

# 小麥의穗數調查를 위한標本單位의 크기와標本數 決定

張 錫 煥\* · 河 龍 雄\*\*

## Determination of Size and Number of Sampling Units for Spike Count in Wheat

Chang, S. H.\* and Y. W. Ha\*\*

### ABSTRACT

An attempt has been made to determine the optimum size of sampling unit and the number of samples for a given precision in wheat, using the data collected from the various experiments in 1979/80. It was found that the coefficients of variation for number of spikes except the case of high-ridge broadcasting by 8HP rotarized seeder are in the same order of those for yield of wheat, and the regression coefficients associated with the coefficients of variation and the size of sampling unit were significant at 1% level of type I error. A wide range of variation in the size of sampling unit was observed for different methods of seeding, indicating the proper sizes of sampling units for 40cm x 18cm, 60cm x 18cm, 20cm x 5cm, 120cm x 90cm to be 0.40m<sup>2</sup>, 0.17m<sup>2</sup>, 0.11m<sup>2</sup>, 0.55m<sup>2</sup>, respectively. The variance component for the experimental error was not physically possible to estimate due probably to high variability among the sampling units. The number of the sampling units per plot for a given precision of CV=12% was estimated to be one in an experiment with 4 replicates.

### 緒 言

Smith<sup>1)</sup>의 Empirical variance law는 여러가지 作物에 대한 適正試驗區 決定에 많이 利用되어 왔으며 Smith가 土壤의 變異係數를 Weighted regression 技法으로 구해야 한다고 한데 대하여 Koch<sup>2)</sup>은 美國 North Carolina에서 實施한 15個의 煙草試驗, 10個의 綿花試驗成績을 利用하여 分散成分(Variance components)에 대한 Plot variance의 推定值를 根據로 하여 試驗區의 크기를 檢討한 바 있다. 一般적으로 最少自乘法에 依한 이들 推定值도 Smith의 加重回歸技法에 依한 推定值와 別차이 없다고 하였으며, 또

Federer<sup>3)</sup>와 Hatheway 등<sup>3)</sup>도 Smith의 Variance law를 여러모로 檢討한 바 있다. 國際米作研究所<sup>4,5)</sup> 및 尹 等<sup>13)</sup>은 水稻에 대한 最適試驗區 面積을 推定하였고 Kuehl 等<sup>9)</sup>은 棉花, Zuhlke 等<sup>14)</sup>은 豌豆에 대한 最適試驗區를 推定한 바 있다. 吳 等<sup>10)</sup>이 水稻의 莖數調查를 爲한 標本數 決定에 關하여 研究한 것을 除外하고는 이들 研究는 모두 作物의 收量을 變數로 하여 試驗單位로서 試驗區의 크기를 決定하는데 主眼點을 두었으며, 特別히 麥類에 있어서 收量構成要素 推定을 위한 標本單位의 크기와 數에 대한 研究는 거의 볼 수 없으며, 農村振興廳 調查基準<sup>7)</sup>에 의하면 穗數는 運發穗와 被害穗를 除外한 約 0.3m<sup>2</sup>의 總 穗數를 調查하게 되어 있다.

\* 農村振興廳, \*\* 麥類研究所

\* Research Bureau, Office of Rural Development, \*\* Wheat and Barley Research Institute, Suweon 170, Korea

一般的으로 麥類는 水稻에 비하여 標本單位의 크기와 數에 따라 收量變異가 큰 것으로 알려져 있고, 주어진 精度로 두 處理間 差를 糾明하기 위한 最適 標本의 크기를 決定한다는 것은 效率인 麥類試驗事業을 위하여 重要하고도 時急한 問題라고 본다.

따라서 本研究의 目的은 小麥의 收量構成要素中 收量에 가장 큰 影響을 주는 穗數調查에 必要한 標本單位의 크기 및 標本數를 栽培樣式別로 糾明하여 效率인 麥類試驗事業을 위한 基礎資料를 提供함에 있다.

## 材料 및 方法

### 1. 資料蒐集

本研究에 쓰인 材料는 麥類研究所 圃場(華東統인 微砂質 殖壤土)에서 1979/80年度에 實施한 여러가지 試驗中 代表的인 栽培樣式別로 實際에 가까운 施肥區를 選定하여 單位面積當(標本單位) 穗數를 調查하였으며, 各 栽培樣式別 耕種方法은 表 1과 같다. 慣行, 狹幅播 및 Drill播의 境遇 穗數調查의 最小單位

Table 1. Agricultural Practices for different cultivation methods.

Cultivation method	Row space × seeding belt	Seeding rate	Seeding date	Fertilizer application
	cm	kg/10a		N - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - K <sub>2</sub> O - Lime
Conventional	60 × 18	15	Oct. 5	12 - 9 - 7 - 240
Narrow seeding	40 × 18	15	"	"
Drill seeding	20 × 5	17.5	"	Integrated treatment for high yielding
High-ridge broadcasting	120 × 90	15	"	"

를 畦幅×30cm로 하여 1個의 標本單位面積은 各各 0.18, 0.12, 0.06 m<sup>2</sup>이었고, 全體調查面積은 6m×6m로써 栽培樣式別 調查된 標本單位數는 120이었으며 畦立廣撒播의 境遇는 標本單位를 120cm×20cm로 하여 2畦×6m 內의 穗數를 調查하였다.

### 2. 標本單位의 決定

圃場試驗에서 選定된 處理區에서는 모든 條件이 均一하다고 假定하면 하나의 均一度試驗(Uniformity test)으로 看做할 수 있겠으며 標本單位의 面積과 變異係數와의 사이에는 Smith의 Variance law와 類似한 指數函數關係에 있다는 것은 잘 알려진 事實이다. 即  $Cx$ 를  $x$ 個의 標本單位(Sampling Units)를 1單位로 하였을 때의 變異係數,  $b$ 를 回歸係數라 하면 變異係數와 標本單位의 面積과의 關係는 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$Cx = a \times \beta \dots\dots\dots (1)$$

式(1)에서  $Cx$ 는 一元配置法에 依據 各畦의 效果를 考慮한 殘差에서 구하였으며 Smith의 Variance law에서는 回歸係數  $b$ 의 값이  $0 < b < 1$ 의 條件을 前提로 하고 있어서 調查費用을 考慮하지 않더라도  $b$ 의 값이 1에 收斂할 때 推定된 標本單位의 크기는 非合理性을 면치 못한다. 따라서 實際에 付合하는 方法은 바람직한 精度를 위한 標本單位는 式(1)의 推定式에서 쉽게 推定할 수 있다. 即,

$$l_n x = \frac{l_n C_0 - l_n a}{b} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)에서  $C_0$ 는 주어진 精度를 나타내는 目的變異係數이며  $a$  및  $b$ 는 各各 式(1)의  $\alpha$  및  $\beta$ 의 推定值이다.

### 3. 標本數의 決定

一般的으로 收量이나 收量構成要素 또는 其他 作物의 特性에 대한 眞差를 檢定하거나 處理에 대한 母數(Parameter)를 推定하기 위하여 標本을 取하는데 이때에 適定標本數는 分散成分을 推定하여 決定하는 것이 보통이다. Abraham<sup>1)</sup> 및 吳等<sup>9)</sup>과 같이 標本單位當 穗數가 正規分布를 한다고 假定하면 模型方程式은 式(3)과 같이 表示할 수 있겠다. 即,

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \epsilon_{ij} + \omega_{ijk} \dots\dots\dots (4)$$

- $\mu$ : 全體平均
- $\alpha_i$ :  $i$ 번째 반복 효과( $i=1, 2, \dots, r$ )
- $\tau_j$ :  $j$ 번째 처리 효과( $j=1, 2, \dots, t$ )
- $\epsilon_{ij}$ : 試驗誤差
- $\omega_{ijk}$ : 標本誤差( $k=1, 2, \dots, n$ )

여기서  $\epsilon_{ij}$ 는  $iid N(0, \sigma^2)$ ,  $\omega_{ijk}$ 는  $iid N(0, \sigma^2)$ 의 分布를 한다고 假定하면 分散分析表는 다음 表 2와 같다.

$\bar{y}$ 를  $nr$ 標本單位의 平均이라 하면  $\bar{y}$ 에 대한 分散

**Table 2.** Structure of the analysis of variance and expected mean square.

Source of variation	df	Mean square	Expected mean square
Replications	$r - 1$		
Treatments	$t - 1$		$\sigma^2 + n\sigma_e^2 + nr \frac{\sum(\tau_j - \tau_0)^2}{t-1}$
Error	$(r-1)(t-1)$	$S_e^2$	$\sigma^2 + n\sigma_e^2$
Sampling Error	$rt(n-1)$	$S^2$	$\sigma^2$
Total	$nrt - 1$		

은 式(4)와 같이 表示되며 變異係數 C는 式(5)와 같다.

$$V(\bar{y}) = \frac{s_e^2}{nr} = \frac{\hat{\sigma}_e^2}{nr} + \frac{\hat{\sigma}_s^2}{r} \dots\dots\dots (4)$$

$$C = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_e^2}{nr} + \frac{\hat{\sigma}_s^2}{r}} \dots\dots\dots (5)$$

따라서 주어진 精度( $C_0$ )로 小麥의 穗數를 推定하기 위하여 必要한 標本數는 式(5)에서 쉽게 구할 수 있다. 即,

$$n = \frac{C_0^2}{rC_1^2 - C_2^2} \dots\dots\dots (6)$$

여기서  $C_1^2 = (\frac{\hat{\sigma}_e}{\bar{y}} \times 100)^2$ ,  $C_2^2 = (\frac{\hat{\sigma}_s}{\bar{y}} \times 100)^2$ 으로 平均穗數( $\bar{y}$ )에 대한 試驗誤差 및 標本誤差의 百分率을 나타낸다.

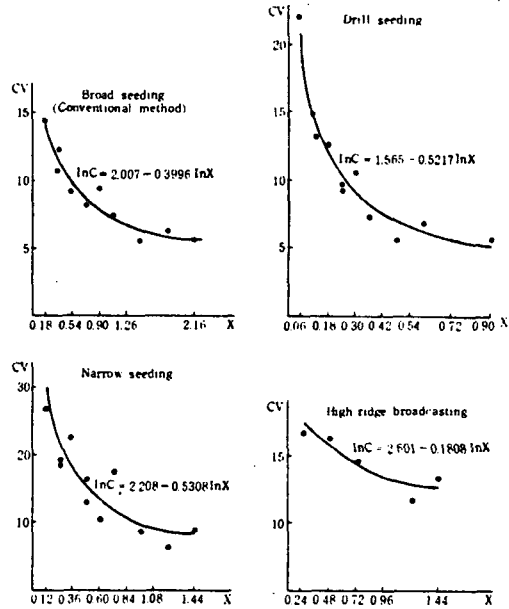
**結果 및 考察**

**1. 標本單位의 크기**

金 等<sup>6)</sup>은 우리나라의 麥類收量에 대한 變異係數를 大麥이 10.85%, 小麥이 9.56%로 報告한 바 있으나 本 研究에서 調查한 小麥의 穗數에 대한 變異係數는 그림 1에서 보는 바와 같이 栽培樣式과 標本單位의 面積에 따라 變하는 樣相이 다르게 나타났다.

麥類收量에 대한 變異係數와 直接 比較할 수는 없겠으나 標本單位面積當 穗數에 대한 變異는 根本的으로 發芽後 立苗狀態의 影響이 크며 이는 또 越冬後 試驗區의 立苗分布狀態와 密接한 關係가 있다고 본다. 慣行과 機械에 의한 Drill播의 境遇는 變異係數가 比較的 적은 便이나 狹幅播와 畦立廣撒播의 境遇는 相當히 높은 變異係數를 보였다. 이는 1979年度에 특히 麥類播種期에 繼續되는 旱魃로 全般的으로 發芽가 不良하여 立苗分布가 不齊一하였으며 畚裏作 條件에서 畦立로타리 播種機로 播種한 畦立廣撒播區에서는 碎土의 不良과 覆土深度의 不均一에 의한 發芽不良 때문인 것으로 생각된다.

各 栽培樣式別 變異係數와 標本單位間의 回歸係數



**Fig. 1.** Relationships between the area of sampling unit and coefficient of variation for different cultivation methods.

는 表 3에서 보는 바와 같이 畦立廣撒播의 境遇를 除外하고 모두 1% 水準에서 有意性을 보였다. 各 栽培樣式別 標本單位面積과 變異係數와의 關係式(그림 1)에서 주어진 變異係數(精度)에 대한 標本單位의

**Table 3.** Regression coefficients and their Standard errors for different cultivation methods.

Cultivation method	df	Regression coefficients	Standard errors	t-values
Conventional	9	-0.3996**	0.0375	10.66
Narrow seeding	9	-0.5308**	0.1015	5.23
Drill seeding	9	-0.5217**	0.0525	9.94
High-ridge broadcasting	3	-0.1808	0.0600	3.01

\*\* stands for significance at 1% level of Type I error.

**Table 4.** Estimated area(m<sup>2</sup>) of sampling unit for a given precision of different cultivation methods.

Cultivation method	Given precision (CV)					
	8	9	10	11	12	15
Conventional	0.83	0.62	0.48	0.38	0.30	0.17
Narrow seeding	1.46	1.17	0.96	0.80	0.68	0.39
Drill seeding	0.37	0.30	0.24	0.20	0.17	0.11
High - ridge broadcasting	-	-	-	3.08	1.90	0.55

面積을 推定하면 表 4와 같다.

CV=12%에 대한 標本單位의 크기는 8HP畦立로타리를 利用한 畦立廣撒播의 境遇 比較的 많은 量의 標本(2m<sup>2</sup>)을 要하며 狹幅播의 境遇 約 0.68m<sup>2</sup>의 標本이 必要한 것으로 나타났고, 慣行과 機械에 의한 Drill播의 境遇는 各各 0.30, 0.17m<sup>2</sup>로 推定되었다. CV=15%를 許容한다면 狹幅播는 約 0.4m<sup>2</sup>, 慣行과 Drill播는 各各 0.17, 0.11m<sup>2</sup>로 推定되었고 畦立廣撒播는 0.55m<sup>2</sup>로 가장 크게 나타났다. 麥類收量과 같은 精度로 穗數를 調査하기 위해서는 現在 農村振興廳의 調査基準에는 栽培法에 구애하지 않고 約 0.3m<sup>2</sup>라고

規定되어 있으나 麥類栽培方法에 따라서는 標本單位를 增大시켜야 한다고 본다.

**2. 標本數**

標本數 決定을 위하여 狹幅播인 三要素試驗 및 畚裏作 條件인 畦立로타리를 利用한 畦立廣撒播試驗의 2個 反復을 選定하여 標本單位面積을 狹幅播의 境遇 0.6m×0.3m=0.18m<sup>2</sup>, 畦立廣撒播의 境遇 1.2m×0.4m=0.48m<sup>2</sup> 內의 穗數를 調査한 結果의 分散分析은 表 5와 같다.

一般的으로 麥類의 穗數에 대한 變異가 큰 것은 事

**Table 5.** Analysis of variance for different cultivation methods.

Source of variation	Narrow rows				High plateau	
	df	Mean squares		df	Mean square	
		Chokwang	Suweon # 215			
Replications (R)	1	3,020.03	13,781.63	2	582.86	
Treatments (T)	4	3,097.95	847.88	3	3,054.41	
R×T	4	1,012.12	1,304.38	6	306.82	
Sampling error	20	1,333.35	1,468.40	24	934.61	
Total	29			35		

實이지만 특히 1979年과 같이 播種期에 旱魃이 심한 해에는 立苗狀態가 均一치 못하므로 標本單位間 穗數의 變異가 커서 表 5에서 보는 바와 같이 栽培樣式 및 品種에 關係없이 標本誤差에 대한 平均平方이

試驗誤差에 대한 그것보다 훨씬 크게 나타났다. 따라서 表 2에 의한  $\sigma_e^2$ 의 推定은 事實上 不可能하며 이러한 條件下( $\hat{\sigma}_e^2=0$ )에서 式(6)에 의한 標本數 推定은 表 6과 같다.

**Table 6.** Estimated number of sampling units to be taken for given precisions for different varieties and cultivation methods.

Cultivation methods and varieties	r = 2				r = 3				r = 4			
	8	10	13	14	8	10	12	14	8	10	12	14
Narrow seeding												
Cho Kwang	3	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
Suweon # 215	5	3	2	2	3	2	2	1	3	2	1	1
High - ridge broadcasting	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1

그림 1에서는 畦立廣撒播의 變異係數가 가장 높게 나타난데 비하여 表 6에서의 標本數가 적은 것은 前述한 바와 같이 標本數 決定을 위한 調査面積이 커서

결국 標本誤差가 적었기 때문인 것으로 생각된다. 一般的으로 精度를 CV=12%로 할 境遇 2反復일 때는 各 區에서 2個의 標本單位를 취해야 하며 4反復

일 때는 1個의 標本單位로 充分한 것으로 나타났다.

## 摘 要

麥類試驗에 있어서 標本抽出 體系를 確立하기 위하여 1979/80年 麥類研究所의 圃場에서 實施한 몇가지 小麥栽培樣式에 대한 標本單位의 크기 및 주어진 精度를 위한 標本數 決定을 試圖하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 小麥의 穗數에 대한 變異係數는 畦立廣撒播를 除外하고는 麥類收量의 平均變異係數와 거의 같았다.

2. 穗數의 變異係數와 標本單位의 크기에 대한 回歸係數는 畦立廣撒播를 除外하고 모두 1% 水準에서 有意성을 보였다.

3. 標本單位의 크기는 栽培樣式에 따라 差異가 크며 變異係數 15%를 許容한다면 狹幅播, 慣行 및 Drill播는 各各 0.40, 0.17 및 0.11㎡로 推定되며 畚裏作의 畦立廣撒播는 0.55㎡로 推定되었다.

4. 標本單位間 變異가 심하여 試驗誤差의 分散成分이 零인 條件下에서  $CV=12\%$ 를 위해서 2反復인 境遇는 區當 2個의 標本單位, 4反復인 境遇는 區當 1個의 標本單位로 充分한 것으로 推定되었다.

## 引 用 文 獻

1. Abraham, T.P.(1966) Investigation of field experimental techniques with rice crop. II. Sampling in field experiments for estimation on plant characters and incidence of pests and diseases. Indian. J. Agr. Sci. 36:180-192.
2. Federer, W.T.(1955) Experimental Design. Theory and Application. Oxford & IBH Publishing Co.
3. Hatheway, W.H. and E.J. Williams(1958) Effici-

- ent estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. Biometrics. 14:207-222.
4. The International Rice Research Institute(1969) Annual Report.
5. \_\_\_\_\_ (1970) Annual Report.
6. 金寅煥·尹勤煥·朴錫洪·李榮萬·韓相麟(1964) 主要作物에 對한 圃場試驗의 精度에 關한 研究. 農事試驗研究報告 7(1): 91-98.
7. 金寅煥(1977) 農事試驗研究調查基準. 農村振興廳: 7.
8. Koch, E.J. and J.A. Rigney(1951) A method of estimating optimum plot size from experimental data. Agron. J. 43:17-21.
9. Kuehl, O.R and D.L. Kittock(1969) Estimate of optimum plot size for cotton yield trials. Agron. J. 61:584-486.
10. Oh, W.K., S.H. Chang, and H.C. Lee(1969) A study on the number of sample units for yield components(1). 韓國土壤肥料學會誌 2(1): 75-78.
11. Smith, H.F.(1938) An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. Journal Agri. Sci. 28:1-23.
12. Soplin, H., H.D. Gross, and J.O. Rawlings(1975) Optimum size of sampling unit to estimate coastal Bermuda-grass yield. Agron. J. 67:533-537.
13. 尹勤煥·朴錫洪·李榮萬(1966) 水稻圃場試驗에 있어서 土壤均一度와 適正試驗區 面積推定에 關하여. 農事試驗研究報告 9(1): 127-132.
14. Zuhlke, T.A. and E.T. Gritton(1969) Optimum plot size and shape estimates for pea yield trials. Agron. J. 61: 905-908.