

花粉細胞生長과 破裂에 미치는 硼素, 石灰 그리고
蔗糖의 相互作用에 關하여

郭 炳 華
(曉星女子大學·園藝學科)

On the mutual action of boron, calcium and sucrose in pollen
cell growth and pollen bursting

KWACK, Beyoung Hwa
(Dept. of Horticulture, Hyosung Women's College)

ABSTRACT

The mutual relationships of boron, Ca and sucrose were studied in relation to *in vitro* pollen growth and pollen bursting, by using convenient pollen from *Crinum asiaticum* for experiment. *Crinum* pollen are particularly sensitive to Ca.

Addition of very small amount of boron to cultural media was apparently synergistic to the action of sucrose and Ca in pollen germination and tube elongation. This action was extended to a higher level of boron concentration. Combined application of boron, Ca and sucrose always gave the better results in pollen growth and protection against pollen bursting much more than when used singly. This indicated that there is a direct relationship between better growth of pollen and increased rigidity of pollen cell wall.

A higher level of Ca concentration tended to increase bursting rate of pollen grains and decrease that of pollen tubes, while boron always depressed the rate of bursting. This was considered due to increased failure in pollen germination at high level of Ca that favors pollen tube elongation.

The fact that Ca shows an antagonistic effect on the suppressive action of high level of boron in pollen growth and shows different effect in response to pollen bursting from boron, suggested mode of Ca and boron action in the presence of sucrose is quite different, although to increase in rigidity of pollen cell wall by them is in common nature.

It was postulated therefore that Ca acts on pectins of pollen cell wall largely as "non-metabolic" and boron as "metabolic" promoter in pollen growth and protecting pollen bursting, since boron and Ca have common nature in strengthening the pollen cell wall but act differently.

緒 論

植物生長에 있어서 硼素(以下 B 라 略함)와 石灰(以下 Ca 다 略함)가 相互 生理的으로 깊은 關係가 있을은 現在 잘 알려져 있으며 例컨데 植物에 舍存된 Ca 의 役割을 도운다는 點(Gauch 1957, Smith 1944) 그리고 生理學的으로 Ca 나 B 가 다 같이 細胞膜 特히 그곳에 있는 pectin 質 炭水化合物과 關連性이 있다는 點(Gauch 1957, Zittle 1951)은 그들이 어떠한 共通한 役割을 하고 있음을 暗示하는데 일찍이 알기로 B 는 植物花粉生長에 至大한 影響을 가지고 오게 하며(Johri 1961, Schmuucher 1933) Ca 는 또한 B 와 共存할때 花粉生長을 一層 더 促進시켜 주어 이들 B 나 Ca 의 그러한 効果는 蔗糖(以下 S 라 略함)이 없을 때는 全然 喪失되어 버리는 事實(Brewbaker 1963, de Bruyn 1966,

Kwack 1964, 1965)은 그들 相互關係에 많은 興味를 보여주고 있다.

本 研究에 있어서는 花粉人工培養液中 이들 3要素의 濃度變化와 그 在, 不在에 따른 花粉生長의 反應과 效果를 밝혀 보고저 한 것이다.

材料 및 方法

使用한 花粉은 實驗上 便利한 *Crinum asiaticum*에서 採取하였다. 그 花粉細胞는 比較的 大形이고 生長이 빠르며 B, Ca 그리고 S에 對해서 特히 敏感히 反應하는 特徵이 있다. 여기에 있어서의 材料 및 方法의 大略은 既報(Brewbaker 1963, Kwack 1964, 1965)한 바와 相似하다. 花粉培養은 滴下法으로 하였고 1滴當 1/50 ml의 培養液을 顯微鏡用 slide glass에 2~3個 滴下하고 硝子針으로 約 300個 內外의 花粉이 1滴에 들어가도록 撒播하였다. 이렇게 하여 濕潤한 濾過紙가 겹으로 놓인 Petri dish에 約 7時間 室溫에서 培養하였다. 培養液은 基本的으로 10%蔗糖과 100 mg/l 硼酸으로 하였는데 Ca가 必要할 境遇에는 이 溶液에다 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 를 넣어 要求된 濃度로 調整하였다. 이때 Ca를 花粉培養液에 添加할 때에는 반드시 100 mg/l의 KNO_3 를 同伴시켜 加里電荷를 供給해 줌으로서 Ca의 役割을 完全化시킬 수 있는 것은 別서 他處에서 論議한 바가 있다(Brewback 1963, Kwack 1964). 이때 相當한 量의 硝酸根은 花粉生長에 있어서 何等 Ca와 B의 效果에 變化와 差를 줄 程度가 窺되었다. 培養液의 pH는 處理供試用으로 만든 後에는 恒常 5.5 內外가 되었다.

花粉發芽率은 1滴當 50個의 花粉을 任意로 選出하고 花粉管長은 20個 花粉에 對해서 micrometer를 써서 全長을 測定하였으며 1個 平均値 算出에는 5滴分을 統合해서 얻었다. 花粉破裂數의 調査도 花粉撒播後 7時間에 하였고 1滴當 50個花粉의 百分率을 내어 5滴의 平均値를 얻었다.

結 果

花粉의 發芽生長 關係 :

花粉生長은 花粉粒의 發芽와 花粉管의 伸長을 意味하는데 *Crinum* 花粉은 그 花粉管伸長이 B나 Ca의 效果를 敏感히 表現하는 까닭으로 B의 濃度를 變化시킨 가운데 S와 Ca의 效果를 調査해 본 것이다. Fig. 1에서 보는 바와 같

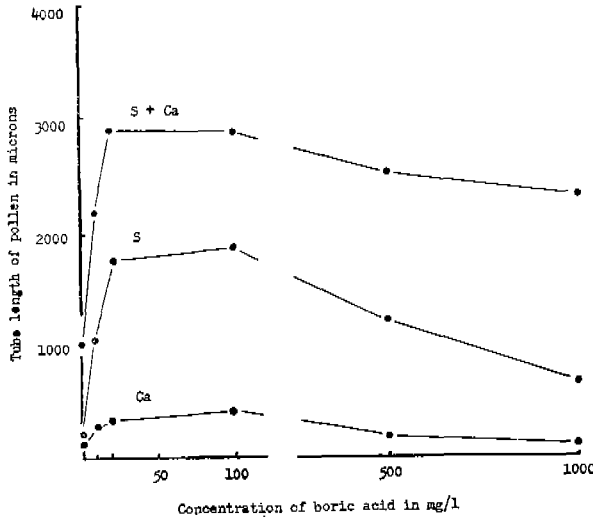


Fig. 1. Tube length of *Crinum* pollen as affected by different levels of boron when combined with either sucrose (S) or calcium (Ca), or S plus Ca.

이 B가 存在할 때는 그 濃度의 變化에 그다지 關係없이 S 또는 Ca가 各各 單獨으로 있을 때 보다는 共存할 때 最長의 花粉管을 낳게 하였다. B의 가장 效果의인 濃度는 100 mg/l 內外였으며 B가 全然 없을 때는 花粉生長이 極히 不良한 것이 없었다. 이때 B의 有效濃度는 比較的 狹少한 便이 있고 最適濃度에서 B의 濃度가 增加됨에 따라서 花粉管伸長이 減少되었다. 이러한 結果는 花粉發芽率에 있어서도 볼 수 있었는데 (Table 1) 그 差異는 花粉管長의 그것에

Table 1. Effects of different levels of boron on *Crinum* pollen germination when combined with either Ca or sucrose (S) or Ca plus S (in percent).

Conc. of boric acid in mg/l	S	Ca	S+Ca
0	5.7	13.3	73.4
10	90.0	76.8	93.2
20	93.4	83.4	94.3
100	95.1	88.2	97.0
500	85.0	63.4	92.8
1000	80.1	50.1	91.7

Significant difference (1% level): ± 3.7

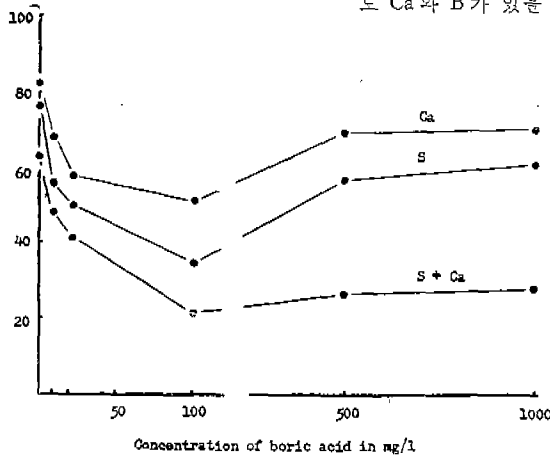


Fig. 2. Number of *Crinum* pollen burst (grains and tubes collectively) as affected by different levels of boron when combined with either sucrose (S) or calcium (Ca), or S plus Ca.

裂數가 많았는데 Ca와 S가 B와 함께 있을 때에는 破裂數는 더욱 減少하였고 이것은 마치 花粉生長에 있어서의 그 効果에 比等한 바가 있었다.

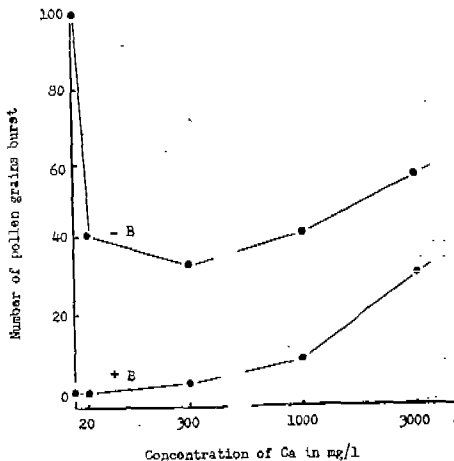


Fig. 3. Number of *Crinum* pollen grains burst as affected by different levels of calcium (Ca) in the presence and absence of boron (B).

比하면 적은 것이었다.

花粉의 破裂數 關係 :

普通培養液에서 花粉을 生育시켜 花粉의 生長을 測定함이 없이 花粉發芽와 伸長을 中止케한 花粉破裂은 花粉內容物의 外液으로의 吐出(Fig. 5)인 것이며 이것은 花粉細胞膜質의 弱화에 依據하고 있으며 細胞膜質의 強韌度에 關係하고 있는 Ca와 S의 B濃度變化에 따른 効果와 B와 S의 Ca濃度變化에 따른 效果를 究明해 보았다. 花粉破裂(花粉粒과 花粉管)의 程度도 亦是 花粉生長時와 같이 B濃度가 100 mg/l 일때 最少數였고 그 보다濃度가 낮거나 높으면 破裂이 많아 졌다(Fig. 2). 이때에 드 Ca와 B가 있을 境遇에는 S와 B가 있을 때 보다 破

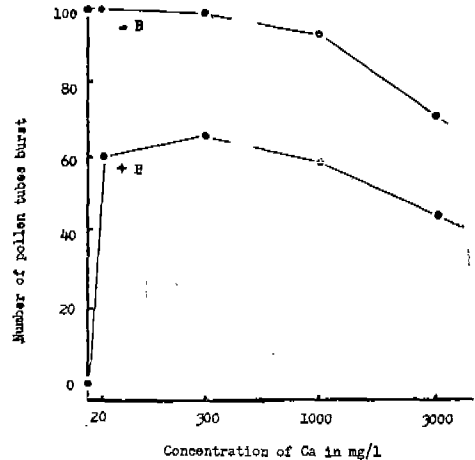


Fig. 4. Number of *Crinum* pollen tubes burst as affected by different levels of calcium (Ca) in the presence and absence of boron (B).

Ca의 濃度を 여러가지로 變化시킨 가운데 花粉粒과 花粉管破裂을 別途로 調査해 보았을 때 亦是 花粉生長의 境遇와 같이 300 mg/l을 中心으로 해서 100 mg/l B를 添加(+B)한 것과 하지 않았던(-B) 處理사이에는 破裂度에 큰 差別을 보였으며 +B는 -B의 그것보다는 顯著히 낮았고 花粉粒에 있어서는 Ca의 濃도가 300 mg/l이 될때까지는 急激한 減少를 보였다가 그 濃도가 높아 질에 따라서 차차 增加되었다(Fig. 3). 花粉管破裂의 度는 亦是 +B가 -B에 비해서 顯著히 낮았는데 Ca 濃도의 變化에 따라서 花粉粒破裂의 境遇와는 反對로 Ca의 300 mg/l가 될때까지는 破裂이 갑자기 甚해 졌다가 Ca의 濃도는 增加됨에 따라서 漸次的인 破裂의 增加를 보여 주었다(Fig. 4).

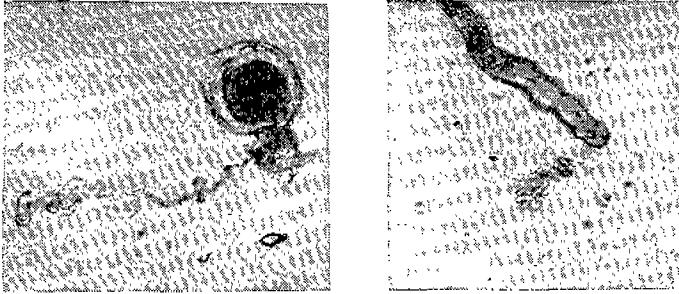


Fig. 5. Pollen grain bursting (left) and tube bursting (right).

考 察

Ca가 花粉生長에 促進의 役割을 하는 것은 外界에서 이것을 人工的으로 花粉培養液에 供給하거나 그렇지 않으면 代身 花粉 培養時 Slide glass上的 培養液 1滴當 含有花粉數를 增加시킴으로서 花粉 自身이 가지는 Ca가 外界液에 溶出되어 Ca를 人工的으로 供給했을 때와 恰似한 効果を 望게 하는것은 이미 알려져 있는 事實(Brewback 1963, de Bruyn 1966, Kwack 1965)로서 花粉을 培養할 때에는 많은 數의 花粉을 培養液에 散入한 것이 적게 散入한 것 보다도 花粉生長이 보다 더 良好하게 되는 理由도 기기에 있는 것이다. 이러한 Ca의 作用은 B가 그 培養液에 들어있지 않으면 아무런 效果가 없는 것이다(Brewbaker 1963, de Bruyn 1966). 이때 必要한 B의 量은 20~100 mg/l의 濃度일 境遇 가장 旺盛하고 그 以上の 濃도는 오히려 生長을 抑制하는 結果가 된 것은 Ca의 濃度變化에 따른 花粉의 生長反應(Kwack, 1965)과는 달라서 比較的 狹少한 濃도의 範圍에서 가장 큰 效果를 나타내고 있음은 相互間的 生理的 作用이 相異하다는 것을 指擡하고 있다. 興味스러운 것은 高濃度の B는 花粉生長을 甚히 抑制하는데 S만 있고 Ca가 없을 때는 그것이 더욱 甚한 傾向을 보여 주었다(Fig. 1). 이것은 花粉破裂度에 있어서도 그러하였다(Fig. 2). Ca는 高濃度の B의 作用을 拮抗하고 있는데 이것은 最近 de Bruyn(1966)에 依해서 *Setaria* 花粉에서도 觀察되었다. *Crimum* 花粉發芽와 管伸長에는 Ca와 B가 같이 있을 때는 S와 B가 같이 있을 때 보다는 效果가 적어서 S는 花粉生長에 있어서 基質의 養分을 暗示해 준다. 이때 S가 Ca와 B가 共存했을 때는 單獨으로 있을 때 보다도 그 效果가 越等한 理由는 花粉生長은 單純히 한 種類의 要素로서만 이루어 지는 것이 아니고 各種物質이 綜合的으로 必要하다는 것을 表示하고 있다. 各要素의 이러한 相互間的 効果는 花粉細胞의 機械的 保護를 擔當하고 있는 膜質의 強弱도에 直接 關係하고 있음은 B의 濃도를 달리했을 때 나타나는 花粉破裂 또는 吐出如何가 그대의 花粉生長의 促進성과 깊은 關係가 있어 結局 B의 100 mg/l 濃도를 中心으로 한 近處에서 가장 破裂數가 적고 高濃度에서는 많으며 花粉生長의 境遇와 같이 破裂을 最高로 保護할려면 各種 要素가 共存하여야 함을 알 수 있다.

Ca의 高濃도와 低濃도에 있어서의 花粉破裂度の 差는 花粉粒과 花粉管이 서로 反對되는 現象을 내고 있어 高濃度 Ca에서는 花粉粒이 가장 많은 破裂이 일어나고 있는데 이 程度는 B를 添加함으로써 相當히 減少시켰다. 低濃度の Ca에서는 花粉管의 破裂이 反對로 가장 많고 高濃度の Ca에서는 적었다. 興味있는 것은 B가 없을 때 若干의 Ca 添加로서 花粉粒破裂을 甚히 減少시킬 수 있었고 그와 달리 B가 있을 때 若干의 Ca 添加가 花粉管破裂을 急激히 增加시키고 있음은 高濃度の Ca에서는 花粉管伸長은 促進되나 發芽치 아니하는 花粉이 많아지는 까닭인 것이다. Ca와 B가 以上과 같이 花粉粒 그리고 花粉管壁 即 細胞膜을 強靱케 한다는 點으로 보아서는 同一하나 그 作用性質이 다름을 斟酌할 수 있다. 花粉粒과 花粉管에 作用하는 B와 Ca의 性質도 亦是 相當히 다르다. Zittle(1951)에 依하면 B는 膜強韌度라는 見地에서 細胞膜에 있는 pectin 分子와 關連해서 作用하고 있다는데 Ca도 또한 pectin에 吸着되어 作用하고 있어(Brewback 1963) B와 Ca 사이에는 어떠한 共通性이 있는 것이나 Ca는 強力한 陽電荷體이고 B는 그

될지 않다. pectin은 陰電荷 親水性 膠質이기 때문에 Ca는 거기에 吸着이 容易하나 B는 그렇지 못하니 結局 Ca는 前述한 바(kwack 1955)와 같이 "non-metabolic"한 것이니 B는 多分히 "metabolic"하게 pectin에 作用하고 있지 않는가 본다. 그러니까 Gauch(1957)나 Smith(1944)가 指摘한 바와 같이 B는 Ca의 植物體內活動을 旺盛히 해준다는 事實이 여기에도 附合되는 것 같다. 그러니까 pectin의 表面積이 적은 花粉粒狀態(花粉發芽時)에서는 B가 Ca보다 더욱 強力히 作用하고 pectin의 表面積이 많아지는 花粉管狀態(花粉管伸長時)에 있어서는 Ca가 B보다 生長促進이나 破裂抑制에 더욱 強力히 作用하고 있는 것 같다. 이때 S는 勿論 Ca와 B의 作用과는 달리 pectin 合成의 粘質로서 利用되고 一面으로는 細胞滲透壓調節에도 關聯하고 있음은 잘 알려져 있는 바(Johri 1951)와도 같다.

要 約

Ca에 對하여 敏感히 反應하는 *Crinum asiaticum*의 花粉을 人工培養하여 그 生長과 破裂에 미치는 硼素(B), 石灰(Ca) 그리고 蔗糖(S)의 相互關係를 究明해 보았다.

花粉發芽와 花粉管伸長은 B의 少量添加에 依해서 S와 Ca의 作用을 顯著히 도왔으며 이것은 高濃度の B에 있어서도 그러하였다. 이때 이들 要素 單獨보다도 混用이 더욱 效果가 있음을 볼 수 있었다.

花粉粒과 花粉管的 培養液中 破裂은 花粉細胞膜의 強韌성과 直接 關連되어 있는 것 같아 B, Ca 그리고 S의 混用이 또한 그런 單獨使用보다도 強韌성이 더욱 增加된 結果가 되어 破裂이 減少된 것을 알 수 있었다.

Ca는 恒常 高濃度の B作用에 拮抗하는 性質을 보여 주었으며 濃度別로 볼 때 花粉粒과 花粉管破裂에 미치는 影響이 서로 다름으로서 作用性質이 같지 않음을 指摘할 수 있었다. 이것은 Ca가 "non-metabolic"하고 B가 "metabolic"하게 pectin에 作用하여 다 같이 花粉細胞膜의 強韌성을 增加시키는 것이라 생각 하였다.

References

1. Brewbaker, J. L. and B.H. Kwack. 1953. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. Amer. Jour. Bot. 50 : 859-865.
2. de Bruyn, J. A. 1965. The in vitro germination of pollen of *Setaria sphacelata*. 2. Relationships between boron and certain cations. Physiol. Plant. 19 : 322-327.
3. Gauch, H.G. 1957. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 8 : 31-64.
4. Johri, B.M. and I.K. Vasil. 1951. Physiology of pollen. Bot. Rev. 27 : 325-381.
5. Kwack, B.H. 1964. On the role of calcium and other cations in pollen germination and growth. Bot. Mag. Tokyo 77 : 327-332.
6. _____. 1965. On the action of Ca in pollen growth as influenced by interaction of the different Ca concentration, acidity and temperature. Kor. Jour. Bot. Seoul 8 : 19-23.
7. _____. and T. Macdonald. 1965. The role of calcium in pollen growth as expressed by various water-soluble substances. Bot. Mag. Tokyo 78 : 163-170.
8. Schmucher, T. 1933. Zur Blütenbiologie tropischer Nymphaea arten. II. Bor als entscheidender Faktor. Planta 18 : 641-650.
9. Smith, M.S. 1944. The role of boron in plant metabolism. I. Boron in relation to the absorption and solubility of calcium. Austr. Jour. Expt. Biol. Med. Sci. 22 : 257-263.
10. Zittle, C.A. 1951. Reaction of borate with substances of biological interest. Advances in Enzymol. 12 : 493-527.