



Insecticide Resistance Action Committee

鳞翅目害虫杀虫剂 抗性管理指南

IRAC 鳞翅目害虫工作组
2019 v.2.4

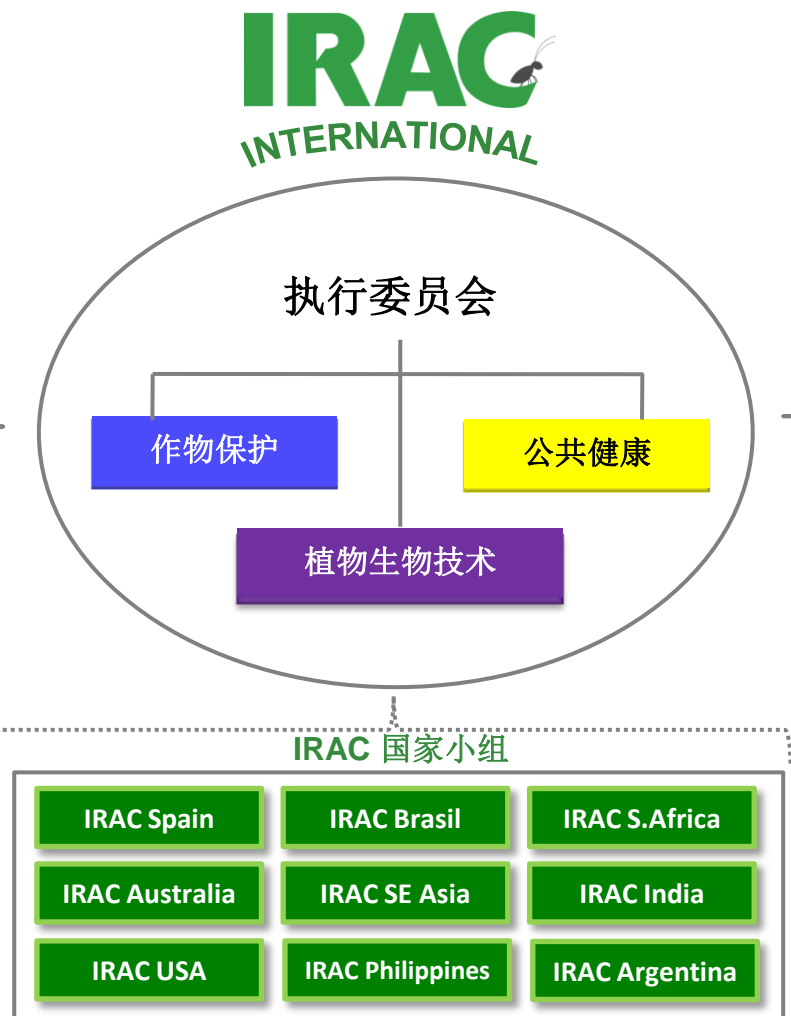


© 版权所有 2019 杀虫剂抗性行动委员会 (IRAC)

IRAC 杀虫剂抗性行动委员会国际间组织架构和工作小组

章程: 倡导减少杀虫剂对害虫种群的选择压力以维持农业可持续发展。带领行业专家并赞助其关于杀虫剂抗性管理的研究和教育宣传。

10 家成员公司
(6 Crop Life)



- 指导小组
- 推广
- 抗性数据库
- 方法
- 作用机理
- 公共健康
- 生物技术
- 鞘翅目
- 刺吸式口器
- 鳞翅目

引言和背景

农药工业已经开发出一系列非常有效的杀虫剂来防治鳞翅目害虫。不幸的是，由于滥用或过度使用这些杀虫剂，许多物种产生了抗药性。例如，小菜蛾种群对几乎每种杀虫剂都产生了抗药性。此外，还有许多其他物种易于产生抗药性。近年来，该行业特别努力地开发出具有新颖作用机理的创新杀虫剂，但这一过程变得越来越困难，成本也越来越高。因此，实施有效的杀虫剂抗性管理（IRM）策略至关重要，以确保对这些创新化合物或仍有效的有效成分不会产生抗性。

为了帮助防止或延迟抗性的发生，IRAC倡导使用杀虫剂作用机理（MoA）分类这一高效和可持续的抗性管理策略。如下所述，根据杀虫剂的作用位点将其分类。通过使用不同作用机理的杀虫剂或交替使用，将降低抗性发生的可能性。作用机理分类列表可在IRAC网站www.irac-online.org上获得，它为农民、种植者、顾问、推广人员和作物保护专业人员提供了在抗性管理项目中选择杀虫剂的指南。

有效的杀虫剂抗性管理策略：顺序使用或轮换使用不同作用机理产品

有效的杀虫剂抗性管理（IRM）策略旨在尽量减少对任一类杀虫剂的抗性选择。在实践中，来自不同作用机理类别的化合物的交替、顺序或轮换使用提供了可持续的、有效的杀虫剂抗性管理。

例如：



根据作物生长阶段和鳞翅目害虫的生物学特性，相同作用机理的杀虫剂通常被安排到同一个施药窗口内使用。关于施药窗口和防治时期，应始终遵循当地专家建议。在每个施药窗口内可能有多种施药，但不能使用相同作用机理的杀虫剂来防治同一害虫的连续世代。代谢类抗性机制可能会使不同作用机理的杀虫剂之间产生交互抗性，如果不同作用机理杀虫剂间已经产生交互抗性，则相应地修改上述建议。

神经系统和肌肉

目前大多数杀虫剂都作用于神经系统和肌肉。这些杀虫剂通常都作用迅速。

第1组 乙酰胆碱酯酶 (AChE) 抑制剂

抑制乙酰胆碱酯酶，引起神经系统过度兴奋。乙酰胆碱酯酶是一种酶，它能终止神经递质对突触的兴奋作用。**1A** 氨基甲酸酯类 (如天多威, 硫双威) **1B** 有机磷酸酯类 (如毒死蜱)

第2组 γ -氨基丁酸 (GABA) 门控氯离子通道拮抗剂

阻断激活的 γ -氨基丁酸门控氯离子通道，导致过度兴奋和痉挛。 γ -氨基丁酸是昆虫体内主要的抑制性神经递质。

2A 环戊二烯有机氯类 (如硫丹) **2B** 苯基吡啶类 (如氟虫腙)

第3组 钠离子通道调节剂

保持钠离子通道打开，导致过度兴奋，在某些情况下，还会阻断神经。钠离子通道参与动作电位沿神经轴突的传递。

3A 除虫菊素类, 拟除虫菊酯类 (如氯氰菊酯, λ -氯氰菊酯)

第4组 烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR) 竞争性调节剂

在烟碱型乙酰胆碱上与乙酰胆碱 (ACh) 位点结合，引起一系列从过度兴奋、嗜睡到麻痹的症状。乙酰胆碱是昆虫中枢神经系统的主要兴奋性神经递质。

4A 新烟碱类 (如啶虫脒, 噻虫啉, 噻虫嗪)

第5组 烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR) 变构调节剂

变构激活烟碱型乙酰胆碱受体 (位点1)，引起神经系统过度兴奋。乙酰胆碱是昆虫中枢神经系统的主要兴奋性神经递质。

多杀菌素类 (如多杀菌素, 乙基多杀菌素)

第6组 谷氨酸门控氯离子通道 (GluCl) 变构调节剂

变构激活谷氨酸门控氯离子通道，引起麻痹。谷氨酸是昆虫体内一种重要的抑制性神经递质。

阿维菌素类, 阿维菌素类 (如阿维菌素, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐, 雷皮菌素)

第14组 烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR) 通道阻断剂

阻断烟碱型乙酰胆碱受体离子通道，导致神经系统受阻和瘫痪。乙酰胆碱是昆虫中枢神经系统的主要兴奋性神经递质。

杀虫磺, 杀螟丹

第22组 电压依赖性钠离子通道阻断剂

阻断钠离子通道，导致神经系统关闭和瘫痪。钠离子通道参与动作电位沿神经轴突的传递。

22A 茚虫威 **22B** 氟虱虫脒

第28组 鱼尼丁受体调节剂

激活肌肉鱼尼丁受体，导致肌肉萎缩和麻痹。鱼尼丁受体调节钙离子从细胞内释放到细胞质。

双酰胺类 (如氟虫苯甲酰胺, 溴虱虫脒, 环丙虫脒, 氟苯虫脒)

第30组 γ -氨基丁酸 (GABA) 门控氯离子通道变构调节剂

变构阻断激活的 γ -氨基丁酸氯离子通道，导致过度兴奋和痉挛。

间二酰胺类 (如溴虫氟苯双酰胺)

第32组 烟碱型乙酰胆碱受体 (nAChR) 变构调节剂-位点II

变构激活烟碱型乙酰胆碱受体 (位点2)，导致神经系统过度兴奋。乙酰胆碱是昆虫中枢神经系统的主要兴奋性神经递质

多肽, 谷氨酰胺合成酶



中肠

喷施或在转基因作物中表达的鳞翅目特异性微生物毒素。

第11组 昆虫中肠微生物干扰物

蛋白毒素与中肠膜上的受体结合后形成开口，引起离子失衡和败血症。

11A 苏云金杆菌

11B 球形芽孢杆菌

第31组 杆状病毒

颗粒体病毒, 核型多角体病毒

呼吸系统

线粒体呼吸产生三磷酸腺苷 (ATP)，这种分子为所有重要的细胞过程提供能量。在线粒体中，电子传递链利用氧化释放的能量形成质子电化学梯度，从而驱动ATP合成。已知有几种杀虫剂通过抑制电子传递和/或氧化磷酸化来干扰线粒体呼吸作用。作用于该系统中单个靶标的杀虫剂通常具有中等到快速的速度。

第13组 干扰质子梯度影响氧化磷酸化的解偶联剂

质子载体干扰线粒体质子梯度从而不能合成ATP

虫螨脒

第21组 线粒体电子传递链复合体 (I) 抑制剂

抑制电子传递链复合体I，阻止细胞利用能量

21A 唑虫酰胺

生长调节

昆虫的发育受两种主要激素的平衡控制：保幼激素和蜕皮激素。昆虫生长调节剂通过模仿其中一种激素或直接影响表皮形成/沉积或脂质生物合成来起作用。作用于该系统中单个靶标的杀虫剂通常作用速度缓慢。

第7组 仿生保幼激素

应用于昆虫蜕皮前，这些化合物能干扰和阻止昆虫变态。

7B 保幼激素类似物 (如苯氧威)

第15组 几丁质生物合成抑制剂

导致几丁质生物合成受到抑制的作用机理未完全确定。

苯甲酰胺类 (如氟环脲, 虱螨脲, 氟虱脲)

第18组 蜕皮激素受体激动剂

模仿蜕皮激素，蜕皮激素诱发早熟性蜕皮。

双酰胺类 (如甲氧虫脒, 虫脒脒)

未知或非特异性

未知组 作用机理未知或未确定的化合物

印楝素, 三氟甲吡啶

未知细菌 细菌制剂 (非苏云金杆菌)

伯克霍德菌种

未知真菌 真菌制剂

球孢白僵菌, 玫瑰色拟青霉

作物靶标生理学: 抗性管理轮换需基于作用机理分组的数字编号。

■ 神经和肌肉 ■ 生长发育 ■ 呼吸 ■ 中肠 ■ 未知或非特异性

这些指南仅用于教育目的。其中的详细内容就我们所知在出版时是准确的。然而，IRAC或其会员公司对如何使用或解释这些信息不承担任何责任。因此，应随时咨询当地专家或顾问的意见，并遵循化学品健康与安全方面的说明。

IRAC document protected by © Copyright

Designed & produced by IRAC MOA Team, January 2019,
Poster Version 5, Based on MoA Classification Version 9.1
Photograph courtesy of Nigel Armes
For further information visit the IRAC website: www.irac-online.org,

1. IRAC成员公司有责任在产品标签上标注清晰易懂的抗性管理信息。

杀虫剂企业应在产品标签上标注基本的抗性管理信息										
抗性管理元素	最简标签推荐									
1). 作用机理分组和化合物类别	<ul style="list-style-type: none"> 将IRAC的作用机理图标放在第一页(数字编号和图标)。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>GROUP</td> <td>1A</td> <td>INSECTICIDE</td> </tr> </table> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>GROUP</td> <td>22</td> <td>INSECTICDE</td> </tr> <tr> <td>GROUP</td> <td>4</td> <td>INSECTCIDE</td> </tr> </table> </div> <ul style="list-style-type: none"> 如果不能放置于第一页，则将相应的作用机理图标放在标签文本的抗性管理部分。 在标签文本中说明有效成分的化学类别。 	GROUP	1A	INSECTICIDE	GROUP	22	INSECTICDE	GROUP	4	INSECTCIDE
GROUP	1A	INSECTICIDE								
GROUP	22	INSECTICDE								
GROUP	4	INSECTCIDE								
2). 最多使用次数	在标签上注明每种作物在每个种植季节或每年的最多使用次数。									
3). 良好的抗性管理说明标签	<p>良好的抗性管理声明标签至少包含抗性管理语句的3个“必要”元素。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 注明IRAC作用机理编号 2. 轮换不同作用机理产品 3. 提供指导用以避免使用相同作用机理的药剂连续处理害虫的不同世代 									

1. IRAC成员公司有责任在产品标签上标注清晰易懂的抗性管理信息

附加指南：作用机理编号和图标的产品标签格式

在标签上应包含作用机理分类。如果监管允许，推荐将其放在首页有效成分旁或者抗性管理声明中。

例 1: 单一作用机理

Example 1

Insecticide A® 20SC

Active ingredient: [Compound name]

Formulation details

GROUP	28	INSECTICIDE
-------	-----------	-------------

例 2: 2个或2个以上作用机理的混剂

Example 2

Insecticide B® 25SC

Active ingredients: [Compound names]

Formulation details

GROUP	3	INSECTICIDE
GROUP	28	INSECTICIDE

例 3: 含亚组的作用机理

备注:

- 当产品含有两种或两种以上的作用机理时，对每种有效成分使用相应的分组编号；
- 代表亚组的字母大小应与作用机理编号一致；
- 字母应大写。

不含亚组

GROUP	11	INSECTICIDE
-------	-----------	-------------

GROUP	22	INSECTICIDE
GROUP	4	INSECTICIDE

含亚组

GROUP	11A	INSECTICIDE
-------	------------	-------------

GROUP	22A	INSECTICIDE
GROUP	4B	INSECTICIDE

1. IRAC成员公司有责任在产品标签上标注清晰易懂的抗性管理信息

产品标签中的杀虫剂抗性管理声明示例

在标签上包含杀虫剂抗性管理声明。建议使用当地法规允许的最全面抗性管理声明。以下为两则实例：

例 1 – 简短版本: 杀虫剂抗性管理– 通用推荐

- ____ (产品名称) 有效成分为 ____, 是一种作用机理编号为 ____ 组的 ____ 类杀虫剂。
- 避免使用相同作用机理的产品处理同一靶标害虫的连续世代。参考施药窗口（以害虫的发生世代或30天）的方法来使用 ____ (产品名称)。在一个施药窗口内使用 ____ (产品名称) 或具有相同作用机理的产品，之后轮换使用不同作用机理的其他产品进行处理。对于生长周期短的作物（<50天），可将整个作物周期视为一个施药窗口，从而在同一农场后续种植中轮换使用不同作用机理的产品。

例 2 – 完整版本: 杀虫剂抗性管理 – 通用推荐

- 抗性管理策略应建立在确定的作物区域：包括栽培制度和生物防治措施，交替使用不同作用机理的杀虫剂，合适的施药时期和充足的用水量，以达到其最佳的作物覆盖度和防治效果。
- 在一个作物生长周期内不要仅使用 ____ (产品名称) 和其他作用机理为 ____ 组的 ____ 类化合物。在施药窗口内可使用 ____ (产品名称) 和 ____ 组杀虫剂以避免靶标害虫的连续世代暴露在同一作用机理的杀虫剂下。
- 一个施药窗口是指一个害虫世代的持续时间或30天左右。单次或连续使用相同作用机理产品的持效期需控制在一个害虫世代内（施药窗口）。如果将杀虫剂用于同一个害虫世代或施药窗口时，则可以多次使用相同作用机理的杀虫剂。
- 推荐在同一个施药窗口内使用多种作用机理的杀虫剂，在下一个施药窗口再轮换使用高效的不同作用机理产品。
- 对于短周期作物(<50天)，将整个作物周期作为一个施药窗口，在下一个作物周期内替换使用其他作用机理杀虫剂。
- 一般情况下，同一作用机理杀虫剂的累计施药窗口不应超过整个作物周期的50%。针对同一害虫，相同作用机理杀虫剂的使用次数也不应超过同一靶标害虫杀虫剂施用总次数的50%。
- 单用或桶混使用时均要避免低于 ____ (产品名称) 标签推荐剂量使用。
- 尽量在害虫最敏感时期施药。
- 监测昆虫种群动态，并在最有效的时期使用。如果杀虫剂的防效低于预期，且没有使用不当或恶劣天气条件等影响，则怀疑可能存在抗性种群。

2. 按照标签推荐剂量和施药间隔，使用合适的且维护良好的施药器械喷施药剂

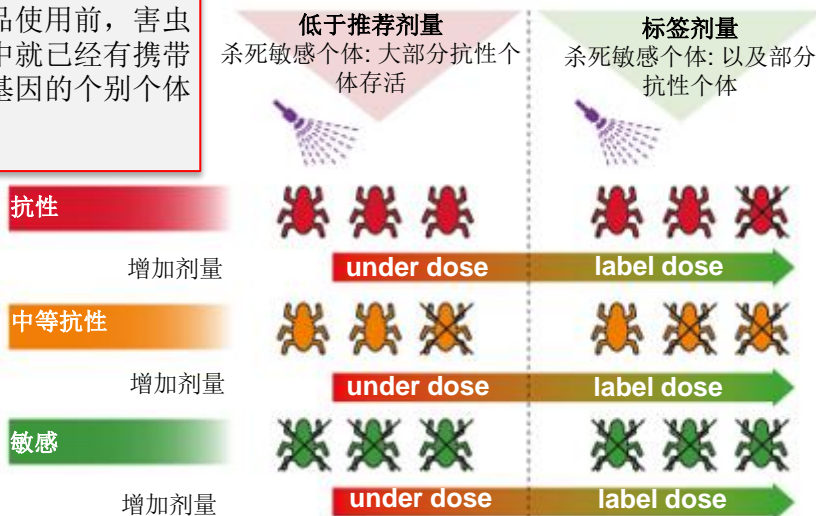
示例: 标签使用说明

- 遵循推荐剂量，使用间隔期和施药时期

作物	防治对象	制剂用量		用水量	使用间隔期和每季使用次数
		每10升水	每公顷	每公顷	
辣椒	蛀果害虫 (棉铃虫, 斜纹夜蛾, 甜菜夜蛾)	3 毫升	150 毫升	500 升	在产卵初期使用 两次施药的最短间隔期为7天 每季作物使用不超过2次

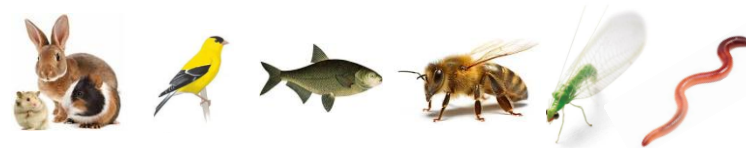
- 低于标签剂量使用会加速抗性发展

在产品使用前，害虫种群中就已经有携带抗性基因的个别个体



始终以标签剂量使用杀虫剂，以控制敏感、部分中等抗性甚至个别高抗的害虫。

- 高于标签剂量使用可能影响非靶标生物。



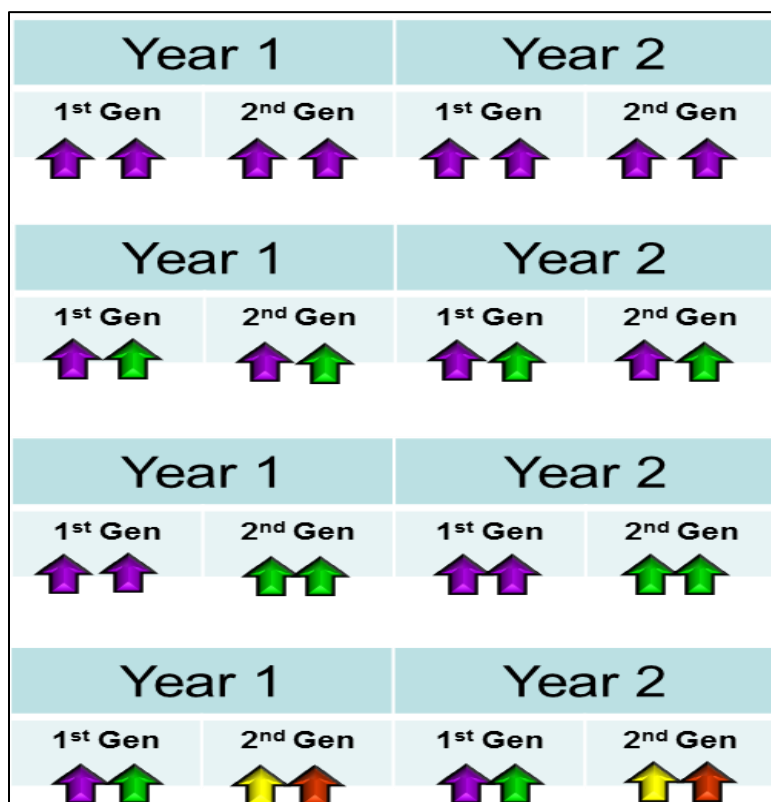
- 维护好施药器械以便准确地将药剂输送到目标区域



3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

- 在害虫世代内或世代间轮换使用不同作用机理杀虫剂，降低对杀虫剂的抗性选育压力；
- 在一个施药窗口内使用相同作用机理的产品。施药窗口是指一个昆虫世代的持续时间或大约30天。单次或连续使用具有相同作用机理的产品其持效期应保持在一个施药窗口内。

不同作用机理产品的轮换概念: 杀虫剂抗性管理轮换用药示例:



无轮换

高选择压力
敏感种群不能恢复



世代内轮换

所有害虫的连续世代暴露在同一作用机理杀虫剂下。
对两个作用机理的杀虫剂均存在高选择压力和高抗性风险。



世代间轮换

连续世代没有暴露在同一作用机理杀虫剂下。打破了世代间的选择压力，并使敏感种群得到恢复。



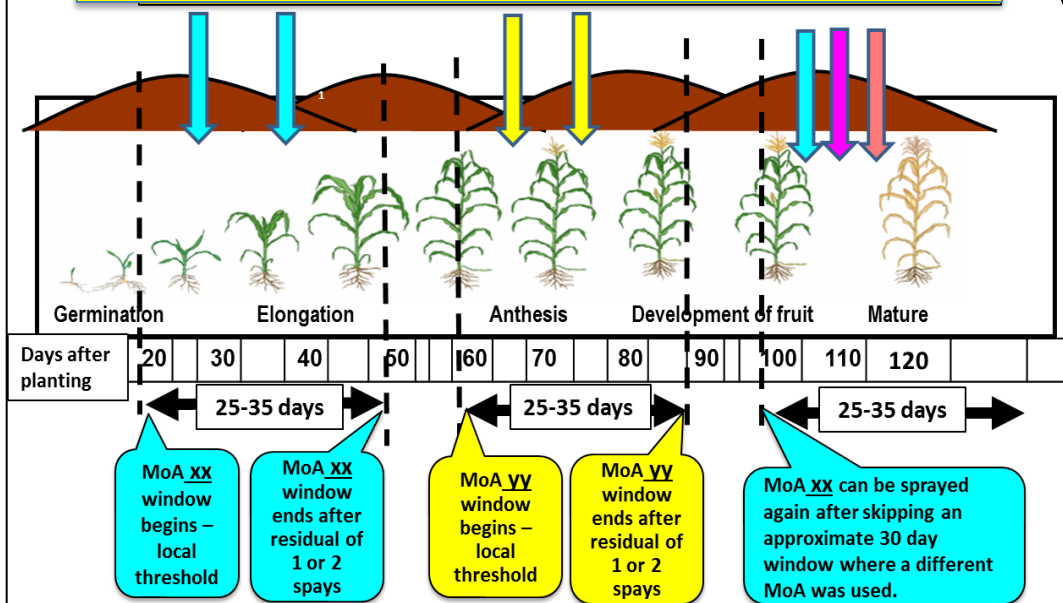
世代内和世代间都轮换

低选择压力，最理想的情况。由于不同作用机理的有效产品数量有限，可能难以实际应用。

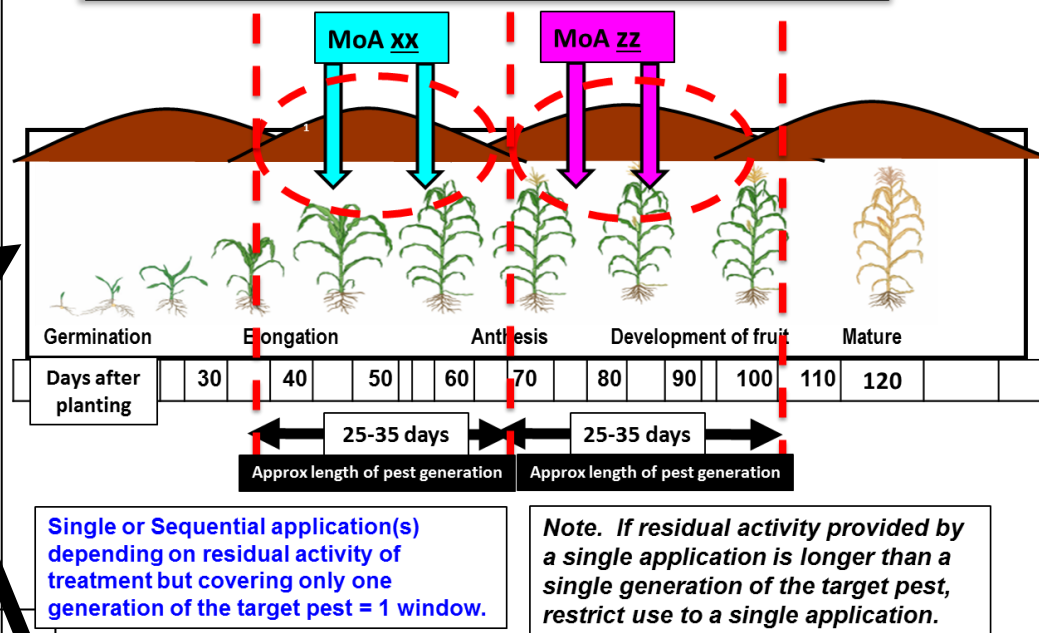
3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用 可降低对杀虫剂的抗性选育压力

不同作用机理杀虫剂轮换使用 方法示例

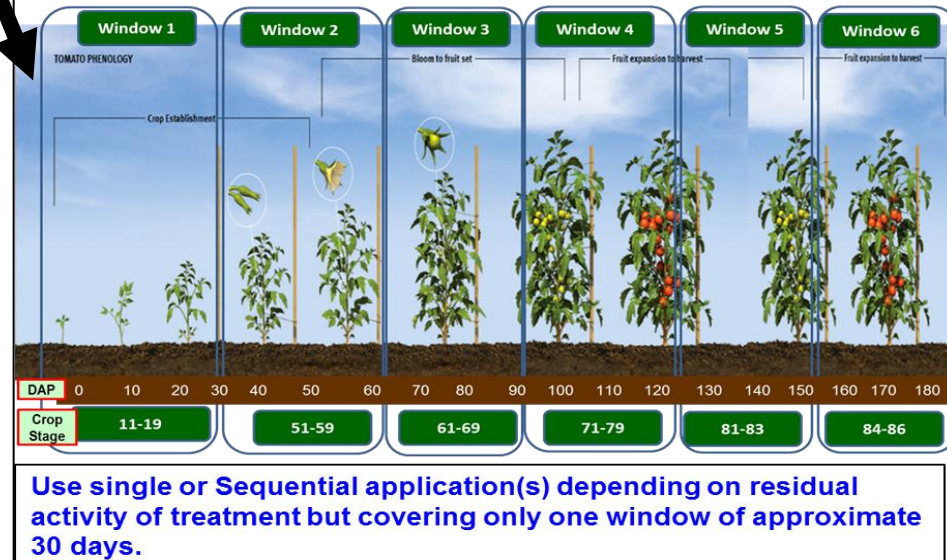
作用机理窗口：从第一次施药时至其持效期结束为止



作用机理窗口：施药窗口与害虫世代保持一致



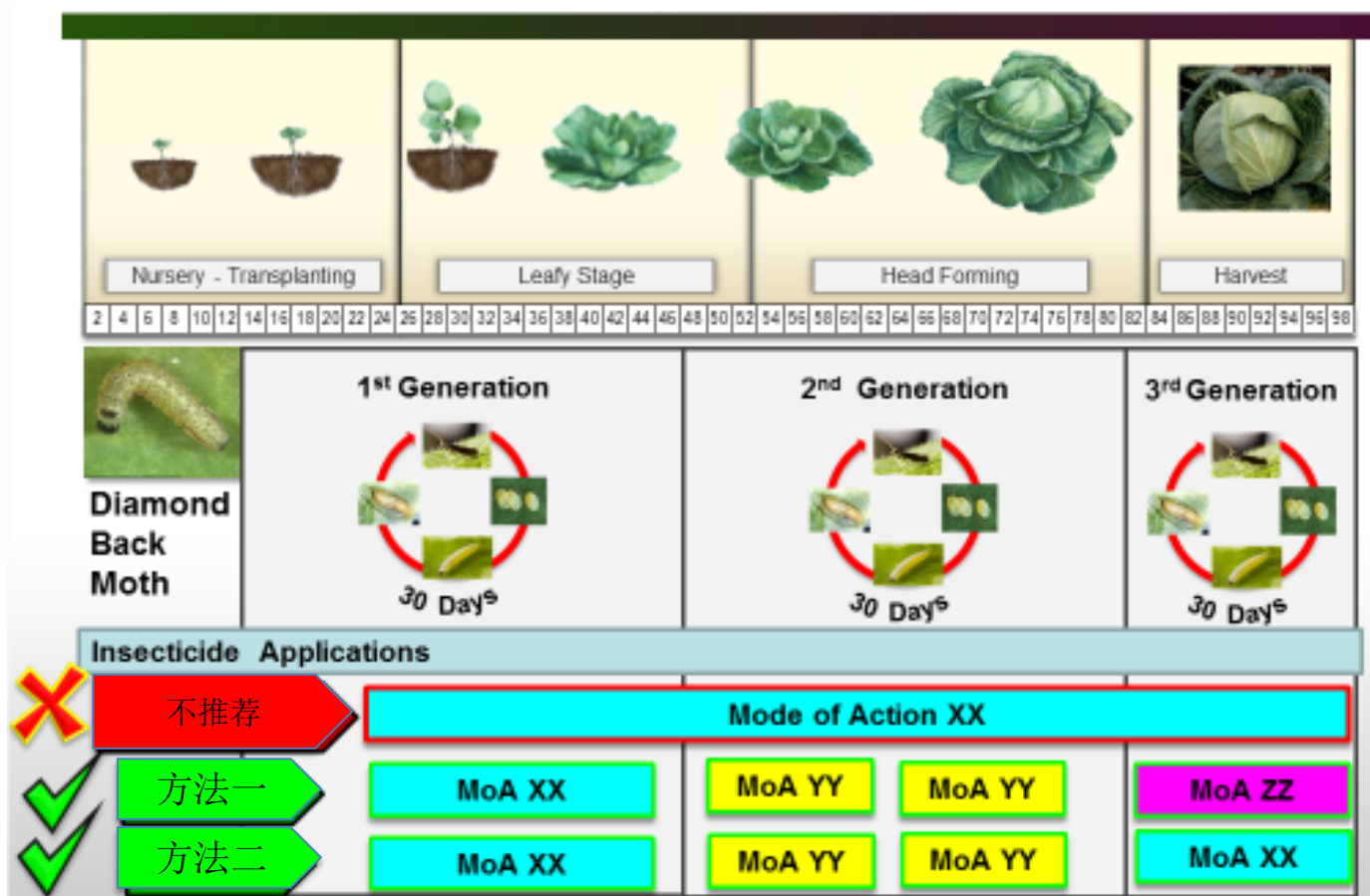
作用机理窗口：将作物季节每30天划分为一个窗口



3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

- 在一个作物周期内，不要只使用同一作用机理的产品；
- 在同一个施药窗口内使用相同作用机理杀虫剂，以避免害虫的连续世代暴露在同一作用机理下；
- 如果相同作用机理处理同一害虫世代或用在同一个施药窗口内，则可以多次使用或连续使用，但是需要满足多次使用后的持效期在同一个施药窗口内；
- 在一个施药窗口结束后，需轮换使用其他作用机理的高效产品；

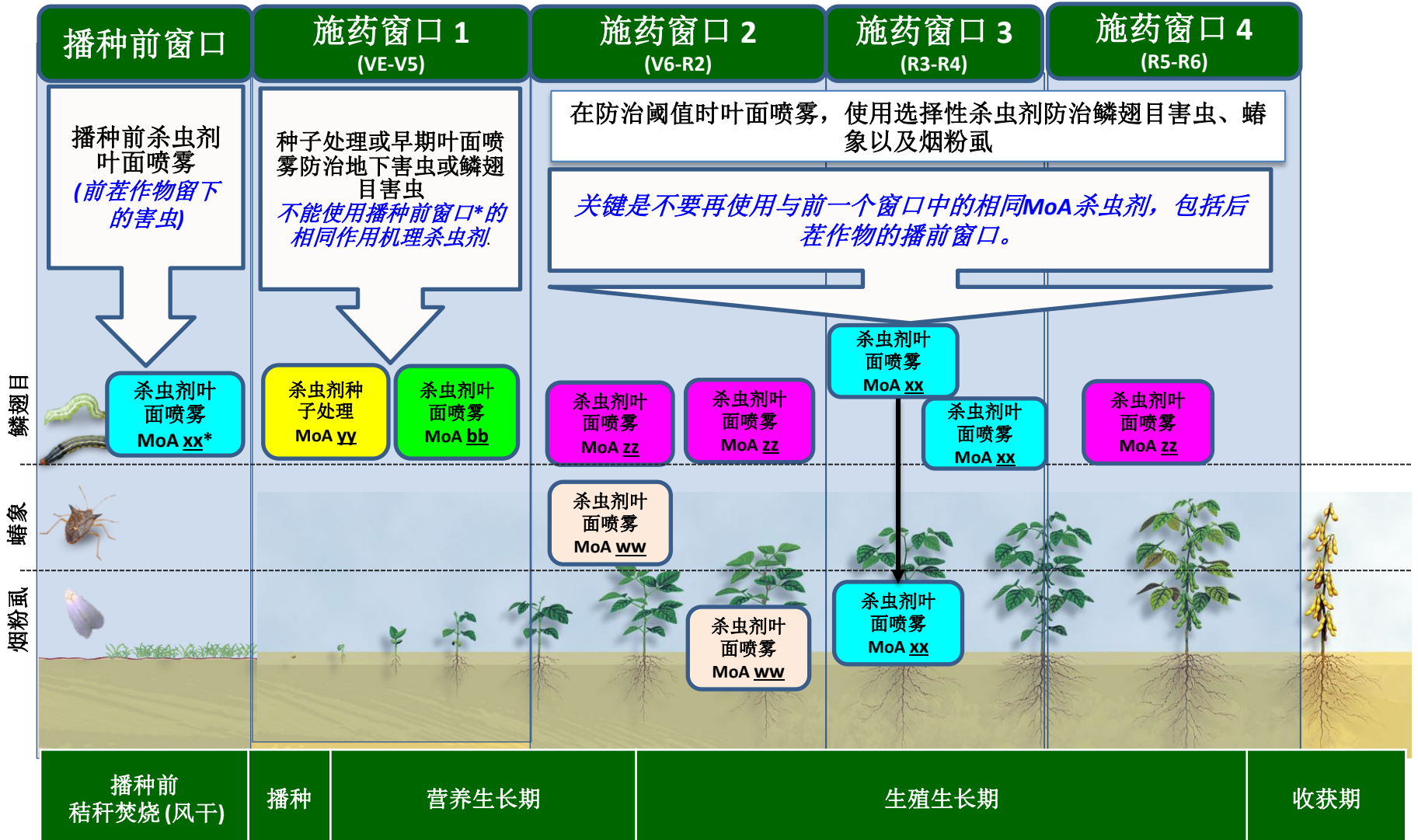
不同作用机理杀虫剂轮换使用案例: 菲律宾开发的芸薹属作物抗性管理策略



3.不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

e). 如果有多个不同作用机理的杀虫剂可供选择，可以推荐在同一个施药窗口使用不同作用机理杀虫剂；

案例: 巴西大豆



* 如果在种植前几天内进行播种前或叶面喷雾处理，可将其视为同一个施药窗口。

3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

f). 在害虫世代内或世代间轮换产品；

示例: 甘蓝上基于多种作用机理杀虫剂的轮换计划

多种作用机理产品可供选择

不同作用机理产品可以在同一个窗口内使用

在下一个窗口，必须轮换具有不同作用机理的产品

叶片生长期	结球期	收获前
作用机理 <u>A + B</u>	作用机理 <u>C + D</u>	作用机理 <u>E + F</u>

较少作用机理产品可供选择

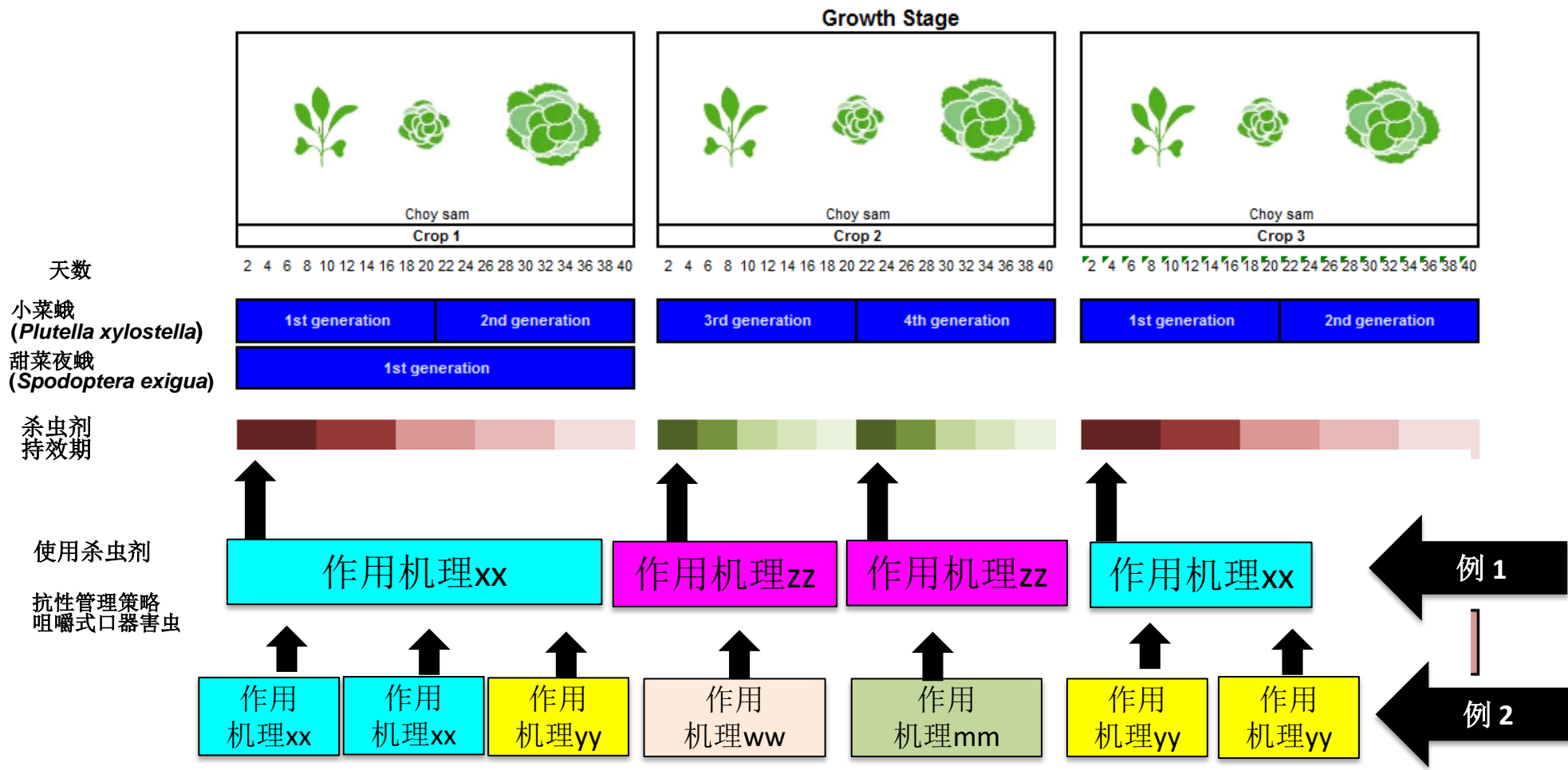
在同一个窗口内使用相同作用机理的产品

叶期生长期	结球期	收获前
作用机理 <u>A + A</u>	作用机理 <u>B + B</u>	作用机理 <u>A + A</u>

3.不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

h). 对于短周期作物 (<50天), 可以将整个生育期视为一个施药窗口。在下一个作物周期内轮换使用不同作用机理杀虫剂。

对于短周期作物, 施药窗口即为整个作物生育期。



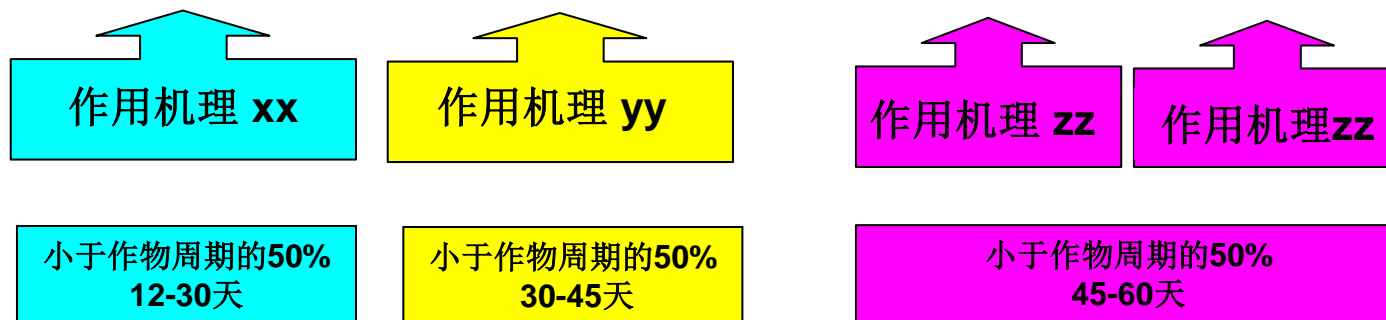
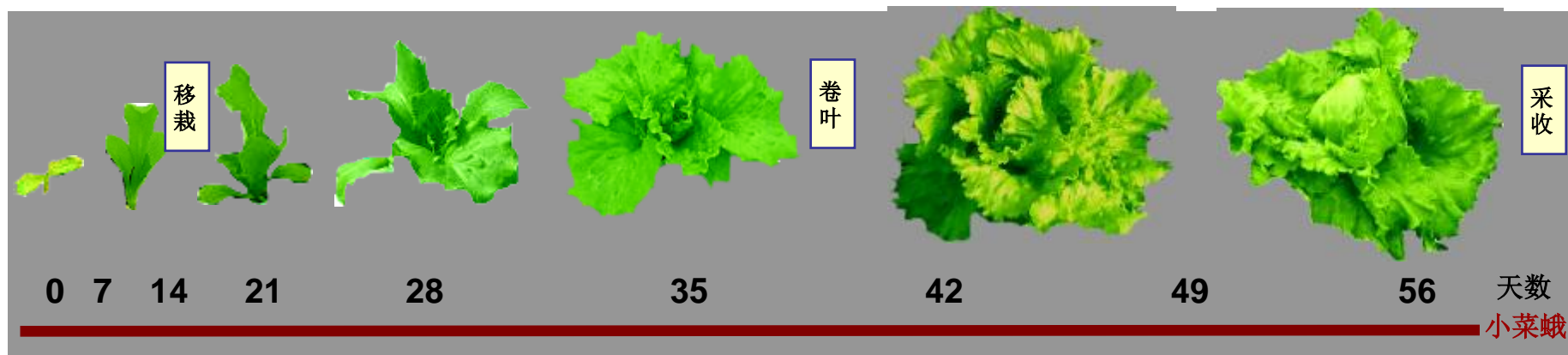
3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

g). 避免将> 50%的作物周期暴露在同一个作用机理杀虫剂下。

防治同一害虫时，相同作用机理杀虫剂的累计使用次数不应超过总次数的50%。

叶面喷雾示例: 叶菜类 – 施药窗口大约**30天**，避免暴露时间超过**50%**的作物周期。

示例: 第一次叶面喷雾使用作用机理xx的杀虫剂 → 轮换使用其他高效的不同作用机理杀虫剂



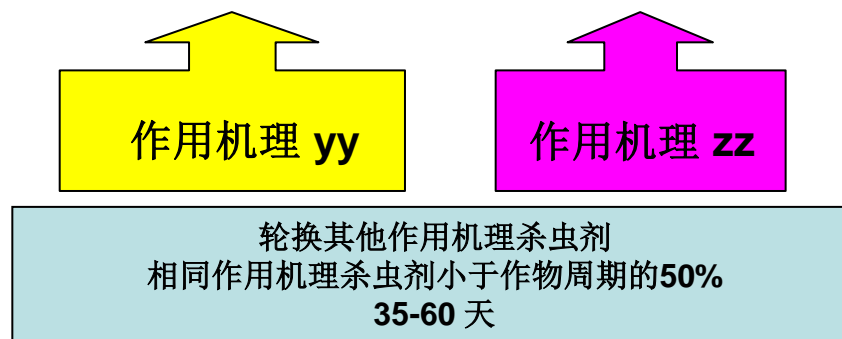
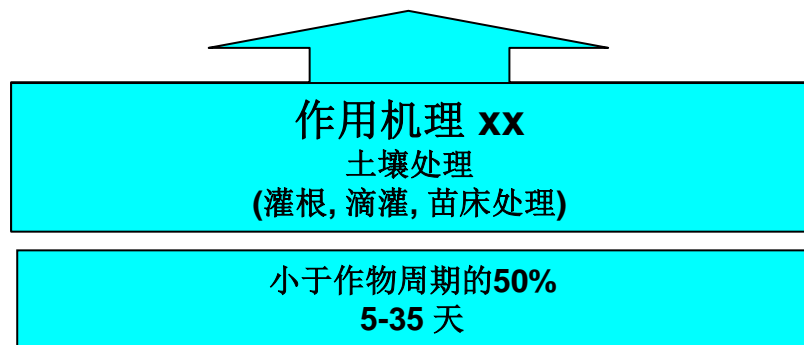
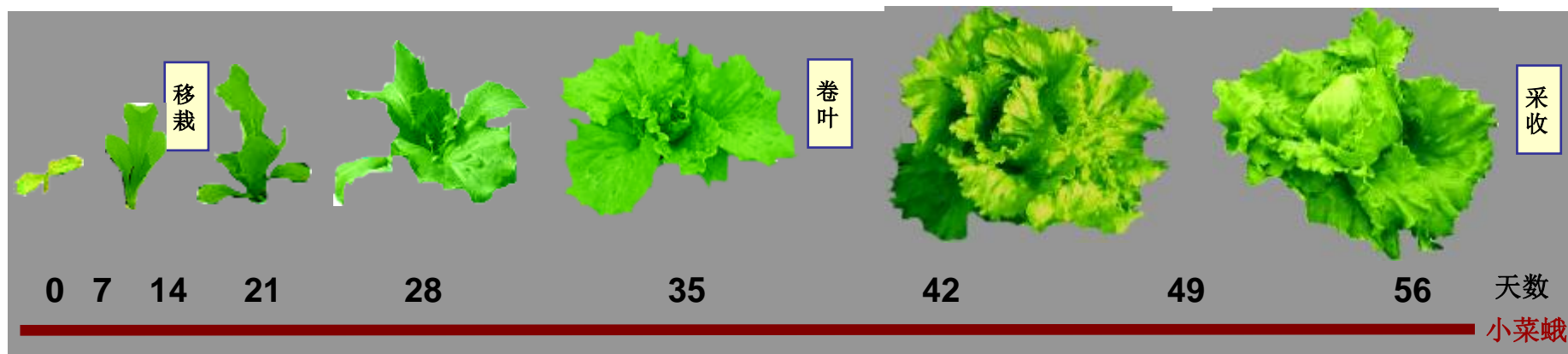
3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

g). 避免将> 50%的作物周期暴露在同一个作用机理杀虫剂下。

防治同一害虫时，相同作用机理杀虫剂的累计使用次数不应超过总次数的50%；

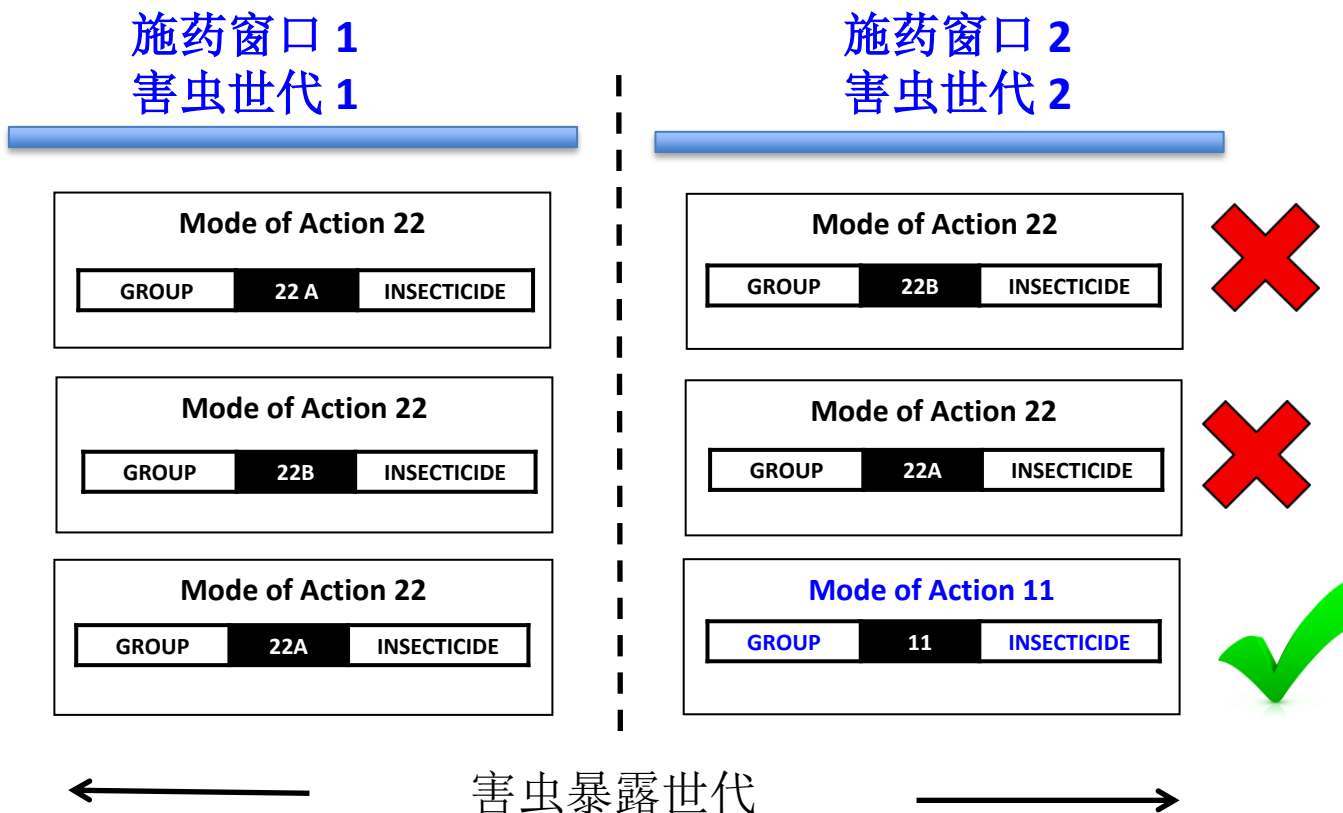
叶面喷雾示例: 叶菜类 – 施药窗口大约**30天**，避免暴露时间超过**50%**的作物周期。

示例: 第一次叶面喷雾使用作用机理 **xx** 的杀虫剂 → 轮换使用其他高效的作用机理杀虫剂



3. 不同作用机理杀虫剂间的轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

h). 避免轮换使用相同作用机理下的不同亚组杀虫剂，除非没有有效的替代品；



亚组使用指南

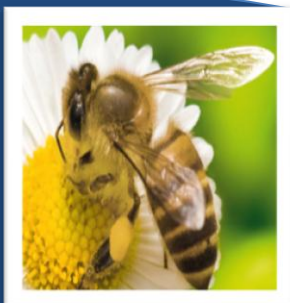
- 避免在连续世代间使用相同作用机理产品。
- 使用相同作用机理的不同亚组产品会对靶标作用位点施加抗性选择压力。
- 无其它选择时，才可在多个世代间轮换使用相同作用机理的不同亚组产品。

4. 利用害虫综合防治技术，保护作物免受危害，同时降低杀虫剂抗性风险

有害生物综合防治考虑了所有可行的经济、安全和环保技术，以减少害虫数量。有害生物综合防治实践并不完全依赖杀虫剂，因此减少了杀虫剂抗性选择压力，并使抗性风险最小化。

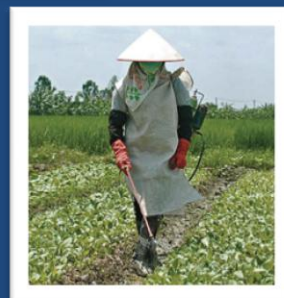
A 害虫防治阈值

- 监测害虫和天敌种群数量
- 作出合理的害虫防治决策



C 生物防治

- 释放天敌昆虫来控制害虫。
- 采用有利于天敌种群增长的栽培管理措施
- 考虑选择性的微生物农药

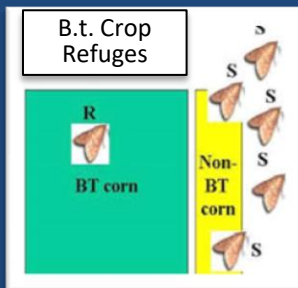


D 化学防治

- 负责任的使用选择性杀虫剂和做到不同作用机理产品的轮换使用
- 选择对天敌影响最小时期施药
- 考虑不同的施药方式，如撒施、种子处理、诱捕等。

B 农艺措施

- 轮作
- 休耕
- 清理害虫为害过的残枝、落叶、落果
- 选择抗性品种
- 未用药处理的庇护所



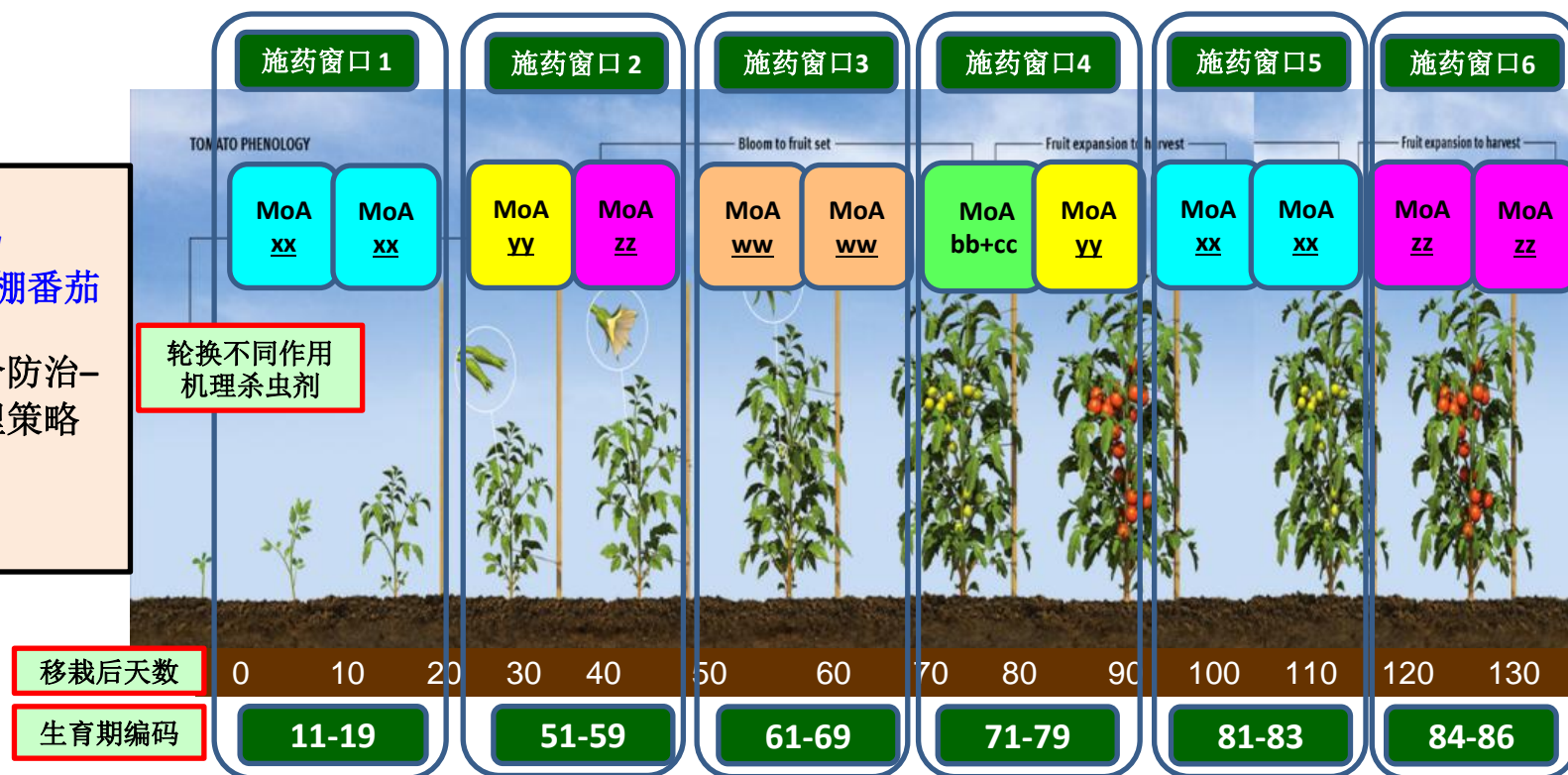
IPM

4. 利用害虫综合防治技术，保护作物免受危害，同时降低杀虫剂抗性风险



番茄潜麦蛾
Tuta absoluta
欧洲温室大棚番茄

有害生物综合防治—
按照抗性管理策略
轮换杀虫剂



种植前

- 去除作物残渣
- 除草（第二宿主）
- 翻修温室
- 固定温室防虫网
- 监测成虫信息素诱集陷阱
- 选择耐受性品种
- 无虫苗移栽

种植中

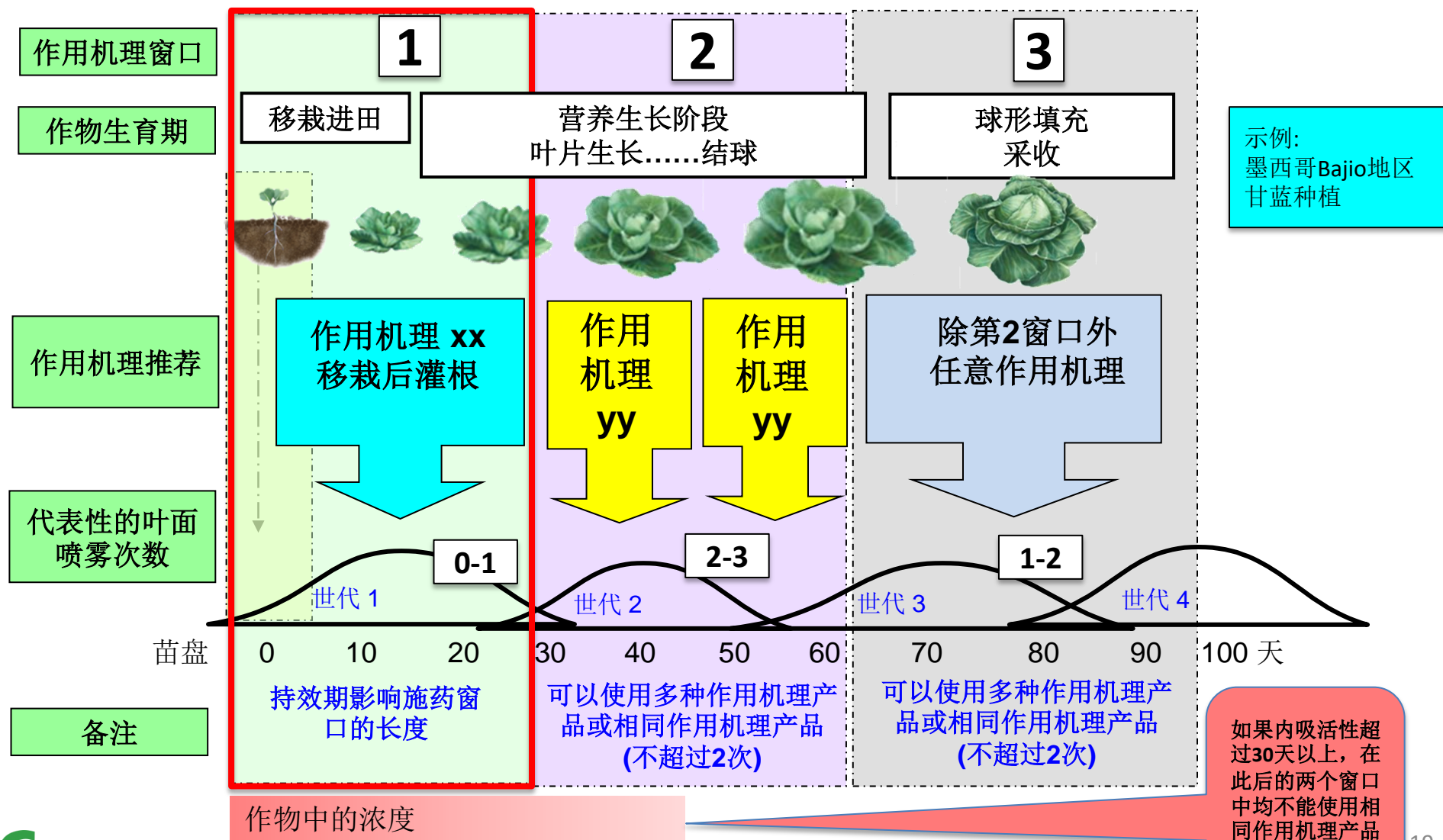
- 及时清除修剪的蛀枝和蛀果
- 使用信息素和粘板等监测和大规模诱捕成虫
- 使用信息素干扰成虫交配
- 利用没有抗性选择作用的昆虫病原线虫和非化学农药
- 增加和保护天敌种群数量
- 使用最佳用药量，维护和校正施药器械

采收后

- 去除作物残渣
- 除草（第二宿主）
- 翻修温室
- 温室防虫
- 曝晒土壤
- 轮作非寄主作物，在整个区域实施寄主作物休闲期

5. 考虑一些具有内吸活性的土壤或种子处理产品

内吸作用会延长持效期和施药窗口，在做施药方案需要考虑内吸作用以免抗性发展。一般来说，在种子处理或根部吸收施药（灌根，滴灌等）后，建议使用不同作用机理的叶面喷雾产品。



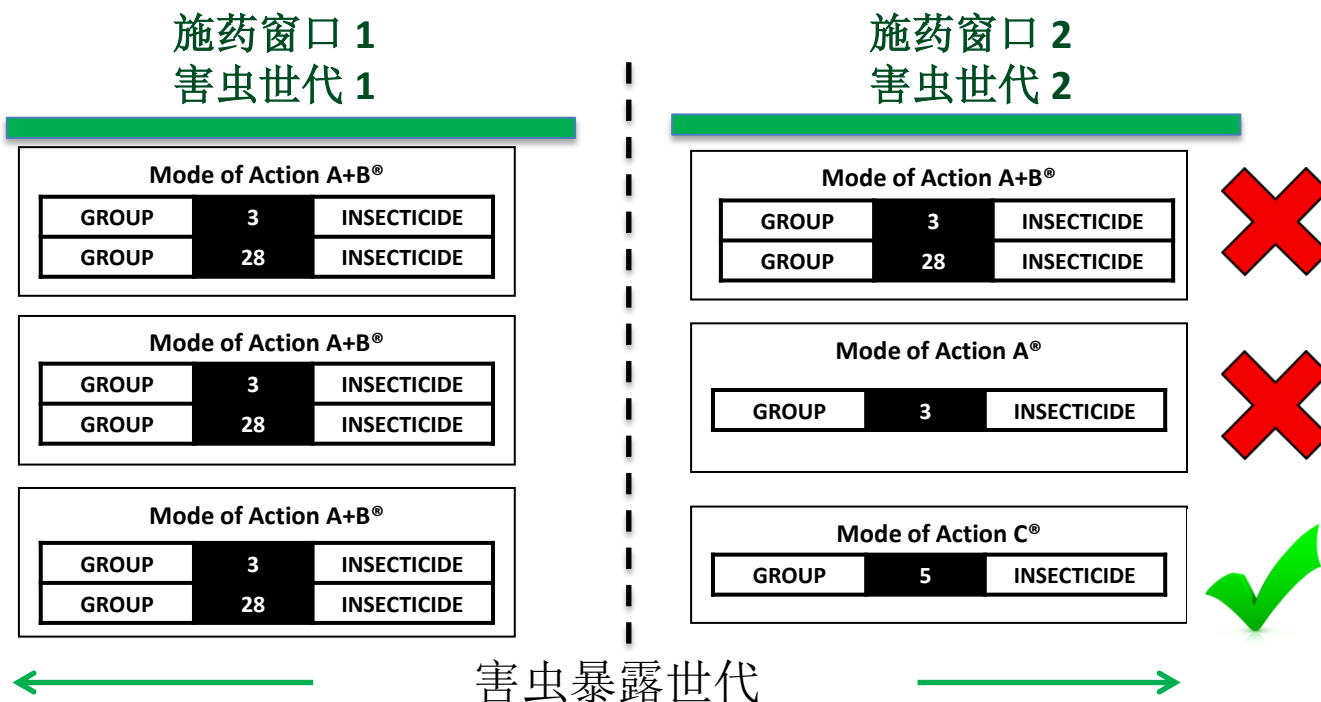
6. 杀虫剂混剂的使用

- 请参考[IRAC-mixture-statement](#) 和 [IRAC leaflet-on-use-of-mixtures](#);
- 与单一有效成分产品一样，混剂使用时要特别注意每个有效成分的特性、使用方法和杀虫谱；
- 轮换不同作用机理产品。不要用相同产品处理同一种害虫的连续世代。

复配制剂目标:

- 扩大杀虫谱
- 提高防治效果
- 害虫抗药性管理不是主要关注点

混剂轮换策略:



混剂 = 复配制剂产品或两个或两个以上的杀虫剂桶混

混剂使用指南

- 不能依赖混剂进行抗性管理
- 在施药窗口间不能使用相同作用机理产品
- 轮换使用混剂和其他作用机理产品

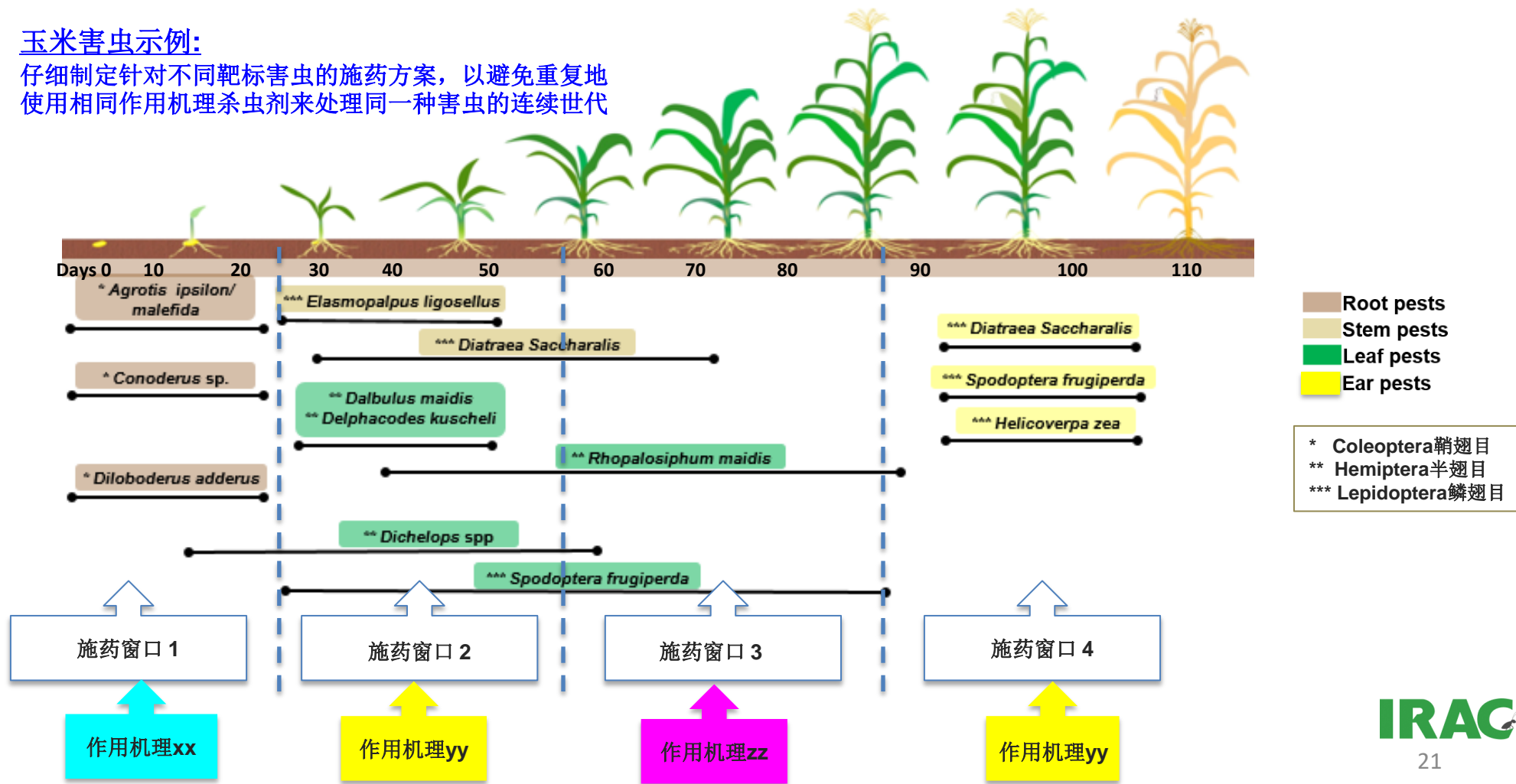
备注: 如果其中一种作用机理已经产生抗性，混剂的防治效果将变差

7. 使用相同作用机理的杀虫剂防治同一个作物上的不同害虫

- 在种植季节推荐使用杀虫剂防治多种害虫。适用相同作用机理轮换原则；
- 在种植前，按照抗性管理指南制定整个生长季节的施药方案；
- 考虑不同害虫的防治时期，世代重叠和抗性发展风险；
- 如果存在同一种害虫，在多个施药窗口间避免重复使用相同作用机理产品；
- 当两种害虫同时存在时，始终选择较高的推荐剂量来控制较难防治的害虫。

玉米害虫示例：

仔细制定针对不同靶标害虫的施药方案，以避免重复地使用相同作用机理杀虫剂来处理同一种害虫的连续世代



8. 在已产生抗性的地方，避免使用相同作用机理的杀虫剂

- 避免对抗性种群持续地使用相同作用机理的杀虫剂，这可能会增加抗性水平；
- 不要高于推荐剂量使用；
- 此建议适用于单剂和含有无效成分的混剂。

小菜蛾示例, *Plutella xylostella*:

Chemical Control of *Plutella xylostella*

- Select insecticides based on known local effectiveness and selectivity
- Rotate insecticides by mode of action group, using a window approach
- Use only insecticides registered for diamondback moth control
- Always follow the directions for use on the label of each product

MoA	Primary Site of Action	Chemical Sub-group or Exemplifying Active
1	Acetylcholinesterase inhibitors	1A: Carbamates 1B: Organophosphates
2	GABA-gated Cl channel antagonists	2B: Phenylpyrazoles (Fiproles)
3	Sodium channel modulators	3A: Pyrethroids, Pyrethrins
4	Nicotinic acetylcholine receptor agonists	4A: Neonicotinoids
5	Nicotinic acetylcholine receptor allosteric activators	Spinosyns
6	Chloride channel activators	Avermectins, Milbemycins
11	Microbial disruptors of insect midgut membranes and derived toxins	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>
13	Uncouplers of oxidative phosphorylation via disruption of the proton gradient	Pyrrols
15	Inhibitors of chitin biosynthesis, type 0	Benzoylureas
18	Ecdysone receptor agonists	Diacylhydrazines
21	Mitochondrial complex I electron transport inhibitors	21A: Tolfenpyrad
22	Voltage-dependent Na channel blockers	22A: Indoxacarb 22B: Metaflumizone
28	Ryanodine receptor modulators	Diamides
UN	Compounds of unknown/uncertain MoA	Azadirachtin, Pyridalyl



Insecticide Resistance Action Committee

The Diamondback Moth, *Plutella xylostella*:
Resistance Management is Key for Sustainable Control

www.irac-online.org

小菜蛾抗药性机制

左表描述了导致小菜蛾对杀虫剂产生抗药性的几种生化机制。以下列出的多种机制共同作用，可引致1000倍甚至更高的抗性倍数。

1. 解毒代谢机制的增强
2. 乙酰胆碱酯酶钝化
3. Cry1C与中肠膜中作用位点的结合减少，Cry1C原毒素转化为毒素的减少
4. 击倒抗性 – 钠离子门控通道突变导致拟除虫菊酯抗性
5. 其他机制 – 包括改进的GABA门控氯离子通道和穿透作用的降低

明确靶标害虫是否对常用杀虫剂产生抗性。
避免在抗性已被确认的农场中使用所有已产生抗性的杀虫剂。

补充指南

9. 使用具有非特异作用机理产品有助于预防抗性的发生

具有非特异作用机理的植物保护产品是良好的抗性管理工具，例如油和肥皂，应推荐轮换使用或与杀虫剂结合使用来防治敏感和抗性种群。

10. 监测有问题的害虫种群以便检测到敏感性的早期变化

在产品被广泛使用前，行业专家应建立田间代表性种群的敏感基线数据。定期进行害虫种群的敏感性测定，检测敏感性变化。IRAC已经建立了多种主要农业害虫的监测方法，可在IRAC网站www.irac-online.org/teams/methods/上找到。向IRAC成员公司代表报告田间防治失败也是检测害虫敏感性早期变化的好方法。

11. 了解当地不同作用机理间的交互抗性

尽管在大多数情况下不同作用机理杀虫剂轮换是有用的，但是存在一些不同作用机理杀虫剂间代谢型交互抗性的案例。因此，建议咨询当地专家以了解您所在区域已知的抗性情况，以免交互抗性的产生而有助于制定更有效的轮换策略。

12. 切勿使用来源或成分可疑的产品

来自未知或未经批准来源的产品可能没有其宣称的成分，在这种情况下防效可能会受到影响，而且也不能进行抗性管理。此外，非法产品可能会给用户和环境带来风险。

13. 请务必遵循相应国家/地区的标签说明

在互联网上，使用搜索引擎可以从登记注册过的大多数国家/地区找到产品标签。产品使用说明，即使对于同一种作物也因国家而异。务必验证标签是否适用于预期使用的国家，以便其中的重要内容（如使用剂量和方法）不会无意中产生或恶化抗性问题的。

14. 使用相同杀虫剂防治不同种类害虫(鳞翅目，鞘翅目，刺吸式口器害虫)

除非有更具体的建议，否则这个鳞翅目害虫杀虫剂抗性管理指南也适用于非鳞翅目害虫。



Insecticide Resistance Action Committee

鳞翅目害虫杀虫剂 抗性管理指南

IRAC 鳞翅目害虫工作组
2019 v.2.4 文字版



© 版权所有 2019 杀虫剂抗性行动委员会 (IRAC)

IRAC 鳞翅目害虫工作组

这里提供的指南是由杀虫剂抗性行动委员会（IRAC）的鳞翅目工作组设计的。作为行业技术专家和IRAC成员，我们的目标是为鳞翅目害虫抗性管理策略设计提供参考文件。所提供的信息是基于已经发布的信息和撰写本文时（2017年2月）IRAC国际的最佳理解。

由于不同国家、作物和气候条件下的害虫问题和防治方法存在较大差异，因此该指南具有灵活性，即允许专家根据当地条件制定、调整和实施这些指南。同时，一些特殊情况也需要专家根据具体情况来处理。

简介

杀虫剂抗性是指“害虫种群敏感性的可遗传变化”，反映在按照产品标签推荐来防治害虫时，多次未能达到预期防效。本指南的目的是总结出供公司、影响者和种植者用于延缓抗性发展的策略，提供更多有效的和可持续的害虫防治方法。

IRAC 作用机理分类

鳞翅目害虫可以用不同作用机理（MoA）的杀虫剂进行控制。重复使用任何杀虫剂都可能导致对该杀虫剂的抗性。此外，如果害虫由于杀虫剂作用位点变化而产生了抗性，它对所有相同作用机理的杀虫剂也会产生抗性。

IRAC作用机理分类旨在识别在特定靶标位点起作用的杀虫剂，其中突变有可能使作用于同一位点的所有化合物产生交互抗性。作用机理分类为高效的和可持续的抗性管理（IRM）策略中的杀虫剂选择提供了指导。

附录1中列出了杀虫剂作用机理和相应的化合物分类清单。有关杀虫剂作用机理的更多详细信息，请访问IRAC网站irac-online.org，也可将IRAC作用机理应用程序下载到您的手机上。

在许多国家，IRAC作用机理编号现在都包含在产品标签上。此外，通常标签上也提供杀虫剂抗性管理指南的声明。

鳞翅目害虫杀虫剂抗性现状

目前已经报道了许多鳞翅目害虫对杀虫剂的抗性和其他可能产生抗性的案例。有关最新信息，请参阅IRAC网站irac-online.org。

指南:

1. IRAC成员公司有责任在产品标签上标注清晰易懂的抗性管理信息

原则上采用农民易于理解的语言和形式来提供清晰的杀虫剂抗性管理信息。此外，IRAC成员公司推荐在其产品标签上注明每季作物或每年的最多使用次数和最大用量。各国根据当局对标签的监管指南实施。附录2中提供的示例，给出了标签文本说明和作用机理图标两种选项。

2. 使用合适的且维护良好的施药器械以标签推荐剂量和施药间隔使用产品

以低于或高于标签推剂量使用杀虫剂可能会产生抗性或对非靶标生物和环境带来意外影响。确保所有施药器械维护良好，没有堵塞喷嘴或滤网而导致用量不准。尽量针对害虫最敏感的生命阶段使用。

3. 不同作用机理杀虫剂间轮换使用可降低对杀虫剂的抗性选育压力

农户在整个作物周期中通过轮换使用多种作用机理的杀虫剂，可以避免对杀虫剂持续的抗性选择。推荐的方法是在通常称为“施药窗口”的不连续时间段内使用相同作用机理的产品。施药窗口定义为一个昆虫世代的持续时间或大约30天。单次或连续使用相同作用机理杀虫剂的持效期应保持在**一个施药窗口内**。

- a) 在一个作物周期内避免仅使用具体相同作用机理的杀虫剂；
- b) 在同一个施药窗口内使用相同作用机理杀虫剂，以避免害虫的连续世代暴露在同一作用机理下；
- c) 如果相同作用机理处理同一害虫世代或用在同一个施药窗口内，则可以多次使用或连续使用，但是需要满足使用后的持效期在同一个施药窗口内；
- d) 在一个施药窗口结束后，需轮换使用其他作用机理的高效产品；
- e) 如果有多个不同作用机理的杀虫剂可供选择，可以推荐在同一个施药窗口使用不同作用机理杀虫剂；
- f) 对于短周期作物(<50天)，可以将整个生育期视为一个施药窗口。在下一个作物周期内轮换使用不同作用机理的杀虫剂；
- g) 一般情况下，避免将50%的作物周期（从种植到收获）暴露于相同的作用机理杀虫剂。防治同一害虫时，相同作用机理杀虫剂的累计使用次数也不应超过总次数的50%；
- h) 除非没有有效的替代品，应避免轮换使用相同作用机理下的不同亚组杀虫剂；
- i) 杀虫剂抗性管理策略示例见附录4。

4. 利用害虫综合防治技术，保护作物免受危害，同时降低杀虫剂抗性风险

有害生物综合防治考虑了所有可行的经济、安全和环保技术，以减少害虫数量。有害生物综合防治实践并不完全依赖杀虫剂，因此减少了杀虫剂抗性选择压力，并降低了抗性风险。

有害生物综合防治策略由以下几个部分组成：

- a) 了解导致经济损失的害虫阈值。观察田间害虫种群，以确定害虫种类、发育阶段、种群密度和存在的天敌，从而做出合理的害虫防治决策；
- b) 整合包括种植习惯、化学的、生物学的、植物生物技术在内的有效控制技术，减小对非靶标生物的影响：
 - 选用抗性或耐受性作物品种
 - 清理受侵害的作物枝干和采后残留物
 - 避免全年种植敏感作物，而限制了幸存的害虫种群的繁殖
 - 将未经处理的庇护作物整合到种植系统中（以允许用未经处理的害虫种群与处理后的幸存者交配繁殖而达到稀释抗性基因的目的）
 - 干扰交配繁殖
- c) 计划使用选择性杀虫剂以保护和补充有益的天敌；
- d) 在许多种植系统中天敌对害虫的控制都具有重要意义，而且在抗性管理中也发挥着重要作用。无论害虫对杀虫剂的抗性如何，天敌都能有效地控制靶标害虫，从而延缓抗性的选择过程。不同的使用技术，如土壤淋溶或种子处理，可能避免了直接接触，所以可以帮助保护天敌。选择对天敌安全的杀虫剂，并在其低活跃时间段或在与杀虫剂直接接触受到限制的受保护生育期内施用杀虫剂。

5. 考虑一些具有内吸活性的土壤或种子处理产品

一些有效成分的内吸活性使得这些产品可以作为种子处理直接施用于土壤，或作为叶面喷雾使用。内吸作用会延长持效期和施药窗口的长度，在做施药计划时需要加以考虑以便减缓抗性发展。一般来说，在种子处理或土壤根吸收施药（灌根，滴灌等）后，建议使用不同作用机理的叶面喷雾产品。

6. 杀虫剂混剂的使用

IRAC已经发布了杀虫剂混剂的使用建议。有关指南请参阅[IRAC-mixture-statement](#) 和 [IRAC leaflet-on-use-of-mixtures](#)。与单一有效成分产品一样，混剂使用时要特别注意每个有效成分的特性、使用方法和杀虫谱。在大多数情况下，使用杀虫剂混剂（复配制剂或桶混）的主要目标不是为了抗性管理，而是扩大杀虫谱或提高防治效果。

7. 使用相同作用机理的杀虫剂防治同一个作物上的不同害虫

多次使用不同杀虫剂来防治同一作物上的多个害虫是可行的，但应在杀虫剂抗性管理方案的框架内，在本地开发使用时需考虑到害虫种群的变化、不同物种的交叉重叠、相对重要性和抗性发展风险。由于需要控制多个害虫物种，良好的抗性管理实践，如避免在多个施药窗口重复使用相同作用机理产品，是成功实施的关键。当两种害虫同时存在时，始终选择较高的推荐剂量来防治较难控制的害虫。

8. 在已产生抗性的地方，避免使用相同作用机理的杀虫剂

对抗性种群持续使用相同作用机理的杀虫剂，特别是如果以高于推荐剂量使用时可能会造成抗性水平增加，应该避免。此建议同时适用于单剂和含有无效成分的混剂。

9. 使用非特异作用机理的产品有助于预防抗性的发生

具有非特异作用机理的植物保护产品是良好的抗性管理工具，例如油和肥皂，应推荐轮换使用或与杀虫剂结合使用来防治敏感和抗性种群。

10. 监测有问题的害虫种群以便检测到敏感性的早期变化

在产品被广泛使用前，行业专家应建立田间代表性种群的敏感基线数据。定期进行害虫种群的敏感性测定，检测敏感性变化。

IRAC已经建立了多种主要农业害虫的监测方法，可在IRAC网站www.irc-online.org/teams/methods/上找到。向IRAC成员公司代表报告田间防治失败也是检测害虫敏感性早期变化的好方法。

11. 了解当地不同作用机理间的交互抗性

尽管在大多数情况下不同作用机理的杀虫剂轮换是有用的，但是存在一些不同作用机理化合物间代谢型交互抗性的案例。因此，建议咨询当地专家以了解您所在区域已知的抗性情况。避免交互抗性有助于建立更加有效的轮换策略。

12. 切勿使用来源或成分可疑的产品

来自未知或未经批准来源的产品可能没有其宣称的成分，在这种情况下药效可能会受到影响，而且也不能进行抗性管理。此外，非法产品可能会给用户和环境带来风险。

13. 请务必遵循相应国家/地区的标签说明

在互联网上，使用搜索引擎可以从登记注册过的大多数国家/地区找到产品标签。产品使用说明，即使对于同一种作物也因国家而异。务必验证标签是否适用于预期使用的国家，以便其中的重要内容（如使用剂量和方法）不会无意中产生或恶化抗性问题的。

14. 使用相同杀虫剂防治不同种类害虫(鳞翅目，鞘翅目，刺吸式口器害虫)

除非有更具体的建议，否则这个鳞翅目害虫杀虫剂抗性管理指南也适用于非鳞翅目害虫。