

科學圖書大庫

蔬菜之營養生理與
施肥之新技術

譯者 謹 克 終

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

蔬菜之營養生理與 施肥之新技術

譯者 謹 克 終

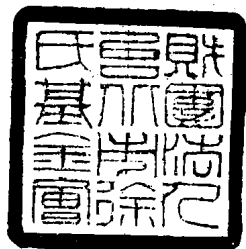
徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年九月十八日初版

蔬菜之營養生理與 施肥之新技術

基本定價 3.80

譯者 譔克終 前國立台灣大學教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司三重市三和路四段一五一號 電話9719739

原 序

關於蔬菜施肥之試驗，在世界第二次大戰前，曾試行三要素試驗，要素適量試驗，施肥期試驗，肥料之種類比較試驗，關於土壤酸性之試驗等，但此等試驗之大半，均為簡單之圃場試驗，沒有舉行土壤與植物體之分析，要之，素朴之試驗，占大部分，二次世界大戰以前之時期，故以稱為所謂之黎明期為可。

到了戰後，始至于採用就蔬菜之水耕法與砂耕法，一般復至于實行土壤與植物體之分析，在實驗上，始整備真正之詳盡試驗方法了。

水耕法與砂耕法，就稻與小麥等說，從戰前起，已被採用，但適宜于蔬菜生育培養液之組成與用于稻麥等之液不一。舉出其重要之異點時，一為在蔬菜時，做為氮素源，以硝酸態比阿母尼亞為適宜。二為培養液濃度，比稻之場合，亦有提高之必要。三為矽酸，差不多沒有使用之必要。四為石灰之要求度，相當高等。

依更換培養液之組成，則有自由調節各種必要要素供給之可能。在從來圃場實驗時，遇到實驗困難之各種要素之缺乏症狀，供給養分時，對於生育之影響，氮素及其形態之影響，養分濃度與養分相互間平衡之影響等，成為施肥基礎之營養生理學的研究，已達到空前之盛況了。

如斯，培養方法，更為進步，從1960年前後起，在實用的礫耕栽培上，被採用了。其後育苗時，在燠炭育苗等所謂培養液育苗上，復被應用了。

話從頭起，戰後不久，在日本各地菜圃，在戰前不被重視之生育異常，已被注意認識，但依培養液發生要素缺乏之症狀，從土壤與植物體之分析結果判斷，由于鎂、硼素、石灰等之養分缺乏，漸次被究明，近來鉬缺乏等症之發生，亦被悉知，所謂特殊養分之重要性，亦至于被認

識了。養分缺乏症之種類，縱在今後，尚有增加之可能，但就重要之缺乏症說，可以說，關於其症狀與對策之目標，大體已能解決了。

其後，問題，再被擴大，亦含養分缺乏，基于菜圃之土壤條件不良，所生生產力低下之現象，在日本各地，均能檢查究明了。但據依土壤理化學性之檢討的結果時，反應之酸性化，鹽基之缺乏，微量元素之不足，依理化學性劣變之排水性，通氣性之不良，再依土壤病蟲害之增加，各種不良條件，混合造成，原因甚多之事，被究明了。

其原因甚為複雜，但在戰前，對於蔬菜，施用動植物質之有機質肥料，甚多，但在戰後，則以化學肥料為主體，而施肥量，增加甚著的結果，三要素以外之副成分不足，至引起土壤之酸性化，再由于石灰與堆肥等之施用量之不足，被認為招致此種事情發生了。此為對於施肥法，需要充分加以反省之處。

不單露地栽培如此，在最近急速發達之蔬菜溫室栽培，基于土壤條件之生育障害等，亦已成為問題。土壤鹽類之集積與瓦斯障害等，被認為主由于施肥量之過多，為其原因。其障害，已被揭露。而就其診斷與對策，已有多數研究，被進行。但就沒有依雨水流失之覆蓋下栽培之施肥檢討，被迫急需解決，成為問題之一了。

在另一方面，就土壤之排水，通氣性，水分，溫度等之理學的性質，對於蔬菜生育之影響，近年，有很多之研究，亦在進行。土壤之理學性質，在栽培上，關係于土壤管理、灌水等。在實用上，亦具有重要之關連，但做為土壤條件，亦為完全需要注意之重要問題。在此點，反可以說對於化學的性質為優而不劣之重要性。

關連于蔬菜之施肥，筆者認為今後最需要努力者，為土壤檢定及營養診斷。

在蔬菜栽培上，一般施肥甚多，尤其一部之果菜類與洋菜類，施肥之多，值得驚奇。多肥不能說均是不良，但在適正施肥量以上施與時，不單不能受到施肥之利，反有引起發生弊害之虞。現在土壤之老朽化與溫室內之鹽類集積現象等，被認為即屬於此類弊害。此種弊害對策，當然是必要的。

適正之施肥量，依土壤之種類與蔬菜之種類，大體雖有一定，但仍

然縱依到現在為止所行之土壤管理與施肥方法，亦有相當不同之性質，嚴密地說，一個一個之菜圃，或一棟一棟之溫室，自有不同之處。若欲適確的判斷時，除了依土壤檢定與培養診斷外，別無適當之方法可想。

簡易之土壤檢定與營養診斷之器具，在戰後，縱在日本，已早能製造，一部已在使用，但大部分，似乎均已收藏不用。其原因甚多，在日本，檢定之圃地單位面積，非常小，而蔬菜種類多，其作型，甚為複雜等，筆者認為最大之原因，為尚沒有制出判定之標準，因此好容易施行檢定，基于此，為決定施肥量之根據，尚未備有之故。檢定法自體，為比較的簡單，雖有問題，但活用其法之途徑，尚未創出。

做成規準時，成為其基礎之廣泛的實驗與現地之經驗，甚為必要，故快速不能做到之面亦有。但雖說是適正之施肥量，急忙做成籠統之規準，隨集積實驗與經驗，漸次製成精密之基準，難道不是一種實際之方法麼？

在外國，如此種之檢定，診斷，做為試驗場與組合等之奉獻事業，被實行了。業者將檢定之結果，被提示之方策，做為參考，似乎施行施肥與土壤改良了。縱在日本，在一部地方，這樣之檢定，被實施，得到好評了。故今後之普及，正被期待着。

本書就如以上所述之問題，為與執筆各先生共同，所期望的，不說也罷，近年關於蔬菜之營養問題與關於施肥之研究成果，可以說，已集大成了。若讀者，能將本書所集之精密內容，在實際上或研究上，能活用時，誠屬幸甚。對於執筆各先生，當多忙之際，分出寶貴之時間惠予贊助編集，衷心感激，又當編集時，承誠文堂新光社負責各位之惠助，尤其承近藤，橫山兩先生之協助，甚多，特此深謝。

編著者 農學博士 松山直儀 識

目 錄

原 序	1
第一章 根之生理與土壤管理	1
第一節 根之形態與根系之發達	1
一 外部形態	1
二 根之內部形態與組成	2
三 根系之發達	4
四 根之生長與植物荷爾蒙	6
第二節 養分之吸收	7
一 吸收機構	7
二 主要成分之吸收	13
第三節 對於土壤條件之根之反應及土壤管理	31
一 土壤溫度	31
二 土壤水分	47
三 土壤空氣	52
四 土壤溶液	62
第二章 蔬菜之營養檢定、診斷與土壤檢定、診斷	77
第一節 前 言	77
第二節 檢定，診斷法	78
一 作物體營養檢定之概要	79
二 土壤檢定法之概要	80

第三節 作物體之營養檢定、診斷與土壤檢定、診斷之頻調	81
第四節 蔬菜施肥之特徵與營養檢定、診斷	83
第五節 分析法	83
一 氮素	83
第六節 氮素營養上之檢定與診斷	86
一 作物體內之氮素形態	86
二 $\text{NO}_3 - \text{N}$ (硝酸態氮素) 之檢定法及關於檢定之實驗	91
第七節 土壤之檢定與診斷	112
第八節 土壤分析法	113
第九節 土壤中可給態養分	113
第十節 土壤簡易檢定法	133
一 土壤之採取法	133
二 檢定項目	138
三 蔬菜圃地土壤之優劣判定法	141
四 診斷實例	143
五 石灰施用量之決定法	147
第十一節 塑膠布溫室之土壤檢定與診斷	148
一 土壤之採取法	150
二 電氣傳導度 (Electric Conductivity 略稱 E. C.)	151
第三章 蔬菜之養分缺乏與對策	156
第一節 緒論	156
第二節 氮素 (N), 磷 (P), 鉀 (K)	161
一 氮素 (N)	161
二 磷酸 (P_2O_5)	164
三 鉀 (K)	167
第三節 石灰 (Ca)	171
第四節 鎂 (Mg)	182
第五節 鐵 (Fe)	189
第六節 硼素 (B)	191

一	硼素缺乏症之發生與症狀	191
二	發症之條件與對策	199
第七節	錳 (Mn)	206
第八節	鋅 (Zn)	210
第九節	銅 (Cu)	211
第十節	鉬 (Mo)	212
第四章	土壤老朽化與其對策	219
第一節	露地之生產低下	219
一	生產力低下之事例	219
二	不良圃地之實況	220
三	改良對策	236
第二節	被覆下栽培之生產力低下	254
一	被覆下栽培栽培之施肥實況	255
二	土壤中之鹽類	256
三	依鹽類作物之障害 (參照第一章)	260
四	蔬菜之種類各別之耐鹽性 (參照第一章)	260
五	肥料與土壤鹽類	260
六	瓦斯障害	263
七	鹽類障害對策	267
第五章	蔬菜之生育週期與施肥	271
第一節	氮 素	271
一	葉菜類	272
二	根菜類	285
三	芋 類	292
四	果菜類	302
五	豆 類	320
六	結 論	330
第二節	磷酸、鉀	333

一 磷酸.....	335
二 鉀.....	342
第三節 採種栽培與施肥.....	346
一 氮 素.....	346
二 磷酸、鉀.....	352
第六章 蔬菜之生育與氮素形態.....	358
第一節 蔬菜之種類.....	360
第二節 生育階段.....	366
第三節 氮素濃度.....	373
第四節 陽離子濃度.....	383
一 石灰濃度.....	384
二 鎂、鉀.....	388
第五節 陰離子濃度.....	391
一 硫酸鹽、氯化物.....	391
二 磷 酸.....	395
第六節 PH	396
第七節 葉成分含量.....	403
參考文獻	411

第一章 根之生理與土壤管理

位田 藤久太郎

第一節 根之形態與根系之發達

一、外部形態

由種子伸長之幼根，或由插穗生出之初生根，發達後再生出側根，形成根系。

在根之尖端，有保護組織之根冠，其附近之細胞營旺盛之分裂而生長。由尖端稍稍離開之部分，表皮細胞突起，生成數多之根毛，與幼根部分，一起吸收養水分。

在水耕栽培，根毛不易發生，根之形態，依蔬菜種類雖有差異，但一般根由尖端分起化為根冠、分裂帶、伸長帶、根毛帶、脫毛帶等部分。分裂帶、細胞充滿甚密，細胞壁為蛋白質所充滿，故養分通過壁移動甚不容易，在吸收養水分上，不太有用。

伸長帶，吸收與氧化力強，為最活潑發揮根之作用之部分，其長約 $0.2 \sim 1 \text{ cm}$ 。根毛從幼根伸長完畢時起，發生數公厘 (mm) 長，沿土壤孔隙伸長，接觸於土塊之部分，粘着土塊，吸收養水分。根毛之粗，為 $0.01 \sim 0.003 \text{ mm}$ ，在通氣良好之土壤，適溫，適濕時，則能充分發育，由根端離開，隨組織之分化進行，根毛則枯萎。而在老化之根，養分向內部則不能自由吸入。

隨根之老化增進，表皮木栓化或木質化時，僅先端吸收之水分與養分之導管與地上部保持功用，根之吸收部分，則移至新伸長之部分，或生成數個之側根，成為代替其吸收。

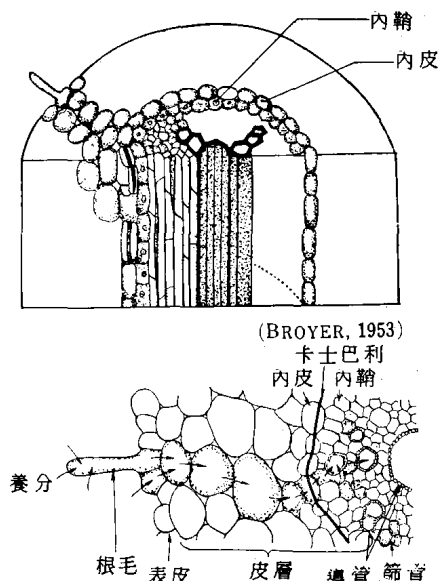


圖 1.1 根之斷面與根毛之養分吸收 (熊澤氏, 1964)。

二、 根之內部形態與組成

初生根由一層細胞形成，為表皮所覆，在其內側，有皮層，包著中心柱。皮層之最內層由一層之細胞層所成，形成內皮。內皮在生長之根上，細胞膜肥厚，木化或栓化，特別在內皮中，分化木栓化之卡士巴利線 (Caspary strips)，阻止溶質及水分之透過。木栓化之內皮，有中心柱之保護及防止中心柱內之養分向上下以外之外部流出之作用，養水分之向中心柱內之吸入，則由膜薄之通過細胞所營行。在中心柱內，有導管與篩管，其外層之細胞列，依內鞘相接於內皮。在初生根，導管配列成數個原形之放射狀，外原的發達，其間有篩管存在。

側根之分化，依與原生內部相接之內鞘細胞之分裂組織化開始，穿

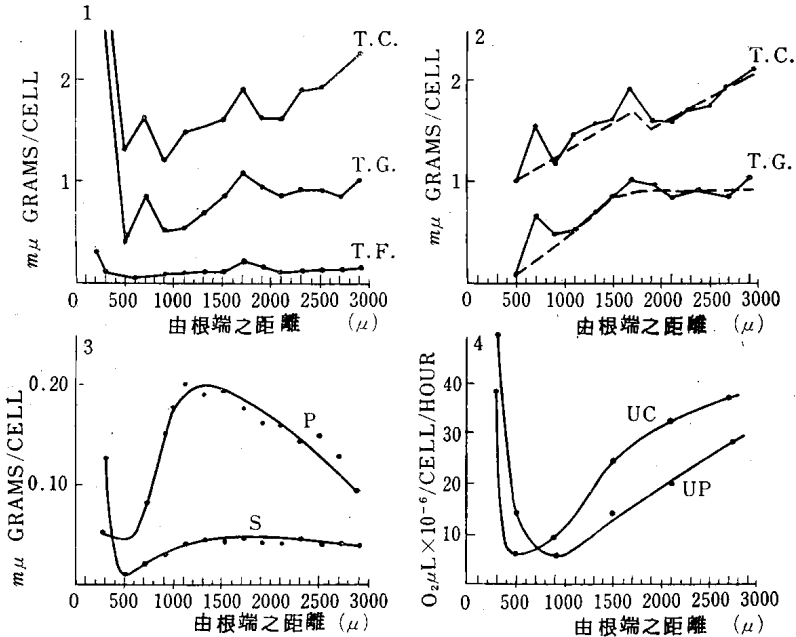


圖 1.2 豇豆根端之組成與機能。

1. 細胞平均 T.C. — 全碳水化合物, T.G. — 全葡萄糖, T.F. — 全 fructose (果糖)
2. 無根冠細胞平均同上。
3. 細胞平均 P — 蛋白態 N S — 可溶性 N
4. UC — 細胞平均 O_2 吸收 UP — 細胞之蛋白態 N 平均 O_2 吸收 (Jensen, 1955)

過內皮之細胞層顯現於外部。因此在二原形之蘿蔔與蕪菁，側根向二方向伸長，在子葉之方向，能知道側根之發生之方向。

關於幼根之組成，Jensen 氏等，曾用蠶豆與球莖調查過，知道根之尖端，葡萄糖等之糖多，吸收量亦多，在分裂帶則少，通過此部時糖則再多，吸收量亦增，而且蛋白態氮素含量則成相反的之事，曾被報告過了。

在移植之蔬菜，根之養分含量，對於活着有影響甚大之事，Bringhurst 氏，曾就草莓之根之皮層中之澱粉含量與活着之難易，實驗過，皮層中之澱粉含量，與成熟度之關係甚大，到 11 月初旬為止，被掘出之苗之根內，澱粉少，從 11 月中旬起到 12 月初，掘出之苗，澱粉含

量約增加 50 %，在過了 12 月初旬之苗，含量可達 70 % 以上。而且根之澱粉量少之苗，則不能安全貯藏，隨澱粉含量之增加，長期將苗掘出，縱行貯藏，活着亦良。

三、根系之發達

根毛及木栓化未發達吸收養水分旺盛之新根，壽命短。通氣與水分不完全，在如強酸性之條件不良之土壤時，根之木栓化早，特別壽命短，根毛之發達亦不良。

根系在瘠瘦之土壤時，則貧弱，在肥沃膨軟之土壤時，則分歧良而密。在被施與腐植與堆肥之處，分歧良好之新根，粗大，蔓延于各處，為屢見之事。又在粘土砂質之層，相接之土壤，在粘土層，分布密，在砂之層，分布則疏。

根系為根之全表面積與含根之土壤容積（根體積 root volume）即擴展之寬與深，為其特徵的。

一般水分少，養分不足時，根體積則大，在肥沃、濕潤之土壤，根則分布密，但一般根系擴展之範圍則小。

據高橋氏就番茄苗之生育與土壤水分之實驗，多灌水區，根則密集于地表附近，細根多，根伸長良好，反之，在乾燥區，一次根，伸入深，細根少，全體甚為貧弱。

在乾燥之土壤，根伸入土壤深，故在生育期，保持比較乾的狀態之根系，則深入土中，在夏果菜類，則可輕減生育後期乾燥之害。屢次施行輕度之灌水時，淺根則多，灌以大量水減少因數施與時，根則深。

肥料對於根系發達之影響，不是直接的，間接的影響大。施肥于理學的性質良好，肥沃的土壤時，地上部之生育，雖能良好營行，但根系則不一定特別發達。但在磷酸缺乏之土壤等，地上部之生育不良時，施與磷酸肥料時，莖葉則繁茂，碳水化合物，則被送至根部，根系之發達則佳。

又施肥之位置，能影響于根系之發達，深層施肥，可使根系增深，增強耐乾性。

大熊氏，曾對於砂土，火山灰洪積土、沖積土，加入稻草，或落葉

30 ~ 50 % 施與肥料，平均在 1.8 平方公尺，施氮素 3.75 公斤，磷酸 7.50 公斤，鉀 3.75 公斤，或缺施，調查肥料成分，對於黃瓜、番茄、茄子等苗之生育之影響，報告磷酸與氮素之影響甚大之事。但從此種試驗之成績，觀察對於根生育之肥料之影響時，缺乏磷酸區，根之生育極劣，特別對於地上部，根基貧弱，(T / R) 之值，則大；缺鉀區，根之生育佳，T / R 率亦小了。

又在施肥量不同之試驗時，量少之區，根重大，T / R 率有變小之傾向。

Locascio 氏等曾就番茄苗之根之伸長與磷酸肥料，調查過，首先，直根伸長至 3 cm 上下，其後，側根伸長淺向四方伸長，發芽後，在 9 ~ 10 日，施與磷酸者，對於根系之發達有效，在 30 日後施與者，則過遲，而且施肥于淺層者，成績良好。

蔬菜類之根系之樣相，依種類與品種，差異甚大，依 Weaver 氏與松原氏、秋谷氏等，曾詳細調查過。

果菜類之內，瓜類，一般為淺根性，多行水平分布，茄科之蔬菜，根深，同時在茄科類中，茄子比番茄伸長更深。

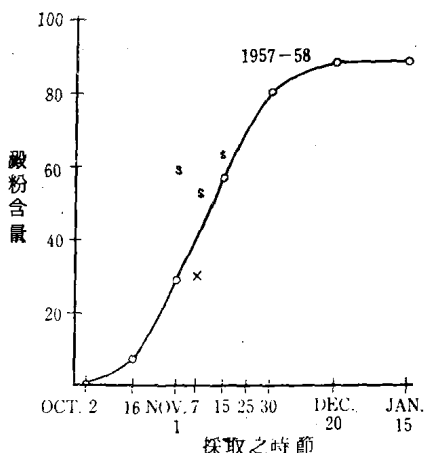


圖 1-3 草莓根之澱粉含量之季節變化 (Bringhurst 氏, 1960)

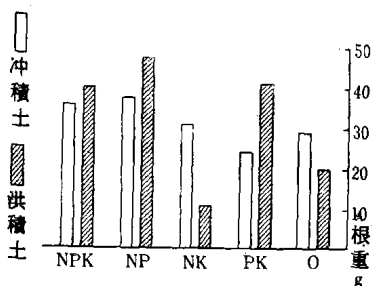


圖 1-4 施肥對於番茄苗之根之生育之影響 (大熊氏, 1963)。

蔬菜類中球莖之根，伸入雖不那樣深，但甘藍、白菜、菠菜等，能蔓延相當之深。白菜與菠菜，在表土深之處，能伸長 1.5 公尺以上之事，常常被觀察到了。

根菜類中，胡蘿蔔，蘿蔔其主根均先深入地下，側根分歧形成深的根系。

品種間根系差異之例，秋谷氏等，曾就西瓜，施行調查過，並指摘水田地帶栽培甚廣之大和品種，第一次根之分歧多，而淺，與此相比時，栽培于高台地之乾地地帶之都系品種，根粗大而深，富民第一次根很少，而根比較細，根系之分布，中庸，倍數體品種，根粗剛分歧多，依被育成地之土壤之相異，根之生態的形態，則生差異云。

茄子、品種間之差異亦大。在長茄系之品種中，有根之擴展大的。小型之圓茄品種，根之擴展淺而亦小。在砂土相同之條件下栽培之久留米長茄，其根之擴展度，為橫 60.4 公分，深 58.2 公分，但民田為橫 29.9 公分，深 29.5 公分。

四、根之生長與植物荷爾蒙

芽與葉能影響于生根與生長之事，自古以來，即為一般所熟知，但此被認為由于生長荷爾蒙與維他命類之關係之故。

吲哚爾醋酸 (Indole acetic acid) 與其他生長荷爾蒙給與插穗時，則能促進生根，又縱給與上部，若施行環狀剝皮時，其下部之生根則被抑制，故促進生根之荷爾蒙，被認為通過韌皮部之細胞，能向上下移動，向橫難以移動。

荷爾蒙或荷爾蒙樣物質之生成時，與光線有關係，與蔗糖及果糖等之碳水化合物，亦有關連。

地上部受到日光多時，營養條件良好之事，養分間根之移動則多，同時，荷爾蒙之生成多，促進生根多，終至于使根擴展佳良了。

內鞘細胞分裂時，則能生成根之原基，發達後則成為具有根之形態之始源體之過程上，根之形成物質發生作用，對於生根後之根之生長，被認為維他命 B，甚為必要。

維他命 B 類，促進酵素活動，影響于根之生長，主在葉部形成之故

，葉受到傷害時，根之伸長則劣。

維他命 B 複合體，例如 thiamine（即維他命 B_1 ）做為關與吸呼與發酵之碳酸瓦斯發生之脫碳酸酵素之助酵素發生作用，對於根之呼吸有關係，pyridoxine（維他命 B_6 ）成為關與阿米諾酸合成之阿米諾轉位酵素之作用基礎，對於根之生長關係甚大，此等物質缺乏時，根之伸長則停止之事等，已由番茄之根試驗得到證實了。

第二節 養分之吸收

一、吸收機構

1. 養分向根之吸著 在土壤中，成為溶液于水之養分中，陽離子主為持有負電荷土壤粘土之表面所吸著，陰離子，存在于土壤水之中。

依根之養分之吸收，依離子或小分子之形所營行，陽離子依根之表面或根中自由空間（free space）之壁物理的被吸著，終至于被吸入于體內，即被吸收于體內了。

植物之根，具有負電荷，故在土壤溶液中，若有陽離子時，則吸著。又根接近于粘土之表面時，由根之內部生出之氫素離子，則與粘土表面之養分離子，被置換，養分移至根之表面，則發生接觸置換。

此時，被分配于根之表面上之如 K^+ （一價之鉀離子）， NH_4^+ （一價之銨離子）之一價離子與如 Ca^{++} （二價之鈣離子）， Mg^{++} （二價之鎂離子）之二價離子之相對之量，依根之負電荷之強度而異。根之負電荷之強度，被顯出為鹽基置換容量，在理論上，此種價愈大，一價離子與二價離子之比則愈小。

使蚕豆、豌豆、芋等在砂中發芽，或將砂耕中發芽之苗，不傷根掘出，浸漬于如鉀對於植物組織之負電荷，與鹽基同，在被吸著之 neutral red（中性紅）之 0.01% 之液中時，不要數分鐘，根之部分則吸收此物質，著色甚鮮，但從外觀觀察時，看不出有差異，但下子葉部，則沒有著色。