

表題 「マタタビの白化現象の謎にせまる」

秋田県立秋田中央高校 躍進探究部 目黒亜依 佐々木円香

1 はじめに

マタタビを研究するきっかけとなったのは、猫がマタタビに引き寄せられるのはどうしてなのだろうか不思議に思ったからである。最初はマタタビを山から採ってきて、葉や枝を猫に与えてどのような反応を示すのか実験しようと思っていた。しかし、猫を誰も飼っていないこと、猫を研究のために毎回マタタビで酔わせることは猫の健康にとってよくないことではないかと話しあった。そこで、マタタビという植物はどんな特徴があるのか調べていくことにした。マタタビのことを調べていくと、マタタビは初夏に葉を白化して昆虫を引き寄せているということを知った。どうして花が咲くのに葉が白化するのか、白化することによって光合成はどうするのか、葉が白化する時の規則性はあるのかということに疑問を持った。そこで実験・観察でこの謎を解明していきたいと考え、研究に取り組むことになった。

2 斑入りの葉について調べる

秋田中央高校の玄関前に植えてある斑入りのアオキの葉の中の緑の部分と斑入りの部分でどれくらい葉緑素の量が違うのか調べた。



図1 アオキの葉緑素量の測定実験の様子

(結果) 葉緑素計を用いたSPAD値(10ヶ所平均)により

緑色の部分の葉緑素量	59.1
黄緑色の部分の葉緑素量	13.3
白色の部分の葉緑素量	3.5

(考察) 葉が黄緑色や白色になると、葉緑素量が減少するため、光合成能力はかなり下がると予想される。そのため、植物は光合成をたくさん行うため緑色になる。

3 初めて自生するマタタビを観察する

平成26年6月20日、私達は山地に自生するマタタビを観察するため、地元の太平山に出かけた。初夏になるとマタタビの葉は白化すると聞いていたので、緑葉が生い茂る中で、葉が白く色づいている場所を探した。日当たりの良い道路沿いに白く輝いているマタタビを発見することができ、実際にマタタビの様子を観察することにした。



図2 白化するマタタビ

【観察結果】

- ・葉は全面白化するものもあるが、一部だけ(先端)白化するものも多く見られる。
- ・日光が当たりやすい場所に位置する葉が特に白化する葉の数や面積が大きい。
- ・日光に当たりやすい白化した葉は目立つが、葉の裏側に咲く3cmぐらいの小さい白い花は葉の陰に隠れて目立ちにくいので、咲いている様子はわかりにくい。
- ・花は小さいけれど、芳香のある甘いにおいを出す。
- ・花が咲き終わっても緑葉に戻らず、白化のままのものが多い。



図3 白化の様子

4 花の特徴と開花の日数について



図4 マタタビの雄花の開花の様子

マタタビの花は雌雄異株で葉の付け根につく。雄株は一つの枝に5個ぐらいの花を咲かせる。花弁が純白で多数の黄色い雄しべ(約80個)をつける。雌株は一見両性花が着いているように見えるが、葯に含まれる花粉に発芽能力はない。両性花の葯は開花後すぐ脱落する。昆虫を誘うため少しついているようだ。そのため、雄花の花粉を雌株のめしべに運んでもらわないと受精ができない性質を持つ。(文献 マタタビの蜂寄せ作戦 山口陽子より)

マタタビを学校の実験室で生育してみた観察結果より

①花の寿命について(3日間)

(下の写真は1番目の枝の様子)



5月21日(つぼみ2個) 5月22日(花2個咲く)



5月23日(花2個満開) 5月24日(花2個落下)

②木全体での花の開花している日数について

表1 5月15日～5月26日における1番目～8番目の枝の様子

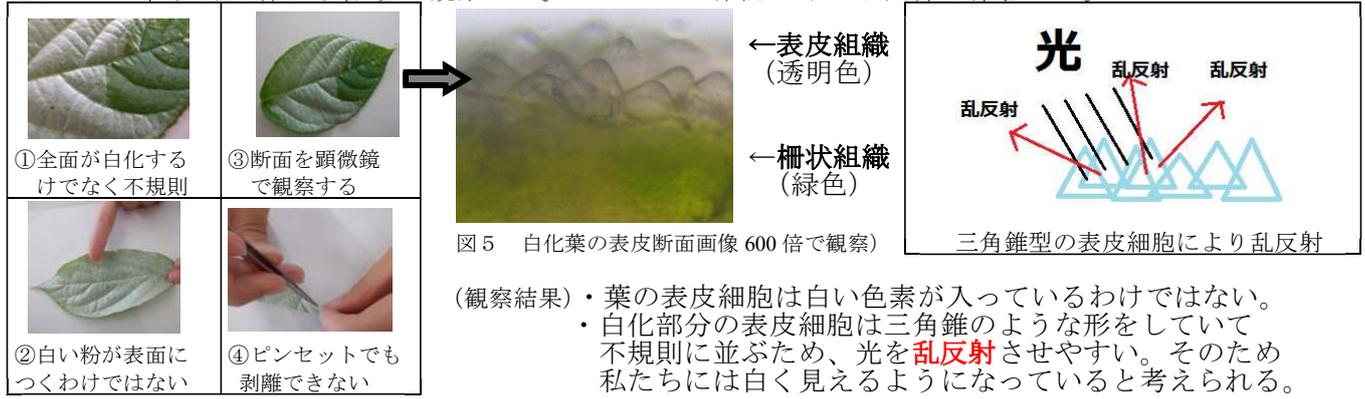
	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日
1番目の枝		2	3	3	1	1	1	3	3	1		
2番目の枝	1	2	3	3	1	1	1					
3番目の枝												
4番目の枝			3	4	3	2	1	1		1	2	
5番目の枝		2	3	3	3	2						
6番目の枝			1	1	1							
7番目の枝		2	4	5	5	3	2	1	1	2	1	1
8番目の枝			3	4	4	4						
全体(個数)	1	8	19	23	18	13	5	5	4	4	3	1

*雄花は集散花序のため葉の付け根に1～3個つぼみをつけるため、花が咲く個数が再び増加する。しかし、2週間で咲き終わる。

- (まとめ) ・マタタビの生育観察より、花は咲き始めてから3日間もすると花弁ごと落ちてしまう。
 ・マタタビの木の全体での花の開花日数は咲き始めてからすべて落下するまで2週間である。

5 マタタビの白化葉の様子

マタタビの白化のメカニズムを解明するため、太平山から採取してきたマタタビの葉をカッターで薄くスライスして、切片を作り顕微鏡で観察した。モニターで確認しながら画像を撮影した。



6 白化モデル (透明ビニールで白い状態にする)



図6 透明ビニールを用いた白化葉のモデル

(考察)・緑葉に透明ビニールをかぶせるたびに葉が光を乱射して、白く見えるようになってくる。
・マタタビは葉の表皮細胞に空気や透明な液体を含み、光を乱反射させていると考えられる。

7 マタタビの葉の緑葉と白化葉の光の透過についての実験

光の量を調節できるLED照明器具(青・緑・赤)を用いて、それぞれの光をどれくらい透過してしまうのか緑葉と白化葉で測定した。

- ・光の波長(青色光 445 nm、緑色光 520 nm、赤色光 660 nm)
- ・使用するマタタビの葉の大きさは長径11cmのものを用いた。
- ・葉と照度計までの距離は5cmとし、照度計で照度を計測した。

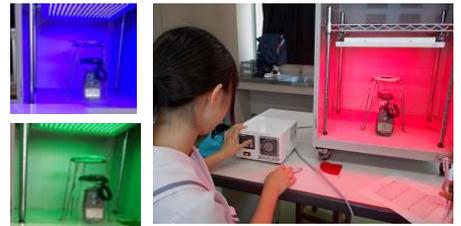


図7 透過光実験の様子

(実験結果) 青色光・赤色光・緑色光の透過の比較実験 (1980、1830、1650、1470、1300ルクスに光を照射)

表2 透明セロハンの透過光

透明セロハンの場合の透過光					
	1580	1440	1290	1140	990
青色光	1490	1320	1180	1040	900
赤色光	1490	1350	1200	1060	920
緑色光	1460	1320	1180	1040	930

表3 緑葉の透過光

光の強さ(ルクス)	緑葉の透過光				
	1980	1830	1650	1470	1300
青色	570	540	500	470	420
赤色	580	550	510	470	430
緑色	650	610	560	510	460

表4 白化葉の透過光

光の強さ(ルクス)	白化個体の透過光				
	1980	1830	1650	1470	1300
青色	740	700	640	580	530
赤色	810	750	690	630	570
緑色	780	740	680	620	560

(考察) 表2より、透明セロハンを使った場合、青色光・赤色光・緑色光のそれぞれが同じ透過率を示した。
表3より、緑葉の場合、緑色光の透過率が高いことがわかった。光合成では、植物の葉緑体は青色光・赤色光を吸収していることが推測される。
表4より、青色光を透過する割合が低いことがわかる。つまり、青色光を吸収または反射していることが推測される。青色光を積極的に利用しようとしていることがわかった。また、表3と表4の結果から緑葉より白化葉の方がそれぞれの光を透過しやすいことがわかった。

8 マタタビの緑葉と白化葉の葉緑素量の比較実験

同じ葉の中で10ヶ所で葉緑素量を計測し、平均した値を葉緑素量とした。

表5 葉緑素計を用いたSPAD値

	緑葉	白化葉
同じ枝の中で葉を比較	44.1	50.0
同じ葉の中で葉を比較	55.6	60.1



図8 同じ枝で比較



図9 同じ葉で比較

(考察) 白化葉は緑葉より少し多く葉緑素を含んでいることがわかった。斑入りの葉のように葉緑素を失って白化しているわけではないことが推測できる。約1割葉緑素が多いのは、表皮細胞が三角錐形に隆起しているところにも葉緑素を形成するのではないかと考えた。このことから、受精後、花が散っても白化葉から緑葉にすぐに変化しなくても光合成量は変わらないことが予想される。

9 仮説の設定

マタタビの葉の構造観察、透過光実験、葉緑素の測定実験から白化葉の特性がわかってきた。また、マタタビは両性花にもおしべがあるが花粉が伸長しないため受精できる機能がなく、雄花のおしべを昆虫などに運んでもらいめしべにくっつけ受精しなければならないことを専門書で学んだ。そこで、マタタビが白化するのはどうしてか仮説を立てて検証していくことにした。

- 仮説Ⅰ マタタビは花が小さく葉の陰に隠れるように咲く特徴があるため、葉を白化させることで昆虫に存在を示す。特に昆虫にとって反応しやすい近紫外線や青色光を利用している。
- 仮説Ⅱ 白化したマタタビの葉が受精が終わっても緑葉にすぐ戻らないことから、白化することで光合成の活性が高まる。
- 仮説Ⅲ マタタビはすべての葉が白化するわけではなく、枝の先端に近い場所を特に白化させることから、白化には多くのエネルギーを必要とする。
(ある程度葉が展開している成長した枝の葉でないことと白化できないことから推測)

10 仮説の検証 仮説Ⅰ「マタタビは昆虫の反応しやすい近紫外線や青色光を利用する」

①白化葉の青色蛍光についての観察

透過光実験より、マタタビの白化葉は青色光の透過の割合が低かった。吸収または反射しやすい構造になっているか、白化葉に含まれている物質が特異的に青色光を利用していることが推測される。しかし、学校の実験器具だけでは詳細についてわからないため、秋田県立大学、生物資源科学部の岩崎郁子准教授に研究の経緯を説明し、実験の協力をお願いした。

秋田県立大学の顕微鏡(400 ~ 420 nm青色光の範囲の波長の青色蛍光として検出するモード)で白化葉を観察してもらった。青色光を吸収できない場合は蛍光が出てこないため、他の組織と同様に黒く画像になることから、白化葉の表皮組織には、近紫外線を吸収し、青色蛍光を示す物質が含まれていることがわかった。

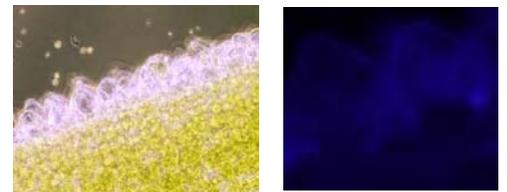


図 10 明視野での画像 図 11 UV励起での画像

↑
白化部分だけ近紫外線を吸収し青色蛍光を示す

②白化葉の黄色蛍光についての観察

帝京大学薬学部高橋秀依先生に研究の経緯を説明し、白化葉に含まれる物質についてわかることがあるのかお願いしたところ、白化葉だけこすり取って、460 nmの青色の光を当てると、強い黄色の蛍光がでることがわかった。また、観察の結果、蛍光を示す物質は細胞膜か細胞壁に存在することもわかった。



一般的クロロフィル
蛍光観察の参考例
日本ガイシより引用

図 12 クロロフィルは赤色蛍光を示す。

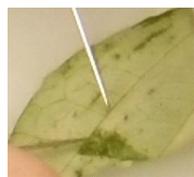


図 13 針で白化葉をこすり取る



図 14 緑葉のみは赤色蛍光

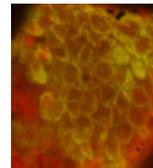


図 15 白化葉は黄色蛍光

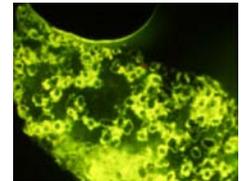


図 16 黄色蛍光を示す細胞膜付近に存在

③マタタビの花を訪れる昆虫について

マタタビの花をよく訪れる昆虫は、ハナアブやハナバチであることが野外での観察でわかった。これらの昆虫は人間の目よりも、見える波長が短い方(紫色~青色)にシフトしているため、近紫外線を反射したり、青い蛍光を発する葉はとても明るく見えていると考えられる。そのため、初夏の緑一面の山で葉を白化させることは、昆虫に存在を示すには効果的であると考えられる。初夏でまわりに花が咲いていない状況において、マタタビの花の花粉はハナアブやハナバチにとって貴重なタンパク源や栄養源になるため、雄花や雌花を訪れて、脚で花粉をかかえるように集めていた。



図 17 花を訪れるハナバチ

ハチから花をみると(紫外線と可視光)

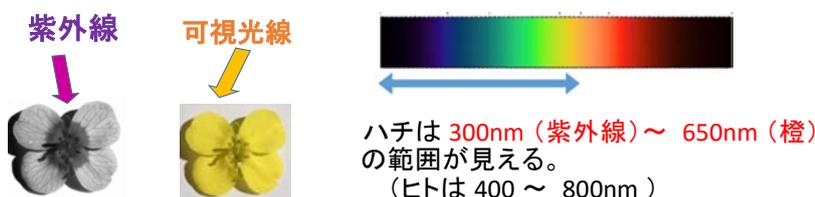


図 18 花の簡易写真より(福岡教育大学HPより) ww1.fukuoka-edu.ac.jp/~fukuhara/uvir/hana_uv.html

DNAを守るため、花粉は紫外線を吸収し、蛍光する。
昆虫は、紫外線の変化、消失を感知して、食べ物のありかを認識する。

④紫外線量の測定実験

マタタビは近紫外線や青色光を利用して昆虫を葉や花に導いていると考えられたので、実際に秋田市太平山ではどれくらいの紫外線量なのか測定してみることにした。昆虫が利用していると思われる UV-A、UV-B 領域を計測するデジタル紫外線強度計 (YK-35UV) を用いて計測した。

測定日 7月10日 11時55分 測定場所 (秋田市太平山) 気温 26度 照度 76100ルクス
 葉緑素量 白化葉 41.6 緑葉 41.5 (葉緑素計を用いたSPAD値)

表6 紫外線量 (UV-A、UV-B) の測定

	平地のタンポポ	マタタビの葉	白化葉透過後	緑葉透過後	白化葉の反射
計測の様子					
紫外線量 (mw/cm ²)	3.55	0.676	0.006	0.003	0.102

タンポポなどの平地に咲く花にはかなりの量の紫外線が照射されるため、可視光や紫外線の反射を利用して花を認識する昆虫にとってはわかりやすいと思う。しかし、つる性のマタタビは葉が密生しているため、葉に当たる紫外線量は下層にいけばいくほど少なくなる。また、マタタビの花は葉の裏についているため、白化葉や緑葉で紫外線が吸収または反射されるため、葉の裏側に位置する花に到達する紫外線量は 0.003 ~ 0.006mw/cm² しかなくなる。そのため、葉の裏に存在するマタタビの花を可視光や紫外線の反射によって昆虫が認識することはできないと考えられる。

(考察) 葉の裏側に咲くマタタビの花を可視光や紫外線の反射により昆虫が認識することは難しい。そのため、光が当たりやすい枝の先端の葉を白化させることで、昆虫に存在をアピールする。

1.1 仮説Ⅱ「白化葉になることで光合成活性が高まる」について

マタタビの葉は花が咲く1ヶ月前から、白化を始め、受精が終わっても落葉するまで白化を続ける傾向がある。受精のため、昆虫を誘因することが目的であるなら、受精後に葉を緑葉にすぐに戻してもいいと考えられるが、白化のままである。そこで、緑葉よりも白化葉の方が光合成において優れているのか実験することにした。

①分光器を用いたクロロフィル定量 (葉緑素量) について

(実験方法) 緑葉、白化葉の葉を 1 cm² に切り取り、質量を計測した。次に DMF を用いてクロロフィルを抽出した。分光器で測定し、計算式を使ってクロロフィル量 (葉緑素量) を求める。DMF の吸光度を 647nm と 664nm において分光器で測定し、計算式により、クロロフィル量を求めた。

計算式 CHls a+b = 17.67 × A (647) + 7.12 × A (664)



図19 葉を入れたチューブ溶かした様子



図20 600 μ l のDMFにDMFを入れる



図21 分光器で計測



図22 パソコンでデータとる

表7 緑葉と白化葉のクロロフィル量 (葉緑素量) の比較

	質量	abs1 647nm	abs2 664nm	クロロフィル量	600 μ l あたり
緑葉 1 cm ² 	0.0177g	0.236	0.492	7.5592	4.60389
白化葉 1 cm ² 	0.0192g	0.244	0.531	8.0922	4.85532

(考察) DMF 600 μ l あたりの葉緑素量を比較した結果、緑葉は 4.604 (μ gchl/600 μ l)、白化葉は 4.855 (μ gchl/600 μ l) となった。DMF で葉緑素を抽出して分光器によって、それぞれの葉に含まれる量を比較したが、白化葉が緑葉より葉緑素量が多いことがわかった。そのため、受精が終わっても白化葉のままでも、光合成は十分に行われる。

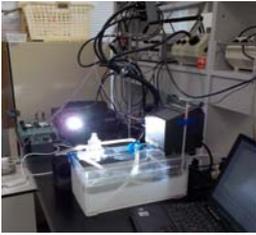
②クロロフィル蛍光測定による光合成活性について

(実験)

白化葉になることで光合成活性が高まることを証明するために、緑葉と白化葉それぞれを水の中に入れて強光を当て、溶存酸素量を比較する実験を行った (図23)。しかし、残念ながら、マタタビの場合酸素の発生がうまくいかなかった。そこで、クロロフィル蛍光測定システムを使って光合成活性の違いを比較することにした。(図24)

(考察)

光合成活性を示すクロロフィル蛍光測定実験より、白化葉は緑葉より、光化学反応系Ⅱの反応において高い活性を示すことがわかった。蛍光強度が高いということは、本来



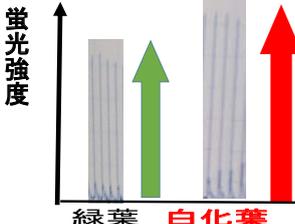


図23 溶存酸素量実験

図24 光化学系Ⅱのグラフ

光化学反応に流れているエネルギー量が大きい。つまり、光合成活性は高いことを意味する。

白化葉に含まれる成分により、強光下において光合成を高めるようにしていることがわかった。

(クロロフィル蛍光測定PAMシステム 101,102,103 より)

植物は青紫色と赤色の光を吸収して光合成を行うが、マタタビの葉は近紫外光を吸収し、青色に変換することで光合成能力を高めていると考えられる。そのため、白化しても光合成能力は緑葉と同等かそれ以上の能力があることがわかる。

1.2 仮説の検証

仮説Ⅲ「マタタビはすべての葉を白化するわけではなく、枝の先端に近い場所を特に白化させることから、白化にはより多くのエネルギーを必要とする」について

5月1日にマタタビを観察したところ、つぼみがあり、葉が11枚以上展開した枝ではほとんどで白化現象が確認された。
(つぼみがない、または葉が10枚以下しかない枝では白化は確認されなかった)

その後、どのようにして白化葉が形成されていくのか、どのような成長過程をとるのか観察するため、定期的に白化葉の枚数や白化部分の広がり、葉の成長について測定した。

*1番～13番は枝の根元から葉が展開した順に番号をつけた。



図 25 葉の長径測定 図 26 白化葉の枚数調査

表 8 白化を始めてからのそれぞれの葉の成長について

葉の大きさ cm		1番	2番	3番	4番	5番	6番	7番	8番	9番	10番	11番	12番	13番
1番目の枝	5月1日	1.0	3.5	6.0	8.0	10.0	11.0	11.5	12.0	11.5	9.5	7.2	4.2	なし
	5月12日	1.0	4.0	6.5	8.2	10.0	11.0	11.5	12.0	12.0	12.8	11.1	9.8	4.2
	成長の差	0	0.5	0.5	0.2	0	0	0	0	0.5	+ 3.3 成長	+ 3.9 成長	+ 5.6 成長	+ 4.2 成長
2番目の枝	5月1日	4.0	6.2	7.7	8.0	9.1	10.0	10.6	11.3	11.0	9.0	2.7		
	5月12日	4.0	6.9	7.8	8.0	9.2	10.0	10.6	11.3	11.7	11.2	8.4		
	成長の差	0	0.7	0.1	0	0.1	0	0	0	0.7	+ 2.2 成長	+ 5.7 成長		
4番目の枝	5月1日	1.0	5.0	6.6	8.0	9.7	10.7	11.0	12.0	11.3	9.7	6.9	4.5	3.4
	5月12日	1.0	5.0	7.2	8.0	10.0	10.7	11.4	12.3	12.7	13.0	12.0	9.0	8.8
	成長の差	0	0	0.6	0	0.3	0	0.4	0.3	1.4	+ 3.3 成長	+ 5.1 成長	+ 4.5 成長	+ 5.4 成長
5番目の枝	5月1日	2.3	4.5	7.0	8.2	10.0	10.9	11.6	11.7	8.3	3.5	なし		
	5月12日	2.9	4.5	7.4	8.2	10.0	10.9	11.6	12.4	12.3	9.2	5.1		
	成長の差	0.6	0	0.4	0	0	0	0	0.7	+ 3.0 成長	+ 5.7 成長	+ 5.1 成長		
6番目の枝	5月1日	1.2	4.2	6.3	8.6	8.8	9.2	11.3	10.0	8.8	7.3	4.0	2.3	なし
	5月12日	1.2	4.2	6.3	8.6	8.8	9.3	11.6	10.5	12.2	11.5	10.0	9.0	5.2
	成長の差	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.5	+ 3.4 成長	+ 4.2 成長	+ 6.0 成長	+ 6.7 成長	+ 5.2 成長

*5月1日に測定した中で、赤字で書いている数値は白化を始めた葉の長径である。

*5月12日に測定した中で、青字で書いている数値は白化している葉の長径である。

*黒字の太字で書いているものは、12日間で葉が成長した長径の差が顕著にみられるものである。

(考察) 白化するためにエネルギーを必要とするため、光合成によって得られたエネルギーは、1番最初に白化した葉の成長およびそれより先の葉の伸長や白化に使われていると考える。白く目立たせるためには、葉の面積が大きいものが白化したほうがよいと思われるが、枝の先からある一定の距離(30cm以上)で白化することが、つる性のマタタビにとって、白くなった葉を一斉に広げることができるとともに、太陽光に当たることで乱反射しやすくなると考えられる。

1.3 白化葉の形成について

白化葉が徐々に増えている4番目の枝の様子をまとめてみた。第10番葉から白化を始め、次々その先の葉が成長しながら、白化を始めている。第1番葉から第9番葉の成長と白化は見られないことから、白化を始めた場所から先端に向け、成長ホルモンの分泌が増えるのではないかと考えられる。

表 9 4番目の枝の白化葉の形成について

日時	4月29日	5月1日	5月3日	5月7日	5月18日
様子	第10番葉が白化する	第11番が次に白化する	第12番葉が成長し、白化する	第13～15番葉が展開し、成長する	第13～15番葉白化する

1.4 太平山の植物園に自生するマタタビを生物実験室（北側）で育成する

昨年7月下旬に太平山の植物園にマタタビのことについて聞きに行ったとき、自生するマタタビを2株もらった。昨年は葉も白化せず、花も咲かなかったが、学校で冬を越したため、今年の春先大きく成長した。3階の北側の生物実験室で育てることで、自生ではわからなかったことが観察によってわかってきた。

(観察結果) 平成27年4月21日～6月12日

- 4月21日 マタタビは根もついて成長している。(図27) つぼみもできはじめてきた。
- 4月27日 成長を続け、とうとう白化を始める。自生のものの白化は6月中旬なのでかなり早い。
- 5月10日 つぼみが白くなってきた。5番目～7番目の葉の付け根につぼみがつく。白化を始めるのは枝から9番目か10番目に位置する葉だけである。(図28)
- 5月12日 すべての方向の10番目に位置する葉が白化する。
- 5月14日 始めに白化した葉から先端部の方へ白化現象が伝わり、白化葉の数が増えてくる。
- 5月15日 1番最初に白化した枝のつぼみの花が咲いた。
- 5月18日 次々に葉の裏側に花が咲き出す。(図29)
- 5月28日 ほとんどの花は枯れてしまった。
- 6月12日 花が終わっても、白化葉はそのままである。



図28 10番目に位置する葉から白化する

1.5 生育条件と白化現象について

(観察) 一番最初に葉が白化した枝を1番目として、順番に枝に番号をつけた。白化現象がどのような環境要因で起こるのか、どのように白化は伝わっていくのか観察した。

(結果) 光の強さに関係なく、枝の成長に伴いすべての方向の葉が白化を始めた。9番目か10番目に位置する葉から白化を始める。ただし、小さい枝の葉は白化していない。全ての方向に枝が伸長しているが、どの方向でも白化していることから、葉に当たる量によって白化するわけではない。



図30 白化を始める

表10 マタタビの白化を始める環境要因について

	1番目の枝	2番目の枝	3番目の枝	4番目の枝	5番目の枝	6番目の枝	7番目の枝
①白化日時	4月27日	4月27日	4月28日	4月29日	4月29日	4月29日	4月30日
②2時の照度(ルクス)	4600(弱光)	1800(弱光)	13900	33600	29900	2000(弱光)	24000
③つぼみの数	3個	3個	1個	5個	3個	1個	5個
④葉の展開枚数	12枚	12枚	16枚	15枚	11枚	13枚	10枚
⑤白化始めた場所	第10番葉	第10番葉	第10番葉	第10番葉	第9番葉	第10番葉	第9番葉
⑥次に白化を始めた場所と日時	第11番葉 (4月28日)	第11番葉 (5月6日)	第11番葉 (5月4日)	第11番葉 (5月1日)	第10番葉 (5月4日)	第11番葉 (5月4日)	第10番葉 (5月8日)
⑦枝と白化葉の距離	26.0 cm	30.0 cm	40.0 cm	35.0 cm	27.0 cm	30.0 cm	26.0 cm
⑧白化葉の長径	9.5 cm	9.0 cm	9.5 cm	9.7 cm	8.3 cm	7.3 cm	10.4 cm
⑨白化葉の幅	7.5 cm	6.0 cm	6.5 cm	5.5 cm	5.5 cm	4.7 cm	6.4 cm
⑩白化葉の葉緑素量	32.1	36.8	32.9	36.9	33.1	32.6	34.8

(考察)

- 1 光を乱反射させ、夏の日差し(光障害を防ぐ)から、葉緑体を守るために白化しているわけではない。校舎北側の実験室で育成していたので、光の量は多くなく、紫外線も少ないことから考察される。
- 2 白化現象は昆虫を花に誘因するためと考えられるが、学校のマタタビは4月下旬に白化を開始している。自生のものは6月中旬から白化することから、明暗周期や決まった時期に白化するわけでない。むしろ、枝から葉が10枚以上展開すること、枝から30 cm以上(平均は30.5 cm)離れた位置にある9番目か10番目の葉が光の強さに関係なく白化していることから、成長すると白化させる物質が働いて、葉に変化をもたらしているのではないかと考えられる。
- 3 つぼみがない枝やつぼみの数が少ない枝は白化しにくいことから、葉を多く白化させるには複数のつぼみの存在が必要である。つぼみがない枝は白化しないため成長がはやく、次々と葉を展開して伸びていくことがわかった。

1.6 太平山に自生するマタタビの白化現象について

学校でのマタタビの生育観察から、マタタビが白化する条件と法則性がわかった。そこで、実際に自生するマタタビにも白化する条件や法則性が当てはまるか調査することにした。

【白化する条件と法則性】

- ①枝から 30 cm 以上（学校で育てて白化した 7 本の平均は 30.5 cm）離れている位置にある 9 番目か 10 番目に位置する葉から白化を始めることから、葉が 10 枚以上展開していて、30 cm 以上成長している枝の葉であること。
- ②つぼみがない枝は白化しないことから、つぼみがついている枝の葉であること。また、つぼみが 1 個の場合白化しなかったり、しても葉のほんの一部しか白化しないことから、つぼみが複数（3 個～ 5 個）ついている枝の葉であること。

（調査結果）秋田市三内松原（太平山）補陀寺の林の日あたりのよい斜面にマタタビが密生している場所を発見したので、5 月中旬に自生するマタタビについて調査・研究した。



図 31 太平山補陀寺前の林



図 32 マタタビの枝の長さ測定



図 33 白化する葉の距離を測定



図 34 先端が白化

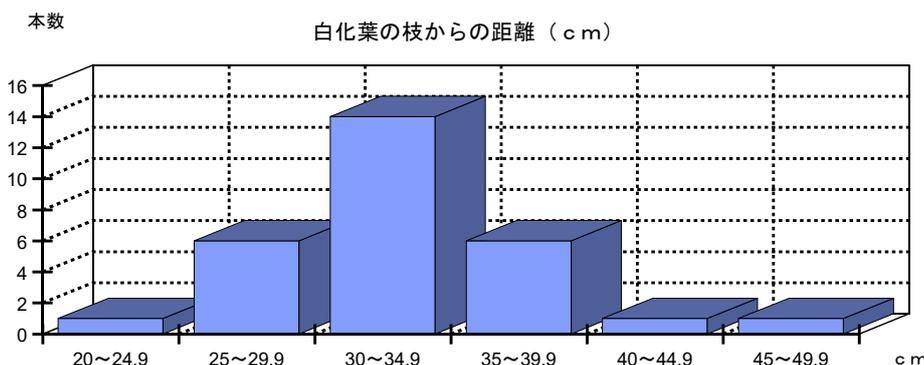
表 1.1 秋田市三内松原に自生するマタタビの白化葉の形成について

調査	白化葉までの距離	白化している葉の順番						調査	白化葉までの距離	白化している葉の番号					
		8	9	10	11	12	13			8	9	10	11	12	13
No1	33.0cm		●	○	○	○		No16	34.0cm		●	○	○	○	
No2	34.0cm		●	○	○			No17	30.0cm		●	○	○		
No3	32.0cm		●	○	○	○		No18	34.0cm		●	○	○	○	
No4	26.0cm	●	○	○				No19	35.0cm		●	○	○		
No5	38.0cm		●	○	○	○		No20	35.0cm			●	○	○	
No6	29.5cm		●	○	○	○		No21	31.0cm		●	○	○	○	
No7	42.0cm		●	○	○	○		No22	21.6cm		●	○	○		
No8	29.0cm		●	○	○	○		No23	32.0cm		●	○	○	○	
No9	26.0cm	●	○	○	○			No24	35.0cm		●	○	○	○	○
No10	38.0cm			●	○	○		No25	45.0cm		●	○	○	○	○
No11	33.0cm		●					No26	30.0cm		●	○	○	○	
No12	26.0cm		●	○	○	○		No27	25.0cm		●	○	○	○	
No13	38.0cm				●	○	○	No28	30.0cm		●	○	○	○	
No14	33.0cm		●	○	○			No29	34.0cm		●	○	○	○	
No15	34.0cm				●	○	○	No30	30.0cm		●	○	○	○	○

・白化を開始する葉の位置の割合 ↓

8 番目	7%
9 番目	77%
10 番目	10%
11 番目	7%

*枝から葉が展開した順に番号をつけている。
*表の中の●はその枝の中で一番最初に白化した葉の位置の番号である。



・白化葉の枝からの距離に関して

白化葉距離	本数
20 ~ 24.9	1 本
25 ~ 29.9	6 本
30 ~ 34.9	14 本
35 ~ 39.9	6 本
40 ~ 44.9	1 本
45 ~ 49.9	1 本
調査本数	29 本

- （まとめ）①枝から **9 枚目** についている葉から白化を始める。
（調査対象 29 本の結果から、**9 番目の葉**が白化する割合が **77%**より）
- ②グラフより、枝から **30 cm ~ 34.9 cm** のところに位置する葉から白化を始める傾向にある。

1.7 つぼみの存在と白化葉の形成について

実験室でのマタタビの生育観察から、つぼみの数が 1 個の場合白化しなかったり、白化しても葉のほんの一部だったりすることから、白化するためには、つぼみの存在が重要であると考えた。そこで、太平山に自生する野外のマタタビを用いて実験することにした。

- (目的) 白化するためにはつぼみの存在と個数が重要になってくることから、自生するマタタビのつぼみの数と白化葉の形成について実験した。また、白化葉と成長についても実験を行った。
- (実験) 5月8日(マタタビはまだ白化はしていない)に、枝についているすべてのつぼみを切除して、その後の白化現象および成長について調査した。
- (調査) つぼみの数と成長について(10個体の平均)
 つぼみ複数あり → 全体の長さ(35.5cm)
 つぼみなし → 全体の長さ(60.3cm)



図 35 マタタビのつぼみ切除

表 1 2 つぼみを切除してからの白化現象と成長について(枝の全長測定)

	5月8日	5月18日	5月26日	
	つぼみを切除	経過観察	枝の長さ全体	白化している葉の位置
No1	20.0 cm	30.0cm	46.0m	9番・10番
No2	23.0 cm	36.0cm	50.0cm	9番・10番・11番
No3	24.0cm	38.0cm	53.0cm	11番・12番・13番
No4	28.0cm	58.0cm	87.5cm	白化しない
No5	33.0cm	55.0cm	74.0cm	白化しない
No6	34.0cm	63.0cm	78.0cm	白化しない



図 36 左は白化した枝と右は白化せず成長した枝

(結果) つぼみを切除すると、白化しないで成長している個体が存在した。白化葉をつける枝に比べて、全体の成長がはやく大きい。

1 8 秋田市河辺(雄和)に自生するマタタビの白化現象について

マタタビが初夏に白化する現象について、学校での生育調査や秋田市三内松原(太平山)に自生する調査からある程度わかってきた。

【マタタビの葉が白化する条件】

- つぼみが複数個ついていること。
(1個だと白化する個体と白化しないで成長する個体が存在するため)
- 枝から葉が10枚以上展開していて、9枚目か10枚目の葉が位置する場所は枝から30cm以上離れるくらい成長していること。



図 37 白化しない個体は成長(115cm)



図 38 葉が9枚

【白化葉の成長と増加】

- 日あたりのよい場所で光合成でエネルギーを獲得できるほど、白化する面積の増加および白化葉の枚数の増加が見込まれる。
- 葉の成長は白化葉から先端に位置する葉(白化葉、緑葉)のみ見られる。



図 39 秋田市河辺マタタビ

しかし、今まで調査してきたマタタビは太平山に自生しているものについての結果であるため、違う場所に生育しているマタタビにもこの条件が当てはまるのか調査したいと考えた。秋田市河辺戸島(太平山から20kmの距離)の道路沿いにマタタビが自生する場所で調査してみた。(調査日平成27年6月15日)

表 1 3 白化葉とつぼみの数と位置について

調査	白化葉までの距離	白化の位置 枝からの番号	つぼみがつく 葉の位置
No1	26.0cm	9.10	5.6.7.8
No2	28.0cm	11.12.13.14.15	5.6.7.8.9.10
No3	28.0cm	10.11.12.13.14.15.16.17	5.6.7.8.9.10
No4	28.0cm	9.10.11.12.13.14	7.8.9
No5	28.5cm	10.11.12	5.6.7
No6	29.0cm	10.11.12.13.14.15	5.6.7.8.9
No7	29.0cm	10.11.12.13	6.7.8.9.10
No8	29.0cm	10.11.12.13	5.6.7.8.9
No9	29.0cm	10.11	7
No10	30.4cm	10.11.12.13.14.15	4.5.6.7.8.9
No11	32.0cm	11	6.7.8
No12	33.0cm	9.10.11.12.13	5.6.7
No13	34.0cm	11.12.13	6.7.8
No14	36.0cm	10.11.12	5.6.7.8.9
No15	40.0cm	11.12.13.14.15.16.17.18	6.7.8.9
No16	44.0cm	11.12.13.14	*つぼみなし



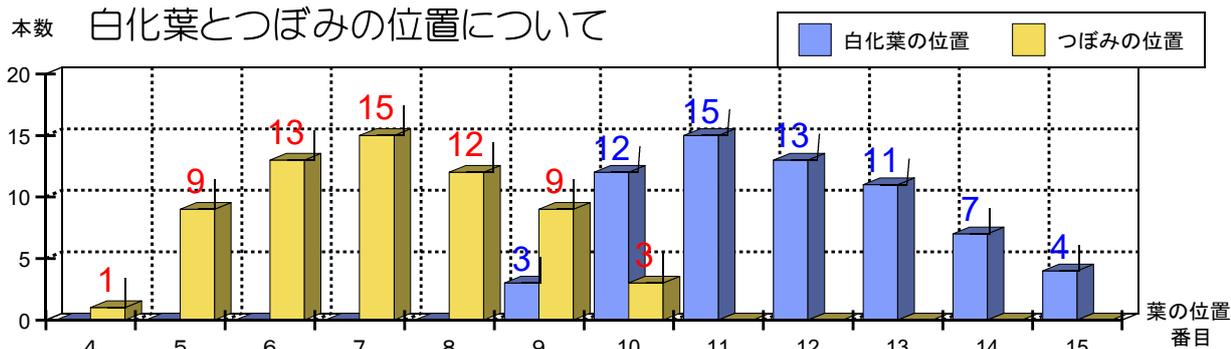
図 40 NO1の9・10番葉が白化



図 41 NO3の10～17番葉が白化

*枝から一番最初の白化葉までの距離 **31.5cm** (16本の平均)

表 1 4 白化葉とつぼみの位置について



- (まとめ) ①一番最初に白化する葉までの距離は28 cm～29 cmであった。(全体の5割) 調査した16本の平均は31.5 cmであり、学校で生育したものや秋田市太平山のものとはほぼ一致した。今回の秋田市河辺(雄和) マタタビの自生環境は日陰になっているところが多かったため、光が当たりにくいため少し成長が少ないためと考えられる。
- ②白化葉とつぼみの位置については、上記の表 12 の棒グラフより、つぼみのつく位置は第5番葉～第9番葉の付け根につくものが多く、白化葉が位置する場所は第10番葉～第13番葉である。つぼみの位置から先端に向けて2番目先に位置する葉から白化を始める傾向にある。

(考察) マタタビは昆虫を花に引き寄せるため、花が咲く少し手前の葉を主に白化させる。花よりも葉の方が面積が大きく、目立つとともに風でゆらゆら動くため、光を乱反射しやすく、昆虫の視覚に刺激を与えやすいと考える。つぼみがつく位置と白化葉の位置が同じであるほうがいいと思うが、あえて、つぼみの位置よりも少し先から白化葉をつけなければならないのか今後考えていきたい。

1 9 葉が白化を示さない個体の特徴について

秋田市太平山や秋田市河辺(雄和)に自生するマタタビを観察すると、白化葉をまったくつけない枝が存在することがわかる。そこで、白化現象を示さない個体について調査することにした。

(白化現象を示さない個体の特徴)

I・・葉が9枚以下で枝から20 cm程度のもの(例)

- ①葉が9枚で枝から20 cm、つぼみ1個
- ②葉が9枚で枝から17 cm、つぼみ3個

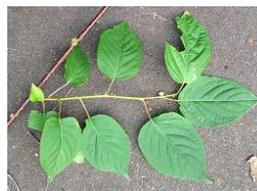


図 42 20 cm・つぼみ1個



図 43 17 cm・つぼみ3個

II・・つぼみの数が0個または1個のもの(例)

	つぼみの数	全体の長さ		つぼみの数	全体の長さ
No1	1つ	126 cm	No4	なし	125 cm
No2	1つ	120 cm	No5	なし	100 cm
No3	1つ	103 cm	No6	なし	110 cm



図 44 白化しない個体は大きい

(結果・考察)

- ①つぼみが複数個存在している枝であることが基本的には白化を始める条件である。
- ②つぼみが複数個存在しても、枝の長さが30 cm程度伸長している位置に葉が展開していない場合白化が起きない。

(まとめ)

- ・つぼみが複数個存在し、そこから枝の先端に向け、白化現象を引き起こす物質が移動する。つぼみの位置から10 cm程度先に葉が展開しているものがその物質を受け取って葉を白化させるため、そこまで伸長していない枝は白化葉をつけない。
- ・白化ができない枝であっても、大きな枝につく白化葉の刺激で昆虫が花を訪れてくれた場合、受精ができる。(図 4 1)
- ・枝が30 cm程伸長した葉から白化を始めることから、白化現象を引き起こすにはエネルギーをかなり必要とすると思われる。



図 45 大きな枝につく葉のみ白化する



図 46 小さな枝でも実をつける

2 0 まとめ

- ①マタタビは枝から30 cm程成長した第10番葉あたりの葉を白化させることにより、光を乱反射させ昆虫に存在を示す。また、白化葉に含まれる物質は、紫外線を吸収することができるため、昆虫に紫外線量の変化・消失を感知させ、花のありかとして認識させている。
- ②白化部分に含まれる物質が光エネルギー(紫外線や青色光)を吸収し、光合成能力を高めたり、酵素活性を高めるため、7月初旬の受粉後も落葉する9月下旬まで白化を続ける。
- ③枝から30 cm程伸長した先に位置する葉を一斉に白化させることで、木全体として昆虫誘引効果を高めていると考える。

2 1 今後の課題

つぼみをつける位置と白化葉を形成する位置が同じではなく、**白化葉をつける位置がより枝の先端に近いこと**（つぼみがついている場所よりも3つほど先に位置する葉から白化）、白化葉のみ成長し面積を広げることから、昆虫誘引以外にさらなる効果があるのではないかと考える。

もしかしたら、つぼみや受粉でできた実を守るための物質を白化葉が出しているのではないかとということで、今後実験をしていきたいと考える。

- ①マタタビの白化葉から葉や実を食べる昆虫や動物に対して嫌いな物質を放出している。
- ②白化葉になることでの表面構造をでこぼこに変化（三角錐形）に変化させることで、アブラムシなど植物の生育に影響を及ぼす害虫に卵を産ませなくさせる。

また、白化する枝と白化しない枝では成長に差があらわれることから、成長ホルモンが関与していると考えられる。ジベレリンなど伸長成長させるホルモンをマタタビに作用させることで、白化のメカニズムを解明していきたいと思う。



図 47 白化するマタタビ



図 48 ジベレリンをかける
(10ppm、50ppm、100ppm、250ppm)



図 49 ジベレリン 50ppm



図 50 成長過程を観察

2 2 夢に向かって

「マタタビの白化現象に謎にせまる」という研究テーマのもと、この2年間で白化のメカニズムや昆虫をおびき寄せる方法、葉を白化させる規則性など実験・観察でわかってきた。しかし、白化部分に含まれている紫外線を吸収して蛍光を示す物質が何なのかかわかるまでにはいかなかった。白化した部分（表皮細胞）に特異的にみられることから、フラボノイドではないかと予想されるが、もしかして蛍光タンパク質であれば、大発見ではないかと夢をふくらませている。高校生の研究はここまでで終わってしまうが、私たち二人はそれぞれの進学先でこの謎にさらにせまっていきたいと約束した。

「猫にマタタビ」というきっかけから始めた研究が、いつしか自然界でも珍しい葉を白化する植物「マタタビ」の機能性についての解明につながっている。初夏に山を白く輝かせる白化したマタタビのすごさをマタタビに代わって広めることができるようにこれから頑張っていきたいです。

2 3 謝辞

今回の実験でたくさんのアドバイスをしてくださった秋田県立大学生物資源科学部の岩崎郁子先生、帝京大学薬学部の高橋秀依先生、本研究を進めるにあたり、実験及び実験結果の分析・考察に関して快くご指導してくださいました本校理科の高橋司先生、発表会などご助言いただきましたすべての皆様に心より感謝申し上げます。

2 4 参考文献

- 1) またたびの研究から 化学教育
大阪市立大学理学部化学教室 目 武雄
- 2) 光るタンパク質 発色のしくみ
分子フォトサイエンス研究センター 理学研究化学専攻 秋本 誠志
- 3) 日本植物生理学会「みんなのひろばより」(JSPF サイエンス)
東京大学大学院理学系研究科 教授 塚谷裕一
- 4) 低温科学第67巻(光合成研究法)
北海道大学低温科学研究所 日本光合成研究会 共編