



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
LSO - DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DO SOLO
PACES – PROJETANDO AGRICULTURA COMPROMISSADA EM
SUSTENTABILIDADE

GUILHERME RESENDE BORGES

Aminoácidos em plantas

Piracicaba

2023

GUILHERME RESENDE BORGES

Aminoácidos em plantas

Revisão Bibliográfica apresentada ao Grupo PACES – Projetando Agricultura Compromissada em Sustentabilidade da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Coordenadores:

Marcos Vinícius Gardenal Martins
Marcos Velludo Junqueira Filho

Piracicaba

2023

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	4
2	AMINOÁCIDOS NAS PLANTAS	6
2.1	CISTEÍNA.....	7
2.2	GLICINA	9
2.3	FENILALANINA	9
2.4	GLUTAMATO.....	10
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1 INTRODUÇÃO

Os aminoácidos são moléculas orgânicas que possuem funções vitais para os seres vivos, em que são monômeros das proteínas e peptídeos, são precursores de alguns hormônios, de nucleotídeos e porfirinas, são moléculas intermediárias de reações metabólicas e podem funcionar como moléculas complexantes com alguns nutrientes ou outras moléculas, em que podem facilitar a absorção desses nutrientes ou compostos. Além dessas funções, os aminoácidos conseguem auxiliar as plantas no controle de estresses, bióticos ou abióticos, resultando em maior resistência a pragas e doenças, pela produção de substâncias de defesa contra patógenos ou maior resistência a fatores como danos oxidativos, seca, temperaturas elevadas e salinidade, por exemplo, por atuarem como osmoprotetores, evitando perdas excessivas de água e acúmulo de substâncias malélicas ao metabolismo vegetal.

A estrutura básica de um aminoácido é composta por 4 principais elementos, sendo um carbono central, que é ligado a um grupo carboxila (-COOH) e um grupo amino (-NH₂) e o radical "R", que muda e diferencia cada aminoácido (CASTRO; CARVALHO, 2014). Nas plantas, existem mais de 300 moléculas com essa estrutura característica e que podem ser classificados como aminoácidos. No entanto, apenas 20 dentre todas essas são requeridas para a formação de estruturas das proteínas. Esses aminoácidos são divididos em 2 principais grupos (polares e apolares), de acordo com a classificação de Lehninger, sendo essa divisão quanto às propriedades do radical "R". Esses grupos são subdivididos em 5, em que dentro dos apolares tem-se os alifáticos e os aromáticos, enquanto dentro dos polares tem-se os neutros (sem carga), carga positiva (básicos) e carga negativa (ácidos). Os aminoácidos componentes de cada grupo são:

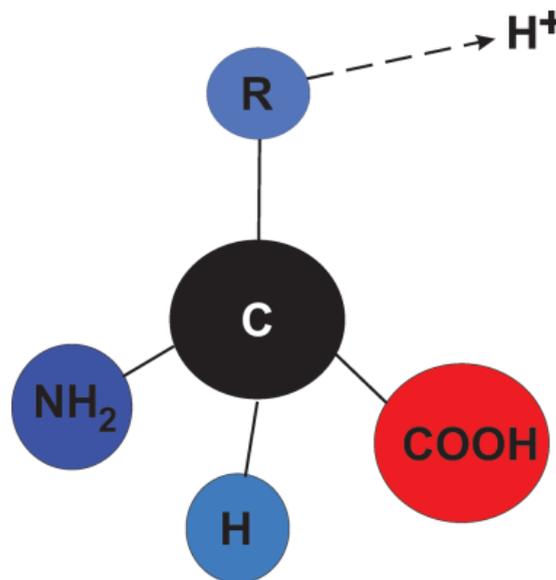
a) Apolares alifáticos: glicina (Gly), alanina (Ala), Valina (Val), isoleucina (Ile), metionina (Met), prolina (Pro) e leucina (Leu);

b) Apolares aromáticos: fenilalanina (Phe) e triptofano (Trp);

c) Polares sem carga (neutros): serina (Ser), treonina (Thr), tirosina (Tyr), cisteína (Cys), glutamina (Gln) e asparagina (Asn);

- d) Polares ácidos: ácido aspártico (Asp) e ácido glutâmico (Glu);
- e) Polares básicos: lisina (Lys), arginina (Arg) e histidina (His).

Imagem 1: Estrutura básica dos aminoácidos



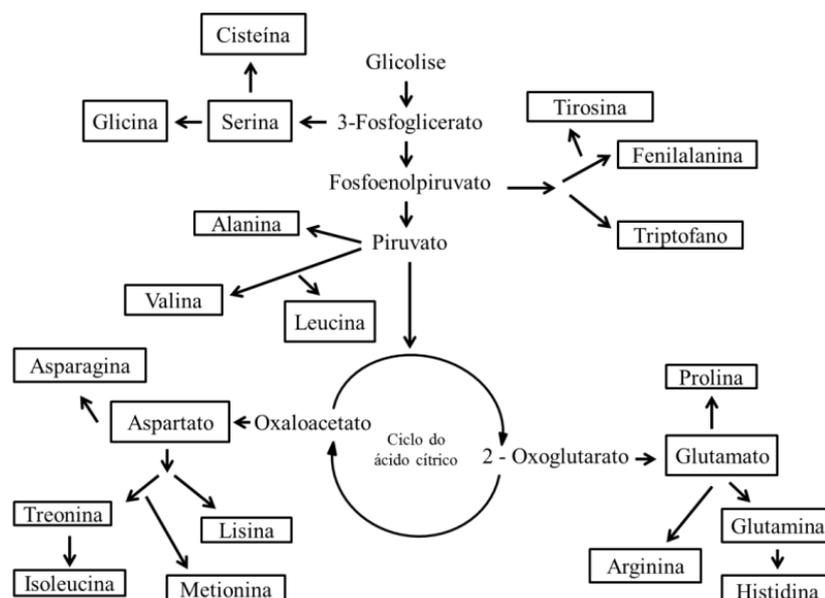
Fonte: Castro, Carvalho (2014).

Dentre os 20 citados, 8 deles são considerados essenciais aos seres humanos, devido ao organismo humano não ser capaz de sintetizar essas moléculas, sendo necessário a ingestão desses por meio de alimentos vegetais, uma vez que as plantas possuem a capacidade de sintetizar todos os 20. Assim, os 8 aminoácidos essenciais são: lisina, histidina, triptofano, treonina, fenilalanina, metionina, isoleucina, leucina e valina (ROSALIN *et al.*, 2016).

2 AMINOÁCIDOS NAS PLANTAS

A utilização de aminoácidos nos cultivos tem se mostrado muito benéfica para as produções agrícolas, sendo capazes de ajudar no aumento de produtividade e no incremento de qualidade dos produtos, além de auxiliar em processos de combate a estresses, melhor enraizamento. Essas moléculas possuem alta permeabilidade na membrana plasmática, em que sua entrada se dá paralela à de íons H^+ , além de conseguir penetrar facilmente na cutícula foliar, importante quando são aplicados via pulverização devido à sua eficiência de absorção foliar, uma vez que o nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas na forma de a.a., além de funcionarem com quelatos de elementos como Zn, Cu, Mn e Fe, aumento a disponibilidade desses elementos e evitando perdas por precipitação (CASTRO; CARVALHO, 2014). Alguns aminoácidos, dentre os 20, possuem importância e funções de destaque dentro do metabolismo vegetal, em que serão destacados nesse trabalho. São eles: cisteína, glicina, glutamato, fenilalanina.

Imagem 2: Rotas biossintéticas dos aminoácidos



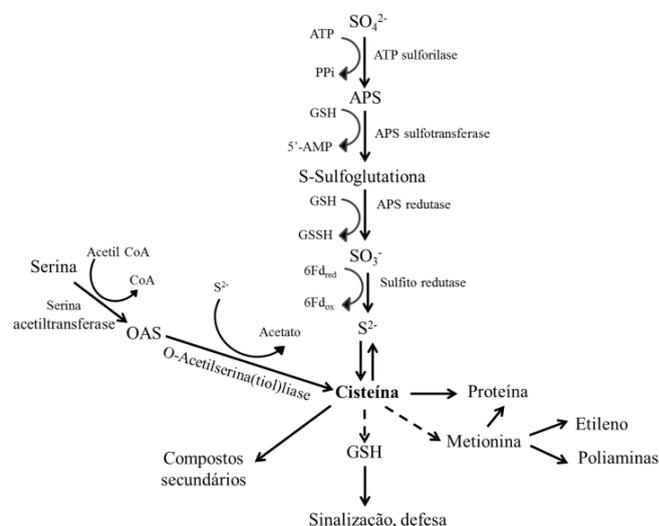
Fonte: Taiz, Zeiger (2013).

2.1 CISTEÍNA

Aminoácido relacionado à assimilação do enxofre na planta, em que após a absorção de sulfato (SO_4^{2-}), o enxofre passa por uma cadeia metabólica, em que vai sendo reduzido sequencialmente até ser incorporado na forma de cisteína. Suas funções na planta englobam a produção de fitoquelatinas, que são peptídeos e proteínas que se complexam a metais no metabolismo; e na síntese de glutathione, que é uma molécula formada por cisteína, glicina e glutamato responsável por atuar no metabolismo de defesa contra as espécies reativas de oxigênio (ERO's) (TEIXEIRA, 2016). A cisteína também atua na rota metabólica da produção do aminoácido metionina, que é responsável pela produção de etileno e poliaminas (CASTRO; CARVALHO, 2014).

A cadeia metabólica da cisteína se inicia com a absorção do sulfato (SO_4^{2-}), que reage com uma molécula de ATP por meio da enzima ATP-sulfonilase, produzindo o 5-adenililsulfato (APS). O APS então é reduzido, pela ação da enzima APS-redutase e com energia fornecida pela glutathione, em um sulfito (SO_3^-) que é transformado em sulfeto (S^{2-}). O sulfeto então reage com o O-acetilserina, que tem como produto final a formação de cisteína (TAIZ; ZEIGER, 2013).

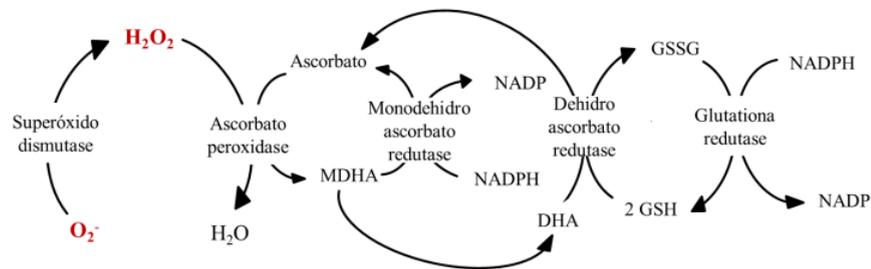
Imagem 3: Rotas e principais funções da cisteína



Fonte: Teixeira (2016).

A glutathiona produzida é muito importante no sistema de defesa da planta contra as espécies reativas de oxigênio, tanto o sistema enzimático como o não enzimático, em que neutraliza esses EROS, por meio da doação de elétrons e participando do ciclo do ascorbato-glutathiona, em que pode ser visto na Imagem 4 (GILL; TUTEJA, 2010).

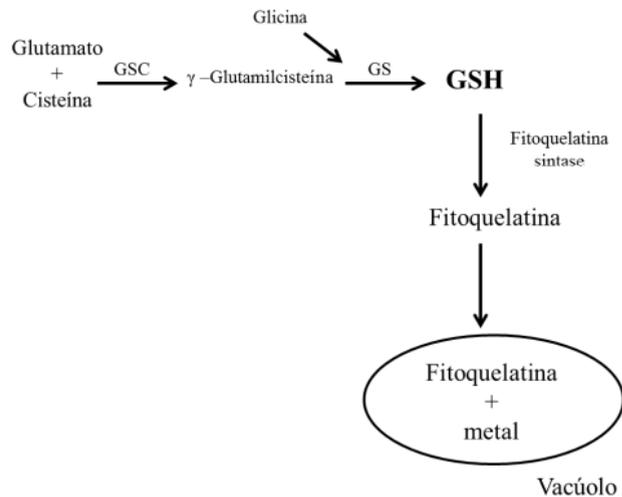
Imagem 4: Ciclo do ascorbato-glutathiona, sistema de desintoxicação de EROs



Fonte: Teixeira (2016).

A glutathiona também participa da formação das fitoquelatinas, através da enzima fitoquelatina sintetase. Essas substâncias conseguem se ligar a metais como alumínio e cádmio, que são tóxicos às plantas, impedindo que esses prejudiquem o metabolismo vegetal, sendo esse complexo metal-quelatina armazenados nos vacúolos (COBBETT, 2000).

Imagem 5: Síntese de glutatona e ação das fitoquelatinas

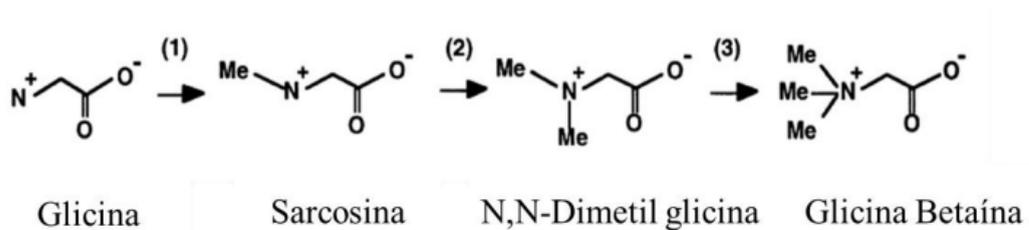


Fonte: Teixeira (2016).

2.2 GLICINA

Assim como a cisteína, a glicina também participa de reações de síntese das fitoquelatinas e glutatona. Além dessas funções, a glicina participa da biossíntese de glicina betaína, que é uma molécula produzida e acumulada quando a planta se encontra em situações de estresses, podendo ser por seca, salinidade, temperatura. Essa molécula atua ajudando a manter a integridade das membranas das células e na manutenção das reações de fotossíntese, além de auxiliar na regulação de enzimas e estabilidade de proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Imagem 6: Cadeia de síntese da glicina betaína

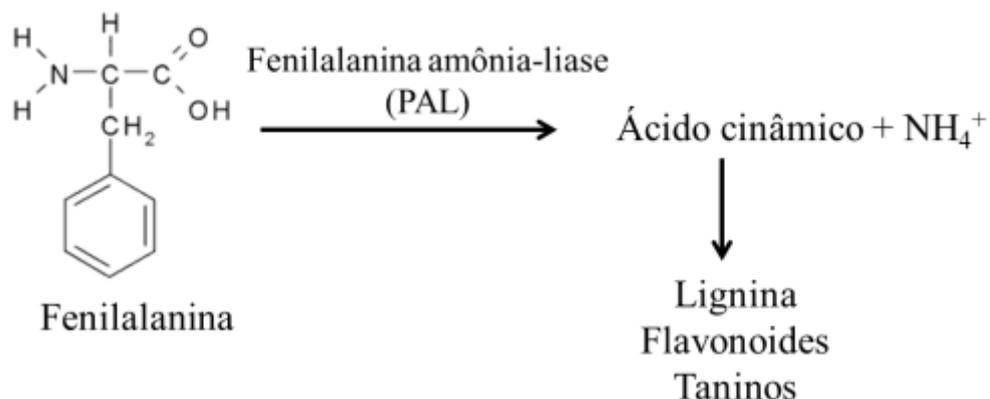


Fonte: Teixeira (2016).

2.3 FENILALANINA

Esse aminoácido participa da síntese de compostos fenólicos como a lignina, flavonoides, taninos e ácido salicílico, estando relacionado, portanto, a resistência física das plantas e resistência contra patógenos. A lignina atua na estrutura do caule das plantas, deixando-o mais resistente a ataques de pragas, além de manter a estrutura da planta firme. Além disso, a fenilalanina participa da enzima que atua na síntese do ácido salicílico, a fenilalanina amônia-liase. O ácido salicílico é um hormônio importante no sistema de defesa contra patógenos e estresses abióticos, uma vez que atua regulando enzimas antioxidantes (BUCHANAN *et al.*, 2000).

Imagem 7: Ação da fenilalanina amônia-liase na formação de compostos fenólicos



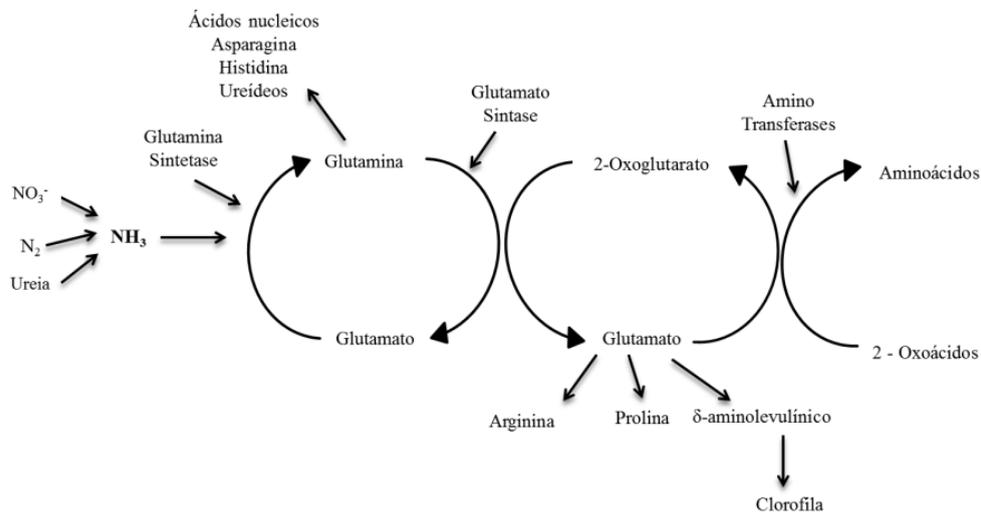
Fonte: Teixeira (2016).

2.4 GLUTAMATO

O glutamato é utilizado como base para a síntese de outros aminoácidos, tais como glutamina, asparato, arginina e prolina, atua como precursor da clorofila, pela formação da molécula delta-aminolevulínico, entre outras importantes rotas metabólicas nas plantas. Os aminoácidos arginina e prolina, formados a partir do glutamato, são importantes para o sistema de defesa da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013). A arginina auxilia no enraizamento, aumentando a superfície radicular e consequentemente a absorção de nutrientes, além de ser uma fonte de nitrogênio e

estar diretamente relacionada na germinação e maturação de sementes, e é precursora de poliaminas. A prolina atua como molécula antioxidante, funcionando como osmoprotetor, que auxilia no controle de estresses a seca e salinidade, por exemplo. Além disso, a prolina também pode funcionar como sinalizador, induzindo o aumento de atividades de enzimas antioxidantes na ocorrência de estresses (CARVALHO *et al.*, 2013).

Imagem 8: Síntese e rotas metabólicas do glutamato



Fonte: Teixeira (2016).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aminoácidos são compostos orgânicos de grande importância na agricultura, tanto na nutrição das plantas quanto no controle de estresses bióticos e abióticos. São considerados blocos construtores das moléculas de proteínas e desempenham funções vitais dentro do metabolismo vegetal, incluindo a síntese de enzimas, hormônios, clorofila, entre outras substâncias que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Na agricultura moderna, a utilização desses aminoácidos como fertilizantes foliares ou via solo vem ganhando cada vez mais importância na agricultura moderna, principalmente pelo seu efeito positivo na absorção de nutrientes e na resistência das plantas a diversos tipos de estresses, tais como danos de pragas e doenças, seca, altas temperaturas, salinidade e metais tóxicos (CASTRO; CARVALHO, 2014).

Estudos têm demonstrado que o uso de aminoácidos como aditivos em soluções nutritivas pode melhorar significativamente a qualidade e a produtividade das culturas, além de reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos. Além disso, os aminoácidos têm a capacidade de aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio. Isso ocorre porque eles atuam como quelantes, formando complexos com íons metálicos e outros nutrientes presentes no solo, tornando-os mais facilmente absorvíveis pelas raízes das plantas (TEIXEIRA, 2016).

Portanto, os aminoácidos desempenham um papel fundamental na nutrição e no desenvolvimento das plantas, além de auxiliarem no controle de estresses bióticos e abióticos. O uso adequado de aminoácidos na agricultura pode trazer diversos benefícios, como o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos alimentos produzidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Maryland: American society of Plant physiologists, 2000.1367p.

CARVALHO, K.; DE CAMPOS, M.K.F.; DOMINGUES, D.S.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E. **The accumulation of endogenous proline induces changes in gene expression of several antioxidant enzymes in leaves of transgenic Swingle citrumelo**. Molecular Biology Report, New York, v.40, p.3269-3279, 2013

CASTRO, P.R.C; CARVALHO, M.E.A.; **Aminoácidos e suas aplicações na agricultura**; Universidade de São Paulo, ESALQ/USP. 2014.

COBBETT, C.S. Phytochelatin biosynthesis and function in heavy-metal detoxification. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v.3, n.3, p.211-216, 2000.

GILL, S.; TUTEJA, N. **Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants**. Plant Physiology and Biochemistry, Dorchester, v.48, p.909- 930, 2010.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2013. 782 p. TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*), Plant Science, Amsterdam, v.153, p.65-72, 2000.

TEIXEIRA, W.F. **Avaliação do uso de aminoácidos na cultura da soja**. ESALQ/USP. Piracicaba. 2016