

穀物品質與機械作業之關係

Mechanical Damages on Farm Crops

臺灣大學農業工程學系副教授

沈 國 文

Kou-wen Shen

一、緒 論

美國農業經營，充分應用農業機械，提高生產效率。農民每一工時生產力與年併增，平均約為 5.7%，而非農民生產力僅為 2.9%，前者約為後者的兩倍。農產收入影響美國收支貿易平衡很大。

美國農業發達，產量豐富，其中玉米年產量約為 4120-4760×1,000,000 蒲式爾，年輸出量約為 487-633×1,000,000 蒲式爾，輸出量平均約佔產量的 13.2%。輸出量之多少往往影響國內糧價，玉米國外輸出量每減少 1%，國內市場價格下落原價的 1.5%，直接影響農民收入。1954 年以來美國玉米每畝產量平均每年增加 2.9%，如今每畝平均產量已達 90 蒲式爾，而耕作面積反較 1950's 期間減少 20%。此等效益當係由於合理利用耕地，多施肥料，以及採用高產量之栽培品種所致。耕作面積減少等於休閒面積增加，可以保持土壤生長力。

美國生產玉米，四分之三供作家畜家禽飼料之製造，其他四分之一係作食糧製造及國外輸出。糧食以及飼料所用玉米，品質均有標準規格，其中一則規定不含黴菌毒素，特別是引起癌症之黃黴毒素 (aflatoxin)——又稱火雞 X 病毒素，毒性強劇，雖經高溫 (302F) 仍無法破壞，人畜家禽服食微量，肝臟即受損害。稍高水份含量之穀物如置於相對濕度 85%，溫度 12-40°C 下，24 小時內即能發生黃黴毒素，4-10 天達繁殖尖峯期。感染順序為花生最易，玉米，大豆，麥類次之。臺灣全年氣候均在上述範圍之內，適宜黃黴菌之發生繁殖。

由於農作物收穫期的集中，以及輸出時效的重要，農業高度機械化，以增加生產效率。美國機械收穫逐漸採用田間脫粒，且有試驗田間現場人工乾燥。玉米機械收穫，田間損失很大，每畝平均約為 3.7-7.4%，收穫時作物水份含量較高，田間脫粒損傷率大幅增加。穀物一旦破裂，黴菌容易侵入，使品質變壞，產生毒素，黴菌感染率較非現場脫粒者高達 2-5 倍，品

質低下。研究農業機械化不影響作物品質，或如何減少機械作業之損害，應係農業機械從業者之課題。

二、機 械 收 穫

作物收穫時之水份，成熟度，重量與其品質均有關係。水份含量高時與水份含量低時，同樣容易使種子破裂。某一品種之種子有其損害最少而較具彈性之水份含量。作物種子成熟後，如留置田間，除易脫落外，即行開始朽化 (aging)，留置期間再經雨水及炎暑交相作用，種子生長活力更形降低。未充分成熟之作物種子單位體積之重量常較成熟者為低，如作飼料，其所含蛋白質營養成份及較後者為高。何種條件下收穫，當以栽培者之最大利益為準。

三、田 間 脫 粒

田間脫粒較諸後期脫粒品質為差。種子損傷程度，常因作物品種，收穫期種子水份含量，脫粒筒之轉速以及迴轉部份與固定部份間之間隙大小等等有關。相互間之組合，常有一最小機械損害範圍存在。玉米田間脫粒，常含穗莖黍心高達 5%，其他細碎雜物亦含 3-7%。田間脫粒，當時種子水份含量稍高，容易破損而感染微生物及生蟲害。且玉米破損後，常增加處理上之困難，價值貶低，只供飼料製作之用。受傷後之玉米較有生長力之玉米容易罹染病害，田間脫粒之玉米黴菌感染速度較手脫粒者迅速 2-3 倍。

四、人 工 乾 燥

農作物生產，成熟期常為一定。一般收穫時水份含量過高，不適宜倉貯保存。收穫後任意放置，不加處理，則易發芽生黴，品質變壞，產生毒素，不堪食用。美國人工乾燥穀物歷史悠久。前人研究結果，玉米最大乾燥速度，每小時減低水份含量不應超過 5%，均質化 (tempering) 放置時間 4-8 小時後再行冷卻，可使應力破裂 (stress crack) 達到最少。

過去乾燥方法多採用交流式乾燥機 (Cross-flow

dryer)，缺點不少，乾燥進行時，乾燥發生之水氣，遇冷凝結成水，附着於穀物表面，而為穀物吸受，增加其水份含量，乾燥層 (drying zone) 繼續增加，穀物於整個乾燥過程中，經歷吸濕、失水、水份含濕量先多後少相繼發生。同時穀物體積乾燥時收縮，潮後膨脹，容易破裂，品質因而低下，破損率約為5-10%。一般言之，低層穀物乾燥過度而高層乾燥不充分。

變更乾燥操作方法，可以提高品質，如於一定時間內俟穀物乾燥達到某一程度之水份含量及某適當之溫度時，再於乾燥穀物上添加一定厚度 (普通不超過六吋) 之需要乾燥之穀物，如此加熱空氣容易外洩，其中所含水蒸氣不會凝結而添加穀物水份，因而多少改善其品質。如此操作熱效率較差。其他如乾燥溫度不能過高，玉米應小於 176F，乾燥時間過長，上下層間水份含量不同，很難均一，更因水份含量之滯延現象 (hysteresis) 問題更為複雜。

最近美國採用高溫高速同流一向流式乾燥機 (concurrent-counter flow dryer) 送入空氣溫度為 495F，玉米每次通過乾燥機，可由水份含量 25.0% 減到 20.6% 及由 21.9% 減到 16.5% (w.b.)。蒸發每磅水分平均所需熱量約為 1640-2500 Btu，破損率低於 1%。商用最適容量每小時 5,000-6,000 蒲式爾，此種新式乾燥機有利於控制由乾燥穀物所發生之空氣污染問題。

前人研究者如乾燥空氣之濕度，對穀物破裂稍有作用，而對種子發芽率則無影響。乾燥空氣之露點溫度 (dew point) 對穀物品質不生影響。簡易送風冷卻，降低收穫作物之溫度，亦可暫時保持品質。試用醋酸，丙酸添加穀物，因接觸殺死有毒黴菌，防止生黴。

一般穀物乾燥後，總體積減少而單位體積重量增加。穀物乾燥後摩擦係數低下，容易緊湊一體。故吾人可知單位體積重量之多少，無法表示品質之高下。

五、運 輸

農業機械化應用機械運搬穀物，穀物破損率與運輸長度成正比，亦可稱與運輸所耗動力成正比。U型開口槽螺旋輸送機較諸封式者，損傷率極少，又大直徑之封式圓筒螺旋輸送機較同類小直徑者為有利，向上增加筒身傾角破損增加，全載負荷較部份負荷時運輸，穀物破損率減少。如增加螺旋輸送器之轉速

，穀物之自由落下高度，即相對地增加破損率。若於輸送途中，增添緩衝擋板，可減少穀物流速度，因而減低破損率。普通運輸操作穀物體積約減少 0.1%。不必要之運輸應設法避免，減少破損發生之機會，維持穀物品質。

六、倉 貯

貯糧備荒，握有充分食糧，調節供求，穩定物價，解決民生問題。美國曾貸款農民，興建穀倉足供貯存食糧 1700×1,000,000 蒲式爾。

穀物水份含量及倉貯溫度低下者，容易貯藏。普通玉米水份含量 13.5% 及倉貯溫度 55F 以下時，可以長期保藏。但若玉米一旦發生黴菌感染，玉米容易由空氣中吸濕，同時黴菌繁殖產生熱量，使感染範圍繼續擴大，破壞了原可長久安全保存之環境——安全水份含量及倉貯低溫環境——使玉米品質變壞。普通大豆，米穀之安全水份含量不應超過 13%。穀物倉貯時溫度與水份含量常無法平均分布，不同溫度相接面間，即有水分凝結，易為塵土或細碎雜物所吸受，堵塞氣流，因之溫度差別更大，助長病蟲害之繁殖，如不設法改善此種情形，倉貯穀物品質惡化，終至不能食用。故穀物倉貯期間，常需通風冷卻，有時尚需挖空中央部份，送風冷卻，方能確保品質。過去美援糧食曾用農藥馬拉松抑止蟲卵孵化，以免品質惡化。近人試用多層塑膠封套，內放乾冰與糙米一同貯藏，可以放置較長年日而能維持品質不變。

七、品 種 問 題

栽培作物代有新種育成，或以高產量稱著，或以抗病害為顯。但有一潛伏危險，如長期栽培同一品種以及大面積種植，容易感染病害，有時無法防止，造成慘重災害。育種者時時需要育成新種，以接替災後更新。將來如能育成耐機械損傷之新品種，真為理想。

八、附 誌

農業機械化影響農產品之品質，已如前述，許多地方尚需改進。世界人口增加，食糧生產不足，熱帶以及亞熱帶食糧倉貯問題，有待吾人解決。玉米品質較其他穀物對機械作業更為敏感，如能利用前人研究結果，可以節省許多無計劃之浪費。本文引用美國玉米資料，藉供國人參考。

Summary

This article presents the data of mechanical damages on corn production in United States. The quality of grains is much influenced by mechanical processes such as harvesting, hulling, drying, transportation, and storage. As the corn is more susceptible to mechanical damage than the most other grains. We may survey on the response of corn to these production works in order to know the other crops.