

光が葉面吸収，特に気孔からの液の浸入に及ぼす影響

前田，敏
九州大学農学部植物学教室

小島，均
九州大学農学部植物学教室

<https://doi.org/10.15017/21483>

出版情報：九州大學農學部學藝雜誌. 17 (2), pp.91-97, 1959-11. 九州大學農學部
バージョン：
権利関係：

光が葉面吸収，特に気孔からの液の 浸入に及ぼす影響

前田 敏・小島 均

Effect of light upon the foliar absorption, especially
the infiltration of solution through stomata
into the intercellular space

Satoshi Maeda and Hitoshi Kojima

緒 言

P^{32} の積極的な吸収は糖の磷酸化を媒介として行われ、¹⁾ 葉の糖分の多少が磷酸吸収に影響を及ぼすから、^{9, 15)} P^{32} の葉面施肥の効果は光合成の activity と密接な関連をもつのは当然である。しかし、葉面吸収の原動力となる葉内細胞の代謝活性は葉の外圍部、即ち cuticle を介して間接的に吸収を支配するにすぎない。その他、気孔が存在して或は+に或は-に作用する。故に葉面吸収を支配するもう一つの因子として葉の外圍部の通過性並びに気孔の働きを左右する物理的な機構があげられる。

殊に、葉の外圍部は水の通過に対して独特な調節機構をもっており、^{8, 10, 13)} 水以外の物質の通過にも或る程度この機構が影響するであろう。一方気孔の作用もまた葉面吸収に対して大きい役割を持っている。

著者等は吸収を支配する上記二つの因子に対する光の影響を P^{32} を用いて研究した。本報はその一部をとりまとめたものである。

実 験 材 料

材料植物はサツマイモ (*Ipomea Batatas* Lam. var. *edulis* Makino), シマウリカエデ (*Acer insulare* Makino), ツルマサキ (*Euonymus radicans* Sieb.), 及びサトイモ (*Colocasia Antiquorum* Schott var. *esculenta* Engl.) を用いた。

吸収の tracer としては P^{32} を使い、M/50 K_2HPO_4 aq. に P^{32} を加えて使用した。なおこの溶液の radioactivity は実験の都度記載する。

Wetting agent は日本農薬株式会社の特性リノー (sp. gr. 1.0, water soluble, neutral reactin) を用いた。

実験方法及び結果

I. 打抜き葉片を P^{32} 溶液に浮べて吸収させた場合

上記の葉を直径 2.4 cm のコルクボーラーで打抜き、この打抜き葉片の切口にワセリンをぬり、 P^{32} M/50 K_2HPO_4 aq. 5 μ c/cc に葉の上面又は下面を下にして浮べ、散光下及び暗処にて P^{32} を吸収させた。8 時間後、その葉片を取り出しよく水洗後、更に中央部を直径 1.8 cm のコルクボーラーで打抜き、これを 350°C で灰化し、その稀塩酸抽出液を count 測定皿にとり乾燥し、G. M. counter で radioactivity の測定を行つた。この結果は Table 1 に示す様に、上面も下面も暗区は一例をのぞきすべて明区より小さく、従つて暗区/明区の radioactivity の比率は 1 より小さい。

Table 1. Radioactivity of leaf cut which absorbed P^{32} from upper or lower surface in dark or light condition.

Material	Absorbed from:	Date	Time of punching	Duration of absorption	Absorb:		Dark/Light
					in dark	in light	
<i>Euonymus radicans</i> Sieb. (Mature)	upper surface	23/IV	9 A.M.	8 hr	(8)*202†	(8) 290	0.67
		24/IV	9	8	(8) 133	(8) 205	0.64
		7/V	10	7	(15) 93	(15) 146	0.63
	Average						0.65
	lower surface	23/IV	9	8	(8) 223	(8) 221	1.00
		24/IV	9	8	(8) 127	(8) 135	0.94
7/V		10	7	(15) 133	(15) 178	0.74	
Average						0.89	
<i>Euonymus radicans</i> Sieb. (Immature)	upper surface	23/IV	9	8	(4) 120	(4) 159	0.75
		24/IV	9	8	(15) 202	(15) 343	0.58
		7/V	10	7	(15) 106	(15) 213	0.47
	Average						0.60
	lower surface	23/IV	9	8	(4) 130	(4) 158	0.82
		24/IV	9	8	(15) 272	(15) 314	0.86
7/V		10	7	(15) 196	(15) 238	0.82	
Average						0.83	
<i>Colocasia An-tiquorum</i> Schott var. <i>esculenta</i> Engl.	upper surface	11/IX	9	8	(8) 44	(8) 71	0.61
		23/IX	9	8	(15) 41	(15) 99	0.41
	Average						0.51
	lower surface	11/IX	9	8	(8) 76	(8) 94	0.80
23/IX		9	8	(15) 103	(15) 141	0.73	
Average						0.76	
<i>Acer insulare</i> Makino	upper surface	11/IX	9	8	(8) 571	(8) 814	0.70
		23/IX	9	8	(8) 455	(8) 653	0.69
	Average						0.69
	lower surface	11/IX	9	8	(8) 341	(8) 370	0.92
23/IX		9	8	(8) 378	(8) 395	0.95	
Average						0.93	
<i>Ipomea Batatas</i> Lam. var. <i>edulis</i> Makino	upper surface	11/IX	9	8	(8) 340	(8) 567	0.59
		23/IX	9	8	(8) 304	(8) 456	0.66
		24/IX	10	7	(15) 108	(15) 294	0.36
	Average						0.53
	lower surface	11/IX	9	8	(8) 520	(8) 741	0.70
		23/IX	9	8	(8) 316	(8) 491	0.64
24/IX		10	7	(15) 140	(15) 196	0.71	
Average						0.68	

* No. of leaf-cuts (one cut = 0.92π cm²).

† Radioactivity denoted by no. of counts/min./leaf cut.

次に個々の radioactivity の測定数値はかなり区々であるが暗区/明区 radioactivity 比率を上面と下面と比べてみると，下面からの吸収の方がこの比率が大きい。即ち下面からの吸収は明暗による差が少ないことを意味している。この事はクチクラ吸収以外に下面に偏在する気孔からの吸収現象に由来するものと考えられる。

II. 打抜き葉片を wetting agent を加えた P^{32} 溶液に浮べて吸収させた場合

Wetting agent, 日本農業特性リノールを 0.1cc/1 の割で加えて表面張力をずつと低下させた P^{32} M/50 K_2HPO_4 aq. (約 $10\mu\text{c}/\text{cc}$) に先の場合と同様に打抜いた葉片を下面を下にして浮べ散光下又は暗処においた。3~5 時間後，先と同様にして各切片の radioactivity を測定した。

Table 2. Radioactivity of P^{32} absorbed by the leaf cut which was floated on the surface-activated P^{32} aq., through the lower surface of leaf in the dark or the light.

Hours of P^{32} absorbed and the date of application	<i>Euonymus radicans</i> Sieb.						<i>Acar insulare</i> Makino		
	(Mature)			(Immature)			In dark	In light	Dark /Light
	In dark	In light	Dark /Light	In dark	In light	Dark /Light			
1 / V 9 A.M. 5 hr	(20)* 96†	(20)102	0.94	(20) 154	(20)195	0.79	(20) 204	(20)156	1.30
2 / V 10 A.M. 5 hr	(20) 104	(20) 93	1.11	(20) 118	(20)133	0.89	(20) 333	(20)313	1.06
10/ V 9 A.M. 5 hr	(10) 26	(10) 11	2.36	(10) 79	(10)102	0.77	(10) 55	(10) 34	1.61
13/ V 9 A.M. 5 hr	(10) 31	(10) 20	1.55	(10) 53	(10) 80	0.85	(10) 49	(10) 41	1.19
Average			1.49			0.82			1.29

* No. of leaf-cuts (one cut = $0.9^2\pi$ cm²).

† Radioactivity denoted by no. of counts/min./leaf cut.

この結果は，Table 2 に示す様にツルマサキ，シマウリカエデの成葉では，暗区/明区の radioactivity の比率が1より大になつてゐる。但しツルマサキの未成熟の葉に於ては明区の方が暗区より radioactivity が大きいという結果を示している。

III. 葉を P^{32} 溶液につけて吸収させた場合

P^{32} 吸収だけでなく，吸水も同時に測定するため，二葉附シマウリカエデの切枝の一葉を Fig. 1 に示す様に P^{32} M/50 K_2HPO_4 aq. (約 $2\mu\text{c}/\text{cc}$) を入れた試験管に挿入し，他葉を試験管外の空中に出しワセリンを滲ませた綿で管口を密栓する。暗区の試験管は遮光紙で光を遮断し，明暗何れの区も散光下においた。7~24 時間後に試験管中の水の減少量を吸水量と見做した。その後，葉をとり出しよく流水中で水洗し，青写真で葉型を取りプラメーターで葉面積を求め，葉は乾燥粉化後，灰化して radioactivity の比較測定に供した。

結果は Table 3 に示す様に暗区と明区の radioactivity の比は1より小さい，即ち実験1の場合と同じく明区の方が P^{32} の吸収量が多い。しかし吸水量の点については暗区の方が多いのが認められた。

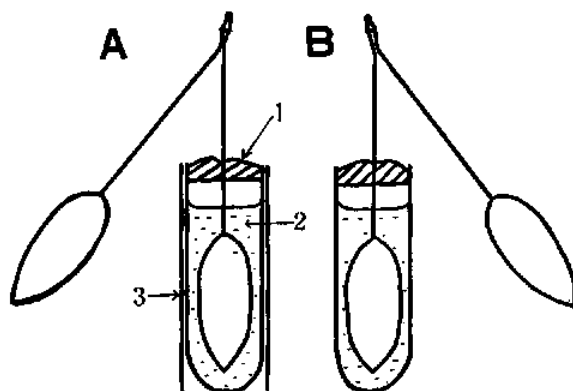


Fig. 1. Diagram of the experiment immersing the leaf in P^{32} aq.

- A. The leaf immersed in the liquid was darkened with shading paper.
 B. The leaf immersed in the liquid was exposed in diffused light.
 1. Wax-cotton Plug, 2. $P^{32}M/50 K_2HPO_4$ aq., 3. Shading paper.

Table 3. Amount of water absorbed in the dark or the light by the leaf immersed in P^{32} aq., and radioactivity of the leaf.

Hours of P^{32} absorbed and the date of application	Amount of absorbed water			Radioactivity		
	In dark	In light	Dark/Light	In dark	In light	Dark/Light
26/VI 10 A.M. 24 hr	0.70*	0.57*	1.22	4724†	6939†	0.7
27/VI 11 A.M. 24 hr	0.54	0.40	1.35	2754	3480	0.8
30/VI 11 A.M. 24 hr	0.62	0.58	1.06	2456	3038	0.6
2 /IX 9 A.M. 7 hr	0.42	0.30	1.40	272	389	0.7
4 /IX 9 A.M. 7 hr	0.35	0.32	1.10	205	260	0.8
30/IX 9 A.M. 7 hr	0.46	0.29	1.60	305	506	0.6

* cc/100cm² leaf.

† No. of counts/min./100cm² leaf.

考 察

葉へ糖を供給すると隣の葉面吸収量が増え、^{9,15)} P^{32} の積極的な吸収は糖のリン酸化を媒介として行われる、¹⁵⁾ 故に P^{32} の葉面施肥の効果は光合成の activity と密接な関連があると考えねばならない。暗区に比べて明区の方が P^{32} の吸収量が多いのは当然の現象と思われる。(実験 I のツルマサキ、サトイモ、シマウリカエデ及びサツマイモの場合；実験 III の場合)

葉の上面(クチクラ面)から吸収させた場合は暗区/明区の比率は1よりずっと小さい値を示したが、葉の下面(クチクラ及び気孔面)からの吸収では、この比率が1に接近し

(実験 I)，更に wetting agent を加えた場合には (実験 II，但しツルマサキの未成熟葉の場合をのぞく)，下面からの吸収に於てこの比率が1より大きくなるのを認めた。実験 I で上面に於ける比率が1よりずつと小さく，下面に於ては1に接近するという事は葉肉細胞の代謝活性が上面即ちクチクラ面のみの場合はかなり敏感に明暗による差を現わしているが，下面ではおそらくクチクラ以外に気孔の存在のため上面に於ける程充分に明暗による差を示さなかつたものと考えられる。

ここに葉面吸収を支配するもう一つの因子として葉の外圍部の通過性があげられる。

昼間葉が乾燥すると，クチクラは縮化してその透過性が減少するというが^{3,10}，本実験では水面上に浮かし又は水中に漬けたものであるから，この点は先ず考慮の必要はない。又気孔への液の浸入の易否についての研究では，油類は別として^{5,6,7,8,11,14,16,18,19} 一般に表面張力の大きい水溶液は浸入し難いとされているが^{2,4,12,16,20,21} 撒布液の表面活性化によつて気孔からの浸入も可能になると云う^{1,10,17}

更に気孔からの水の浸入は物理的に葉組織内の gas 代謝と間接につながりをもち，葉を水につけて暗処におくと，葉の細胞間隙の空気は水と置換される。¹⁹ これは細胞間隙中の空気の酸素が呼吸により消費され，出来た炭酸ガスは大部分水にとけてしまい，間隙中の gas の圧力が下がり気孔を通して一部分水が入つて来る。更にこの酸素，炭酸ガスの減少は窒素分圧の増大をおこし，これが大気中の窒素分圧より高くなるため水にとけて外に出て行き遂には間隙が水で満たされる。逆に葉に光があたると酸素分圧の増大により気孔から気泡を発生し，水の浸入はおこらない。著者らもシマウリカエデの明区で葉の裏面からの小さい発泡を実際に見ている (実験 III)，のみならず同じ実験で暗区で明区より多くの吸水を認めた。

実験 II に於て wetting agent をあたえた場合，暗区/明区の比率が1より大きい値を示している。wetting agent を加えて液の表面張力を低下させると気孔からの液の浸入が認められることは既に知られているが^{1,10,17}，気孔への液の浸入が容易になつた事が，上記の gas 交換の物理的な機構による結果を助長し，従つて葉肉細胞の代謝活性による働きをおさえてその逆の結果を示したものと認められる。なお，実験 II の未成熟の葉の場合の暗区/明区比率が1以下であるのは，おそらくクチクラの構造未だ完全でなく，透過性大きく，気孔の存在を問題としない程度に葉肉細胞の代謝活性を相当卒直に表現し得たものと想像される。

葉を液に浮かべたり，浸けたりした上記の場合と葉に液を撒布した場合とでは，これらの物理的な気孔からの液の浸入機構にかなり相違があると思われるが，この場合の吸収機構については現在検討中である。

要 旨

1. 液面上に浮かした，或いは液中に沈めた数種の植物の葉が，明・暗によつて物質吸収量に差を生ずることを， P^{82} を用いて測定した。
2. 一般に明区は暗区に比して P^{82} の吸収が大きい。
3. 暗区/明区の放射能の比をみると，葉の上面 (主としてクチクラ面) から吸収した場合はこの比の値が比較的小さく，葉の下面 (クチクラと気孔) からでは大きい。

4. 液に wetting agent を加えた場合には下面からの吸収は暗区の方が明区より大きい。

5. 葉を液中に漬けた場合は P^{32} の吸収量は暗区<明区であるが、吸水量に於ては暗区>明区である。

6. 著者らは以上の実験結果から、物質吸収に関し (a) 吸収の原動力として細胞内の代謝活性と、(b) 植物体外囲部の物理的な機構との二因子を考えた：

a については光が吸収を増大するのは当然であるが、b の内クチクラ層は a の働きをかなり忠実に表現せしめるが、気孔の作用は必ずしも之を卒直に表現せしめない、或る場合には逆に明区に於て吸収を大きく阻害する。

文 献

- 1) Boynton, D., 1954. *Ann. Review of Plant Physiol.*, 5: 41.
- 2) Crafts, A. S., 1933. *Hilgardia*, 8: 47.
- 3) Fogg, G. E., 1944. *Nature*, 154: 515.
- 4) ———, 1948. *Ann. applied Biol.*, 35: 315.
- 5) Ginsberg, J. M., 1931. *Jour. Agr. Res.*, 43: 469.
- 6) ———, 1930. *N. J. Agr. Expt. Sta. Ann. Rept.*, 51: 163.
- 7) Knight, H. et al., 1929. *Plant Physiol.*, 4: 299.
- 8) Kelley, V. W., 1930. *Illinois Agr. Expt. Sta. Bull.*, 348: 371.
- 9) Ono, H. & Konagamitsu, Y., 1955. *Sieboldia*, 1: 223.
- 10) Overbeek, J. Van, 1956. *Ann. Review of Plant Physiol.*, 7: 364.
- 11) Rohebaugh, P. W., 1934. *Plant Physiol.*, 9: 699.
- 12) Rudolph, K., 1952. *Botan. Archiv.*, 9: 49.
- 13) Sen, P. K. & Blackman, V. H., 1933. *Ann. Bot.*, 47: 663.
- 14) Skoss, J. D., 1955. *Bot. Gaz.*, 117: 54.
- 15) 谷田沢道彦, 1954. 野口弥吉編葉面撒布に関する研究。
- 16) Turrell, F. N., 1947. *Bot. Gaz.*, 108: 476.
- 17) ———, 1950. *Plant Physiol.*, 25: 13.
- 18) Young, P. A., 1934. *Jour. Agr. Res.*, 49: 559.
- 19) ———, 1935. *Ibid.*, 51: 925.
- 20) Weaver, R. J. and DeRose, H. R., 1946. *Bot. Gaz.*, 107: 509.
- 21) Wetzell, K., 1924. *Flora*, 17: 221.

Résumé

1. Difference in the amount of P^{32} absorbed by the leaf (of several kinds of plants), floated on the surface of the solution or immersed in the solution, was measured under the condition of the diffused light or in the darkness.

2. Generally speaking, the amount of P^{32} absorbed in the light condition was larger than that in the dark.

3. The value of the ratio of *the quantity of the radioactive substance absorbed in the dark to that in the light* was relatively small when the substance was imbibed through the upper surface (mainly through the cuticle) of the leaf; and the value of the ratio stood more closer to 1 when the absorption was performed through the lower surface (through the cuticle and stomates) of the leaf.

4. If the wetting agent was added to the solution, the absorption through the lower surface of the leaf was larger in the dark than in the light.

5. When the leaves were immersed in the solution, the absorbed P^{32} in the dark was lesser than that in the light; nevertheless the amount of absorbed water in the dark was larger than that in the light.

6. From the results of these experiments the authors came to the conception that there were two factors in relation to the absorption of P^{32} : namely (*a*) the metabolic activity in the cell operating as the generative cause of the absorption and (*b*) the physical mechanism of the outer cover of the plant. Concerning the factor *a* it was ascertained without difficulty that the light accelerated the absorption; as to factor *b* the cuticle permitted the manifestation of the function of *a* rather plainly, but the stomate did not always allow to express exactly the result of *a*, and inversely the latter hindered the absorption greatly in the light, under certain conditions, because of the presence of O_2 -bubbles evolved by the carbon assimilation.