

감자 切片의 呼吸에 미치는 Alantolactone 의 影響

鄭 仁 善 · 權 寧 命
(서울대학교 自然科學大學 植物學科)

Effects of Alantolactone on the Respiration of Potato Tuber Slices

Chung, In Sun and Young Myung Kwon

(Department of Botany, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

The oxygen consumption of fresh and aged slices of potato tuber was 40.6 and 168.0 O₂ μ l/g fr wt·h, respectively. After initial burst of oxygen consumption within 2 minutes (i.e., 40% for fresh and 12% for aged slices) in the treatment of 50 μ M alantolactone, gradual decrease of respiration rate was observed during 3 hours of incubation. In case of the aged slices the initial burst of oxygen consumption was not observed by salicylhydroxamic acid (SHAM) or KCN. The combined effect of SHAM and alantolactone showed increase of 12%, while SHAM and KCN combination showed 60% decrease. In addition, the lipophilicity of cell membrane of onion inner epidermis was increased by alantolactone treatment. The results suggest that the primary effect of alantolactone on the cellular respiration may be associated with an alteration of lipophilic phase of cell membrane and a consequent increase of electron flow through the cytochrome system.

結 論

Alantolactone 은 菊科植物에 널리 分布하는 sesquiterpene lactone 의 하나로, 식물의 發芽 및 生長을 抑制하고 組織分化에도 阻害的인 影響을 나타내는 것으로 알려져 있다(Dalvi *et al.*, 1971; Kwon and Woo, 1975). 生物에 대한 alantolactone 의 抑制作用은 주로 α -methylene- γ -lactone 구조에 起因되는 것으로(Kupchan *et al.*, 1971) 生體에서 -SH基를 가지는 化合物과 결합하게 된다(Kwon, 1974; Woynarowski and Konopa, 1981).

한편 alantolactone 과 膜透過性的의 關係에 관한 연구보고는 아직 없지만, 미극성용매에 쉽게 용해하는 alantolactone 이 膜의 lipophilic phase 와 어떤 作用을 할 수 있을 可能性은

충분한 것 같다.

감자塊莖의 fresh 切片은 왕성한 異化作用에 의하여 조직의 呼吸率은 intact 한 것에 비하여 4~5 배나 높으며, 24 시간 incubation 한 aged 切片의 呼吸率은 fresh 切片보다 다시 3~5 배나 높게 된다(Theologis and Laties, 1978a, 1980). 감자와 같이 CN 抵抗性인 식물들은 미토콘드리아에서 電子傳遞이 cytochrome 系와 alternate 系를 거쳐 일어난 수 있다(Bendall and Bonner, Jr., 1971).

Fresh 切片의 呼吸은 CN 感受性인 성질을 나타내는데, 이것은 塊莖을 전 단하는 과정에서 일어나는 膜脂質의 分解와 미토콘드리아膜의 損傷 및 遊離脂肪酸 등의 生成에 의하여 alternate 系를 경유하는 電子傳遞이 억제되기 때문이며, aged 切片에서 CN 抵抗性을 되찾게 되는 것은 脂質의 合成에 의하여 膜의 損傷이 회복되고, 脂肪酸 등이 완전히 소멸되어 alternate 系의 기능이 회복되기 때문인 것으로 알려지고 있다(Theologis and Laties, 1981).

따라서 呼吸에서 CN 에 대한 感受性과 抵抗性의 差異는 alternate 系를 통한 電子傳遞의 실현어부에 따라 결정되는 것이며, 특히 감자의 경우 cytochrome 系를 통한 電子傳遞이 억제되지 않는 한 alternate 系를 통한 電子傳遞은 일어나지 않는다(Theologis and Laties, 1980).

본 研究에서는 alantolactone 이 감자切片의 呼吸에 미치는 영향을 fresh 切片과 aged 切片의 呼吸을 이용해서 설정하고, 나아가서 alantolactone 에 의한 膜透過性의 變化와 呼吸과의 關係를 알아 보려 하였다.

材料 및 方法

감자切片의 準備. 呼吸實驗에 사용한 감자(*Solanum tuberosum* L.) 塊莖은 수확기에 신선한 것을 구입하여 4°C의 暗所에 보관된 것으로 하였다.

감자切片은 감자塊莖 維管束層의 안쪽 組織만을 cork borer 와 handmicrotome 을 사용하여 직경 9 mm, 두께 0.3 mm 로 잘라 2~3 層의 細胞로 된 切片을 얻었으며, 즉시 냉각증류수에 넣었다. 切片을 냉각증류수로 이리번 씻어서 파괴된 세포의 내용물을 제거한 후 이것을 fresh 切片으로 사용하였으며, 다시 10^{-4} M CaSO_4 용액에서 (25°C) 24 시간 aeration 한 것을 aged 切片으로 하였다(Kwon, *et al.*, 1973). 이때 CaSO_4 용액은 切片의 단위중량당(g) 20 ml 의 비율로 사용하였으며, 처음 2 시간동안에 3 번, 다음 2 시간 동안에 1 번 그리고 나머지 20 시간 동안에 3 번 용액을 세 것으로 갈아 주었다 (Theologis and Laties, 1978a).

呼吸의 測定. 呼吸에 의한 감자切片의 산소소비량은 3 ml 의 반응액 (67 mM K-phosphate buffer, pH 7.0)에 12 개의 fresh 切片, 또는 6 개의 aged 切片을 넣고 30°C 에서 각 Clark-type O_2 electrode (YSI 53)로 측정하였다. 실제 소비된 산소량은 30°C 의 산소포화량인 5.97 μl O_2/ml 으로부터 산출하였다(Estabrook, 1967).

Alantolactone, salicylhydroxamic acid (SHAM) 및 KCN 은 각각 K-phosphate buffer 에 녹여 사용하였고, 특히 alantolactone 은 알콜의 stock solution 을 준비한 후 buffer 에 희석하였으며 이때 알콜의 농도가 0.1% 를 넘지 않도록 하였다. 呼吸率의 시간별 측정은 20 ml 의 반응액에 切片을 넣고 25°C 에서 진탕시키면서 1 시간 간격으로 切片을 꺼내어 사용하였다.

呼吸測定중 alantolactone, SHAM 및 KCN 의 처리는 electrode 의 slot 을 통해 micros-

ringe 로 각각 반응액으로 주입하였다. 이때 첨가물의 최종농도가 alantolactone 은 0.05 mM, KCN 은 0.3 mM 그리고 SHAM 은 1 mM 이 되게 하였다.

양파表皮組織의 實驗. Alantolactone 이 膜에 미치는 영향을 보기 위하여 溶質透過腔에 미치는 효과를 조사 하였다. 양파(*Allium cepa* L.)는 시중에서 신선한 것을 구입하여 4°C 의 貯所에서 보관되어 온 것을 사용하였다. 겉에서부터 3 번째의 양파 鱗片의 內側表皮組織을 5 mm×5 mm 으로 자른 후 aspirator 로 infiltration 하여 細胞間隙의 공기를 제거하고 이를 실험에 사용하였다(Lee and Kwon, 1982).

준비된 組織片은 0.2 M glucose 용액에 먼저 띄우고 다시 0.4, 0.6 및 0.8 M 의 glucose 용액으로 옮기면서 서서히 원형질분리를 일으키고, 다시 perfusion chamber 에 옮겨 넣고, malonamide, glycerol 및 methylurea 의 투과성을 plasmometric 法으로 측정하였다(Stadelmann, 1966).

透過性에 미치는 alantolactone 의 영향은 0.4 M glucose 에 alantolactone 이 0.05 mM 되게 한 후 양파組織片에 20 분간 처리하였다. 그리고 alantolactone 의 피해작용을 상대할 수 있는 cysteine 을 처리할 경우에는 2 mM cysteine 이 포함된 0.2 M glucose 용액에서 20 분간 처리 하였다.

結果 및 考察

Alantolactone 處理効果와 時間과의 관계. Fresh 切片의 경우 對照區의 呼吸은 시간경과에 따라 서서히 증가 하였으나, alantolactone 을 첨가할 때의 呼吸率은 초기에 급격히 증가하여 對照區에 비해 43%나 높았다. 이와같이 處理區의 높은 呼吸率은 1시간정도 지속하다가 점차 감소하였으나 실험시간내에서는 여전히 對照區보다 높은 값을 보였다(Fig. 1A). 이와 같은 초기의 급격한 呼吸率의 증가는 alantolactone 처리후 약 2 분내에 나타났다(Fig. 2A).

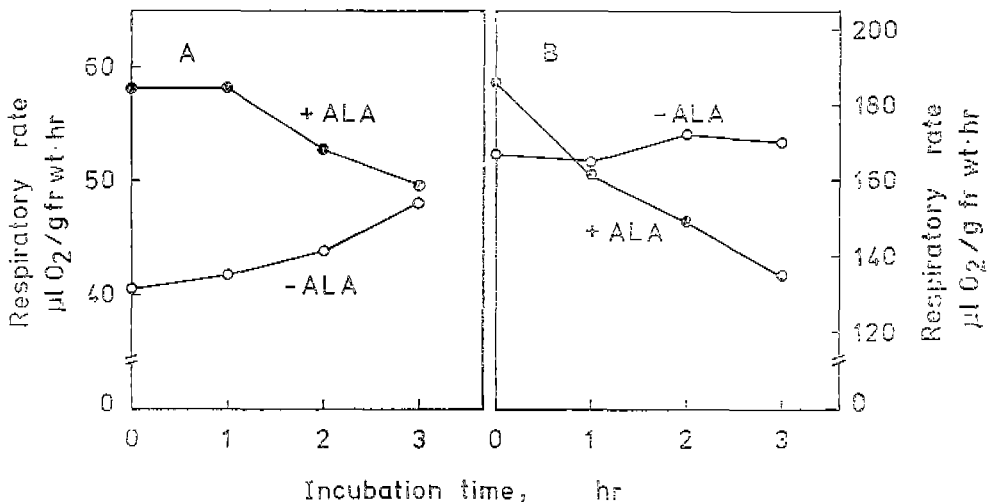


Fig. 1. Effects of alantolactone on the respiration rate of fresh (A) and aged (B) potato tuber slices.

Aged 切片의 경우 對照區의 呼吸率은 시간경과에 따라 일다른 변화가 없는 반면 alantolactone을 처리할 경우는 fresh 切片에서 처럼 초기에 呼吸率이 급격히 증가(12%)됨을 볼 수 있었다. 그렇지만 처리 시간이 길어짐에 따라 呼吸率의 저하는 fresh 切片의 경우보다 더욱 현저하였다(Fig. 1B).

Fresh 切片이나 aged 切片에서 對照區에 대한 alantolactone 處理區의 절대 호흡율의 증가는 각각 $20 \mu\text{l O}_2/\text{g fr wt}\cdot\text{hr}$ 로 같은 값을 보였다. 본 실험에서 alantolactone 처리에 따른 호흡의 억제는 -SH 등에 대한 alantolactone의 반응결과로 생각되지만(Gonzales *et al.*, 1978; Tellez-Martinez *et al.*, 1980; Woynarowski and Konopa, 1981) 이것이 alantolactone 첨가초기에 나타나는 呼吸增加現象에 대한 직접적인 원인이 될 수 있는지에 대한 것은 알 수 없다.

Fresh 切片에 alantolactone을 첨가하고 다시 KCN을 처리하거나 또는 그 반대로 KCN을 먼저 첨가하고 alantolactone을 처리할 때, 두 경우 모두 酸素消費量이 매우 낮게 나타나는 것으로 보아(Fig. 2A 및 B) alantolactone에 대한 미토콘드리아呼吸 이외의 다른 oxygenase에 미치는 영향은 없는 것으로 해석된다.

SHAM 處理에 의한 alantolactone 効果의 分析. SHAM은 alternate 系의 alternate oxidase를 특이하게 억제하므로(Janes and Wiest, 1980; Schonbaum *et al.*, 1971) 이를 aged 切片에 처리하므로써 alantolactone이 呼吸에 미치는 효과가 cytochrome 系와 어떠한 관계가 있는지를 알아 볼 수 있다. Fig. 3A에서와 같이 SHAM은 시간경과에 따라 切片의 呼吸을

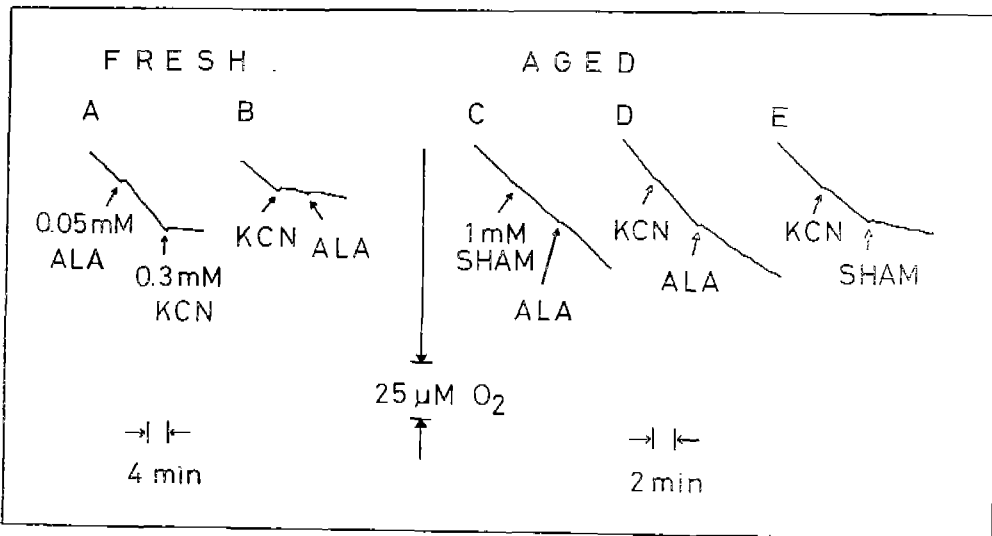


Fig. 2. Oxygen uptake measured with the Clark electrode in fresh and aged potato tuber slices. A; initial burst of oxygen uptake by the treatment of alantolactone. Treatment of KCN after alantolactone almost stopped the oxygen uptake. B; treatment of alantolactone after KCN, showing no increase in oxygen uptake. C; treatment of alantolactone after SHAM, showing a little increase in oxygen uptake. There was little alteration of oxygen uptake by the treatment of SHAM alone. D; treatment of alantolactone after KCN, showing decrease in oxygen uptake. There was little alteration of oxygen uptake by the treatment of KCN alone. E; treatment of SHAM after KCN showing high inhibition to the oxygen uptake.

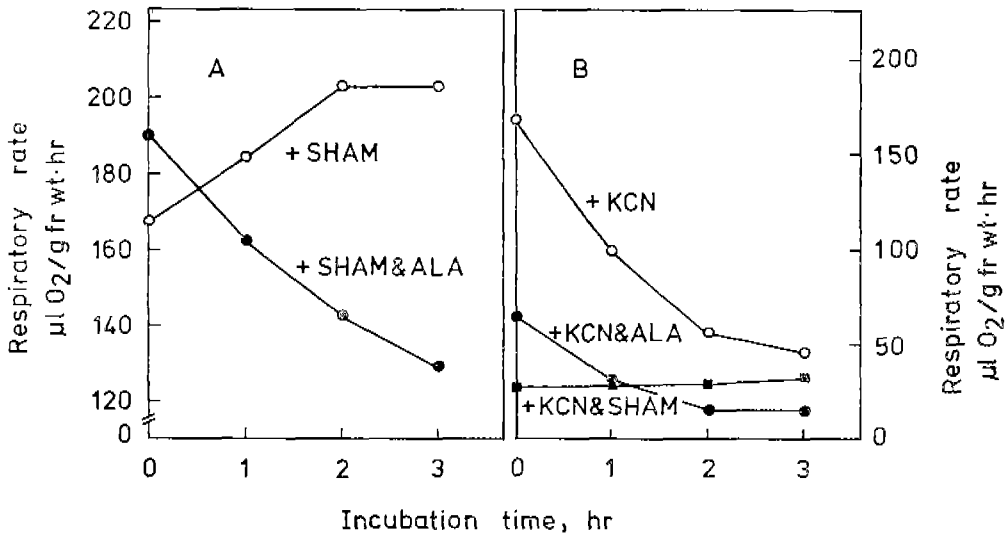


Fig. 3. Effect of alantolactone in the presence or absence of SHAM and KCN on the respiration rate of aged potato tuber slices.

절진적으로 증가시켰으나, alantolactone 과 SHAM 을 동시에 처리하면, Fig. 1 B 에서처럼 호흡률은 초기의 증가(12%)를 보인 후 시간경과에 따라 크게 저하되었다.

호흡測定때에 SHAM 을 증도에 첨가하면 切片의 호흡률은 변하지 않으나 alantolactone 을 첨가하면 약간의 증가가 나타났다(Fig. 2 C). SHAM 에 의하여 호흡률의 변화가 일어나지 않는 것은 alternate 系가 존재하더라도 aged 切片의 호흡에서는 이를 통한 電子傳達이 일어나지 않기 때문이다(Bahr and Bonner, Jr., 1973; Theologis and Laties, 1980).

Fresh 切片과 aged 切片의 對照區呼吸 (Fig. 1 A, B)과 SHAM 을 처리한 aged 切片의 호흡은(Fig. 3 A) 모두 alternate 系가 작용치 않고 전자전달이 cytochrome 系에 의해 수행되는 경우인데(Theologis and Laties, 1978b, 1980), 이와같은 조건에서 alantolactone 을 처리하면 초기에 호흡이 크게 증가되는 것은 cytochrome 系를 거치는 電子傳達이 증가된 결과 때문이라 하겠다(Hackett *et al.*, 1960; Bahr and Bonner, Jr., 1973).

KCN 處理에 의한 alantolactone 의 効果分析. CN 은 cytochrome oxidase 의 抑制物質로서 alantolactone 이 alternate 系에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 aged 切片에 첨가하고 호흡을 測定하였다. 즉 KCN 을 첨가하여 cytochrome 系를 억제시켰을 때 (Fig. 3 B) 시간의 경과에 따라 호흡률이 저하 하였다. 이와같은 결과는 alternate 系로 電子가 흐를 때 ATP 생산과 coupling 되지 못하여 조직내의 에너지대사가 원활하게 진행되지 못하기 때문으로 사료된다(Schonbaum *et al.*, 1971; Solomos, 1977).

KCN 와 SHAM 을 동시에 처리하여 cytochrome 系와 alternate 系를 모두 抑制시켰을 때 배양시간에 무관하게 호흡이 낮았다. 그러나 낮으나마 일정한 값의 호흡이 유지된 것은 미토콘드리아의에서 酸化反應이 일어나기 때문인 것으로 생각된다. KCN 과 alantolactone 을 동시에 처리하면, KCN 을 단독으로 처리 했을 때보다 호흡률이 현저하게 감소하였고 결코

alantolactone에 의한 呼吸增加는 보이지 않았다. 즉 alantolactone에 의한 呼吸增加가 어떠한 경로를 거쳐서 일어나든지, alantolactone은 미토콘드리아呼吸에서 alternate系를 최소한 反應初期에는 선택적으로 억제한다고 생각된다.

呼吸測定中에 KCN을 첨가하면 aged切片的 呼吸率은 변하지 않으나, 여기에 alantolactone을 추가하면 5분정도 경과할 때 呼吸率이 현저하게 감소됨을 볼 수 있었다(Fig. 2D). 한편 KCN처리후 SHAM을 첨가하면 aged切片的 呼吸은 크게 억제되었다(Fig. 2E). KCN을 첨가할 때 호흡율에 뚜렷한 변화가 나타나지 않는 것은 cytochrome系가 억제될 때 alternate系가 活性化된다는(Bahr and Bonner Jr., 1973; Day *et al.*, 1980; Theologis and Laties, 1980) 사실에 부합된 결과라 하겠다.

KCN처리후 SHAM을 첨가할 때 呼吸率이 크게 떨어지는 것은 cytochrome系와 alternate系 모두가 억제되기 때문이며, KCN처리후 alantolactone의 추가로 나타나는 呼吸의 감소는 alantolactone이 alternate系를 선택적으로 抑制한다는 가정에 부합되는 것이라 하겠다. 이때 alternate系에 미치는 alantolactone의 효과가 첨가후 5분정도 경과할 때 고이는 것으로 미루어(Fig. 2D) KCN이나 SHAM과 같이 呼吸系에 직접작용한 결과는 아닌 것 같다. 또한 fresh切片과 aged切片的 차이가 膜脂質의 분해와 밀접하게 관련되어 있다는 사실과(Theologis and Laties, 1978b, 1980; Van Steveninck, 1975) 組織의 切片을 만드는 과정에서 膜에 미친 기계적인 영향으로 인하여 膜脂質이 酵素에 의해 분해될 가능성이 커지고, 이러한 分解産物이 궁극적으로는 미토콘드리아 및 alternate oxidase의 활동을 억제할 수 있다는 보고를 미루어 볼 때(Earnshaw and Truelove, 1970; Theologis and Laties, 1981) alantolactone이 alternate系만을 비교적 특이하게 억제하는 결과는(Fig. 3B) alantolactone이 膜에 미치는 어떤 効果가 이차적으로 alternate系에 영향을 미친 결과일 수 있을 것이다.

溶質의 膜透過性. Alantolactone이 膜에 미치는 영향을 透過性 實驗으로 조사하였으며 이때 사용한 세가지 溶質(malonamide, glycerol 및 methylurea)의 透過相數는 Table 1과 같다. Alantolactone은 methylurea의 透過性を 증대시킨 반면 malonamide와 glycerol의 透過에는 저해적으로 작용하였다. 한편 cysteine을 前處理할 경우 alantolactone의 저해 효과는 크게 감소하였으며, 이때 cysteine은 對照區에서 透過性に 변화를 일으키지 않았다.

Table 1. Solute permeability of onion inner epidermal cells and equations representing the correlation between partition coefficient of the three solutes and(permeability constant) \times (molecular weight)^{1,5}

| | Permeability constant, $\times 10^{-8} \text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ | | | Equation* |
|---------------|---|-------------------|------------------|------------------------|
| | malonamide | glycerol | methylurea | |
| control | | | | |
| -cysteine | 0.419 \pm 0.143 | 5.686 \pm 1.048 | 26.75 \pm 3.88 | y=2.55x+3.74 (r=99.4%) |
| +cysteine | 0.449 \pm 0.123 | 5.808 \pm 1.075 | 24.42 \pm 1.79 | y=2.56x+3.73 (r=99.2%) |
| alantolactone | | | | |
| -cysteine | 0.373 \pm 0.054 | 3.350 \pm 0.817 | 36.19 \pm 6.17 | y=2.93x+4.88 (r=99.6%) |
| +cysteine | 0.480 \pm 0.088 | 4.740 \pm 1.024 | 26.59 \pm 3.22 | y=2.56x+3.71 (r=99.9%) |

*Equation represents the hydrophobicity of membrane.

이러한 結果로부터 (透過相數) × (分子量)^{1.5}과 溶質의 分倍係數와의 相關關係를 log-log 表로 나타내면, 直線을 얻을 수 있고, 이 直線의 기울기는 膜의 소수성의 크기를 나타낸다 (Table 1) (Chung, 1980; Wright and Pietra, 1974). Alantolactone은 對照區에 비하여 분명히 直線의 기울기를 증가시켰으므로 이는 alantolactone이 膜의 脂質層에 변화할 주어 膜의 hydrophobicity를 증가시킨 것으로 해석된다. 그러나 이러한 소수성의 증가가 alantolactone이 膜의 蛋白質과 일차적으로 반응해서 생긴 결과인지 혹은 직접 膜의 lipid 部位와 작용하여 나타난 결과인지는 알 수 없다.

하여간 alantolactone이 膜脂質部位에 어떠한 영향을 주었음을 알 수 있고 (Jackson and St. John, 1980) 이러한 영향은 膜脂質의 분해를 유발할 수 있을 것이며 (Theologis and Latics, 1981) 그 결과 alternate 系가 억제될 수 있을 것이다. 따라서 alantolactone이 감자 切片에서 CN 抵抗性呼吸에 미치는 영향은 일차적으로 膜에 미친 영향의 결과로 일어나는 이차적 현상이라 볼 수 있겠다.

摘 要

Alantolactone (50 μ M)은 감자에서 fresh 切片의 呼吸率을 40%, 그리고 aged 切片은 12%나 각각 처음 2분동안에 증가시켰다. 그러나 처리시간이 연장됨에 따라 정도는 달라도 두 切片의 呼吸率은 모두 저하되었다. Aged 切片에서 SHAM 과 KCN은 초기의 呼吸率에 아무런 변화를 일으키지 못하였으나 SHAM 과 alantolactone을 동시에 처리하면 12%의 呼吸率의 증가가 나타났다. 반면 KCN 과 alantolactone의 경우 60%의 저하가 보였다. Alantolactone은 양파表皮細胞에서 膜의 lipophilicity를 증가시켰다. 이러한 結果들로부터 alantolactone은 점차초기에 alternate 系를 억제하고 cytochrome 系를 통한 전자의 흐름을 촉진시킬 수 있는데, 이러한 현상은 細胞膜의 lipophilic phase의 變化에서 起因되는 현상이라 생각할 수 있겠다.

參 考 文 獻

- Bahr, J. and W. D. Bonner, Jr. 1973. Cyanide-insensitive respiration. II. Control of the alternate pathway. *J. Biol. Chem.* **218** : 3446~3450.
- Bendall, D. S. and W. D. Bonner, Jr. 1971. Cyanide-insensitive respiration in plant mitochondria. *Plant Physiol.* **47** : 236~245.
- Chung, I. S. 1980. Effect of BASF 13-338 on drought tolerance, osmotic value and passive permeability of cells from *Hordeum vulgare* L. cv. Baedong. M.S. thesis. pp. 1~49. Seoul National University.
- Dalvi, R. R., B. Singh and D. K. Salunkhe. 1971. A study on phytotoxicity of alantolactone. *Chem. Biol. Interactions* **3** : 13~18.
- Day, D. A., G. P. Arron and G. G. Latics. 1980. Nature and control of respiratory pathways in plants: The interaction of cyanid-resistant respiration with the cyanide-sensitive pathway. In *The biochemistry of plants*, D. D. Davies (ed.), Vol. 2, pp. 197~241. Academic Press. London.
- Earnshaw, M. J. and B. Truelove. 1970. Swelling of *Phaseolus* mitochondria induced by the action of phospholipase A. *Plant Physiol.* **45** : 322~326.
- Estabrook, R. W. 1967. Mitochondrial respiratory control and the polarographic measurement of

- ADP: O ratios. In *Methods in enzymol.*, R.W. Estabrook and M.E. Pullman (eds.), Vol. 10, Academic Press.
- Gonzales, A. G., V. Darias, G. Alonso, J.N. Boada and M. Feria. 1978. Cytostatic activity of sesquiterpene lactones from compositae of the Canary Islands. *Planta Med.* **33** : 356~359.
- Hackett, D. P., D. W. Haas, S. K. Griffiths and D. J. Niederpruem. 1960. Studies on development of cyanide-resistant respiration in potato tuber slices. *Plant Physiol.* **35** : 8~19.
- Jackson, P. C. and J. B. St. John. 1980. Changes in membrane lipids of roots associated with changes in permeability. *Plant Physiol.* **66** : 801~804.
- Janes, H. W. and S. C. Wiest. 1980. Comparison between aging of slices and ethylene treatment of whole white potato tubers. *Plant Physiol.* **66** : 171~174.
- Kupchan, S. M., M. A. Eakin and A. M. Thomas. 1971. Tumor inhibitors. 69. Structure-cytotoxicity relationships among the sesquiterpene lactones. *J. Med. Chem.* **14** : 1147~1152.
- Kwon, Y. M. 1974. Inhibitory effect of alantolactone on the growth of plant and interaction with L-cysteine. *Kor. J. Bot.* **17** : 9~14.
- _____ and W. S. Woo. 1975. Phytotoxicity of alantolactone. *J. Pharmaceut. Soc. Kor.* **19** : 118~128.
- _____, _____, L. K. Woo and M. J. Lee. 1973. Effect of *Inula* sesquiterpene lactones on the respiration of plants. *Kor. Biochem. J.* **6** : 85~94.
- Lee, Y. S. and Y. M. Kwon. 1982. Alteration of membrane permeability by IAA and Ca^{2+} milieu in epidermal cells of onion bulb scale. *Proc. Coll. Natur. Sci. SNU.* **7** : 123~132.
- Schonbaum, G. R., W. D. Bonner, Jr., B. T. Storey and J. T. Barh. 1971. Specific inhibitor of cyanide-insensitive respiratory pathway in plant mitochondria by hydroxamic acids. *Plant Physiol.* **47** : 124~128.
- Solomos, T. 1977. Cyanide-resistant respiration in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **28** : 279~297.
- Stadelmann, E.J. 1966. Evaluation of turgidity, plasmolysis, and deplasmolysis of plant cells. In *Methods in cell physiology*, D.M. Prescott (ed.), Vol. 2. pp. 143~216. Academic Press, New York.
- Tellez-Martinez, J., J. Taboada and M. Gonzalez-Diddi. 1980. Cytotoxicity of some sesquiterpene lactones in vitro. *Arch. Invest. Med.* **11** : 435~444.
- Theologis, A and G. G. Laties. 1978a. Relative contribution of cytochrome-mediated and cyanide-resistant electron transport in fresh and aged potato slices. *Plant Physiol.* **62** : 232~237.
- _____ and _____. 1978b. Cyanide-resistant respiration in fresh and aged sweet potato slices. *Plant Physiol.* **62** : 243~248.
- _____ and _____. 1980. Membrane lipid breakdown in relation to the wound-induced and cyanide-resistant respiration in tissue slices. *Plant Physiol.* **66** : 890~896.
- _____ and _____. 1981. Wound-induced membrane lipid breakdown in potato tuber. *Plant Physiol.* **68** : 53~58.
- Van Steveninck, R. F. M. 1975. The 'washing' or 'aging' phenomenon in plant tissues. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **26** : 237~258.
- Woynarowski, J. M. and J. Konopa. 1981. Inhibition of DNA biosynthesis in HeLa cells by cytotoxic and antitumor sesquiterpene lactones. *Mol. Pharmacol.* **19** : 97~102.
- Wright, E. M. and R. J. Pietra. 1974. Routes of nonelectrolyte permeation across epithelial membranes. *J. Membrane Biol.* **17** : 293~312.