التجارب العاملية
Factorial Experiments

التجارب العاملية هي أحد طرائق البحث العلمي التجريبي الهدف الأساسي منها دراسة التأثيرات المشتركة بين العوامل التي تسمى تفاعلات أو تداخلات Interactions والتي غالباً تكون موضع عناية الباحثين لأنها في معظم الأحيان تكون مصدر التباين وعليه فالتجارب العاملية ليست تصميم وإنما هي توليفة من المعاملات تنفذ وفق شروط أحد التصاميم، المعاملات في هذه التجارب تتضمن كافة التوافيق أو التوليفات Combinations بين مستويات عوامل التجربة بمعنى يترافق مستوى كل عامل في التجربة مع مستويات العوامل الأخرى فيصبح بذلك عدد المعاملات هو حاصل ضرب مستويات كل العوامل الداخلة بالتجربة.

أهداف واستخدامات ومزايا وعيوب التجارب العاملية:

أهداف التجارب العاملية:

- دراسة التأثير العام Main Effect لكل عامل من العوامل تحت مدى واسع من العوامل الاخرى.
- دراسة التفاعل (التداخل) بين العوامل. Interaction

استخدامات التجارب العاملية:

تستخدم التجارب العاملية بشكل واسع في ميادين البحث العلمي، ومن الأمثلة على ذلك ما يلي:

- تستخدم عند دراسة ظاهرة معينة حيث لا يكون معروف أي العوامل أكثر تأثير علي الصفات المدروسة وهو ما يعرف في التجارب الاستكشافية Exploration Experiments.
- تستخدم التجارب العاملية في الدراسات المكثفة حيث يلزم دراسة العديد من العوامل بمستويات مختلفة بهدف التوصل إلي تحديد أكثر هذه العوامل مساهمة في التأثير علي الصفات تحت الدراسة واستخلاص حزمة من التوصيات الجيدة منها والتي يمكن تطبيقها في حدود واسعة بغرض استخراج النتائج والتوصيات عن نتائج العوامل والتفاعلات بينها علي الصفات تحت الدراسة وإلقاء الضوء علي أفضلها للاستفادة منها في المجال التطبيقي.

مميزات التجارب العاملية:

- تنفذ التجارب العاملية لتقييم التأثيرات المفردة والمشتركة لأثنين أو أكثر من العوامل بتقدير تأثير كل عامل لوحده وتأثير التداخل بينها في الصفات المدروسة وبذلك يمكن تقليل الكلفة والوقت اللازمين لدراسة تلك العوامل كل على إنفراد بتجربة مستقلة.
- جدول تحليل التباين يحتوي على خطأ تجريبي Experimental Error واحد فقط يختبر به معنوية العوامل المفردة والتداخل بينها على حد سواء.

Dr. Ahmed Shehab

- زيادة الدقة في التجربة مقارنة مع التجارب البسيطة نتيجة انخفاض قيمة الخطأ التجريبي، كما ان التجربة تضم جميع التوافقات بين عدة مستويات لعدد من العوامل المراد دراسة تأثيرها في صفات معينة وبذلك يمكن إكتشاف التداخلات وتقديرها.
- إمكانية اكتشاف وتقدير التفاعلات التي تتضمنها التجربة العاملية وهذا غير ممكن في التجارب البسيطة.
- يمكن تنفيذ التجربة العاملية وفق التصميم العشوائي الكامل CRD والقطاعات العشوائية الكاملة RCBD والمربع اللاتيني LSD والقطاعات غير الكاملة RIBD.

عيوب استخدام التجارب العاملية:

- يزداد حجم التجربة بزيادة عدد العوامل الداخلة فيها وبذلك تزداد الحاجة الى عدد أكبر من الوحدات التجريبية وبالتالي صعوبة توفير المادة التجريبية المتجانسة للتصميم المقترح وزيادة قيمة الخطأ التجريبي.
- صعوبة تفسير التداخلات ذات القيم العالية الناتجة عن تأثير تداخل ثلاثة عوامل أو أكثر.

التجارب العاملية ذات العاملين: Two Factor Factorial Experiments

1-تجربة عاملية بالتصميم العشوائي الكامل: Factorial Experiment Designing with CRD

يتضمن جدول تحليل التباين لمثل هذه التجارب ما يلي:

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

الانموذج الرياضي للتجربة.

$$Y_{ijk} = M + \{Ai + B_j + (AB)_{ij}\} + eijk$$

حيث أن:

Y_{ijk} = قيمة أي مشاهدة

M = المتوسط العام للتجربة

A_i = تأثير العامل الاول

B_j = تأثير العامل الثاني

AB_{ij} = تأثير التداخل بين العاملين

e_{ijk} = قيمة الخطأ التجريبي للمشاهدة Y_{ijk}

Dr. Ahmed Shehab

S.O.V	df	SS	MS	F cal.
treats	ab -1	$SS_t = AB - CF$ $\quad AB = \frac{\sum Yij.^2}{r}$		
A	a - 1	$SS_A = A - CF$ $\quad A = \frac{\sum Yi.^2}{br}$	$= \frac{SS_A}{df_A}$	$= \frac{MS_A}{MS_e}$
B	b - 1	$SS_B = B - CF$ $\quad B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$	$= \frac{SS_B}{df_B}$	$= \frac{MS_B}{MS_e}$
AB	(a -1)(b - 1)	$SS_{AB} = AB - B - A + CF$	$= \frac{SS_{AB}}{df_{AB}}$	$= \frac{MS_{AB}}{MS_e}$
Error	ab(r - 1)	$SS_e = RAB - AB$	$= \frac{SS_e}{df_e}$	
Total	abr – 1	$SS_T = RAB - CF$ $\quad RAB = \sum Yijk^2$		

علما أن a يمثل عدد مستويات العامل A
وان b يمثل عدد مستويات العامل B
وان r يمثل عدد المكررات
وان هناك ثلاث قيم للـ (F)

أما القوانين المتعلقة بالحسابات في الجدول فهي كالاتي:

$$C.F = \frac{(Y\ldots)^2}{abr}$$

$$SS_t = AB - CF \qquad AB = \frac{\sum Yij.^2}{r}$$

$$SS_A = A - CF \qquad A = \frac{\sum Yi.^2}{br}$$

$$SS_B = B - CF \qquad B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$$

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

$$SS_e = RAB - AB$$

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

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

Dr. Ahmed Shehab

عندما نستخرج تأثير العامل B نقسم على ar
عندما نستخرج تأثير العامل AB نقسم على r
كما في القوانين اعلاه
مع ضرورة التأكد من الاشارات خصوصا عند أستخراج SS_{AB}

مثال: أجريت تجربة حقلية في وحدات تجريبية متجانسة تماماً بأربع تكرارات لدراسة تأثير رش مستخلص عرق السوس بتركيز 0.0 و10% و20% في حاصل قرنات ثلاث أصناف من الباقلاء هي Foly و Italian و Domestic، وكانت نتائج حاصل النبات/ كغم كما في الجدول التالي:

Treats		R1	R2	R3	R4	∑xi	Means
Verities (A)	Extracts (B)						
Foly	0.0	1.3	1.2	1.3	1.1	4.9	1.2
	10%	1.5	1.3	1.2	1.4	5.4	1.4
	20%	1.6	1.7	1.5	1.7	6.5	1.6
Italian	0.0	1.2	1.3	1.1	1.3	4.9	1.2
	10%	1.6	1.7	1.8	1.5	6.6	1.7
	20%	1.7	1.9	1.8	1.7	7.1	1.8
Domestic	0.0	1.2	1.1	1.3	1.2	4.8	1.2
	10%	1.3	1.3	1.6	1.5	5.7	1.4
	20%	1.6	1.4	1.5	1.6	6.1	1.5
					Y…	52	

المطلوب:

1. حلل البيانات وفق إختبار فشر (F) عند مستوى معنوية 0.01؟
2. حدد الأفضل بين الأصناف وتراكيز الرش والتداخل باستعمال إختبار LSD عند مستوى 0.01؟
3. أعرض النتائج وفق التحليل الإحصائي؟

الحـــل:

1-إستخراج مجموع التكرارات والمتوسطات في الجدول أعلاه، ثم إعداد جدول التداخل AB كما يلي:

Dr. Ahmed S. Abdallah

A \ B	b_1	b_2	b_3	$\sum Y_{i.}$	Mean A
a_1	4.9	5.4	6.5	16.8	5.6
a_2	4.9	6.6	7.1	18.6	6.2
a_3	4.8	5.7	6.1	16.6	5.5
$\sum Y_{.j}$	14.6	17.7	19.7	52	
Mean B	4.9	5.4	6.6		

2- حساب معامل التصحيح: Correction Factor

$$C.F. = \frac{(Y_{...})^2}{n} \qquad n = a \times b \times r \qquad = \frac{(52)^2}{3\times3\times4} = 75.1$$

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

$$SS_A = A - CF \qquad A = \frac{\sum Y_{i.}^2}{br}$$

$$A = \frac{(16.8)^2 + \ldots + (16.6)^2}{3 \times 4} = 75.3$$

$$SS_A = 75.3 - 75.1 = 0.2$$

4- حساب مجموع مربعات العامل الثاني (رش المستخلص): Sum Square of Factor (B)

$$SS_B = B - CF \qquad B = \frac{\sum Y_{.j}^2}{ar}$$

$$B = \frac{(14.6)^2 + \ldots + (19.7)^2}{3 \times 4} = 76.2$$

$$SS_B = 76.2 - 75.1 = 1.1$$

5- حساب مجموع مربعات المعاملات: Sum Square of treatments

$$SS_t = AB - CF \qquad AB = \frac{\sum Y_{ij.}^2}{r}$$

$$AB = \frac{(4.9)^2 + \ldots + (6.1)^2}{4} = 76.5$$

Dr. Ahmed Shehab

$SS_t = 76.5 - 75.1 = 1.4$

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

$SS_{AB} = AB - B - A + CF$

$= 76.5 - 76.2 - 75.3 + 75.1 = 0.1$

7- حساب مجموع المربعات الكلية: Sum Square of Total

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

$= (1.3)^2 + ... + (1.6)^2 = 76.6$ $\qquad SS_T = 76.6 - 75.1 = 1.5$

8- حساب مجموع مربعات الخطأ التجريبي: Sum Square of Error

$SS_e = RAB - AB$

$= 76.6 - 76.5 = 0.1$

9- حساب متوسط المربعات Mean Square للمعاملات والقطاعات والخطأ التجريبي:

$$MS_A = \frac{SS_A}{df_A} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \qquad MS_B = \frac{SS_B}{df_B} = \frac{1.1}{2} = 0.5$$

$$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{df_{AB}} = \frac{0.1}{4} = 0.02 \qquad MS_e = \frac{SS_e}{df_e} = \frac{0.1}{27} = 0.003$$

10- جدول تحليل التباين: Analysis of Variance (ANOVA Table)

S.O.V	df	SS	MS	F cal.	F tab.
treats	8	1.4			
A	2	0.2	0.1	33.3	5.49
B	2	1.1	0.5	166.6	5.49
AB	4	0.1	0.02	6.6	4.11
Error	27	0.1	0.003		
Total	35	1.5			

11- إستخراج القيمة المحسوبة لفشر: F. calculated

Dr. Ahmed Shehab

$$F_{cal} = \frac{MS_A}{MS_e} = \frac{0.1}{0.003} = 33.3$$

$$F_{cal} = \frac{MS_B}{MS_e} = \frac{0.5}{0.003} = 166.6$$

$$F_{cal} = \frac{MS_{AB}}{MS_e} = \frac{0.02}{0.003} = 6.6$$

12- إستخراج قيمة فشر الجدولية F table من جدول F-values بتقاطع dfe (27) في المحور العمودي وفق مستوى الإحتمالية 0.01 ودرجات الحرية للمعاملات df_a و df_b (2) و df_{ab} (4) في المحور الأفقي.

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

➢ 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.

❖ ولإجراء إختبار LSD يتم إستخراج قيمة t من الجدول بدلالة قيمة df_e (27) ومستوى الإحتمالية 0.01 في المحور العمودي وهو 2.771 وتطبيق المعادلة كمايلي:

$$LSD_A = 2.771\sqrt{\frac{2MSe}{br}} = \sqrt{\frac{2\times0.003}{3\times4}} = 0.06$$

$$LSD_B = 2.771\sqrt{\frac{2MSe}{ar}} = \sqrt{\frac{2\times0.003}{3\times4}} = 0.06$$

$$LSD_{AB} = 2.771\sqrt{\frac{2MSe}{r}} = \sqrt{\frac{2\times0.003}{4}} = 0.1$$

❖ إعداد جدول للمقارنة بين متوسطات العامل A (الأصناف) كمايلي:

Treat A	Mean A	Domestic 1.3	Foly 1.4
Italian	1.5	0.2*	0.1*
Foly	1.4	0.1*	0.0

Dr. Ahmed Shehab

❖ تفوق معنوياً الصنف Italian على بقية الأصناف إذ أعطى أعلى متوسط لحاصل القرنات بلغ 1.5 كغم.نبات$^{-1}$ بالمقارنة مع أقل متوسط للأصناف Domestic بلغ 1.3 كغم.نبات$^{-1}$.

❖ إعداد جدول للمقارنة بين متوسطات العامل B (تراكيز الرش) كمايلي:

Treat B	Mean B	b1 1.2	b2 1.4
b3 20%	1.6	0.4*	0.2*
b2 10%	1.4	0.2*	0.0

❖ تفوق معنوياً تركيز الرش 20% (b3) على بقية التراكيز إذ أعطى أعلى متوسط لحاصل القرنات بلغ 1.6 كغم.نبات$^{-1}$ بالمقارنة مع أقل متوسط لتركيز الرش بالماء فقط (b1) بلغ 1.2 كغم.نبات$^{-1}$.

❖ إعداد جدول للمقارنة بين متوسطات التداخل AB (الصنف× تراكيز الرش) كمايلي:

Treat AB	Mean AB	a3b1 1.2	a2b1 1.2	a1b1 1.2	a1b2 1.4	a3b2 1.4	a3b3 1.5	a1b3 1.6	a2b2 1.7	a2b3 1.8
a2b3	1.8	0.6*	0.6*	0.6*	0.4*	0.4*	0.3*	0.2*	0.1*	0.0
a2b2	1.7	0.5*	0.5*	0.5*	0.3*	0.3*	0.2*	0.1*	0.0	
a1b3	1.6	0.4*	0.4*	0.4*	0.2*	0.2*	0.1*	0.0		
a3b3	1.5	0.3*	0.3*	0.3*	0.1*	0.1*	0.0			
a3b2	1.4	0.2*	0.2*	0.2*	0.0	0.0				
a1b2	1.4	0.2*	0.2*	0.2*	0.0					
a1b1	1.2	0.0	0.0	0.0						
a2b1	1.2	0.0	0.0							
a3b1	1.2	0.0								

❖ تفوق معاملة التداخل صنف Italian معنوياً مع تركيز الرش 20% (a2b3) على بقية المعاملات إذ أعطى أعلى متوسط لحاصل القرنات بلغ 1.8 كغم.نبات$^{-1}$ بالمقارنة مع أقل متوسط لمعاملات تداخل الأصناف مع تركيز الرش بالماء المقطر فقط (a1b1 و a2b1 و a3b1) التي أعطى كل منها 1.2 كغم.نبات$^{-1}$.

Dr. Ahmed Shehab

المصادر:

- **الساهوكي**، حميد جلوب و وهيب، كريمة محمد;. (1990). تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد. دار الحكمة للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- Internet

Dr. Ahmed Shehab