

國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處

111 年度委託專業服務案期末報告

棲蘭人工林撫育枝殘材發展精油產業利用
委託專業服務案

執行機關：國立宜蘭大學

執行單位：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

計畫主持人：張資正 副教授

中 華 民 國 1 1 1 年 1 1 月 1 5 日

國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處

111 年度委託專業服務案期末報告書

壹、計畫案號、名稱及經費

(一) 計畫案號：fcea111-2

(二) 計畫名稱：棲蘭人工林撫育枝殘材發展精油產業利用委託專業服務案

(三) 計畫經費：540,000 元

貳、計畫執行機關及執行人

計畫執行機關：國立宜蘭大學

計畫執行人及職稱：吳柏青 校長

電話：(03) 9357400

參、計畫主辦人

單位名稱：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

姓名：張資正 職稱：副教授 電話：(03) 9317682

傳真：(03) 9360521 電郵：tcchang@ems.niu.edu.tw

肆、計畫聯絡人

單位名稱：國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

姓名：張資正 職稱：副教授 電話：(03) 9317682

傳真：(03) 9360521 電郵：tcchang@ems.niu.edu.tw

伍、執行期限

(一) 全程計畫：自決標日起至 111 年 11 月 30 日

(二) 本年度計畫：自決標日起至 111 年 11 月 30 日

目錄

	頁數
圖目錄.....	II
表目錄.....	VI
一、計畫概述.....	1
二、擬解決問題.....	3
三、前人研究概況.....	4
四、計畫目標.....	7
五、重要工作項目.....	8
六、實施方法與步驟.....	9
七、計畫結果與討論.....	12
(一) 太平山事業區及大溪事業區之不同齡級樹種枝葉精油與成分比較.....	12
(二) 太平山事業區及大溪事業區之不同齡級樹種枝葉純露與成分比較.....	58
(三) 精油與純露加值化利用的可行性評估.....	100
(四) 精油與純露 DIY 體驗活動.....	112
(五) 精油及萃取實務教育訓練.....	113
八、結論.....	114
九、參考文獻.....	116
十、經費概要.....	124
十一、人力配置.....	125
十二、執行進度.....	127
十三、附錄.....	128

圖目錄

	頁數
圖 1. 棲蘭人工林撫育枝殘材發展精油產業利用計畫施行流程.....	9
圖 2. 大溪事業區(170 線)21-40 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖.....	15
圖 3. 大溪事業區(100 線 9K 處)41-60 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖....	16
圖 4. 太平山事業區(100 線 18K 處)21-40 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖...	18
圖 5. 太平山事業區(100 線 14K 處)41-60 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖...	19
圖 6. 大溪事業區(170 線)21-40 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖.....	20
圖 7. 大溪事業區(100 線 9K 處)41-60 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖.....	21
圖 8. 太平山事業區(100 線 18K 處)21-40 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖...	22
圖 9. 太平山事業區(100 線 14K 處)41-60 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖...	23
圖 10. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜葉子精油氣相層析圖.....	27
圖 11. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜葉子精油氣相層析圖.....	28
圖 12. 太平山事業區(100 線 9-11K)21-40 年生紅檜葉子精油氣相層析圖.....	29
圖 13. 太平山事業區(100 線 14K)41-60 年生紅檜葉子精油氣相層析圖.....	30
圖 14. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜枝條精油氣相層析圖.....	31
圖 15. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜枝條精油氣相層析圖.....	32
圖 16. 太平山事業區(100 線 9-11K)21-40 年生紅檜枝條精油氣相層析圖.....	33
圖 17. 太平山事業區(100 線 14K)41-60 年生紅檜枝條精油氣相層析圖.....	34
圖 18. 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉葉子精油氣相層析圖.....	38
圖 19. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉葉子精油氣相層析圖.....	39
圖 20. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生柳杉葉子精油氣相層析圖.....	40
圖 21. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生柳杉葉子精油氣相層析圖.....	41
圖 22. 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉枝條精油氣相層析圖.....	42
圖 23. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉枝條精油氣相層析圖.....	43
圖 24. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生柳杉枝條精油氣相層析圖.....	44
圖 25. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生柳杉枝條精油氣相層析圖.....	45
圖 26. 大溪事業區(100 線 10K)21-40 年生香杉葉子精油氣相層析圖.....	48

圖 27. 大溪事業區(100 線 10K)41-60 年生香杉葉子精油氣相層析圖.....	49
圖 28. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生香杉葉子精油氣相層析圖.....	50
圖 29. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生香杉葉子精油氣相層析圖.....	51
圖 30. 大溪事業區(100 線 10K)21-40 年生香杉枝條精油氣相層析圖.....	52
圖 31. 大溪事業區(100 線 10K)41-60 年生香杉枝條精油氣相層析圖.....	53
圖 32. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生香杉枝條精油氣相層析圖.....	55
圖 33. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生香杉枝條精油氣相層析圖.....	56
圖 34. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	59
圖 35. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	60
圖 36. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	61
圖 37. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	62
圖 38. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	63
圖 39. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	64
圖 40. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	65
圖 41. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	66
圖 42. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	69
圖 43. 大溪事業區 (160 線) 41-60 年生紅檜葉純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	71
圖 44. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	72
圖 45. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	73
圖 46. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	74

圖 47. 大溪事業區 (160 線) 41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	76
圖 48. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	77
圖 49. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	78
圖 50. 大溪事業區 (130 線) 21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	81
圖 51. 大溪事業區 (130 線) 41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	82
圖 52. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	83
圖 53. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	84
圖 54. 大溪事業區 (130 線) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	85
圖 55. 大溪事業區 (130 線) 41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	86
圖 56. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	87
圖 57. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	88
圖 58. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	91
圖 59. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	92
圖 60. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	93
圖 61. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	94
圖 62. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	95
圖 63. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	96

圖 64. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	97
圖 65. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖.....	98

表目錄

	頁數
表 1. 大溪事業區(170 線)21-40 年生臺灣扁柏葉子精油組成分.....	15
表 2. 大溪事業區(100 線 9K 處)41-60 年生臺灣扁柏葉子精油組成分.....	16
表 3. 太平山事業區(100 線 18K 處)21-40 年生臺灣扁柏葉子精油組成分.....	18
表 4. 太平山事業區(100 線 14K 處)41-60 年生臺灣扁柏葉子精油組成分.....	19
表 5. 大溪事業區(170 線)21-40 年生臺灣扁柏枝條精油組成分.....	20
表 6. 大溪事業區(100 線 9K 處)41-60 年生臺灣扁柏枝條精油組成分.....	21
表 7. 太平山事業區(100 線 18K 處)21-40 年生臺灣扁柏枝條精油組成分.....	22
表 8. 太平山事業區(100 線 14K 處)41-60 年生臺灣扁柏枝條精油組成分.....	23
表 9. 不同事業區各樹齡臺灣扁柏枝條與葉子精油主要成分比較.....	24
表 10. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜葉子精油組成分.....	27
表 11. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜葉子精油組成分.....	28
表 12. 太平山事業區(100 線 9-11K)21-40 年生紅檜葉子精油組成分.....	29
表 13. 太平山事業區(100 線 14K)41-60 年生紅檜葉子精油組成分.....	30
表 14. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜枝條精油組成分.....	31
表 15. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜枝條精油組成分.....	32
表 16. 太平山事業區(100 線 9-11K)21-40 年生紅檜枝條精油組成分.....	33
表 17. 太平山事業區(100 線 14K)41-60 年生紅檜枝條精油組成分.....	34
表 18. 不同事業區各樹齡紅檜枝條與葉子精油主要成分比較.....	35
表 19. 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉葉子精油組成分.....	38
表 20. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉葉子精油組成分.....	39
表 21. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生柳杉葉子精油組成分.....	40
表 22. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生柳杉葉子精油組成分.....	41
表 23. 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉枝條精油組成分.....	42
表 24. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉枝條精油組成分.....	43
表 25. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生柳杉枝條精油組成分.....	44
表 26. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生柳杉枝條精油組成分.....	45

表 27. 不同事業區各樹齡柳杉枝條與葉子精油主要成分比較.....	46
表 28. 大溪事業區(100 線 10K)21-40 年生香杉葉子精油組成分.....	48
表 29. 大溪事業區(100 線 10K)41-60 年生香杉葉子精油組成分.....	49
表 30. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生香杉葉子精油組成分.....	50
表 31. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生香杉葉子精油組成分.....	51
表 32. 大溪事業區(100 線 10K)21-40 年生香杉枝條精油組成分.....	52
表 33. 大溪事業區(100 線 10K)41-60 年生香杉枝條精油組成分.....	53
表 34. 太平山事業區(100 線 18K)21-40 年生香杉枝條精油組成分.....	55
表 35. 太平山事業區(100 線 18K)41-60 年生香杉枝條精油組成分.....	56
表 36. 不同事業區各樹齡香杉枝條與葉子精油主要成分比較.....	57
表 37. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	59
表 38. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	60
表 39. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	61
表 40. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	62
表 41. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	63
表 42. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	64
表 43. 太平山事業區 (100 線 18K 處) 21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	65
表 44. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	66
表 45. 不同事業區各樹齡臺灣扁柏枝條與葉子純露主要成分比較.....	67
表 46. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	69
表 47. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜葉純露 Hexane Fraction 組成分.....	71
表 48. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	72

表 49. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	73
表 50. 大溪事業區(170 線)21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分...74	
表 51. 大溪事業區(160 線)41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....76	
表 52. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	77
表 53. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	78
表 54. 不同事業區各樹齡紅檜枝條與葉子純露主要成分比較.....	79
表 55. 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	81
表 56. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分...82	
表 57. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	83
表 58. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	84
表 59 大溪事業區(130 線)21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	85
表 60. 大溪事業區(130 線)41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分...86	
表 61. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	87
表 62. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	88
表 63. 不同事業區各樹齡柳杉枝條與葉子純露主要成分比較.....	89
表 64. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	91
表 65. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	92
表 66. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	93
表 67. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分.....	94
表 68. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分.....	95
表 69. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成	

分.....	96
表 70. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分.....	97
表 71. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分.....	98
表 72. 不同事業區各樹齡香杉枝條與葉子純露主要成分比較.....	99
表 73. 常用中型量產級精油蒸餾設備成本.....	109

一、計畫概述

臺灣是一座美麗的海島，雖然受限於許多資源需仰賴海外進口，卻擁有超過 60% 覆蓋率的森林資源（邱立文等，2015）。有計畫的利用森林資源不僅可滿足生活需求，更能對森林永續經營做出貢獻。從森林植物的代謝物研究發現，其成分不僅能維持植物體本身的生理功能，更具有許多優異的生物活性，非常值得進一步開發與利用。森林對臺灣環境扮演著相當重要的角色，具有淨化空氣、蓄水保土、調節氣候、生態平衡及提供森林產物等功能，更具有美化環境及森林遊樂價值，是國家的重要資源。當人們進入森林中享受芬多精與優美的綠色環境，更可達到舒緩精神壓力的作用（余家斌等，2015；陳啟榮，2015）。除此之外，有許多被忽略的森林寶物，如不起眼的葉子與枝條，其內富含的精油資源，亦可為疏伐或修枝產生的廢棄資材尋得循環再利用的附加價值。

國軍退除役官兵輔導委員會榮民森林保育事業管理處（以下簡稱森林保育事業管理處）經營之棲蘭山林區及大甲溪林區共有 87,889 公頃，棲蘭山林區分屬太平山、大溪、宜蘭及烏來事業區，計有 131 個林班，45,779 公頃；太平山事業區自民國 48 年經營造林至今已逾 60 年，經臺帳資料可知，太平山及大溪事業區造林樹種以紅檜（*Chamaecyparis formosensis*）、臺灣扁柏（*Chamaecyparis obtusa* var.

formosana)、柳杉 (*Cryptomeria japonica*) 與香杉 (*Cunninghamia konishii*) 為大宗。然而，現今人工林自 87 年政策停止枯立倒木整理作業後，自 93 年起不再有新植造林，目前僅以維持人工林之健全持續辦理中後期撫育管理工作為主。人工林林木生長期間所進行疏伐及修枝等撫育等作業時，所產生之枝條及葉子通常會留置於林地上回歸自然，並被視為林業廢料。然因枝條及葉子仍具精油、色素等次級代謝物，可作為香氛、染料等產品加以利用，因此，若能妥善回收林業廢棄資材並進一步將其開發成非木質森林產物，除了可擴展國產資材來源，提供森林資源多元服務價值外，亦可替代部分進口資材，減少運輸過程所產生的碳排放，真正達到環境永續發展之願景。目前，太平山事業區及大溪事業區之人工林蘊藏豐富紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉等林木資源，亦定期辦理修枝撫育工作，倘若能妥善利用修枝撫育工作後產生之廢棄資材，賦予其經濟價值，除可貼合循環經濟政策，並補貼修枝撫育之支出，亦可充實國產精油等原料市場，提升森林資源利用價值。

二、 擬解決問題

森林植物葉子、枝條與木材蘊藏著豐富且高價值的精油資源，根據 Setzer (2009) 的報告指出，許多植物精油成分已被證實具有舒緩緊張及降低焦慮之功效，且其功效即源自於精油中的芳香成分。這些芳香成分亦被發現具有許多生物活性，值得加以利用。此外，在蒸餾收集精油時，亦會有部分部分芬芳物質溶解至水中，而經油水分離後具有芬香氣味之水層，即被稱為純露，亦具應用價值。森林保育事業管理處所擁有之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉的葉子及枝條精油具有應用之潛力，若能以這些樹種的枝條與葉子作為標的進行精油的萃取與商品開發，應具有多元市場應用潛力。因此本計畫即嘗試妥善回收太平山事業區及大溪事業區之人工林的枝條，將這些林業廢棄資材進一步開發成非精油衍生產品，並評估自行開發之可行性，擴展國產精油來源，充實國內精油產業原料之供給，並賦予其循環經濟價值。

三、 前人研究概況

臺灣扁柏為臺灣特有之扁柏屬 (*Chamaecyparis*) 常綠大喬木，分布於臺灣北部與中部，生長海拔高度為 1300-2800 m，其樹皮灰紅色並呈條狀，葉為鱗片狀、先端鈍，是臺灣貴重針葉樹種 (鍾詩文及許天銓，2017)。紅檜亦為臺灣特有之扁柏屬喬木，分布於臺灣全島中海拔山區，其樹皮較臺灣扁柏薄，葉為鱗片狀、先端尖銳，亦是臺灣貴重針葉樹種 (鍾詩文及許天銓，2017)。

由文獻整理可知，臺灣扁柏及紅檜葉子精油中便含有具舒緩情緒功效之 α -Pinene (張資正、林託進，2020；林群雅等，2015；Satou et al., 2014；Su et al., 2006)。Ho 等人 (2012) 研究指出，紅檜枝條亦含精油，其成分主要為 Elemol、 τ -Muurolol、 β -Eudsmol、 α -Cadinol 及 Totarol。 α -Cadinol 及 τ -Muurolol 被發現具有抗發炎、預防急性肝損傷 (Tung et al., 2011)、抗真菌 (Cheng et al., 2004；Chang et al., 2000)、抗白蟻 (Cheng et al., 2004；Chang et al., 2001) 及抑制植物病原菌生長 (Ho et al., 2012；Chang et al., 2008) 的功效。此外， β -Eudsmol 被發現具有抗癌 (Ma et al., 2008)、抗發炎 (Seo et al., 2011)、抗基因突變 (Miyazawa et al., 1996)、抑制血管增生 (Tsuneki et al., 2005) 的效果；Elemol 被發現具有抗菌 (古喬云等，2008) 及減輕皮膚急性發炎症狀 (如異位性皮膚炎) (Yang et al., 2015) 的效果；Totarol 則被發

現具有抗細菌 (Xu et al., 2020) 的效果。

森林保育事業管理處除了臺灣扁柏及紅檜以外，亦具有香杉資源。香杉為臺灣特有之杉木屬 (*Cunnunghamia*) 常綠大喬木，分布於臺灣北部和中部地區，生長海拔為 1300-2000 m，其樹皮呈紅褐色或灰紅棕色並呈縱向交叉的淺溝裂紋，葉呈披針狀且螺旋狀著生，亦是臺灣貴重針葉樹種 (鍾詩文及許天銓，2017)。Cheng 等人 (2013) 研究發現，香杉葉子精油中主要含有具舒緩效果之 α -Pinene，另亦含有 *p*-Cymene 及 γ -Muurolene。*p*-Cymene 具有抗氧化、抗發炎、鎮痛、抗焦慮、抗癌及抗微生物等功效 (Marchese et al., 2017; Quintans et al., 2013)； γ -Muurolene 則具有抗發炎 (Souiei et al., 2017)、抗真菌 (Ahluwalia et al., 2014; Cheng et al., 2005) 及抗細菌 (Ahluwalia et al., 2014) 的功效。

森林保育事業管理處目前柳杉人工林面積達 2,760 公頃，生長量豐，亦為值得加以應用的良好資源。何振隆等人 (2010) 研究發現，柳杉各部位皆含有具揮發性之精油成分，其含量以葉子最多 (3.9 mL/100 g)，接著依序為心材 (0.9 mL/100 g)、樹皮 (0.7 mL/100 g)、枝條 (0.3 mL/100 g) 及邊材 (0.1 mL/100 g)。由古喬云等人 (2008) 及何振隆等人 (2010) 的研究得知，柳杉葉子精油主要組成分為 α -Pinene、 β -Elemol 及 16-Kaurene 且具有抗菌 (Sadgrove et al., 2016；

da Silva Rivas et al., 2012；古喬云等，2008)、蚊子及台灣缺蠓趨避功效(張上鎮，2007；張伊芸，2016)，此外， α -Pinene 還具有情緒舒緩的功效(張資正、林託盡，2020；Satou et al., 2014)， β -Elemol 則另外具有減輕皮膚急性發炎症狀(如異位性皮膚炎)的效果(Yang et al., 2015)。而由何振隆等人(2010)的研究亦可知，其他部位亦具有 Cubenols、Eudesmols、Ferruginol 等具有生物活性之物質。

此外，於精油蒸餾過程中，亦會產生衍生產品—純露。純露是蒸餾過程中，部分揮發性物質溶解於油水分離後的水相，因此具有一定之芳香性，有些如土肉桂純露或玫瑰花純露皆可見其被商品化，並於市場上流通。然而可惜的是，目前對於純露成分的研究甚少，值得加以探討。計畫主持人在過往的研究中，除了針對臺灣本土林木揮發性成分分析與精油對情緒舒緩的效果進行探討外(林欣好等，2021a；林託盡等，2020a、2020b；林託盡等，2019；鄭森松等，2019；Lin et al., 2015；林群雅等，2015)，亦曾針對純露香氣成分萃取方法之建立及本土植物純露香氣成分進行初步研究(林欣好等，2021b)，發現純露中亦具有各式功效成分。因此，於進行森林保育事業管理處紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉的葉子或枝條精油成分進行評估之同時，亦可將其純露一併分析與探討，使本計畫之精油產業利用發展評估臻至完善。

四、計畫目標

(一) 人工林枝條萃取之精油與純露加值化利用的可行性評估

1. 進行紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子之精油及純露成分分析與含量。
2. 了解不同齡級（21-40 年生、41-60 年生）之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子之精油及純露成分與含量差異。
3. 了解各齡級（21-40 年生、41-60 年生）不同事業區（太平山事業區及大溪事業區）之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子精油及純露成分於含量差異。
4. 評估 4 種人工林樹種枝條及葉子開發為香氛或相關產品之潛力。

(二) 發展精油產業建議，含生產前置準備、生產設備、生產作業需求等。

(三) 4 種人工林樹種枝條及葉子之純露與精油樣本各一式。

五、 重要工作項目

- (一) 紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子之精油成分分析。
- (二) 紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子之純露成分分析。
- (三) 紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子萃取之精油與純露加
值化利用的可行性評估。
- (四) 以紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子作為精油利用之產
業化發展可行性評估。
- (五) 設計純露 DIY 體驗活動 1 項，於 10 月份活動執行。
- (六) 辦理精油及萃取實務教育訓練 1 場。

六、 實施方法與步驟

實施方法與步驟預計參照圖 1 之流程進行，各流程試驗方法詳述

如下：

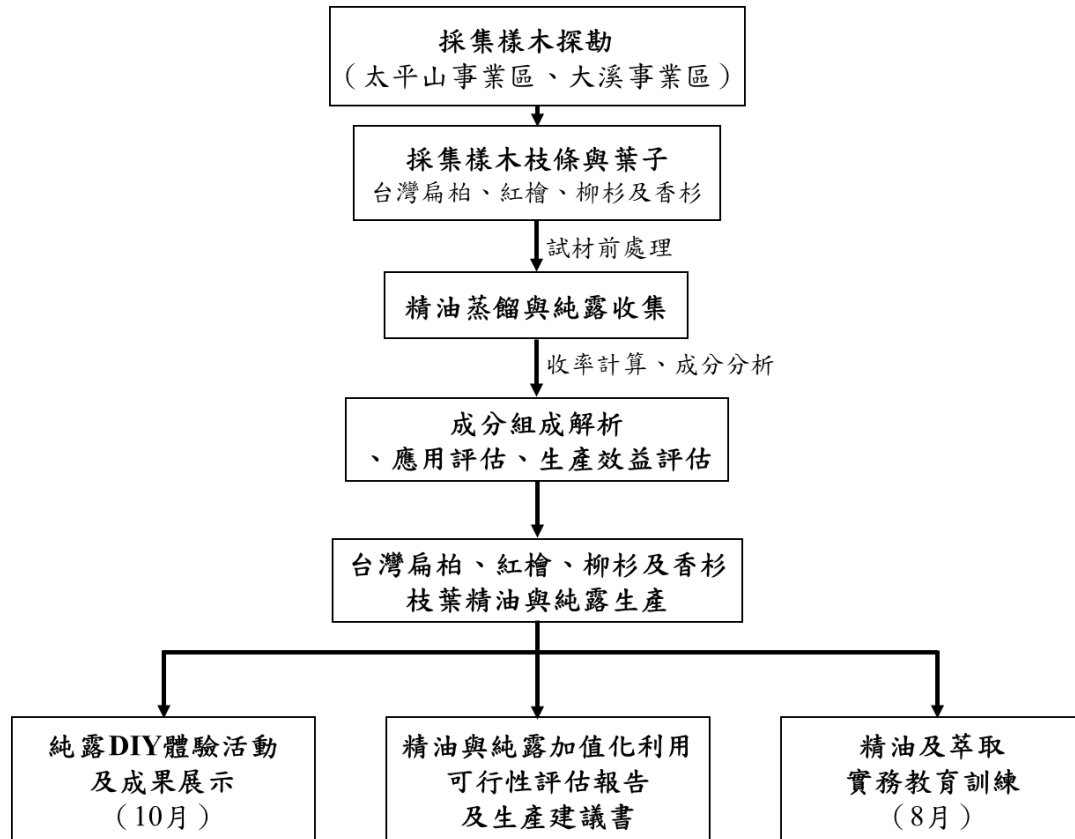


圖 1. 棲蘭人工林撫育枝殘材發展精油產業利用計畫施行流程

(一) 枝條與葉子精油萃取

以水蒸氣蒸餾法萃取不同齡級 (21-40 年生、41-60 年生) 與不同事業區 (太平山事業區及大溪事業區) 紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉之枝條 (直徑小於 6 cm) 及葉子精油 (詳細採集資料如附錄)。每批次將 12 kg 之葉子或枝條放入 80 L 精油蒸餾裝置中萃取 4 h (蒸氣通量：150 mL/min)，收集精油並計算其收率 (%，w/w)。

(二) 枝條與葉子純露收集及成分分離

本計畫所使用之枝條與葉子純露是利用迴流式精油蒸餾裝置凝縮並收集萃取精油過程中油水分離程序後之水層而得。首先，將 600 g 的葉子或枝條放入蒸餾裝置蒸餾 6 h (蒸氣通量：100 mL/min)，收集凝縮之純露後，續將純露以正己烷進行液相-液相萃取，並經過濃縮取得純露香氛成分，以供後續分析。

(三) 枝條與葉子之精油及純露成分鑑定

精油及純露成分以正己烷稀釋成 100 - 500 $\mu\text{g/mL}$ ，過濾後注入氣相層析質譜儀 (Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 進行成分鑑定，所採用之 GCMS 條件如下：注射口溫度 250°C，載送氣體氮氣的流速 1 mL/min，離子源溫度 230°C，分流比 (Splitting ratio) 10:1，毛細管柱 DB-5ms (Crossbond 5% phenyl methylpolysiloxane) (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm)。所使用的升溫條件為起始溫度 60°C，持溫 1 min，第一階段升溫以 4°C/min 升至 220°C 後，持溫 2 min，第二階段升溫以 20°C/min 升至 250°C 後，持溫 3 min，各樣品之含量由氣相層析圖波峰面積計算。成分鑑定則與 National Institute of Standards and Technology (NIST) V2.0、Wiley 7.0 及自行以各種天然物作為標準品建立之質譜資料庫進行初步比對，並使用滯留指數 (Kováts retention index, KI) (Adams, 2007) 進行確認，最後再使用

標準品進行共注射（Co-injection）確定。

（四）精油與純露加值化利用的可行性評估

待了解各樹種枝條與葉子之精油及純露含量及成分後，評估最合適之加工流程及可製成產品，並進行成本估算。

（五）精油與純露 DIY 體驗活動

於森林保育事業管理處之處慶時節（2022 年 10 月 6 日）舉辦精油與純露 DIY 體驗活動。精油 DIY 體驗活動是帶著參與者認識精油及香味品評，並藉由調香體驗認識精油香氛的有趣之處。由於純露為水溶液，因此純露 DIY 體驗活動則進行手工香氛皂與慕斯製作。

（六）精油及萃取實務教育訓練

於 8 月 30 日舉辦精油及萃取實務教育訓練活動，內容主要介紹植物香氛的發展、精油化學、萃取原理等，使參與同仁對精油能有更深層的認識，以利未來開發與推廣林木精油及相關產品。

七、計畫結果與討論

(一) 太平山事業區及大溪事業區之不同齡級樹種枝葉精油與成分比較

1. 臺灣扁柏葉子與枝條精油成分差異

本計畫主要為評估太平山事業區及大溪事業區的臺灣扁柏、紅檜、柳杉及香杉枝條與葉子作為精油和純露之潛力評估。由試驗分析結果可知，由水蒸氣蒸餾法獲得的臺灣扁柏葉子精油成分組成（圖 2-圖 5、表 1-表 4）與枝條精油成分組成（圖 6-圖 9、表 5-表 8）具有差異。兩個事業區各齡級臺灣扁柏葉子精油主要組成大致上皆是以 Thujopsene ($>20\%$) 為主（圖 2-圖 5），然而在次要成分部分，41-60 年生的臺灣扁柏葉子精油中尚有 Elemol ($>10\%$) 與 Cedrol ($>10\%$)。此外，觀察精油收率（表 9）亦發現，生長在 100 線上的臺灣扁柏葉子有較高之精油收率（0.38-0.57%）。

Su 等人（2006）研究指出，採集自林業試驗所信賢苗圃的 22 年生臺灣扁柏葉子精油富含 α -Pinene，相對含量達 70% 以上；然而，Chen 等人（2011）探討生長在臺灣不同區域（棲蘭山、阿里山、嘉義、臺中、竹東、太麻里）的 30 年生臺灣扁柏葉子精油成分發現，這些臺灣扁柏葉子精油（水蒸餾法獲得）主要以 Thujopsene、Elemol、Guaio、 α -Cadinol 及 Thujopsenal 為主，Chen 等人（2011）更進一步指出，根

據這些成分的相對含量差異，臺灣扁柏亦具有品系之分。由此可推知，在棲蘭山中不同事業區的臺灣扁柏應該亦有品系差異，而造成此差異是否與生育地環境或營養系有關，值得未來加以探討。此外，根據目前之結果，未來若要發展精油相關產業，則可優先以精油收率較高之 100 線（如 9K、18K）的臺灣扁柏葉子為主要採集對象。

進一步比較臺灣扁柏枝條精油成分（圖 6-圖 9、表 5-表 8）可知，大溪事業區中位於 170 線的 21-40 年生臺灣扁柏枝條精油含有 α -Pinene，枝條精油以 α -Pinene（31.6%）、Thujopsene（44.6%）及 δ -Cadinene（17.3%）為主；而同在大溪事業區但位於 100 線 9K 的 41-60 年生臺灣扁柏枝條精油則未見 α -Pinene，反而是以 Thujopsene（20.2%）、 δ -Cadinene（36.6%）及 7-*epi*- α -Eudesmol（12.6%）為主。此外，位於太平山事業區 100 線 18K 的 21-40 年生臺灣扁柏枝條精油的主成分則與大溪事業區 100 線 9K 的 41-60 年生臺灣扁柏枝條精油相似，具有 Thujopsene（20.9%）、 δ -Cadinene（27.1%）及 7-*epi*- α -Eudesmol（13.7%）；然而，同在太平山事業區 100 線 18K 的 41-60 年生臺灣扁柏枝條精油成分則又不同，以 δ -Cadinene（35.4%）和 7-*epi*- α -Eudesmol（20.9%）為主，另具有 α -Muurolene（10.5%）、 γ -Cadinene（11.9）及 α -Cadinol（9.94%）。由上述結果可知，臺灣扁柏枝條精油普遍來看大多具有 Thujopsene 與 δ -Cadinene，但是相對含量的差異性

較葉子大，目前尚難以梳理出其中的道理。然而，若觀察枝條精油的收率(0.01-0.04%)可發現，大多較葉子精油收率(0.10-0.60%)低 2.5 至 60 倍，因此未來實務操作上可將其合併蒸餾，應不致影響主要精油成分之組成，此亦可節省前處理時間，提升生產效率，降低人力成本。

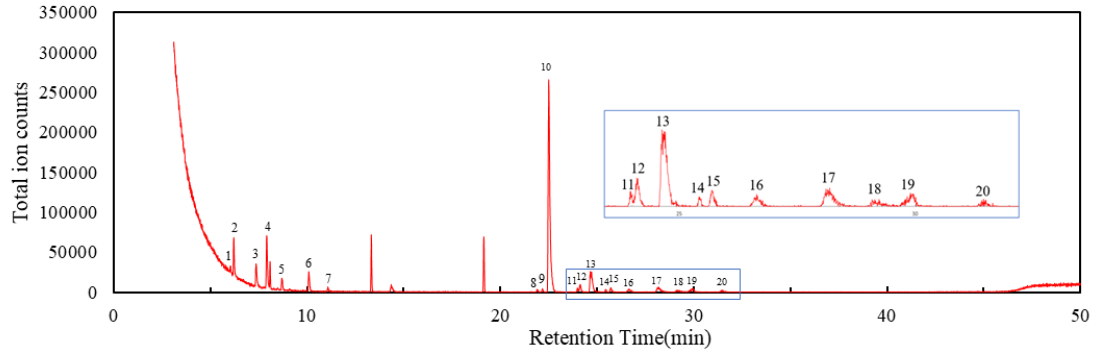


圖 2. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖

Total ion counts：總離子訊號數量；Retention time：滯留時間。

表 1. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.036	929	930	0.78	MS, KI
2	α -Pinene	6.199	936	939	4.68	MS, KI
3	Sabinene	7.350	976	975	4.17	MS, KI
4	β -Myrcene	7.899	993	991	9.10	MS, KI
5	α -Terpinene	8.680	1019	1017	2.07	MS, KI
6	γ -Terpinene	10.072	1063	1060	3.52	MS, KI
7	Terpinolene	11.060	1091	1088	0.57	MS, KI
8	α -Cedrene	21.868	1412	1412	0.38	MS, KI
9	β -Cedrene	22.157	1421	1421	0.47	MS, KI
10	Thujopsene	22.486	1432	1431	58.0	MS, KI
11	β -Chamigrene	23.972	1478	1476	0.55	MS, KI
12	γ -Muurolene	24.102	1482	1480	1.71	MS, KI
13	α -Muurolene	24.635	1498	1500	7.69	MS, KI
14	δ -Cadinene	25.429	1524	1523	0.32	MS, KI
15	unknown	25.694	1532	-	0.83	-
16	Elemol	26.640	1562	1549	0.83	MS, KI
17	Cedrol	28.188	1610	1600	2.33	MS, KI
18	α -Muurolol	29.235	1643	1646	0.54	MS, KI
19	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	29.898	1664	1664	1.25	MS, KI
20	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.452	1710	1709	0.23	MS, KI

KI：Kovat's retention index，滯留指數；rKI：文獻滯留指數（Adams, 2007）；Relative area：相對面積；Identification：鑑定方式，MS 為質譜資料庫，KI 為滯留指數。

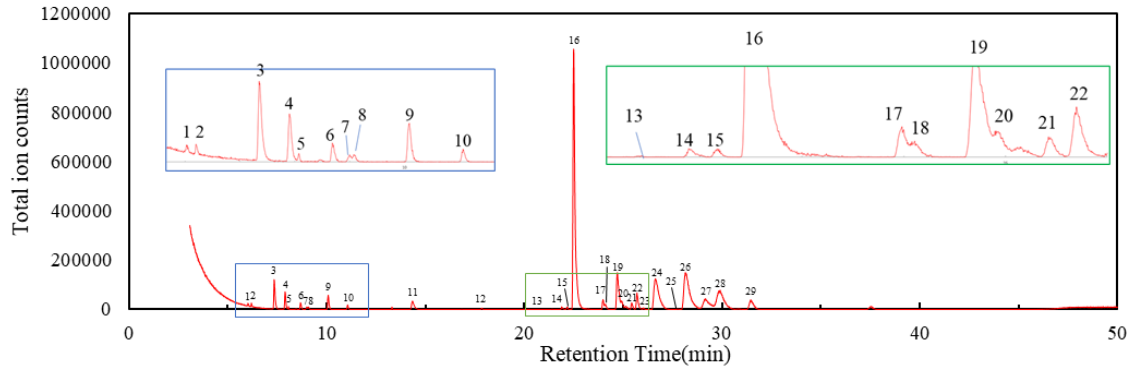


圖 3. 大溪事業區（100 線 9K 處）41-60 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖

表 2. 大溪事業區（100 線 9K 處）41-60 年生臺灣扁柏葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.026	929	930	0.12	MS, KI
2	α -Pinene	6.199	936	939	0.17	MS, KI
3	Sabinene	7.353	976	975	2.70	MS, KI
4	β -Myrcene	7.903	993	991	1.39	MS, KI
5	δ -3-Carene	8.461	1012	1011	0.06	MS, KI
6	α -Terpinene	8.685	1020	1017	0.55	MS, KI
7	<i>p</i> -Cymene	9.001	1030	1024	0.18	MS, KI
8	β -Phellandrene	9.074	1033	1030	0.21	MS, KI
9	γ -Terpinene	10.087	1064	1060	1.31	MS, KI
10	Terpinolene	11.067	1091	1089	0.35	MS, KI
11	Terpinen-4-ol	14.357	1188	1188	1.51	MS, KI
12	Isobornyl acetate	17.846	1290	1285	0.12	MS, KI
13	unknown	21.416	1397	-	0.02	-
14	α -Cedrene	21.887	1413	1412	0.26	MS, KI
15	β -Cedrene	22.166	1422	1420	0.23	MS, KI
16	Thujopsene	22.496	1432	1431	36.73	MS, KI
17	β -Chamigrene	23.981	1478	1476	1.08	MS, KI
18	γ -Muuroolene	24.107	1482	1480	0.57	MS, KI
19	α -Muuroolene	24.708	1500	1500	5.92	MS, KI
20	Cuparene	24.909	1507	1504	1.22	MS, KI
21	γ -Cadinene	25.143	1514	1513	0.48	MS, KI
22	δ -Cadinene	25.423	1524	1523	0.75	MS, KI
23	unknown	25.698	1533	-	2.11	-
24	Germacrene B	26.630	1562	1561	10.84	MS, KI

續表 2. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
25	unknown	27.725	1596	-	0.02	-
26	Cedrol	28.143	1609	1600	14.65	MS, KI
27	α -Muurolool	29.166	1641	1646	4.51	MS, KI
28	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	29.909	1664	1664	9.25	MS, KI
29	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.452	1710	1709	2.67	MS, KI

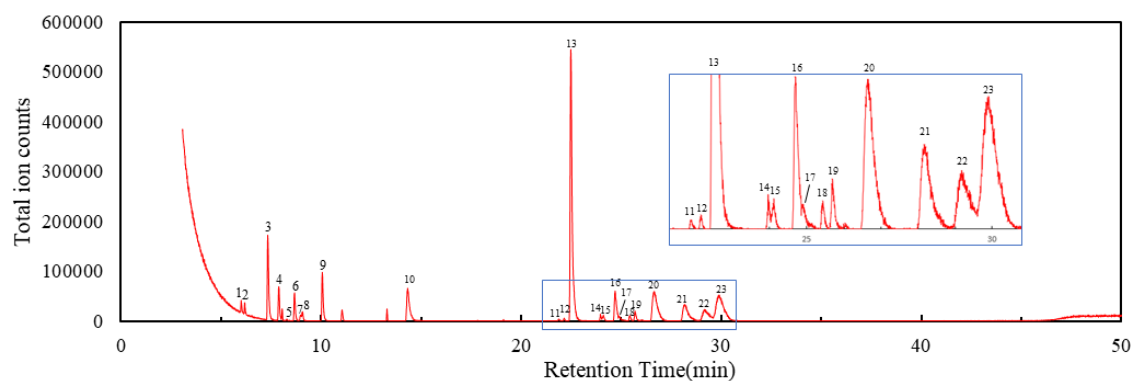


圖 4. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖

表 3. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.025	929	930	0.65	MS, KI
2	α -Pinene	6.199	936	939	0.64	MS, KI
3	Sabinene	7.351	976	975	7.78	MS, KI
4	β -Myrcene	7.904	993	991	2.87	MS, KI
5	α -Phellandrene	8.305	1006	1002	0.13	MS, KI
6	α -Terpinene	8.688	1020	1017	2.49	MS, KI
7	<i>p</i> -Cymene	8.988	1030	1024	0.46	MS, KI
8	β -Phellandrene	9.088	1033	1030	0.80	MS, KI
9	γ -Terpinene	10.078	1064	1060	4.44	MS, KI
10	Terpinen-4-ol	14.340	1187	1177	5.65	MS, KI
11	α -Cedrene	21.903	1413	1412	0.14	MS, KI
12	β -Cedrene	22.164	1422	1421	0.18	MS, KI
13	Thujopsene	22.491	1432	1431	35.7	MS, KI
14	β -Chamigrene	23.964	1478	1476	0.48	MS, KI
15	γ -Muurolene	24.120	1483	1480	0.49	MS, KI
16	α -Muurolene	24.702	1500	1500	4.11	MS, KI
17	Cuparene	24.886	1506	1504	0.64	MS, KI
18	δ -Cadinene	25.441	1524	1523	0.51	MS, KI
19	unknown	25.699	1533	-	0.86	-
20	Elemol	26.645	1563	1549	9.25	MS, KI
21	Cedrol	28.17	1610	1600	5.38	MS, KI
22	α -Muurolol	29.178	1642	1646	4.32	MS, KI
23	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.904	1664	1664	12.1	MS, KI

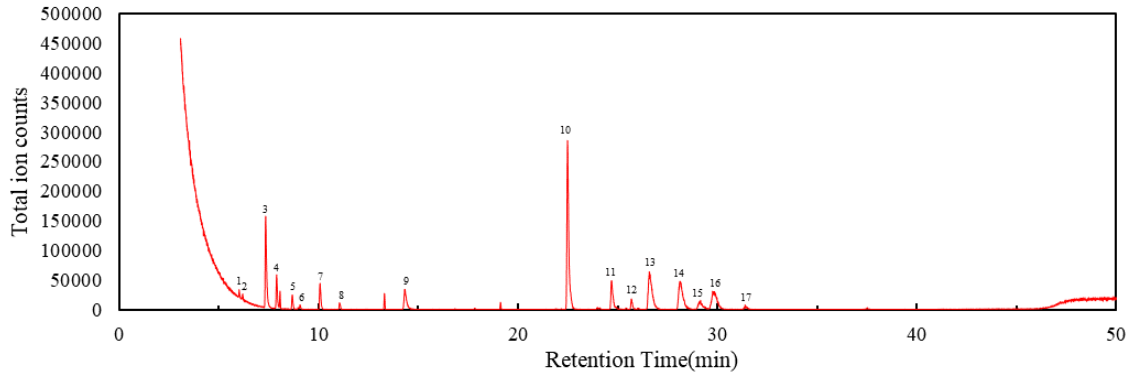


圖 5. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子精油氣相層析圖

表 4. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Thujene	6.025	929	930	0.51	KI,MS
2	α -Pinene	6.202	936	939	0.35	KI,MS
3	Sabinene	7.354	976	975	12.3	KI,MS
4	Myrcene	7.904	993	991	3.98	KI,MS
5	α -Terpinene	8.684	1019	1017	1.63	KI,MS
6	β -Phellandrene	9.087	1032	1030	0.52	KI,MS
7	γ -Terpinene	10.081	1063	1060	3.30	KI,MS
8	Terpinolene	11.056	1090	1089	0.72	KI,MS
9	Terpinen-4-ol	14.319	1186	1177	4.61	KI,MS
10	Thujopsene	22.488	1433	1431	29.2	KI,MS
11	α -Muurolole	24.694	1500	1505	5.46	KI,MS
12	unknown	25.684	1534	-	1.53	-
13	Elemol	26.590	1563	1549	13.1	KI,MS
14	Cedrol	28.135	1613	1600	10.8	KI,MS
15	α -Muurolol	29.155	1647	1646	2.98	KI,MS
16	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	29.755	1666	1664	8.73	KI,MS
17	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.384	1717	1709	0.62	MS, KI

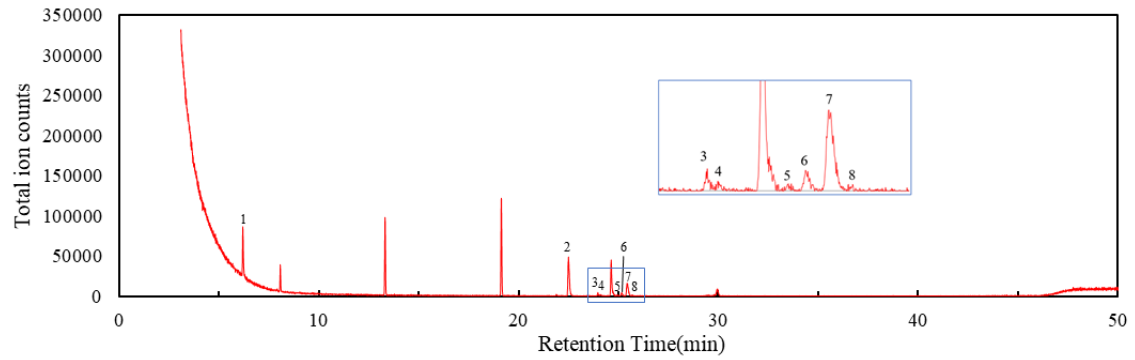


圖 6. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖

表 5. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.192	935	939	31.6	MS, KI
2	Thujopsene	22.491	1432	1431	44.6	MS, KI
3	β -Chamigrene	23.965	1478	1476	1.89	MS, KI
4	γ -Muurolene	24.09	1482	1480	0.72	MS, KI
5	Cuparene	24.971	1509	1504	0.56	MS, KI
6	γ -Cadinene	25.144	1515	1513	2.93	MS, KI
7	δ -Cadinene	25.42	1524	1523	17.3	MS, KI
8	unknown	25.658	1531	-	0.21	-

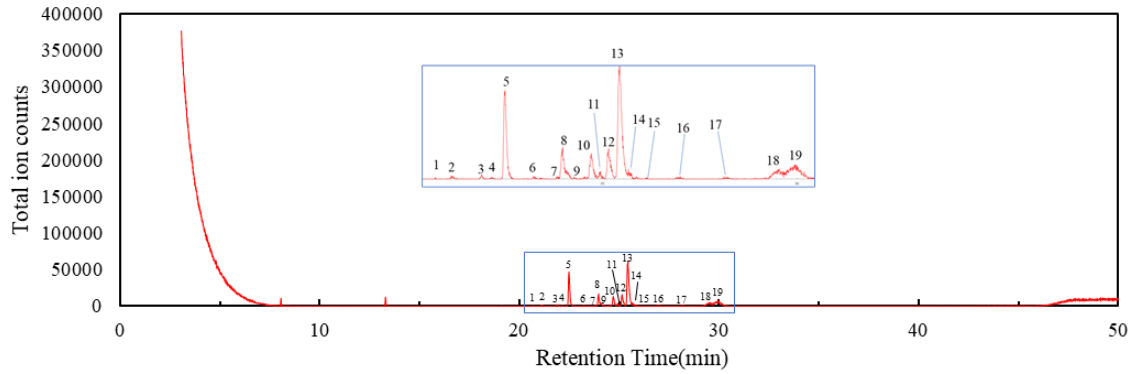


圖 7. 大溪事業區（100 線 9K 處）41-60 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖

表 6. 大溪事業區（100 線 9K 處）41-60 年生臺灣扁柏枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Copaene	20.708	1377	1374	0.04	MS, KI
2	unknown	21.112	1389	-	0.39	-
3	α -Cedrene	21.899	1413	1412	0.52	MS, KI
4	β -Cedrene	22.154	1421	1421	0.23	MS, KI
5	Thujopsene	22.496	1432	1431	20.2	MS, KI
6	unknown	23.233	1456	-	0.29	-
7	β -Chamigrene	23.874	1475	1476	0.24	MS, KI
8	γ -Muurolene	23.983	1479	1479	7.95	MS, KI
9	Germacrene D	24.268	1487	1485	0.13	MS, KI
10	α -Muurolene	24.713	1500	1500	6.40	MS, KI
11	Cuparene	24.954	1508	1504	1.08	MS, KI
12	γ -Cadinene	25.158	1515	1513	7.09	MS, KI
13	δ-Cadinene	25.444	1524	1523	36.6	MS, KI
14	unknown	25.868	1538	-	0.14	-
15	unknown	26.131	1546	-	0.03	-
16	unknown	27.006	1574	-	0.39	-
17	Cedrol	28.126	1608	1600	0.28	MS, KI
18	α -Cadinol	29.544	1653	1654	5.53	MS, KI
19	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.947	1665	1664	12.6	MS, KI

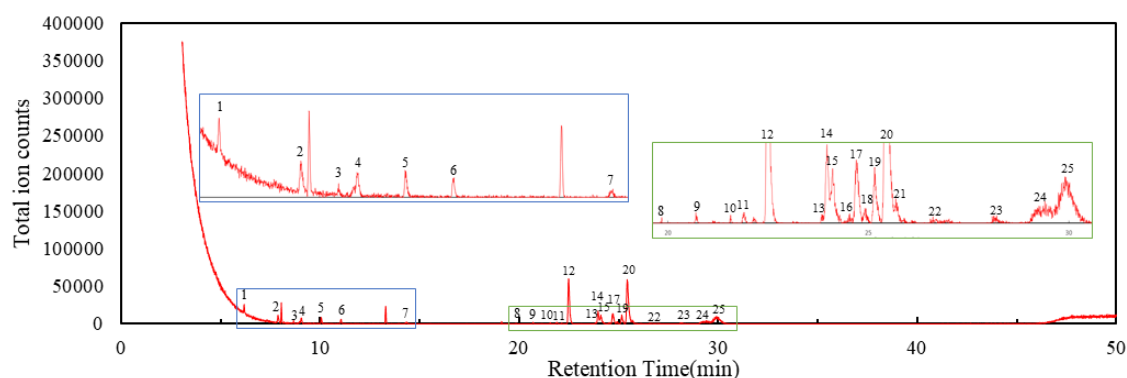


圖 8. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖

表 7. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.201	936	939	1.47	MS, KI
2	β -Myrcene	7.901	993	991	2.30	MS, KI
3	α -Terpinene	8.683	1020	1017	0.51	MS, KI
4	β -Phellandrene	9.067	1032	1030	2.56	MS, KI
5	γ -Terpinene	10.065	1063	1060	1.71	MS, KI
6	Terpinolene	11.076	1091	1088	1.30	MS, KI
7	unknown	14.375	1188	-	0.61	-
8	α -Cubebene	19.851	1352	1345	0.06	MS, KI
9	α -Copaene	20.702	1377	1374	0.24	MS, KI
10	unknown	21.568	1402	-	0.14	-
11	α -Cedrene	21.908	1413	1412	0.50	MS, KI
12	Thujopsene	22.5	1433	1431	20.9	MS, KI
13	unknown	23.851	1475	-	0.16	-
14	β -Chamigrene	23.97	1478	1476	5.48	MS, KI
15	γ -Muuroolene	24.112	1482	1480	4.38	MS, KI
16	unknown	24.537	1495	-	0.32	-
17	α -Muuroolene	24.703	1500	1500	5.07	MS, KI
18	Cuparene	24.946	1508	1504	0.94	MS, KI
19	γ -Cadinene	25.159	1515	1513	3.68	MS, KI
20	δ-Cadinene	25.434	1524	1523	27.1	MS, KI
21	<i>trans</i> -Cadina-1,4-diene	25.688	1532	1534	1.38	MS, KI
22	Elemol	26.617	1562	1549	0.18	MS, KI
23	Cedrol	28.206	1611	1600	0.52	MS, KI
24	α -Muurolol	29.405	1649	1646	4.81	MS, KI
25	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.904	1664	1664	13.7	MS, KI

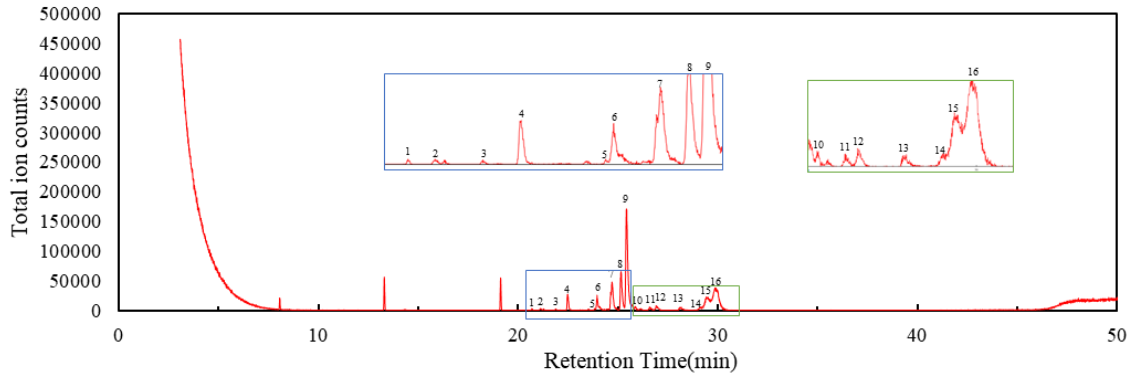


圖 9. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條精油氣相層析圖

表 8. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -copaene	20.697	1377	1376	0.11	KI,MS
2	Geranyl acetate	21.125	1390	1381	0.15	KI,MS
3	unknown	21.883	1413	-	0.14	-
4	<i>cis</i> -Thujopsene	22.489	1433	1431	3.48	KI,MS
5	unknown	23.834	1475	-	0.12	-
6	γ -Muurolene	23.959	1478	1480	3.52	KI,MS
7	α-Muurolene	24.704	1501	1500	10.5	KI,MS
8	γ-Cadinene	25.153	1516	1514	11.9	KI,MS
9	δ-Cadinene	25.424	1525	1523	35.4	KI,MS
10	unknown	25.887	1540	-	0.59	-
11	Elemol	26.594	1563	1549	0.57	KI,MS
12	unknown	26.908	1573	-	1.17	-
13	Cedrol	28.177	1614	1600	0.80	KI,MS
14	α -Muurolol	29.129	1644	1646	0.77	MS, KI
15	α -Cadinol	29.429	1655	1654	9.94	KI,MS
16	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.89	1670	1664	20.9	KI,MS

表 9. 不同事業區各樹齡臺灣扁柏枝條與葉子精油主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			170 線		100 線 9K		100 線 18K		100 線 14K	
			21-40 年生		41-60 年生		21-40 年生		41-60 年生	
			(大溪)		(大溪)		(太平山)		(太平山)	
		葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	
936	939	α-Pinene	4.68	31.6	0.17	-	0.63	1.47	-	-
976	975	Sabinene	4.17	-	2.69	-	7.72	-	12.3	-
993	991	β -Myrcene	9.10	-	1.39	-	2.85	2.3	3.98	-
1432	1431	Thujopsene	58.0	44.6	36.6	20.2	35.4	20.9	29.2	3.48
1498-1500	1500	α -Muurolene	7.69	-	5.92	6.40	4.11	5.07	5.46	10.5
1514	1513	γ -Cadinene	-	2.93	0.48	7.09	-	3.68	-	11.9
1524	1523	δ-Cadinene	0.32	17.3	0.75	36.6	0.51	27.1	-	35.4
1562	1549	Elemol	0.83	-	10.8	-	9.25	0.18	13.1	0.57
1608-1614	1600	Cedrol	2.33	-	14.65	0.28	5.38	0.52	10.8	0.80
1655	1654	α -Cadinol	-	-	-	5.53	-	-	-	9.94
1664-1670	1664	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	1.25	-	9.25	12.6	12.1	13.7	8.73	20.9
1710	1709	<i>cis</i> -Thujopsenal	0.23	-	2.67	-	-	-	0.62	-
收率(%)			0.10	<0.01	0.60	0.02	0.57	0.04	0.38	<0.01
生育地/生長描述			優勢木		斜坡，優勢木		斜坡，優勢木		優勢木	

2. 紅檜葉子與枝條精油成分差異

由紅檜葉子與枝條精油層析圖譜之分析結果可知(圖 10-圖 17、表 10-表 17、表 18)，紅檜葉子與枝條精油成分不相同。於不同事業區各齡級紅檜的葉子精油均含有 α -Pinene(圖 10-圖 13)，其相對含量約為 47-89%(表 10-表 13)。大溪事業區中，21-40 年生紅檜的葉子精油以 α -Pinene 與 Thujopsene 為主要成分，相對含量各為 50.8%與 47.3%；41-60 年生紅檜的葉子精油則以 α -Pinene 為主要成分，相對含量為 47.1%，另具有次要成分 δ -Cadinene (14.7%)。而觀察太平山事業區各齡級紅檜的葉子精油成分組成(表 12-表 13)發現，主要成分亦為 α -Pinene，21-40 年生紅檜的葉子精油中含有較多的 α -Pinene (88.5%)，41-60 年生紅檜葉子精油中的 α -Pinene 較少 (65.9%)，但具次要成分 δ -3-Carene (24.5%)。若與 Su 等人 (2006) 與 Chen 等人 (2011) 之結果比較可發現，兩位學者分析的 20-30 年生紅檜葉子精油主要成分僅為 α -Pinene(>80%)，而在本計畫中，僅只有 100 線 11K 的 21-40 年生紅檜葉子精油含有相當量的 α -Pinene (88.5%)，其餘的紅檜葉子精油中則具有較少的 α -Pinene，並有次要成分 Thujopsene、 δ -3-Carene 或 δ -Cadinene，此是否意味著紅檜亦具有化學品系，或因地理環境產生成分差異，值得未來進一步詳加探討與研究。

此外，進一步比較發現，不同事業區各齡級紅檜的枝條精油成分

雖各異（表 18），但太平山事業區的紅檜枝條精油主成分皆為 7-*epi*- α -Eudesmol(40-82%)，次要成分則可發現有 α -Muurolool 或 δ -Cadinene。至於大溪事業區 160 線 41-60 年生紅檜枝條精油是以 α -Humulene 與 δ -Cadinene 為主要成分（分別為 32.8%及 30.0%），170 線 21-40 年生紅檜枝條精油則是以 α -Pinene 與 δ -Cadinene 為主要成分（分別為 30.1%及 25.2%），顯示大溪事業區的不同齡級紅檜枝條精油是以 δ -Cadinene 為主，其他成分變化較大，此是否與生長環境有所關聯，可以於未來再詳加探討。

同樣地，若比較不同事業區各齡級紅檜的枝條與葉子精油可發現，葉子精油收率（0.17-0.32%）比枝條精油收率（>0.01-0.03%）高出 6-32 倍之多，且葉子精油以高揮發性的萜類化合物（如 α -Pinene 與 Thujopsene）為主，枝條精油屬揮發性較低的萜類化合物為主，顯示若兩者混和蒸餾應不致影響精油香氣，若將其混和蒸餾，此不僅可以簡化精油加工的前處理流程，葉子精油的香氛也不易受微量枝條精油影響，且還可因枝條精油的低揮發物質（如 7-*epi*- α -Eudesmol、 α -Muurolool、 δ -Cadinene）而讓葉子精油成分緩慢釋出，給予精油產品更多的香氛層次，營造有別於單一成分精油的單調感受。

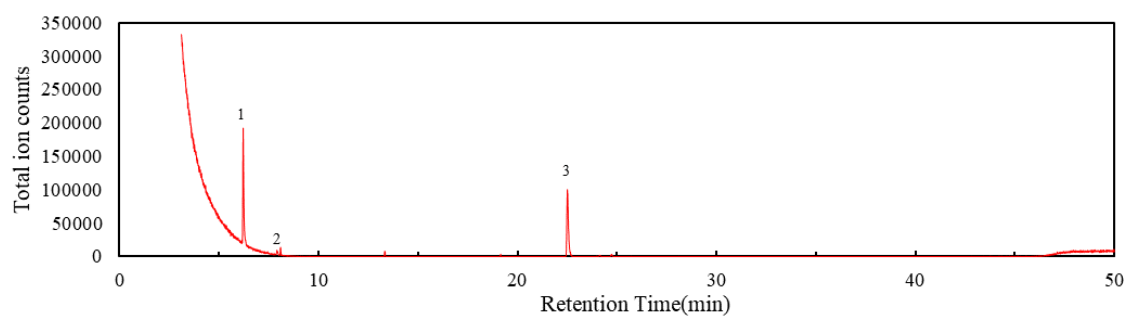


圖 10. 大溪事業區（170 線）21-40 年生紅檜葉子精油氣相層析圖

表 10. 大溪事業區（170 線）21-40 年生紅檜葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.192	935	939	50.8	MS, KI
2	β -Myrcene	7.888	993	991	1.90	MS, KI
3	Thujopsene	22.489	1432	1431	47.3	MS, KI

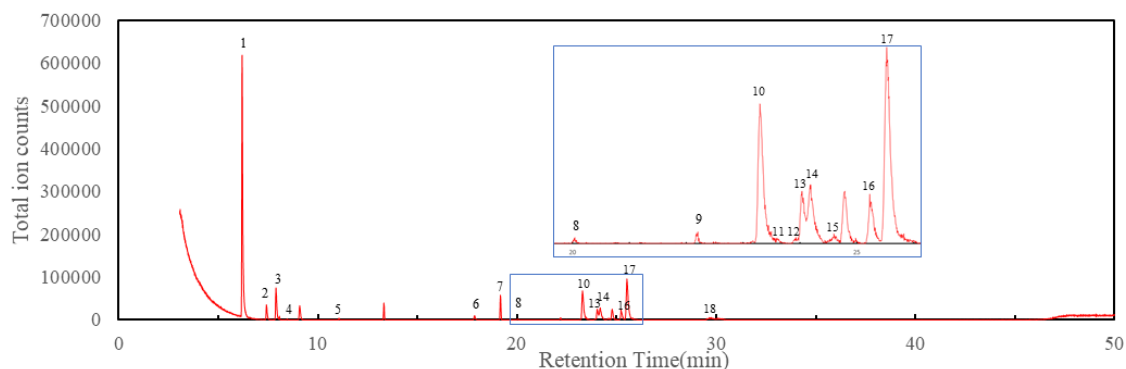


圖 11. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜葉子精油氣相層析圖

表 11. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α-Pinene	6.220	937	939	47.1	MS, KI
2	Sabinene	7.440	979	975	3.00	MS, KI
3	β -Myrcene	7.917	994	991	6.58	MS, KI
4	δ -3-Carene	8.475	1012	1011	0.12	MS, KI
5	Terpinolene	11.076	1091	1089	0.25	MS, KI
6	Isobornyl acetate	17.887	1291	1283	0.99	MS, KI
7	Terpinyl acetate	19.181	1331	1349	3.67	MS, KI
8	unknown	20.037	1357	-	0.16	-
9	β -Bergamotene	22.204	1423	1427	0.33	MS, KI
10	α -Humulene	23.301	1458	1455	9.15	MS, KI
11	unknown	23.496	1464	-	0.23	-
12	unknown	23.594	1467	-	0.17	-
13	γ -Muurolene	24.036	1480	1480	2.76	MS, KI
14	Germacrene D	24.187	1485	1485	4.43	MS, KI
15	<i>cis</i> -Cadina-1,4-diene	24.601	1497	1495	0.52	MS, KI
16	γ -Cadinene	25.231	1517	1514	2.82	MS, KI
17	δ-Cadinene	25.529	1527	1523	14.7	MS, KI
18	α -Muurolol	29.749	1659	1646	3.06	MS, KI

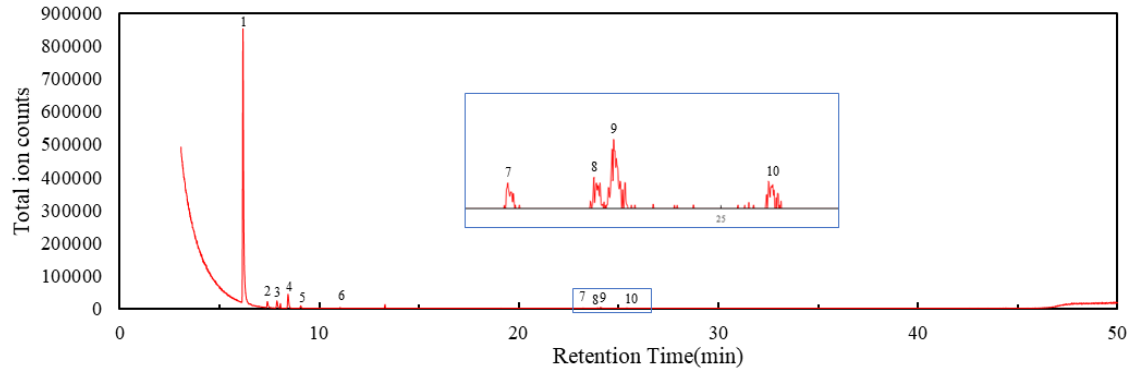


圖 12. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜葉子精油氣相層析圖

表 12. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.197	936	936	88.5	MS, KI
2	Sabinene	7.423	978	975	2.17	MS, KI
3	β -Myrcene	7.898	993	993	2.71	MS, KI
4	δ -3-Carene	8.454	1011	1011	5.22	MS, KI
5	β -Phellandrene	9.098	1033	1033	0.69	MS, KI
6	Terpinolene	11.06	1090	1089	0.08	MS, KI
7	α -Humulene	23.216	1456	1455	0.08	MS, KI
8	γ -Muurolene	23.936	1478	1480	0.11	MS, KI
9	Germacrene D	24.104	1483	1485	0.38	MS, KI
10	δ -Cadinene	25.401	1524	1523	0.08	MS, KI

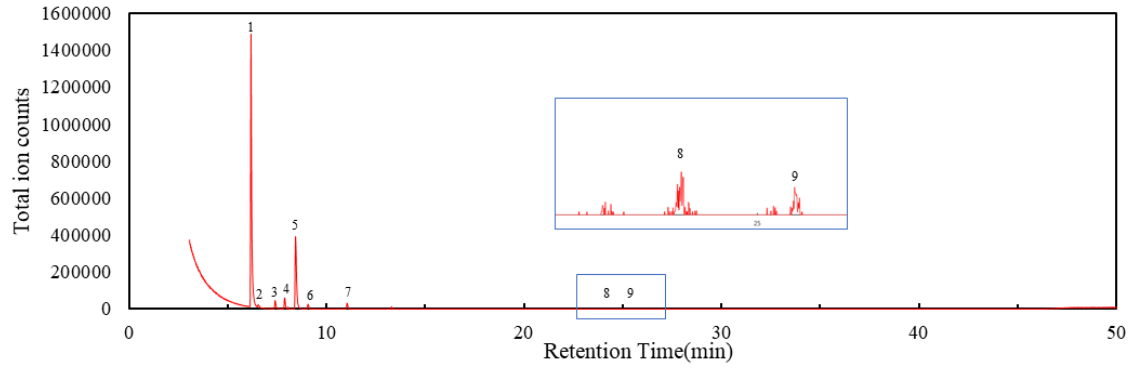


圖 13. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子精油氣相層析圖

表 13. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α-Pinene	6.200	936	939	65.9	MS, KI
2	α -Fenchene	6.557	949	945	0.67	MS, KI
3	Sabinene	7.421	978	975	2.36	MS, KI
4	β -Myrcene	7.904	993	991	3.15	MS, KI
5	δ-3-Carene	8.455	1012	1011	24.5	MS, KI
6	β -Phellandrene	9.094	1033	1030	1.55	MS, KI
7	Terpinolene	11.061	1091	1089	1.79	MS, KI
8	Germacrene D	24.131	1483	1485	0.05	MS, KI
9	δ -Cadinene	25.430	1524	1523	0.04	MS, KI

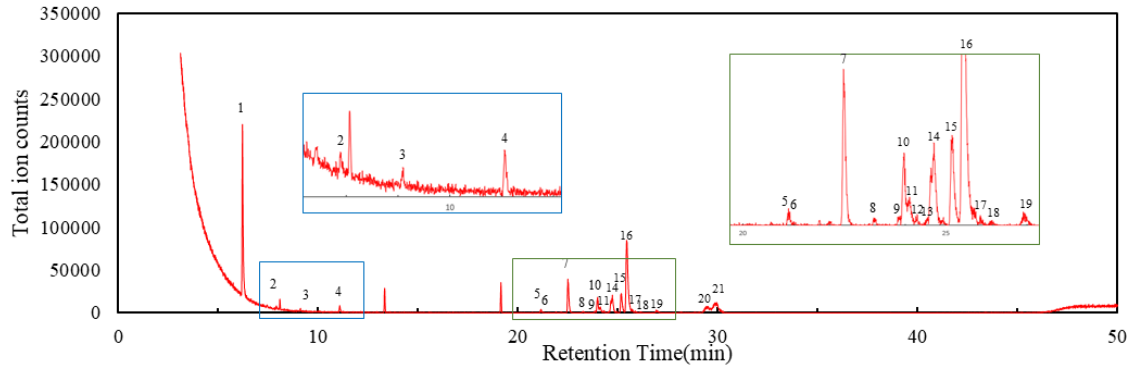


圖 14. 大溪事業區（170 線）21-40 年生紅檜枝條精油氣相層析圖

表 14. 大溪事業區（170 線）21-40 年生紅檜枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α-Pinene	6.194	936	939	30.1	MS, KI
2	β -Myrcene	7.894	993	991	0.45	MS, KI
3	β -Phellandrene	9.099	1033	1030	0.41	MS, KI
4	Terpinolene	11.06	1091	1088	1.16	MS, KI
5	unknown	21.125	1389	-	0.54	-
6	β -Cedrene	22.132	1421	1420	0.12	MS, KI
7	Thujopsene	22.48	1432	1431	8.26	MS, KI
8	α -Humulene	23.228	1455	1455	0.25	-
9	unknown	23.846	1474	-	0.22	-
10	γ -Muurolene	23.971	1478	1480	3.83	MS, KI
11	Germacrene D	24.104	1482	1485	1.62	MS, KI
12	β -Selinene	24.296	1488	1490	0.29	MS, KI
13	<i>cis</i> -Cadin-1,4-diene	24.552	1495	1495	0.15	MS, KI
14	α -Muurolene	24.708	1500	1500	6.10	MS, KI
15	γ -Cadinene	25.154	1515	1514	5.37	MS, KI
16	δ-Cadinene	25.422	1524	1523	25.2	MS, KI
17	unknown	25.703	1533	-	0.51	-
18	unknown	25.846	1537	-	0.26	-
19	unknown	26.903	1571	-	0.70	-
20	α -Muurolol	29.477	1651	1646	5.42	MS, KI
21	<i>7-epi</i> - α -Eudesmol	29.938	1665	1664	9.04	MS, KI

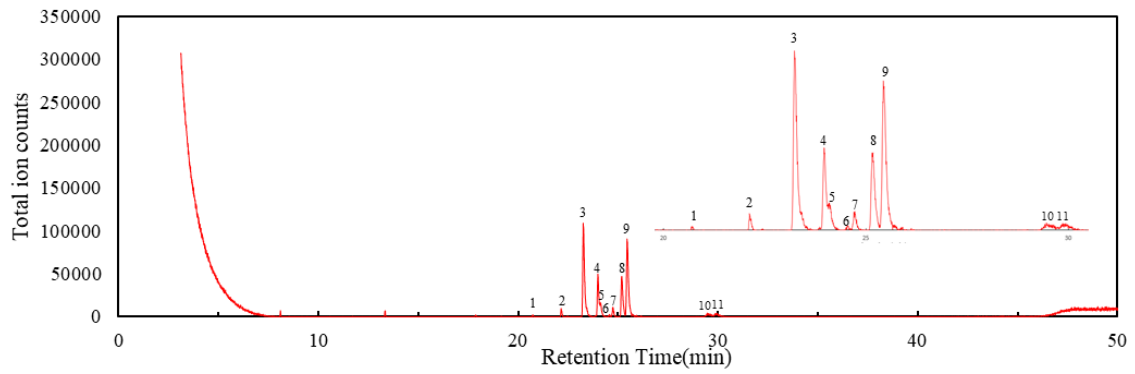


圖 15. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜枝條精油氣相層析圖

表 15. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Copaene	20.724	1378	1374	0.19	MS, KI
2	β -Cedrene	22.133	1421	1420	1.53	MS, KI
3	α-Humulene	23.241	1456	1455	32.8	MS, KI
4	γ-Muurolene	23.974	1478	1480	11.3	MS, KI
5	Germacrene D	24.102	1482	1485	4.07	MS, KI
6	<i>cis</i> -Cadina-1,4-diene	24.542	1495	1495	0.37	MS, KI
7	α -Muurolene	24.731	1501	1500	2.33	MS, KI
8	γ-Cadinene	25.175	1516	1513	13.6	MS, KI
9	δ-Cadinene	25.436	1524	1523	30.0	MS, KI
10	α -Muurolol	29.463	1650	1646	1.80	MS, KI
11	<i>7-epi</i> - α -Eudesmol	29.938	1665	1664	2.09	MS, KI

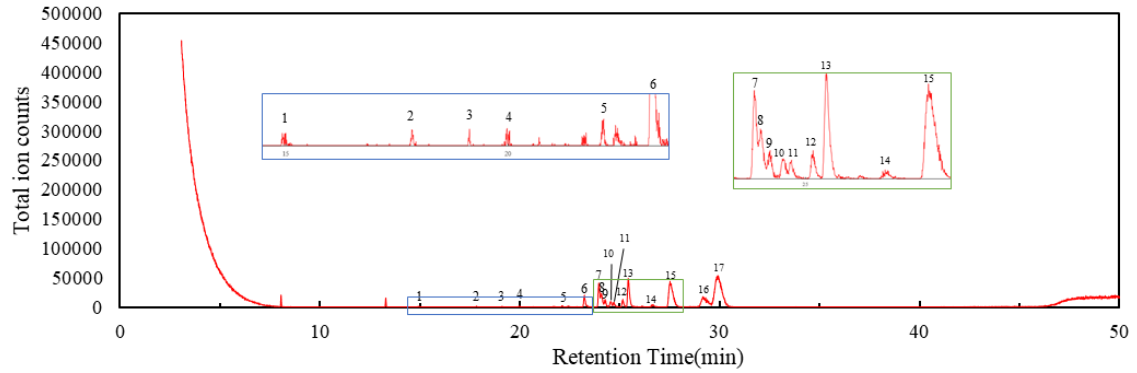


圖 16. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜枝條精油氣相層析圖

表 16. 太平山事業區 (100 線 9-11K) 21-40 年生紅檜枝條精油組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	unknown	14.998	1204	-	0.06	-
2	unknown	17.834	1289	-	0.03	-
3	unknown	19.13	1329	-	0.06	-
4	unknown	19.973	1355	-	0.11	-
5	β -Cedrene	22.147	1422	1420	0.03	MS, KI
6	α -Humulene	23.243	1457	1455	2.90	MS, KI
7	γ -Muuroolene	23.957	1478	1480	6.39	MS, KI
8	Germacrene D	24.086	1482	1485	4.74	MS, KI
9	β -Selinene	24.279	1488	1490	2.34	MS, KI
10	<i>cis</i> -Cadinene	24.56	1496	1495	1.61	MS, KI
11	α -Muuroolene	24.718	1501	1500	1.28	MS, KI
12	γ -Cadinene	25.16	1516	1513	1.70	MS, KI
13	δ-Cadinene	25.436	1525	1523	10.4	MS, KI
14	Germacrene B	26.635	1565	1561	0.31	MS, KI
15	unknown	27.520	1593	-	18.1	-
16	α -Muurolol	29.167	1647	1646	9.23	MS, KI
17	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.91	1671	1664	40.7	MS, KI

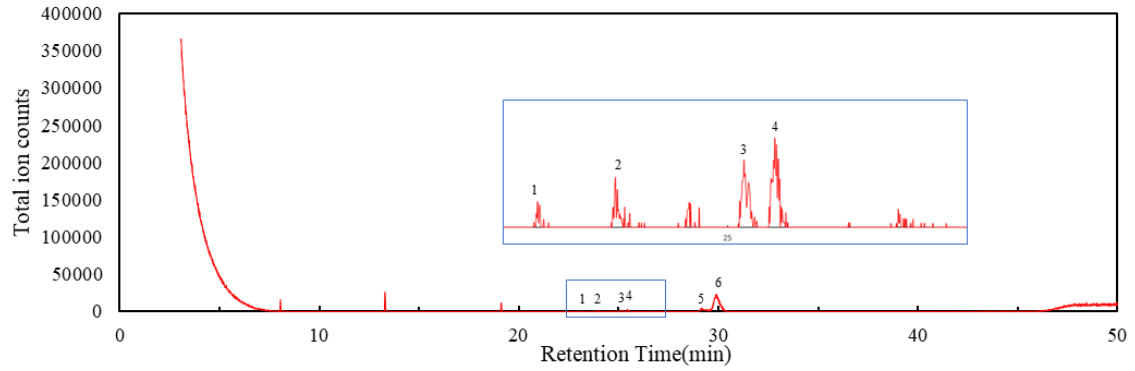


圖 17. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條精油氣相層析圖

表 17. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Humulene	23.234	1456	1455	1.01	MS, KI
2	γ -Cadinene	25.154	1515	1513	1.69	MS, KI
3	δ -Cadinene	25.441	1524	1523	2.26	MS, KI
4	Germacrene B	26.588	1561	1561	0.09	MS, KI
5	α -Muurolol	29.176	1641	1646	13.0	MS, KI
6	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.925	1664	1664	82.0	MS, KI

表 18. 不同事業區各樹齡紅檜枝條與葉子精油主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			170 線		160 線		100 線 9-11K		100 線 14K	
			21-40 年生		41-60 年生		21-40 年生		41-60 年生	
			(大溪)		(大溪)		(太平山)		(太平山)	
		葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	
936	939	α-Pinene	50.8	30.1	47.1	-	88.5	-	65.9	-
1011	1011	δ -3-Carene	-	-	0.12	-	5.22	-	24.5	-
1432	1431	Thujopsene	47.3	8.26	-	-	-	-	-	-
1456	1455	α -Humulene	-	0.25	9.15	32.8	0.08	2.90	-	1.01
1478	1480	γ -Muurolene	-	3.83	2.76	11.3	0.11	6.39	-	-
1515	1513	γ -Cadinene	-	5.37	2.82	13.6	-	1.70	-	-
1524	1523	δ-Cadinene	-	25.2	14.7	30.0	0.08	10.4	0.04	2.26
1646- 1659	1646	α -Muurolol		5.42	3.06	1.80		9.23		13.0
1664- 1671	1664	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol		9.04		2.09		40.7		82.0
收率(%)			0.25	0.03	0.17	<0.01	0.32	<0.01	0.26	<0.01
生育地/生長描述			陽光直射， 優勢		陽光直射， 優勢		斜坡，次優 勢木		斜坡，優勢 木	

3. 柳杉葉子與枝條精油成分差異

由柳杉葉子與枝條精油層析圖譜之分析結果可知(圖 18-圖 25、表 19-表 26、表 27),有別於台灣扁柏與紅檜,柳杉葉子與枝條精油成分組成相似。進一步比較可知,不同事業區各齡級柳杉的葉子精油均含有較多的 Sabinene(圖 18-圖 21),其相對含量約為 11-26%(表 19-表 22),但以太平山事業區柳杉葉子精油的 Sabinene 含量較多(20-26%),大溪事業區柳杉葉子精油的 Sabinene 含量則較少(11-16%)。有趣的是,大溪事業區柳杉葉子精油的 Limonene 與 Terpinen-4-ol 含量較多(分別為 6-12%及 12-19%),太平山事業區柳杉葉子精油的 Limonene 與 Terpinen-4-ol 含量反而較少(分別為~2%及~4%)。其他主要精油成分(如 α -Pinene、Elemol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene)在區域上並無明顯差別(表 27)。此外,柳杉葉子精油在樹齡的影響上,亦未見有消長的趨勢,因此,在同區域 20 年生以上之柳杉葉子精油成分應無差別。

比較不同事業區各齡級柳杉的枝條精油成分可知(表 23-表 26、表 27),太平山事業區柳杉枝條精油的 Sabinene 含量亦較多(21-23%),大溪事業區柳杉枝條精油的 Sabinene 含量則較少(4-10%)。而在 Elemol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene 成分方面,則可發現其在大溪事業區與太平山事業區的 21-40 年生柳杉枝條精油中含量皆較 41-60 年生

枝條精油較高。由此可知，柳杉枝條精油亦與葉子精油情形相似，有區域的差異，但有趣的是，樹齡亦會造成成分的影響。上述結果亦暗示著，柳杉是否亦具有化學品系，或會因地理環境產生葉子與枝條精油成分差異，值得未來進一步詳加探討與研究。

倘若比較不同事業區各齡級柳杉的枝條與葉子精油可發現，葉子精油收率（0.50-0.90%）比枝條精油收率（0.14-0.29%）僅稍高出 1.7-6.2 倍（表 27），此與紅檜或臺灣扁柏枝葉精油收率有差別。此外，由各精油主要成分可知，太平山事業區柳杉葉子精油同時具有高揮發性成分（如 α -Pinene、Sabinene 及 Limonene）與低揮發性成分（如 Elemol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene），嗅聞上即可製造層次感，柳杉枝條精油僅 21-40 年生柳杉同時具有相似組成。而大溪事業區 21-40 年生的柳杉葉子與枝條精油高揮發性成分較少，會呈現較多中低韻調的感受；但 41-60 年生的柳杉葉子與枝條精油成分組成反而就與太平山事業區的柳杉相似。因此，未來若要經營柳杉可再生部位精油，可以考慮以太平山事業區為主，並將枝條與葉子分開收集，再以調性感受做分級，開發有別於其他地方的柳杉葉子精油，朝精緻化柳杉枝葉精油發展，豎立品牌專業形象。

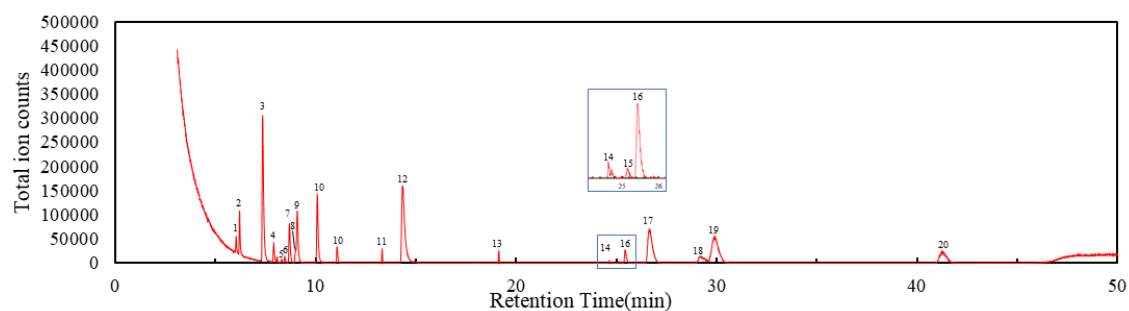


圖 18. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉葉子精油氣相層析圖

表 19. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.021	929	930	1.10	KI, MS
2	α -Pinene	6.193	936	939	2.93	KI, MS
3	Sabinene	7.347	976	975	16.17	KI, MS
4	β -Myrcene	7.899	993	991	1.79	KI, MS
5	α -Phellandrene	8.294	1006	1002	0.26	KI, MS
6	δ -3-Carene	8.449	1011	1011	0.43	KI, MS
7	α -Terpinene	8.683	1019	1017	3.74	KI, MS
8	<i>p</i> -Cymene	8.987	1029	1024	1.17	KI, MS
9	Limonene	9.071	1032	1029	6.35	KI, MS
10	γ -Terpinene	10.073	1063	1060	7.94	KI, MS
11	Terpinolene	11.059	1090	1089	1.66	KI, MS
12	Terpinen-4-ol	14.325	1186	1177	19.03	KI, MS
13	<i>cis</i> -Sabinene hydrate acetate	14.923	1202	1221	0.38	KI, MS
14	α -Muurolene	24.717	1501	1500	0.08	KI, MS
15	γ -Cadinene	25.148	1516	1513	0.09	KI, MS
16	δ -Cadinene	25.426	1525	1524	1.86	KI, MS
17	Elemol	26.645	1565	1549	12.18	KI, MS
18	γ -Eudesmol	29.166	1647	1632	3.25	KI, MS
19	β-Eudesmol	29.909	1671	1650	13.54	KI, MS
20	16-Kaurene	41.231	1972	1997	6.06	KI, MS

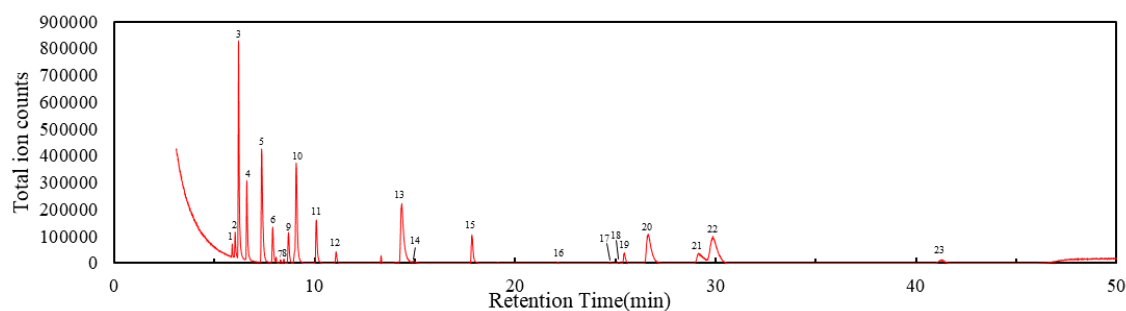


圖 19. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉葉子精油氣相層析圖

表 20. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Tricyclene	5.881	924	926	0.55	KI, MS
2	α -Thujene	6.026	929	930	1.45	KI, MS
3	α-Pinene	6.198	936	939	14.66	KI, MS
4	Camphene	6.611	951	954	5.90	KI, MS
5	Sabinene	7.347	976	975	11.59	KI, MS
6	β -Myrcene	7.905	993	991	2.85	KI, MS
7	α -Phellandrene	8.29	1005	1002	0.18	KI, MS
8	δ -3-Carene	8.454	1011	1011	0.22	KI, MS
9	α -Terpinene	8.686	1019	1017	2.71	KI, MS
10	Limonene	9.074	1032	1029	11.71	KI, MS
11	γ -Terpinene	10.079	1063	1060	4.27	KI, MS
12	Terpinolene	11.064	1091	1089	0.95	KI, MS
13	Terpinen-4-ol	14.338	1186	1177	12.43	KI, MS
14	α -Terpineol	14.941	1202	1188	0.25	KI, MS
15	Bornyl acetate	17.838	1289	1285	3.33	KI, MS
16	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.134	1421	1419	0.05	KI, MS
17	α -Muurolene	24.725	1501	1500	0.05	KI, MS
18	γ -Cadinene	25.168	1516	1513	0.13	KI, MS
19	δ -Cadinene	25.444	1526	1524	1.32	KI, MS
20	Elemol	26.628	1565	1549	9.17	KI, MS
21	γ -Eudesmol	29.162	1647	1632	3.17	KI, MS
22	β-Eudesmol	29.857	1669	1650	11.96	KI, MS
23	16-Kaurene	41.294	1973	1967	1.09	KI, MS

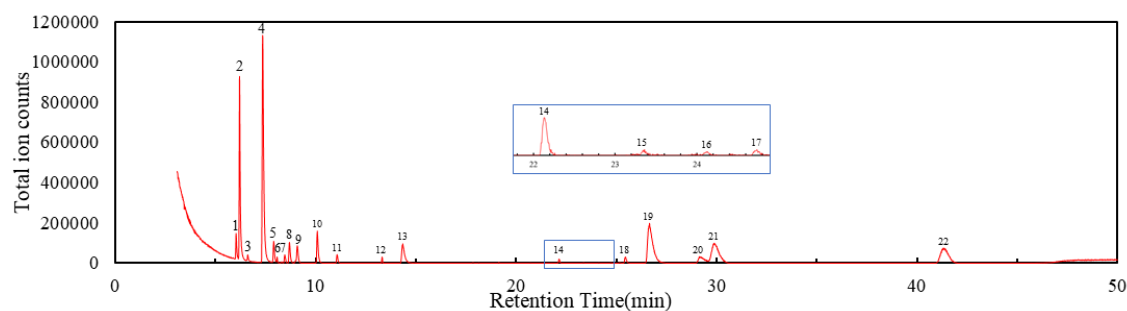


圖 20. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子精油氣相層析圖

表 21. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.028	930	930	1.81	KI, MS
2	α-Pinene	6.200	936	939	14.73	KI, MS
3	Camphene	6.612	951	954	0.46	KI, MS
4	Sabinene	7.353	976	975	26.68	KI, MS
5	β -Myrcene	7.902	993	991	2.09	KI, MS
6	α -Phellandrene	8.288	1005	1002	0.11	KI, MS
7	δ -3-Carene	8.455	1011	1011	0.81	KI, MS
8	α -Terpinene	8.687	1019	1017	2.25	KI, MS
9	Limonene	9.077	1032	1029	2.19	KI, MS
10	γ -Terpinene	10.078	1063	1060	3.57	KI, MS
11	Terpinolene	11.063	1090	1089	0.93	KI, MS
12	Terpinen-4-ol	14.341	1186	1177	4.24	KI, MS
13	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.135	1421	1419	0.34	KI, MS
14	unknown	23.360	1460	-	0.04	-
15	Germacrene D	24.129	1483	1481	0.03	KI, MS
16	α -Muurolene	24.736	1502	1500	0.06	KI, MS
17	γ -Cadinene	25.143	1516	1513	0.08	KI, MS
18	δ -Cadinene	25.450	1526	1524	0.86	KI, MS
19	Elemol	26.650	1565	1549	15.02	KI, MS
20	γ -Eudesmol	29.155	1647	1632	2.90	KI, MS
21	β-Eudesmol	29.851	1669	1650	11.35	KI, MS
22	16-Kaurene	41.324	1974	1967	9.44	KI, MS

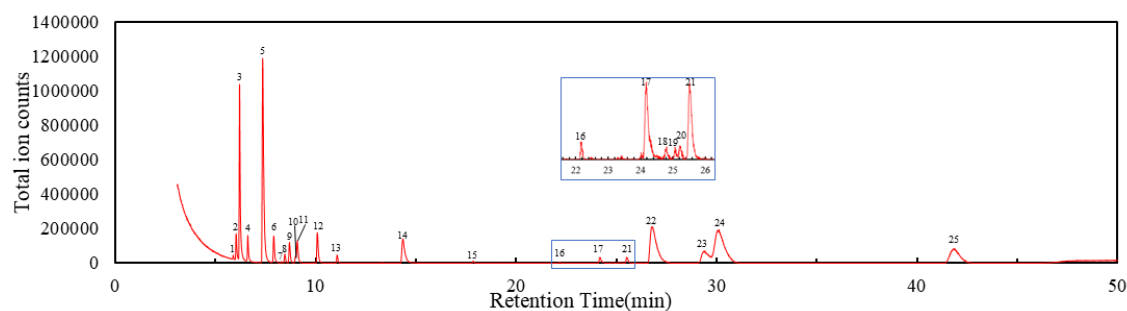


圖 21. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子精油氣相層析圖

表 22. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Tricyclene	5.879	924	926	0.18	KI, MS
2	α -Thujene	6.029	930	930	1.70	KI, MS
3	α-Pinene	6.201	936	939	11.33	KI, MS
4	Camphene	6.611	951	954	1.75	KI, MS
5	Sabinene	7.353	976	975	19.86	KI, MS
6	β -Myrcene	7.904	993	991	2.43	KI, MS
7	α -Phellandrene	8.297	1006	1002	0.12	KI, MS
8	δ -3-Carene	8.456	1011	1011	0.76	KI, MS
9	α -Terpinene	8.689	1019	1017	1.84	KI, MS
10	<i>p</i> -Cymene	8.997	1030	1024	0.43	KI, MS
11	Limonene	9.078	1032	1029	2.27	KI, MS
12	γ -Terpinene	10.077	1063	1060	2.95	KI, MS
13	Terpinolene	11.066	1091	1089	0.70	KI, MS
14	Terpinen-4-ol	14.343	1186	1177	4.58	KI, MS
15	Bornyl acetate	17.849	1290	1285	0.19	KI, MS
16	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.176	1423	1419	0.09	KI, MS
17	Germacrene D	24.174	1485	1481	0.85	KI, MS
18	α -Muurolene	24.802	1504	1500	0.08	KI, MS
19	β -Bisabolene	25.068	1513	1505	0.06	KI, MS
20	γ -Cadinene	25.211	1518	1516	0.09	KI, MS
21	δ -Cadinene	25.513	1528	1526	0.79	KI, MS
22	Elemol	26.787	1570	1549	15.18	KI, MS
23	γ -Eudesmol	29.418	1655	1632	5.26	KI, MS
24	β-Eudesmol	30.121	1677	1650	19.53	KI, MS
25	16-Kaurene	41.806	1984	1967	6.99	KI, MS

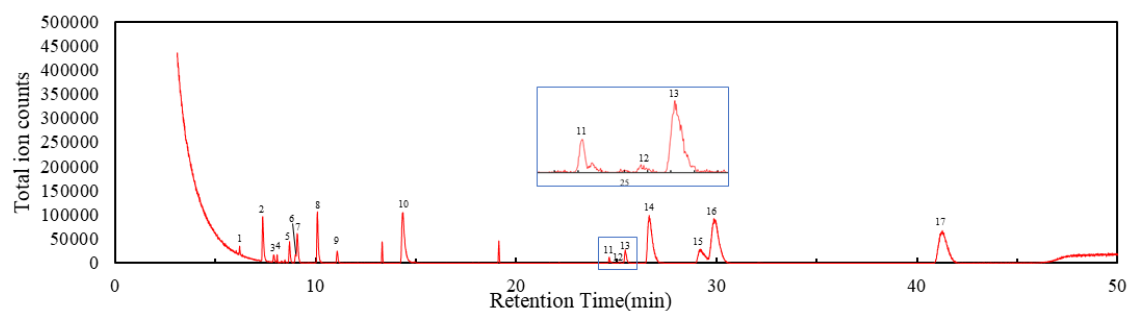


圖 22. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉枝條精油氣相層析圖

表 23. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.200	936	939	0.47	KI, MS
2	Sabinene	7.354	976	975	4.48	KI, MS
3	β -Myrcene	7.893	993	991	0.49	KI, MS
4	δ -3-Carene	8.458	1011	1011	0.16	KI, MS
5	α -Terpinene	8.692	1019	1019	1.74	KI, MS
6	<i>p</i> -Cymene	8.981	1029	1024	0.53	KI, MS
7	β -Phellandrene	9.072	1032	1029	3.22	KI, MS
8	γ -Terpinene	10.082	1063	1060	5.45	KI, MS
9	Terpinolene	11.064	1091	1089	1.00	KI, MS
10	Terpinen-4-ol	14.337	1186	1177	11.57	KI, MS
11	α -Muuroolene	24.72	1499	1500	0.10	KI, MS
12	γ -Cadinene	25.141	1516	1513	0.12	KI, MS
13	δ -Cadinene	25.433	1525	1524	1.91	KI, MS
14	Elemol	26.630	1565	1549	16.75	KI, MS
15	γ -Eudesmol	29.172	1647	1632	6.52	KI, MS
16	β-Eudesmol	29.852	1669	1650	25.38	KI, MS
17	16-Kaurene	41.255	1973	1997	20.13	KI, MS

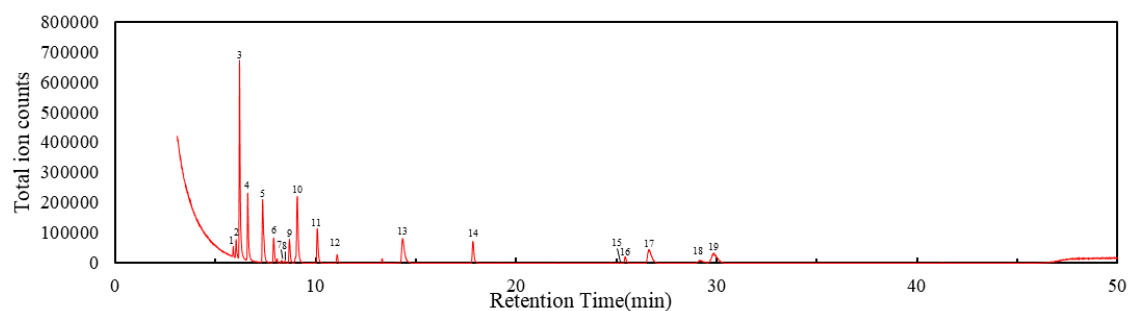


圖 23. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉枝條精油氣相層析圖

表 24. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Tricyclene	5.882	924	926	0.85	KI, MS
2	α -Thujene	6.027	929	930	2.06	KI, MS
3	α-Pinene	6.199	936	939	22.93	KI, MS
4	Camphene	6.610	951	954	8.43	KI, MS
5	Sabinene	7.350	976	975	10.84	KI, MS
6	β -Myrcene	7.896	993	991	3.68	KI, MS
7	α -Phellandrene	8.289	1005	1002	0.34	KI, MS
8	δ -3-Carene	8.447	1011	1011	0.25	KI, MS
9	α -Terpinene	8.686	1019	1017	3.64	KI, MS
10	Limonene	9.078	1032	1029	12.73	KI, MS
11	γ -Terpinene	10.077	1063	1060	5.70	KI, MS
12	Terpinolene	11.063	1090	1089	1.31	KI, MS
13	Terpinen-4-ol	14.338	1186	1177	7.74	KI, MS
14	Bornyl acetate	17.839	1289	1285	4.30	KI, MS
15	γ -Cadinene	25.159	1516	1513	0.07	KI, MS
16	δ -Cadinene	25.428	1525	1524	1.29	KI, MS
17	Elemol	26.621	1564	1549	6.19	KI, MS
18	γ -Eudesmol	29.137	1646	1632	1.42	KI, MS
19	β -Eudesmol	29.840	1669	1650	6.22	KI, MS

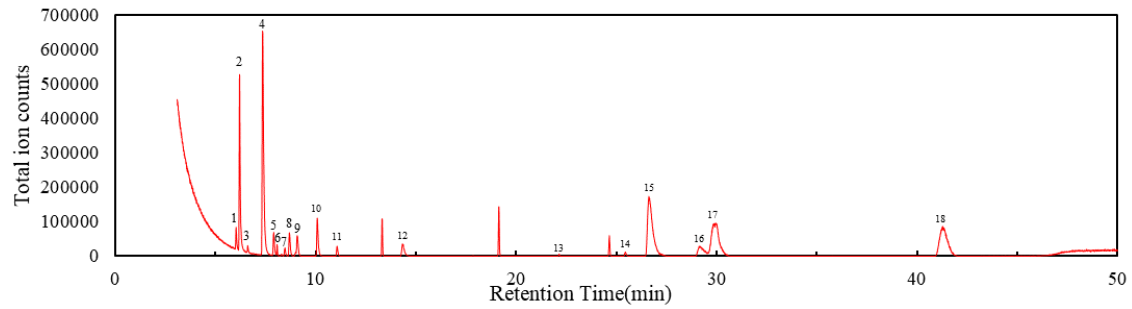


圖 24. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條精油氣相層析圖

表 25. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.028	930	930	1.26	KI, MS
2	α-Pinene	6.200	936	939	11.36	KI, MS
3	Camphene	6.603	951	954	0.36	KI, MS
4	Sabinene	7.352	976	975	21.61	KI, MS
5	β -Myrcene	7.904	993	991	1.83	KI, MS
6	α -Phellandrene	8.296	1006	1002	0.12	KI, MS
7	δ -3-Carene	8.464	1012	1011	0.67	KI, MS
8	α -Terpinene	8.684	1019	1017	2.03	KI, MS
9	Limonene	9.075	1032	1029	2.28	KI, MS
10	γ -Terpinene	10.075	1063	1060	3.41	KI, MS
11	Terpinolene	11.063	1090	1089	0.83	KI, MS
12	Terpinen-4-ol	14.340	1186	1177	1.89	KI, MS
13	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.145	1422	1419	0.11	KI, MS
14	δ -Cadinene	25.451	1526	1524	0.39	KI, MS
15	Elemol	26.619	1564	1549	18.59	KI, MS
16	γ -Eudesmol	29.162	1647	1632	3.49	KI, MS
17	β-Eudesmol	29.945	1672	1650	15.91	KI, MS
18	16-Kaurene	41.263	1973	1967	13.86	KI, MS

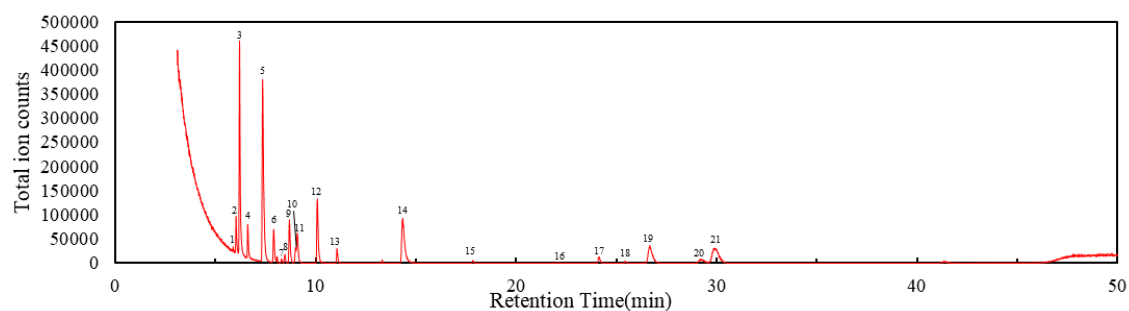


圖 25. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條精油氣相層析圖

表 26. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Tricyclene	5.877	924	926	0.29	KI, MS
2	α -Thujene	6.027	929	930	2.99	KI, MS
3	α-Pinene	6.199	936	939	18.53	KI, MS
4	Camphene	6.610	951	954	2.97	KI, MS
5	Sabinene	7.351	976	975	23.11	KI, MS
6	β -Myrcene	7.904	993	991	3.42	KI, MS
7	α -Phellandrene	8.289	1005	1002	0.35	KI, MS
8	δ -3-Carene	8.46	1011	1011	0.74	KI, MS
9	α -Terpinene	8.687	1019	1017	4.93	KI, MS
10	<i>p</i> -Cymene	8.989	1029	1024	1.37	KI, MS
11	Limonene	9.075	1032	1029	4.10	KI, MS
12	γ -Terpinene	10.079	1063	1060	7.97	KI, MS
13	Terpinolene	11.061	1090	1089	1.54	KI, MS
14	Terpinen-4-ol	14.340	1186	1177	10.92	KI, MS
15	Bornyl acetate	17.826	1289	1285	0.27	KI, MS
16	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.126	1421	1419	0.05	KI, MS
17	Germacrene D	24.139	1484	1481	1.03	KI, MS
18	δ -Cadinene	25.421	1525	1526	0.20	KI, MS
19	Elemol	26.665	1566	1549	5.87	KI, MS
20	γ -Eudesmol	29.206	1648	1632	1.41	KI, MS
21	β -Eudesmol	29.906	1671	1650	7.95	KI, MS

表 27. 不同事業區各樹齡柳杉枝條與葉子精油主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			<u>130 線</u>		<u>130 線</u>		<u>100 線 18K</u>		<u>100 線 18K</u>	
			<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>		<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>	
			<u>(大溪)</u>		<u>(大溪)</u>		<u>(太平山)</u>		<u>(太平山)</u>	
			葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條
936	939	α -Pinene	2.93	0.47	14.9	22.9	14.7	11.4	11.3	18.5
976	975	Sabinene	16.2	4.48	11.6	10.8	26.7	21.61	19.9	23.1
1032	1029	Limonene	6.35	-	11.7	12.7	2.19	2.28	2.27	4.10
1186	1177	Terpinen-4-ol	19.0	11.6	12.4	7.74	4.24	1.89	4.58	10.9
1565	1549	Elemol	12.2	16.8	9.2	6.2	15.0	18.6	15.2	5.9
1669	1650	β -Eudesmol	13.5	25.4	12.0	6.2	11.4	15.9	19.5	7.9
1973	1967	16-Kaurene	6.06	20.1	1.09	-	9.44	13.9	6.99	-
收率(%)			0.92	0.14	0.80	0.29	0.50	0.16	0.73	0.26
生育地/生長描述			優勢木		優勢木		優勢木		優勢木	

4. 香杉葉子與枝條精油成分差異

香杉葉子與枝條精油層析圖譜之分析結果(圖 18-圖 25、表 19-表 26、表 27)顯示,葉子與枝條精油多含有 β -Selinene (17.9-44.3%) 與 α -Selinene (8.9-22.0%) 為主要成分。另葉子精油具有較多的 α -Pinene、 β -Elemene、Germacrene D、Caryophyllene oxide 或 β -Eudesmol 等成分;枝條精油則有較多的 *trans*-Caryophyllene、 α -Calacorene、Cedrol 或 β -Eudesmol,然而再不同齡級或區域則無顯著組成變化的趨勢。進一步比較香杉葉子與枝條精油收率(表 36)可知,兩者的收率都非常低,葉子精油收率約為 0.03-0.10%,枝條精油則為<0.01-0.03%,仍以葉子精油稍高一些。由上述可知,香杉葉子與枝條精油收率雖不高但成分的差異不明顯,若要獲得香杉可再生部位精油,亦可考慮將枝葉混和蒸餾,節省人力成本。

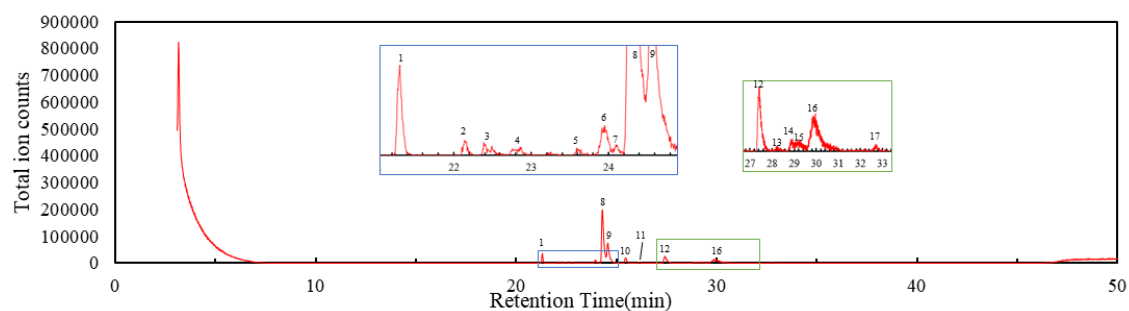


圖 26. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉葉子精油氣相層析圖

表 28. 大溪事業區 (100 線 10K) 21-40 年生香杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	β -Elemene	21.301	1395	1390	4.64	MS, KI
2	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.138	1421	1419	0.55	MS, KI
3	unknown	22.389	1430	-	0.32	-
4	unknown	22.871	1445	-	0.69	-
5	unknown	23.588	1467	-	0.25	-
6	Cadina-1,4-diene	23.953	1478	1454	2.10	MS, KI
7	Germacrene D	24.097	1483	1481	0.44	MS, KI
8	β-Selinene	24.295	1488	1489	44.26	MS, KI
9	α-Selinene	24.562	1496	1498	19.59	MS, KI
10	δ -Cadinene	25.442	1526	1523	4.27	MS, KI
11	α -Calacorene	26.137	1549	1545	0.87	MS, KI
12	Caryophyllene oxide	27.417	1589	1583	8.35	MS, KI
13	Humulene-1,2-epoxide	28.234	1616	1608	0.11	MS, KI
14	τ -Cadinol	28.857	1637	1640	1.20	MS, KI
15	α -Muurolol	29.217	1649	1646	1.57	MS, KI
16	β-Eudesmol	29.966	1673	1650	10.63	MS, KI
17	unknown	32.692	1756	-	0.16	-

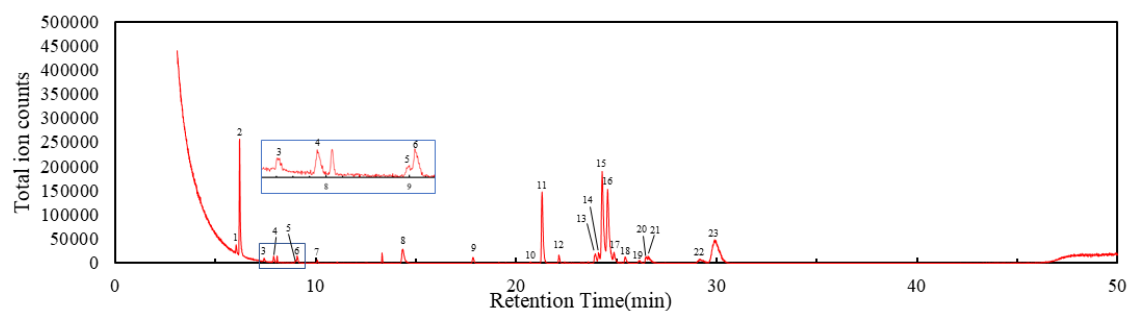


圖 27. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉葉子精油氣相層析圖

表 29. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Thujene	6.024	929	930	0.92	MS, KI
2	α-Pinene	6.199	936	939	11.56	MS, KI
3	Sabinene	7.412	978	975	0.29	MS, KI
4	β -Myrcene	7.894	993	990	0.71	MS, KI
5	<i>p</i> -Cymene	9.001	1030	1024	0.19	MS, KI
6	β -Phellandrene	9.068	1032	1029	0.90	MS, KI
7	γ -Terpinene	10.083	1063	1059	0.33	MS, KI
8	Terpinen-4-ol	14.345	1186	1177	3.47	MS, KI
9	Bornyl acetate	17.845	1289	1285	0.97	MS, KI
10	α -Copane	20.713	1378	1375	0.08	MS, KI
11	β-Elemene	21.286	1394	1390	12.26	MS, KI
12	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.121	1421	1419	0.92	MS, KI
13	Cadina-1,4-diene	23.944	1478	1454	1.84	MS, KI
14	Germacrene D	24.098	1483	1481	1.60	MS, KI
15	β-Selinene	24.285	1488	1489	21.00	MS, KI
16	α-Selinene	24.555	1496	1498	18.25	MS, KI
17	β -Eudesmene	24.880	1507	1506	2.35	MS, KI
18	δ -Cadinene	25.434	1525	1524	0.95	MS, KI
19	α -Calacorene	26.148	1549	1545	0.40	MS, KI
20	Germacrene B	26.480	1560	1651	1.32	MS, KI
21	unknown	26.566	1563	-	1.67	-
22	α -Muurolol	29.160	1647	1646	1.75	MS, KI
23	β-Eudesmol	29.890	1670	1650	16.27	MS, KI

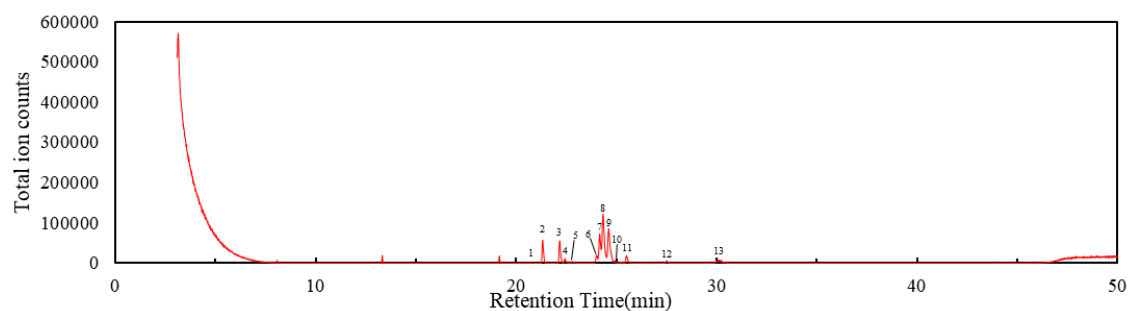


圖 28. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉葉子精油氣相層析圖

表 30. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention		Relative		Identification
		time (min)	KI	rKI	area (%)	
1	α -Copane	20.743	1378	1375	0.14	MS, KI
2	β -Elemene	21.319	1395	1390	8.93	MS, KI
3	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.164	1422	1419	9.62	MS, KI
4	β -Gurjunene	22.424	1431	1433	1.81	MS, KI
5	unknown	22.798	1443	-	0.74	-
6	Valencene	24.006	1480	1496	3.76	MS, KI
7	Germacrene D	24.160	1484	1481	13.82	MS, KI
8	β-Selinene	24.330	1489	1489	29.81	MS, KI
9	α-Selinene	24.604	1498	1498	22.00	MS, KI
10	β -Eudesmene	24.919	1508	1506	0.75	MS, KI
11	δ -Cadinene	25.491	1527	1524	3.31	MS, KI
12	unknown	27.491	1592	-	1.14	-
13	α -Eudesmol	30.121	1677	1653	4.17	MS, KI

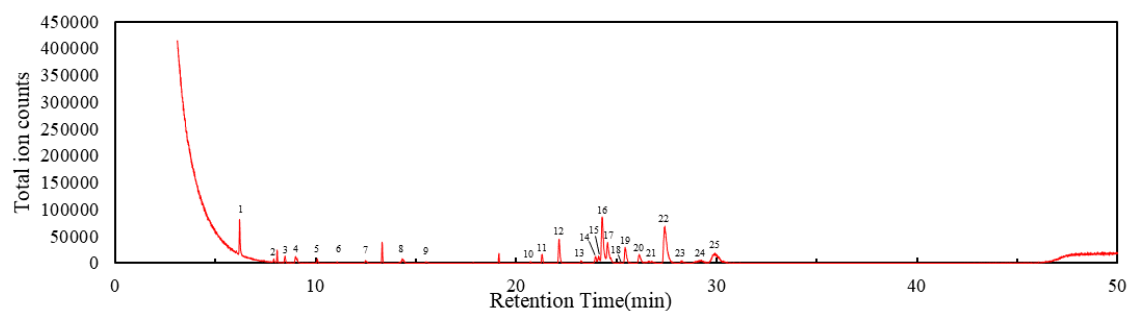


圖 29. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子精油氣相層析圖

表 31. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.198	936	930	5.82	MS, KI
2	β -Myrcene	7.905	993	990	0.65	MS, KI
3	δ -3-Carene	8.469	1012	1011	1.45	MS, KI
4	<i>p</i> -Cymene	8.995	1029	1029	2.30	MS, KI
5	γ -Terpinene	10.072	1063	1059	0.69	MS, KI
6	Terpinolene	11.062	1090	1088	0.17	MS, KI
7	unknown	12.482	1134	-	0.81	-
8	Terpinen-4-ol	14.313	1186	1177	1.70	MS, KI
9	Verbenone	15.506	1221	1205	0.37	MS, KI
10	α -Copane	20.712	1378	1375	0.29	MS, KI
11	β -Elemene	21.291	1394	1390	1.84	MS, KI
12	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.139	1421	1419	6.02	MS, KI
13	α -Humulene	23.222	1456	1454	0.57	MS, KI
14	Cadina-1,4-diene	23.959	1478	1454	1.67	MS, KI
15	Germacrene D	24.108	1483	1485	1.85	MS, KI
16	β-Selinene	24.287	1488	1489	17.90	MS, KI
17	α -Selinene	24.553	1496	1498	8.91	MS, KI
18	unknown	25.188	1517	-	0.15	-
19	δ -Cadinene	25.428	1525	1524	5.38	MS, KI
20	α -Calacorene	26.138	1549	1545	3.48	MS, KI
21	Germacrene B	26.600	1564	1561	1.00	MS, KI
22	Caryophyllene oxide	27.409	1589	1583	21.64	MS, KI
23	Humulene-1,2-epoxide	28.269	1617	1608	0.73	MS, KI
24	α -Muurolol	29.240	1649	1646	2.87	MS, KI
25	β-Eudesmol	29.916	1671	1650	11.76	MS, KI

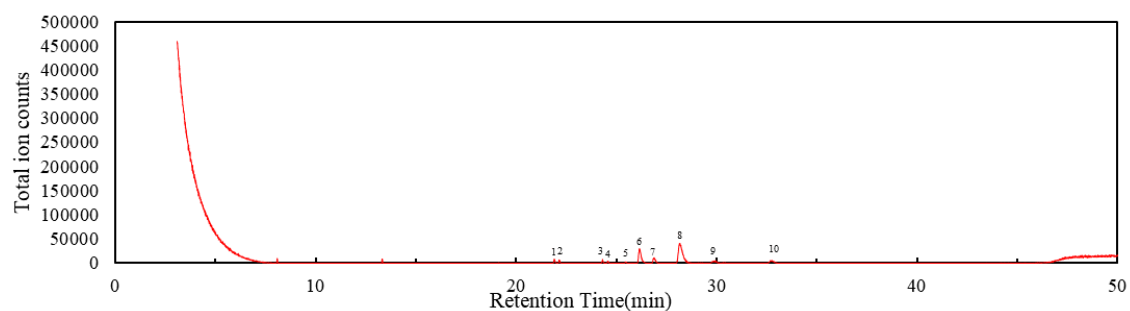


圖 30. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉枝條精油氣相層析圖

表 32. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	β -Cedrene	21.891	1413	1420	2.85	MS, KI
2	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.131	1421	1419	2.26	MS, KI
3	β -Selinene	24.303	1489	1489	2.14	MS, KI
4	α -Selinene	24.578	1497	1498	1.32	MS, KI
5	δ -Cadinene	25.451	1526	1523	0.77	MS, KI
6	α-Calacorene	26.140	1549	1545	21.71	MS, KI
7	β -Calacorene	26.869	1572	1545	6.38	MS, KI
8	Cedrol	28.141	1613	1600	53.56	MS, KI
9	β -Eudesmol	29.959	1672	1650	3.77	MS, KI
10	unknown	32.755	1758	-	5.24	-

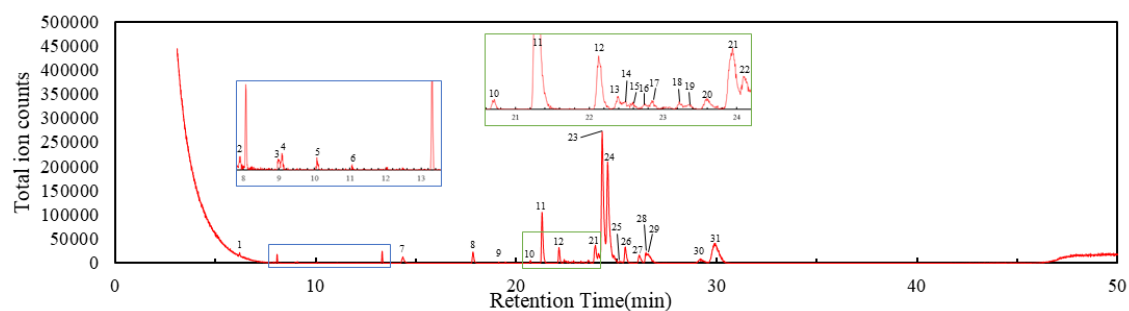


圖 31. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉枝條精油氣相層析圖

表 33. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.204	936	939	0.35	MS, KI
2	β -Myrcene	7.917	994	990	0.10	MS, KI
3	<i>p</i> -Cymene	8.985	1029	1030	0.15	MS, KI
4	β -Phellandrene	9.086	1032	1029	0.15	MS, KI
5	γ -Terpinene	10.066	1063	1059	0.09	MS, KI
6	Terpinolene	11.060	1090	1088	0.01	MS, KI
7	Terpinen-4-ol	14.346	1186	1177	1.50	MS, KI
8	Bornyl acetate	17.837	1289	1285	1.80	MS, KI
9	unknown	19.455	1339	-	0.08	-
10	α -Copane	20.715	1378	1375	0.30	MS, KI
11	β -Elemene	21.283	1394	1390	9.94	MS, KI
12	<i>trans</i> -Caryophyllene	22.129	1421	1419	2.58	MS, KI
13	unknown	22.393	1430	-	0.40	-
14	β -Gurjunene	22.496	1433	1433	0.32	MS, KI
15	unknown	22.598	1436	-	0.18	-
16	unknown	22.748	1441	-	0.18	-
17	unknown	22.851	1444	-	0.26	-
18	α -Humulene	23.222	1456	1454	0.21	MS, KI
19	unknown	23.357	1460	-	0.18	-
20	unknown	23.600	1468	-	0.53	-
21	Cadina-1,4-diene	23.946	1478	1454	4.35	MS, KI
22	Germacrene D	24.095	1482	1481	1.93	MS, KI
23	β-Selinene	24.285	1488	1489	24.75	MS, KI
24	α-Selinene	24.554	1496	1498	20.43	MS, KI
25	<i>7-epi</i> - α -Selinene	25.144	1516	1522	0.41	MS, KI
26	δ -Cadinene	25.441	1526	1524	3.71	MS, KI

續表 33. 大溪事業區 (100 線 10K) 41-60 年生香杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
27	α -Calacorene	26.134	1549	1545	2.21	MS, KI
28	Germacrene B	26.468	1559	1651	1.54	MS, KI
29	unknown	26.573	1563	-	3.48	-
30	α -Muurolol	29.199	1648	1646	2.18	MS, KI
31	β-Eudesmol	29.909	1671	1650	15.71	MS, KI

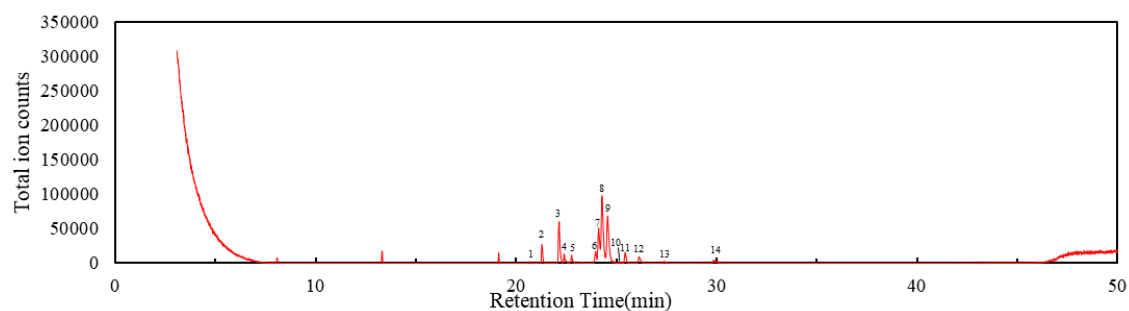


圖 32. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條精油氣相層析圖

表 34. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Copane	20.702	1377	1375	0.22	MS, KI
2	β -Elemene	21.284	1394	1390	4.62	MS, KI
3	<i>trans</i>-Caryophyllene	22.135	1421	1419	13.47	MS, KI
4	β -Gurjunene	22.379	1429	1433	2.67	MS, KI
5	unknown	22.763	1441	-	2.20	-
6	Valencene	23.965	1479	1496	3.77	MS, KI
7	Germacrene D	24.103	1483	1481	11.95	MS, KI
8	β-Selinene	24.282	1488	1489	29.95	MS, KI
9	α-Selinene	24.548	1496	1498	21.82	MS, KI
10	unknown	25.198	1517	-	0.29	-
11	δ -Cadinene	25.429	1525	1524	3.74	MS, KI
12	α -Calacorene	26.120	1548	1545	2.92	MS, KI
13	Caryophyllene oxide	27.384	1588	1583	0.44	MS, KI
14	α -Eudesmol	29.834	1668	1653	1.95	MS, KI

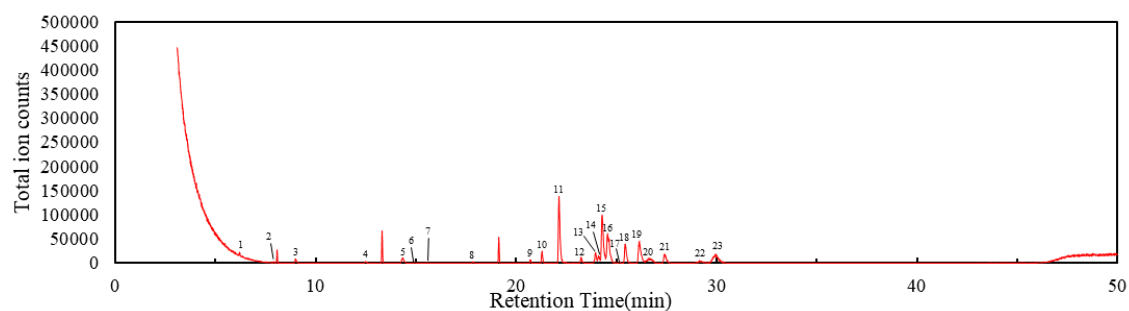


圖 33. 太平山事業區（100 線 18K）41-60 年生香杉枝條精油氣相層析圖

表 35. 太平山事業區（100 線 18K）41-60 年生香杉枝條精油組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.204	936	930	0.43	MS, KI
2	β -Myrcene	7.898	993	990	0.16	MS, KI
3	<i>p</i> -Cymene	8.995	1029	1024	1.21	MS, KI
4	unknown	12.468	1133	-	0.21	-
5	Terpinen-4-ol	14.34	1186	1177	1.55	MS, KI
6	unknown	14.958	1203	-	0.18	-
7	Verbenone	15.557	1222	1205	0.12	MS, KI
8	Bornyl acetate	17.844	1289	1285	0.26	MS, KI
9	α -Copane	20.695	1377	1375	0.60	MS, KI
10	β -Elemene	21.29	1394	1394	2.36	MS, KI
11	<i>trans</i>-Caryophyllene	22.132	1421	1421	19.40	MS, KI
12	α -Humulene	23.238	1456	1454	1.50	MS, KI
13	Cadina-1,4-diene	23.958	1478	1454	3.06	MS, KI
14	Germacrene D	24.102	1483	1485	2.53	MS, KI
15	β-Selinene	24.285	1488	1489	18.03	MS, KI
16	α-Selinene	24.554	1496	1498	14.65	MS, KI
17	unknown	25.165	1516	-	0.31	-
18	δ -Cadinene	25.44	1526	1524	6.81	MS, KI
19	α -Calacorene	26.142	1549	1545	9.92	MS, KI
20	Germacrene B	26.622	1564	1561	3.75	MS, KI
21	Caryophyllene oxide	27.394	1589	1583	3.70	MS, KI
22	α -Muurolol	29.132	1646	1646	1.08	MS, KI
23	β -Eudesmol	29.927	1671	1650	8.18	MS, KI

表 36. 不同事業區各樹齡香杉枝條與葉子精油主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			100 線 10K		100 線 10K		100 線 18K		100 線 18K	
			21-40 年生		41-60 年生		21-40 年生		41-60 年生	
			(大溪)		(大溪)		(太平山)		(太平山)	
			葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條
935	939	α -Pinene	-	-	11.6	0.35	-	-	5.82	0.43
1394	1389	β -Elemene	4.64	-	12.3	9.94	8.93	4.62	1.84	2.36
1421	1419	<i>trans</i> - Caryophyllene	0.55	2.26	0.92	2.58	9.62	13.5	6.02	19.4
1482	1485	Germacrene D	0.44	-	1.60	1.93	13.8	12.0	1.85	2.53
1488	1490	β -Selinene	44.3	2.14	21.0	24.8	29.8	30.0	17.9	18.0
1495	1498	α -Selinene	19.6	1.32	18.3	20.4	22.0	21.8	8.91	14.7
1549	1545	α -Calacorene	0.89	21.7	0.40	2.21	-	2.92	3.48	9.92
1572	1545	β -Calacorene	-	6.4	-	-	-	-	-	-
1589	1583	Caryophyllene oxide	8.35	-	-	-	-	0.44	21.6	3.70
1613	1619	Cedrol	-	53.4	-	-	-	-	-	-
1673	1650	β -Eudesmol	10.6	3.77	16.3	15.7	-	-	11.8	8.18
收率(%)			0.04	<0.01	0.10	0.03	0.03	0.03	0.08	0.03
生育地/生長描述			優勢木		優勢木		優勢-次優勢 木		優勢木	

(二) 太平山事業區及大溪事業區之不同齡級樹種枝葉純露與成分比較

1. 臺灣扁柏葉子與枝條純露成分差異

由臺灣扁柏葉子與枝條純露成分分析結果(圖 34-圖 41、表 37-表 45)得知,葉子與枝條純露多含有 α -Terpineol、Thujopsene、Elemol、Cedrol、 α -Muurolol 及 7-*epi*- α -Eudesmol。這些純露成分組成亦無樹齡間或區域間的規律變化,若與臺灣扁柏葉子與枝條精油比較,其成分組成亦相似。由此可知,臺灣扁柏葉子與枝條純露可合併使用。

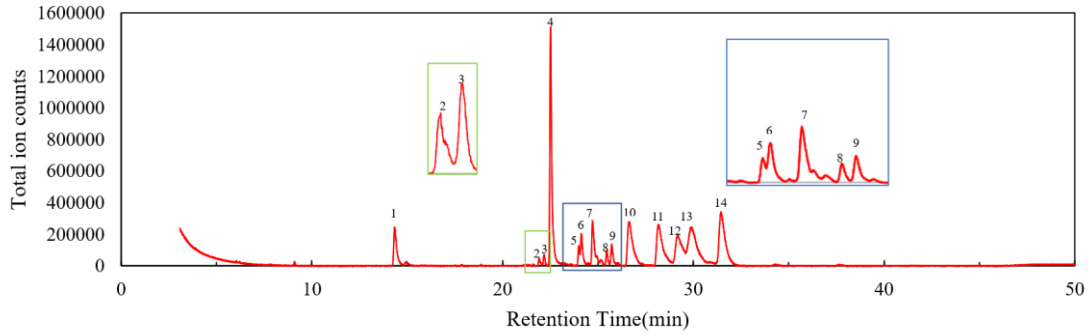


圖 34. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 37. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	<i>α</i>-Terpineol	14.346	1187	1186	4.98	MS, KI
2	<i>α</i> -Cedrene	21.923	1415	1411	0.59	MS, KI
3	<i>β</i> -Cedrene	22.171	1423	1420	0.04	MS, KI
4	Thujopsene	22.512	1434	1431	20.90	MS, KI
5	<i>β</i> -Chamigrene	23.995	1481	1477	1.31	MS, KI
6	<i>γ</i> -Muurokene	24.132	1485	1480	2.95	MS, KI
7	<i>α</i> -Muurokene	24.714	1502	1500	5.25	MS, KI
8	<i>δ</i> -Cadinene	25.456	1527	1523	1.25	MS, KI
9	unknown	25.717	1536	-	1.99	-
10	Elemol	26.623	1564	1549	10.48	MS, KI
11	Cedrol	28.172	1613	1600	11.32	MS, KI
12	<i>α</i> -Muurolol	29.179	1645	1646	9.54	MS, KI
13	7-<i>epi-α</i>-Eudesmol	29.858	1666	1664	14.23	MS, KI
14	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.443	1714	1709	14.35	MS, KI

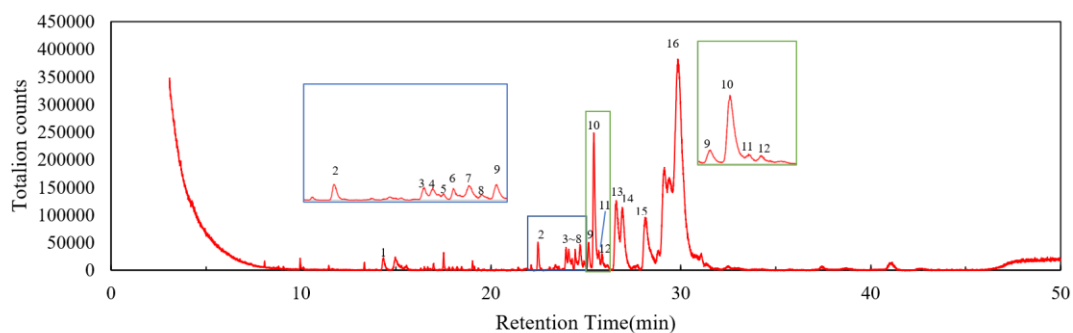


圖 35. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 38. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Terpineol	14.363	1187	1186	0.78	MS, KI
2	Thujopsene	22.494	1434	1431	0.96	MS, KI
3	β -Chamigrene	23.976	1480	1476	0.78	-
4	γ -Muurolene	24.115	1484	1480	0.77	MS, KI
5	unknown	24.293	1490	-	0.31	-
6	unknown	24.456	1495	-	0.63	-
7	α -Muurolene	24.709	1502	1500	0.43	MS, KI
8	unknown	24.927	1510	-	0.37	-
9	γ -Cadinene	25.154	1517	1513	1.24	MS, KI
10	δ -Cadinene	25.439	1527	1523	6.83	MS, KI
11	unknown	25.691	1535	-	0.77	-
12	unknown	25.864	1540	-	0.69	-
13	Elemol	26.617	1564	1549	0.63	MS, KI
14	(<i>E</i>)-Nerolidol	26.940	1574	1563	5.50	MS, KI
15	Cedrol	28.147	1612	1610	8.06	MS, KI
16	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.854	1666	-	64.26	MS, KI

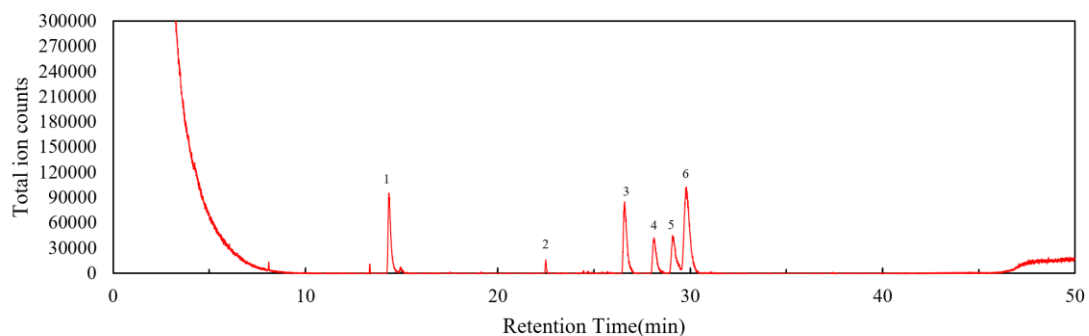


圖 36. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 39. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Terpineol	14.351	1187	1186	17.52	MS, KI
2	Thujopsene	22.501	1434	1431	1.14	MS, KI
3	Elemol	26.597	1564	1549	19.52	MS, KI
4	Cedrol	28.121	1611	1600	10.22	MS, KI
5	α -Muurolol	29.086	1642	1641	13.41	MS, KI
6	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	29.907	1668	1664	38.18	MS, KI

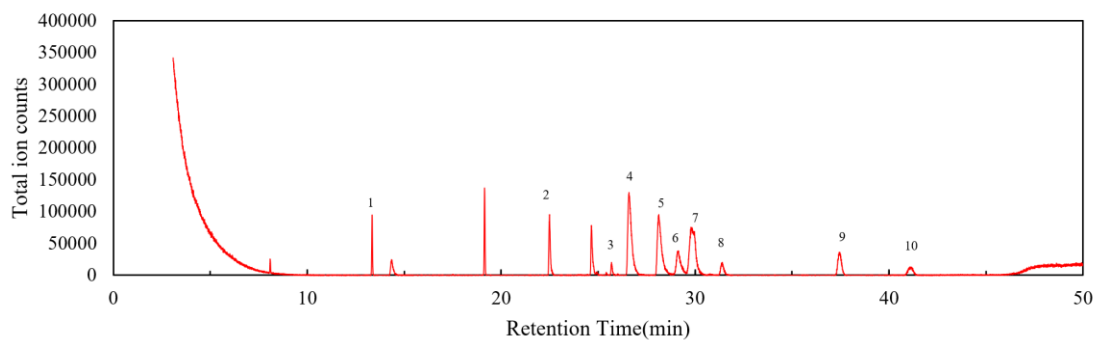


圖 37. 太平山事業區（100 線 14K 處）41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 40. 太平山事業區（100 線 14K 處）41-60 年生臺灣扁柏葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α-Terpineol	14.351	1187	1186	2.97	MS, KI
2	Thujopsene	22.503	1434	1429	6.41	MS, KI
3	unknown	25.697	1535	-	1.23	-
4	Elemol	26.600	1564	1549	25.12	MS, KI
5	Cedrol	28.138	1612	1600	20.66	MS, KI
6	α -Muurolol	29.154	1644	1643	8.44	MS, KI
7	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.800	1664	1664	23.05	MS, KI
8	unknown	31.418	1713	-	2.86	-
9	unknown	37.447	1877	-	6.49	-
10	unknown	41.105	1953	-	2.78	-

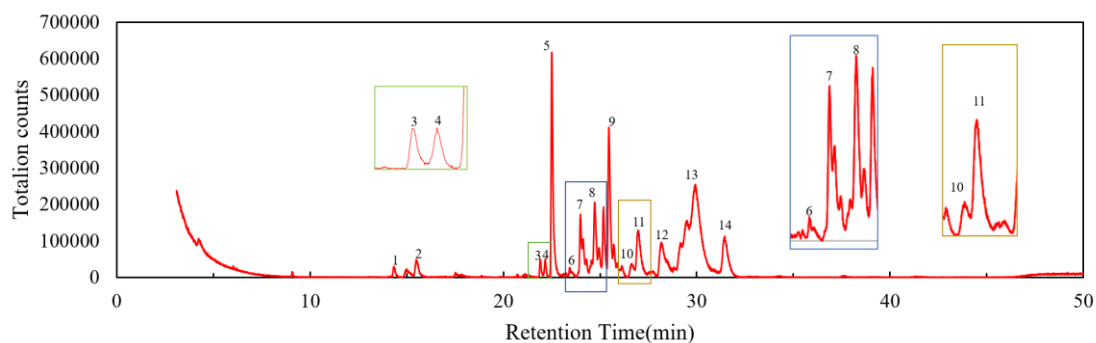


圖 38. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 41. 大溪事業區（170 線）21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.324	1187	1186	0.67	MS, KI
2	Verbenone	15.501	1221	1204	1.56	MS, KI
3	α -Cedrene	21.903	1414	1411	0.66	MS, KI
4	β -Cedrene	22.161	1423	1420	0.70	MS, KI
5	Thujopsene	22.505	1434	1431	12.94	MS, KI
6	β -Chamigrene	23.985	1480	1476	5.93	MS, KI
7	α -Muurolene	24.723	1503	1500	7.84	MS, KI
8	γ -Cadinene	25.181	1518	1513	4.37	MS, KI
9	δ -Cadinene	25.453	1527	1523	9.84	MS, KI
10	Elemol	26.640	1565	1549	1.49	MS, KI
11	(<i>E</i>)-Nerolidol	26.970	1575	1563	5.93	MS, KI
12	Cedrol	28.181	1613	1600	5.82	MS, KI
13	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.937	1669	1664	35.27	MS, KI
14	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.451	1714	1709	6.98	MS, KI

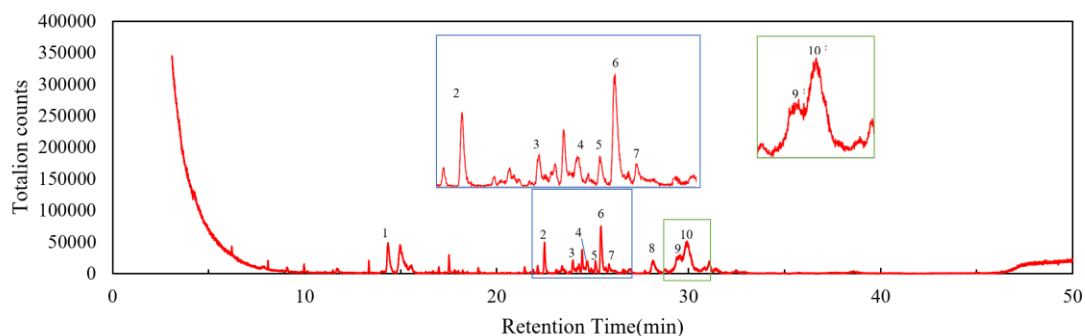


圖 39. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 42. 大溪事業區 (100 線 9K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	<i>α</i>-Terpineol	14.348	1187	1186	11.05	MS, KI
2	Thujopsene	22.493	1434	1431	6.75	MS, KI
3	<i>γ</i> -Cadinene	23.977	1480	1513	2.54	MS, KI
4	Cuparene	24.742	1503	1504	2.22	-
5	<i>γ</i> -Cadinene	25.142	1517	1513	2.47	MS, KI
6	<i>δ</i>-Cadinene	25.438	1527	1523	14.23	MS, KI
7	unknown	25.842	1540	-	2.01	-
8	Cedrol	28.149	1612	1600	6.94	MS, KI
9	<i>α</i>-Cadinol	29.555	1657	1654	19.13	MS, KI
10	<i>7-epi-α</i>-Eudesmol	29.921	1668	1664	32.66	MS, KI

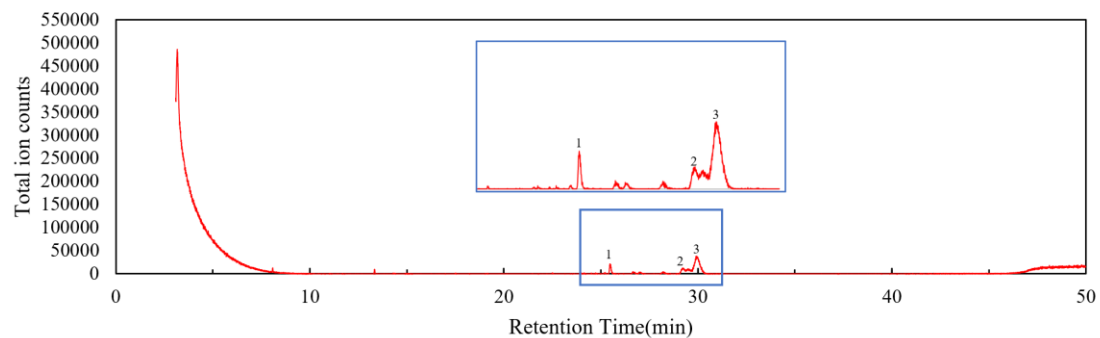


圖 40. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 43. 太平山事業區（100 線 18K 處）21-40 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	δ -Cadinene	25.496	1528	1523	11.25	MS, KI
2	α -Muurolol	29.258	1647	1643	24.06	MS, KI
3	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	29.943	1669	1664	64.69	MS, KI

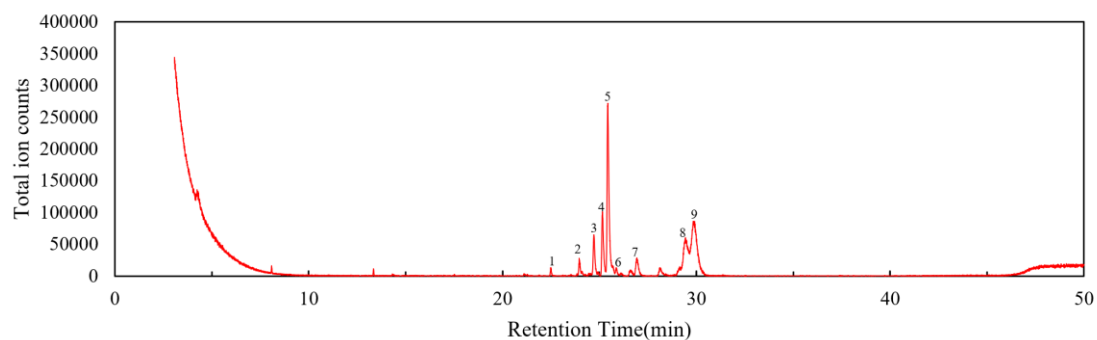


圖 41. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 44. 太平山事業區 (100 線 14K 處) 41-60 年生臺灣扁柏枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Thujopsene	22.505	1434	1431	0.74	MS, KI
2	γ -Muurolene	23.960	1480	1479	1.87	MS, KI
3	α -Muurolene	24.721	1503	1500	5.74	MS, KI
4	γ -Cadinene	25.163	1517	1513	9.90	MS, KI
5	δ-Cadinene	25.438	1527	1523	31.09	MS, KI
6	unknown	26.937	1574	-	3.52	-
7	Cedrol	28.114	1611	1619	2.15	MS, KI
8	α-Cadinol	29.442	1653	1654	16.49	MS, KI
9	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	29.844	1666	1664	28.50	MS, KI

表 45. 不同事業區各樹齡臺灣扁柏枝條與葉子純露主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			<u>170 線</u>		<u>100 線 9K</u>		<u>100 線 18K</u>		<u>100 線 14K</u>	
			<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>		<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>	
			<u>(大溪)</u>		<u>(大溪)</u>		<u>(太平山)</u>		<u>(太平山)</u>	
			葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條
1187	1186	α -Terpineol	4.98	0.67	0.78	11.1	17.5	-	2.97	-
1434	1431	Thujopsene	20.9	12.9	0.96	6.75	1.14	-	6.41	0.74
1528	1523	δ -Cadinene	1.25	9.84	6.83	14.2	-	11.3	-	31.1
1564	1549	Elemol	10.5	1.49	0.63	-	19.5	-	25.1	-
1613	1600	Cedrol	11.3	5.82	8.06	6.94	10.2	-	20.7	2.15
1647	1643	α -Muurolol	9.54	-	-	-	13.4	24.1	8.44	-
1657	1654	α -Cadinol	-	-	-	19.1	-	-	-	16.5
1666	1664	7-<i>epi</i>-α-Eudesmol	14.2	35.3	64.26	32.7	38.2	64.7	23.1	28.5
		生育地/生長描述	優勢木		斜坡，優勢木		斜坡，優勢木		優勢木	

2. 紅檜葉子與枝條純露成分差異

由紅檜葉子與枝條純露成分分析結果(圖 42-圖 49、表 46-表 54)得知，葉子與枝條純露的成分普遍較臺灣扁柏少，僅大溪事業區(170 線) 21-40 年生紅檜葉子與枝條純露有較多的成分，其主要為 α -Terpineol、Thujopsene、 α -Cadinol 及 7-*epi*- α -Eudesmol，亦為紅檜葉子與枝條精油中的部分成分，其他則因成分訊號幾乎與背景訊號重疊，因此無明顯成分存在。由於紅檜葉子與枝條純露中的成分普遍較少，因此可考慮不進行加值利用。

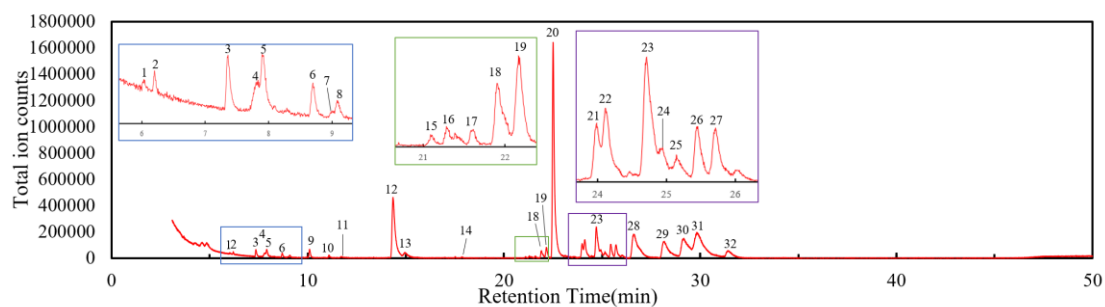


圖 42. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 46. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Thujene	6.034	930	930	0.09	MS, KI
2	α -Pinene	6.203	936	939	0.10	MS, KI
3	Sabinene	7.360	976	975	0.57	MS, KI
4	1-Octen-3-ol	7.836	991	979	0.38	MS, KI
5	β -Myrcene	7.900	993	991	0.70	MS, KI
6	α -Terpinene	8.698	1020	1017	0.36	MS, KI
7	<i>p</i> -Cymene	9.006	1030	1024	0.07	MS, KI
8	Limonene	9.083	1032	1029	0.19	MS, KI
9	γ -Terpinene	10.095	1063	1060	0.77	MS, KI
10	Terpinolene	11.083	1091	1089	0.20	MS, KI
11	Linalool	11.705	1109	1096	0.14	MS, KI
12	α-Terpineol	14.351	1187	1186	12.40	MS, KI
13	γ -Terpineol	14.965	1203	1199	1.25	MS, KI
14	Bornyl acetate	17.878	1290	1285	0.10	MS, KI
15	iso-Longifolene	21.091	1389	1390	0.09	MS, KI
16	β -Elemene	21.286	1394	1390	0.16	MS, KI
17	unknown	21.61	1404	-	0.15	-
18	α -Cedrene	21.903	1414	1411	0.99	MS, KI
19	β -Cedrene	22.164	1422	1420	1.28	MS, KI
20	Thujopsene	22.510	1433	1431	28.80	MS, KI
21	γ -Muuroloene	23.989	1479	1480	1.41	MS, KI
22	Germacrene D	24.121	1483	1485	2.53	MS, KI
23	α -Muuroloene	24.714	1501	1500	4.15	MS, KI
24	unknown	24.934	1508	-	0.68	-
25	γ -Cadinene	25.149	1516	1516	0.44	MS, KI

續表 46. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
26	δ -Cadinene	25.45	1526	1523	1.55	MS, KI
27	unknown	25.716	1535	-	1.64	-
28	Germacrene B	26.619	1564	1561	9.69	MS, KI
29	Cedrol	28.178	1614	1610	6.14	MS, KI
30	α -Muurolol	29.162	1647	1646	7.54	MS, KI
31	7-epi-α-Eudesmol	29.854	1664	1650	13.42	MS, KI
32	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.443	1719	1709	2.01	MS, KI

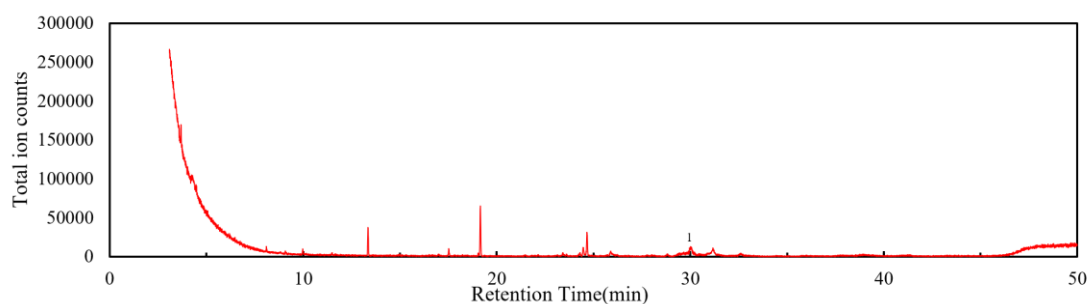


圖 43. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜葉純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 47. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜葉純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Cadinol	29.675	1663	1654	100	MS, KI

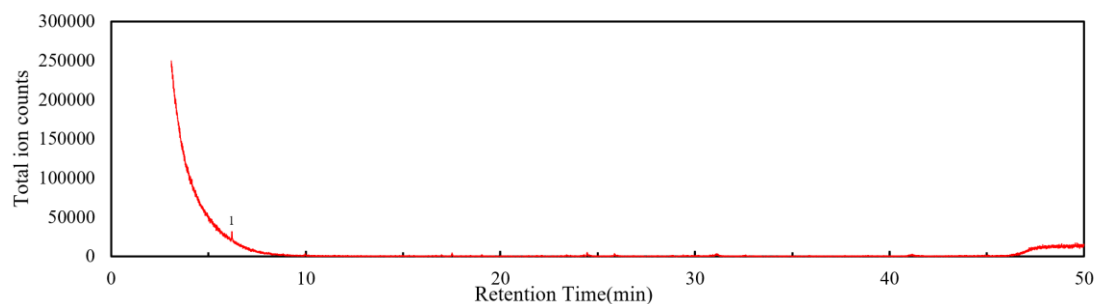


圖 44. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 48. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.198	936	939	100	MS, KI

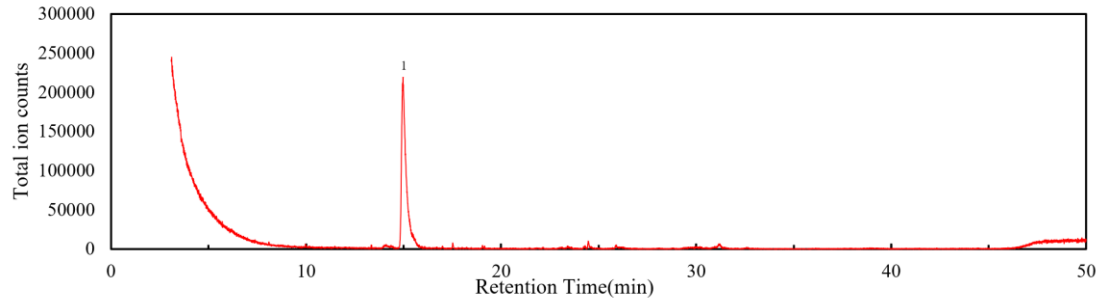


圖 45. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 49. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜葉子純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	γ -Terpineol	14.793	1204	1203	100	MS, KI

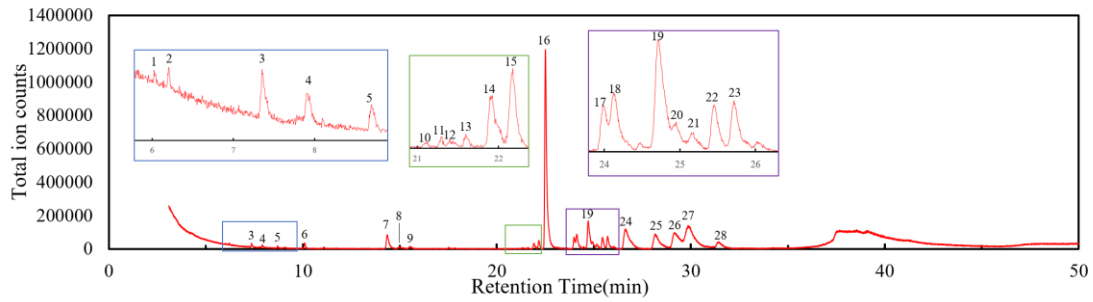


圖 46. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 50. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Thujene	6.025	929	930	0.03	MS, KI
2	α -Pinene	6.204	936	939	0.06	MS, KI
3	Sabinene	7.352	976	975	0.35	MS, KI
4	β -Myrcene	7.908	993	991	0.26	MS, KI
5	α -Terpinene	8.698	1020	1017	0.22	MS, KI
6	γ -Terpinene	10.099	1064	1060	0.67	MS, KI
7	α -Terpineol	14.355	1187	1186	3.14	MS, KI
8	γ -Terpineol	15.000	1204	1199	0.45	MS, KI
9	Verbenone	15.529	1221	1205	0.42	MS, KI
10	iso-Longifolene	21.099	1389	1390	0.06	MS, KI
11	β -Elemene	21.296	1394	1390	0.09	MS, KI
12	unknown	21.404	1398	-	0.09	-
13	unknown	21.599	1404	-	0.12	MS, KI
14	α -Cedrene	21.915	1414	1411	0.89	MS, KI
15	β -Cedrene	22.173	1423	1420	1.18	MS, KI
16	Thujopsene	22.509	1433	1431	34.00	MS, KI
17	β -Chamigrene	23.99	1479	1477	1.50	MS, KI
18	γ -Muurolene	24.126	1483	1480	2.78	MS, KI
19	α -Muurolene	24.715	1501	1500	5.24	MS, KI
20	unknown	24.948	1509	-	1.24	-
21	γ -Cadinene	25.176	1517	1516	0.67	MS, KI
22	δ -Cadinene	25.455	1526	1526	1.73	MS, KI
23	unknown	25.717	1535	-	2.03	-
24	Germacrene B	26.649	1565	1548	9.89	MS, KI
25	Cedrol	28.167	1614	1610	6.80	MS, KI

續表 50. 大溪事業區 (170 線) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
26	α -Muurolol	29.163	1647	1646	8.10	MS, KI
27	7-epi-α-Eudesmol	29.868	1669	1664	15.78	MS, KI
28	<i>cis</i> -Thujopsenal	31.445	1719	1709	2.18	MS, KI

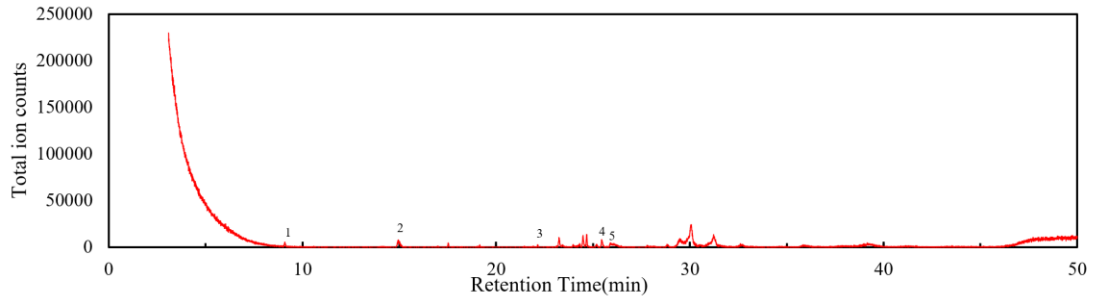


圖 47. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 51. 大溪事業區（160 線）41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Limonene	9.094	1033	1029	7.61	MS, KI
2	γ -Terpineol	14.945	1203	1199	21.00	MS, KI
3	α -Humulene	23.246	1457	1454	15.20	MS, KI
4	δ -Cadinene	25.446	1526	1524	10.80	MS, KI
5	α -Cadinol	29.491	1657	1654	45.39	MS, KI

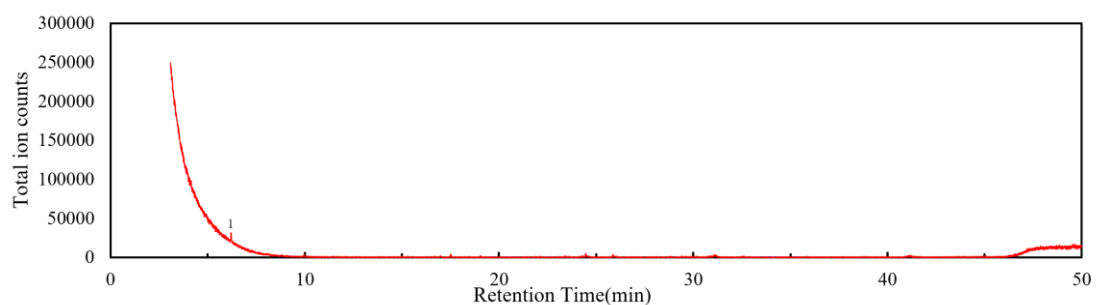


圖 48. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 52. 太平山事業區 (100 線 11K) 21-40 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Pinene	6.194	936	939	100	MS, KI

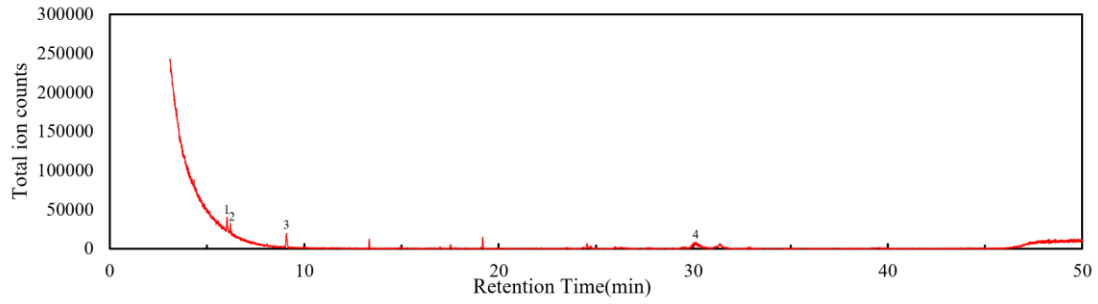


圖 49. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 53. 太平山事業區 (100 線 14K) 41-60 年生紅檜枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Thujene	6.029	930	930	24.32	MS, KI
2	α -Pinene	6.201	936	939	13.50	MS, KI
3	Limonene	9.089	1033	1029	28.14	MS, KI
4	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	30.143	1678	1664	34.05	MS, KI

表 54. 不同事業區各樹齡紅檜枝條與葉子純露主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			170 線		160 線		100 線 11K		100 線 14K	
			21-40 年生		41-60 年生		21-40 年生		41-60 年生	
			(大溪)		(大溪)		(太平山)		(太平山)	
		葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	
930	930	α -Thujene	0.09	0.03	-	-	100	-	-	24.3
936	939	α -Pinene	0.10	0.06	-	-	-	100	-	13.5
1033	1029	Limonene	0.19	-	-	7.61	-	-	-	28.1
1187	1186	α -Terpineol	12.4	3.14	-	-	-	-	100	-
1199	1203	γ -Terpineol	1.25	0.45	-	21.0	-	-	-	-
1432	1431	Thujopsene	28.8	34.0	-	-	-	-	-	-
1457	1454	α -Humulene	-	-	-	15.2	-	-	-	-
1524	1526	δ -Cadinene	1.55	1.73	-	10.8	-	-	-	-
1657	1654	α -Cadinol	-	-	100	45.4	-	-	-	-
1678	1664	7- <i>epi</i> - α -Eudesmol	13.4	15.8	-	-	-	-	-	34.1
生育地/生長描述			陽光直射， 優勢		陽光直射， 優勢		斜坡，次優 勢木		斜坡，優勢 木	

3. 柳杉葉子與枝條純露成分差異

由柳杉葉子與枝條純露成分分析結果(圖 50-圖 57、表 55-表 63)得知，葉子與枝條純露的成分為 α -Terpineol、Elemol、 γ -Eudesmol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene，且組成比例無特定趨勢，可將其合併使用。若與柳杉枝條與葉子精油相比，柳杉枝條與葉子精油純露成分主要為低揮發性成分為主，且這些成分亦為精油主要或次要成分。

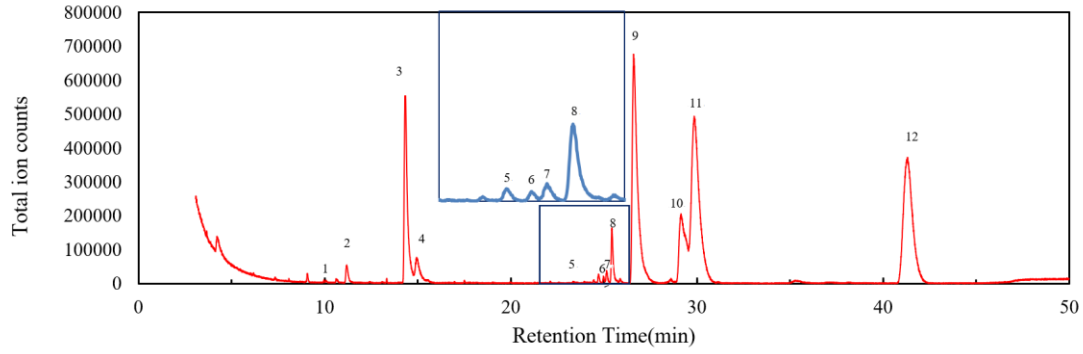


圖 50. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 55. 大溪事業區（130 線）21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Limonene	9.088	1033	1024	0.19	KI, MS
2	Linalool oxide	11.198	1094	1084	0.73	KI, MS
3	α-Terpineol	14.341	1187	1186	11.78	KI, MS
4	γ -Terpineol	14.947	1204	1199	2.44	KI, MS
5	α -Muurokene	24.730	1503	1500	0.22	KI, MS
6	β -Bisabolene	24.999	1512	1505	0.12	KI, MS
7	γ -Cadinene	25.167	1517	1513	0.41	KI, MS
8	δ -Cadinene	25.447	1527	1524	2.11	KI, MS
9	Elemol	26.611	1564	1549	23.92	KI, MS
10	γ -Eudesmol	29.160	1644	1632	8.90	KI, MS
11	β-Eudesmol	29.875	1667	1650	26.11	KI, MS
12	16-Kaurene	41.323	1957	1967	23.11	KI, MS

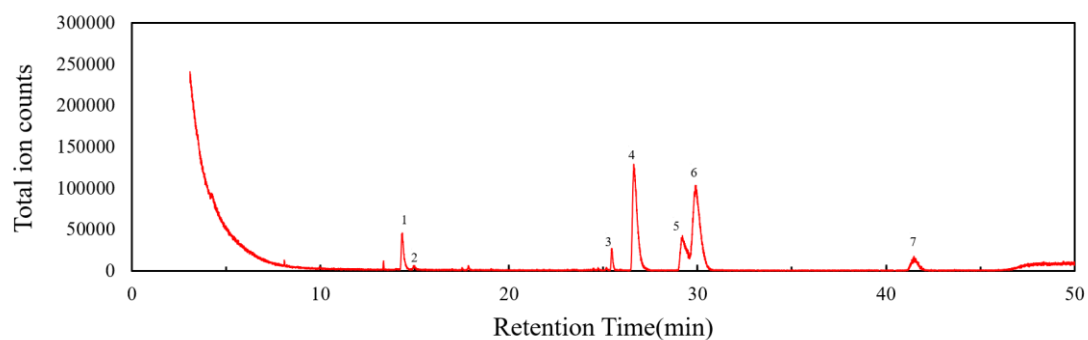


圖 51. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 56. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.358	1187	1186	6.38	KI, MS
2	γ -Terpineol	15.004	1205	1199	0.43	KI, MS
3	δ -Cadinene	25.463	1527	1523	2.26	KI, MS
4	Elemol	26.628	1565	1549	32.48	KI, MS
5	γ-Eudesmol	29.212	1646	1623	13.23	KI, MS
6	β-Eudesmol	29.892	1667	1653	40.53	KI, MS
7	16-Kaurene	41.488	1961	1967	4.70	KI, MS

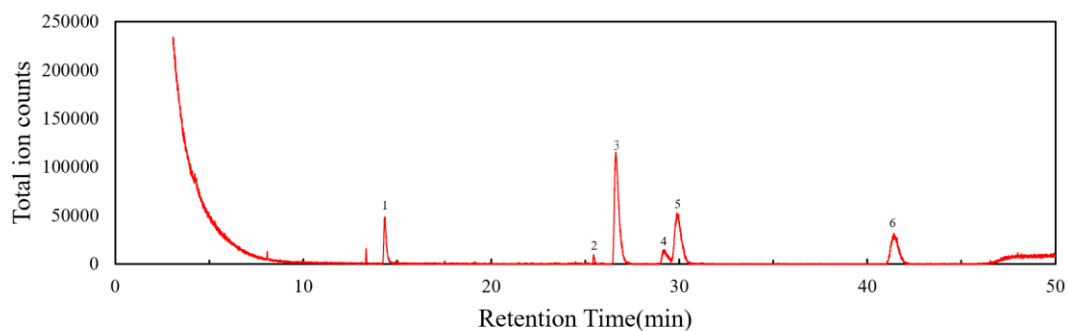


圖 52. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 57. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.358	1187	1186	9.10	KI, MS
2	δ -Cadinene	25.446	1527	1523	1.08	KI, MS
3	Elemol	26.634	1565	1549	42.05	KI, MS
4	γ -Eudesmol	29.195	1646	1623	5.38	KI, MS
5	α-Eudesmol	29.875	1667	1653	25.43	KI, MS
6	16-Kaurene	41.402	1959	1967	16.96	KI, MS

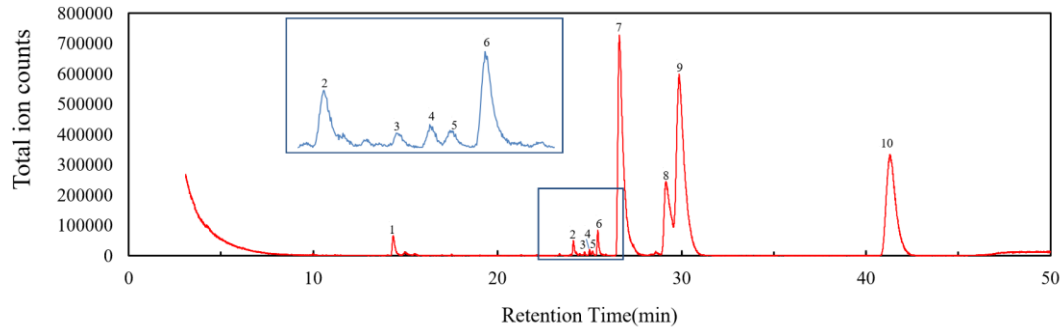


圖 53. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 58. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak#	Compound	Retention time(min)	KI	rKI	Relative area(%)	Identification
1	α -Terpineol	14.340	1187	1186	1.19	KI, MS
2	Germacrene D	24.125	1485	1481	0.63	KI, MS
3	α -Muurolene	24.725	1503	1500	0.13	KI, MS
4	β -Bisabolene	24.994	1512	1186	0.18	KI, MS
5	γ -Cadinene	25.154	1517	1513	0.16	KI, MS
6	δ -Cadinene	25.439	1526	1524	1.06	KI, MS
7	Elemol	26.628	1565	1549	28.56	KI, MS
8	γ -Eudesmol	29.154	1644	1632	10.97	KI, MS
9	β -Eudesmol	29.869	1667	1650	34.67	KI, MS
10	16-Kaurene	41.294	1957	1967	22.45	KI, MS

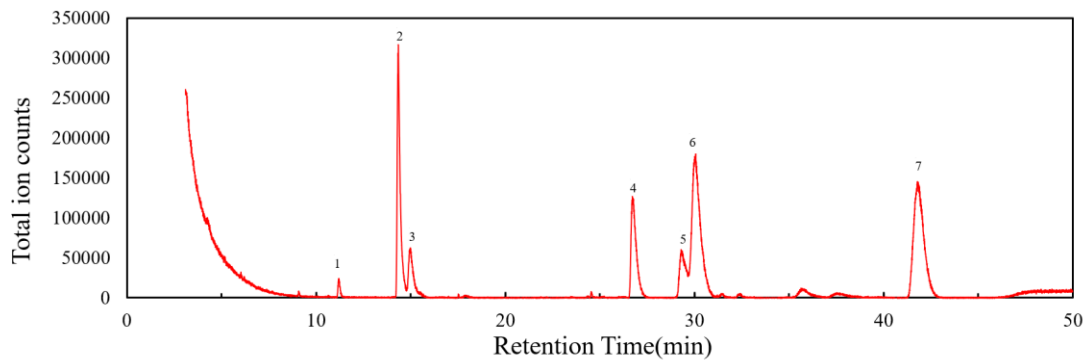


圖 54. 大溪事業區 (130 線) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 59 大溪事業區 (130 線) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Linalool oxide	11.197	1094	1084	0.97	KI, MS
2	α -Terpineol	14.346	1187	1186	17.52	KI, MS
3	γ -Terpineol	14.975	1204	1199	5.62	KI, MS
4	Elemol	26.726	1568	1549	12.37	KI, MS
5	γ -Eudesmol	29.297	1649	1650	7.07	KI, MS
6	β -Eudesmol	30.069	1673	1653	28.09	KI, MS
7	16-Kaurene	41.791	1966	1967	28.37	KI, MS

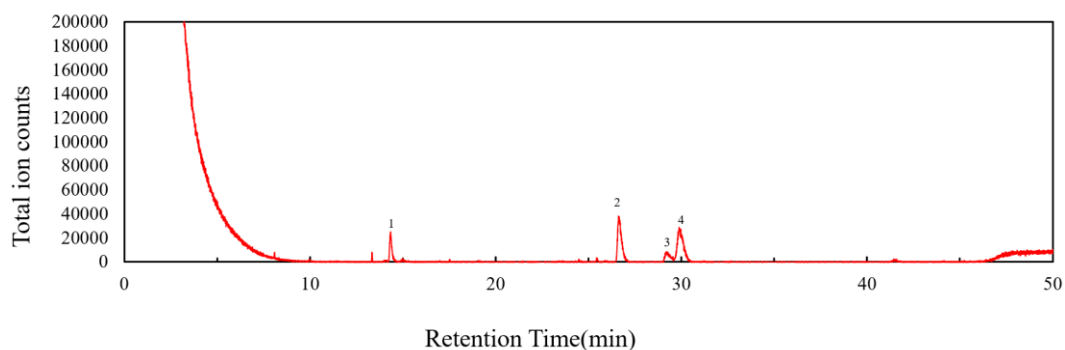


圖 55. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 60. 大溪事業區（130 線）41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.352	1187	1186	12.78	KI, MS
2	Elemol	26.628	1565	1549	36.48	KI, MS
3	γ -Eudesmol	29.212	1646	1623	9.83	KI, MS
4	β -Eudesmol	29.898	1667	1650	40.92	KI, MS

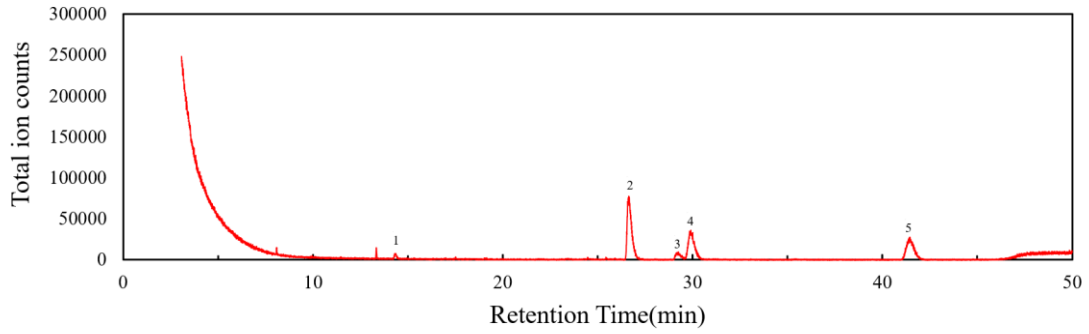


圖 56. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 61. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.363	1188	1186	16.62	KI, MS
2	Elemol	26.646	1565	1549	42.76	KI, MS
3	γ -Eudesmol	29.263	1648	1623	5.62	KI, MS
4	β -Eudesmol	29.915	1668	1650	26.1	KI, MS
5	16-Kaurene	41.454	1960	1967	23.9	KI, MS

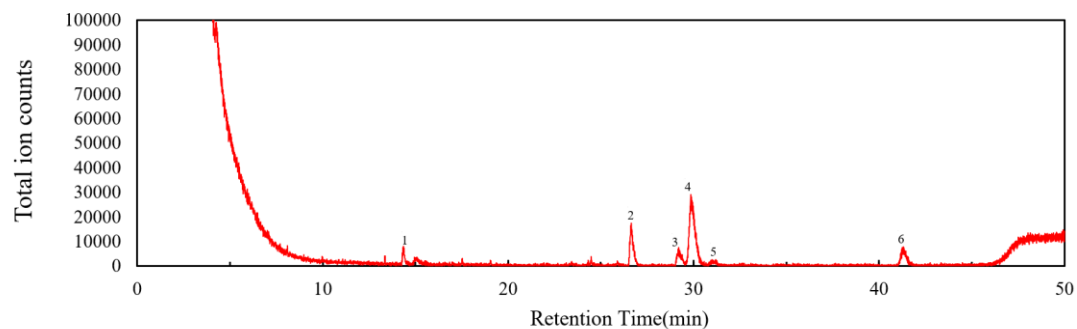


圖 57. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 62. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生柳杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.363	1188	1186	3.84	KI, MS
2	Elemol	26.645	1565	1549	18.5	KI, MS
3	γ -Eudesmol	29.149	1644	1623	6.63	KI, MS
4	β-Eudesmol	29.835	1665	1653	58.13	KI, MS
5	<i>n</i> -Heptadecane	31.178	1706	1700	2.54	KI, MS
6	16-Kaurene	41.322	1957	1967	10.35	KI, MS

表 63. 不同事業區各樹齡柳杉枝條與葉子純露主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			<u>130 線</u>		<u>130 線</u>		<u>100 線 18K</u>		<u>100 線 18K</u>	
			<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>		<u>21-40 年生</u>		<u>41-60 年生</u>	
			<u>(大溪)</u>		<u>(大溪)</u>		<u>(太平山)</u>		<u>(太平山)</u>	
		葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	
1187	1186	α -Terpineol	11.8	17.5	6.38	12.8	9.10	16.6	1.19	3.84
1564	1549	Elemol	23.9	12.4	32.5	36.5	42.1	42.8	28.6	18.5
1644	1632	γ -Eudesmol	8.90	7.1	13.2	9.83	5.38	5.62	11.0	6.63
1667	1650	β-Eudesmol	26.1	28.1	40.5	-	25.4	26.1	34.7	58.1
1667	1653	α -Eudesmol	-	-	-	40.9	17.0	-	-	-
1961	1967	16-Kaurene	23.1	28.4	4.70	-		23.9	22.5	10.4
生育地/生長描述			優勢木		優勢木		優勢木		優勢木	

4. 香杉葉子與枝條純露成分差異

由香杉葉子與枝條純露成分分析結果（圖 58-圖 65、表 64-表 71）得知，葉子與枝條純露的成分亦相近。進一步比較可知，其主要為 γ -Terpineol、Verbenone、 β -Eudesmol、 α -Eudesmol 及 Cedrol（表 72），但與葉子及枝條精油成分有差異。從前述葉子及枝條精油分析結果可知，葉子及枝條精油收率極低，製作精油的成本較高。然而，由於香杉葉子與枝條純露含有的成分亦具一些效用，因此可考慮專門生產香杉枝葉純露，進一步做開發利用。

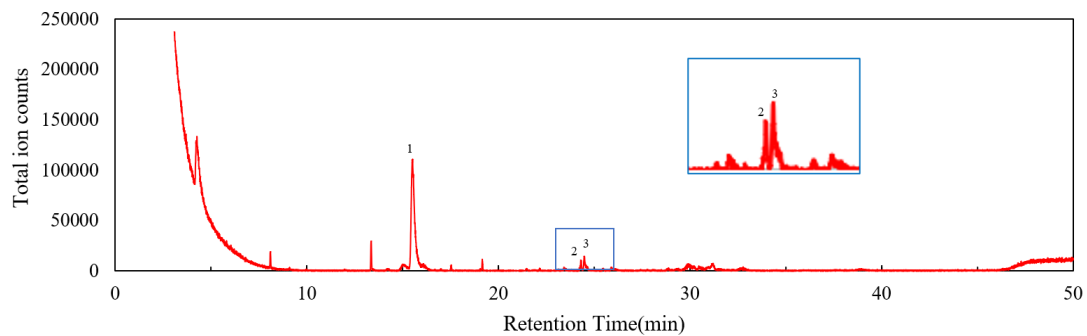


圖 58. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 64. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Verbenone	15.518	1222	1205	91.22	MS, KI
2	β -Selinene	24.297	1490	1490	2.68	MS, KI
3	Undecenol acetate	24.485	1495	1498	6.1	MS, KI

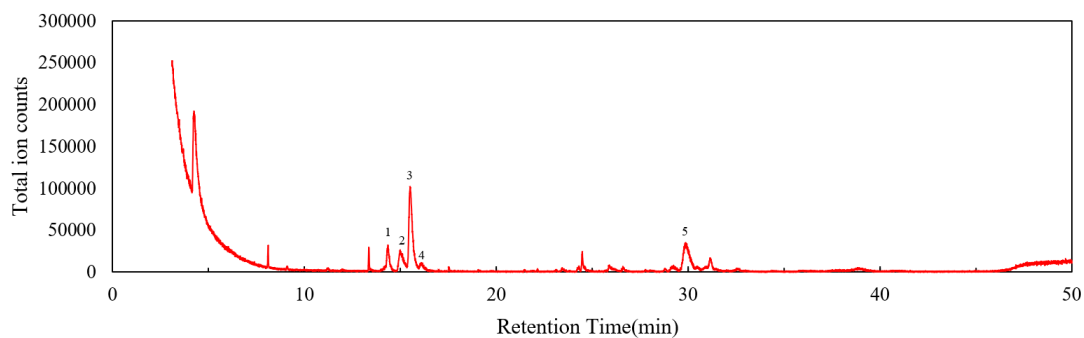


圖 59. 大溪事業區（100 線 10K）41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 65. 大溪事業區（100 線 10K）41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.352	1187	1186	9.37	MS, KI
2	γ -Terpineol	14.986	1205	1199	14.06	MS, KI
3	Verbenone	15.506	1221	1205	47.72	MS, KI
4	<i>trans</i> -Carveol	16.084	1239	1216	4.56	MS, KI
5	β -Eudesmol	29.869	1667	1653	24.28	MS, KI

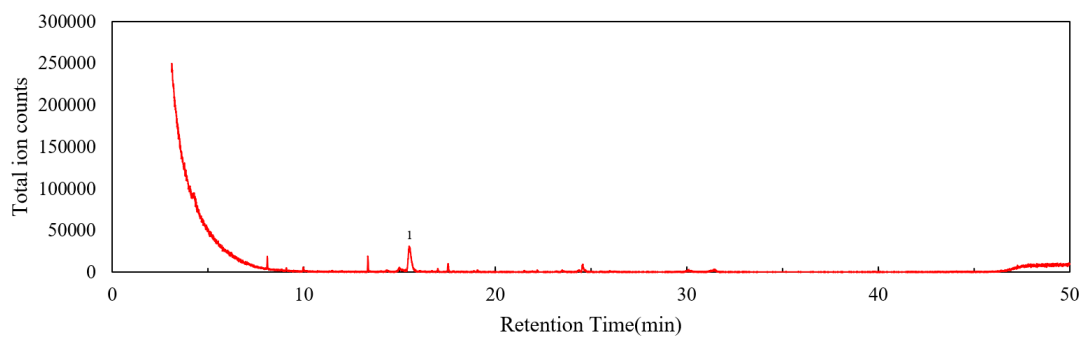


圖 60. 太平山事業區（100 線 18K）21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 66. 太平山事業區（100 線 18K）21-40 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Verbenone	15.495	1221	1205	100	MS, KI

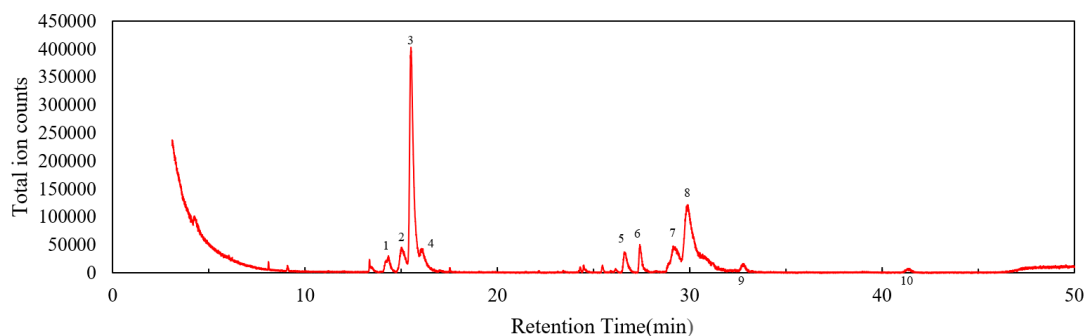


圖 61. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 67. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉葉子純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.329	1187	1186	2.92	MS, KI
2	γ -Terpineol	15.015	1206	1199	5.66	MS, KI
3	Verbenone	15.501	1221	1205	41.99	MS, KI
4	<i>trans</i> -Carveol	16.124	1240	1216	4.81	MS, KI
5	Elemol	26.617	1564	1549	3.68	MS, KI
6	Caryophyllene oxide	27.400	1588	1583	3.71	MS, KI
7	γ -Eudesmol	29.132	1644	1632	8.31	MS, KI
8	β-Eudesmol	29.909	1668	1650	26.73	MS, KI
9	unknown	32.778	1753	-	1.50	-
10	16-Kaurene	41.368	1958	1967	0.69	MS, KI

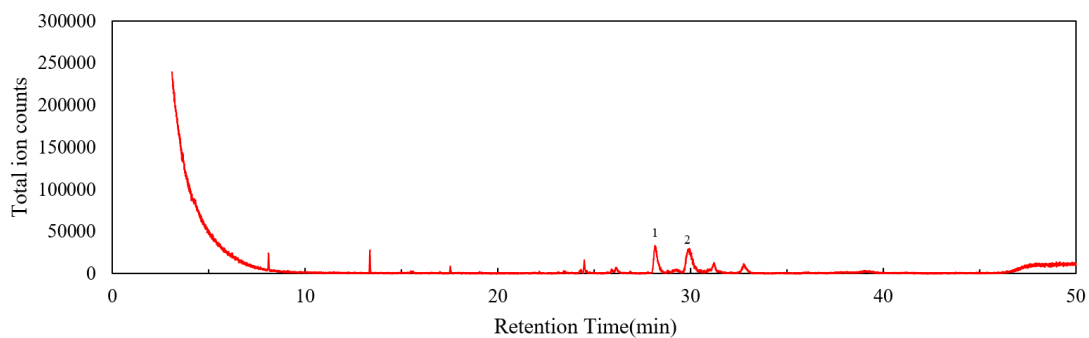


圖 62. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 68. 大溪事業區（100 線 10K）21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Cedrol	28.143	1612	1600	42.45	MS, KI
2	β -Eudesmol	29.937	1669	1650	57.55	MS, KI

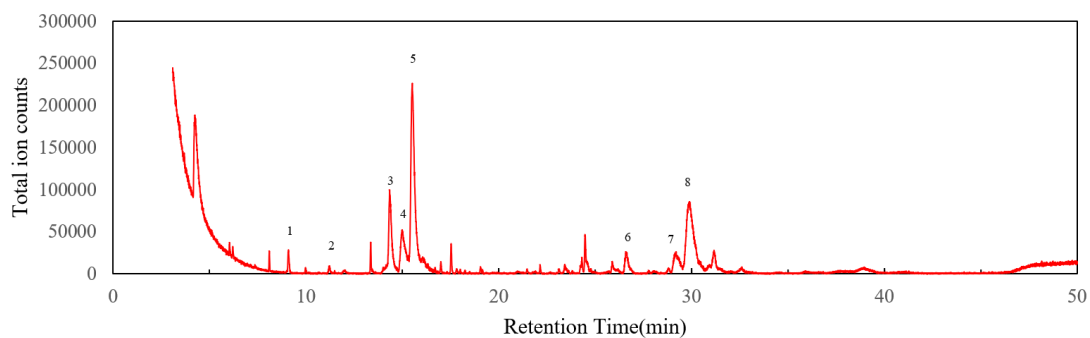


圖 63. 大溪事業區（100 線 10K）41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 69. 大溪事業區（100 線 10K）41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Limonene	9.094	1033	1029	1.60	MS, KI
2	cis-Linalool oxide	11.220	1095	1072	0.58	MS, KI
3	α-Terpineol	14.335	1187	1186	11.53	MS, KI
4	γ -Terpineol	14.992	1205	1199	9.39	MS, KI
5	Verbenone	15.512	1222	1205	39.43	MS, KI
6	Elemol	26.588	1563	1549	3.74	MS, KI
7	α -Muurolol	29.195	1646	1646	5.70	MS, KI
8	α-Eudesmol	29.886	1667	1653	28.04	MS, KI

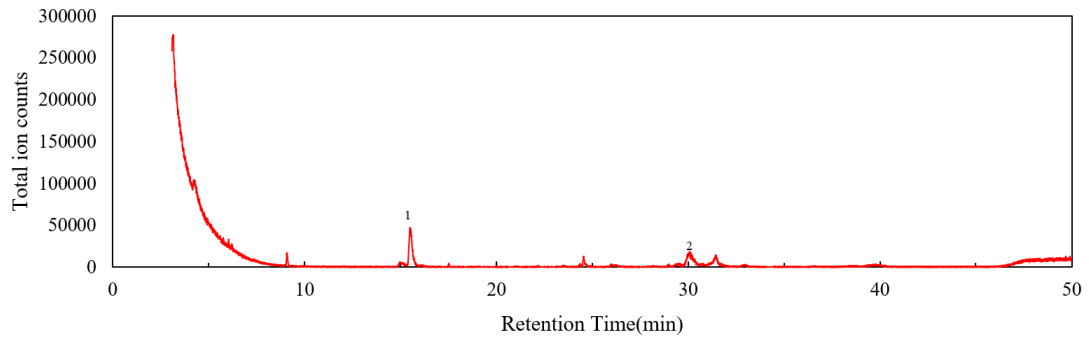


圖 64. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 70. 太平山事業區 (100 線 18K) 21-40 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	Verbenone	15.501	1221	1205	57.84	MS, KI
2	β -Eudesmol	30.058	1672	1650	42.16	MS, KI

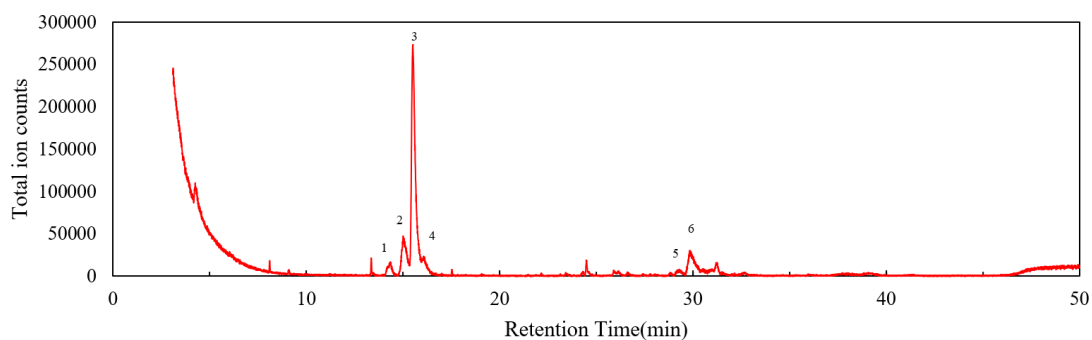


圖 65. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 氣相層析圖

表 71. 太平山事業區 (100 線 18K) 41-60 年生香杉枝條純露 Hexane Fraction 組成成分

Peak #	Compound	Retention time (min)	KI	rKI	Relative area (%)	Identification
1	α -Terpineol	14.340	1187	1186	4.21	MS, KI
2	γ -Terpineol	15.003	1205	1199	13.03	MS, KI
3	Verbenone	15.506	1221	1205	62.15	MS, KI
4	<i>trans</i> -Carveol	16.049	1238	1216	5.61	MS, KI
5	γ -Eudesmol	29.292	1649	1632	1.72	MS, KI
6	β -Eudesmol	29.835	1665	1650	12.61	MS, KI

表 72. 不同事業區各樹齡香杉枝條與葉子純露主要成分比較

KI	rKI	Compound	Relative content (%)							
			100 線 10K		100 線 10K		100 線 18K		100 線 18K	
			21-40 年生		41-60 年生		21-40 年生		41-60 年生	
			(大溪)		(大溪)		(太平山)		(太平山)	
			葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條	葉	枝條
1187	1186	α -Terpineol	-	-	9.37	11.5	-	-	2.92	4.21
1205	1199	γ -Terpineol	91.2	-	14.1	9.39	-	-	5.66	13.0
1222	1205	Verbenone	-	-	47.7	39.4	100	57.8	42.0	62.2
1612	1600	Cedrol	-	42.5	-	-	-	-	-	-
1667	1650	β -Eudesmol	-	-	24.3	-	-	42.2	26.7	12.6
1667	1653	α -Eudesmol	-	57.6	-	28.0	-	-	-	-
生育地/生長描述			優勢木		優勢木		優勢-次優勢木		優勢木	

(三) 精油與純露加值化利用的可行性評估

1. 臺灣扁柏枝葉精油與純露開發之可行性與生產建議

從前述分析結果可知，太平山事業區及大溪事業區的臺灣扁柏葉子精油主要成分為 Thujopsene，具有抗白蟻、抗真菌 (Mukai et al., 2019) 及護肝 (Jeong et al., 2014) 的效果。而臺灣扁柏枝條精油主要為 δ -Cadinene 或 Thujopsene，其中 δ -Cadinene 具有抗蟎 (Guo et al., 2017) 及抗肺炎鏈球菌 (Pérez-López et al., 2011) 的效果。此外，41-60 年生臺灣扁柏葉子精油的低揮發性成分 (如 Cedrol) 較 21-40 年生多，Cedrol 受到許多學者的研究與探討，至今已發現具有抗白蟻 (Chang et al., 2001)、抗木材腐朽菌 (鄭森松等, 2012)、鎮靜 (Dayawansa et al., 2003; Umeno et al., 2007; Yada et al., 2007)、生髮 (Zhang et al., 2016)、護肝 (Jeong et al., 2014)、抗發炎與鎮痛 (Wang et al., 2019)、免疫調節 (Özek et al., 2021) 等功效；而 41-60 年生台灣扁柏枝條精油亦具有較 21-40 年生台灣扁柏枝條精油多的 7-*epi*- α -Eudesmol，雖尚未發現有探究其具體功效的研究，但 7-*epi*- α -Eudesmol 的低揮發特性，亦能減緩高揮發性精油成分 (如 α -Pinene、Thujopsene) 的釋出速率，使精油香氛產生不同層次感受。

因此，若視其功效，以單純的精油產品或其他如香水、香膏等香氛產品作為抗室內微生物、改善環境衛生、皮膚護理或調節情緒等產

品，應有其利用價值。至於純露，其組成與精油相似，各齡級與區域間亦無規律變化，因此可合併使用，往類似應用開發。若綜觀台灣扁柏葉子及枝條的收率，葉子精油收率明顯較枝條精油高出許多，再者，枝條精油收率極低，考量兩者精油成分的相似性，未來生產臺灣扁柏枝葉精油時，建議可不用分區域但區分不同齡級將枝葉合併蒸餾生產精油，節省人力成本，提升生產效益。

2. 紅檜枝葉精油與純露開發之可行性與生產建議

而位於兩地的紅檜葉子精油主要成分則為 α -Pinene，並具有 δ -3-Carene 或 Thujopsene (大溪事業區 170 線 21-40 年生紅檜)， α -Pinene 具舒緩情緒功效 (張資正、林託進, 2020; 林群雅等, 2015; Satou et al., 2014; Su et al., 2006); Thujopsene 具有抗白蟻、抗真菌 (Mukai et al., 2019) 及護肝 (Jeong et al., 2014) 的效果; δ -3-Carene 則是具有助眠 (Woo et al., 2019)、刺激補骨細胞分化 (Jeong et al., 2008)、抗真菌 (Shu et al., 2019) 及毒殺玉米象鼻蟲 (Langsi et al., 2020) 等功效。大溪事業區紅檜枝條精油成分多為 δ -Cadinene 或 α -Humulene, δ -Cadinene 抗蟎 (Guo et al., 2017) 及抗肺炎鏈球菌 (Pérez-López et al., 2011) 效果, 而 α -Humulene 則具抗發炎、抗腫瘤及抗微生物等功效 (Leite et al., 2021); 而太平山事業區紅檜枝條精油成分則多為 7-*epi*- α -Eudesmol, 尚未發現有針對其功效之研究。若以精油的功效來看, 紅檜葉子精油應可作為舒緩情緒或改善環境衛生的香氛產品。而考量枝條極低的精油收率, 儘管大溪事業區與太平山事業區的紅檜枝條精油成分有異, 但仍應可與紅檜葉子精油一同蒸餾, 應不致影響其應用, 且能增加低揮發性成分, 讓產品更具香氛層次。

3. 柳杉枝葉精油與純露開發之可行性與生產建議

柳杉枝葉精油的主要成分較多且多有相似，以 α -Pinene、Sabinene、Limonene、Terpinen-4-ol、Elemol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene 為主。研究發現， α -Pinene 具舒緩情緒功效（張資正、林託進，2020；林群雅等，2015；Satou et al., 2014；Su et al., 2006）；Sabinene 具有抗真菌與抗發炎（Valente et al., 2013）、抗結核桿菌（Sieniawska et al., 2017）、抑制轉糖鏈球菌（Park et al., 2019）及抗微生物與殺蟲（Zhou et al., 2019）等功效；Terpinen-4-ol 具有抗牙周致病菌（Nepomuceno et al., 2018）、抗鵝口瘡（Ninomiya et al., 2013）、抗植物病原菌（Morcia et al., 2012）、抗癲癇（de Sousa et al., 2009）、抗菌（Mondello et al., 2006；Loughlin et al., 2008）、抗腸胃道癌症（Shapira et al., 2016）、鎮靜（Nascimento et al., 2014）等功效； β -Eudsmol 具有抗癌（Ma et al., 2008）、抗發炎（Seo et al., 2011）、抗基因突變（Miyazawa et al., 1996）、抑制血管增生（Tsuneki et al., 2005）的效果；Elemol 及 16-Kaurene 則具有抗菌（Sadgrove et al., 2016；da Silva Rivas et al., 2012；古喬云等，2008）之功效；Elemol 則另外具有減輕皮膚急性發炎症狀（如異位性皮膚炎）的效果（Yang et al., 2015）。

因此，若以柳杉精油產品來看，較適合開發成口腔衛生、皮膚保健或鎮靜安神的相關產品；而枝葉純露亦有相似成分，因此柳杉枝葉

的純露可開發成具抗菌或消炎的化妝品添加劑或皮膚清潔與衛生相關產品。此外，若以齡級來看，大溪事業區級太平山事業區之 21-40 年生柳杉枝條與葉子精油多有上述之成分，而 41-60 年生的柳杉葉子精油亦同，然而，41-60 年生的柳杉枝條精油則是具有較少的 Elemol、 β -Eudesmol 及 16-Kaurene。若再考量收率，葉子與枝條之收率皆算中上，但葉子精油收率較高。因此未來在精油生產上，可考慮將 21-40 年生的枝條與葉子以及 41-60 年生的葉子精油合併蒸餾，41-60 年生的枝條則另行蒸餾，此可維持柳杉精油品質之外，另外亦可生產偏頭韻與中韻較多的柳杉精油，建立精緻化柳杉精油，供市場選擇。

4. 香杉枝葉精油與純露開發之可行性與生產建議

香杉枝葉精油之成分皆含有 β -Selinene 及 α -Selinene，並另普遍具有 β -Eudesmol， β -Selinene 發現具有抗發炎、鎮痛與退燒 (Chandra et al., 2017) 及鎮靜功效 (López-Rubalcava et al., 2006)； α -Selinene 有鎮靜功效 (Xiao et al., 2022)； β -Eudsmol 具有抗癌 (Ma et al., 2008)、抗發炎 (Seo et al., 2011)、抗基因突變 (Miyazawa et al., 1996)、抑制血管增生 (Tsuneki et al., 2005) 的效果。此外，在不同齡級、不同部位或不同生育地亦混有或多或少的 α -Pinene、 β -Elemene、*trans*-Caryophyllene、Germacrene D、 α -Calacorene、Caryophyllene oxide 或 Cedrol，但由於香杉枝條與葉子精油收率非常稀少 (<0.08%)，若要生產香杉精油供應特殊需求，如生產 β -Selinene 或 α -Selinene 供應鎮痛、退燒或鎮靜需求市場，則可考慮將枝條與葉子混合蒸餾，但若在收穫量不高的情況下，不建議生產香杉精油，可能會費不及利；然而，香杉枝葉純露主要成分亦含有 γ -Terpineol、Verbenone、 β -Eudesmol 及 Cedrol 等具生物活性成分，亦可考慮以純露生產為目標，輔以精油收集並累積作為他用。

5. 精油生產設施投入成本評估

精油是將植物中易揮發的物質以蒸餾方式收集而得的物質。精油收率極低，通常收率為 0.10-0.01%，但因精油成分具有許多芳香氣味與生物活性，因此有一定的消費市場。精油設備的規模通常視每次來源原料的取得難易及數量多寡決定，若植物部位中精油收率較高，則可用較少容量的設備即可蒸餾獲得，反之若精油收率較低，則須利用較大的精油設備；同樣的，若植物部位精油收率高，但因原料取得不易或單價較高，每次收集能進行蒸餾的原料數量不多，則可考慮使用小型的精油蒸餾設備進行處理。

在生產實務上，最常使用的生產用精油蒸餾設備是以水蒸氣蒸餾為主流，包含蒸氣供應系統、物料蒸餾槽、蒸汽冷卻系統及精油收集系統；而依照供應蒸氣的加熱源，另可分成電力加熱源、氣態燃料加熱源或是固態燃料加熱源；蒸汽冷卻系統則有自然流水冷卻及強制冷卻之分，主要影響為精油蒸氣冷卻的效率，決定精油品質；精油收集系統亦可分成冷卻收集或直接收集，亦會影響精油品質。若以本計畫所使用的設備來看，小型精油蒸餾設備是以 5 公升物料容量的裝置進行蒸餾，中型精油蒸餾設備則是以 80 公升物料容量的裝置進行蒸餾。5 公升的小型精油蒸餾設備，每次通常可處理物料量為 500 - 1000 g，視原料特性，每天最多可蒸餾 2 - 3 次，通常適合科學研究與成分分

析使用，或是蒸餾體積小、料源少、但精油含量極高的原料（如山胡椒果實），亦或是蒸餾松脂或凝香體使用。80 公升的中型精油蒸餾設備，通常可處理物料量為 8 - 13 kg，視原料特性，每天最多可蒸餾 2 - 3 次，適合有大量收集需求但不常使用（如物料供應有期間限定）的情形，或是精油收率較低的原料。

在售價方面，誠如前述，水蒸氣蒸餾設備分成蒸氣供應系統、物料加熱系統、蒸汽冷卻系統及精油收集系統，但因各系統的搭配需針對使用環境的條件而選擇不同的對應配置，因此採購成本的估算需針對不同系統進行評估。若以 5 公升的小型精油蒸餾設備來說，物料蒸餾槽的成本依材質與設備設計通常在 NTD 10000 - 50000 元左右；而對應的加熱系統若為瓦斯加熱器約 NTD 1000 - 3000 元，電磁加熱器成本約 NTD 1500 - 4000 元；蒸汽冷卻系統若為自然流水冷卻成本依當地水價而異，若是強制冷卻，常利用氣冷或壓縮機搭配熱交換器使用的低溫循環水槽，氣冷方式成本約 NTD 5000 - 10000 元、壓縮機冷卻方式成本約 NTD 50000 元。精油收集系統若為直接收集，收集器成本約為 NTD 5000 - 10000 元，若為冷卻收集，收集器成本約為 NTD 5000 - 40000 元（冷卻系統另計）。此外，另有成套販售的套裝設備（包含簡易精油收集器，但不含低溫循環水槽），5 - 10 公升的電熱式水蒸氣蒸餾設備大約 NTD 35000 - 150000 元。常用中型量產級精油蒸餾

設備成本可參考表 73。

若以 80 公升的中型精油蒸餾設備來說，物料蒸餾槽的成本依材質與設備設計通常在 NTD 70000 - 120000 元左右；而對應的加熱系統若為瓦斯/柴火加熱器約 NTD 50000 - 100000 元，電熱器成本約 NTD 60000 - 350000 元；蒸汽冷卻系統若為自然流水冷卻成本依當地水價而異，若是強制冷卻，常利用低溫循環水槽，壓縮機冷卻方式成本約 NTD 250000 - 350000 元。精油收集系統若為直接收集，收集器成本約為 NTD 8000 - 12000 元，若為冷卻收集，收集器成本約為 NTD 13000 - 50000 元（冷卻系統另計）。此外，另有成套販售的套裝設備（包含簡易精油收集器，但不含低溫循環水槽），50 - 100 公升的電熱式水蒸氣蒸餾設備大約 NTD 120000 - 170000 元。

表 73. 常用中型量產級精油蒸餾設備成本

容量 (L)	每日進料量 (kg)	適合情形	總成本 (元)	細部成本 (元)								Note
				蒸氣供應系統		物料桶	精油收集系統		蒸汽冷卻系統			
				瓦斯 供熱	電力 供熱		自然 冷卻	壓縮機 冷卻	自來水 冷卻	氣流 冷卻	壓縮機 冷卻	
5	1-3	實驗用途 或少量高 收率材料	12000 - 150000	1000 - 3000	1500 - 4000	10000 - 50000	5000 - 10000	5000 - 40000	當地水 價	5000 - 10000	50000	
5-10	2-6	實驗用途 或少量高 收率材料	35000 - 150000 (不含低溫 循環水槽)			略			當地水 價	10000 - 30000	120000	
50-100	12-50	原料量體 大或低收 率材料	120000 - 170000 (不含低溫 循環水槽)			略			當地水 價	-	270000	瓦斯或柴 火式蒸餾 系統成本 x 0.7
200-400	50-200	原料量體 大或低收 率材料	230000 - 270000 (不含低溫 循環水槽)			略			當地水 價	-	450000 - 600000	瓦斯或柴 火式蒸餾 系統成本 x 0.7

6. 森林保育處投入林木枝葉精油生產建議

依照本計畫執行後之情形，森林保育處若要自行生產林木枝葉精油，有如下建議：

(1) 原料採集與前處理：

I. 原料收集與加工的適法性

即使精油為初級加工產品，但森林保育處的林木枝葉多在國有林地，相關採集受森林法規範，若要取得並在林地外的區域進行精油生產，需呈報對應之林區管理處，有時會受行政程序降低生產進度。但若在林地內進行精油生產或在園區內設置設備，是否尚需對應之林區管理處核可，若無，或許可簡化程序，在園區內加工，可減少運輸成本。

II. 林木枝葉集運效率

依本計畫收集之材料主要皆在林道兩旁可用採集器取得的原料。即便集運效率較高，然而依實務上來看，能取得的枝葉數量有限，不易支持生產線，此會造成生產效率低落。但若是進入造林地內部採集，雖可降低枝葉數量有限的問題，但另需評估地形所造成集運難度增加的因素。

III. 枝葉前處理效率

由計畫分析結果可知，若以本計畫執行期間的分離效率來看，平

均每人每小時可將枝條與葉子各別分離的原料量約 1.5 kg。因收率和組成分綜合影響，紅檜、臺灣扁柏及香杉枝葉精油不需分離蒸餾，但柳杉枝葉建議分開蒸餾，尤其是太平山事業區的 41-60 年生柳杉枝條與葉子。因此未來生產精油時，柳杉原料是否進行枝葉分離，此不僅影響精油性質，亦會影響整體生產效率，可加以評估。

(2) 蒸餾設備設置

若要節省運輸成本與試材處理相關時間，將精油蒸餾設備就近設置於園區內是最為理想。若以用水及園區安全考量，用電熱式精油蒸餾設備搭配低溫循環水槽是最為理想。若以此設計，便須具備 220V 80A-100A 的電力系統方能支應蒸餾系統電力所需。而若以園區內每年欲生產不同林木枝葉精油的情況下，考量去化速度，使用 100 公升以下的蒸餾設備對產能或許會稍有緊繃，建議採用 200 公升或 400 公升的蒸餾系統。200 公升的蒸餾系統約 230000 元，搭配的低溫恆溫水槽約 450000 元；400 公升的蒸餾系統約 270000 元，搭配的低溫恆溫水槽約 600000 元；若採用瓦斯或柴火式蒸餾系統，成本約電力式設備的 7 折（不含低溫恆溫水槽）。另外，若要提升試材前處理效率，可另準備碎木機支應，蒸餾後的試材亦可回歸林地或作為步道墊料使用。

(四) 精油與純露 DIY 體驗活動

於森林保育事業管理處之處慶時節（2022 年 10 月 6 日）舉辦精油與純露 DIY 體驗活動。精油 DIY 體驗活動是帶著參與者認識精油及香味品評，並藉由調香體驗認識精油香氛的有趣之處。由於純露為水溶液，因此純露 DIY 體驗活動則進行手工香氛皂與慕斯製作。

(五) 精油及萃取實務教育訓練

於 8 月 30 日舉辦精油及萃取實務教育訓練活動，內容主要介紹植物香氛的發展、精油化學、萃取原理等，使參與同仁對精油能有更深層的認識，以利未來開發與推廣林木精油及相關產品。

八、 結論

本計畫旨在評估利用棲蘭人工林撫育枝殘材發展精油產業利用的可行性。由分析結果得知，臺灣扁柏葉子精油收率不錯，精油組成分亦具有抗室內微生物、改善環境衛生、皮膚護理或調節情緒等功用，可作為單純的精油產品或其他如香水、香膏等香氛產品；臺灣扁柏枝葉純露則具有與葉子精油相似的成分，但其組成濃度較稀，又為水性副產品，因此可直接製作成具有抗菌或純露皂或皮膚護理與清潔的相關產品。紅檜葉子精油收率亦不錯，可作為舒緩情緒或改善環境衛生的香氛產品。柳杉枝條與葉子各有不錯的精油收率，同時含有高揮發性、中揮發性及低揮發性的成分，尤以中揮發性與低揮發性成分為重，適合做為多層次的中低韻調精油產品，應用在口腔衛生、皮膚保健或鎮靜安神的相關產品；柳杉枝葉純露則主要為低揮發性的成分，除可單獨使用開發成純露皂或皮膚護理與清潔的相關產品，亦可與其他純露調和使用，創造具不同香氣層次的清潔產品。香杉枝條與葉子精油雖然具有不錯的功效成分，但因精油收率極低，除非有很好的行銷量能，否則不具經濟效益；然而，香杉枝葉純露亦具有殺菌、抗蟲等功效成分，若要將其利用，或許可考慮以香杉枝葉純露作為應用。此外，經由計畫評估發現，棲蘭人工林撫育枝殘材若要投入精油產業進行生產，將生產基地設定在園區內應較有整體效益，可節省運輸與前後處

理的成本，此外，考量材料去化的效率，建議購置 200 公升以上的設備，較能符合量產與經濟效益。本計畫之成果能有助於森林保育事業管理處經營之事業區充分利用修枝撫育後所產生之廢棄資材轉變成具產值之精油與純露相關產品，並建立精油與純露生產系統藍圖，除可提供產品供國人使用外，亦能使其成為國內精油與純露相關產品之重要原料來源，串接整體產業供應鏈，帶動臺灣森林產物的多元利用發展，實現循環經濟發展政策。

九、 參考文獻

- 古喬云、鄭森松、吳季玲、李文馨、張上鎮、張惠婷 (2008) 柳杉葉部精油及其成分之抗細菌活性評估。中華林學季刊 41(2):237-247。
- 余家斌、趙彥琛、陳薇如 (2015) 森林環境對心理狀態之研究。中華林學季刊 48(4)：363-376。
- 何振隆、王益真、游琇婷、游漢明、蘇裕昌 (2010) 柳杉 (*Cryptomeria japonica* D. Don) 各部位精油組成分及抗氧化活性之探討。林業研究季刊 32(1)：63-76。
- 邱立文、黃群修、吳俊奇、謝小恬 (2015) 第 4 次全國森林資源調查成果概要。台灣林業 41(4)：3-13。
- 林欣妤、林美玲、馬晴風、陳亭亭、張資正 (2021a) 牛樟葉子精油對情緒影響的初探。2021 年國立宜蘭大學生物資源學院壁報論文競賽大學生組。宜蘭。
- 林欣妤、吳郁靖、吳家禎、張資正 (2021b) 純露香氣成分萃取方法之建立及五種本土植物純露香氣成分分析。110 年森林資源永續發展研討會。嘉義。
- 林託盡、陳亭亭、張資正 (2019) 臺灣杉心材精油鎮靜及安神功效之初探。108 年森林資源永續發展研討會。臺北。
- 林託盡、陳亭亭、張資正 (2020a) 臺灣杉葉子精油鎮靜及安神功效之初探。2020 年國立宜蘭大學生物資源學院壁報論文競賽大學生組。宜蘭。
- 林託盡、鄭秉和、陳亭亭、鄭森松、林群雅、莊筱妍、張資正 (2020b) 臺灣肖楠葉子精油鎮靜及安神功效之初探。109 年森林資源永續發展研討會。臺中。
- 林群雅、劉怡秀、陳育涵、張資正、陳盈如、鄭森松、張上鎮 (2015) 台灣紅檜葉子 BVOCs 之動態釋出速率及其釋出量之估算。中華林學季刊 48(1)：55-70。
- 張上鎮 (2007) 柳杉造林木抽出成分之病媒蚊趨避活性。行政院農委

會林務局科技計畫成果報告書。

張伊芸(2016)燈光及植物精油對重要吸血雙翅目昆蟲之推-拉防治策略探討：以蚊科及臺灣缺蠓為例。國立臺灣大學環境衛生研究所碩士論文。100 頁。

張資正、林託盡(2020)國產農業及林業剩餘資材加值化應用—具舒緩情緒的芬芳精油。國立宜蘭大學農業推廣季刊 86：1-3。

陳啟榮(2015)森林植物有機揮發成分解析及其對中樞神經系統與情緒之作用。國立中興大學森林系博士論文。81 頁。

鄭森松、張資正、張上鎮、劉素玲(2019)檫枝條精油和抽出物抗氧化活性之初探。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 33(1)：1-10。

鄭森松、莊閔傑、林群雅、張上鎮、王亞男(2012)天然林和人工林香杉材部精油及其成分之抗木材腐朽菌活性。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 26 (4)：241-249。

鍾詩文、許天銓(2017)台灣原生植物全圖鑑第一卷。貓頭鷹出版社。臺北。416 頁。

Adams, R. P. (2007) Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. Allured, Illinois, 804 pp.

Ahluwalia, V., R. Sisodia, S. Walia, O. P. Sati, J. Kumar and A. Kundu (2014) Chemical analysis of essential oils of *Eupatorium adenophorum* and their antimicrobial, antioxidant and phytotoxic properties. *Journal of Pest Science* 87: 341-349.

Chandra, M., O. Prakash, R. Kumar, R. K. Bachheti, B. Bhushan, M. Kumar and A. K. Pant (2017) β -Selinene-rich essential oils from the parts of *Callicarpa macrophylla* and their antioxidant and pharmacological activities. *Medicines* 4(3): 52.

Chang, S. T., S. S. Cheng and S. Y. Wang (2001) Antitermitic activity of essential oils and components from *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*). *Journal of Chemical Ecology* 27: 717-724.

Chang, H. T., Y. H. Cheng, C. L. Wu, S. T. Chang, T. T. Chang and Y. C.

- Su (2008) Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi. *Bioresource Technology* 99(14): 6266-6270.
- Chang, S. T., S. Y. Wang, C. L. Wu, P. F. Chen and Y. H. Kuo (2000) Comparison of the antifungal activity of cadinane skeletal sesquiterpenoids from Taiwan (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) heartwood. *Holzforschung* 54(3): 241-245.
- Chang, S. T., S. S. Cheng and S. Y. Wang (2001) Antitermitic activity of essential oils and components from Taiwan (*Taiwania cryptomerioides*). *Journal of Chemical Ecology* 27(4): 717-723.
- Chen, Y. J., C. Y. Lin, S. S. Cheng and S. T. Chang (2011) Phylogenetic relationships of the genus *Chamaecyparis* inferred from leaf essential oil. *Chemistry and Biodiversity* 8(6):1083-1097.
- Cheng, S. S., C. L. Wu, H. T. Chang, Y. T. Kao and S. T. Chang (2004) Antitermitic and antifungal activities of essential oil of *Calocedrus formosana* leaf and its composition. *Journal of Chemical Ecology* 30: 1957-1967.
- Cheng, S. S., H. Y. Lin and S. T. Chang (2005) Chemical composition and antifungal activity of essential oils from different tissues of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(3): 614-619.
- Cheng, S. S., C. Y. Lin, M. J. Chung, Y. H. Liu, C. G. Huang and S. T. Chang (2013) Larvicidal activities of wood and leaf essential oils and ethanolic extracts from *Cunninghamia konishii* Hayata against the dengue mosquitoes. *Industrial Crops and Products* 47: 310-315.
- Dayawansa, S., K. Umeno, H. Takakura, E. Hori, E. Tabuchi, Y. Nagashima, H. Oosu, Y. Yada, T. Suzuki, T. Ono and H. Nishijo (2003) Autonomic responses during inhalation of natural fragrance of “Cedrol” in humans. *Autonomic Neuroscience* 108 (1-2): 79-86.
- Guo, X., X. Shang, B. Xu, Z. Zhou, H. Wen and J. Zhang (2017) Acaricidal activities of the essential oil from *Rhododendron nivale* Hook. f. and its main compound, δ -cadinene against *Psoroptes cuniculi*. *Veterinary Parasitology* 236: 51-54.
- Ho, C. L., K. F. Hua, K. P. Hsu, E. I. C. Wang and Y. C. Su (2012) Composition and antipathogenic activities of the twig essential oil of

Chamaecyparis formosensis from Taiwan. Natural Product Communications 7(7): 933-936.

Jeong, H. U., S. S. Kwon, T. Y. Kong, J. H. Kim and H. S. Lee (2014) Inhibitory effects of cedrol, β -cedrene, and thujopsene on cytochrome P450 enzyme activities in human liver microsomes. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A 77(22-24): 1522-1532.

Jeong, J. G., Y. S. Kim, Y. K. Min and S. H. Kim (2008) Low concentration of 3-carene stimulates the differentiation of mouse osteoblastic MC3T3-E1 subclone 4 cells. Phytotherapy Research 22(1): 18-22.

Langsi, J. D., E. N. Nukenine, K. M. Oumarou, H. Moktar, C. N. Fokunang and G. N. Mbata (2020) Evaluation of the insecticidal activities of α -pinene and 3-carene on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Insects 11(8): 540.

Leite, G. M. L., M. O. Barbosa, M. J. P. Lopes, G. A. Delmondes, D. S. Bezerra, I. M. Araújo, C. D. C. de Alencar, H. D. M. Coutinho, L. R. Peixoto, J. M. Barbosa-Filho, C. F. B. Felipe, R. Barbosa, I. R. A. de Menezes and M. R. Kerntof (2021) Pharmacological and toxicological activities of α -humulene and its isomers: A systematic review. Trends in Food Science & Technology 115: 255-274.

Lin, C. Y., T. C. Chang, Y. H. Chen, Y. J. Chen, S. S. Cheng and S. T. Chang (2015) Monitoring the dynamic emission of biogenic volatile organic compounds from *Cryptomeria japonica* by enclosure measurement. Atmospheric Environment 122: 163-170.

Loughlin, R., B. F. Gilmore, P. A. McCarron and M.M. Tunney (2008) Comparison of the cidal activity of tea tree oil and terpinen-4-ol against clinical bacterial skin isolates and human fibroblast cells. Letters in Applied Microbiology 46(4): 428-433.

López-Rubalcava, C., B. Piña-Medina, R. Estrada-Reyes, G. Heinze and M. Martínez-Vázquez (2006) Anxiolytic-like actions of the hexane extract from leaves of *Annona cherimolia* in two anxiety paradigms: Possible involvement of the GABA/benzodiazepine receptor complex. Life Sciences 78(7): 730-737.

Ma, E. L., Y. C. Li, H. Tsuneki, J. F. Xiao, M. Y. Xia, M. W. Wang and I. Kimur (2008) β -Eudesmol suppresses tumour growth through inhibition of tumour neovascularisation and tumour cell proliferation. Journal of Asian Natural Products Research 10(2): 159-167.

- Marchese, A., C. R. Arciola, R. Barbieri, A. S. Silva, S. F. Nabavi, A. J. T. Sokeng, M. Izadi, N. J. Jafari, I. Suntar, M. Daglia, and S. M. Nabavi (2017) Update on monoterpenes as antimicrobial agents: A particular focus on *p*-cymene. *Materials* 10(8): 947.
- Maior, L. F. S., P. P. Maciel, V. Y. N. Ferreira, C. L. G. Dantas, J. M. de Lima, L. R. C. Castellano, A. U. D. Batista and P. R. F. Bonan (2019) Antifungal activity and Shore A hardness of a tissue conditioner incorporated with terpinen-4-ol and cinnamaldehyde. *Clinical Oral Investigations* 23(7): 2837-2848.
- Miyazawa, M. H. Shimamura, S. Nakamura and H. Kameoka (1996) Antimutagenic activity of (+)- β -eudesmol and paeonol from *Dioscorea japonica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44(7): 1647-1650.
- Mondello, F., F. de Bernardis, A. Girolamo, A. Cassone and G. Salvatore (2006) *In vivo* activity of terpinen-4-ol, the main bioactive component of *Melaleuca alternifolia* Cheel (tea tree) oil against azole-susceptible and -resistant human pathogenic *Candida* species. *BMC Infectious Diseases* 6: 158.
- Morcia, C., M. Malnati, and V. Terzi (2012) *In vitro* antifungal activity of terpinen-4-ol, eugenol, carvone, 1,8-cineole (eucalyptol) and thymol against mycotoxigenic plant pathogens. *Food Additives and Contaminants: Part A* 29(3): 415-422.
- Mukai, A., K. Takahashi, H. Kofujita and T. Ashitani (2019) Antitermite and antifungal activities of thujopsene natural autoxidation products. *European Journal of Wood and Wood Products* (2019) 77: 311-317.
- Nepomuceno, N. C., M. A. Barbosa, R. F. Bonan, J. E. Oliveira, F. C. Sampaio and E. S. Medeiros (2018) Antimicrobial activity of PLA/PEG nanofibers containing terpinen-4-ol against *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Journal of Applied Polymer Science* 135: 45782.
- Ninomiya, K., K. Hayama, S. A. Ishijima, N. Maruyama, H. Irie, J. Kurihara and S. Abe (2013) Suppression of inflammatory reactions by terpinen-4-ol, a main constituent of tea tree oil, in a murine model of oral candidiasis and its suppressive activity to cytokine production of macrophages *in vitro*.
- Nóbrega, F. F. F., M. G. S. S. Salvadori, C. J. Masson, C. F. Mello, T. S. Nascimento, J. H. Leal-Cardoso, D. P. de Sousa and R. N. Almeida

- (2014) Monoterpenoid terpinen-4-ol exhibits anticonvulsant activity in behavioural and electrophysiological studies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2014: 703848.
- Özek, G., I. A. Schepetkin, M. Yermagambetova, T. Özek, L. N. Kirpotina, S. S. Almerikova, S. I. Abugalieva, A. I. Khlebnikov and M. T. Quinn (2021) Innate immunomodulatory activity of Cedrol, a component of essential oils isolated from *Juniperus* species. *Molecules* 26(24): 7644.
- Park, B. I., B. S. Kim, K. J. Kim and Y. O. You (2019) Sabinene suppresses growth, biofilm formation, and adhesion of *Streptococcus mutans* by inhibiting cariogenic virulence factors. *Journal of Oral Microbiology* 11(1): 1632101.
- Pérez-López, A., A. T. Cirio, V. M. Rivas-Galindo, R. S. Aranda and N. W. de Torres (2011) Activity against *Streptococcus pneumoniae* of the essential oil and δ -cadinene isolated from *Schinus molle* Fruit. *Journal of Essential Oil Research* 23(5): 25-28.
- Quintans, J. S. S., P. P. Menezes, M. R. V., Santos, L. R. Bonjardim, J. R. G. S. Almeida, D. P. Gelain, A. A. de S. Araújo and L. J. Quintans-Júnior (2013) Improvement of *p*-cymene antinociceptive and anti-inflammatory effects by inclusion in β -cyclodextrin. *Phytomedicine* 20(5) 436-440.
- Seo, M. J., S. J. Kim, T. H. Kang, H. K. Rim, H. J. Jeong, J. Y. Um, S. H. Hong and H. M. Kim (2011) The regulatory mechanism of β -eudesmol is through the suppression of caspase-1 activation in mast cell-mediated inflammatory response. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 33(1): 178-185.
- Setzer, W. N. (2009) Essential oils and anxiolytic aromatherapy. *Natural Product Communications* 4(9): 1305-1316.
- Sadgrove, N. J., T. L. Collins, S. V. A.-M. Legendre, J. Klepp, G. L. Jones and B. W. Greatrex (2016) The iridoid myodesert-1-ene and elemol/eudesmol are found in distinct chemotypes of the Australian aboriginal medicinal plant *Eremophila dalyana* (Scrophulariaceae). *Natural Product Communications* 11(9): 1211-1214.
- da Silva Rivas, A. C., P. M. Lopes, M. M. A. Barros, D. C. C. Machado, C. S. Alviano, and D. S. Alviano (2012) Biological activities of α -pinene and β -pinene enantiomers. *Molecules* 17(6): 6305-6316.

- Satou, T., H. Kasuya, K. Maeda and K. Koike (2014) Daily inhalation of α -pinene in mice: effects on behavior and organ accumulation. *Phytotherapy Research* 28(9): 1284-1287.
- Shapira, S., S. Pleban, D. Kazanov, P. Tirosh and N. Arber (2016) Terpinen-4-ol: A novel and promising therapeutic agent for human gastrointestinal cancers. *PLoS One* 11(6): e0156540.
- Shu, H., H. Chen, X. Wang, Y. Hu, Y. Yun, Q. Zhong, W. Chen and W. Chen (2019) Antimicrobial activity and proposed action mechanism of 3-carene against *Brochothrix thermosphacta* and *Pseudomonas fluorescens*. *Molecules* 24(18): 3246.
- Sieniawska, E., M. Swatko-Ossor, R. Sawicki, K. Skalicka-Woźniak and G. Ginalska (2017) Natural terpenes influence the activity of antibiotics against isolated *Mycobacterium tuberculosis*. *Medical Principles and Practice* 26: 108-112.
- Souiei, S., A. E. Ayeb-Zakhama, M. A. Belkacem, G. Flamini and H. B. Jannet (2017) Isolation of essential oil from *Ailanthus altissima* (Mill) stems: Chemical composition, separation and biological activities. *Journal of the Tunisian Chemical Society* 19: 303-311.
- de Sousa, D. P., F. F. F. Nóbrega, L. C. S. L. de Moraes and R. N. de Almeida (2009) Evaluation of the anticonvulsant activity of terpinen-4-ol. *Zeitschrift für Naturforschung C* 64(1-2): 1-5.
- Su, Y. C., C. L. Ho and E. I. C. Wang (2006) Analysis of leaf essential oils from the indigenous five conifers of Taiwan. *Flavor and Fragrance Journal* 21(3): 447-452.
- Tung, Y. T., C. C. Huang, S. T. Ho, Y. H. Kuo, C. C. Lin, C. T. Lin and J. H. Wu (2011) Bioactive phytochemicals of leaf essential oils of *Cinnamomum osmophloeum* prevent lipopolysaccharide/d-galactosamine (LPS/d-GalN)-induced acute hepatitis in mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(15) 8117-8123.
- Tsuneki, H., E. L. Ma, S. Kobayashi, N. Sekizaki, K. Maekawa, T. Sasaoka, M. W. Wang and I. Kimura (2005) Antiangiogenic activity of β -eudesmol in vitro and in vivo. *European Journal of Pharmacology* 512 (2-3): 105-115.
- Umeno, K., E. Hori, M. Tsubota, H. Shojaku, T. Miwa, Y. Nagashima, Y. Yada, T. Suzuki, T. Ono and H. Nishijo (2007) *British Journal of*

Clinical Pharmacology 65(2): 188-196.

- Valente, J., M. Zuzarte, M. J. Gonçalves, M. C. Lopes, C. Cavaleiro, L. Salgueiro and M. T. Cruz (2013) Antifungal, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Oenanthe crocata* L. essential oil. Food and Chemical Toxicology 62: 349-354.
- Woo, J., H. Yang, M. Yoon, C. G. Gadhe, A N. Pae, S. Cho and C. J. Lee (2019) 3-Carene, a phytoncide from pine tree has a sleep-enhancing effect by targeting the GABA_A-benzodiazepine receptors. Experimental Neurobiology 28(5): 593-601.
- Xiao, S., S. Liu, H. Yu, Y. Xie, Y. Guo, J. Fan and W. Yao (2022) A study on the mechanism of the sedative-hypnotic effect of *Cinnamomum camphora* chvar. borneol essential oil based on network pharmacology. Journal of Oleo Science 71(7): 1063-1073.
- Xu, Z., S. Krajewski, T. Weindl, R. Loeffler, P. Li, X. Hana, J. Geis-Gerstorfer, H. Wendel, L. Scheideler and F. Rupp (2020) Application of totarol as natural antibacterial coating on dental implants for prevention of peri-implantitis. Materials Science and Engineering: C 110: 110701.
- Yada, Y., H. Sadachi, Y. Nagashima and T. Suzuki (2007) Overseas survey of the effect of cedrol on the autonomic nervous system in three countries. Journal of Physiological Anthropology 26(3): 349-354.
- Yang, H., E. M. Jung, C. Ahn, G. S. Lee, S. Y. Lee, S. H. Kim, I. G. Choi, M. J. Park, S. S. Lee, D. H. Choi and E. B. Jeung (2015) Elemol from *Chamaecyparis obtusa* ameliorates 2,4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis. International Journal of Molecular Medicine 36(2): 463-472.
- Zhang, Y., L. Han, S. S. Chen, J. Guan, F. Z. Qu and Y. Q. Zhao (2016) Hair growth promoting activity of cedrol isolated from the leaves of *Platycladus orientalis*. Biomedicine & Pharmacotherapy 83: 641-647.
- Zhou, S., C. Wei, C. Zhang, C. Han, N. Kuchkarova and H. Shao (2019) Chemical composition, phytotoxic, antimicrobial and insecticidal activity of the essential oils of *Dracocephalum integrifolium*. Toxins 11(10): 598.

十、經費概要

項目	單價 (元)	數量	小計 (元)	說明
枝條精油與純露 萃取與分析	216,000	1 批	216,000	不同齡級與不同林區之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條之精油與純露萃取與成分分析。 (包含耗材與人力費用)
葉子精油與純露 萃取與分析	210,000	1 批	210,000	不同齡級與不同林區之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉葉子之精油與純露萃取與成分分析。 (包含耗材與人力費用)
精油與純露樣品	12,000	1 批	12,000	紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子精油與純露之製作。
人工林枝條及葉子萃取之精油與純露 加值化利用的可行性評估報告	48,000	1 式	48,000	(1) 不同齡級與不同林區之紅檜、臺灣扁柏、柳杉與香杉枝條及葉子之精油與純露含量及成分比較。 (2) 產品加值化潛力評估 (3) 自營生產建議書(含生產流程、所需設備及成本評估)
行政管理費	54,000		54,000	以宜蘭大學執行農委會農科計畫編列基準(10%)計之

十、人力配置

(一) 計畫主持人

姓名	張資正		
服務機關	國立宜蘭大學 森林暨自然資源學系	職稱	副教授
服務機關 地址	宜蘭縣宜蘭市 神農路一段1號	電話 E-mail	(03) 9317682 tcchang@ems.niu.edu.tw
住址	宜蘭縣員山鄉員山路 一段180巷17號	連絡 電話	0919304747
專長	植物香氛成分分析及應用 森林特產物化學加工及應用 天然物化學及功效驗證 木質材料化學改質及保存 木材塗料及塗裝 農林資材循環與增值利用 永續材料開發		
學歷	國立臺灣大學博士 國立臺灣大學碩士 國立臺灣大學學士		
經歷	國立宜蘭大學副教授 國立宜蘭大學助理教授 國立陽明大學藥學系博士後研究員		

(二) 參與研究人員

序號	機關名稱	單位名稱	研究人員	職稱
1	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	董孟翹	學生
2	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	胡庭維	學生
3	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	喻珊	學生
4	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	王菁蓉	學生
5	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳玟卉	學生
6	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	黃紫彤	學生
7	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	陳桓毅	學生
8	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	黃子峻	學生
9	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	劉家穎	學生
10	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	李筱雯	學生
11	國立宜蘭大學	森林暨自然資源學系	廖奕涵	學生

十二、執行進度

重要 工作項目	工作比重 (%)	預定 進度	111 年			
			4-5 月	6-7 月	8-9 月	10-11 月
期初報告撰寫	5	工作 內容 報告撰寫 累計 百分比	100%			
紅檜與臺灣扁柏枝條及 葉子之精油與純露萃取 與分析	25	工作 內容 試材採集、 精油與純露萃取 累計 百分比	50%		成分分析 100%	
柳杉與香杉枝條及葉子 之精油與純露萃取與分 析	25	工作 內容 試材採集 累計 百分比		0%	精油與純 露萃取 70%	成分分析 100%
人工林枝條及葉子萃取 之精油與純露加值化利 用的可行性評估	15	工作 內容 數據收集 累計 百分比	10%	30%	製程規劃 70%	效益評估 100%
精油及萃取實務教育訓 練	10	工作 內容 舉行教育訓練 累計 百分比			100%	
純露 DIY 體驗活動 及成果展示	10	工作 內容 舉行 體驗活動 累計 百分比				100%
期中與期末報告撰寫	10	工作 內容 期中報告 撰寫 累計 百分比		50%		期末報告 撰寫 100%
累計總進度	百分比		25%	40%	75%	100%

十三、附錄

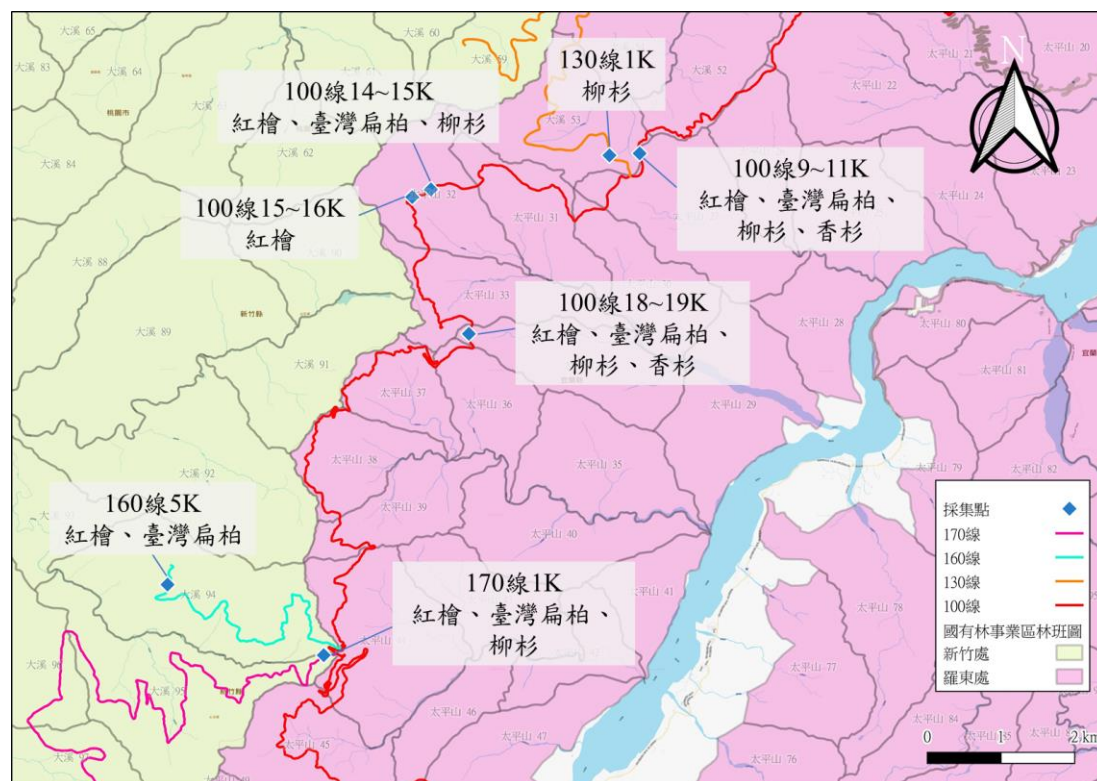


圖 A. 樣木分佈圖



100 線 9-11K 採集點



130 採集點



100 線 14-15K 採集點



100 線 15-16K 採集點



100 線 18K-19K 採集點



100 線 18-19K 採集點



160 線採集點



170 線採集點

圖 B. 各採集點及環境現況

表 A. 樣木採集位置及生育地環境描述

採集地	海拔高度 (m)	經度/緯度	XY 座標	樹種	坡向	生育地描述
100 線 9-11K	1573	121°26'29.278"E/ 24°35'44.946"N	24.595818, 121.441466	臺灣扁柏、紅檜、 香杉	301.4	優勢木、斜坡
130 線 1K	1533	121°26'14.7"E/ 24°35'44.0"N	24.595556, 121.437417	柳杉	77.9	優勢木、斜坡
100 線 14-15K	1731	121°24'48.632"E/ 24°35'27.573"N	24.590992, 121.413509	臺灣扁柏、紅檜、 柳杉	129.8	優勢木、平地
100 線 15-16K	1708	121°24'39.6"E/ 24°35'23.9"N	24.589972, 121.411000	紅檜	142.0	優勢木、平地
100 線 18-19K	1759	121°25'06.931"E/ 24°34'17.895"N	24.571637, 121.418592	紅檜、香杉、柳杉	93.8	優勢木、平地
160 線 5K	1850	121°22'41.6"E/ 24°32'16.9"N	24.538028, 121.378222	臺灣扁柏、紅檜	57.2	優勢木、平地
170 線 1K	1830	121°23'56.930"E/ 24°31'42.847"N	24.528569, 121.399147	臺灣扁柏、紅檜、 柳杉	270.6	優勢木、平地