

# 紅龍果廢棄枝條堆肥化及其 應用於栽培介質之研究

曾宥紘、郭雅紋、陳鴻堂

行政院農業委員會臺中區農業改良場

zengyh@tdais.gov.tw

## 摘要

本研究以紅龍果枝條分解菌 - 鏈黴菌株 CP3 (*Streptomyces* sp. CP3) 與羽毛分解菌 - 產脲節桿菌株 K10 (*Arthrobacter ureafaciens* K10)，接種於紅龍果廢棄枝條進行堆肥，其中以紅龍果廢棄枝條與養菇廢棄木屑製作低養分堆肥 Pi，以紅龍果廢棄枝條、養菇廢棄木屑與羽毛製作高養分堆肥 Pif，兩種堆肥成品皆為微酸性，Pif 堆肥之 EC 值與氮含量顯著高於 Pi，而 Pi 之鉀、鈣與鎂含量則高於 Pif。以此兩種堆肥經調配製作 4 種介質，為 Pi、Pif、Pi:Pif (3:1, V/V) 與 Pi:Pif (1:1, V/V)，其 pH 皆呈弱酸性、C/N 小於 20、總體密度約 0.2 g/cm<sup>3</sup>、氮及水溶性鈣含量以 Pif 較高而水溶性鉀與鎂含量以 Pi 較高。青椒種植於此四種介質，生育期間未施用肥料與養液，除種植於 Pi 介質之植株生育不良，種植於其他 3 種介質植株生育良好，單果重 86.9~93.3 g，單株累積產量介於 973.1~1,150.0 g，糖度介於 3.7~3.8 °Brix，顯示紅龍果枝條養分經堆肥濃縮作用，可提高堆肥成品之鉀、鈣與鎂含量，供應果菜類作物之營養需求，而紅龍果廢棄枝條及羽毛堆肥成品可應用於長肥效栽培介質，具應用於與其他栽培介質混合使用，減少施肥頻率與用量之潛力。

**關鍵字：**紅龍果廢棄枝條、羽毛、堆肥、栽培介質、長效肥力、青椒

## 前言

紅龍果 (*Hylocereus* spp.) 屬於仙人掌科，因栽培繁殖容易且可多批次產果，產量及

產值高，因而促使農友廣泛種植，其栽培面積的增加，將於冬季修剪枝條時期，產生大量廢棄枝條，此廢棄枝條若棄置於田間則易產生耕作困擾及環境問題，雖當今栽培模式常將廢棄枝條直接耕犁入土，然而若能加值利用紅龍果廢棄枝條資源化，提高其應用價值則有助於廢棄枝條再利用。

此外仙人掌植物枝條中鉀及鈣含量豐，而鈉含量低 (Munoz de Chavez *et al.*, 1995)，可經由堆肥濃縮作用生產低鈉相對高鉀之堆肥。研究指出紅龍果枝條養分可作為有益微生物鏈黴菌株 CP3 (*Streptomyces* sp. CP3) 生長之能源，於液態培養 3 天可見枝條分解，然而其分解液之氮含量低，無法提供作物所需氮肥。因此，篩選羽毛分解菌 - 產脲節桿菌株 K10 (*Arthrobacter ureafaciens* K10)，以應用於與鏈黴菌株 CP3 混合培養於紅龍果枝條塊與羽毛培養基，其分解液之菌數與養分含量皆可提高 (曾等，2015)，具有加值枝條再利用之潛力。

堆肥化為有機物經微生物分解與聚合反應，生成穩定腐植物質，而堆肥過程中除調整適宜之堆肥材料以利堆肥進程，若添加適用於此堆肥材料之微生物菌種，則具有加速堆肥腐熟之功效 (蔡等，2009；蔡與陳，2012)。另研究指出經添加羽毛分解菌於羽毛資材之堆肥製作，可產生高價值之堆肥 (Ichida *et al.*, 2001)。目前常用無土栽培介質常以泥炭為主。因泥炭為非短期可再生資源，過量開發利用會導致環境生態問題，且價格高昂，因此許多研究著重於開發低價格高品質之泥炭替代物 (Krumholz *et al.*, 2000)。許多研究指出多種有機廢棄物經堆肥化後，可作為栽培介質 (Hernández-Apaolaza *et al.*, 2005；Herrera *et al.*, 2008；Bustamante *et al.*, 2008)，且可取代常用介質泥炭 (Bustamante *et al.*, 2008)。

為此，本研究以紅龍果廢棄枝條、養菇廢棄木屑與鴨毛，經調配比例與接種微生物進行堆肥後，以探討其作為青椒生長介質之研究，並評估介質長效肥力之功效。

## 菌株培養

本研究配製紅龍果廢棄枝條培養基，其配製為添加已切成長寬約 0.5~1 cm 之紅龍果廢棄枝條塊 (10%, W/V) 於 500 mL 去離子水中。紅龍果枝條羽毛培養基為添加 1% (W/V) 羽毛於 10% (W/V) 紅龍果廢棄枝條培養基中。上述培養基以高溫高壓滅菌 20 分鐘後備用。培養鏈黴菌株 CP3 於紅龍果枝條培養基，另接種鏈黴菌株 CP3 與產脲節桿菌

株 K10 於紅龍果枝條羽毛培養基，經 30°C 震盪培養 (150 rpm) 4 天後，應用於堆肥接種。

## 紅龍果枝條生物堆肥製作

本研究以紅龍果廢棄枝條製作低氮 (Pi) 及高氮 (Pif) 含量之堆肥，Pi 堆肥材料為 600 公斤木屑、400 公斤枝條 (切成約 5 公分) 及 10 公斤豆粕，Pif 使用材料為 600 公斤木屑、180 公斤枝條 (切成約 5 公分) 及 180 公斤羽毛。其中取 1 L 鏈黴菌株 CP3 之紅龍果枝條分解液加水至 200 L，於 Pi 堆肥資材混合過程均勻添加於其中；而另取 1 L 鏈黴菌株 CP3 與產脲節桿菌 K10 之紅龍果枝條羽毛分解液加水至 200 L，於 Pif 堆肥資材混合過程均勻添加於其中，堆肥調整水分含量約 60% 後，紀錄堆肥溫度變化，Pi 堆肥，於堆肥後第 10、21 及 41 天進行翻堆，而 Pif 堆肥，於堆肥後第 17、31 及 52 天進行翻堆，待腐熟後取樣進行養分分析及油菜種子發芽率分析。堆肥成品以濃硫酸及雙氧水消化分解 (Lowther, 1980)，氮用微量擴散法測定 (Keeney and Nelson, 1982)，磷用比色法定量 (Olsen and Sommers, 1982)，鉀用火焰光度計測定 (Sherwood flame photometer 410)，鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵則用原子吸收光譜儀 (Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000) 分析。

## 堆肥溫度變化與養分分析

本研究應用之鏈黴菌株 CP3 除具有分解紅龍果枝條與纖維素之能力 (曾等, 2015) 外，平板分析也顯示出具有拮抗紅龍果炭疽病菌之能力 (圖一)，添加於紅龍果廢棄枝條堆肥，除可加速堆肥進程，其拮抗病菌之能力可作為堆肥高溫殺菌外的另一道防線，以增強阻絕紅龍果致病菌經枝條殘留於堆肥成品中。堆肥溫度變化如圖二所示，其中 Pi 堆肥於堆積第 7 天其溫度可達 60°C 而 Pif 堆肥則於堆肥第 5 天溫度達 65.5°C，堆肥期間 Pi 堆肥最高溫為堆積後第 27 天達 65.6°C 而 Pif 堆肥於堆積後第 20 天可達 68.1°C，堆肥發酵過程因羽毛養分含量高，微生物持續分解與繁殖，其溫度累積快且高，而氮含量低之 Pi 堆肥，則由於微生物可利用養分較少，其堆肥較早呈現溫度下降趨勢，此兩堆肥於堆積後第 75 天溫度皆低於 50°C。此時進行油菜發芽率分析，其結果顯示此兩堆肥之發芽率皆可達 80% (表一)。

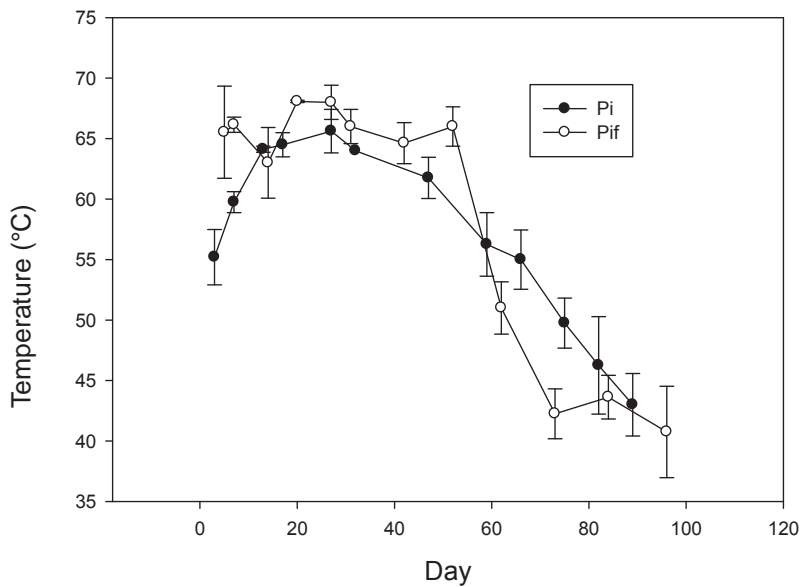
Pi 與 Pif 堆肥養分分析如表一所示，其 pH 呈弱酸性，彼此間差異不大，然而 EC

及氮含量以 Pif 堆肥顯著高於 Pi 堆肥，而鉀、鈣及鎂含量則相反，此反應出堆肥資材之養分特性，Pif 堆肥可作為栽培過程中緩慢提供氮素之功能，而 Pi 堆肥可作為提供作物生長環境，其含有相對高量之鉀、鈣與鎂含量，為適合果菜類作物生長之特點，然而其氮含量低，於作物生長過程仍需額外添加養分。



圖一、鏈黴菌菌株 CP3 與紅龍果炭疽病菌對峙培養

Fig. 1. Dual culture of *Streptomyces* sp. CP3 and *Colletotrichum gloeosporioides*



圖二、堆肥 Pi 與 Pif 隨時間之溫度變化

Fig. 2. Temperature change of Pi and Pif compost

表一、堆肥養分特性分析

Table 1. Nutrient characteristic in composts Pi and Pif

| Treatment | pH (1:10) | EC (1:10)<br>mS/cm | N         |           | P         |           | K         |  | Ca | Mg |
|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|----|----|
|           |           |                    |           |           |           |           |           |  |    |    |
| Pi        | 6.83±0.03 | 2.63±0.36          | 1.79±0.10 | 0.91±0.04 | 1.34±0.22 | 1.34±0.20 | 0.77±0.05 |  |    |    |
| Pif       | 6.71±0.05 | 4.6±0.41           | 3.53±0.41 | 0.75±0.03 | 0.79±0.08 | 0.93±0.1  | 0.45±0.04 |  |    |    |

| Treatment | Cu    | Mn      | Zn     | Fe       | OM       | OC        | C/N      | Germ rate |
|-----------|-------|---------|--------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
|           | ppm   | ppm     | ppm    | ppm      | %        | %         |          | %         |
| Pi        | 6±0.0 | 208±7.9 | 78±6.0 | 557±74.0 | 66.0±1.1 | 38.26±0.6 | 21.3±1.1 | 84.4±9.6  |
| Pif       | 4±0.0 | 158±9.5 | 82±6.4 | 311±16.2 | 64.5±0.5 | 37.4±0.3  | 10.6±1.2 | 94.4±5.1  |

## 栽培介質配製與青椒栽培條件

本研究以 Pi 與 Pif 混合調配為青椒栽培介質，配製 4 種栽培介質分別為 (A) Pi:Pif (V/V) 為 3:1、(B) Pi:Pif (V/V) 為 1:1、(C) Pi 及 (D) Pif。分析調配介質之總體密度與元素養分分析 (介質：去離子水 = 1:5)，元素分析方法如前述。配製之介質經裝填進行籃耕 (59.4 cm×40 cm×18.3 cm)，每種介質裝填 3 籃，每籃種植 2 株青椒 (天王星)，隨機排列置放於溫室中，生育期間每 8 小時，每株滴灌 155 mL 水，栽培期間不添加肥料與養液。生育期調查果實重量、果長、果寬、糖度、硬度、周徑與累積產量。

## 青椒栽培介質養分分析

本研究配製之青椒栽培介質養分分析如表二所示，其中總體密度介於 0.17~0.19 g/cm<sup>3</sup>，pH 呈弱酸性，電導度及氮含量與 Pif 添加量成正比，磷、鉀含量與 Pi 添加量成正比。鈣含量以 Pif 最高，鎂含量以 Pi:Pif=3:1 最高，銅含量以 Pi 最低，錳及鋅含量以 Pif 最高，鐵含量彼此間無顯著差異。本研究調配之 4 種介質 pH 皆介於 5.3~6.5，為適合於作物生長之 pH (Abad *et al.*, 2001)，而 C/N 皆小於 20，此為適合作物生長之堆肥成品 (Davidson *et al.*, 1994)。研究提及以堆肥作為栽培介質，因養分含量高，具有緩慢分解

釋放肥分之特性，不施肥料之作物生長特性與泥炭搭配養液滴灌效果相似，高養分特性亦反應在堆肥 EC 值顯著高於泥炭 (Torkashvand *et al.*, 2015)。據此，本研究調配之介質應具有高養分特性，可作為長效肥力栽培介質之應用。

表二、青椒栽培介質特性及水溶性養分分析 (water extract 1:5)

Table 2. Characteristics and water extractable (1:5) nutrients in the culture mediums for green pepper

| Treatment    | BD<br>g/cm <sup>3</sup> | pH<br>(1:5) | EC (1:5)<br>mS/cm | OM<br>% | OC<br>% | N<br>% | C/N    |  |
|--------------|-------------------------|-------------|-------------------|---------|---------|--------|--------|--|
| Pi:Pif = 3:1 | 0.19a                   | 6.4b        | 3.7c              | 66.1a   | 38.4a   | 2.8c   | 13.9b  |  |
| Pi:Pif = 1:1 | 0.18a                   | 6.5a        | 4.1b              | 67.7a   | 39.3a   | 3.3b   | 12.1bc |  |
| Pi           | 0.18a                   | 6.1c        | 2.7d              | 63.7a   | 36.9a   | 2.2d   | 17.0a  |  |
| Pif          | 0.17a                   | 6.3b        | 5.8a              | 67.8a   | 39.3a   | 3.9a   | 10.0c  |  |

| Treatment    | P        | K       | Ca     | Mg      | Cu   | Mn    | Zn   | Fe    |
|--------------|----------|---------|--------|---------|------|-------|------|-------|
| ppm          |          |         |        |         |      |       |      |       |
| Pi:Pif = 3:1 | 2117.0a  | 6873.7b | 184.0b | 436.7a  | 0.2a | 1.7c  | 3.0c | 0.23a |
| Pi:Pif = 1:1 | 1932.0ab | 6188.3c | 220.0b | 287.3b  | 0.2a | 2.0ab | 6.0b | 0.10a |
| Pi           | 2260.7a  | 7990.3a | 210.0b | 377.0ab | 0.1b | 1.0c  | 2.3c | 0.07a |
| Pif          | 1604.0b  | 4289.0d | 273.7a | 292.7ab | 0.2a | 2.7a  | 9.7a | 0.23a |

## 青椒植株特性調查

青椒果實特性調查結果如表三所示，其中青椒種植於 Pi 介質，因養分含量低，生育期間植株矮小且葉片數少，導致其果實重量、果實寬度、果實周徑與產量顯著低於其他 3 種栽培介質。然而青椒於缺少養分狀況下，導致其果實硬度的提升。果實糖度以種植於 Pif 介質中最高。前人研究提及甜椒培養於高鉀環境中會導致果實酸度增加，降低糖酸比，而培養於高鈣環境中，其果實糖度則可顯著提升 (Rubio *et al.*, 2010)，本研究之介質以 Pif 鉀含量最低而鈣含量最高，而 Pi 介質鉀含量最高而鈣含量最低，其種植

之青椒糖度與前人研究結果似有正相關。本研究試驗之栽培介質，經混合 Pif 可有效提高介質養分含量，並於栽培期間緩慢釋放肥分，供應青椒生長所需，於不施任何肥料與營養液情況下，植株生育過程葉片與果實無養分缺乏徵狀，各處理中以 Pif 每株產量最高可達 1,151 g，其產量與 Pi:Pif = 3:1 及 Pi:Pif = 1:1 處理組無顯著差異。結果顯示，紅龍果枝條與羽毛應用於堆肥化後，可生產穩定腐植化有機質，且紅龍果枝條因鉀、鈣與鎂含量高，經堆肥過程具有濃縮效應，可提高堆肥成品鉀、鈣與鎂含量，而羽毛因氮含量較高，進行堆肥資材混合，可生產高氮含量之堆肥成品。經盆栽介質試驗確認紅龍果枝條與羽毛堆肥具有長效肥力，可穩定供應青椒生長所需之養分，未來，此類長肥效介質，可應用於減少施肥頻率，節省肥料用量，避免夏季溫室高溫及養液滴灌頻率過高而導致介質鹽分快速蓄積之問題，並可應用於於城市農場或花園，具有減少肥培管理程序等應用效益。

表三、青椒於不同栽培介質之果實性狀調查

Table 3. The fruit characteristics of green pepper grown in different culture mediums

| Treatment    | Fruit weight (g) | Fruit length (cm) | Fruit width (cm) | Fruit circumference (cm) | TSS (°Brix) | Hard (Kgf) | Yield (g/plant) |
|--------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------|-------------|------------|-----------------|
| Pi:Pif = 3:1 | 93.3a            | 11.1a             | 5.4a             | 18.3a                    | 3.7ab       | 3.8ab      | 973.1a          |
| Pi:Pif = 1:1 | 89.3a            | 11.3a             | 5.4a             | 18.3a                    | 3.7ab       | 3.7ab      | 994.2a          |
| Pi           | 60.5b            | 10.3a             | 4.0b             | 15.1b                    | 3.3b        | 4.1a       | 80.1b           |
| Pif          | 86.9a            | 11.7a             | 5.1a             | 18.4a                    | 3.8a        | 3.4b       | 1151.0a         |

## 結 語

紅龍果栽培過程需修剪枝條，其產生之大量廢棄枝條常造成農民栽培管理之困擾，目前農友常於田間直接將修剪枝條耕犁入土，雖可簡化栽培管理，然而其枝條養分無法有效再利用，為此，本研究以堆肥方式處理紅龍果廢棄枝條，經由堆肥濃縮作用可生產相對高鉀與高鈣之堆肥，以應用於果菜類作物之栽培介質。未來溫室栽培管理需面臨高溫導致之介質鹽分蓄積問題，因此長肥效或緩效之栽培介質開發為其發展趨勢，高養分

之堆肥可作為栽培介質之混合，減少施肥頻率。本研究以紅龍果枝條分解菌與羽毛分解菌應用於生產高養分 (Pif) 與低養分 (Pi) 之紅龍果廢棄枝條堆肥，其中低養分堆肥成品 Pi 可提供作物生長環境，經與高養分堆肥成品 Pif 混合，可於不施用肥料與養分條件下，生產青椒，具作為取代泥炭介質之潛力，而高養分堆肥成品 Pif 亦可作為與市面上低養分介質混合應用之潛力，青椒種植於 Pif 堆肥其糖度與產量皆為最高，顯示 Pif 堆肥為腐熟安定之有機物質，不具毒害作物生長之效應。本研究確認紅龍果廢棄枝條可經由堆肥化，提高其廣泛應用價值，達廢棄物加值再利用之功效。

## ■ 參考文獻

- 蔡宜峯、陳俊位、陳榮五 2009 落葉廢棄物製作堆肥技術之研究 臺中區農業改良場研究彙報 103: 53-62。
- 蔡宜峯、陳俊位 2012 農業廢棄物資源化微生物之研究 農業生技產業季刊 32: 52-59。
- 曾宥紘、賴文龍、郭雅紋、陳鴻堂 2015 放線菌應用於紅龍果廢棄枝條與羽毛轉化生成微生物肥料之研究 臺中區農業改良場研究彙報 127: 27-39。
- Abad, M., P. Noguera and S. Bures. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresour. Technol.* 77: 197-200.
- Bustamante, M. A., C. Paredes, R. Moral, E. Agulló, M. D. Pérez-Murcia and M. Abad. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resour. Conserv. Recy.* 52: 792-799.
- Davidson, H., R. Mecklenburg and C. Peterson. 1994. *Nursery management: administration and culture*, 3rd edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Hernández-Apaolaza, L., A. M. Gascó, J. M. Gascó and F. Guerrero. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technol.* 96: 125-131.
- Herrera, F., J. E. Castillo, A. F. Chica and L. LópezBellido. 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresource Technol.* 99: 287-296.



- Ichida, J. M., L. Krizova, C. A. Le Fevre, H. M. Keener, D. L. Elweel and E. H. Burt Jr. Bacterial inoculums enhances keratin degradation and biofilm formation in poultry compost. *J. Microbiol. Methods* 47: 199-208.
- Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. p.643-698. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
- Krumholz, L. A., S. B. Wilson and P. J. Stoffella. 2000. Use of compost as a media amendment for containerized production of perennial cat whiskers. *SNA Res. Conf.* 45: 69-72.
- Lowther, J. R. 1980. Use of single sulfuric acid hydrogen peroxide digest for the analysis of *Pinus radiata*, needles. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 11: 175-188.
- Munoz de Chavez, M., A. Chavez, V. Valles and J. A. Roldan. 1995. The nopal: a plant of manifold qualities. *World Rev. Nutr. Diet.* 77: 109-134.
- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 2*. Academic Press, Inc., New York.
- Rubio, J. S., F. Garcia-Sanchez, P. Flores, J. M. Navarro and V. Martinez. 2010. Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{K}^+$ . *Span. J. Agric. Res.* 8(1): 170-177.
- Torkashvand, A. M., M. Alidoust, A. M. Khomami. 2015. The reuse of peanut organic wastes as a growth medium for ornamental plants. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agricult.* 4: 85-94.

# Research on Compost of Pitaya Pruning Wastes and Utilization in Culture Medium

You-Hong Zeng, Ya-Wen Kuo and Hong-Tang Chen

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

zengyh@tdais.gov.tw

## Abstract

The pitaya cladode-degrading bacterium *Streptomyces* sp. CP3 and feather-degrading bacterium *Arthrobacter ureafaciens* K10 were inoculated in pitaya pruning wastes (PPW) compost. The two piles of compost were implemented as high nutrient Pif and low nutrient Pi. The raw materials of the Pi compost were PPW and mushroom sawdust wastes (MSW) and those of Pif compost were PPW, MSW and duck feather. The two composts were slight acidity, the EC value and nitrogen content were higher in the Pif compost product, but the potassium, calcium and magnesium were higher in Pi compost product. The four culture mediums were prepared by using the two composts and mixture as Pi, Pif, Pi : Pif (3:1, v/v) and Pi : Pif (1:1, v/v). The characteristics of the four mediums were slightly acidity, C/N ratio was less than 20 and the bulk density was around 0.2 g/cm<sup>3</sup>. The total nitrogen and water extractable calcium contents were higher in Pif, however the water extractable potassium and magnesium contents were higher in Pi. The green peppers were planted in the four mediums and no fertilizer or nutrients input during cultivation process. The results showed green pepper could grow well in these mediums except grown in Pi medium and the fruit weigh was around 86.9~93.3 g, the accumulated yield was around 973.1~1,150.0 g, the TSS was around 3.7~3.8 brix. The potassium, calcium and magnesium in the PPW can be concentrated in composting process and then produced compost products with nutrient characteristics suitable for fruit vegetables. The PPW and feather can be used in compost for producing long-lasting fertility medium that can apply in mixture with other culture mediums for decreasing fertilizer rates and amounts.

**Key words:** pitaya pruning waste, feather, compost, culture medium, long-lasting fertility, green pepper