

東海大學畜產與生物科技學系

**Department of Animal Science and Biotechnology**

**Tunghai University**

碩士論文

**Master Thesis**

指導教授：陳盈豪 博士

**Advisor: Yieng-How Chen, Ph. D.**

添加高粱酒糟、苜蓿粉、拉薩羅、孟寧素及嗜甲烷菌

對台灣雄黑羽土雞甲烷排放之影響

**The Effect of Adding Sorghum Distillery Residue,  
Alfalfa Meal, Lasalocid, Monensin and  
Methanotrophic Bacteria on the Methane Emission of  
Taiwan Male Black-Feather Native chickens**

研究生：鄭慶安 撰

**Graduate Student: Ching-An Cheng**

中華民國一百零七年三月

**March, 2018**

# 東海大學碩士班研究生

## 論文口試委員審定書

畜產與生物科技學系 鄭慶安(學號 G02610107) 君所提  
之論文：  
添加高粱酒糟、苜蓿粉、拉薩羅、孟寧素及嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響，經本委員會審議，認為符合碩士資格標準。

論文指導教授 陳盈豪 (簽章)

畜產與生物科技學系主任 許長芳 (簽章)

考試委員 許振忠 (簽章)

陳盈豪：陳盈豪 (簽章)

周繼發： (簽章)

羅能文：羅能文 (簽章)

林炳宏：林炳宏 (簽章)

中華民國 107 年 3 月 27 日

## 誌謝

此論文能夠順利完成，得由衷感謝指導教授 陳盈豪博士於學業及生活處事上有耐心的關懷與指導，使學生克服學習上的障礙、心智上的不成熟及研究上的問題，順利取得碩士班學位，師恩一刻都不敢遺忘。

論文及實驗內容更蒙 國立金門大學 李欣玫博士、文化大學 王淑音博士、嘉義大學 黃大駿博士、中國醫藥大學 劉哲育博士的細心斧正，在許多研究上的盲點因此得到詳細的解答，心中無比的感念。而 李欣玫博士、劉哲育博士對試驗材料的大力支援，沒有老師們的大力協助，試驗根本不可能完成，在此致上最深摯的感謝之意。論文初成，復蒙口試委員中興大學 許振忠博士、東海大學 周繼發博士、東海大學 羅能文博士 與嘉義大學 林炳宏博士撥冗審閱，並於口試期間提供精闢之見解與寶貴建議，使論文更加充實並完備，特此謹致謝忱。

研究進行期間，非常感謝系上農牧場 劉嘉佑組長及阿秀阿姨在家禽試驗期間的教導與協助，及學妹 美美、學長 幾米、湯瑞霖，不求回報的支持與幫忙，讓我的研究生生活充實而順利，我個人的努力和大家的付出相較之下委實微不足道，思之汗顏。

最後，在我背後默默支持我的家人與各位好友們，我成功辦到了，雖然在別人眼中是微不足道的事，但在我的歷程中是重要的經驗之一，這些

年有喜有悲，拙劣的我跌跌撞撞的過來了，所幸殊途同歸，終於有了好結果，親恩深重，沒齒難忘。

將此論文獻給所有幫助過我的所有人，以及因試驗而犧牲的動物們。

鄭慶安 謹誌

東海大學畜產與生物科技學系研究所

中華民國一零七年三月

# 目錄

頁次

壹、中文摘要.....	1
貳、英文摘要.....	2
參、前言.....	3
肆、文獻檢討.....	5
一、氣候變遷造成之損失.....	5
二、歐盟與台灣改善氣候變遷之政策.....	7
(一) 歐盟氣候變遷政策的規範與策略.....	7
(二) 台灣氣候變遷政策的規範與策略.....	8
三、溫室氣體甲烷的潛能.....	14
四、家畜腸道甲烷排放係數.....	16
五、腸道甲烷產生.....	21
六、影響甲烷生成的因素.....	22
(一) 溫度.....	22
(二) pH 值.....	22
(三) 脂肪酸.....	24
1. 短鏈脂肪酸.....	24
2. 中鏈脂肪酸.....	24

3. 長鏈脂肪酸.....	26
4. 游離脂肪酸.....	27
(四) 鹵素化合物.....	27
(五) 飼料添加物.....	29
1. 乙醇與硝基化合物.....	29
2. 植物次級化合物.....	30
(1) 苜蓿及皂素.....	30
(2) 高粱酒糟及單寧.....	33
(3) 抗生素：拉薩羅及孟寧素.....	35
(4) 嗜甲烷菌.....	35
七、測定家禽動物甲烷排放量之方法.....	36
(一) 動物試驗.....	36
1. 優點.....	36
2. 缺點.....	36
3. 使用方法.....	36
(二) 試管法.....	39
伍、材料與方法.....	40
一、甲烷產生量之測定方法.....	40
(一) 以試管法之測定方法.....	40

1. 試管法之設計.....	40
2. 甲烷樣品之收集及測定.....	41
3. pH 值之樣品測定.....	42
(二)以動物呼吸室法之測定方法.....	42
1. 動物呼吸室之設計.....	42
2. 甲烷樣品之收集及測定.....	43
二、動物試驗.....	46
(一)試驗一：添加皂素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷 排放量之影響.....	46
(二)試驗二：添加單寧對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷 排放量之影響.....	48
(三)試驗三：添加拉薩羅及孟寧素對台灣雄黑羽土雞盲腸 內容物甲烷排放量之影響.....	49
(四)試驗四：額外添加皂素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量 之影響.....	49
(五)試驗五：額外添加苜蓿粉對台灣雄黑羽土雞甲烷排放 量之影響.....	52
(六)試驗六：額外添加單寧對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量 之影響.....	53

(七) 試驗七：額外添加高粱酒糟對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	53
(八) 試驗八：額外添加拉薩羅對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	53
(九) 試驗九：額外添加孟寧素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	54
三、嗜甲烷菌試驗分析.....	54
(一) 試驗 1：以試管法添加嗜甲烷菌於台灣雄黑羽土雞盲腸內容物降解甲烷能力之影響.....	54
(二) 試驗 2：不同餵食方式對台灣雄土雞甲烷累積排放量之影響.....	55
(三) 試驗 3：雞隻餵飼前後灌食低濃度嗜甲烷菌液對台灣雄黑羽土雞腸道甲烷排放量之影響.....	56
(四) 試驗 4：盲腸注射嗜甲烷菌液對雞隻腸道甲烷排放量之影響.....	57
(五) 試驗 5：復食前灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響.....	58
(六) 試驗 6：復食後灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響.....	59

(七) 試驗 7：餵食冷凍乾燥嗜甲烷菌粉對雞隻腸道微生物 甲烷排放量之影響.....	60
四、統計分析.....	61
陸、結果與討論.....	62
一、苜蓿與皂素.....	62
二、高粱酒糟與單寧.....	68
三、抗生素：拉薩羅及孟寧素.....	76
四、嗜甲烷菌.....	81
五、全台雞隻甲烷排放量.....	87
柒、結論.....	99
捌、參考文獻.....	101
玖、小傳.....	113
附註、發表作品.....	114
圖次.....	VI
表次.....	IX

## 圖次

	頁次
圖 1. 行政院節能減碳推動會組織架構.....	9
圖 2. 人為排放的甲烷.....	16
圖 3. 溫度對沉積物甲烷生成的影響.....	22
圖 4. pH 值對於餵飼人工培育牧草給予乳牛瘤胃混合菌之甲烷產生率 之影響.....	23
圖 5. 瘤胃中甲烷生成可能之發酵路徑.....	25
圖 6. 瘤胃吸收中鏈脂肪酸時與甲烷可能性的相互作用.....	26
圖 7. 游離脂肪酸抗菌機制概要示意圖.....	28
圖 8. 對照組及鹵素化合物處理組在 12 小時期間的變化.....	29
圖 9. 有關瘤胃微生物中乙醇的利用與硝酸鹽和亞硝酸鹽還原和甲烷 生產之間可能性的關係.....	30
圖 10. 皂素之結構.....	32
圖 11. 單寧之化學結構.....	34
圖 12. 動物呼吸室及附屬之設備.....	38
圖 13. 甲烷測定之檢量線.....	42
圖 14. 動物呼吸室之外觀.....	44
圖 15. 甲烷測定之檢量線.....	46

圖 16. 餵飼高粱酒糟與苜蓿對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之比較.....	75
圖 17. 添加嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷降解之影響.....	88
圖 18. 不同飼養方式雞隻在呼吸室內於 4 小時累積甲烷排放量....	89
圖 19. 不同時間餵飼嗜甲烷菌對雞隻於 4 小時累積甲烷排放量之影響.....	90
圖 20. 注射嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 6 小時間累積甲烷排放量之影響 (以隻為單位).....	91
圖 21. 注射嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 6 小時間累積甲烷排放量之影響 (以公斤體重為單位).....	92
圖 22. 餵飼嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響 (以隻為單位).....	93
圖 23. 餵飼嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響 (以公斤體重為單位).....	94
圖 24. 餵飼嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響 (以隻為單位).....	95
圖 25. 餵飼嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響 (以公斤體重為單位).....	96

圖 26. 餵飼冷凍乾燥之嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲  
烷排放量之影響 (以隻為單位).....97

圖 27. 餵飼冷凍乾燥之嗜甲烷菌對台灣黑羽雄土雞於 8 小時間累積甲  
烷排放量之影響 (以公斤體重為單位).....98



## 表次

	頁次
表 1. 台灣歷年災害損失.....	6
表 2. 十大標竿方案及重點計畫.....	11
表 3. 台灣溫室氣體減量法草案架構.....	14
表 4. 溫室氣體的潛能.....	15
表 5. 2008-2013 年底台灣地區主要禽畜飼養數量或屠宰隻數及腸胃道 CH <sub>4</sub> 排放量係數.....	19
表 6. 2008-2013 年禽畜腸胃道內發酵之 CH <sub>4</sub> 排放量估算.....	20
表 7. 營養緩衝液之組成.....	41
表 8. 基礎飼糧之組成.....	51
表 9. 添加皂素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷產量之影響.....	65
表 10. 餵飼皂素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	66
表 11. 餵飼苜蓿粉對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	67
表 12. 添加單寧對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之影.....	72
表 13. 餵飼單寧對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	73
表 14. 餵飼高粱酒糟對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....	74
表 15. 添加拉薩羅及孟寧素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷產量 之影響.....	78

表 16. 餵飼拉薩羅對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....79

表 17. 餵飼孟寧素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響.....80



## 壹、 中文摘要

本論文之研究目的為利用體內法與試管法來探索對高粱酒糟、苜蓿粉、拉薩羅、孟寧素與嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響。試驗處理組分別為餵飼 0、15 及 30% 苜蓿粉處理組及 0、10、20 及 30% 高粱酒糟處理組，與分別添加不同濃度皂素處理組、不同濃度單寧處理組及不同濃度拉薩羅與孟寧素處理組進行測定研究，並使用嗜甲烷菌進行各階段的研究。研究結果顯示，添加苜蓿粉處理組與高粱酒糟處理組皆會抑制台灣雄黑羽土雞甲烷排放量 ( $P < 0.05$ )，而添加不同濃度之皂素與單寧處理組，皆隨添加濃度越高抑制雞隻盲腸排放量之效果越好 ( $P < 0.05$ )，且與對照組相比較，添加高粱酒糟與苜蓿處理分別下降 49 % 與 54 %，拉薩羅與孟寧素隨添加濃度越高抑制甲烷排放量效果越好 ( $P < 0.05$ )，將嗜甲烷菌使用膠囊包覆餵食雞隻，具有高效能之抑制雞隻盲腸甲烷排放量的能力。綜合上述，高粱酒糟、苜蓿粉、拉薩羅、孟寧素與嗜甲烷菌皆有降低台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之效果，進而減少環境中溫室氣體產生，有改善溫室效應的效果。

## 貳、英文摘要

The objective of this experiment was to investigate the effect of adding sorghum distillery residue (SDR), alfalfa meal, lasalocid, monensin and methanotrophic bacteria on the methane emission of Taiwan male black-feather native chickens were *in vitro* and *in vivo*. The test treatment group was feeding 0, 15 and 30% alfalfa meal, and 0, 10, 20 and 30% SDR, and adding different concentration of saponin, tannin, lasalocid and monensin treatment group, respectively for the determination of the study, and the use of methanotrophic bacteria for various stages of research. The results showed that the addition of alfalfa meal and SDR treatment group could inhibit on methane emission in Taiwan male black-feather native chickens ( $P < 0.05$ ). While the addition of different concentrations of saponin and tannin treatment group were all inhibited by higher concentration. The effect of chicken cecal discharge was better ( $P < 0.05$ ). Adding SDR and alfalfa meal inhibit methane production about 49% and 54% compared with the control, respectively. The higher the concentration of lasalocid and monensin, the better the effect of inhibit methane emission ( $P < 0.05$ ). The use of methanotrophic bacteria capsules to feed chickens has the ability to effectively inhibit methane emissions from chickens in the cecum. In conclusion, adding SDR, alfalfa meal, lasalocid, monensin and methanotrophic bacteria have the effect of reducing methane emissions of Taiwan male black-feather country inhibit the greenhouse gas production in the environment and improving the greenhouse effect.

## 參、前言

氣候變遷 (climate change) 及其引發的對環境與生物不利影響，乃是人類共同關心的問題，形成當今一項全球性議題，同時也將深刻影響人類的未來(洪, 2012)。氣候變遷造成生態系項改變的環境因子，主要來自溫度上升、降雨型態與分布的改變、海平面上升、紫外線增加、二氧化碳濃度增加、水質改變、極端氣候頻率與嚴重性的增加等(李, 2008)。其中溫室氣體是目前重要的環境因子之一，它會導致全球暖化，地球地表平均溫度明顯上升 (Houghton *et al.*, 1992)，根據工業技術研究院在氣候變化綱要公約資訊網 (工業技術研究院, 2004) 上的報告，2001 年氣候變遷跨政府小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 第三次評估報告指出，若不採取任何防制人類排放溫室氣體措施，於 2100 年時全球平均地面氣溫將比 1990 年增加 1.4—5.8°C，而海平面將上升 9—88 cm。所謂的溫室效應為大氣層原本會吸收來自太陽所釋放的長波輻射並反射回大氣外，以維持地球溫度的恆定，但因溫室氣體改變了大氣層結構，會使大氣層形成一層厚重的隔膜，把大部分應該反射回大氣外的輻射熱給折射回地球表面，溫室氣體包括二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氯氟碳化物(CFC<sub>11</sub>、CFC<sub>12</sub>)、臭氧(O<sub>3</sub>)及氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)等(Monteny *et al.*, 2006)，如何減少溫室氣體的產生為生活在地球的我們重要課題之一，尤其如何使溫

室氣體下降是全球關切的議題。

本研究利用家禽盲腸發酵的方式進行試管培養，來觀察單寧、皂素、拉薩羅及孟寧素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物的影響；並建立密閉式動物呼吸室直接觀察高粱酒糟、苜蓿粉、拉薩羅及孟寧素對雞隻之甲烷排放量的影響；進一步選用天然且可降低成本之副產物與飼料原料，來探討其對台灣雄黑羽土雞腸道甲烷排放量之影響，希望能以天然飼糧改善家禽動物所排放之甲烷，進而來改善全球的暖化問題。



## 肆、文獻檢討

### 一、氣候變遷造成之損失

根據 IPCC 的觀點，在 21 世紀結束前，因溫室效應，全球平均溫度將會增加 1.4-5.8 °C (Darwin, 2001)，其溫度上升，所造成的危害，可能包括海平面上升、高溫造成旱災、農作不耐高溫枯死等，因而導致農產品的減量。

在亞太區域，因氣候變遷造成的災害事件越來越明顯，如熱浪、熱帶颶風、大雨、龍捲風、雪崩、雷雨和嚴重乾旱等，造成重大災害，如 2003 及 2006 年歐洲熱浪、2010 年俄羅斯熱浪(張泉湧，2011)、2006 年菲律賓的土石流等(Food and Agricultural, 2009)。近年來台灣也有不少環境災害，例如：2008 年卡玫基颱風、2009 年莫拉克風災、2010 年凡納比颱風、2011 年南瑪都颱風、2012 年南部梅雨災及 2013 年蘇力颱風等 (表 1)，由於極端降雨事件機率增加，導致災害規模持續擴大(陳等，2011)。

表 1. 台灣歷年災害損失

Table 1. Disaster losses in Taiwan over the years.

排名	年份	名稱	期間	降雨綜合指標	死亡	失蹤	受傷	全倒	半倒	備註
1	2009	莫拉克	08/06~08/09	0.91	619	76	33	--	--	農損164億
2	1996	賀伯	07/29~08/01	0.73	51	22	463	503	880	
3	1987	琳恩	10/22~10/27	0.59	54	9	8	254	277	
4	2001	納莉	09/08~09/19	0.59	94	10	265	0	0	
5	2008	辛樂克	09/11~09/16	0.52	15	7	26	66	7	農損8億8896萬
6	2005	海棠	07/16~07/20	0.50	13	2	31	0	0	農損48億2145萬
7	2002	娜克莉	07/09~07/10	0.49	2	1	10	0	0	
8	2004	敏督利	06/28~07/03	0.48	3	1	4	270	0	
9	2007	柯羅莎	10/04~10/07	0.46	9	2	57	4	26	農損42億5623萬
10	2000	象神	10/30~11/01	0.44	64	25	65	0	0	
11	1978	炯拉	10/11~10/14	0.42	4	3	8	6	0	
12	1989	莎拉	09/08~09/13	0.41	32	20	47	430	760	
13	2008	卡玫基	07/16~07/18	0.40	20	6	8	8	2	農損5億8134萬
14	2001	桃芝	07/28~07/31	0.39	111	103	188	645	1972	
15	1973	娜拉	10/07~10/10	0.39	30	38	85	1251	433	
16	1998	瑞伯	10/13~10/17	0.39	28	10	27	4	26	
17	2008	薔蜜	09/26~09/29	0.38	4	1	65	0	7	農損24億8714萬
18	1990	楊希	08/17~08/20	0.37	23	7	15	45	96	
19	1974	貝絲	10/10~10/12	0.36	14	3	3	264	112	合卡門颱風
20	1992	寶莉	08/27~08/31	0.35	6	5	6	3	1	

資料來源：行政院國家科學委員會 (2011)。

其中以 2009 年莫拉克風災造成的 88 水災為例，畜產估計損失金額 14 億 8,730 萬元，家禽類以雞隻損失最為嚴重，計死亡 611 萬隻，損失金額 7 億 2,171 萬元，其中土雞死亡 368 萬隻、白肉雞 139 萬隻、蛋雞 99 萬隻；另肉鴨死亡亦達 106 萬隻。家畜部份以毛豬死亡 15 萬頭，損失金額 4 億 7,125 萬元最為嚴重。本次風災雞、鴨損失最為慘重，若以死亡隻數與 98 年第 2 季畜牧類農情調查在養隻數相較，則土雞、白肉雞、蛋雞、肉鴨分別減產 10.60、5.14、2.67 及 14.36% (林，2008)。

## 二、 歐盟與台灣改善氣候變遷之政策

### (1) 歐盟氣候變遷政策的規範與策略(洪，2012)

#### 1. 歐盟氣候變遷組織架構

歐盟為了讓能確保解決氣候變遷的政策可持續實施，在里斯本條約架構下的歐盟條約第 13 條規定建立了「一個組織架構」(An Institutional Framework)，其組織架構的機構包括：歐洲議會、歐盟高峰會、理事會、執委會、歐洲法院、歐洲中央銀行及審計院，各機構應依據條約規定職權行動，遵守程序、條件及目標等相關規定，相互間並應誠摯合作。

#### 2. 歐盟氣候變遷施政重點

歐盟於 2009 年通過了氣候能源包裹法案，包括(1)再生能源；(2)碳排放交易；(3)會員國分擔碳排放減量；(4)汽車排放；(5)能源與生質能源相關的環境品質標準；(6)碳捕集及儲存法規架構等六大類法規的新增或修訂。

#### 3. 歐盟氣候變遷策略

歐盟氣候變遷策略的要素包括：(1)已對氣候變遷影響最大的經濟部門或受氣候變遷影響最深的區域為基礎，採取預防或調整之行動來調適；(2)發展與使用市場為基礎工具，例如碳稅或歐盟排放交易體系；(3)加重創新角色，包

括現有科技效率改善與新科技開發應用；(4)將對抗氣候變遷整合於能源、運輸、農業、環境、森林砍伐、土地使用等相關部門；(5)國際合作策略，促進所有國家共同參與對抗氣候變遷行動，分擔責任，但考慮各國經濟及科技水準，得採取差別責任。

## (2) 台灣氣候變遷政策的規範與策略 (行政院環境保護署，2010)

### 1. 台灣氣候變遷組織架構

台灣為了積極因應氣候變遷議題之國內外事務及管制趨勢，我國行政院於 1994 年成立「行政院全球變遷政策指導小組」，並於 1997 年升級為「行政院國家永續發展委員會」，為落實國內節能減碳具體行動，行政院強化現有跨部會專案小組整合功能，於 2010 年成立「行政院節能減碳推動會」，其含召集人、推動會委員、委員會議、秘書處(經濟部)、低碳能源系統組、低碳社區與社會組、低碳產業結構組、綠色運輸推廣組、綠色景觀與綠建築組、節能減碳科技組、低碳公共工程組、節能減碳教育組、宣導與溝通組、方案與指標管理組 (圖 1)，要求各部會依國家總目標訂定各部門之分年目標、期程、分工及執行與宣導計畫，達成台灣溫室氣體減量目標。

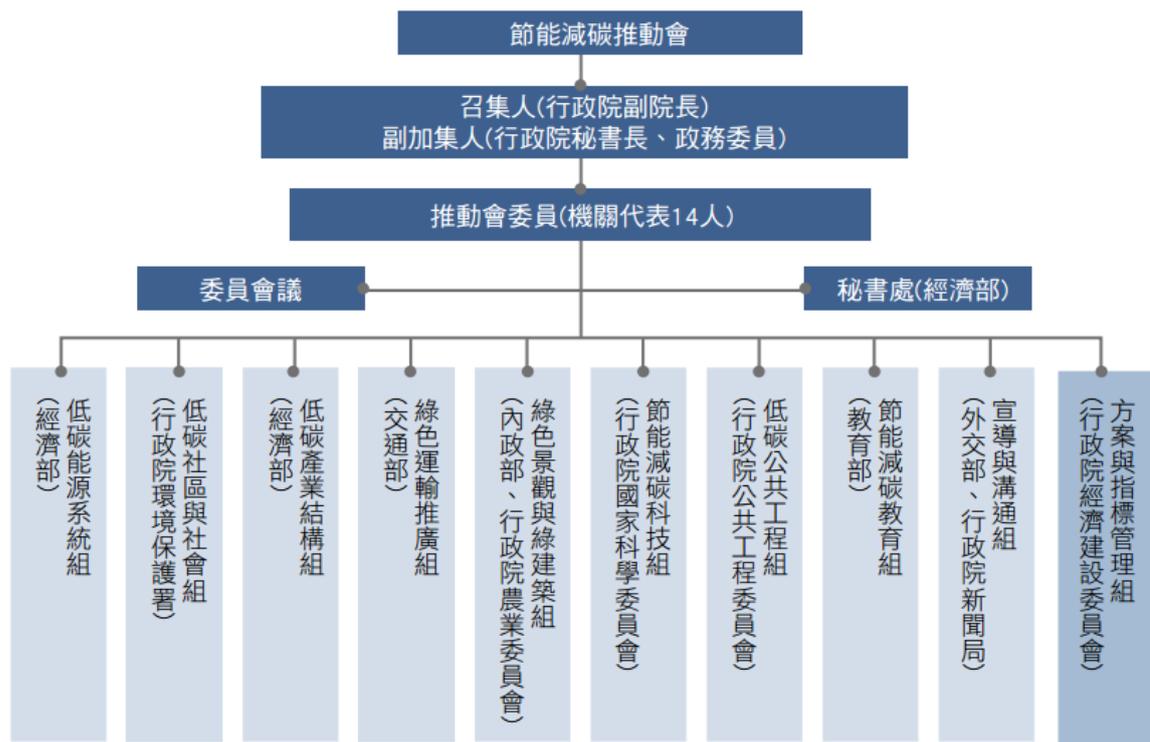


圖 1. 「行政院節能減碳推動會」組織架構。(行政院環境保護署，2010)。

Figur 1. 「Executive Yuan energy-saving carbon reduction promotion council」 structure.

## 2. 台灣氣候變遷施政重點

「國家節能減碳總計畫」十大標竿方案涵蓋台灣節能減碳各個面向，包括健全法規體制、改造低碳能源系統、打造低碳社區與社會、營造低碳產業結構、建構綠色運輸網路、綠色新景觀與普及綠建築、擴張節能減碳科技能量、推動節能減碳公共工程、

深化節能減碳教育及強化節能減碳宣導與溝通等 (表 2)，其中營造低碳產業結構內行政院農業委員會推動農業節能減碳與畜產有所結合。



表 2. 十大標竿方案及重點計畫

Table 2. Top 10 project and key plan

標竿方案	方案導向	標竿型計畫	負責部會	
		健全溫室氣體管理法 規體制	行政院環境保護 署	
(1)	健全法 規體制	以國際觀點，結合氣候變遷與 能源領域，建構完整法規體 制，以適當政策工具與行政管 制，創造綠色成長契機。	擬訂「永續能源基本 法」 制定「再生能源發展條 例」與「能源管理法」 修正條文後續子法	經濟部 經濟部
(2)	改造低 碳能源 系統	發展低排放、低污染、安全、 自主及永續之低碳能源系 統，減少自然資源消耗與環境 衝擊。	推動綠色稅制 推動再生能源倍增方 案 降低發電系統碳排放 推動智慧電網 推動核能發電合理使 用評估方案 建構低碳社區	經濟部 經濟部 行政院原子能委 員會 行政院環境保護 署、經濟部
(3)	打造低 碳社區 與社會	以低碳社區為基礎，建立低碳 城市，帶動低碳文化，營造民 眾低碳生活，創造低碳經濟， 達成低碳社會願景。	打造低碳城市 建設低碳島 推動節能減碳生活社 會運動	行政院環境保護 署、經濟部 行政院環境保護 署、經濟部、交 通部 行政院環境保護 署、經濟部
(4)	營造低 碳產業 結構	促使產業逐步邁向低碳化，提 升單位碳排放的附加價值，降 低單位產值碳排放密集度，強 化綠色能源產業發展。	推動產業節能減碳 進行能源密集產業政 策環評	經濟部、行政院 國家科學委員會 經濟部

		推動綠能產業旭升方案	經濟部
		推動農業節能減碳	行政院農業委員會
		建構綠色無接縫公路運輸系統	交通部
		推動建構便捷大眾軌道運輸網	交通部
(5)	建構綠色運輸網絡	降低運輸部門碳排放，建構便捷與智慧型運輸系統，推廣低碳燃料使用，舒緩汽機車使用與成長。	交通部
		建構智慧化道路服務	交通部
		建立人本導向綠色運具為主之都市交通環境	內政部
		提升私人運具新車效率水準	經濟部
(6)	營建綠色新景觀與綠建築	加速推動新舊建築朝綠建築方向發展，營造節能減碳居住環境；加強森林等自然資源碳匯功能。	內政部
		推動新建綠建築及推廣使用節能減碳綠建材	內政部
		推動建築物節能減碳標示制度	內政部
		推動造林計畫	行政院農業委員會
(7)	擴張節能減碳科技量	運用科技促進節能減碳目標的達成，藉由新能源科技、再生能源與低碳能源科技，積蓄我國在國際上經濟之競爭力。	行政院國家科學委員會
		推動能源國家型科技計畫	行政院國家科學委員會
		進行全方位能源科技人才培育方案	行政院國家科學委員會
		建構永續低碳公共工程規範及機制	行政院公共工程委員會、行政院經濟建設委員會
(8)	推動節能減碳公共工程	由政府部門引領節能減碳風潮，建構公共工程節能減碳規範。	行政院公共工程委員會
		推動公共工程全生命週期品質管理機制納入節能減碳措施	行政院公共工程委員會
		強化政府採購流程與規範內化節能減碳機制	行政院公共工程委員會
(9)	深化節能減碳教育	強化學校節能減碳教育機能，促進全民節能減碳認知。	教育部
		教育部暨所屬機關學校全面落實節能減碳計畫	教育部

營造永續綠校園及建  
立學校節能減碳評鑑  
制度 教育部

- (10) 強化節 建立節能減碳國際觀思維，使  
能減碳 民眾體會節能減碳之重要  
宣導與 性，進而支持國家政策且身體  
溝通 力行，並作為我國外交重點。
- 全民節能減碳溝通宣  
導計畫 行政院新聞局、  
行政院研究發展  
考核委員會、行  
政院人事行政  
局、經濟部及其  
他各部會
- 推動國際節能減碳環  
境外交 外交部、行政院  
環境保護署

---

資料來源：行政院環境保護署 (2010)。

### 3 台灣氣候變遷策略

行政院環境保護署推動之「溫室氣體減量法(草案)」(表 3)係作  
為我國對外宣示願意善盡共同保護地球環境之責任、對內落實永續  
經濟發展會議、全國能源會議等重大會議立法共識的關鍵法案。主  
要目的為降低溫室氣體排放，並有助於國際認同台灣對溫室氣體減  
量之努力。

表 3. 台灣「溫室氣體減量法(草案)」架構

Table 3. Taiwan's "Greenhouse Gas Reduction Act (draft)" Framework



資料來源：行政院環境保護署 (2010)。

### 三、溫室氣體甲烷的潛能

以溫室氣體之中，雖然每年二氧化碳排放量與甲烷排放量相比是較高，但甲烷的全球暖化能力 (Global warming potential, GWP) 為二氧化碳的 23 倍 (表 3) (IPCC, 2001; 經濟部溫室氣體減量資訊網, 2013)，其餘像是 N<sub>2</sub>O 則為二氧化碳的 296 倍。在人為排放甲烷之中，包括稻米耕作、掩埋場、廢水處理、礦業等，而農業活動算在人為溫室氣體排放內，畜產動物為農業活動一環 (IPCC, 1994)，其中畜牧業佔 26% (圖 2) (IPCC, 2007)，主要以排放甲烷為主，王等 (2003) 指出家禽動物飼養過程中之溫室氣體

主要來自腸內發酵產生之甲烷及糞便堆肥發酵產生之氧化亞氮 (與二氧化碳相比具有 256 倍使全球暖化的潛能)，而反芻動物主要發酵地點為瘤胃 (rumen)，主要發酵產物是揮發性脂肪酸、蛋白質、碳水化合物及一些氣體，例如甲烷、二氧化碳等 (Mitsumori and Weibin, 2008)，而家禽動物主要發酵地點是盲腸，因此又被稱為”發酵槽” (Chen *et al.*, 2003)，盲腸主要發酵產物為短鏈脂肪酸，包括乙酸、丙酸及丁酸，以及氣體，如甲烷和二氧化碳。

表 4. 溫室氣體的潛能

Table 4. Global warming potential

Gas	Warming effect
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	23
N <sub>2</sub> O	296
CFCs, HFCs, HCFCs <sup>1</sup>	5700~11900
PFCs <sup>1</sup>	120~12000
SF <sub>6</sub> <sup>1</sup>	22200

<sup>1</sup>CFC：氟氯化碳；HFCs：氫氟碳化合物；HCFCs：氟氯烴；全

PFCs<sup>1</sup>：氟化合物；SF<sub>6</sub>：六氟化硫。

資料來源：IPCC (2001)。

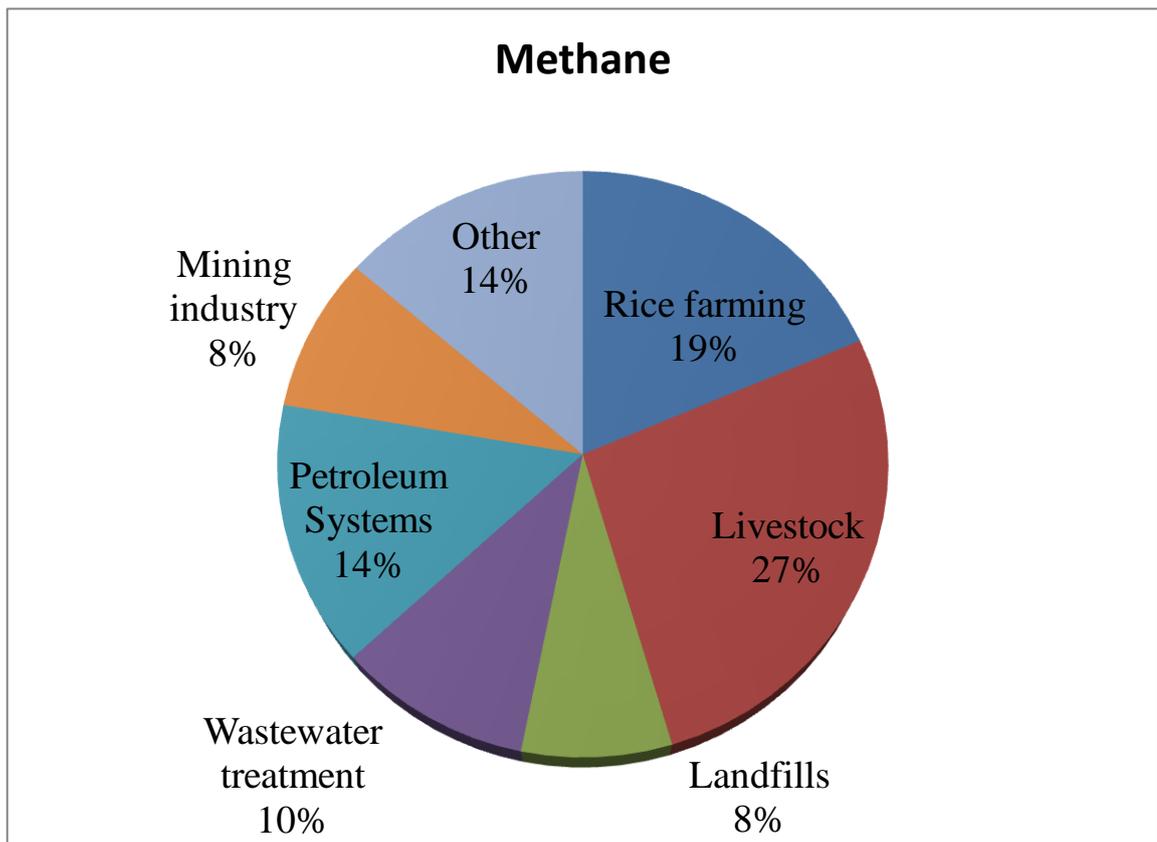


圖 2. 人為排放的甲烷。

Figure. 2. Anthropogenic emission of CH<sub>4</sub>. (IPCC, 2007).

#### 四、家畜腸道甲烷排放係數

雖然畜產之中，牛隻體型龐大相對排放溫室氣體之量也相當大，若以單隻或單頭甲烷腸道排放係數來說，單頭乳牛會產生 101.58 kg/ head/ yr (李等，2000)，而單隻白肉雞及有色肉雞分別為產生  $1.587 \times 10^{-5}$  與  $8.482 \times 10^{-5}$  kg/ head/ life cycle (黃與王，2000)，以及蛋雞產生  $1.061 \times 10^{-2}$  kg/ head/ yr (王等，2002)，其餘禽畜黃牛與雜種牛、山羊與馬之甲烷腸道排放係數分別為

44、5、及 18 kg/ head/ yr (IPCC, 1996), 而兔、乳山羊與鹿國內外均無研究資料, 依與山羊之體重比例估算之, 兔與山羊體重比例約為 19.72 倍 (49.3/2.5 kg), 乳山羊與山羊之體重比例 1.223 倍 (60.3/49.3 kg), 故分別腸道甲烷排放係數為 0.254 kg/head/ yr 及 6.1 kg/ head/ yr, 而鹿體重與山羊類似, 以山羊腸道甲烷排放係數 5.0 kg/ head/ yr 估算, 豬之腸道甲烷排放係數由林 (1999) 推算出為 1.7816 kg/ head/ yr, 火雞腸道甲烷排放係數依與白肉雞之體重比例估算之, 火雞體重約為白肉雞體重之 7.26 倍 (13.8/1.9 kg), 因此腸道甲烷排放係數估算為  $1.152 \times 10^{-4}$  kg/ head/ life cycle, 肉鴨腸道甲烷排放係數依據蔡等 (2003) 估算為  $2.071 \times 10^{-3}$  kg/ head/ life cycle, 產蛋鴨則依肉鴨之排放係數估算, 並以年為單位, 估算結果為  $1.980 \times 10^{-3}$  kg/head/ yr 及鵝依 Chen *et al.* (2003) 以白羅曼鵝之測定結果為  $3.674 \times 10^{-3}$  kg/head/ life cycle, 由排放係數數據顯示雞隻所排放的甲烷少之又少, 但台灣地區家禽產業在農業中之地位相當重要, 其產量在世界排名也在前三十名之內(黃, 2000), 如表 5 顯示, 2013 年時白肉雞、有色肉雞在台灣屠宰隻數與蛋雞在台灣的飼養隻數分別為 1 億 8565 萬餘隻、1 億 297 餘隻及 3699 萬餘隻, 由此數據去估算 (排放係數×隻數), 台灣在 2013 年白肉雞、有色雞及蛋

雞相加就產生 404.18 噸的腸道甲烷排放量，並且產生 16,171 噸之糞便排泄物甲烷排放量，相加後全台雞隻所產生之總甲烷排放量(16,575 噸)與牛隻所產生之腸道甲烷排放量比較下，是不容忽視的(表 6)。



表 5. 台灣地區 2008-2013 年底主要禽畜飼養數量或屠宰隻數及腸胃道 CH<sub>4</sub> 排放量係數

Table 5. By the end of 2008-2013 slaughtered livestock feed quantity or number only in Taiwan and gastrointestinal tract coefficient of CH<sub>4</sub> emissions

項目 <sup>1</sup>	時間						腸胃道 CH <sub>4</sub> 排放量係數 <sup>(1,2)</sup>
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
	----- 隻數 -----						
乳牛	99,873	101,386	103,649	108,435	108,982	110,195	101.58
水牛	3,599	3,862	3,844	3,627	3,177	2,511	64
黃牛與雜種牛	7,236	7,884	8,276	13,099	13,564	14,478	44
山羊	165,039	145,871	139,046	132,567	111,765	107,749	5
乳山羊	64,484	60,530	57,512	57,873	55,338	53,101	6.1
兔	14,775	14,813	17,843	17,223	13,038	11,262	0.254
鹿	3,283	22,631	22,435	23,485	22,778	21,633	5
馬	1,085	1,038	1,094	1,132	1,123	1,120	18
豬	6,427,597	6,130,003	6,185,952	6,265,546	6,004,717	5,806,237	1.782
蛋雞	37,185,631	36,721,678	36,408,368	36,555,448	36,965,627	36,992,900	1.061×10 <sup>-2</sup>
有色肉雞 <sup>3</sup>	122,835,740	121,004,443	123,705,008	130,837,680	118,759,157	102,973,866	8.482×10 <sup>-5</sup>
白肉雞 <sup>3</sup>	178,548,055	190,370,487	191,835,628	200,706,640	186,994,443	185,650,026	1.587×10 <sup>-5</sup>
火雞 <sup>3</sup>	279,640	229,629	216,029	248,841	236,504	220,501	1.152×10 <sup>-4</sup>
肉鴨 <sup>3</sup>	29,978,858	27,629,689	28,542,004	28,807,775	27,252,951	32,460,460	2.071×10 <sup>-3</sup>
產蛋鴨	2,327,534	2,389,435	2,443,376	2,377,173	2,194,068	2,130,510	1.980×10 <sup>-3</sup>
鵝 <sup>3</sup>	5,149,328	4,593,271	4,699,634	5,130,200	4,928,574	5,159,710	3.674×10 <sup>-3</sup>

<sup>1</sup> 排放係數單位：家畜與蛋雞-kg/ head/ yr；家禽-kg/ head/ life cycle。

<sup>2</sup> 資料來源：王等 (2000)；黃與王 (2000)；李等(2000)；林 (1999)；蔡等 (2003)；Chen *et al.* (2003)；IPCC (1996)。

<sup>3</sup> 以屠宰隻數估計。

表 6. 台灣 2008-2013 年禽畜腸胃道內發酵之 CH<sub>4</sub> 排放量估算

Table 6. Estimation of CH<sub>4</sub> emissions from livestock in gastrointestinal tract fermentation in Taiwan, 2008-2013

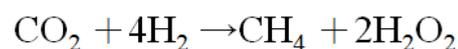
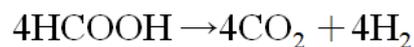
項目	時間					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	----- 噸 -----					
乳牛	10,145.10	10,298.79	10,528.67	11,014.83	11,070.39	11,193.61
水牛	230.34	247.17	246.02	232.13	203.33	160.70
黃牛與雜種牛	318.38	346.90	364.14	576.36	596.82	637.03
山羊	825.20	729.36	695.23	662.84	558.83	538.75
乳山羊	393.35	369.23	350.82	353.03	337.56	323.92
兔	3.75	3.76	4.53	4.38	3.31	2.86
鹿	16.42	113.16	112.18	117.43	113.89	108.17
馬	19.53	18.68	19.69	20.38	20.21	20.16
豬	11,453.98	10,923.67	11,023.37	11,165.20	10,700.41	10,346.71
蛋雞	394.54	389.62	386.29	387.85	392.21	392.50
有色肉雞	10.42	10.26	10.49	11.10	10.10	8.73
白肉雞	2.83	3.02	3.04	3.19	2.97	2.95
火雞	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
肉鴨	62.09	57.22	59.11	59.66	56.44	67.23
產蛋鴨	4.61	4.73	4.84	4.71	4.34	4.22
鵝	18.92	16.88	17.27	18.85	18.11	18.96
合計	23,913	23,546	23,839	24,631	24,088	23,826

統計方式：由表 5 之數據求出，公式為=隻數/頭數\*腸胃道 CH<sub>4</sub> 排放量係數。

## 五、腸道甲烷產生

甲烷產生主要來自產甲烷菌在厭氧環境下分解有機酸。動物將飼料經過消化過程後，分解成碳水化合物，再由代謝作用經消化道內微生物發酵產生小分子有機酸（乳酸、醋酸、丙酸及丁酸等）、二氧化碳及氫（Chen *et al*, 2003）。甲烷菌也能利用腸道內產生的二氧化碳與氫，釋出甲烷及水，反芻動物（牛及羊）與非反芻動物（豬、雞及鵝）腸內發酵皆會產生甲烷，其中反芻動物主要發酵地點為瘤胃，而家禽動物主要發酵地點是盲腸（陳，2003）。甲烷產生量與動物之年齡、體重、環境、飼料之變化有關（林與江，1996；陳，2003；黃，2000；IPCC, 1996；Minami and Takata, 1997）。

Chen *et al.* (2009) 提到家禽腸道的甲烷前驅物質為甲酸，則甲烷是從甲酸被氧化成二氧化碳與氫氣，之後二氧化碳在與氫氣結合為甲烷與雙氧水，甲酸轉化成甲烷的化學反應式如下：



## 六、影響甲烷生成的因素

### (一)溫度

Zeikus *et al.* (1976) 指出，甲烷生成菌會因溫度的改變，導致甲烷產量的變化，在 40°C 時為最適當溫度(圖 3)，而家禽動物體溫也約 40°C 左右 (孫，1991)，故甲烷生成菌可在家禽腸道內生存。

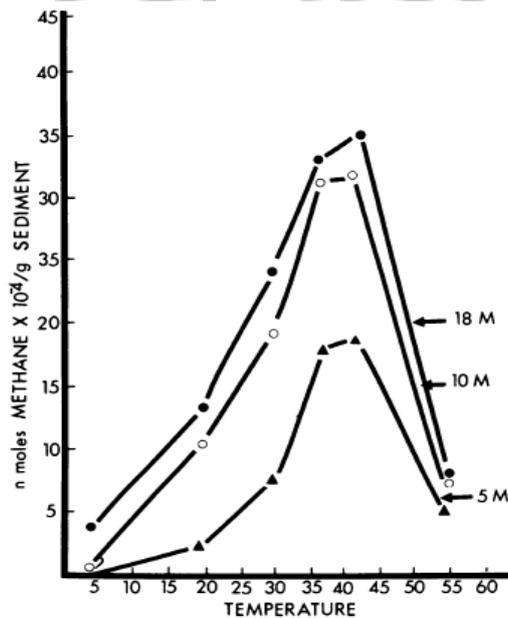


圖 3. 溫度對湖中泥土沉積物甲烷生成的影響。

Figure 3. Effect of temperature on methanogenesis in sediments collected.

(Zeikus *et al.*, 1976)

### (二)pH 值

餵飼粗料的乳牛瘤胃 pH 值相對會提高，則甲烷排放量也會較高 (圖 4)，調整飼糧粗料及精料之比例可以改變瘤胃內揮

發性脂肪酸之組成，相對 pH 值也會下降，Russell (1998) 提出瘤胃 pH 值於 5.3-6.5 與甲烷排放量成正相關之迴歸公式： $\text{CH}_4 = 0.02 + 0.05 \text{ pH}$ ， $R^2 = 0.80$ ，也就是說瘤胃 pH 值越低甲烷生成量亦越低。

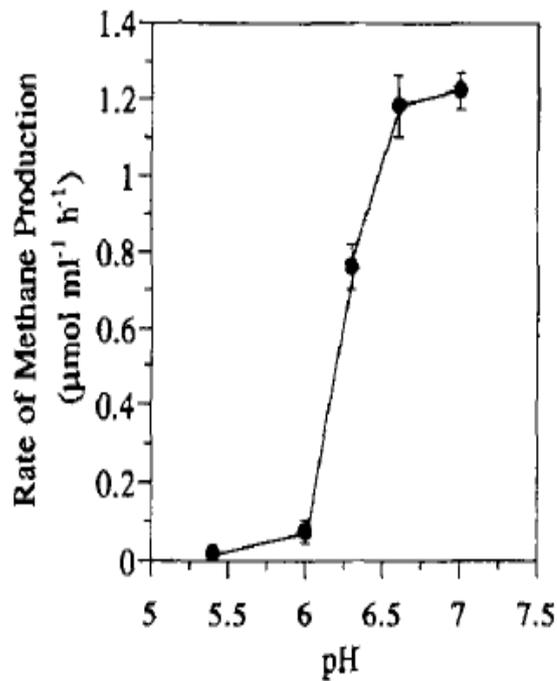


圖 4. pH 值對人工培養基混合乳牛採食粗料之瘤胃微生物於甲烷產生率的影響。

Figure 4. The influence of pH on the rate of methane production by mixed ruminal bacteria from a forage-fed cow that were incubated in an artificial medium.

(Kessel *et al.*, 1996)

### (三) 脂肪酸

#### 1. 短鏈脂肪酸

短鏈脂肪酸又稱為揮發性脂肪酸 (Volatile fatty acids; VFAs)，像是甲酸、乙酸、丙酸及丁酸等，皆是瘤胃發酵所產生之物質，甲酸則會代謝成甲烷，則乙酸會與氫氣結合成甲烷，因此若抑制甲酸與乙酸即可降低甲烷的產生，瘤胃發酵通道如圖 5(Russell and Wallace, 1997)。

#### 2. 中鏈脂肪酸

瘤胃中中鏈脂肪酸 (Medium-chain fatty acids; MCFA)、飲食成份及瘤胃微生物群落所組成的平衡會間接影響到甲烷的生成(Machmüller, 2006)，其中瘤胃微生物菌落會因 MCFA 受到酯化反應及鏈的長度改變，以達抑制甲烷的效果(圖 6)。

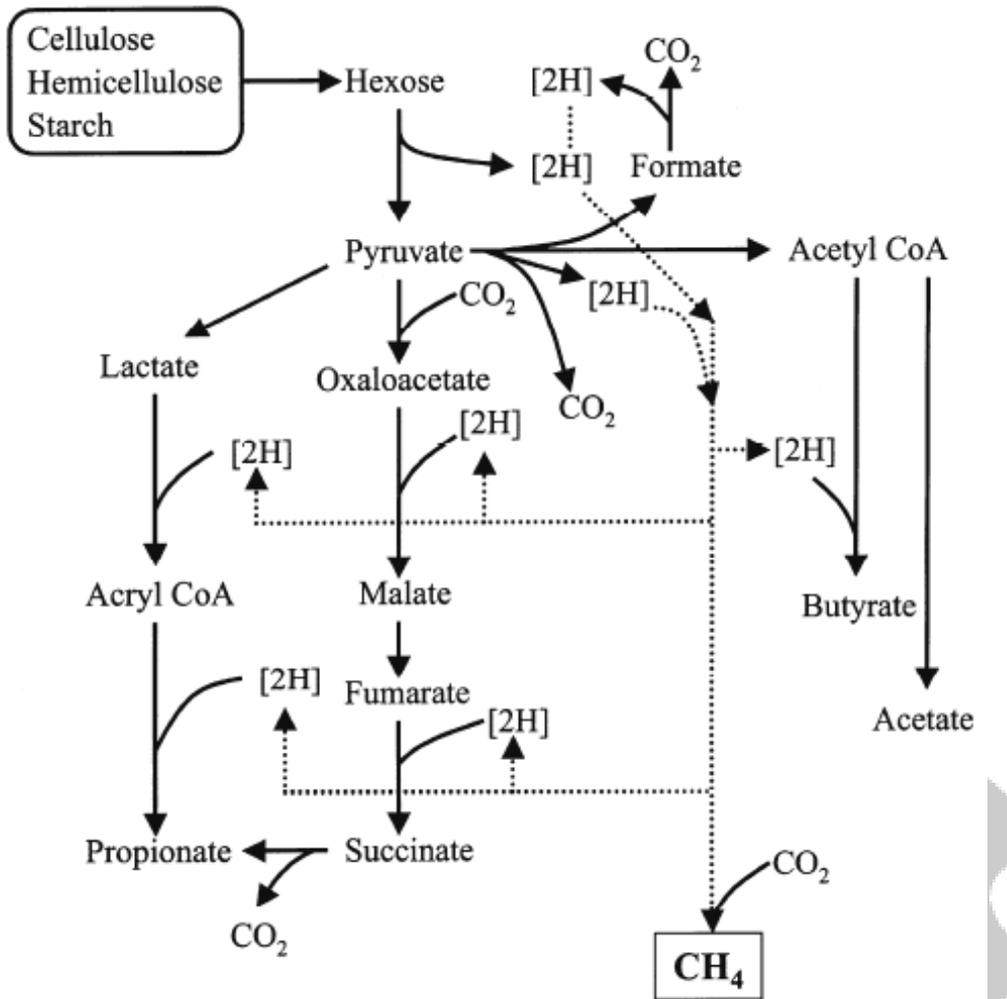


圖 5. 瘤胃中甲烷生成可能之發酵路徑。

Figure 5. Possible fermentation pathways of methane production in the rumen.

(Russell and Wallace, 1997)

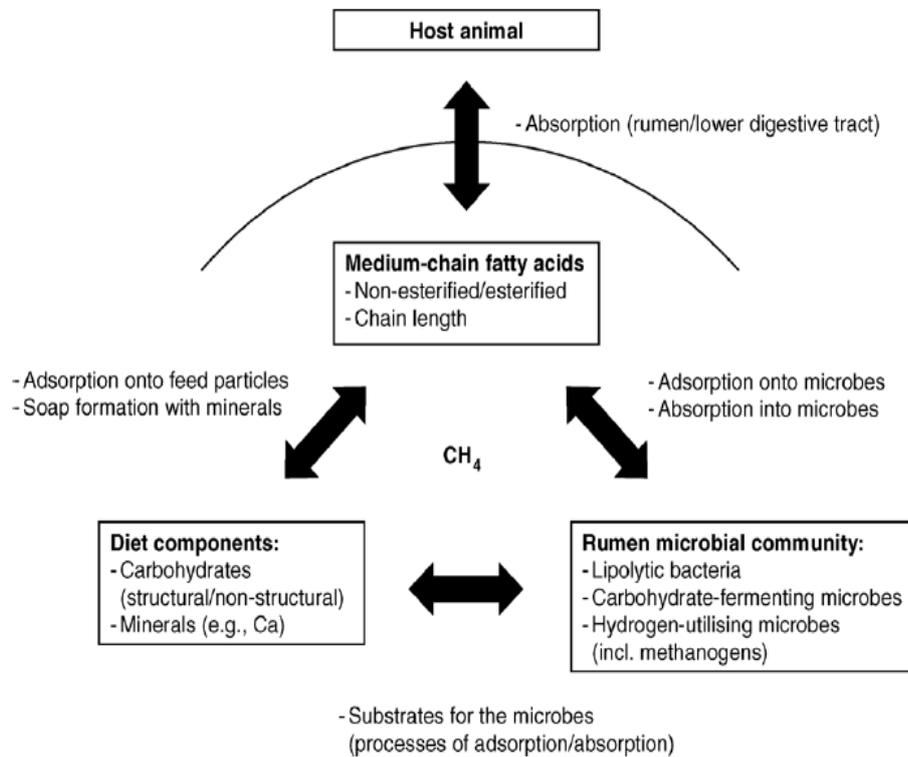


圖 6. 瘤胃吸收中鏈脂肪酸時與甲烷可能性的相互作用。  
 Figure 6. Possible interactions within the rumen determining the extent of methanogenesis when feeding MCFA.

(Machmüller, 2006)

### 3. 長鏈脂肪酸

長鏈脂肪酸(Long chain fatty acids; LCFA)可能是通過減少瘤胃發酵基質來抑制甲烷(McGinn *et al.*, 2004)，與利用氫化反應與甲烷生成菌搶奪氫離子來影響甲烷的生成(Johnson *et al.*, 1995)。

#### 4. 游離脂肪酸

Prins *et al.* (1972) 提到游離脂肪酸 (Free fatty acids; FFAs) 會對產甲烷菌產生毒性作用，由圖 7 顯示可能破壞細菌的電子傳遞鏈或干擾細菌氧化磷酸化的作用能防止細菌能量之產生，還會從細胞滲透細胞代謝物將細胞完全裂解及自溶，而 FFAs 會直接妨礙細胞膜營養之攝取(Desbois and Smith, 2010)。

#### (四) 鹵素化合物

Denman *et al.* (2007) 指出，鹵素化合物能抑制瘤胃液中的甲烷產生量達 29%，造成的原因可能是因鹵素化合物會使瘤胃中的乙酸、丙酸比值降低，以及短鏈脂肪酸莫耳比例的增加，導致瘤胃中的甲烷產生量降低 (圖 8)。

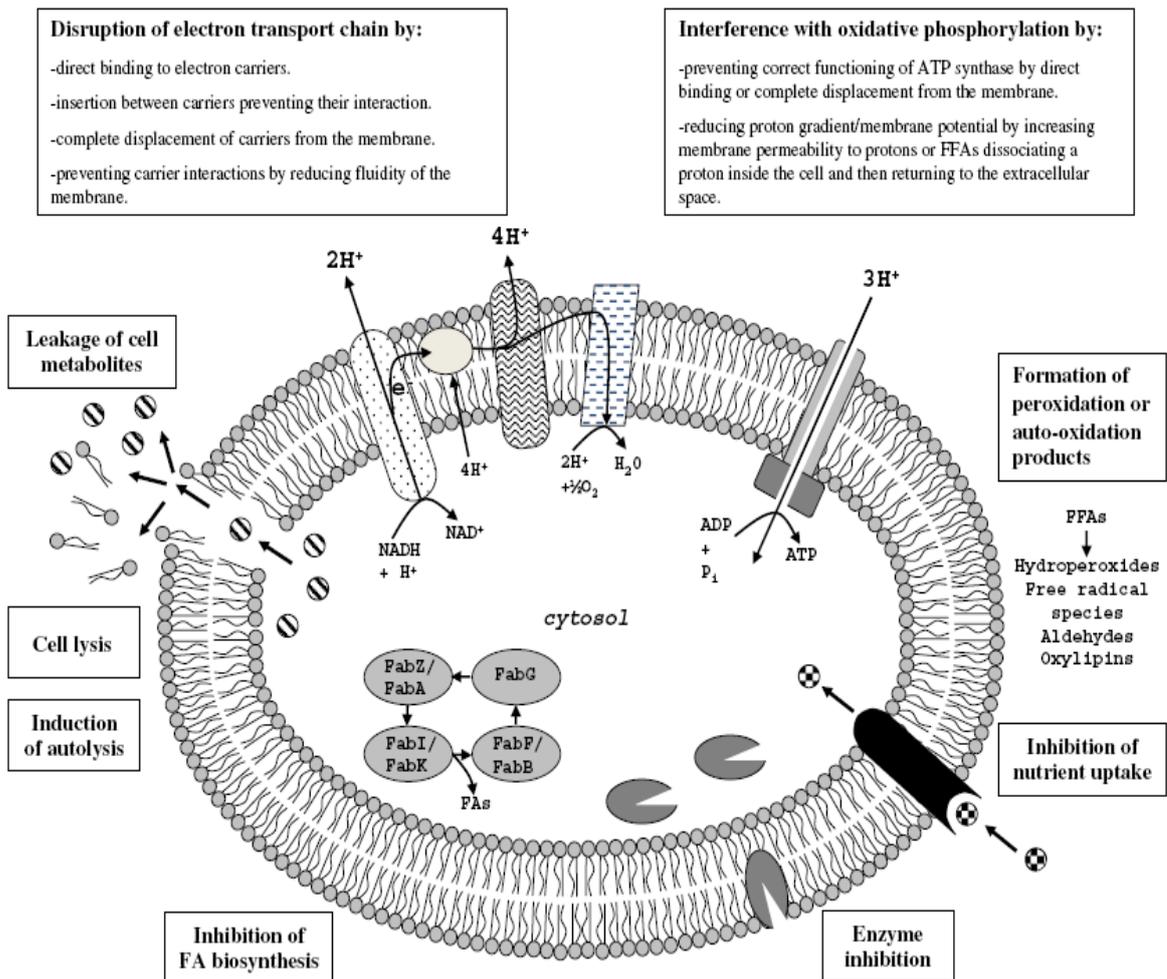


圖 7. 游離脂肪酸抗菌機制概要示意圖。

Figure 7. Schematic representation of possible cell targets and mechanisms of antibacterial action of free fatty acids (FFAs).

(Desbois and Smith, 2010)

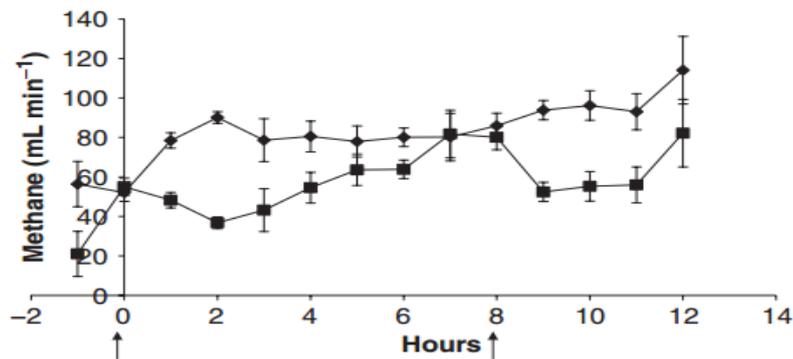


圖 8. 對照組及鹵素化合物處理組在 12 小時期間的變化。

Figure 8. Twelve-hour methane production for steers during the control (◆) and bromochloromethane treatment period (■).

(Denman *et al.*, 2007)

#### (五) 飼料添加物

##### 1. 乙醇與硝基化合物

當乙醇還原成乙酸時，會產生氫氣並與二氧化碳結合而產生甲烷。而硝酸還原成亞硝酸轉變成氨時，這些反應皆會使用到乙醇產生出來的氫氣，使得供應轉變成甲烷的氫氣不足(圖 9)，以達到抑制甲烷的功能 (Yoshii *et al.*, 2005)。Sanegkerdsub *et al.* (2006) 已證明各種硝基化合物皆可抑制雞盲腸內容物之甲烷產生量。

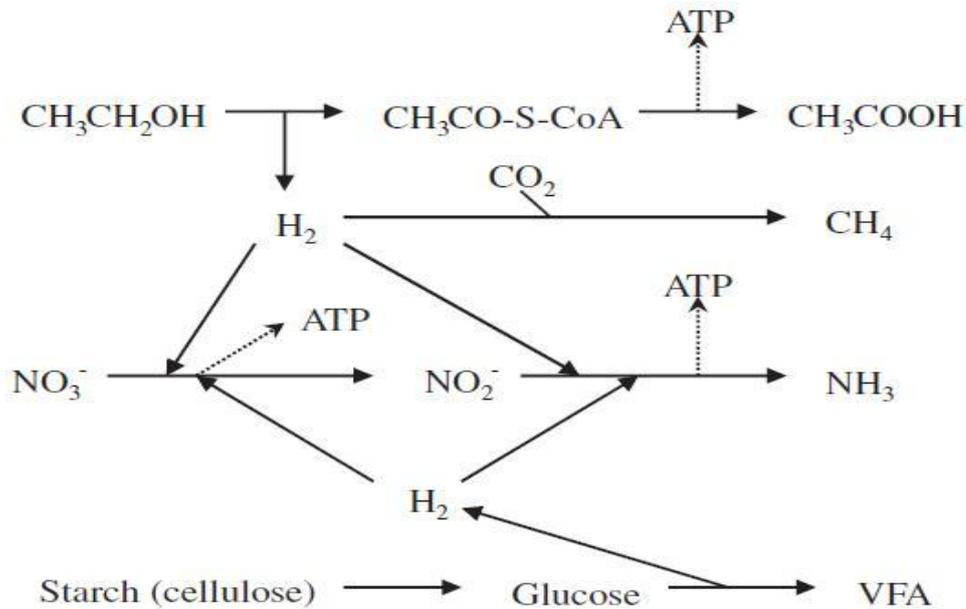


圖 9. 有關瘤胃微生物中乙醇的利用與硝酸鹽和亞硝酸鹽還原和甲烷生產之間可能性的關係。

Figure 9. Possible relationships among ethanol utilization, nitrate and nitrite reduction and methane production in the ruminal microbiota.

(Yoshii *et al.*, 2005)

## 2. 植物次級化合物 (plant secondary components)

### (1) 苜蓿 (*Medicago Sativa*) 及皂素 (saponins)

苜蓿是一種多年生豆科牧草，不但含有豐富的蛋白質、礦物質和維生素等重要營養成分，且 Cooney *et al.* (1948) 提到含有動物所需的胺基酸、微量元素等，其中苜蓿含有 2~3% 的皂素 (魏，2006)，皂素為一種高分子量之植物二次代謝產物，存在於許多植物中，樊等 (2008) 提出其結

構為五環三萜類之一，各種皂素結構如圖 10 所示。William *et al.* (1980) 提及皂素不易被哺乳動物消化吸收，能與膽固醇結合為不溶於水的複合物，減少腸道對膽固醇的吸收，因而具有降低血清中膽固醇含量的效果。已有許多報告指出皂素直接餵飼可降低綿羊甲烷產量 (Hess *et al.*, 2004; Santoso *et al.*, 2004; Pen *et al.*, 2007)。另外，陳等 (2013) 指出苜蓿具有破壞細胞蛋白及 DNA 結構來抑制癌細胞之能力及 Chen *et al.* (2014)，指出於餵飼含有苜蓿之飼糧給予土番鴨、菜鴨及白羅曼鵝可降低其甲烷產生量。



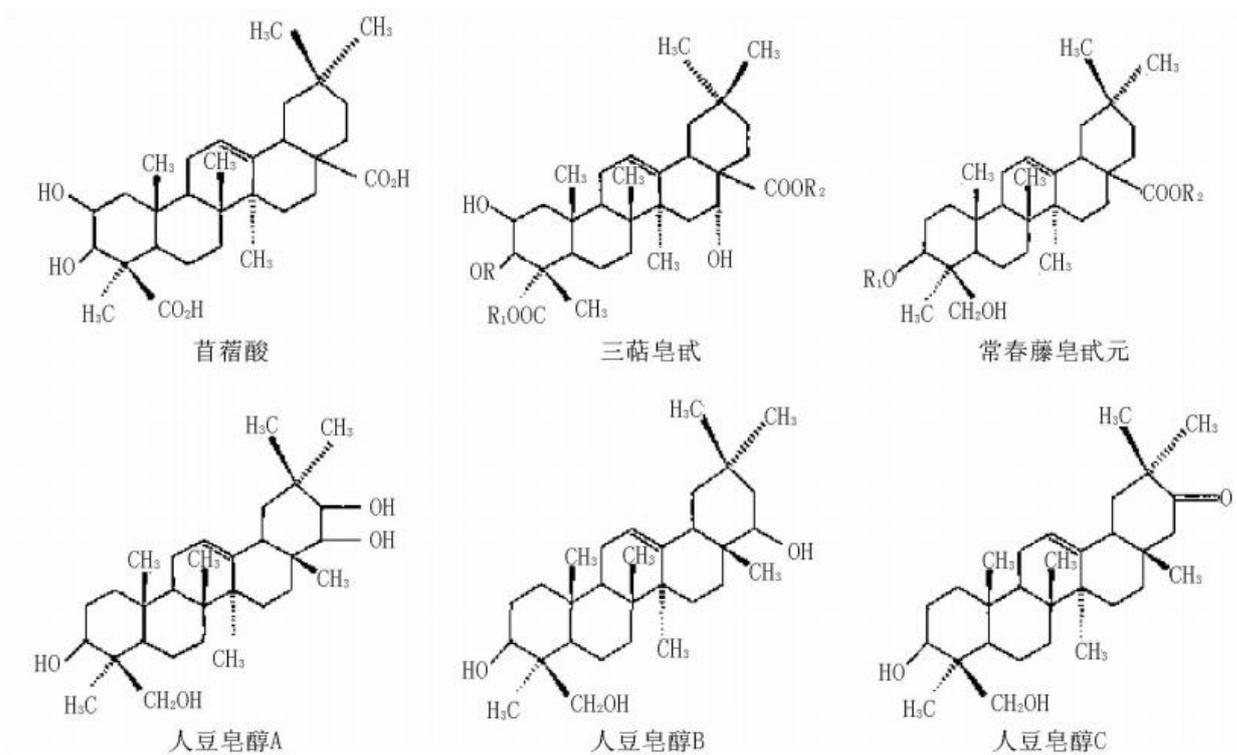


圖 10. 皂素之化學結構。

Figuer 10. Structure of saponins.

(樊等，2008)

## (2) 高粱酒糟 (sorghum distillery residue) 及單寧 (tannins)

高粱酒糟是釀造高粱酒所產生的副產物，其粗蛋白質含 20%、澱粉量 25%，主要作為家禽及家畜之飼料用(林和李，1992)。Awika and Rooney (2004) 指出高粱含有單寧、酚酸 (phenolic acids)、花青素 (anthocyanins) 等，其中約含有 0.3% 單寧 (李，2002)，屬於多酚化合物 (polyphenols) 之一，化學結構上分為縮合性單寧 (condensed tannin) 及水解性單寧 (hydrolysable tannin) 等兩類 (圖 11)，具有抗氧化之效果，並透過其他機制達到抗癌或保護心臟的功能 (Boone *et al.*, 1997; Lin and Liang, 2000)。劉等 (2014) 將單寧添加 40 g/(頭，日) 至飼料中以餵飼乳牛，具有抑制甲烷之作用，超等 (2012) 指出單寧具有具有抗菌、促生長、提高免疫力和抗氧化等功能。

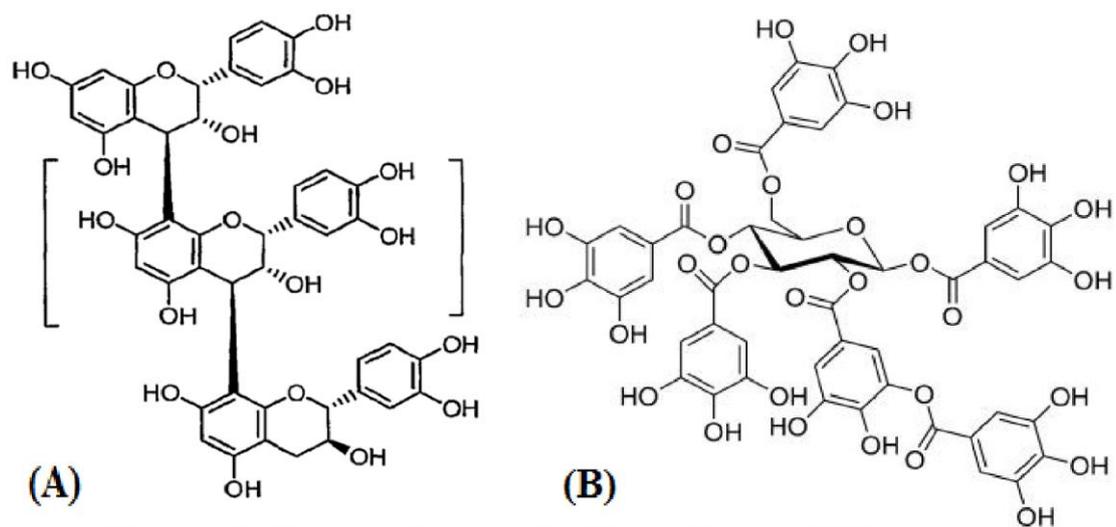


圖 11. 單寧之結構：(A) 縮合性單寧，(B) 水解性單寧。

Figuer 11. Structure of tannin: (A) Condensed tannin, (B) Hydrolysable tannin.

(Bravo, 1998; Haslam, 1996)

### 3. 抗生素：拉薩羅 (Lasalocid) 及孟寧素 (Monensin)

由於台灣土地資源有限，家禽飼養密度增加，飼養的隻數也日益龐大，導致許多傳染性疾病大量傳播，包括細菌、病毒及寄生蟲等，造成重大經濟損失(黃，2006)，其中寄生蟲疾病以球蟲最為嚴重，其一直無法被撲滅，常使用之球蟲藥分別為拉薩羅(Pressman and Fahim, 1982)及孟寧素(Agtarap *et al.*, 1967)，根據民國 95 年行政院農業委員會所發布之含藥物飼料添加物使用規範裡，分別推薦添加於雞飼料中劑量為 75-125 ppm 及 100-120 ppm 於預防雞球蟲病，且不可用於產蛋雞 (黃，2006)。已有報告指出使用瘤胃液添加孟寧素及拉薩羅之處理組具有降低甲烷產生之效果 (Varel and Hashimoto, 1982)。

### 4. 嗜甲烷菌 (Methanotrophic Bacteria THUA)

此次試驗使用一種東海大學環境科學與工程學系黃啟裕教授與畜產與生物科技學系羅能文教授所新發現嗜甲烷菌，透過東海大學畜牧場牛隻之瘤胃液篩選出來，其係屬於甲基單胞菌屬之新菌種，命名為 Methanotrophic Bacteria THUA，寄存於台灣食品工業發展研究所菌種寄存中心，寄存編號為 BCRC910627，寄存日為 2014 年 4 月 23 日。而該新穎嗜甲烷菌係具有利用環境中甲烷之能力，因而能用以降低環境中甲烷

之含量，達到減緩溫室效應以及改善環境污染之功效（經濟部智慧財產局，2015）。

## 七、測定家禽動物甲烷排放量之方法

### （一）動物試驗 (*in vivo*)

目前較方便測定家禽動物甲烷排放量之方法為需藉由使用動物呼吸室，此操作是以抽出呼吸室內的氣體並使用氣相層析儀 (gas chromatograph; GC) 檢測甲烷濃度 (陳，2003)，再經計算後所得之數值。其優缺點如下：

#### 1. 優點

可準確地測量到家禽動物所排放之甲烷量，其中包含所有腸道發酵所產生的甲烷。

#### 2. 缺點

- (1) 需要耗費大筆經費來建立呼吸室與維持設備及呼吸室正常功能。
- (2) 動物活動空間受到限制，僅限於呼吸室狹窄空間。
- (3) 由於呼吸室空間有限，故受測之動物隻數受到限制。

#### 3. 使用方法

此呼吸室除了進氣口與出氣口外，其餘地方皆為密閉狀態，藉由抽氣幫浦 (pump) 將內部空氣抽出並透過附屬

的設備將二氧化碳與水氣過濾之後，再將過濾完的空氣打回呼吸室內，形成對流(圖 12)。呼吸室內外都有裝設溫度及壓力感測器，內部壓力不到一大氣壓時，會打入氧氣調節。最後，設有空調可調整溫度使家禽動物於內時較舒適。由每個測定時間點從出氣口抽取樣品放置空氣取樣袋內，再用 GC 測定甲烷含量。



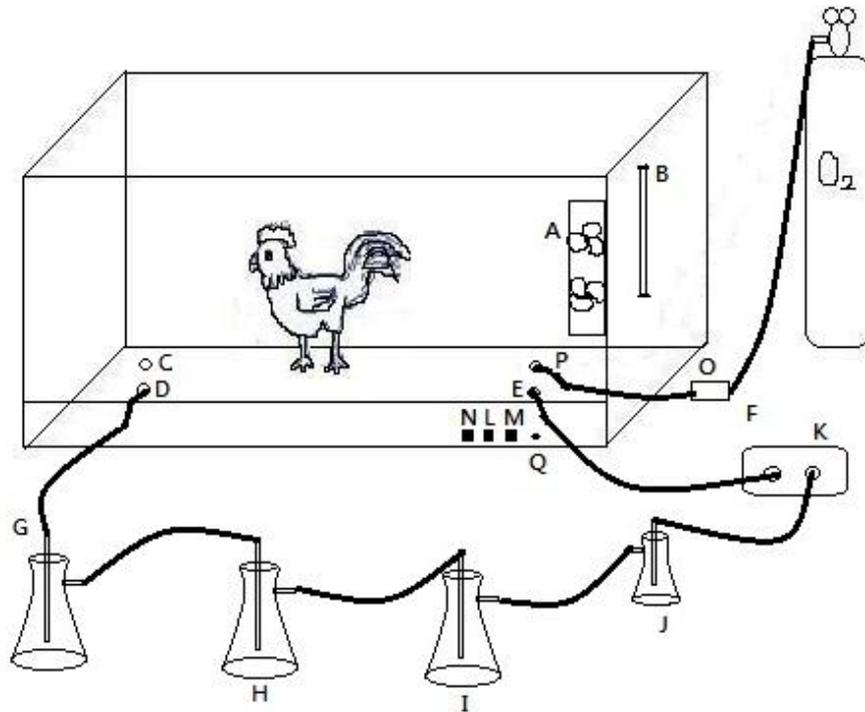


圖 12. 動物呼吸室及附屬之設備。

Figure 12. The animal respiration chamber and accessory equipment.

A. fan, B. light globe, C. sample outlet, D. circulation outlet,  
 E. circulation inlet, F. connected to oxygen tank, G. water trap  
 (with esiccant), H. flask containing KOH, I. water trap, J.  
 filtration train, K. pump, L. timer, M. thermometer, N. pressure  
 gauge, O. pressure sensor, P. inlet for oxygen, Q. power supply.

## (二) 試管法 (*in vitro*)

取家禽動物盲腸內容物放入 15 mL 血清瓶中，添加營養混合緩衝液 (Salvador *et al.*, 1993)，模擬家禽腸道環境，放置 38°C 培養箱中培養 0 及 4 小時 (Chen, 2009)，使用氣相層析儀檢測甲烷濃度，並使用酸鹼值測定器 (pH meter) 分析血清瓶內培養液之 pH 值。



## 伍、材料與方法

### 一、甲烷產生量之測定方式

#### (一)以試管法(*in vitro*) 之測定方法

試管法之建立與甲烷產生量測定之標準化。

##### 1. 試管法之設計

試管法是利用 15 mL 血清瓶模擬家禽腸道環境，將取得之家禽動物盲腸內容物放入瓶中，再添加營養混和緩衝液 (Salvador *et al.*, 1993; 表 7) 入內，使用封瓶器將血清瓶瓶蓋密封，並放置於 38°C 培養箱中培養 0 及 4 小時，並配合氣相層析儀 (gas chromatography, Trace GC Ultra, Thermo Co., 美國) 即可測出家禽盲腸內容物之甲烷產生量 (陳, 2003)。

表 7. 營養緩衝液之組成

Table 7. The composition of nutrient buffer

Component	g/l
NaHCO <sub>3</sub>	9.240
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7.125
NaCl	0.470
KCl	0.450
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.100
CaCl <sub>2</sub>	0.055
MgCl <sub>2</sub>	0.047
Urea	0.400
FeSO <sub>4</sub> (mg/l)	36.800
MnSO <sub>4</sub> (mg/l)	19.000
ZnSO <sub>4</sub> (mg/l)	4.400
CoCl <sub>2</sub> (mg/l)	1.200
CuSO <sub>4</sub> (mg/l)	0.980
Mo <sub>7</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> O <sub>24</sub> (mg/l)	0.174

資料來源：Salvador *et al* (1993).

## 2. 甲烷樣品之收集及測定

(1) 利用 GC 專用氣密針，插入瓶中抽取 0.5 mL，注入 GC 測定，抽完之樣品再以封口膜纏繞，並放入冷藏保存。

(2) 甲烷含量之測定方式參照動物呼吸室測定方式，則試管法計算方式如下：

$$(1) \text{CH}_4 (\text{ppm}) = 0.0005 \times \text{樣品尖峰面積} - 46.142。$$

$$(2) \text{CH}_4 (\text{mg}) = 1000 \times \text{反應瓶體積}(\text{m}^3) \times \text{ppm} \times (16/22.4) / \text{樣品重量}。$$

(3) 標準曲線如下(圖 13)：

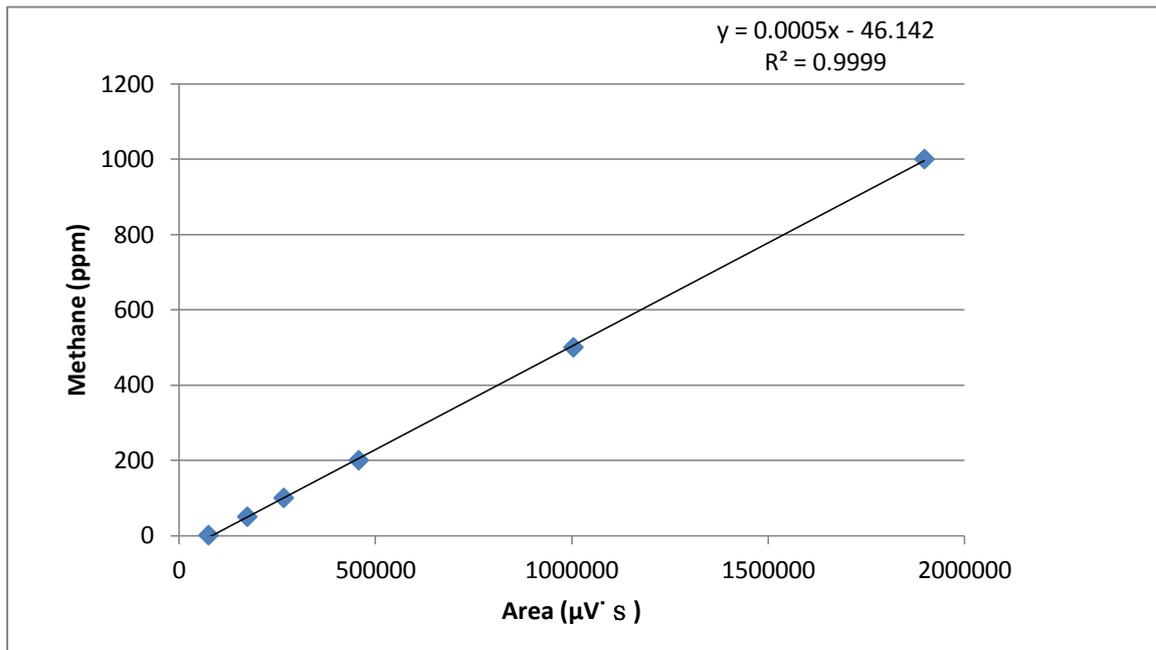


圖 13. 甲烷測定之標準曲線 (*in vitro*)。

Figure 13. The standard curve for validation of methane analysis (*in vitro*).

### 3. pH 值之樣品測定

使用酸鹼值測定儀(pH meter, PL-700, RBS)分析血清瓶

內培養液之 pH 值。

## (二)以動物呼吸室(*in vivo*)之測定方法

動物呼吸室之建立與甲烷排放量測定之標準化。

### 1. 動物呼吸室之設計

動物呼吸室又稱密閉式呼吸室 (respiratory chamber)，其

之設計概念主要是參考陳 (2003) 的研究報告，再加以修改調整。動物呼吸室之體積為  $60\text{ cm} \times 60\text{ cm} \times 90\text{ cm}$  (圖 14)，動物呼吸室之溫度維持於  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，外面配有管線與氧氣瓶 ( $\text{O}_2$ ) 連接，當動物呼吸室內之氣壓低於一大氣壓時，會經由壓力表 (press gauge) 偵測及補充氧氣以維持含氧量及壓力，動物呼吸室之空氣以幫浦 (pump) 輔助循環，而動物呼吸室內之二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 及水蒸氣 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 則分別以 10 N 氫氧化鉀 (KOH) 與乾燥劑 (氯化鈣) 吸收。

## 2. 甲烷樣品之收集及測定

1. 每隔 1 小時，以針筒從動物呼吸室之出氣口收集樣品，約收集 100 mL，並迅速注入空氣採樣袋中保存。
2. 使用 GC 氣相層析儀測定氣體樣品之甲烷含量。



圖 14. 動物呼吸室之外觀。

Figuer 14. The exterior appearances of respiration chamber.

A：出氣口；B：進氣口。

### 3. 測定條件

- (1) 設定該儀器烘箱溫度  $130^{\circ}\text{C}$ ，注入口 (injector) 溫度  $200^{\circ}\text{C}$ ，偵測器(detector)溫度  $200^{\circ}\text{C}$ 。
- (2) 設定帶動氣體 (carrier gas) 空氣壓力為  $5\text{ kg/cm}^2$ ，流速為  $5\text{ mL/min}$ 。
- (3) 設定氮氣 ( $\text{N}_2$ ) 壓力為  $4\text{ kg/cm}^2$ ，流速為  $5\text{ mL/min}$ 。
- (4) 設定氫氣 ( $\text{H}_2$ ) 壓力為  $2\text{ kg/cm}^2$ ，流速為  $5\text{ mL/min}$ 。
- (5) 管柱為 Rt® -Alumina BOND/ $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ， $30\text{ meter} \times 0.53\text{ mmID} \times 10\text{ }\mu\text{m df}$  (Restek Co.)

### 4. 步驟

- (1) 取高純度甲烷 ( $\text{CH}_4$ , 95.5%) 與氮氣 ( $\text{N}_2$ , 98.5%) 進行連續稀釋，稀釋方法為將等比例之  $\text{CH}_4$  與  $\text{N}_2$  抽取注入血清瓶中，配得 1000、500、200、100 及 1 ppm，取已知濃度之甲烷標準品 0.5 mL 注入 GC，經由儀器測定所得之面積積分與濃度進行回歸分析求得標準曲線，在由此標準曲線求得樣品中的甲烷濃度 (黃與王，2000；王等，2003)，並製作甲烷檢量線 (圖 15)。
- (2) 取氣體樣品 0.5 mL 注入 GC 已得尖峰面積。

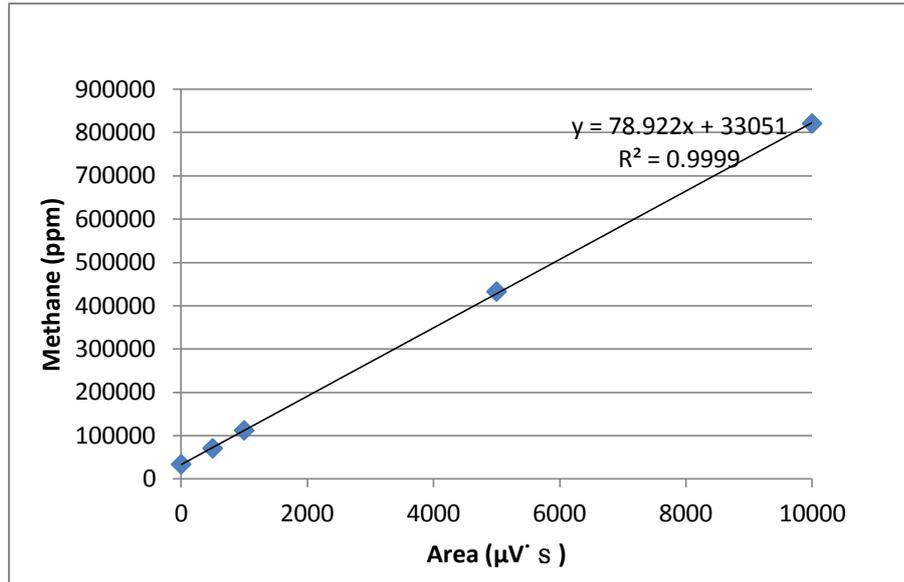


圖 15. 甲烷測定之標準曲線。(in vivo)

Figure 15. The standard curve for validation of methane analysis.

(in vivo)

## 5. 計算

$$(1) \text{CH}_4 (\text{ppm}) = 78.922 \times \text{樣品尖峰面積} + 33051$$

$$(2) \text{CH}_4 (\text{mg/kg BW}) = 1000 \times \text{動物呼吸室體積} (\text{m}^3) \times \text{ppm} \\ \times (16/22.4) / \text{雞隻體重} (\text{kg/BW})$$

## 二、動物試驗

(一)試驗一：添加皂素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷

排放量之影響

### 1. 樣品來源

本試驗所使用的盲腸取自台中肉品屠宰場，係經肥

育至 14 週齡屠宰之台灣雄黑羽土雞，逢機挑選內容物飽

滿之盲腸 10 條，放於保冷袋冷藏，迅速送回實驗室進行試驗。

## 2. 試驗樣品採集

將全部盲腸內容物擠出置於燒杯，並充分攪拌混合後，分裝至血清瓶中，玻璃瓶分成 7 個處理組；即對照組與分別 0.0125%、0.025%、0.05%、0.1%、0.20% 及 0.4% 之皂素處理組，茲將詳細步驟分述如下：

(1) 對照組：將 0.3 g 盲腸內容與 3.7 mL 之營養混合緩衝液(Salvador *et al.*, 1993) 放入血清瓶內，以塑膠塞(butyl rubber stopper) 塞住瓶口，並使用鋁蓋封口器將鋁環(aluminum clip) 密封，充填 100% CO<sub>2</sub> 進行厭氧培養，置於 38°C 培養箱，培養 4 小時，培養結束後添加 0.2 mL 之 10% HgCl<sub>2</sub> 停止細菌之活動，以密閉針筒(gas-tight syringe) 採取氣體測定甲烷之濃度（每個處理分成每一個時間點；即 0 與 4 小時，各有 3 重複樣品）。

(2) 皂素處理組：將 0.3 g 盲腸內容與 3.7 mL 之營養混合緩衝液(Salvador *et al.*, 1993) 放入血清瓶內，添加各種濃度之皂素液（分別為 0.0125、0.05、0.0625、0.12、

0.25 及 0.5%) 以塑膠塞(butyl rubber stopper) 塞住瓶口，並使用鋁蓋封口器將鋁環 (aluminum clip) 密封，充填 100% CO<sub>2</sub> 進行厭氧培養，置於 38°C 培養箱，培養 4 小時，培養結束後添加 0.2 mL 之 10% HgCl<sub>2</sub> 停止細菌之活動，以密閉針筒 (gas-tight syringe) 採取氣體測定甲烷之濃度。(每個處理分成每一個時間點；即 0 與 4 小時，各有 3 重複樣品)

3.另設置一空白試驗，除未添加盲腸之內容物外，並添加 3.7 mL 之營養混合緩衝液，其餘之步驟與上述 1 之處理方式相同。

## (二) 試驗二：添加單寧對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之影響

### 1. 樣品來源

同試驗一樣品來源，皆來自台中肉品屠宰場，係經肥育至 14 週齡屠宰之台灣雄黑羽土雞。

### 2. 試驗樣品採集

採集步驟與試驗一雷同，則處理組變為對照組與分別添加 0.5、1、1.5、2、2.5 及 3% 單寧處理組。

(三)試驗三：添加拉薩羅及孟寧素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之影響

1. 樣品來源

同試驗一樣品來源，皆來自台中肉品屠宰場，係經肥育至 14 週齡屠宰之台灣雄黑羽土雞。

2. 試驗樣品採集

採集步驟與試驗一雷同，則處理組變為對照組與分別添加拉薩羅 0.225 g 與 0.45 g 和孟寧素 0.3 g 和 0.6 g 及 0.225 g 拉薩羅加 0.3 g 孟寧素和 0.45 g 拉薩羅加 0.6 g 孟寧素處理組。

(四)試驗四：額外添加皂素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響

1. 試驗動物

本試驗所使用的動物為台灣彰化商業種雞場所孵化之台灣雄黑羽土雞 20 隻，飼養至 12 週齡開始進行動物呼吸室試驗，試驗基礎飼糧(代謝能／粗蛋白質； kcal/%) 1-4 週齡育雛期為 3260/22；5-9 週齡生長期為 3300/20；10-16 週齡肥育期為 3400/19；空白飼料為 3460/19，詳細為表 8。試驗期前逢機選取體重相近台灣雄黑羽土雞 3 隻，試驗期共 10 日，

其中，前 7 日為適應期，之後使試驗動物絕食 12 小時，再餵食 12 小時之後，進入動物呼吸室收集氣體樣品。

## 2. 飼養管理

試驗雞隻依一般管理方法飼養，採平飼，以粗糠為墊料，飼料與飲水任飲食。雞隻防疫依循坊間商業土雞場之防疫計畫，在育雛期，雞隻於 1 日齡馬立克疫苗 (Marek's Disease; MD) 注射，4 日齡時，以點眼方式接種新城病(Newcastle Disease; ND)+傳染性支氣管炎(Infectious Bronchitis; IB)弱毒疫苗；8 日齡時，以翼膜穿刺方式接種雞痘疫苗；16 及 21 日齡時，以點眼方式接種 ND+IB 強毒疫苗；並於 21 日齡時，以進行剪嘴；在 4 週齡前，以育雛傘保溫，之後廢溫。

表 8. 基礎飼糧之組成

Table 8. The composition of the experimental diet

Ingredients	Period			Laying feed
	Starter	Growth	Finishing	
Yellow corn	53	50	47	47
Soybeans meal , 44%	18.5	15	6	5
Full fat soybeanmeal	6	8	14.5	12
Broken rice	-	6	7	10
Fish meal, 60%	5	1.5	1	2.5
DDGS	4	7	8	10
Rapeseed meal	-	3	3	2
Wheat flour middling	4	-	3.5	-
Poultry byproduct meal	3	2	2	2.5
Soybean oil	1.5	-	-	1.5
Top white butter	-	2.5	3	2.5
Other	5	5	5	5
Total	100	100	100	100
Calculation value				
Crude protein, %	22	20	19	19
Crude fat, %	6	7.5	8.5	0.5
Calcium, %	0.94	0.87	0.87	3.30
Phosphorus(Available phosphorus),%	0.42	0.32	0.35	0.36
ME, kcal/kg	3260	3300	3400	3460
Lysine,%	1.35	1.2	1.2	1.1

DDGS: Distillers Dried Grains with Solubles.

### 3. 氣體取樣

將雞隻放入動物呼吸室中，於蓋上動物呼吸室上蓋後 30 分鐘，自出氣口以針筒抽取約 100 mL 之氣體樣品，並將樣品迅速置於空氣採樣袋中保存，以避免樣品氣體散失及被空氣稀釋，往後每隔 1 個小時再抽取氣體樣品，試驗時間共 8 個小時。

### 4. 試驗飼料配製

於商業飼料 (如表 8 蛋雞飼料) 中額外分別添加 0、1.5 及 3% 皂素並使用手攪拌飼料，當混合均勻後，餵飼於 32 週齡台灣雄黑羽土雞。

#### (五) 試驗五：額外添加苜蓿粉對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響

試驗飼料配製為於商業飼料(如表 8 蛋雞飼料)中額外分別添加 0、15 及 30% 苜蓿粉，餵飼於 32 週齡台灣雄黑羽土雞三日後進行檢測，此試驗之試驗動物、飼養管理及氣體取樣，同試驗四。

(六)試驗六：額外添加單寧對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量  
之影響

試驗飼料配製為於商業飼料(如表 7 蛋雞飼料)中額外分別添加 0、0.15 及 0.3% 單寧，餵飼於雞隻三日後進行檢測，此試驗之試驗動物、飼養管理及氣體取樣，同試驗四。

(七)試驗七：額外添加高粱酒糟對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響

試驗飼料配製為於商業飼料(如表 8 蛋雞飼料)中額外分別添加 0、10、20 及 30% 高粱酒糟，餵飼於 32 週齡台灣雄黑羽土雞三日後進行檢測，此試驗之試驗動物、飼養管理及氣體取樣，同試驗四。

(八)試驗八：額外添加拉薩羅對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響

試驗飼料配製為於商業飼料(如表 8 蛋雞飼料)中額外分別添加 0、75 及 125 ppm 拉薩羅，餵飼於 34 週齡台灣雄黑羽土雞三日後進行檢測，此試驗之試驗動物、飼養管理及氣體取樣，同試驗四。

(九)試驗九：額外添加孟寧素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量  
之影響

試驗飼料配製為於商業飼料(如表 8 蛋雞飼料)中額外分別添加 0、100 及 120 ppm 孟寧素，餵飼於 34 週齡台灣雄黑羽土雞三日後進行檢測，此試驗之試驗動物、飼養管理及氣體取樣，同試驗四。

三、嗜甲烷菌 (*Methylobacterium* THUA)試驗分析

(一)試驗 1：以試管法(*in vitro*)添加嗜甲烷菌於台灣雄雞盲腸內容物降解甲烷能力之影響

試驗方法：

取至台中肉品市場屠宰 14 週齡之台灣雄黑羽土雞盲腸內容物 20 隻擠至小燒杯均勻混合，取 0.3 g 盲腸內容物放入 15mL 血清瓶中，分為 3 處理組，3 重複，即對照組 (不添加嗜甲烷菌)、添加 100  $\mu$ L 之  $5 \times 10^5$  /mL 嗜甲烷菌與 100  $\mu$ L 之  $5 \times 10^6$  /mL 嗜甲烷菌，並添加 2.8 mL 混合營養緩衝溶液培養 24 小時，每 4 小時取出並注入 0.2 mL 氯化汞中止反應，以氣相分析儀(GC)之分析注射針筒取其氣體

檢驗甲烷產量。

(二) 試驗 2：不同餵食方式對台灣雄土雞甲烷累積排放量  
之影響(*in vivo*)

1. 試驗動物：31 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  
 $4.1 \pm 0.1$  kg，共 9 隻，分成任飼、絕飼及復飼處  
理組。

2. 試驗設計：

(1) 任飼狀態：試驗三隻雞隻皆於 24 小時下任食，  
直接進入呼吸室。

(2) 絕飼狀態：試驗三隻雞隻皆進行 12 小時絕  
食控制後，直接進入呼吸室。

(3) 復飼狀態：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並  
恢復供飼 12 小時後，直接進入呼吸室。

3. 檢測時間：取樣於雞隻放入呼吸室後 0、0.3、1、2、  
3 及 4 小時，每次取樣 50 mL，總檢測時間為 4 小  
時。

(三) 試驗 3：雞隻餵飼前後灌食低濃度嗜甲烷菌液對台灣

雄黑羽土雞腸道甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

1. 試驗動物：31 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  $4.2 \pm 0.1$  kg，共 9 隻，分成對照組、試驗 A 組及試驗 B 組。

2. 試驗設計：

(1) 對照組 (Control)：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供飼 12 小時後，直接進入呼吸室。

(2) 試驗 A (Trit A)：試驗三隻雞隻絕食 12 小時後餵食雞隻嗜甲烷菌並恢復供飼 12 小時之後，直接進入呼吸室。

(3) 試驗 B (Trit B)：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供飼 12 小時後，餵食雞隻嗜甲烷菌，直接進入呼吸室。

3. 嗜甲烷菌之劑量：各雞隻餵食 20 mL  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌。

4. 檢測時間同試驗 2。

(四) 試驗 4：盲腸注射嗜甲烷菌菌液對雞隻腸道甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

1. 試驗動物：34 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  $3.8 \pm 0.1$  kg，分成兩個處理組；即對照組（假手術）與試驗組（盲腸注射嗜甲烷菌株），每處理 3 隻，共使用 6 隻，分成對照組及試驗組。

2. 試驗方法：

(1) 對照組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供飼 12 小時後，進行盲腸注射嗜甲烷菌，先腹腔開創手數找出盲腸，各雞隻之每側盲腸分別注入 5 mL 之 0.9% 生理食鹽水後，迅速將傷口縫合，並直接進入呼吸室。

(2) 試驗組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供飼 12 小時後，進行盲腸注射嗜甲烷菌，先腹腔開創手數找出盲腸，各雞隻之每側盲腸分別注入 5 mL 之  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌後，迅速將傷口縫合，並直接進入呼吸室。

3. 嗜甲烷菌之劑量：各雞隻之每側盲腸注射 5 mL  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌。

4. 手術方法：使用陳 (2003) 盲腸切除手術法，先讓雞隻手術前禁食 8 小時，水採任飲，以布繩網綁固定於手術台，麻醉後使用酒精棉花及優碘於創口部位消毒，尋找並掏出盲腸注射嗜甲烷菌入內，止血縫合後進入動物呼吸室。

5. 檢測時間：取樣於雞隻放入呼吸室後 0、0.3、1、2、3、4、5 及 6 小時，每次取樣 50 mL，總檢測時間為 6 小時。

(五) 試驗 5：復食前灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

1. 試驗動物：37 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  $3.8 \pm 0.1$  kg，分成兩個處理組；即對照組 (Control)、復食前餵食嗜甲烷菌組 (Infusion methanotropic bacteria before refeeding)，每處理 3 隻，共 6 隻。

2. 試驗方法：

(1) 對照組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時後，分別灌食 20 mL 0.9% 生理食鹽水，再恢復供飼 12 小時後，並直接進入呼吸室。

(2) 試驗組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時後，分別灌食 20 mL 之  $10^9$  cells/mL 之嗜甲烷菌，再恢復供飼 12 小時後，並直接進入呼吸室。

3. 嗜甲烷菌之劑量：各雞隻灌食 20 mL 之  $10^9$  cells/mL 嗜甲烷菌。

4. 檢測時間：取樣於雞隻放入呼吸室後 0、0.3、1、2、3、4、5、6、7 及 8 小時，分別取樣 50 mL，試驗期間為 8 小時。

(六) 試驗 6：復食後灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

1. 試驗動物：37 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  $3.8 \pm 0.1$  kg，分成兩個處理組；即對照組(Control)、復食後餵食嗜甲烷菌組(Infusion methanotropic bacteria after refeeding)，每處理 3 隻，共 6 隻。

2. 試驗設計：

(1) 對照組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供飼 12 小時後，各雞隻分別餵食 20 mL 0.9% 生理食鹽水後，並直接進入呼吸室。

(2) 試驗組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時並恢復供

飼 12 小時後，各雞隻分別餵食 20 mL 之  $10^9$  cells/mL 之嗜甲烷菌後，並直接進入呼吸室。

3. 嗜甲烷菌之劑量：各雞隻餵食 20 mL 之  $10^9$  cells /mL 嗜甲烷菌。

4. 檢測時間同試驗 5。

(七) 試驗 7：餵食冷凍乾燥嗜甲烷菌粉對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

1. 試驗動物：43 週齡台灣雄黑羽土雞，平均體重為  $3.8 \pm 0.1$  kg，分成兩個處理組；即對照組 (Control) 與復食後餵食嗜甲烷菌組 (Infusion methanotrophic bacteria after refeeding)，每處理三隻，共 6 隻。

2. 試驗設計：

(1) 對照組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時，各雞隻分別餵食空白膠囊，再恢復供飼 12 小時後，並直接進入呼吸室。

(2) 試驗組：試驗三隻雞隻皆絕食 12 小時，各雞隻分別餵食 0.1g 之冷凍乾燥  $10^8$  cells /mL 嗜甲烷菌之嗜甲烷菌，再恢復供飼 12 小時後，並直接進入呼吸室。

3. 嗜甲烷菌之劑量：各雞隻餵食 0.1 g 之以  $2 \times 10^8$  cells /mL 冷凍乾燥後之嗜甲烷菌粉。
4. 檢測時間同試驗 5。

#### 四、統計分析

試驗之各項所得資料使用統計分析系統 (Statistical Analysis System ; SAS, 2014) 的套裝軟體，依 GLM (General Linear Models) 程序進行變方分析，並以最小平方平均值 (Least Squares Means) 估計並比較處理組間平均值的差異顯著性。

## 陸、結果與討論

### 一、苜蓿與皂素

試驗一添加皂素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之結果如表 9 所示。試管法培養液之 pH 值在培養 0 小時與 4 小時時間之下，皆無產生顯著變化，由此可推斷並非 pH 值去影響甲烷產量。對照組於 0 小時之甲烷濃度，與任何處理組無顯著差異，但是在培養 4 小時後，添加越多皂素之處理組，土雞盲腸甲烷產生量則下降越多 ( $P < 0.05$ )，對照組與其他處理組相比，分別下降 5%、9%、13%、36%、41% 及 46%，上述結果與 Holtshausen *et al.* (2009) 用乳牛瘤胃液添加皂素進行體外試驗培養甲烷產量下降之情況相似，即添加越多皂素處理組甲烷產量呈線性之下降關係，也有許多報告指出，在體外試驗中添加皂素可降低牛瘤胃液甲烷產量 (Hess *et al.*, 2003; Lila *et al.*, 2003; Pen *et al.*, 2006)，為證實皂素在台灣雄黑羽土雞體內是否有相同抑制甲烷產生之效果，故需以體內法進行試驗以闡明。

皂素體內法試驗，如試驗四所述，即將皂素直接添加於飼糧並餵飼給予雞隻食用三天後進入呼吸室測定其甲烷排放量。結果於表 10，從表顯示，對照組與處理組於 0-1 小時甲烷排放量無顯著差異，但試驗進行 2 小時後，有額外添加皂素之處理組，其甲烷排放量皆低於對照組，且達到顯著降低 ( $P < 0.05$ )，並隨著餵飼劑量濃度增加呈線性

關係下降，分別下降 36% 及 48%。試驗四與試驗一結果相似，即皂素均可減少台灣雄黑羽土雞盲腸內容物之甲烷排放量。反芻動物中也有報告指出，皂素直接餵飼 0.12% 可降低甲烷產生量(Hess *et al.*, 2004; Santoso *et al.*, 2004; Pen *et al.*, 2007)，但因皂素含量達 0.2% 時，會對雞隻生長產生不良影響 (Heywang and Bird, 1954)，故不能餵飼過多給予雞隻食用，其中包含皂素可抑制細胞代謝及腸道酵素活性等有關 (Pond and Maner, 1984)，所以皂素降低甲烷之原因可能是抑制細胞蛋白的改變。

由於崔等 (2007) 指出，苜蓿粉中內含 2~3% 之皂素。故本研究試驗五將苜蓿磨成粉末，添加到台灣雄黑羽土雞飼糧之中以證明苜蓿是否能降低雞隻所產生之甲烷，以體內法餵飼苜蓿粉對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之結果如表 11 所示，對照組與處理組於 0 小時無顯著差異，0.3 小時之後隨著時間的增長，餵飼不同含量苜蓿粉處理組與對照相比較，甲烷產生量皆具有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，並以添加苜蓿粉含量至 50% 處理組之甲烷產生量與對照組者相比，下降 59% 為最多。上述結果與廖 (2013) 餵飼台灣之荷蘭泌乳牛採食含 50% 苜蓿乾草，甲烷產生量下降 23% 及 Chen *et al.* (2014) 餵飼土番鴨、番鴨及白羅曼鵝含有 30% 苜蓿粉飼糧，甲烷產生量分別降低 66%、63% 及 95% 結果相似。添加苜蓿粉之處理組能減少動物腸道甲烷排放量的產

生。

Patra and Saxena (2009) 指出皂素可改變瘤胃內細菌數量及種類、及改變 VFA 濃度或組成及降低甲烷生成作用等，由於皂素體外法、體內法及苜蓿體內法均未測定微生物數量及 VFA，所以無法判斷皂素降低雞隻內容物甲烷排放量之機制，但在試管法培養液 pH 值方面，添加皂素處理組之組別與對照組相比並無顯著差異，由此推斷皂素並非改變雞隻盲腸內容物之酸鹼度，另外，苜蓿可降低台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之原因，可能其含有皂素有關，因皂素可破壞細胞蛋白(陳等，2013)，故推測可抑制甲烷生成菌代謝，至於真正原因仍須進一步探討。

表 9. 添加皂素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷產量之影響(*in vitro*)

Table 9. Effect of saponin on methane production of caecum content in Taiwan male black-feather native chickens (*in vitro*)

Saponin(%)	0 Hour		4 Hour	
	Methane ( $\mu$ g/g)	pH	Methane ( $\mu$ g/g)	pH
Control	43.08±4.46	7.42±0.04	324.56±3.52 <sup>a</sup>	7.36±0.03
0.0125	43.13±1.75	7.45±0.07	309.23±6.74 <sup>ab</sup>	7.34±0.01
0.0025	43.38±4.33	7.43±0.03	296.36±7.31 <sup>b</sup>	7.38±0.04
0.05	44.57±3.73	7.43±0.03	282.11±3.04 <sup>c</sup>	7.44±0.06
0.1	45.08±3.63	7.41±0.01	207.68±2.51 <sup>d</sup>	7.47±0.01
0.2	46.03±1.63	7.45±0.08	190.98±3.99 <sup>de</sup>	7.50±0.07
0.4	43.40±4.52	7.45±0.05	176.37±9.33 <sup>e</sup>	7.50±0.03
linear	NS	NS	**	NS
quadratic	NS	NS	NS	NS
cubic	NS	NS	NS	NS

<sup>a-e</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

表 10. 餵飼皂素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響(*in vivo*)

Table 10. The effect of saponin on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments			L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	Saponin 1.5%	Saponin 3%			
	----- Methane (mg/bird)-----					
0	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.040±0.001 <sup>b</sup>	0.035±0.001 <sup>b</sup>	0.030±0.001 <sup>b</sup>	***	NS	NS
1	0.069±0.002 <sup>c</sup>	0.056±0.002 <sup>c</sup>	0.049±0.002 <sup>c</sup>	***	NS	NS
2	0.181±0.001 <sup>dA</sup>	0.145±0.003 <sup>dB</sup>	0.116±0.001 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
3	0.308±0.003 <sup>eA</sup>	0.203±0.001 <sup>eB</sup>	0.164±0.001 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
4	0.384±0.003 <sup>fA</sup>	0.286±0.001 <sup>fB</sup>	0.236±0.002 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
5	0.443±0.004 <sup>gA</sup>	0.304±0.002 <sup>gB</sup>	0.249±0.001 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
6	0.500±0.003 <sup>gA</sup>	0.318±0.002 <sup>gB</sup>	0.261±0.003 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
L	***	***	***			
Q	NS	NS	NS			
C	NS	NS	NS			

<sup>a-g</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

表 11. 餵飼苜蓿粉對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響(*in vivo*)

Table 11. The effect of alfalfa meal on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments			L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	Alfalfa meal 25%	Alfalfa meal 50%			
	----- Methane (mg/bird) -----					
0	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.052±0.002 <sup>bA</sup>	0.048±0.002 <sup>bB</sup>	0.021±0.001 <sup>bC</sup>	***	NS	NS
1	0.116±0.008 <sup>cA</sup>	0.091±0.003 <sup>cB</sup>	0.028±0.008 <sup>cC</sup>	***	NS	NS
2	0.203±0.007 <sup>dA</sup>	0.161±0.006 <sup>dB</sup>	0.035±0.003 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
3	0.358±0.010 <sup>eA</sup>	0.307±0.012 <sup>eB</sup>	0.056±0.001 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
4	0.414±0.012 <sup>fA</sup>	0.254±0.013 <sup>fB</sup>	0.065±0.002 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
5	0.445±0.016 <sup>gA</sup>	0.398±0.012 <sup>gB</sup>	0.106±0.008 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
6	0.465±0.016 <sup>hA</sup>	0.415±0.008 <sup>hB</sup>	0.160±0.008 <sup>hC</sup>	***	NS	NS
7	0.479±0.004 <sup>iA</sup>	0.448±0.006 <sup>iB</sup>	0.194±0.003 <sup>iC</sup>	***	NS	NS
8	0.508±0.005 <sup>jA</sup>	0.465±0.007 <sup>jB</sup>	0.208±0.007 <sup>jC</sup>	***	NS	NS
L	***	***	***			
Q	***	***	***			
C	NS	NS	NS			

<sup>a-j</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

## 二、高粱酒糟與單寧

試驗二添加單寧對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之影響結果列如表 12。從表顯示對照組於 0 小時，與其他處理組無顯著差異，各處理組培養液之 pH 值在培養 0 小時與 4 小時情況下，亦皆無產生顯著變化，由此可推斷並非 pH 值去影響甲烷產量。甲烷產生量則於培養 4 小時後，添加越多單寧之處理組，土雞盲腸中甲烷產生量減少越多 ( $P < 0.05$ )，且隨添加劑量濃度增加呈線性關係下降，對照組與各處理組相比較，則分別下降 3%、5%、12%、17%、26% 及 33%，此結果與 Tan *et al.* (2011) 使用牛的瘤胃液添加單寧進行培養結果相似，添加越多單寧之處理組，牛瘤胃液甲烷產生量下降 63% 為最多，其他瘤胃動物的報告也有此現象產生，如綿羊(Waghorn *et al.*, 2002)、乳牛(Woodward *et al.*, 2002; 2004)、羊駝(Pinares-Patino *et al.*, 2003)及山羊(Puchala *et al.*, 2005)，由於以試管法證實單寧可降低台灣雄黑羽土雞之甲烷排放量，但台灣雄黑羽土雞為單胃動物，鮮有學者探討是否單寧也可降低台灣雄黑羽土雞甲烷排放量，故以體內法進行試驗。

單寧體內法試驗，如試驗六所述，即將單寧直接添加於飼糧之中並餵飼給予雞隻食用三天後，進入呼吸室測定其甲烷排放量，結果列於表 13 說明。從表 13 顯示，雞隻在呼吸室 0-1 小時期間對照組與添

加單寧處理組無顯著差異，但經過 2 小時後有額外添加單寧之處理組，其甲烷排放量皆低於對照組，且具有顯著差異( $P < 0.05$ )，並隨處理組濃度之增加而呈現線性關係下降，並與對照組相比，則甲烷排放量分別下降 38% 及 49%，上述結果與試驗二結果雷同，並與 Grainger *et al.* (2009) 將單寧直接餵飼於乳牛進行體內試驗分別抑制甲烷產生量 11% 及 28% 之結果相似，其亦指出，餵飼越高濃度的單寧，可減少瘤胃的甲烷產生量也越多。高粱酒糟中也含有單寧，其是否也會對台灣雄黑羽土雞腸道甲烷排放量具有下降之影響，故進行高粱酒糟體內試驗。

高粱酒糟體內試驗之描述如試驗七，給予土雞餵飼乾燥後高粱酒糟，將其送入動物呼吸室測定之結果如表 14。在 0-2 小時對照組與餵飼高粱酒糟處理組無任何顯著差異，於 3 小時後，餵飼越多量之高粱酒糟處理組降低甲烷產生量之效果越為顯著( $P < 0.05$ )，且隨著劑量濃度增加呈線性關係下降，上述與試驗二及試驗七結果雷同，推測此為餵飼高粱酒糟甲烷排放量降低之因素。

高粱酒糟含有各種多酚化合物，其中單寧具有抑制微生物的能力 (王，2014)，Wanapt *et al.* (2012) 指出單寧有兩種方式抑制甲烷：直接對產甲烷菌產生影響及直接減少飼料中氫的產生，而從試驗六確實證明單寧可抑制土雞盲腸之甲烷排放量，由表 13 可看出，單寧濃度越

高抑制動物體內甲烷產生量效果越高，但有文獻指出過多單寧會對動物生理造成不良影響，如影響反芻動物之消化率 (Hess *et al.*, 2006)。許 (2010) 指出，在商業飼料額外添加乾燥高粱酒糟添加量至 30% 時，雞隻之飼料效率將顯著降低。Woodward *et al.* (2004) 指出，餵飼泌乳牛百脈根(內含 2.62 % 縮合單寧)可降低泌乳牛甲烷排放量，此與本試驗有相似結果。陳等 (2001) 指出，在同熱能，等蛋白飼料中，乾燥高粱酒糟添加量可達到 30%，且對生長及肥育階段的台灣雄黑羽土雞紅血球相無負面影響，故高粱酒糟適當添加具有替代商業土雞飼糧原料的潛能。

由體內試驗中試驗五與試驗七的結果來看，含苜蓿粉飼糧與含高粱酒糟飼糧皆有降低雞隻腸道甲烷排放量的效果，因此上述將兩樣飼糧與對照組互相比較，結果如圖 16。首先，發現當試驗進行到 5~8 小時甲烷排放量逐漸呈平穩狀態。雞隻腸道的消化時間約為 4 小時，5 小時之後，腸道已將內容物排空，進而產生較少之甲烷排放量，此與 Imabayashi *et al.* (1956) 指出，餵飼雞隻 50% 指示劑排出量及 Jensen *et al.* (1963) 測定雞食糜通過消化道速率，為採食 4-5 小時之結果接近。

另外，抑制甲烷排放量方面，高粱酒糟與苜蓿粉兩組與對照組相比較之下具有顯著抑制能力( $P < 0.05$ )，甲烷排放速率分別下降 49%

與 54%，因而得到苜蓿粉具有比高粱酒糟還高的抑制甲烷能力，雖然苜蓿粉具有較高的抑制甲烷產生量能力，但添加過多會不利於家禽動物生長，而高粱酒糟已有報告指出(陳等，2001)，在同熱能，等蛋白，添加 30% 乾燥高粱酒糟對家禽雞隻無負面影響且有替代商業飼糧的潛能，而苜蓿添加量在家禽飼料不宜超過 10% (Kodras *et al*, 1951)，因此在添加量考量下，高粱酒糟會是比苜蓿具有較妥當的減緩台灣雄黑羽土雞甲烷排放量的飼料原料之一。另外，高粱酒糟係金門酒廠之大宗副產物，每日產量高達 300 公噸 (Lee *et al*, 2009)，若使用高粱酒糟替代一般商業土雞飼糧，既可減緩甲烷排放量，也可提高副產物之利用。

表 12. 添加單寧對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量之影響(*in vitro*)

Table 12. Effect of tannin on methane production of caecum content in Taiwan male black-feather native chickens (*in vitro*)

Tannin (%)	0 Hour		4 Hour	
	Methane ( $\mu$ g/g)	pH	Methane ( $\mu$ g/g)	pH
Control	45.66±2.98	7.42±0.04	312.89±11.19 <sup>a</sup>	7.37±0.05
0.5	46.06±5.66	7.44±0.02	302.64±0.01 <sup>ab</sup>	7.36±0.05
1	49.66±1.89	7.44±0.12	298.69±8.03 <sup>b</sup>	7.27±0.02
1.5	47.42±5.90	7.45±0.05	274.40±19.64 <sup>c</sup>	7.22±0.03
2	48.10±4.14	7.46±0.03	258.73±67.65 <sup>d</sup>	7.20±0.01
2.5	48.66±5.94	7.42±0.02	232.58±20.39 <sup>de</sup>	7.19±0.01
3	46.67±2.39	7.39±0.03	206.97±16.32 <sup>e</sup>	7.23±0.06
linear	NS	NS	**	NS
quadratic	NS	NS	NS	NS
cubic	NS	NS	NS	NS

<sup>a-e</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

表 13. 餵飼單寧對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

Table 13. The effect of tannin on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments			L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	Tannin 0.15%	Tannin 0.3%			
	----- Methane (mg/bird) -----					
0	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	0.018±0.003 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.054±0.001 <sup>b</sup>	0.045±0.001 <sup>b</sup>	0.028±0.001 <sup>bA</sup>	***	NS	NS
1	0.118±0.002 <sup>c</sup>	0.111±0.002 <sup>c</sup>	0.039±0.001 <sup>cA</sup>	***	NS	NS
2	0.252±0.001 <sup>dA</sup>	0.165±0.001 <sup>dB</sup>	0.116±0.003 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
3	0.372±0.004 <sup>eA</sup>	0.234±0.003 <sup>eB</sup>	0.162±0.001 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
4	0.448±0.003 <sup>fA</sup>	0.267±0.002 <sup>fB</sup>	0.229±0.002 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
5	0.500±0.007 <sup>gA</sup>	0.307±0.011 <sup>gB</sup>	0.244±0.002 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
6	0.504±0.004 <sup>gA</sup>	0.311±0.012 <sup>gB</sup>	0.255±0.002 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
L	***	***	***			
Q	NS	NS	NS			
C	NS	NS	NS			

<sup>a-g</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

表 14. 餵飼高粱酒糟對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

Table 14. The effect of SDR<sup>1</sup> on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments				L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	10%	20%	30%			
	----- Methane (mg/kg BW)-----						
0	0.019±0.001 <sup>a</sup>	0.019±0.001 <sup>a</sup>	0.019±0.001 <sup>a</sup>	0.019±0.001 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.056±0.002 <sup>b</sup>	0.058±0.006 <sup>b</sup>	0.057±0.006 <sup>b</sup>	0.059±0.006 <sup>b</sup>	NS	NS	NS
1	0.098±0.002 <sup>c</sup>	0.100±0.004 <sup>c</sup>	0.094±0.007 <sup>c</sup>	0.068±0.004 <sup>b</sup>	**	NS	NS
2	0.174±0.006 <sup>d</sup>	0.165±0.015 <sup>d</sup>	0.177±0.017 <sup>d</sup>	0.142±0.031 <sup>c</sup>	***	NS	NS
3	0.274±0.015 <sup>eA</sup>	0.295±0.011 <sup>eA</sup>	0.185±0.021 <sup>dC</sup>	0.180±0.007 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
4	0.332±0.013 <sup>fA</sup>	0.384±0.025 <sup>fA</sup>	0.189±0.042 <sup>dC</sup>	0.196±0.020 <sup>eC</sup>	**	NS	NS
5	0.430±0.013 <sup>gA</sup>	0.417±0.015 <sup>fA</sup>	0.198±0.007 <sup>eC</sup>	0.200±0.003 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
6	0.447±0.005 <sup>hA</sup>	0.418±0.012 <sup>fA</sup>	0.235±0.004 <sup>fC</sup>	0.205±0.011 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
7	0.448±0.009 <sup>hA</sup>	0.425±0.014 <sup>gA</sup>	0.256±0.010 <sup>gC</sup>	0.226±0.029 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
8	0.457±0.053 <sup>iA</sup>	0.460±0.019 <sup>hA</sup>	0.266±0.004 <sup>gC</sup>	0.232±0.006 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
L	***	***	***	***			
Q	**	NS	NS	NS			
C	NS	NS	NS	NS			

<sup>1</sup>SDR: sorghum distillery residue.

<sup>a-i</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

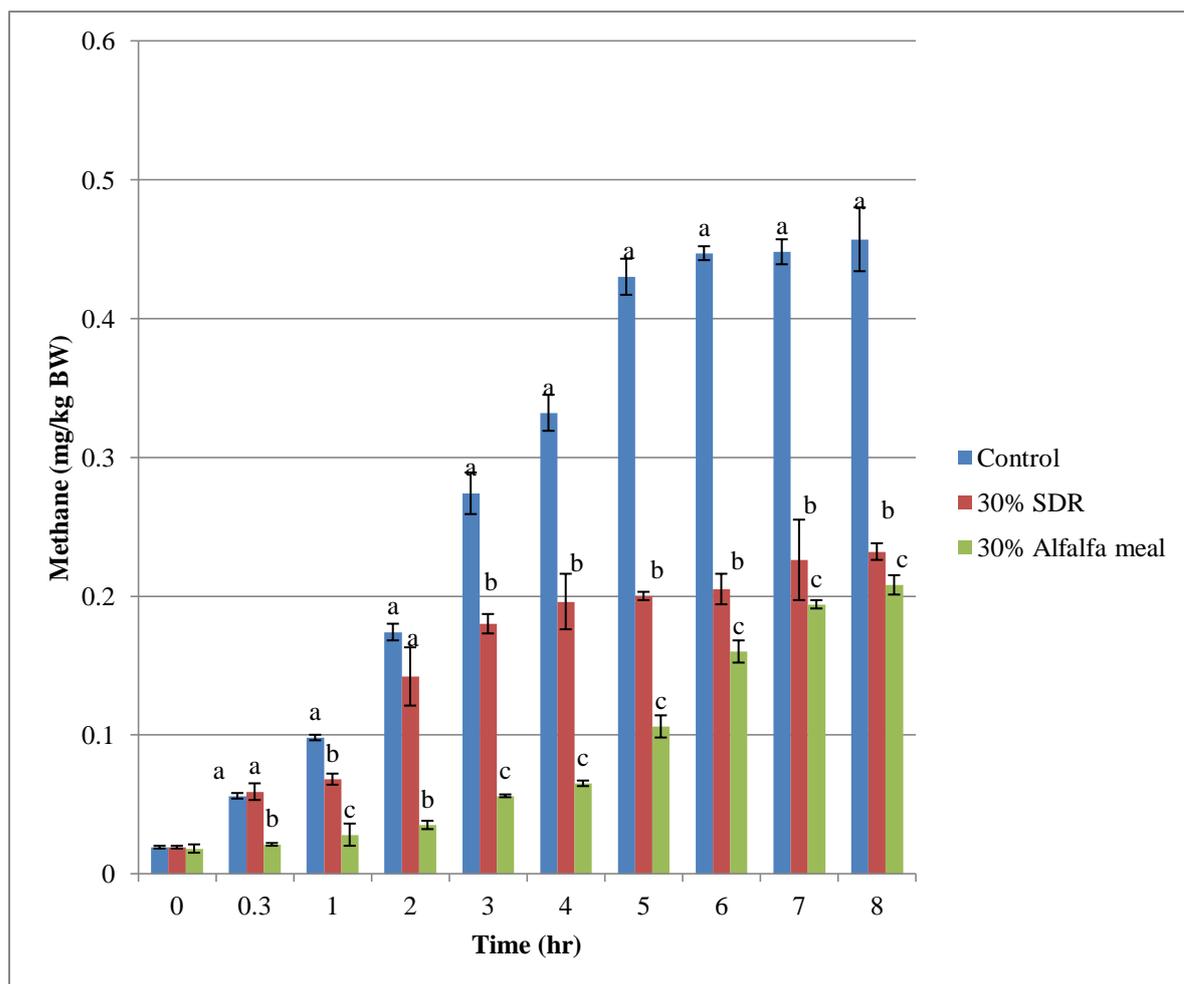


圖 16. 餵飼高粱酒糟與苜蓿對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之比較。(in vivo)

Figure 16. The comparison of SDR<sup>1</sup> and alfalfa meal on methane production in Taiwan male black-feather native chickens. (in vivo)

<sup>1</sup>SDR: sorghum distillery residue.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

### 三、抗生素：拉薩羅及孟寧素

試驗三添加拉薩羅及孟寧素對雞盲腸內容物甲烷產生量之結果於表 15 所示。試管法培養液之 pH 值在任何培養時間下皆無顯著差異，而甲烷產生量部份，在 0 小時培養下，各處理組與對照組並無任何顯著差異，而在 4 小時培養下，拉薩羅與孟寧素添加濃度越高與對照組相比有顯著的差異( $P < 0.05$ )，使用 75 ppm 與 125 ppm 之拉薩羅與 100 ppm 與 120 ppm 之孟寧素下，抑制甲烷產生量分別為 14%、38%、22% 及 55%，而當 75 ppm 與 125 ppm 之拉薩羅分別與 100 ppm 與 120 ppm 之孟寧素混合使用下，產生了加成效果；即抑制甲烷產生量效果增強，其抑制甲烷產量分別為 77% 及 95%，上述結果與 Varel and Hashimoto (1982) 使用瘤胃液添加孟寧素及拉薩羅之處理組進行培養可降低瘤胃液甲烷產生量結果雷同。

試驗八餵飼拉薩羅對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響結果如表 16，在動物呼吸室培養 0-0.3 小時之內，添加拉薩羅處理組與對照組相比較無顯著差異，而在 1-5 小時之下，只有添加 125 ppm 拉薩羅處理組與對照組有顯著差異 ( $P < 0.05$ )；在 6-8 小時之中則有添加拉薩羅處理組與對照組皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，且皆為隨著拉薩羅濃度增加而甲烷排放量呈線性關係下降，此與 Guan *et al.* (2006) 指出餵飼牛隻拉薩羅與孟寧素具有抑制甲烷生成的效果雷同。

試驗九餵飼孟寧素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響結果如表 17。在 0-2 小時，添加孟寧素處理組與對照組相比較無顯著差異，而 4 小時之下，只有 120 ppm 孟寧素與對照組有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，而 3 與 5-8 小時為有添加孟寧素處理組與對照組皆有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，且隨著濃度增加為線性關係下降，此結果與 Russell and Houlihan (2003) 之報告雷同，即有餵飼孟寧素飼糧的牛隻甲烷減少，其原因在於瘤胃中乙酸對丙酸之比例改變，使丙酸之產量增加，而造成之影響包括甲烷生成減少。但拉薩羅與孟寧素屬於抗生素之一，由於藥物殘留的問題，現在已經很少使用，且用於雞隻限制用範圍為 75 -125 ppm 與 100 -120 ppm (黃，2006)。

表 15. 添加拉薩羅及孟寧素對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷產量之  
影響(*in vitro*)

Table 15. Effect of lasalocid and monensin on on methane production of caecum content in Taiwan male black-feather native chickens (*in vitro*)

Item	0 Hour		4 Hour		Percentage of descent
	Methane ( $\mu$ g/g)	pH	Methane ( $\mu$ g/g)	pH	
Control	8.17±0.20	7.44±0.03	285.14±3.83 <sup>a</sup>	7.36±0.02	-
L <sub>1</sub> (1×)	8.03±0.10	7.31±0.09	243.59±39.76 <sup>b</sup>	7.21±0.04	14.6%
L <sub>2</sub> (2×)	8.00±0.22	7.24±0.06	174.56±21.96 <sup>c</sup>	7.14±0.03	38.78%
M <sub>1</sub> (1×)	8.11±0.31	7.30±0.03	222.33±4.14 <sup>d</sup>	7.36±0.03	22.03%
M <sub>2</sub> (2×)	8.37±0.19	7.25±0.04	127.80±16.68 <sup>e</sup>	7.36±0.06	55.18%
L <sub>1</sub> M <sub>1</sub> (1×)	8.22±0.22	7.27±0.03	63.68±18.19 <sup>f</sup>	7.27±0.05	77.67%
L <sub>2</sub> M <sub>2</sub> (2×)	8.16±0.27	7.14±0.03	11.43±8.00 <sup>g</sup>	7.11±0.04	95.99%

L<sub>1</sub>: 0.225 g lasalocid; L<sub>2</sub>: 0.45 g lasalocid; M<sub>1</sub>: 0.3 g monensin; M<sub>2</sub>: 0.6 g monensin; L<sub>1</sub>M<sub>1</sub>: 0.225 g lasalocid + 0.3 g monensin; L<sub>2</sub>M<sub>2</sub>: 0.45 g lasalocid + 0.6 g monensin.

<sup>a-g</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

表 16. 餵飼拉薩羅對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

Table 16. The effect of lasalocid on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments			L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	75 ppm	125 ppm			
----- Methane (mg/kg BW) -----						
0	0.023±0.003 <sup>a</sup>	0.033±0.003 <sup>a</sup>	0.023±0.003 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.071±0.003 <sup>b</sup>	0.84±0.010 <sup>b</sup>	0.082±0.003 <sup>b</sup>	NS	NS	NS
1	0.303±0.010 <sup>cA</sup>	0.309±0.012 <sup>cA</sup>	0.194±0.003 <sup>cC</sup>	*	NS	NS
2	0.476±0.015 <sup>dA</sup>	0.486±0.014 <sup>dA</sup>	0.303±0.021 <sup>dC</sup>	**	NS	NS
3	0.655±0.023 <sup>eA</sup>	0.593±0.016 <sup>eA</sup>	0.462±0.020 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
4	0.787±0.017 <sup>fA</sup>	0.808±0.008 <sup>fA</sup>	0.506±0.016 <sup>fC</sup>	**	NS	NS
5	0.872±0.028 <sup>gA</sup>	0.841±0.017 <sup>fgA</sup>	0.527±0.013 <sup>fgC</sup>	***	NS	NS
6	0.949±0.013 <sup>hA</sup>	0.850±0.011 <sup>fgB</sup>	0.533±0.016 <sup>fgC</sup>	***	NS	NS
7	1.003±0.032 <sup>iA</sup>	0.855±0.028 <sup>fgB</sup>	0.536±0.028 <sup>fgC</sup>	***	NS	NS
8	1.080±0.022 <sup>jA</sup>	0.890±0.037 <sup>gB</sup>	0.558±0.033 <sup>gC</sup>	***	NS	NS
L	***	***	***			
Q	**	**	***			
C	NS	NS	NS			

<sup>a-j</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

表 17. 餵飼孟寧素對台灣雄黑羽土雞甲烷排放量之影響 (*in vivo*)

Table 17. The effect of monensin on methane production in Taiwan male black-feather native chickens (*in vivo*)

Time (hr)	Treatments			L <sup>1</sup>	Q	C
	Control	100 ppm	120 ppm			
----- Methane (mg/kg BW) -----						
0	0.022±0.001 <sup>a</sup>	0.022±0.001 <sup>a</sup>	0.022±0.001 <sup>a</sup>	NS	NS	NS
0.3	0.056±0.002 <sup>b</sup>	0.098±0.012 <sup>b</sup>	0.043±0.001 <sup>b</sup>	NS	NS	NS
1	0.098±0.002 <sup>c</sup>	0.121±0.006 <sup>b</sup>	0.100±0.007 <sup>c</sup>	NS	NS	NS
2	0.174±0.006 <sup>d</sup>	0.185±0.013 <sup>c</sup>	0.210±0.025 <sup>c</sup>	NS	NS	NS
3	0.293±0.022 <sup>eA</sup>	0.274±0.015 <sup>dB</sup>	0.231±0.018 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
4	0.332±0.013 <sup>fA</sup>	0.333±0.015 <sup>eA</sup>	0.234±0.011 <sup>dB</sup>	***	NS	NS
5	0.430±0.013 <sup>gA</sup>	0.350±0.009 <sup>eB</sup>	0.242±0.020 <sup>dC</sup>	***	NS	NS
6	0.447±0.005 <sup>hA</sup>	0.353±0.021 <sup>eB</sup>	0.260±0.019 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
7	0.448±0.009 <sup>hA</sup>	0.388±0.020 <sup>fB</sup>	0.277±0.018 <sup>eC</sup>	***	NS	NS
8	0.457±0.053 <sup>iA</sup>	0.418±0.019 <sup>gB</sup>	0.304±0.022 <sup>fC</sup>	***	NS	NS
L	**	**	**			
Q	**	**	**			
C	NS	NS	NS			

Control: Fasting 8 hour, after refeeding 8 hours.

<sup>a-i</sup> Means within the same column without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A, B, C</sup> Means within the same row without the same superscript differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>L: Linear; Q: Quadratic; C: Cubic.

#### 四、嗜甲烷菌(Methanotrophic Bacteria)

##### (一) 試驗 1：以試管法(*in vitro*)添加嗜甲烷菌於台灣雄黑羽土

##### 雞盲腸內容物對降解甲烷能力之影響

試管法(*in vitro*)證實，嗜甲烷菌株 *Methylomonas* sp. THUA 在雞盲腸體外試驗培養到 12 小時後，添加嗜甲烷菌( $5 \times 10^5$  及  $5 \times 10^6$ ) 組別與對照組比較均有顯著降低甲烷產生量的效果( $P < 0.05$ )，但添加不同濃度嗜甲烷菌在培養 16~24 小時下雞盲腸內容物之甲烷產生量各處理組間無顯著差異(圖 17)，由於盲腸內各種微生物菌數為  $10^9$  (陳等，1998)，可能所添加嗜甲烷菌數過低，導致無法與其他菌群有競爭優勢。另外，經過長時間的培養雞盲腸內容物所產生之嗜甲烷菌可利用產物已用盡，導致甲烷產量無太大改變。

##### (二) 試驗 2：不同餵食方式對台灣雄土雞甲烷累積排放量之影響(*in vivo*)

測定不同餵飼方式對台灣雄土雞甲烷累積排放量，以絕食後復飼處理組之雞隻具有最高的累積甲烷排放量，其次為任飼處理組，而絕食處理組則為最低( $P < 0.05$ ) (圖 18)，推測原因可能絕食狀態雞隻盲腸內無可發酵物質導致甲烷排放量處於最低含量，但對復飼處理雞隻，則因其先經絕食過後盲

腸已排空，而當恢復餵飼時，可能會有大量的腸道內容物進入盲腸發酵，而甲烷生成菌可利用發酵產物，如甲酸轉換產生甲烷。另外，任飼處理組雞隻可能腸道內容物進入盲腸的量少，而導致盲腸內容物重量較復食處理組者為少，故其與復飼狀態相比，則有較低的累積甲烷排放量。因此，雞置於動物呼吸室試驗，為了得到最高甲烷排放量，故以復飼狀態來進行。

### (三) 試驗 3：雞隻餵飼前後灌食低濃度嗜甲烷菌液對其腸道甲烷排放量之影響

經由嗜甲烷菌之試驗二結果顯示，於復飼狀態下具有最高甲烷產生量，故將雞隻經絕食後，再恢復供飼狀態下進行試驗，於餵飼前或後之不同時間點下灌食  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌，發現處理組灌食前(B)及灌食後(A)雞隻之甲烷累積排放量均顯著高於對照組( $P < 0.05$ ) (圖 19)。此顯示，灌食嗜甲烷菌不能降低雞隻甲烷之排放量，推測原因如下：1.可能與砂囊 pH 值太低有關，根據之前之試驗得到嗜甲烷菌之適應環境為 pH 5.5-6.4 (未發表)，故推測其無法承受酸性環境，故當嗜甲烷菌經過家禽砂囊 (pH 4.82-4.98)、腺胃 (pH 3.12-3.78) (Nir *et al.* 2006) 時，可能有部分的嗜甲烷菌已被胃酸破壞，導致進入雞

隻盲腸之嗜甲烷菌數量過低。2.為灌食嗜甲烷菌並非完全進入盲腸，邱 (1977) 指出，雞小腸內容物僅有 6-10% 進入盲腸。3.植入總菌數量低，陳等(1998)指出，家禽腸道內之微生物菌數多為  $10^9$ ，故  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌可能無法與家禽腸道內菌群競爭；另外，也可能因檢測時間過短，使嗜甲烷菌尚未適應環境，而無法看到預期的效果。因此，得先排除出砂囊酸性環境的影響及提高嗜甲烷菌之濃度到達  $10^9$  為目標。

#### (四)試驗 4：盲腸注射嗜甲烷菌菌液對雞隻腸道甲烷排放量之影響

在嗜甲烷菌之試驗 3 砂囊酸性環境可能導致嗜甲烷菌無法耐過雞隻腸道環境之低 pH 值，而無法降低甲烷，因此試驗 4 進行手術，以嗜甲烷菌注入盲腸，直接注射  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌於雞隻盲腸內並拉長檢測時間至 6 小時，結果發現在 4 小時前，並無顯著差異，而在 5 到 6 小時之下，試驗組與對照組相比均具有較低之甲烷排放量 (圖 20)。處理組雞隻要在試驗進行後 5-6 小時，才顯現嗜甲烷菌抑制雞腸道甲烷排放量，此可能因直接注射嗜甲烷菌至盲腸之中，在試驗開始嗜甲烷菌 尚未適應盲腸之環境；此符合嗜甲烷菌之試驗 3 之推論，致使抑制甲烷產生量之效果需至 5 -6 小時才有顯著差異( $P <$

0.05)，可證明砂囊之低 pH 值環境確實會影響嗜甲烷菌在腸道之生存。雖雞隻個別體重有個體差異因而會導致甲烷產生量受到影響，故換算成相對體重甲烷產生量可排除體重因素所造成之誤差，由圖 21 顯示，盲腸注射嗜甲烷菌處理組亦具有抑制甲烷產生量之效果。

(五)試驗 5 復食前灌食高濃度嗜甲烷菌液及試驗 6 復食後灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響

為探討灌食高濃度嗜甲烷菌液是否可對雞隻腸道微生物甲烷排放量具有抑制效果，利用離心濃縮處理 (6,000 rpm/5s) 提高含嗜甲烷菌培養液濃度達到  $10^9$  cells/mL。復食前與復食後灌食高濃度嗜甲烷菌液對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響繪示於圖 22-25，其中圖 22 與 24 係以每隻為單位之甲烷排放量，而圖 23 與 25 相對體重為單位甲烷產生量，結果顯示，不論是復飼前或復飼後試驗組在試驗後 1 小時後皆比對照組有較低之每隻與相對體重之雞隻累積甲烷排放量 ( $P < 0.05$ )，此結果與試驗 4 灌食嗜甲烷菌於 5-6 小時才有抑制甲烷生成量效果相比，則時間差異大，其可能原因如下，一、雞隻腸道內微生物菌群大部分為  $10^9$  cells/mL，而試驗 4 之嗜甲烷菌培養液為  $10^8$  cells/mL，導致嗜甲烷菌無法與其他菌群競爭，

當試驗 5 與試驗 6 將培養液菌數濃度提高為  $10^9$  cells/mL 後，使嗜甲烷菌開始有競爭力。二、腸道 pH 值之調整快速，因嗜甲烷菌培養液 pH 值為 5.5，而 Farmer (1942) 指出盲腸 pH 值為 5.75-6.04，故可能口服灌入嗜甲烷菌培養液經砂囊與小腸後，再進入盲腸已調整至適宜之 pH 值。另外，手術是否影響腸道代謝，亦有待進一步探討。復飼前灌食高濃度嗜甲烷菌液處理組與對照組相比，不論是每隻雞隻 (圖 22) 與相對體重 (圖 23) 為基礎之抑制甲烷累積排放量皆可達 30%。復飼後之每隻雞隻 (圖 24) 與相對體重 (圖 25) 為基礎之抑制甲烷累積排放量皆可達 47%。證明口服  $10^9$  cells/mL 之嗜甲烷菌可提升在雞隻腸道菌群中的競爭力，因此與試驗 4 結果相比，則具有較好的抑制甲烷排放量之效果。

#### (六) 試驗 7：餵食冷凍乾燥嗜甲烷菌粉對雞隻腸道微生物甲烷排放量之影響

為了讓嗜甲烷菌應用於畜產動物實際生活上進而降低甲烷之排放，且具有利用之價值，需把嗜甲烷菌製成粉末以利於添加並混合飼料，故利用冷凍乾燥技術將 2 L  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌培養液濃縮成 0.3 g 之粉末，並裝入膠囊內分成 3 粒 (0.1g/粒) 之冷凍乾燥之嗜甲烷菌粉末給雞隻口服，結果顯示，

餵食冷凍乾燥嗜甲烷菌粉處理組各時間點雞隻體內累積甲烷排放量，在試驗開始後 1、2、3、4、5、6、7 與 8 小時均顯著較對照組為低( $P < 0.05$ )，此亦顯示，經過膠囊包覆後，可確保冷凍乾燥後之嗜甲烷菌粉通過砂囊之酸性環境，並進入盲腸，並對甲烷排放量具有顯著抑制作用，進而降低雞隻甲烷累積排放量，不論是以每隻雞隻 (圖 26)或以相對體重為基礎(圖 27)之抑制甲烷累積排放量皆可達 45%。

#### (七) 相同濃度嗜甲烷菌用不同方式投予雞隻之比較

試驗 3 的結果(圖 19)顯示，讓雞隻直接灌食  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌，因直接經過家禽砂囊時，部分嗜甲烷菌可能被胃酸破壞，導致進入雞隻盲腸之嗜甲烷菌數量過低，而沒產生抑制甲烷產生量之效果，因此顯現出添加嗜甲烷菌處理組與對照組比較，其甲烷排放量顯著較高( $P < 0.05$ ) (圖 19)，因而進行試驗 4，直接將  $10^8$  cells/mL 之嗜甲烷菌以手術的方式注入雞隻盲腸之中，並在 5 小時之後產生顯著抑制的能力 ( $P < 0.05$ )，證實砂囊之環境會影響到嗜甲烷菌的生存，於 6 小時之下以相對體重來看，嗜甲烷菌處理組與對照組比較抑制累積甲烷排放量 10%(圖 21)，而試驗 7，使用  $10^8$  cells/mL 冷凍乾燥粉末之嗜甲烷菌，裝入膠囊後直接餵飼給予雞隻，於試驗開始 1 小

時之後至 8 小時，累積甲烷排放量皆顯著低於對照組 ( $P < 0.05$ )，此也顯示經過膠囊包覆後可有效幫助嗜甲烷菌通過砂囊並進入盲腸內作用，以相對體重計算時，於 6 小時之時可抑制 40%，到 8 小時之下抑制累積甲烷排放量可達 45%，與試驗 4 相比具有更好的抑制能力，試驗 4 與試驗 7 的差異於試驗 4 是直接將嗜甲烷菌注入盲腸，雖然讓嗜甲烷菌不被砂囊之酸性環境影響，但因嗜甲烷菌需時間適應盲腸的時間減少，才會到 5-6 小時才開始抑制甲烷產生量作用，可能因試驗時間只測定到 6 小時，故可能嗜甲烷菌尚未展現抑制能力，才只得到抑制累積甲烷排放量 10% 之數據，而試驗 7 因嗜甲烷菌被膠囊包覆後，順利進入雞隻盲腸中，也增加適應腸道的時間，另外，冷凍乾燥粉末所使用之嗜甲烷菌菌數較多，因此從 1 小時開始就具有抑制累積甲烷排放量之能力 (圖 27)。

##### 五、 全台雞隻甲烷排放量

目前台灣在 2013 年白肉雞、有色雞及蛋雞相加就產生約 404 噸的腸道甲烷排放量，若以上述各體內法試驗所得之結果來推估之下，即可將所有種類之雞隻所產生之甲烷排放量下降將近 45-59%，每年台灣就可減少將近 181-265 噸之甲烷排放量，可降低對地球溫室氣體甲烷的產量。

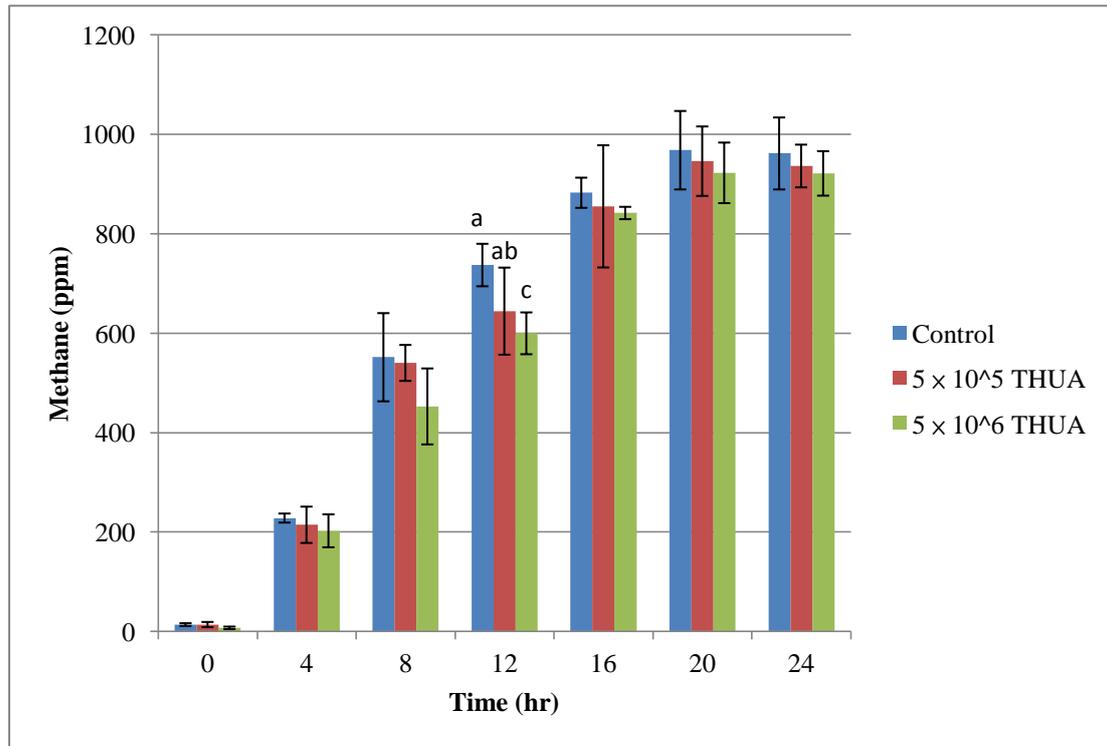


圖 17. 添加嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷降解之影響。

Figure. 17. Effect of methane degradation to add methanotrophic bacteria in Taiwan male black-feather native chickens cacum content (*in vitro*).

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

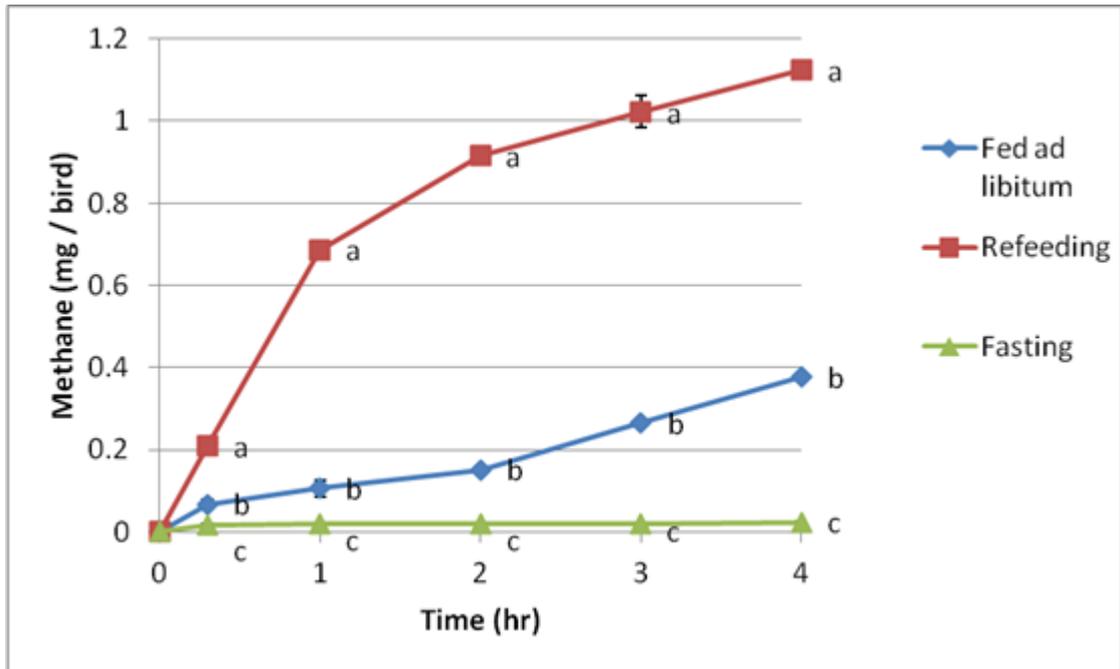


圖 18. 不同飼養方式雞隻在呼吸室內於 4 小時累積甲烷排放量。

Figure. 18. Accumulative methane emissions on of chicken different feeding methods in respiration chamber during 4 hours period.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

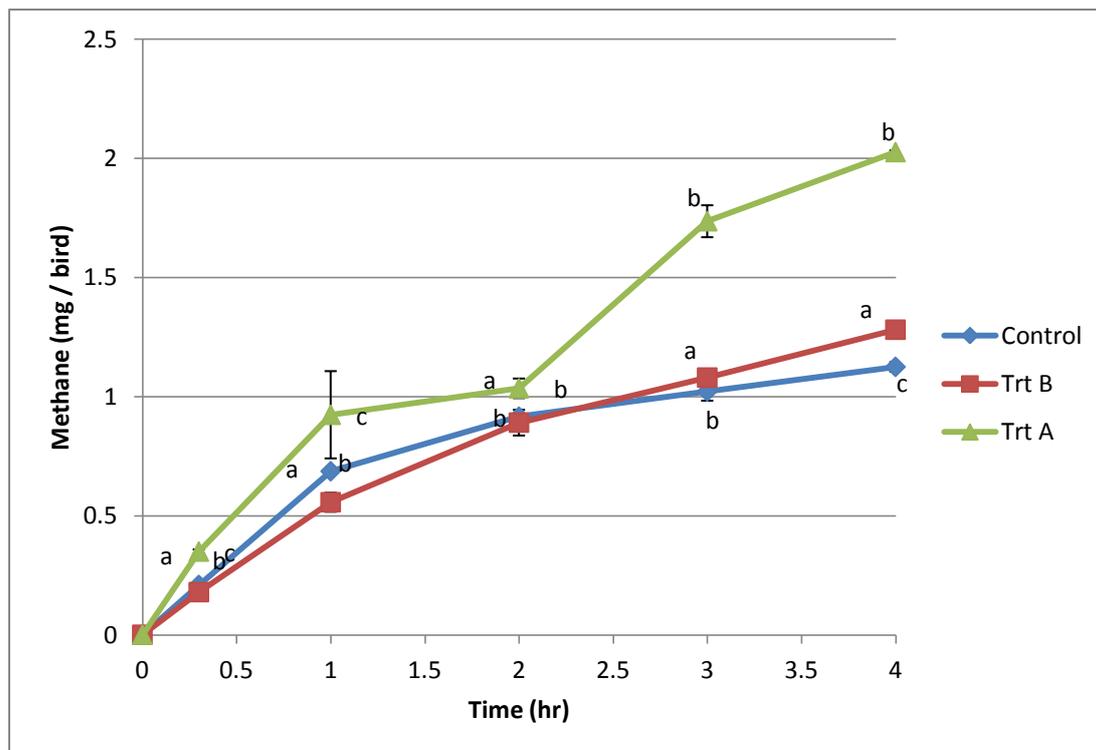


圖 19. 不同時間餵飼嗜甲烷菌對雞隻於 4 小時累積甲烷排放量之影響。

Figure. 19. Effect of dietary methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions of chickens with different feeding method during 4 hours period.

Control: Fasting 12 hour and refeeding 12 hour.

Trt B: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria before refeeding 12 hours.

Trt A: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria after refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria concentrations: 20 mL  $10^8$  cells /mL.

<sup>a, b, c</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

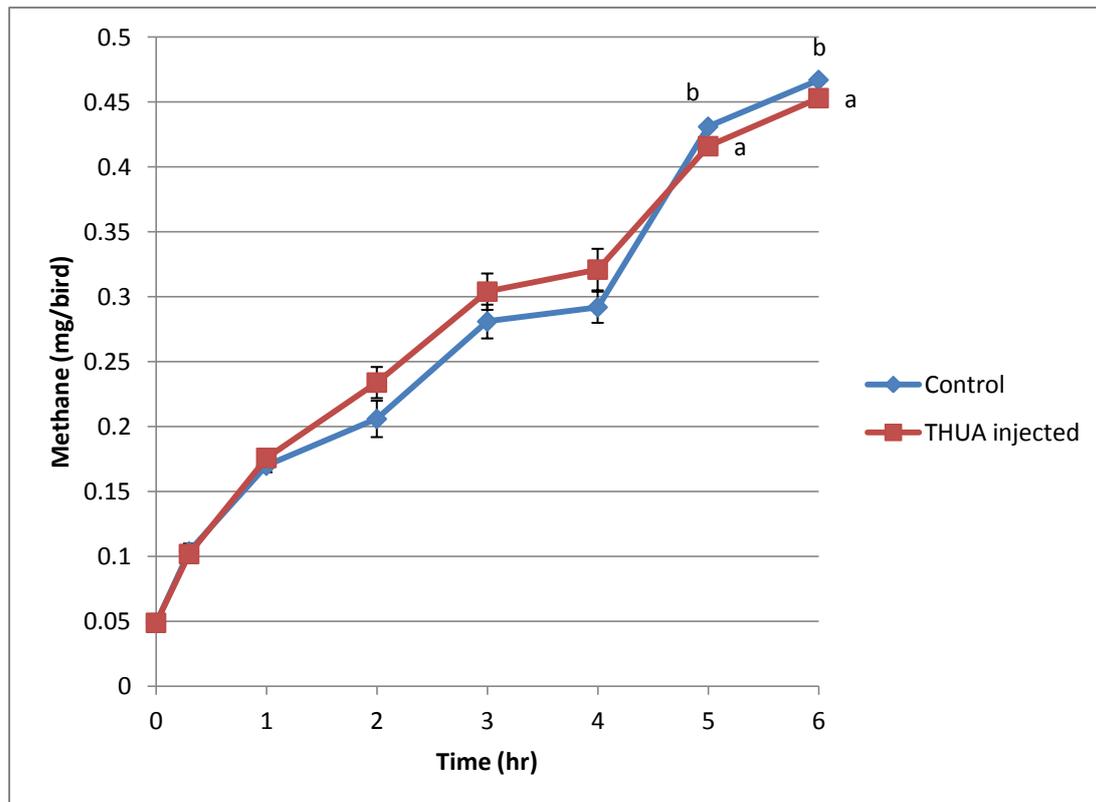


圖 20. 注射嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 6 小時間累積甲烷排放量之影響(以隻為單位)。

Figure. 20. Effect of methanotrophic bacteria injection on accumulative methane emissions of ceca in Taiwan male black-feather native chickens during 6 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Methanotrophic bacteria concentrations:  $10^8$  cells /mL.

<sup>a,b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

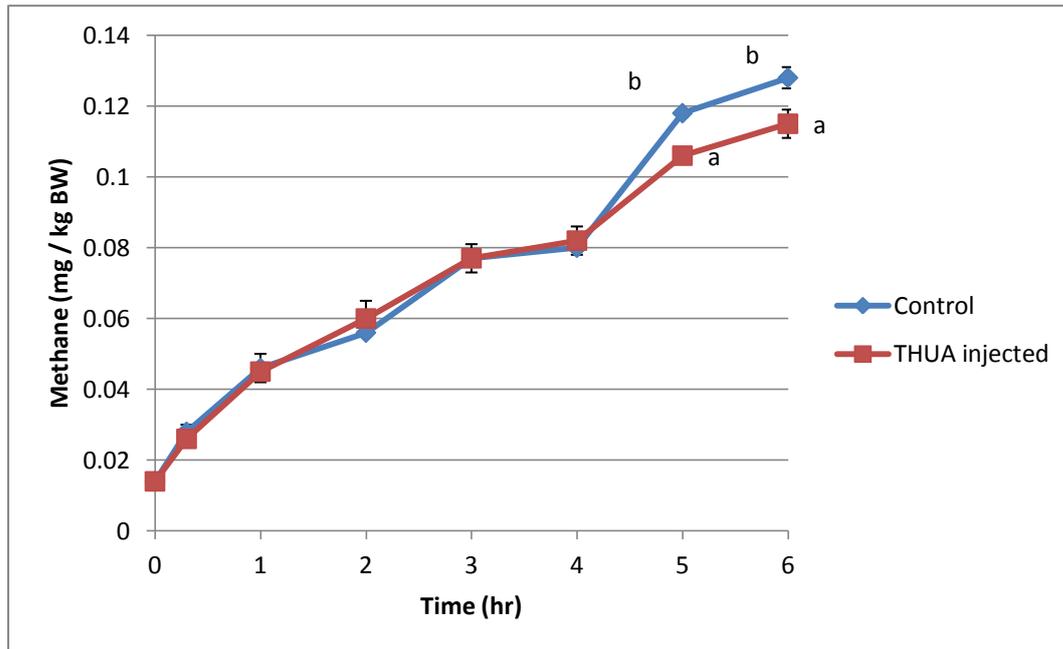


圖 21. 注射嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 6 小時間累積甲烷排放量之影響(以公斤體重為單位)。

Figure. 21. Effect of methanotropic bacteria injection on accumulative methane emissions of ceca in Taiwan male black-feather native chickens during 6 hours period.

THUA: Methanotropic bacteria THUA.

Methanotropic bacteria concentrations:  $10^8$  cells /mL.

<sup>a,b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

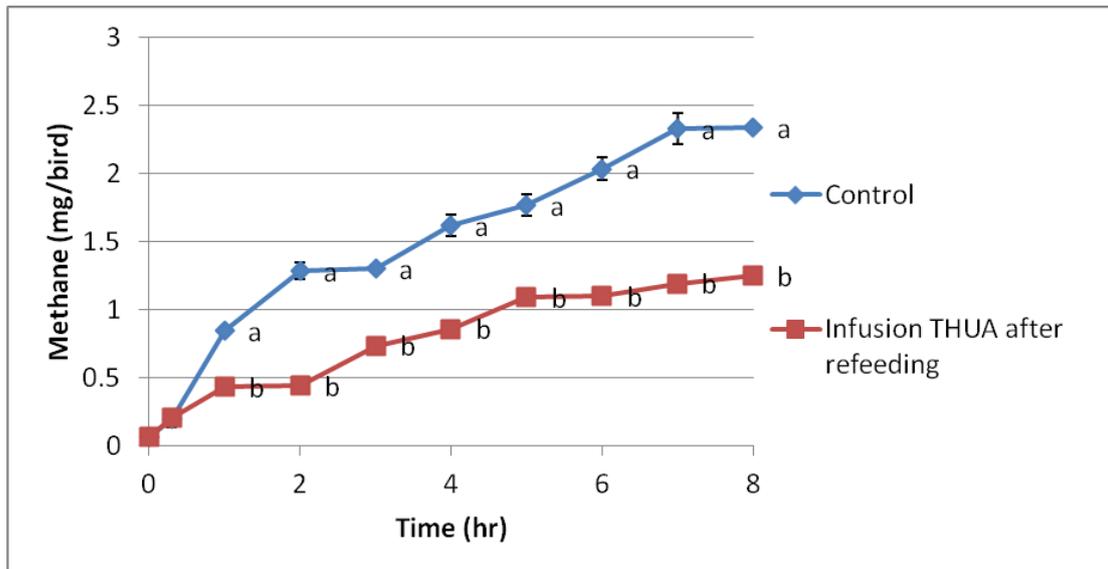


圖 22. 灌餵嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響(以隻為單位)。

Figure. 22. Effect of infusion methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour and refeeding 12 hour.

Infusion methanotrophic bacteria after refeeding: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria after refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria concentrations:  $10^9$  cells/mL.

<sup>a,b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

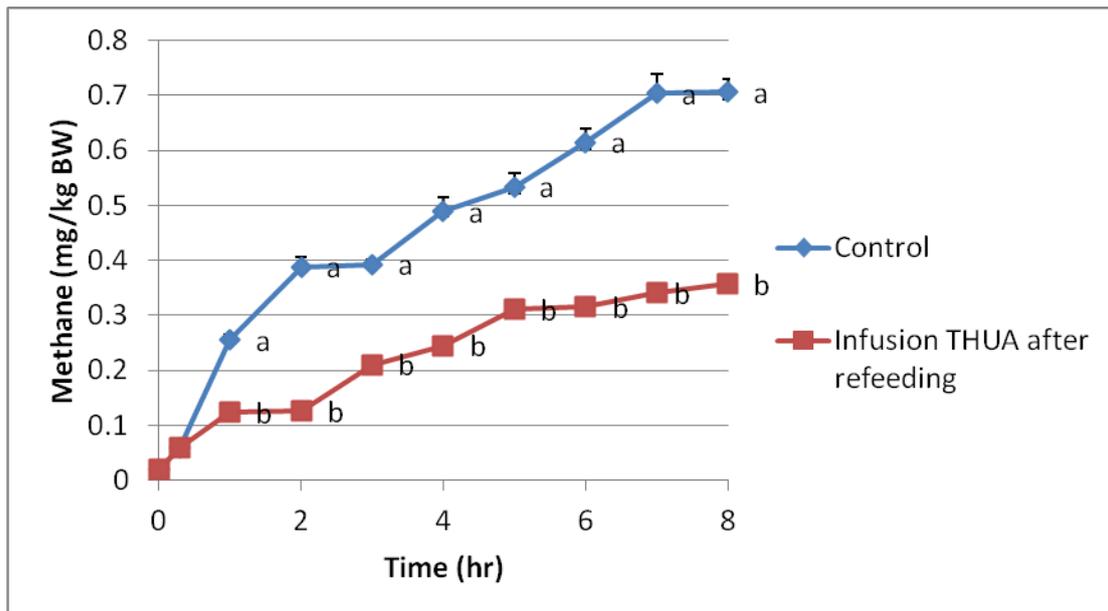


圖 23. 灌餵嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響(以公斤體重為單位)。

Figure. 23. Effect of infusion methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour, infusion water after refeeding 12 hours.

Infusion methanotrophic bacteria after refeeding: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria after refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria concentrations:  $10^9$  cells/mL.

<sup>a,b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

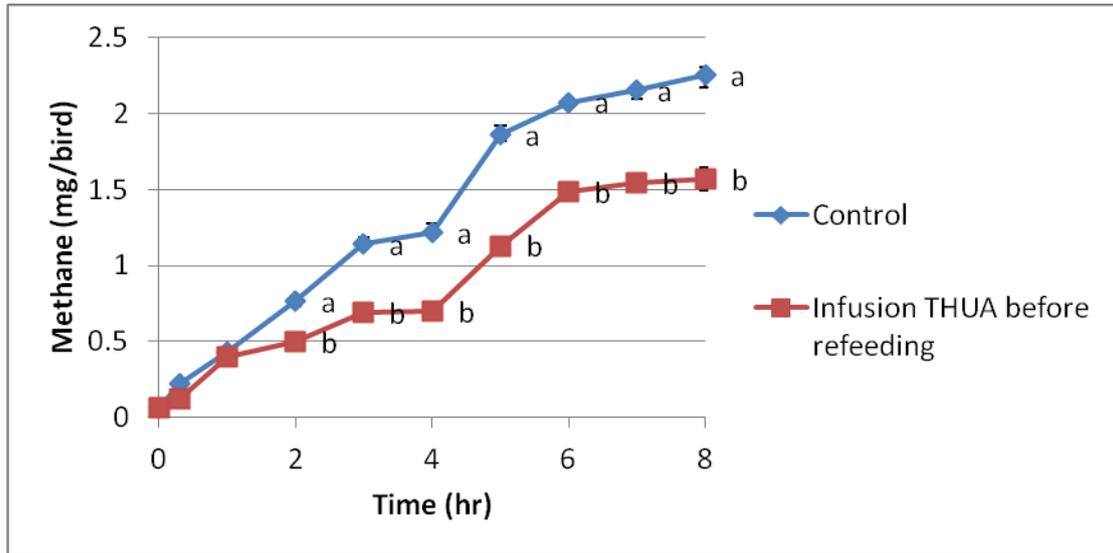


圖 24. 灌餵嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響。(以隻為單位)

Figure. 24. The effect of infusion methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour and refeeding 12 hour.

Infusion methanotrophic bacteria before refeeding: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria before refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria concentrations:  $10^9$  cells /mL.

<sup>a, b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

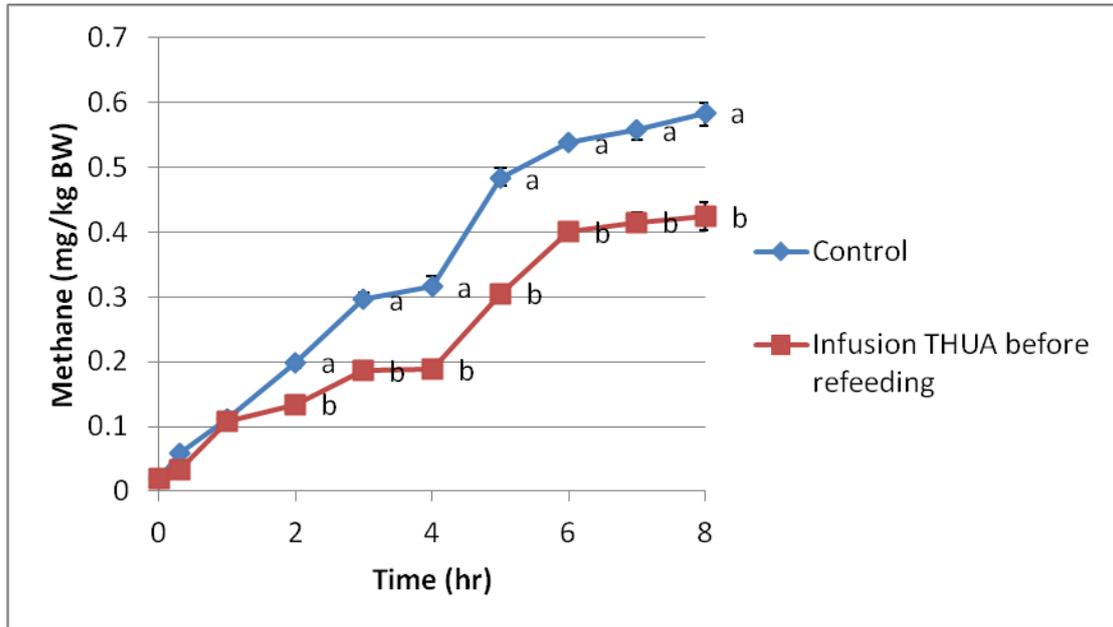


圖 25. 灌餵嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積甲烷排放量之影響。(以公斤體重為單位)

Figure 25. The effect of infusion methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour, infusion water after refeeding 12 hours.

Infusion methanotrophic bacteria before refeeding: Fasting 12 hours, infusion methanotrophic bacteria before refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria concentrations:  $10^9$  cells/mL .

<sup>a,b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

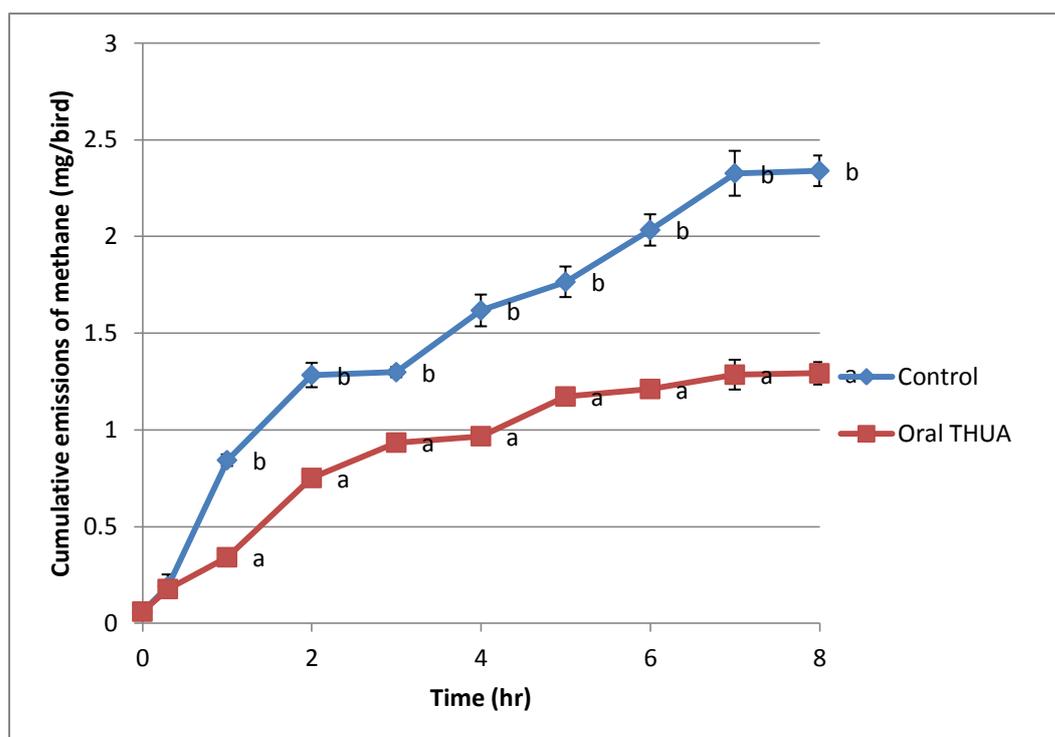


圖 26. 口服冷凍乾燥之嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積  
甲烷排放量之影響。(以隻為單位)

Figure. 26. Effect of oral does of freeze dried methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions production in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour, infusion water after refeeding 12 hours.

Infusion methanotrophic bacteria: Fasting 12 hours, oral methanotrophic bacteria after refeeding 12 hours.

Methanotrophic bacteria content: 2 L methanotrophic bacteria ( $10^8$  cells /mL) freeze dried.

<sup>a, b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

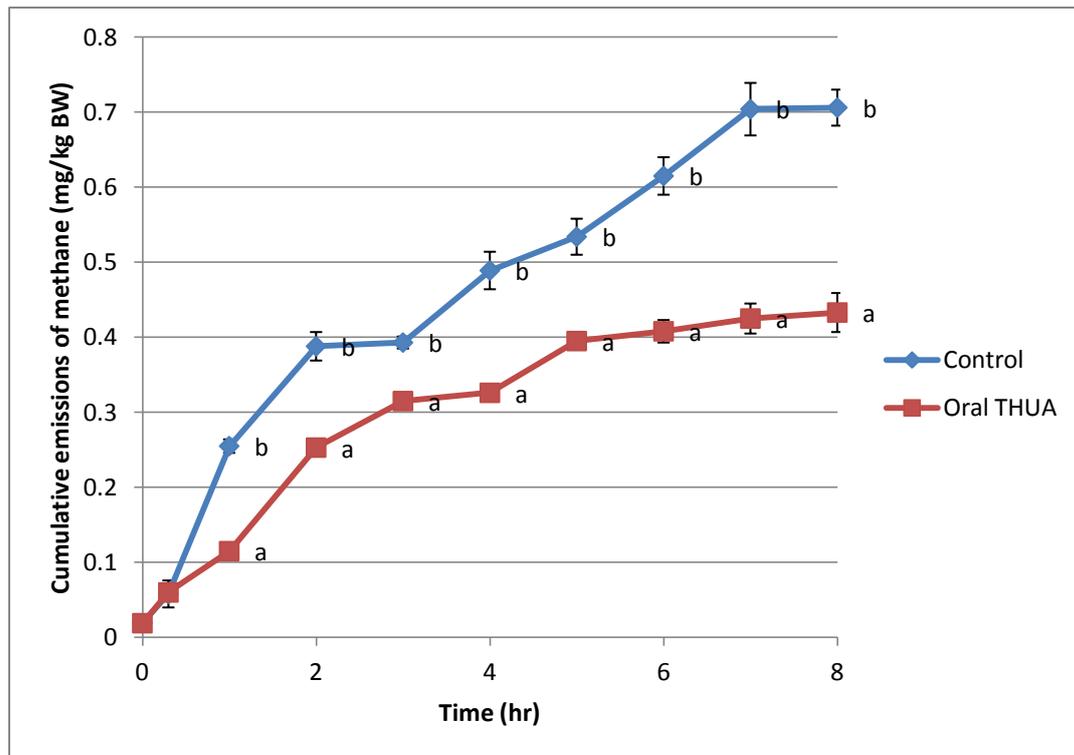


圖 27. 口服冷凍乾燥之嗜甲烷菌對台灣雄黑羽土雞於 8 小時間累積  
甲烷排放量之影響。(以公斤體重為單位)

Figure. 27. Effect of oral does of freeze dried methanotrophic bacteria on accumulative methane emissions production in Taiwan male black-feather native chickens during 8 hours period.

THUA: Methanotrophic bacteria THUA.

Control: Fasting 12 hour, after refeeding 12 hours and infusion water.

Infusion methanotrophic bacteria: Fasting 12 hours, after refeeding 12 hours and oral methanotrophic bacteria.

Methanotrophic bacteria concentrations: methanotrophic bacteria ( $10^8$  cells /mL) freeze dried.

<sup>a, b</sup> Means within the same time point without the same alphabet differ significantly ( $P < 0.05$ ).

## 柒、結論

1. 試管法中添加最高劑量 0.4% 皂素、3% 單寧、0.225 g 拉薩羅與 0.3 g 孟寧素及 0.45 g 拉薩羅與 0.6 g 孟寧素抑制台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量，分別可抑制 46%、34%、77%及 95%，並皆隨著試驗劑量(0.0125-0.4% 皂素、0.5-3% 單寧、0,225-0.45 g 拉薩羅及 0.3-0.6 g 孟寧素)增加而甲烷排放量線性下降。
2. 體內法中額外添加最高劑量 3% 皂素、50% 苜蓿、0.3% 單寧、30% 高粱酒糟、125 ppm 拉薩羅及 120 ppm 孟寧素於飼糧中，可抑制台灣雄黑羽土雞腸道甲烷排放量，分別可減少 48%、59%、49%、49%、48%及 33%，並皆隨著餵飼劑量(1.5-3% 皂素、25-50% 苜蓿、0.15-0.3% 單寧、10%-30% 高粱酒糟、75 -125 ppm 拉薩羅及 100-120 ppm 孟寧素)增加而甲烷排放量線性下降。
3. 試管法添加  $5 \times 10^5$  及  $5 \times 10^6$  嗜甲烷菌抑制台灣雄黑羽土雞盲腸內容物甲烷排放量，分別減少 13% 及 19%；體內法餵飼  $10^9$  cells/mL 嗜甲烷菌可抑制台灣雄黑羽土雞甲烷排放量 47%，而餵飼冷凍乾燥 0.3 g  $10^8$  cells/mL 嗜甲烷菌給予台灣雄性黑羽土雞可抑制甲烷排放量 45%。

4. 綜合上述之結果，即可將所有種類之雞隻所產生之甲烷排放量下降將近 45-59%，台灣就可減少將近 181-198 噸之甲烷排放量，可減緩畜產動物對溫室氣體甲烷的產生量。



## 捌、參考文獻

工業技術研究院。2004。氣候變化綱要公約全球資訊網。取自：

[http://sd.erl.itri.org.tw/fccc/ch/intro/intro\\_3.htm](http://sd.erl.itri.org.tw/fccc/ch/intro/intro_3.htm)

王淑音、馬維君、黃大駿。2002。台灣地區蛋雞產業之腸內發酵溫室氣體排放估測。中畜會誌 31：221-230。

王淑音、謝憲蔚、王思涵、陳盈豪。2003。應用呼吸室測定鵝之腸內發酵溫室氣體排放係數。中畜會誌。32：43-50。

王靜。2014。多酚類抗菌活性的研究。山東食品發酵 173：32-35。

林志勳與江世楷。1996。腸道微生物對動物營養的重要性。台灣養豬科學研究所，竹南，台灣。

李欣玫。2002。高粱酒糟的抗氧化性對養殖烏魚 (*Mugil cephalus*) 生理特性之影響。博士論文。國立海洋大學，基隆市，台灣。

李培芬。2008。氣候變遷對生態的衝擊。科學發展 424：34-43。

李春芳、蕭宗法、陳吉斌、劉秀州。2000。溫室氣體產量測定及減量對策—反芻動甲烷排放及減量對策 (II)：省產牧草對荷蘭牛泌乳性能與溫室氣體產量的影響。八十八年度國科會/環保署科技合作研究計畫報告書。

林俊杰、李明嘉。1992。液態發酵高粱酒之研製 (二) 高粱酒糟水之再利用。酒類試驗所研究年報 81：147-169。

林秀雲。2008。莫拉克颱風農業災情損失概況。農政與農情。取自：

<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=20173>。

林志勳。1999。豬隻生產中溫室氣體排放之探討。八十八年度氣候變遷對畜牧業影響之研究計劃成果報告彙編，行政院農委會。pp. 26-30。

邱祥聘（主編）。1997。養雞全書。四川科學技術。成都。pp. 38-39。

行政院環境保護署。2010。中國民國第二版國家通訊。台北。

行政院國家科學委員會。2011。台灣氣候變遷科學報告。國家科學委員會。台北。

洪德欽。2012。歐盟氣候變遷政策的規範、策略與實踐。科技法學評論。9：97-189。

張泉湧。2011。全球氣候變遷。國家教育研究院。台北。pp. 144-145。

孫家龍。1991。家禽體溫的維持。當代畜牧。2: 10-11。

陳亮全、林李耀、陳永明、張志新、陳韻如、江申、于宜強、周仲島、游保杉。2011。氣候變遷與災害衝擊。台灣氣候變遷科學報告 6：311-355。

陳盈豪、許振忠、余碧。1998。飼糧纖維對生長鵝之盲腸揮發性脂肪酸產生量之影響。中畜會誌 27：151（摘要）。

陳盈豪。2003。白羅曼鵝盲腸型態、發育與甲烷產量之探討。博士論

文。國立中興大學，台中，台灣。

陳盈豪、許信昭、李欣玫、許振忠、曾秋隆、王淑音。2011。飼糧中  
添加不同高粱酒糟含量對台灣黑羽土雞紅血球相、雞冠與羽毛外  
觀之影響。華岡農科學報 28：69-84。

陳艷、姚宏、林新華。2013。苜蓿素對人直腸癌 SW 1116 細胞增殖和  
凋亡的作用及其機制。天然產物研究與開發。25：31-35。

許信昭。2010。飼糧中添加乾燥高粱酒糟對台灣黑羽土雞生長、血液、  
腸道與屠體性狀及生理組織抗氧化性之影響。碩士論文。東海大  
學，台中市，台灣。

許振忠。2009。台灣畜牧產業溫室氣體之排放與減量。行政院農委會。  
取自：<http://tagis.coa.gov.tw/pages/Data/Ref/11.pdf>

崔志文、張翔、許慶方。2007。苜蓿皂苷研究概述。山西農業科學  
35：65-67。

黃大駿、王淑音。2000。台灣地區白色肉雞產業之溫室氣體排放。中  
畜會誌 29：65-75。

黃大駿。2000。台灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討。碩士論文。  
中國文化大學，台北市，台灣。

黃世暉。2006。應用高效液相色層分析法檢測飼料中拉薩羅、孟寧素  
與沙利黴素。碩士論文。國立中興大學，台中，台灣。

經濟部溫室氣體減量資訊網。2013。溫室氣體 ABC。取自：

<https://www.go-moea.tw/d-01c.asp>。

經濟部智慧財產局。2015。中華民國專利資訊檢索系統。取自：

<http://twpat1.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?006D8A23000101010000000000100A00000003E000000000^AB>

趙洪波、王志博、張永根。2012。植物提取物對瘤胃發酵調控的研究進展。飼料工業 33：53-57。

蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林正緯、王淑音。2003。肉鴨腸內發酵溫室氣體排放之評估。中畜會誌 32：151。

劉立成、劉娣、鄒紅菲、甘文平、曲永利。2014。單寧酸對奶牛生產性能及甲烷排放的影響。飼料工業 35：108-111。

廖曉涵。2013。飼糧含苜蓿乾草對台灣之荷蘭泌乳牛之甲烷排放與營養份消化率之影響，碩士論文。國立中興大學，台中。

樊文娜、王成章、史鵬飛、嚴學兵、楊玲玲、郭江澤。2008。苜蓿皂甙的研究應用進展。草業科學 25：65-69。

魏青山。2007。紫花苜蓿的營養價值分析。農技服務 24：83-84。

Agtarap, A., J. W. Chamberlin, M. Pinkerton, and L. K. Steinrauf. 1967. Structure of monensic acid, a new biologically active compound. J. Am. Chem. Soc. 89: 5737-5739.

Awika, J. M., and L. W. Rooney. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. Phytochem. 65: 1199-1221.

- Boone, C. W., J. W. Bacus, J. V. Bacus, V. E. Steele, and G. J. Kelloff. 1997. Properties of intraepithelial neoplasia relevant to the development of cancer chemopreventive agents. *J. Cell Biochem.* 67: 28-29.
- Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 72: 248-254.
- Chen, Y. H., S. Y. Wang, and J. C. Hsu. 2003. Effect of caecectomy on body weight gain, intestinal characteristics and enteric gas production in goslings. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 1030-1034.
- Chen, Y. H., S. Y. Wang, and J. C. Hsu. 2009. In vivo methane production from formic and acetic acids in the gastrointestinal tract of white roman geese. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22: 1043-1047.
- Chen, Y. H., S. M. Lee, J. C. Hsu, Y. C. Chang, and S. Y. Wang. 2014. Methane generation from the intestine of Muscovy ducks, mule ducks and white roman geese. *Aerosol Air Qual. Res.* 14: 323-329.
- Cooney, W. T., J. S. Butts, and L. E. Bacon. 1948. Alfalfa meal in chick ration. *Poult. Sci.* 27: 828-830.
- Denman, S. E., N. W. Tomkins, and C. S. McSweeney. 2007. Quantitation and diversity analysis of ruminal methanogenic populations in response to the antimethanogenic compound bromochloromethane. *FEMS Microbiol. Ecol.* 62: 313-322.
- Desbois, A. P., and V. J. Smith. 2010. Antibacterial free fatty acids: activities, mechanisms of action and biotechnological potential. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 85: 1619-1642.
- Farner, D. S. 1942. The hydrogen ion concentration in avian digestive

tracts. *Poult. Sci.* 21: 445-450.

Grainger, C., T. Clarke, M. J. Auld, K. A. Beauchemin, S. M. McGinn, G. C. Waghorn, and R. J. Eckard. 2009. Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 89: 241-251.

Guan, H., K. M. Wittenberg, K. H. Ominski, and D. O. Krause. 2006. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. *J. Anim. Sci.* 84: 1896-1906.

Haslam, E. 1996. Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible mode of action. *J. Nat. Prod.* 59: 205-215.

Hess, H. D., M. Kreuzer, T. E. Diaz, C. E. Lascano, J. E. Carulla, C. R. Soliva, and A. Machmuller. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Anim. Feed Sci. Technol.* 109: 79-94.

Hess, H. D., R. A. Beuret, M. Lotscher, I. K. Hindrichsen, A. Machmuller, J. E. Carulla, C. E. Lascano, and M. Kreuzer. 2004. Ruminant fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage. *Anim. Sci.* 79: 177-189.

Hess, H.D., T. T. Tiemann, F. Noto, J. E. Carulla, and M. Kreuzer. 2006. Strategic use of tannins as means to limit methane emission from ruminant livestock. *International Congress Series.* 1293: 164-167.

Heywang, B. W., and H. R. Bird. 1954. The effect of alfalfa saponin on

the growth, diet consumption, and efficiency of diet utilization of chicks. *Poult. Sci.* 34:239-241.

Holtshausen, L., A. V. Chaves, K. A. Beauchemin, S. M. McGinn, T. A. McAllister, N. E. Odongo, P. R. Cheeke, and C. Benchaar. 2009. Feeding saponin-containing *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* to decrease enteric methane production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 2809-2821.

Houghton, J. T., B. A. Callander, and S. K. Vareney. 1992. *Climate Change Intergovernmental Meteorological Organization*. Cambridge Univ. Press.

Imabayashi, K., M. Kametaka, and T. Hatano. 1956. Studies on digestion in the domestic fowl. *Tokyo J. Agric. Res.* 2: 99, cited by G. E. Duke, 1986. *Alimentary Canal: Anatomy, regulation of feeding, and motility*, In: *Avian Physiology*, P. D. Sturkie (Ed.). Fourth Edition, Springer-Verlag, New York. p. 285.

IPCC. 1994. *Intergovernmental Panel on Climate Change. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge Univ. Press.

IPCC. 1996. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. Reference Manual*. Cambridge Univ. Press.

IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Prot Chester, NY.

IPCC. 2007. *Climate change 2007: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the*

- Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland.
- Jensen, L. S., L. H. Merrill, C. V. Reddy, and J. McGinnis. 1963. Observations on eating patterns and rate of food passage of birds fed pelleted and unpelleted diets. *Poult. Sci.* 41: 1414-1419.
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. A. Sci.* 73: 2483-2492.
- Kessel, J. S., and J. B. Russell. 1996. The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiol. Ecol.* 20: 205-210.
- Kordas, R., W. T. Cooney, and J. S. Butts. 1951. Chick growth depressing factor in sun-cured and dehydrated alfalfa meals. *Poult. Sci.* 30: 280-292.
- Lee, S. M., H. L. Cheng, and B. S. Pan. 2009. LDL-Oxidation antioxidant capacity and growth of cultured grey mullet (*Mugil cephalus*) fed dietary sorghum distillery residue pretreated with polyethylene glycol. *J. Agric. Food Chem.* 57: 7877-7882.
- Lila, Z. A., N. Mohammed, S. Kanda, T. Kamada, and H. Itabashi. 2003. Effect of sarsaponin on ruminal fermentation with particular reference to methane production in vitro. *J. Dairy Sci.* 86: 3330-3336.
- Lin, J. K., and Y. C. Liang. 2000. Cancer Chemoprevention by tea polyphenols. *Proc. Natl. Sci. Counc. Repub. China.* 1: 1-13.
- Machmüller. A. 2006. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112: 107-114.
- McGinn, S. M., K. A. Beauchemin, and T. Coates. 2004. Methane

- emissions from beef cattle: effect of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast and fumaric acid. *J. A. Sci.* 82: 3346-3356.
- Minami, K., and K. Takata. 1997. Atmospheric methane: sources, sink and strategies for reducing agricultural emissions. *Wat. Sci. Tec.* 36: 509-516.
- Mitsumori, M., and S. Weibin. 2008. Control of rumen microbial fermentation for mitigating methane emissions from the rumen. *Asian-Aust J. Anim. Sci.* 21: 144-154.
- Monteny, J. G., A. Bannink, and D. Chadwick. 2006. Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agric. Ecosyst. Environ.* 112: 163-170.
- Nir, I., R. Hillel, R. and I. Ptichi. 1995. Effect of grain particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.* 74: 771-783.
- Patra, A. K., and J. Saxena. 2009. The effect and mode of action saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. *Nutr. Res. Rev.* 22: 204-219.
- Pen, B., C. Sar, B. Mwenya, K. Kuwaki, R. Morikawa, and J. Takahashi. 2006. Effects of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* extracts on in vitro ruminal fermentation and methane emission. *Anim. Feed Sci. Technol.* 129: 175-186.
- Pen, B., K. Takaura, S. Yamaguchi, R. Asaand, and J. Takahashi. 2007. Effects of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* with or without  $\beta$  1-4 galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation, methane production and nitrogen utilization in sheep. *Anim. Feed Sci.*

Technol. 138: 75–88.

Pinares-Patino, C. S., M. J. Ulyatt, G. C. Waghorn, K. R. Lassey, T. N. Barry, C. W. Holmes, and D. E. Johnso. 2003. Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil. *J. Agric. Sci.* 140: 215-226.

Pressman, B. C., and M. Fahim. 1982. Pharmacology and toxicology of the monovalent carboxylic ionophores. *Anim. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 22: 456-490.

Puchala, R., B. R. Min, A. L. Goetsch, and T. Sahlu. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *J. Anim. Sci.* 83: 182-186.

Pond, W. G., and J. H. Maner. 1984. Plant protein sources, swine production and nutrition. AVI, Westport, Conn. USA. pp. 500-501.

Prins, R.A., C. J. V. Nevel, and D. I. Demeyer. 1972. Pure culture studies of inhibitors for methanogenic bacteria. *Ant. VanLeeuwen.* 38: 281-287.

Russell. J. B. 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 81:3222-3230.

Russell, J. B., and R. J. Wallace. 1997. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. 2nd ed. (Ed. P. J. Hobson and C. S. Stewart), Blackie Academic & Professional. London. pp. 246-282.

Russell, J. B., and A. J. Houlihan. 2003. Ionophore resistance of ruminal

- bacteria and its potential impact on human health. *FEMS Microbiol. Rev.* 27: 65-74.
- Saengkerdsub, S., W. K. Kim, R. C. Anderson, D. J. Nisbet, and S. C. Ricke. 2006. Effects of nitrocompounds and feedstuffs on *in vitro* methane production in chicken cecal contents and rumen fluid. *Anaerobe.* 12: 85-92.
- Salvador, V., C. Cherbut, J. L. Barry, D. Bertrand, C. Bonnet, and J. Delort-Laval. 1993. Sugar composition of dietary fiber and short-chain fatty acid production during *in vitro* fermentation by human bacteria. *Bt. J. Nutr.* 70: 189-197.
- Santoso, B., B. Mwenya, C. Sar, Y. Gamo, T. Kobayashi, R. Morikawa, K. Kimura, H. Mizukoshi, and J. Takahashi. 2004. Effects of supplementing galacto-oligosaccharides, *Yucca schidigera* or nisin on rumen methanogenesis, nitrogen and energy metabolism in sheep. *Livest. Prod. Sci.* 91: 209-217.
- SAS. 2014. SAS User's Guide: Statistics. Release 9.4 ed. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Tan, H. Y., C. C. Sieoa, N. Abdullaha, J. B. Liang, X. D. Huang, and Y. W. Ho. 2011. Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa *in vitro*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169: 185-193.
- Varel, V. H., and A. G. Hashimoto. 1982. Methane production by fermentor cultures acclimated to waste from cattle fed monensin, lasalocid, salinomycin, or avoparcin. *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 1415-1420.

- Waghorn, G. C., T. M. H. avendale, and D.R. Woodfield. 2002. Methanogenesis in forages fed to sheep. Proc. NZ Grassland Assoc. 64: 167-171.
- Wagner, W. D., R. W. St. Clair, T. B. Clarkson, and J. R. Connor. 1980. A Study of atherosclerosis regression in macaca mulatta. Am. J. Pathol. 100: 633-650.
- Wanapat, M., V. Chanthakhoun, and R. Ruangyote. 2012. Dietary Manipulation to Reduce Rumen Methane Production. CMU. J. Nat. Sci. 11: 483-490.
- Woodward, S. L., G. C. Waghorn, K. R. Lassey, and P. G. Laboyrie. 2002. Does feeding sulla (*Hedysarum coronarium*) reduce methane emissions from dairy cows. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 62: 227-230.
- Woodward, S. L., G. C. Waghorn, and P. G. Labourie. 2004. Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. Proc. N. Z. 64: 160-164.
- Yoshii, T., N. Asanuma, and T. Hino. 2005. Effect of ethanol on nitrate and nitrite reduction and methanogenesis in the ruminal microbiota. Anim. Sci. J. 76: 37-42.
- Zeikus, J. G., and M. R. Winfrey. 1976. Temperature limitation of methanogenesis in aquatic sediments. Appl. Environ. Microbiol. 31: 99-107.

## 玖、小傳

本文撰寫者鄭慶安，民國八十年出生於台中縣(後改制為台中市)。先後畢業於台中市龍井區龍峰國民小學、台中市立四箴國民中學、台中市私立明德女中(現改為私立明德高級中學)，民國 102 年畢業於亞洲大學生物科技學系，應屆考試考取東海大學畜產與生物科技學系研究所碩士班。承蒙恩師陳盈豪博士的教導，從事家禽營養生理與溫室氣體方面之研究至今。



## 附註、發表作品

鄭慶安、李欣玫、劉季杭、王子榛、朱國勳、林炳宏、陳盈豪。2014。

飼糧中添加不同含量濕高粱酒糟對番鴨生長、血液及腸道性狀之影響。中畜會誌 43(增刊)：275 (摘要)。

鄭慶安、王淑音、唐瑤芊、周妍如、時美、林炳宏、陳盈豪。添加不同劑量的孟寧素及拉薩羅對雞隻盲腸甲烷產量之影響。2015。中畜會誌 44(增刊)：101 (摘要)。

鄭慶安、李欣玫、時美、林炳宏、陳盈豪、許振忠。2015。飼糧中添加不同含量濕高粱酒糟對白番鴨與黑羽土雞胸肉感官品評及肝臟抗氧化性之影響。中畜會誌 44(增刊)：300 (摘要)。

鄭慶安、朱國勳、陳盈豪、李欣玫、林炳宏。2015。飼糧中添加不同濕高粱酒糟含量對黑羽土雞生長、血液及腸道性狀之影響。第十二屆兩岸三地優質雞的改良生產暨發展研討會。第 120-123 頁。世界家禽學會台灣分會，台北。

鄭慶安、李欣玫、時美、林炳宏、陳盈豪。2016。飼糧中添加不同含量濕高粱酒糟對黑羽土雞生長、血液性狀及免疫力之影響。中畜會誌。45(增刊)：234 (摘要)。(105 年度中畜年會壁報新人獎得獎)

Cheng C. A., M. Shih, P. H. Lin, S. Y. Wang, and Y. H. Chen. 2017.

Comparison of caruncle skin and feather and rectal temperature between black-feather and white-feather Muscovy ducks under the sun exposure. 6th World Waterfowl Conference, Taipei, Taiwan.

Cheng, C. A., S. Y. Wang, J. C. Hsu, P. H. Lin., and Y. H. Chen. 2017. Comparison of the change and correlation coefficient in plasma lipid concentration and total fat ad deposition for White Roman and Chinese geese during finisher period.6th World Waterfowl Conference, Taipei, Taiwan.

Cheng, C. A., S. M. Lee, J. C. Hsu, P. H. Lin, S. Y. Wang, and Y. H. Chen. 2017. The effect of carbohydrate type and Levels on *in vitro* methane production from the caecum content of White Roman geese. 6th World Waterfowl Conference, Taipei, Taiwan. (2017 6th 世界水

禽壁報獎第一名)