تصميم وتحليل التجارب
(الجزء النظري)

قسم المكننة / كلية الزراعة/ جامعة تكريت

أ.م.د.داود سلمان مدب

المحتويات

التسلسل	الموضوع
1	بعض المفاهيم في تصميم وتحليل التجارب
2	التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة تساوي المكررات مع تسجيل مشاهدة واحدة
3	التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة عدم تساوي المكررات مع تسجيل مشاهدة واحدة
4	أهم الاختبارات التي تجرى بعد أجراء التجربة
5	أختبار أقل فرق معنوي (LSD)
6	أختبار Duncan متعدد الحدود
7	تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)
8	الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل (CRD)
9	تصميم المربع اللاتيني Latin square
10	الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة مع تصميمي CRD وrcbd
11	التجارب العاملية .Factorial exp
12	تجربة عاملية بعاملين تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD)
13	تجربة عاملية بعاملين تطبق بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)
14	تجربة عاملية بثلاث عوامل تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD)

المفاهيم الاساسية في تصميم وتحليل التجارب

يعرف تصميم التجارب الزراعية بانه سلسلة الخطوات التي تتخذ لغرض جمع البيانات المطلوبة وتنظيمها في جداول احصائية بهدف تحليلها والحصول على النتائج التي يمكن الاستفادة منها للموضوع قيد الدراسة.

الطريقة العلمية في البحوث

يعد الاحصاء الركيزة الاساسية التي يعتمد عليها تحليل وتفسير ومناقشة النتائج البحثية ، وتعد مقاييس التوسط (الوسط الحسابي و الوسيط والمنوال و....) ومقاييس التشتت (التباين والانحراف القياسي والخطأ القياسي ومعامل الاختلاف ...) الخطوة الاولى والمهمة في تحليل وفهم النتائج للبحوث العلمية.

خطوات الطريقة العلمية في البحوث:

1-تحديد المشكلة او الظاهرة المراد حلها ومن خلالها يضع الباحث الخطوات المهمة من البداية الى النهاية او الاهداف

2-وضع الفرضيات: الفرضية تتمضن ادعاء قد يكون صائبا او خاطئا حول مسالة بحثية محددة. فمثلا باحث يريد ان يعرف مدة تاثير زيادة عرض الاطارات للساحبة الزراعية في قوة السحب فتكون لدى الباحث فرضيتين:

أ-فرضية العدم او الفرضية الصفرية (Null Hypothesis) ويرمز لها H_0 وتعنى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات في الصفة المدروسة اي بالنسبة الى مثالنا هذا لا يوجد تاثير لعرض الساحبة في قوة السحب.

ب-الفرضية البديلة Alternative hypothesis ويرمز لها H_1 او H_A وهي بعكس الفرضية الصفرية او فرضية العدم وهي تنص على عكسها اي توجد فروق معنوية بين المعاملات اي ان

معاملات عرض الساحبة تختلف معنويا فيما بينها في التاثير في الصفة التي درست وهي قوة السحب للالة الزراعية.

من نتائج تلك الاختبارات او التحاليل الاحصائية يتخذ الباحث القرارات المناسبة بخصوص قبول او رفض فرضية العدم والفرضية البديلة، ولكن قد يكون هناك خطأين يمكن ان يقع الباحث فيها وهي كما يلي:

***:الخطأ من النوع الاول Type I Error عندما يرفض فرضية العدم وهي صحيحة ويتجه الى الفرضية البديلة**

***:الخطأ من النوع الثانيType II Error من خلال قبول فرضية العدم وهي خاطئة**

تجرى الاختبارات الاحصائية من خلال تحديد مستوى دقة معين ويتخذ معيار الخطأ من النوع الاول وهو مدى رفض فرضية العدم عندما تكون صائبة اي مدى الوقوع في هذا الخطأ من خلال تعبير او رمز مستوى المعنوية او الفا $\acute{\alpha}$ اي Significant level ويتخذ مستويين 1% ومستوى معنوية 5% في معظم البحوث العلمية ويعني انه لو تم تكرار التجربة مائة مرة فان احتمال الخطأ هو مرة واحدة عندما يكون مستوى المعنوية 1% وخمس مرات قابلة للخطأ عندما يكون مستوى المعنوية 5%.

3-جمع البانات اللازمة لاختبار صحة الفروض ولتاكيد الفرضيات الصحيحة او خاطئة لتمكين الباحث بعد ذلك من قياس اختلاف وتاثير العوامل تحت الدراسة وتجمع البيانات من مصدرين مهمين هما : مصادر تاريخية: تؤخذ بياناتها من السجلات الرسمية او الاحصائيات وكذلك مصادر ميدانية وفيها تؤخذ البيانات مباشرة عن طريق المشاهدة من خلال التجارب للحصول على البيانات اللازمة وتسجيلها ومن ثم تحليلها واستخلاص النتائج

4-تحليل البيانات Analysis of Data

تعتمد في هذه الحالة الطريقة التحليلية التي تتوقف على نوع التصميم المستخدم وتحليل البيانات احصائيا وتقسيم النتائج ووضع التكهنات ، ويعد تحليل البيانات الخطوة الاخيرة للوصول الى نتائج الاختبارات الاحصائية بانواعها كاختبار t واختبار F واختبار مربع كاي

5-تفسير النتائج ووضع الاستنتاجات

يقصد بها ستبين مدى التشابه والاختلاف في المعاملات المطبقة ومدى تاثيرها على الصفة المدروسة

انواع البحوث Type Research

يقصد بالبحث التنقيب المستمر عن معارف ومفاهيم جديدة لم تكن معروفة سابقا .

تقسم البحوث على اساس الغرض منها وتقسم الى قسمين:

أ-البحوث النظرية وتجرى لذاتها بغض النظر عن الفائدة المباشرة التي تؤديها

ب-البحوث التطبيقية : وهي البحوث التي تجرى من اجل فائدتها الاقتصادية المفيدة

2-تقسيم البحوث على اساس القائمين بها

تتضمن بحوث فردية يقوم بها فرد واحد وبحوث فرقية يقوم بها فريق بحثي وهو المهم والمطلوب لان الفردية مكلفة وخاصة في الدول النامية

تحليل التباينِ Analysis of Variance

عملية رياضية تتضمن قياس التباين الموجود في البيانات ثم تقسيمه الى مصادره المختلفة ويلخص ذلك في جدول يطلق عليه جدول تحليل التباين وهذا الجدول كما مبين ادناه : Analysis of Variance (ANOVA-Table)

وكما مبين في ادناه:

S.O.V.	D.F.	SS	M.S.	F-CAL.	F-Tab.	EMS

يمكن تفسير مكونات هذا الجدول كما يلي:

1-مصادر الاختلاف(SOV) Source of Variance تتضمن جميع مصادر الاختلاف التي يتم التعرف عليها من معادلة النموذج الرياضي للتجربة والتي تختلف من تصميم لاخر.

2-درجات الحرية :Degree of Freedom (d.f) وهي عدد القيم الحرة في العينة او عدد المقارنات المستقلة لكل مصدر من مصادر الاختلاف

3- مجموع المربعات Sum of Squares(S.S) وتمثل مجموع مربعات الانحرافات لكل مصدر من مصادر الاختلاف

4-متوسط التباين Mean Square(M.S.) وهو متوسط التباين المقدر لكل مصدر من مصادر الاختلاف ويساوي مجموع مربعات الانحرافات مقسوما على درجات الحرية لكل مصدر MS=ss/df

5-التباين المتوقع Expected Mean Square(EMS) : يمثل التباين المتوقع لكل مصدر على اساس المعادلة الرياضية والتصميم المستخدم

6- قيمة F المحسوبة :Calculated F(Cal.F) : تمثل نسبة بين التباين المطلوب اختباره مقسوما على التباين المستخدم في الاختبار 0اي التباين الاكبر الى التباين الاصغر)

7-قيمة F الجدولية Tabular –F(tab-F) تستخرج من جدول F لكل مصدر من مصادر الاختلاف المطلوب اختباره.

التجربة Experiment

تعد اساس المعرفة والطريقة العلمية للوصول الى الهدف المنشود في الحياة العلمية والعملية ويمكن الحصول على المعارف والمفاهيم الجديدة بالملاحظة وجمع البيانات وتحليلها وتفسيرها والتي تبدأ بالتجربة ويمكن التعبير عن التجربة بصيغة اخرى اذ انها استفسار مخطط يهدف الى الحصول على حقائق جديدة لم يسبق اكتشافها من قبل او هي خطة منظمة للاجابة على تساؤل معين او وسيلة لدراسة العوامل التي تؤثر على ظاهرة ما.

تقسم التجارب الى انواع وكما يلي:

1-على اساس الهدف منها : منها تجارب استطلاعية اولية ومن خصائص هذا النوع هو كثرة عدد المعاملات اذ انها تمتاز باعطاء فكرة مبدأية للباحث عن موضوع لم يسبق دراسته من قبل. كذلك من ضمن التجارب الهادفة التجارب الدقيقة وتتطلب دقة كبيرة وتتبع لدراسة بعض العوامل المؤثرة على

ظاهرة ما ثم تقديم التوجيه والاستنتاجات وتعميمها . اما النوع الاخر فهي التجارب الارشادية والتي تهدف عرض ما توصلت اليه نتائج التجارب الدقيقة بصورة بسيطة وواضحة للعيان بحيث يسهل على الشخص العادي الاطلاع عليها بالمشاهدة والمقابلة دون الاعتماد على طرق التحليل الاحصائي.

2-التقسيم على اساس العوامل الداخلة فيها ومنها التجارب البسيطة والتي تجري لدراسة تاثير عامل واحد فقط والتجارب العاملية وتتضمن عاملين او اكثر وفي نفس الوقت وفيها يمكن الحصول على معلومات عن كل عامل من العوامل المدروسة بالاضافة الى معرفة التداخل بين العوامل.

متطلبات التجربة الجيدة

1-غياب الخطأ المنتظم اي عدم وجود اختلاف ياخذ باتجاه معين من خلال التوزيع العشوائي في التجربة

2-ان تكون الدراسة على درجة عالية من الدقة من خلال زيادة عدد الوحدات التجريبية لغرض الوصول الى اقل خطأ تجريبي وكذلك زيادة عدد التكرارات مع اختيار التصميم الجيد

3-ان تكون الاستنتاجات من التجربة ذات مدى واسع من الصلاحية

4-استخدام تصميم بسيط في البحث وسهل التحليل

5-ان تكون قيمة الخطأ التجريبي مقدرة تقديرا صحيحا ويتم ذلك بتوزيع المعاملات عشوائيا وكذلك عند اخذ العينات يجب ان يكون عشوائيا

6-العوامل الاضافية في زيادة الدقة منها زيادة كفاءة ودقة التجربة والدقة في تطبيق المعاملات وفي تطبيق القياسات بدرجة واحدة من الدقة وتحسين الاساليب الفنية في تطبيق واخذ المعلومات

المعاملات Treatments

تمثل الظروف المستخدمة التي يتسبب عنها التاثير المقاس ويعبر عنها بانها مجموعة الظروف التي توضع تحت سيطرة الباحث لغرض تطبيقها على الوحدات التجريبية ومقارنتها وتقدير تاثيراتها

والمعاملات اما تكون وصفية مثل مقارنة خمسة انواع من الاجبان من حيث نوعيتها او تكون كمية مثل استخدام خمسة مستويات من درجات الحرارة لقتل البكتريا

الوحدة التجريبية Experiment Unit

تعرف بانها اصغر قسم من مواد التجربة وعليها توزع المعاملات المطلوبة لدراسة تاثيرها عشوائيا بحيث تطبق كل معاملة على وحدة او اكثر من الوحدات التجريبية ، وقد تكون الوحدات التجريبية تمثل مساحة صغيرة من الارض او سندانة او طبق بتري او نبات او ورقة نبات او ساحبة زراعية او جزء من الساحبة وذلك يتوقف على نوع التجربة المطلوب القيام بها.

الخطأ التجريبي Experimental Error

يعبر عنه بانه مقياس الاختلافات التي توجد بين وحدات تجريبية عوملت بنفس المعاملة ولهذا الخطأ عدة مصادر هي :

1-الاختلافات الذاتية الموجودة في الطبيعة نتيجة للتوارث ما عدا حالات معينة لذلك ففي الدراسات العلمية يجب تقليل هذا الخطأ الى اقل ما يمكن.

2-ينتج الخطأ التجريبي من خلال عدم تطبيق المعاملة الواحدة بصورة متساوية عند تكرارها على اكثر من وحدة تجريبية وكذلك نتيجة اختلاف القائمين بتطبيق المعاملات.

3-الاختلاف في اخذ القياس بسبب الاختلاف في طرق القياس او اختلاف القائمين بطرق القياس والذي يتسبب في زيادة الخطأ بسبب عدم التجانس في كفاءة ودقة القائمين في ذلك.

طرق تقليل الخطأ التجريبي:

1-معرفة طبيعة الوحدات التجريبية التي ستطبق عليها المعاملات والتي على اساسها يتم اختيار التصميم التجريبي المناسب

2-استخدام تحليل التباين المشترك لتقليل تاثير العوامل الاخرى

3-الدقة في تطبيق المعاملة وكذلك في اخذ القياسات المطلوبة

4-استخدام حجم مناسب للتجربة وزيادة تكرار المعاملات

5-تحسين الطرق الفنية التي تستخدم في تنفيذ ومتابعة التجربة من البدية الى الحصول على النتائج

التوزيع العشوائي Randomness

يعبر عن توزيع المعاملات عشوائيا على الوحدات التجريبية بعيدا عن التحيز وحسب التصميم المستخدم والغاية منه تجنب الخطأ المنتظم وكذلك لضمان دقة تقدير الخطأ التجريبي وبالتالي زيادة كفاءة التجربة.

التكرار Replication

يقصد به تمثيل المعاملة الواحدة في اكثر من وحدة تجريبية للحصول على صورة واضحة عن تاثير المعاملة وامكانية تقدير الخطأ التجريبي وزيادة كفاءة التجربة ودقتها وكذلك توسيع وتعميم نتائج التجربة.

اختيار التصميم التجريبي المناسب Choosing Proper Experimental Design

هناك عدة نقاط تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار اي تصميم تجريبي لاي بحث علمي ومنها:

1-التعرف على وحدات التجربة المطلوب دراسة تاثيراتها في التجربة ، فاذا كانت التجربة تحتوي على عامل واحد تسمى تجربة بسيطة Unifactorial اما اذا كانت تتضمن دراسة اكثر من عامل فتسمى تجربة عاملية Factorial Experiment

2-التعرف على الوحدات التجريبية التي تنطبق عليها المعاملات فيما اذا كانت متجانسة ام غير متجانسة ففي حالة عدم التجانس يجب التعرف على اتجاه التجانس هل هو باتجاه واحد ام اتجاهين وكذلك التعرف على ظروف التجربة وما متوفر للباحث من وحدات تجريبية والتي منها يمكن اختيار التصميم المناسب.

3-عند تجميع وحدات التجربة في مجاميع (قطاعات) لا بد من الاخذ بنظر الاعتبار هل ان القطاع الواحد يضم جميع المعاملات البسيطة او العاملية فعندما يضمها جميعها القطاع الواحد ففي هذه

الحالة يكون التصميم ذات قطاعات كاملة ، اما اذا كان قسم من المعاملات موجود ضمن القطاع الواحد والقسم الاخر في قطاع ثاني فيكون التصميم في هذه الحالة قطاعات غير كاملة (ناقصة)Incomplet Design.

التصميم العشوائي الكامل

(Completely Randomized Design –CRD)

يعد التصميم العشوائي الكامل واحد من أكثر التصاميم أستعمالا في مجال الانتاج الحيواني والنباتي، كما أنه سهل التطبيق فضلا الى ذلك فان من أهم ميزاته هو أمكانية تطبيقه مهما ان عدد المعاملات في التجربة وذلك عدد المكررات في كل معاملة ويمكن تطبيقه حتى في حالة عدم تساوي المكررات بأختلاف المعاملات ، الا أن من أهم محددات هذا التصميم هي عدم أمكانية تطبيقه الا أذا كانت الوحدات التجريبية على درجة عالية من التجانس.

أولا: التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة تساوي عدد المكررات (مع تسجيل مشاهدة واحدة).

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Yij = \mu + Ti + eij$$

أذ أن :

Yij: قيمة المشاهدة j العائدة للمعاملة i.

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

Ti: تأثير المعاملة i .

eij: الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره $\sigma^2 e$.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

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

علما أن :

t: عدد المعاملات في التجربة

r: عدد المشاهدات أو المكررات في كل معاملة

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى عددها والعدد ناتج من ضرب عدد المعاملات (t) في عدد المكررات لكل معاملة (r).

أي أن :

$$CF = \frac{(Y..)^2}{tr}$$

<u>مثال:</u> أجريت تجربة شملت ثلاث سلالات (معاملات) من الابقار ، لدراسة تأثير السلالة في نسبة الدهن في الحليب وضمت كل معاملات أربعة أبقار أخذت عينة حليب (أنموذج) واحدة من كل منها لقياس نسبة الدهن وكانت كالاتي:

المعاملة (السلالة)	نسبة الدهن (Yij)	المجموع (Yi.)
فريزيان	3 , 3 , 4 , 2	12
براون سويس	4 , 5 , 3 , 4	16
جرسي	4 , 3 , 3 , 3	13
		Y.. = 41 المجموع الكلي

الحل :

يتم حساب معامل التصحيح أولا:

$$CF = \frac{(Y..)^2}{tr} = \frac{(41)^2}{3 \times 4} = 140.8$$

ثم مجموع مربعات المعاملات (SSt):

$$SSt = \frac{\sum Yi.^2}{r} - CF = \frac{(12)^2 + (16)^2 + (13)^2}{4} - 140.8$$

$$SSt = 2.166$$

يتم حساب مجموع المربعات الكلية (SST):

$$SST = \sum Yij^2 - CF$$
$$SST = 3^2 + 3^2 + 4^2 + \text{-----} + 3^2 - 140.8$$
$$SST = 6.92$$

يتم حساب مجموع مربعات الخطأ (SSe):

$$SSe = SST - SSt$$
$$SSe = 6.92 - 2.166$$
$$SSe = 4.75$$

ومن النتائج السابقة يمكن حساب متوسط مربعات كل من المعاملات والخطأ وكما يلي:

متوسط مربعات المعاملات (MSt):

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{2.166}{3-1} = \frac{2.166}{2} = 1.08$$

متوسط مربعات الخطأ (MSe):

$$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)} = \frac{4.75}{3(4-1)} = \frac{4.75}{9} = 0.53$$

ومن خلال متوسط مربعات المعاملة والخطأ يمكن حساب قيمة F وكما يلي:

$$F = \frac{MSt}{MSe} = \frac{1.08}{0.53} = 2.05$$

ومن ثم يتم تكوين جدول تحليل التباين لتحليل البيانات:

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= 3-1 = 2	SSt = 2.166	MSt = 1.08	$F = \frac{1.08}{0.53}$ F = 2.05
Experimental Error. الخطأ التجريبي	t(r-1) = 3(4-1) = 9	SSe = 4.75	MSe = 0.53	
Total الكلي	tr-1 = 3X4- 1 = 12	SST = 6.92	----------	

تقارن قيمة F المحسوبة (Calculated) وهي (2.05) مع قيمة F الجدولية (Tabulated) من جداول F (منشورة في نهاية كتب تصميم وتحليل التجارب) وفق درجات حرية المعاملة (2) ودرجات حرية الخطأ (9) فأذا كانت المحسوبة أعلى من الجدولية فأن تأثير المعاملة (السلالة) معنويا في الصفة المدروسة، وأذا كانت قيمة F المحسوبة أقل من الجدولية فأن تأثير المعاملة في نسبة الدهن غير معنوي (Non-significant) : ففي المثال السابق التأثير غير معنوي.

ويتم أختبار قيمة F على مستوى أحتمالية 0.05 أي ($P<0.05$) وأشارتها *

أو على مستوى أحتمالية 0.01 أي ($P<0.01$) وأشارتها **

وأن * تعني معنوي و ** عالي المعنوية.

سؤال1 واجب: أكمل جدول تحليل التباين الاتي :

S.O.V. مصـــــــادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــــة f المحسوبة
Treat. المعاملة	3	60	----------	----------
Experimental Error. الخطـــــــأ التجريبي	--------	----------	15	
Total الكلي	19	----------		

سؤال2 واجب: أكتب جدول تحليل التباين بالرموز للانموذج الرياضي الاتي:

$Yij = \mu + Ti + eij$

سؤال3 واجب: ما هي ميزات ومحددات تطبيق التصميم العشوائي الكامل (CRD).

ملاحظة: بالامكان أستخراج معامل أختلاف التجربة (CV) وفق القانون الاتي : (من قسمة جذر متوسط مربعات الخطأ MSe (يؤخذ من جدول تحليل التباين) على المتوسط العام للصفة (X) في 100.

$$CV\% = \frac{MSe}{X} \times 100$$

ثانيا: التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة عدم تساوي المكررات (مع تسجيل مشاهدة واحدة).

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).(كما في حالة تساوي المكررات أنف الذكر). أي

$Yij = \mu + Ti + eij$

وتفسير رموزه كما في الانموذج السابق.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــــادر الاختلاف	d.f . درجـــــات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــــة f المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1	$SSt = \frac{\sum Yi.^2}{Ri} - CF$	$MSt = \frac{SSt}{t-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	$\sum ri-t$	$SSe = SST - SSt$	$MSe = \frac{SSe}{\sum ri-t}$	
Total الكلي	$\sum ri-1$	$SST = \sum Yij^2 - CF$	----------	

علما أن : معامل الاختلاف يحسب كما يلي في حالة عدم تساوي المكررات.

$$CF = \frac{(Y..)^2}{\sum ri}$$

حيث $\sum ri$: هو عدد المشاهدات (المكررات) في التجربة.

مثال: في تجربة شملت أربع معاملات أستعمل فيها فيتامين (E) لدراسة تأثير نسبة الفيتامين (% 15 , 10 , 5 , 0) في العليقة على معدل الزيادة الوزنية في الدجاج المحلي وتم الحصول على البيانات التالية:

المعاملات	الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع Yi.	عدد المشاهدات (المكررات) ri
1	10 , 15 , 20 , 22	67	4
2	10 , 12 , 13 , --	35	3
3	7 , 7 , 8 , 10	32	4
4	14 , 12 , --- , ---	26	2
		المجموع الكلي Y.. = 160	$\sum ri = 13$

الحل:

يتم حساب معامل التصحيح أولا:

$$CF = \frac{(Y..)^2}{\sum ri} = \frac{(160)^2}{13} = 1969.6$$

ثم مجموع مربعات المعاملات (SSt): ((مهم جدا)).

$$SSt = \frac{\sum Yi.^2}{ri} - CF = \frac{(67)^2}{4} + \frac{(35)^2}{3} + \frac{(32)^2}{4} + \frac{(26)^2}{2} - 1969.6$$

$$SSt = 153.81$$

يتم حساب مجموع المربعات الكلية (SST):

$$SST = \sum Yij^2 - CF$$
$$SST = 10^2 + \text{---------- } + 12^2 - 1969.6$$
$$SST = 261.23$$

يتم حساب مجموع مربعات الخطأ (SSe):

$$SSe = SST - SSt$$
$$SSe = 261.23 - 153.81$$
$$SSe = 107.41$$

ومن النتائج السابقة يمكن حساب متوسط مربعات كل من المعاملات والخطأ وكما يلي:

متوسط مربعات المعاملات (MSt):

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{153.81}{4-1} = \frac{153.81}{3} = 51.27$$

متوسط مربعات الخطأ (MSe):

$$MSe = \frac{SSe}{\sum ri-t} = \frac{107.41}{13-4} = \frac{107.41}{9} = 11.93$$

ومن خلال متوسط مربعات المعاملة والخطأ يمكن حساب قيمة F وكما يلي:

$$F = \frac{MSt}{MSe} = \frac{51.23}{11.93} = 4.30$$

ومن ثم يتم تكوين جدول تحليل التباين لتحليل البيانات

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــة f المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1= 4-1 = 3	SSt = 153.81	MSt = 51.27	51.27 F = -------- 11.9 F = 4.30
Experimental Error. الخطـــــــأ التجريبي	∑ri-t = 13-4 = 9	SSe = 107.41	MSe = 11.93	
Total الكلي	∑ri-1 = 13-1 = 12	SST = 261.23	----------	

تقـارن قيمـة F المحسـوبة (Calculated) وهـي (4.30) مـع قيمـة F الجدوليـة (Tabulated) من جداول F وفق درجات حرية المعاملة (3) ودرجات حرية الخطأ (9) ، نجد أن F المحسوبة أعلى من الجدولية لذلك فان تأثير المعاملة (الفيتامين) على معدل الزيادة الوزنية فأذا كانت المحسوبة أعلى من الجدولية فأن تأثير المعاملة معنويا في الصفة المدروسة، وأذا كانت قيمة F المحسوبة أقل من الجدولية فأن تأثير المعاملة في نسبة الدهن غير معنوي (Non-significant) : ففي المثال السابق التأثير غير معمعنويا على مستوى ($P<0.05$).

سؤال واجب: من البيانات الموضحة في الجدول الاتي (لديك ثلاث معاملات عدد مكرراتها غير متساوية)، أوجد جدول تحليل التباين لغاية قيمة F

المعاملات	الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع Yi.	عدد المشاهدات (المكررات) ri
1	5 , 9 , 10 , 11	39	4
2	6 , 4 , -- , ---	10	2
3	9 , 10 , 3 , 4	26	4
		المجموع الكلي Y.. 75 =	∑ri = 10

الاختبارات المقترحة بعد أجراء التجربة.

1- أختبار أقل فرق معنوي.

(Least Significant Difference – LSD):

يستعمل لمقارنة الفروق المعنوية بين أي متوسطين في التجربة.

خطوات تطبيق الاختبار:

أ- حساب الانحراف القياسي بين متوسط أي معاملتين في التجربة ، مما يلي

$$\text{الانحراف القياسي بين متوسط اي معاملتين} = \frac{2MSe}{r}$$

علما ان 2 ثابت كوننا نقارن بين متوسط كل معاملتين.

MSe : متوسط مربعات الخطأ (يتم الحصول عليه من جدول تحليل التباين).

r: عدد المشاهدات (المكررات) في كل معاملة.

ب- نستخرج قيمة t من جداول t (منشورة في نهاية أي كتاب لتصميم وتحليل التجارب). على درجات حرية الخطأ فقط ومستوى معنوية % 5 أو % 1.

ج- نستخرج قيمة LSD من حاصل ضرب الخطوتين السابقتين، أي وفق القانون الاتي:

$$LSD = \frac{2MSe}{r} \times t$$

د- نأخذ الفرق بين متوسطين أي معاملتين في التجربة ونقارنه مع قيمة LSD ، فأذا كان الفرق بين المتوسطين أعلى من الـ LSD فهو معنوي ونلاحظ مستوى المعنوية.

<u>مثال:</u> أجرية تجربة لدراسة تأثير خمسة أنواع من العلائق في معدل الزيادة الوزنية لدى العجول وقد شملت كل معاملة خمس عجول (البيانات موضحة في الجدول الاتي).

المعاملة	معدل الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع (Yi.)	المتوسط
1	6 , 8 , 7 , 3 , 10	36	7.2
2	9 , 8 , 11 , 11 10	49	9.8
3	7 , 5 , 5, 9 , 4	30	6.0
4	5 , 3, 4 , 6 , 6	24	4.8
5	8 , 6 , 9 , 9 , 11	43	8.6

	المجموع الكلي (Y..): 182		

وبعد أجراء التحليل الاعتيادي للتجربة لغاية الحصول على جدول تحليل التباين (كما في الامثل السابقة) يكون جدول تحليل التباين كالاتي.

S.O.V. مصـــــــادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــــة f المحسوبة
Treat. المعاملة	4	79.44	19.86	6.90 **
Experimental Error. الخطأ التجريبي	20	57.60	2.88	
Total الكلي	24	137.04	----	

أجراء الاختبار (LSD) : بما أن

$$MSe = 2.88 \ , \quad r = 5$$

وقيمة t من جداول t تساوي 2.08 لذلك :

$$LSD = \frac{2MSe}{r} \times t$$

$$LSD = \frac{2 \times 2.88}{5} \times 2.08 = 2.239$$

الان نأخذ الفرق بين متوسط كل معاملتين زنقارنه مع قيمة LSD ، فأذا كان الفرق بين المتوسطين معنوي نضع علهما حروف مختلفة ، واذا كان الفرق غير معنوي نضع عليها حروف موجبة.

مثلا الفرق بين متوسط المعاملتين t2 و t3 يكون

$$9.8 - 6.0 = 3.8$$

وبما أن 3.8 أكبر من 2.239 لذلك فأن الفرق معنوين بين متوسطي المعاملة الثانية والثالثة: وتوضع بالصيغة

متوسط المعاملة الثانية = a 9.8

متوسط المعاملة الثالثة = b 6.0

وكذلك بما أن الفرق بين متوسط المعاملة الاولى (7.2) ومتوسط المعاملة الثالثة (6.0) يساوي (1.2) أذن الفرق غير معنوي ، توضع بالصيغة :

متوسط المعاملة الاولى = a 7.2

متوسط المعاملة الثالثة = a 6.0

سؤال واجب: أذكر خطوات أجراء أختبار أقل فرق معنوي (LSD).

سؤال واجب: اجريت تجربة وفق تصميم عشوائي كامل (CRD) مع عدم تساوي المشاهدات أو المكر رات (ثلاث معاملات بمكررات مختلفة). المطلوب:

1- كتابة الانموذج الرياضي للتجربة مفسرا" رموزه.

2- أيجاد جدول تحليل التباين للبيانات

والبيانات كما في الجدول الاتي:

المعاملات	المشاهدات yij	Yi. مجاميع المعاملات	Ri عدد المكررات
T1	5 , 6 , 3 , 4	18	4
T2	4 , 2 , -- , --	6	2
T3	9 , 6 , 7 , 8	30	4
		Y.. = 54	∑ri = 10

2- أختبار دنكن (Duncan) متعدد الحدود.

وجد هذا الاختبار عام 1955 من قبل الباحث Duncan ويتميز عن باقي الاختبارات بأنه يأخذ الفروق المعنوية بين المتوسطات مهما كان عددها مرة واحدة .

خطوات أجراء الاختبار:

- يتم أستخراج الانحراف القياسي لاي مشاهدة في التجربة وفق الاتي.

جذر الاتي.

$$Syi = \frac{MSe}{r}$$

- أستخراج قيم SSR من جداول دنكن (موجودة في نهاية كتاب تصميم وتحليل التجارب) وحسب عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة.
- أستخراج قيم LSR من المعادلة الاتية (حاصل ضرب الخطوتين السابقتين).

$$LSR = \frac{MSe}{r} \times SSR$$

- يتم ترتيب المتوسطات وقيم LSR تنازليا وبشكل عمودي وكذلك ترتيب المتوسطات تصاعديا وبشكل أفقي وفي كلا الحالتين يترك أخر متوسط. بعد ذلك نأخذ الفرق بين كل متوسطين ونقارنه بقيمة LSR المقابلة لهما ، فأذا كانت قيمة الفرق بين المتوسطين أعلى من قيمة LSR أذن الفرق بين المتوسطين معنوي ، في حين أذا كان الفرق أقل من الـ LSR فهو غير معنوي. وتوضع حروف على المتوسطات كما تم توضيح ذلك أنفا في أختبار LSD.

مثال: تطبيق أختبار دنكن على نفس المثال السابق الذي طبق عليه أختبار LSD.

$$Syi = \frac{MSe}{r} = \frac{2.88}{5} = 0.759$$

	عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة			
	2	3	4	5
SSR	2.95	3.09	3.19	3.25
$\frac{MSe}{r}$	0.759			
LSR	2.33	2.35	2.42	2.47

قيم LSR في الجدول ناتجة من ضرب قي SSR في 0.759 .
ولغرض أجراء المقارنة نكون الجدول الاتي:

متوسط المعاملات تنازليا	قيم LSR تنازليا	T4 4.8	T3 6.0	T1 7.2	T5 8.6
T2 : 9.8	2.47	5.0*	3.8*	2.6*	1.2NS
T3 : 8.6	2.42	3.8*	2.6*	1.4	
T1 : 7.2	2.35	2.4*	1.2NS		
T3 : 6.0	2.33	1.2NS			

فمثلا الفرق بين متوسط المعاملة الثانية (9.3) والمعاملة الرابعة (4.8) هو (5.0) كما موضح في الجدول وهذه القيمة أعلى من قيمة LSR المقابلة لها (2.47) لذلك الفرق بين متوسطي المعاملتين الثانية والرابعة معنوي لذا وضعت الاشارة * ولهذا يعطى المتوسط الاعلى a والاقل b .

تصميم القطاعات العشوائية الكاملة
(Randomized Completely Block Design – RCBD)

في هذا التصميم يتم تجميع الوحدات اتلتجريبية بمجاميع أو تسمى قطاعات بحيث تكون الوحدات التجريبية داخل كل قطاع في التجربة متجانسة ويكون عدد الوحدات التجريبية داخل كل قطاع مساويا لعدد المعاملات أو بعبارة أخرى بأنه لابد من أحتواء كل قطاع على جميع المعاملات وأن تحوي كل معاملة جميع القطاعات لذلك سميت بالقطاعات الكاملة وتتوزع المعاملات على الوحدات التجريبية داخل كل قطاع عشوائيا وبذلك يتضح أن أستعمال هذا التصميم (RCBD) في حالة عدم تجانس الوحدات التجريبية وأمكانية مجانستها بأتجاه معين (عمودي مثلا وتسمى قطاعات) ، ومن الممكن تطبيقه في حالة وجود قيم مفقود (ناتجة من هلاك حيوان أو نبات أو فقدان عينة في المختبر عائدة لمعاملة معينة في التجربة) وكذلك يعد سهل التطبيق. علما أن هذا التصميم هو أكفأ من التصميم العشوائي الكامل (CRD) وذلك لان جزء من الخطأ يتم سحبه عن طريق أحداث التجانس داخل كل قطاع ، الا ان من أهم عيوب هذا التصميم هو أرتفاع الخطأ في حالة عدم أمكانية أحداث التجانس داخل كل قطاع (أو بأتجاه معين) في هذه الحالة يتطلب أستعمال تصاميم أخرى لاجراء التحليل.

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Yij = \mu + Ti + Pj + eij$$

أذ أن :

Yij: قيمة المشاهدة j العائدة للمعاملة i.

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

Pj: تأثير القطاع i .

: تأثير المعاملة j .

eij: الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره $\sigma^2 e$.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجـــــات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــة f المحسوبة
Block القطاع	r-1	$SSr = \frac{\sum Y.j^{2}}{t} - CF$	$MSr = \frac{SSr}{r-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Treat. المعاملة	t-1	$SSt = \frac{\sum Yi.^{2}}{r} - CF$	$MSt = \frac{SSt}{t-1}$	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(t-1)	SSe =SST– SSr- SSt	$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)}$	
Total الكلي	tr-1	$SST = \sum Yij^{2} - CF$	----------	

علما أن :

t: عدد المعاملات في التجربة.

r: عدد المكررات (القطاعات) في التجربة.

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى عددها والعدد ناتج من ضرب عدد المعاملات (t) في عدد المكررات (القطاعات) (r).

أي أن :

$$CF = \frac{(Y..)^{2}}{tr}$$

<u>مثال :</u> أجريت تجربة لدراسة تأثير التسميد بالنتروجين على حاصل أحد أصناف الطماطة وأستعمل لذلك أربع مستويات من النتروجين (أربع معاملات) وتم تطبيق التجربة بواقع أربع قطاعات (أربع مكررات) والبيانات كما موضحة في الجدول الاتي:

المعاملات (Ti)	القطاع الاول (r1)	القطاع الثاني (r2)	القطاع الثالث (r3)	القطاع الرابع (r4)	مجاميع المعاملات (Yi.)
1	62	52	47	51	212
2	69	54	50	57	228
3	69	53	57	57	236
4	74	65	54	50	252
Y.j مجاميع القطاعات	272	224	208	224	Y.. = 928 المجموع الكلي

$$CF = \frac{(Y..)^2}{tr} = \frac{(928)^2}{4 \times 4} = 53824$$

$$SSr = \frac{\sum Y.j^{\,2}}{t} - CF$$

$$SSr = \frac{(272)^2 + \cdots + (224)^2}{4} - 53824$$

$$SSr = 576$$

$$SSt = \frac{\sum Yi.^{\,2}}{r} - CF$$

$$SSt = \frac{(212)^2 + \cdots + (252)^2}{4} - 53824$$

$$SSt = 208$$

$$SST = \sum Yij^2 - CF = (62)^2 + \cdots + (59)^2 - CF$$

$$SST = 884$$

$$SSe = SST - SSr - SSt$$

$$SSe = 884 - 576 - 208$$

$$SSe = 70$$

$$MSr = \frac{SSr}{r-1} = \frac{576}{3} = 192$$

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{208}{3} = 69.33$$

$$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)} = \frac{70}{9} = 7.78$$

يتم تكوين جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجـــــات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمـــــــة f المحسوبة
Block القطاع	r-1 = 4-1 = 3	576	192	$F = \frac{MSt}{MSe}$ $F = \frac{69.33}{7.78}$ F = 8.91**
Treat. المعاملة	t-1 = 4-1 = 3	208	69.33	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(t-1) (4-1)(4-1) = 9	70	7.78	
Total الكلي	tr-1 4 x 4 – 1 = 15	884	----------	

من خلال مقارنة قيمة F المحسوبة (8.91) مع قيمة F الجدولية على درجات حرية المعاملة (3) والخطأ (9) ، نجد أن قيمة F المحسوبة أعلى من الجدولية على مستوى معنوية (0.05) وكذلك (0.01) لذلك فأن تأثير المعاملة (التسميد بالنتروجين) عالي المعنوية في حاصل الطماطة ، أذ سجلت المعاملة الرابعة أقصى متوسط من الحاصل.

ملاحظة: نلاحظ من الجدول أعلاه بأن قيمة F تحسب من متوسط مربعات المعاملة ومتوسط مربعات الخطأ.

سؤال واجب: ما هو جدول تحليل التباين بالرموز للانموذج الرياضي الاتي:

$$Yij = \mu + Ti + Pj + eij$$

سؤال واجب: أثبت من خلال جدول تحليل التباين وبأرقام أفتراضية أن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) أكفئ من التصميم العشوائي الكامل (CRD).

الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) مقارنة مع التصميم العشوائي الكامل (CRD).

يمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة الاتية:

$$\text{الكفاءة النسبية } R.E.\ \% = \frac{(r-1)\,MSr + r\,(t-1)\,MSe}{(rt-1)\,MSe} \times 100$$

أن المجاهيل في هذا القانون يتم الحصول عليها من جدول تحليل التباين.

مثال: تم تحليل بيانات تجربة لمقارنة تأثير أربع مستويات من النتروجين على معدل حاصل عباد الشمس، أستعمل فيها تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبواقع خمس مكررات (قطاعات) وكانت النتائج بعد التحليل كما موضحة في الجدول الاتي. (المطلوب أيجاد الكفاءة النسبية لتصميم (RCBD) مقارنة مع تصميم (CRD).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Block القطاع	4	21.46	5.36	F = 20.46**
Treat. المعاملة	3	134.45	44.83	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	12	26.26	2.19	
Total الكلي	19	182.17	--------	

$$\text{الكفاءة النسبية } R.E.\ \% = \frac{(r-1)\,MSr + r\,(t-1)\,MSe}{(rt-1)\,MSe} \times 100$$

$$\text{الكفاءة النسبية } R.E.\ \% = \frac{(5-1)\,5.36 + 5\,(4-1)\,2.19}{(5 \times 4-1)\,2.19} \times 100$$

R.E. % = 130 %

من هذه النتيجة يتضح بأن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) أكفأ من التصميم العشوائي الكامل (CRD) بمقدار % 30 ، أي أن 130 مكرر بأستعمال تصميم (CRD) تعطي نفس نتيجة معلومات 100 مكرر وفق تصميم (RCBD) لذلك فأن التكلفة في حالة تطبيق تصميم (CRD) تكون أعلى.

سؤال واجب: أكمل جدول تحليل التباين الاتي موضحا الخطوات بالقوانين اللازمة مع كتابة الانموذج الرياضي المناسب.

SOV	d.f.	SS	MS	F المحسوبة
Block	3	----------	60	
Treat.	-------	10	---------	---------
Exp. Error	12	----------	2.66	
Total	--------			

تصميم المربع اللاتيني
(Latin Square Design)

يتم في هذا التصميم تجميع الوحدات التجريبية بأتجاهين هما صفوف (Rows) وأعمدة (Columns) لغرض أحداث التجانس بأتجاهين ، أذ لم يكفي مجانستها بأتجاه واحد كما حصل في تصميم القطاعات ، وفي تصميم المربع اللاتيني يتم توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية أو بالعكس وبصورة عشوائية لغرض أعطاء كل وحدة تجريبية نفس الفرصة ، ويعد هذا التصميم سهل التطبيق كما هو الحال في التصميمين RCBD و CDR . وان تصميم المربع اللاتيني يعد أدق (أكفأ) من التصميمين RCBD و CDR . الا أن من أهم محددات هذا التصميم هي زيادة نسبة الخطأ في حالة أستعمال أقل من ثلاث معاملات أو صفوف أو أعمدة وكذلك يصبح التحليل معقدا في حالة زيادة عدد المعاملات أو الصفوف أو الاعمدة عن ثمانية.

ملاحظة : في تصميم المربع اللاتيني يكون عدد المعاملات مساويا لعدد الصفوف ومساويا لعدد الاعمدة (t = r = c) حيث t تمثل المعاملات و r هي الصفوف و c تمثل الاعمدة . لذلك المربع اللاتيني يكون 3 x 3 أو 4 x 4 أو 5 x 5 وهكذا.

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Yij(k) = \mu + \chi i + + \beta i + Ti + eij(k)$$

أذ أن :

Yij(k): قيمة المشاهدة.

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

χi: تأثير الصفوف i .

βi: تأثير الاعمدة j .

Ti: تأثير المعاملة k .

eij(k): الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره $\sigma^2 e$.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــــادر الاختلاف	d.f . درجـــات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوســـــــط المربعات	F. Value قيمـــــــة F المحسوبة
Rows الصفوف	r-1	$SSr = \frac{\sum Yi.^2}{R} - CF$	$MSr = \frac{SSr}{r-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Columns الاعمدة	r-1	$SSc = \frac{\sum Y.j^2}{R} - CF$	$MSc = \frac{SSc}{r-1}$	
Treat. المعاملة	r-1	$SSt = \frac{\sum Y.k^2}{R} - CF$	$MSt = \frac{SSt}{r-1}$	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(r-2)	$SSe = SST - SSr - SSc - SSt$	$MSe = \frac{SSe}{(r-1)(r-2)}$	
Total الكلي	r^2-1	$SST = \sum Yij^2 - CF$	----------	

علما أن :

t: عدد المعاملات في التجربة.

r: عدد الصفوف في التجربة.

c: عدد الاعمدة في التجربة.

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى مربع عدد الصفوف أو العمدة أو المعاملات.

أي أن :

$$CF = \frac{(Y..)^2}{r^2}$$

مثال : أجريت تجربة وفق تصميم المربع اللاتيني وشملت أربعة معاملات (التجربة 4 x 4) والبيانات كما موضحة في الجدول الاتي.

الاعمدة / الصفوف	C1	C2	C3	C4	Yi. مجاميع الصفوف
R1	t1 4	t2 3	t3 4	t4 1	12
R2	t2 5	t3 2	t4 3	t1 6	16
R3	t3 4	t4 2	t1 5	t2 5	16
R4	t4 6	t1 6	t2 3	t3 4	19
Y.j مجاميع الاعمدة	19	13	15	16	Y.. = 63 المجموع الكلي

من خلال الجدول يتضح بأن عدد الصفوف = عدد الاعمدة = عدد المعاملات

أي أن r = 4 .

قبل البدء بالحل يجب أستخراج مجاميع المعاملات من خلال متابعتها في جدول البيانات أعلاه الذي يحوي مجاميع الصفوف والاعمدة وكما يلي:

$\sum t1 = 4 + 6 + 5 + 6 = 21$

$\sum t2 = 3 + 5 + 5 + 3 = 16$

$\sum t3 = 4 + 2 + 4 + 4 = 14$

$\sum t4 = 1 + 3 + 2 + 6 = 12$

بعد ذلك نبدأ بأستخراج معامل التصحيح

$$CF = \frac{(Y..)^2}{r^2} = \frac{(63)^2}{4^2} = 240.06$$

$$SSr = \frac{\sum Yi.^2}{r} - CF$$

$$SSr = \frac{(12)^2 + \text{----------} + (19)^2}{4} - 240.06$$

$SSr = 6.19$

$$SSc = \frac{\sum Y.j^{2}}{r} - CF$$

$$SSc = \frac{(19)^2 + \text{----------} + (16)^2}{4} - 240.06$$

$SSc = 4.69$

$$SSt = \frac{\sum Yk.^{2}}{r} - CF$$

$$SSt = \frac{(21)^2 + \text{----------} + (12)^2}{4} - 240.06$$

$SSt = 11.19$

$SST = \sum Yij^2 - CF$

$SST = (4)^2 + \text{----------} + (4)^2 - 240.06$

$SST = 32.94$

$SSe = SST - SSr - SSc - SSt$

$SSe = 32.94 - 6.19 - 4.69 - 11.19$

$SSe = 10.87$

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــــادر الاختلاف	d.f . درجـــــات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Rows الصفوف	r-1= 3	SSr = 6.19	MSr = 2.06	
Columns الاعمدة	r-1 = 3	SSc = 4.69	MSc = 1.56	
Treat. المعاملة	r-1 = 3	SSt = 11.19	MSt = 3.73	MSt F = -------- MSe
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(r-2) (4-1)(4-2) = 6	SSe = 10.87	MSe = 1.81	3.73 F = -------- 1.81
Total الكلي	r^2-1 4^2 -1 = 15	SST = 32.94	----------	F = 2.06 NS

NS: تعني غير معنوي (Non-significant).

أذ ان قيمة F المحسوبة (2.06) أقل من الجدولية التي تستخرج على درجات حرية المعاملة (3) والخطأ (6) من جداول F.

ملاحظة: نلاحظ من الجدول أعلاه بأن قيمة F تحسب من متوسط مربعات المعاملة ومتوسط مربعات الخطأ وليس من قيم الصفوف والاعمدة.

الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بالتصميمين العشوائي الكامل (CRD) والقطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

1- مقارنة كفاءة المربع اللاتيني مع CRD.

يتم بأستعمال المعادلة التالية:

$$R.E.\ \% = \frac{MSr + MSc + (r-1)\,MSe}{(r+1)\,MSe} \times 100$$

R.E. : الكفاءة النسبية

مثال: أذا كان لدينا جدول تحليل التباين الاتي الناتج من تحليل تجربة بتصميم المربع اللاتيني.

SOV	d.f.	SS	MS	F
Rows	4	13601	3400	
Colum.	4	6144	1536	
Treat.	4	4156	1039	0.98
Error	12	12668	1056	
Total	24	36569		

من خلال هذا الجدول يمكن حساب الكفاءة النسبية وكما يلي:

$$R.E.\ \% = \frac{MSr + MSc + (r-1)\,MSe}{(r+1)\,MSe} \times 100$$

$$R.E.\ \% = \frac{3400 + 1536 + (5-1)\,1056}{(5+1)\,1056} \times 100$$

R.E. % = 145 %

2- مقارنة كفاءة المربع اللاتيني مع RCBD.

- أولا بأفتراض أن الصفوف هي القطاعات يتم بأستعمال المعادلة الاتية:

$$R.E.\ \% = \frac{MSc + (r-1)\,MSe}{r\,(MSe)} \times 100$$

$$R.E.\ \% = \frac{1536 + (5-1)\,1056}{5\,(1056)} \times 100$$

R.E. % = 109 %

- ثانيا بأفتراض أن الاعمدة هي القطاعات يتم بأستعمال المعادلة الاتية:

$$R.E.\ \% = \frac{MSr + (r-1)\,MSe}{r\,(MSe)} \times 100$$

$$R.E.\ \% = \frac{3400 + (5-1)\,1056}{5\,(1056)} \times 100$$

R.E. % = 143 %

التجارب العاملية
Factorial Experiment.

أن التجارب العاملية تستعمل عند دراسة تأثير أكثر من عامل واحد في صفة معينة ، مثل دراسة تأثير السلالة والموسم في صفة أنتاج الحليب وهذه التجارب تطبق بالتصاميم السابقة (CRD و RCBD و LS) وهنا يتم أستخراج تأثير كل عامل ومن ثم تأثير التداخل بين العوامل المدروسة (أن التداخل يعتبر مهم جدا ، أذ أنه يعطي أفضل توليفة بين العوامل المروسة) ، وهذه التجارب تحتاج الى دقة في التطبيق ، كما أن زيادة عدد مستويات العوامل المدروسة يزيد من صعوبة التحليل.

فمثلا عند دراستنا تاثير السلالة (عواسي ، حمداني ، عرابي) والموسم (الشتاء ، الربيع ، الصيف ، الخريف) أي أن العامل الاول فيه ثلاث مستويات والعامل الثاني فيه أربعة مستويات لذلك يطلق على هذه التجربة (3 X 4) .

أولا: تجربة عاملية بتأثير عاملين تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD).

الانموذج الرياضي للتجربة.

$$Yijk = \mu + Ai + + Bj + AB(ij) + eijk$$

أذ ان :

Ai : تأثير العامل الاول.

Bj : تأثير العامل الثاني.

ABij : تأثير التداخل بين العاملين.

أما باقي الرموز فهي كما تم تفسيرها أنفا وفق النماذج الرياضية السابقة.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــــادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
A العامل الاول	a-1	SSA	MSA	$FA = \frac{MSA}{MSe}$
B العامل الثاني	b-1	SSB	MSB	$FB = \frac{MSB}{MSe}$
AB التـــداخل بـــين العاملين	(a-1)(b-1)	SSAB	MSAB	$FAB = \frac{MSAB}{MSe}$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	ab(r-1)	SSe	MSe	
Total الكلي	abr-1	SST	----------	----------

علما أن a يمثل عدد مستويات العامل a

و أن b يمثل عدد مستويات العامل b

وان r يمثل عدد المكررات

وان هنالك ثلاث قيم للـ F

أما القوانين المتعلقة بالحسابات في الجدول فهي كالاتي:

$$CF = \frac{(Y\ldots)^2}{abr}$$

$$A = \frac{\sum Yi.^2}{br}$$

$$SSA = A - CF$$

$$B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$$

$$SSB = B - CF$$

$$AB = \frac{\sum Yij.^2}{r}$$

$$SSAB = AB - A - B + CF$$

$$RAB = \sum Yijk^2$$

$$SST = RAB - CF$$
$$SSe = RAB - AB$$

ومن ثم أستخراج متوسطات المربعات من قسمة مجموع المربعات لكل مصدر تباين على درجات الحرية لذلك المصدر .

ملاحظة : عندما نستخرج تأثير العامل A نقسم على br

عندما نستخرج تأثير العامل B نقسم على ar

عندما نستخرج تأثير العامل AB نقسم على r

كما في القوانين أعلاه

مع ضرورة التأكد من الاشارات خصوصا عند أستخراج SSAB

مثال: أجريت تجربة لدراسة تأثير السلالة (عواسي ، حمداني) ونوع الولادة (فردية ، توأمية) في الوزن عند الميلاد لدى الحملان ، أوجد تأثير السلالة ونوع الولادة وتداخلهما في الصفة المدروسة والبيانات كما في الجدول الاتي:

السلالة (A)	نوع الولادة (B)	الوزن عند الميلاد (Yijk)	المجموع Yij.
a1 عواسي	b1 فردية	5 , 4 , 6	15
	b2 توأمية	3 , 4 , 4	11
a2 الحمداني	b1 فردية	2 , 3 , 2	7
	b2 توأمية	3 , 3 , 4	10
			المجموع الكلي Y… = 43

أذن المكررات (r) في هذا المثال هي 3

ولتسهيل الحل يفضل تكوين الجدول الاتي من الجدول أعلاه لاستخراج قيم A و B للمكررات الثلاثة في كل توليفة.

B A	b1	b2	Yi.. مجاميع الـ a
a1	15	11	26
a2	7	10	17
Y.j. مجاميع b	22	21	المجموع الكلي Y… = 43

$$CF = \frac{(Y\ldots)^2}{abr}$$

$$CF = \frac{(43)^2}{2 \times 2 \times 3} = 154.08$$

$$A = \frac{\sum Yi.^2}{br}$$

$$A = \frac{(26)^2 + (17)^2}{2 \times 3} = 160.8$$

$$SSA = A - CF = 160.8 - 154.08 = 6.75$$

$$B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$$

$$B = \frac{(22)^2 + (21)^2}{2 \times 3} = 155$$

$$SSB = B - CF = 155 - 154.08 = 0.083$$

$$AB = \frac{\sum Yij.^2}{}$$

r

$$AB = \frac{(15)^2 + \text{----} + (10)^2}{3} = 165$$

SSAB = AB - A - B + CF
SSAB = 165 – 160.8 – 155 + 154.8
SSAB = 4.08

RAB = $\sum Yijk^2 = (5)^2 + \text{-------} + (4)^2$
RAB = 169
SST = RAB – CF = 14.91
SSe = RAB – AB = 169 – 165 = 4

الان يتم تكوين جدول تحليل التباين للنتائج وكما يلي:

S.O.V.	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
A	a-1 = 1	SSA = 6.75	MSA = 6.75	MSA / MSe = 13.5**
B	b-1 = 1	SSB = 0.083	MSB = 0.083	MSB / MSe = 0.17ns
AB	(a-1)(b-1) (2-1)(2-1) =1	SSAB = 4.08	MSAB = 4.08	MSAB / MSe = 8.7**
Experimental Error.	ab(r-1) 2 x 2 (3-1) = 8	SSe = 4	MSe = 0.50	----------
Total	abr-1 2 x 2 x 3 – 1 = 11	SST = 14.91	----------	----------

يتبين من قيم F المحسوبة في الجدول أعلاه بعد مقارنتها بمثيلاتها الجدولية أن تأثير السلالة وكذلك التداخل بين السلالة ونوع الولادة عالي المعنوية ($P<0.01$) في وزن الميلاد للحملان في حين لم يكن تأثير نوع الولادة معنويا في هذه الصفة.

ثانيا: تجربة عاملية بتأثير عاملين تطبق بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

تستعمل هذه التجربة في حالة عدم تجانس الوحدات التجريبية للعوامل المؤثرة في الصفة المدروسة وامكانية مجانستها بشكل قطاعات كما تمت الاشارة الى ذلك في تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأتجاه واحد.

الانموذج الرياضي للتجربة.

$$Yijkl = \mu + Ai + Bj + AB(ij) + Pk + eijkl$$

أذ ان :

Ai : تأثير العامل الاول.

Bj : تأثير العامل الثاني.

ABij : تأثير التداخل بين العاملين.

Pk: تأثير القطاع k .

أما باقي الرموز فهي كما تم تفسيرها أنفا وفق النماذج الرياضية السابقة.

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
Block القطاع	r-1	SSr	MSr	----------
A العامل الاول	a-1	SSA	MSA	$FA = \frac{MSA}{MSe}$
B العامل الثاني	b-1	SSB	MSB	$FB = \frac{MSB}{MSe}$
AB التداخل بين العاملين	(a-1)(b-1)	SSAB	MSAB	$FAB = \frac{MSAB}{MSe}$
Experimental Error.	(ab-1)(r-1)	SSe	MSe	----------

الخطأ التجريبي				
Total الكلي	abr-1	SST	----------	----------

علما أن a يمثل عدد مستويات العامل a .

و أن b يمثل عدد مستويات العامل b .

وان r يمثل عدد المكررات (القطاعات).

وان هنالك ثلاث قيم للـ F .

أما القوانين المتعلقة بالحسابات في الجدول فهي كالاتي:

$$CF = \frac{(Y\ldots)^2}{abr}$$

$$R = \frac{\sum Y.k.^2}{ab}$$

$$SSr = R - CF$$

$$A = \frac{\sum Yi..^2}{br}$$

$$SSA = A - CF$$

$$B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$$

$$SSB = B - CF$$

$$AB = \frac{\sum Yijk.^2}{r}$$

$SSAB = AB - A - B + CF$

$RAB = \sum Yijk^2$

$SST = RAB - CF$

$SSe = RAB - R - AB + CF$

ومن ثم أستخراج متوسطات المربعات من قسمة مجموع المربعات لكل مصدر تباين على درجات الحرية لذلك المصدر .

ملاحظة : عندما نستخرج تأثير العامل A نقسم على br

عندما نستخرج تأثير العامل B نقسم على ar

عندما نستخرج تأثير القطاع R نقسم على ab

عندما نستخرج تأثير العامل AB نقسم على r

كما في القوانين أعلاه

مع ضرورة التأكد من الاشارات خصوصا عند أستخراج SSABرو SSe .

مثال: أجريت تجربة لدراسة تأثير فيتامين A بمستويين (2 و 5 %) وتم تطبيق كل منها على ثلاث سلالات وبواقع مكررين (قطاعين) لعدم تجانس الوحدات التجريبية . أوجد تأثير فيتامين A والسلالة وتداخلهما في وزن البيض لدى الدجاج، والبيانات كما في الجدول الاتي.

A	B	r1	r2
A1	B1	70	75
	B2	65	60
	B3	55	47
A2	B1	75	75
	B2	60	60
	B3	50	50
Y.K.	----	375	367

يتبين من خلال جدول البيانات بأن

$a = 2$ ، $b = 3$ و $r = 2$

ولتسهيل الحل يفضل تكوين الجدول الاتي من الجدول أعلاه لاستخراج قيم A و B للمكررين في كل توليفة وكما يلي.

B A	b1	b2	b3	Yi.. مجاميع الـ a
a1	145	125	102	372
a2	150	120	100	370

Y.j. م جاميع b	295	245	202	المجمـــــوع الكلي Y… = 742

$$CF = \frac{(Y\ldots)^2}{abr} = \frac{(742)^2}{2 \times 3 \times 2} = 45880.33$$

$$R = \frac{\sum Y.k.^2}{ab} = \frac{(375)^2 + (367)^2}{2 \times 3}$$

$$SSr = R - CF = 5.33$$

$$A = \frac{\sum Yi..^2}{br} = \frac{(372)^2 + (370)^2}{3 \times 2}$$

$$SSA = A - CF = 0.333$$

$$B = \frac{\sum Y.j^2}{ar} = \frac{(295)^2 + (245)^2 + (202)^2}{2 \times 2}$$

$$SSB = B - CF = 915.41$$

$$AB = \frac{\sum Yijk.^2}{r} = \frac{(145)^2 + \text{----------} + (100)^2}{2}$$

$$SSAB = AB - A - B + CF = 12.08$$

$$RAB = \sum Yijk^2 = (70)^2 + \text{----------} + (50)^2 = 47053.99$$

$$SST = RAB - CF = 1173.66$$

$$SSe = RAB - R - AB + CF = 240.50$$

جدول تحليل التباين للتصميم :(ANOVA Table).

S.O.V. مصـــــــادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
Block القطاع	r-1 = 1	SSr = 5.33	MSr = 5.33	----------
A العامل الاول	a-1 = 1	SSA = 0.333	MSA = 0.333	MSA FA = -------- = 0.01ns MSe
B العامل الثاني	b-1 = 2	SSB = 915.41	MSB = 457.70	MSB FB = -------- = 9.52* MSe
AB التـداخل بـين العاملين	(a-1)(b-1) (2-1)(3-1) = 2	SSAB = 12.08	MSAB = 6.04	MSAB FAB= -------- = 0.93ns MSe
Experimental Error. الخطـــــــأ التجريبي	(ab-1)(r-1) (2 x 3)(2-1) = 6	SSe = 240.50	MSe = 48.10	----------
Total الكلي	Abr-1 2 x 3 x 2 – 1 = 11	SST= 1173.66	----------	----------

ثالثا: تجربة عاملية بتأثير ثلاث عوامل تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD).

$$Yijkl = \mu + Ai + Bj + Ck + AB(ij) + AC(ik) + BC(jk) + ABC(ijk) + eijkl$$

جدول تحليل التباين للتصميم يتضمن الاتي:

SOV	Df	SS
A	a-1	SSA = A – CF
B	b-1	SSB = B – CF
C	c-1	SSC = C – CF
AB	(a-1)(b-1)	SSAB = AB – A – B + CF
AC	(a-1)(c-1)	SSAC = AC – A – C + CF
BC	(b-1)(c-1)	SSBC = BC – B – C + CF
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	SSABC = ABC – AB – AC – BC + A + B +C – CF
Error	abc(r-1)	SSe = RABC – ABC
Total	abcr-1	SST = RABC – CF

$RABC = \sum Yijkl^2$

قيم متوسطات المربعات MS تستخرج من تقسيم قيم مجموع المربعات (SS) على درجات الحرية .

تصاميم القطع والقطاعات المنشقة
Split-Plot & Split-Block Designs

مفهوم التصاميم المنشقة

تشمل التركيبة الأساسية لهذه التصاميم على ألواح أو قطاعات تسمى بالوحدات الكاملة Whole plots ثم تشق الى وحدات تجريبية أصغر تسمى بالألواح الثانوية Subplots أو الألواح المنشقة Split plots، تهتم هذه التصاميم بعاملين لغرض تحقيق مستوى أعلى من الدقة لعامل دون آخر أي أن العاملين على مستويين مختلفين من الأهمية بالنسبة للباحث فأحدهما يكون مهم والآخر أكبر أهمية ولذلك يحتوي جدول تحليل التباين لهذه التصاميم خطأين تجريبين الخطأ التجريبي الأول Error (a) لإختبار تأثير معاملات العامل A والخطأ التجريبي الثاني Error (b) لإختبار تأثير معاملات العامل B والتداخل AB ودائماً تكون قيمة الخطأ التجريبي الثاني أكبر من الأول وذلك لأن عدد تكرارات الوحدات الثانوية يفوق عدد تكرارات الوحدات الكاملة مما ينتج عنه كبر الخطأ التجريبي الخاص بالوحدات الثانوية عن الخطأ التجريبي الخاص بالوحدات الكاملة، فمثلاً لو كان لدينا عاملين A و B وكانت الرغبة في دراسة العامل B بدقة أكبر، والحالة هذه يجب توزيع مستويات العامل A في الألواح أو القطاعات الرئيسية (حسب ظروف تنفيذ التجربة فاذا كانت تنفذ في ظروف مسيطر عليها ستكون بتصميم عشوائي كامل CRD وإذا نفذت التجربة في ظروف غير مسيطر عليها فستكون بتصميم RCBD) ثم يشق كل جزء من اللوح أو القطاع الذي يحتوي على مستوى من مستويات العامل A الى ألواح ثانوية بعدد مستويات العامل B، وبسبب تلك الألواح الثانوية المنشقة عن الألواح أو القطاعات الرئيسية جاءت تسمية التصاميم بالألواح أو القطاعات المنشقة.

ميزات وعيوب التصاميم المنشقة

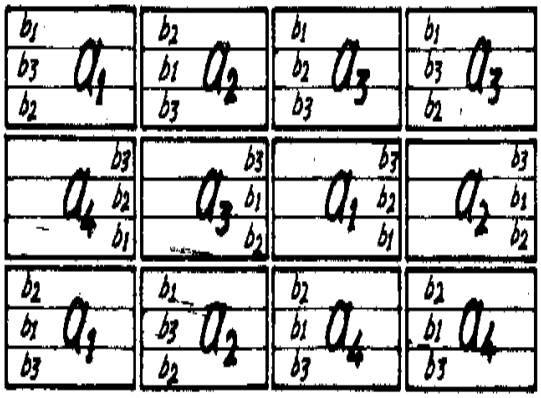
1) توفير درجة أعلى من الدقة في إختبار المعاملات التي تنفذ في الوحدات الثانوية (العامل الثاني B والتداخل AB) على حساب دقة المعاملات التي تنفذ في الوحدات الرئيسية (العامل الأول A).
2) تعد هذه التصاميم ملائمة لطبيعة بعض العوامل التجريبية وطريقة تطبيقها على المادة التجريبية سيما في ميدان العلوم الزراعية. ومن أهم عيوب هذه التصاميم:

1) يزداد تعقيد تحليل بيانات هذه التصاميم عند وجود قيمة مفقودة لبعض المشاهدات.

2) يختبر هذا التصميم درجة دقة أعلى للعامل المنفذ في الوحدات الثانوية المتضمنة لمستويات العامل B والتداخل AB على حساب درجة دقة العامل المنفذ في الوحدات الرئيسية المتضمنة لمستويات العامل A ويذكر هذا المؤشر كميزة وعيب في الوقت نفسه وذلك حسب طبيعة التجربة.

1) تصميم القطع المنشقة Split Plots Design

عند تنفيذ تجربة في ظروف مسيطر عليها يوزع العامل A المتضمن أربعة مستويات والعامل B ثلاث مستويات وبثلاث تكرارات كما يلي:



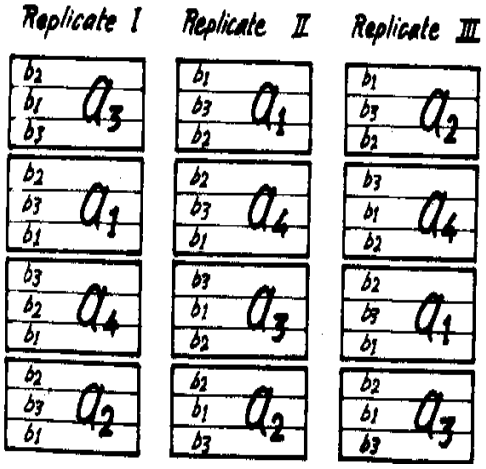
ويكون جدول تحليل التباين لتجربة ذات عاملين بتصميم القطع المنشقة بتصميم CRD كمايلي:

S.O.V	Df	SS	MS	F cal.
A	a-1	$A = \frac{\sum ai^2}{br}$ = A-CF	$= \frac{SS_a}{df_a}$	$= \frac{SS_a}{SS_{e(a)}}$
Error(a)	a (r-1)	$RA = \frac{\sum ra^2}{b}$ = RA-A	$= \frac{SS_{e(a)}}{df_{e(a)}}$	
B	b-1	$B = \frac{\sum bi^2}{ar}$ = B-CF	$= \frac{SS_b}{df_b}$	$= \frac{MS_b}{MS_{e(b)}}$
AB	(a-1)(b-1)	$AB = \frac{\sum y^2}{r}$ =AB-B-A+CF	$= \frac{SS_{ab}}{df_{ab}}$	$= \frac{MS_{ab}}{MS_{e(b)}}$
Error(b)	a (b-1)(r-1)	= RAB-AB-RA+A	$= \frac{SS_{e(b)}}{df_{e(b)}}$	

Total	rab-1	= RAB-CF RAB= $\sum x^2$		

2) تصميم القطاعات المنشقة Split Blocks Design

عند تنفيذ التجربة أعلاه في ظروف غير مسيطر عليها يوزع العاملان وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD بثلاث تكرارات كما يلي:



ويكون جدول تحليل التباين لتجربة ذات عاملين بتصميم القطع المنشقة بتصميم RCBD كمايلي:

S.O.V	Df	SS	MS	F cal.
R	r-1	=R-CF $R = \frac{\sum ri^2}{ab}$		
A	a-1	= A-CF $A = \frac{\sum ai^2}{br}$	$= \frac{SS_a}{df_a}$	$= \frac{SS_a}{SS_{e(a)}}$
Error(a)	(a-1) (r-1)	= RA-A-R+CF $RA = \frac{\sum ar^2}{b}$	$= \frac{SS_{e(a)}}{df_{e(a)}}$	
B	b-1	= B-CF $B = \frac{\sum bi^2}{ar}$	$= \frac{SS_b}{df_b}$	$= \frac{MS_b}{MS_{e(b)}}$
AB	(a-1)(b-1)	=AB-B-A+CF $AB = \frac{\sum y^2}{r}$	$= \frac{SS_{ab}}{df_{ab}}$	$= \frac{MS_{ab}}{MS_{e(b)}}$
Error(b)	a (b-1)(r-1)	= RAB-AB-RA+A	$= \frac{SS_{e(b)}}{df_{e(b)}}$	
Total	rab-1	= RAB-CF $RAB= \sum x^2$		

يلاحظ مما تقدم أن جدول تحليل التباين لتصميم القطع المنشقة بالحالتين لا يختلف في شيء باستثناء كيفية إحتساب درجات الحرية ومجموع مربعات الخطأ التجريبي الأول.

مثال:

نفذت تجربة عاملية باستعمال تصميم القطع المنشقة وكانت القطع الرئيسية ثلاث أصناف من اللوبيا هي Mississippi Silver و California A و Bustany وكانت القطع الثانوية ثلاثة مستويات من السماد المركب NPK هي 40 و 80 و 120 وكررت كل معاملة ثلاث مرات، وكانت بيانات الوزن الطري قرنة.غم$^{-1}$ كما يلي، المطلوب تحليل البيانات وفق إختبار فشر عند مستوى معنوية 0.05؟

الصنف	مستويات السماد	R1	R2	R3	∑abi	Means AB
Mississippi Silver	40	11.0	10.5	10.4	31.9	10.6
	80	12.0	11.5	11.4	34.9	11.6
	120	13.5	13.2	12.9	39.6	13.2
California	40	12.6	12.7	13	38.3	12.8
	80	13.8	13.5	13.7	41.0	13.7
	120	15.3	16.1	15.7	47.1	15.7

Bustany	40	11.1	10.3	10.2	31.6	10.5
	80	11.3	11	11.1	33.4	11.1
	120	11.3	11.4	11.1	33.8	11.3
					331.6	

الحل:

1) إستخراج مجموع التكرارات والمتوسطات في الجدول أعلاه، ثم إعداد جدولي التداخل RA و AB كما يلي:

AB	b1	b2	b3	∑ai	Mean A
a1	31.9	34.9	39.6	106.4	11.8
a2	38.3	41.0	47.1	126.4	14.0
a3	31.6	33.4	33.8	98.8	11.0
∑bi	101.8	109.3	120.5	331.6	
Mean B	11.3	12.1	13.4		

RA	r1	r2	r3	∑ai	Mean A
a1	36.5	35.2	34.7	106.4	11.8
a2	41.7	42.3	42.4	126.4	14.0
a3	33.7	32.7	32.4	98.8	11.0
∑ri	111.9	110.2	109.5	331.6	

2) حساب معامل التصحيح Correction Factor

$$C.F. = \frac{(\sum xi)^2}{n} \qquad n = a \times b \times r \qquad = \frac{(331.6)^2}{3\times3\times3} = 4072.5$$

3) حساب مجموع مربعات العامل الأول (الأصناف) Sum Square of Factor A

$$A = \frac{\sum ai^2}{br} \qquad SS_a = A - CF$$

$$A = \frac{(106.4)^2 + \ldots + (98.8)^2}{3 \times 3} = 4117.7 \quad SS_a = 4117.7 - 4072.5 = 45.5$$

4) حساب مجموع مربعات الخطأ التجريبي الأول Sum Square of Error (a)

$$RA = \frac{\sum ra^2}{b} \qquad = RA\text{-}A$$

$$RA = \frac{(36.5)^2 + \ldots + (32.4)^2}{3} = 4118.9 \qquad SS_{e(a)} = 4118.9 - 4117.7 = 1.2$$

5) حساب مجموع مربعات العامل الثاني (مستويات السماد) Sum Square of Factor B

$$SS_b = B - CF \qquad B = \frac{\sum bi^2}{ar} - C.F$$

$$B = \frac{(101.8)^2 + \ldots + (120.5)^2}{3 \times 3} = 4092.2 \qquad SS_b = 4092.2 - 407 = 19.7$$

6) حساب مجموع مربعات التداخل بين العاملين Sum Square of Interaction AB

$$SS_{ab} = AB - B - A + CF \qquad AB = \frac{\sum y^2}{r}$$

$$AB = \frac{(31.9)^2 + \ldots + (33.8)^2}{3} = 4142.4$$

$$= 4142.4 - 4092.2 - 4117.7 + 4072.5 = 5.0$$

7) حساب مجموع المربعات الكلية Sum Square of Total

$$SS_T = RAB - CF \qquad RAB = \sum x^2$$

$$SS_T = 4144.06 - 4072.5 = 71.56 \qquad = (11.01)^2 + \ldots + (11.1)^2 = 4144.06$$

8) حساب مجموع مربعات الخطأ التجريبي الثاني Sum Square of Error (b)

$$= RAB - AB - RA + A \qquad = 4144.06 - 4142.4 - 4118.9 + 4117.7 = 0.46$$

9) حساب درجات الحرية Degree of Freedom للمعاملات والكلي والخطأ التجريبي

$$df_a = a - 1 \qquad = 3 - 1 = 2 \qquad df_{e(a)} = a(r\text{-}1)$$

$$df_b = b - 1 \qquad = 3 - 1 = 2 \qquad = 3 \times 2 = 6$$

$$df_{ab} = (a\text{-}1)(b\text{-}1) \qquad = 2 \times 2 = 4$$

$$df_T = abr - 1 \qquad = 27 - 1 = 26 \qquad df_{e(b)} = a\,(b\text{-}1)(r\text{-}1) \qquad = 3 \times 2 \times 2 = 18$$

10) حساب متوسط المربعات Mean Square للمعاملات والقطاعات والخطأ التجريبي

$= \frac{1.2}{6} = 0.2$ $)b(eSS$ $)b(efd$ $=)a(eSM$ $= \frac{45.5}{2} = 22.7 MS_a = \frac{SS_a}{df_a}$

$= \frac{19.7}{2} = 9.7$ $MS_{ab} = \frac{SS_{ab}}{df_{ab}} = \frac{5.0}{4} = 1.25 MS_b = \frac{SS_b}{df_b}$

$= \frac{0.46}{12} = 0.038$ $MS_{e(b)} = \frac{SS_{e(b)}}{df_e(b)}$

11) يعد جدول تحليل التباين Analysis of Variance (ANOVA Table)

S.O.V	df	SS	MS	F cal.
A	2	45.5	22.7	113.5
Error(a)	6	1.2	0.2	
B	2	19.7	9.8	257.8
AB	4	5.0	1.25	32.8
Error(b)	12	0.46	0.038	
Total	26	71.56		

12) إستخراج القيمة المحسوبة لفشر F. calculated

$$F_{cal}\,A = \frac{MS_a}{MS_{e(a)}} = \frac{22.7}{0.2} = 113.5 \qquad F_{cal}B = \frac{MS_b}{MS_{e(b)}} = \frac{9.8}{0.038} = 257.8$$

$$F_{cal}AB = \frac{MS_{ab}}{MS_{e(b)}} = \frac{1.25}{0.038} = 32.8$$

13) إستخراج قيمة F table من الجدول بتقاطع $df_{e(a)}$ (6) في المحور العمودي وفق مستوى الإحتمالية 0.05 ودرجات الحرية df_a (2) في المحور الأفقي وقيمتها (5.14). ثم إستخراج قيمة F table من الجدول بتقاطع $df_{e(b)}$ (12) في المحور العمودي ودرجات الحرية df_b (2) و df_{ab} (4) في المحور الأفقي وقيمتها (3.89) و (3.26) على التتابع.

بما أن قيمة F table لكل من A و B و AB هي أقل من قيمة .F cal لكل منها.

∴ توجد فروق معنوية أي ترفض نظرية العدم H_0 (القائلة بعدم وجود فروق معنوية) وتقبل النظرية البديلة H_a (القائلة بوجود فروق معنوية) لكل من تأثير الرش والأصناف والتداخل بينها.

في حال نفذت التجربة نفسها بتصميم RCBD يكون جدول تحليل التباين كمايلي:

S.O.V	df	SS	MS	F cal.

R	2	0.3		
A	2	45.5	22.7	151.3
Error(a)	6	0.9	0.15	
B	2	19.7	9.8	257.8
AB	4	5.0	1.25	32.8
Error(b)	12	0.46	0.038	
Total	26	71.56		

$R = \frac{\sum r^2}{ab}$ = R-CF

$R = \frac{(111.9)^2 + \ldots + (109.5)^2}{3\times3} = 4072.8$ $SS_r = 4072.8 - 4072.5 = 0.3$

وبذلك يلاحظ الفرق بين التصميمين هو طريقة حساب الخطأ التجريبي الأول فقط.