受(霜)冻果树光谱特征 及其受冻级别的定量化测评 ——以酥梨、砂红桃、红富士苹果树为例

邢东兴1,2,常庆瑞1

(1. 西北农林科技大学资源环境学院,陕西杨凌 712100; 2. 咸阳师范学院资源环境系,陕西咸阳 712000)

摘 要:此研究试图探寻受霜冻程度不同的果树的反射光谱特征,并尝试利用光谱数据对果树的受冻程度进 行定量化测评。首先,分别对酥梨、砂红桃、红富士3种果树4个受冻级别的花朵的光谱反射率进行了预处理。随 后,对光谱数据以9种不同的波长为间隔进行了一阶微分变换。最后,利用优选的3组微分波谱在其对应的特征 波段区间内的积分求值,分别对3种果树花朵的受冻程度进行了定量化评估建模。主要结论为:①每种果树各级 受冻花朵的反射波谱均在360 nm 附近出现了最低谷区,而在360~440 nm 的波段区间均出现了坡度最大的陡坎, 陡坎坡度的大小顺序为:未受冻级别>轻度受冻级别>中度受冻级别>重度受冻级别,并且陡坎的最大坡度均出 现在400 nm 附近;②当波长间隔同时设为9 nm 时,酥梨、砂红桃、红富士苹果树的各级受冻花朵的微分波谱分别 在396±20,400±20,410±20 nm 波段区间内的积分求值差异最大;③利用上述的3组积分值,可分别对3种果树 花朵的受冻级别建立定量化评估模型。

关键词: 果树花期霜冻;花朵受冻级别;光谱特征;定量测评 **中图分类号:** TP701 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0265-06

果树花期霜冻是我国果业生产中的一大自然 灾害,它对我国的果业生产影响频次多,波及面积 广,致灾程度重^[1,2]。大约在每年的³月底至⁴月 中旬左右,我国大多数地区的果树正陆续地进入开 花座果期。然而,此时正值西北寒冷气流频繁南扰 的时期。寒流南下所到之处,往往造成气温剧降,霜 冻多发,对果树的开花、授粉与座果等活动带来不利 影响,轻者造成果树减产,重者造成果实无收,甚至 冻亡果树。

为了有效防御和尽可能地降低果树花期霜冻对 果业生产的影响,在霜冻发生之前,果业主管部门应 联合气象等部门,对其予以准确地预测和及时地预 报,并指导果农采取有效措施加以抵防;在霜冻发生 之后,果业主管部门也应对各地的灾情进行及时地 调查,并依据灾情轻重而制定出相应的补救措施,用 以指导果农进行减灾保产。目前,在霜后的减灾保 产管理过程中,果业主管人员依然是采用深入实地、 逐地考察、一一指导的传统手段。这一手段本身所 具有的高耗性、时滞性与低效性等弊端,已经和果业 生产现代化发展趋势不相适应。为了寻求快速而精 确的监测手段,并鉴于国内外同类研究的报告极为 少见,于是笔者在室内开展了果树受冻花朵的光谱 测试,并对其测试结果进行了相关处理与分析,以 期探寻受冻果树花朵的光谱特征,并尝试利用光谱 数据对果树花朵的受冻程度进行定量化评估,其最 终目的是为我国今后利用机载、星载高(超)光谱传 感器技术来对果树花期霜冻的灾情进行快速监测而 做一理论探索。

1 数据获取与处理

1.1 **数据获取**

1.1.1 测试样本 样本采集地选在陕西省礼泉县 境内的石潭镇。该镇在 2007 年 4 月 3 日夜遭受了 严重的霜冻,最低气温降至-2℃,地面最低气温降 至-3℃。这次霜冻给该镇已经进入盛花期的梨、桃 等果树花朵以及即将进入盛花期的苹果等果树花朵 造成了严重的冻害(2007 年入春以后,陕西省气温 持续偏高,特别是从 3 月 21 日至 3 月 29 日,陕西省 各地日平均气温比历史同期高 4℃~6℃,最高温度 比历史同期高 7℃~8℃。气温偏高使得冬小麦返 青,果树、油菜花期提前)。霜冻发生的第二天,我们 在不同地貌部位(如:距离沟道远近不同的地方,地

收稿日期:2008-09-21

基金项目:国家自然科学基金项目(30571527)

作者简介:邢东兴(1969一),男,陕西礼泉人,博士生,主要从事土地资源与空间技术研究。E-mail:pah72@sohu.com。

通讯作者:常庆瑞(1959一),男,陕西子洲人,教授,主要从事土地资源与空间技术研究。E-mail:changqr@nwsuaf.edu.cn

势高低不同的地方,背风、迎风坡向不同的地方等)。 对酥梨、砂红桃以及红富士苹果树的受冻花朵,依据 其花色、花型以及花朵表面的水渍状态等方面的差 异,分³个受冻级别进行了样本采集。霜后所采集的³级花样和霜前已采集并进行了光谱测试的未受 冻花样,共四级花样,其分级标准见表¹。

表1 果树花朵受冻的程度分级与分级标准

Table 1 Classification and classifying standards of the degree of fruit tree blossoms suffering frost

果树花朵 Fruit tree blossoms	受冻级别 Frosted to different level	受冻花朵症状表现 Appearance of blossoms suffering frost
酥梨花 Crisp pear tree blossoms	重度受冻 Frosted to severe level	花瓣深灰色且带水渍状,花药暗,花丝黑,花朵中心暗黑且呈水渍状,花瓣不全,花型变化大。 The petals are light black, and show waterlogging, the anthers are dark, the filaments are light black, the centre of blossoms shows dark and waterlogging, the petals are incomplete, and the shape of blossoms changes a lot.
	中度受冻 Frosted to moderate level	花瓣灰色且带较轻水渍状,花药较暗,花丝较黑,花朵中心较暗且呈较轻水渍状,花型变化较大。 The petals are grey, and dotting with slight waterlogging, the anthers and filaments are light black, the centre of blossoms show light dark and slight waterlogging, and the shape of blossoms changes obviously.
	轻度受冻 Frosted to light level	花瓣白中泛浅灰色且有云状小灰斑,花药、花丝灰绿,花朵中心呈浅灰色,花瓣显干硬状,花型稍有变化。 The petals are white with light grey, and dotting with small white mottling, the anthers and filaments are light grey, the centre of blossoms show light grey, the petals show dry and sclerosis, and the shape of blos- soms changes slightly.
	未受冻 No frost suffering	花瓣亮白,花药花丝嫩绿,花朵中心泛绿,花型正常。 The petals are bright white, the anthers and filaments are tender green, the centre of blossoms are green, and the shape of blossoms is normal.
砂红桃花 Shahong peach tree blossoms	重度受冻 Frosted to severe level	花瓣浅粉红色中泛灰色且有绿豆大小的云状白斑,花药、花丝暗黑,花瓣卷缩,花型呈不规则状。 The petals are light pink with Light grey, and dotting with white mottling like the size of soybeans, the an- thers and filaments are dark gray, the petals crouch large, and the shape of blossoms shows irregular.
	中度受冻 Frosted to moderate level	花瓣浅粉红色中泛浅灰色,且有小米粒大的云状白斑,花药,花丝较暗,花瓣较有卷缩,花型变化较大。 The petals are light pink with light grey, and dotting with white mottling like the size of millet, the anthers and filaments are are light grey, the petals crouch obviously, and the shape of blossoms changes obviously.
	轻度受冻 Frosted to light level	花瓣粉红中泛浅白且有芝麻大的白斑,花药、花丝浅灰色,花瓣显干硬状,花型稍有变化。 The petals are pink with light white, and dotting with white mottling like the size of sesame, the anthers and filaments are light grey, the petals show dry and sclerosis, and the shape of blossoms changes slightly.
	未受冻 No frost suffering	花瓣粉红色,花药、花丝嫩绿,花朵中心泛绿,花型正常。 The petals are pink, the anthers and filaments are tender green, the centre of blossoms are green, and the shape of blossoms is normal.
红富士 苹果花 Fuji apple tree blossoms	重度受冻 Frosted to severe level	花瓣灰白色,花药暗灰,花丝与花药都缩聚在一块,花型变化较大。 The petals are grey.the anthers are dark gray.the anthers and filaments are all gathering together, and the shape of blossoms changes greatly.
	中度受冻 Frosted to moderate level	花瓣浅白中泛浅红,花药灰色,花丝与花药较有缩聚,花型较有变化。 The petals are light white with light pink, the anthers are grey, the anthers and filaments gather together slightly, and the shape of blossoms changes obviously.
	轻度受冻 Frosted to light level	花瓣白中泛红,花药、花丝绿中泛浅灰色,花药与花丝无明显聚拢,花型稍有变化。 The petals are white with Light pink, the anthers and filaments are green with light grey, the and filaments are green with light grey, the anthers and filaments are not obviously gathering together, and the shape of blossoms changes slightly.
	未受冻 No frost suffering	花瓣白中带红,花药、花丝嫩绿,花朵中心泛绿,花型正常。 The petals are white with pink, the anthers and filaments are tender green, the centre of blossoms are green, and the shape of blossoms is normal.

1.1.2 光谱测试方法 受冻花样采集后,立刻在室 内对其进行了反射光谱测试。光谱测试仪器为美国 ASD 公司出产的 FieldSpec HandHeld(325~1075 nm)型光谱辐射计,其光谱采样间隔约为1.5 nm, 波长范围为325~1075 nm。在测试时,采用视场 角为10°的探头,光源是与光谱辐射计配套的卤素 灯,用黑色胶板(固定在可以水平滑动的木板上)作 为背景^[3,4],将3种果树受冻级别相同的花朵,分别 以10~13朵花的宽度按矩形紧凑而不重叠地平置 于胶板上,光谱辐射计固定在三角架上,探头向下垂 直照射,光谱采样以10个光谱为1采样光谱,每次 记录10个光谱,然后取其平均值。在测试过程中,

角为 10°的探头,光源是与光谱辐射计配套的卤素 记录 10 个光谱,然后取其平均值。在测试过程中, (C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net 每隔 10 min 对仪器进行 1 次优化与校正。

1.2 **数据处理**

首先,在剔除奇异光谱曲线的基础上,对其它光 谱曲线进行了平均、平滑处理,并考虑到因系统误差 致使光谱曲线首尾两端噪音较大,而截取了 350~ 950 nm 的波长范围用于分析^[5,6]。

随后,为了给特征波长与特征波段区间进行准确定位,并为了选用较为稳定的数据形式来对果树花朵的受冻级别进行定量化测评,利用 ENVI、ASD ViewSpec Pro 等软件对光谱反射率数据进行了一阶微分变换(记为 d['] R_{λ} ,其中的 R_{λ} 指波长为 λ 的光谱反射率,在变换时,波长间隔分别取如下 9 个数据: 3,5,7,9,11,15,17,19 和 25 nm)。在其变换结果中,通过对比分析,给特征波长与特征波段区间进行了准确定位,同时,在对应于每种果树的 9 组微分变换波谱中(即每一波长间隔对应一组微分变换波谱,其内包含 4 条微分变换波谱),选出了能使其内 4 条微分变换波谱在特征波段区间的积分值差异最大的那一组微分变换波谱。

最后,利用所选的³组微分变换波谱在其对应 的特征波段区间内的积分值,分别对³种果树花朵 的受冻程度进行了定量化评估建模。

2 结果与分析

2.1 受冻果树花朵的光谱特征

³种果树各级受冻花朵的反射波谱分别见图 1、 图 2 和图 3(3 个图中的标注 1~4,分别对应未受冻 级别、轻度受冻级别、中度受冻级别、重度受冻级 别)。从这些图中可见,3 种果树受冻花朵的反射波 谱形态各具特色,差异较大。每种果树各级受冻花 朵的反射波谱,其相互间也存在较大差异。3 种果 树未受冻花朵的反射波谱,其形态也互不相同,而且 都和健康的绿色植物体的反射波谱形态存在较大差 异。这些差异可能是由于各种果树花朵已开放的时 间长短不同,它们的花色不同,花与花、花与叶中的 叶绿素、藻蛋素等生化组分含量不同,花中内部组织 结构发生变异等原因造成的。

2.1.1 酥梨受冻花朵的光谱特征 酥梨受冻花朵 的反射波谱见图 1。从图 1 可见,由于受叶绿素较 强吸收的影响,各级受冻花朵的光谱反射率都在 360 nm 附近数值最低,形成了各自反射波谱的最低 谷。在 360~440 nm 的波段区间,各级受冻花朵的 光谱反射率以不同的坡度反弹上升,形成了各自反 射波谱的最陡坎,在这 4 条陡坎中,其坡度大小的排 列顺序为,未受冻级别~轻度受冻级别~ 中度受冻 级别>重度受冻级别,其最大坡度均出现在 396 nm 附近。在 441~660 nm 的波段区间,各级受冻花朵 的光谱反射率的变化情形各异,未受冻级别的波形 变化相对最为平稳,其变率最小,而中度受冻级别的 波形变化最大,以 4 者变率中的最大变率继续上升, 重度受冻级别的波形变化稍大于轻度受冻级别的波 形变化,且二者都呈上升趋势。在 661~700 nm 的 波段区间,由于受叶绿素较弱吸收的影响,各级受冻 花朵的反射波谱都出现了一个浅而倾斜的凹槽。在 701~950 nm 的波段区间,各级受冻花朵的光谱反 射率的变化情形,略同于 441~660 nm 波段区间内 的变化情形,但在 950 nm 附近,由于受花中水分的 吸收影响,4 条波谱都在此处略显下垂状。

2.1.2 砂红桃受冻花朵的光谱特征 砂红桃各级 受冻花朵的反射波谱见图 2。从图 2 可见,在 360 nm 附近以及 360~440 nm 的波段区间,各级受冻 花朵的光谱反射率的变化情形与 2.1.1 中的基本一 致。在 441~542 nm 的波段区间,各级受冻花朵的 光谱反射率都呈较快下降趋势,且在 542 nm 附近 又形成一个反射谷区,这是由于花内藻蛋素中的藻 红蛋白对光的较强吸收而形成的^[7](由于花中叶绿 素含量相对较少,其未在 550 nm 处形成反射峰 区)。在 543~660 nm 的波段区间,各级受冻花朵 的光谱反射率又以不同的坡度反弹上升,形成了各 自反射波谱中的又一较陡陡坎,它们的最大坡度都 出现在 600 nm 附近。在 661~950 nm 的波段区 间,各级受冻花朵的光谱反射率的变化情形与2.1.1 中的大体相同。

2.1.3 红富士苹果受冻花朵的光谱特征 红富士 苹果各级受冻花朵的反射波谱见图 3。从图 3 可 见,在 360 nm 附近、360~440 与 661~950 nm 的波 段区间,各级受冻花朵的光谱反射率的变化趋势与 上述二者基本相同。而在 441~660 nm 的波段区 间,各级受冻花朵的光谱反射率以略有差异的变率 呈上升趋势,这一特征与上述二者有所不同。

2.2 果树花朵受冻级别的定量化测评

为了采用较为稳定的数据形式来对果树花朵的 受冻程度进行定量化测评,我们在对光谱反射率数 据及其多种变式数据(如:四点差分的一阶微分光 谱^[7]、包络线去除后的光谱反射率对数^[8]、基线归 一化方法^[9,10]、光谱倒数、光谱对数与光谱微分 等。)进行了优缺点对比分析的基础上,最终确定采 用光谱反射率的一阶微分变换数据来进行研究。在 光谱微分变换结果中,可以发现当波长间隔取某一 值时,对应于每种果树的 9 组 36 条微分变换波谱均 在 400 nm 附近出现一个最高峰区(示例见图 4,标 识 1~4 同上图),而且每组中的 4 条微分波谱在 400 nm 附近的微分光谱反射率的大小顺序为:未受 冻级别>轻度受冻级别>中度受冻级别>重度受冻 级别;当波长间隔取不同值时,对应于每种果树的 9 组微分变换波谱在 400 nm 附近出现的峰区的峰高



图 1 4 个受冻级别的酥梨花朵的反射波谱

Fig. 1 The reflectance spectroscopy of blossoms of Crisp pear trees suffering frost at four levels





Fig. 3 The reflectance spectroscopy of blossoms of Fuji apple trees suffering frost at four levels

2.2.1 酥梨花朵受冻级别的定量化测评 从上述 已知,当波长间隔设值为 9 nm 时,酥梨各级受冻花 朵的一阶微分波谱在 396±20 nm 的波段区间内的 积分值差异最大,这 4 个积分值为:未受冻级别对应 的 0.055733、轻度受冻级别对应的 0.051524、中度 受冻级别对应的 0.038464、重度受冻级别对应的 0.017806。在此,我们利用这 4 个受冻级别各自对 与峰宽都不相同,若波长间隔设值较大,其峰较高但 较窄,若波长间隔设值较小时,其峰较低但较宽;当 波长间隔同时设为⁹ nm 时,酥梨、砂红桃以及红富 士苹果树各级受冻花朵的微分波谱分别在396±20、 400±20、410±20 nm 波长区间内的积分值差异最 大。



图 2 4 个受冻级别的砂红桃花朵的反射波谱





图 4 4 个受冻级别的酥梨花朵的一阶微分(反射)波谱

Fig.4 The first derivative spectral reflectance of the blossoms of Crisp pear trees suffering frost at four levels 应的积分值相对于未受冻级别的积分值的变化百分 率,来对酥梨花朵受冻级别做一定量化测评研究。 通过计算,未受冻级别的变化百分率为0%、轻度受 冻级别的变化百分率为7.55%、中度受冻级别的变 化百分率为30.98%、重度受冻级别的变化百分率 为68.05%。依据这四个变化百分率的值,对酥梨 花朵受冻级别的定量化测评建立的模型如下:

$$FL(\%) = (1/0.055733 * \int_{416}^{376} d' R_{\lambda}) * 100\%$$
$$= \int_{100}^{376} \int_{416}^{376} d' R_{\lambda} + 100\%$$
$$= \int_{100}^{100} FL = 0 \qquad \text{here}$$

式中:FL 代表受冻级别;d Rx 是指波长间隔设为9 nm 时各级受冻花朵光谱反射率的一阶微分。

2.2.2 砂红桃花朵受冻级别的定量化测评 已知 在波长间隔设值为 9 nm 时,砂红桃各级受冻花朵 的一阶微分波谱在 400 ± 20 nm 的波长区间内的积 分值差异最大,这4个积分值为:未受冻级别对应的 0.03315、轻度受冻级别对应的 0.029216、中度受冻 级别对应的 0.025273、重度受冻级别对应的 0.019704。在此,采用与上述相同的方法来对砂红 桃花朵受冻级别做一定量化测评研究。通过计算, 未受冻级别的变化百分率为0、轻度受冻级别的变 化百分率为 11.87%、中度受冻级别的变化百分率 为23.76%、重度受冻级别的变化百分率为40. 56%。依据这四个变化百分率的值,对砂红桃花朵 受冻级别的定量化测评建立的模型如下:

$$FL(\%) = (1/0.03315 * \int_{420}^{\infty} d' R_{\lambda}) * 100\%$$

$$\int_{420}^{\infty} FL = 0 \qquad \text{为未受冻}$$

$$0 < FL \leq 18\% \qquad \text{为轻度受冻}$$

^{|]}] 18% < FL ≤ 32% 为中度受冻

└*FL*>32% 为重度受冻

式中: FL 代表受冻级别, d R_{λ} 是指波长间隔设为 9 nm 时各级受冻花朵光谱反射率的一阶微分。

2.2.3 红富士苹果花朵受冻级别的定量化测评 已知在波长间隔设值为 9 nm 时, 红富士苹果树各 级受冻花朵的一阶微分波谱在 410±20 nm 的波长 区间内的积分值差异最大,这4个积分值为:未受冻 级别对应的 0.065703、轻度受冻级别对应的 0.054982、中度受冻级别对应的 0.049622、重度受 冻级别对应的 0.044261。在此, 也采用与上述相同 的方法来对红富士苹果花朵受冻级别做一定量化测 评研究。通过计算,未受冻级别的变化百分率为0、 轻度受冻级别的变化百分率为 19.50%、中度受冻 级别的变化百分率为24.48%、重度受冻级别的变 化百分率为 32.63%。依据这四个变化百分率的 值,对红富士苹果花朵受冻级别的定量化测评建立 的模型如下:

FL = 0为未受冻 ○ < FL ≤ 22% 为轻度受冻
 当 22% < FL ≤ 28% 为中度受冻 $L_{FL} > 28\%$ 为重度受冻

式中: FL 代表受冻级别, d R_{λ} 是指波长间隔设为 9 nm 时各级受冻花朵光谱反射率的一阶微分。

3 结论与讨论

1) 3 种果树受冻花朵的反射波谱,其形态各具 特色,差异较大。每种果树各级受冻花朵的反射波 谱,其相互间也存在较大差异。

2) 每种果树各级受冻花朵的反射波谱都在 360 nm 附近出现了最低谷区, 而在 360~440 nm 的波 段区间都出现了坡度最大的陡坎,陡坎坡度的大小 顺序为:未受冻级别>轻度受冻级别>中度受冻级 别>重度受冻级别,并目陡坎的最大坡度均出现在 400 nm 附近。

3) 在光谱的一阶微分变换结果中, 当波长间隔 设为某一值时,对应于每种果树的9组微分波谱都 在 400 nm 附近出现一个最高峰区, 而且每组中的 4 条微分波谱在 400 nm 附近的微分光谱反射率的大 小顺序为:未受冻级别>轻度受冻级别>中度受冻 级别>重度受冻级别。

4) 当波长间隔同时为 9 nm 时, 酥梨、砂红桃、 红富士苹果树的各级受冻花朵的微分波谱分别在 396±20 nm、400±20 nm、410±20 nm 的波段区间 内的积分值差异最大。

由于同类研究报告在国内外极为少见,因而本 研究所得结果未有参比对象。但是,从3种果树受 冻花朵的光谱特征相互间对比可知,本研究所得结 果较为可靠。本研究为了准确确定受冻果树花朵的 特征波长与特征波段区间,仅对单层鲜花的光谱特 征进行了分析,其所得结果要推广到果树冠层尺度, 还需进一步的论证。在此研究过程中,由于受仪器 设备条件所限,未利用 950~2500 nm 波段区间的 光谱反射率对受冻果树花朵的光谱特征进行分析。

参考文献:

- [1] 王玉堂·果树晚期霜冻及预防措施[J]·河北果树,2006,(2); 45-50.
- [2] 潘换来·果树晚霜冻害的前后防御[J]·北京农业,2001,(1): 56 - 58
- [3] 牛 铮,陈永华.叶片化学组分成像光谱遥感探测机理分析 [J]. 遥感学报, 2000, 4(2), 125-130.

 $FL(\%) = (1/0.065703 * \int_{439}^{390} d'R_{\lambda}) * 100\%$ ^[4] Grossman Y L, Ustin S L. Critique of stepwise multiple linear re-(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing resion for the extraction of leaf biochemistry information From

leaf reflectance data [J]. Remote Sensing Environ, 1996, 56: 182-193.

- [5] 何 勇,李晓丽·基于主成分分析和神经网络的近红外光谱苹果品种鉴别方法研究[J]·光谱学与光谱分析,2006,26(5): 850-853.
- [6] Malthus T J, Maderia A C. spectral reflectance of field bean leaves infected by botrytis fabae [J]. Remote Sens Environ, 1993, 45, 107−116.
- [7] 李民赞·光谱分析技术及其应用[M]·北京:科学出版社·2006.123~177.
- [8] Dury S J, Wallis I R, Foley W J. Estimating foliage nitrogen concentration from HYMAP data using continuum removal analysis[J]. Remote Sensing of Environment, 1993, (1~2):18-29.
- [9] Kokaly R F, Clark R N. Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise multiple linear regression [J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 67:267-287.
- [10] Kokaly R F · Investigating a physical basis for spectroscopic estimates of leaf nitrogen concentration[J] · Remote Sensing of Environment, 2001, 75, 153-161.

XING Dong⁻xing^{1,2}, CHANG Qing⁻rui¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Department of Resources and Environment, Xianyang Normal College, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: The study attempts to explore the characteristics of the spectral reflectance of fruit tree blossoms suffering frost with different degrees, and try to evaluate quantitatively the levels of fruit tree blossoms suffering frost by spectra data. Firstly, we pretreat the spectra reflectance data of the blossoms of three species of fruit trees suffering frost with four levels, and analyze the spectra characteristics of the frosted fruit tree blossoms. Subsequently, we transform the spectra data by the first derivative with nine kinds of different wavelength intervals, and find out the special wavelength and special wavelength range, and select three groups of specific derivative spectra in the transformation results. Finally, we build the quantitative assessment models for the frosted blossoms of three species of fruit trees using the integral values which are calculated by three selected groups of specific differential spectra within the corresponding special wavelength range respectively. The main conclusions are: ① The reflectance spectroscopy of the blossoms suffering frost at each level of each species of the fruit trees emerges the lowest valley area near 360 nm, and emerges the scarp with the largest slope within the wavelength range from 360 nm to 440 nm, the order of the slopes is: no frost suffering \geq light frost suffering \geq moderate frost suffering \geq severe frost suffering, the largest slopes of the four scarps are all near 400 nm; 2 When the wavelength interval is set at 9 nm, the integral values calculated by the derivative spectra of the frosted blossoms at all levels of Crisp pear, Shahong peach, Fuji apple trees within the wavelength range 396 $\pm 20 \text{ nm}, 400\pm 20 \text{ nm}, 410\pm 20 \text{ nm}$ are respectively the largest; 3 We establish respectively quantitative evaluation models based on the three groups of integral values which mentioned in (2).

Key words: frost during fruit tree flowering; spectral characteristics; level of fruit tree blossoms suffering frost; quantitative evaluation