蒸餾法測定稻穀含水率之研究

計畫主持人：陳貽倫
NSC88-2313-B002-094

前言

農會乾燥中心之作業流程為 1)濕穀過磅 2)取樣測含水率 3)入濕穀暫存筒 4)乾燥 5)入乾穀暫存筒 6)套袋。農民對收穫後之稻穀在進穀倉乾燥儲藏前，需測定含水率以計算價錢，目前農會所使用的水分測定器屬電子式，可分為電阻式與電容式兩類，其中電容式大多用於測定較濕之稻穀，電阻式則大多用於測定較乾之稻穀，在測定過程中，農民與農會之間常為了含水率的多寡時起糾紛，其原因乃在水分測定器本身。烤箱法常用以檢驗電子式水份測定計的準確性，就穀物研碎與否，可分為碎粒與全粒進行兩種方式，研碎後之稻穀置於熱風烤箱中烘乾一小時，溫度為 130 ℃(AOAC, 1980)；由於研碎之稻穀易使水分蒸發，影響測定準確性，因此亦有以整粒穀來烘乾，唯所需時間較長(Henderson, 1976; ASAE, 1981)。為講求時效性和經濟性，電子式水分測定計遂成為操作主流，但無論是電容式或是電阻式，其測定值與真實值之間仍有差距，其差距隨著含水率的增加而擴大(Hurburgh et al., 1986; Grabe, 1989; 陳等, 1991; 陳等, 1993; 陳等, 1996)。綜觀目前此種類型水分測定器，雖然測定時間極短，但是對於高濕稻穀其準確度尚無法滿意被接受，迴歸公式對同一機型的其它測定計有其儀器誤差存在。因此本研究希望提供另外一種水分測定的方法，藉由蒸餾方式，提出一套較具準確性、重覆性與客觀性三者兼俱的含水率測定模式，以改善上述的缺點，並建立出蒸餾程序準則。

蒸餾乃是利用液體間沸點高低的不同，沸點低的液體先蒸發，本研究所採用的試驗油為台糖烤酥油，屬於混合物無固定沸點，高溫下穩定性良好。以油混合稻穀而言，當穀溫加熱至油溫 100 ℃時，稻穀中的水會先變成水蒸氣蒸發出去，在其出口處以導管導引其路徑，並將導管置於冰水容器內，將蒸氣予以凝結，此時所收集的水即為稻穀內部所含的水。本研究分成兩階段，第一階段採用布朗-杜威蒸餾水分計，並以烤箱法之數據為標準值相互比較，其研究目的如下：

一、比較蒸餾和烤箱測定法的差異性。
二、建立蒸餾準則。

第二階段則根據第一階段蒸餾的結果，自行設計蒸餾裝置，依使用目的分為單筒式和多筒式兩種，依序進行蒸餾實驗，以評估蒸餾法對於高含水率濕穀量測的可行性。

材料與方法

一、稻穀樣本

實驗中所採用的稻穀品種為西螺蓬萊米，屬於 87 年一期作。自冷藏室取出濕稻穀分成數批，每批重 800g，依不同比例加水調製，裝於密封塑膠容器並置於冷藏室內約二週，其間不時予以攪拌，使其含水率均勻。量測前 12 小時取出置於室溫中平衡，並不時予以攪拌。

二、儀器設備

實驗中以電子秤來記錄稻穀重量的改變和蒸餾得到的水，其機型為 Ohaus GT4100，精度 0.01g。稻穀含水率的測定分成兩階段，第一階段同時採用二種現成儀器，其一為恒溫烤箱(Lab-Line 3515 和 PID Maxthermo Mc-2338)，溫度控制±2°C；其二為布朗-杜威蒸餾水分計(Brown-Duvel Moisture Tester)，其蒸餾方式為將稻穀和試驗油(台糖烤酥油)置放在一密閉玻璃球型燒杯內，由底部加熱，並由插入球型燒杯上端的溫度計控制溫度，燒杯上端有一導管引導蒸餾出的水蒸汽經由冷凝管冷凝成水，其所使用的油量和穀物初重分別為 150ml 和 50g(Seedburo, 1995)。第二階段採用自行設計的蒸餾裝置，分為單筒式與多筒式兩種，單筒式一次只能量測一個稻穀樣本，多筒式一次可量測十個稻穀樣本，為使試驗油能夠緩緩進入稻穀內部混合，以便慢慢蒸發穀粒內部水分，因此先將定量稻穀置於一端開口的置物圓筒中，並在圓筒壁或底端鑽小洞，由於稻穀遇熱時穀體水蒸汽會蒸發向上，因此在置物圓筒外面加一外套筒，以引導水蒸氣向上經由導管至冷凝管冷凝成水，試驗油中並加一熱偶計以控制油溫。

三、試驗方法

試驗方法分成兩階段進行，第一階段主要是在試驗蒸餾法的可行性，試驗中以烤箱法為標準；第二階段則採用自行設計之蒸餾式水分測定裝置，測定不同含水率之濕穀水份，並建立一套實用的使用方法。

(一)第一階段試驗

1.烤箱法

每批濕穀各取濕穀樣本 10g 兩次置於玻璃皿內，依序加以編號，並置於烤箱中 96 小時，熱風溫度 100°C(Brooker et al., 1974; Hall, 1980)，之後取出稱重記錄，並以此做標準，藉以比較其他方法。

2.蒸餾法

1).蒸餾瓶內加入油料 150ml，並取出 50g 稻穀樣本置於蒸餾瓶內，由室溫開始加熱蒸餾，當油溫達 200°C時停止加熱，觀察燒杯中經由蒸餾後凝結的水滴，若水滴滴入的很慢時停止收集，此時將燒杯內的水稱重並記錄。

2).蒸餾瓶內加入室溫油料 150ml，並將油料先行熱至油溫 140°C，此時取出 50g 稻穀樣本置於蒸餾瓶內，開始加熱蒸餾，當油溫達 200°C時停止加熱，觀察燒杯中經由蒸餾後凝結的水滴，若水滴滴入的很慢時停止收集，此時將燒杯內的水稱重並記錄。

3.提高初始油溫，試驗所需蒸餾時間。即蒸餾瓶內加入室溫油料 150ml，並將油料先行預熱至某一設定溫度，此時取出 50g 稻穀樣本置於蒸餾瓶內，開始加熱蒸餾，當油溫達 200°C時停止加熱，觀察燒杯中經由蒸餾後凝結的水滴，若水滴滴入的很慢時停止收集，此時將燒杯內的水稱重並記錄。

4.每個步驟重覆兩次取平均。

(二)第二階段試驗

1.烤箱法，方法同上。

2.蒸餾法(自製蒸餾裝置)

利用第一階段蒸餾法所得的結論，就自製的單筒式和多筒式蒸餾裝置進行試驗，並比較兩階段的差異性。

結果與討論

蒸餾法中初始油溫為室溫時，所需的蒸餾時間較長，約需 40 至 50 分鐘(視含水率多寡而定)，隨著初始油溫的增加，所需的蒸餾時間變短，然其所能收集的水分也變少，經過試驗發現，當初始油溫為 140°C時，所需的蒸餾時間僅需 10 至 20 分鐘，而含水率的差異與初始油溫為室溫時相比，在烤箱法為 24.5% w.b.以下時，差異很小，隨著烤箱法含水率增加，兩者之間差值增加，然差距不大，以烤箱法 30.8% w.b.而言，兩者之間差 1.6%；就初始油溫為 140°C的試驗結果發現一簡單的估計準則，即在烤箱法的值高於 20% w.b.時，其測量值比烤箱法的值低約 3%，換言之，只要將初始油溫為 140°C下蒸餾所得的含水率加上 3% 即為約略正確的含水率。依此準則，再調製三種高含水率的值做驗證，烤箱法所測得的值為 35.6、35.8 和 36.0% w.b.w.b.，蒸餾法(初始油溫 140°C)所得的值分別為 32.42、32.88 和 33.33%，兩者之間頗能符合估計準則。

第二階段自製單筒式蒸餾裝置中，使用油量約 900ml，為使所收集的水分重與濕基含水率同大小，因此取用的濕穀重恰為 100 公克，初始油溫由 140°C試驗起，所需蒸餾時間約 35 至 45 分鐘，當初始油溫升至 180°C時，所需蒸餾時間減少為 20 至 30 分鐘，且在該溫度下所收集的含水率與 140°C時相比差異 1%以內，另以初始油溫 180°C、穀重 100 公克和蒸餾時間 30 分鐘進行試驗，其結果與烤箱法的比較如表 3 所示。由表中可知，在含水率大於 20% w.b.時，兩者之間不只相差 3%，有些甚至相差 4%，分析此原因為上述裝置有瑕疵，部份水氣蒸發流失在外界空氣中無法收集。

為改善此一缺點並增加其測定速度能量，在自製多筒式蒸餾裝置中，設計為一次可同時放置十個樣本進行測量，並在置物圓筒壁上端鑽一小孔，在控制油量高度下，使油能緩緩注入孔內部，而使水氣能從上端導管進入冷凝以便收集；由於此次用油相當多，約 24 公升，初始油溫 180°C時所需蒸餾時間約 25 至 35 分鐘，為縮短蒸餾時間，改以初始油溫 190°C、穀重 50 公克和蒸餾時間 20 分鐘進行試驗，其結果與烤箱法的比較如表 4 所示，此結果顯示，在含水率 20% w.b.以上，兩者之間可適用先前所建立的估計準則，即將初始油溫預熱至 140~190°C，蒸餾時間二十分鐘，則蒸餾所得的含水率加上 3% 即為約略正確的含水率，此方法適用於以烤箱法所測得含水率大於 20% w.b.的稻穀。

計畫成果自評

稻穀含水率測定的準確性對農民與農會之間的交易計算、品質管制和安全儲藏等均有重要的影響。蒸餾法提供測定稻穀含水率另一可行的選擇，所需的時間介乎電子式與烤箱法兩者之間，視初始油溫與機型而定，所需之測定時間在 10 至 40 分鐘之間；預熱蒸餾法中的油溫，可減少測定時間，藉著適當的初始油溫和蒸餾時間控制，可有效收集蒸餾得到的水份。

參考文獻

1. 陳加忠、曹之祖、陳麗娥。1991。稻穀水份計性能之測定與應用限制。中華農業研究 40(4)：445-458。
2. 陳加忠、曹之祖。1993。電子式穀物測定之性能研究。中華農業研究 42(4)：430~445。
3. 陳加忠、曹之祖、雷鵬魁。1996。應用電容式水份計量測濕穀含水率之研究。 農業工程學報 42(2)：79-88。

4. Association of Official Analytical Chemists. 1980. Official methods of analysis. 13 edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
5. Henderson, S. M. 1976. Agricultural process engineering, 3rd edition. The AVI Publishing Co. ,Conencticut.
6. American Society of Agricultural Engineers. 1981. Agricultural engineers yearbook 1981-1982. American Society of Agricultural Engineers, Michigan.
7. Hurburgh, C. R. Jr., L. N. Paynter, S. G. Schmit and C. J. Bern. 1986. Performance of farm-type moisture meters. Transactions of the ASAE 29: 1118-1123.
8. Grabe, D. F. 1989. Measurement of seed moisture. P.69-92. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14. Crop Science Society of American, Madison WI. USA.
9. Donald B. Brooker, Fred W. Bakker-Arkema, Carl W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. The AVI publishing company, INC.
10. Carl W. Hall, P. E. Drying and storage of agricultural crops. 1980. The AVI publishing company, INC.
11. Seedburo equipment company 95 catalog. 1995.