

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

應用苦楝油於登革熱病媒蚊防治之研究

Effects of Neem Oil on the Control for Vector Mosquitos
of Dengue Fever



曾國政

Kuo-Cheng Tseng

指導教授：陳世雄 博士

Advisor: Shih-Hsiung Chen, Ph.D.

中華民國 109 年 1 月

January 2020

南華大學
永續綠色科技碩士學位學程
碩士學位論文

論文中文題目：應用苦楝油於登革熱病媒蚊防治之研究

論文英文題目：Effects of neem oil on the control for vector
mosquitos of dengue fever

研究生：葉成欣

經考試合格特此證明

口試委員：涂新峰
陳柏晉
洪耀明

指導教授：涂新峰
陳柏晉

系主任(所長)：洪耀明

口試日期：中華民國 108 年 6 月 26 日

誌謝

為了完成求知的理想，於離開校園近三十年後重拾書本，幸運的遇到指導教授 陳博士世雄，由於研究上之悉心指導，適時的鼓勵與提醒，使我能更精進我的研究學程，在此致上最誠摯之謝意。

於研讀永續綠色科技學位學程期間，蒙洪主任耀明適時匡正研究方向與提供寶貴意見，並對論文報告予以細心審查與指正，使論文之研究內容更加完整與充實，在此表示由衷之謝忱。

此外感謝中興大學昆蟲系杜教授武俊提供試驗蟲體與實驗室供本研究試驗使用，並授予病媒蚊生態學與防治方法等專業知識。

最後，特別要感謝父親在世時之身教與愛護、始終支持與鼓勵我的母親，及一直無怨無悔付出的愛妻，讓我在沒有經濟負擔與照顧兩位寶貝兒女之壓力下無後顧之憂的研讀學業，在此獻上無限的謝意。我相信，人生是不斷的學習、挫折與成長，容顏或許會因為年華漸增而改變，但心靈永遠會經由學習而成長，碩士畢業代表著研究生涯的開始，而不是結束。

應用苦楝油於登革熱病媒蚊防治之研究

摘要

台灣地處亞熱帶，是登革熱的好發區，目前主要採用噴灑化學殺蟲劑進行登革熱病媒蚊防治。但因為長期使用化學殺蟲劑，已造成病媒蚊產生抗藥性，對人體健康與生態環境都造成重大衝擊。印楝素具有殺蟲作用，且對人與環境都有較高的安全性。本研究針對台灣登革熱的主要病媒：埃及斑蚊和白線斑蚊，以含印楝素之三種未經乳化的冷壓榨苦楝油（編號 NM1、NM2、NM3）及三種苦楝油商品（編號 NM4、NM5、NM6）共六種苦楝油，分別在 500、1000、2000ppm 及 4000ppm 四種濃度，測試兩蚊種的二、三、四齡幼蟲，於苦楝油溶液中靜置 24、48、72 小時後之致死濃度。顯示冷壓苦楝油 NM2 的殺蟲效果最佳，在四種濃度下對各齡期及不同靜置時間的埃及斑蚊與白線斑蚊，都具有相當高的致死力，其靜置時間 24 小時的半致死濃度為 1821ppm。本研究預備試驗無意中發現，本土的無患子萃取油在 500ppm 下對二、三齡埃及斑蚊幼蟲的 24 小時致死率即高達 80% 以上，於 2000ppm 下對各齡期更可達 90%。無患子為本土植物，取材方便，值得推薦，以取代進口苦楝油。

本研究建議使用苦楝油商品防治病媒蚊埃及斑蚊與白線斑蚊的幼蟲，以冷壓苦楝油（編號 NM2）或 39.5%w/w 無患子油施用在孳生幼蟲的水體中，施用濃度達 500ppm 即可達 100% 致死率的殺蟲效果。

關鍵詞：登革熱、病媒蚊、化學殺蟲劑、抗藥性、苦楝油、無患子油



Effects of Neem Oil on the Control for Vector Mosquitoes of Dengue Fever

ABSTRACT

In Taiwan, a dengue fever epidemic area in subtropical region, the main strategy to control the dengue fever vector, mosquito, is still using traditional chemical pesticides. However, the long-term overuse of chemical insecticides, which caused the resistance of mosquitoes to pesticides, results in more and more side-effects to human health and the environments. The azadirachtin extracted from *Melia azedaracha* has significant insecticidal effects to dengue vectors, and more friendly to human and environments than chemical pesticides.

This study focuses on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*, the two main dengue fever vectors in Taiwan. The lethality of second, third and fourth instar mosquito larvae have been tested with three unformulated neem oil products (named: NM1, NM2, NM3) and three plant products (named: NM4, NM5, NM6) under 500, 1000, 2000, and 4000 ppm within 24, 48, and 72 hours.

The study found that the toxicity of NM2 is the highest. It showed high toxicity on *A. aegypti* with nearly all three instars under each concentration, and also on *A. albopictus* (LC50: 1821.242 ppm, 24hr).

We accidentally found that soap berry (*Sapindus saponaria*) extracted oil revealed over 80% lethality to second and third instar *A. aegypti* larvae under 500 ppm within 24 hours, and reached 90% lethality to all instars under 2000 ppm. *S. Saponaria* is recommended to replace the import neem oil since it is local species in Taiwan and easy to obtain.

The neem oil related products are suggested to be the effective means to control

the larvae of two dengue fever vectors, *A. aegypti* and *A. albopictus*. The extracted neem oil (NM2) or 39.5%w/w soap berry extracted oil (NM7) is recommended to be used in the larva-bred water body, and it represents 100% lethality to larvae under 500 ppm.

Key words: Dengue fever, vector, chemical insecticide, resistance, *Melia azedarach*, soap berry oil



目錄

誌謝.....	I
摘要.....	II
Abstract.....	IV
目錄.....	VI
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XIV
附錄.....	XVII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 本文組織.....	4
第二章 文獻回顧.....	6
2.1 臺灣登革熱的沿革與現況.....	6
2.2 登革熱病媒生態與防治.....	9
2.3 植物性殺蟲劑.....	11

2.4 苦楝樹果實提取物對登革熱病媒的致死活性	13
第三章 研究方法.....	14
3.1 試驗材料及配置.....	14
3.1.1 實驗材料	14
3.1.2 試驗溶液配置	15
3.2 致死活性測定方法.....	16
3.3 預備試驗.....	16
3.4 正式試驗.....	17
第四章 試驗結果與討論.....	19
4.1 埃及斑蚊致死濃度分析.....	19
4.1.1 最佳殺蟲齡期	19
4.1.2 各項因子分析	23
4.1.3 各苦楝油商品與無患子油對於埃及斑蚊致死率之比較.....	31
4.1.4 致死率與濃度之關係建立	51
4.2 白線斑蚊致死濃度分析.....	51
4.2.1 最佳殺蟲齡期	51

4.2.2 各項因子分析	56
4.2.3 各苦楝油商品對於白線斑蚊致死率之比較.....	64
4.2.4 致死率與濃度之關係建立	85
4.3 預備試驗結果.....	86
4.3.1.NM8.....	86
4.3.2 NM7.....	88
4.4 結果與討論.....	89
4.4.1 病媒防治之角度.....	89
4.4.1.1 埃及斑蚊.....	89
4.4.1.2 白線斑蚊.....	89
4.4.2 居家使用之角度.....	90
4.4.2.1 埃及斑蚊.....	91
4.4.2.2 白線斑蚊.....	91
第五章 結論與建議.....	92
參考文獻.....	94
附錄.....	99

圖目錄

圖 4-1、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-1. Lethality of second instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.	33
圖 4-2、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-2. Lethality of third instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.	34
圖 4-3、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-3. Lethality of fourth instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.	35
圖 4-4、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。Fig.4-4. Lethality of second instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000 ppm.....	38
圖 4-5、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。Fig.4-5. Lethality of third instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000 ppm.....	39

圖 4-6、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm	
下的致死率。Fig.4-6. Lethality of fourth instar <i>Aedes aegypti</i> larvae	
caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000	
ppm.....	40
圖 4-7、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm	
下的致死率。Fig.4-7. Lethality of second instar <i>Aedes aegypti</i> larvae	
caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000	
ppm.....	43
圖 4-8、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm	
下的致死率。Fig.4-8. Lethality of third instar <i>Aedes aegypti</i> larvae	
caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000	
ppm.....	44
圖 4-9、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm	
下的致死率。Fig.4-9. Lethality of fourth instar <i>Aedes aegypti</i> larvae	
caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000	
ppm.....	45
圖 4-10、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000	
ppm 下的致死率。Fig.4-10. Lethality of second instar <i>Aedes aegypti</i>	
larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under	
4000 ppm.....	48
圖 4-11、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000	

ppm 下的致死率。Fig.4-11. Lethality of third instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 4000 ppm.....	49
圖 4-12、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。Fig.4-12. Lethality of fourth instar <i>Aedes aegypti</i> larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 4000 ppm.....	50
圖 4-13、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-13. Lethality of second instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.	66
圖 4-14、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-14. Lethality of third instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.	67
圖 4-15、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。Fig.4-15. Lethality of fourth instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.	68
圖 4-16、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。Fig.4-16. Lethality of second instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.	71
圖 4-17、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的	

致死率。 Fig.4-17. Lethality of third instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.	72
圖 4-18、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。 Fig.4-18. Lethality of fourth instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.	73
圖 4-19、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。 Fig.4-19. Lethality of second instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 2000 ppm.	76
圖 4-20、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。 Fig.4-20. Lethality of third instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.	77
圖 4-21、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。 Fig.4-21. Lethality of fourth instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.	78
圖 4-22、不同廠牌苦楝油對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。 Fig.4-22. Lethality of second instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.	81
圖 4-23、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。 Fig.4-23. Lethality of third instar <i>Aedes albopictus</i> larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.	82

圖 4-24、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。 Fig.4-24. Lethality of fourth instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm. 83



表目錄

表 2-1、各年度登革熱確診病例數量 Tab.2-1. Number of confirmed cases of dengue in each year	7
表 3-1、八種殺蟲試劑之產品名稱與主成份 Tab.3-1. Product name and main ingredient of eight insecticides	14
表 3-2、乳化劑致死濃度分析 Tab.3-2. Analysis of lethal activity of emulsifier.....	17
表 3-3、試驗條件表 Tab.3-3. Test condition table.....	18
表 4-1、各種苦楝油與無患子油在 4000ppm 濃度下，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80%的表現（打 v 註記者）Tab.4-1. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for <i>Aedes aegypti</i> larvae under 4000 ppm of neem oil products and soap berry oil.....	19
表 4-2、各種苦楝油商品在 2000ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80%的表現（打 v 註記者）Tab.4-2. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for <i>Aedes aegypti</i> larvae under 2000 ppm of neem oil products and soap berry oil	20
表 4-3、各種苦楝油商品在 1000ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80%的表現（打 v 註記者）Tab.4-3. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for <i>Aedes aegypti</i> larvae under 1000 ppm of neem oil products and soap berry oil	21

表 4-4、各種苦楝油商品在 500ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）	Tab.4-4. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for <i>Aedes aegypti</i> larvae under 500 ppm of neem oil products and soap berry oil.....	22
表 4-5、埃及斑蚊最佳致死率之苦楝油產品	Tab.4-5. The neem oil products resulting in the highest death rate of <i>Aedes aegypti</i>	22
表 4-6、不同苦楝油商品對於不同齡期埃及斑蚊幼蟲在靜置 24 小時下的半致死劑量	Tab.4-6. The 50% lethality concentration of each neem oil product under different instar larvae of <i>Aedes aegypti</i>	51
表 4-7、各種苦楝油商品在 4000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）	Tab.4-7. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward <i>Aedes albopictus</i> larvae under 4000 ppm	52
表 4-8、各種苦楝油商品在 2000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）	Tab.4-8. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward <i>Aedes albopictus</i> larvae under 2000 ppm	53
表 4-9、各種苦楝油商品在 1000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）	Tab.4-9. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward <i>Aedes albopictus</i> larvae under 1000 ppm	54

表 4-10、各種苦楝油商品在 500ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率 超過 80% 的表現（打 v 註記者）	Tab.4-10. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward <i>Aedes albopictus</i> larvae under 500 ppm	55
表 4-11、白線斑蚊最佳致死率之苦楝油產品	Tab.4-11. The neem oil products resulting in the highest death rate of <i>Aedes albopictus</i>	55
表 4-12、不同苦楝油商品對於不同齡期白線斑蚊幼蟲在靜置時間 24 小 時下的半致死劑量	Tab.4-12. The 50% lethality concentration of each neem oil product under different instar larvae of <i>Aedes albopictus</i> ...	84
表 4-13、二齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率	Tab.4-13. Mortality rate of second-instar Egyptian mosquitoes and white-spotted mosquito larvae after placing emulsifier aqueous solution	85
表 4-14、三齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率	Tab.4-14. The lethality of third instar larvae of <i>A. aegypti</i> and <i>A. albopictus</i> introduced in formulated neem oil	86
表 4-15、四齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率	Tab.4-15. The lethality of fourth instar larvae of <i>A. aegypti</i> and <i>A. albopictus</i> introduced in formulated neem oil	86

附錄

附錄 7-1、埃及斑蚊在不同苦楝油與無患子油下的致死率 (五重複平均致死率±標準誤) App. 7-1. The death rate of <i>Aedes aegypti</i> resulting from each neem oil products and soap berry oil (Mean of death rate of 5 replications ± standard error).....	98
附錄 7-2、白線斑蚊在不同苦楝油商品下的致死率 (五重複平均致死率±標準誤) App. 7-2. The death rate of <i>Aedes albopictus</i> resulting from each neem oil products (Mean of death rate of 5 replications ± standard error).....	100
附錄 7-3、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對二齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。 App.7-3. The death rate of 2 nd instar <i>A. aegypti</i> larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.	102
附錄 7-4、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對三齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。 App. 7-4. The death rate of 3 rd instar <i>A. aegypti</i> larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.	103
附錄 7-5、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對四齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。 App. 7-5. The death rate of 4 th instar <i>A. aegypti</i> larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.	



第一章 緒論

1.1 研究動機

根據世界衛生組織統計位處在熱帶及亞熱帶地區的國家中，有 100 個以上的國家長期受到登革熱流行的威脅，估計全世界有超過二億的人口在可能感染登革熱的危險環境下生活，每年約有 24000 人因登革熱而死亡。葉雀惠. (2017)

登革熱主要的病媒是埃及斑蚊 (*Aedes aegypti*) 與白線斑蚊 (*Aedes albopictus*)，台灣是登革熱的好發區，從 1873 年便有相關的記載，在日治時期曾有發生幾次的大流行，1942 年二戰時期，家家戶戶為了防火皆設有儲水桶槽，因此形成四處都有病媒蚊的孳生源，於 1943 年造成疫情的大流行，台灣當時 600 萬人口中約計有 500 萬人罹病，到 1981 年屏東縣琉球鄉發生登革熱大流行，當時島上約有 80% 的人口受到感染，此外，在這 40 年期間不曾再發生登革熱疫病的大流行。在 2013 年之前，雖然每年都有發生零星的登革熱病例，其中本土確定病例在 1991 年至 2000 年十年的期間，僅在 2002 及 2007 年有超過 2000 病例，其餘每一年都在 2000 例以下。1991 年、1994 年及 1995 年依次有 149、222 及 329 個確定病例，1997 年則有 76 例，1998 年增加至 322 例，1999 年則降為 69 例。

臺灣登革熱疫情的流行在 1995 年首次在只有白線斑蚊而無埃及斑蚊分

布的新北市與台中市出現外，大多發生在臺灣南區，以埃及斑蚊為主要傳染媒介。在 2014 年高雄市爆發疫情大規模的流行，共計有 15000 餘例；死亡病例計有 20 人。臺南市至 2015 年 11 月 30 日為止共有 22648 例，高雄市也有 15000 例之多，全臺灣地區因登革熱死亡之確診病例超過 170 例。

登革熱目前並沒有疫苗或特效藥可供預防之用，因此只能積極的實施病媒蚊的防治工作，減少病媒蚊數量與有效阻斷疫病的媒介傳播。因為化學殺蟲劑的廣效、速效與廉價，所以大量的施用化學殺蟲劑就成為在登革熱病媒蚊防治工作中主要的防治措施之一。當發生登革熱疫病流行時，政府機關常常雇請未經過專業施藥操作訓練的人員進行緊急噴藥防治，因此容易造成化學殺蟲劑長期的被誤用或濫用，除了無法達到理想的防治成效，延誤防治時機造成疫情擴大漫延外，也致使病媒蚊產生極高度的抗藥性，增加了防治上的困難。

在施用化學殺蟲藥劑已無法有效達到理想的防治成效，加上化學殺蟲劑容易對人體與環境造成負面的影響，積極研究其他可替代施用化學殺蟲劑的防治方法，已成為登革熱防疫的一項重要工作。近年來政府單位積極執行檢查環境孳生源，立法強制與宣導民眾主動清除孳生源，降低病媒蚊孳生以減少病例發生，但是常常因為民眾未能落實執行孳生源清除及生活環境中有許多不易清除的積水設施，而直接的影響了整體的防治成效。

依前人的研究，印度苦楝樹含有印楝素 (azadirachtin)，因具有多種抑制害蟲的能力，例如：毒殺 (Scott & Kaushick, 2000)、抑制有絲分裂 (Salehzadeh et al., 2003)、發育調節 (Kabir et al., 2013)、摧毀幼蟲表皮 (Aliero, 2003) 等功能，對人體與環境有極高的安全性，自 1968 年起在世界各地被廣泛作為殺蟲劑使用，有效的應用在農作物害蟲防治 (Mane, 1968)。本研究採用六種市售苦楝油對登革熱病媒蚊埃及斑蚊與白線斑蚊的幼蟲進行致死濃度試驗，可以將苦楝油應用在登革熱防治工作上。

1.2 研究目的

目前各縣市鄉鎮鄰里單位每年都編列預算實施噴灑化學藥劑消滅病媒蚊的工作。經研究發現病媒蚊已對多種殺蟲劑產生極高的抗藥性 (Insecticide resistance) (林鶯熹，2004；沈文凱，2008；徐文秀，2009)，世界各國學者專家都更積極的研究其他可替代的防治方法與材料，如天然植物性殺蟲劑的開發與運用，其中苦楝樹所含的印楝素對部分節肢動物有很好的致死效果，已被有效的應用在農業害蟲防治。

本研究採用印楝素對昆蟲的致死活性，針對登革熱病媒蚊埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲進行致死濃度試驗，研究結果可以提供一種方便取材，具有效性、安全性且符合經濟效益的登革熱防治方法與材料。期望本研究結果能在友善環境與維護人體健康的條件下，達到降低病媒蚊產生抗藥性，可以提高

登革熱防治整體工作成效。

1.3 本文組織

本文第一章為緒論，說明臺灣登革熱的現況、病媒蚊的生態與分佈，長期使用化學殺蟲劑造成高抗藥性等問題。苦楝油因含有印楝素具有多種抑制害蟲的能力，本研究採用苦楝油對登革熱病媒蚊幼蟲進行致死濃度試驗，目的是提供對環境友善與保護人體健康的一種登革熱防治的有效資材與措施。進而引入研究目的，提出有效的解決方法。

第二章文獻回顧，參考國內外有關登革熱病媒蚊防治的技術、施用化學殺蟲劑的種類及所面臨的各種困難；進一步蒐集、探討可替代現行的防治措施與資材，天然植物殺蟲劑是被積極研究討論的病媒蚊防治題目。

第三章為研究方法，說明試驗設計，應用被使用在有機農業與植物保護的印度苦楝油，針對臺灣登革熱病媒蚊埃及斑蚊及白線斑蚊的二齡、三齡與四齡幼蟲進行致死濃度試驗，以瞭解其殺蟲效果。

第四章為試驗結果與討論，將本研究每次的試驗蟲體的平均死亡數進行有系統性的分析與比對，條件包括給食與不給食，二齡、三齡及四齡，及苦楝油的乳化程度對其製劑的殺蟲效果，以使分析結果可以更精準、更有效的使用苦楝油防治病媒蚊。

以試驗結果為基礎，在病媒蚊孳生源防治施作上，面對不同蚊種以及各

齡期時，提供建議使用的最低有效濃度。

第五章為結論，將試驗成果作條列式說明，並提出未來可行性的建議，提供相關研究與登革熱防治之用。



第二章 文獻回顧

2.1 臺灣登革熱的沿革與現況

全球暖化後，登革防治為全球衛生的重要議題，世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 已於 2012 年宣布，登革熱為目前傳播速度最快的蟲媒傳染病。過去 50 年來，登革熱發生率已遽增 30 倍。臺灣處於熱帶及亞熱帶地區，鄰近東南亞國家均為登革熱高風險區，登革熱確定病例發生率亦為台灣急性傳染病之冠，每年投入之防疫資源及人力不可勝數。根據記載，中國登革熱最早可能發生在北宋 (992)，依據公共衛生發展史的記載，臺灣登革熱疫情的流行歷史，約始於 1901 年，因為登革熱引起嚴重的高燒及肌肉疼痛，猶如裂骨一般，故俗稱「斷骨熱」或「天狗熱」，是由黃病毒科 (Flaviviridae) 黃病毒屬 (Flavivirus) 中的登革熱病毒亞屬所引起，；登革病依抗原性的不同分為第一型、第二型、第三型、第四型等四種 (溫思慧, 2014)。

登革熱是由埃及斑蚊及白線斑蚊傳播，在臺灣南部高高屏地區，埃及斑蚊的分布尤廣於白線斑蚊，為主要的傳染媒介。2004-2008 年五年間高高屏地區登革熱發生率與埃及斑蚊成蟲發生有關 (段延昌等人, 2009)。臺灣最大一次流行發生於 1943 年，當時全台灣 600 萬人口中估計約有 500 萬人被感染，到 1981 年屏東縣琉球鄉爆發第二型登革熱流行，全島估計有 80% 人口罹病。在 1987 年 10 月在屏東縣東港鎮及高雄縣市發生登革熱第一型的

流行，此次流行到 1988 年底，病例數超過 12000 例，其中確定病例約計 5000 例。1989 至 1994 年期間每年皆僅發生零星病例。1994 年高、屏地區再次發生 224 例的確定病例，此次疫病流行延續到 1995 年更為嚴重，除台灣南部外，在僅有白線斑蚊分布的中部及北部也爆發登革熱疫病的流行。1996 年至 2001 年期間台灣登革熱疫情較為緩和，每年確定病例約為 60~350 例(1998 年確定病例 348 例)。2002 年發生較嚴重的流行，疫情從 6 月起於前高雄縣市交界處的前鎮、鳳山地區發生並逐漸擴散至屏東縣、臺南市、澎湖縣等地，2002 年累計有 5,336 例確定病例，且造成 21 人死亡；2003 年~2005 年疫情則較為趨緩。

表 2-1、各年度登革熱確診病例數量

Tab.2-1. Number of confirmed cases of dengue in each year

年度	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
全國登革熱 確診病例 (本土型)	309	42	113	227	5,336	86	336	202	965	2,000	488	848	1592	1545	1271
全國登革熱 確診病例 (境外型)	35	26	26	54	52	59	91	104	109	179	226	204	304	157	207
合計	344	68	139	281	5,388	145	427	306	1,074	2,179	714	1,052	1,896	1,702	1,478

資料來源：衛生福利部疾病管制局網站

綜觀自 1988 年將登革熱公告為法定傳染病後，2002 年曾經在高雄及屏東地區發生較大規模的疫情流行，本土確定病數超過 5,000 例；在 2003~2013 年的十年時間，因為累積了 2002 年登革熱疫情防治的經驗，在相關單

位的努力下，登革熱疫情迅速受控制未發生大規模流行，台灣地區的本土確定病例數約於 86~2000 例之間，但病例數似有升高的趨勢（溫思慧，2014）。

2014 年，高雄市爆發大流行，共有 15000 餘病例；有 20 人因感染而死亡。2015 年，臺南爆發規模更大的流行，當年至 11 月 30 日止，臺南市共計有 22648 例，但已逐日降至低點；而高雄市也超過 15000 例。臺灣因登革熱死亡病例超過 170 例，為有史以來最高（陳錦生，2015）。

台灣登革熱的流行史至今日的防疫，恰是台灣社會變遷最快速的期間；交通發展、都市化加速疾病傳播效率，導致防治困難，尤其全球氣候變遷更對病媒蚊生長與傳播影響深遠（董宗華等人，2011）。台灣地區可能因受全球溫室效應的影響，氣候溫暖化，三十年來年平均溫升高 0.2~0.9°C 而呈暖冬現象。氣候之變遷，已改變登革熱病媒的潛能，病媒蚊的密度有逐年提升，分布有逐漸擴展、活動季節有逐漸延長之現象，因此導致登革熱疫病的異常流行（王正雄與陳秀玲，2007）。台灣地處亞熱帶氣候屬於登革熱好發區，每年七月至十月為登革熱流行期。台灣南部地區四型登革病毒皆存在，所以高屏地區為登革出血熱之高危險地區。除了對民眾生活環境品質產生極負面影響外，更對身體健康與生命安全造成嚴重威脅。根據 2010 至 2012 年臺南市登革熱病媒蚊密度調查分析結果，發現埃及斑蚊孳生的比例與登革熱疫情發生率，則呈中度相關（ $r=0.54$ ），由此得知埃及斑蚊比例較高之風險區

域及時期，可作為防治量能投入之參考，以期使得防治工作更有效率 (Chi et al., 2014)。

2.2 登革熱病媒生態與防治

臺灣中、北部地區，則系屬副熱帶氣候，僅有白線斑蚊分布，每年發生登革熱病例以境外移入病例居多，但僅有零星本土登革熱病例發生。臺灣南部如臺南市、高雄市及屏東縣等地，因地處熱帶性氣候多有埃及斑蚊分布，因此為登革熱流行高風險區 (hotspots；dengue competent area)。

臺灣本土登革熱病例與埃及斑蚊活動均呈現季節性消長：1~5 月為登革熱本土病例數較低，僅發生零星境外移入登革熱病例；6、7 月，隨氣溫漸升埃及斑蚊活動力漸強，埃及斑蚊的成蚊指數 (Adule index*100)、幼蟲指數 (Breteau index) 與家戶指數 (house index) 皆漸漸增高，本土病例數亦隨之增加；所以要有效防治登革熱病媒蚊必須依其族群密度消長進行各項防治措施。

知己知彼，百戰百勝。要長期有效防除登革熱病媒蚊，必須依其生態習性採用各種不同的防治方法與措施。台灣傳染登革熱的主要病媒蚊為埃及斑蚊，白線斑蚊傳播力較低；埃及斑蚊對碰觸敏感，常進行多次吸血至飽足；埃及斑蚊屬於雙翅目昆蟲，僅雌成蚊因產卵需蛋白質才會吸血，其吸血的口器由 6 支口針組成，送唾液和吸血分別經過不同管道，雌蚊吸食登革病毒

血後約 7 至 12 天病毒會到達其唾液腺 (salivary glands)，此時感染的雌蚊即可將登革病毒傳播給新宿主；雌蚊靠成功吸血才能孕育下一代，雌蚊一生產卵 3-4 次 (視壽命 2 星期至 30 天)，一次產卵約 100 個，雌蚊會優先選擇有水的、不透光的暗色容器內產卵。蚊卵可產於薄層水域並耐乾旱 9 個月。

登革熱病媒蚊幼蟲喜生長於乾淨的水體中，所以清除積水容器與設施可有效降低病媒蚊幼蟲的孳生，但是須耗費龐大的人力及物力成本。登革熱病媒蚊孳生源除了一般瓶罐、缸盆、桶甕及水盤等人工積水容器外，許多孳生源不易清除；許多則隱密不易查獲。根據調查結果高雄市有 40% 的陽性水溝和隱性孳生源，對防疫造成相當大的困難，如屋頂的排水槽等。在集合住宅的中庭花園，阻塞的排水設施，也常成為病媒蚊幼蟲的孳生源。

在室內常見孳生源包括栽種植物花器、花盆底盤、陶甕、水泥槽、地下室及機械停車位底層積水、馬達水槽、集水井、消防儲水池等。戶外常見孳生源包括曬衣架或旗桿水泥樁上水管、竹籬笆竹節頂端、車棚、騎樓遮陽帆布架、空地、樹洞、菜園地面之帆布、屋簷排水槽、自來水表、冷氣機集水桶、積水不流動之水溝、廢棄輪胎等。埃及斑蚊壽命大約 1 個月，白線斑蚊則為 14 天，喜歡棲息在潮濕陰涼的環境，斑蚊於白天活動，埃及斑蚊喜於室內，白線斑蚊則多在室外。

台灣屬於高度都市化區域，在一般城市中，人類血是雌蚊吸血來源；因此，避免個人被蚊叮咬，即是兼具終止雌蚊傳播病原體及消滅蚊蟲孳生的疾病防治關鍵之一。

登革熱是一種環境的、社區的傳染病，環境中有孳生源，就有登革熱疫病發生的可能（黃崇豪等人，2011）甚至發生擴大傳播造成大規模流行。登革熱在社區造成擴大傳染與環境清理工作有直接關係，所以被認為是一種社區環境疾病。如何教育社區居民，提升大家的社區意識，共同進行社區環境清理改善，如此一個健康的社區才能建立起來。居民除了維持自家的居住環境外，對於社區的共同環境亦需共同參與，唯有孳生源被澈底的清除，才能有效的防治登革熱病媒蚊。

2.3 植物性殺蟲劑

人類很早就知道利用天然物質來防治害蟲，其中尤以植物的應用最多。中國是世界上最早記錄使用殺蟲植物的國家，『周禮』中就有記載用芥草薰殺蠹蟲，明朝李時珍的『本草綱目』中的多種植物可用於殺蟲更是眾所週知，如川楝。

Zeidler 於 1874 年發明了合成化學殺蟲劑後，因為其具有廣效、速效與強效，幾乎完全取代了此類天然物質（Zeidler, 1874）。直到人們再度重視生態、環境的保護以及永續觀念的崛起，對於天然物質的應用才又得以發展。

植物所含的殺蟲活性成份類別很多，全世界具有除蟲作用的植物至少一、二千種，但經化學成分研究的植物種類約僅佔一成左右。臺灣使用於病媒蚊防治相關研究的植物有肖楠 (*Calocedrus macrolepis* var. *formosana*) (柯季宏，民 94)、黑心柳杉 (*Cryptomeria japonica* D. Don) (古慧菁，民 97；鄭森松等人，民 98)、香桂 (*Cinnamomum subavenium* Miq.) (劉怡秀等人，民 105)、臺灣烏心石 (*Michelia compressa* var. *formosana*)、烏心石舅 (*Magnolia kachirachirai*) 及蘭嶼烏心石 (*M. compressa* var. *lanyuanensis*) (鄭森松等人，民 104)、臺灣杉 (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) (劉怡秀等人，2015) 等，以及多種土肉桂 (劉如芸，2006) 和芳香植物 (鄭君宜，2009)。

植物性殺蟲劑的殺蟲機制主要在影響害蟲的感覺或中樞神經系統、生理生化功能，前者多為毒殺作用，後者多是行為的干擾。農業害蟲或是病媒害蟲都屬昆蟲綱，其生物體基本構造亦相同。所以原用於防治農業害蟲的農藥成分，再經精製純化過程，降低毒性後逐漸也被用在滅除病媒害蟲。一種植物可能含有多種活性成份，而在植物體內的分佈也因種類有異。植物抽出物除了有殺蟲活性外，部分對害蟲也有忌避作用。

2.4 苦楝樹果實提取物對登革熱病媒的致死活性

印度楝 (*Azadirachta indica* A. Juss) ，亦名印度蒜楝或印度苦楝樹，是原產緬甸和印度等熱帶地區的常綠喬木，作為殺蟲劑是在 1968 年

Butterworth 和 Morgan 兩氏成功分離出印楝素 (azadirachtin) 後，才在世界各地廣泛發展起來，迄至目前，已鑑定出十種類似物的化學結構，俗稱 azadirachtinA、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L。其中 azadirachtin A 在印楝種核提取物中的含量最高，而 azadirachtin B 的含量比可達 20%，一般認為 azadirachtin E 的生長調節活性最強。

目前已證實印度楝果實所提取的印楝素具有殺蟲活性 (Aliero, 2003)，且已知苦楝油相關產品對埃及斑蚊有致死效果 (Ndione et al., 2007)。本研究試圖進一步探究印楝素對埃及斑蚊與白線斑蚊的殺蟲效果，以推動人們對印楝素等植物性殺蟲成份的認識與應用，以希冀在登革熱病媒蚊防治工作上達到比傳統施用化學合成殺蟲劑更理想的防治效果。

第三章 研究方法

3.1 試驗材料及配置

3.1.1 實驗材料

此實驗所使用之埃及斑蚊、白線斑蚊幼蟲，皆來自於中興大學昆蟲系醫學昆蟲實驗室長期飼育的品系，幼蟲以每 2000 隻飼養於 10 公升之逆滲透水中，以磨碎成粉的市售狗飼料作為食物灑入水中，並以塑膠瓦楞板蓋在水盆上避免灰塵落入汙染水質，飼養溫度固定於 26°C。

試驗殺蟲試劑共八種試劑，說明如表 3-1 所示。

表 3-1、八種殺蟲試劑之產品名稱與主成份

Tab.3-1. Product name and main ingredient of eight insecticides

編號	產品名稱	主成份
NM1	苦楝油原液－莊峰榮化工企業有限公司	冷壓印度苦楝油 100% w/w
NM2	苦楝油原液－順億化工有限公司	冷壓印度苦楝油 100% w/w
NM3	苦楝油原液－德億化工原料有限公司	冷壓印度苦楝油 100% w/w
NM4	苦楝油製劑 (屠蟲刀)－良農現代化農業科技有限公司	冷壓印度苦楝油 95% w/w (乳化劑 5% w/w)
NM5	苦楝油製劑 (聯安苦楝精)－聯利農業科技有限公司	冷壓印度苦楝油 90% w/w (乳化劑 10% w/w)

- NM6 苦楝油製劑 (通克蟲)－季 冷壓印度苦楝油 85%w/w (乳化劑 15%w/w)
新企業有限公司
- NM7 無患子濃縮液－合昌實業 無患子萃取液 39.5%w/w
社
- NM8 乳化劑 (TL-295)－中日合 合成乳化劑
成化學股份有限公司
-

3.1.2 試驗溶液配置

市售苦楝油商品及 100% w/w 苦楝油，試驗總配置共 28 組，配置如下：

1. 調製乳化苦楝油溶液

NM1、NM2 及 NM3 分別使用莊峰榮化工企業、順億化工、德億化工原料公司之 100% w/w 苦楝油原液與中日化學合成公司所提供之界面活性劑 SINOL TL-295 (NM8) 以 9：1 之比混合，完全混合後加逆滲透水稀釋為苦楝油濃度 4000ppm 的水溶液 2000ml 後，經序列稀釋取得 2000ppm、1000ppm、500ppm 之苦楝油乳化溶液，製備三種苦楝油，各四種濃度備用。

2. 市售苦楝油商品稀釋水溶液配製

(1)NM4 水溶液配製

以良農現代化農業科技公司產之 95%w/w 苦楝油製劑，經逆滲透水序列稀釋獲得 4000、2000、1000、500 ppm 四種濃度各 1000ml 備用。

(2)NM5 水溶液配製

以聯利農業科技公司產之 90%w/w 苦楝油製劑，經逆滲透水序列稀釋

獲得 4000、2000、1000、500 ppm 四種濃度各 1000 ml 備用。

(3) NM6 水溶液配製

以季新企業公司產之 95%w/w 苦楝油製劑，經逆滲透水序列稀釋獲得 4000、2000、1000、500ppm 四種濃度各 1000ml 備用。

3.2 致死活性測定方法

參考 Cheng 等人(2009a)之試驗方法，以滴管隨機吸取 20 隻相同齡期的幼蟲置入 2.0ml 之離心管，再將蟲體與水的體積總合調整為 1.5ml，以減少吸取的水量對溶液濃度之影響。接著將離心管內的蟲與水倒入已經序列稀釋配製完成的溶液 (200ml) 中，溶液以口徑為 7.5cm、高度為 5.5cm 的塑膠杯盛裝，另取 20 隻幼蟲裝入 200 毫升之逆滲透水作為對照組。在所有處理之水面灑上約 3mg 磨碎成粉之狗飼料作為食物，並放置於室溫環境記錄病媒蚊幼蟲於 24、48 與 72 小時後之死亡數目，計算致死率，以輕微彈動杯子外壁及搖晃溶液而無反應者判定為死亡，每個齡期重複 5 次。並由不同濃度對病媒蚊幼蟲致死率作線性回歸，求得各處理之半數致死濃度(Lethal concentration50%, LC50)，試驗重複數為 5。

3.3 預備試驗

乳化劑是使兩種互不相溶的液體混合時形成穩定的乳狀液所需加入的界面活性劑，其主要作用在於能降低兩種不能相混合的體系間的表面張力。

因為苦楝油須先使用乳化劑乳化後方能與水相溶，本研究在進行正式試驗前，先使用兩種界面活性劑 (NM7、NM8) 對埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲進行預備試驗，如表 3-2 在給食條件的條件下進行 20 次試驗，以排除乳化劑可能造成的致死力。

表 3-2、乳化劑致死濃度分析

Tab.3-2. Analysis of lethal activity of emulsifier

條件	採用原因	數量
乳化劑致死活性	天然 (NM7) 與合成 (NM8) 乳化劑致死活性分析	2
重複次數	每種條件進行五次，以了解試驗標準誤，避免實驗條件控制不佳	5

3.4 正式試驗

本研究為複因子試驗，以完全隨機設計 (Completely Randomized Design) 討論兩種病媒蚊、齡期、苦楝油、濃度及處理時間對於致死率的關係。根據表 3-3，本研究共執行 2160 次試驗 (未包含 NM7 無患子個別試驗)，每次試驗蟲數為 20 隻，分析苦楝油 NM1~NM6 的致死濃度、病媒蚊種類、供試蟲體齡期及給食條件，提出最佳防治措施。

表 3-3、試驗條件表

Tab.3-3. Test condition table

條件	說明	參數數量
病媒蚊種類	埃及斑蚊與白線斑蚊	2
齡期	二、三、四齡	3
苦楝油	比較六種苦楝油市售產品差異	6
苦楝油濃度	4000、2000、1000、500ppm	4
處理時間	24 小時、48 小時、72 小時	3
重複次數	每種條件進行五次，以了解試驗標準誤，避免實驗條件控制不佳	5



第四章 試驗結果與討論

4.1 埃及斑蚊致死濃度分析

4.1.1 最佳殺蟲齡期

定義最佳殺蟲齡期為施用後致死率 80% 以上且靜置時間最短兩項因子綜合考量，針對不同苦楝油 NM1~NM6 適合的殺蟲使用齡期，將各個濃度和靜置時間下致死率有 80% 以上者列出如表 4-1 至錯誤! 找不到參照來源。 ，做為病媒蚊防治施用上的建議使用時機與濃度參考。

表 4-1、各種苦楝油與無患子油在 4000ppm 濃度下，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-1. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for *Aedes aegypti* larvae under 4000 ppm of neem oil products and soap berry oil

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1			v		v	v		v	v
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3	v	v	v		v	v	v	v	v
NM4			v			v	v	v	v
NM5		v	v		v	v	v	v	v
NM6	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM7	v	v	v	v	v	v	v	v	v

表 4-2、各種苦楝油商品在 2000ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-2. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for *Aedes aegypti* larvae under 2000 ppm of neem oil products and soap berry oil

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1						v	v	v	v
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM4								v	v
NM5			v		v	v	v	v	v
NM6		v	v			v			
NM7	v	v	v	v	v	v	v	v	v

表 4-3、各種苦楝油商品在 1000ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-3. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for *Aedes aegypti* larvae under 1000 ppm of neem oil products and soap berry oil

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1									
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM4			v			v		v	v
NM5					v	v	v	v	v
NM6									
NM7	v	v	v	v	v	v	v	v	v

表 4-4、各種苦楝油商品在 500ppm 濃度時，對埃及斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-4. Results representing over 80% death rate (denoted as v) for *Aedes aegypti* larvae under 500 ppm of neem oil products and soap berry oil

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1					v	v		v	v
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3	v	v	v		v	v			
NM4									
NM5					v	v		v	v
NM6									
NM7	v	v	v	v	v	v	v		

綜合上述分析結果，整理各致死率最高或達 100% 之商品如錯誤! 找不到參照來源。埃及斑蚊的最佳殺蟲時機為四齡，以 NM2 致死力最高。

表 4-5、埃及斑蚊最佳致死率之苦楝油產品 (2018 spring)

Tab.4-5. The neem oil products resulting in the highest death rate of *Aedes aegypti*

齡期	500 ppm	1000ppm	2000 ppm	4000 ppm
二齡	NM2 NM3	NM2 NM3	NM2	NM2、NM6
三齡	NM2	NM2	NM2	NM2
四齡	NM2	NM2	NM2 NM3	NM2、NM7

4.1.2 各項因子分析

4.1.2.1 齡期

將不同齡期間的致死率進行兩兩比較，任意兩個齡期間的致死率均有顯著差異。致死率由最高到最低依序為；四齡、三齡、二齡。

依變數: DeathRate

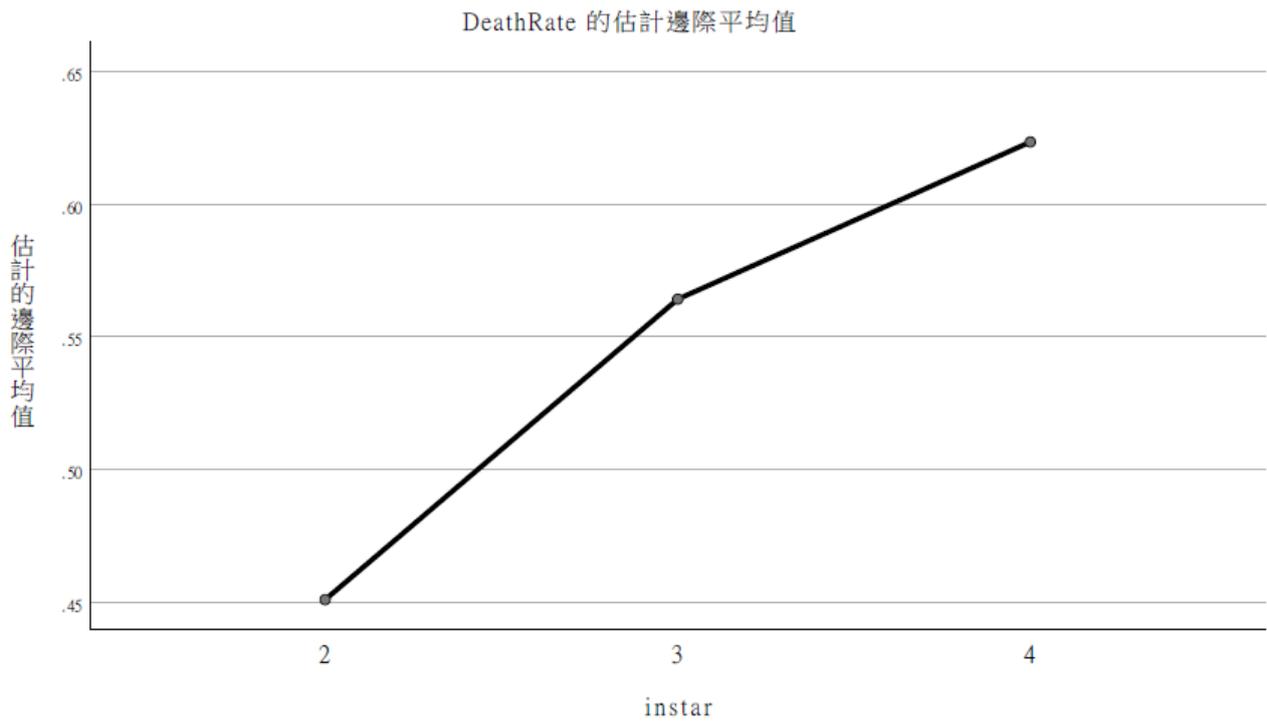
LSD

(I) instar	(J) instar	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
2	3	-.1132*	.00985	.000	-.1326	-.0939
	4	-.1725*	.00985	.000	-.1918	-.1532
3	2	.1132*	.00985	.000	.0939	.1326
	4	-.0593*	.00985	.000	-.0786	-.0399
4	2	.1725*	.00985	.000	.1532	.1918
	3	.0593*	.00985	.000	.0399	.0786

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .016。

*: 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.1.2.2 藥劑廠牌

將不同藥劑廠牌間的致死率進行兩兩比較，任意兩個廠牌間的致死率均有顯著差異。致死率由最高到最低依序為：NM2、NM5、NM4、NM1、NM3、NM6。

依變數: DeathRate

LSD

(I) TRT	(J) TRT	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
1	2	-.4300*	.01353	.000	-.4566	-.4034
	3	.1064*	.01353	.000	.0798	.1329
	4	-.0436*	.01353	.001	-.0702	-.0171
	5	-.2031*	.01353	.000	-.2296	-.1765
	6	.2886*	.01513	.000	.2589	.3183
2	1	.4300*	.01353	.000	.4034	.4566
	3	.5364*	.01353	.000	.5098	.5629
	4	.3864*	.01353	.000	.3598	.4129
	5	.2269*	.01353	.000	.2004	.2535
	6	.7186*	.01513	.000	.6889	.7483
3	1	-.1064*	.01353	.000	-.1329	-.0798
	2	-.5364*	.01353	.000	-.5629	-.5098
	4	-.1500*	.01353	.000	-.1766	-.1234
	5	-.3094*	.01353	.000	-.3360	-.2829
	6	.1822*	.01513	.000	.1525	.2119

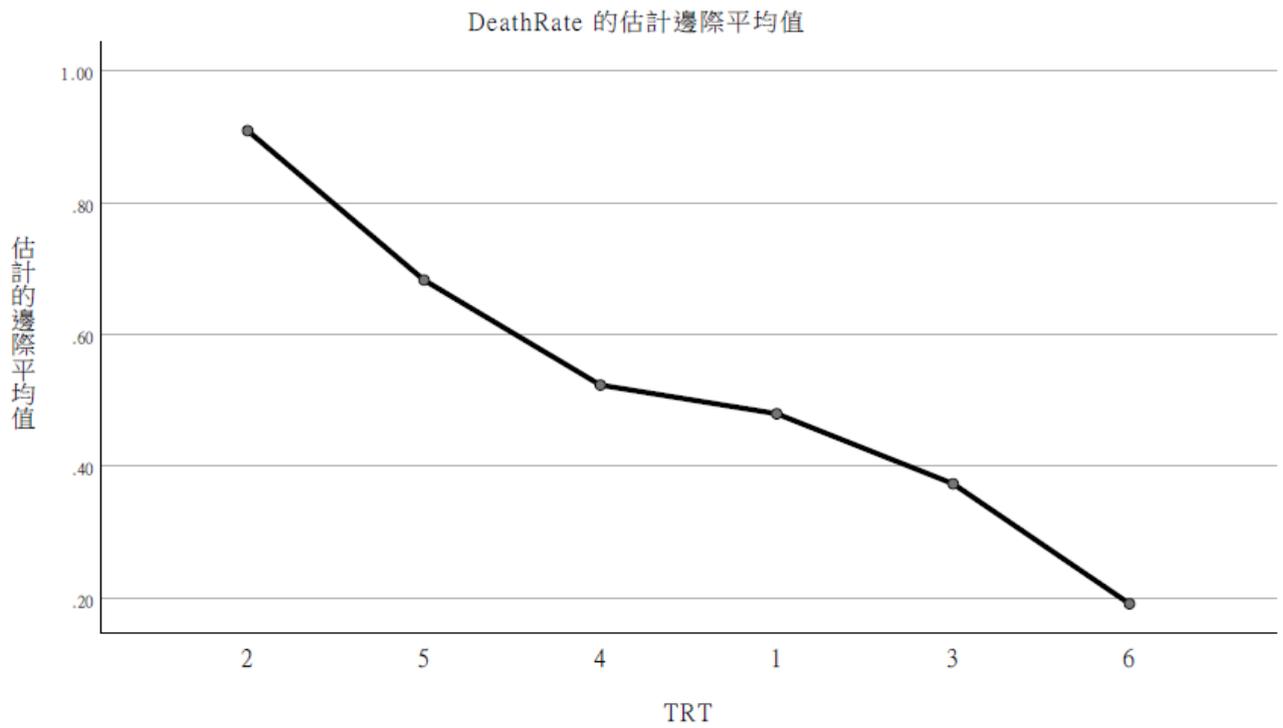
4	1	.0436*	.01353	.001	.0171	.0702
	2	-.3864*	.01353	.000	-.4129	-.3598
	3	.1500*	.01353	.000	.1234	.1766
	5	-.1594*	.01353	.000	-.1860	-.1329
	6	.3322*	.01513	.000	.3025	.3619
	5	1	.2031*	.01353	.000	.1765
2		-.2269*	.01353	.000	-.2535	-.2004
3		.3094*	.01353	.000	.2829	.3360
4		.1594*	.01353	.000	.1329	.1860
6		.4917*	.01513	.000	.4620	.5214
6		1	-.2886*	.01513	.000	-.3183
	2	-.7186*	.01513	.000	-.7483	-.6889
	3	-.1822*	.01513	.000	-.2119	-.1525
	4	-.3322*	.01513	.000	-.3619	-.3025
	5	-.4917*	.01513	.000	-.5214	-.4620

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .016。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。





4.1.2.3 濃度

將不同濃度間的致死率進行兩兩比較，任意兩個濃度間的致死率均有顯著差異。致死率由最高到最低依序為；4000、2000、1000、500ppm。

依變數: DeathRate

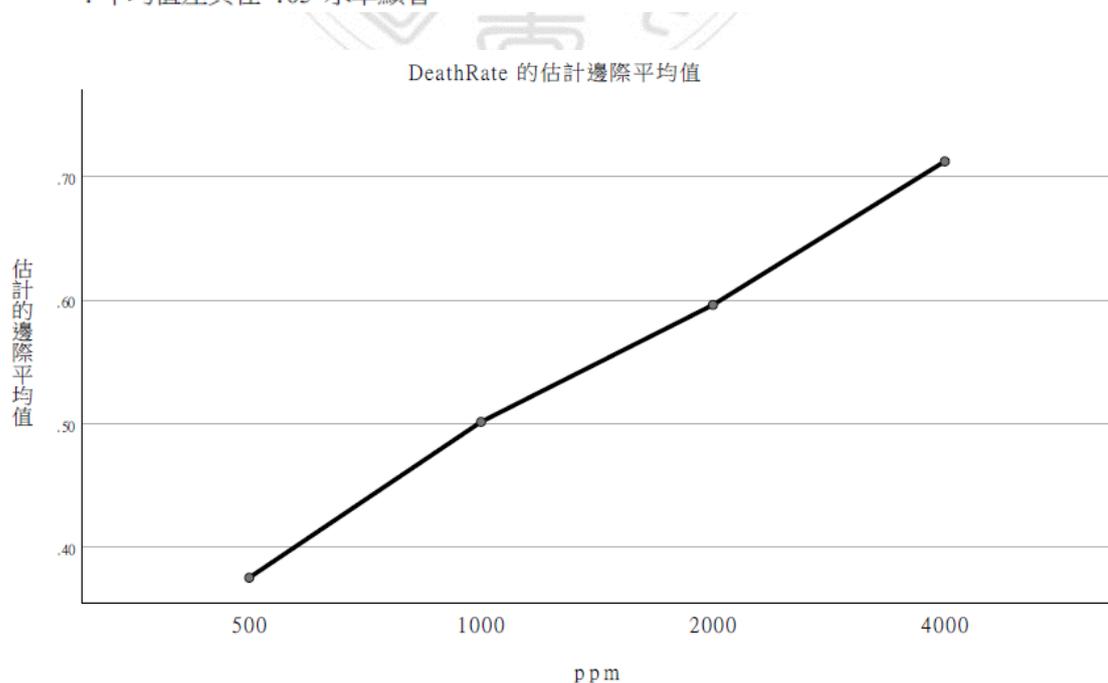
LSD

(I) ppm	(J) ppm	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
500	1000	-.1265*	.01137	.000	-.1488	-.1042
	2000	-.2214*	.01137	.000	-.2437	-.1991
	4000	-.3378*	.01137	.000	-.3602	-.3155
1000	500	.1265*	.01137	.000	.1042	.1488
	2000	-.0949*	.01137	.000	-.1172	-.0726
	4000	-.2114*	.01137	.000	-.2337	-.1891
2000	500	.2214*	.01137	.000	.1991	.2437
	1000	.0949*	.01137	.000	.0726	.1172
	4000	-.1165*	.01137	.000	-.1388	-.0942
4000	500	.3378*	.01137	.000	.3155	.3602
	1000	.2114*	.01137	.000	.1891	.2337
	2000	.1165*	.01137	.000	.0942	.1388

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .016。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.1.2.4 處理時間

將不同處理時間的致死率進行兩兩比較，任意兩個處理時間的致死率均有顯著差異。致死率由最高到最低依序為：72 小時、48 小時、24 小時。

依變數: DeathRate

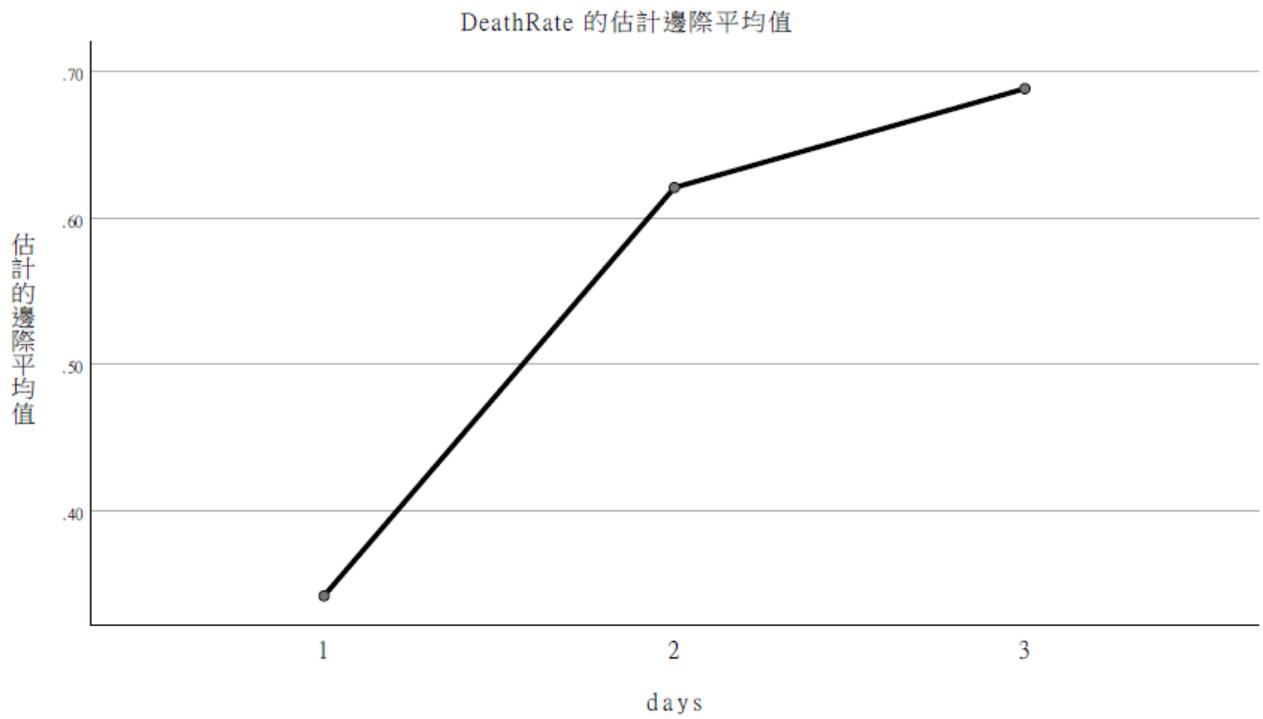
LSD

(I) days	(J) days	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
1	2	-.2787*	.01003	.000	-.2984	-.2590
	3	-.3462*	.00957	.000	-.3650	-.3275
2	1	.2787*	.01003	.000	.2590	.2984
	3	-.0675*	.01003	.000	-.0872	-.0478
3	1	.3463*	.00957	.000	.3275	.3650
	2	.0675*	.01003	.000	.0478	.0872

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .016。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.1.4.5 各項因子間效應項檢定

濃度/處理時間兩者間의 交感作用不顯著，齡期/濃度/處理時間三者間의 交感作用不顯著，其餘各因子間均有顯著的交感作用。

依變數: DeathRate

來源	類型 III 平方和	自由度	均方	F	顯著性
修正模型	129.281 ^a	203	.637	38.649	.000
截距	287.177	1	287.177	17427.951	.000
instar	4.751	2	2.375	144.157	.000
ppm	16.045	3	5.348	324.572	.000
days	21.912	2	10.956	664.893	.000
TRT	46.514	5	9.303	564.563	.000
instar * ppm	1.119	6	.186	11.313	.000
instar * days	.699	4	.175	10.608	.000
instar * TRT	17.662	10	1.766	107.184	.000
ppm * days	.143	6	.024	1.445	.195
ppm * TRT	2.623	15	.175	10.613	.000
days * TRT	2.380	9	.264	16.046	.000
instar * ppm * days	.266	12	.022	1.344	.188
instar * ppm * TRT	3.432	30	.114	6.943	.000
instar * days * TRT	5.075	18	.282	17.111	.000
ppm * days * TRT	1.866	27	.069	4.195	.000
instar * ppm * days * TRT	2.018	54	.037	2.268	.000
誤	13.446	816	.016		
總計	446.948	1020			
修正後總數	142.727	1019			

a. R 平方 = .906 (調整的 R 平方 = .882)

4.1.3 各苦楝油商品與無患子油 (NM7) 對於埃及斑蚊致死率之比較

1. 500ppm 苦楝油與無患子油

二、三、四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率如圖 4-1 至 4-

3, NM1 對二齡幼蟲致死力較低, 其致死效果隨幼蟲齡期的增長而提升,

對四齡幼蟲在靜置 48 小時能達到 100% 的致死率。

NM2 在各時間長度和不同齡期間皆維持 100% 的致死率，為本組最高致死力之試劑。

NM3 對二齡幼蟲致死力較高，其致死效果隨幼蟲齡期的增長而減弱，對四齡幼蟲在靜置 48 小時僅有約 60% 的致死率。

NM4 對二齡幼蟲的致死力較低，其致死效果隨幼蟲齡期的增長緩緩提升，對四齡幼蟲在靜置 48 小時的致死率約為 65%。

NM5 對二齡幼蟲的致死力較低，其致死效果隨幼蟲齡期的增長而提升，對三齡幼蟲的效果極佳，在 48 小時後有 100% 的致死率，對四齡幼蟲在 48 小時的致死率則接近 90%。

NM6 為本組致死力最低，在各靜置時間和不同齡期間的致死率皆低於 20%，其致死效果對於二齡幼蟲較佳。

NM7 對二齡和三齡幼蟲的致死力較高，在各靜置時間皆超過 80%，對於四齡幼蟲的致死力較低，在 48 小時後僅有約 60% 致死率。

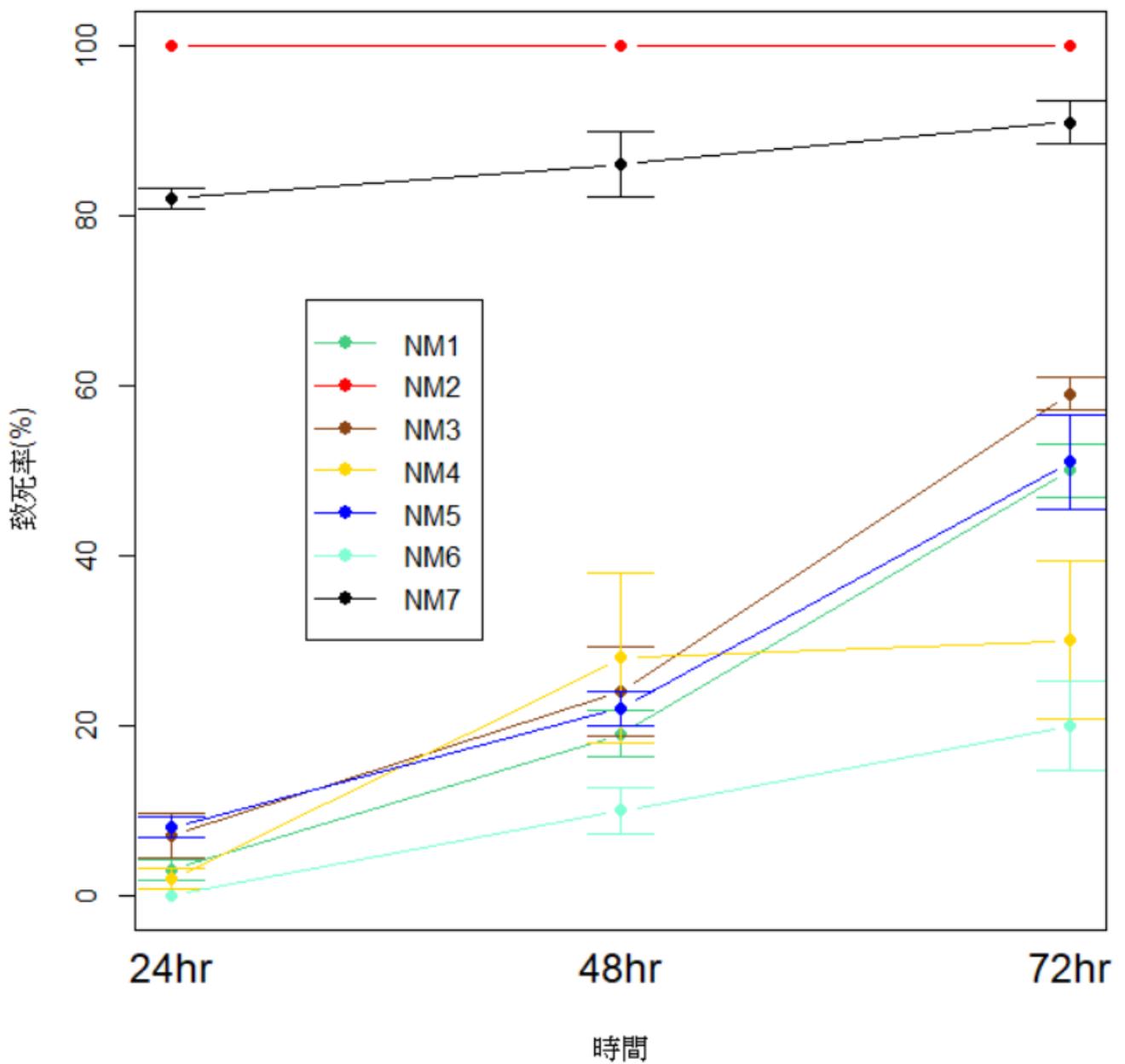


圖 4-1、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-1. Lethality of second instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.

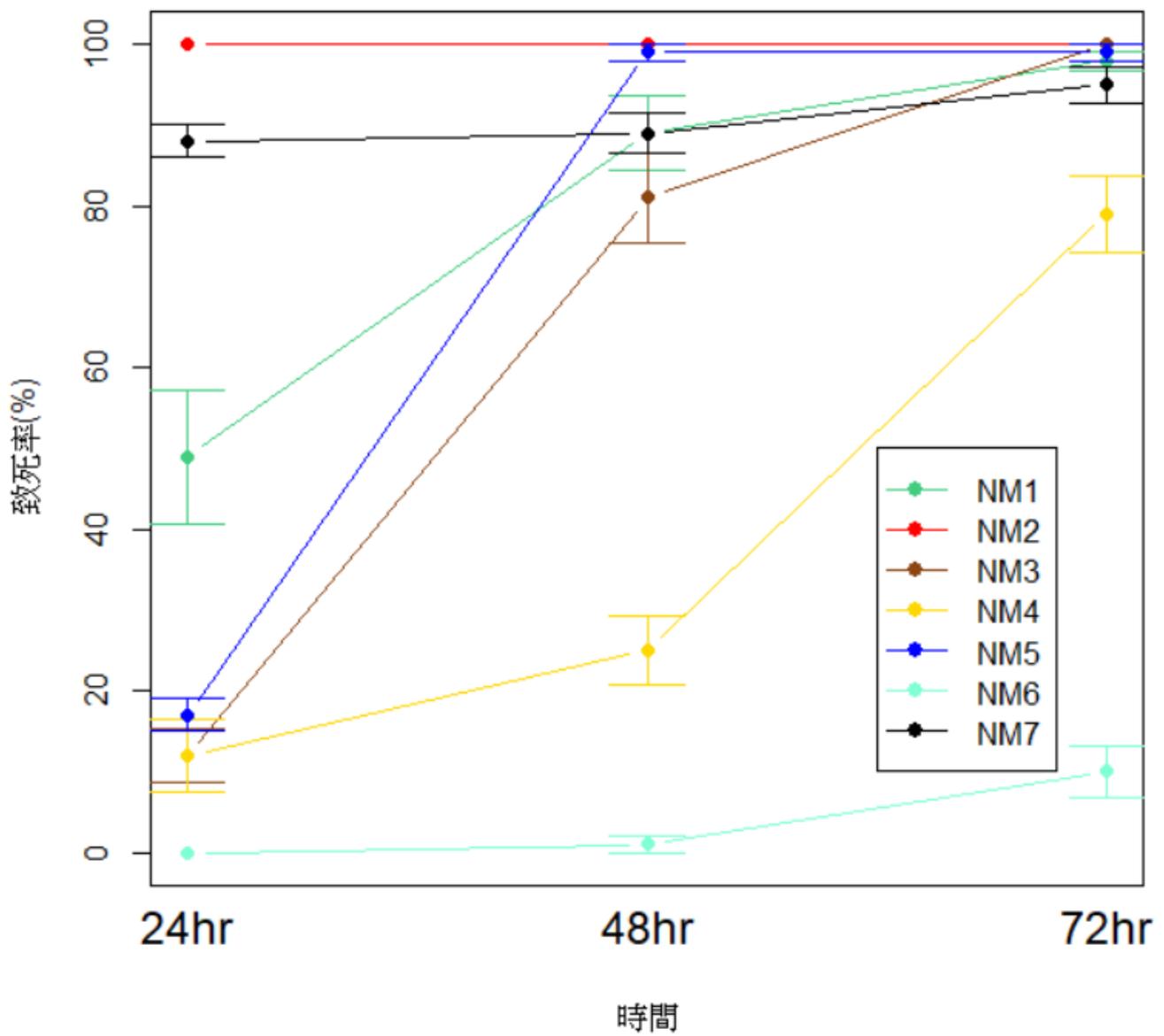


圖 4-2、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-2. Lethality of third instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.

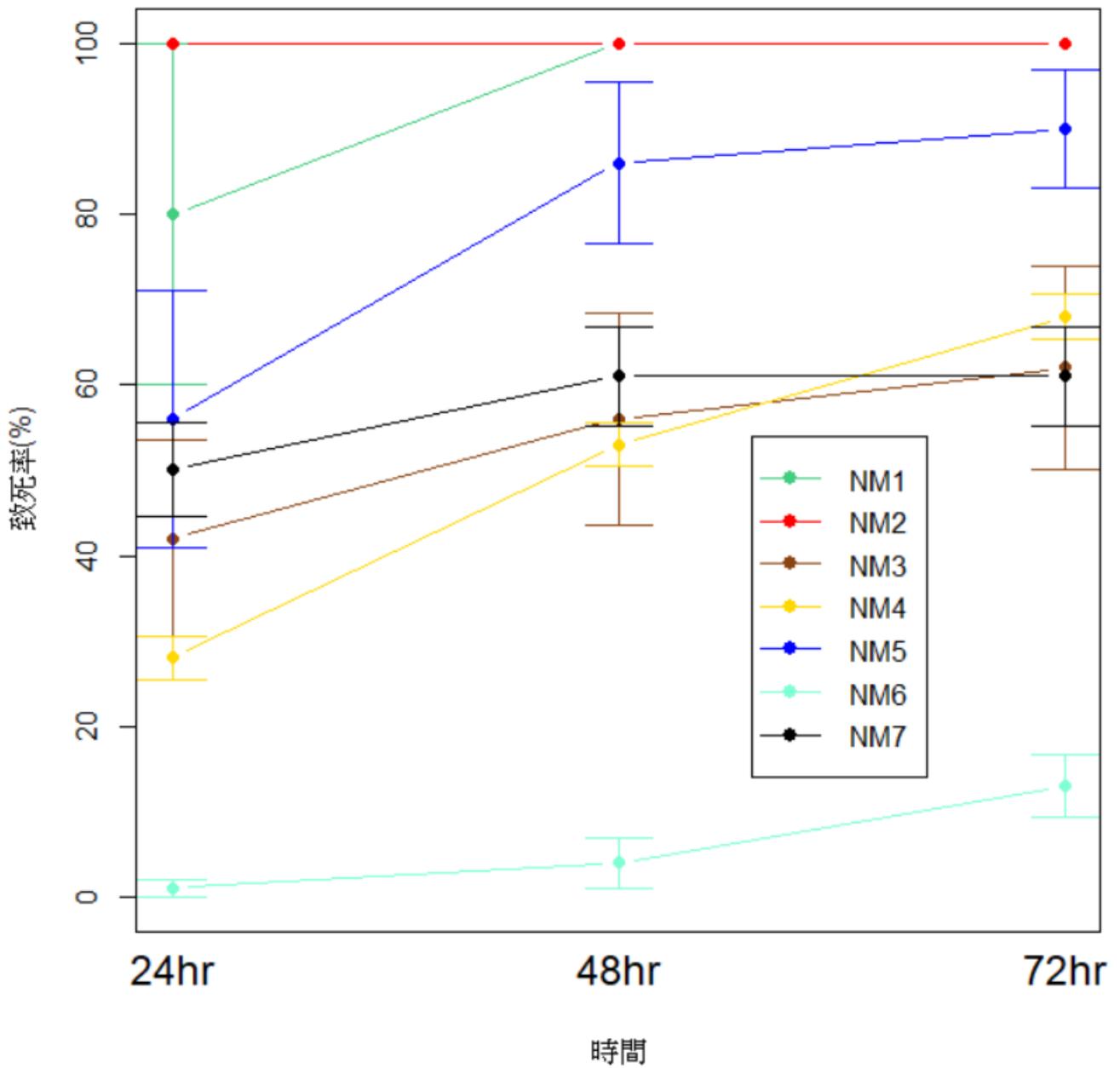


圖 4-3、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-3. Lethality of fourth instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 500 ppm.

2. 1000 ppm 苦楝油與無患子油

二、三、四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率如圖 4-4 至 4-6，NM1 對二齡幼蟲致死力較低，其致死效果隨幼蟲齡期的增長而提升，且隨時間增加而大幅提升，對三齡幼蟲在靜置 72 小時能達到近 100% 的致死率，對四齡幼蟲在靜置 48 小時後的致死率約達到 80%。

NM2 在各時間長度和不同齡期間皆維持 100% 的致死率，為本組致死力最高。

NM3 對二齡幼蟲的致死力最高，各時間皆達到 100% 致死率，對三、四齡幼蟲在靜置 24 小時和 48 小時的效果則較低，但到 72 小時後仍能有效到達 100% 致死率。

NM4 對所有齡期幼蟲在靜置 24 小時的致死力較低，對二、三齡幼蟲低於 10%，但其致死力隨時間增加而大幅提升，到 72 小時後能對二、四齡幼蟲有接近 100% 的致死率，對三齡幼蟲也超過 80%。

NM5 對於二齡幼蟲的致死力較低，在靜置 48 小時後仍低於 60%，但對三、四齡幼蟲的致死力較高，在 48 小時後能達到 100% 的致死率。

NM6 對於二齡幼蟲的致死力較低，對於三、四齡則為本組最低，在靜置 48 小時後仍只有近 40% 的致死率。

NM7 對二齡的幼蟲的致死力高，在各靜置時間致死率都高於 80%，對

三齡幼蟲更高，各靜置時間的致死率近 100%，對四齡致死率 80% 以上。



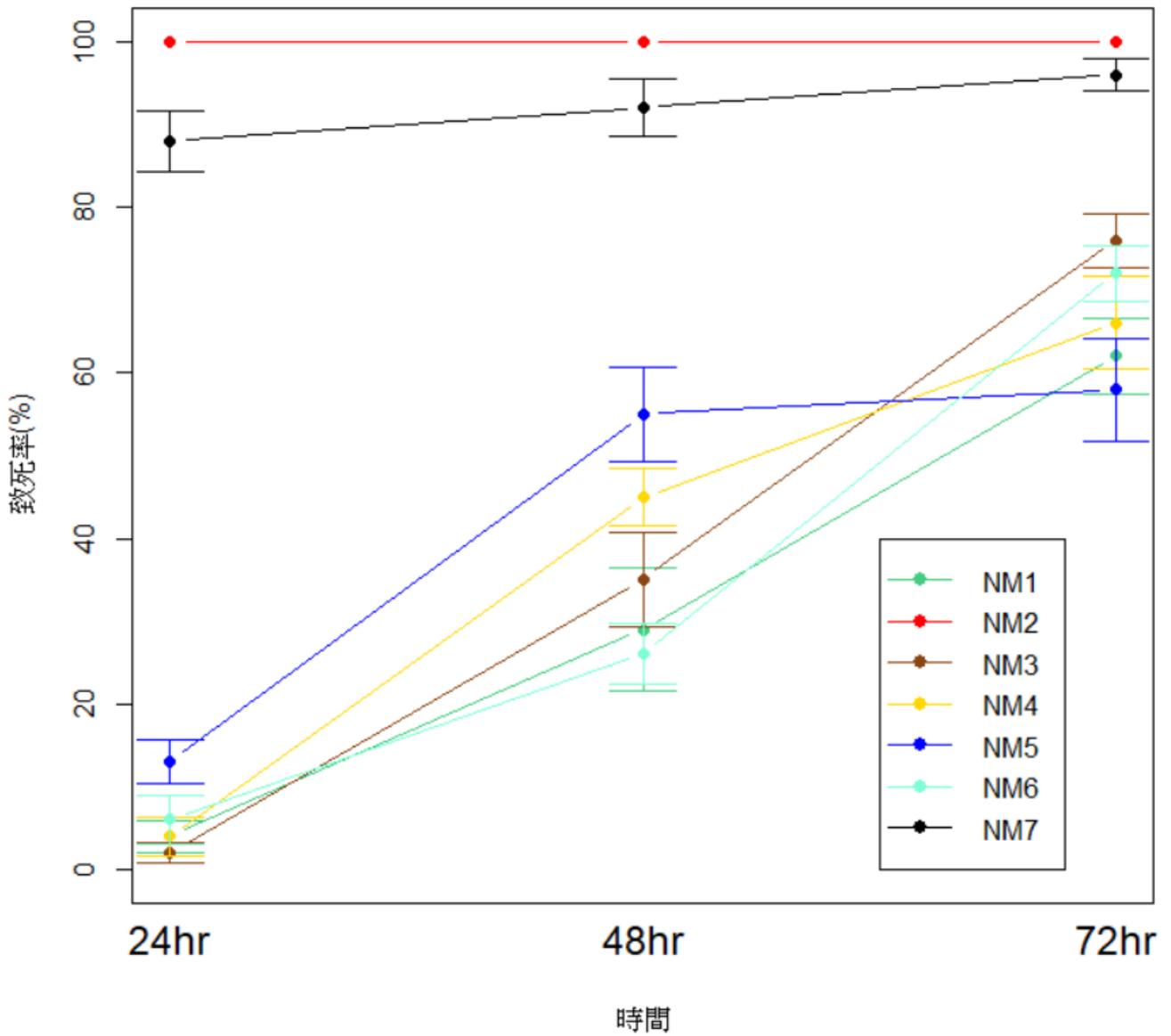


圖 4-4、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-4. Lethality of second instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000 ppm.

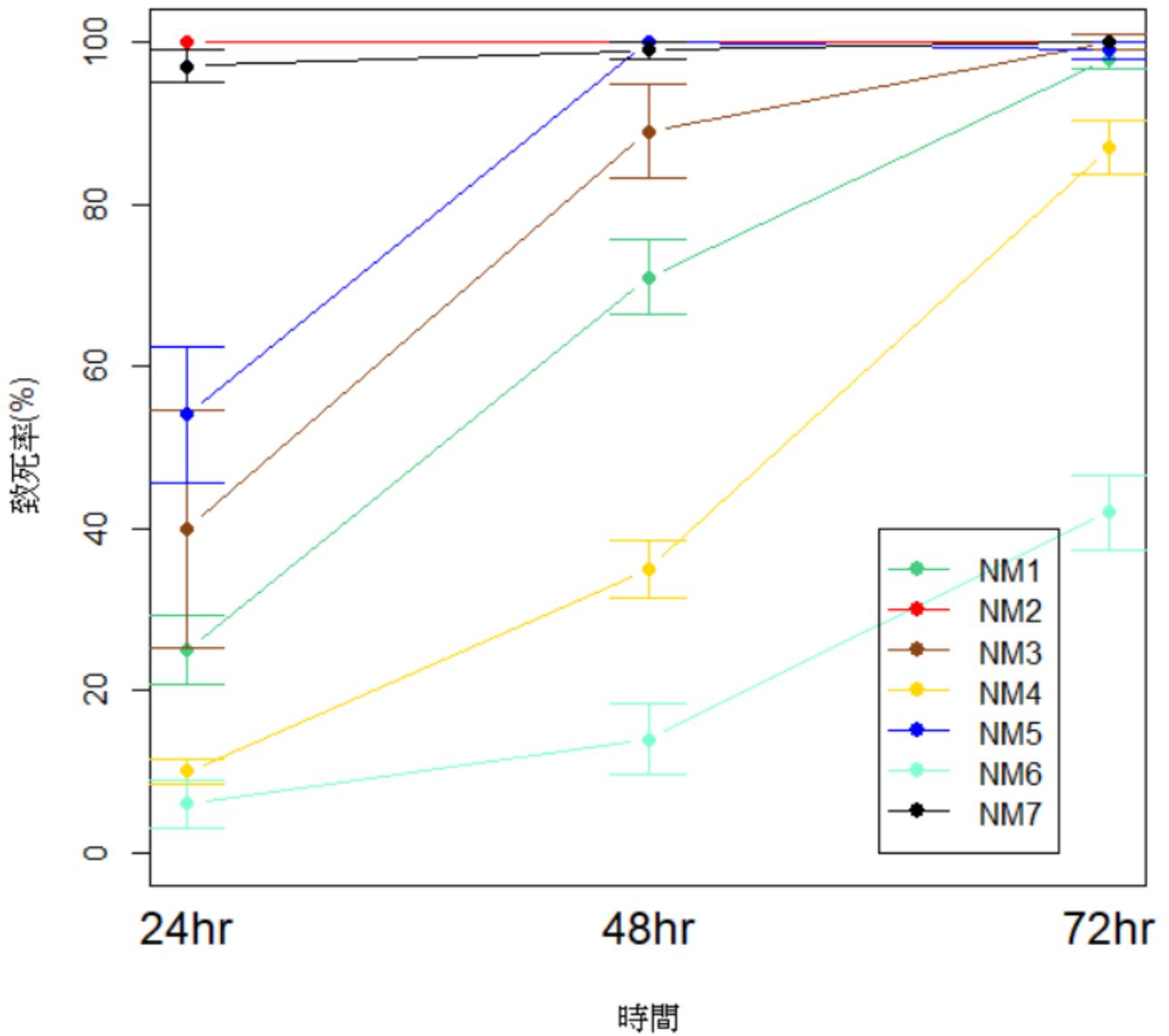


圖 4-5、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-5. Lethality of third instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000 ppm.

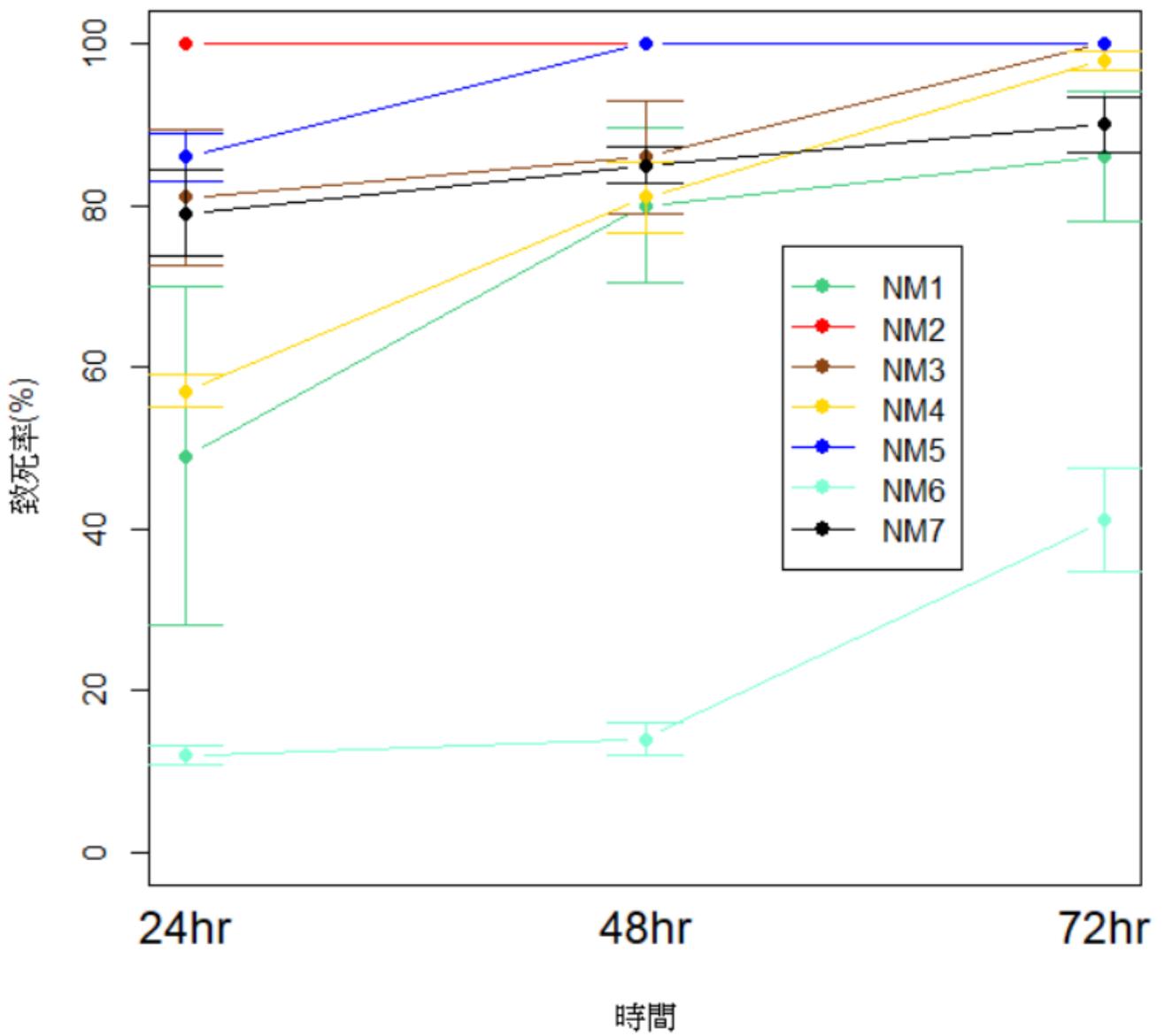


圖 4-6、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-6. Lethality of fourth instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 1000 ppm.

3. 2000 ppm 苦楝油與無患子油

二、三、四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率如圖 4-7 至 4-9, NM1 對二齡幼蟲致死力較低, 其致死效果隨幼蟲齡期的增長而提升且隨靜置時間增加而提升, 對三齡幼蟲在靜置 72 小時達到 97% 的致死率, 對四齡幼蟲的致死率最高, 能達到 100% 的致死率。

NM2 在各靜置時間和不同齡期間皆有 100% 的致死率, 為本組致死力最高。

NM3 對二齡幼蟲致死率很低, 四齡幼蟲的致死率較高, 在各靜置時間都有近於 100% 的致死率。對三齡幼蟲的致死率較低, 在 24 小時僅有 60% 的致死率, 但在 72 小時後仍能達到 94% 的致死率。

NM4 對二、三齡幼蟲的致死力較低, 在 48 小時前的致死率分別約為 65%、40%, 但在 72 小時的致死率 77%。對四齡幼蟲的致死力較高, 在各靜置時間有 99% 的致死率。

NM5 對二齡幼蟲的致死力較低, 其致死效果隨靜置時間增加而提升, 在靜置 48 小時前約達到 60% 致死率, 在 72 小時後則能達到 96% 的致死率。對三齡幼蟲在 24 小時效果較低, 在 48 小時後則能達到 100% 致死率。對四齡幼蟲的致死力較高, 在各處理時間的致死率 97%~100%。

NM6 對二齡幼蟲的致死力高, 在各靜置時間有 80%~100% 的致死率。

其致死效果隨幼蟲齡期增加而減少，對三齡幼蟲在靜置 48 小時的致死率約為 70%，在 72 小時則可到達約 90%。對四齡幼蟲的致死力最低，在 48 小時的致死率僅有約 30%，在 72 小時只有 60%。

NM7 在各靜置時間和不同齡期間有 97%-100%的致死率。



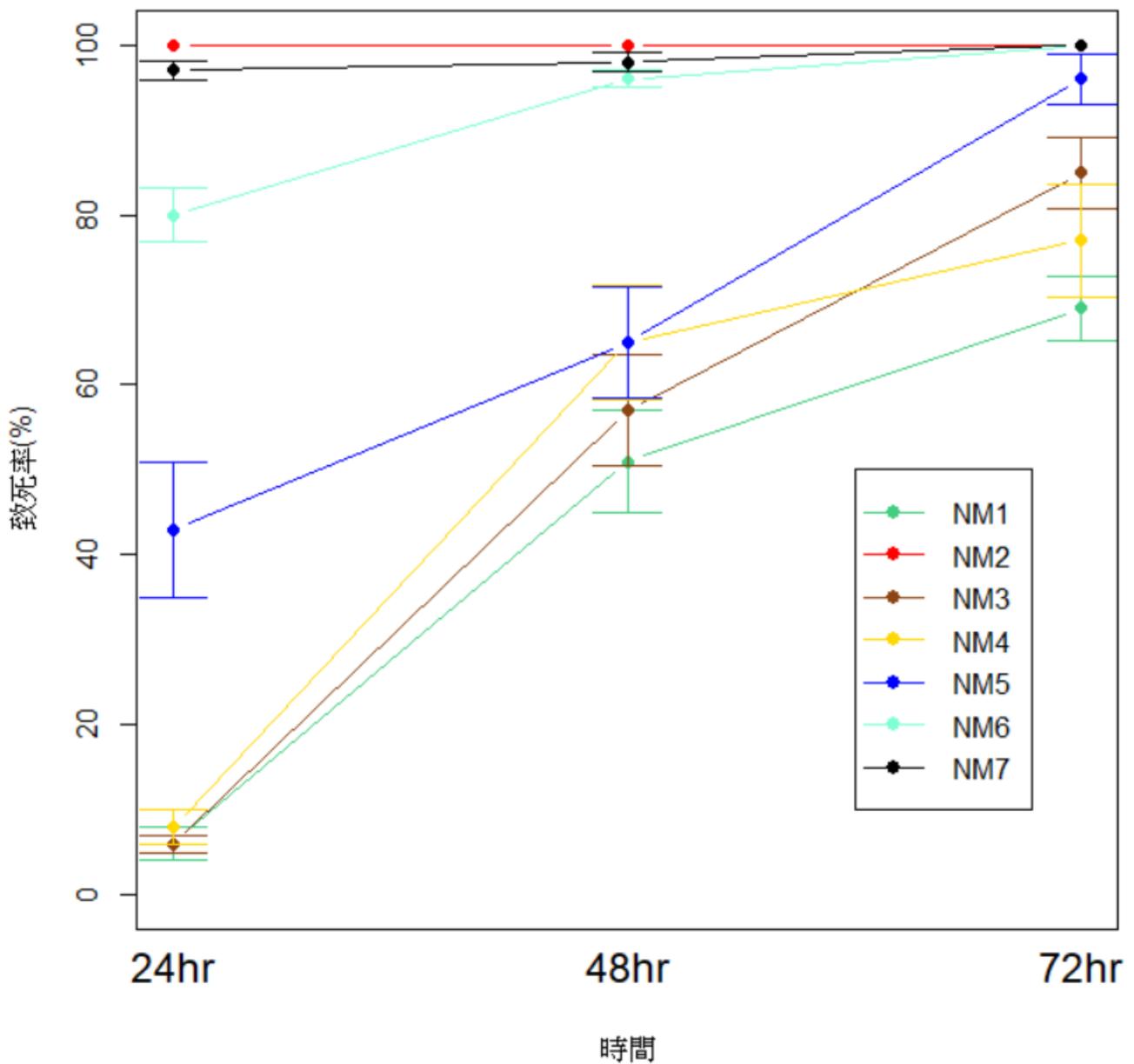


圖 4-7、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-7. Lethality of second instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000 ppm.

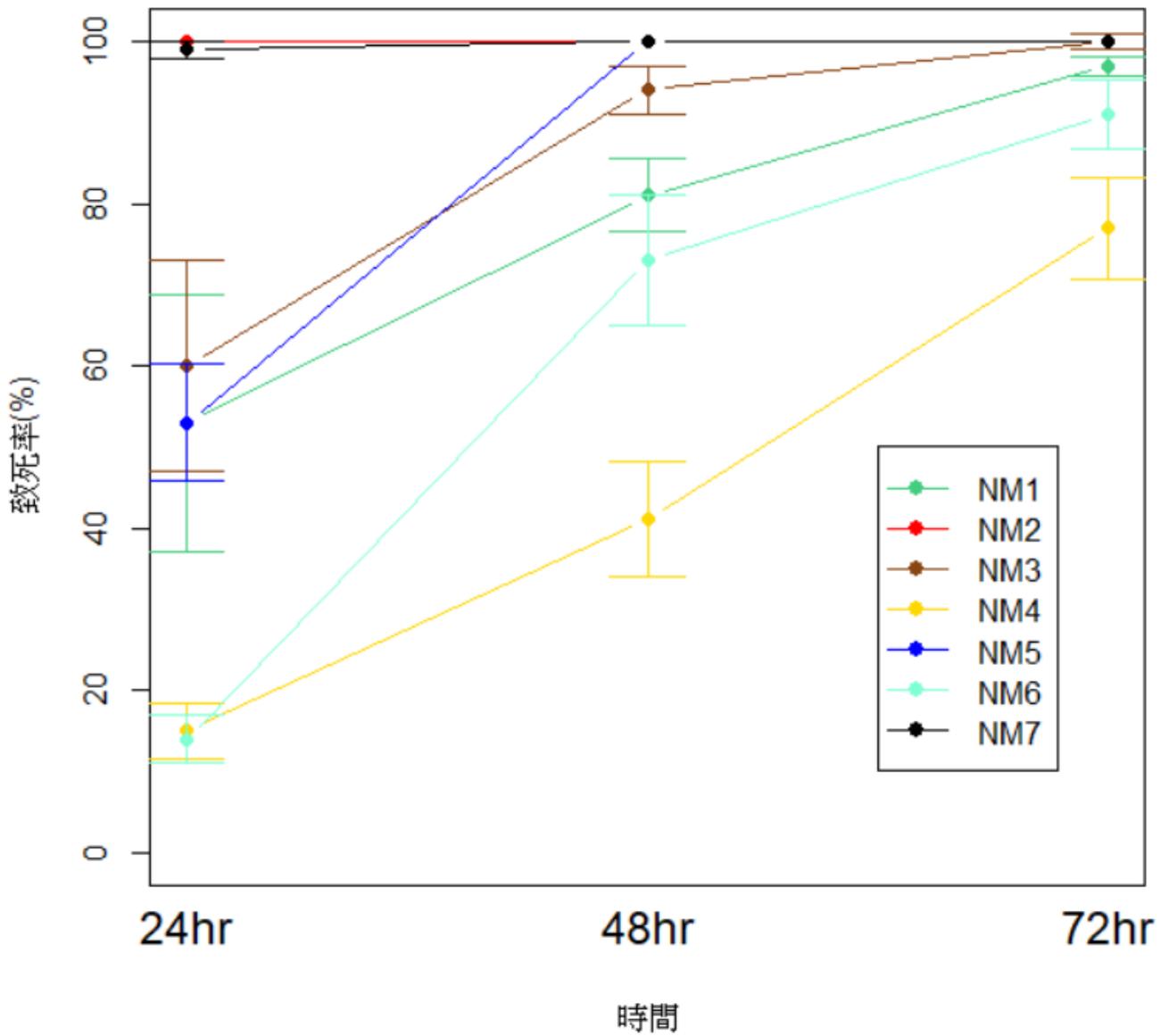


圖 4-8、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-8. Lethality of third instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000 ppm.

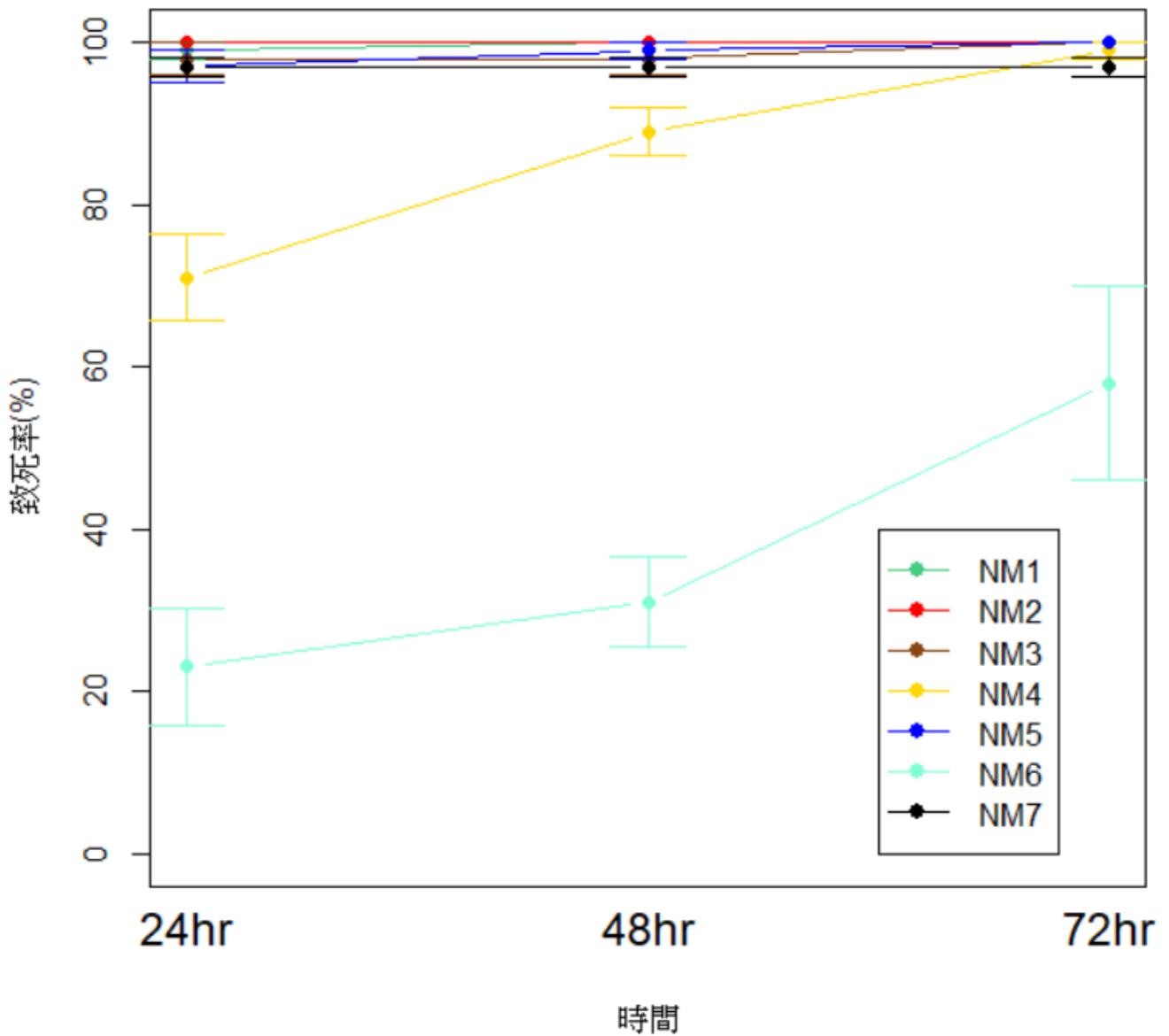


圖 4-9、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-9. Lethality of fourth instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 2000 ppm.

4. 4000 ppm 苦楝油與無患子油

二、三、四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率如圖 4-10 至 4-12，NM1 對各齡期幼蟲的致死力相近，對二齡幼蟲效果較低。各齡期在靜置 24 小時的致死力皆低於 30%，其致死力隨時間增加而大幅提升，在 48 小時對各齡期多有近 80% 的致死率，在 72 小時則皆高於 80%，對三、四齡近 100% 的致死率。

NM2 在各靜置時間和不同齡期間皆有 100% 的致死率，為本組致死力最高。

NM3 對二齡幼蟲在各靜置時間皆有 100% 的致死率，對三齡幼蟲的致死力在靜置 24 小時較低，但在 48 小時後就有 100% 致死率，對四齡幼蟲則有高致死力，各靜置時間皆有 100% 致死率。

NM4 對二齡幼蟲在靜置 24 小時的致死力不到 20%，但其致死力隨時間增加而大幅提升，在 72 小時有 90% 的致死率。對三齡幼蟲在 24 小時的致死力也較低，在 72 小時則有 90% 的致死率。對四齡幼蟲在各靜置時間的致死率皆高於 80%，在 72 小時則近 100% 的致死率。

NM5 對二齡幼蟲的致死力較低，其致死效果隨靜置時間增加而提升，在 48 小時達到近 80% 致死率，在 72 小時後則能達到 100% 的致死率。對三齡幼蟲在靜置 24 小時致死力較低，但在 48 小時後則能達到 100% 致死率。

對四齡幼蟲的致死力較高，在各靜置時間的致死率皆達 100%。

NM6 對二齡幼蟲的致死力最高，於各靜置時間皆有 100% 的致死率，其致死力隨齡期增加而些微降低。對三齡幼蟲在 24 小時的致死率約 90%，在 48 小時則達 100%。對四齡幼蟲在 24、48 小時的致死率約 90%，在 72 小時則達到 100%。

NM7 在各靜置時間和不同齡期間皆有近 100% 的致死率。



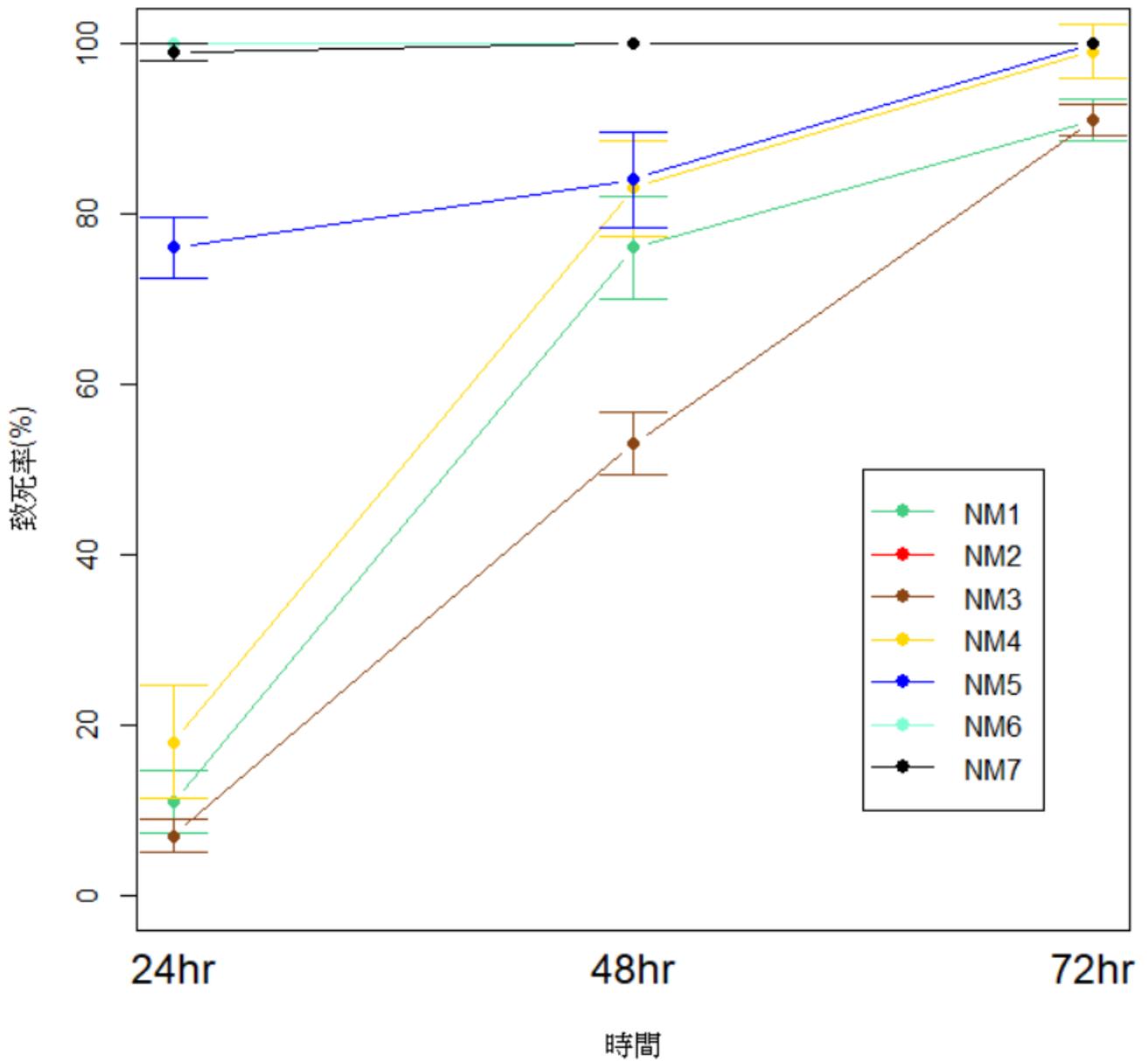


圖 4-10、不同苦楝油與無患子油對於二齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-10. Lethality of second instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 4000 ppm.

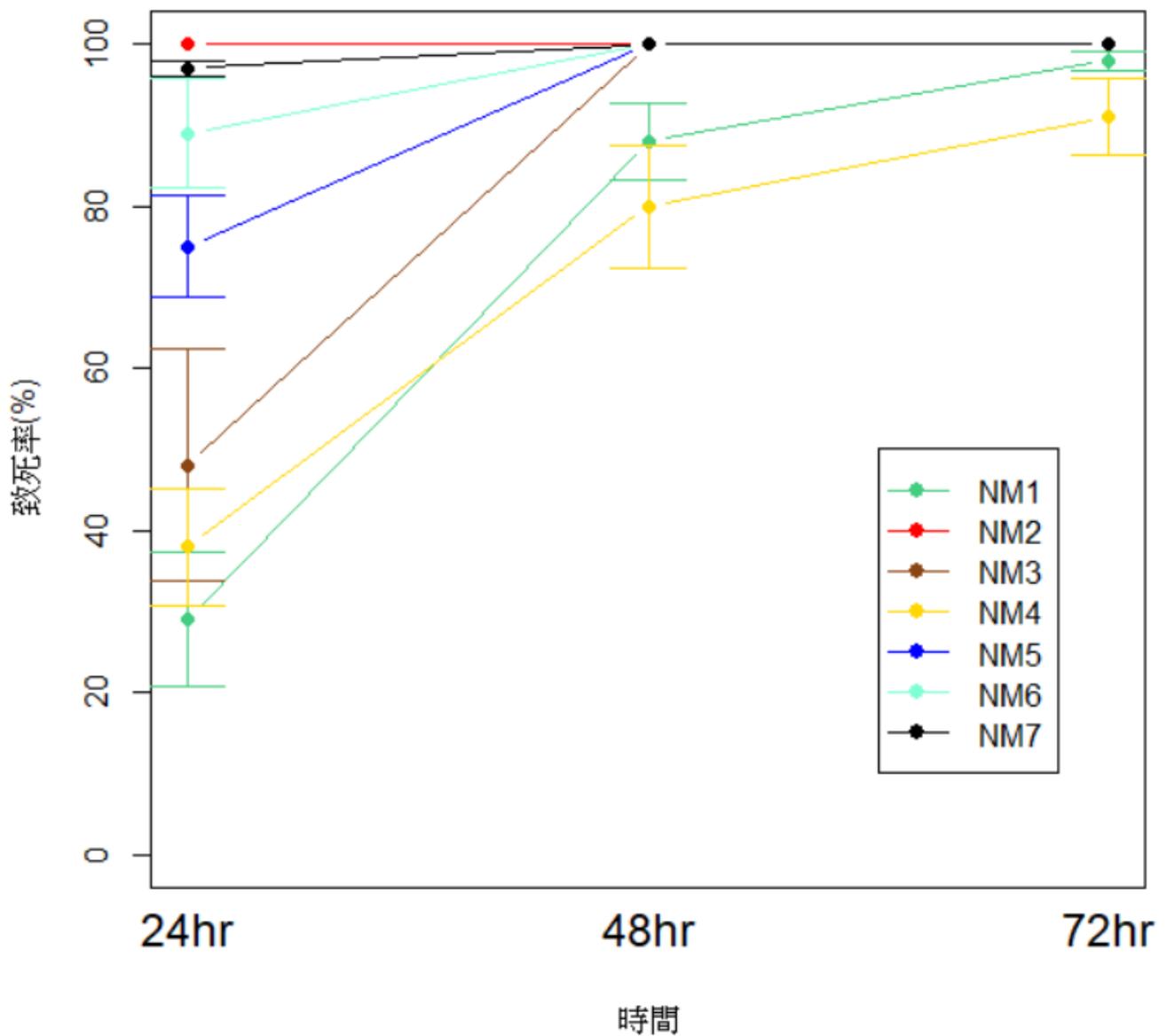


圖 4-11、不同苦楝油與無患子油對於三齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-11. Lethality of third instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 4000 ppm.

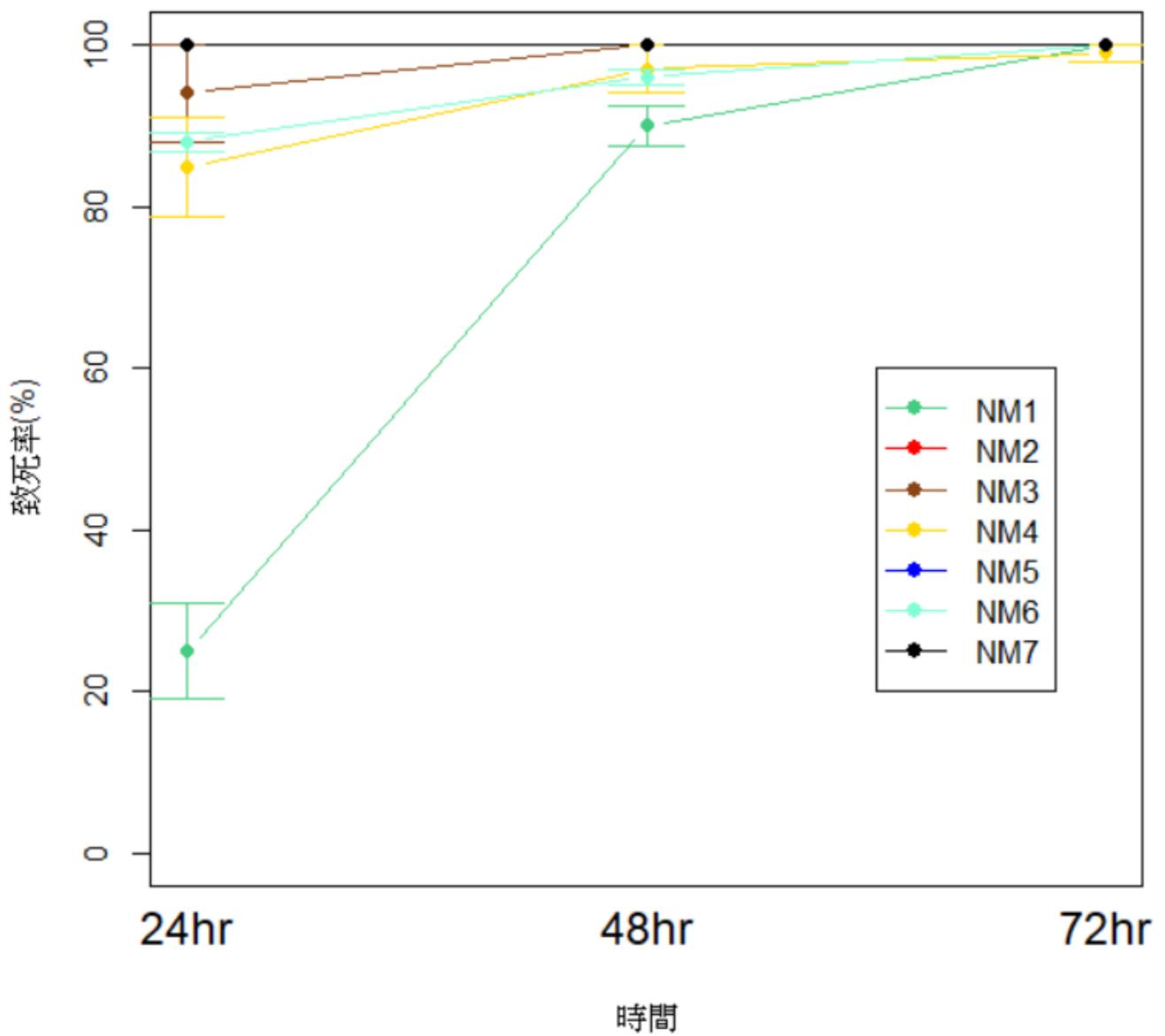


圖 4-12、不同苦楝油與無患子油對於四齡埃及斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-12. Lethality of fourth instar *Aedes aegypti* larvae caused by different neem oil products and soap berry oil under 4000 ppm.

4.1.4 致死率與濃度之關係建立

將不同齡期幼蟲放入不同苦楝油與無患子油靜置時間為 24 小時的半致死劑量列出如表 4-6，作為施作上的參考資訊。

表 4-6、不同苦楝油商品對於不同齡期埃及斑蚊幼蟲在靜置 24 小時下的半致死劑量

Tab.4-6. The 50% lethality concentration of each neem oil product under different instar larvae of *Aedes aegypti*

	二齡幼蟲 (ppm)	三齡幼蟲 (ppm)	四齡幼蟲 (ppm)
NM1	21041	<500	29645
NM2	<500	<500	<500
NM3	<500	3114	<500
NM4	763	<500	<500
NM5	2621	1893	<500
NM6	1190	2755	2642
NM7	<500	<500	<500

4.2 白線斑蚊致死濃度分析

4.2.1 最佳殺蟲齡期

定義最佳殺蟲齡期為施用後致死率 80% 以上且靜置時間最短兩項因子綜合考量，針對不同苦楝油 NM1-NM6 適合的殺蟲使用齡期，將各個濃度和靜置時間下致死率有 80% 以上者列出如表 4-7 至表 4-10，做為登革熱病媒蚊孳生源防治施作上的建議使用時機與濃度參考。

表 4-7、各種苦楝油商品在 4000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-7. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward *Aedes albopictus* larvae under 4000 ppm

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1						v		v	v
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3								v	v
NM4				v	v	v		v	v
NM5		v	v			v	v	v	v
NM6					v	v			

表 4-8、各種苦楝油商品在 2000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-8. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward *Aedes albopictus* larvae under 2000 ppm

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1							v	v	v
NM2	v	v	v	v	v	v	v	v	v
NM3									v
NM4						v			
NM5		v	v			v	v	v	v
NM6									

表 4-9、各種苦楝油商品在 1000ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-9. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward *Aedes albopictus* larvae under 1000 ppm

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1									v
NM2	v	v	v	v	v	v		v	v
NM3									
NM4					v	v			
NM5		v	v			v	v	v	v
NM6									

表 4-10、各種苦楝油商品在 500ppm 濃度時，對白線斑蚊幼蟲致死率超過 80% 的表現（打 v 註記者）

Tab.4-10. The neem oil product representing over 80% death rate (denoted as v) toward *Aedes albopictus* larvae under 500 ppm

	二齡幼蟲			三齡幼蟲			四齡幼蟲		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
NM1									
NM2	v	v	v		v	v			v
NM3									
NM4									
NM5								v	v
NM6									

綜合上述分析結果，整理各致死率最高或達 100% 之產品，如表 4-11。

白線斑蚊的最佳殺蟲時機為四齡，以 NM5 致死力最高。

表 4-11、白線斑蚊最佳致死率之苦楝油產品 (2018 spring)

Tab.4-11. The neem oil products resulting in the highest death rate of *Aedes albopictus*

齡期	500 ppm	1000ppm	2000 ppm	4000 ppm
二齡	NM2	NM2	NM2	NM2
三齡	NM2	NM2	NM2	NM2
四齡	NM5	NM5	NM5	NM5

4.2.2 各項因子分析

4.2.2.1 齡期

將不同齡期間的致死率進行兩兩比較，任意兩個齡期間的致死率均有顯著差異。致死率由高到低依序為：四、三、二齡。

依變數: DeathRate

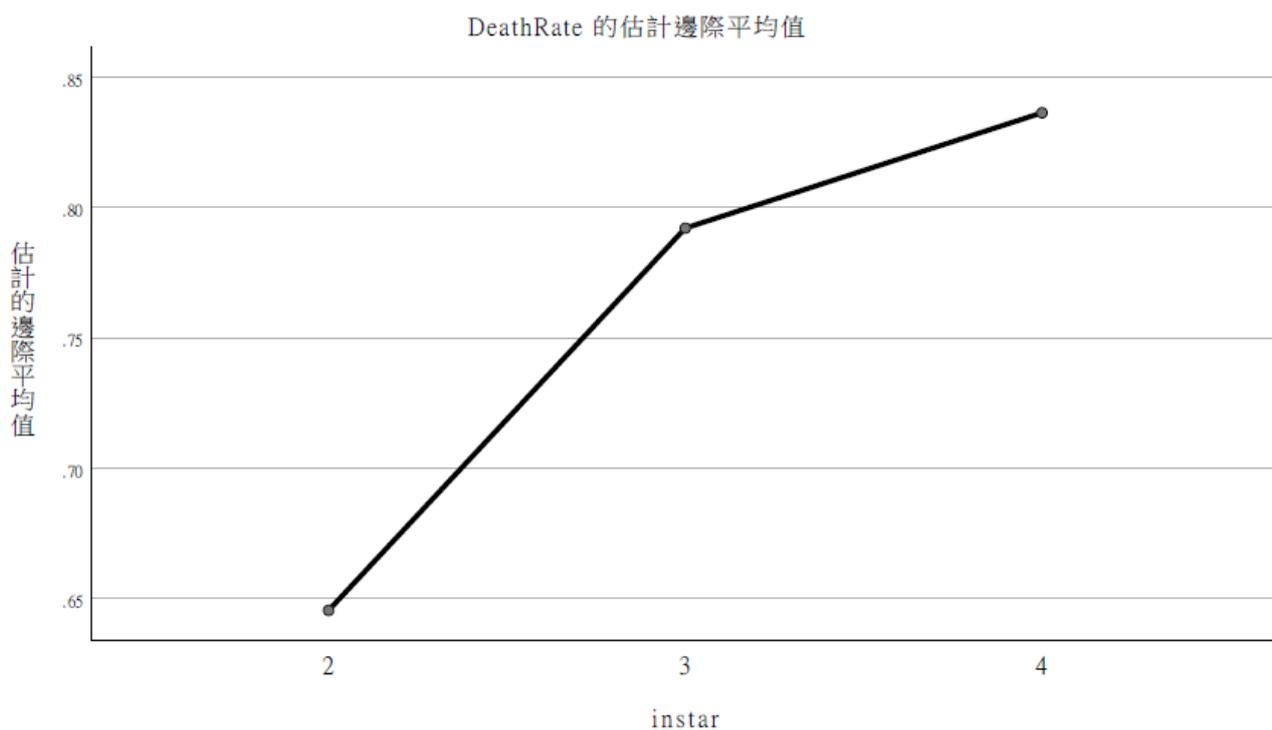
LSD

(I) instar	(J) instar	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
2	3	-.1466*	.00769	.000	-.1617	-.1315
	4	-.1909*	.00769	.000	-.2060	-.1758
3	2	.1466*	.00769	.000	.1315	.1617
	4	-.0443*	.00769	.000	-.0593	-.0292
4	2	.1909*	.00769	.000	.1758	.2060
	3	.0443*	.00769	.000	.0292	.0593

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .012。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.2.2.2 藥劑廠牌

將不同廠牌間的致死率進行兩兩比較，除了苦楝油 1 和苦楝油 6 之間的致死率沒有顯著差異以外，任意兩個廠牌間的致死率均有顯著差異。致死率由高到低依序為：NM2、NM7、NM5、NM4、NM3、NM1 與 NM6。

依變數: DeathRate

LSD

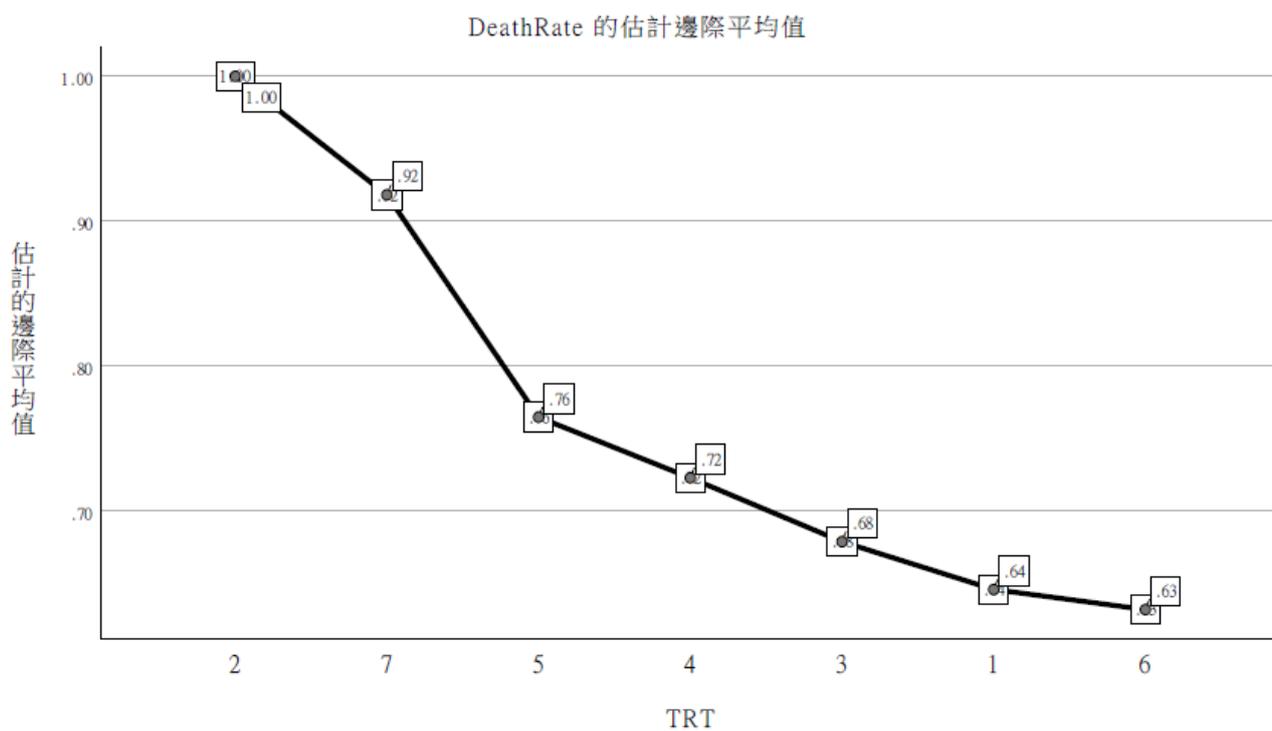
(I) TRT	(J) TRT	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
1	2	-.3550*	.01146	.000	-.3775	-.3325
	3	-.0331*	.01146	.004	-.0555	-.0106
	4	-.0772*	.01146	.000	-.0997	-.0547
	5	-.1192*	.01146	.000	-.1417	-.0967
	6	.0139	.01146	.226	-.0086	.0364
	7	-.2729*	.01281	.000	-.2981	-.2478
	2	1	.3550*	.01146	.000	.3325
3		.3219*	.01146	.000	.2995	.3444
4		.2778*	.01146	.000	.2553	.3003
5		.2358*	.01146	.000	.2133	.2583
6		.3689*	.01146	.000	.3464	.3914
7		.0821*	.01281	.000	.0569	.1072
3		1	.0331*	.01146	.004	.0106
	2	-.3219*	.01146	.000	-.3444	-.2995
	4	-.0442*	.01146	.000	-.0667	-.0217
	5	-.0861*	.01146	.000	-.1086	-.0636
	6	.0469*	.01146	.000	.0245	.0694
	7	-.2399*	.01281	.000	-.2650	-.2147

4	1	.0772*	.01146	.000	.0547	.0997
	2	-.2778*	.01146	.000	-.3003	-.2553
	3	.0442*	.01146	.000	.0217	.0667
	5	-.0419*	.01146	.000	-.0644	-.0195
	6	.0911*	.01146	.000	.0686	.1136
	7	-.1957*	.01281	.000	-.2208	-.1706
	5	1	.1192*	.01146	.000	.0967
	2	-.2358*	.01146	.000	-.2583	-.2133
	3	.0861*	.01146	.000	.0636	.1086
	4	.0419*	.01146	.000	.0195	.0644
	6	.1331*	.01146	.000	.1106	.1555
	7	-.1537*	.01281	.000	-.1789	-.1286
6	1	-.0139	.01146	.226	-.0364	.0086
	2	-.3689*	.01146	.000	-.3914	-.3464
	3	-.0469*	.01146	.000	-.0694	-.0245
	4	-.0911*	.01146	.000	-.1136	-.0686
	5	-.1331*	.01146	.000	-.1555	-.1106
	7	-.2868*	.01281	.000	-.3119	-.2617
	7	1	.2729*	.01281	.000	.2478
2		-.0821*	.01281	.000	-.1072	-.0569
3		.2399*	.01281	.000	.2147	.2650
4		.1957*	.01281	.000	.1706	.2208
5		.1537*	.01281	.000	.1286	.1789
6		.2868*	.01281	.000	.2617	.3119

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .012。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.2.2.3 濃度

將不同濃度間的致死率進行兩兩比較，任意兩個濃度間的致死率均有顯著差異。致死率由高到低依序為：4000、2000、1000、500ppm。

依變數: DeathRate

LSD

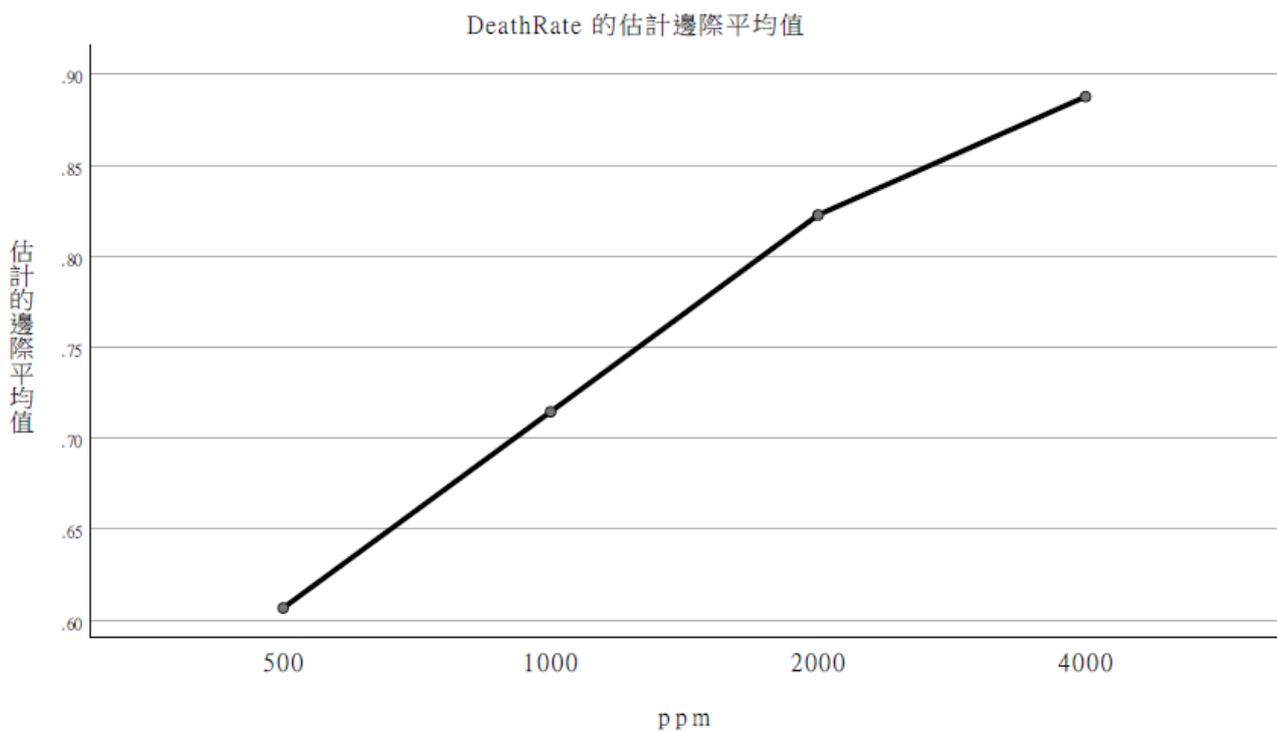
(I) ppm	(J) ppm	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
500	1000	-.1078*	.00888	.000	-.1253	-.0904
	2000	-.2160*	.00888	.000	-.2334	-.1986
	4000	-.2810*	.00888	.000	-.2984	-.2636
1000	500	.1078*	.00888	.000	.0904	.1253
	2000	-.1082*	.00888	.000	-.1256	-.0907
	4000	-.1732*	.00888	.000	-.1906	-.1557
2000	500	.2160*	.00888	.000	.1986	.2334
	1000	.1082*	.00888	.000	.0907	.1256
	4000	-.0650*	.00888	.000	-.0824	-.0476
4000	500	.2810*	.00888	.000	.2636	.2984
	1000	.1732*	.00888	.000	.1557	.1906
	2000	.0650*	.00888	.000	.0476	.0824

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .012。

*. 平均值差異在 .05 水準顯著。





4.2.2.4 處理時間

將不同處理時間的致死率進行兩兩比較，任意兩個處理時間的致死率均有顯著差異。致死率由高到低依序為：72、48、24 小時。

依變數: DeathRate

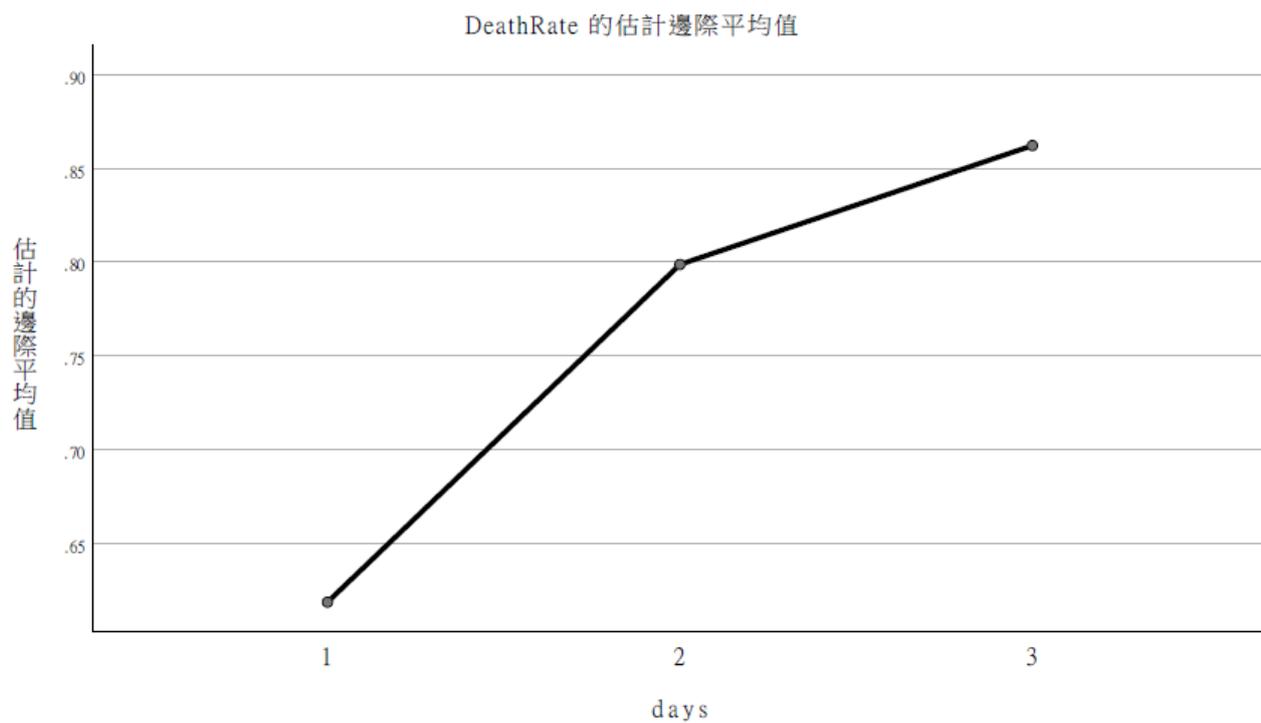
LSD

(I) days	(J) days	平均值差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
					下限	上限
1	2	-.1803*	.00781	.000	-.1956	-.1650
	3	-.2438*	.00750	.000	-.2585	-.2291
2	1	.1803*	.00781	.000	.1650	.1956
	3	-.0635*	.00781	.000	-.0788	-.0482
3	1	.2438*	.00750	.000	.2291	.2585
	2	.0635*	.00781	.000	.0482	.0788

根據觀察到的平均值。

誤差項是 Mean Square(Error) = .012。

*: 平均值差異在 .05 水準顯著。



4.2.2.5 各因子間效應項檢定

各項因子間，除了齡期/濃度/處理時間三者的交感作用不顯著外，其餘組別間均有顯著的交感作用。

依變數: DeathRate

來源	類型 III 平方和	自由度	均方	F	顯著性
修正模型	112.747 ^a	239	.472	39.915	.000
截距	693.649	1	693.649	58690.571	.000
instar	7.458	2	3.729	315.506	.000
ppm	13.115	3	4.372	369.889	.000
days	14.341	2	7.171	606.706	.000
TRT	21.193	6	3.532	298.865	.000
instar * ppm	1.469	6	.245	20.715	.000
instar * days	1.582	4	.395	33.463	.000
instar * TRT	11.827	12	.986	83.393	.000
ppm * days	.332	6	.055	4.676	.000
ppm * TRT	8.335	18	.463	39.181	.000
days * TRT	16.679	11	1.516	128.296	.000
instar * ppm * days	.232	12	.019	1.638	.076
instar * ppm * TRT	3.772	36	.105	8.864	.000
instar * days * TRT	4.243	22	.193	16.319	.000
ppm * days * TRT	5.185	33	.157	13.295	.000
instar * ppm * days * TRT	2.556	66	.039	3.277	.000
誤	11.346	960	.012		
總計	813.342	1200			
修正後總數	124.093	1199			

a. R 平方 = .909 (調整的 R 平方 = .886)

4.2.3 各苦楝油商品對於白線斑蚊致死率之比較

1. 500ppm 苦楝油

二、三及四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 的致死率如圖 4-13 至圖 4-15，NM1 對於二齡幼蟲的致死率力極低，其致死力隨幼蟲齡期增加而些微

提升，但仍致死率仍極低。在靜置 24 小時對所有齡期的致死率皆低於 20%，在 48 小時為 20% 左右，在 72 小時則對二齡幼蟲的致死率低於 40%，對三、四齡則為 50% 強。

NM2 對二齡幼蟲的致死最高，在靜置 48 小時後達到 100%。其致死率隨幼蟲齡期增加而下降，對三齡幼蟲的致死率為 80% 左右，對四齡的致死率則隨靜置時間增加而大幅提升，靜置時間在 24、48、72 小時的致死率分別約 10%、60%、80%。

NM3 對二齡幼蟲的致死率極低，即使到靜置 72 小時的致死率仍只有約 20%。對三、四齡幼蟲的致死率依然不高，但會隨時間增加而提升，時間 72 小時的致死率分別約為 65% 和 50%。

NM4 對二齡幼蟲的致死力極低，即使到靜置 72 小時的致死率只有 30%。對三齡幼蟲的致死率較高，且致死率隨靜置時間增加而提升，於 72 小時約 80% 的致死率。對四齡幼蟲致死率仍不高，在各靜置時間的致死率在 5%~60%。

NM5 對二齡幼蟲的致死率低，在各靜置時間致死率大約 10~60%。對三齡幼蟲的致死率仍低，在各靜置時間致死率大約 10~60%。對四齡幼蟲的致死率較高，在靜置 72 小時有 90% 以上。

NM6 對所有齡期幼蟲的致死率最低，皆低於 10%，為本組致死率最低。

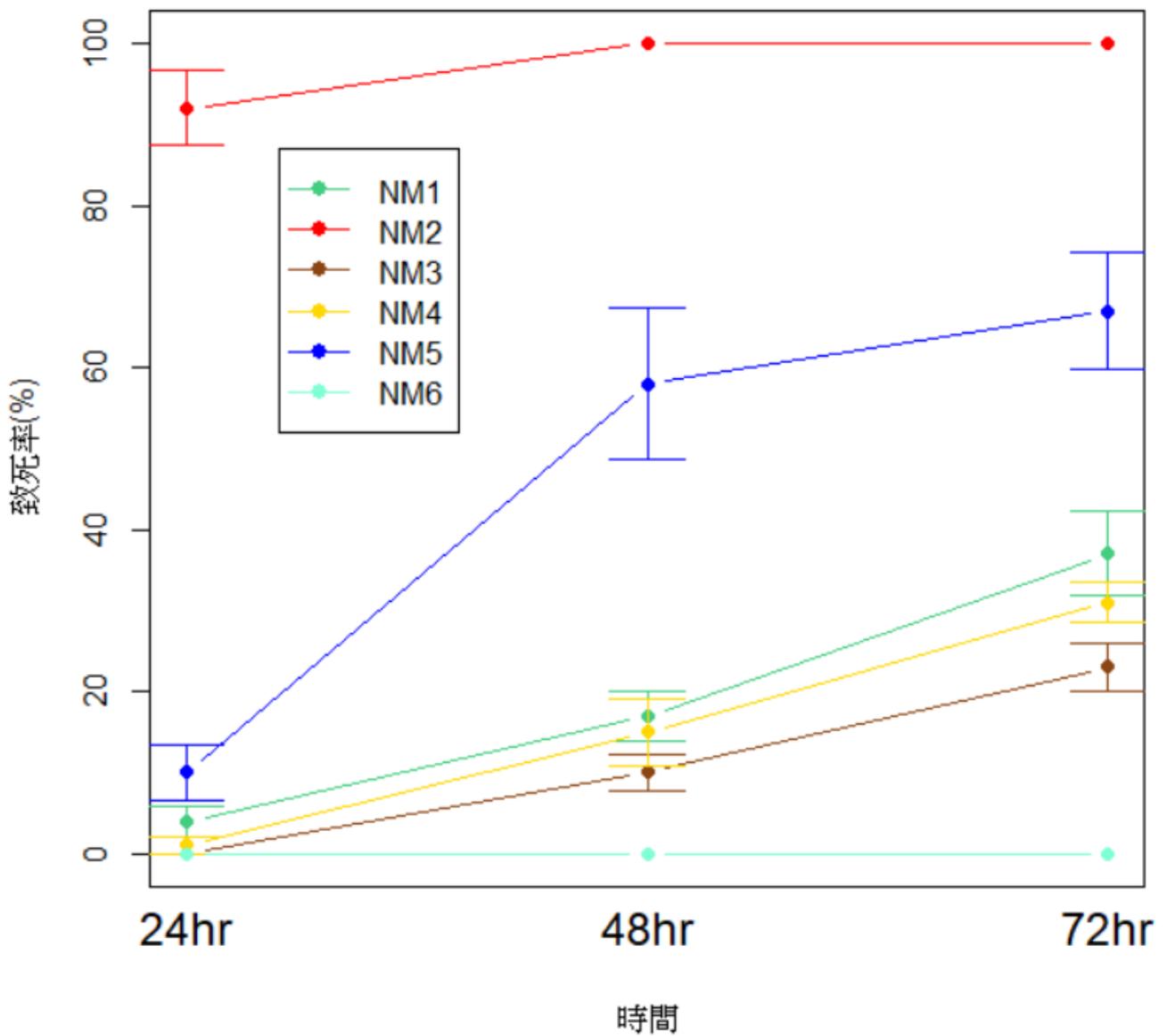


圖 4 - 13、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-13. Lethality of second instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.

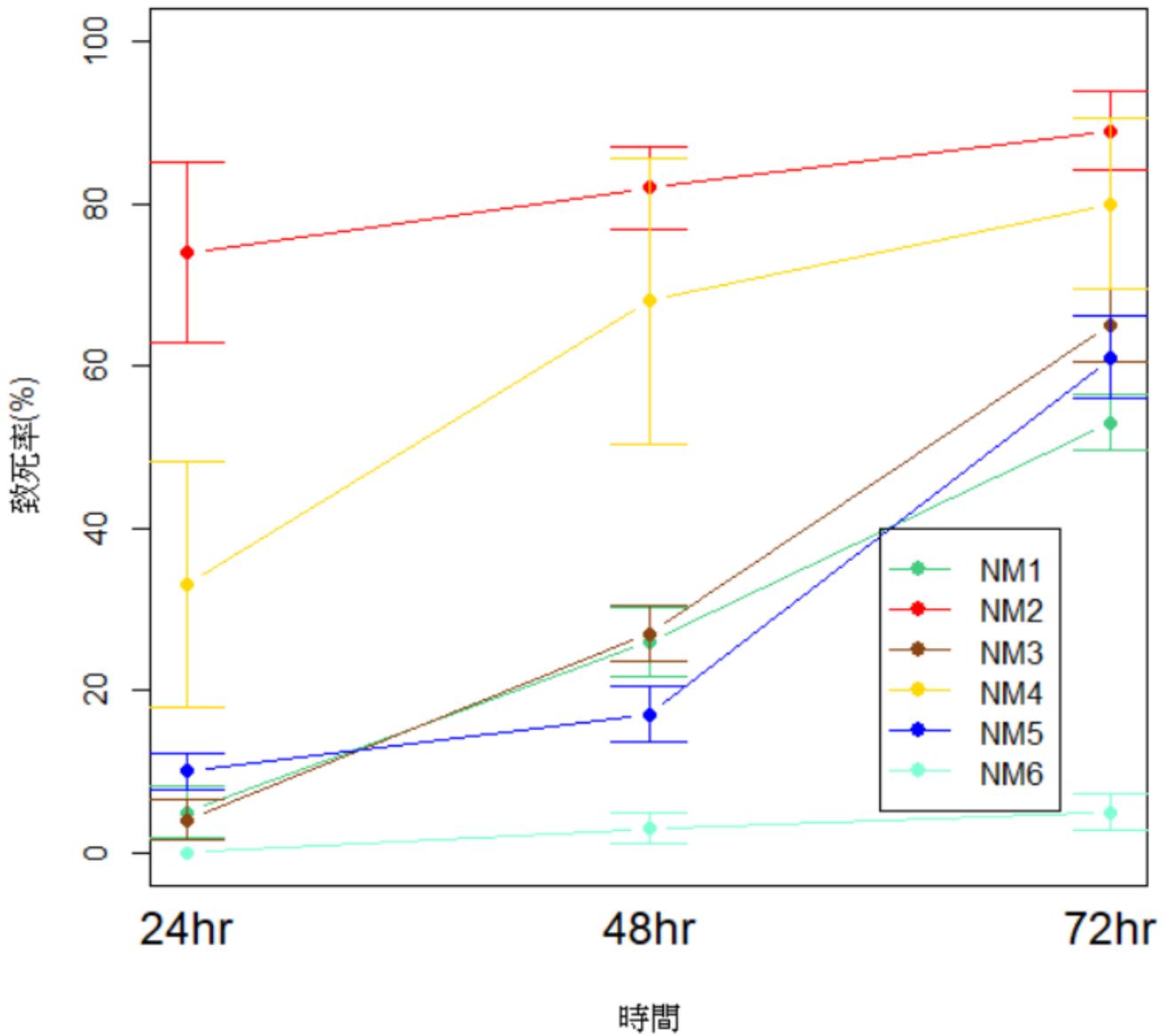


圖 4 - 14、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-14. Lethality of third instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.

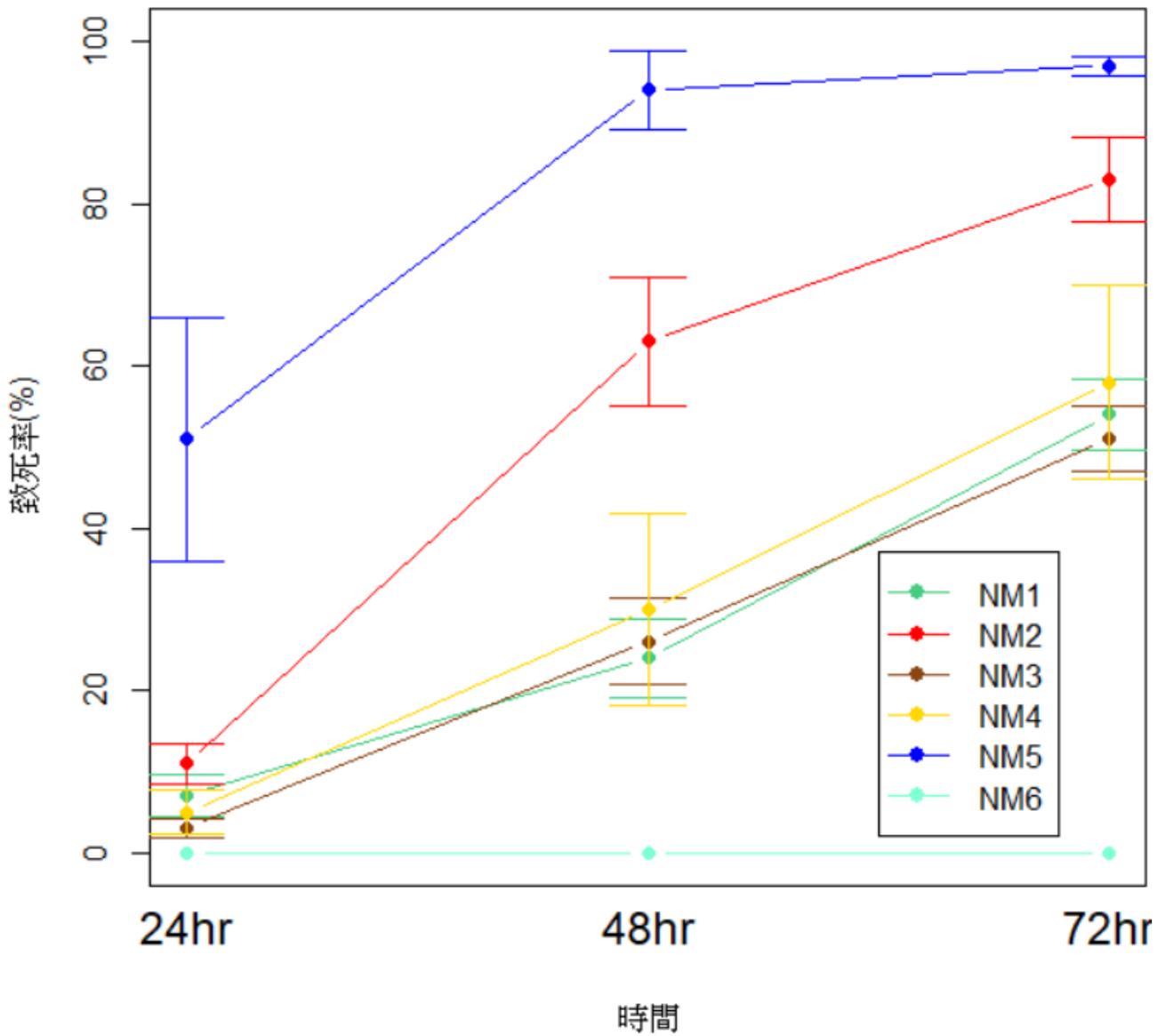


圖 4 - 15、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 500 ppm 下的致死率。

Fig.4-15. Lethality of fourth instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 500 ppm.

2. 1000ppm 苦楝油

二、三及四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 的致死率如圖 4-16 至圖 4-18，NM11 對二齡幼蟲的致死力極低，在靜置 72 小時致死率約為 45%。其致死力隨幼蟲齡期增加而提升，三齡幼蟲的致死率較高，但在靜置 72 小時仍只有 50% 的致死率。對四齡幼蟲則較高，在 72 小時致死率約 90%。

NM2 對二、三齡幼蟲的致死率最高，在各靜置時間皆有近 100% 的致死率。對四齡幼蟲在 24 小時的致死率極差，僅有 20%，但在 48 小時致死率則提升近 100%。

NM3 對二齡幼蟲的致死率極低，在靜置 72 小時的致死率只有 20%。雖然其致死率隨幼蟲齡期增加而些微提升，但對三、四齡幼蟲在 72 小時致死率約為 60%。

NM4 對二齡幼蟲的致死率較低，在靜置 72 小時的致死率約為 40%。對三齡幼蟲的致死率較高，在 72 小時約有 98% 的致死率。對四齡幼蟲的致死力較低，在 72 小時的致死率約有 60%。

NM5 對二齡幼蟲的致死率較高，其致死率隨靜置時間增加而提升，在靜置 24 小時致死率低於 20%，但在 72 小時致死率則達 90%，對三齡幼蟲在各靜置時間致死率約 17%~95%。對四齡幼蟲的致死力高，靜置時間在 24 和 48 小時有 100% 的致死率。

NM6 對二齡的致死率極低，且在各齡期的致死率也最低，最高者為處理時間 72 小時的三齡幼蟲，也僅高於 20% 些許，其餘致死率皆低於 10%，為本組致死率最低之試劑。



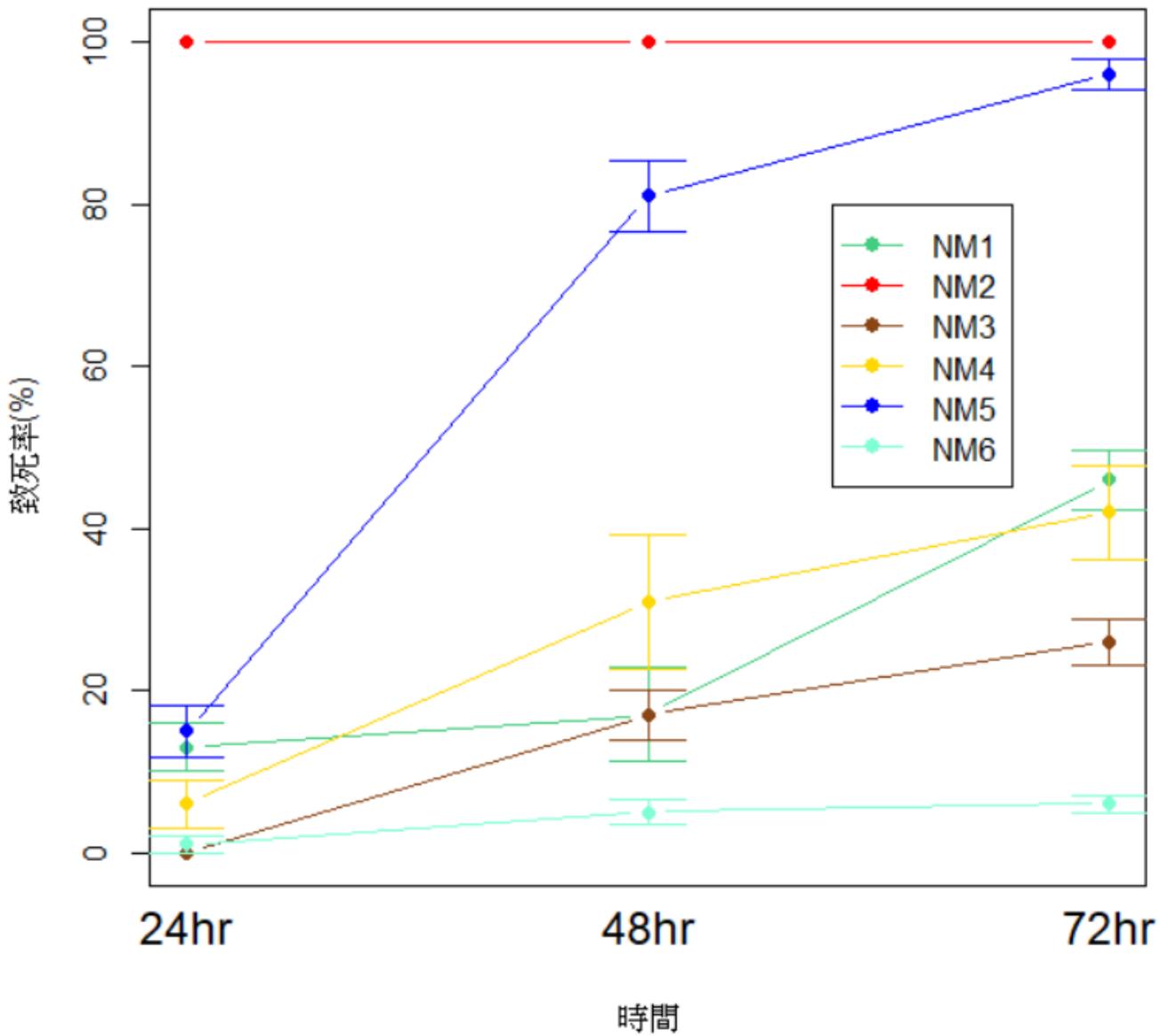


圖 4 - 16、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-16. Lethality of second instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.

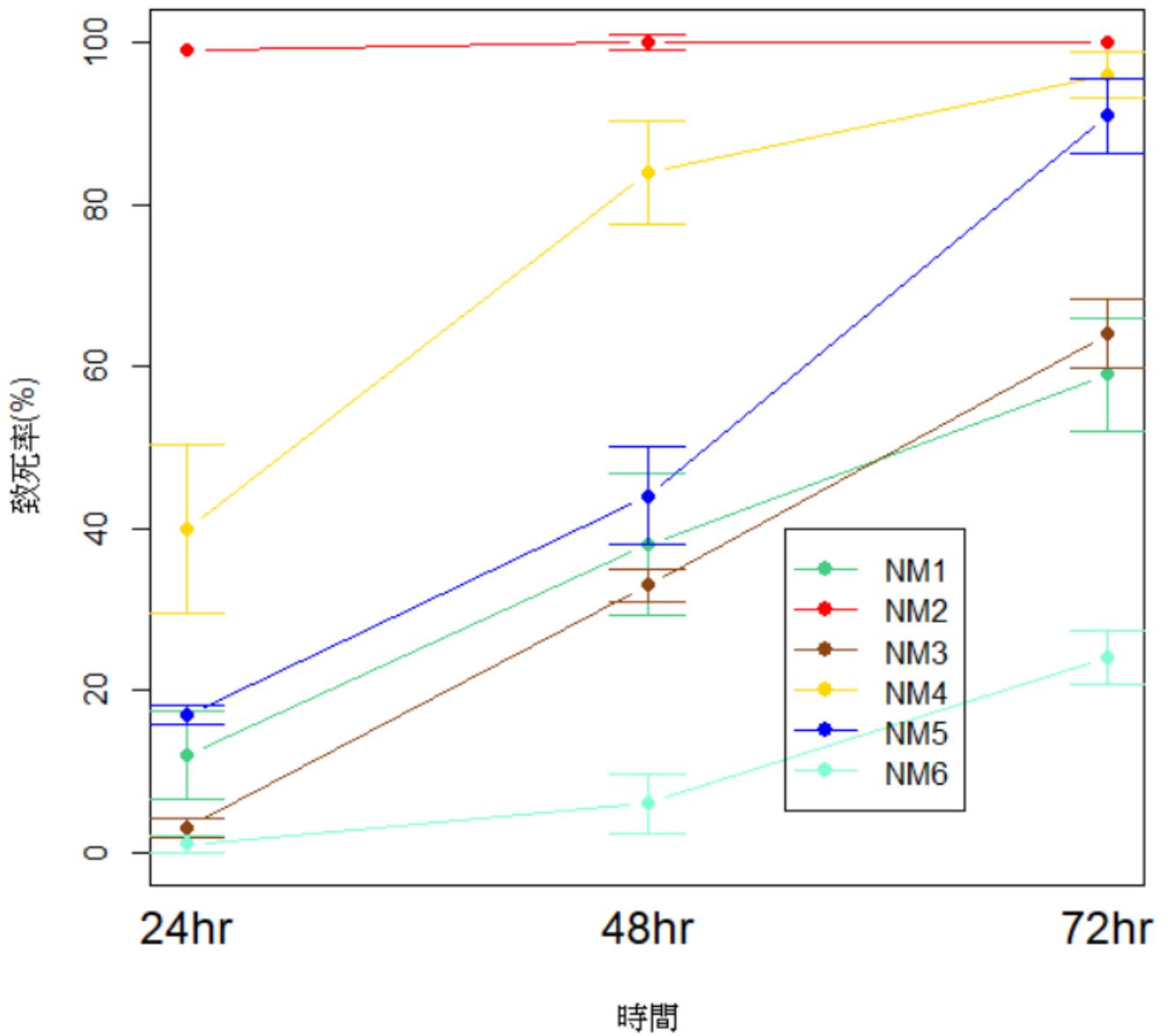


圖 4 - 17、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-17. Lethality of third instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.

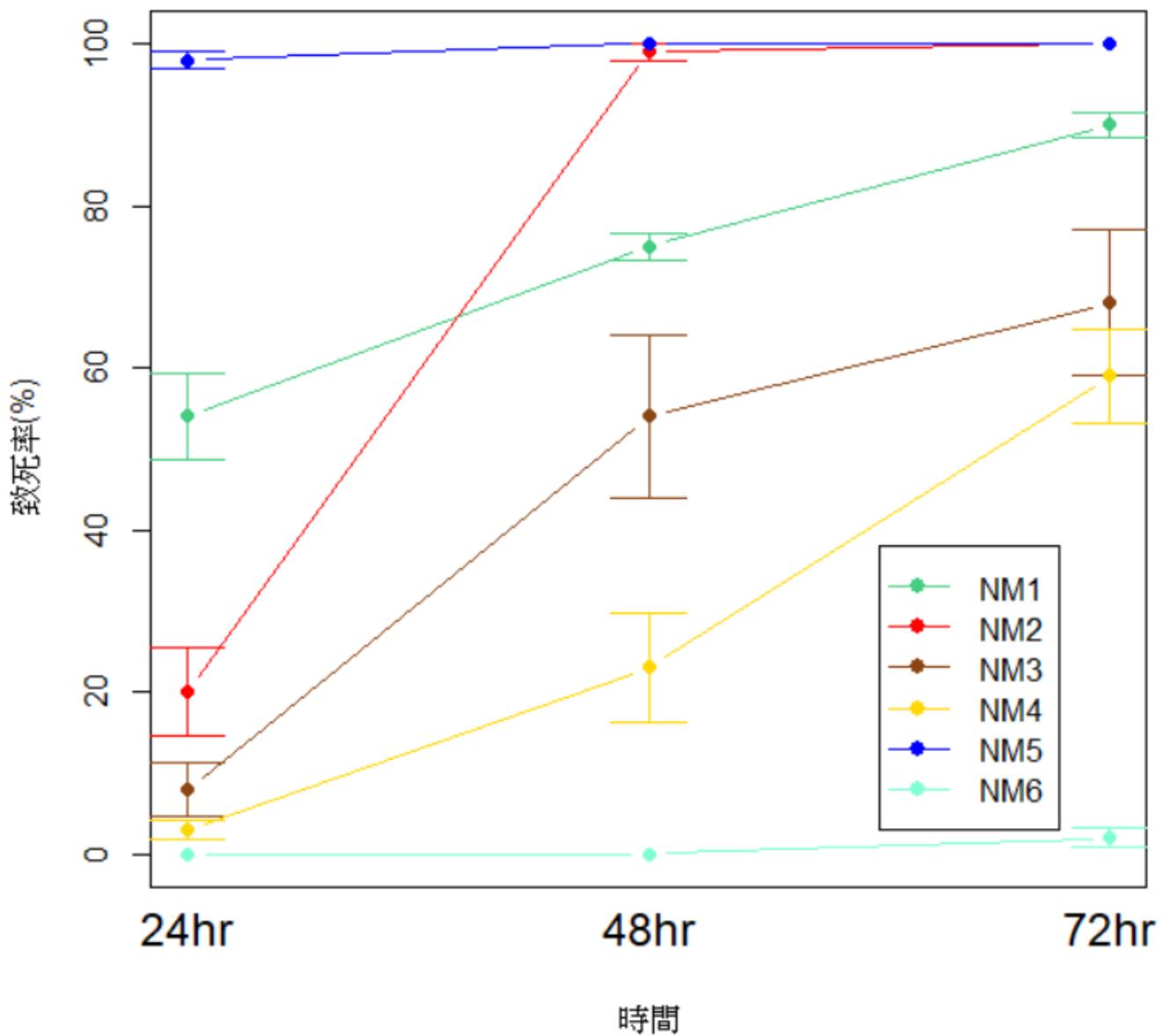


圖 4 - 18、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 1000 ppm 下的致死率。

Fig.4-18. Lethality of fourth instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 1000 ppm.

3. 2000ppm 苦楝油

二、三及四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 的致死率如圖 4-19 至圖 4-21，NM1 對二、三齡幼蟲的致死率隨靜置時間增加而提升，在 72 小時的致死率約 40-60%之間。對四齡幼蟲的致死率較高，各靜置時間的致死率約 85~100%。

NM2 對二、三齡幼蟲的致死率最高，各靜置時間的致死率皆約為 100%。對四齡幼蟲在靜置 24 小時的致死率約為 80%，在 48、72 小時則為 100%的致死率。

NM3 對二齡幼蟲的致死率極低，各靜置時間的致死率皆只在 20%。其致死率隨幼蟲齡期增加而提升，對三、四齡幼蟲的致死率也隨靜置時間增加而提升，但在靜置 72 小時的致死率仍只分別為 65%、100%。

NM4 對二齡幼蟲的致死率較低，於靜置 72 小時致死率約為 60%。其致死率隨靜置時間增加而提升，對三齡幼蟲的致死率較高，於 72 小時致死率約為 90%。對四齡幼蟲於各靜置時間致死率約為 35%~80%。

NM5 對二齡幼蟲的致死率隨靜置時間增加而提升，於靜置 24 小時致死率約為 20%，但在 72 小時致死率約為 100%。對三齡幼蟲的致死率也隨靜置時間增加而提升，於 72 小時致死率約為 80%。對四齡幼蟲的致死率最高，在靜置 24、48 小時皆已有 100%。

NM6 對二齡幼蟲的致死率極低，於靜置 72 小時只約為 20%。對三齡幼蟲的致死率隨時間增加而大幅提升，在 72 小時致死率約為 60%。對四齡幼蟲的致死率最低，在各靜置時間致死率於 0~12%。



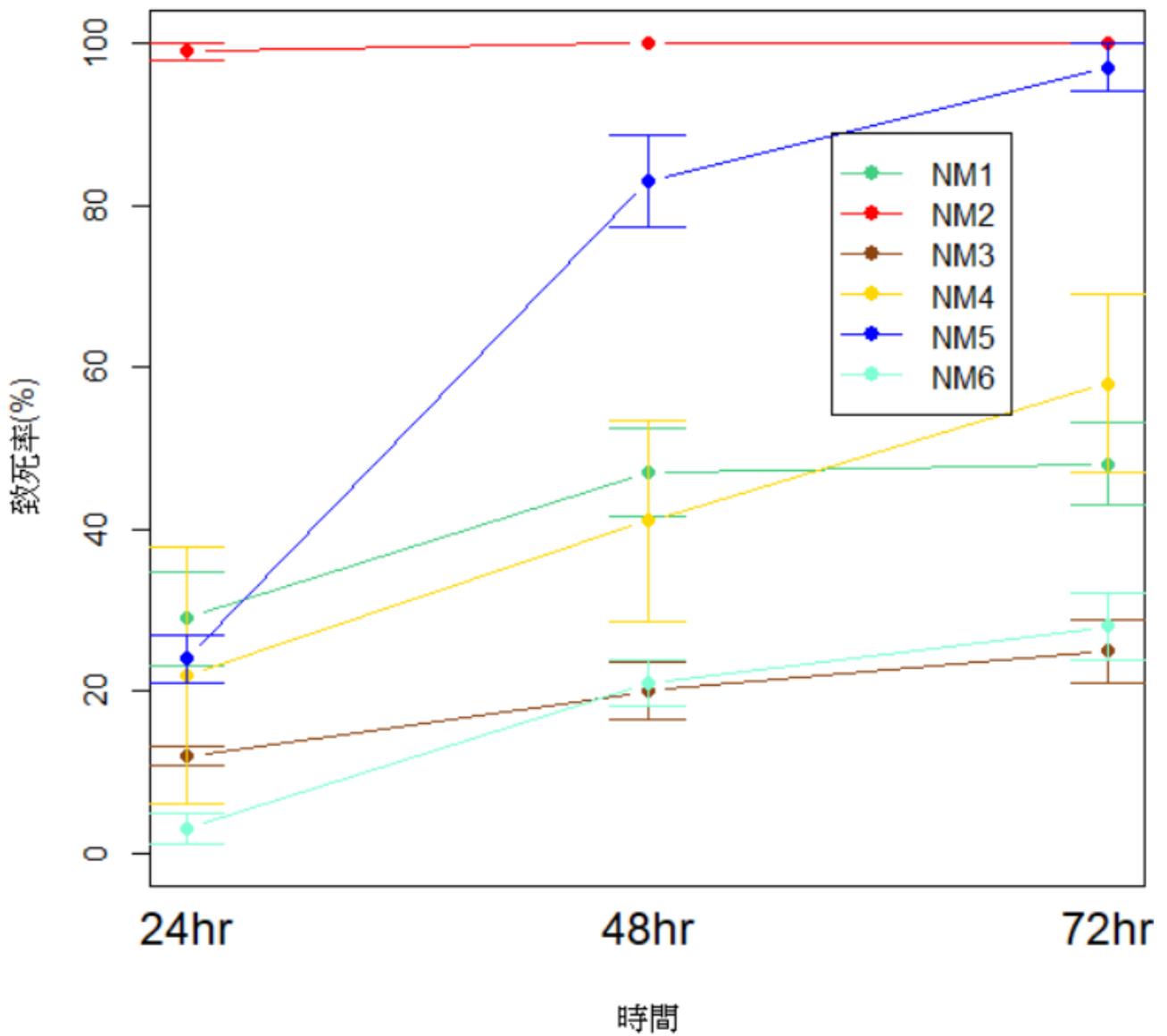


圖 4 - 19、不同苦楝油商品對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-19. Lethality of second instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 2000 ppm.

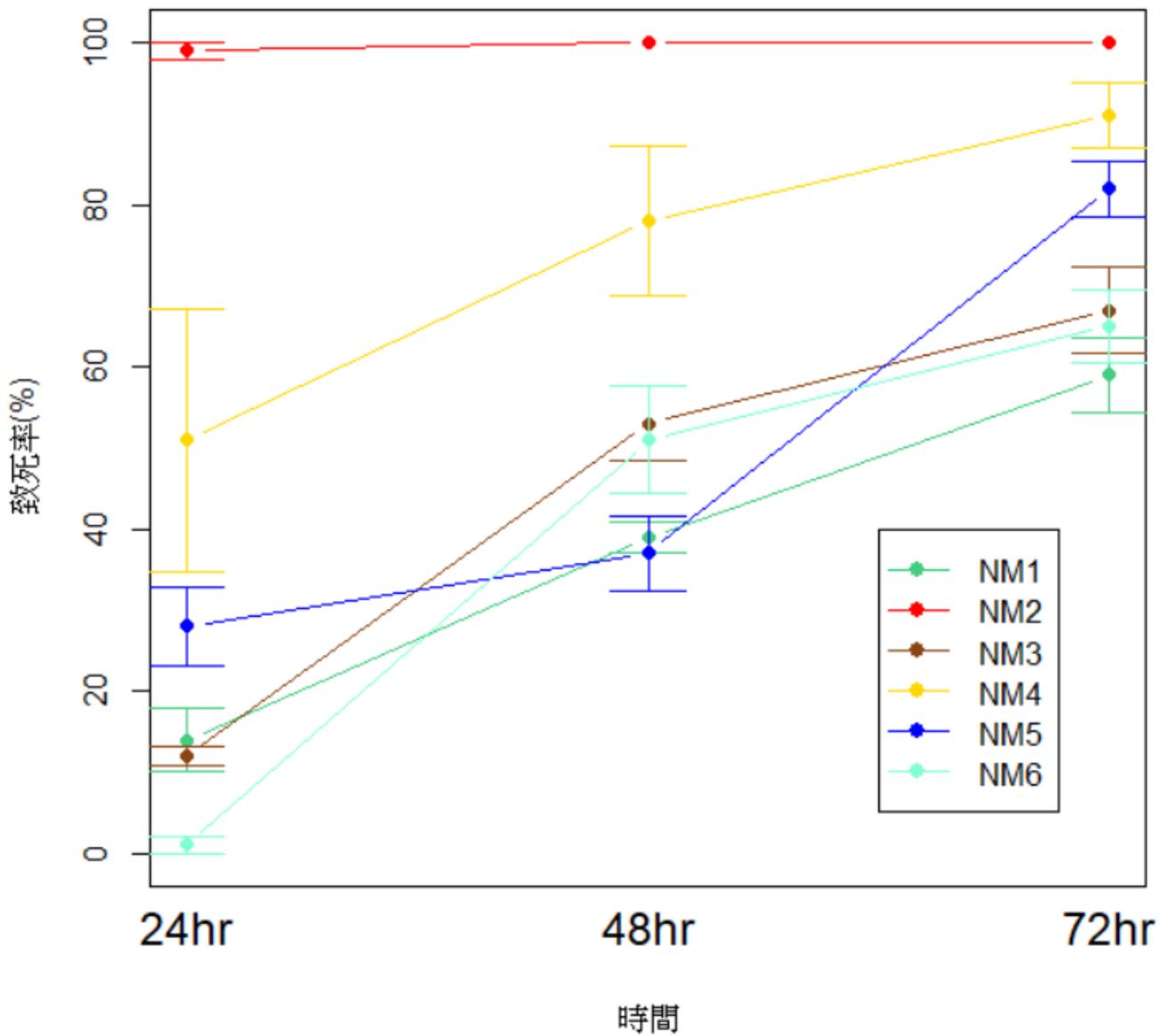


圖 4 - 20、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-20. Lethality of third instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.

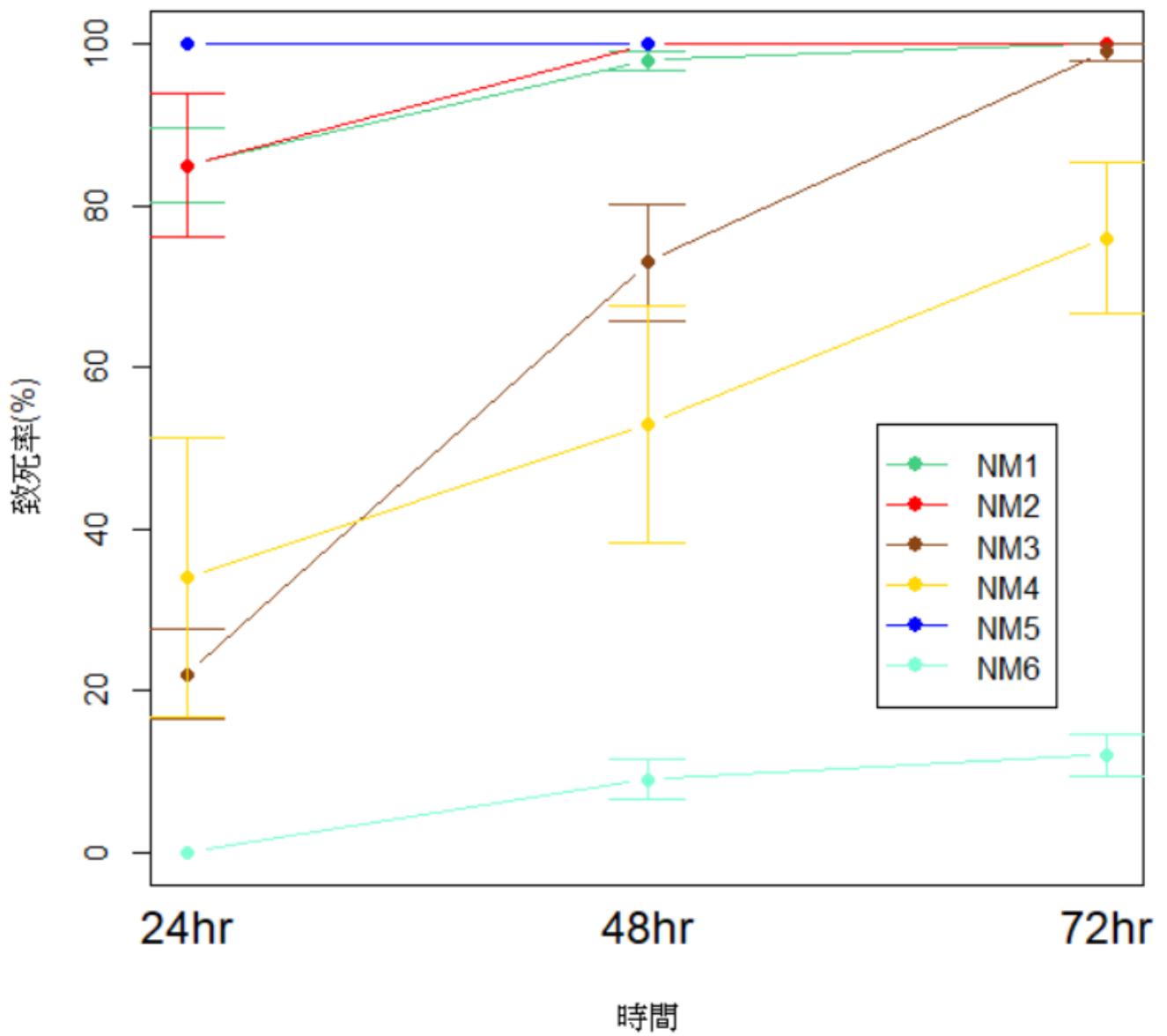


圖 4 - 21、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 2000 ppm 下的致死率。

Fig.4-21. Lethality of fourth instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.

4. 4000ppm 苦楝油

二、三及四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 的致死率如圖 4-22 至圖 4-24，NM1 對二齡幼蟲的致死率較低，於靜置 72 小時致死率約 60%。對三齡幼蟲的致死率較高，於 72 小時致死率約 90%。對四齡幼蟲的致死率最高，在 72 小時後的致死率約 100%。

NM2 對二、三齡幼蟲的致死率最高，在各靜置時間的致死率皆約 100%。對四齡幼蟲的致死力高，各靜置時間的致死率皆高於 80%，48 小時則達 100%。

自行乳化苦楝油 3 對二齡若蟲的致死力最低，在各靜置時間的致死率皆低於 40%。對三齡幼蟲的致死率較高，在 72 小時致死率約有 80%。對四齡幼蟲的致死率較高，其致死率隨著靜置時間增加而大幅提升，在 72 小時的致死率約有 100%。

NM4 對二齡幼蟲的致死率隨著時間增加而提升，在各靜置時間的致死率約 35~70%。對三、四齡幼蟲在各靜置時間分別有 90%~100%的致死率。

NM5 對二齡幼蟲的致死率較高，其致死率隨著靜置時間增加而提升，雖然在靜置 24 小時致死率只約 40%，而在 72 小時致死率則已約為 100%。對三齡幼蟲各靜置時間的致死率在 28%~91%。對四齡幼蟲的致死率最高，在靜置 24、48 小時的致死率都已近 100%。

NM6 對二齡幼蟲的致死率隨著靜置時間增加而提升，在靜置 72 小時致死率約為 60%。對三齡幼蟲的致死率為各齡期間最佳，在 72 小時有近 100% 的致死率。對四齡幼蟲的致死率最低，在 24 小時致死率只有約 10%，在 72 小時則有近 50% 的致死率。



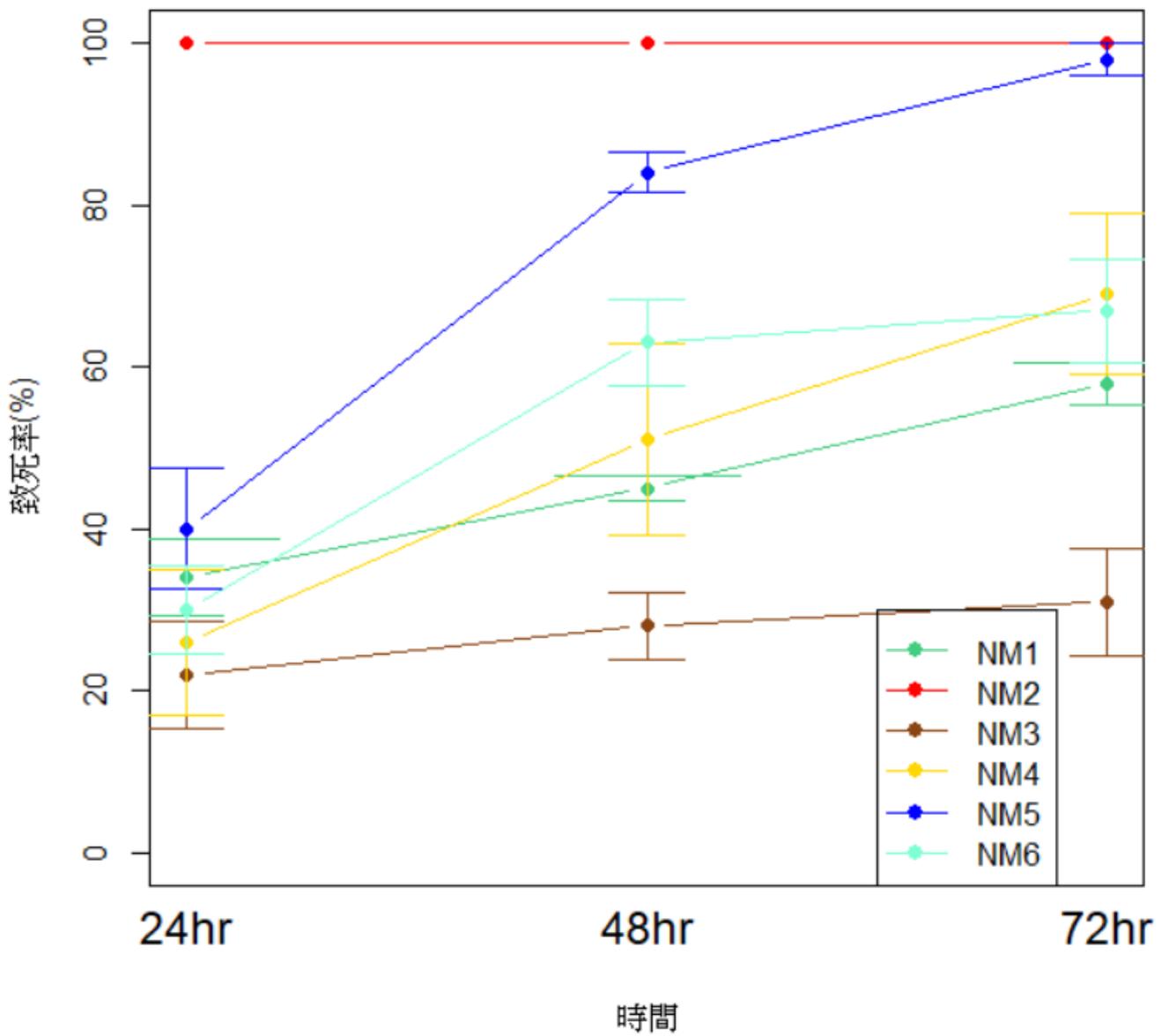


圖 4 - 22、不同廠牌苦楝油對於二齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-22. Lethality of second instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.

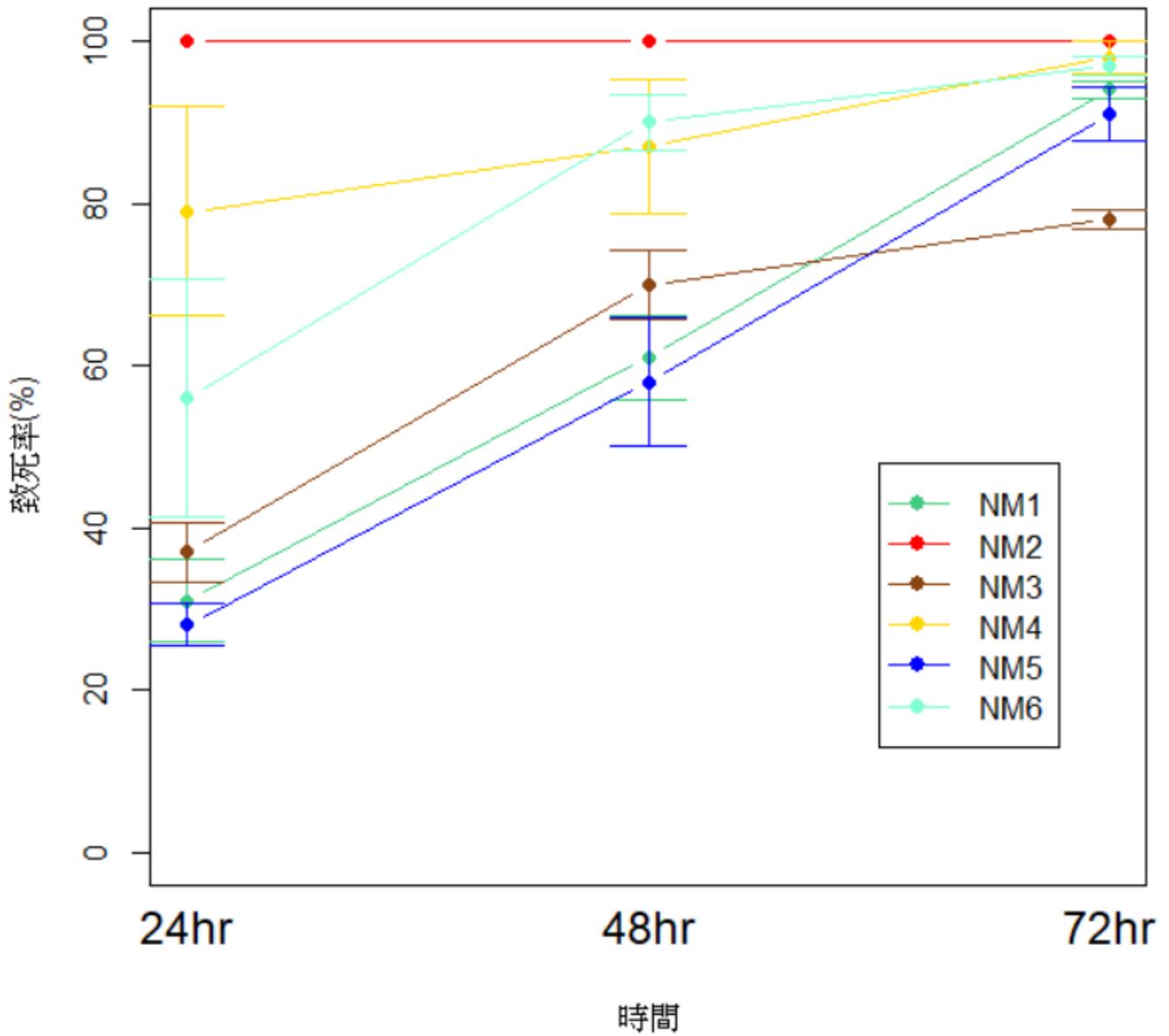


圖 4 - 23、不同苦楝油商品對於三齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-23. Lethality of third instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.

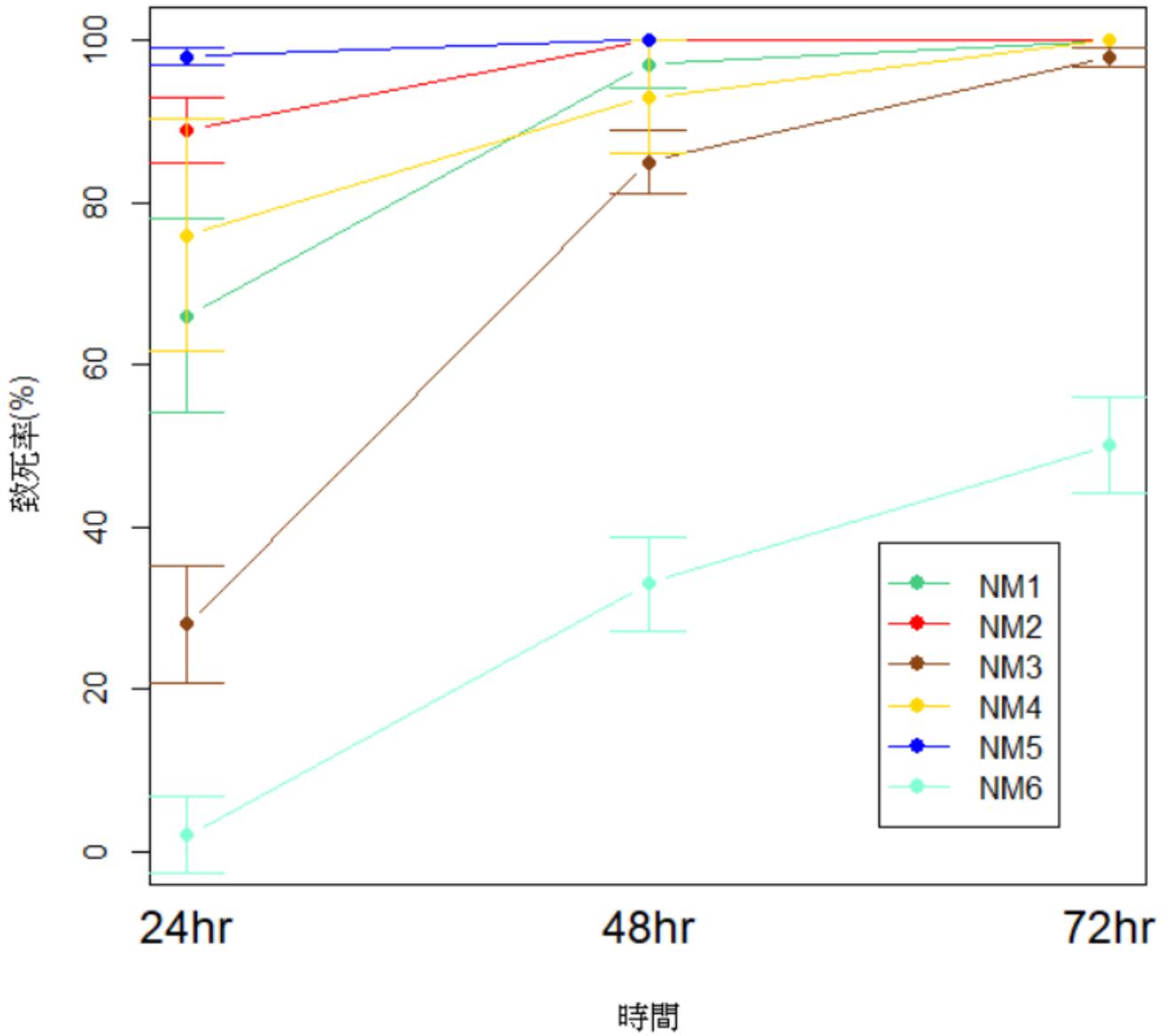


圖 4 - 24、不同苦楝油商品對於四齡白線斑蚊幼蟲在濃度 4000 ppm 下的致死率。

Fig.4-24. Lethality of fourth instar *Aedes albopictus* larvae caused by different neem oil products under 4000 ppm.

4.2.4 致死率與濃度之關係建立

將不同齡期幼蟲放入不同苦楝油溶液靜置時間為 24 小時的半致死劑量列出如表 4-12，作為施作上的參考資訊。

表 4-12、不同苦楝油商品對於不同齡期白線斑蚊幼蟲在靜置時間 24 小時下的半致死劑量

Tab.4-12. The 50% lethality concentration of each neem oil product under different instar larvae of *Aedes albopictus*

	二齡幼蟲 (ppm)	三齡幼蟲 (ppm)	四齡幼蟲 (ppm)
NM1	5529	6809	1645
NM2	<500	<500	<500
NM3	8056	5468	6760
NM4	6946	1817	2818
NM5	5138	5138	<500
NM6	6590	4032	17941

4.3 預備試驗結果

4.3.1.NM8

數據顯示，各濃度的乳化劑對於埃及斑蚊、白線斑蚊幼蟲的影響極微(表 4-1、4-2、4-3)，低於 222.22 ppm 時幾乎對所有齡期皆沒有致死力，惟在 444.44 ppm 水溶液放入二齡白線斑蚊幼蟲後，於 72 小時有超過 10% 的死亡率，餘者皆在 0-9% 之間，因此計算本實驗採用的苦楝油及其商品的致死活性時，將可以忽略乳化劑對致死力的影響。

表 4-13、二齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率

Tab.4-13. Mortality rate of second-instar Egyptian mosquitoes and white-spotted mosquito larvae after placing emulsifier aqueous solution

濃度(ppm)	致死率 (%)					
	埃及斑蚊			白線斑蚊		
	24 hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
444.44	0	0	9	0	7	13
222.22	0	0	1	0	0	0
111.11	0	0	0	0	0	0
55.56	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

表 4-14、三齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率

Tab.4-14. The lethality of third instar larvae of *A. aegypti* and *A. albopictus* introduced in formulated neem oil

濃度(ppm)	致死率 (%)					
	埃及斑蚊			白線斑蚊		
	24 hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
444.44	0	0	0	1	4	5
222.22	0	0	0	0	0	0
111.11	0	0	0	0	0	0
55.56	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

表 4-15、四齡埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲放入乳化劑水溶液後的致死率

Tab.4-15. The lethality of fourth instar larvae of *A. aegypti* and *A. albopictus* introduced in formulated neem oil

Concentration (ppm)	致死率 (%)					
	埃及斑蚊			白線斑蚊		
	24 hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
444.44	0	1	1	0	0	1
222.22	0	8	8	0	0	0
111.11	0	0	0	0	0	0
55.56	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

4.3.2 NM7

預備試驗結果，NM7 在 4000、2000、1000、500ppm 濃度與在各靜置時間對埃及斑蚊的二齡幼蟲皆有 80% 以上的致死率，所以，本研究進一步使用 NM7 對埃及斑蚊二、三、四齡進行致死濃度試驗並予以討論。



4.4 結果與討論

4.4.1 病媒防治之角度

以登革熱病媒蚊幼蟲孳生源防治施作的角度而言，因孳生源常為穩定水體，較能延長苦楝油水溶液的作用時間，本研究建議在施用品項可以選擇在 72 小時的靜置時間下仍具高致死率之苦楝油。

4.4.1.1 埃及斑蚊

1. 二齡幼蟲

以孳生源防治達到 80% 致死率而言，建議防治埃及斑蚊二齡幼蟲時施用 NM2、NM3、NM6 或 NM8，且濃度至少 2000ppm 以上。

3. 三齡幼蟲

建議防治埃及斑蚊三齡幼蟲時施用 NM2、NM3、NM5 或 NM8，且濃度至少 500ppm 以上。

4. 四齡幼蟲

建議防治埃及斑蚊四齡幼蟲時施用 NM2、NM3、NM5 或 NM8，且濃度至少 1000ppm 以上。

4.4.1.2 白線斑蚊

1. 二齡幼蟲

以孳生源防治達到 80% 致死率而言，建議防治白線斑蚊二齡幼蟲時施

用 NM2 或 NM5，且濃度至少 1000ppm 以上。

5. 三齡幼蟲

建議防治白線斑蚊三齡幼蟲時施用 NM2 或 NM4，且濃度至少在 1000ppm 以上。若調配濃度大於 4000ppm 則也可考慮使用 NM6。

6. 四齡幼蟲

建議防治白線斑蚊四齡幼蟲時施用 NM1、NM2、NM3 或 NM5，且濃度至少在 2000ppm 以上。

4.4.2 居家使用之角度

一般居家防治蚊蟲使用的藥劑多採用噴霧型殺蟲劑，此商品乃用於防治成蟲時實施空間噴灑，其依法令規定是為一般環境用藥；然而在幼蟲方面，市面極少販售可供一般民眾針對幼蟲孳生源防治時使用的一般環境用藥。本研究結果可提供民眾選擇可以使用於居家環境中登革熱病媒蚊幼蟲孳生源的防治。

因為一般居家使用時並不易針對特定齡期而改變應對方式，故此忽略防治對象齡期之選擇。本研究建議在居家環境可使用較低濃度下即有高致死率的苦楝油商品，故此處擇本研究結果在靜置時間 48 小時下有最高致死率的苦楝油商品，作為居家施用。

4.4.2.1 埃及斑蚊

建議防治埃及斑蚊時施用 NM2，濃度 500ppm 即可；若欲施用 NM3 或 NM8 則建議施用濃度 1000ppm。

4.4.2.2 白線斑蚊

建議防治白線斑蚊時施用 NM2 或 NM5，濃度 500ppm 即可。



第五章 結論與建議

本研究所採用六種市售不同苦楝油相關商品與無患子油進行埃及斑蚊與白線斑蚊致死濃度試驗結果，其中苦楝油以 NM2 的綜合致死效果最佳，其所含苦楝油濃度 500ppm 即有 100% 致死率的殺蟲效果；對全齡期的埃及斑蚊幼蟲致死率最高，對白線斑蚊僅在四齡幼蟲時致死力略低於 NM5 外，對於二、三齡的致死效果亦為最佳。

無患子含無患子皂苷等三萜皂苷，可乳化油脂常用於清潔使用，本研究預備使用無患子油作苦楝油之乳化，預備試驗結果發現其對登革熱病媒蚊幼蟲有高致死力，進一步針對埃及斑蚊二、三、四齡幼蟲進行致死濃度試驗結果發現，39.5% w/w 無患子油於 500ppm 時對埃及斑蚊二、三齡幼蟲有 80~100% 致死率的殺蟲效果，濃度在 1000ppm 時對四齡幼蟲有 80%~100% 致死率的殺蟲效果。

本研究建議可採用 100% w/w 冷壓榨苦楝油 NM2 或無患子油以 500ppm 濃度施用在可能孳生登革熱病媒蚊幼蟲的水體中。

依表 4-8 埃及斑蚊最佳致死率之苦楝油商品及表 4-14 白線斑蚊最佳致死率之苦楝油商品分析顯示，NM2 在稀釋成 500ppm 濃度的溶液對埃及斑

蚊二、三、四齡靜置試驗 24 小時與白線斑蚊二、三、四齡幼蟲靜置試驗 78 小時有近 100% 致死率。依本研究結果選擇 NM2 施用於 1000 公升水體中，防治登革熱病媒蚊幼蟲，約計使用 500 公克 NM2，其藥劑成本約計新臺整幣 400 元。而無患子油 (NM7) 1 公斤 450 元，不論是成本考量上或是取得難易度上都勝過其他藥劑，極具作為居家環境的病媒蚊防治選項的潛力。

本研究結果可應用在登革熱防治實務工作上，對不易清除之孳生病媒蚊幼蟲的積水處所，可提供在施用化學殺蟲劑以外，另一種有效、安全、民眾方便取得，又可兼顧環境生態與保護人體健康的天然除蟲材料和防治施作方法。



參考文獻

- Aliero, B. L. 2003. Larvaecidal effects of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) on the larvae of Anopheles mosquito. African Journal of biotechnology, 2(9); 325-327.
- Butterworth, J. H., & Morgan, E. D. 1968. Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. Chemical Communications (London), (1); 23-24.
- Chi, C. S., Tsai, H. T., Wang, J. T., Lio, P. L., & Cheng, W. C. 2014. Investigation of Dengue Vector Mosquito Density in Tainan, 2010-2012. Epidemiology Bulletin, 30(18); 155-155.
- Kabir, K. E., Choudhary, M. I., Ahmed, S., & Tariq, R. M. 2013. Growth-disrupting, larvicidal and neurobehavioral toxicity effects of seed extract of *Seseli diffusum* against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). Ecotoxicology and environmental Safety, 90; 52-60.
- Khan, M. F., & Ahmed, S. M. 2000. Toxicity of crude neem leaf extract against housefly *Musca domestica* L. adults as compared with DDVP, Dichlorvos. Turkish Journal of Zoology, 24(2): 219-224.
- Mane, S. D. 1968. Neem seed spray as a repellent against some of the foliage feeding insects. M. Sc.(Agri.) Thesis, 103.
- Ndione, R. D., Faye, O., Ndiaye, M., Dieye, A., & Afoutou, J. M. 2007. Toxic effects of neem products (*Azadirachta indica* A. Juss) on *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 larvae. African Journal of Biotechnology, 6(24).
- Salehzadeh, A., Akhkha, A., Cushley, W., Adams, R. L. P., Kusel, J. R., & Strang, R. H. C. 2003. The antimutagenic effect of the neem terpenoid azadirachtin on cultured insect cells. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 33(7): 681-

689.

Scott, I. M., & Kaushik, N. K. 2000. The toxicity of a neem insecticide to populations of Culicidae and other aquatic invertebrates as assessed in in situ microcosms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39(3); 329-336.

Zeidler, O. 1874. I. Verbindungen von Chloral mit Brom-und Chlorbenzol. *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 7(2); 1180-1181.

王正雄、陳秀玲 (1997)。氣候溫暖化對台灣登革熱流行之影響。中華公共衛生雜誌，16(6)；455-465。

王清玲 (2010)。作物蟲害非農藥防治資材-其它資材。作物蟲害非農藥防治資材，152-155。

王惠亮、謝廷芳、莊益源 (2009)。植物病蟲害的非農藥防治。科學發展，433：42-48。

古惠菁 (2008)。柳杉抽出成分對病媒蚊之毒殺與忌避活性 (碩士論文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/ghd58m>

安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、黃晉興、楊宏仁 (民 97)。非農藥防治新技術的開發與應用。節能減碳與作物病害管理研討會專刊，137-153。

李學進、王俊雄 (2000)。居家害蟲生態與防治技術。國立中興大學農業推廣中心與昆蟲學系。

沈文凱 (2008)。南台灣埃及斑蚊對合成除蟲菊殺蟲劑抗藥性之研究 (碩士

論文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/djjddw>

林鶯熹 (2004)。台灣埃及斑蚊對合成除蟲菊酯殺蟲劑的抗藥性 (博士論文)。

取自 <https://hdl.handle.net/11296/z977bp>

段延昌、洪敏南、林立人、施文儀、黃啟泉、張朝卿、陳美珠、游秋月 (2009)。

2004-2008 年高高屏登革熱病媒蚊密度調查分析。疫情報導, 31(2); 35-42。

柯季宏 (2005)。台灣肖楠葉子精油及成分抗病媒蚊活性之研究 (碩士論文)。

取自 <https://hdl.handle.net/11296/rb3js9>

徐文秀 (2009)。登革熱病媒蚊白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 防治藥劑之開發與應用 (碩士論文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/925t3c>

陳任芳 (2009)。植物萃取液對作物病害防治之應用。花蓮區農業專訊, 69; 15-17。

陳錦生 (2015)。臺南市登革熱一病媒蚊防治經驗與建議。科技報導; 408。

黃崇豪、郭莉莉、吳和生、陳佳鈴、林俊祐、陳彥旭、Lin, S.-Y. (2011). 2009 年世界衛生 組織登革熱臨床新分類概述. [Overview of the New Dengue Classification by the World Health Organization, 2009]. 感染控制雜誌, 21(6): 313-322。

溫思慧 (2014)。登革熱防治及相關因素之探討-以南部某縣市為例 (碩士論

文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/u9pjb4>

董宗華、蔡坤憲、金傳蓬、黃彥彰、金傳春 (2011)。台灣社會政治環境變遷、防治策略與登革熱流行及未來展望。台灣公共衛生雜誌，30(6)：517-532。

劉如芸 (2006)。六種化學品系土肉桂葉子精油抗細菌、腐朽菌、病媒蚊幼蟲及室塵蟎活性 (碩士論文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/6485kj>

劉怡秀、鄭森松、林群雅、葉汀峰、張上鎮 (2015)。臺灣杉葉子精油化學多態性及其抗病媒蚊幼蟲活性。中華林學季刊，48(3)：305-320。

劉怡秀、林群雅、張銀珏、鄭森松、張上鎮 (2016)。香桂葉子精油及其成分之抗病媒蚊幼蟲活性。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，30(1)：1-10。

蔡永勝 (2013)。有機作物蟲害防制法。國立中興大學農業暨自然資源學院農業推廣中心；87。

鄭君宜 (2009)。芳香植物葉精油及揮發性成分對白線斑紋及埃及斑蚊之忌避及殺蚊效果 (碩士論文)。取自 <https://hdl.handle.net/11296/y4h6ew>

鄭森松、古惠菁、陳品昇、陳盈如、黃旌集、陳維鈞、張上鎮 (2009)。黑心柳杉造林木葉子精油及其成分之抗病媒蚊幼蟲活性。中華林學季刊，42(1)：181-192。

鄭森松、楊智凱、林群雅、張上鎮、黃旌集 (2015)。臺灣產木蘭科植物葉子

精油之抗病媒蚊幼蟲毒殺活性。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告，29(1)：35-44。

羅朝村、謝廷芳、黃晉興 (2005)。非化學農藥新技術在蔬果類病害防治上的應用。台灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，107-119。

鍾平生.(2005). 衛生害蟲的非化學防治研究進展。惠州學院學報，25(6)：34-41。



附錄

附錄 7-1、埃及斑蚊在不同苦楝油與無患子油下的致死率 (五重複平均致死率±標準誤)

App. 7-1. The death rate of *Aedes aegypti* resulting from each neem oil products and soap berry oil (Mean of death rate of 5 replications ± standard error)

苦楝油 NM1	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	11±3.674	76±6	91±2.449	29±8.276	88±4.639	97±1.225	25±5.916	90±2.361	100±0
2000	6±1.871	51±6	69±3.674	42±15.937	81±4.528	97±1.225	99±1	100±0	100±0
1000	4±1.871	29±7.483	62±4.637	14±4.301	71±4.583	98±1.225	49±21	80±9.618	86±7.969
500	3±1.228	15±2.739	50±3.162	49±11.979	89±7.314	98±2	80±20	100±0	93±7

苦楝油 NM2	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
2000	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
1000	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
500	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0

苦楝油 NM3	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	7±2	53±3.742	91±1.871	48±14.283	100±0	100±0	94±6	100±0	100±0
2000	6±1	57±6.633	85±4.183	60±13.134	94±2.915	99±1	98±2	98±2	100±0
1000	2±1.225	35±5.701	76±3.317	40±14.663	89±5.788	99±1	81±8.426	86±6.964	100±0
500	7±2.55	24±5.339	59±1.871	12±3.391	81±5.568	100±0	42± 11.467	56±12.39	62± 11.895

屠蟲刀 NM4	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	18±6.633	83±5.612	90±3.162	38±7.176	80±7.583	91±4.848	85±6.124	97±3	99±1
2000	8±2	65±6.708	77±6.633	15±3.536	41±7.141	77±6.245	71±5.339	89±2.915	99±1
1000	4±2.449	45±3.536	66±5.568	10±1.581	35±3.535	87±3.391	57±2	81±4.301	98±1.225
500	2±1.225	28±9.95	30±9.354	12±4.637	25±4.183	79±4.848	28±2.55	53±2.55	68±2.55

苦楝油 聯利 NM5	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	76±3.674	84±5.568	100±0	75±6.325	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
2000	43±8	65±6.519	96±2.915	53±7.176	100±0	100±0	97±2	99±1	100±0
1000	13±2.55	25±5.701	58±6.245	54±8.276	100±0	99±1	86±2.915	100±0	100±0
500	8±1.225	22±2	51±5.568	17±2	99±1	99±1	56± 15.033	86±9.407	90±6.892

通克蟲 NM6	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	100±0	100±0	100±0	89±6.782	100±0	100±0	88±1.225	96±1	100±0
2000	80±3.162	96±1	100±0	14±2.915	73±8	91±4.301	23±7.176	31±5.568	49± 11.874
1000	6±2.915	26±3.674	72±3.391	6±2.915	14±4.301	42±4.637	12±1.225	14±1.871	41±6.403
500	0±0	10±2.739	20±5.244	0±0	1±1	10±3.162	1±1	4±2.915	13±3.742

無患子 油 NM7	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	99±1	100±0	100±0	99±1	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0
2000	97±1.225	97±1.225	100±0	99±1	100±0	100±0	97±1.225	97±1.225	97±1.225
1000	88±3.742	92±3.391	96±1.871	97±2	99±1	100±0	79±5.339	85±2.236	90±3.536
500	82±1.225	86±3.674	91±2.45	88±2	89±2.45	95±2.236	50±5.477	61±5.788	61±5.788

附錄 7-2、白線斑蚊在不同苦楝油商品下的致死率 (五重複平均致死率±標準誤)

App. 7-2. The death rate of *Aedes albopictus* resulting from each neem oil products (Mean of death rate of 5 replications \pm standard error)

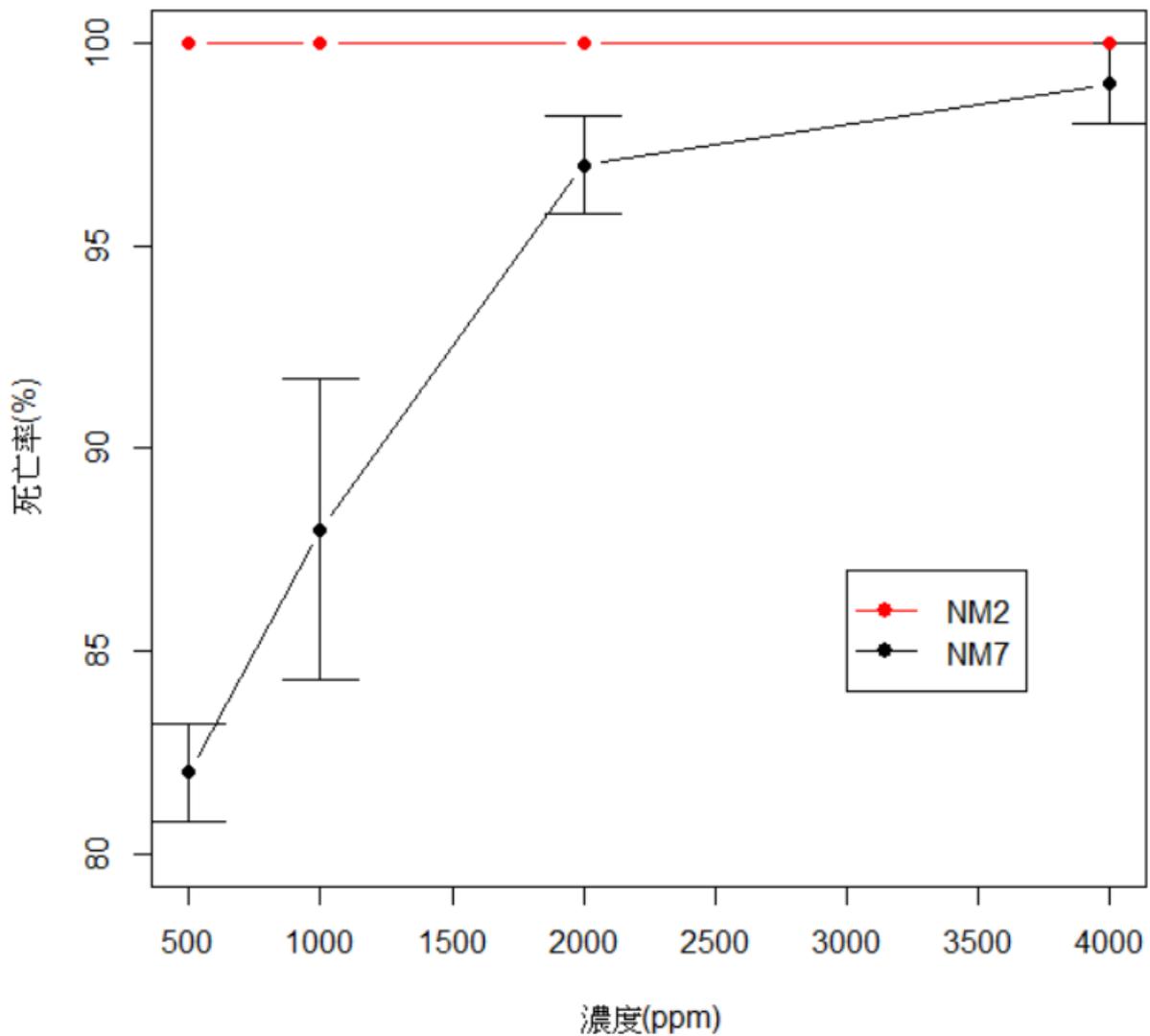
苦楝油 NM1									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	34±4.848	45±1.581	58±2.55	31±5.099	61±5.339	94±1	66±11.979	97±3	100±0
2000	29±5.788	37±5.385	48±5.148	14±4	39±1.871	59±4.583	85±4.472	98±1.225	100±0
1000	13±3	17±5.831	46±3.674	12±5.385	38±8.746	59±6.864	54±5.339	75±1.581	90±1.581
500	4±1.871	17±3	37±5.148	5±3.162	26±4.301	53±3.391	7±2.55	24±4.848	54±4.301
苦楝油 NM2									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100±0	89±4	100±0	100±0
2000	99±1	100±0	100±0	99±1	100±0	100±0	85±8.944	100±0	100±0
1000	100±0	100±0	100±0	99±1	100±0	100±0	20±5.477	99±1	100±0
500	92±4.637	100±0	100±0	64±11.225	82±5.148	89±4.848	11±2.45	63±8	83±5.148
苦楝油 NM3									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	22±6.633	28±4.062	37±6.595	37±3.742	70±4.183	78±1.225	28±7.349	85±3.873	98±1.225
2000	12±1.225	20±3.536	25±3.873	12±1.225	53±4.637	68±5.385	22±5.612	73±7.176	99±1
1000	0±0	17±3	26±2.915	3±1.225	33±2	64±4.301	8±3.391	54±10.05	68±9.028
500	0±0	10±2.236	23±3	4±2.45	27±3.391	65±4.472	3±1.225	26±5.339	51±4

屠蟲刀									
NM4									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	26±9	51±11.769	64±9.925	79±12.884	87±8.307	98±2	76±14.265	93±7	100±0
2000	22±15.937	41±12.39	58±11.023	51±16.155	78±9.301	91±4	34±17.205	53±14.714	76±9.407
1000	6±2.915	31±8.276	42±5.831	40±10.368	84±6.403	96±2.915	3±1.225	23±6.819	59±5.788
500	1±1	15±4.183	31±2.45	33±15.215	68±17.649	80±10.488	5±2.739	30±11.937	58±12

苦楝油									
聯利									
NM5									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	40±7.416	84±2.45	98±2	28±2.55	58±8	91±3.317	99±1	100±0	100±0
2000	24±2.915	83±5.612	97±3	28±4.899	37±4.637	82±3.391	100±0	100±0	100±0
1000	15±3.162	81±4.301	96±1.871	17±1.225	44±6	91±4.583	99±1	100±0	100±0
500	10±3.536	58±9.301	67±7.176	10±2.236	17±3.391	61±5.099	51±14.95	94±4.848	97±1.225

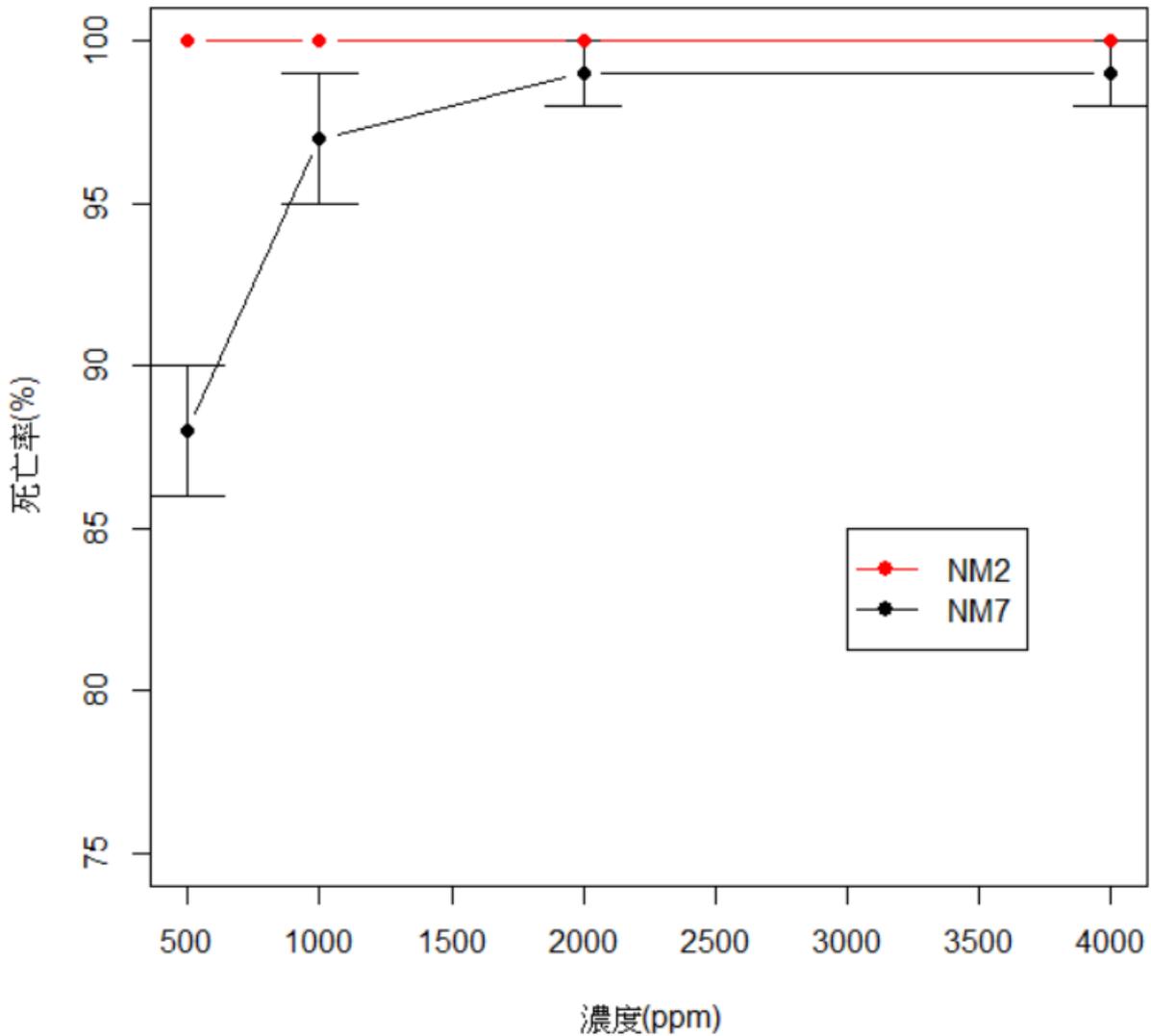
通克蟲									
NM6									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
4000	30±5.477	63±5.385	67±6.442	56±14.612	90±3.536	97±1.225	10±4.743	33±5.831	50±5.916
2000	3±2	21±2.915	28±4.062	1±1	51±6.595	65±4.472	0±0	9±2.45	12±2.55
1000	1±1	5±1.581	6±1	1±1	6±3.674	24±3.317	0±0	0±0	2±1.225
500	0±0	0±0	0±0	0±0	3±2	5±2.236	0±0	0±0	0±0

無患子油									
NM7									
ppm	2nd			3rd			4th		
	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr	24hr	48hr	72hr
200				10±3.162	11±3.674	16±3.674	10±5.244	15±5.244	17±6.442
100				8±3.391	6±2.915	6±2.915	0±0	0±0	0±0



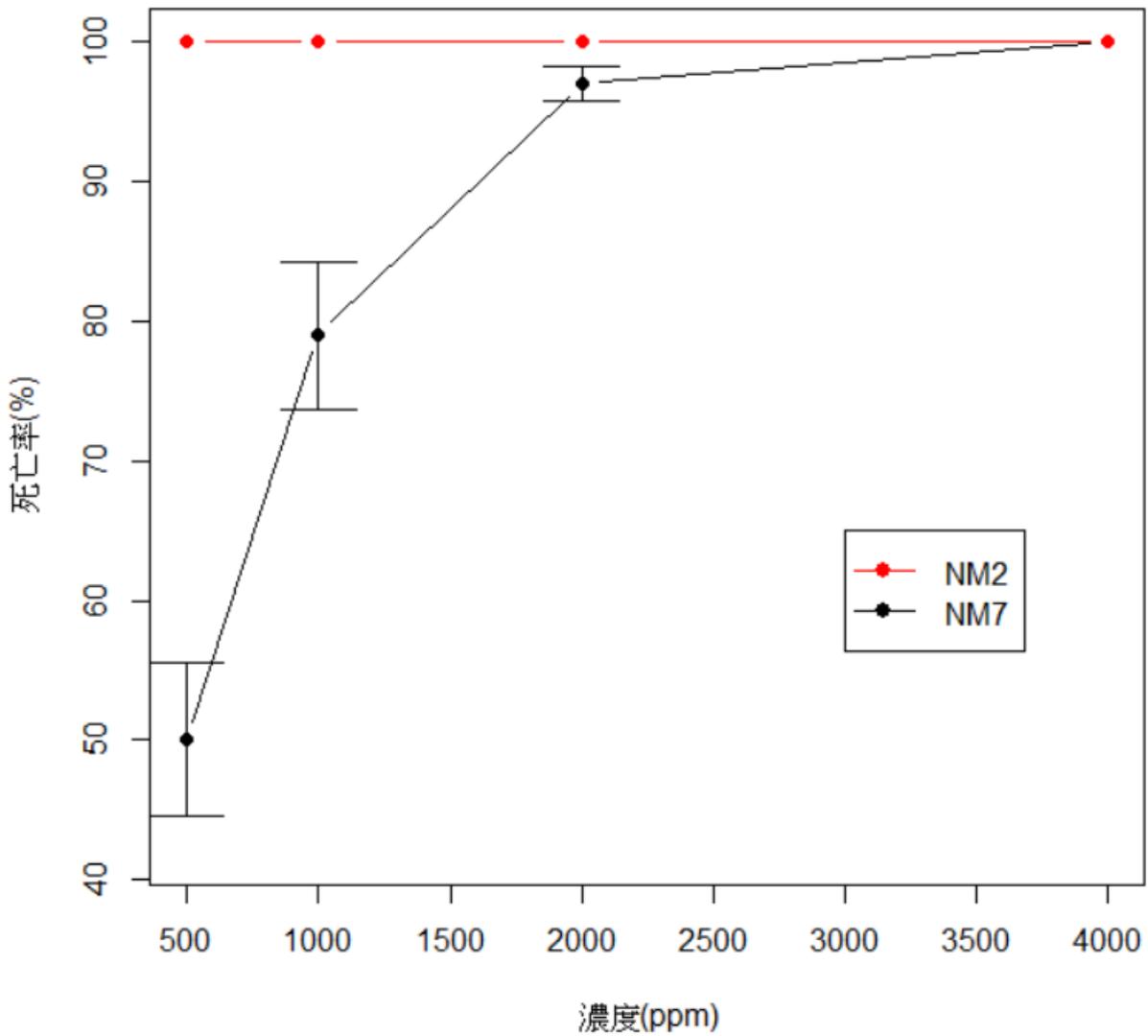
附錄 7-3、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對二齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。

App.7-3. The death rate of 2nd instar *A. aegypti* larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.



附錄 7-4、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對三齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。

App. 7-4. The death rate of 3rd instar *A. aegypti* larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.



附錄 7-5、24 小時下 NM2 和 NM7 在不同濃度下對四齡埃及斑蚊幼蟲的致死率。

App. 7-5. The death rate of 4th instar *A. aegypti* larvae caused by NM2 and NM7 under different concentration within 24 hours.