

自脱型 콤바인 還元裝置의 還元物 流動現象과
還元性能 改善에 關한 研究 (I)
—還元率과 組成比—

**Tailings Behavior and Performance of the
Tailings Return Unit of the Head-feed Combine (I)**
—Ratio and Compositions of Tailings—

曹永吉*, 鄭昌柱*, 崔圭烘*, 朴阪圭*
Y. K. Cho, C. J. Chung, K. H. Choi, P. K. Park

Summary

This study was undertaken to investigate the ratio and compositions of tailings of the tailings return unit in the commercially available head-feed combines.

The ratio of the returned tailings to the sum of the threshed grain and the returned tailings was 2.3~7.2% for various varieties of rice and operational conditions of combines tested and increased as the feeding rate and the cleaning air volume increased. The analysis of the returned tailings showed that the composition of rubbish and short straw was decreased as the feeding rate and the cleaning air volume increased.

1. 緒 論

콤바인은 벼 生産의 總 勞動時間의 약 1/3을 절하며 勞動力 競合이 심한 收穫作業 體系에 使用되는 機械로서 어떤 다른 收穫作業 體系에 使用되는 機械보다도 能率的이라고 認定되고 있다. 近來에와서 農村의 勞動力 不足이 深化되어 農業의 機械化가 急進展됨에 따라 콤바인의 普及도 漸次 擴大되고 있다. 우리나라에 주로 普及되고 있는 自脱型콤바인은 1989년말 現在 全國的으로 32,882대가 普及되어 있으며, 그에 의한 벼

收穫 作業의 機械化率은 약 50%에 이른다. 콤바인은 作業能率이 높은 反面 構造가 複雜하고 精密한 機種으로 取扱 操作상 많은 注意가 要求되며, 特히 故障이 發生할 境遇 修理費가 많이 들고 作業 適期 逸失로 인한 經濟的 損失을 招來하기 쉽다.

콤바인에서 故障頻度가 높은 部分 가운데 하나는 脫穀 選別部 動力 傳達用 벨트인 것으로 調査(1, 2, 3)되고 있다. 그 原因은 脫穀選別부 動力 傳達體系가 作動 部位別로 獨立되어 있지 않고 한개의 벨트가 여러 部位를 同時에 作動시

* 農業機械化研究項 收穫機械科

** 서울大學校 農科大學 農工學科

키는 連動方式으로 되어 있어 한 部位에 過負荷가 걸린다던지 막히는 現像이 일어나 作動이 圓滑하게 되지 못할 境遇에 그 部分에서 슬립(slip)이 일어나고, 이 때 發生되는 摩擦熱에 의하여 벨트가 損傷되기 때문이다. 特히 脫穀部에 過負荷가 일어나면 이와 連動되는 還元스로워를 비롯한 각 部位의 回轉數가 減少되고 脫穀 및 選別率이 低下하여 枝莖附着粒, 穗切粒, 검불 등 還元物이 急增하게 되므로 還元裝置를 막히게 하는 境遇가 흔히 나타난다.

콤바인 還元裝置에서 還元物은 스로워 날개의 回轉에 의하여 還元物에 直接 가해지는 衝擊力 및 慣性力과 스로워 날개 回轉時 發生하는 氣流에 의하여 還元된다고 할 수 있다. 이 때 還元物을 構成하고 있는 物質 中 比重이 큰 單粒, 枝莖附着粒, 穗切粒은 衝擊力에 의해서 낱, 검불은 後者に 크게 影響을 받게 된다. 그러므로 콤바인 還元裝置에 들어오는 還元物의 量과 還元物의 組成 內容을 把握하는 것은 還元裝置를 研究하는데 매우 重要하다.

따라서 本 研究에서는 還元裝置로 들어오는 還元物質의 助成比를 分析하여 作物의 品種, 脫穀物의 含水量, 脫穀部에의 供給率 등과 같은 作業條件이 還元裝置의 性能에 미치는 影響을 究明하고자 하였다.

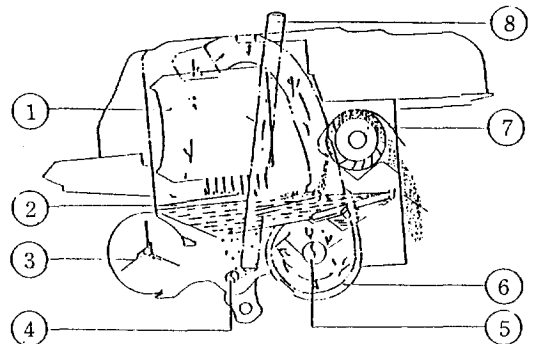
2. 材料 및 方法

가. 實驗裝置

콤바인 還元裝置로 還元되는 還元物의 助成比를 알기 위하여는 直接 圃場에서 作業하면서 一定時間에 穀粒口로 나오는 穀粒과 還元通路로 나오는 還元物을 收去 測定하여야 하나 콤바인 構造상 圃場에서 作業하면서 穀粒과 還元物을 收去하기에는 어려움이 따르므로 實驗裝置는 그림1과 같이 콤바인(G社 製品 MC1950)의 脫穀部만을 콤바인에서 分離하여 ㄱ型鋼으로 만든 프레임에 定置시켰으며, 또한 還元裝置로 들어온 還元物이 脫穀室로 되돌려 보내지지 않도록 하기 위하여 還元裝置의 스로워 날개를 除去시

켜 還元 오거로부터 還元物을 直接 收去할 수 있게 하였다. 實驗에 使用된 콤바인의 脫穀物의 흐름을 보면 먼저 脫穀室에서 脫穀網을 通過한 脫穀物은 요동채와 풍구에 의하여 選別되어 알곡은 揚穀裝置로 移送되고 나머지는 選別室로 들어가게 된다. 選別室로 들어온 것은 吸引팬에 의하여 가벼운 것은 大部分 排塵口를 통하여 機外로 排出되고 무거운 검불이나 낱, 單粒, 枝莖附着粒, 穗切粒 등은 還元 오거 위에 落下하여 還元裝置로 들어와 脫穀室로 되돌려 보내지는 還元物이 된다. 이 實驗에서 使用된 콤바인의 還元裝置는 還元 오거와 還元스로워(날개, 케이싱, 排出管)로 構成되어 있으며, 還元 오거는 스로워軸과 直結되어 있는 길이 500mm, 直徑 55mm, 피치 37mm인 橫移送 스크류 컨베이어로 되어 있다. 還元 스로워는 케이싱의 外徑이 265mm이고, 날개의 數는 2매이며 날개의 半徑은 125mm로, 날개의 回轉速度는 正常作業時 약 1480rpm 이고 날개와 케이싱 사이의 間隔은 7.5mm이다. 排出管은 水平面에 대해 60°로 傾斜지고, 길이 530mm, 幅은 95mm의 直四角形 斷面으로서 平行 間隔은 中間 地點까지는 115mm 間隔으로 平行이고 그후 曲面을 이루면서 마지막 排出口 쪽은 108mm로 되어 있다.

이 實驗裝置를 驅動시키는 動力原은 脫穀部에 所要되는 4~8PS를 基準하여 實際콤바인의



- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Threshing cylinder | 5. Tailings auger |
| 2. Concave | 6. Tailings thrower |
| 3. Cleaning fan | 7. Drawing fan |
| 4. Clean grain auger | 8. Clean grain elevator |

Fig. 1. Schematic sectional view of the combine used for the experiment

動力原인 엔진과 같은 驅動特性을 가진 디젤 8 PS 耕耘機 엔진을 使用하였으며 크랭크軸풀리와 脫穀部 主軸을 V 벨트로 直結하여 驅動시켰다. 脫穀筒 回轉速度는 470rpm이 되도록 엔진 調速機로 調整하였으며, 이 때 검불 排出팬(吸引팬)의 回傳速度는 약 1680rpm으로 維持되었다.

나. 供試 材料 및 實驗方法

供試된 벼 品種은 水原을 비롯한 中部地方에서 가장 많이 栽培된 一般系인 추청벼와 統一系인 증원벼의 두 種類를 使用하였으며, 供試材料의 含水率의 變化를 줄이기 위하여 實驗裝置를 供試試驗圃場에 設置하고 收穫時 供試 材料의 水分含量은 生脫穀과 乾脫穀 2水準을 基準하여 圃場 內에서 하루 中 水分含量의 變化가 가장 적은 年後(13:00~15:00)에 刈取함과 同時에 實驗하였다. 供試된 品種別 特性과 含水率은 表 1에서 보는 바와 같다.

還元裝置로 還元되는 還元物의 量에 直接 影響을 주는 풍구의 風量은 풍구 풀리 라이너의 間隔을 調節함으로써 回傳速度를 3段階로 즉 1, 180, 1,230, 1,470rpm이 되도록 調節하였으며 이

때 風量은 各各 35.4, 39.0, 45.0m³/min로 나타났 다. 供試材料의 供給率은 供試 콤바인으로 一般 農家에서 定常 收穫作業하는 走行速度(0.56m/s)를 基準하여 0.49, 0.56, 0.62m/s로 供試 實驗 圃場에서 作業하면서 一定距離를 收穫하고, 作業 所要 時間과 穀粒口에서 나온 穀粒量을 調査 하여 作業 面積을 算出한 뒤, 바인더로 同一한 供試 圃場 面積에서 刈取한 벧단을 脫穀作業에 所要된 같은 時間 內에 一定하게 供給함으로써 콤바인 圃場 走行 作業 時와 同一한 供給率(穀粒流量)이 되도록 하였다.

還元裝置로 還元되는 還元率은 供給率에서 算出된 一定 時間 동안 一定하게 벧단을 供給하여 脫穀하면서 穀粒口로 나온 穀粒과 還元 오거에 의하여 移送되어 나온 還元物을 全量 收去하여 各各 重量을 測定한 후 다음과 같이 定義하여 구하였다.

還元率(%) =

$$\frac{\text{還元通路로 나온 還元物 重量}}{\text{穀粒口에서 收集된 穀粒 重量 + 還元通路로 나온 還元物 重量}} \times 100$$

Table 1. Agronomic data of the paddy tested for the analysis of tailings in the tailings return unit

Rice variety		Choochung (Japonica-type)	Jungweon (Indica-type)	
Transplanting date		May, 23, 1985	May, 28, 1985	
Heading date		Aug, 19, 1985	Aug, 12, 1985	
Column length(mm)		726	503	
Panicle length(mm)		163	180	
Weight of thousand kernels		19.2	18.0	
Length-width ratio of grain		2.36	2.84	
Grain-straw ratio(%)*		36.1	32.5	
Moisture content (%, w.b)	Wet	Grain	23.2	23.7
		Straw	49.4	42.3
	Dry	Grain	18.5	18.9
		Straw	38.7	33.9

* Grain-straw ratio(%) = grain(kg)/straw(kg) × 100

還元物을 構成하고 있는 物質의 成分別 組成比는 實驗 時間 동안 收集된 全 還元物의 重量을 測定한 후, 肉眼으로 窺(딱딱한 줄기가 있는 것)과 검불(부서진 잎), 單粒, 枝莖附着粒(10mm 以上の 枝莖이 附着되어 있는 單粒), 穗切粒(2개 以上の 單粒이 붙어 있는 것) 등을 區分하여 各 各 重量을 測定하여, 還元된 還元物 全 重量에 對한 比로 算出하여 各 各 檢불比, 單粒比, 枝莖附着粒比, 穗切粒比로 表示하였다.

3. 結果 및 考察

가. 還元率

供給率과 풍구 送風量에 따라 穀粒口에서 收去된 穀粒과 還元通路에서 收去된 還元物의 量에 對한 還元物의 重量比로 나타낸 還元率은 그림 2에서 보는 바와 같다.

品種과 作物의 含水率에 따른 還元率은 큰 차이를 보이지 않았으나 全般的으로 추청벼가 2.2~7.2%로 中원벼 2.3~6.8%보다 약간 높은 것으로 나타났다. 一般系인 中원벼는 供給率이 增加할수록 還元率이 增加하고 더우기 供給率이 높은 高速 作業時에는 急激히 增加하였으나, 統一系인 中원벼는 作物의 含水率이 낮을 때는 供給率이 增加할수록 還元率이 增加하나 中원벼보다 增加率이 낮고, 含水率이 높을 때는 거의 變化가 없었다. 또한 風量에 따른 還元率은 品種과 作物의 含水率에 關係없이 風量이 클수록 增加하였으며 특히 供給率과 風量이 還元率에 크게 影響을 주는 것으로 나타나, 콤바인 脫穀部로 供給되는 供給率 즉, 作業速度와 風구의 回傳速度를 調節함으로써 還元裝置로 還元되는 量을 어느 程度 減小할 수 있을 것으로 생각된다.

나. 還元物 組成比

1) 檢불比

還元物中 檢불과 檢불이 차지하는 重量比로 나타내는 檢불比는 그림 3에서 보는 바와같이 中원벼인 境遇 作物의 含水率에 關係없이 供給率이 增加하면 거의 直線的으로 減少하고, 또 風量이 增加할수록 減少하였다. 그러나 中원벼의 境

遇는 作物의 含水率이 낮을 때는 中원벼와 같은 傾向이었으나, 含水率이 높을 때는 供給率의 增加에 따라 檢불比가 오히려 增加하는 傾向을 보였다. 이것은 供給率이 增加함에 따라 選別部의 選別性能이 低下되어 還元裝置로 들어오는 單粒을 비롯한 比重이 큰 穀粒이 增加하며, 送風量이 增加할 境遇도 마찬가지로 結果적으로 檢불의 絶對量은 增加하더라도 相對量은 減少하게 되기 때문이다. 그러나 中원벼는 中원벼에 비해 穀粒 대 檢불比가 낮아 檢불 發生이 많고 특히 含水率이 높을 때는 相對적으로 還元物中 檢불과 檢불의 重量이 增加하므로, 供給率 增加에 따라 檢불比도 增加한 것으로 判斷된다.

2) 單粒比

還元物中 알곡인 單粒이 차지하는 重量比인 單粒比는 그림 4에서 보는 바와 같이 品種과 作物의 含水率에 關係없이 供給率이 增加함에 따라 거의 直線的으로 增加하고, 風量增加에 따라서도 크게 增加하였다. 이것은 檢불比에서 言及한 것과 같은 이유이며, 風量增加에 따른 單粒比의 增加率이 中원벼가 中원벼에 비해 훨씬 더 높은 것은 統一系 品種 特性상 中원벼가 長粒種이면서 輕알 무게가 작기 때문에 風구의 選別 風路에서 바람의 影響을 더욱 많이 받아 還元裝置로 飛散되는 單粒이 더욱 增加하였기 때문인 것으로 생각된다.

3) 枝莖附着粒比

還元物中 10mm 以上되는 枝莖이 附着된 單粒이 차지하는 重量比로 나타내는 枝莖附着粒比는 그림 5에서 보는 바와 같이 品種이나 含水率에 關係없이 모두 供給率과 風量이 增加할수록 減少하였다. 또한 中원벼는 作物 含水率이 높은 枝莖附着粒比가 낮았으나 中원벼에서는 反對로 높게 나타났다. 全般的으로 中원벼가 中원벼보다 枝莖附着粒比가 높게 나타났는데, 그것은 統一系 品種이 이삭의 까락이 길고 알뭉침성이 높아 脫穀部에서 쉽게 脫穀되므로 脫穀室 內에서의 滯留 時間이 짧기 때문인 것으로 생각된다.

4) 穗切粒比

還元物中 2개 以上の 單粒이 붙어 있는 穗切粒의 重量比인 穗切粒比는 그림 6에서 보는 바와 같이 두 品種의 濕材, 乾材가 모두 枝莖附着粒比와 마찬가지로 供給率과 風量이 增加할수록 減少하였다. 또 作物의 含水率이 높을 때의 穗切粒比가 含水率이 낮을 때에 比하여 추청벼의 境遇는 높고 中원벼의 境遇는 낮게 나타났다. 이것은 枝莖附着粒比에서와 마찬가지로 統一系 品種의 特性상 나타난 結果로 생각된다. 즉 中원벼는 稈이 많아 含水率이 높을수록 脫穀室 內에서 抵抗이 커지므로 稈발發生은 많아지고 穗切粒이나 枝莖附着粒의 發生이 적어지기 때문이다.

다. 綜合 分析 結果

還元裝置로 還元되는 還元物을 構成하고 있는

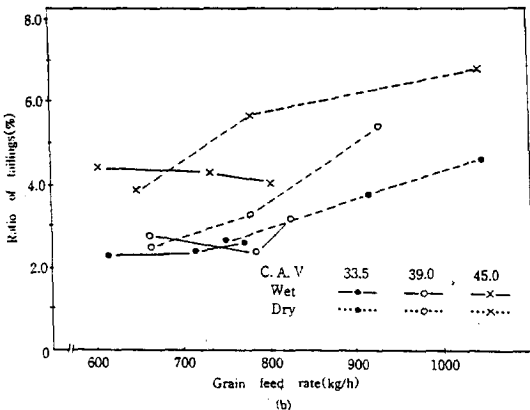
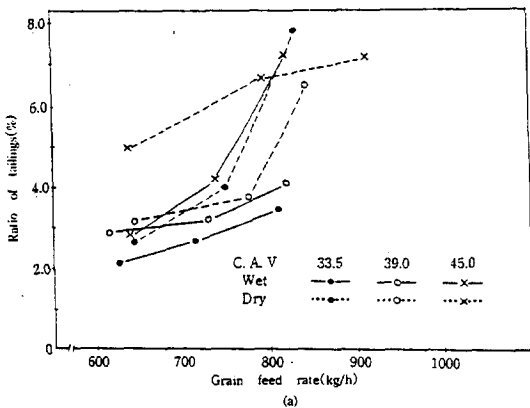


Fig. 2 Ratio of tailings to the threshed material with grain feed rate and cleaning air volume(C. A. V. m³/min) for (a) Choochung and (b) Jungweon varieties

物質의 組成比를 作業速度(供給率)에 대해서 綜合的으로 나타내면 그림 7과 그림 8에서 보는 바와 같이 糞구 送風量이 많아질수록 比較的 比重이 큰 單粒, 穗切粒, 枝莖附着粒이 차지하는 比率이 品種 및 作物 含水率에 關係없이 增加하고, 反面에 氣流에 의하여 큰 影響을 받는 稈, 稈발은 相對的으로 減少하는 것으로 나타났다. 供給率 즉, 走行速度에 따라서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 콤바인 還元裝置로 還元되는 還元物의 還元率과 組成比를 品種別로 糞구 風量, 供給率 및 作物 含水率을 變數로 하여 統計 分析한 結果 還元率과 單粒比 및 稈발比는 含水率, 送風量 및 供給率에 높은 有意性을 나타냈으며, 品種 特性에 큰 影響을 받는 枝莖附着粒比와 穗切粒比는 추청벼의 境遇에는 含水率, 供給率 및 送風量에 따른 뚜렷한 傾向이 나타나지 않았으나 中원벼는 含水率과 送風量에 높은 有意性을 나타냈다.

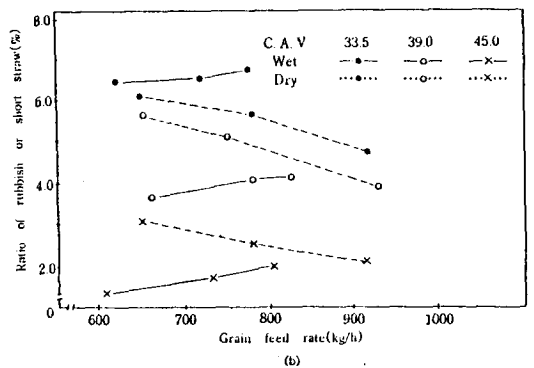
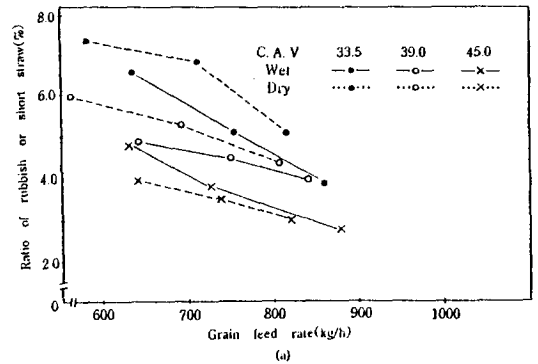


Fig. 3 Composition ratio of rubbish or short straw to tailings as varied with grain feed rate and cleaning air volume(C. A. V. m³/min) for (a) Choochung and (b) Jungweon varieties

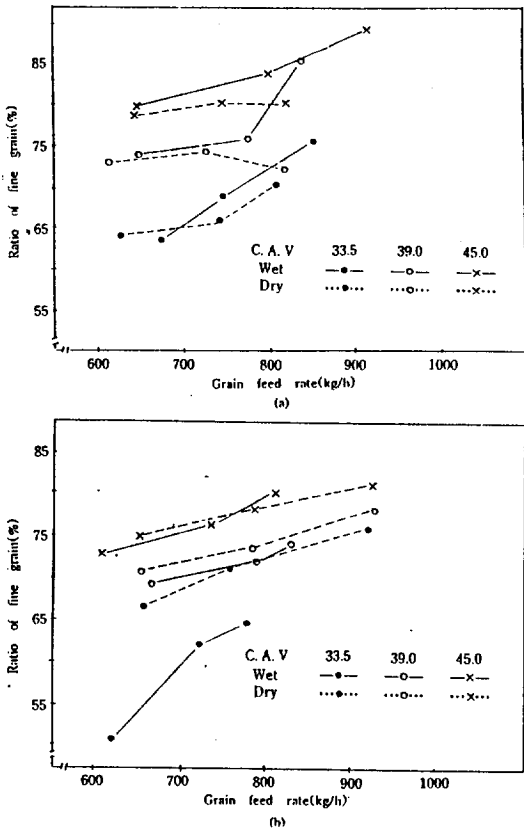


Fig. 4 Composition ratio of fine grain to tailings as varied with grain feed rate and cleaning air volume(C. A. V. m³/min) for (a) Choochung and (b) Jungweon varieties

이것은 還元裝置의 본래 機能이 穗切粒, 枝莖 附着粒 등 未處理物을 脫穀室로 還元시켜 再脫穀 選別함으로서 穀粒을 穀粒口로 回收하는 데 있으나, 供給率이 增加함에 따라 脫穀部와 選別部의 處理 能力이 低下되므로 還元되는 量이 增加하게 되며, 풍구 送風量이 增加함에 따라 짚이나 검불과 함께 還元裝置로 飛散 落下하는 單粒이 增加하므로 還元率이 增加되어 相對的으로 짚, 검불의 增量비가 작아진 것으로 判斷된다.

따라서 풍구 風量이 還元率과 還元物 組成에 크게 影響을 주므로 還元裝置로 還元되는 量을

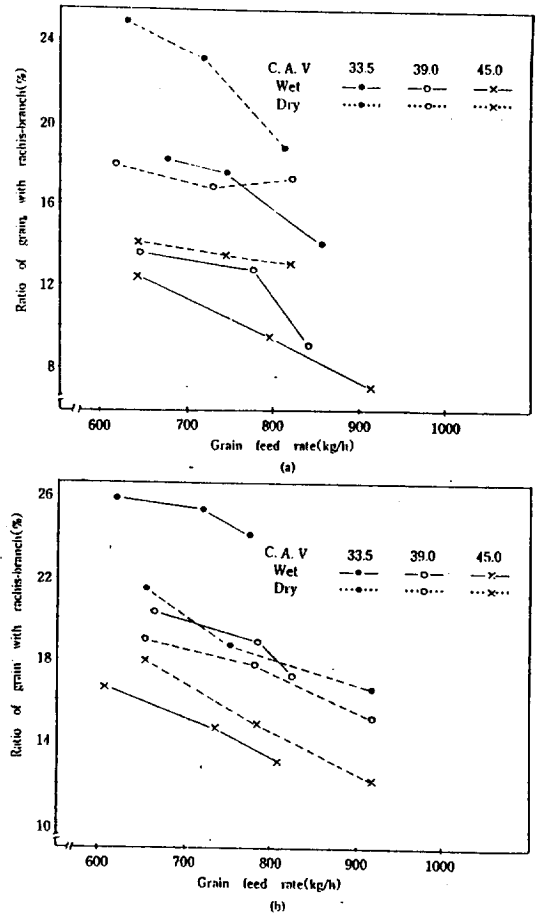


Fig. 5 Composition ratio of fine grain with rachis-branch to tailings as varied with grain feed rate and cleaning air volume(C. A. V. m³/min) for (a) Choochung and (b) Jungweon varieties

줄여 막힘을 防止하기 위하여는 作物 條件에 따라 콤바인의 作動 條件을 改善하면 어느 程度 可能할 것으로 생각된다. 그러나 還元裝置의 막힘이 作動 및 圃場 條件과 作業者의 運轉 狀態에 따라 瞬間的으로 일어나는 現象이므로 풍구 風量이나 作業速度의 變化없이 1次的으로 防止해 주는 方法이 바람직 할 것으로 判斷된다. 특히 還元裝置의 막힘을 防止하는 根本的인 解決 方法은 時間과 努力이 많이 들더라도 還元物을 構成하고 있는 還元物質의 多樣한 物理的인 樣 模, 크기, 密度, 終末速度 등을 考慮한 콤바인의

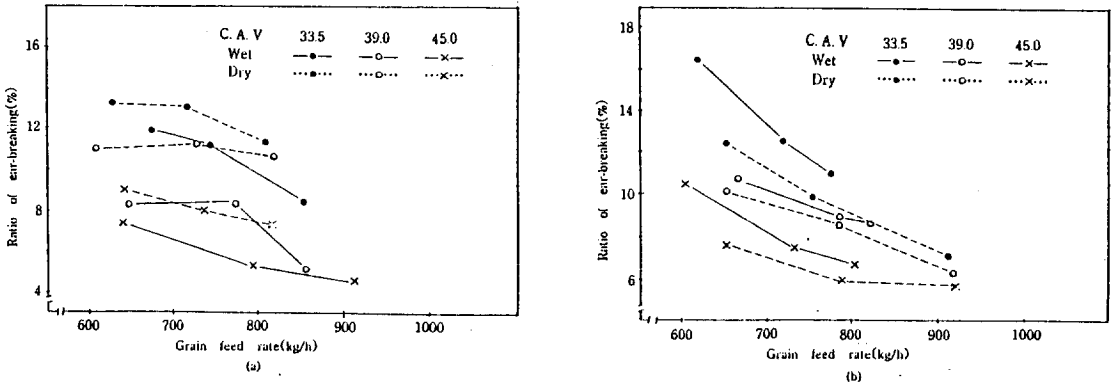


Fig. 6 Composition ratio of ear-breaking to tailings as varied with grain feed rate and cleaning air volume(C. A. V. m³/min) for (a) Choochung and (b) Jungweon varieties

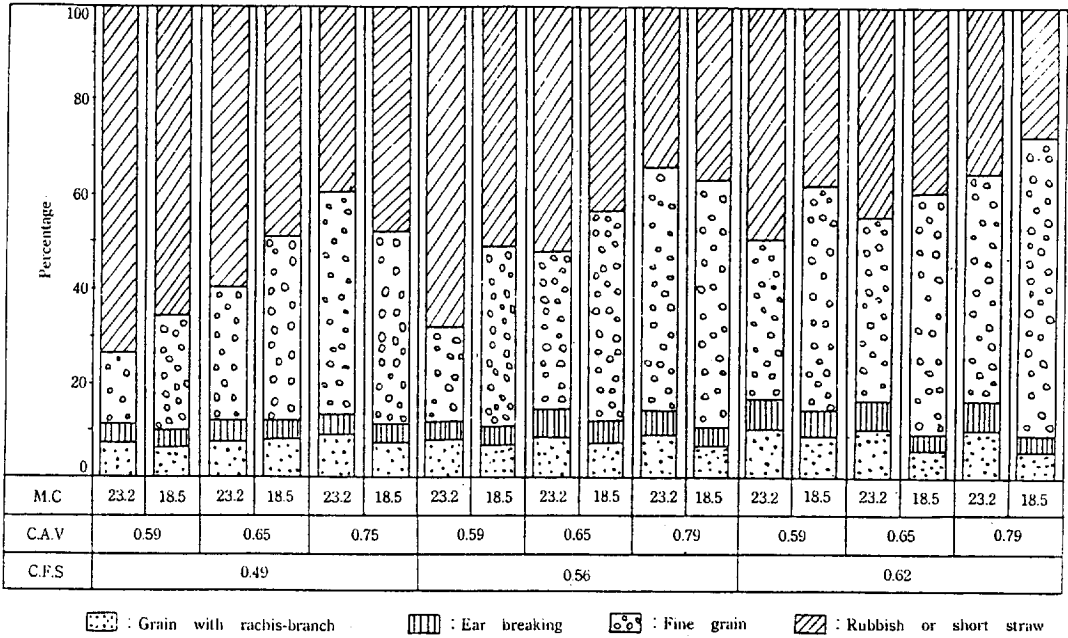


Fig. 7 Effect of combine forward speed(C.F.S.m/S) and cleaning air volume(C. A. V.m³/S) on the composition of tailings for Choochung variety having grain moisture contents (M.C) of 23.2 and 18.5%(w.b), respectively

選別性能을 向上시켜 還元량을 줄이는 方法이 우선 講究되어야 하며, 앞으로 이에 관한 具體的

인 研究가 遂行되어야 할 것으로 생각된다.

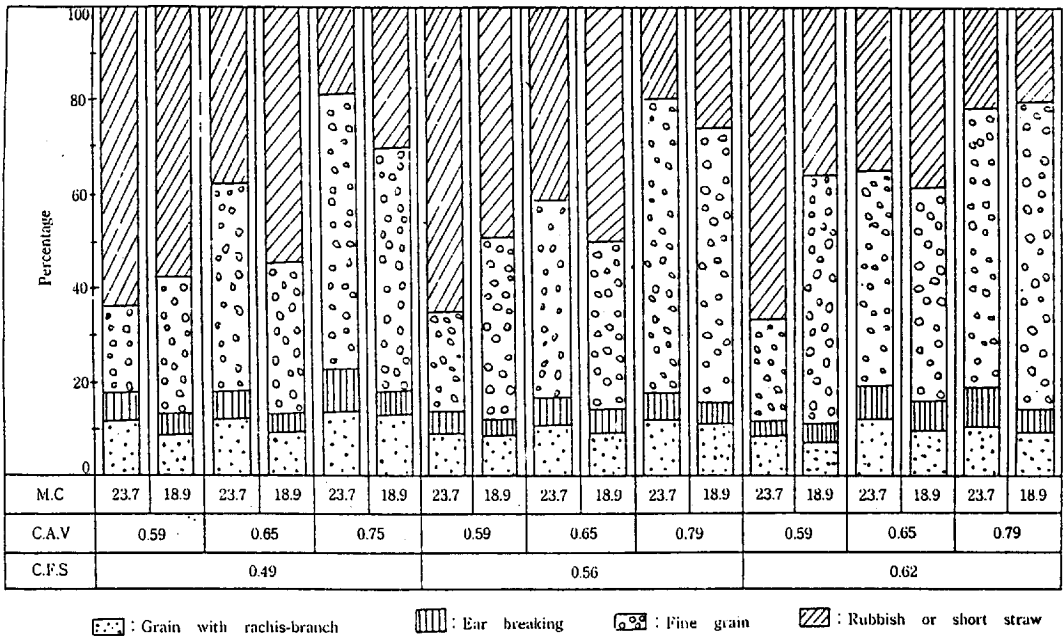


Fig. 8 Effect of combine forward speed(C.F.S.m/S) and cleaning air volume(C. A. V.m³/S) on the composition of tailings for Jungweon variety having grain moisture contents (M. C) of 23.7 and 18.9%(w.b), respectively

4. 結論

콤바인 還元裝置의 막힘 現象을 방지할 수 있도록 還元裝置의 개량을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행되었으며, 本 研究에서는 작물의 品種, 脫穀物의 含水率 供給率 등 作業條件이 還元性能에 미치는 영향을 조사 분석하였다.

그 주요 결과를 보면 脫穀量에 대한 還元裝置로 還元되는 還元物의 重量比로 나타낸 還元率은 벼 品種과 콤바인의 作業條件에 대하여 2.3~7.2%로서 供給率과 풍구 風量이 增加함에 따라 增加하였다. 還元物의 組成比는 供給率과 풍구 風量이 增加할수록 짚, 검불은 減少하는 反面 單粒은 增加하였다.

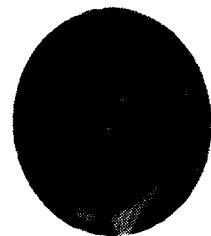
參 考 文 獻

1. 金學奎, 鄭昌柱, 1986. 콤바인 收穫機의 故障 特性 및 信賴性豫測에 關한 研究, 韓農機誌 11(1) : 76-85
2. 朴虎錫 外 3人, 1984. 보리 栽培의 機械化에 關한 調查 研究. 農事試驗研究報告(農機械 研) : 7-14
3. 成敏基 外 2人, 1989. 垂直型로타리 撒布機에 의한 肥料粒子의 運動. 韓農機誌 14(4) : 242-250
4. 李勇馥 外 3人, 1986. 콤바인 利用實態調查 研究. 農試報告 28(2)36-43
5. 李澤植, 金滿植, 1979. 水力機械. 東明社. 서울. p.15-24, 46-48
6. 曹永吉, 崔圭烘, 朴阪圭, 1988. 콤바인 還元 裝置改良에 關한 研究. 農試論文集 30(1) : 72-79
7. 崔永九, 1989. 콤바인 還元裝置에 關한 研究. 서울大學校 大學院 碩士學位 論文. 水原. p. 13-21
8. 岩尾俊男, 1978. 穀粒用의 選別機. 日農機誌 40(4) : 580-588

9. 中川建治, 杉野公一, 堀部和雄. 1970. 自走式茶摘機のスローワに関する研究(第1報)ー スローワによる茶葉の損傷ー 日農機誌 32(1) : 43-46
10. 中川建治, 堀部和雄, 佐藤純一. 1970. 自走式茶摘機のスローワに関する研究(第2報)ー スローワ内における茶葉の運動ー 日農機誌 32(2) : 129-134
11. 中川建治, 堀部和雄, 朝生博明. 1970. 自走式茶摘機のスローワに関する研究(第3報)ー スローワの改良に関する二,三の實驗ー 日農機誌 32(3) : 211-214
12. Bakker-Arkema, F. W., R. J. Patterson and W.G. Bickert. 1969. Static Pressure-Airflow Reallionship in Packed Beds of Granular Biological Materials such as Cherry Pits. Trans. of the ASAE 12(1) : 134-136, 140
13. Blevins, F. Z. and H. J. Hansen. 1956. Analysis of Forage Harvester Design. J. Agric. Engng Res. 37 : 21-29
14. Casada, J. H., L. R. Walton and L. G. Wells. 1980. Wind Drag on Burley Tobacco Plants. Trans. of the ASAE 23(1) 189-191
15. Totten, D. 1961. Mathematic Description of Particle Path in the Forage Blower. Trans. of the ASAE 4(2) : 219-221



學位取得



姓 名: 金 相 憲

生 年 月 日: 1954年 5月 17日

勤 務 處: 江原大學校 農科大學 農工學科

取得學位名: 工學博士(Ph. D)

學位授與大學: Texas Tech. University

學位取得年月日: 1990年 12月 15日

學位論文: Combine Simulation Model to Evaluate Design and Operation Alternatives