Insecticide Resistance Action Committee

殺虫剤抵抗性トレーニング

基本モジュール：作物保護

このモジュールは、農作物および園芸作物における殺虫剤抵抗性の発達とその管理の背景にある基本概念を紹介するように設計されています。 このプレゼンテーションは、殺虫剤抵抗性の概念に初めて触れた人、または単に知識を更新したい人を対象としています。 抵抗性の発達とその管理に影響する要因に関するより詳細な情報は、IRAC Internationalが将来作成するモジュールで提供されます。

〈資料中の用語解説〉
＊「ブロック」とは害虫の１世代を示します。
＊「ブロック式ローテーション」とは害虫の世代を考慮した殺虫剤のローテーション処理を示します。
（農業用語におけるブロックローテーションは一般的に作物の輪作を意味するため、混乱を避ける意味でJ IRACでは殺虫剤抵抗性管理上「ブロック式ローテーション」と用語を定めています。）

殺虫剤抵抗性とは何か？

- 殺虫剤は、害虫である昆虫やその他の節足動物の防除のために400年以上に亘って使われてきました。

- 時間が経つにつれて昆虫の個体群は、防除に使用される殺虫剤に対する感受性が低下するよう進化することができます。

- 防除に使用されてきた薬量の殺虫剤では昆虫の個体数を制御できなくなった場合、これを殺虫剤抵抗性と呼びます。
しかし、真の抵抗性と見なされるためには、殺虫剤に抵抗する能力を子孫に伝えることができなければなりません。

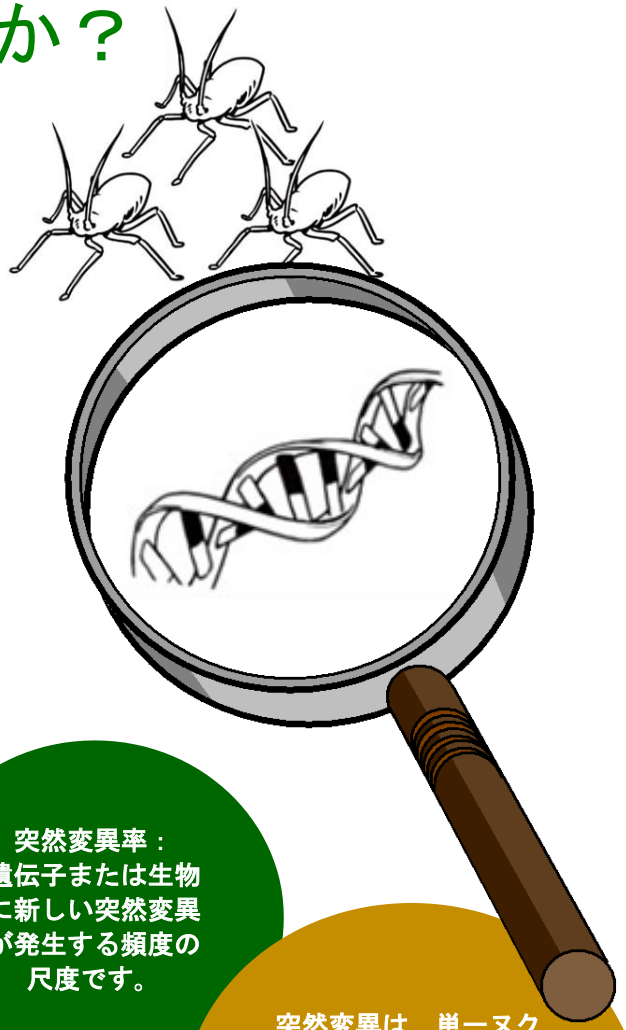
- 昆虫には、合成化学物質、生物学的抽出物、タンパク質、ペプチド、フェロモン、ウイルス、および非有機材料を含むあらゆる系統の殺虫剤に対する抵抗性を発達させる可能性があります。

IRAC技術定義：
“殺虫剤ラベルの推奨に従って使用することで期待されるレベルの効果が、繰り返し達成されない防除の失敗に反映される害虫個体群の感受性の遺伝的変化です”

殺虫剤抵抗性は自然発生であり、進化と適応の自然過程の一部です。

昆虫はどのように抵抗性になるのか？

- 抵抗性は、昆虫の遺伝的構造の突然変異によって発生します。
- ペアになったヌクレオチドのチェーンで構成されるDNAは、生物を構築するための遺伝的「指示書」と呼ばれることがあります。
- しかし、DNAの複製は完全なプロセスではなく、エラーが発生する可能性があります。
これらのエラーは突然変異と呼ばれます。
- DNAは昆虫の発達と機能に関する指示を提供するため、突然変異は昆虫の生理、生化学に変化をもたらす可能性があります。
- 突然変異は昆虫に影響を与えない場合もあれば、致命的な場合もあります。場合によっては突然変異によって殺虫剤感受性が低下することがあり、同じ殺虫剤をふたたび使用する時に競争上の優位性が得られます。



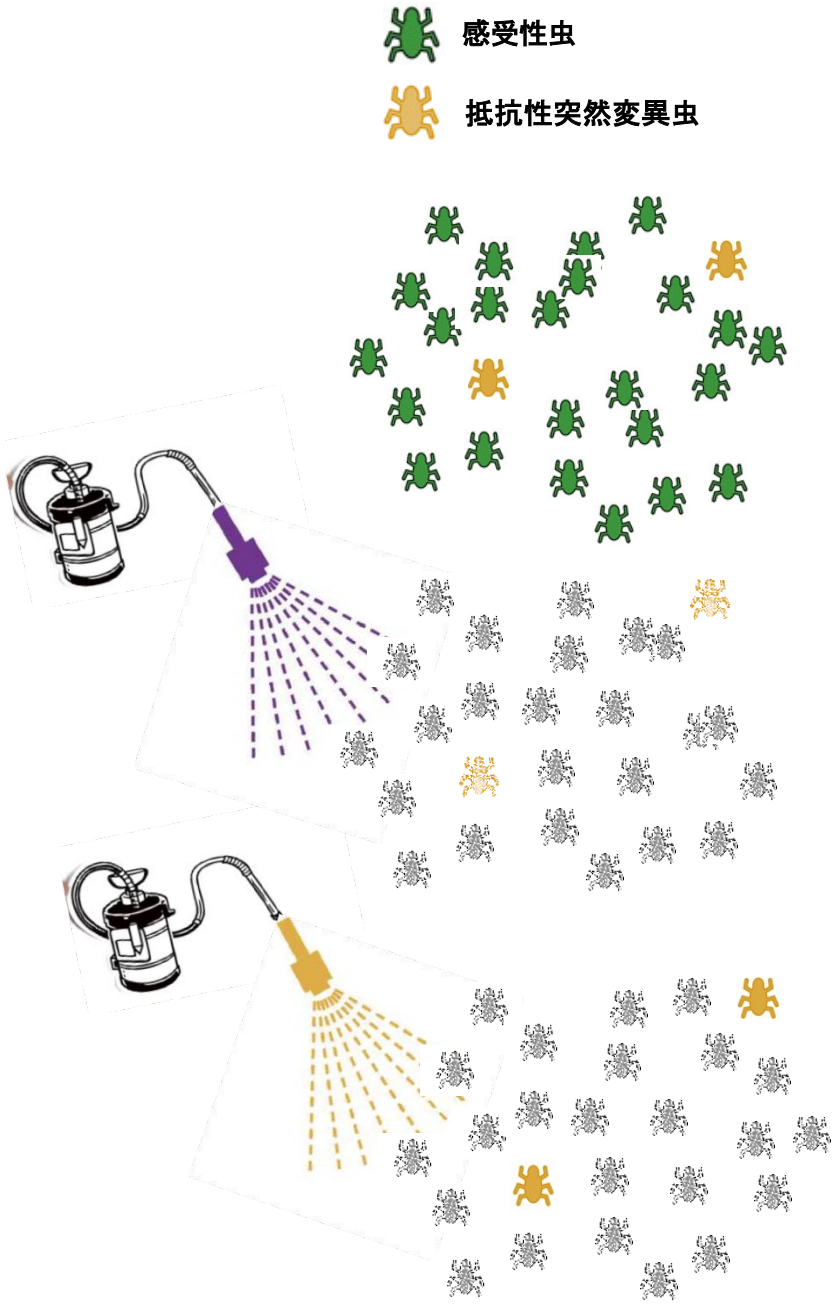
突然変異率：遺伝子または生物に新しい突然変異が発生する頻度の尺度です。

突然変異は、単一ヌクレオチドの変化、DNA配列の一部の削除、DNA配列の一部のセクションの増殖などさまざまな形で発生する可能性がある。

IRAC

殺虫剤抵抗性はどのように問題になるのか？

- ほとんどの場合、抵抗性変異は生存に影響を与えません。突然変異の昆虫は、他の同種の昆虫のように生存し繁殖し続けます。
- 抵抗性突然変異の影響を受けない殺虫剤を使用すると、感受性と抵抗性の両方の害虫が防除されます。
- しかし、抵抗性突然変異の影響を受ける殺虫剤が適用された場合、感受性の昆虫のみが防除され、抵抗性の個体は生き残り、その後繁殖します。



IRAC

殺虫剤抵抗性はどのように問題になるのか？

- 数百から数百万の害虫が存在する野外圃場や温室環境下では、様々な殺虫剤に抵抗性を有するいくつかの突然変異が存在する可能性があります。
- 殺虫剤を散布すると、抵抗性突然変異を有する昆虫が生き残り、個体群内での発生頻度があがります。

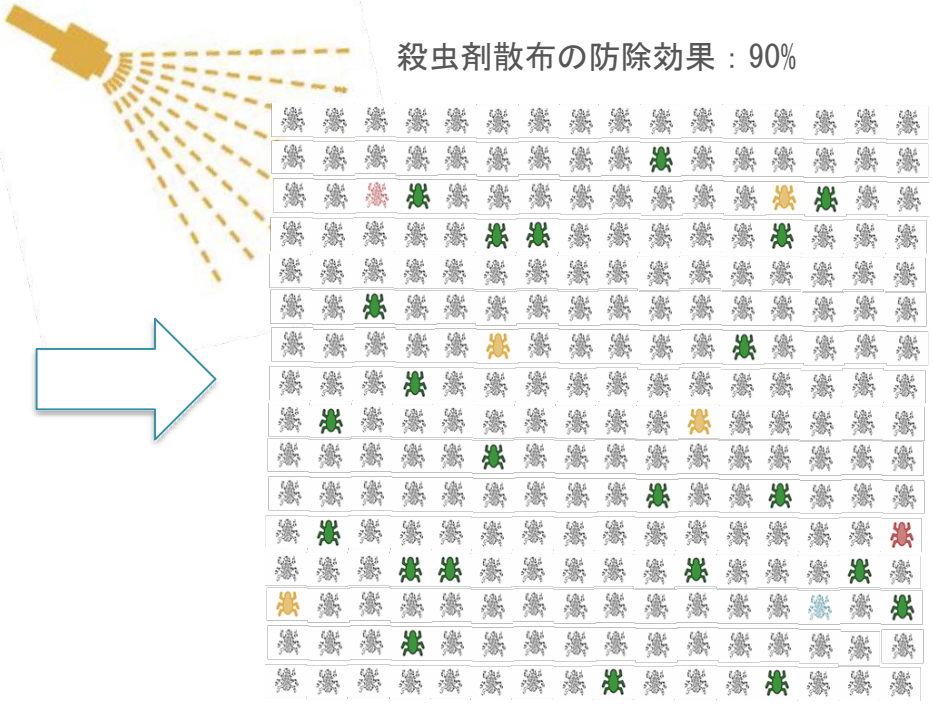
突然変異（抵抗性）の頻度

感受性 = 250/256 = 97.7%

突然変異A = 4/256 = 1.6%

突然変異B = 2/256 = 0.8 %

突然変異C = 1/256 = 0.4 %



殺虫剤散布の防除効果：90%

突然変異（抵抗性）の頻度

感受性= 22/26 = 84.6%

突然変異A = 4/26 = 15.4%

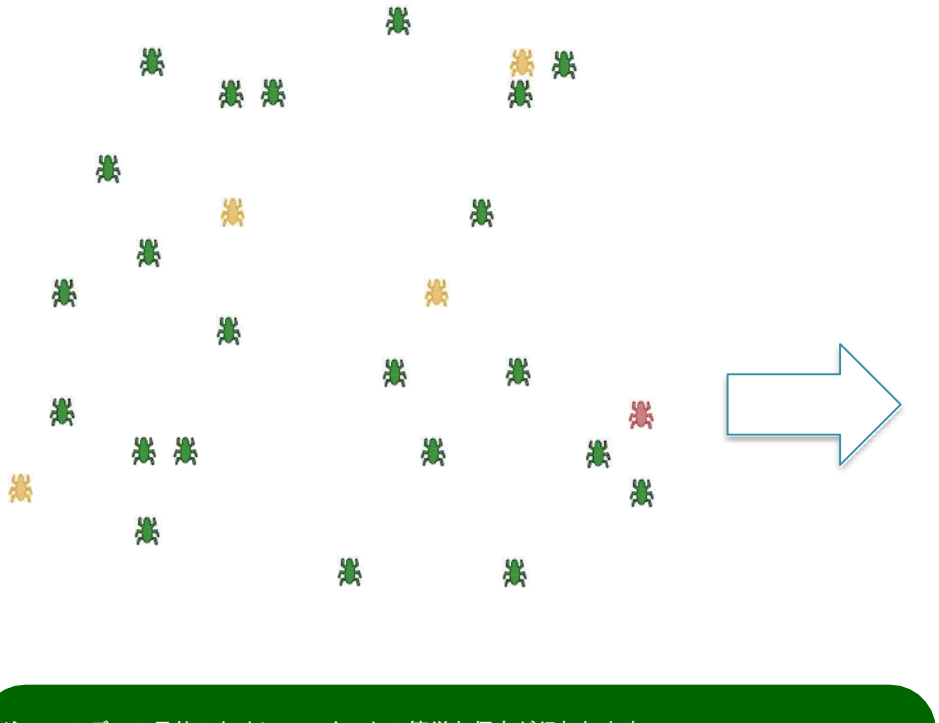
突然変異B = 1/26 = 3.8%

突然変異C = 0/26 = 0%

IRAC

殺虫剤抵抗性はどのように問題になるのか？

- 生き残った抵抗性昆虫は生き続けて繁殖し、その変異を子孫に伝えます。
- 最終的には、ポピュレーションが増加し、再び防除が必要になります。



注：このデモの目的のために、いくつかの簡単な仮定が行われます。

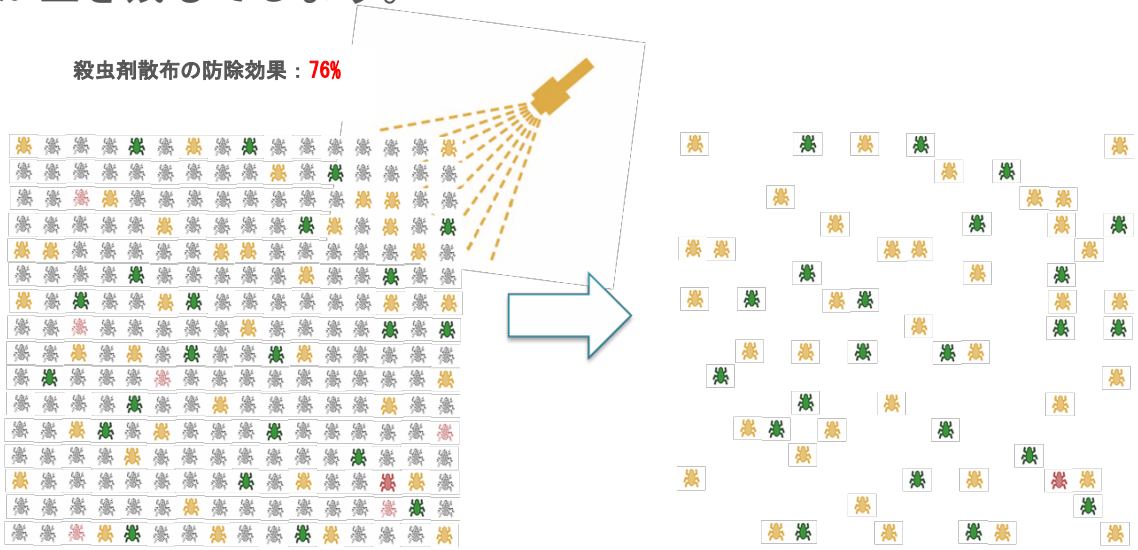
1. 殺虫剤は抵抗性昆虫に影響を与えません。
2. 抵抗性は常に昆虫の子孫に継承されます（優性遺伝）、
3. 抵抗力のある昆虫は通常通りに生息し、繁殖します（フィットネスコストはかかりません）。

これは常に当てはまるわけではなく、これらのトピックは他のIRACモジュールでカバーされます。

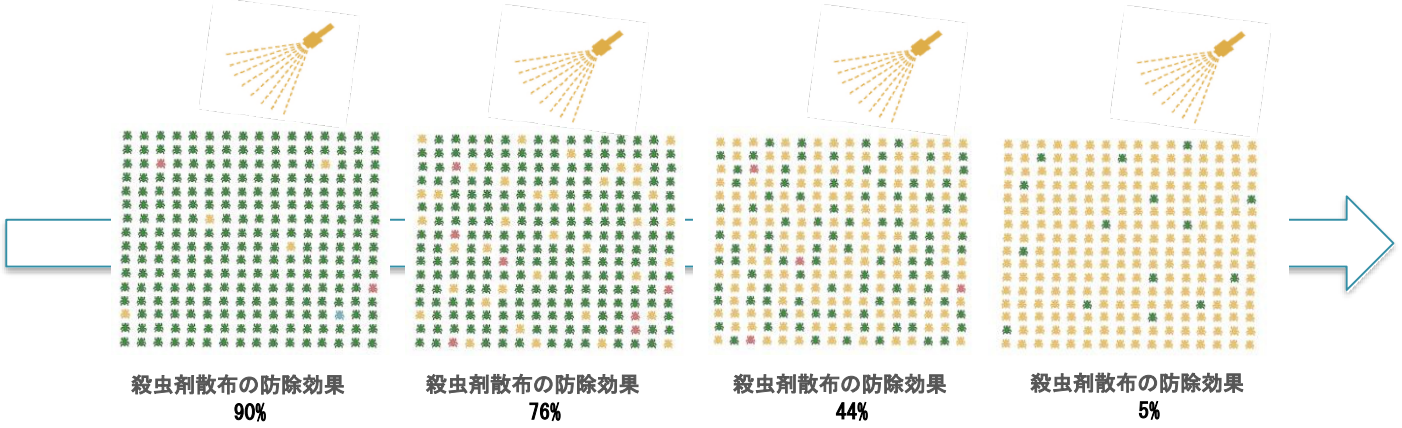
IRAC

殺虫剤抵抗性はどのように問題になるのか？

- 次に何をするか決定することは、害虫の管理と抵抗性管理の両方にとって重要です。
- 次世代の害虫にも同じ殺虫剤を使用すると、殺虫剤の効果が低下する可能性が高く、抵抗性害虫が生き残るでしょう。



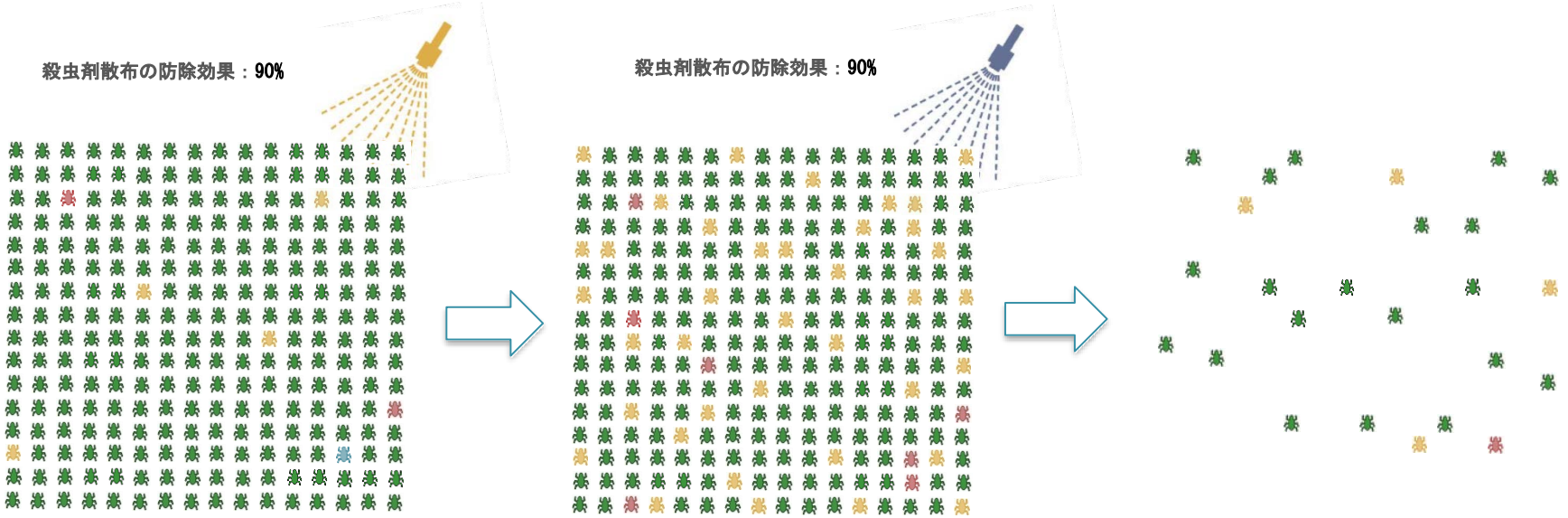
同じ作用機構の殺虫剤を繰り返し使用する防除プログラムは、以前は防除可能であった害虫の個体数を、防除が非常に困難な個体数レベルにすばやく変えてしまいます。



IRAC

殺虫剤抵抗性が問題になるのをどのように防ぐことができますか？

- 抵抗性の突然変異を有する害虫が個体群で支配的になるのを防ぐために、異なる作用機構の殺虫剤を、昆虫の世代を超えて順番または輪番で使用する必要があります。
- この害虫管理方法により、選択が遅くなり、選択頻度が低下して抵抗性虫の発生が遅れます。
- 同じ殺虫剤をより頻繁に使用すると、より速く抵抗性の突然変異が選択されます。



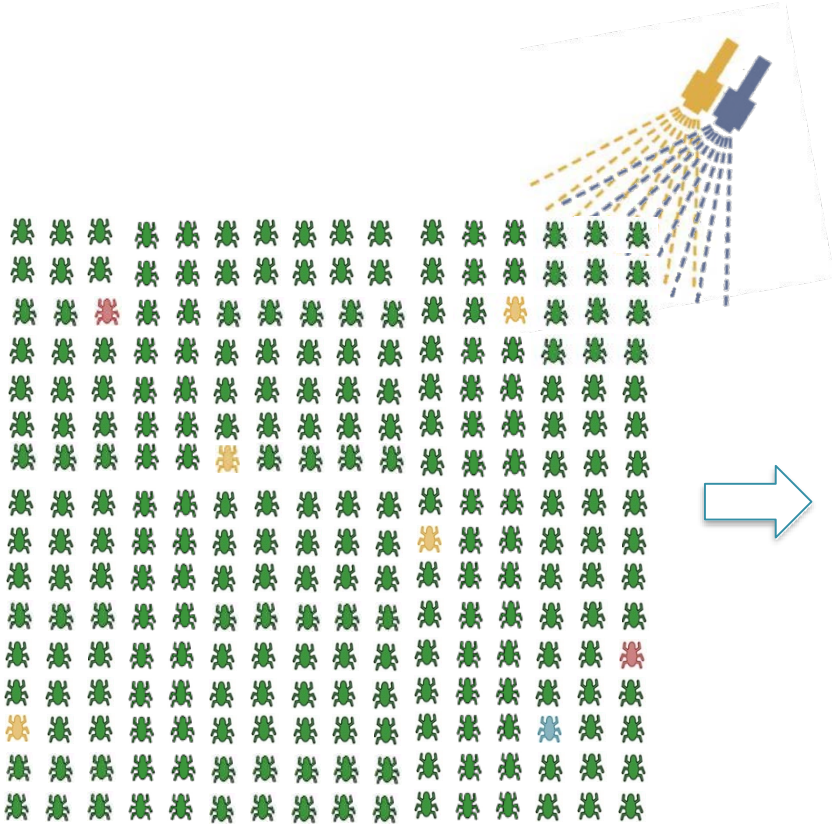
- 異なる作用機構の殺虫剤を使用する防除プログラムでは、そこで使用する少なくともひとつまたは複数の殺虫剤に対して感受性の害虫に依存します。

IRAC

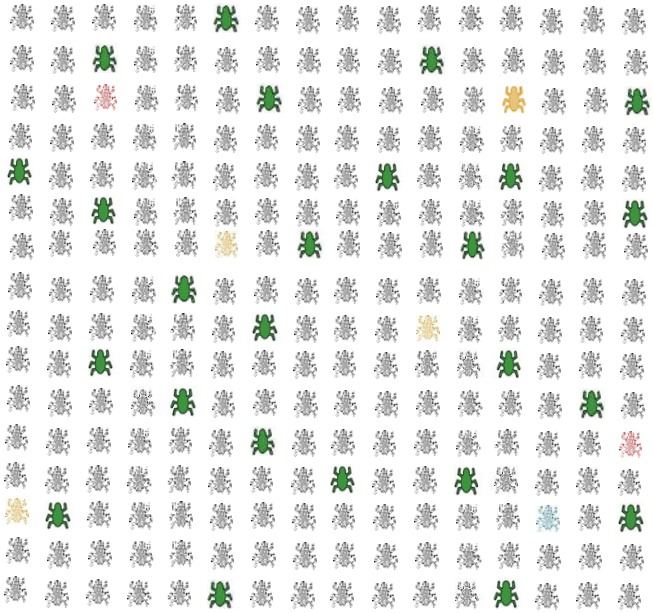
殺虫剤抵抗性が問題になるのをどのように防ぐことができますか？

- 抵抗性の発生を管理する方法は、殺虫剤の輪番だけではありません。
- 殺虫剤の混合も効果的です。

抵抗性を管理するための殺虫剤混用に関する詳細については、www.irac-online.org をご覧ください。



殺虫剤散布の防除効果：90%
感受性虫と抵抗性変異虫のいずれも防除



IRAC

殺虫剤作用機構

- このプレゼンで殺虫剤の作用機構について説明をしました。
- ほとんどの殺虫剤は、特定の生化学経路を介して作用したり、特定の標的部位に作用します。これが作用機構(MoA)です。
- 同じ作用機構のすべての殺虫剤は、国際的に認められたIRACの分類スキームにまとめられています。
- 各グループは番号コードで表され、多くの国ではこの番号は製品ラベルに表示され、ユーザーが同じ作用機構と異なる作用機構の製品を区別できるようにします。

多くの殺虫剤製品
ラベルにある
作用機構アイコン

正確な生化学的作用機構が不明な殺虫剤がいくつかあります。これらは、IRAによって、作用機構が決まるまでUN（不明）として分類されます。

IRACアクション分類の詳細については、リンクをご覧ください。

・作用機構グループは30以上ありますが、全ての国で全グループが使用されているわけではありません。

- 数字の後の文字で示されるサブグループもありますが、これらは別の要素で決まります。

抵抗性のメカニズム

- このプレゼンテーションの前半で、昆虫の遺伝子構造の変化を突然変異と呼びました。
- 突然変異はさまざまな形をとることができ、さまざまな種類の抵抗をもたらします。

作用点の抵抗性

殺虫剤は一般的に昆虫内に特定の作用部位を持ち、これは通常受容体タンパク質です。受容体タンパク質の遺伝コードに変異が生ずると、タンパク質の形状が変化し、殺虫剤が作用部位で相互作用することが妨げられるため、抵抗性が発現します。このタイプの突然変異は、標的部位抵抗性と呼ばれます。

代謝による抵抗性

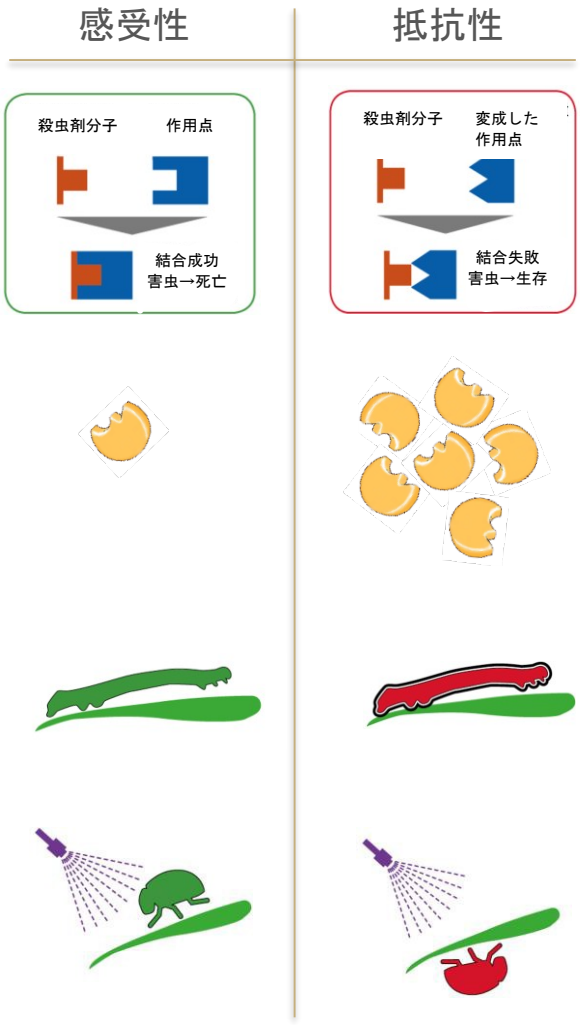
昆虫は、不要な分子を分解する酵素の量が大幅に増加するか、殺虫剤の分解がより効率的になるように変化すると、殺虫剤に抵抗性を示すようになります。

物理的適応

より厚いクチクラ、過剰なワックス状の覆い、または廃棄物のより速い排泄などの突然変異は、殺虫剤から保護するのに役立つ昆虫の物理的適応を引き起こす可能性があります。これらの適応は単独ではあまり保護されませんが、多くの場合、他のメカニズムと組み合わせてより効果的にすることができます。

行動適応

一般的ではありませんが、突然変異が昆虫の自然な行動を変え、昆虫の殺虫剤への曝露を減らし、昆虫が生き残ることを可能にする例があります。



IRAC

交差抵抗性と複合抵抗性

- 作用機構の分類は、抵抗性回避のために栽培者が異なる作用機構の殺虫剤を認識でき、殺虫剤の繰り返し使用を避ける手助けをします。
- これは同じ作用機構グループ内に交差抵抗性が生じ、異なる作用機構グループ間には生じないというほとんどの観察結果に基づいています。

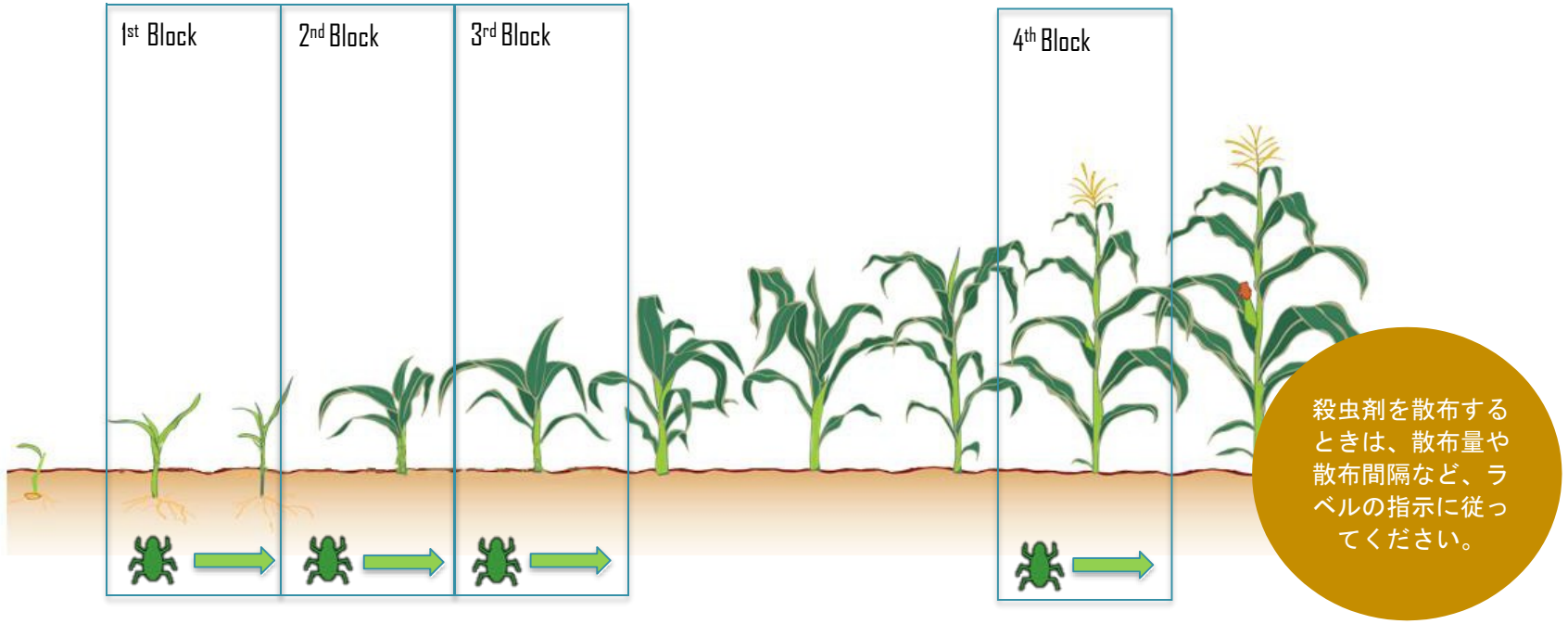
- 交差抵抗性
  - 交差耐性性は、単一の抵抗性メカニズムを介した2つ以上の殺虫剤に対する抵抗性として定義されます。
- 同一作用機構グループ内の交差抵抗性
  - ほとんどの場合、ある殺虫剤に対する抵抗性は、同じように同一グループの殺虫剤に対しても抵抗性を示します。
  - ただし、同じグループ内であっても、殺虫剤間の抵抗性レベルに違いがある場合があります。これは、部分交差抵抗性と呼ばれます。
  - 非常にまれなケースでは、グループ内に交差抵抗性がない場合がありますが、これは多くの場合、単一の害虫に限定されます。
- 作用機構グループ間の交差抵抗性
  - まれに、同じ作用機構を持たないが、同様の分子構造を持つ殺虫剤が単一の酵素によって代謝される場合があります。
  - したがって、その酵素が過剰に発現する昆虫は、その酵素によって代謝されるすべての殺虫剤に抵抗性を示す可能性があります。
- 複合抵抗性
  - 複合抵抗性とは、単一の昆虫における複数の抵抗性メカニズムを介した2つ以上の殺虫剤に対する抵抗性として定義されます。多くの場合、交差抵抗性と混同されます。

交差抵抗性：
単一のメカニズムによる2つ以上の殺虫剤に対する抵抗性

複合抵抗性：
複数のメカニズムによる2つ以上の殺虫剤に対する抵抗性

害虫の抵抗性管理

- 昆虫は、作物環境内のさまざまな時期に発生する可能性があります。
- 害虫防除の戦略を設計するとき、抵抗性管理を考慮することが重要です。
- IRACは、収穫サイクルを「処理ブロック」に分けることを推奨しています。
- 各ブロックは、害虫が1世代を経過する期間（卵→幼虫→成虫）、または使用する殺虫剤の１回の散布の効果持続期間のいずれか長い方である必要があります。
- 昆虫の発生期間の判断は必ずしも容易ではないため、この情報がない場合、ほとんどの害虫には30日間、アブラムシとダニには15日間のブロックを勧めします。



IRAC

抵抗性害虫の管理：単一の害虫種

- 同じ作用機構または交差抵抗性を持つ殺虫剤は、隣接するブロックまたは連続するブロックでは使用しないことをお勧めします。
- ただし、別のブロックでは同じ作用機構の殺虫剤を使用できます。
- 最良の抵抗性管理には、複数の効果的な作用機構を利用する必要があります。

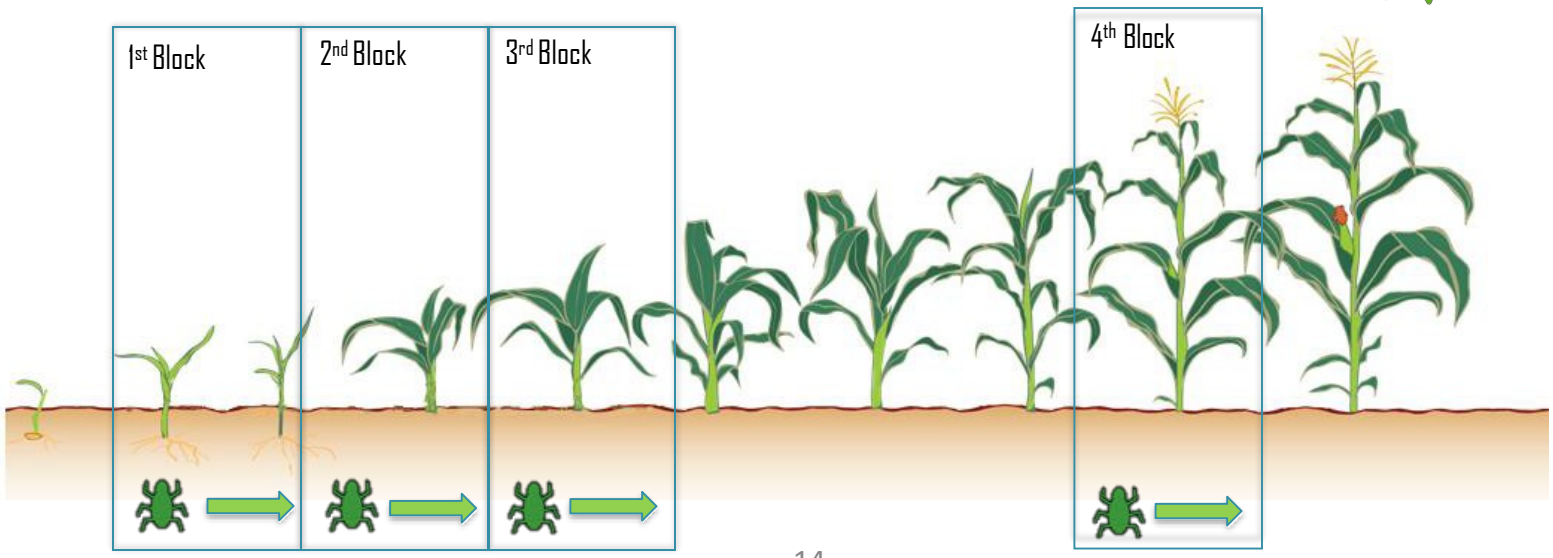
注：「作用機構」という用語は、IRAC作用機構分類に基づいています。 これには、合成化学物質、非合成化学物質、および生物学的殺虫剤が含まれます。

使用する作用機構を決めるために、常に殺虫剤製品のラベルをチェックしてください。

殺虫剤
散布計画

（異なる番号は異なる作用機構を表します）

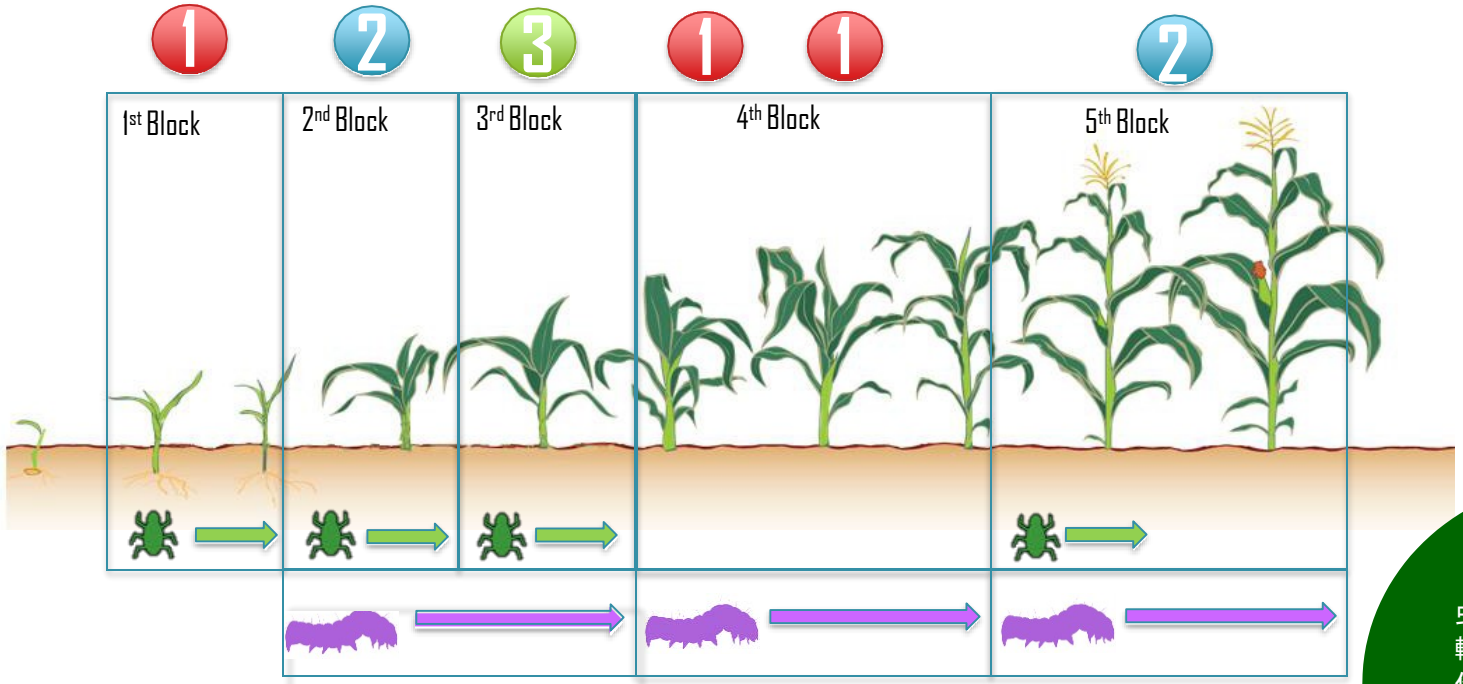
1	1	2	2	✗ 推奨しません
1	2	1	2	✓ 推奨
1	2	3	1	✓✓ 強く推奨



IRAC

抵抗性害虫の管理：複数の害虫種

- 単一の害虫に対する抵抗性管理の設計や組み合わせは簡単ですが、現実には複数の害虫種が存在することが多いという現実があります。
- 複数の害虫種が存在する環境では、各害虫を含めるようにブロックを修正する必要があります。
- 殺虫剤の残効期間がブロックの長さを超えない限り、同じ作用性殺虫剤を複数回をブロック内で使うことができることを意識することが重要です。



注：作付けサイクルの中で、害虫種が異なる世代期間を持ち、世代が重複する場合は、最も短い世代期間をブロックの基準とします。

ＩＰＭ：総合的病害虫・雑草防除
輪作、天敵の保護、前作の作物残渣の除去などのIPM技術の利用は、抵抗性の管理にも役立ちます。

IRAC

抵抗性管理が重要な理由

- 抵抗性管理は害虫防除の重要な部分です。
- 同じ農薬を繰り返し使用する方が費用対効果が高く便利なように思えるかもしれませんが、効価が低下し、より多くの繰り返し防除が必要になります。
- いったん抵抗性が確立されると、感受性が回復し、殺虫剤が以前のレベルで効果を発揮することはほとんど不可能になります。これにより防除の選択肢が減り、害虫防除の柔軟性が低下します。

抵抗性管理……

経費の節約

- 最も効果的な製品を長期間維持します
- より高価な、またはより好ましくない方法に切り替える必要性を減らします
- 収量量を期待を維持し、持続可能な生産を保証します

時間の節約

- 繰り返しの防除が減るため、フィールドで費やす時間を短縮します
- 効果的な害虫防除を行う労力と懸念することが少なくなります

安全性の向上

- 殺虫剤を繰り返し使用する必要性を減らし、農産物の残留リスクを最小限に抑えます

あなたの健康と土地の保護

- 抵抗性管理を行うことで、使用者の安全性が向上し、環境が保護されます

IRAC