



# Fuja da resistência

Além de cuidados básicos como a rotação de defensivos com diferentes mecanismos de ação e respeito às doses e ao número de aplicações recomendados pelo fabricante, evitar problemas com perda de sensibilidade de fungos, como *Phytophthora infestans*, à aplicação de fungicidas exige compreender o complexo modo de sobrevivência desses organismos e sua enorme capacidade de adaptação a condições adversas

O controle químico é uma das medidas de manejo mais empregadas para enfrentar doenças na agricultura. Para muitas doenças em diversas culturas, a quimioterapia se constitui em medida emergencial, rápida, prática, eficiente e economicamente viável. Entretanto, o uso de fungicidas é passível de falhas e, dentre muitas causas, o insucesso pode ser atribuído ao surgimento de linhagens de fungos com redução da sensibilidade (RS) a esses compostos.

A RS a fungicidas envolve uma propriedade fundamental dos organismos: a habilidade de se adaptar a diferentes condições de ambiente (normalmente adversas) e, ainda assim, sobreviver. O uso frequente de fungicidas constitui em uma mudança de ambiente para um microorganismo que antes era sensível a determinado composto, podendo resultar em sua adaptação à nova situação.

## CONCEITOS BÁSICOS

### Falha de controle

Situação onde o produtor observa que, quando comparada a safras anteriores, a eficiência do fungicida foi alterada. O agricultor diz que houve “falha de controle” e passa a reclamar e buscar explicações para o fato. É também utilizado o termo/expressão insucesso ou controle ineficiente.

### Controle integrado

Emprego de todas as estratégias de modo conjunto visando ao controle de uma doença com a preocupação econômica.

### Isolado selvagem ou sensível

Amostra/linhagem da população do fungo, ainda sensível, antes do uso de fungicida para seu controle. Ou a população ainda é controlável eficiente economicamente por um fungicida e os produtores estão satisfeitos com os resultados. Serve de exemplo isolados de *Phytophthora infestans*, agente causal do míldio da



A resistência, redução ou perda da sensibilidade é um ajuste estável e hereditário de um fungo a um fungicida

batateira aos fungicidas antes do uso de qualquer fungicida em uma região. O isolado selvagem apresenta sensibilidade original da linhagem a um fungicida.

#### Medida da sensibilidade

A sensibilidade de um fungo a um fungicida ou à fungitoxicidade da substância química é medida pela  $DE_{50}$  (Dose efetiva),  $CE_{50}$  (Concentração efetiva) ou  $CI_{50}$  (Concentração inibitória). A unidade usada é  $mg.L^{-1}$ .

#### Linha de base ou $CI_{50}$ de referência

É o valor médio da  $CI_{50}$  determinada para várias amostras da população de isolados selvagens ou sensíveis. Este valor é específico para um dado fungicida e um dado fungo ou raça. Seu valor serve para comparar a potência entre fungicidas e, principalmente, para o monitoramento da sensibilidade, para saber se houve redução ao longo dos anos que o fungicida é usado em uma

cultura. Sem a  $CI_{50}$  do isolado/população selvagem, não se pode no futuro quantificar a redução na sensibilidade.

#### Fator de sensibilidade (FS)

A RS de uma linhagem de um fungo pode ser medida pelo FS que reflete o grau da alteração. É a magnitude da diferença entre a  $CI_{50}$  de linhagens sensíveis (Concentração de referência) e a  $CI_{50}$  da suspeita de ter a sensibilidade alterada.

O fator de sensibilidade (FS) corresponde a:  $FS = CI_{50}$  da linhagem suspeita/ $CI_{50}$  da linhagem sensível.

Se o FS for 1,0 a sensibilidade está sem alteração. Sendo  $> 1,0$  indica que está havendo redução na sensibilidade.

#### Importância prática da $CI_{50}$

A  $CI_{50}$  da linhagem selvagem representa o valor ( $mg.L^{-1}$  do fungicida) usado como padrão de referência para indicar se houve RS

da linhagem suspeita. A  $CI_{50}$  é importante em dois momentos: quando o fungo ainda é sensível (padrão de referência sensível) e futura, quando alterada para maior indicadora da RS. Visualizasse, portanto, que a  $CI_{50}$  não é fixa e pode sofrer alteração ao longo tempo.

Quando ocorre no campo a suspeita de falha de controle, o método científico para provar a RS é a  $CI_{50}$ . Sem a  $CI_{50}$  torna-se difícil provar que houve RS.

#### Perda da sensibilidade

Ocorre quando um fungo sensível torna-se parcial ou totalmente insensível a um fungicida. A palavra perda dá ideia de insensibilidade total, o que nem sempre é verdade, por isso deve ser evitada.

#### Redução da sensibilidade (RS)

Cedo ou tarde, durante os anos de uso comercial de um fungicida pode surgir uma população do patógeno alvo que não seja mais suficientemente sensível para ser controlado satisfatoriamente. Em geral, a RS surge em resposta ao uso repetido de um fungicida ou pelo uso continuado de um fungicida com o mesmo mecanismo de ação. A primeira evidência dessa alteração é observada pelo produtor que reclama de "falha de controle". Situação onde o

controle passou de eficiente ou econômico para ineficiente e antieconômico.

Esta expressão deve ser usada preferencialmente em relação à perda de sensibilidade. A RS é comprovada em laboratório quando há aumento no fator de sensibilidade ( $FS > 1$ ).

#### Resistência

A resistência, redução ou perda da sensibilidade pode ser definida como um ajuste estável e hereditário de um fungo a um fungicida. Desse ajuste resulta uma redução considerável na sensibilidade do patógeno ao composto químico, que pode ser parcial ou total, sempre com aumento da  $CI_{50}$  ( $FS > 1,0$ ).

Os termos são usados para linhagens de fungos anteriormente sensíveis, que por meio de mecanismo de variabilidade, como mutação, reduziu significativamente a sensibilidade ao fungicida ( $FS > 1,0$ ).

A RS pode ser atribuída a alterações na sensibilidade ao fungicida, ocorrendo tanto no laboratório como em casa de vegetação ou no campo.

A sensibilidade é o oposto de resistência, isto é, todas as linhagens resistentes apresentam por definição uma redução na sensibilidade. Porém, o termo insensibilidade não deve ser usado como sinônimo de resistência,



Deve-se evitar o uso isolado de fungicidas com ação específica nas aplicações



## O ciclo de vida de um patógeno é um dos mais importantes fatores epidemiológicos a contribuir para o risco de resistência

pois sugere a completa falta de sensibilidade e, assim, na prática, raramente poderia ser empregado. Adapta-se apenas à descrição de fungos para os quais o fungicida nunca teve nenhum efeito.

### *Resistência, alteração, perda, redução na sensibilidade, insensibilidade e tolerância*

Alguns autores preferem utilizar “insensibilidade” ou “tolerância”, justificando que o termo “resistência” deveria ser empregado para a resistência genética da planta contra patógenos, não de patógenos a fungicidas. Outros sugerem “perda de sensibilidade ou tolerância” por não ser tão alarmante ou assustador como resistência. Outros argumentam que tolerância também é um termo consagrado à reação de plantas a patógenos.

Algumas empresas detentoras de fungicidas preferem utilizar o termo “perda de sensibilidade”, por acreditarem que soam menos alarmantes que “resistência”. Por isso, sugere-se que “resistência” seja preferido, mesmo por que há muitos anos serve para descrever precisamente o mesmo fenômeno que ocorre na bacteriologia e

na entomologia.

### **Resistência de campo**

A resistência pode ser de laboratório ou de campo. Como o nome já sugere, o termo “resistência de campo” deve ser prefe-

rencialmente utilizado quando as linhagens resistentes forem observadas sobre plantas a campo. Ocorrendo a perda de controle da doença, a resistência de campo pode ser chamada “prática”, contudo, sua detecção exige comprovar a presença dos indivíduos resistentes, uma vez que outros fatores podem afetar o desempenho de um fungicida, como, por exemplo: erros de dosagem devido à calibragem de equipamentos de pulverização, condições climáticas desfavoráveis, erros no diagnóstico da doença, época de aplicação incorreta, formulação inadequada, problemas no armazenamento do produto, desequilíbrios devido à eliminação de organismos benéficos, entre outros.

### **Fatores de risco para a redução da sensibilidade**

O surgimento de linhagens resistentes em laboratório não implica, necessariamente, que ocorrerá falha no controle da doença no campo. A falha só ocorre quando uma proporção considerável da população do patógeno torna-se resistente. Em alguns casos, isso se dá logo após a in-

## Como prevenir

a) Evitar o uso isolado de fungicidas com ação específica. Recomenda-se a utilização de misturas ou aplicações alternadas com produtos que atuem em processos metabólicos diferentes;

b) Reduzir o número de aplicações por cultivo. Um menor número de pulverizações reduz a pressão de seleção sobre o patógeno, reduzindo o risco de resistência; por isso, se deve empregar fungicida somente quando necessário. O critério indicador do momento para o início das aplicações numa cultura como a da batateira deveria ser regido por sistemas de aviso;

c) Aplicar a dose do fungicida recomendada pelo fabricante;

d) Evitar o uso de aplicações curativas ou erradicativas, a não ser que estas aplicações estejam suportadas pela eficiência do fungicida e/ou por um modelo que indique, precisamente, quando a aplicação pode ser realizada com um mínimo de risco de desenvolvimento da resistência;

e) Manejar as doenças de forma integrada. Sempre que possível, fungicidas devem ser usados como parte de um sistema de manejo integrado de doenças e não isoladamente. No manejo integrado, outras estratégias de controle como rotação de culturas, controle biológico e cultivares com resistência parcial à doença reduzem a intensidade da doença e diminuem a pressão de seleção exercida pelo fungicida.



trodução do fungicida, mas em outros leva muitos anos para ocorrer. Vários fatores influenciaram a velocidade do desenvolvimento de resistência, como a base genética da resistência, a adaptabilidade da linhagem resistente na presença ou ausência do fungicida, a natureza do patógeno e da doença e a pressão de seleção exercida pelo fungicida.

#### Da capacidade de multiplicação do patógeno

O ciclo de vida de um patógeno é um dos mais importantes fatores epidemiológicos a contribuir para o risco de resistência, pois quanto menor o tempo de cada geração, normalmente, mais frequente e necessária será a exposição ao fungicida. Quanto maior a esporulação ou capacidade de multiplicação e disseminação de um patógeno, maior o número de esporos liberados na cultura e maiores as chances de mutação e seleção. Também a acessibilidade do patógeno influencia na seleção de linhagens resistentes, pois fungos que se encontram em partes de plantas não atingidas pelo fungicida sofrerão menor pressão de seleção, podendo sobreviver subpopulações sensíveis para competir com a resistente.

#### Do fungicida

A pressão de seleção exercida pelo fungicida também é um fator de risco para ocorrência da resistência e está associada, principalmente, ao seu mecanismo de ação, dose, número de aplicações, persistência na planta ou no solo. Também o método de aplicação



Quanto mais prolongado o período de proteção de um fungicida mais sujeito à seleção em direção da resistência

é importante, se aplicado de forma curativa, erradicativa ou protetora, e, ainda, a qualidade de aplicação (grau de cobertura). A dose do fungicida exerce efeito diferenciado conforme o tipo de resistência envolvido. Na resistência qualitativa (por exemplo, benzimidazóis), a seleção para a resistência é favorecida pelo uso de doses elevadas, que eliminam a maior parte da população sensível, permitindo que os naturalmente resistentes predominem. Doses baixas retardam o desenvolvimento da resistência monogênica. Na resistência quantitativa (por exemplo, IDMs) o uso contínuo de subdoses permite selecionar indivíduos menos sensíveis, resultando resistência gradual ao fungicida. A velocidade de desenvolvimento da resistência quantitativa é maior com o uso de doses intermediárias àquelas recomendadas pelos fabricantes.

O risco de RS é proporcional ao número de aplicações do fungicida ao longo do período de ocorrência da doença. Tratamentos sucessivos não permitem que a subpopulação sensível se recom-

### Tratamentos sucessivos não permitem que a subpopulação sensível se recomponha, facilitando a seleção dos indivíduos resistentes



ponha, facilitando a seleção dos indivíduos resistentes. Por exemplo, na cultura da batateira, com o objetivo de controle do míldio são aplicadas até 15 pulverizações por ciclo da cultura.

Fungicidas com período de proteção mais prolongado estão mais sujeitos à seleção em direção da resistência, uma vez que permanecem por mais tempo em contato com o patógeno, em pequenas doses (favorece seleção gradual quantitativa). Esse caso é, particularmente, favorecido para fungicidas utilizados via semente, solo e em cultivos protegidos. Cultivos em ambientes protegidos favorecem a resistência por reduzirem a troca de propágulos com o ambiente externo, retendo linhagens resistentes no seu interior e, também, porque o fungicida não está sujeito a vários fatores que aceleram a degradação do produto, comparativamente com a condição de campo aberto.

#### Estratégias para evitar/atrasar a redução da sensibilidade

Têm o objetivo de prevenir a ocorrência do problema e preservar a eficiência do fungicida ao longo dos anos. Sua aplicação começa ainda na fase de desenvolvimento do produto e seu alcance é proporcional ao nível de integração e adoção das estratégias pelos produtores, técnicos e fabricantes dos defensivos. As principais estratégias antirresistência se relacionam à forma como os fungicidas são utilizados. ©

**Erlei Melo Reis,**  
Universidade de Passo Fundo



**Cross link**

Produtos Consagrados

Fungicidas:

**Harpon WG PROPLANT Botran Rubigan**

Inseticidas-acaricidas:

**DICARZOL Imidan**

Herbicidas:

**TOCHA CAMPEON TROPERO TURUNA**

Nota: Produtos e prazos de validade sujeitos a alterações sem aviso prévio. Não responsabilizamos por danos causados por uso incorreto ou inadequado. Consulte sempre as especificações de produtos individuais. Nunca permita a utilização de produtos sem registro no Ibama. Consulte sempre os regulamentos aplicáveis. Sempre use equipamentos apropriados.

0800 773 2022  
crosslink@crosslink.com.br  
www.crosslink.com.br