

网络出版时间:2021-03-12 12:03 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2021.09.016
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20210311.1546.015.html

西梅法兰西采前落果相关影响因子研究

木合塔尔·扎热^{1,2},阿卜杜许库尔·牙合甫^{1,2},
马合木提·阿不来提^{1,2},故丽米热·卡克什^{1,2}

(1 新疆林业科学院 经济林研究所,新疆 乌鲁木齐 830063;2 新疆林木资源与利用国家林草局重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830020)

【摘要】 【目的】筛选西梅品种法兰西采前落果的相关影响因子,为法兰西采前落果机理研究提供理论参考。 【方法】以西梅优良品种法兰西为试验对象,以果实着色情况为依据,在 50 株试验树东、南、西、北方位的树冠内外和上中下层,分别摘取未着色正常果实(对照,CK)、30%着色果实(T1)、50%着色果实(T2)和 80%着色果实(T3)各 20 个,并捡取掉落时间不到 1 d 的落果(100%着色,T4)100 个,将每个同样着色程度重复的果实充分混匀后,从中随机选取 30 个果实测定单果鲜质量、果实纵横径、果形指数、果面色差值(L^* 、 a^* 、 b^*)等特征参数及果实养分含量等指标,分析法兰西采前果实着色程度与测定指标的相关性,筛选采前落果的主要影响因子。 【结果】果面着色程度不同的法兰西单果鲜质量之间差异均不显著;果形指数随落果着色程度加深而呈逐渐增大趋势,其中 CK 与 T4 间差异达到显著水平;随法兰西落果着色程度加深,果面色差值 L^* 和 b^* 呈逐渐下降趋势,而 a^* 逐渐升高,果实颜色向黄、红色转变。法兰西采前落果中的全氮(N)、全磷(P)、锰(Mn)、铁(Fe)和硼(B)含量均随采前落果着色程度的加深呈下降趋势,而钾(K)、锌(Zn)、铜(Cu)和硒(Se)含量则随采前落果着色程度加深均呈上升趋势。相关性分析表明,果面色差值 a^* 与果形指数及果实 K、Zn、Cu 和 Se 含量间均存在极显著正相关关系,与色差值 L^* 、 b^* 及果实 N、P、Mn、Fe 和 B 含量间均存在极显著负相关关系,其中与 L^* 、 b^* 、N、Mn 和 Fe 的相关系数均高于 0.9。 【结论】法兰西采前落果是果实营养不平衡导致的果实过早衰退而进入成熟期的表现。

【关键词】 西梅;法兰西;采前落果;落果机理;落果因子

【中图分类号】 S662.306⁺.2 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2021)09-0137-07

Factors affecting preharvest fruit drop of French prune
(*Prunus domestica* L. cv. French)

MUHTAR Zari^{1,2}, ABDUXUKUR Yakup^{1,2}, MAHMUT Ablat^{1,2}, GULMIRA Kakix^{1,2}

(1 Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830063, China;

2 Key Laboratory of Forest Resources and Utilization in Xinjiang of National Forestry and Grassland
Administration, Urumqi, Xinjiang 830020, China)

Abstract: 【Objective】 The factors affecting preharvest fruit drop of French prune (*Prunus domestica* L. cv. French) were screened to provide reference for better understanding mechanism of preharvest fruit drop. 【Method】 An excellent cultivar of *Prunus domestica* L. “French prune” was used in this study. Based on fruit coloring, 20 fruits of each treatment among uncolored normal fruits (CK), 30% colored fruits (T1), 50% colored fruits (T2) and 80% colored fruits (T3) were collected from upper, middle and lower layers in both inside and outside of east, south, west and north positions of crown of 50 trees. T4 included 100 fruits dropped within 1 day (100% colored). After complete mixing, 30 fruits were randomly selected

〔收稿日期〕 2020-08-05
〔基金项目〕 2018 年中央财政林业改革发展基金项目“西梅优良品种推广及标准化管理技术示范”(新〔2018〕TG19)
〔作者简介〕 木合塔尔·扎热(1980—),男(维吾尔族),新疆库车人,助理研究员,博士,主要从事果树栽培生理研究。
E-mail: muhtarzari@126.com

for measuring characteristic parameters of fresh weight, vertical and horizontal diameters, fruit shape index, fruit surface color difference (L^* , a^* and b^*) and fruit nutrient contents. The correlations between preharvest coloration degree and measured indexes were analyzed and main influencing factors were preliminarily screened. 【Result】 There were no significant differences in fresh weight of single fruit with different colors, and fruit shape index increased gradually with the deepening of coloring degree, among which relationship between CK and T4 was significant. With the deepening of coloring degree, color difference values L^* and b^* of fruit surface showed a decreasing trend, a^* was gradually increasing, and fruit color was tending to yellow and red. Contents of total nitrogen (N), total phosphorus (P), manganese (Mn), iron (Fe) and boron (B) in preharvest drop fruits decreased with the deepening of surface coloring degree, while contents of potassium (K), zinc (Zn), copper (Cu) and selenium (Se) increased. Correlation analysis showed that there were significant positive correlations between a^* and fruit shape index as well as contents of K, Zn, Cu and Se. There were extremely significant negative correlations among a^* with L^* , b^* and contents of N, P, Mn, Fe and B, and all correlation coefficients were higher than 0.9 except those with P and B. 【Conclusion】 The preharvest fruit drop of French prune was a comprehensive phenomenon of premature and early maturity caused by imbalance of fruit nutrition.

Key words: *Prunus domestica* L.; French prune; preharvest fruit drop; mechanism of fruit drop; factor of fruit drop

法兰西(*Prunus domestica* L. cv. French)是蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus*)欧洲李(西梅)种, 英文名为“French prune”^[1]。法兰西果肉芳香甜美、口感润滑, 且富含维生素、抗氧化剂和食物纤维素, 同时兼含铁和钾等矿物质, 不含脂肪和胆固醇, 是现代健康饮食不可缺少的佳品^[2]。新疆作为西梅的主要产地之一, 在大力发展新疆特色林果业的号召下, 新疆各地引入了法兰西的部分优良品种, 在喀什、克州、巴音郭楞州、阿克苏等地栽培面积不断扩大, 并形成了区域性规模化生产, 其中喀什地区伽师县有种植面积最大的法兰西基地, 占地约 10 000 hm², 其中 2/3 已进入盛果期。新疆因得天独厚的地理位置和气候环境, 所生产的法兰西在水果市场上深受消费者的青睐^[3-4], 现已成为当地果农增收致富的支柱产业。随着法兰西经济效益的日益显现, 种植面积快速增加, 但盲目追求丰产而不科学地大量使用各种肥料和农药, 使树体负载量大大加重, 营养平衡受到破坏, 导致部分果实过早着色掉落, 因其品质还未达到商品标准而无法销售, 严重影响果农的经济收入。果实采前落果现象于果实临近成熟前发生, 是果树对逆境因素的自我调整。有研究发现, 通过使用各类植物生长调节剂^[5-15]、杀菌剂^[16]、套袋技术^[17]及改善田间水肥管理^[18-19]等措施, 可在一定程度上减少梨、枣、柑橘、荔枝、杨梅、桃等果树的采前落果, 且能显著改善果实品质, 提高商品率。冯军仁等^[15]对红西梅采前落果的研究表明, 红西梅的采前

落果既有品种的遗传特性因素, 也有栽培技术的原因, 认为在果实采前 1 个月, 用 NAA(60 mg/L)、GA₃(200 mg/L)、2,4-D(20 mg/L)喷洒 2 次, 可以显著减轻采前落果。但对西梅法兰西而言, 截至目前尚未见关于其采前落果相关因子及其调控机理的研究报道。为此, 本研究以西梅优良品种法兰西为研究材料, 以过早着色作为确定采前落果的依据, 测定不同着色程度法兰西单果的鲜质量、果实纵横径、果形指数、果面色差特征参数、果实养分含量, 并进行相关性分析, 以期初步明确法兰西采前落果的相关影响因子, 为法兰西采前落果机理的进一步研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试验设计

本研究以西梅优良品种法兰西作为试验对象, 采样点位于新疆喀什地区伽师县英买里乡法兰西园(面积为 8.5 hm²), 树龄为 13~14 年, 南北行向, 砧木为野生桃树, 株行距为 4 m×6 m。2018 年采前落果率约为 20%, 2019 年采前落果率为 18.3%, 2018 年平均产量为 31 950 kg/hm²。按法兰西常规管理技术措施进行田间水肥管理、整形修剪和病虫害防治。

常规管理和正常气候下, 法兰西果实到 7 月下旬才开始着色, 随后颜色愈显紫红色, 过早着色是采前落果的前兆, 2019 年 6 月 29 日挂牌标记的过早

着色法兰西果实的落果率为 99.3%。于 2019 年 6 月 29 日,首先在试验园内选择 5 行(5 个重复,隔行选 1 行)果树,并在每行内连续选择 10 株法兰西果树作为采样树,以果实着色情况为依据,在每株试验树东、南、西、北方位的树冠内外和上、中、下层分别摘取未着色正常果(对照,CK)、30%着色果实(T1)、50%着色果实(T2)、80%着色果实(T3)各 20 个,并捡取已掉落(掉落时间不到 1 d)的果实(100%着色,T4)100 个,将每个同样着色程度重复的果实混在一起,充分混匀后从中随机选取 30 个果实,测定单果鲜质量、果实纵横径及果面色差值(光亮度值 L^* 、红绿色差值 a^* 、黄蓝色差值 b^*)等特征参数。将果实带回实验室装入牛皮信封袋进行烘干,首先在 110℃下烘干 10 min,然后在 60℃下烘干至恒质量,粉碎后装入封口袋用于养分含量等相关指标的测定。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 单果鲜质量与果形指数的测定 单果鲜质量使用 1/1000 的 CL 小量程精密天平测定,果实纵径和横径使用 1/100 的 CDK 数显电子游标卡尺测定。每个梯度的每个重复共测定 20 个果实,结果取其平均值。果形指数为果实纵径与横径的比值,即果形指数=果实纵径(mm)/果实横径(mm)。

1.2.2 果面色差值的测定 果实浸水处理前,对每个重复的 30 个果实使用 NR145 型(测量口径为 8 mm)全自动便携式色差计测定果实色泽,获得 L^* 、 a^* 和 b^* 值,采用国际照明组织 CIE 制定的均匀色空间 L^* 、 a^* 、 b^* 表色系统评价果实色泽^[20]。 L^* 值表示表面颜色深浅, L^* 值越大,表示颜色越浅,表面

越有光泽,反之颜色越深,果面暗淡无光泽; a^* 值表示红绿程度,其值为“+”表示红的程度,为“-”表示绿色程度, a^* 值变大表示红色加重; b^* 值表示黄蓝的程度, b^* 值为“+”时表示黄的程度, b^* 值增大表明黄色加深。

1.2.3 果实养分含量的测定 法兰西果实的养分含量参考常规分析法^[21]测定。全氮(N)含量采用半微量-凯氏定氮法测定;全磷(P)含量采用 $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$ 分解,钼锑抗比色法测定^[22];钾(K)、锌(Zn)、锰(Mn)、铜(Cu)、铁(Fe)、硼(B)和硒(Se)含量均采用 HF-HClO_4 分解,原子吸收法测定^[22]。

1.3 数据统计与分析

试验数据均取($n\geq 3$)平均值,用“平均值±标准差”表示,采用 SPSS 16.0 统计软件对试验所测数据进行单因素方差分析,用 SigmaPlot 10.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 法兰西采前落果不同着色果实单果鲜质量、果形指数的比较

由表 1 可见,法兰西采前落果不同着色果实的单果鲜质量间均无显著差异。不同着色果实纵横径相比,CK 果实纵径与 T1、T2 和 T3 之间均差异不显著,但 T1 处理果实的纵径显著小于 T4;CK 果实横径显著高于 T1,但与 T2、T3 和 T4 差异均不显著。法兰西采前落果不同着色果实的果形指数随着果面着色程度的加深而呈逐渐增大趋势,其中 CK 的果形指数与 T1、T2 和 T3 之间均无显著差异,但显著小于 T4。

表 1 法兰西采前落果不同着色果实单果鲜质量和果形指数的比较

Table 1 Comparison on single fruit weight and fruit shape index of preharvest dropping fruit with different colored of French prune

着色梯度 Coloring gradient	单果鲜质量/g Single fruit fresh weight	果实纵径/mm Fruit longitudinal diameter	果实横径/mm Fruit transverse diameter	果形指数 Fruit shape index
CK	17.883±0.947 Aa	37.960±0.332 Aab	30.590±0.687 Aa	1.240±0.026 Ab
T1	15.292±0.685 Aa	36.340±0.890 Ab	28.897±0.918 Ab	1.260±0.072 Aab
T2	17.864±0.906 Aa	38.373±0.690 Aab	29.817±0.405 Aab	1.287±0.012 Aab
T3	17.878±2.131 Aa	38.170±1.510 Aab	29.523±0.898 Aab	1.293±0.015 Aab
T4	17.057±2.340 Aa	38.857±1.860 Aa	29.343±1.170 Aab	1.323±0.015 Aa

注:同列数据后标不同小写或大写字母表示不同着色梯度果实间存在显著或极显著差异。下同。
Note: After the data in same column, different lowercase or capital letters indicate that there are significant or extremely significant differences among fruits with different color gradients. The same below.

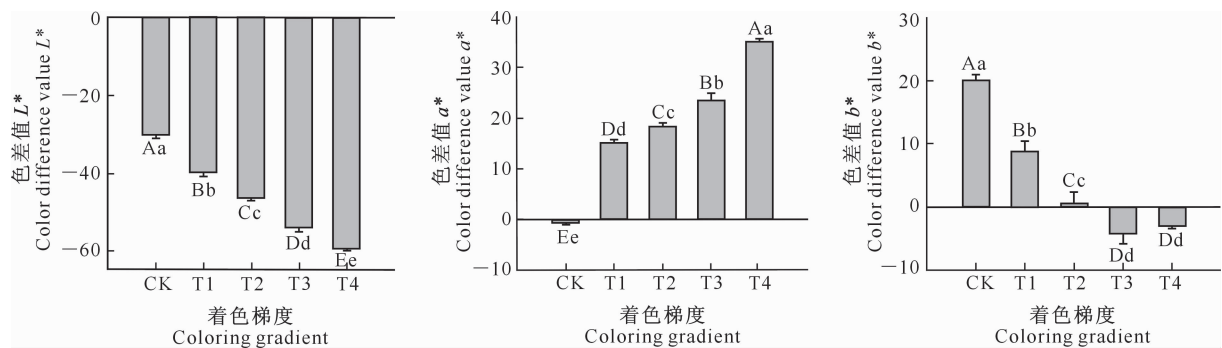
2.2 法兰西采前落果不同着色果实果面色差的比较

由图 1 可知,随着法兰西采前落果果实着色程度的加深,果面色差值 L^* 呈逐渐下降趋势,CK、T1、T2、T3 和 T4 相互间均有极显著差异,其中 T4

的果面色差值 L^* 是 CK 的 1.969 倍;果面色差值 a^* 随着果实着色程度的加深呈逐渐升高趋势,CK、T1、T2、T3 和 T4 相互间差异均达极显著水平;从外观上看,CK 果面仍呈绿色,而 T1、T2、T3 和 T4

均为红色,其果面色差值 a^* 分别为 15.100 ± 0.608 , 18.393 ± 0.567 , 23.513 ± 1.385 和 35.080 ± 0.478 ;果面色差值 b^* 随果面着色程度加深总体呈

逐渐下降趋势,CK 的色差值 b^* 极显著大于 T1、T2、T3 和 T4,而 T3 与 T4 间差异不显著,但均极显著低于 T1 和 T2。



图柱上标不同小写或大写字母表示不同着色梯度果实间存在显著或极显著差异,下同
Different lowercase or capital letters indicate significant or extremely significant differences among fruits with different coloring gradients. The same below

图 1 法兰西采前落果不同着色果面色差特征参数的比较

Fig. 1 Comparison of color difference characteristic parameters of preharvest dropping fruits with different colors of French prune

2.3 法兰西采前落果不同着色果实大量元素的比较

由图 2 可以看出,随着法兰西采前落果果实着色程度的加深,果实中的大量元素 N 和 P 含量均呈逐渐下降趋势,而 K 含量反呈逐渐增高趋势。其中 N 含量以 CK 最高,T4 最低,CK、T1、T2、T3 和 T4 相互间均存在极显著差异;P 含量以 CK 极显著高于 T1、T2、T3 和 T4,但 T1 与 T2、T3 与 T4 之间差异均不显著;CK 的 K 含量与 T1 和 T2 相比差异均不显著,但三者均极显著低于 T3 和 T4,而 T3 也极显著低于 T4。

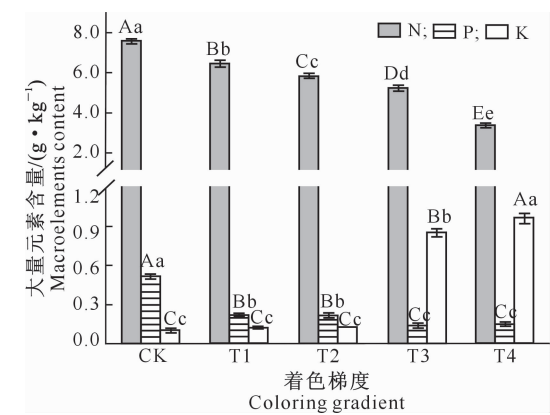


图 2 法兰西采前落果不同着色果实大量元素含量的比较
Fig. 2 Comparison of macroelements contents in preharvest dropping fruits with different colors of French prune

2.4 法兰西采前落果不同着色果实微量元素含量的比较

表 2 显示,随着法兰西采前落果果实着色程度

的加深,法兰西果实中的微量元素 Zn、Cu 和 Se 含量总体均呈逐渐上升趋势,而 Mn、Fe 和 B 含量总体均呈下降趋势。与 CK 相比,T1 的 Zn 含量有所升高,但差异并不显著,而 T2、T3 和 T4 果实的 Zn 含量均极显著高于 CK,且 T1 果实的 Zn 含量显著低于 T2,极显著低于 T3 和 T4;T2 果实的 Zn 含量极显著低于 T3 和 T4,而 T3 和 T4 间差异不显著。CK 果实的 Mn 含量极显著高于 T1、T2、T3 和 T4,其中 CK 果实的 Mn 含量是 T4 的 1.583 倍;T1 果实的 Mn 含量与 T2 差异不显著,但显著高于 T3,且极显著高于 T4;T2、T3 和 T4 果实 Mn 含量的差异相互间均达到了极显著水平。CK 果实的 Cu 含量与 T1 差异不显著,但极显著低于 T2、T3 和 T4,T2、T3 和 T4 的 Cu 含量是 CK 的 1.338、1.560 和 1.803 倍;T1、T2、T3 和 T4 果实的 Cu 含量相互间均有极显著差异。CK 果实的 Fe 含量分别为 T1、T2、T3 和 T4 果实的 1.308、1.264、1.495 和 2.312 倍,且差异均达到极显著水平;T1 果实的 Fe 含量与 T2 差异不显著,但均极显著高于 T3 和 T4;T2、T3 和 T4 果实的 Fe 含量相互间均有极显著差异。与 CK 相比,T1 果实的 B 含量未表现出显著差异,但 T2、T3 和 T4 果实的 B 含量均极显著低于 CK 和 T1;T2 果实的 B 含量与 T3 相比差异不显著,但极显著高于 T4。CK 果实的 Se 含量显著低于 T2,极显著低于 T1、T3 和 T4;T1 果实的 Se 含量与 T2 和 T3 相比差异不显著,但显著低于 T4;T2 果实的 Se 含量和 T3 相比差异均不显著,但显著低于 T4;T3

与 T4 果实的 Se 含量无显著差异。

表 2 法兰西采前落果不同着色果实微量元素含量的比较

Table 2 Comparison of microelements contents in preharvest dropping fruits with different colors of French prune							mg/kg
着色程度 Coloring gradient	锌 Zn	锰 Mn	铜 Cu	铁 Fe	硼 B	硒 Se	
CK	4.267±1.041 Cc	12.200±0.265 Aa	1.757±0.061 Dd	191.330±4.509 Aa	43.333±1.528 Aa	0.155±0.005 Cc	
T1	5.367±0.208 BCc	9.283±0.225 BCb	1.677±0.111 Dd	146.330±5.033 Bb	41.900±1.652 Aa	0.179±0.017 ABb	
T2	6.933±0.404 Bb	9.627±0.142 Bb	2.350±0.056 Cc	151.330±3.786 Bb	35.633±1.518 Bb	0.172±0.003 BCb	
T3	10.867±0.961 Aa	8.887±0.180 Cc	2.740±0.078 Bb	128.000±6.557 Cc	30.067±2.003 BCbc	0.182±0.001 ABab	
T4	9.867±0.802 Aa	7.707±0.179 Dd	3.167±0.153 Aa	82.767±5.645 Dd	32.733±1.553 Cc	0.196±0.005 Aa	

2.5 法兰西采前落果相关因子分析

以法兰西正常成熟时果面颜色(紫红色)作为确定着色程度的主要依据,故以果面红绿色差值 a^* 为着色程度的目标自变量参数。对法兰西果面色差值 a^* 与单果鲜质量、果实纵横径和果形指数、色差值 L^* 和 b^* 、果实大量元素含量和微量元素含量进行相关性分析,结果见表 3。由表 3 可见,法兰西采前落果的果实着色程度(色差值 a^*)与单果鲜质量、果

实纵径和果实横径之间的相关性均未达到显著水平,但与果形指数、色差值 L^* 、色差值 b^* 及 N、P、K、Zn、Mn、Cu、Fe、B 和 Se 含量均呈极显著相关,其中与果形指数及 K、Zn、Cu 和 Se 含量呈正相关关系,其相关系数(R)的大小顺序为 $Se>Cu>Zn>K>$ 果形指数;与色差值 L^* 、 b^* 及 N、P、Mn、Fe 和 B 含量均呈负相关关系,其相关系数(R)的大小顺序为 $N>$ 色差值 $L^*>Fe>Mn>$ 色差值 $b^*>P>B$ 。

表 3 法兰西采前落果的相关因子分析

Table 3 Correlation analysis related to preharvest fruit drop of French prune				
指标 Index	回归方程 Equation	估计标准误 Standard error of estimate	相关系数(R) Pearson correlation	P
单果鲜质量 Single fruit fresh weight	$y=-0.011x+17.389$	1.738	-0.076	0.787
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	$y=-0.031x+37.373$	1.335	0.280	0.312
果实横径 Fruit transverse diameter	$y=-0.032x+30.219$	0.876	-0.417	0.122
果形指数 Fruit shape index	$y=0.002x+1.237$	0.032	0.685**	0.005
色差值 L^* Color difference value L^*	$y=-0.860x-30.287$	2.609	-0.972**	0.000
色差值 b^* Color difference value b^*	$y=-0.710x+17.438$	4.197	-0.905**	0.000
全氮 N	$y=-0.117x+17.843$	0.350	-0.973**	0.000
全磷 P	$y=-0.011x+0.443$	0.068	-0.893**	0.000
钾 K	$y=0.027x-0.058$	0.251	0.804**	0.000
锌 Zn	$y=0.183x+4.125$	1.623	0.816**	0.000
锰 Mn	$y=-0.123x+11.790$	0.408	-0.967**	0.000
铜 Cu	$y=-0.043x+1.558$	0.309	0.867**	0.000
铁 Fe	$y=-2.950x+193.850$	9.239	-0.970**	0.000
硼 B	$y=-0.355x+43.217$	3.566	-0.781**	0.001
硒 Se	$y=0.001x+0.156$	0.008	0.870**	0.000

注:表中 y (因变量)是指每个指标的回归值, x (自变量)指果面色差值 a^* 。
Note:In the table, y (dependent variable) is the value of each corresponding index, x (independent variable) is the fruit surface color difference value a^* .

3 讨论与结论

果实采前落果是一种影响因素繁多且内在关系十分复杂的生理生化现象。一般认为,在果实膨大期,果树需要的养分种类多且量大,如果这一时期树体养分供应不足,树体无法给所有果实供应营养,其自我保护系统启动,生长素、赤霉素含量下降,部分果实生长受到抑制而自动脱落,以保证其余果实和种子获得充足的养分来达到成熟,并且延续树种生

命^[10,23]。本研究结果表明,西梅品种法兰西采前不同着色程度落果果实的单果鲜质量间均无显著差异,采前落果的着色程度(色差值 a^*)与单果鲜质量和果实纵横径间的相关性均未达到显著水平,说明法兰西采前落果总体上几乎已停止生长发育,但是与果实横向的生长相比,果实依然保持着一定的纵向生长,因此其果形指数仍呈逐渐增大趋势,且与色差值 a^* 间呈极显著正相关关系,其机理尚需进一步研究。

一般而言,大部分果树采前落果的果实难以确定,只能在果实明显衰老后才能确定其是否掉落,给采前落果机理的研究带来了一定的难度^[24-25]。本研究观察发现,西梅品种法兰西的过早着色可以作为确定果实是否采前掉落的重要标志,过早着色的法兰西果实的采前落果率达到 99.3%,落果之前法兰西果实颜色从绿色逐渐变成带黄色的紫红色,着色程度超过 80%时才开始掉落。

营养元素在植物生长发育过程中发挥着必不可少的作用,营养元素过多或过少及其平衡性均会影响植物的正常生长发育^[19],出现落果之前适量施肥可有效减轻果树的落果率^[9-10,23-24]。本研究表明,随着采前落果着色程度的加深,法兰西果实中的 N、P、Mn、Fe 和 B 含量总体均呈下降趋势,而 K、Zn、Cu 和 Se 含量总体均有所上升,法兰西果实的过早衰退及着色程度的不同可能与采前果树的养分失衡有关^[26],但其内在关系和机理尚待进一步研究。

综上所述,法兰西采前落果主要可能是果园综合管理不当所致,营养元素中 N、P 等促进生长发育的养分供应量不足,而 K 等促进组织成熟的营养元素有些过量,使树体各营养元素之间的平衡受到破坏,导致部分果实提前上色,并衰老脱落。因此,在法兰西的施肥中,应注意在成熟期前适量增施 N、P,同时在早期施肥中适当减少 K 肥的施用。

参考文献

- [1] 冯军仁,田晓萍,钱万建,等. 冷凉干旱地区欧洲李良种“红西梅”果实生长发育规律与配方施肥研究[J]. 林业科技通讯, 2018(11):93-96.
Feng J R, Tian X P, Qian W J, et al. Study on the growth and development regularity and formula fertilization of *Pyrus domestica* L. in cold and dry areas [J]. Forest Science and Technology, 2018(11):93-96.
- [2] 夏娜,周茜,任小娜,等. 西梅“女神”“法兰西”果实品质比较研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12):69-74.
Xia N, Zhou Q, Ren X N, et al. Comparative study on fruit quality of *Prunus domestica* L. “Empress” and “France” [J]. Food Research and Development, 2020, 41(12):69-74.
- [3] 努尔曼·阿不拉,阿依古丽·铁木儿,比丽克孜·托合提,等. 不同氮、磷、钾肥用量对‘法兰西’西梅产量及土壤养分的影响[J]. 北方园艺, 2017(3):32-37.
Nuriman A, Aygul T, Bilikez T, et al. Effects of different treatments of N, P, K fertilizer on yield and content of soil nutrients in *Prunus domestica* L. ‘France’ [J]. Northern Horticulture, 2017(3):32-37.
- [4] 努尔曼·阿不拉,阿依古丽·铁木儿,比丽克孜·托合提,等. 不同氮磷钾施肥配比对西梅‘法兰西’产量及果实品质的影响

- [J]. 西南农业学报, 2017, 30(4):789-795.
Nuriman A, Aygul T, Bilikez T, et al. Effects of different treatments of N, P, K fertilization proportion on yield and fruit quality in *Prunus domestica* L. ‘France’ [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2017, 30(4):789-795.
- [5] Nawaz M A, Ahmad W, Ahmad S, et al. Role of growth regulators on preharvest fruit drop, yield and quality in Kinnow mandarin [J]. Pakistan Journal of Botany, 2008, 40(5):1972-1981.
- [6] Yildiz K, Ozturk B, Ozkan Y. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of ‘Red Chief’ apple [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144:121-124.
- [7] 张传来, 张建华, 刘遵春, 等. 2, 4-D, GA₃ 和 NAA 对满天红梨采前落果的影响[J]. 经济林研究, 2006, 24(1):86-88.
Zhang C L, Zhang J H, Liu Z C, et al. Effects of plant growth regulators 2, 4-D, GA₃ and NAA on preharvest fruit drop in Mantianhong pear [J]. Nonwood Forest Research, 2006, 24(1):86-88.
- [8] 张传来, 刘遵春, 金新富, 等. 不同激素处理对红酥脆梨采前落果的影响[J]. 江苏农业科学, 2006(4):85-86.
Zhang C L, Liu Z C, Jin X F, et al. Effects of different hormone treatments on pre harvest fruit drop of red-crisp pear [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2006(4):85-86.
- [9] 葛春辉, 徐万里, 孙宁川, 等. 植物生长调节剂对香梨采前落果、果实品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2010(22):11-14.
Ge C H, Xu W L, Sun N C, et al. Effect of spraying plant hormone on fruit drop and fruit quality and yield of Kuerle Fragrant Pear [J]. Northern Horticulture, 2010(22):11-14.
- [10] 孙宁川, 葛春辉, 徐万里, 等. 植物生长调节剂对哈密大枣采前落果、果实品质及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(12):2385-2389.
Sun N C, Ge C H, Xu W L, et al. Effect of spraying plant hormone on fruit drop and fruit quality and yield of Hami Jujube [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2010, 47(12):2385-2389.
- [11] 杨明府, 胡福初, 林允奋, 等. NAA, GA₃ 对 A4 无核荔枝采前落果及品质的影响[J]. 广东农业科学, 2015(4):19-22.
Yang M F, Hu F C, Lin Y F, et al. Effect of spraying NAA and GA₃ on preharvest fruit drop and quality of A4 seedless Litchi [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015(4):19-22.
- [12] 董倩倩, 龚桂芝, 彭祝春, 等. 柑橘采前落果与果实不同部位内源激素含量关系分析[J]. 植物生理学报, 2018, 54(10):56-62.
Dong Q Q, Gong G Z, Peng Z C, et al. Analysis on the relationship between pre-harvest fruit drops and content of endogenous hormone in different parts of fruit in citrus [J]. Plant Physiology Journal, 2018, 54(10):56-62.
- [13] 刘银兰, 赵慧宇, 杨桂玲, 等. 杨梅采前防落果药剂筛选[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(9):1680-1682, 1686.
Liu Y L, Zhao H Y, Yang G L, et al. Screening of anti-fruit-dropping chemicals for Chinese bayberry [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2018, 59(9):1680-1682, 1686.
- [14] 张淑文, 梁森苗, 郑锡良, 等. 杨梅果实发育过程中内源激素的

- 变化与采前落果的关系[J]. 植物生理学报, 2019, 55(8): 1267-1275.
- Zhang S W, Liang S M, Zheng X L, et al. The relationship between changes of endogenous hormones and pre-harvest fruit dropping of Chinese bayberry during fruit development [J]. Plant Physiology Journal, 2019, 55(8): 1267-1275.
- [15] 冯军仁, 田晓萍, 钱万建, 等. 欧洲李良种“红西梅”采前落果防治试验研究 [J]. 林业科技通讯, 2018(8): 18-21.
- Feng J R, Tian X P, Qian W J, et al. Study on the control of pre harvest fruit drop of European plum variety “Hongximei” [J]. Forest Management, 2018(8): 18-21.
- [16] 孙万霞, 潘晓芳. 杀菌剂防治对隆安县板栗果实病害及采前落果的影响 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(1): 79-83.
- Sun W X, Pan X F. Effects of fungicides on fruit diseases and pre-harvest fruit drops of chestnuts in Longan County [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2019, 46(1): 79-83.
- [17] 金建芳, 熊彩珍, 余意, 等. 不同果袋和疏果方式对桃品种赤月采前落果及品质的影响 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56(7): 1015-1017.
- Jin J F, Xiong C Z, Yu Y, et al. Effects of different fruit bags and fruit thinning methods on pre harvest fruit drop and quality of peach variety ‘Chiyue’ [J]. Zhejiang Agricultural Science, 2015, 56(7): 1015-1017.
- [18] 木合塔尔·扎热, 哈地尔·依沙克, 马合木提·阿不来提, 等. 采前灌溉对骏枣落果、裂果及果实品质的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(4): 110-114.
- Muhtar Z, Kadir E, Mahmut A, et al. Effect of preharvest irrigation on fruit drop, fruit crack and fruit quality of Junzao [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(4): 110-114.
- [19] Hassan K, Kazem A, Mohamad J M, et al. Effect of Ca, Zn and B spray application on preharvest fruit drop, sugar and nutrient contents and some of quantitative and qualitative fruit characteristics of some Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) cultivars [J]. Iranian Journal of Horticultural Science, 2013, 44: 149-159.
- [20] 张学英, 张上隆, 叶正文, 等. 不同颜色果袋对李果实着色及花色素苷合成的影响因素分析 [J]. 果树学报, 2007, 24(5): 605-610.
- Zhang X Y, Zhang S L, Ye Z W, et al. Influences of bagging on pigmentation development of plum and analysis of factors related with anthocyanin synthesis [J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(5): 605-610.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 39-49.
- Bao S D. Soil agrochemical analysis [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2002: 39-49.
- [22] 于志伟, 袁静宇. 食品营养分析与检测 [M]. 北京: 海洋出版社, 2014: 96-141.
- Yu Z W, Yuan J Y. Food nutrition analysis and detection [M]. Beijing: Ocean Press, 2014: 96-141.
- [23] 宋纯鹏. 植物衰老生物学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1998: 143.
- Song C P. Biology of plant senescence [M]. Beijing: Peking University Press, 1998: 143.
- [24] Arseneault M H, Cline J. AVG, NAA, boron and magnesium influence preharvest fruit drop and fruit quality of ‘Honeycrisp’ apples [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2017, 98(3): 741-752.
- [25] Tang L, Chhajed S, Vashisth T. Preharvest fruit drop in Huanglongbing-affected ‘Valencia’ sweet orange [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2019, 144: 107-117.
- [26] 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 180-207.
- Pan R C, Dong Y D. Plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001: 180-207.
- (上接第136页)
- [45] Liu Z X, Bie Z L, Huang Y, et al. Rootstocks improve cucumber photosynthesis through nitrogen metabolism regulation under salt stress [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2013, 35(7): 2259-2267.
- [46] Pal M, Rao L S, Jain V, et al. Effects of elevated CO₂ and nitrogen on wheat growth and photosynthesis [J]. Biologia Plantarum, 2005, 49(3): 467-470.
- [47] Yin Z, Zhang Z, Deng D, et al. Characterization of Rubisco activase genes in maize; an α -isoform gene functions alongside a β -isoform gene [J]. Plant Physiology, 2014, 164(4): 2096-2106.
- [48] Perdomo J A, Capó-Baucà S, Carmo-Silva E, et al. Rubisco and Rubisco activase play an important role in the biochemical limitations of photosynthesis in rice, wheat, and maize under high temperature and water deficit [J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 490-499.
- [49] Scales J C, Parry M A, Salvucci M E. A non-radioactive method for measuring Rubisco activase activity in the presence of variable ATP:ADP ratios, including modifications for measuring the activity and activation state of Rubisco [J]. Photosynthesis Research, 2014, 119(3): 355-365.
- [50] Kumar R R, Goswami S, Dubey K, et al. RuBisCo activase-a catalytic chaperone involved in modulating the RuBisCo activity and heat stress-tolerance in wheat [J]. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology, 2019, 28(1): 63-75.