# تصميم وتحليل التجارب

## المحاضرة الثانية

## الخطأ التجريبي ومبادئ تصميم التجربة

## مصادر الخطأ، وسائل التحكم، العشوائية، التكرار، والتحكم المحلي

مادة تعليمية منظّمة لطلبة الدراسات الزراعية والإنتاج الحيواني

### مخرجات التعلّم

يتوقع من الطالب بعد إكمال هذه المحاضرة أن يكون قادراً على:

- تعريف الخطأ التجريبي وتمييزه عن تأثير المعاملة.
- تحديد المصادر الرئيسة للخطأ التجريبي في البحوث الحيوانية.
- اقتراح إجراءات عملية لتقليل الخطأ وزيادة دقة التجربة.
- شرح المبادئ الأساسية الثلاثة: العشوائية والتكرار والتحكم المحلي.
- ترتيب مراحل تصميم التجربة العلمية منذ تحديد الهدف حتى التنفيذ.
- اختيار الوحدة والتصميم الملائمين في مثال تطبيقي مبسط.

## 1. الخطأ التجريبي (Experimental Error)

الخطأ التجريبي هو الاختلاف الطبيعي بين مشاهدات وحدات تجريبية خضعت للمعاملة نفسها. ويمثل الجزء غير المفسر من التباين الذي لا يُعزى إلى تأثير المعاملة، بل إلى عوامل أخرى يتعذر على الباحث ضبطها ضبطاً كاملاً. ويعد تقديره ضرورياً لاختبار الفرضيات والحكم على معنوية الفروق بين المعاملات.

> فكرة محورية: لا يعني الخطأ التجريبي بالضرورة أن الباحث ارتكب خطأً؛ فقد يكون تبايناً طبيعياً بين الحيوانات رغم تشابه المعاملة والظروف.

## 2. مصادر الخطأ التجريبي

### 2.1 الاختلافات الذاتية بين الوحدات

تشمل الفروق الطبيعية بين الحيوانات في التركيب الوراثي، والحالة الفسيولوجية، والوزن، والعمر، والصحة، والاستجابة الفردية. وقد تبقى بعض هذه الفروق حتى بعد تطبيق معايير اختيار موحدة.

### 2.2 الاختلاف في تطبيق المعاملة

ينشأ عندما لا تُطبق المعاملة بالطريقة نفسها على جميع الوحدات، مثل اختلاف كمية العلف الفعلية، أو توقيت تقديمها، أو مهارة الأشخاص المنفذين، أو ظروف الحفظ والتحضير.

### 2.3 الأخطاء الفنية والقياسية

تنتج من أدوات القياس أو طرائقه أو تسجيل البيانات، مثل عدم معايرة الميزان، أو اختلاف طريقة أخذ العينة، أو الخطأ في إدخال البيانات. ويمكن الحد منها بوضع إجراءات تشغيل موحدة والتدريب والمراجعة الدورية.

### 2.4 التغيرات البيئية الطفيفة

قد تتأثر النتائج باختلافات محدودة في الحرارة أو الرطوبة أو التهوية أو الإضاءة أو موقع الحيوان داخل الحظيرة. وإذا كان اتجاه هذا التباين معروفاً، فينبغي أخذه في الحسبان عند اختيار التصميم.

## 3. التحكم في مقدار الخطأ التجريبي

لا يمكن إزالة الخطأ التجريبي تماماً، لكن يمكن تقليله وتحسين تقديره باتباع إجراءات تصميم وتنفيذ مناسبة:

1. اختيار تصميم يتلاءم مع درجة تجانس الوحدات واتجاه التباين بينها.
2. تحديد وحدة تجريبية مناسبة واستخدام عدد كافٍ من المكررات المستقلة.
3. توحيد إجراءات تطبيق المعاملات وأوقات القياس قدر الإمكان.
4. معايرة الأجهزة، وتدريب القائمين على التنفيذ، وتوثيق البيانات فور جمعها.
5. استخدام التحكم المحلي أو القطاعات عندما يوجد مصدر تباين معروف، مثل الوزن الابتدائي أو العمر.

## 4. مفهوم تصميم التجربة

تصميم التجربة هو التخطيط المنهجي المسبق لجميع الإجراءات اللازمة للحصول على بيانات دقيقة وملائمة يمكن تحليلها إحصائياً. ويحدد التصميم طريقة تخصيص المعاملات للوحدات، وعدد المكررات، وآلية التعامل مع مصادر التباين، وطريقة جمع البيانات. ويهدف التصميم الجيد إلى تقليل الخطأ التجريبي وتحسين تقديره وزيادة موثوقية الاستنتاجات.

## 5. المبادئ الأساسية للتصميم التجريبي

### 5.1 التوزيع العشوائي (Randomization)

يقصد به تخصيص المعاملات للوحدات التجريبية بطريقة عشوائية، بحيث تكون لكل وحدة فرصة معروفة ومتساوية للحصول على أي معاملة، من دون تدخل أو تحيز شخصي.

تتمثل فوائد العشوائية في تجنب الخطأ المنتظم، وتوزيع المؤثرات غير المسيطر عليها بين المعاملات، وتوفير أساس احتمالي صالح لتقدير الخطأ وتطبيق الاختبارات الإحصائية. ويمكن تنفيذها بالقرعة أو جداول الأرقام العشوائية أو البرامج الإحصائية.

### 5.2 التكرار (Replication)

يعني تطبيق كل معاملة على أكثر من وحدة تجريبية مستقلة. فالوحدة الواحدة لا تكفي لتمثيل المعاملة بسبب الاختلافات الطبيعية بين الوحدات، كما لا تسمح بتقدير الخطأ التجريبي بصورة مناسبة.

- تقدير الخطأ التجريبي.

- فصل تأثير المعاملة عن التباين العشوائي.
- زيادة دقة متوسطات المعاملات وتحسين القدرة على اكتشاف الفروق.

### 5.3 التحكم المحلي أو تكوين القطاعات (Local Control / Blocking)

عندما يوجد اتجاه معروف للاختلاف بين الوحدات، تُقسّم الوحدات إلى مجموعات متجانسة تسمى قطاعات أو بلوكات، ثم توزّع المعاملات عشوائياً داخل كل قطاع. يؤدي ذلك إلى عزل جزء من التباين غير المرغوب فيه عن الخطأ التجريبي.

في بحوث الإنتاج الحيواني يمكن استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) عند وجود اختلاف واضح في الوزن الابتدائي أو العمر؛ إذ تُجمع الحيوانات المتقاربة في قطاعات قبل تخصيص المعاملات عشوائياً داخل كل قطاع.

العلاقة بين المبادئ: العشوائية تحمي من التحيز، والتكرار يتيح تقدير الخطأ، والتحكم المحلي يعزل مصادر التباين المعروفة. تعمل المبادئ الثلاثة معاً ولا يُغني أحدها عن الآخر.

## 6. مراحل تصميم التجربة الجيدة

### 6.1 تحديد المشكلة والأهداف والفرضيات

يبدأ التصميم بتحديد المشكلة البحثية وصياغة هدف واضح قابل للقياس، ثم تحديد سؤال البحث والفرضيات. فوضوح الهدف يحدد نوع البيانات المطلوبة والعوامل والمعاملات والصفات التي يجب قياسها.

### 6.2 مراجعة المعرفة السابقة

تساعد مراجعة الأدبيات في فهم تاريخ المشكلة، وتحديد المستويات الواقعية للمعاملات، واختيار المتغيرات الملائمة، وتجنب تكرار الأخطاء المنهجية السابقة.

### 6.3 وضع الخطة التجريبية

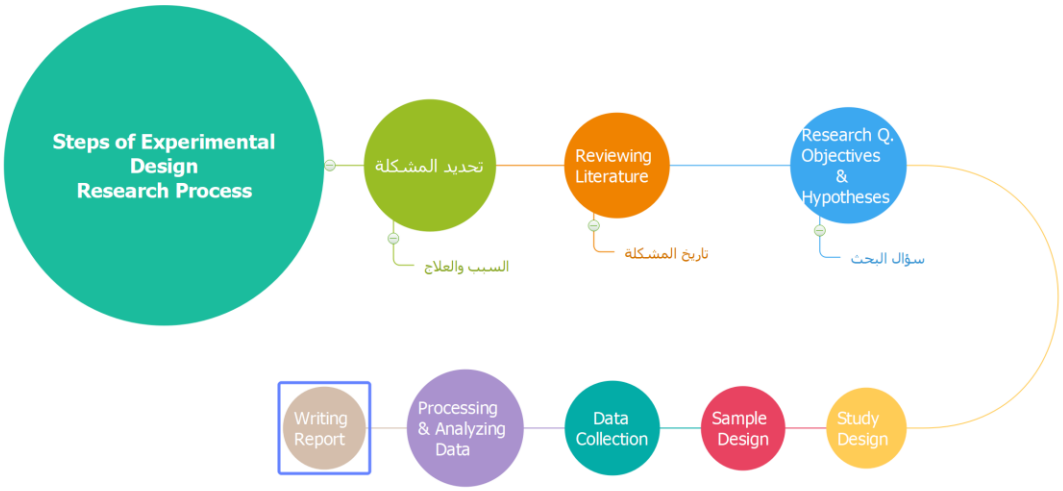
تشمل الخطة تحديد التصميم المناسب، والعوامل ومستوياتها، وعدد المعاملات والمكررات، وحجم الوحدة التجريبية، وطريقة العشوائية، ومواعيد القياس، وخطة جمع البيانات وتحليلها إحصائياً. ويجب أن تنسجم الخطة مع طبيعة المشكلة والإمكانات المتاحة.

### 6.4 تهيئة المستلزمات والتنفيذ

تتضمن هذه المرحلة توفير الحيوانات والمواد والأجهزة والكوادر الفنية، ومعايرة أدوات القياس، ووضع جدول التنفيذ وأخذ القياسات، ثم تطبيق الخطة كما وُضعت وتوثيق أي انحراف عنها.

### 6.5 معالجة البيانات وتحليلها وكتابة التقرير

بعد جمع البيانات تُراجع وتُنظف، ثم تُحلل باستخدام النموذج الإحصائي المتوافق مع التصميم. وتُفسر النتائج في ضوء الفرضيات وحدود التجربة، ثم تُعرض في تقرير علمي واضح من دون تعميم يتجاوز نطاق الوحدات والظروف المدروسة.




شكل (1). تسلسل عام لمراحل البحث وتصميم التجربة من تحديد المشكلة إلى كتابة التقرير.

### 7. مثال تطبيقي مبسط

يرغب باحث في مقارنة ثلاثة مستويات من البروتين (14%، 16%، 18%) في الزيادة الوزنية للحملان. يمثل مستوى البروتين العامل، وتمثل المستويات الثلاثة المعاملات، ويمثل كل حمل تُطبق عليه العليقة مستقلاً وحدة تجريبية. إذا كانت الأوزان الابتدائية متفاوتة، يمكن ترتيب الحملان في قطاعات متقاربة الوزن، ثم توزيع المعاملات الثلاث عشوائياً داخل كل قطاع، مع تكرار كل معاملة عدداً كافياً من المرات.

| تحديده في المثال | العنصر |
|---|---|
| مقارنة أثر ثلاثة مستويات بروتين في الزيادة الوزنية | الهدف |
| مستوى البروتين في العليقة | العامل |

| تحديده في المثال | العنصر |
|---|---|
| 14%، 16%، 18% | المعاملات |
| الحمل الفرد الذي يتلقى العليقة مستقلاً | الوحدة التجريبية |
| الوزن الابتدائي عند تكوين القطاعات | مصدر التحكم المحلي |

### خلاصة المحاضرة

- الخطأ التجريبي هو التباين غير المفسر بين وحدات تلقت المعاملة نفسها.
- تنشأ الأخطاء من اختلاف الوحدات، وتفاوت التطبيق، والقياس، والظروف البيئية.
- العشوائية والتكرار والتحكم المحلي هي الركائز الثلاث للتصميم التجريبي.
- اختيار التصميم يعتمد على هدف الدراسة وطبيعة التباين بين الوحدات.
- ينبغي تحديد خطة القياس والتحليل قبل بدء التنفيذ، ثم توثيق أي انحراف عن الخطة.

### أسئلة للمراجعة والمناقشة

6. ما المقصود بالخطأ التجريبي؟ وما أبرز مصادره في تجربة حيوانية؟
7. وضح دور كل من العشوائية والتكرار والتحكم المحلي في زيادة كفاءة التجربة.
8. متى يكون تصميم القطاعات العشوائية الكاملة مناسباً في بحوث الإنتاج الحيواني؟
9. رتب مراحل تصميم التجربة منذ تحديد المشكلة حتى كتابة التقرير.
10. صمم مخططاً أولياً لتجربة تقارن إضافتين علفيتين، وحدد العامل والمعاملات والوحدة التجريبية ومصدر التباين المحتمل.