



公開
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：180201G200

農業部林業試驗所112年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**提升林地碳匯之森林管理技術** (第1年/全程4年)

(英文名稱) **Forest management techniques for increasing forest land carbon sinks**

計畫編號：112前瞻-18.2.1-森-G2

全程計畫期間：自 112年1月1日 至 115年12月31日

本年計畫期間：自 112年1月1日 至 112年12月31日

計畫主持人：杜清澤

研究人員：王巧萍、黃菊美、李俊佑、林冠穎、楊淑華、蘇德忠、葉芝芸

執行機關：行政院農業委員會林業試驗所



1122435



一、執行成果中文摘要：

本計畫係進行不同密度造林，比較各密度栽植對森林碳庫之影響，以期縮短新植造林初期碳排放期，並快速增加新植林地之碳匯，了解造林初期不同之森林管理對於地下部碳匯之影響。本年度與林業與資源保育署台中分署合作於八仙山事業區118林班裡冷林道13.5K、16K、23K進行3塊台灣杉之密植試驗。各造林地之細土容積，因各不同深度之含石量不同，故並無越往下越大之趨勢，呈現不規律現象；不同深度之土壤碳含量變化均是土壤深度越深，單位土壤碳含量越低；各樣區枯落物之碳含量呈現OL>OF>OH之趨勢；各區去域之土壤碳含量隨著海拔升高而增加；而造林地的土壤碳含量均比旁邊柳杉林要低。

二、執行成果英文摘要：

This project is to carry out to compare the effect of each density planting on the forest carbon pool, we want to know what the density of planting can to shorten the carbon emission period in the early stage of new planting and to rapidly increase the carbon sink of the newly planted forest land.

This year, we cooperated with the Taichung Branch of the Forestry and Resource Conservation Agency, Ministry of Agriculture to conduct a trial of dense planting of *Taiwania cryptomerioides* Hayatar in 118th Compartment forest of the Basianshan Working Circle. The small soil volume of each afforestation site showed an irregularity due to the different stone contents at different depths, so there was no tendency for the soil volume to increase downward; the change of soil carbon content at different depths was that the deeper the soil depth was, the lower the soil carbon content per unit; the carbon content of the withered material in each sampling area showed a tendency of OL > OF > OH; the soil carbon content of the areas to be removed from the area increased with the increase of altitude; the soil carbon content of the afforestation sites was lower than that of the neighboring willow fir forests. The soil carbon content of each area increased with the increase of elevation, and the soil carbon content of the afforestation site was lower than that of the adjacent willow forest.

三、計畫目的：

進行台灣杉不同密度造林，比較各密度栽植對森林碳庫之影響，以期縮短新植造林初期碳排放期，並快速增加新植林地之碳匯。

四、重要工作項目及實施方法：

1. 規劃試驗地之育苗及造林作業：依取得試驗地大小，規劃不同栽植密度所需之苗木培育及造林作業。
 - (1) 依取得試驗地大小，規劃不同栽植密度所需之苗木培育；原則上分1m×0.8m、1m×1.25m、2m×1.25m 2m×2.5m等四種不同栽植密度。
 - (2) 試驗地測量、苗木配置及樣區設置：依試驗地大小，於同一區域取得3個以上造林地為試驗區，依試驗地大小，每一造林地設4個不同密度之處理樣區。原則每1樣區為0.05 ha，進行2個重複，合計24個子樣區。
2. 新植造林地土壤性質及土壤碳量調查：
 - (1) 新植林地造林前之土壤性質及土壤碳量調查。





- A. 林地土壤性質及土壤碳量調查每一子樣區於樣區4個角落及中間等5個區域進行土壤採樣。原則上採樣依枯落物層及0-10cm、10-20cm、20-30cm、30-45cm、45-60cm等5個不同深度進行土壤採樣，採樣深度依現場土壤厚度決定。
 - B. 土壤採樣分土壤容積採樣及分析樣本採樣，土壤容積以直徑9.5cm之圓筒進行採樣，另每層各採約500 g之土壤樣本。
 - C. 枯落物層則以直徑20 cm之圓筒分層將範圍內之枯落物皆取回。取回之枯落物分0l、0f、0h，分別以45°C風乾並稱重，同時取次樣品以105°C烘乾供校正絕乾重。已風乾之樣品以球磨機研磨後，用乾燒法進行碳濃度分析。
 - D. 取回之土壤容積樣本除進行土壤容積測定外，另進行細根量之計算及其碳濃度分析。
 - E. 取回之土壤樣本進行各土壤性質及碳濃度之測定分析。
- (2) 土壤呼吸監測
- A. 於每0.25ha的三種不同種植密度之小樣區內，設立間隔至少5m 的土壤呼吸監測點5個，每一個測點打入高4.5 cm、厚0.5 cm、內徑10.5 cm的PVC塑膠環約1~2 cm。
 - B. 每月以土壤二氧化碳通量分析儀量測土壤呼吸CO₂一次，同時以土壤溫度及土壤含水率感應器量測土溫與即時土壤含水率。測量前拔除PVC環內新長出之植物。
 - C. 以連續土壤呼吸建立日變化及迴歸模式：以長期監測箱(long-term chamber)，每隔30分鐘測定地表CO₂釋出通量(R_s)的日變化，同時監測土壤5cm處之土壤溫度(T)及土壤水分(H)。以迴歸式(R_s) = a e^(b+cT+dH)取得a、b、c、d各個係數，再由各小樣區各月分的土溫與土壤含水率測值回歸，估算樣區內一日土壤呼吸量的總量，累計加總出全年的CO₂釋出總量，即可得各小樣區一年土壤呼吸所釋出的總碳量。
3. 新植林地之生物量及土壤碳庫調查：
- (1) 新植林地苗木之地上部及地下部生物量調查及林地土壤碳庫調查。
 - A. 新植造林後1個月進行成活率調查並進行補植。
 - B. 造林後每季進行根徑及苗高之生長調查，並於每一子樣區於樣區4個角落及中間等5個區域以1m之方框進行地被植物調查，記錄方框內地被覆蓋度及灌木種類。
 - C. 造林1年後，如同工作項目(二)進行土壤性質及土壤碳量調查。
 - (2) 新植造林後進行土壤呼吸監測，方法同上。
4. 不同造林密度之林地碳匯效益分析：各不同密度造林之碳量計算及效益分析。依據蒐集之資料，計算各不同密度造林之碳量計算並不同之作業成本評估其效益。

五、結果與討論：

1. 本計畫苗木原擬由本所育林組培育之選育台灣杉，因計畫伊始本所苗木培育不及，改由林業及自然保育署台中分署提供之台灣杉進行試驗，明年度之香杉密植將始用本所育林組自行提供之香杉苗進行密植區之造林。
2. 本年度與林業與資源保育署台中分署合作於八仙山事業區118林班進行3塊台灣杉之密植試驗，分1m×0.8m、1m×1.25m、2m×1.25m 2m×2.5m等四種不同栽植密度。在每塊造林地進行2個重複。各個處理及所需之苗木株數詳如圖1。八仙山事業區118林班台灣杉密植試驗樣區規劃。
3. 此三塊造林地分別位於裡冷林道13.5 K、16 K及23 K處，海拔各為1300 m、1600 m、2051 m；原為柳杉造林地，於2021年進行砍伐。在造林前分別於各區及旁邊未砍伐之柳杉林進行枯落物層及土壤調查，枯落物層採樣以直徑20 cm之不銹鋼鋼筒分OL+OF、OH採樣，樣本回實驗室後再詳細分類OL、OF、OH為三層；土壤容積以直徑9.4之不銹鋼鋼筒分0-5 cm、5-10 cm、10-20 cm、20-30 cm、30-40 cm等5個深度採樣，並按其深度採取500 g 土壤樣本。各造林地之土壤分析資料及枯落物量如表1、表2、表3。



1122435



- (1) 裡冷13.5K造林地的土壤質地為SL-L-SCL-CL的壤性土，裡冷 16 K 造林地的土壤質地為SL-SCL-L-CL之壤性土及小區域之粘土，裡冷23K造林地的土壤質地為L-SiL-SiCL-CL之壤性土及小區域之粘土；13.5 K及16 K兩地之土壤深僅達30 cm，而23K可達45 cm。各區之土壤容積均有深度越深值越大之趨勢，但在細土容積部分，因各不同深度之含石量不同，故並無越往下越大之趨勢，呈現不規律現象，應是此區域之土壤係弱育土，母質為崩塌而來，非原地化育導致。
- (2) 在土壤碳含量變化而言，無論是造林地或柳杉林均是土壤深度越深，單位土壤碳含量越低，此與一般認知，森林土壤的碳主要為枯落物分解後於土壤中固定下來的觀念一致，土壤越深其碳含量越少。
- (3) 各樣區枯落物量OL、OF、OH三層之碳含量呈現OL>OF>OH之趨勢，此趨勢代表著枯落物在OL層為新鮮之枯落物故其碳含量最高，隨著分解程度的加深，微生物使用了更多的碳，最後遺留C/N比在20左右的OH。比較造林地與其旁邊柳杉林枯落物的生物量，13.5K及16 K兩塊造林地均比旁邊柳杉林的生物量要低，與林地砍伐後，沒有上方枯落物來源且林地暴露，枯落物分解加速的推測符合；但23K造林地卻比旁邊柳杉林的生物量要高，可能因伐採作業時遺留較多之枝葉，而23K海拔較高，枯落物分解較慢。
4. 表4為三塊造林地及旁之柳杉林枯落物及各土壤深度碳含量，造林地的土壤碳含量在85.5~128.9 ton/ha之間，其旁之柳杉林在102.8~136.6 ton/ha之間，且隨著海拔升高而增加。由圖4之堆疊直條圖比較，造林地的土壤碳含量均比旁邊柳杉林要低，顯示林地砍伐後，因伐木作業破壞林地，且林地裸露，土壤容易流失，導致其土壤碳含量均會降低。
5. 三塊造林地於07月31日完成造林，08月22日完成初驗，惟10月19日再次驗收時，各試驗區之成活率未達原設計之密度要求，如表5；致土壤呼吸、植被調查之工作未能展開；目前已於11月1日完成補植作業，待113年第一季再行調查。

六、結論：

1. 裡冷13.5K、16K、23K造林地土壤係弱育土，母質為崩塌而來，非原地化育，其細土容積，因各不同深度之含石量不同，故並無越往下越大之趨勢，呈現不規律現象。
2. 造林地或柳杉林不同深度之土壤碳含量變化均是土壤深度越深，單位土壤碳含量越低。
3. 各樣區枯落物之碳含量呈現OL>OF>OH之趨勢，而其生物量，23K造林地可能因海拔較高，枯落物分解較慢，導致旁邊柳杉林的生物量稍高，但13.5K及16 K兩塊造林地均比旁邊柳杉林的生物量要低。
4. 三塊造林地及旁邊柳杉林的土壤碳含量隨著海拔升高而增加；而造林地的土壤碳含量均比旁邊柳杉林要低。
5. KPI 原預計研討會論文 1 篇，因造林工作於 8 月始完成未有成果，各密植樣區之監測差異將於明年度再行於研討會報告。
6. 低海拔地區並未規畫新植工作，惟將於另一計畫在長濱地區進行桉樹之密植造林。

七、參考文獻：

1. 丁貴傑. (2003). 馬尾松人工林生物量和生產力研究-- I . 不同造林密度生物量及密度效應. 福建林學院學報, 23(1), 34-38.
2. 邱鳳英, 楊海寬, 劉新亮, 章挺, 符潮, & 周誠. (2019). 不同密度樟樹幼林生物量和碳密度研究. 江西農業大學學報, 5.





3. Arias-Aguilar, D., Valverde, J. C., & Campos, R. (2020). Effect of planting density and tree species selection on forest bioenergy systems: tree growth, nutrient storage and wood chemical properties. *Greenhouse Gases: Science and Technology*, 10(6), 1165-1175.
4. Bashkin, M.A., Binkley, D., 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. *Ecology* 79, 828-833.
5. Bolin, B., Sukumar, R., Ciais, P., Cramer, W., Jarvis, P., Kheshgi, H., Nobre, C., Semonov, S., Steffen, W., 2000. Global perspective. In: Watson, R., Noble, I., Bolin, B., Ravindranath, N., D.J., V., Dokken, D. (Eds.), *Land Use, Land Use Change, and Forestry*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 23-52.
6. Brunet, J., Fritz, Ö., & Richnau, G. 2010. Biodiversity in European beech forests-a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins*, 77-94.
7. Duan, A., Lei, J., Hu, X., Zhang, J., Du, H., Zhang, X., ... & Sun, J. 2019. Effects of planting density on soil bulk density, pH and nutrients of unthinned Chinese fir mature stands in south subtropical region of China. *Forests*, 10(4), 351.
8. Fan, J. B., & He, Y. Q. 2012. Effects of stand density on soil nutrients and enzyme activities in *Pinus massoniana* plantation. *Soils*, 44(2), 297-301.
9. Farooq, T. H., Wu, W., Tigabu, M., Ma, X., He, Z., Rashid, M. H. U., ... & Wu, P. 2019. Growth, biomass production and root development of Chinese fir in relation to initial planting density. *Forests*, 10(3), 236.
10. Giardina, C.P., Ryan, M.G., 2002. Total belowground carbon allocation in a fastgrowing *Eucalyptus* plantation estimated using a carbon balance approach. *Ecosystems* 5, 487-499.
11. Goodfriend, W. L., Olsen, M. W., & Frye, R. J. 2000. Soil microfloral and microfaunal response to *Salicornia bigelovii* planting density and soil residue amendment. *Plant and soil*, 223(1), 23-32.
12. Guo, L.B., Gifford, R.M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8, 345-360.
13. Johnson, D.W., Curtis, P.S., 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140, 227-238.
14. Johnson, D., Knoepp, J., Swank, W., Shan, J., Morris, L., van Lear, D., Kapeluck, P., 2002. Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environmental Pollution* 116, 201-208.
15. Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. *Forest ecology and management*, 220(1-3), 242-258.
16. Farooq, T. H., Wu, W., Tigabu, M., Ma, X., He, Z., Rashid, M. H. U., ... & Wu, P. 2019. Growth, biomass production and root development of Chinese fir in relation to initial planting density. *Forests*, 10(3), 236.
17. Lie, Z., Wang, Z. and Xue, L. 2017. Effect of density of *Tephrosia candida* stands on soil characteristics. *Legume Res.* 40(3): 551-555.
18. Loades, K. W., Bengough, A. G., Bransby, M. F., & Hallett, P. D. 2010. Planting density influence on fibrous root reinforcement of soils. *Ecological Engineering*, 36(3), 276-284.





19. Markewitz, D., Sartori, F., Craft, C., 2002. Soil change and carbon storage in longleaf pine stands planted on marginal agricultural lands. *Ecological Applications* 12, 1276-1285.
20. Ming, A., Yang, Y., Liu, S., Nong, Y., Li, H., Tao, Y., ... & An, N. 2019. The impact of near natural forest management on the carbon stock and sequestration potential of *Pinus massoniana* (Lamb.) and *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. plantations. *Forests*, 10(8), 626.
21. Nicoll, B., Connolly, T., Gardiner, B., 2019. Changes in spruce growth and biomass allocation following thinning and guying treatments. *Forests* 10, 253.
22. Miyawaki, A. (1999). Creative ecology restoration of native forests by native trees. *Plant Biotechnology*, 16(1), 15-25.
23. Paul, K., Polglase, P., Nyakuengama, J., Khanna, P., 2002. Change in soil carbon following afforestation. *Forest Ecology and Management* 168, 241-257.
24. Post, W. M., King, A. W., & Wullschleger, S. D. (1996). Soil organic matter models and global estimates of soil organic carbon. In *Evaluation of soil organic matter models* (pp. 201-222). Springer, Berlin, Heidelberg.
25. Potter, K.N., Jones, O.R., Torbert, H.A., Unger, P.W., 1997. Croprotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern great plains. *Soil Sci.* 162, 140e147
26. Shao, Y. N., Liu, Y. K., Li, Y. H., Chen, Y., & Tian, S. Y. 2017. Soil nutrient characteristics in *Larix olgensis* plantation with different stand densities. *Journal of Central South University For Technology*, 37, 27-31.
27. Subedi, S., Kane, M., Zhao, D., Borders, B., & Greene, D. 2012. Cultural intensity and planting density effects on aboveground biomass of 12-year-old loblolly pine trees in the Upper Coastal Plain and Piedmont of the southeastern United States. *Forest ecology and management*, 267, 157-162.
28. Sun, H., Zhang, J., Duan, A., & He, C. 2011. Estimation of the self-thinning boundary line within even-aged Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) stands: Onset of elfthinning. *Forest Ecology and Management*, 261(6), 1010-1015.
29. Truax, B., Fortier, J., Gagnon, D., & Lambert, F. 2018. Planting density and site effects on stem dimensions, stand productivity, biomass partitioning, carbon stocks and soil nutrient supply in hybrid poplar plantations. *Forests*, 9(6), 293.
30. Turner, J., Lambert, M., 2000. Change in organic carbon in forest plantation soils in eastern Australia. *For. Ecol. Manag.* 133, 231e247.
31. Vesterdal, L., Ritter, E., Gundersen, P., 2002a. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management* 169, 137-147.
32. Vesterdal, L., Rosenqvist, L., Johansson, M.-B., 2002b. Effect of afforestation on carbon sequestration in soil and biomass. In: Hansen, K. (Ed.), *Planning Afforestation on Previously Managed Arable Land - Influence on Deposition, Nitrate Leaching, and Carbon Sequestration*, pp. 63-88. <http://www.fsl.dk/afforest>.





33. Vesterdal, L., Rosenqvist, L., van der Salm, C., Groenenberg, B.- J., Johansson, M.-B., Hansen, K., 2006. Carbon sequestration in soil and biomass following afforestation: experiences from oak and Norway spruce chronosequences in Denmark, Sweden, and the Netherlands. In: Heil, G., Muys, B., Hansen, K. (Eds.), Environmental Effects of Afforestation. Field Observations, Modelling and Spatial Decision Support. Springer, Berlin, p. 999-999
34. Wang, C., Xue, L., Dong, Y., Wei, Y., & Jiao, R. 2018. Unravelling the functional diversity of the soil microbial community of Chinese fir plantations of different densities. *Forests*, 9(9), 532.
35. Xiang, W., Chai, H., Tian, D., & Peng, C. 2009. Marginal effects of silvicultural treatments on soil nutrients following harvest in a Chinese fir plantation. *Soil science and plant nutrition*, 55(4), 523-531.
36. Yu, S., Wang, D., Dai, W., Li, P., 2014. Soil carbon budget in different-aged Chinese fir plantations in south China. *J. For. Res.* 25, 621e626.
37. Zhang, J.G.; Duan, A.G.; Sun, H.G.; Fu, L.H. 2011. Self-thinning and Growth Modelling for Even-aged Chinese Fir (*Cunninghamia Lanceolata* (Lamb.) Hook.) Stands; Science Press: Beijing, China.





表 1：八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區造林地及旁之柳杉林土壤質地及土壤容積

地點	深度 cm	BD ¹	細土密度 ²	含石量 %	質地	地點	深度 cm	BD ¹	細土密度 ²	含石量 %	質地
		(gcm ⁻³)						(gcm ⁻³)			
裡冷 13.5K 造林地	0-5	0.65±0.2	0.36±0.09	14.58±9.02	SL-L-SCL-CL之壤性土	裡冷 13.5 K 柳杉林	0-5	0.76±0.03	0.43±0.17	18.66±15.28	SCL-SL-L-CL之壤性土
	5-10	0.83±0.17	0.47±0.06	15.44±6.39			5-10	1.06±0.2	0.56±0.24	24.21±17.4	
	10-20	0.96±0.17	0.61±0.11	11.08±8.17			10-20	1.14±0.16	0.61±0.22	11.55±6.02	
	20-30	1.19±0.09	0.53±0.08	27.2±7.28			20-30	1.02±1.02	0.88±0.88	5.59±5.59	
裡冷 16 K 造林地	0-5	0.63±0.25	0.4±0.09	14.06±7.15	SL-SCL-L-CL之壤性土及小區域之粘土	裡冷 16 K 柳杉林	0-5	0.53±0.24	0.44±0.14	2.84±3.43	SL-L之壤性土
	5-10	0.8±0.17	0.45±0.12	13.78±9.93			5-10	0.66±0.17	0.43±0.1	26.32±29.32	
	10-20	0.83±0.15	0.53±0.05	8.8±7.3			10-20	1.12±0.5	0.68±0.06	4.02±4.51	
	20-30	0.82±0.16	0.55±0.02	11.17±6.84			20-30	0.76±0.06	0.63±0.06	5.73±0.21	
裡冷 23K 造林地	0-5	0.26±0.16	0.23±0.13	1.22±1.57	L-SiL-SiCL-CL之壤性土及小區域之粘土	裡冷 23K 柳杉林	0-5	0.32±0.3	0.16±0.04	6.1±10.32	SL-L-CL之壤性土及小區域之粘土
	5-10	0.66±0.31	0.59±0.28	2.99±1.93			5-10	0.52±0.05	0.41±0.09	4.16±2.89	
	10-20	0.8±0.18	0.7±0.15	3.97±2.51			10-20	0.7±0.11	0.54±0.07	6.52±7.09	
	20-30	0.92±0.09	0.64±0.19	11.38±6.6			20-30	0.85±0.09	0.65±0.24	7.84±6.76	
	30-40	0.91±0.12	0.66±0.23	10.15±10.97			30-40	0.87±0.3	0.61±0.02	10.81±13.83	

註：1.單位取樣體積內實體物質重量
2 單位取樣體積內細土重(實體物質重量-石頭重-根重)。

表 2：八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區造林地及旁之柳杉林土壤化學性質

地區	深度 cm	pH	元素分析儀法		C/N	Mehlich no.3-ICP									
			TN	TC		Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn		
			g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹									
裡冷 13.5K 造林地	0-5	3.1±0.02	7.68±3.21	121.13±69	15.19±2.39	290.43±152.11	0.64±0.24	522.27±108.64	150.3±45.27	53.15±18.54	21.55±10.09	48.56±23.13	4.05±2.39		
	5-10	3.29±0.14	4.42±1.05	55.27±22.87	12.15±2.23	81.72±59.66	0.41±0.15	544.4±55.15	104.67±21.23	22.21±7.08	12.35±3.26	15.23±13.08	1.73±0.71		
	10-20	3.47±0.14	3.77±0.8	41.59±11.33	10.96±0.89	44.23±13.61	0.39±0.17	493.06±58.47	95.35±24.07	16.69±3.73	11.39±6.18	7.61±2.3	1.22±0.17		
	20-30	3.62±0.2	3.01±0.55	29.54±6.64	9.79±0.41	32.54±0.35	0.71±0.01	470.89±83.25	80.6±6.55	11.57±0.59	18.27±3.21	5.62±1.54	0.97±0.35		
裡冷 13.5 K 柳杉林	0-5	3.29±0.16	8±1.46	118.67±19.51	14.88±0.36	133.93±114.4	0.99±0.77	532.07±100.53	106.73±11.51	37.52±13.66	19.59±2.3	21.36±14.33	4.26±0.74		
	5-10	3.57±0.12	5.05±0.53	59.34±9.03	11.72±0.61	30.05±7.02	0.93±0.87	512.63±139.57	61.41±9.93	15.62±1.24	13.5±8.35	9.09±6.14	1.65±0.4		
	10-20	3.88±0.13	3.83±1.17	37.69±17.76	9.54±1.48	23.69±5.23	1.27±1.29	441.39±159.88	54.63±10.04	12.15±2.21	34.19±44.52	6.04±4.1	1.23±0.33		
	20-30	3.84±3.84	3.22±3.22	28.7±28.7	8.91±8.91	17.76±17.76	0.89±0.89	407.62±407.62	69.81±69.81	10.31±10.31	6.8±6.8	5.81±5.81	0.85±0.85		
裡冷 16 K 造林地	0-5	3.47±0.11	6.54±1.5	91.16±22.22	13.92±1.48	72.16±39.68	0.95±0.61	468.97±53.71	109.07±28.95	36.12±8.1	24.77±20.97	9.82±3.89	2.82±1.81		
	5-10	3.8±0.09	4.78±1.66	58.25±21.77	12.03±1.42	32.65±6.72	0.84±0.57	307.93±99.98	89.83±44.39	21.23±6.25	12.79±8.66	5.35±3.34	1.55±0.45		
	10-20	3.76±0.11	4.46±1.3	52.54±15.28	11.77±0.93	34.97±19.78	0.82±0.64	264.56±48.2	90±47.49	19.53±6.66	13.63±13.17	4.77±2.34	1.36±0.29		
	20-30	3.95±0.12	3.94±0.53	46.65±1.89	11.93±1.08	19.83±0.81	0.61±0.42	142.73±42.15	77.13±26.28	15.1±3.05	5.34±4.88	3.8±0.89	1.03±0.08		
裡冷 16 K 柳杉林	0-5	3.73±0.04	6.77±1.85	96.72±10	14.64±2.53	36.3±17.86	0.67±0.08	406.25±38.42	83.14±14.33	32.63±16.11	8.66±8.94	9.71±2.16	2.99±0.07		
	5-10	4.03±0.05	4.82±2.13	58.34±27.44	12.02±0.37	22.63±6.06	0.43±0.13	337.76±69.67	56.74±4.4	19.07±7.81	6.56±6.42	6.65±3.31	1.71±0.1		
	10-20	4.18±0.02	3.42±0.81	36.36±9.7	10.59±0.33	22.54±3.46	0.52±0.13	304.5±60.01	49.55±16.08	16.1±2.49	5.16±3.83	3.86±0.31	1.38±0.01		
	20-30	4.2±0.17	2.97±0.31	34.81±3.1	11.85±2.27	18.03±1.63	0.22±0.15	291.81±33.33	31.28±2.02	13.07±1.87	1.95±0.23	2.36±1.27	1.02±0.1		
裡冷 23K 造林地	0-5	3.09±0.06	12.78±4.69	266.39±119.73	20.23±2.3	524.64±323.36	1.13±0.59	489.32±85.93	156.78±46.37	196.71±144.07	73.22±60.41	44.94±19.22	16.49±11.29		
	5-10	3.27±0.18	4.9±2.74	80.28±54.07	15.24±2.69	55.87±36.66	0.2±0.05	514.34±86.85	61.73±30.15	35.13±28.7	10.46±13.52	7.98±4.96	3.24±2.93		
	10-20	3.46±0.19	3.08±1.24	44.22±24.33	13.65±2.47	22±3.66	0.09±0.02	503.75±45.24	41.1±17.81	14.27±7.75	2.91±2.9	3.39±1.82	1.11±0.53		
	20-30	3.67±0.18	2.58±1.17	36.67±24.16	13.39±3.07	18.23±4.45	0.09±0.06	384.7±102.71	33.61±11.98	9.92±3.65	2.42±1.96	2.52±1.33	0.79±0.19		
	30-40	3.69±0.18	2.13±0.92	25.57±14.79	11.63±2.14	31.63±24.92	0.08±0.08	413.23±61.19	37.85±20.19	9.29±5.94	2.8±2.22	1.75±1.04	0.81±0.25		
裡冷 23K 柳杉林	0-5	3.32±0.39	13.16±3.25	254.04±88.38	19.02±1.97	144.25±79.14	0.71±0.18	471.95±103.61	211.16±61.59	67.98±16.09	26.51±23.1	30.71±17.98	10.56±3.23		
	5-10	3.83±0.61	6.04±2.19	94.22±47.33	15.12±1.95	32.44±1.04	0.3±0.23	427.75±259.67	76.91±23.34	21.98±8.27	5.46±5.48	8.67±5.94	3.29±0.18		
	10-20	3.98±0.49	4.51±0.66	64.98±14.12	14.32±1.53	25.65±0.32	0.29±0.23	373.31±196.56	56.06±15.32	15.53±2.99	2.47±1.09	5.64±1.97	2.26±0.72		
	20-30	4.2±0.39	2.97±0.46	40.35±6.79	13.62±1.68	22.54±1.88	0.23±0.13	327.6±153.98	42.72±19.48	11.5±2.94	2.28±1.36	3.65±1.43	1.67±0.9		
	30-40	4.35±0.35	2.26±0.38	27.29±4.4	12.11±0.08	21.47±1.63	0.18±0.12	307.63±148.45	29.44±12.31	8.73±1.29	3.02±2.46	1.92±0.01	1.05±0.57		





表 3：八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區造林地及旁之柳杉林枯落物層生物量及含碳量

地點	分層	樣本重 g	生物量 (ton/ha)	TC%	C/N	總碳量 ton/ha	地點	分層	樣本重 g	生物量 (ton/ha)	TC%	C/N	總碳量 ton/ha
裡冷13.5K 造林地	OL	14.7±10	4.7±3.2	47.3±0.5	51.6±5.1	2.2±1.5	裡冷13.5K 柳杉林	OL	9.2±2.9	2.9±3.2	47.9±1.8	56.7±11.6	1.4±0.5
	OF	46.5±21	14.8±6.7	43.9±4.7	27.9±2.2	6.6±3.3		OF	37.5±12.9	11.9±16.8	43.9±5.1	26.7±1.5	5.4±2.3
	OH	34±20.6	10.8±6.6	35.8±10.2	20.7±1.4	3.7±2.3		OH	67±10.4	21.3±23.1	31.4±15.1	19±2.9	6.4±2.6
	O layer	97±31.5	30.9±10			12.5±5		O layer	123.7±12.9	39.4±46.4			13.2±5.2
裡冷 16 K 造林地	OL	14±3.9	4.4±1.2	48.1±1.4	47.4±14.5	2.1±0.6	裡冷16K 柳杉林	OL	21±10.3	6.7±2.7	48±0.7	54.4±12.8	3.2±1.6
	OF	94.7±37.7	30.1±12	38.4±4.6	26.7±5.8	11.7±5.3		OF	114.5±30.9	36.5±7.2	39.4±4.9	25±3.5	14.7±5.4
	OH	165.2±127.1	52.6±40.5	29.2±10.2	18.7±3	16.1±11.8		OH	186.1±23.7	59.2±8.5	32.9±8.8	18.9±3	19.9±7.5
	O layer	290.5±162.5	92.5±51.7			29.9±15.9		O layer	346.8±75.1	110.4±17.6			37.8±13.6
裡冷23K 造林地	OL	24.3±24.2	7.7±7.7	47.1±1.2	61.9±18.9	3.7±3.8	裡冷23K 柳杉林	OL	20.9±21.6	6.6±6.9	47.7±0.9	51.4±13.4	3.1±3.2
	OF	47.2±17.6	15±5.6	43.2±6.7	28.1±2	6.7±3.1		OF	34.6±15.2	11±4.8	46.5±2.2	25.6±4.5	5.1±2.1
	OH	95.7±48.5	30.5±15.4	39±10.8	21.6±1.9	13±8.9		OH	90.1±122	28.7±38.8	41.9±5.4	19.7±3.1	10.7±14.1
	O layer	172.1±66.2	54.8±21.1			23.3±11.9		O layer	147.6±160.1	47±51			19±19.3

表 4：八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區造林地及旁之柳杉林枯落物及各土壤深度碳含量

地點		合計	O layer		0-5		5-10		10-20		20-30		30-40	
		ton/ha												
裡冷 13.5 K	造林地	85.50	12.52	14.64%	19.87	23.24%	12.53	14.66%	24.62	28.79%	15.96	18.67%	-	-
	柳杉林	102.82	13.17	12.81%	24.57	23.90%	16.29	15.84%	23.58	22.93%	25.21	24.52%	-	-
裡冷 16 K	造林地	101.35	29.86	29.46%	15.11	14.91%	10.83	10.68%	23.86	23.54%	21.69	21.41%	-	-
	柳杉林	123.68	37.82	30.58%	22.48	18.18%	13.18	10.65%	28.50	23.05%	21.69	17.54%	-	-
裡冷 23 K	造林地	128.90	23.30	18.27%	25.16	19.73%	18.05	10.68%	28.16	22.09%	19.81	14.44%	14.42	11.31%
	柳杉林	136.59	18.95	14.60%	19.14	14.74%	20.37	15.69%	35.56	27.38%	25.74	14.65%	16.82	12.95%

表 5：各造林地樣區成活率及應補株數

樣區		各樣區成活率及應補株數					
		A1	A2	B1	B2	C1	C2
13.5K	應有株數	231	231	441	441	651	651
	成活株數	151	148	315	302	478	470
	成活率 %	65%	64%	71%	68%	73%	72%
	85%株數	197	197	375	375	554	554
	應補株數	46	49	60	73	0	84
16K	應有株數	231	231	441	441	651	651
	成活株數	182	160	286	355	565	436
	成活率 %	79%	69%	65%	80%	87%	67%
	85%株數	197	197	375	375	554	554
	應補株數	15	37	89	20	0	118
23K	應有株數	231	231	441	441	651	651
	成活株數	224	221	424	392	628	584
	成活率 %	97%	96%	96%	89%	96%	90%
	85%株數	197	197	375	375	554	554
	應補株數	0	0	0	0	0	0





圖 1.八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區規劃

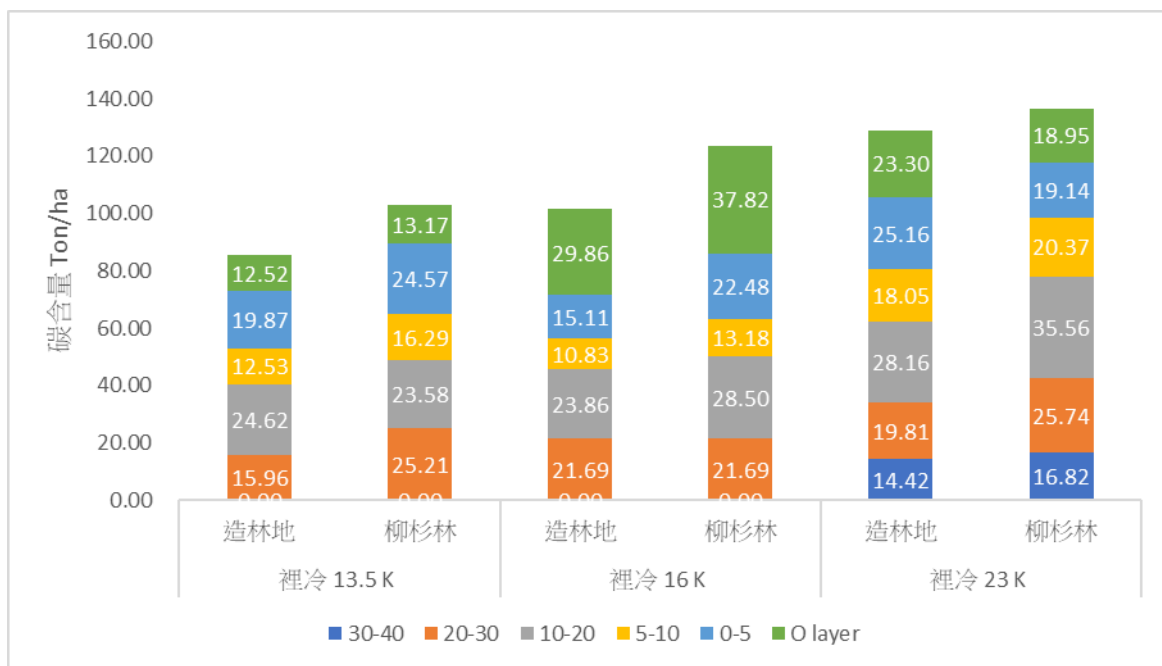


圖 2.八仙山事業區 118 林班台灣杉密植試驗樣區林地枯落物及土壤碳含量垂直分布圖

