

## ALTERAÇÃO NOS PIGMENTOS CLOROPLASTIDICOS DE PLANTAS SUBMETIDAS AO ALUMÍNIO

Antonio Rodrigues da Cunha Neto<sup>1</sup>

Alexandra dos Santos Ambrósio<sup>2</sup>

Kamilla Pacheco Govêa<sup>3</sup>

Marília Carvalho<sup>4</sup>

Sandro Barbosa<sup>5</sup>

Saúde, Segurança e Meio Ambiente

### Resumo

O alumínio é um metal pesado e está presente em atividades antrópicas como herbicidas e agroquímicos que podem causar contaminação do solo e, conseqüentemente, gera efeitos de poluição em produtores como plantas devido a exposição ao alumínio. O objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia de meta-análise para avaliar o efeito do alumínio no conteúdo de pigmentos cloroplastídicos das plantas. Os estudos foram obtidos através de uma pesquisa bibliográfica sistemática e utilizando a diferença media padronizada (d) foi obtido o tamanho do efeito do alumínio sobre os pigmentos cloroplastídicos (clorofila a, clorofila b e carotenoides). Para isso, foi utilizado o pacote metafor no programa estatístico R (R Development Core Team 2012). Os resultados mostram que o alumínio reduz o conteúdo de pigmentos cloroplastídicos quando analisados os parâmetros de clorofila a e clorofila b, entretanto, quando analisado o conteúdo de carotenoides, este parâmetro não sofre interferência do metal alumínio. O alumínio reduz a atividade fotoquímica do cloroplasto, resultando em uma diminuição na absorção efetiva de energia luminosa e eficiência fotossintética, e conseqüentemente altera os níveis de pigmentos de cloroplasto. Portanto, a parti da revisão bibliográfica sistemática aliada a metodologia de meta-análise, conclui-se que o alumínio é tóxicos reduzindo o teor de clorofila a e clorofila b.

Palavras-chave: Metal-Pesado; Clorofila a; Clorofila b; Carotenoide; Meta-análise

<sup>1</sup>Doutorando em Fitotecnia; Universidade Federal de Lavras, antoniorodrigues.biologia@gmail.com.

<sup>2</sup>Mestranda em Ciências Ambientais; Universidade Federal de Alfenas, alexandra\_dsa@hotmail.com.

<sup>3</sup>Doutoranda em Ciências Ambientais; Universidade Federal de Alfenas, kaamilla.pacheco@hotmail.com.

<sup>4</sup>Doutora em Fisiologia Vegetal; Universidade Federal de Alfenas, lyllacarvalho@gmail.com.

<sup>5</sup>Professor Doutor; Universidade Federal de Alfenas, sandrobiogen@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Como resultado da expansão industrial e agrícola, os metais pesados tornaram-se alguns dos principais agentes abióticos que influenciam o estresse dos organismos e sua bioacumulação e toxicidade são encontradas em diferentes níveis ambientais (Ozyigit et al., 2016).

Plantas sensíveis à contaminação por metais pesados exibem sintomas de toxicidade, indicando a presença desses elementos no ambiente. A fotossíntese de plantas expostas à contaminação por metais pesados também é comprometida, uma vez que esses elementos podem reduzir os níveis de clorofila e carotenoides devido à inativação das enzimas responsáveis pela biossíntese desses pigmentos (Marques et al. 2018).

A contaminação por alumínio (Al) causa acidificação do solo devido à formação de hidróxido de alumínio e à liberação de  $H^+$ . Conseqüentemente, isso leva a uma redução na disponibilidade de nutrientes e acúmulo de Al em diferentes partes da planta, afetando células e organelas nos níveis citogenético, morfológico e fisiológico. Juntamente com o pH baixo, o Al afeta o acúmulo de nutrientes, levando a deficiências nutricionais em muitas espécies (Quian et al. 2018). A fotossíntese é outro processo sensível ao estresse ambiental do excesso de Al. Isto leva a uma diminuição no conteúdo de pigmentos cloroplastídicos, causando mecanismos de sinalização que iniciam mudanças apropriadas no aparato fotossintético em níveis fisiológicos e bioquímicos em resposta a mudanças ambientais (Matsumoto e Motoda 2013).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia de meta-análise para avaliar o efeito do alumínio no conteúdo de pigmentos cloroplastídicos das plantas.

## METODOLOGIA

Os estudos de caso foram obtidos através de uma pesquisa bibliográfica sistemática, das bases de dados "Web of Science" e "Periódicos Capes", utilizando os seguintes tópicos como palavras-chave: "heavy metal", "aluminum and chloroplast pigments", além disso, também selecionamos dissertações e teses.

Foram selecionados estudos que reportaram valores de média e desvio padrão das seguintes variáveis resposta: clorofila a, clorofila b e carotenoides sob diferentes concentrações experimentais de Al. Foram excluídos artigos que não estudaram Al e aqueles que não incluíram o desvio padrão.

O tamanho do efeito foi calculado para cada caso estudado como a diferença média padronizada e a variância da média padronizada.

O valor negativo da média padronizada significa que o Al promoveu aumento na atividade do parâmetro analisado em relação ao controle e valores positivos significam que o metal analisado reduziu a atividade em relação ao controle.

O tamanho global do efeito foi calculado usando modelos de efeitos aleatórios para cada variável resposta. Esses modelos foram utilizados porque atribuem a distribuição do tamanho do efeito às diferenças reais entre os casos e não assumem que o erro de amostragem é a única fonte de diferenças entre eles. Um teste Z foi realizado com um intervalo de confiança de 95% e os valores máximo e mínimo foram calculados para determinar se o tamanho do efeito diferia de uma distribuição normal (Gurevitch et al. 2018).

Além disso, a heterogeneidade foi avaliada para identificar moderadores que explicariam as diferenças potenciais entre os casos. Os pressupostos do modelo e o viés de publicação foram verificados usando uma variedade de métodos (QQ normal, gráfico de influência, gráfico de funil, teste de simetria e número de segurança) e o pacote metafor no ambiente R (R Development Core Team 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o efeito do Al, foi verificado que este metal afetou negativamente a clorofila a e clorofila b, entretanto, os carotenoides não foram significativos para o Al.

O Al, quando absorvido e acumulado em diferentes partes da planta, afeta as células e suas organelas nos níveis morfológico, citogenético e fisiológico, prejudicando o funcionamento do sistema fotossintético e degradando os pigmentos. O Al também pode reduzir a atividade fotoquímica do cloroplasto, resultando em uma diminuição na absorção

efetiva de energia luminosa e eficiência fotossintética, e conseqüentemente altera os níveis de pigmentos de cloroplasto (Rampim e Lana 2013).

O Al também causa dano oxidativo pela inibição do ácido aminolaevulínico, que desempenha um papel importante na síntese de clorofila. Altas concentrações de Al são prejudiciais à síntese de clorofila e resultam na degradação da clorofila. A redução nos pesos frescos e secos está diretamente ligada à redução na síntese de pigmentos cloroplastídicos devido ao impedimento da alocação de energia entre os órgãos vegetativos (Quian et al., 2018). Também causa oxidação nos centros de reação e este processo é irreversível e envolve diretamente os pigmentos receptores de luz, que são muito excitados e interagem com os radicais livres produtores de  $O_2$ , como o superóxido ( $O_2^-$ ), que pode destruir os pigmentos cloroplastídicos (Rampim e Lana 2013). A abundância de clorofila associada à alta mobilidade de Al na planta ocasiona a substituição do magnésio (Mg) na cadeia de clorofila por Al. Isso reduz a capacidade de absorção de luz e, conseqüentemente, a capacidade fotossintética, e explica porque o teor do pigmento é reduzido pelo metal.

O Al causa oxidação nas moléculas de carotenoides, que possuem estruturas não saturadas e conjugadas, resultando em produtos complexos de sua degradação. A oxidação intensa resulta na quebra do pigmento, descoloração e perda de atividade biológica (Rampim e Lana 2013).

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados advindos da meta-análise revelou que o alumínio é prejudicial aos pigmentos clorofila a e clorofila b, entretanto, não altera o conteúdo do pigmento carotenoide.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

GUREVITCH J, KORICHEVA J, NAKAGAWA S, STEWART G. Meta-analysis and the science of research synthesis. **Nature**, 555:175-182, 2018

MARQUES DM, SILVA AB, MANTOVANI JR, PEREIRA DS, SOUZA TC. Growth and physiological responses of tree species (*Hymenaea courbaril* L., *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. and *Myroxylon peruiferum* L. F.) exposed to different copper concentrations in the soil. **Revista Arvore**, 42:1-11, 2018.

MATSUMOTO H, MOTODA H. Oxidative stress is associated with aluminum toxicity recovery in apex of pea root. **Plant and Soil**, 363:399 – 410, 2013

OZYIGIT II, DOGAN I, IGDELIOGLU S, FILIZ E, KARADENIZ S, UZUNOVA Z. Screening of damage induced by lead (Pb) in rye (*Secale cereale* L.) – a genetic and physiological approach. **Biotechnology & Biotechnological Equipment** 30:1 – 8, 2016.

QUIAN L, HUANG P, HU Q, QUIAN Y, XU S, WANG R. Morpho-physiological responses of an aluminum-stressed rice variety 'liangyoupei 9'. **Pakistan Journal of Botany** 50:893-899, 2018.

RAMPIM L, LANA MC. Mecanismo de tolerância interna das plantas ao alumínio. **Colloquium Agrariae**, 9:72-89, 2013.