

施用窒素量이 桑葉中 이온 均衡 및 葉位別 變化에 미치는 影響

李 杺 周

農村振興廳 蠶業試驗場

Effect of Nitrogen Rate on the Ionic Balance and the Variance with Leaf Sequence in Mulberry (*Morus alba L.*) Leaves

Won Chu Lee

Sericultural Experiment Station, Office of Rural Development,
Suweon 170, Korea

SUMMARY

In a field trial, the influence was studied by measurement of growth and leaf yields and chemical composition (in organic cations and anions and total nitrogen) with two nitrogen dressings (lower nitrogen treatment 25kg and higher nitrogen treatment 75kg urea/10a as the summer fertilizer) after the summer cutting. The results were as follows;

1. With increasing nitrogen dressing, branch length and weight were enhanced. The fresh weight of leaves was higher to be 273.6kg/10a in the higher nitrogen treatment than in the lower nitrogen treatment on 20 September.

2. The moisture content of leaves lasted above 73% until on 30 August. Afterward it decreased sharply upto 63% on 20 September. In higher nitrogen treatment it was higher about 0.1~1.8% than in lower nitrogen treatment. The increasing nitrogen dressings combined with leaf condition led to be soft until on 10 October.

3. Dry matter weight of leaves started decreasing around on 10 September, whereas that of branches increased until around 30 September indicating that the dry matter moved to branch and root from leaves.

4. The increase in Ca^{2+} content was particularly evident, whereas the K^+ and Mg^{2+} decreased with growth. The Ca^{2+} content was much higher in the high nitrogen treatment than in the low nitrogen treatment.

5. With rapid decrease in total nitrogen and water in the leaves around the end of August, the Ca^{2+} and Cl^- which were higher in the lower part moved up to the upper part. Whereas the K^+ , $H_2PO_4^-$ and SO_4^{2-} which were higher in the upper part moved down to the lower part.

6. Total nitrogen content decreased sharply 3,200me/kg DM to 2,000me/kg DM at the end of August changing the maximum content of total nitrogen from upper to lower part in the low nitrogen treatment on 12 September and in the high nitrogen treatment on 22 September, and an apex of branches was died and fallen 10 days after respectively.

7. The sum of cation in leaves (ΣC) increased from 1400me/kg DM to 1600me/kg DM with growth, whereas that of anions (ΣA) was approximately the same during the whole growing season. As the result, the ionic balance (C-A) increased from 1000me/kg DM to 1200me/kg DM.

8. ΣC , ΣA and (C-A) were higher in the high nitrogen treatment than in the low nitrogen treatment due to be much higher of Ca^{2+} content and higher of NO_3^- , SO_4^{2-} and $H_2PO_4^-$ content.

緒 言

뽕나무에 있어서窒素는 가장 多量으로 吸收되는 要素이며, 收葉量에 가장 깊은 影響을 주는 成分이기도 하다.

土壤으로부터 吸收되는 窒素質은 主形態가 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 으로 뽕나무는 前者를 주로 吸收하는 好窒酸態作物이다. 이들은 窒素成分을 지닌다는 共通點을 제외하면 서로 相反되는 電荷를 띄고 있어서 生理的으로 判異한 特性을 지니고 있다.

陽이온인 $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 다른 陽이온과는 拮抗的인 關係를 가지므로 이들의 吸收를 低下시키는 반면, 陰이온들과는 서로 相助的인 作用을 하여 吸收가 增加된다. 陰이온인 $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 이와 반대되는 性質을 지니고 있다.

따라서 供給 窒素의 形態에 의해 桑樹內의 離子均衡(C-A)은 매우 判異한 現象을 보여주고 있다.

窒素의 施用量에 따른 離子均衡에 대해 다른 作物에서는 研究된 바가 있으나, 桑樹에 대해서는 아직도 遂行된 바가 없다.

植物體內에서는 晝夜와 季節에 따라 各種 有機 및 無機養分 또는 乾物의 分配, 再分配가 이루어진다. 특히 뽕나무에서는 季節적으로 이들의 移動現象이 두드러지게 이루어지고 있다. 生育初期인 展開期에는 뿌리에 저장되었던 양분이 새순으로 移動되어지며, 落葉期이 가까워 오는 貯藏期에는 이와 반대로 잎으로부터 가지와 뿌리로 移動해 가게 된다.

秋期 養分의 移動時期의 究明은 매우 기초적인 分野임에도 우리나라에서는 아직도 研究가 이루어져 있지 않은 狀態이다.

本 研究는 前報(1982 a,b)에 이어 秋期 窒素의 施肥量에 따른 각종이온의 葉中 離子均衡과 이들의 經時的變化, 窒素施肥量과 時期에 따른 乾物重의 移動등을 圃場試驗으로 遂行하였다.

研究 史

뽕잎의 葉質이 蠶作에 미치는 영향이 크므로 栽培條件에 따른 葉成分과 이들 成分이 누에에 미치는 影響 등에 대한 研究가 많이 이루어졌고(平塚, 1922; 石田, 1950; 伊藤와 荒井, 1963; 井出, 1965 a,b; Ide, 1966 a,b; 黒瀬, 1964), 人工飼料의 發達과 더불어 매우 微細的인 影響까지도 밝혀지게 되었다(吉田, 1960; 福田, 1960, 伊藤와 田中, 1960).

뽕잎중의 무기성분에 대한 研究도 많이 이루어졌다. 井出(1966)은 다른 施肥條件下에서 葉中의 各種 無機成分의 含量과, 葉位別含量分布, 이들 含量에 따른 增體量에 대한 研究를 遂行한 바 있다.

植物體內의 離子構成은 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 등의 陽이온과 H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- 등의 陰이온등이 主이온인데(de Wit, 1963), 이들의 合은 體內에 存在하는 離子の 95% 以上을 차지하고 있다(Dijkshoorn, 1963; van Egmond와 Aktas, 1977).

植物體內에서 陽이온의 總量($\Sigma\text{C}=\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}+\text{K}^++\text{Na}^+$)과 陰이온의 總量($\Sigma\text{A}=\text{H}_2\text{PO}_4^-+\text{SO}_4^{2-}+\text{Cl}^-+\text{NO}_3^-$)과의 사이에는 항상 差, (C-A)가 생기게 되는데, (C-A)値와 식물체내의 carboxylate의 含量은 一致하고 있다(de Wit, 1963).

陽이온과 陰이온이 當量的으로 흡수되었다 하여도 흡수된 양이온은 離子狀態로 남아있는 반면, 陰이온중 대부분의 NO_3^- 와 一部の SO_4^{2-} 는 有機化合物로 轉換되므로 剩餘의 陽이온이 남게 된다.

한편 轉換된 陰이온은 그 當量만큼 有機酸을 副產物로 형성되므로, 이들 有機酸과 剩餘의 陽이온은 서로 結合하여 carboxylate를 生成하는 것이다.

作物에 따라(C-A), carboxylate의 含量과 종류도 다르다. 뽕나무에서는 春期에 700~900me/kg DM(李等, 1982b)이며, 주 carboxylate는 oxalate로 보고되었다(吉田과 松崎, 1961).

carboxylate의 생리적역할은 體液의 pH변화에 대한 緩衝(Ulrich, 1942)과 離子の 吸收 및 蓄積에 關여하는(Breteler, 1975) 것으로 밝혀졌다.

Carboxylate가 離子の 吸收에 關여하는 機作으로서 非擴散 陰이온의 供給, H_3O^+ 와 K^+ , 또는 HCO_3^- , NO_3^- 의 교환, 陽이온이 液胞로 들어갈 때 同伴 陰이온의 구실을 한다고 보고(Ben Zioni 등 1971; Blevins 등, 1974; Dijkshoorn 등, 1968; Haeder와 Mengel, 1969; Mengel과 Haeder, 1971; Hiatt, 1968; Hiatt와 Lowe, 1967; Kirkby, 1974; Marschner, 1968, 1969; Osmond와 Laties, 1969; Prins, 1974; Rains, 1972; Ravin과 Smith, 1973; Robertson 등, 1955 a,b; Schaedle과 Jacobson, 1965, 1966)와 離子の 吸收過程에서 代謝機能을 遂行한다는 報告도 있다. (Cseh, 1972; Hodges, 1973; Leggett, 1968; Neyra와 Hageman, 1974; Prins, 1974; Pitman 등, 1971; Sutcliffe, 1962; Vervelde, 1952).

(C-A)의 增減에 가장 크게 影響하는 因子는 대체로 5가지로 들수 있는데 ① 陽이온의 吸收가 陰이온의 吸收보다 많을 때(Ulrich, 1941), ② 陰이온의 吸收가 陽

이온 吸收보다 많을 때 (Dijkshoorn, 1968), ③ NO₃의 同化(Ravin과 Smith, 1976), ④ SO₄의 同化(Houba 등, 1971), ⑤ NH₄의 同化(Clark, 1936) 등이 그것인데 ① ③④는 (C-A)를 增加시키고, ②⑤는 그것을 減少시키는 作用을 한다.

營養狀態가 크게 攪亂되지 않는 한 ΣC와 ΣA는 다소 變하여도 (C-A)는 일정한 값을 維持하며, 이 값을 normal (C-A) content (de Wit, 1963), 또는 normal carboxylate content (van Tuil, 1965)라고 하였다.

예를 들면 orchard grass나 perennial ryegrass 등은 900~1000(Dijkshoorn, 1962; van Tuil, 1965), 小麥은 1,000(Kostic 등, 1967), 사탕무 잎사귀는 3,500, 미류나무는 1,100, 그리고 자작나무는 550mg/kg DM (van Tuil, 1965) 등이 이 값으로 보고된 바 있다.

그러나 이와같은 주장에 의의를 제기한 報告도 있다. 즉 小麥(Slangen, 1971)과 사탕무 (van Egmond와 Houba, 1970; Houba 등, 1971; van Egmond, 1975)는 成長에 따라 carboxylate 含量이 減少하므로 一定치 않다고 하였으며, 罌나무에서도 經時的으로, 또는 葉位別로 一定하지 않아서 normal (C-A) content의 개념도입이 不合理하다는 것을 확인한바 있다(李等, 1982b).

材料 및 方法

植栽距離 1.8m × 0.6m (930주/10a)의 낮추배기 12년 생 改良鼠返을 供試材料로 使用하였다. 夏伐(6월 15일)後 10a面積의 圃場을 兩分하고, 1980년 7월 3일에 標準施肥區와 窒素增施肥區를 設置한 후 標準施肥區(尿素 慣行區)에는 요소 25kg, 용과린 25kg, 염화가리 15kg을, 窒素增施肥區(尿素 3배增施肥區)에는 요소 75kg, 용과린 25kg, 염가 15kg/10a를 全面施用하였다.

試料는 7월 10일부터 약 10일 간격으로 10그루를 無作爲 抽出하여 그루에서 最長枝條를 採取한 후, 무게와 길이를 測定하고 아랫부분을 기준으로 5葉단위로 區分하여 試料를 채취하였다.

採取한 罌잎은 平량하여 75~80°C 熱風乾燥器에 24시간동안 乾燥시킨후 사기유발에 갈아 0.25mm체를 통과한 粉末을 分析에 使用하였다.

이 粉末을 salicylic acid 存在下에 濃黃酸과 過酸化水素를 加하여 濕式分解시킨 후 (van Schouwenburg와 Walinga, 1978), Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ 등은 原子吸光分析機 (I.L. AA/EA Spectrophotometer)에 의해, 全窒素는 sodium salicylate, sodium nitroprusside, sodium hypochlorite 등을 加하여 pH 12.8~13.0에서 Technicon

Autoanalyzer III에 의해 比色測定하였다 (Technicon Industrial Method, 1974).

H₂PO₄⁻는 Murphy와 Riley(1962)法에 의해 發色, 600nm에서 比色測定하였다.

NO₃-N은 乾燥試料를 Al₂(SO₄)₃, H₃BO₃, NH₄SO₄H가 含有된 침출액을 加해 30분간 진탕한 후 濾液을 NO₃ 標準電極으로, Cl⁻은 稀釋 HNO₃용액을 加해 10분간 진탕한 후, Cl⁻ 標準電極으로 Orion 901 Ionalyzer를 利用하여 測定하였다. 全S는 H₂O₂와 HClO₃ 存在下에서 濕式分解시킨후 BaCl₂를 加하여 比濁法에 의해 測定하였다 (van Schouwenburg와 Walinga, 1978).

結果 및 考察

1. 全窒素의 經時的 變化

全窒素의 經時的 變化는 그림 1과 같이 8월 30일 이전에는 3,000me/kg DM이던 것이 그 이후에는 2,000 me/kg DM으로 減少되었다. 全窒素의 急激한 減少는 이 시기에 罌나무의 生育이 旺盛한 時이다, 점차 土壤으로부터 窒素質 吸收量의 떨어지므로 窒素의 稀釋效果(dilution effect)가 일어났던 것으로 보인다.

이렇게 全窒素 含量의 急激한 減少와 時를 같이하여 最大含量部位는 最上葉部位에서 아랫部位로 떨어졌는데, 즉 요소관행구에서 9월 10일경에 45~50葉位에서 20~25葉位로, 요소 3배증지구에서는 관행구보다 10일이 늦은 9월 22일경에 55~60葉位로부터 45~50葉

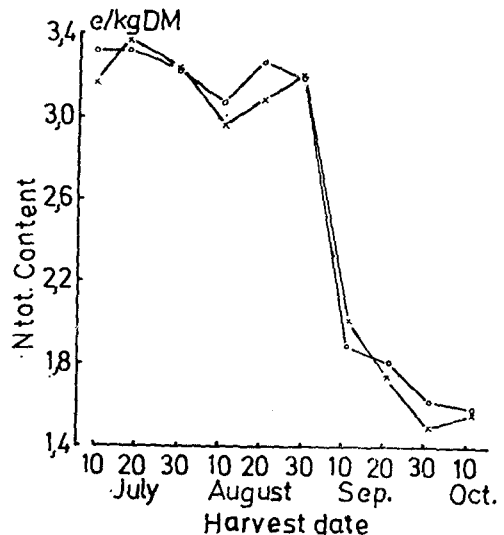


Fig. 1. Change in total nitrogen content of leaf with growing stage. (X: 25kg, O: 75kg/10a Urea)

位로 떨어졌다.

全窒素의 이와같은 下部로의 移動과 枝條의 生育停止時期는 一致하였는데, 즉 慣行區에서는 最大含量部位가 最上葉部位로부터 아래로 떨어지고 난 10일후인 9월 22일 경에, 増施區는 이보다 10여일이 늦은 10월 2일경에 가서 枝條와先端의 生長點이 枯死·脫落되었다. 日本에서 9월 27일까지 全窒素가 最上端部에서 最大含量을 보였다는 報告(福田, 1979)보다는 이른 시기에 일어났다. 慣行區가 増施區보다 10여일이나 빨리 生育이 정지된 것으로 보아, 현재 窒素의 慣行量으로는 뽕나무가 더 자랄수 있는 9월 하순경까지 그 肥効가 持續되지 않는 것으로 추측된다.

2. 葉中 水分含量의 經時的 變化

夏秋期에 甍잎중의 水分含量은 葉質의 硬化와 매우 밀접한 관계가 있으며, 우리나라 秋蠶作이 不良한 原因中의 하나가 甍잎의 硬化로 지적되었다(李, 1974).

經時的으로 甍잎중의 水分含量을 調査한 결과 그림 2와 같다. 生育初期에는 水分含量이 76%以上이었으나 生育이 進行됨에 따라 점차 減少하였고 8월 30일 경부터 9월 20일경까지 74%에서 63%내외로 減少한 후에 그 狀態가 유지되었다.

生育初期에는 慣行區에서 水分含量이 増施區보다 다소 높았으나, 8월 10일 이후 부터는 増施區에서 계속 높은 水分含量을 보였으며, 甍잎은 10월 10일까지도 촉감으로 연한 상태를 느낄수 있었다. 따라서 窒素増施에 의한 甍잎의 水分含量의 增加는 平塚(1922)와 潮田

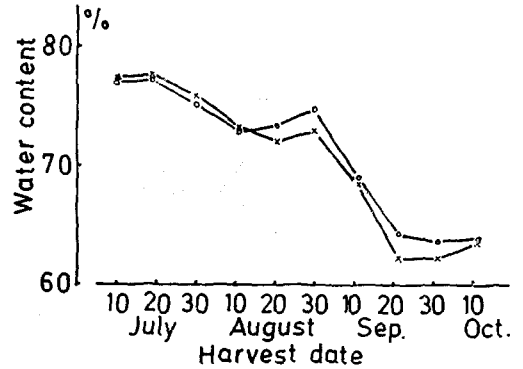


Fig. 2. Effect of nitrogen application rate on the water content in mulberry leaf. (X:25kg, O:75kg/10a Urea)

(1958)의 報告와 一致하였다.

3. 乾物重의 分布 및 經時的 變化

乾物重의 葉位別 分布 및 經時的인 變動은 그림 3-a (慣行區), 3-b(増施區)와 같다. 枝條의 生長과 함께 發生하는 새잎은 시간이 經過함에 따라 점차 乾物重이 增加하였다.

葉位別로 最大의 乾物重을 보이는 部位는 先端으로부터 5~10葉位에 위치하였으나, 8월 20일 以後에는 10~15, 또는 15~20葉位로 떨어졌다.

最下葉部位는 乾物重의 增加量이 언제나 적었으며, 그 結果 乾物重이 가장 적은 部位로 남았다. 즉 7월 10

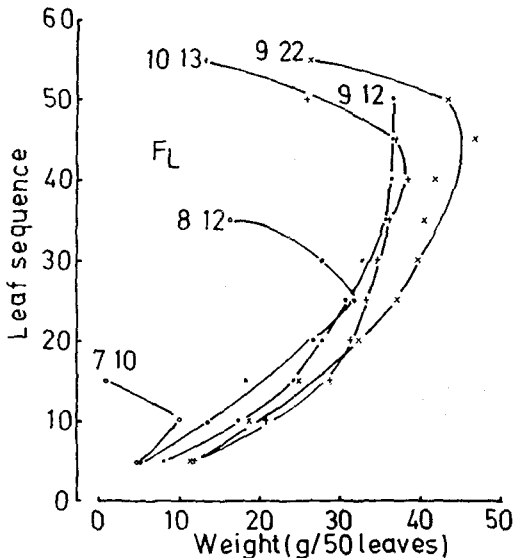


Fig. 3-a. Dry matter distribution in leaf sequence when nitrogen was applied at the rate of 25kg/10a Urea.

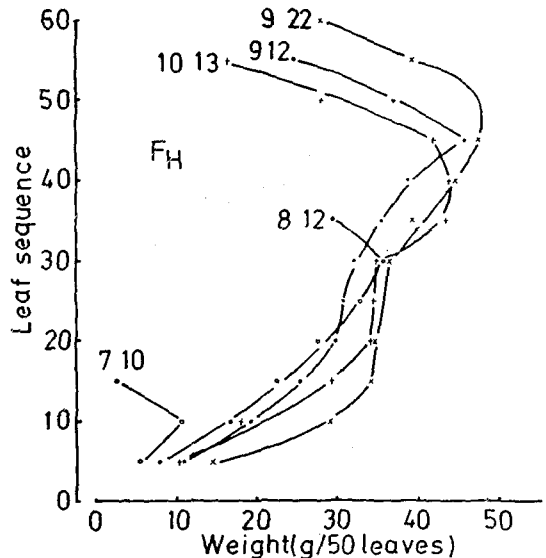


Fig. 3-b. Dry matter distribution in leaf sequence when nitrogen was applied at the rate of 75kg/10a Urea.

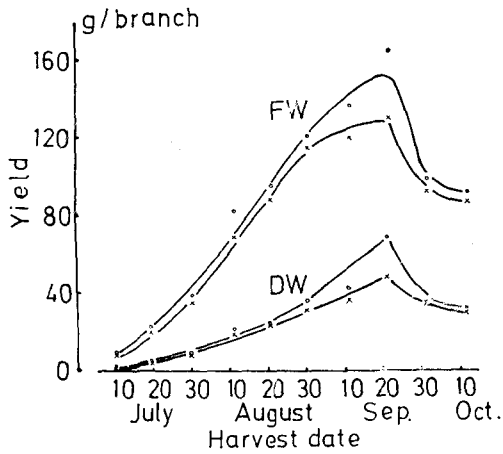


Fig. 4. Effect of nitrogen application rate on the fresh weight (F.W.) and dry weight (D. W.) of mulberry leaf. (X:25kg, O:75kg/10a Urea)

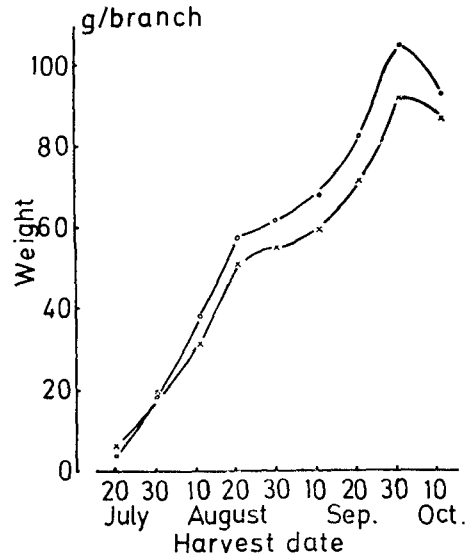


Fig. 5. Effect of nitrogen application rate on the branch weight. (X:25kg, O:75kg/10a Urea)

일경에는 이 部位의 乾物重이 전체의 27~29%나 되었지만, 한달후인 8월 10일 경에는 4%내의, 8월 20일경에는 3%정도로 떨어진채 10월10일경까지 持續되었다.

正葉의 生物重 및 乾物重의 經時的 施肥處理別 生産

量은 그림 4와 같다. 이들은 9월 20일경까지 계속 增加하였으며, 施肥處理間의 差도 벌어져 이때에 增施肥區

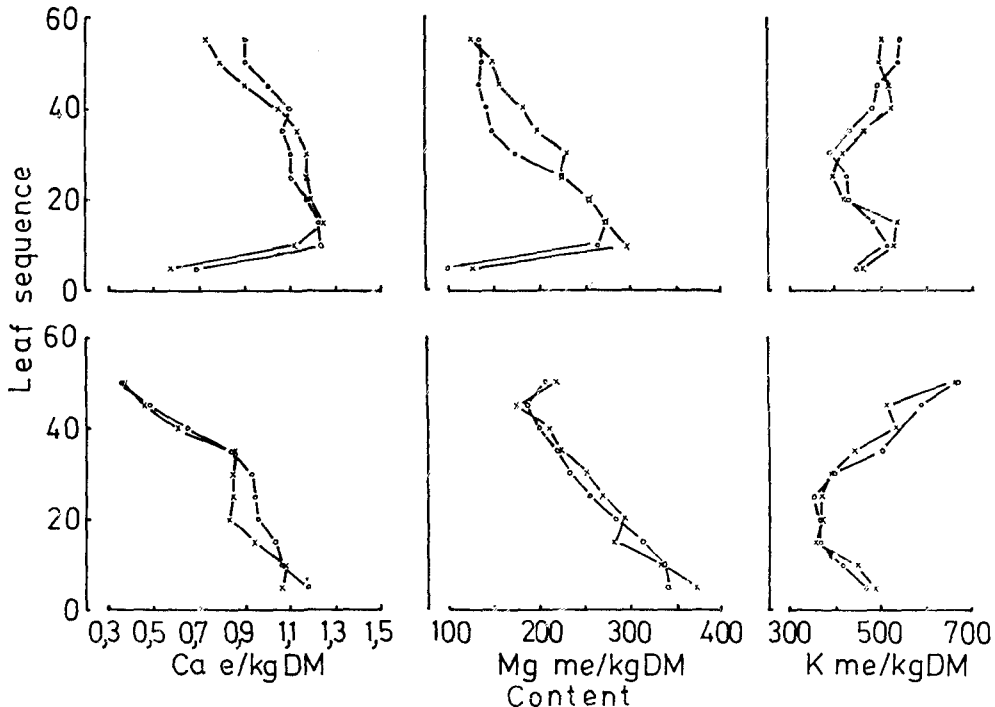


Fig. 6. Calcium, magnesium and potassium distribution in leaf sequence when nitrogen applied with different rate. (X:25kg, 75kg/10a Urea; upper $\circ-\circ$ 10.13; lower $\circ-\circ$ 8.30)

는 慣行區보다 生物重은 273.6kg, 乾物重은 67.3kg/10a 이 각각 높았다.

生物重 및 乾物重은 9월 20일 以後부터 減少하는데 (그림 4), 葉位別로 減少하는 傾向은 慣行區에서는 20 葉位以上에서, 增施區에서는 全葉位에서 다 일어났다. 乾物重의 減少가 가장 많이 일어난 部位는 最大乾物重 이 위치하는 葉位이었다.

枝條 무게의 經時的 變化는 그림 5와 같이 夏伐後 10 월 2일경까지 계속 增加되었으며, 9월 22일부터 10월 2 일까지 10일 동안에는 다른 기간보다 많은 增體量을 보였다. 10월 2일 以後에는 枝條의 무게도 減少하였는데, 이때에는 皮部와 木質部가 쉽게 分離되지 않은 것으로 보아 枝條의 水分含量이 減少하였기 때문인 것으로 보인다.

앞으로부터 乾物重의 減少는 9월 20일頃に 일어났으며, 枝條의 무게는 그 以後 10여일 동안에 다른 어느 기간보다 더 많이 增加되었음을 볼때 일의 乾物重이 이 시기에 枝條, 그루터기 및 뿌리등으로 移動된 것으로 추측된다. 뽕나무는 秋期와 冬期間中에 翌春의 發芽에 필요한 양분이 가지와 뿌리등으로 이동되므로 이 부분의 澱粉含量과 무게등이 增加하게 되는데(福田, 1979; 直井, 1949), 當 試驗年度の 氣象條件下에서는 이러한 시기가 9월 20일경에 온 것으로 보인다.

4. 이온의 葉位別 移動

定期的으로 뽕잎 乾物中에 있는 主要이온들의 含量을 調査한 結果는 그림 6 및 7과 같다. 8월 30일이 후 全窒素의 含量이 減少하면서 Ca^{2+} , Mg^{2+} , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , K^+ 등과 같은 成分이 生育初期에는 最大含量部位가 上位部로부터 下位部로, 또는 下位部에서 上位部로 그 위치가 逆轉되었다.

Ca^{2+} 은 生育初期인 7월 10일頃부터 8월 30일以前까지 1~5葉位에서 最大含量值를 보였으나, 그 以後에는 15~20葉位에서 最大含量值를 보였다. 그리고 生育末期인 10월 13일頃에는 最下葉位部에서 585~685me/kg DM 인데 비해 最上葉位部에서는 725~900me/kg DM으로 生育初期와는 逆現象을 보였다.

Mg^{2+} 은 Ca^{2+} 과 같이 生育初期에는 1~5葉位에 含量이 最大이었으나, 8월 30일 以後에는 11~15葉位에 最大含量이 位置하는 部位로 되었다. 이와함께 最上部와 最下部사이에 1~2배 정도를 보이던 差가 없어지고, 上·下가 거의 같았으며, 10월 13일경에는 오히려 最上葉部位가 높은 逆現象을 보였다.

K^+ 은 生育初期부터 8월 30일까지 最上葉部位에 가장 높았으나, 그 以後에는 最下葉部位에서 가장 높게 되었다. 그러나 增施區에서는 始終 最上葉部位에서 最大含量을 維持하였다.

$H_2PO_4^-$ 는 9월 22일을 전후하여 그 이전에는 계속 最上葉部位로 갈수록 높았는데, 그 以後에는 最上葉部位로

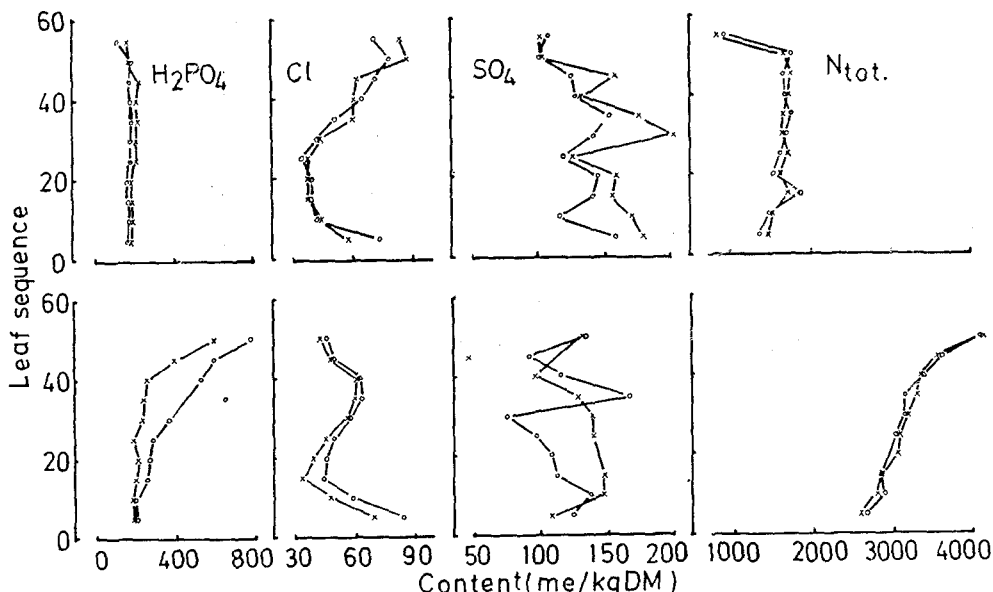


Fig. 7. Phosphate, chloride, sulphate and total nitrogen distribution in leaf sequence when nitrogen applied with different rate. (X:25kg, O:75kg/10a Urea; upper: 10,13; lower 8:30)

부터 5~15葉位아래로, 10월13일경에는 最上位最으로부터 20~25葉位에서 最大含量을 보였다. 8월 30일경에 最上葉部位에서 700me/kg DM 내외이었으나, 9월22일경에는 300me/kg DM, 10월2일경에는 200me/kg DM으로 함량이 떨어짐과 동시에 모든 葉位에서 減少가 일어났으며, 上·下位葉間의 差도 없어져 葉位別로 서로 비슷한 含量을 보였다.

Cl⁻는 生育初期부터 8월 30일까지 最下葉部位에서 含量의 最大值를 보이는 傾向은 李等(1982b)의 보고와 一致하였으나, 그 以後에는 점차 上位로 移動하여 9월 12일以後에는 上部로부터 10~15葉位까지 上昇하였으 며, 10~20葉位에서 가장 낮은 含量을 보였다.

SO₄²⁻는 生育初期부터 8월中旬頃까지 最上葉部位에서 가장 높았으나, 점차 아래로 移動하여 9월12일경에는 20~25葉位에 位置하였으며, 慣行區에서는 더 아래로 移動하여 10월 初旬頃에는 5~10葉位까지 이르렀으며, 增施區는 이 보다 높은 30~35葉位에 最大含量值를 보였다. 生育初期에는 最上葉部位에서 가장 높았으나 점차 下部로 移動되어 最上葉部位는 最少含量值를 보였고, 오히려 중간부위에서 높은 含量值를 보였다.

NO₃⁻는 다른 成分과는 달리 生育初期부터 後期까지 最上葉部位에서 最大含量을 계속 維持하였다. 이 성분은 經時的으로 현저히 減少하는 成分인데 이러한 減少는 모든 葉位로부터 일어났으며, 특히 上部에 含量이 높았으므로 감소의 폭도 커서 生育後期에는 上·下葉位間에 差가 거의 없게 되었다.

8월30일 以後 甁의 水分率과 全窒素含量이 현저히 減少를 보이는 것과 동시에, 植物體內 移動性이 不良한 Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻ 등은 점차 上部로 移動하였으며, 移動性이 있고 上部에, 높았던 K⁺, H₂PO₄⁻, SO₄²⁻ 등은 下部로 그 最大含量部位가 점차 移動하였다. 그러나 NO₃⁻만은 이러한 變動없이 全葉位에서 含量이 점차 감소하였다.

李等(1982b)의 報告에서도 生育이 가장 不良했던 NaNO₃ 施肥區에서 生育後期에 Ca²⁺과 Mg²⁺이 上部에 높았다고 報告한 點들을 종합해 볼때, 體內에서 營養生理上的 장애가 발생하면 이와같은 逆現象이 일어나는 것으로 보인다. Ca²⁺과 Mg²⁺은 體內 移動이 매우 不良하지만(Biddluph, 1953; Biddluph 등, 1958; Biddluph 등, 1959; Bledsoc 등, 1949; Bukovac와 Witter, 1957; Swanson과 Whitney, 1953), 사탕무의 경우 多窒素區에서 Ca²⁺과 Mg²⁺은 K⁻의 移動과 反對方向으로 再分配된다는 報告(van Egmond, 1975)와 一致하였다.

van Egmond (1975)는 Cl⁻가 體內에서 移動性이 不良해서 經時的으로 蓄積하는 特性을 이용해서, 이온의 再

分配를 추적하는 指標成分으로 利用한 결과 매우 合理的이었다고 하였으나, 本 試驗에서는 9월中旬頃에 Cl⁻가 葉位別로 分布狀態가 변하기 때문에 甁나무에서는 Cl⁻를 指標成分으로 이용할 수 없는 것으로 생각된다.

5. 이온의 經時的 變化

葉中 陽이온의 經時的 變化는 그림 8 및 9와 같다. Ca²⁺은 繼續 增加하였고, K⁺은 生育初期에 增加하였으나 그후 繼續 減少하였으며, Mg²⁺은 계속 減少하여 前報(李等, 1982b)의 결과와 一致하였다. Ca²⁺은 春期에도 經時的으로 含量增加를 보여 初期 200~300에서 500 me/kg DM로 增加하였으며, 秋期에는 450me/kg DM에서 1060me/kg DM까지 含量이 增加됨에 따라 全體 葉位에서 含量의 增加를 보였다.

穀類나 牧草類는 K⁺를 選擇의으로 吸收하므로서 K⁺이 主 陽이온이 되는 것처럼(Dijkshoorn, 1971), 甁나무에서는 Ca²⁺을 選擇的으로 吸收하므로서 Ca²⁺의 含量이 他陽이온에 비해 우세해지는 것은 甁나무의 生理的 特性(青木과 山木, 1962) 때문인 것으로 생각된다.

窒素質의 增施에 따라 다른 양이온의 含量差는 없었으나 Ca²⁺만이 5% 水準에서 統計的인 有意差가 있을 정도로 增施區에서 높았다. Smith (1978)도 green panic에서 窒素質의 施肥量 增加에 의해 C⁺/C⁻의 減少, 即 2價 陽이온의 吸收가 增加된다고 報告하였으며, 이것은 窒素質의 增施가 뿌리의 cation exchange capacity

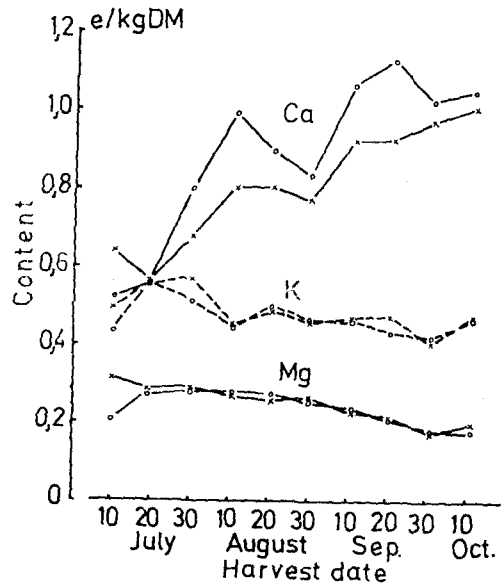


Fig. 8. Change in Ca²⁺, K⁺ and Mg²⁺ content of leaf with growing stage. (X: 25kg, O: 75kg Urea)

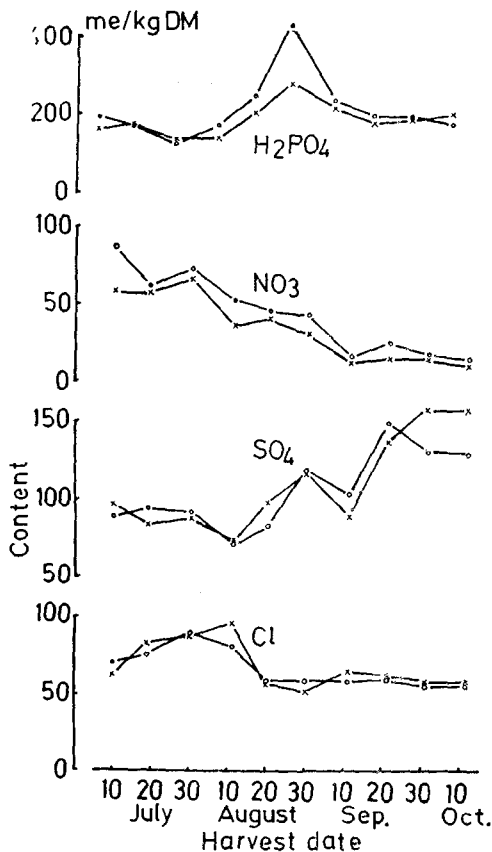


Fig. 9. Change in $H_2PO_4^-$, NO_3^- , SO_4^{2-} and Cl content of leaf with growing stage. (X:25kg, O:75kg/10a Urea)

를 높여서 1價 陽イオン보다 2價 陽イオンの 吸收을 높였기 때문이라고 하였다(Asher와 Ozanne, 1961; Helmy와 Elgabal, 1958; McLean 등, 1956; Smith와 Wallace, 1956). 사탕무우에서도 窒素增施는 Ca의 含量을 높인다고 하였다(van Egmond, 1975).

이들 세 이온들의 總合에 대한 各各의 이온들의 百分率을 보면 Ca^{2+} 은 生育初期에 40에서 60%까지 增加하였으며, K^+ 은 40에서 30%로, Mg은 20에서 10%까지, 生育이 進行됨에 따라 變動을 보였다.

施肥量에 따라 各 이온의 比率을 보면 增施區에서 Ca^{2+} 의 含量이 慣行區보다 높았으므로 K^+ 과 Mg^{2+} 의 比率은 相對的으로 떨어졌다. 따라서 慣行區에서는 Ca^{2+} 의 百分率이 增施區보다 낮은 반면 K^+ 과 Mg^{2+} 의 比率은 높았다.

陰이온의 經時的 變化는 그림 9와 같이 NO_3^- 와 Cl^- 는 減少하였고 SO_4^{2-} 는 增加하였다. $H_2PO_4^-$ 는 生育初期부터 中期까지는 增加하였다가 減少하는 傾向으로 이들

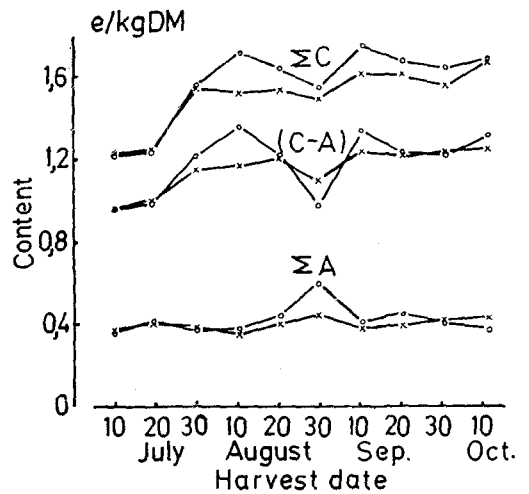


Fig. 10. Change in the sum of cation (C), the sum of anion (A) and the difference (C-A) of leaf with growing stage, (X:25kg, O:75kg/10a Urea)

陰이온의 經時的 變化는 前報(李等, 1982b)와 一致하였다.

그림 10과 같이 ΣC 는 生育初期에 1,400me/kg DM에서 점차 增加하여 대체로 1,600me/kg DM을 維持하였다. 이와같이 ΣC 가 增加하는 原因은 K^+ 과 Mg^{2+} 은 經時的으로 減少하였으나, Ca^{2+} 이 이 두 이온의 減少하는 量보다 더 많이 增加한 때문이었다. 대체로 ΣC 는 Ca^{2+} 의 經時的인 增加에도 불구하고 1,600me/kg DM 정도를 維持하였다.

ΣA 는 生育初期부터 後期까지 400me/kg DM 内外를 유지하였다. 生育에 따라 NO_3^- , Cl^- 는 減少하였으나, SO_4^{2-} 는 增加하였으며, $H_2PO_4^-$ 는 다소의 變動을 보이는 했어도 初期보다도 後期에 約 30me/kg DM 정도 높았기 때문에 이들의 合은 比較의 一定하였다.

(C-A)는 生育初期에 1,000me/kg DM 이었던 것이 ΣC 의 增加에 따라 (C-A)도 增加하여 1,200me/kg DM 内外를 維持하였다.

ΣA 는 增施區에서 全期間동안 平均 21 me/kg DM 정도 높았다. 이것은 增施區에서 慣行區보다 SO_4^{2-} 와 NO_3^- 含量이 높았기 때문이다. (C-A)는 ΣA 가 增施區에 약간 높았지만 ΣC 의 增加가 이보다 커서 結果的으로 增施區에서 약간 높은 傾向을 보였다.

窒素를 增施함에 따라 ΣC 는 增加되었는데, 이것은 窒素의 增施에 의해 Ca^{2+} 의 吸收가 增加되었기 때문인데 이와같은 現象은 사탕무우에서도 報告된 바 있다(van

Egmond, 1975).

摘 要

夏肥의 窒素施肥量을 달리하였을 때 콩나무의 生育, 收葉量, 이온含量的 變動과 葉位別 移動, 均衡등을 알기 위해 尿素慣行區(25kg/10a)와 尿素 3 倍增施區(75kg/10a)를 設置하고 試驗한 結果 다음과 같았다.

1. 尿素增施는 慣行量에 비해 條長, 條重을 增加시켰으며, 正葉量은 9월20일경에 生物重으로 273.6kg/10a를 增加시켰다.

2. 콩잎중의 水分含量은 8월30일까지 73%以上을 維持하였으나, 그 後 繼續 減少되어 9월20일頃에는 63% 內外로 떨어졌다. 增施區에서는 慣行區보다 0.1~1.8%程度 높았으며 10월10일頃까지도 콩잎이 연하였다.

3. 生育初期부터 繼續 增加한 콩잎의 乾物重은 9월 20日頃에 顯著히 減少되었으나 枝條의 무게는 9월 30日까지도 繼續 增加하였다.

4. 葉中の Ca^{2+} 는 經時的으로 含量이 현저히 增加되었으나, K^+ 과 Mg^{2+} 은 감소되었으며, Ca^{2+} 은 增施區에서 顯著히 높았다.

5. 各種 이온의 經時的인 葉位別 移動을 보면 8월 30日頃에 全窒素 및 水分含量이 急激히 減少함에 따라 移動性이 不良한 Ca^{2+} 와 Cl^- 는 上部로, 良好한 K^+ , $H_2PO_4^-$, 그리고 SO_4^{2-} 등은 下部로 漸次 移動하였다.

6. 全窒素의 含量은 8월30일 以前에 3,200me/kg DM에서 9月初旬以後에는 2,000me/kg DM으로 顯著히 減少하였다. 慣行區는 9월12일에, 增施區는 9월22일에 最大含量部位가 아래 葉位로 떨어지면서 10日後에는 各各 先端의 生長點이 枯死·脫落하였다.

7. ΣC 는 生育初期에 1,400me/kg DM에서 漸次 增加하여 1,600me/kg DM 內外를, ΣA 는 400me/kg DM 內外를, (C-A)는 生育初期에는 1,000me/kg DM에서 增加하여 1,200me/kg DM 內外를 各各 維持하였다.

8. ΣC , ΣA , (C-A) 등은 慣行區에서 보다 增施區에서 약간 높은 傾向을 보였는데 이것은 增施區에서는 Ca^{2+} 의 含量이 현저히 높았으며, NO_3^- , SO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ 등이 다소 높았기 때문이다.

引 用 文 獻

青本茂一, 山本有彦, 1962. 桑樹의 칼리ウム榮養에 關する 研究(第 3 報) 桑葉中の 칼리ウム, 칼슘, 마그네슘含量에 對する 칼리, 石灰施用量의 影響, 京工織大織報 3: 534-543.

Asher, C.J. and P.G. Ozanne, 1961. The cation exchange capacity of plant roots and its relationship to the uptake of insoluble nutrients. *Aust. J. Agric. Res.* 12: 755-766.

Ben Zioni, A., Y. Vaadia and S. H. Lips, 1971. Nitrate uptake by roots as regulated by nitrate reduction products of the shoot. *Physiologia pl.* 24: 288-290.

Biddluph, O., 1953. Translocation of radioactive mineral nutrients in plants. In: *The use of Isotopes in Plant and Animal Research, Report No. 4, Agr. Expt. Sta. Kansas State College, Manhattan, or U.S.A.E.C., Wash. D.C. TID 5098.*

Biddluph, O., S. Biddluph, R. Corry and H. Koontz, 1958. Circulation patterns for phosphorus, sulfur, calcium in the bean plant. *Plant Physiol.* 33: 293-300.

Biddluph, O., R. Corry and Susann Biddluph, 1959. Translocation of calcium in the bean plant. *Plant Physiol.* 34: 512-519.

Bledsoc, R. W., C. L. Comar and H.C. Harris, 1949. Absorption of radioactive calcium by the peanut fruit. *Science* 109: 329-330.

Blevins, D.G., A. J. Hiatt and R.H. Lowe, 1974. The influence of nitrate and chloride uptake on expressed sap pH, organic acid synthesis, and potassium accumulation in higher plants. *Pl. Physiol., Lancaster.* 54: 82-87.

Breteler, H., 1975. Carboxylates and the uptake of ammonium by excised maize roots. *Agric. Res. Rep.* 837.

Bukovac, M. J., S. H. Wittwer and H.B. Tukey, 1956. Anesthetization by diethyl ether and transport of foliar applied radiocalcium. *Plant Physiol.* 31: 254-255.

Bukovac, M. J. and S. H. Witter, 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrient. *Plant Physiol.* 32:423-435.

Clark, H.E., 1936. Effect of ammonium and of nitrate nitrogen on the composition of the tomato plant. *Pl. Physiol.* 11: 5-22.

Cseh, E., 1972. Transport processes of higher plants. In Z. Böszörményi et al. (Eds.) *Transport processes in living organisms. Akadémiai Kiadó, Budapest.*

- Dijkshoorn, W., 1962. Metabolic regulation of the alkaline effect of nitrate utilization in plants. *Nature*, Lond. 194: 165-167.
- Dijkshoorn, W., 1963. The balance and uptake, utilization and accumulation of the major elements in grass. *Proc. First Reg. Conf. Intern Potash Inst. Wexford (Ireland)*. 43-62.
- Dijkshoorn, W., D. J. Lathwell and C.T. de Wit, 1968. Temporal changes in carboxylate content of ryegrass with stepwise change in nutrition. *Pl. & Soil* 29: 369-390.
- Dijkshoorn, W., 1971. Partition of ionic constituents between organs. In: *Recent Advances in Plant Nutrition*, ed. R. Samish, Vol. II, 447-476. London.
- Egmond, F. van and V.J.G. Houba, 1970. Production of carboxylates (C-A) by young sugar-beet plants grown in nutrient solution. *Neth. J. Agric. Sci.* 18: 182-187.
- Egmond, V. van, 1975. The ionic balance of the sugar-beet plant. *Agric. Res. Rep.* 832.
- Egmond, F. van and M. Aktas, 1977. Iron-nutritional aspects of the ionic balance of plants. *Pl. & Soil*. 48: 685-703.
- Haeder, H.E. and K. Mengel, 1969. Die Aufnahme van Kalcium und Natrium in Abhängigkeit vom Stickstoffernährungszustand der Pflanze. *Landw. Forsch.* 23: 53-60.
- 福田紀文, 須藤光正, 樋口芳吉, 1960. 人工飼料による蠶の飼育. *日蠶雜* 29: 1-3.
- 福田紀文, 1979. 綜合蠶絲學. 日本蠶絲學會編.
- Helmy, A.K. and M.M. Elgabal, 1958. Exchange capacity of plant roots. II. Some factors affecting the cation exchange capacity. *Pl. and Soil* 10: 93-100.
- Hiatt, A. J., 1968. Electrostatic phenomena as mechanisms of ion accumulation. *Pl. Physiol., Lancaster* 43: 893-901.
- Hiatt, A.J. and R. H. Lowe, 1967. Loss of organic acids, amino acids, K, and Cl from barley roots treated anaerobically and with metabolic inhibitors. *Pl. Physiol., Lancaster*. 42: 1731-1736.
- 平塚英吉, 1922. 窒素施肥量を異にする桑葉の飼料的價值. 第一報 春蠶に就ての觀察. *日蠶試報* 6: 231-252.
- Hodges, T.K., 1973. Ion absorption by plant roots. *Adv. Agron.* 25: 163-207.
- Houba, V. J. G., F. van Egmond and E. M. Wittich, 1971. Change in production of organic nitrogen and carboxylates (C-A) in young sugar-beet plants grow in nutrient solutions of different nitrogen composition. *Neth. J. Agric. Sci.* 19: 39-47.
- 井出 智, 岡田和人, 稻垣忠道, 1965a, 施肥條件が桑葉の飼料價值におよぼす影響(Ⅰ)桑葉粉末人工飼料による飼育成績. *日蠶雜* 34: 201.
- 井出 智, 1965b. 施肥條件が桑葉の飼料價值におよぼす影響. (2)桑葉灰化物を添加した人工飼料による飼料成績. *日蠶雜* 34: 201.
- 井出 智(1966) 桑葉葉質に関する研究. 八王子研究所研究報告特別號 No. 3.
- IDE S., 1966a. Effect of inorganic salts in mulberry leaves on the growth of silkworms, with special emphasis on the role of potassium. *Fertilité* 33: 3-18.
- IDE S., 1966b. Studies on the quality of mulberry leaves as the diet of the silkworm. *Hachioji Sericultural Research Station Report* No. 3.
- 石田 靖, 1950. 肥料三要素が桑の收穫量並に蠶に及ぼす影響. *日蠶雜* 19: 311.
- 伊藤智夫, 田中元三, 1960. 人工飼料による蠶兒の飼育及び5眠蠶分離について. *日蠶雜* 29: 191-196.
- 伊藤智夫, 荒井成彦, 1963. 人工飼料による桑葉の飼料的價値の評價に関する研究. I, 桑葉の種類による家蠶幼蟲の成長の相違について. *日蠶試報* 18: 209-229.
- Kirkby, E.A., 1974. Recycling of potassium in plants considered in relation to ion uptake and organic acid accumulation. In J. Wehrmann (Ed.) *Proc. 7th Int. Coll. Plant Anal. Fertilizer Problems*, Hannover, p. 557-568.
- Kostic, M., W. Dijkshoorn and C. T. de Wit; 1967. Evaluation of the nutrient status of wheat plants. *Neth. J. Agric. Sci.* 15: 267-280.
- 黒瀬邁, 1964. リン酸缺乏桑葉の飼料價值に関する研究(Ⅲ)リン酸缺乏桑葉による蠶飼育. *蠶絲研究* 53: 1-6.
- 李相豊, 1974. 韓國의 夏秋蠶作 安定을 위한 環境要因에 關한 研究. *韓蠶誌* 16(2): 1~34.
- 李杭周, 柳順昊, 林善旭, 1982a. 窒酸態 및 암모니아態窒素比率과 桑葉中 이온의 均衡. *韓土肥誌* 15(2): 110-116.
- 李杭周, 柳順昊, 1982b. 施用窒素의 形態가 甞양 生産量 및 이온 均衡에 미치는 影響. *韓土肥誌* 15(2): 117-

- 127.
- Leggett, J.E., 1968. Salt absorption by plants. A. Rev. Pl. Physiol. 19: 333-346.
- Marschner, H., 1968. Mineral stoffwechsel. Fortschr. Bot. 30: 75-85.
- Marschner, H., 1969. Aufnahme und Transport der Mineralstoffe bei höheren Pflanzen. Land W. Forsch. 23/1 Sonderheft 40-52.
- McLean, E. D., D. Adams and R. E. Franklin, 1956. Cation exchange capacities of plant roots as related to their nitrogen contents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20, 345-347.
- Mengel, K. and H.E. Haeder, 1971. The effect of the nitrogen nutritional status of intact barley plants on the retention of potassium. Z. Pfl. Ernähr. Bodenk. 128: 105-115.
- Murphy, J. and J. Riley, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chem. Acta. 27: 31-36.
- 直井利雄, 1964. クウにおける乾物生産に関する研究. とくに乾物の増加と炭水化物の消長について. 第34回 學術講演要旨 圖表集. 日蠶絲學會. 16-17.
- Neyra, C.A. and R. H. Hageman, 1974. Characteristics of nitrate uptake in corn roots. Pl. Physiol., Lancaster. 5-126.
- Osmond, C. B. and G.G. Laties, 1969. Compartmentation of malate in relation to ion absorption in beet. Pl. Physiol., Lancaster. 44: 7-14.
- Pitman, M. G., J. Mowat and H. Nair, 1971. Interactions of processes for accumulation of salt and sugar in barley plants. Austr. J. Biol. Sci. 24: 619-631.
- Prins, H. B. A., 1974. Photosynthesis and ion uptake in leaves of *Vallisneria spiralis*. Thesis Groningen.
- Rains, D.W., 1972. Salt transport by plants in relation to salinity. A. Rev. Pl. Physiol., Lancaster. 23: 367-388.
- Raven, J. A. & F. A. Smith, 1973. The regulation of intracellular pH as fundamental biological process. In W.P. Anderson (Ed.) Ion transport in plants, Acad. Press, London, p.271-278.
- Raven, J. A. and F. A. Smith, 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. New Phytol., 76: 415-431.
- Robertson, R. N., M. J. Wilkins and A.B. Hope, 1955a. Plant mitochondria and salt accumulation. Nature 175: 640-641.
- Robertson, R. N., M. J. Wilkins, A. B. Hope and Nestel, 1955b. Studies in the metabolism of plant cells X. Respiratory activity and ionic relations of plant mitochondria. Austr. J. Biol. Sci. 8: 164-185.
- Schaedle, M. and L. Jacobson, 1966. Ion absorption and retention by *Chlorella pyrenoidosa* II. Permeability of the cell to sodium and rubidium. Pl. Physiol. Lancaster. 41: 248-254.
- Schouwenburg, J. Ch., van, and Walinga, I., 1978. Methods of analysis for plant material. Agricultural University, Wageningen.
- 潮田常三, 1958. 桑. 作物の要素缺乏中. 三井進午. 今泉吉郎 監修 236-243. 養賢堂 刊.
- Slangen, J. H. G., 1971. Intermittierende voeding bij tarwe. Versl. Landbk. Onderz. 765: 130.
- Smith, F.W., 1978. The effect of potassium and nitrogen on ionic relations and organic acid accumulation in *Panicum maximum* var. *tricholome*. Pl. & Soil 49: 367-379.
- Smith, R. L. and A. Wallace, 1956. Influence of nitrogen fertilization, cation concentration, and root cation exchange capacity on calcium and potassium uptake by plants. Soil Sci. 82: 165-172.
- Sutcliffe, J.F., 1962. Mineral salt absorption in plants, Pergamon Press, Oxford.
- Swanson, C.A. and J.B. Whitney, 1953. The translocation of foliar applied phosphorus -32 and other radioisotopes in bean plants. Amer. Jour. Bot. 40: 816-832.
- Technicon Industrial Method No. 321-74A, 1974. Technicon Industrial Systems. Tarrytown, N.Y. 10591.
- Tuil, H.D.W. van, 1965. Organic salts in plants in relation to nutrition and growth. Agric. Res. Rep. 657.
- Ulrich, A., 1941. Metabolism of non-volatile organic acids in excised barley roots as related to cation-anion balance during salt accumulation. Am. J. Bot. 28:526-537.
- Ulrich, A., 1942. Metabolism of organic acids in

- excised barley roots as influenced by temperature, oxygen tension and salt concentration. *Am. J. Bot.* 29:220-227.
- Vervelde, G.J., 1952. Zoutophoping door plantenwortels. Thesis Wageningen.
- Wit, C.T. de W. Dijkshoorn, and J.C. Noggle, 1963. Ionic balance and growth of plants. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 69.15.
- 吉田徳太郎, 松岡道男, 木材孝一, 1960. 乾燥桑葉粉末を基本とする人工飼料による家蠶の飼育について. *日蠶試報.* 15:543-586.
- 吉田徳太郎, 松崎慶子, 1961. 桑葉の不揮發性有機酸類とその蠶兒の消食管内酵素による代謝をらびに家蠶に及ぼす生理的影響について. *日蠶試報.* 17:225-268.