



Formosan Entomologist

Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Review article】

廿一世紀昆蟲學發展之途徑【綜合論述】

朱耀沂

*通訊作者E-mail: 

Received: 1996 Accepted: 1996 Available online: 1996/12/01

Abstract

摘要

廿一世紀昆蟲學發展之途徑

Key words:

關鍵詞:

Full Text:  PDF(0.44 MB)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

廿一世紀昆蟲學發展之途徑

朱耀沂* 國立台灣大學植物病蟲害學系

中興大學的昆蟲學系及台灣大學的昆蟲組，都包括於農學院的範圍內。又屏東技術學院、嘉義農專的昆蟲學研究也都包括在植物保護科(系)內。不僅如此，全省大部份的昆蟲研究單位也都是屬於農林廳所管轄。從此可知，目前台灣昆蟲學之發展是以農業昆蟲學為主流。而我們更知，台灣的農業生產在整個產業中，所佔的比率一年不如一年。無可否認的，農業是一個夕陽產業，此種情況下，我們更需替昆蟲學尋找一些存活及發展的空間。當然，隨農業環境之改變，農業害蟲之防治上尚待解決的問題不少；另隨生活品質之提高，有關衛生、居家害蟲之問題也逐漸受到重視；甚至在生態保育的口號下，昆蟲之保育工作更受到不少人青睞。但從另一角度看，昆蟲是地球上最大的動物群，並在四億多年的進化與適應史中，發展出許多獨特的活體功能。相較之下，我們至今仍只在家蠶、蜜蜂等少數昆蟲上看到昆蟲功能之利用，且其利用方式也不超出直接利用活體的範圍。近年來，生物技術的發展為大家所矚目，而此等科技、分析測定儀器之急速進步，昆蟲活體中各種機能之謎底漸漸揭曉。若將此等功能加以分析、控制後再進行組合，將可應用於生命科學、醫學，甚至工學等廣泛部門。所以，昆蟲是地球上待開發之一大資源。以下即為我個人從昆蟲在畜牧業上之利用談起，對於廿一世紀之台灣昆蟲學發展所提出的建言。

大家都知道，我是有名的肉食性品系，不離本性的，首先就想到昆蟲在畜牧業上之可能利用的方向。目前我國畜牧業所面臨的問題不少，其中之一乃是排泄物之處理。說到排泄物之處理，先就數種家畜(禽)之飼料轉換率(表一)談起。

表一 數種家畜(禽)之飼料轉換率

家畜(禽)名	飼料轉換率*
雞	2.5
羊	8.9
牛	10.5
豬	5.0

*增加一公斤體重所需之飼料量(公斤)

雖然飼料轉換率依家畜品種、所用食料、飼養方法有很大的差異。從表一可知，即使轉換率最好的雞，為產生一公斤的肉也需2.5公斤的飼料。不用於生產肉之1.5公斤飼料中，有一部分被用於雞本身之基礎代謝。但無疑的，有不少未被利用的飼料變成雞糞排泄出來。其中還包括飼料價值相當高的成分，且其排泄量也多。此種情形於羊、牛、豬等飼料轉換率更低的家畜，排泄物之量更多。又由另一資料顯示，一隻體重1.5公斤之產卵用雞，一天可排泄0.15公斤之糞便。年間排泄量達55公斤。若是一隻體重500公斤之牛，一天排泄量為27.5公斤，尿量為13.5公斤。一年之排泄總量達15.5公噸。從此亦知，家畜排泄物之處理是亟待解決的問題。如果能夠妥善解決、利用，家畜排泄物將可成為

龐大的資源。排泄物之成分主要為飼料中不消化的部分，另有腸粘膜、消化液、腸內共生細菌及其代謝物。以牛為例，從牛糞回收的飼料中，肥料三要素氮、磷、鉀各佔41、84、28%。而飼料中熱量之約40%排泄於糞便中。就過去的農業形態，或從農業生產的物質循環的立場考量，若能夠將此等家畜排泄物還原於土壤，將它再利用於植物生產最為理想。然目前在台灣，極大部分的家畜、家禽用飼料都仰賴進口，八十四年之進口量即達712,189公噸。若將所有家畜之排泄物還原於農地時，必引起嚴重之肥害。從此可知，開發家畜排泄物之另一利用或處理方法的重要性。

衆所皆知，家畜排泄物是良好的堆肥原料。純排泄物大約30至60日，即可成為成分穩定的堆肥。再者，有機物含量較高的排泄物，氮成分的流失率比化學肥料低，即對地表、地下水的污染性也較小。不過，要注意若家畜排泄物過量使用，會產生土壤、農作物中K/Ca+Mg比率之變化及硝酸氮之升高而引發另一個問題。除了當堆肥之利用外，將所產生之甲烷等氣體做為燃料也是一利用途徑。雖然在氣體之生產過程、設備上，仍有不少待改善之處，然已進入實用之階段。

排泄物附帶的另一個問題是臭味。為了解決臭味的問題，已開發不少以微生物為主要成分之除臭劑。但家畜排泄物中已含有多量之微生物，此時添加一些微生物除臭劑，由於微生物間的關係，使效果往往不彰。此外，尚有燃燒法、藥劑處理法、空氣稀釋法、嫌氣性發酵法等各種方法，但卻都遇到處理空間大或處理成本過高等之瓶頸。因此，在家畜排泄物之處理上，利用昆蟲之取食、分解功能之可行性甚高。昆蟲與微生物不同，不但可以自己移動，還有具咀嚼能力的口器，如此可達成攪拌、粉碎等之物理效

果。且其發育快速、增殖力大，如蠅類即可在高密度下飼養。因此，在排泄物之處理上，蠅類可利用之潛力甚大。

雖然蠅類是可利用於此方面的昆蟲之一，但在此不妨先探討利用糞金龜類之可行性。澳洲從1960年代開始就很重視放牧地之牛糞對牧草發育及所滋生的各種蠅類對人畜及衛生上的影響。於是就從非洲等地引進40種以上之糞金龜，進行立足及牛糞處理效率之評估試驗。由此獲知瞪羚糞金龜 (*Onthophagus gazellae*)之效果最佳，而解決了放牧地牛糞之問題。受到該工作成功之刺激，全世界主要畜牧國家也進行類似的試驗。瞪羚糞金龜在適當飼養條件下，卵至成蟲約需一個月，羽化後4~5天即達產卵期，成蟲壽命約一個月至一個半月，但也有活半年的長壽者。此間約可產卵200粒。一對成蟲約二個小時的時間可形成且埋沒一粒約10公克的糞球。若有50~100對瞪羚糞金龜，一天內可將一堆牛糞埋沒於土中。據室內試驗結果：一對瞪羚糞金龜一生可埋沒一公斤之牛糞，其中一半以下為下一代幼蟲發育的消耗量。至於瞪羚糞金龜之室內大量飼養，大致採用如下方法：利用容量12公升之塑膠箱型養蟲盒，將一公斤牛糞鋪成6公分的厚度。盒內收容4對成蟲，在30℃、相對溼度90%、日照條件16L:8D下飼養。一個月後，每箱可得70~80隻成蟲。目前瞪羚糞金龜之利用，主要還是針對放牧地區的牛糞設計，是否能利用於其他家畜，或畜舍中之排泄物，還需另一角度的試驗評估。家畜排泄物本來是以飼料為主的各種物質，在其發酵過程所產生的一種代謝物，如前述，其中含有甚高的營養成分，於是有人嚐試將家畜排泄物直接再利用於家畜的飼料。然在此過程中，尚無昆蟲之參與。根據試驗結果，養雞場廢棄物為底下鋪設的稻草、排泄物、羽毛、掉下之飼料。

其中，大約有30%之粗蛋白質(乾重量)，蛋白氮量約佔全氮量一半，可用以添加於肥育用牛飼料中之20~25%；也可用以大約40%之含量比混合於玉米乾燥葉中(青貯 Silage)。可惜大部份的飼養環境下，直接利用乾燥排泄物之方法可行性並不高，且經濟效率也不大。因此，需再經一個轉換步驟，提高排泄物之利用價值才行。

此時昆蟲之利用或許是個不錯的主意。即先以此等排泄物為飼料，飼養食糞性蠅類等，之後再將昆蟲體或其中之成分用於家畜之飼料，最後再轉換為人們所利用之肉品或乳製品。由於家畜飼料中之蛋白質來源有逐漸缺乏之勢，在此情況下，具有龐大生物量(biomass)及增殖能力強之昆蟲，將成為利用價值甚高的資源。至於昆蟲體內之營養成分，本世紀初已有不少成分分析之資料，其營養價值也已獲得肯定。又世界各國也有不少食用昆蟲之記錄。然將昆蟲直接用於人們之食物，受其外形等之限制，並非一般大眾所能接受之食品。但若將它先用於家畜、家禽之飼料，而間接造福人類，將大幅擴大昆蟲利用價值。例如，以雞糞飼養蠅類，幼蟲、蛹本身可當養雞用飼料，殘渣物也可當無惡臭的改良土壤用資材。新鮮雞糞經家蠅幼蟲消化後，可減少50~80%之水分及80%之有機物。家蠅幼蟲及蛹之蛋白質含量極高，而只含少量的非蛋白氮。蛹的粉末含有多量Arginine、Lysine、Methionine等不可缺乏之氨基酸，其氨基酸成分更優於大豆餅，而可與魚粉相比。以乾燥家蠅蛹(蛋白質含量63.1%)飼養幼雞之結果，其成長與大豆餅(蛋白質含量50%)為飼料者完全相同。又以粉碎蛹為唯一蛋白源飼養之肉用雞，也得類似的生長結果。昆蟲不僅含有高量的蛋白質及熱量，也為生產效率極佳的物質生產者。如以有機性廢棄物為食物，進行大量飼

養生產高品質飼料時，可以做到兼顧省能源、無公害的資源再利用。

由於腐食性、食糞性蠅類，具有迅速處理其他生物所產生的有機廢棄物之能力，且蠅類幼蟲之生長速度、為多細胞生物中最為迅速者。以家蠅為例，其幼蟲分泌消化酵素於體外，食物經體外消化後之營養成分為其所吸收，並在適當條件下，從孵化至化蛹只需4~5天，而其間體積可增加到500倍以上。除家蠅外，其他可利用的蠅類，端賴飼料(處理廢棄物)及所需的生產物之種類而定。

目前為止，建立最完整的大量飼養方法的蠅類可能是家蠅。其他像紅頰黑蠅(*Calliphora vicina*)、琉璃麗蠅(*Protophormia ter-raenovae*)都是可考慮利用之種類。在室內，此等蠅類於3~7日內即可使廢棄物達到分解之最後階段。若在野外，以微生物作用之自然分解則需30~100倍之時間。蠅類大量飼養的過程中，完全不出現廢棄物，包括分解有機物的過程中所產生的氣體皆有其利用價值。尤其幼蟲合成的抗細菌性、抗真菌性物質、消化酵素等甚具醫學上之利用價值。就昆蟲所產生的抗菌性物質而言，昆蟲在地球上之繁榮，主要原因除其極大的增殖能力外，它能大量存活的原因，就是對各種病原菌具高效率的防禦能力。例如，就廐肉蠅(*Sarcophaga peregrina*)而言，它體內可產生對革蘭氏陰性菌極有殺菌力之四種Sarcotoxin，其中如Sarcotoxin IA，只要1~10 μg/ml之濃度，即可致死多種革蘭氏陰性菌。又對革蘭氏陽性菌也已知有三種Sapecin之存在。廐肉蠅不但能有效地對付侵入體內之各種細菌，從它體內也發現具有殺死真菌性之物質(antifungal protein AFP)。Sarcotoxin與Sapecin是蟲體受傷時才能被誘導之殺菌性物質，然AFP為健康蟲體內常駐性的物質。此種物質能否利用在人體微生物疾病

之治療、預防上，仍有待檢討。至少由其蛋白質之構造判斷，可能會產生嚴重的抗原反應。此外，將少量之Sarcotoxin IA加入於AFP時，可明顯提高AFP之抗真菌性。即AFP平常存在體液中，維持體內之抗真菌性，受傷而細菌入侵體內而產生Sarcotoxin IA時，同時大幅增加AFP之濃度而提高抗真菌性。此即為昆蟲對抗微生物的一種策略。從與抗菌性蛋白質有關基因之探討開始，利用一些基因轉移等技術，將肉蠅類誘發或合成抗菌性蛋白質的功能轉移於其他高等動物時，對高等動物微生物性疾病之治療、預防上，應有相當的助益。

此外，昆蟲體中也可得到甚有利用價值的醫療資材，例如Chitin、Colagen等就是值得開發利用之物質。我們已知昆蟲外骨骼的主要成分為幾丁質(Chitin)。幾丁質及它經化學處理後所得之Chitosan皆為具有多種功能的物質，正可利用為處理污水時之凝集劑、人造皮膚、外科手術時之縫合線等，是開發前途無窮的天然資源。再談到人造皮膚，以蠶絲為原料的蠶緣(fibroin)膜，從水分穿透性及對細菌之抗透性的特質而言，也具有成為人造皮膚材質之高度潛力。

話題回到蠅類在農業上之利用，蠅類可以處理農業、畜牧廢棄物，這些廢棄物經蠅類之大量飼養後，可同時得到兩種物質。其一為動物性堆肥：其成分大致為氮2.2—2.7%、磷3.5—3.8%、鉀1.5—1.6%並幾乎無臭味之粒狀物質，而在100g之粒狀物質中，含有鐵100 μ g、錳15 μ g、鋅8 μ g、銅2 μ g、鈷0.04 μ g。假如能夠解決臭味問題而將雞糞直接用於肥料時，由於其中含有較高的硝酸態氮，它將引起作物中硝酸鹽、亞硝酸鹽之蓄積，而其中的一部分可能變成致癌性之Nitrozoamine。由於動物性堆肥的含氮量較低，並為氨態氮，不蓄積在作物體內，所以可以避免

產生致癌物的風險。其二為昆蟲體本身：乾燥的蠅體，含有大約50%蛋白質與20%之脂質，可當良好的動物飼料。又若紅頰黑蠅等之黑蠅類，調整親代之飼養條件，下一代在老熟幼蟲期即進入休眠。因此，若調整親代之飼養條件，則可在冷藏庫以活體保存下一代幼蟲半年以上，至適當時機移到常溫下利用。此種老熟幼蟲之延命處理，若將它利用於釣魚時之活餌，甚具實用價值！另一方面，若調整利用昆蟲青春荷爾蒙等延長蠅類幼蟲期廢棄物之處理期間，或使幼蟲體之大型化，也可提高處理效率。加上以荷爾蒙調整體型，可擴大蠅類幼蟲於釣魚時釣餌之應用範圍。而這種措施已在大蜡蛾(*Galleria melomella*)幼蟲應用在釣魚活餌上被實現了。其實，無論是青春荷爾蒙或蛻皮素，在昆蟲之飼養上皆是甚有利用價值的資材。幼蟲期之延長即在使幼蟲體大型化而提高昆蟲之回收率或昆蟲生長速度的均一，此等荷爾蒙的利用是值得開發的。與畜產廢棄物之處理無關之荷爾蒙之利用方法而言，以此處理可抑制天敵之休眠或調整生殖，甚至活動期。尤其於捕食性天敵，可使它大型化或提高其捕食效率。例如有些天敵體型較小，只能捕食害蟲之若齡幼蟲期，若使用荷爾蒙使它大型化，就可使它捕食到中、老齡幼蟲期之害蟲。又於蜜蜂等授粉昆蟲，荷爾蒙或可延長其外役之勞動期，大幅提高其授粉效率。

以上動員我有限的智商，擠出一些昆蟲與畜牧業有關的發展方向。但昆蟲之利用方向，當然不止於畜牧業。若就目前農業害蟲之防治上所利用的寄生性、捕食性天敵而言，這些天敵大多是溫帶地區所開發的，在台灣如此高溫、多溼的地區能否發揮與溫帶，尤其如美國少雨地區相同的效果值得商榷。至少我們應自行篩選出抗熱、抗溼性品

系才對。另如台灣，昆蟲相甚為複雜的地區，引進一種外來天敵時，與本地產昆蟲發生的種間關係，必比美國等昆蟲相單純地區更為複雜。基於此項考慮我們在天敵的引進上，該做的工作實在還很多。談到微生物天敵，殺蟲性結晶蛋白質(ICP)基因之應用上還有很大的研究空間。利用基因轉位之抗蟲性作物(transgenic plant)之育種，此方面的研究雖有Monsant corp.、Sandoz seeds.、Ciba-Geigy corp.、Mycogen corp.等幾家企業公司已著手，但仍有很多發展之處。利用Allomone等生態活性化學物質或戴上感覺系統的機器昆蟲在偵測害蟲發生上的利用，也是值得開發的研究方向。此項我已在另一篇講稿中介紹，在此不再贅述。

授粉昆蟲的利用，是近來甚受重視的昆蟲利用方向之一。如前述，以荷爾蒙調整此等昆蟲之採蜜、授粉期外，目前在蘋果、桃樹之授粉常用之豆花蜂(*Osmia* spp.)雖已開發出人造巢，並建立在野外應用之方法。但它一年只一代，且繁殖率也不高，仍有不少需改善之處。而圓花蜂(*Bombus terrestris*)之訪花行為不易受到天候的影響，且在遮斷紫外線的設施中也能訪花，具有比蜜蜂更佳的授粉效率。然該蜂乃是溫帶產花蜂，晴天時，在6°C下即開始訪花活動，然該蜂到底是溫帶性種類，抗熱性較差。如何提昇它的抗熱性，而使它在高溫、多溼的條件下發揮其授粉潛力，也是一個良好的研究題材。

蠶絲、蟲膠、白蠟等所謂有用昆蟲的生產物質，長久以來一直都是我們珍用的天然物質。自化學合成品問世後，漸漸的失去競

爭力。但隨著生活水準及對環境保護意識的提昇，一般大眾又開始有使用無公害物質之期望。加上最近養蟲、加工技術之突飛猛進，值得重新檢討此等天然物質之利用價值。例如蠶絲，以過去之粉碎法，繭絲之纖維狀粉末只能製造到直徑20~70 μ m。但以現在的處理技術，將蠶絲fibroin溶液，在pH4之條件下呈懸浮液，經過冷凍乾燥，以水解酶分解等處理後可得3 μ m以下之超微粒。如此以後，從它的吸溼、保水性等特性考量，此等蠶絲超微粒可用於面霜等化粧品之原料。

卵寄生蜂在百萬種昆蟲中，可說是最小型之昆蟲，即其蟲體由極少數之細胞而成。但卵寄生蜂不但能飛翔、步行、產卵，還有尋找交尾、產卵對象等之多種功能。其意表示一個細胞可兼備多種功能而表現出卵寄生蜂之整個生命現象。若就卵寄生蜂之細胞探討其功能，或可知道一個細胞之最大功能負荷量。此種很基礎之研究，到底有多少實用價值，目前我不敢下明確的結論，但對以後的基因轉植動物之育種、超微電子機器之開發上定有一些貢獻。

其實，以上所述之發展項目，只不過是眾多研究題材之九牛一毛。若從多方向去考量昆蟲之生活功能，可想出之點子必數倍於此。昆蟲確實是尚待進一步開發的自然資源。從此可知，我們未來可做、該做的事還很多。昆蟲提供我們做也做不完的工作題材和光明的前途，大家也毋須妄自菲薄。如果讓我再年輕十歲，我一定向其挑戰。可惜我出生得早，也或許是年青時虛度太多時日。但無論如何，選擇昆蟲的路讓我永生不悔。