

土壤酸度調整에 따른 사탕무우, *Beta vulgaris* L.
硼素缺乏症의 出現에 關하여

黃鍾瑞·任綱彬·林雄圭
(서울大 農大 農生物學科)

On the Appearance of Boron Deficiency in Sugar Beet,
Beta vulgaris L. by the Control of Soil Acidity

Hoang, Chong Ser, Hyong Bin Im and Ung Kyu Lim

(Department of Agrobiolgy, College of Agriculture, Seoul National University, Suweon)

ABSTRACT

Sandy loam plots of pH 5.5, which was created by the reclamation of highlands in Yongin county, Kyeonggi province, was selected for the present experimental study. Sugar beet was cultured in these plots by treating them with calcium hydroxide and 3 replications to maintain pH 5.5, 6.4, 6.8, 7.2, and 7.6, respectively. The growth and yield of sugar beet were investigated and the results obtained showed a great deal of boron deficiency.

The growth in its early stage was favorable in high pH plots, while no significant difference was observed in sugar content, root weight and sugar production at the time of harvest in each treated plot. The tendency of sugar accumulation appeared to be identical in terms of pattern in each treated plot; i.e. sugar was accumulated until early September but declined momentarily from the middle of September and then the sugar accumulation was resumed from the middle of October. The number of individuals in boron deficiency was larger in high pH plots and the condition of such boron deficiency was also severe. The result of analysis of boron contained in plant body revealed that the boron content of individuals caused boron deficiency by water culture and that occurred in the plots was small alike. The appearance of boron deficiency is characterized by the emergence of black stripes on the surface of the basal part of petiole, severe necrosis of young leaves in the area of growing point and severe wrinkles. Therefore it is felt necessary to pay particular attention to boron deficiency in the culture of sugar beet in our country.

緒 論

사탕무우(*Beta vulgaris* L.)는 지난 100年 동안 糖料作物로서 世界 各地에서 재배되어 왔으며 現在 40餘 개국에서 약 800萬ha에 재배되어 年間 約 3,200萬%의 설탕을 生産하여 世界 설탕 消費量의 40~45%를 供給 하고 있다.

우리나라에서 사탕무우 栽培가 처음으로 導入된 것은 1906年(勸業模範場, 1906)으로 當時 水原의 勸業模範場과 다른 그 地域에 처음으로 試驗栽培를 하였다. 勸業模範場(1907), 威北(威北種苗場, 1911, 1912, 1913, 1914) 및 平南(平南種苗場, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924) 등의 種苗場에서 주로 栽培법을 研究하였으며, 1917년에는 평양에 朝鮮製糖會社가 設立되어 농민들도 심게 되었으나, 그 후의 不況과 褐斑病

때문에 1930年頃 부터는 재배가 中止되었다(農事院, 1906) 解放後에도 糖源의 自給을 위하여 作物試驗場에서는 사탕무의 재배실험을 實施하였는바 그 성격이 좋았다(作試, 1972, 1973, 1974).

사탕무는 中性土壤을 좋아하는 作物로서 最適 pH는 7.2라고 한다(北大, 1964). 우리나라에서는 大의으로 山地開墾을 實施하고 있는바 이들 우리나라 開墾地는 대체로 酸性이 強하다. 따라서 好中性作物인 사탕무 재배를 위하여서는 土壤酸度의 교정이 필요하다.

石灰施用에 依해 土壤酸度を 調整하여 土壤을 中性 또는 알칼리性으로 하면 B, Mn 이외에도 Fe, Cu, Zn 등 微量元素가 不溶性으로 되며 (Reeve 등, 1943; Coor 등, 1939; Naftel, 1937; Purvis 등, 1938; White-Stevens, 1942; Campbell 등, 1967; 池川, 1961), 植物體에 그들의 缺乏症을 일으킨다는 報告(Wear 등 1962; 郭, 1968; 鈴木 등, 1967)는 되지 않는다.

本 實驗은 酸도가 높은 新開墾地에 消石灰를 投與하여 여러 水準의 酸度로 調整하여 사탕무를 栽培하였던바, 礫素缺乏症의 出現이 많았으므로 이들 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

京畿道 龍仁郡 器興面 譽川里의 土壤酸度 5.5인 砂質壤土圃場에 1975年度에 第 1表와 같이 消石灰를 播種 2주일 前에 投與하고 攪拌하여, 토양산도를 調整하였다.

Table 1. The treated amount of Calcium hydroxide and pH in each plot

Soil acidity (pH)	5.5	6.4	6.8	7.2	7.6
Calcium hydroxide (kg)	—	200	400	600	800

위의 5處理 3反復 亂塊法으로 實驗圃場을 設計하였으며 plot의 크기는 4m×3m로 하였고, 栽植密度는 60cm×20cm로 하였다. 供試品種 Kawemegapoly를 4月 15日 파종하였는바 基肥로 퇴비 1,200kg/10a와 N-P-K : 5.5-11.2-8.6kg/10a를 각 요소, 중과석 및 燐화카리로 주었다. 3~4엽기에 第 1回 숙음을 하였고 그후 7일후 第 2回 숙음을 하여 株間 20cm를 갖게 하였으며 이때 追肥 N 5.5kg을 尿素로 주었다. 初期에는 月 1回, 末期에는 2週에 1回씩 sampling하여 Brix度를 Baush & Lomb의 reflectometer (Model AB-BE-3L)로 測定하여 糖蓄積 經過를 調査하였다.

11月 25日에 收穫하여 根重, 莖葉重, Brix度 및 根中糖含量, 不溶性 固形物, 純糖率 그리고 可製糖量을 조사하였다.

各處理區에서 石灰投與로 인한 酸度調整으로 생기는 礫素缺乏症의 出現度를 조사하였던바 심하게 瘠소가 결핍된 개체, 中程度 결핍된 개체, 그리고 전혀 瘠해가 없는 개체들의 葉身中の 糖소량을 Curcumin法으로 측정하였다.

또한 Hoagland氏液으로 水耕하면서 瘠소결핍증을 出現시켜서 圃場에서 일어난 결핍증세가 礫素缺乏症에 의한 것임을 確認하였다.

根中糖分은 試料를 磨碎한 試料에 鹽基性 酢酸溶液을 添加 여과한 후 Saccharimeter (Atago 檢糖偏光計)를 使用하여 20°C에서 測定하였으며 純糖率은 汁液糖度/Brix度の 100分率로 表示하였고, 可製糖量은 根重×根重糖分/100×純糖率/100으로 計算하였다.

結果 및 考察

收量과 糖蓄積 經過

실험방법에서 말한바와 같이 消石灰의 量으로 圃場 酸度(pH)를 5.5, 6.4, 6.8, 7.2, 7.6으로 조성하고 11月 25日 수확시의 Brix度, 根重, 莖葉重을 調査하였던바 第 2表와 같았다.

土壤酸度の 영향은 Brix도에 있어서 pH 6.4에서 비교적 높았으며 pH가 높아짐에 따라 糖度가 떨어지는 傾向을 나타냈다. 土壤酸度 5.5인 區는 Brix도가 約 17.5%로 pH 7.6區와 함께 가장 낮았다. 그리고 根重은 pH 7.6에서 많았고, pH 6.8, 6.4의 순으로 적었다. 10a當 可製糖量은 pH 6.4區가 제일 높았으며, 다음으로 pH 5.5區이었다. 그러나 統計處理의 결과 이들間에는 유의차가 없었다. 莖葉生産과 토양산도에도 별로 관계가 없는 것 같았다.

pH를 달리한 各區에서의 사탕무 뿌리의 糖蓄積 經過를 보았던바(Fig.1), 各區에서 다같이 9月初까지는 糖이 축적되더니 9月 中旬頃 부터는 도리어 糖蓄積量이 줄기 시작하다가 10月 中旬을 變曲點으로 하여 再次 糖을 蓄積하며 10月 下旬부터 下降하는 복잡한 경과를 밟았다. 그리하여 收穫期에는 위에서 급한 바와 같이 pH 6.4區가 最高의 Brix度를 나타냈다.

이와같은 糖蓄積의 복잡한 pattern은 糖이 어느 一定限度까지 계속적으로 蓄積되는 一般의 경우에 비하여 어떤 生育上의 障害가 있었음을 말하여 주는 것으로 생각되었다.

사탕무 糖蓄積과정에서는 發芽後 120日後에 다소

Table 2. The yield of sugar beet in the soil of various pH levels

pH	Wt. of Root t/10a	Wt. of stem and leaves t/10a	Degree of Brix %	Sugar content of Root %	Mark %	Pure Sugar content %	Sugar Production of root t/10a
5.5	3.50	0.57	17.54	14.40	4.55	85.11	429.0
6.4	3.80	0.55	18.86	15.97	3.86	89.16	541.1
6.8	3.89	0.64	18.31	15.41	3.99	87.17	522.5
7.2	3.65	0.53	18.20	15.20	4.52	87.56	485.8
7.6	4.00	0.59	17.54	14.41	4.02	85.31	491.7

No significance as a result of analysis of variance.

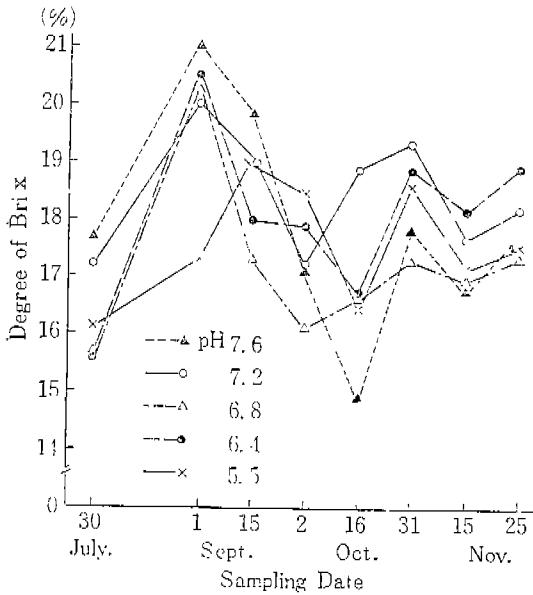


Fig. 1. The sequence of sugar accumulation in the root of sugar beet grown in the soil of various pH levels.

습량이 주는 傾向은 있다고 한다(北海道大學, 1964). 그리고 또 뿌리가 빨리 커질데도 다소 준다는 것이다. 그런데 本實驗에서는 7月下旬부터 몇몇 일은 褐斑病狀을 나타냈는데 이로 인하여 枯葉이 다소 생겼다. 따라서 新葉의 蘇生을 위한 뿌리의 糖消耗가 있었을 것이 推定된다. 그러므로 같은 8月中旬 이후의 糖蓄積低下가 크게 되었다고 생각된다. 그 후 일단 新生한 잎의 物質生産으로 10月中旬 이후는 糖이 增加하기 시작하였다가 11月の 枯葉增加로 다시 糖이 減少된 것으로 생각된다. 그런데 以上の 糖蓄積經過로 보아 今年 氣候條件 등을 감안할 때 最適收穫期는 10月下旬이 아닌가 생각된다. 事實 사탕무우 재배에 있어서는 根重增大 傾向과 糖含量增加가 같지 않아서 그해의 收穫期의 判定는 쉽지 않다고 한다(北海道大學, 1964). 收穫

期가 늦으면 根重은 增加하나 根中糖度가 低下한다는 報告가(Baldwin 등, 1965; Hale 등, 1966) 있다.

硼素缺乏症의 出現

한편 硼素결핍증 出現이 石灰 多량과 관계가 있는 것이 짐작되어 7月 13日 각 처리구의 硼素결핍증을 나타낸 개체들을 輕症, 中症 및 甚症의 세가지로 大別하여 각각 그 總出現個體數를 조사하였던 바 第2圖와 같았다.

즉 pH 5.5에서는 100株 심은 區當 平均 1개, pH 6.4에서는 16개, pH 6.8에서 20개, pH 7.2에서 30개, 그리고 pH 7.6에서 28개가 나타났다.

사탕무우 재배에 있어서의 중요한 토양요인으로서는

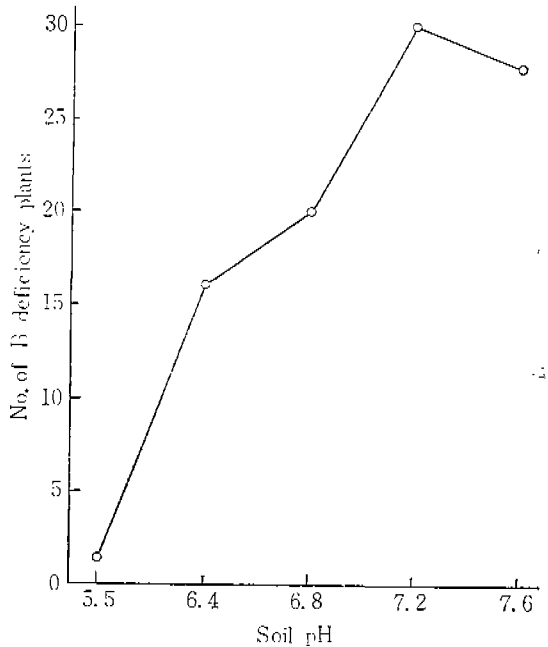


Fig. 2. Soil pH and the individual number of boron deficiency sugar beet plants per plot (100 plants).

深耕, 酸性矯正, 腐植의 供給 등이 중요한데(北海道大學, 1964) 원래 사탕무우는 中性을 즐겨하는 作物이다. 즉 最適 pH는 7.2라고 하며(北海道大學, 1964) 토양 pH를 그걸까지 矯正하면 그에 따라 여러 가지 어려운 問題가 發生하는 일이 많다는 것이다.

例컨데 發芽가 고르지 않다던가 또는 硼素, 당간의 缺乏症 등이 일어나는 관례로 보통 6.5~7.0의 사이로 調整하는 것이 제일 좋다는 것이다(北海道大學, 1964). 일본 北海道 같은 곳에서는 土壤酸度矯正을 함으로써 그 收穫이 대단히 增加된 예가 많다(北海道大學, 1964). 그런데 木 實驗에서는 酸度矯正의 效果가 거의 없었다. 그것은 硼소결핍증을 일으킨 것이 그 原因으로 생각되었다.

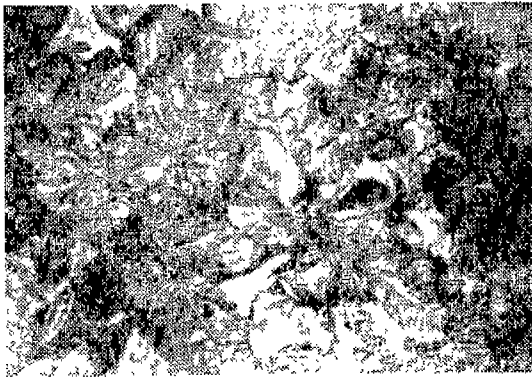


Fig. 3. The appearance of boron deficiency symptom in the field.

石灰施用에 依하여 토양 酸度 矯正으로 微量元素의 缺乏症이 일어난다는 報告는 많다. 그렇지 않아도 우리나라 토양에는 有效硼素의 含量이 적다는 것이다. 朴外 1人(1966)에 의하면 日本 長野縣의 水溶性硼素含量이 平均 0.3ppm이며 美國의 南部 California가 1.35 ppm인데 比하여 우리나라 밭의 平均値는 약 0.15ppm 이어서 日本의 1/2정도 밖에 含有되어 있지 않다는 것이다.

따라서 石灰의 過用은 우리나라 土壤에서 더욱 硼素

缺乏症을 招來하기 쉽다. 그런데 사탕무우는 원래 硼素缺乏症이 敏感한 作物이며, 또한 好中性植物이어서 토양酸度矯正이 필요한데, 그렇게 하면 硼소가 不溶性이 되므로 硼素缺乏症에 쉽게 걸린다.

第3表에서 보는데와 같이 圃場에서의 缺乏症을 나타낸 個體들에서는 甚症個體들이 B의 含量이 적었고 中程度의 것은 中間程度 含有되었고 健康한 個體에서는 含量이 많았다.

Hoagland氏液으로 完全區와 硼素缺乏區의 生育을 比較하였던 表 제 4表와 같았다. 특히 地上部의 生育이 위축되었는데 完全區의 일에는 B가 30.8ppm 含有되었는데 比하여 硼素缺乏區는 16ppm 그리고 뿌리도 역시 缺乏區에서는 含水量이 현저히 적었으며 圃場에서의 出現과 症狀이 같았다.

위에서 말한 바와 같이 냇개 區에서의 硼素缺乏症은 6月 下旬頃, 사탕무우가 급히 生長을 하는데 부터 나타나기 시작하였는데 硼砂를 10a당 2kg씩 土壤撒布를 하였더니 7月 下旬頃에 없어지기 시작하였다. 硼소결핍증은 旱魃에 더 甚한데 今年의 6月 中下旬의 적은 降雨量으로 결핍증상이 더 심한 것으로 생각되었다.

硼소결핍증은 pH가 7이상일 때 특히 7.4정도 부터는 현저히 나타난다는 것이다(北海道大學, 1964). 그것은 우리나라처럼 硼소 不足土壤인 경우에 더 심한데 사실은 硼素가 不溶態로 되기 때문인 경우가 많다는 것이다(北海道大學, 1964). 日本 北海道에서는 石灰過用인 경우가 압도적으로 많다는 것이며 대체로 이와같이 硼소결핍증이 일어나면 芻藪에서는 10a당 硼사 2kg, 英國에서는 1kg가당 施用한다는 것이다.

硼소결핍증은 硼素의 葉面施肥도(McGinnis, 1971) 有效하다. 즉 硼砂를 10a당 1kg정도를 10%에 20gr의 比率로 섞은 水溶液으로 葉面撒布할 하면 數日後에 治癒된다는 것이다. 土壤에 投與하는 때 硼砂는 硼酸의 형태로 토양粒子에 吸着되는데 사실은 쉽게 흡착되지 않고 溶脫하기 쉬우므로 症狀을 보아 1번씩 撒布하는 것이 좋다(北海道大學, 1964).

硼素缺乏症은 初期段階에서도 肉限으로 發見하기 쉽

Table 3. Boron Content of Boron deficiency plants in field(ppm)

Degree of Boron Deficiency	Samples			Average
	I	II	III	
Healthy plants	11.00	16.70	13.20	13.63
Medium deficiency plants	10.20	14.13	8.50	10.94
Serious deficiency plants	8.50	4.60	5.50	6.20

Table 4. The result of Water culture for Boron deficiency in Sugar beets

Treatment	No. of leaves	Length of leaf (cm)	Length of root (cm)	Dry Wt. of shoot system(g)	Dry Wt. of root system(g)	No. of dead leaves	Boron content of leaves(ppm)	Boron content of roots(ppm)
Plus Boron	9.9	23.5	16.5	2.02	0.79	2.9	30.8	11.7
Absent Boron	9.3	16.1	17.1	1.48	0.01	3.1	16	9.5

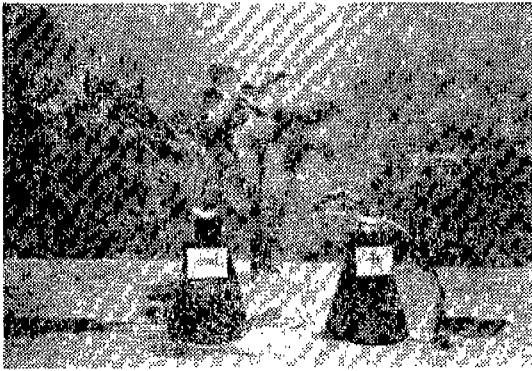


Fig. 4. Water culture for boron deficiency of sugar beet.

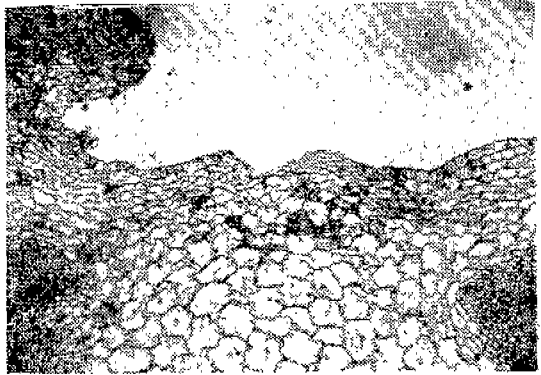


Fig. 6. The magnified necrosis of epidermis and parenchyma under it in ventral surface of young leaf.



Fig. 5. The early symptom of boron deficiency, the necrosis was appeared on the ridge of leaves and ventral surface of petiole.



Fig. 7. The necrosis is appeared in epidermis and mesophyll of the growing tip of young leaves.

다. 圃場에서 生育狀態를 자세히 관찰하면, 처음에는 짧은 葉柄表面基部에 黑色의 줄이 나타나며 葉柄이 彈力性을 잃어 쉽게 부러진다. 그리고 葉身에 주름이 크게 생기며 生長點의 細胞分裂이 阻害되며 어린잎의 葉身이 黑色으로 된다. 組織들에서는 維管束形式層의 分裂이 非正常이 되며 위에서 말한 바와 같이 生長部位로부터 조직의 壞死가 일어나 점점 확대된다.

北大의 報告에 依하면 사탕무우에서 硼素가 缺乏되면 葉身に 糖과 기타 含水炭素가 蓄積되고 氣孔의 孔邊細胞가 기능을 상실하게 되며 表皮細胞도 分化가 제

대로 되지 않는다는 것이다(1964). Warington(1926)에 依하면 *Vicia faba*에 있어서는 B缺乏症은 어린 節部와 柔組織의 崩괴로부터 시작하여 木部에 이르며 이것은 分裂組織의 activity와 相關된다고 하였으며 Hess와 Klotz(1931)는 *Citrus*에 있어서 B缺乏은 形成層과 節部の 파괴로 物質轉流가 阻害되고 生長部位의 分裂能의 阻害가 온다고 하였다. 그외에 Palsel外 2人(1956)의 토마토, turnip 및 숨에 對한 解剖學的 研究도 있다. 사탕무우에 對한 硼素缺乏症의 解剖學的

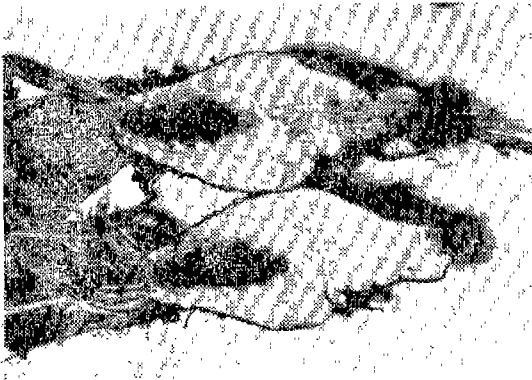


Fig. 8. The heart rot is appeared in the sugar beet root by boron deficiency.

연구로는 Cox(1940)의 實驗이 있는바 그 結果는 本 研究의 結果와 거의 같다.

B의 重要的 生理的 機能은 Ca의 생리적 기능, 糖의 轉流, RNA代謝에 크게 役割을 한다는 것인바(Reeve 등, 1943) 최근에는 pectin物質의 形成, lignin의 形成과 IAA活性制藥에 關與함을 알게 되었다.

硼素缺乏症은 土壤酸度에도 關係가 있지만 土壤粒도가 높은 토양에서 보다 粒도가 낮은 壤土에 더 걸리기 쉽다는 것이다(Wear 등, 1962). 그리고 石灰通用의 경우에는 葉身の Ca/B의 比를 크게 한다는 것이다. 그리하여 $Ca/B < 400/1$ 또는 B 濃度 40ppm보다 클 때는 硼素缺乏症에 걸리지 않는다는 것이다(作試, 1974; Gupta 등, 1972). 外國에서는 사탕무우의 硼素缺乏症에 對한 보고가 적지 않다(北大, 1964). 그러나 우리나라에서는 아직 그 보고가 없으며 本 實驗이 最初의 보고인 것이다.

摘 要

京畿道 龍仁郡의 山地開墾을 한 pH 5.5인 砂壤土 圃場에 消石灰를 투여하여 pH를 各各 5.5, 6.4, 6.8, 7.2, 7.6으로 調整한 5處理, 3反復으로 사탕무우를 재배하여 그 生育狀況과 收量을 調査하였던 바 적지않게 硼素缺乏症이 出現하였으므로 그 結果를 報告한다.

生育初期에는 pH가 높은區에서 生長이 좋았으나 收穫時의 糖度, 根重生産 및 可製糖量에서 各處理區에서 有意性있는 差異는 없었다. 糖蓄積의 傾向은 各처리구에서 그 pattern이 비슷하였다. 즉 9月初까지는 糖이 蓄積되다가 9月中旬부터는 一時的 減退가 있었으며 10月中旬부터 再次 糖이 蓄積되었다. 硼素缺乏症狀을 나타낸 個體數는 pH가 높은 區에서 더 많았고 症狀도 甚하였다. 식물體內 硼소량의 分析結果는 水耕法으로 硼

素缺乏症을 일으킨 個體에서나 圃場에서 硼소결핍증이 일어난 개체에서나 다같이 植物體中の 硼素含量이 적었다. 그리고 硼素缺乏症狀의 出現은 莖柄基部的 表面에 黑條가 생기기 시작하여 生長點部의 어린 잎의 壞死가 甚하며 또한 잎의 主脈이 甚한 것이 特徵인데 우리나라에서의 사탕무우 재배에서는 硼소결핍증에 대한 注意를 하여야 할 것으로 생각되었다.

參 考 文 獻

Baldwin, C.S. and J.F. Davis. 1965. Effects of time and rate of application of nitrogen and date of harvest on the yield and sucrose content of Sugar beets. *Agron. Jour.* 58(4) : 373-376.

Campbell, R.E. and F.G. Vietes, Jr. 1967. Yield and sugar production by sugar beets as affected by leaf area variations induced by stand density and nitrogen fertilization. *Agron. Jour.* 59(4) : 349-354.

Coor, R.L. and C.E. Miller. 1939. Some soil factors affecting boron availability. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 4 : 297-301.

Cox, T.R. 1940. Relation of boron to heart rot in the sugar beet. *J. Amer. Soc. Agron.* 32(5) : 354-370.

Drake, M., D.H. Sieling and G.D. Scarseth. 1941. Calcium-boron ratio as an important factor in controlling the boron starvation of plants. *J. Am. Soc. Agron.* 33 : 454-462.

Gupta, U.C. and J.A. Cutcliffe. 1972. Effects of lime and boron on boron-heart leaf tissue, calcium boron ratios, and boron concentrations of rutabaga. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36 : 936-939.

Haas, A.R.C. and L.J. Klotz. 1931. Some anatomical and physiological changes in citrus produced by boron deficiency. *J. Agric. Sci. Higrdia.* 5(8) : 175-189.

Hale, V.Q. and R.J. Miller. 1966. Relationships between NO_3^-N in petioles during the growing season, and yield components of sugar beets (*Beta vulgaris*). *Agron. Jour.* 58(6) : 567-569.

咸鏡北道 種苗場. 1911. 甜菜. 咸北種苗場報告. 3 : 48. 甜菜試驗成績. 1-101.

——. 1912. 甜菜. 咸北種苗場報告. 4 : 48. 甜菜試驗成績. 1-151.

——. 1913. 甜菜. 咸北種苗場報告. 5 : 48. 甜菜試驗成績. 1-98.

——. 1914. 菜. 咸北種苗場報告. 6 : 51. 甜菜試驗成績. 1-78.

北海道大學 甜菜研究會篇. 1964. 甜菜栽培及管理. 134-156.

池川好次. 1961. 暖地甜菜栽培の石灰撒布. 農及園. 36(9) : 1499-1509.

郭炳華. 1963. 低位生産 利用에 關한 研究. 科技處報告書. 11-21.

瀾業模範場. 1906. 甜菜に對する試驗. 瀾業模範場事業報告書.

——. 1907. 甜菜の成分分析成績. 瀾業模範場事業報告書.

McGinnis, R.A. 1971. Beet-Sugar technology. 2nd ed. 4. Beet sugar development foundation.

Naftel, J.A. 1937. The influence of excessive liming on boron deficiency in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 2 : 383-384.

農事院 農事試驗場. 1956. 사탕무우 試驗事業報告書. 166pp.

- Palser, B.F. and W.J. McIlrath. 1956. Response of tomato turnip and cotton to variations in boron nutrition. II. Anatomical responses. *Bot. Gaz.* 118 : 53—71.
- 朴天緒, 朴末正. 1966. 우리나라 田作栽培地帶 土壤의 有効硼素 含有量에 關한 研究. *농사시험연구보*. 9(1) : 163—174.
- Purvis, E.K. and W.J. Hanna. 1938. Boron studies : I. The susceptibility of various plants to boron toxicity as influenced by soil type. *Soil Soc. Amer. Proc.* 3 : 205—209.
- 平安南道 種苗場. 1918. 平南種苗場 事業報告. 4. 甜菜部成績. 1—159.
- . 1919. 甜菜の害虫に關する調査. 平南種苗場, 特別報告. 1 : 1—31.
- . 1919. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 1—55.
- . 1920. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 1—259.
- . 1921. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 1—214.
- . 1922. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 1—156.
- . 1923. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 1—131.
- . 1923. 甜菜の病害に關する特別報告. 平南種苗場 特別報告. 1—78.
- . 1924. 平南種苗場 事業報告. 甜菜部成績. 11 : 1—52.
- Reeve, E. and J.W. Shive. 1943. Potassium-boron relation in plants. *Better crops with plant Food.* 27(4) : 14—17.
- . —. 1944. Potassium-boron and relationships in plant nutrition. *Soil Sci.* 57 : 1—14.
- 白木新五郎. 1927. 西鮮地方の気象より觀たる甜菜栽培(第1報). *甜菜模範場彙報.* 11 : 285—304.
- 鈴木正, 高橋洋一. 1967. 若土, 礫土の缺乏症狀とその對策. *農及園.* 42(2) : 349—352.
- Warrington, K. 1926. The induced in anatomical structure of *Vicia faba* by absence of boron from nutrient solution. *Ann. Bot.* 40 : 27—42.
- Wear, J.I. and R.M. Patterson. 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water-soluble boron in the soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 26(4) : 344—346.
- White-Stevens, R.H. 1942. Boron deficiency on Long Island. *Better Crops with Plant Food.* 26(2) : 6.—11.
- 作物시험장. 1972. 作物試驗場 試驗研究報告書 特作篇. 159—170.
- . 1973. 作物試驗場 試驗研究報告書 特作篇. 131—145.
- . 1974. 作物試驗場 試驗研究報告書 特作篇. 159—193. (1979. 2. 15 抄本)