

Ponto 8. Biologia molecular e engenharia genética aplicadas à fitopatologia

A ~~fitopatologia~~ fitopatologia é a ciência que estuda as doenças de plantas. Os fitopatógenos são microrganismos parasitários que colonizam as plantas para se alimentarem e reproduzirem. Entretanto, os fitopatógenos comprometem o desenvolvimento e o metabolismo das plantas, ocasionando danos na produtividade de espécies cultivadas, podendo ocasionar a sua morte e consequentemente se torna um problema fitossanitário.

A biologia molecular e a engenharia genética revolucionou a fitopatologia, uma vez que possibilita a identificação mais precisa dos agentes causais, as interações moleculares entre planta - patógeno, a edição genética de fitopatógenos e hospedeiros/planta, além do monitoramento dos fitopatógenos como a sua variabilidade genômica. Portanto, a compreensão dos mecanismos moleculares dos fitopatógenos como o conhecimento do seu genoma, os genes de avirulência, as proteínas efetoras e sua interação com hospedeiro forneceram ferramentas moleculares de aplicação.

O uso de marcadores moleculares, como AFLPs, SNPs, SSRs, entre outros, possibilitam identificar os agentes causais com maior precisão sendo importante na diagnose de doenças. Além disso, tem outras aplicações como a seleção assistida de marcadores moleculares de plantas para identificar plantas resistentes que é muito utilizado no melhoramento de plantas. Porém isso só foi possível com os avanços da cadeia de reação de polimerase (PCR).

A PCR possibilita a identificação dos agentes causais, além disso suas variações tem possibilitado até a quantificação da infecção.

2026 FIT 12410

ção por meio da PCR quantitativa. Isso tem revolucionado a fitopatologia uma vez que permite o monitoramento da doença e as respostas das plantas aos fitopatógenos. Outro avanço foi por meio da transcriptase reversa RT-PCR que possibilitou a identificação e monitoramento de vírus, bem como sua quantificação, sendo uma tecnologia muito útil e empregada com frequência na fitopatologia. Atualmente com o avanço da biotecnologia existem equipamentos portáteis que permitem a identificação de doenças no campo imediatamente, como por exemplo o LAMP.

O sequenciamento de nova geração permite sequenciar os genomas de fitopatógenos e fornece informações valiosas. Por meio do sequenciamento é possível identificar os genes de avirulência dos patógenos, bem como suas variações e mutações e fornece um banco de dados para possíveis manipulações, além de ser importante para a compreensão da variabilidade genética e a evolução dos fitopatógenos. Essa ferramenta pode ser aplicada nas plantas para o seu sequenciamento e identificação de genes de resistência e suscetibilidade podendo fazer futuramente a edição desses genes. Portanto, tanto o sequenciamento de nova geração e a expressão gênica por PCR tem aplicações na fitopatologia.

A clonagem tanto de gene de resistência ou de avirulência por vetores plasmídeos, possibilitam sua edição e inserção em plantas via *Agrobacterium tumefaciens*. Por meio dessa tecnologia é possível inserir genes de interesse e ~~na~~ modificar geneticamente criando plantas transgênicas. A transformação via *Agrobacterium* ^{probi} de forma direta através da biobalística com o ~~uso~~ ^{intenso} bombardeamento com microprojectos na célula vegetal inserindo o gene de resistência ou de interesse no ^{intenso} núcleo da célula. Outra

2026FIT324JO

forma e pelo método incluído em que os genes de interesse via *Agrobacterium* e colocado no meio de cultura com a células ^{vegetais} e entram na célula. Quando se faz uma transformação o gene clonado de interesse e introduzido juntamente um gene de resistência a algum antibiótico que você determina, posteriormente quando as plantas já passaram pela transformação e que estão no meio de cultura e colocado antibiótico que você determinou sobrevivendo apenas as plantas/células que foram transformadas eficientemente por embriogênese somática que apresentam resistência ao antibiótico.

Os micro RNA de interferência merece grande destaque dentro da aplicação da biologia molecular e engenharia genética à fitopatologia. Por meio dos micro RNA de interferência é possível promover o silenciamento gênico de efetores de fitopatogenos ou da própria planta que os fitopatogenos manipulam para o seu estabelecimento e desenvolvimento. Esses pequenos RNAs tem sido manipulados e introduzidos em plantas para conferir resistência aos fitopatogenos. Isso é possível devido aos avanços da interação planta-patogeno compreendida pela biologia molecular. A dinâmica e compreensão dos efetores que em sua maioria são proteínas funcionais, bem como os mecanismos de respostas de resistência das plantas, sendo elas: resistência induzida por padrões (PTI) ou/ resistência induzida por efetores (PTE) evidenciam que o patogeno e o hospedeiro e uma verdadeira "guerra armamentista molecular." A transcriptoma por RNAseq revela essas interações e fornecem fragmentos adicionais, mostrando quais transcritos são afetados pelos patogenos e hospedeiro e suas interações.

A edição via CRISPER permite manipular o genoma em

2026FIT12430

promover a inserção de genes. Por meio da CRISPER/CAS é possível adicionar uma sequência de nucleotídeos na região funcional do genoma, principalmente nas regiões promotoras aumentando a expressão de genes de interesse ou silenciando os genes suscetíveis. Por Através dessa técnica e o avanço da biologia molecular ao compreendendo as interações planta-patógeno é possível interferir nesse sistema complexo de redes regulatórias promovidas pelos efetores e como consequência favorecer a resistência da planta.

A biologia molecular por meio do sequenciamento de nova geração já evidenciou que a maioria dos fitopatógenos os genes de avirulência estão localizados em regiões estratégicas do genoma próximas dos retrotransposons que se movem no genoma da planta. Talvez isso tem ocasionado a grande diversidade e variabilidade desses genes de avirulência. Além disso muitos fitopatógenos possuem estratégias específicas que coevoluíram com o hospedeiro mostrando que é um processo dinâmico essa interação planta-patógeno, que está em constante transformação.

A biologia molecular e a engenharia genética juntamente com a bioinformática/bioinformática e outros métodos in silico tem contribuindo exponencialmente para fitopatologia uma vez que cria cenários, previsões das modificações que podem ocorrer bem como também o mapeamento, as interações de dados biológicos, moleculares e informáticos para o avanço da fitopatologia.