

波長ヲ異ニスル可視光線ノ水草及ビ 陸草ノ新陳代謝ニ及ボス二三ノ影響

(本研究ノ一部ハ昭和4年2月16日岡山醫學會總會ニテ演說セリ)

岡山醫科大學生理學教室(主任生沼教授)

森 川 尙

I くろも (*Hydrilla verticillata*) ノ

炭素同化作用ニ及ボス影響

緒 言

植物ノ炭素同化作用ニ及ボス色光線ノ影響ニ就キテハ、既ニ屢々研究サレシ問題ナリ、久シキ間、赤或ハ赤黄ノ光線ハ最モ同化作用強大ニシテ、Spectrumノ青次デ紫ノ部分ニ行クニ從ヒ、其ノ作用薄弱ナリト一般ニ信ゼラレシガ、C. Timiriazeff(1877)初メテ此見解ニ對シテ反省ヲ促シタリ。即チ同氏ハ太陽「スペクトルム」ノ使用ト瓦斯分析法ニヨリテ、青ニ尙ホーツノ同化作用強大ナル部分アルコトヲ發表セリ。又 Engelmann¹⁾(1883)ハ自己創意ノ細菌法(Bakterienmethode)ニヨリテ、同一ノ結果ヲ得タリ。然ルニ Pfefferハ同ジク細菌法ニヨリテ實驗セシニ拘ラズ、此第2ノ同化強大ナル部分ヲ其ノ成績ニ認メ得ザリキ、Reinke¹⁰⁾(1884)モ亦略ボ同様(Reinkeハ Fraunhoferschen Linien aトBノ間ニ、PfefferハCトDノ間ニ單一ノ頂點ヲ有スル曲線)ノ成績ヲ發表セリ。次デ F. G. Kohl⁹⁾(1897)ハ又之等ニ反シテ Engelmann等ニ凡ソ一致スル成績ヲ得タリ。斯ノ如ク相異セル問題ニ關シテ、更ニ E. Stahl(1906), L. Jost⁸⁾(1908), H. Kniep²⁾(1909), O. Warburg, E. Negelein⁴⁾(1923), J. C. Bose³⁾(1924)等相次デ研究サルルモ、其ノ成績種々ナルヲ以テ、著者ハ精細ナル用意ノ下ニ、次ギノ如ク實驗ヲ企テタリ。

實 驗 方 法

第1節 照 射 装 置

i 光 源

從來ノ研究者ハ多ク太陽ヲ光源ニ用ヒ、電燈ノ使用ハ少數例アルノミノ如シ。「スペクトルム」ノ性質上、又暗室ヲ要セザル關係上、太陽ノ照射ハ電燈ノ照射ニ勝ルガ如ク見ユレドモ、太陽ハ並行光線ナレバ距離ヲ變化シテ其ノ強度ヲ左右スルコト能ハザルヲ遺憾トナス(Bose³⁾ハ凸「レンズ」ニヨリ並行光線ノ集光後放散セル部分ヲ使用セリ)且光源ノ位置ヲ變更スルヲ得ザレバ、實驗ニヨリテハ不自由ナリ。更ニ太陽光

線ハ季節、朝夕、天候等ニヨリ照度常ニ一定セザレバ、長時日ノ繼續又ハ反覆スル實驗ニハ正確ナル成績ヲ得難シ。

尙ホ E. Hendrieks 及ビ R. B. Harvey⁷⁾ (1924) ハ電燈光線ノ植物ニ對スル作用ハ、太陽ノ夫レト大差ナキコトヲ實驗セリ。

以上ノ理由ニヨリ、著者ハ專ラ光源ヲ電燈トナシタリ。

ii 波長

W. A. Nagel⁶⁾ 及ビ V. Vouk ハ着色板硝子ハ波長混合シ居ルヲ以テ、實驗ニ不適當トシ Senebiersche Glocke ヲ賞用セリ、該鐘ハ硝子製ニテ二重ノ壁ヲ有シ、其ノ壁間ニ所要ノ色素液ヲ注入セシムル裝置ナリ。故ニ又液體濾過器 (Flüssiger Strahlenfilter) トモ稱ス。此鐘ニテ覆レタル植物ハ着色液ヲ透過スル一定ノ波長ノ光線ニテ照射サル、サレバ本實驗ニ適當ナルガ如ク見ユレドモ、陸生植物ノ場合、長期間蒸騰作用ヲ低下セシムル爲メ、波長ノミノ影響トナラズ、且液體ノ變化スル恐レアリ、又其ノ Energie ヲ、距離ニヨリテ夫々調節シ、同一ニナサント欲スルモ、圓柱形ナルノミナラズ、屈折率ヲ異ニセル液體ヲ含有スルヲ以テ、其ノ照度ヲ直チニ距離ノ自乗ニ逆比例スルモノト取ルコト能ハズ、從ツテ距離ニヨル Energie ノ調節困難ナリ。

以上ノ關係ニヨリ、Senebiersche Glocke ヲ使用セズ、又坊間ノ着色板硝子モ、波長混同シテ實驗ニ堪ヘザルガ故ニ、使用シ能ハザリキ。

依ツテ、著者ハ H. Schulz⁵⁾ ノ記載セル着色板硝子 (28×37 qcm) ヲ製作シ、上記ノ波長ノ混合、蒸騰作用ノ防遏、Energie ノ不平均等ノ缺點ヲ補ヒタリ。

其ノ着色板硝子ノ製作法ハ次ギノ如シ。

色硝子板調製用色素處方

赤色	Tatrazin	2.0 g	Erythrosin	1.0 g	Saure rhodamin	1.04 g
綠色	Tatrazin	2.0 g	Patent blau	0.8 g		
青色	Patent blau	1.0 g	Saure rhodamin	2.0 g		

以上ノ如ク色素ヲ取り、夫々6%ノ膠液100ccノ中ニ入レテ溶解シ、其ノ溶液8ccヲ板硝子100qcmノ表面ニ擴ガル割合ニ流シ、水平ニ靜置シテ乾燥セシム。斯クシテ仕上タル着色板硝子ヲ分光鏡(Spektroskop)ニヨリテ、夫々其ノ透過セシムル光線ノ波長ヲ檢定スルニ、赤色板ハ640—715 μ , 綠色板ハ520—595 μ , 青色板ハ340—515 μ ノ波長ナルヲ知レリ。即チ波長ノ混同ナク、實驗ニ不都合ナキモノト認メタリ。

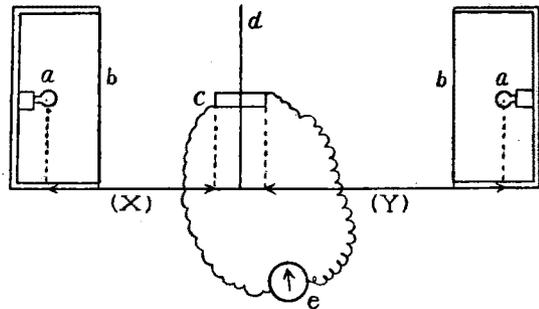
iii Energie

1882年 Langley ハ直射日光ノ Spektrum ニ於ケル Energie ノ分布ニ、Fraunhoferschen Linien ノ C. D. ノ間ニテ D. ニ近ク頂點ヲ有シ、左右ニ漸次下ル曲線ヲ得タリ。L. Jost⁸⁾ ハ植物ノ炭素同化能力アル範圍ハ人眼ニ對スル可視ノ範圍ニ略ボ一致シ(300 μ —700 μ)、其ノ曲線(横線ニ波長ヲ、縦線ニ同化能力ヲ表ス)ハ Langley ノ上記曲線トハ一致セザルモノナリト記載セリ。抑モ波長ノ影響ヲ實驗セントスルニハ、光線ノ Energie ヲ同一ニセザルベカラズ。從來ノ實驗ニハ多ク此 Energie ノ統一ヲ看過セリ。依ツテ著者ハ次ノ如キ方法ニヨリテ、色調ヲ異ニセル2光線ノ「エネルギー」量ヲ測定セリ。

Opticalbench ノ中央ニ「アンチモン」ト蒼鉛トヨリ成ル熱電柱ヲ装置シ、兩極ヲ A. M. 電流計(ケムブリツヂ會社製)ニ連結ス、又其ノ兩方適當ノ距離ニ同燭光ノ電燈ヲ點シ、其ノ電光ヲシテ一方ニテハ例ヘバ赤色硝子板ヲ通過セシメ、他方ニ於テハ例ヘバ綠色硝子板ヲ通過セシメタル後、熱電柱ノ兩端ニ同時ニ作用セシメ、電流計ノ針ノ偏位ノ向ニヨリテ、一方ノ光源ノ距離ヲ加減シ、電燈ノ點火ニヨリテ電流計ニ偏位ヲ起サザル距離ヲ定ムレバ、光源ヨリ其ノ距離ノ比ニ於テ、兩色ノ光線ハ其ノ「エネルギー」ヲ等シクスル譯ナリ。右ニ其ノ装置ヲ略圖ス。

即チ圖示ノ X, Y ノ値ハ夫々光源(着色硝子板ト光源トノ距離ハ總テ同一トス)ト熱電柱トノ距離トス。其ノ成績ハ、赤硝子ト綠硝子トニテハ其ノ距離赤 54.0 cm, 綠 41.7 cm, 赤硝子ト青硝子トニテハ赤 54.0 cm, 青 41.1 cm ノ比トナレリ。故ニ此處ニ用キタル色硝子ノ透過スル光線ノ Energie ノ比ハ、赤 292, 綠 174, 青 169 ナリ。

第 1 圖



圖解： a. 光源
b. 着色硝子板 (X), (Y). 光源ト熱電柱トノ距離
c. 熱電柱
d. 隔壁
e. 電流計

第 2 節 測定法

くろも (*Hydrilla verticillata* ノ變種)ヲ採取シ、之ニ波長ヲ異ニスル光線ヲ照射シ、其ノ切斷端ヨリ發生スル氣泡又ハ瓦斯量ニ及ボス影響ヲ實驗ス。此發生スル瓦斯ハ酸素、窒素及ビ炭酸瓦斯ノ混合セルモノニシテ、其ノ量ハ炭素同化作用ニ比例スルモノナリトハ、H. Kniep 之ヲ實驗シ、先人多ク之ヲ認メ、著者ノ實驗(未發表)モ亦同様ノ成績ヲ得タリ。

i 發生瓦斯容積定量法

本法ハ Barcroft 氏示差血液瓦斯測定器ヲ應用セルモノニシテ、從來ノ氣泡計算法ヨリモ實驗容易ニシテ、且成績確實ナレバ、此目的ニハ費用スベキ法ナリト思惟ス。

即チ Barcroft 氏ノ示差血液瓦斯分析器 (Differential Blutmanometer) ノ兩側卵形瓶ニ、CO₂ヲ吸收セル蒸餾水ヲ 25 cc 宛入レ、一側ノ卵形瓶中ニ實驗植物ヲ入ル、此植物ヲ照射シテ發生スル瓦斯量ハ瓦斯分析器ノ示ス壓ニ器械ノ定數ヲ乘ジテ算出ス。

器械ノ卵形瓶ノ溫度ハ兩側同一ナルヲ要スルヲ以テ、之ヲ多量ノ水ヲ盛ル水槽ニ漬シ、尙ホ時々空泡ヲ通ジテ攪拌ス、尙ホ光線ノ照射ニヨリテ水槽ノ溫度ヲ高ムル恐レアル場合ニハ、一定溫度ノ水道水ヲ間斷ナク流シタリ。本實驗モ光源電燈ナルヲ以テ、暗室ニテ實驗セリ。

ii 氣泡計算法

植物ヲ照射スルニ用キル容器ハ全ク Bose³⁾ 氏(62 頁 14 圖)ニ倣ヒタル角瓶ヲ用キタレドモ、同氏ノ用キ

タル氣泡描寫法ハ、所期ノ目的ヲ達シ難カリシヲ以テ、下記ノ如キ法ヲ用キ、尙ホ次ノ諸點ヲ注意セリ。

1. 長時間ヲ要スル實驗ハ勿論、同ジ實驗ヲ繰返スニハ、照度ニ變化ヲ來ス日光ハ不適當ナリ。サレバ暗室ニテ照度ノ一定セル電燈ヲ專ラ使用セリ。
2. 連續セル氣泡流ノ氣泡發生間隔時間ヲ計算スル場合、秒時計 (Stopwatch) ニテハ不便ニシテ、誤ヲ生ジ易ク、時ニ殆ド不可能ノコトモアレバ、著者ハ Markiermagnet ヲ用キテ Kymographion ニ記入セシムル方法ヲ用キタリ。即チ氣泡ノ發生ヲ見テ、直チニ電鍵ヲ閉セバ、電流ハ電磁石ニ通ジ、描寫針ヲ動カシ、Kymographion ニ記入ス。
3. 溫度ノ一定ヲ保ツ爲メニハ、植物容器ヲ更ニ平面硝子板ニテ張レル大水槽中ニ置キ、場合ニヨリテハ其水槽ノ水ヲ絶エズ交換セシメタリ。

實驗成績

第 1 節 發生瓦斯容積ニ及ボス成績

實驗植物 0.25—0.3 g ヲ卵形瓶ニ入レ、3 種ノ波長ヲ異ニスル光線ニテ、夫々照射シ、發生スル瓦斯ヲ定量セリ。

實驗第 1 群

前述ノ如ク色ヲ異ニスル硝子板ヲ通過シ來ル光線ノ「エネルギー」量等シカラザルヲ以テ、光源ヨリ植物ニ達スル距離ヲ「エネルギー」量ノ平方根ノ比ニ取りテ作用スル「エネルギー」量ヲ同一ナラシメタリ。即チ赤硝子ヲ用キタルモノニ於テハ、光源ヨリノ距離ヲ 5.4 cm トシ、綠硝子ノモノハ 4.17 cm、青硝子ニテハ 4.11 cm トシ、照射時間 25 分間ニ發生セル瓦斯量ヲ定量セリ、其ノ成績ハ次表ノ如シ。

第 1 表

實驗番號 區別	I	II	III	IV	V	平均	同化量割合
	mm ³						
赤	16.43	20.15	19.53	13.02	12.71	16.37	100
綠	0.93	2.71	2.48	4.65	4.03	2.96	18.2
青	1.24	2.79	4.03	1.86	8.68	3.72	22.8
實驗溫度	34°C	32°C	29°C	33°C	30°C		

(附記) 赤 : λ 640—715 $\mu\mu$. 綠 : λ 520—595 $\mu\mu$. 青 : λ 340—515 $\mu\mu$.

實驗第 2 群

前者トハ光源ノ距離ヲ異ニスルノミ、但シ各色光線ノ光源ト植物トノ距離ノ比ハ同一ナリ。即チ赤ハ 15.1 cm、綠ハ 11.7 cm、青ハ 11.5 cm ナレバ、照度稍々弱シ、然レドモ、各色光線ノ植物ニ作用スル「エネルギー」量ハ依然同一ナリ。

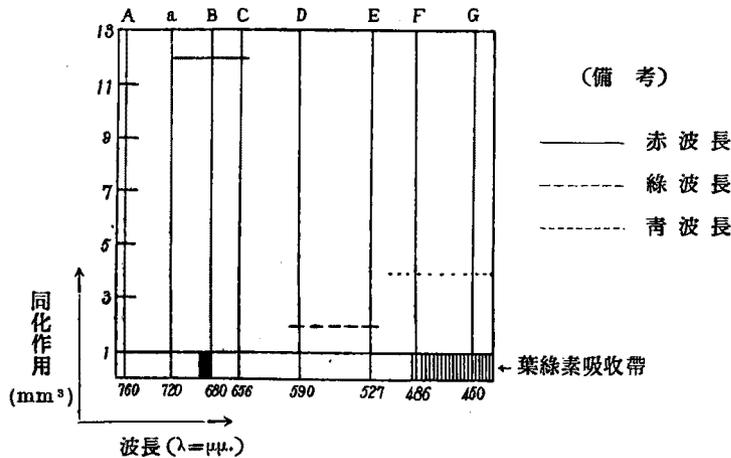
第 2 表

實驗番號 區別	I	II	III	IV	V	平均	同化量割合
	mm ³						
赤	9.61	13.95	12.71	9.92	13.95	12.03	100
緑	1.55	1.24	2.48	1.55	2.48	1.86	15.4
青	2.48	4.34	4.65	2.48	5.27	3.84	31.8
實驗溫度	32°C	30°C	27°C	30°C	28°C		

(附記) 前表 = 同ジ.

第 1 及第 2 ノ實驗成績ヲ平均シテ、波長ヲ横線ニ取り、酸素量ヲ縦線ニ取りテ坐標系ニ記入シ、尙ホ該植物ノ葉ノ浸出液(「クロロフィル」液)ノ光線ニ對スル吸收帶ヲ並記スレバ、第 2 圖ノ如シ.

第 2 圖



圖示ノ如ク吾人ノ眼ニ赤ト感ズル波長ノ光線(平均 677 $\mu\mu$)ハ最モ多ク酸素ヲ發生セリ。即チ同化作用最モ強大ナリ。次デ青(平均 427 $\mu\mu$)、次デ緑(平均 557 $\mu\mu$)ノ順序ニシテ、此 3 色ノ同化力ノ平均割合ハ赤 100、青 27.3、緑 16.8 ナリ。葉綠素吸收帶ト此成績トノ關係ハ次節ニ於テ述ブベシ。

第 2 節 氣泡發生ニ及ボス成績

色光線ノミニテハ瓦斯發生弱ク實驗ニ長時間ヲ要スルヲ以テ、直接電燈照射ヲナシ瓦斯ノ發生シツツアル植物ニ更ニ色光線ヲ照射セシメタル成績ナリ。

實驗第 1 群

1 分間ノ氣泡發生數ニ及ボス色光線ノ影響ヲ算出セリ。是レ各植物ニヨリテ、其ノ發生數ヲ異ニスルノミナラス、同一植物ニテモ切斷口ニヨリ其ノ數ヲ變化スルヲ以テナリ。

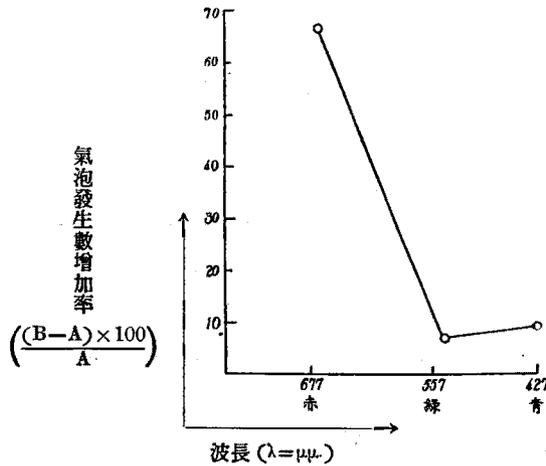
實驗溫度ハ 26°C 乃至 28°C ニシテ, 第 3 表ハ本實驗 6 回ノ平均成績ヲ示ス.

第 3 表

實驗法 區別	對照 1 分間發生數 A	對照十色光線 1 分間發生數 B	附加光線ニヨル 1 分間發生數倍數 $\frac{B}{A}$	附加光線ニヨル 1 分間發生數增加率 $\frac{(B-A) \times 100}{A}$
赤	24 回	40 回	1.66	66.66
綠	13 回	14 回	1.07	7.69
青	21 回	23 回	1.09	9.52

此成績ニヨリ, 發生數增加率ヲ縱線ニ取り, 波長ヲ橫線ニ取りテ作圖スレバ, 第 3 圖ノ如シ.

第 3 圖



實驗第 2 群

氣泡發生間隔時間ニ及ボス色光線ノ影響ヲ示シタルモノニシテ, 溫度ハ 26°C—27°C, 實驗數 5 回ノ平均ナリ.

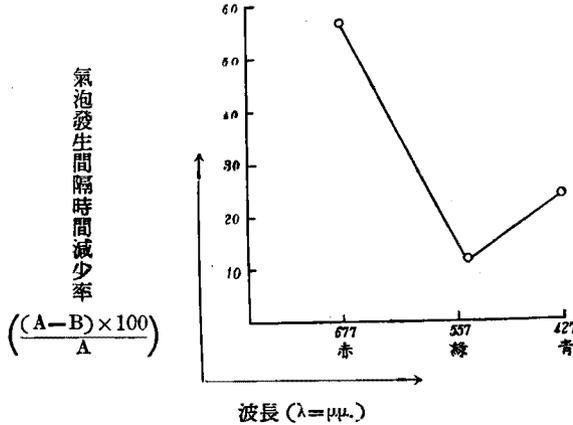
第 4 表

實驗法 區別	對照 發生間隔時間 A	對照十色光線 發生間隔時間 B	附加光線ニヨル 發生間隔時間倍數 $\frac{B}{A}$	附加光線ニヨル 發生間隔時間減少率 $\frac{(A-B) \times 100}{A}$
赤	21 秒	9 秒	0.42	57.14
綠	17 秒	15 秒	0.88	11.76
青	25 秒	19 秒	0.76	24.00

今氣泡發生ノ間隔時間ノ比, 即チ白色光線ニ於ケル間隔時間ヨリ, 白色光線ト色光線ヲ同時ニ照射セシ

際ノ間隔時間ヲ減ジ, 100 ヲ乗ジ, 此値ヲ白色光線下ノ間隔時間ニテ除シタルモノ (發生間隔時間減少率) ヲ縦線ニ取り, 波長ヲ横線ニ取りテ作圖スレバ, 第4圖ノ如シ.

第 4 圖



由是觀之, 氣泡發生數增加率ハ第3圖ニ示ス如ク赤 > 青 > 綠ナル關係ニシテ發生間隔時間減少率ハ赤 > 青 > 綠ナル關係第4圖ニ示ス如シ. 故ニ炭素同化作用ニ及ボス色光線ノ影響ハ赤 > 青 > 綠ナル關係トナル. 即チ前節ノ成績ニ略ボ一致セリ.

今本實驗植物ヲ乳鉢ニテ碎キ, 「アルコール」ニテ浸出セシ液ヲ分光鏡ニテ檢査スルニ, λ 680—690 μμ. ニ互ル強キ吸收帶ト, λ 490 μμ. 以下弱ケレドモ一般ニ吸收スルヲ認メタリ.

觀ツテ前2節ノ諸實驗成績ヲ視ルニ, 640—715 μμ. ノ波長ヲ有スル赤色光線最モ同化作用強ク, 次イデ 340—515 μμ. ノ波長ヲ有スル青色光線有力ニシテ, 520—595 μμ. ノ波長ヲ有スル綠色光線最モ微弱ナリトス.

サレバ炭素同化作用ト吸收線トハ第2圖ニ示ス如ク, 相準ズル結果トナレリ.

實驗成績ノ考察

綠植物ノ炭酸同化作用ニ及ボス波長ヲ異ニセル可視光線ノ影響ニ就テハ, 夙ク既ニ Engelmann¹⁾ノ業績アリ, 氏ノ Cladophora ニ就キ, 顯微鏡下ニ嫌氣菌ノ群集ニヨリテ測定セル酸素排泄量ノ各波長ノ光線ニヨル比較的ノ關係ハ次ノ如ク

F. 氏 線	B—C	D	D ½ E	E—b	F	F ½ G
O ₂ 排泄量ノ比 (細胞下面)	100	48.5	37	24	36.5	10

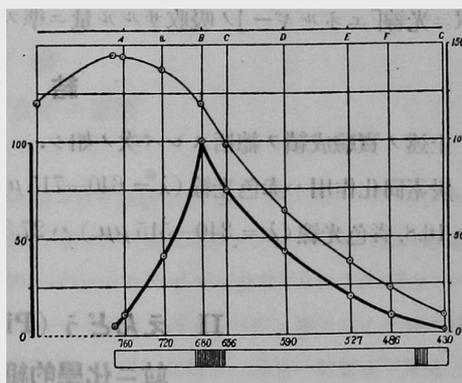
赤色 (B—C) ノ部最モ同化作用強ク, 第1頂點ヲナシ, 綠色部 (E) 最モ弱ク, 青色部 (F) ニ於テ再ビ増加シ第2頂點ヲナス. 而シテ氏ハ此現象ヲ以テ「クロロフィール」ガ赤色及青色光線ヲ能ク吸收スル性質ニ歸セリ. 然レドモ氏ノ實驗ニ於テ用キタル光線ハ日光「スペクトルム」ヲ直

接ニ用キタルモノナレバ、波長ヲ異ニセル光線ノ間ニハ「エネルギー」量ノ相違アルヲ以テ、上掲ノ數字ハ直チニ各色光線ノ同化力ノ比ヲ示スモノニアラズ。

其ノ後 Kniep 及ビ Minder²⁾ ハ此實驗ノ缺點ヲ補ヒ、各波長ノ光線ノ有スル「エネルギー」量ヲ同一ナラシメテ、夫レ等光線ノ炭酸同化作用ニ及ボス影響ヲ檢シ、大體 Engelmann 氏ト同様ノ成績ヲ得タリ。

Bose³⁾ 氏ハ再ビ波長ノ異ナル光線ノ間ニ於ケル「エネルギー」ノ相違ヲ同一ニスルコトナクシテ行ヒタル實驗ノ成績ハ下圖ニ示スガ如ク

第 5 圖



赤色光線ノ同化力最モ大ニシテ、夫レヨリ波長ノ短クナルニ從ヒ、其ノ同化力モ亦減ズル割合ハ略ボ太陽光線「スペクトル」ノ「エネルギー」分配ニ準ズ。此處ニ最モ注意スベキ事ハ青色部附近ガ「クロロフィル」ニヨリテ吸收サルルニモ拘ラズ同化力ノ増加ヲ示サザル點ナリ。Warburg 及ビ Negelein⁴⁾ ハ

Chlorella ト云フ藻ニ就キ、之ヲ照射スル光線ノ「エネルギー」量ヲ精密ニ測定シ、且各波長ノ光線ニ就テ之ヲ均等ナラシメ、發生セル酸素量ハ Barcroft 血液瓦斯測定器ヲ變形セルモノヲ用キテ測定セリ。其ノ結果ハ赤 ($\lambda = 610-690 \mu\mu$) ノ同化力 ($\frac{\text{cmm}}{\text{Cal}} = \varphi 0$) ハ 117, 黄色 ($\lambda = 578 \mu\mu$) ノ同化力ハ 106, 綠色 ($\lambda = 546 \mu\mu$) ノ成績ハ不正確ナレドモ凡ソ 88, 而シテ青色 ($\lambda = 436 \mu\mu$) ノ同化力ハ 67 ニシテ、Bose 氏ノ成績ノ如ク、赤色ノ同化力最モ大ニシテ波長ヲ減ズルニ從ヒテ、其ノ作用ヲ減ジ、青色ガ特ニ其ノ作用ノ大ナルコトヲ示スコト無シ、而シテ同植物ヨリ「メチールアルコール」ヲ用キテ作りタル Chlorophyll, Caroten 及 Xanthophyll ノ混合溶液ニ就テ檢査セル光線吸收量ハ、第 5 表ノ如ク赤色及ビ青色部ニ於テ吸收著シキヲ示セリ。

第 5 表

波長 $\lambda = \mu\mu$	吸 收 率
660	1.04
578	0.207
546	0.115
436	2.67

斯クノ如ク、青色光線ガ赤色光線ヨリモ略ボ 2 倍半多ク吸收セラルルニ拘ラズ。青色光線ノ同化作用ガ赤色光線ニ及バザル事實ノ説明トシテ、青色光線ガ主トシテ炭酸ヲ同化スル作用ヲ有セザル黄色色素ニヨリテ吸收セラルルニヨルモノナリトセリ。

余ノ實驗ハ曩ニ詳述セル如キ方法ニヨリテ、赤、綠及ビ青ノ光線ノ植物ニ作用スル「エネルギー」量

ヲ均シカラシメテ測定シタル瓦斯(主トシテ酸素)發生量ニヨル同化作用ハ Engelmann 等ノ

成績ニ一致シ、赤、緑、青3色ノ同化作用ノ割合ハ100:16.8:27.3ニシテ明カニ赤色及ビ青色ガ其ノ作用ノ大ナルヲ示シ、是等色光線ヲ白色光線ニ添加シタル時ノ氣泡數測定成績モ亦之ニ一致セリ。

而シテ此赤色部ト青色部トハ Chlorophyll 溶液ニヨリテ能ク吸收セラルル部ナルコト前述ノ如シ。

サレバ余ハ Chlorophyll ニヨル炭素ノ同化作用ガ、之ヲ照射スル光線ノ波長ニヨリテ異ナルハ、主トシテ吸收量ノ異ナルニヨルモノニシテ、元來ノ同化作用ハ、光線ノ波長ニハ關係ナク、單ニ光線「エネルギー」ノ吸收サルル量ニ準ズルモノナラント信ズ。

結 論 (I)

上述ノ實驗成績ヲ總括スレバ次ノ如シ。

炭素同化作用ハ赤色光線 ($\lambda = 640-715 \mu\mu$) ヲ 100 トスレバ、綠色光線 ($\lambda = 520-595 \mu\mu$) ハ 16.8, 青色光線 ($\lambda = 340-515 \mu\mu$) ハ 27.3 ニシテ、此割合ハ概ネ葉綠素ノ光線吸收量ニ準ズ。

II えんどう (Pisum sativum) ノ發育 竝ニ化學的組成ニ及ボス影響

緒 言

本編ノ問題ニ就キテハ A. Morgen¹⁰⁾, W. Pfeffer¹¹⁾, F. Schanz¹⁴⁾, B. Thompson¹²⁾ 等ノ記載アルモ著者ガ文献渉獵範圍ニ於テハ未ダ詳細ナル業績ニ接シ得ズ、特ニ化學的組成ニ及ボス影響ニ關シテハ全く發見シ得ザリキ。

實 驗 方 法

i 照射装置

光源、波長、「エネルギー」ニ就キテハ前編ト同様ナルガ故ニ、之ヲ省略セリ。

ii 栽培法

同一品種ノ純粹系統ノ豌豆種子 20 箇宛ヲ 3 箇ノ培養基ニ播種セリ、培養基ハ Ganong ノ水中培養器ヲ變法セルモノニシテ、Knop 氏養液ヲ入レタル「ベツヘルグラス」ニ 20 ノ小孔ヲ有スル木製圓板ヲ輕ク燒キテ浮べ、其ノ孔ノ傍ニ播種シ、發育セシムル装置ナリ。

(寫眞参照)

此ノ培養基ヲ木製ノ箱ノ内ニ入レ、其ノ箱ノ一方ニハ色硝子ヲ張レル窓ヲ作り、窓ノ前方一定ノ距離ニ電



赤 緑 青

燈(255 燭光)ヲ點シ、間斷ナク照射セシム。此裝置ハ全部暗室内ニ在ルヲ以テ、木箱内ノ植物ハ夫々波長ヲ異ニスル光線ノミヲ受ケ、發育スルモノナリ。電燈ト植物トノ距離ハ前述ノ如ク赤 54.0 cm, 綠 41.7 cm 青 41.1 cm トシ、Energieヲ統一セリ。

iii 測定法

以上ノ如クシテ發育セシ植物標本ヲ採取シテ、其ノ帶色ヲ檢シ、各部ノ長サヲ測リ、水分含有量ヲ生植物重量ト乾燥重量トノ差ニヨリテ算出シ、全窒素量ニ關シテハ Kjeldahlノ定量法、糖類(澱粉ヲ含ム)含有量ニ就キテハ、稀鹽酸ニテ加水分解ヲナシタル後、之ヲ中和シ、Amos-Peter還元物質定量法ヲ用ヒ、葡萄糖トシテ計算セリ。

實驗成績

第 1 節 生長ニ及ボス影響

i 莖ノ延伸生長ニ及ボス成績

A. Morgen¹⁰⁾ハ青色照射ノ植物莖ハ黃色照射ノ夫レヨリモ稍々長キ成績(青:黃 = 3.25 cm : 3.05 cm)ヲ發表セリ。W. Pfeffer¹¹⁾ハ屈折率大ナル青及ビ紫外線ハ日光ノ如ク、又屈折率小ナル黃及ビ赤外線ハ暗黒ノ如ク、植物ノ發育ニ働クモノナリト記載セリ。F. Schanz¹⁴⁾ハ Cucumis sativus(胡瓜)及ビ Petunien(ツクバネアサガホ)ノ實驗植物ニヨリ、赤色光線照射ノ際最長ニシテ、波長ヲ減ズルニ從ヒ漸次莖ノ長サモ減ズル成績ヲ示シ、E. U. A. Strasburger¹³⁾ハ短波長ノ青及ビ紫外線ハ生長ニ影響シ、赤黃ハ暗黒即チ光線ノ作用ナキ時ト同様ナリト記載セリ。Thompson 研究所¹²⁾ノ發表ニヨレバ大豆 Soy beans (Peking)ノ實驗植物ニ於テ、青、紫ノ光線ヲ除外シタル日光照射ニ於ケル莖ノ延伸生長ハ、對照ノ日光照射ニヨル夫レヨリモ大ナリト發表セリ。

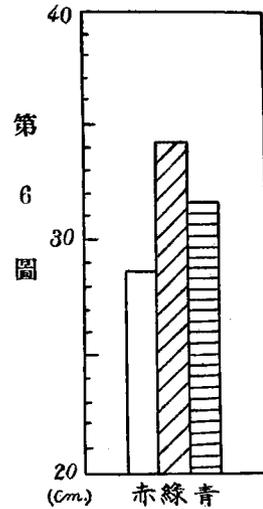
以上ノ文獻ヲ見レバ、Morgenハ短波長ニ莖ノ延伸生長ノ大ナルヲ認ムルモ、他ハ長波長ニ大ナルヲ認メタルモノト斷ジ得ベシ。サレド之等ノ業績ニ於テ、放射「エネルギー」ヲ統一セシ實驗ヲ發見シ得ザリシヲ以テ次ニ著者ノ「エネルギー」量ヲ均等ニセシ實驗成績ヲ圖表ニテ示サン。

第 6 表

實驗 區別	I	II	III	IV	平均
栽培期間	20/II—25/III	26/III—5/V	8/V—22/V	26/V—10/VI	(cm)
赤	cm 23.6	cm 48.0	cm 23.0	cm 20.4	28.8
綠	37.3	39.8	29.0	30.5	34.2
青	20.6	46.0	32.4	28.3	31.9

(附記) 赤 λ 640—715 μμ.
綠 λ 520—595 μμ.
青 λ 340—515 μμ.

照射距離 赤 54.0 cm
綠 41.7 cm
青 41.1 cm



即チ莖ノ延伸生長ハ赤<青<緑ナル關係トナレリ。此關係ハ正シク葉綠素ノ光線吸收量ト相反ス。元來莖ノ生長ニ及ボス白色光線ノ影響ハ之ヲ阻止スルニアルコト既ニ余ノ報告¹⁵⁾セル所ナリ、而シテ今復莖ノ生長ニ及ボス色線ノ影響ハ葉綠素ニヨル光線吸收量ニ相反スルヲ觀ル。即チ此事實ハ光線「エネルギー」ガ莖ノ生長ヲ阻止スル白色光線ヲ用キタル實驗成績ノ正シキコトヲ裏書スルト同時ニ、莖ニ葉綠素ヲ有スル植物ニ於テハ、葉綠素ニヨリテ吸收セラレタル光線「エネルギー」ガ莖ヲ形成スル組織細胞ノ發生(長サノ向キヘノ)ヲ阻止スルモノナルコトヲ知ラシム。而シテ其ノ微細ナル機轉ニ至リテハ單ニ本實驗ニヨリテ窺知シ得ル所ニアラズ。

ii 根ノ延伸生長ニ及ボス成績

本成績ニ關スル文獻ハ、A. Morgen ノ黃色光線照射ハ青色ノ夫レヨリモ根ノ長サ大ナル成績(黃:青=8.20 cm:7.30 cm)ヲ發見シ得シノミニシテ、而モ「エネルギー」量ヲ均等ニナシ、且根部ヲ直接照射セシモノニアザルヲ以テ、直チニ著者ノ成績ヲ次ニ示サン。

第 7 表

實驗 番號 區別	I	II	III	IV	平均
栽培期間	20/II—25/III	26/III—5/V	8/V—22/V	26/V—10/VI	(cm)
赤	cm 7.2	cm 10.2	cm 10.2	cm 13.8	10.4
綠	11.4	6.1	7.3	14.4	9.8
青	8.6	7.1	12.6	14.2	10.7

(附記) 赤: $\lambda=640-715 \mu\mu$.

照射距離 赤: 54.0 cm

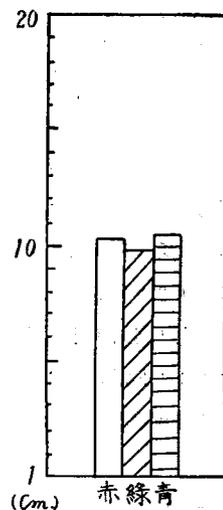
綠: $\lambda=520-595 \mu\mu$.

綠: 41.7 cm

青: $\lambda=340-515 \mu\mu$.

青: 41.1 cm

第 7 圖



上記ノ圖表ヲ視ルニ、波長ノ長短ニヨル根ノ長サノ差ハ0.6乃至0.9 cmニシテ極メテ僅微ナリ、依ツテ著者ハ實驗誤差ト見做シ影響ナキモノト認ムルヲ妥當ナリトセリ。

之ヲ按ズルニ、根ハ莖ト異ナリ例ヘ波長ヲ異ニスル光線ノ照射ヲ受クルトモ、光線ノ「エネルギー」ヲ良ク吸收スル葉綠素ヲ含マザルヲ以テ(根ハLeukoplastenヲ含有セザルニヨリ照射スルモ葉綠素ヲ形成セズ)光線ノ吸收極メテ少ク從テ認ムベキ影響ヲ與ヘザリシモノト云フベシ。

iii Chlorophyllノ形成ニ及ボス成績

赤、綠、青³種ノ光線ニテ夫々照射セン植物標本ヲ肉眼的ニ觀察スルニ、明カニ其ノ綠色ノ濃度ヲ異ニシ、赤色光線ニテ照射セン植物ハ弱キ日光照射ニヨル植物ノ帶色ノ如ク、次デ青、次デ綠ノ順序ナリ、綠ノ如キハ暗所ニ栽培セルモノト一見區別シ難シ。

Chlorophyll形成量ノ顯微鏡的所見モ、凡ソ肉眼的所見ト一致セリ。

即チ葉綠素ノ含有量ハ赤 > 青 > 綠ノ關係ナル成績ヲ得タリ。

以上ノ成績ヲ考察スルニ。

元來葉綠素ハ Leukoplasten ヨリ形成サルルモノナレバ、先ヅ Leukoplasten ハ光線ノ作用ニヨリテ葉綠素ヲ生ズ一度葉綠素ヲ生ズレバ之ニヨリテ光線ヲ吸收シ其ノ「エネルギー」ヲ用キテ更ニ葉綠素ヲ新生スルモノトスル時ハ葉綠素ノ形成量ガ葉綠素ノ光線「エネルギー」吸收ノ割合即チ赤 > 青 > 綠ニ一致スルヲ理解シ得ベシ。

第 2 節 化學的組成ニ及ボス影響

i 水分含有量ニ及ボス成績

本問題ニ關シテ、「エネルギー」ノ均等及ビ波長ノ記載ハ之ヲ缺クモ、稍詳細ニ報告サレタルハ A. Morgen ノ成績アルノミノ如シ、同氏ハ色調ヲ赤、黃、青ノ 3 種トナシ、其ノ固分ヲ検査セリ。該實驗 6 例ノ成績ヲ見ルニ、何レモ黃 > 赤 > 青ナル關係ヲ認メタリ。

次ニ著者ノ實驗ヲ述ベシ。

播種シテヨリ間斷ナク夫々同一「エネルギー」量ノ赤、綠、青ノ 3 種ニテ照射シ、一定日後採取シタル植物標本ヲ 105°C ノ電氣乾燥器ニテ 2 日間程乾燥シ、之ヲ直チニ硫酸乾燥器 (Exsikkator) ニ貯ヘ、數日間毎日秤量シ、重量一定トナリタル時、其ノ重量ヲ該植物ノ乾燥量ト稱シ、次ニ生植物ヲ精秤シタル重量ヨリ其ノ乾燥量ヲ減ジタルモノヲ水分含有量ト稱セリ。

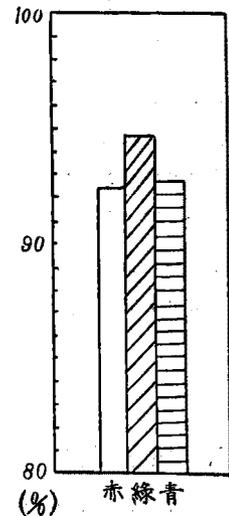
其ノ成績ハ次ノ如シ。

第 8 表

實驗 番號 區別	I	II	III	IV	平均
栽培期間	20/II—25/III	26/III—5/V	8/V—22/V	26/V—10/VI	
	%	%	%	%	%
赤	89.62	93.42	93.26	92.88	92.30
綠	92.86	92.82	94.08	93.74	94.48
青	89.64	92.70	93.47	93.84	92.41

(附記) 第 7 表ニ同シ

第 8 圖



圖表ノ如ク、水分含有量ハ綠 > 青 > 赤ナル關係ニシテ、莖ノ延伸生長ニ於ケルガ如ク、吸收サルル光線「エネルギー」量ニ反比スルモノノ如シ。

ii 窒素含有量ニ及ボス成績

實驗方法ニ記載ノ如ク處置セシ3種ノ植物標本ヲ乾燥シ、粉末トナシ、夫々重量一定トナルマデ型ノ如ク操作ス。此材料ヨリ所要量ヲ間接秤量法ニヨリテ精取シ、之ヲ Kjeldahl ノ窒素定量法ニヨリ全窒素量ヲ定量セリ、第9表ハ其ノ成績ヲ示ス。

第 9 表

	實 驗 番 號	I	II	III	IV	平 均
	播 種 日—採 取 日	20/II—25/III	26/III—5/V	8/V—22/V	26/V—10/VI	
赤	乾 燥 量 中 窒 素 (%)	7.789	8.153	5.948	7.146	7.259
	生 植 物 中 窒 素 (%)	0.808	0.536	0.401	0.509	0.564
	生 植 物 1 本 中 窒 素 量 (g)	0.008	0.006	0.007	0.011	0.008
綠	乾 燥 量 中 窒 素 (%)	8.025	7.862	6.700	7.361	7.487
	生 植 物 中 窒 素 (%)	0.573	0.564	0.464	0.461	0.516
	生 植 物 1 本 中 窒 素 量 (g)	0.007	0.004	0.007	0.011	0.007
青	乾 燥 量 中 窒 素 (%)	7.868	7.892	6.285	6.111	7.039
	生 植 物 中 窒 素 (%)	0.815	0.576	0.410	0.376	0.544
	生 植 物 1 本 中 窒 素 量 (g)	0.006	0.004	0.007	0.008	0.006

此成績ヲ熟視スルニ、乾燥量中ノ窒素%ハ綠 > 赤 > 青、生植物中ノ窒素%ハ赤 > 青 > 綠、而シテ植物 1 本中ノ窒素量ハ赤 > 綠 > 青ナル關係ナリ。即チ其ノ關係種々ニシテ且相互ノ差異僅微ナレバ實驗誤差ノ範圍ヲ脱シ難シ。

故ニ色光線ハ窒素ノ含有量ニ對シテ、其ノ影響ヲ及ボサザルモノト認メザルベカラズ。

糖類含有量ニ及ボス色線ノ影響ヲ精査セシモー一定ノ成績ヲ得ルコト能ハザリキ。惟フニ植物體內ノ轉化シ得ル含水炭素ノ量(N)ハ炭酸ヲ分解シテ生ジタル炭素ヨリ形成サレタル還元性ヲ有スル糖類(A)ト子葉ノ内ヨリ移動シ來レルモノ(B)トノ和ヨリ木纖維素ノ如キ轉化シ得ザル成分ニ變ジタル分(α)ト呼吸(β)、生長(γ)等ノ生活機能ノ爲ニ用キラルル分トヲ減ジタルモノナルコト次式ノ如クナリトス。 $N=(A+B)-(\alpha+\beta+\gamma)$ 而シテ各因子ガ皆光線ノ影響ヲ受クルモノナリトシ其ノ影響ガ各因子ニ就キ光線ノ強度、波長等ニヨリテ異レル割合ニ影響ヲ受クルモノナリト考フレバ實驗成績ガ區々タルコト當然ナリ。

結 論 (II)

1. 植物ノ莖ノ長サノ生長ニ及ボス色光線ノ抑制作用ハ赤色光線($\lambda=640-715 \mu\mu$)最モ著シク、青色光線($\lambda=340-515 \mu\mu$)之ニ次ギ、綠色光線($\lambda=520-595 \mu\mu$)最モ弱シ、而シテ該作用ハ凡ソ葉綠素ノ光線吸収量ニ準ズ。

2. 葉綠素ヲ含マザル根ノ生長ニハ、光線ノ影響ヲ認メズ。

3. 葉綠素ノ形成ハ光線ノ吸収量ニ準ズ、從ツテ色光線ニ於テハ赤 > 青 > 綠ノ順序ナリ。

4. 植物ノ水分含有量ニ及ボス影響ハ緑 > 青 > 赤ノ順序ニシテ、光線ノ葉綠素ニヨル吸收量ニ反比ス。

5. 全窒素量ニハ色光線ノ影響ヲ認メズ。

拙筆ニ當リ終始懇篤ナル御指導ト御校閲ヲ辱フセシ生沼教授ニ衷心感謝ノ意ヲ表ス。

(4. 3. 22. 受稿)

文 獻

- 1) Engelmann Th. w., Pfluger's Arch. Bd. 27, S. 485, 1882, Bot. Zeit. S. 102, 1884. 2) Kniep und Minder, Zeits. f. Bot. S. 619, 1909, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 56. S. 460, 1915. 3) Bose, J. C., The physiology of photosynthesis. P. 170. 1924. 4) Warburg, O. und E. Negelein, Zeits. f. physik. Chem. 106 Bd. S. 191. 1923. 5) Schulz, H., Das Sehen. P. 86. 1920. 6) Nagel, W. A., Biolog. Centralblatt, Bd. 18, S. 649, 1898. 7) Hendricke, E. and R. B. Harvey, Bot. Gaz. 74, P. 447, 1922, Bot. Gaz. 77. P. 330. 1924. 8) Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2 Aufl. S. 148, 1908. 9) Kohl, F. G. Ber. d. D. Bot. Geg. Bd. 15, S. 111, 1897. 10) Morgen, A., Bot. Ztg. S. 568, 1877. 11) Pfeffer, Pflanzenphysiologie I. 2, Aufl. S. 335, 1897. 12) Popp, H. W., Bot. Gaz. 82, P. 306, 1926. 13) Strbsburger, E. u. a. Lehrbuch der Botanik. 1923. 14) Schanz, F, Pfluger's Arch. Bd. 181, S. 229, 1920. 15) 森川, 岡山醫學會雜誌, 第 466 號, 昭和 4 年.

Abstract.

**On the influence of ray of different wave-length upon
the assimilation of *Hydrilla verticillata* and on
the growth as well as the chemical
composition of *Pisum satrvum*.**

By

Hisasi Morikawa.

*(From the Department of Physiology, Okayama University).
Director of the department Prof. S. Oinuma.*

Eingegangen am 22. März 1929.

The conclusion may be summarised as follows.

1) Assuming the assimilative action of carbon is proportional to the amount of the evolved gas, the activity under different rays makes following ratio; red ($\lambda=640-715 \mu.\mu.$) 100, green ($\lambda=520-595 \mu.\mu.$) 16.8, blue ($\lambda=340-515 \mu.\mu.$) 27.3.

This ratio corresponds very well to the absorbed amount of ray by the chloroyhyll.

2) Inhibitory effect of the different rays upon the growth of the length of stem is also proportional to the absorbed amount of ray by chlorophyll i. e. red > blue > green.

3) These rays have no influence upon the growth of root, which contains no chlorophyll.

4) The formation of chlorophyll is proportional to the absorbed amount of ray i. e. red > blue > green.

5) The amount of water of plant under different rays is reversed proportional to the absorbed amount of ray i. e. red < blue < green.

6) The amount of nitrogen in the plant under different rays has no difference (another confirmation of the independence of visible rays upon nitrogen-metabolism).

