

칼라센서를 이용한 담배 완숙도의 식별장치 개발

이대원, 이용국
성균관대학교 농업기계공학과

Development of Tobacco Ripeness Grading Meter Using the Color Sensor

D.W. Lee and Y.K. Lee
*Department of Agricultural Machinery Engineering
Sung Kyun Kwan University*

ABSTRACT : A tobacco ripeness grading meter was designed and constructed using the color sensor, its performance was evaluated. A degree of ripeness grading of a leaf is very closely related to the measured tobacco leaf color. Measuring the small amount of the reflectance precisely depends on the apparatus including color sensor, light source, detector sensitivity, and geometric characteristics of apparatus.

To analyze and minimize the variational effects, experiments to select the proper condition were performed. Because of the combined effect mentioned above, the system has some variation on its response. Basis on the results of the experiments, prototype was developed and interfaced to a computer system.

The main components of prototype included a tungsten lamp as a light source, Amorphous full color sensor with three filters, regulated D.C. power supply, OP-AMP(741 TC) for amplification, AR-B3001 board for interfacing to a computer with analog to digital conversion, and a compatible IBM PC XT computer.

The experimental results of the developed ripeness tobacco leaf measurement system are summarized as following : [1] The output readings of ripeness grade meter for tobacco leaf, which is based on harvesting time, showed the apparent difference in variety of different quality. It was considered suitable that three filters(red, green, blue) in Amorphous full color sensor could be used in four different ripeness degree measurement of tobacco leaf. [2] The output readings of ripeness grade meter for tobacco leaf, which is based on government procurement, showed apparent difference in variety of different quality. Tobacco leaf varieties to stalk position are divided into tips, leaf, cutters, and primings, It is considered suitable that only red filter in the sensor could be used to classify the grade of tobacco leaf within the same kind tobacco stalk. However, the ripeness grade meter was not adequate to classify all the tobacco grades in the four different tobacco leaves.

서 론

황색종 담배는 대부분 한번에 수확하지 않고 완속된 잎만을 일정시간 간격으로 여러차례 수확한다. 담배는 아래에서 위로 완속되어 가기 때문에 수확할 때에는 속도에 따라 아래에서 위로 포기마다 몇 잎씩 수확한다. 수확시에는 수확할 담배를 미리 선정한 후 수확하여야 한다. 이 때 수확시기에 알맞게 완속된 잎인지 혹은 그렇지 않는지는 수확자가 판정하며, 수확자가 담배의 속도를 식별하는 대신에 속도 식별장치에 예측할 수도 있을 것이다. 이런 식별장치를 개발하기 위한 기초연구가 시도되었다. 담배의 속도를 적당하게 예측할 수 있는 시스템이 개발된다면 로보트식 담배 수확기계를 개발하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 아직까지는 담배 속도에 따라 자동적으로 수확할 수 있는 수확기계가 개발되어 있지 않은 실정이다.

또한 잎담배를 수매할 때 잎담배의 품질에 따라 상엽(Tips) 3등급, 본엽(Leaf) 5 등급, 중엽(Cutters) 5등급 그리고 하엽(Primings) 3등급으로 모두 16등급 분류하여 수매한다. 현재 잎담배를 수매할 때에는 감정원에 의한 달관 평가(Organoleptic evaluation)로 등급을 판정한다. 달관 평가로 판정할 때에는 여러 가지 문제점을 지니고 있다. 특히 모든 감정원의 등급판정이 같을 수가 없으며, 또한 동일 감정원 일지

라도 주위환경에 따라 판정이 다를 수도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 정확하고 공정하게 판정을 할 수 있는 잎담배 식별 장치를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시작기의 구조

Fig 1에서 보는 바와 같이 담배 속도의 식별을 위한 시작기의 블록도는 센서, 조명장치(Optic illuminator), 창(Window), 시료통(Sample container), 센서(Sensor), 시료통 뚜껑(Cap)으로 구성되어 있다. 그림 2는 직접 설계제작한 후 실험을 통하여 자료를 수집한 속도 식별장치이다.

본 연구에서 이용된 센서는 SANYO사의 아모르파스 집적형 폴 칼라센서(AM-3303YA)이며, 이 구조가 그림 3에 나타나 있다.

그림에서 보는 바와 같이 삼색분해법을 응용하여 한 장의 유리기판 위에 3개의 포토 다이오드를 부착하고 그 위에 빨간색(Red), 녹색(Green)과 파란색(Blue)만을 흡수하는 3개의 필터를 부착한 구조이다. 아모르파스 칼라센서의 감도는 입사되는 빛의 파장에 따라 다르며 입사광의 파장과 감도의 관계를 분광감도라 한다. 이 센서의 분광감도와 파장길이의 관계가 그림 4에 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 이 센서의 파장길이 피크는 파란색 필터는 $435\pm$

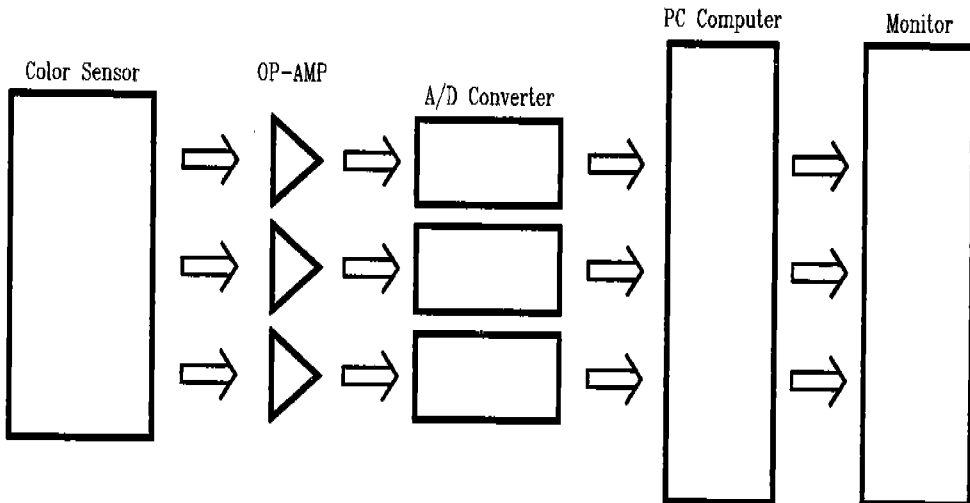
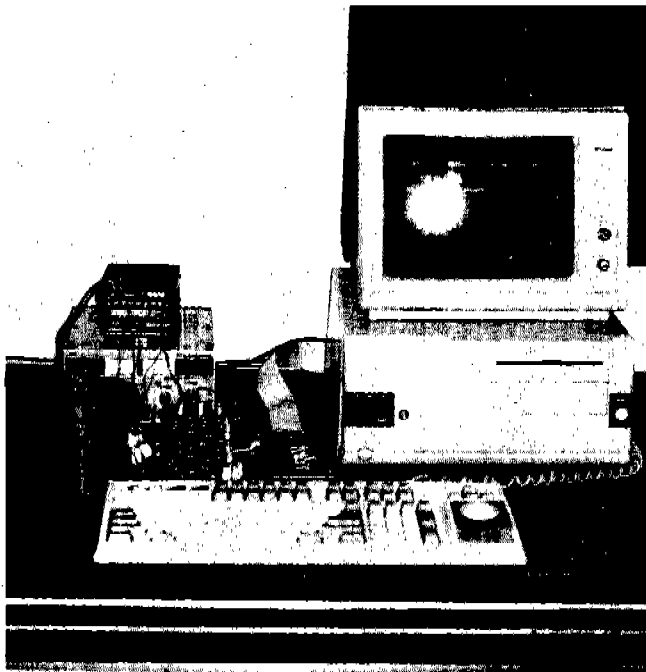
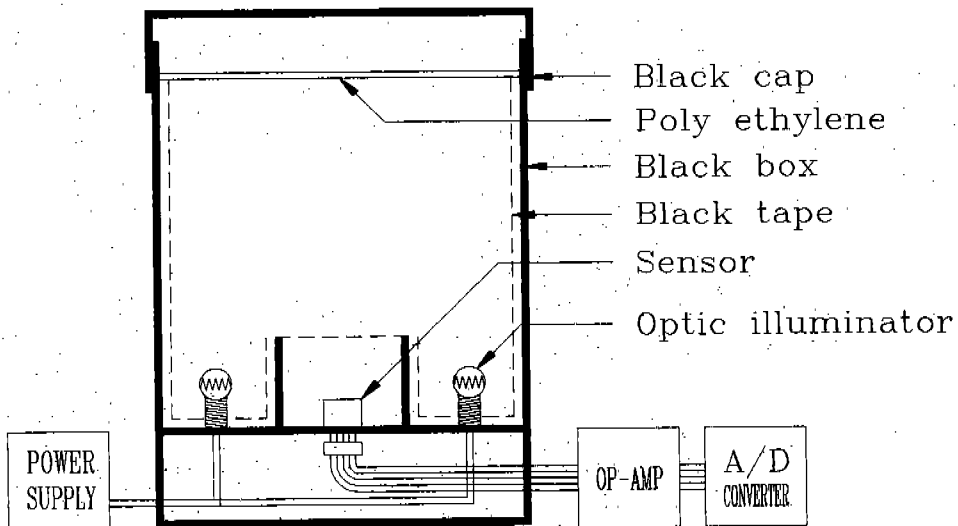


Fig. 1. Block diagram of experimental apparatus.



[A]



[B]

Fig. 2. Tobacco ripeness grading meter using the color sensor :
[A] Picture, [B] Schematic diagram.

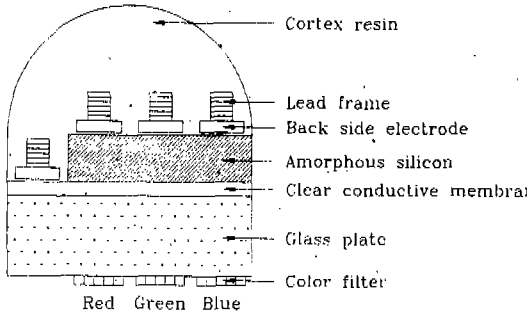


Fig. 3. Schematic diagram of Amorphous full color sensor.

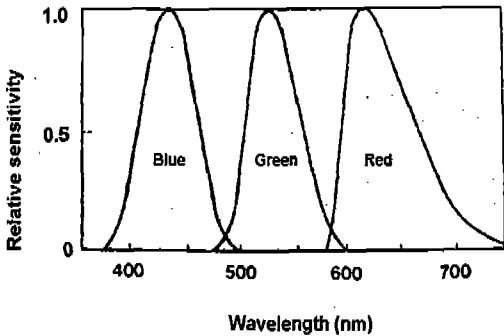


Fig. 4. Relative sensitivity of Amorphous full color sensor.

10 nm, 녹색 필터는 520 ± 10 nm, 빨간색 필터는 620 ± 10 nm 이다. 아모르파스 광센서의 감도는 단결정 실리콘 광센서로서 근적외선(near infrared sensor) 필터를 붙였을 때의 감도와 거의 같은 값을 가진다. 이 광센서의 응답속도는 부하 저항이 1 K Ω 일 때 대략 1에서 2 μ sec로 매우 빠르며 현재 시판되는 단결정 실리콘 포토 다이오드와 거의 같다.

시작기의 센서는 외부로부터 방해광이 유입되지 못하도록 센서의 주위를 밀폐 하였으며, 광원이 직접적으로 센서에 반사되지 않도록 하였다. 폴리에틸렌 창위의 있는 담배의 시료는 광원으로 부터 반사된 광을 일부는 흡수하고 나머지는 반사한다. 반사광으로부터 빨강(Red)색 필터는 빨간색, 녹색(Green) 필터는 녹색, 파랑(Blue)색 필터는 파란색만을 흡수한다.

조명장치의 램프는 가시광 범위의 파장을 주로

발산하고, 출력의 직선성이 있고, 형광등에 비해 맥동(Pulsation)이 적은 텅스텐 램프가 사용되었다. 한편, 광원의 공급전압을 공급할 때 일반 전원을 사용할 경우 일정한 전압의 공급이 어렵기 때문에 DC 전원공급 장치(Power supply)를 이용하여 안정된 전압을 유지하도록 하였다.

센서와 시료 표면과의 거리에 의한 광량변화를 막기 위하여 센서로부터 일정한 거리에 장치된 폴리에틸렌 창(Window)을 통하여 시료를 측정하였다. 창외의 재질은 적외선의 영역을 통과시킬 수 있는 폴리에틸렌(Poly-ethylene)을 사용하였다.

시료통 내면은 검은색으로 피복하여 투과된 빛을 흡수하도록 하였다. 시료통은 한장 혹은 여러 장의 잎담배를 담을 수 있도록 만들었으며 외부의 빛이 유입되지 않도록 하였다. 외부의 빛이 유입되는 것을 방지하기 위하여 시료통의 뚜껑을 닫고 측정하였다. 또한 뚜껑의 내면은 검은색으로 피복하여 빛을 흡수하도록 하였다.

2. 재 료

본 실험에 사용된 시료는 황색종 담배로 속도용과 등급식별용, 즉 두 종류의 담배를 사용하였다. 속도용 담배의 시료는 93년 9월 하순 포장에서 수집한 후, 그림 5에 나타난 바와 같이 담배 속도의 색깔에 따라 임의로 4단계로 분류하였다. 담배의 속도 정도에 따라 그림과 같이 가장 푸른잎(Much Green Leaf ; MGL), 조금 푸른잎(Little Green Leaf ; LGL), 조금 노란잎(Little Yellow Leaf ; LYL), 가장 노란잎(Much Yellow Leaf ; MYL)으로 분류하였다.

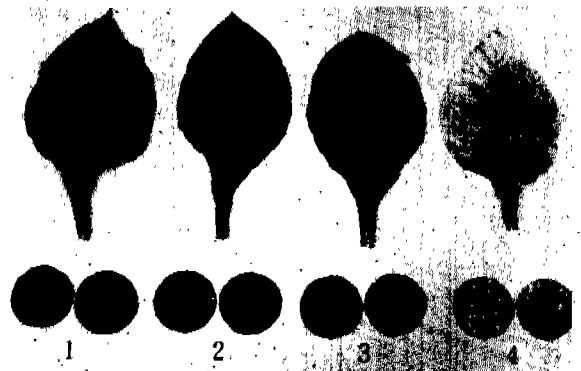


Fig. 5. Comparison of the four different tobacco leaves for grading ripeness.

잎담배 등급을 식별할 수 있는 수매용 시료는 93년 10월 중순에 이용될 수 있었다. 잎담배는 잎이 부차 되는 줄기의 위치에 따라 상엽, 본엽, 중엽, 하엽으로 분류된다. Fig. 6은 시료통 안에 담을 수 있도록 잎담배의 직경을 10 cm로 자른 모습이다. 그림에서 잎담배의 배열을 상하로 상엽 3등급, 본엽 5등급, 중엽 5등급, 하엽 3등급으로, 또한 좌우로 상엽과 하엽은 3, 4, 5등급, 본엽과 중엽은 1, 2, 3, 4, 5등급으로 배치하였다.

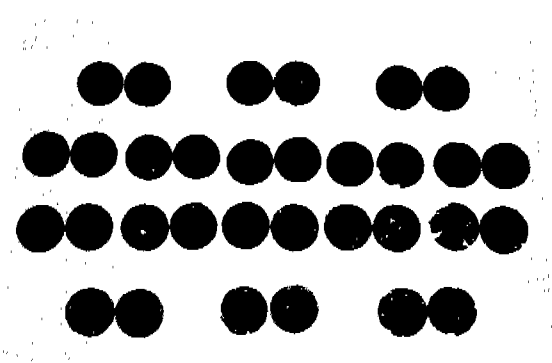


Fig. 6. Comparison of the sixteen different tobacco leaves for grading procurement quality.

3. 방 법

직경이 10 cm인 원형으로 담배를 자른후, 시료통 뚜껑을 열고 정확하게 폴리에틸렌 창위에 놓은 후 다시 시료통 뚜껑을 닫고 측정하였다. 담배의 시료가 측정되는 순서는 센서로 부터 얻은 아주 적은 전압의 출력값을 증폭장치(OP AMP: μA 741TC)로 증폭한 후 12 비트용 A/D 컨버터는 AR-B3001(AXIOM Technology Co., Ltd.)로 컴퓨터에 전송된다. 이 때 좀더 정확한 담배 시료의 데이터를 얻기 위하여 컴퓨터를 통하여 1초에 100개의 데이터를 얻고 이를 평균하여 하나의 시료값을 얻도록 하였다.

속도용 담배의 시료는 1.5 W용 ($=20\text{V} \times 0.075\text{A}$) 텡스텐 램프를 사용하였다. 이 조명장치는 DC 전원 장치로 전압의 크기를 조절할 수 있도록 하였으며, 전류가 0.075 A인 상태에서 전압을 0V, 5V, 10V, 15V, 20V로 변화시키면서 각 단계의 속도용 담배의 출력값을 얻었다. 속도에 따라 4 단계로 분류된 담배를 빨간색(Red), 녹색(Green), 파란색(Blue)의 필터를

가진 칼라센서로 측정하였다.

속도용 담배의 시료를 분석하는 과정에서 조명장치 가 밝을 수록 각 단계별 출력값의 유의성이 크게 나타났다. 그래서 수매용 잎담배 시료의 조명장치에서는 더 밝은 전원을 사용하였다. 최대 정격전압이 12V이고 전류가 0.185A인 2.22W용 텡스텐 램프를 사용하였으며, 이 램프에서 밝기가 가장 밝은 12V 상태에서 수매용 잎담배 시료를 측정하였다. 이때 상엽 3등급, 본엽 5등급, 중엽 5등급, 하엽 3등급의 시료에 대해서 3반복하여 데이터를 얻기 위하여 48 점의 시료를 이용하였다.

컴퓨터의 사용자(Operator)가 쉽게 데이터 값을 얻을 수 있도록 그림 7같은 풀다운(Pull-down) 메뉴식 프로그램을 C 언어로 개발하였다. 그림에서 알 수 있듯이 메뉴는 4 서브루틴(Subroutine) 즉 GENERAL, TOBACCO, SAVE, EXIT를 가지고 있다. GENERAL과 EXIT 서브루틴은 3부분(Section)으로 세분류 하였고, 각 부분별로 데이터를 얻기 전에 각 데이터의 값 정도를 파악하는데 이용한다. TOBACCO와 SAVE 서브루틴은 4 부분으로 세분류하였다. TOBACCO 서브루틴은 담배를 식별장치의 폴리에틸렌 위에 놓고 뚜껑을 닫고 측정하면, 출력값을 분석하여 담배의 등급을 알 수 있도록 하였다. 특히

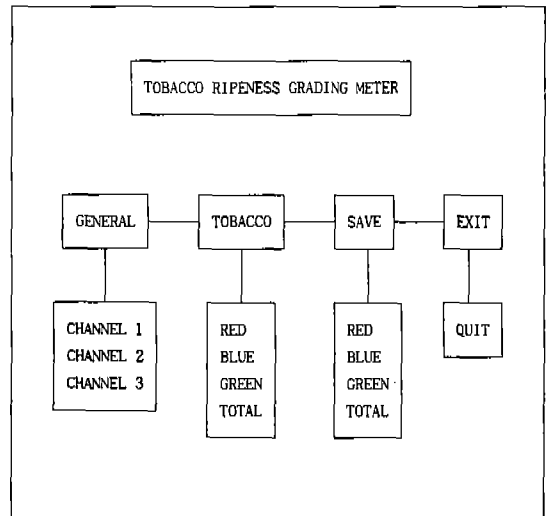


Fig. 7. The main menu of the tobacco ripeness grading meter. The keypad cursor keys(KPK) may be used to select the appropriate subroutine and section.

담배의 속도용 및 등급식별용 시료를 분석할 때 이 서브루틴을 사용하였다.

TOBACCO 서브루틴은 잎담배 구매용의 데이터를 분석할 때 이 서브루틴을 사용하였다. TOBACCO 서브루틴은 잎담배 구매용의 데이터를 얻도록 만들어졌다. 여기서 빨강, 파랑, 녹색의 필터를 위한 각각의 측정값을 얻을 수 있도록 하였으며, TOTAL 부분에서는 세가지 필터를 동시에 얻을 수 있도록 하였다. 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 구매용 잎담배의 등급을 컴퓨터 모니터에서 읽을 수 있으며, 또한 SAVE 서브루틴에서는 사용자가 원하는 파일(File)을 모니터에 치면 컴퓨터에 저장된다. EXIT 서브루틴의 QUIT 부분은 프로그램 속에서 DOS로 돌아갈 수 있도록 한 서브루틴이다.

결과 및 고찰

황색종 담배의 속도와 구매등급의 시료를 식별할 수 있도록 시작기를 설계제작하였다. 제작된 시작기를 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 풀 다운(Pull-down) 메뉴용 패키지(Package)를 개발하였으며, 이 패키지를 이용하여 시료로부터 데이터를 얻고 이를 평가분석하였다. 시작기는 광의 세기, 칼라센서의 필터, 시작기의 기하학적 형태에 많은 영향을 받았다. 그래서 빛의 세기와 칼라센서의 필터 종류에 따른 출력 값을 평가분석하였고, 시작기의 기하학적 형태는 센서와 광의 관계를 고려하여 설계 제작하였다.

먼저 속도용 담배를 식별할 수 있는지 없는지를 직접 제작한 시작기로 실험하였다. 담배의 속도 정도에 따라 4단계로 나눈 후 완숙용 시료를 실험하였다. 이 때 광의 밝기는 전압값 변화에 의한 5단계(0V, 5V, 10V, 15V, 20V)로 구분하여 실험을 하였다. 표 1은 속도용 담배 시료에 광의 밝기를 조절하면서 얻은 칼라센서의 각 필터에 대한 평균 출력값을 나타낸 것이다. 칼라센서는 빨강, 파랑, 녹색의 광만 흡수하는 3개의 필터로, 잎의 속도는 가장 푸른잎(MGL), 조금 푸른잎(LGL), 조금 노란잎(LYL), 가장 노란잎(MYL)으로 분류하였다. 광의 밝기가 가장 밝은 20V에서 담배의 완숙 정도를 나타내는 등급간의 출력값이 크게 나타났다. 이는 조명장치가 밝을수록 속도를 잘 식별한다는 것을 의미한다. 그러나 조명장치를 너무 밝게 하면 식별장치의 내부 온도가 올

라가서 센서의 감도(Sensitivity)에 영향을 줄 수 있으므로 가능한 조명 장치는 낮은 전력으로 이용하는 것이 좋다. 특히 20V에서 속도용 담배의 시료 MGL, LGL, LYL, MYL 순차대로 칼라센서의 3개 필터 모두가 더 적은 출력값을 얻었다. 이것은 담배의 속도는 3개 필터에서 등급간의 출력값이 다르게 나타났기 때문에 이 센서들로 담배의 속도 식별이 가능하다는 것을 의미 한다.

접촉센서, 거리센서와 담배 속도에 이용한 칼라센서를 잘 조합하여 담배 속도 정도를 포장에서 측정할 수 있다면 로보트식 담배 수확기계를 개발하는데 도움을 줄 것이다. 물론 이 때 여러 가지 센서를 통해서 수확할 수 있는 담배의 위치를 정확하게 아는 것과 동시에 담배를 한곳으로 수집하는 로보트 팔(Gripper)을 개발한다면 담배 수확기계의 개발을 촉진시킬 것으로 판단된다.

구매용 잎담배의 시료는 상업 3등급, 본엽 5등급,

Table 1. The response of 3 sensor filters for evaluating a ripeness grade.

| Sensor Filter | Illuminator Voltage | Ripeness Grade(Voltage) | | | |
|---------------|---------------------|-------------------------|------|------|------|
| | | MGL | LGL | LYL | MYL |
| Red | 0v | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.47 |
| | 5v | 1.48 | 1.49 | 1.48 | 1.48 |
| | 10v | 1.56 | 1.55 | 1.53 | 1.52 |
| | 15v | 1.75 | 1.69 | 1.65 | 1.63 |
| | 20v | 2.04 | 1.93 | 1.83 | 1.80 |
| Red | 0v | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.58 |
| | 5v | 3.57 | 3.57 | 3.57 | 3.58 |
| | 10v | 3.60 | 3.58 | 3.58 | 3.59 |
| | 15v | 3.65 | 3.62 | 3.61 | 3.60 |
| | 20v | 3.72 | 3.67 | 3.65 | 3.64 |
| Green | 0v | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.49 |
| | 5v | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 3.50 |
| | 10v | 3.52 | 3.52 | 3.51 | 3.51 |
| | 15v | 3.58 | 3.56 | 3.54 | 3.53 |
| | 20v | 3.66 | 3.62 | 3.59 | 3.58 |

* MGL : Much Green Leaf LGL : Little Green Leaf
 LYL : Little Yellow Leaf MYL : Much Yellow Leaf

중엽 5등급 그리고 하엽 3등급을 포함하는 총 16 종류의 시료를 사용하였다. 3 종류의 필터를 가진 칼라센서를 이용하여 얻은 평균출력값을 표 2에 나타내었다. 녹색광과 파랑색광을 흡수하는 2종류의 필터의 출력값은 잎담배의 등급별로 거의 차이를 발견할 수 없었고, 빨간색광을 흡수하는 필터에서만 등급별로 차이를 발견할 수 있었다. 이는 수매용 잎담배에서는 녹색과 파란색을 반사하는 광량이 등급간의 차이가 거의 없고 빨간색을 반사하는 광량은 등급간에 차이가 나타났다. 외관상으로 볼 때도 수매용 잎담배는 빨간색에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

그림 8은 각 엽을 등급별로 분류한 잎담배에 대한 칼라센서의 빨간색 필터가 흡수한 량을 나타낸 것이다. 같은 엽에서 등급은 1등급에서 5등급으로 갈수록 출력값이 점점 커지는 것을 그림에서 볼 수 있다.

Table 2. The response of 3 sensor filters for evaluating the quality of grades in the four different stalk leaves.

| Leaf Position | Grade | Sensor Filter(Volt) | | |
|---------------|-------|---------------------|------|-------|
| | | Red | Blue | Green |
| Tips | 3 | 2.97 | 3.71 | 3.14 |
| | 4 | 3.02 | 3.69 | 3.18 |
| | 5 | 3.07 | 3.71 | 3.18 |
| Leaf | 1 | 2.95 | 3.74 | 3.15 |
| | 2 | 2.96 | 3.75 | 3.16 |
| | 3 | 2.98 | 3.72 | 3.16 |
| | 4 | 3.00 | 3.73 | 3.16 |
| | 5 | 3.06 | 3.70 | 3.18 |
| Cutters | 1 | 2.91 | 3.74 | 3.16 |
| | 2 | 2.93 | 3.74 | 3.16 |
| | 3 | 2.99 | 3.74 | 3.12 |
| | 4 | 3.04 | 3.72 | 3.12 |
| | 5 | 3.08 | 3.72 | 3.11 |
| Primings | 3 | 2.96 | 3.70 | 3.12 |
| | 4 | 2.98 | 3.75 | 3.21 |
| | 5 | 3.01 | 3.76 | 3.26 |

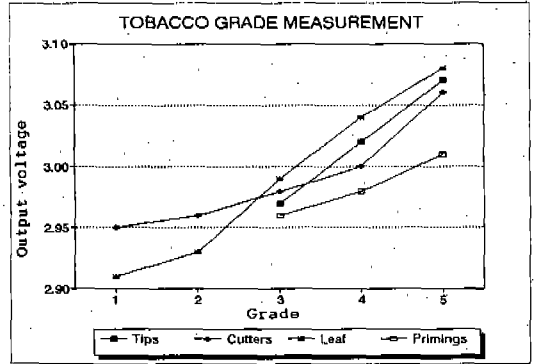


Fig. 8. Voltage response of red filter for classifying the grades in the four different stalk leaves.

이것은 같은 엽의 등급은 빨간색 필터로 아주 잘 분리할 수 있었지만, 같은 엽이 아닌 경우에는 몇 가지 등급은 분리가 불가능하였다. 예를 들면 본엽 1등급의 출력값은 중엽 2등급의 출력값 보다 크게 나타나 출력값은 등급이 클수록 반드시 크게 나타났다. 각 엽의 4등급과 5등급을 비교할 때 하엽, 본엽, 상엽, 중엽순으로 출력값이 크게 나타났다.

수매할 때 잎담배의 위치에 따른 각 엽의 분류가 되어 있을 때는 개발된 시작기를 사용하여 등급을 결정할 수 있지만, 분류가 되어 있지 않을 때는 등급을 판정할 수가 없는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 각 등급을 포함하는 각 엽은 분류할 수 없었다. 앞으로 잎담배 성분을 분석할 수 있는 근적외선 센서에 관한 연구와 이 연구를 근거로 근적외선 센서를 시작기에 부착한다면 각 엽의 분류도 가능할 것이다.

결 론

담배의 완숙 정도와 수매용 등급은 측정 담배의 색깔과 밀접한 연관관계가 있었다. 그러나 센서의 흡수량을 크게 하기 위해서는 시작기의 기하학적인 형태, 광의 세기를 고려하는 것이 필요하였다. 이런 점을 고려하여 황색종 담배의 수확시기를 위한 속도와 수매용 등급을 식별하기 위하여 시작기가 설계 제작되었다.

담배의 수확시기를 식별하기 위하여 담배 속도에 따라 4단계로 나눈 후 시작기를 사용하여 식별 가능성을 실험하였다. 시작기의 시료통 속에 담배를 넣고 속도 정도를 식별할 수 있는 것으로 나타났지만

시작기의 식별 성능은 조명장치의 밝기에 따라 큰 영향을 미쳤으며 밝을수록 더 잘 식별할 수 있었다. 그러나 조명장치를 너무 밝게 하면 밀폐된 시작기 내부의 온도가 상승하여 칼라센서에 악영향을 미칠 수 있다. 담배의 속도용 식별은 로보트식 담배 수확 기계의 수확시기를 식별하기 위한 시스템 개발의 기초연구로 이용될 수도 있을 것이다.

본 연구에서 개발된 시작기로 잎담배 수매용 판별은 상엽 본엽 중엽 그리고 하엽으로 분류한 경우에는 등급판정이 가능하였지만, 분류되지 않은 경우에는 서로 다른 엽간의 등급판정을 일률적으로 하는 것은 불가능하였다. 그러므로 수매용 잎담배 식별장치의 실용화를 이룩하기 위해서는 각 엽의 분류가 필요하며, 이를 위하여 근적외선 센서를 이용하여 성분 분석을 하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 안동명, 민영근, 이경구, 이완남, 한국연초학회지 13(1) : 75 - 81(1991)
2. 한국연초학회, 담배과학총설 : p. 171 - 177(1987)
3. McClure, W.F. and A. Hamid, American Laboratory 12(9) : 57 - 69(1980)
4. McClure, W.F., A. Hamid, F.G. Giesbrecht and W. W. Weeks, Applied Spectroscopy, 38(3) : 322 - 329(1984)
5. 박선호, FA 센서응용 백과 1, p. 462 - 490(1991)