

PENGGUNAAN RANCANGAN PERCOBAAN DALAM TAHAPAN MEMBENTUK VARIETAS JAGUNG SINTETIK

The Step of Experimental Design for Release of Synthetic Maize Variety

M. Yasin HG, dan Firdaus Kasim
Staf Peneliti Pemuliaan & Plasma Nutfah Jagung
Balitsereal, Jln DR Sam Ratulangi 274, Maros

ABSTRACT

In maize, a synthetic variety is usually developed by intermating several superior inbred lines which possess high combining ability. The steps in the formation of synthetic varieties involve different schemes of selection and experimental design. Simple design with no replication and visual selection are commonly practical in early stages of synthetic formation. The evaluation of large number of families or inbreds usually use Alpha Lattice design with two replication, model :

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$. The selected families are then advanced to be recombined by a diallel mating design. Once a new genotype is formed, it will be evaluated for yield and adaptation. The evaluation of new genotypes together with checks consist of preliminary, advance, and multi-location trial. In these stages the design used is RCBD (Randomized Complete Block Design) with 3-4 replications, the model :

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}$$

and pooled design :

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \delta_k + (\alpha\beta)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Further analysis are needed to decide best genotypes derived from multi-site experiments. The yield stability of promising genotypes is determined by using Eberhart and Russel's stability parameters $Y = \mu + \alpha I$, (I : environmental index). The case on 16 synthetic varieties shown that population

Across 8762 is significant on the yield stability, and coefficient of $\sigma^2 = 1.310$.

PENDAHULUAN

Varietas jagung sintetik adalah jenis bersari bebas atau komposit yang dibentuk dari hasil saling silang dari sejumlah (10-14) tetua galur (*inbrida*) murni. Galur-galur murni dihasilkan dari kegiatan silang diri (*selfing*) beberapa generasi dari program perbaikan populasi atau program jagung hibrida. Kegiatan pemuliaan untuk membentuk varietas sintetik terdiri atas beberapa tahap. Setiap tahap melibatkan kegiatan evaluasi yang menghasilkan bahan terpilih. Metoda pemilihan dan rancangan percobaan pada setiap tahap tersebut berbeda.

Genotipe yang dibentuk dari hasil saling silang merupakan jenis sintetik dimana benih turunan F₂ adalah representasi dari suatu calon varietas. Calon-calon varietas biasanya diuji potensi hasil dan adaptasinya dalam percobaan-percobaan daya hasil pendahuluan, daya hasil lanjutan, dan daya hasil multilokasi. Di Balitsereal-Maros famili yang dibentuk umumnya dalam jumlah t^2 : *square* atau $t \times l$: *rectangular* (t, l : bilangan bulat). Jika $t = 20$ berarti ada 400 famili yang akan dievaluasi dan jika $t = 20$ dan $l = 19$ maka ada 380 famili yang dievaluasi. Tulisan ini menyajikan tinjauan dan implementasi dari rancangan percobaan yang terkait dengan proses pembentukan varietas.

TAHAPAN RANCANGAN PERCOBAAN

Tahapan perbaikan populasi sebagai generasi calon varietas sintetik diawali dengan pembentukan famili, kemudian evaluasi famili, dan saling silang dari famili terpilih (rekombinasi). Sedangkan untuk program hibrida, rangkaian kegiatan adalah dengan membentuk galur murni sampai tahap S₄-S₅, *test cross* dan uji daya gabung (*combining ability*). Berikut disajikan penggunaan rancangan percobaan sesuai dengan tahap kegiatan seleksi untuk membentuk calon varietas sintetik.

Tahap 1. Pembentukan Famili

Pembuatan famili adalah untuk bahan evaluasi pada lingkungan tertentu, misalnya target varietas untuk tahan kekeringan, kahat N, atau tahan pada lingkungan tanah marginal. Di Balitsereal-Maros jenis famili yang dibentuk adalah S1, S2, Saudara tiri (*Half sib*), dan Saudara kandung (*Full sib*). Pada tahap ini belum diperlukan model rancangan percobaan, seleksi dilakukan hanya secara visual dengan memilih tanaman dan tongkol yang sehat, tidak rebah, sinkron masa berbunga, dan tidak terserang penggerek polong. Jumlah famili berkisar 189 – 256 termasuk kontrol. Varietas Sukmaraga yang dilepas pada Februari 2003, sebagai famili S1 dibentuk pada lahan sulfat masam di Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, sedangkan populasi Maros Sintetik-2 dibentuk pada lahan subur di kebun percobaan Balitsereal-Maros.

Tahap 2. Evaluasi Famili

Famili yang telah dibentuk selanjutnya diseleksi pada target lingkungan. Metoda pelaksanaan pada tahap ini digunakan Rancangan Alfa Latis (*Alfa Lattice Design*) dua ulangan dengan model :

$$Y_i = \mu + \beta_i + \tau_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} + \gamma_l + \varepsilon_{ijkl};$$

Y_i = hasil pengamatan setiap peubah, μ = nilai tengah umum, β = blok, dan τ = ulangan, α_k dan γ_l = pengaruh entri (calon varietas) tak terkoreksi (*unadjusted*) dan terkoreksi (*adjusted*), ε_{ijk} , ε_{ijkl} = pengaruh sisa I (*intra block error*) dan sisa II (*effective error*). Model Rancangan Alfa latis ini juga digunakan oleh Barreto *et al.* (1992) pada program pemuliaan jagung untuk seleksi famili di CIMMYT Mexico. Menurut Gomez dan Gomez (1984), serta Cochran and Cox (1957) bahwa tipe Rancangan Percobaan dengan jumlah perlakuan seperti kasus seleksi dimana jumlah entri t^2 ($t = 13$) digolongkan Rancangan Kelompok Tak Lengkap (*Incomplete Block Design*), dan kegiatan seleksi menggunakan metoda Rancangan Latis Sederhana (*Simple Lattice Design*). Intensitas seleksi yang digunakan 10-12 % famili terbaik.

Tahap 3. Rekombinasi

Saling disilangkan (*inter-crossed*), famili terbaik pada tahap 2 selanjutnya digabungkan sifat terbaiknya dengan saling menyilangkan antar famili, jumlah kegiatan persilangan $C(n,2) = n!/[2!(n-1)!]$, jika dipilih 20 famili superior dan menggunakan dua ulangan maka terdapat $C(20,2)=190 \times 2 = 380$ persilangan silang tunggal. Rancangan persilangan antara sesama famili terpilih dikenal sebagai *Diallel Mating Design*. Pada tahap ini seleksi secara visual, dan pengalaman serta seni oleh pemulia sangat berperan untuk memilih tongkol terbaik.

Tahap 4. Uji Daya Hasil

Benih generasi yang dihasilkan pada tahap 3 diperbanyak selama dua musim dan generasi F2 merupakan representasi genotipe baru (calon varietas). Selanjutnya calon varietas masuk ke tahap percobaan DHP (daya hasil pendahuluan), DHL (daya hasil lanjutan), dan daya hasil multi lokasi (DHML/*Evaluation Variety Trial*). Model rancangan yang dapat digunakan adalah RAK (Rancangan Acak Kelompok/*RCBD : Randomized Complete Block Design*). Model per lokasi:

$$Y_i = \mu + i + j + ij$$

Y_i = hasil pengamatan, μ = Nilai tengah umum, i = Pengaruh entri (calon varietas), j = Pengaruh blok, ij = Pengaruh galat. Pada setiap lokasi dianalisis secara tersendiri, kemudian dilanjutkan dengan analisis gabungan (*pooled design*) dengan model :

$$Y_i = \mu + i + j_k + (i)_k + ij_k$$

Y_i = hasil pengamatan, μ = Nilai tengah umum, i = Pengaruh entri (calon varietas), j_k = Pengaruh blok pada setiap lokasi, k = Pengaruh lokasi, $(i)_k$ = Pengaruh interaksi entri x lokasi, ij_k = Pengaruh galat. Steel dan Torrie (1981) mengemukakan bahwa asumsi model matematik adalah pengaruh sisa i menyebar normal dengan nilai tengah = nol dan ragam = σ^2 . Selanjutnya untuk memilih entri sebagai varietas baru digunakan analisis stabilitas hasil. Salah satu metoda yang dapat digunakan adalah kaidah Eberhart dan Russel's dalam Singh dan Chaudhary, 1985 bahwa dengan mengambil hasil (bobot biji, pada kadar air 15%) sebagai peubah tak bebas (Y_i) dan lokasi yang dibakukan/Index

Lingkungan (*environment index*) sebagai peubah bebas (I_i), model :

$$Y = \mu_0 + \mu_1 I$$

Y = hasil, μ_0 = Intersept, μ_1 = Koefisien regresi sederhana, dan I : Lokasi (Index lingkungan), dihitung dengan formula :

$$I_i = \sum X_{ij} / n - \sum X_{ij} / np \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n, \text{ dan } j = 1, 2, \dots, p .$$

dimana $\sum I_i = 0$. Koefisien regresi (μ_1) dihitung dengan :

$$\mu_1 = \frac{\sum Y_i X_i}{\sum X_i^2}$$

TAHAPAN PEMBENTUKAN DAN ANALISIS CALON VARIETAS SINTETIK

Kasus populasi Maros Sintetik-2 adalah jenis jagung sintetik putih Balitsereal Maros yang telah dimurnikan sejak 1999. Kegiatan diawali dengan membentuk famili 169 S1 pada musim tanam 2000, kemudian dievaluasi pada lingkungan kering di Muneng-Probolinggo dalam musim tanam 2001/2002 dengan metoda Rancangan Alfa Latis (13x13) dua ulangan. Ukuran plot tunggal panjang 5,0 m dengan jarak antar baris 0,75m. Prosedur analisis mengikuti Barreto *et al.*, (1992) dan sumber keragaman peubah hasil (bobot biji k.a. 15%) disajikan pada Tabel 1. Pada tahap seleksi ini digunakan intensitas seleksi 8-10 % dan famili terbaik/superior direkombinasi pada kegiatan berikutnya.

Tabel 1. Model Rancangan Alfa Latis Pada Tahap Seleksi Famili S1.Muneng – Probolinggo. 2001/2002

Sumber Keragaman	Derajat Besar	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Ulangan (R)	1	20,4998	20,4998	74,46
Famili S1 (tak terkoreksi)	168	478,2034	2,8464	5,16**
Blok/R	24	6,6069	0,2753	
Galat/Acak				
- RAK	(168)	92,6688	0,5516	< 1
- Antar Blok	144	86,0619	0,5976	
Total	337	591,3721		

Keterangan : $F_{hitung} = **$) sangat nyata
 KK : 20,07 %

Sesuai analisis (Tabel 1) diambil 18 famili untuk direkombinasi di Maros dengan metoda persilangan tanaman ke tanaman (*plant to plant*) sebanyak $C(18,2) = 153$ silang tunggal. Code famili terpilih disajikan dalam Laporan Kelompok Pemuliaan Balitsereal Maros, (2001). Pada tahap kegiatan berikut adalah membentuk benih generasi F2 dengan metoda seleksi massa, untuk selanjutnya dievaluasi bersama entri lainnya dalam bentuk DHML (Daya hasil Multi Lokasi/*Evaluation Variety Trial*).

Kasus kegiatan DHML pada awal musim tanam 2003 (Februari-Juni 2003) digunakan 16 entri/calon varietas sintetik yang telah mengalami perbaikan populasi, yakni sebanyak 13 entri introduksi CIMMYT El Batan-Mexico, dan tiga entri milik Balitsereal-Maros. Lokasi yang dipilih sebagai DHML adalah di Sulsel (Bontobili, Jeneponto), NTB (Lombok Barat, Lombok Timur), Jawa Barat (Sukabumi, Bogor). Metoda pelaksanaan dengan RAK tiga ulangan, setiap entri ditanam empat baris pada panjang plot 5,0 m, jarak tanam 75x25 cm satu tanaman per rumpun. Menurut Little dan Hills (1978) bahwa akurasi menduga hasil jagung dapat dengan ukuran plot percobaan minimal 10 m persegi. Pemeliharaan selama percobaan berlangsung dilakukan semaksimal mungkin seperti penyiraman, pemupukan dan pengendalian hama/penyakit.

Data rata-rata hasil (bobot biji k.a. 15%) serta nama entri yang dievaluasi, serta nilai indeks lingkungan disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rataan Nilai Tengah Hasil (bobot biji t/ha , k.a. 15%) tiga ulangan, dan nilai indeks lingkungan (I) pada UML. Balitsereal-Maros, 2003

Entri	Lokasi					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
S99TLWQ-B	5,28	3,50	6,17	5,75	5,19	5,53
S99TLWQ-AB	5,79	2,92	5,74	4,59	7,26	5,07
S00TLWQ-B	5,74	2,85	6,09	4,76	6,24	5,21
S00TLWQ-AB	4,46	2,65	6,28	4,50	7,57	4,92
Across 8762	4,65	2,68	5,60	5,14	6,38	5,75

Poza Rica 8762	5,42	2,84	4,34	5,69	6,38	4,27
Obatampa (Across 8363)	5,49	3,07	6,13	5,76	5,70	5,49
Poza Rica 8363	5,03	3,02	6,01	5,31	6,23	5,41
Across 8763	5,27	2,87	5,99	5,79	5,53	5,18
S98TLWQ(F/D)	6,01	3,15	6,69	5,71	7,06	4,57
TLWD QPM H.Oil.C15	4,10	1,96	4,91	4,59	5,76	3,82
Pop.62.C6.QPM.TLWF	4,94	2,56	5,41	5,46	6,26	4,96
Pop.63.C2.QPM.TLWD	5,61	2,64	6,14	5,50	6,37	4,81
Maros Sintetik-2	3,88	2,21	5,32	4,81	5,92	5,16
Bayu	4,84	1,42	3,97	4,16	5,45	3,92
Pulut	2,72	1,43	2,79	3,32	3,04	2,23
K.K (%)	15,6	19,4	14,5	13,2	15,5	16,1
BNT (5%)	1,29	0,84	1,34	1,11	1,55	1,28
I (Indeks lingkungan)	0,136	-2,198	0,726	0,235	1,14 5	-0,044

Keterangan : (1) Bontobili (4) Lombok Barat
(2) Jeneponto (5) Sukabumi
(3) Lombok Timur (6) Bogor

Pada Tabel 3 disajikan sumber keragaman berupa kuadrat tengah hasil pada setiap lokasi. Hasil menunjukkan bahwa terdapat pengaruh entri yang berbeda sangat nyata pada enam lokasi, artinya setidaknya ada satu pasang entri yang berbeda potensi hasilnya (Hipotesis H_0 ditolak).

Tabel 3. Nilai KT (Kuadrat Tengah) Calon Varietas Sintetik. Balitsereal Maros, 2003

Sumber Keragaman	Derajat Besar	Lokasi					
		Bontobili (L1)	Jeneponto (L2)	Lombok-Timur (L3)	Lombok-Barat (L4)	Sukabumi (L5)	Bogor (L6)
Kelompok	2	1,1267	3,2761	1,6789	6,1163	0,2320	2,5865
Entri (E)	15	2,1544**	1,0137**	2,8528**	1,5330**	3,1750**	2,3068**
Galat/Acak	30	0,5981	0,2575	0,6515	0,4474	0,8710	0,5919
Total	47	-	-	-	-	-	-
K.K (%)		15,6	19,4	14,5	13,2	15,5	16,1
BNT (5%)		1,283	0,846	1,345	1,115	1,556	1,282

** : berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 99%
Nilai F tabel entri : 2,02 (5%) : 2,70 (1%)

Tahapan dilanjutkan dengan analisis gabungan enam lokasi, untuk mengetahui apakah ada interaksi entri x lokasi (ExL). Metoda analisis pada kasus ini mengikuti prosedur Nissen (1983) dan SK disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Model RAK pada Tahap Gabungan
Enam UML. Balitsereal-Maros, 2003

Sumber Keragaman	Derajat Besar	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hitung
Ulangan (R)	2	20,0581	10,0290	8,98**
Lokasi (L)	5	326,5140	65,3028	58,52*
R/L	10	11,1580	1,1158	-
Entri (E)	15	142,0050	9,4670	16,45*
E x L	75	54,4371	0,7258	1,26 ^{tn}
Galat/Acak	180	103,5860	0,5755	
Total	287	657,7582	-	-

Keterangan :

KK = 15,71 %

*** = berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 99%*

tn : tidak nyata

Pada kasus analisis ini pengaruh sangat berbeda nyata hanya terdapat pada ulangan (R), lokasi (L), dan entri (E). Sedangkan interaksi E x L belum memperlihatkan pengaruh nyata walaupun nilai statistik uji Sebaran-F (5) = 1,05 sudah mendekati nilai statistik uji F hitung = 1,26. Menurut Hallauer dan Miranda (1988) bahwa lingkungan seleksi (lokasi, musim atau keduanya) sangat berperan pada ragam phenotipe jagung. Jika uji ExL menunjukkan pengaruh nyata, dapat diartikan bahwa ada entri yang respon semakin membaik jika lingkungan tumbuh juga semakin baik.

Tahap akhir adalah Stabilitas Hasil dan pada kasus ini digunakan metoda Eberhart dan Russel's dalam Singh dan Chaudhary (1985). Hasil hitungan SK/Sumber Keragaman pada Tabel 5, dan nilai indeks lingkungan setiap lokasi pada Tabel 2.

Tabel 5. Model Analisis Stabilitas Hasil (Eberhart dan Russel's) pada 16 Entri, dan Enam Percobaan DHML. Balitsereal Maros, 2003

Sumber Keragaman	Derajat Besar	Jumlah Kuadrat	F hitung	F tabel
Total	95	1,8030		
Entri	15	3,0792	13,82**	1,74 2,25
Lingkungan(L)+(Entri x Lingkungan)	80	1,5637		
Lingkungan (linier)	1	6,7475		
E x L (linier)	15	0,2472	1,11	1,74 2,25
Simpangan baku gabungan	64	0,2227		
Entri				
- Introduksi CIMMYT-Mexico				
V1 : S99TLWQ-B	4	0,2933	1,25	2,42 3,42
V2 : S99TLWQ-AB	4	0,2164	< 1	
V3 : S00TLWQ-B	4	0,1170	< 1	
V4 : S00TLWQ-AB	4	0,1604	< 1	
V5 : Across 8762	4	0,6752	2,88*	
V6 : Poza Rica 8762	4	0,2357	1,01	
V7 : Obatampa (Across 8363)	4	0,2289	< 1	
V8 : Poza Rica 8563	4	0,1538	< 1	
V9 : Across 8763	4	0,0462	< 1	
V10 : S98TLWQ (F/D)	4	0,1833	< 1	
V11 : TLWDQPM. H.Oil.C15	4	0,2769	1,18	
V12 : Pop.62C6.QPM.TLWF	4	0,0820	< 1	
V13 : Pop.63C2.QPM.TLWD	4	0,0526	< 1	
- Balitsereal Maros				
V14 : Maros Sintetik-2	4	0,0541	< 1	
V15 : Bayu	4	0,2801	1,19	
V16 : Pulut	4	0,5074	2,16	
Acak Gabungan	192	0,2340		

Keterangan :

$F_{hitung} = Kuadrat \text{ Tengah}$

* : berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95 %

** : berbeda sangat nyata pada taraf kepercayaan 99%

tn : tidak nyata

Pada Tabel 5 terlihat bahwa hanya entri V5 (Across 8762) yang berpengaruh nyata dan dapat diartikan bahwa hasil (bobot biji pada kadar air 15%) entri V5 akan mempunyai respon yang berbeda jika dibudidayakan pada enam lingkungan tumbuh sesuai lokasi percobaan ini. Pada DHML ini nilai koefisien regresi setiap entri disajikan pada Tabel 6. Kisaran yang diperoleh nilai $t_1 = 0,494 - 1,310$ dan tertinggi pada entri V5 (Across 8762). Model Eberhart dan Russel's juga telah diterapkan oleh Srinivasan dan Rodrigues (1998) pada analisis stabilitas hasil 18 galur CML (F hitung tidak nyata), dengan kisaran nilai $t_1 = 0,91 - 1,23$. Menurut Falconer (1989) bahwa jika pengaruh interaksi lingkungan x entri tidak nyata maka entri terbaik dalam suatu lingkungan tetap akan terbaik pada lingkungan lain. Hal ini diartikan bahwa Across 8762 mempunyai harapan sebagai varietas sintetik baru nasional. Westcott (1985) memperoleh hitungan $t_1 = 1,61 - 1,92$ pada DHML Barley dengan kisaran indeks lingkungan -40 sampai +70.

Tabel 6. Koefisien Regresi Sederhana t_1 dari 16 Entri pada enam UML. Balitsereal-Maros, 2003

Entri (Variant)	t_1	Entri (Variant)	t_1
V1 : S99TLWQ-B	0,674	V9 : Across 8763	0,970
V2 : S99TLWQ-AB	0,973	V10 : S98TLWQ (F/D)	0,919
V3 : S00TLWQ-B	0,494	V11 : TLWDQPM. H.Oil.C15	1,183
V4 : S00TLWQ-AB	1,033	V12 : Pop.62C6.QPM.TLWF	1,084
V5 : Across 8762	1,310	V13 : Pop.63C2.QPM.TLWD	1,067
V6 : Poza Rica 8762	1,046	V14 : Maros Sintetik-2	1,155
V7 : Obatampa (Across 8363)	1,003	V15 : Bayu	1,071
V8 : Poza Rica 8563	0,899	V16 : Pulut	1,107

KESIMPULAN

Tahapan kegiatan melepas varietas jagung sintetik diawali dengan membuat famili, kemudian evaluasi dan rekombinasi. Pada tahap membuat famili seleksi mengandalkan pengamatan visual. Tahap evaluasi famili menggunakan Rancangan Alfa Latis dengan dua ulangan, dan tahap UML dengan RAK yang dianalisis per lokasi dan gabungan seluruh lokasi. Tahap akhir analisis dengan stabilitas hasil diantaranya dengan metoda Eberhart dan Russel's. Kasus untuk melepas jagung sintetik Balitsereal pada

16 entri pada enam UML diperoleh entri Across 8762 sebagai populasi harapan dengan nilai $t_1 = 1,310$ dan F hitung nyata pada taraf uji 95 %.

PUSTAKA

- Barreto. H. J., G. O. Edmeades., S.C. Chapman., y. J. Crossa., 1991c. El Diseno Alfa-Lattice en Fitomejaramiento y Agronomia. Generation y Analisis. Publicado en Sintesis de Resultados Experimentales Del Prm 1992. Vol. 4(1993). p. 273-283
- Cochran, W. G. and G. M. Cox., 1957. Experimental Designs. Second Edition. John Wiley & Sons. Singapore. P. 376
- Falconer, D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longran Scientific & Technical. Third Edition. Department of Genetics. University of Edinburgh. New York. p. 135
- Gomez, K. A., and A. A. Gomez., 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. Second Edition. An IRRRI Book. A Wiley Interscience. Singapore. p. 39
- Hallauer. A.R., and J.B. Miranda. Fo., 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Second Edition. Iowa State university. Press/Ames. p. 194
- Laporan Kelompok Pemuliaan Balitsereal-Maros, 2001. Laporan Tahunan Kelompok Pemuliaan dan Plasma Nutfah Balitsereal-Maros 2001. Badan Litbang Pertanian. Puslitbangtan. Balitsereal – Maros.
- Little. T. M., and F. J. Hills., 1978. Agricultural Experimentation. Design and Analysis . Emeritus University of California, Riverside. John Wiley & Sons. Toronto. p. 285
- Nissen. O., 1983. MSTAT-C. A Microcomputer Program for the Design, Management, and Analysis of Agronomic. Research Experiments. Michigan State University. p. 5-1

- Singh, R. K., and B. D. Chaudhary. 1985. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Third Edition. Kalyani – New Delhi. p. 260
- Srinivasan, G., and E. Rodriguez., 1998. Highland White/Yellow Grain Variety Trial. International Maize Testing Program. Final Report. CIMMYT El-Batan Mexico. p. 59
- Steel. R. G. D., and J. H. Torrie., 1981., Principles and Procedures of Statistics A Biometrical Approach. Second Edition. International Student Edition. Mc Graw-Hill International Book Company. Tokyo. p. 244
- Wescott. B., 1985., Some Methods of Analysing Genotype Environment Interaction. The Genetical Society of Great Britain. CIMMYT El-Batan Mexico.