

## 화상처리법에 의한 쌀 품종별 판별기술 개발

권영길 · 조래광\*

경북대학교 농화학과

**초 록** : 쌀의 품종 식별 기술은 아직까지 적절한 방법이 연구되지 않아, 최근 불법 유통사례가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 보다 신속하게 현장에서 응용가능한 쌀의 품종을 식별하기 위해서, 비파괴 측정법 중 화상처리법을 응용하였다. MFG board, CCD camera, Zoom lens 및 Ring light로 구성된 화상처리 장치로 쌀알의 영상을 취득하여, Threshold, Median filtering으로 쌀알 영상의 노이즈를 제거하고, 윤곽을 추출하여 중심점에서 360도 각도에 대한 가장자리까지의 거리를 쌀알의 화상데이터로 이용하였다. 쌀 품종 내에서 영상 변이는 다소 있었지만, 형태가 상이한 쌀 품종에서는 품종간 변이 보다 품종 내의 변이가 적었으며, 동일 품종의 쌀알의 착립 위치에 따라서는 변이 폭이 매우 적었다. 추출된 화상 데이터는 Normalize, FFT의 전처리 과정으로 정규화 및 변수 축소가 가능하였다. 각 품종의 쌀알의 평균 영상에 Matching하는 Library model과 BP neural network model에 의한 품종 판별 결과, 형태가 상이한 품종간에는 100% 판별 가능하였으며, 형태가 유사한 품종간에는 85%의 판별 결과를 나타내었다.(1998년 3월 11일 접수, 1998년 4월 16일 수리)

### 서 론

현재 우리 나라에서 주곡으로 생산하고 있는 쌀은 생산지 또는 품종별 쌀 품질의 차이가 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 소비자들은 재배된 지역과 품종에 따라 쌀을 선택하여 구매하게 되므로서 최근 불법 유통 사례가 빈번히 발생하고 있다. 그러나 아직까지 생산지별로 쌀을 감별하는 방법과 품종판별법을 위한 적절한 방법이 연구되어 있지 않아 관련 연구기관은 물론 검사소에서 많은 어려움을 겪고 있다.

최근, CCD 카메라를 이용하여 취득한 영상을 컴퓨터 프로그래밍 하여 화상해석<sup>1)</sup> 하므로서 농산물의 외관 품질 측정을 여러 분야에서 응용하고 있는데, 1994년 일본에서는 CCD컬러 카메라와 화상 해석기술을 이용한 밀감의 등급 및 계급 평가시스템을 개발<sup>2)</sup>하였고, 사과<sup>3)</sup>의 선택판정, 토마토의 색상판정<sup>4)</sup> 등의 연구가 이루어져 있다.

화상처리법을 응용한 곡물의 품질평가에 대한 연구<sup>5)</sup>는 CCD 카메라로 영상화시켜 판별을 행하는 것으로서, 판별 분석<sup>6,7)</sup> 및 신경회로망 (Neural Network) 등의 새로운 데이터 해석 기술<sup>8,9)</sup>과 더불어 주로 밀의 품질 평가에 응용<sup>10-12)</sup>되고 있다.

쌀의 품종 판별에는 유전자에 의한 감별법<sup>13-15)</sup>이 시도되고 있으며, 보다 신속한 방법으로 화상처리에 의한 비파괴 측정법이 응용되고 있다. 이러한 화상을 이용한 쌀의 품종 판별은 현행 전문가의 육안에 의한 쌀의 품종 감별법 보다 객관적이고 실용적인 기술<sup>16)</sup>이라고 할 수 있다.

이와 같이, 본 연구에서는 화상처리법을 응용하여 국내산 쌀을 영상화하여 이를 계량화<sup>10-11)</sup> 함으로서, 비파괴 측정법

에 의해 품종이 서로 다른 쌀을 신속하게 감별할 수 있는 가능성을 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 쌀 시료

영남 작물시험장으로부터 분양받은 밀양95호, 태백벼와 시판되고 있는 쌀 중 품종 및 품질 인증표가 명시된 추청벼, 동진벼, 일품벼 및 화영벼 구입하였다. 실험에 사용한 쌀알은 쌀눈이 제거된 백미로서 건전립 만을 골라서 본 실험에 사용하였다.

#### 화상처리 장치

쌀의 외관 외곽을 영상화하기 위해서 Targa Board (MFG Board, Imaging Technology Inc.), CCD 카메라(XC-711, Sony社, 512×512), Zoom Lens(f=12.5~75 mm, Sony社), Ring Light (150SX, IT Co.), Pentium Computer (AcerPower 560P, Acer Co.) 및 Dual Monitor (D2502A, HP社; Sync-Master20GLs, Samsung)로 구성된 화상처리 장치를 사용하였다.

#### 데이터 처리 및 분석

화상처리에서 얻은 데이터는 Normalize를 수행한 후, 두 가지 방법으로 데이터를 분석 하였다. 첫째는 평균 영상을 이용한 Library Model 방법이며, 두번째는 FFT(Fast Fourier Transform)후, BP Neural Network(역전사 신경망 회로)을 수행하여 학습시켜 품종을 판별하는 방법이다. 각각의 데이터 처리에 필요한 프로그램은 GCC, MS-C 및 BC++을 사

찾는말 : 쌀 품종, 품종 판별, 화상처리법, FFT, Library model, BP neural network model

\*연락처

용하여 프로그램 하였다.

**화상처리 및 계량화 방법**

품종별 각 100알씩을 그림자의 영향을 최소화할 수 있는 원형조명 아래에 두고, 영상을 취득하였다. 영상을 수량화 하기 위해서 512×512 화소의 흑백 영상을 원시 파일로 저장한 후, 광원의 밝기에 따른 문턱값(Threshold)을 설정하여 1차적으로 영상의 주변 및 외곽에 있는 노이즈를 제거하였다. 2차적으로 미세한 노이즈 제거를 위해 픽셀을 3×3의 Median Filtering을 수행하였다.

노이즈가 제거된 쌀의 영상을 대상으로 윤곽을 추출하고 아래와 같이 쌀 영상의 도심 좌표를 구하였다. 즉, 도심점의 좌표는 X축에 나타난 쌀알의 영상 좌표값의 모든 합에 그 개수만큼으로 나눔으로서 X축의 도심점을 구하고, Y축의 경우도 마찬가지로 방법을 수행하여, 쌀 영상의 도심점의 좌표를 구하였다.

$$CP_{x,y} = \left( \frac{\sum X_{value}}{N}, \frac{\sum Y_{value}}{N} \right)$$

- CP<sub>x, y</sub> : Centroid of the image
- ΣX<sub>value</sub> : Sum of X coordinates of image pixels
- ΣY<sub>value</sub> : Sum of Y coordinates of image pixels
- N : Total number of image pixels

중심점에서 가장자리까지의 거리를 Pixel의 수로서 나타내었다. 이 때 중심점에서 가장 자리까지의 거리는 그 중 거리가 가장 먼 지점을 기준점으로하여 0°로 지정하였다. 만약에 중심점에서 가장자리까지의 거리가 가장 먼 지점이 두 개 이상 존재할 경우 180°반대편의 거리가 더 먼쪽을 0°로 기준하였다. 기준점이 정해지면 1°씩 시계방향으로 회전을 하면서 중심점에서 가장자리까지의 거리를 Pixel의 개수로 나타내었다. 그런데, 실제 영상의 가장자리 픽셀의 수를 조사한 결과, 360°의 모든 각도에 픽셀의 수는 360개(±20개)로서 1:1로 일치되지 않았다. 따라서 대응하는 픽셀이

존재하지 않거나 2개 이상이 나타나는 경우 이를 정확하게 대응시키기 위해, 다음과 같은 수식에 의해 Linear Interpolation을 수행하였다.

$$A_{n\ value} = A_{n-1\ value} + \frac{A_{n+x\ value} - A_{n-1\ value}}{A_{n+x\ angle} - A_{n-1\ angle}}$$

- A<sub>n value</sub> : distance from center point to n
- A<sub>n+x value</sub> : distance from center point to n+x
- A<sub>n-1 value</sub> : distance from center point to n-1
- A<sub>n+x angle</sub> : angle of n+x
- A<sub>n-1 angle</sub> : angle of n-1

중심점에서 가장자리까지의 거리를 구하는 함수는 ATAN(TAN<sup>-1</sup>)를 사용하였으며, 계산 방법은 다음과 같다.

$$ANGLE_{(x,y)} = \tan^{-1} \left( \frac{Y}{X} \right)$$

ANGLE<sub>(x,y)</sub> : angle of x,y point

중심점에서 가장자리까지의 거리가 정확하게 추출되었는가를 확인하기 위해 비교할 수 있는 CMP File을 구하여, 두 File을 비교하였다. 그 결과 동일한 형태의 쌀의 외곽을 얻을 수 있었다. 이상의 과정을 그림으로 나타내면 Fig. 1과 같다. 계량화 영상은 가로축이 각도를 나타내며 세로축은 중심점에서 가장자리까지의 거리를 Pixel 단위로 나타낸 것으로 약 280°근처에서 쌀의 눈에 의한 영상이 나타남을 알 수 있다.

**데이터 검정**

이상의 과정을 수행한 뒤, 각 품종내에서 쌀알의 형상의 변이도를 관찰하기 위해 Fig. 2와 같이, 밀양 95호, 중원벼, 태백벼에 대해 각 품종별로 쌀알의 계량화된 영상 데이터를 동일 평면상에 겹쳐서 나타낸 결과, 중원벼는 품종내의 변이가 밀양 95호 보다 큼을 알 수 있었으며, 품종간에는 서로 차이를 나타내고 있었다.

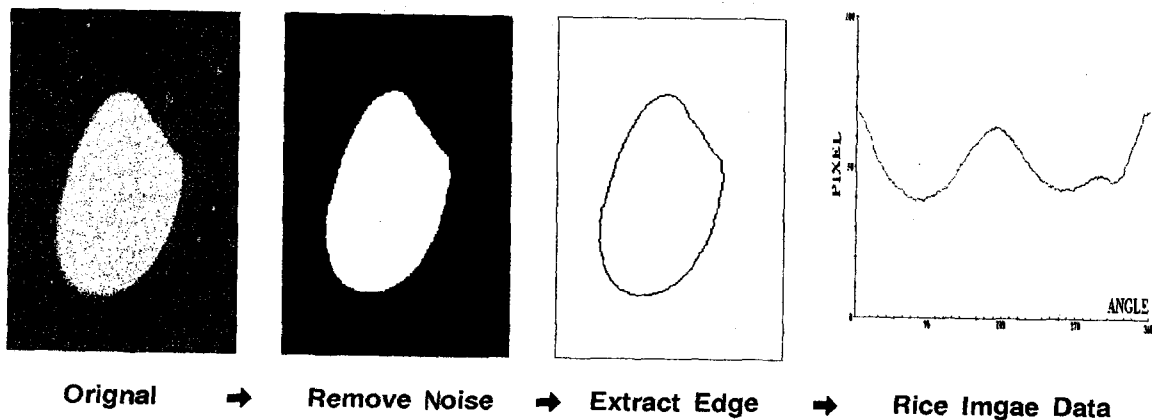


Fig. 1. Scheme of data extract in rice kernel.

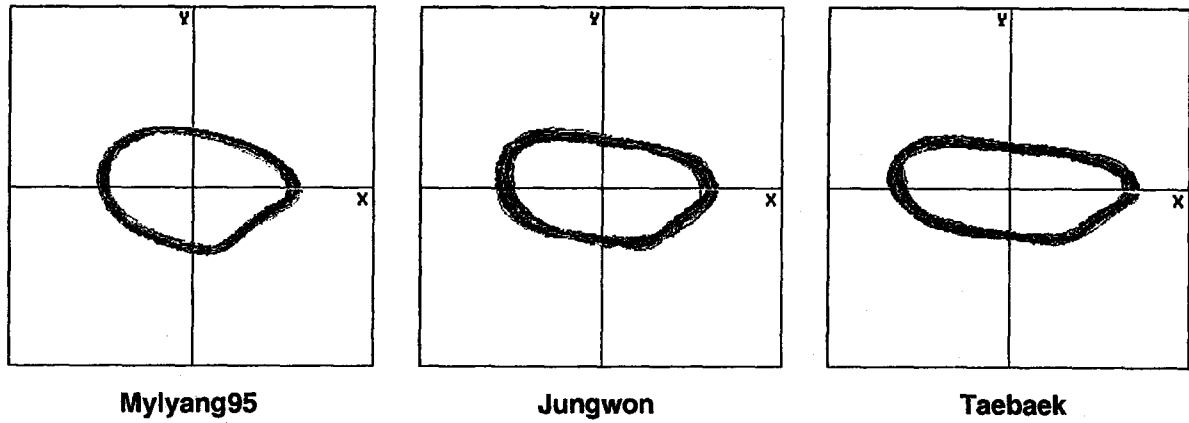


Fig. 2. Comparison of variation in rice varieties

**결과 및 고찰**

**Library Model에 의한 품종 판별**

정규화된 쌀알을 품종별로 일정한 표준 형태를 만들어 그 형태와 차이가 가장 작은 품종에 해당되면 즉, 가장 유사하면, 그 품종인 것으로 판별하는 알고리즘을 구현하기 위해 Fig. 3에서와 같이 정규화된 품종별 100알의 영상데이터 중 60알을 취하여 각각 품종의 평균 영상을 구하여 Library model로 사용하였다.

이 때 Library는 품종에 해당되는 수의 공간을 확보해 두고 필요에 따라 늘릴 수 있도록 프로그램 하였다. 확장자는 Lib를 사용하였으며, Normalize된 데이터로 Binary 형태의

파일로 저장하였다. 정규화된 쌀알의 수량화 데이터를 미리 작성해둔 Library model에 입력하면 모든 품종과 비교가 시작되며, Library에 저장되어 있는 360개 변수값과 Test 시료값의 차이를 구하여, 가장 작은 차이를 보이는 품종으로 판별되도록 하였다. 본 연구의 경우 형태가 유사한 품종이 대부분이어서 품종간에 명확하게 구분할 수 있는 기준값을 정하지 못하고, Library에 저장되어 있는 다양한 쌀의 평균 영상과 비교하여 가장 차이가 작은 쌀 시료의 품종으로 판별되도록 프로그램화 하였다.

Library model로 쌀 품종을 판별한 결과 형태적으로 차이가 나는 등근형태, 타원형태 및 긴 형태의 쌀의 경우에는 100% 판별이 가능한 것으로 나타났고, 형태가 유사한 품종

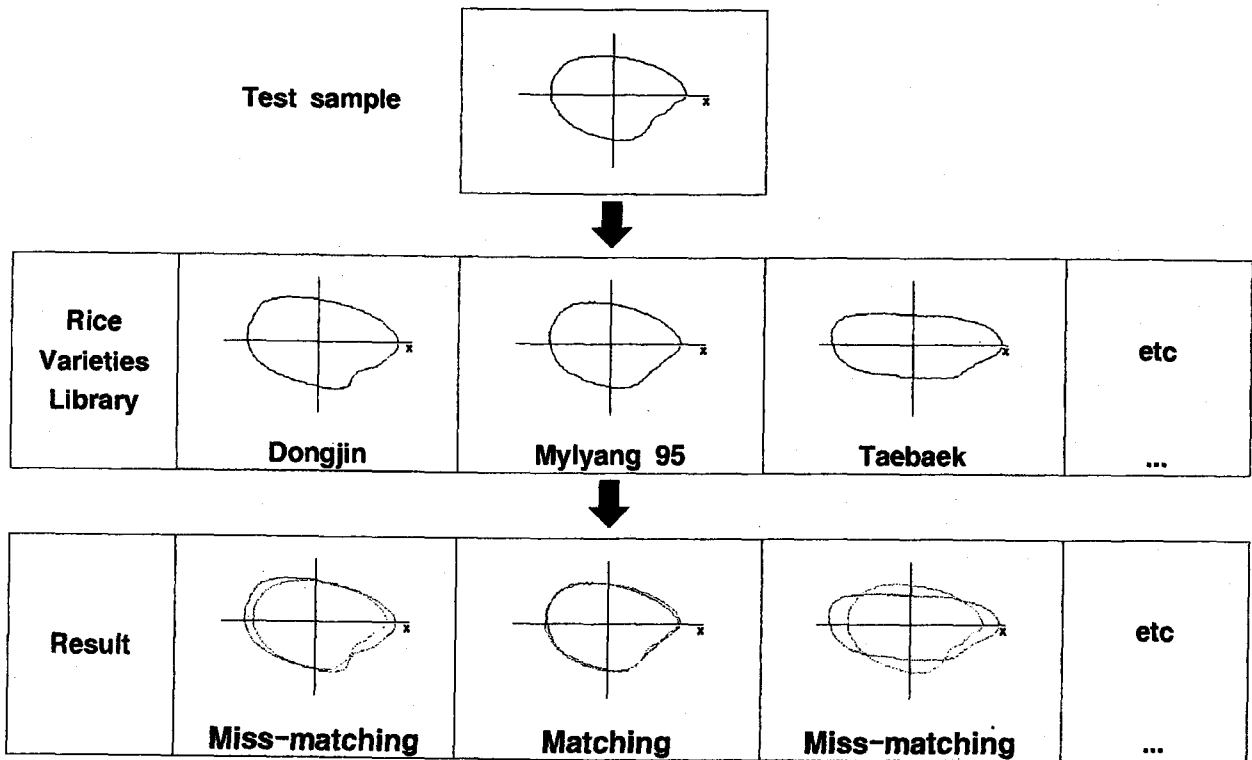


Fig 3. Rice varieties identification by library model

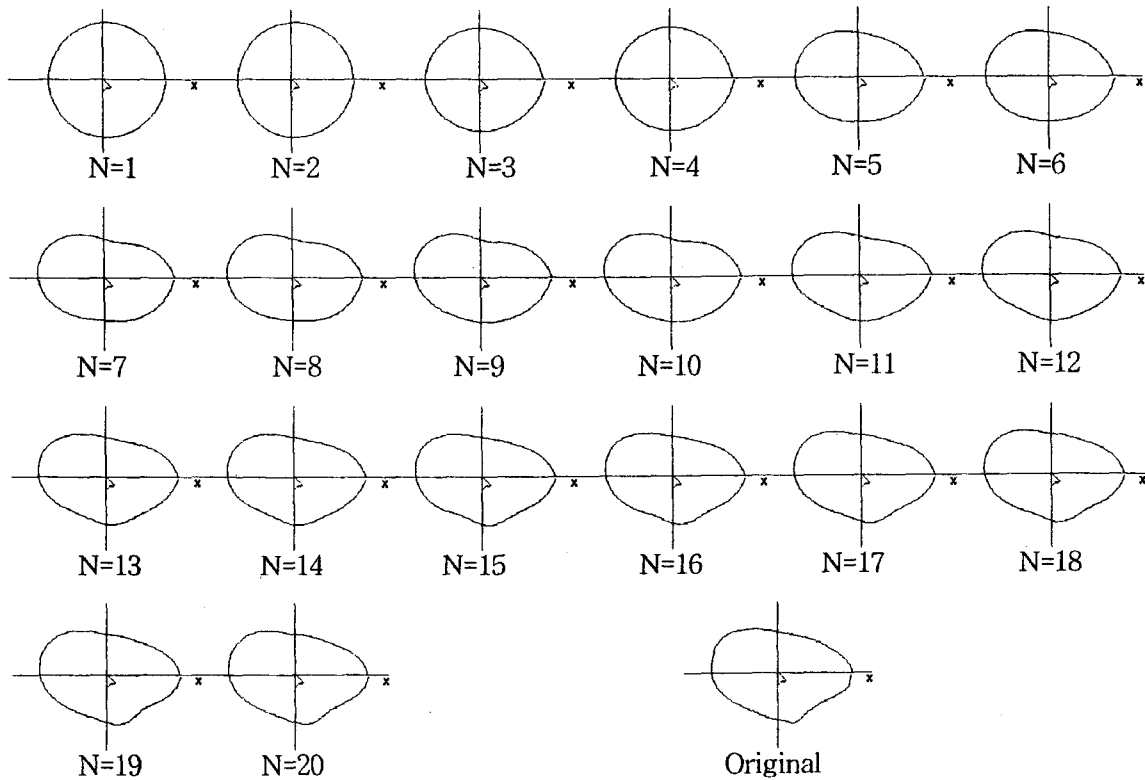


Fig. 4. Data extraction by FFT.

간에는 판별 정확도가 약 85% 정도의 판별율을 나타내었다.

**Neural Network Model에 의한 품종 판별**

신경망회로를 이용한 응용 생물분야의 연구는 아직 미비한데, 본 연구에서는 몇 가지 전처리 과정을 거쳐서 신경망회로를 제작하여 품종간의 판별을 수행하였다.

**윤곽 데이터의 FFT 변환** : 신경망회로에 접근하기 위해서는 변수를 축소화할 필요가 있었다. 따라서 360개의 각도 변수로 표현된 쌀의 영상을 최소의 변수로 나타내기 위해 Fourier Transform(FT)을 수행하였다. FT는 삼각함수의 무한(-∞~+∞) 합으로 비정형 곡선을 일정한 수식으로 표현할 수가 있는데, 보다 신속한 데이터 처리를 위해 sin 함수를 -π에서 +π로 축소시킨 Fast Fourier Transform(FFT)을 수행하였다.

FFT를 수행후 원래의 영상을 복원하는데는 얼마나 많은 계수가 필요한지를 확인하기 위해 Fig. 4에서는 계수를 1개에서 20개로 증가하면서 원래의 영상으로 복원되는 과정을 나타내었는데, 20개 정도의 변수로서 원래 쌀의 영상이 복원됨을 알 수 있었다.

**신경회로망 구조** : Neural Network란 신경회로망로서 생물체에 있어 신경망을 컴퓨터에 응용한 것이다.

본 연구에서는 분류분석에 많이 사용되는 BP Neural Network를 이용하였는데, BP란 역방향 학습을 수행하여 가중치 변경 및 Error를 최소화하는 것으로서 다층 퍼셉트론 {Perceive(지각하다)와 -tron(단위)의 합성어로서 인식가능한 단위란 뜻이다.} 학습에 있어 매우 유용한 신경망의 한가지 방법이다.

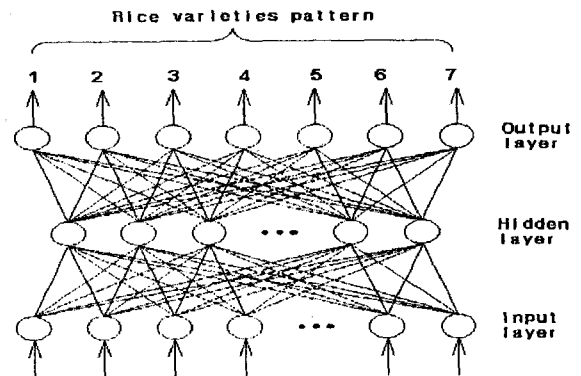


Fig 5. Architecture of a feedforward back-propagation neural network.

본 연구에서는 FFT로 축소화된 쌀알의 영상 데이터를 이용하여, Fig. 5와 같이 BP 알고리즘으로 학습용 데이터로 학습을 시킨후, 검정용 데이터로 학습 정확도를 확인하였다.

입력층의 neuron의 수는 FFT 변환된 20개의 변수를, 은닉층은 10개의 neuron, 출력층의 노드는 품종수를 입력시켰다. Sigmoid 함수를 이용하였으며, 반복수는 최대 1000번, 학습율은 10%, 관성항은 70%, 최대 에러는 1%로하여 학습을 수행하였다.

BP Neural Network에 의한 품종 판별 결과는 Library model의 경우와 유사한 정확도로 판별되었으며, 형태가 매우 다른 경우에는 학습시간이 빠르면서도 정확하게 판별을 하였고, 유사한 형태의 경우에는 만족할만한 결과를 얻지 못했다.

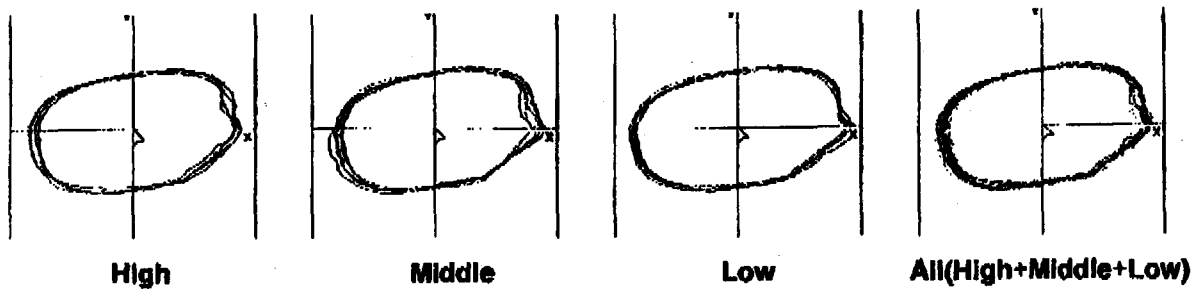


Fig. 6. Comparison of kernel location in rice plant.

#### 정확도 향상을 위한 시도

이상의 결과에 판별의 정확도를 향상시키기 위해서, 쌀 품종 판별에 대해 가장 큰 영향을 줄 것으로 판단되는 요인인 품종내 변이의 원인을 찾고 이를 최소화하고자 하였다.

착립위치에 따른 변이 조사: 쌀의 외형을 관찰하여 품종을 식별하는데 있어 품종내 변이의 매우 중요한 변수가 될 수 있는 착립위치에 따른 쌀알 크기의 차이를 조사하였다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 착립위치가 낮은 곳과 중간 및 높은 곳으로 3구분한 결과와 착립위치의 구분없이 모두 걸쳐 그린 결과를 비교해 보면, 착립위치에 따른 변이는 품종내의 변이 폭에 포함될만큼 작은 것으로 나타났다.

또한 착립 위치가 다소 다르다고 할지라도 다음 데이터 처리과정에서 Normalize를 수행한다면 착립위치에 대한 쌀알의 형태차이는 품종을 구분함에 있어 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

품종내 변이 최소화: 쌀 시료를 수광화한 데이터는 형상이 유사하다라도 벼 상태에서 달린 위치 또는 재배 조건에 따라서 그 크기에 차이가 날 수 있다. 형태는 유사한데 단지 크기에만 차이가 있다면 데이터 전처리로 품종내의 변이를 최소화할 필요가 있다. 이러한 크기의 차이를 일정하게 정규화 하는 작업을 Normalize라고 한다. Normalize 방법은 최소값을 0, 최대값을 1로 치환하는 것으로 다음의 수식으로 처리가 가능하다.

$$\text{Normalize} = \frac{X_i - \text{Min}_{\text{value}}}{\text{Max}_{\text{value}} - \text{Min}_{\text{value}}}$$

#### 연구전망

쌀 품종별 식별기술을 개발하기 위해 화상처리법을 응용한 결과 신속한 데이터 처리 및 비파괴적이고 현장에서 분석이 가능한 장점을 지니고 있지만 외형을 판별 근거로 한, 본 연구에서는 형태가 매우 상이한 3~5 품종간에는 명확한 판별이 가능하였다. 그러나 형태가 매우 유사한 경우 2품종간의 판별에도 약 85% 정도의 정확도로 판별되어, 국내에서 유통되고 있는 다양한 품종을 모두 본 방법으로만 판별하는데는 곤란할 것으로 사료된다.

즉, 비파괴적인 방법으로서 근적외 분광 분석법을 응용한 내부 품질요인에 의한 쌀 품종별 판별과 본 화상처리 방법을 병행한다면 보다 정확도를 향상시킬 수가 있을 것으로

생각된다. 뿐만아니라, 계속적으로 새로운 신품종이 개발되고 보다 다양하고 광범위한 쌀 품종을 정확하게 판별하기 위해서는 단지 비파괴 방법만으로는 어려움이 따를 것으로 여겨진다.

아직까지 명확하게 쌀 품종별 식별기술이 개발되어 있지 않지만, 현장 응용성이 강한 비파괴법과 정밀 분석이 가능한 유전자에 의한 판별법을 상호 보완적으로 응용한다면 최근 문제가 되고 있는 미곡 유통질서를 바로 잡을 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 1994년도 농림부 농림수산물특정사업 연구비에 의하여 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. 花木眞一, 岩下正雄, 寺嶋廣克 共著 (1995) PC 畫像處理, 機電研究社, 日本.
2. 新しい食品加工技術と装置, 株式會社技秀堂, 457-463, 1991, 日本.
3. Noh, S. H., K. H. Ryu and S. M. Kim (1991) Classification of Aple Coloration Using Image Processing System, *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery* 16(3), 272-280.
4. Noh, S. H., J. W. Lee and S. H. Lee (1992) Development of a Fruit Grader using Black/White Image Processing System(I) -Determining the Size and Coloration-. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 17(4), 354-362.
5. Noh, S. H., J. W. Lee and S. H. Lee (1992) Development of a Fruit Grader using Black/White Image Processing System (II) -Effects of Blurring and Performance of the Fruit Grader-. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 17(4), 363-369.
6. Bae, Y. H. and C. Joo (1993) Evaluation of Surface Color of Apples and Tomatoes by Using Color Sensors. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 18(4), 382-389.
7. Bae, Y. H. (1992) Color Sorting of Apples by Surface Reflectance. *J. of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 17(4), 382-395.
8. Frederick, C. Felker and Jerrold W. Paulis (1993) Quantitative Estimation of Corn Endosperm Vitreosity by Video Image Analysis, *Cereal Chemistry*, 70(6), 685-687.

9. Kwon, Y. K., S. Yasumoto and R. K. Cho (1995) Identification of cultivating country of high-price agricultural products by NIR spectroscopy, 7th International Conference on Near-Infrared Spectroscopy, **20**(8).
10. 田中 豊/脇本和昌 著, 金寛泳/李昇泳 譯 (1992) 多變量統計解析法, 自由아카데미, 日本.
11. Tormod næs, Multivariate Calibration, Norwegian Food Research Institute, Oslovegen 1, N-1430 Aas, Norway.
12. Ellekjær, M. R., Næs, T., Isaksson, and T., Solheim, R., "Identification of sausages with fat-substitutes using near-infrared spectroscopy, Near Infrared Spectroscopy," Bridging the Gap between Data Analysis and NIR Application, pp. 321-326.
13. W. H. Thomsom and Y. Pomeranz (1991) Classification of Wheat Kernels Using Three-Dimensional Image Analysis, *Cereal Chemistry*, **68**(4), 357-361.
14. I. Y. Zayas, K. B. Bechtel, J. D. Wilson and R. E. Dempster (1994) Distinguishing Selected Hard and Soft Red Winter Wheats by Image Analysis of Starch Granules, *Cereal Chemistry*, **71**(1), 82-86.
15. I. Y. Zayas and J. L. Steele (1996) Image Texture Analysis for Discrimination of Mill Fractions of Hard and Soft Wheat, *Cereal Chemistry*, **73**(1), 136-142.
16. Y. R. Chen, S. R. Delwiche and W. R. Hruschka (1995) Classification of Hard Red Wheat by Feedforward Back-propagation Neural Nwtworks, *Cereal Chemistry*, **72**(3), 317-319.
17. S. R. Delwiche and K. H. Norris (1993) Classification of Hard Red Wheat by Near-infrared Deffuse Reflectance Spectroscopy, *Cereal Chemistry*, **70**(1), 29-35.
18. F. E. Dowell, Neural Network Classification of Undamaged and Damaged Peanut Kernels Using Spectral Data. *Optical Eng.*, **33**, pp.2728-2732.
19. 大坪研一, 豊島英親, 岡留博司, 田陽子, 川崎信二 (1995) 精米の品種判別技術の検討, 日本食品科學工學會, 第42回大會講演集, 127.
20. 藤井 剛, 安井明美, 武藤祥代, 豊島英親, 中村澄子, 岡留博司, 川崎信二, 大坪研一 (1996) 日本型米の品種 / 産地の判別技術の検討, 日本食品科學工學會, 第43回大會講演集, 109.
21. 松永隆司 (1989) コメの産地品種銘柄の判別, 食の科學, **131**, 60-71.

---

#### Development of Identification Method of Rice Varieties Using Image Processing Technique

Young-Kil Kwon and Rae-Kwang Cho\* (*Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University*)

**Abstract** : Current discriminating technique of rice variety is known to be not objective till this time because of depending on naked eye of well trained inspector. DNA finger print method based on genetic character of rice has been indicated inappropriate for on-site application, because the method need much labor and skilled expert. The purpose of this study was to develop the identification technique of polished rice varieties using CCD camera images. To minimize the noise of the captured image, thresholding and median filtering were carried out, and edge was extracted from the image data. Image data after pretreatment of normalize and FFT(fast fourier transform) were used for library model and feedforward backpropagation neural network model. Image processing technique using CCD camera could discriminate the variety of rice with high accuracy in case of quite different rice of shape, but the accuracy was reached at 85% in the similar shape of rice.

---

Key words : Rice varieties, Identification, Image processing technique, Library model, FFT, BP Neural Network model

\*Corresponding author