تصميم وتحليل التجارب الزراعية

Experimental Design and Analysis

تصميم التجارب عبارة عن سلسلة من الخطوات تتّبع بهدف جمع البيانات أو المعلومات وتحليلها إحصائياً والوصول إلى استنتاجات يُمكن تعميمها والاستفادة منها، وعلم تصميم وتحليل التجارب هو أحد فروع علم الإحصاء يهتم بتطبيق الطرق الإحصائية في التجربة العلمية، ويختص بتخطيط واستغلال الإمكانيات المتاحة لوضع أنسب التصميمات التجريبية على أساس علمي سليم يضمن الحصول على قرارات علمية بدرجة كافية من الدقة، فالغرض من تصميم التجارب هو السعي إلى تقدير وتقليل الخطأ التجريبي والقيام بالاختبارات والتقديرات المطلوبة في البحث.

بعض المفاهيم في تصميم وتحليل التجارب:

التجربة Experiment: وسيلة لاختبار الفرضية والكشف عن العلاقة بين المتغيرات.

التصميم Design: هو التخطيط البحثي لإجراء تجربة معينة للحصول على بيانات يُمكن تحليلها والتوصل إلى استنتاج معيّن.

الوحدة التجريبيّة Experimental unit: أصغر جزء في التجربة وتتمثل في الحيوان أو النبات الذي تُطبّق عليه التجربة.

الخطأ التجريبي Experimental Error: الخطأ الذي يحدث نتيجة إجراء التجربة ويعود لأسباب فنية أو الجهاز المستعمل في القياس أو الخبرة في العمل فضلاً عن الظروف المحيطة بالتجربة، ومن الممكن تقليل هذا الخطأ عن طريق زيادة عدد المشاهدات واستعمال أحدث الطرق في القياس وأدق الأجهزة والسيطرة قدر الإمكان على الظروف المحيطة في التجربة.

المكررات Replicates: تكرار المعاملة الواحدة أكثر من مرة في نفس التجربة، وهذا يعتبر من أهم المبادئ الأساسية في تصميم التجارب، وتفيد فيما يلي:

1- رفع الدقة التجريبية

2- زيادة حجم التجربة مما يجعل التجربة أكثر تمثيلاً للواقع.

(عدد المكررات المناسب في معظم الحالات يتراوح ما بين 4-8 مكررات أما العدد المثالي فهو 4).

تصاميم التجارب البسيطة:

1- التصميم العشوائي الكامل

2- تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

3- تصميم المربع اللاتيني

تُعتبر هذه التصاميم الأكثر شهرة واستخداماً في التجارب الزراعية وهذه التصاميم تصلح عندما يكون عدد المعاملات محدود وأقل من عشرين معاملة.

التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (CRD):

يعتبر هذا التصميم من أكثر التصاميم التجريبية بساطة من الناحية التطبيقية وأكثرها استعمالاً في التجارب المخبرية والبيوت الزجاجية، كما يُعتبر أساساً لبقية التصاميم الأخرى، يتم في هذا التصميم توزيع مكررات كل معاملة من المعاملات المدروسة بشكل عشوائي على الوحدات أو القطع التجريبية بحيث تكون الفرص متساوية لكل معاملة من المعاملات المدروسة، ولهذا الغرض يمكن استخدام الجداول العشوائية أو بطريقة السحب العشوائي.

مميزات التصميم:

1- يُعتبر التصميم العشوائي الكامل من أبسط أنواع التصاميم من حيث سهولة التطبيق والتحليل

2- يُمكن استخدام أي عدد من المعاملات وأي عدد من المكررات عند توفر مواد التجربة الأساسية مع توفر عدد كافٍ من الوحدات التجريبية وحسب الإمكانيات المتاحة.

3- عند فقدان وحدة تجريبية لأي سبب من الأسباب إما أن تعوض أو تحذف من التحليل دون أن يؤثر على طريقة التحليل الإحصائي.

4- ليس من الضروري أن تتساوى أعداد المكررات في المعاملات المختلفة.

عيوب التصميم:

1- يحتاج إلى الدقة العالية في تجانس الوحدات التجريبية.

النموذج الرياضي للتصميم:

$$Y_{ij}= \mu+ T_i+ e_{ij}$$

حيث:

Y_{ij}: القيمة الإحصائية للوحدة التجريبية في التجربة

μ: المتوسط الحسابي العام للتجربة

T_i: تأثير المعاملات

e_{ij}: تأثير الخطأ

ويمكن إجراء تحليل التباين وفق الخطوات الآتية:

1- حساب معامل التصحيح:

$$CF= G^2/ N$$

2- حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية SST:

$$SST= \sum Y_{ij}^2 - CF$$

3- حساب مجموع مربعات الانحرافات بين المعاملات:

$$SS_t= \sum T_i^2/ r - CF$$

4- حساب مجموع مربعات الانحرافات للخطأ التجريبي:

$$SSE= SST- SS_t$$

5- متوسط مربعات الخطأ MSe:

$$MSe= SSE / t (r-1)$$

6- متوسط مربعات المعاملات MSt:

$$MSt= SSt\ t-1$$

7- حساب قيمة F:

$$F= MSt\ MSe$$

8- جدول تحليل التباين للتصميم ANOVA Table:

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f. درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1	$SSt = \frac{\sum T_i^2}{r} - CF$	$MSt = \frac{SSt}{t-1}$	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	t(r-1)	$SSe = SST - SSt$	$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Total الكلي	tr-1	$SST = \sum Yij^2 - CF$	----------	

t: عدد المعاملات في التجربة

r: عدد المكررات

CF: معامل التصحيح

$CF = G^2 / N$

حيث G المجموع الكلي للقيم الناتجة لكل المفردات في التجربة، N عدد القطع التجريبية في التجربة= t*r

مثال: أُجريت تجربة شملت ثلاث سلالات من الأبقار لدراسة تأثير السلالة في نسبة الدهن في الحليب وضمت كل معاملة أربعة أبقار أخذت عينة حليب واحدة من كل منها لقياس نسبة الدهن وكانت كالآتي:

السلالة	نسبة الدهن				T_i
فريزيان	3	3	4	2	12
براون سويس	4	5	3	4	16
جرسي	4	3	3	3	13
					∑=41

1- نقوم بحساب معامل التصحيح:

$CF= G^2/ N = (41)^2 / 3*4 = 140.08$

2- حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية SST:

$SST= \sum Y_{ij}^2 - CF= (3^2 + 3^2 + 4^2 + 2^2 + 4^2 +5^2 +3^2 +4^2 +4^2 +3^2 +3^2 +3^2) - 140.08$

$= 6.92$

3- حساب مجموع مربعات الانحرافات بين المعاملات:

$SS_t= \sum T_i^2/ r - CF= 12^2 + 16^2 +13^2/ 4 - 140.08= 2.166$

4- حساب مجموع مربعات الانحرافات للخطأ التجريبي:

$SSE= SST- SS_t= 6.92- 2.166= 4.75$

من النتائج السابقة نقوم بحساب متوسطات مربعات كل من المعاملات والخطأ كما يلي:

5- متوسط مربعات الخطأ MSe:

$Mse= SSE / t (r-1)= 4.75/ 3(4-1) = 0.53$

6- متوسط مربعات المعاملات MSt:

Mst= SSt\ t-1 = 2.166\ 2= 1.08

7- حساب قيمة F:

F= MSt\ MSe= 1.08\ 0.53= 2.05

جدول تحليل التباين:

مصادر الاختلاف s.o.v	درجات الحرية d.f	مجموع المربعات SS	متوسط المربعات MS	قيمة f المحسوبة F. Value
المعاملة Treat	t-1= 3-1= 2	SS_t= 2.166	MST= 1.08	
الخطأ التجريبي e	t (r-1)= 3(4-1)= 9	SSE= 4.75	MSE= 0.53	F= 2.05
الكلي Total	t*r -1= 11	SST= 6.92		

مثال 2: لدى مقارنة إنتاج خمسة أصناف من القمح هي A, B, C, D, E زُرع كل منها في خمس قطع تجريبية ضمن تجربة بتصميم عشوائي كامل، وبعد الحصاد حصلنا على النتائج الآتية:

A 8	B 14	A 9	C 11	E 16	58
A 10	C 12	E 14	B 17	D 13	66
D 12	B 11	A 11	A 12	C 15	61
C 14	D 14	C 13	D 15	B 12	68
E 16	E 16	B 16	E 18	D 16	82
					335

المطلوب: تحليل التجربة باستخدام تحليل التباين.

1- نقوم بحساب معامل التصحيح:

$CF= G^2/ N = (335)^2 / 5*5 = 4489$

2- حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية SST:

$SST= \sum Y_{ij}^2 - CF= (8^2 + 14^2 + 9^2 + 11^2 + 16^2 +10^2 +12^2 +14^2 +17^2 +13^2 +12^2 +11^2 + 11^2 + 12^2 + 15^2 + 14^2 +14^2 +13^2 +15^2 +12^2+ 16^2 + 16^2 + 16^2 + 18^2 +16^2) - 4489$

$= 4649- 4489 = 160$

3- حساب مجموع مربعات الانحرافات بين المعاملات:

$SS_t= \sum T_i^2/ r - CF= 50^2 + 70^2 +65^2 +70^2+ 80^2/ 5 - 4489= 4585- 4489= 96$

4- حساب مجموع مربعات الانحرافات للخطأ التجريبي:

$SSE= SST- SS_t= 160- 96= 64$

من النتائج السابقة نقوم بحساب متوسطات مربعات كل من المعاملات والخطأ كما يلي:

5- متوسط مربعات الخطأ MSe:

$MSe= SSE / t (r-1)= 64/ 5(5-1) = 3.2$

6- متوسط مربعات المعاملات MSt:

$MSt= SSt\ t-1 = 96\ 4= 24$

7- حساب قيمة f:

$F= MSt\ MSe= 24\ 3.2= 7.5$

جدول تحليل التباين:

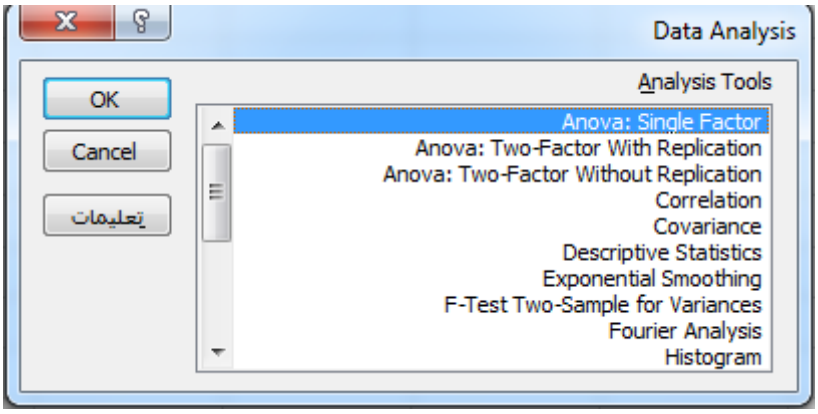
مصادر الاختلاف s.o.v	درجات الحرية d.f	مجموع المربعات SS	متوسط المربعات MS	قيمة f المحسوبة F. Value
المعاملة Treat	t-1= 5-1= 4	$SS_t= 96$	MSt= 24	
الخطأ التجريبي e	t (r-1)= 5(5-1)= 20	SSE= 64	MSe= 3.2	F= 7.5
الكلي Total	t*r -1=24	SST= 160		

التطبيق على برنامج Excel:

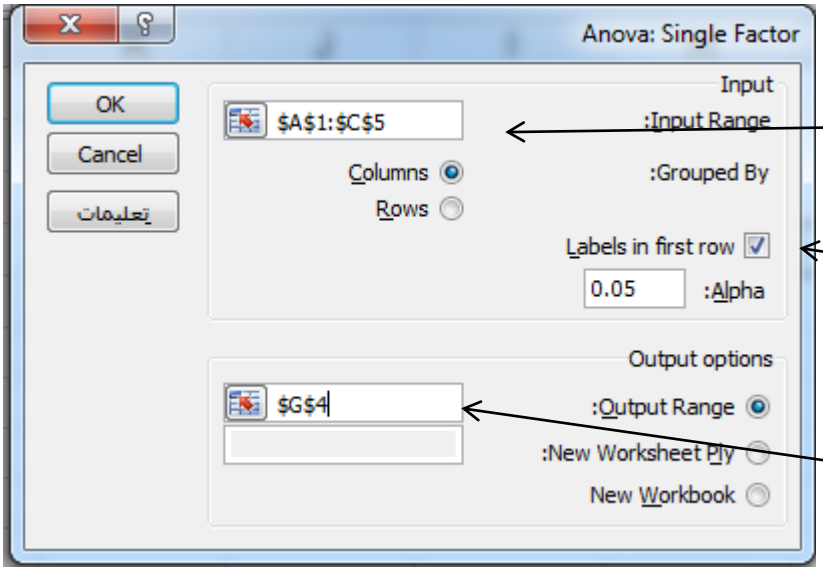
- بعد إدخال البيانات في البرنامج كالتالي:

C	B	A
جرسي	براون سويس	فريزيان
4	4	3
3	5	3
3	3	4
3	4	2

- من علامة التبويب بيانات نضغط على Data Analysis، فتظهر نافذة باسم Data Analysis تحتوي على عدد من طرق التحليل الإحصائي، نختار منها Anova: Single factor:



- فيظهر مربع الحوار التالي:



نقوم بتحديد جميع البيانات الموجودة في المثال

إذا قمنا بتحديد أسماء الأعمدة مع البيانات نختار label in first row

نقوم بتحديد نطاق خلايا فارغ لإظهار النتيجة

- نضغط ok فيظهر جدول تحليل التباين كاملاً:

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
a	4	12	3	0.666667
b	4	16	4	0.666667
c	4	13	3.25	0.25

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2.166667	2	1.083333	2.052632	0.184326	4.256495
Within Groups	4.75	9	0.527778			
Total	6.916667	11				