

昆虫食害による植物のアミノ酸生成誘導に着想を得た葉菜類の アミノ酸蓄積に関する研究

秋田県立大学 生物資源科学部 生物生産科学科
野下 浩二

1. 研究の目的と背景

我々人類は、様々な栄養素を食物から摂取し、食物の質が我々の健康に重要な影響を与える。アミノ酸は体を作るためなど我々が生きていく上で不可欠な栄養素のひとつである。中でも、ヒトはトリプトファンやロイシンなど9種類のアミノ酸を合成することができず、食物からの補給に専ら依存している。生きていくためにアミノ酸など様々な栄養素が必要となる一方で、無限に食べ続けるわけにはいかないため、栄養素を効率よく摂取する方策のひとつとして、栄養素を高濃度に含む食品素材の開発が挙げられる。

私たちのグループは、これまで昆虫の食害に対する植物の防御応答を研究してきた。その中で、昆虫食害を受けたオオイタドリというタデ科植物の葉において、防御に関わるアミノ酸由来の二次代謝産物の生成が誘導されること、それに先立ち、原料となるフェニルアラニンをはじめ8種類のアミノ酸が生成・蓄積すること、この現象が植物ホルモン様活性を持つジャスモン酸メチル (MeJA) 処理によって再現されることを見出した¹⁾。MeJA 処理により、外見上は虫食いの痕がなく、しかしながら植物体内ではあたかも昆虫に食害されたかのような状態を作り出すことができる。この MeJA による代謝制御を利用して、アミノ酸を高濃度に蓄積した野菜を作り出すことができると期待している。実際、オオイタドリと同じタデ科に属するソバ・スプラウトを MeJA で処理したところ、処理1日後にトリプトファンやフェニルアラニン含量が約2倍に増えることを確認し、タデ科以外の植物葉中でも同様の現象が起こるのか興味を持たれる。そこで、アミノ酸を高濃度に含む野菜類の栽培法の確立とその実用化を目指し、植物種間における MeJA 処理によるアミノ酸蓄積の普遍性と、アミノ酸生成メカニズムの解明に取り組んだ。

2. 研究の方法

植物を育て、MeJA 処理したサンプルと処理していないサンプルを用意した。それぞれ 0.1 M 塩酸水溶液中で破碎し、その抽出液を陽イオン交換カラムで精製した。アミノ酸を含む画分を濃縮乾固した後、エタノール中でクロロギ酸エチルにより誘導体化し、アミノ酸の誘導体化物を GC-MS で分析し、植物に含まれるアミノ酸量を定量した。

3. 研究内容

数種の葉菜類を栽培し、MeJA 処理によるアミノ酸量の変動を調べた。光をあてた状態での MeJA 処理に加え、光をあてない暗黒下での MeJA 処理を行い、アミノ酸蓄積に及ぼす光の影響も合わせて検討した。

ソバ・スプラウトを材料に、アンモニウム態窒素など無機態窒素を定量し、MeJA 処理が無機態窒素の動態に与える影響を検討した。また、窒素源を与えた状態と与えない状態で MeJA 処理を行い、窒素源の供給がアミノ酸蓄積に与える影響を調べた。

4. 研究の実施経過

異なる科に属する3種の葉菜類を栽培し、MeJA 処理した結果、試験に用いた3種のうち2種については、蓄積するアミノ酸の種類は異なるものの、植物体内で数種のアミノ酸が蓄積することが明らかとなった。また、光をあてた状態よりも光をあてない状態で MeJA 処理したほうがアミノ酸の蓄積量がより多くなる傾向が見られた。

ソバ・スプラウトのアンモニウム態窒素量を測定したが、MeJA 処理区と無処理区で有意な差は認められなかった。一方で、ソバ・スプラウトに液肥を与えてから MeJA 処理すると、与えていないものに比べ、アミノ酸の蓄積量が多くなった。また、液肥を与えずに MeJA 処理すると、トリプトファンなど含有量が増加するアミノ酸がある一方で、バリンやロイシン、プロリンなど一部のアミノ酸量は減少することがわかっていたが、液肥を与えることで、その減少を抑えられることがわかった (投稿準備中)。

5. 研究から得た結論・考察

植物種によって、MeJA 処理によるアミノ酸の変動パターンが異なることがわかった。芳香族アミノ酸が増加しやすいといった植物種に依らない傾向も見られたが、MeJA に対する応答が植物種によって異なると考えた方が現時点では妥当と考えられる。芳香族アミノ酸は化学防御に関わる二次代謝産物の原料として知られる。昆虫食害の下流にあるジャスモン酸シグナル伝達系によって二次代謝産物の原料となるアミノ酸の供給が制御されていることは理にかなったシステムと考えられる。一方で、植物種によって蓄積するアミノ酸の種類は異なるものの、MeJA 処理が

アミノ酸の生成誘導を引き起こすという現象はある程度幅広い植物種で起こり得ると考えられ、先行研究でわかっていたオオイタドリやソバといったタデ科に限定されるものではないと考えられる。今回使用した植物とは異なる科に属するメマツヨイグサ（アカバナ科）でも MeJA によるアミノ酸蓄積を報告しており²⁾、その考えをさらに支持するものと捉えている。

また、光をあてずに MeJA 処理すると、アミノ酸の蓄積量が増加する現象も見られた。このことはアミノ酸がさらに二次代謝産物やタンパク質へと利用されていく代謝系の中に、光によって制御される系が存在することを示唆する。光とホルモン様物質によって制御される代謝系の詳細が明らかになることで、アミノ酸に由来する有用物質生産にも活かせると期待できる。

6. 残された問題、今後の課題

今回の研究を始めるにあたり、アミノ酸生成誘導の窒素源として、MeJA 処理により無機態窒素も変動すると予測していたが、その証拠を捉えるには至らなかった。しかしながら、肥料として窒素源を外から加えることで、アミノ酸の蓄積量が増加することから、MeJA によって、無機態窒素と有機態窒素の代謝が何かしらの制御を受けていることは確からしいと考えている。そこには何かしらの新しい発見が期待されるため、今後も研究を進めていきたいと考えている。

植物種によっては、MeJA 処理によりリジンが蓄積する。コムギなど穀物ではリジンが少ないことが知られており、今回の成果を穀物にも利用できるのか検討すべき課題であると考えられる。MeJA による葉中での代謝変化が、まったく部位の異なる種子形成時に同じように起こるか未知であるが、もし同様の現象が起こると仮定するのであれば、アミノ酸バランスの良い穀類を作り出すことに繋がる。近い将来トライしたい課題と考える。

今回得られた葉菜類に関する成果については特許申請を検討している。そのため、詳細をこの場で報告することを控えたが、しかるべき時期に本研究助成を受けての研究成果として公表する予定である。

参考文献

- 1) Noge, K. and Tamogami, S. (2013) Herbivore-induced phenylacetonitrile is biosynthesized from de novo-synthesized L-phenylalanine in the giant knotweed, *Fallopia sachalinensis*. *FEBS Lett.* 587, 1811-1817.
- 2) Noge, K. and Tamogami, S. (2018) Isovaleronitrile co-induced with its precursor, L-leucine, by herbivory in the common evening primrose stimulates foraging behavior of the predatory blue shield bug. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 82, 395-406.