

Como as plantas reconhecem patógenos: a ciência por trás da tecnologia LUMINUS®

Produto à base do peptídeo flg22 ativa mecanismos associados à imunidade desencadeada por padrões moleculares (PTI), promovendo estado de alerta fisiológico e reforçando a defesa vegetal em soja e milho

Novas estratégias fitossanitárias têm apostado em aumentar a própria capacidade de defesa das plantas, tornando o manejo menos dependente da ação direta sobre os patógenos. Nesse cenário, os elicitores ganham cada vez mais protagonismo. Estes compostos atuam estimulando mecanismos naturais de defesa e colocando a planta em estado de alerta antes mesmo de uma infecção se instalar, representando um avanço importante para o manejo integrado de doenças.

As plantas possuem um sistema imunológico sofisticado, construído ao longo de milhões de anos de

convivência com microrganismos. Esse sistema é capaz de reconhecer sinais associados à presença de patógenos ou a danos nos próprios tecidos vegetais, desencadeando respostas coordenadas de defesa. Entre esses mecanismos, destaca-se a imunidade desencadeada por padrões moleculares (PTI), ativada quando receptores presentes na membrana celular identificam moléculas conservadas de microrganismos, como fragmentos de flagelina bacteriana ou quitina fúngica. Além disso, as plantas também podem reconhecer moléculas produzidas pelos patógenos durante o processo de infecção, ativando respostas mais específicas e inten-

sas, conhecidas como imunidade desencadeada por efetores (ETI).

Uma vez ativado o sistema de defesa, ocorre uma rápida cascata de sinalização celular, envolvendo aumento dos níveis de cálcio intracelular, ativação de proteínas quinases (MAPKs) e produção controlada de espécies reativas de oxigênio (EROs). Esses sinais promovem a expressão de genes relacionados à defesa, resultando no reforço da parede celular, na deposição de calose e na síntese de compostos antimicrobianos, como as fitoalexinas. Em conjunto, essas respostas aumentam a capacidade da planta de resistir ao estabelecimento e à progressão de doenças.



LUMINUS® e o peptídeo flg22: um sinal que a planta reconhece

Entre as tecnologias mais recentes voltadas à ativação das defesas vegetais está o LUMINUS®, primeiro produto comercial registrado no Brasil formulado com o peptídeo flg22. Esse peptídeo, composto por 22 aminoácidos e derivado da flagelina bacteriana, é reconhecido pelas plantas como um sinal associado à presença de microrganismos.

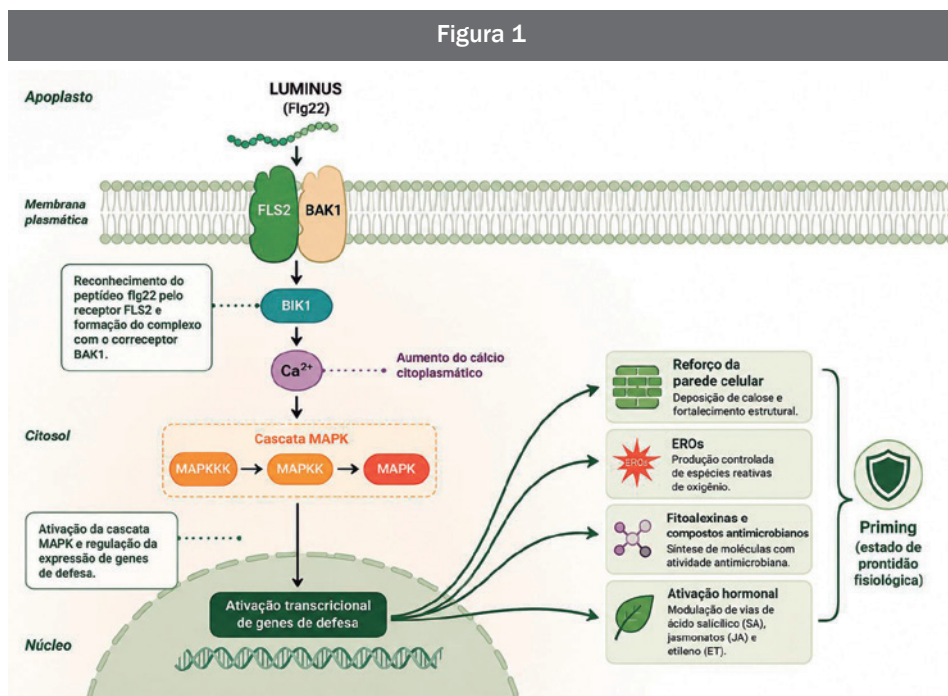
Após a aplicação foliar, o flg22 é percebido pelo receptor Flagellin-Sensing 2 (FLS2), localizado na membrana plasmática das células vegetais. Esse reconhecimento desencadeia uma das rotas mais bem caracterizadas da imunidade vegetal, iniciando uma rápida cascata de sinalização intracelular.

A ativação do FLS2 promove a formação de um complexo com os correceptores, amplificando o sinal de defesa. Como consequência, ocorre aumento dos níveis de cálcio citoplasmático, ativação das proteínas quinases, produção controlada de espécies reativas de oxigênio (EROs) e regulação de genes envolvidos na síntese de hormônios, fitoalexinas e outros componentes relacionados à defesa vegetal.

Na prática, o flg22 atua como um sinal de alerta precoce, preparando a planta para responder de forma mais rápida e eficiente diante de um desafio biótico, fenômeno que está na base do estabelecimento do estado de prontidão fisiológica conhecido como “priming” (Figura 1).

Evidências bioquímicas do estado de prontidão induzido por LUMINUS®

Com o objetivo de compre-

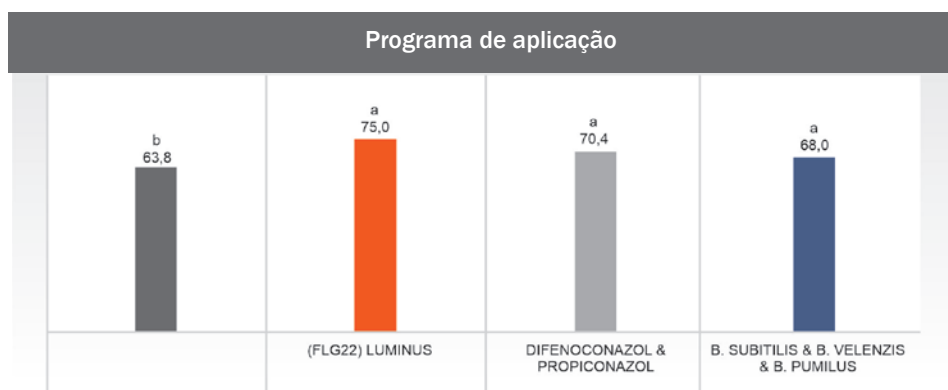


ender as alterações bioquímicas associadas à aplicação de LUMINUS®, foi realizado um estudo com plantas de soja, conduzido pela Metabolic Biosolutions e o PDPA/UFRRJ, em parceria com a UPL. A análise permitiu identificar alterações em proteínas relacionadas a diferentes processos fisiológicos envolvidos na resposta imune vegetal.

De forma consistente com o mecanismo de ação esperado para o flg22, as proteínas identificadas estiveram associadas a processos de percepção e transdução de sinais, regulação do metabolismo celular, manutenção da homeostase redox e ativação de respostas de defesa. Esses resul-

tados reforçam as evidências de que o reconhecimento do flg22 pelo receptor FLS2 desencadeia uma complexa rede de sinalização, envolvendo alterações nos níveis de Ca^{2+} citoplasmático, ativação de cascatas de MAPKs, produção e controle de espécies reativas de oxigênio (EROs), regulação da expressão gênica e síntese de metabólitos relacionados à defesa. Em conjunto, essas respostas promovem uma ampla reprogramação bioquímica da planta, permitindo que os sinais iniciais de percepção do elicitor sejam convertidos em mecanismos efetivos de proteção.

Além das alterações observadas nos estágios iniciais da





resposta, algumas proteínas permaneceram diferencialmente acumuladas até 15 dias após a aplicação de LUMINUS®. Considerando que os eventos clássicos da PTI são desencadeados logo após a percepção do elicitor, a persistência dessas alterações sugere que a ativação inicial da imunidade resulta em ajustes metabólicos duradouros. Assim, as proteínas identificadas nesse período mais tardio constituem evidências de que a aplicação de LUMINUS® não apenas ativa mecanismos imediatos de defesa, mas também contribui para o estabelecimento de uma memória bioquímica capaz de favorecer respostas mais rápidas e eficientes diante de desafios futuros.

Entre estas proteínas, destacou-se a 9-lipoxygenase (9-LOX), enzima envolvida na biossíntese de oxilipinas, moléculas sinalizadoras associadas à comunicação entre tecidos e à coordenação das respostas de defesa. Na soja, as enzimas do tipo LOX estão fortemente associadas à resistência basal e memória de defesa, e sua presença nos resultados indica que o LUMINUS® sustentou uma proteção lipídica duradoura na planta (Tabela 1).

Também foi observada maior abundância da mio-inositol-1-fosfato sintase (MIPS), enzima-chave na biossíntese de mio-inositol e seus derivados. Estes compostos participam de processos de sinalização celular, regulação do

cálcio intracelular e resposta a estresses bióticos e abióticos. Sua identificação aponta que as plantas tratadas com LUMINUS® mantêm maior prontidão para acionar essa sinalização, com membranas mais estáveis e capacidade ampliada de rápida reativação da defesa (Tabela 1).

Complementando esse conjunto de respostas, foi identificada maior abundância da leghemoglobin reductase, proteína associada à manutenção do equilíbrio redox celular. Após a ativação da PTI, o aumento de EROs e óxido nítrico é parte essencial da sinalização, mas esse processo precisa ser regulado, para não causar dano à própria planta. A presença dessa enzima mostra que LUMINUS® também contribui para o ajuste fino dessa resposta, garantindo eficiência sem comprometer a integridade celular (Tabela 1).

Em conjunto, o estudo comprovou que plantas tratadas com LUMINUS® mobilizaram mecanismos capazes de sustentar a resposta de defesa sem prejudicar seu funcionamento normal. O produto não apenas aciona mecanismos ime-

diatos, mas favorece uma condição metabólica de longo prazo que mantém a lavoura em estado de alerta, pronta para responder com maior eficiência diante da ocorrência de patógenos.

Resultados de LUMINUS® no campo (UPL)

Os resultados apresentados na Figura 2 demonstram que a inclusão de LUMINUS® (flg22) ao programa de manejo proporcionou redução significativa da severidade do complexo de doenças foliares da soja, composto por *Septoria glycines*, *Cercospora* spp. e *Corynespora cassiicola*, em diferentes localidades. Esses resultados indicam que a ativação precoce dos mecanismos de defesa vegetal por meio do peptídeo flg22 potencializa a eficiência do manejo fitossanitário, favorecendo o estabelecimento do estado de “priming” e permitindo respostas mais rápidas e intensas diante da pressão de patógenos. 

Camila Ferreira de Pinho,
Eduardo de Souza Amorim,
Anthony Côrtes Gomes,
UFRRJ;

Gabriela de Souza da Silva,
Rita de Cássia Silva,
Metabolic Biosolutions;

Diego Costa,
Gerente de R&D Biocontrole e Nutrição de Plantas;
Mariana Yama,
Gerente de Marketing Estratégico Brasil - Biocontrole

Tabela 1

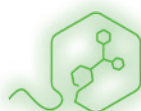
Proteína	Resposta observada	Contribuição na defesa das plantas
9-Lipoxygenase (9-LOX)	Detectada exclusivamente em plantas tratadas	Produção de oxilipinas e amplificação de sinais de defesa
Mio-inositol-1-fosfato sintase (MIPS)	55,6% em plantas tratadas	Sinalização celular e manutenção da capacidade de resposta de defesa
Leghemoglobina reductase	17,5% em plantas tratadas	Homeostase redox e controle de EROs



INDUTOR DE DEFESA

Luminus®

**A proteção
inteligente
para o seu
baixeiro**



Nova molécula bioquímica
que ativa a defesa natural
da planta.



**Compatibilidade em mistura
de tanque** facilita o manejo sem
perder eficácia.



**Proteção contra doenças
foliares** desde o início do ciclo.

uplcorp.com/br  [/uplbr](https://www.instagram.com/uplbr)  [/brasilupl](https://www.facebook.com/brasilupl)

ATENÇÃO

Produto de uso agrícola. Este produto é perigoso à saúde humana, animal e ao meio ambiente. Leia atentamente e siga rigorosamente as instruções contidas no rótulo, na bula e na receita. Utilize sempre os equipamentos de proteção individual. Nunca permita a utilização do produto por menores de idade.

CONSULTE SEMPRE UM ENGENHEIRO AGRÔNOMO. VENDA SOB RECEITUÁRIO AGRÔNOMICO.