

# 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<sup>(1)</sup>

施柏齡<sup>(2)</sup> 洪兮雯<sup>(2)(6)</sup> 劉芳爵<sup>(2)</sup> 李宗育<sup>(2)</sup> 陳哲仁<sup>(3)</sup> 陳燕萍<sup>(4)</sup> 涂央昌<sup>(4)</sup> 李春芳<sup>(5)</sup>

收件日期：111 年 2 月 15 日；接受日期：111 年 6 月 7 日

## 摘 要

目前國內畜禽飼糧中的玉米與大豆粕主要來自進口基改作物，本試驗旨在調查餵飼土雞基因改造飼料，是否影響土雞生長健康表現以及基因片段殘留情形。採用一日齡畜試土雞臺畜母 12 號品系 120 隻，逢機分成二組。試驗期間分為育雛期（0－4 週齡）、生長期（5－8 週齡）及肥育期（9－16 週齡）。以國產非基改玉米－大豆粉為主要原料之基礎飼糧為對照組；以進口基改玉米－大豆粕為主要原料之飼糧（以下簡稱為基改飼糧）為處理組，每處理組 60 隻土雞，上述兩處理組之各期飼糧均為等氮等能量，飼養期間飼料與飲水任食。試驗結束時，每組採取 12 隻雞隻進行屠體性狀、腸道菌相、組織病理與切片及基因片段殘留等測定。結果顯示，兩組土雞全期日增重、飼料轉換率及育成率均相近，惟在 5－12 週齡及全期採食量則以基改飼糧為高（ $P < 0.05$ ）。土雞屠體性狀如腹脂、內臟及胸肉等相對重量皆無明顯變化；無論 8 或 16 週齡土雞皮膚腫脹反應及血液 IgA、IgG 及 IgM 含量等免疫反應均未受飼糧處理的影響；兩組腸道微生物菌數變異大而未有明顯差異。基改或非基改飼糧組雞隻各組織臟器均無明顯特徵性組織病變，在組織臟器與腸道內容物 DNA 中亦未檢出玉米 4 種及大豆粕 1 種基改基因片段。綜上所述，土雞餵飼含玉米、大豆粕基改原料之飼糧 16 週，並不影響生長、屠體性狀、免疫能力、腸道微生物菌相及器官發育，同時無基改基因片段的殘留，顯示土雞採食含基改飼料所生產之內臟及禽肉品應屬安全範疇之內。

關鍵詞：基改玉米大豆粕、生長性能、基改基因片段殘留、健康、土雞。

## 緒 言

基改技術廣泛應用在作物生產上。在美國，自 1996 年開始引入基改作物至今，已有 19 種以上基改植物被認可，在飼料用途的有苜蓿、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改作物種植面積的 99%，顯示基改作物已被廣泛應用，全球畜產業約使用 70－90% 基改作物以調配畜禽飼糧（Van Eenennaam and Young, 2014）。自 1996 年至 2018 年，全球基改作物種植面積由 170 萬公頃上升至 1.9 億公頃，其中大豆占 50%，玉米占 31%，棉花占 13%，油菜占 5%，其他作物約占 1%。以基改功能區分，抗除草劑占 45%，多抗型占 42%，抗蟲占 12% 及其他占 1%，值得注意的是 2014 年開始，抗除草劑與抗蟲（多抗型）基改作物快速發展（ISAAA, 2018）。玉米及大豆粕各約占家畜配合飼料之 60% 及 20%，依據行政院農業委員會網站（<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/trade/tradereport.aspx>）的農業貿易資料，民國 107 年至 109 年間我國分別進口 267 萬、267 萬及 259 萬公噸大豆，幾乎均為基改產品；同期進口之飼料用玉米分別為 424 萬、489 萬及 451 萬公噸，其中自美國及中南美洲等國進口者亦多為基改產品，而 110 年分別從美國和巴西進口 146 萬公噸及 115 萬噸基改玉米，為基改玉米最主要來源。

雖然部分消費者對基改食品安全感到疑慮，但美國食品及藥物管理局（US FDA）及環保署（US EPA）強調基改食品為高度安全及無污染之疑慮（US FDA, 1992; US EPA, 2001）。種植基改抗殺草劑之基改大豆，常會誤導農民使用較多的嘉磷賽（農藥），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，相對

(1) 行政院農業委員會畜產試驗所研究報告第 2705 號。

(2) 行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

(3) 行政院農業委員會種苗改良繁殖場。

(4) 行政院農業委員會家畜衛生試驗所疫學研究組。

(5) 行政院農業委員會畜產試驗所副所長室。

(6) 通訊作者，E-mail: hwhung@mail.tlri.gov.tw。

的益生菌則可能易被嘉磷賽農藥殺死 (Shehata *et al.*, 2013)。國內畜禽飼養使用大量基改作物飼料，但至今國內在餵飼含基改飼料原料之飼糧對畜禽相關安全風險的評估相當少，對飼養期較長之土雞相關資料更付之闕如，故本試驗旨在探討含基改玉米與大豆飼糧，對土雞生長、屠體性狀、器官發育、免疫反應及腸道菌相之影響，並追蹤其基改基因片段殘留情形。

## 材料與方法

### I. 試驗飼糧

兩種飼糧處理，分別為非基改飼糧組與基改飼糧組 (表 1)，基改作物指玉米及大豆粕兩種。選用國內農糧署輔導之義竹鄉農會及善化雜糧協會所種植之玉米與大豆 (經加熱處理) 為非基改飼料之原料；採取本所飼料廠採購進口玉米及大豆粕 (美國) 為基改飼料之原料。本試驗所需基改與非基改作物採一次購足並冷藏保存，於飼養試驗前送檢確定基改片段並據以定性定量追蹤在土雞組織的存留。

表 1. 0 – 16 週齡土雞飼糧基改玉米大豆粕之試驗飼糧組成 (餵飼基, %)

Table 1. Formula and compositions of diets in genetically modified (GM) corn and soybean experiment for native chickens during 0-16 weeks of age (as fed basis, %)

Ingredients, %	0 – 4 wk		5 – 8 wk		9 – 16 wk	
	Non-GM diet (control)	GM diet	Non-GM diet (control)	GM diet	Non-GM diet (control)	GM diet
Yellow corn, ground (GM)	—	52.0	—	63.5	—	67.5
Yellow corn, ground (Non-GM)	50.5	—	50.4	—	59.0	—
Soybean meal (GM)	—	32.0	—	32.5	—	28.1
Full-fat soybean, ground (Non-GM)	37.5	—	36.5	—	31.0	—
Fish meal, CP 65%	8.0	8.0	—	—	—	—
Wheat bran	—	—	10.0	—	7.0	—
Soybean oil	—	5.0	—	0.9	—	1.3
Dicalcium phosphate	1.1	1.1	1.1	1.2	0.9	1.0
Limestone, pulverized	0.9	0.9	1.2	1.1	1.3	1.3
Salt	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
DL-methionine	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitamin-mineral premixa	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline chloride, 50%	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sea sand	1.0	—	—	—	—	—
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Calculated value						
ME, kcal/kg	3,201	3,200	3,069	3,060	3,136	3,142
Nonphyate phosphorus, %	0.40	0.40	0.37	0.38	0.31	0.31
Analyzed value, %						
Crude protein	23.15	22.90	19.18	18.91	17.15	17.02
Crude fat	9.04	8.68	7.78	8.16	7.05	6.85
Crude fiber	3.58	3.69	4.16	3.96	4.35	3.96
Calcium	1.11	1.13	0.91	0.89	0.91	1.01
Total phosphorus	0.72	0.68	0.65	0.67	0.65	0.61

<sup>a</sup> Supplied per kilogram of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,000 IU; vitamin E, 13 IU; vitamin K, 2 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 1 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 16 µg; folic acid, 0.53 mg; calcium pantothenate, 26 mg; niacin, 40 mg; Fe (FeSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O), 53 mg; Cu (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O), 10 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O), 93 mg; Zn (ZnO), 106 mg; I (KI), 0.53 mg; Co (CoCO<sub>3</sub>), 0.27 mg; and Se (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>), 0.27 mg.

## II. 試驗動物與處理

將 120 隻 1 日齡畜試土雞臺畜母 12 號品系逢機分為兩組，公母各半，分別餵飼非基改或基改飼糧 16 週。每處理組 60 隻土雞，分為 3 重複 (3 欄)，每重複 20 隻。飼糧分 0 – 4 週齡育雛期、5 – 8 週齡生長期及 9 – 16 週齡肥育期三期調配，上述各期飼糧均為等氮及等能量。飼養期間飼料與飲水任食。本試驗之雞隻飼養及試驗內容，皆經行政院農業委員會畜產試驗所「實驗動物照護小組」審查通過 (104-27)。

## III. 測定項目

### (i) 生長性能：

於育雛期 (0 – 4 齡)、生長期 (5 – 8 週齡) 及肥育期 (9 – 16 週齡) 試驗期間記錄雞隻採食量及增重，並計算飼料轉換率 (採食量 / 增重)。於試驗期間記錄雞隻死亡隻數，以計算雞隻育成率。

### (ii) 農藥殘留：

試驗所用之原料玉米及大豆 (粕)，送農業藥物毒物試驗所檢測。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，2014a)，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。

### (iii) 血中免疫球蛋白與皮膚腫脹試驗：

於第 8 週齡及第 16 週齡時，二組各逢機採集 12 隻雞隻血液，測定血中 IgG、IgA 及 IgM (白等，1996)；雞隻皮膚腫脹試驗以 75 µg 植物凝集素 (phytohaemagglutinin, PHA) 與 0.1 mL 磷酸鹽緩衝生理鹽水 (phosphate buffered saline, PBS) 為對照，分別於左翼與右翼進行皮下注射，使用游標尺測定皮膚腫脹的高度，以代表 T 細胞非特異性免疫反應作用 (Lin and Chang, 2006)，PHA 值的計算公式為：(左翼注射 PHA 24 小時後皮膚腫脹高度－注射 PHA 前的皮膚高度) ÷ (右翼注射 PBS 24 小時後皮膚腫脹高度－注射 PBS 前的皮膚高度)。

### (iv) 屠體性狀：

於 16 週齡時，二組各逢機犧牲 12 隻雞隻，分析屠體性狀，並採取腹脂、心臟、肝臟、砂囊及胸肉秤重，換算成每 100 g 活體重的相對重量。

### (v) 腸道菌相：

於 16 週齡時，由二組各逢機犧牲的 12 隻雞隻，進行腸道微生物菌相分析 (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 連續稀釋濃度至 1/1,000,000。再以 L 型玻棒均勻塗抹至 *Lactobacilli* MRS Agar 及 CHROMagar™ ECC 培養基上，分別在 13% CO<sub>2</sub>、37°C 的環境培養 48 小時與 37°C 的環境培養 24 小時，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 16 週齡時，二組各逢機犧牲 12 隻雞隻，由家畜衛生試驗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 小時後取出，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 stain, H&E stain) 並加臘封蓋，用光學顯微鏡 (Nikon, Labophot-2) 觀察並拍照 (劉等，1996)。

### (vii) 基改片段檢測：

收集試驗期間之玉米、大豆 (粕) 與 16 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、砂囊及腸道內容物，使用 DNA 萃取套組 (PureLink® Genomic DNA Mini kit, Invitrogen™; Quick-gDNA™ Fecal/Soil Microbe Microprep Kit, Zymo Research) 進行基因體 DNA 萃取，共計 168 個 DNA 樣品，進行 DNA 樣品定性定量，以檢測飼料中基改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，由行政院農業委員會種苗繁殖場研究人員依衛生福利部食品藥物管理署 (2014b) 方法進行，採取玉米及大豆 (粕) 進行檢測。玉米與大豆粕皆使用「定性確認試驗用及定量試驗用引子檢測方法」，以 real-time PCR (Applied Biosystem StepOnePlus, United State) 進行檢測，玉米檢測基改基因片段包括 Bt11 (抗蟲)、DAS59122 (抗蟲)、Event176 (抗蟲)、Evnet3272 (抗蟲)、GA21 (抗除草劑)、MIR604 (抗蟲)、MON810 (抗除草劑)、MON863 (抗蟲)、NK603 (抗除草劑) 以及 TC1507 (抗蟲 + 抗除草劑)，共 10 個品項 (表 2)。大豆檢測基改基因片段則是 GTS 40-3-2 (抗除草劑)、DP-305423-1 (抗除草劑 + 提高油酸含量)、DP-356043-5 (抗除草劑) 以及 DAS-68416-4 (抗除草劑) 四個品項 (表 2)。上述擴增

結果先以電泳確認產物大小是否符合預期，結果若是相符呈陽性，則判定該樣品檢出轉殖品項，並以 real-time PCR 估計相對含量；若電泳結果呈陰性或產物大小不相符，則判定該樣品未檢出轉殖品項。

表 2. 本試驗中檢測玉米及大豆粕基改基因片段使用之引子表列

Table 2. Primers used in this study to detect GMO events in corn and soybean meal\*

GMO Event	Forward primer (5'→3')	Reverse primer (5'→3')	Size (bp)
<b>Corn</b>			
Bt11	CCATTTTTCAGCTAGGAAGTTC	TCGTTGATGTTKGGGTTGTTGTCC	110
DAS59122	TGGACTTGTAGCTAGGTAGCCA	GCGTGGTTGCTGATCTCGTAC	82
Event176	GTGGACAGC CTGGACGAGAT	TGCTGAAGC CACTGCGGAAC	106
Evnet3272	AAAAGAACCCGATCGACAGGAT	CCAGTAGAACGCCTGCATGAT	137
GA21	TTCCAGGGGCTCAAGTCCA	TCTCCTTGATGGGCTGCA	136
MIR604	GTTGCGGTTCTGTCTAGTTCCA	CGCACGCAATTCAACAGAAG	130
MON810	TGACACTATATTGCTTCTCTTTACATACGT	GATGTTTGGGTTGTTGTCCAT	139
MON863	AATGAACTGATCATTGGTGCTGAGT	TGAATGAGCATACGTCCAAACG	135
NK603	TGGCATTTCGAACCCTAGAGA	TGACCTCGAGTAAGCTTGTTAACG	129
TC1507	CGACCTGCAGCCAAGCTT	TCATGTTAGTCGCAACGAAACC	71
HMG-Maize internal control	TTGGCTACATAGGGAGCCTTGT	GAGTCGGTAAGCTCCATCTTCTG	123
<b>Soybean</b>			
GTS 40-3-2	GCCTTTCCTTTATCGCAATGATG	TCAAAATAAGATCATAACATACAGGTTA AAATAAAC	101
DP-305423-1	ATAAAGGAAGTACAGTAGAATTTAAAGGT	ACAAATGATTTTCATACAAAAGTCGAG	107
DP-356043-5	CCATCAGCTGGGCCGGCCACT	GCGTCTTCTTTCCATATGGTAGC	169
DAS-68416-4	CGTATCCGCTACTTGCTCTTGTC	TTCAAACCTATTCGGGCCTAACTTT	145
Letin-Soybean internal control	CATTGTTGGGACAAAGAAACCGGTA	AGCCCATCTGCAAGCCTTTT	96

\* These primers are publicly posted on Food and Drug Administration, MOHW: Method of Test for Genetically Modified Foods (<https://consumer.fda.gov.tw/Food/Testing.aspx?nodeID=1037>).

#### (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： $100 - \text{水分} - \text{粗灰分} - \text{粗蛋白質} - \text{粗脂肪} - \text{粗纖維}$ )。

#### IV. 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

採集基改玉米及大豆粕 ( $n = 3$ ) 與非基改玉米及大豆 ( $n = 3$ )，經檢測 311 種國內常用農藥殘留品項，結果顯示基改玉米、大豆粕及非基改玉米皆未檢出農藥殘留，但非基改大豆檢出賽滅淨 0.16 ppm，惟尚符合衛福部食品級農藥殘留安全限量範圍 0.5 ppm 之內。

針對本試驗所使用的玉米及大豆 (粕)，分別檢測基改玉米 Bt11 等 10 個品項及基改大豆 GTS 40-3-2 等 4 個品項，結果在非基改玉米及大豆都未檢出基因片段，符合預期，可做為非基改飼料之對照品；在基改玉米樣品

中檢出 TC1507、NK603、MON810 以及 Bt11 四個基因片段，另基改大豆粕則檢出 GTS40-3-2 一個基因片段，因此以這五個品項作為後續雞隻檢體 DNA 的檢測標的。

## II. 生長性狀

基改飼糧對 0 – 16 週齡土雞採食量及生長性能之影響，如表 3。土雞隻日增重、飼料轉換率及育成率於各階段 (0 – 4、5 – 8、9 – 12 及 13 – 16 週齡) 及試驗全期均未明顯受到基改飼糧之影響；但在 5 – 12 週齡及全期雞隻日採食量則以基改飼糧顯著較高 ( $P < 0.05$ )，其他生長階段隻日採食量結果則相近。土雞育成率於各生長期及全期之結果均相近。

Van Eenennaam and Young (2014) 收集美國 1996 – 2011 年多篇有關基因飼料對畜禽生產之影響，發現飼料含基因改造農作物飼料的畜禽生產性能和健康都與飼料等同質量之非基因改造農作物飼料的畜禽性能和健康一致；McNaughton *et al.* (2011) 及 Jianzhuang *et al.* (2012) 分別以含基改玉米及基改大豆之飼糧飼養至 42 日齡白肉雞，結果顯示含基改作物之飼料並未顯著影響雞隻增重、飼料效率及育成率，上述結論與本試驗結果一致。然 Zhang *et al.* (2019) 以基改玉米–大豆飼糧飼養白肉雞至 32 日齡，基改與非基改的玉米–大豆兩者之營養分消化率結果相近，但雞隻採食基改飼糧之增重明顯較非基改飼糧為低，飼料效率則較佳，該作者 Zhang 認為該研究受到環境及採食量的影響可能導致短期飼養下，非基改組生長性狀較佳，此仍有進一步探討的空間。本試驗動物為土雞，雖在 5 – 12 週齡期間，非基改飼組採食量顯著降低，推測或因非基改飼糧含非基改全脂大豆粉所致；飼養期長達 16 週，結果顯示含基改玉米–大豆粕飼糧並不影響土雞生長性能。

表 3. 基改玉米–大豆粕飼糧對 0 – 16 週齡土雞採食量及生長性能之影響

Table 3. Effects of genetically modified (GM) corn and soybean meal diet on the feed intake and growth performances of native chickens (0-16 wks of age)

Items	Non-GM diet	GM diet	SEM
0 – 4 wks of age			
Feed intake, g/bird/d	11.17	12.68	0.22
Weight gain, g/bird/d	7.35	8.03	0.29
Feed conversion ratio (feed/gain)	1.52	1.58	0.11
Survival rate, %	98.33	98.33	1.32
5 – 8 wks of age			
Feed intake, g/bird/d	32.82 <sup>b</sup>	38.15 <sup>a</sup>	0.81
Weight gain, g/bird/d	12.57	13.65	0.44
Feed conversion ratio (feed/gain)	2.90	3.07	0.16
Survival rate, %	98.33	98.33	1.66
9 – 12 wks of age			
Feed intake, g/bird/d	47.11 <sup>b</sup>	53.45 <sup>a</sup>	1.48
Weight gain, g/bird/d	16.69	17.63	0.58
Feed conversion ratio (feed/gain)	3.08	3.34	0.27
Survival rate, %	98.33	98.33	1.66
13 – 16 wks of age			
Feed intake, g/bird/d	67.88	70.42	2.07
Weight gain, g/bird/d	17.64	15.89	0.82
Feed conversion ratio (feed/gain)	4.29	4.53	0.28
Survival rate, %	96.66	95.00	1.18
0 – 16 wks of age			
Feed intake, g/bird/d	40.87 <sup>b</sup>	43.62 <sup>a</sup>	0.81
Weight gain, g/bird/d	13.30	13.50	1.65
Feed conversion ratio (feed/gain)	3.26	3.40	0.16

<sup>a, b</sup> Data in the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ).

### III. 屠體性狀

基改飼糧對 16 週齡土雞屠體性狀之影響如表 4 所示。試驗結果顯示，雞隻屠體性狀包括屠宰率、腹脂相對重 (g/100 g 活體重)、心相對重、肝相對重、砂囊相對重、可食性內臟相對重及胸肉相對重於兩組間之結果皆相近。McNaughton *et al.* (2011) 與 Jianzhuang *et al.* (2012) 研究顯示，分別採食含基改玉米及基改大豆飼糧並不影響屠宰率及內臟相對重量等屠體性狀，此結果與本試驗結論一致。另 Zhang *et al.* (2019) 試驗也觀測採食基改玉米—大豆飼糧並不改變白肉雞雞肉之 pH 值、色澤、保水力及水煮失重率等加工特性。

### IV. 皮膚腫脹試驗及血液球蛋白抗體

基改飼糧對 16 週齡土雞細胞免疫及血液免疫蛋白含量之影響，如表 5。土雞以 PHA 注射雞翼皮下誘導皮下腫脹程度，結果顯示於 8 或 16 週齡土雞皮膚腫脹反應及血液 IgA、IgG 及 IgM 含量均未受影響。

脾臟或淋巴結細胞增殖反應來自體內 T 細胞的增殖及作用，而本試驗以 PHA 作為抗原注射，可透過刺激誘導 T 細胞的增殖或是利用交叉連結 (cross-linking) 產生 CD3 抗體來刺激皮下組織免疫反應，經計算皮膚腫脹程度，藉以判斷 T 細胞的免疫程度 (Lin and Chang, 2006)；試驗結果發現，土雞餵飼基改玉米及大豆粕飼糧皆未明顯影響代表 T 細胞免疫的皮膚腫脹反應及代表 B 細胞免疫的血液免疫球蛋白含量，此結果顯示基改玉米—大豆飼糧可保持正常免疫力及健康狀態。

16 週齡土雞注射 PHA 後的皮膚腫脹反應及血液免疫球蛋白含量皆較 8 週齡低。本試驗雞隻於 7 週齡時曾接受傳染性喉頭氣管炎之疫苗免疫，接下來至 16 週齡之前皆無免疫計畫，此可能為 8 週齡雞隻血液免疫球蛋白較高之原因。Salaberia *et al.* (2013) 指出 PHA test 為檢測雞隻 T 細胞增殖較為簡便且快速的方法之一，若試驗對象為白肉雞，應於育雛期實施，但本試驗的試驗動物為土雞，係為生長緩慢之雞種，故可能在接近上市週齡時，對 PHA 刺激造成的免疫反應較小所致。

表 4. 基改玉米—大豆粕飼糧對 16 週齡土雞屠體性狀之影響

Table 4. Effects of genetically modified (GM) corn and soybean meal diet on the carcass characteristics of native chickens at 16 weeks of age

Items	Non-GM diet	GM diet	SEM
Dressing, % <sup>1</sup>	82.18	84.69	0.78
Abdominal fat, RW <sup>2</sup>	0.18	0.26	0.15
Heart weight, RW	0.72	0.63	0.05
Liver weight, RW	2.64	2.33	0.12
Gizzard weight, RW	4.07	3.90	0.19
Breast meat weight, RW	13.89	15.20	0.74
Organs weight, RW	7.53	6.93	0.23

<sup>1</sup> Dressing = (carcass weight ÷ live body weight) × 100%.

<sup>2</sup> RW = relative weight, g/100 g live body weight.

There is no significant difference between groups.

n = 12.

### V. 腸道微生物菌相

基改飼糧對 16 週齡土雞小腸四種菌相之菌數影響如表 6 所示。小腸有害大腸桿菌、革蘭氏陰性菌及其他桿菌屬菌數雖以基改飼糧組呈較高之現象，但因統計機差過大，並未達明顯差異；腸道乳酸菌屬菌數則以非基改飼糧組有高於基改飼糧組之趨勢，但亦因組內機差甚大，而致腸道乳酸菌屬菌數在兩組亦未達明顯差異。

Shehata *et al.* (2013) 研究發現種植基改抗殺草劑大豆，易誤導農民使用較多的嘉磷賽 (農藥)，進而影響家禽腸道細菌生態，然本試驗之基改玉米與大豆粕並未檢出農藥殘留，基改玉米—大豆粕飼糧組土雞的四種腸道微生物菌相之菌數亦未受到顯著影響；此結論與 Jianzhuang *et al.* (2012) 以白肉雞餵飼 42 天基改大豆與非基改大豆比較並未明顯影響腸道菌相之結果一致。

### VI. 屠體病理臨床檢查

在雞隻屠體病理學檢查方面，由家衛所採取兩組各 12 隻 16 週齡土雞進行剖檢，採集雞隻全身重要臟器，包括腦、心、肝、脾、肺、腎及消化道等，進行共 84 個樣品的組織切片與染色鏡檢。結果顯示基改飼糧及非基

改飼糧處理組雞隻在各臟器均無明顯特徵性組織病變，顯示基改玉米—大豆粕飼糧未影響雞隻器官發育與健康狀態，此結果與 Zhang *et al.* (2019) 之研究報告相似，其報告白肉雞採食基改玉米—大豆飼糧不影響白肉雞臟器發育及死亡率。

表 5. 基改玉米—大豆粕飼糧對 8 及 16 週齡土雞皮膚腫脹反應及血液免疫蛋白含量之影響

Table 5. Effects of genetically modified (GM) corn and soybean meal diet on the skin swelling response and blood immunoglobulin of native chicken at 8 and 16 weeks of age

Items	Non-GM diet	GM diet	SEM
8-wk-old			
PHA value, fold <sup>1</sup>	1.83	1.24	0.87
IgA titer, µg/mL	1,458	1,380	272
IgG titer, µg/mL	8,286	7,662	652
IgM titer, µg/mL	444	393	142
16-wk-old			
PHA value, fold <sup>1</sup>	0.62	0.81	0.78
IgA titer, µg/mL	804	674	153
IgG titer, µg/mL	6,157	6,869	1,054
IgM titer, µg/mL	284	239	52

<sup>1</sup> Phytohaemagglutinin (PHA) value: (the skin height after PHA injection - the skin height before injection) ÷ (the skin height after PBS injection- the skin height before injection).

There is no significant difference between groups.

n = 12.

表 6. 基改玉米—大豆粕飼糧對 16 週齡土雞小腸菌相 ( $\times 10^7$ ) 之影響

Table 6. Effects of genetically modified (GM) corn and soybean meal diet on the small intestine microbiota of native chicken at 16 week of age

Items	Non-GM diet	GM diet	SEM
Pathogenic <i>E. coli</i>	142	489	288
Gram-negative bacteria	18	268	189
<i>Bacillus</i> spp.	89	348	194
<i>Lactobacillus</i> spp.	19	12	10

There is no significant difference between groups.

n = 12.

## VII. 活體基改基因片段殘留追蹤

經萃取 16 週齡土雞心臟、砂囊、肝臟、胸肉、腸內容物、血液及排泄物 DNA 後 (每組 12 隻)，檢測基改玉米所含之四個基改基因片段，結果均未檢出任何基改基因片段，亦未檢出大豆基改基因片段 GTS40-3-2。顯示土雞採食含基改玉米及大豆粕之後，經消化道分解消化吸收後，於組織、器官、肌肉、血液及排泄物均已無檢出基改基因片段。

Jianzhuang *et al.* (2012) 採集白肉雞採食含基改大豆飼糧之小腸內容物，發現並無基改基因片段；Gao *et al.* (2014) 應用含植酸酶基改基因片段之玉米 (2 種基改片段) 餵飼 50 週齡蛋雞 16 週，結果發現可提高蛋雞對磷的利用率，但在卵巢、雞蛋、胸肉及腿肉等均未檢出任何基改基因片段；上述研究與本次土雞餵飼含基改玉米及大豆粕飼糧後，雞隻主要組織臟器均與排泄物未檢出殘留基改基因片段之結果具一致性。

## 結 論

土雞餵飼含基改玉米及大豆粕之飼糧 16 週後，並不影響生長、屠體性狀、免疫能力、腸道微生物菌相及器官

發育等，同時在組織臟器與排泄物 DNA 樣品中亦未檢出基改基因片段，顯示基改玉米—大豆粕飼料不會影響肉用土雞性能，基改基因片段亦未轉移至活體，因此其可食性臟器與肉應屬安全範疇內。

## 誌 謝

本所花蓮種畜繁殖場同仁全力協助雞隻飼養管理與屠體採樣相關工作，才使試驗順利推動完成，謹此致謝。

## 參考文獻

- 白火城、黃森源、林仁壽。1996。家畜臨床血液生化學，立宇出版社，臺南市。
- 行政院農業委員會。2021。農業貿易資料 ( 網頁版 )。 <https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/trade/tradereport.aspx>。
- 衛生福利部食品藥物管理署。2014a。食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析方法 ( 五 )，民國 103 年 7 月 3 日部授食字第 1031900615 號公告修正。
- 衛生福利部食品藥物管理署。2014b。基因改造食品檢驗。民國 103 年 5 月 29 日發佈。
- 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。第 17-20 頁。臺灣養豬科學研究所。藝軒出版社。新北市。
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2012. Official Methods of Analysis. 19<sup>th</sup> ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA, USA.
- 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-Australas. J. Anim. Sci. 27: 77-82.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). 2018. Brief 54: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2018, Biotech crops continue to help meet the challenges of increased population and climate change. <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/download/isaaa-brief-54-2018.pdf>.
- Jianzhuang, T., S. H. Liu, Z. Sun, H. F. Zhang, Y. W. Wang, and D. Liu. 2012. Comparison of broiler performance, carcass yields and intestinal microflora when fed diets containing transgenic (Mon-40-3-2) and conventional soybean meal. Afri. J. Biotech. 11: 12371-12378.
- Lin, Y. F. and S. J. Chang. 2006. Effect of dietary vitamin E on growth performance and immune response of breeder chickens. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 19: 884-891.
- McNaughton, J., M. Roberts, D. Rice, B. Smith, M. Hinds, B. Delaney, C. Iiams, and T. Sauber. 2011. Comparison of broiler performance and carcass yields when fed transgenic maize grain containing event DP-Ø9814Ø-6 and processed fractions from transgenic soybeans containing event DP-356Ø43-5. Poult. Sci. 90: 1701-1711.
- US EPA. 2001. Bt plant-pesticides risks and benefits assessments: Insect resistance management. SAP Report No. 2000-07a.
- US FDA. 1992. Statement of policy: Foods derived from new plant varieties. Federal Register 57: 22984-3005.
- Salaberria, C, J. Muriel, M. de Luna, D. Gil, and M. Puerta. 2013. The PHA test as an indicator of phagocytic activity in a passerine bird. PLoS ONE. 8: 1-7.
- SAS. 2008. SAS/STAT® 9.02. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- 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.
- Zhang S., X. Ao, and I. H. Kim. 2019. Effects of non-genetically and genetically modified organism (maize-soybean) diet on growth performance, nutrient digestibility, carcass weight, and meat quality of broiler chicken. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 32: 849-855.
- 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.

# Investigation of genetically modified corn and soybean meal diets on the growth and health of native chicken and the gene event tracing <sup>(1)</sup>

Bor-Ling Shih <sup>(2)</sup> Hsi-Wen Hung <sup>(2)(6)</sup> Fang-Chueh Liu <sup>(2)</sup> Tsung-Yu Lee <sup>(2)</sup> Jen-Ren Chen <sup>(3)</sup>  
Yang-Chang Tu <sup>(4)</sup> Yen-Ping Chen <sup>(4)</sup> and Churng-Faung Lee <sup>(5)</sup>

Received: Feb. 15, 2022; Accepted: Jnu. 7, 2022

## Abstract

The major feedstuffs corn and soybean are mostly imported and genetically modified. This experiment was conducted to investigate the effects of genetically modified diets on the growth performance, health and gene event residue in native chickens. A total of 120 day-old native chicks were randomly assigned into two groups. The experimental periods included the breeding period (0-4 weeks of age), growing period (5-8 weeks of age) and fattening period (9-16 weeks of age). Non-genetically modified corn and soybean produced locally and formulated into basal diets were used as control group. Genetically modified imported corn and soybean diets were used as treatment group. Each treatment group comprised 60 native birds. All diets were fed isonitrogenous and energy. Feed and water were offered *ad libitum* during the trial period. At the end of experiment, twelve chickens from each treatment were sacrificed for analyzing the carcass characteristics, intestinal microflora, histopathology of tissue and gene event residue. Results showed that growth performances, feed conversion ratio and survival rate in both groups were similar. Nonetheless, the feed intake was found higher in genetically modified diets during 5-12 weeks and the whole period ( $P < 0.05$ ). Carcass characteristics including dressing percentage, relative weights of abdominal fat, organs and breast meat all had no significant difference. Skin swollen response and blood IgA, IgG, IgM at the 8<sup>th</sup> wk and 16<sup>th</sup> wk of age were not affected by the diet treatment. No significant differences were observed on the intestinal microflora, organ development and pathological diagnosis of tissue. There were no residue of transferred gene events in body tissues and excrete. In conclusion, genetically modified diet (corn and soybean meal) would not affect the growth and health of 16-wk-old native chicken. The modified gene event could not be traced. Consumption of edible organ and meat of native chicken is recognized safe.

Key words: Genetically modified corn and soybean, Growth performance, Gene event tracing, Health, Native chicken.

---

(1) Contribution No. 2705 from Livestock Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

(2) Nutrition Division, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

(3) Biotechnology Section, Taiwan Seed Improvement and Propagation Station, COA, Taichung 42644, Taiwan, R. O. C.

(4) Epidemiology Research Department, COA-AHRI, New Taipei City 25158, Taiwan, R. O. C.

(5) Deputy Director General Office, COA-LRI, Tainan 71246, Taiwan, R. O. C.

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