

基于高光谱的番茄叶片过氧化物酶活力测定

方慧, 邹强, 何勇, 李晓丽*

浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310058

摘要 用高光谱图像技术结合化学计量学方法, 实现了番茄叶片中过氧化物酶(POD)活性的快速检测。利用高光谱图像的光谱特征建立预测模型步骤为: 采集高光谱图像数据、获取光谱曲线、光谱数据预处理、提取特征波段、建立 POD 酶活性预测模型。与预处理方法(SG, SNV, MSC, 1-Der 和 2-Der)相比, DOSC 预处理对 POD 酶活性预测效果最好。研究表明: 以 443, 464, 413, 410, 401, 402, 426 和 926 nm 这八个特征波段的光谱数据建立的 DOSC-SPA-PLS 模型对 POD 酶活性预测结果为 $R_p=0.9353$, $RMSEP=37.80 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。这说明高光谱图像技术测定番茄叶片 POD 活性具有可行性, 且预测结果令人满意, 这为抗氧化酶活性和番茄植株生长状况的动态检测提供了新的方法。

关键词 高光谱图像技术; 番茄; 直接正交信号校正; 连续投影算法; 偏最小二乘法; 过氧化物酶
中图分类号: TS252.5 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2012)08-2228-06

引言

番茄(*Solanum Lycopersicum*)在我国的种植面积较广, 在农业生产中占有重要的地位。番茄能对皮肤癌、前列腺癌、乳腺癌、胃癌、心脑血管病和宫颈癌等其他疾病起到很好的预防效果^[1]。番茄的生长状况对番茄果实的品质和产量有重要的影响, 不同的生长状况又会引起番茄植株体内各种酶活性的变化, 因此可以通过对番茄植株内酶活的测定来判断番茄生长状况是否良好。

番茄体内各种酶系统中, 抗氧化酶系统的活性能反映番茄抗逆性的强弱。过氧化物酶(peroxidase, POD)是番茄植株抗氧化酶系统中一种酶, 在胁迫条件下, POD 能够把由自由基生成的 H_2O_2 转化为对植物体不造成危害的 H_2O , 从而保持自由基和 H_2O_2 的平衡。传统的测定植物体内 POD 活性的方法是化学比色法, 化学方法测定 POD 活性需要在实验室对样本进行破坏, 并需要进行相当复杂的预处理, 还必须使用化学试剂。测试过程费时费力, 不能对 POD 活性进行连续监测, 而且化学分析方法造成的环境污染也是不可避免的。因此, 开发一种快速、无损的测定番茄植株中 POD 酶活性的方法有助于大田种植实时监测控制的研究, 也能够促进农业精细化作业的发展。

高光谱图像技术融合了光学、电子学、信息处理和计算机科学技术等多种学科的知识, 它有机地结合了传统的二维成像技术和光谱技术, 具有超多波段、光谱高分辨率和图谱合一的特点^[2]。与传统图像技术相比, 高光谱图像技术能获得被测物质的光谱信息, 便于对物体内部信息进行分析; 与传统多光谱技术相比, 高光谱图像技术能获取到被分析物的图像, 不仅提供了更丰富的信息, 并且在数据处理上为光谱数据处理提供了更加合理和有效的分析方法。因此, 高光谱图像技术不仅极大地影响了遥感技术, 而且已经在农学^[3,4]、食品工业^[5]中得到了广泛的应用, 同时也受到了医学^[6-8]及军事^[9]等领域的关注。但是, 目前采用高光谱图像技术研究番茄植株中 POD 活性还未见报道, 本工作利用高光谱图像技术结合化学计量学方法建模预测番茄叶片中 POD 酶活性, 并比较不同预处理效果和建模方法的优劣, 从而建立番茄叶片 POD 活性预测模型。

1 实验部分

1.1 仪器与设备

(1) 高光谱图像数据采集系统

高光谱图像数据采集系统结构如图 1 所示, 高光谱图像摄像机、光源、电控位移台和计算机四个部分构成了图像采

收稿日期: 2012-02-15, 修订日期: 2012-05-12

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2011AA100705), 国家自然科学基金项目(60802038), 浙江省自然科学基金项目(Z3090295)和浙江省科技创新团队项目(2009R50001)资助

作者简介: 方慧, 女, 1973 年生, 浙江大学生物系统工程与食品科学学院副教授 e-mail: hfang@zju.edu.cn

* 通讯联系人 e-mail: xiaolili@zju.edu.cn

集系统的硬件主体。系统的高光谱图像摄像机 (ImSpector V10E, Spectral Imaging Ltd., Oulu, Finland) 包含摄像机和光谱仪两部分, 摄像机为 CMOS 相机, 色散元件为棱镜-光栅-棱镜结构。光谱仪的分辨率为 2.8 nm, 采样间隔为 0.59 nm, 光谱范围是 380~1 030 nm。光谱仪进光口镜头为 C 型, 光源是采用美国 Dolan-Jenner 公司生产的 Fiber Lite Illuminator, 并且配备有光纤线性灯。整个系统是线扫描高光谱图像采集系统。

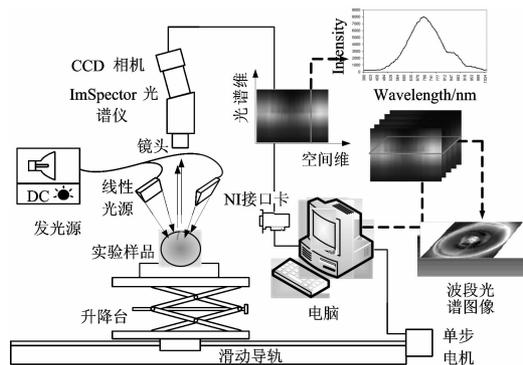


Fig. 1 Structure of line-scan HIS system

(2) 超低温冰箱

番茄叶片样本需要短时间保存于超低温冰箱中。由于不能同时完成大量番茄样本酶活性的测定工作, 因此先用液氮快速冷冻标号的番茄样本, 再放入超低温冰箱保存, 并尽快完成 POD 酶活性测定。超低温冰箱是海尔特种电器有限公司生产的 DW-40L508 型。

(3) 冷冻离心机

测定番茄叶片样品中 POD 酶活性时, 必须磨碎叶片, 离心粗提液, 取上清液。生物酶的活性极易受温度影响, 为保持离心过程中 POD 酶活性, 采用高速冷冻离心机, 在 4 °C 下离心 25 min。Eppendorf 公司生产的 5417R 型离心机被用于本研究。

(4) 紫外可见分光光度计

化学方法测定 POD 酶活性是基于化学反应过程中样品反应液吸光度值的变化。利用紫外可见分光光度计在 470 nm 下测定 POD 酶活性。研究采用的光度计为日本岛津公司生产的 UV-2450 型紫外可见分光光度计。

1.2 样本扫描与 POD 测定

番茄样本采集于浙江大学紫金港校区网室, 品种是浙粉 202。2011 年 2 月在浙江大学华家池校区实验农场育种, 3 月 26 日定植于浙江大学紫金港校区网室, 番茄的生长过程中采用一般田间管理方式进行管理, 4 月 3 日对番茄苗追肥。为了使得 POD 呈梯度分布, 用浓度为 0, 25 和 50 mg · L⁻¹ 的 Cu²⁺ 对番茄植株胁迫。5 月 3 日采样测定, 不同浓度胁迫总共采样数为 140。随机将样本分为建模集样本和预测集样本, 样本个数分别为 100 和 40。用高光谱图像采集系统获取每个样本的高光谱图像, 提取平均光谱曲线, 最后结合化学计量学方法对 POD 活性建模快速预测。POD 活性的化学分析方法采用催化 H₂O₂ 比色法, 方法参考文献[10], 具体方法如下:

① 反应体系: 0.2% 愈创木酚溶液 0.95 mL, 0.3% 的双氧水溶液 1 mL, 加入 0.05 mL 提取的酶液, 总体积为 2 mL。

② 测定过程: 启动反应后, 测定 470 nm 波长处的吸光度值(OD 值)增加速度, 1 个活力单位定义为每分钟 OD 值增加 0.1。

③ POD 活力计算公式

$$\text{POD}_{\text{总活力}} = \frac{K_E \times V \times 60}{0.1 \times W \times V_s}$$

式中, V 为样液总体积, 2 000 μL ; K_E 为 OD 值增加速率, s^{-1} ; V_s 为指测定用液体积, 100 μL ; 60 代表一分钟, s; 测定番茄叶片样本的鲜重以 W 表示, g; 0.1 为 OD 值 60 s 内的增加量; POD 酶活力单位为 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

1.3 模型建立

1.3.1 光谱数据预处理

从高光谱图像中提取得到的样本平均光谱曲线, 存在高频噪声、基线漂移、样本不均匀和光线散射等环境和仪器的影响, 光谱数据中含有噪声信息, 为了提高信噪比, 保证建立模型的有效和稳健性, 需要对样本平均光谱曲线进行预处理。本研究采用的预处理方法有 Savitzky-Golay 平滑 (Savitzky-Golay smoothing, SG)、变量标准化 (standard normal variate, SNV)、多元散射校正 (multiplicative scatter correction, MSC)、一阶求导 (first derivative, 1-Der)、二阶求导 (second derivative, 2-Der) 和直接正交信号校正 (direct orthogonal signal correction, DOSC)。

从高光谱图像中获得的光谱数据变量多, 变量之间存在冗余信息。在建模时, 为了减少模型输入, 提高模型建立的速度, 采用偏最小二乘回归法 (partial least squares regression, PLS) 对光谱数据降维, 输入模型中的变量个数由累积贡献率来确定。研究中同时采用连续投影算法 (continuous projection algorithm, SPA) 提取特征波段, 用特征波段下的反射光谱信息建立模型, 对番茄叶片中 POD 活性进行预测。

1.3.2 预测建模

PLS 最先是 Wold 在 1966 年提出^[11], 最初用于社会科学的研究, 现在已经成为了一种广泛用于光谱学的数据建模方法。为了评价预处理效果的好坏, 研究中对采用 PLS 对不同预处理方法处理后的数据建立模型, 用模型的预测相关系数 (R_p) 和预测集的均方根误差 (RMSEP) 评价模型的预测效果。

选择了最佳预处理方法之后, 预处理之后的数据用 BP 神经网络 (back propagation neural network, BPNN)、多元线性回归 (multiple linear regression, MLR) 和最小二乘支持向量机 (least squares-support vector machine, LS-SVM) 建模。在非线性和非线性领域, 神经网络因好的学习和抗噪能力, 得到广泛的应用, 如模式识别、智能控制等。多元线性回归以最小二乘法识别因变量和多个自变量之间的线性关系。在各类统计分类和回归分析的模式识别理论及实际操作中, SVM 有着比较成熟的应用。随着对 SVM 深入的研究, 提出了改进的 SVM 理论, 最小二乘支持向量机 (LS-SVM) 就是标准 SVM 在二次损失函数形式下的改进算法, 并且已经在食品^[12] 和电力^[13] 等领域得到应用。

2 结果与分析

2.1 番茄叶片高光谱图像及叶片平均光谱曲线提取

图 2 为番茄叶片高光谱图像及从高光谱图像中提取的光谱反射率曲线。图 2(a) 中背景为黑色, 这是因为已经采用掩膜去掉了背景, 只保留了叶片所在的感兴趣区域 (range of

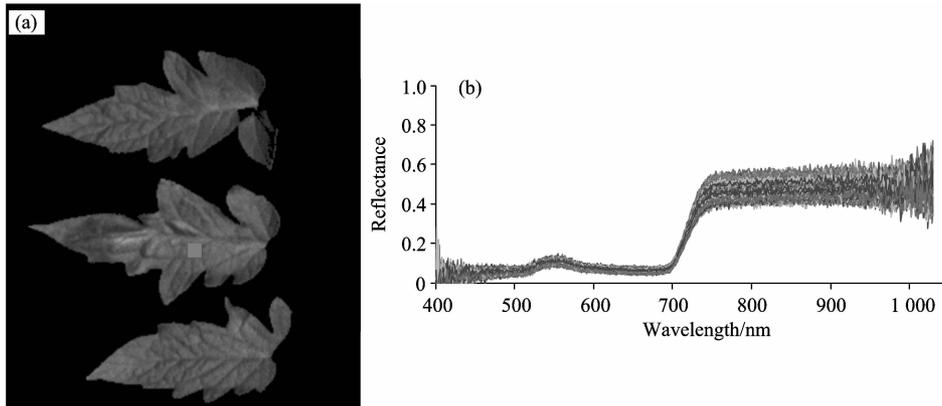


Fig. 2 Hyperspectral image and reflectance of tomato leaves

获得的高光谱图像如图 2(a) 所示, 要从 140 个叶片样本所在的 ROI 提取出 140 条平均光谱, 如果用 ENVI 软件交互界面进行人工选择, 不仅操作繁琐, 而且由于叶片的边缘不容易确定使得利用整个叶片的数据计算平均光谱不能实现, 因此需要编程实现批量处理。程序编写中涉及叶片边缘确定的问题。在边缘选择上, 三种经典的算法为 Roberts 算子、Prewitt 算子和 Sobel 算子, 它们都是基于一阶导数的边缘检测方法, 通过差分求得不同方向偏导, 最后进行阈值操作。此外, 还有 Laplacian 算子和 LOG 算子是基于二阶导数进行边缘检测。本研究中用 IDL (interactive data language, ITT visual information solutions, USA) 对 ENVI (environment for visualizing images, ITT visual information solutions, USA) 二次开发, 利用 ENVI 自带的函数 `roi_thresh_doit` 和 `envi_stats_doit` 实现, 主要语句如下:

`pro roi_mean`; 程序名称

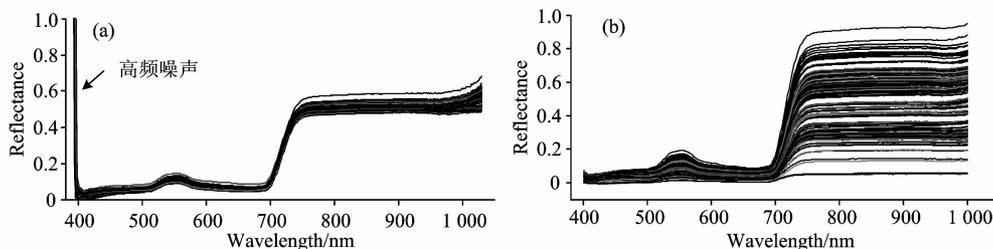


Fig. 3 Hyperspectral image and reflectance of tomato leaves

140 个番茄叶片样本测定 POD 酶活性, 结果以单位质量鲜叶片所具有的酶活力表示。同时将测定得到的 140 个过氧化物酶活性分为校正集 100 个样本和预测集 40 个样本两组, 分别用于模型的建立和模型的验证。POD 酶活性校正集和

interst, ROI)。图 2(b) 中的光谱反射率曲线是图 2(a) 中红色区域所有点的光谱反射率曲线。可以发现图 2(b) 中反射率曲线包含很多噪声, 特别是在 380~400 nm 及 1 000~1 030 nm 范围内有很多高频噪声, 因此需要对获得的 140 个样本平均光谱曲线进行预处理, 在数据分析中只采用 400~1 000 nm 间的数据。

`theseFiles = file_search`; 查找文件, 统计文件数目并输出

`envi_doit, 'roi_thresh_doit'`; 用波段阈值选择 ROI

`envi_doit, 'envi_stats_doit'`; 对 ROI 统计分析

`openw, lun, 'roi_spectral_1.dat'`; 获取逻辑单元, 输出统计结果

`free_lun, lun`; 释放逻辑单元

`end`; 结束

2.2 数据预处理及 POD 活性统计分析

图 3 是 140 条番茄叶片平均原始光谱曲线和 DOOSC 预处理之后的光谱曲线, 在图 3(a) 中有明显的高频噪声, 因此图 3(b) 中只用 400~1 000 nm 范围内反射率值进行 DOOSC 预处理。处理后的数据虽然曲线的趋势相同, 但是在 400~600 nm 和 700~1 000 nm 范围内反射率差异明显, 说明叶片内部化学成分存在差异, 这是建模预测 POD 活性的化学基础。

预测集统计情况见表 1 所示。

140 个样本总体的 POD 酶活力分布范围广, 最大值为 $827.12 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, 最小值为 $273.14 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。校正集和预测集的偏移幅度都比较理想, 能够作为代表性样本进行建模和预测。

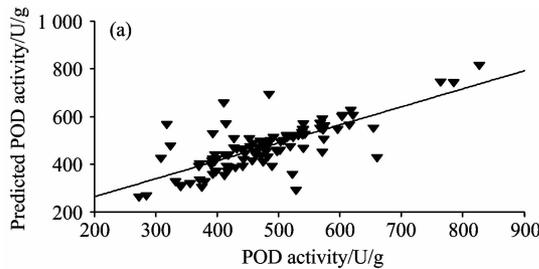
Table 1 Activity of POD in tomato leaves/ $U \cdot g^{-1}$

样本类别	样本数	最大值	最小值	均值	标准偏差
样本总体	140	827.12	273.14	475.13	101.90
校正集	100	827.12	273.14	475.85	99.84
预测集	40	675.16	278.68	473.32	108.18

2.3 PLS 对预处理数据建模及特征波长提取

从番茄叶片高光谱图像提取的平均光谱曲线经过六种预处理方法处理后,用 PLS 建立预测番茄叶片中 POD 酶活性的模型。六种预处理方法的 PLS 模型的预测效果见表 2 所示。

DOSC-PLS 模型的 R_c 为 0.978 5, RMSEC 为 $71.27 U \cdot g^{-1}$; 预测集的 R_p 为 0.871 7, RMSEP 为 $38.26 U \cdot g^{-1}$ 。通过直线拟合可以看见校正和预测集的预测值与参考值有较



好的线性关系。PLS 结合 DOSC 预处理建立的 DOSC-PLS 模型校正集和预测集模型预测效果见图 4。

Table 2 Comparative analysis of six pretreatments

预处理方法	潜在变量数 (LVs)	校正集		预测集	
		R_c	RMSEC/ $(U \cdot g^{-1})$	R_p	RMSEP/ $(U \cdot g^{-1})$
SG 平滑	3	0.791 9	47.23	0.581 7	70.29
SNV	3	0.816 5	45.72	0.427 9	73.22
MSC	3	0.746 1	54.39	0.593 1	69.81
1-Der	2	0.797 4	46.08	0.684 6	57.47
2-Der	2	0.825 4	43.87	0.597 3	69.48
DOSC	3	0.978 5	71.27	0.871 7	38.26

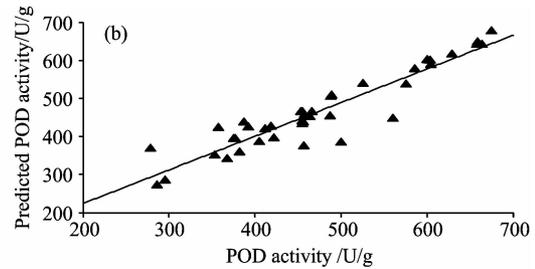


Fig. 4 Prediction values of DOSC-PLS model

- (a): Prediction of DOSC-PLS model for modeling set;
- (b): Prediction of DOSC-PLS model for prediction set

DOSC 预处理效果最佳,为了减少输入变量个数,采用连续投影算法(SPA)对经过 DOSC 预处理的数据提取特征波长,提取特征波长时,设定特征波长的最大数为 30。计算过程通过 Matlab 实现,经过分析,得出 926, 426, 402, 401, 410, 413, 464 和 443 nm 八个特征波长。八个波长对预测番茄叶片中 POD 酶活性的重要性从前至后增强,即越靠后,该波长的信息对 POD 活性预测越重要。

2.4 预测模型的建立

SPA 提取特征波段之后,将特征波段作为 PLS, MLR, BPNN 和 LS-SVM 的输入,建立起四个预测模型 DOSC-

SPA-PLS, DOSC-SPA-MLR, DOSC-SPA-BPNN 和 DOSC-SPA-LS-SVM 来预测番茄叶片中 POD 酶活性。PLS 和 MLR 模型的建立中均是把获得的特征波长下的波长输入建立模型。在 DOSC-SPA-BPNN 模型中,先对数据进行标准化变换,再调节参数优化模型。在 DOSC-SPA-LS-SVM 模型建立中,设置参数 γ 和 σ^2 的范围为 $10^{-3} \sim 10^8$ 。四个模型预测结果见表 3 所示。建模结果得到预测番茄叶片中 POD 酶活的最优模型为 DOSC-SPA-PLS,模型的 R_p 为 0.935 3, RMSEP 为 $37.80 U \cdot g^{-1}$, 预测效果图见图 5 所示。

Table 3 Comparative analysis of four prediction models

预测模型	EWs/ (γ, σ^2)	校正集		预测集	
		R_c	RMSEC/ $(U \cdot g^{-1})$	R_p	RMSEP/ $(U \cdot g^{-1})$
DOSC-SPA-MLR	8/-	0.931 4	38.01	0.901 4	43.25
DOSC-SPA-PLS	8/-	0.989 5	70.28	0.935 3	37.80
DOSC-SPA-BPNN	8/-	0.860 2	50.91	0.889 7	49.39
DOSC-SPA-LS-SVM	8/(207.353 8, 6.762 14)	0.852 9	55.27	0.838 6	58.92

图 5 中模型预测值和化学分析得到的 POD 酶活性值拟合得较好,说明用 100 个校正样本建立的 DOSC-SPA-PLS 模型能够对番茄叶片中的 POD 酶活性进行测定,且获得了较为满意的预测精度。由于 DOSC-SPA-PLS 模型优于其他预测模型,因此在后续研究中可以利用高光谱图像提取到的光谱反射率信息,结合 DOSC-SAP-PLS 线性模型对番茄叶

片中 POD 酶活性进行快速检测。

3 结论与展望

应用高光谱图像技术结合化学计量学方法 PLS, MLR, BPNN 和 LS-SVM 实现了番茄叶片中 POD 活性的快速无损

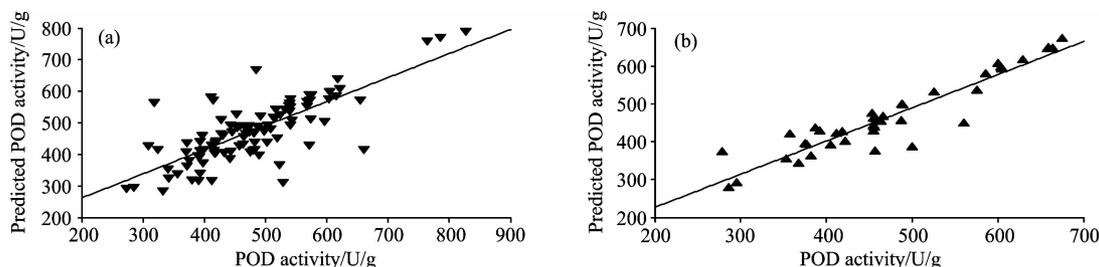


Fig. 5 Prediction values of DOSC-SPA-PLS model

(a): Prediction values of DOSC-SPA-PLS model for modeling set;

(b): Prediction values of DOSC-SPA-PLS model for prediction set

测定, 得到最佳的预处理方法是 DOSC, 预测番茄叶片中 POD 酶活性的最佳模型是 DOSC-SPA-PLS, 模型的 R_p 为 0.935 3, RMSEP 为 $37.80 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, 预测效果令人满意。DOSC 有最好的预处理效果, 而 SG, SNV, MSC, 1-Der 和 2-Der 预处理方法效果不佳, 这是算法本身的差异造成的。DOSC 在建立校正模型前将光谱阵和 POD 活性阵直接进行正交, 滤除了光谱信息中和 POD 活性无关的信号。但是后五种预处理方法只是对光谱阵进行平滑、校正和求导操作, 没

有考虑 POD 活性阵, 使得预处理之后仍然含有较多的冗余信息。这就是 DOSC 预处理方法优于其他预处理方法的原因。对不同的预处理方法及四个预测模型分别加以比较, 研究结果为监控番茄的生长环境变化及农业工作者更加便捷地测定抗氧化酶 POD 提供了理论基础。由于获得的番茄叶片高光谱图像具有图像信息, 这样实现番茄叶片中 POD 酶活性的分布制图就成为可能, 这是下一步研究工作需要完成的。

References

- [1] DU Yong-chen(杜永臣). China Vegetables(中国蔬菜), 2001, (5): 55.
- [2] WANG Lei, QIAO Xiao-yan, DONG You-er, et al(王雷, 乔晓艳, 董有尔, 等). Journal of Applied Optics(应用光学), 2009, 30(4): 639.
- [3] HONG Tian-sheng, LI Zhen, WU Chun-yin, et al(洪添胜, 李震, 吴春胤, 等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2007, 23(11): 280.
- [4] TIAN You-wen, WANG Xiao-juan(田有文, 王晓娟). Journal of Agricultural Mechanization Research(农机化研究), 2009, (10): 220.
- [5] CHEN Quan-sheng, ZHAO Jie-wen, CAI Jian-rong, et al(陈全胜, 赵杰文, 蔡健荣, 等). Acta Optica Sinica(光学学报), 2008, 28(4): 669.
- [6] Ely D R, Carvajal M T. International Journal of Pharmaceutics, 2011, 414(1-2): 157.
- [7] Holzer M S, Best S L, Jackson N, et al. Journal of Urology, 2011, 186(2): 400.
- [8] Vasefi F, Najiminaini M, Ng E, et al. Journal of Biomedical Optics, 2011, 16(8): 086014.
- [9] Tiwari K C, Arora M K, Singh D. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2011, 13(5): 730.
- [10] JIANG Shu-jun, CHANG Ying, FAN Wen-yan, et al(姜述君, 常缨, 范文艳, 等). Chinese Agriculture Science Bulletin(中国农学通报), 2007, 23(10): 444.
- [11] Wold H. International Journal of Cardiology, 1985, 147(2): 581.
- [12] WU Rui-mei, ZHAO Jie-wen, CHEN Quan-sheng, et al(吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2011, 27(11): 378.
- [13] JI Xun-sheng(吉训生). Power System Protection and Control(电力系统保护与控制), 2010, 38(23): 55.

Detection of Activity of POD in Tomato Leaves Based on Hyperspectral Imaging Technology

FANG Hui, ZOU Qiang, HE Yong, LI Xiao-li*

College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract Activities of POD in tomato leaves were measured rapidly using hyperspectral imaging technology combined with chemometrics method. Operation process was: extracting spectra curve, pretreatment of spectra data, extracting characteristic wavelengths with SPA, and establishing prediction model for determining POD activities. In comparison with other methods

such as SG, SNV, MSC, 1-Der and 2-Der, DOSC was the optimal pretreatment. It was shown in this research that SPA-PLS model was the optimal effective model among all models (SPA-MLR, SPA-PLS, SPA-BPNN and SPA-LS-SVM) for forecasting POD activities. The model was based on reflectance information of effective wavelengths (443, 464, 413, 410, 401, 402, 426 and 926 nm) extracted by SPA. R_p and RMSEP were 0.935 3 and $37.80 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. The result indicated that it was feasible to determine the POD activities with hyperspectral imaging technology, and the prediction accuracy of model was satisfactory. It was a new method for dynamic observation of POD activities and growth state of tomato.

Keywords Hyperspectral imaging technology; Tomato; Direct orthogonal signal correction (DOSC); Continuous projection algorithm (SPA); Partial least squares (PLS); Peroxidase (POD)

* Corresponding author

(Received Feb. 15, 2012; accepted May 12, 2012)

第十七届全国分子光谱学学术会议 (第一轮通知)

由中国化学会和中国光学学会联合主办, 韶关学院和韶关市化学化工学会联合承办的“第 17 届全国分子光谱学术报告会”, 将于 2012 年 10 月 19—22 日在广东韶关召开。

本次会议是我国分子光谱界的又一次聚会和高水平、高信息容量的学术交流。本着继往开来、与时俱进的精神, 本次会议将全力展示我国在分子光谱及相关领域所取得的最新研究进展及成果, 增进广大分子光谱科学工作者和支持分子光谱事业的人们之间的交流与合作, 促进我国分子光谱事业的发展。届时会议将邀请国内外知名专家学者就分子光谱有关学术领域的前沿热点问题作大会报告, 同时会议还将组织各类专题讨论和学术交流。竭诚欢迎全国高等院校、科研机构 and 产业部门从事分子光谱研究和应用开发的同事和朋友们来广东韶关参加会议, 交流最新研究成果, 推进分子光谱基础研究和应用技术在国民经济和高新技术开发中的广泛应用和技术转化。我们真诚期待着国内外同行在 2012 年 10 月相聚在美丽的韶关。

征文范围

分子光谱理论研究, 红外光谱、拉曼光谱、荧光光谱、磷光光谱、紫外-可见吸收光谱、激光光谱、光谱成像等各类光谱技术在物理、化学、生物、材料科学、表面/界面科学、医药、环境、工业过程、催化、地学、农林及其他领域的基础理论与应用研究的最新科研成果。同时也欢迎相关的光谱技术(如质谱、核磁共振等)的最新研究成果。

论文要求

1. 论文内容必须是未在期刊杂志上发表过或其他全国或国际会议宣读过。
2. 提交论文扩展摘要一份, 纸张大小用 A4 纸版式(用 Office word 软件排版, 页边距为 2 cm, 单倍行距)。
3. 扩展摘要按以下顺序排版: 文题(三号黑体居中); 作者(四号仿宋居中); 单位(小四号宋体居中, 含所在省市、邮政编码、电子邮址(如有)); 论文的创新性, 研究意义与结果(五号宋体); 关键词和主要参考文献(自版芯左起, 五号宋体)。文稿中可穿插主要论据的图、表和照片, 图题、图注和表题、表注一律用英文表述。摘要的字数, 包括图、表, 参考文献, 总共不能超过 4 500 字。
4. 具体投稿要求可参看模板及《光谱学与光谱分析》征稿简则。稿件一经录用, 将由《光谱学与光谱分析》以增刊形式发表会议论文摘要集。
5. 论文截稿日期: 2012 年 4 月 30 日, 尽量通过电子版, 一般不接受手写稿。

论文提交方式

欢迎大家通过网站提交论文, 请您注册登陆中国光谱网(<http://www.sinospectroscopy.org.cn>) 点击论文提交上传您的论文。论文将采用网上评审的方式, 你可在网上浏览对您论文的评审结果和修改意见。请您通过电子邮件方式提交论文。请发往: gphy2012@126.com; 若以信件方式投稿, 请以挂号邮寄, 信封上请注明“第十七届全国分子光谱学学术会议征文”字样; 收稿地址: 邮编 512005 广东省韶关市浈江区大塘路九公里, 韶关学院化学系, 黄冬兰收。

报告形式

为充分利用会议时间, 提高学术交流的效率, 本次会议仍采用“口头报告”和“墙报展示”两种方法进行学术交流。无论是口头报告还是墙报展示, 均属大会同等学术交流, 无水平高低之分。对内容好, 制作精良的报展颁发奖励。为尊重个人意见和便于组委会的安排, 请投稿人注明选择自己的稿件为“口头报告”或“墙报”的字样。在安排“口头报告”和“墙报”时, 将充分考虑作者的意见。同时会议还将邀请国内外知名专家学者就分子光谱有关学术领域的前沿热点问题作大会报告和主题报告。主要报告形式有:

(下转 2237 页)