

新型四輪乘坐式油壓鑽孔機應用於梨園施用有機質肥料之效益研究¹

陳令錫、蔡宜峯²

摘 要

本研究目的在於探討臺中區農業改良場新研發的四輪乘坐式油壓鑽孔機應用於梨園施用有機質肥料之作業效率，以及對於梨樹生長、葉片養分含量、土壤理化特性等之影響。試驗處理包括兩種施肥法(犁溝淺施肥法與鑽孔深施肥法)及兩種有機肥料(蔗渣木屑堆肥及牛羊糞堆肥)，組合成四級處理。由連續兩年試驗結果顯示，使用四輪乘坐式油壓鑽孔機進行鑽孔深施有機質肥料的作業效率為使用中耕機進行犁溝淺施肥法之1.38倍。採用鑽孔深施處理之底土(20~40 cm)的土壤EC值、有機質含量、有效性磷及交換性鉀含量等土壤肥力特性較高，且可以降低底土層的土壤硬度等特性。在梨樹採收期結果枝成熟葉片養分含量分析結果顯示，不同處理間無顯著性差異。由第二年高接梨果實產量調查結果顯示，鑽孔深施有機質肥料處理的果實產量較犁溝淺施有機質肥料處理可高約5~8%。

關鍵字：新型四輪乘坐式油壓鑽孔機、有機質肥料、土壤肥力、土壤硬度。

前 言

果樹生長需要通氣良好之土壤，因此，構造良好土壤為優先，質地以壤土及砂質壤土較好⁽³⁾。諶克終^(10,11)、高景輝⁽⁶⁾、郭魁士⁽⁸⁾等指出土壤深部之通氣良好，根群分布深，使氧氣充分植物根之呼吸作用，以利果樹生長及提高果實收穫量及品質，此為優良果園之必要條件。尤其多年生果樹之果園，經過長時間耕作之後，由於自然作用或地上物體的踏壓，土壤之結構會變得緊密，通氣性差，對作物生育不利。因此，作物栽植多年後，需施予深耕作業，以改善土壤之物理性，進而提升農產品的品質與產量^(2,9)。盧英權⁽¹²⁾、A. C. Trowse⁽²¹⁾、H. Kuipers⁽¹⁵⁾亦謂土壤經多年栽培，其中所需養分逐漸減少，使土質變為瘠薄，故必需實施中耕施肥作業，尤其需深耕。深耕可使土壤內部的土質膨鬆，以促進土壤通氣和灌排水。若土壤質地屬於黏土或砂質土，則可以使用腐熟的有機質肥料改良。一般黏重土壤的水分及水溶性養分不易滲入，較容易造成根系生長受阻。砂質地土壤則保肥、保水能力較差。利用有機質肥料中之纖維素、半纖維素及木質素等成分經土壤微生物分解及轉變成土壤有機質，促進土

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0665 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、副研究員。

壤團粒之形成，以增加黏重土壤之大孔隙及降低其黏性。至於粗質地土壤的陽離子交換容量低，利用有機質以提高其陽離子交換容量，便可以提高其保肥及保水力^(3,12)。

鑽孔機是利用引擎驅動螺旋等機件鑽入土壤形成一種圓柱型孔狀之作業機具，可用於鑽穴孔，供施用基肥、移植、埋設支柱、深耕鬆土或土壤取樣等多用途⁽⁴⁾。由於農友在果園施用有機質肥料頗費勞力成本，鑽孔施肥機即為最佳選擇的工具之一。臺中區農業改良場近來成功研發出四輪乘坐式油壓鑽孔機，鑽孔時以機械自動操作方式進行，操作者僅需控制操作桿，不須碰觸鑽孔作業機具，當可避開直接的危險，同時，油壓馬達驅動鑽孔機，油壓回油可在鑽頭觸及石頭或硬物時發揮類似過負荷安全裝置之功能，及時將動力隔離，避免傷及操作者，提升作業安全性⁽⁷⁾。本新型四輪乘坐式油壓鑽孔機作業方法為直立式鑽孔設備移動至定點，車體定位鑽孔操作時，作業人員操作控制桿，不用直接承載鑽孔設備重量及施加鑽孔力量。作業人員操作鑽孔設備執行鑽孔作業，上下反覆鑽孔及排土，到達預定深度位置時拉出鑽頭，完成鑽孔作業。鑽孔深度約為40~60 cm，孔徑約10~20 cm之間⁽⁷⁾，目前鑽孔直徑可達25 cm。本研究目的即為探討此新型四輪乘坐式油壓鑽孔機應用於梨園施用有機質肥料之作業效率，以及對於梨樹生長、葉片養分含量、土壤理化特性等之影響效益，以供日後研究與應用之參考。

材料與方法

一、四輪乘坐式油壓鑽孔機

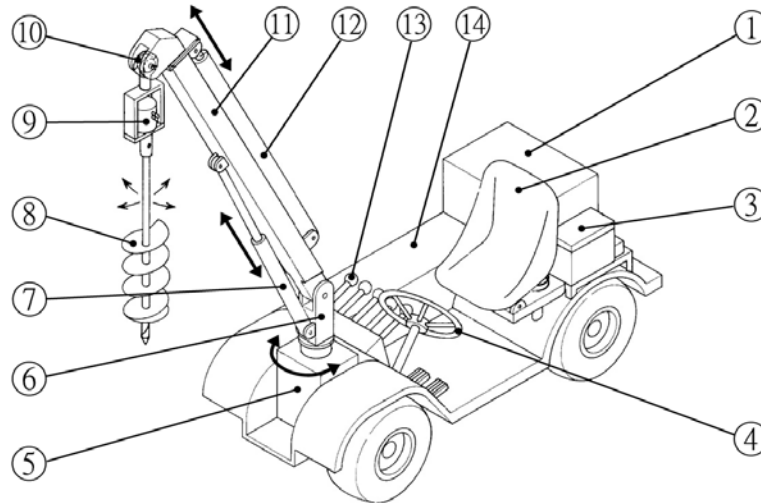
本場所研發的四輪乘坐式油壓鑽孔機之主要元件配置如圖一所示，採四輪驅動前輪轉向，車體後方裝載12馬力單缸柴油引擎，驅動行走機構及油壓動力機構，駕駛座在車體中間左側，車體中間右側為液壓油箱，鑽孔機構裝置於車體前方，駕駛座前方有方向盤、油門、剎車、電門開關和油壓操作桿，控制車體行走及槓桿式鑽孔機構之伸縮、迴旋、升降和鑽孔等四個機械動作。

乘坐式鑽孔機車身尺寸為240 cm×110 cm×110 cm，油壓槓桿式鑽孔機構之主伸縮桿原長120 cm，伸出總長220 cm，利用槓桿原理及油壓缸之伸縮，引導鑽頭升降鑽孔，作業範圍為車體前方鑽頭到達之處。車體於果園中停於適當位置，操作油壓槓桿伸縮及迴旋，具有調整鑽孔位置之特性，可在車體不易到達，而伸縮桿配合鑽頭可到達處鑽孔。鑽頭直徑分別有25及15 cm兩種，以鑽60 cm深計算，孔洞容積分別為30及10 l，單孔鑽孔時間約0.5分鐘至1.5分鐘。

二、試驗項目與方法

本試驗於2004年及2005年連續二期作在彰化縣二林鎮實施，梨樹樹齡約10~12年生，行株距為6 m×6 m。試驗處理包括鑽孔深施及犁溝淺施兩種施肥法，蔗渣木屑堆肥及牛羊糞混合堆肥兩種有機質肥料，組合成四級處理，包括(A)犁溝淺施牛羊糞混合廐肥10 t/ha、(B)犁溝淺施蔗渣木屑堆肥10 t/ha、(C)鑽孔深施牛羊糞堆肥10 t/ha、(D)鑽孔深施蔗渣木屑堆肥10 t/ha等四級(表一)。試區採用完全逢機排列，四重覆，每小區四株，面積約6 m×24 m=144 m²。試區

土壤屬於黏板岩沖積土，其中表土土壤pH值7.38，電導度(水：土比1:1)為0.42 dS/m，有機質含量為18.0 g/kg，Bray-1磷含量為131 mg/kg，交換性鉀含量56.0 mg/kg，交換性鈣含量為1,767 mg/kg，交換性鎂含量為169 mg/kg。



1	柴油引擎 Diesel engine	2	坐椅 Seat
3	電池 Battery	4	方向盤 Steering wheel
5	旋轉基座 Digger frame rotation base	6	垂直立柱 Vertical pillar
7	上下之油壓缸 Digger (up/down) cylinder	8	鑽孔螺旋 Auger of digger
9	鑽孔油壓馬達 Hydraulic motor for digger	10	球軸承 Ball bearing
11	槓桿主要骨架 Main lever frame	12	伸縮之油壓缸 Stretching cylinder
13	油壓控制桿 Hydraulic control lever	14	液壓油箱 Hydraulic oil tank

圖一、新型四輪乘坐式油壓鑽孔機各部元件配置簡圖。

Fig. 1. Sketch of new self-propelled hydraulic digger.

表一、試驗處理

Table 1. Fertilization of the treatments in this experiment

Treatment	Method of application	Organic fertilizer
A	Shallow furrow by using plough	Cattle-goat waste manure 6.5 t/ha
B	Shallow furrow by using plough	Bagase-sawdust compost 6.5 t/ha
C	Digging cylindrical hole by using new self-propelled hydraulic digger	Cattle-goat waste compost 6.5 t/ha
D	Digging cylindrical hole by using new self-propelled hydraulic digger	Bagase-sawdust compost 6.5 t/ha

試驗用蔗渣木屑堆肥之氮含量約22.5 g/kg、磷含量約9.56 g/kg、鉀含量約10.2 g/kg、鈣含量約16.3 g/kg、鎂含量約7.78 g/kg、鋅含量約16 mg/kg、銅含量約5 mg/kg、有機質含量616

g/kg、pH值6.60。牛羊糞混合廐肥之氮含量約21.4 g/kg、磷含量約12.6 g/kg、鉀含量約16.4 g/kg、鈣含量約10.4 g/kg、鎂含量約8.12 g/kg、鋅含量約85 mg/kg、銅含量約24 mg/kg、有機質含量631g/kg、pH值6.74。有機質肥料均依照各處理用量分別於2004及2005年10月上旬施用做基肥，施用位置在距離梨樹約1.8~2.0 m處。其中犁溝淺施法是採用中耕機在畦面上，靠近畦溝兩側開挖寬約30 cm、深約15 cm淺溝，依照表一中不同處理用量將有機肥料施用於淺溝中，再覆土後完成。鑽孔深施法是採取臺中區農業改良場所研發新型四輪乘坐式油壓鑽孔機，以梨樹為中心點，2004年在畦面上周邊等距四方開挖四個孔洞(直徑25 cm; 深40~60 cm)，2005年鑽孔位置在樹頭周圍所形成的正方形旋轉45度之四個角點，再依照表一中不同處理用量施用有機質肥料，並覆土後完成。化學肥料則由農友依慣用法施用，其氮肥(尿素)用量約300 kg N/ha、磷肥(過磷酸鈣)用量約200 kg P₂O₅/ha、鉀肥(氯化鉀)用量約250 kg K₂O/ha。於2006年5~6月採收期分別調查果實產量及品質，採收後期7月採取成熟葉片及土壤樣品，其中葉片樣品採取結果枝的成熟葉片進行養分含量分析，土壤樣品採取施肥位置旁且分成表土(0~20 cm)及底土(20~40 cm)進行土壤肥力分析。

三、分析項目與方法

土壤樣品先經風乾，經2 mm篩網過篩後分別測定土壤化學性質。土壤pH及EC值以水:土比1:1萃取後，以電極測定之；土壤有機質含量採用Walkley-Black法測定⁽¹⁸⁾；1 M醋酸鉍(pH7.0)土:溶液比 1:10抽出液，用燄光分析儀測土壤交換性鉀含量⁽¹⁶⁾，用原子吸收光譜儀測土壤交換性鈣及鎂含量⁽¹⁷⁾；以Bray No. 1方法抽取並用鉬藍法測土壤有效性磷⁽¹⁹⁾；土壤硬度採用日本山中式土壤硬度計(soil hardness tester, YAMANAKA)測定。有機質肥料及植物體樣品均經70°C烘箱烘乾，以濕灰法(硫酸)分解後測定氮、磷、鉀、鈣及鎂量，其中以微量擴散法測定全氮量⁽¹³⁾，利用鉬黃法呈色及分光光度計(於420 nm下)比色法測定其全磷量⁽¹⁹⁾，利用燄光分析儀測定其全鉀量⁽¹⁶⁾，利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量⁽¹⁷⁾。pH及EC值以水:有機質肥料比1:10萃取後，以電極測定之。

結果與討論

本試驗採用臺中區農業改良場新研發的四輪乘坐式油壓鑽孔機，鑽頭直徑為25 cm，鑽約60 cm深之施肥孔，孔底殘留約15至20 cm不等的碎土，平均每孔洞可放入6~8 kg的有機質肥料，再予以覆蓋土壤，有機質肥料約在5~45 cm深處，每棵果樹的施肥量約24~32 kg。由犁溝淺施與鑽孔深施兩種施肥法施用有機質肥料之作業效率比較如表二，以兩個男工的人力條件下，鑽孔深施法施用有機質肥料6~8 t/ha約需2.77工作日，犁溝淺施法約需3.89工作日。其中鑽孔深施法每日可以完成0.36 ha的施用有機質肥料工作，犁溝淺施法每日可以完成0.26 ha的施用有機質肥料工作，因此，鑽孔深施法之作業效率為犁溝淺施法之1.38倍。顯然利用新研發的四輪乘坐式油壓鑽孔機的施肥效率較高，且有機質肥料亦較能深施於農田土壤中。一般多年生果樹之果園，經過長時間耕作之後，果園土壤結構會變得緊密，通氣性差，對作物生育不利。因此，如果適當施予深耕作業，並且施用有機質肥料，可以改善土壤理化性，進

而提升農產品的品質與產量^(1,2,5)。本新型四輪乘坐式油壓鑽孔機亦期望能夠兼具施肥與改善土壤之多重功效。

表二、犁溝淺施與鑽孔深施兩種施肥法施用有機質肥料之作業效率比較

Table 2. Comparison between shallow furrow and digging cylindrical hole on the application of organic fertilizer

Treatment	Worker (man)	Working day (day/ha)	Capacity (ha/day)	Efficiency (%)
Plough	2	3.89	0.26	100
Digger	2	2.77	0.36	138

中部地區栽培梨樹大多在10~11月施用有機質肥料做基肥，本試區分別於2004年及2005年10月連續兩年依試驗處理施用有機質肥料。其中蔗渣木屑堆肥6.5 t/ha換算成每公頃全氮量為146 kg、全磷量為62 kg、全鉀量為66 kg、全鈣量為106 kg、全鎂量為51 kg，牛羊糞混合廐肥6.5 t/ha換算成每公頃全氮量為139 kg、全磷量為82 kg、全鉀量為107 kg、全鈣量為68 kg、全鎂量為53 kg。由2006年7月梨樹採收後之表土(0~20 cm)土壤肥力分析結果顯示(表三)，土壤pH值、EC值、有機質含量、交換性鈣及鎂含量在各處理間差異不顯著，土壤有效性磷及交換性鉀含量在不同處理間互有差異。其中土壤有效性磷含量以犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理較高，其次分別為犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理、鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理，以鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理較低。土壤交換性鉀含量以犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理及犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理較高，其次為鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理，以鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理較低。許多研究指出，施用有機質肥料具有增加土壤有機質含量的效益，且可提高土壤養分的穩定供應與有效性^(14,20)。且有機質肥料施用入農田中，本身所含的養分將經由微生物分解而釋出，亦有增進土壤肥力之功效⁽⁵⁾。由於處理A及B採用犁溝淺施方式，其施用的有機質肥料大多集中在表土(0~20 cm)，所以處理A及B表土的土壤有效性磷及交換性鉀含量等土壤肥力即表現較高。

表三、梨樹採收期之表土(0~20 cm)土壤肥力

Table 3. The soil fertility of surface soil (0-20cm) at the harvested stage of pear

Treatment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray-1 P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
A	6.90a ²	1.09a	27.6a	296a	207a	1,763a	186a
B	6.94a	1.12a	30.6a	262ab	213a	1,812a	180a
C	7.37a	0.99a	24.6a	205bc	162b	1,532a	166a
D	7.21a	1.07a	24.9a	187c	190ab	1,656a	175a

¹See Table 1.

²Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由2006年7月梨樹採收後之底土(20~40 cm)土壤肥力分析結果顯示(表四)，土壤pH值、交換性鈣及鎂含量在各處理間差異不顯著，土壤EC值、有機質含量、有效性磷及交換性鉀含量在不同處理間互有差異。其中土壤EC值、有機質含量及土壤有效性磷含量以鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理及鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理較高，以犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理及犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理較低。土壤交換性鉀含量以鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理較高，其次分別為鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理、犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理，以犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理較低。綜合表四結果顯示，試區中採用鑽孔深施法的處理C及D之底土(20~40 cm)的土壤EC值、有機質含量、有效性磷及交換性鉀含量等土壤肥力特性均較高於採用犁溝淺施法之處理A及B。由於鑽孔深施法採用臺中區農業改良場所研發新型四輪乘坐式油壓鑽孔機，先於梨樹四周開挖四孔洞(直徑25 cm；深60 cm)，再施用有機質肥料，並且每年鑽孔位置會因採用交錯方式而不同，所以鑽孔深施有機質肥料處理較具有增進果園底土層土壤肥力之功效。

表四、梨樹採收期之底土(20~40 cm)土壤肥力

Table 4. The soil fertility of subsoil (20-40cm) at the harvested stage of pear

Treatment ¹	pH	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Bray-1 P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)	Exch.Ca (mg/kg)	Exch.Mg (mg/kg)
A	6.89a ²	0.58b	13.0b	85b	91b	1,156a	137a
B	7.24a	0.60b	14.1b	92b	106ab	1,208a	138a
C	7.38a	0.74a	16.7a	127a	119ab	1,213a	141a
D	7.49a	0.82a	17.2a	124a	128a	1,244a	159a

¹See Table 1.

² Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由2006年7月梨樹採收後之土壤剖面不同深度之硬度分析結果顯示(表五)，土壤剖面0-15 cm的土壤硬度在各處理間差異不顯著，土壤剖面15 cm以下的土壤硬度在各處理間互有差異。其中土壤剖面15~30 cm的土壤硬度以犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理較高，其次為犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理，以鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理及鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理較低。土壤剖面30~45 cm及45 cm以下的土壤硬度以犁溝淺施牛羊糞混合廐肥(A)處理及犁溝淺施蔗渣木屑堆肥(B)處理較高，以鑽孔深施牛羊糞混合廐肥(C)處理及鑽孔深施蔗渣木屑堆肥(D)處理較低。顯示鑽孔深施有機質肥料處理具有降低土壤剖面15 cm以下的土壤硬度之現象。一般有機質肥料中之纖維素、半纖維素及木質素等成分，經土壤微生物分解及轉變成土壤腐植質，可以促進土壤團粒之形成，進而改善土壤特性^(1,14)。由於鑽孔深施法採用臺中區農業改良場所研發新型四輪乘坐式油壓鑽孔機，開挖施肥孔洞直徑25 cm；深60 cm，由表五結果顯示，鑽孔深施法對於底土層的土壤硬度之物理特性，具有相當的改良效益。顯然適當使用新型四輪乘坐式油壓鑽孔機進行鑽孔深施有機質肥料，具有改善底土層(< 15 cm)的土壤硬度等特性的功效。

表五、土壤剖面不同深度之硬度分析

Table 5. The soil hardness in different depth of soil profile

Treatment ¹	0~15 cm ² (kg/cm ²)	15~30 cm (kg/cm ²)	30~45 cm (kg/cm ²)	> 45 cm (kg/cm ²)
A	3.93a ³	6.15a	6.78a	6.32a
B	3.86a	5.55ab	6.57a	6.01a
C	3.75a	4.13b	4.01b	3.93b
D	3.46a	4.09b	3.98b	4.35b

¹. See Table 1.

². The depth of soil profile.

³. Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由2006年7月梨樹採收後期之葉片養分含量分析結果顯示(表六)，梨樹結果枝的成熟葉片中氮、磷、鉀、鈣及鎂含量在各處理間差異不顯著。一般有機質肥料必須經過微生物的礦質化作用後，才能釋出養分供作物吸收利用^(5,14,20)。由於本試驗所使用的有機質肥料，包括蔗渣木屑堆肥及牛羊糞混合堆肥，均屬於高纖維素及高木質素含量的有機質肥料，且一年一期作的有機質肥料用量僅6.5 t/ha。因此，在經過連續兩年實施犁溝淺施或鑽孔深施有機質肥料兩種處理，對梨樹採收期結果枝成熟葉片養分含量之影響仍未有顯著差異顯現。

表六、梨樹採收期之葉片養分含量

Table 6. The nutrient contents of leaf of pear at harvest stage

Treatment ¹	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)
A	15.8a ²	10.1a	11.2a	16.9a	29.4a
B	15.0a	10.4a	12.1a	17.6a	30.3a
C	15.1a	10.3a	12.2a	18.8a	31.1a
D	15.4a	10.0a	12.6a	20.2a	28.2a

¹. See Table 1.

². Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

由高接梨(品種為黃金)果實品質與產量調查結果顯示(表七)，在第一年(2005)及第二年(2006)高接梨(品種為黃金)果實的單果重、糖度、酸度、糖酸比及果實產量在各處理間差異不顯著。其中由第一年(2005)調查結果顯示，犁溝淺施法(A及B)處理平均果實產量約為14.7 kg/plant，略高於鑽孔深施法(C及D)處理平均果實產量14.6 kg/plant。由第二年(2006)調查結果顯示，鑽孔深施法(C及D)處理平均果實產量12.1 kg/plant，犁溝淺施法(A及B)處理平均果實產量約為11.5 kg/plant，其中鑽孔深施法(C及D)處理略高於犁溝淺施法(A及B)處理約5~8%。顯然連續兩年利用鑽孔深施法(C及D)處理，對高接梨果實產量已有若干效益顯現。

表七、高接梨(品種為黃金)果實品質與產量

Table 7. The fruit qualities and yield of grafted pear (variety: gold)

Treatment ¹	Fruit weight (g/fruit)	Sweetness (Brix ^o)	Acidity (g/100ml)	S/A ²	Yield (kg/plant)	Index (%)
2005 (first year)						
A	261a ³	12.2a	0.23a	53.1a	14.5a	100
B	260a	12.6a	0.23a	54.6a	14.9a	103
C	255a	12.6a	0.22a	57.2a	14.3a	98
D	266a	12.5a	0.21a	59.5a	14.9a	103
2006 (second year)						
A	270a	12.8a	0.23a	55.6a	11.3a	100
B	276a	12.3a	0.21a	58.6a	11.6a	103
C	278a	12.6a	0.22a	57.3a	11.9a	105
D	286a	12.9a	0.20a	64.2a	12.2a	108

¹See Table 1.

²The ratio of sweetness to acidity of fruit.

³ Within columns, numbers followed by the same letter are not significantly different, using Duncan's Multiple Range Test ($P \geq 0.05$).

結 論

由連續兩年(2005及2006年)研究結果顯示，利用四輪乘坐式油壓鑽孔機進行鑽孔深施有機質肥料，不僅操作方便，作業安全性高，且鑽孔深施法之作業效率為犁溝淺施法之1.38倍。不過油壓鑽孔機之鑽頭為螺旋鑽頭，所以不適用於石礫地，否則會有機具磨損大及作業效率降低。由於新型四輪乘坐式油壓鑽孔機開挖的孔洞為直徑25 cm；深60 cm，所以長期利用鑽孔深施有機質肥料，可以改善到農田底土層的土壤理化特性，並發揮增進作物生長與提升產量之功效。

誌 謝

本試驗承蒙土壤肥料研究室及農機研究室鼎力支持，李安心先生協助組裝、田間試驗；黃建勝先生協助田間採樣工作；產學合作廠商和平農機械廠配合鑽孔機研製、修改及試驗等，謹誌謝忱。

參考文獻

1. 林家棻、李子純、張愛華、陳卿英 1973 長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響 農業研究 22:241-262。
2. 林國照、蔡宜峯、何榮祥 1989 氣動式深耕施肥用於橫山梨園之研究 臺中區農業改良場研究彙報 24:13-20。

3. 林嘉興 1986 橫山梨栽培管理—施肥 p.17-19 橫山梨與高接梨栽培管理技術 臺灣省臺中區農業改良場特刊第4號。
4. 林慶喜、陸應政、邱澄文 1993 果樹立體施肥機之研製 花蓮區農業改良場研究彙報 9:25-32。
5. 莊作權、張宇旭、陳鴻基 1993 有機質肥料養分供應能力之評估 中華生質能源學會會誌 3-4:132-146。
6. 高景輝、湯文通 1978 植物生長與分化 p.129-139 國立臺灣大學農學院印行。
7. 陳令錫、龍國維、田雲生、郭聖吉、郭聖祥 2004 果園施肥鑽孔機之研製 臺中區農業改良場產學合作計畫結束報告。
8. 郭魁士 1980 土壤學 p.451-461 中國書局印行。
9. 彭錦樵、黃陽仁 1982 噴氣式管理機械之田間試驗研究 中國農業工程學報 28:64-74。
10. 譚克終 1978 果樹園藝大要汎論 p.72-78 徐氏基金會出版。
11. 譚克終 1982 栽培原論 p.292-294 徐氏基金會出版。
12. 盧英權 1979 作物學通論 p.85-92 國立編譯館出版正中書局印行。
13. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p. 595-624. In: *Methods of Soil Analysis* (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney eds.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.
14. Hendrix, P. F., D. C. Coleman and D. A. Crossley, Jr. 1992. Using knowledge of soil nutrient cycling processes to design sustainable agriculture. *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy* 2:63-82.
15. Kuipers, H. 1984. The challenge of soil cultivations and soil water problems. *Journal of Agricultural engineering Research* 29:20-27.
16. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: *Methods of Soil Analysis* (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney eds.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.
17. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. P.247-262. In: A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
18. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In: A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
19. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In: *Methods of Soil Analysis*. (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney ed.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.

20. Sommerfeldt, T. G., C. Chang and T. Entz. 1988. Long-term annual manure applications increase soil organic matter and nitrogen, and decrease carbon to nitrogen ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:1668-1672.
21. Trowse, A. C. 1983. Observations on under-the-row subsoiling after conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 3:131-140.

Effects of Using New Self-propelled Hydraulic Digger on the Application of Organic Fertilizer at Pear Orchard ¹

Yi-Fong Tsai and Ling-Hsi Chen ²

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the application efficiency and the effects, the fruit qualities and yield of pear, leaf nutrient contents and soil characteristics at pear orchard on the application of organic fertilizer by using new self-propelled hydraulic digger. The new self-propelled hydraulic digger was developed from Taichung DARES. Two-year field experiment was conducted with two kinds of application methods (shallow furrow by using plough and digging cylindrical hole by using new self-propelled hydraulic digger) and with two kinds of organic fertilizer (bagase-sawdust compost and cattle- goat waste manure). The result showed that the efficiency of application organic fertilizer with new self-propelled hydraulic digger was higher than that with plough by 1.38 time. The EC, OM, available P and exchangeable K contents of sub-soil (20-40 cm) were higher on the treatment with new self-propelled hydraulic digger; the sub-soil hardness was reduced on the same treatment. No clear behavior of nutrient concentrations in leaf (N, P, K, Ca and Mg) was detected in relation to treatments. The fruit yield of grafted pear on the application of organic fertilizer with new self-propelled hydraulic digger was higher than that on the treatment with plough by 5-8% during the second year of cultivation.

Key words: self-propelled hydraulic digger, organic fertilizer, soil fertility, soil hardness.

¹Contribution No. 0665 from Taichung DARES, COA.

²Assistant Engineer and Associate Soil Scientist of Taichung DARES, COA.