

基因改造玉米及大豆粕飼糧對蛋雞產蛋性能、 蛋品質之影響及基因片段追蹤⁽¹⁾

施柏齡⁽²⁾ 陳哲仁⁽³⁾ 涂央昌⁽⁴⁾ 洪兮雯⁽²⁾⁽⁵⁾

收件日期：112 年 3 月 8 日；接受日期：112 年 6 月 14 日

摘 要

本試驗旨在探討使用基因改造飼料對蛋雞健康與雞蛋食安風險之評估。採用初生伊莎商用品系蛋雞 100 隻餵飼基因改造飼糧至 10 週齡時，再分別以基因改造玉米－基因改造大豆粕為主要原料調製之基礎飼糧為基改組，以非基因改造玉米－非基因改造大豆為主要原料調製之非基因改造飼糧組為非基改組，餵飼至 24 週齡，進行產蛋期試驗。產蛋期自 24 至 36 週齡，共 12 週，飼料與飲水任食。試驗期間測定採食量、產蛋性能及蛋品質等，調查腸道微生物菌相，並追蹤雞蛋、內臟及排泄物等基因片段。結果顯示，無論餵飼基因改造及非基因改造玉米、大豆粕飼糧之蛋雞，其產蛋性能、蛋品質、免疫球蛋白及腸道微生物菌相的表現均無顯著差異，內臟亦無病理學特徵性病變，於試驗結束後，二組之雞蛋、雞肉、各內臟組織及血液中，皆未檢出基因片段。綜上所述，顯示蛋雞餵飼基因改造飼糧 12 週後，並不影響產蛋性能、蛋品質、免疫球蛋白及腸道微生物菌相，經解剖亦無病理變化，同時雞蛋與蛋雞組織臟器亦未檢測出轉殖基因片段，顯示蛋雞採食含基因改造飼糧後，其內臟、產蛋性能及所生產之蛋品質與非基因改造飼糧組無異。

關鍵詞：基因改造飼糧、伊莎蛋雞、產蛋性能。

緒 言

基因改造技術最廣泛的應用是在作物生產上。在美國，自 1996 年開始引入基因改造作物至今，已有 19 種基因改造植物是被認可的，其中作為飼料用途者有苜蓿、油菜、玉米、棉花、大豆及甜菜。就美國作物栽培面積而言，大豆、玉米、棉花及油菜等四種作物占了基因改造作物種植面積 99%，全球畜產業使用約 70 – 90% 基因改造作物以調配畜禽飼糧。美國每年生產超過 90 億隻家畜禽供人類食用，而 95% 以上的畜禽飼糧使用基因改造作物原料。美國自 1983 年起收集家畜禽生產量和健康之數據，並與基因改造作物被引進的 1996 年到基因改造作物被大量使用的 2011 年比較，這段期間檢測超過一千億隻家畜禽的數據，顯示採用基因改造飼料並不影響畜禽健康和生產效率，且未造成畜產品營養價值上的任何差異，但研究報告建議，國際間對基因改造產品的標示與管理應凝聚共識，以減少國際自由貿易的問題 (Van Eenennaam and Young, 2014)。

基因改造之主要功能在使作物抗蟲害、抗殺草劑、增加單位面積產量或提高營養分。種植抗殺草劑之基因改造大豆，常會誤導農民使用較多的殺草劑嘉磷賽 (Glyphosate)，研究發現嘉磷賽會影響家禽腸道細菌生態，高度致病性的細菌可能對嘉磷賽產生抗性，而益生菌則可能被嘉磷賽殺死 (Shehata *et al.*, 2013)。玉米及大豆粕各約占家畜禽配合飼料之 60% 及 20%，依據農業統計年報 (2021) 資料，民國 106 年至 108 年我國分別進口 255 萬、263 萬及 268 萬公噸大豆，幾乎均為基因改造產品；同期進口之飼料用玉米分別為 449 萬、428 萬及 494 萬公噸，其中自美國及中南美洲等國進口者均為基因改造產品。有些學者憂心基因改造飼料會引發動物健康，Séralini *et al.* (2012) 以基因改造飼糧餵飼小白鼠實驗發現，基因改造玉米引發老鼠腫瘤和肝腎病變，但此篇論文曾受學術單位高度質疑其樣品數過少及品種不適等影響，此結果與大多數基因改造作物應用於動物試驗報告未影響器官發展及未有病變發生之結果迥異，以致於爭議頗大。

(1) 農業部畜產試驗所研究報告第 2752 號。

(2) 農業部畜產試驗所動物營養組。

(3) 農業部種苗改良繁殖場。

(4) 農業部獸醫研究所疫學研究組。

(5) 通訊作者，E-mail: hwhung@tlri.gov.tw。

Buzoianu *et al.* (2012) 以基因改造玉米餵飼 40 日齡 (體重約 10.7 kg) 至 110 日齡肉豬，結果顯示餵飼基因改造玉米並未明顯影響豬隻生長性能、器官發展及健康狀態等。Gao *et al.* (2014) 應用含生產植酸酶 (Phytase) 基因片段之基因改造玉米 (2 種基因改造片段) 餵飼 50 週齡蛋雞 16 週，結果發現可提高蛋雞體內磷的生物利用率，同時在卵巢、雞蛋、胸肉及腿肉等亦未檢出任何基因改造片段。國內畜禽飼養使用大量基因改造作物飼料，農業部畜產試驗所 (畜試所) 承接基因改造飼料原料對畜禽相關安全風險的評估，曾進行土雞之基因改造飼料飼養試驗，依施等 (2022) 檢驗國內進口玉米基因片段共 10 個品項，大豆檢測基因片段共計四個品項，並以上述基因改造玉米及大豆餵飼土雞 16 週，測定雞隻之血液、排泄物、胸肉、可食性內臟及腸道內容物等 DNA 萃取物，其結果並無發現上述基因片段之殘留。廖等 (2017) 研究報告亦顯示基因改造飼料不影響肉豬生長、屠體性狀、腸道微生物菌相及解剖病理變化等，同時在臟器 DNA 樣品中亦未檢出其轉殖基因片段，顯示土雞及肉豬採食含基因改造玉米與大豆粕所生產之內臟及禽肉等產品，尚無食安風險。國內農政單位對於基因改造作物之食品安全至為關心，特於飼料原料或飼料添加物之申請時應檢附是否含基因改造作物及檢驗資料等，並有審議得不許可之條件等安全性評估 (農業部，2016)。有鑑於國內對蛋雞飼養之相關生產及安全性基因改造飼料對評估資料，目前仍付之闕如。故本試驗旨在進行以基因改造玉米與大豆餵飼蛋雞的飼養試驗、剖檢與基因改造片段追蹤，以期瞭解在國內飼養環境下，餵飼基因改造飼料原料對蛋雞健康及雞蛋產品安全之可能影響。

材料與方法

I. 試驗設計

(i) 飼糧原料

兩種飼糧處理，分別為非基因改造飼糧組與基因改造飼糧組，基因改造作物指玉米及大豆粕兩種。非基因改造飼糧選用國內農業部農糧署輔導之義竹鄉農會所種植之國產非基因改造玉米及日清公司進口之非基因改造大豆粕為非基因改造飼料之原料，基因改造飼糧採用進口玉米及大豆粕 (美國) 為基因改造飼料之原料。本試驗所需基因改造與非基因改造作物採一次購足並冷藏保存，以確定基因改造片段並據之定性定量追蹤在蛋雞組織的存留，飼料原料於使用前先送至農業部種苗改良繁殖場檢測基因改造基因片段。

(ii) 試驗動物及飼養

以 100 隻初生的伊莎 (ISA) 品系蛋雞，以相同基因改造飼料群飼至 10 週齡，10 週齡前飼養於開放式高床雞舍，而後飼養於開放式個別籠飼蛋雞舍，分成 2 組以基因改造或非基因改造飼糧進行飼養，每處理組 50 隻，共計 5 重複，每重複 10 隻；進入 24 週齡高產蛋期後，開始進行產蛋期飼養試驗。雞隻育雛期、生長期及產蛋期飼糧營養標準依 NRC (1994) 推薦調配，光照計畫則採漸進式調整，至產蛋期之光照達 16 小時。

產蛋試驗的 12 週期間 (24 至 36 週齡)，測定雞隻採食量、產蛋率、蛋品質、體重變化及飼料轉換率，並觀察記錄雞隻健康情形。於試驗開始與結束時採血，測定雞隻血液中免疫球蛋白 (IgG、IgA 及 IgM) 含量 (白等，1997)。飼養過程採集兩組飼糧進行營養組成分析 (AOAC, 2012)。本試驗之雞隻飼養及試驗內容，皆經畜試所「實驗動物照護小組」審查通過 (106-19)。

II. 測定項目

(i) 體重及產蛋性能

1. 試驗開始及結束分別秤重，以測定雞隻體重變化。
2. 每週二天測定每組平均蛋重及每週記錄每欄 (重複) 飼料採食量；每天記錄各組產蛋數量、異常蛋數及每週計算隻日產蛋率、隻日產蛋量及飼料換蛋率。

$$\text{隻日產蛋率} (\%) = (\text{總產蛋數} / \text{產蛋雞數} / \text{產蛋天數}) \times 100。$$

$$\text{隻日產蛋量} (\text{g} / \text{d} / \text{hen}) = (\text{隻日產蛋率} \times \text{平均蛋重}) / 100。$$

$$\text{飼料換蛋率} = \text{隻日飼料採食量} / \text{隻日產蛋量}。$$

(ii) 蛋品質

1. 每四週由每處理組集蛋 20 顆，測定蛋殼品質、豪氏單位 (Haugh unit) 及蛋黃顏色，蛋殼品質測定包括蛋殼強度、蛋殼厚度及蛋殼 (含蛋殼膜) 比率。
2. 蛋殼強度測定：以臺灣弘達公司桌上型電動式拉壓力機 (HT-8115D)，以圓形載具置放雞蛋，鈍端向上，進行蛋殼破裂強度之測定。
3. 蛋殼厚度測定：依 Nordskog and Farnsworth (1953) 之方法，在蛋的鈍端、尖端及赤道部各取一片蛋殼 (去

除蛋殼膜)，以日製厚度微測器 (FHK, 日本) 測其厚度至小數點 3 位，每個蛋的三個測量值之平均即其蛋殼厚度。

4. 蛋殼比率：雞蛋秤重後，採取蛋殼秤重，並計算蛋殼重占蛋重之百分比。

5. 蛋黃顏色測定：取蛋黃依 Lyon *et al.* (1980) 方法以色差儀 (日本電色, MR-12, Japan) 進行分別測定蛋黃亮度 (L)、紅色值 (a) 及黃色值 (b)。

6. 豪氏單位測定：將蛋打破後，蛋白置於水平的卵白測定臺 (FHK, 日本) 上，測其濃厚蛋白高度，並將測得的蛋白高度及蛋重換算豪氏單位 (Haugh, 1937)。

豪氏單位 (H. U.) = $100 \times \log [H - 1.7(W)^{0.37} + 7.6]$ 。

H = 蛋白高度，mm；W = 蛋重，g。

(iii) 農藥殘留

試驗所用原料之玉米及大豆 (粕)，送農業部農業藥物試驗所檢測。依衛生福利部公告食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析方法 (五) (衛生福利部食品藥物管理署, 2014)，採用 QuEChERS 方法 (quick, easy, cheap, effective, rugged, safe) 前處理後，以液相層析串聯質譜儀 (liquid chromatography/ tandem mass spectrometer, LC/MS/MS) 及氣相層析串聯質譜儀 (gas chromatography/ tandem mass spectrometer, GC/MS/MS) 分析。

(iv) 血中免疫球蛋白試驗

試驗結束時，二組各逢機採集 12 隻雞隻血液，測定血中 IgA、IgG 及 IgM (白等, 1997)。

(v) 腸道內容物菌相

於試驗結束時，由二組各逢機犧牲的 12 隻雞隻，進行腸道內容物菌相分析 (Covert *et al.*, 1989)。秤取 1 g 新鮮腸道內容物放入 10 mL 0.85% NaCl 混合均勻，接續用 0.85% NaCl 連續稀釋至 1/1,000,000，共稀釋 5 次。再以 L 型玻棒均勻塗抹至培養基上 (*Lactobacilli* MRS Agar 及 CHROMagar™ ECC)，分別在 13% CO₂、37℃ 的環境培養 48 h 與 37℃ 的環境培養 24 h，進行乳酸菌、有害大腸桿菌、其他桿菌菌屬及革蘭氏陰性菌屬等菌數之計算。

(vi) 器官與組織

於試驗結束時，二組各逢機犧牲 12 隻雞隻，由農業部獸醫研究所研究人員進行各器官發育及組織切片等臨床病理檢查，組織浸泡於 10% 中性福馬林液中固定 24 h 後取出，以漸增濃度之乙醇 (50% — 100%) 進行梯次脫水，再經石臘包埋、切片脫臘，最後以蘇木精與伊紅染色 (haematoxylin and eosin, H.E.) 並加臘封蓋，用光學顯微鏡 (Nikon, Labophot-2) 觀察並拍照 (劉等, 1996)。

(vii) 基因改造片段檢測

收集試驗期間之玉米、大豆 (粕) 與 36 週齡之二組各犧牲的 12 隻雞隻樣品。雞隻樣品包括其個別血液、排泄物、胸肉、心臟、肝臟、砂囊、卵巢等組織、同時採集各組 20 顆雞蛋，所有樣品在畜產試驗所進行 DNA 萃取 (Aulrichet *et al.*, 1998)，共計 168 個 DNA 樣品，進行 DNA 定性定量，以檢測飼料中基因改造片段殘留及追蹤其於活體中的情形。

玉米及大豆粕基因片段檢測，由種苗繁殖場研究人員依衛生福利部食品藥物管理署 (2014) 方法進行，採取玉米及大豆 (粕) 進行檢測。玉米以「定性確認試驗用及定量試驗用引子檢測方法 (Method of Test for Genetically Modified Foods — Event-specific Qualitatively and Quantitatively Test)」進行檢測，大豆檢測基因片段以 Real-time PCR 引子檢測。

(viii) 飼糧成分

試驗飼糧一般營養成分依 AOAC (2012) 分析，分析項目包含水分、粗蛋白質、粗脂肪、粗纖維、粗灰分、鈣、總磷，並計算無氮抽出物 (無氮抽出物公式： $100 - \text{水分} - \text{粗灰分} - \text{粗蛋白質} - \text{粗脂肪} - \text{粗纖維}$)。

III. 統計分析

試驗所得數值資料採用 SAS 套裝軟體 (SAS, 2008) 進行分析，使用一般線性模式 (general linear model procedure, GLM) 進行變方分析，本試驗顯著性水準訂為 ($P < 0.05$)。

結果與討論

I. 飼料農藥殘留及基因片段檢測

本試驗分別購足非基因改造玉米及大豆粕，並於一次購足基因改造玉米及大豆粕；其中非基因改造玉米及大豆粕經種苗場進行二輪檢測，未檢出任何基因片段，基因改造玉米檢出 *Nos-T*、*CaMV 35S-P*、*EPSPS-CP4*、*FMV 35S-P* 及 *Pat* (抗殺草劑及啟動子等) 等 5 個外來基因片段；基因改造大豆粕檢出 *Nos-T*、*EPSPS-CP4*、*FMV 35S-P* 及 *Pat* (抗殺草劑及啟動子等) 等 4 個外來基因片段。

試驗飼料原料包括基因改造玉米及大豆粕、非基因改造玉米及大豆粕，經送藥物毒物試驗所檢測 373 種農藥，結果發現基因改造玉米有檢出極微量農藥殘留量，包括協力精 (Piperonyl butoxide) 0.02 ppm (限量標準 7 ppm) 及亞特松 (Pirimiphos-methyl) 0.1 ppm (限量標準 8 ppm)，但均在農藥殘留容許量標準之內；基因改造大豆粕、非基因改造玉米及大豆粕均未檢出殘留農藥。

表 1. 0 — 18 週齡蛋雞飼糧配方與組成 (基因改造原料飼糧)

Table 1. The ingredients and compositions of laying hens feeds during 0-18 weeks of age (GM⁺ ingredients feeds)

Ingredients, %	Brooding period 0 — 6 weeks of age	Growth period 7 — 18 weeks of age
Yellow corn, ground	69.00	71.85
Soybean meal, CP 43%	26.00	16.50
Fish meal, CP 60%	2.00	2.00
Wheat bran	—	7.00
Dicalcium phosphate	1.20	0.90
Limestone, pulverized	1.15	1.20
Salt	0.40	0.30
Choline chloride, 50%	0.10	0.10
DL-methionine	0.05	0.05
Vitamin-mineral premix ^a	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Calculated value		
Crude protein, %	18.16	15.26
ME, kcal/kg	2,936	2,909
Calcium, %	0.93	0.86
Total phosphorus, %	0.68	0.60
Non-phytate phosphorus, %	0.40	0.35
Sulfur amino acid, %	0.93	0.82
Analyzed value, %		
Crude protein	19.30	15.40
Calcium	0.97	0.82
Total phosphorus	0.65	0.61

⁺ GM = genetically modified.

^a Supplied per kilogram of feed: Vitamin A 16,000 IU、Vitamin D₃ 2,667 IU、Vitamin E 13.3 mg、Vitamin K 2.7 mg、Vitamin B₁ 1.87 mg、Vitamin B₂ 6.4 mg、Vitamin B₆ 2.7 mg、Vitamin B₁₂ 16 µg、Folic acid 0.53 mg、Calcium pantothenate 26.7 mg、Niacin 40 mg、Choline-Cl (50%) 400 mg、Fe (FeSO₄) 53.3 mg、Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10.7 mg、Zn (ZnO) 106.7 mg、Mn (MnSO₄ · H₂O) 93.3 mg、I (KI) 0.53 mg、Co (CoSO₄) 0.27 mg、Se (Na₂SeO₃) 0.27 mg.

II. 蛋雞產蛋性能

自 10 週齡後分為餵飼基因改造或非基因改造飼糧，對生長性能之影響，於 11 — 18 週齡育成後期蛋雞兩組之生長性能並無顯著差異，顯示餵飼基因改造或非基因改造飼糧並不影響育成後期蛋雞生長性能。餵飼基因改造飼糧對 24 — 36 週齡伊莎蛋雞產蛋性能及體增重之影響，列如表 3。雞隻體增重於試驗期間未受基因改造飼料之影響，於兩組之間結果相近。試驗中產蛋雞之隻日採食量、隻日產蛋率、產蛋量 (egg mass)、飼料換蛋率及存活率等均未受到基因改造飼料之影響，於兩組間並無明顯差異，顯示基因改造玉米及大豆粕並未明顯影響蛋雞

的產蛋性能及存活率等；上述結果與 Gao *et al.* (2014) 飼餵含植酸酶生產基因片段之基因改造玉米，並未影響產蛋性能之結果相似。產蛋試驗期間，基因改造產蛋料較非基因改造產蛋料降低約 0.6 元，依國產玉米種植成本估算約 12 – 13 元，加上乾燥及運輸費用，國產非基因改造玉米每公斤估算約 14 – 15 元，但目前國產非基因改造玉米仍在補貼之中，即以進口玉米港口價出售，但目前生產量仍少；所以非基因改造玉米仍以每公斤 15 元估算，故使用基因改造飼料可大幅降低飼料成本約每公斤 0.6 元，且產蛋性能與非基因改造飼料飼養結果相近。

表 2. 19 – 36 週齡蛋雞試驗飼糧組成

Table 2. Compositions of experimental feeds for laying hens during 19-36 weeks of age

Ingredients	GM ⁺ feed	Non-GM ⁺ feed (control)
	----- % -----	
Yellow corn, ground (GM, CP 7.5%)	56.7	—
Yellow corn, ground (Non-GM, CP 10%)	—	64.2
Soybean meal (GM, CP 43%)	30	—
Soybean meal (Non-GM, CP 47%)	—	23.5
Soybean oil	1.0	0
Dicalcium phosphate	1.2	1.2
Limestone, pulverized	10.0	10.0
Salt	0.3	0.3
Choline chloride, 50%	0.2	0.2
DL-methionine	0.2	0.2
Vitamin-mineral premix ^a	0.4	0.4
Total	100	100
Calculated value		
Crude protein, %	17.16	17.04
ME, kcal/kg	2,754	2,753
Calcium, %	4.2	4.1
Non-phytate phosphorus, %	0.35	0.34
Total phosphorus, %	0.58	0.56
Analyzed value, %		
Crude protein	17.22	17.36
Calcium	4.25	4.18
Total phosphorus	0.59	0.58

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

^a Supplied per kilogram of feed : Vitamin A 16,000 IU、Vitamin D₃ 2,667 IU、Vitamin E 13.3 mg、Vitamin K 2.7 mg、Vitamin B₁ 1.87 mg、Vitamin B₂ 6.4 mg、Vitamin B₆ 2.7 mg、Vitamin B₁₂ 16 µg、Folic acid 0.53 mg、Calcium pantothenate 26.7 mg、Niacin 40 mg、Choline-Cl (50%) 400 mg、Fe (FeSO₄) 53.3mg、Cu (CuSO₄ · 5H₂O) 10.7 mg、Zn (ZnO) 106.7 mg、Mn (MnSO₄ · H₂O) 93.3 mg、I (KI) 0.53 mg、Co (CoSO₄) 0.27 mg、Se (Na₂SeO₃) 0.27 mg.

Gao *et al.* (2014) 應用於含植酸酶基因改造片段之玉米 (2 種基因改造片段) 飼餵 50 週齡蛋雞 16 週，結果發現可提高蛋雞磷利用率、但在產蛋性能及採食量未有明顯之影響。依 Tufarelli *et al.* (2015) 指出，以基因改造飼糧飼餵白肉雞及蛋雞均未影響生長及產蛋性能，與本試驗結果相似。另廖等 (2017) 及范等 (2019) 分別以基因改造玉米、大豆粕飼餵肉豬及泌乳山羊顯示，非基因改造飼料並無明顯影響肉豬生長性狀及乳羊泌乳性能及乳品質，此亦可印證本試驗之結果。

III. 蛋品質

飼餵基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞雞蛋品質之影響，列如表 4。基因改造飼料在影響雞蛋品質方面結果顯示，蛋重於兩組之間並無明顯的變化趨勢；在蛋殼品質方面，包括蛋殼破裂強度、殼重 (殼重 / 蛋重) 百

分比及蛋殼厚度均未受到基因改造飼料明顯的影響；蛋黃重 (蛋黃重 / 蛋重) 百分比及蛋新鮮度指標包括蛋白高度及豪氏單位等，在兩組之間並無顯著差異。在蛋黃顏色方面，包括蛋黃 L 值 (亮度)、a 值 (紅色度) 及 b 值 (黃色度) 皆未受到基因改造飼料顯著之影響，以上蛋品質測定結果顯示，蛋雞採食基因改造飼料並不明顯影響雞蛋品質。依 Gao *et al.* (2014) 及 Tufarelli *et al.* (2015) 以基因改造玉米為飼糧餵飼蛋雞，均未影響蛋品質及蛋黃色澤等性狀，此與本試驗結論一致。

表 3. 餵飼基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞產蛋性能及體增重之影響

Table 3. Effect of GM diet on egg performance and weight gain of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
BW of beginning, g/hen	1,519	1,515	20.2
BW of ending, g/hen	1,694	1,723	23.2
BW gain, g/hen	175	207	19.6
Daily production rate, %	89.5	91.2	2.2
Daily egg mass, g	50.9	50.5	1.3
Feed conversion ratio, feed intake/egg mass	2.01	1.99	0.03
Survival rate, %	100	98	1.4
Feed cost, NT dollar/kg	10.5	11.1	

N = 50.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

表 4. 餵飼基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞雞蛋品質之影響

Table 4. Effect of GM diet on egg quality of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
Egg weight, g/per egg	58.72	57.33	0.57
Eggshell breaking strength, kg	2.69	2.87	0.05
Eggshell weight, % (Eggshell weight/Egg weight)	7.81	7.69	0.09
Eggshell thickness, μ m	38.58	38.38	0.29
Yolk weight, % (Yolk weight/Egg weight)	23.83	24.19	0.35
Albumen height, mm	9.01	8.25	0.20
Haugh unit, unit/egg	112	107	7.68
Yolk color			
L* (Lightness)	58.85	58.73	0.38
a* (Redness)	8.65	9.62	0.97
b* (Yellowness)	43.5	41.56	1.96

N = 20.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

IV. 血液免疫球蛋白

餵飼基因改造飼糧對蛋雞血液中免疫球蛋白含量之影響，列如表 5。蛋雞餵飼基因改造飼料後血液免疫球蛋白包括 IgA、IgM 及 IgG 等含量均未受到基因改造飼料的影響，顯示基因改造飼料並不影響雞隻免疫能力。施等 (2022) 研究以土雞飼飼基因改造玉米—大豆飼糧 16 週，土雞血中免疫球蛋白含量與非基因改造飼糧雞隻相較，並無明顯變化。而 Sieradzki *et al.* (2013) 發現蛋雞採食基因改造玉米—大豆飼糧，並無影響雞隻健康、外觀與活力，上述結果可為本試驗血液免疫球蛋白結果之佐證。

表 5. 飼料基因改造飼糧對 24 – 36 週齡伊莎蛋雞血液免疫球蛋白含量之影響

Table 5. Effect of GM diet on immunoglobulin content of ISA layers during 24-36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
	----- $\mu\text{g/mL} \times 10^3$ -----		
IgA	392	383	33
IgG	1,802	1,726	58
IgM	7,487	7,292	67

N = 12.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

V. 蛋雞腸道微生物菌相

飼料基因改造飼糧對蛋雞腸道菌相及菌數之影響，列如表 6 所示，採集 36 週齡蛋雞腸道內容物進行菌相分析，結果顯示，在有害大腸桿菌屬、革蘭氏陰性菌屬、其他菌屬、乳酸菌屬及總菌數等，於基因改造或非基因改造飼料之間並未明顯變化，顯示基因改造飼料未能明顯影響腸道微生物菌相。施等 (2022) 及 Sieradzki *et al.* (2013) 分別研究發現土雞及蛋雞採食基因改造玉米—大豆飼糧，腸內容物微生物其菌相與非基因改造之對照組相較，均無明顯之變化，與本試驗結果相近。

表 6. 基因改造飼糧對 36 週齡伊莎蛋雞腸道菌相及菌數 ($\times 10^7$) 之影響

Table 6. Effect of GM diet on gut microbiota and bacteria count of ISA layers during 36 weeks of age

Items	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	SEM
Harmful <i>Escherichia</i>	30.1	24.0	7.4
Gram-negative bacteria	14.8	13.9	21.4
Other <i>Bacillus</i>	11.4	13.0	3.9
<i>Lactobacillus species</i>	176	223	21
Total plate count	233	273	24

N = 12.

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.

VI. 雞隻屠體檢查

在蛋雞屠體檢查方面，雞隻犧牲後，由獸醫研究所研究人員於兩組各採 12 隻蛋雞進行剖檢，採集蛋雞臟器，包括心臟、肝臟、腎臟、胃、小腸、大腸及卵巢等臟器及胸肉，供病理學檢查及判讀，上述蛋雞臟器及組織經獸醫研究所獸醫師檢視，皆無明顯特徵性病變。

依 Zhong *et al.* (2017) 以 maroACC 基因 (抗蟲害綠膿桿菌基因片段) 飼料種用來亨蛋雞 12 週，結果發現 32 週齡種公雞精液性狀不受基因改造玉米之影響，在種蛋受精率及活雛數亦無明顯差異。種公雞睪丸重與組織病理學臨床診斷與對照組並無差異或病變，在雞隻外觀活力及健康均為良好；血液中動情激素 (FSH)、排卵素 (LH) 及睪固酮 (testosterone) 等不受基因改造玉米之影響，顯見基因改造飼料並不影響蛋雞繁殖性能，此結論與本試驗結果相符。

VII. 蛋雞組織臟器基因片段檢測

基因改造飼糧飼之蛋雞，其基因改造基因片段定性分析之結果，如表 7 所示，雞蛋、雞隻心臟、肝臟、砂囊、卵巢、胸肉、腿肉、血液及糞便等，經 DNA 萃取後，皆未檢出基因改造基因片段殘留，此結果與施等 (2022) 進行飼料土雞基因改造飼料均未檢出基因片段殘留之結論一致。另 Gao *et al.* (2014) 以蛋雞採食含生產植酸酶基因片段之基因改造玉米 (2 種基因改造片段) 16 週後，結果亦發現在卵巢、雞蛋、胸肉及腿肉等均未檢出任何基因改造片段。多位學者之研究報告顯示，白肉雞、土雞與蛋雞採食轉殖基因之玉米—大豆粕後，其器官、組織、肉及蛋之 DNA 均無檢出外來基因片段 (施等, 2022; Sieradzki *et al.*, 2013; Gao *et al.*, 2014; Tufarelli *et al.*, 2015)，與本試驗結果頗為符合。另外，依 Agnieszka *et al.* (2020) 研究顯示，植物重組 DNA 進入畜禽消化道會持續受到低 pH 之胃酸、胰蛋白酶及小腸刷狀緣上多種蛋白酶等進行分解破壞，此或可說明基因片段未有殘留之現象。

表 7. 基因改造飼糧對伊莎蛋雞雞蛋與體組織中基因片段殘留的定性分析

Table 7. Effect of GM diet on transgenic gene detection in egg, meat, organs, blood and excreta of ISA layers

Sample/Gene fragment	<i>Nos-T</i>		<i>CaMV 35S-P</i>		<i>EPSPS-CP4</i>		<i>FMV 35S-P</i>		<i>Pat</i>	
Item	GM ⁺ diet	Non-GM ⁺ diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet	GM diet	Non-GM diet
Egg DNA	ND [#]	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Heart DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Liver DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Gizzard DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ovaries DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Breast meat DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Leg meat DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Blood DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Excreta DNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

⁺ GM = genetically modified; Non-GM = non-genetically modified.[#] ND: no detection.

Each special DNA sample n = 12; Egg DNA sample n = 20.

結 論

蛋雞餵飼基因改造原料調配之飼糧，雞隻健康狀況良好，並不影響產蛋、蛋品質、血中免疫球蛋白含量及腸道微生物菌相，也無組織病理特徵性病變等，同時所有臟器組織 DNA 樣品亦未檢出轉殖基因片段，顯示蛋雞採食含基因改造飼料所生產之內臟及蛋品應屬安全範疇之內。

參考文獻

- 白火城、黃森源、林仁壽。1997。家畜臨床血液生化學，立宇出版社，臺南市。
- 范耕榛、施柏齡、陳哲仁、張惠如、李春芳。2019。基因改造飼料對泌乳山羊健康與產品安全風險評估。中畜會誌 48(增刊)：305。
- 施柏齡、洪兮雯、劉芳爵、李宗育、陳哲仁、陳燕萍、涂央昌、李春芳。2022。基因改造玉米與大豆粕飼糧對土雞生長、健康及基因片段殘留調查。畜產研究 55：101-109。
- 農業部基因改造飼料或飼料添加物可查驗辦法。中華民國 105 年 1 月 4 日公告。
- 農業統計年報。2021。糧食供需進口量。行政院農業委員會編著。
- 廖宗文、施柏齡、劉芳爵、李宗育、李恒夫、吳鈴彩、陳哲仁、涂央昌、李春芳。2017。基因改造飼料對畜禽健康與產品安全風險評估。行政院農業委員會畜產試驗所 107 年度科技計畫期末報告，臺北市。
- 劉振軒、何逸、張文發、祝志平、王綉真。1996。組織病理染色技術與圖譜：組織化學染色。藝軒出版社，新北市，第 17-20 頁。
- 衛生福利部食品藥物管理署。2014。基因改造食品檢驗。民國 103 年 5 月 29 日發佈。<http://www.fda.gov.tw/TC/siteContent.aspx?sid=3963>。
- Agnieszka, K. K., B. Gralak, G. Faliszewska, and E. Karpiniak. 2020. The influence of GMO feed on ecosystem stability of the gastrointestinal tract in different species - a review. Anim. Sci. Papers Rep. 38: 213-224.
- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis (19th Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
- Aulrich, K., I. Halle, and G. Flachowsky. 1998. Effect of genetically modified Bt-hybrids maize on digestibility in laying hens. HO.VDLUFA- Conference, Giessen, Germany. pp. 465-468.
- Buzoianu, S. G., M. C. Walsh, M. C. Rea, J. P. Cassidy, R. P. Ross, G. E. Gardiner, and P. G. Lawlor. 2012. Effect of feeding genetically modified Bt MON810 maize to approximately 40-day-old pigs for 110 days on growth and health indicators. Animal 6: 1609-1619.
- Covert, T. C., L. C. Shadix, E. W. Rice, J. R. Haines, and R. W. Freyberg. 1989. Evaluation of the autoanalysis Colilert test for detection and enumeration of total coliform. Appl. Environ. Microbiol. 55: 2443-2447.
- Gao, C., Q. Ma, L. Zhao, J. Zhang, and C. Ji. 2014. Effect of dietary phytase transgenic corn on physiological characteristics and the fate of recombinant plant DNA in laying hens. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 27: 77-82.
- Haugh, R. R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. U.S. Egg Poultry Mag. 43: 552.
- Lyon, C. E., B. G. Lyon, C. E. Davis, and W. E. Townsend. 1980. Texture profile analysis of patties made from mixed and flake-cut mechanically deboned poultry meat. Poult. Sci. 59: 69-76.
- Nordskog, A. W. and G. Fransworth, Jr. 1953. The problem of sampling for egg quality in breeding flock. Poult. Sci. 32: 918-921.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- SAS. 2008. SAS User's Guide. Statistical Institute, Inc., Cary.
- Séralini, G. E., E. Clair, R. Mesnage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin, and J. S. de Vendôme. 2012. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. FoodChem.Toxic. 50(11): 4221-4231.
- Shehata, A. A., W. Schrödl, A. A. Aldin, H. M. Hafez, and M. Krüger. 2013. The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota in vitro. Curr. Microbiol. 66: 350-358.
- Sieradzki, Z., M. Mazur, K. Kwiatek, S. Swiatkiewicz, M. Swiatkiewicz, J. Koreleski, E. Hanczakowska, A. Arczewska-Włosek, and M. Goldsztejn. 2013. Assessing the possibility of genetically modified DNA transfer from GM feed to broiler, laying hen, pig and calf tissues. Pol. J. Vet. Sci. 16: 435-441.

- Tufarelli, V., M. Selvaggi, C. Dario, and V. Laudadio. 2015. Genetically modified feeds in poultry diet: safety, performance, and product quality. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55: 562-569.
- Van Eenennaam, A. L. and A. E. Young. 2014. Prevalence and impacts of genetically engineered feedstuffs on livestock populations. *J. Anim. Sci.* 92: 4255-4278.
- Zhong, R., L. Chen, L. Zhang, and H Zhang. 2017. Transgenerational effect of feeding genetically modified *maroACC* corn to laying hens and offspring roosters on offspring roosters growth and reproduction. *J. Anim. Sci. Supplemen.* 95: 188-189.

Genetically modified corn and soybean diet on laying performance, egg quality and gene fragments traceability of laying hens ⁽¹⁾

Bor-Ling Shih ⁽²⁾ Jen-Ren Chen ⁽³⁾ Yang-Chang Tu ⁽⁴⁾ and Hsi-Wen Hung ⁽²⁾⁽⁵⁾

Received: Mar. 8, 2023; Accepted: Jun. 14, 2023

Abstract

The purpose of this experiment was to investigate the genetically modified (GM) diet on layer hens' health and to evaluate risk of the food safety of eggs. One hundred 10-week-old commercial ISA layers were used as experimental animals and allotted to two groups, the GM group contained GM corn and GM soybean meal, and corn and soybean meal used in non-GM groups were both non-GM. The experiment started when hens were 24 week-old and conducted for 12 weeks. Feed and water were provided *ad libitum*. Feed intake, laying performance and egg quality were recorded. Gut microbiota, modified gene segments of eggs, organs and excreta were investigated. The results showed that hens fed with either GM or non-GM corn and soybean meal diets had normal and similar egg production, egg quality, immune immunoglobulin and gut microbiota. There were no pathological characteristic lesions in the internal organs, no residue of transferred gene events in egg, meat, organ tissues and blood as well. In conclusion, laying hens fed with GM diets for 12 weeks did not affect laying performance, egg quality and health. The modified gene segments could not be traced in eggs, tissues and organs. Eggs and edible organs of layers are recognized safe.

Key words: Genetically modified feed, ISA Layers, Laying performance.

(1) Contribution No. 2752 from Taiwan Livestock Research Institute (TLRI), Ministry of Agriculture (MOA).

(2) Animal Nutrition Division, MOA-TLRI, HsinHua, Tainan, 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Biotechnology Section, Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, No. 6, Xingzhong St., Xinshe Dist., Taichung, 426017, Taiwan, R. O. C.

(4) Epidemiology Research Department, Veterinary Research Institute, Ministry of Agriculture, New Taipei City. No. 376, Zhongzheng Rd., Tamsui District, New Taipei City, 251018, Taiwan, R. O. C.

(5) Corresponding author, E-mail: hwhung@tlri.gov.tw.