KOR. JOUR. MICROBIOL. Vol. 12, 188~193(1974)

*Chlorella*의 호흡 및 光合成에 미치는 IAA와 GA의 拮抗作用

蔡麟基 · 鄭英淑 · *李永祿
(이화여자대학교 문리과대학 생물학과 · *고려대학 이공대학 생물학과)

Antagonistic effects on Respiration and Photosynthesis of *Chlorella* cells treated with GA and IAA.

CHAI, In Ki, Young Sook CHUNG, and *Yung Nok LEE
(Dept. of Biology, College of Liberal Arts & Sciences, Ewha Women's University,
*Dept. of Biology, College of Science & Technology, Korea University)

ABSTRACT[1]

Effects of GA and IAA on the respiratory and photosynthetic activity of each growth stage during the synchronous culture of *Chlorella ellipsoidea*, were investigated.

1) GA (2×10^{-8}M) affected most insignificantly on the respiratory activity of the stages Dn, Da, L_1, L_2, L_3-cells but only at L_4-cells there was a remarkable promotive effect. On the other hand L_1, L_2-cells treated with IAA (10^{-3}M) were promoted and L_3, L_4-cells were suppressed. With the treatment of GA-IAA the effects on respiration of each stage cells were antagonistic.
2) Photosynthetic activity treated with GA during the each stage of *Chlorella* cells was promoted and IAA treated-cells were suppressed. The effect of GA-IAA upon the process of life cycle was also antagonistic.
3) It was revealed that respiratory and photosynthetic activity of *Chlorella* cells by the treatment of GA (2×10^{-8}M) and IAA (10^{-3}M) had antagonistic effects.

緖 論

Gibberellic Acid(GA) 및 Indole Acetic Acid(IAA)와 같은 生長物質이 高等植物의 生長 및 其他 生理過程에 顯著한 効果를 미치고 있음은 周知의 事實인데 이들이 下等植物, 特히 藻類의 *Euglena*(Griffin,1958), *Porphyra*(Kinoshita & Teramoto, 1958), *Enteromorpha*(Tewar, 1972), *Grocilaria* (Jenning, 1971) 및 *Chlorella*(蔡 등, 1968, 1972)에서도 生長促進効果가 있음이 밝혀졌다.

이와 아울러 *Chlorella*의 呼吸 및 光合成에 미치는 이들 生長物質의 影響도 李,陳(1964), Golvano(1971), 및 蔡(1971, 1972)에 의하여 報告되고 있다.

이에 즈음하여 著者들은 *Chlorella* 세포의 各生育段階에 따른 GA와 IAA의 作用様態를 알기 위하여, 이들 物質과 *Chlorella* 세포의 生育段階別의 生長, 呼吸 및 光合成과의 關係를 調査 하였다.

材料 및 方法

實驗에 使用한 藻株는 *Chlorella ellipsoidea* 였으며 培養液은 蒸溜水 1000m*l*에 KNO_3, 5g: $MgSO_4\cdot7H_2O$, 2.5g: $FeSO_4\cdot7H_2O$, M/100, 1m*l*; Aron's A_5 sol. 1m*l*를 含有시켜 15Lbs에서 15분간 멸균한 것이었다. 添加 生長物質의 濃度는 2×10^{-8}M (GA), 10^{-3}M(IAA)이 되게 하였다(蔡, 1972).

*Chlorella*의 同調培養은 Tamiya등(1953)의 方法에 따라 7日間 培養한 細胞를, 멸균

한 M/500 K_2SO_4 sol.에 희석 懸濁시킨 후 900rpm에서 5분간씩 3回 遠沈하여 그 上澄液을 취함으로써 Da 세포를 얻어내고, 그 一定量을 前記培養液에 移殖하여 CO_2(5%) 含有空氣를 供給하면서 10Klux, 25°C에서 培養하였다.

細胞增殖은 Hematocytometer로 算定한 細胞數로 가름 하였으며, 呼吸과 光合成은 Warburg manometric method(1957)에 의하여 測定하였는데 이 때의 Reaction chamber의 內容組成은 Table 1과 같았었다.

呼吸은 25°C에서 溫度平衡이 充分히 이루어진 후, 10分 間隔으로 30分間 測定하여 그 Qo_2를 算出하였고, 光合成은 約 2Klux, 25°C에서 10分間隔으로 3回 測定하여 그 Qco_2를 算出하였다.

結果 및 考察

1) 同調培養

同調培養中의 *Chlorella*가 生活環을 經過하는 동안의 各期에 測定한 細胞數, 細胞容積 및 葉綠素含量(O.D. 660mμ)은 Fig. 에 表示한 바와 같은데 培養 27時間을 지나면서 細胞數, 細胞容積, O.D. 價 등에 急激한 變動이 있음을 나타내고 있다.

우선 細胞數에 있어서는 培養 27時間까지의 Da～L_4세포 段階에서는 거의 變動이 없다가 그 후에 急激한 細胞數의 增加를 보여 培養 35時間에 와서는 처음의 約 4倍에 이름을 볼 수 있다. 이것은 培養 27時間만에 L_4 세포에 이르러, 이 후 세포들이 거의 一齊히 分裂하여 Dn 세포를 形成한 때문인 것이다.

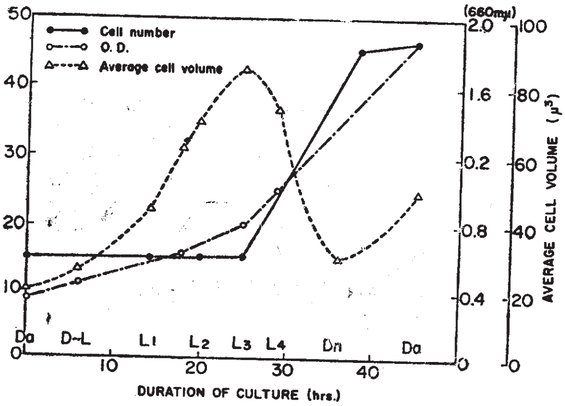

Fig. 1. Changes in the O.D. 660 mμ average cell volume and cell number per medium during the synchronous culture of Chlorella cells (at 25°C, in 10 K Lux).

細胞容積도 Da 세포에서 L_4 세포에 이르는 培養 27時間까지는 漸次로 增大하다가 L_4 세포의 分裂에 의한 Dn 세포의 生成으로 急激히 작아지는 것을 볼 수 있다.

葉綠素含量은 細胞容積의 增大와 細胞數의 變動에 符合된 上昇曲線을 나타내고 있어 一定乾量當의 chlorophyll 含量은 生活環의 進行과 더불어 增加하고 있다.

이것으로 미루어 同調培養이 正常임을 確認할 수 있었으며 以下 各實驗에서 使用한 試料들은 위에서와 같은 同調培養으로 얻어진 세포들이다.

2) 生育段階別 *Chlorella* 세포의 呼吸에 미치는 GA와 IAA의 影響.

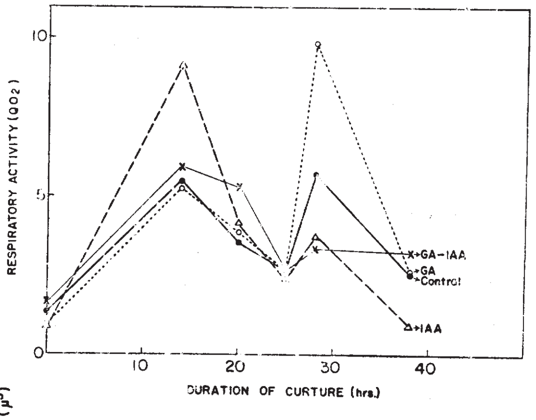

Fig. 2. Endogenous respiratory activity by addition of GA, IAA and GA-IAA during the synchronous culture of Chlorella cells (at 25°C).

이들 生長物質이 *Chlorella* 세포의 endogenous와 glucose 呼吸에 미치는 影響은 Table 2와 Fig. 2, 3에 表示한 바와 같이 GA의 影響은 거의 모든 세포 段階에서 control과 비슷하나 唯獨 *Chlorella* 세포의 成熟末期인 L_4 세포에서 뚜렷한 呼吸促進效果를 나타내어 control 보다 endogenous에서 거의 2倍, glucose에서 1.5倍 가량을 示顯하

Table 1. Composition of reaction chamber

Type of experiment \ Container	Main chamber	Center well	Side arm
Endogenous respiration	1. T.B. : 3.2ml D.W.	—	—
	2. Control : 2ml PB with cell.	0.2ml KOH sol.	1.0ml Glu. sol.
	3. GA : 1ml PB with cell —1ml/GA sol.	〃	〃
	4. IAA : 1ml PB with cell —1ml IAA sol.	〃	〃
	5. GA—IAA : 1ml PB with cell —1ml GA—IAA sol.	〃	〃
Glucose respiration	1. T.B. : 3.2ml D.W.	—	—
	2. Control : 2ml PB with cell.	0.2ml KOH sol.	—
	3. GA : 1ml PB with cell —1ml GA sol.—1ml Glu. sol.	〃	—
	4. IAA : 1ml PB with cell —1ml IAA sol,—1ml Glu. sol.	〃	—
	5. GA—IAA : 1ml PB with cell —ml GA—IAA sol. —1ml/Glu. sol.	〃	—
Photosynthesis	1. T.B. : 3.2ml D.W.	—	—
	2. Control : 3.2ml CBwith cell.	—	—
	3. GA : 2.2 ml CB with cell —1 ml GA sol.	—	—
	4. IAA : 2.2ml CB with cell —1ml IAA sol.	—	—
	5. GA—IAA : 2.2 ml CB with cell 1ml GA—IAA sol.	—	—

* GA : 2×10^{-8}M PB : Phosphate Buffer Glu. : M/10 Glucose sol.
IAA : 10^{-3}M CB : Dicarbonate Buffer T.B. : Thermostat Balance

Table 2. The effects of GA, IAA and GA—IAA on the respiratory activity of *Chlorella* cells at various stages during the synchronous culture.

Duration of culture (hrs.) cell type	Endogenous respiration(Qo_2)				Glucose respiration(Qo_2)			
	Control	GA	IAA	GA—IAA	Control	GA	IAA	GA—IAA
0(Da)	1.34	0.99	0.87	1.62	3.92	3.84	3.13	3.40
14(L_1)	5.49	5.27	9.12	5.91	8.24	8.25	7.95	7.45
20(L_2)	3.54	3.88	4.14	5.30	5.60	6.82	6.04	7.16
25(L_3)	2.68	2.68	2.42	2.68	7.20	6.88	3.96	6.26
28(L_4)	5.71	9.83	3.78	3.33	8.54	12.61	9.32	9.18
38(Dn)	2.54	2.64	0.92	3.24	4.74	5,00	1.86	5.30
Mean	3.55	4.21	3.54	3.68	6.37	7.23	5.36	6.45

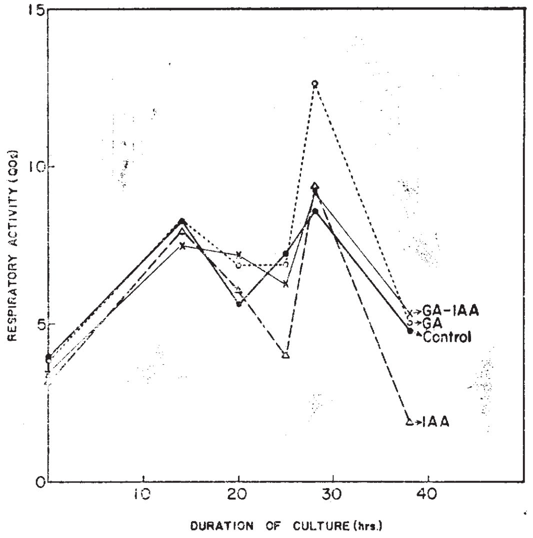

Fig. 3. Glucose respiratory activity by addition of GA, IAA and GA-IAA during the synchronous culture of Chlorella cells (at 25°C).

고 있다. 分裂過程에 있는 L_4 세포期에서 呼吸增大가 있을 것은 豫想되나 이 時期의 呼吸에만 GA의 效果가 뚜렷하다는 것은 그 理由를 推定하기 어렵다. 但 GA에 의한 酵母菌의 胞子形成促進(Kamisaka et al, 1967)과 몇 가지 種子에서의 呼吸促進(Nielsen & Bergqvist, 1958) 그리고, 어린 세포에서 GA가 더욱 有効하다는 一般的인 見解와 비추어 볼 때 L_4 세포가 生殖過程에 있고, 그 內部의 Dn 세포가 어린 細胞라는 點에서 理解할 수 있을 것도 같다.

한편 *Chlorella* 세포에 대한 IAA의 영향은 比較的 生育初期(L_1, L_2 세포)에서는 若干 促進的인 것 같으나, 後半(L_3, L_4 세포)에는 오히려 抑制的으로 나타나 呼吸總量에 있어서는 多少 抑制的인 傾向인데 이것은 IAA가 高等植物에서 呼吸促進을 誘發한다는 Thimann & Bonner(1949)와 Van Hove (1968)의 報告와는 다른 것 같다. 아마도 處理濃度 및 材料植物의 差異에 起因하는 것으로 보인다.

한편 蔡(1971, 1972)는 GA (100ppm)에서 *Chlorella*의 呼吸이 抑制된다고 報告하였는데 今番實驗의 GA 濃度가 2×10^{-8}M이라는 低濃度이므로 이濃度에서 呼吸이 促進되었다고 하여 前記 報告와 矛盾된다고는 볼 수 없다.

그리고 GA와 IAA의 同時投與에서는 *Chlorella*의 呼吸에 대한 GA와 IAA의 單獨效果를 相互 相殺한 것과 같은 結果를 나타내어 이들이 서로 拮抗效果를 가지고 있음을 알 수 있다. 一般的으로 IAA와 GA의 相互關係는 相乘的인 경우(Ockerse & Galston, 1967), 相加的인 경우(Katsumi et al, 1965) 및 拮抗的인 경우(Murashige, 1964) 등이 알려져 있다.

3) 生育段階別 *Chlorella* 세포의 光合成에 미치는 GA와 IAA의 影響

Chlorella 세포의 光合成에 미치는 영향은 Table 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같은데 GA는 全 生活環을 通하여 *Chlorella*의 光合成을 促進하였는데 特히 Da 세포에서 Control 보다 높은 促進効果를 나타내었다. 이와는 반대로 IAA는 光合成을 억제하였고 그 抑制度는 모든 生育段階의 *Chlorella* 세포에서 비슷하였다. 그리고, GA와 IAA의

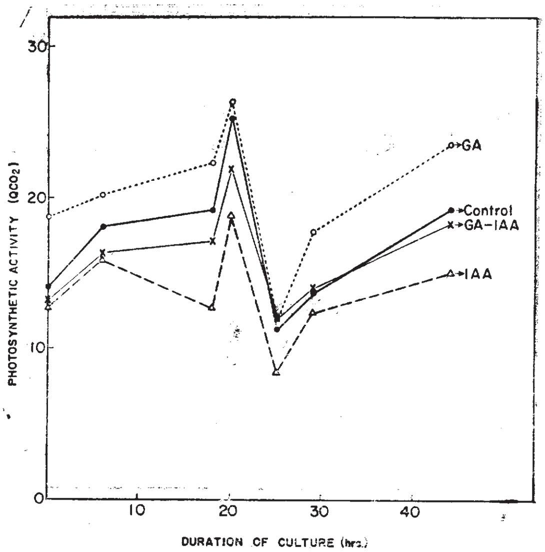

Fig. 4. Changes of the photosynthesis by addition of GA, IAA and GA-IAA during the synchronous culture of Chlorella cells (at 25°C, in 2 K Lux).

Table 3. The effects of GA, IAA and GA-IAA on the photosynthesis of *Chlorella* cells at various stages during the synchronous culture.

Duration of culture (hrs.) cell type	Photosynthesis(Q_{CO_2})			
	Control	GA	IAA	GA—IAA
0(Da)	14.02	18.76	12.77	13.22
6(D~L)	18.01	20.18	15.84	16.35
18(L_2)	19.16	22.38	12.75	17.17
20(L_2)	25.26	26.32	18.80	21.85
25(L_3)	11.30	12.13	8.44	12.08
29(L_4)	13.73	17.79	12.41	14.04
44(Da)	19.22	23.52	15.16	18.30
Mean	17.24	20.16	13.73	16.14

同時投與에서는 呼吸에서와 마찬가지로 두 生長物質이 역시 拮抗關係를 가지고 있음을 나타내어 GA의 促進効果와 IAA의 抑制効果의 中間値를 示顯하고 있다. GA에 의한 光合成의 促進은 光合成 그 自體 보다도 同化產物의 易動化를 높혀 줌으로서 일어나는 間接的인 影響이라고(Monselise & Halevy, 1962) 한다.

한편 IAA의 光合成에 대한 効果는 Carboxy-dismutase의 活性을 높임(Feierabend, 1970)으로서 光合成이 促進된다고도 하였고 (Voica 1968) chlorophyll 含量을 減少시키므로 光合成을 抑制한다고도 하는 相反된 報告가 있는데, 이것은 IAA 添加時期의 差異에 起因하는 것으로 보여진다.

GA와 IAA의 同時投與에서의 拮抗効果는 Conrad *et al.*(1959) 등의 報告와도 一致한다.

摘 要

Chlorella 세포의 呼吸과 光合成에 미치는 GA와 IAA의 影響을 同調培養의 各期 세포에서 比較 檢討한 바 아래와 같았다.

1) GA (2×10^{-8}M)는 거의 모든 生育段階의 *Chlorella* 세포(Da, L_1, L_2, L_3, Dn)의 呼吸에 別로 뚜렷한 影響을 미치지 못하였으나, L_4 세포에서만은 顯著한 促進効果를 나타내었다.

그러나 IAA(10^{-3}M)는 生育初期(L_1, L_2 세포)에서는 促進的이었으나 生育前半(L_3, L_4 세포)에서는 抑制的이었고, GA—IAA에서는 相互 拮抗的 効果를 나타내었다.

2) 光合成에서는 各生育段階의 細胞에서 GA는 促進的이었고, IAA는 抑制的이었으며 GA—IAA에서는 역시 拮抗的이었다.

3) *Chlorella*의 光合成과 呼吸에 있어서는 GA(2×10^{-3}M)와 IAA(10^{-3}M)의 効果가 拮抗的이었다.

引 用 文 獻

1. Chai, I.K., P. Chin, and Y.H. Lee, 1968. Effect of gibberellic acid on the rates of respiration and photosynthesis in *Chlorella*. *J.K.RI..B.L.* **1**. 41-46.
2. Chai, I.K., 1971. Relationship between growth, respiration and permeability of *Chlorella* cell treated with gibberellic acid. *Kor. Jour. Microbiol.* **9**, 144-154.
3. Chai, I.K., 1972. Physiological effects of indole acetic acid on *Chlorella ellipsoidea*. *Kor. Jour. Microbiol.* **10**, 117-127.
4. Contad, H., P. Saltman and R. Eppley, 1959. Effects of auxin and gibberellic acid on growth of *Ulothrix*. *Nature* **184**, 556-557.
5. Feierabend, J., 1970. Characterization of cytokinin action on enzymes formation during the development of the photosynthetic apparatus in rye seedling. Enzymes of the reductive and oxidative in pentose phosphate cycles. *Planta* **94**, 1-13.
6. Golvano, M. Pilar, 1971. Activation of respiratory chain enzymes by indole acetic

acid. *AN EDAFOL AGROBIOL.* **30(9/10)** 979-991.

7. Griffin, D.N., 958. The effect of gibberellic acid upon *Euglena. Proc. Oklahoma Acad. Sci.* **38**, 14-15.
8. Jennings, R.C., 1971. Studies on the regulation of algal growth by gibberellin. *Auxt. J. Biol. Sci.* **24(6)** : 1115-1124.
9. Kamisaka, S.,N. Yanagishma, and Y. Masuda, 1967. Effect of auxin and gibberellin on sporulation in yeast. *Physiol. Plant.* **20**, 90-97.
10. Katsumi, M., B.O. Phinney, and W.K. Purres, 1965. The roles of gibberellin and auxin in cucumber hypocotyl growth. *Physiol. Plant.* **18**, 462.
11. Kinoshita, S., and K. Teramoto, 1958. On the efficiency of gibberellin on the growth of *Porphyra. Frond. Bull. Japan Soc. Phycol.* **6**, 85-88.
12. Lee, Y.N., and P. Chin, 1964. Action of ascorbic acid and indole acetic acid on the oxidation of succinate and coupled phosphorylation in *Chlorella* mitochondria. *Kor. Jour. Microbiol.* **2**, 12-16.
13. Monselise, S.P., and A.H. Halevy, 1962. Effects of Gibberellin and AMO-1618 on growth, dry-matter accumulation,chlorophyll content and peroxidase activity of citrus seedlings. *Am. J. Bot.* **49**, 405.
14. Murashige, T., 1964. Analysis of the inhibition of organ formation in tobacco tissue culture by gibberellin. *Physiol. Plant.* **17**, 636-643.
15. Nielsen, N., and G. Bergqvist, 1958. The stimulation of the respiration of seeds with gibberellic acid and its analytical application. *Physiol. Plant.* **11**, 329-331.
16. Ockerse, R., and A.W. Galston, 1967. Gibberellin-Auxin interaction in pea stem elongation. *Plant. Physiol.* **42**, 47-54.
17. Tamiya, H., K. Shibata, T. Sasa, T. Iwamura, and Y. Morimura, (1953), Carnegie Inst. *Wash. Publ.* No. 600, 76.
18. Tewari. A., 1972. The effect of gibberellic acid, ascorbic acid and indole-3-acetic acid on the growth and spore liberation of *Enteromorpha prolifera* v. *tubulosa. Z. Pflanzen Physiol.* **66**, 359-361.
19. Thimann K. V., and W.D. Bonner, 1949. Experiments on the growth and inhibitors on the growth of the *Avena* coeoptile and on *Pesum* internodes. *Am. J.* Bot. **36**, 213-219.
20. van Hove, C., 1968. The influence of auxin on growth and glycolysis-Krebs cycle pathway as affected by malonic acid, monoiode acetic acid and sodium fluoride. *Z. Pflanzen Physiol.* **58**, 395-401.
21. Voica, C., 1968. The influence of some heteroauxin on photosynthesis intensity. *Rev. Roum. Biol. Ser. Bot.* **13**, 331-334.