

# Imunidade em plantas a doenças

Автор(и): проф. д-р Иван Киряков, Добруджански земеделски институт – гр. Генерал Тошево, ССА

Дата: 02.05.2025 Брой: 5/2025



*O uso de variedades e híbridos resistentes é considerado o método mais eficaz e ecologicamente correto para controlar doenças em culturas agrícolas. Infelizmente, frequentemente testemunhamos uma redução na resistência de genótipos individuais quando são cultivados por um período prolongado em áreas específicas. A duração da manutenção do nível de resistência em genótipos individuais (variedades, híbridos) está intimamente relacionada aos mecanismos que constroem sua imunidade, bem como ao potencial de virulência nas populações dos respectivos patógenos. O conhecimento dos mecanismos que constroem a imunidade nas plantas é de importância essencial tanto para o desenvolvimento de uma estratégia de melhoramento adequada quanto para a implementação de medidas para prevenir a perda da resistência já alcançada.*

O termo "imunidade" tem origem na palavra latina "*imunitas*", que significa livre ou inviolável. Dependendo de sua especificidade, a imunidade vegetal é dividida em inespecífica e específica. A imunidade inespecífica está associada à resistência absoluta e completa de uma espécie vegetal particular a fitopatógenos, dentro de cuja gama de hospedeiros ela não se enquadra. Como exemplo, pode-se mencionar o agente causal da ferrugem do feijão *Uromyces appendiculatus*, ao qual as variedades de *Triticum aestivum* (trigo de inverno comum) são completamente resistentes. A imunidade específica é aquela na qual genótipos individuais de uma determinada espécie vegetal exibem resistência a fitopatógenos capazes de infectar a respectiva espécie. O agente causal da ferrugem marrom do trigo *Puccinia triticina* infecta *Triticum aestivum*, mas as variedades individuais possuem diferentes níveis de resistência.

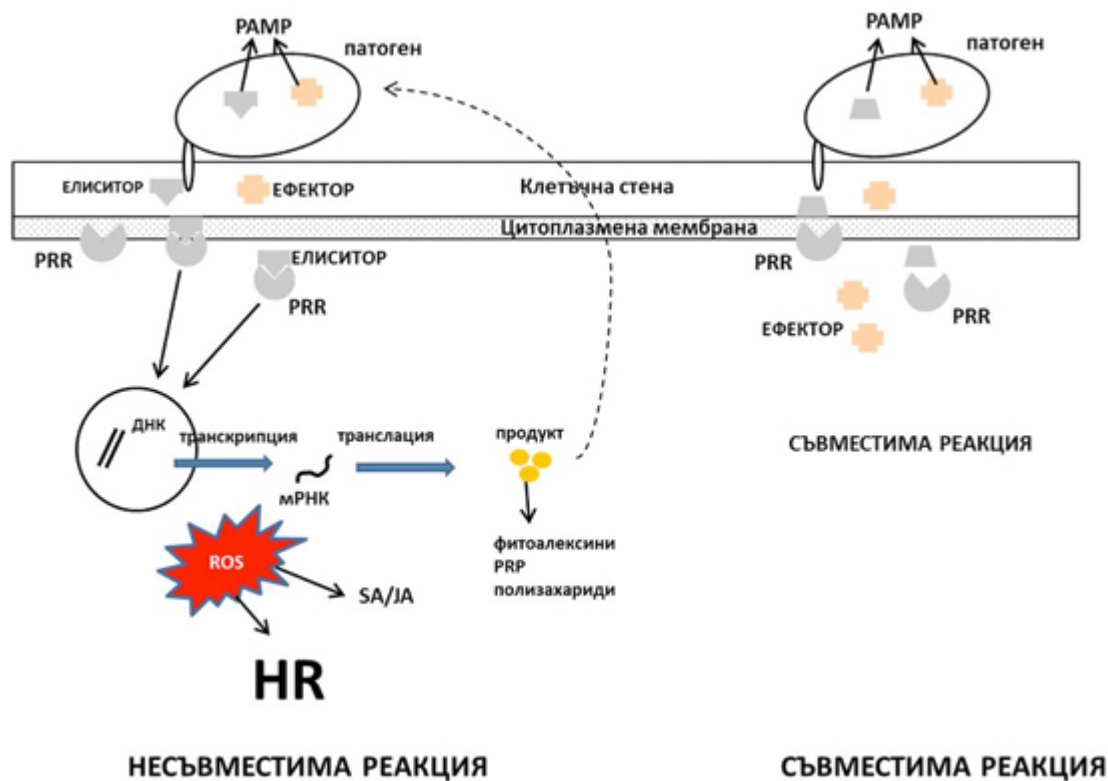
De acordo com sua origem, a imunidade pode ser dividida em inata ou hereditária e adquirida. A imunidade inata está associada a fatores que são herdados nas gerações da respectiva variedade. A imunidade adquirida aparece ou surge nas plantas durante seu desenvolvimento ontogenético (individual) sob a influência de um determinado patógeno ou condições externas e não é herdada pela prole. Na maioria das vezes, surge após infecção ou doença nas plantas, após o que elas aumentam sua resistência a este e a outros patógenos.

De acordo com os mecanismos de formação, a imunidade vegetal é dividida em passiva e ativa. A imunidade passiva está associada a características morfológicas ou anatômicas das variedades individuais – presença de revestimento ceroso, espessura da cutícula e epiderme, número por unidade de área e estrutura dos estômatos, arquitetura da planta, etc. Essas características varietais são constantes independentemente da presença ou ausência de condições para o curso da patogênese (o processo de infecção e desenvolvimento da doença). No geral, os mecanismos de imunidade passiva previnem ou retardam o processo de infecção, o que no segundo caso leva a menos ciclos de desenvolvimento dos patógenos. A redução no número de ciclos durante a estação de crescimento é de importância essencial para patógenos policíclicos (ferrugens, oídios, septorioses, etc.), nos quais o desenvolvimento de epifitias (epidemias) está intimamente relacionado à sua multiplicação repetida. Por exemplo, a imunidade passiva pode ser ilustrada pela influência do hábito de crescimento do feijoeiro comum na incidência da podridão branca causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. Variedades com hábito de crescimento ereto e solto são menos severamente atacadas pelo patógeno, uma vez que criam um microclima que não permite a retenção prolongada de umidade durante a floração, ou seja, previnem a infecção das plantas.

A imunidade ativa está associada a mecanismos de defesa que se manifestam durante a infecção ou em diferentes estágios da patogênese, e os fatores que determinam a imunidade são herdados pela prole. Variedades cuja resistência é baseada na imunidade ativa possuem genes específicos cuja ativação está

associada a receptores (PRR) localizados na membrana plasmática celular e/ou no citoplasma (figura). Para sua expressão, é necessário que o patógeno contra o qual eles fornecem proteção produza substâncias moleculares (PAMP), conhecidas como eliciadores (moléculas reconhecidas pelos receptores). Nos casos em que os receptores dos genes específicos reconhecem os eliciadores na célula atacada, moléculas sinalizadoras se acumulam, o que ativa a expressão dos genes específicos. Como resultado, fitoalexinas e proteínas relacionadas a patógenos (PRP) são sintetizadas, as quais têm um efeito tóxico sobre o patógeno. O reconhecimento do patógeno leva ao acúmulo na célula de espécies reativas de oxigênio (ROS), como ânions superóxido ( $O_2^-$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), resultando em sua morte programada, conhecida como reação de hipersensibilidade (HR). Ao mesmo tempo, hormônios vegetais como o ácido jasmônico (JA) e o ácido salicílico (SA) são sintetizados na célula, que são transportados para células vizinhas e transmitem um sinal de alarme. Como resultado, as células vizinhas morrem, bloqueando assim o desenvolvimento posterior do patógeno. Simultaneamente, os hormônios vegetais produzidos pelas células moribundas, e acima de tudo o SA, são transportados por toda a planta e estimulam a ativação de mecanismos gerais de defesa, levando ao surgimento da chamada imunidade sistêmica adquirida, que fornece proteção a toda a planta contra o patógeno. Se as substâncias moleculares produzidas pelo patógeno (também conhecidas como efetores) não forem reconhecidas pelos receptores, a infecção é irreversível, ou seja, observa-se uma reação compatível. A teoria de [Harold Henry Flor](#) (1942), também conhecida como teoria "gene por gene", está relacionada à imunidade ativa. De acordo com esta teoria, para cada gene de resistência na população de uma determinada espécie vegetal existe um gene de virulência correspondente na respectiva espécie patogênica.

Dependendo dos mecanismos que determinam a imunidade, a resistência vegetal é dividida em três categorias – tolerância, resistência vertical e resistência horizontal. A tolerância está associada à capacidade de genótipos individuais de suportar um alto grau de infecção (semelhante ao de variedades suscetíveis) sem que isso afete o rendimento ou a qualidade do produto.



*Mecanismos da imunidade ativa. PAMP – substâncias moleculares associadas a patógenos; PRR – receptores associados a patógenos; PRP – proteínas relacionadas a patógenos; ROS – espécies reativas de oxigênio; SA/JA – hormônios vegetais; HR – reação de hipersensibilidade*

A resistência vertical está associada à imunidade ativa. É controlada por genes específicos conhecidos como genes "específicos de raça" e, portanto, também é chamada de resistência "específica de raça". Como essa resistência é controlada por um ou vários genes principais, frequentemente é referida como "monogênica" ou "oligogênica". A vantagem das variedades com resistência vertical é que elas exibem resistência completa ao patógeno contra o qual é direcionada. A principal desvantagem, no entanto, é que essa resistência é expressa apenas a certas partes das populações do respectivo patógeno, conhecidas como "raças fisiológicas". Outra desvantagem essencial da resistência vertical é a pressão de seleção que exerce sobre as populações de patógenos. Um exemplo é a incidência cada vez mais frequente da ferrugem marrom em variedades de trigo estrangeiras amplamente cultivadas em nosso país. Quando foram introduzidas pela primeira vez, sua resistência a essa doença estava em um alto nível. Seu cultivo generalizado nos últimos anos levou a mudanças significativas nas populações do patógeno, razão pela qual agora testemunhamos infecções graves. As razões para este fenômeno estão relacionadas a uma mudança no potencial de virulência do patógeno como resultado da redução nas áreas plantadas com variedades que mantinham as populações então existentes de ferrugem marrom no país no momento da introdução das novas variedades.

A substituição da estrutura varietal em nosso país exerceu pressão de seleção sobre as populações do patógeno, o que por sua vez levou à disseminação de novos patótipos (indivíduos com virulência diferente pertencentes à mesma raça), não característicos de nosso território, que superam a resistência das novas variedades. A presença de novos patótipos no país também é confirmada pelo fato de que, nos últimos anos, variedades búlgaras têm mostrado maior resistência à ferrugem marrom. A principal estratégia de melhoramento visando prevenir o surgimento de novas raças está relacionada ao chamado "empilhamento" de genes em um único genótipo, ou mais simplesmente, ao desenvolvimento de variedades com dois ou mais genes específicos de raça. Essa estratégia reduz a probabilidade de que formas mutantes ou recombinantes capazes de superá-los simultaneamente surjam nas populações do patógeno.

Os mecanismos da resistência horizontal estão associados principalmente à imunidade passiva, embora numerosos estudos confirmem a participação de genes específicos parcialmente não funcionais. Como essa resistência é direcionada contra toda a população do patógeno, também é conhecida como resistência "inespecífica de raça". A resistência horizontal tem uma natureza poligênica e, portanto, também é referida como "poligênica". A principal vantagem da resistência horizontal é que ela não exerce pressão de seleção sobre as populações de patógenos e, portanto, sua eficácia é mantida por um período prolongado de tempo, ou seja, é difícil para os patógenos superá-la. Infelizmente, do ponto de vista do melhoramento, o desenvolvimento de variedades com resistência horizontal é um processo longo e complexo devido à sua natureza poligênica.

Indubitavelmente, o desenvolvimento e uso de variedades/híbridos que combinam os mecanismos de resistência vertical e horizontal é a medida mais apropriada para o controle de doenças em plantas cultivadas, pois prolonga o período de eficácia da resistência. Infelizmente, na maioria dos casos, a resistência de variedades introduzidas na prática é baseada nos mecanismos de resistência vertical. A principal medida para prevenir mudanças no potencial de virulência de populações patogênicas está relacionada ao uso de um conjunto de variedades cuja resistência é baseada em diferentes genes específicos de raça. O cultivo generalizado de variedades com a mesma base genética em termos de resistência inevitavelmente leva a rápidas mudanças nas populações de patógenos e, portanto, ao desenvolvimento epifítico de doenças.