

# 含水率變化가 穀物の 物理的 特性에 미치는 影響(I)

—球形率, 重量, 體積—

## The Effect of Change in Moisture Content on Some Physical Properties of Grains (I)

—Sphericity, Weight, Volume—

吳 武 泳\*  
Oh, Moo Young

### Summary

The Purpose of this study was to investigate the effect of the change in moisture content on some physical properties of grains, and some relations among the properties. Materials included were rough rice, brown rice, barley and wheat with the range of moisture content of 6~26 percent, 7~25 percent, 10~24 percent and 6~22 percent, respectively. Kernel dimension, sphericity, kernel weight, and volume were included as the physical properties of the grains.

The results obtained are summarized as follows;

1. The ratio of grain length to the thickness was in the range of 3.59~4.16 for rough rice(Indica type), 2.98~3.27 for rough rice(Japonica type), 3.25 for brown rice (I. T.), 2.14~2.38 for brown rice(J.T.), 2.92~3.13 for barley and 2.10~2.21 for wheat, respectively.
2. The sphericity was found to be 42 percent for rough rice(I.T.), 48 percent for rough rice(J.T.), 52 percent for brown rice (I.T.), 62 percent for brown rice(J.T.), 45 percent for barley and 61 percent for wheat, respectively.
3. The kernel weight of grains was linealy increased with the increase of moisture content. At a specified moisture content of 14 percent, the kernel weight was shown to be in the range of  $4.72 \times 10^{-5} \sim 3.58 \times 10^{-5} \text{kg}$  for wheat,  $3.60 \times 10^{-5} \sim 3.12 \times 10^{-5} \text{kg}$  for barley,  $2.80 \times 10^{-5} \sim 2.35 \times 10^{-5} \text{kg}$  for rough rice, and  $2.24 \times 10^{-5} \sim 1.82 \times 10^{-5} \text{kg}$  for brown rice, respectively.
4. The kernel volume was linearly increased with the increase of moisture content. The rate of increase was significantly low for rough rice in comparison with the remaining grains. The kernel volume, at a specified moisture content of 14 percent, was in the range of  $3.51 \times 10^{-8} \sim 2.76 \times 10^{-8} \text{m}^3$  for wheat,  $2.84 \times 10^{-8} \sim 2.43 \times 10^{-8} \text{m}^3$  for barley,  $2.93 \times 10^{-8} \sim 1.97 \times 10^{-8} \text{m}^3$  for rough rice, and  $1.61 \times 10^{-8} \sim 1.29 \times 10^{-8} \text{m}^3$  for brown rice, respectively.

---

\*忠北大學校 農科大學

5. The kernel volume of grains was found to be related to the length, width, thickness and kernel weight as a exponential function. The kernel volume was shown to have correlation coefficient to the length factor for rough rice and barley which were of low sphericity, while the width factor was predominant for brown rice and wheat which was of high sphericity.

## I. 緒 論

우리나라의 農業開發은 地域의 大單位化에 의해 農業綜合開發事業으로 발전을 企圖하고 있으며 生産作業의 機械化가 성취되고 있다. 그러나 수확이 후의 관리상태는 정부양곡수급규모가 년간 3,800千%에 이르고 있지만 農家の 경우와 같이 재래식 방법으로 包袋에 담겨져 人力으로 취급되고 있기 때문에 穀物이 質的 量的損失을 발생시키고 있다.

따라서 操作이 쉽고 品質維持를 위한 환경과 大量貯藏容積을 충족할 수 있는 견고한 施設인 Country elevator와 Silo가 많이 건설되어야 할것이다. 이와같은 시설은 美國에서 1940年代부터 콘크리트 학회(ACI)와 국립 Silo협회(NSA)등에 의하여 研究가 始作되었다. 日本에서는 1968년부터 農林省에 의해 집중적으로 건설되었으며<sup>1)</sup> 우리나라에서는 全北米面干拓地域에 1972년 처음 시설되었는데 Silo의 직경은 5m, 높이 32m, 容量 250t 규모로 4基가 1,000t의 貯藏能力을 보유하고 있다.

穀物收穫이후의 工程管理은 주로 物理的 처리과정인데 各工程의 機械와 施設物의 設計나 합리적인 運用을 위해서는 이들 穀物의 物理的 特性에 대한 많은 자료가 필요하다. 특히 穀物의 物理的 性質은 含水量變化에 지배적인 영향을 받고 있다.<sup>2),3)</sup>

穀物은 같은 品種이라도 生産地, 氣候條件, 耕作方法등의 조건에 따라서 差가 크기 때문에 다른 外國자료의 利用에는 문제점이 많이 있다.

우리나라에서 생산되는 穀物에 대해서는 자료가 충분치 못하며 金동<sup>4)</sup>이 벼와 보리에 대한 物理的 性質을 발표한바 있다. 本研究은 우리나라에서 생산되는 主穀에 대하여 含水量變化가 穀物의 치수, 球形率, 重量, 體積등의 物理的 性質에 미치는 영향을 究明하므로써 穀物의 貯藏管理施設의 設計에 필요한 基礎資料를 제공하고자 試圖한 것이다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 材 料

본시험의 試料은 우리나라에서 생산되는 벼, 현미, 보리, 밀등의 穀物을 선택하였으며 米穀은 통일계(Indica Type)와 일반계(Japonica Type)로 구분하였다. 穀物가운데 보리, 밀 그리고 米穀중에서 서광, 추풍은 農村振興廳의 장려품종으로 1982년도 생산품이고 그밖의 米穀은 忠北農村振興院의 장려품종으로 1982년도 생산품이다.

### 2. 方 法

#### 1) 含水量

穀物의 乾燥重量은 試料를 20gr.씩 채취하여 3반복으로 定溫乾燥器 속에서 48시간 동안 105±5°C로 건조한 값이며 含水量은 含水率로 나타냈으며 濕量基準(w.b.)으로 하였다.<sup>6),10)</sup> 그리고 저울의 精度는 0.01gr.이었다.

試料은 높은 含水率을 얻기 위하여 3~5분 정도<sup>10)</sup> 물속에 담그었다가 비닐포장하여 48시간 동안 15°C 이하의 室溫에서 보관하여 水分平衡에 도달한후 시험을 시작하였다.

含水率을 변화시킨 범위는 穀物을 수확한후 운반 저장관리하는데 발생가능성이 있다고 생각되는 정도로 조정하였는데 벼의 경우 6~26%, 현미 7~25%, 보리 10~24%, 밀 6~22%등으로 하였다.

#### 2) 穀粒의 치수

穀物 各品種의 特性을 구분하기 위하여 치수를 측정하였는데 측정기기는 0.01mm 정밀도의 Dial thickness gage를 이용하여 穀物의 길이와 폭, 두께를 측정하였다. 여기서 두께는 가장 작은 치수를 말한다.<sup>8)</sup> 치수측정은 6반복 하였다.

#### 3) 穀粒의 重量과 體積

穀粒試料은 각각 25~30gr. 정도를 채취하여 시험하였으며 粒數는 벼 700~900個, 현미 1,000~1,500個, 보리 750個, 밀 700個등으로 계량되었다.

含水率變化가 穀物の 物理的特性에 미치는 影響(I)

穀粒重量과 體積측정은 3반복으로 하였다.

穀粒體積 시험은 KSF 2503(굵은 골재의 비중시험방법)을 참고하였으며 다음 式으로 구하였다.

$$K_v = \frac{G_a - G_e}{r_e} \times \frac{1}{n}$$

여기서  $K_v$ ; 穀粒體積( $m^3$ )

$G_a$ ; 공기중에서의 穀物重量(kg)

$G_e$ ; 액체속에서의 穀物重量(kg)

$r_e$ ; 액체의 단위중량( $kg/m^3$ )

$n$ ; 穀粒數

사용된 액체<sup>2,10)</sup>는 Methanol이며 비중은 비중계를 이용하여 시험중 변화를 계속 측정하여 조정하였다. 측정은 0.01gr. 精度로 測定하였다.

4) 球形率

各穀物の 球形率은 다음式에 의하여 계산하였다.

$$S = \frac{dR}{dL} \times 100$$

여기서  $S$ ; 球形率(%)

$dR$ ; 穀粒의 體積과 같은 球의 直徑(m)

$dL$ ; 穀粒의 最大치수(길이)(m)

III. 結果 및 考察

1. 穀粒의 치수 및 球形率

穀物 各品種의 穀粒치수와 球形率은 Table-1과 같다. 表에서 두께는 穀粒의 치수 가운데 가장 작은값을 나타내고 있다.<sup>8,10)</sup> 그리고 측정값의 標準誤差와 變異係數(%)를 구하였으며 또 두께에 대한 길이와 폭의 비율(L/T, W/T)을 구하였다.<sup>8)</sup>

Table-1. Average dimensions and sphericity of grains studied

Variety	Moisture Content (% w.b.)	Length(L) (mm)	Width(W) (mm)	Thickness(T) (mm)	Ratio		Sphericity (%)
		Coeff. of Variability (%)			L/T	W/T	
ROUGH RICE (Indica)							
Kwem Kang	16.0	7.724±0.099 (2.85)	3.154±0.060 (4.24)	2.150±0.038 (3.93)	3.593	1.467	45.6
Seo Kwang	15.5	8.730±0.105 (2.70)	2.998±0.066 (4.93)	2.198±0.021 (2.09)	3.972	1.364	41.0
Chu Pung	14.4	8.108±0.170 (4.70)	2.746±0.122 (9.94)	2.116±0.017 (1.76)	3.832	1.298	41.3
Tai Back	15.5	8.088±0.365 (10.09)	2.794±0.075 (6.03)	2.054±0.030 (3.24)	3.938	1.360	42.6
Pung San	15.0	8.734±0.106 (2.71)	3.002±0.075 (5.61)	2.100±0.042 (4.50)	4.159	1.430	40.7
(Japonica)							
Sam Nam	15.0	7.428±0.105 (3.16)	3.402±0.041 (2.67)	2.270±0.022 (2.14)	3.272	1.499	47.3
Akyebare	15.2	7.002±0.195 (6.24)	3.204±0.045 (3.16)	2.240±0.040 (4.02)	3.126	1.430	48.0
Chi Ak	15.0	7.064±0.176 (5.57)	3.500±0.062 (3.94)	2.366±0.035 (3.34)	2.986	1.479	48.9
BROWN RICE (Indica)							
Seo Kwang	14.3	6.081±0.072 (3.12)	2.516±0.039 (4.15)	1.869±0.016 (2.30)	3.254	1.346	51.6
Chu Pung	14.0	5.775±0.039 (1.93)	2.296±0.027 (3.31)	1.779±0.034 (5.40)	3.246	1.291	53.9
(Japonica)							
Sam Nam	14.0	5.109±0.030 (4.14)	2.991±0.028 (2.44)	2.146±0.020 (2.45)	2.381	1.394	60.8
Akyebare	14.0	4.813±0.058 (2.98)	2.803±0.043 (3.74)	2.077±0.012 (1.40)	2.317	1.349	62.4
Chi Ak	14.0	4.690±0.028 (1.60)	2.994±0.029 (2.56)	2.191±0.054 (6.59)	2.141	1.366	65.4
BARLEY Kang-bori	12.0	7.720±0.180 (5.22)	3.242±0.095 (6.53)	2.640±0.086 (7.26)	2.924	1.228	46.0

Bu Nong	12.0	8.226±0.434 (11.79)	3.268±0.122 (8.37)	2.624±0.121 (10.31)	3.135	1.245	44.2
All-bori	12.0	8.596±0.193 (5.01)	3.606±0.091 (5.62)	2.876±0.121 (9.39)	2.928	1.228	42.6
Jo Kang	12.0	7.570±0.263 (7.77)	3.160±0.111 (7.88)	2.452±0.982 (7.46)	3.037	1.289	47.3
WHEAT							
Nai-mill	11.5	6.744±0.094 (3.11)	3.524±0.054 (3.40)	3.146±0.045 (3.18)	2.144	1.120	60.3
Sae-mill	11.5	6.384±0.111 (3.88)	3.534±0.069 (4.38)	3.040±0.165 (5.40)	2.100	1.163	62.2
Su Weon 215	11.5	6.346±0.088 (3.09)	3.446±0.108 (7.01)	2.866±0.046 (3.61)	2.214	1.202	61.0
All-mill	11.5	6.570±0.265 (9.01)	3.444±0.072 (4.70)	2.970±0.070 (5.28)	2.212	1.160	58.8
Jo Kwang	11.5	6.098±0.101 (3.92)	3.330±0.128 (8.63)	2.836±0.093 (7.34)	2.150	1.174	60.8

2. 穀粒의 重量

1) 벼의 穀粒重量

벼의 穀粒重量과 含水率의 관계는 Fig.1(통일벼), Fig.2(일반벼)와 같고 多項回歸式의 분석결과 一次回歸式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-2와 같다.

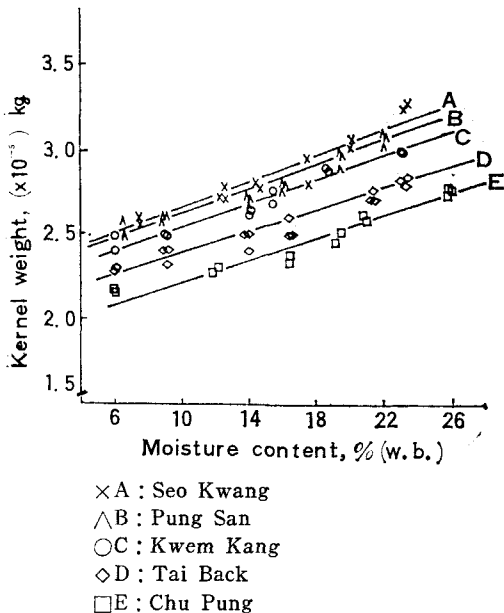


Fig. 1. Effect of moisture content on kernel weight of rough rice (Indica)

2) 현미의 穀粒重量

현미의 穀粒重量과 含水率의 관계는 Fig.3과 같고 多項回歸式의 분석결과 一次回歸式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-3과 같다.

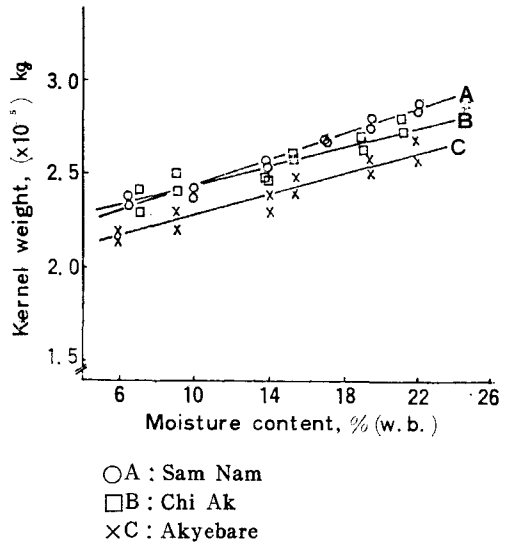


Fig. 2. Effect of moisture content on kernel weight of rough rice (Japonica)

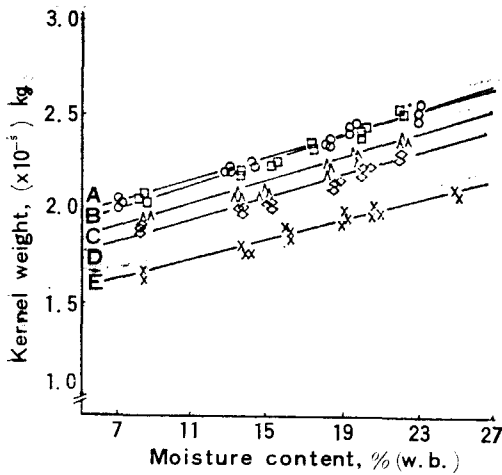
Table-2. Regression equation for kernel weight of rough rice as a function of moisture content

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
(Indica)		
Kwem Kang	$Kw = 2.1910 \times 10^{-5} + 3.4685 \times 10^{-7}M$	0.95024
Seo Kwang	$Kw = 2.2541 \times 10^{-5} + 3.9249 \times 10^{-7}M$	0.91633
Chu Pung	$Kw = 1.9077 \times 10^{-5} + 3.1819 \times 10^{-7}M$	0.94807
Tai Back	$Kw = 2.0957 \times 10^{-5} + 3.0182 \times 10^{-7}M$	0.94710

含水率變化가 穀物の 物理的 特性에 미치는 影響(I)

Pung San	$Kw=2.2730 \times 10^{-5} + 3.4925 \times 10^{-7}M$	0.94550
(Japonica)		
Sam Nam	$Kw=2.0996 \times 10^{-5} + 3.4407 \times 10^{-7}M$	0.97387
Akyebare	$Kw=1.9974 \times 10^{-5} + 2.8284 \times 10^{-7}M$	0.90313
Chi Ak	$Kw=2.1814 \times 10^{-5} + 2.5823 \times 10^{-7}M$	0.87195

Kw; Kernel weight, kg.  
M; Moisture content, % (w.b.)



- A : Seo Kwang
- B : Sam Nam
- △C : Chi Ak
- ◇D : Akyebare
- ×E : Chu Pung

Fig. 3. Effect of moisture content on kernel weight of brown rice (Indica, Japonica).

Table-3. Regression equation for kernel weight of brown rice as a function of moisture content.

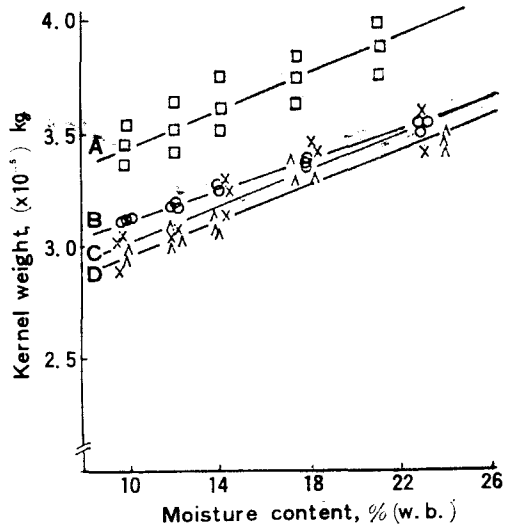
Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
(Indica)		
Seo Kwang	$Kw=1.8030 \times 10^{-5} + 3.1320 \times 10^{-7}M$	0.97364
Chu Pung	$Kw=1.4367 \times 10^{-5} + 2.7286 \times 10^{-7}M$	0.96934
(Japonica)		
Sam Nam	$Kw=1.7450 \times 10^{-5} + 3.4025 \times 10^{-7}M$	0.98291
Akyebare	$Kw=1.6060 \times 10^{-5} + 3.0387 \times 10^{-7}M$	0.88998

Chi Ak	$Kw=1.6785 \times 10^{-5} + 3.1739 \times 10^{-7}M$	0.96741
--------	---	---------

Kw; Kernel weight, kg.  
M ; Moisture content, % (w.b.)

3) 보리의 穀粒重量

보리의 穀粒重量과 含水率의 관계는 Fig.4와 같고 多項回歸式의 분석결과 1次回歸式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-4와 같다.



- A : Bu Nong
- B : All-bori
- ×C : Jo Kang
- △D : Kang bori

Fig. 4. Effect of moisture content on kernel weight of barley.

Table-4. Regression equation for kernel weight of barley as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
Kang-bori	$Kw=2.5615 \times 10^{-5} + 4.0030 \times 10^{-7}M$	0.94133
All-bori	$Kw=2.7701 \times 10^{-5} + 3.4359 \times 10^{-7}M$	0.98989
Bu Nong	$Kw=3.0223 \times 10^{-5} + 4.1369 \times 10^{-7}M$	0.76547
Jo Kang	$Kw=2.6141 \times 10^{-5} + 4.0765 \times 10^{-7}M$	0.86157

Kw; Kernel weight, kg.  
M; Moisture content, % (w.b.)

4) 밀의 穀粒重量

밀의 穀粒重量과 含水率의 관계는 Fig.5와 같고 多項回歸式의 분석결과 1次 回歸式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-5와 같다.

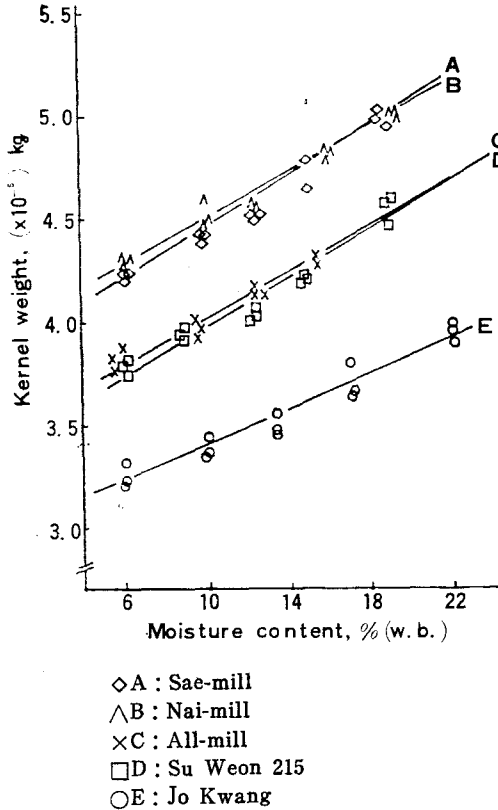


Fig. 5. Effect of moisture content on kernel weight of wheat.

Table-5. Regression equation for kernel weight of wheat as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
Nai-mill	$Kw = 3.9475 \times 10^{-6} + 5.5035 \times 10^{-7}M$	0.93289
All-mill	$Kw = 3.3843 \times 10^{-6} + 5.8150 \times 10^{-7}M$	0.94942
Sae-mill	$Kw = 3.8413 \times 10^{-6} + 6.1241 \times 10^{-7}M$	0.94938
Su Weon 215	$Kw = 3.4468 \times 10^{-6} + 5.6208 \times 10^{-7}M$	0.94282
Jo Kwang	$Kw = 2.9773 \times 10^{-6} + 4.2877 \times 10^{-7}M$	0.94272

Kw; Kernel weight, kg.  
M; Moisture content, % (w.b.)

以上の 결과를 考察하면 穀物重量은 모든 穀物에서 含水率증가와 함께 증가되었고 1次回歸關係가 인정되었으며 含水率 1% 증가할때 重量증가율은 밀이 가장 높고 다음이 보리인데 현미와 벼사이의 차이는 별로 나타나지 않았다. 각 穀物の 穀粒重量 크기는 含水率이 변하여도 밀, 보리, 벼, 현미의 순서로 나타났다.

3. 穀粒體積

1) 벼의 穀粒體積

벼의 穀粒體積과 含水率의 관계는 Fig.6(통일벼) 및 Fig.7(일반벼)과 같고 多項回歸式의 분석결과 1次 回歸式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-6과 같다.

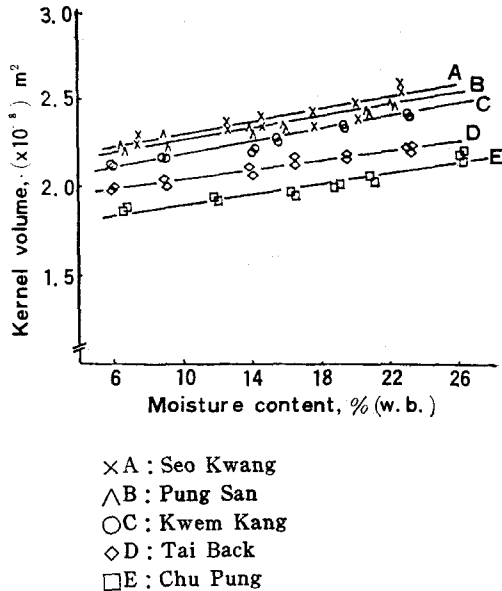


Fig. 6. Effect of moisture content on kernel volume of rough rice (Indica)

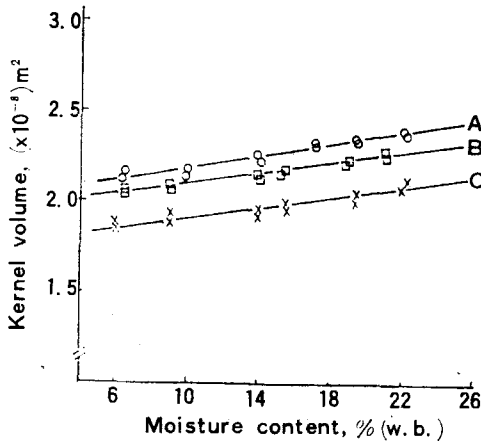
Table-6. Regression equation of kernel volume of rough rice as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
(Indica)		
Kwem Kang	$Kv = 2.0014 \times 10^{-9} + 1.8831 \times 10^{-10}M$	0.95010
Seo Kwang	$Kv = 2.1331 \times 10^{-9} + 1.8122 \times 10^{-10}M$	0.85953
Chu Pung	$Kv = 1.7487 \times 10^{-9} + 1.6115 \times 10^{-10}M$	0.94451

含水率變化가 穀物の 物理的 特性에 미치는 影響(I)

Tai Back	$Kv=1.9030 \times 10^{-8}$ $+1.5323 \times 10^{-10}M$	0.93000
Pung San	$Kv=2.1001 \times 10^{-8}$ $+1.8118 \times 10^{-10}M$	0.93358
(Japonica)		
Sam Nam	$Kv=2.0084 \times 10^{-8}$ $+1.7487 \times 10^{-10}M$	0.95312
Akyebare	$Kv=1.7875 \times 10^{-8}$ $+1.4091 \times 10^{-10}M$	0.95326
Chi Ak	$Kv=1.9630 \times 10^{-8}$ $+1.4142 \times 10^{-10}M$	0.91294

Kv; Kernel volume,  $m^3$   
M; Moisture content, % (w.b.)



○A : Sam Nam  
□B : Chi Ak  
×C : Akyebare

Fig. 7. Effect of moisture content on kernel volume of rough rice (Japonica).

2) 현미의 穀粒體積

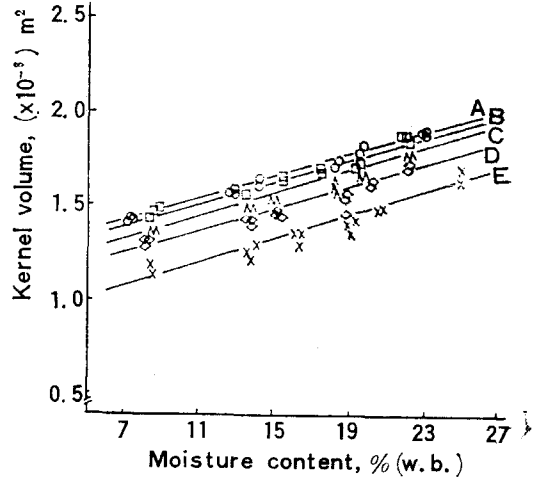
현미의 穀粒體積과 含水率의 관계는 Fig.8과 같고 多項回歸式의 분석결과 1次式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-7과 같다.

Table-7. Regression equation for kernel volume of brown rice as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
(Indica)		
Seo Kwang	$Kv=1.2249 \times 10^{-8}$ $+2.8216 \times 10^{-10}M$	0.97456
Chu Pung	$Kv=8.6746 \times 10^{-8}$ $+3.0442 \times 10^{-10}M$	0.84019

(Japonica)		
Sam Nam	$Kv=1.2052 \times 10^{-8}$ $+2.7214 \times 10^{-10}M$	0.59447
Akyebare	$Kv=1.0576 \times 10^{-8}$ $+2.7906 \times 10^{-10}M$	0.89755
Chi Ak	$Kv=1.1186 \times 10^{-8}$ $+2.9244 \times 10^{-10}M$	0.96138

Kv; Kernel volume,  $m^3$   
M; Moisture content, % (w.b.)



○A : Seo Kwang  
□B : Sam Nam  
△C : Chi Ak  
◇D : Akyebare  
×E : Chu Pung

Fig. 8. Effect of moisture content on kernel volume of brown rice (Indica, Japonica).

3) 보리의 穀粒體積

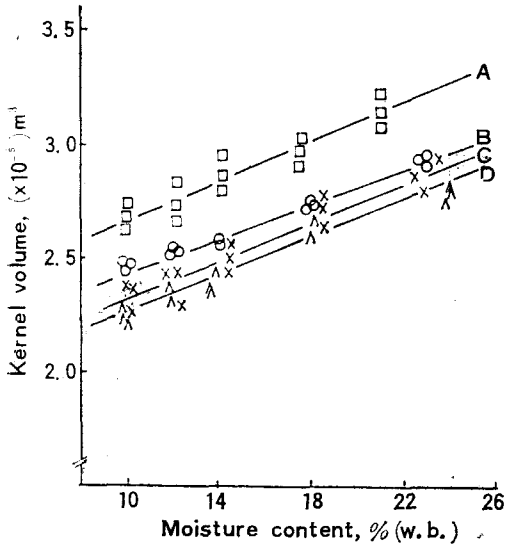
보리의 穀粒體積과 含水率의 관계는 Fig.9와 같고 多項回歸式으로 분석한 결과 1次式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-8과 같다.

Table-8. Regression equation for kernel volume of barely as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
Kang-bori	$Kv=1.8544 \times 10^{-8}$ $+4.1028 \times 10^{-10}M$	0.95617
All-bori	$Kv=2.0611 \times 10^{-8}$ $+3.7564 \times 10^{-10}M$	0.98770
Bu Nong	$Kv=2.2277 \times 10^{-8}$ $+4.3658 \times 10^{-10}M$	0.88285

Jo Kang  $K_v = 1.8989 \times 10^{-8} + 4.2587 \times 10^{-10} M$  0.93666

$K_v$ ; Kernel volume,  $m^3$   
 $M$ ; Moisture content, % (w.b.)



□A : Bu Nong  
 ○B : All-bori  
 ×C : Jo Kang  
 △D : Kang-bori

Fig. 9. Effect of moisture content on kernel volume of barely.

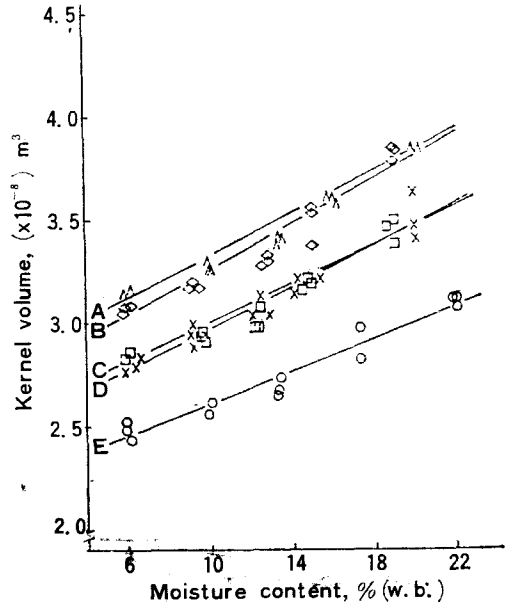
4) 밀의 穀粒體積

밀의 穀粒體積과 含水率과의 관계는 Fig.10과 같이 多項回歸式으로 분석한 결과 1次式에서 높은 有意性이 인정되었으며 Table-9와 같다.

Table-9. Regression equation for kernel volume of wheat as a function of moisture content.

Variety	Regression eq.	R <sup>2</sup>
Nai-mill	$K_v = 2.8025 \times 10^{-8} + 5.0882 \times 10^{-10} M$	0.95461
All-mill	$K_v = 2.5152 \times 10^{-8} + 4.6927 \times 10^{-10} M$	0.93937
Sac-mill	$K_v = 2.7059 \times 10^{-8} + 5.4623 \times 10^{-10} M$	0.93733
Su Weon 215	$K_v = 2.4712 \times 10^{-8} + 4.9721 \times 10^{-10} M$	0.92912
Jo-Kwang	$K_v = 2.2201 \times 10^{-8} + 3.9020 \times 10^{-10} M$	0.94014

$K_v$ ; Kernel volume,  $m^3$   
 $M$ ; Moisture content, % (w.b.)



△A : Nai-mill  
 ◇B : Sea-mill  
 □C : All-mill  
 ×D : Su Weon 215  
 ○E : Jo Kwang

Fig. 10. Effect of moisture content on kernel volume of wheat.

以上の 결과를 고찰하면 穀粒體積은 含水量 증가와 함께 各穀物에서 모두 一次式으로 증가되며 含水率 1% 증가할때 穀粒體積 증가율은 밀이 가장 높고 다음이 보리인데 현미는 벼보다 상당히 높으며 또 통일계가 일반계보다 높은 값을 보이고 있다.

Fort등<sup>5)</sup>의 옥수수과 Wratten<sup>15)</sup>, 金등<sup>17)</sup>의 벼에 대한 연구결과에서도 穀粒體積은 1次式으로 증가된다고 하였다.

벼의 體積증가율이 현미보다도 상당히 적은것은 벼의 단단한 껍질 때문이라 생각된다.

各穀物の 穀粒體積의 크기순서는 含水率이 변하여도 같으며 큰것부터 밀, 보리, 벼, 현미의 순으로 나타났다. 벼와 현미에서 통일계가 일반계보다 큰것을 알 수 있는데 이것은 Table-1의 L/T값이 통일계가 일반계보다 높은것과 같은 경향이다.

4. 穀粒의 치수 및 重量이 體積에 미치는 영향

穀粒의 體積을 特性길이 (Characteristic Length,



含水率變化가 穀物の 物理的 特性에 미치는 影響(I)

L.W.T.) 및 穀粒의 重量을 變數로 하는 函數關係를 구하였는데 그 결과를 요약하면 Table-10, 11과 같다.

表에서 보는바와 같이 穀粒의 體積과 特性지수간의 관계는 穀粒의 含水率 한수준에서만 구한 식이지만 일반적으로 穀粒의 各尺寸가 含水率에 따라 직선적으로 變하기 때문에 含水率이 다른 경우의 穀粒 體積을 예측할 때에도 이식들이 큰 오차없이 이용될 수 있을 것으로 생각되고 穀粒의 體積과 重量과의 關係式은 주어진 범위내에서는 實測値와 잘 一致함을 알 수 있었다.

Table-12는 穀粒의 體積과 各尺寸와의 相關係數로 표시하였는데 球形率이 작은 즉 穀粒의 현상이 비교적 細長한 벼와 보리의 경우에는 그 體積과 길이간의 相關係數가 높게 나타났으며 球形率이 큰 현미와 밀에서는 幅과의 相關係數가 가장 높게 나타났다. 대체로 모든 供試材料에서 두께와의 相關係數가 가장 작은값을 나타내고 있으며 各數式의 決定係數(R<sup>2</sup>)도 球形率이 높은 경우에 높게 나타났으며 이러한 현상들은 Chuma등<sup>2)</sup>의 研究結果와 매우 유사한 경향이였다.

Table-10. Exponential equations for volume of grain kernel as a function of length, width and thickness of grain.

Grains	M.C (%, w.b.)	Exponential equations			R <sup>2</sup>	
ROUGH RICE						
Indica	15.0	Kv=0.9834	L <sup>1.0380</sup>	W <sup>1.8794</sup>	T <sup>-1.0209</sup>	0.9123
Japonica	15.0	Kv=0.6697	L <sup>1.8422</sup>	W <sup>0.8155</sup>	T <sup>-0.2093</sup>	0.9661
BROWN RICE						
Indica	14.3	Kv=9.6507	L <sup>0.1585</sup>	W <sup>0.2145</sup>	T <sup>0.0694</sup>	0.9401
Japonica	14.0	Kv=3.0217	L <sup>0.1707</sup>	W <sup>1.9600</sup>	T <sup>-1.1884</sup>	0.9776
BARLEY	12.0	Kv=3.8950	L <sup>0.9082</sup>	W <sup>0.4814</sup>	T <sup>-0.8507</sup>	0.9912
WHEAT	11.5	Kv=0.2346	L <sup>0.4970</sup>	W <sup>2.8701</sup>	T <sup>0.8229</sup>	0.9714

Note: Kv=Volume, 10<sup>-9</sup>m<sup>3</sup>  
 L=Length, 10<sup>-3</sup>m  
 W=Width, 10<sup>-3</sup>m  
 T=Thickness, 10<sup>-3</sup>m

Table-11. Exponential equations for volume of grain kernel as a function of weight of grain kernel.

Grains	M.C (%, w.b.)	Exponential equations		R <sup>2</sup>
ROUGH RICE				
Indica	10-28	Kv=9.9658×10 <sup>-6</sup>	G <sup>0.5798</sup>	0.9999
Japonica	10-28	Kv=1.7969×10 <sup>-5</sup>	G <sup>0.6358</sup>	0.9998
BROWN RICE				
Indica	10-28	Kv=50.0368×10 <sup>-2</sup>	G <sup>1.6008</sup>	0.9947
Japonica	10-28	Kv=13.1485×10 <sup>-3</sup>	G <sup>1.2707</sup>	0.9996
BARLEY	10-28	Kv=2.3646×10 <sup>-2</sup>	G <sup>1.3298</sup>	0.9999
WHEAT	10-28	Kv=5.9785×10 <sup>-3</sup>	G <sup>1.2082</sup>	0.9999

Note: Kv=Volume of grain kernel, m<sup>3</sup>  
 G=Weight of grain kernel, kg.

Table-12. Correlation coefficients between dimensions and volume of grains

Grains	M.C (%, w.b.)	Volume			Sphericity (%)
		Length	Width	Thickness	
ROUGH RICE					
Indica	15.0	0.5503	0.5190	0.1711	42.2

Japonica	15.0	0.8822	0.7365	0.1228	48.1
BROWN RICE					
Indica	14.3	0.8455	0.9126	0.3177	52.8
Japonica	14.0	0.5845	0.9149	0.6239	62.9
BARLEY	12.0	0.9198	0.7980	0.6707	45.0
WHEAT	11.5	0.8463	0.9538	0.9229	60.6

#### IV. 摘 要

本研究은 우리나라에서 生産되는 主穀에 대하여 含水率變化가 穀物の 物理的 特性에 미치는 影響을 究明함으로서 穀物貯穀管理施設의 設計에 필요한 基礎資料를 제공하고자 시도한 것이다.

穀物試料의 종류와 변화시킨 含水率의 범위는 벼가 6~26%, 현미는 7~25%, 보리 10~24%, 밀 6~22% 등이었다.

研究結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 穀粒의 길이와 두께의 비(L/T)는 통일벼가 3.59~4.16, 일반벼 2.98~3.27, 통일현미 3.25, 일반현미 2.14~2.38, 보리 2.92~3.13 밀은 2.10~2.21등으로 밀과 일반현미의 값이 가장 작았었다.

2) 球形率은 통일벼가 42%, 일반벼 48%, 통일현미 52%, 일반현미 62%, 보리 45%, 밀 61%등으로 밀과 일반현미가 제일 높았었다.

3) 穀粒重量은 含水率이 증가할때 1次回歸관계로 증가되며 含水率이 14%일때 밀은  $4.72 \times 10^{-5}$  ~  $3.58 \times 10^{-5}$ kg, 보리는  $3.60 \times 10^{-5}$  ~  $3.12 \times 10^{-5}$ kg, 벼는  $2.80 \times 10^{-5}$ kg, 현미는  $2.24 \times 10^{-5}$  ~  $1.82 \times 10^{-5}$ kg, 등이었다.

4) 穀粒體積은 含水率이 증가할때 一次回歸關係로 증가되며 증가율은 벼의 경우 다른 穀物보다 상당히 낮았다. 含水率 14%일때 穀物體積은 밀이  $3.51 \times 10^{-8}$  ~  $2.76 \times 10^{-8}$ m<sup>3</sup>, 보리가  $2.84 \times 10^{-8}$  ~  $2.43 \times 10^{-8}$ m<sup>3</sup>, 벼는  $2.39 \times 10^{-8}$  ~  $1.97 \times 10^{-8}$ m<sup>3</sup>, 현미는  $1.61 \times 10^{-8}$  ~  $1.29 \times 10^{-8}$ m<sup>3</sup> 등이었다.

5) 穀粒의 體積을 길이, 폭, 두께 및 重量을 변수로 하는 指數關係式으로 구하였다. 球形率이 작은 벼와 보리에서는 體積과 길이간의 相關係數가 높게 나타났으며 球形率이 큰 현미와 밀에서는 幅과 의 相關係數가 높게 나타났다.

#### 參 考 文 獻

1. Brusewitz, G.H., Density of rewetted high moisture grains, Trans. of the ASAE, 18(5) 935~938. (1975)
2. Bushuk, W. and I. Hlynka, Weight and volume changes in wheat during sorption and desorption of moisture, J. of Cereal Chemistry, 37 : 390~398. (1960)

3. Chuma, Y., Uchida, S., Shemsanga, K.H.H., Simultaneous measurement of size, surface area, and volume of grains and soybeans, Trans. of the ASAE, 25(6) : 1752~1756. (1982)
4. Chung, D.S. and H.H. Converse, Effect of moisture content on some physical properties of grains, Trans. of ASE, 14(4) : 612~620. (1971)
5. Forts, M. and M.R. Okos, Changes in physical properties of corn during drying, Trans. of the ASAE, 23(4) : 1004~1008. (1980)
6. Gustafson, R.J. and G. E. Hall, Density and porosity changes of shelled corn during drying, Trans. of the ASAE, 15 : 523~525.
7. 金滿秀, 高學均, 穀物の 物理的 特性에 관한 研究. 農機械學會誌, 6(1) : 73~82. (1981)
8. Kramer, H.A., Physical dimenions of rice, J. of Agricultural Engineering, 32(10) : 541~545. (1951)
9. Miles, S.R., The relation between the moisture content and the test weight of corn, J. of American Society Agronomy, 29 : 412~418. (1937)
10. Morita, T. and R.P. Singh, Physical and thermal properties of short grain rough rice, Trans. of the ASAE, 22(3) : 630~636. (1979)
11. 村田稔尙, 八郎瀧干拓地에 おける カントリエレベタ, 農業施設 1(1-2) : 85~95. (1971)
12. Nelson, S.O., Moisture-dependent kernel and bulk density relationships for wheat and corn, Trans. of the ASAE, 23(1) : 139~143. (1980)
13. 坂井直樹, かさ密度의 測定から みた 穀物의 充てん 特性, 農業施設, 12(1) : 2~7. (1982)
14. Schroeder, R.J. and R.J. McGinty, Device for automatically determining weight per bushel of grains, Trans. of the ASAE, 14(1) : 34~37. (1971)
15. Wratten, F.T., W.D. Poole, J.L. Chesness, S. Bal and V. Ramarao, Physical and thermal properties of rough rice, Trans. of the ASAE, 12(6) : 801~803. (1969)