

# 礦質養分對樟樹幼苗生育之影響

## EFFECTS OF MINERAL NUTRIENTS ON THE DEVELOPMENT OF CAMPHOR TREE SEEDLINGS

張家達

### 一、前言(Introduction)

樟樹(學名: *Cinnamomum camphora* (Linn) Sieber)係常綠大喬木,幹形多呈彎曲,全株有芳香,分布於長江以南各省。其木材除可供提煉樟腦及樟油,在工醫藥上用途甚廣外,利用其材質堅實,抗壓抗彎強度及保存期長,可充建築材、家具、白及橋樑,利用其在水中及地上之耐朽性強,可製船艦、水車及農具等,此外尚可供雕刻、裝飾、印章、樂器等用,葉亦有芳香,可提煉芳香油,並可飼樟蠶,其絲入水不見影,可製釣魚絲。因用途廣,栽植頗多,尤以台灣盛產樟腦,分布於北部海拔1200 m,南部海拔1800 m以下之山地至平地,以中部以北較多。

樟樹(Camphor tree)之幹、枝、葉及果實均含精油,主成分為樟腦(Camphor)。木部含精油約1%,其主成分為樟腦,樟腦油透、右旋性蒎、檸檬透、水芹透、除蛔蒿油酚、黃樟腦、丁香油酚及左旋性異松節油透醇等。葉含精油1%,主成分為樟腦、蒎及除蛔蒿油酚等。果實亦含精油1%,主成分為樟腦、黃樟腦、右旋性蒎等。種子含油分44.43%,灰分2.15%。樹皮含單寧2.5%。故本品可為解熱,局部刺激藥,又為中樞興奮藥,有強心、鎮痙、祛痰及防蟲之效。又可為呼吸器疾患,阿片中毒解毒藥。葉治跌打傷瘀痛,止血行氣,葉及樹皮治腹痛、痢疾。根能治胃痛。由此可見,樟腦在醫藥上之重要性。

樟樹係陰陽中庸性樹種而近陰性,幼時喜生於他樹庇蔭下,至二三公尺高,則好日光,並因樹形高大,可與其他闊葉樹營混交林。樟腦為暖熱帶特產,故喜生於多濕之地,土壤以深厚肥沃之粘質壤土為宜。樟樹之造林法甚多,可行植樹、插條、分根及直播。惟植樹不易成活,故多用直播法,以期節省費用及人工。直播造林多於小松林下實行點播,經三四年後,俟樟苗高達一二公尺,即可採伐松樹,撫育樟苗成林。樟苗移植及出山栽植均不易,其育苗及造林法均須研究改善,以應需要。

近年因人造樟腦發達,影響樟腦事業之發展,但人造樟腦之品質及用途遠不如天然樟腦。在許多化學藥品危害人類之今日,提倡樟腦事業實為當務之急。樟樹喜生於濕潤肥沃地,且植樹不易成活,實有作樟苗施肥(缺乏及過量)試驗以探求樟苗所需適肥量及造林成活率之必要。植樹造林所用苗木適當與否,不僅關係造林費用且為造林成敗重要關鍵之一,故有育成健全苗木之必要。林木對於養分之需要量視年齡而異,Rammann氏(1967)曾謂林分於幼年及中年時代輒需吸收大量養分,其後則隨年齡之增加而減少。苗圃土壤於每一單位面積上之苗木株數多,致大量消耗肥料元素,故在苗圃經營上,合理施肥為促進苗木生長及改良品質之最有效方法。

礦質養分各要素之過多,缺乏或相互間失去平衡時,苗木易發生營養障礙,有些顯現症狀,或潛伏苗體,阻礙生長。苗木對於養分之需求,有其最適範圍,不論過多或缺乏均足影響其發育,過多則導致毒害。例如松樹幼苗針葉變為紫色,主由缺乏 $P_2O_5$ 所致(Nermec, 1936),德達松(Loblolly pine)及短葉松(Short-leaf pine)由於缺鋅( $< 0.1ppm$ ),致使二者顯現病

微相同之小葉病 (Wilson, 1953)。德達松及濕地松幼苗於缺硼之際，致頂端分生組織停止生長，莖上部膨脹，接近頂芽部分之幼小針葉陷於死亡 (Ludrook, 1940)。據 Benseid (1943) 氏之研究：氮之供給量由 200 至 250 ppm 時，幼苗之莖高及莖重亦隨之增加，如超越上述之供給量，二者皆趨減退。

欲培育健全之苗木，需適時施適量濃度之肥料。一般樹苗培養液之主要元素之濃度，各學者曾予研究，如次：主要元素之 N 為 25~30 ppm, P 為 5~10 ppm, K 為 20~30 ppm, Ca 為 5~10 ppm, Mg 為 5~10 ppm, S 為 10~20 ppm。微量元素之 Fe 為 1 ppm, B 為 0.5 ppm, Mn 為 0.05 ppm, Zn 為 0.05 ppm, Cu 為 0.02 ppm, Mo 為 0.01 ppm, Pharis 氏 (1964) 等曾作 N10, 50, 125 及 300 ppm 各種不同濃度對一年生德達松幼苗生育影響之試驗，以生育於 50 ppm 中為最佳，10 ppm 呈現不足之症狀，濃度增至 300 ppm，不僅對幼苗無甚效應，且易罹旱害。據芝本武夫氏 (1948) 之研究，一般林木幼苗水耕液各成分之濃度，N 為 60~80 ppm,  $K_2O$  為 40 ppm,  $P_2O_5$  為 20 ppm, CaO 及 MgO 各為 60 ppm,  $Fe_2O_3$  為 5 ppm。適合大多數苗木生長之 pH 值為 4~9 之間。

本試驗研究之目的，在探求礦質養分各元素濃度，氮、磷、鉀之過量及缺乏主要元素與微量元素對樟樹幼苗生育之影響，尋覓適宜之肥料種類，施肥量及施肥次數，以促進樟樹幼苗之生長及改善品質，藉供育苗及造林二者之參考。樟樹因製腦收率之不同，在台灣可分為本樟、芳樟、油樟、陰陽樟等四品種。本試驗研究係採用本樟之種子。

## 二、材料及方法 (Materials and Methods)

本試驗材料，樟樹種子係於民國 66 年 10 月採自新竹縣尖石鄉山地，精選後貯藏於玻璃瓶中。67 年 3 月 12 日播種於無肥砂地，四星期後開始發芽。

試驗設計採用完全逢機設計，15 處理（施完全營養液、缺氮、氮過量、缺磷、磷過量、缺鉀、鉀過量、缺鈣、缺鎂、缺鐵、缺硫、缺硼、缺錳、缺銅、缺鋅等），每一處理重複 3 次，共為 45 個砂耕盆（每個高 14 cm，直徑 16 cm）。播種及砂耕用砂均取自新竹頭前溪之河砂，其粒徑為 0.75~1.5 mm。河砂成分之分析法，係以 100 g 砂用 2% 檸檬酸 (Citric acid) 抽出，鉀用焰火計 (Flame photometer) 定量，鈣及鎂用原子吸收光譜儀定量，其成分元素如表 1 所示，砂內缺少氮、磷及微量元素。67 年 3 月 12 日播種於室外砂地，四星期後陸續發芽。6 月 4 日移植於砂盆，每盆栽植 1 株幼苗，置於陽台屋簷下，以資保護。砂耕培養液之 PH 值為 6.6，其濃度如表 2 所示。氮、磷、鉀過量試驗，每個月濃度之變化如表 3 所示。

每一砂盆（下有排水孔）之排水及通氣均良好。6 月 11 日開始施肥，幼苗栽植初期 1 個月每株每次施砂耕培養液 24 ml，1 個月後則每株每次施 48 ml。每隔 5 日施肥 1 次，以滴入法 (Drip culture) 將營養液連續滴於砂地上。另外，晴天隔日適量灌水 1 次，陰天則每隔 3~4 日灌 1 次。新竹地區自來水所含元素：民國 67 年 3 月份，鈣為 41 ppm、鎂為 11.3 ppm、鉀為 10.8 ppm、鐵為 0.01 ppm 以下，pH 值為 6.9。其他月份亦大致相同。（據台灣省自來水公司第三區管理處檢驗室）。缺硫試驗以  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  替代  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 。本試驗於 67 年 10 月 11 日結束，試驗期間共 214 日。

表 1 頭前溪河砂之成分元素

元 素	100 g 砂中含量 (Meg)
available K	0.13
available Ca	0.25
available Mg	0.11

表 2 樟樹幼苗培養液之濃度

肥 料 (Fertilizer)	元 素 (Element)	培 養 液 濃 度 (ppm)
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	N	50
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	30
KCl	$\text{K}_2\text{O}$	40
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CaO	20
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	MgO	20
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	MgO	20
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Fe	3
$\text{H}_3\text{BO}_3$	B	0.5
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mn	0.1
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu	0.02
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn	0.05

表 3 氮、磷、鉀過量試驗每個月之濃度 ( ppm )

肥 料	元 素	6月11日至 7月10日	7月11日至 8月10日	8月11日至 9月10日	9月11日至 10月10日
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	N	350	500	650	950
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	210	300	390	570
KCl	$\text{K}_2\text{O}$	280	400	520	760

### 三、結果與討論(Result and Discussion)

#### (一) 莖高生長

樟樹幼苗生育於完全營養液施肥(C)、缺氮(-N)、氮過量(+N)、缺磷(-P)、磷過量(+P)、缺鉀(-K)、鉀過量(+K)、缺鈣(-Ca)、缺鎂(-Mg)、缺鐵(-Fe)、缺硫(-S)、缺硼(-B)、缺錳(-Mn)、缺銅(-Cu)、缺鋅(-Zn)等施肥砂盆者，從民國 67 年 6 月 11 日(開始施肥)起，其每隔 1 個月之莖高生長如表 4、5、6、7、8 所示。施肥二個半月後之發育情形則如圖 2 所示。

表 4 開始施肥時樟樹幼苗之莖高

處理	C	-N	‡N	-P	‡P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	13.10	12.87	11.73	12.37	12.97	12.43	12.57	11.70	10.80	11.73	11.90	11.97	12.67	10.83	13.33

表 5 施肥 1 個月後樟樹幼苗之莖高

處理	C	-N	‡N	-P	‡P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	23.23	15.90	14.30	14.50	19.17	14.30	17.60	16.80	17.83	15.10	13.40	15.70	19.43	13.50	15.00

表 6 施肥 2 個月後樟樹幼苗之莖高

處理	C	-N	‡N	-P	‡P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	33.93	18.20	19.70	19.20	29.80	15.40	26.40	23.33	27.70	17.60	16.30	18.30	23.17	16.70	17.30

表 7 施肥 3 個月後樟樹幼苗之莖高

處理	C	-N	N	-P	P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	45.53	21.40	22.71	24.80	40.33	17.80	34.70	29.13	36.33	19.80	18.70	20.40	29.33	20.40	18.70

表 8 施肥 4 個月後樟樹幼苗之莖高

處理	C	-N	‡N	-P	‡P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	58.37	24.57	24.73	29.17	42.10	20.33	37.57	32.33	42.67	21.57	21.33	21.50	33.40	23.10	20.43

營養液對於樟樹幼苗，施肥四個月後莖高生長之作用，如表 8 所示；茲再進行變方分析如表 9。

表 9 施肥 4 個月後樟樹幼苗莖高之變方分析

變異原因	自由 度	平 方 和	均 方	實測 F 值	理論 F 值	
					5%	1%
處 理	14	5082.37	363.03	60	2.06	2.78
機 差	30	181.63	6.05			
總 和	44	5264.00				

實測 F 值 60 均大於理論 F 值 2.06 (P=5%) 及 2.78 (P=1%)，故 15 處理對樟樹幼苗莖高生長之影響呈極顯著之差異，再經鄧肯 (Duncan) 多變域測驗，其結果如表 10 所示。

表 10 樟樹幼苗莖高之鄧肯多變域測驗

處理	C	-Mg	‡P	‡K	-Mn	-Ca	-P	‡N	-N	-Cu	-Fe	-B	-S	-Zn	-K
平均值 (公分)	58.37	42.67	42.10	37.57	33.40	32.33	29.17	24.73	24.57	23.10	21.57	21.50	21.33	20.43	20.33

註 1： 差異不顯著；----- 差異顯著；空白部分極顯著。

樟樹幼苗於施完全營養液之砂盆中之莖高生長與其他各處理皆呈極顯著之差異。缺鎂者除與磷過量者之差異不顯著，而與鉀過量者呈顯著差異外，與其他各處理呈極顯著之差異。磷過量者除與鉀過量者呈顯著差異外，與完全營養液、缺錳、缺鈣、缺磷、氮過量、缺氮、缺銅、缺鐵、缺硼、缺硫、缺鋅、缺鉀者呈極顯著之差異。鉀過量者除與缺錳、缺鈣者呈極顯著差異外，與完全營養液、缺鎂、缺磷、氮過量、缺氮、缺銅、缺鐵、缺硼、缺硫、缺鋅、缺鉀者呈極顯著之差異。缺錳者除與缺鈣、缺磷者之差異不顯著外，與完全營養液、缺鎂、磷過量、氮過量、缺氮、缺銅、缺鐵、缺硼、缺硫、缺鋅、缺鉀者呈極顯著之差異。缺磷者除與氮過量、缺氮者之差異顯著外，與完全營養液、缺鎂、磷過量、鉀過量、缺銅、缺鐵、缺硼、缺硫、缺鋅、缺鉀者呈極顯著之差異。氮過量者除與缺氮、缺銅、缺鐵、缺硼、缺硫、缺鋅、缺鉀者之差異不顯著外，與完全營養液、缺鎂、磷過量、鉀過量、缺錳、缺鈣者呈極顯著之差異。

由上列分析結果獲知，氮過量、缺磷、氮、銅、鐵、硼、硫、鋅、鉀時殊影響莖高生長；次為鉀過量、缺錳、鈣者；缺鎂、磷過量之影響較小。

由表 4、5、6、7、8 比較結果可知，施完全營養液者每個月之莖高增長量，第 1 個月為 10.03 cm，第 2 個月為 10.40 cm，第 3 個月為 11.60 cm，第 4 個月為 12.84 cm，每個月均有增加。氮過量者，第 1 個月增長 2.57 cm，第 2 個月增長 5.40 cm，第 3 個月增長 3.01 cm，第 4 個月增長 2.02 cm；磷過量者，第 1 個月增長 6.20 cm，第 2 個月增長 10.63 cm，第 3 個月增長 10.53 cm，第 4 個月增長 1.77 cm；鉀過量者，第 1 個月增長 5.03 cm，第 2 個月增長 8.0 cm，第 3 個月增長 8.30 cm，第 4 個月增長 2.87 cm，由此可見，氮、磷、鉀過量時，生長量反而少，尤其氮的濃度增至 650 ppm， $P_2O_5$  濃度增至 390 ppm， $K_2O$  濃度增至 520 ppm 時，生長量更顯著降低。缺氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、硫、硼、錳、銅、鋅時，樟樹幼苗每個月之生長量極不規則。

### (二) 莖徑發育

完全營養液施肥，不完全營養施肥及過量施肥對樟樹幼苗莖徑之影響如表 11 所示。

表 11 不同處理對樟樹幼苗莖徑之影響

處理	C	-N	‡N	-P	‡P	-K	‡K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公分)	6.53	3.51	4.25	3.13	5.42	2.89	4.75	3.39	4.51	3.00	2.74	2.83	4.63	2.44	2.93

茲再進行變方分析如表 12。

表 12 樟樹幼苗莖徑之變方分析

變異原因	自由 度	平 方 和	均 方	實 測 F 值	理 論 F 值	
					5%	1%
處 理	12	57.60	4.11	14.17	2.06	2.78
機 差	30	8.62	0.29			
總 和	44	66.22				

實測 F 值 14.17 均大於理論 F 值 2.06 (P=5%時) 及 2.78 (P=1%時), 故各種不同營養液對樟樹幼苗莖徑之影響呈極顯著之差異, 再經鄧肯(Duncan) 多變域測驗, 其結果如表 13 所示。

表 13 樟樹幼苗莖徑之鄧肯多變域測驗

處 理	C	↓P	↓K	-Mn	-Mg	↓N	-N	-Ca	-P	-Fe	-Zn	-K	-B	-S	-Cu
平均值 (公厘)	6.53	5.42	4.75	4.63	4.51	4.25	3.51	3.39	3.13	3.00	2.93	2.89	2.83	2.74	2.44

樟樹幼苗於施完全營養液砂盆中之莖徑發育, 除與磷過量者呈顯著差異外, 與其他各處理皆呈極顯著之差異。磷過量者除與鉀過量、缺錳、缺鎂者之差異不顯著, 而與氮過量者呈顯著差異外, 與缺氮、缺鈣、缺磷、缺鐵、缺鋅、缺鉀、缺硼、缺硫、缺銅者呈極顯著之差異。鉀過量者除與缺錳、缺鎂、氮過量者之差異不顯著, 而與缺氮、缺鈣者呈顯著差異外, 與完全營養液、缺磷、缺鐵、缺鋅、缺鉀、缺硼、缺硫、缺銅者呈極顯著之差異。缺錳者與缺鎂、氮過量、缺氮、缺鈣者呈顯著之差異, 且與完全營養液、缺磷、缺鐵、缺鋅、缺鉀、缺硼、缺硫、缺銅者呈極顯著之差異。氮過量者除與缺氮、缺鈣者之差異不顯著, 而與缺錳、缺鎂者呈顯著差異, 且與缺氮、缺鈣、缺磷、缺鐵、缺鋅、缺鉀者呈顯著差異外, 與完全營養液、缺硼、缺硫、缺銅者呈顯著之差異。缺氮者與缺鈣、缺磷、缺鐵、缺鋅、缺鉀、缺硼、缺硫、缺銅者之差異不顯著, 但與完全營養液、磷過量者呈極顯著之差異。

由此分析結果可見, 缺氮、鈣、磷、鐵、鋅、鉀、硼、硫、銅殊影響樟樹幼苗莖徑之發育; 鉀過量、缺錳、缺鎂、氮過量次之; 磷過量之影響較小。

(三) 不同處理對幼苗重量之影響

施完全營養液、不完全營養液及過量施肥對樟樹幼苗重量之影響如表 14 所示。

表 14 不同處理對樟樹幼苗重量之影響

處 理	C	-N	↓N	-P	↓P	-K	↓K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
平均值 (公克)	18.13	3.40	7.50	3.77	16.47	2.57	13.16	6.43	15.5	3.90	3.03	3.27	8.20	2.60	2.33

茲再進行變方分析如表 15。

表 15 樟樹幼苗重量之變方分析

變異原因	自由 度	平 方 和	均 方	實 測 F 值	理 論 F 值	
					5%	1%
處 理	14	1342.49	95.89	18.13	2.06	2.78
機 差	30	158.60	5.29			
總 和	44	1501.09				

實測 F 值 18.13 均大於理論 F 值 2.06 (P = 5%時)及 2.78 (P = 1%時)，故各種不同處理對樟樹幼苗重量之影響呈極顯著之差異。再經鄧肯 (Duncan) 多變域測驗，其結果如表 16 所示。

表 16 樟樹幼苗重量之鄧肯多變域測驗

處 理	C	↑P	-Mg	↑K	-Mn	↑N	-Ca	-Fe	-P	-N	-B	-S	-Cu	-K	-Zn
平均值 (公克)	18.13	16.47	15.5	13.17	8.20	7.50	6.43	3.90	3.77	3.40	3.27	3.03	2.60	2.57	2.33

施完全營養液砂盆中之樟樹苗重除與磷過量、缺鎂者之差異不顯著，而與鉀過量者呈顯著之差異外，與其他各處理皆呈極顯著之差異。磷過量者除與缺鎂、鉀過量者之差異不顯著外，與缺錳、氮過量、缺鈣、缺鐵、缺磷、缺氮、缺硼、缺硫、缺銅、缺鉀、缺鋅者呈極顯著之差異。鉀過量者除與缺錳者呈顯著差異外，與氮過量、缺鈣、缺鐵、缺磷、缺氮、缺硼、缺硫、缺銅、缺鉀、缺鋅者呈極顯著之差異。缺錳者除與氮過量、缺鈣者之差異不顯著，而與缺鐵、缺磷、缺氮、缺硼、缺硫、缺銅、缺鉀、缺鋅者呈顯著之差異外，與完全營養液、磷過量、缺鎂者呈極顯著之差異。氮過量者除與缺鈣、缺鐵、缺磷、缺氮、缺硼者之差異不顯著，而與缺硫、缺銅、缺鉀、缺鋅者呈顯著之差異外，與完全營養液、磷過量、缺鎂、鉀過量者呈極顯著之差異。缺鈣者除與缺鐵、缺磷、缺氮、缺硼、缺硫、缺銅、缺鉀、缺鋅者之差異不顯著外，與完全營養液、磷過量、缺鎂、鉀過量者呈極顯著之差異。

由上列分析結果可見，磷過量、缺鎂、鉀過量對樟樹苗重之影響小，缺錳、氮過量之影響較大，缺鈣、鐵、磷、氮、硼、硫、銅、鉀、鋅等殊影響苗重。

#### 四 根系發育

樟樹幼苗生育於完全營養液，不完全營養液及過量營養液之砂盆中之根系主要特徵如表 17 所示。各根系之主要特徵又如圖 18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32 所示。

表 17 樟樹幼苗生育於完全營養液、不完全營養液及過量營養液砂盆中之根系主要特徵

根 系	C	-N	↑N	-P	↑P	-K	↑K	-Ca	-Mg	-Fe	-S	-B	-Mn	-Cu	-Zn
主 根 系 (公分)	39.90	32.27	34.80	27.93	40.63	31.83	35.77	36.40	40.12	37.53	36.80	31.90	34.03	34.23	25.63
主根直徑 (公厘)	8.28	4.12	5.63	4.20	7.30	3.62	6.83	5.39	7.03	4.33	4.24	3.81	6.50	3.96	3.42
側 根	多	少	稍少	少	多	少	多	少	多	少	少	少	稍少	少	少

由表 17 可見，主根長度對樟樹幼苗生育之影響較小，主根莖與側根多寡之影響則大。樟樹幼苗缺乏氮、磷、鉀、鐵、硫、硼、銅、鋅時，皆有一共特徵，即主根較細，側根亦少。所以，吾人可確定，無論缺乏其中任何一種元素，皆會影響根系發育，根系發育較差，則養分吸收能力較弱，地上部生長與發育亦較不良（圖 19、21、23、27、28、29、31、32）。氮過量及缺錳者，雖然主根較粗些，但側根稍少，亦影響其生長（圖 20、30）。

磷過量、鉀過量及缺鎂者，其根系發育與施完全營養液者甚為接近（圖 22、24、26），但主根徑較小，其莖高生長，莖徑發育及苗種均較差，其不良病徵亦顯現於葉部。

#### (五) 葉部之病徵

樟樹幼苗由於缺氮，上部幼葉先呈淡綠色，之後葉脈間部分變褐色，漸擴大及於全葉。主因氮為葉綠素分子中之主要成分，導致生成較低葉綠素含量之葉所致。其病徵如圖 4 所示。氮過量時，葉呈濃綠色，上部幼葉先端呈褐色（圖 5）。缺磷時，下部老葉生成褐色小斑點，全葉漸變褐色（圖 6）。磷過量時，下部老葉周緣呈黃色（圖 7）。缺乏鉀者，下部老葉先端呈黃褐色（圖 8）。鉀過量者，下部老葉周緣一部分呈褐色（圖 9）。缺乏鈣者，上部幼葉先呈淡黃色，漸變成黃褐色（圖 10）。缺乏鎂者，上部幼葉縮捲，頂端枯萎，之後下部老葉生成黃褐色斑點（圖 11）。氮與鎂均為葉綠素分子中之主要成分，缺乏二者中之任何一種，葉均萎黃，但缺鎂者呈黃褐色。缺乏鐵者，上部幼葉脈間呈淡黃色，之後漸變黃色（圖 12）。鐵雖不是葉綠素組成之分子，但亦為合成葉綠素所必需之元素，葉若缺少鐵，則發生葉綠素缺乏現象。缺乏硫者，下部老葉呈黃色，漸及於全株葉，之後老葉生成褐色小斑點（圖 13）。缺乏硼者，上部幼葉呈黃色，逐漸變成黃褐色，頂端枯萎，下部老葉尖端則呈紅褐色（圖 14）。缺乏錳者，上部幼葉呈淡綠色，漸變成黃色，頂端及幼葉枯萎（圖 15）。因錳為形成葉綠素所需之元素，故缺錳時葉萎黃。缺乏銅者，上部幼葉尖端呈淡黃色，漸及於全葉，之後全株葉皆呈淡黃色，幼葉尖枯萎（圖 16）。銅亦為形成葉綠素所需之元素，故缺少者，其葉漸萎黃。缺乏鋅者，上部幼葉脈間呈黃色，漸及於全葉，之後幼葉脈間變成褐色（圖 17）。

樟樹幼苗缺磷、磷過量、缺鉀、鉀過量、缺鎂、缺硫者，其葉部病徵首先發生於下部較老葉。故此等元素在樟樹幼苗內移動較快。缺氮、氮過量、缺鈣、缺鐵、缺硼、缺錳、缺銅、缺鋅者之葉部病徵則首先出現於上部較幼葉，顯示此等元素在樟苗株內移動較慢。樟苗砂耕栽培試驗結束時，缺氮、缺銅、缺硫者之病情較嚴重。缺鎂、缺硼及缺錳者更嚴重，有枯萎之虞。

#### 四、結論(Conclusion)

樟樹幼苗於缺氮時，根系發育甚差，高生長減退，莖細、苗株甚輕，幼葉呈淡綠色，脈間變褐色。氮過量時，根系發育稍差，高生長初期較快，N 濃度增至 650 ppm 後遞減，莖較細，苗株輕，葉呈濃綠色，幼葉尖呈褐色。缺磷時，根系發育不良，高生長減退，莖細，苗株甚輕，老葉呈褐色。磷過量時，根系發育尚佳，高生長初期甚速， $P_2O_5$  濃度增至 390 ppm 後遞減，莖尚粗，苗株甚重，老葉周緣呈黃色。缺鉀時，根系發育甚差，側根少，高生長減退，莖細，苗株極輕，老葉尖呈黃褐色。鉀過量時，根系發育較磷過量者稍差，高生長較氮過量者稍快， $K_2O$  濃度增至 520 ppm 後遞減，莖稍粗，苗株稍重，老葉周緣呈褐色。

缺鈣時，根系發育較差，高生長較緩，莖細，苗株輕，幼葉先呈淡黃色，後呈黃褐色。缺鎂時，根系發育甚佳，高生長稍緩，莖稍粗，苗株尚重，老葉生成黃褐色斑點。缺鐵時，根系發育甚差，高生長減退，莖細，苗株甚輕，幼葉呈黃色。缺硫者，根系發育甚差，側根少，高生長減退，莖甚細，苗株甚輕，全株之葉呈黃色，老葉生成褐色斑點。缺硼時，根系發育甚差，高生長及莖徑發育均不良，苗株甚輕，幼葉呈黃褐色，老葉尖呈紅褐色。缺錳時，根系發育稍差，高生長及莖徑發育較鉀過量者稍差，苗株輕，幼葉呈黃色。缺銅時，根系發育甚差，高生長減退，莖徑最細，苗株極輕，全株之葉皆呈淡黃色。缺鋅時，根系發育甚差，高生長及莖徑發育均不良，苗株最輕，幼葉呈黃色，脈間呈褐色。

營養液缺氮、磷、鉀、鈣、鐵、硫、硼、銅、鋅時，幼苗之根系發育不良，高生長較緩，係主根徑細，側根少所致，主根長度之影響則小。缺氮、磷、鉀、鐵、硫、硼、銅、鋅者殊影響莖徑發育及苗株重，缺鈣者對莖徑之影響亦大。施完全營養液者，幼苗之莖高生長大致成遞增現象。營養液中，N 為 350 ppm、500 ppm， $P_2O_5$  為 210 ppm、300 ppm， $K_2O$  為 280 ppm、400 ppm 時，幼苗之莖高生長均較完全營養液者為差；N 增至 650 ppm， $P_2O_5$  增至 390 ppm， $K_2O$  增至 520 ppm 後，高生長呈遞減現象，殊屬浪費，故樟樹幼苗以 N 50 ppm、 $P_2O_5$  30 ppm、 $K_2O$  40 ppm、CaO 20 ppm、MgO 20 ppm、Fe 3 ppm、B 0.5 ppm、Mn 0.1 ppm、Cu 0.02 ppm、Zn 0.05 ppm 之營養液適量施肥最為理想。

## 五、參考文獻(References)

1. 劉業經：樹木學（1955）。
2. 陳振東：實用造林學（1956）。
3. 教育部世界名著譯述委員會：植物生理學(一)(二)(三)（1961）。
4. 王子定：育林學原理（1962）。
5. 台灣省政府農林廳：農業要覽第二輯土壤肥料（1965）。
6. 甘偉松：台灣藥用植物誌（第一卷）（1967）。
7. 王子定、胡弘道、朱棋瓚：氮、磷、鉀濃度及 pH 值對濕地松幼苗生育之影響（1970）。
8. 張家達：礫質養分對木麻黃幼苗生育之影響（1976）。
9. 張家達：廢物肥料對蕃茄生育及生殖之影響（1977）。
10. 芝本武夫：林木稚苗の水耕法に關する研究營養液  
東京大學農業部演習林報告 第 36 號（1948）。
11. 川村一水、船引眞吾：農林土壤學（1964）
12. 山根一郎：土壤學の基礎と應用（1971）。
13. 武川滿夫：野菜、草花の養液栽培。（1973）
14. 農耕と園藝編集部：野菜の養液栽培（1974）。

- 15 WALLACE, T.: The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. (1953)
- 16 SHIBAMOTO, T: Fertilizing forest land (1957).

### English Summary

The experiment of sand-culture method was used to observe the development of root system, of stem diameter, height growth, weight and symptom of leaves of camphora tree seedling. It was the comparison between over-measured NPK, macroelements-deficiency, microelements-deficiency and completeness in nutrients.

The moderate fertilization of the said seedling in sand-culture could not only develop roots, stems, and leaves but also increase the weight of them. When the seedlings were deficient in Nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, iron, sulfur, boron, copper and zinc, the development of root system was influenced seriously and caused height growth to be slow down. The growth of root system of seedling in magnesium-deficiency, over-measured phosphorus and potassium was almost as normal as in complete nutrients, but the stem diameter and weight of them were less than it. Nitrogen, phosphorus, potassium, iron, sulfur, boron, copper and zinc deficiency gave highly significant effect on the weight as well as the growth of stem diameter.

The nitrogen-deficiency of leaves became chlorosis, phosphorus-deficiency of them became brown, potassium-deficiency of them became partial yellowish-brown, over-measured nitrogen of them became deep green and partial brown, over-measured phosphorus of them became partial yellow, over-measured potassium of them became partial brown, calcium-deficiency of them became yellowish-brown, magnesium-deficiency of them became yellowish-brown spots and sulfur-deficiency of them became yellow with spots of brown.

The iron-deficiency of leaves became yellow, boron-deficiency of them became yellowish-brown and reddish-brown, manganese-deficiency of them became chlorosis, copper-deficiency of them became light yellow, and zinc-deficiency of them became yellow and brown.



圖1 樟樹幼苗之砂耕  
試驗臺

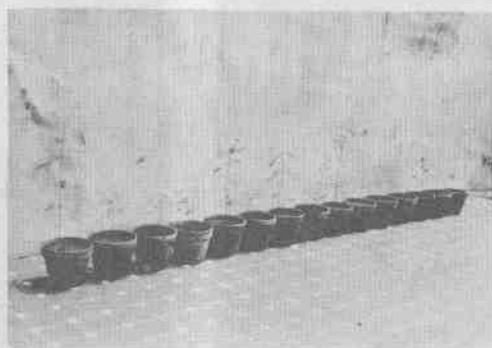


圖2 樟樹幼苗於施肥二個半月後  
之發育情形。自左至右為施  
完全營養液，-N、 $\frac{1}{2}$ N、  
-P、 $\frac{1}{2}$ P、-K、 $\frac{1}{2}$ K、  
-Ca、-Mg、Fe、-S、  
-B、-Mn、-Cu、-Zn  
者



圖3 樟樹幼苗於施  
完全營養液砂  
盆中之正常株



圖4 樟樹幼苗缺氮之  
病株



圖5 樟樹幼苗於氮  
過量砂盆中之  
病株



圖 6 樟樹幼苗缺磷之病株



圖 7 樟樹幼苗於磷過量砂盆中之病株



圖 8 樟樹幼苗缺鉀之病株



圖 9 樟樹幼苗於鉀過量砂盆中之病株



圖 10 樟樹幼苗缺鈣之病株



圖 11 樟樹幼苗缺鎂之病株



圖 12 樟樹幼苗缺鐵之病株



圖 13 樟樹幼苗缺硫之病株



圖 14 樟樹幼苗缺硼之病株



圖 15 樟樹幼苗缺錳之病株



圖 16 樟樹幼苗缺銅之病株



圖 17 樟樹幼苗缺鋅之病株

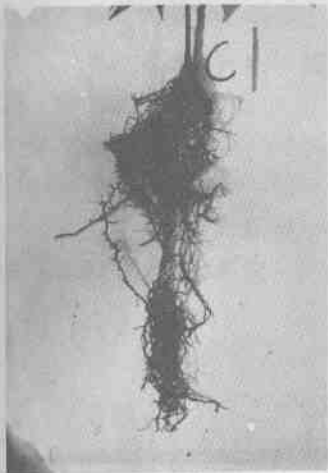


圖 18 樟樹幼苗施完全營養液時根系之發育情形

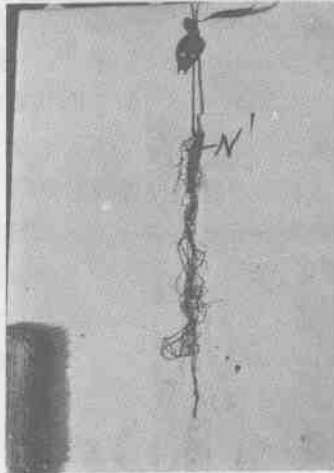


圖 19 樟樹幼苗缺氮時根系之發育情形

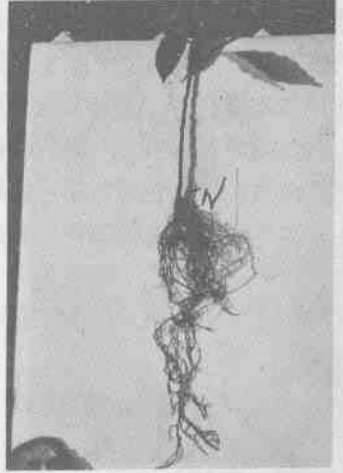


圖 20 樟樹幼苗於氮過量時根系之發育情形

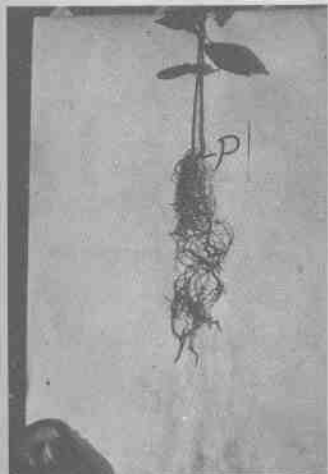


圖 21 樟樹幼苗缺磷時根系之發育情形

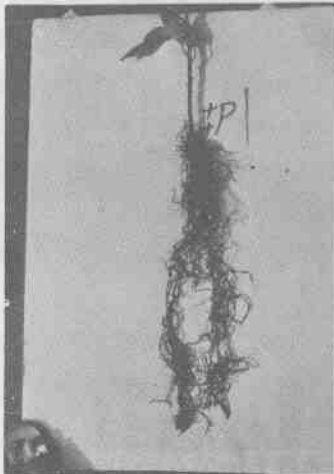


圖 22 樟樹幼苗於磷過量時根系之發育情形



圖 23 樟樹幼苗缺鉀時根系之發育情形



圖 24 樟樹幼苗於鉀過量時根系之發育情形

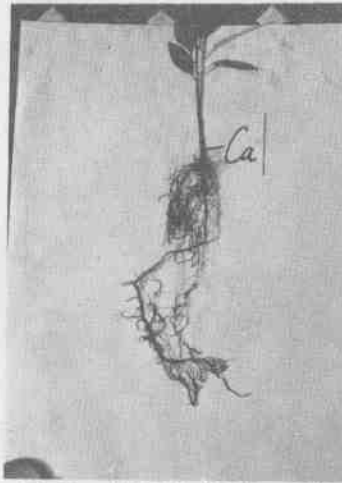


圖 25 樟樹幼苗缺鈣時根系之發育情形

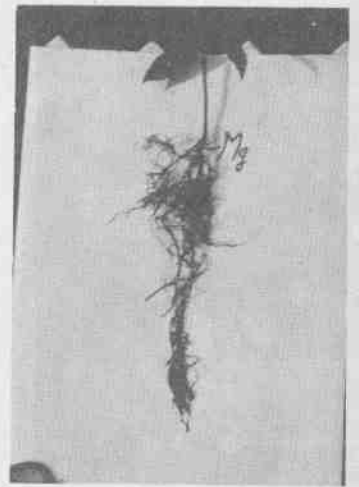


圖 26 樟樹幼苗缺鎂時根系之發育情形



圖 27 樟樹幼苗缺鐵時根系之發育情形



圖 28 樟樹幼苗缺硫時根系之發育情形

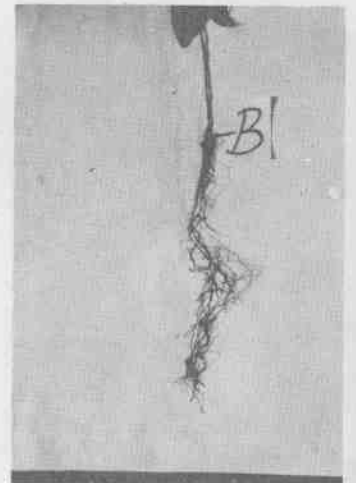


圖 29 樟樹幼苗缺硼時根系之發育情形



圖 30 樟樹幼苗缺錳時根系之發育情形

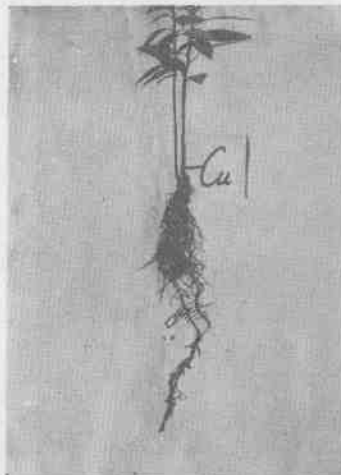


圖 31 樟樹幼苗缺銅時根系之發育情形



圖 32 樟樹幼苗缺鋅時根系之發育情形