

## 사탕무우의 硼素缺乏症에 關한 研究

任綱彬 · 林雄圭 · 趙景植

(서울大學校 農科大學 農生物學科)

## Study on the Boron Deficiency in Sugar Beet

Im, Hyong Bin, Ung Kyu Lim and Kyong Sik Tscho

(Dept. of Agrobiolgy, College of Agriculture, Seoul National University)

### ABSTRACT

The purpose of this experiment was to investigate boron deficient symptom of sugar beet. Sugar beet affected by boron deficiency was anatomized and observed by microscope and electron microscope.

The sugar beet plants affected on boron deficiency with water culture and those of the experimental farm alike contained a small amount of boron. The symptom of boron deficiency began to show dark-brown lines at the ventral surface of the basal part of petiole and then, in the ridge of young leaf, growing point became darkened due to necrosis. The leaf blade was wrinkled severely and finally the growth was stunted. The boron deficiency began with necrosis of the epidermis of the ventral surface of the basal part of petiole, and parenchyma under it. Necrosis and disintegration of the ridge tissue of young leaf began to take place and were expanded gradually.

Electron microscopic examination of boron deficient sugar beet plants revealed that chloroplasts degenerated, and appeared to contain larger amounts of starch, also observed larger number of osmophilic granules. And they peculiarly were found polyhedral crystals in the certain deficient chloroplasts.

### 緒 論

硼素는 비록 식물체에서 단독으로 어떤 특異한 生理的 機能이 밝혀진 바는 없어도 모든 高等 植物의 정상적인 生長과 發育에 필요로 되고 있다. 대체로 生長點 근처의 組織 특히 細胞壁에 많이 있으며 Ca의 생리적 기능과 밀접한 關聯을 갖는다는 것이다(Reeve and Shieve 1944, Omesh and Cutcliffe 1972). 또한 Mg·K의 기능과도 관련되어 있다하며(Reeve and Shieve 1944) 그 使用 適量의 범위가 좁기 때문에 그에 의한 缺乏 및 過多症으로 인하여 B의 重要性은 날로 크게 認識되어지고 있다.

Dugger(1956)등에 의하면 B는 糖과 기타 含水炭素의 轉移에 관계하며, Boron-Sugar의 複合體는 유리된

糖보다 쉽게 生活細胞를 통과할 수 있다고하며 또한 Glucose-1-phosphate에서 전분에 이르는 過程의 酵素作用에도 影響을 준다는 것이다. Elliot등(1974)은 목화에서 IAA處理했을때, B가 缺乏되면 섬유의 發育이 적었다고 한다.

Martin과 Albert(1974), Cohen(1972) 및 Neale(1960)는 B는 DNA의 지속적인 合成과 細胞分裂에 關與한다고 하였다. Rajaratnum(1971)은 B 缺乏症에 걸린 Oil palm에서 B添加區인 完全區에서 檢出되는 Leucoanthocyanine이라고 하는 phenol物質이 B 缺乏區에서는 檢出되지 않았으며, 이러한 phenol物質들은 病 저항성에 關與한다고 하였다. Lee와 Aronoff(1966)는 B 缺乏症에 걸린 해바라기의 電顯的 觀察에서 細胞壁이 비정상적으로 肥厚되면서 어떤 경우에는 톨니도양을 하고있으며, Mitochondria의 數가 增加한다고 하였다.

著者は B 缺乏에 敏感한 사탕무우, *Beta vulgaris* L. 를 材料로 하여, 우리나라 鹽碱性 토양에서 發生하기 쉬운 사탕무우 B 缺乏症狀에 관한 光學顯微鏡과 電子顯微鏡 觀察을 하였다.

## 材料 및 方法

6月 3日 溫室에서 砂耕用 와그나꽃트에 사탕무우 品種 Maribo를 播種하였고, 6月 20日 N-P-K: 3-5-4kg/10a 기준으로 施肥한 供試植物을 7월 7일부터 Hoagland Ⅱ液에 水耕하였다. B를 添加한 完全區와 B를 添加하지 않은 缺乏區의 土로 나누어 栽렸으며, 培養液의 pH는 다 같이 7.0로 하였다.

圃場實驗은 全北 沃溝郡 米面干拓地에서 사탕무우 本葉이 6~7매 되는 6월 下旬頃 즉 生長이 활발하여지는 무렵부터 나타나기 시작한 B 缺乏症에 걸린 個體를 供試하였다.

水耕으로 栽培된 사탕무우의 完全區와 B 缺乏區 個體들의 葉數, 葉長, 地上 및 地下部 乾物重, B 含量을 比較하였고, 圃場에서 B 缺乏症狀을 나타낸 個體들중, 症狀이 甚한것, 中間의 것, 健全한 것들의 B 含量을 각각 測定하였는데 B 分析은 Carcumin法으로 하였다.

水耕한 B 缺乏區의 식물체의 여러 부위를 파라핀法으로 埋沒하여 8 $\mu$ 으로 切斷 檢鏡하였고, 電顯觀察은 Millongins氏法으로 前固定한 후, Osmic acid로 後固定하였으며, Luft法으로 埋沒하여 Hitachi HS-7S 電子顯微鏡으로 하였다.

## 結 果

### 1. B 缺乏症 식물體의 B 含量

米面園場에서 採取한 것으로서 健全한 것, 缺乏症狀이 中程度인 것, 아주 甚한 것을 각 5個體씩 B 含量을 조사하였는데, 平均 含量이 健全한 것이 13.6ppm, 中程度의 것이 10.9ppm, 甚한 것이 6.2ppm이었다. 이와같이 B 缺乏症이 甚하게 나타난 개체에서 B 含量이 현저히 적었다.

水耕栽培에서 얻은 B 缺乏區의 여러 가지 生育 形質과 B 含量을 健全區의 그것들과 比較하였다. 兩區에서 각 5本씩의 植物체의 平均이 있어서 B 缺乏區에서는 展開葉 數도 적었고, 葉의 길이도 대단히 짧았으며 乾物量이 현저히 적었다. 뿌리의 根物량도 적었고, 枯葉數도 많았다. 健全區 잎에서는 B 含量이 30.8ppm인데 비하여 B 缺乏區에서는 16.0ppm이었다. 뿌리에 속

有된 B 도 건전구에서는 11.7ppm인데 비하여 B 缺乏區에서는 7.5ppm이었다.

結果의으로 水耕과 圃場에서 다 같이 B 缺乏症이 일어난 個體들에서는 B 含量이 대단히 적었으며, 그 生育이不振하였다. 그리고 잎과 뿌리에서 B 含量의 차이는 잎에서 더욱 크게 나타났었다.

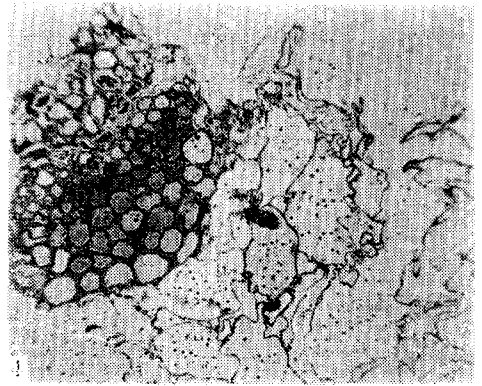
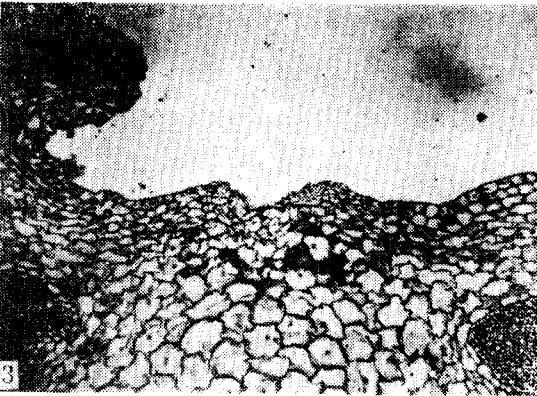
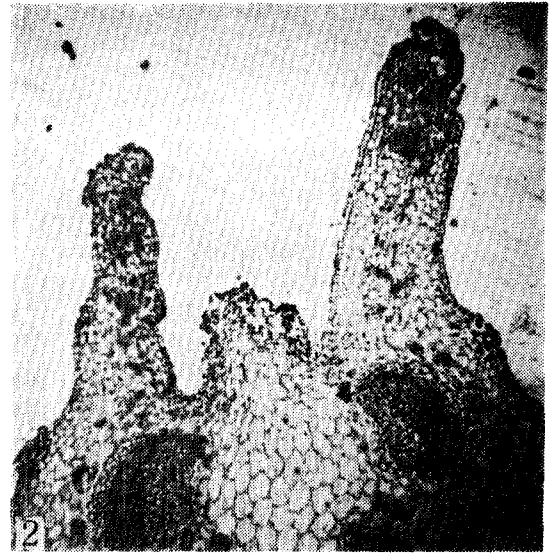
### 2. 缺乏症에 있어서 初期症狀의 解剖學的 및 電顯的 觀察

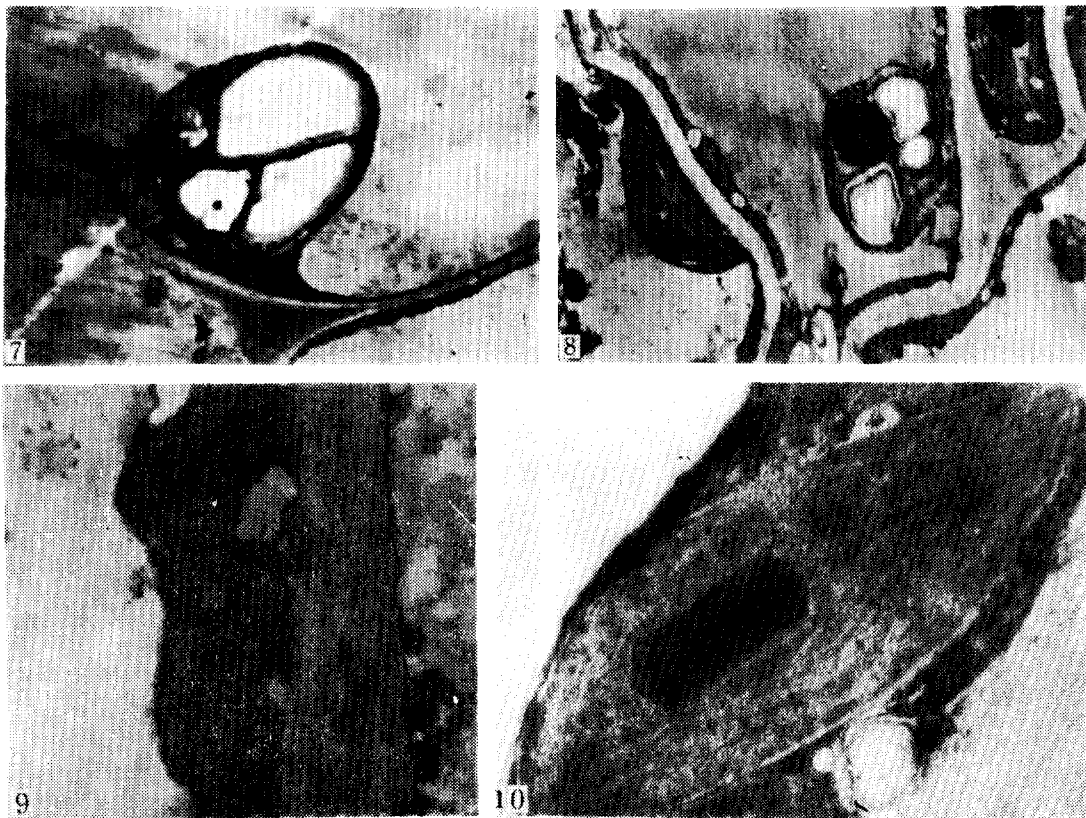
B 缺乏症을 나타낸 사탕무우 個體에 있어서 肉限으로 분수 있는 初期症狀은 처음 葉柄基部 표면中央에 黑褐色 줄이 나타났으며, 葉柄이 탄력성을 잃어 쉽게 부러지고 주름이 심하였다(Fig. 1). 그 후 生長點부위 細胞分裂의 저해와 生長部位의 어린잎 葉緣으로부터 조직의 壞死가 일어났으며, 壞死는 점차 擴大되어 黑色을 띄었고 芯腐病을 일으켰다. 葉柄의 검은 줄이 나타난 부위를 解剖 檢鏡하였더니 葉柄 중앙 돌기와 양쪽의 退化된 葉身突起의 끝 세포들이 壞死(Fig. 2)되기 시작하였으며, 葉柄 중앙부의 표피세포는 發育이 불완전하였다. 그리고 그 밑층 柔組織 세포에서도 壞死와 붕괴를 볼 수 있었다(Fig. 3). 後期 缺乏症狀으로서는 生長點 部位 어린 잎들의 壞死와 芯腐病이 일어났으며 어린 葉原起 끝의 표피와 그 밑 葉肉 세포들이 壞死와 붕괴를 일으켰다.

물관의 발육은 多少 미약하였으며, 形成層 세포에서는 壞死가 일어났다(Barbara and Llrath, 1956). 葉肉에서는 葉맥부분에서 괴사가 현저하게 일어났고, 부근 柔組織 세포에서 괴사를 볼 수 있었다.

전자현미경 觀察에서, 缺乏症狀의 특징을 葉肉체에서 뚜렷이 볼 수 있었다. B 缺乏症狀을 보인 어린 葉身과 葉柄의 앞뒷면 皮層細胞의 관찰에서 세포내에 Osmophilic granules이 많아지기 시작하였으며, 심한 세포에서는 Osmophilic bodies와 葉肉체내에서 相當量의 전분립이 발견되었다(Figs. 5, 6, 7, 8). 그리고 葉綠體內에서 Grana의 分化가 미약하였으며, 반면 Stroma의 Electron density가 높았다(Fig. 5). 때때로 붕괴된 葉肉체가 눈에 띄었으며, 特異할 만한 것은 葉肉체내에 格子를 지닌 結晶體가 많이 발견된 점이다(Figs. 9, 10).

이와같은 現象은 完全區 植物에서는 보이지 않았으며, Lee(1966)등이 B가 缺乏된 해바라기에서 보았다는 Mitochondria의 增加와 세포벽의 異常肥大現象이 사탕무우에서는 볼 수 없었다.





**Fig. 1.** The symptom of boron deficiency began to show lines occurring in the center of the ventral surface of the basal part of petiole and then the ridge of young leaf in the region of growing point became darkened due to necrosis. The leaf blade was wrinkled severely and finally the growth was curled.

**Fig. 2.** The early symptom of boron deficiency, the necrosis was appeared on the ridge of leaves and ventral surface of petiole. 100X.

**Fig. 3.** The magnified necrosis of epidermis and parenchyma under it. 300X.

**Fig. 4.** The necrosis of cambial zone and disintegration of parenchyma. 300X.

**Fig. 5.** Boron deficient cells showing numerous osmophilic granules in the cytoplasm and the chloroplast. 3800X.

**Fig. 6.** Boron deficient chloroplast showing a large osmophilic body. 7300X.

**Fig. 7.** Boron deficient chloroplast showing large size starch granules. 5600X.

**Fig. 8.** There are large size starch grains and the osmophilic body in boron deficient chloroplast. 4200X.

**Fig. 9.** Certain boron deficient chloroplast showing the polyhedral crystal. 4400X.

**Fig. 10.** Magnified crystal in the chloroplast. 15600X.

## 考 察

사탕무우는 pH 6.5이상의 中性 내지 鹽基性 토양을 좋아하며, 특히 pH 5.2이하의 酸性土壤에서는 수확량이 激減한다고 한다(Hokkaido Univ., 1964). 따라서 외국에서는 pH를 교정하기 위하여 酸性土壤에서는 石灰를 주는 일이 많다. 酸度を 교정할 경우 사탕무우의 最適酸度로 알려진 pH 7.2정도로 교정하게 되면 B, Mn 등(Wear and Patterson, 1962)의 缺乏이 자주 發生하게 되고, 또한 莖芽가 고르지 않는 등 여러 가지 副作用이 따르므로, 日本에서는 보통 6.5~7.0정도로 調整한다는 것이다(Hokkaido Univ., 1964).

圃場試料를 얻은 米面干拓地는, 우리나라 一般干拓地와 비슷하게 pH가 7.0~8.0이므로 사탕무우 生育에 는 비교적 좋은 條件이라고 할 수 있다. 그리고 우리나라 熟田에서도 일어나기 쉬운 사탕무우의 B 缺乏症도, 鹽分 干拓地에서는 좀 적게 일어나는 것 같으나(Kanwarand Singh, 1961), 元來 사탕무우는 B 缺乏症에 예민할 뿐만 아니라, 흔히 토양에서 水溶性 B는 溶脫되어 耕土層 하부로 내려 간다는 것이다. 그 위에 水溶性 B가 鹽基성이 심한 토양에서는 칼슘보레이트 또는 락네슘보레이트로 되어 不溶性이 되기 쉽다는 것이다(Hokkaido Univ. 1964). 이와같은 곳에서는 深耕을 하여 下層土를 갈아서 경토층의 위에 올려 놓는 일과 퇴비를 많이 施肥하여야 할 것으로 생각되었다(Wear and Patterson, 1962).

日本の 長野縣의 水溶性 B含量은 平均 0.3ppm이며 남부 캘리포니아에서는 1.35ppm을 함유하고 있는데 비하여(Hokkaido Univ., 1964), 우리나라 밭의 有効 B含量的 평균치는 0.15ppm이어서 일본의 半정도 밖에 함유되어 있지 않다. 따라서 우리나라에서는 사탕무우 재배에 있어서, B 缺乏症을 매우 조심하여야 할 것으로 생각한다.

B 缺乏症狀으로서, 生長點 부위의 壞死는 生長點 부위 細胞分裂의 障碍에서 오는 것으로서 Ca의 생리적 작용과 밀접한 관련을 갖는다는 것이다(Omesh and Cutcliffe, 1972; Reeve and Shieve, 1944). B가 缺乏되면 生長點에서의 代謝가 원활치 않아, 그 중심부가 괴사되는 것으로 짐작되었다.

또한 Ca은 세포벽에서 Ca-Pectate를 形成하여 세포벽을 堅固히 하며, 세포들의 粘착을 잘 하게 하는 기능도 한다. 그러므로 B가 缺乏하면, 細胞壁形成이 나빠져(Frey-Wyssling, 1950; Lee and Aronoff, 1966) 생

장이 억제되며, B 缺乏인 식물체에 있어서 細胞壁의 비정상적인 形態나(Lee and Aronoff, 1966) 물론, 細胞의 發育不振으로(Eltinge, 1936) 나타나는 것 같다. 또한 형성중 부근의 壞死와 붕괴가 일어나는 경우도 있었다.

B 缺乏인 일에서는 糖과 Hydrophilic colloid의 농도가 높아진다는 것이다(Baker et al., 1956). 따라서 氣孔 孔邊細胞의 기능을 喪失하게 된다(Barbara and McLlath, 1956). 그러므로 表皮細胞의 分化가 제대로 이루어지지 않는 것으로 생각되었다. B 缺乏인 葉綠體에서 전분의 量이 증가되는 것은, 전분代謝에 作用하는 酵素에 B가 關與함을 의미하는 것 같다(Dugger, et al. 1956; Lee and Aronoff, 1966).

Osmophilic granules의 形成이나 結晶體의 生成은 건진한 細胞에서도 發見되지만, Osmophilic의 量이나 結晶體의 所在가 열목재라는 점에서 注目할 만한 일이다. 앞으로 이들에 대한 보다 깊은 生理的機作이 연구되어야 할 것으로 생각된다.

또한 열목재의 붕괴는 B 缺乏인 식물체에서 酵素作用의 不活性化에 기인 함이 아닌가 생각된다. 한편 Lee 등(1956)에 의하면 B 缺乏症인 해바라기에서 세포벽의 비정상적인 形態와 Mitochondria의 數的인 증가가 있었다고 하였는데, 本實驗에서는 그런 내용을 뒷받침할 만한 사실을 찾아 내지 못하였고, 葉綠體 내에서 Osmophilic granules과 結晶體, 전분粒의 발달을 보았다. 이와같은 電顯的 觀察 결과는 본 연구에서 발견한 重要한 결과이다.

## 摘 要

사탕무우 品種 Mirabo를 供試하여 水耕과 圃場實驗을 통하여 나타난 B 缺乏症 식물체의 解剖學的 및 電顯的 觀察를 하였다.

B 缺乏症에 걸린 사탕무우에 있어서는 水耕 또는 圃場에서 다 같이 B含量이 매우 적었다. B 缺乏症의 症狀進行은 우선 葉柄의 表面等 基部에 黑褐色 줄이 나타나기 시작하였으며, 그후 幼葉緣과 生長點 근처가 겹겹히 壞死하였고, 葉身이 甚하게 오그라졌으며, 生長이 거의 정지 되었다. 나중에는 表面쪽 葉柄 基部의 表皮와 그 밑의 柔組織이 壞死하였다. 그리고 幼葉緣 組織의 壞死와 붕괴는 점차 擴大되어 갔다.

B 缺乏症을 나타낸 사탕무우의 電顯的 觀察에서는 그와 같은 식물의 葉綠體는 붕괴하기 시작하였으며 多量의 전분과 Osmophilic granules가 보였다. 그리고 특히 어떤 葉綠體 안에는 格子를 가진 多面體의 結晶體가 발

견적었다.

### 參 考 文 獻

- Baker, J.E., H.G. Gauch and W.M. Dugger, 1956. Effects of boron on the water relations of higher plants. *Plant Physiol.*, **31** : 89~93.
- Barbraa, F.P. and W.J. McClrath, 1956. Response of tomato, turnip, and cotton to variations in boron. II Anatomical response. *Bot. Gaz.*, **118** : 53~71.
- Cohen, M.S., 1972. The relationship of boron to mitosis. Ph. D. thesis. Univ. of Rhode Island, Krinton.
- Dugger, W.M. Jr., E.C. Sixler and H.G. Gauch, 1956. The role of boron in the translocation of organic compounds in plants. *Plant Physiol.*, **13** : 11~17.
- Elliott, H.B., C.A. Beasley and W.M. Dugger, 1974. Boron deficiency in unfertilized cotton ovules grown in vitro. *Plant Physiol.*, **54** : 931~935.
- Eltinge, T., 1936. Effect of boron deficiency upon the structure of *Zea mays*. *Plant Physiol.*, **11** : 756~778.
- Frey-wyssling, A., 1950. Physiology of cell wall. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **25** : 169~182.
- Hokkaido Univ., 1964. The culture and management of sugar beet. *Sugar beet Res. Assoc. Japan*.
- Kanwar, J.S. and S.S. Singh, 1961. Boron in normal and saline alkali soils of the irrigated areas of the Punjab. *Soil Sci.*, **92** : 207~211.
- Lee, S.G. and S. Aronoff, 1966. Investigations on the role of boron in plants. II Anatomical observations. *Plant Physiol.*, **41** : 1570~1577.
- Martin, S.C. and L.S. Albert, 1974. Autoradiographic examination of meristems of intact with tritiated thymidine. *Plant Physiol.*, **54** : 766~768.
- Neales, T.F., 1960. Some effects of boron on root growth. *Sci.*, **13** : 232~249.
- Omesh, C.G. and J.A. Cutcliffe, 1972. Effects of lime and boron concentration of rutabaga. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **36** : 936~939.
- Rajaratnam, J.A., 1971. Boron: Possible role in plant metabolism. *Sci.*, **172**(11) : 1142~1143.
- Reeve, E. and J.W. Shieve, 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Sci.*, **57** : 1~14.
- Wear, J.I. and R.M. Patterson, 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water soluble boron in the soil. *Sol Sci. Soc. Amer. Proc.*, **26**(4) : 344~346.

(1982年 1月 18日 接受)