应用与环境生物学报 2010, **16**(4): 468~473
Chin J Appl Environ Biol=ISSN 1006-687X
2010-08-25
DOI: 10.3724/SP.J.1145.2010.00468

电子鼻zNose™构建棉花挥发物指纹图谱及被害棉花挥发物释放节律分析*

潘洪生[1,2] 赵秋剑[2] 赵奎军[1] 张永军[2**] 吴孔明[2] 郭予元[2]
([1]东北农业大学农学院 哈尔滨 150030)
([2]中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害生物学国家重点实验室 北京 100193)

摘 要 采用电子鼻zNose™对棉花植株常见挥发性化合物进行定性分析，确定每类化合物的相对保留指数，构建棉花植株常见挥发性化合物特征谱库. 采集棉铃虫幼虫取食诱导棉株挥发性化合物，利用电子鼻构建棉铃虫幼虫危害棉株的指纹图谱. 比对健康棉株与棉铃虫幼虫危害棉株的色谱图及指纹图谱发现，棉铃虫幼虫危害棉株的挥发物的种类和含量均比健康棉株的多，而且未去除棉铃虫幼虫的危害处理与去除棉铃虫幼虫的危害处理相比，被诱导挥发物的含量显著升高. 通过电子鼻实时监测棉花植株各处理*β*-蒎烯、*β*-月桂烯等挥发性化合物的释放节律. 结果显示，当棉铃虫幼虫危害棉株2 h后，*β*-蒎烯的释放量明显增加，与对照相比差异显著. *β*-月桂烯在棉铃虫幼虫危害2 h的释放量与对照相比没有显著差异，在棉铃虫幼虫危害24 h释放量显著增加. 6~8 h *β*-蒎烯和*β*-月桂烯分别达到各自最大释放量，随后缓慢回落，但仍然保持较高释放水平. 图3 表1 参24

关键词 电子鼻；指纹图谱；棉花；植物挥发物；释放节律
CLC S435.622.9 : Q946.8

Application of Electronic Nose zNose™ for Construction of Volatiles Fingerprint Library and Analysis of Real Time Release Rhythm of Volatiles from Damaged Cotton*

PAN Hongsheng[1,2], ZHAO Qiujian[2], ZHAO Kuijun[1], ZHANG Yongjun[2**], WU Kongming[2] & GUO Yuyuan[2]
([1]*College of Agriculture, Northeast Agricultural University*, Harbin 150030, China)
([2]*State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences*, Beijing 100193, China)

Abstract By using electronic nose zNose™, the common volatile compounds of cotton plant were qualitatively analyzed in laboratory. The relative retention index of each compound was determined, and the cotton common volatiles library was then constructed. In addition, the volatiles from the cotton plant infested by cotton bollworm (CBW) larvae were collected, based on the library, and fingerprint database of the cotton plant damaged by CBW larvae was obtained. Comparing control cotton plant with the infested cotton plant, it was found that both the kinds and contents of the volatiles from the infested cotton plant were notably higher than those of the control. Furthermore, the contents of the volatiles from the cotton plant damaged by CBW larvae with larvae treatment were significantly higher than those of the cotton plant damaged by CBW larvae without larvae treatment. Moreover, by using zNose™ the real time release rhythm of *β*-pinene and *β*-myrcene from the infested cotton plant was monitored. The results showed when cotton plant was damaged by CBW larvae for two hours, *β*-pinene release significantly increased compared with the control. However, there was no difference in the contents of *β*-myrcene between the cotton plant damaged by CBW for two hours and the control. After invested for 2~4 hours, the *β*-myrcene content markedly increased. And after 6~8 hours, the contents of *β*-pinene and *β*-myrcene reached their maximum release, respectively, and then slow down, but still maintained a high level of release. Fig 3, Tab 1, Ref 24

Keywords electronic nose zNose™; fingerprint; cotton; volatile compound; release rhythm
CLC S435.622.9 : Q946.8

在生态系统中，各种生物之间除了存在一个以营养联系为基础的食物网外，还存在着一个以不同生物释放的信息化合物为纽带的信息网，它通过调节生物种内和种间行为，在维持和支撑整个群落结构中起着重要作用[1]. 在植食性昆虫选择寄主植物过程中，昆虫对植物挥发物产生反应是其寄主定位的主要步骤[2~3]. 植物挥发性化合物在植食性昆虫寄主选择过程中扮演着重要的角色. 另外，植物被植食性昆虫危害后，可通过释放虫害诱导植物挥发物（Herbivore-induced plant volatiles，HIPVs）来吸引天敌、诱导激发同种其它植株产生防御物质，以免受害或减轻被伤害程度[4]. 因此，植物挥发性化合物在调节寄主植物—害虫—天敌三营养关系方面有着重要作用.

收稿日期：2009-12-06 接受日期：2010-02-01
*国家重点基础研究发展规划项目（No. 2007CB0902）、国家自然科学基金项目（Nos. 30871640，30330410）和植物病虫害生物学国家重点实验室项目（No. SKL2007SR01）联合资助 Supported by the National Basic R & D Program of China (No. 2007CB0902), the National Nature Science Foundation of China (Nos. 30871640, 30330410), and the Project of the State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests of China (No. SKL2007SR01)
**通讯作者 Corresponding author (E-mail: yjzhang@ippcaas.cn)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

多年来，科研人员一直采用气相—质谱联用系统（Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS）对采集的植物挥发性化合物进行分析研究，获得了大量珍贵的数据资料. 但由于仪器体积较大、移动性较差，只允许操作人员在室内进行工作. 另外，样品分析耗时较长，且无法实现田间植物挥发物实时监测. 1998年面世的电子鼻zNose™在一定程度上弥补了GC-MS的上述不足，zNose™集采样与样品分析于一身，大大简化了操作过程，而且zNose检测速度快（分析一个样品仅需1 min左右），灵敏度高（可在10 s内检测到浓度在5 pg以下的物质）. zNose™体积较小、便于携带并配有蓄电池，能够应用于野外长时间工作，从而为田间实时监测植物挥发性信息化合物提供了可能[5].

目前，zNose™不但被用于环境监测、爆炸物检测及食品、水果、蔬菜新鲜度评估等方面[6~8]，而且在昆虫化学生态学领域也被广泛应用. 研究人员利用该仪器实时监测捕食性天敌作用下蚜虫报警素的释放特征，测定HIPVs的释放动态以及虫害或机械损伤后绿叶气味的快速释放节律[9~13]. zNose™还被用来依据橄榄的挥发性指纹图谱快速鉴定橄榄的质量差别以及用于数日内追踪研究仙人掌花蕊的挥发物[14~15]. 在国内，zNose™被应用来检测贮粮小麦的受害程度以及茶叶品质等方面[16~17]. 同时它还被用来研究机械损伤茶树叶片后绿叶气味物质的释放规律，以及对茶尺蠖取食诱导的茶树挥发物与GC-MS进行同步比对分析等[5]. 本研究采用电子鼻构建棉株挥发性化合物指纹图谱库，实时监测棉铃虫幼虫危害棉株后其代表性挥发性信息化学物质的释放节律，以期为深入明确棉花—棉铃虫—寄生蜂三营养级关系提供一定的技术支撑.

1 材料与方法

1.1 供试材料

棉花种子：泗棉3号，由农业部廊坊野外有害生物观测试验站提供. 棉种播种在塑料花盆（直径12 cm，高10 cm）中，置于温室内. 室温保持在(29±5) ℃，生长期不施用任何农药，待棉株长至7叶期时，整盆移至实验室内备用.

棉铃虫：1999年采自河南省新乡地区棉田，室内用人工饲料饲养，未接触任何杀虫剂. 选取2龄初期的幼虫用于试验.

1.2 仪器装置与供试气味

电子鼻zNose™，型号为zNose™ 4300（EST公司，美国）. 将采集得到的气体用仪器内置的Tenax吸附柱吸附，然后迅速165 ℃热解吸，以氦气为载气在3.0 mL/min的流速下进入毛细管柱（型号为DB-5，柱长1 m，内径0.25 mm，壁厚0.25 μm）. 以10 ℃/s速率，柱温由40 ℃升至165 ℃. 最后经毛细管柱分离的物质由SAW检测器检测.

气体收集装置，参照于惠林等的方法[18]并作适当改进. 利用大气采集仪（QC-1B型）循环采集气体（图1），气流1.0 L/min.

供试气味物质，参照以往研究报道[18~20]， 制备84种试剂标准品，包括烯烃类10种、醛类12种、酯类19种、醇类24种、

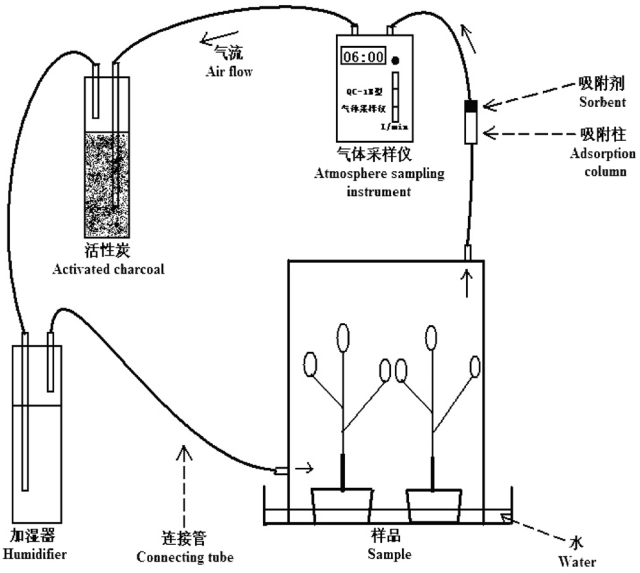

图1 气体采样仪循环采集气体流程图

Fig. 1 Flow diagram of volatile collection

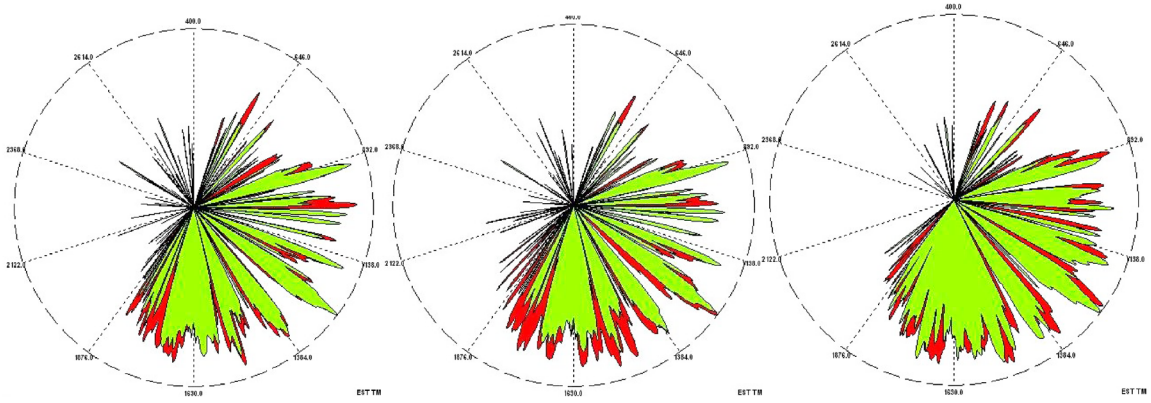

图2 不同处理棉花挥发物的指纹图谱

Fig. 2 Fingerprint of volatiles from different cotton treatments

A：健康对照棉花与虫害诱导棉株（剔除棉铃虫）；B：健康对照棉花与虫害诱导棉株（保留棉铃虫）；C：虫害诱导棉株（剔除棉铃虫）和虫害诱导棉株（未剔除棉铃虫）

A: The control cotton versus the cotton plant infested by CBW larvae (without CBW larvae); B: The control cotton versus the cotton plant infested by CBW larvae (holding CBW larvae); C: The cotton plant infested by CBW larvae (without CBW larvae) versus the cotton plant infested by CBW larvae (holding CBW larvae)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 棉花常见挥发物谱库

Table 1 Library of cotton common volatiles in zNose™

序号 No.	物质 Substance	相对保留指数 Index	序号 No.	物质 Substance	相对保留指数 Index
1	3-hexanone 3-己酮	790	43	3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol 芳樟醇	1105
2	2-hexanone 2-己酮	793	44	Camphor 樟脑	1147
3	Octane 正辛烷	800	45	Isoborneol 异樟醇	1158
4	Ethyl butyrate 丁酸乙酯	804	46	3-nonen-1-ol, (*Z*)- 顺-3-壬烯-1-醇	1162
5	2-hexanol 2-己醇	806	47	1-monanol 正壬醇	1179
6	Butyl acetate 乙酸正丁酯	826	48	Hexyl butanoate 丁酸己酯	1185
7	Butanoic acid, 2-methyl-, ethyl ester 2-甲基丁酸乙酯	850	49	Methyl phenylacetate 苯乙酸甲酯	1188
8	Trans-2-hexenal 反-2-己烯醛	854	50	4-ethylbenzaldehyde 4-乙基苯甲醛	1195
9	Rthyl isovalerate 3-甲基丁酸乙酯	857	51	Ethyl caprylate 辛酸乙酯	1200
10	cis-3-hexen-1-ol 顺-3-己烯-1-醇	863	52	Dodecane 十二烷	1202
11	Hexyl alcohol 正己醇	868	53	Naphthalene 萘	1206
12	2-methylbutyl acetate 乙酸-2-甲基丁酯	879	54	Decanal 癸醛	1209
13	2-heptanone 2-庚酮	892	55	3,4-dimethylbenzaldehyde 3，4-二甲基苯甲醛	1229
14	Nonane 壬烷	900	56	*β*-Citronellol 香茅醇	1237
15	Heptaldehyde 正庚醛	902	57	Citral 香草醛，柠檬醛	1244
16	2-propenoic acid,butyl ester 2-丙烯酸丁酯	908	58	Ethyl phenylacetate 苯乙酸乙酯	1247
17	Amyl acetate 乙酸戊酯	930	59	Levulinic acid *n*-butyl ester 乙酰丙酸丁酯	1267
18	(1*R*)-(+)-*α*-pinene 右旋-*α*-蒎烯	937	60	Geraniol 香叶醇	1269
19	(1*S*)-(-)-*α*-pinene 左旋-*α*-蒎烯	937	61	(-)-carveol 香芹醇，葛缕醇	1278
20	Benzaldehyde 苯甲醛	964	62	1-octanol, 2-butyl- 2-丁基辛醇	1278
21	1-heptanol 正庚醇	972	63	Indole 吲哚	1294
22	*β*-pinene *β*-蒎烯	980	64	Naphthalene, 2-methyl- 2-甲基萘	1294
23	*β*-Myrcene *β*-月桂烯	990	65	Nonyl acetate 乙酸壬酯	1311
24	6-Methyl-5-hepten-2-one 6-甲基-5-庚烯-2-酮	994	66	Undecanal 十一醛	1320
25	2-octanone 2-辛酮	995	67	2-undecanol 2-十一烷醇	1320
26	Decane 癸烷	1000	68	Benzoic acid, 2,3-dimethyl- 2，3-二甲基苯甲酸	1370
27	Octanal 辛醛	1002	69	Dodecyl aldehyde 十二醛	1400
28	2-octanol 2-辛醇	1005	70	*n*-tetradecane 十四烷	1402
29	3-carene 3-蒈烯	1007	71	Hexyl hexanoate 己酸己酯	1411
30	*n*-butyl butyrate 丁酸丁酯	1008	72	3-hexenyl hexanoate 己酸-顺-3-己烯酯	1422
31	cis-3-hexenyl acetate 顺乙酸-3-己烯酯	1020	73	1-dodecanol 十二醇	1476
32	*α*-terpinene *α*-松油烯	1028	74	Pentadecane 十五烷	1500
33	(*R*)-(+)-Limonene (*R*)-(+)-柠檬烯	1032	75	Tridecanal 十三醛	1501
34	2-Ethyl-1-hexanol 2-乙基-1-己醇	1038	76	*α*-farnesene 法呢烯	1513
35	(*S*)-(-)-Limonene (*S*)-(-)-柠檬烯	1040	77	Farnesol 金合欢醇	1518
36	3,7-Dimethyl-1,3,6-octatriene 3,7-二甲基-1,3,6-辛三烯	1045	78	(±)-nerolidol 橙花叔醇	1540
37	Octanol 正辛醇	1082	79	1-tridecanol 1-十三烷醇	1576
38	1-phenylethanone 苯乙酮	1085	80	Ethyl laurate 十二酸乙酯	1581
39	2-nonanone 2-壬酮	1093	81	1-tetradecanol 十四醇	1680
40	Undecane 十一烷	1100	82	1-pentadecanol 1-十五烷醇	1773
41	Ethyl heptanoate 庚酸乙酯	1100	83	1-hexadecanol 正十六醇	1840
42	Nonyl aldehyde 壬醛	1102	84	1-heptadecanol 1-十七烷醇	1970

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

酮类7种、烷烃7种、酸1种、其他4种（表1）.

1.3 构建棉花挥发物谱库

液体气味化合物配成0.1‰的二氯甲烷储存液，固体气味化合物配成0.05 g/mL的二氯甲烷储存液，随后将其稀释100倍制成工作溶液. 首先完成zNose™手动校准，然后进行样品分析. 吸取最终工作液0.2 μL直接采样口进样，色谱图窗口显示出标准品的峰，而峰窗口显示出该标准品的考瓦斯指数（相对保留指数）. 点击右键可进入谱库检索界面，通过编辑-添加物质将该标准品的相对保留指数（Indice）、相对分子质量（MW）及英、汉语名称等化合物参数添加到新谱库中，建立棉花挥发物谱库. 另外，通过单点定量法根据响应值（A）=响应因子（f）×进样含量（C）来计算未知样品的含量.

1.4 不同处理棉花挥发物的指纹图谱

设未接棉铃虫的健康棉株为对照，将2龄棉铃虫饥饿6 h后，按每株10头的比例接在供试棉株上，置于气体收集装置内取食12 h后收集挥发物（收集挥发物时，分保留棉铃虫和剔除棉铃虫两种处理），吸附柱吸附收集气样6 h，重复3次. 吸附柱用500 μL二氯甲烷（含内标正辛烷0.05 μL）洗脱后，各吸取1.0 μL、0.2 μL在GC-MS和zNose™分别注射进样. 比对GC-MS谱库中未知样品的分析结果并结合化学标准品的相对保留指数，对zNose™分析未知样品所得到的色谱图中各个色谱峰进行准确地定性. 选择对数标尺并将最大峰的最大值点置于外圆，以30为底，最后将峰值进行对数转换获得指纹图谱.

1.5 虫害诱导棉花挥发物释放节律分析

棉花挥发物的收集和分析方法同1.4，将2龄棉铃虫接于棉花植株上，每隔2 h收集一次挥发物，一直持续到棉铃虫持续危害12 h，洗脱处理后通过zNose分析棉花代表性挥发物β-蒎烯、β-月桂烯的实时释放节律.

1.6 数据处理

本试验数据均采用软件SPSS 11.5进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 棉花常见挥发物zNose™谱库

建立棉花常见挥发物zNose™谱库（表1），这样利用未知样品的相对保留指数就可在谱库中准确地判定化合物的名称，能够实现快速、准确定性分析的目的，为利用zNose™进行棉花挥发性化合物的研究奠定了坚实的基础.

2.2 虫害诱导棉花指纹图谱

将不同处理获得的指纹图谱分别进行叠加，比较不同处理挥发物的质量变化. 由图2-A和B可知，虫害诱导棉花的挥发物在质和量上均比健康对照棉株的多，表明虫害诱导不仅加速了挥发物的释放而且会诱导产生新的挥发性物质. 观察图2-C可以发现，保留棉铃虫的处理与剔除棉铃虫的处理相比，不仅挥发物的含量高，而且持续的虫害处理又在一定程度上诱导产生了新的挥发性化合物，说明挥发物的释放是有时间节律的，诱导时间的长短可能与某些特异性挥发性物质的释放与否有直接关系.

2.3 虫害诱导棉花挥发物释放节律分析

由图3可知，当棉铃虫接到棉株上2 h后，β-蒎烯的释放量明显增加，与健康对照棉花相比差异显著；随后释放速率

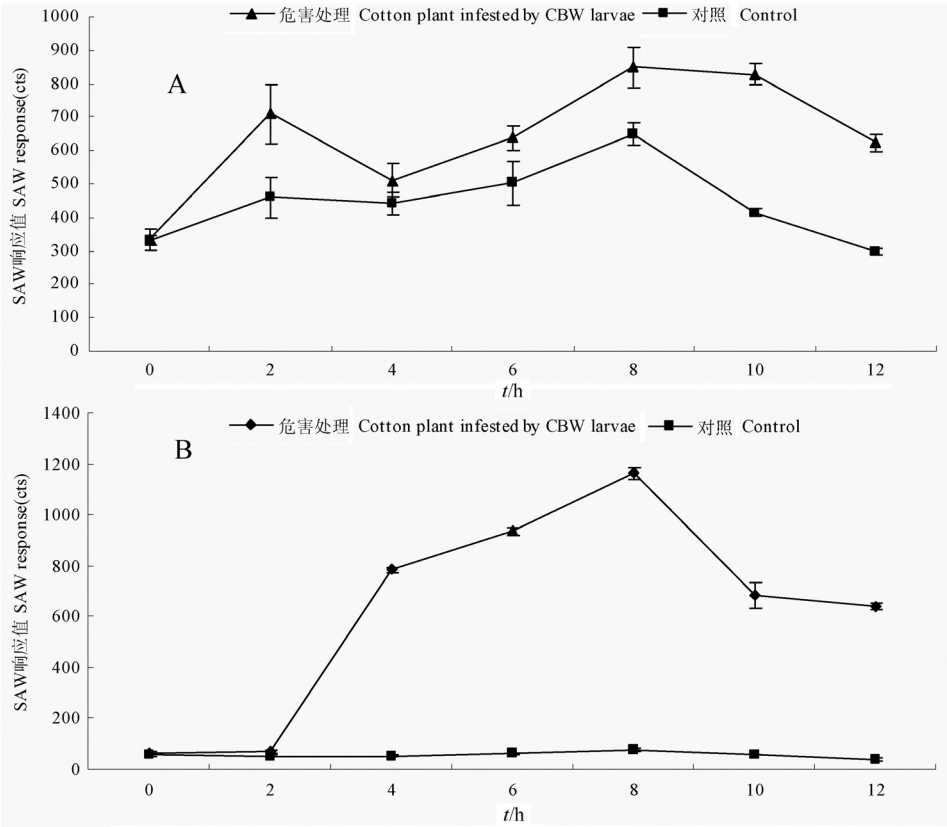

图3 虫害诱导棉花中β-蒎烯（A）和β-月桂烯（B）的释放时间动态

Fig. 3 Release rhythm of β-pinene (A) and β-myrcene (B) from cotton plant infested by CBW larvae

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

略有下降，但释放量仍高于对照，到危害6~8 h时达到最大释放量，接着缓慢回落，但与此时的健康对照棉花相比差异显著，且释放量仍然保持在较高的水平.

棉铃虫危害2 h后，β-月桂烯的释放量与健康对照棉花几乎一致，当危害2~4 h释放量明显增加，与危害2 h及对照相比差异显著，随后释放速率缓慢增加，到危害6~8 h时达到最大值，然后略有下降，但与此时的健康棉花相比差异显著，释放量仍然保持在较高的水平（图4）. 另外，β-月桂烯在棉花植株中属于虫害损伤诱导后释放量明显增加的诱发型挥发性化合物，虫害诱导处理2 h后其释放量与对照相比差异极显著.

3 讨论

本研究利用电子鼻构建了棉花常见挥发物的谱库及指纹图谱库，为今后应用zNose进行棉花及其它植物的化学生态学方面的研究奠定了基础. 应用zNose™监测β-蒎烯和β-月桂烯实时释放动态，探索zNose™的一些新应用技术，为深入解析植物挥发物在三营养级方面的作用提供科技支撑，但一些问题也值得深思.

zNose™不象GC-MS那样，其配备的软件中没有谱库，且只能对样品中已拥有标准品的组分进行定性定量分析，这就需要根据研究对象构建谱库并不断充实库的容量. 另外，该仪器不能像GC-MS那样通过质谱图和保留时间的配合进行定性分析，且由于很多物质的相对保留指数十分接近，所以不适合直接应用zNose™对未知样品进行定性分析，必须要结合GC-MS的分析结果来对其进行准确的定性判定. zNose尽管具有采样时间短、快速分析、便于携带等不可比拟的优势，但其较易受到环境的影响，每天的校准都会略微有些不同，这就要求在分析某一天的数据时必须调入当日的校准，否则结果会与当日测得的有出入. 另外，在较低的工作温度下，表面声波检测器（SAW）上的保留时间将会随灵敏度的提高而延长. 而在较高的工作温度下，物质在其上停留时间缩短，灵敏度降低，但是其线性动力学范围反而增大，物质可定量的范围也将变大[15].

许多研究结果都表明，植物挥发物的释放并不是连续的过程，而是遵循一个与明暗循环有关的生理周期. 这种现象首先发现于花香气体中[12]，但近期的研究却表明，日间节律也控制着损伤草本植物挥发物的散发[21]. 植物组织中的组分化合物在植株受到损伤立即释放，释放时间是相对不变的. Loughrin等认为诱导化合物释放在昆虫取食开始和挥发物释放之间有一个时间差，且取食停止后，诱导挥发物的持续释放也有一个昼夜循环节律. 虫害诱导的植物挥发物具有明显的白天释放量高而晚上释放量低的昼夜释放节律. 上述结果在棉花和玉米的研究中均得到了证实[21~22]. 而植物释放的这种昼夜节律刚好与害虫天敌的活动规律相吻合，揭示了植物与植食昆虫之间的协同进化关系.

棉花挥发物主要由叶片所释放，棉花受棉铃虫幼虫轻度危害后，地上部分挥发物的释放速率明显增加，本研究中的β-蒎烯在棉铃虫危害后的2 h释放量明显增加，且与健康的棉花相比差异显著，该结果与一些前人报道结果[11, 23~24]类似. 而β-月桂烯的释放量在棉铃虫危害2 h后与健康棉花几乎一致，却在危害2~4 h时明显增加，且与危害2 h时及健康棉花相比差异显著，这和Loughrin等阐述昆虫取食开始和挥发物释放之间有一个时间差的结论相一致. 尽管二者释放量的迅速增加时间不一致，但其单位时间释放量的最大值却均在危害6~8 h时达到. 另外，本研究也证实棉花植株中的β-月桂烯属于虫害损伤诱导后释放量明显增加的诱发型挥发性化合物[18~19]. 本实验中，我们仅仅应用zNose™研究了棉花在棉铃虫的取食诱导后代表性化合物β-蒎烯和β-月桂烯的释放动态，而棉花挥发物中的其它物质以及其昼夜释放节律及与植食昆虫的关系仍有待进一步开展研究.

References

1 Vet LEM, Dicke M. Ecology of infochemicals used by natural enemies in a tritrophic context. *Ann Rev Entomol*, 1992, **37**: 141~172

2 Visser JH. Host odor perception in phytophagous insects. *Ann Rev Entomol*, 1986, **31**: 121~144

3 Du YJ (杜永均), Yan FS (严福顺). The role of plant volatiles in tritrophic interactions among phytophagous insects their host plants and natural enemies. *Acta Entomol Sin* (昆虫学报), 1994, **37**: 233~250

4 Heil M. Indirect defence via tritrophic interactions. *New Phytol*, 2008, **178** (1): 41~61

5 Cai XM (蔡晓明), Sun XL (孙晓玲), Dong WX (董文霞), Wang GC (王国昌), Chen ZM (陈宗懋). Application of zNose™ for the analysis of the volatiles emitted by damaged tea plants. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 2009, **29** (1): 169 ~177

6 Huang XY (黄小燕), Zhao XY (赵向阳), Fang ZY (方智勇). Application research on electronic nose in multi-gas detection. *Transducer & Microsyst Technol* (传感器与微系统), 2008, **27** (6): 47 ~49, 52

7 Carpinoa S, Rapisarda T, Belvedere G, licitra G. Volatile fingerprint of Piacentinu cheese produced with different tools and type of saffron. *Small Ruminant Res*, 2008, **79**: 16~21

8 Zhang XH (张晓华), Chang W (常伟), Li JM (李景明), Zhang DX (张东星), Li Y (李阳), Liu YF (刘远方), Li SY (李淑燕), Ni YY (倪元颖). Study on apple storage by electronic nose technology. *Mod Sci Instrum* (现代科学仪器), 2007 (6): 120~123

9 Schwartzberg EG, Kunter G, Stephan C, David A, Röse USR, Gershenzon J, Boland W, Weisser WW. Real-time analysis of alarm pheromone emission by the pea aphid (*Acyrthosiphon pisum*) under predation. *J Chem Ecol*, 2008, **34**: 76~81

10 Arimura G, Köpke S, Kunert M, Volpe V, David A, Brand P, Dabrowska P, Maffei ME, Boland W. Effects of feeding *spodoptera littoralis* on lima bean leaves: IV. Diurnal and nocturnal damage differentially initiate plant volatile emission. *Plant Physiol*, 2008, **146**: 965~973

11 Röse USR, Tumlinson JH. Volatiles released from cotton plants in response to *Helicoverpa zea* feeding damage on cotton flower buds. *Planta*, 2004, **218**: 824~832

12 Pettersson EM, Boland W. Potential parasitoid attractants, volatile composition throughout a bark beetle attack. *Chemoecology*, 2003, **13**: 27~37

13 D′Auria JC, Pichersky E, Schaub A. Characterization of a BAHD acyltransferase responsible for producing the green leaf volatile (*Z*)-3-hexen-1-yl acetate in *Arabidopsis thaliana*. *Plant J*, 2007, **49**:

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

194~207

14 Panagoua EZ, Sahgal N, Magan N, Nychas GJE. Table olives volatile fingerprints: Potential of an electronic nose for quality discrimination. *Sens & Actuators B Chem*, 2008, **134**: 902~907

15 Kunert M, Biedermann A, Koch T, Boland W. Ultrafast sampling and analysis of plant volatiles by a hand-held miniaturized GC with pre-concentration unit: Kinetic and quantitative aspects of plant volatile production. *J Sep Sci*, 2002, **25**: 677~684

16 Zhang HM, Wang J. Detection of age and insect damage incurred by wheat, with an electronic nose. *J Stored Prod Res*, 2007, **43**: 489~495

17 Yu HC (于慧春), Wang J (王俊). Tea quality detection basic on electronic nose. *Chin J Sens & Actuators* (传感技术学报), 2008, **21** (5): 748~752

18 Yu HL (于惠林), Zhang YJ (张永军), Pan WL (潘文亮), Guo YY (郭予元), Gao XW (高希武). Identification of volatiles from field cotton plant under different induction treatments. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2007, **18** (4): 859~864

19 Yu HL (于惠林), Zhang YJ (张永军), Sun GJ (孙国军), Guo YY (郭予元), Gao XW (高希武). Taxis responses of parasitoid microplitis mediator to volatiles of cotton after different treatments. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2006, **12** (6): 809~813

20 Yu HL, Zhang YJ, Wu KM, Gao XW, Guo YY. Field-testing of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Environ Entomol*, 2008, **37** (6): 1410~1415

21 Loughrin JH, Manuklan A, Heath RR, Turlings TCJ, Tumlinson JH. Diurnal cycle of emission of induced volatile terpenoids by herbivore-injured cotton plants. *Proc Nat Acad Sci USA*, 1994, **91**: 11836~11840

22 Turlings TCJ, Loughrin JH, McCall PJ, Röse USR, Lewis WJ, Tumlinson JH. How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proc Nati Acad Sci USA*, 1995, **92**: 4169~4174

23 Su JW (苏建伟), Gao F (高峰), Liu L (刘玲), Ge F (戈峰). Components and emitting rate of the volatiles released from the transgenic cotton damaged by cotton bollworm. *Plant Prot* (植物保护), 2007, **33** (1): 29~33

24 Röse USR, Lewis WJ, Tumlinson JH. Specificity of systemically released cotton volatiles as attractants for specialist and generalist parasitic wasps. *J Chem Ecol*, 1998, **24** (2): 303 ~319

书 讯

节水节肥型多熟超高产理论与技术

（华夏英才基金学术文库）　逄焕成 著　科学出版社出版（2010年6月）　978-7-03-028016-9　￥36.00

内容简介

本书在全面系统地论述了国内外作物群体高产与超高产理论及实践研究现状的基础上，重点阐述了作者在黄淮海平原的豫东黄泛区和豫北平原区四年两地多熟超高产种植模式以及超高产下的水肥优化管理理论与技术。全书共分7章，包括绪论、多熟超高产模式试验设计与研究方法、多熟超高产模式产量与资源利用效率、多熟种植模式的超高产理论机制、多熟超高产模式关键调控技术、多熟超高产复合群体结构的构建规则、多熟超高产模式下的水肥优化管理等主要内容。

本书可供作物栽培学、耕作学、农田生态学、农业水资源利用学、植物营养与施肥等专业的科技工作者、大专院校师生，以及广大农业技术推广科技工作者参考。

表皮细胞实验指南

（生命科学实验指南系列）“十一五”国家重点图书出版规划项目

（加拿大）图尔克森 主编　彭代智 主译　科学出版社出版（2010年7月）　978-7-03-028236-1　￥90.00

内容简介

本书是一本有关表皮细胞和表皮干细胞研究的最新且实用的实验技术指南。全书共42章，涵盖了人和小鼠表皮细胞分离培养的技术方法以及表皮干细胞富集、鉴定、培养和体内标记的技术方法，详细介绍了免疫学、细胞生物学、分子生物学和基因组学等最新技术在研究表皮组织的胚胎发生、发育、分化及皮肤疾病中的应用，还叙述了表皮细胞和成纤维细胞的基因修饰（转染、突变和打靶）、组织工程皮肤的体外构建和体内移植及毛囊的基因和干细胞治疗等具有广泛开发和应用前景的重要技术，对从事上皮细胞尤其是表皮细胞和表皮干细胞的教学、科研和开发人员来说是一本很有价值的工具书。

本书可作为上皮细胞尤其是表皮细胞和表皮干细胞研究、开发和应用的工具书，也可供细胞生物学、分子生物学、发育生物学、临床医学等有关领域的教学、科研人员参考。

欢迎邮购各类图书　欢迎致电索要书目

联系人：科学出版社科学销售中心 周文宇　电话：010-64031535　E-mail：zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购：www.dangdang.com　www.amazon.cn

科学出版中心生物分社　电话：010-64012501　网址：www.lifescience.com.cn　E-mail：lifescience@mail.sciencep.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net