

赵小云, 谢德芳, 田海. 套袋微环境对香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺内吸性和降解速率的影响及机制[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(3): 154–159. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.039

套袋微环境对香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺内吸性和降解速率的影响及机制

赵小云¹, 谢德芳², 田海²

(1. 华中农业大学食品科技学院, 湖北武汉 430000; 2. 中国热带农业科学院分析测试中心, 海南海口 570100)

摘要:通过对不套袋施药、套袋后施药和套袋前施药 3 种施药方式下的香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺残留量进行分析, 并对袋内外光温度、湿度和光照等环境因子进行监测, 探讨套内温度、湿度和光照等环境因子的变化对苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸作用和降解速率的影响, 并就其机制进行分析。结果表明, 套袋后, 袋内可形成高温、高湿和弱光的特殊环境条件; 与不套袋相比, 套袋后苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸作用受到抑制, 导致其在香蕉中的内吸量降低; 袋内高温、高湿和弱光的特殊环境可降低植物的蒸腾作用, 使苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中传导和吸收的量受阻, 从而降低了 2 种农药在香蕉中的内吸量; 与不套袋相比, 套袋后苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的降解速率减慢; 袋内高温、高湿和弱光的特殊环境可降低植物的蒸腾作用和有关酶的活性, 可使苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的代谢降解受到抑制, 使其降解速率减慢, 并且在微环境条件下, 对不同种类的农药抑制作用不同, 对苯醚甲环唑的降解影响较大, 对噻呋酰胺的抑制影响较小。

关键词:套袋微环境; 香蕉; 苯醚甲环唑; 噻呋酰胺; 内吸作用; 降解速率; 影响机制

中图分类号: S668.101; S481⁺.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)03-0154-05

苯醚甲环唑和噻呋酰胺都是新型、高效、广谱、低毒、内吸性强、环境友好的杀菌剂^[1-3], 对真菌引起的叶斑病、炭疽病和立枯病等疾病有着较好的治疗和防护作用^[4-6], 是防治香蕉叶斑病的主要农药品种。果实套袋已成为我国果树生产的一项重要栽培技术, 其应用几乎覆盖所有果树品种^[7], 香蕉套袋技术目前已经被普遍运用。目前, 对套袋后的袋内光照、温度和湿度等特殊微环境的变化已有不少研究, 如李云昌等研究了套袋对荔枝果穗微环境光照、温度的影响^[8]; 王磊等研究了套袋对番茄果实微环境的影响^[9]。而套袋微环境对果蔬的影响多集中于对果蔬品质的影响, 其中包括对糖类物质^[10]、色素^[11]、矿物质^[12]等的影响, 而套袋微环境的变化对果蔬中农药内吸作用和降解速率的影响和机制研究鲜有报道。本研究通过对不套袋施药、套袋后施药和套袋前施药 3 种施药方式下香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺的降解动态进行对比分析, 同时对袋内外温度、湿度和光照等环境因子的变化进行监测, 旨在探讨袋内微环境对香蕉中苯醚甲环唑和噻呋酰胺内吸作用和降解速率的影响。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

超高效液相色谱-串联质谱联用仪(美国爱博才思公司); 多管漩渦混合器(北京优晟联合科技有限公司); 电子天

收稿日期: 2017-10-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(编号: 201203092-4-2)。

作者简介: 赵小云(1993—), 女, 硕士, 主要从事食品质量与安全管理研究。E-mail: 76305052@qq.com。

通信作者: 谢德芳, 副研究员, 主要从事农药残留分析研究。

E-mail: xdfang1@163.com。

平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; 落地式高速冷冻离心机[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 涡旋混合器(上海青浦沪西仪器厂); 有机相针式滤器(尼龙, 13 mm, 0.22 μm)(上海安谱实验科技股份有限公司); 一次性使用无菌注射器(江西宏达医疗器械集团有限公司); 氮吹仪(杭州德克尔仪器设备公司); 色谱柱 ACQUITY UPLC® BEH C18 (1.7 μm, 2.1 × 50 mm, 美国沃特世公司)。

甲醇、乙腈[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 氯化钠(广州化学试剂厂); 十八烷基硅烷键合硅胶(C18)、石墨化炭黑(GCB)、N-丙基乙二胺(PSA)(安捷伦科技有限公司); 噻呋酰胺标准品; 苯醚甲环唑标准品。

1.2 田间试验

试验时间为 2017 年 2 月 22 日至 5 月 12 日。试验地点为海南省海口市中国热带农业科学院分析测试中心实验基地。试验药剂为 27.8% 噻呋酰胺·苯醚甲环唑悬浮剂(有效成分 1 及其含量: 噻呋酰胺 13.9%; 有效成分 2 及其含量: 苯醚甲环唑 13.9%)。试验作物为香蕉。

试验方法: 27.8% 噻呋酰胺·苯醚甲环唑悬浮剂在香蕉上防治叶斑病的最高推荐使用剂量为 417 mg a.i./kg(试剂与水的体积比为 1:667), 施药方式为全株喷雾, 施药次数为 1 次。试验小区有 6 棵香蕉, 试验重复 2 次。

施药时期及施药方法: 果实半大时; 果实不套袋、套袋前、套袋后整株喷。另设不施药处理, 采对照样。

样品的采集与制备: 采样距施药时间为 0 h、1 d、3 d、5 d、7 d、14 d、21 d、28 d、35 d、42 d、49 d。按照试验设计时间要求, 以随机的方法用小刀在试验香蕉树不同方向及上、中、下不同部位采集 7~8 条(不少于 2 kg)生长正常、无病害、成功施药的香蕉个体, 装入塑料袋中包扎妥当, 并贴上标签。将采

集 的 样 品 切 碎 , 匀 浆 装 袋 , 贴 上 标 签 后 于 - 20 ℃ 冰 柜 中 冷 冻 保 存 , 待 测 。

使用湿度计、温度计和光照度计对田间湿度、温度和光照数据进行采集。

1.3 样品前处理方法

准确称取 10.0 g 香蕉样品于 50 mL 离心管中,加入 20 mL 乙腈,匀浆 2 min,涡旋 2 min 提取,转速为 8 000 r/min 离心 5 min;取全部上清液于已加入 10 g 氯化钠的离心管中,涡旋 1 min,以 8 000 r/min 离心 5 min;取上清液 10 mL 于含 PSA 和无水硫酸镁的离心管中,涡旋 1 min 后,以 8 000 r/min 离心 5 min,取上清液过 0.22 μm 有机膜,待进样。

1.4 基质标准溶液的配制

精确称取苯醚甲环唑和噻呋酰胺(99.8%)标准品 0.010 0 g(精确至 0.000 1 g),用甲醇溶解并定容至 100 mL,配制浓度为 100 μg/mL 的储备液,于 4 ℃ 冰箱中保存。准确移取适量储备液,分别用甲醇稀释成 10.00、5.00、1.00、0.10、0.05 μg/mL 系列浓度的标准品溶液。按照“1.3”节中所述方法,对空白香蕉样品进行处理,取适量浓度一定体积的标准溶液,加入 2 mL 体积的容量瓶中,氮气吹干,加处理过的空白香蕉基质,配制浓度为 0.05、0.10、0.20、0.30、0.50 μg/mL 基质标准溶液,过 0.22 μm 有机膜,待进样。

1.5 色谱-质谱条件

1.5.1 色谱条件 色谱柱为 ACQUITY UPLC® BEH C18 (2.1 × 50 mm, 1.7 μm),柱温为 40 ℃,进样量为 0.25 μL,梯

度洗脱条件详见表 1。

表 1 高效液相色谱梯度洗脱条件

时间 (min)	流速 (mL/min)	0.1% 甲酸水 (%)	甲醇 (%)
起始	0.25	90	10
0.1	0.25	90	10
1.0	0.25	20	80
3.0	0.25	20	80
3.2	0.25	90	10
5.0	0.25	90	10

1.5.2 质谱条件 离子源为电喷雾离子源(ESI);扫描模式为正、负离子扫描;离子源气体 GS1:0.344 75 MPa,离子源气体 GS2:0.344 75 MPa;离子喷雾电压为 5 500 V;气帘气:0.137 90 MPa;离子源温度为 600 ℃。检测方式为多重反应监测(MRM)。其他质谱参数见表 2。

2 结果与分析

2.1 优化条件下苯醚甲环唑和噻呋酰胺标准溶液色谱

优化条件下苯醚甲环唑和噻呋酰胺标准溶液色谱分别见图 1、图 2。

2.2 标准曲线和线性范围

将 0.05、0.10、0.20、0.30、0.50 μg/mL 系列浓度的苯醚甲环唑和噻呋酰胺标准溶液和香蕉基质标准溶液在“1.5”中的条件下进样,以其峰面积(y)对相应标准样品浓度(x)作标

表 2 2 种农药的质谱采集参数

农药	保留时间 (min)	母离子 质荷比	定量离子 质荷比	定性离子 质荷比	锥孔电压 (V)	碰撞能量 1 (eV)	碰撞能量 2 (eV)
苯醚甲环唑	2.04	406.0	251	337.0	138	35.0	35.00
噻呋酰胺	1.94	524.8	165	124.9	-96	-28.9	-58.32

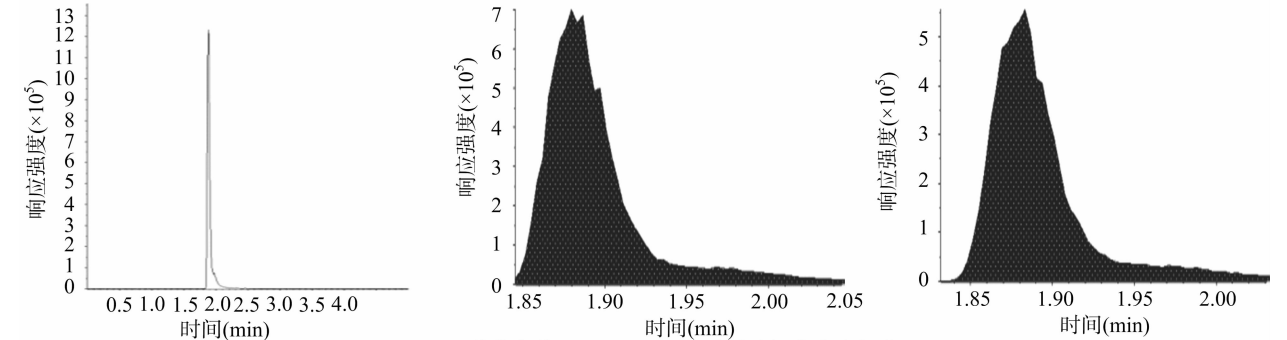


图1 优化条件下 0.1 μg/mL 噻呋酰胺标准溶液色谱

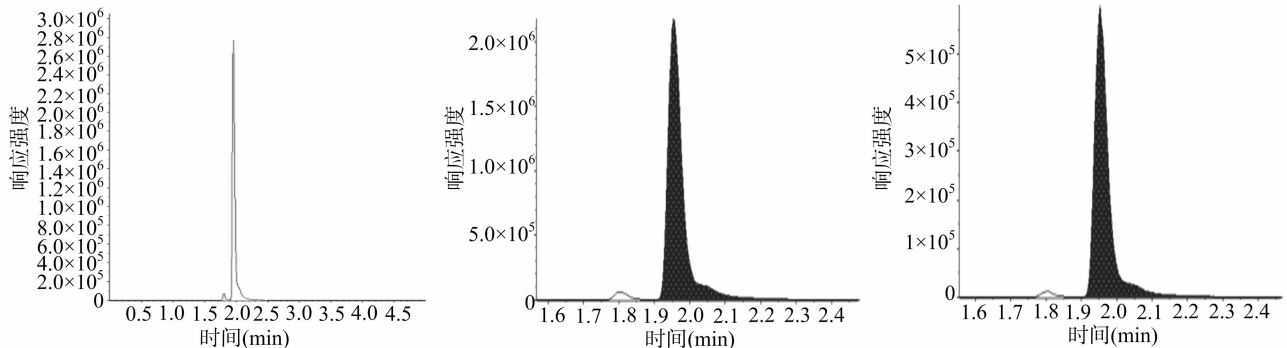


图2 优化条件下 0.1 μg/mL 苯醚甲环唑标准溶液色谱

准曲线。苯醚甲环唑的基质标准曲线为 $y = 3.17 \times 10^4 x + 1.18 \times 10^6$ ($r = 0.999\ 4$); 噻呋酰胺的基质标准曲线为 $y = 6.04 \times 10^3 x + 8.3 \times 10^5$ ($r = 0.999\ 3$)。

2.3 方法的准确度、精密性

在空白香蕉中分别进行 0.10、1.00、10.00 mg/kg 3 个水平的加标回收试验, 每个水平重复测定 5 次, 计算加标回收率

表 3 苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的回收率和相对标准偏差

农药	添加浓度 (mg/kg)	回收率 (%)					平均值 (%)	相对标准偏差 (%)
		1	2	3	4	5		
苯醚甲环唑	0.10	109.8	89.8	94.0	89.2	91.6	94.9	9.0
	1.00	94.4	91.4	95.0	109.4	95.6	97.2	7.2
	10.00	98.0	102.6	117.0	113.4	106.6	107.5	7.2
噻呋酰胺	0.10	90.6	104.0	86.4	89.6	107.0	95.5	9.3
	1.00	87.6	96.0	96.4	100.8	87.0	93.6	6.0
	10.00	97.8	105.6	102.6	105.2	100.4	102.3	3.2

2.4 方法的检出限 (LOD) 和定量限 (LOQ)

检出限和定量限分别以 3 倍信噪比和 10 倍信噪比计算。分别以 0.01、0.02 mg/kg 添加水平的色谱图进行衡量, 得到苯醚甲环唑和噻呋酰胺的检出限和定量限分别为 1.0、3.3 $\mu\text{g/kg}$ 和 0.5、3.3 $\mu\text{g/kg}$ 。

2.5 苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸作用

苯醚甲环唑在香蕉中的消解动态见图 3, 3 种施药方式下, 苯醚甲环唑在香蕉中的残留量都先升高后降低, 并在 3 d 后其残留量达到最大值, 表明苯醚甲环唑有较强的内吸性, 可通过茎、叶等部位传导到果实部位, 使其残留量升高; 不套袋施药、套袋前施药和套袋后施药 3 种施药方式下, 苯醚甲环唑在香蕉中因内吸作用而增加的农药量依次为 0.54、0.26、0.08 mg/kg, 由此可得套袋施药苯醚甲环唑在香蕉中的内吸量高于套袋前施药和套袋后施药。

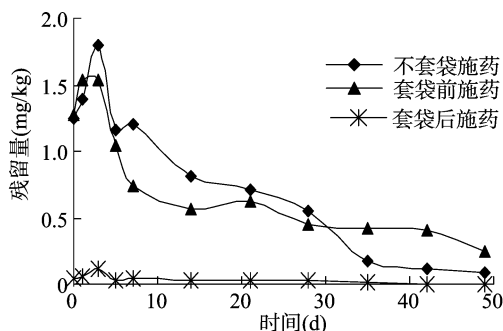


图 3 苯醚甲环唑在香蕉中的消解动态

噻呋酰胺在香蕉中的消解动态见图 4, 不套袋施药、套袋前施药和套袋后施药 3 种方式下, 噻呋酰胺的残留量都表现为先升高后降低的趋势, 表明噻呋酰胺在香蕉中具有较强的内吸性。此外, 不套袋施药、套袋前施药和套袋后施药 3 种处理下, 噻呋酰胺在香蕉中因内吸作用而增加的农药量依次为 0.33、0.20、0.11 mg/kg, 同样可得套袋处理下, 噻呋酰胺的内吸量较套袋处理下的内吸量高。

试验表明, 不套袋处理下, 苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸量较套袋处理高, 袋内的微环境条件可能会抑制 2 种农药的内吸作用, 使其内吸量低于不套袋处理。

和相对标准偏差。在 0.10、1.00、10.00 mg/kg 3 个添加水平下, 苯醚甲环唑和噻呋酰胺的平均回收率分别为 94.9% ~ 107.5% 和 93.6% ~ 102.3%, 相对标准偏差分别为 7.2% ~ 9.0% 和 3.2% ~ 9.3%, 方法显示了良好的准确度和精密性, 可满足试剂样品中农药残留检测的要求, 结果见表 3。

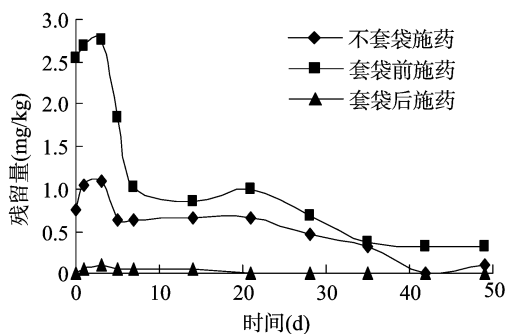


图 4 噻呋酰胺在香蕉中的消解动态

2.6 苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中消解速率

苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的消解曲线如图 5 和图 6 所示。

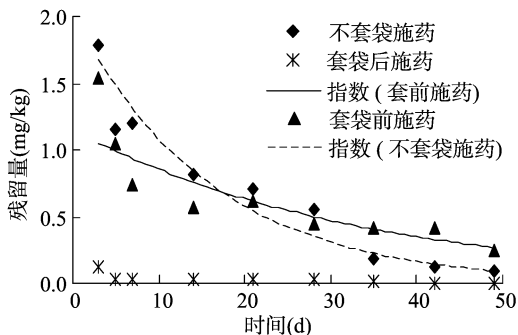


图 5 苯醚甲环唑在香蕉中的消解曲线

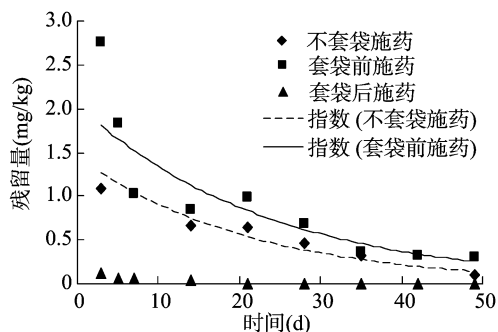


图 6 噻呋酰胺在香蕉中的消解曲线

不套袋施药,苯醚甲环唑在香蕉中消解的一级热力学方程为 $C = 2.0249e^{-0.063t}$ ($R^2 = 0.9534$), 半衰期 $T_{1/2} = 11.0$ d; 套袋前施药,苯醚甲环唑在香蕉中消解的一级热力学方程为 $C = 1.1524e^{-0.030t}$ ($R^2 = 0.8536$), 半衰期 $T_{1/2} = 23.1$ d。不套袋方式下苯醚甲环唑在香蕉中的消解半衰期小于套袋方式下苯醚甲环唑在香蕉中的半衰期。表明套袋后苯醚甲环唑的消解速率减慢。

不套袋处理下,噻呋酰胺在香蕉中的消解方程为 $C = 1.4593e^{-0.047t}$, $R^2 = 0.9356$, 半衰期 $T_{1/2} = 14.7$ d; 套袋前施药,噻呋酰胺在香蕉中的消解方程为 $C = 2.0506e^{-0.043t}$, $R^2 = 0.8794$, 半衰期 $T_{1/2} = 16.1$ d。不套袋处理下,噻呋酰胺在香蕉中的半衰期小于套袋处理,表明套袋处理可降低噻呋酰胺在香蕉中的消解速率。

试验表明,套袋后苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的降解速率都减慢。

不套袋施药,苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中消解半衰期分别为 11.0、23.1 d; 套袋前施药,苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中消解半衰期分别为 14.7、16.1 d,套袋处理与不套袋处理,苯醚甲环唑和噻呋酰胺的半衰期分别延长 12.1 d 和 1.4 d。说明套袋处理对苯醚甲环唑和噻呋酰胺的降解都有一定的抑制作用,但抑制作用的强弱不同,对苯醚甲环唑降解的抑制作用较大,对噻呋酰胺降解的抑制作用较小。说明袋内的微环境对不同种农药的降解速率影响不同。

2.7 袋内外温度、湿度和光照变化数据

2.7.1 袋内外温度变化趋势 袋内、外温度变化曲线分别见图 7、图 8。

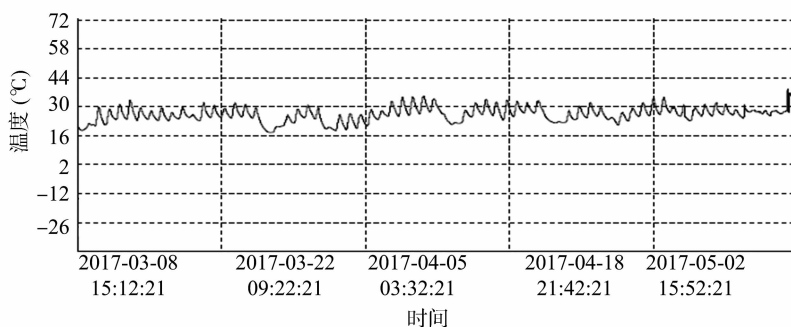


图7 袋内温度变化数据

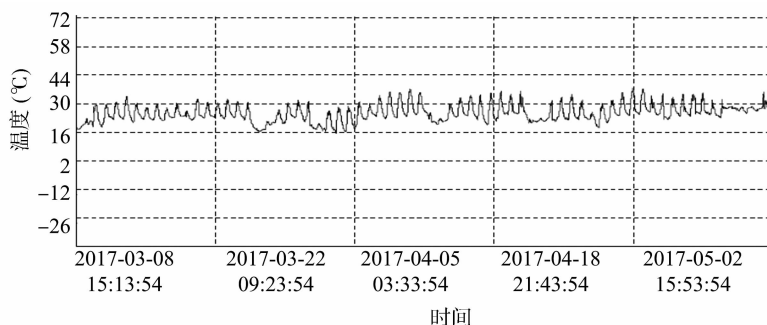


图8 袋外温度变化数据

袋外温度最大值为 37.6 °C, 最小值为 15.4 °C, 平均值为 25.3 °C, 极值为 22.2 °C; 袋内温度最大值为 38.7 °C, 最小值为 17.6 °C, 平均值为 26.4 °C, 极值为 21.1 °C。袋内温度比袋外平均温度高 1.1 °C, 一般看来, 温度变化趋势为 18:00 至次日 07:00 温度逐渐降低, 07:00 至 18:00 温度逐渐升高, 在 14:00 至 16:00 温度达到最高, 变化趋势呈峰型, 白天温度高, 夜间温度低。这与陈俊伟等的试验研究结果^[13-14]一致。

2.7.2 袋内外湿度变化趋势 袋内外湿度变化曲线见图 9、图 10。袋内相对湿度 (RH) 最大值为 100%, 最小值为 56.9%, 平均值为 93.0%; 袋外相对湿度最大值为 100%, 最小值为 39.3%, 平均值为 83.5%。袋内平均相对湿度比袋外高 9.5%, 一般看来, 湿度变化趋势为 20:00 至次日 08:00 湿度逐渐升高, 24:00 至次日 04:00 湿度达到最大值, 接近 100%, 在 08:00 至 20:00 湿度逐渐下降, 这与温度的变化趋势正好相反。随温度的升高, 湿度降低。这与张斌斌等的试验结果^[15-16]一致。此外发现果实套袋以后, 由于果袋透气性

差, 果实袋内环境与果实袋外环境热量交换受阻, 导致袋内温度高, 湿度大, 形成了独特的微域环境^[17]。

2.7.3 袋内外光照变化趋势 使用照度计对田间香蕉袋内外的光照强度进行测量, 结果见表 4。由表 4 可以看出, 袋内的光照远低于袋外光照, 形成弱光环境。大多数套袋为果实提供了一个较高温、高湿、弱光的微域环境^[18]。

2.7.4 套袋微环境对苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中内吸性和降解影响的机制 温度、湿度和光照等环境因素与农药残留、农药吸附和农药降解关系密切^[19], 药剂在植物体内的传导速度和输导量受其蒸腾速度和气候因子等影响^[20-21]。果实套袋改变了果实发育过程中的光照、温度、湿度、气体等微环境条件, 从而影响植物蒸腾作用, 对果实中农药代谢降解等生理过程产生了复杂的影响^[22-23]。光照对蒸腾作用影响最大, 因此对农药的吸收影响最大, 弱光不利于农药的吸收, 温度高不利于农药的吸收, 套袋果实处在高湿环境下蒸腾作用较低。袋内形成的高温环境和弱光环境降低了果实的蒸腾

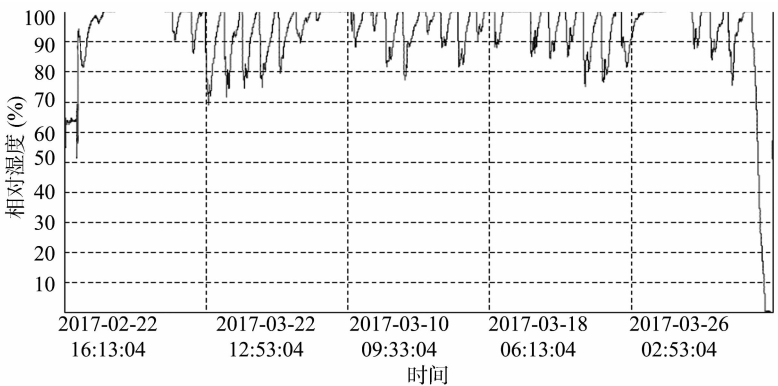


图9 袋内湿度变化数据

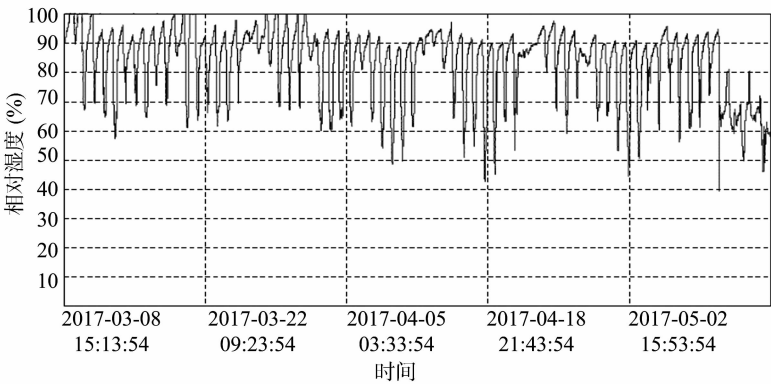


图10 袋外湿度变化数据

表 4 袋内外光照变化数据

日期	部位	光照度 (lx)			
		东	西	南	北
2017 - 02 - 22	袋内	550.91	538.00	638.07	631.61
	袋外	108 460.80	62 623.20	94 257.60	88 016.80
2017 - 03 - 25	袋内	624.08	150.64	236.72	430.40
	袋外	179 692.00	419 640.00	248 556.00	200 136.00

作用,还影响果实内各种酶活性^[24-25],因此生长在纸袋微环境中的果实能降低农药在果实中的残留量和降解速率^[26]。

套袋后苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸量都降低,袋内微环境可能会抑制 2 种农药的内吸作用,使其内吸量低于不套袋处理。这是由于套袋后袋内的高温、高湿和弱光环境降低了香蕉果实的蒸腾作用,2 种农药在果实中的吸收和传导量降低,从而使其内吸量低于不套袋处理。

套袋后,苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的降解速率都降低。这是由于套袋后,袋内形成的高温、高湿和弱光环境降低了香蕉果实的蒸腾作用,从而降低了农药的代谢与降解,导致降解速率减慢。

3 结论

套袋后,袋内形成了高温、高湿和弱光的特殊环境条件。与不套袋相比,套袋后苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的内吸作用受到抑制,导致其在香蕉中的内吸量降低;袋内高温、高湿和弱光的特殊环境可降低植物的蒸腾作用,使苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的传导和吸收受阻,从而降低了药剂在香蕉中的最高残留量。与不套袋相比,套袋后苯醚甲环唑

和噻呋酰胺在香蕉中的降解速率减慢;袋内高温、高湿和弱光的特殊环境可降低植物的蒸腾作用和有关酶的活性,使苯醚甲环唑和噻呋酰胺在香蕉中的代谢降解受到抑制,因而药剂的降解速率降低,并且,对不同的药剂作用效果不同,对苯醚甲环唑的降解抑制较大,对噻呋酰胺的影响较小。

参考文献:

[1] 谢吉先,丁国祥,何建国,等. 噻呋酰胺悬浮剂对花生白绢病的防效[J]. 安徽农业科学,2015,43(24):95-96.
[2] 王晓琳,刘玉霞,高素霞,等. 金银花中戊唑醇、苯醚甲环唑的残留分析[J]. 中国农学通报,2017,33(19):143-147.
[3] 陈颖,甄子叶. 35% 噻呋酰胺悬浮剂的高效液相色谱分析[J]. 现代农药,2015,14(4):28-29.
[4] 亢育杰,杨昱,郑张瑜,等. 噻呋酰胺的光解和水解特性研究[J]. 农药学报,2016,18(4):540-544.
[5] 薛晓航,戴守辉,张璐珊,等. QuEChERS/GC-MS 快速分析土壤中的苯醚甲环唑残留[J]. 农药学报,2010,12(3):309-312.
[6] 张志勇,王冬兰,张存政,等. 苯醚甲环唑在水稻和稻田中的残留[J]. 中国水稻科学,2011,25(3):339-342.

仇逊超,张 麟. 红松籽中脂肪的近红外光谱快速检测研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(3):159-163.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.040

红松籽中脂肪的近红外光谱快速检测研究

仇逊超,张 麟

(哈尔滨金融学院计算机系,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:采用近红外光谱分析方法对红松籽脂肪进行定量分析,建立红松籽脂肪的快速检测方法,利用多种预处理方法优化模型,同时采用间隔偏最小二乘法、反向间隔偏最小二乘法、无信息变量消除法实现特征波段的选取。结果表明,红松籽样本光谱经矢量归一化预处理后建立的模型最佳;波段优选能够提高模型质量,其中反向间隔偏最小二乘法的筛选结果最优,其红松籽脂肪模型校正集相关系数为 0.889 2,验证集均方根误差为 0.765 1。由此可知,经过优化后,模型的预测性能较好,实现了红松籽脂肪快速、无损检测。

关键词:近红外光谱;红松籽;脂肪;预处理方法;波段筛选;数学模型;定量无损检测

中图分类号: TS255.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)03-0159-05

近红外光谱分析方法是通过对有机化学物质在近红外光谱区的光学响应特征,以实现对物质定量或定性快速测定的现代光谱技术,由于其穿透性强,因此可以完成对带壳物质内部品质的定量、定性测定^[1-2];经过对待测样本的近红外光谱数据的一次获取,在短短的几分钟内就能够实现多项性能

指标的检测;在光谱测量的过程中无需对待测样本进行任何预处理,是无损、无消耗的绿色分析方法。近红外光谱分析方法在农副产品的脂肪测定中已得到了广泛良好的应用^[3-5],其中在带壳坚果方面,贾昌路等利用近红外技术对带壳的 5 个南疆核桃品种的光谱数据进行了获取,比较了不同品种的光谱差异,并根据吸光度的差异成功地对核桃的品质和品种进行了鉴别^[6]。刘洁等分别构建了带壳板栗水分、蛋白质定量分析的近红外数学模型,研究结果表明其水分、蛋白质模型验证集均方根误差分别为 2.27%、0.38^[7-8]。笔者的前期研究也证实了采用近红外光谱分析方法可以实现对带壳红松籽内部蛋白质^[9]和水分^[10]的定量检测。但是还未见运用近红外光谱技术对带壳红松籽中的脂肪进行测定分析的相关研究。

红松籽中的脂肪含量较高,其中大部分为亚油酸和不饱

收稿日期:2018-06-09

基金项目:黑龙江省省属高等学校基本科研业务费基础研究项目(青年学术骨干研究项目)(编号:2017-KYYWF-0089);中央高校创新团队与重大项目培育资金项目(编号:E2572016EBC3)。

作者简介:仇逊超(1986—),女,黑龙江哈尔滨人,博士,讲师,主要从事农林产品无损检测及农林业机械化工程研究。E-mail:ldqixunchao@126.com。

[7]倪正兰,陈爱晶. 浅谈果树套袋技术[J]. 农民致富之友,2014(20):170.

[8]李云昌,符兆欢,余小娟,等. 套袋对荔枝果穗微环境温度光照影响效应的观察[J]. 中国热带农业,2007(5):35-36.

[9]王 磊,徐 坤,贝 峰,等. 套袋对越冬番茄果实微环境及产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2007,18(4):837-842.

[10]柯凡君,张虎平,陶书田,等. 套袋对梨果实发育过程中糖组分及其相关酶活性的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(7):1422-1427.

[11]高华军,王少敏,王江勇. 套袋对苹果果皮花青苷合成及着色的影响[J]. 果树学报,2006,23(5):750-755.

[12]李明媛,关军峰,杜国强. 套袋对红富士苹果品质和 Ca、Mg、K 营养的影响[J]. 中国农学通报,2008,24(12):350-355.

[13]陈俊伟,李晓颖,徐红霞,等. 不同果袋冬季套袋对枇杷微环境与结果的影响[J]. 浙江农业科学,2015,56(12):1950-1952.

[14]厉恩茂,史大川,徐月华,等. 套袋苹果不同类型果袋内温、湿度变化特征及其对果实外观品质的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(1):208-212.

[15]张斌斌,马瑞娟,蔡志翔,等. 采前套袋微环境变化对桃果实品质的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(2):233-240.

[16]刘曼曼,廖 康,廖小龙,等. 无纺布果袋内微环境特征及其对库尔勒香梨果实品质的影响[J]. 经济林研究,2014,3(22):

83-87.

[17]张 华. 梨果袋特性及套袋对果实发育微环境和品质的影响[D]. 南京:南京农业大学,2008.

[18]郝燕燕,李妙玲,张惠荣,等. 套袋微环境对果实品质的影响及其机理分析[J]. 山西农业大学学报,2003,23(3):238-241.

[19]金来加. 3 种农药在桃树中的转运代谢[D]. 合肥:安徽农业大学,2014.

[20]戴建昌,张 兴. 杀虫剂在木本植物体内传导理论研究进展[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(4):128-133.

[21]姚安庆,杨 健. 农药在植物体内的传导方式和农药传导生物学[J]. 中国植保导刊,2012,32(10):14-18.

[22]孙协平,宋 凯,王翠玲,等. 苹果不同栽植密度和套袋对冠层光照环境参数的影响[J]. 果树学报,2010,27(5):673-677.

[23]郝燕燕,任宏伟,郭平毅. 苹果果实套袋对光合同化物积累与转化的影响[J]. 园艺学报,2011,38(2):233-239.

[24]魏建梅. 红富士苹果适宜纸袋筛选和套袋对果实糖积累及其相关酶活性影响的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2005.

[25]张斌斌,马瑞娟,蔡 志,等. 采前套袋微环境变化对桃果实品质的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(2):233-240.

[26]李永梅. 套袋对黄金梨果实糖代谢及超微结构的影响[D]. 青岛:青岛农业大学,2007.