

# 桑品種對家蠶 (*Bombyx mori* L.) 生長和繭性狀的影響

廖久薰\*、涂凱翔、張雅昀

農業部苗栗區農業改良場

## 摘 要

本研究旨在以台桑 2 號及台桑 3 號葉桑餵食「國富農豐」家蠶 (*Bombyx mori* L.) 品種，探討桑品種對家蠶生長發育的影響。比較全齡餵食單一品種之台桑 2 號或台桑 3 號，或依齡期大小交替混食不同桑樹品種，對家蠶幼蟲體重、健蛹率及蠶繭品質的影響。結果顯示，春蠶期五齡起蠶重量、繭長、繭幅及繭層率以混食台桑 3 號及台桑 2 號的處理組顯著優於單食台桑 2 號及台桑 3 號處理；健蛹率及全繭重處理間沒有差異，但以混食 2 種桑葉的處理組表現最佳。秋蠶期不同桑葉配方對幼蟲重量、健蛹率及蠶繭性狀在處理間沒有差異，稚蠶取食台桑 2 號、壯蠶吃台桑 3 號處理組的幼蟲五齡及簇中死亡，健蛹率僅 89% 最低。反之，稚蠶餵食台桑 3 號、壯蠶吃台桑 2 號處理組在兩個季節的產卵量皆是所有配方處理表現最佳，秋季更是顯著高於單食台桑 3 號處理組 ( $p < 0.05$ )。春秋蠶期不同桑葉配方對一至四齡經過天數沒有差異，混食台桑 3 號及台桑 2 號桑葉的配方在春季的五齡經過天數縮短 18 小時即可成熟並吐絲，縮短餵食時間。秋蠶期幼蟲經過天數較長，但桑葉總攝取量減少，幼蟲體重與蠶繭重量皆以春蠶期的表現較佳。

**關鍵詞：**桑樹、品種、家蠶、生長性能、蠶繭性狀

\*論文聯繫人

e-mail: jsliaw@mdares.gov.tw

## 前 言

桑葉是家蠶 (*Bombyx mori* L.) 主要的食物 (Alipanah *et al.*, 2020; Chandraju *et al.*, 2013)，桑葉的營養足以使家蠶順利吐絲與產卵，因此，桑葉營養成分及品質直接關係著家蠶不同階段的生長發育、蠶繭品質及繁殖能力 (胡等, 2012; Adeduntan, 2015; Borah and Boro, 2020)。碳水化合物是大多數昆蟲最主要的營養來源，對蠶而言，桑樹的碳水化合物，特別是糖，是維持生命最重要的燃料，它會轉換成脂質或促進胺基酸及蛋白質生成。桑葉脂質主要是脂肪酸及甾醇等，家蠶無法自行合成或合成不足甾醇，需要靠攝食桑葉獲取甾醇，甾醇除了是構成細胞膜的成分外，也是合成蛻皮激素的前體；若取食不足，可能導致無法蛻皮 (Borah and Boro, 2020)。

桑樹 (*Morus* spp.) 是桑科 (Moraceae) 桑屬 (*Morus*) 的多年生作物，依經濟利用可分為葉桑及果桑，台桑 2 號與台桑 3 號是國內主要的葉桑推廣品種 (林, 1997)。根據農業知識入口網 - 蠶桑主題館記載，台桑 2 號與台桑 3 號同時為行政院農業委員會苗栗區農業改良場 (簡稱苗改場) 於民國 67 年經農林廳農作物新品種登記命名委員會審查通過命名之優良桑品種，台桑 2 號無休眠性，終年發芽，修剪後發芽快，樹勢強、直立。花為單性雌花。芽褐色，呈三角形。葉色濃綠，長心臟形，中等大小，質地滑軟，適於稚蠶和壯蠶飼育。單株每年平均收葉量為 1.7 kg。台桑 3 號亦無休眠性，終年發芽，春季發芽早，樹勢強，直立。花為單性雄花。芽褐色，呈正三角形。葉綠色，心臟形，葉大而肉厚嫩，適於稚蠶飼育。單株每年平均收葉量為 1.8 kg (林, 1997)。除此之外，國內仍保存超過 200 種桑樹品系及野外隨處可見的野生桑樹，皆可作為飼養家蠶的食物。桑樹適應性廣，面對全球氣候暖化與乾旱等逆境，亟需找尋更多桑樹品種以適應未來氣候變遷所造成的新環境條件，才有足夠的桑葉餵養家蠶。多篇前人研究均有探討桑樹品種對家蠶生育及蠶繭品質的影響 (胡等, 2012; Shah *et al.*, 2007; Kumar and Kumar, 2011; Adeduntan, 2013; Chandraju *et al.*, 2013; Adeduntan, 2015; Alpanah *et al.*, 2020)。

Shah *et al.* (2007) 比較來自中國、日本及韓國 3 個系統家蠶分別餵食 3 種桑樹之桑葉，結果發現蠶種間的雌雄比及繁殖率沒有差異，但餵養不同桑樹品種會顯著影響家蠶幼蟲、蛹及成蟲的存活率。Adeduntan (2013) 餵食不同成熟度桑葉對家蠶上繭、同宮繭及死籠繭的影響沒有顯著差異，但是餵食較幼嫩的上位葉會產生較多的

破碎繭。然而，學者同時發現幼嫩上位葉富含蛋白質、可溶性糖及碳水化合物，可促進家蠶幼蟲及蠶蛹健康，取食幼嫩葉之幼蟲及蠶蛹重量顯著高於取食成熟葉的處理組 (Adeduntan, 2013)。Chandraju *et al.* (2013) 餵養較高蛋白質含量的桑葉可以加速家蠶生長速度及體增重。桑葉外加胺基酸溶液餵養家蠶，有助於改善蠶繭經濟價值。Adeduntan (2015) 餵養不同桑樹品種不僅會影響家蠶產卵量，還會影響蠶卵受精率及孵化率。桑葉的品質不僅影響家蠶健康與蠶繭品質，連帶影響  $F_1$  卵的產量及受精數量，對家蠶種原繁殖工作影響深遠 (胡等, 2012)。Borah and Boro (2020) 認為桑葉蛋白質與酶及激素的作用有關，直接與間接調控家蠶代謝與生理活動，尤其是成蟲母蠶需要足夠的蛋白質，合成及分泌卵巢及蠶卵發育所需要的激素及營養。除了蛋白質之外，胺基酸也是影響家蠶生育及繭絲品質的重要成分。桑葉品質和營養成分與家蠶健康、蠶絲產量及蠶絲品質息息相關 (Shah *et al.*, 2007)。家蠶幼蟲從桑葉中獲得的胺基酸可供生長、發育和蠶繭形成，其中丙胺酸、甘胺酸、絲胺酸和酪胺酸是繭絲中絲膠蛋白 (sericin) 來源 (Shah *et al.*, 2007; Borah and Boro, 2020)。

綜上，蠶繭生產過程桑葉之提供影響家蠶健康與蠶繭性狀因子眾多，近年因蠶絲相關生物科技發展，為取得理化結構與蠶繭性狀穩定之蠶絲原料，同時兼顧國內優良蠶種供應無虞，急須釐清桑葉供應條件與蠶繭品質之關係，建立桑蠶健康及規格化飼養流程。台桑 2 號和台桑 3 號為國內農民栽種面積最廣的桑樹推廣品種，本研究擬探討幼蟲全齡單食台桑 2 號及台桑 3 號桑葉，或分階段混食不同桑葉配方對家蠶幼蟲生長性能、健康、蠶繭性狀及產卵的影響，作為蠶桑產業生產及應用之參考。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本試驗供試材料為(瀛國\*瀛富)\*(華農\*華豐)家蠶推廣品種(簡稱國富農豐)，於苗改場蠶業生技大樓溫溼度控制環境下進行飼養及試驗調查。台桑 2 號及台桑 3 號，定植於苗改場桑園 (24° 29'52.8"N 120° 49'26.4"E)。樹齡約為 15 年，以慣行法栽培與田間管理，春蠶期於 111 年 1 月中旬修剪、3 月上旬採摘及同年 7 月下旬修剪，9 月下旬採摘的秋蠶期，依家蠶不同齡期採摘全芽葉及條桑葉，在控制的養蠶環境

進行餵養試驗(表一)。

表一、家蠶各階段飼養條件

Table 1. Climatic and leaf conditions for rearing different stages of silkworms

| Stages                        | Climatic conditions |              | Leaf condition for rearing |
|-------------------------------|---------------------|--------------|----------------------------|
|                               | Temperature (°C)    | Humidity (%) |                            |
| 1 <sup>st</sup> instar larvae | 27 ± 1              | 85 ± 5       | Young with chopped leaves  |
| 2 <sup>nd</sup> instar larvae | 26 ± 1              | 80 ± 5       | Young with chopped leaves  |
| 3 <sup>rd</sup> instar larvae | 25 ± 1              | 75 ± 5       | Medium with chopped leaves |
| 4 <sup>th</sup> instar larvae | 24 ± 1              | 70 ± 5       | Mature and coarse leaves   |
| 5 <sup>th</sup> instar larvae | 24 ± 1              | 65 ± 5       | Mature and coarse leaves   |
| pupae and molt                | 24 ± 1              | 65 ± 5       | -                          |

## 二、試驗方法

### (一) 桑葉營養成分分析

台桑 2 號及台桑 3 號桑葉採摘後，於 45°C 烘乾 48 小時，乾桑葉磨粉後以 45 目過篩，儲於 -18°C 備用。營養成分粗蛋白依據 CNS5035 食品中粗蛋白檢測法進行，粗脂肪依據 CNS5036 食品中粗脂肪檢測法，水分依據 CNS5033 食品中之水分檢測進行分析。

### (二) 桑品種對家蠶生長發育及蠶繭性狀之影響

1. 春、秋蠶期的桑葉餵飼試驗組：春蠶期，幼蟲全齡餵養台桑 2 號(代碼 S#2)、幼蟲全齡餵養台桑 3 號桑葉(代碼 S#3)及稚蠶(一至三齡)餵食台桑 3 號，壯蠶(四至五齡)餵食台桑 2 號(代碼 S#3/#2)。秋蠶期，幼蟲全齡餵養台桑 2 號(代碼 A#2)、幼蟲全齡餵養台桑 3 號(代碼 A#3)、稚蠶餵食台桑 3 號，壯蠶餵食台桑 2 號(代碼 A#3/#2)及稚蠶餵食台桑 2 號，壯蠶餵食台桑 3 號(代碼 A#2/#3)。
2. 家蠶飼養及性狀調查：國富農豐蠶卵於 111 年 2 月 18 日依慣行法移出冷藏庫、置於 25°C、85% R.H. 養蠶室催青，每日光照至少 16 小時，有助於蠶胚胎萌發及蠶卵點青。孵化前 1 日移入暗室，孵化當天上午移出並照光，

幫助孵化整齊。春蠶於 3 月 2 日孵化，孵化後分別以 S#2、S#3 及 S#3/#2 桑葉試驗組收蟻；秋蠶於 9 月 23 日孵化，孵化後以 A#2、A#3、A#3/#2 及 A#2/#3 桑葉試驗組收蟻。春、秋蠶期依慣行給桑餵養，每日於上午 8 時及下午 14 時各給桑 1 次。稚蠶期剝桑並加蓋防乾紙飼育，壯蠶期條桑飼育，依生長日齡及實際狀況進行擴座及除沙。一齡養蠶室溫度  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 85%，每增加一齡，溫度調降  $1^{\circ}\text{C}$ 、濕度調降 5% 直至熟蠶吐絲。紀錄幼蟲全齡總時數、五齡起蠶與五齡食桑滿 4 日重量、五齡每日給桑量、殘枝葉重量及蠶沙重量。計算桑葉攝食量、消化量及消化率，桑葉攝食量 = 五齡每日給桑量 (g) - 每日殘枝及殘葉量 (g)，消化量 = 五齡每日攝食量 (g) - 蠶沙重量 (g)，消化率 = 消化量 / 攝食量  $\times 100\%$ 。五齡期每日上午清理蠶座後餵食，五齡食滿 6 日，熟蠶陸續吐絲，準備上簇用具幫助吐絲結繭。五齡蠶頭胸部上仰且不停轉動，開始攀爬到蠶座四週吐絲，食慾減低或不食，體表漸呈透明且體長縮短時即為熟蠶，將熟蠶撿拾到乾淨蠶簇以利吐絲結繭。結繭至少歷經 3 日，蠶兒始化蛹，這段期間減少晃動蠶簇，否則蠶兒會停止吐絲或化蛹不全而導致死亡。幼蟲終熟日起算第 8 日，蠶繭及蠶蛹狀態穩定時進行蠶繭性狀調查。自蠶簇取下蠶繭，除去雜絲後調查健蛹率及量測蠶繭性狀，健蛹率 = 健康蠶蛹數 / 100 隻幼蟲  $\times 100\%$ ，蠶繭性狀：繭長、繭幅、單粒繭殼重量及全繭重，繭層率 = 單粒繭殼重 / 全繭重  $\times 100\%$ 。成蟲交尾後計數每隻雌蛾產卵量。本研究單一季節內是以單因子完全隨機設計 (CRD) 進行比較，季節間比較是以複因子完全隨機設計，每處理 3 重複，每重複 100 隻蠶。

3. 統計及繪圖：利用 SAS-EG 7.1 及 EXCEL 2016 軟體進行數據統計及繪圖。

## 結果與討論

### 一、桑葉營養成分分析

桑葉主要由蛋白質、碳水化合物、維生素、礦物質及甾醇等成分組成，直接影響幼蟲與繭重量、蠶絲產量、化蛹及繁殖能力 (Borah and Boro, 2020)。比較 2 種桑

葉一般成分：春蠶期及秋蠶期台桑 2 號平均熱量及碳水化合物均高於台桑 3 號，可提供幼蟲較豐富營養。秋蠶期台桑 2 號平均熱量 134.3 kcal/100 g、碳水化合物 24.0 g/100 g，高於台桑 3 號 120.6 kcal/100 g 熱量及 21.7 g/100 g 碳水化合物(表二)。春、秋季節比較，春季桑葉的粗蛋白含量高於秋季，台桑 2 號春季為 7.4 g/100 g，秋季為 4.4 g/100 g，台桑 3 號亦有相同趨勢。熱量的計算來自蛋白質、粗脂肪及碳水化合物，粗脂肪和碳水化合物含量以秋季的桑葉高，因此秋季的桑葉含較高的熱量。

表二、不同季節台桑 2 號及台桑 3 號桑葉營養成分表

Table 2. The nutrient composition of Taisang No. 2 and Taisang No. 3 mulberry leaves

| Items                   | Taisang No. 2 |        | Taisang No. 3 |        |
|-------------------------|---------------|--------|---------------|--------|
|                         | spring        | autumn | spring        | autumn |
| energy (Kcal/ 100 g)    | 104.9         | 134.3  | 98.7          | 120.6  |
| protein (g/100 g)       | 7.4           | 4.4    | 7.7           | 4.4    |
| fat (g/100 g)           | 0.9           | 2.3    | 0.7           | 1.8    |
| saturated fat (g/100 g) | 0.2           | 1.1    | 0.2           | 0.9    |
| trans fat (g/100 g)     | 0.0           | 0.0    | 0.0           | 0.0    |
| carbohydrates (g/100 g) | 16.8          | 24.0   | 15.4          | 21.7   |
| sugar (g/100 g)         | 3.2           | 1.0    | 1.9           | 2.7    |
| water (g/100 g)         | 72.1          | 66.6   | 72.9          | 69.5   |
| ash (g/100 g)           | 2.8           | 2.7    | 3.3           | 2.6    |
| sodium (mg/100 g)       | 4.2           | 4.3    | 6.4           | 4.5    |

## 二、桑品種對家蠶生長發育及蠶繭性狀之影響

### (一) 不同桑葉配方對家蠶幼蟲生長發育之影響

五齡蠶體重及健蛹率是評估家蠶幼蟲健康的指標，本研究以國富農豐家蠶推廣種為供試材料，比較春季 3 種桑葉配方及秋季 4 種桑葉配方對幼蟲生長性能之影響。春蠶期五齡起蠶重量結果：S#2 處理之平均重量 1.17 g，S#3/#2 處理 1.13 g，兩配方處理顯著高 S#3 處理之 0.95 g (表三)。五齡食滿 4 日重量：S#3/#2 處理最高，S#2 處理

次之，S#3 處理最低，3 種配方處理間沒有差異。取食 3 種配方家蠶的健蛹率：S#2 處理最高，S#3/#2 次之，S#3 處理最低，配方處理間沒有差異。雖然 S#3/#2 在五齡食滿 4 日及健蛹率在統計上沒有達到顯著性差異，但整體表現仍優於全齡單食台桑 2 號 (S#2) 及台桑 3 號 (S#3)。

為使試驗處理組合具完整性，本研究於同年秋蠶期增加第 4 種桑葉配方，即稚蠶期取食台桑 2 號，壯蠶期餵食台桑 3 號的 A#2/#3 處理。比較 4 種配方對幼蟲性能之影響，五齡起蠶重量調查結果：A#3 平均重量 0.91 g 最重，A#3/#2 次之，A#2 及 A#2/#3 最輕，4 個配方間沒有差異 (表四)。五齡食滿 4 日重量：A#3/#2 處理的平均重量 4.73 g 最重，其次 A#2/#3，全齡取食台桑 2 及台桑 3 號處理組的重量最輕，4 個處理間沒有差異。健蛹率調查結果：A#3/#2 配方 95.3% 最高，其次依序 A#3 及 A#2，A#2/#3 幼蟲存活率 95% 及簇中死繭，健蛹率表現 89% 最低，但 4 個處理間沒有差異。

比較單食台桑 2 號、台桑 3 號桑葉及稚蠶吃台桑 3 號、壯蠶吃台桑 2 號 3 個配方在春、秋蠶期的國富農豐家蠶生長情形，五齡起蠶重量在配方、季節變因呈現顯著性差異，S#2 及 S#3/#2 的起蠶重量顯著優於其它配方在 2 季的表現。五齡食桑滿 4 日和健蛹率表現皆以春季表現優於秋季，配方及交感效應沒有差異 (表五)。Alipanah *et al.* (2020) 家蠶幼蟲重量會受食物及環境的影響，桑葉營養是飼養的關鍵因子之一。本研究發現春季的桑葉含有較多粗蛋白及糖類，因此表現在幼蟲重量及蠶蛹的健康。

家蠶生活史包括卵、幼蟲、蛹及成蟲 4 個階段，只會在幼蟲期進食，幼蟲期又以五齡階段取食量最大，約占總取食量 80~85%。五齡取食桑葉的總時數及取食量會影響之後的吐絲量、繭絲品質及成蟲產卵量，對經濟生產及繁衍能力影響深遠。若在五齡階段提供充分的桑葉營養成分，家蠶獲取足量的營養便能提早吐絲結繭，反而可以減少農民給桑量及飼養天數，有效提升家蠶發育效能及調整養蠶勞力支配。不同處理之幼蟲各齡期經過天數如表六，一至四齡經過天數在 2 個季節及各種桑葉配方處理間

表現一致，此結果與胡等 (2012) 相同。紀錄五齡經過時間，春蠶期 S#2 處理組為五齡起蠶後 192 hrs. 吐絲，S#3 是 192 hrs.，S#3/#2 為 174 hrs. 即開始吐絲。秋蠶期 A#2 為 194 hrs.，A#3 為 192 hrs.，A#3/#2 為 192 hrs. 及 A#2/#3 為 201 hrs. (表六)。胡等 (2012) 比較不同桑樹品種葉片對飼養的洞庭原蠶、碧波原蠶幼蟲一至四齡經過時間影響不明顯，但對洞庭原蠶和碧波原蠶的五齡經過時間和全齡經過時間有明顯的影響。

本研究進一步探究桑葉各試驗組的攝食及消化情形，結果如表七所示，S#3/#2 桑葉消化率在 3 個處理間顯示最低，但取食時間最短即可完成幼蟲生長開始吐絲，表示 S#3/#2 配方處理具較高的飼料轉換率，所食入之營養可以立即轉移到絲腺，有助於家蠶進入下一發育階段。比較秋蠶期各試驗組之五齡總攝食量及消化率，發現效果相近 (表八)。飼料利用研究通常探討壯蠶期的桑葉消費量，因為此階段占全體取食量 80% 以上 (Borah and Boro, 2020)。Venkatesh *et al.* (2014) 研究發現攝食 BR-2 及 S-1635 桑樹品種使 CSR2\*CSR4 家蠶五齡期縮短，表示餵食高轉換效率的桑樹不需攝取過多即可支持家蠶正常生長。國富農豐家蠶取食桑葉的消化率 53~64%，春天比秋天的桑葉總攝取量增加 57~71%，因此五齡平均重量以春季較秋季多 0.37~0.53 g (表三)。整體而言，本研究發現春季 S#3/#2 處理在稚蠶期給予台桑 3 號，壯蠶期改餵飼台桑 2 號桑葉在五齡經過時間最短，不僅可以縮短農民餵食時間，促進壯蠶的體增重，有助於家蠶幼蟲生長效能。此結果也符合過去研究台桑 3 號用於稚蠶飼育的品種特性 (林，1997)。



表三、春蠶期餵食以 3 種桑葉銀飼試驗組對國富農豐家蠶幼蟲及蠶繭性狀之表現

Table 3. Mean of larval and cocoon traits of the silkworm reared on 3 feeding groups of mulberry leaves in spring

| Feeding groups | Wt. of larvae after 4 <sup>th</sup> molt (g) | Wt. of 5 <sup>th</sup> instar after day 4 (g) | Pupation rate (%) <sup>y</sup> | Cocoon length (mm) | Cocoon width (mm) | Cocoon weight (g) | Cocoon shell weight (g) | Cocoon shell percentage (%) <sup>y</sup> | Oviposition (eggs/ moth) |
|----------------|--|---|--------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--|--------------------------|
| S#2            | 1.17 ± 0.01 a <sup>z</sup>                   | 5.02 ± 0.15 a                                 | 97.9 ± 0.9 a                   | 40.0 ± 0.2 c       | 28.4 ± 0.1 b      | 2.77 ± 0.03 a     | 0.58 ± 0.01 a           | 20.9 ± 0.2 a                             | 641 ± 203 a              |
| S#3            | 0.95 ± 0.05 b                                | 4.99 ± 0.09 a                                 | 96.1 ± 3.0 a                   | 40.7 ± 0.1 b       | 28.7 ± 0.2 ab     | 2.79 ± 0.01 a     | 0.56 ± 0.01 a           | 20.1 ± 0.3 b                             | 785 ± 37 a               |
| S#3/#2         | 1.13 ± 0.03 a                                | 5.26 ± 0.08 a                                 | 96.4 ± 2.6 a                   | 41.3 ± 0.1 a       | 29.1 ± 0.1 a      | 2.83 ± 0.09 a     | 0.58 ± 0.02 a           | 20.8 ± 0.1 a                             | 802 ± 100 a              |

<sup>y</sup> Percentage data were logarithmic transformed prior to analysis.

<sup>z</sup> Mean ± standard error (n = 3). Means with each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表四、秋蠶期餵食以 4 種桑葉銀飼試驗組對國富農豐家蠶幼蟲及蠶繭性狀之表現

Table 4. Mean of larval and cocoon traits of the silkworm reared on 4 feeding groups of mulberry leaves in autumn

| Feeding groups | Wt. of larvae after 4 <sup>th</sup> molt (g) | Wt. of 5 <sup>th</sup> instar after day 4 (g) | Pupation rate (%) <sup>y</sup> | Cocoon length (mm) | Cocoon width (mm) | Cocoon wt. (g) | Cocoon shell wt.(g) | Cocoon shell percentage (%) <sup>y</sup> | Oviposition (eggs/ moth) |
|----------------|--|---|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------------|--|--------------------------|
| A#2            | 0.87 ± 0.05 a <sup>z</sup>                   | 4.62 ± 0.20 a                                 | 90.0 ± 3.0 a                   | 37.3 ± 0.3 a       | 20.7 ± 0.2 a      | 2.26 ± 0.06 a  | 0.46 ± 0.01 a       | 21.4 ± 0.2 a                             | 742 ± 19 ab              |
| A#3            | 0.91 ± 0.05 a                                | 4.62 ± 0.09 a                                 | 95.0 ± 2.6 a                   | 36.6 ± 0.4 a       | 21.0 ± 0.1 a      | 2.21 ± 0.04 a  | 0.46 ± 0.01 a       | 21.0 ± 0.4 a                             | 623 ± 25 c               |
| A#3/#2         | 0.87 ± 0.02 a                                | 4.73 ± 0.04 a                                 | 95.3 ± 2.1 a                   | 36.9 ± 0.4 a       | 20.5 ± 0.3 a      | 2.20 ± 0.03 a  | 0.46 ± 0.01 a       | 20.8 ± 0.3 a                             | 786 ± 43 a               |
| A#2/#3         | 0.89 ± 0.01 a                                | 4.67 ± 0.01 a                                 | 89.0 ± 7.5 a                   | 36.9 ± 0.2 a       | 20.5 ± 0.2 a      | 2.25 ± 0.01 a  | 0.47 ± 0.01 a       | 20.8 ± 0.1 a                             | 674 ± 32 bc              |

<sup>y</sup> Percentage data were logarithmic transformed prior to analysis.

<sup>z</sup> Mean ± standard error(n=3). Means with each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表五、季節與桑葉銀飼試驗組對家蠶幼蟲及蠶繭性狀之 CRD 變方分析

Table 5. The ANOVA results of different traits in seasons and feeding of mulberry leaves with CRD experiment

| Source                   | Degree of freedom | Mean square                              |   |               |               |              |            |                  |                         |
|--------------------------|-------------------|--|---|---------------|---------------|--------------|------------|------------------|-------------------------|
|                          |                   | Wt. of larvae after 4 <sup>th</sup> molt | Wt. of 5 <sup>th</sup> instar after day 4 | Pupation rate | Cocoon length | Cocoon width | Cocoon wt. | Cocoon shell wt. | Cocoon shell percentage |
| Feeding groups           | 2                 | 0.015**                                  | 0.066                                     | 0.168         | 0.409         | 0.232        | 0.001      | 0.001            | 0.001                   |
| Seasons                  | 1                 | 0.177**                                  | 0.855**                                   | 2.715*        | 62.549**      | 288.045**    | 1.459**    | 0.058**          | 0.001                   |
| Feeding groups * seasons | 2                 | 0.028**                                  | 0.012                                     | 0.958         | 1.229*        | 0.3802*      | 0.004      | 0.001            | 0.010*                  |

\*, \*\*, Significant at 5% and 1% levels, respectively.

表六、春秋蠶季不同試驗組家蠶幼蟲各齡期時間

Table 6. Duration periods of each silkworm instar reared on different feeding groups in spring and autumn

| Feeding groups | 1 <sup>st</sup> instar (hrs.) | 2 <sup>nd</sup> instar (hrs.) | 3 <sup>rd</sup> instar (hrs.) | 4 <sup>th</sup> instar (hrs.) | 5 <sup>th</sup> instar (hrs.) | Larvae life (hrs.) |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Spring         |                               |                               |                               |                               |                               |                    |
| S#2            | 78                            | 72                            | 74                            | 102                           | 192                           | 620                |
| S#3            | 78                            | 72                            | 74                            | 102                           | 192                           | 620                |
| S#3/#2         | 78                            | 72                            | 74                            | 102                           | 174                           | 602                |
| Autumn         |                               |                               |                               |                               |                               |                    |
| A#2            | 78                            | 66                            | 78                            | 96                            | 194                           | 626                |
| A#3            | 78                            | 66                            | 78                            | 96                            | 192                           | 624                |
| A#3/#2         | 78                            | 66                            | 78                            | 96                            | 192                           | 624                |
| A#2/#3         | 78                            | 66                            | 78                            | 96                            | 201                           | 633                |

表七、春蠶期家蠶五齡桑葉平均攝食量與消化率調查

Table 7. Mean of leaf ingesta and digesta parameters of 5<sup>th</sup> instar silkworm reared on 3 feeding groups in spring

| Feeding groups | Leaf ingested (g) | Leaf digested (g) | Excreta wt.(g) | Digestibility (%) |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| S#2            | 3,596 ± 64        | 2,316 ± 65        | 1,280 ± 24     | 64.4              |
| S#3            | 3,240 ± 124       | 1,839 ± 101       | 1,401 ± 41     | 56.7              |
| S#3/#2         | 3,263 ± 195       | 1,847 ± 211       | 1,416 ± 30     | 56.5              |

表八、秋蠶期五齡桑葉平均攝食量與消化率調查

Table 8. Mean of leaf ingesta and digesta parameters of 5<sup>th</sup> instar silkworm reared on 4 feeding groups in autumn

| Feeding groups | Leaf ingested (g) | Leaf digested (g) | Excreta wt.(g) | Digestibility (%) |
|----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| A#2            | 2,115 ± 55        | 1,158 ± 35        | 958 ± 42       | 54.7              |
| A#3            | 1,941 ± 54        | 1,047 ± 58        | 894 ± 20       | 53.9              |
| A#3/#2         | 2,063 ± 57        | 1,173 ± 48        | 890 ± 44       | 56.9              |
| A#2/#3         | 2,030 ± 56        | 1,145 ± 130       | 885 ± 17       | 56.3              |

## (二) 不同桑葉餵飼組對家蠶繭性狀之影響

比較春蠶期 3 種桑葉配方對繭長性狀有顯著差異，以 S#3/#2 處理 41.3 mm 最長，顯著高於單食 S#3 及 S#2 組 (表三)。繭幅的表現同樣以 S#3/#2 處理 29.1 mm 最寬，其次是 S#3，S#2 處理 28.4 mm 最小，S#3/#2 顯著優於 S#2 配方。全繭重 S#3/#2 最高，平均 2.8 g，S#2 桑葉 2.8 g 最低，但各處理間沒有差異。營繭率的結果：S#2 處理最高，與 S#3/#2 處理沒有差異，高於 S#3 處理組。秋蠶期 4 個桑葉配方處理的調查結果：繭長性狀以 A#2 處理表現最佳，A#2/#3 最差，處理間沒有差異。A#3 的繭幅最寬，A#3/#2 最窄，處理間沒有差異。A#2 全繭重最重，A#3/#2 次之，處理間沒有差異。A#3/#2 單粒繭殼重雖然優於其它處理，但統計結果沒有差異。營繭率的結果以單食台桑 2 號及台桑 3 號的處理高於混食的 A#3/#2 及 A#2/#3 處理，但統計上呈現無顯著性差異 (表四)。營繭率表示單粒繭重占全繭重的比例，愈高者表示家蠶取食桑葉的營養流向絲腺及繭絲形成，反之則表示攝取的營養留在蟲體本身，反映在蠶蛹的重量。以生產蠶繭為主的農民喜好偏向高營繭率的蠶種，單位飼養量可以獲取較多量繭絲。Kumar and Kumar (2011) 提出之繭殼生產效率 (production efficiency of cocoon shell, PECS) 是評估桑葉在養蠶的優越性，一般會與單粒繭重呈正相關，和桑葉攝食量及消化量呈負相關。本研究呼應 Kumar and Kumar (2011) 結果，春蠶期 S#3/#2 處理的桑葉消化率較低，繭殼平均重量 0.58 g，秋蠶期 A#3 消化率最低，繭殼重量與其它處理相同，顯示 PECS 較佳。

比較季節之間家蠶繭性狀的表現，繭幅、全繭重及單粒繭殼重量皆以春季的表現優於秋季 (表五)，繭長表現除了季節差異之外，還有季節與配方的交感效應，以 S#3/#2 及 S#3 配方在春季的繭長性狀顯著高於其它配方處理。

## (三) 不同桑葉餵飼組對家蠶產卵之表現

調查春蠶期 3 試驗組的家蠶產卵狀況，發現各組間沒有差異 (表三)。同時發現 S#3 處理的蠶卵有 5.8% 屬於未受精卵，而 S#2 及 S#3/#2 的未受精卵占比分別為 0.2 及 0.1%。秋蠶期 4 種試驗組的產卵調查：A#3/#2 每蛾產卵最高，其次 A#2，A#3/#2 與 A#3 有顯著差異 ( $p < 0.05$ ) (表四)，而且 A#3 處理有 0.8% 未受精卵，略高於其它處理。#3/#2 處理的母蛾產卵量最高，在春季和秋季的結果一致，而且比全齡取食單

一品種桑葉的產量高，推測若在稚蠶期取食台桑 3 號，壯蠶期間攝食台桑 2 號桑葉，可獲取較多量的粗脂肪及脂肪酸，促進家蠶產卵與繁殖。

台桑 2 號與台桑 3 號是國內優良的桑樹推廣品種，也是農民規模栽種的品種(林，1997)。台桑 2 號樹勢強、熱量高，適合全齡取食；台桑 3 號單位面積產量高，蛋白質含量豐富，飼養國富農豐家蠶可以獲得良好幼蟲生育及蠶繭性狀(林，1997)。本研究比較全齡餵食台桑 2 號或台桑 3 號單一品種或依齡期分階段調整不同桑樹品種，對家蠶健康及蠶繭品質的影響，發現春蠶期在稚蠶階段餵食台桑 3 號桑葉，提供豐富的蛋白質與其他營養成分，維持其生存與健康，四至五齡蠶餵食台桑 2 號桑葉，獲取足夠熱量，提高蠶繭產量與品質，並且儲備產卵繁殖能力。秋蠶期無論是全齡單食同一種或分階段混食 2 種桑葉，其幼蟲健康表徵與蠶繭性狀在處理間皆無顯著差異。進一步調查發現秋蠶期幼蟲經過天數較長，但桑葉總攝取量減少，幼蟲體重與繭重量皆以春蠶期表現較佳，推測是春季的桑葉糖及蛋白質含量較高，有助於家蠶營養攝取，並能提供發育到蛻皮條件，縮短幼蟲生長期。除桑樹品種及餵飼試驗之外，本研究未來仍需進一步評估田間管理方式對桑葉營養貢獻、家蠶生長發育與品質的影響，作為產業規模養蠶的參考。

## 誌 謝

本研究感謝農業部科技計畫(110 農科 -4.6.1- 苗 -M1)經費支持，並感謝本場蠶蜂課石良彩、李怡瑗、邱家玉、賴文鵬、趙丹及羅春慶協助家蠶飼養管理及試驗取樣，謹表謝忱。

## 引用文獻

林進財。1997。臺灣栽桑技術研究成果。蠶蜂業專訊革新第二十二號。

胡仕葉、李開林、王文學。2012。不同桑樹品種葉片對洞庭原蠶和碧波原蠶生命力及 F1 卵質的影響。湖北農業科學 51：3505-3514。

Adeduntan, S. A. 2013. Nutritive effects of leaf position of mulberry plant *Morus alba* on silkworm *Bombyx mori* L. performance. *Adv. Life Sci.*, 3:23-27.

- Adeduntan, S. A. 2015. Influence of different varieties of mulberry leaves (*Morus alba*) on growth and cocoon performance of biovoltine strain of silkworm (*Bombyx mori*). Int. J. Biol. Chem. Sci. 9: 751-757.
- Alipanah, M., Z. Abedian, A. Nasiri, and F. Sarjamei. 2020. Nutritional effects of three mulberry varieties on silkworms in Torbat Heydarieh. Psyche: A J. Entomol. DOI:10.1155/2020/6483427.
- Borah, S. D. and P. Boro. 2020. A review of nutrition and its impact on silkworm. J. Entomol. Zool. Stud. 8: 1921-1925.
- Chandrajou, S., G. Nagendraswamy, C. Kumer C. S, and S. H. Kumer S. S. 2013. Influence on the overall performance of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. CSR2 X CSR4 hybrid cocoon reared with V1 mulberry leaves irrigated by distillery spentwash. Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci. 4: 299-304.
- Hailu, A. 2016. Assessment of growth and performance of silkworm (*Bombyx mori* L.) on mulberry leaves at Jimma, South West Ethiopia. J. Biol. Agric. Healthcare 6: 10-16.
- Kumar, J. S. and N. S. Kumar. 2011. Production efficiency of cocoon shell of silkworm, *Bombyx mori* L. (Bombycidae: Lepidoptera), as an index for evaluating the nutritive value of mulberry, *Morus* sp. (Moraceae), varieties. Psyche doi. org/10.1155/2011/807363.
- Shah, S. I. A., I. A. Khan, I. Ahmad, M. Shah, and Z. Hussain. 2007. Comparison of three silkworm races fed with three mulberry varieties. Sarhad J. Agric. 23:1103-1108.
- Venkatesh, K. R., D. Kumar, and R. Pher. 2014. Varietal influence of mulberry on silkworm, *Bombyx mori* L. growth and development. Inter. J. Adv. Res. 2: 921-927.

# Effects of feeding with different mulberry varieties on growth and cocoon traits of the silkworm, *Bombyx mori* L.

Chiu-Hsun Liao\*, Kai-Hsiang Tu, Ya-Yun Chang

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Ministry of Agriculture

## ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the influence on the larval weight, healthy pupal rate, cocoon weight and shell percentage of the silkworm (*Bombyx mori* L.) variety "Guo Fu Nong Feng" fed on Taisang No. 2 (TS2) and Taisang No.3 (TS3) mulberry leaves. In this study, the silkworms were fed on four different feeding groups, i.e., TS2 for all stages of larvae (#2), TS3 for all stages of larvae (#3), 1<sup>st</sup>-3<sup>rd</sup> instars were fed on TS2 and 4<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> instars were fed on TS3 (#2/#3), 1<sup>st</sup>-3<sup>rd</sup> instars were fed on TS3 and 4<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> instars were fed on TS2 (#3/#2). It was shown that the S#3/#2 were significantly better than S#2 and S#3 in larval weight, cocoon length, cocoon width and shell percentage traits in spring. In autumn, there was no difference in the weight of larvae, the rate of healthy pupae and the cocoon traits when fed on different mulberry leaf feeding groups. The healthy pupae rate was the lowest at 89% when larvae were fed on A#2/#3 which died in fifth instar easily. While feeding on S#3/#2 obtained the highest number of oviposition within all feeding group treatments in spring and autumn, and were significantly higher than those fed the A#3 in autumn only ( $p < 0.05$ ). When fed on different mulberry leaf groups in spring and autumn, it was not different in the instar period of all larval stages. The S#3/#2 group showed 18 hrs. shorter developing time than that of other groups fed from larva to pupa. The larval growth reared in autumn was longer than that in spring, whereas the total intake of mulberry leaves was lower.

**Keywords:** mulberry, varieties, silkworm (*Bombyx mori* L.), growth performance, cocoon traits

\*Corresponding author email: jsliaw@mdares.gov.tw