

水稻虫害信息快速检测方法实验研究

—基于电子鼻系统

叶 盛, 王 俊

(浙江大学 生物系统工程系, 杭州 310029)

摘 要: 植物在受到昆虫侵害时会产生挥发性物质。因此, 利用电子鼻与计算机组成水稻虫害快速检测系统, 通过检测水稻挥发物气味, 根据气味信息的分类, 选用主成分分析法可快速判断水稻是否有虫害及每株水稻上有多少害虫。研究发现, 利用电子鼻检测水稻虫害的最好时机是在水稻受侵害的 15 ~ 36h 内。实验结果证明, 利用电子鼻检测水稻是否发生虫害及发生虫害后每株水稻上害虫的数量是可行的。

关键词: 水稻; 虫害; 电子鼻; 主成分分析法

中图分类号: S431.1; TP274+.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2010)06-0146-04

0 引言

农作物病虫害是影响农业持续、稳定和健康发展的障碍。我国每年都有几种重大病虫害暴发和流行, 导致农作物大面积减产、失收、品质下降。进一步减少因各种病虫害造成的损失, 其关键在于作物病虫害预报的准确性以及能否在病虫害发生初期及时报警, 并采取相应措施阻止病虫害的继续发展, 最好能将其消灭在萌芽状态。另一方面, 随着精确农业研究的不断深入, 实现快速获取地块中每个小区的病虫害信息还缺乏有效的手段。因此, 如何实时地对田间害虫与作物的状况进行采样分析和识别, 将成为整个研究的基础。

1 仪器与实验原理

电子鼻是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新颖的分析、识别和检测复杂臭味与挥发性成分的人工嗅觉系统。与其他常规仪器分析法相比, 样品无需前处理, 不用有机溶剂, 是一种“绿色”的仿生检测仪器, 且便于携带, 可进行实时检测, 已应用于食品的化学成分分析^[1-5], 但利用电子鼻进行作物虫害检测在国内外还未见先例。实验中, 选用德国 WinMuster 生产的 PEN2 型电子鼻系统, 其电子鼻由半导体气敏传感器阵列和模式识别系统组成。在传感器阵列方面, 通过把具有不同特性的气敏传感器组合成气敏传感器

阵列, 以弥补单个传感器灵敏度低、可靠性和重复性差等缺点, 使电子鼻系统检测范围更宽, 可以分辨浓度为 $0.1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-6}$ 的挥发性物质。昆虫在其生命活动中会产生挥发性物质^[6], 植物在受到昆虫侵害或病原侵染时也会产生挥发性物质^[7-12]。利用电子鼻对这类挥发性物质进行实时多维信息检测, 在获得的传感器阵列数据基础上, 从每个传感器曲线中提取多个特征参数(如最大值、最大微分值、平均值和稳定值等)。该参数作为模式识别的输入向量, 用主成分分析法对所测的样本进行分析、提取和记录相应的“信息指纹图”, 可快速判断植物是否有虫害或有几头害虫等信息, 从而实现虫害预测的自动化, 为精确预报虫害和精确杀虫提供判断依据。系统实验装置如图 1 所示。

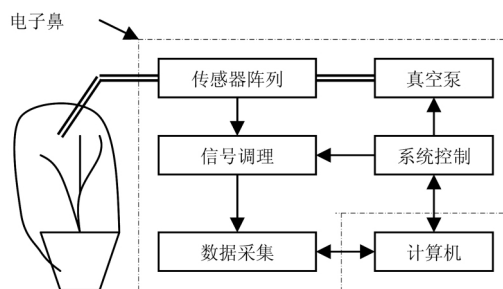


图 1 电子鼻实验系统

Fig. 1 The experiment system of electronic nose

2 实验材料与方法

2.1 实验材料准备

随机选取 6 株水稻分别在其茎秆上接种 5 头褐飞虱成虫组成 5 虫组; 再随机选取 6 株水稻分别在其茎

收稿日期: 2009-09-15

基金项目: 国家高技术研究发展计划“863 计划”项目(2006AA10Z212); 国家自然科学基金项目(30771246)

作者简介: 叶 盛(1962-), 男, 浙江金华人, 讲师, 学士, (E-mail) yeszd@zju.edu.cn。

秆上接种 10 头褐飞虱成虫组成 10 虫组;最后选取 4 株水稻不接虫组成对照组。

2.2 实验步骤

接虫 10h 后,将每株水稻用无味食品包装袋套好,底部扎紧,静置 40min 后,启动电子鼻分别抽取各实验水稻顶部空气,采样时间为 100s,记录下数据后除去食品包装袋。以后每隔(5~10)h 重复以上步骤一次。

2.3 数据处理

2.3.1 识别有无虫害及侵害程度的数据处理

利用电子鼻系统的处理软件将测得的数据按“无虫组”(0 头虫)、“有虫组”(5~10 头虫)进行分类,形成模式文件。选取主成分分析法(PCA)对每次测得的数据进行识别分析,并从中找出识别虫害有无及侵害程度的最佳方法和用电子鼻进行虫害有无识别的最佳时机。

2.3.2 害虫数量识别的数据处理

将测得的数据按对照组(0 头虫)、5 虫组(5 头虫)和 10 虫组(10 头虫)进行分类,形成模式文件。选取主成分分析法(PCA)对每次测得的数据进行识别分析,并从中找出害虫数量识别的最佳方法和用电子鼻进行害虫数量识别的最佳时机。

3 结果分析

3.1 虫害有无及侵害程度的识别结果

3.1.1 水稻受侵害 10h 结果

图 2 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 10h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 55.35% 和 38.17%,累计贡献率为 93.52%,说明仅取前 2 个主成分所对应的特征向量(简称主轴 main axis)就能精确地拟合原数据。

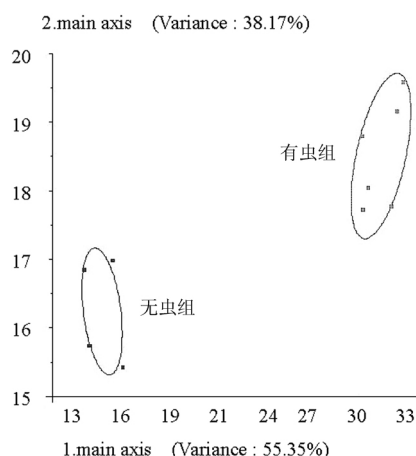


图 2 水稻受侵害 10h 的结果

Fig. 2 The result of inroading 10h

由图 2 可见,在水稻受侵害 10h 时,电子鼻系统可根据水稻挥发物的浓度区分出虫害有无的情况,2 个实验组中的数据点空间距离较近,说明此时挥发物浓度较淡,水稻受侵害程度较轻。

3.1.2 水稻受侵害 15h 结果

图 3 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 15h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 79.17% 和 15.35%,累计贡献率为 94.52%。由图 3 可知,在水稻受侵害 15h 时,2 个实验组中的数据点空间距离变远,说明此时挥发物浓度在升高,水稻受侵害程度逐渐加重。

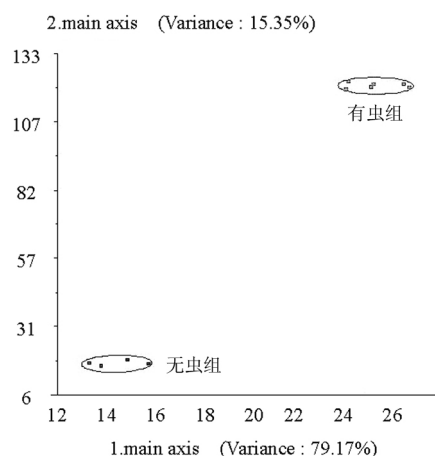


图 3 水稻受侵害 15h 的结果

Fig. 3 The result of inroading 15h

3.1.3 水稻受侵害 24h 结果

图 4 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 24h 的二维分析结果,前 2 个主成分的贡献率分别为 84.91% 和 7.71%,累计贡献率为 92.08%。由图 4 可知,在水稻受侵害 24h 时,2 个实验组中的数据点空间距离较远,说明此时挥发物浓度较高,水稻受侵害程度较重。

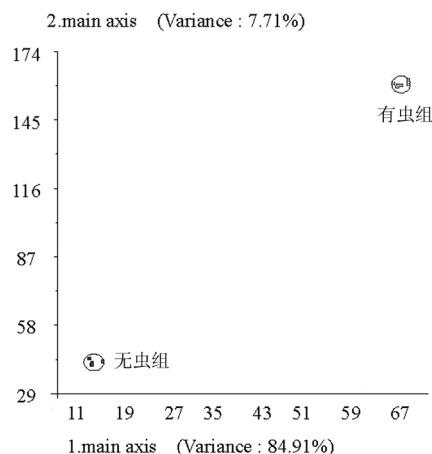


图 4 水稻受侵害 24h 的结果

Fig. 4 The result of inroading 24h

3.1.4 水稻受侵害 36h 结果

图 5 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 36h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 75.62% 和 19.59%, 累计贡献率为 95.21%。由图 5 可知, 在水稻受侵害 36h 时, 2 个实验组中的数据点空间距离逐渐接近, 说明此时无虫组也有挥发物产生, 水稻受侵害程度较重。

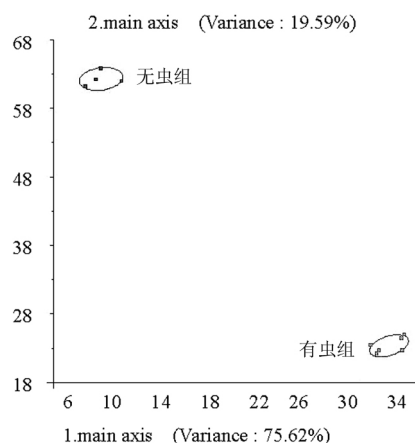


图 5 水稻受侵害 36h 的结果

Fig. 5 The result of inroading 36h

3.1.5 水稻受侵害 120h 结果

图 6 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 120h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 65.53% 和 31.26%, 累计贡献率为 96.79%。由图 6 可知, 在水稻受侵害 120h 时, 2 个实验组中的数据点空间距离较近, 说明此时挥发物浓度较淡, 无法识别水稻受侵害程度。

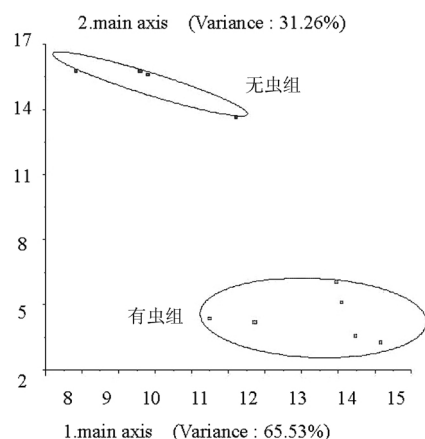


图 6 水稻受侵害 120h 的结果

Fig. 6 The result of inroading 120h

3.2 害虫数量的识别结果

3.2.1 水稻受侵害 15h 结果

图 7 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 15h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 59.32% 和 32.94%, 累计贡献率为 92.26%。由图 7 可知, 在

水稻受侵害 15h 时, 电子鼻系统可根据水稻挥发物的浓度区分出害虫数量情况, 3 个实验组中的不同组数据点距离较远, 表明电子鼻系统可较好地判断出害虫数目。

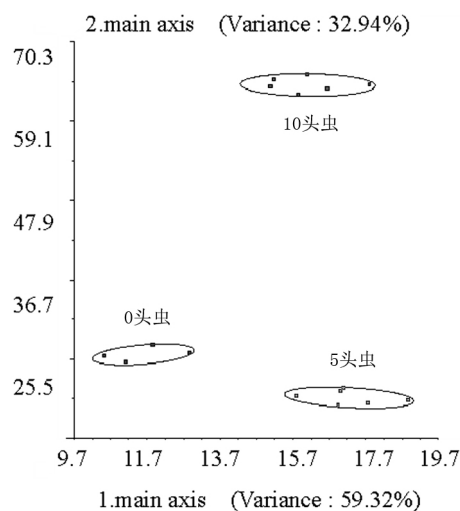


图 7 水稻受侵害 15h 的结果

Fig. 7 The result of inroading 15h

3.2.2 水稻受侵害 36h 结果

图 8 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 36h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 86.37% 和 9.85%, 累计贡献率达到 96.22%。由图 8 可知, 在水稻受侵害 36h 时, 3 个实验组中的同组数据点更集中, 不同组的数据点距离更远, 说明此时挥发物浓度较高, 与图 7 相比更容易区分水稻受侵害程度与害虫数目的关系。

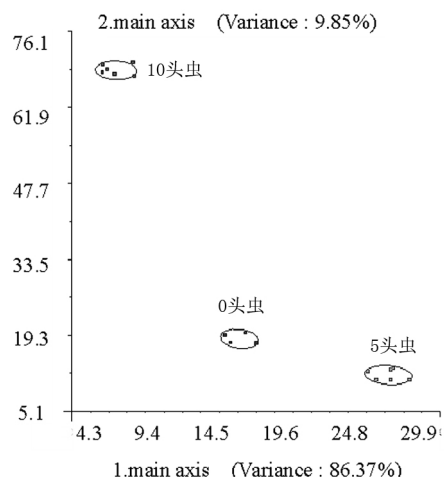


图 8 水稻受侵害 36h 的结果

Fig. 8 The result of inroading 36h

3.2.3 水稻受侵害 72h 结果

图 9 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 72h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 88.24% 和 6.91%, 累计贡献率为 95.15%。由图 9 可知, 在水稻受侵害 72h 时, 3 个实验组中各不同组的数据点都

比图 7 和图 8 接近,其中“0 虫组”与“5 虫组”数据点更接近,说明此时挥发物浓度已下降,而且“0 虫组”中的水稻由于受到其他有虫组水稻挥发物的影响,其本身也会产生类似挥发物。因此,“0 虫组”与“5 虫组”的“气味”较接近,在实际应用中易发生混淆。

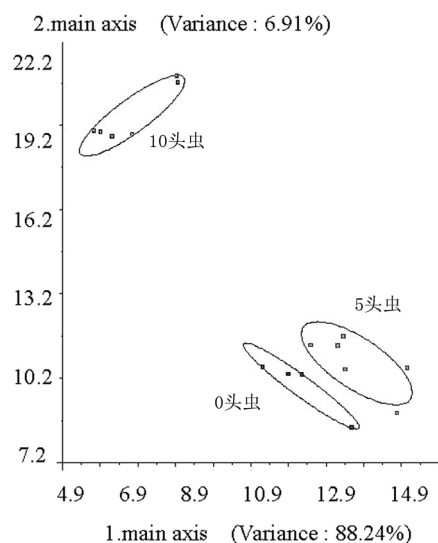


图 9 水稻受侵害 72h 的结果

Fig. 9 The result of inroading 72h

3.2.4 水稻受侵害 120h 结果

图 10 为经 PCA 分析处理后水稻受侵害 120h 的二维分析结果。前 2 个主成分的贡献率分别为 72.98% 和 21.86%, 累计贡献率为 94.84%。由图 10 可知,在水稻受侵害 120h 时,3 个实验组中各不同组数据点都比图 7 和图 8 接近,说明此时挥发物浓度较低,且有虫组水稻挥发物的浓度已趋向一致。所以,“10 虫组”与“5 虫组”的“气味”更接近,在实际应用中易发生混淆,但有虫与无虫情况还能区分。

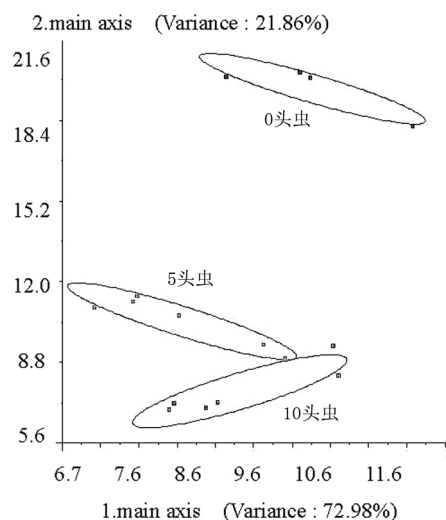


图 10 水稻受侵害 120h 的结果

Fig. 10 The result of inroading 120h

4 结论

1) 利用电子鼻检测水稻是否发生虫害、发生虫害后水稻受侵害程度及每株水稻上害虫的数量范围是可行的,检测的关键是要把握好检测时机。

2) 在水稻受侵害 10h 后,利用电子鼻可识别出害虫的有无及水稻受侵害程度。在水稻受侵害 15 - 36h,由于挥发物浓度的不断提高,使电子鼻传感器阵列的输出产生明显差异,利用主成分分析法可显著分辨出每株水稻上的害虫数量,因此是电子鼻的最佳检测时机。

3) 在水稻受侵害 36h 后,无虫水稻挥发物的产生及有虫水稻挥发物浓度的逐渐降低,在水稻受侵害 72h 时,5 虫组与无虫组的挥发物浓度较接近,120h 时有虫组的挥发物浓度较接近,此时若用电子鼻检测,其判断结果易发生混淆。

4) 实验证明,电子鼻完全能用于检测农作物的虫害情况,为今后开展进一步的研究打下了基础。

参考文献:

- [1] J W Gardner, P N Bartlett. Electronic noses principles and applications [J]. Meas. Sci. Technol, 2000 (11): 1087 - 1087.
- [2] Yin Yong, Wu Shou - yi, Qiu Ming (殷勇, 吴守一, 邱明). An electronic nose based on neural network for evaluating aroma quality of cigarettes [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument (仪器仪表学报) 2003 24(1): 86 - 88.
- [3] Zhou Xiao - bo, Zhao Jie - wen (邹小波, 赵杰文). Electronic nose and its application in beverage recognition [J]. Transactions of the CSAE (农业工程学报) 2002, 18(3): 146 - 149.
- [4] E L Hines, E Llobet, J W Gardner. Neural network based electronic nose for apple ripeness determination [J]. Electronic Letters, 1999 35(10): 821 - 823.
- [5] Li Xiu - chen (李秀辰), Guern Olafsdottir. Development and application of electronic nose in freshness assessment of fishery product [J]. Journal of Fisheries of China (水产学报) 2002 26(3): 275 - 279.
- [6] Masato Ono, Hirokazu Terabe, Hiroshi hori masami sasaki [J]. Nature 2003 424: 637 - 638.
- [7] Liu Xin, Zhang Shu - qiu (刘新, 张蜀秋). Relationships between jasmonic acid and salicylic acid in wounding signal transduction pathways [J]. Chinese Bulletin of Botany (植物学通报) 2000, 17(2): 133 - 136. (下转第 204 页)

- [2] 张继春, 李兴虎, 孙刚. 基于有限元的连杆优化设计 [J]. 拖拉机与农用运输车, 2006, 33(1): 27-30.
- [3] 傅园松, 周岳敏, 陶孟章, 等. 490 发动机连杆组件非线性接触有限元分析 [J]. 山东内燃机, 2005 (6): 18-19.
- [4] 谈卓君, 左正兴, 张儒华. 内燃机连杆有限元分析进展 [J]. 中国机械工程, 2004, 15(4): 365-369.
- [5] 黄世伟, 黄俊明. G170 型农用柴油机连杆静强度有限元分析 [J]. 农业机械学报, 2004, 35(5): 173-177.
- [6] 邓兆祥, 胡玉梅, 王欣, 等. N485 柴油机连杆静强度有限元分析 [J]. 内燃机, 2001(6): 12-15.
- [7] 张军, 樊文欣. 柴油机连杆有限元分析 [J]. 车用发动机, 2002(2): 35-37.
- [8] 代伟峰, 樊文欣, 程志军. 基于 ANSYS 的连杆的三维有限元分析 [J]. 小型内燃机与摩托车, 2008, 37(1): 48-50.
- [9] 叶国林, 曾建谋, 杜宝雷. 柴油机连杆有限元分析 [J]. 内燃机, 2008(1): 11-14.

Finite Element Analysis and Structural Improvement of Connecting Rod of Agricultural Diesel Engine

Zheng Bin, Liu Yongqi

(School of Traffic and Vehicle Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: In this paper, with the ANSYS, stress distribution, safety factor and fatigue life of connecting rod were analyzed by using 3D finite element method. The results show that the exposed destructive position is the transition location of the small head and connecting shaft at maximum compression condition. Maximum stress is 303MPa. Safety factor is 1.24. At maximum stretch condition, the exposed destructive position is I-shaped cross-section at the big head. Maximum stress is 118MPa. Safety factor is 3.19. And structure of connecting rod is improved. Safety factor and fatigue life of connecting rod is enhanced.

Key words: connecting rod of diesel engine; finite element analysis; stress distribution; structural improvement

(上接第 149 页)

- [8] Liu Xin, Zhang Shu-qiu (刘新, 张蜀秋). Functional mechanisms of jasmonic acid and Its derivatives in wounding signal transduction pathways [J]. Plant Physiology Communications (植物生理学通讯) 2000, 36(1): 76-80.
- [9] C M De Moraes, W J Lewis P W Pare H T Alborn & J H Tumlinson. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids [J]. Nature, 1998, 393: 570-573.
- [10] Gen-ichiro Arimura, Rika Ozawa, Takeshi Shimoda, et al. Wilhelm Boland & Junji Takabayashi [J]. Nature, 2000, 406: 512-515.
- [11] Xianchun Li, Mary A Schuler, May R. Berenbaum, Jasmonate and salicylate induce expression of herbivore cytochrome P450 genes [J]. Nature, 2002, 419: 112-115.
- [12] Marianne C Verberne, Rob Verpoorte, John F Bol, et al. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance [J]. Nature Biotechnology, 2000, 18: 779-783.

Abstract ID: 1003-188X(2010)06-0146-EA

Experimental Studies on the Method for Fast Detecting Insect Pest Information of Paddy Rice

—Based on Electronic Nose

Ye Sheng, Wang Jun

(Dept. of Biosystem Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: In response to insect herbivory, plants synthesize and emit blends of volatile compounds from their damaged and undamaged tissues. A system, comprised of computer and electronic nose could fast detecting the blends of volatile of paddy rice. The method for fast detecting insect pest information of paddy rice included detecting the volatile odor, classifying volatile odor by insects, and using principal component analysis. The best opportunity for detecting insect pest information using electronic nose was found out, it was between 15 to 36 hour after insect herbivory. The results of this experiment demonstrated that using electronic nose to inspect insect pest information of paddy rice was efficient.

Key words: paddy rice; insect pest; electronic nose; PCA