昼夜温差也有利于果实糖分的积累。

‘树上干杏’果实的生长发育分为果实膨大期(雌花柱头干枯至谢花 40 d)和果实成熟期(4 月下旬至 6 月上旬)。在果实膨大期，果实横径的日均增长率高于纵径，果径的相对生长速率同步出现 3 个

峰值(3 月 30 日、4 月 7 日和 4 月 19 日)，在果实成熟期(4 月 19 日后)，果径的日均增长率和相对生长速率逐步趋于稳定，果实进入干物质积累阶段。从果实直径生长变化来看，‘树上干杏’的果实增长分为 2 个阶段：果实膨大生长期和果实成熟期；在果实膨大生长期，果实横、纵径增长速度最快，为花后 0~40 d；果实成熟期为 4 月下旬至果实成熟。该研究结果表明，‘树上干杏’果实的纵径、横径生长表现为逐渐上升的单 S 形曲线特征；果实体积增长为呈双 S 形增长曲线，出现 3 个时期，即 2 个生长高峰期和 1 个缓慢生长期，2 个生长高峰期分别出现在果实快速膨大期(3 月 26—4 月 19 日)和果实的缓慢

生长期(5月5日—5月20日)。

刘娇等^[13]研究发现,“云新高原”核桃果实三径累积生长量随生长时间的动态变化呈慢—快—慢的“S”形曲线,将果实的生长发育阶段分为3个生长期:生长初期,快速生长期,稳定生长期。“温克”葡萄果实体积增长表现为双S形曲线,呈快—慢—快变化,有2次增长高峰^[14]。一般认为,在3月下旬至4月中旬,平均温度逐步升高,果实迅速发育生长,其原因可能是温度升高抑制花蕾的分化,缩短了生殖生长的时间,加快了果实的生长,短期内促进果实的迅速膨大。

3.2 气象因子对树上干杏果实生长的影响

在‘树上干杏’的生长发育阶段,气象因子发挥着重要作用,各个气象要素之间相互作用又相互制约。通过对影响‘树上干杏’果径的生长观测,以及果径与同期13种气象因子进行相关性分析,结果表明,果径和体积与气温、地表温度和土层温度呈显著正相关,与瞬时风速、平均风速呈显著负相关。气象因子对‘树上干杏’果实的生长发育具有重要的影响,各气象因子发挥着不同的作用,共同调节果实的生长。

果实生长发育过程中,气温、地表温度和风速具有显著影响^[15-18],如日最高气温^[19]、日最低气温^[20]、空气湿度^[21]、日照时数^[22]、风速及地表温度^[23]。赵玉萍等^[24]研究发现温度对温室番茄(*Lycopersicon esculentum*)生长发育具有重要影响,温度越高,番茄果实前期的发育越快,并且促进果实提前成熟。刘海艳等^[25]研究发现,大红袍荔枝(*Litchi chinensis*)的果实发育时间和生理落果与光照时间和降雨量有关。本研究数据显示,‘树上干杏’果径与气温、地表温度呈显著正相关,这可能与气温积温较低有关,导致‘树上干杏’在同时期果径较上年同期较小,同时低温发生和降雨量较多造成果实坐果率降低。在3月下旬至4月中旬,是‘树上干杏’果径增大的主要阶段,在这一阶段应该做好低温防控,预防霜冻,同时搭棚减少降雨对果实坐果率的影响;这一阶段‘树上干杏’的果实果径增长量占全年增长量的88%以上,在3月末至4月初对‘树上干杏’进行适当的补水增肥措施,满足‘树上干杏’果实生长的需求。在果实的成熟期,应该调节水肥,控制N肥的施入量和灌溉次数,使果实在此阶段能积累更多的干物质。

风在作物的生长发育阶段也起到重要的调节作用^[26]。风速增大,使空气流通加强,可以避免作物叶面出现极端温度和湿度过高,调节作物生长环境的温度和湿度,在一定程度上有利于作物的生长发育^[27]。研究报告显示,在微风、低风状态下,植物的

光合作用效率对着风速增大逐渐增强,但是风速继续增大,植物叶片间隙二氧化碳浓度降低,植物的光合作用也随之降低。在低风速和微风状态下,叶片的片流层变薄,有利于叶片间CO₂的流通,增加叶片间CO₂的浓度,进而增加植物的光合作用,增加有机物质的积累,促进植物的生长^[28]。微风吹动叶片,可以增大叶片的间隙,既增加了叶片间CO₂的供应量,也增加光的透射量,增加光和有效辐射面积,增加叶片对光能的利用效率。经过研究发现,在太阳辐射与气温基本相同的前后2d,有风天玉米干物质的积累增量要比没有风高40%。‘树上干杏’栽植区春季风速较大,降低了‘树上干杏’叶片间CO₂的浓度,减少叶片的光合作用,在一定程度上阻碍植物干物质的积累,不利于果实膨大,这与本试验测定的结果一致,即‘树上干杏’果实纵径、横径的生长发育受到风速的负调节。

参考文献:

- [1] 郑涛,苏柯星,丛桂芝,等. 树上干杏和梅杏果实品质分析与综合评价[J]. 食品与发酵工业,2021,47(9):201-207.
ZHENG T, SU K X, CONG G Z, et al. Quality analysis and comprehensive evaluation of the ‘Shushanggan’ apricots and apricots[J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(9): 201-207. (in Chinese)
- [2] 冷传祝,王威,李慧,等. 不同采收成熟度树上干杏的品质分析[J]. 食品研究与开发,2017,38(11):1-4.
LENG C Z, WANG W, LI H, et al. Quality analysis of ‘shushanggan’ apricot at different ripening stages[J]. Food Research And Development, 2017, 38(11):1-4. (in Chinese)
- [3] 丛桂芝,石游,陈淑英,等. “树上干杏”不同品种果实品质分析[J]. 北方园艺,2021(1):36-41.
- [4] 何晓光,陈明杰,孙丙寅,等. 渭北“早腰带”树上干杏栽培技术研究[J]. 陕西农业科学,2020,66(11):64-66.
- [5] 钟飞霞,王瑞辉,廖文婷,等. 高温少雨期环境因子对油茶果径生长的影响[J]. 经济林研究,2015,33(1):50-55.
- [6] 姚小英,李瞳,马杰,等. 陇东南“花牛”苹果产量质量与气象因子相关性研究[J]. 中国农学通报,2018,34(4):108-112.
YAO X Y, LI T, MA J, et al. Huanu apple in southeast Gansu: the correlation between yield and quality and meteorological factors[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(4): 108-112. (in Chinese)
- [7] 区善汉,麦适秋,梅正敏,等. Neilson 脐橙果实生长发育规律研究[J]. 广西农业科学,2010,41(11):1208-1210.
- [8] 薄颖生. “西林3号”核桃果实生长与气象因子相关性[J]. 林业科技通讯,2017,11:10-13.
- [9] 杨培丽,周导军,姜新,等. 纽荷尔脐橙果实生长与气象要素的相关性[J]. 南方农业学报,2015,46(5):844-849.
YANG P L, ZHOU D J, JIANG X, et al. Correlation of meteorological elements with fruit growth of Newhall navel orange[J]. Journal of Southern Agriculture, 2015, 46(5):844-849. (in Chinese)

- [10] 杨延青. 壶瓶枣果实生长动态与气象因子的关系[J]. 经济林研究, 2105, 33(2): 41-45.
YANG Y Q. Relationship between fruit growth dynamics of Huping *Jujuba* and meteorological factors[J]. Non-wood Forest Research, 2105, 33(2): 41-45. (in Chinese)
- [11] 谢远玉, 赖晓桦, 朱凌金, 等. 气象条件对柑桔果实膨大速度的影响[J]. 中国农业气象, 2007(4): 406-408.
XIE Y Y, LAI X Y, ZHU L J, *et al.* Influence of meteorological conditions on fruit inflation velocity of orange[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007(4): 406-408. (in Chinese)
- [12] 刘丽, 蔡迪花, 苏军锋, 等. 甘肃武都核桃物候期和产量构成要素变化及其对气候要素的响应[J]. 中国农学通报, 2018, 34(16): 100-105.
LIU L, CAI D H, SU J F, *et al.* Phenological phase and yield components of walnut in Wudu of Gansu: variation characteristics and their responses to climate factors[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(16): 100-105. (in Chinese)
- [13] 刘娇, 杜春花, 范志远, 等. “云新高原”核桃果实实生长发育规律研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(3): 113-115, 133.
LIU J, DU C H, FAN Z Y, *et al.* Growth rules of walnut cultivar ‘Yunxin Gaoyuan’[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2017, 32(3): 113-115, 133. (in Chinese)
- [14] 胡子有. 基于果粒体积和横径及纵径的“温克”葡萄果实实生长发育规律分析[J]. 北方园艺, 2018(20): 48-51.
HU Z Y. Growth and development of ‘Wink’ grape with fruit volume longitudinal diameter and transverse diameter[J]. Northern Horticulture, 2018(20): 48-51. (in Chinese)
- [15] 郑爱英, 陈清西, 谢倩, 等. 昼夜温度对四季草莓生长、光合及果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2020(14): 32-41.
ZHENG A Y, CHEN Q X, XIE Q, *et al.* Effects of diurnal temperature on growth, photosynthesis and fruit quality of seasonal strawberry[J]. Northern Horticulture, 2020(14): 32-41. (in Chinese)
- [16] 马凤莲, 魏瑞江, 王鑫, 等. 日光温室黄瓜生长积温研究[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(4): 85-92.
MA F L, WEI R J, WANG X, *et al.* Study on accumulated temperature for cucumber growth in greenhouse[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2019, 35(4): 85-92. (in Chinese)
- [17] 刘璐, 郭梁, 王景红, 等. 中国北方苹果主产地苹果物候期对气候变暖的响应[J]. 应用生态学报, 2020, 31(3): 845-852.
LIU L, GUO L, WANG J H, *et al.* Phenological responses of apple tree to climate warming in the main apple production areas in northern China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(3): 845-852. (in Chinese)
- [18] 梅正敏, 区善汉, 张社南, 等. “特晚熟蕉柑”落花落果及果实实生长发育规律观察分析[J]. 中国南方果树, 2019, 48(6): 17-20.
- [19] 池再香, 张锦, 肖钧, 等. 红阳猕猴桃种植基地自动站温度对其生长季的影响[J]. 气象科学, 2018, 38(2): 258-263.
CHEN Z X, ZHANG J, XIAO J, *et al.* Impact of base meteorological automatic station of temperature on Hongyang kiwifruit growing season[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2018, 38(2): 258-263. (in Chinese)
- [20] 张奇, 任利明, 梁宏喆, 等. 气象条件对不同品种花椒果实生长发育的影响[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(5): 111-115.
ZHANG Q, REN L M, LIANG H Z, *et al.* Effects of meteorological conditions on the growth of different varieties of pepper fruit[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(5): 111-115. (in Chinese)
- [21] 涂美艳, 江国良, 杜晋城, 等. 大棚内外温湿度对枇杷春梢和果实实生长发育的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2336-2341.
TU M Y, JAING G L, DU J C, *et al.* Effects of Air temperature and relative humidity on growth and development of spring shoot and fruit of loquat[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2011, 24(6): 2336-2341. (in Chinese)
- [22] 李文旭, 吴政卿, 雷振生, 等. 河南省主要气象因子变化及其对主要粮食作物单产的影响特征[J]. 作物杂志, 2021(1): 124-134.
LI W X, WU Z Q, LEI Z S, *et al.* The characteristics of climate factors change and its effects on main grain crops yield per unit area in Henan Province[J]. Crops, 2021(1): 124-134. (in Chinese)
- [23] 张磊, 段晓凤, 李红英, 等. 宁夏枸杞生长的气象条件分析及管理措施[J]. 北方果树, 2014(4): 16-19.
ZHANG L, DUAN X F, LI H Y, *et al.* Correlation between morphological characteristics and meteorological factors of *Lycium barbarum* L. [J]. Northern Horticulture, 2014(4): 16-19. (in Chinese)
- [24] 赵玉萍, 邹志荣, 白鹏威, 等. 不同温度对温室番茄生长发育及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(2): 133-137.
ZHAO Y P, ZOU Z R, BAI P W, *et al.* Effect of different temperature on the growth and yield of tomato in greenhouse[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(2): 133-137. (in Chinese)
- [25] 刘海艳, 赖自力, 李于兴. 泸州大红袍荔枝花果发育与主要气象因子的响应研究[J]. 中国热带农业, 2014(4): 31-36.
- [26] ZHANG Y, HE F, LI D, *et al.* Effects of high temperature steam treatment on microbial and phytochemical contents, antioxidant activities, chemical stability, and shelf life of oral liquid prepared from the leaves of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. [J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41: 1-7.
- [27] YANG J, ZHANG X, JIN Q, *et al.* Effect of meteorological parameters and regions on accumulation pattern of phenolic compounds in different mulberry cultivars grown in China[J]. Nat. Prod. Res., 2017, 31: 1091-1096.
- [28] BINIARI K, XENAKI M, DASKALAKIS I, *et al.* Polyphenolic compounds and antioxidants of skin and berry grapes of Greek *Vitis vinifera* cultivars in relation to climate conditions[J]. Food Chem, 2020, 307: 125-518.