



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

CARMEM MINELY SOUSA MELO

**USO DO ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE BIÓTICO E
ABIÓTICO EM PLANTAS CULTIVADAS**

**CAMPINA GRANDE
2017**

CARMEM MINELY SOUSA MELO

**USO DO ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE BIÓTICO E
ABIÓTICO EM PLANTAS CULTIVADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduada em Ciências Biológicas. Área de concentração: Ecofisiologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Soares de Melo.

**CAMPINA GRANDE
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M528u Melo, Carmem Minely Sousa.
Uso do ácido salicílico como mitigador de estresse biótico e abiótico em plantas cultivadas [manuscrito] : / Carmem Minely Sousa Melo. - 2017.

18 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Alberto Soares de Melo, Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Antioxidante. 2. Hormônio vegetal. 3. Ácido salicílico. 4. Molécula sinalizadora.

21. ed. CDD 580

CARMEM MINELY SOUSA MELO

USO DO ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE BIÓTICO E
ABIÓTICO EM PLANTAS CULTIVADAS

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Programa de Graduação
em Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de graduada
em Ciências Biológicas.

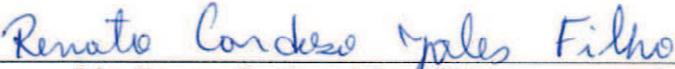
Área de concentração: Ecofisiologia
Vegetal.

Aprovada em: 12/12/2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alberto Soares de Melo (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Lic. Renato Cardoso Jales Filho
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Yuri Lima Melo
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico a minha mãe,
Por todo apoio, amor e paciência.
Aquele que é, e sempre será, a pessoa que mais
admiro nessa vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pois, acredito que existe um ser superior no universo, pai de todas as criaturas.

À UEPB, pela oportunidade de realizar o curso.

A meu orientador Alberto e ao meu coorientador Renato, pela oportunidade, dicas, críticas construtivas e paciência.

À minha família, especialmente aos meus pais, Francisco (*in memoriam*) e Maria da Guia que, com muito amor e apoio, nunca mediram esforços para que eu conseguisse chegar até aqui. Vocês são minha base e combustível.

À minha vizinha, dona Maria do Carmo (*in memoriam*) que, por longos anos foi como minha segunda mãe. Obrigada por cada palavra e cada gesto de carinho e cuidado, vó. Te amo eternamente.

Aos meus padrinhos Kléber e Clemilson por todo o incentivo, compreensão e companheirismo desde que me entendo por gente.

A todos os amigos que conquistei durante a vida, especialmente aos “biolindos” Paula, Mallú, Raony e Dulce que, foram essenciais durante minha graduação. Vocês são a prova de que, existem sim, amizades verdadeiras dentro de uma universidade.

A todos os professores que tive ao longo da vida, pois, com a ajuda de vocês, consegui subir cada degrauzinho, repensando o meu lugar no mundo. Vocês são os profissionais que conseguem despertar a admiração de um aluno de forma singular, por isso, considero vários como fonte de inspiração.

Enfim, o meu MUITO OBRIGADO a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação como ser humano e/ou profissional. Sem vocês, nada disso seria possível!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1	Considerações gerais sobre o ácido salicílico.....	8
2.2	Biossíntese do ácido salicílico	8
2.3	Efeito do ácido salicílico nas plantas	9
2.4	Ácido salicílico e diferentes tipos de estresse na planta	11
2.5	Ácido salicílico e outros compostos como agentes mitigadores de estresse.....	14
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
	REFERÊNCIAS	16

USO DO ÁCIDO SALICÍLICO COMO MITIGADOR DE ESTRESSE BIÓTICO E ABIÓTICO

Carmem Minely Sousa Melo¹

RESUMO

O ácido salicílico (AS) é um composto fenólico classificado como hormônio vegetal que participa de vários processos fisiológicos além de atuar como um antioxidante nas plantas. Essa molécula sinalizadora vem sendo muito estudada atualmente por diversos pesquisadores, por apresentar funções que favorecem de forma significativa o desenvolvimento do vegetal até mesmo em condições de estresse. Neste sentido, o objetivo desta revisão de literatura, foi avaliar os efeitos do AS em plantas sob diferentes condições de estresse, seja biótico ou abiótico, bem como, elucidar as vias de biossíntese deste ácido, visando demonstrar como ele atua. Além das funções que o AS desempenha nas plantas em ambientes normais (regulares) como aumento da altura, número de flores, frutos e folhas, esse ácido desempenha um papel importante especialmente em plantas expostas a estresses, tais como, manutenção do potencial fotossintético, aumento da absorção de minerais, aceleração da fase de germinação, redução de danos oxidativos, melhoria da resistência contra patógenos. Logo, todos esses resultados nos levam a crer que o AS pode ser considerado uma alternativa eficiente principalmente para a agricultura, devido à melhoria da qualidade dos vegetais.

Palavras-Chave: Antioxidante. Hormônio vegetal. Molécula sinalizadora.

1 INTRODUÇÃO

O ácido salicílico (AS) é considerado um composto fenólico envolvido em diversos processos fisiológicos e também é tido como um hormônio vegetal (PACHECO et al., 2007), atuando especialmente na termogênese das plantas (FARIAS, 2012) bem como, exerce função antioxidante (NOREEN, 2009).

Pesquisas mostram a necessidade de estudar o desenvolvimento das plantas quando estas são submetidas a diferentes tipos de estresse, já que muitas vezes as mesmas encontram condições adversas ao seu desenvolvimento. Deste modo, entender como os vegetais se protegem e conseguem realizar respostas de defesa retornando ao metabolismo normal, é fundamental para desenvolver variedades mais resistentes e conseqüentemente, aumentam sua qualidade e produção (SOARES; MACHADO, 2007).

Quando expostas a estresses, as plantas podem aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), como o peróxido de hidrogênio, oxigênio singlete e íon

¹ * Aluna de graduação em Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.
E-mail: carmeminely@hotmail.com

superóxido por exemplo. Neste caso, suas células utilizam um sistema de defesa antioxidante, atuando sobretudo, em resposta ao ataque de insetos e fitopatógenos (NASCIMENTO; BARRIGOSSI, 2014). Para que ocorra alguns processos tais como o metabolismo, é necessário que haja transmissão de sinais ao longo da planta por mensageiros químicos e hormônios endógenos (VIEIRA, 2011).

Uma revisão realizada por Vazirimehr e Rigi (2014), mostrou que o ácido salicílico testado em culturas distintas, estimulava e aumentava o teor de flavonóides, clorofila, minerais, peso seco da planta e área foliar, além disso, eles notaram que esse ácido regulava a taxa de fotossíntese, teor de água nas folhas e funções da membrana. Para Silva et al. (2015), uma das principais funções desse ácido é atuar como uma molécula sinalizadora, de forma a expressar resistência contra agressões advindas de predadores.

A aplicação exógena do AS, em baixas concentrações, causa um efeito determinante na indução de tolerância nas plantas expostas a estresse abiótico (MAZZUCHELLI et al., 2014). Segundo Farias (2012), AS é um composto fundamental para estimular a defesa de plantas por sua capacidade de mover-se, ocasionando uma proteção sistêmica ao vegetal, além disso, esse ácido é considerado um mensageiro interno natural das plantas atuando como um ativador de resistência.

Em relação à biossíntese desse ácido nas plantas, sabe-se que ocorre de forma dependente da biossíntese de fenilalanina, essa, por sua vez, é sintetizada por meio da eritrose 4 – fosfato e fosfoenolpiruvato, por intermédio de várias reações que constituem a via do Shikimato/Arogenato, então, a fenilalanina já formada se converte em trans-cinamato, este, pode seguir duas vias, e ambas têm como resultado final o AS (SILVA et al., 2015).

O ácido salicílico pode ser considerado uma alternativa para atenuar os efeitos causados pelos diferentes tipos de estresse, já que aumenta a tolerância das plantas contra efeitos danosos, desde o tratamento das sementes ou até mesmo pela aplicação foliar, passando a partir daí a regular a ativação de rotas bioquímicas que estejam ligadas a mecanismos de tolerância dos vegetais (VAZIRIMEHR; RIGI, 2014).

Nesse sentido, esta revisão de literatura tem como objetivo, avaliar os efeitos dessa molécula sinalizadora (AS) diante de diferentes condições de estresse (biótico e abiótico) aos quais as plantas estão submetidas, bem como, elucidar as vias de biossíntese desta molécula visando demonstrar como ela atua.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais sobre o ácido salicílico

O ácido salicílico (AS) foi notado inicialmente como um dos elementos mais importantes dos extratos do salgueiro (*Salix alba*), onde, no passado sua casca era usada de forma medicinal, por possuir efeito anti-inflamatório (SILVA et al., 2015).

Esse ácido é um composto fenólico que atua como um regulador de crescimento endógeno, desempenhando um importante papel na regulação de processos fisiológicos em vegetais, bem como, está associado com a resistência à determinadas doenças, além disso, o AS como molécula sinalizadora já tem uma função bem conhecida atualmente (VIEIRA, 2011).

Segundo Sánchez et al. (2010), pesquisas vem evidenciando o potencial que o ácido salicílico desempenha em diversos aspectos relacionados à respostas de defesa depois de ataques por patógenos, como por exemplo, expressão de algumas proteínas, ativação de morte celular, além da indução tanto local quanto sistêmica para a doença.

Na figura 1 a seguir podemos observar a fórmula estrutural do Ácido Salicílico, foco do presente estudo.

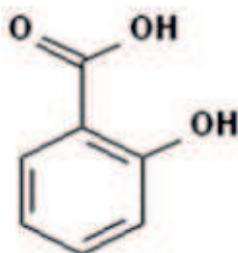


Figura 1 – Fórmula estrutural do Ácido Salicílico

Fonte: Modificado de Vicente e Plasencia (2011).

2.2 Biossíntese do ácido salicílico

Sabe-se que, a biossíntese do AS é dependente da biossíntese da fenilalanina, esta, por sua vez, é sintetizada pela eritrose 4-fosfato e fosfoenolpiruvato, por meio de inúmeras reações que fazem parte da via do Shikimato/Arogenato (SILVA et al., 2015).

Ocorre a conversão da fenilalanina em trans-cinamato, pela enzima fenilalanina amônia liase, a partir daí o trans-cinamato pode seguir duas vias, numa ocorrência formação do ácido benzóico que, se converteria a AS por ação de enzimas, já na outra, o trans-cinamato

seria hidroxilado e, em seguida, oxidado a AS. Contudo, a principal via de formação do AS é mediada pelo ácido benzóico (SILVA et al., 2015).

A figura 2, representa esquematicamente a biossíntese do Ácido Salicílico nos vegetais.

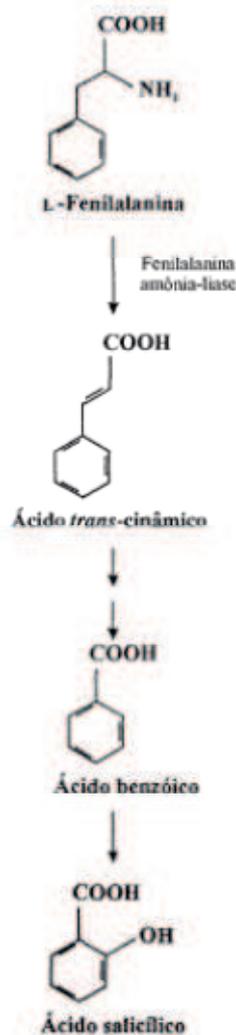


Figura 2 - Via esquemática da biossíntese do AS em vegetais

Fonte: Modificado de Kerbauy (2004).

2.3 Efeito do ácido salicílico nas plantas

O termo hormônio vegetal se refere aos compostos orgânicos produzidos na planta, onde, em baixas concentrações, modificam, inibem ou promovem processos fisiológicos e morfológicos da planta, porém, a ação desses hormônios dependerá do modo em que se encontram as condições ambientais de acordo com a capacidade do vegetal (VIEIRA et al., 2010).

Até algum tempo atrás somente giberelinas, auxinas, etileno, inibidores, retardadores e citocininas, eram conceituados como hormônios vegetais (VIEIRA, 2011). Mas, atualmente vem sendo encontradas outras moléculas que possuem efeitos semelhantes e uma delas é o ácido salicílico.

Anchondo-Aguilar et al. (2011) avaliaram o efeito do ácido salicílico na bioprodutividade de morango (*Fragaria ananassa*), no qual, mudas foram pulverizadas semanalmente com soluções de 1; 0.01; 0.0001 μM de AS e após 40 dias foi verificado um aumento significativo em relação a altura, número de flores, frutos e folhas da planta, ressaltando assim, o efeito do AS como regulador de crescimento.

Outro estudo semelhante, realizado por Martin-Mex et al. (2012) utilizou ao longo de dois anos a pulverização com concentrações de 0,01 μM ; 0,001 μM e 0,0001 μM de AS na produtividade do mamão papaia (*Carica papaya*), no qual, em concentração de 0,01 μM aumentou a porcentagem das plantas hermafroditas, bem como, sua altura e espessura. Além disso, notou-se que a mesma concentração aumentou o peso do fruto, o número de frutos e conseqüentemente o rendimento por hectare. Adicionalmente, todas as concentrações testadas desse ácido, aumentaram de forma significativa a variável analisada.

Tucuch-Haas et al. (2015) realizaram um experimento com aplicações de 1 e 0,1 μM de AS em plântulas de trigo, e como resultado foi visto que, devido a pulverização desse ácido durante um curto período (cinco dias), houve um aumento considerável do peso fresco da raiz, como também a biomassa total, além da altura da planta, porém, o tratamento que favoreceu o maior crescimento das mudas foi de 1 μM SA.

Sánchez-Chávez et al. (2011) avaliaram o efeito do AS sob diferentes dosagens (0,025 mM; 0,05 mM; 0,1 mM; 0,2 mM; 0,4 mM e 0,8 mM) aplicadas na pimenta *jalapeño*, e observaram que especialmente nas doses 0,1 e 0,2 mM houve um aumento significativo em relação a biomassa foliar, fruta e raiz, apresentando também grande atividade fotossintética, no entanto, uma maior produção de biomassa obteve menor concentração de nutrientes.

Tucuch-Haas et al. (2016) testaram o efeito de pulverização com AS em relação ao crescimento de mudas de raízes de milho em duas condições diferentes, onde, o primeiro experimento foi realizado sob condições artificiais com um fotoperíodo de 12h luz/12h sombra, com um fluxo fotônico de $150\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e temperatura de 25 ± 2 °C. Já no segundo caso, o experimento foi realizado a céu aberto, com temperatura média de 28 °C, visto isso, eles notaram que independente das condições as quais as mudas de milho foram tratadas com o ácido em baixas concentrações (0,01; 0,1 e 1 μM), ambas aumentaram o tamanho de suas raízes.

Rodrigues-Brandão et al. (2014) analisaram a eficácia do AS sobre a atividade antioxidante e produção de betacianinas nas folhas de perpétua do campo (*Alternanthera tenella*). As plantas foram cultivadas *in vitro* e 35 dias depois foi adicionado AS ao meio. Notou-se que, houve um aumento nas concentrações de betacianinas e fenóis, logo, a ação antioxidante das folhas dessa planta é intensificada pela adição do ácido salicílico.

O quadro 1 a seguir esquematiza resumidamente os efeitos do ácido salicílico em cada um dos cultivares anteriormente abordados.

Quadro 1 - Efeitos do AS nas plantas

CULTIVARES	EFEITO DO ÁCIDO SALICÍLICO	AUTORES
Morango	Aumento da altura, número de flores, frutos e folhas.	Anchondo-Aguilar et al. (2011)
Mamão	Aumento das porcentagens de plantas hermafroditas, bem como, sua altura e espessura, peso e número de frutos.	Martin-Mex et al. (2012)
Trigo	Aumento do peso fresco da raiz, biomassa total e altura.	Tucuch-Haas et al. (2015)
Pimenta	Aumento da biomassa foliar, fruta e raiz.	Sánchez-Chávez et al. (2011)
Milho	Aumento do tamanho das raízes.	Tucuch-Haas et al. (2016)
Perpétua do campo	Intensificação da ação antioxidante.	Rodrigues-Brandão et al. (2014)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

2.4 Ácido salicílico e diferentes tipos de estresse na planta

Recentemente, pesquisas vem mostrando a capacidade que o AS desempenha em estimular efeitos de proteção nas plantas submetidas a estresse, porém, para que haja o processo de adaptação e resistência é necessário que ocorra a ajuda de algumas proteínas a exemplo das enzimas antioxidativas (VIEIRA, 2011). As chamadas enzimas antioxidantes por exemplo, demonstram eficiência em decompor as espécies reativas de oxigênio (NASCIMENTO, 2014).

Superóxido dismutase (SOD) é considerada uma das enzimas antioxidantes mais eficientes sendo encontrada nos organismos aeróbicos, em compartimentos subcelulares que tendem a explosões oxidativas causadas por efeito de estresse biótico ou abiótico (GILL; TUTEJA, 2010).

Mazzuchelli et al. (2014) testaram a capacidade de atenuação do estresse pela aplicação do ácido salicílico em mudas de eucalipto (híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*) submetidas às condições de deficiência hídrica. As concentrações de AS utilizadas foram 0 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹ e 300 mg L⁻¹, onde, notou-se que devido a aplicação do

ácido, ocorreu a manutenção do potencial fotossintético, no qual a concentração 200 mg L⁻¹ afetou de forma positiva o crescimento das mudas em condições de estresse hídrico.

Um estudo realizado por Karlidag et al. (2009) mostrou os efeitos da aplicação exógena do ácido salicílico em plantas de morango (*Fragaria x ananassa Duch.*) sob estresse salino, onde o AS em pequenas concentrações, reduziu a absorção de Na nas plantas e aumentou a absorção de N, K, P, Ca e Mg. Principalmente, a concentração 1.00 mM de AS aumentou a tolerância da planta em relação à salinidade quando comparadas com plantas sem o tratamento.

Pesquisadores testaram o efeito do ácido salicílico em genótipos de gergelim sob condição de estresse hídrico, no qual, seis genótipos diferentes foram examinados (BRS Seda, CNPA-G2, CNPA-G3, CNPA-G4, LAG-Branquinha e LAG-Prezinha), além de cinco potenciais osmóticos e três tratamentos de sementes. Foi visto que, o AS teve um papel importante na indução da tolerância a este tipo de estresse, além disso, o genótipo CNPA-G4 demonstrou alta tolerância ao estresse hídrico durante a germinação (SILVA et al., 2017).

Jini e Joseph (2017) buscaram avaliar quais eram os efeitos da aplicação do ácido salicílico no arroz quando encontrados sob condições de estresse salino, e, perceberam que, o tratamento com esse ácido aumentou os valores nutricionais, o rendimento e crescimento do arroz. Além disso, foi visto que, a concentração de íons Na⁺ e Cl⁻ que foram aumentadas devido ao estresse foram reduzidas graças ao AS.

Foi realizado um estudo onde, um dos principais objetivos foi avaliar os efeitos do ácido salicílico aplicado na fase de germinação das sementes do feijão (*Vicia faba L.*) sob estresse salino. Os resultados mostraram que, o AS especialmente em baixas concentrações (0,25 mM), acelerou a fase de germinação de forma significativa, conseqüentemente, estas sementes foram menos vulneráveis a pragas e outras ameaças (ANAYA et al., 2015).

Dong et al. (2011) avaliaram a eficácia da aplicação do ácido salicílico em mudas de pepino, em relação ao metabolismo do açúcar, onde foram analisados os componentes modificados nestes vegetais. Eles perceberam que, após o tratamento, houve um aumento dos níveis de frutose, rafinose, estaquiose e glicose em raízes e folhas, dessa forma, o aumento do açúcar poderia atuar como regulador osmótico, conseqüentemente, facilitando tanto a absorção quanto a retenção da água na planta.

Kang et al. (2012) realizaram uma pesquisa na qual foi feita uma análise proteômica na tolerância ao estresse salino em mudas de trigo (*Triticum aestivum L.*), onde averiguaram a influência da aplicação do ácido salicílico e constataram que, 0,5 mM do AS diminuiu de forma significativa a inibição do crescimento induzida pelo estresse nas mudas da planta,

portanto, houve aumento do peso fresco, do peso seco e pigmentos fotossintéticos, ocorrendo também uma queda na peroxidação lipídica. Além disso, todas as proteínas que participaram da transdução de sinal e resposta de defesa foram reguladas de forma positiva pelo AS.

Ao testar o papel do ácido salicílico no feijão (*Phaseolus vulgaris*) exposto a estresse oxidativo causado por cádmio, observaram que, foram vários os benefícios causados pelo tratamento com o ácido, já que, sua aplicação reduziu a absorção e transporte de Cd, amenizou a inibição causada por Cd da absorção de nutrientes, aumentou significativamente o teor de carotenóides e clorofila, além disso, ocorreu uma atenuação em relação aos danos oxidativos, demonstrado pelo baixo teor de H₂O₂ (SAIDI et al. (2013).

Chandrasekhar et al. (2017) realizaram uma análise proteômica em pimentão e fizeram a aplicação do ácido salicílico no momento em que ocorria uma infecção por bactéria (estresse biótico), onde, o padrão de expressão diferencial mostrou que, proteínas relacionadas ao estresse e defesa, metabolismo e energia, transcrição, dentre outros fatores, foram reguladas de forma positiva, mostrando que, a aplicação do AS melhora a resistência a este tipo de doença na planta.

Outro estudo realizado por Nazar et al. (2015) avaliaram as modificações tanto bioquímicas quanto fisiológicas causadas pela aplicação do AS na mostarda (*Brassica juncea* L.) quando em condições de estresse hídrico. Como resultado foi visto que, o AS causa uma melhoria na fase de fotossíntese, estimula o crescimento da planta, aumenta a produção de prolina amenizando o estresse, além de restringir a formação do etileno vedando a ação de 1-aminociclopropano ácido carboxílico sintase.

O quadro 2 abaixo esquematiza resumidamente os efeitos do ácido salicílico sob condições de estresse em cada um dos cultivares mencionados anteriormente.

Quadro 2 - Função do AS em plantas sob condições de estresse

CULTIVARES	FUNÇÃO DO ÁCIDO SALICÍLICO	AUTORES
Eucalipto	Manutenção do potencial fotossintético auxiliando no crescimento das mudas.	Mazzuchelli et al. (2014)
Morango	Redução da absorção de Na, aumento da absorção de N, K, P, Ca, Mg, além de outros minerais.	Karlidag et al. (2009)
Gergelim	Indução da tolerância ao estresse hídrico.	Silva et al. (2017)
Arroz	Aumento dos valores nutricionais, crescimento, rendimento, além da diminuição na concentração de íons Na ⁺ e Cl ⁻ .	Jini & Joseph (2017)

Feijão	Aceleração da fase de germinação.	Anaya et al. (2015)
Pepino	Aumento dos níveis de frutose, rafinose, estaquiose e glicose.	Dong et al. (2011)
Trigo	Aumento do peso fresco, do peso seco e pigmentos fotossintéticos.	Kang et al. (2012)
Feijão	Redução da absorção e transporte de cádmio, amenização da inibição causada por Cd da absorção de nutrientes, aumento significativo do teor de carotenóides e clorofila, atenuação dos danos oxidativos.	Saidi et al. (2013)
Pimentão	Melhoria da resistência contra patógenos.	Chandrasekhar et al. (2017)
Mostarda	Melhoria na fase de fotossíntese, estimulação do crescimento da planta, aumento da produção de prolina, restringe a formação do etileno.	Nazar et al. (2015)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

2.5 Ácido salicílico e outros compostos como agentes mitigadores de estresse

Foram testados os efeitos da aplicação do ácido salicílico e do nitrato de potássio, durante o crescimento da cevada (*Hordeum vulgare L. cv. Gustoe*) em condição de estresse hídrico e salino. Foi observado que, o AS ou KNO³ intensificam o crescimento da planta, aumentam a taxa de pigmentos fotossintéticos além de reduzir a captação de Na⁺ e potencializar sua capacidade antioxidante (FAYEZ; BAZAID, 2014).

Agami (2013) realizou um estudo com o intuito de verificar os efeitos do tratamento em sementes de milho sob estresse salino com ácido salicílico e 24-epibrassinolide. Como resultado foi visto que, a aplicação do AS ou EBL amenizou os efeitos tóxicos do estresse na planta, já o crescimento, prolina, catalase e peroxidase, anatomia foliar, além de pigmentos fotossintéticos, foram significativamente melhorados.

Pesquisadores analisaram os efeitos da aplicação do ácido salicílico e do nitroprussiato de sódio em plantas de milheto (*Eleusine coracana L.*) quando expostas à toxicidade causada por níquel. Eles notaram que, AS e SNP tanto separados quanto em conjunto podem amenizar o estresse por Ni, porém, quando juntos o efeito foi mais significativo, ocorrendo um aumento do teor de clorofila, taxa de fotossíntese, inibição do transporte de Ni de raízes para brotos, aumento da absorção de minerais e das atividades de enzimas antioxidantes (KOTAPATI et al., 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os artigos compilados nesta revisão foi visto que, a aplicação do ácido salicílico nas plantas desempenha uma gama de funções importantes para atenuar os efeitos dos diferentes tipos de estresse em diferentes cultivares, tais como, manutenção do potencial fotossintético, aumento da absorção de minerais, aceleração da fase de germinação, redução de danos oxidativos, melhoria da resistência contra patógenos, dentre outros fatores, logo, esses resultados indicam que, o AS pode ser considerado uma alternativa eficiente especialmente para a agricultura, devido a melhoria da produtividade dos vegetais.

USE OF SALICYLIC ACID AS A BIOTIC AND ABIOTIC STRESS MITIGATOR

ABSTRACT

Salicylic acid (AS) is a phenolic compound classified as a plant hormone that participates in several physiological processes besides acting as an antioxidant in plants. This signaling molecule is currently being studied by several researchers, since it has functions that significantly favor the development of the plant even under stress conditions. In this sense, the objective of this literature review was to evaluate the effects of AS on plants under different stress conditions, be it biotic or abiotic, as well as elucidate the biosynthesis pathways of this acid, in order to demonstrate how it acts. In addition to the functions that the AS performs in plants in normal (regular) environments such as increased height, number of flowers, fruits and leaves, this acid plays an important role especially in plants exposed to stress, such as maintenance of photosynthetic potential, increase absorption of minerals, acceleration of the germination phase, reduction of oxidative damage, improvement of resistance against pathogens. Therefore, all these results lead us to believe that AS can be considered an efficient alternative mainly for agriculture, due to the improvement of the quality of the vegetables.

Keywords: Antioxidant. Vegetable Hormone. Molecule signaling.

REFERÊNCIAS

AGAMI, R, A. Alleviating the adverse effects of NaCl stress in maize seedlings by pretreating seeds with salicylic acid and 24-epibrassinolide. **South African Journal of Botany**, v.88, p.171-177, 2013.

ANAYA, F.; FGHIRE, R.; WAHBI, S.; LOUTFI, K. Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, p.2-8, 2015.

- ANCHONDO-AGUILAR, A.; NÚÑEZ-BARRIOS, A.; RUIZ-ANCHONDO, T.; MARTÍNEZ-TELLEZ, J.; VERGARA-YOISURA, S.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. Efecto del ácido salicílico en la bioproductividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Texcoco, v.2, n.2, p. 293-298, 2011.
- CHANDRASEKHAR, B.; UMESHA, S.; NAVEEN KUMAR, H.N. Proteomic analysis of salicylic acid enhanced disease resistance in bacterial wilt affected chilli (*Capsicum annuum*) crop. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.98, p.85-96, 2017.
- DONG, C-J.; WANG, X-L.; SHANG, Q-M. Salicylic acid regulates sugar metabolism that confers tolerance to salinity stress in cucumber seedlings. **Scientia Horticulturae**, v.129, n.4, p.629-636, 2011.
- FARIAS, A. T. V. Crescimento e Desenvolvimento do Algodoeiro em Função de Doses de Silício e Ácido Salicílico. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2012.
- FAYEZ, K, A.; BAZAID, S, A. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.13, n.1, p. 45-55, 2014.
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.
- JINI, D.; JOSEPH, B. Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. **Rice Science**, v.24, n.2, p.97-108, 2017.
- KANG, G.; LI, G.; ZHENG, B.; HAN, Q.; WANG, C.; ZHU, Y.; GUO, T. Proteomic analysis on salicylic acid-induced salt tolerance in common wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1824, n.12, p.1324-1333, 2012.
- KARLIDAG, H; YILDIRIM, E.; TURAN, M. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v. 66, n.2, p.180-187, 2009.
- KERBAUY, G, B. **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.
- KOTAPATI, K, V.; PALAKA, B, K.; AMPASALA, D, R. Alleviation of nickel toxicity in finger millet (*Eleusine coracana* L.) germinating seedlings by exogenous application of salicylic acid and nitric oxide. **The Crop Journal**, v.5, n.3, p.240-250, 2017.
- MARTIN-MEX, R.; NEXTICAPAN-GARCÉZ, Á.; HERRERA-TUZ, R.; VERGARA-YOISURA, S.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*) *. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Texcoco, v.3, n.8, p.1637-1643, 2012.
- MAZZUCHELLI, E. H. L.; SOUZA, G. M.; PACHECO, A. C. Rustificação de Mudanças de Eucalipto via Aplicação de Ácido Salicílico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.4, p.443-450, out./dez. 2014.

NASCIMENTO, J. B.; BARRIGOSI, J. A. F. O Papel das Enzimas Antioxidantes na Defesa das Plantas Contra Insetos Herbívoros e Fitopatógenos. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.1, n.01, p.234-250, 2014.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N, A.; SAREER, O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. **South African Journal of Botany**, v.98, p.84-94, 2015.

NOREEN, S.; ASHRAF, M.; HUSSAIN, M.; JAMIL, A. Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. **Pakistan Journal of Botany**, v.41, p.473-479, 2009.

PACHECO, A.C.; CUSTÓDIO, C. C.; MACHADO NETO, N. B.; CARVALHO, P. R.; PEREIRA, D. N.; PACHECO, J. G. E. Germinação de sementes de camomila [*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert] e calêndula (*Calendula officinalis* L.) tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.1, p.61-67, 2007.

RODRIGUES-BRANDÃO, I.; KLEINOWSKI, A. M.; EINHARDT, A. M.; LIMA, M. C.; AMARANTE, L. do.; PETERS, J. A.; BRAGA, E. J. B. Salicylic acid on antioxidant activity and betacyanin in production from leaves of *Alternanthera tenella*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n.10, p.1893-1898, 2014.

SAIDI, I.; AYOUNI, M.; DHIEB, A.; CHTOUROU, Y.; CHAIBI, W.; DJEBALI, W. Oxidative damages induced by short-term exposure to cadmium in bean plants: Protective role of salicylic acid. **South African Journal of Botany**, v.85, p.32-38, 2013.

SÁNCHEZ, G. R.; MERCADO, E. C.; PEÑA, E. B.; DE LA CRUZ, H. R.; PINEDA E. G. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. **Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias**. v. 12, n. 2, p. 90-95, 2010.

SÁNCHEZ-CHÁVEZ, E.; BARRERA-TOVAR, R.; MUÑOZ-MÁRQUEZ, E.; OJEDA-BARRIOS, D. L.; ANCHONDO-NÁJERA, Á. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. **Revista Chapingo Ser Horticultura**, Chapingo, v. 17, n. spe1, p. 63-68, 2011.

SILVA, A. C. da.; SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. de.; COSTA, R. R.; ANDRADE, W. L. de.; SILVA, D. C. da. Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.3, p.156-162, 2017.

SILVA, J. C.; ASSIS, R. T.; FRAVET, P. R. F. Agronegócio Sustentável. Uberlândia – MG, 2015. Uniaraxá Centro Universitário.

SOARES, A. M. S. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. v.1, n.1, p. 9-19, 2007.

TUCUCH-HAAS, C. J.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. **Terra Latinoam**, Chapingo , v. 33, n. 1, p. 63-68, 2015.

TUCUCH-HAAS, C. J.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G.; VOLKE-HALLER, V. H.; SALINAS-MORENO, Y.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento de raíz de plántulas de maíz. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.7, n.3, p. 709-716, 2016.

VAZIRIMEHR, M. R.; RIGI, K. Effect of Salicylic Acid in Agriculture. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**. v.4, n.2 p. 291-296, 2014.

VICENTE, M. R. S.; PLASENCIA, J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n.10, p.3321-3338, 2011.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. Manual de Fisiologia Vegetal. São Luís: EDUFMA, 2010. 230p.

VIEIRA, J. G. Aplicação Exógena de Ácido Salicílico em Feijoeiro. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente – SP, 2011.