

油茶肥培管理及土壤檢測報告判讀

黃裕銘

英國牛津大學植物科學系博士

國立中興大學土壤環境科學系退休兼任副教授

漢將農業生物科技公司合夥創始人



土壤對油茶林的養分影響，Chen et al. (2023)

- Chen et al. (2023)指出多數油茶如林木種植方式，土壤肥力貧瘠其果實產量亦低。
- 油茶林土壤養分成分有效性主要和土壤水分含量、酸鹼度(pH)、及總氮N、磷P、及鐵Fe含量影響。
- 氮N、磷P、鉀K、鎂Mg、銅Cu、錳Mn、及碳C等7要素含量是油果生長及發育的關鍵成分。
- 氮N、磷P、鉀K、銅Cu、及錳Mn含量對產量的影響力達74.0 %。

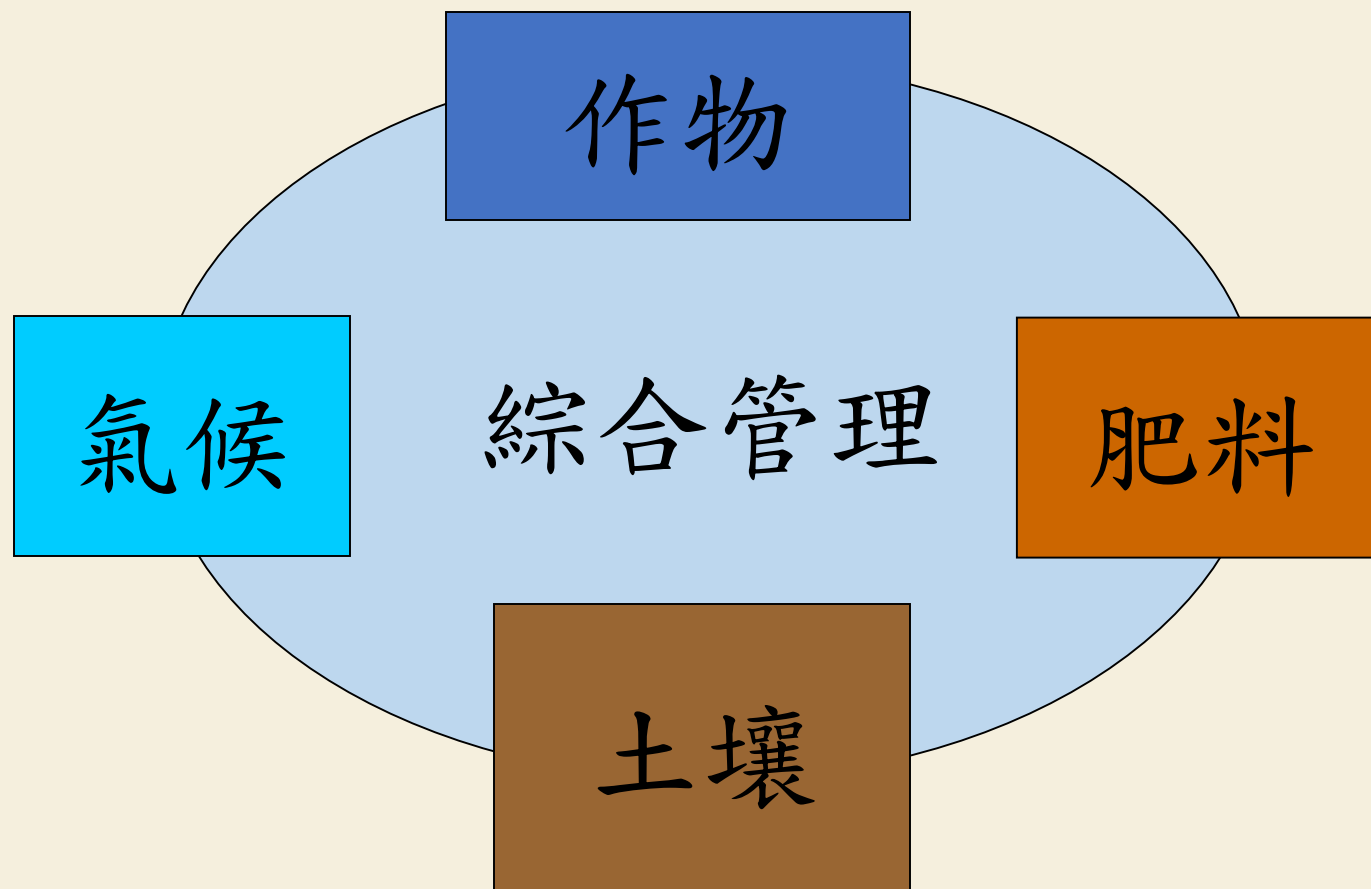


土壤對油茶林的養分影響，Chen et al. (2023)

- Chen et al. (2023) 試驗結果顯示提高油產量及不飽和脂肪酸有兩種方法：
 1. 葉面施用氮N、磷P、鎂Mg、及鋅Zn以提高葉片氮N、磷P、鎂Mg、及鋅Zn濃度。
 2. 保持土壤適當水分及表土施用鋅(Zn)肥，及深施鈣及鎂肥。
- 油茶林黃紅、紫、及紅壤的總孔隙、非毛細管孔隙、及總碳在20~40 cm(地土)深土層土壤低於0~20 cm(表土)土壤。然而其土壤容重及土壤水分、pH、總鉀K、鈣Ca、鎂Mg、鐵Fe、銅Cu、及鋅Zn濃度表土層低於底土。



肥培管理原理





基本植物營養及肥料學理論

- 必要養分及有益養分
- 最低養分限制律
- 最適養分濃度
- 養分平衡及養分分配



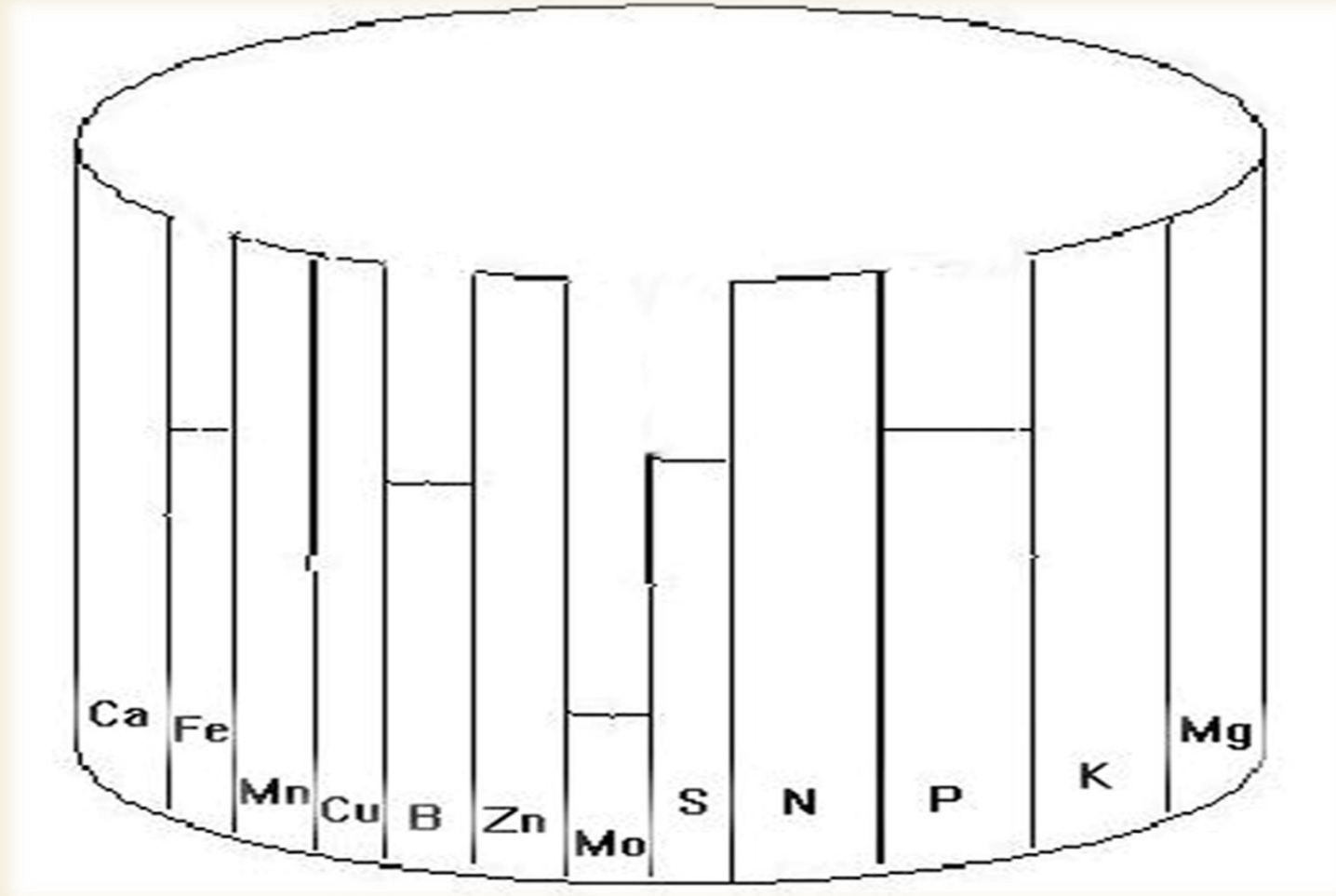
必要養分及有益養分

- 所謂必要養分就是植物必須有適當量的某種成份，若缺乏此種成分則植物不能正常生長及繁殖。
- 油茶和其他植物一樣需要17種必要養分，除了碳氫氧可由水及空氣中獲得，其他依需要量之高低分：
 - 1.三種多量養分，氮、磷、鉀
 - 2.三種次量養分，鈣、鎂、硫
 - 3.八種微量養分，鐵、錳、銅、鋅、硼、鉬、氯及鎳。

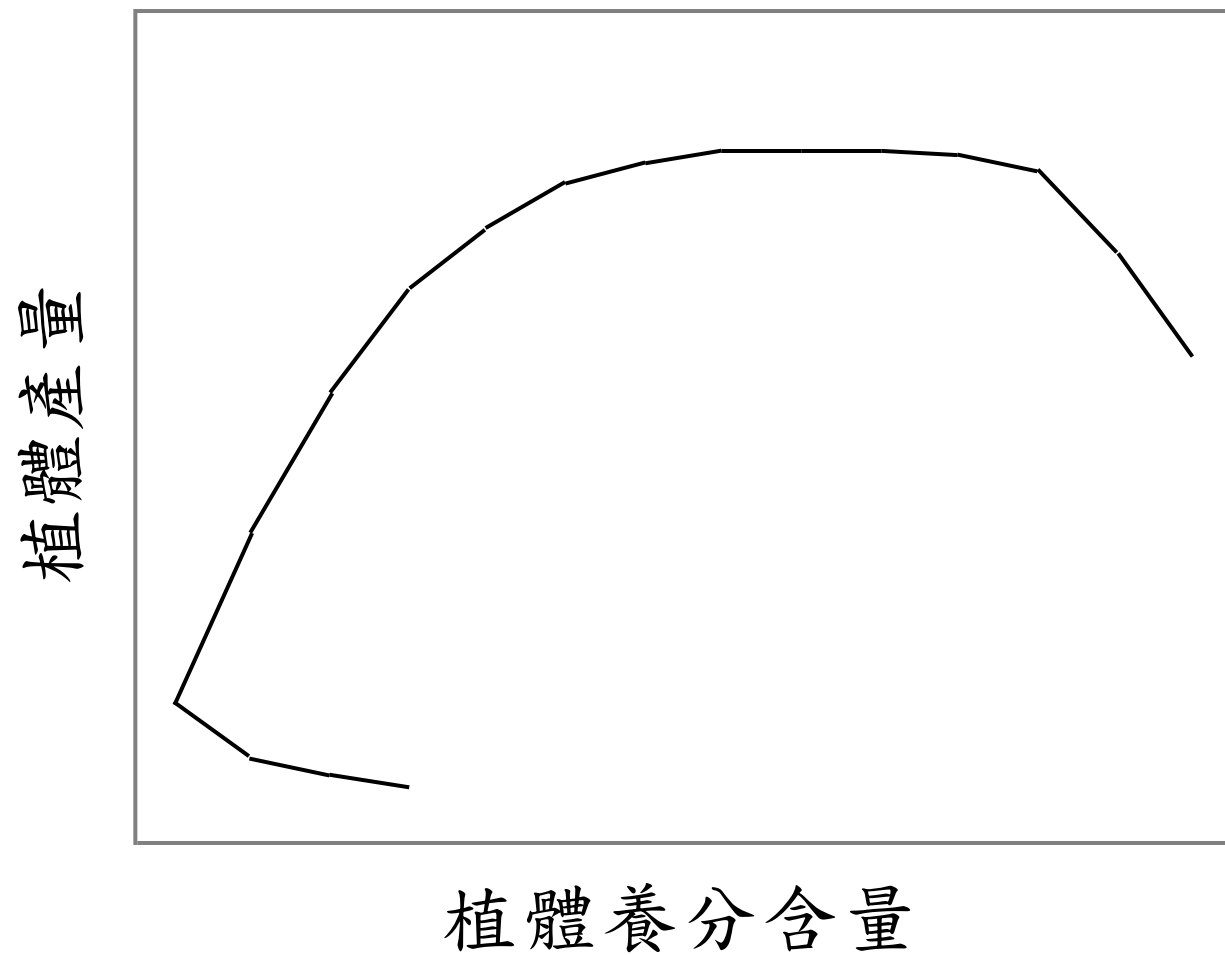
茶葉需要增加鋁，且需要量高於一般微量元素。



最低養分限制律



圖二 植體某養分含量和該植物
產量相關性示意圖



養分平衡及養分分配：

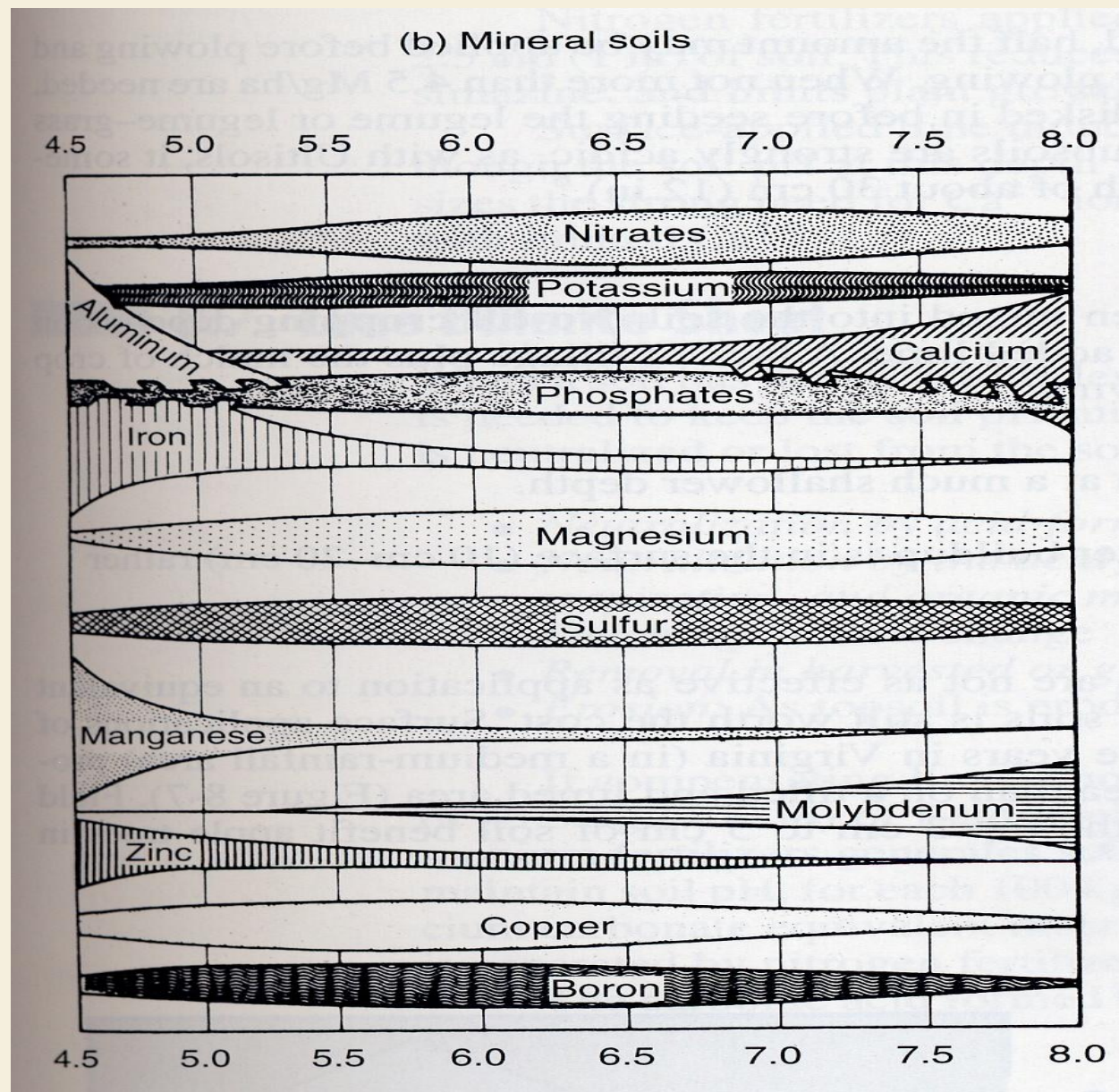
- 當一種養分過多時可能抑制其他養分之吸收利用也可能和其他養分成沉澱而無效。
- 養分不平衡施用造成不利的狀況，植物會將的能量(碳水化合物)輸送出根部以改變根圈土壤微生物菌落促進養分溶解或形成鉗合態有機酸幫助養分溶解吸收，無形中耗損植物乾物重，也就影響產量及品質，甚至影響花芽分化及開花結果率。



表-1 若干主要植物營養彼此間可能有的相互作用或影響

	B	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	N	Na	P	S	Zn
B	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-	a	-	-
Ca	a	/	-	a	a	a	a	-	-	a	a	-	a
Cu	-	e	/	a	-	-	a	a	-	-	a	-	a
Fe	-	-	a	/	a	-	a	-	-	-	a	-	-
K	a	a	-	e	/	a	e	a	a	a	-	-	-
Mg	-	a	a	a	a	/	a	e	-	a	e	e	a
Mn	-	-	-	a	-	-	/	a	-	-	-	-	-
Mo	-	-	a	a	-	-	a	/	-	-	-	a	-
N	a	e	a	-	a	e	-	e	/	-	e	-	a
Na	-	a	-	-	a	a	-	-	-	/	a	-	a
P	-	a	a	a	a	e	a	e	a	-	/	e	a
S	-	-	-	-	-	-	-	a	-	-	e	/	-
Zn	-	-	a	a	-	a	a	-	-	-	a	a	/





修改自 Trugo, 1946



養分在土壤中移動性 Reisman, 2020

- **移動**： NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 H_3BO_3 、 BO_3^- 、 Mn^{2+} 、 Cl^- 。
- **低移動**： K^+ 、 Ca^{2+} 、 MoO_4^- 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Mg^{2+}
(Fageria et al., 2011)。
- **不移動**： HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^- 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 。



養分在植物中移動性, Reisman, 2020

移動：

NO_3^- 、 NH_4^+ 、 HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^- 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Ni^{2+} 、 MoO_4^- (BioAg)

不移動：

H_3BO_3 、 BO_3^- 、 SO_4^{2-} (Goldy, 2013)、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 MoO_4^- 、 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 。



根表面磷鉀養分濃度 Jungk and Claassen, 1986

- 如果沒有補充肥料植物根會把根圈土壤水的磷及鉀消耗到 $0.2 \mu\text{mol}$ 磷P (6.4 ppb)和 $1 \mu\text{mol}$ 鉀K L^{-1} (39 ppb)。
- 植株能吸收的範圍磷P及鉀K分別是根表面 $<2 \text{ mm}$ 及 $<6 \text{ mm}$ 。
- 因此磷肥需要全部基肥施到土壤中，鉀肥約40-50%於基肥施入土壤中。
- 兩者(磷與鉀)施肥料量取決於土壤有效性濃度



油茶幼年期

- 幼年期長短依品種、栽培環境及管理不同而異，一般約3~4年，此時期以營養生長為主。幼苗其最好能遮陰。



幼苗期肥料推薦量 Zhu et al. (2017)

- 每年施用180 公克尿素/株、75 公克鈣(Ca)鎂(Mg)磷(P)/株，及60公克氯化鉀(KCl)/株，在促進植株生長及葉面葉綠素濃度及土壤有效性鉀濃度表現最高。
- 每年施用180 公克尿素/株、225 公克鈣(Ca)鎂(Mg)磷(P)/株，及40公克氯化鉀(KCl)/株，在鹼性氮及土壤有效性磷(P)的提高最顯著。
- 每年施用180 公克尿素/株、150 公克鈣(Ca)鎂(Mg)磷(P)/株，及20公克氯化鉀(KCl)/株，土壤有機質增加最多。
- 推薦油茶幼苗肥料推薦量每株尿素180公克、鈣(Ca)鎂(Mg)磷(P)/ 75-225公克、及氯化鉀(KCl) 20-40公克。



養分需求量

- 據研究顯示在油茶園中，生長100 公斤的枝葉，需氮素0.9 公斤，磷素0.22 公斤，鉀素0.28 公斤；每生產100 公斤鮮果需氮素11.1 公斤，磷素0.85 公斤，鉀素3.4 公斤；每生產100 公斤茶油（1,430 公斤鮮果）需從土壤中吸收氮素158.7公斤，磷素12.0 公斤，鉀素48.6公斤。



養分需求量

- 依此計算，在油茶樹產量穩定後(每公頃濕果產量達6,000 公斤以上)，每年每公頃氮肥施用量約在400~500公斤左右，於幼木期施用複合肥料之氮磷鉀比例約在2:1:2 左右為佳，成年後需略提高氮比例以提供枝葉生長(林試所2013)。



施肥量參考

- 肥料推薦量，每株每年施台農五號複合肥料(12-18-12) 0.5 ~ 0.8公斤，於3月、8月和11月分三次施用。
- 油茶產量進入穩定期後，每年每株油茶樹共施用約1 公斤左右的化學複合肥料(林試所2013)。
- 王等(2014)調配油茶專用肥料， $N:P_2O_5:K_2O = 9.5:7.6:9.5$ 對油茶產量最好，該肥料除氮、磷、鉀肥外有加硼砂、硫酸鋅及生石灰。
- Thang (2014)等採用 $N:P_2O_5:K_2O = 5: 10:3$ 肥料在越南研究發現油茶林葉面施可以提高產量。



施肥量參考

- 如果每年施1公斤台農五號複合肥料(12-18-12) ，則

$\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=240-300 : 360-450 : 240-300$ 公斤/公頃的養分。



施肥原則

- 油茶最好種在酸性土壤，但酸性土壤普遍貧瘠，其有效性磷及鉀本來就低，磷容易被固定，鉀肥容易流失。
- 建議基肥盡量施用禽畜糞堆肥，尤其磷含量較高的雞糞堆肥。有機肥中最好含有可以殺雞母蟲的菌及含溶磷菌。
- 氮肥用量120-240 公斤/公頃，產量高地區且雨量過多地區可以考慮提高氮肥。缺水地區考慮降低氮肥用量。



施肥原則

- 磷肥用量若有土壤分析資料，有效性磷 $< 60 \text{ mg/kg}$ 磷肥 30 kg/ha ， $60\text{-}100 \text{ mg/kg}$ 磷肥 15 kg/ha 。施用足量禽畜糞堆肥者可以不用再施用化學磷肥，關鍵期採用葉面肥補充。
- 鉀肥推薦量 $120\text{-}150 \text{ 公斤/公頃}$ 。
- 硼酸或硼砂 $150\text{-}200 \text{ 公克/公頃}$ ，使用禽畜糞堆肥及有葉面施肥者可以降低用量。
- 土壤有效性鋅及銅的濃度低者，若有施用禽畜糞堆肥基本上不用再施此兩種肥料。



磷肥推薦量，Zhang et al. (2021)

- Zhang et al. (2021)報告他們在中國南方研究由茶磷肥需要量，採用四種磷肥(NaH_2PO_4)變級P0、P1、P2、及P3，磷酐用量分別為0、114.5、229.0、及343.5 公斤/公頃，其果實產量P1、P2、及P3分別為P0的1.5、2.0、及2.0倍。施肥對土壤微生物族群的豐富度及歧異度以施用量229公斤/公頃處理最高。



肥料推薦量

- **基肥**：11月到隔年2月底前施用。最好施用堆肥，例如含養分含量氮：磷酐：氧化鉀都在2.5-3.5%禽畜糞堆肥，水分35%肥料約施用每棵苦茶樹**2.0-2.5公斤/棵**，若以每公頃種植密度2000-2500 棵/公頃計算合每公頃約**3.5-5.0公噸/公頃**；水分約15%的粒狀禽畜糞堆肥約每棵施用**1.5-2.0 公斤/棵**，合每公頃約**2.7-3.8公噸/公頃**。最好開溝深20-30公分施入後覆蓋土壤，坡地無法開溝則請用鑽穴施用。基肥深施讓根長在較深的土層有許多好處，可較**抗旱、抗寒、抗熱、及較少雜草競爭**養分。



追肥建議

- 5月底6月初植株開始快速生長到8月底前需要大量養分，由於磷肥在土壤的移動性很差，追施高磷複合肥料其實是增加成本及降低氮鉀肥溶入土壤的速率。
- 5-8月間可以施用氮約80-120公斤，氧化鉀約60-100公斤，分3-5次施用
- 坡地土壤養分容易流失，且酸性土壤的保肥力差，一次高量施用雖然可以降低人工數但是對苦茶樹不是最好的施肥策略，尤其可能有強降雨或乾旱問題。
- 建議採平均氮約100公斤、氧化鉀約80公斤，再依樹勢及雨量調整。如果雨量太多養分流失嚴重就加施，如果乾旱則減氮不減鉀肥。



葉面肥施用

- **營養生長葉面肥**：3月、4月、及果實採收修枝後施用氮磷鉀肥比率約**2:1:2**的易溶複合肥加苦茶葉配方微量元素各**1-3次**。
- **枝稍及果實成熟及促進開花葉面肥**：5月、9月、10月施用氮磷鉀肥比率約**1：8-9：8-9**易溶複合肥加苦茶專用配方微量元素肥各約1-2次。若果實成熟太慢及開花性不良，可能**11月初**還需要加強此肥料，尤其氮肥過多農田。



葉面肥施用

- **提高抗病性葉面肥**：梅雨期及颱風大豪雨後鈣硼肥，鈣硼吸收不足容易造成病害，此時施用含鈣硼肥料可促進葉面吸收提升抗病能力。



油茶對鋁的需求

- Zeng et al. (2013)報告油茶和茶葉一樣也是鋁的聚集植物，油茶種子胚乳的鋁含量平均達 $389 \text{ mg Al kg}^{-1}$ 比其它具鋁質作物高。他們證明油茶樹可以經由木質部及韌皮部輸送鋁，且鋁在油茶中有再移動性。
- Huang et al. (2017)報告他們沙耕研究發現提高養液中鋁濃度由0-2 mM範圍油茶的生長量越高，其葉片超氧化物歧化酶(SOD),過氧化酶(POD),及過氧化氫酶 (CAT)等酵素濃度分別提高29%、63%、及28%，葉片可溶性糖及可溶性蛋白也提高。鋁濃度高到4 mM時就抑制生長。



養分移動

- Cui et al. (2017)研究追蹤油茶養分吸收13個月，發現硼的吸收高峰在6-10月，此時其硼主要累積在果實及葉中。
- 發現硼從其它部位移動到果實中。其移動量在3月著果期有少量移動到果實，果實成熟期移動率較高。



農田土壤分析資料解讀

	pH	電導度	有機質	有效性氮
		mS/cm	%	mg/kg
平地田區-表土	4.40	0.054	2.96	20.1
平地田區-底土	4.35	0.047	2.10	10.1
坡地田區	4.41	0.04	2.06	13.8
文獻	4.0-5.0	<1	>2.0	>10
茶樹參考值	4.0-5.5	0.15-0.25	>2.0	20 - 100



農田土壤分析資料解讀-1

	pH	電導度	有機質	有效性氮
		mS/cm	%	mg/kg
平地田區-表土	4.40	0.054	2.96	20.1
平地田區-底土	4.35	0.047	2.10	10.1
坡地田區	4.41	0.04	2.06	13.8
文獻	4.0-5.0	<1	>2.0	>10
茶樹參考值	4.0 - 5.5	0.15 - 0.25	>2.0	20 - 100



農田土壤分析資料解讀-2

	有效性磷	交換性鉀	交換性鈣	交換性鎂
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
平地田區-表土	155	127	130	18.8
平地田區-底土	50.7	80.8	56.3	11.2
坡地田區	129	104	309	68.0
文獻	20-120	>100	>1000	>100
茶樹參考值	50 - 100	100-300	300-800	20 - 100



農田土壤分析資料解讀-3

	交換性鈉	鐵	錳	銅
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
平地田區-表土	5.20	70.6	18.2	2.39
平地田區-底土	4.07	44.9	10.4	1.65
坡地田區	5.50	167	31.6	1.10
文獻	<100	>2	40-60	0.3-10
茶樹參考值	≤ 100	未訂	未訂	≤ 20
文獻微量要素採用DTPA螯合劑抽出測定				



農田土壤分析資料解讀-4

	鋅	鎘	鉻	鎳
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
平地田區-表土	1.04	0.009	0.223	0.147
平地田區-底土	0.394	0.004	0.109	0.085
坡地田區	2.47	0.03	0.34	0.60
文獻	2-15	B 0.5-1.0	Ca/Mg 3-5:1	CEC > 7 cmol+/kg
茶樹參考值	<=25	<=0.39	<=10	<=10

