ソバ芽生えのフェノール性化合物量に 及ぼす光の影響

渡辺 満, 伊藤美雪

独立行政法人農業技術研究機構東北農業研究センター

Effect of Light on the Content of Phenolic Compounds in Buckwheat Seedlings

Mitsuru Watanabe and Miyuki Ito

National Agricultural Research Center for Tohoku Region,
4 Akahira, Shimokuriyagawa, Morioka, Iwate, 020-0198

The contents of flavonoid compounds and anthocyanin in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) seedlings were investigated. At two days after germination, seedlings were divided into two groups, and grown under etiolated and continuous illuminated conditions. All flavonoid compounds have increased until 4 days under etiolated condition and 24 hours of illuminated condition (3 days after germination). In etiolated condition, C-glycosylflavon compounds have increased more than illuminated condition, whereas more rutin has accumulated in illuminated condition. Anthocyanin content has increased with illumination during 72 hours investigated.

(Received Jul. 17, 2002 ; Accepted Oct. 4, 2002)

ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench) の実は穀類では唯一フラボノイドのルチンを含み、優れたタンパク質組成を有し栄養豊富であること¹⁾、現代の食生活で不足しがちな食物繊維及び亜鉛含量が高く、供給源として優れていること等から、健康への寄与を期待して利用されている食品素材の一つである。我々は前報²⁾において、発芽直後の子葉が展開したソバ幼植物（以下ソバ芽生え）は、生育期間中でポリフェノール量が最も多く、DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカル消去活性は、ルチン含量の多い開花初期とともに強いことを明らかにした。さらに、単離化合物の機器分析による同定の結果、芽生えにはルチン以外にも4つのC-グリコシルフラボン（オリエンチン、イソオリエンチン、ビテキシン、イソビテキシン）が豊富に含まれ、主要フラボノイドがルチンのみである子葉脱落后とは大きく異なることも確認した。従ってソバは実のみでなく、芽生えも機能性食品素材として有望であることが示された。近年、作物の新芽や若芽等の幼植物は芽物野菜として、栄養性、安全性面からも注目されている。本報告では、ソバ芽生えの芽物野菜としての利用拡大に資することを目的として、利用形態の2つの栽培条件、即ち、遮光下で黄化徒長現象を起こさせ軟化したもの（モヤシ）を利用する栽培法（以下、軟化栽培）、軟化したものに光を照射し

緑化するカイワレダイコン栽培に代表される栽培法（以下、軟化後緑化栽培）におけるフラボノイド化合物量の変動を調査した。また茎に蓄積し、彩りを豊かにすることから野菜としての利用価値を高めることが期待できるアントシアニン量の変動を調査した。

1. 実験方法

(1) 材料

ソバ（信濃1号）種子は赤玉土（小粒）に播種し、25℃遮光下に静置したところ、播種後2日目には発芽が認められた。発芽後2日目以降は、次に示す2つの条件で生育を行った。

- 軟化栽培：引き続き遮光下で発芽後5日目まで生育
- 軟化後緑化栽培：白色蛍光灯を設置したインキュベータに移し、発芽後5日目（光照射開始から72時間後）まで照度3500 luxの光を照射して生育

なお、軟化栽培には完全遮光から部分遮光、一時的採光といった広い遮光条件のものが含まれる³⁾が、本論文では光照射の有無により、i) 及び ii) の表記とした。

それぞれの地上部を収穫後75℃で通風乾燥し、振動粉砕器で粉末にしたものを抽出に供試した。

(2) 抽出

調製した粉末は抽出溶媒としてメタノールを使用し、80℃の湯浴上で1時間還流加熱抽出した。これを遠心分離して沈殿物を除去後減圧下で濃縮し、粗抽出物とした。

(3) アントシアニンの抽出及び定量

アントシアニンの抽出及び定量は、既報に準じて行った⁴⁾。即ち、粉末試料0.1 gに1%塩酸を含むメタノール5 mlを添加、5℃で48時間浸漬し抽出した。抽出物は塩酸メタノールで希釈し、530 nmの吸光度を測定した。検量線はシアニジン塩酸塩（フナコシ社製）を用いて作成した。

(4) フラボノイド化合物定量

各フラボノイド化合物の定量は、前報に準じ、ODSカラム(4.6×250 mm)を接続したHPLCで行った。検出は350 nmで行った。

2. 実験結果及び考察

図1にソバ芽生えに含まれる各フラボノイド化合物量の変動を示す。発芽後1日目の各フラボノイド化合物量は、イソオリエンチン837 mg/100 g dry weight（以下D.W.）、イソビテキシン806 mg/100 g D.W.、ビテキシン446 mg/100 g D.W.、オリエンチン378 mg/100 g D.W.、ルチン233 mg/100 g D.W.であり、すでに高含量のフラボノイドの蓄積が認められた。発芽後2日目にはさらに全てのフラボノイド化合物量が、増加した。発芽後3日目以降の芽生えでは、遮光を継続したものと、2日目から継続して光照射したものとでは、ルチンとC-グリコシルフラボン化合物量の推移に異なる傾向が認められた。即ち、ルチンのみ光照射時の方が遮光下よりも高含量となり、C-グリコシルフラボン類は、いずれも遮光下の方が高含量となった。

図 1 ソバ芽生えに含まれるフラボノイド化合物及び総フラボノイド量に及ぼす光の影響

●, 軟化栽培; ○, 発芽後 2 日目から光照射 (軟化後緑化栽培)

遮光下では、いずれのフラボノイド化合物も発芽後 4 日目が最も含量が多く、総フラボノイド量は 1 日目から倍増した。これに対し光を照射した場合には、ルチンのみ照射 48 時間後 (発芽後 4 日目)、それ以外の化合物では照射 24 時間後 (発芽後 3 日目) が最も含量が多く、総フラボノイド量も最高となり、1 日目の 1.8 倍に増加した。露地栽培では、C-グリコシルフラボン類の含量は発芽直後の 1 日目が最も多く、その後 19 日後に子葉が脱落し消失するまで低下した。これに対してルチンのみは発芽直後から増加し、子葉脱落后も生育期を通じて主要なフラボノイドであった²⁾。加温条件での軟化栽培あるいは軟化後緑化栽培では、露地栽培よりもフラボノイド量が高まり、しかも発芽後 3～4 日目まで増加傾向にある点が異なっていた。遮光下では子葉に次いで展開する本葉の形成が抑制されること⁵⁾に

より、発芽後 5 日目から緑化した場合でも、調査した発芽後 5 日目まで子葉のみのまま生育した。その結果、本葉の主要フラボノイドであるルチンの急速な増加は起こらず、発芽後 3～4 日間の子葉の拡大に伴い、子葉の主要フラボノイドである C-グリコシルフラボン類の生合成が進んだことによるものと考えられる。

一方アントシアニン含量は、光を照射した 72 時間後まで連続的に増加した (図 2)。遮光下では茎は白色のままであるのに対し、光照射した場合にはアントシアニンの集積が認められ、時間の経過とともに色調が濃くなった。この際、光を照射することにより子葉が緑化しながら展開し、結果的に強固な殻がはずれる効果も認められた。軟化栽培では、発芽後 5 日目には 25 cm 程度にまで生育し (図 3) 倒伏気味であることから、収穫に手間取ることが予想され

図 2 ソバ芽生えのアントシアニン量に及ぼす光の影響

●, 軟化栽培; ○, 軟化後緑化栽培

図 3 ソバ芽生え地上部長さの推移

●, 軟化栽培; ○, 軟化後緑化栽培

る。従って外観からは3日目の収穫が適当と判断されるが、子葉が開かないことから、収穫後殻を除去する作業が必要である。これに対し発芽後2日間軟化栽培後24時間光照射した植物では、アントシアニンによる茎の赤色化が進展し、光の伸張抑制効果⁵⁾により長さは15cm程度になる。この結果収穫しやすいばかりでなく好ましい草姿となり、商品価値が高まることが期待できる。

ソバ幼植物のフラボノイド化合物の生合成については、Margna らの一連の研究があり、組織間、葉内での局在性⁶⁾、発芽後のC-グリコシルフラボン類の生合成についての調査⁷⁾がされているが、遮光栽培が播種後56時間から104時間までの短期間に限られていること、光照射を16時間に限定するなど、芽物野菜としての利用を想定した試験は行われていない。また、アントシアニン含量に及ぼす光の影響について、同じくタデ科に属するベニタデ (*Polygonum hydropiper* L.) では、鮮やかな赤紫色を呈することが商品として重要視されており⁸⁾、環境要因による

アントシアニン含量の変動が詳細に調査されている。その結果ベニタデのアントシアニン生成は、低温あるいは多日射の栽培時期に含量が高まること等明らかにされている⁴⁾⁸⁾⁹⁾。

フラボノイドを含む植物の2次代謝物の機能については未解明部分も多いが、光がソバ芽生えのルチン及びC-グリコシルフラボン含量に及ぼす影響の違いと、芽生えにはルチンよりも多量のC-グリコシルフラボンが特異的に含まれていることは、両者のソバ植物体内における役割の違い、ソバの生存戦略を示唆するものとして興味深い。即ちC-グリコシルフラボン類は、抗菌性や摂食阻害作用等を有する化学的防御物質として生育初期に特異的に機能し、ルチンは光照射による紫外線傷害の防御物質として生育期を通じて機能しているとも推察される。詳しくは今後の研究の進展を待たねばならない。

現在、ルチンとC-グリコシルフラボン類の生体への吸収、生体内での代謝様式の違い、ソバ芽生えの生理機能について検討を開始している。これにより、C-グリコシルフラボン類を多量に含む芽生えとルチンを多量に含む本葉について、各々の特性に応じた利用法の開発も期待される。

3. 要 約

ソバ (信濃1号) 芽生えは、軟化栽培あるいは軟化後緑化栽培のどちらの栽培法においても、フラボノイド化合物が極めて豊富であった。光を照射した軟化後緑化栽培では、軟化栽培を継続した場合よりルチン含量が増加し、茎にアントシアニンが蓄積することが異なっていた。

文 献

- 1) 長友 大, 成分と栄養価, 「ソバの科学」, (新潮社, 東京), pp. 224-232 (1984).
- 2) 渡辺 満, 伊藤美雪, ソバ地上部の生育ステージによる抗酸化能とフラボノイド組成の変動, 食科工, **49**, 119-125 (2002).
- 3) 西垣繁一, 軟化野菜, 「軟化・芽物野菜」, (農業図書, 東京), pp. 11-14 (1982).
- 4) 三浦周行, 岩田正利, ベニタデのアントシアニン含量に及ぼす栽培時期の影響, 園学雑, **51** (2), 165-171 (1982).
- 5) 増田芳雄, 光形態形成, 「植物の生理」, (岩波書店, 東京), pp. 137-146 (1986).
- 6) Margna, U., Margna, E. and Paluteder, A., Localization and distribution of flavonoids in buckwheat seedling cotyledons. *J. Plant Physiol.*, **136**, 166-171 (1990).
- 7) Margna, U. and Margna, E., Differential nature of quantitative shifts in flavonoid accumulation in buckwheat seedlings of different ages. *Soviet Plant Physiol.*, **29**, 223-230 (1982).
- 8) 三浦周行, 岩田正利, ベニタデのアントシアニン含量に及ぼす光の影響, 園学雑, **50** (1), 44-52 (1981).
- 9) Miura, H., Shimizu, M., Tazuke, A. and Iwata, M., Effect of monochromatic light on anthocyanin content in seedlings of benitade (*Polygonum hydropiper* L.). *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.*, **58** (1): 123-129 (1989).

(平成14年7月17日受付, 平成14年10月4日受理)