



岡山県立岡山一宮高等学校 (SSH 指定校)

鈴木宏典, 藤原雅也, 三澤亮介 (顧問: 柴田美智子)

アントシアニン生成に影響を及ぼす要因と 紅葉の仕組みの解明

スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 指定校で行なわれた本研究は、平成 21(2009) 年度日本農芸化学会大会 (開催地福岡) での「ジュニア農芸化学会」において「優秀賞」に選ばれた。配糖体色素であるアントシアニンの消長に焦点を当て、紅葉のプロセスをエネルギー (糖)、光 (可視光・紫外光)、光合成能の観点から説明しようとする意欲的な内容の研究である。

本研究の目的、方法および結果 (講演要旨集を部分的に圧縮改変して記載した)

【目的】 黄葉はクロロフィルが分解されるだけだが、紅葉はクロロフィルが分解されてアントシアニン*が生成することで起こる。黄葉も紅葉も落葉につながるが、紅葉する葉は何のためにアントシアニンを生成するのかを明らかにすることを目的とし、紅葉のメカニズムや紅葉に影響を及ぼす要因を調べた。

【結果と考察】

〈実験 1: 光の影響〉

①光の色の影響: 赤色 LED (波長 635 nm, 照度 1,800 lux), 青色 LED (波長 474 nm, 照度 290 lux), 黄色 LED (波長 608 nm, 照度 4,500 lux), 緑色 LED (波長 530 nm, 照度 3,000 lux) の光を連続照射しながら、 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ でオオカナダモの緑葉を 5 日間培養した。アントシアニンの抽出液には 0.1% 塩酸を用い、514 nm の吸光度によって生成量を測定した。糖の水溶液で培養した場合は、青色と赤色の光がアントシアニン生成に効果があり、イオン交換水で培養した場合は、光の色に関係なくアントシアニン生成がほとんど確認できなかった。

*植物界に広く存在する配糖体色素 (ポリフェノールの一種)。抗酸化物質としても知られる。植物では、チロシンおよびフェニルアラニンから生合成される。

②UV の影響: シャーレにオオカナダモの緑葉を並べ、UVA ($370.0 \text{ nm} \cdot 420 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), UVB ($306.0 \text{ nm} \cdot 390 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), UVC ($253.7 \text{ nm} \cdot 345 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) を照射した後、 $24 \pm 1^\circ\text{C}$, 白色光 1,700 lux で 5 日間培養した。糖の水溶液で培養した場合は、6~12 時間の UVA を照射したときアントシアニン生成の促進効果が非常に高く、また 1 分以内の UVB 照射にもわずかではあるが促進効果がみられた。イオン交換水で培養した場合は、3 分以内の UVB 照射あるいは 10 秒以内の UVC 照射で、わずかではあるがアントシアニン生成が確認できた。アントシアニン生成に有効な光は、クロロフィルがよく吸収する波長の光 (UVA, 青色光と赤色光) であることがわかる。また、アントシアニンが生成することによって紫外光 (UVA, UVB, UVC) が吸収され、細胞にその光が当たるとのを防いでいることがわかる。

〈実験 2: 紅葉の進行に伴う光合成活性の変化〉

$24 \pm 1^\circ\text{C}$, 白色光 1,300 lux で 1~7 日間培養したオオカナダモの葉の光合成活性は、PAM 蛍光装置を用いて測定した。クロロフィル *a* はジメチルホルムアミドで抽

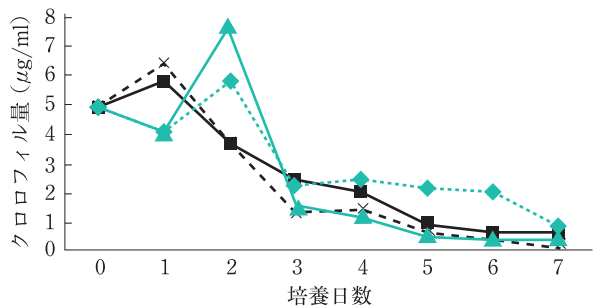


図 1 ■ クロロフィル *a* 含量の変化

◆: イオン水, ■: ブドウ糖, ▲: 果糖, ×: ショ糖

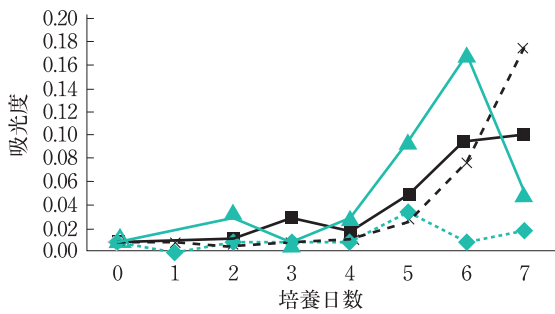


図2 ■ アントシアニン生成量の変化
記号は図1と同じ。

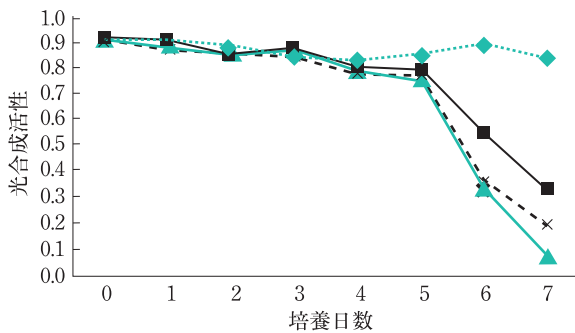


図3 ■ 光合成活性の変化
記号は図1と同じ。

出した。糖の水溶液で培養した場合も、イオン交換水で培養した場合も、クロロフィル *a* は2日目から減少がみられた (図1)。糖の水溶液で培養した場合は、アントシアニンの生成が5日目からみられた (図2)。光合成活性は、イオン交換水で培養した場合は、ほとんど低下しなかったのに対して、糖の水溶液で培養した場合は、5日目以降急激な低下がみられた (図3)。アントシアニンが生成することによって青色の光が吸収され、光合成に有効な光が減少して、光合成活性が低下したと考えられる。

〈実験3: 紅葉誘導における糖の影響〉

自然の状態では紅葉が起こる落葉樹のカエデ、紅葉しない常緑樹のサザンカ、条件によっては紅葉することもある常緑樹のナンテンを用いて、紅葉の誘導における糖の種類の影響を調べた。葉を穴あけパンチで抜いた切片を、 $9 \pm 1^\circ\text{C}$ 、850 lux で1~35日間培養した。常緑樹のサザンカとナンテン (図4) は、オオカナダモと同じように糖により紅葉の誘導を行なうことができた。落葉樹のカエデの場合は、他の葉と異なりイオン交換水で最もアントシアニン生成が促進されていた。常緑樹では、吸収した糖を使ってアントシアニンを生成したと考えられる。落葉樹では、切片にし、低温にすることで離層形成と同じ状態になりアントシアニン生成が促進されたと考えら

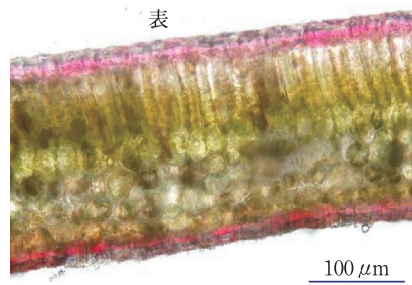


図4 ■ 紅葉誘導したナンテン (切片) (図: ポスターより転載)

れる。

【まとめ】 アントシアニンには、紫外光や青色光を吸収して光合成活性を低下させる働きがあることがわかった。何のためにアントシアニンを生成するのかは、今後の解明すべき問題である。



本研究の意義と展望

黄葉は、クロロフィルが分解し、カロチノイドが残った結果である。紅葉でも、クロロフィルは分解されるが、黄葉の場合とは異なり、アントシアニン (赤色色素) の合成が伴う。アントシアニンは何のために合成されるのか。率直な疑問の解に迫ろうとする。実験1では、アントシアニンの合成は、赤色光や紫外線 (UVA) により促進され、その合成には糖の存在を必要とすることを確認した。実験2では、紅葉過程でクロロフィルが減少すること、および糖存在下におけるアントシアニン合成 (蓄積) 量の増大と光合成活性の低下がほぼパラレルに進行することを示した (図1~3)。

これらの結果に基づき、糖 (ブドウ糖, 果糖, ショ糖)

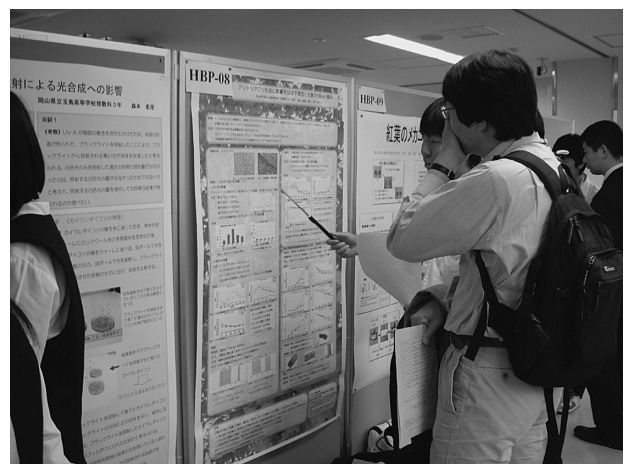


写真1 ■ 優秀賞ポスターの発表

存在下で合成されたアントシアニンは、青色光や紫外光を吸収し、その結果として光合成能を低下させる機能があると推論した。そして、常緑樹や落葉樹の葉においても、糖存在下でアントシアニンを合成蓄積させ、紅葉を誘導できることも示している(図4)。紅葉過程の中でのアントシアニンの役割に迫る実験結果に、学生たちの士気も高揚したのではなかろうか。

アントシアニンの合成蓄積と光合成活性の低下は、どちらが先行すべき現象なのか、またアントシアニンによる光合成抑制の生理的意義はどこにあるのかなどに興味をもたれる。ただ、果糖存在下7日でアントシアニン量が激減している(図2)にもかかわらず、光合成活性は回復せずに低レベルに止まっている(図3)。このアントシアニン量の減少をどのように評価すべきであろうか？

また、どこかに、アントシアニンの抗酸化機能が効いているかも知れない。このような疑問を解くためには、黄葉する葉を使つての同様の実験結果を、紅葉の場合と比較することも重要である。広い視野に立った考察も有意義であろう。

丸い窓から見るか三角の窓から見るかによって、真理も多様な顔を覗かせる。どちらも正しいのだが、真理は1つでしかない。本研究を通じて、実験結果の見極めには鋭い視線が求められることを学生たちが実感してくれたなら、大きな収穫である。難しいということ、理解し難いということを知ること、物事を理解することの一つである。

(文責「化学と生物」編集委員会)