

茶園合理化施肥技術

蘇彥碩、劉千如、曹碧貴、胡智益、鄭混元、黃玉如、邱垂豐

行政院農業委員會茶業改良場

摘 要

茶葉，與咖啡及可可同為世界三大飲料作物，在臺灣栽培已有兩百多年歷史，主要茶區分佈於北部、桃竹苗地區、中南部地區及東部等地，是臺灣主要的經濟作物，目前栽培面積約有一萬四千餘公頃，產值約100億。由97年開始執行的合理化施肥計畫，每年於各產茶鄉鎮成立15個示範點，平均減少施肥量為慣行施肥量的20%以上，示範點每公頃增加收入平均可達8萬元以上，6年共舉辦169場講習宣導及田間觀摩會，共8,091人次參加，遍及各產茶鄉鎮。土壤及植體檢驗共1,447件，反應及成效良好，示範點茶園土壤均有改善，產量則大部分均有增加的趨勢，嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十班班長陳長平先生更於102年獲得農委會主委表揚為合理化施肥績優農友。目前亦與翡翠水庫及臺肥公司共同開發低磷含量的複合肥料，初步試驗結果良好，能減少磷於土壤中累積的速度及提身茶葉品質。經過合理化施肥計畫的進行，能更了解農友的茶園狀況及施肥習慣，透過土壤及植體檢測分析，也發現了很多茶園共通的問題，例如土壤酸化、土壤磷鉀含量累積過高、施肥量超過茶樹所需及農友難以改變施用複合肥料的習慣等，有待未來研究及改進。

關鍵字：合理化施肥、茶園、低磷。

前 言

茶葉，與咖啡及可可同為世界三大飲料作物，在臺灣栽培已有兩百多年歷史，主要茶區分佈於北部、桃竹苗地區、中南部地區及東部等地，是臺灣主要的經濟

作物，目前栽培面積約有一萬四千餘公頃，產值約100億。政府為獎勵耕作，政策性的補助肥料，使茶農可以以較低的價格購買到肥料，減輕茶農生產上成本的負擔，但這樣的政策也帶來負面的效果，由於肥料價格便宜，佔生產成本的比例相對較低，對於茶園追求高品質及高產量的管理目標來說，易產生過量施用的問題，過量施用肥料在短時間內或許可以達到增產的效果，但長時間來看，肥料的過量施用會造成土壤之劣化，無論是土壤的物理、化學、生物性質均會變差，舉凡土壤變酸、鹽化、硬化、排水不良等均是不當施用肥料所造成的。尤其現在農友多半施用複合肥料，長期施用已導致土壤中磷及鉀的累積，造成養分不均衡的現象。合理化施肥技術行之有年，配合茶園土壤狀況、產量及肥培管理記錄，研擬一套合適的施肥計畫，補充不足的養分，減少過多的養分，使施肥量符合茶園生產所需及減少土壤負荷。

合理化施肥原則

所謂茶園合理化施肥，簡單來說就是：適時、適地、適質、適量、適栽。針對所栽種茶樹品種的生長週期，配合土壤及葉片的養份分析，針對缺乏或是過多的養份做補充或是減量，就像人到醫院去做健康檢查一樣，茶樹及茶園的土壤也需要依據健康檢查的結果對症下藥，給予適合適量的養分，不過度施用肥料，不造成肥料的浪費，以適當的施肥成本獲得良好的茶葉產量與品質，提高茶農收益，且適當的肥培管理，不但可以提昇作物的產量及品質，提供適合作物生長的健康環境，進而減少肥料、生長素、殺蟲劑及殺菌劑之施用，同時亦可避免土壤生產力的衰退，以及對環境所造成的衝擊。適合茶樹生長的土壤酸鹼(pH)值在4.0~5.5之間，在這酸鹼(pH)值之間土壤中所含有的微量元素有效性較高，在養份均衡的情況下，茶樹比較不會有微量元素的缺乏問題，氮、磷、鉀、鈣及鎂等較巨量元素的有效性在酸性土壤中較低，茶樹對這些元素需求量較大，而這些元素又無法由土壤中充分供給，加上茶農習慣使用單一種複合肥料，氮、磷、鉀比例固定，久施易造成土壤中某些養份過多、某些養份缺乏。茶樹生長受含量最少(缺乏)養分所

限制，即使其他營養元素充足，茶樹的生長也會受最少(缺乏)元素所影響，也就是最少養分律。當施肥補充土壤中缺乏的養分元素，茶樹產量會隨所補充的元素含量上升而漸漸上升，當土壤中該元素達到一定量時茶樹的產量便不再上升，此時再施用肥料也不會再增加產量，可能會因為養分的不均衡導致樹勢衰弱、病蟲害造成減產或因養分過多而造成土壤的劣化，這就是報酬遞減律。所以我們可以經由土壤檢測了解目前的土壤狀態，配合茶樹的生長週期以及茶園土壤性質將養份調整到茶樹該階段所需狀態，加上有機質肥料施用、茶園兼作綠肥、化肥少量多施及中耕覆土等相關管理措施，使茶樹在生長週期中所需的養份有效率被茶樹吸收利用，不浪費肥料亦可保護土壤不被過度使用或污染，使土壤可以作永續性的利用。

合理化施肥成果

茶樹乃多年生之作物，採用茶業改良場推薦之合理化施肥技術，短期內效果較不顯著，經數年結果比較才能有所定論，比較產量、品質、茶葉售價、肥料施用成本、病蟲害防治成本、總產值粗收益及合理化施肥後對茶整體肥料節省用量等結果說明如下：

1. 茶園合理化施肥之產量比較

101年度全國茶葉栽培面積合計13,486公頃，合理化施肥區之平均產量1,618公斤/公頃，較農民慣行施肥區1,577公斤/公頃增加41公斤/公頃，合理化施肥區平均售價為1,396元/公斤，而農民慣行施肥區之平均售價為1,348元/公斤，平均每公頃增加收入達132,932元。

2. 肥料施用成本及對茶樹栽培肥料節省用量

101年度全國茶葉栽培面積合計13,486公頃，以氮素、磷酐、氧化鉀計算，採用推薦施肥量，平均氮素節省1,692.4公噸、磷酐節省776.6公噸、氧化鉀節省600.6公噸，合計節省3,069.6公噸，以氮素25元/公斤、磷酐25元/公斤及氧化鉀20元/公斤

價格計算，平均每公頃節省73,741千元。依全國茶葉栽種面積計算，估計可節省123,117千元。

3.收益比較

茶園肥培管理採行合理化施肥，可減少化學肥料施用、病蟲害防治及其他多餘支出且部分試驗點茶葉產量可以增加，品質也較慣行施肥好，價格自然可以較高。依增加價格、產量及相關支出計算，平均每公頃可以增加141,566元收入。

表 1-1、新北市茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=400-120-140	800	800 公斤×1,000 元 =800,000 元	15,800	15,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=736-160-160	800	800 公斤×1,000 元 =800,000 元	25,600	15,000
合理化－慣行法	+0	+0	+9,800	+0
總產值粗收益每公頃增加 9,800 元				

表 1-2、桃園縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=177.5-120-132	1,800	1,800 公斤×1,850 元 =3,330,000 元	10,077.5	2,800
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=209-141-155	1,800	1,800 公斤×1,800 元 =3,240,000 元	11,850	2,800
合理化－慣行法	+0	+90,000	+1,772.5	+0
總產值粗收益每公頃增加 91,772 元				

表 1-3、南投縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=295.6-181-188	2,009.2	2,009 公斤×1,386 元 =2,784,751 元	15,675	15,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=470.6-264-283	1,984.4	1,984 公斤×1,420 元 =2,817,848 元	24,025	15,800
合理化－慣行法	+24.8	-33,096	+8,350	+0
總產值粗收益每公頃減少 23,946 元				

表 1-4、嘉義縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=720.7-244.7-294	2,587	2,587 公斤×983.33 元 =2,543,874 元	30,013.5	116,900.33
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=898-290-364.7	2,585	2,585 公斤×983.33 元 =2,541,908 元	36,993.4	124,063.67
合理化－慣行法	+2	+1,966.66	+6,979.9	+7,163.34
總產值粗收益每公頃增加 16,109 元				

表 1-5、臺東縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成 本(元/公頃)	病蟲害防治成 本(元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=281.5-108-73	729	729 公斤×1,500 元 =1,093,500 元	11,197.5	12,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=406-154-105	740.5	740.5 公斤×1,450 元 =1,073,725 元	16,100	12,000
合理化－慣行法	-11.5	+19,775	+4,902.5	+0
總產值粗收益每公頃增加 24,677 元				

表 1-6、花蓮縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=201-102-150	1,625	1,625 公斤×2,000 元 =3,250,000 元	10,575	3,000
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=288-144-216	1,686	1,686 公斤×1,900 元 =3,203,400 元	15,120	3,000
合理化－慣行法	-61	+46,600	+4,545	+0
總產值粗收益每公頃增加 51,145 元				

表 1-7、宜蘭縣茶合理化施肥產量及生產成本結構之比較(101 年)

三要素肥料量 (公斤/公頃)	產量 (公斤/公頃)	售價 (元/公頃)	肥料施用成本 (元/公頃)	病蟲害防治成本 (元/公頃)
推薦施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=160-60-120	1,800	1,800 公斤×1,900 元 =3,420,000 元	7,900	0
慣行施肥量 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90	1,800	1,800 公斤×1,800 元 =3,240,000 元	8,550	0
合理化－慣行法	+0	+180,000	+650	+0
總產值粗收益每公頃增加 180,650 元				

表 2-1、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
新 北 市	推薦用量	1,736	氮 素:583	氮 素:14,575
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=400-120-140		磷 酐:69	磷 酐:1,725
	慣行用量		氧化鉀:35	氧化鉀:700
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=736-160-160		合 計:687	合 計:17,000

表 2-2、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
桃園縣	推薦用量	865	氮 素:27	氮 素:675
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=177.5-120-132		磷 酐:18	磷 酐:450
	慣行用量		氧化鉀:20	氧化鉀:400
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=209-141-155		合 計:65	合 計:1,525
南投縣	推薦用量	7,547	氮 素:1,321	氮 素:33,025
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=295.6-181-341		磷 酐:626	磷 酐:15,650
	慣行用量		氧化鉀:137	氧化鉀:2,740
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=470.6-264-359		合 計:2,084	合 計:51,415
嘉義縣	推薦用量	2,262	氮 素:401	氮 素:10,025
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=720.7-244.7-294		磷 酐:102	磷 酐:2,550
	慣行用量		氧化鉀:160	氧化鉀:3,200
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=898-290-364.7		合 計:663	合 計:15,875
臺東縣	推薦用量	410	氮 素:51	氮 素:1,275
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=281.5-108-73		磷 酐:19	磷 酐:475
	慣行用量		氧化鉀:13	氧化鉀:260
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=406-154-105		合 計:83	合 計:2,010
花蓮縣	推薦用量	172	氮 素:15	氮 素:375
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=201-102-150		磷 酐:7	磷 酐:175
	慣行用量		氧化鉀:11	氧化鉀:220
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=288-144-216		合 計:33	合 計:770
宜蘭縣	推薦用量	288	氮 素:0	氮 素:0
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90		磷 酐:0	磷 酐:0
	慣行用量		氧化鉀:0	氧化鉀:0
	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=180-90-90		合 計:0	合 計:0

表 2-3、茶園合理化施肥整體肥料節省用量

地區	三要素肥料量 (公斤/公頃)	101 年 栽培面積 (公頃)	使用推薦量 肥料節省 (公噸)	換算三要素肥料 價格節省 (千元)
臺 推薦用量		15,189	氮 素:2,169	氮 素:54,225
灣 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=355.9-160.5-225			磷 酐:776	磷 酐:19,400
地 慣行用量			氧化鉀:506	氧化鉀:10,120
區 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O=498.7-211.6-258			合 計:3,451	合 計:83,745

合理化施肥績優農民

陳長平先生為嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十一班班長，經營茶園已三十餘年，在茶園栽培管理上相當有經驗，陳班長相當有求知精神，對於任何可以把茶園管理得更好的方法都會追根究柢，了解原理後實際應用到茶園當中，陳長平班長亦熱心參與合理化施肥的各項活動，於竹山、梅山及名間等田間觀摩會擔任講師，分享經驗及推廣合理化施肥技術。合理化施肥計畫於其臺茶12號茶園建立示範區，此茶園約0.4公頃(圖1)，示範處總栽培面積2.5公頃，採定期土壤肥力診斷，依據土壤及植體診斷結果，調整肥培管理計畫，使土壤及植體種的養分達到均衡的狀態，另施行草生栽培、冬季深耕、施用粗質地有機質肥料，成效良好，茶菁每季公頃產量達3,800~4,800公斤。101年示範點每公頃三要素肥料量較慣行區減少128-183-77 (N-P-K)公斤(10%-31%-12%)，施用量約為慣行法的80%，成本約可節省39,200元，慣行區產量4,196公斤，合理化施肥示範區產量4,436公斤，增產約5.71%。對於成茶品質，合理化施肥之示範區茶湯味道清甜，香氣揚，品質優於慣行施肥試驗區。示範點依據土壤養分分析結果訂定施肥管理計畫，示範點茶園土壤pH值較低，磷含量較高，故減少高磷肥比例的複合肥料(15-15-15)使用，改用高氮肥比例的複合肥料(20-5-10)等，同時施用苦土石灰，粗纖維的堆肥(樹皮或蔗渣)等土壤改良資材。經一年改良，土壤pH值由3.6提升至4.0，磷含量由500毫克/公斤降至300毫克/公斤，有相當好的成果。

表 3、陳長平班長茶園土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg ⁻¹	Bary No.1 P mg kg ⁻¹	Extratable		
				K	Ca	Mg
表 100 年	3.03	9.65	510.53	305.59	20.70	21.27
土 101 年	3.12	6.76	306.02	240.23	100.23	31.00
底 100 年	3.13	9.40	491.69	281.08	10.99	18.33
土 101 年	4.21	6.04	171.45	279.26	509.62	48.30



圖 1、陳班長合理化施肥示範茶園(梅山茶區)

低磷複合肥料的開發

合理化施肥計畫於文山分場轄區建立三個示範點，均位於翡翠水庫集水區中，翡翠水庫為臺灣第二大水庫，負責供應臺北地區的主要用水來源。在坪林地區的茶園土壤檢驗及農友施肥習慣調查中發現，慣行農法的茶園中土壤磷含量普遍超過建議值，且多半習慣施用複合肥料，亦曾建議施用單質肥料，但難為農友所接受。故為永續發展，與臺肥公司合作建立低磷配方肥料，試驗於對茶樹生育

與茶葉品質之影響，試驗於金瓜寮及文山分場中各建立一試驗茶園，金瓜寮得試驗茶園土壤磷含量不足，而文山分場試驗茶園則土壤磷含量過高，兩者磷含量截然不同用以彰顯肥料試驗結果，兩處茶園同時施用臺肥1號(20-5-10)及低磷複合肥料(20-2.5-10)。初步結果顯示，於在場內的試驗因為土壤的磷含量較高，可以顯現出低磷肥料的功用，在低磷肥料的處理中，其化學成分及無機成分與對照組相差無幾，氮含量及茶胺酸含量反倒高於對照組。在官能品評結果亦是施用低磷肥料處理的得分較高，顯示土壤中如果已存在足夠的磷，添加過量的磷進入土壤，反倒會造成磷的累積及流失，亦不能增加茶葉的品質。在坪林的試驗茶園因為土壤的磷含量較低，低磷肥料的處理中，其無機成分與對照組相差無幾，其化學成分含量咖啡因、兒茶素及總兒茶素高於對照組。在官能品評結果則是施用低磷肥料處理的得分較低，顯示土壤若磷含量不足，仍須提供足夠的磷以供其生長及提高品質。兩處理間磷肥施用量約差1倍，但土壤中及植體中的磷含量相差不多，表示茶樹及土壤對於磷的吸收是有一定的量，多餘的磷肥可能會流佈於環境中造成環境的負擔，故於磷含量較低的土壤中施用低磷肥料，雖初期會造成品質較差，但卻可以大大減少施用過多的磷，導致磷肥流失。雖時間增加，磷肥還是會逐漸累積，施用低磷肥料則可節省成本及提高品質。由春季試驗結果初步判斷，茶園施用肥料的種類需依據土壤在施肥前的各成分含量來判斷，而此方法需仰賴土壤肥力鑑定的結果決定。為瞭解低磷肥施用對茶樹生育及品質之影響，需長時間進行試驗，才能確實反應土壤因子或茶樹生理因子所造成之差異。未來若要推行低磷肥料的政策，最好先行檢測各茶園的土壤成分，依據土壤肥力鑑定報告，決定是否適合施用低磷肥料，以同時兼顧茶樹生長、製茶品質與水庫水質的條件下，達成雙贏的局面。

表 4、茶業改良場文山分場試驗茶園春茶之官能鑑定結果表

	外觀(20%)	水色(20%)	香氣(30%)	滋味(30%)	總分
對照組(1 號複合肥)	11	14	21.0	21.0	67
試驗組(低磷複合肥)	11	14	25.5	25.5	76

表 5、不同處理對茶葉化學成分之影響(文山)

	茶胺酸 (mg g ⁻¹)	咖啡因 (mg g ⁻¹)	兒茶素 (mg g ⁻¹)	總兒茶素 (mg g ⁻¹)
對照組(1 號複合肥)	9.26	15.55	23.34	95.16
試驗組(低磷複合肥)	10.76	17.01	24.75	96.44

表 6、春季試區土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg ⁻¹	Bary No.1 P mg kg ⁻¹	Extratable		
				K	Ca	Mg
對照 表土	4.14±0.2	44.7±0.2	669.6±77.7	144.4±9.0	113.3±25.3	20.9±3.8
區 底土	4.47±0.1	30.4±0.3	89.2±91.8	69.7±10.7	59.3±26.2	13.7±0.6
試驗 表土	4.23±0.1	42.3±0.6	579.1±25.8	99.1±41.3	51.4±10.8	16.8±1.0
區 底土	4.32±0.2	39.5±1.1	160.8±70.2	90.9±22.9	59.0±27.2	18.1±6.4

表 7、夏季試區土壤基本性質

	pH 1:1	O.M. g kg ⁻¹	Bary No.1 P mg kg ⁻¹	Extratable		
				K	Ca	Mg
對照 表土	4.35±0.1	99.1±0.7	920.6±135.9	221.1±22.0	465.9±150.5	41.2±15.9
區 底土	4.39±0.2	59.0±0.2	681.4±112.5	157.5±16.3	373.3±92.3	39.7±9.1
試驗 表土	4.01±0.2	91.2±1.4	776.2±178.2	269.8±47.1	504.1±200.8	32.3±13.2
區 底土	4.25±0.1	65.6±0.8	400.1±230.6	168.3±19.9	414.7±77.4	36.6±6.1

結 語

合理化施肥是爲了讓農友瞭解目前自己農地的土壤狀態，進而擬定施肥與耕作管理計畫，以達到精準施肥的目標。肥料的施用應因地制宜，盲目使用複合肥料，可能造成養分不均或過多的狀況，過多養分的施用不但容易造成拮抗作用，使茶樹吸收不良，且亦易造成環境的污染。依土壤肥力狀態，補充缺乏的養分，減少過多養分的施用，擬定耕作管理計畫，使茶樹隨著生長週期獲得所需的養分，

除能提高產量，亦減少過量的肥料施用，有效降低成本、節省資源，符合永續經營的基本精神。

由97年開始執行的合理化施肥計畫，每年於各產茶鄉鎮成立15個示範點，平均減少施肥量為慣行施肥量的20%以上，示範點每公頃增加收入平均可達8萬元以上，6年共舉辦169場講習宣導及田間觀摩會，共8,091人次參加，遍及各產茶鄉鎮。土壤及植體檢驗共1,447件，反應及成效良好，示範點茶園土壤均有改善，產量則大部分均有增加的趨勢，嘉義縣梅山鄉茶葉產銷班第十班班長陳長平先生更於102年獲得農委會主委表揚為合理化施肥績優農友。目前亦與翡翠水庫及臺肥公司共同開發低磷含量的複合肥料，初步試驗結果良好，能減少磷於土壤中累積的速度及提身茶葉品質。經過合理化施肥計畫的進行，能更了解農友的茶園狀況及施肥習慣，透過土壤及植體檢測分析，也發現了很多茶園共通的問題，例如土壤酸化、土壤磷鉀含量累積過高、施肥量超過茶樹所需及農友難以改變施用複合肥料的習慣等，有待未來研究及改進。

參考文獻

1. 石錦芹 1999 尿素和茶樹落葉對土壤酸化的作用 茶葉科學 19(1):7-12。
2. 徐楚生 1993 茶園土壤pH近年來研究的一些進展 茶葉通報 15(3):1-4。
3. 陳右人 1998 茶園低壓灌溉兼施液肥系統施肥量與次數對茶樹生長、產量與品質之影響 中國園藝 44(3):339-347。
4. 趙娜、賈力、劉洪來 2011 氮肥的環境風險及管理研究進展 草原與草坪 31(1):89-95。
5. 江建仁、王國安 2007 茶園施用氮肥肥效初步研究 茶葉通訊 34(3):11-14。
6. 林鄭和、陳立松、陳榮冰、彭艾 2009 缺磷對茶樹幼苗養分吸收的影響 茶葉科學 29(4):295-300。
7. 蘇火貴 2007 茶樹平衡施肥試驗初報 廣東茶葉 44-46。

8. 李玲、張宏岐、賈國梅 2008 茶樹生長過程中土壤磷變化動態 安徽農業科學 36(13):5542-5543。
9. 李靜、夏建國 2005 氮磷鉀與茶葉品質關係的研究綜述 中國農學通報 21(1):62-65。