重量選果機의 重量感知部 改善에 關한 硏究*

Development of Weight Sensing Unit of Fruit Weight Grader Using Load Cell

金孝洙** 高學均**
H. S. Kim H. K. Koh

Summary

In Korea, fruit grading has been mainly done manually, and manual grading depends on human sense. Thus it is subjected to human error and is not always as consistent as would be desired. Therefore, a study on the development of fruit grader was initiated to improve the consistency of fruit grading.

The sensitivity for fruit weight of the conventional spring type weight grader has a tendency to decrease by physical characteristics of spring which is used as a weight sensing unit.

This study was carried out to develop weight measuring device for establishing the base of weight sensing unit of electronic weight grader. This device consists of a weight sensor using load cell, data acquisition system, and a microcomputer containing program to calculate fruit weight. The weight measuring device using load cell was developed to increase sensitivity of fruit weight. The result of this study showed that the weight sensing unit of electronic weight grader contributed to the improvement of performance of weight measuring device.

Ⅰ. 緖 論

수확된 농산물의 選別은 농산물의 商品的 價値 向上, 농산물을 원료로 한 2次 加工品의 品質 向上, 長期 貯藏 등을 위해 필수적으로 행해지는 작업 중의 하나이다. 농산물은 穀類, 菜蔬類, 果實類 등 여러 가지가 있으며 종류에 따라 選別 方法이 다르다. 특히, 과일류의 선별은 크기, 무게, 외피의 색깔, 傷處 有無, 異物質의 附着 有無, 외형 등에 의해 분류되며, 選別 基準은 과일의 종류 뿐만 아니라 品種間에도 차이가 있으며, 하나 하나 個體 選別을 실시해야 한다.

과일의 선별은 주로 人力에 의해 이루어져 왔으나, 産業技術의 발전과 함께 새로운 선별방법 및 기술이 개발되고 있다. 현재 과일선별에 이용되는 각종 選別機를 분류하면 크게 重量선별기, 形狀선별기, 光學的 선별기로 나눌 수 있다.

그중 重量選別機는 과일의 個體別 중량을 選別基準으로 하며, 機械式과 電子式으로 구분된다. 機械式 중량선별기는 추의 무게균형이나 스

* 이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.
** 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

프링의 引張程度를 이용하여 과일의 중량을 감지한다. 電子式 중량선별기는 중량센서의 일종인 荷重變換器를 사용하여 과일중량을 감지하는 것으로 기계식에 비하여 重量感知度가 높다.

우리나라의 경우, 대부분의 과수농가에서 사용하고 있는 選別機는 기계식의 하나인 스프링식 重量選別機로서 사과, 배, 감, 복숭아, 귤 등의 과일을 최대 10개 等級으로 시간당 4,500~5,000개 정도 선별할 수 있는 능력을 가지고 있다. 스프링식 중량선별기는 重量感知 裝置로 스프링을 사용하고 있는데, 스프링의 物理的 特性으로 인하여 스프링의 重量感知度가 점차 떨어지는 경향이 있다.

本 硏究는 현재 과수농가에서 사용되고 있는 스프링식 重量選別機의 選別精度를 평가하고, 荷重變換器를 이용한 重量測定 裝置를 고안하여 電子式 重量選別機의 중량감지부 개발을 위한 기초를 마련하기 위하여 수행되었다.

본 硏究의 구체적인 目的은 다음과 같다.

첫째, 스프링식 重量選別機의 性能評價를 통하여 選別精度 감소의 원인을 究明하고

둘째, 스프링으로 구성되어 있는 重量感知部의 重量感知 誤差程度를 줄이기 위하여 荷重變換器를 이용한 重量測定 裝置를 구성하며,

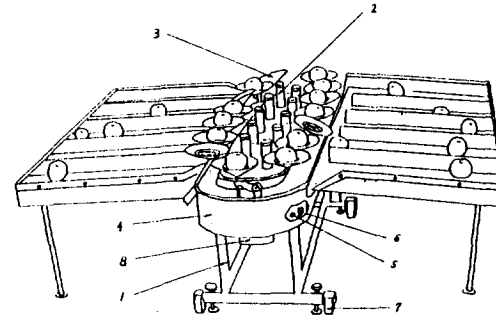
셋째, 구성된 중량측정 장치의 性能向上을 위한 理論的인 자료를 제시하고

넷째, 제시된 자료를 이용하여 電子式 重量選別機의 重量感知部開發을 위한 基礎를 마련한다.

II. 硏究內容 및 方法

가. 스프링식 重量選別機의 性能

현재 농가에서의 과일 選別은 대부분 肉眼選別에 의존하고 있기 때문에 等級別 選別이 제대로 이루어지지 않아 제값을 받지 못하고 있으며, 현재 일부 공급되고 있는 스프링식 重量選別機도 정밀한 等級別 분류가 곤란할 뿐만 아니라 反復 使用에 의한 스프링의 彈性 變化로 스프링을 자주 交替해야 하는 문제점이 있다. 여기서는 현재 과수농가에서 가장 많이 사용하고 있는 스프링식 重量選別機가 어느 정도 정확하게 選別對象物을 선별할 수 있는가를 구명하고저 하였다.



1. Frame
2. Weight grading setting handle
3. Grading tray
4. Safe cover
5. Instant switch
6. Main switch
7. Wheel
8. Motor

Fig. 1. Schematic diagram of spring-type fruit weight grader.

本 實驗에 사용된 스프링식 重量選別機의 構造는 그림 1과 같다. 선별 방법은 移送체인에 等間隔으로 설치한 선별접시가 회전운동할 때 선별접시에 과일을 공급하면 각각의 選別等級 지점을 통과하는 순간 50g~1,000g 범위의 과일을 10等級까지 선별가능토록 되어 있다.

1) 選別均一度

스프링식 重量選別機의 選別均一度(grading consistency)를 조사하기 위하여 등급기준 무게차를 40g, 20g, 10g으로 하여 各 等級別로 선별된 과일의 갯수와 무게를 측정하였다. 실험에 사용된 과일은 사과로서 품종은 부사이며 100g~450g 범위의 중량을 가지고 있다. 각 실험은 3회 反

復하여 平均値를 이용하였다.

현재 우리나라에서 사용하고 있는 사과의 등급규격에 대한 等級基準 무게차는 약 40g~50g 이다. 따라서 現行의 等級規格에서의 스프링식 重量選別機의 選別均一度를 조사하기 위하여 등급기준 무게차를 40g으로 선택하였다.

商品으로서의 과일에 대한 소비자의 선택의 폭은 다양하다. 소비자 수요의 다양화를 만족시킬 수 있는 방법 중의 하나는 細分化된 等級의 상품을 공급하는 것이다. 細分化된 重量等級에서의 스프링식 중량선별기의 選別均一度를 조사하기 위하여 등급기준 무게차를 20g과 10g으로 하였다.

2) 重量感知部

본 실험에서 사용된 스프링식 重量選別機의 重量感知部는 그림 2에서 보는 바와 같이 선별접시, 중량감지 스프링, 스프링 걸개홈으로 구성되어 있으며, 選別原理는 과일의 중량을 스프링으로 感知하여 중량으로 인한 스프링 引張力을 발생시킴으로 중량감지부 구성링크들의 靜的平衡狀態를 이루어 선별하고자 하는 중량을 설정해 놓은 重量設定 핸들에서 重量感知部의 저울팁이 작동하도록 되어 있다.

精密選別을 위해서는 선별하고자 하는 과일의 중량을 스프링이 정확하게 感知하여 중량과 힘의 평형을 이룰 수 있는 스프링 引張力을 유지해야 한다. 이와 같이 重量感知 스프링은 重量選別 檢出裝置의 核心部로서 정밀선별에 매우 중요한 작용을 한다.

重量感知部에서 중량감지 스프링은 선별대상 과일의 重量範圍에 따라 5개의 스프링 걸개홈에 연결하여 사용되고 있다. 스프링 걸개홈의 位置別 適定重量 범위는 1, 2, 3번 홈은 50g~700g 정도이고, 4, 5번 홈은 100g~1000g 정도이다.

본 실험은 個個의 과일중량에 대한 重量感知 스프링의 실제 인장변위와 요구되는 인장변위를 측정 비교하여, 현재 스프링식 중량선별기의 重量感知部에 부착되어 사용되고 있는 스프링의 重量感知 精度를 구명하고자 하였다.

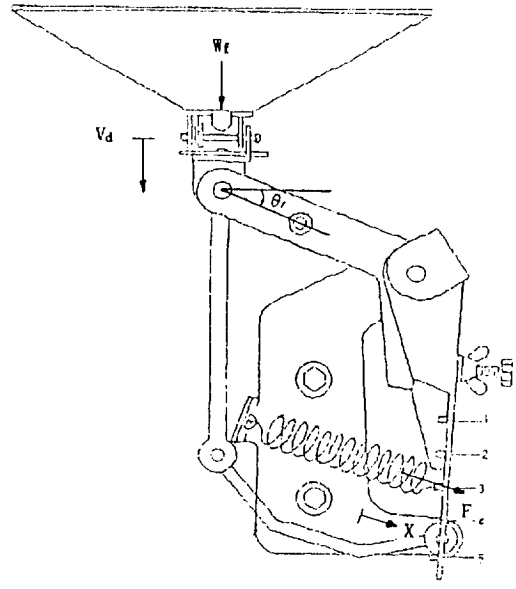
그림 2는 重量感知部에서의 각 變量들을 나타낸 것이며, 실험 절차는 다음과 같다.

① 선별하고자 하는 과일중량의 무게차를 일정하게 하여 각각의 중량(W_f)에서의 θ_1, V_d, X를 측정한다.

② V_d와 X의 값을 통해 V_d와 X의 線型 關係를 조사한다.

③ θ_1으로부터 선별접시 설정팁의 이론적인 垂直變位量(Vd')을 구하고, ②에서 얻은 V_d와 X의 線型關係式을 이용하여 스프링의 理論的인 引張變位量(X')을 산출한다.

④ 스프링 걸개홈의 5개 위치에서 위의 과정을 반복한다.



W_f : Weight of fruits

V_d : Vertical displacement of grading tray

F : Spring tension force

X : Spring tension displacement

Fig. 2. Schematic diagram and variables of weight sensing unit.

나. 荷重變換器를 이용한 重量感知部의 構成

스프링식 중량선별기는 重量感知部에 연결되

어 있는 스프링의 引張으로 선별대상물의 중량을 측정한다. 중량감지부에서 스프링을 제거하면 중량감지부의 구성링크는 그림 3과 같이 변형된다. 변형된 重量感知部에서 선별대상물의 중량은 鉛直 방향으로 구성링크에 작용하므로, 그림 4의 ↓部位에서 중량을 측정할 수 있다.

본 實驗에서는 중량감지부의 ↓부위에 荷重變換器를 연결하여 선별대상물의 중량을 측정하는 重量感知部를 구성하고자 한다.

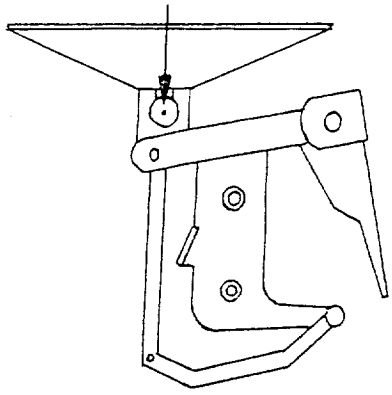


Fig. 3. Schematic diagram of weight sensing unit after spring removal.

1) 重量測定 裝置

重量測定 裝置로서 스프링을 대신하여 하중변환기를 사용하였다. 실험에 사용된 荷重變換器는 4개의 스트레인 게이지를 풀브리지(full bridge)로 구성하여 내부에 설치한 빔형(beam type)이다.

移送체인에 等間隔으로 설치되어 일정한 속도로 회전운동을 하는 선별접시의 부위가 하중변환기의 受感部를 지나가도록 案內板(guiding plate)을 설치하였다. 수감부 위의 計量板(weighing plate)에는 고무를 부착하였다. 이것은 중량선별기의 作動時 발생하는 진동이 ↓부위에서의 중량측정에 미치는 영향을 줄이기 위해서이다. 구성된 重量測定 裝置는 그림 4에 나타내었다.

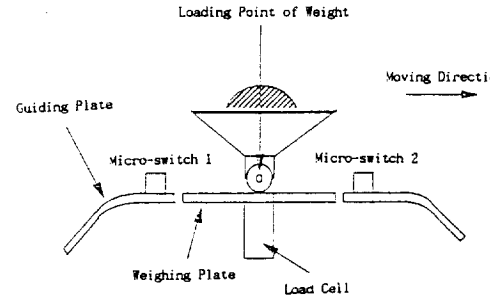


Fig. 4. Schematic diagram of weight measuring device.

2) 資料蒐集 裝置

資料蒐集 裝置는 선별대상물의 중량을 측정한 하중변환기의 신호를 스트레인 앰프로 증폭시키고, 증폭된 신호를 A/D 변환기로 디지털화한 후 마이크로 컴퓨터에 入力 貯藏할 수 있도록 구성하였다. 하중변환기의 수감부 위에서 ↓부위의 入出力 信號를 기준으로 중량신호를 수집할 수 있도록 荷重變換器의 左右에 마이크로 스위치를 설치하였다. 그림 5는 資料蒐集 裝置의 블록선도를 나타낸 것이다.

資料蒐集 裝置에 사용된 마이크로 컴퓨터는 IBM-PC/AT와 互換性이 있는 것으로서, 자료를 수집하는데 필요한 기능을 가진 인터페이스 카드를 확장슬롯에 설치한 것이다. 資料蒐集 裝置에 사용된 인터페이스 카드는 한 개의 보드에 A/D 변환기, D/A 변환기, Digital input/output이 설치된 것이다.

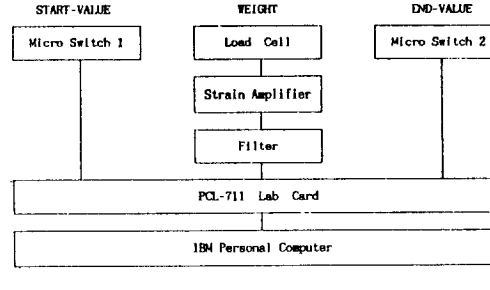


Fig. 5. Block diagram of data acquisition system.

본 실험에서 사용한 인터페이스 카드의 기능은 A/D 變換이다. A/D 變換器는 12비트의 분해능을 가지고 있으며, 8채널의 멀티플렉스를 내장하고 있다. 본 실험에서는 A/D 변환기의 8개 채널 중에서 重量信號 測定의 시작과 끝을 알려주는 마이크로 스위치에 2개 채널, 하중변환기에 1개 채널을 사용하였다.

3) 演算處理 裝置

選別對象物이 놓여진 각각의 선별접시는 하중변환기의 受感部 위를 이동하게 되고, 그때 측정되어진 중량의 電氣信號는 디지털화하여 컴퓨터에 저장된다. 蒐集된 신호로 선별대상물의 중량을 산출하기 위하여 測度設定(calibration)을 하였다.

일반적으로 荷重變換器의 測度設定은 일정한 범위로 증가하는 旣知 중량의 분동을 수감부 위에 올려놓고, 각각의 분동중량에 해당하는 전기신호와의 線型關係를 조사하여 回歸式을 구함으로 대상물의 未知 重量을 算出한다.

본 실험에 사용된 중량선별기의 경우, 각 선별접시가 하중변환기의 수감부에 靜的 荷重으로 작용하지 않고, 動的 荷重으로 작용하기 때문에 위의 일반적인 測度設定 방법을 적용하면 선별대상물의 중량을 산출하는 데에 많은 오차를 발생하게 한다. 또한 선별접시의 무게가 각각 다르기 때문에 測度設定時 이에 대한 영향도 고려해야 한다.

선별접시와 선별대상물에 의한 신호로 선별대상물의 중량을 산출하기 위하여 측도설정은 분동을 사용하지 않고, 旣知 중량의 과일을 사용하였다. 실험에 사용된 과일은 164g~391g의 重量範圍에 있는 사과이다. 선별접시의 무게차로 인한 영향을 줄이기 위하여, 各各의 선별접시에 대하여 回歸式을 구하였다.

각 선별접시에서의 선별대상물에 대한 중량과 신호와의 回歸式을 이용하여 각각의 선별접시에 임의로 놓여지는 選別對象物의 중량을 산출하기 위하여 프로그램을 작성하였다. 프로그램은 각각의 선별접시 위에 있는 선별대상물의 중량으

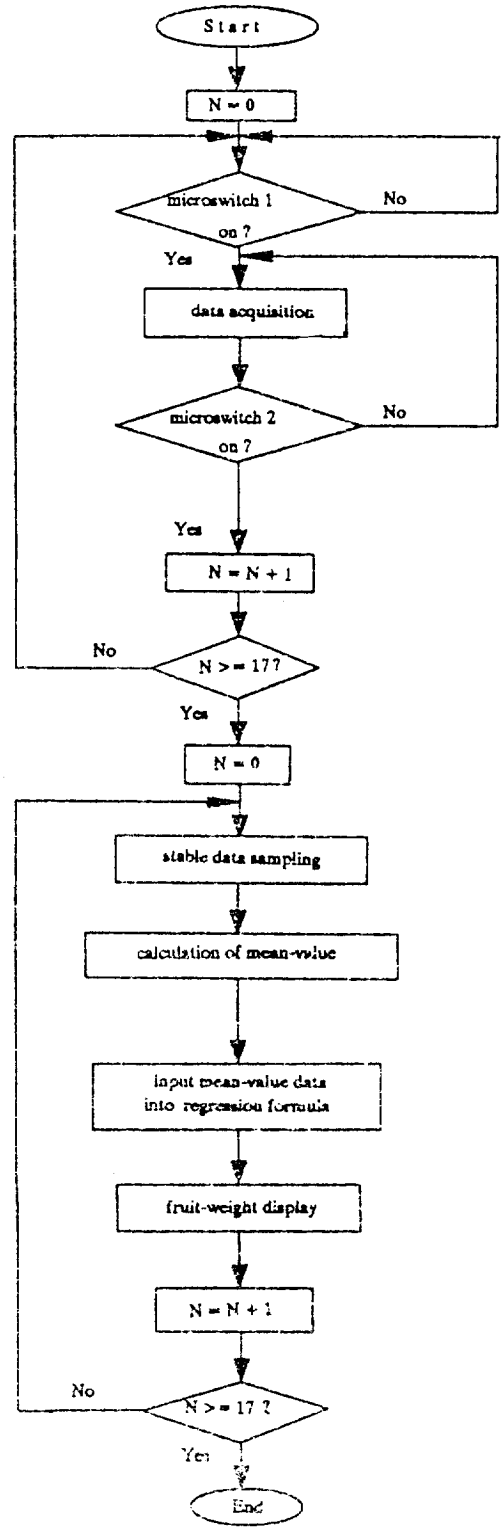


Fig. 6. Flow diagram of program.

로인하여 측정되는 신호값들 중 안정된 경향을 나타내는 신호를 採取하여 평균값을 계산하고, 그것을 各 접시에 해당하는 회귀식에 代入하여 選別者에게 대상물의 重量을 알려주도록 구성하였다. 그림 6은 작성된 프로그램의 흐름도이다. 프로그램은 Turbo－C 언어로 작성하였다.

III. 結果 및 考察

가. 重量感知部의 性能評價

1) 스프링식 重量感知部

각 등급기준 무게차(40g, 20g, 10g)에서의 選別均一度 조사결과는 표 1부터 3과 같으며, 표에서 ① 번 열(column)은 실험에 사용된 사과의 전체갯수 중 選別機에 의해 각 重量等級에서 선별된 갯수이다. ② 는 그중 해당범위에 속하는 사과의 갯수를 나타내며, ③ 은 人力에 의하여 각 중량등급의 該當範圍에 속하는 사과를 선별한 결과이고, ④ 번 列은 각 重量等級에서의 선별균일도이다. 選別均一度는 각 중량등급 해당범위에서 정확하게 선별되었을 때를 100%로 하고, 人力에 의한 선별갯수와 選別機에 의한 선별갯수의 차를 人力에 의한 선별갯수로 나눈 백분율(%)과의 차로 나타내었다.

표에서 알 수 있는 바와 같이 等級基準 무게차이를 10g, 20g으로 설정한 후 선별실험을 수행

Table 1. Grading consistency at 40g difference.

Grading range	No.① (Total)	No.② (Total)	No.③ (Total)	No.④ (%)
~410 g	11	5	5	100
~370	10	1	7	14.3
~330	35	4	13	30.8
~290	21	4	30	13.3
~250	88	35	50	61.4
~210	152	35	88	39.8
~170	19	4	100	4
~130	1	1	37	2.7

Table 2. Grading consistency at 20g difference.

Grading range	No.① (Total)	No.② (Total)	No.③ (Total)	No.④ (%)
~430 g	4	1	2	50
~410	10	3	5	60
~390	3	0	3	0
~370	11	0	5	0
~350	6	0	6	0
~330	3	0	13	0
~310	50	8	13	61.5
~290	37	0	19	0
~270	2	1	26	3.8
~250	100	10	38	26.3
~230	9	0	43	0
~210	55	1	45	2.2
~190	47	0	40	0
~170	5	0	57	0
~150	6	2	34	5.9
~130	3	0	5	0

Table 3. Grading consistency at 10g difference.

Grading range	No.① (Total)	No.② (Total)	No.③ (Total)	No.④ (%)
~450 g	–	–	3	0
~440	4	0	–	–
~430	3	0	–	–
~420	1	0	5	0
~410	8	0	–	–
~400	1	0	2	0
~390	–	–	5	0
~380	6	1	1	100
~370	–	–	1	0
~360	12	0	4	0
~350	–	–	4	0
~340	19	2	3	66.7
~330	20	0	5	0
~320	–	–	6	0
~310	1	0	18	0
~300	27	0	5	0
~290	22	0	14	0
~280	–	–	10	0
~270	5	0	16	0
~260	–	–	18	0
~250	35	1	19	5.3
~240	56	7	19	36.8
~230	57	1	27	3.7
~220	9	1	20	5
~210	21	1	22	4.5
~200	32	0	17	0
~190	1	0	20	0
~180	2	0	34	0
~170	6	0	34	0
~160	–	–	14	0
~150	–	–	9	0
~140	–	–	3	0

한 結果를 살펴보면 거의 모든 단계에서 選別均一度는 0% 임을 알 수 있다. 그러나 무게차가 40 g일 경우에는 選別均一度가 증가된 것으로 나타났으나 평균적으로는 33% 정도의 낮은 均一度를 유지하고 있음을 알 수 있다. 결과적으로, 본 실험에서 사용된 스프링식 重量選別機로서는 등급기준 무게차이가 50g以下에서는 정확한 선별이 불가능한 것으로 판단되었다.

따라서 選別均一度를 향상시켜 選別結果에 대한 信賴度를 높이기 위해서는 중량선별기의 核心部를 이루는 重量感知部에 대한 개선이 요구된다.

위와 같은 결과는 현재 사용되고 있는 스프링으로는 중량의 精密選別을 달성하기에는 信賴度가 떨어짐을 보여주고 있고, 각 위치에서 정밀선별을 이룰 수 있는 새로운 스프링이 설계되어야 하는 문제점을 제기한다.

또한 스프링의 耐久性도 고려해야 한다. 스프링식 중량선별기는 選別作業 前 선별접시들의

均衡을 조절한 다음, 수확된 大量의 과일을 선별하고 있는데 오랜 시간 하중을 加함으로 고정된 접시들의 均衡이 흐트러지고 중량감지부의 敏感度가 떨어지게 된다.

2) 하중변환기식 重量感知部

본 연구에서 구성된 荷重變換器를 이용한 중량감지부의 計量板에서, 各各의 선별접시에 서로 다른 중량을 갖는 사과를 올려놓고 이동시켰을 때의 측정된 신호들의 변화를 개략적으로 살펴보면, 信號測定 始作時에는 선별대상물의 중량을 부분적으로 감지해 내다가 점차 安定된 값으로 감지한다. 그 예로 206.97g의 과일중량에 대한 信號變化를 그림 7에 나타내었다. 測度設定에 사용한 신호는 측정된 신호 중에서 안정된 경향을 나타내는 신호들의 平均値로 하였다.

측정된 신호로 選別對象物의 중량을 구하기 위하여 아래 식과 같이 線型關係 回歸式을 구성하였다.

$$Y = aX + b$$

where Y : Fruit weight unit, X : A/D converter output unit

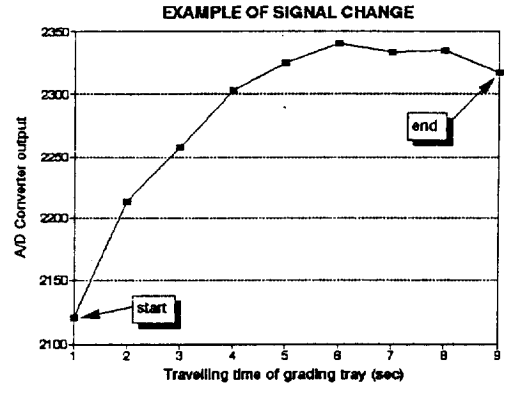


Fig. 7. Example of signal changes.

표 4는 각각의 선별접시에 未知重量의 과일을 임의로 올려놓고, 본 실험에서 구성한 장치로 과일중량을 測定하여 과일중량의 實際値와 비교한 결과이다. 測定誤差는 2.5%를 초과하지 않음을 알 수 있다.

나. 電子式 重量選別機의 重量感知部 開發

産業技術의 발달로 종래의 機械式 選別方法은 메카트로닉 센서(mechatronic sensor) 등 전자장치를 이용한 電子式 選別方法으로 발전되어

Table. 4. Comparison between the measured value and real value.

Grading tray(No.)	Real value (g)	Measured value (g)	Error (%)
1	345.2	340.7	1.32
2	222.4	226.6	1.87
3	321.8	329.0	2.23
4	164.1	163.3	0.53
5	441.1	445.5	1.00
6	243.9	240.0	1.60
7	331.6	330.7	0.26
8	189.8	190.0	0.08
9	268.3	261.9	2.36
10	391.8	400.6	2.26
11	429.1	428.4	0.16
12	213.6	208.7	2.28
13	374.7	370.7	1.06
14	206.9	206.9	0.01
15	429.1	438.7	2.24
16	222.4	223.0	0.26
17	164.1	165.1	0.59

가고 있다. 그중 電子式 重量選別機는 중량센서로 정밀도가 높은 荷重變換器를 사용하여 기계식 중량선별기를 개선, 발전시킨 것이다. 여기서는 電子式 重量選別機의 重量感知部 개발을 위한 기초를 마련하기 위하여 본 실험에서 구성한 重量測定 裝置의 性能向上을 위한 이론적인 토대를 고찰한다.

본 실험에서 구성한 重量測定 裝置는 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 荷重變換器로 이루어진 計測部와 信號의 입·출력을 알려주는 周邊部이다. 그리고 중량측정 장치로 測定 對象物을 運搬하는 선별접시와 이송체인이 供給部의 역할을 한다. 여기서는 중량측정 장치를 구성하고 있는 각 부분의 기능과 영향을 조사함으로, 중량측정 장치의 性能向上을 위한 이론적인 토대를 제시한다.

1) 計測部

計測部는 선별대상물의 중량을 感知하는 荷重變換器와 중량신호를 처리하는 A/D 변환기로 이루어진다. 계측부의 핵심은 선별대상물의 動的荷重(dynamic load)을 정확하고 안정되게 蒐集하는 것이다. 하중변환기의 수감부에 부착되어 있는 計量板(weighing plate)이 신호수집의 기능을 한다.

실험에 사용된 重量選別機의 선별접시는 이송체인에 약 22cm의 간격으로 부착되어 있다. 계량판의 길이에 따른 信號變化와 수집된 신호의 信賴度를 조사하기 위하여, 計量板의 길이를 선별접시 부착간격의 1/3 길이인 7cm와 1/2 길이인 11 cm의 두 종류로 나누어 관찰하였다. 계량판의 형상은 直四角形 平板이다.

그림 8은 7cm 길이를 갖는 計量板에서 蒐集된 신호의 변화를 보여준다. 그림 9는 11cm에서의 信號變化이다. 어느 경우에서나 一定時間이 경과한 후에는 안정된 경향의 신호를 나타낸다.

그러나, 重量信號의 蒐集量은 계량판 길이 7 cm의 경우보다 11cm에서 상대적으로 많다. 또한 안정된 경향을 나타내는 信號區間에서는, 신호들의 평균값을 기준으로 하는 각 신호의 標準偏差가 11cm보다 7cm의 경우에서 크게 나타난다. 이것은 高信賴度의 신호를 수집하기 위한 계량판 設置因子로서 계량판의 길이를 고려해야 함을 제시한다. 표 5는 각 경우에서의, 평균값에 대한 신호들의 표준편차이다. 측정신호들의 평균값을 기준으로 하는 각 신호의 표준편차가 크다는 것은 평균값에 대한 信賴度가 떨어짐을 의미한다.

Table 5. Standard deviation of signals for mean value.

Length of weighing plate	Standard deviation
Case 1 : 7cm	8.099383
Case 2 : 11cm	4.867237

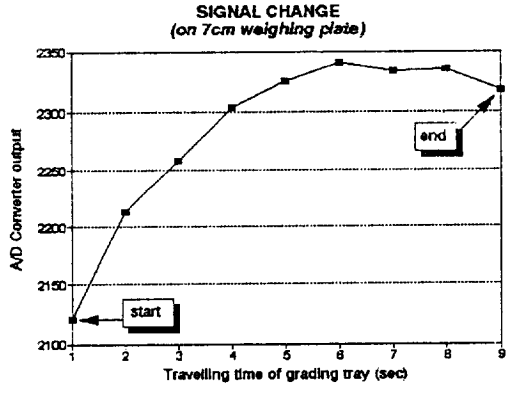


Fig. 8. Signal change on 7cm weighing plate.

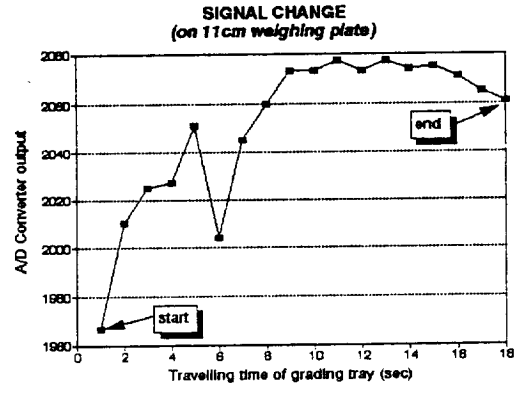


Fig. 9. Signal change on 11cm weighing plate.

연속으로 공급되는 選別對象物의 중량은 하중변환기의 수감부에 動的荷重으로 작용한다. 수감부 위의 하중분포로 측정 대상물의 全體重量을 하중변환기는 感知해 낸다. 重量測定 裝置의 수감부로 이동하는 대상물의 動的狀態로 인한 하중분포가 균일하지 못하기 때문에 信號間의 偏差가 발생한다.

신호간의 표준편차를 줄이고, 蒐集된 신호의 信賴度를 높이기 위해서는 하중변환기의 수감부에 動的狀態로 공급되는 각 대상물의 중량으로 인한 荷重分布를 균일하게 해주는 補助裝置가 필요하다.

하중의 균일분포를 위한 補助裝置로서 하중변환기의 수감부 위에 X자 모양을 갖는 平板(이것을 spider라고 한다.)을 설치한 후 그 위에 計量板을 부착한다. 그림 10은 보조장치를 이용한 計測部의 구성형태이다.

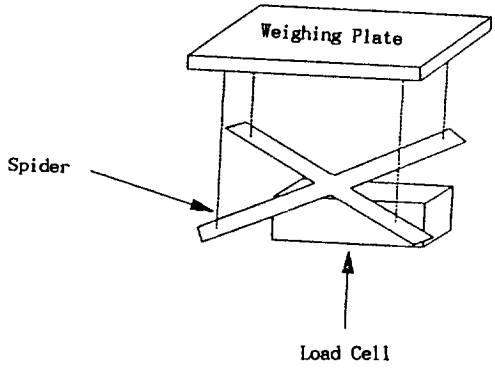


Fig. 10. Weighing unit attaching spider.

2) 周邊部

荷重變換器로 구성된 계측부 左右에서 신호의 入 出力을 계측부에 알려주는 것이 周邊部의 機能이다. 주변부는 위치 센서의 일종인 마이크로 스위치로 이루어져 있다. 마이크로 스위치의 ON/OFF 동작으로 신호의 入 出力시기가 결정된다.

위치 센서로 널리 사용되고 있는 마이크로 스위치는 스냅 액션(snab action) 기구라고 불리는 速斷機構를 가지고 있다. 스냅 액션 기구는 접점을 빨리 전환할 수 있기 때문에 빠른 속도로 공급되는 대상물의 위치를 계속해서感知할 수 있다.

본 실험에 사용된 마이크로 스위치는 회전운동을 하는 선별접시에 의한 一定應力의 反復集中 현상으로 인하여 作動部(actuator)가 쉽게 손상되는 결함이 있다. 또한 金屬 接點의 사용으로 인하여 접점 바운스(contact-point bounce : 接點에 연결된 작동부가 水平往復 운동을 하지 못하고 튀는 현상)나 채터링(chattering : 마이크로 스위치가 固定된 부분의 振動으로 인하여 발생하는 떨림 현상) 을 발생시켜 안정된 信號蒐集을 방해한다. 따라서, 마이크로 스위치 사용상의 단점을 보완할 수 있는 다른 위치 센서의 선택이 요구된다.

마이크로 스위치류 등의 위치 센서는 作動原理가 기계 방식이기 때문에 信賴性, 應答性, 壽命 등에서 한계가 있다. 반면에 光方式의 위치 센서는 기계 방식에 비하여 신뢰성이 높고 수명이 길며, 응답속도가 빠른 잇점이 있다. 光方式의 위치 센서로서 대표되는 것이 光電 스위치이다.

光電 스위치는 光源을 매체로 電氣量을 光量으로 變換 放射하여 放射된 빛이 被檢出 대상물에 따라서 遮光되기도 하고 反射, 吸收, 透過되면서 대상물의 위치를 감지한다.

그중 투과식 광전 스위치는 投光器와 受光器를 마주 향하게 하여 光路에 물체가 존재하면 光의 遮斷으로 위치를 檢出하는 형식으로, 連續供給되는 선별대상물의 위치 感知에 적합하다. 또한 반사식은 投 受光部가 일체로 되어 있어 투광부에서 방사된 光이 被檢出 물체에 직접 닿아서 반사되는 光의 변화정도를 受光部가 감지하는 형식으로 選別對象物의 有無를 파악할 수 있다. 그림 11은 위치 센서로서 광전 스위치를 부착한 경우의 槪略圖이다.

3) 供給部

實際 選別作業에서는 선별접시에 選別對象物을 연속으로 공급한다. 선별대상물이 임의로 놓여진 선별접시는 이송체인에 의하여 회전운동을

하며 荷重變換器의 수감부로 이동된다. 하중변환기에 내장되어 있는 스트레인 게이지는 選別對象物의 중량에 비례하는 스트레인을 발생시킨다. 하중변환기 수감부에서의 높은 重量感知度는 測定 對象物의 個別化(individualization)를 요구한다.

각 선별접시에 連續供給된 선별대상물들의 전체 중량에 의한 이송체인에서의 荷重分布는 하중변환기의 수감부로 이동하는 各 측정 대상물의 실제 중량값에 영향을 미친다. 重量測定 裝置로 측정 대상물을 공급하기 위한 이송체인은 一體形으로 구성되어 있기 때문에, 하중변환기의 수감부에서 各 測定 對象物의 실제 중량값에 대한 個別化를 만족시켜 주지 못한다.

荷重變換器의 수감부가 선별대상물의 실제 중량값을 感知함으로, 실제 선별작업에서의 重量測定 誤差程度를 줄이기 위해서는 중량측정 장치에서 對象物의 공급을 담당하는 이송체인의 供給方式을 바꾸어야 한다.

일반적으로, 多量의 중량측정 대상물을 連續的으로 공급하여 各各의 중량을 측정하고자 할 때에는 컨베이어를 이용하여 중량측정 대상물을 荷重變換器로 운반한다. 그림 12는 實際 선별작업에서의 重量測定 誤差程度를 줄이기 위하여 채택한 공급장치의 개략도이다.

컨베이어 위에 重量測定 대상물이 공급되면 컨베이어는 중량을 하중변환기에 전달한다. 이때 중량을 荷重變換器의 수감부에 그대로 전달하기 위해서 컨베이어는 可撓性(flexibility)을 가지고 있어야 한다. 이러한 可撓性 때문에 컨베이어는 휨 强度(bending strength)를 갖지 않아 모멘트를 전달할 수 없으므로 張力에 의해서만 중량을 지지하고 전달한다.

供給裝置로서의 컨베이어 設置時 고려해야 할 것은 可撓性에 의한 컨베이어의 처짐이다. 그림 13은 컨베이어의 처짐에 영향을 미치는 관련인자들을 나타내고 있다.

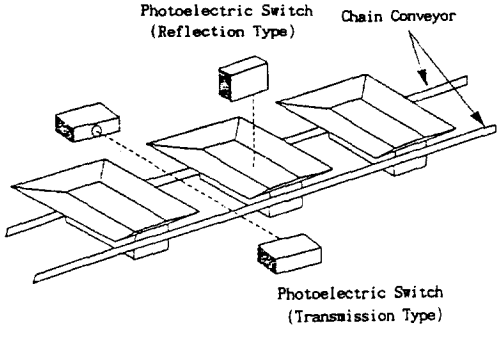


Fig. 11. Schematic diagram attaching photoelectric switches.

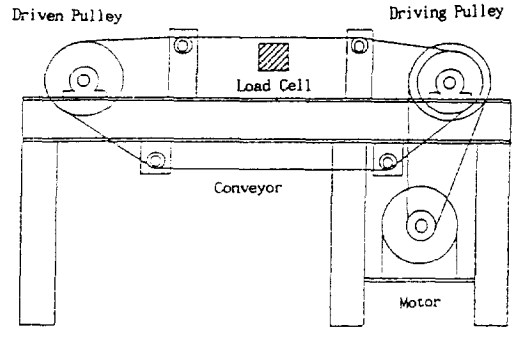
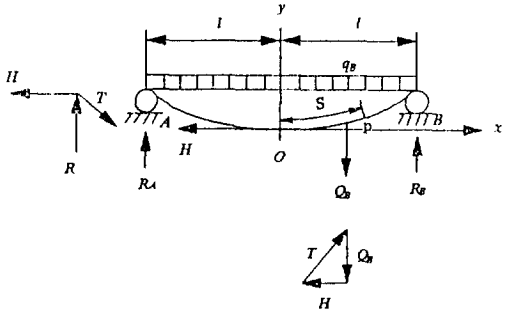


Fig. 12. Schematic diagram of feeding unit using conveyor.



q_B : Weight per unit length of conveyor
Q_B : Vertical force by the weight of OP
H : Tension acting on B by AO
T : Tension acting on O by PB

Fig. 13. Schematic diagram of conveyor deflection.

컨베이어의 水平張力과 자중으로 인한 垂直力의 作用下에 컨베이어 처짐 OP부분은 평형상태를 이루므로 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$Y(X=1)=\frac{q_B \cdot l^2}{2H}$$

위 식을 통하여 알 수 있는 바와 같이 컨베이어 처짐은 水平張力에 反比例하고 자중에 比例하므로, 컨베이어 처짐(conveyor deflection)으로 인한 영향을 줄이고 운반물의 중량을 하중변환기의 수감부에 그대로 전달하기 위해서는 컨베이어의 水平張力을 조절해야 한다.

4) 選別部

計測部로 연속공급되는 선별대상물의 重量測定 결과에 따라 등급을 결정하고, 각 等級基準의 該當範圍에서 선별대상물을 自動排出하는 선별부는 기존의 연구결과(高學均. 1991)를 이용하였다.

等級은 선별대상물의 각 중량에 대한 신호를 초기값으로 하고 계측부에서 발생시키는 신호값과 비교하여 결정한다. 등급이 결정되면 重量等級 該當位置에서 선별대상물이 배출될 수 있도록, 선별접시에 부착된 선별레버를 구동하는 솔레노이드의 동작명령을 출력한다.

그림 14는 選別部의 블록선도이고, 그림 15는 선별레버를 구동하고 제어하기 위한 솔레노이드 작동부의 회로이다.

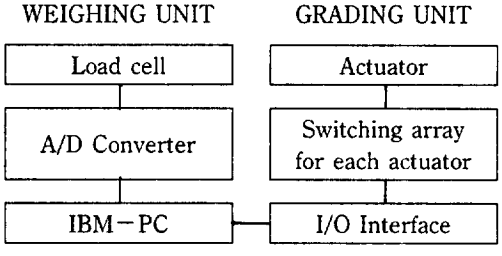


Fig. 14. Block diagram for fruit grading unit.

Ⅳ. 結論 및 要約

본 연구는 電子式 重量選別機의 重量感知部 개발을 위한 기초단계로, 현재 사용되고 있는 스프링식 중량선별기의 성능평가를 통한 選別精度 減少原因을 구명하고 하중변환기를 이용한 重量測定 裝置를 구성하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 스프링식 중량선별기의 性能評價를 위하여, 現行 等級規格을 기준으로 등급 기준 무게차이를 각각 40g, 20g, 10g으로 구분하여 選別均一度를 조사하였다. 실험결과, 各各에서의 選別均一度는 0～30％로 나타났다.

2) 스프링식 중량선별기의 選別誤差 原因은 중량감지 장치로 사용되고 있는 스프링의 引張程度(degree of extension)로서, 選別對象物의 중량에 대하여 요구되는 引張變位를 만족시켜 주지 못하고 있다.

3) 대상물의 重量感知度를 높이기 위하여 중량센서인 荷重變換器를 이용하고, 마이크로 컴퓨터에 연결하여 選別對象物의 중량을 演算 處理할 수 있도록 중량 측정 장치를 구성하였다.

4) 구성된 重量測定 裝置를 사용하여 選別對象物의 중량을 측정한 결과, 重量測定 誤差程度는 2.5％를 초과하지 않았다.

5) 重量測定 裝置를 구성하고 있는 각 부분의 기능과 영향을 고찰하여 性能向上을 위한 이론적인 토대를 마련하고, 電子式 重量選別機의 重量感知部 開發을 위한 기초를 제시하였다.

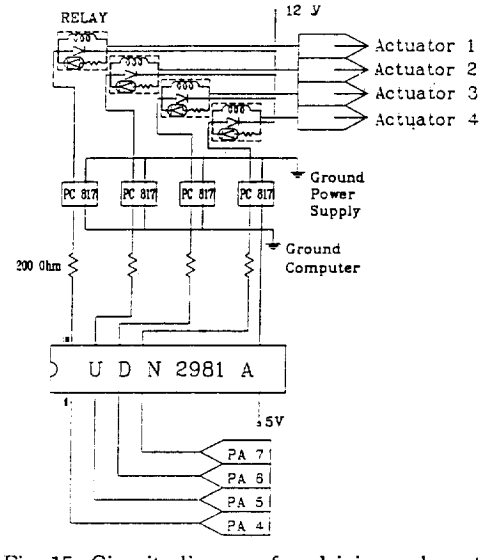


Fig. 15. Circuit diagram for driving relays to actuate solenoid mechanism.

參 考 文 獻

1. Buckley, D.J., G.L. Rousselle,Theriault, G.St. Amour and C.F. Nicholls. 1983. A microcomputer-based system for automatically counting and weighing pre-sorted apples. Trans. of the ASAE. 26(6) : 1849－1853.
2. Hyde, G.M., R.E. Thornton and G.K. Cuillier. 1982. Automatic load control system for potato conveyors. Trans. of the ASAE. 25(1) : 14－18.
3. Prussia, S.E. and M. O' Brien. 1981. Design of a weighing system for tomato grading. Trans. of the ASAE. 24(6) : 1404－1407.
4. Sander, D.E., A.J. Kurtenbach, B.H. Berger, C.A. Watson and R.J. McGinty. 1973. System for automatic weight determination of individual grain kernels. Trans. of the ASAE. 16 (6) : 1146－1147.
5. Smith, N.E. and M. O' Brien. 1980. An electronic weighing and recording system for tomato grading. Trans. of the ASAE. 23(5) : 1322－1325.
6. Stanley Floyd and Michael O' Brien. 1977. Continuous weighing using new techniques. Trans. of the ASAE. 20(3) : 534－539.
7. Stanley Floyd and Michael O' Brien. 1978. A microcomputer-controlled weighing and printout system for fruit and vegetable grading. Trans. of the ASAE. 21(3) : 446－450.
8. 高學均. 重量選果機의 改善. 1992. 과학기술처－果樹作業의 機械化 技術開發에 관한 研究－보고서. pp 67－93.
9. 金聖中, 黃炯秀. 1984. 디지탈 制御係의 샘플링 時間에 관한 研究. 全北大工學研究 第 14 輯 : 133－138.
10. 金元燮, 梁海權. 1984. 高信賴디지털데－터 處理 콤퓨터시스템의 새로운 構成. 全北大工學研究 第 15 輯 : 165－173.
11. 盧祥夏. 農產物의 選別, 包裝, 貯藏現況과 發展方向. 1991. 농촌진흥청 '91 심포지엄－施設農業 機械化 現況과 發展方向－발표집. pp 53－88.
12. 朴在福. 先進國의 園藝作物 收穫後 管理技術 및 施設. 1992. 서울대학교－先進 海外農業技術現況 共同研究－보고서. pp 119－162.
13. 李鎬珍. 商品學上으로 본 사과 流通改善. 1984. 韓國食品流通學會 食品流通研究 第 1 輯 : 127－139.
14. 林榮鉉. 1983. Microprocessor를 이용한 belt conveyor의 重量測定裝置에 관한 研究. 전남대학교 碩士學位論文.
15. 張東憙. 사과의 出荷形態에 관한 比較分析－禮山과 忠州主產地를 中心으로－. 1988. 서울대학교 碩士學位論文.
16. 趙南弘, 吳聖根, 朴阪圭, 曺光煥. 1989. 과일選別機 開發에 관한 研究. 농업 기계화연구소 農試論文集(農機械 農利篇) 31(1) : 59－67.
17. 고학균. 1991. 農產物의 物理的 特性과 그 應用에 관한 研究. 서울대학교. pp 115－143.